

Las aventuras de Anselmo

LA BARRERA DEL SILENCIO

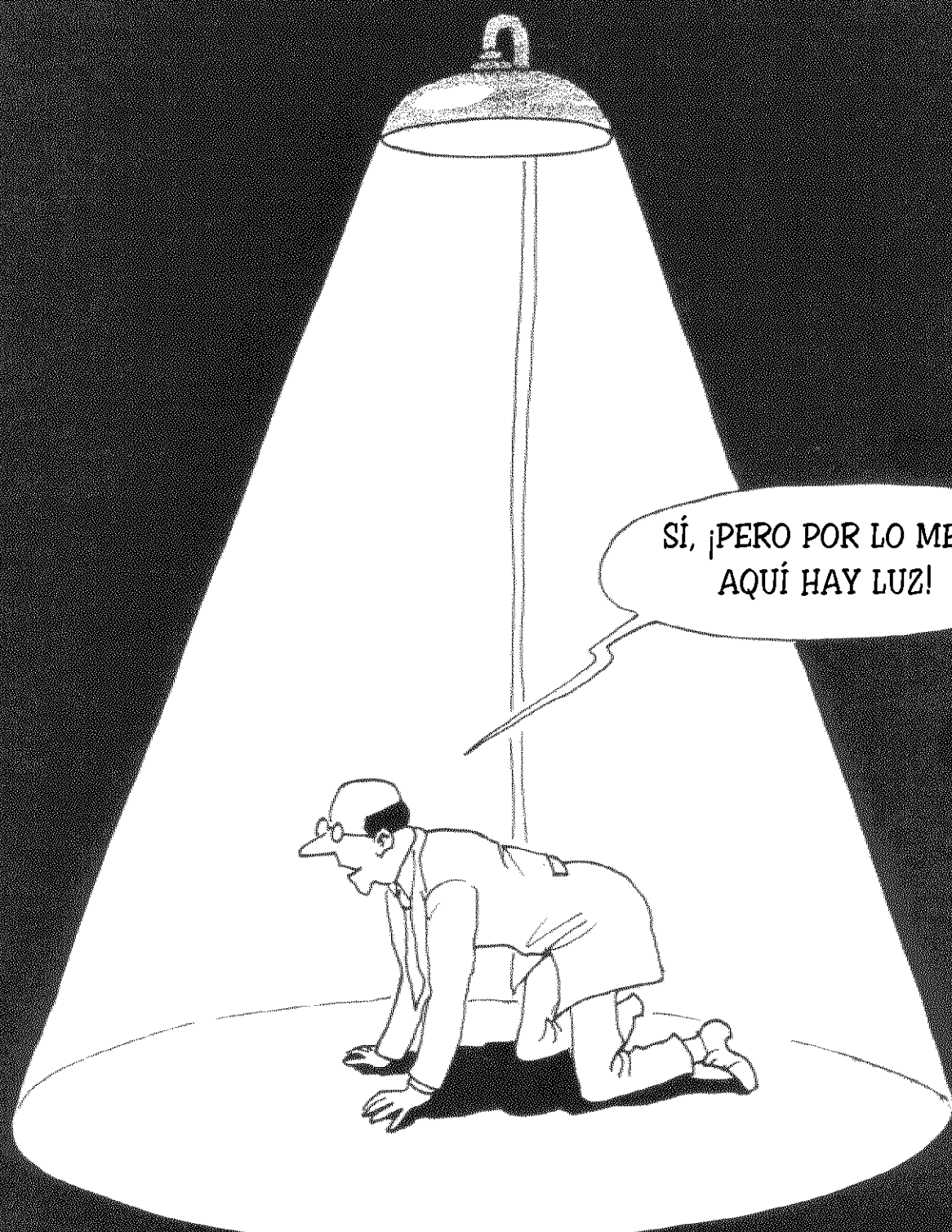
Jean-Pierre Petit



Traducción de J. C. Anduckia

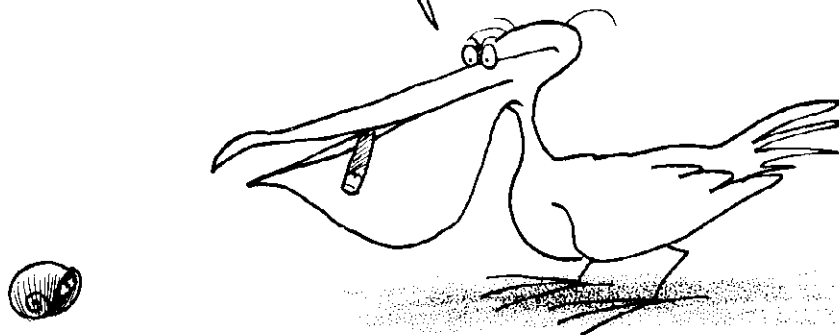
NO COMPRENDO POR
QUÉ BUSCAS AHÍ, SI AHÍ
NO HAY NADA...



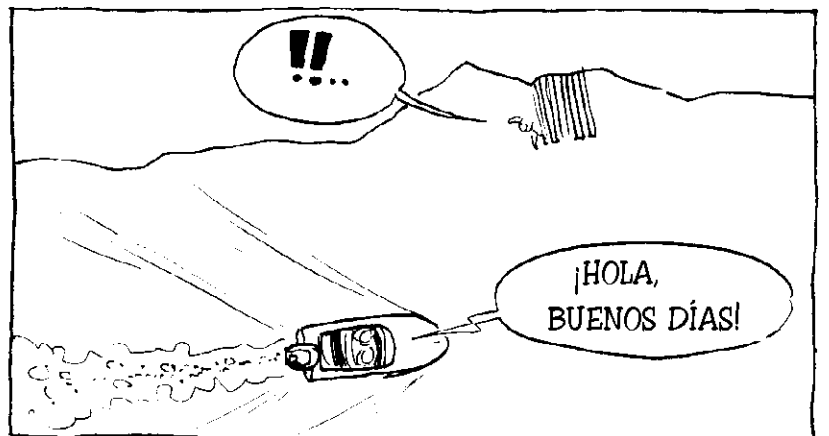


SÍ, ¡PERO POR LO MENOS
AQUÍ HAY LUZ!

LO MÁS IMPORTANTE:
¡NADA DE ONDAS!



PRÓLOGO



¡OTRA VEZ ÉL Y SU
TONTA LANCHA!

RRRROÂR

VOLVIÓ A ARRUINARME
LA CONSTRUCCIÓN

ESCOGÍ UN LUGAR SEGURO, PERO
NO SÉ POR QUÉ SIEMPRE QUE
PASA LA LANCHA SE AGITA EL
AGUA Y SE FORMAN ONDAS...

¡ES LA ONDA DE PROA
LA QUE ACABA CON TODO!

PUEDE SER LA ONDA TRASERA. LO CIERTO ES QUE DAÑA TODO...

ONDAS DE SUPERFICIE

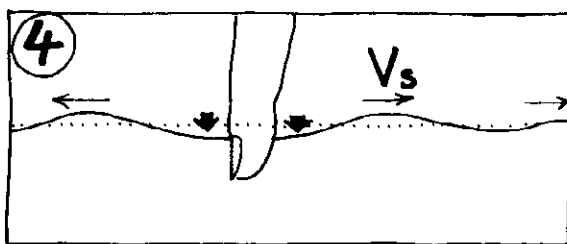
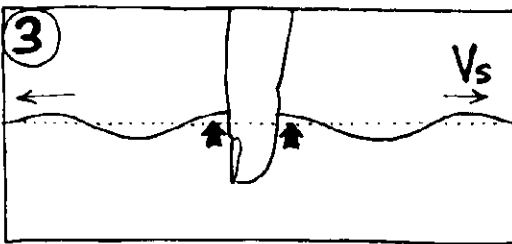
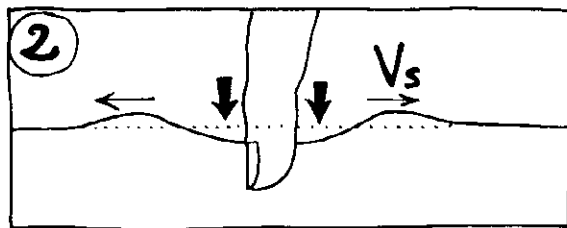
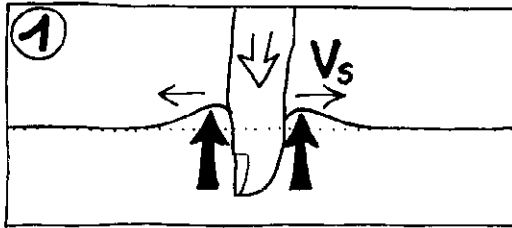
¡ESTOY HASTA
LA CORONILLA!

MIRA, ONDAS EN LA
SUPERFICIE...
OBSERVÉMOSLAS MÁS DE CERCA

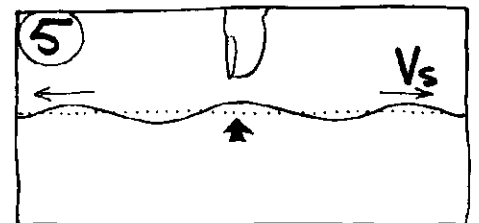
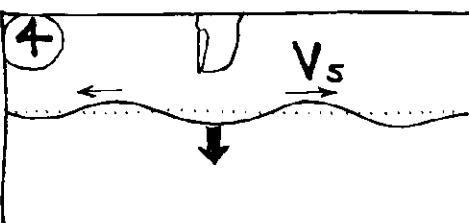
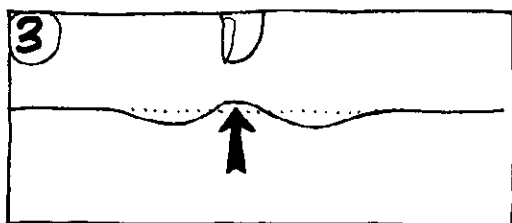
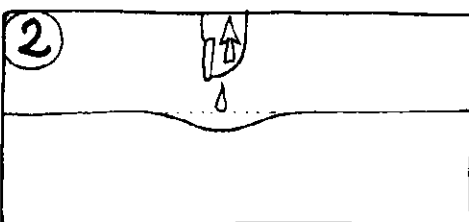
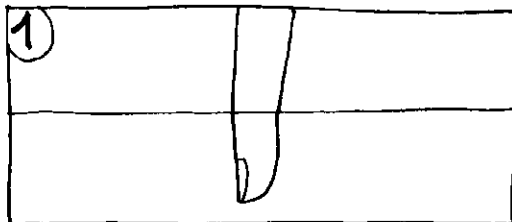
AH, CÍRCULOS EN EL
AGUA... ¿Y ENTONCES?



CUANDO COLOCO SÚBITAMENTE EL DEDO EN LA SUPERFICIE FORMA UN PLIEGUE QUE TIENDE A SER ELIMINADO POR UN MECANISMO OSCILATORIO, POR ONDAS DE SUPERFICIE QUE SE VAN ATENUANDO Y QUE SE PROPAGAN CON UNA VELOCIDAD QUE LLAMARÉ V_s

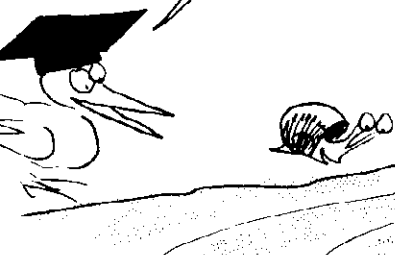


UN FENÓMENO SIMILAR OCURRE CUANDO EN LUGAR DE INTRODUCIR EL DEDO EN EL AGUA LO RETIRO. POR EL MISMO MECANISMO EL LÍQUIDO TIENDE A VOLVER A UNA SUPERFICIE LIBRE PLANA



CUANDO ESTAS ONDAS SE PROPAGAN, LA ENERGÍA SE REPARTE SOBRE UNA SUPERFICIE MAYOR

Y DADO QUE ESTA ENERGÍA SE CONSERVA, LA AMPLITUD DE LAS ONDAS DISMINUYE PROGRESIVAMENTE



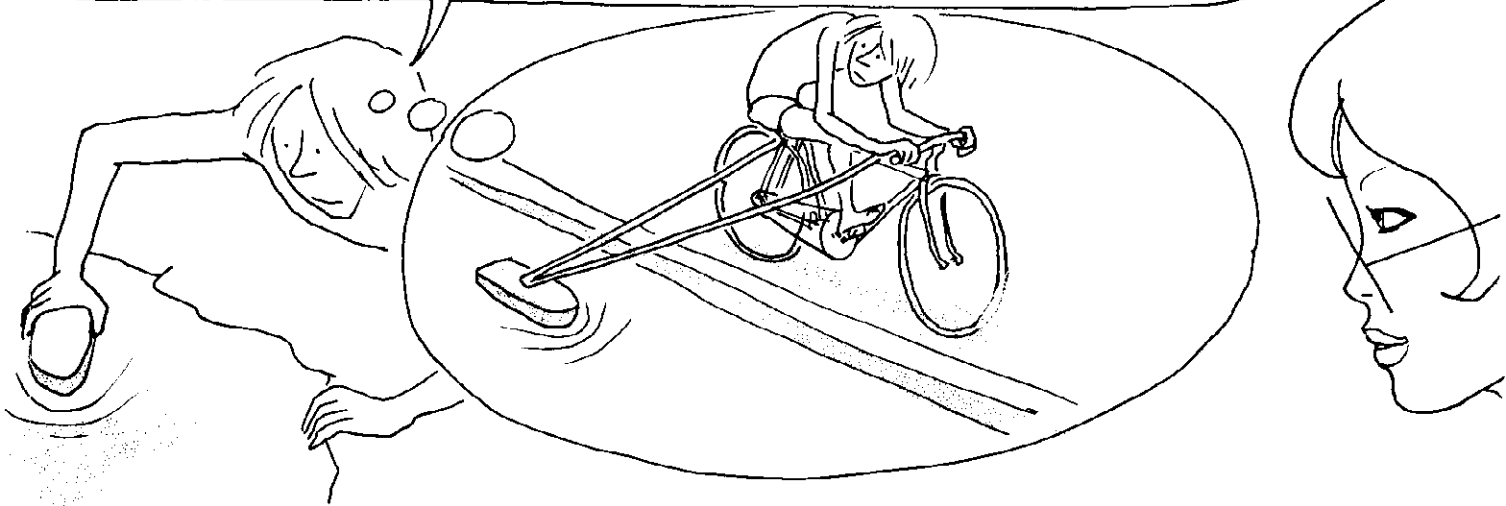
¡ES FÍSICA DE BAÑO!

CUANDO UN OBJETO SE DESPLAZA EN EL AGUA,
EMITE ESTE TIPO DE ONDAS QUE PERMITEN APLANAR LA SUPERFICIE DE AGUA

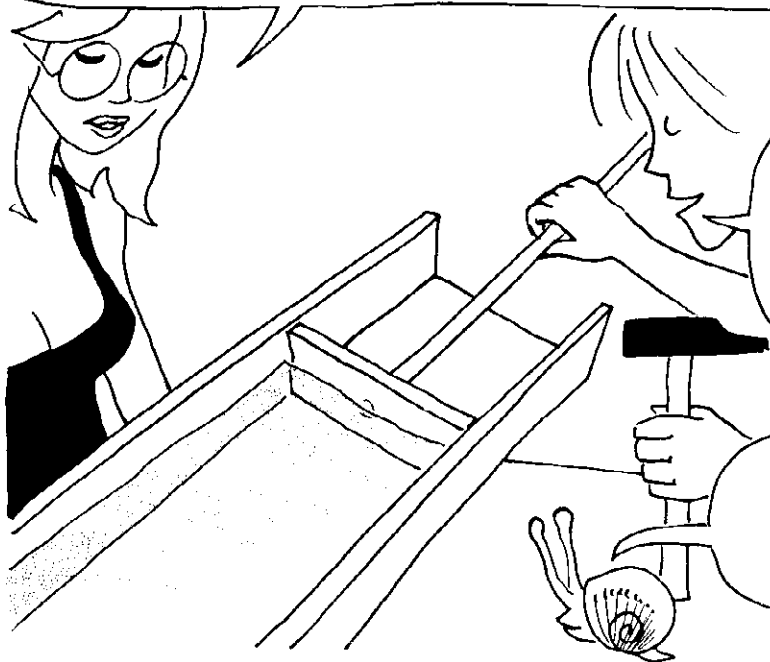


LAS ONDAS ACTÚAN SOBRE EL FLUIDO,
ALEJANDO POCO A POCO LAS MOLÉCULAS
CORRIENTE ARRIBA Y PERMITIENDO QUE
EL FLUIDO SE PREPARE PARA RECIBIR EL
OBJETO.

PARA PODER OBSERVARLO, SERÍA BUENO QUE PUDIERA
ACOMPañAR AL FLUIDO EN SU MOVIMIENTO...



UN TANTO COMPLICADO TU SISTEMA. EN LUGAR DE DESPLAZAR EL
OBJETO, TE SUGIERO QUE LO DEJES QUIETO Y HAGAS MOVER EL FLUIDO.



TIENES RAZÓN, CONSTRUI ESTA
ESPECIE DE CANAL PARA EL
AGUA, Y CON ESTE TACO PODRÉ
EMPUJAR EL FLUIDO

CERCA DEL TACO EL AGUA TENDRÁ
LA MISMA VELOCIDAD V
QUE LE IMPRIMAS A AQUEL

LA RELACIÓN DE HUGONIOT



EMPIEZO EMPUJANDO EL FLUIDO LENTAMENTE CON UNA VELOCIDAD V MENOR QUE LA DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE V_s POR ESTA ESPECIE DE GARGANTA

EN ESTA ZONA DE CONVERGENCIA EL NIVEL DEL AGUA ES PRÁCTICAMENTE CONSTANTE Y EL FLUIDO ACELERA...

... ¡COMO EN LOS RÁPIDOS DE UN RÍO!

BUENO, TODO ESTO YA LO SABÍAMOS... (*)

AHORA EMPUJO EL AGUA A UNA VELOCIDAD V MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE...

¡BASTA, SEÑORES!

INVERSAMENTE, AHORA EL AGUA SE AMONTONA A LA ENTRADA, SU NIVEL SUBE Y EL FLUIDO DESACELERA

EL FLUIDO PRESENTA DOS COMPORTAMIENTOS DIFERENTES SEGÚN SI EL NÚMERO $M = V/V_s$ (SIMILAR AL NÚMERO DE MACH EN AERODINÁMICA) ES MAYOR O MENOR QUE 1.

¿Y SI HALARA EN LUGAR DE EMPUJAR?

(*) Ver el volumen "Si l'on volait", del mismo autor.

SI HALAS SUAVEMENTE Y SI LA VELOCIDAD V DEL FLUIDO ES EN TODAS PARTES MENOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE, EL AGUA DESACELERA EN LA DIVERGENCIA Y SU NIVEL PERMANECE PRÁCTICAMENTE CONSTANTE.

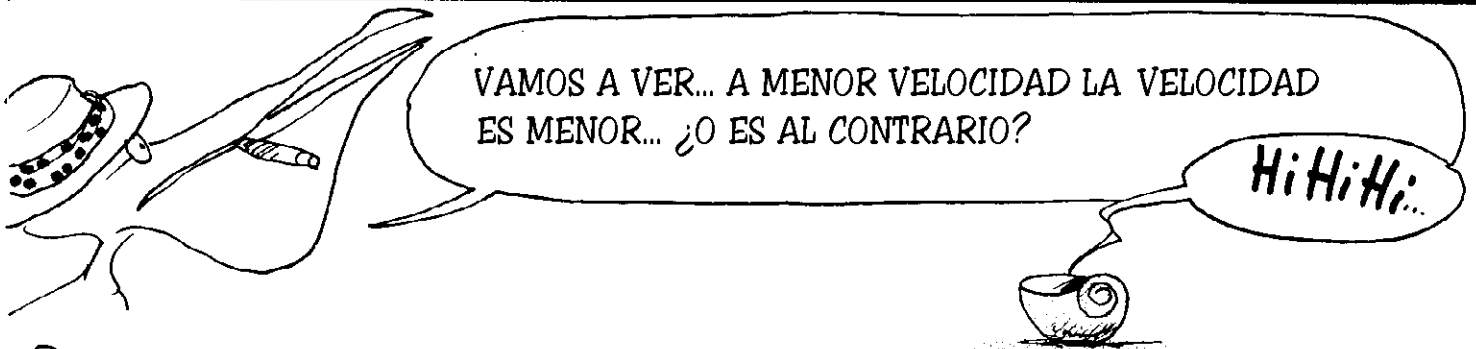


EN CAMBIO, SI HALO EL TACO CON FUERZA EL AGUA NO CORRE, LA SUPERFICIE DEL AGUA DESCENDE Y DEBIDO A ESTA DIVERGENCIA, EL FLUIDO, POR EL CONTRARIO, ACELERA.

ESTOS DOS

COMPORTAMIENTOS OPUESTOS SE RESUMEN EN EL TEOREMA DEL FÍSICO FRANCÉS HUGONIOT

<i>Hugoniot</i>	VELOCIDAD V MENOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE (MACH $M < 1$)	VELOCIDAD V MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE (MACH $M > 1$)
SI HAY CONVERGENCIA - EL FLUIDO: - EL NIVEL DEL AGUA:	- ACELERA - PERMANECE CONSTANTE	- DESACELERA - SUBE
SI HAY DIVERGENCIA - EL FLUIDO: - EL NIVEL DEL AGUA:	- DESACELERA - PERMANECE CONSTANTE	- ACELERA - BAJA



VAMOS A VER... A MENOR VELOCIDAD LA VELOCIDAD ES MENOR... ¿O ES AL CONTRARIO?

HiHiHi...

¡UFF! YA ME CANSÉ DE HALAR Y EMPUJAR ESTA MASA LÍQUIDA. TENGO QUE ENCONTRAR OTRA SOLUCIÓN

PROBEMOS CON ESTA PLANCHA. INCLINÁNDOLA MÁS O MENOS PUEDO REGULAR LA VELOCIDAD V DEL MOVIMIENTO...

¡AHORA SE PONE A CAMBIAR TODO!

¡PERO SI EL RESULTADO ES EL MISMO!

DE NUEVO UN MOVIMIENTO EN DIVERGENCIA, POR DEBAJO DE LA VELOCIDAD CRÍTICA. EL FLUIDO DESACELERA Y SU NIVEL PERMANECE PRÁCTICAMENTE CONSTANTE.

SI EL LÍQUIDO ALCANZA UNA VELOCIDAD V MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s LA DIFERENCIA RESULTA EN UNA DISMINUCIÓN DEL NIVEL DEL AGUA, QUE ACELERA.

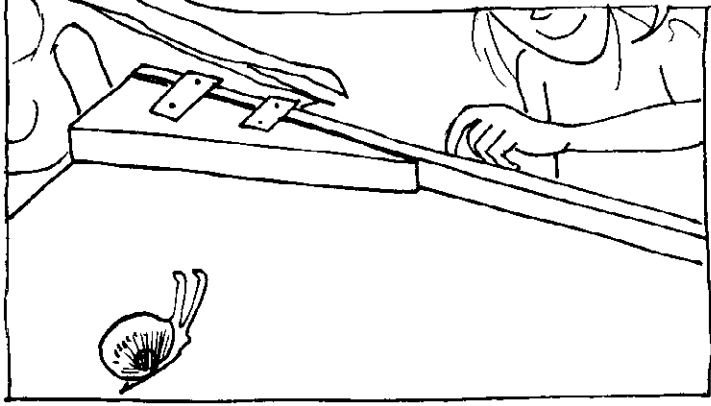
VELOCIDAD V MENOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE.
"NÚMERO DE MACH"
 $M < 1$

"Número de Mach"
 $M > 1$

ZONA DE DISTENSIÓN

FRENTES DE ONDA

BIEN, RESTRINJAMOS AHORA EL MOVIMIENTO MEDIANTE CONVERGENCIA

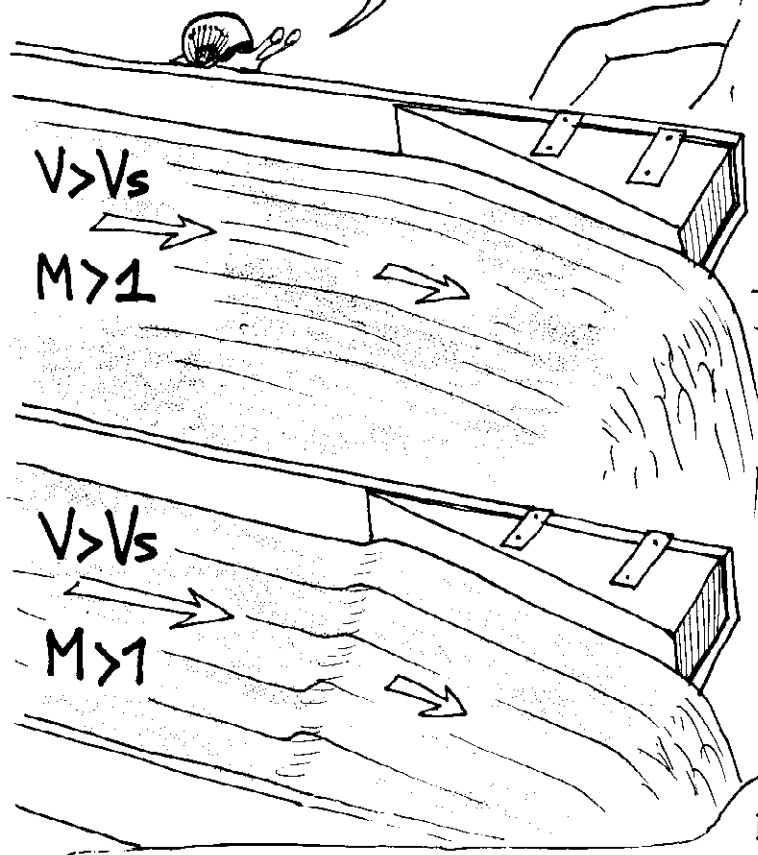


V MENOR QUE V_s
 M MENOR QUE 1

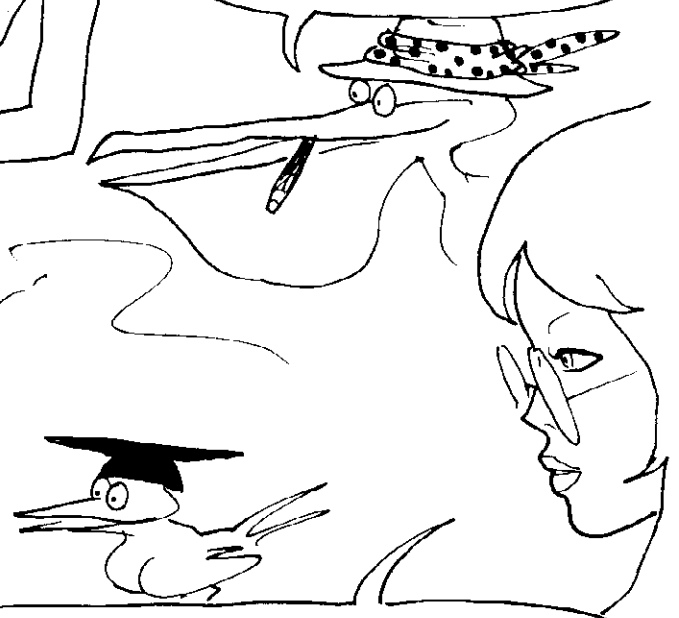


SI LA VELOCIDAD V DEL FLUIDO ES MENOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE, ENTONCES LA VELOCIDAD AUMENTA Y EL NIVEL PERMANECE CONSTANTE.

PERO SI LA VELOCIDAD V ES MAYOR QUE V_s ENTONCES EL NIVEL DEL AGUA SUBE Y EL FLUIDO DESACELERA

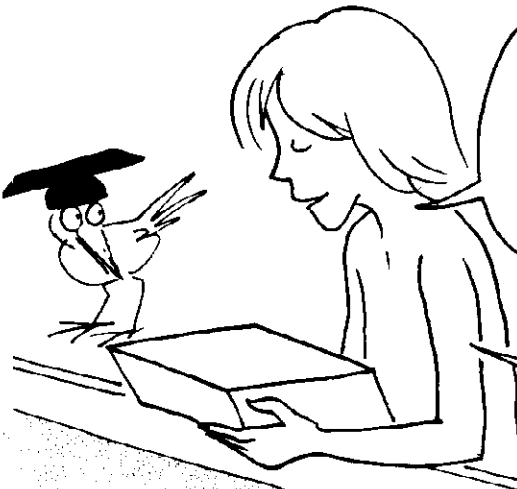


HAZ QUE SE ACELERE EL FLUIDO, ANSELMO. INCLINA UN POCO MÁS LA PLANCHA Y VEAMOS QUÉ SUCEDE...



LOS PARÁMETROS DEL FLUIDO VARIAN NOTABLEMENTE AL ATRAVESAR UN DESNIVEL O FRENTE DE ONDA. EL AGUA ES FRENADA Y SU NIVEL VUELVE A SUBIR.

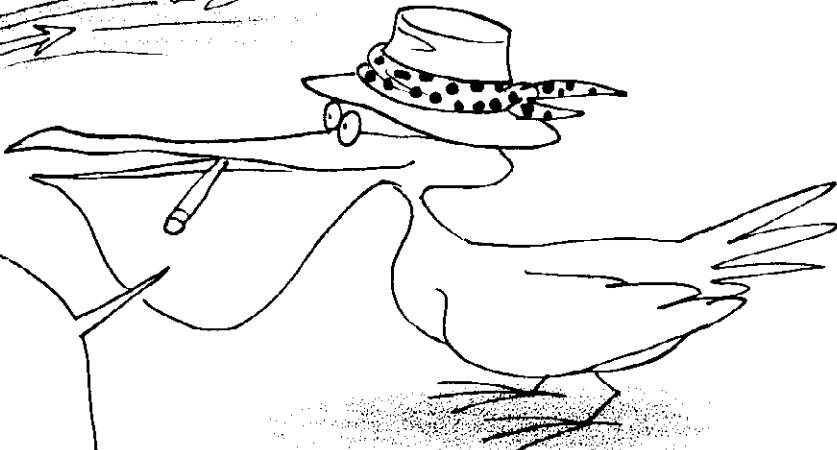
FLUJO ALREDEDOR DE UN CONTORNO




AHORA CON TODO LISTO PUEDO ESTUDIAR EL MOVIMIENTO DE UN FLUIDO EN TORNO A UN OBSTÁCULO. COMENCEMOS CON UN CASO EN EL QUE LA VELOCIDAD V DEL FLUIDO ES MENOR QUE V_s .

ESQUEMATIZARÉ EL CASCO DE UN BARCO MEDIANTE TRES DIEDROS SUCESIVOS.

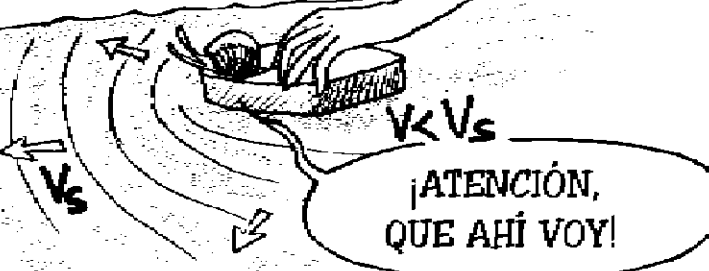
EL FLUIDO SE ACELERA EN LA PROA, LA CUAL FORMA UNA CONVERGENCIA



HMM... ¡EFECTIVAMENTE!
LA VELOCIDAD ES MÁXIMA EN EL COSTADO.
EL FLUIDO DESACELERA LENTAMENTE HACIA LA POPA, MANTENIENDO UN NIVEL CONSTANTE HASTA VOLVER A RETOMAR SU VELOCIDAD



LAS ONDAS DE SUPERFICIE QUE VIAJAN A LA VELOCIDAD V_s PUEDEN IR CORRIENTE ARRIBA Y TRANSMITIR ENERGÍA AL FLUIDO. ASÍ, "INFORMADO" DE LA VECINDAD DE UN OBJETO, EL FLUIDO TIENE TIEMPO DE PREPARARSE PARA EL "ENCUENTRO", COMENZANDO A APARTARSE ANTES QUE EL OBJETO ESTÉ SOBRE ÉL.



$V < V_s$
¡ATENCIÓN,
QUE AHÍ VOY!

AHORA INCLINEMOS UN POCO MÁS LA PLANCHA DE MANERA QUE LA VELOCIDAD V DEL AGUA SEA MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE

GRACIAS AL TEOREMA DE HUGONIOT, SABEMOS QUE EL FLUIDO DESACELERA EN LA PROA, ACELERA EN EL COSTADO Y DESACELERA DE NUEVO EN LA POPA.



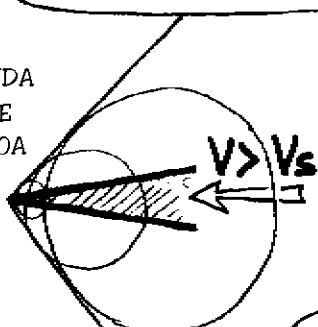
$V > V_s$

EN LA POPA EL AGUA ES BRUSCAMENTE DETENIDA Y ASCIENDE SOBRE LA LÍNEA DE FLOTACIÓN. AL PASO POR EL COSTADO SE REACELERA. ES MÁS, SE SOBREACELERA ES DECIR TIENE UNA VELOCIDAD MAYOR QUE LA DE SU FLUJO "LIBRE". AL MISMO TIEMPO, EL NIVEL CAE POR DEBAJO DE LA LÍNEA DE FLOTACIÓN A LA ALTURA DE LA POPA, PARA LUEGO RECOBRAR LA VELOCIDAD Y EL NIVEL INICIALES.

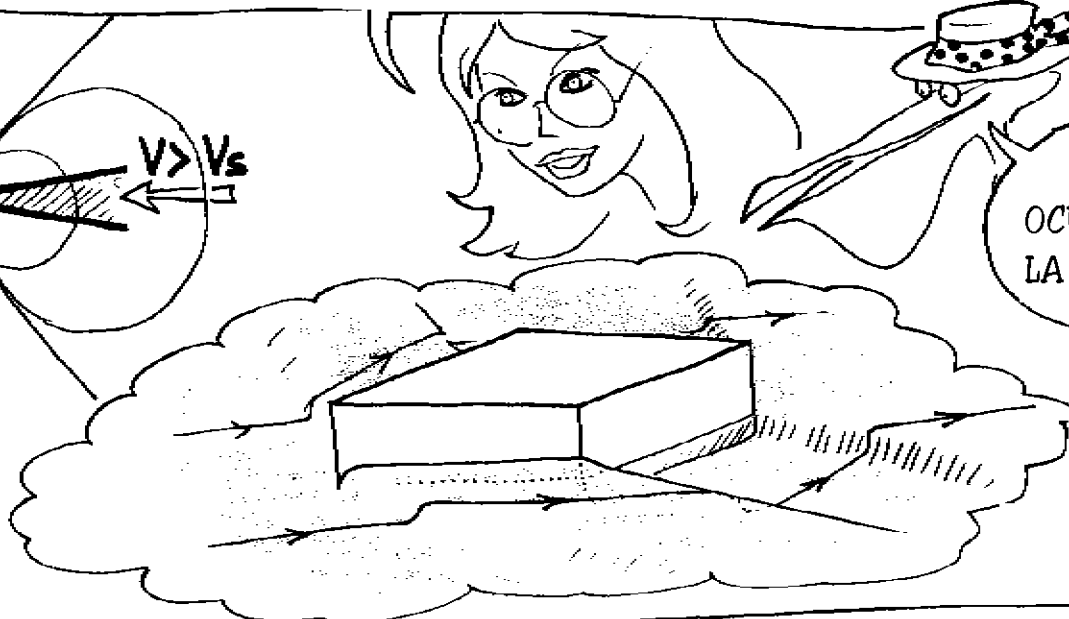
LA ONDA DE PROA

EN ESTE CASO EN EL QUE LA VELOCIDAD V ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE, ENCONTRAMOS FRENTES DE ONDA. LA PROA, POR EJEMPLO, EMITE ONDAS DE SUPERFICIE QUE NO PUDIENDO VOLVER CONTRACORRIENTE SE AMONTONAN UNAS SOBRE OTRAS FORMANDO UN ABULTAMIENTO LÍQUIDO:
LA ONDA DE PROA.

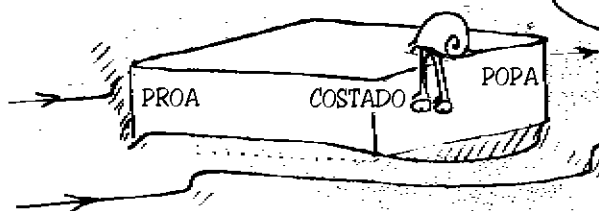
ONDA DE PROA



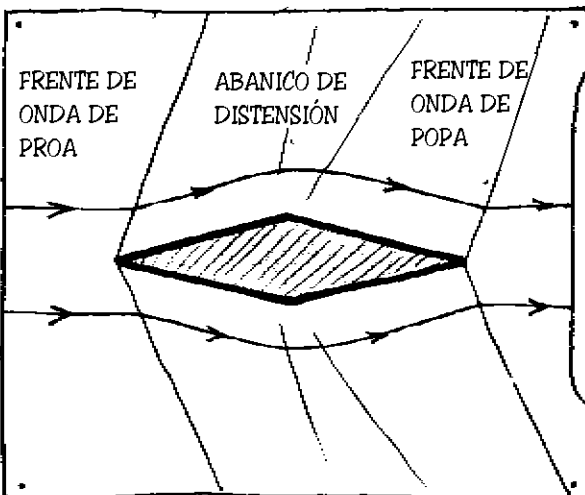
IMAGINO QUE OCURRE LO MISMO EN LA FASE DE DISTENSIÓN



NO, AQUÍ NO HAY "FRENTES DE DISTENSIÓN", FRENTES DE RAREFACCIÓN. TODO ME PARECE BASTANTE PLANO

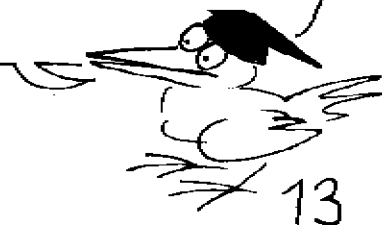


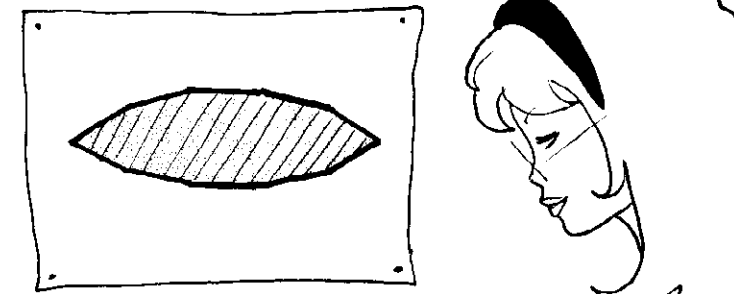
¡CARAY, NUNCA LE ATINO CUANDO TRATO DE ENTENDER ALGO!



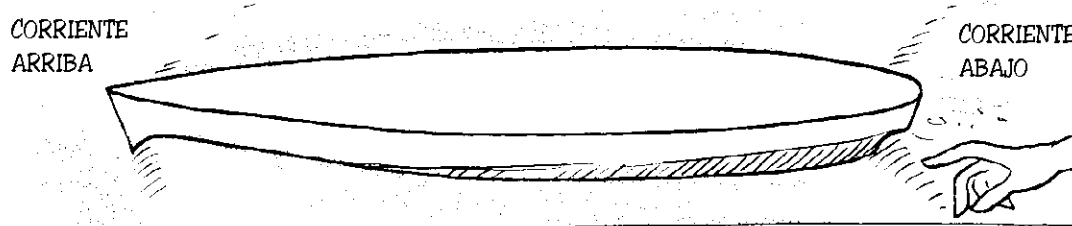
DE ESTA FORMA, LEÓN, LAS VARIACIONES DE VELOCIDAD Y DE NIVEL EN LA PROA Y EN LA POPA OCURREN DE MANERA BRUSCA, MEDIANTE FRENTES DE ONDA. EN COMPENSACIÓN, EN LOS COSTADOS LA VELOCIDAD Y EL NIVEL VARIAN CONTINUAMENTE EN UN ABANICO DE DISTENSIÓN

LA OBSERVACIÓN, LEÓN, LA OBSERVACIÓN...



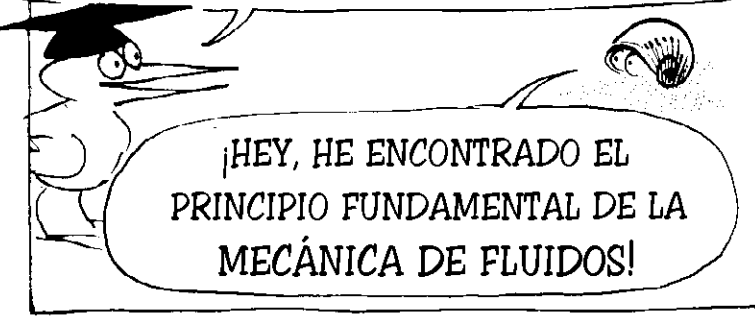


EN EL CASO DE UN BARCO, LOS COSTADOS PUEDEN
ASEMEJARSE A UNA SERIE DE CARAS NUMEROSAS



LA ONDA DE POPA GARANTIZA UNA UNIÓN SUAVE CON EL
FLUIDO CORRIENTE ABAJO... ES POR ESTA RAZÓN QUE LOS
BOTES NO DEJAN SURCOS DETRÁS

DE LA MISMA MANERA, LA DIFERENCIA DE
VELOCIDAD RESIDUAL, DEBIDA A LA FRICCIÓN
DE ARRASTRE DEL AGUA POR EL CASCO, ES
ANULADA POR LA TURBULENCIA DE LA ESTELA

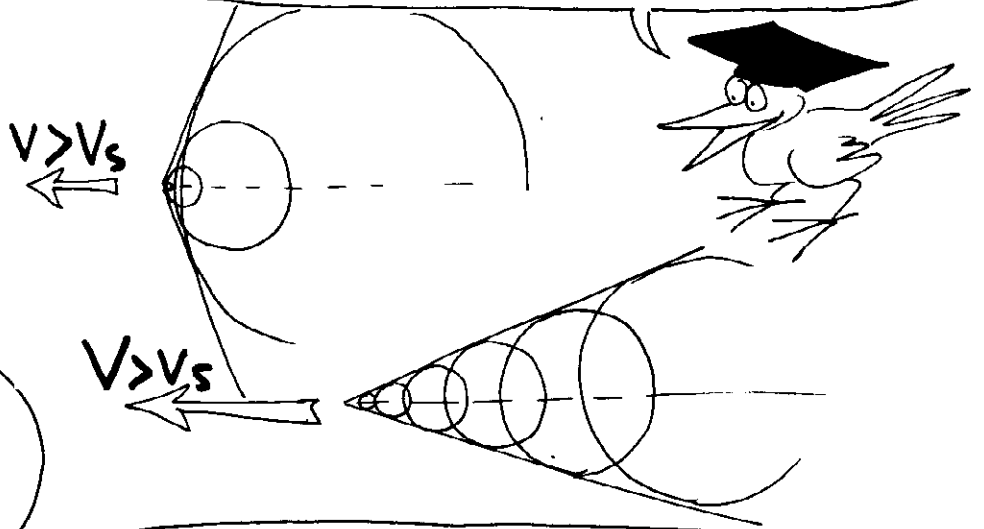


POR FAVOR DEJAR EL FLUIDO EN EL
MISMO ESTADO EN QUE LO
ENCONTRARON

MEDICIÓN DE VELOCIDADES

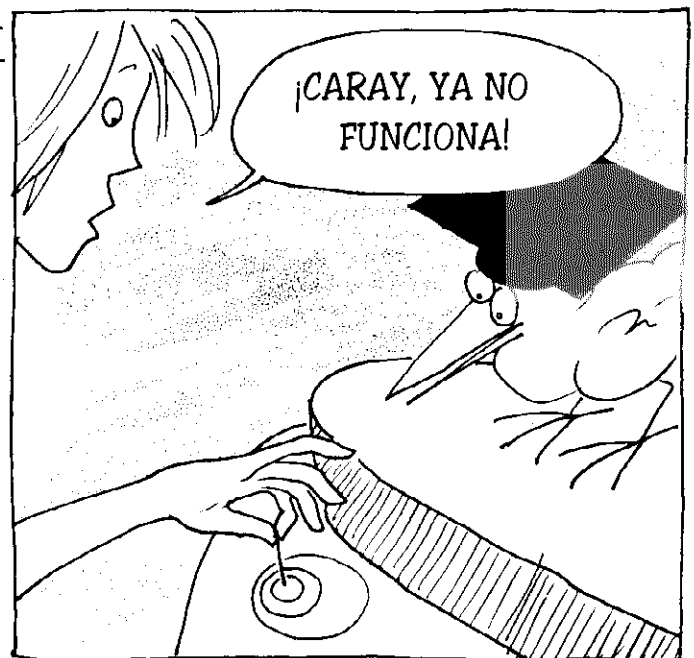
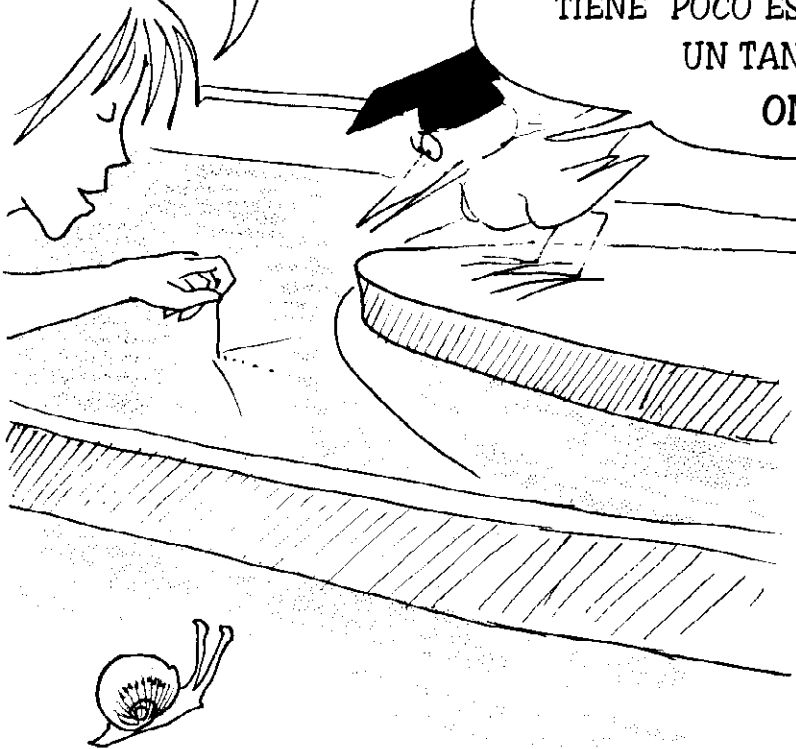
PARA COMPRENDER LO QUE SUCEDE SE REQUIERE DE UN MEDIO PARA MEDIR LA VELOCIDAD.

SI SE COLOCA UNA AGUJA EN UN FLUJO CUYA VELOCIDAD V ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE, ENTRE MAYOR SEA LA VELOCIDAD, MÁS INCLINADOS ESTARAN LOS FRENTE SOBRE LA TRAYECTORIA.



TIENES RAZÓN, MAX. ASÍ PUEDO MEDIR LA VELOCIDAD V (*)

MIRA: CUANDO LA PARTE ANTERIOR DEL OBJETO TIENE POCO ESPESOR, EL FRENTE DE ONDA SE FORMA UN TANTO ADELANTE Y FORMA UNA ONDA DESPRENDIDA



(*) Ver Apéndice A

ES NORMAL EN ESTA ZONA DE POCO ESPESOR CERCANA A LA PROA, DONDE LA VELOCIDAD V ES MENOR QUE V_s

EN ESTE CASO ES COMO SI EL OBJETO SE FABRICARA SOBRE MEDIDA, GRACIAS A ESTA ONDA DE PROA Y PARA NAVEGAR MEJOR, UNA ZONA EN LA QUE V ES MENOR QUE V_s

PERO ENTONCES... ¿CÓMO HACE EL AGUA PARA DESPLAZARSE A UNA VELOCIDAD TAN PEQUEÑA?

ELEMENTAL, MI QUERIDO LEÓN, ALLÍ DONDE EL FLUIDO SE FRENA EL NIVEL DEL AGUA SUBE, Y VICEVERSA

AHORA LAS COSAS COMIENZAN A ACLARARSE UN POCO...

VAMOS, SABELOTODOS...
¡HORA DE COMER!

NO ESTARÍA NADA MAL SI SE LOGRARA ELIMINAR ESTAS ONDAS...

QUE POR CIERTO CONSUMEN ENERGÍA.

HMM...
ALGO TRAMAN
¿QUÉ SERÁ?

SÍ. ALLÍ ADENTRO HAY ENERGÍA. LO DEMUESTRA EL HECHO DE QUE EL TIPO CON SU LANCHA LOGRA DEMOLERNOS LA EMPALIZADA PARA EL MUELLE.

SI SE LOGRARA "AVISAR" AL FLUIDO CORRIENTE ARRIBA, LA ONDA NO SE FORMARÍA...

POR LO TANTO,
INCLUSO LLENDO MÁS RÁPIDO QUE LAS ONDAS DE SUPERFICIE,
SE REQUERIRÍA INTERVENIR CONTINUAMENTE EL FLUIDO.

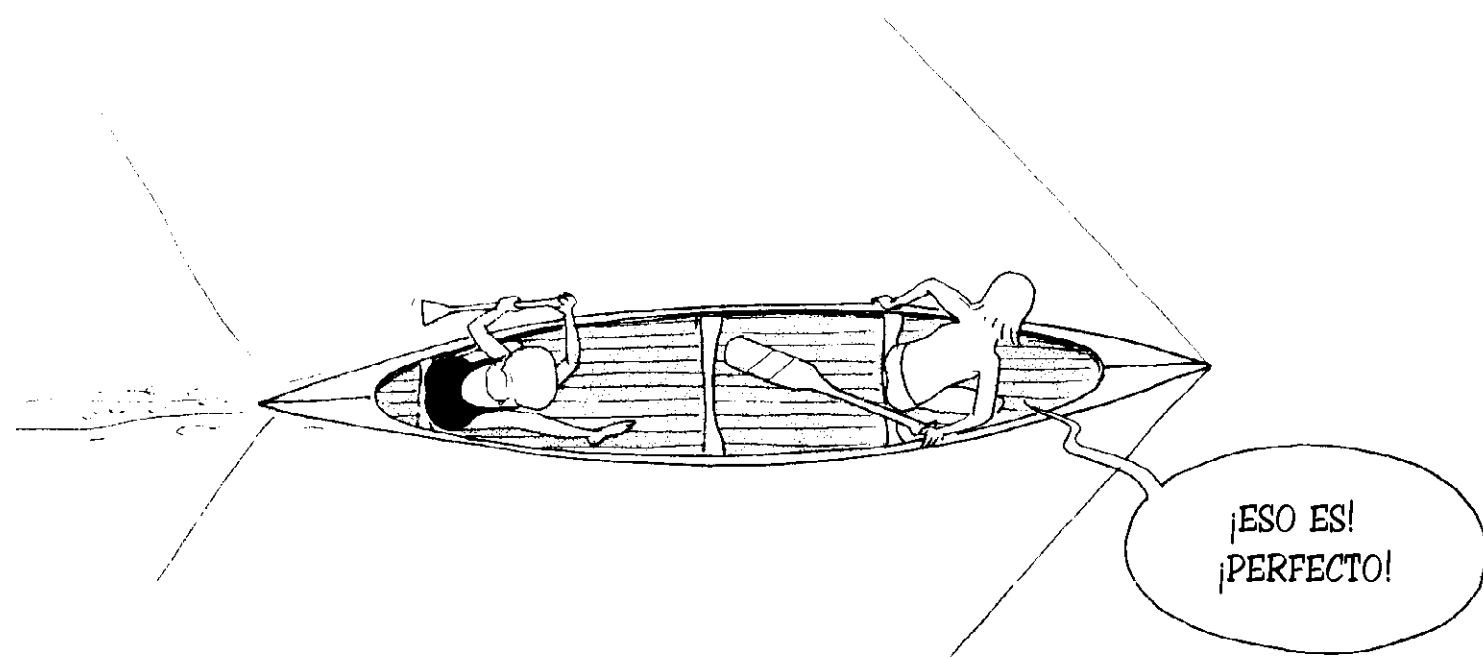
HEP!

LOS PLATOS...

TIENE QUE EXISTIR UNA SOLUCIÓN...

AH!..

SNAP!



VEAMOS QUÉ SUCEDE AHORA...

NO. ASÍ NO FUNCIONA

¡CUIDADO!

PARECE QUE ALGO ANDA MAL...

¿QUÉ ESTÁN HACIENDO?

NADA.. ¡ANSELMO INTENTABA INFORMAR A LAS MOLÉCULAS!

NO ENTIENDO QUÉ ESPERABAS. SI QUIERES "INFORMAR" AL FLUIDO, TAL COMO SOSTIENES, NECESITAS IDEAR Y COLOCAR CORRIENTE ARRIBA NUEVOS OBJETOS MATERIALES, QUE A SU VEZ PRODUCIRÁN SUS PROPIAS ONDAS. ¡UN CÍRCULO VICIOSO!

ESPERA UN MOMENTO...

SOFÍA DICE QUE NO HACES MÁS QUE TRASLADAR EL PROBLEMA

DICE QUE NAVEGAR SIN PRODUCIR UNA ONDA DE PROA ES IMPOSIBLE

ANSELMO DESCUBRE LA MAGNETOHIDRODINÁMICA



SI EN UN FLUIDO SE CREA, POR UNA PARTE, UN CAMPO MAGNÉTICO \vec{B} , Y POR OTRA UNA CORRIENTE ELÉCTRICA \vec{I} PERPENDICULAR A AQUEL, EL FLUIDO EXPERIMENTA UNA

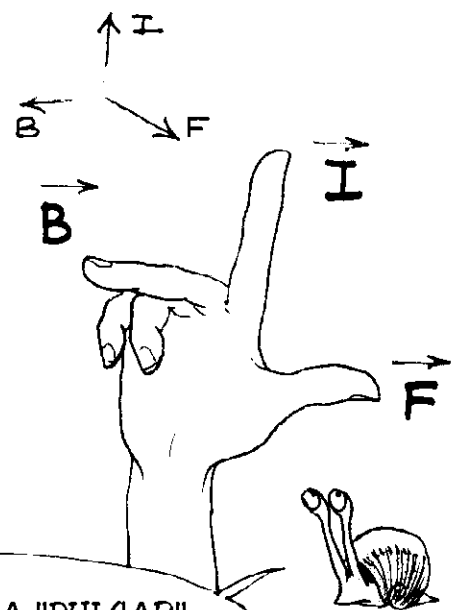
FUERZA DE LAPLACE

DE INTENSIDAD $I\vec{B}$ CUYA DIRECCIÓN ESTÁ DADA POR LA REGLA DE LA MANO DERECHA:

SE FORMA UN TRIEDRO CON EL PULGAR, EL ÍNDICE Y EL ANULAR.

SI LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE \vec{I} QUE ATRAVIESA EL MATERIAL SE DIRIGE SEGÚN EL ÍNDICE Y EL CAMPO MAGNÉTICO \vec{B} SEGÚN EL ANULAR, APARECERÁ UNA FUERZA EN LA DIRECCIÓN DEL PULGAR.

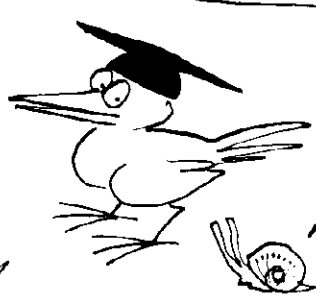
La Dirección




LA FUERZA "PULGAR"



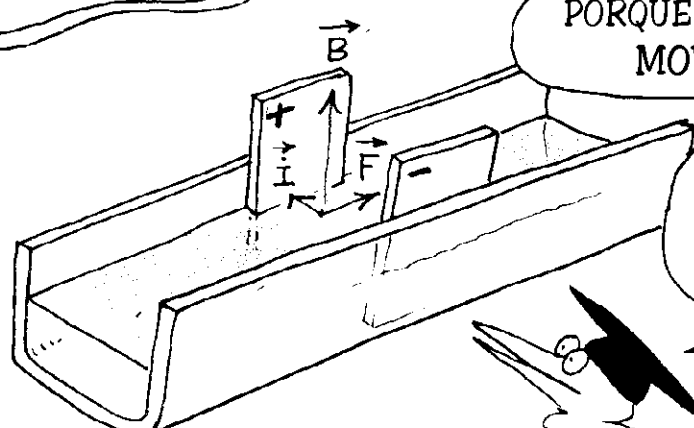
¡SANTO CIELO!
¿QUÉ ES ESTE APARATEJO?



HE CONSTRUIDO UN
CONVERTIDOR
MAGNETOHIDRODINÁMICO
SIMILAR AL INVENTADO EN
1860 POR EL FÍSICO
INGLÉS FARADAY



¿POR QUÉ
CONVERTIDOR?

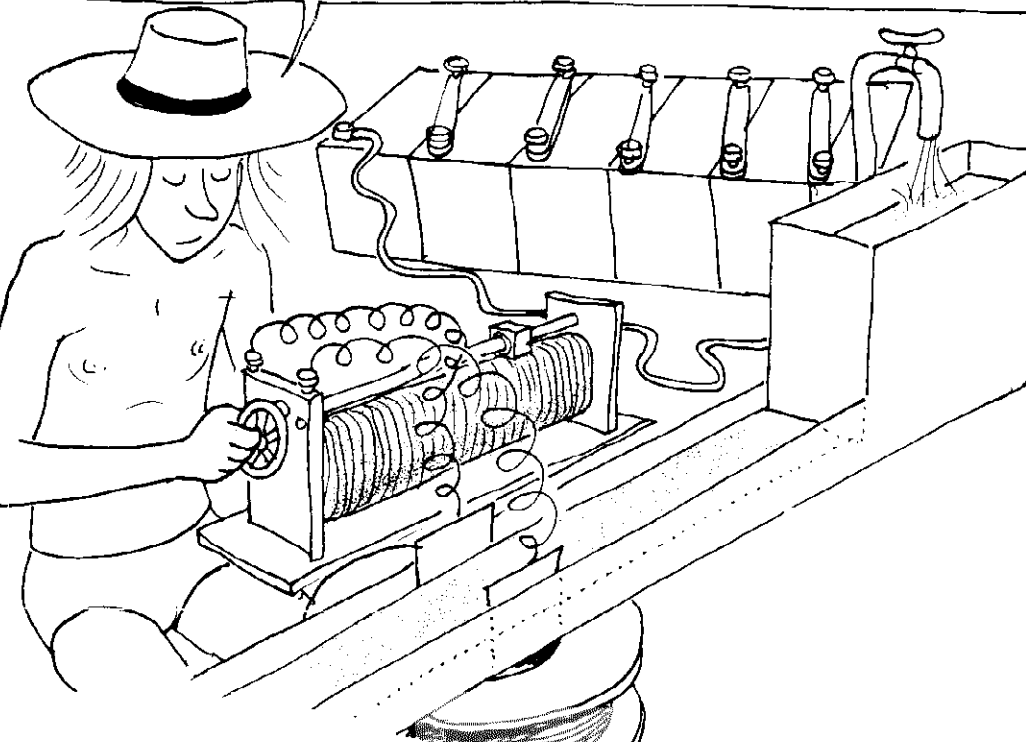


PORQUE CONVIERTE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN
MOVIMIENTO, EN ENERGÍA CINÉTICA



LOS VECTORES DE CAMPO MAGNÉTICO \vec{B} ,
Y CORRIENTE \vec{I} , FORMAN CON EL EJE DEL
CANAL UN TRIEDRO TRIRECTÁNGULO.

LA BOBINA CREA EL CAMPO MAGNÉTICO Y LA SAL QUE PUSE EN EL AGUA POTENCIA
SUS PROPIEDADES DE CONDUCTORA DE LA ELECTRICIDAD. CON ESTE REÓSTATO
PUEDO HACER VARIAR LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE QUE PASA POR EL AGUA.



MODIFICANDO LA
CORRIENTE \vec{I} Y EL CAMPO
MAGNÉTICO \vec{B} PUEDES
ENTONCES ACELERAR O
DESACELERAR A
VOLUNTAD EL FLUIDO

CRITERIO DE INTERACCIÓN

ME PARECE QUE ESTA HISTORIA SE ESTÁ COMPLICANDO UN POCO

EMPEZAMOS CON UN PROBLEMA DE FLUIDOS Y SUS MOVIMIENTOS...

... Y AHORA HAY MUCHA CONFUSIÓN

... ¡DEMASIADA!

HOLA CHICOS,
¿A QUÉ SE DEDICAN HOY?

¡AHORA SÍ QUE NO ENTIENDO NADA!

TRATO DE CAMBIAR LOS DATOS TRADICIONALES DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS INTRODUCIENDO PARÁMETROS ADICIONALES: FUERZAS QUE ACTÚAN A DISTANCIA SOBRE LA MASA DEL FLUIDO

¡APUESTO A QUE NO NOS VAMOS A ABURRIR!

¿PERO QUIÉN TE DIJO QUE ESTAS FUERZAS TIENEN ALCANCE SUFICIENTE?

¡ANSELMO ESTÁ HOY EN BUENA FORMA!

ME PARECE QUE SE TRATA DE UN PROBLEMA DE ENERGÍA

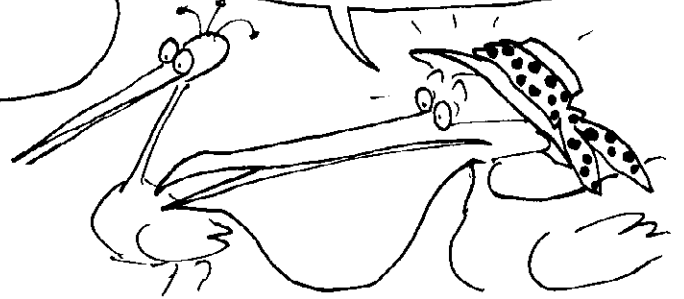
¿QUÉ QUIERES DECIR?

EL FLUIDO TIENE UNA CIERTA ENERGÍA CINÉTICA. PARA MODIFICAR SU VELOCIDAD CON FUERZAS DE LAPLACE, ES NECESARIO EMPLEAR UNA ENERGÍA DEL MISMO ORDEN DE MAGNITUD.

MÁS AÚN: SI ESTA ENERGÍA TRANSMITIDA POR LAS FUERZAS DE LAPLACE ES MAYOR QUE LA ENERGÍA CINÉTICA DEL FLUIDO, LÓGICAMENTE SE DEBERÍA PODER CONTROLAR DEL TODO EL MOVIMIENTO.



¡¿QUÉ?!!
¿QUÉ CUENTOS SON ESOS, MAX?

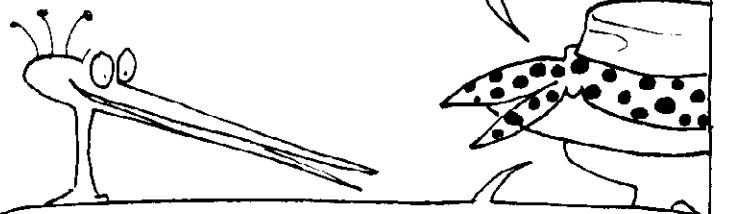


PUES SÍ, MI QUERIDO AMIGO...
¡PARECE QUE AQUÍ HABRÁ EMOCIÓN HOY!



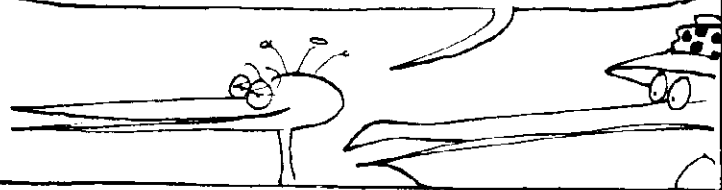
¡NI ME DIGAS! YA CONOCES A ANSELMO. SI NO SE LO DETIENE, ¡EMPIEZA A INTENTAR DE TODO!

¡SI ALMENOS ESTUVIERA SOFÍA!
PARECE QUE SE FUE A LA PLAYA.

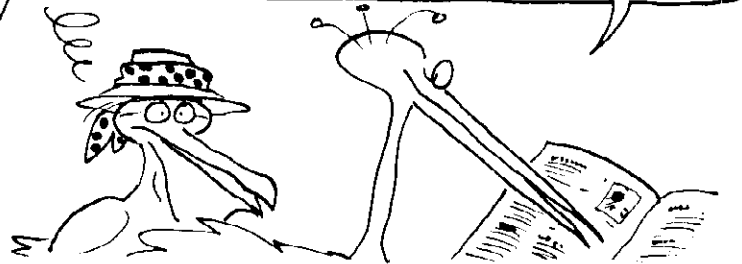


LA TAL MAGNETOHIDRODINÁMICA NO ME SABE A NADA BUENO.

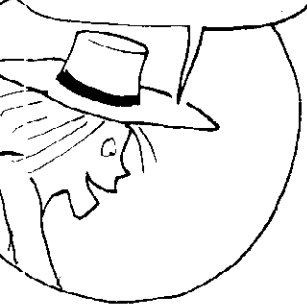
¡BAH! TUS TEMORES SON INÚTILES. EN EL FONDO SE TRATA SÓLO DE BAJA TENSIÓN:
¡40 VOLTIOS Y 10.000 GAUSS (*) NO PUEDEN MODIFICAR EL ESPACIO-TIEMPO!



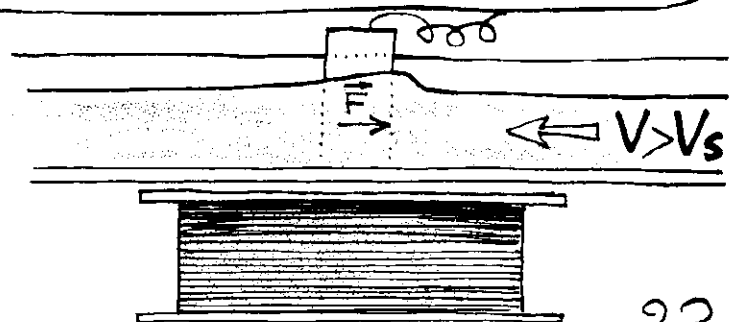
TSS... MAGNETOHIDRODINÁMICA, ABREVIADO MHD, SE ENCUENTRA TAMBIÉN EN EL DICCIONARIO...



¡EY, MIREN!



UTILIZANDO EL SISTEMA COMO DESACELERADOR, Y EMPLEANDO SUFICIENTE ENERGÍA, PUEDO CREAR UN FRENTE DE ONDA ESTACIONARIO SIN OTROS OBSTÁCULOS APARTE DE LAS FUERZAS DE LAPLACE IB



(*) Unidad de inducción magnética en el sistema CGS (NdT)

NO HAY DUDA QUE
ASÍ ES

MUY BIEN, DE ACUERDO,
¿Y QUÉ CON ESO?

¡ESO ES CLÁSICO,
Y ES CONOCIDO!

¡FÍSICA TOTALMENTE
CLÁSICA!

BLOQUEO

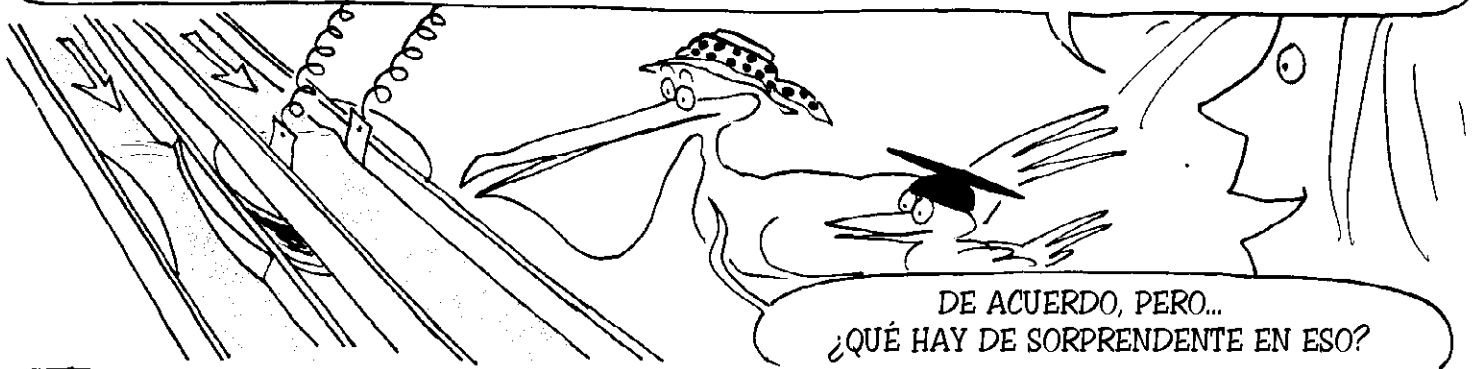
EN ESTA SEGUNDA CANAL, CON LA AYUDA DE ESTOS BLOQUES,
CREO UN ESTRECHAMIENTO, UN ESTRANGULAMIENTO.

UNA CANAL SIN ELECTRODOS NI CAMPOS MAGNÉTICOS

SI EL ESTRECHO NO ES MUY
PRONUNCIADO, SE TIENEN
FRENTE DE ONDA QUE SE
CRUZAN

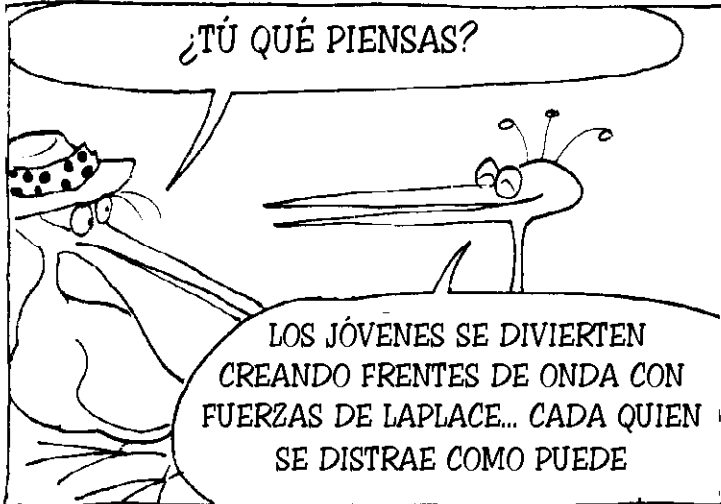
PERO SI EL ESTRECHO ES MUY MARCADO, LOS FRENTE SE AMONTONAN
EN UNA ONDA FRONTAL QUE SE ESTABILIZA A LA ENTRADA DEL CANAL. SI BIEN
EL FLUIDO CONTINÚA MOVIÉNDOSE, A ESTE FENÓMENO SE LE CONOCE COMO
BLOQUEO.

PUEDEN DARSE CUENTA, ENTONCES, QUE DE ESTA MANERA REALIZO EL MISMO BLOQUEO QUE CON UNA DISMINUCIÓN DE LA SECCIÓN



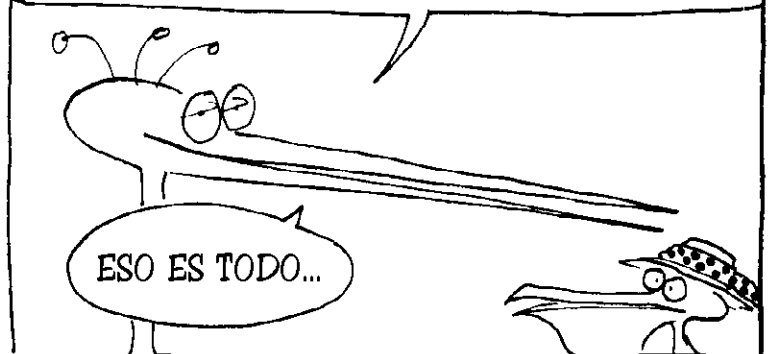
DE ACUERDO, PERO...
¿QUÉ HAY DE SORPRENDENTE EN ESO?

¿TÚ QUÉ PIENSAS?



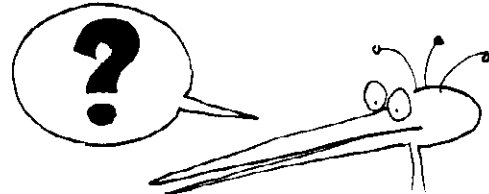
LOS JÓVENES SE DIVIERTEN
CREANDO FRENTES DE ONDA CON
FUERZAS DE LAPLACE... CADA QUIEN
SE DISTRAE COMO PUEDE

SI ANSELMO AÑADE A SU ESTRECHAMIENTO DE SECCIÓN LAS FUERZAS DE LAPLACE, OBTIENE UN BLOQUEO MÁS FUERTE

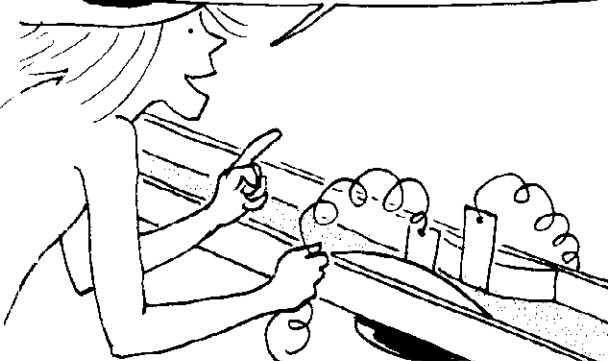


ESO ES TODO...

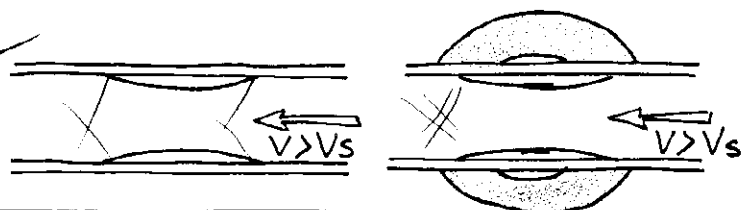
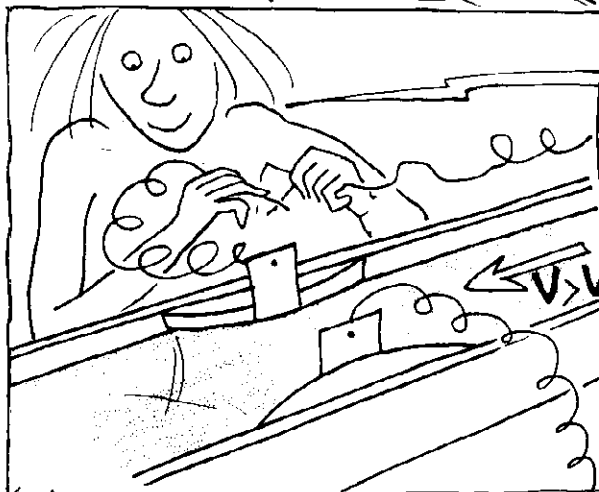
DE ACUERDO, PERO SI INVIERTO
LA FUERZA DE LAPLACE



DESBLOQUEO



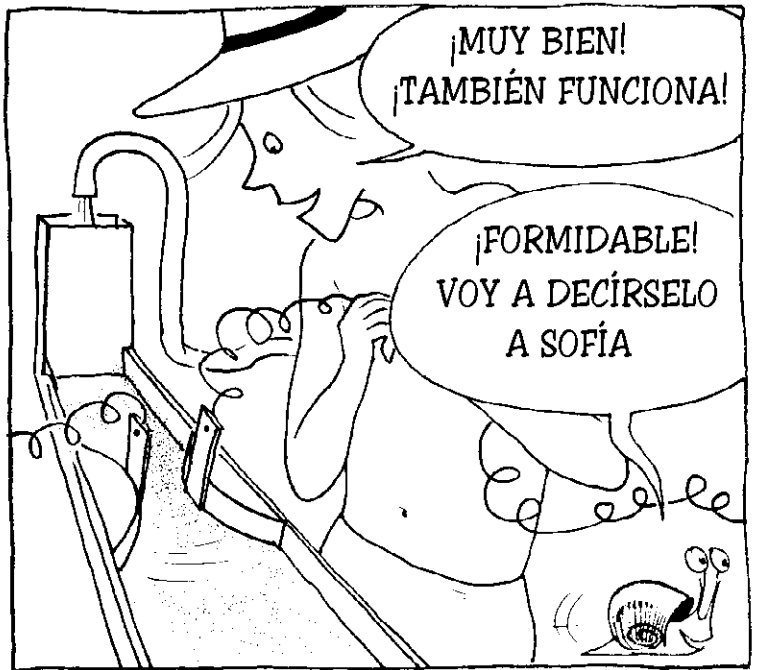
COMIENZO CON UN ESTRECHO POCO MARCADO.
PARA INVERTIR LA FUERZA, PUEDO INVERTIR EL
CAMPO MAGNÉTICO B O INVERTIR LA CORRIENTE I .
¡ESO ES! ¡SI EL PRODUCTO IB ES SUFICIENTEMENTE
GRANDE (*) ¡LA FUERZA ACELERADORA DE LAPLACE
HACE DESAPARECER LOS FRENTES DE ONDA!



(*) Ver Apéndice B



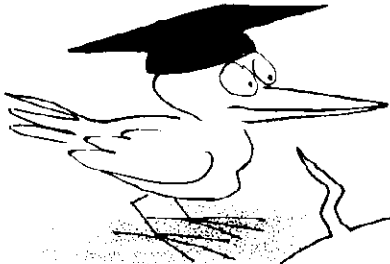
AHORA HARÉ EL
ESTRANGULAMIENTO MÁS
ESTRECHO



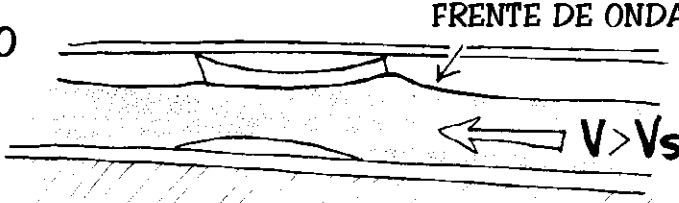
¡MUY BIEN!
¡TAMBIÉN FUNCIONA!

¡FORMIDABLE!
VOY A DECÍRSELO
A SOFÍA

LA ONDA FRONTAL ES
ANULADA



BLOQUEO

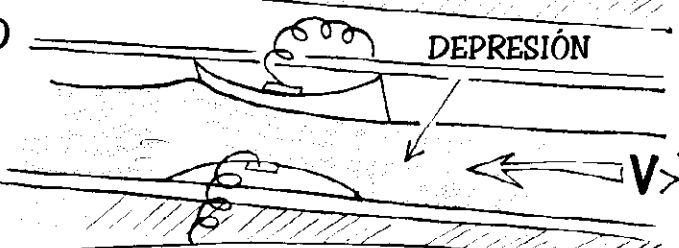


FRENTE DE ONDA

$V > V_s$

DESBLOQUEO

DEBIDO A LAS
FUERZAS
ACELERADORAS
DE LAPLACE



DEPRESIÓN

$V > V_s$

AUMENTANDO LAS FUERZAS DE LAPLACE, ANSELMO
LOGRA INCLUSO SUCCIONAR EL AGUA, HASTA EL PUNTO DE
BAJAR EL NIVEL CORRIENTE ARRIBA Y CREAR UNA DEPRESIÓN

¡SOFÍA!
ANSELMO HA
REALIZADO UN
MECANISMO
IMPOSIBLE

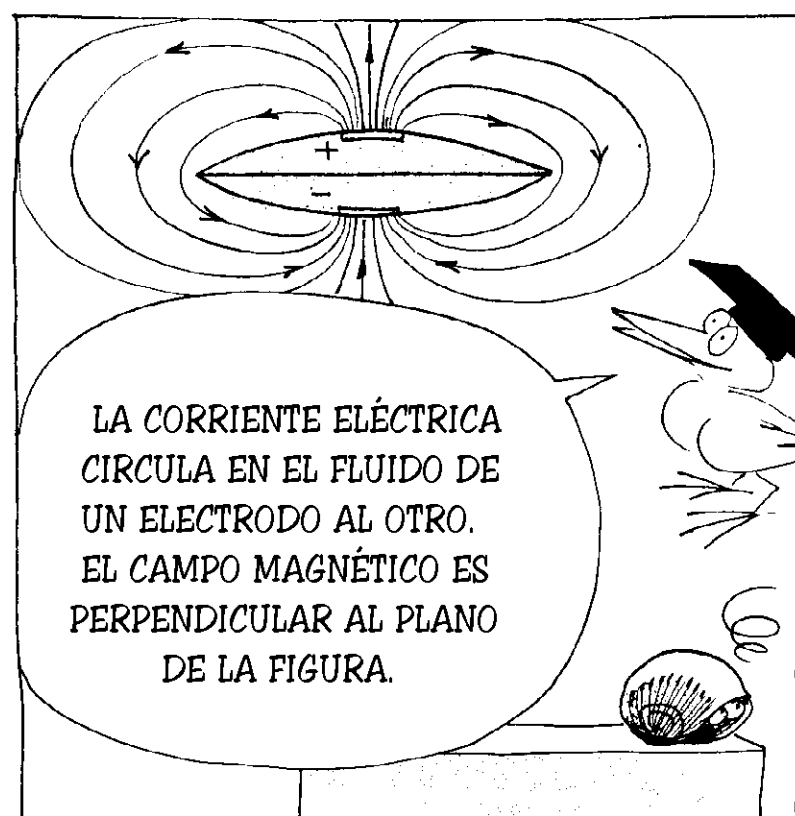


¿QUÉ TE PASA, TIRESIAS?
ESTÁS SIN ALIENTO.
¿ESTUVISTE CORRIENDO?

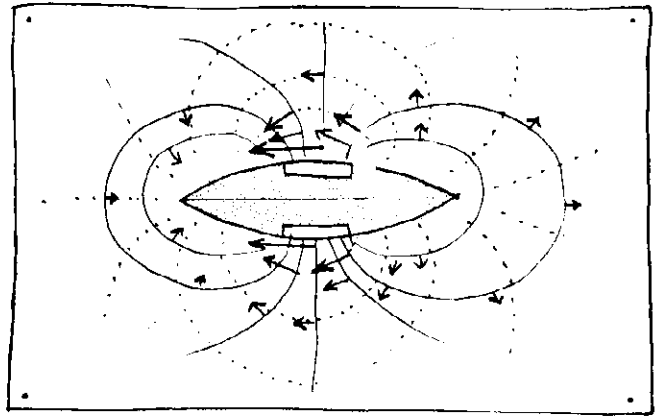




ANULACIÓN DE LA ONDA DE PROA

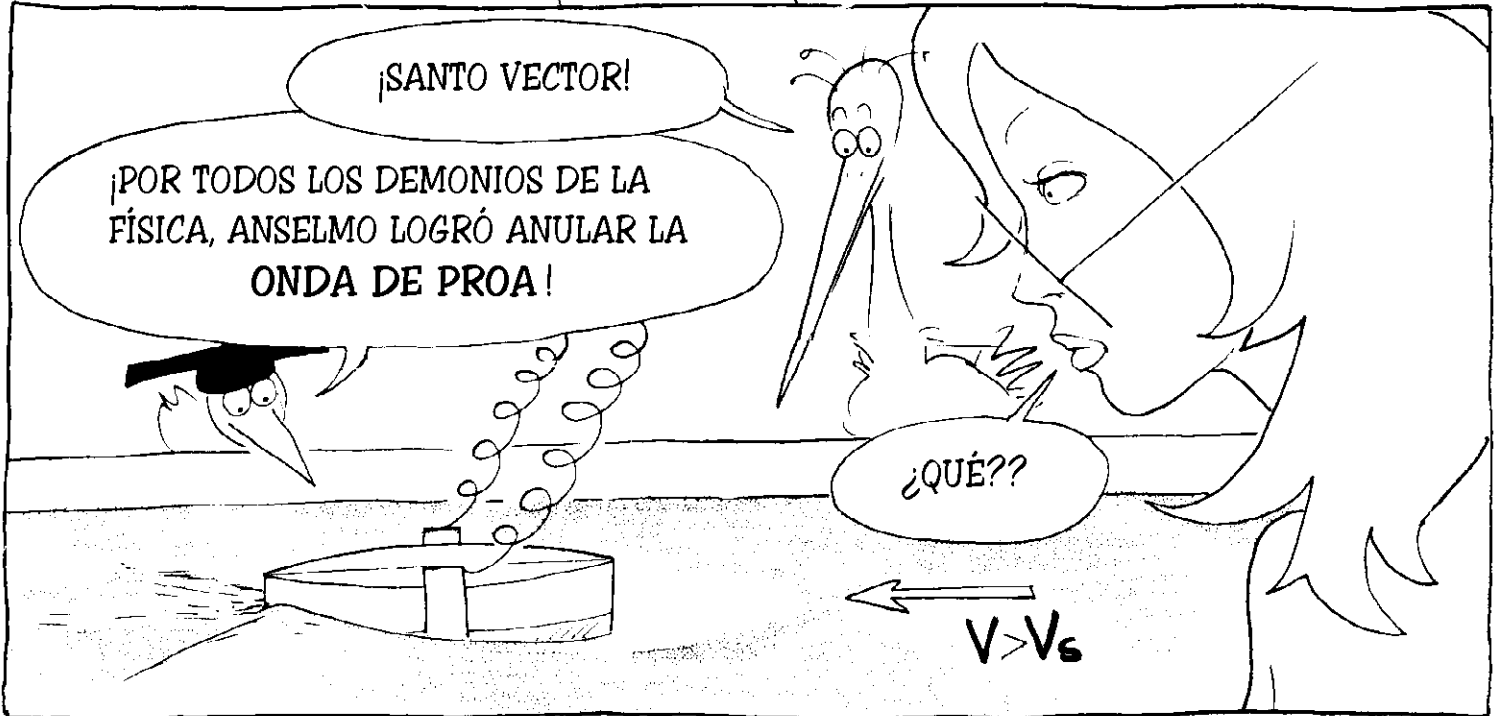


APLICANDO LA
REGLA DE LA MANO
DERECHA OBTENGO LA
DIRECCIÓN DEL CAMPO DE
FUERZA SOBRE EL FLUIDO



¡SANTO VECTOR!

¡POR TODOS LOS DEMONIOS DE LA
FÍSICA, ANSELMO LOGRÓ ANULAR LA
ONDA DE PROA!



¿QUÉ ESTÁ
HACIENDO ESTE
CHICO?

LES HAGO NOTAR QUE SI BIEN HA ANULADO LA ONDA
DE PROA, LA ONDA DE POPA SIGUE ALLÍ...



¡NO, TODO LO CONTRARIO!
ME PREGUNTO DE DÓNDE LO
HABRÁ SACADO...

¿PERO ACASO NO ME HABÍAN DICHO
QUE SE TRATABA DE DIVULGACIÓN
CIENTÍFICA?...
NO COMPRENDO
NADA DE NADA...

¿SABES CÓMO SE LLAMA
LA DIVULGACIÓN DE LOS
ARTEFACTOS AÚN DESCONOCIDOS?

SE LLAMA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

¡LO QUE YO DECÍA!

AH!...

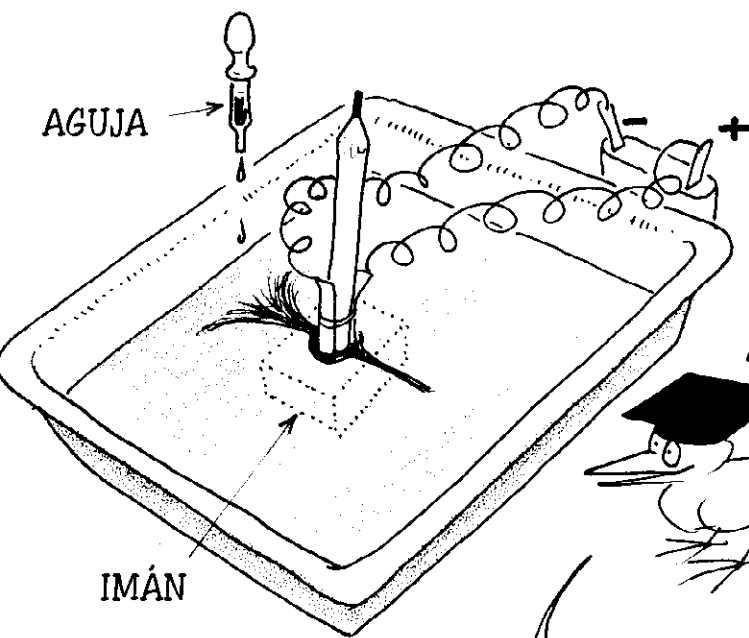
ENTONCES, FRENTE A UN
OBJETO MÁS COMPACTO, LA
ONDA FRONTAL SE SEPARA

CÓMO CONSTRUIR EL PROPIO ACELERADOR MHD

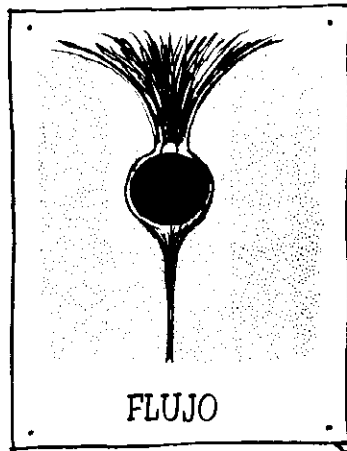
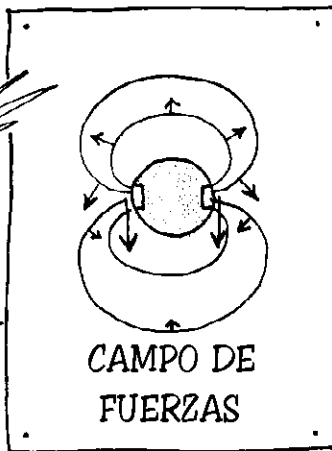
EL OBJETO PUEDE SER HASTA
UN SIMPLE CILINDRO

NO TENGO QUE HACER MÁS QUE
FIJAR DOS ELECTRODOS DE
METAL SOBRE UN LÁPIZ (*)

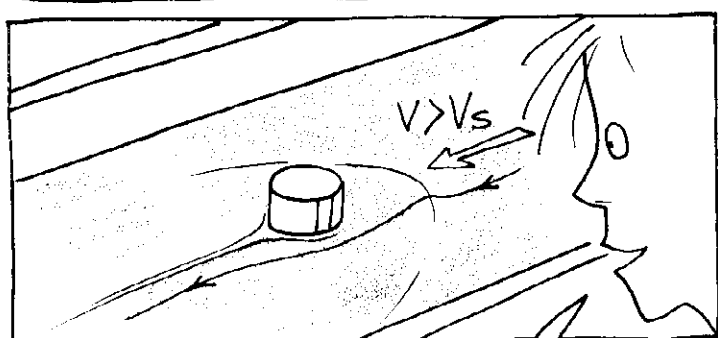
CON UNA CUBETA LLENA DE AGUA
SALADA Y UN IMÁN SE PUEDE
OBSERVAR EL BOMBEO DEBIDO A LAS
FUERZAS DE LAPLACE



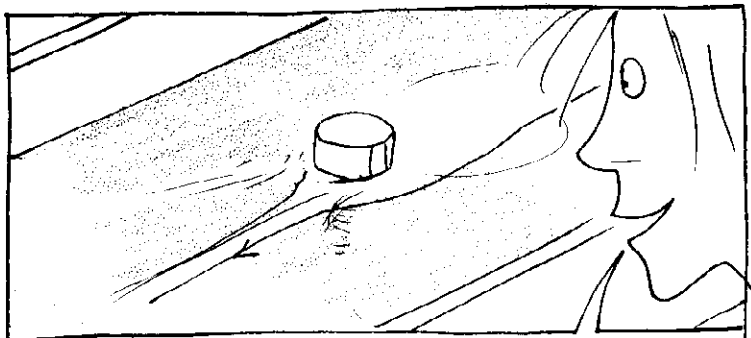
EL IMÁN BAJO ESTE RECIPIENTE CREA UN CAMPO MAGNÉTICO B VERTICAL. CON TINTA ES POSIBLE VISUALIZAR EL BOMBEO



CON UN PEQUEÑO IMÁN PERMANENTE Y UNA PILA DE BOLSILLO SE PUEDE OBSERVAR EL BOMBEO. PERO PARA ACTUAR SUFICIENTEMENTE SOBRE EL FLUIDO HASTA EL PUNTO DE MODIFICAR LA ESTRUCTURA DE LOS FRENTE DE ONDA, SE REQUIEREN FUERZAS DE LAPLACE DIEZ VECES MÁS GRANDES.



COLOCO ESTE MODELITO EN MI CANAL LABORATORIO Y AUMENTO LA FUERZA. AL COMIENZO LA ESTELA NO ES TURBULENTO. LA ONDA FRONTAL SE DEFORMA.



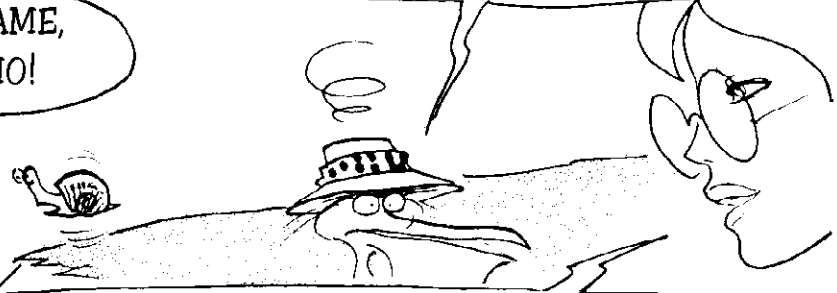
SIGO AUMENTANDO. LA ONDA FRONTAL DESAPARECE Y ES SUSTITUIDA POR UNA DEPRESIÓN DE LA SUPERFICIE LÍQUIDA

PASEMOS AHORA A LAS APLICACIONES

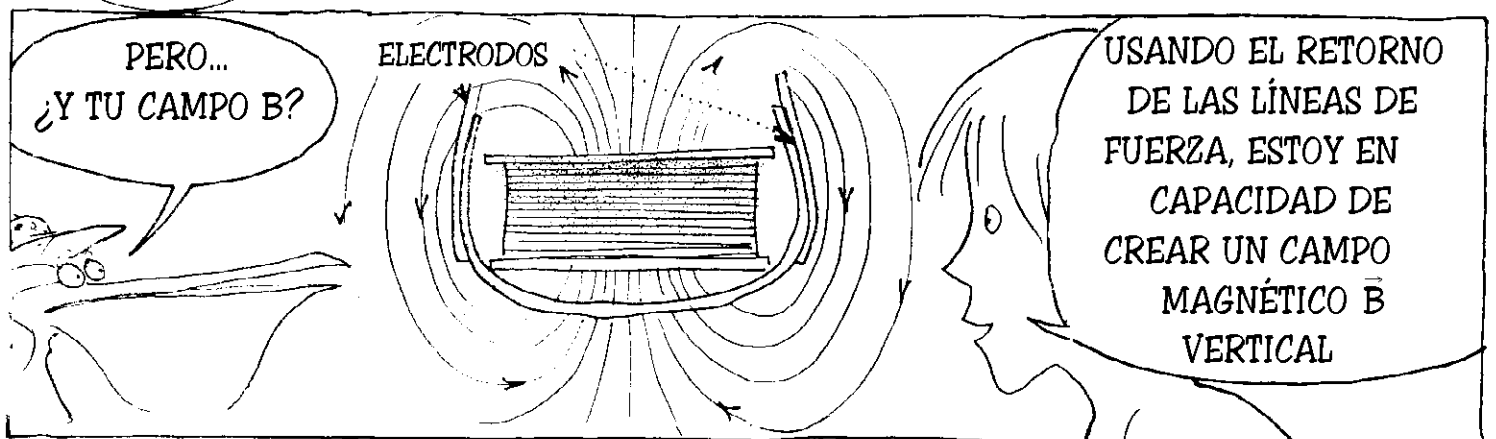
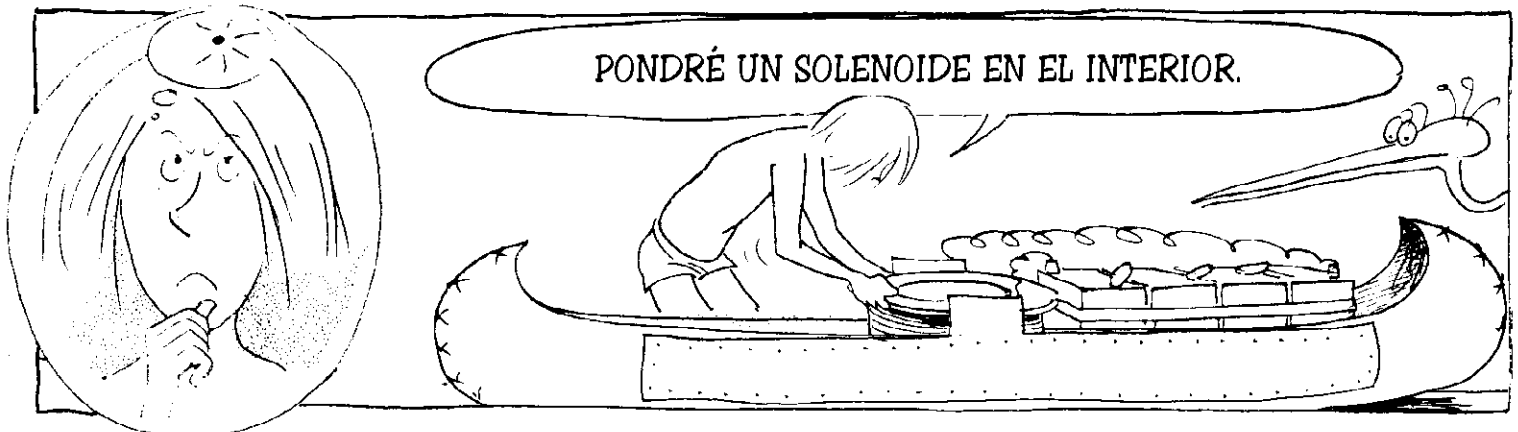
¿QUÉ PIENSAS TÚ?



¡ESPÉRAME, ANSELMO!

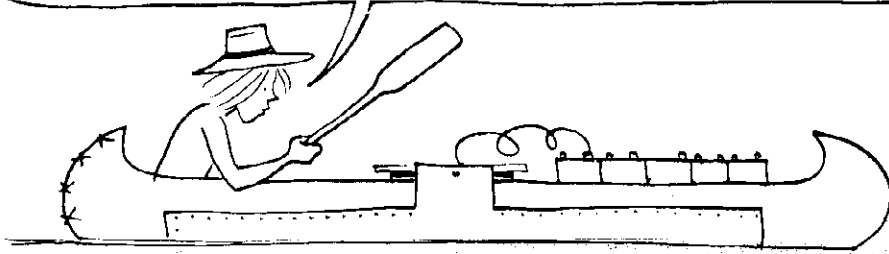


LAS FUERZAS DE LAPLACE ACTÚAN A DISTANCIA PARECE QUE ANSELMO HA ENCONTRADO LA MANERA DE "INFORMAR" AL FLUIDO CORRIENTE ARRIBA.



PROPULSIÓN MHD

VEAMOS... PUSE A FUNCIONAR MI ANULADOR DE ONDA DE PROA. NO ME QUEDA MÁS QUE REMAR PARA IMPULSAR LA CANOA A UNA VELOCIDAD V MAYOR QUE LA VELOCIDAD V_s DE LAS ONDAS DE SUPERFICIE.



¡INCREÍBLE! ¡LA CANOA SE MUEVE POR SÍ SOLA!



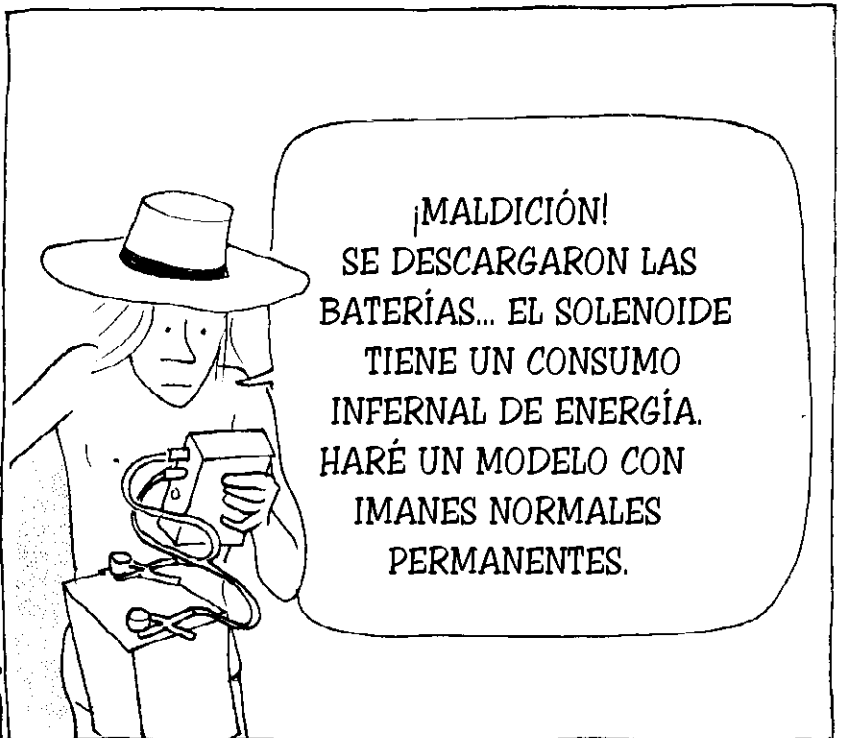
CLARO: EL SISTEMA MHD BOMBEA EL AGUA HACIA LA PARTE POSTERIOR, Y ESTO MODIFICA LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN SOBRE EL CASCO, DANDO COMO RESULTADO UN EMPUJE

¡UY, MIRA CÓMO LES FALLA EL TRUCO!

¡NO! ¡ES LA ELECTRÓLISIS DEL AGUA!



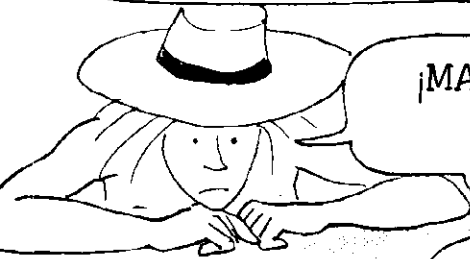
¡MALDICIÓN! SE DESCARGARON LAS BATERÍAS... EL SOLENOIDE TIENE UN CONSUMO INFERNAL DE ENERGÍA. HARÉ UN MODELO CON IMANES NORMALES PERMANENTES.



EFICIENCIA MHD



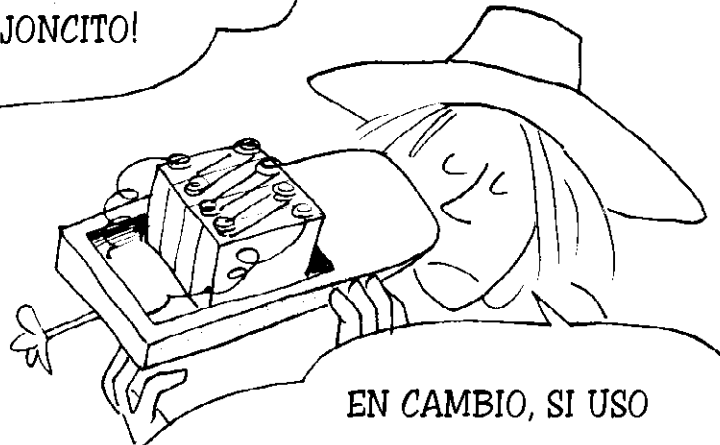
HE IDEADO ESTE NUEVO TIPO DE EMBARCACIÓN CON UN IMÁN PERMANENTE BAJO EL CASCO Y LOS ELECTRODOS UNIDOS A UNA BATERÍA



¡MALDICIÓN, SE MUEVE MUY LENTO!
¡APENAS UN EMPUJONCITO!

A VELOCIDAD DE TORTUGA...

Y CONSUME LA POTENCIA DE UNA PLANCHA DE HIERRO... (*)



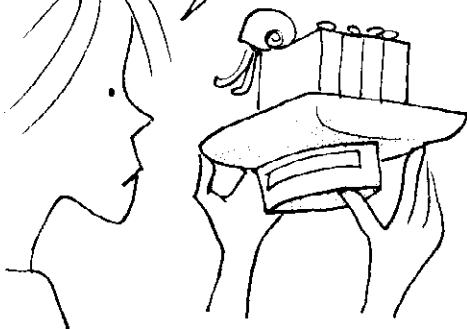
EN CAMBIO, SI USO LA MISMA POTENCIA EN UN MOTOR ELÉCTRICO COMÚN...



...¡VUELA COMO EL VIENTO!

¡AUXILIO!

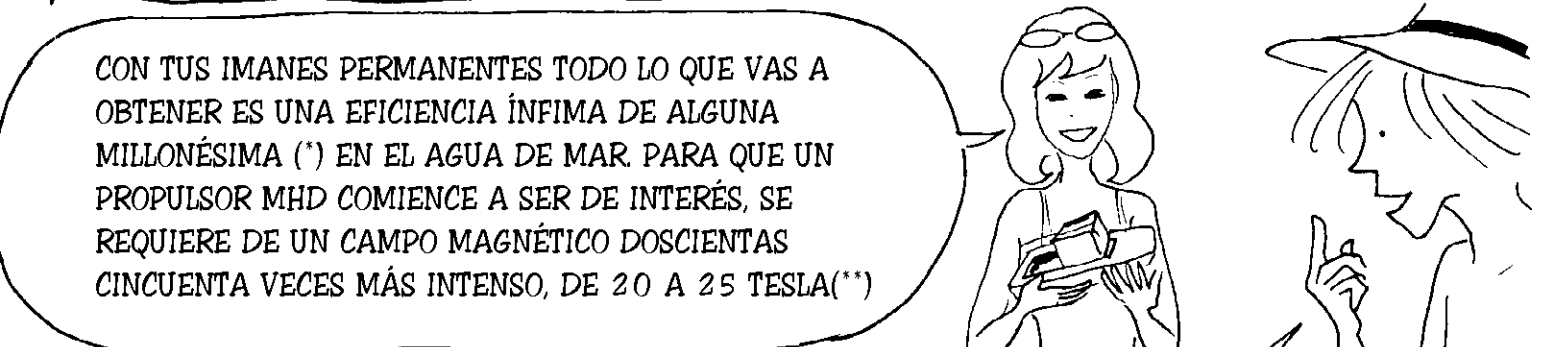
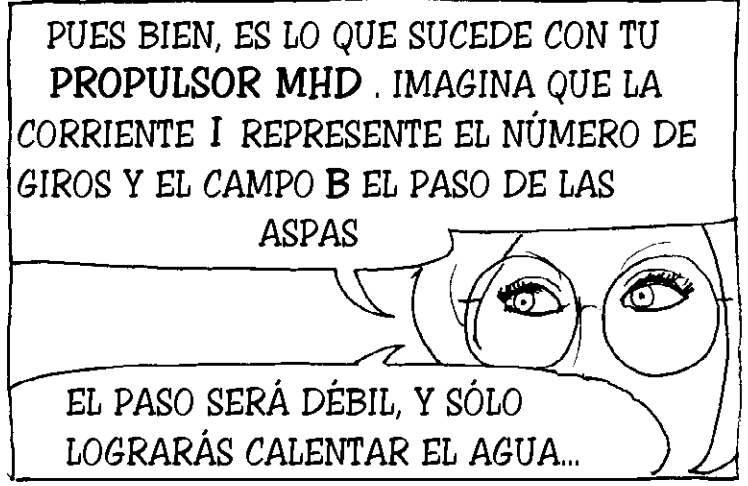
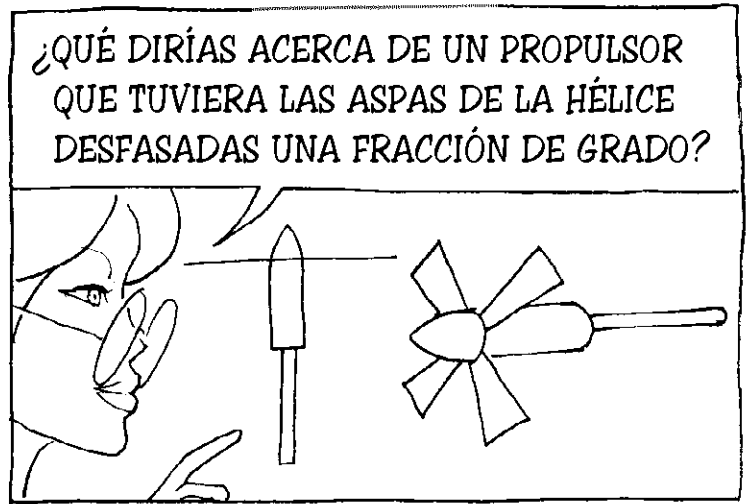
¿CÓMO SE EXPLICA ESTO?



TU CAMPO MAGNÉTICO ES MUY DÉBIL, LA EFICIENCIA DE TU PROPULSOR ES INSIGNIFICANTE.

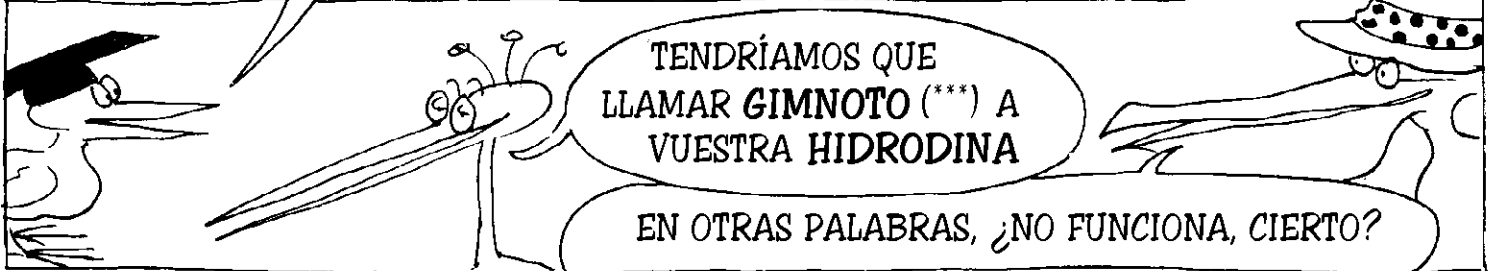


(*) Ver Apéndice C



¿PODEMOS TENER CAMPOS DE ESA INTENSIDAD, NO ES ASÍ?

SUPONGAMOS QUE EXISTAN ESTOS 25 TESLA. ENTRE MÁS GRANDE LA EMBARCACIÓN, MÁS DISTANCIA HAY ENTRE ELECTRODOS. SI ESTA FUERA DE DIEZ METROS EL GENERADOR DEBERÍA SUMINISTRAR 10.000 VOLTIOS.



(*) Ver Apéndice C

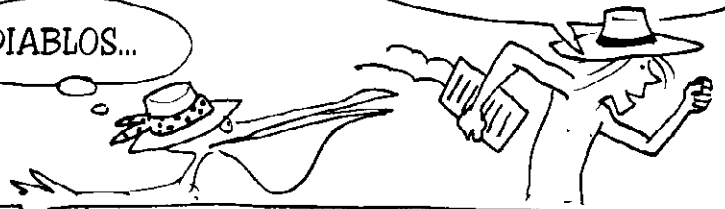
(**) Unidad de inducción magnética en el sistema MKS (NdT)

34 (***) El gimnoto es un pez que puede producir descargas de 300 voltios.

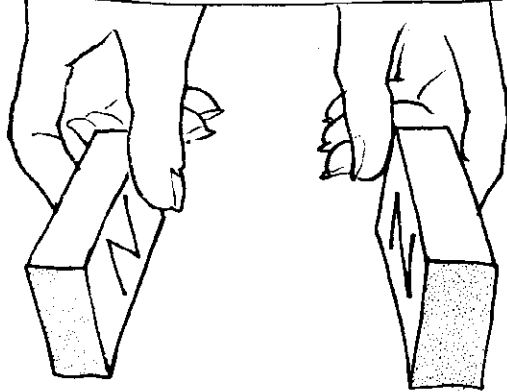
EL ACELERADOR PARIETAL

SOFÍA, ENCONTRÉ
LA FORMA DE OPERAR
A BAJA TENSIÓN

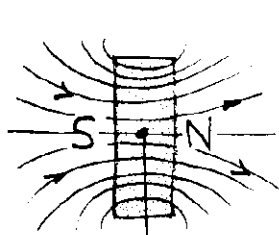
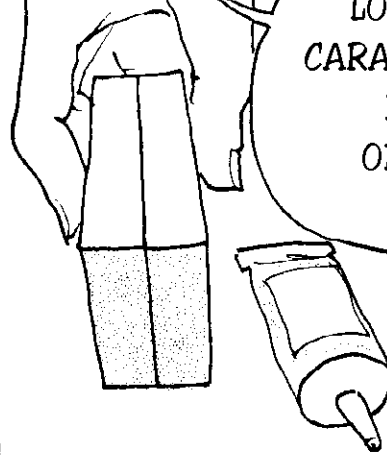
DIABLOS...



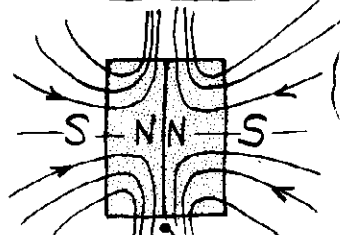
PRIMERO MIRA ESTOS DOS IMANES



LOS PEGO CARA A
CARA CON UN PEGANTE
EXTRARÁPIDO,
OPONIENDO SUS
CAMPOS



1000 GAUSS



2000 GAUSS

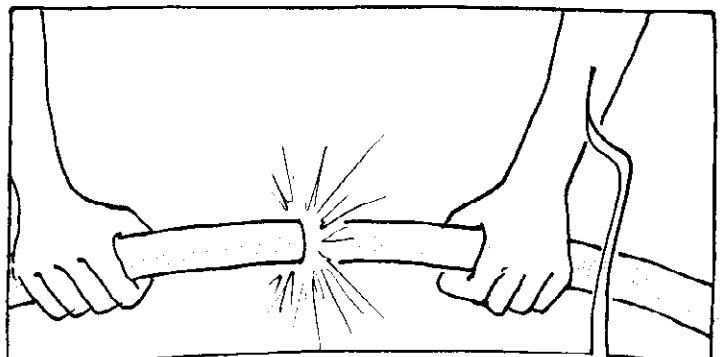
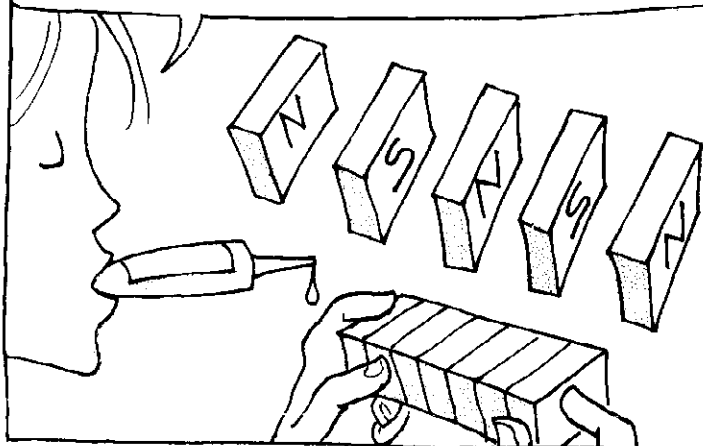
¡QUÉ DIVERTIDO! AL CONCENTRARSE EN EL
PLANO DE UNIÓN, EL CAMPO PRÁCTICAMENTE
ES EL DOBLE

UNA BARRA DESMAGNETIZADA ES
COMO UNA ESPECIE DE TUBO QUE
LANZA SU CAMPO MAGNÉTICO

PERO... ¿POR QUÉ?

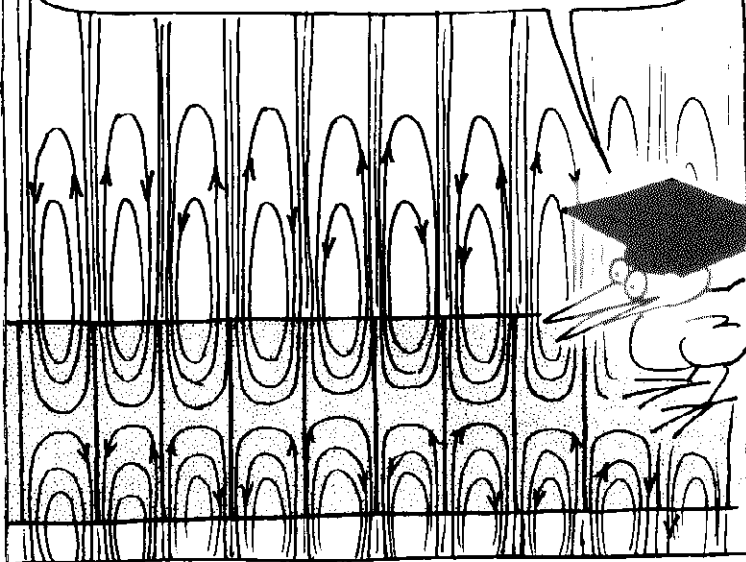


PUES BIEN, HE PEGADO TODA UNA SERIE
DE IMANES POR SUS CARAS IGUALES, NORTE
CON NORTE Y SUR CON SUR



SI SE COLOCAN DOS TUBOS FRENTE A
FRENTE MANTENIENDO EL FLUJO, EL
AGUA SALPICA VIOLENTAMENTE EN LA
ZONA DE CORTE

ASÍ ES CÓMO SE DISPONEN LAS LÍNEAS DEL CAMPO **B**

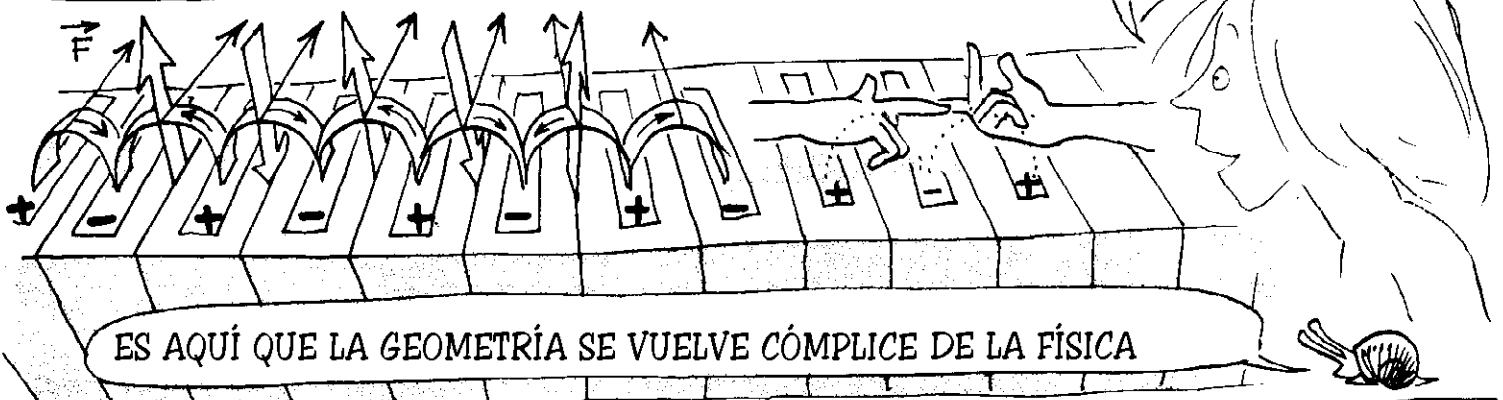


SI LOS IMANES TIENEN UN ANCHO d , CADA d CENTÍMETROS EL CAMPO SE INVIERTE ASÍ



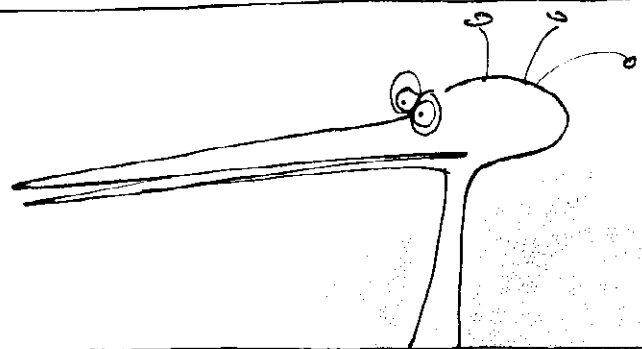
A UNA DISTANCIA d DE LA PARED EL CAMPO SE VUELVE PRÁCTICAMENTE INEXISTENTE

AHORA MIREN: HE AGREGADO ELECTRODOS DE ESTA MANERA, CON SUS POLARIDADES ALTERNADAS. SI APLICO AHORA LA REGLA DE LA MANO DERECHA, PUEDO CONSTATAR QUE SE HA PRODUCIDO EN LAS VECINDADES DE LA PARED, HASTA UNA DISTANCIA d , UN CAMPO DE FUERZAS PARALELAS Y DEL MISMO SENTIDO.

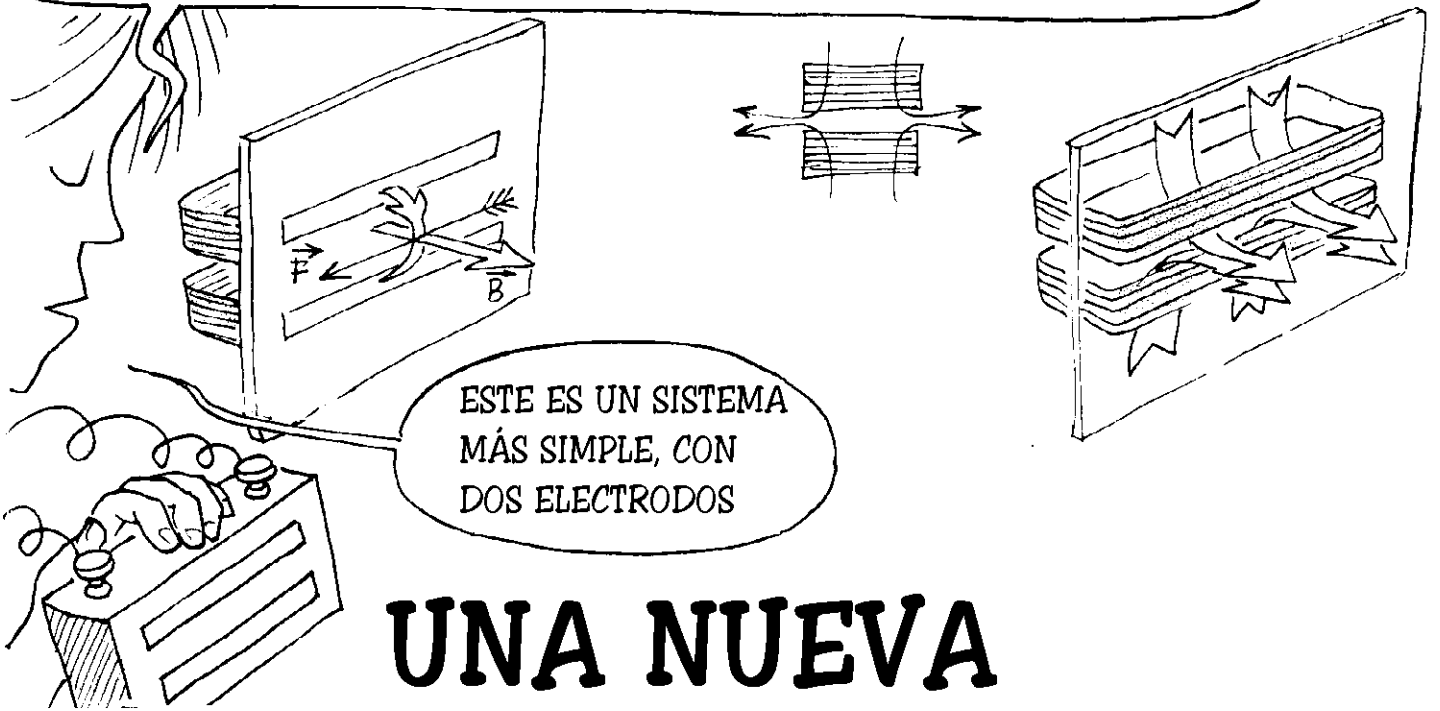


ES AQUÍ QUE LA GEOMETRÍA SE VUELVE CÓMPLICE DE LA FÍSICA

CREAR UN CAMPO MAGNÉTICO REQUIERE ENERGÍA. ACTUANDO EN UNA REGIÓN DE POCO ESPESOR, EN LAS CERCANÍAS DE LA PARED, ACABAS POR LIMITAR NOTABLEMENTE EL VOLUMEN MAGNETIZABLE, Y POR TANTO LA ENERGÍA A PONER EN JUEGO, LA CUAL ES PROPORCIONAL A AQUÉL.



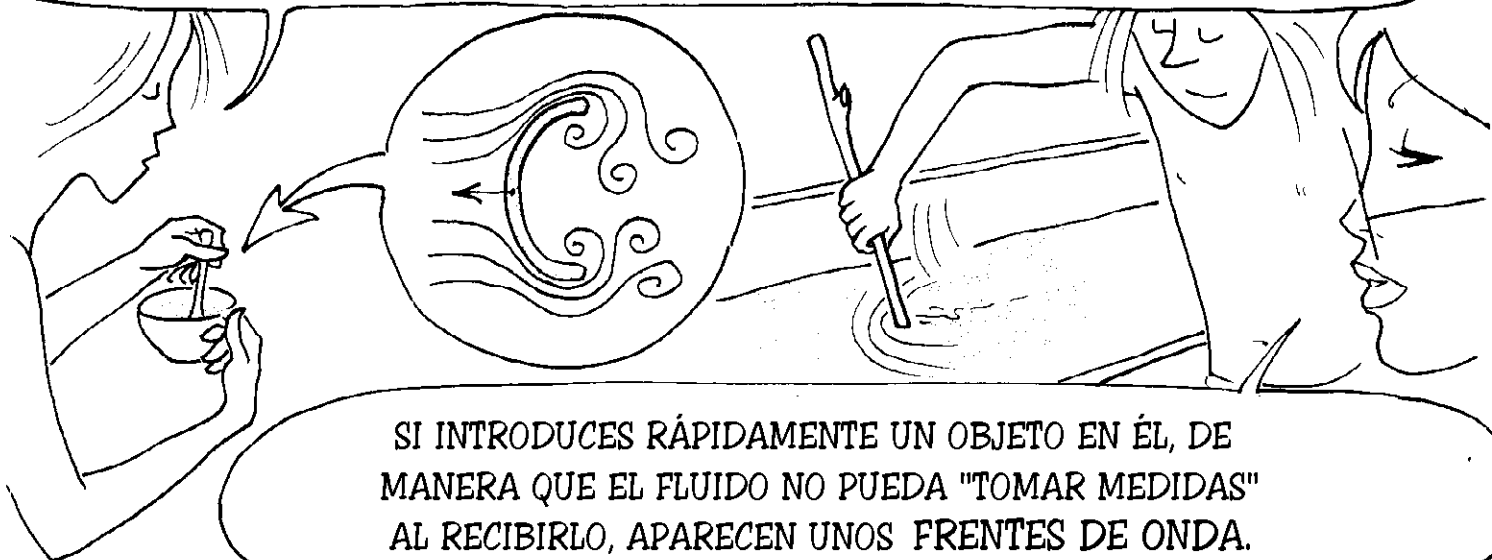
PUEDO TAMBIÉN SUSTITUIR LOS IMANES POR BOBINAS



ESTE ES UN SISTEMA
MÁS SIMPLE, CON
DOS ELECTRODOS

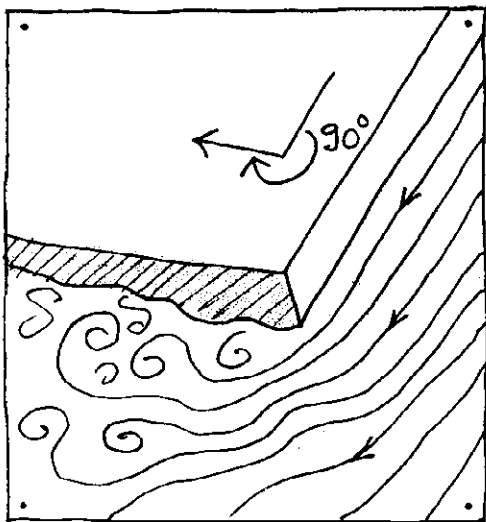
UNA NUEVA MECÁNICA DE FLUIDOS

CUANDO SE LO OBLIGA A HACER ALGO QUE NO LE GUSTA, EL FLUIDO REACCIONA.
POR EJEMPLO, CUANDO SE LO QUIERE HACER GIRAR UN TANTO
BRUSCAMENTE, SE SEPARA Y SE "DESPRENDE".

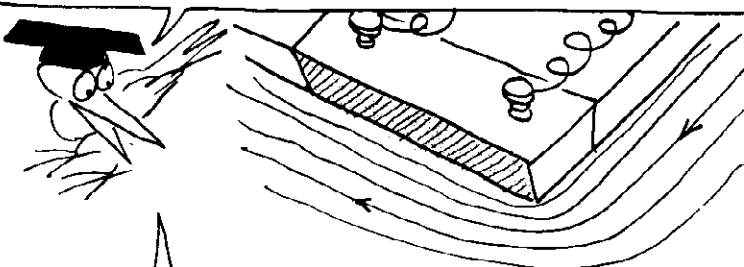


SI INTRODUCES RÁPIDAMENTE UN OBJETO EN ÉL, DE
MANERA QUE EL FLUIDO NO PUEDA "TOMAR MEDIDAS"
AL RECIBIRLO, APARECEN UNOS FRENTES DE ONDA.

Y ESTO SUCEDE MIENTRAS SE DEJA QUE EL FLUIDO
ACTÚE POR SÍ SOLO. PERO LA MHD CAMBIA RADICALMENTE
TODOS LOS DATOS DEL PROBLEMA



MIREN ESTE EJEMPLO: EN LA MECÁNICA DE FLUIDOS CLÁSICA, UN ÁNGULO DEMASIADO ACENTUADO PROVOCA UNA SEPARACIÓN QUE GENERA TURBULENCIA

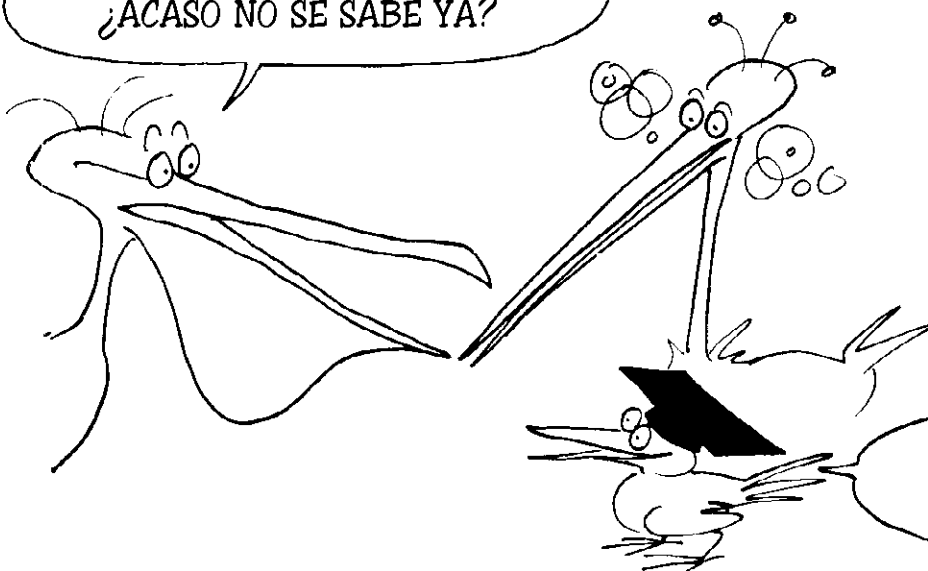


MAS CON UNA PEQUEÑA DOSIS DE MHD TODO VUELVE A LA NORMALIDAD

CON CADA DOSIS, VICTORIA SEGURA



PERO... ¡ES UNA LOCURA!
¿ACASO NO SE SABE YA?

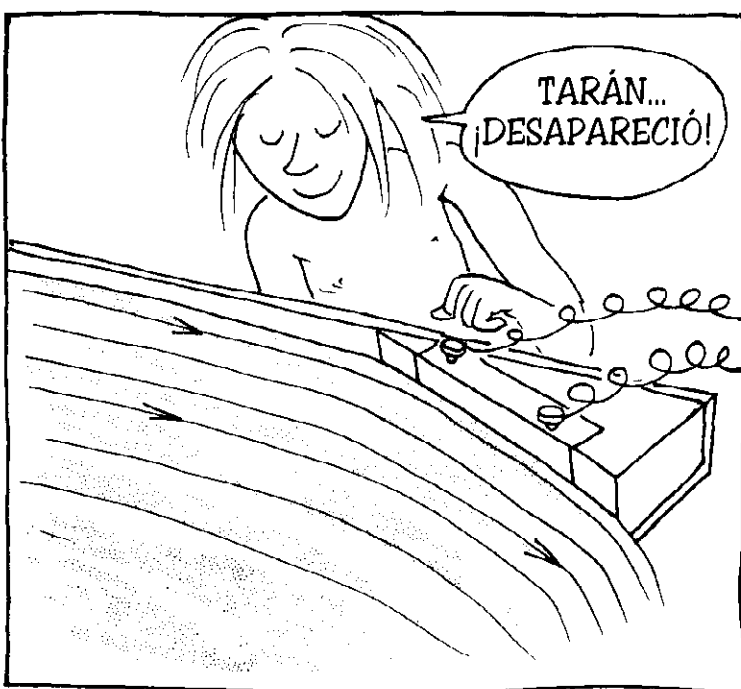


PUES SÍ,
VIENTOS DE LOCURA PARECEN
SOPLAR SOBRE ESTA HISTORIA



¿RECUERDAN LA
HISTORIA DEL FRENTE
DE ONDA EN UN
DIEDRO?

$V > V_s$



¡TARÁN...
DESAPARECIÓ!

¿SÍ VEN QUE PARECE DEL TODO
POSIBLE DOMESTICAR EL FLUJO?
ALLÍ DONDE EL FLUIDO TIENDE A
DESACELERAR, SE LO REACELERA,
Y DONDE SE EMBALA SE LO
FRENA.

AQUÍ NO DICE
NADA DE ESO...

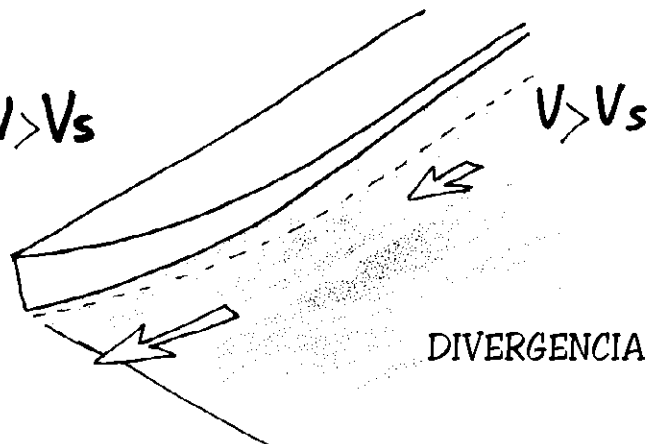
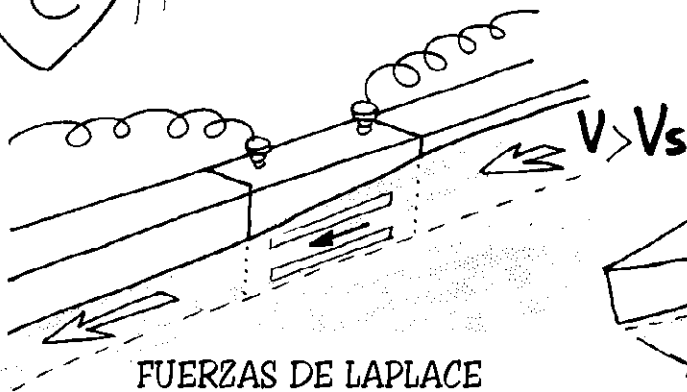
¡CÁSPITA!

NAVIER &
STOKES
MÉCANIQUE
DES
FLUIDES

ONDAS DE COMPRESIÓN ONDAS DE DISTENSIÓN

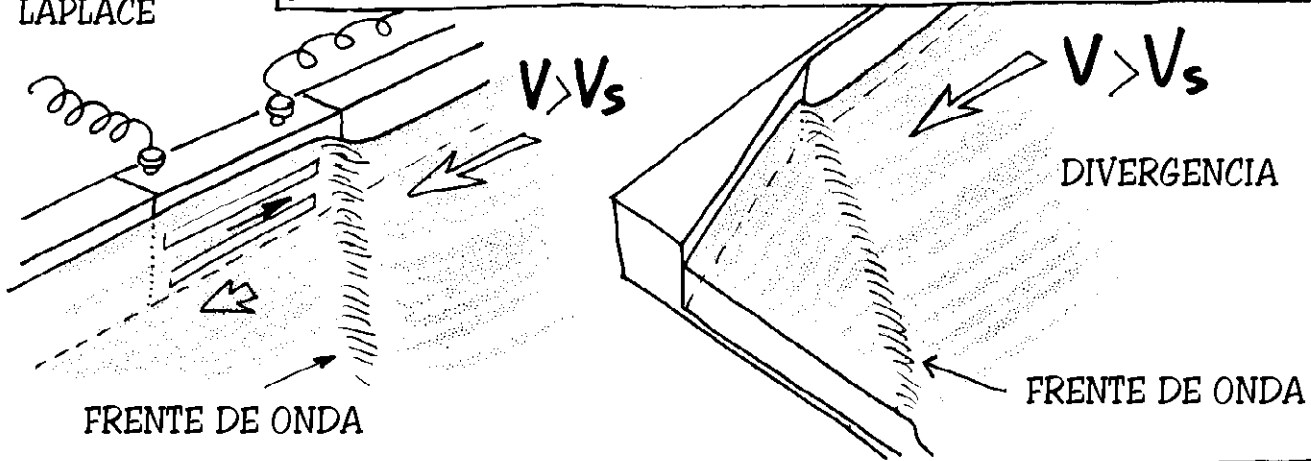
EN UN MOMENTO ENTENDERÁS, LEÓN. ESTARÁS DE ACUERDO CON QUE LOS
CAMBIOS DE DIRECCION EN UNA PARED, CUANDO V ES MAYOR QUE V_s ,
CREAN TANTO UNA COMPRESIÓN COMO UNA RAREFACCIÓN.
AHORA MIRA: ¡EL SISTEMA MAGNETOHIDRODINÁMICO CREA EFECTOS
ABSOLUTAMENTE IDÉNTICOS!

EL ACELERADOR MHD O LA DIVERGENCIA PROVOCAN
UNA DISMINUCIÓN DEL NIVEL DEL AGUA EN EL CANAL



EL DESACELERADOR MHD O LA DIVERGENCIA PROVOCAN UN AUMENTO EN EL NIVEL DEL AGUA EN EL CANAL

FUERZA DE LAPLACE



ASÍ SE PODRÍAN ANULAR RECÍPROCAMENTE FENÓMENOS DE COMPRESIÓN Y DE RAREFACCIÓN DE ORIGEN "NATURAL", DEBIDOS A LAS PAREDES, Y DE ORIGEN "ARTIFICIAL", DEBIDOS A LAS FUERZAS DE LAPLACE



PARA REGULAR EL FLUJO ALREDEDOR DEL CASCO ES NECESARIO ATENUAR AL MÁXIMO LAS VARIACIONES DE ALTURA DEL AGUA. EN DONDE TIENDA A FORMARSE UN FRENTE DE ONDA ACELERARÉ. Y PARA EVITAR UNA SOBREDISTENSIÓN O UNA SOBREACELERACIÓN, FRENARÉ EN CIERTOS PUNTOS

ESTA ES UNA APLICACIÓN PURA Y SIMPLE DE MI PRINCIPIO: SE RUEGA DEJAR EL FLUIDO EN EL ESTADO EN QUE LO ENCONTRARON AL ENTRAR.

EN EL EXPERIMENTO DE LA PÁGINA 28 LOGRÉ ANULAR LA ONDA DE PROA. LA ONDA DE POPA, POR EL CONTRARIO, CONTINUABA EXISTIENDO REFORZADA

LA ONDA DE POPA APARECÍA JUSTO PORQUE HABÍAS DISMINUIDO MUCHO EL NIVEL DEL AGUA AL ACELERAR.

TIENES RAZÓN. EL OBJETIVO DE FONDO DEBE SER MANTENER UN NIVEL DE AGUA CONSTANTE, A LA ALTURA DE LA LÍNEA DE FLOTACIÓN. PARA ESO AGREGO TODA UNA SERIE DE ELECTRODOS, TANTO ACELERADORES COMO DESACELERADORES



ES LA APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE TIRESIAS

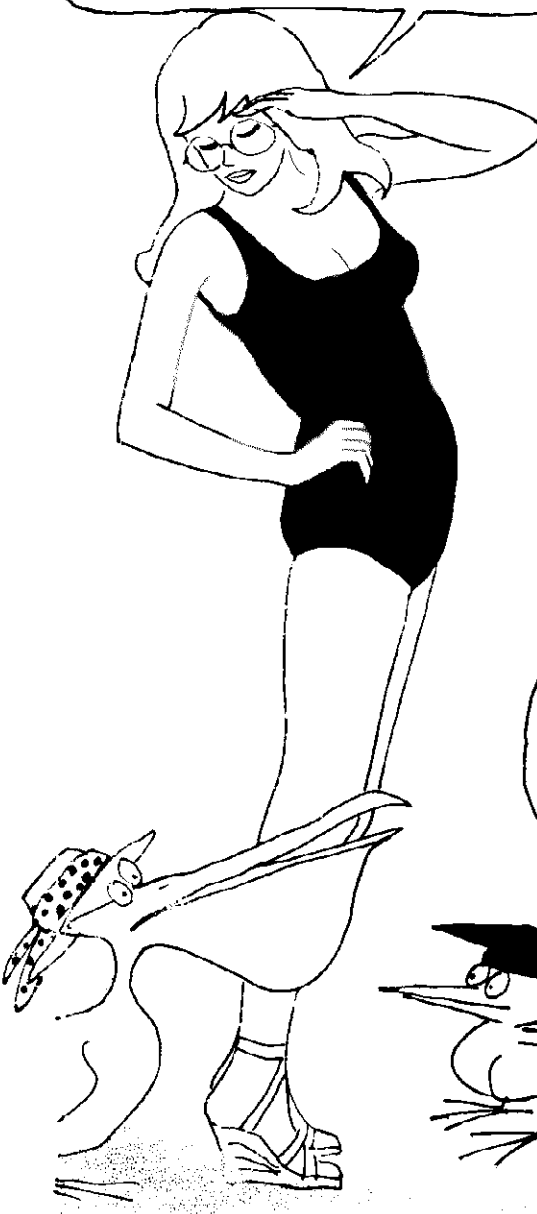
ASÍ ES. SI LOGRAS DEJAR EL FLUIDO EN EL ESTADO EN QUE LO ENCONTRASTE, NO HABRÁ ONDA DE POPA.

BIEN, CON VEINTE TESLA A BORDO LA CANOA DE ANSELMO SE DESPLAZARÁ EN EL MAR SIN CREAR NI FRENTES DE ONDA NI TURBULENCIA. Y NO ROMPERA LOS MUELLES. ¿Y QUÉ CON ESO?

¿NO ES SUFICIENTE CON MANTENERSE LEJOS DE LA COSTA? ¿Y NO HAY PROBLEMAS MAS URGENTES QUE ESTUDIAR?



NO ESTOY DE ACUERDO CON USTEDES. ME PARECE QUE HABRÍA QUE ESTUDIAR LA IDEA DE ANSELMO, SOBRE TODO EL ACELERADOR PARIETAL. TODA EMBARCACIÓN TIENE UN **ARRASTRE POR FRICCIÓN** (UNA FUERZA DE RESISTENCIA AL AVANCE DEBIDA A LA FRICCIÓN DEL AGUA CON EL CASCO). LA PRESENCIA DE FRENTE DE ONDA MODIFICA LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN EN EL PERFIL, CREANDO UN **ARRASTRE DE ONDA** QUE AUMENTA RÁPIDAMENTE CON LA VELOCIDAD. SOBRE TODO ESTO ÚLTIMO ES LO QUE LIMITA LA VELOCIDAD DE LOS BARCOS

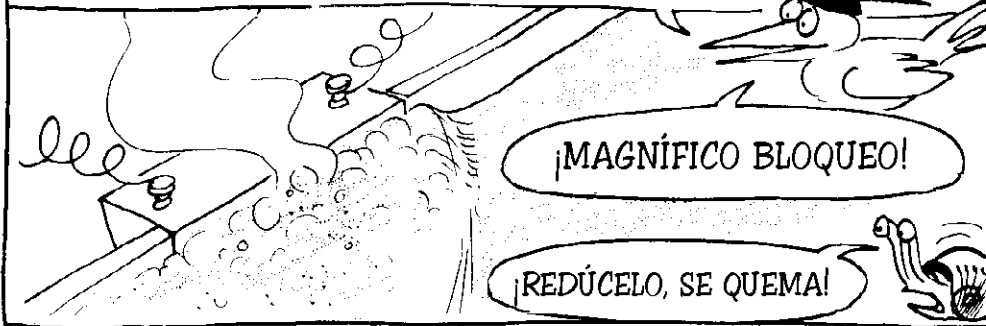


SE CONOCE EL ORDEN DE MAGNITUD DE LA ENERGÍA A PONER EN JUEGO PARA SUPRIMIR LOS FRENTE DE ONDA (*). SE REQUIERE QUE EL TRABAJO DE LAS FUERZAS DE LAPLACE SEA POR LO MENOS IGUAL A LA ENERGÍA CINÉTICA INCIDENTE DEL FLUIDO.

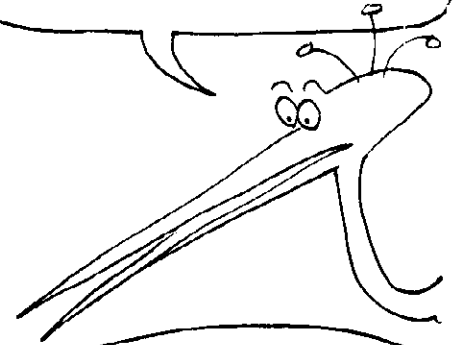
SI EL BARCO VA A UNA VELOCIDAD V , ES NECESARIO QUE LA FUERZA DE LAPLACE I_B SUPERE UN CIERTO UMBRAL (*)

(*) Ver Apéndice B

ESTÁ CLARO QUE CONVIENE TENER UN CAMPO MAGNÉTICO LO MÁS GRANDE POSIBLE. SI SE TRABAJA CON B DÉBIL E I ELEVADA, EN PRIMER LUGAR EL RENDIMIENTO SERÁ POBRE, Y EN SEGUNDO, A CAUSA DE LA ELECTRÓLISIS, SE TENDRÁ UNA FUERTE EMANACIÓN DE GAS

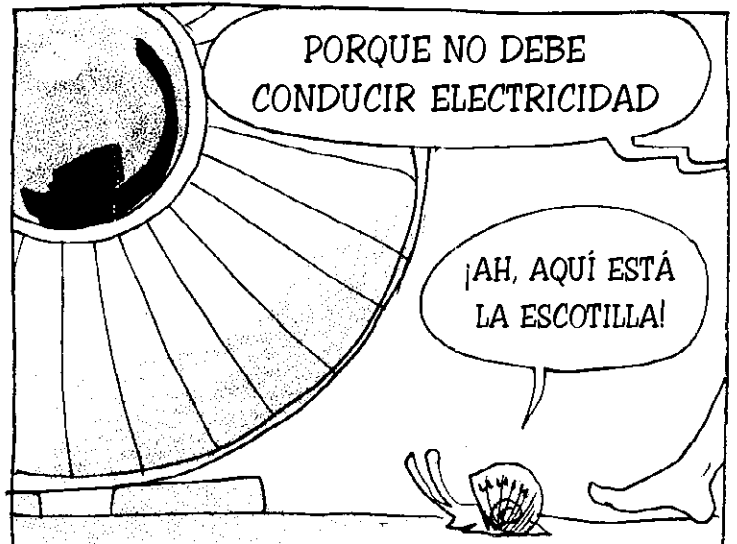


TODO ESTO.. EJEM... ESTA PROPULSIÓN ELECTROMAGNÉTICA... ¿NO SERÁ DEMASIADO AVANZADA CON RESPECTO A NUESTRA ACTUAL TECNOLOGÍA?

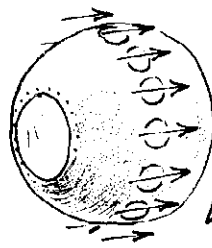
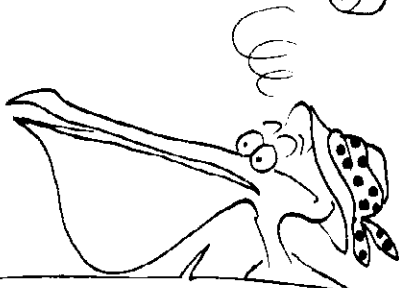
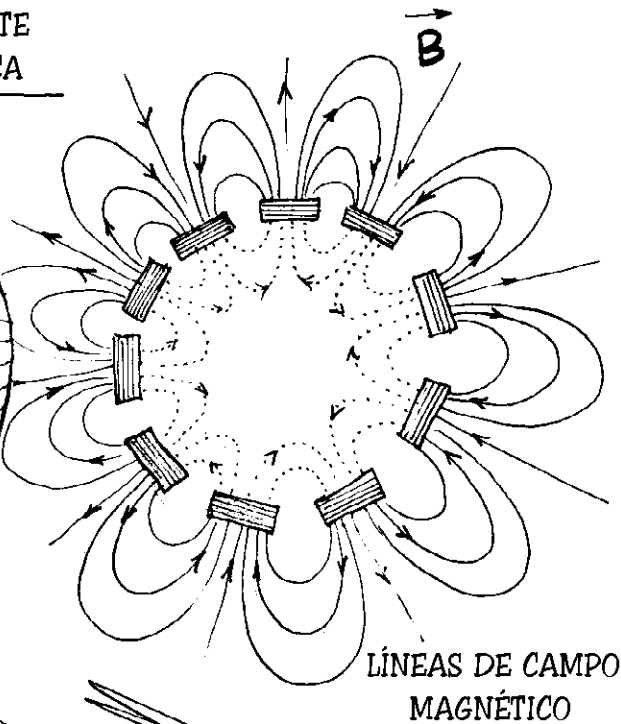
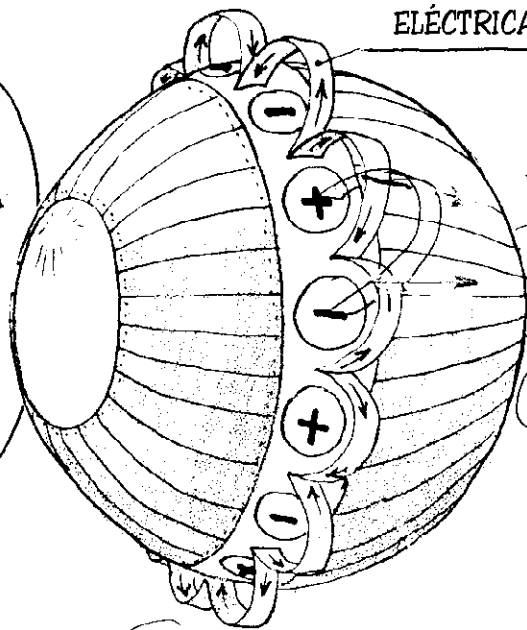


¡NO! ¡HAY QUE INNOVAR! ¡ES TODO!

EL SUBMARINO SIN HÉLICE



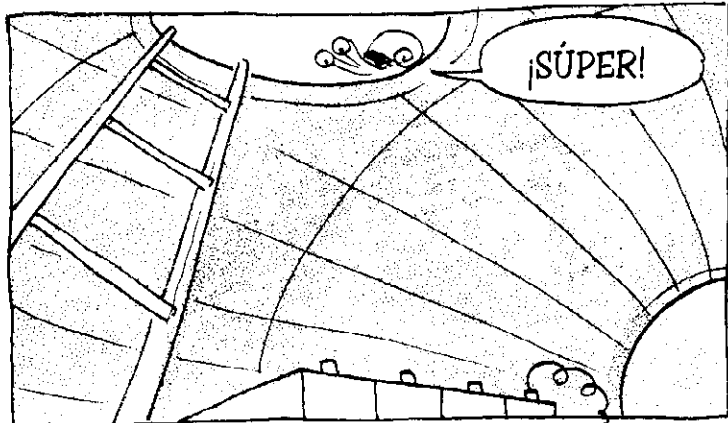
MIRA, SI APLICAS LA REGLA DE LA MANO DERECHA, DATE CUENTA QUE EL ARTEFACTO SE RODEA DE UN CAMPO DE FUERZAS DE LAPLACE CAPACES DE MOVERLO



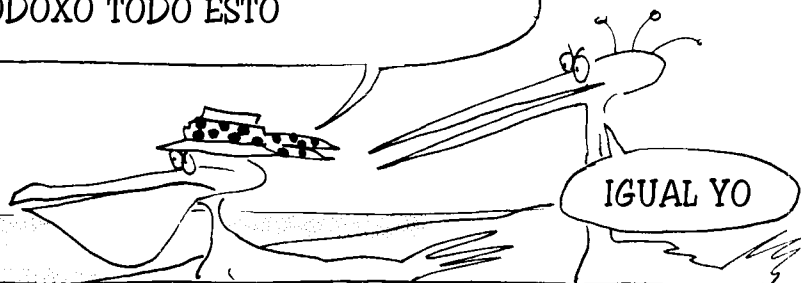
FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL FLUIDO



HEI... ¿NO PENSARÁS EN SUBIRTE A ESA COSA, O SÍ?

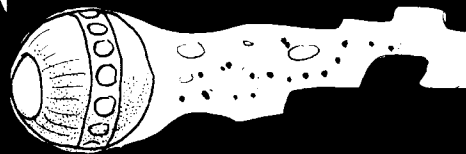


NO SÉ QUÉ PIENSAS TÚ, PERO YO
ENCUENTRO MUY POCO ORTODOXO TODO ESTO



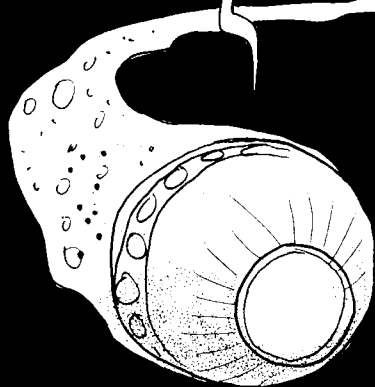
IGUAL YO

¿CÓMO HACES
PARA PILOTEARLO?

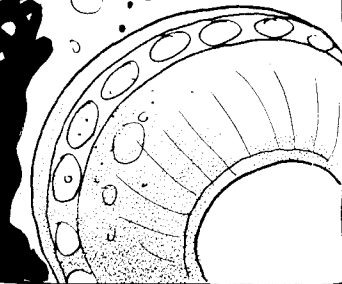


FÁCIL. MODIFICANDO
LA POTENCIA ENTREGADA POR
CADA ELECTRODO

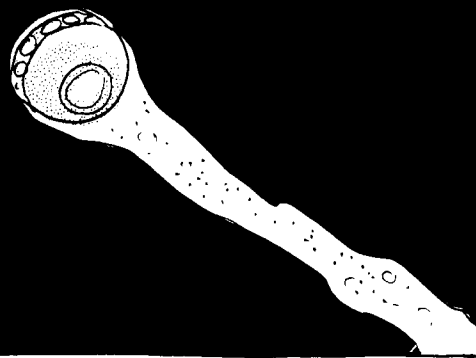
GIRAR...



DETENERSE...



PARTIR DE NUEVO
MARCHA ATRÁS...



UN SUBMARINO MHD PUEDE SER
MUY VELOZ Y TOTALMENTE SILENCIOSO

¡DIABLOS!

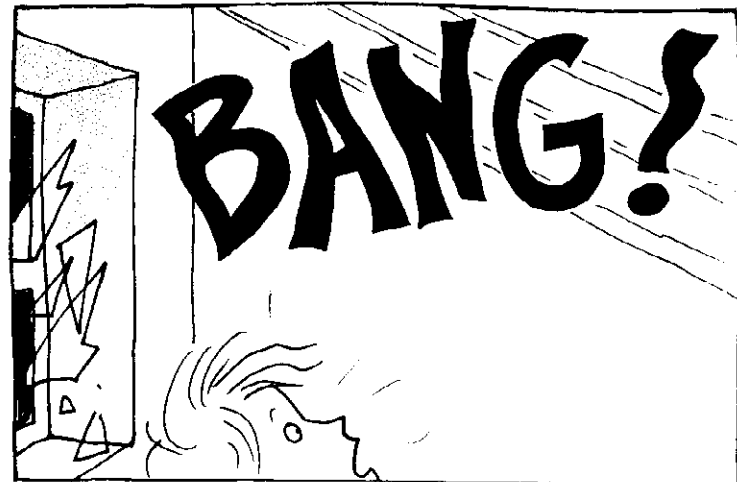
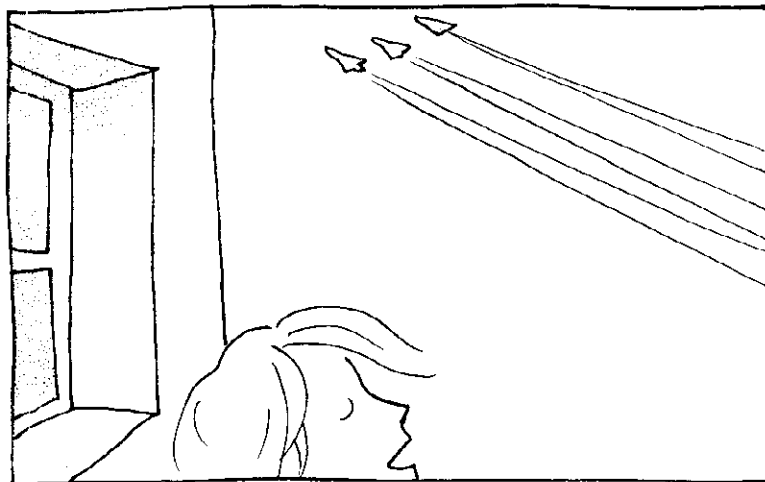


BUENO, MI QUERIDO LEÓN, CUANDO TENGAMOS IMANES
SUPERCONDUCTORES DE ELEVADAS PRESTACIONES (*) Y
GENERADORES ELÉCTRICOS DE ALTO RENDIMIENTO, LOS
BARCOS DEJARÁN DE PRODUCIR ONDAS, Y LOS SUBMARINOS
SÓLO PRODUCIRÁN BURBUJAS



(*) Un material **superconductor**, enfriado a bajas temperaturas (unos cuantos grados absolutos), conduce la corriente sin disipar calor, sin efecto Joule.

AL DÍA SIGUIENTE...



DESPLAZAMIENTOS SUPERSÓNICOS

- LA ONDA DE CHOQUE QUE ROMPIÓ TODOS LOS VIDRIOS ES SIMILAR A LA ONDA DE PROA QUE ACABABA CON TU EMPALIZADA.

- ¿QUIERES DECIR... QUE LOS AVIONES... CREAN ONDAS?

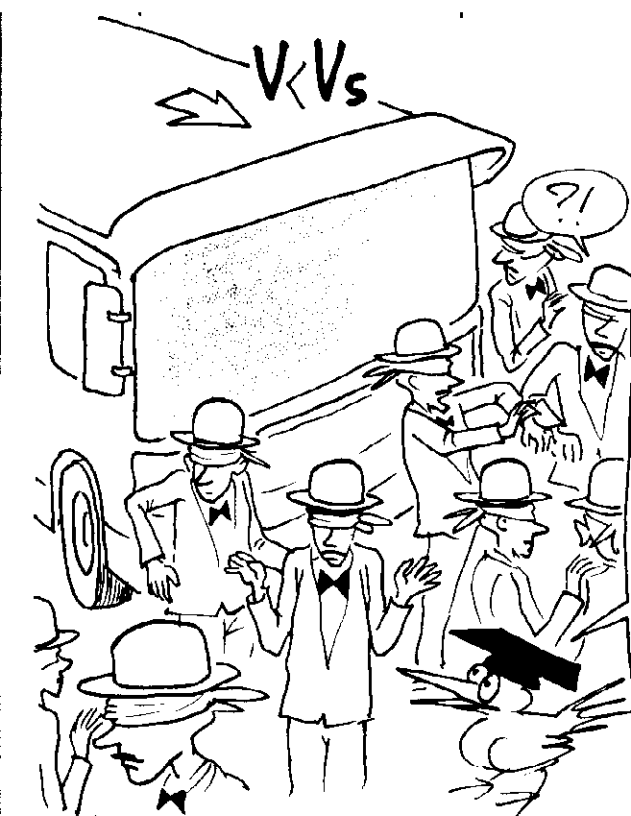
- EN UN CIERTO SENTIDO SÍ, PERO EN LUGAR DE ONDAS DE SUPERFICIE CREAN ONDAS SONORAS QUE SE PROPAGAN A LA VELOCIDAD DEL SONIDO V_s (*).

CUANDO LA LANCHA SE MOVÍA A UNA VELOCIDAD V MAYOR QUE V_s , SE FORMABAN FRENTE DE ONDA. MIENTRAS QUE CUANDO UN AVIÓN VUELA A UNA VELOCIDAD V MAYOR QUE LA VELOCIDAD DEL SONIDO V_s CREA ONDAS DE CHOQUE.

- ¿PERO CÓMO... SI NO HAY SUPERFICIE EN EL AIRE?

- LA DENSIDAD DEL GAS HACE EL PAPEL DEL NIVEL DEL AGUA.

LAS ONDAS DE SUPERFICIE TENDÍAN A MANTENER EL NIVEL DEL AGUA CONSTANTE. LAS ONDAS SONORAS TIENDEN A MANTENER UNA DENSIDAD CONSTANTE. LAS ONDAS DE CHOQUE SON FRENTE EN LOS QUE LA DENSIDAD, LA PRESIÓN Y LA TEMPERATURA SON MAYORES.



PODEMOS COMPARAR LAS MOLÉCULAS CON PERSONAS DE OJOS VENDADOS QUE SE DESPLAZAN EN UNA PLAZA DE MANERA TOTALMENTE INCOHERENTE, MOVIÉNDOSE A UNA VELOCIDAD V_s , CHOCANDO CONTINUAMENTE (COLISIONES MOLECULARES). UN OBJETO QUE PENETRE DENTRO DEL GAS ES SIMILAR A UN AUTOBÚS QUE LLEGA A LA MULTITUD CON VELOCIDAD V . SI ESTA ES MENOR QUE V_s , LA INFORMACIÓN PODRÁ PROPAGARSE HACIA ATRÁS, Y LAS PERSONAS, ADVERTIDAS DE LA LLEGADA DEL AUTOBÚS ANTES DE QUE ÉSTE LLEGUE SOBRE ELLAS, PODRÁN HACERLE ESPACIO. HE AHÍ UNA IMAGEN DE UN DESPLAZAMIENTO SUPERSÓNICO.

(*) Ver "EL VUELO", tercer volumen de "Las aventuras de Anselmo"

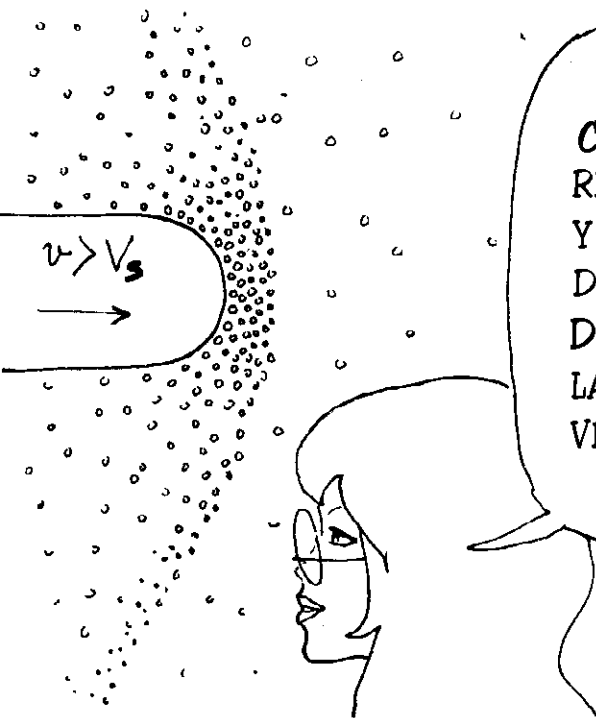
¿QUÉ OCURRE, EN CAMBIO, SI V ES MAYOR QUE V_s ?



ESOS POBRES, ES DECIR LAS MOLÉCULAS, YA NO PODRÁN EVITAR EL OBJETO ANTES DE QUE LLEGUE SOBRE ELLOS, Y MANTENER UNA DENSIDAD CONSTANTE. EL GAS TENDERÁ A ACUMULARSE FRENTE AL OBJETO, FORMANDO UNA ESPECIE DE ABULTAMIENTO Y DE DESNIVEL BRUSCO DE LA DENSIDAD.



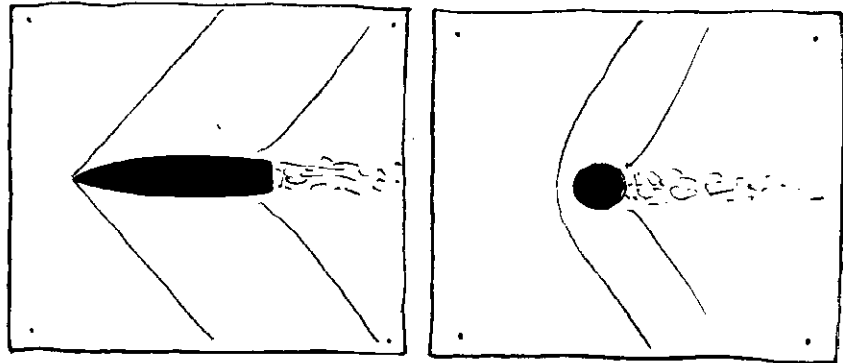
LA ONDA DE CHOQUE



ESTE FENÓMENO SE CONOCE COMO ONDA DE CHOQUE. EN ESTE CASO, LAS ONDAS SONORAS REEMPLAZAN A LAS ONDAS DE SUPERFICIE, Y SUCEDE LO MISMO QUE VIMOS PARA LA ONDA DE PROA: SE FORMAN INEVITABLEMENTE FRENTE DE DENSIDAD, DE PRESIÓN Y DE TEMPERATURA. LA ONDA DE CHOQUE APARECE APENAS LA VELOCIDAD V SUPERA LA VELOCIDAD DEL SONIDO V_s .

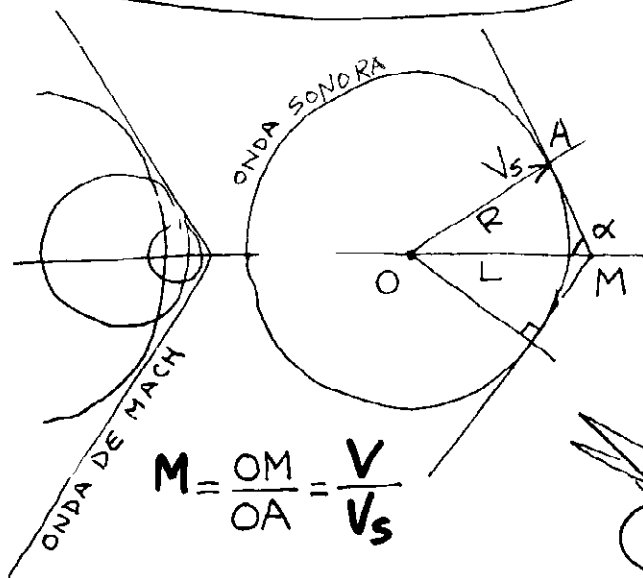
¿QUIERES DECIR QUE CADA VEZ QUE ESOS BUENAVIDA DE LA BASE CERCANA QUIERAN DIVERTIRSE CON SUS CARRERAS DE VELOCIDAD, TENDRÉ QUE COSTEARME YO EL REEMPLAZO DE TODOS LOS VIDRIOS DE MI CASA?

¡JAH!
¡QUÉ LINDA PERSPECTIVA!



ESTE MISMO SISTEMA DE ONDAS DE CHOQUE FRONTAL Y POSTERIOR LO ENCUENTRAS EN TODOS LOS OBJETOS QUE SE MUEVEN A UNA VELOCIDAD SUPERSÓNICA. A LA IZQUIERDA UN PROYECTIL, A LA DERECHA UNA ESFERA.

CUALQUIER OBJETO, INCLUSO UN GRANO DE ARENA, LANZADO CON $V > V_s$, PRODUCE UN CHOQUE. LA RELACIÓN $M = V/V_s$ SE DENOMINA NÚMERO DE MACH. CUANDO EL OBJETO ES MUY PEQUEÑO, LA ONDA SE LLAMA ONDA DE MACH (*)



(*) Ver Apéndice A



ENTONCES, POR LO QUE VEO, LOS DESPLAZAMIENTOS LÍQUIDOS DE SUPERFICIE LIBRE SE ASEMEJAN BASTANTE A LOS DESPLAZAMIENTOS SUPERSÓNICOS DE LOS GASES. DE MANERA QUE VOLVEMOS A ENCONTRAR AQUÍ LO QUE DIJIMOS EN LA PÁG. 15 SOBRE DESPLAZAMIENTOS LENTOS Y DESPLAZAMIENTOS RÁPIDOS.

EN EL PERIODO ENTRE LAS DOS GRANDES GUERRAS MUNDIALES, CUANDO NO HABÍA COMPUTADORAS, SE "CALCULABA" LA FORMA DE LAS ONDAS DE CHOQUE CON RECIPIENTES, POR ANALOGÍA HIDRÁULICA.

¡RECÓRCHOLIS!
¿UNA COMPUTADORA
A BASE DE AGUA?

EN EFECTO, LAS ECUACIONES MATEMÁTICAS QUE DESCRIBEN AMBOS SISTEMAS SON MUY SIMILARES, Y EL NIVEL DEL AGUA EN EL UNO CORRESPONDE A LA DENSIDAD DEL GAS EN EL OTRO.

MUY BIEN, PARA ESTUDIAR TODO ESO NO ME QUEDA SINO CONSTRUIR UN TÚNEL AERODINÁMICO

¡NO ESTARÁS PENSANDO EN CONSTRUIRLO BAJO LA CASA! (*)

¡EY, UN MOMENTO!

¡NO, TONTÍN... UN TÚNEL AERODINÁMICO ES OTRA COSA!

¡SE REQUIERE DE GRANDES COMPRESORES Y DE MUCHA ENERGÍA!

¡Y DE UNA GRAN CANTIDAD DE MEDIOS COMO LA DE LOS MAYORES CENTROS DE INVESTIGACIÓN!

(*) En Francia no hay petróleo, pero sí una gran cantidad de tubería... (NdA)

LA BARRERA DEL SILENCIO

LA BARRERA DEL CALOR

CON UN TÚNEL AERODINÁMICO SUPERSÓNICO SE PODRÍA ILUSTRAR UN CIERTO NÚMERO DE FENÓMENOS. ANTE TODO, EL HECHO QUE CRUZAR LA BARRERA DEL SONIDO ($V = V_s$) VAYA DE LA MANO CON UN AUMENTO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE, ES DECIR DEL ARRASTRE DEBIDO A LA APARICIÓN DE UN ARRASTRE DE ONDA QUE SE SUPERPONE AL ARRASTRE POR FRICCIÓN.

¿QUÉ QUIERES DECIR EN CONCRETO?

$V > V_s$

EN HIDRÁULICA LA APARICIÓN DE LOS FRENTES DE ONDA MODIFICABA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PRESIONES SOBRE EL CASCO DE FORMA PENALIZADORA. LO MISMO SUCEDE EN LA AERODINÁMICA SUPERSÓNICA.

TODO ESO HACE RUIDO, NO SIRVE DE NADA Y CONSUME DEMASIADA ENERGÍA.

SOBREPRESIÓN

PRESIÓN

A PESAR DE SUS FORMAS ALARGADAS, DESTINADAS A REDUCIR ESTE ARRASTRE, EL CONCORDE CONSUME EL 40% DE SU ENERGÍA EN LA CREACIÓN DE ESTAS ONDAS

SI SE SOBREVOLARA A BAJA ALTURA CON MACH 5 ó 6 UNA ZONA HABITADA, LA ONDA DE CHOQUE ACABARÍA CON LOS TECHOS

...¡COMO LA ONDA DE PROA CON LA EMPALIZADA!

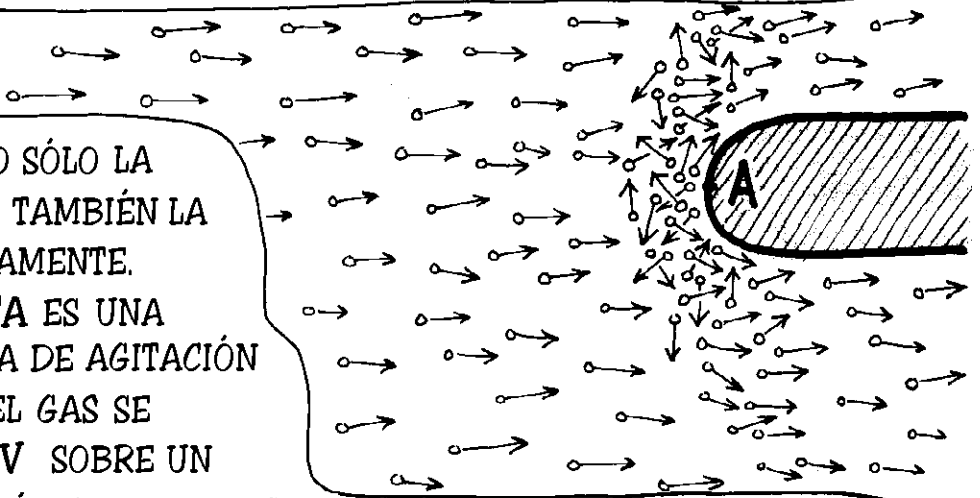
EN UNA ONDA DE CHOQUE NO SÓLO LA DENSIDAD Y LA PRESIÓN, SINO TAMBIÉN LA TEMPERATURA, CRECEN BRUSCAMENTE.

LA TEMPERATURA ABSOLUTA ES UNA MEDIDA DE LA ENERGÍA CINÉTICA DE AGITACIÓN

$1/2MV^2$ DE LAS MOLÉCULAS. SI EL GAS SE "DESPLOMA" A UNA VELOCIDAD V SOBRE UN

OBJETO, EN EL PUNTO DE DETENCIÓN (DONDE EL GAS

ESTÁ COMPLETAMENTE DETENIDO), TODA ESTA ENERGÍA ES CONVERTIDA EN ENERGÍA DE AGITACIÓN TÉRMICA. DE MANERA QUE EN EL PUNTO A LA TEMPERATURA VARÍA COMO EL CUADRADO DE LA VELOCIDAD V .



¡CIELOS, SE ME QUEMAN LOS ZAPATOS!

POCO CONOCIDO POR DEBAJO DE MACH 2, ESTE FENÓMENO DE RECALENTAMIENTO DE LA NARIZ DE LOS AVIONES GENERA UN SERIO PROBLEMA CONOCIDO COMO LA BARRERA DE CALOR

PARA UNA VELOCIDAD DADA, ENTRE MÁS DENSO EL AIRE MÁS SE CALIENTA LA NARIZ

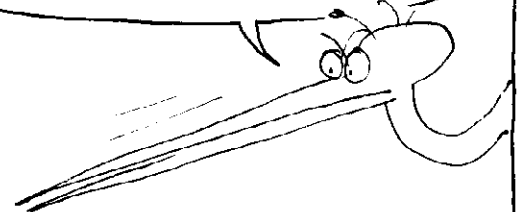
¡POR ESO NO ES POSIBLE UN VUELO HIPERSÓNICO A BAJA ALTURA!

¡EN CUALQUIER CASO, POR LO MENOS EL VUELO SUPERSÓNICO A BAJA ALTURA ES DEL TODO POSIBLE...! ¿NO SE PODRÍA PENSAR EN AVIONES SUPERSÓNICOS QUE NO ROMPAN LOS VIDRIOS?

PARA ESO, ANSELMO, SE NECESITARÍAN MÁQUINAS QUE, A VELOCIDADES SUPERSÓNICAS, NO PRODUJERAN ONDAS DE CHOQUE



¡ESO, MI QUERIDÍSIMO, ES TOTALMENTE IMPOSIBLE, SI NO YA HABRÍA SIDO REALIZADO HACE MUCHO TIEMPO!



VEAMOS. EL CHOQUE SURGE, COMO EN LA ONDA DE PROA, PORQUE NO SE PUEDE ACTUAR SOBRE LAS MOLÉCULAS CORRIENTE ARRIBA CON LA AYUDA DE COLISIONES, MEDIANTE ONDAS SONORAS, OBLIGÁNDOLAS A DEJAR EL PASO LIBRE. POR ESO LAS MOLÉCULAS SE AMONTONAN EN UNA ESPECIE DE ABULTAMIENTO DENOMINADO ONDA DE CHOQUE



LÓGICAMENTE, CON LA INTERVENCIÓN CORRIENTE ARRIBA DE LAS FUERZAS DE LAPLACE, EL PROBLEMA DEL CHOQUE ADQUIERE UNA NUEVA PERSPECTIVA .



MIRA, TIRESIAS, ESTA FOTO DEL MOVIMIENTO MHD DE LA PÁG. 30, EN TORNO AL CILINDRO. ¿NO TE PARECE QUE HAY UN EFECTO DE SUCCIÓN ADELANTE?



QUÉ IMPORTA ESO...

ES CIERTO, EN LOS EXPERIMENTOS HIDRÁULICOS LOGRABAS ASPIRAR EL AGUA DE ENFRENTA HASTA EL PUNTO DE CREAR UNA DEPRESIÓN.

EL PROBLEMA ES SABER HASTA QUÉ PUNTO SE PUEDE EXTENDER LA ANALOGÍA

← $V > V_s$

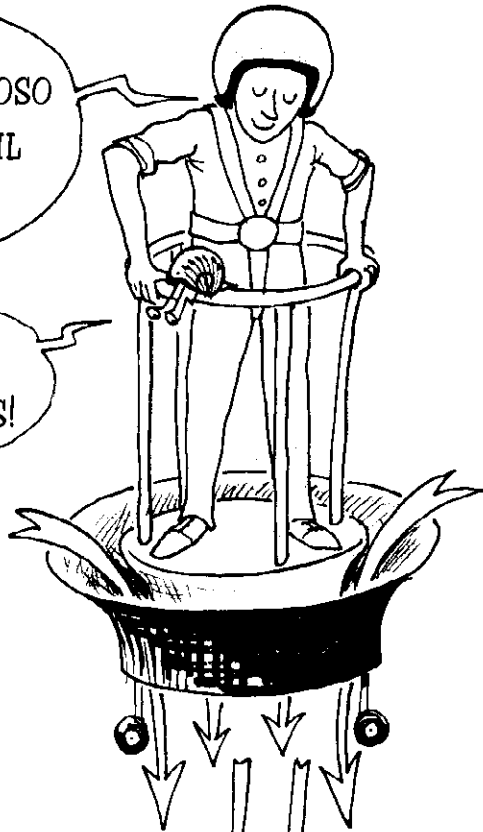
SI LA ANALOGÍA HIDRÁULICA OFRECE INDICACIONES VÁLIDAS QUIERE DECIR QUE HAY TRES FORMAS DE VOLAR

¿CUÁLES?

PARA VOLAR, EN TODO CASO, SE REQUIERE SIEMPRE HACER MOVER LAS MOLECÚLAS DE GAS CON UN MOVIMIENTO DE LO ALTO HACIA LO BAJO.

PRIMER SISTEMA:
CREO EL MOVIMIENTO GASEOSO
CON LA AYUDA DE UN PERFIL
ALADO

¿PERO... DÓNDE ESTÁ
EL ALA? ¡VEO SÓLO
DOS ROTORES CONTRARIOS!



¡VAYA SI ERES TONTO!
¡UN ROTOR ES UN
ALA QUE GIRA!



EJEM...

DE ESTA MANERA SE
PONE EN EVIDENCIA LA
VELOCIDAD INDUCIDA



SEGUNDO SISTEMA: PRODUCIR LA ACELERACIÓN LLEVANDO UNO MISMO EL GAS



¿Y EL TERCER SISTEMA?



EN MI OPINIÓN, ASPIRANDO EL AIRE QUE ESTÁ ENCIMA CON LA AYUDA DE FUERZAS DE LAPLACE.

¡AY NO! ¿LO ESCUCHASTE?

BUENO, SIEMPRE QUE SE JUNTAN ANSELMO Y TIRESIAS...

SE PUEDE DECIR QUE ESOS DOS YA DESPEGARON POR COMPLETO...

Y SOFÍA, MIENTRAS TANTO, TRANQUILA EN LA PLAYA...

AH...
TODAVÍA TIENES ALGO DE SENTIDO COMÚN, MAX

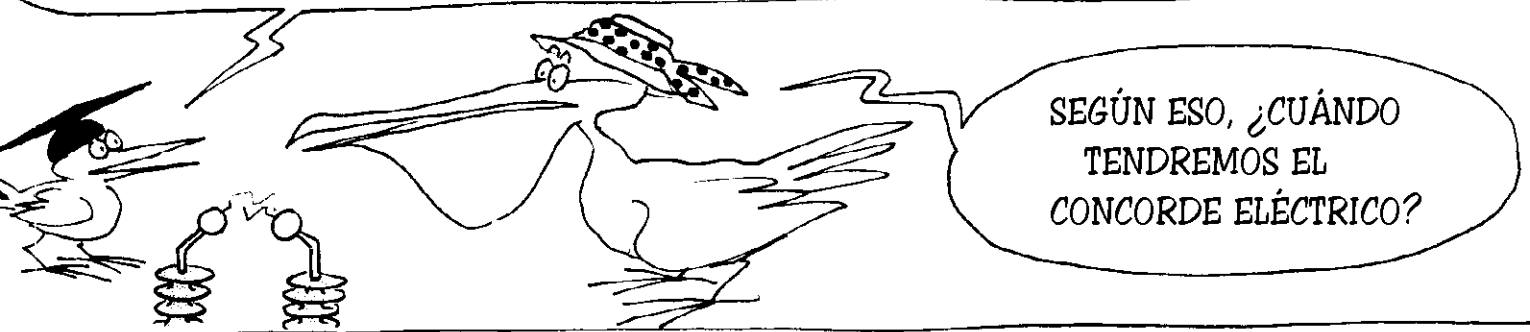
¿MUCHACHOS, CUÁL ES EL PROBLEMA?

SEGÚN PARECE, ANSELMO ESTÁ PROYECTANDO VOLAR... CON ELECTRICIDAD

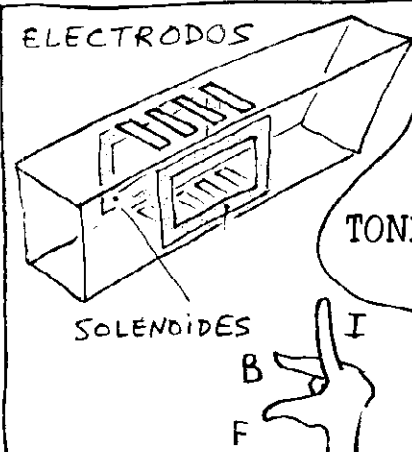
JUSTAMENTE LE ESTABA DICIENDO A LEÓN QUE ESO NO ES POSIBLE PORQUE EL AIRE NO ES CONDUCTOR DE ELECTRICIDAD

AL CONTRARIO, ES UN AISLANTE

¡ESPERA UN MOMENTO! ¡DEPENDE DEL VALOR DEL CAMPO ELÉCTRICO QUE APLIQUES, ES DECIR DE LA RELACIÓN ENTRE LA TENSION EN LAS TERMINALES DE LOS ELECTRODOS Y LA DISTANCIA QUE LOS SEPARA! ¡SI COLOCAS TRES MIL VOLTIOS POR MILÍMETRO, YA VERÁS LA DESCARGA!



SEGÚN ESO, ¿CUÁNDO TENDREMOS EL CONCORDE ELÉCTRICO?



VEAMOS. CON UN CAMPO MAGNÉTICO B DE 4 TESLA (40.000 GAUSS) (*) Y UNA DENSIDAD DE CORRIENTE DE UN AMPERIO POR CENTÍMETRO CUADRADO OBTIENES UNA FUERZA DE LAPLACE DE 40.000 NEWTON POR METRO CÚBICO, ES DECIR CUATRO TONELADAS POR METRO CÚBICO. SI EL MOTOR TIENE UN VOLUMEN ÚTIL DE UN METRO CÚBICO, EN TOTAL TIENES CUATRO TONELADAS.

¡CUATRO TONELADAS!

ESPERA, CON ESOS NÚMEROS... ¡TRES MIL VOLTIOS POR MILÍMETRO SIGNIFICAN POR LO MENOS UN MILLONCITO DE VOLTIOS POR METRO!...



¡EPA! ¡CON LAS TALES FUERZAS DE LAPLACE VAMOS A QUEDAR FULMINADOS!



¡CONOZCO UNA FULMINANTE APLICACIÓN DE LAS FUERZAS DE LAPLACE!

¿AH SÍ, CUÁL?



EL TRUENO

¿EL TRUENO?!



Y DALE CON LA ALTA TENSION...

¡SOFÍA, RÁPIDO, VEN A VER! ¡ANSELMO ESTÁ
POR INVENTAR MÁQUINAS EXCEPCIONALES
QUE VUELAN CON ELECTRICIDAD!

¡CIELOS!
¡YA VOY!

¿PERO TE DAS CUENTA DE LAS DIFICULTADES? TE HARÁ FALTA A BORDO UN SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN PARA LOS SUPERCONDUCTORES, A MUY BAJA TEMPERATURA, Y UN
GENERADOR ELÉCTRICO DE VARIOS CENTENARES DE GIGAVATIOS. ¡SU PESO SERÁ ENORME!

¡CASI COMO TRATAR
DE HACER VOLAR UNA
CENTRAL NUCLEAR!

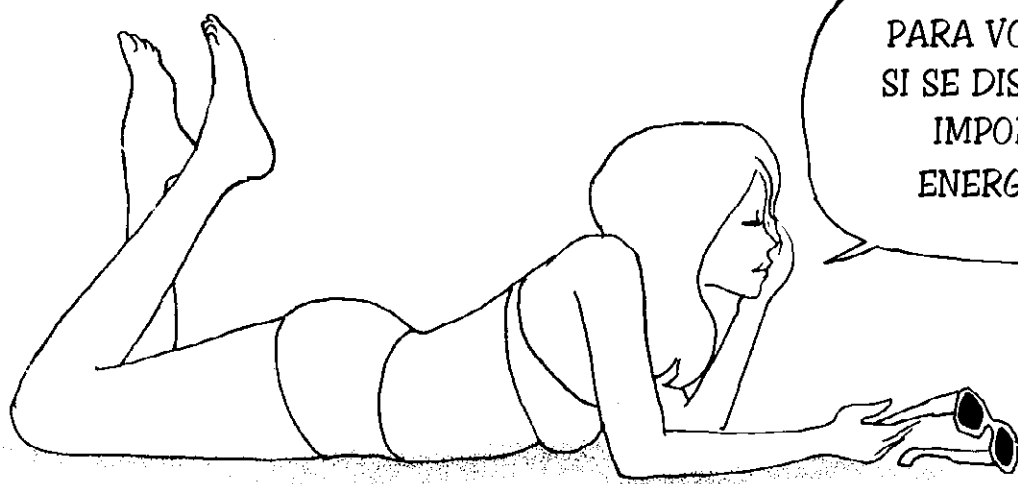
VOLAR CON ELECTRICIDAD ES IMPOSIBLE.

¿AH SÍ? ¿Y ENTONCES CÓMO
VUELA ESE AVIÓN?

¡NO ES LO MISMO!
TIENE UNA HÉLICE...

... ¡Y PÁNELES SOLARES!...

¿Y ACASO QUÉ ES UN PROPULSOR MHD SI NO UNA
ESPECIE DE HÉLICE ELECTROMAGNÉTICA?

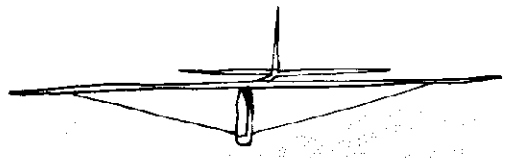


PARA VOLAR SE REQUIERE ENERGÍA
SI SE DISPONE DE SUFICIENTE POCO
IMPORTA LA FORMA DE ESTA
ENERGÍA: QUÍMICA, ELÉCTRICA, ...



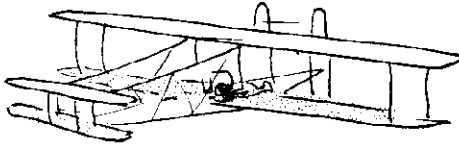
MIRÁNDOLO DE CERCA, VOLAR ES UN PROBLEMA DE RELACIÓN
ENTRE POTENCIA Y PESO PARA UNA VELOCIDAD DADA

40 km/h
 AVIÓN DE PEDAL
 O ELÉCTRICO



20 VATIOS POR KILO

60 km/h
 AVIÓN DE LOS HERMANOS WRIGHT
 (tecnología menos elaborada)



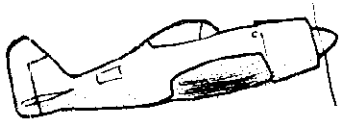
100 VATIOS POR KILO

250 km/h
 AVIONETA DE
 TURISMO



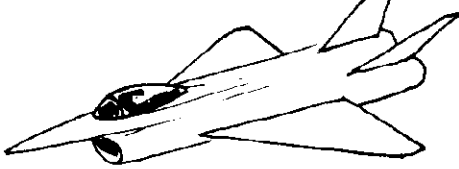
300 VATIOS POR KILO

700 km/h
 CAZABOMBARDERO DE LA
 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL



800 VATIOS POR KILO

2700 km/h
 CAZABOMBARDERO DE LA
 PRÓXIMA GUERRA MUNDIAL



5.000 VATIOS POR KILO

**20.000
 VATIOS POR
 KILO**



¡EL TRANSBORDADOR ESPACIAL!



A VER SI ENTENDÍ BIEN... SI LAS CENTRALES NUCLEARES GENERARAN UN KILOVATIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR KILOGRAMO, ¿ALZARÍAN VUELO ESPONTÁNEAMENTE?

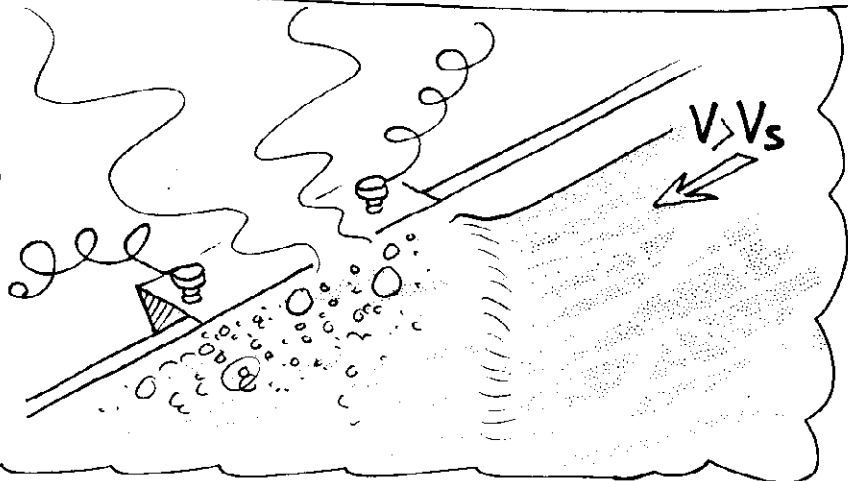
DIEZ TONELADAS POR CIENTOS MEGAVATIOS... ¡IMPOSIBLE!...

¿Y ENTONCES, SOFÍA?

¡BENDITO ANSELMO! EN DEFINITIVA PARECE QUE SE PUEDE EXTENDER A LOS GASES LO QUE FUE ELUCUBRADO PARA LOS MOVIMIENTOS LÍQUIDOS DE SUPERFICIE LIBRE: EL CRITERIO DE INTERACCIÓN Y LA EFICIENCIA MHD. PERO DEBE HABER ALGÚN PUNTO DÉBIL EN ALGUNA PARTE. VEAMOS...

¿ENTONCES?

EN EL EXPERIMENTO DE LA PÁGINA 43, UN SUMINISTRO MUY GRANDE DE ENERGÍA PROVOCABA UN BLOQUEO

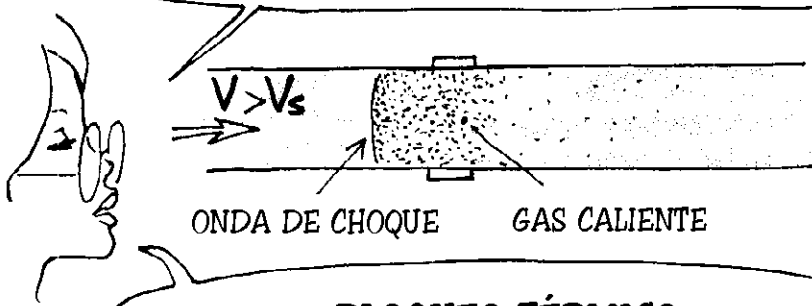


EL BLOQUEO TÉRMICO

¿UN FENÓMENO SIMILAR EN LOS GASES NO PODRÍA OBSTACULIZAR LA ACCIÓN MHD?



EN EFECTO, SE PUEDE **BLOQUEAR** UN DESPLAZAMIENTO SUPERSÓNICO DE GAS CON **CALOR**, MEDIANTE EL EFECTO JOULE. EN UNA DESCARGA ELÉCTRICA PURA (SIN CAMPO MAGNÉTICO) LA MASA DE GAS CALIENTE SE COMPORTA COMO UN TAPÓN Y SE CREA UNA ONDA DE CHOQUE.

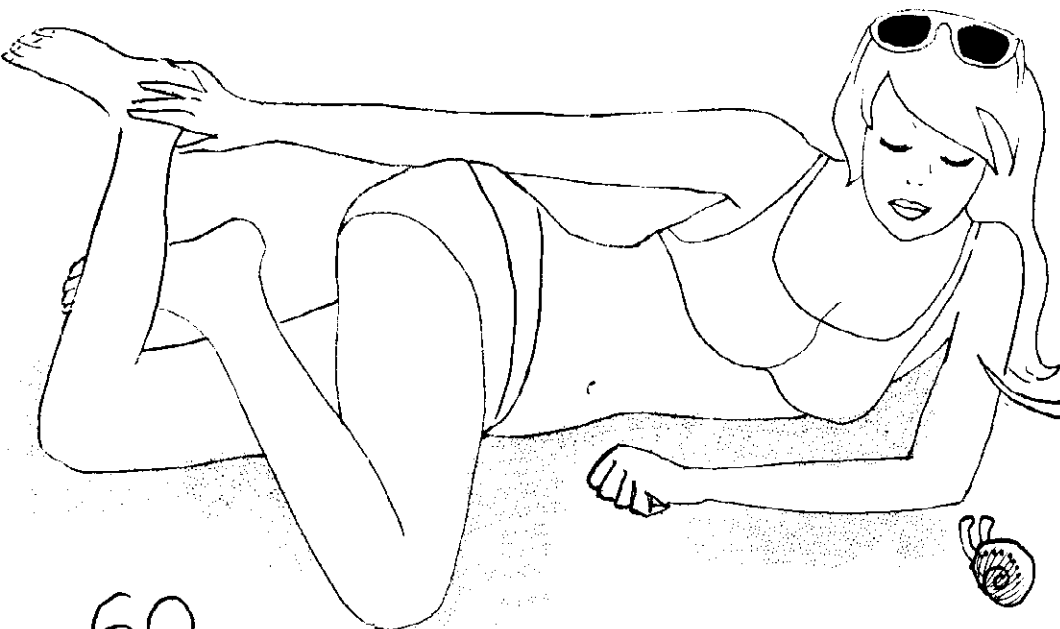


... EL BLOQUEO TÉRMICO

ENTONCES... ¿FALLARÁ EL EXPERIMENTO DE ANSELMO?



NO NECESARIAMENTE. TODO DEPENDE DE LA **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA** DEL AIRE (Y DE LA QUE SE LE PUEDA COMUNICAR DE VARIAS MANERAS). SI ES MUY ALTA (*), LA LIBERACIÓN DE CALOR EN EL GAS SERÁ MODERADA, Y NO HABRÁ BLOQUEO.



(* Ver Apéndice E

¡JA! MIREN A ANSELMO...

SE HA DORMIDO

TÚ ME SORPRENDES...

¿QUÉ PIENSAS TÚ DE TODO ESTO?

DESDE EL MOMENTO QUE ESTAS MÁQUINAS VOLADORAS MHD CORRESPONDAN A UNA TECNOLOGÍA QUE NO ALCANZAREMOS TAL VEZ ANTES DE UN SIGLO, ME PREGUNTO SI VALE LA PENA PONERSE TODOS ESTOS PROBLEMAS.

¿PODRÍA RESULTAR INTERESANTE COMO INVESTIGACIÓN PURA?

UMM... LA INVESTIGACIÓN PURA, YA SABES...

¡UFF!
¡QUÉ DÍA!

DUERME SABELOTODO,
AMOR MÍO

EL SUEÑO DE ANSELMO

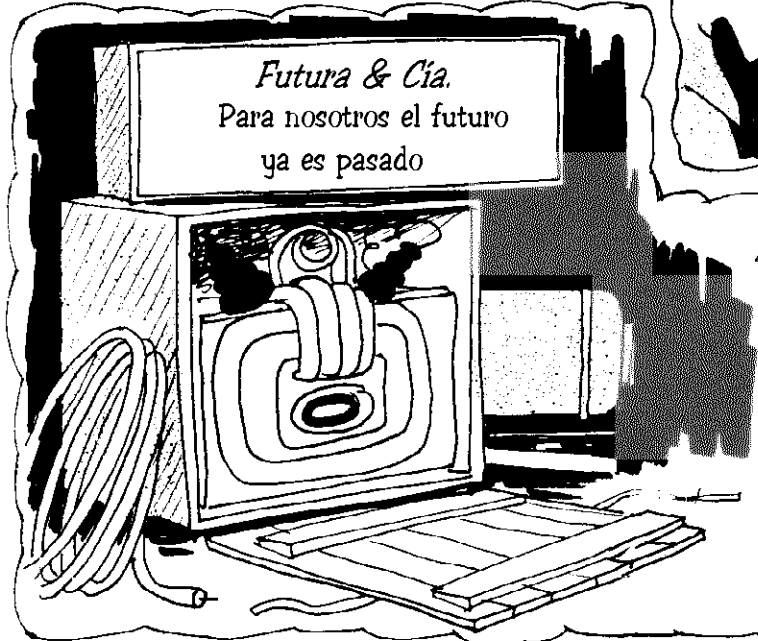


¿EH...? AH SÍ...

¿EL SEÑOR ANSELMO?
¿ES USTED QUIEN HA ORDENADO UN
GENERADOR ELÉCTRICO DE DOSCIENTOS
MEGAVATIOS, UN GENERADOR DE MICROONDAS
DE DIEZ MEGAVATIOS Y UN ATADO DE CABLE
SUPERCONDUCTOR, PARA UN PESO TOTAL DE
VEINTE TONELADAS?



FIRME AQUÍ



Futura & Cia.
Para nosotros el futuro
ya es pasado



¡WAOO!

EN VERDAD PARECE
UN BUEN MATERIAL.
¿ENTONCES, ANSELMO,
COMENZAMOS?



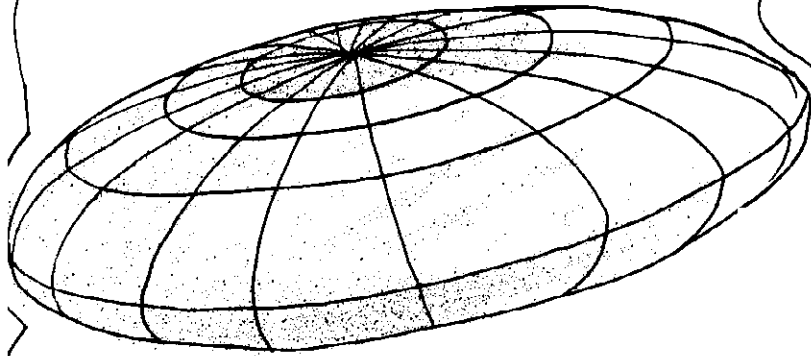
ESE TIPO TENÍA UN CAMIÓN
BASTANTE EXTRAÑO... ¿LO VISTE?



NUNCA VÍ ALGO
SEMEJANTE...
ENTONCES...

¿COMENZAMOS,
SÍ O NO?

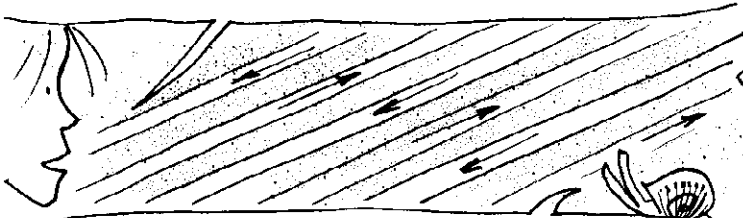
¿POR QUÉ CONSTRUYES DE FORMA PLANA TU MÁQUINA VOLADORA?



PARA APROVECHAR MEJOR LA DEPRESIÓN QUE PRODUCIRÉ ENCIMA DE ELLA, Y LA SOBREPRESIÓN QUE SE PRODUCIRÁ DEBAJO.

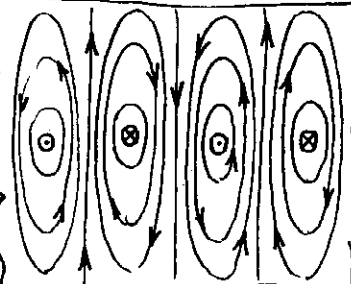


OCUPÉMONOS ANTES QUE NADA DEL **CAMPO MAGNÉTICO**. CON ESTE CABLE SUPERCONDUCTOR PODRÉ ALTERNAR EL SENTIDO DE LAS CORRIENTES, ASÍ.



EN ESTOS ALAMBRES PARALELOS LA CORRIENTE SE INVIERTE AL PASAR DE UNO A OTRO

LOS CABLES VACÍOS SERÁN ENFRIADOS A MUY BAJA TEMPERATURA MEDIANTE HELIO LÍQUIDO. LOS CÍRCULOS CON PUNTO Y CRUZ INDICAN VECTORES ENTRANTES Y

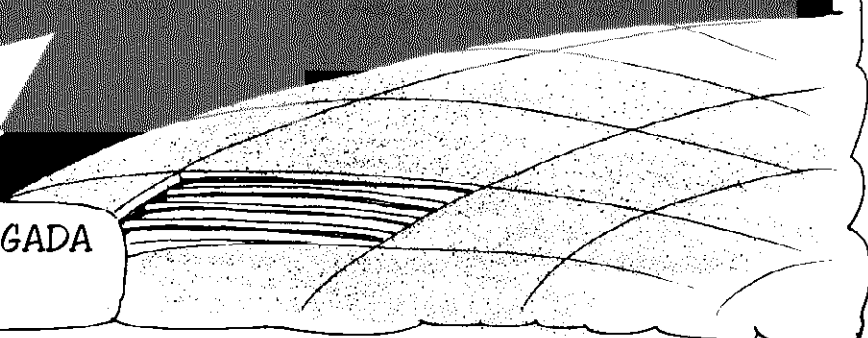


SALIENTES DEL PAPEL, RESPECTIVAMENTE

SE OBTIENE ASÍ UN CAMPO MAGNÉTICO QUE SE INVIERTE CADA 4 MILÍMETROS

LOS CABLES SEGUIRÁN LOS MERIDIANOS DEL OBJETO

Y LOS RECUBRO CON UNA LÁMINA DELGADA EN CERÁMICA



SOBRE LA CERÁMICA COLOCO MIS ELECTRODOS, SIGUIENDO SIEMPRE LOS MERIDIANOS.

PARED DE CERÁMICA

Y ALTERNAS LAS POLARIDADES DE LOS ELECTRODOS, COMO EN EL CASO DEL ACELERADOR PARIETAL.

CABLES DE MATERIAL SUPERCONDUCTOR

ELECTRODOS

SE FORMARÁ EN TORNO AL APARATO ESTE TIPO DE CAMPO DE FUERZAS.

PARA OBTENER MAYORES DIVIDENDOS, PUEDO COLOCAR LOS CABLES Y LOS ELECTRODOS MUY CERCA ENTRE SÍ.

PRIMERO: ESTO REDUCE LA TENSIÓN A APLICAR EN LOS ELECTRODOS.

SEGUNDO: PERMITE LIMITAR EL VOLUMEN EN EL QUE SE FORMARÁ EL CAMPO MAGNÉTICO. PRÁCTICAMENTE, LA SUPERFICIE DE LA NAVE MULTIPLICADA POR EL "PASO" ENTRE CABLES.

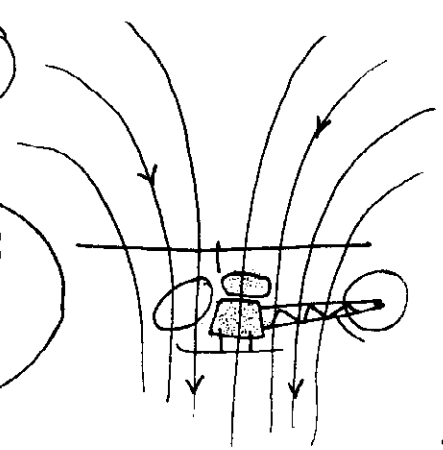
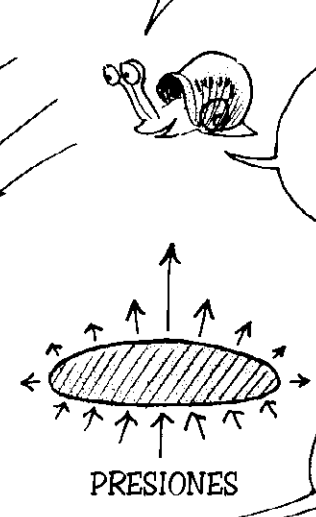
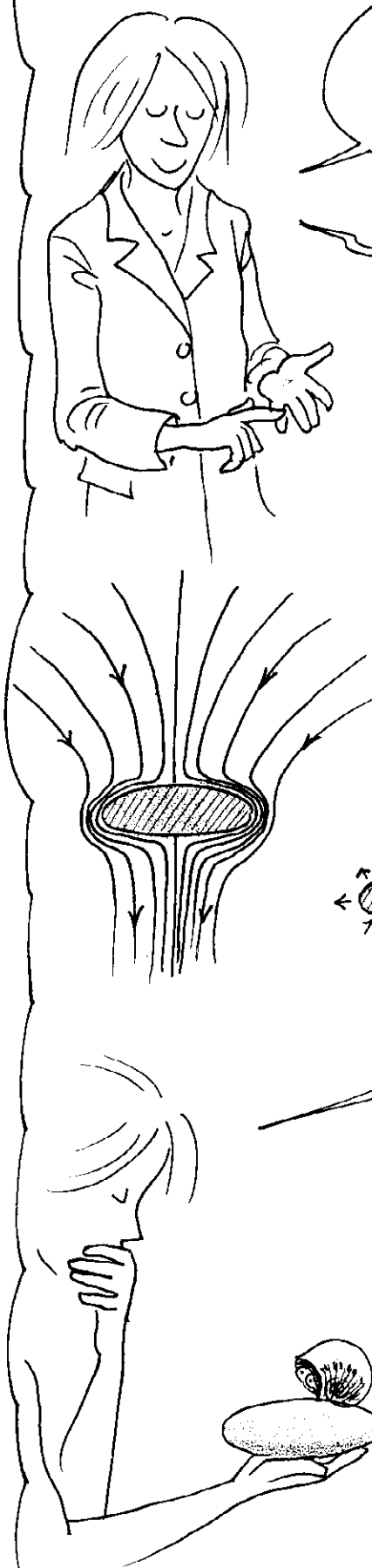
TERCERO: PERMITE ACTUAR SOBRE UN ESTRATO MUY DELGADO, CONCENTRANDO ALLÍ LA IONIZACIÓN Y LAS FUERZAS.

Y HE AHÍ EL DESPLAZAMIENTO DEL GAS QUE RESULTA.

ES COMO UNA ESPECIE DE HELICÓPTERO ELECTROMAGNÉTICO

QUEDA POR SABER CÓMO CREAR LA IONIZACIÓN, ES DECIR UNA CANTIDAD SUFICIENTE DE ELECTRONES LIBRES EN ESTE ESTRATO DE GAS

SI COLOCAS LOS ELECTRODOS SEPARADOS UN MILÍMETRO, Y CON UN VOLTAJE REGULADOR DE MIL VOLTIOS, BASTARÁ CON LIBERAR LOS ELECTRONES DE LOS ÁTOMOS PARA QUE PUEDA PASAR LA CORRIENTE.



EL PROBLEMA DE LA IONIZACIÓN

EN EL AIRE, LOS ELECTRONES LIBRES NO LOS SUMINISTRA NI EL OXÍGENO NI EL NITRÓGENO, SINO EL ÓXIDO DE NITRÓGENO (NO). PERO YO PREFERIRÍA ENRIQUECER EL AIRE CON UNA SUSTANCIA QUE SUMINISTRE MÁS FÁCILMENTE LOS ELECTRONES LIBRES, COMO EL CESIO O EL SODIO.

ENTONCES ABRES POROS EN LA PARED DE CERÁMICA PARA QUE EMITAN DURANTE EL VUELO PEQUEÑAS CANTIDADES DE VAPORES DE CESIO.

ANSELMO HA COLOCADO A BORDO UN GENERADOR QUE PRODUCE UN CAMPO ELÉCTRICO ALTERNADO DE ALTÍSIMA FRECUENCIA (TRES MIL MEGAHERTZ) EN EL AIRE CIRCUNDANTE

ESTAS MICROONDAS SERÁN RÁPIDAMENTE ABSORBIDAS POR EL ESTRATO DE AIRE QUE RODEA LA NAVE, CREANDO LOS ELECTRONES LIBRES.

ESTRATO DE PLASMA

TRAYECTORIA DE UN ELEMENTO DEL GAS

IONIZACIÓN

DESIONIZACIÓN CON EMISIÓN DE LUZ

BIEN. CREO QUE TODO ESTÁ LISTO. UN SISTEMA DE TELEVISIÓN DE CIRCUITO INTERNO, CON MICROCÁMARAS DISPUESTAS SOBRE LA PARED, NOS DARÁ IMÁGENES DESDE EL EXTERIOR.

¿ESTABLECEMOS CONTACTO?

¿QUÉ ES ESA COSA?

¡IONIZACIÓN!

¡CARAMBAS! LEÓN Y SU AMIGO ESTÁN ALLÍ AFUERA...

SE PONE LUMINOSO Y ROJIZO...

¿QUÉ SE ESTARÁN BUSCANDO CON ESTAS HIPERFRECUENCIAS?

¡LO MEJOR SERÁ PARTIR LO MÁS PRONTO POSIBLE!

YA GUARDÉ EL TREN DE ATERRIZAJE

¡QUÉ DIVERTIDO TU DISCO VOLADOR! ¡SE MANEJA COMO UN HELICÓPTERO!

!?

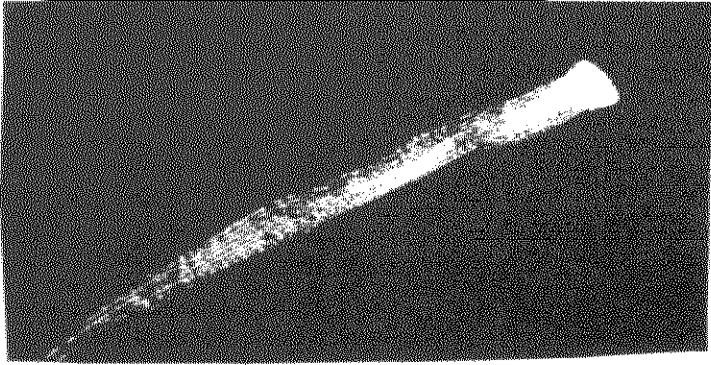
¡SOFÍA...!

EN LUGAR DE CONTROLAR LAS ASPAS, CONTROLAS LAS CORRIENTES.

MIRA A ESTOS DOS. ¿QUÉ LES PUEDE HABER SUCEDIDO? PARECE QUE HUBIERAN VISTO EL DIABLO


¡QUÉ EXTRAÑO! PARECE COMO SI LES HUBIERA PASADO CORRIENTE...

LA AERODINA CONTINÚA SU VUELO DEJANDO DETRÁS SUYO UNA LARGA COLA DE CESIO ARDIENTE.



¡MÁS RÁPIDO!

AUMENTANDO EL SUMINISTRO DE CORRIENTE, EL ASPECTO DEL DISCO VOLADOR SE ASEMEJA AL DE UNA ESTRELLA FUGAZ



¡MIRA QUÉ VELOCES VAMOS!
¡¡TENEMOS QUE ESTAR A POR LO MENOS CUATRO O CINCO VECES MÁS QUE LA VELOCIDAD DEL SONIDO!!

OYE, ANSELMO: DADO QUE CONTROLAMOS PERFECTAMENTE EL DESPLAZAMIENTO DE LOS GASES, VOLAMOS SIN TURBULENCIA NI ONDAS DE CHOQUE.

¿O NO?

PUEDE SER

POR LO TANTO SIN RUIDO

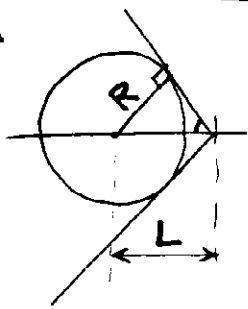
ASÍ QUE HEMOS VISTO LA BARRERA DEL SONIDO, LUEGO LA BARRERA DEL CALOR. AHORA PIENSO QUE HEMOS SUPERADO...



¡ LA BARRERA DEL SILENCIO !

APÉNDICES CIENTÍFICOS

A



EN UN TIEMPO t , UNA ONDA EMITIDA SE PROPAGA RADIALMENTE SEGÚN $R = V_s t$ MIENTRAS QUE EL OBJETO SE DESPLAZA $L = V t$. ASÍ:
 $V/V_s = L/R$, $\text{sen}(\alpha) = V_s/V = R/L$

B

SE ACTÚA SOBRE EL SISTEMA DE LA ONDA SI LA ENERGÍA RECIBIDA POR EL ELEMENTO DE VOLUMEN, QUE ES JBL (EL TRABAJO DE LA FUERZA DE LAPLACE A LO LARGO DE LA DISTANCIA DE INTERACCIÓN), ES SUPERIOR A LA ENERGÍA CINÉTICA $1/2 \rho V^2$. EN EL AGUA SALADA LA ELECTRÓLISIS LIMITA J A 1 A/cm^2 (10^4 A/m^2). SEA $V = 8 \text{ cm/s}$. SI EL CILINDRO TIENE 0.8 mm ($8 \times 10^{-3} \text{ m}$), CON UNA DISTANCIA DE INTERACCIÓN IGUAL A LA LONGITUD DEL ELECTRODO (2 mm), $\rho = 10^3 \text{ Kg/m}^3$. SI $B = 1 \text{ TESLA}$ (10.000 GAUSS), EL PARÁMETRO DE INTERACCIÓN ES $2JBL/\rho V^2 = 25$. SE ANULA LA ONDA DE PROA...

C

EL BARCO TIENE UN EMPUJE DE 1 gr. , ES DECIR 10^{-3} kg. ó 10^{-2} Newtons . AVANZA A 0.1 m/s , ESTO ES 10^{-3} Vatios . EL GENERADOR SUMINISTRA 25 Voltios Y 20 Amperios , ES DECIR 500 Vatios . LA EFICIENCIA ES ENTONCES $\eta = 10^{-3} / 500 = 2 \cdot 10^{-6}$. EL FLUIDO PASA AL ACELERADOR EN UN TIEMPO t . LA POTENCIA PROPULSORA SERÁ ENTONCES JBL/t , DONDE L/t ES LA VELOCIDAD V . POR OTRA PARTE, LA POTENCIA DISIPADA POR EFECTO JOULE ES J^2/σ , DONDE σ ES LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. LA EFICIENCIA ES, POR LO TANTO: $\eta = JBV / (JBV + J^2/\sigma)$
 $\sigma = 10 \text{ mhos/m}$, $B = 25 \text{ Tesla}$, $V = 20 \text{ m/s}$, $J = 10 \text{ A/m}$. SE OBTIENE $\eta = 0.33$. η CRECE CON V .

D

LA SOBREPRESIÓN EN EL PUNTO DE DETENCIÓN SERÁ, A GROSSO MODO, $1/2 \rho V^2$, SIENDO ρ LA MASA DE VOLUMEN DEL AIRE ($1,3 \text{ kg/m}^3$) Y LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL OBJETO. PARA UNA SUPERFICIE FRONTAL EQUIVALENTE A 1 m^2 , LA POTENCIA ASOCIADA AL ARRASTRE DE ONDA SERÍA $1/2 \rho V^3$. SI $V = 600 \text{ m/s}$, $P = 200 \text{ MW}$. SI $V = 1500 \text{ m/s}$, $P = 2000 \text{ MW}$.

E

LA POTENCIA ASOCIADA A LA ACELERACIÓN MHD ES JBV . CON $J = 10^4 \text{ A/m}^2$, $B = 4 \text{ Tesla}$, SI $V = 1000 \text{ m/s}$. $JBV = 40 \text{ MW/m}^3$. SI LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AIRE (FUERA DEL EQUILIBRIO) ALCANZA 10 mhos/m , COMO EL AGUA SALADA, ENTONCES EL CALOR PRODUCIDO POR EFECTO JOULE J^2/σ CORRESPONDERÁ A UNA POTENCIA DE 10 MW/m^3 . PUEDE FUNCIONAR. SERÍA PREFERIBLE TRABAJAR CON UN B GRANDE (20 TESLA) Y AUMENTAR ARTIFICIALMENTE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA σ (POR TRANSPIRACIÓN DE UNA SUSTANCIA ALCALINA A TRAVÉS DE UNA PARED POROSA O POR ACCIÓN DE MICROONDAS).



Savoir sans Frontières

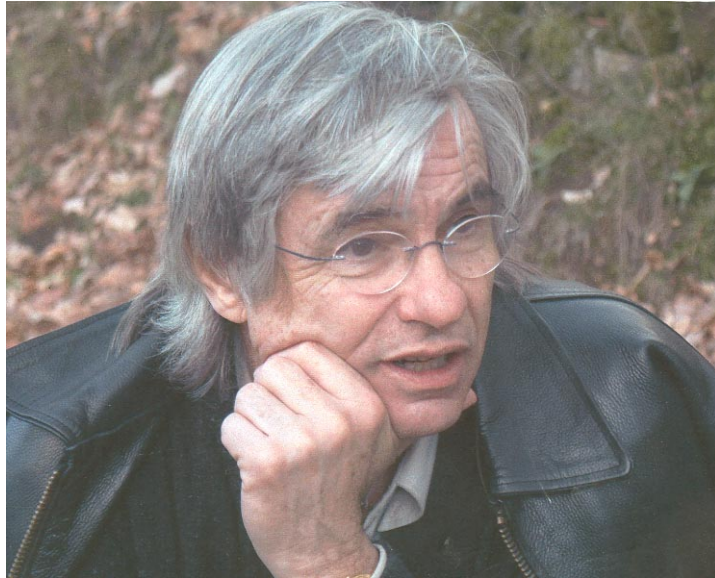
BIG BANG

JEAN-PIERRE PETIT



Traducción:
Juan Carlos Anduckia

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.


La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

PRÓLOGO

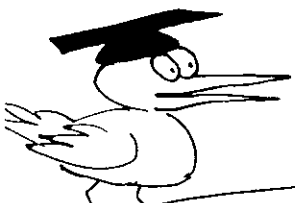


Sabes, Sofía, a menudo me pregunto de dónde vienen las cosas y cómo se originó el Universo...

¿Ha sido TODO siempre tal como es ahora? La Tierra, el cielo...


¿Ha sido el cielo siempre azul?

¿Y han brillado siempre las estrellas en el fondo de un cielo negro?



En el **COMIENZO DE TODO**, nuestro Universo era muy pequeño y muy caliente: un infierno minúsculo

¿Y todo explotó?



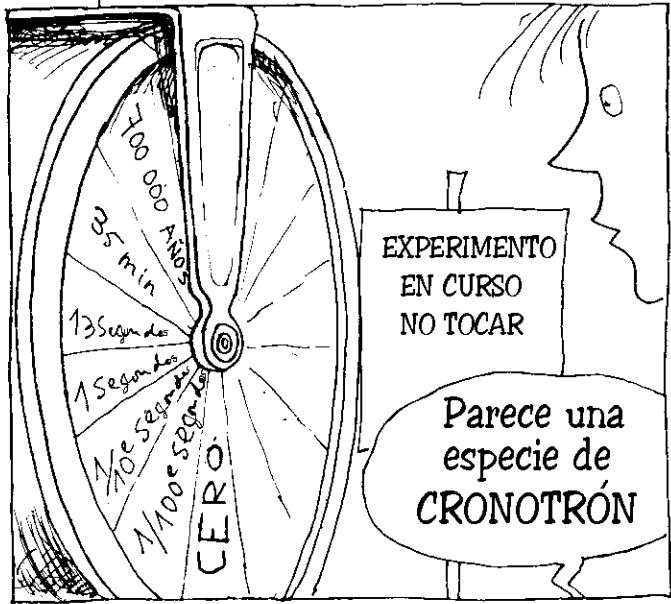
Sí, pero esa es una larga historia. Para contarla hay que remontarse mucho pero mucho tiempo atrás



¡Ey, vengan a ver!



¿De qué se trata este truco?



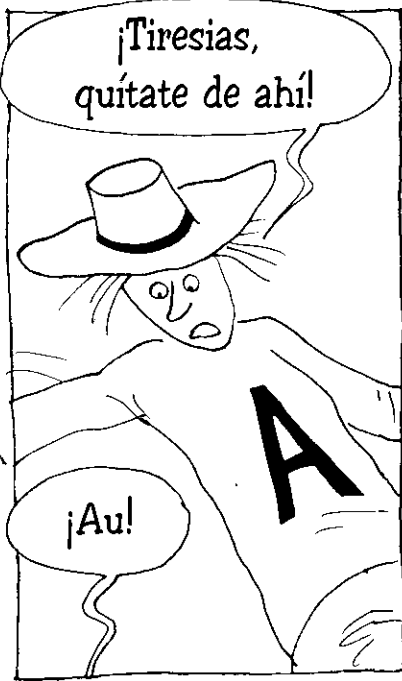
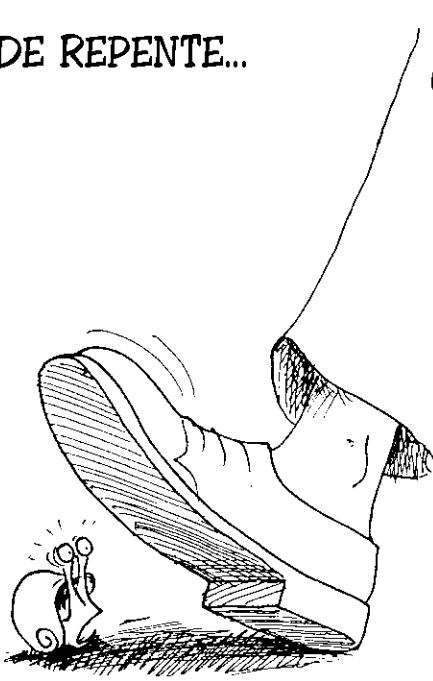
EXPERIMENTO EN CURSO NO TOCAR

Parece una especie de CRONOTRÓN



Y esas graduaciones... ¿no les parecen extrañas?

DE REPENTE...



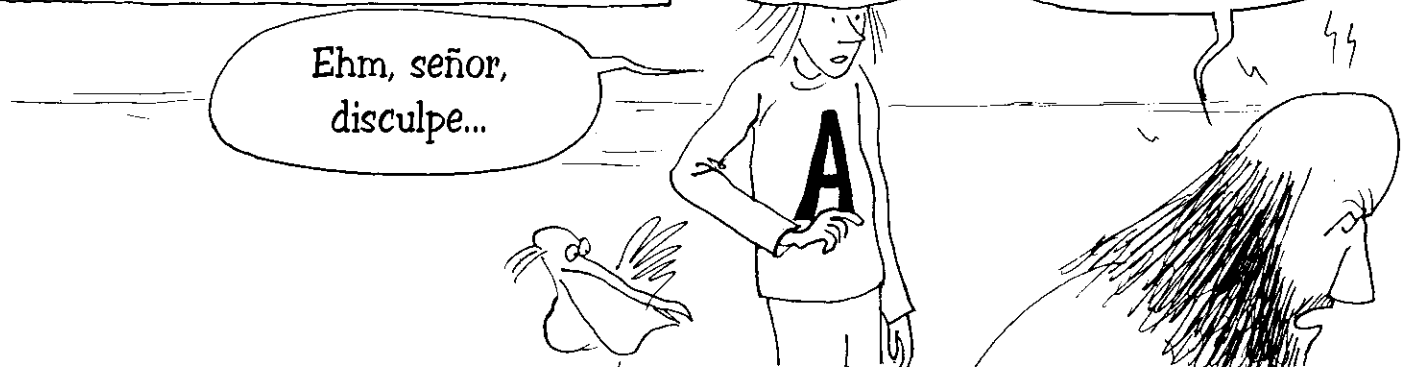
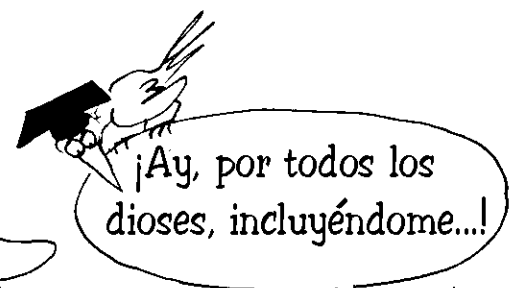
¡Tiresias, quitate de ahí!

¡Au!



KLONG!

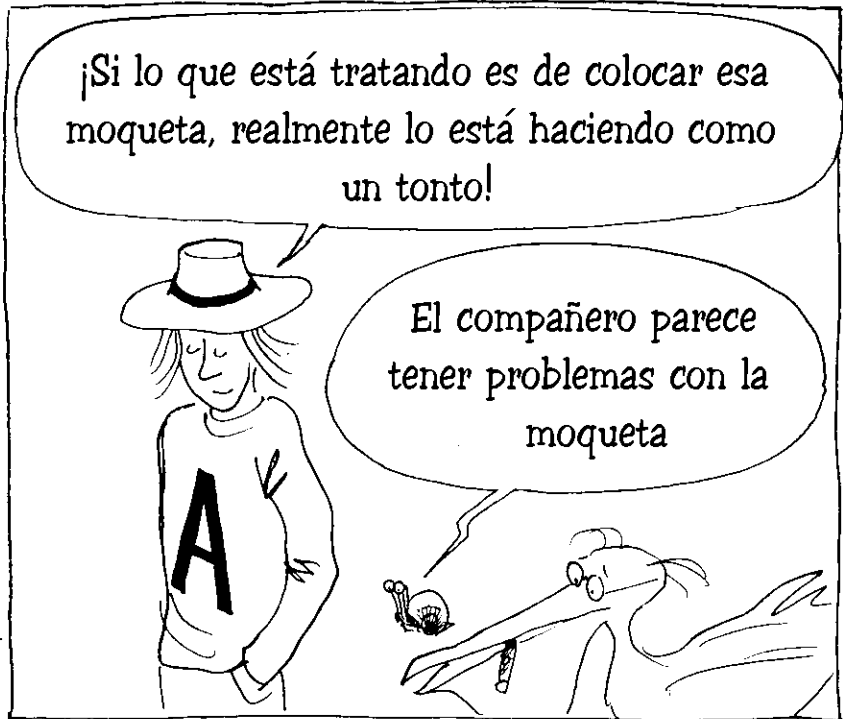
EL COMIENZO DE TODO





¡Rayos, otra vez no funciona!

¡Parece que no es así...!



¡Si lo que está tratando es de colocar esa moqueta, realmente lo está haciendo como un tonto!

El compañero parece tener problemas con la moqueta

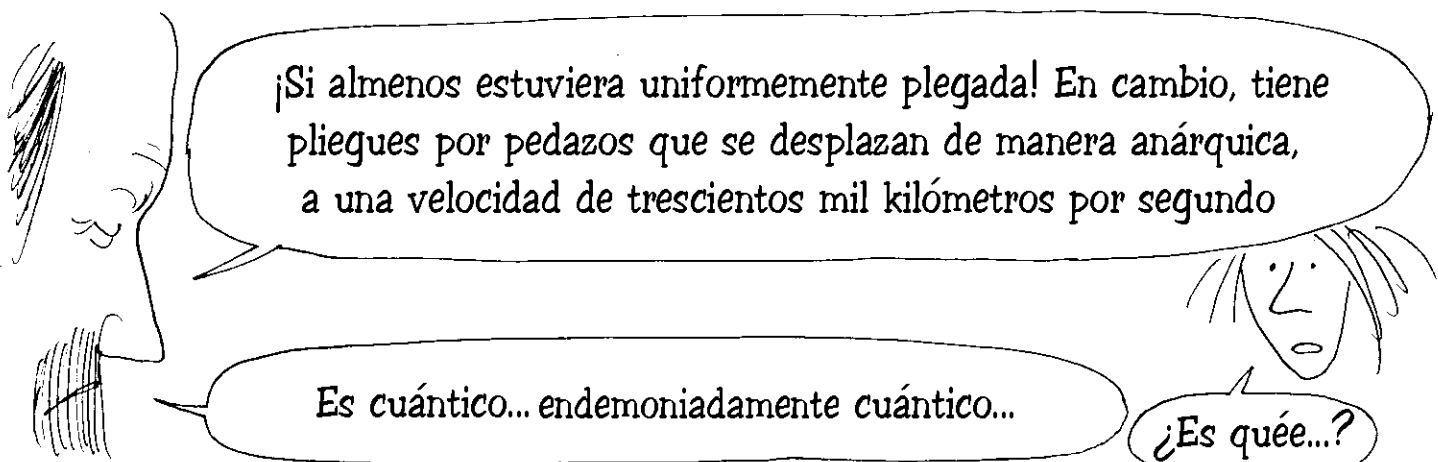


¡Qué desastre... pliegues por todos lados!



Es normal que se le formen arrugas: ha intentado Usted poner demasiada. Así la moqueta se comprime...


Tsss... si no estuviera comprimida, no habría energía: habría sólo espacio...



¡Si al menos estuviera uniformemente plegada! En cambio, tiene pliegues por pedazos que se desplazan de manera anárquica, a una velocidad de trescientos mil kilómetros por segundo

Es cuántico... endemoniadamente cuántico...


¿Es quéé...?



¡No parece haber grandes cosas en este universo!

¡Sí que las hay!
Son estas especies de ondulaciones errabundas

Este universo solo tiene dos dimensiones, por lo tanto es una SUPERFICIE en la que los relieves representan partículas, masas y radiaciones. Si pertenecieras a este universo bidimensional, así es como te verías



No es bello, no es para nada bello...

En nuestro mundo tridimensional, las partículas también son variaciones locales de la curvatura

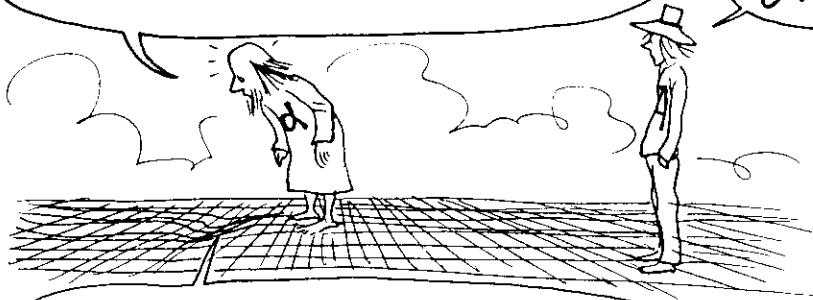


Era mejor antes

¿Antes... de qué?

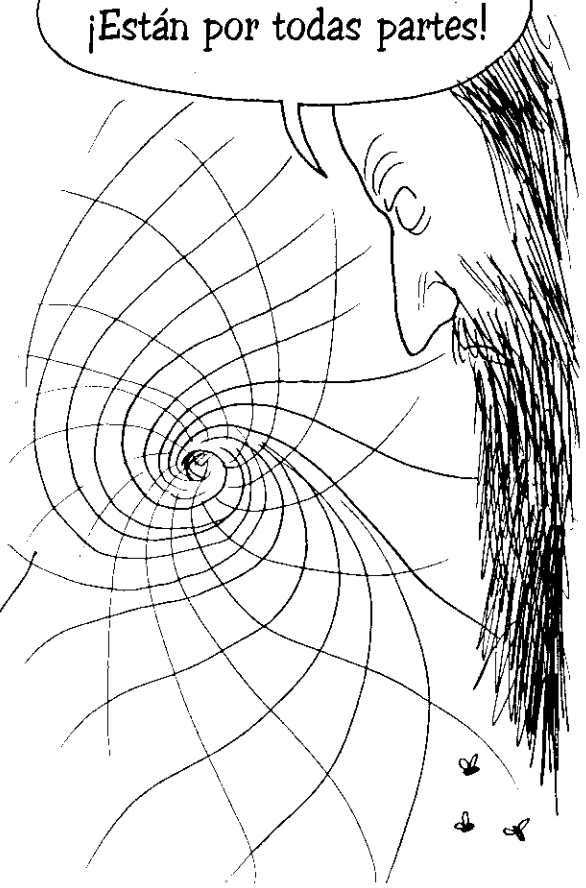
En fin... Llamaré a estos pliegues vagabundos FOTONES

¡En nombre de todos los dioses,
incluyéndome! Mira lo que pasa ahora...



¿Qué?

¡Mira!
¡Están por todas partes!



¡Esta cosa no solo flocula, sino que
además es turbulenta! ¡Qué linda obra...!

Se asemejan a pequeños remolinos,
como cuando se agita una sábana
de esta forma



Es curioso. Unos giran en un
sentido, y otros en sentido contrario

Y como sus fotones, se mueven a
300.000 Km /seg

A esos remolinos andariegos los llamaré
NEUTRINOS, cuando giren
así:

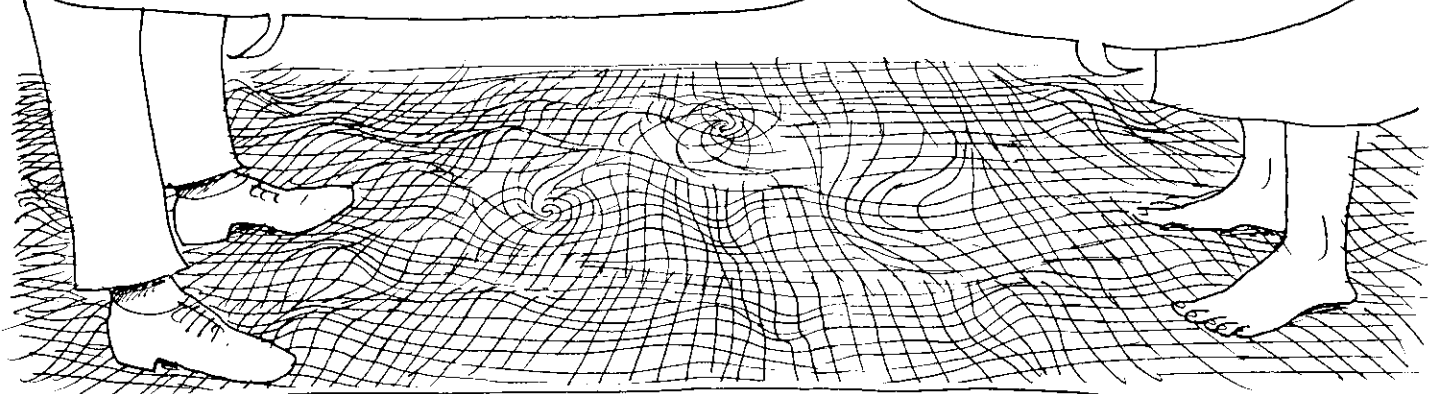


Y **ANTINEUTRINOS**, cuando giren en sentido
contrario:



Se ve tremendamente agitado. No hay ni una sola parte plana en la moqueta. Los pliegues literalmente están los unos junto a los otros (*)

Este universo es muy, muy inestable. ¡Un fiasco total...!

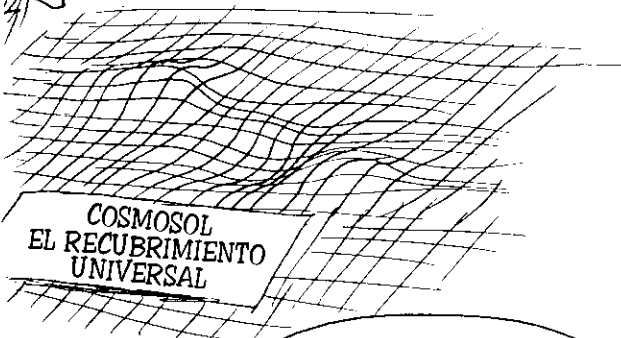


¡Si al menos hubiera algo de orden en todo esto!
Pero no, es un caos. ¡Todo está distribuido al azar!

¡Y aborrezco los juegos de azar!

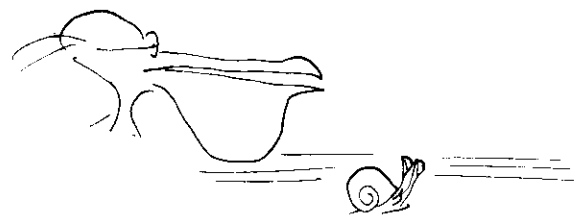
¡El azar, mi querido amigo, es el demonio!

Ah...

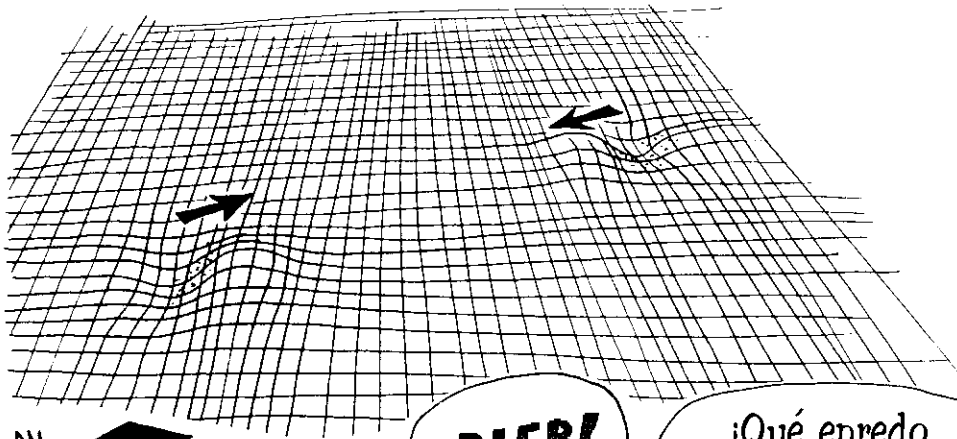


Ni juego a los dados...

¡Oh, miren! Parece que pasa algo allá abajo...

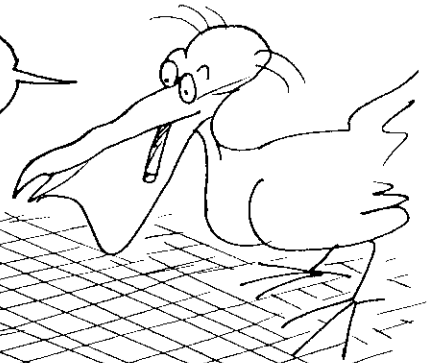
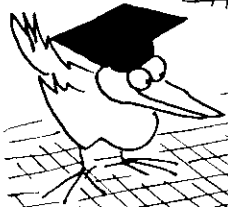


Dos pliegues que se desplazan van al encuentro el uno del otro y a chocar

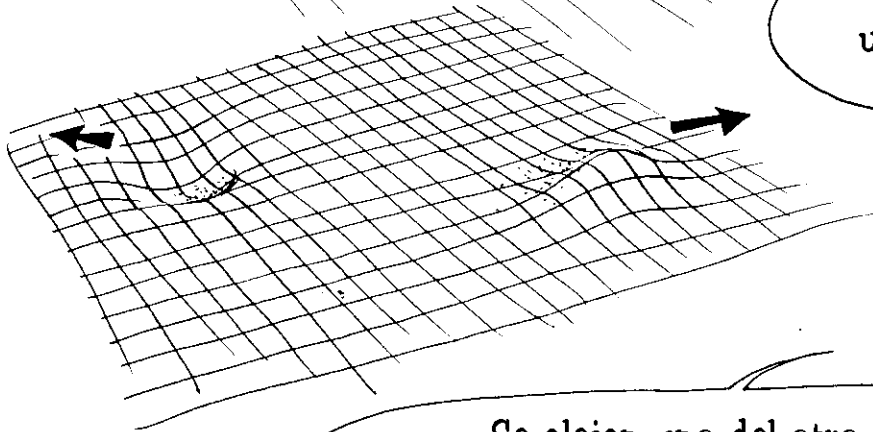


BLEB!

¡Qué enredo, mis amigos!

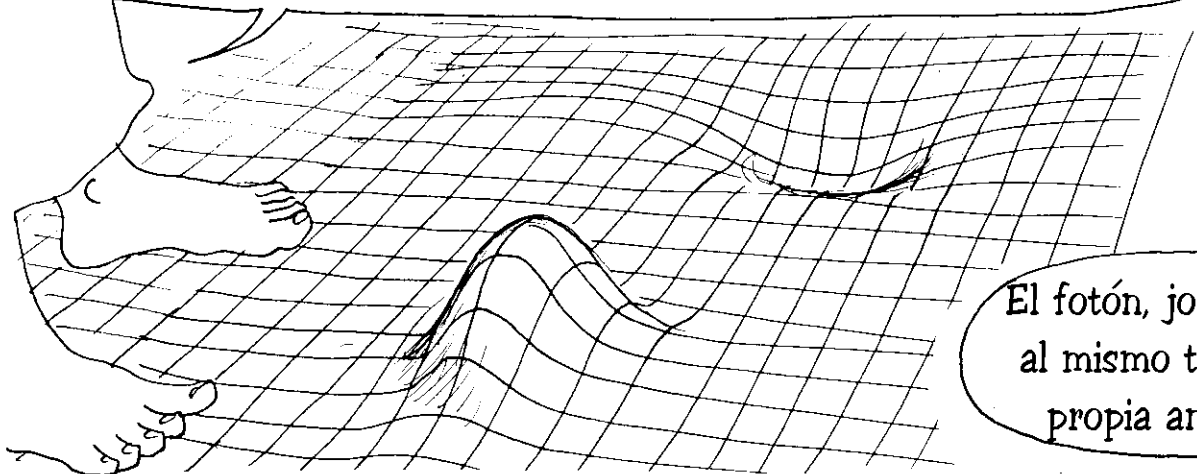


Y ahora se forman chichones: uno hacia abajo y el otro hacia arriba



Se alejan uno del otro a una velocidad cercana a los 300.000 km/segundo

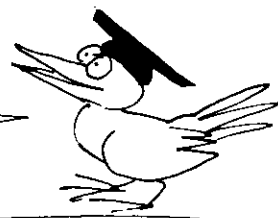
Bien. Llamaré a las jorobas MATERIA, y ANTIMATERIA a los huecos. Existe una CURVATURA, y por lo tanto MASA



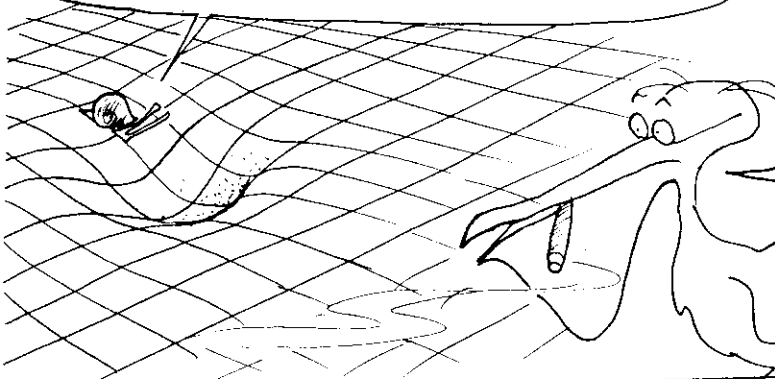
El fotón, joroba y hueco al mismo tiempo, es su propia antipartícula



MATERIA y ANTIMATERIA, nacidas de las colisiones entre fotones, aparecen con velocidades relativistas

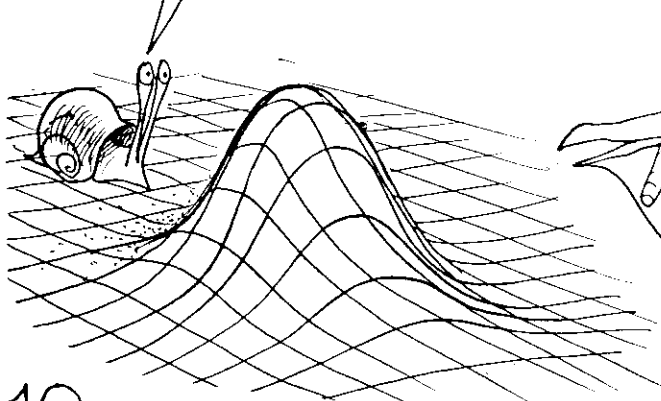


Jorobas, huecos, todo eso es arbitrario



¿Qué quieres decir con esa profunda reflexión, mi querido Tiresias? Hay cosas que aparecen como huecos, y otras como jorobas. Eso es evidente...

Así nos parece porque estamos de este lado de la moqueta. Si estuviéramos del otro, las jorobas se convertirían en fosas, y las fosas en jorobas



Pero... ¡yo no veo más que un solo lado!



¡¡Tiresias!!

Ya no se puede ni siquiera bromear un poco...

? ...

Otro policía epistemológico


¡Miren, allí...! Cuando una joroba y una fosa se encuentran lentamente, se forman dos pliegues viajeros. ¡Es la operación inversa!

Hmm.. simple ANIQUILACIÓN de una partícula de materia y de su antipartícula, que dá como resultado dos fotones

Es el caos primigenio


Hmm...

Las creaciones y aniquilaciones de partículas a partir de pares de fotones ocurren a un ritmo desenfrenado. En ese mundo caótico, en ese mundo de cambio continuo, no hay estructuras. Solamente un hormigqueo constante de fotones, de neutrinos, de antineutrinos y de numerosas otras partículas y anti-partículas, fugaces y variadas. Es el CAOS PRIMIGENIO (*)

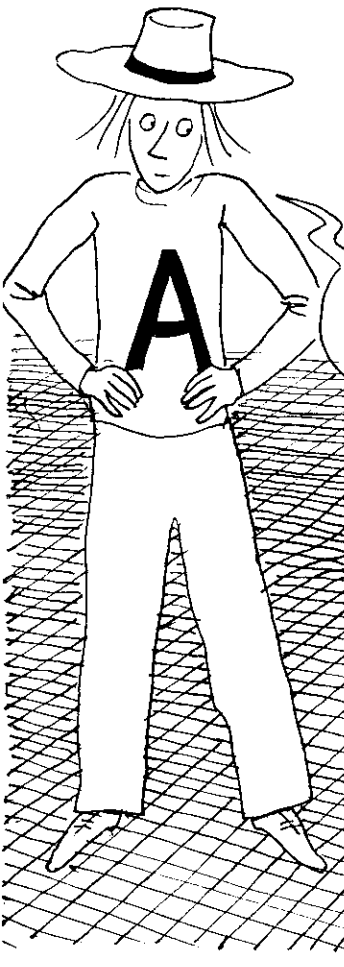


Todo eso me hace pensar en los SEXONES

¿Y qué son los SEXONES?



Son partículas que pasan el tiempo reproduciéndose



Aparentemente hay pliegues viajeros de diferentes longitudes, lo mismo que fosas estrechas y hondas o largas y planas

Llamaré LONGITUD DE ONDA λ ,
a la extensión de los pliegues
viajeros, los FOTONES

Supongamos que creo una oscila-
ción que viaja a lo largo de esta
cuerda. Sacudiéndola lentamente,
le comunico poca energía y la
longitud de onda λ es grande

Si ahora sacudo más fuertemente la cuerda, le
comunico mayor ENERGÍA, y la longitud de
onda λ resultante es decididamente más corta

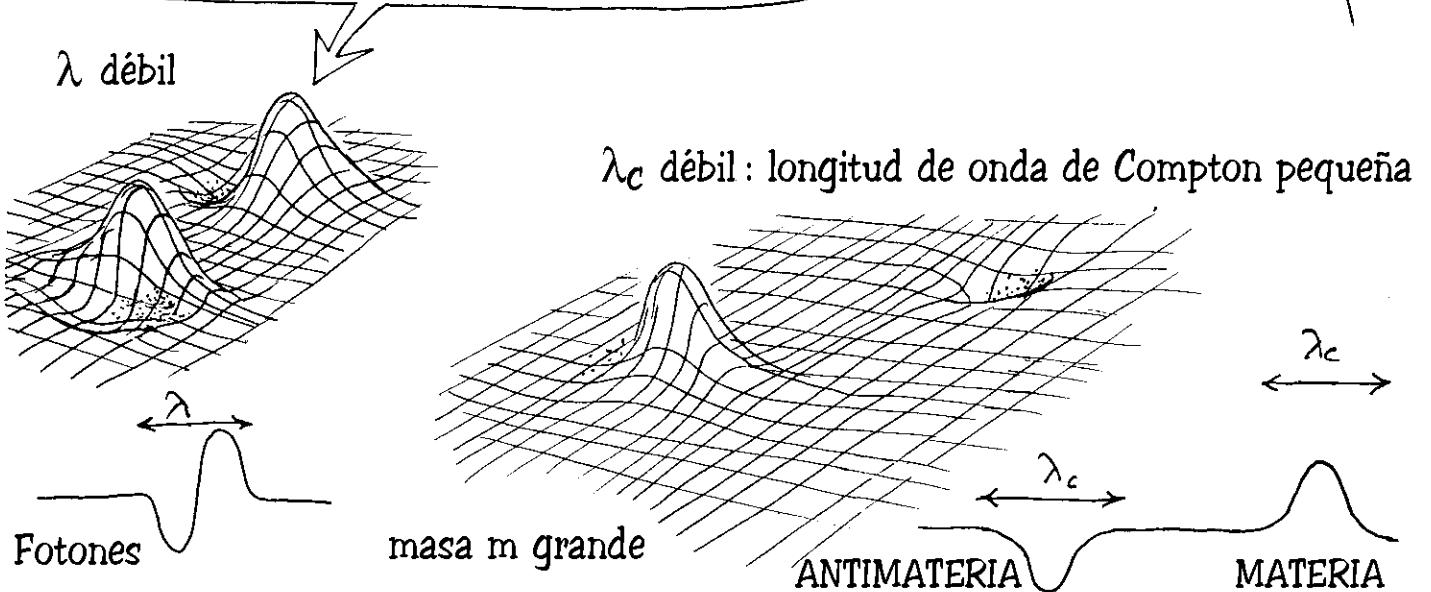
¡Epa!

Así, entre más energía
transporte una onda, menor será
su longitud de onda

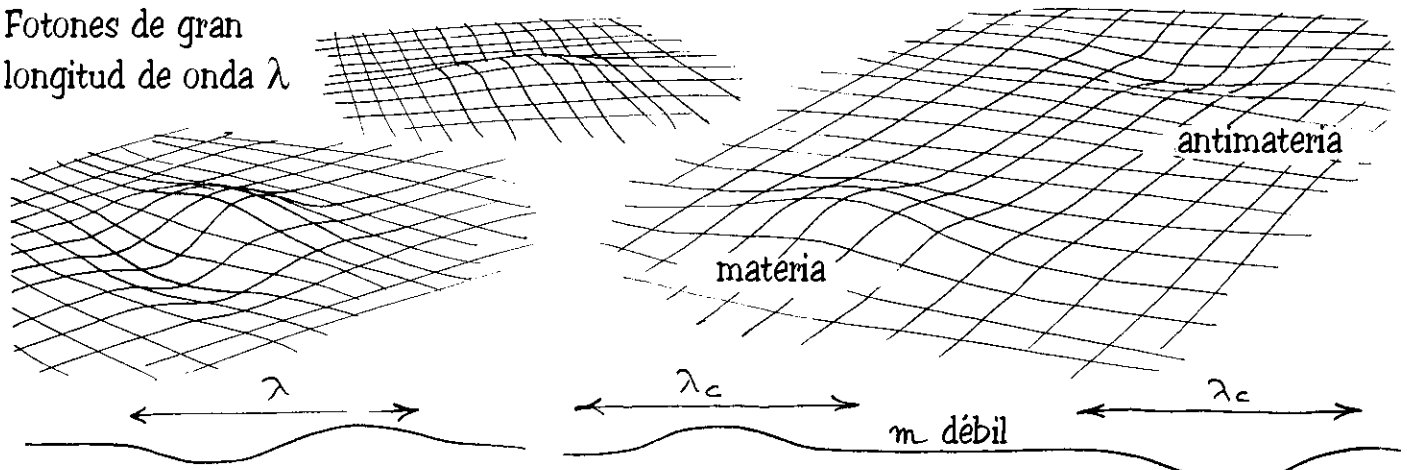
Diré entonces que la ENERGÍA transportada
por un FOTÓN, un corpúsculo de LUZ, será
INVERSAMENTE PROPORCIONAL a su
LONGITUD DE ONDA: E varía como $1/\lambda$

Así sea...

ENTRE MÁS PEQUEÑOS, MÁS PESADOS...



Fotones de gran longitud de onda λ

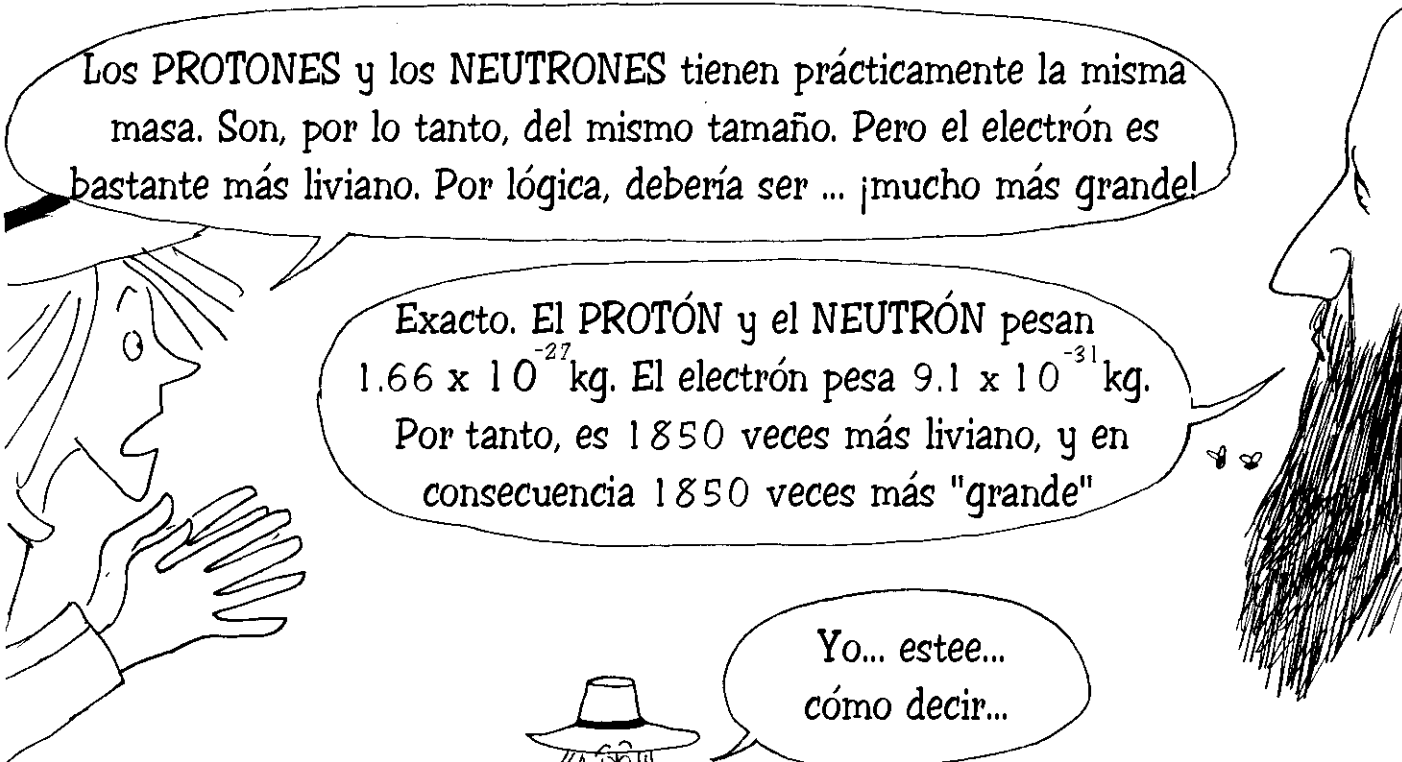


Fotones de gran longitud de onda \rightarrow partículas de gran longitud de onda de Compton. Inversamente, fotones relativamente poco energéticos darán nacimiento a un par partícula-antipartícula de gran longitud de onda, es decir con una masa débil: λ_c grande, m débil.

De hecho, es de lo más simple. Por lo que veo, $\lambda = \lambda_c$ (*), es decir que las partículas (y antipartículas) son del mismo "tamaño" que los fotones que las crearon

Así, cuando se conoce la MASA de una partícula cualquiera, se conoce de inmediato la longitud de onda de la radiación que la creó

(*) Recuérdese que E (energía) = m (masa). Ver "TODO ES RELATIVO", del mismo autor.



¡Ah, si, muy lindo el génesis de hoy día!

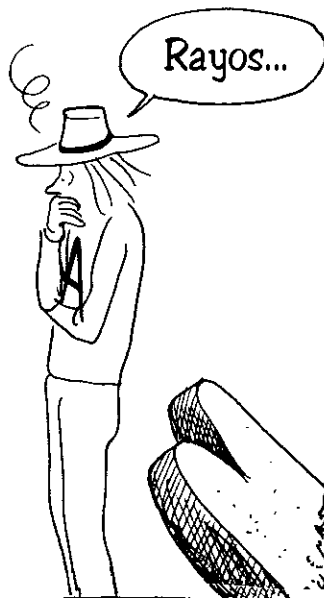
¿Qué estás fabricando?

Fabrico un ÁTOMO de HIDRÓGENO más acorde a la realidad: con un gran electrón y un PROTÓN minúsculo formando su NÚCLEO

¡Por todos los dioses, incluyéndome! ¡Qué caos...!
¿Qué tal, hijos míos, si me ayudan a poner un poco de orden en todo este galimatías?

LA TEMPERATURA DE LA RADIACIÓN

T_R



Rayos...

Todos estos fotones tienen longitudes de onda y energías diferentes. Voy a definir para esa población una longitud de onda promedio y una energía fotónica promedio

La TEMPERATURA DE RADIACIÓN T_R será la medida de esta energía promedio de los fotones

Qué desastre...

ESTADO DE EQUILIBRIO

¿Entonces una mezcla puede tener varias temperaturas?!?!?

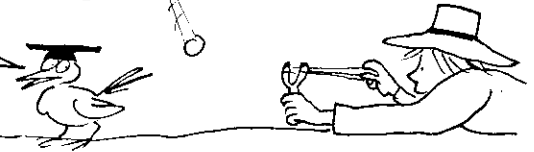
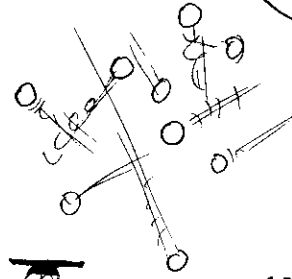
BING!

Sí, pero eso lo veremos en la página 46. Por ahora, las partículas intercambian energía entre ellas, o con los fotones, a través de colisiones. Este mecanismo tiende a uniformar las temperaturas, A VOLVERLAS IGUALES, y a llevar el sistema a un estado de EQUILIBRIO TERMODINÁMICO

LA TEMPERATURA DE LA MATERIA

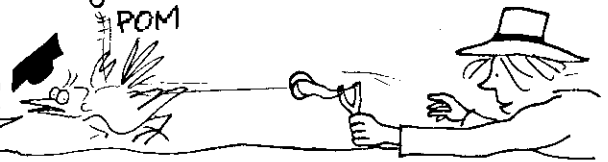
T_m

Todas estas partículas MATERIALES tienen masas m y velocidades V diferentes. La ENERGÍA CINÉTICA de una partícula material es $\frac{1}{2}MV^2$. Para esta población también puedo definir una energía de agitación (TÉRMICA) promedio



La TEMPERATURA DE LA MATERIA, T_m , será la medida de esta ENERGÍA PROMEDIO DE AGITACIÓN TÉRMICA

POM



TERMODINÁMICO

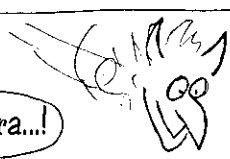
Si una partícula tiene mucha energía, si es demasiado rápida, demasiado "caliente", una colisión con otra partícula la frenará. Y lo contrario si es demasiado lenta. Si este fenómeno de acoplamiento energético de especies por colisión es lo suficientemente intenso, no solamente las temperaturas serán iguales, sino que así permanecerán, no importando si expandes o comprimes la mezcla.



Ehjey...

¡Acelera...!

¡No tan rápido!

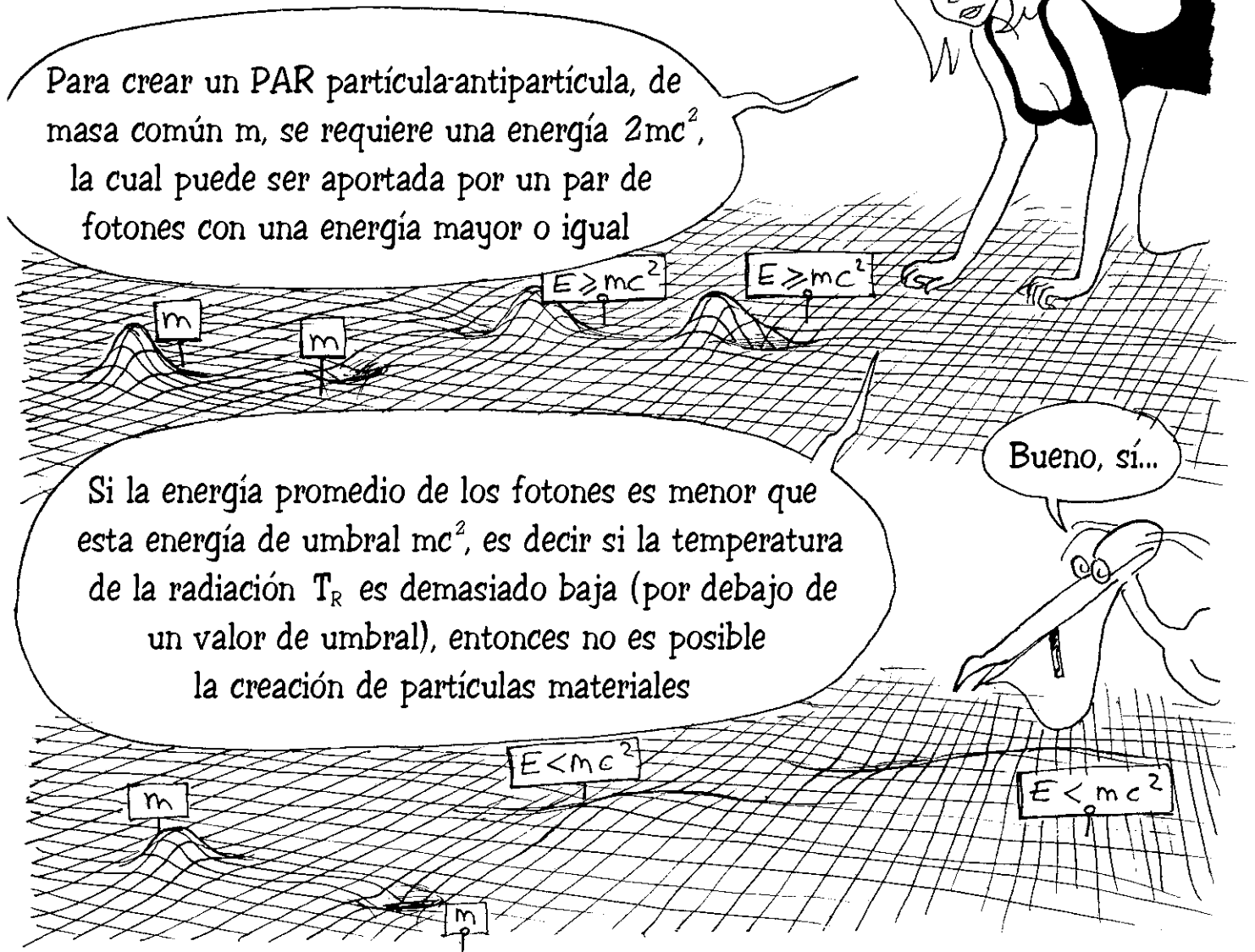


A él...





LA TEMPERATURA DE UMBRAL



DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES

La SUPERVIVENCIA de una especie también es complicada, pero puede ser asegurada por un ritmo elevado de producción



Lo que implica que la temperatura de la radiación T_R debe ser superior a la temperatura de umbral de la especie

¡Mira, los sexones!



Si la temperatura T_R es más baja, varias causas de desaparición son posibles

La más temible es la aniquilación con la antipartícula

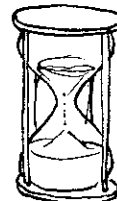


Enseguida vienen malos encuentros de todo tipo

El cosmos es un antro de mala fama



Las partículas tienen además su propia DURACIÓN DE VIDA (*). Transcurrido ese lapso, se descomponen espontáneamente en otras partículas y en radiación.



El problema es durar



(*) Su propia reserva de CRONOL. Ver "TODO ES RELATIVO", del mismo autor.



¿A qué temperatura estamos?

¡Toma un fotón y mídele su longitud de onda λ !

¡Cáspita, veinte billones de grados (2×10^{13} K)!

Parece haber la misma cantidad de fotones, de neutrinos, de protones, de neutrones y de electrones (y de sus respectivas antipartículas)

A una temperatura tan alta, todo el mundo es **RELATIVISTA**. Hasta las partículas materiales van a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, c

En "TODO ES RELATIVO" vimos que a medida que la velocidad de una partícula tiende a la velocidad de la luz, su TIEMPO PROPIO se coagula como una salsa



En realidad, eso pone un problema serio. Si todo el mundo procede a la velocidad de la luz, ¿entonces el TIEMPO (*) deja de fluir?!?! No habría nadie para advertir su paso...

Nada ni nadie iría lo suficientemente lento para que el tiempo fluyera de manera significativa



¡Oh!

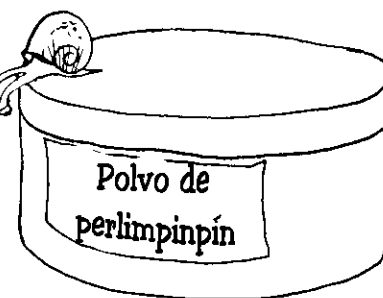
Un mundo totalmente ACRÓNICO carecería de sentido

¿El tiempo podría ser entonces un lujo que sólo ciertos universos podrían darse?

¡Es diabólico!

Bah, con todo lo que he visto y aprendido... el ESPACIO, el TIEMPO, el UNIVERSO... ¡todo esto no es más que polvo en el horizonte!


¿El constituyente universal de todas las cosas?



(*) Un tiempo cósmico que podría ser un promedio de los TIEMPOS PROPIOS.

LAS PARTÍCULAS ELEMENTALES

Bueno, en lugar de quedarse de brazos cruzados, ayúdenme a poner un poco de orden en este enredo de las PARTÍCULAS ELEMENTALES



Que tienen longitudes de onda de Compton λ_C bastante pequeñas

Estas partículas de gran masa son los HIPERIONES (*)

Luego vienen los HADRONES, de los que hacen parte el PROTÓN y el NEUTRÓN (lo mismo que el antiprotón y el antineutrón), los cuales pueden unirse para formar NÚCLEOS. Para crear estas partículas es necesaria una temperatura de radiación mayor que 10^{13} K, es decir diez billones de grados

Hmm... su temperatura de umbral

La longitud de onda de Compton de los protones y los neutrones es de 1.35×10^{-12} cm: un picoésimo de cm

PROHIBIDO PISAR LOS NEUTRONES

(*) Apenas una hipótesis, dado el estado actual del conocimiento

HADRÓN viene de HADROS,
que en griego quiere decir pesado

Tiresias,
¿tú sabes griego?

Evidentemente, hay igual cantidad de
ANTIHADRONES que de HADRONES

Finalmente están los LEPTONES (*)

LEPTONES

ANTILEPTONES

Para crearlos, se requiere una temperatura de radiación
de seis mil millones de grados (temperatura de UMBRAL)

El más conocido de los LEPTONES es el electrón, y su gemelo el antielectrón, o
POSITRÓN. Es de notar que la temperatura de umbral de creación de los electrones
es 1850 veces menor que la temperatura de umbral del protón y del neutrón

Así es puesto que se requiere 1850
veces menos energía para crear el
electrón que el protón

(*) Del griego LEPTOS, liviano.

TERRENO MOVEDIZO

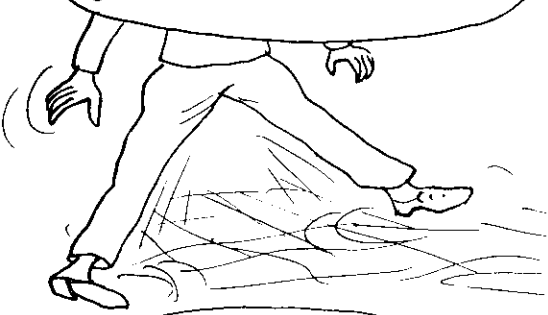


Una situación terriblemente cronogénica. El tiempo estaba por aparecer. El cronotrón se puso en marcha y ese fue el primer EVENTO, el primer INSTANTE.



¿Dónde están?
¿Pero qué está pasando?

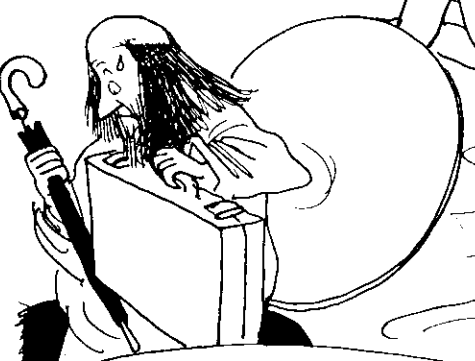
Es la EXPANSIÓN, la debacle...
El Universo se distiende... Excúsenme...



Me voy a
otra parte

¡Realmente no soporto
el cambio!

¡¡Eh!!



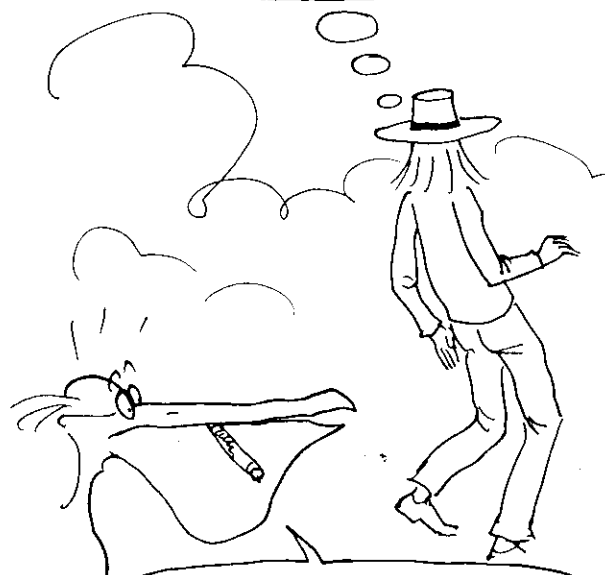
Ya verás que dentro de un
tiempo se va a calmar



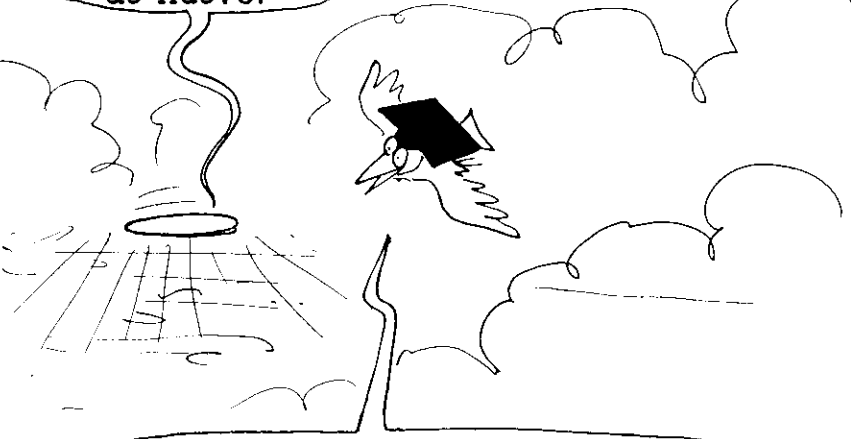
Adiós,
pásenla bien

¡Ja, ahora nos deja aquí
abandonados!

¡Equivocado
de nuevo!



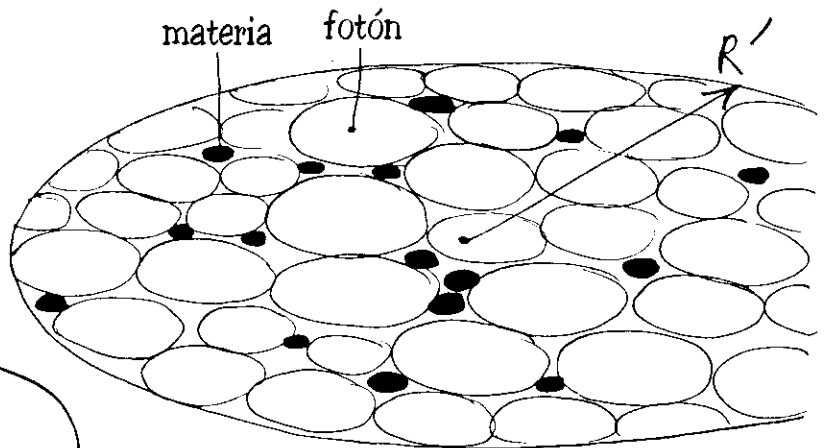
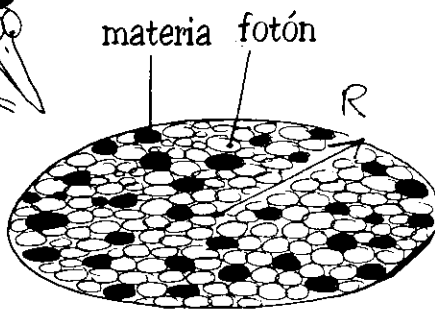
¿A dónde se ha ido...?



Parece una tapa de alcantarilla.
¿Serán las catacumbas del Universo?

LA CONSERVACIÓN DE LA MASA

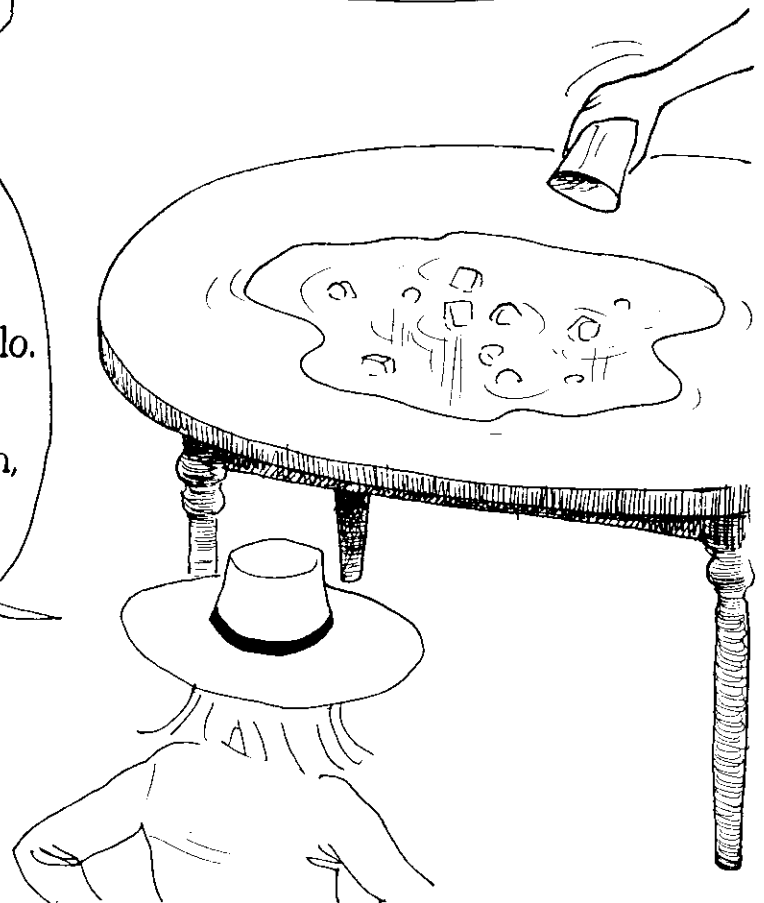
Observen lo que pasa: son los fotones los que se dilatan.
Las partículas materiales, en cambio, no lo hacen.



La materia es espacio congelado

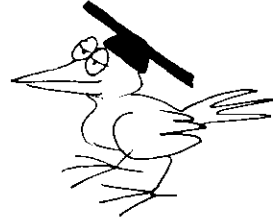
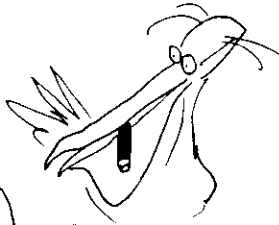
Eso me hace pensar en lo que pasa cuando se riega sobre una mesa un vaso lleno de agua y de cubos de hielo.

La masa de agua se extiende y se dilata. Los cubos siguen la expansión, pero conservan sus dimensiones

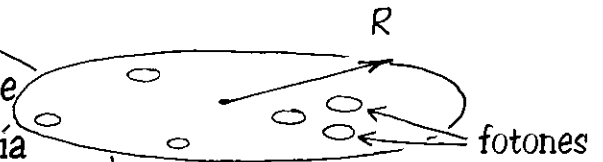


Puesto que la dimensión de las partículas materiales está ligada a su masa, deduzco entonces que LA MASA SE CONSERVA

A la inversa, el ensamble de fotones (que se dilatan) pierde ENERGÍA



Si R es el radio del Universo, como la longitud de onda λ de los fotones sigue la expansión (λ varía como R), deduzco también que la temperatura de la radiación, que varía como $1/\lambda$, decrece como $1/R$



Todo ocurre como si el universo creara su propio espacio, su COSMOTOPO (*), secretando... vacío...

Materia y luz no son más que dos formas diferentes de una misma entidad: la ENERGÍA-MATERIA. Los fotones mantienen su velocidad de 300.000 km/s pero pierden energía

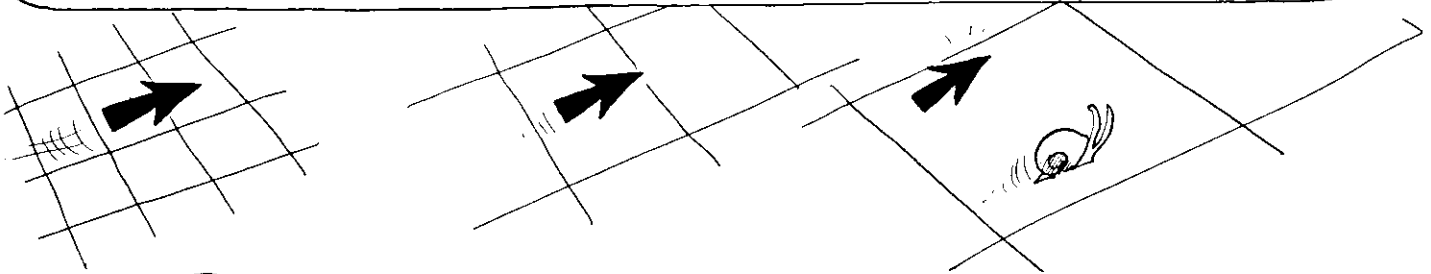
(*) De cosmos: COSMOS, y topos: LUGAR (lugar donde se encuentra el Universo).

Aquí tienes una representación que muestra bien el estiramiento del fotón y la pérdida de energía que resulta



¿Y cómo se comporta la materia durante la expansión?

El universo secreta espacio como una concha. Entre más pasa el tiempo, más camino tienen por recorrer las partículas. Cuando el tamaño del Universo se dobla, la velocidad de agitación de las partículas materiales disminuye a la mitad, y su energía cinética resulta entonces dividida por 4: la velocidad de agitación varía como el inverso del radio R del Universo, mientras que la temperatura de la materia T_m varía como $1/R^2$



Uff...
No puedo más...

Pero vimos antes que la temperatura de radiación T_R varía como $1/R$. ¿Quiere eso decir que la materia tiene una tendencia a enfriarse más rápidamente?

Así es. Pero las colisiones entre los fotones y la materia la recalientan. Bastante frecuentes, éstas mantienen el estado de equilibrio termodinámico ($T_R = T_m$) durante un cierto tiempo



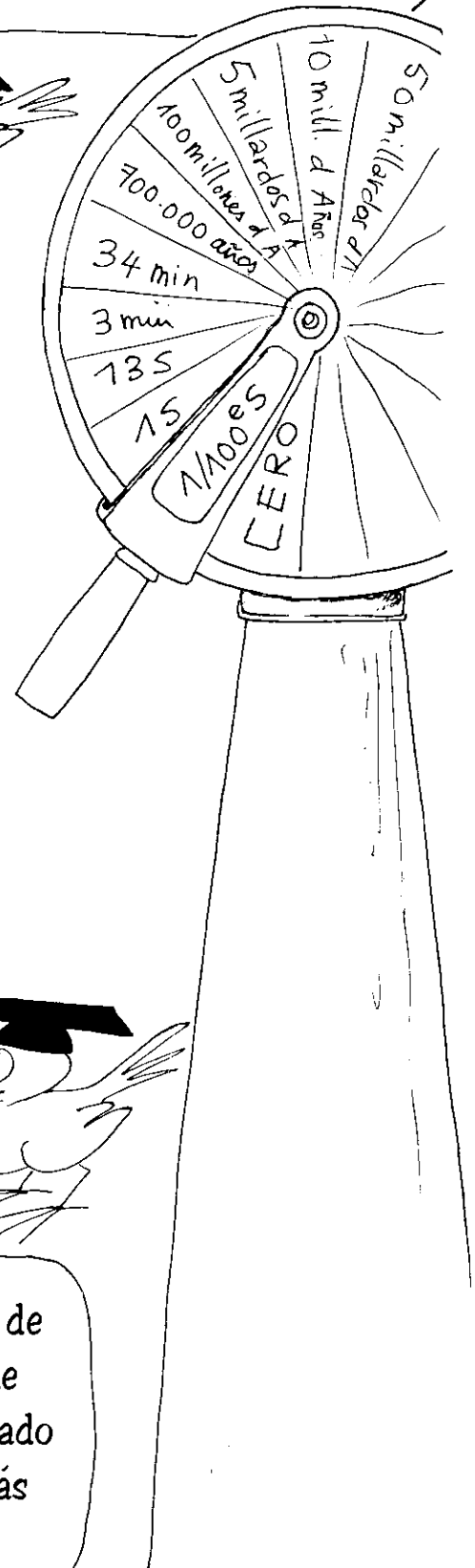
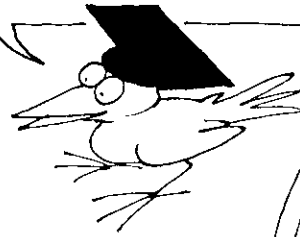
Gracias, amiguitos...

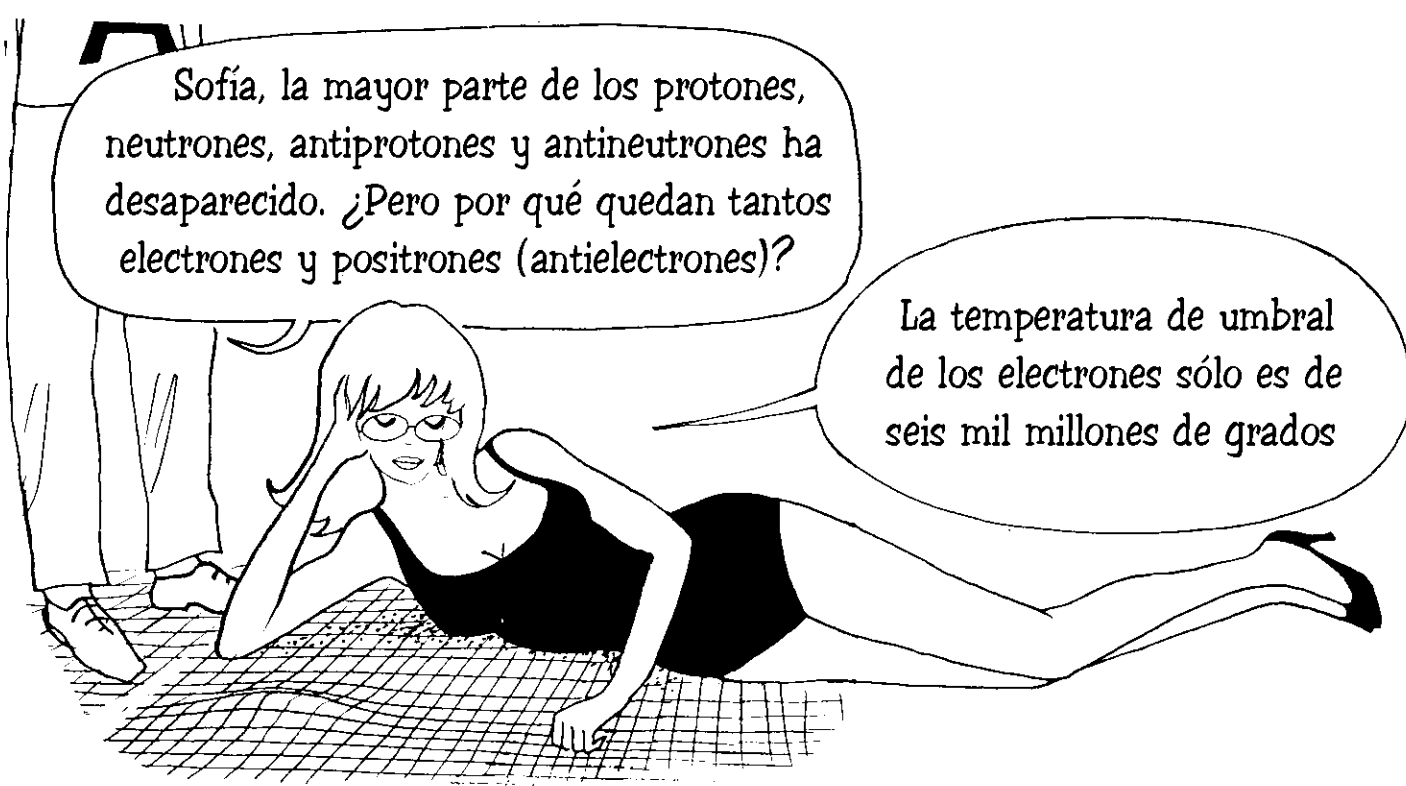
Un centésimo de segundo

Los protones, los neutrones, los anti-protones y los antineutrones no van ahora más que a un décimo de la velocidad de la luz, c



La temperatura ($T_R = T_m$) ha caído a cien mil millones de grados, es decir muy por debajo de su temperatura de umbral, que es de 10 billones de grados. Se han aniquilado por pares a un ritmo frenético y no queda, entonces, más que uno en un MIL MILLONES





Sofía, la mayor parte de los protones, neutrones, antiprotones y antineutrones ha desaparecido. ¿Pero por qué quedan tantos electrones y positrones (antielectrones)?

La temperatura de umbral de los electrones sólo es de seis mil millones de grados

Solamente seis mil millones de grados... ¿comprendes?

Bueno, eso ya parece un poco más fresco

Pero hay algo raro. La temperatura es de cien mil millones de grados, y mientras los protones, neutrones, antiprotones y antineutrones va a un décimo de la velocidad de la luz, los electrones siguen siendo relativistas

Sí, es cierto. ¿Por qué?

El medio también está en un estado de EQUILIBRIO TERMODINÁMICO: el acoplamiento de todas las especies, y de la radiación, también es intenso. Las energías cinéticas de las partículas materiales son, en promedio, iguales:

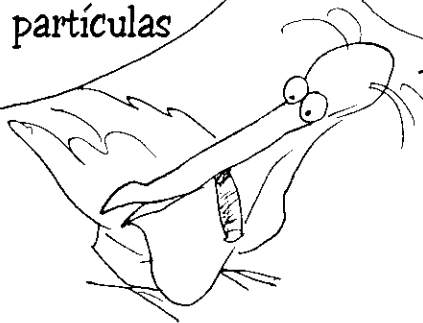
$$\frac{1}{2} M_{\text{protón}} (V_{\text{protón}})^2 = \frac{1}{2} M_{\text{electrón}} (V_{\text{electrón}})^2.$$



Espera... como la masa del electrón es 1850 veces menor que la del protón, entonces, necesariamente, para compensar, a una temperatura dada la velocidad de agitación del electrón debe ser mucho mayor

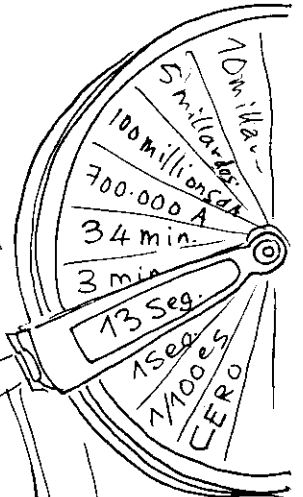
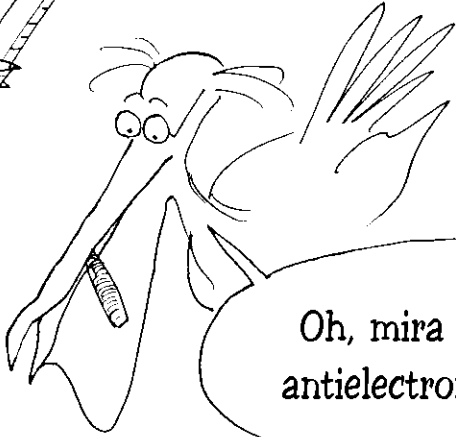
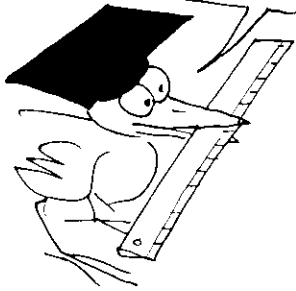
De hecho, como la energía-umbral de creación de una partícula de masa m es simplemente mc^2 , cuando el medio se enfría al punto que la velocidad de agitación V se vuelve mucho menor que c , la creación de estas partículas cesa y se tiene la despoblación

Dicho de otro modo: cuando una población de partículas de materia deja de ser relativista, se ve diezmada



Trece segundos

La temperatura ha caído a tres mil millones de grados



Oh, mira los electrones y los antielectrones. ¡Qué hecatombe!

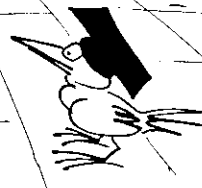
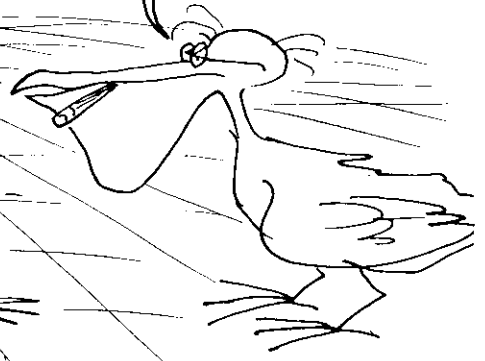


Claro, estamos por debajo de su temperatura de umbral

¡Toda una tragedia de San Bartolomé cosmológica!

¡También de éstos quedará sólo uno en MIL MILLONES!

Qué desastre...



Por poco y no hubieran quedado más que fotones. Vaya fortuna...

En alguna otra parte habrá universos a los que les va mal

Uno de los más grandes misterios de la cosmología es no poder explicar por qué materia y antimateria no se aniquilaron mutuamente

En este punto de la historia siempre ocurre lo mismo... llega un momento en que el problema de la **ANTIMATERIA** se esconde bajo la manga.... y ¡zas!, la antimateria desaparece

¡Tiresias, te recuerdo las reglas! Solamente los **HECHOS**. ¡Nada de especulaciones descabelladas! (*)

¡Estoy harto de los policías epistémicos!

¡Psst...!

(*) Dedicaremos especialmente un álbum a las especulaciones descabelladas: "EL CARNAVAL DE LA CIENCIA": una antología de las ideas por venir.

LA ERA RADIATIVA

De las partículas ya no quedan MASAS

Ahora no ha quedado gran cosa en este universo, aparte la luz

La ENERGÍA-MATERIA, que existía en partes iguales bajo la forma de materia, antimateria, fotones y neutrinos, se encuentra ahora casi exclusivamente bajo la forma de fotones y de neutrinos, es decir de radiación. Adicionalmente, cada vez que el tamaño R del Universo se duplica, la densidad de materia disminuye por simple dilución

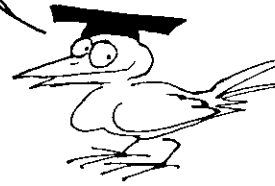
Sobre la moqueta, cuando R se duplica, la densidad resulta dividida por $2 \times 2 = 4$. En nuestro universo tridimensional, de hecho, la densidad resulta dividida por $2 \times 2 \times 2 = 8$

La densidad de materia varía como el inverso del cubo del "tamaño", es decir del "radio" R del Universo

Para nosotros, los fotones, la cosa es más dramática. La expansión nos "vacía" poco a poco de nuestra energía. La cantidad de energía-materia que transportamos disminuye como el inverso del radio R del Universo

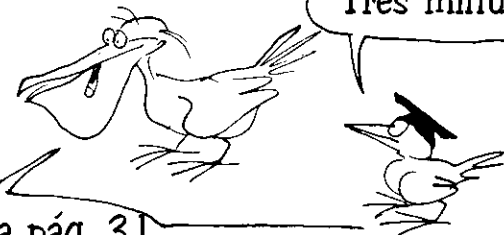
Eso hace que la densidad de energía-materia que está bajo la forma de fotones varíe como el inverso de la cuarta potencia de R

Mientras la materia permanece acoplada con los fotones, éstos la calientan constantemente. Esto sucede hasta que su temperatura común ($T_R = T_m$) cae a 3000 K, al cabo de unos 700.000 años



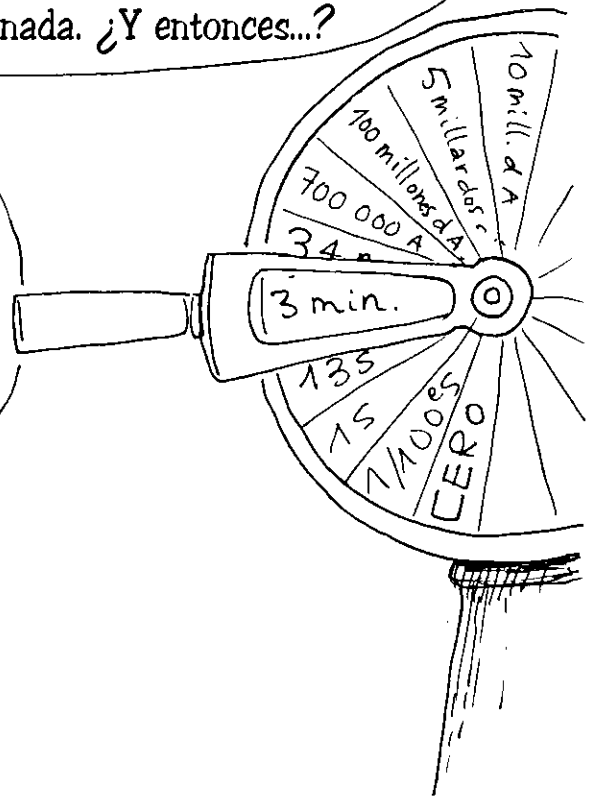
LA NUCLEOSÍNTESIS

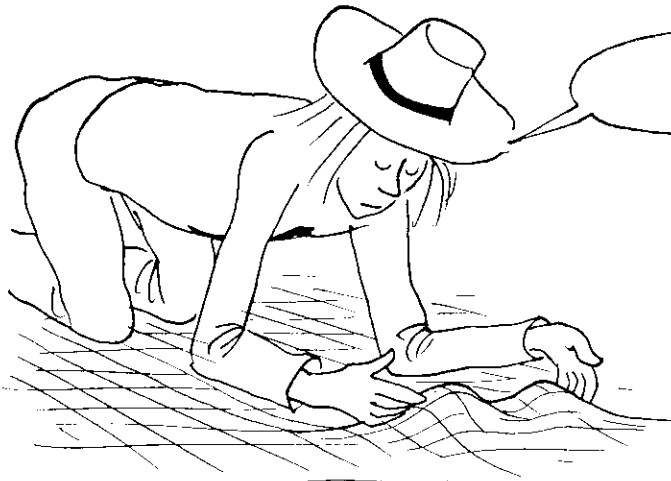
Tres minutos



Bien... en relación con el estado descrito en la pág. 31, en el primer centésimo de segundo el tamaño del Universo, R , se ha multiplicado por cien y la temperatura ($T_R = T_m$) ha caído a mil millones de grados. Después de eso no queda prácticamente nada. ¿Y entonces...?

Aquí hay dos jorobas.
¿Que pasaría si trato de empujarlas y hacerlas deslizar la una sobre la otra?





Comienzan por repelerse

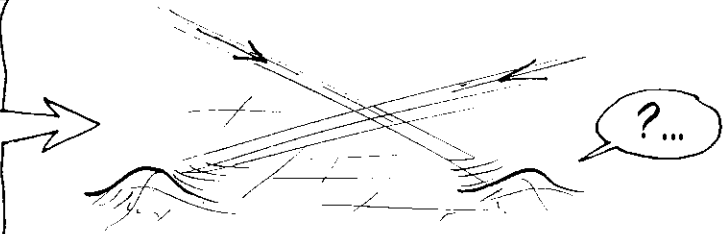


Luego se atraen para formar un solo objeto

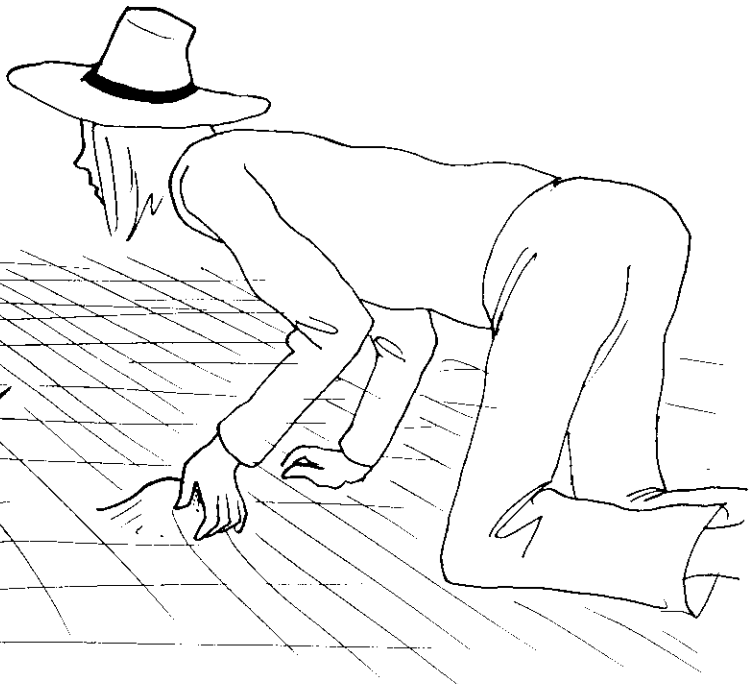
Quando dos jorobas colisionan, se dan tres casos: si se mueven lentamente, rebotan la una contra la otra.




Quando son rápidas, se cruzan tan velozmente que no tienen tiempo de interactuar.



Sólo pueden unirse para unas condiciones bien definidas de velocidad de agitación y de temperatura.



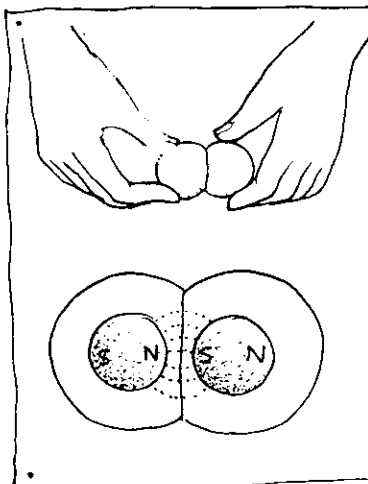
Y una colisión violenta con un tercer elemento rompe las estructuras previamente formadas



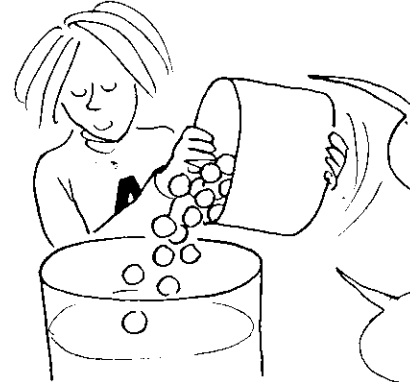
Esas reacciones de FUSIÓN producen los primeros NÚCLEOS ATÓMICOS. Esta MORFOGÉNESIS hará aparecer las primeras FORMAS y las primeras ESTRUCTURAS del Universo

A Todo eso es muy divertido. Hay en juego una fuerza atractiva y una fuerza repulsiva. A grandes distancias, domina la fuerza repulsiva; a cortas distancias sucede lo contrario

Voy a introducir unos imanes en cada una de estas esferas de espuma



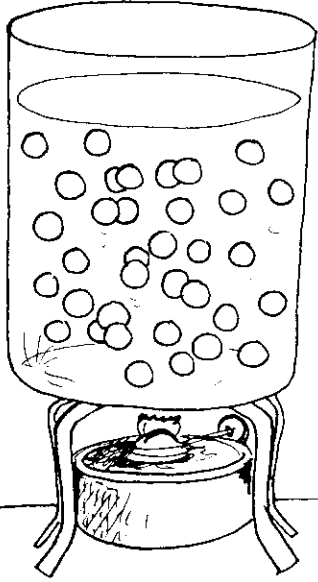
La espuma se comprime fácilmente, de manera que si presiono dos esferas una contra otra, van a quedar pegadas entre sí.



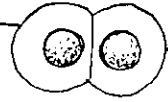
Ahora coloco las esferas en un gran recipiente lleno de agua...

...para permitir que se muevan

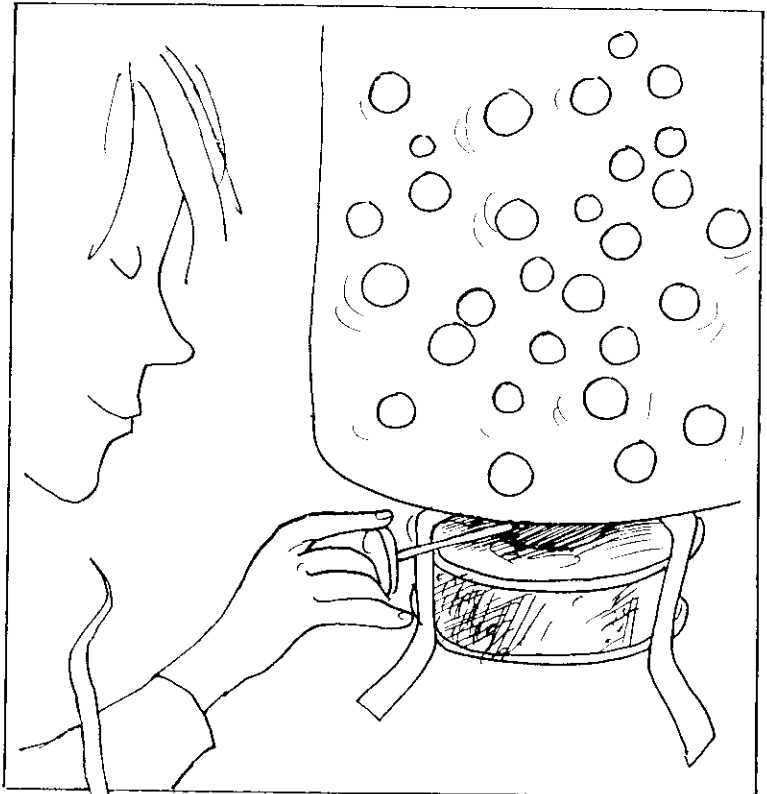
Dos fuerzas intervienen. Una es atractiva: los imanes. La otra es repulsiva: la espuma, cuando está comprimida. En el momento en que las esferas se tocan, las fuerzas se manifiestan. El alcance de la fuerza magnética es tal que sólo entra en juego cuando la espuma está suficientemente comprimida. Y existe una situación en la que las fuerzas se equilibran



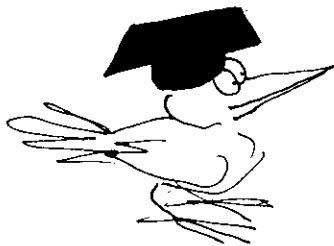
La espuma hace que las esferas tengan una densidad prácticamente igual a la del agua. Ahora creo un movimiento de agitación por calentamiento

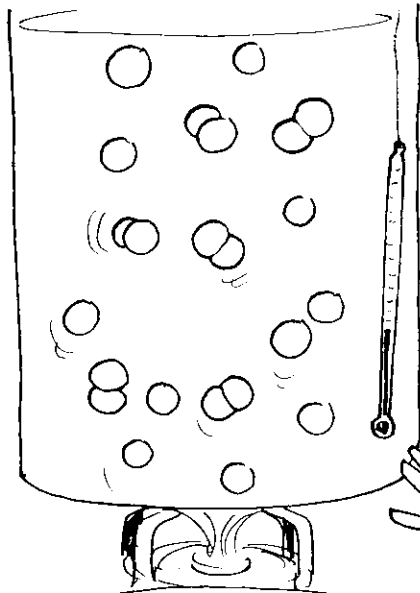


Cuando el calentamiento es débil, las esferas rebotan suavemente unas contras otras sin que suceda nada. Cuando chocan de frente, no hay suficiente energía para comprimir la espuma y permitir que la fuerza magnética se manifieste a corta distancia y actúe



Ahora voy a aumentar el calentamiento





¡Eso es, funciona! Es la temperatura adecuada (superior a la temperatura de UMBRAL), el grado de agitación es suficiente

En efecto, las esferas se ensamblan de dos en dos

Cuando el calor es demasiado, la agitación térmica destruye estas ESTRUCTURAS

¿Y si enfriaras un poco?



Anselmo deja que el agua se enfríe: la TURBULENCIA disminuye. En un momento dado, algunas esferas se acoplan. Pero si la temperatura continúa bajando, esta NUCLEOSÍNTESIS se detiene.

Nada que hacer ahora. Todo está demasiado frío. La poca agitación de las bolas impide que se unan entre ellas

Estamos por debajo del UMBRAL



Lo mismo sucede cuando la temperatura del Universo desciende por debajo de **mil millones de grados**, lo que ocurre al cabo de **unos cuantos MINUTOS**. Es entonces que se forman estructuras de dos, tres o cuatro "esferas".

⊕ PROTÓN

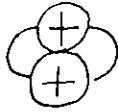
○ NEUTRÓN



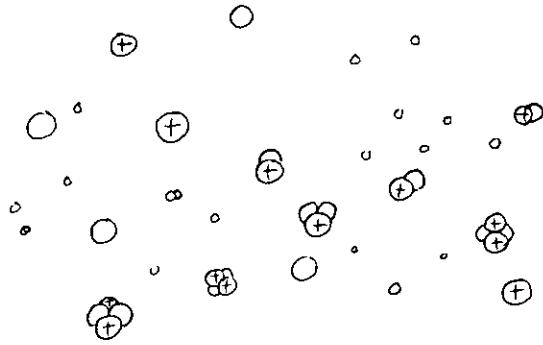
1 PROTÓN
Deuterio



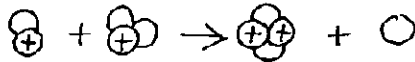
1 PROTÓN
Tritio



2 PROTONES
Helio



El DEUTERIO y el TRITIO así formados se combinan en la siguiente REACCIÓN NUCLEAR:

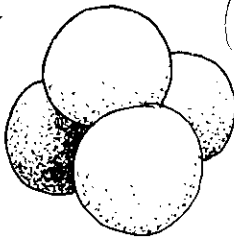
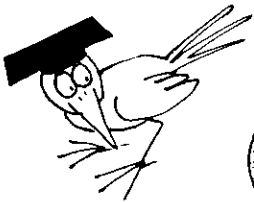


deuterio + tritio → helio + 1 neutrón.

En este estado, el Universo es una BOMBA DE HIDRÓGENO (*)

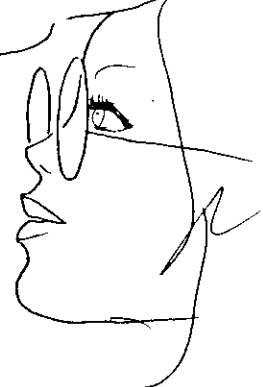


¿Entonces todo se transforma en Helio?

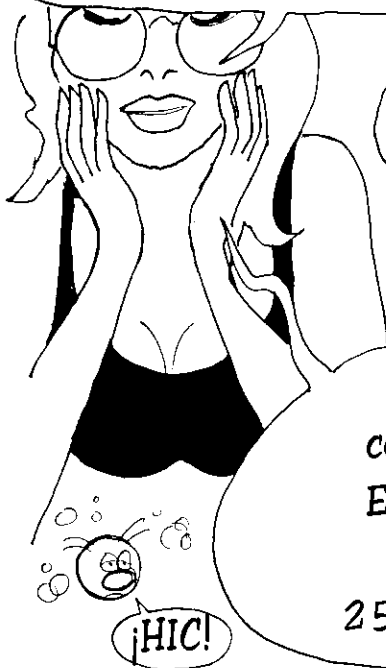


El núcleo de Helio es bastante simétrico, compacto y sólido. Si la temperatura no cambiara, toda la materia se convertiría en Helio. Pero al cabo de 34 minutos la temperatura desciende a 300 millones de grados y la nucleosíntesis se detiene.

Los núcleos ya no tienen suficiente velocidad para vencer la repulsión electrostática (+ repele +). Es el final del juego

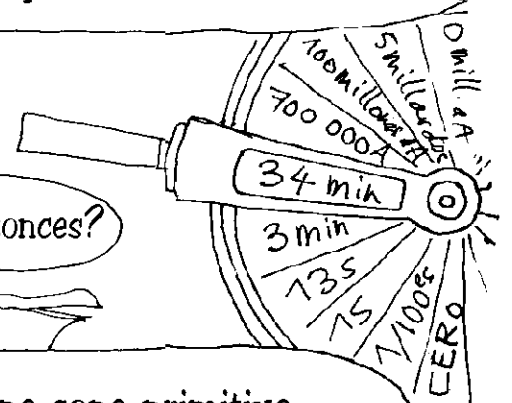


Los últimos neutrones libres se han desintegrado. Son por naturaleza inestables y se transforman, al cabo de 10^9 segundos, en un par PROTÓN-ELECTRÓN



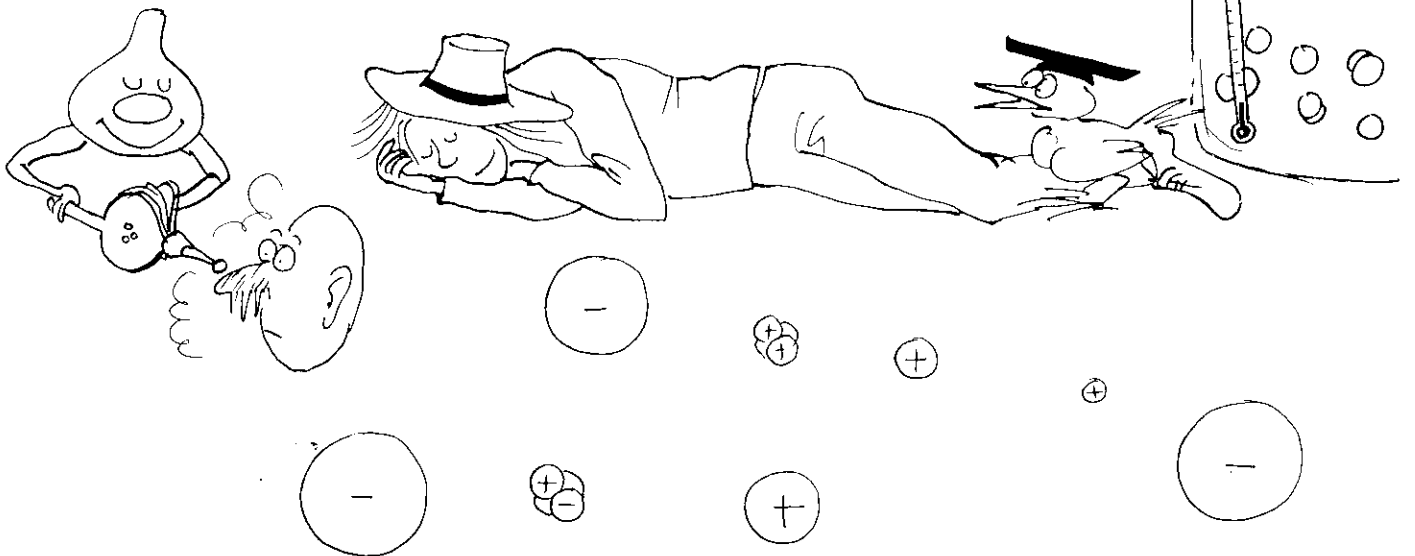
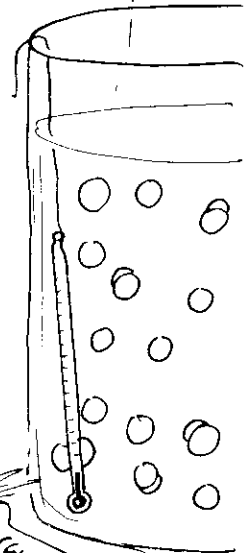
Han transcurrido 34 minutos desde el comienzo

¿Y entonces?



Al final de esta fase, se tiene una sopa primitiva conformada por FOTONES, NEUTRINOS, PROTONES, ELECTRONES y NÚCLEOS DE HELIO. La materia se reparte, en porcentaje, de la siguiente manera: 25% de Helio y 75% de Hidrógeno (protones libres)

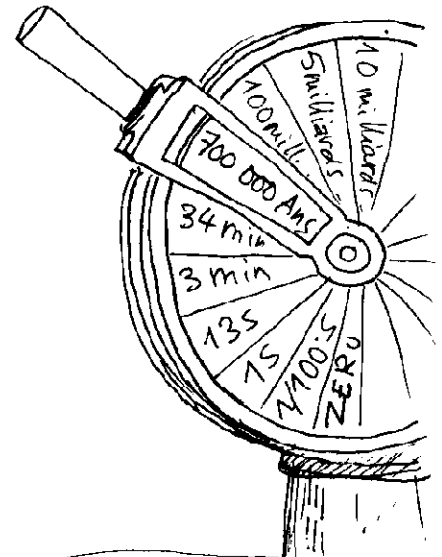
Durante **700.000 años** no pasa absolutamente NADA. El Universo continúa expandiéndose, y los fotones junto con él. El gas de fotones continúa suministrando calor a la materia a fin de que las dos temperaturas T_R y T_m permanezcan iguales (equilibrio termodinámico).



Hasta que la temperatura desciende a **3000 Kelvin**.

EL UNIVERSO TRANSPARENTE

Otro mecanismo MORFOGENÉTICO entra en juego. Las fuerzas eléctricas tienden a ligar los electrones a los núcleos para formar los átomos. La agitación térmica ha disminuido de tal forma que las estructuras no se rompen, una vez formadas, por efecto de las colisiones con otro átomo u otro componente de la mezcla



Poco a poco, todos los electrones LIBRES son capturados por los núcleos

Esos extraños átomos... con sus grandes electrones. Uff... no me acostumbro

Y el universo se vuelve TRANSPARENTE

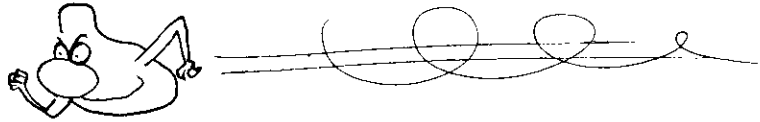
¿Qué quieres decir con transparente?
¡¿Es que antes era opaco?!

Antes, los fotones interactuaban constantemente con la materia y ningún fotón lograba abrirse camino en ese medio.

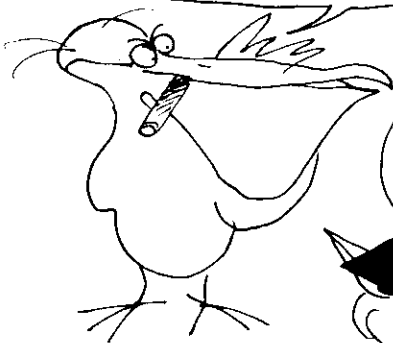
¡Pffff!

EL DESACOPLE

Ahora todo eso se acabó. Los fotones pueden atravesar todo el Universo sin apercibirse de que la materia existe; hay un DESACOPLE. Por dos razones. Primero, porque hay más espacio. Segundo, porque los fotones interactúan menos con la materia neutra (los átomos).



Bueno, veamos... los telescopios nos proporcionan imágenes que, de alguna manera, provienen "directamente del pasado..."



Si, pero incluso con un telescopio fantásticamente potente, jamás podremos observar un fenómeno de la época en que el Universo tenía menos de 700.000 años



El pasado, el pasado remoto del Universo, permanecerá por siempre fuera de foco, nebuloso

¡Sí, es imposible psicoanalizar el Universo!



La materia y los fotones han dejado de interactuar y de intercambiar energía: el EQUILIBRIO TERMODINÁMICO SE ROMPE, y la temperatura de la materia T_m comienza a disminuir más rápidamente (como el inverso del cuadrado del radio del Universo) que la temperatura T_R de los fotones, la temperatura de la radiación, que decrece solamente como el inverso del radio R

¡Hola chicos!

¡Ahora cada uno por sí mismo!


¡Eh! ¿Pero qué sucede?
La noche comienza a caer
de repente y empieza a
hacer mucho frío...

El Universo experimenta ahora una especie de crepúsculo, y continúa enfriándose. El cielo pasa de violeta a rojo oscuro: es la noche que cae como una fría capa. Hay también mil millones de fotones originales por cada átomo de helio o hidrógeno. Pero estos fotones, distendidos a causa de la expansión, han quedado como exangües

EL BIG BANG ha llegado a su fin.

¡Por poco y no hubiera quedado nada (una partícula en mil millones)!

Todo está oscuro, como en un túnel



¡Brrr... que frío más
condenado!

La longitud de onda de los
fotones es de 0,15 mm, lo
que corresponde a una temperatura
de radiación $T_R = -173^\circ\text{C}$

Los átomos, por su parte,
se mueven a 150 m/s,
lo que equivale a una
temperatura de la materia
 $T_m = -267^\circ\text{C}$

Bueno, creo que estoy a punto de comprender
cómo es que funciona el Universo

Pero me queda una
pregunta importante:
¿para qué sirve todo esto?

Sí, Anselmo tiene razón.
¿Qué sentido tiene todo esto?

¿Acaso es útil?

Veamos: al comienzo había un
montón de cosas en un
gran desorden

El CAOS

Después el universo se puso a
fabricar ESTRUCTURA, cada vez más
compleja: núcleos, átomos, ...

He encontrado el principio
cosmológico de base

Ah sí...
¿y cuál es?

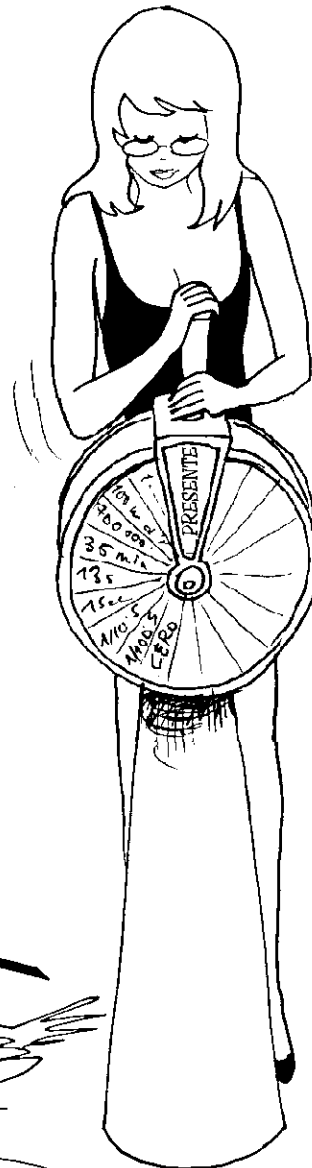
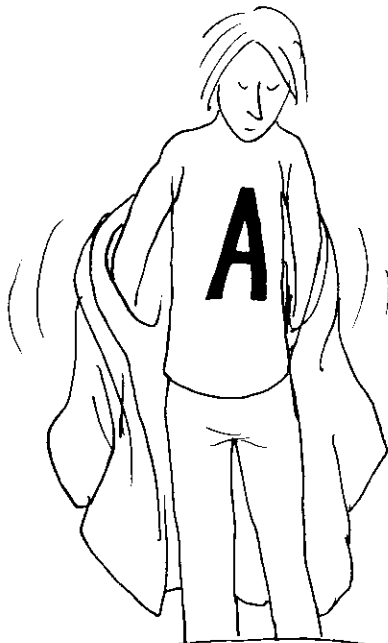
¿PARA QUÉ SER SENCILLO
CUANDO SE PUEDE SER
COMPLICADO?

Bueno... no está mal tu
pequeña historia. Pero es
pura especulación, fantasías
de teórico.

¿Quién dice que las cosas
ocurrieron como dices?



Para responder a la pregunta de León, olvidemos el Universo de la moqueta y volvamos al presente

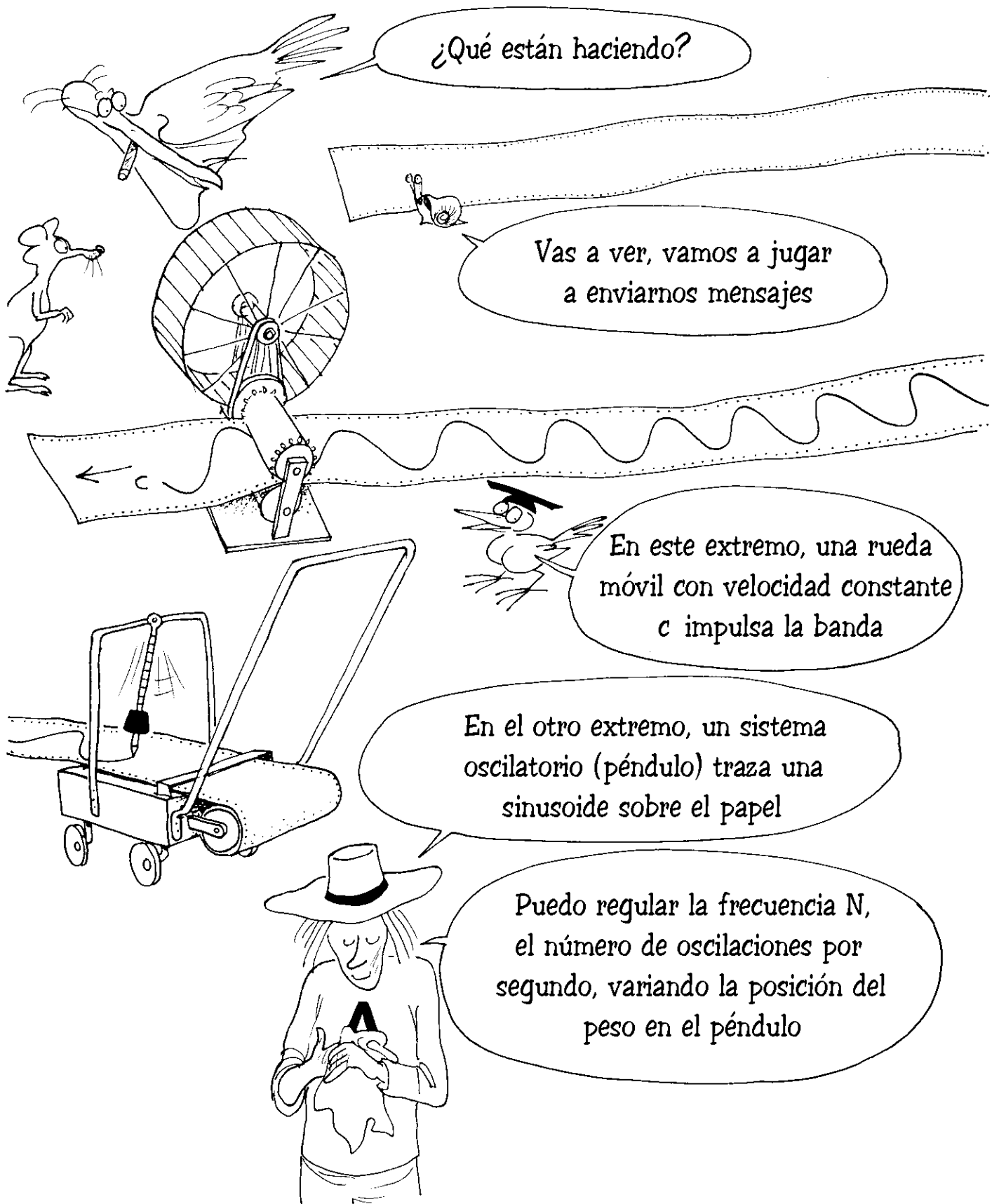


¿Y todo el resto qué?
La formación de las galaxias,
de las estrellas...
¿nos olvidamos de eso?

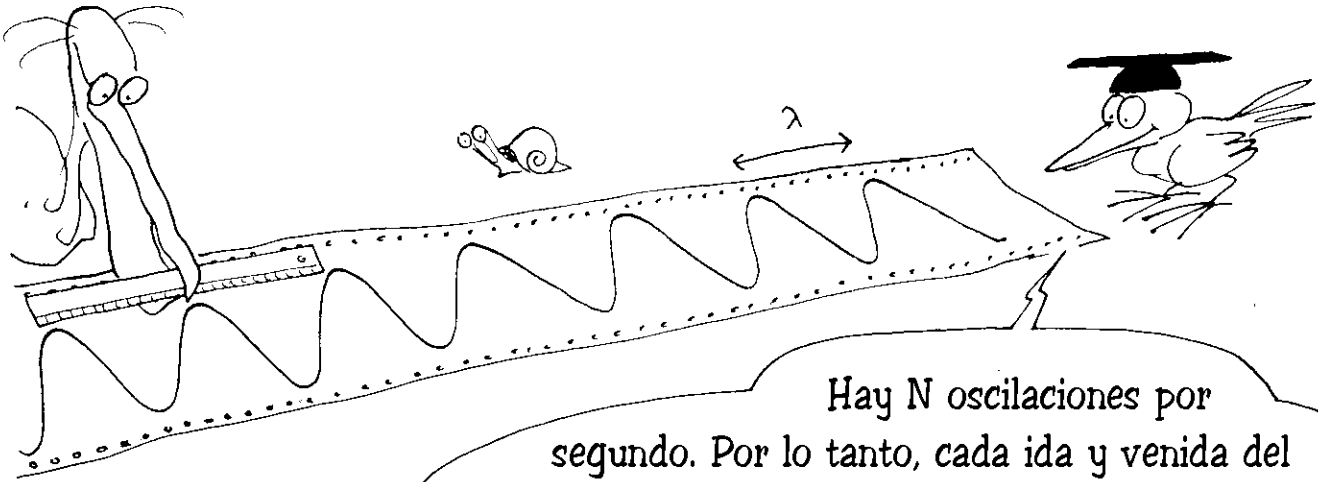
No, no. Todo eso lo contaremos
en otra parte (*)

(*) Ver "MILLE MILLIARDS DE SOLEILS", del mismo autor (NdT).

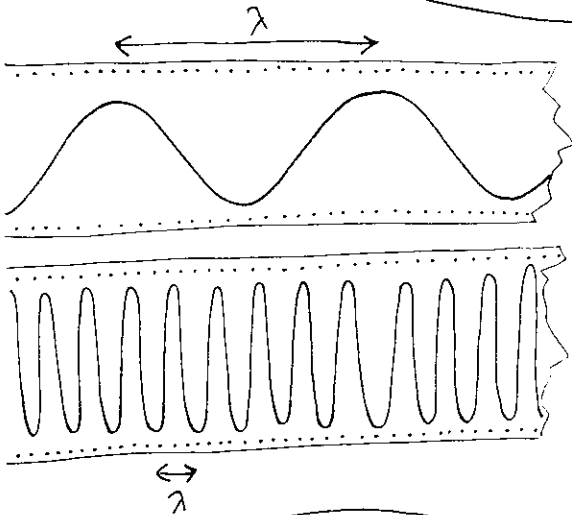
EL EFECTO DOPPLER



Bueno, está bien. Yo puedo medir la longitud de onda de recepción



Hay N oscilaciones por segundo. Por lo tanto, cada ida y venida del péndulo se realiza en un N-ésimo de segundo, y este es el PERIODO de la onda. Durante este tiempo, la banda avanza $\lambda = c/N$ (longitud de onda)



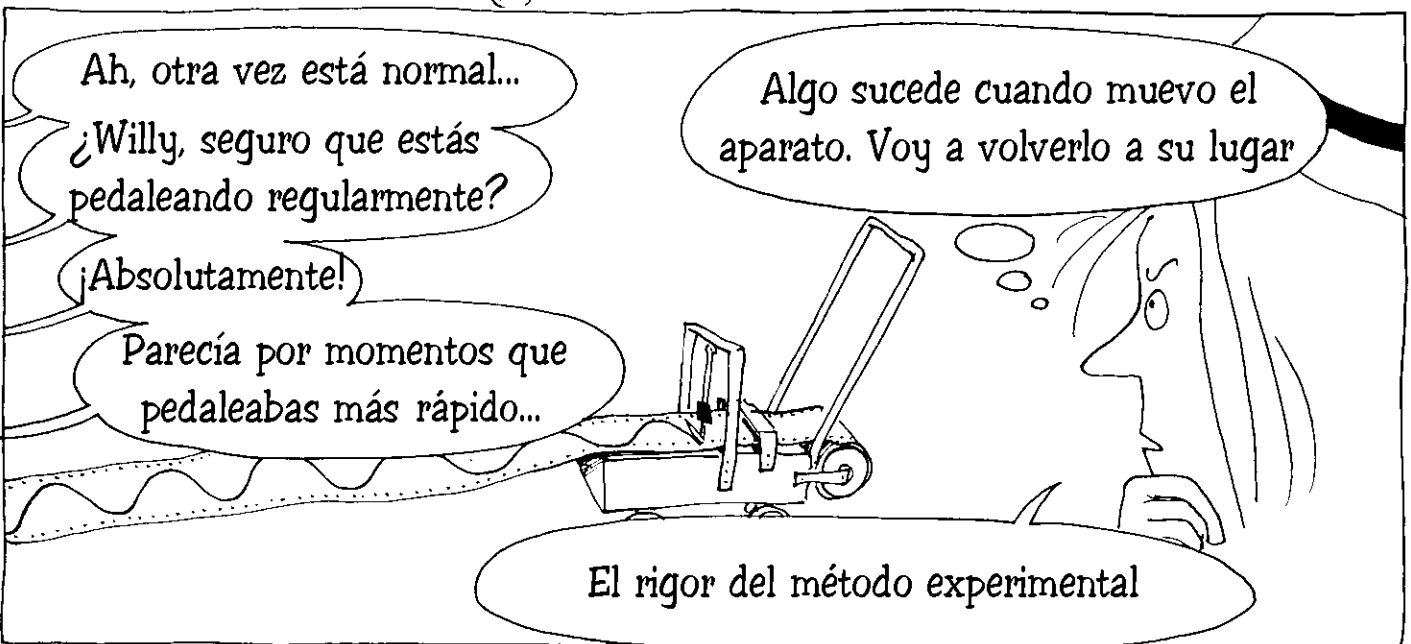
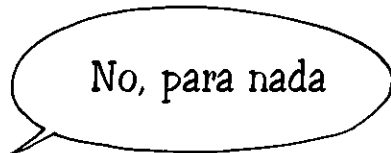
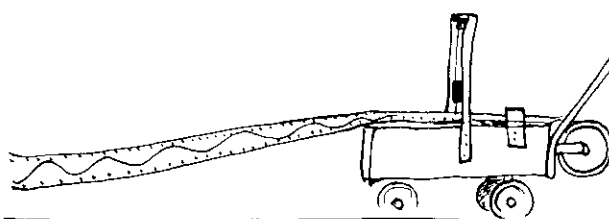
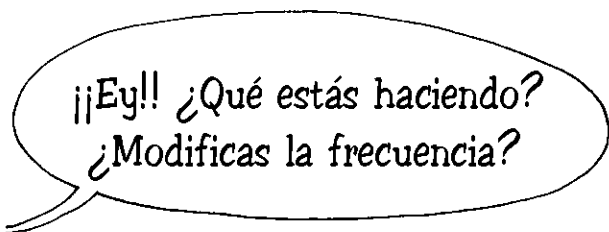
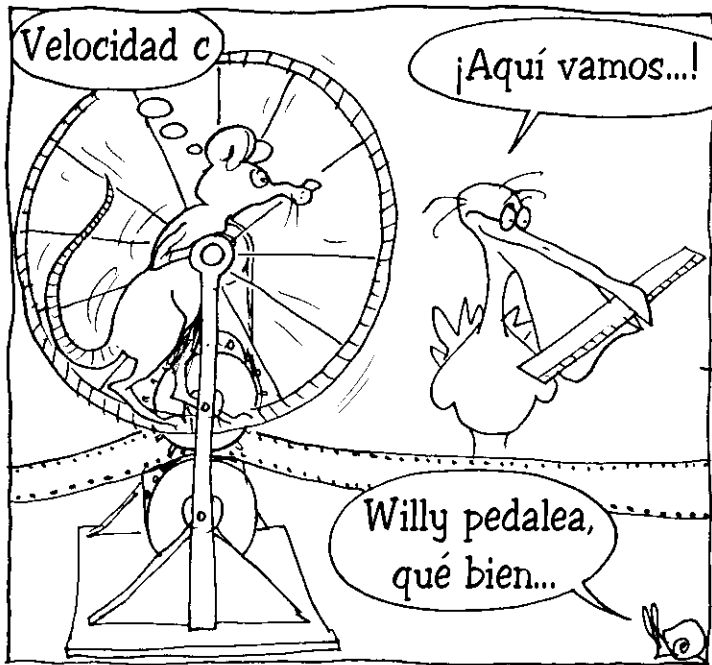
Baja frecuencia, periodo largo, gran longitud de onda.
Alta frecuencia, periodo corto, pequeña longitud de onda

Eso permite comunicar

Algo muy importante, la comunicación

Bien. Voy a hacer un ensayo de transmisión a una distancia mayor

¿Listos?

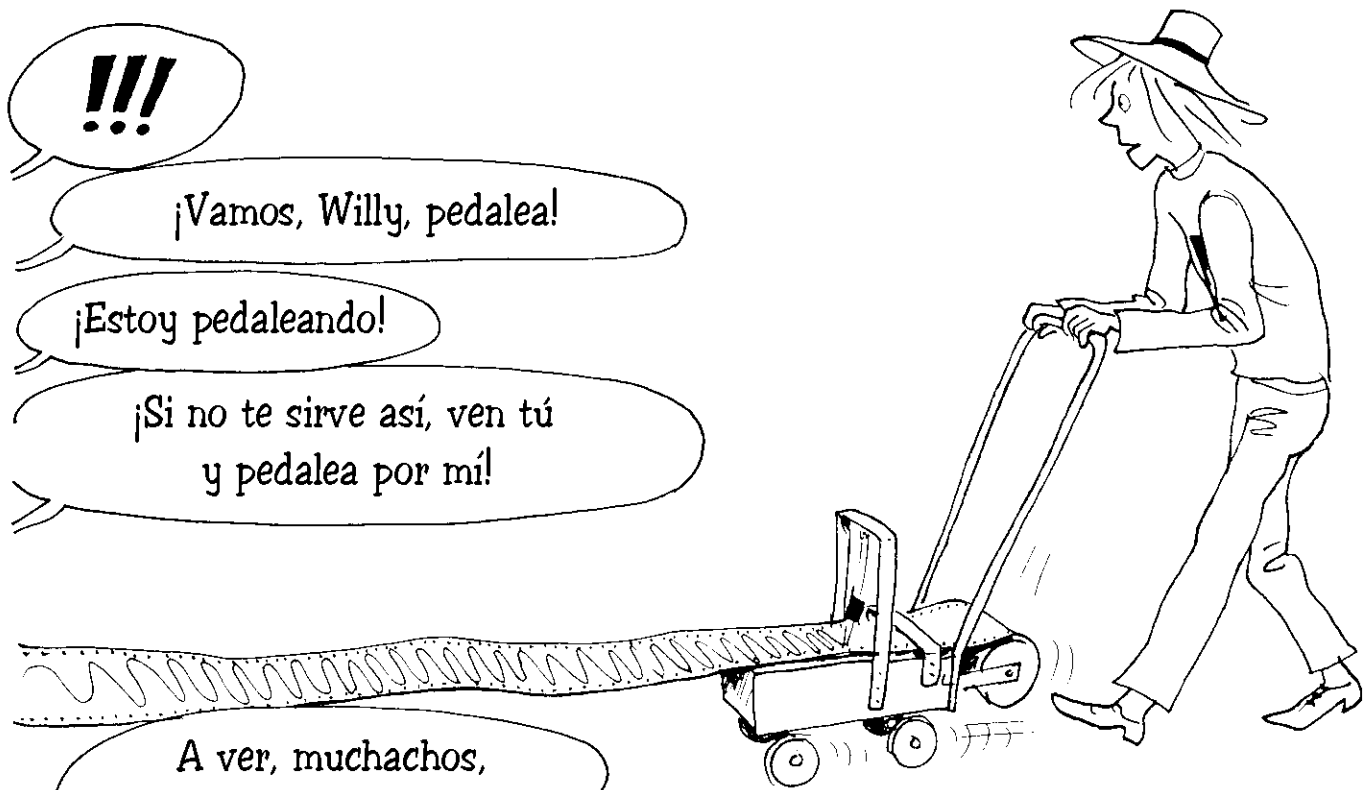


!!!

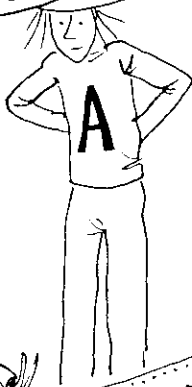
¡Vamos, Willy, pedalea!

¡Estoy pedaleando!

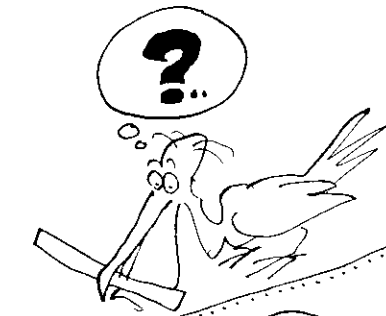
¡Si no te sirve así, ven tú
y pedalea por mí!



A ver, muchachos,
explíqueme este caso

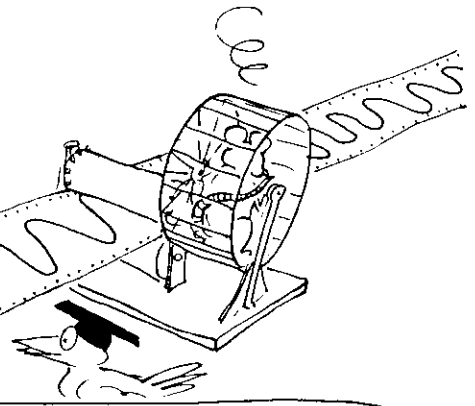


?



(A)

(B)



Se ha normalizado, pero poco antes se produjo un aumento de la longitud de onda (A), es decir una caída aparente de la frecuencia de recepción. Después, luego de un intervalo normal (B), se produjo un aumento de la frecuencia de recepción (C), es decir una disminución de la longitud de onda λ

Oigan,
¿puedo parar?

Claro, Willy, para

Willy dice que todo el tiempo
pedaleó con regularidad

¿Podría ser que el papel
se dilató o se contrajo?

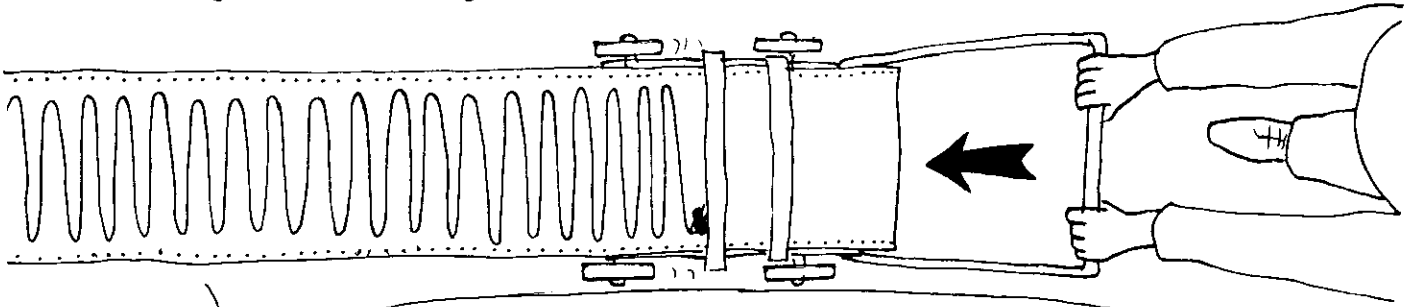
No, Anselmo. Es el
efecto Doppler-Fizeau

¿El... quéé?

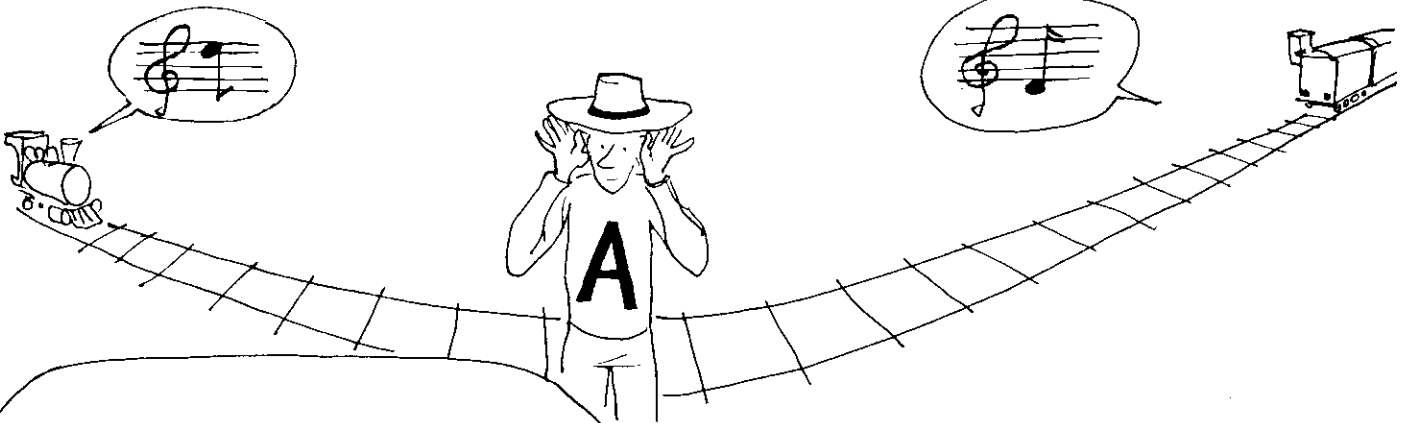
Cuando desplazas el carrito,
la frecuencia aparente varía

Cuando se aleja, la sinusoide se
estira y la frecuencia se percibe
más baja

Cuando el carrito se acerca y avanza sobre la banda, la sinusoide se comprime, se contrae, y la frecuencia parece más alta.

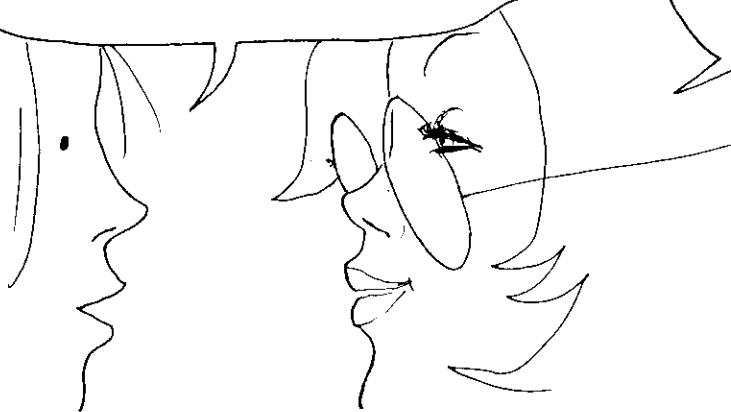


Es exactamente lo mismo que sucede cuando oyes el sonido de un tren que pasa a tu lado. Cuando se acerca el sonido es más agudo, y más grave cuando se aleja




Con un sistema de este tipo, cuando conozco a priori la longitud de onda de la señal que será emitida por una fuente inmóvil, puedo calcular la velocidad de acercamiento o alejamiento (recesión) de dicha fuente

Y lo que es válido para el sonido lo es igualmente para la luz. Los objetos que se alejan aparecen más rojos, y los que se acercan más azules

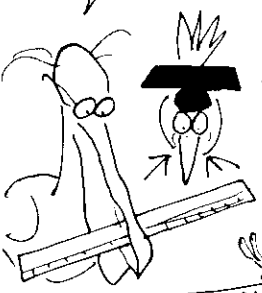


Bien, retomemos nuestros experimentos de transmisión a distancia



Willy, a tu lugar

¡Ha cambiado la frecuencia!




O se está moviendo...

Otra vez lo mismo
que antes

¡Sí, eso es!
Se está alejando de nuevo

¡No, cabezas de chorlito,
no me estoy alejando!
¡Estoy AQUÍ...!



¡Y el oscilador está
allá abajo!

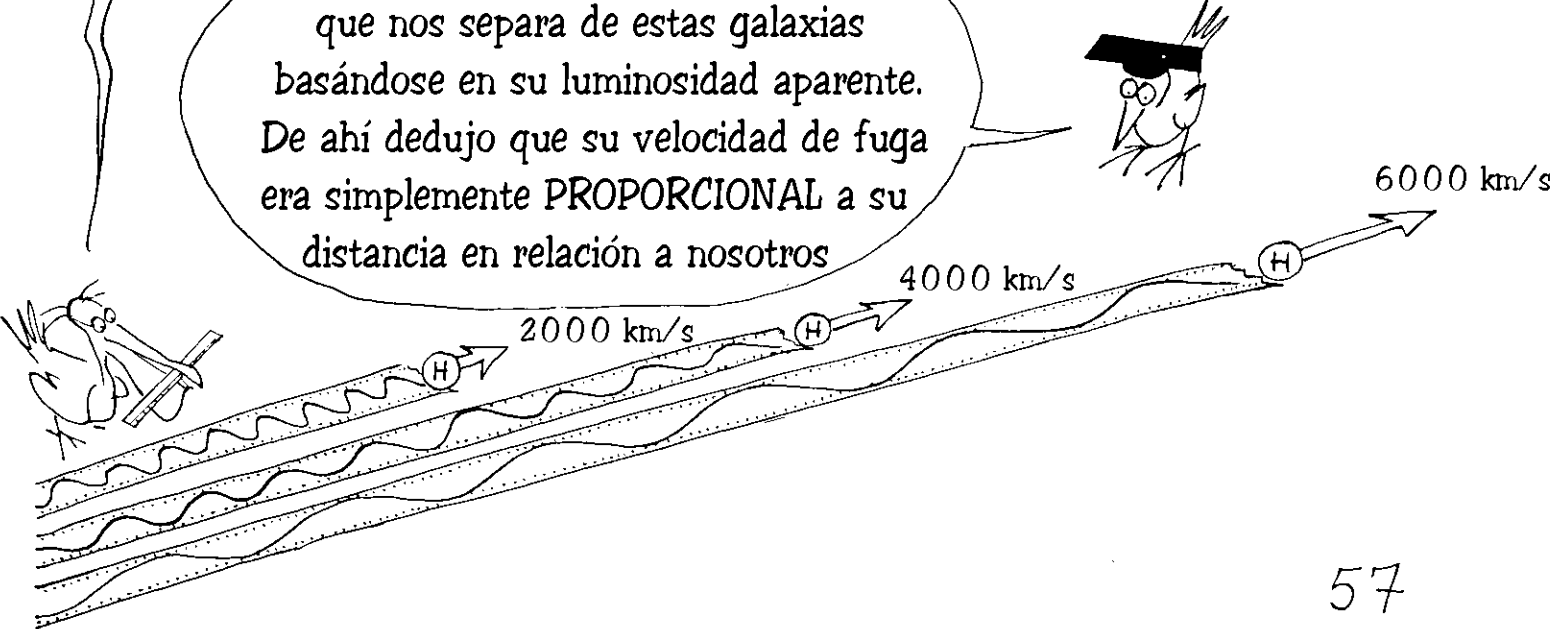
LA FUGA DE LAS GALAXIAS



Pues sí, fue de esta manera que, en 1930, Edwin Hubble descubrió la **EXPANSIÓN DEL UNIVERSO**, al constatar que las galaxias distantes huyen de nosotros, tornándose más rojas, en virtud del efecto **DOPPLER-FIZEAU**, a medida que se alejan

Estos átomos de hidrógeno emiten, en principio, en una longitud de onda de 21 cm. El efecto Doppler me indica velocidades de fuga de 2000, 4000 y 6000 km/s

Hubble pudo evaluar la distancia que nos separa de estas galaxias basándose en su luminosidad aparente. De ahí dedujo que su velocidad de fuga era simplemente **PROPORCIONAL** a su distancia en relación a nosotros



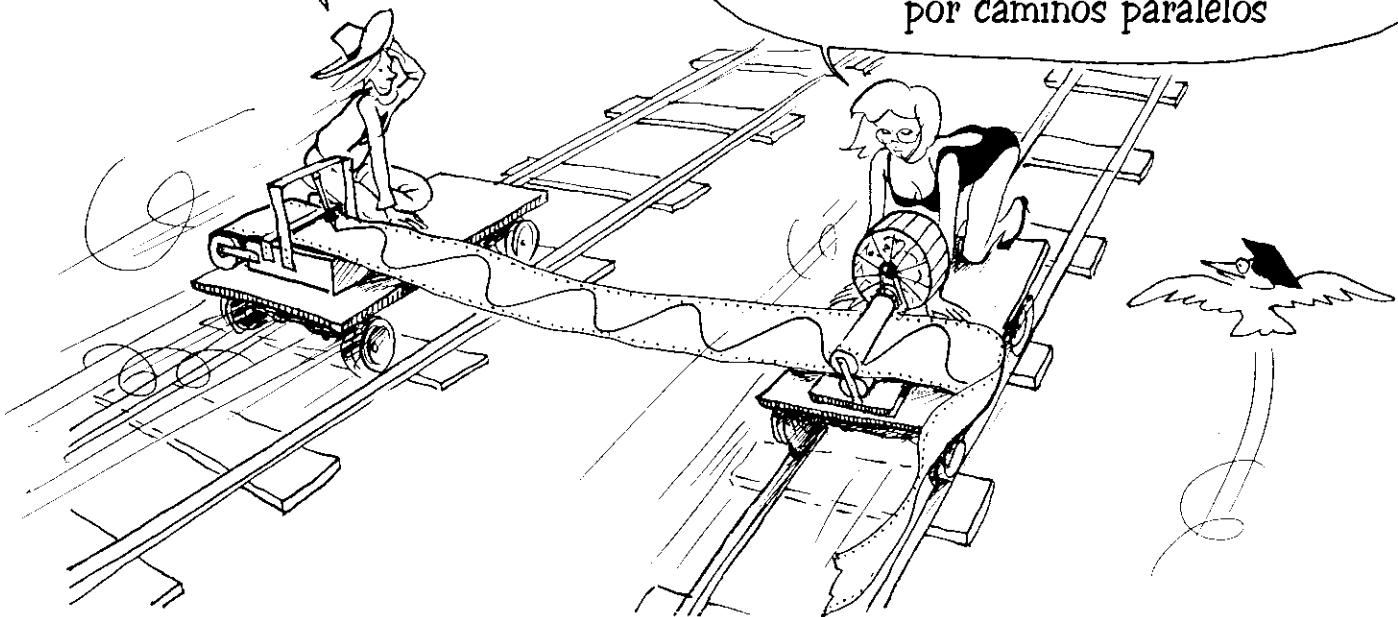
¿Espera, y eso qué quiere decir?
¿Que los objetos aceleran cuando se alejan de nosotros?

No exactamente. La moqueta se dilata en todas partes. Imagina un punto A que, en el instante $t = 0$, está a un metro tuyo. Al cabo de un segundo, estará a $1m20$. Su velocidad de fuga es entonces de 20 cm/s

En el mismo lapso de tiempo, un punto B, situado inicialmente a 2 m de tí, se encontrará a $2m40$ (en B'), y su velocidad EN RELACIÓN A TÍ será de 40 cm/s

El efecto DOPPLER indica VELOCIDADES RELATIVAS

No hay variación alguna de la longitud de onda cuando el emisor y el receptor van a la misma velocidad por caminos paralelos



¿Entonces todo nuestro universo está en expansión?

Esperen, tengo otra idea. Supongamos que el tiempo... se acelere

¡Pero eso no quiere decir nada!?

Las oscilaciones de los átomos, como por ejemplo los átomos de hidrógeno, son como el "pulso" del Universo. Imagina un universo en el que su pulso se acelera. Entre más envejece, mas rápido late el "pulso". Las imágenes del pasado nos llegan como una película en cámara lenta. Y el efecto Doppler no es más que una ilusión

Así es, Tiresias, podemos imaginar todo eso. Lo que dices equivale a decir que las leyes de la física evolucionan en el tiempo, tal como sostiene Fred Hoyle

EL FONDO DEL CIELO ES FRÍO

Mas existe otro argumento a favor de la expansión y de su corolario, el BIG BANG

¡Hic!

Vimos antes que solamente un fotón en mil millones pudo haberse transformado en materia

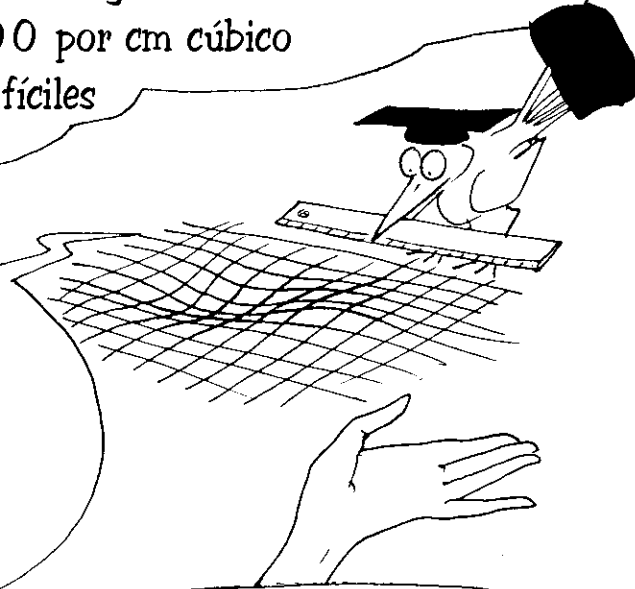


¡Y en antimateria!



Debería, por lo tanto, existir una gran cantidad de esos fotones primitivos, alrededor de 500 por cm cúbico (más otros tantos neutrinos, más difíciles de detectar)

Su longitud de onda debería ser de unos cinco milímetros, lo que corresponde a una temperatura de la radiación T_R de 3 grados Kelvin (-270 °C)

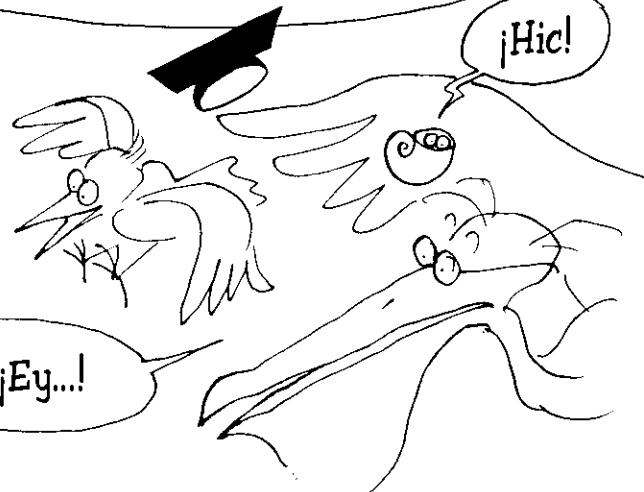


Esos fotones, de energía muy pequeña, fueron detectados por Penzias y Wilson en 1964, y son las cenizas verdaderas del BIG BANG, la prueba tangible de la gran danza cósmica



¡Ey...!

¡Hic!



EL HORIZONTE COSMOLÓGICO

Sofía, según la LEY DE HUBBLE la velocidad de alejamiento de los objetos crece con la distancia...

... ¡Entonces por lógica deben existir objetos que se alejan de nosotros a velocidades iguales e incluso mayores que la velocidad de la luz!?

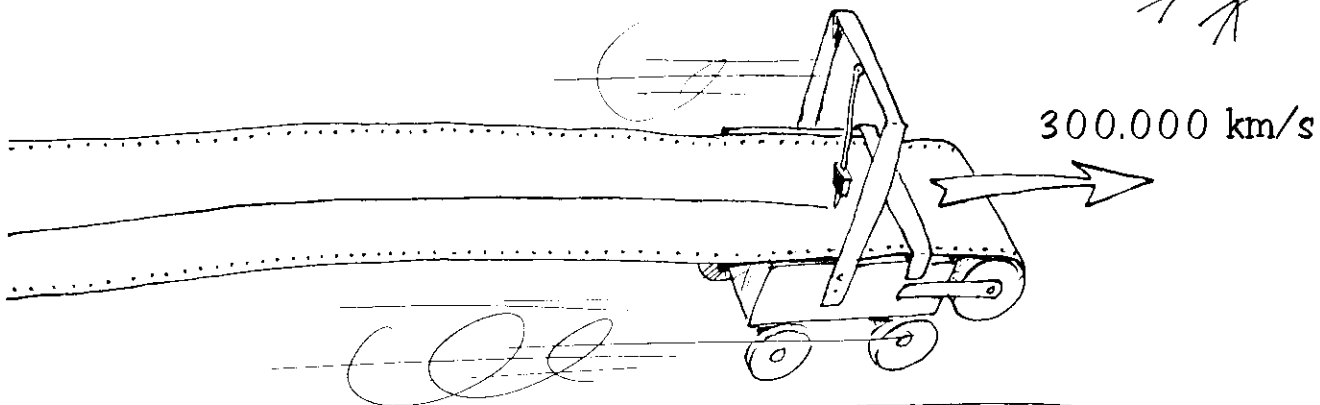
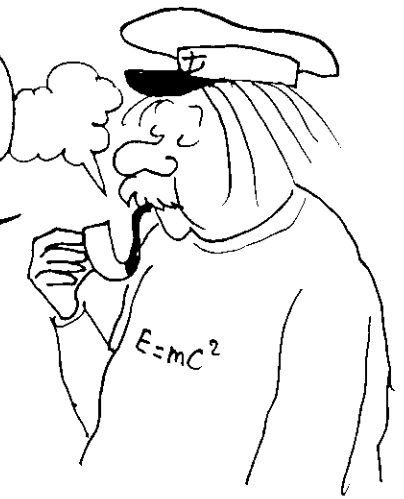
¿O sea que nunca recibiremos esa luz?

¿Por qué?
Si un avión se aleja de mí a una velocidad supersónica, ¿puedo oír el sonido que produce, o no?

Mis amores, no es de esa forma como hay que ver las cosas...

El hecho de desplazarse tiene una incidencia sobre el TIEMPO (*). Un objeto que se desplaza a una velocidad cercana a los 300.000 km/s, la velocidad de la luz, se encuentra, con respecto a nosotros, observadores, en una "esfera de tiempo" diferente. Percibimos su mensaje como una especie de película en cámara lenta

Si el objeto se mueve con respecto a nosotros a la velocidad de la luz, el desfase temporal se vuelve total, y su tiempo parece coagularse como una salsa



A causa de ese desliz, de ese desfase de los tiempos de uno con respecto a los del otro, la frecuencia de recepción de las ondas disminuye. Este fenómeno, de esencia relativista, se sobrepone y contribuye al efecto DOPPLER. Cuando la velocidad de alejamiento del emisor, en relación a nosotros, alcanza el valor c , la frecuencia de las ondas recibidas cae a cero. ¡Nada de energía, nada de ondas, cero mensajes!




Ondas de frecuencia nula...
¡ya no son ondas!

(*) Ver "TODO ES RELATIVO", del mismo autor.

Para los objetos que nos interesan, una velocidad relativa igual a 300.000 km/s se alcanza en una esfera llamada HORIZONTE. Éste no es la frontera DE LAS COSAS EXISTENTES sino la frontera de las COSAS QUE PODEMOS CONOCER. El universo accesible para nosotros no es más que una porción de un universo más vasto. Este horizonte está a unos diez mil millones de años-luz. El alcance del más potente telescopio terrestre actual, el de monte PALOMAR (*), es de mil millones de años-luz.

La Dirección

¿Pero entonces cuál es el significado del radio R del universo de antes?



La historia comenzó cuando el Universo tenía un centésimo de segundo. Imagina que en ese instante se traza un círculo, o mejor una esfera, de radio R, y que se sigue la expansión de esa esfera de referencia a lo largo del tiempo.
Eso es todo...

De esa forma no se hacen suposiciones sobre el hecho de que el espacio pueda ser finito o infinito (**)

Tiene ojos fascinantes...

¡Ey, ustedes dos!

¡Esta historia aún no ha terminado!


JiJiJi

Y los necesitamos


(*) Actualmente hay al menos dos telescopios terrestres más potentes que el de monte PALOMAR, pero este último sigue siendo un hito en la historia de la cosmología (NdT).

(**) Ver "EL GEOMETRICÓN", del mismo autor.


LOS MODELOS DE FRIEDMANN




Sofía, ¿qué es lo que provoca la expansión del Universo?




Son las fuerzas debidas a la PRESIÓN. Todo ocurre como si el Universo hubiera EXPLOTADO como una bomba




¿Y nada se opone a esa expansión?



Las fuerzas de gravedad tienden a hacer condensar el Universo sobre sí mismo, a hacerlo IMPLOSIONAR



¿Acaso no se puede concebir un universo en el que esas fuerzas, de presión y gravitacionales, se equilibren?



Se puede mostrar que el equilibrio es imposible. A la menor perturbación de ese equilibrio, este universo "estático" explota o implosiona

EXPLOSIÓN

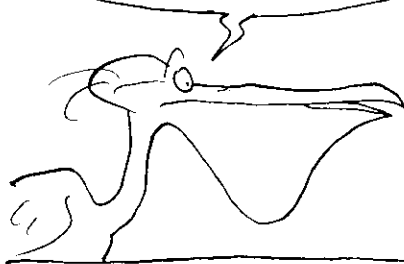


IMPLOSIÓN

Pero entonces díganme,
¿nuestro Universo pudo
haber implosionado en
lugar de hacer explosión?

En un cierto
sentido eso es
posible

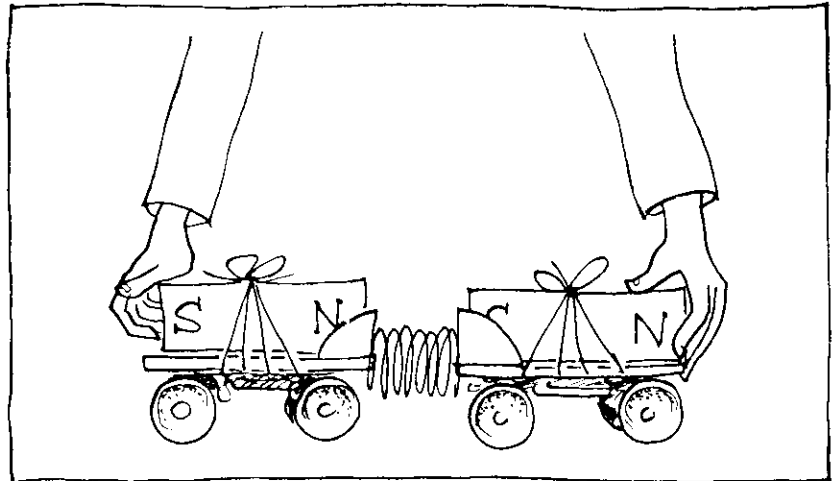
¿Quién dice, entonces,
que el tiempo no pudo haber
comenzado... marcha atrás...?



¡Tsss!...



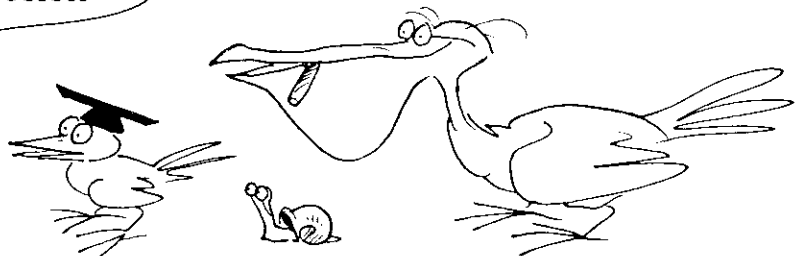
¿Que estás
fabricando?

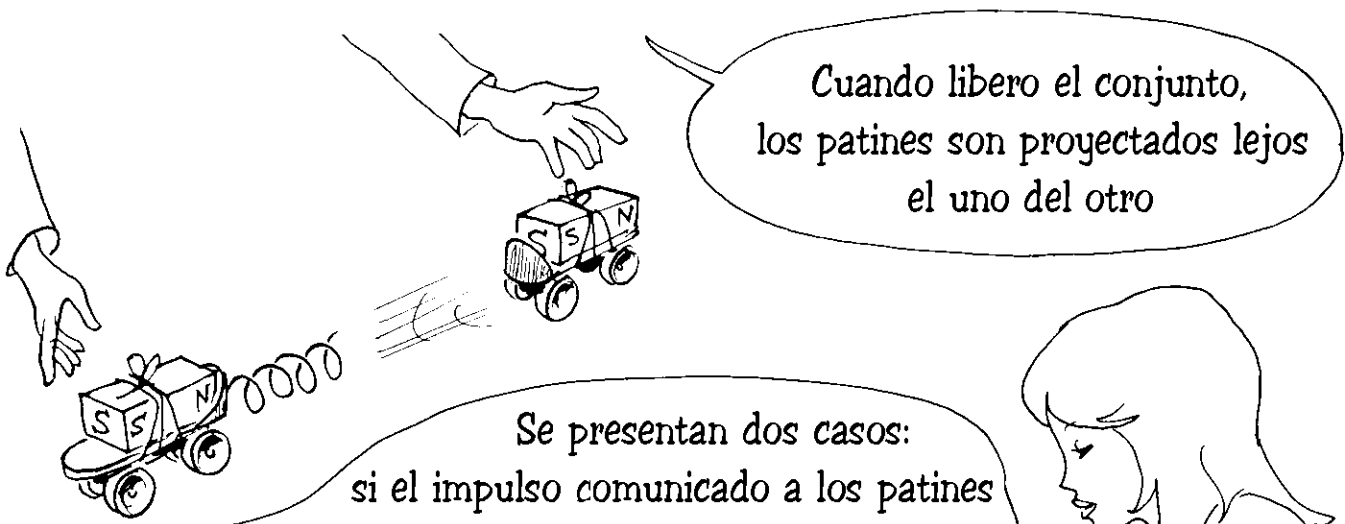


Anselmo ha unido dos imanes que se atraen sobre
dos patines de ruedas. Y un resorte comprimido
tiende a apartar los patines uno del otro.

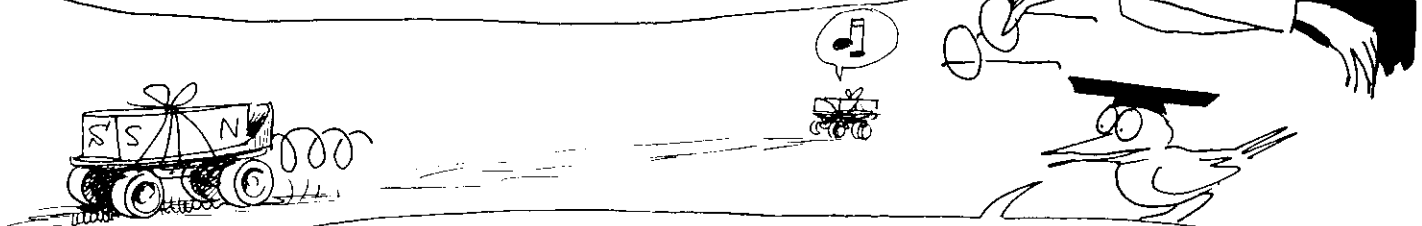


Mira, los imanes
representan las fuerzas de
gravitación, atractivas y
cohesivas. El resorte simula
las fuerzas de presión



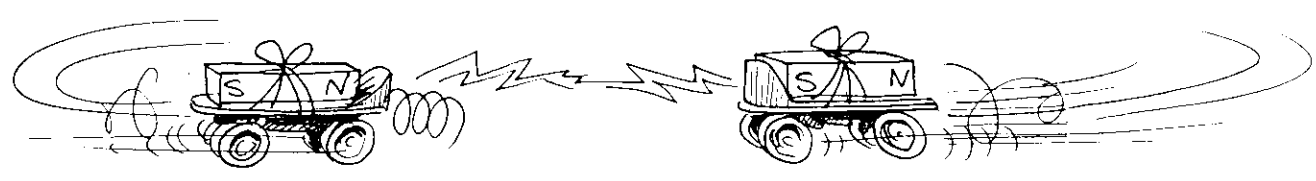


Se presentan dos casos:
si el impulso comunicado a los patines es suficientemente fuerte, estos se alejarán el uno del otro indefinidamente. Entre más se alejen, menor resultará la fuerza de atracción, que varía como el inverso del cuadrado de la distancia

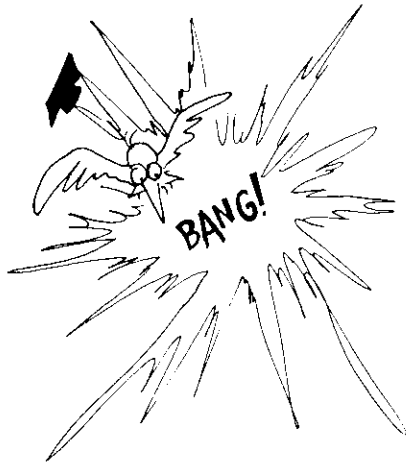


Si el rozamiento no existiera, los patines terminarían por alcanzar una VELOCIDAD CONSTANTE

Pero si el impulso dado por el resorte es muy pequeño, o los imanes muy potentes, los patines regresarán y "caerán" uno sobre otro a velocidad creciente



Todo esto evoca dos tipos posibles de universo:
Primer Escenario: La expansión se prolonga indefinidamente. Cuando las últimas estrellas se hayan extinguido, llegará la noche, el frío absoluto, la MUERTE TÉRMICA.



Segundo Escenario:

Las fuerzas de gravedad terminan por dominar. Luego de llegar a una máxima extensión, el Universo "colapsa sobre sí mismo". Todas las estructuras: galaxias, estrellas, etc. resultan pulverizadas. Los mismos átomos son despedazados y el BIG BANG ocurre al contrario, hasta una nueva recuperación del Universo y una nueva fase de expansión.



Fue el matemático ruso FRIEDMANN el autor, en 1930, de los primeros modelos de Universo no estáticos

Si hubiera sabido que el Universo era no estacionario, los habría descubierto antes que Friedmann (*)

Herr Albert Einstein, quien en 1917, a costa de increíbles y casi imposibles acrobacias matemáticas, había concebido su modelo estacionario, quedó muy consternado. Friedmann le había arrebatado la victoria. Comenzó entonces a elaborar la teoría de la relatividad, trabajo que le tomó varios años.



De acuerdo con los modelos de Friedmann, el Universo está en expansión indefinida si la densidad (actual) de materia es menor que 5×10^{-30} gramos por centímetro cúbico. Este universo tendría además un volumen y una extensión espacial infinitos.

(*) Palabras originales de Einstein.

~~LA~~ ^{las} GEOMETRÍA DEL UNIVERSO

Para nosotros, el Universo es una hipersuperficie de cuatro dimensiones en la que se mezclan el espacio y el tiempo.

Las ideas evocadas en las páginas precedentes corresponden cada una a una presentación diferente de esa ENTIDAD-UNIVERSO que es el ESPACIO-TIEMPO.

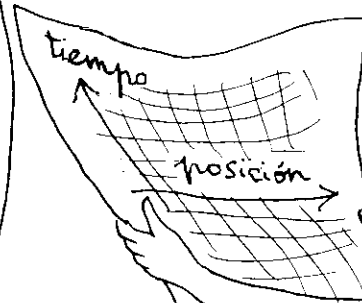
¿El Universo...
qué FORMA
tiene?

¡Ay no...!

Recuérdese que el número de dimensiones de un espacio es el número de cantidades que hacen falta para definir la posición de un punto

Cita: ¹ martes a las once en la esquina de la ² Sexta Avenida con la ³ Calle Quinta en el ⁴ tercer piso : cuatro cantidades

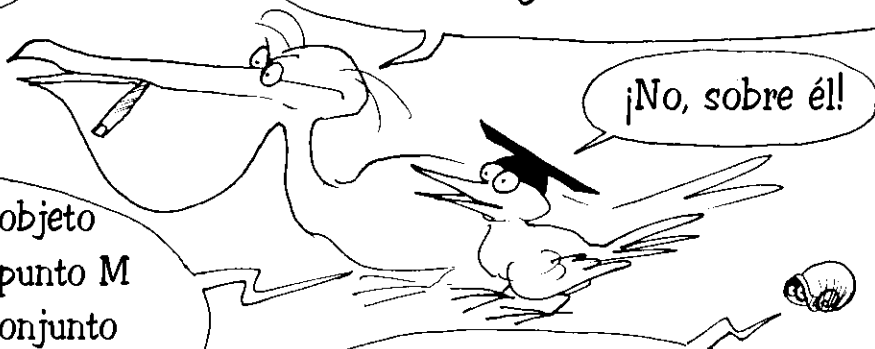
En un dibujo sólo se pueden representar espacios en DOS dimensiones, es decir SUPERFICIES. Por eso vamos a estudiar un espacio-tiempo de 2 dimensiones, siendo una la posición y la otra el tiempo





El primer modelo de Universo cerrado, el modelo estático de Einstein, puede representarse mediante un cilindro

Oigan, esperen... si entendí bien, estamos... ¿dentro del cilindro?



¡No, sobre él!

En un instante dado un objeto está representado por el punto M sobre la superficie, y el conjunto del Universo se reduce a un círculo

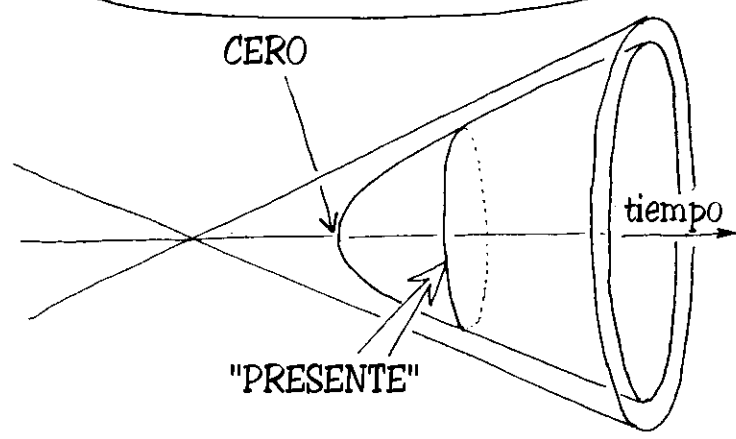


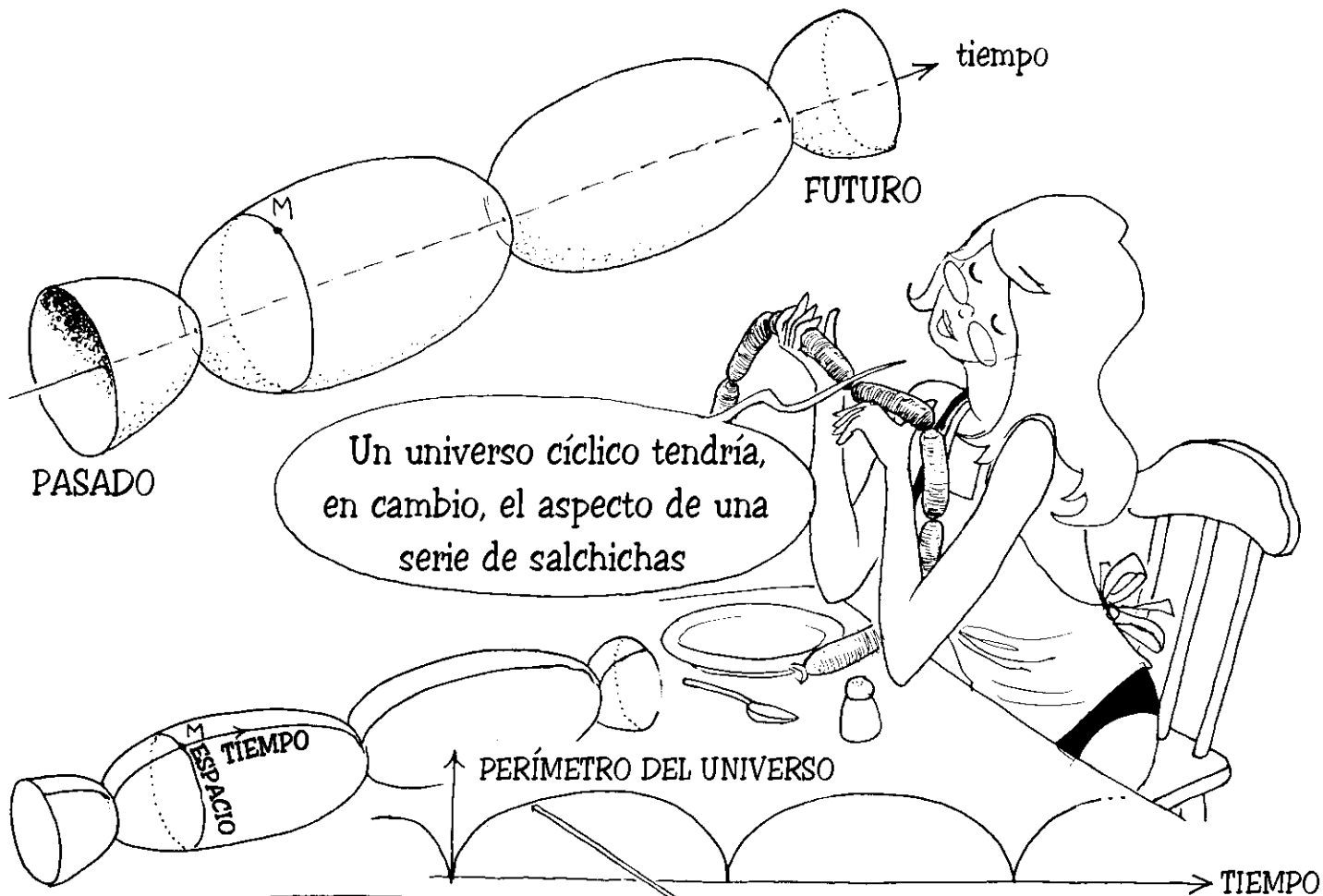
Cuando un objeto está inmóvil describe una generatriz del cilindro a lo largo del tiempo



Es fácil representar la dilatación de ese universo cerrado en función del tiempo, con lo que se tiene un modelo de universo no estacionario

Aquí tienen, por ejemplo, una imagen en 2 dimensiones de un espaciotiempo en expansión indefinida





Un universo cíclico tendría, en cambio, el aspecto de una serie de salchichas

¿Pero por qué el tiempo tiene que ser necesariamente "ABIERTO", es decir infinito a la vez hacia el futuro y hacia el pasado?

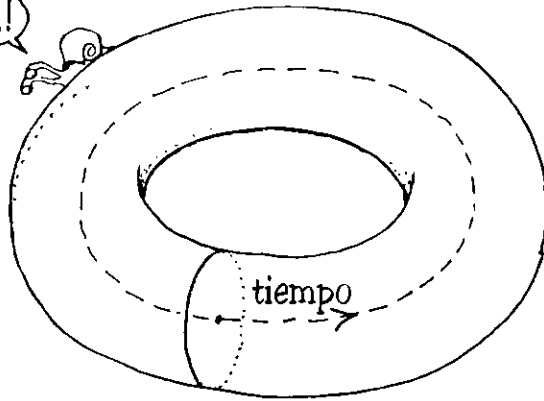
Nosotros estaríamos aquí



¿Quieres decir que el tiempo... podría cerrarse sobre sí mismo?!!

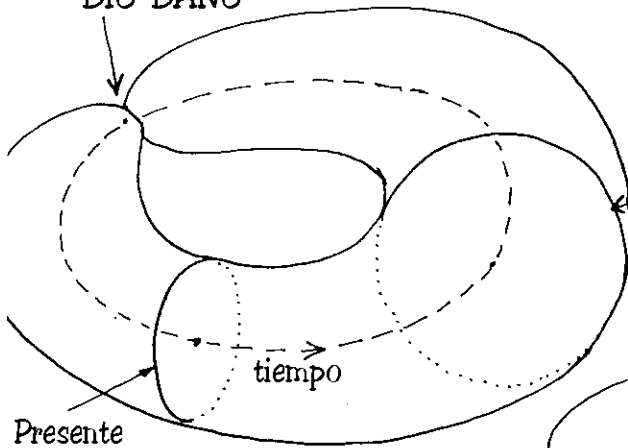
No hay problema. Si se cierra sobre sí mismo el modelo de Einstein, se obtendrá... un TORO

¡Otra vez...!



En este ESPACIO-TIEMPO totalmente cerrado, los mismos eventos se reproducen idénticamente al cabo de un tiempo τ , el cual sería el PERIODO de tan extraño universo

SINGULARIDAD
BIG BANG



También se puede cerrar sobre sí mismo un universo cíclico

ESTADO DE MÁXIMA
EXPANSIÓN

Eso se convierte en una serie de salchichas cerrada sobre sí misma... ¡con una sola salchicha!

¡Oh, miren a León!!!

¡Se ha desmayado!
Era previsible...



EPÍLOGO

Esto es lo que se sabe
sobre el origen del Universo



En fin... lo que se **CREE**
SABER, pues esta visión ha
cambiado muchas veces en
5000 años

"... Pero este esfuerzo por comprender el
Universo es una de aquellas raras cosas
que elevan la vida humana por encima de
la farsa, dándole un poco de dignidad en
medio a la tragedia"

Steven Weinberg


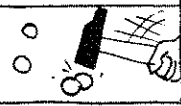




La continuación de "BIG BANG" (la formación de galaxias, estrellas, etc...) la podrán encontrar en "MILLE MILLIARDS DE SOLEILS".



EL COSMODRAMA

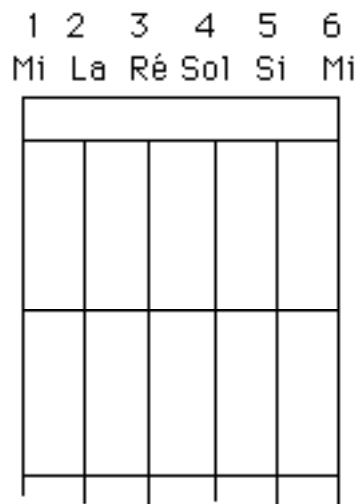


TIEMPO	TEMPERATURA	DENSIDAD	FENÓMENOS
ANTES...	$T \geq 10^{12}$ grados		?
1/1000 seg	300 mil millones de grados		Sopa indiferenciada de fotones, neutrinos, antineutrinos (el fotón es su propia antipartícula), protones, antiprotones, neutrones, antineutrones, electrones y positrones.
1/100 seg	100 mil millones de grados	4 mil millones de g/cm^3	Hecatombe de hadrones (protones, antiprotones, neutrones, antineutrones). Quedará uno en mil millones; el resto se aniquiló con los antihadrones presentes para dar nuevos fotones.
1/10 seg	30 mil millones de grados		Nada en particular. Demasiado caliente para que se puedan formar los núcleos de los átomos.
1 segundo	10 mil millones de grados	380.000 g/cm^3	Los neutrinos "viven su vida". Cesan de interactuar con la materia.
13 segundos	3 mil millones de grados		Hecatombe electrones-antielectrones. Quedará también uno por cada mil millones.
3 minutos	1 mil millones de grados		Nucleosíntesis: formación de núcleos de Helio. Desaparición de los neutrones libres (vida media: 109 seg).
35 minutos	300 millones de grados	1 g/cm^3	Se completa la nucleosíntesis: 25% de Helio, 75% de Hidrógeno.
700.000 años	3.000 grados		Después de la aniquilación de toda la materia y la antimateria, el Universo vive una "era radiativa" en la que la energía-materia se encuentra principalmente como radiación. Cuando la temperatura desciende a 3000°, se forman los átomos neutros; y los fotones dejan de interactuar con la materia: el universo es "transparente".
100 millones de años	$T_R = -173 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_m = -267 \text{ }^\circ\text{C}$		No estando más recalentados por los fotones, los átomos neutros de Hidrógeno y de Helio ven caer en picada su temperatura. Formación de las galaxias y las primeras estrellas.
5 mil millones de años			Formación de la Tierra.
10 mil millones de años	$T_R = -270 \text{ }^\circ\text{C}$ (3 grados Kelvin)	10 g/cm^3	Desarrollo de la vida.
HOY DÍA			Invención de la bomba atómica...

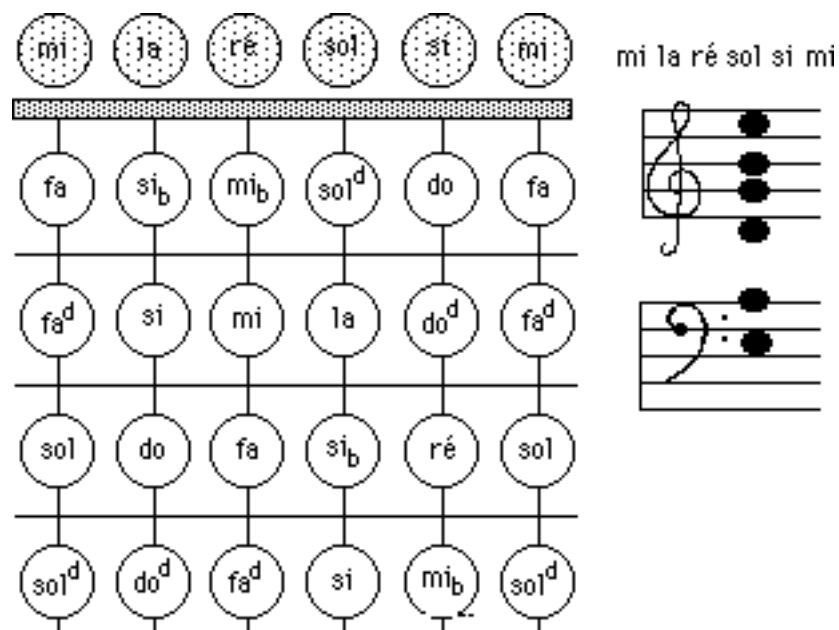
COMMENT APPRENDRE LA GUITARE SANS CONNAITRE SES NOTES.

Jean-Pierre PETIT

La guitare a six cordes. Lorsqu'on les installe, les notes qu'elle produit "naturellement" se distribuent comme suit, de la plus grave à la plus aigüe :



On verra plus loin comment accorder et même corder une guitare. Sur le manches, des cases. On monte le son d'un corde en la pinçant sur une de celles-ci. Les notes obtenues correspondent au schéma :



Les notes dans les pastilles grisées correspondent au son des cordes libres, non pincées sur le manche.

On a fait figurer, à droite, l'ensemble clef de sol-clef de fa. Mais dans tout ce qui suivra il ne sera pas nécessaire de connaître, ou même d'apprendre le solfège.

Comment tenir une guitare :

Il existe différents instruments :

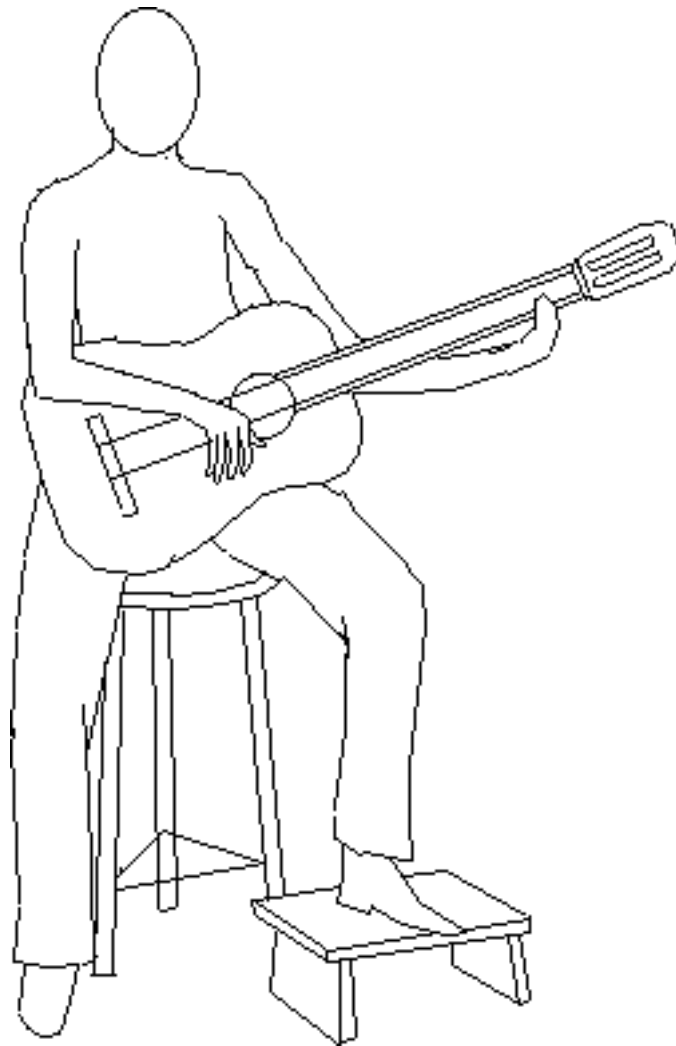
La "guitare sèche" ou guitare classique.

Elle possède six cordes. Les trois cordes aiguës sont en nylon. Les trois "basses" sont des cordes dont l'âme est faite de nylon, sur lequel un fil métallique est enroulé, en spirale, ce qui a pour effet de les alourdir, donc de diminuer leur fréquence de vibration. Si vous achetez une guitare "classique", munissez-la des bonnes cordes (demandez au vendeur).

Le débutant a naturellement tendance à écarter l'instrument de son corps et à l'incliner, pour voir où il met les doigts.

Le guitariste doit être bien assis, buste droit, instrument plaqué contre le ventre, bras bien libres. Le coude droit doit être bien libre.

On peut, bien sûr, jouer de la guitare en étant assis dans un fauteuil. Mais un concertiste préférera être assis bien haut, son pied gauche étant posé sur un petit tabouret, comme ceci :



La guitare classique

Notez bien les particularités de cette position : Le poignet droit est "cassé", le poignet gauche est bien "lancé" vers l'avant, sous le manche. Ces positions ne sont guère naturelles et apparaîtront quelque peu pénibles aux débutants.

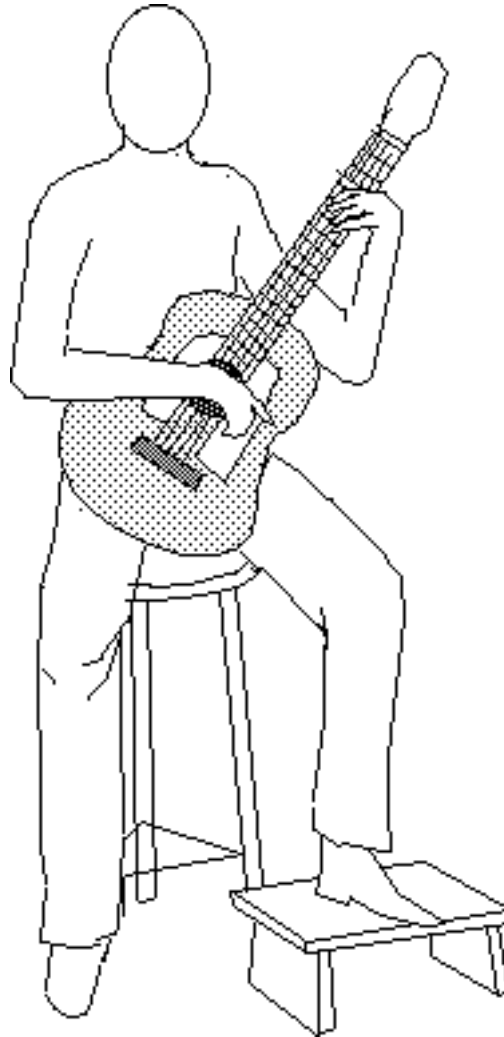
La guitare Flamenco.

Ce type de guitare est équipé de cordes semblables à celles de la guitare classique.

Les guitaristes de Flamenco tiennent leur instrument différemment, en plaçant le manche légèrement plus haut. La guitare Flamenca n'est pas différente de la classique "guitare sèche". Mais, sur la caisse, se trouvent des plaques en plastique, blanches, collées, qui ont une fonction précise. L'instrumentiste frappe en cadence sur ces plaques, avec son ongle. Ces frappés de caisse font partie intégrante du jeu. Si vous vous amusez à faire ainsi avec une guitare "normale",

non protégée, son vernis sera très vite abîmé, ce qui serait dommage. Si vous envisagez de tâter un peu du Flamenco, achetez directement une guitare ainsi équipée, ou faites rajouter ces plaques par un luthier, par simple collage.

Jouer du Flamenco est très plaisant. Tout dépend alors de votre talent et de votre dextérité. Mais on ne sait jamais, il y a peut-être un joueur de Flamenco qui sommeille en vous. A tout hasard, dans la suite du livre, nous vous donnerons tous les éléments pour apprendre à jouer un air relativement simple et bien rythmé.

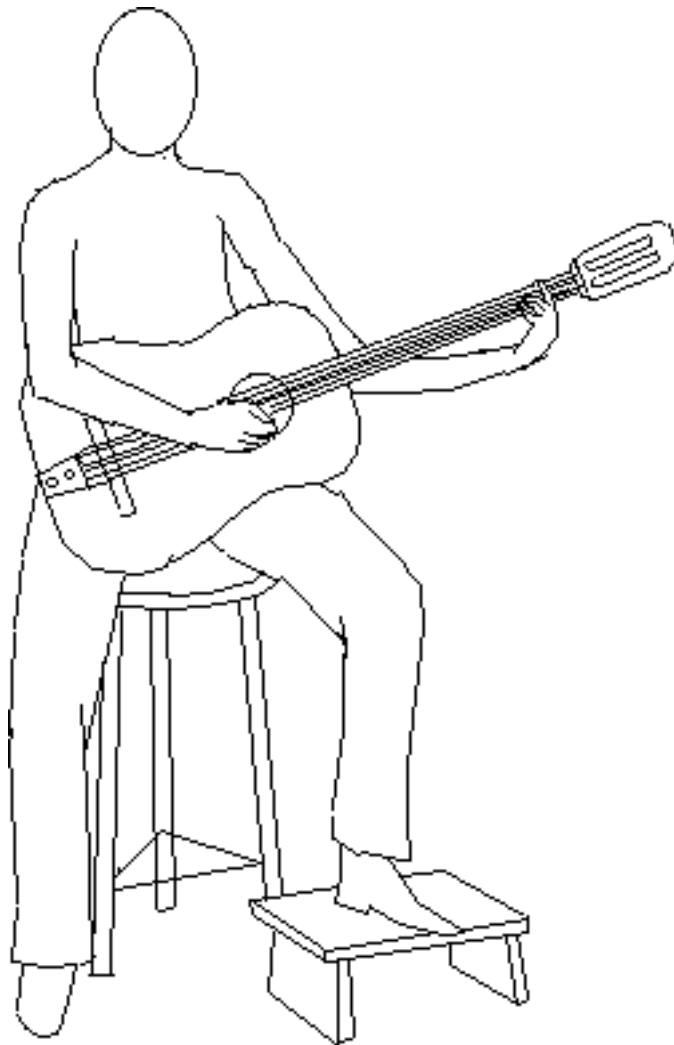


La guitare flamenca

La guitare de jazz.

Elle est différente de la "guitare sèche". Son manche est un peu plus étroit. La forme de sa caisse est souvent différente. Les cordes aigûes sont cette fois en métal. La tension est plus élevée. Les cordes s'attachent alors différemment sur la caisse, comme indiqué dans la figure. Le guitariste de jazz, en concert, est en

général debout. Une courroie lui permet alors de maintenir son instrument en suspension. Il attaque ses cordes avec un "médiator" (voir cet accessoire plus loin).



Ne faites pas l'erreur de vouloir transformer une guitare classique ou une guitare Flamenca en guitare de jazz, en la dotant de cordes de métal. Pour l'accorder, vous seriez contraint de tendre les cordes plus fortement. Or ces guitares ne sont pas prévues pour supporter de telles tensions et la caisse risque de se déformer. Au bout de quelques mois vous risquez même de voir le chevalet de fixation des cordes commencer à se décoller de la caisse !

Les guitares de jazz peuvent être équipées d'un micro, relié à un amplificateur (de même que les guitares classiques, d'ailleurs).

La guitare de rock.

Il s'agit d'un instrument totalement différent. Il n'y a alors plus de caisse de résonance. Un système électronique détecte le mouvement de vibration des cordes et le transmet à un amplificateur. Ces guitares sont équipées de boutons d'amplification ou de modification du son. A la place de la caisse, le fabricant place une simple planche qui peut affecter une forme quelconque. Mais le but de ce livre n'est pas d'initier le lecteur aux techniques propres au jazz ou à celle du rock (qui comporte une gestuelle complexe ainsi que différents modes d'attaque des cordes : avec éventuellement un couteau, une fourchette, etc...).

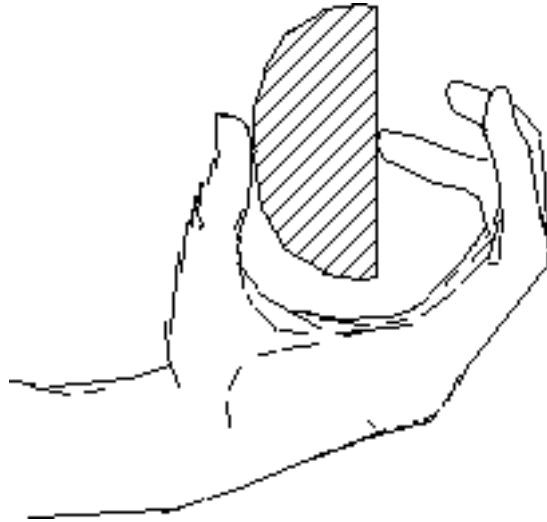
Position de la main gauche, sur le manche.

Le pouce doit être planté sous le manche, selon son axe, pour bien jouer son rôle de "pince", pour plaquer des accords. Voici comment vous devez percevoir votre poignet gauche (en supposant que le manche de la guitare soit soudain devenu "transparent").

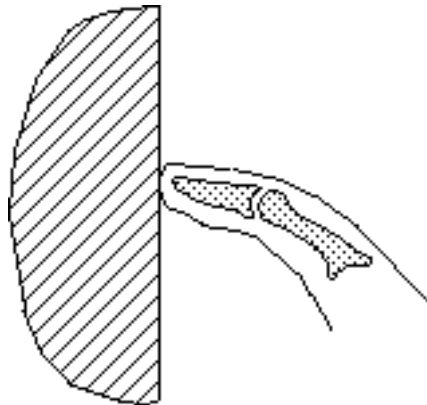


Cette vue selon l'axe du manche, ci-après, est là pour illustrer l'avancée du poignet gauche. Les doigts doivent être bien dégagés du manche.

Bien sûr, tout n'est que schématique. Il est de multiples positions des doigts sur le manche; dans des morceaux mélodiques cette idée de "pince" pourra disparaître totalement et le guitariste n'obtiendra l'effet de pression sur la corde qu'en tirant sa main vers son corps. Mais, pour des accords d'accompagnement, conservez en tête cette idée de "pince" avec une bonne opposition du pouce.



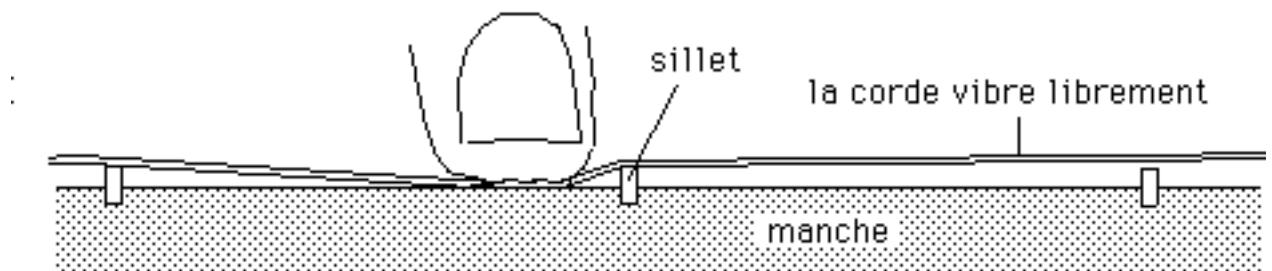
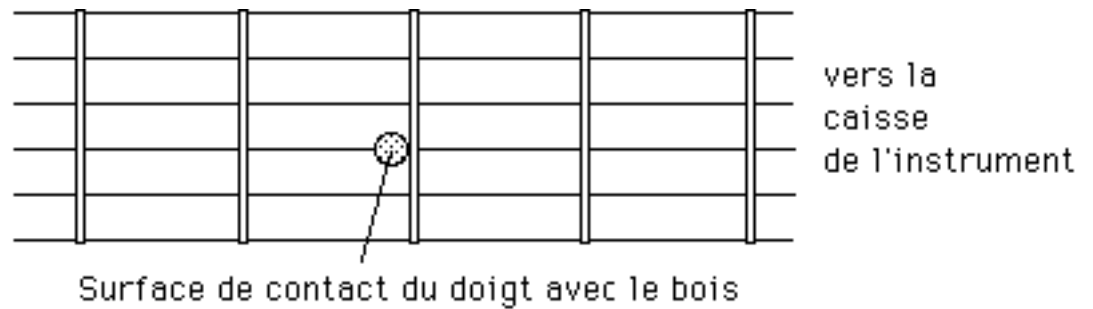
Il serait difficile de jouer de la guitare avec des ongles longs, sur les doigts de la main gauche (excepté, bien sûr, le pouce). En effet une bonne pression sur les cordes ne peut être obtenue que lorsque la dernière phalange est bien perpendiculaire au plat du manche :



Pour obtenir un son convenable, il faut exercer une pression assez forte. Le débutant l'habitue assez vite à l'exercer et trouvera la position de la main qui permettra de l'exercer au mieux. Quand il s'agit d'accord, on placera spontanément le pouce, en opposition, au centre de gravité de la pression exercée par les autres doigts de la main gauche.

Quand la corde elle mal pressée sur le bois, la corde émet des vibrations désagréables. On dit alors qu'elle "frise". Pour éviter ceci, on a intérêt à presser la

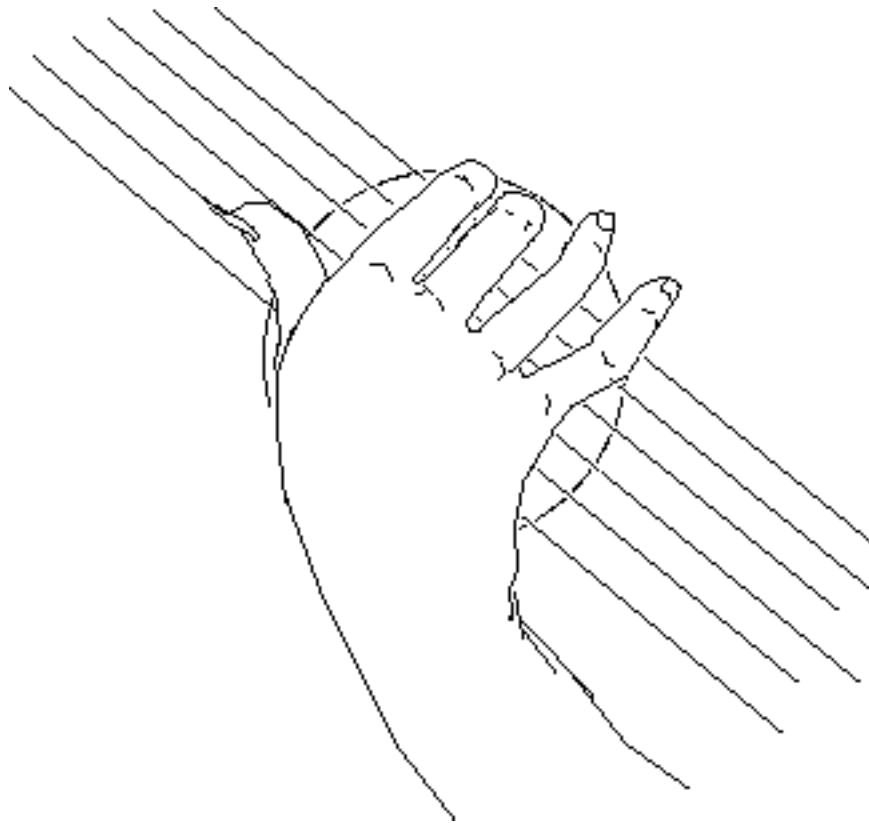
corde près du sillet correspondant à la case, qui se situe vers la caisse de l'instrument :



Bien sûr, cette position optimale du bout du doigt de la main gauche n'est pas toujours possible, lorsqu'on produit un accord, ce qui apparaîtra dans les images qu'on trouvera plus loin, d'où la difficulté de plaquer certains accords.

Position de la main droite.

Voici maintenant votre main droite, telle qu'elle doit vous apparaître, avec sa pénible cassure :



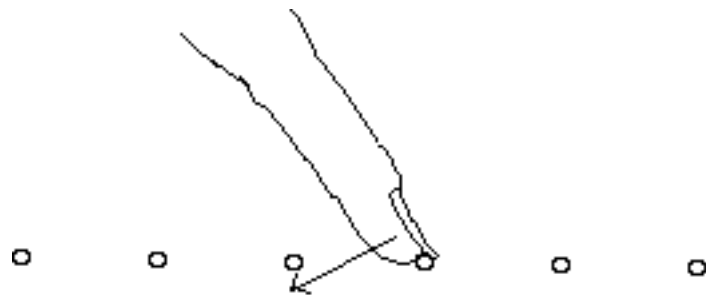
**Comment les doigts de la main gauche
doivent presser les cordes.**

On obtient un son plus pur en attaquant les cordes avec les ongles, et non avec la pulpe (le son est alors différent, plus étouffé). Il faut une longueur minimale.

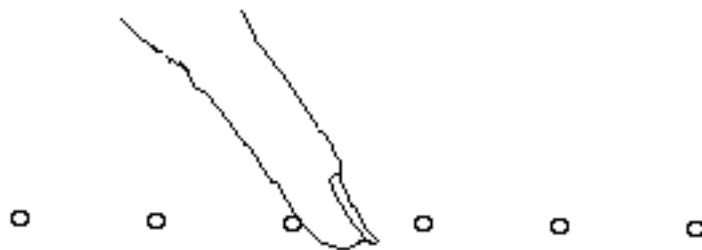
La position du doigt est totalement différente selon qu'on attaque avec l'ongle ou avec la pulpe.



Attaque de la corde avec la pulpe du doigt
direction de la traction sur la corde.

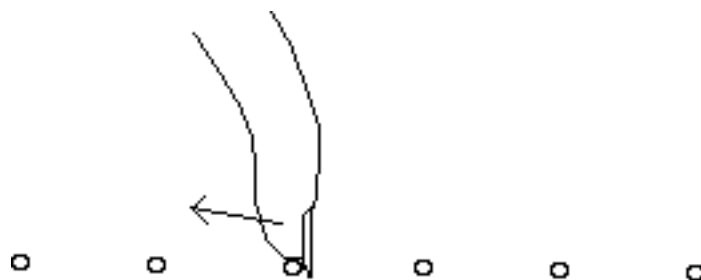


Attaque avec l'ongle, direction de la force



Le doigt se met en butée sur la corde voisine

Selon le schéma de frappe ci-dessus, le musicien devra jouer avec les doigts relativement raides (classique, Flamenco). Mais beaucoup de guitaristes, qui se contentent de s'accompagner, même s'ils utilisent leurs ongles, ne pratiquent pas cette "butée" du doigt :



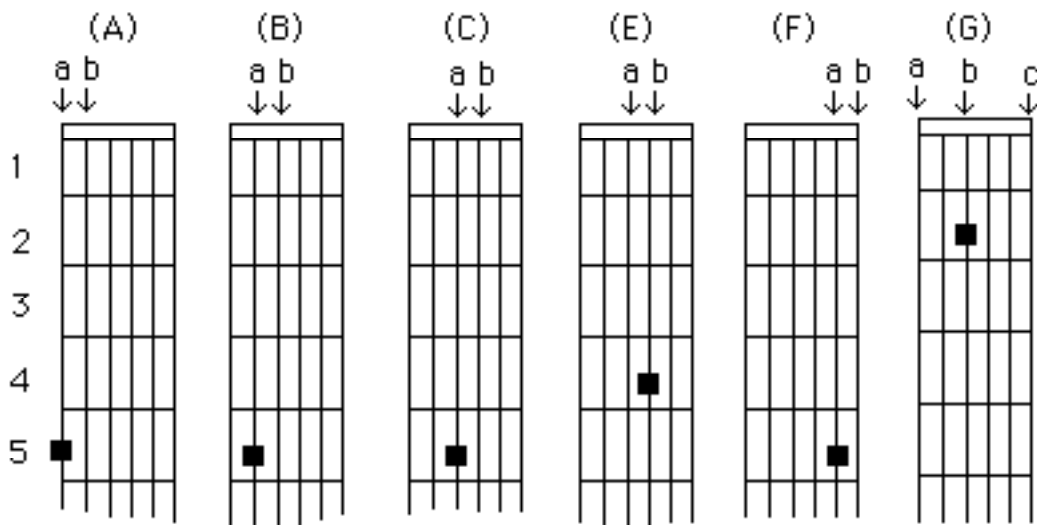
Comment accorder sa guitare.

Les cordes de guitare, de la plus grave vers la plus aigüe correspondent à :

On peut évidemment disposer d'un diapason pour ajuster la hauteur du son ou d'un diapason électronique qui produit à la demande les sons correspondant, ou encore d'un instrument doté d'un clavier, piano ou synthétiseur. Mais mieux vaut

être autonome et savoir accorder sa guitare n'importe où, sans le recours de ces instruments difficilement transportables ou de ces gadgets.

Supposons que la guitare soit simplement désaccordée, mais le Mi grave soit correct. Pinçons la basse, la corde 1, comme indiqué en (A), en mettant un doigt de la main droite sur la cinquième case. sur cinquième case. Chaque case correspond à un demi-ton. Lorsqu'on monte un mi de cinq demi-tons, on obtient un La. On doit obtenir en pinçant a (corde 1) le même son qu'en b (corde 2) . Si ça n'est pas le cas on doit agir sur sur la clef correspondant à cette corde 2, jusqu'à obtenir identité des sons.

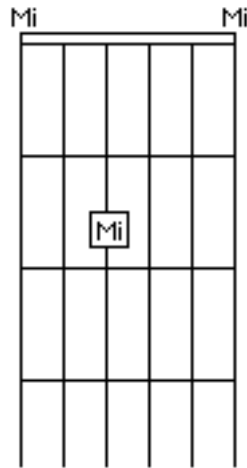


Puis, en se référant au schéma (B), même chose. Idem en (C). En (D) il faut positionner son doigt sur la quatrième case, car il n'y a que quatre demi-tons entre un Sol et un Si (corde 5). En (F) on pince la cinquième corde sur la cinquième case.

Quand on fait cela, tant bien que mal, on vérifie si les deux Mi des cordes 1 et 6 sont OK (ils sont séparés par deux octaves). En général ça ne colle pas du premier coup. On pince alors la troisième corde (un ré) sur la deuxième case. On obtient alors un Mi. Les cordes 1, 3 et 6 doivent toutes les trois donner un Mi et correspondre à chaque fois d'un saut d'un octave.

Le mieux est d'alors régler ces trois cordes en se basant sur me Mi central et en ajustant les cordes 1 et 6.

On peut aussi comparer les hauteurs de son des trois mi, comme ceci :



Toutes les guitares sont-elles "accordables" ? A la différence d'un autre instrument à corde, comme le violon, la réponse est non. Sur le manche de la guitare se trouvent des "silllets" de cuivre, sertis dans le bois. Pour qu'une guitare sonne juste, il faut que ces silllets soient positionnés avec une grande précision, ce qui ne sera pas le cas pour un instrument bon marché. Dans ce cas, si on applique la méthode ci-dessus, on ne parviendra jamais à un résultat correct et on devra essayer d'obtenir une cote mal taillée, un accord approximatif (plus aisément atteint en utilisant un instrument à clavier).

Comment acheter une guitare.

Cette dernière remarque vous servira de guide dans l'achat d'un instrument, neuf ou d'occasion. Il y a plusieurs tests à réaliser.

- Le manche de la guitare doit être d'abord parfaitement rectiligne, sinon la guitare "frisera". Vérifiez que ça n'est pas le cas en pinçant les notes et en les montant, sur chaque corde, de la plus basse à la plus haute (que la guitare soit ou non accordée). Vous pouvez aussi vérifier cette rectitude à l'œil. Si le manche est courbe, ou vrillé (à cause de l'humidité) vous aurez de grandes chances d'avoir des notes qui friseront, de manière rapidement insupportable.

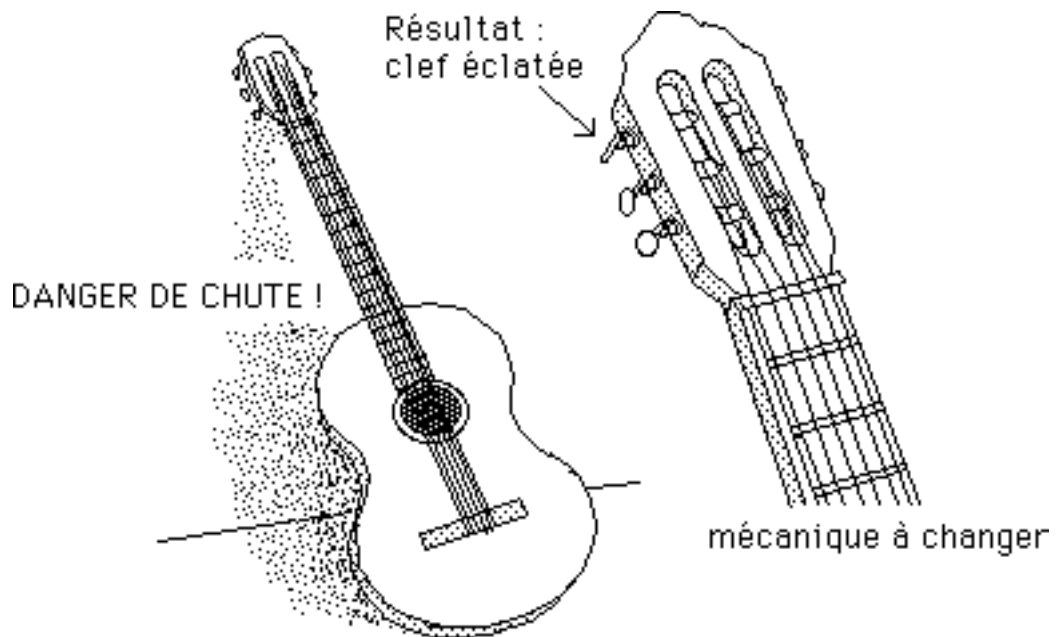
- Accordez-là (voir ci-après) ou demandez au vendeur de vous l'accorder. Vérifier qu'elle est bien "accordable". Si elle ne l'est pas, c'est irrémédiable.

- Enfin vérifiez ses capacités sonores. L'excellence d'un instrument dépend des basses et de la manière dont aura été construite la caisse, de la qualité de son bois et de ses collages et, particulièrement, de la plaque de bois qui forme le fond de la caisse. Frappez-là avec l'articulation du doigt et écoutez le temps durant lequel

la vibration se maintient. Il doit être le plus long possible. Les guitares médiocres ont des basses de mauvaise qualité.

Enfin, une guitare est un instrument fragile. Si vous achetez un instrument de prix, disons supérieur à mille francs, n'hésitez pas à faire l'acquisition d'une boîte qui constitue une bonne protection, et non d'un simple sac souple. Ne laissez pas votre instrument en plein air. Ne le laissez pas inutilement en plein soleil et ne lui faites pas passer la nuit sur une terrasse, sinon l'instrument pourra se déformer, voire se fendre, au détriment de la qualité du son.

On a souvent tendance à poser une guitare verticalement, comme ceci :



Si elle glisse, et tombe, vous endommagerez une des clefs.

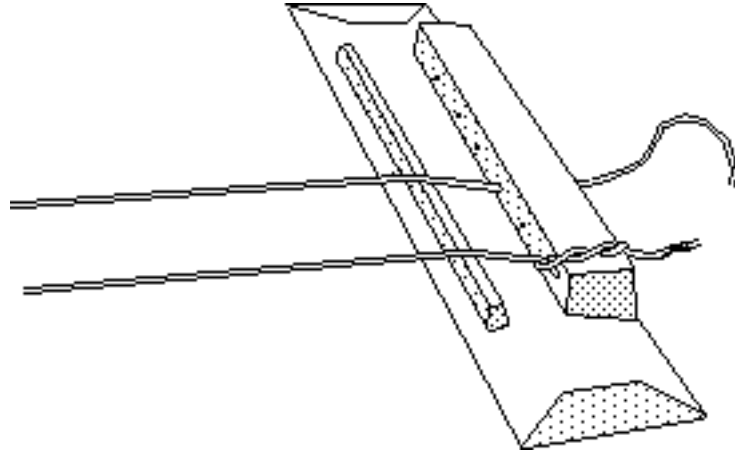
On peut assez facilement changer la mécanique d'une guitare, qui est d'un coût modéré. Si vous achetez un instrument d'occasion, qui a d'excellentes qualités sonores, mais dont les clefs sont endommagées, vous pourrez obtenir un rabais intéressant de votre vendeur, puis changer vous-mêmes ces clefs, à peu de frais.

Sans être maniaque, il est des précautions élémentaires qui vous permettront de conserver votre guitare "comme neuve" pendant longtemps.

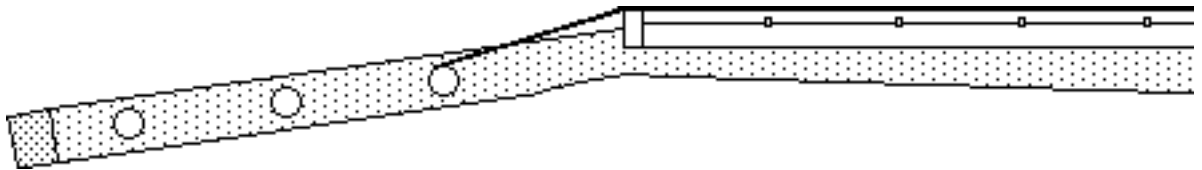
Changer une corde ou toutes les cordes.

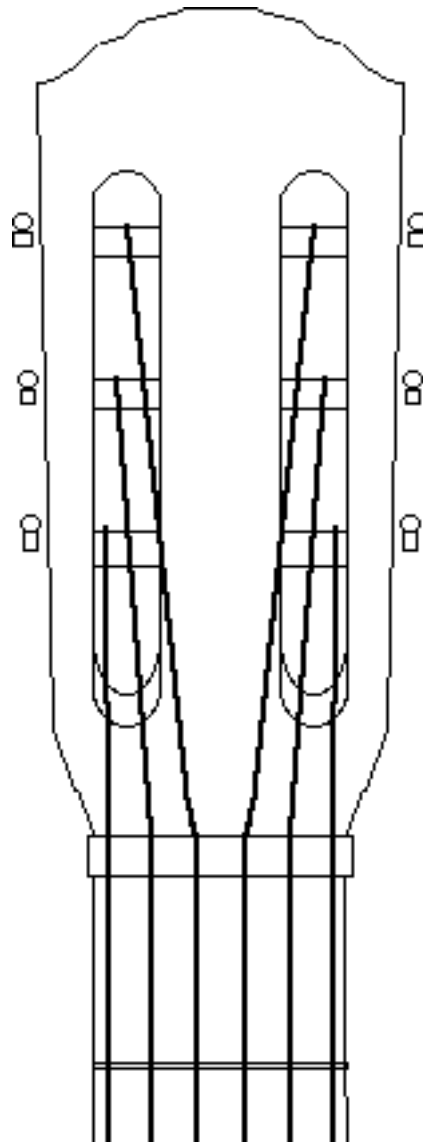
Enfin il faut savoir une chose : les cordes ont une longévité finie. Elles s'usent, en frottant sur les sillons. Il faut savoir remplacer une corde usagée, ou "corder" une guitare. Pour ce faire on doit savoir fixer les cordes, sans se tromper : le noms des notes, Mi La Ré Sol Si Mi , sont indiqués sur les sachets.

Voici comment se fixent les cordes sur la table d'harmonie :

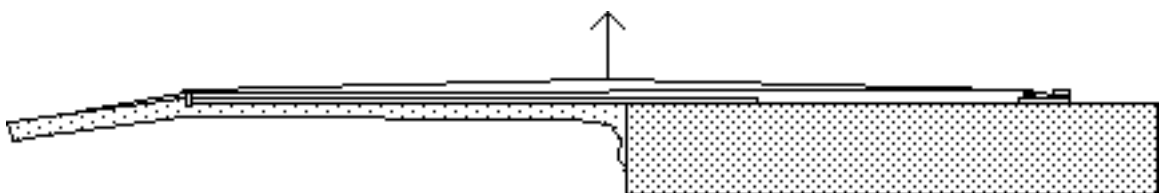


Et sur le manche :





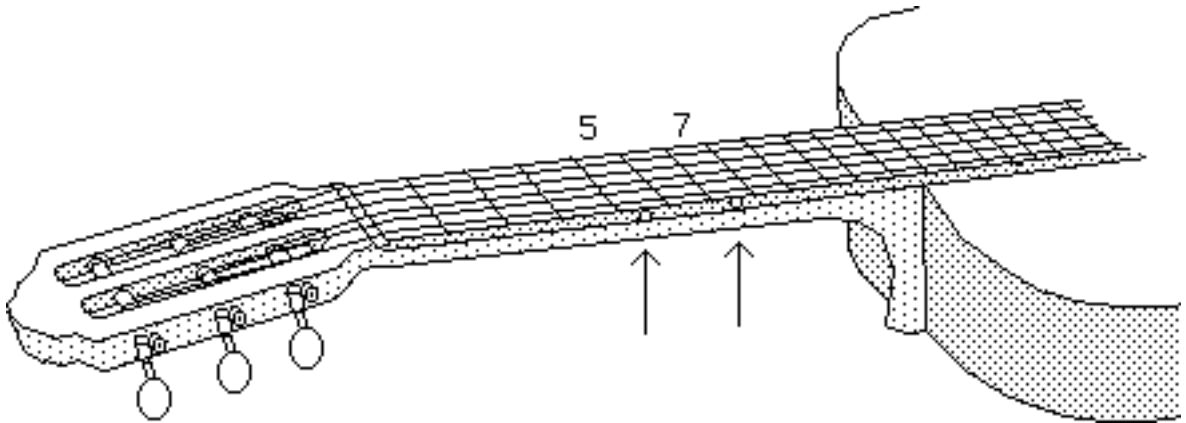
Des cordes neuves sonnent mieux, surtout les basses. Ceci dit, une corde met un certain temps à "prendre sa place" sur l'instrument. Quand on change une corde, ou qu'on recorde tout l'instrument, il faut s'attendre à une dérive de l'accordage. Quand on place une corde et qu'on ajuste la hauteur du son, par exemple à l'aide d'un synthétiseur ou d'un diapazon, il faut s'attendre à ce que ce son baisse assez rapidement. On incitera donc la corde à prendre sa place en accroissant sa tension, à l'aide de petits mouvements de traction, comme ceci, en écartant la corde d'un centimètre :



Ceci fait baisser le son. Il faut alors retendre, et rééditer l'opération jusqu'à ce que son se stabilise. En général il faudra plusieurs jours pour que la corde prenne sa place, que les nœuds se sèrrent bien et que les hauteurs de son deviennent stables.

Le manche de la guitare.

Le manche comporte des sillons de cuivre, chacun correspondant à un demi-ton. Vous noterez qu'entre sa tête et la caisse de résonance il y a douze cases. La douzième correspond à l'octave. Certaines guitares portent deux pastilles-repères, blanches, incrustées dans le bois, sur le côté du manche, pour qu'elle soient bien visibles. Si ça n'est pas le cas, il ne serait pas mauvais que vous colliez deux petites pastilles adhésives aux endroits correspondants, ce qui vous aidera à mieux vous repérer :

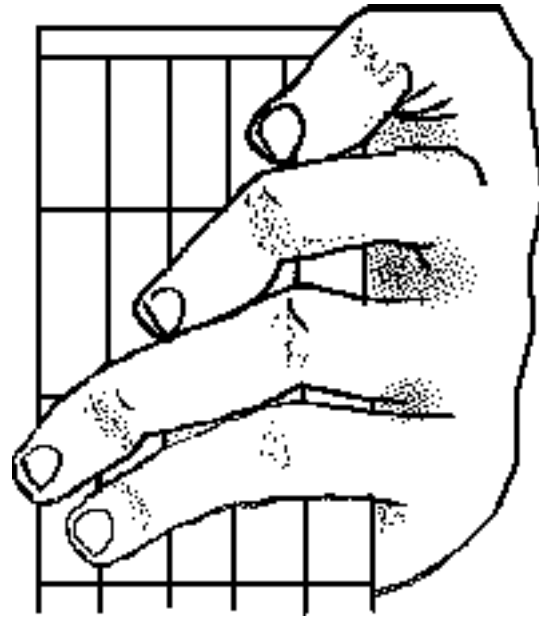


Dans cette première partie du livre, nous allons viser l'accompagnement d'un air ou d'une chanson. Voici donc les accords usuels, avec les notes correspondantes. Mais si le solfège vous rebute, passez vite à la section suivante, où sont indiqués les doigtés permettant de composer ces accords.

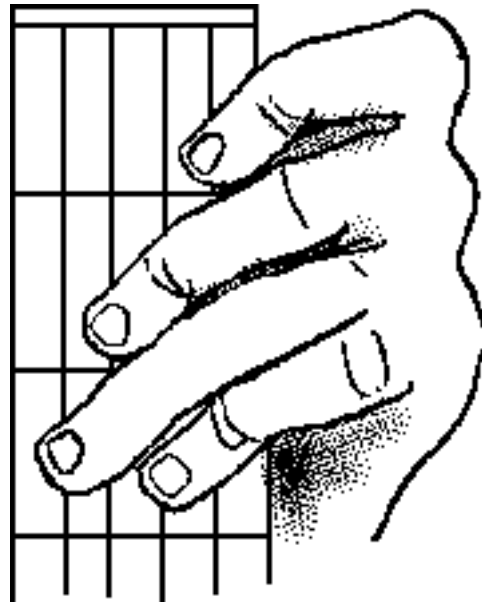
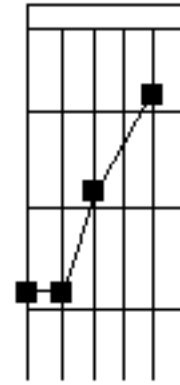
Quelques accords usuels.

Ce qui intéressera le lecteur au premier chef sera la façon de plaquer ces accords sur le manche. Voyez si vous pouvez plaquer les accords suivants

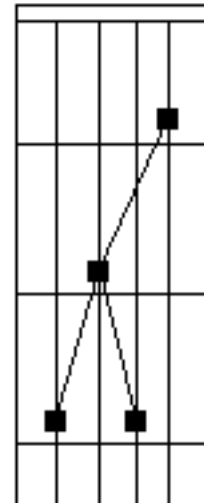
En DO :



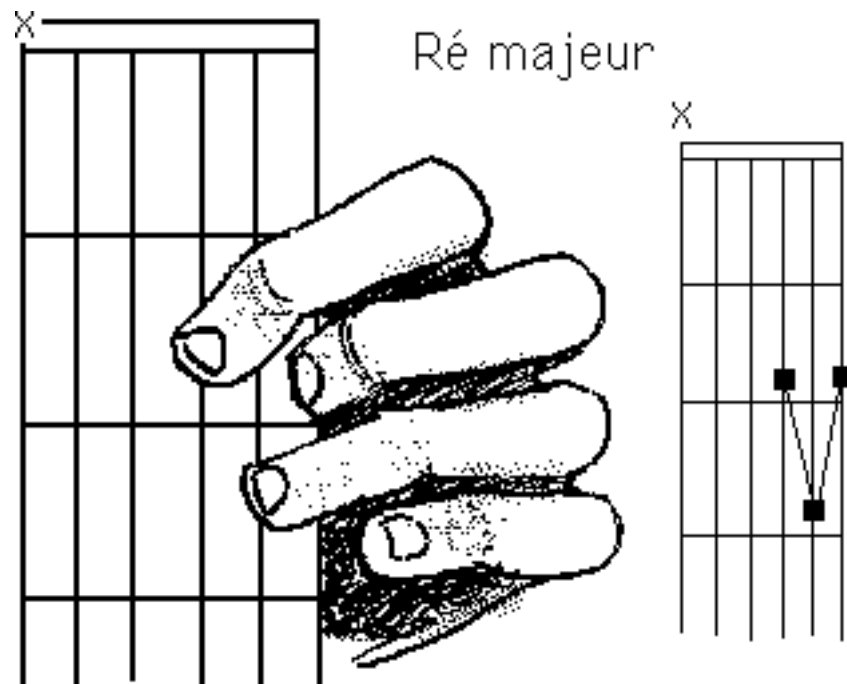
DO Majeur



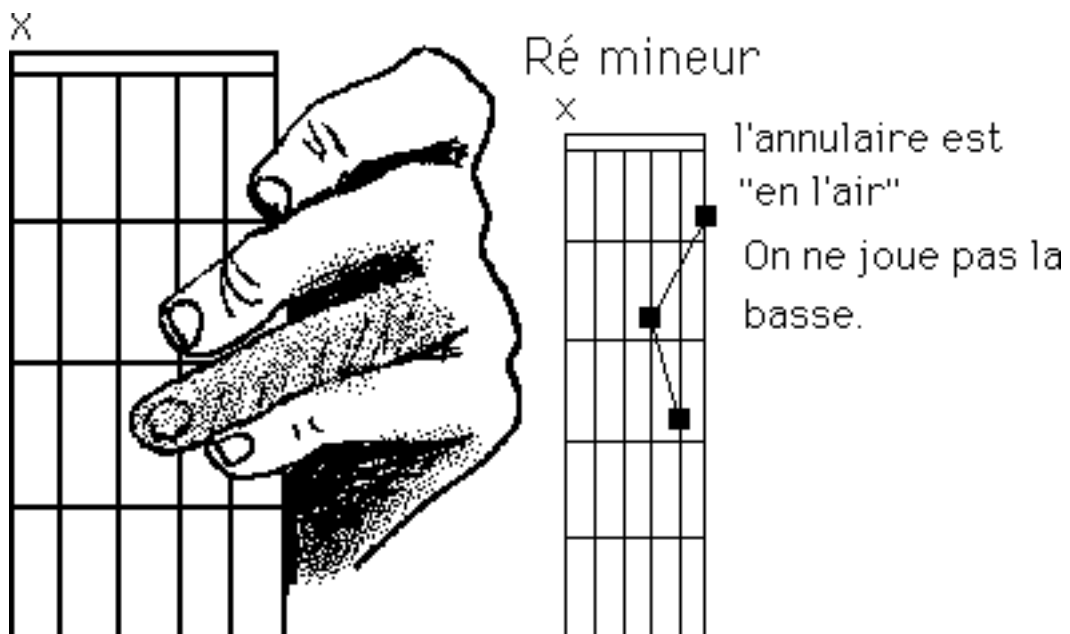
Do 7°

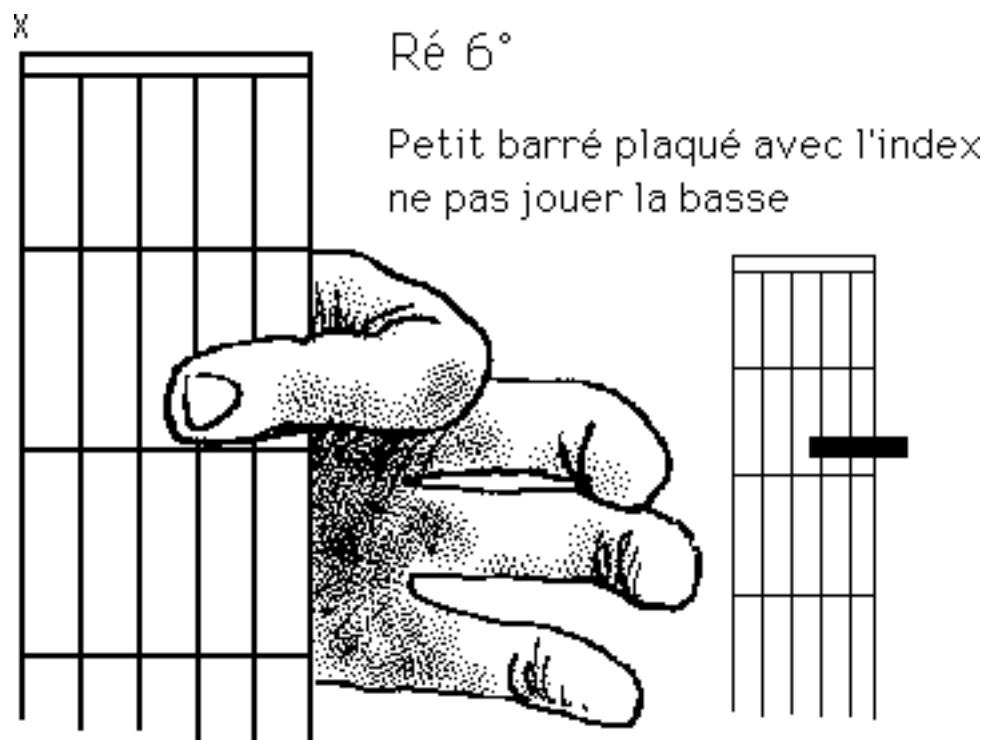
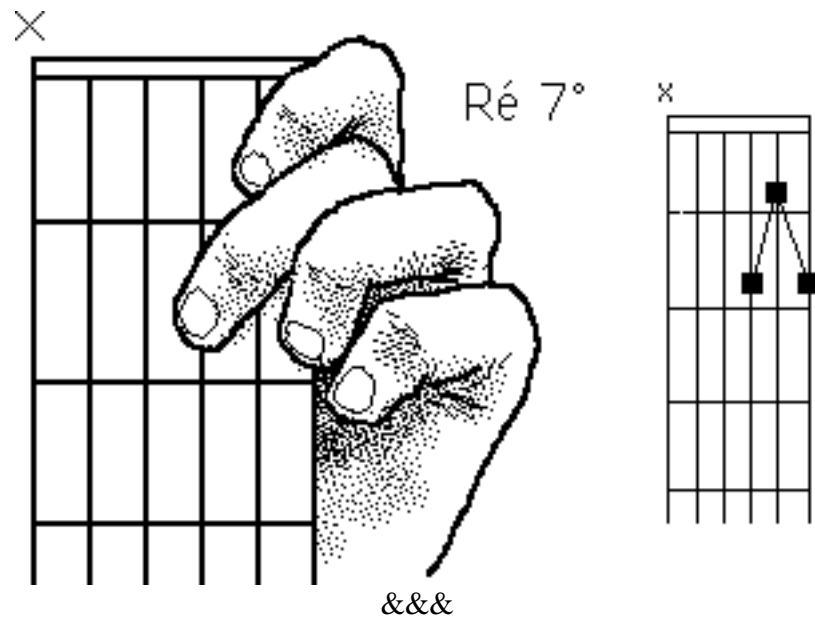


En RE :

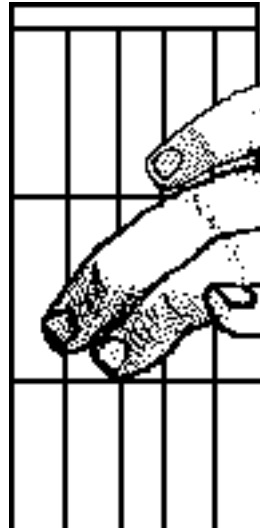


La croix indique que cette corde ne doit pas être pincée, sinon l'accord serait faux.

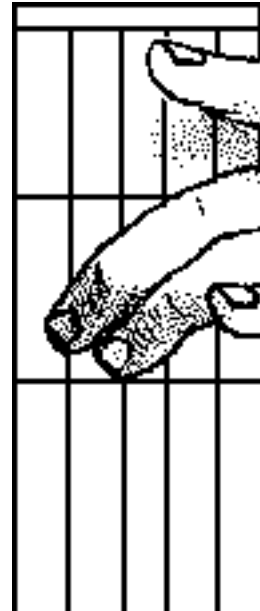
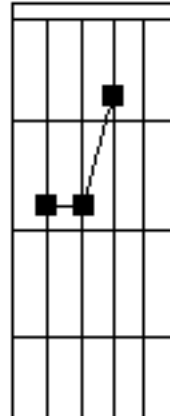




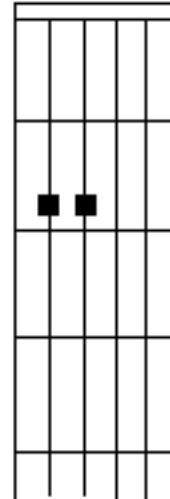
En MI :



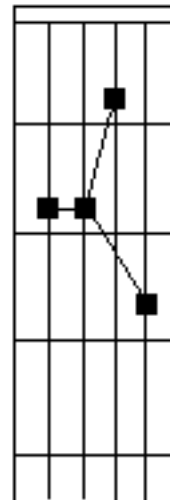
Mi majeur



Mi mineur

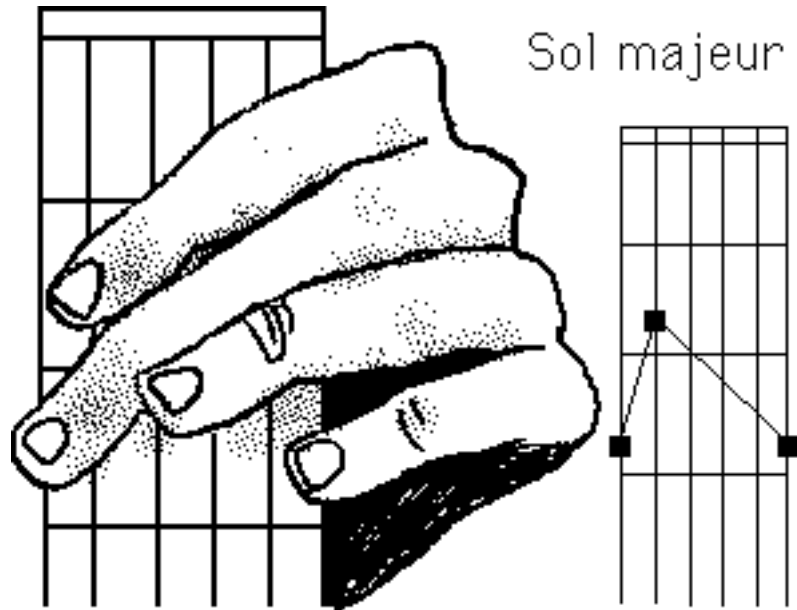


Mi 7°

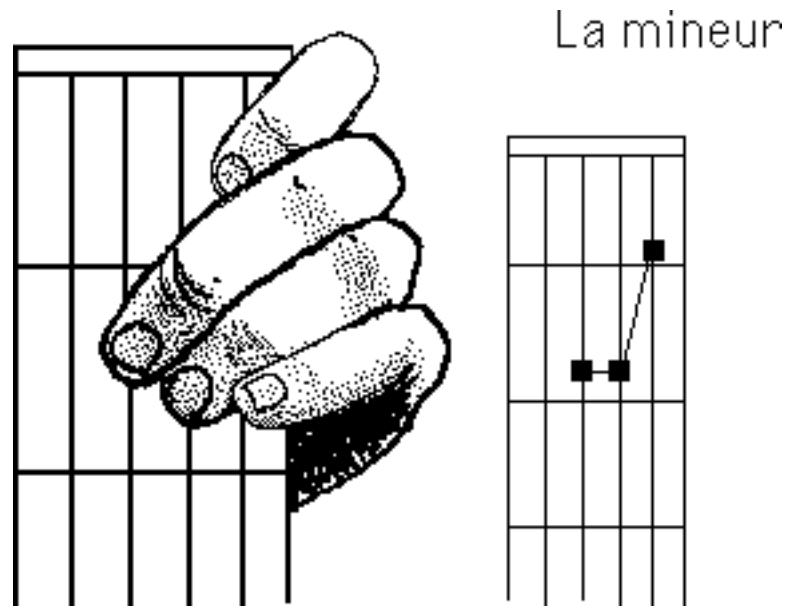
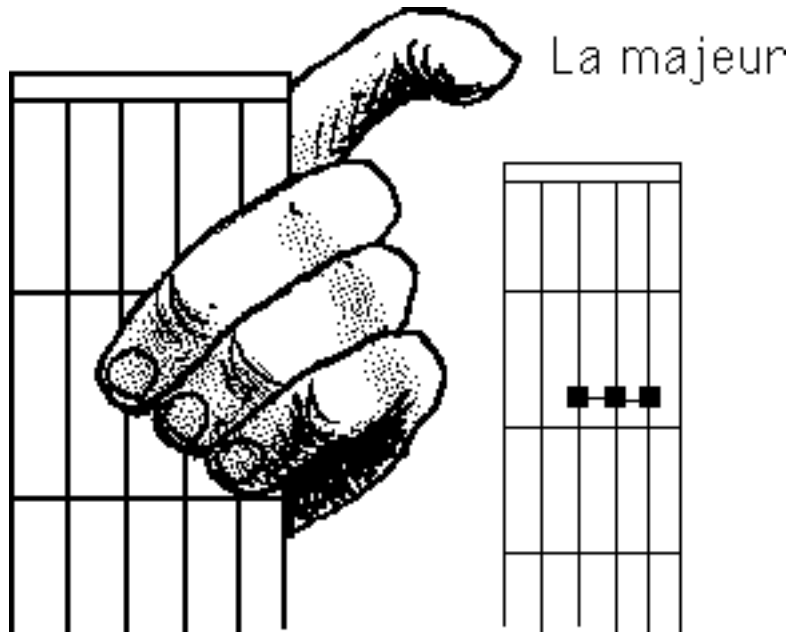


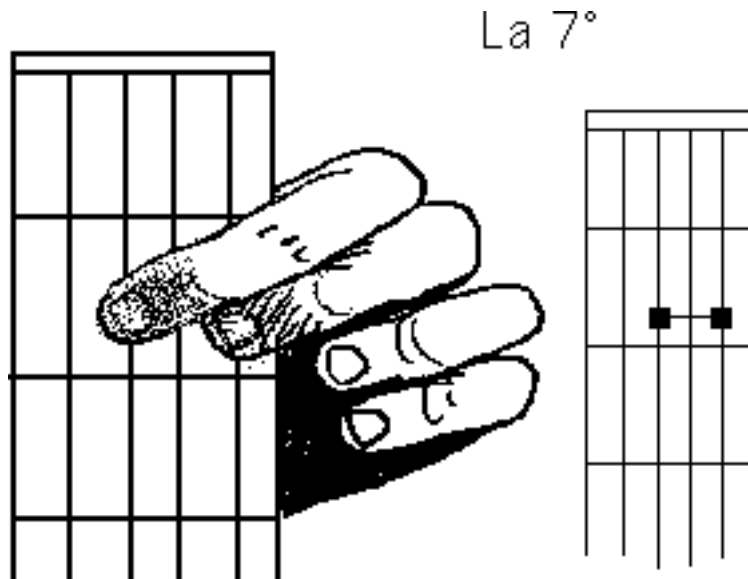
On laisse pour le moment tomber les accords de Fa, qui nécessitent des "barrés", problème qu'on abordera plus loin.

En SOL :

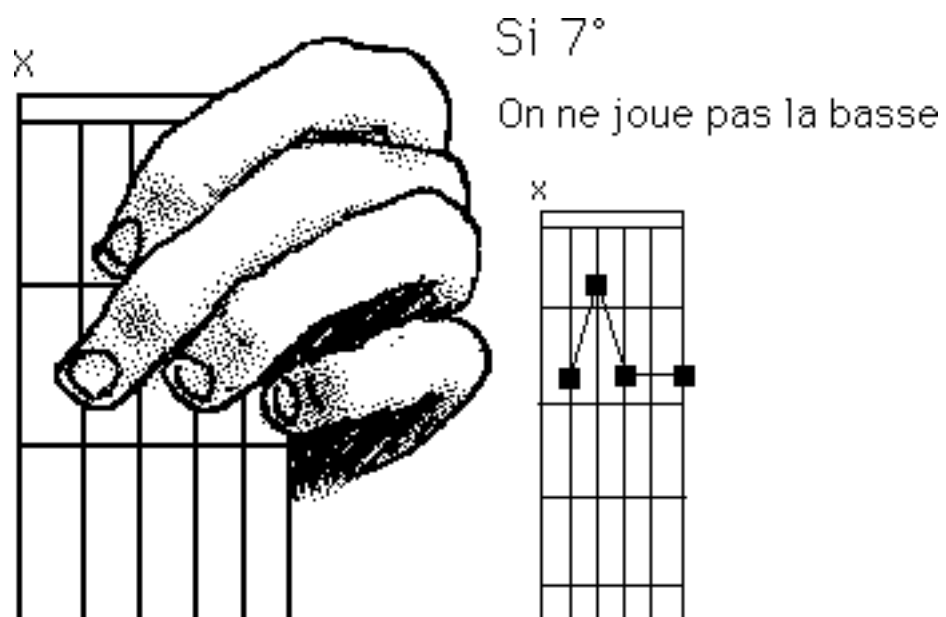


En LA :





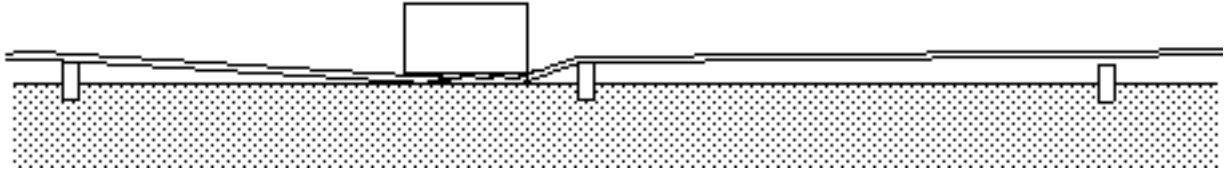
En SI :



Le barré.

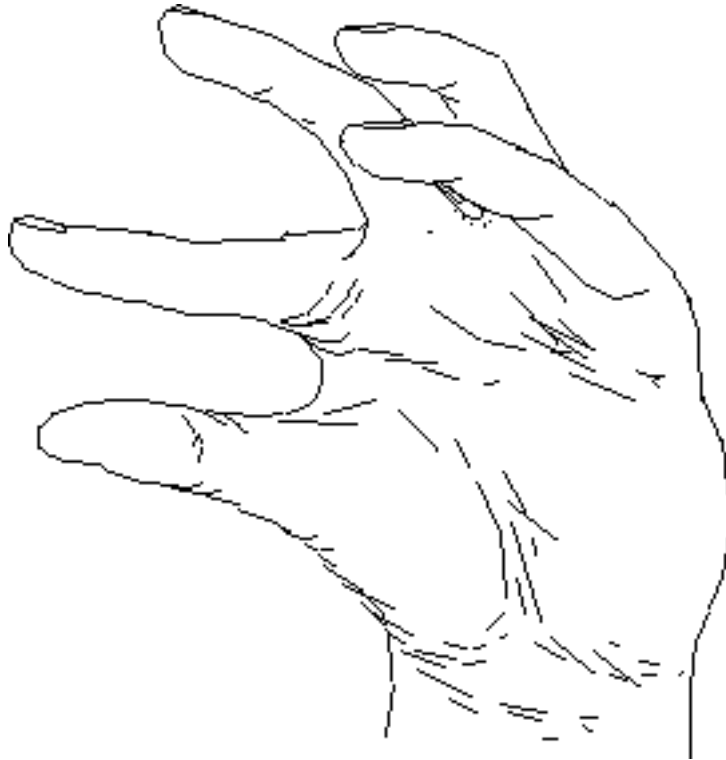
Un de ces accords usuels, le Fa, comporte un "barré". Le débutant éprouvera immédiatement quelque difficulté à plaquer celui-ci.

Chaque case de la guitare représente un demi-ton. On peut monter le son d'une guitare en utilisant un "capodastre". Il en existe de différents modèles.

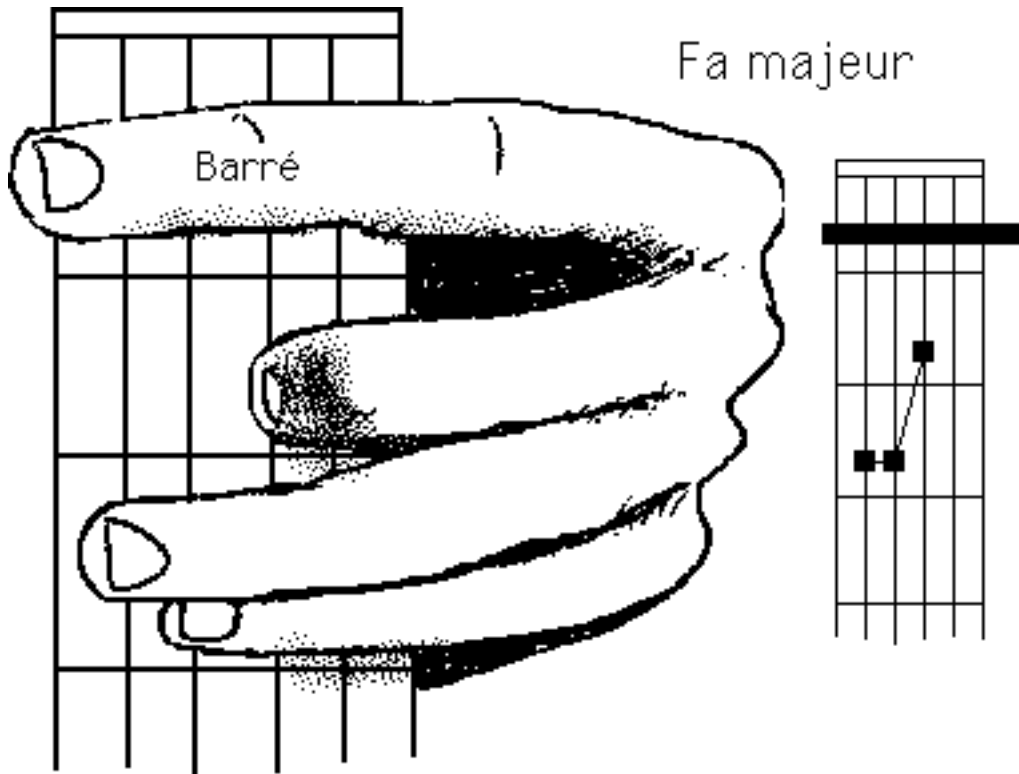


Le capodastre écrase complètement, quand il est correctement posé, les six cordes sur le manche. On peut jouer sur une guitare ainsi "raccourcie".

Le barré est un capodastre humain. On le fait avec l'index de la main gauche, qui doit alors être complètement raidi, pour exercer une pression égale sur toutes les cordes. On s'exercera à plaquer les six cordes avec l'index, comme ceci, en essayant de créer une "pince" la plus efficace possible. Si le barré n'est pas assez puissant, les cordes "friseront".



L'accord de Fa est une variante de cette position. Lorsque le lecteur saura bien écraser les cordes avec son index il n'aura pas de difficulté à composer son accord de Fa majeur :



Accords usuels, avec les notes correspondantes.

Nous donnerons ceci pour mémoire, car notre propos n'est pas de transformer ce manuel en cours de solfège.

Do maj

mi	la	ré	sol	si	mi
fa	si _b	mi _b	sol ^d	do	fa
fa ^d	si	mi	la	do ^d	fa ^d
sol	do	fa	si _b	ré	sol
sol ^d	do ^d	fa ^d	si	mi _b	sol ^d

sol do mi sol do mi

Diagram illustrating the fretboard positions for two chords: **do 7°** and **ré majeur**.

do 7°:

The fretboard diagram shows the following notes (from top to bottom strings):

- String 6: ~~mi~~ (crossed out), la, ré, sol, si, ~~mi~~ (crossed out)
- String 5: fa, si_b, mi_b, sol^d, do (circled), fa
- String 4: fa^d, si, ~~mi~~ (crossed out), la, do^d, fa^d
- String 3: sol, do (circled), fa, si_b, ré, sol
- String 2: sol^d, do^d, fa^d, si, mi_b, sol^d

The notes **mi** (on string 4) and **do** (on string 3) are circled, and thick black lines connect them to the circled **do** on string 5 and the circled **si_b** on string 3, indicating the correct fingering.

The chord name is **do 7°**. The sequence of notes is **mi do mi si_b do mi**.

The musical notation shows the chord in G7 (one flat) on a treble clef staff, with notes G4, Bb4, D5, F5, G5, Bb5. The bass clef staff shows the low G4.

ré majeur:

The fretboard diagram shows the following notes (from top to bottom strings):

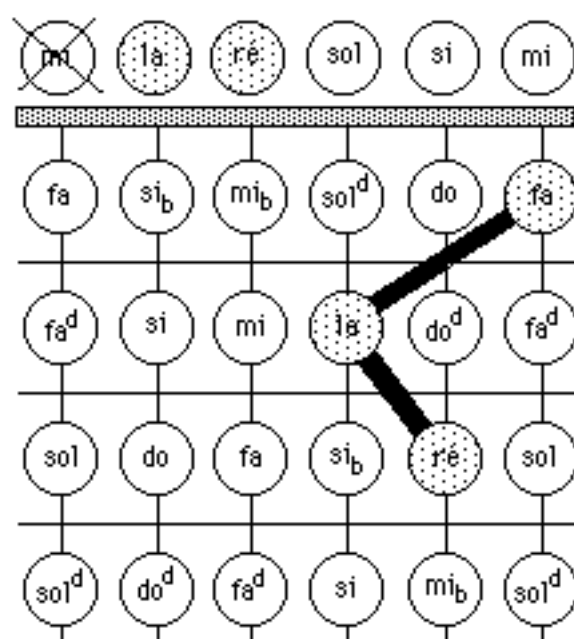
- String 6: ~~mi~~ (crossed out), la, ré, sol, si, mi
- String 5: fa, si_b, mi_b, sol^d, do, fa
- String 4: fa^d, si, mi, ~~la~~ (crossed out), do^d, fa^d
- String 3: sol, do, fa, si_b, ré (circled), sol
- String 2: sol^d, do^d, fa^d, si, mi_b, sol^d

The notes **ré** (on string 3) and **do^d** (on string 4) are circled, and thick black lines connect them to the circled **ré** on string 3 and the circled **do^d** on string 4, indicating the correct fingering.

The chord name is **ré majeur**. The sequence of notes is **la ré la ré fa^d**.

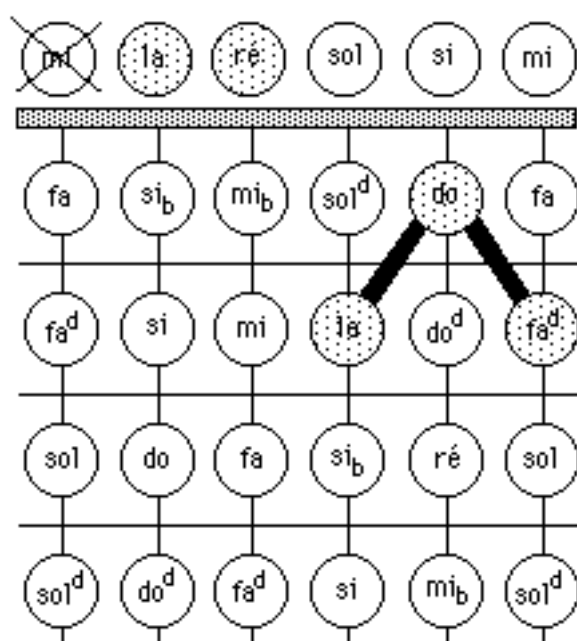
The musical notation shows the chord in D major on a treble clef staff, with notes D4, F#4, A4, D5, F#5. The bass clef staff shows the low D4.

La croix indique que cette corde ne devra pas être pincée, sinon l'accord serait faux.



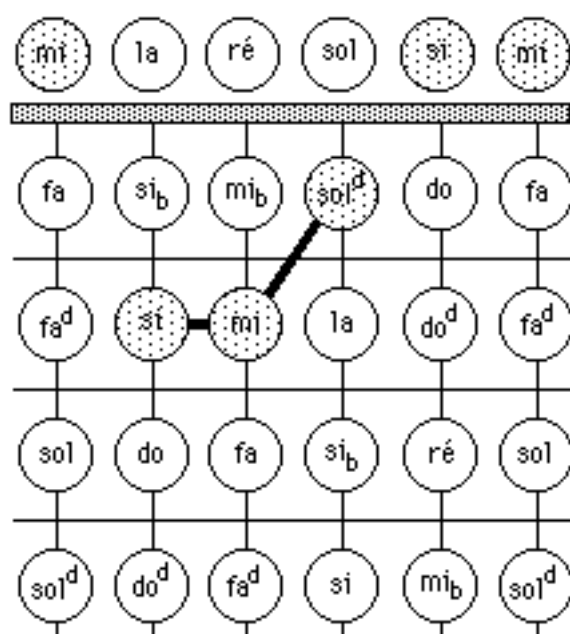
ré mineur

la ré la ré fa

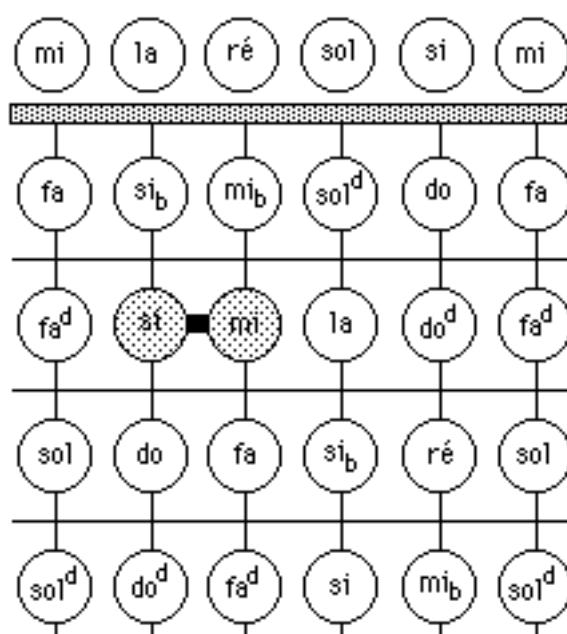
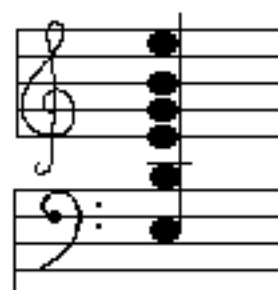


ré 7°

la ré la do fa^d



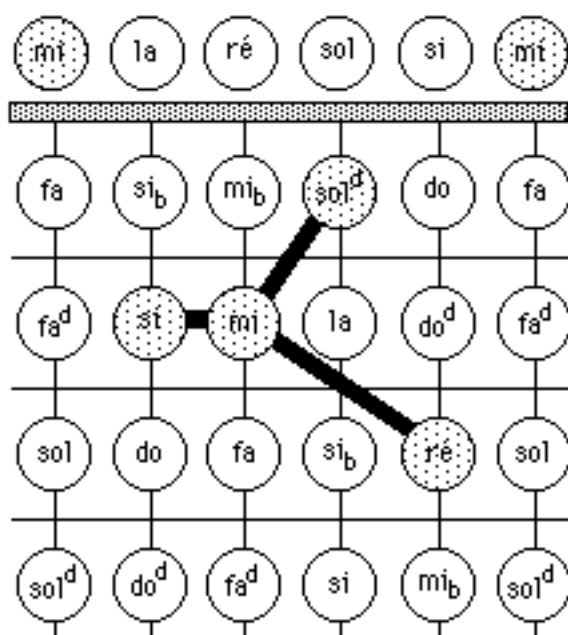
mi majeur

mi si mi sol^d si mi

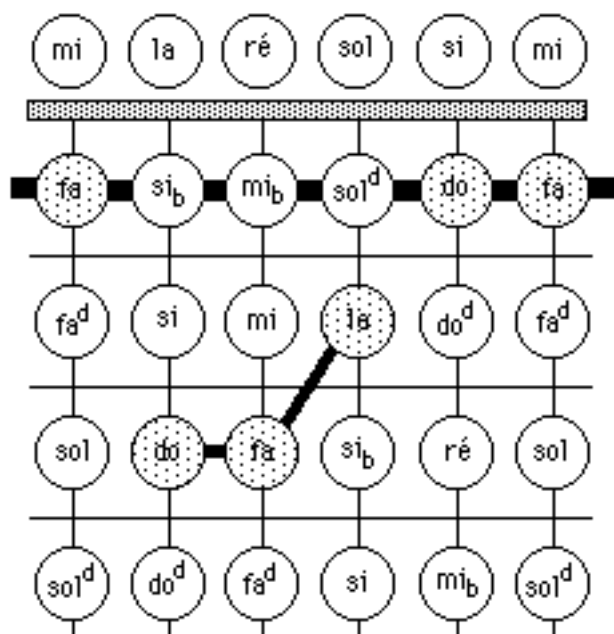
mi mineur

mi si mi sol si mi





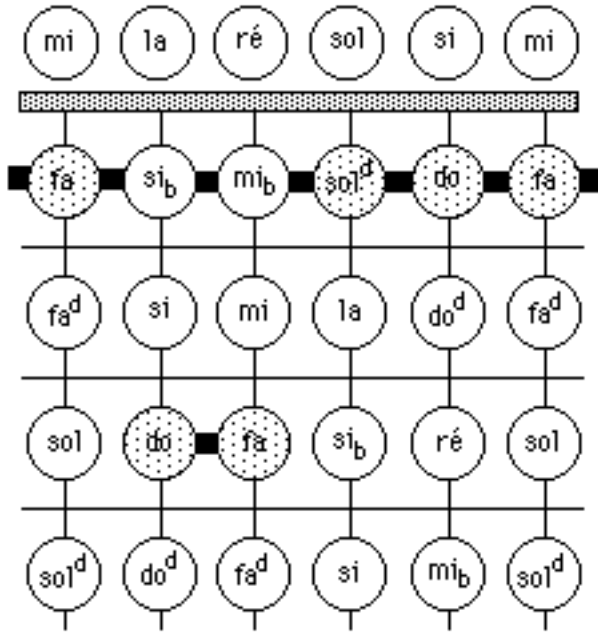
mi 7°

mi si mi sol^d ré mi

fa majeur

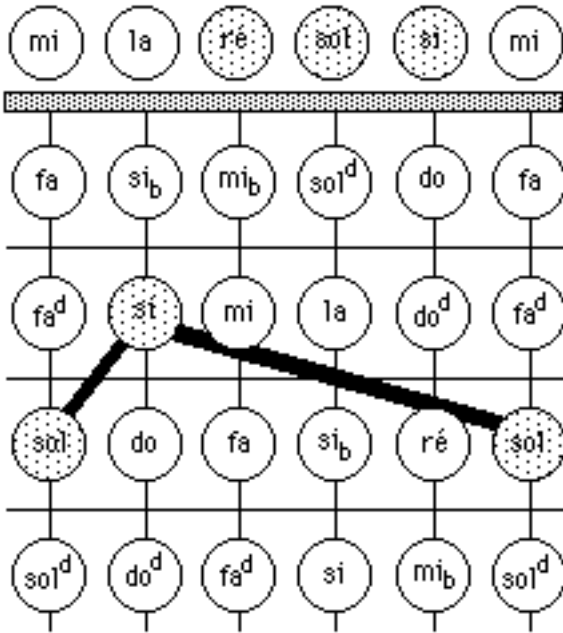
fa do fa la do fa





fa mineur

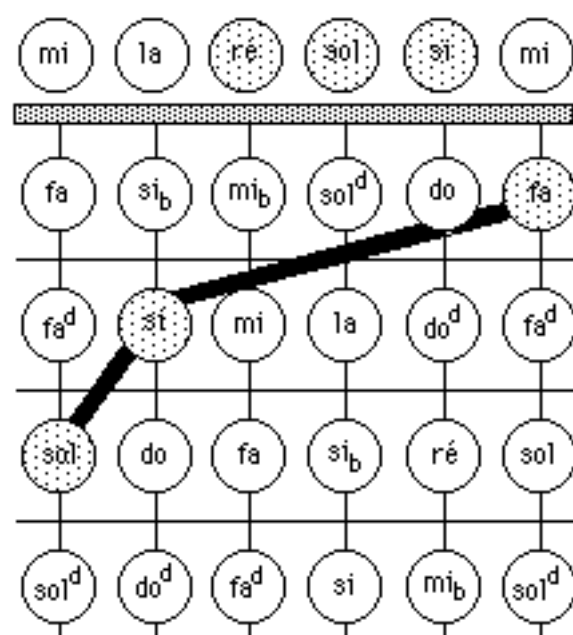
fa do fa sol^d do fa



sol majeur

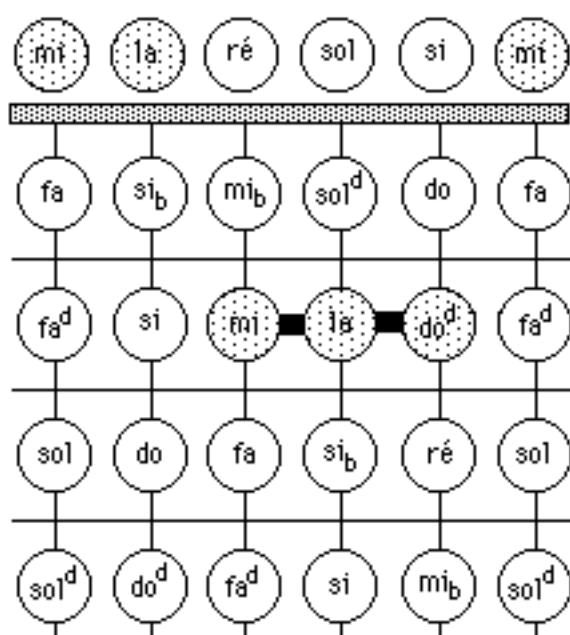
sol si ré sol si sol





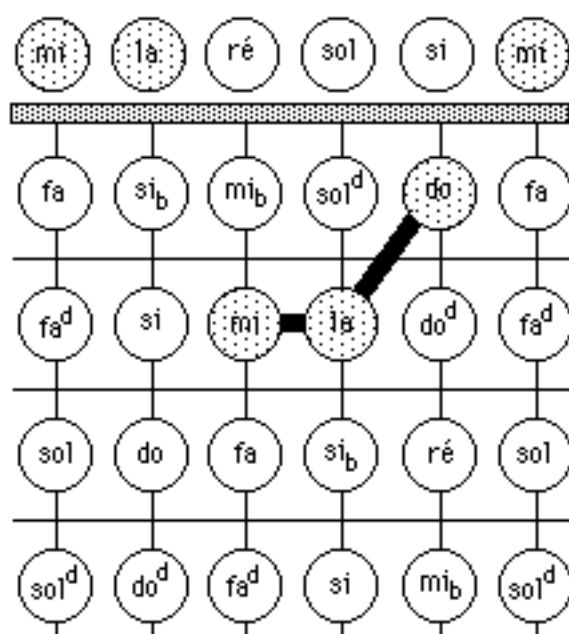
sol 7°

sol si ré sol si fa



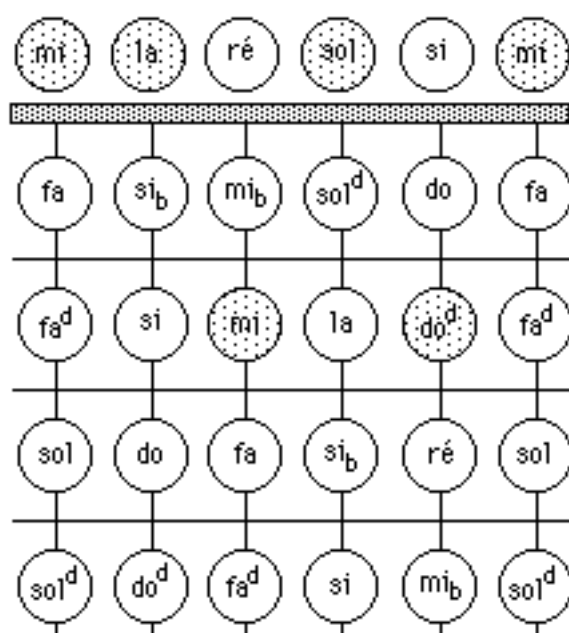
la majeur

mi la mi la do^d mi



la mineur

mi la mi la do mi



la 7°

mi la mi sol do^d mi

mi la ré sol si mi

fa si_b mi_b sol^d do fa

fa^d si mi do^d fa^d

sol do fa si_b ré sol

sol^d do^d fa^d si mi_b sol^d

si 7°

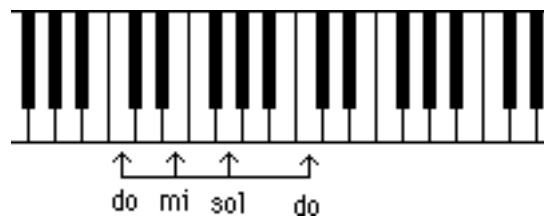
fa^d si mi_b la si fa^d

UN PEU D'HARMONIE

Pour accompagner une chanson il faudra enchaîner plusieurs accords, en général au minimum trois. L'air peut être en ton majeur ou mineur.

Accords majeurs :

Un accord majeur est un "accord parfait". Si vous avez un instrument à clavier, piano ou synthétiseur, vous pouvez plaquer



Vous pourrez, toujours sur ce clavier, monter toutes les notes d'un demi-ton et composer les accords de :

- Do dièse majeur
- Ré majeur
- Mi bémol majeur

Fa majeur

etc...

En revenant à un accord majeur quelconque, sur votre guitare, vous découvrirez toujours des notes qui appartiennent à cette séquence. Exemple :

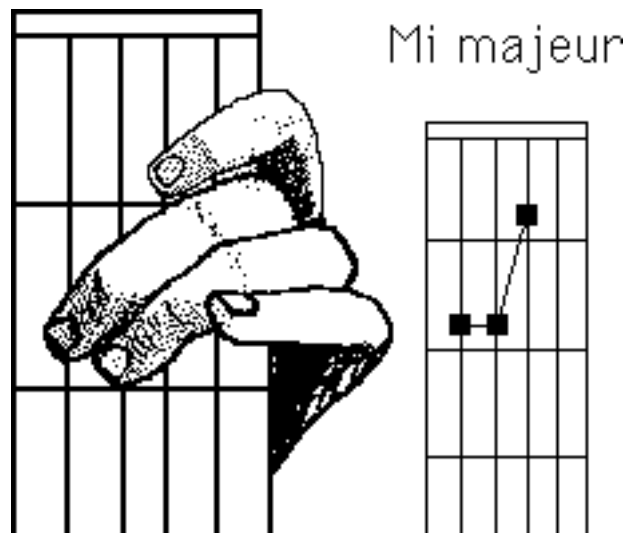
c'est-à-dire, avec le doigté :

ou l'accord de mi majeur :

mi majeur

mi si mi sol^d si mi

Avec son doigté :



Accords mineurs :

Sur un instrument à clavier, il est aisé de construire alors l'accord mineur, dans la tonalité correspondante. Il suffit de descendre la deuxième note de l'accord parfait. Par exemple, pour le Do majeur, cela donnerait :

Do Mi bémol Sol Do

A titre d'exercice, construisez tous les accords mineurs, sur un clavier, dans toutes les tonalités. Vous n'aurez aucun problème de doigté. Il n'en sera pas de

même pour la guitare. Si vous vouliez par exemple créer un accord de do majeur, il vous faudrait plaquer :

mi la ré sol si mi

do do^d ré mi_b mi fa fa^d sol sol^d la si_b si

Impossible de cette manière, à moins de posséder un doigt supplémentaire !

Par contre, dans le ton de mi, aucun problème :

mi mineur

mi si mi sol si mi

avec son doigté :

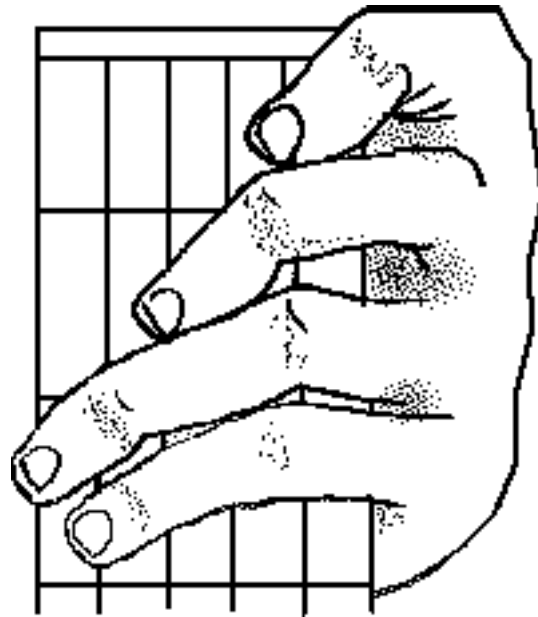


Il suffit de descendre votre sol dièse d'un demi-ton, ce qui se fera en levant simplement votre index.

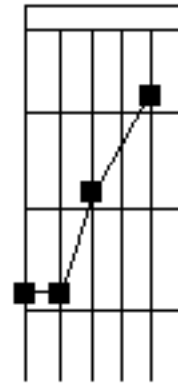
Equivalence des accords.

Quand vous serez capables de plaquer des accords avec barrés, vous pourrez composer n'importe quel accord, dans n'importe quel ton. Par exemple, l'accord de Do majeur peut se composer sur le manche de plusieurs façons différentes.

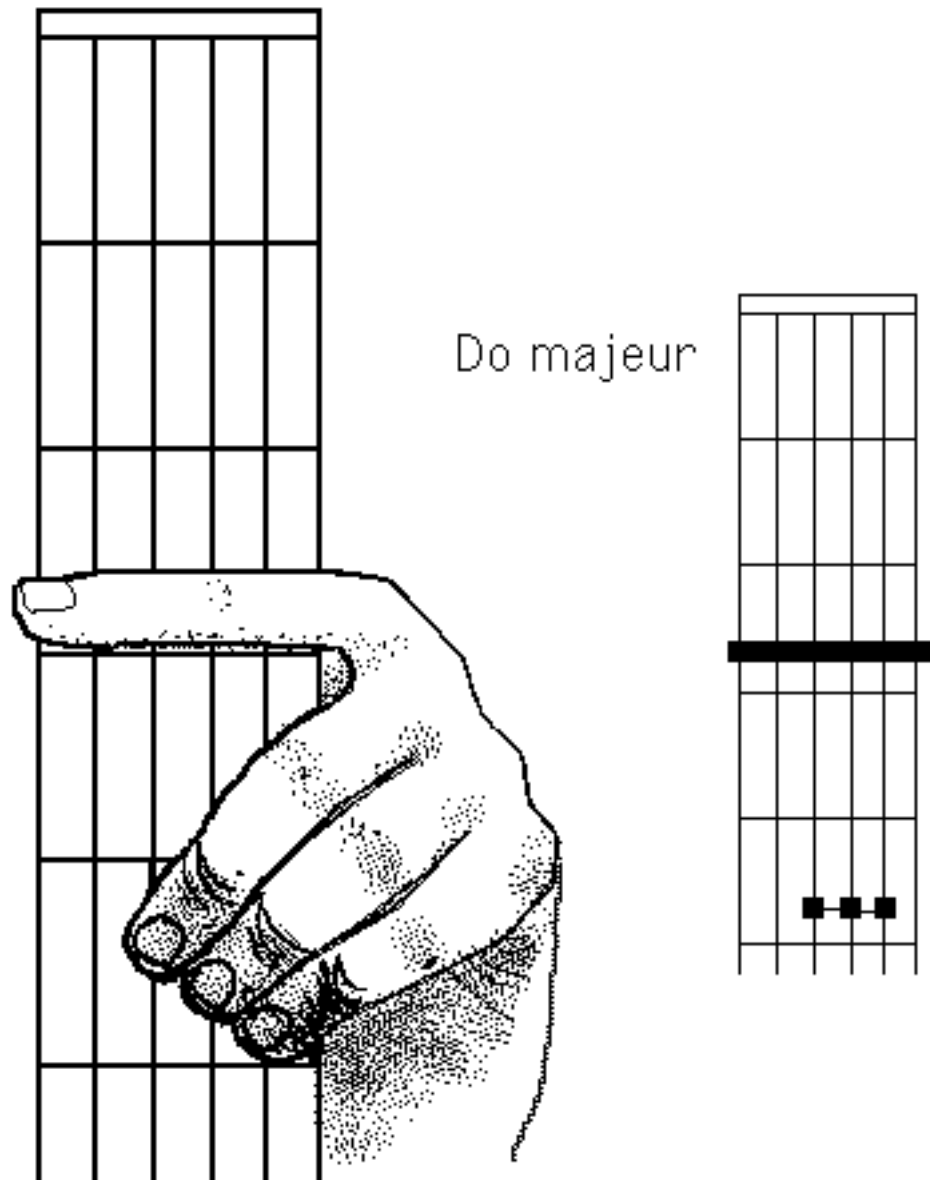
Comme indiqué ci-dessous (la plus simple) .



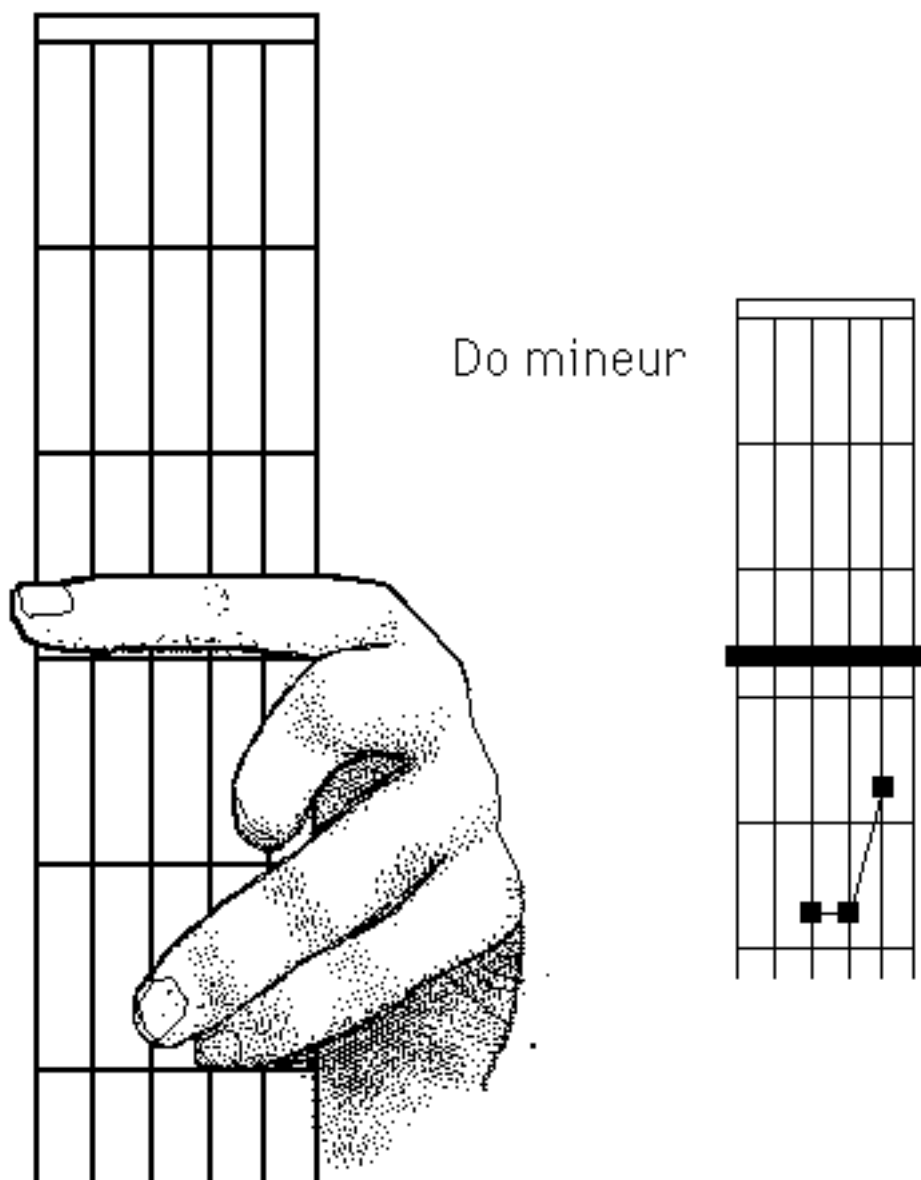
DO Majeur



Puis comme ceci, en montant l'accord de la de quatre demi-tons :



Mais cette seconde position va nous permettre de plaquer l'accord de Do mineur, comme ceci :

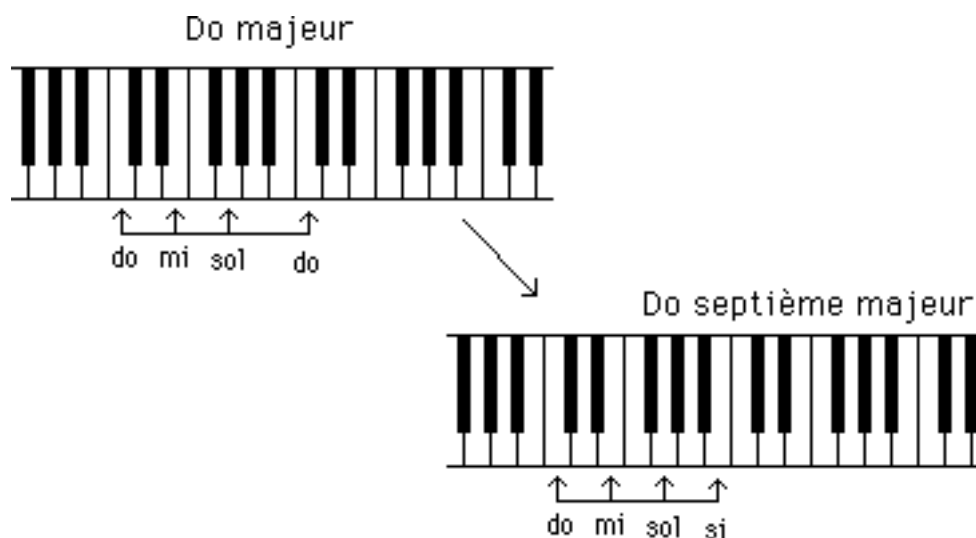


Cet exemple nous montre qu'il est toujours possible de plaquer des accords, majeurs ou mineurs, dans n'importe quel ton, en utilisant des barrés, dès que survient une difficulté de doigté (qui n'existerait pas sur un instrument à clavier).

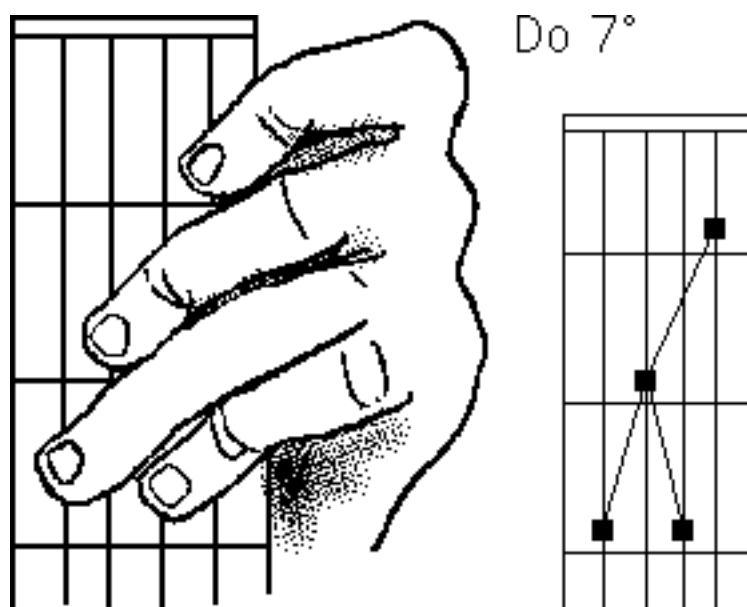
Accords septièmes :

Dans un ton quelconque, on a vu comment on passait d'un accord majeur à un accord mineur, en baissant la "deuxième note" de "l'accord parfait" d'un demi-ton.

Revenons à l'accord majeur de Do. Le second Do est distant du premier d'un octave. On composera l'accord septième majeur en baissant celle-ci note d'un demi-ton, comme ceci (en rajoutant la "septième note") :



Sur le manche de la guitare, cela donnera ceci (déjà présenté plus haut).



Accord de Do septième majeur.

A l'oreille, vous vérifierez que les notes de l'accord plaqué sur la guitare appartiennent à cette série, éventuellement décalées d'un octave.

Sur un clavier, exercez-vous à composer les accords septièmes majeurs et mineurs dans tous les tons de la gamme chromatique :

Do
Do dièse
Ré

Mi bémol
 Mi
 Fa,
 Fa dièze
 Sol
 Sol dièze
 La
 Si bémol
 Si
 Si dièze

Cette gamme chromatique comporte douze notes (d'où l'expression "dodécaphonique", de dodeca qui, en grec, signifie douze).

Pour ceux qui ignorent tout du solfège, le fait de pondérer une note d'un **dièze** équivaut à la monter d'un demi-ton, c'est-à-dire de passer à la note qui vient immédiatement après. Mettre un **bémol** devant la note équivaut à baisser celle-ci d'un demi-ton.

Les sept notes de la gamme ne sont pas toutes séparées par un ton. Les écarts sont :

Do-Ré : un ton (deux demi-tons).
Ré-Mi : un ton (deux demi-tons).
Mi-Fa : un demi-ton
Fa-Sol : un ton (deux demi-tons).
Sol-La : un ton (deux demi-tons).
La-Si : un ton (deux demi-tons).
Si-Do : un demi-ton

Ainsi :

Mi dièze, c'est Fa
 Si dièze, c'est Do

L'adjectif **bémol** revient à baisser la note d'un demi-ton.

Ainsi Ré Dièze, c'est mi-bémol.

Pour des questions de questions de convention, on préfère parler d'un Mi bémol au lieu d'un Ré dièze.

Accompagnement d'un air.

Un très grand nombre de chansons peuvent être accompagnées à l'aide de trois accords.

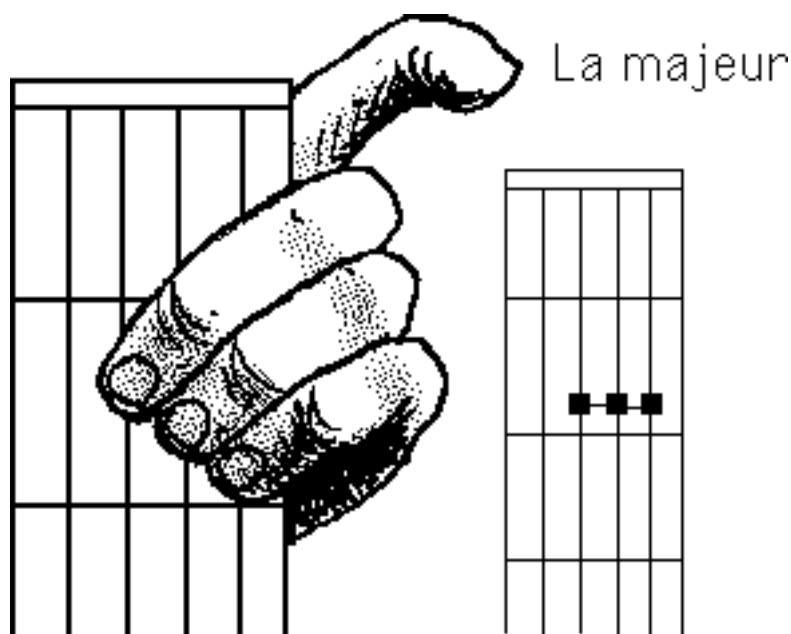
Il y aura deux types de mélodies.

- Celles qui correspondent à un ton majeur
- Celles qui correspondent à un ton mineur.

L'accord de base, qu'on appelle **tonique**, dans le ton considéré, sera alors un accord majeur ou mineur.

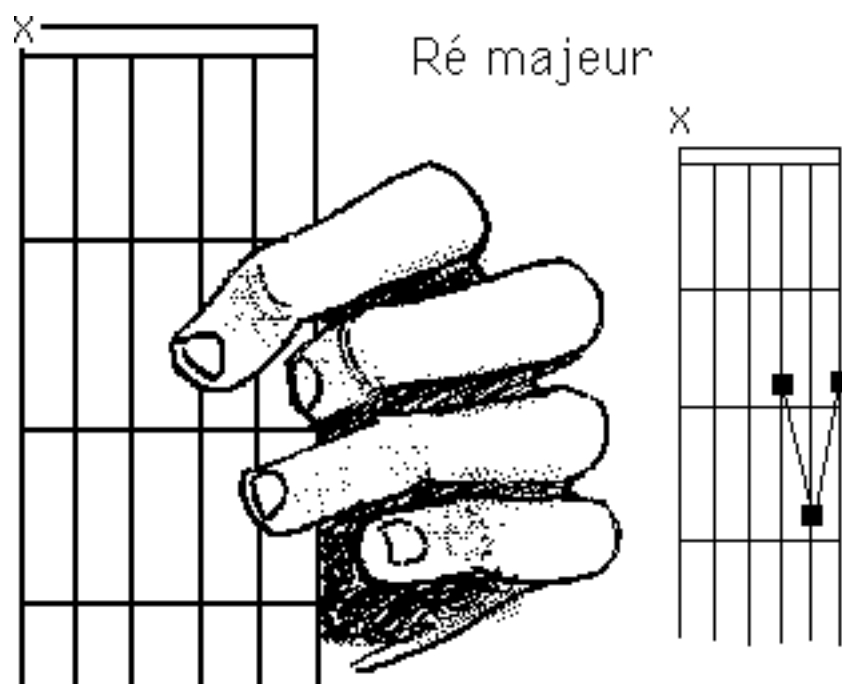
- Accompagnement en majeur :

Prenons d'abord un accompagnement en La majeur. **L'accord tonique** sera l'accord de la majeur :



Accord de La majeur

On lui associera un second accord majeur, distant, vers le haut, de cinq demi-tons (ou, vers le bas, de huit demi-tons). Comme cet accord est situé cinq demi-ton au-dessus, on l'appellera **l'accord de quinte**.

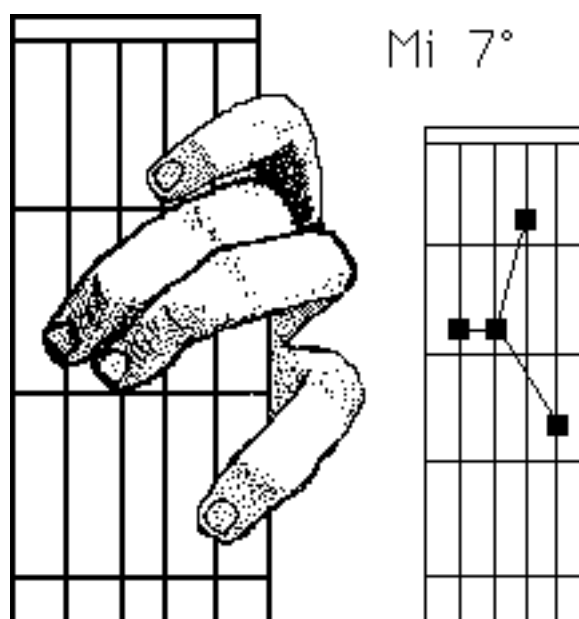


Accord de Ré majeur

(La croix indique que cette corde ne doit pas être pincée)

La croix signifie qu'on ne pincera pas la première corde, la plus grave.

Ajoutons un troisième accord, de septième (quatre demi-tons en dessous) :

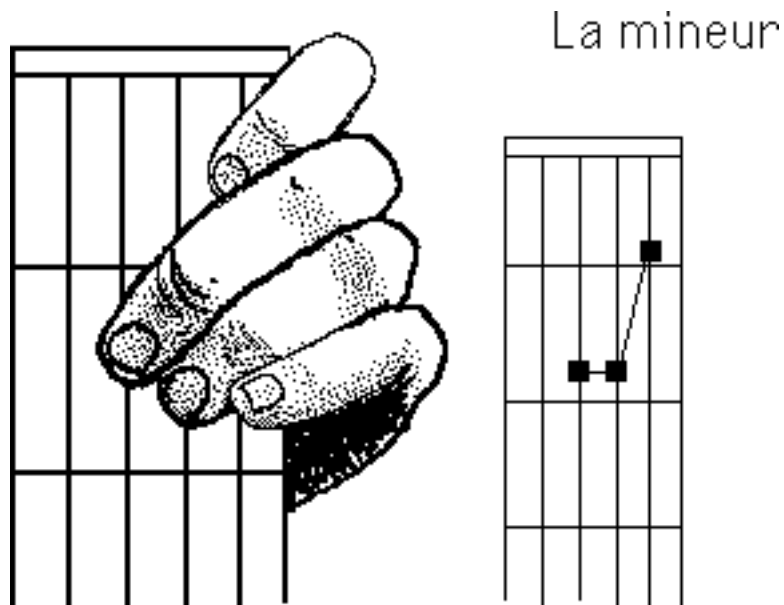


Accord de 7°, correspondant, en mi

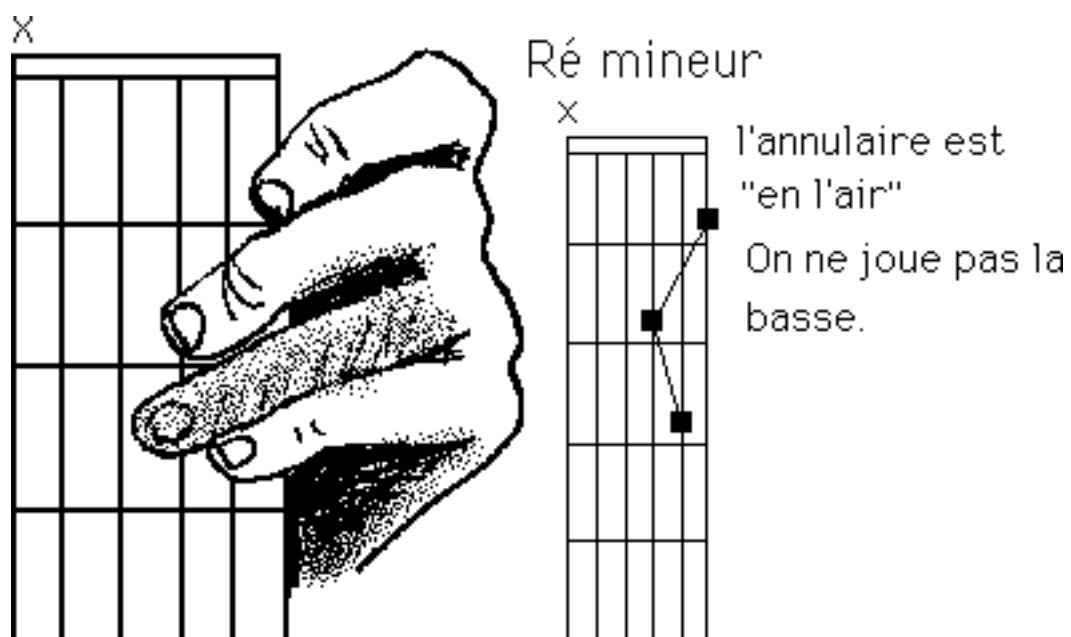
En composant ces accords, le lecteur se rendra immédiatement compte que cet ensemble lui permet d'accompagner un très grand nombre de chansons ou d'airs, dans un ton majeur.

- Accompagnement en mineur :

En remplaçant les accords tonique et de quinte par les mineurs correspondants, on obtiendra

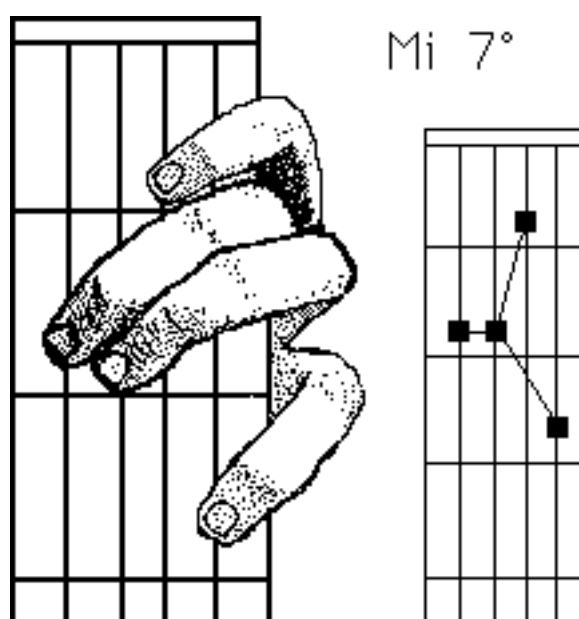


Accord de base, en la mineur



Le doigt "grisé" est "en l'air". La première corde n'est pas pincée.

Accord de quinte, en ré mineur



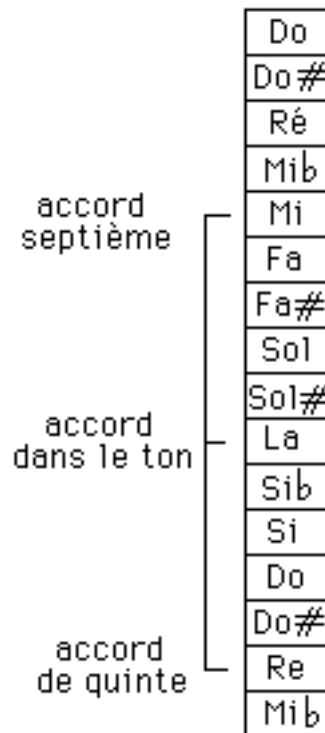
Accord de 7°, correspondant, en mi

Le lecteur sait donc accompagner des airs simples, en majeur et en mineur.

Transposition.

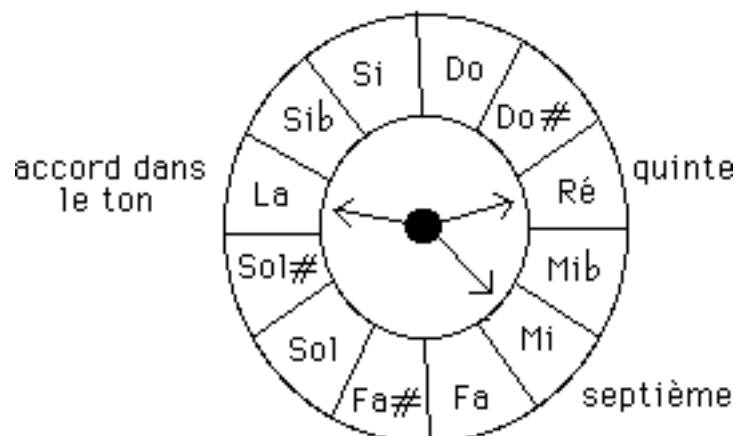
Ces deux ensembles de trois accords sont transposables dans tous les tons, en décalant à chaque fois d'un demi-ton le crochet ci-après, qui correspond à l'exemple précédent, de l'accompagnement en La, majeur ou mineur :

Accompagnement en La



On peut figurer les tons avec une permutation circulaire, de période 12 (douze demi-ton) :

Accompagnement en La

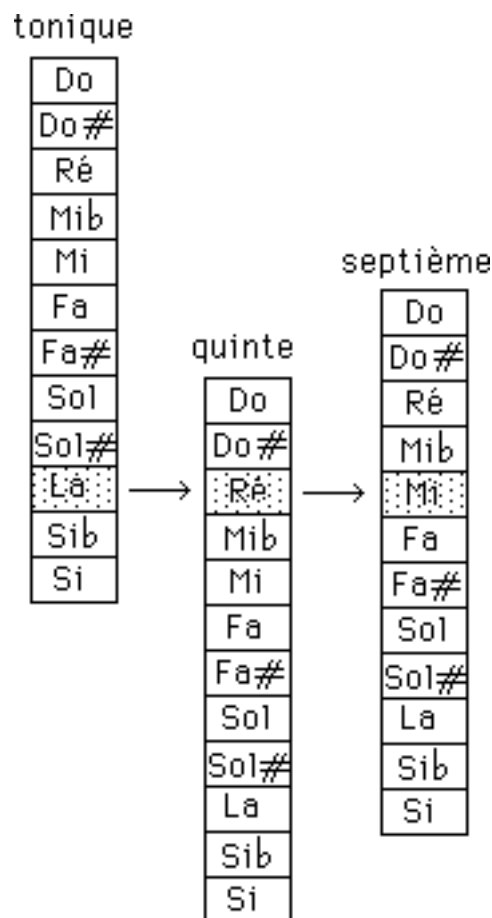


Si le lecteur se fabrique un "calculateur d'accompagnement" avec des disques de carton, il pourra retrouver par suite même la triade d'accords, dans tous les tons, qui correspond au tableau ci-après :

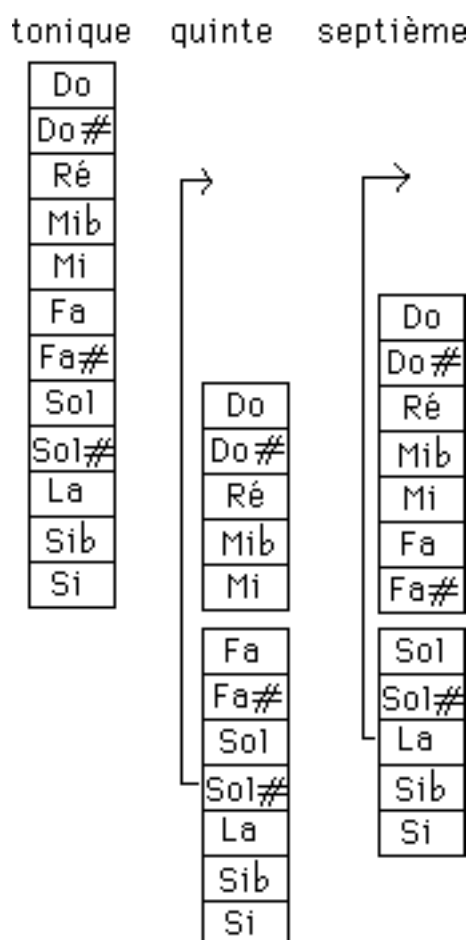
Pour éviter au lecteur de se livrer à cet exercice de trigonométrie, avec compas et rapporteur, le lecteur pourra composer lui-même de sa table de composition.

Bien sûr, tout air, ou chanson, peuvent être interprétés dans tous les tons possibles, en majeur ou en mineur. La transposition peut être obtenue d'ailleurs en utilisant le capodastre.

Pour obtenir cette transposition, découpez trois bandes portant les douze notes de la gamme chromatique, et faire glisser pour amener sur une même ligne les accords de La (tonique), Ré (quinte) et Mi (septième), comme ceci :



Pour faire jouer la périodicité, découpez et recollez, comme ceci :



On obtient alors le tableau qui donne la triade d'accords : tonique-quinte-septième, qui permet d'accompagner dans tous les tons.

tonique	quinte	septième
Do	Fa	Sol
Do#	Fa#	Sol#
Ré	Sol	La
Mib	Sol#	Sib
Mi	La	Si
Fa	Sib	Do
Fa#	Si	Do#
Sol	Do	Ré
Sol#	Do#	Mib
La	Ré	Mi
Sib	Mib	Fa
Si	Mi	Fa#

tonique	quinte	septième
Do	Fa	Sol
Do#	Fa#	Sol#
Ré	Sol	La
Mib	Sol#	Sib
Mi	La	Si
Fa	Sib	Do
Fa#	Si	Do#
Sol	Do	Ré
Sol#	Do#	Mib
La	Ré	Mi
Sib	Mib	Fa
Si	Mi	Fa#

Grille d'accompagnement, dans un ton donné (tonique) en majeur ou en mineur

Fin de cette parenthèse sur l'harmonie. Mais tout ceci vous aura montré que cela ne casse pas trois pattes à un canard.

Pour la guitare on tombe sur des problèmes de doigté, qui peuvent toujours être résolus avec des barrés. Mais le débutant éprouvera quelques difficultés à plaquer ces fichus parrés correctement, sans que les cordes ne "frisent", et, plus encore, à les enchaîner rapidement. Donc, dans un premier temps, nous allons envisager des triades d'accords sans barrés, les plus simples possibles.

Plus haut, nous avons donné les triades qui permettent d'accompagner un morceau ou une chanson en La majeur et en La Mineur.

Prenons la table ci-dessus.

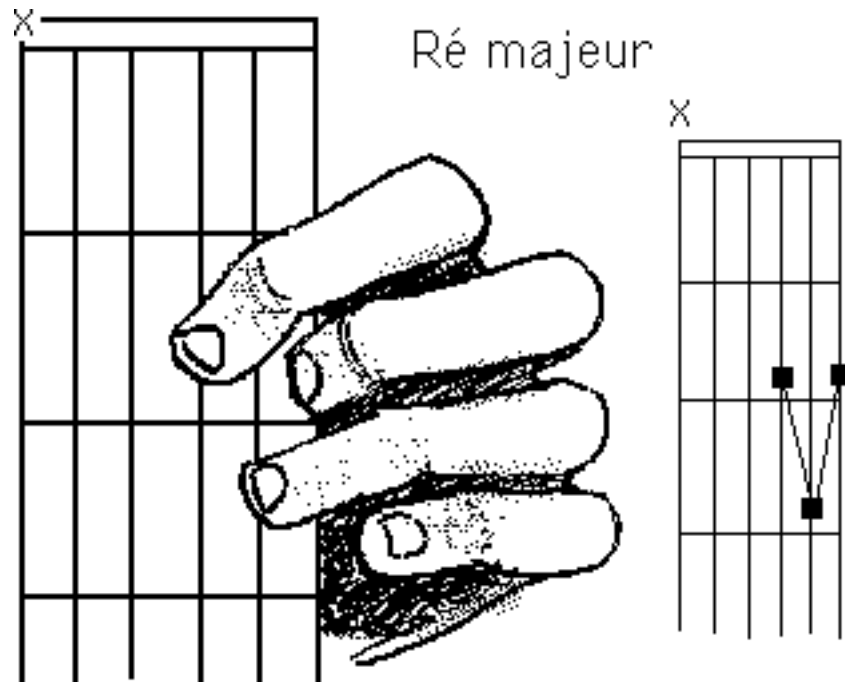
La première triade correspond à l'accompagnement en Do. En majeur il faut un Fa, qui nécessite un barré. En Do mineur, il nous faudrait deux accords avec barré : Do mineur et Fa mineur. Laissons tomber pour le moment.

Même chose pour le ton de Do dièze.

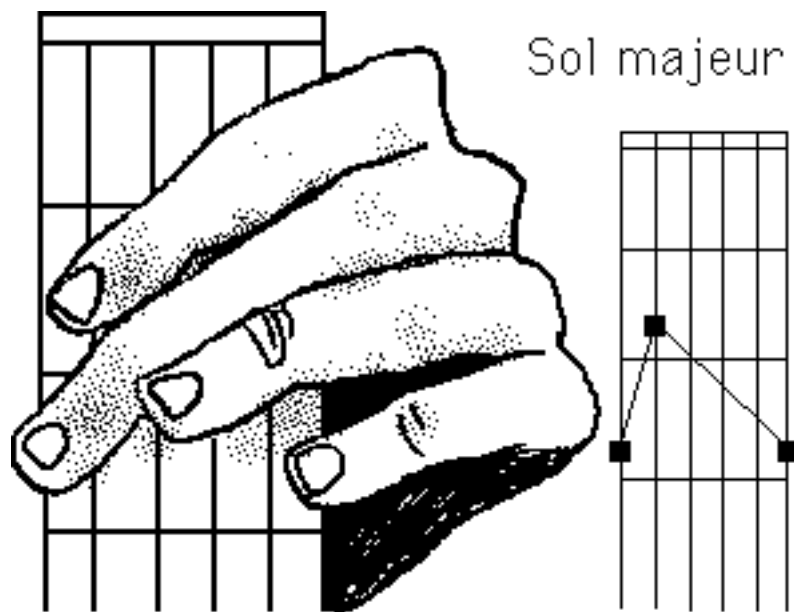
Passons au ton de Ré.

Accompagnement en Ré majeur.

Nous aurons la séquence d'accords ci-après :

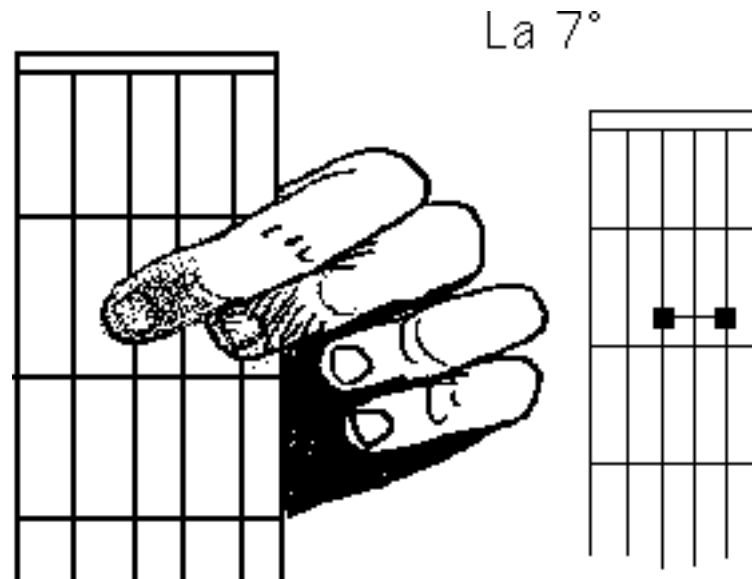


Accompagnement en Ré Majeur : accord tonique.



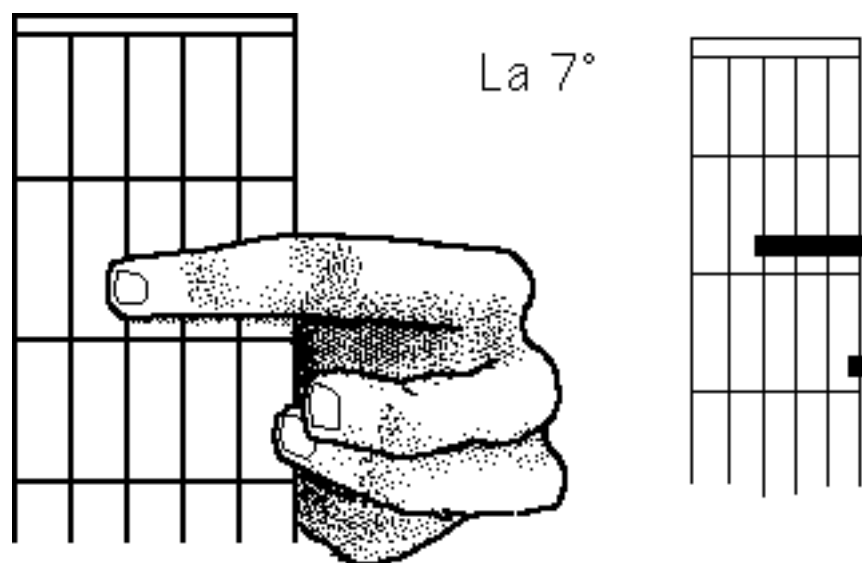
Accompagnement en Ré majeur : accord de quinte.

Le troisième accord, voir table, est un la septième. Il y a deux façons de le composer :



**Accompagnement en Ré majeur : accord septième (La)
Première façon de plaquer l'accord.**

Pour la seconde façon, on utilisera un mini-barré, sur quatre cordes (mais très facile à plaquer).

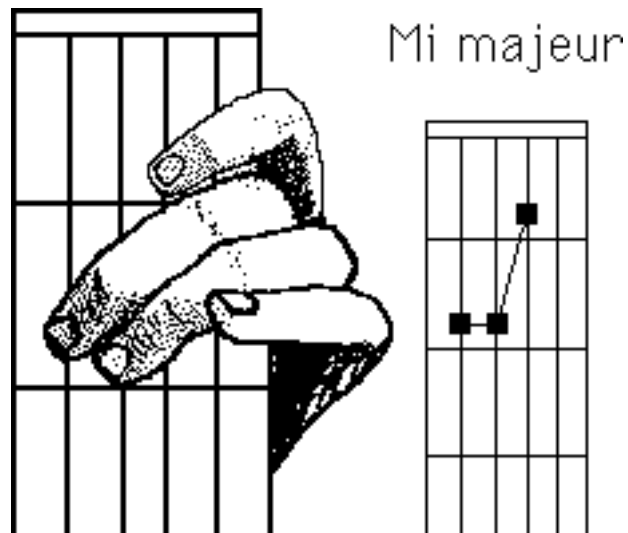


**Accompagnement en Ré majeur.
Seconde façon de plaquer l'accord de septième (en La)**

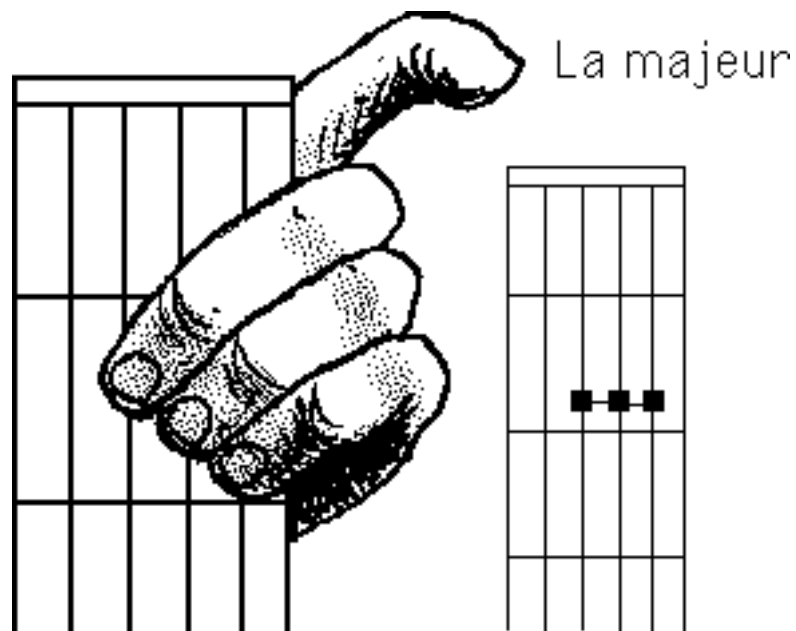
Nous remettons à plus tard l'accompagnement en ton de Ré mineur, parce qu'il nécessite un barré, pour plaquer un accord de Sol mineur.

Continuons de parcourir notre table. Laissons tomber l'accompagnement en Mi bémol, majeur ou mineur. Nous passons à :

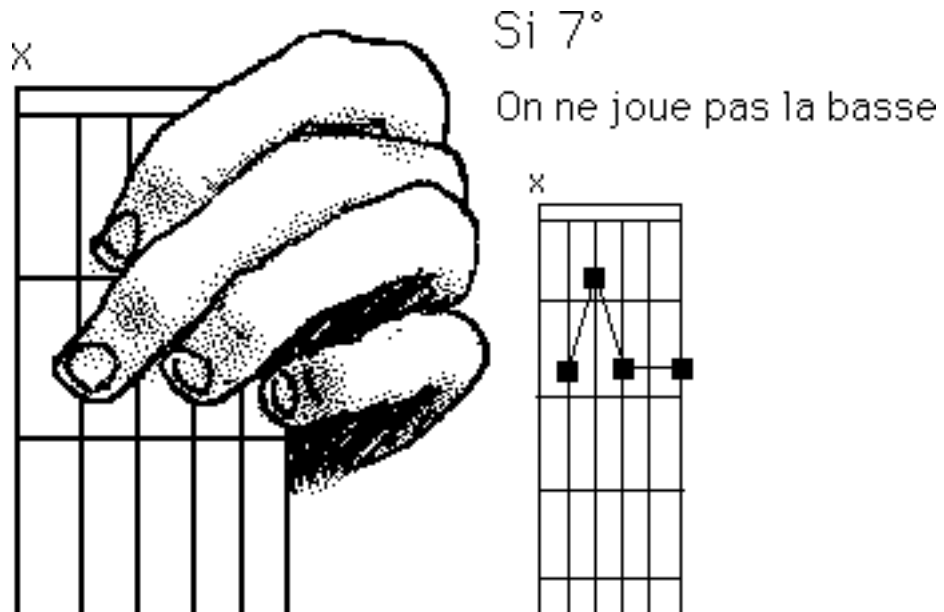
Accompagnement en Mi majeur.



Accompagnement en Mi majeur. L'accord tonique.

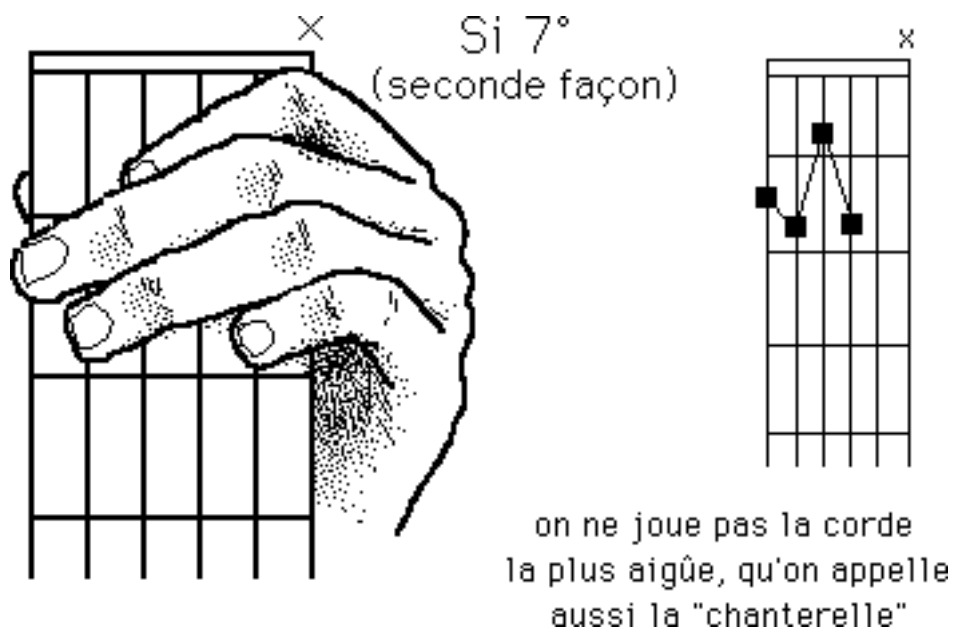


Accompagnement en Mi majeur. Accord de quinte (La majeur)

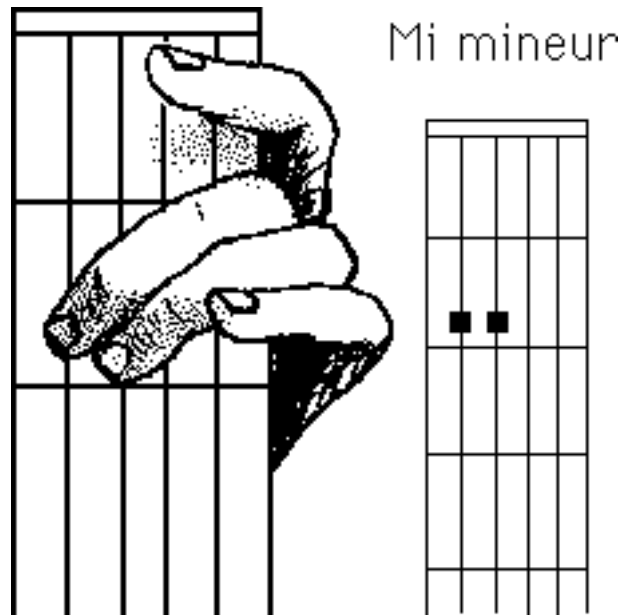


Accompagnement en Mi majeur : accord septième (Si)

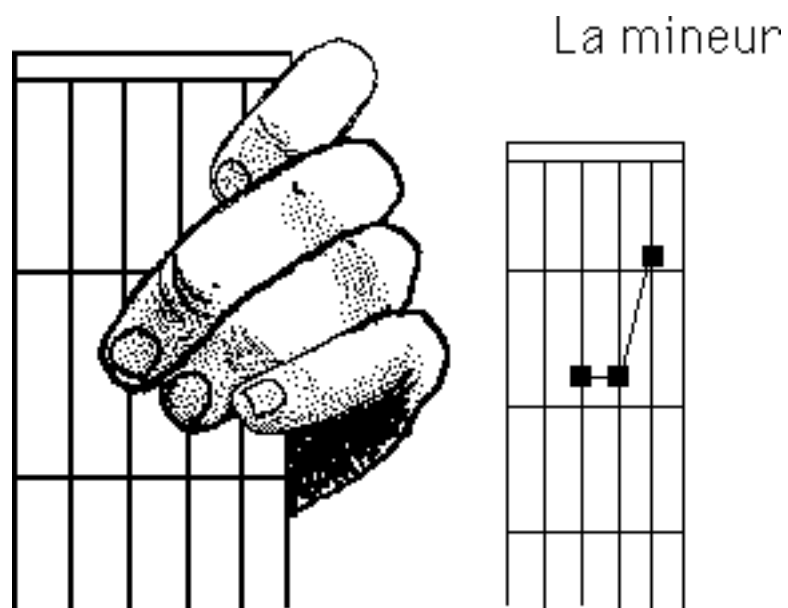
Signalons au passage qu'il existe une seconde façon de plaquer cet accord, en pinçant cette fois la première corde, la plus grave, mais en ne pinçant pas la sixième, la plus aigüe :



Accompagnement en Mi mineur.



Accompagnement en Mi mineur : la tonique.



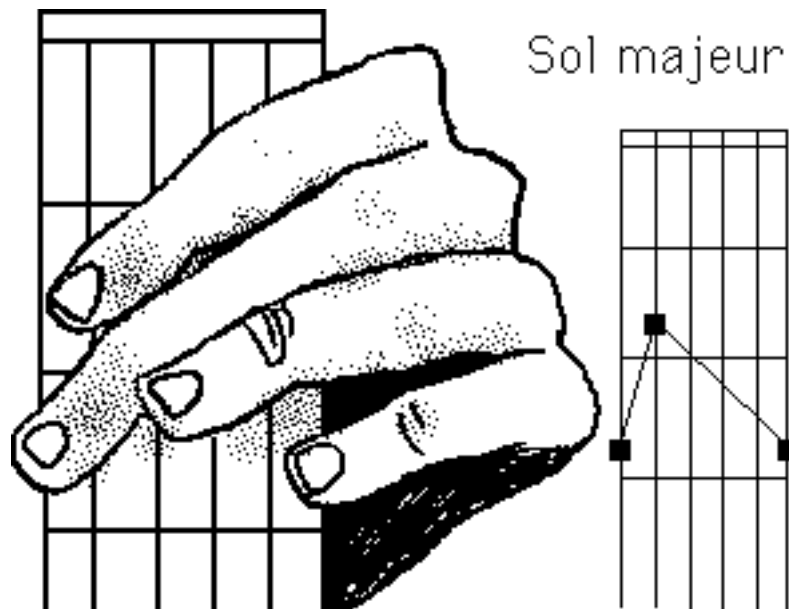
Accompagnement en Mi mineur : ma quinte (La mineur)



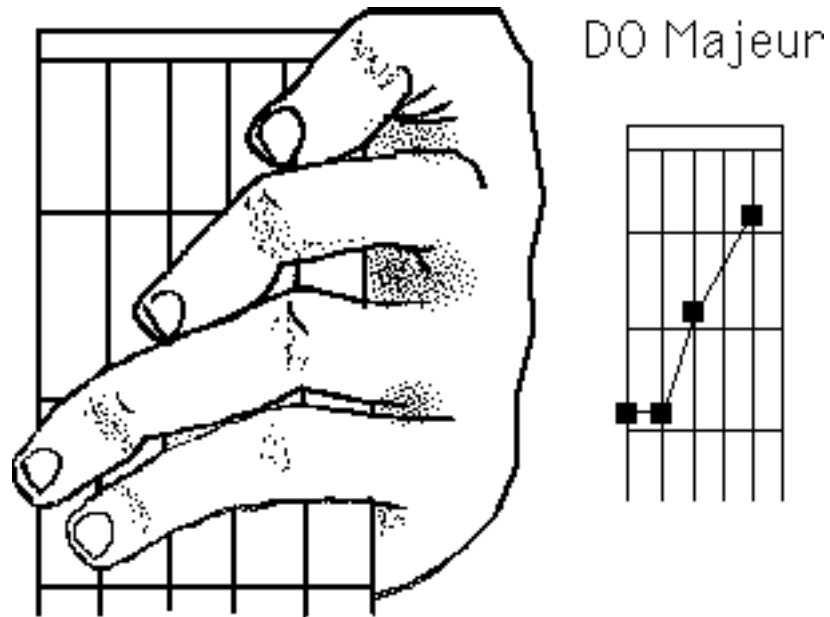
Accompagnement en Mi mineur : accord septième (Si)

Comme les accompagnements en Fa majeur ou mineur nécessitent des barrés, nous remettons aussi cette question à plus tard. Même chose pour les tons de fa dièse, majeur ou mineur. Passons au sol :

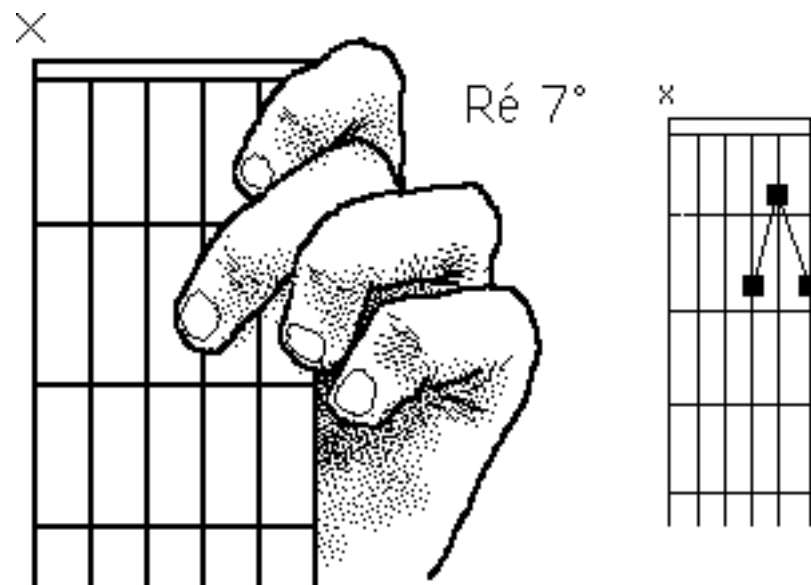
Accompagnement en Sol Majeur



Accompagnement en Sol majeur : tonique.

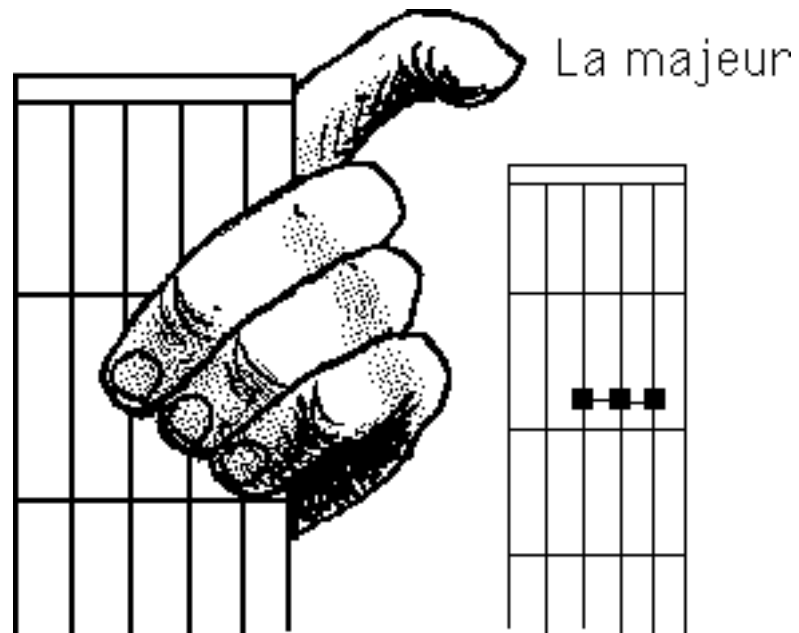


Accompagnement en Sol majeur : la quinte (Do majeur).

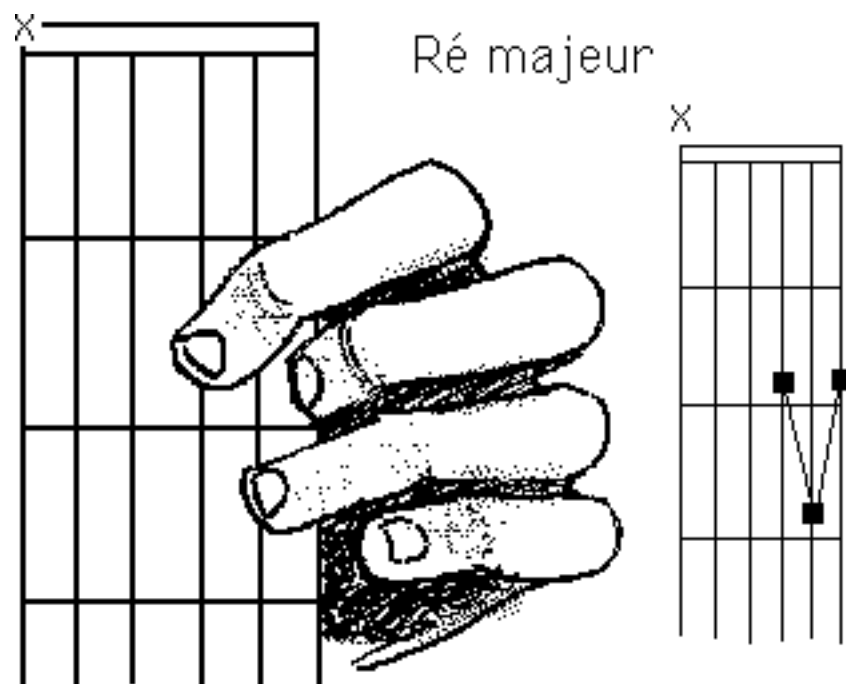


Accompagnement en Sol majeur : le septième (un Ré)

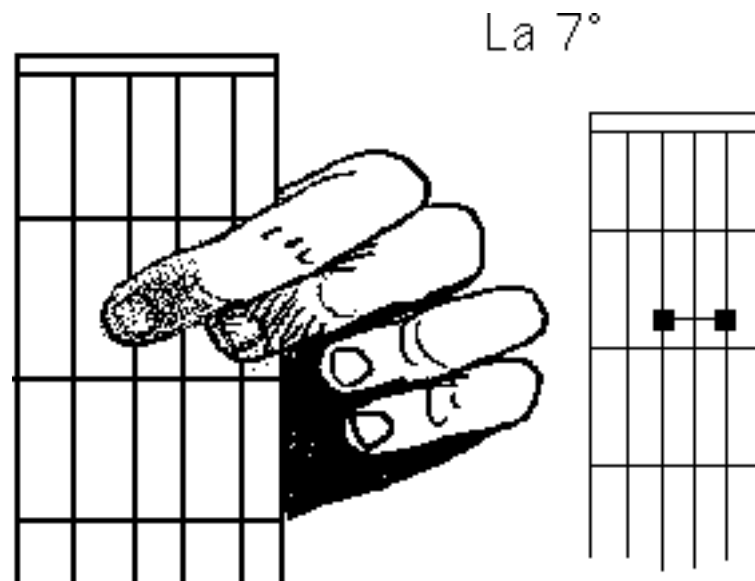
Accompagnement en La majeur



Accompagnement en La majeur : tonique

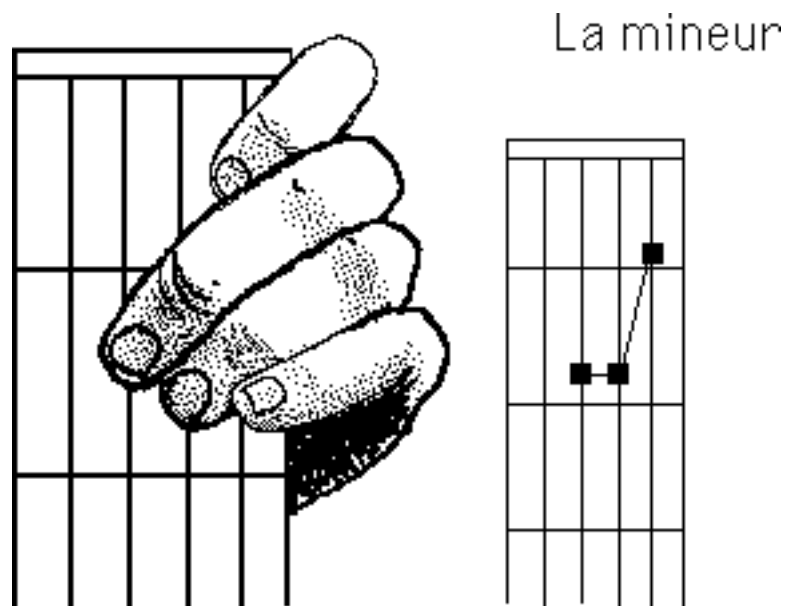


Accompagnement en La majeur : quinte (Ré majeur)

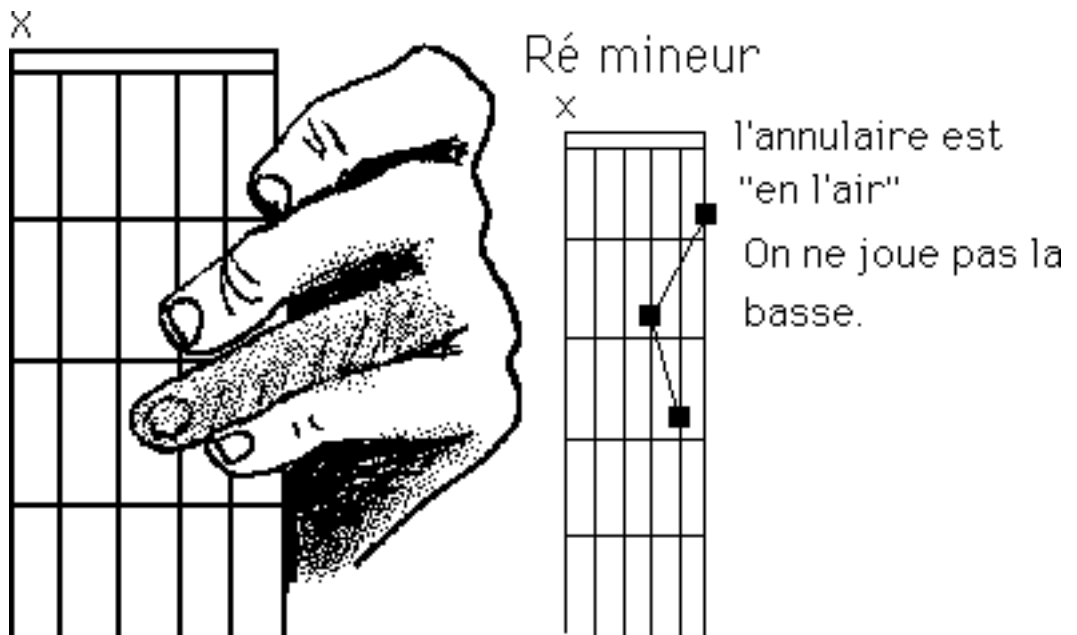


Accompagnement en La majeur : Septième (La)

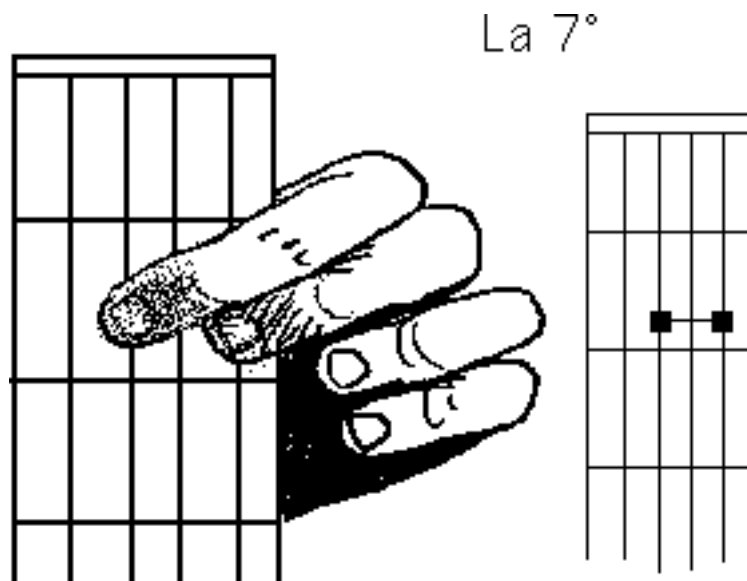
Accompagnement en La mineur



Accompagnement en La mineur : tonique.



Accompagnement en La mineur : quinte (Ré mineur)



Accompagnement en La mineur : Septième (La)

Récapitulons :

Nous avons passé en revue les accords ne nécessitant pas de barré, qui nous permettent d'accompagner des airs dans les ton de :

Ré majeur

avec un Ré majeur, un Sol majeur et un La 7°

Mi majeur

Avec un Mi majeur, un La majeur et un Si 7°

Min mineur

avec un Mi mineur, un La mineur et un Si 7°

Sol majeur

Avec un Sol majeur, un Do majeur et un Ré 7°

La majeur

Avec un La majeur, un Ré majeur et un Mi 7°

La mineur

Avec un La mineur, un Ré mineur et un Mi 7°

Vous devez, à ce stade, vous entraîner à passer ces différents accords rapidement.

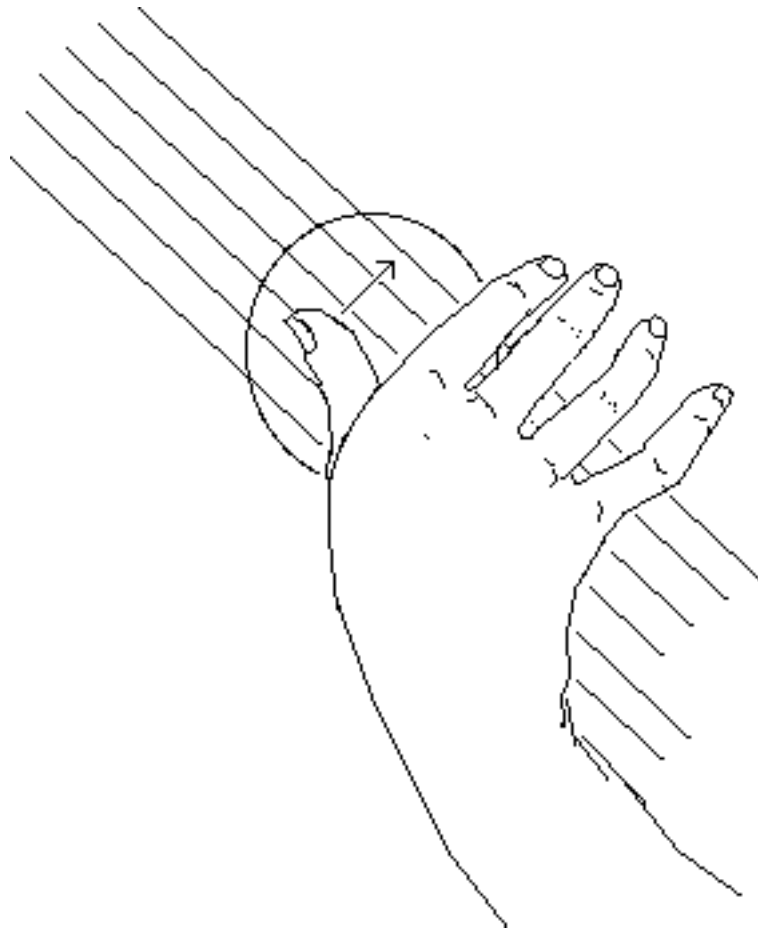
Ceux qui ont de l'oreille trouveront rapidement quelques airs qu'ils pourront accompagner à l'aide d'une série de trois accords : tonique, quinte, septième, en majeur ou en mineur.

Comment accompagner une chanson.

La différence entre les tons majeurs et mineur est aisé à sentir. Les airs qui se jouent sur le mode mineur sont plus tristes, plus romantiques.

Jusqu'ici nous n'avons traité que de la main droite, celle qui plaque les accords sur le manche. Que faire de la main droite ?

Dans un premier temps le débutant, qui aura déjà fort à faire avec sa main gauche, pourra se contenter d'arpéger les notes en passant son pouce sur les cordes, comme ceci :



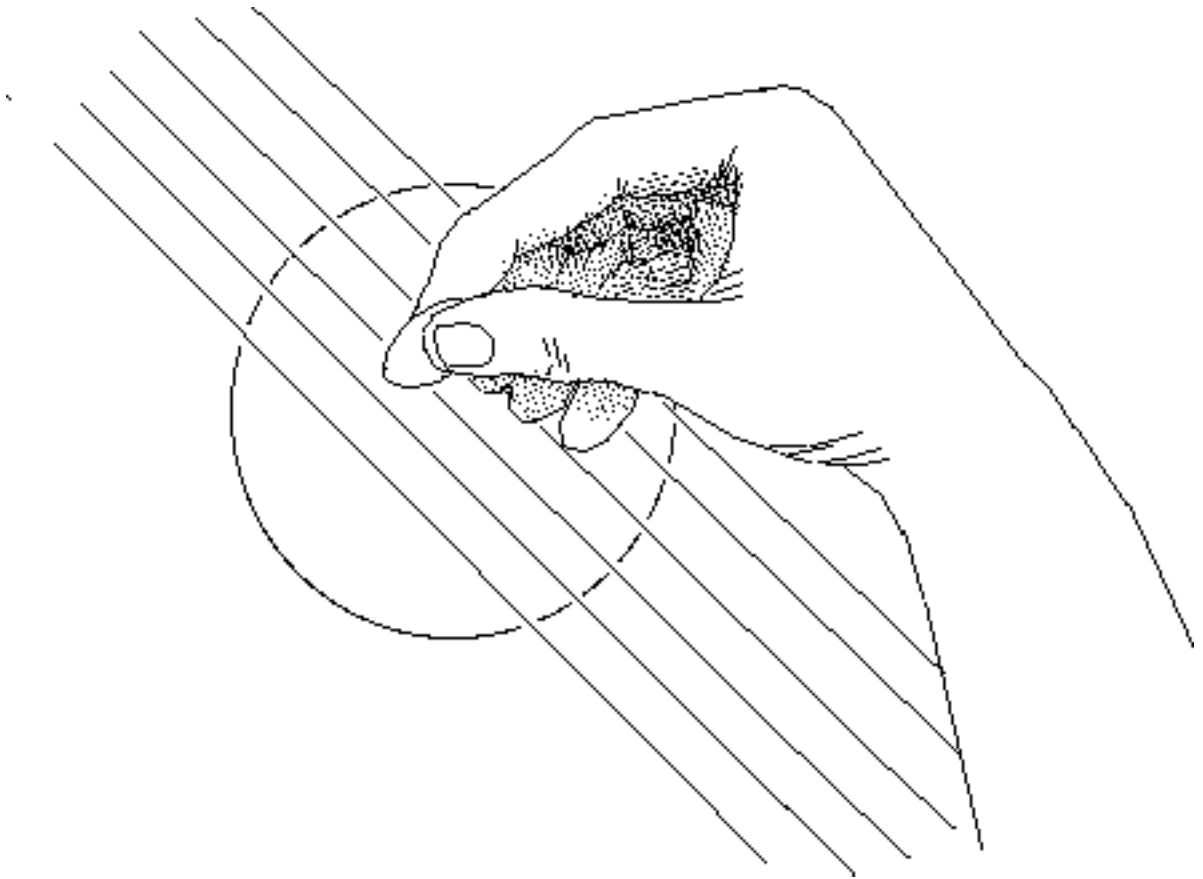
Le son sera plus joli si l'angle du pouce est long.

Ce son peut également être produit par un accessoire en plastique : le **mediator** :



Médiator

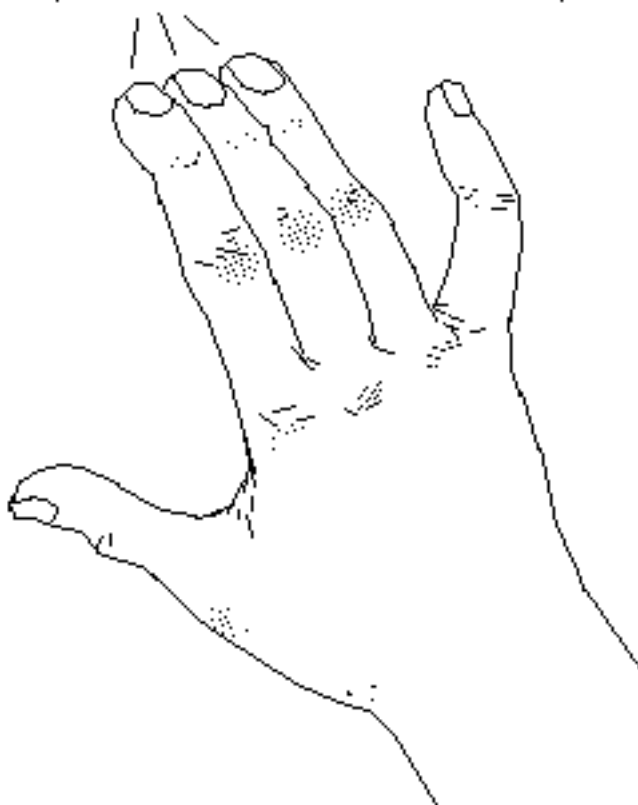
qui se tient entre le pouce et l'index, comme ceci :



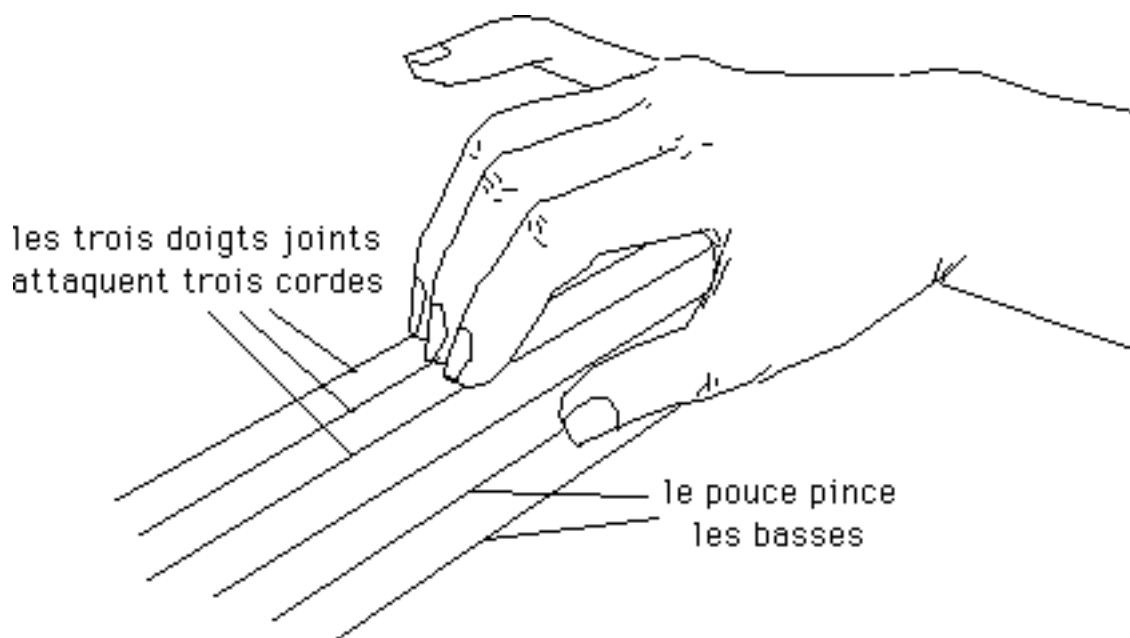
Les chanson ont un rythme propre. Elles sont à deux temps, à trois temps, etc.

Si on souhaite marque ce rythme, on alternera le pincement d'une basse, avec le pouce, et de plusieurs cordes, avec les autres doigts de la main droite. On peut se servir, pour ce faire, d' l'index et du médius, ou de l'ensemble index-médius-annulaire. Il est alors très commode de solidariser ces trois doigts. On trouvera aisément la position de ces trois doigts, joints, qui permet d'attaquer trois cordes simultanément, comme ceci :

on joint ces trois doigts de manière
à pouvoir attaquer trois cordes en même temps



On attaque alors les cordes comme ceci, en alternant l'attaque des trois doigts joints et celle du pouce, actionnant la ou les basses.



Vous pouvez vous exercer, sur la base d'un accord quelconque, à marquer ce rythme. Que cela soit pour un rythme à trois temps (valse) ou pour un rythme à deux ou quatre temps, vous changerez de corde à chaque fois, pour la basse.

Vous pourrez également, selon votre humeur ou le morceau considéré, arpèger les trois notes aigües (c'est-à-dire les pincer l'une après l'autre).

Après avoir maîtrisé cette technique simple, vous pourrez passer à l'accompagnement de votre première chanson.

Exercice d'accompagnement.

Si vous êtes calé en solfège, vous pourrez lire la musique sur une partition. Si vous avez de l'oreille (ce qu'on espère vivement), vous pourrez vous débrouiller par vous-même. Mais toutes les chansons ne sont pas accompagnables avec une simple série de trois accords. Un air simple pourra comporter des difficultés de changements de ton qui vous paraîtront vite inextricable. Nous aborderons ce problème des changements de tons plus loin. Pour le moment nous allons vous proposer une chanson, de notre composition, qui s'accompagnera simplement dans le ton de la mineur (voir la série d'accords correspondants, plus haut).

Voici d'abord les paroles. On a indiqué sommairement l'endroit où se situent les accords :

Sainte Lucie :

Sainte Lu-cie, pense à moi
 Rém **Rém**
 Dans ma ca-bane en bois
 Rém **Rém**
 Mon Dieu toi pas lai-sser
 Lam **Lam**
 Pauv'nègr' a-bandon-né.
 Lam **Lam**
 J'entends pleu-rer mes frères et sœurs, ,là-bas.
 Mi7° **Mi7°** **Mi7°** **Lam**
 Sainte Lucie s'en fout bien
 Si t'as froid, si t'as faim
 Et si t'as la peau noire
 Alors toi, pas d'espoir

J'entends crier mes frères et sœurs, là-bas

Chapeau blanc, rob' de soie

Ici le blanc est roi
Toi tu vas sous la pluie
Dans la boue, dans la nuit

J'entends lutter mes frères et sœurs, là-bas

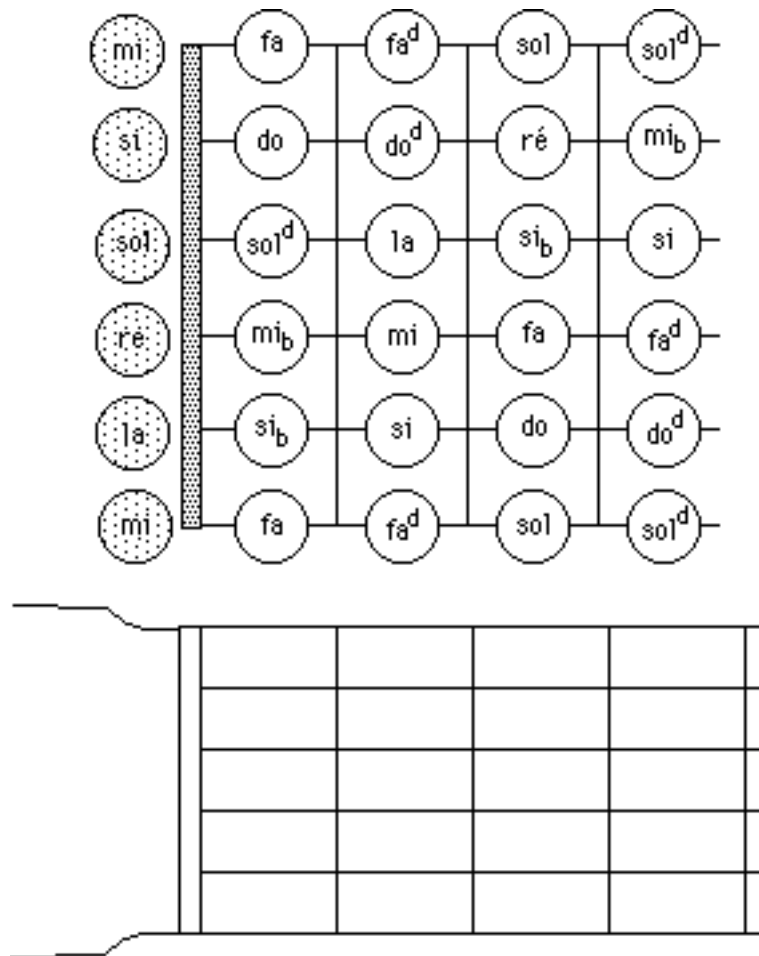
Sainte-Lucie, c'est fini
Demain je s'rai parti
Dans le bateau des blancs
Il est là, il m'attend

Je vois venir mes frères et sœurs, là-bas.

Souvent les chansons ont une histoire. Sainte-Lucie est une petite île, très pauvre, perdue dans les Caraïbes. J'avais composé cette chanson en 1974. Nous avons atterri là-bas, mon fils Jean-Christophe et moi et moi (il avait alors dix ans) après nous être trompé d'avion. Nous avons alors été recueillis par un jeune cracheur de feu qui vivait dans une cabane misérable, dormant à même le sol avec ses dix frères et sœurs, tous de pères et de mères différents. Il gagnait sa vie en allant cracher du feu devant la terrasse des hôtels. Comme je savais aussi faire cela, nous l'avions accompagné et j'avais, le soir, composé cette chanson, en souvenir de lui.

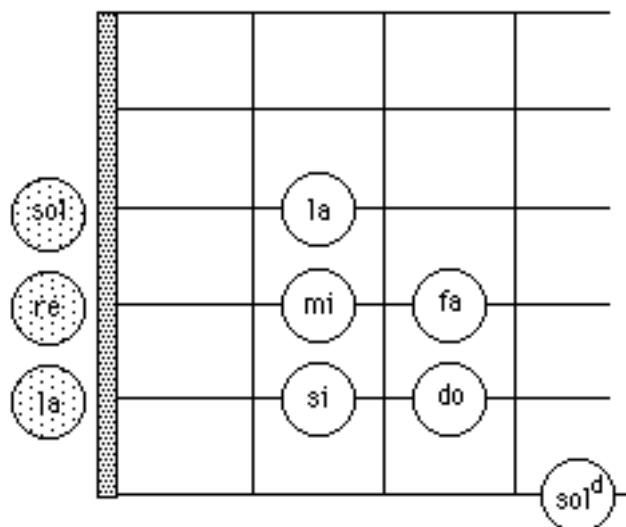
Il faut maintenant indiquer l'air. On suppose que le lecteur ne connaît pas le solfège et ne sait pas lire une partition. On va donc utiliser un système un peu barbare de notation, sur le manche, qui permettra de lire cette musique.

Ca commence par un La. Nous allons dessiner le manche de la guitare tel qu'il vous apparaîtra, lorsque vous jouez, avec les notes correspondantes.

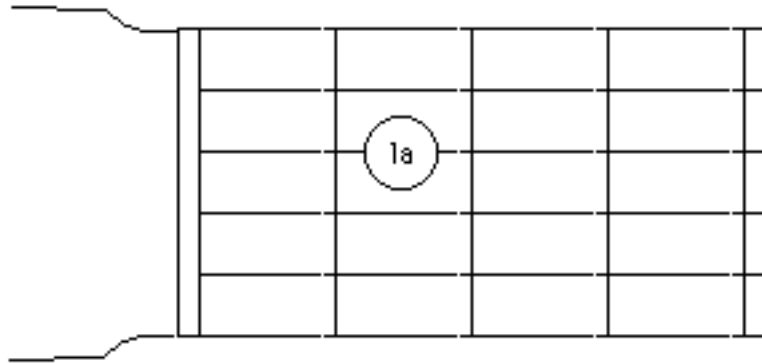


En grisé, les notes correspondant au pincement des cordes, lorsque vous ne pressez aucune case.

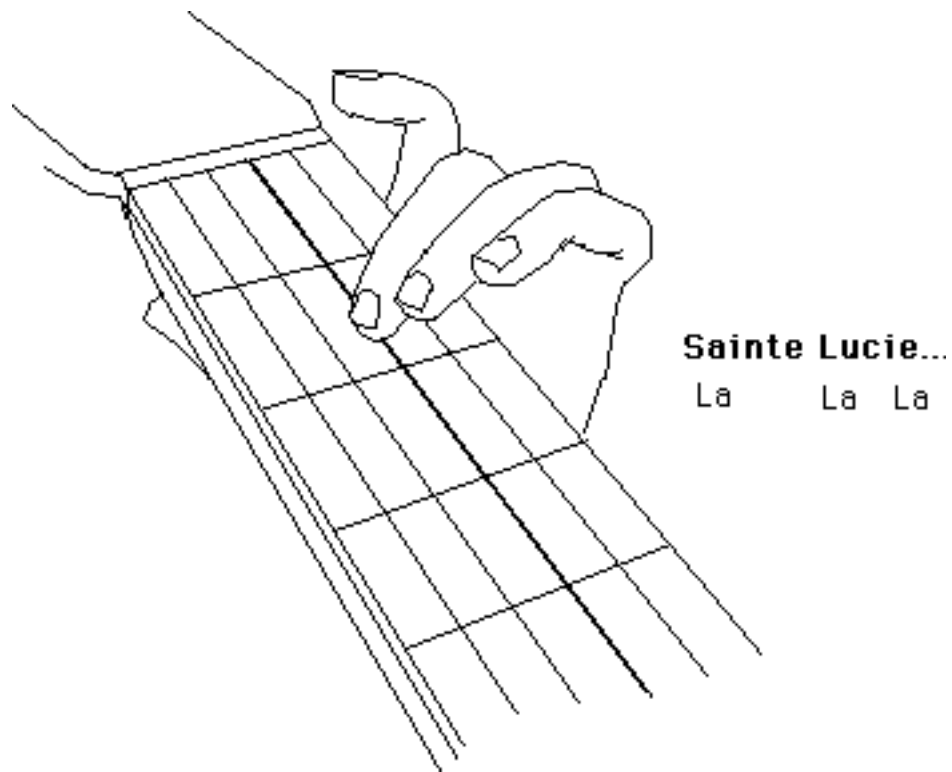
Nous allons ensuite indiquer les notes dont nous aurons besoin pour cette mélodie, c'est-à-dire neuf.



On commence par frapper quatre La :



Cet exercice va vous permettre de mettre en œuvre un doigté, pour développer une mélodie, sur votre guitare. La meilleure solution consiste à mettre en place les bons doigts, face aux bonnes cases. On frappera donc ces trois La, qui correspondent au phrasé "Sainte Lucie".

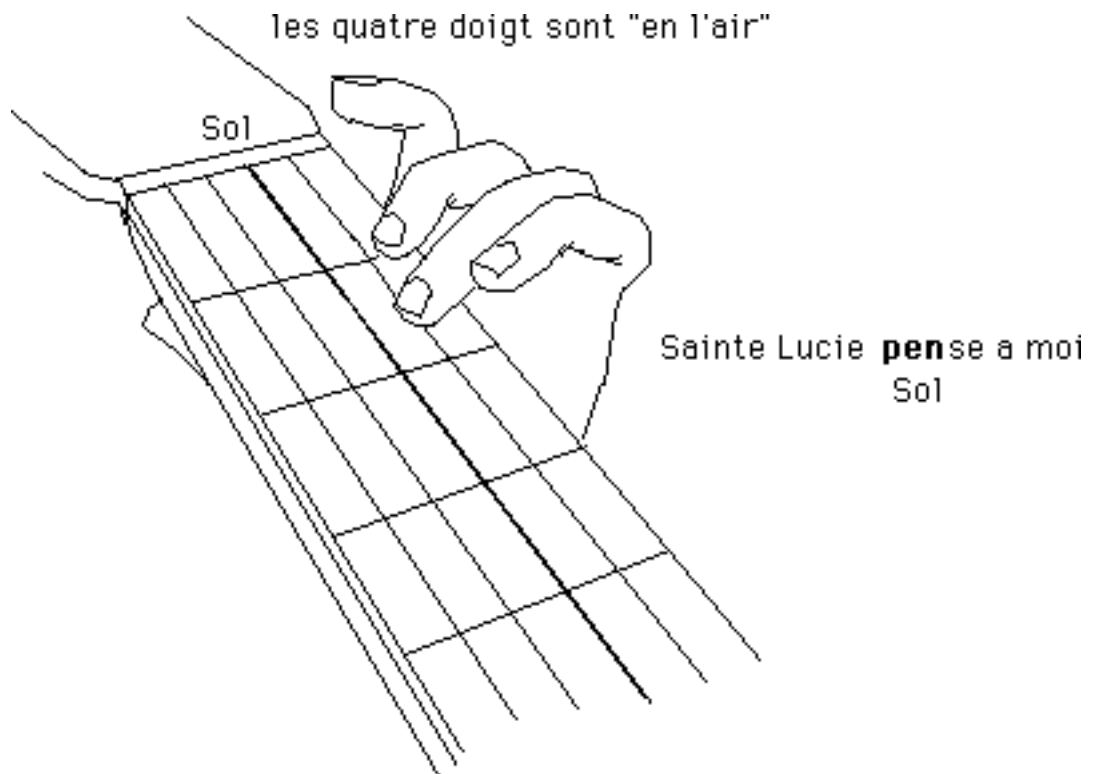


En gras, la note que vous devez pincer, avec la main droite.
 Vos doigts sont déjà en place pour les notes suivantes. Le phrasé est :

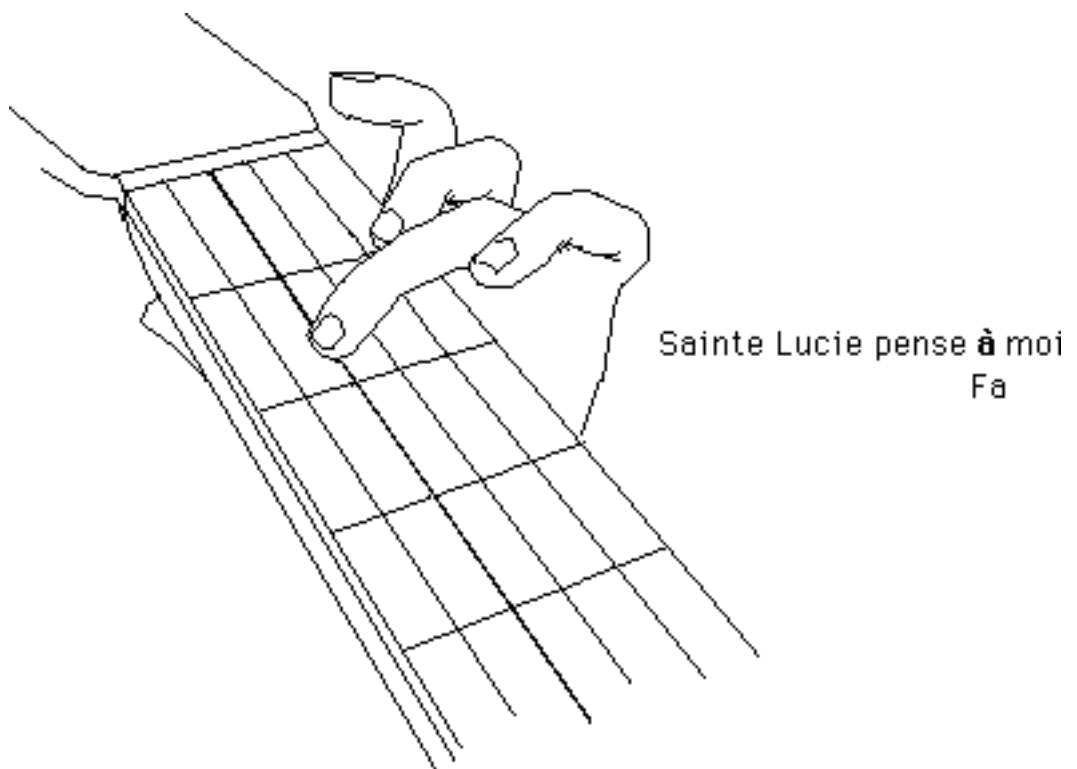
Pen-s'à-moi

Il y a trois notes.

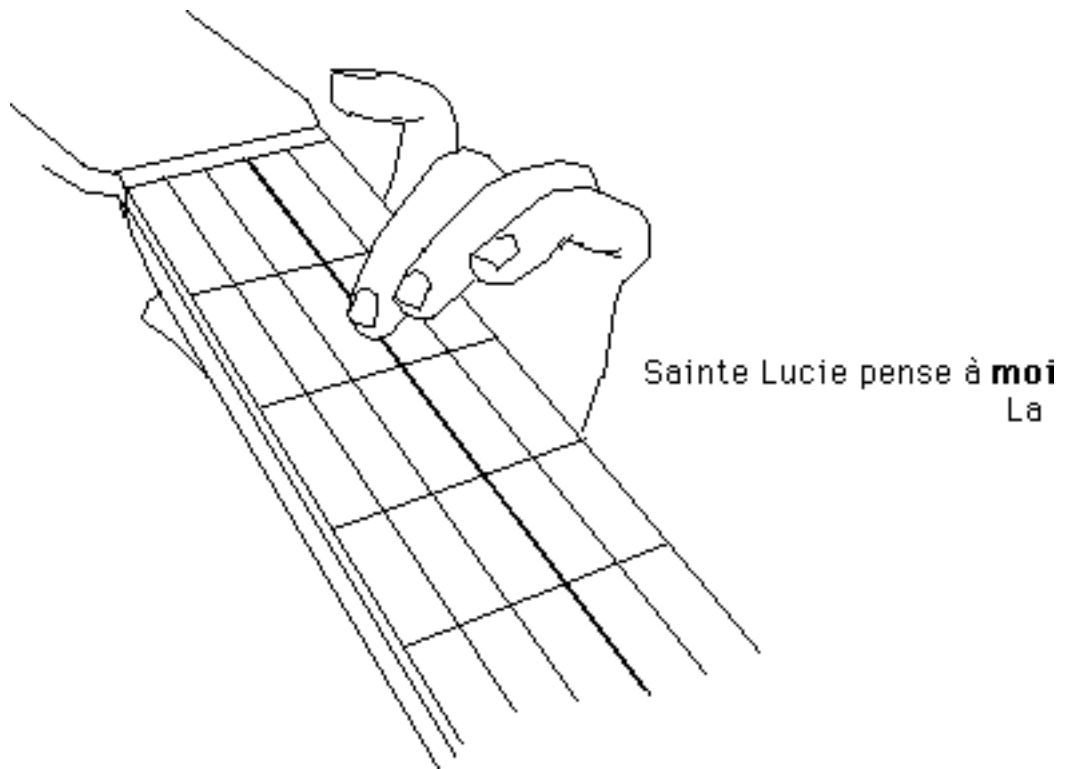
La note suivante, qui correspond à "pen" est la même corde, pincée librement (vous n'avez qu'à lever votre médium) :



La syllabe suivante correspond à un Fa. Voici le doigté :



Note suivante :



On attend un peu plus sur cette note que sur les précédentes.

Pour la phrase suivante :

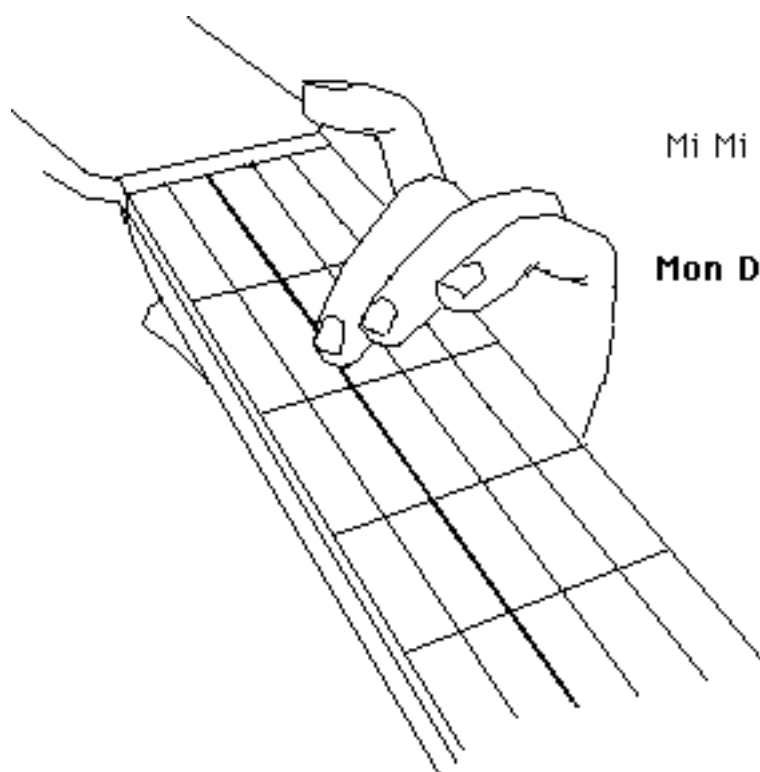
Dans ma cabane en bois

même suite de note et mêmes doigtés.

Les deux phrase suivantes sont :

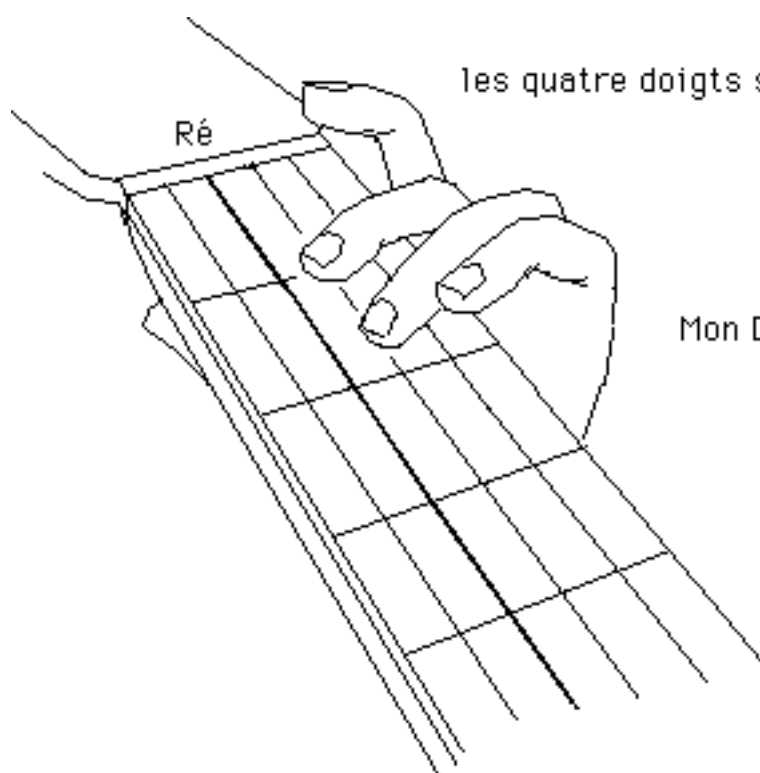
*Mon Dieu toi pas laisser
Pauv'nègr'abandonné.*

Le doigté est identique, mais on déplace l'ensemble des geste d'une corde, vers soi :



Mi Mi Mi

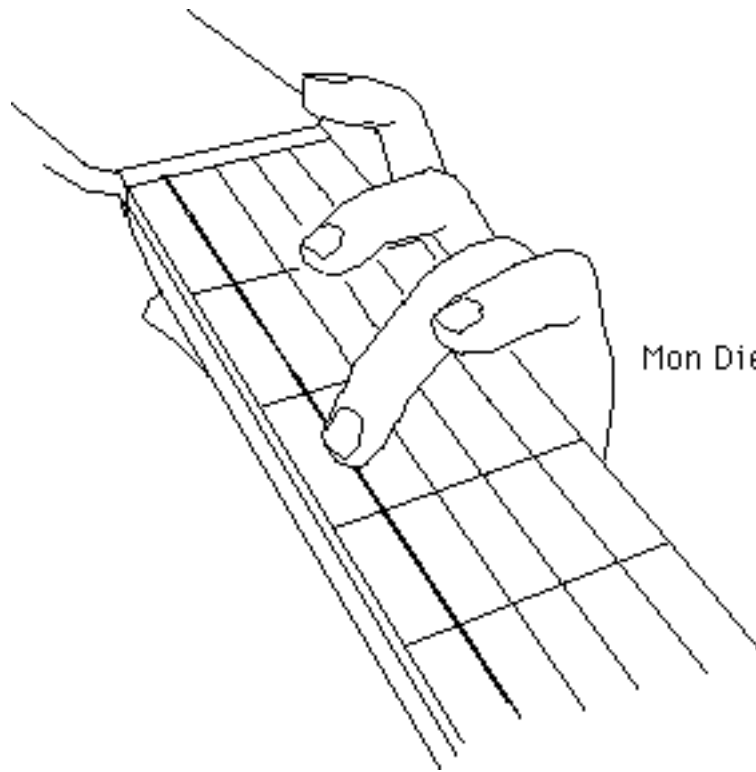
Mon Dieu Toi pas laisser



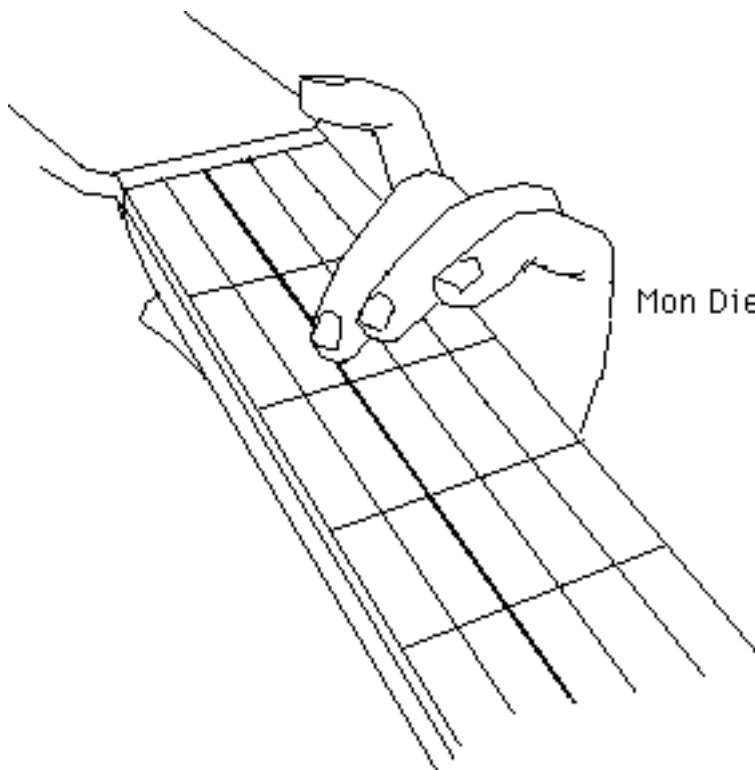
les quatre doigts sont "en l'air"

Ré

Mon Dieu toi **pas** laisser
Ré



Mon Dieu toi pas **lai** sser
Do



Mon Dieu toi pas lai **sser**
Mi

Même séquence de notes et même doigté pour la phrase :

Pov'nègr'abandonné

Voici les notes de la phrase suivante :

J'entends ve-nir mes frères et sœ-œurs, , là-bas.
Si Si Do Ré Mi Fa Sol Fa Mi Ré Do

Le blanc signifie qu'il y a une courte pause dans le phrasé. Toutes ces notes seront composées avec le médium et l'annulaire. Comme le doigté est assez évident, nous ne l'indiquerons pas. Pour permettre au lecteur non familiarisé avec le solfège, et avec la position des notes sur le manche, nous donnerons la séquence de ces onze notes, directement sur le manche, chaque "pastille" portant un numéro. Il suffira de les jouer dans l'ordre.

courte pause

J'entends ve-nir mes frères et sœ-œurs , là-bas

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	○	⑩	⑪
Si	Si	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	Fa	Mi		Ré	Do
Accompagnement									Mi 7°	Lam	

Il y a une légère variante dans le second couplet (après on alternera pour les couplet suivants).

Dans la mesure où le doigté a déjà été donné, on se contentera de donner la séquence des notes, selon le codage introduit ci-dessus.

courte pause

Sainte Lu - cie s'en fout bien si t'as froid, si t'as faim

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)
 Fa Fa Fa Sol La Fa Fa Fa Fa Mi Ré Fa

Accompagnement La mineur

pause et :

La phrase musicale suivante correspond à une séquence de notes qui a été présentée plus haut :

Et si t'a la peau noir' alors toi pas d'espoir

même ligne mélodique que :

Mon Dieu toi pas laisser pov' nègre'abandonné

Il manque la dernière phrase du dernier couplet, qui est légèrement différente des phrases musicales, terminant les couplets précédents :

courte pause

J'entends ve-nir mes frères et sœ-œurs là-bas

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ○ ⑩ ⑪

Si Si Do Ré Mi Fa Sol Fa Mi Sol^d La

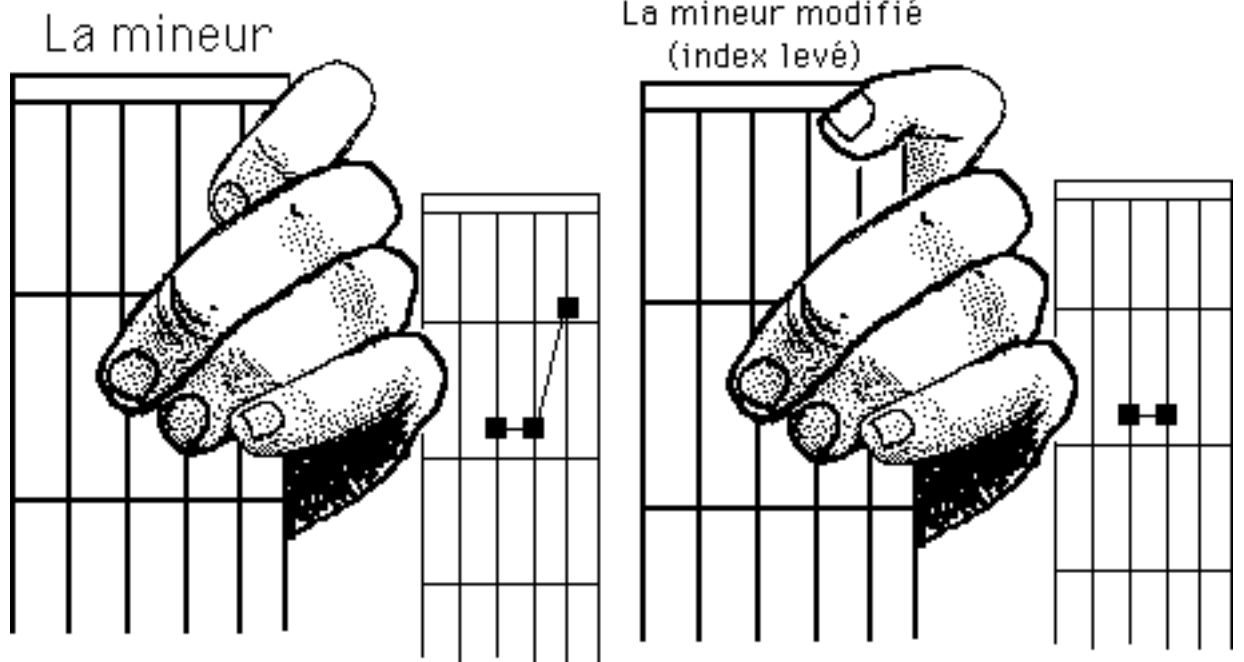
Accompagnement Mi 7° Lam

Final

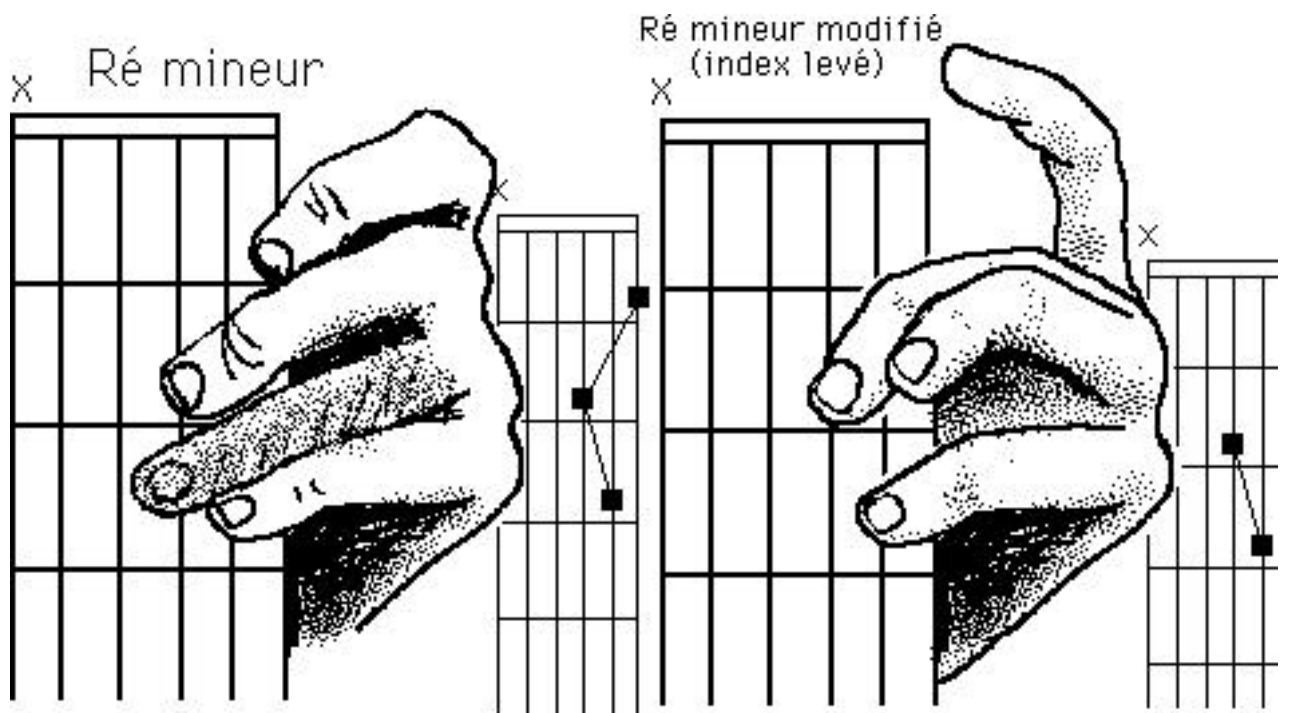
Voici, codé grâce à une méthode évidemment lourde et barbare, pour ceux qui ne savent pas lire une partition de musique, la ligne mélodique du morceau. Passons maintenant à l'accompagnement.

Cet exercice vous montrera ce qu'on peut tirer d'un accompagnement musical, en introduisant certains effets. Dans un premier temps, bien sûr, vous pourrez vous contenter de plaquer les accords indiqués et d'arpéger les notes avec le pouce. Mais on peut faire mieux.

Avant de décrire ce que fait la main droite, nous allons présenter deux variantes des accords de La Mineur et de Ré Mineur, qui sont utilisés dans l'accompagnement. Ils s'obtiennent simplement en levant l'index, comme ceci :



Accord dérivé du La mineur



Accord dérivé du Ré mineur

Il existe de nombreux accords, faciles à plaquer sur la guitare, qui sont susceptibles d'enrichir notablement les accompagnements. Le tout est de savoir comment les utiliser à bon escient.

Dans cette chanson "Sainte-Lucie", on utilisera une alternance des accords

La mineur - Ma mineur modifié

Ré mineur - Ré mineur modifié

ce qui permettra de produire un effet intéressant.

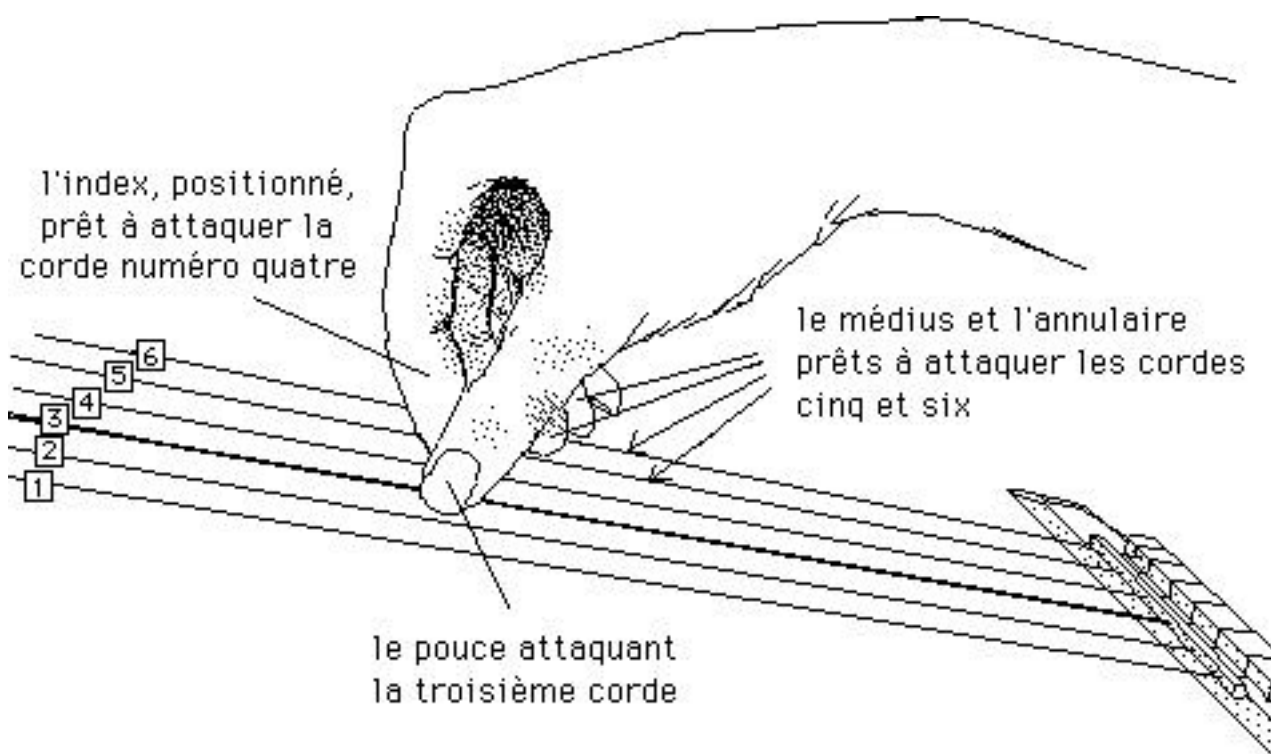
On ne va pas donner le détail complet de l'articulation de cet accompagnement. On suppose que le lecteur a un minimum d'oreille et saura quand il conviendra d'utiliser ces quatre accords. Ils sont faits pour "répondre" judicieusement à la mélodie.

Passons maintenant au couplage main gauche-main droite.

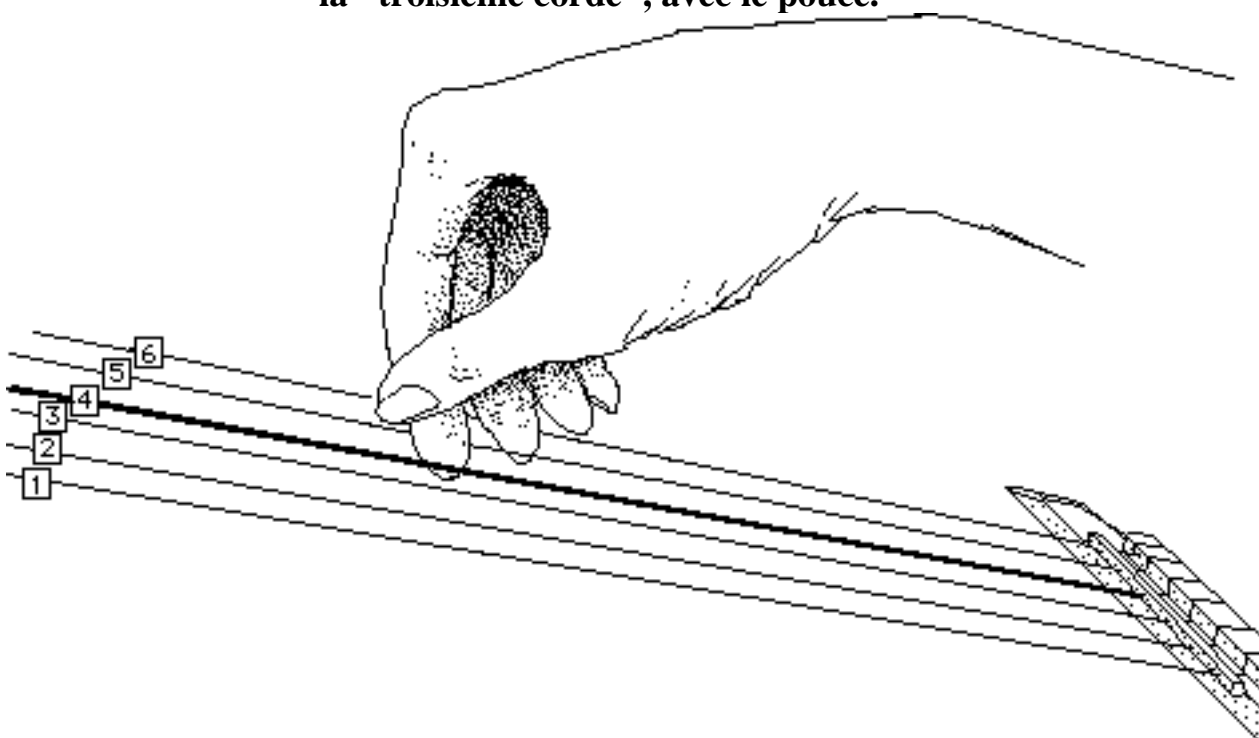
Sur les dessins ci-après, vous trouverez, à gauche, l'accord et, à droite, les cordes à pincer. On commencera par plaquer l'accord de Ré mineur.

Pour cet accompagnement on pincera en alternance

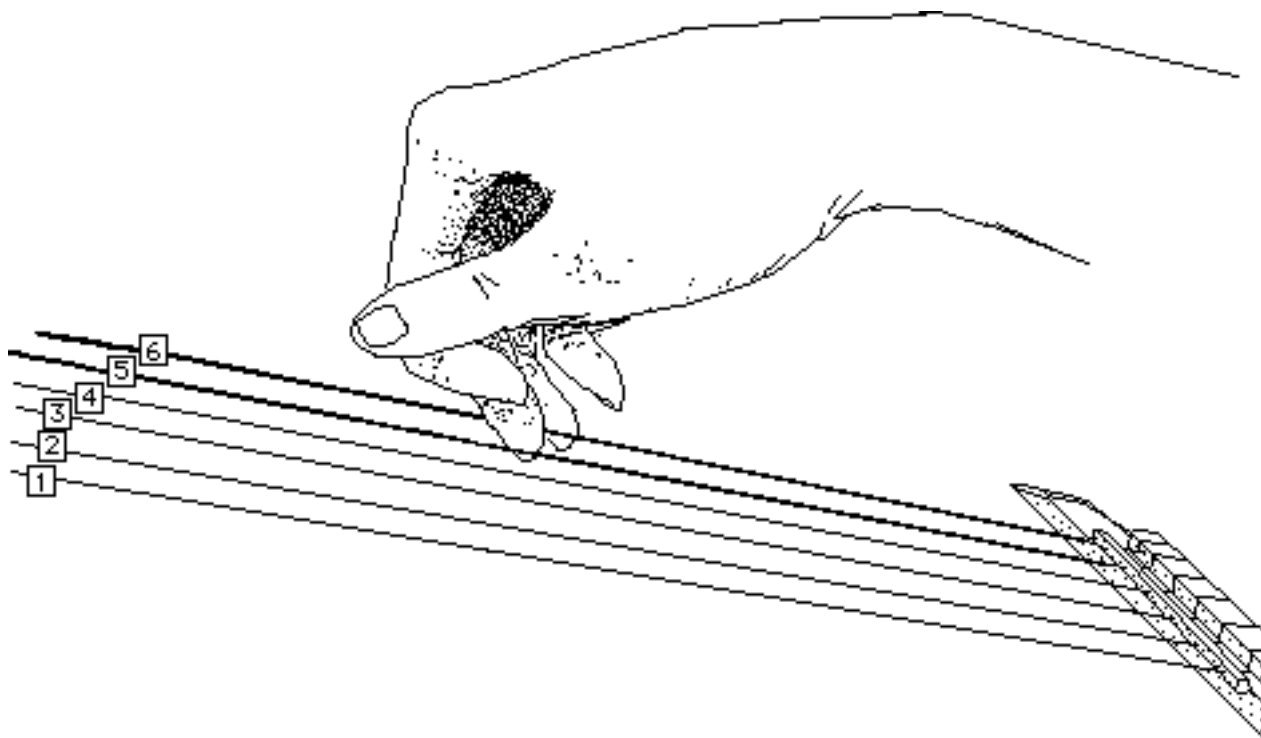
- Une corde avec le pouce
- Une corde avec l'index
- Deux cordes, simultanément, avec le medius et l'annulaire.



**Première attaque, sur un accord de Ré mineur :
la "troisième corde", avec le pouce.**

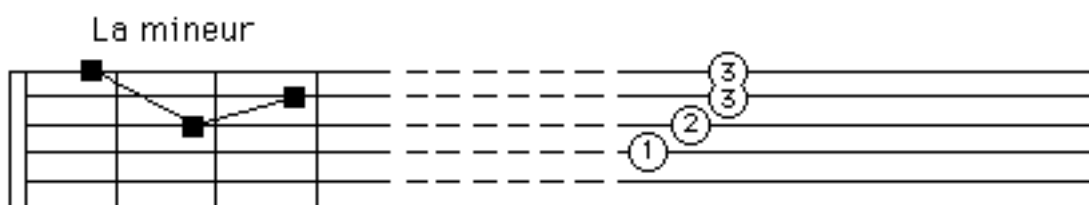


Deuxième attaque : l'index attaque la quatrième corde.

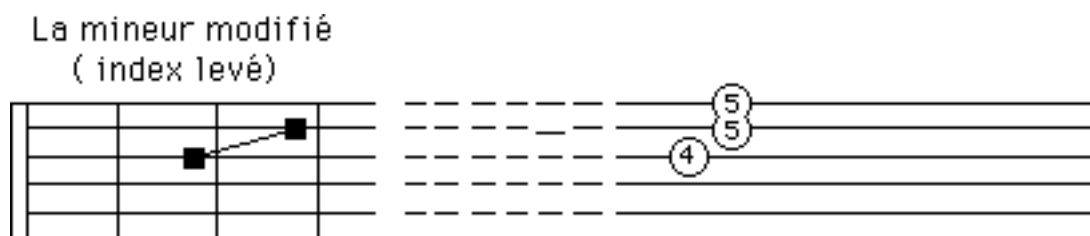


**Troisième attaque : médium et annulaire joints,
sur cordes cinq et six**

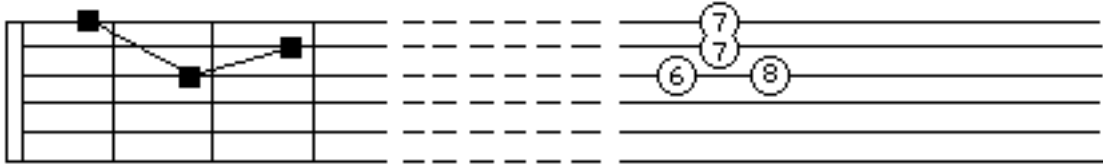
Les trois dessins ci-dessus ont précisé le jeu des doigts sur les cordes. On peut maintenant introduire un autre codage, qui permettra au lecteur de reconstruire les mouvements complets de la main droite.



on enlève alors prestement l'index, ce qui transforme l'accord :



on remet l'index, pour les frappes suivantes :



On compose cette phrase d'accompagnement deux fois, c'est-à-dire qu'après 8 on enchaîne avec 1, et la même suite d'accords.

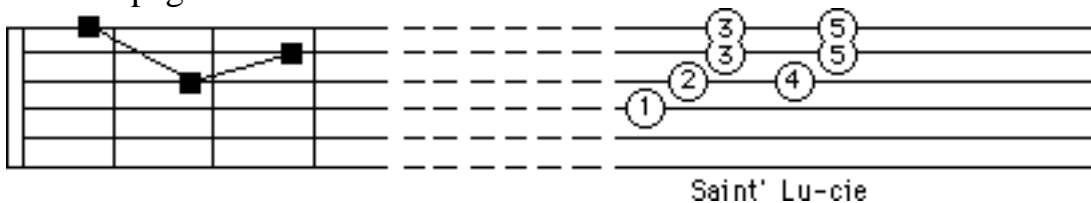
Cette séquence sera jouée "à vide", sans mélodie, et servira d'introduction au morceau. En s'entraînant à la jouer, le lecteur se familiarisera avec un accompagnement où on alterne une basse et des aigûes et où on modifie l'accord pendant l'accompagnement lui-même (en levant et en abaissant l'index alternativement).

C'est le moment de pousser la chansonnette de de phraser :

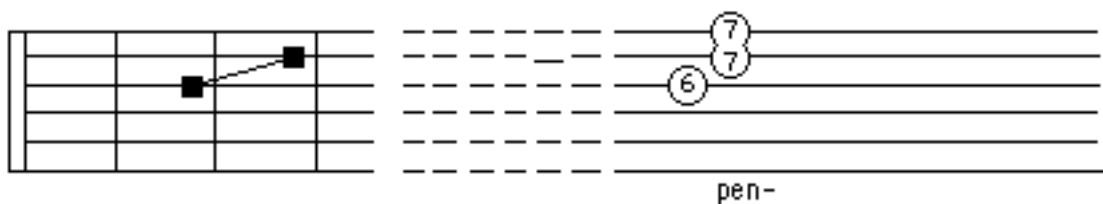
Sainte Lucie, pense à moi

On suppose que le lecteur a mémorisé la mélodie codée plus haut.

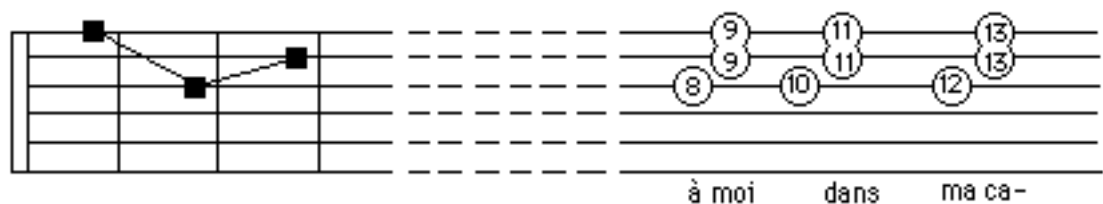
L'accompagnement est alors :



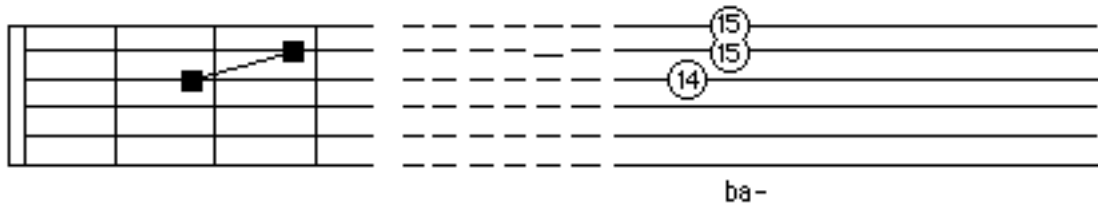
On lève prestement l'index, pour la syllabe suivante :



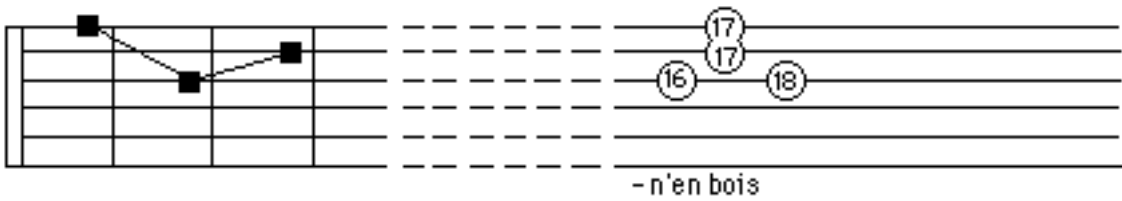
on remet l'index en position :



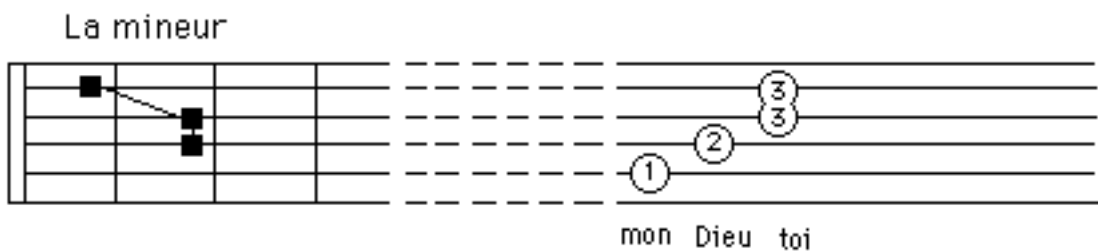
On enlève l'index de nouveau :



puis on le retire :

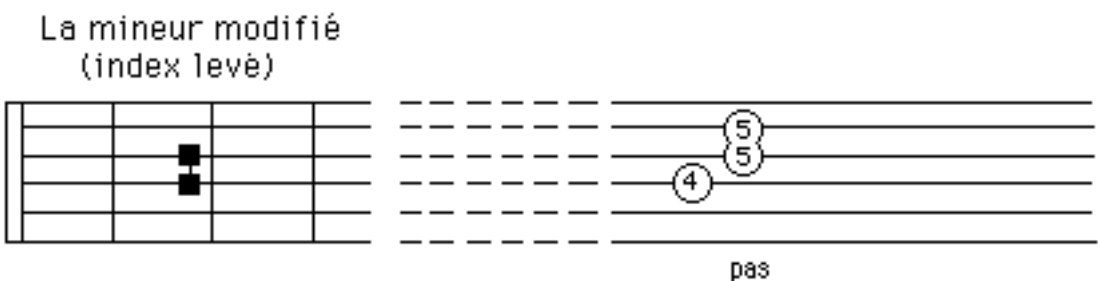


On va ensuite réutiliser la même astuce avec l'accord de La mineur et son altération. On va donner ci-après accords et doigté. Les frappes des notes, avec la main droite, se trouvent décalées d'une corde, vers les graves.

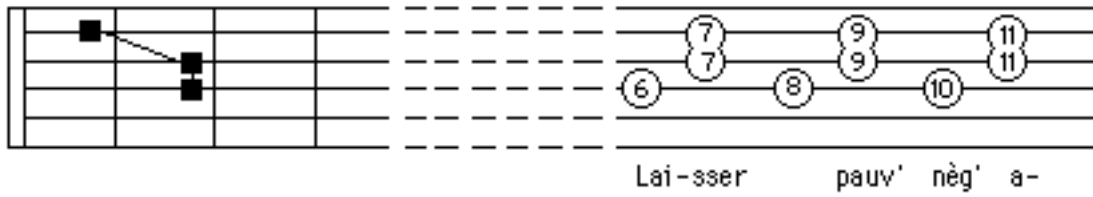


on enlève l'index pour accompagner la syllabe :

Mon Dieu toi **pas** laisser

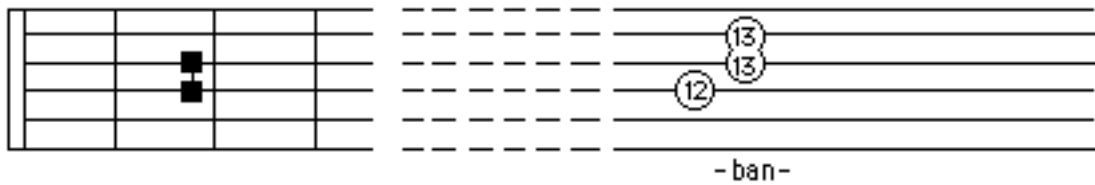


puis on remet l'index sur la corde :

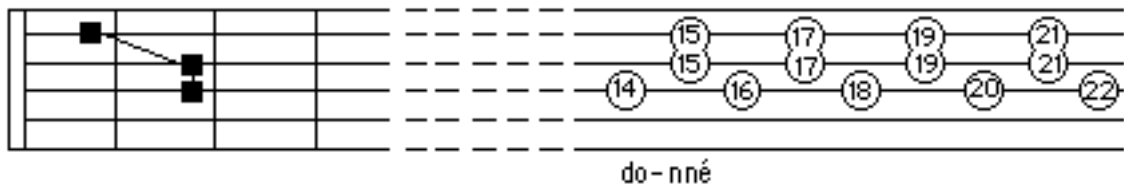


nouveau changement d'accord, pour marquer la syllabe :

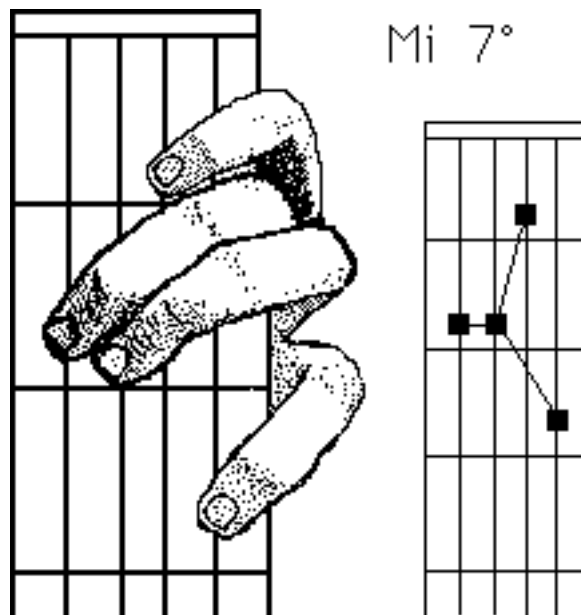
Laisser, pauv' nèg' a- **ban-** do - nné



on remet l'index :



Nous allons maintenant plaquer l'accord de Mi septième (le septième associé au ton de La mineur, correspondant à la mélodie) :



Mi 7°

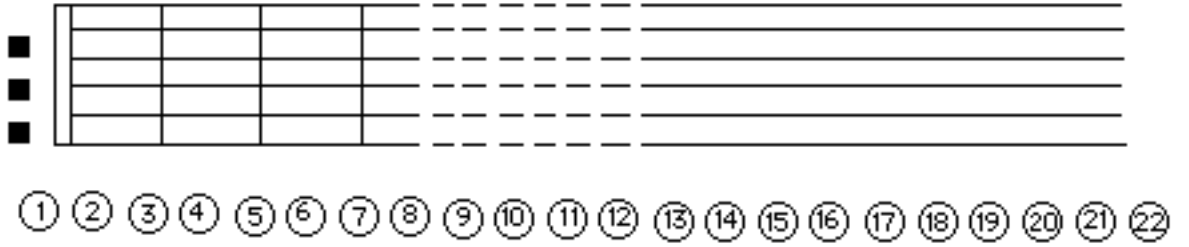
① J'en-tends cri-er mes frè-r'et sœ-œurs, , là-

a
a
a
a
a
a
a
a

accord main gauche

main droite

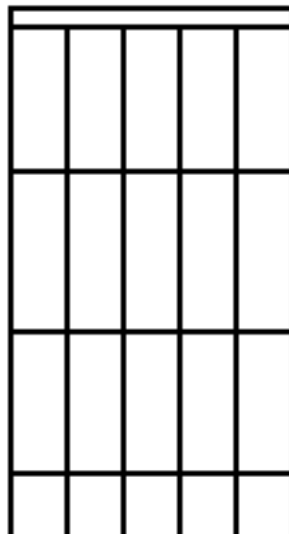
a
a
a



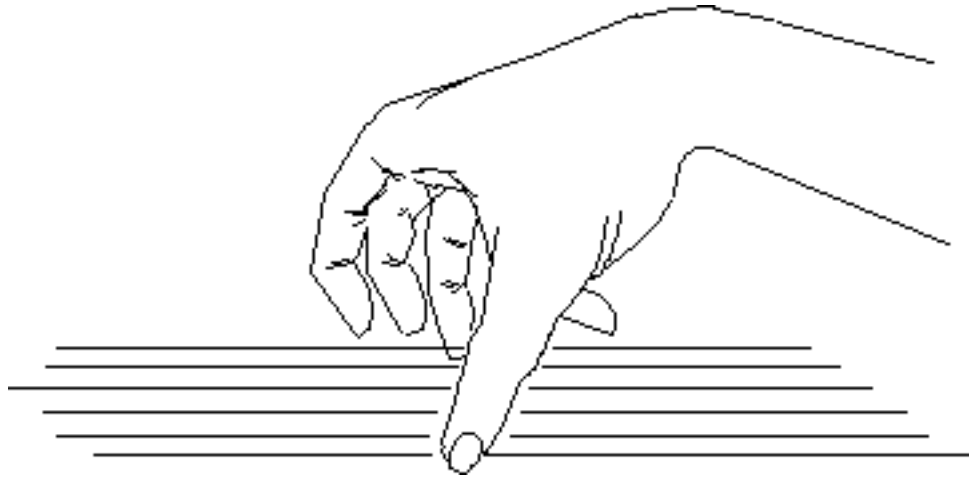
Flamenco

Jeux Interdits.

a
a
a
a
a
a
a
a



Jeux interdits



a
a
a
a
a

June 1998

The Dark Side of the Universe

Outposts and perspectives of astrophysics
and contemporary cosmology

by

Jean-Pierre Petit

Astrophysicist

Director of Research
Centre Nationale de Recherche Scientifique
Marseille Observatory, France.

Translated by Sydney Keith and John Murphy.

Prologue

Our understanding of the universe is changing. New observation techniques have become operational and the Hubble space telescope, finally cured of its bad eyesight, has revealed unsuspected things. In immense molecular clouds we have discovered star nurseries whose children still attached to their uterus by "umbilical cords". Infra-red telescopes are showing us the universe from an unprecedented angle. We will be able to see things as a whole. We are sailing towards a new world.

Our conception of the cosmos depends on observations. Without them, we would turn in sterile circles playing with equations. Observation bought about the cosmological revolution at the beginning of this century and will provoke the revolution of the now so close twenty-first century.

To account for these new observations, we must improve, and perhaps profoundly modify, our conception of the universe. We have always considered the universe to be made of clumps, hierarchically arranged. Galaxies are clumps of stars, and clusters of galaxies form clumps too. We expected to find bigger clumps, already named "superclusters" but instead we have discovered a strangely hollowed-out universe, structured on a very large scale like Swiss cheese (or rather, to be true to our friends the Swiss, like Emmenthal, since real Swiss cheese, Gruyere, does not have holes).

Galaxies, beginning with own Milky Way, lack the mass to balance centrifugal forces. On the basis of stars brilliant enough to make an impression on the plates of our optical telescopes, these "island universes" should have blown apart long ago and been scattered to the four winds of the cosmos. Something remains to discover which still escapes us -- perhaps stars of very small mass and luminosity, or unknown objects such as new particles. Perhaps what the superstring theoreticians call a "shadow universe", as suggested by John Schwarz of Caltech, Michael Green of Queen Mary College, London, or Nobel Prize winner Abdus Salam (in his contribution on the unification of electromagnetism and the "weak force"). A "shadow universe", they say, is not observable optically but revealing its presence through gravitational effects alone.

Dark matter, the term is everywhere, in all the magazines. Various approaches have been taken to find an invisible phantom which will supply the key to unlock the observations of the last decade. Would this obscure but omnipresent entity, under whatever name, explain the stable galaxies as well as the large gravitational lens effects which are too great for the masses recorded in galaxies and galaxy clusters through optical observations?

What is more fascinating than a mystery? Science would lose its charm if everything were known. New mysteries approach. Questions are much more engaging than answers. Year after year, they drop from the sky with regularity.

We put Hubble in orbit and in just a few months it seems to have rejuvenated our universe! Holy Hubble! We are going to have to begin thinking again and try to understand afresh.

Astronomy has acquired a new tool -- the gamma-ray telescope. Neat! It is able to detect flashes coming from every corner of the universe, one a day on average. So what object, what phenomenon is responsible for these strange signals?

Another new puzzle for theoreticians.

How do the quasars, now counted in the thousands, function? What fantastic source of energy knocks around the center of the Seyfert galaxies to make these active galaxies reel like amusement park rides?

We are also scrutinizing the universe's distant past through theory and using ever more sophisticated means and. What did the first moments of the universe look like? Do these questions have a meaning or are they badly formulated?

Borges said that science was the most elaborate form of fantasy literature.

In workshops the world over, forges resound. The superstring theoreticians dream of a "theory of everything". A single equation that everyone could wear on a T-shirt, as Leon Lederman, director of Fermilab

in Chicago, optimistically announces. Hawking predicts "the end of physics". Some dream of unifying the four fundamental forces and of finally building the theoretical machinery to give an answer to every question.

In brief, we in the scientific community are frankly not bored.

First Part :

A Walk Around the Flat

The non-relativistic universe

The sky, humanity's first book.

Have you ever considered that the beautiful summer sky above you is the same one your most distant ancestors contemplated? For the Egyptians, it was the stomach of the goddess Nout. To help embalmed pharaohs guard this vision during their voyage into the beyond, they carved it in the marble of sarcophagus covers. Babylonian astronomers, who gave us the seven-day week, the sixty-minute hour and the sixty-second minute (*their numerical system was in base sixty*), sought to decipher the destiny of kings by contemplating from their Ziggurats the Great Bear, Orion, or the Perseid cluster, which appeared then just as we see them today.

In the Bible, God replies to Job (chapter 38, verses 31-33):

Can you tie the bonds of the Pleiades or untie the cords of Orion, make the signs of the Zodiac appear in their season, lead the Bear with its children? Do you know the laws of the heavens?

The sky was humanity's first book.

When the celestial vault expands.

We learn in books that the universe is measured in billions of light-years. But let us be frank: such numbers mean strictly nothing -- one might as well describe the city of San Francisco to an ant. Humanity's universe is its horizon. The mental scale of distance, for a plain dweller, is ten miles. He carries it around with him. The mountain dweller sees further. He knows that those promontories over there are far away, for he has been there and it took many hours or days of walking to get there.

Our time scales also follow our experience. Hours, days, weeks are familiar to us. Years are already beyond the time-horizon. Frankly, what do a millisecond and a billion years mean to you? Strictly nothing.

We have precise ideas only of what we can grasp or travel through. Binocular vision allows us to locate objects with relative precision up to about fifty feet distant. But look at the errors made by people riding in a car who try to guess the height or judge the distances of two objects of unknown size. To be able to judge greater distances, to "see further", we have to change our position. A one-eyed person does not have that capacity. He judges distance by the speed of displacement of close objects relative to the background, the phenomenon known as parallax. We will return to this later and see how, at the end of the nineteenth century, it allowed the first measurement of stars' distances to be made.

Go out of doors and observe the moon. How far away is it? Admit that you do not have the least idea. It is only "beyond the furthest hills and mountains". Our mental conception does not go beyond several dozen miles. To comprehend a road a thousand miles long we have to follow it on a map. In this respect we are hardly more advanced than cavemen. Still worse, we have lost our original reference-points. No one, or hardly anyone, walks or travels by horseback any more. So these standards, engraved into the minds of our ancestors -- a day's journey by foot or on horseback -- no longer serve us. Today we get into an airplane and open a book; when it's finished we have changed scenery, season and time.

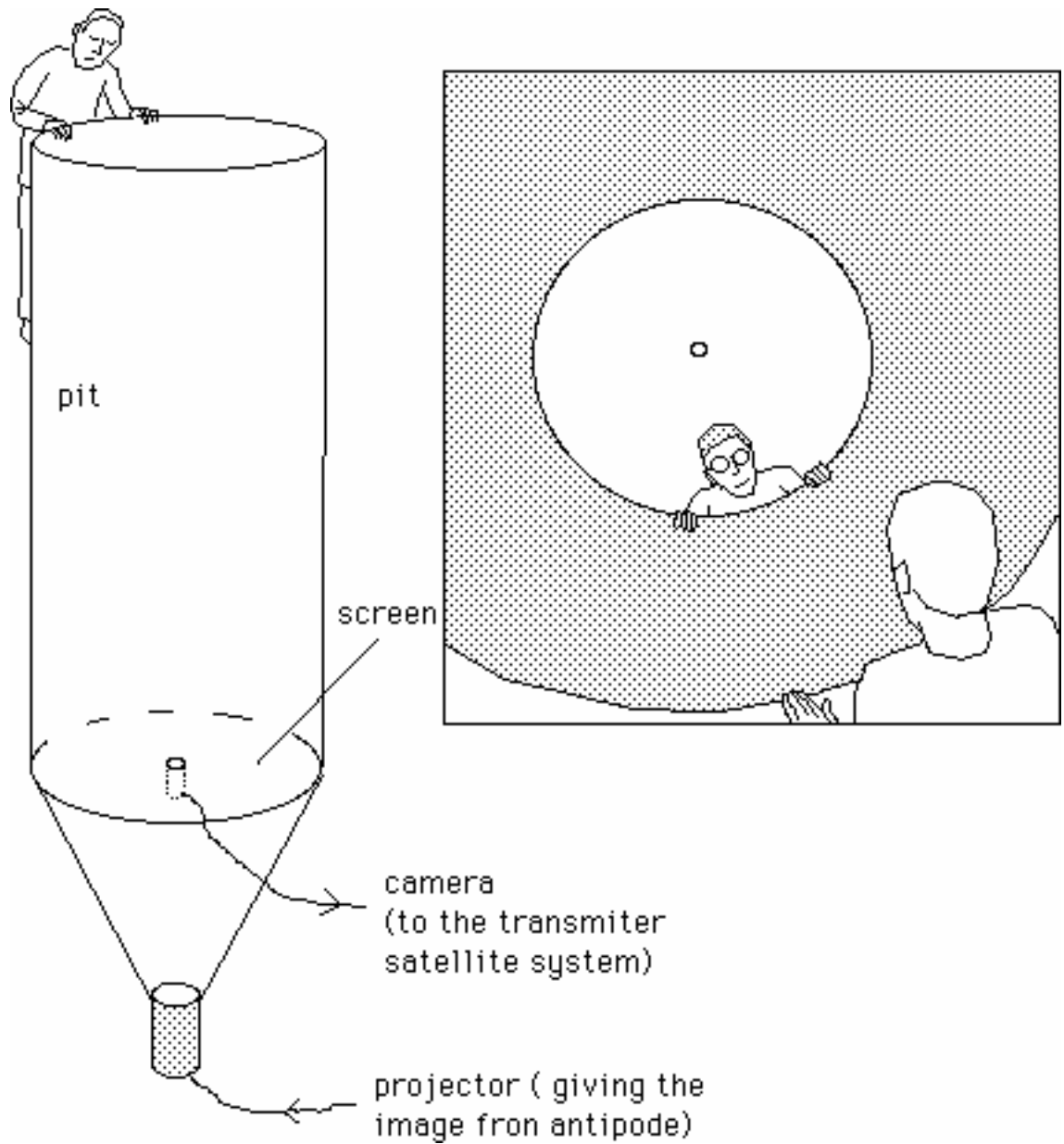
For us the Earth is always flat. Only sailors, who saw ships' masts descending below the horizon, had a primitive notion of its curvature. It

might resemble, let us say, a slightly rounded buckle they carried around.

One day I had a telephone call from a man in the antipodes. We talked for ten minutes and then I had a strange feeling -- this man was upside-down! He would fall into space. Blood must be rushing to his head. I shared my feeling with him and immediately he too began to have the same malaise.

For the first time in my life I was conscious that the Earth might really be round.

Let us say we dug two wells located at each other's antipodes. At the bottom of each we place a screen with an image from a television projector. They would also be equipped with cameras at the bottom, turned upwards. It would then be possible, through a satellite link, to project onto the screen at the bottom of one well the image received from the other's camera.



By leaning over the side we would thus be able to perceive the "antipodians", to look through the Earth, and they could see us. If the wells were placed in the centers of two villages, their inhabitants would come to realize little by little that the earth is not really flat. Or at least they would no longer imagine it as just a thick slab with two sorts of inhabitants, those above and those below.

Only astronauts really know that the Earth is round.

Let us say I pick up a telephone and call a friend twenty thousand miles away. While I am rushing off to lunch, he is still in nightshirt. Incomprehensible. All this remains terribly abstract for us. Who is capable of knowing another's time as well as his own? Who is conscious in their mind of the slow rotational movement of the terrestrial globe? Who sees the day devour the night? Each time I ask myself such questions I have to imagine an orange lit by a candle but I can never remember in which direction I should make it turn.

Who is aware of the Earth's rotation? Nobody.

When you see the Sun crossing the sky, do you imagine for a single second that this motion is only apparent, that it is due to the Earth's rotation about itself? Not for a moment. It also is "ten miles away, " just behind the horizon, barely more. We imagine it "as big as a mountain", but no one succeeds in conceiving its true dimensions. The proof is that I cannot remember its exact diameter and have to look it up in a book.

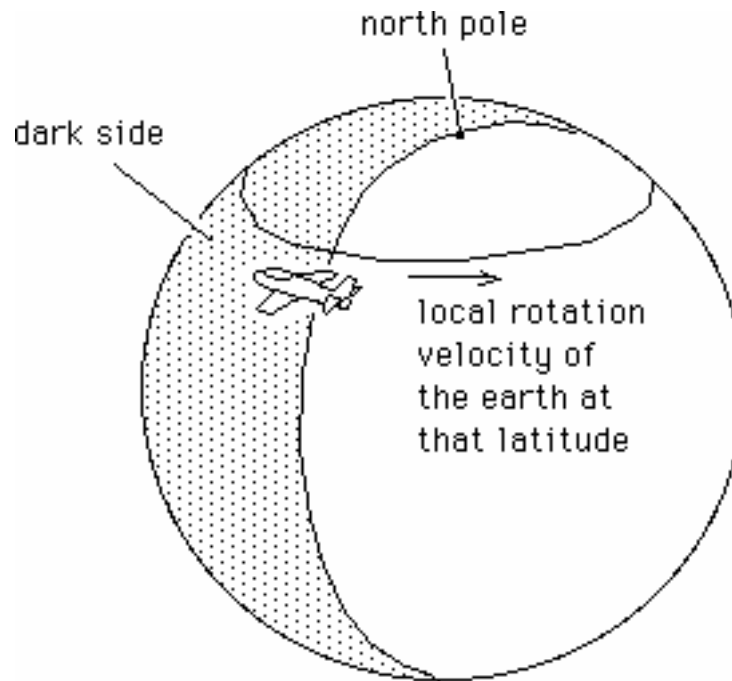
Americans and Russians are more familiar with the problems of jet lag than Europeans, because their countries are spread over several time-zones. But ask an Englishman or an Italian what time it is in Tokyo or San Francisco...

"Wait, it's later... no, earlier. Oh, I don't know any more".

"And when you travel westward, should you put your watch forward or back?"

"Well, I ... "

At the end of the fifties a jet plane, flying at a high altitude, succeeded in flying so fast in a westerly direction that its speed was equal and opposite to the local speed of terrestrial rotation.



Strange impression -- the pilots were flying at "constant time". They merely had to stop their watches. They had "stopped time".

I knew a Japanese industrialist who traveled endlessly; one day he had had enough of being at the wrong time wherever he went. What did he do? (The story is like an oriental fairy tale). He simply decided to bring his time with him. He fitted out his sumptuous personal liner with living quarters and a meeting room and put a clock on the wall which he vowed not to touch. The cabin's windows were closed (though not the pilot's fortunately) and only artificial light indicated whether it was day or night. When "day" came, he lit his interior candelabra which he extinguished when he went to bed, in blissful ignorance of what might be going on outside his plane.

As for his co-workers in different offices located all over the planet, they had to accommodate themselves to meetings at inconvenient hours, often the middle of their night, to which their CEO arrived as fresh as a cucumber.

We learn rules, memorizing them as best we can. Do not call Professor Nakajima between this and this hour, or else you will drag him out of bed and look like a fool. The instantaneousness of

communications takes us by surprise. On Earth, with the telephone, it is the present for everyone.

Writing fascinates me. It allows us to hear the words of people dead for hundreds of centuries. Often, while reading the text of a Greek author, I catch myself thinking, "How can it be that this man can speak to me, seem so present and share his humor to make me laugh out loud when his bones have long ago turned into dust?"

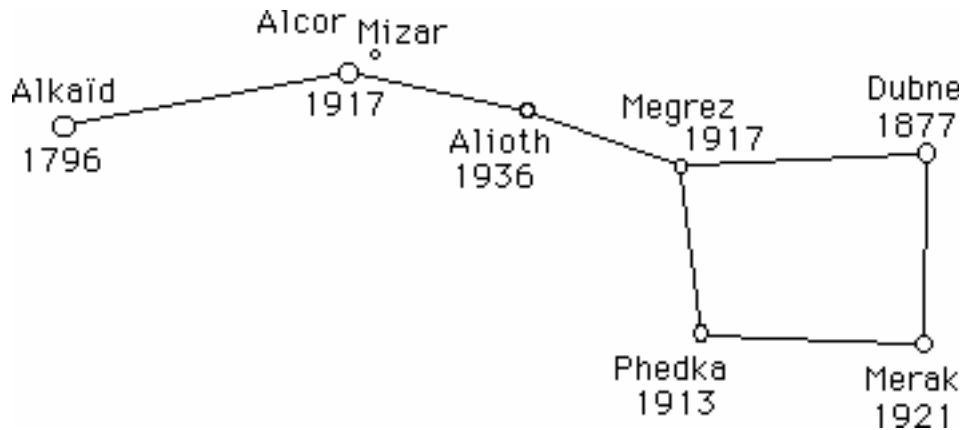
Once letters arrived by boat and brought with them an impression of past. The fax has overturned this aspects of the missive. It is amazing to realize that at the moment one hears the printer sputter someone at the other end of the planet, inclined at an angle of twenty-six degrees, "walking on walls" or completely upside-down, is watching their own fax machine to see whether the pages are going through correctly. However, the other way around, things are not always the same. Sometimes, after having sent a fax, I am surprised not to receive an immediate reply from my correspondent, forgetting that they are probably sleeping peacefully.

We no longer know who is when.

However we know, or at least we have learned in books, that information, electronic or radio-electric impulses, is not propagated at infinite speed. Nor is light. The moon appears to us as it was a second ago, the Sun as it was eight minutes previously. In the sky, the present does not exist. There is only the past. Certain stars we see might have disappeared a thousand years ago so the concept of actuality loses its meaning.

In 1987 it was announced that a supernova had just exploded in the Magellanic Cloud. Adjusting their telescopes, astronomers wanted to miss nothing of the spectacle but the play had already been performed a long time ago. The curtain had long since risen and the star's debris dispersed and, in fact, people were watching "live" an event which had occurred a hundred thousand years ago. Perhaps not a single astronomer asked himself the simple question. If the Earth has become

for us "instantaneous", the sky is only an appearance. Even the constellations are deceptive. No star in the Big Dipper is the same age as the others. In contemplating it, we are watching a composite show with the most "recent" of its stars showing a sixty-year-old face to us and the furthest appearing such as it was two centuries ago.



The dates of emission of the light from the different stars of the Big Dipper which reached Earth in 1996.

Our ancestors were ignorant of all this. Our progress in telecommunications has given us a unique perception. But light's relative slowness will soon reverse this feeling.

Recall that delightful rolling and jolting garbage-can named Lunokhod, which the Russians placed on the lunar soil. One man piloted it from his console at Baikonur with two levers, like a battle-tank. Right lever, starboard tracks; left lever, port tracks. Accelerator, brake. Before him, a screen showed what the machine saw hundreds of thousands of miles away. Between the perception of an obstacle to avoid, a simple stone, and the execution of the order to do it there was a two second gap. Luckily Lunokhod did not go very fast. But this temporal displacement would make driving at great speed problematic. Interplanetary piloting means limited speed!

Let us consider the problem Earth-based manual piloting would pose for a vehicle running around the surface of Mars, where the delay would be minutes rather than seconds. Imagine the pilot, bent over his console:

"I see a pebble right before me -- darn! I am already on it. Are the vehicle's feet already in the air? I will only know in a few minutes. Turn, brake? Maybe it's already too late".

In the case of manual piloting at constant speed, guaranteeing the safety of the machine would transform it into a snail. It would be necessary to examine the terrain well before giving any order to go forward, just like someone who tests the ground with a cane before taking a step. We will advance on Mars step by step.

Can you imagine exchanges of radio messages between a terrestrial control center and a Martian mission? Is anyone capable of having a dialogue with someone when they have to wait twenty seconds for a reply?

Jupiter can be seen with the naked eye. It lies in the outer suburbs of the solar system. Perhaps one day miners will collect an interesting ore on one of its satellites, Titan turbinium let us say, but all conversation between him and his wife back on Earth will be impossible because an hour would elapse between each sentence.

Once America, or the Indies, were several months voyage away. Today, thanks to the airplane, one can say, "I'm coming!", even from the other side of the world. But the miner on Titan, if he suspects that his wife is cheating on him, can only say, "In two years I'll be dropping in so watch out!" Spatial and temporal disproportion. Our scientific progress has given us a new conception of the heavens, but the day to day mind does not follow it.

Astronomy is a science of surveying; we will see how humanity has gone from surprise to surprise in this area, each time seeing its domain grow out of all proportion.

Megalomania.

Astronomy on any level is not on our scale. It weighs objects in solar masses. If I tell you the Sun's mass, expressed in pounds, is a number that involves thirty zeros, will that be of any use to you at all?

Moreover, if I had said that it had seventeen or fifty-six zeroes, it would have had exactly the same effect and you would have taken me at my word.

The mass of an electron is not any more comprehensible. The microcosm and the macrocosm are intellectually hostile worlds.

Astronomical temperatures, from the burning heart of a star to the vast frozen stretches of intergalactic space, are just as far beyond us. What can a modern human being conceive in this area? Nothing more than could their distant ancestors : From the cold of a steppe, thirty degrees below zero to the heat of a red hot iron. Ten million degrees or three degrees above absolute zero are unthinkable numbers. But you have to think of them nonetheless.

However, in contrast, human beings do have a good intuition of the void, since they invented nothingness. No void, however complete, could disconcert them since they are capable of imagining an absolute void in their heads, though it would have no meaning for a physicist, as we will see later.

Thus, paradoxically, the only extreme things that people can conceive easily either do not exist, or require qualification. Zero, for example. Nothing seems to want to be truly null in the universe, time no more than space. Quantum physics, as we will see, tends to stop dealing with distances of less than 10^{-33} centimeters (a fraction whose numerator is 1 and the denominator another 1, followed by thirty-three zeros. We will see where this number comes from elsewhere in this book), and periods shorter than 10^{-43} seconds (the Planck time, the time taken by light to cross the above distance).

If we manipulate a very thin sheet of mylar, its thickness, whether a hundredth of a millimeter or a half-micron, will seem the same to us. Conceptually we will assimilate this sheet as a "plane surface". Everything smaller than our power of optical resolution, real or imaginary, is of zero dimension. All objects joined in time and space by intervals smaller than our perceptual capacities form continuous sequences for us. A photograph whose "pixels" we do not discern appears to be an object continuous in space. A film is continuous in time when we know very well that this impression of continuity is only a phenomenon of retinal persistence.

Astronomical numbers are also beyond conception. Ten sheep, a hundred sheep, a thousand sheep, fine. They are numerable. Ten million sheep -- nonsense. A galaxy contains a hundred to a thousand billion stars. But I could have said fifty thousand billion stars -- it would have been the same.

Let us be clear -- there are two approaches in science:

- Align equations and numbers, which become games with ideograms. Certain people are excellent at such games and are able to content themselves with their intellectual nourishment. We call them mathematicians. People who believe that the universe is entirely constituted of ideograms are called schizophrenics.

- Try to forge for oneself an intuition of intangible, incommensurable things. There you and I act alike. Commensurable, etymologically, is said of sizes which have a common measure.

You seek the commensurable as soon as you leave your mother's womb when your hands and, above all, your mouth become your basic standards. For a newborn, nothing over three inches is comprehensible. Comprehensible and prehensible together -- what one can put in one's hands.

Afterwards we pass to the arms and we imagine groups of objects, atoms, which we could clasp, that is to say take in our arms. We reflect with fistfuls, armfuls. We bring everything back to our primordial reference, our body, our perceptual system. What we do not feel in our hand has zero mass. Everything which moves at less than a millimeter a second is immobile. And so on.

When things "go beyond us" we bring them back instinctively to our scale. For me, a galaxy, at least the "mental galaxy" I have in my head, is a sort of swarm of gnats with a diameter of several feet at most. My universe is contained in a hangar. A superstring is no finer than a hair. If not, my intuition falls through my fingers, like sand.

So we will use the same approach.

Astronomy, just like the microscopic physics of the "so-called elementary particles", brought immense surprises for humanity. At the dawn of this century great men of science, like the Frenchman Berthelot, refused to envisage the existence of atoms, simply because they could not be seen with the naked eye. Inversely, astronomy and cosmology have brought a constant enlargement of the human representation of the cosmos. The boundaries of the cosmos have been cast to the four winds. Even God, who we used to imagine seated peacefully on the clouds, has taken refuge in a sphere of Planck's diameter even for those who continue to look for Him.

In order that things stay familiar to us we must mentally bring them down to human scale or else they remain incomprehensible, still in the etymological sense of the term. We will do as Gulliver did : When things are minuscule, we will make them larger, or shrink ourselves to observe them better, which amounts to the same thing. When they are gigantic, we will do the opposite. We will accelerate or slow down clocks, to the scale of the cosmos or of atoms. Either this or we will understand nothing. We will transform at will atoms and galaxies into baby peas.

But watch out. The universe is only a vast theater of shadows, on the scale of the microcosm or macrocosm. It is Plato's cave, especially when the eye sees what the hand cannot reach.

To close this little chapter, I will tell you a personal anecdote, perfectly true. I spent the first years of my life in a little town, all of whose streets and houses I knew. I left it when I was seven, having memorized everything, packing memories as in a suitcase. I returned forty years later, by chance. But everything had changed. The wall I had fallen from when I broke my leg, which I had imagined very high, reached to my shoulder. My parents' house seemed to have shrunk by half. Vaguely disturbed, I ran to see if the same phenomenon had affected my aunt's house. The distance between them now seemed ridiculously short to me, it had had shrunk, like a headhunter's trophy. The same for the village square. The same for everything. I wondered whether time had not also changed its speed, if things flowed at the same rhythm. But we cannot travel in time, if we could we might be in

for some surprises. The observation of a clock's balance-wheel by the eyes of a newborn baby or the eyes of an old person are perhaps very different things.

We said that the sailors used the image of a rounded buckle, bounded by the horizon, during their voyages. In growing up we borrow the vehicle of our body, which has variable geometry. We drag around in our head our biological clock. But, as we will see, even ideas change, in the course of this eternal voyage called science.

We can in fact perceive nothing without conceptual eyeglasses. When I lean on a table with my hand, I cannot pass through it. I have the impression of fullness. In fact my finger and the table are both great voids, with just a few atoms here and there. It is the play of electromagnetic forces which prevents the two swarms of atoms from passing through each other.

Look at the stars. They seem immobile but in fact are moving at five miles per second. For millennia people believed that they were suspended from the celestial vault like candles.

I believe that the universe is like this or like that because I observe things through my telescope. There again I use conceptual eyeglasses. If we take them off, we are blind. But perhaps these objects do not truly exist. Perhaps they are only images, Who knows?

In sum, Science, an organized system of beliefs, is never anything but a way of saving face. I like this phrase of Borges a lot, perhaps science is only the most elaborate form of fantasy literature.

An error that lasted thirteen centuries.

I will tell you the story of an error that lasted thirteen centuries. Aristotle (384-322 BC , Greek philosopher and preceptor of Alexander the Great) had laid down a certain number of principles. Today we call them working hypotheses, or axioms.

- What was eternal, imperishable, should move according to a circular trajectory, because only the circle had no beginning nor end.

- As for the perishable, it moved according to straight lines, which, as everyone knows, have a beginning and an end.

Therefore stars, perfect objects, assimilated to gods, could only move circularly.

In addition movement necessarily had a propulsive cause. According to him objects could move only if a force acted on them. It suffices to communicate an impulsion to a supermarket cart to know that this is not true. But if Aristotle saw you do it, he would give you his own interpretation -- eddies of air, visible when dust is present, were pushing your cart. Similarly, he thought, eddies appear at the bow of a vessel forging ahead, maintaining its movement.

- The proof, he said, is that when the eddies cease, the boat stops!

During this epoch, before inertia had been discovered, people considered this demonstration to be irrefutable.

Claudius Ptolemy, a Greek astronomer living during the second century AD, was tempted for a moment, he confesses, by heliocentric vertigo when he was revising his doctoral thesis, the *Almagest*. But once more Aristotle's shadow was watching. In comparing the falls of a rock and a feather the master had showed that heavy bodies were submitted to forces with more intensity than light ones. If the Earth moved, Ptolemy told himself, it must be subject to a force, a sort of weight. However as human beings and everything else on the planet would also bathe in this force field, the Earth would have taken off and people left hanging helplessly in space.

The idea of the sky's immobility, even relative, would not have entered anyone's mind. It was quite evident that stars progressed according to circular trajectories. A glance at their image on a photographic plate after a long exposure gives convincing evidence. Only the Pole star does not move, planted like a shining nail on the celestial vault, the axis of the world.

As for planets, they move in relation to the stars and seem to go their own way. Some go fast, others take their time. They follow a common route called the zodiac. Even the Sun moves against this stellar background.

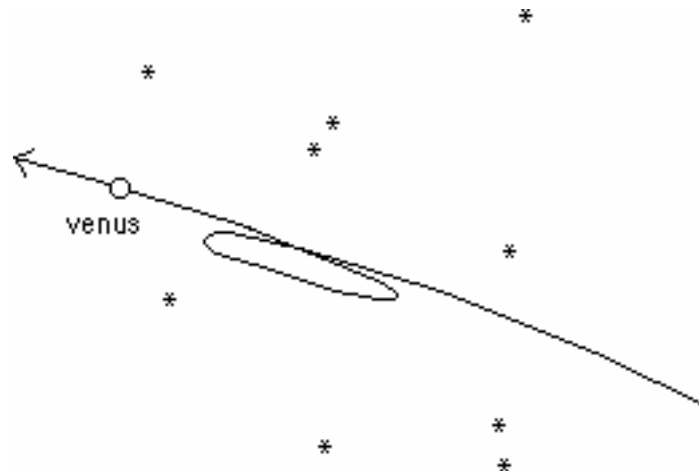
You will say -- how can we tell, since when present it is so bright that it extinguishes all the stars. But astronomy was born in Babylon, a country where the sky is clear and moreover is fairly low in latitude. It was therefore possible to note, just after its disappearance, the constellation against which it appeared, whose stars then lit up like flashlights. In a land clouded with twilight mist and at a latitude where sunset is interminable, such as Norway, this identification would have been more problematic.

Close to the equator, for example in Kenya, where the nights are so beautiful, the Masai see the day-star dive vertically and sunsets last only several minutes.

However, even the Sun was locatable on this planetary cycle-track with its twelve assigned boundaries, the zodiacal constellations, and it could be seen to move along it with clockwork regularity during the course of the year (and because there were seven visible heavenly bodies - the Sun, the Moon, Mercury, Venus, Mars, Jupiter and Saturn, they decided that the week would have seven days and that Sunday would be "the day of the Sun").

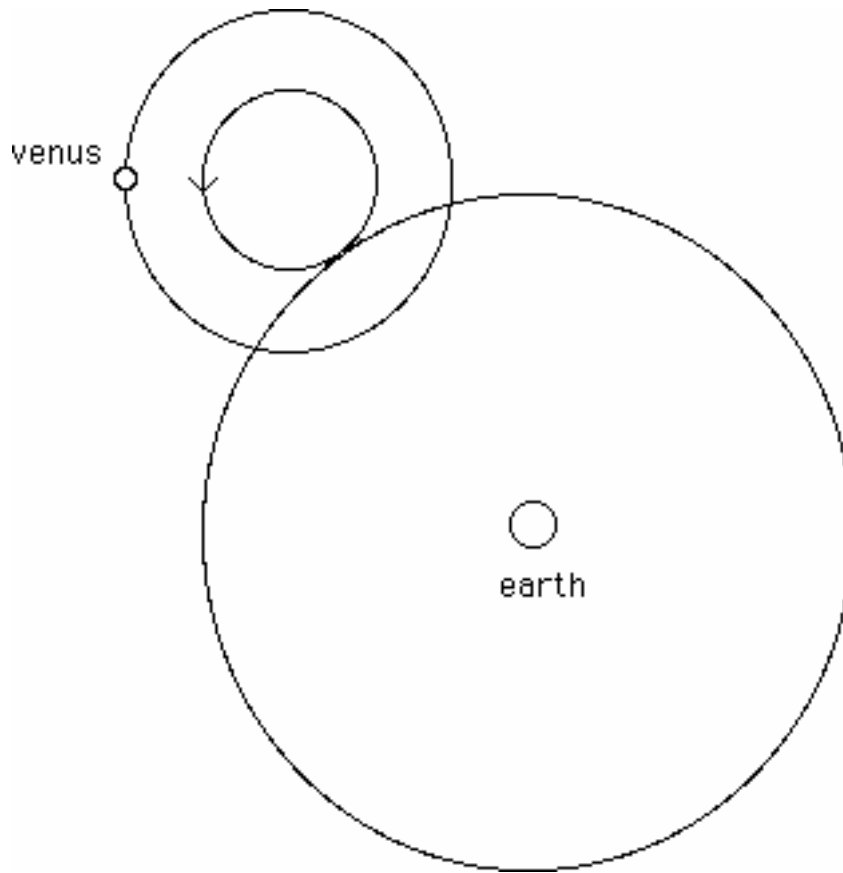
These heavenly bodies moved as they pleased. It would not have occurred to anyone to interrogate the gods on their choice of displacement speed. Finding the position of the Sun, Saturn, Jupiter, Mars or the Moon posed no problem. The Sun could be found on its planetary cycle-track.

Let us mark the different planets' trajectories, supposed to be approximately circular, on a map centered on the Sun. As months and (terrestrial) years go by, with the Earth as the point of observation, we will be able to confirm that these so-called planets have trajectories inscribed irregularly on the sky's depths. In other words, the measured aiming angle between Earth and the planet does not change regularly with time because of to the movement of the point of observation -- the Earth itself. Sometimes the planets seem to come to a halt against the celestial vault and then make a retrograde movement, as if they had forgotten something, before once more taking up what would have seemed, for an observer living in Ptolemy's time, to be their normal course. This is true for example for Mars, the point of departure for Ptolemy's reflection. But it is easier to illustrate this phenomenon for the planet Venus.



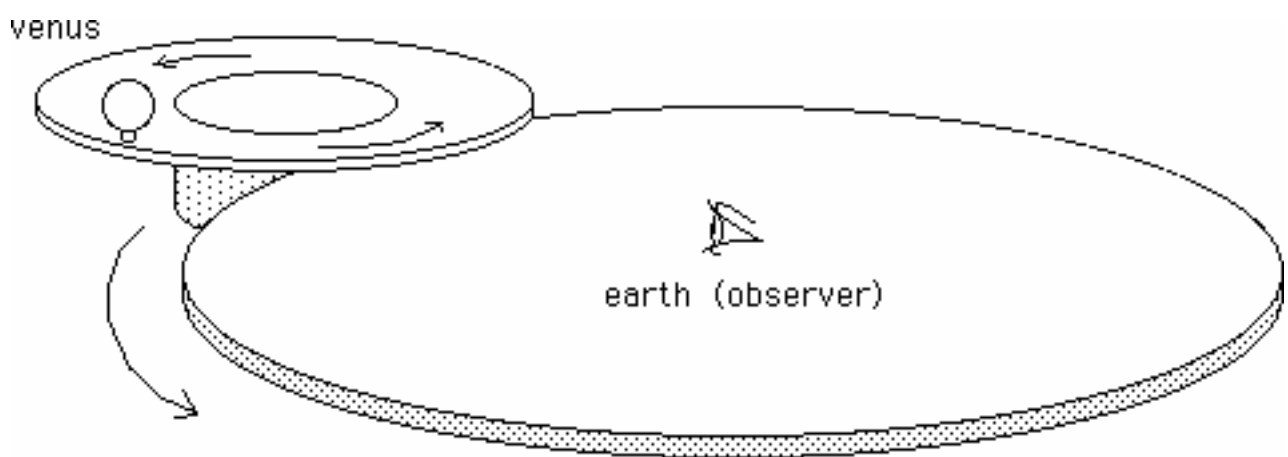
*Trajectory of Venus, standing out
against the stellar vault.*

Reflecting on this singular trajectory of Venus, Ptolemy wondered how to integrate it with the principle of the circle, the foundation of the thought his master Aristotle. Answer : Combine the movement of *two* circles. See the following picture.



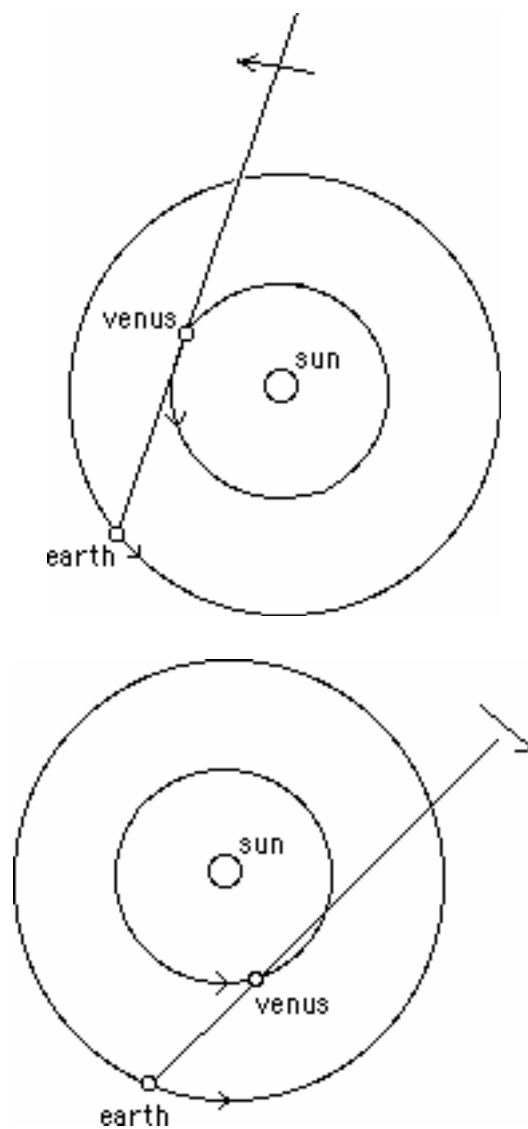
Ptolemy's model : one circle rolling on another.

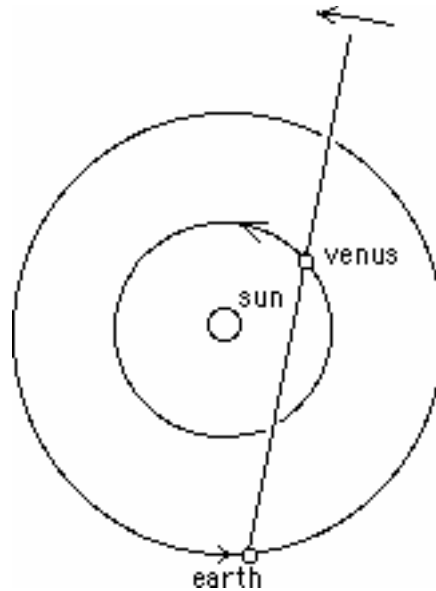
In perspective, we obtain this:



Under these conditions, for an observer located at the center of the celestial mechanism, the object "Venus", borne along by this sauntering and rotating plate, would indeed make outbound and return trips in relation to a fixed decor functioning as its background. The circular myth was safe.

In fact, it was not until discovered thirteen centuries later, when Copernicus and Kepler entered the scene, that this capricious trajectory of Venus was shown to be due to it following a heliocentric trajectory closer to the Sun than that of the Earth. This also makes its orbital period shorter. The following figures explain this apparent effect of retrograde motion:



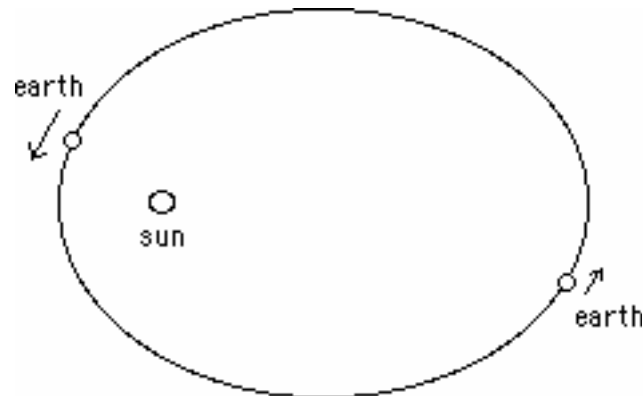


Three successive positions of the Earth and Venus explaining, for an observer on Earth, the apparent retrograde motion of Venus against the background of the sky.

We know now that this model was false and can wonder how it managed to last so long. In fact it worked very well and constant efforts were made to perfect it. Every deviation from prediction could easily be explained by adding another circle, both for Venus' trajectory or that of any other planet. Thus this (purely phenomenological) description had potentially unlimited precision. If Copernicus and Kepler had not entered the story, our modern computers might be predicting with extreme precision the apparent position of heavenly bodies by using, for example, a million circles. When the model was finally abandoned, astronomers had already reached forty-eight, which caused the young King of Spain, during his initiation into this technique by his tutor, to one day say :

- If God had consulted me before creating all this, I would have recommended something simpler.

Kepler showed that the planets' trajectories did not describe circles centered on the Sun, but ellipses, the solar star occupying one of the focal points. The laws of celestial mechanics eventually explained why, as Kepler had revealed, planets accelerate when they approach the Sun (perihelion) and, opposedly, slow down as they approach their apogee (aphelion).



***Variations in the Earth's speed in its elliptic course
around the Sun (the eccentricity has been exaggerated).***

Those attempting to calculate using circles centered on the Sun found themselves unable to take into account the variation of speed over the trajectory, whereas Ptolemy's circles meshed according to perfectly oiled mechanics.

This present work cannot give an exhaustive history of astronomical ideas; instead we have preferred to highlight certain significant facts. Our goal is to treat contemporary astronomy and cosmology, their problems and possibly solutions. With human cognitive procedure as a backdrop, it will include some mistakes from trial and error. In every epoch, even ours, we are exposed to such risks of error.

Ptolemy's system found new support from Danish astronomer Tycho Brahe (1546-1601), a contemporary of Kepler. After observing that the further away a light source, the weaker its gleam, he conjectured that feeble stars should therefore be further away than bright stars like Sirius and used this argument to refute any possibility of movement of the Earth's. He said,

in effect, that if the Earth orbited the Sun, and not the reverse, we should observe a phenomenon of parallax. But we do not. Therefore the Earth must be immobile.

What is parallax?

Look at your index finger held at arm's length and, at the same time, a background such as the wall of your room. If you first close one eye, then the other, you will be modifying your "observation point" so that your finger will seem to move in relation to the background. Tycho reasoned that if the Earth moved, the bright stars, which he supposed in principle close by, should move in relation to the stars of the sky behind, the weaker ones.

First error -- the brightest stars are not automatically the closest. The reverse is very often the case -- stars emitting small amounts of light are very close, while supergiants are thousands of light-years away. Second error -- in thinking that the stars were situated at distances comparable to those of the planets, Tycho was miscalculating by a factor of ten thousand. Parallax was real, but totally unobservable to the naked eye. However Tycho could not know this. The effect was only revealed in the nineteenth century by the German Friedrich Bessel ([German astronomer, 1784-1846](#)), using a photographic plate. See Appendix 4 .

So with the aid of a very "rational" argument, founded on false premises, he arrived at an erroneous conclusion, though a very impressive one for the people of his times.

One single message, light.

Each branch of science has its own sources of information. In some we can make both observations and laboratory experiments, in others experiments are impossible. Sciences which deal with living beings mix observation and experiment. A medicine, a synthetic protein, a surgical operation, are experiments. In history and paleontology, to the contrary, there is no experimentation, since it is impossible to travel into the past. Physics and chemistry are playing-fields where observation, analysis, modeling, and experimentation alternate. Modeling results in ranges of

prediction, which sometimes lead to very spectacular open-air experiments which can be enjoyed by everyone, such as the early hydrogen bomb tests. Their incontestable results seem to make the restrictive framework of the laboratory room pale into insignificance.

If we except the astronauts' incursions onto lunar soil, astronomy bases its knowledge on the analysis of light and, more generally, of all the radiation it receives from the outer reaches of the cosmos. It is a sort of photography. As a general rule, astronomy considers that it has little chance of actually touching the object of its study except in the case of the planets, which one day we will eventually visit, either by sending people or using robots.

Before we went to the moon, though automatic probes had already made analyses *in situ*, we had no certainty about the exact composition of the Earth's companion. Until the very last moment speculation was rife and I even remember a newspaper headline saying "And what if it's cheese?"

We know today that the moon is definitely not a piece of cheese. With time all the inner, solid planets will be visited, as will the asteroids in transit. Probes will plunge into the atmospheres of Jupiter and Saturn while transmitting the results of their analyses by radio. As for the Sun, we have to content ourselves with watching it from afar.

But what riches can be found in the analysis of radiation?

First of all angular coordinates, a system of reference against the background of the sky. We also measure the quantity of light captured, betting on the idea that this is inversely proportional to the square of the distance separating us from the source. If we believe that, it gives us a sufficiently exact idea of its nature, of its radiant power (what one calls its absolute magnitude) and we can then complete this angular sighting by a judgment of distance. This allows us to situate the object in three dimensions, with more or less precision. The decoding of a parallax effect allows an evaluation of the distance of sufficiently close objects. We will see later how other standards of distance, the Cepheids, allow measures to be made of mind-boggling distances -- 55 million light-years in 1995.

The Doppler-Fizeau effect allows the measurement of radial velocity, that is to say the projection of the object's speed with respect to ourselves on the "line of sight". Spectrum analysis brings information on chemical

composition and temperature of the source. This is complemented by an assortment of new observations in other ranges of wavelength -- infra-red, X-ray, gamma-ray. These rays, absorbed by the earth's atmosphere, escaped our observation until the advent of spatial astronomy.

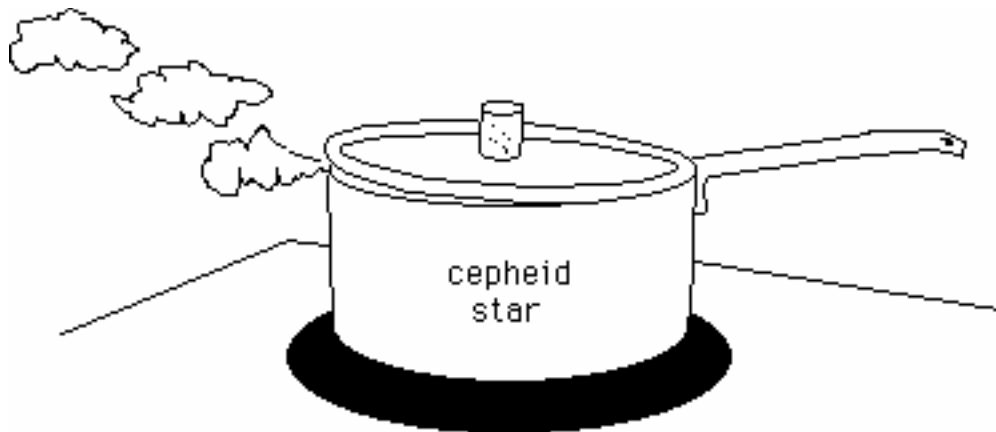
**Each time the sky draws back
the known universe expands.**

At the end of the nineteenth century the German Bessel ([already cited, see the details of the measurement method in Appendix 4](#)) made the first measurement of stellar distance. It was a surprise. The closest stars are fantastically far away, ten thousand times farther than the planets at the confines of our solar system's. While the light emanating from Pluto takes about an hour to reach us, Bessel's discovery showed that the time taken by stellar light should be counted in years.

There were many discoveries made at the turn of the nineteenth and beginning of the twentieth centuries and each brought answers to age-old questions.

A word in passing about the Cepheids. These are pulsing stars, which function like cooking pots whose cover lifts up at regular intervals to let a puff of vapor escape.

Let us examine a Cepheid in the process of contracting. The temperature and pressure at the core increase. At its heart the process of fusion, liberator of energy, starts to race -- the star becomes more radiant. But this "puff of heat" immediately provokes its expansion which brings about a cooling of its central furnace. The expansion then stops and it begins a new contraction. And so on.



This mechanism (though at the time people knew nothing of how a star functioned) was discovered in 1912 by Henrietta Leavitt, who showed that the largest Cepheids, the most radiant, had the longest periods. It was possible to measure the distance of a certain number among them, in our near stellar neighborhood, by the parallax method.

Ms. Leavitt used this method to measure the distance of a large number of Cepheids. From this and by measuring the energy captured by the telescope (apparent magnitude), she was able to calculate the quantity of energy they were really sending out (absolute magnitude).

She derived an empirical law relating their frequency of oscillation to their power of radiation. It now became possible to deduce the distance of a Cepheid by measuring its period of variation (it is situated much too far away to use the parallax method) and the quantity of light received,.

The parallax method, like binocular vision, had a very limited range. The Cepheids were going to push back the gates of heaven to unimaginable distances.

In 1802 the Englishman William Herschel (1732-1822), one of the pioneers of modern astronomy, had been the first to claim that the "Milky Way", which crossed our night sky, was in fact an enormous grouping of stars (two hundred billion) seen in cross-section, whose more populous center was located in the direction of the constellation Sagittarius. If the object appeared to us like a wedge, it was because we were inside it.

But telescopes did not show only stars. Objects were distinguished on the plates which were designated under the name of "nebulae". Some were

had no form, others appeared as spherical or elliptical masses, others still ultimately resembled immense spiral vortexes.

Some people believed these objects to be of relatively modest size and situated within the Milky Way. Others imagined them as immense and outside it. It was the astronomer Edwin Hubble who settled the matter in 1924, by identifying a Cepheid in the Andromeda galaxy and determining immediately its distance relative to us -- 2.2 million light-years.

Thus what we were calling the Universe was not just a grouping of stars (our galaxy) containing different types of "nebulas", but a grouping of galaxies.

Astronomers began to catalogue them using Andromeda and other relatively close galaxies to develop new standards of distance, relying on the photometric method. The universe began to unfold in all its immensity, totally inconceivable for the human mind.

We discovered that there existed "galaxies of galaxies", clusters like that of Virgo containing individuals numbered in thousands. And relatively recently we have come to understand that these galaxies are arranged around immense "bubbles" whose average diameter is of the order of a hundred million light-years.

From this point, these are the sorts of distances we will be envisaging.

Spectroscopy is the key component of modern astronomy. Newton was the first to show that solar light was composed of different colors whose mixture produced what we call "white". But he did not realize that it was not diffracted by a prism into a sort of continuous rainbow but rather into rays. The Germans Kirschhoff, Fraunhofer and Bunsen, the inventor of the burner which bears his name, made essential discoveries. Every heated body emits light and this light, when dispersed with a prism, produces a characteristic spectrum. As two bodies with the same spectrum do not exist this becomes a means of identifying them, not only in the laboratory, but also at a distance. We discovered with amazement that we could analyze stars' atomic compositions in complete tranquillity without any need to travel there. We found that they were mainly composed of hydrogen but also various other sorts of atoms.

A little anecdote : It was found at this time that the Sun contained an unknown substance, identified as always by its spectrum, which was baptized "helium" (from helios, in Greek -- the Sun). It was only later that they discovered helium also existed on Earth.

This latter discovery led people to think that the cosmos might have no center, that the same phenomena could take place at considerable distances, obeying the same laws and putting into play the same basic mechanisms. Once people believed that the Earth was the center of the world, then the Sun until spectral analysis revealed that it was just another star of an extremely banal and common type. There were plenty of others like it in our galaxy, the Milky Way, and in other galaxies which had been "resolved into stars" by powerful means of observation And there were galaxies everywhere.

We did not find any exotic substances in these stars, just the hundred or so atoms classified by the Russian Mendeleiev in his celebrated table. In other galaxies we found stars of the same type as those of our own Milky Way. It began to seem evident that the universe is the same everywhere. Everywhere we looked we found the same substances and in rather limited number. The laws of physics should prevail just as surely a billion light-years away as they do on Earth.

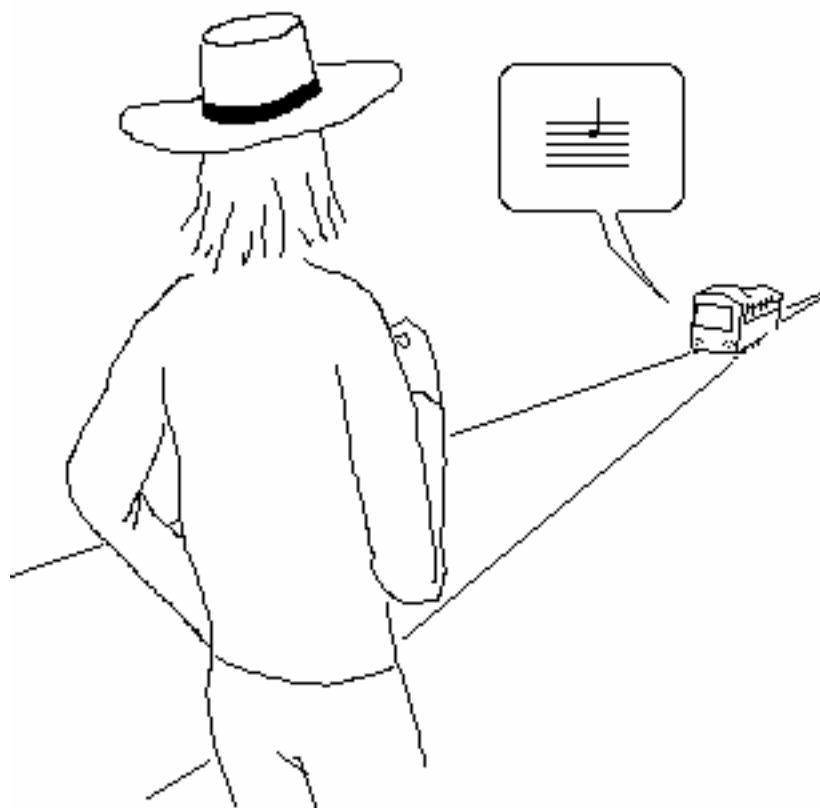
This was a lucky thought as we had just discovered what those laws were as well as a number of constants :

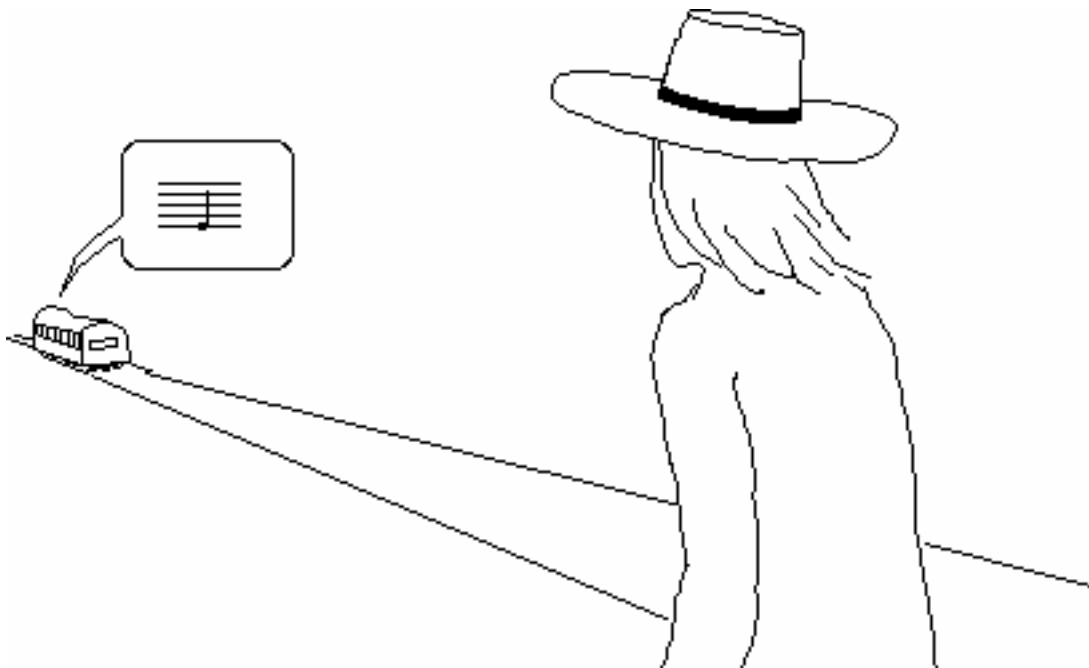
- That of gravitation, G , already known, but whose measurement had been refined ($6,67 \cdot 10^{-11}$ MKSA)
- The speed of light, c ($3 \cdot 10^8$ m/s).
- Planck's constant, h ($6,63 \cdot 10^{-34}$ MKSA system)
- The masses of the elementary particles, (mass of a proton or neutron : $1,67 \cdot 10^{-27}$ k)
- The elementary electric charge, e ($1.6 \cdot 10^{-19}$ coulomb) .

With the availability of such tools, we began to attack light-years, the goal being to put the cosmos into a box, to finish with its exploration and comprehension once and for all. There was a generally optimistic mood.

We were going to "understand everything". It was all just a question of equations, of "initial conditions" and calculation techniques.

A word in passing on the Doppler-Fizeau effect. In the days when level crossings were common, they have almost vanished in wealthy and large cities, rail-cars crossed them hooting gaily so that everyone was aware of the sudden lowering of the sound's frequency at the moment its source went by.



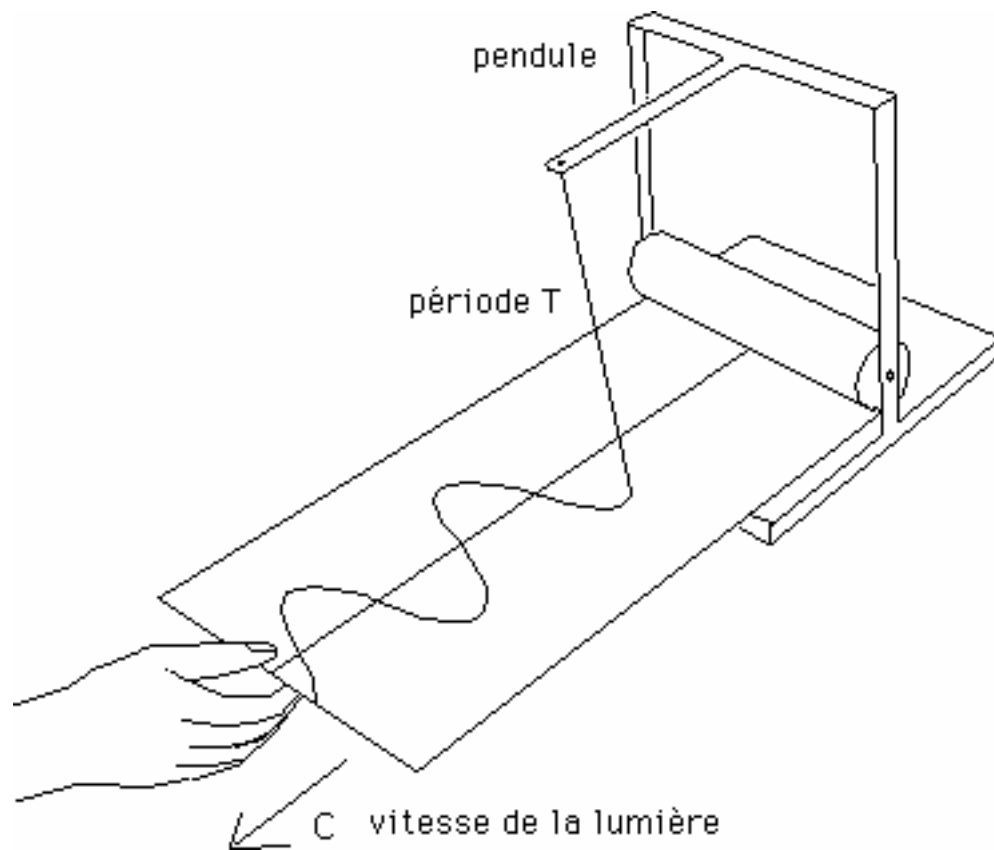


The Doppler-Fizeau effect.

(Hippolyte Fizeau, 1819-1896. French physicist who made the first direct measurement of the speed of light.)

We could try to explain everything and vulgarize everywhere. With the help of an infinite variety of pictures we could try to bring matters within the reach of those who cannot deal with equations. But that is not our primary goal.

But let us make an exception for this old classic. Let us imagine that the light reaching our eye, or our measuring instrument, is a piece of paper which we pull at constant speed of ... 186,000 miles per second. This paper is on a roller set at some distance and on a fixed support. A oscillating pendulum carries a pen which thus draws a pretty sinusoid on the paper.



For these waves, from one peak to the other, the wavelength is λ . The time which light takes to propagate is :

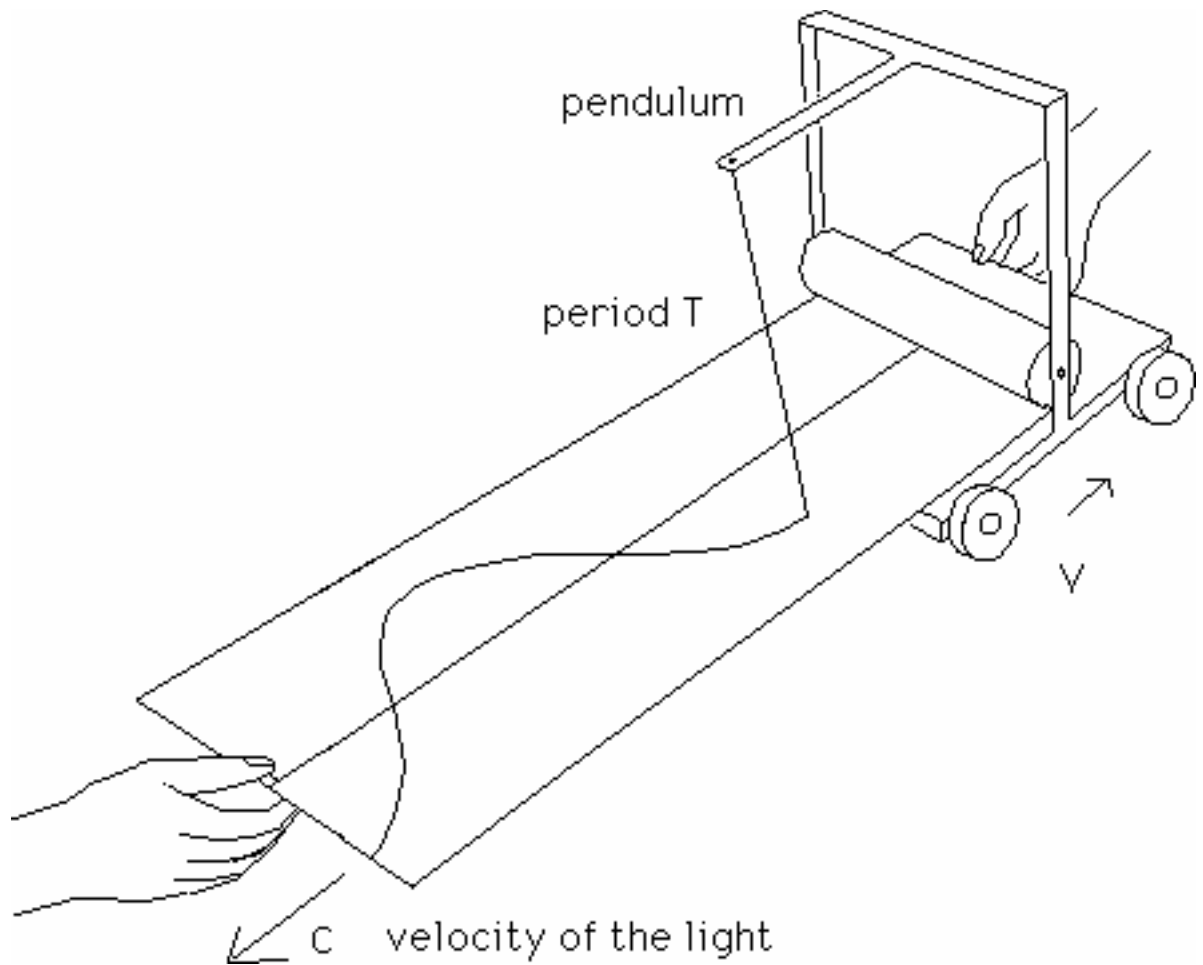
$$\tau = \lambda / c$$

And its inverse:

$$\nu = 1 / \tau$$

is the light's frequency.

Now let us place this oscillating system on a runner and imagine that a hand pushes it towards the observer at speed V . The wavelength will decrease and the frequency will increase.

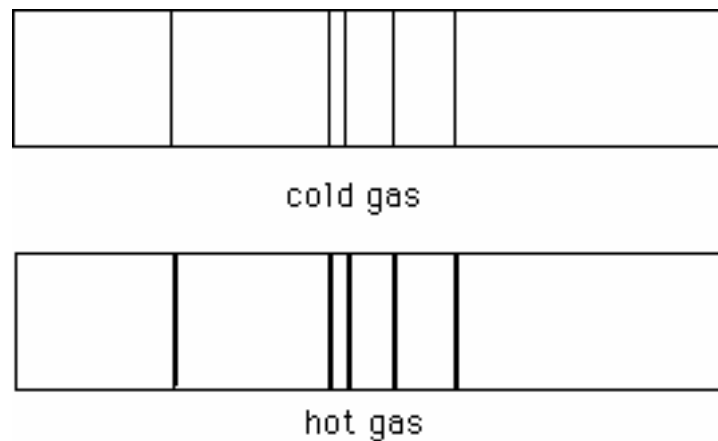


Inverse the operation : the hand will now pull back the runner at speed V . This time the sinusoid will be elongated.

If we know the radiating object's nominal frequency and measure the Doppler effect, we will then be able to deduce its speed of recession or approach, even at a considerable distance. By this means it was established that the stars move in all directions, like the molecules of a gas through thermal agitation. In a galaxy the speed is generally around three to thirty miles per second, according to the star type.

Each atom of a stellar shell is in itself a mini-radiation source. Let us suppose schematically that these atoms radiate only on a single frequency. We would have a spectrum with a single line (Sodium possesses a very marked line. It emits also in other frequencies, but mainly in this one). The radiating gas is

always hot. The atoms making it up are alive with thermal agitation. Therefore each one, at each moment, will produce a Doppler effect. The various contributions from different atoms, some moving away at a given moment while others are approaching, widen the spectral line.



Widening of the spectral lines due to atoms' thermal agitation.

This allows direct measurement of the average speed of thermal agitation and therefore of the atoms' average kinetic energy:

$$\frac{1}{2} m v^2$$

where m is the mass of the atom. We can then obtain the absolute temperature value of the gas. By definition it is equal to the energy plus a coefficient (Boltzmann's constant $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ and the exact relation is $\frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m v^2$). In this way we learned that stars have very varied temperatures, our sun being far from the hottest (The surface temperature of stars covers a wide spectrum -- from 3000 to one million degrees Kelvin. Stars with temperatures between 20,000 and 50,000 degrees are the most common).

All this information -- chemical composition, temperature, speed -- was concealed in light.

Nevertheless there are disappointments -- stars so "small" at their distance from us that even our best telescopes can do no better than our eyes. Under the best magnification they stay sadly pointlike.

A telescope does magnify, however. If you have access to one with a ten-inch mirror in not too turbulent air, you will be astounded to see that you can read the fine print on a sack of manure five hundred yards away, or count the strands of a telephone wire and the pebbles strewn on a neighboring hill.

But to see the surface of a star, even that of a supergiant which could engulf the solar system, forget it. Even with the most powerful astronomical instrument in the world.

The stellar furnaces deliver up their secrets.

For centuries people hardly asked themselves why the Sun (or the stars) shine. For our ancestors the Sun was only one heavenly body among all those which kept their rounds under the celestial vault. Its presence and absence set the rhythm of the alternation of day and night but no one imagined that the stars, tiny bright points, could also be "suns". The discoveries of Bessel and the invention of spectroscopy transformed these pale heavenly bodies into a burning and varied bestiary.

With time people came to understand that the day-star was pouring "something" onto our planet's surface which heated our atmosphere and oceans. It was setting immense masses of air into movement and allowing plants to synthesize the oxygen we breathe and manufacture our basic foodstuffs. We call this thing energy.

Since the time of Archimedes of Syracuse in Sicily (287-212 BC), people knew how to concentrate the Sun's rays with the aid of vast bronze mirrors, reportedly to the point of being able to set the sails of distant enemy vessels on fire (The Sun pours on to the surface of the Earth an energy equal to one kilowatt per square meter).

We will show that this energy can exist in many forms, all inter-transformable (This principle was enunciated in 1847 by the German physicist Hermann Von Helmholtz). Since bodies brought to a high temperature emit

light it made sense that the stars shine, but where do they draw their energy from?

Numerous hypotheses were submitted. In 1810 the astronomer Herschel suggested that the Sun might be an immense block of incandescent carbon, but the idea was too primitive and rapidly abandoned because in such a case the heavenly body could not have burned more than ten thousand years. Helmholtz and the English physicist Lord Kelvin then considered that stars, like our sun, could draw their energy from a phenomenon of contraction due to the effect of gravitational forces. In contracting, they would heat up and this increase in heat would be accompanied by the release of energy in the form of radiation (The existence of planetary magma, like on Earth, is linked to this phenomenon. When the dust particles constituting the "primitive nebulae" condensed by colliding with one another, their kinetic energy was transformed into heat). However quickly became clear that this could not account for such an enormous hemorrhage over so long a time (In 1904, when studying the radioactivity of the mineral pitchblende, the physicist Ernest Rutherford, investigator of the atom, showed the age of his sample to be 700,000 years. People concluded that the Sun must be at least as old, which was a lot longer than traditional dating, such as that of the Bible for instance. Later estimates established by paleontology put the age of the Earth in billions of years).

With the beginning of the century came the discovery of atoms, radioactivity, and then, just before the Second World War, fission and fusion. Atomic nuclei were shown to be made up of nucleons -- protons and neutrons (only discovered in 1932 by the Englishman Chadwick). The Englishman Eddington was the first to consider that stars' cores might be fantastically hot with temperatures reaching millions of degrees. Many of his contemporaries, incapable of imagining such infernos, were disconcerted by his assertion. While theoretical models from quantum mechanics made it possible to envision fusion reactions between protons, the fact that both particles have the same electric charge meant that because of their mutual repulsion theoreticians to propose mind-boggling temperatures for fusion to take place -- ten billion degrees. In 1929 Fritz Houtermans and Robert Atkison, using the "tunnel effect" a quantum trick discovered the year before by Gamow, showed that the fusion of protons was possible at "only forty million degrees".

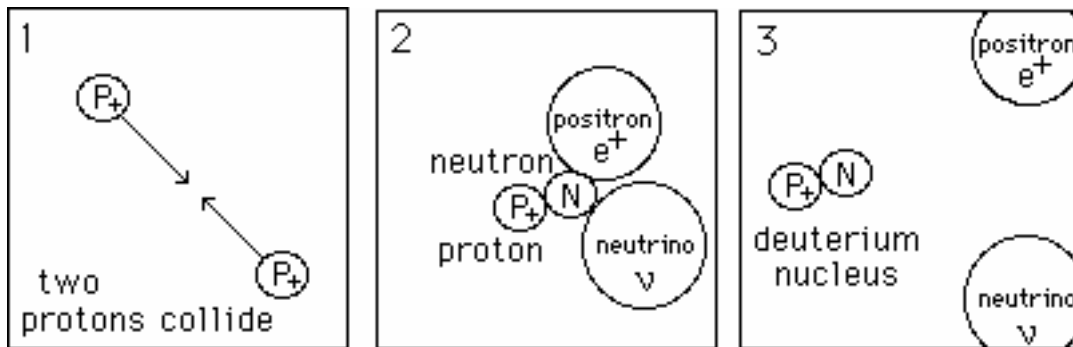
In quantum mechanics, the position and energy of a particle cannot be perfectly determined. Gamow, exploiting this idea, showed that a small, but not non-existent probability existed that the proton was "already" in the interior of the nucleus and susceptible to interact with it. He found that this phenomenon was sufficient to allow the appearance of fusion reactions, though the proton, slipping surreptitiously into the interior of the nucleus in the manner of a conjurer, did not have sufficient energy to pass over this potential barrier itself.

The evening he had this intuition, Houtermans took a young woman for whom he had tender sentiments for a walk under the starry sky. "How wonderfully they sparkle!" she exclaimed. "Yes", her companion replied, "and as of today, I know why!" Despite the effect of this announcement, the young lady nevertheless ended up preferring the co-author of the discovery, Atkison.

Today scientists believe they just about understand what goes on inside stars. For the Sun, whose core temperature is fifteen million degrees, it is the proton-proton connection which dominates.

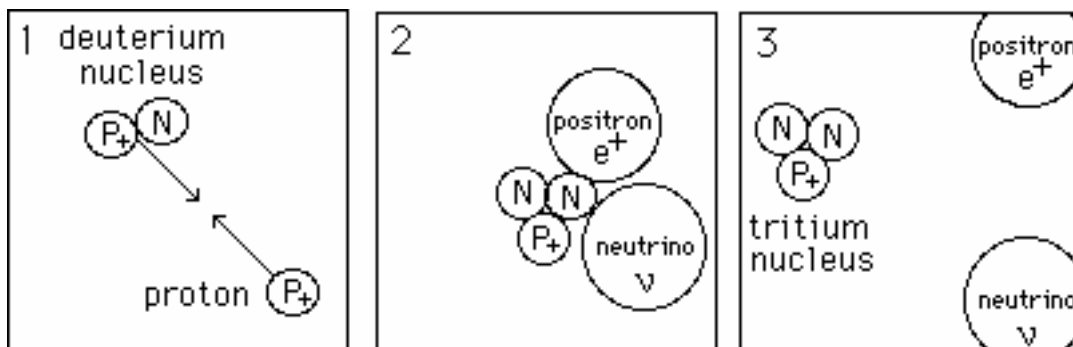
The proton-proton pathway.

Two protons enter into collision. One of them is immediately transformed into three objects -- a neutron, an anti-electron and a neutrino. The last two fly away leaving just a proton-neutron combination, that is to say a deuterium nucleus, an isotope of hydrogen, with the same charge.



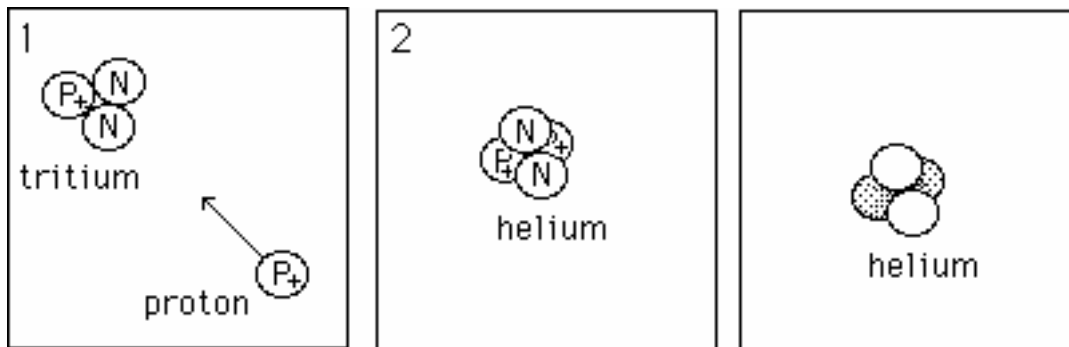
The proton-proton process. First stage creation of a deuterium nucleus.

This is the first stage of the proton-proton connection -- subsequently the deuterium nucleus, in colliding with a new free proton, is transformed into tritium by the same mechanism. The proton which had tried to intrude into the nucleus is transformed into the same neutron-positron-neutrino trio, with the last two flying instantaneously away.



Proton-proton process. Second stage Creation of a tritium nucleus.

A new proton then arrives on the scene, which intrudes into the tritium nucleus but without giving rise to this process of proton conversion into a neutron-positron-neutrino group. The object's electric charge then increases by one unit and the nucleus becomes one of Helium.

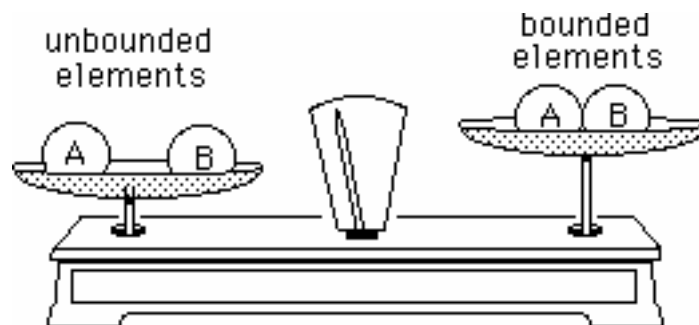


***Proton-proton process.
Creation of a helium nucleus.***

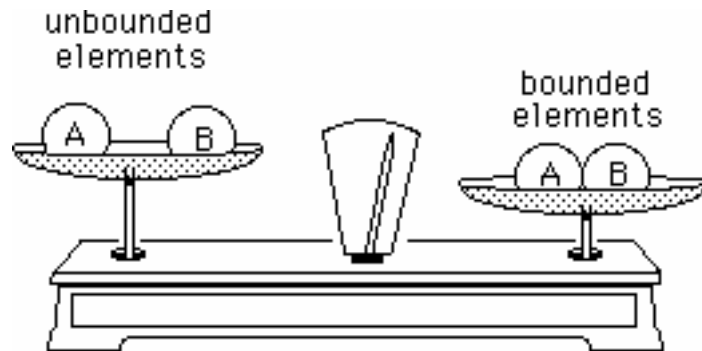
Helium has a tetrahedral structure similar to the little piles of balls staked up ready for use beside cannons. Such a compact structure, so stable. A good "nuclear ash" for this reaction.

If either a nuclear or chemical reaction synthesizing a composite A-B is exo-energetic, the composite's mass will be less than the sum of its components A and B, the difference corresponding to the liaison energy. If the reaction is endo-energetic, on the other hand, and its synthesis requires an outside supply of energy, the product's mass will be greater.

For chemical reactions, this variation in mass is tiny, but nevertheless quite real. We can schematize this in the two following drawings:



Exo-energetic reaction (nuclear or chemical) The mass lost during the liaison between the two components reflects the energy discharged.



Endo-energetic reaction (nuclear or chemical) The acquired mass reflects the liaison energy added to the reaction.

The nuclear fusion reactions cited above are exo-energetic, producers of energy. The energy comes from the transformation of a part of the mass, according to Einstein's relation:

$$E = mc^2$$

In the case of synthetic endo-energetic reactions, when there is an exterior energy supply, this is converted into mass according to the same relation. All this applies equally, at a smaller scale, to the world of chemistry.

Where two hydrogen nuclei fuse to give a deuterium nucleus, the loss of mass is of the order of seven per thousand. The deuterium nucleus weighs less at rest than the sum of the rest masses of the two colliding protons. The energy resulting from the mass' transformation is divided between the different "reaction products" -- the deuterium nucleus, the anti-electron and the neutrino.

The Sun emits neutrinos, which we have succeeded in capturing on Earth. They traverse it without hindrance (they hardly interact at all with matter). As for anti-electrons, the surrounding matter annihilates them, their mass being converted into gamma rays which are absorbed by atoms and re-emitted in other frequencies. This energy diffuses very slowly towards the Sun's exterior through an interminable succession of photon absorptions and re-emissions by the star's components. The reader will be

doubtless very surprised to learn that the energy takes about a century to arrive at the Sun's outer surface! But the conservation of this energy for such a long time within the Sun's bowels allows it to maintain its internal pressure and avoid collapsing on itself.

Nuclear reactions are merely a "chemistry of nuclei".

Fission, for example, is an autocatalytic "spontaneous dissociation" -- the neutrons emitted start other fission and create a chain reaction if the density of uranium atoms and the volume containing them are sufficient. If not, the neutrons emitted by reason of the basic instability of U239 leave the metal without colliding with one of their neighbors. From this comes the notion of "critical mass".

Even in this somewhat peculiar "chemistry" we preserve the concepts of classical chemistry.

The solar neutrino deficit.

It was long time before we were able to measure the neutrino flux. There are three kinds of neutrinos :

- Electronic neutrino
- Muonic neutrino
- Tauonic neutrino.

They are supposed to be zero-mass particles (like the photon) and as these neutrinos interact very weakly with matter, it that it has been very difficult to measure the rare interactions that occur. To do so, huge tanks were built and filled with water before being surrounded by a multitude of detection devices. One of the biggest systems, called Kamiokande, is in Japan.

But when the count of neutrinos began scientists became very puzzled : half of them were missing. Today, this is still an open question, an unsolved problem. Moreover quantum mechanics is unable to give any explanation to this solar neutrino deficit, nothing. Some researchers (Foot and Volkas, Berezhiani and Mohapatra, Physical Review 1995) have

suggested that half of the energy carried by neutrinos could correspond to "mirror neutrinos", traveling in some "mirror universe".

Quantum mechanics theory also predicts a certain ratio between the different kinds of neutrinos but here again measurements show a 50% difference from theoretical predictions.

What does it mean ?

It means that we don't really understand how our solar star, the Sun, works.

But let us return to classical theories.

The carbon cycle.

When the star's core has a temperature somewhat above fifteen billion degrees, another reaction begins and takes over from the proton-proton pathway. Discovered by Hans Bethe, a German immigrant living in the United States, in 1938, it is called the "carbon cycle". The idea is simple enough to understand. An ordinary carbon nucleus composed of twelve nucleons, six protons and six neutrons, is bombarded by protons, hydrogen nuclei. It swallows four of them, successively. In the course of doing so it transforms two of them into neutrons. The protons transmute, as already seen in the preceding proton-proton pathway, into groups:



This conversion process can only take place inside a nucleus. It requires energy, which is taken from the nucleus' total mass. A proton in a free state could not decompose in this way, simply because its mass is less than that of a neutron. In the above equation there is therefore more mass on the right side than the left.

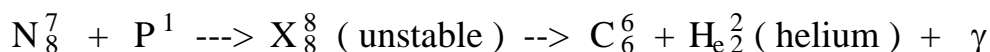
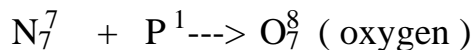
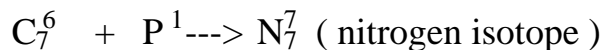
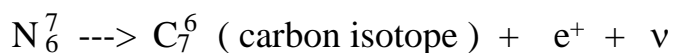
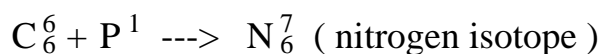
In contrast a neutron, in a free state, would decompose spontaneously, giving a proton and an electron, at the end of 10^9 seconds. A neutron which is not part of a nucleus is an unstable particle.

In the reactions in question the proton's conversion is instantaneous. As a general rule, the emission of anti-electrons (or electrons, this type of reaction also being possible) by a nucleus is called beta-disintegration. Many unstable nuclei act like this, with shorter or longer periods.

With its fourth proton stashed away, the "carbon" spits out the whole, that is to say a helium nucleus (two protons plus two neutrons, which corresponds to what is called alpha radio-activity).

During this process carbon C^{12} "changes name". After it swallows the first proton it is called "isotope of nitrogen N^{12} (seven protons, six neutrons)". Beta-radioactivity transforming the swallowed proton into a neutron, it transmutes into carbon C^{13} (six protons, seven neutrons). A new change of identity. It then becomes oxygen O^{14} (seven protons, seven neutrons). The collision with the fourth proton should have transformed it into a nucleus possessing eight protons and eight neutrons but this unstable nucleus ejects the four intruders as a block (a helium nucleus) and once again becomes ... carbon C^{12} , ready for a new cycle.

Let us draw a the diagram of the carbon cycle (the number of protons at the top, the number of neutrons at the bottom). P^1 represents the proton (hydrogen nucleus).



The carbon is recycled.

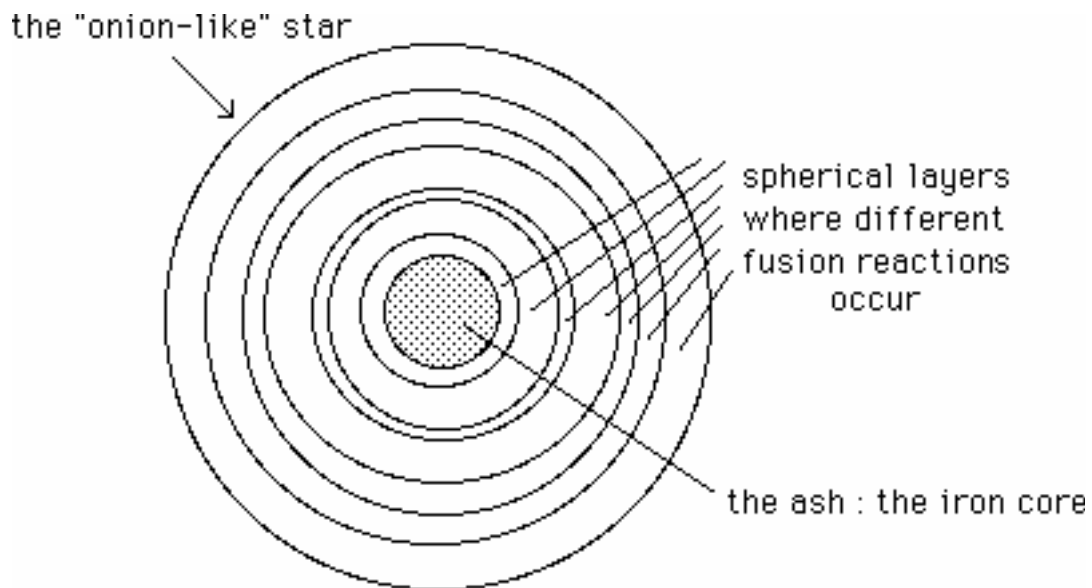
In the carbon cycle energy is liberated in the form of very short wavelength gamma rays (the symbol γ in the previous reaction), absorbed by the star's elements and reemitted in other wavelengths.

Helium can fuse in its turn if the temperature is higher. For that the core temperature of the star must attain one hundred million degrees. Two heliums (four protons, four neutrons) give beryllium (eight protons, eight neutrons). In absorbing a new helium nucleus the beryllium transforms into carbon (six protons, six neutrons). Theoreticians have calculated numerous possible fusion reactions. They are at work in very massive stars (some known stars have a mass equal to a hundred times that of the Sun). We will now describe the fate of these "space spores".

The fate of massive stars : supernovae.

These stars consume their hydrogen in ten million years (a twentieth of our galaxy's period of revolution). The giant then has a million years to live. The helium, brought to a temperature of one hundred and seventy million degrees, fuses in its turn to form carbon and oxygen. When the helium is consumed, the star begins to collapse again. At that stage it is then a thousand years from its end. During this period its core temperature climbs in stages. A thousand years from the end the star's core is at seven hundred million degrees. At less than a year its temperature reaches two billion degrees.

The synthesized iron acts then like slag and falls to the center of the star where it accumulates.



The supernova furnace : a sort of onion where specific nuclear fusion reactions take place in each different temperature and pressure layer. The "ash", the synthesized iron, falls to the center.

For the star, significant fusion reactions are those which produce energy and so allow it to fight against collapse due to the forces of gravity. From this point of view iron is not at all "profitable", it cannot provide exo-energetic fusion reactions. It just accumulates in the center of the star as a useless ash.

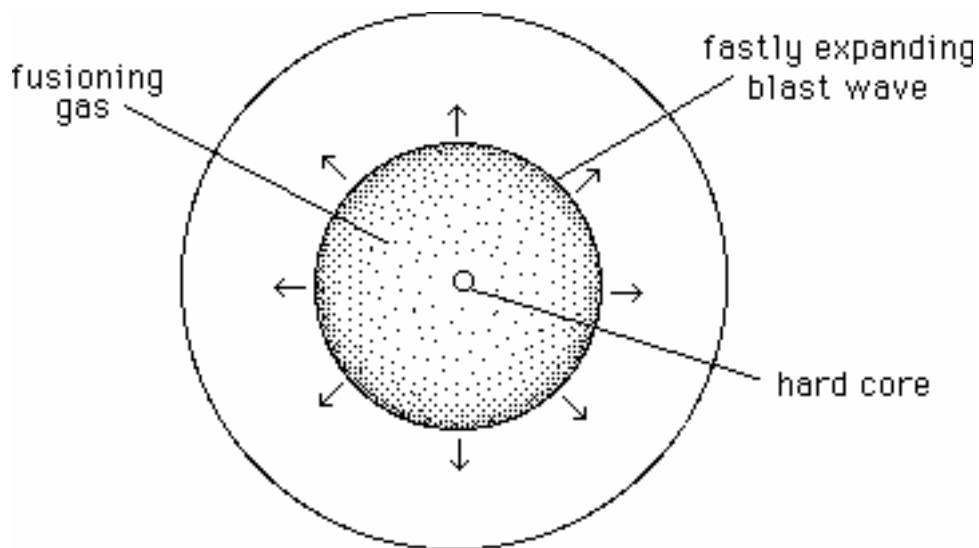
As the different elements are progressively transformed into iron and the slag piles up, the stellar furnace produces less and less energy until eventually it becomes unstable.

We can compare a star to a cheese souffle, whose weight tends to flatten it. So long as it receives heat, it conserves its form. This heat is the energy issuing from the nuclear fusion reactions. Without it, the souffle must inevitably collapse.

The iron atoms are destroyed within the star's iron core and their mass transformed into an enormous nucleus. The prevailing pressure there becomes such that the protons cannot "exist". All those present in the iron nuclei are transformed into neutrons. However this mass of closely packed neutrons can endure a much higher pressure than could a simple iron

sphere. They finally say "stop!" and the atoms converging towards the star's center begin to bounce back violently from this incompressible object. The rebound creates a detonation wave, which traverses the star, setting it ablaze as it passes, to reach its outside surface in just a few hours.

A normal shock wave traverses a gas "passively". A detonation wave is a shock wave which is self-propelled by combustion reactions in a chemical milieu. In a stick of dynamite for example the element's chemical transformation takes place because of the detonation wave traversing it. We then no longer say that it burns, but that it explodes.



Gas rebounding against the central nucleus gives birth to a detonation wave which inflames the star's total mass.

These fusion reactions give birth to not only all the "possible" (stable) atoms of the Mendeleiev table, but also to a multitude of disintegrating radioactive nuclei, with longer or shorter half-lives.

The radioactive atoms present in the terrestrial crust, like radium or uranium, are simply the elements synthesized in a supernova explosion, but endowed with half-lives sufficiently long to reveal their existence well after the creation of the Earth.

These fusion reactions are accompanied by a formidable emission of neutrinos which carry away 99% of the energy released and go off to the ends of the galaxy. If we compare a supernova explosion with a bank robbery and the energy produced to the star's energy-treasury, we could say that the neutrinos act like nimble accomplices who succeed in infiltrating the space between the nuclei and then escaping at the speed of light without incident, clutching their portion of the booty. Other forms of energy are slower in leaving the rapidly expanding star. Thus photons of all energy levels are absorbed, reemitted, reabsorbed and reemitted many, many times, until finally the energy can radiate freely into the surrounding space. This explains why the first signal recorded by astronomers from the 1987 supernova explosion was a packet of 19 neutrinos which set off detectors 18 hours before the supernova revealed its presence through a formidable increase in luminous radiation.

But, historically, it is the increase in magnitude of the star which will attract the astronomers' attention. The correlation with the recording of the 19 neutrinos was only established afterwards.

The detonation wave not only compresses the gas, provoking fusion reactions, but also makes it expand. The star's debris will remain visible in the form of a shell for thousands of years.



The supernova's debris disperses while a central residual object subsists : a neutron star.

A remark about the initial value of the mass.

The result of the process depends on the initial mass of the star. Here, we deal with a star whose mass is 20 solar masses. Then the calculations give a neutron star as residual object.

But if the initial mass of the star is smaller than 8-10 solar masses, at the end of its life, and after a somewhat violent period, it becomes a white dwarf, not a neutron star.

Nowadays we know that stars with masses up to 100 solar masses exist. However we don't know what could happen when their fusion fuel is burnt.

What happens to stars whose masses are at an intermediary value, say

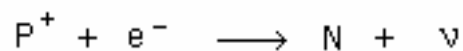
10 solar masses $< M < 20$ solar masses

What is the impact of their initial rotation velocity and initial magnetic field ?

There is no clear answer to the question. We have to rely on schematic models :

- The stars which give white dwarfs
- The stars which give neutron stars.

The case of the neutron star is interesting. As we said, suddenly there is a lack of fuel and the material of the star undergoes a fast free fall towards the central hard iron core. When the material hits the core it is strongly compressed and its temperature and density increase. If the density becomes important enough, electrons no longer have enough room to survive and so are absorbed by protons, each couple being transformed into a neutron plus a neutrino :



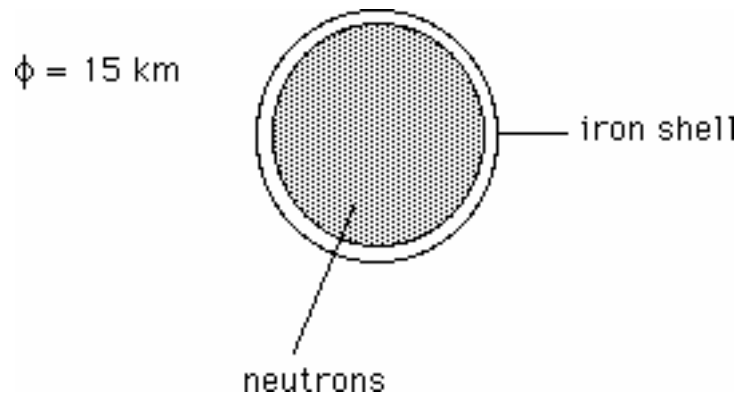
The neutrino carries energy. But due to its extremely weak interaction with matter, it can escape the object completely, which thus ensures the dissipation of energy so that there is no pressure increase or rebound.

But if the level of compression is not high enough, this process cannot occur and the energy cannot be dissipated. Then the object just explodes.

Some specialists think that in certain conditions, no residual object could survive the final process.

But let us return to stars of 20 times solar mass.

A central object subsists, a neutron star, formidably dense (ten million tons per cubic centimeter). It resembles a fruit, whose pulp is made up of packed neutrons and whose skin is an iron cover about a hundred meters thick.



A neutron star.

The weight at such a star's surface is crushing although the star itself is minute. If a starship equipped with some means of canceling out the frightful gravity landed on it and a passenger opened the door to step onto the star, he would be immediately transformed into ... an iron coating,

These residual objects are bizarre. However their existence was proven in 1967 by Jocelyn Bell and Anthony Hewish, who directly observed not only neutron stars but also their effects.

When an ice-skater pulls back her arms to her body she begins to act like a spinning top. Every contracting body does the same thing to conserve its rotational energy, called its "kinetic moment".

The neutron star came about from the contraction of a vigorously rotating object. The contraction was such that the top now has to turn at great speed, up to a thousand revolutions per second.

In addition neutron stars have a very strong magnetic field whose poles do not necessarily coincide with its axis of rotation. Stars' magnetic geometries are complex and we are only just beginning to study those of the Sun with accuracy.

The interaction between this revolving magnetic field and the star's environment transforms it into a kind of lighthouse. More precisely a radio-beacon, since its electromagnetic wave emission is located within the radio range.

When Bell and Hewish picked up these modulated signals for the first time they believed that extraterrestrials were trying to communicate with us. Their technology would have had to be very advanced for the signal to

be so intense at such a distance and aimed at our solar system with a certain precision. In the ensuing months the two researchers found several other "pulsars" and it quickly appeared improbable that so many civilizations had agreed together to try to communicate with us. The hypothesis of messages from extraterrestrial civilizations was therefore rapidly abandoned.

Today we know of several hundred pulsars.

In a neutron star the neutrons fill all available space, but stand the enormous pressure of gravitational force. This is possible if the mass of the object is lower than a critical mass (about 2,5 solar masses) but nobody knows what would happen if the mass increased to a point where the neutrons themselves would become incapable of resisting the phenomenon of compression. Some people think that the object would then become what is called a black hole.

We will return to this theme later.

Two anecdotes.

The idea that stars can explode was proposed for the first time in 1931 by Fritz Zwicky, at a Caltech conference. Two years later, with his colleague Walter Baade, he published a paper through the American Physical Society affirming that massive stars explode in galaxies every hundred years on average, in particular in our Milky Way, and that the phenomenon could last twenty days or so. Zwicky claimed that the star in question could then become a hundred million times brighter than the Sun. A fantastic prediction it seemed and the idea was greeted with sneers and smiles.

"Come on, Fritz, the cosmos is quiet. You only have to look at the sky".

I had the opportunity twenty-five years ago to take a boat cruise with this unusual man, now deceased. Zwicky viewed the universe like a pyromaniac and had the mental capacity to stretch his scale of temporal perception to millions of light-years. In listening to him one was taken beyond the limits of imagination and began to feel as if living with the

rhythm of the cosmos itself. Zwicky was a passionate visionary but his strong personality brought him the enmity of several colleagues. He thought more quickly and further than others, like a mutant, and was aware of it. Everything about the man was extra-normal. People said that in his youth he did push-ups with one arm in the university cafeteria while challenging his audience to do the same. He reacted forcefully to criticism by calling his detractors "spherical bastards", a concept he invented to describe people whose stupidity was invariant from all angles.

He had ideas in all areas, from technology to the most sophisticated theoretical speculations.

When the Russians were winning all the laurels in the conquest of space, Americans pulled out their hair and wondered : "Gee, what can we do that the Russians haven't done already?"

The former had already put their first satellite in orbit, Sputnik, which was followed by a dog, Laika, then a man, Gagarin.

"I've found it", Zwicky said, "we will be the first to send objects beyond the earth's gravity!"

"But how? This means attaining a speed above the earth's escape velocity -- seven miles a second. No rocket is capable of getting to such a speed".

"There is another way".

"What?"

"An explosive. We pour metal balls into a hollow tube and when one of our Aerobee rockets has climbed high enough and is outside the earth's atmosphere, we ignite the explosive. The balls will be shot off in every direction at much greater speed. Some them will necessarily escape behind the earth's attraction and, with a little luck, we will see some of them even as far as the Sun!"

The idea was approved and carried it out. The press announced that the Americans were the first to send objects outside the earth's attraction thus to creating the first artificial meteorites.

In 1937 Zwicky finally managed was to film an explosion of these space spores in a galaxy four million light-years away. Five months later he produced evidence of a second explosion. By the time of his death he had recorded 280 supernovae. Today, almost a thousand have been

observed. But the idea took hold only slowly within the scientific community.

The second anecdote refers to the first observation made "close by". On February 24 1987, a twenty-year-old Canadian astronomer, Ian Shelton, could not believe his eyes when, after developing a negative taken with a modest telescope equipped with 25-centimeter-diameter mirror, he discovered an abnormally luminous star in our closest neighbor, an irregular galaxy named the Magellan Cloud which practically nudges our own. He observed "live" the death of a star located some seventy thousand million light-years away, or, in other words, which took place .. seventy million years ago. It was a star with a mass twenty times that of the Sun.

This supernova phenomenon, although statistically it happens every century, just as Zwicky predicted, is practically unobservable in our own galaxy. Massive stars are virtually all located in the galaxy's diametrical plane, where dust obscures observation considerably. Only Tycho Brahe, in 1582, and Kepler, in 1604, have had the luck to observe one of these violent star-deaths with the naked eye.

In 1987, as soon as the news of the Magellan galaxy supernova observation became known, all available instruments of observation were pointed in its direction. We were thus able to capture 19 neutrinos in all, in eight in the United States, in Cleveland, Ohio, and eleven in Kamioka, Japan.

When a supernova explodes, neutrinos take 99% of the energy of the explosion with them.

The event happened, as we have already said, eighteen hours before the supernova itself became visible.

In fact these devices were not designed to detect such sudden puffs of neutrinos but to try to reveal the spontaneous, hypothetical decomposition of a proton. In order to do so, many detectors were placed in vast subterranean pools of water and at great depth in order to render them insensitive to the flux of cosmic rays falling onto the terrestrial surface. However the proton did not want to cooperate, to the great disappointment of scientists, but it happened that these same detectors were capable of

recording so massive a bombardment of neutrinos, estimated at a hundred million particles per square centimeter of the earth's surface and of extremely brief duration -- ten seconds or so at the most (as the recordings testify).

One year after the explosion the satellite Solar Max picked up a gamma ray emission from the object, which revealed the radioactive decomposition of unstable elements synthesized during the cataclysm. This fitted in with a theory proposed a year before by the Burbidges, husband and wife, Fowler and Fred Hoyle. The supernova model was thus brilliantly confirmed.

For decades scientists have hoped to detect gravitational waves. Since gravitation is an extremely weak force (10^{39} times weaker than the electromagnetic force), it required really cataclysmic events causing such great movements of matter for the ultra-sensitive detectors (large metallic blocks whose tiny deformation was measured) to be able to register anything. Unfortunately, just at the moment when the supernova in the Great Magellan Cloud exploded, every detectors that had been built on Earth was either being revised or undergoing technical modifications! Their owners really bit their fingers and it was decided that from then on, two detectors would always remain operational in case anything happened. It was a little late to think about it -- the laws of statistics indicate that it might be several centuries before the next observable supernova appears.

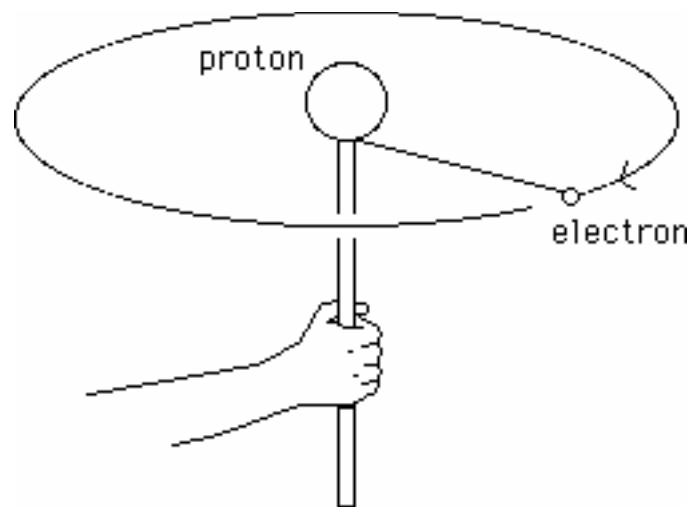
Quantum digression.

In the above drawings concerning the proton-proton fusion pathway, the electron is represented by a circle larger than that surrounding the proton. The reader perhaps said to himself, "hmm, the author simply wanted to make space for all the letters in the word 'electron'", as everyone knows that the electron, 1850 times lighter than the proton, is "smaller". However this is only the result of our mental iconography which believes that a greater condensation of matter should automatically be larger. Paraphrasing Aristotle, we could enunciate the following principle:

--As far as elementary particles are concerned, what is heavy is big and what is light is small.

In fact ... it is exactly the opposite, as we will see.

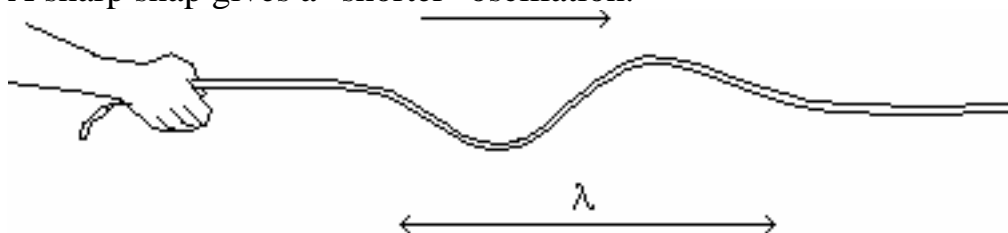
Our mental model of the hydrogen atom resembles a billiard ball fixed to a stick. A marble revolving around it is attached by a string which is supposed to represent the electrostatic attraction (the proton and the electron, having opposite charges, attract one another) and to counteract centrifugal force.



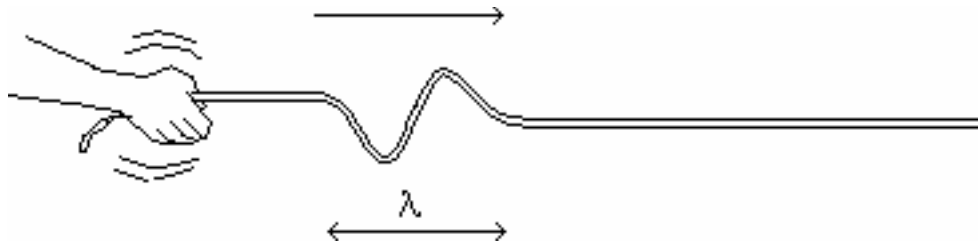
Our mental model of the hydrogen atom : a little electron turning around a big proton.

The image is naive. The particles are neither billiard balls nor glass marbles. They are wave packets.

Take a rope and shake it. You will set off one or several oscillations. You might notice that the more energy you put in, the shorter is the wavelength. A sharp snap gives a "shorter" oscillation.



If we shake the rope softly we create an oscillation with a long wavelength.



A sharper snap, putting more energy, will create an oscillation with a shorter wavelength.

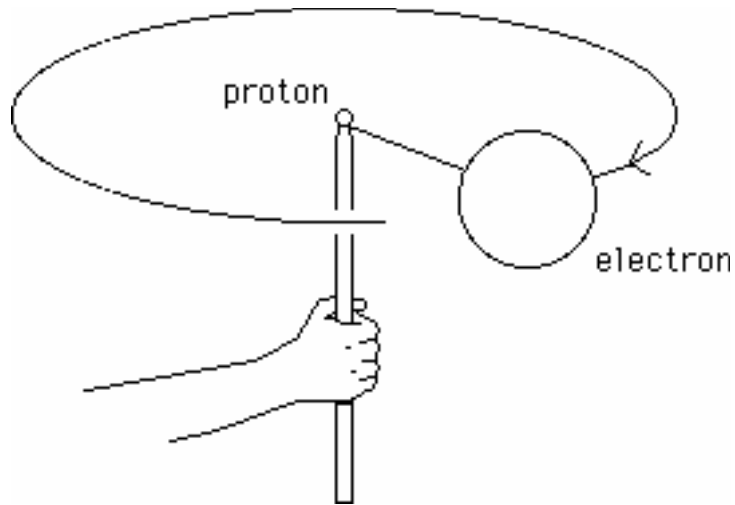
In quantum mechanics one can associate a characteristic Compton wavelength to a particle of mass m :

$$\lambda_c = h/mc$$

which we can use to determine the order of a particle's spatial extension.

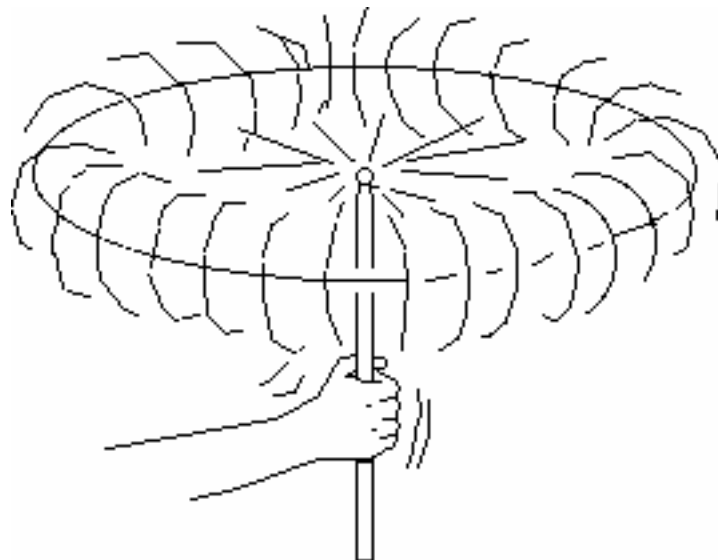
h and c being absolute constants, we see that size varies inversely to mass. Therefore the heavier one gets, the smaller one is? We will have to modify our model of the hydrogen atom, replacing the billiard ball with a ball of lead and the electron with a polystyrene sphere.

The proton's mass is 1850 times larger than that of the electron. Therefore, from this point of view, the proton is "1850 times smaller" than the electron.



***Second model : the electron is this
time larger than the proton.***

But we are still far from quantum reality. All this shows simply to what extent we are still using naive images in our minds. Things will change when we finally decide to teach quantum mechanics in kindergarten. In fact, the electron occupies no particular place around the proton. To suggest this it would have to turn fast enough to show that it cannot be localized in space.



*By making the "electron-ball" turn very fast
your eye can no longer localize it in space.*

In addition the electron cannot use any old orbit. But, to know more, look at Appendix 8.

The scenario of a star's life.

We have presented the most spectacular history above, that of a very massive star, a mass exceeding the Sun's by eight to nine times. We consider such massive stars to be "problem stars".

Below them we find a whole range of possible evolution, depending uniquely on the heavenly body's initial mass. Of course, very old, primitive stars were formed from what was then the "primitive soup" of the cosmos, that is to say 75% hydrogen and 25% helium. Where did this primitive helium come from? From a primordial nucleosynthesis, the universe itself having functioned in its infancy as a single star, synthesizing helium through a proton-proton path.

Today "secondary stars" are being born, collecting the heavy elements already synthesized in massive stars, and functioning like spores. Spectroscopically speaking, we distinguish ancient from more recent stars by their being poor in metals.

This said, the variation in composition has little effect on stellar destiny, the initial mass being always mainly composed of the hydrogen-helium mixture.

Stars are formed in gas clouds by condensation. Falling onto one another through gravitational instability (a theme which will appear in detail later), the atoms acquire kinetic energy which is transformed into heat, which increases pressure. This internal pressure opposes the star's collapse. For the star to create temperature and density conditions in its center sufficient to set off the first nuclear reactions (around seven hundred thousand degrees), the heat from condensation must be able to escape. The

star radiates then in the infra-red, for a longer or shorter time period. The ignition of a massive star, for example, takes place rapidly -- in the order of a thousand years.

Certain proto-stars, which have masses less than a tenth of the Sun's, do not succeed in igniting because the core temperature never attains the threshold temperature of seven hundred thousand degrees. In that case they develop into unobservable "black dwarves" the size of a planet. Stars with masses comparable to the Sun's may be considered the standard stars of galaxies.

When this mass of hot gas has become a veritable star, a "cruising speed" is reached. Massive stars have a high carburation regime. Small stars are peaceful embers and can stay in that state for a period of time far exceeding the age of the universe itself. The lifetime of a small dwarf is estimated at a hundred billion years, ten times the age of the universe.

Stars with a core temperature less than or equal to fifteen million degrees function via the proton-proton pathway. For those with the higher temperatures, massive stars in particular, the carbon cycle dominates. They burn their hydrogen at both ends, in "only" ten million years, and come, as we have seen, to cataclysmic ends.

These types of stars all have different roles to play. Stars of the solar type (and we are increasingly coming to believe that this is a general phenomenon) surround themselves with a cortege of planets. If one of these is situated at a distance where water is neither in a state of ice or vapor, life can begin and develop, the star around which the planet orbits furnishing the necessary energy.

But certain forms of submarine life do not use solar energy as their basic source but the energy which emanates from submarine fumaroles of volcanic nature at great depths. We do not know if these living beings migrated to these abysses or whether they were born there and have never known the light of day.

Massive stars serve to fabricate the atoms needed for life to create itself. The sole use of dwarf stars for the moment, be they white, brown, or black, is to serve astronomers as candidates making up the so-called "dark matter", a subject which will be discussed later.

How have theoreticians been able to test the validity of all these models? Did they wait for these stars to evolve before their eyes? That would be rather a waste of time. At the end of the nineteenth century astronomers had the inspired intuition that the great variety of stars before them, classified by their spectra, represented not so much different stars as a small number of star families in different stages of evolution.

On the scale of cosmic phenomena, even the most rapid (except for rare supernovae, the exception to the rule), the ridiculously ephemeral human being is in perpetual "freeze frame". The movements of the planets are the only phenomena on the scale of his short life. However, with so many snapshots of similar events before his eyes, he can, like Sherlock Holmes, find the pathway of stellar evolution.

Despite the fantastic distance separating us from these objects and the impossibility of examining their burning entrails, through theoretical models and calculations, and well before having reconstituted the phenomenon "in the laboratory" (the hydrogen bomb), we have nevertheless been able to pierce the secrets of the stars,

The galaxies : a theoretician's nightmare.

We evidently cannot discuss all the discoveries made at the beginning of this century. We have yet mentioned Special or General Relativity for fear of losing ourselves in this vast forest of new ideas.

Theoreticians had remarkable successes with stars. They were able to interpret observational data and develop fruitful models. Of course, the evolution of stars, excepting the paroxysmal supernovae, is not on the ephemeral human scale. However, as we have said, it was rapidly understood that in fact groups of seemingly different stars represented successive evolutionary states of the same object.

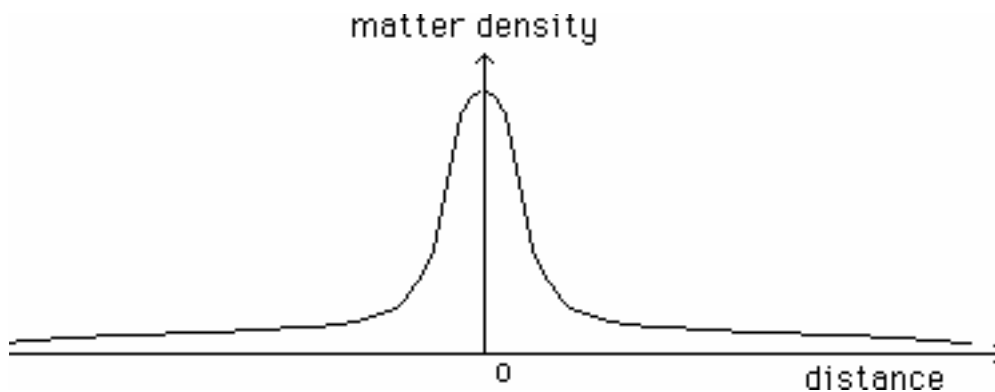
The same strategy was brought to bear on galaxies. There were all sorts, all forms, with or without interstellar gas, with a bar, without a bar, with arms, without arms, in the shape of car steering-wheels, etc.

Therefore the construction of a model describing not only the actual state of galaxies but also their evolution over of billions of years required a logic that would link all these different objects to reveal their formation, evolution, and final destiny.

The place to begin, as for the stars, was through observation.

With photometry we are able to determine the distribution of a galaxy's mass. The stars form a halo, a sort of ellipsoid, flattened a little and denser towards the center. The density profile had therefore the shape of a "bell curve".

The density of light emitted by stars, deduced by photometry, varies generally as the inverse of the fourth power of the distance from the center.



Characteristic appearance of the matter density in a galaxy, as a function of the distance from the center.

On the other hand, gas present in spiral galaxies forms a very flat shape -- a sort of pancake, of almost constant thickness, confined to the neighborhood of the central plane. This medium is fairly unhomogeneous and lumpy, made of clouds whose individual masses range from ten to a hundred solar masses. Precise cartography of interstellar gas distribution only began with the invention of radio-telescopes which are able to capture wavelengths specific to this milieu, as opposed to the neighboring stars.

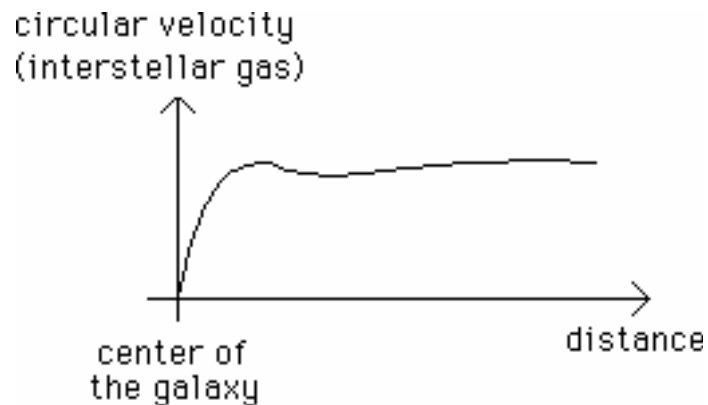
The gas was estimated to represent about ten per cent of the total mass, the rest being made up of stars. Gas density is fairly constant over distance and falls to zero rather abruptly at the galactic periphery.

The clouds' "residual velocities" relative to each other are fairly low, several kilometers per second, or about a hundredth of their orbital velocity around the galaxy. As stated above, the gas, orbiting in the field created by the stars, has a dynamic like the "rings of Saturn", with quasi-circular orbital trajectories.

It is possible to determine this circular orbit profile by observation using the Doppler effect. But let us remember that this can only give a projection of speed on the light of sight. But used in conjunction with the spatial position of a galaxy's central plane and a simple trigonometric calculation, it is sufficiently to deduce the component of circular rotation.

Determining the profile was not easy. I still remember when the "error bars" were considerable and theoreticians said to themselves, "Gosh! We can really pass any old curve within that!"

But this improved decisively with time. Gas rotation curves have the following general appearance:

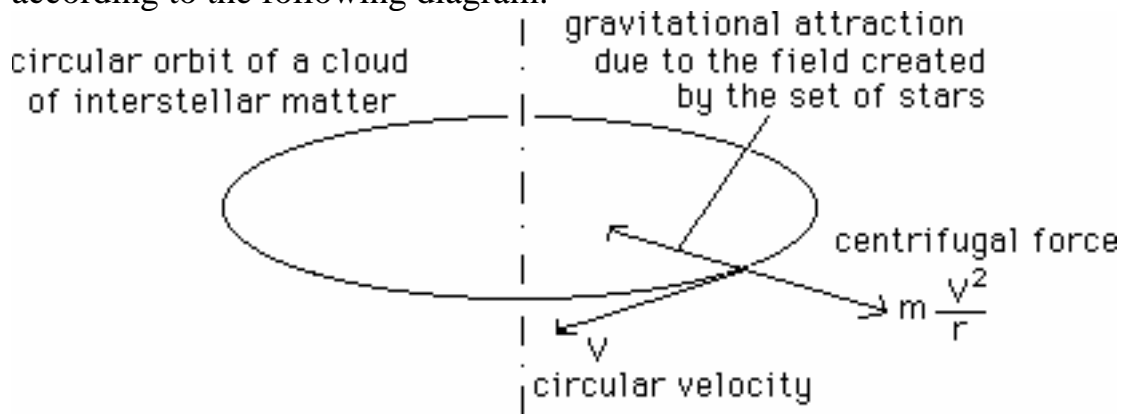


Typical appearance of the rotation curve of interstellar gas orbiting in a galaxy's central plane.

In the neighborhood of the center, a similar movement occurs to that of a "solid body", shown in the curve's linearity here. This is often followed

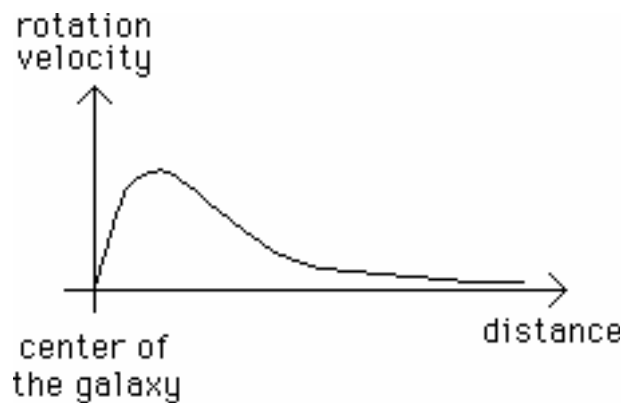
by a sort of bump and finally the speed makes a very characteristic landing. Where the curve breaks off there is simply no more gas.

We might logically expect that this measured speed profile reflects centrifugal forces balancing the force of attraction due to the halo of stars according to the following diagram:



Schema of forces. Balanced circular orbit

Based on observed spatial distribution of star masses, here is what astronomers obtained:



Theoretical circular orbital speed, corresponding to a centrifugal force counterbalancing the field created by the stellar halo mass.

As we can see, there are not only quantitative (the measured speeds are higher) but also qualitative differences (the measured speed does not tend towards zero at the periphery; far from it).

What is true for the interstellar gas is equally true for the stars. Our sun also an almost circular trajectory in the galaxy's central plane, ambling at 230 kilometers per second. By all logic centrifugal force should have flung it off long ago, along with its cortege of planets. But we seem to be still here. Something must be ensuring the galaxies' cohesion, accounting for the observed form of the circular orbital speed curve.

The lack of mass is not negligible. The galaxies do not possess half, even a tenth of what they should need to hold the stars and interstellar gas in leash.

Hence the concept of missing mass.

A pure theory, a model needed elaboration. Theoreticians began working in this area in the twenties. At first glance the "elliptical" galaxies, where gas was practically absent, seemed easier to model. Their stars were very ancient, with less variation in mass than spiral galaxies, which contain many young and massive stars.

Since these galaxies contain a thousand billion stars we can usefully liken them to a sort of gaseous mass. But what an odd gas. The molecules of the air we breathe are moving at four hundred meters per second. They do not go very far; at the end of a very brief journey, their average free run, they hit a neighbor, every ...ths of a second (their average free run time). The air you breathe is a milieu in collision.

"Star gas" is not. Nor is two stars hitting one each necessarily a real collision. The time taken for an effect to be felt on a star's course by a near neighbor has been calculated. The distance being in the order of the size of our solar system. The time about 10^{17} years. One with seventeen zeros. Ten million times the age of the universe. Thus, in galaxies, stars move in superb ignorance of one another. They are "unconscious" of their neighbors' presence and "perceive" only a "smooth field". The gravitational field's alteration by each star could be compared to tiny depressions created by lead shot rolling around on a foam mattress. Each

shot "would believe that the mattress surface is curved and concave, but perfectly smooth. The probability of a piece of shot entering into another's mini-depression would be practically nil.

All this is extremely annoying, because colliding gaseous ensembles are fundamentally different from non-colliding ones. The first can be described by equations invented in the nineteenth century by Navier and Stockes, which are tried and tested -- planes fly, furnaces function, etc. For many years now we have known how to use these equations to create piles of solutions. Once equations were manipulated by hand and brought many beautiful things. Today we have become lazier and tend to use the computer. But the mechanics of colliding fluids reached its maturity a long time ago and the age of empirical experiment has long been over. When we wish to build an airliner or a supersonic fighter, we can calculate the flow from A to Z, with a precision sufficient to rule out surprises. Everything is mastered -- aerodynamic forces, turbulence, heat flow and shock waves.

The mechanics of non-colliding fluids ... does not exist.

The galaxies constitute what is called "auto-gravitating" systems, which complicates the problem still further. They orbit in their own gravitational field.

Mathematically we say that this gives the solutions a forcibly non-linear character.

They are described by two very beautiful equations.:

- The Vlasov equation
- The Poisson equation.

Only for the sake of esthetics, breaking with my principles, I cannot resist to show them to you :

$$\text{Vlasov : } \frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} - \frac{\partial \Psi}{\partial \mathbf{r}} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{V}} = 0$$

$$\text{Poisson : } \Delta \Psi = 4 \pi G \rho$$

For over half a century this system has been like a safe whose combination we did not know. The greatest minds, such as the celebrated English astrophysicist Eddington or the Indian Nobel prize-winner Chandrasekhar, have unsuccessfully attacked the problem.

Don't think that one can derive ex nihilo a beautiful solution to such an equation through adding, subtracting, or dividing, as a non-mathematician might imagine who finds himself in difficulty when confronted with a system of two simple linear equations.

In the present case, the only possibility is to say, "Let us take a solution of such and such form..". and to particularize the solution according to this or that intuition. For this particular case, mathematicians adopt a solution called "elliptic" whatever it really resembles. At this stage, this choice consists of "injecting" the solution (the form of the function f present in the Vlasov equation) into a system of two equations. The matrix then explodes like a hand-grenade and vomits a disgusting system of twenty-one partial derivative equations, which in addition is non-linear, that is to say of the most hermetic species.

A single partial derivative equation is already in itself something rather terrifying. But twenty-one, you can imagine!

The derivation of this solution comes down to determining the value of twenty-one parameters (as many as there are equations, as it should be). You do not have to understand it; think of it as an oriental fairy tale.

Now, miraculously, the first twenty equations can be solved. We see interesting elements appear, extremely useful pieces of information in the area of velocity fields and their distribution in the galaxy. There remains just the twenty-first equation. Suspense. And there, oops!, everything unravels like a sweater, just when we thought we had prevailed. The moment we put the last card on the house, the whole edifice suddenly tumbles down.

Let us suppose that we write the twenty-one parameters on which the solution depends as follows:

$$a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{19}, a_{20}, a_{21}.$$

The last solution gives, in a final tweak of the nose :

$$(a_1^2) + (a_2^2) + (a_3^2) + (a_4^2) + \dots + (a_{19}^2) + (a_{20}^2) + (a_{21}^2) + (a_{22}^2) = 0$$

whose single solution is:

$$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = \dots = a_{19} = a_{20} = a_{21} = 0.$$

All the parameters are ... zero. Our beautiful solution disappears in a puff of smoke. In the mathematical sense, "it does not exist". Clearly, if the system admits a solution, it is not of this type.

The reader might say that if that one does not work, mathematicians will just have to try others. Alas no one has any idea what to try. We have never found any other than this, back in the twenties, and it is unworkable. Sixty-one years later we have not taken one step further. The "galactic dynamic", from a theoretical angle, remains just assembly of two words, a substantive and an adjective. It simply does not exist. It is quite obvious that we do not have a model of a galaxy and no astrophysicist can tell you otherwise. As far as representing galaxies is concerned, we have not got any further than did the earliest and most primitive empirical experiments.

The strange world of galaxies ...

Since theory is unable to tell us anything, let us turn to the data. In general there are three types of galaxy:

- The "ellipticals" : containing in the order of a thousand billion stars.
- The spirals : containing in the order of a hundred billion stars.
- The "dwarves" : less than ten billion stars.

In the ellipticals gas is rare, or even practically absent. They are made up of ancient stars, ten billion years old and more.

Let us be clear from the start -- we do not know how galaxies are formed. There are competing models, between which we do not know how to choose. Nevertheless we constantly speak about young and old stars so how can we make this distinction?

As we have said above, stars function with the universal fuel known as hydrogen. (Plus a certain percentage of equally primitive helium, which we will come to later when discussing cosmology and the "standard model".) Second generation stars exist, stars which have gathered up the debris from the explosion of more massive stars. They are rich in metals, detectable by spectroscopy. Very old stars are made up solely of the primitive hydrogen and helium and are poor in metals.

Elliptical galaxies are constituted by stars poor in metals. We deduce from this that they are ancient objects, whose age is in the order of ten billion years or more.

Does this mean that spiral or dwarf galaxies are more recent? No, because they contain stars just as poor in metals and just as ancient as those in elliptical galaxies. When were these galaxies formed, and how? We do not know. There are two diametrically opposed theories. Some think that galaxies, condensations of matter, were first formed into objects and then fragmented into stars; others believe the opposite, that is to say that groups of hundreds of thousands of stars were formed first, then these "mini-galaxies" grouped together to form spiral and elliptical galaxies.

Only the observation of a proto-galaxy in the course of formation could give us a clearer view of the matter but we have never detected one, which leads us to think that galaxies are very old objects, almost as old as the universe itself.

Stars seem to be born in bunches within the clouds of interstellar space. The Perseus cluster is an example of a cluster of young stars, on the way to dispersion.

As we have said above, these proto-stars have a latency phase, before nuclear reactions begin in their interiors. They are clumps of gas raised to a temperature of several thousand degrees, and which therefore radiate in the infra-red, before cooling off slowly. This cooling off allows them to contract and increase their core temperature up to the threshold temperature of fusion reactions, seven hundred thousand degrees.

The terrestrial atmosphere absorbs infra-red. So there is no hope of comfortably observing these proto-stars from the ground. In theory we should get more access these interesting proto-stars thanks to the space telescope ISO which is specially equipped for infra-red observation.

In 1993 the space telescope Hubble detected small dark spots against the luminous background of the immense gas cloud called the Orion Nebula, located 1500 light-years away. They were called "proplyds" and identified as proto-stars surrounded by proto-planetary systems. Astronomers think that they are very young stars, still surrounded by an opaque dust shell. Infra-red examination of their surface temperature will tell us more. Other, still more recent and very spectacular pictures seem to show proto-stars, or proto-stellar masses, in the course of leaving their immense uterus but still tied to it by a sort of "umbilical cord".

Astrophysicists have something to chew on therefore but as yet, we have no picture of a "proto-galaxy", a galaxy in formation, either nearby or far away. Recent images of galaxies located at mind-boggling distances, more than ten billion light-years, suggest that the formation of such systems may be very ancient. Without observational data, however, we can only indulge in untrustworthy speculation.

What applies to stars in galaxies applies equally to clusters of galaxies. Did these immense condensations of matter appear before or after the birth of galaxies? Impossible to judge.

Why are massive galaxies poor in residual gas? There are different theories. In any case, a galaxy is a sort of oven. Stars heat the residual, the interstellar gas. Ancient stars, which make up the elliptical galaxies, must have been young once. In such a cry-baby galaxy radiation must have been very intense and perhaps this heated up the residual gas which had not condensed into stars. Temperature means speed of thermal agitation. This speed might have become higher than the "escape velocity" of a galaxy's gravity so that it was perhaps it stripped of its gas. Gone forever.

We know that galaxies bathe in a very hot gaseous environment made up of very rapid atoms, too rapid to be captured by galaxies but not dense enough to cool down by themselves through radiation because of collisions between atoms. Perhaps this is the primitive gas which massive galaxies have dispersed and "evaporated" beyond their clusters.

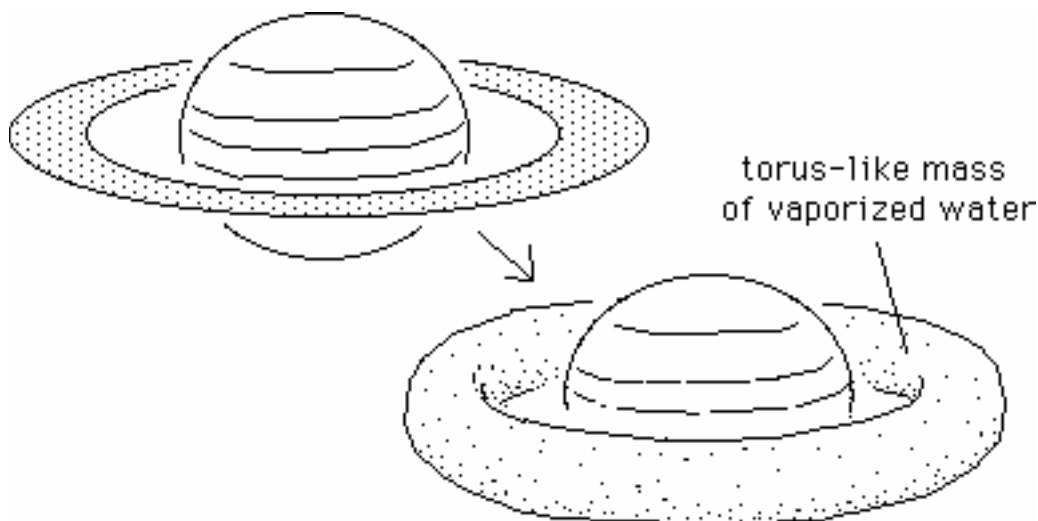
Less massive galaxies, the spirals, would on the contrary have conserved their gas even after their first infant wails. After having been "kept at a distance" by the intense flow of radiation (the "radiation pressure"), the gas would have fallen back to form a flat disk.

But these are only some theories. There are dozens of others.

Interstellar gas "metabolism".

The reader can nevertheless understand what regulates the shape, the spatial extension of cosmic objects. The rings of Saturn form an ultra-flat system made up of blocks of "dirty ice" of varying dimensions and quasi-circular movements. They have no "agitation velocity" and are endowed with almost zero "residual velocities".

It is logical to think that initially this sub-system was a water vapor mass in the shape of a torus. In fact, if you could heat the rings of Saturn with a powerful infra-red lamp, for example, the blocks would vaporize and the freed molecules would take on this toroidal form.

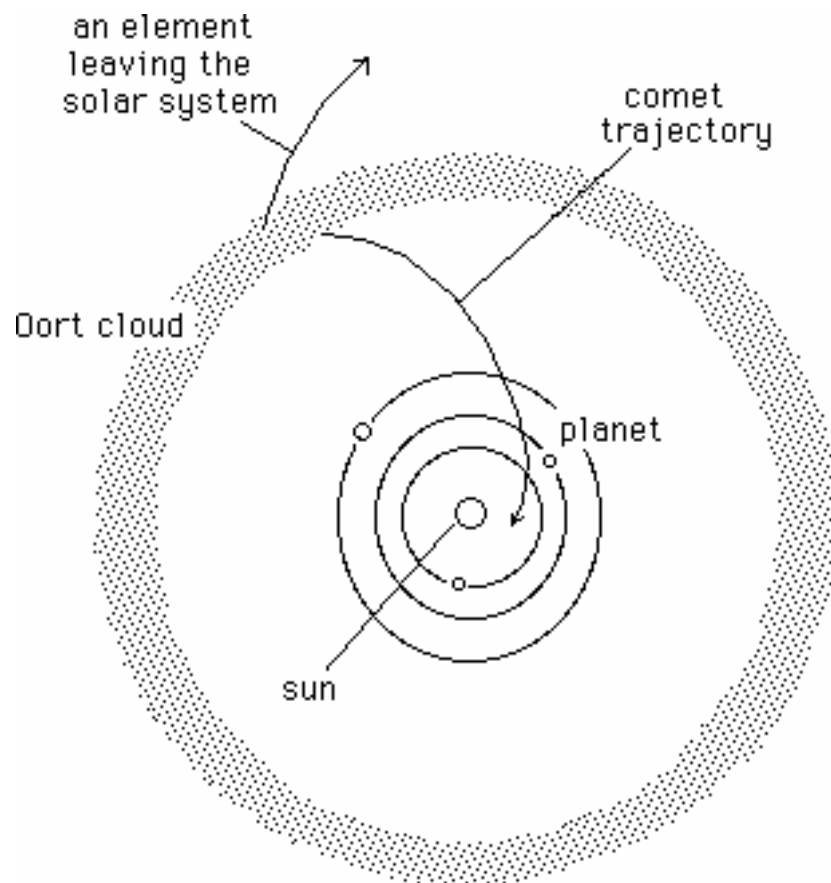


What would happen if we vaporized Saturn's ring.

The heating would not modify the ring's distance in relation to the planet because it would not alter its rotational motion and, therefore, its centrifugal force. If continued, the heating could be such that the molecules would take off from the planet, "evaporating".

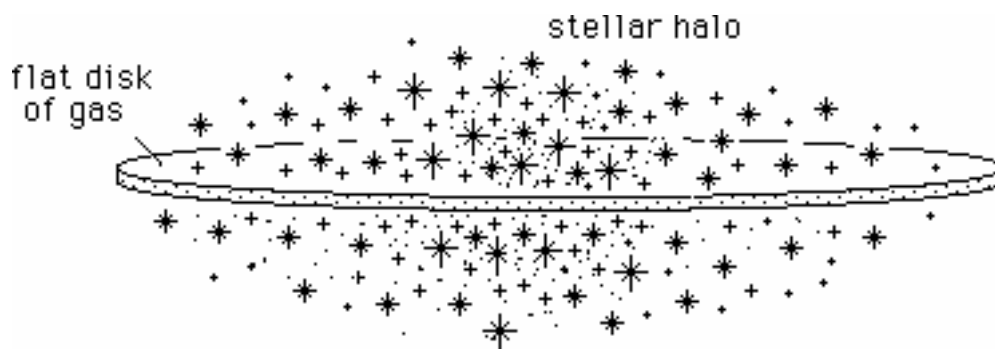
Inversely, when we stopped applying heat, the gaseous mass would begin to cool down through radiation. Its molecules would begin to collide losing a little energy with each collision. They would lose speed. The inverse scenario would take place. The gas would flatten out, ice-blocks would form and the rings, the ultra-flat system, would reconstitute itself.

It should be noted that the solar system itself seems to possess a formation analogous to Saturn's rings, the "Oort cloud", is also made up of dirty ice-blocks. Comets originate in this distant cloud. It should be weakly collisional. Occasional interactions between blocks cause some of them to accelerate and take on more eccentric trajectories, that is to say to leave our solar system completely, while others plunge towards its center and become comets.



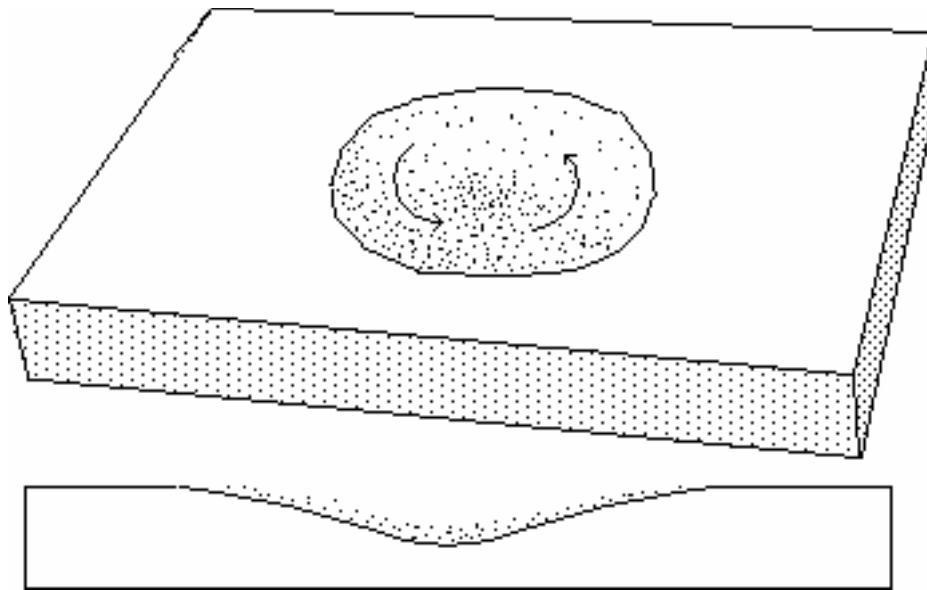
***The hypothetical "Oort cloud", from
which comets fall from time to time.
(Schematic)***

In the same manner, interstellar gas has a structure of the Saturn rings type, orbiting not around the stellar mass but across it, in the gravitational field created principally by stars.



***Schematic representation of a galaxy: a fine layer of gas,
orbiting in the gravitational field created by the stars.***

It is possible to give another didactic image of interstellar gas dynamics from the simple point of view of gravitation. We can model gravitational attraction as a hollow formed in a foam mattress from the pressure exercised on it by the stars (a sort of heavy layer). Gas would circulate in this hollow like minute marbles, following circular trajectories:



***The dynamic of interstellar gas : buck-shot
orbiting quasi-circularly in a hollow
(the field of attraction of stars).***

In passing, this takes us back to the problem of missing mass. What we measure is the rotational speed of the gas. We deduce the "shape of the hollow" (the gravitational field) from a count of the stellar population and the hollow is not hollow enough -- gas should normally escape (just like for the stars themselves).

If new, very hot stars (and explosions of supernovae) did not constantly appear and maintain the temperature of the gas, it would cool down and create something resembling Saturn's rings -- an ultra-flat disc. The addition of energy prevents the gas from deflating.

What we call a homeostasis arises. The gas acts like a cistern. When it cools down, the gas condenses through "gravitational instability" lumps together and forms new stars which re-inflate the gaseous mass. In reality it is a little more complicated because a spiral wave runs through the gas (which we will treat later) which serves to detonate star synthesis.

By multiplying the density of matter by the square of the speed of agitation, we obtain a quantity which is called the pressure. This is the

"internal pressure" which prevents the gas from flattening out on the central plane.

On the other hand, just as the phenomenon of viscous braking does not diminish the rotation speed, rotation cannot converge towards the center of the system. Even if the stars ceased to play their role, the system would only flatten out, like Saturn's rings.

Thus, even though currently without a complete theoretical description of galaxies, we can nevertheless comprehend certain mechanisms at work within them.

From a stellar point of view a spiral galaxy is an ensemble of two populations, which we call the "disc" and the "halo population", a distinction introduced in 1950 by the astronomers Walter Baade and Bertil Lindblad. The disc population is the young stars born in the gas layer along the central plane. The agitation speeds of the gaseous masses and of these young stars are both low, of the order of several miles per second. The halo is made up of older, more rapidly moving stars.

In the halo, we find what are called globular clusters (in our galaxy they number five hundred), which are in fact "mini-galaxies", which can contain up to five thousand stars (such as in the famous Hercules cluster).

As we have said, as a general rule stars form a non-collisional medium. They only interact within their groups at birth while still close together. Perhaps you have used a computer program simulating an "n-body problem". You place objects on your screen with given masses and speeds and watch them twirl around each other. This is a good way to see how some encounters accelerate certain objects and give them an impulsion beyond the escape velocity which catapults them out of the system. The effect is all the greater when the objects' masses are dissimilar (we use this phenomenon to accelerate our space probes, making them brush planets, like Jupiter, as otherwise we would not be able to give them a speed sufficient to allow them leave the solar system).

Small clusters are unstable and stars born there (as in the Perseus cluster) disperse relatively rapidly (dispersal time is proportional to the mass of the cluster). Every star in a galaxy was once in a cluster, some of

which have fallen apart. The only truly stable systems are the two-body ones, two stars orbiting around their common center of gravity. Half of the stars you see in the sky are such systems, in general binary. The others are "celibate" stars. *Menages a trois* have no future in space. Sooner or later a member of the trio will acquire enough speed to go off and seek its fortune elsewhere. A vain project, however, given the probability of meeting a new companion, as we have said (average time for such a meeting -- ten million times the age of the universe).

Large clusters also evaporate, but very slowly, because the required escape velocity is higher. It explains why such enormous clusters, like the Hercules cluster for instance, have survived until now. They are distributed almost spherically; this "sub-system" is considered to be a "fossil" of the galaxy in its primitive state (Idea due initially to the astronomers D. Lynden-Bell, O. Eggen, and A. Sandage and published in 1962 in the *Astrophysical Journal*.) made up of the oldest known stars. The globular clusters group together between ten and a hundred thousand stars.

Stars do not interact among themselves but with the masses of instellar gas they traverse or brush, some of which have masses equivalent to a hundred thousand times that of the Sun. Then, depending on how they enter the gaseous mass, they might be subjected to an accelerating impulsions. A tiny space probe gains speed when it approaches a planet as massive as Jupiter. In a similar way, in the course of time young stars stationed in the neighborhood of the central plane accumulate random speed increases and are progressively ejected from the "disc". Thus, as they age they tend to rejoin the more ancient stars, those of the halo, which form an almost spherical or lightly flattened whole. So we do not see just two very marked populations, the primitive stars of the halo and the young stars of the disk because between them lies a whole spectrum of stars in the midst of leaving the second population to join the first.

This kettle of fish makes a rather complicated soup.

In the following pages we would like to give you an idea of a galaxy like our own. As we have said, numbers concerning distance and time are not really meaningful. The Milky Way has a diameter of a hundred thousand light-years but what does that mean? Nothing, probably.

Let us reduce it to the size of a pea. Its closest neighbor will then be at a distance of about a yard, which gives an idea of the cosmos' "filling".

Change the scale and give it a diameter of a yard. Imagine it to be in the room, in front of you. What will you see? A diffuse mass, in a more or less flattened ellipsoid shape with a marked central condensation. Two hundred billion stars, almost a gas. The gas disc will resemble an inch-thick pancake. It is striated by its spiral structure, or by circular formations, or by both at the same time. In some galaxies the spiral will seem to continue to the center, in others the arms will join together as a "bar". This type of barred spiral structure is very common.

If we do not speed up time, the system will appear to be completely immobile. A galaxy revolves on itself once every hundred million years or so. One turn earlier -- the age of the dinosaurs. A comparison of its lap-time with the estimated age of the universe tells us that galaxies have made just several dozen revolutions since their birth.

Imagine that you are holding a lever which allows you to progressively accelerate time. The first slight push on the lever will not show you the galaxy turning, but something unexpected appears right away. Supernovae explode every hundred years on average, a very rapid rhythm on the scale of this monster's rotation period. If you have made a millennium equivalent to a second, there is already a veritable crackling occurring before your eyes. Ten stars will explode every second and their scintillation, very brief, will be quite visible. We can compare it to signal flashes. The mini-explosions provoke disorder among these space pachyderms, the interstellar gas clouds, whose graininess you barely perceive. Approaching your galaxy and observing it this time through a lens, you will see that the gas is as inconstant as the clouds of the sky when seen on accelerated film. The supernovae perpetuate disorder like little fire-crackers exploding in an eider-down

Before your acceleration lever reaches the point of finally showing the monster turn, the scintillations will have melted into one, continuous sparkle.

Ten million years equal one second. The huge wheel turns, like a vortex. And just like water in a bathtub outlet, the center turns fastest.

Our description stops there, for we do not yet know how a galaxy's arms evolve, lacking an ad hoc theoretical handle.

Let us return to our normal scale, return to Earth and go back to normal time. Everything freezes, immediately.

A galaxy is an immense void, comparable to that separating gas molecules. If we wanted to find a comparison for stars, it would be necessary to imagine several dozen ants strolling around on the territory of the United States. The time they would require to eventually to meet each other is comparable to that required for two stars to do the same.

Several years ago the Voyager probe began a cruise which will take it to the closest stars ... in thirty thousand years time! Terrestrials, proud of this exploit, could be compared to inhabitants of San Francisco contemplating a bottle brought to the Golden Gate by the play of the current and exclaiming to one another, "There it is, on its way towards Japan!"

Definitely, all this is beyond us.

Galaxies are grouped in clusters, the richest having thousands of them. like a big box of peas poured into a swimming pool. A cluster of galaxies is similar to a gas but with a much smaller number of molecules, more like a swarm of bees. These bee-galaxies twirl around, like molecules in a gas and like stars in a galaxy. Clusters are also auto-gravitating systems. Measurement of the Doppler effect gives us information about their agitation speed -- from two to four hundred miles per second. Is that a lot; is that little? The question seems to make no sense. Relative to what?

Hmm.... two to six hundred times smaller than the speed of light. They move at a resolutely non-relativistic speed. But it is important to understand the cluster's dynamics. Counting the galaxies it contains enables us to determine its escape velocity at which a galaxy can depart, like a space probe surpassing 7 miles per second which will allow it to leave the Earth forever. But a new unwelcome surprise awaits, just as in the case of

galaxies. The clusters' escape velocity, deduced from their mass, is greatly inferior to that of the population's individuals. Logically these clusters should have dispersed a long time ago. But they are still there. An invisible something is holding them prisoner. What is it? The answer is in part 2 of this work.

A galaxy's stars make up a perfectly non-collisional whole. This is not the case for clusters. Meetings between galaxies are possible. They do not travel fast (relative to the distances separating them) but they are big (as we said -- peas a yard apart). In atlases we find "galaxies in interaction" which are visibly entering into one another. Observation completes theoretical prediction.

We note in passing that these collisions have a rather singular character. While galaxies can really collide, in effect their stars cannot. If you want to picture a collision between two elliptical galaxies, imagine two swarms of mosquitoes crossing one another without any hitting each other.

Does that mean that such encounters are without effect? No, and simulations on giant computers have explored different possible scenarios, with varying relative masses and speeds. One large galaxy can absorb another... galaxies are potential cannibals. Or a small galaxy can become a larger galaxy's satellite.

The most important interaction takes place at the level of the clouds, which are themselves collisional. The encounter is then violent and accompanied by a shock wave. The two objects' relative speeds are in effect well superior to those of the atoms in the clouds.

In a gas, the speed of sound (collisional phenomenon) is very close to the speed of thermal agitation.

If the collision is not frontal, the galaxies, in scraping against one another, can mutually communicate rotation. This is a possible explanation for the origin of the rotational motion of galaxies.

A phenomenon which it will be necessary to revisit in the context of cosmic expansion. In the past the galaxies were closer to one another and interacted more frequently.

Another phenomenon, which we will look at in detail later on, is an instance of the macrocosm meeting the microcosm. In the air we breathe molecules can possess three types of energy. First, their translational, kinetic energy, linked to their thermal agitation speed (1200 feet per second). This is their

$$\frac{1}{2} m V^2$$

Then their rotational energy. Molecules of oxygen, nitrogen and carbon dioxide spin about themselves like tops, and this represents energy.

There is finally a third, vibratory mode. Liaisons between atoms are elastic. Certain molecules possess many modes of vibration.

These energies are transformable into each other. Thermodynamics teaches us that when molecules encounter one another, the entire energy tends to be distributed into these three modes indifferently. We call this the equipartition of energies. When this state is realized, it corresponds to thermodynamic equilibrium.

But there is a leak -- radiation. If we imprison an air mass at ordinary temperature in an imaginary, perfectly transparent receptacle, and place it in a "zero temperature furnace", the gaseous mass will cool down, radiating in the infra-red. Energy will dissipate. A gas will only keep its temperature if the exchange balance with its surroundings (other gaseous masses or the receptacle) is zero, or if it is well isolated.

The problem's variables are familiar. A cluster of galaxies will tend towards this state of thermal equilibrium, simply because collisions are occurring, whence the rotations. But what does the third mode correspond to?

The phenomenon is still not perfectly mastered and we will come back to it later. What matters here is to grasp its essence. These convulsions of gas initiate the birth of new stars whose radiation will lose itself in the cosmos. The process is a dissipative one.

On certain summer nights, in warm waters, plankton comes up to the surface. If you agitate the water with your hand, you will cause light to shine. Galaxies react, when they are disturbed, like these tiny animals.

Gravitational instability.

Why is the cosmos not simply uniform? Why these structures and not others? For what reason are there condensations of matter at all?

At bottom, why do atoms not hold themselves sagely at a distance from one another, each submitting to the whole of its neighbor's forces whose sum would be nil?

When I was a kid I never missed an aviation meeting. Such presentations of new airplanes always attract gatherings of the curious. With the spectacle in the air, they could contentedly stretch out on the airfield's grass, a sandwich or a can of beer in hand, and in a generally rather homogeneous distribution.

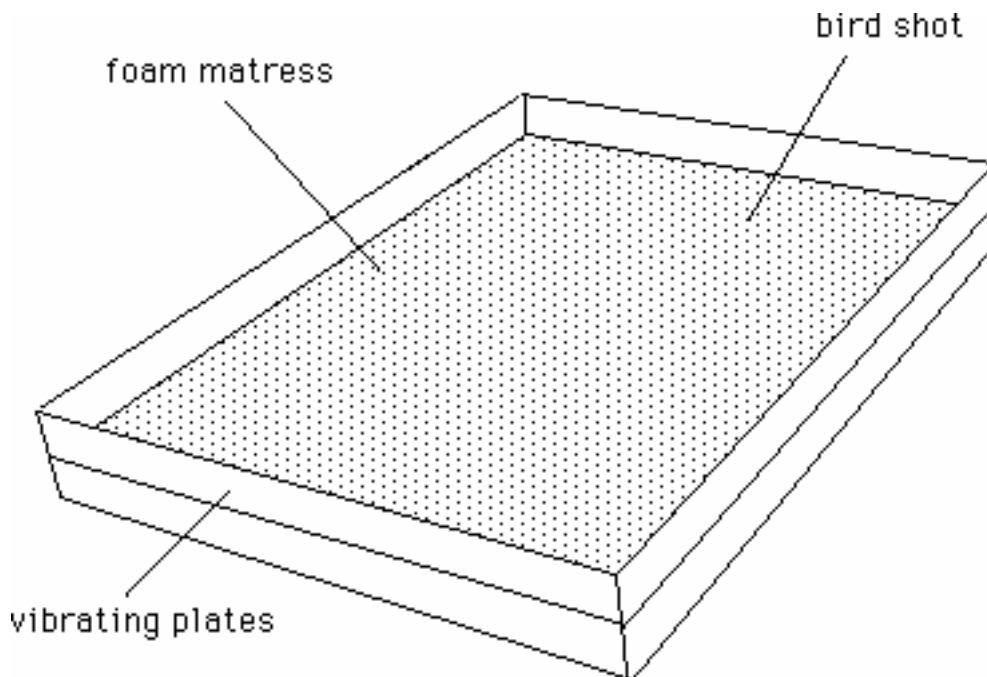
One day curiosity caused a rather singular phenomenon. There was a pause in the program and people began to get bored. A hundred thousand bored persons is not nothing. The sky stayed desperately empty; there was nothing to watch.

Suddenly a gathering formed. People were intrigued. Something interesting must have happened at the crowd's heart. They converged rapidly towards the human concentration. I too of course. The density of people soon reached a high value. People pushed each other to see better. In the midst of the human mass I reached the formation's attractive center. It became more difficult to escape the migration. We were elbow to elbow, carried by the flow. Suddenly a man, who was trying desperately to start a reverse movement, and who was visibly coming from the center of attraction, cried, "Stop, in the name of God! There is nothing, do you hear me, nothing to see". We were converging towards pure nothing.

Atoms are curious and tend to converge towards the first concentration that comes along, even if there is nothing special to see. To illustrate this we will utilize a didactic model. Imagine a foam mattress. Under this mattress, install a refrigeration system which allows you to harden it (supposing that it hardens when cooled). When it is smooth like a wooden plank, you place buck-shot on top, quite uniformly. Then you turn off the refrigeration, giving the mattress back its suppleness, and wait to see what

happens. The shot distribute itself into dips. These will be located anywhere, randomly, if the mattress material is perfectly homogeneous.

In this model, the shot is at first immobile. It is "cold". There is no thermal agitation. We could create some by placing vibrating plates along the sides which to communicate energy to the shot which would then be transmitted from neighbor to neighbor in turn, through collisions.



***Our foam mattress with vibrating plates
covered with small buck-shot.***

We could build something of the sort with certain flat loud-speakers. We could also put a plate of glass on top, to prevent the shot from jumping overboard. Having done this we could regulate at will the "temperature" of this kind of two-dimensional gas. It would simply be proportional to the square of the shot's average agitation speed.

What would happen?

Agitating the shot in every direction would have the effect of opposing their tendency to assemble in the dips. Heating this "gas" would make the

dips disappear. But reducing the shot's state of agitation would make them reappear.

A certain amount of time is needed for dips to be formed, for shot to assemble there and then to attract its little comrades. The heavier the shot, or the more numerous, the faster will dips appear. We call this an accretion phenomenon. It does not depend on the size of the depressions which tend to form.

We cover the mattress with shot corresponding to a certain density of matter ρ in grams per square inch. The dips will form in a time t which depends on this density.

In astrophysics this accretion time is proportional to the inverse of the root squared of the density of matter ρ . See annex 1 .

Let us take a depression having a diameter D . The shot has a speed of agitation V . Therefore it crosses the depression in a time:

$$t = D/V.$$

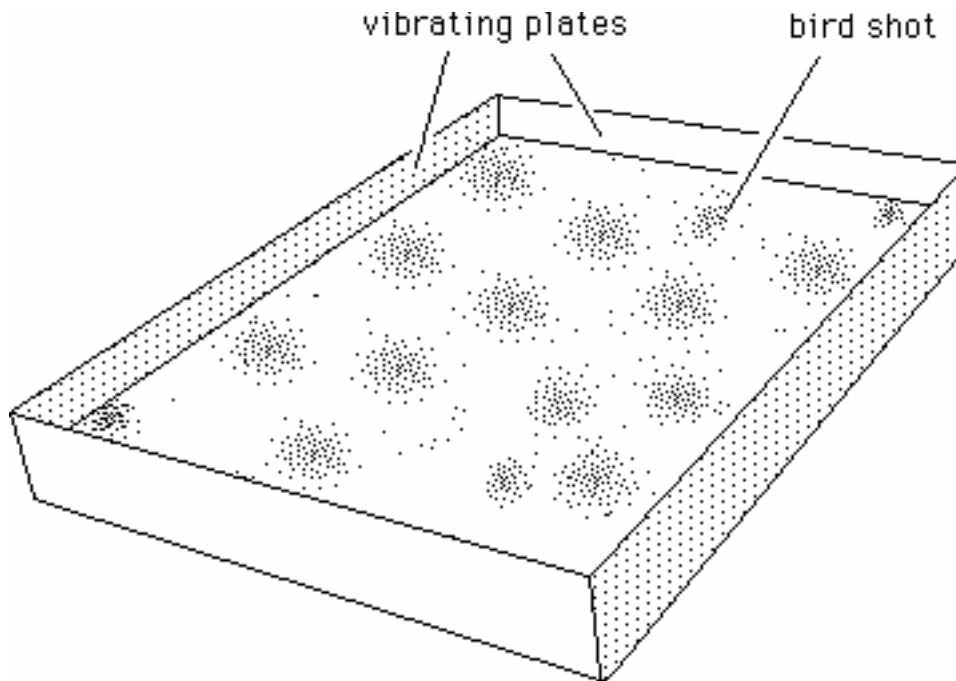
This is also the time which the shot takes to leave this type of depression, or, if we prefer, the time taken for all accidental condensation of matter to disperse naturally by simple thermal agitation.

If this time is less than the time t of depression formation, the depression cannot be formed. Even before it had begun to be formed, the shot which would have served to create would already be gone to restart the same housekeeping elsewhere. Therefore, for a given density of shot ρ on the mattress, and for its equally fixed agitation speed V , the depressions which can form will be those such that:

$$\tau < D/V.$$

This is to say that there will only be formation of those depressions which have a diameter superior to:

$$V \tau.$$



If this quantity is superior to the size of the mattress -- no depressions or dips at all.

This reasoning was made for the first time by the Englishman Sir James Jeans and this quantity is called the Jeans distance.

Concretely it is written $L_j = \frac{V}{\sqrt{6 \pi G \rho}}$ where V is the velocity of

thermal agitation and ρ the local density of matter.

It is an extremely powerful tool of reflection. Let us take an elliptic galaxy for example. This is a homogeneous medium, at least "macroscopically speaking". Stars are not distributed in packets. In this galaxy there is volume-mass r . Atoms or molecules move at a speed V . If the cloud is relatively homogeneous, it is because its Jeans distance is superior to its spatial extension.

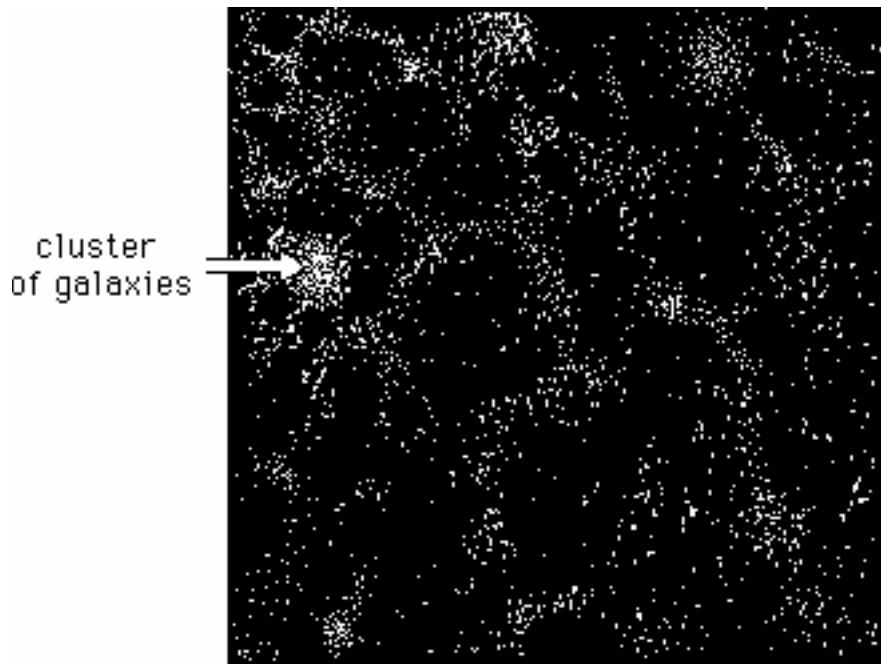
But what determines the diameter of such a condensation of matter? It will be in equilibrium if the force of gravity, which tends to contract it, is balanced by the force of pressure, which tends to dilate it. Calculation shows that this happens when the diameter is very close to the Jeans distance.

Interstellar gas is made up of large clumps. These move relative to each other at a speed V . This pancake corresponds to an average density ρ' , smaller than that of the clouds, because a certain void exists around it. From these two quantities we can calculate a new a Jeans distance and find ... the thickness of the gas layer.

We understand now how our "cistern" (the clouds of interstellar gas, for example) functions. Molecules or atoms of gas collide, creating a loss of energy through radiation. Their speed of agitation diminishes as a result. The Jeans distance decreases and becomes smaller than the cloud's dimensions and this then tends to fragment and produce ... stars.

These stars emit radiation, which is absorbed by atoms and molecules, increasing their heat. This means that their agitation speed increases. The Jeans distance once again becomes equal to that of the cloud. Fragmentation and synthesis of stars stop.

Armed with this concept, astrophysicists expect in all logic that this "hierarchical fragmentation" phenomenon should reproduce itself on every scale. There will be "clusters of clusters of galaxies" which have already been baptized "superclusters". But the results of observations at very great distances revealed a totally different structure -- lacunary. Matter, on the scale of billions of light-years, is assembled around great empty bubbles, like soap bubbles joined together. Clusters are in fact the "knots" of this formation, comparable to points where different soap sheets run together. Different mechanisms were therefore necessary, which we will discuss later.



Map of the spatial distribution of galaxies

Any guiding thread ?

Our discussion has been referring to relatively recent discoveries, dating from the end of the sixties. As the reader is being initiated into the great contemporary problems of astrophysics and cosmology, inseparable from our quest for the knowledge of matter, time, and simply what we call the real, they have the right to wonder, "What is this discussion's main thread?"

Surely not the chronology of events. The tree of knowledge does not grow straight, nor does it have only one trunk. It is not comparable to a genealogical tree -- it is a forest growing like an anarchy of ideas, arising in the course of the centuries without the least logical connection and with different, interlacing logical structures. Sometimes someone jumps unbelievably far into the future. Sometimes observations suddenly bring down an entire conceptual edifice which had been regarded as definitive.

In Alexandria, Egypt, in the second century before Christ, there lived at a man named Eratosthenes (Greek philosopher, 284-192 BC). His voyages occasionally took him to Syrena, where the great Aswan Dam is now. This is in the Northern Hemisphere.

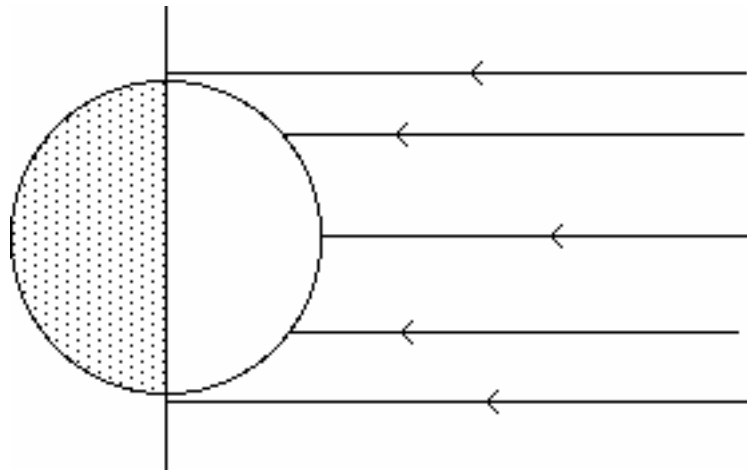
The maximum height which the Sun can attain in the sky depends on the latitude you inhabit. Its angle of sight is the greatest on the day called the summer solstice, and least on the winter solstice. This leads to a whole variety of rather disconcerting situations if we forget that the Earth is round. At very high latitudes, beyond the polar circle, the Sun plays games with us. On the summer solstice it does not set, while on the winter solstice it resolutely refuses to rise, like a hibernating bear.

When we witness such spectacles we find ourselves up against the primitive geometric vision of the flat Earth. In our heads, let us not deceive ourselves, it is still so. The proof is that you have to make painful mental efforts or use a paper and pencil to follow everything I have just told you. We live on the terrestrial surface like flies on a wall.

A few years ago I made a transpolar flight to Moscow. I experienced the strange phenomenon of jet lag. One entered a plane, stayed there for twelve hours, and then, on leaving, everything was upside-down. I felt bizarre, like someone who had gotten off on another planet. The best thing to do was to ignore as much as possible my own body's signals and try to live according to the other's rhythms, as quickly as possible.

During this flight I had not slept. I had seen the Sun drop to the horizon, fairly quickly. I expected it to set. Oh no. After a moment's hesitation, it began to climb. I had to take paper and pencil and draw some figures to convince myself that this was normal after all and there was no point in bringing this odd fact to the crew's attention.

The Earth's axis is not perpendicular to the plane of its orbit, the ecliptic. The deviation is 23° . If it were zero, only the equatorians would see the Sun pass at the zenith, vertically from where it is seen, every day. For the pole dweller it would be permanent daylight, or at least a type of dawn-twilight lasting all day and year, since the Sun's trajectory would be tangent to the horizon (more precisely, the pole dwellers would only see half of the solar disk forever).



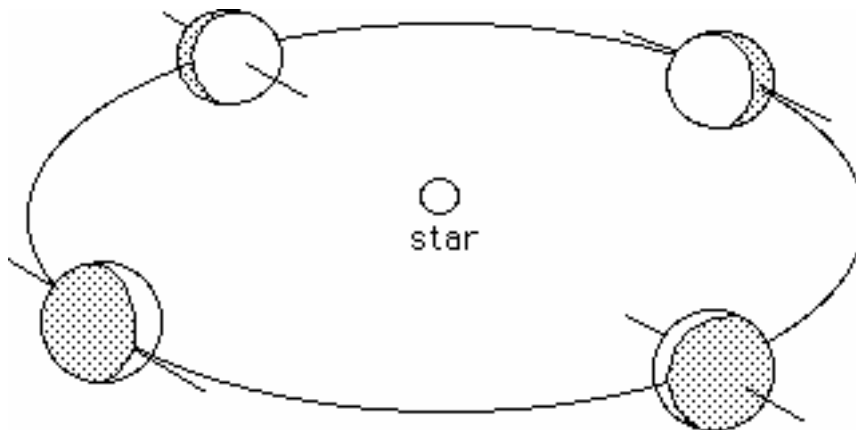
An imaginary planet whose axis of rotation is perpendicular to its plane of rotation about its star.

A planet in this configuration exists very probably in the universe; its inhabitants are ignorant of the concept of seasons. For them the equinox lasts the whole year, since the days and nights are equal in length whatever the latitude, except for the pole dwellers.

The maximum height of their solar star at noon would simply depend on their residence's latitude. If they disembark one day here, they would be doubtless very surprised to find that this height varies over the course of the year, conditioning the temperature and climate.

Why not imagine an even more bizarre planet, whose axis of rotation is located on its plane of rotation?

Quickly, close this text and give me the answer.



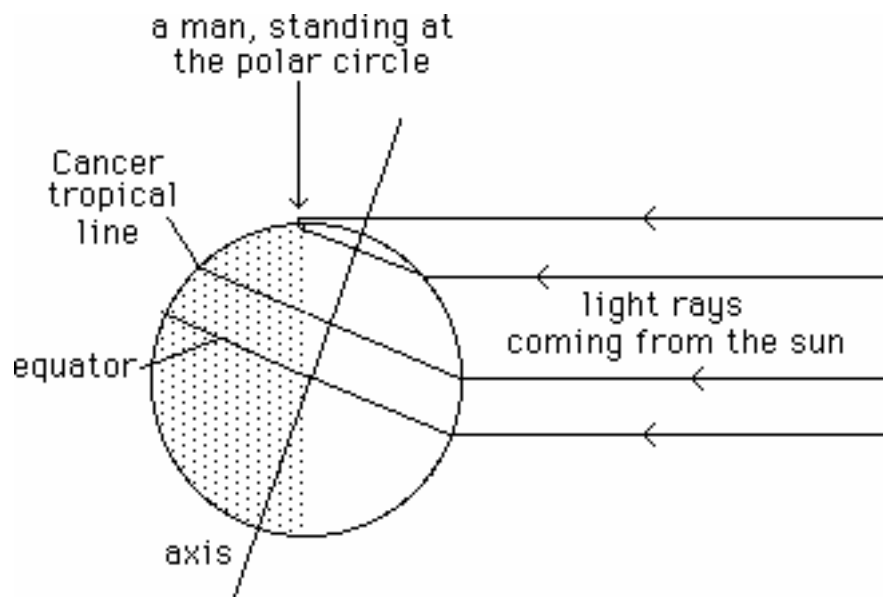
*A planet, orbiting around a star
whose axis is located on its orbital plane.*

The polar circles would become the equator. The situation would be inverted. If the axis of rotation pointed towards the star, for the people in one of the hemispheres it would be "endless day", while the others would never see their sun rise. Then it would be the equatorians who would know that sort of mixture of dawn and twilight.

By the way, notice that one planet of the solar system corresponds to this configuration : Uranus. But :

- The "year" of Uranus corresponds to 84 years of our Earth.
- There are no inhabitants on Uranus.

Let us return to the Earth. Its axis of rotation is inclined 23° relative to the perpendicular to its plane of rotation around the Sun. Its surface is then divided into five regions.



***Summer, for the inhabitants
of the northern hemisphere.***

Within the polar circles, at a latitude above $90-23 = 67^\circ$ (in the north), or less than 67° (in the south), there are periods when the Sun disappears below the horizon, when day no longer appears, only night. Symmetrically, inverse periods also exist, when the Sun does not set. We call this the midnight sun. On the northern polar circle, on June 21 the Sun dawdles above the horizon, refusing to pass below. On December 21, same behavior, but below the horizon. The sun refuses to rise.

Between the polar and tropical circles, the so-called "temperate" zones, the Sun never rises to the zenith.

All this, the reader will say, is well known and I have not come here to take so elementary a course in astronomy. But are you capable of answering, on the spot, the two following questions?

- I live in the northern hemisphere. I park my car in a lot at ten in the morning. I would the shadow of a nearby tree to fall right on my car at noon. Where should I park it?

A moment of reflection. In which direction does the Sun turn? That's easy. But what should you do if you lived in the southern hemisphere? The same thing ... or the opposite?

Quick, answer :

In the southern hemisphere shadows turn in the opposite direction.

But let us return to this fellow Eratosthenes. One day he goes to Syrena, Aswan, and it so happens that this place is located practically right on the tropic of Cancer. He leans over the curb of a well, at just the right time, the summer solstice, and discovers with surprise that the Sun lights up the well's bottom perfectly. The heavenly body must be exactly at the zenith.

Now, at Alexandria this could not occur. The Sun did not climb as high at noon on the summer solstice. Knowing its maximum angle, measured with an obelisk, and knowing the distance separating Alexandria from Aswan (a million steps!), our man calculated the Earth's radius with an error of fifteen percent, in the second century before Christ!

I will not insult you by showing you the calculations, worthy of a young high school student.

But Eratosthenes did not stop there. Observing an eclipse of the moon, when the terrestrial curvature is profiled for a short time on the lunar body's surface, he quickly grabbed a piece of parchment. Aware that the Sun's rays are propagated in a straight line, and understanding from earlier eclipses that the Earth was a sphere and not a sort of flat disk, as certain of his contemporaries believed, he made a sketch which allowed him to measure the Moon's radius compared with that of the Earth. Knowing its "apparent diameter", and using a simple proportionality, he calculated the Earth-Moon distance with again a rather good approximation.

This knowledge was lost, for centuries. The Earth became flat again. Nevertheless, does one not find in the Bible:

.... tasting joys without end, rejoicing in His terrestrial globe.

Proverbs 8 : 31

... it is He who sits above the Earth's globe.

Isaiah 40:22

Conversely, in 1900 Lord Kelvin estimated that science was now complete and that "everything was only a question of precision in the calculations". Previously, in 1796, the Frenchman Laplace had come to the same conclusion, advocating a complete determinism:

- If we knew with precision the initial conditions of each element of the universe, their position and speed, it would then be possible to determine with precision the entire future of the universe.

A prediction which would brutally break down with the coming of quantum mechanics and Werner Heisenberg's uncertainty principle (see Appendix 8).

The history of astronomy is strewn with similar facts and it is not easy to follow a logical train. Thus, at the turn of the century, Michaelson's experiment demonstrated the invariance of the measurement of the speed of light, whatever the speed of the laboratory (the laboratory being, in this case, the Earth). This obliged theoreticians to totally revise their view of space and time, a work neatly condensed into a publication of 1915 by Albert Einstein.

If we kept the chronology of events, we would now have to discuss Special Relativity or quantum mechanics, but we would risk losing our reader on the way.

We will therefore continue to use the tools we forged at the beginning of this work, and reserve the right to improve them later.

Discovery of cosmic evolution.

In the twenties the sky was populated accordingly with immense "island universes", containing from a hundred to a thousand billion stars.

We knew that they developed, were born and died but it never entered anyone's head that the universe itself could change. When the inventors of the new science called "cosmology" applied themselves to elaborating models of universes, at first they aimed for a stationary state (the first model imagined by Einstein was stationary).

Hubble, detecting a Cepheid with the aid of the powerful Mount Palomar telescope, had shown that the Andromeda galaxy was another group of stars, located 2.2 million light-years away. Measurement of the Doppler effect revealed something else -- Andromeda was falling literally on top of us (see Appendix 5), as were other nearby galaxies.

But speed measurements soon showed that this was only a turbulent movement of the "local group". At a distance, on the contrary, the galaxies were all leaving us and turning red.

When an object moves away, as we have seen above, the wavelength we receive and measure increases. The inverse phenomenon occurs when the object is approaching. What approaches becomes blue; what moves away reddens -- the frequency of blue light is higher than that of red light.

Galaxies were slipping towards the red, a phenomenon called "red shift", customarily designated with the letter z . This is the measured increase in wavelength divided by that from a nominally identical source, immobile relative to the laboratory.

Astronomers had identified numerous galaxies, classified them by type, and estimated their absolute magnitude - the amount of light they were sending out. This enabled them to determine their distance, the quantity of light varying as the inverse square of their magnitude. Hubble then showed that their distance was proportional to the red shift z , itself proportional to their speed of recession.

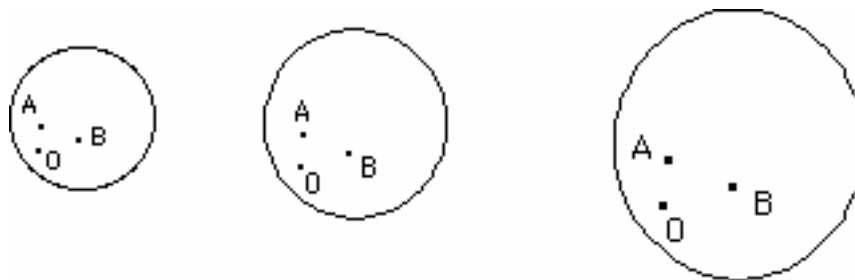
The slope of this straight line is what is called the Hubble constant H_0 . (See appendix 4).



The Hubble law.

The Hubble law's linearity rapidly lead astronomers to conclude that the phenomenon was due to the Doppler effect and that the universe was in a state of expansion. When a gas expands, every observer sitting on one of its molecules effectively perceives such a velocity field.

Suppose you inflate a balloon. Previously, you have put some marks on it, with a pen. Let us figure three points : O , A and B. An observer of this "flatland" is supposed to live in O and to observe how the distances OA and OB grow.



In the initial conditions, suppose :

$$OA = 5 \text{ cm}$$

$$OB = 10 \text{ cm}$$

After ten seconds, we get :

$$OA = 15 \text{ cm}$$

$$OB = 30 \text{ cm}$$

Then we can measure the velocities V_A and V_B , with respect to the point O, supposed to be steady.

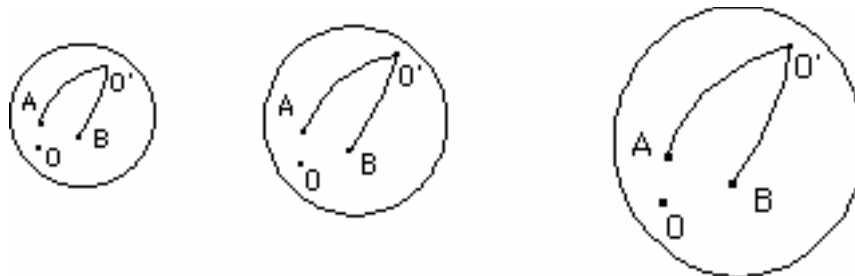
$$V_A = \frac{(15 - 5) \text{ cm}}{10 \text{ seconds}} = 1 \text{ cm /s}$$

$$V_B = \frac{(30 - 10) \text{ cm}}{10 \text{ seconds}} = 2 \text{ cm /s}$$

We find that the velocity V_B is twice the velocity V_A . Normal : The initial distance OB was twice the initial distance OA.

We have figured out some sort of 2d Hubble's law of velocity : The velocity of an object is proportional to its distance to the observer.

We could put the observer in another point on the balloon, in O', for example :



If we perform distance measurements from time to time and compute the velocities, with respect to the new steady point O', we will find the same thing : the velocity is still proportional to the distance to the observer, wherever he is.

In a expanding universe everybody thinks he's at the center of the world.

In 1917 Albert Einstein constructed a first model of a stationary universe (to which we will return later) using what is called the "cosmological constant L". Hubble's discovery completely invalidated his work and he was extremely vexed. All theoretical cosmology was thereafter founded on an extremely complicated "field equation". It was a perfectly unknown Russian, Friedman, a mathematician and glider pilot, who negotiated with style a non-stationary solution. Einstein, annoyed, then exclaimed --

- If I had known that the universe was not stationary, I would have found it before him.

"If..", as the Lacedaemonians used to say.

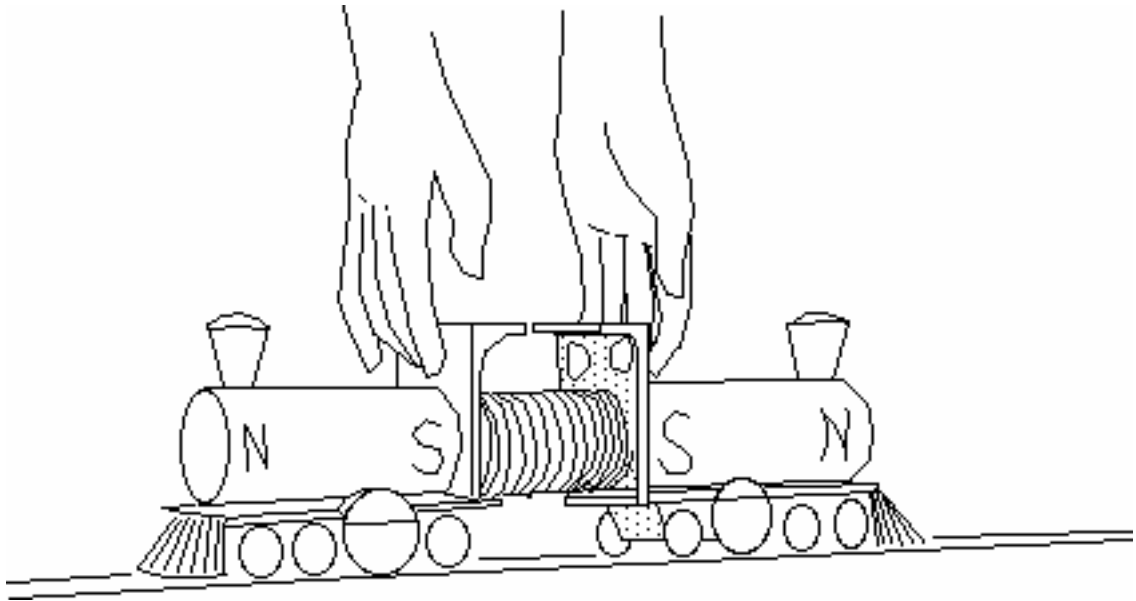
Friedman's universe models.

We will discuss curvature, relativity and field equations further on. For the moment we have no need to. Imagine! An Englishman named Milne, with his colleague MacCrea, showed that a few lines of calculus could retrieve this non-stationary equation without curved space, without relativity, with ... Newtonian concepts, as developed in the nineteenth century. General Relativity, within reach of a high school student.

We refer the curious reader to Appendix 1.

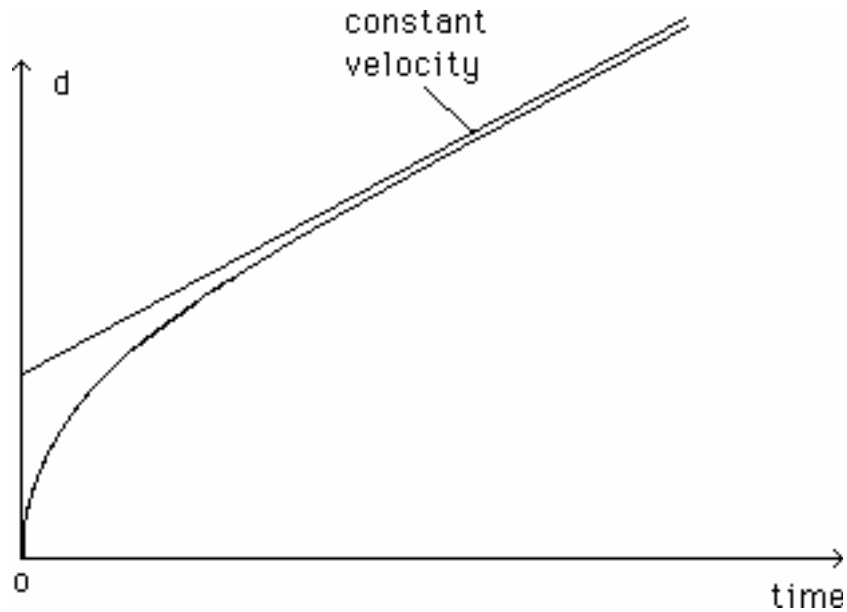
We will content ourselves with giving an idea of the phenomenon through a very simple model. If you explode a grenade, the initial energy

will be pressure. If the grenade explodes in a vacuum, its fragments will separate at constant speed but at that point the force of gravity intervenes, braking the expansion. We can simulate this with two runners on wheels, a spring and two magnets. We first fix the magnets on the boards in such a way that they attract each other. Then we compress the spring and let go.



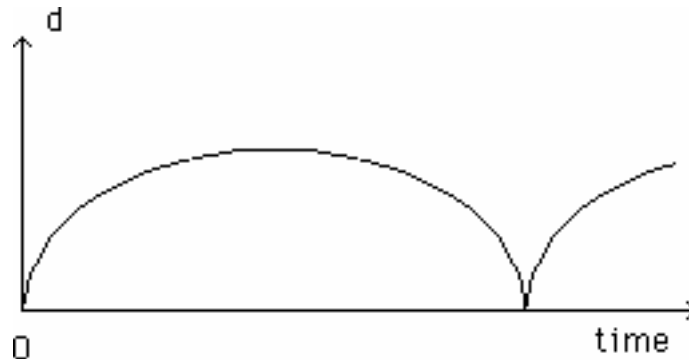
If the magnets were not there, as soon as the spring is released the runners would fly away at constant velocity. But the magnets tend to brake this movement. Let us call the distance between the two runners d and make it zero at the initial moment.

If they are weak magnets, after a certain distance their action will no longer be felt, and will become negligible. The velocity will then become constant and the curve will tend to become a straight line:



The magnets are weak : the runners end up moving apart at constant velocity.

Second case: the magnets are much stronger and succeed in bringing the runners back against one another:



The magnets are powerful enough to bring the two runners into contact with one another.

An intermediate situation exists where the magnets are not powerful enough to reverse the movement but their action continues nevertheless to

be felt, even at an infinite (or let us say, very great) distance. The curve will then have a parabolic appearance. It is this type of solution which is described in Appendix 1, corresponding to what is called the Einstein-De Sitter model.

We can place these three developments on one graph.

The three curves correspond to Friedman's three models. The distance d represents the distance between galaxies, for example, or two clusters of galaxies, supposed to be immobile in relation to the background of space (they are called then "comobiles").

In cosmology, the force of gravity, playing the role of the magnets, is linked to the density of matter ρ . Cosmologists are interested to know which law the universe follows. Will it continue its expansion indefinitely, or on the contrary fall back onto itself, after having experienced a phase of maximum expansion?

On the graph we have marked the present. Towards the past the curves are very close together, but diverge in the distant future. Everything depends then on a critical density which has the value

$$\rho_c = 10^{-29} \text{ grams per cubic centimeter.}$$

If the actual density of the universe is greater, we have a maximum expansion, an oscillating model. If it is less, or equal -- indefinite expansion. It is very difficult to determine this density. If we base ourselves on what can currently be measured, it is very far below the critical value. But it is possible that the majority of the mass contained in the universe is escaping observation (so called dark matter), a subject which will also be taken up later.

However, whatever the final model, the three have something in common. A moment would occur when distances between the elements of the universe were nil. Thus the theme of the Big Bang. This idea took time to make its way in the scientific community. If we agree to take seriously such models, it becomes evident that the universe in its distant past would

have had to be at the same time both very dense and very hot. When we compress a gas (the cosmos is modeled after a gas), it heats up. It was therefore necessary, to unpack what is called the "standard model", to reconstruct the universe's history, step by step.

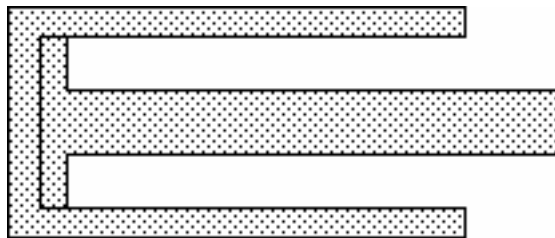
That said, the reader has the right to pose the question:

- Do galaxies follow this movement of expansion?

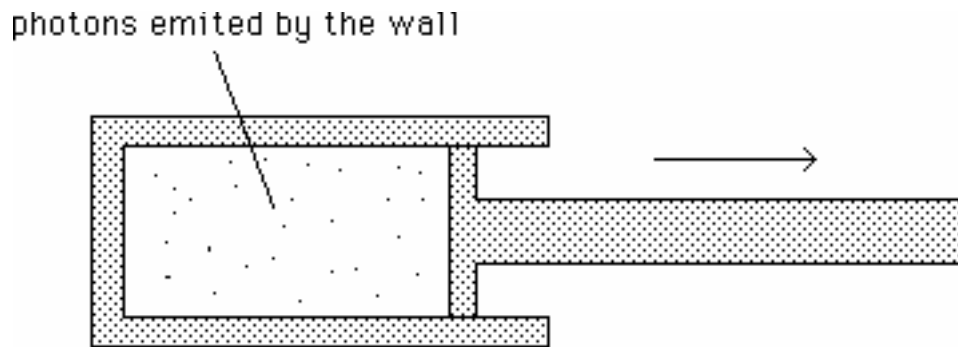
The answer is no. The content of the universe is not being enlarged. But what is this content? Is it the "void"?

What is the void, dear Mister Newton?

Theoretical physics, quantum mechanics, offers an answer. We can try to create a "perfect vacuum" with a cylinder and a piston which we pull away very quickly. The flow through the joint can be made small enough for the number of molecules which succeed in slipping into the available space to be extremely small.



Is this to say that we could, for at least a brief instant, create a perfect or quasi-perfect vacuum ?



No, because the walls of the cylinder radiate. Photons invade the available space at ... the speed of light. Space filled with photons is not a vacuum. Matter and radiation are only two forms of the same entity -- energy-matter. Photons are grains of energy.

A perfect vacuum would be an enclosure from which every trace of molecules and atoms had been eliminated and whose walls had been cooled to a temperature of absolute zero. Then they would not radiate.

Interstellar or intergalactic space does not meet this criterion. As we will see later, its most rarefied regions are filled with photons, which constitute the "2.7K background radiation". They are "elbow-to-elbow". Their wavelength -- a quarter-inch. If we wanted to represent this "spatial void" it would be necessary to think of a lapping, liquid surface where the small wavelets measured five millimeters long and moved at 186,000 miles per second. This "liquid surface" would only be flat if the radiation's temperature equaled absolute zero.

The relation linking this radiation temperature and the photons' wavelength is simple:

$$kT = hc/\lambda$$

where λ is the wavelength (in meters)

k is Boltzmann's constant (1.38×10^{-23})

and h Planck's constant (6.62×10^{-34}).

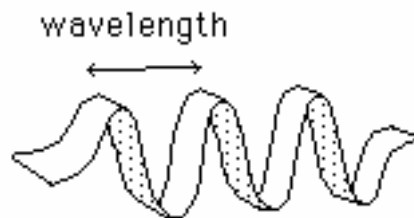
Let us return to the question "who pays the price for expansion". The photons of this "cosmological vacuum" do. Does this mean that they "move away from one another"? The question does not make much sense.

Nevertheless the calculations give an indication -- their wavelength λ grows with the radius R of the universe. Their number stays constant, if we except those which are absorbed by dust or emitted by stars.

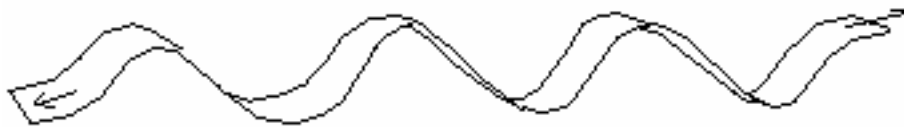
But the universe is extraordinarily transparent, or else we could not have astronomy.

These cosmological photons are a billion times more numerous in the universe than particles carrying mass.

We can then imagine "that the vacuum is in the process of expanding" like a plate traversed by undulations in the course of dilating, their wavelengths doing the same, at the same rhythm. The container and the contained form only one thing.



A portion of "empty" space where the undulations represent cosmological photons.



In the phenomenon of expansion the photons "stretch out" along with the "void". The "cosmological photons'" wavelength λ grows with the dimension of the universe itself.

In this scheme the number of cosmological photons stays constant. We are evidently not speaking of the "accidental photons" emitted by stars or any other radiation process, but rather of primitive photons, infinitely more numerous than these.

The corollary is that these photons lose energy, since this is

$$E_{\phi} = h \nu = hc/\lambda$$

The primitive photons' wavelength grows with time. Their number stays constant, therefore this "primitive photon gas" loses energy, which is after all rather disconcerting. On this level, the cosmos does not function at constant energy.

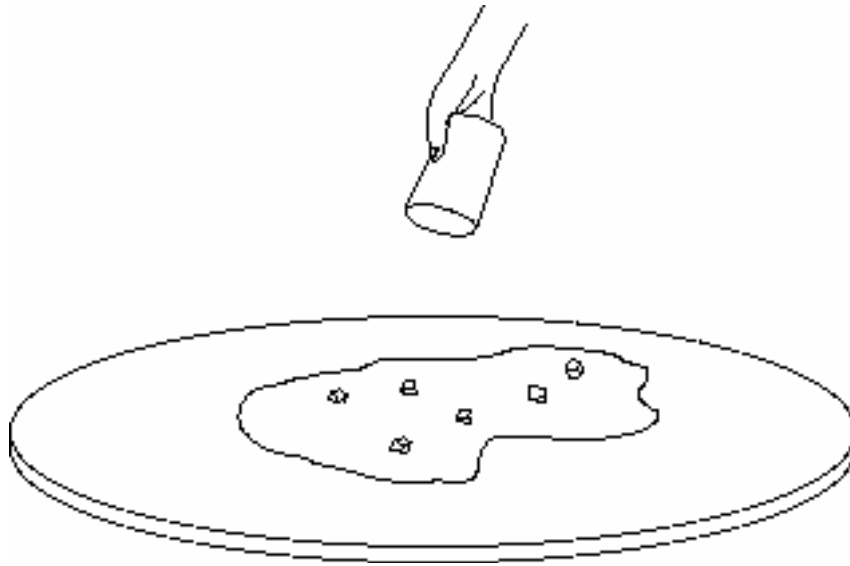
The cosmos has an energy content. One part is in the form of matter, and this energy is mc^2 , conserved over time. The other is in the form of primitive radiation, which "devalues".

Today of course, we can neglect the fraction of energy in the second form. With time t it has devalued so much that it is secondary to energy's matter form. But it has not always been so. In the distant past of the universe, previous to $t = 500,000$ years, energy's radiation form was primary.

For a theoretical physicist, all the universe's "objects" are wave packets. With a particle of mass m we can associate a wavelength, the Compton wavelength, which is written:

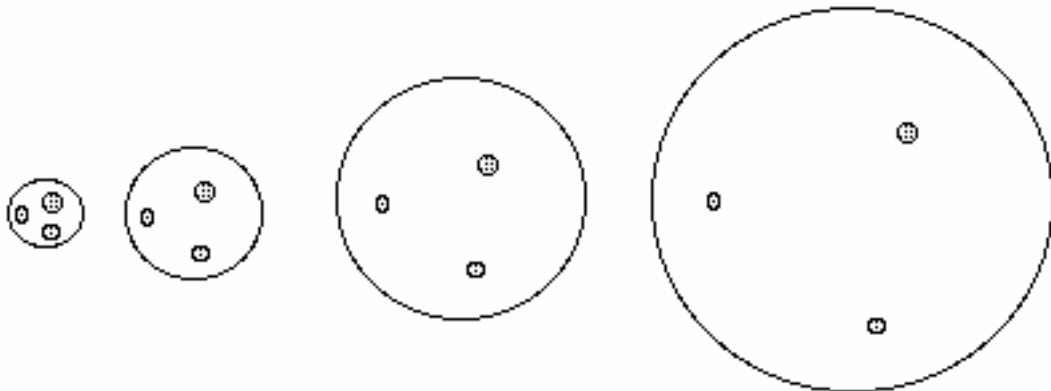
$$\lambda_c = h/mc.$$

In the course of expansion, mass is conserved. Therefore these wavelengths are constant. Photons and mass are only different modes of vibration of the same spatial tissue. To illustrate this difference, we could pour out a glass of water containing ice cubes on a table. The water would represent energy-material in the form of photons. The ice cubes would represent mass. The water would spread out in a pool, on which the ice cubes would drift apart, but conserving their size.



Seen from this angle, matter is frozen space.

People sometimes propose representing the notion of the expansion of the universe as a balloon being inflated. On this we would indicate objects, galaxies, clusters, etc....by spots. But if one represented these objects by drawing them with a marker, the image would be false, for these objects dilate along with the balloon. Now this is not so. To stay closer to the model it would be necessary to stick little confetti on the balloon, themselves not dilating.



Second image of cosmic expansion.

The theme of "decoupling".

We do not know which appeared first in the universe -- galaxies or stars, namely the stellar proto-clusters. Opposing theories exist on these questions and we will not choose one over the other. What we do know, however, is that there was an epoch ($t < 500,000$ years) when such structures could not exist. The universe was then as hot as an incandescent light filament and its temperature approached three thousand degrees. The hydrogen making it up was for the most part totally ionized, that is to say it was a plasma, a mixture of positively charged nuclei and negatively charged free electrons. This medium was then very strongly coupled to the primordial radiation.

Free electrons interact much more strongly with photons than electrons tied to atoms. This was the coupling's source. Seen from another angle, photons have much more trouble crossing plasmas. The Sun, for example, is a large plasma ball. Photons from its central furnace escape towards the outside. They are quickly absorbed by an atom, which then re-emits another, etc. The photon finally arriving on your retina, or on the telescope's photographic plate, is not the original one from the star's center, but its distant n th generation descendant. Only when photons leave the Sun's surface can they proceed without hindrance. We do not directly observe the Sun's core, only its surface. Optically, the Sun is translucent, not transparent.

Other plasmas exist which resist photons and all radiation with as much vigor. For example, the plasma envelope surrounding a space ship during reentry. As you know, there is a rather long period of radio silence during which no communication is possible with astronauts enclosed in their capsule. Radio waves also travel in the form of photons.

When the universe was less than 500,000 years old, photons forged a path for themselves with difficulty. They were ceaselessly absorbed and re-emitted. We can compare such a medium, optically, to frosted bathroom glass. When we look out to great distances, using classical optical

wavelengths, we "look back in time". Each spherical layer on which we focus our attention corresponds to a given epoch. Currently we can "see" to a dozen billion light-years. This is extraordinary. But this returning to the past will one day reach a limit. We will bump up against a layer corresponding to a past so ancient that optical observation is impossible.

Imagine a stack of glass plates. Between two successive plates, flies. The first plates are perfectly transparent. The universe is extraordinarily transparent, we must agree, or else we could not have astronomy -- objects would be fuzzy.

In this model of flies and plates of glass, we can imagine that after a certain distance the latter become frosted. Objects located behind them (the flies) become fuzzier and fuzzier, until at a certain distance we can no longer even identify them.

In the same way the universe hides its most distant past from us but this is not important as behind the frosted glass plates there is nothing to see. That is to say nothing *structured*, for example galaxies or stars. Everything is homogeneous.

We have said that in this remote epoch ($t < 500,000$) the universe was a plasma, strongly coupled to its radiation. In the preceding chapter we have approached the question from the optical angle -- photons cannot traverse this medium without hindrance. They interact too easily with free electrons.

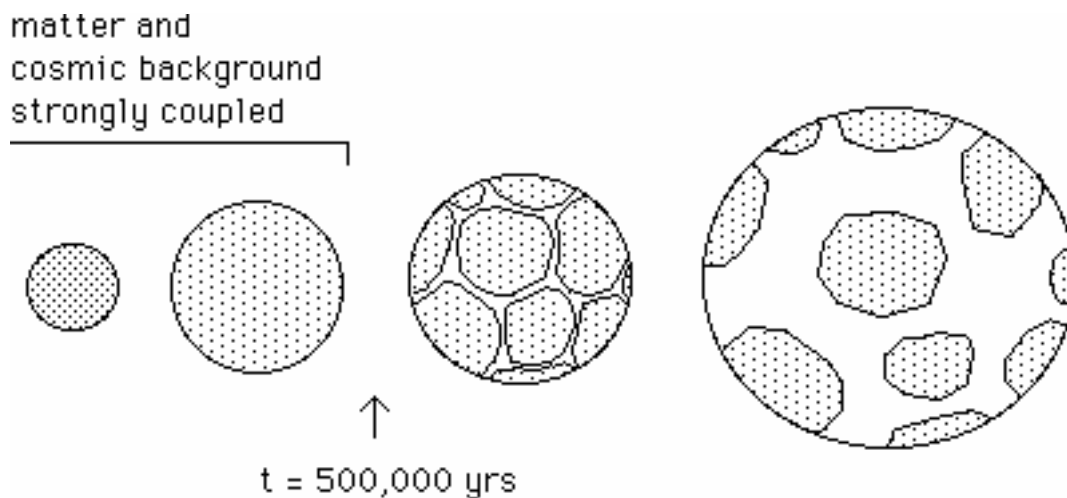
But the phenomenon works in both directions -- matter cannot easily move in the photon gas. This is a rather strange idea because we have trouble imagining light slowing down matter. But during this epoch the photon gas contained as much energy as matter itself; before 500,000 years it contained much more. This radiation was the universe.

The photons totally prevented matter from condensing through gravitational instability. It remained "stuck to this support" as rigid then as a metal plate.

When the universe's temperature fell to less than $3,000^\circ$ the free electrons began to quietly orbit around atomic nuclei and left light alone. The universe became transparent. Photons were able to travel tranquilly in

a straight line, without obstacle. Conversely, matter was able to form its first condensations.

We have come here to a fairly simple notion of the formation of the first condensations of matter. We think of contractions. But matter has a method of individualizing itself -- by refusing to follow the expansion. In the preceding figure we saw lumps of matter moving further and further apart by conserving their size and their scale with between them the void, "dilated" photons. If we return close to the instant of origin, we obtain the following schema:



The decoupling between matter (stippled) and the background cosmological radiation allows the first fragmentations to take effect.

It is very difficult to mentally represent the universe in its primitive state. It is extremely probable that galaxies and stars were formed very early (since very old stars exist), although astrophysicists are not in agreement as to whether stars were first formed before or after galaxies. In any case at that time galaxies were much closer to one another than they are today. They interacted more strongly; their rotation is perhaps a fossil trace of their primitive crowding.

Ashes of the explosion.

Physicists continued to try to describe the primitive state of the universe according to the theory called the Big Bang. The majority constituent of the cosmos was hydrogen, the simplest atom, made up of one single proton. Going back in time, at around five hundred thousand years after the zero instant, the cosmic temperature should have been in the order of three thousand degrees. The primordial cosmic fluid was completely ionized, transformed into "plasma".

But before?

Before, the temperature should have been even more impressive. It is calculated to vary as the inverse of the universe's characteristic distance, separating two "control particles". Thus the components of the cosmos held more and more vertiginous energy.

The scientific community did not adhere immediately to this neo-biblical vision.

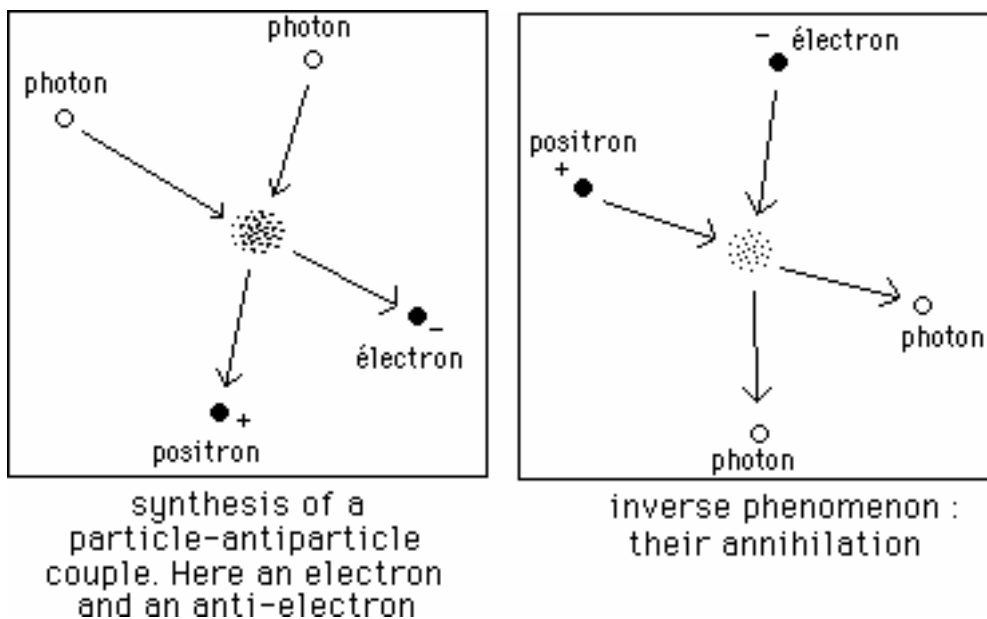
Meanwhile quantum mechanics had made progress. According to this theory, particles are no longer considered to be like little marbles of matter, but rather as "wave packets" linked to a vibratory phenomenon described by Schrodinger's equation, behaving like "a machine for synthesizing particles".

In the thirties, the Englishman Dirac modified the Schrodinger equation by integrating it into Special Relativity, thus founding quantum relativistic physics. He realized that he could elaborate a solution describing a strange object -- a particle possessing the same mass as the electron, but carrying an opposite, positive electric charge -- to which he gave the name of positron. People later realized that other particles could also possess these sorts of "doubles", called "antiparticles".

As is normal in the face of novelty, the idea of such an object was greeted with skepticism. However, over time, it became necessary to surrender to the evidence. Antimatter existed without a doubt. It was found in sprays of "cosmic rays", then through experiments mounted in high energy accelerators.

Charged particles wind in spirals in a powerful magnetic field. The winding direction depends on the field's direction and on the particle's charge. The gyration ray (Larmor ray) is determined by the mass. On the anti-electron pictures, its trajectory, quite visible, is seen to curve with the same gyration ray as that of the electron, but in the opposite direction. Therefore, as predicted, it clearly has a positive charge.

When matter and antimatter meet, annihilation occurs. The product of the mutual destruction is two photons. But the reverse reaction exists as well -- two sufficiently energetic photons, colliding, can make a particle-antiparticle couple.



***Creation and annihilation of pairs
of particles of matter and anti-matter.***

At this stage, the reader has the right to ask a question: "Why don't photons annihilate themselves in turn?"

The answer is simple -- the photon is its own anti-particle and there is no anti-photon.

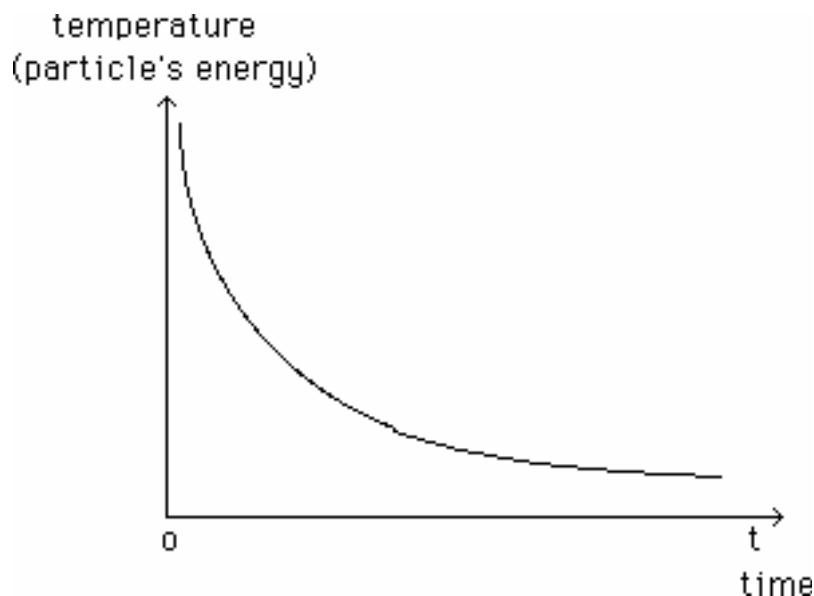
The calculations lead then to a particular description of the universe, with an extremely turbulent infancy. As the Nobel Prize winner S.

Weinberg said in his celebrated popular work The First Three Minutes, "In the beginning" the universe was filled with "all sorts of radiation".

This means that the universe's contents moved at either the speed of light (photons) or very close to it. In these conditions collisions between very energetic photons would continuously produce particle-anti-particle couples, heading off to be annihilated a little later.

But the brutal expansion of the "cosmic fluid", as depicted in the preceding curve, was accompanied by just as brutal a fall in temperature, therefore by definition in the particles' energies, which it measures.

This temperature of the "cosmic oven" happens to obey a very simple law. It varies as the inverse of d .



***Change in particle energy
as a function of time.***

Thus the photons' energy lowered rapidly and they were no longer able to produce particle-anti-particle pairs.

In order that photons be able to give birth to particles of mass m , their energy $h\nu = k T$ must be equal to mc^2 .

They could not compensate for the losses due to annihilation (which were not influenced by the reduction of the ambient temperature). The result was a frantic depopulation, leaving a mixture of a great number of photons issuing from annihilation in the place of turbulent matter-antimatter.

According to the standard model, at the end of the first hundredth of a second, temperature of the photon gas had fallen to less than a hundred billion degrees, which prevented all creation of new proton-anti-proton pairs. Later annihilations decimated the electron-anti-electron pairs. This hecatomb ended at $t = 13$ seconds, when the temperature of the cosmic fluid was no more than three billion degrees K.

This cosmological Wounded Knee left only one matter or antimatter particle in a billion.

Good, said the theory's adversaries, which had been baptized the Big Bang, where are these primitive photons now?

They were finally found, entirely by chance, in 1964. The Americans had constructed an antenna in the shape of a hearing trumpet in order to listen to radar echoes reflected from a metallic balloon thirty yards across, the Echo satellite. But the antenna began to receive a signal even before the experiment had even begun.

Penzias and Wilson at first believed that these parasitic signals came from pigeons roosting in the antenna's horn. They chased them away but the signal continued. When every hypothesis for the malfunctioning of the apparatus had been eliminated (Penzias and Wilson, tired of seeing the pigeons continually return to this strange nest, finally ate them), the evidence became inescapable. The antenna was detecting radiation of half-inch wavelength and isotropic, that is to say with the same intensity in all directions.

The wavelength corresponded to photons radiated out by a "black body" at very low temperature -- 2.7 degrees absolute.

The Big Bang partisans triumphed. The radiation temperature corresponded to their predictions. It was clearly the signature of the

famous primordial photons from the original explosion, which expansion had "cooled down" to such a low temperature, in conformity with their calculations.

The link between the "radiation temperature" (expressed in degrees Kelvin) and the frequency of the photon is extremely simple. If k is the "Boltzman constant" and h the Planck constant, it is simply a matter of

$$h \nu = k T.$$

Where we lose half of the universe on the way.

But an inexplicable problem remained. The matter-antimatter annihilation had left one couple in a billion subsisting. The rest had been converted into photon pairs. Whatever the score, as much antimatter as matter should have subsisted after such a holocaust. Therefore it should be possible to observe both. But this was not the case.

Matter changes. When the temperature of the cosmic mixture was close to a billion degrees, hydrogen nuclei combined to give helium (four nucleons -- two proton and two neutrons). The entire universe acted like a sort of natural hydrogen bomb.

When the temperature falls below two hundred million degrees, however, this primordial nucleosynthesis freezes. Result of the procedure - - 75% hydrogen, 25% helium.

When the temperature falls below three thousand degrees, that of an incandescent light's tungsten filament, the electrons, which had existed until now in a free state, begin to orbit around nuclei. The universe ceases to be "ionized". Now photons interact strongly with free electrons, not with bound electrons, orbiting around nuclei. The universe therefore becomes transparent, as discussed above.

Gravitational instability then brings these atoms together in vast herds. In these sorts of nurseries stars are born which will then fabricate new atoms in their core.

But antimatter should do the same, produce anti-helium, anti-stars, anti-atoms.

Could this anti-world exist in the middle of our own? Let us examine the hypothesis. If our galaxies were made half of stars and half of anti-stars, of diffuse gas and anti-gas etc., it would not stay unnoticed. The encounter between gaseous matter and antimatter would give rise to not very discrete annihilations, accompanied by powerful radiation, unmistakably detectable by our astronomers. This does not happen.

People thought then that galaxies and anti-galaxies could cohabit, the first being made of matter and the second of antimatter.

Alas, these island universes, made up of hundreds of billions of stars, move slowly in the bosom of clusters, at some two to four hundred thousand miles per second. Collisions are rare, but they do occur (see Appendix 5). In telescopes we observe "galaxies in interaction" in contact with one another. The probability for matter and antimatter galaxies to meet or graze is high, during a time lapse of a dozen billion years -- the age of the universe and of galaxies.

The problem changes scale. If this has happened somewhere in the vast portion of the cosmos accessible to our observation, the powerful radiation linked to annihilations would not pass unnoticed. But we do not observe it. There is no indication that anti-galaxies exist. A dilemma.

For fifty years people tried everything. Models intended to justify a separation between two worlds, that of matter and antimatter, collapsed like houses of cards.

We have to follow the evidence -- we have lost on the way half of the universe, which is not nothing! Missing persons are noticed: Will anyone capable of furnishing information relative to this disappearance please contact the nearest theoretical physicist in his locality.

Nature is decidedly quite puzzling. In offering us the 2.7⁰ K radiation, this ash of a primordial explosion, it gave support to a fairly seductive model. Now, in revealing to our eyes the primordial antimatter, it has produced a new riddle for scientists.

We will see later what they have thought up, since the end of the sixties, to try to answer this imponderable question.

The mysterious quasars.

From time to time, observations bring up a fact supporting a theory and unfortunately, fairly often, the opposite occurs.

The celebrated quasars were discovered for the first time in 1960 by a student from the American observatory at Pasadena, Thomas Matthews, who suggested to his boss, the astronomer Jesse Greenstein, that it might be a hydrogen cloud displaying a very strong red shift.

-- You are completely crazy, Greenstein answered. That would put them at considerable distances and given the quantity of light they send us and their tiny size, it would mean that objects the size of a large star were putting out as much radiation as an entire galaxy!

Matthews did not insist. One year later the Dutchman Maarten Schmidt dared this interpretation and it brought him the Nobel Prize.

Their red shift can go up to five, which puts them, according to Hubble's law, at distances in the order of a dozen billion light-years, at the confines of the cosmos.

But we do not know of any which have a red shift less than 0.1, which signifies that the closest quasars are at a billion light-years away from us, and therefore, since distance is also time, certain astronomers think this phenomenon ended billions of years ago for an unexplained reason. However the reasoning is incomplete. We have counted 5000 quasars within ten thousand light-years cubed. Let us suppose that we have counted them all. Then, within a thousand light-years cubed there would only be, statistically speaking, five to observe.

Since their apparent diameter is minute, they would be very small, the size of the solar system (or a large star of our Milky Way : the largest stars have the size of our solar system, as far as Mars. The smallest a diameter comparable to that of the Earth). Whence their name -- quasar, quasi stellar object (abbreviated QSO).

If they are so far away, they are fabulously powerful and radiate as much energy as an entire galaxy; they are five billion times more brilliant than a star.

Energy source -- unknown.

Appearance -- compact objects, ejecting very hot gas at a relativistic speed, in general in two lobes, diametrically opposite, sometimes one only. Today we have observed more than five thousand of them.

Subsequently it was shown that certain were located in the center of a gaseous formation resembling a galaxy.

The astronomer Seyfert had already discovered galaxies whose nucleus seemed to have exploded and which were also emitting burning gas in a system of jets. We tend today to think that the Seyfert-type galaxy and the quasar are similar, the second being simply more condensed in space.

Why do galaxies explode? One more mystery.

This one deepens to the extent that we discover "naked quasars", isolated, without galactic formations around them.

But it is possible that this is because the quasar is too luminous for the peripheral formation to be observed.

The enigma of "gamma flashes".

From the time of the cold war the Americans placed in orbit satellites furnished with receptors for detecting gamma rays, such as are produced during the ignition of a thermonuclear bomb. Such explosions are rare. Today we undertake them more discreetly, beneath the earth. So the astronomers said to the military, "Since your satellites are useless, lend them to us".

Tired of war, they accepted and the satellites were turned towards the sky. They detected very brief, but extremely intense and frequent "flashes"

-- one per day on average, emanating not from our galaxy's central plane, but from every direction in space.

Origin -- a total mystery. A new puzzle for theoreticians.

A universe younger than the stars it contains ?

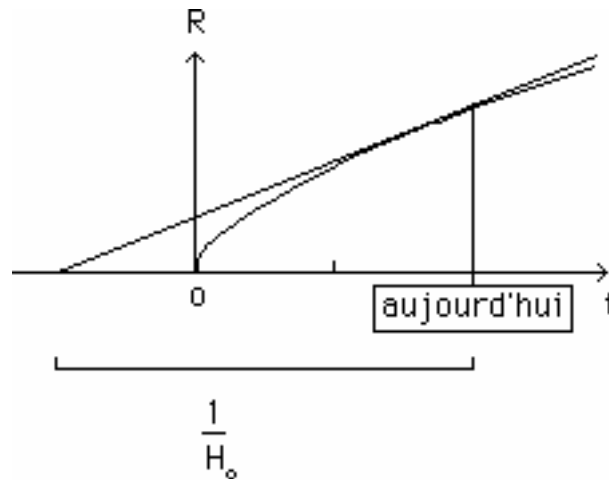
The discovery of the 2.7°K background radiation, by Penzias and Wilson, had been an outstanding event in the elaboration of the Big Bang theory. Up to very recently, this model served to determine the age of the universe. In the standard model, everything turns around the determination of the Hubble constant H_0 , the slope of the "Hubble law", the relation of recession to distance.

H_0 is evaluated classically in kilometers par second per megaparsec. A megaparsec represents 3,26 million light-years.

The age of the universe is deduced as follows:

$$\text{age of the universe} = 2/3 \ 1/H_0.$$

See on this topic Appendix 4. The expansion curve allows this property to appear geometrically.



Expansion and the Hubble constant.

If we choose the so called Einstein-de Sitter model, where $R \approx t^{2/3}$ we easily find : $R'/R = 1/t$

Models of stars had given very powerful results, not only explanatory, but also predictive.

Confident in the knowledge they had acquired of stellar phenomena (the life-history of stars, supernovae, neutron stars), astronomers determined the age of the oldest stars and found it to be fifteen billion years. The light they emitted was measurable and from it we were able to deduce the quantity of hydrogen "burned" each second to produce this energy. Knowing their "fuel reserves", their lifetime was deduced through simple proportionality. If our galaxy's oldest stars attained such respectable ages, it was indispensable that other determinations fit with this number, which implied a value of the Hubble constant close to 50 (in kilometers per second per megaparsec.)

Astronomers were not all in agreement on the law to apply. Whence a certain fuzziness in the determination of the age of the universe deduced from observations made on distant objects, that is to say in the determination of the Hubble constant H_0 .

You have surely already heard conference attendees say, "Assuming that the universe is, let us say, twelve to fifteen billion years old...".

A fuzziness betraying the persistence of uncertainty in the assessment of distance. But it should accord well with the age of old stars. Whence the systematic attempt to increase this age as much as possible.

If astronomers had been able to observe Cepheids in distant galaxies, the precision of distance measurement would have been much greater and limited error to around five percent. Until the entry into operation of the Hubble space telescope, this was not possible. Once it had been cured of its visual problems and could be used correctly, the results came in.

In '94 and 95 the telescope's piercing eye allowed the measurement of different galaxies, situated at distances from forty-eight to fifty-five million light-years, in which Cepheids could be localized and targeted. A spectacular shortening of distances resulted and, correlatively, a revision down of the age of the universe -- eight to ten billion years, instead of fifteen, which the journal *Nature* announced in September 1995.

The universe became then ... younger than the stars it contains!

And *Nature* concluded, in its September 1995 issue, it was necessary to very seriously entertain the idea of revising our conception of the cosmos. We will see later how certain adjustments of the standard model can nevertheless deal with this contradiction.

Second Part.

Everything is relative.

In the first part we hardly spoke at all of Relativity. We even managed to introduce the Friedman models of the universe, like rabbits from a hat, without recourse to it (see Appendix 1).

Relativity comprises two parts --

- Special Relativity
- General Relativity.

In principle the two are intimately linked.

Special Relativity takes account of the rather singular behavior of light, which upset people so at the turn of the century -- its speed in the vacuum is an absolute invariant and does not depend on how the measurement is made, in particular on the speed at which the experimenter and his laboratory are moving. It also links together the four dimensions, three of space and one of time, in an intimate manner. Time ceases to be an independent variable.

General Relativity transforms forces into effects due to the curvature of space.

As usual, it is entirely possible to popularize Special Relativity by having recourse to a model,. But, in order not to overload this exposition, we have placed that part in Appendix 1, where the reader will find their demand satisfied, at least we hope so.

In physics a technique exists called passage to the limit, or approximation. The plane tangent to a sphere is very close to its surface if the sizes under consideration are sufficiently small compared to its radius,

or its perimeter. If you ask a surveyor to measure your property's surface, they will not take the Earth's curvature into account.

Similarly, when physicists make calculations involving objects moving at a small speed relative to c , they will not use relativistic formulae. They will suppose in particular that all the phenomena they are trying to describe march to the beat of a universal time t , dear to Mister Newton, "our everyday time".

It was this double technique of approximation which Milne and MacCrea used in 1934 to reproduce general features of General Relativity, namely the Friedman models. They neglected the curvature of space, supposing that forces acted at a distance with infinite speed, and described all phenomena through an independent time t .

We will now focus on problems of the curvature of space and sever space from time, that is we will describe all phenomena using a time t , supposed to be universal.

General Relativity.

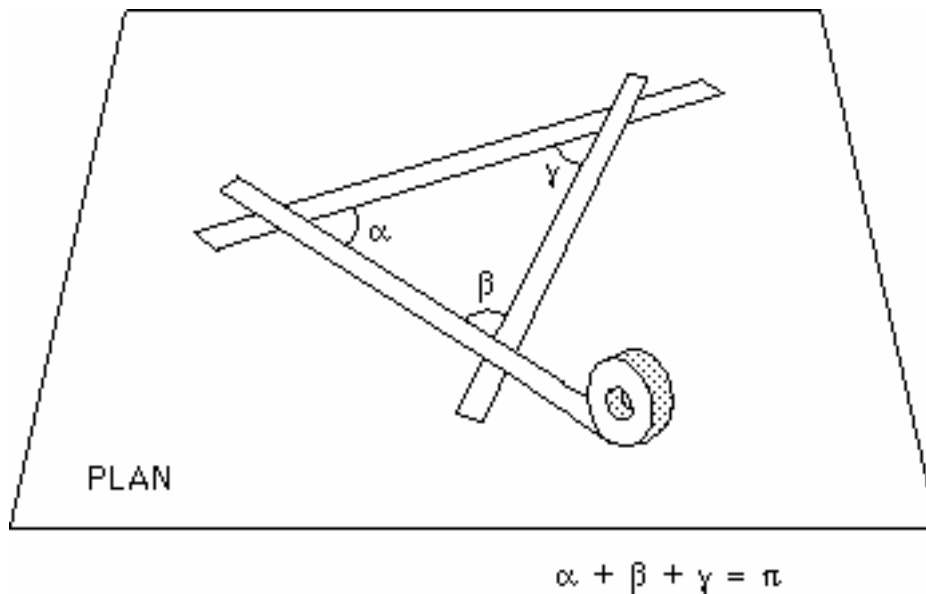
1 - Curvature.

The geometrical context of General Relativity is quadridimensional. This amounts to saying that we have reduced the study of cosmic phenomena to that of a hypersurface of four dimensions. To enable a non-initiate to understand all this could seem a desperate gamble. so we will first remove time from all this, as if with a pair of tweezers, and aim for an understanding of a hypersurface of three dimensions, already somewhat delicate. We will analogize from basic two-dimensional models -- surfaces.

We will therefore transport ourselves to a universe whose spatial portion comprises only two dimensions, a surface.

A Euclidian surface is a surface where Euclid's theorems apply, where, for example, the sum of the angles of a triangle is π , or 180° . We are accustomed to construct these triangles on a plane, using a ruler to draw

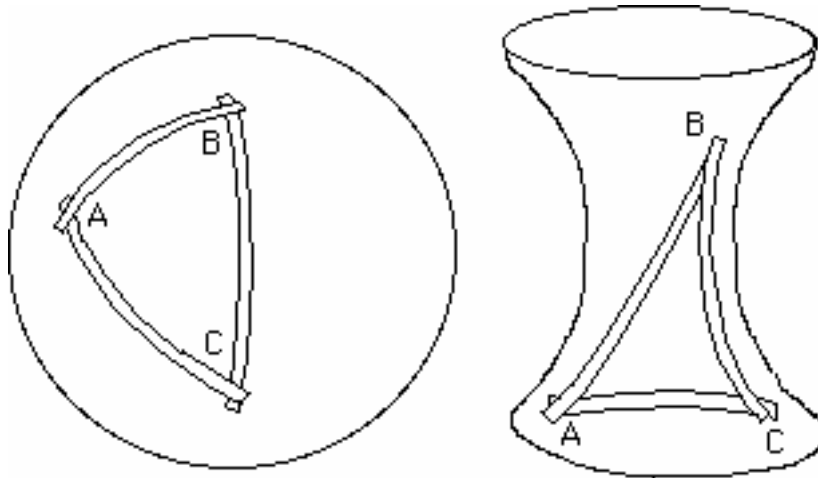
straight lines. We will change tools and this time use adhesive tape. The tape must be applied to the surface with caution, without creases so that it will make a line identical to that that we would have obtained with our classic school ruler.



***How to draw straight lines on a plane
without a ruler and with scotch tape.***

The act of doing so also allows us to highlight a fundamental concept, that of the *geodesic* of a surface. You can stick this tape onto a plane, but also onto absolutely any surface whatever. In the plane the geodesic lines will be identical to what we have previously called "straight lines". But, from now on, we would prefer to consider them more generally as "the geodesics of the plane".

In drawing such geodesics on curved surfaces, we will be able to create some strange triangles.



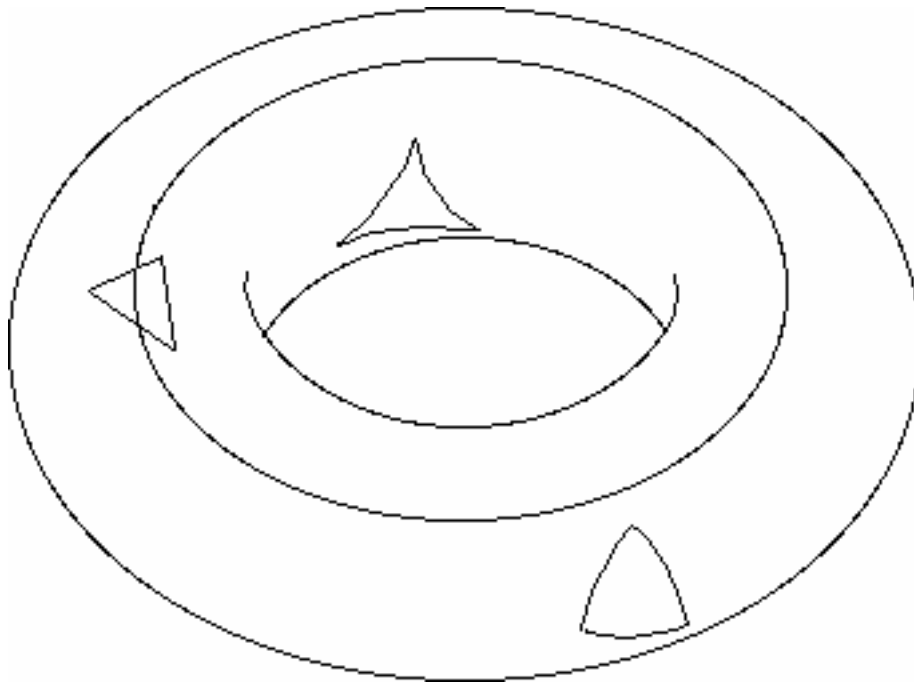
Geodesic Triangles drawn on a surface with positive curvature (a sphere) and on a surface with negative curvature.

A rapid measuring will show us that in the case of the sphere, the sum of the angles exceeds 180° , while in the case of the second surface, it's the reverse that is true. The test is sufficient enough for us to conclude that these surfaces *are not planes*, not *Euclidian* surfaces, since Euclid's theorem no longer works.

When the sum of the angles of a triangle on a surface exceeds the "Euclidean sum", that is to say 180° , we say that it has a positive curvature. In the reverse case we say that this curvature is negative.

We say that a flat, Euclidean surface, displays zero curvature.

But a surface can display variable curvature, according to the region under consideration. The simplest example is the torus.



On the exterior of the torus : positive curvature
In the vicinity of the circular notch : negative curvature in the
vicinity of the "flank" :
zero curvature.

2 - Curvature and energy

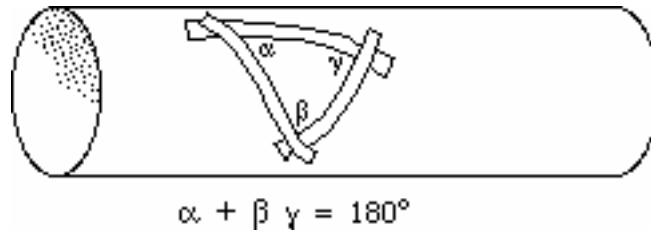
We move to a "thought experiment" involving blacksmiths. Every smith knows that he can deform sheet iron by heating it. Heating causes an object to dilate locally. If we heat a flat, uncurved sheet of iron with an acetylene torch, we will see a blister appear, that is to say a region with positive curvature. Conversely if our smith had before him a flat sheet, uniformly heated to red-hot, and directed a flow of cold air over a region, the metal would contract and it would constitute a region of negative curvature.

Therefore:

- *Dilation is equivalent to increase in curvature.*
- *Contraction is equivalent to decrease in curvature.*

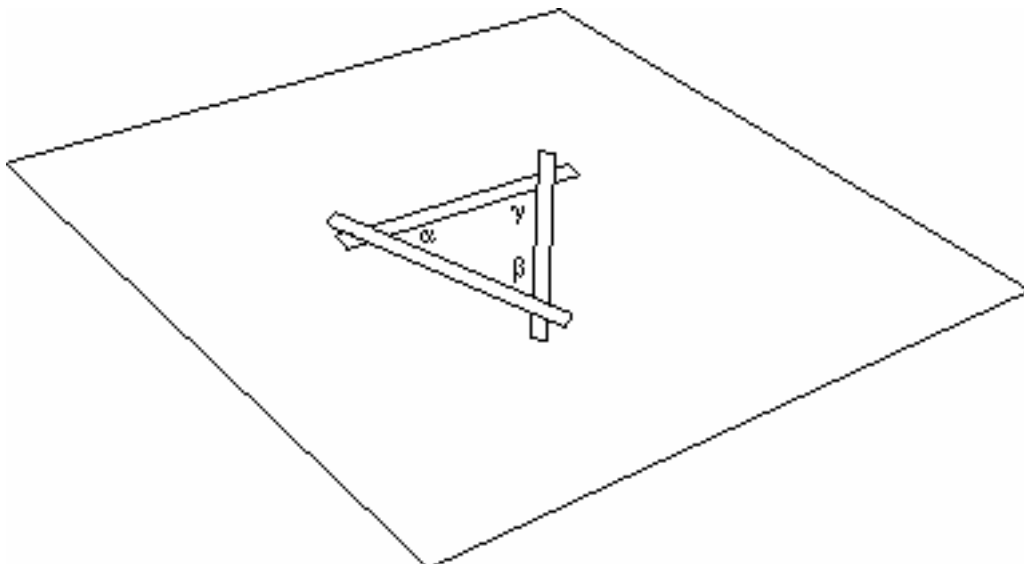
We see the link curvature-energy content being drawn.

But everyone doesn't have a forge, sheet iron and a portable blow torch so let us consider a second thought experiment, easier to imagine. This time take a cylinder. You will doubtless be astonished to learn that it is a Euclidean surface everywhere, with zero curvature, as long as we define the curvature as we did above, with a piece of scotch tape. Using a protractor you can confirm that the sum of the angles of a triangle is always equal to π (180°).



A cylinder is a Euclidean surface.

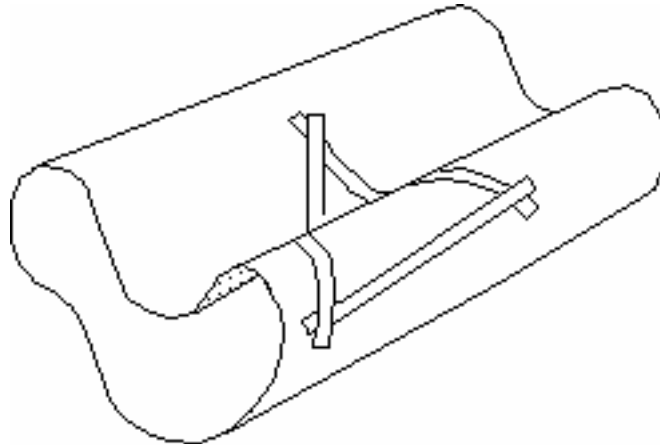
But you can also cut your cylinder along one of its generating lines, for example, and lay it flat, like this:



The cylinder, laid flat.

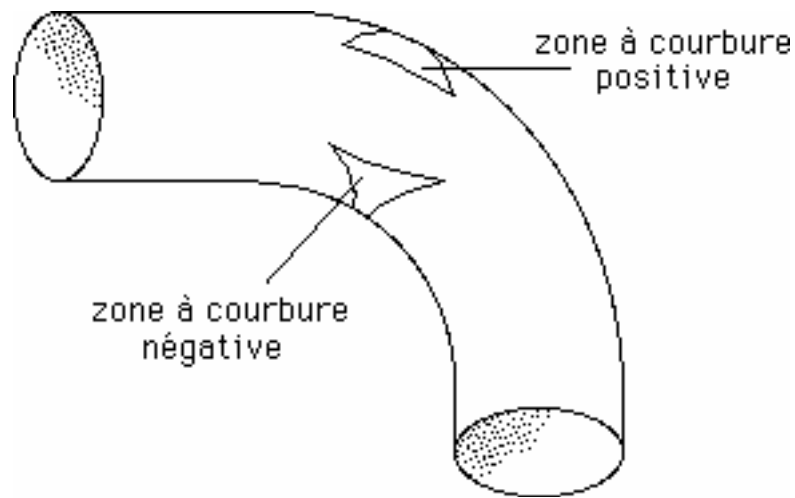
The situation becomes clearer. As a general rule, every geodesic drawn on this cylinder will be transformed into a "straight line", after "being laid flat".

A cylinder is moreover an object which can take very varied forms. You can for example twist it like this:



In drawing geodesics with your adhesive tape you will again produce, after "laying it flat", the plane's straight lines.

Let us take up again, after this digression, our "ordinary" cylinder, supposing it to be made of metal. It is then possible to heat it up on one side and cool it on the other, diametrically opposite side. We can easily imagine that it will be deformed as follows, appearing on one side with positive curvature and on the other with negative.



A curved cylinder.

This allows us to grasp the key concept of General Relativity:

Curvature equals energy.

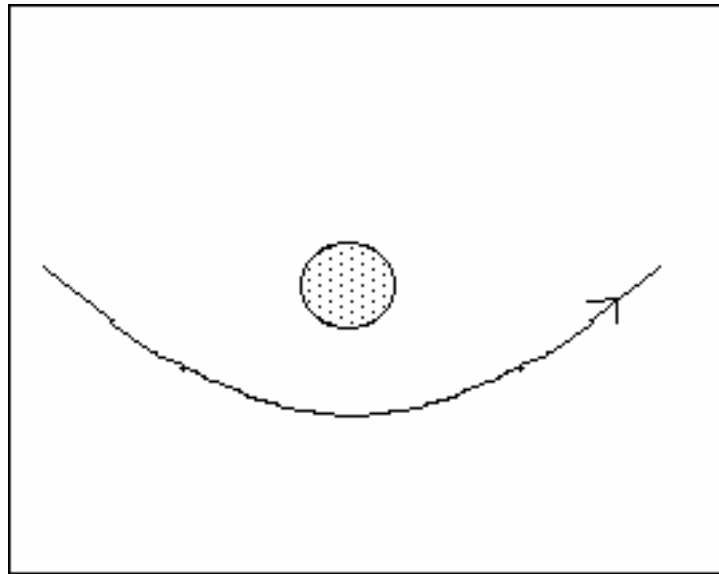
In General Relativity every point-mass is a "grain of energy", according to the equation:

$$E = mc^2$$

Why curved space?

In the classical view, before the birth of the General Relativity model, we had a flat, Euclidean, empty space, peopled here and there by particles. These interacted at a distance through different forces (gravitational, electromagnetic).

Let us concentrate on the force of gravity. A heavenly body, like the Sun, can be equated to a concentration of matter, of atoms. Now let us imagine a test particle penetrating the Sun's gravitational field. It will follow a particular curved trajectory (in the absence of a gravitational field, the trajectory will be rectilinear).

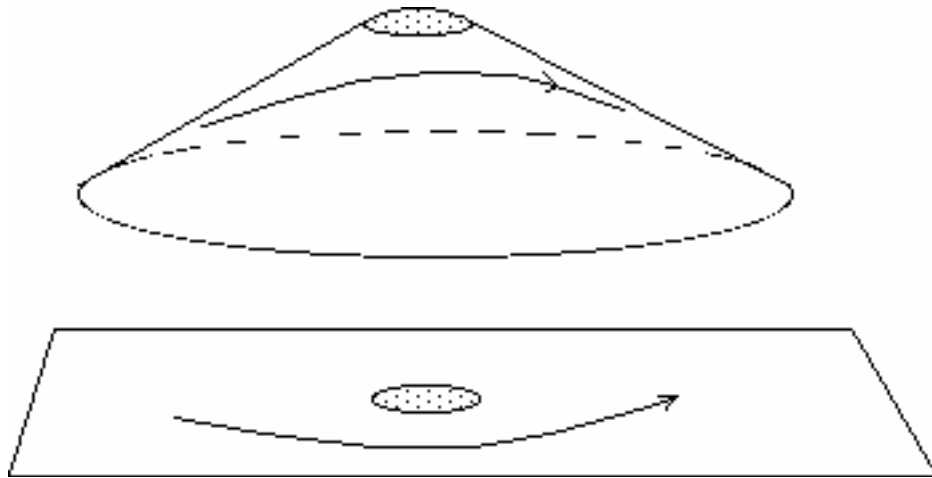


***Trajectory of a test mass
in the Sun's vicinity.***

Taking up again the idea presented above, we translate this into geometrical terms, that is to say replace mass and attractive force with curvature.

The Sun (represented by the stippled area) is a concentration of matter, supposed to be uniform. We imagine it in two dimensions, as a spherical cap, which we will complete with a cone frustrum. This, like our cylinder just now, is "without curvature". We will use our adhesive tape to draw a geodesic on its surface (see figure).

Projecting this onto a plane, we recreate the preceding figure. Whence another key idea of General Relativity -- we identify the regions containing matter with portions of curved space, and other regions with fragments of surfaces, either curved or Euclidean (without curvature).



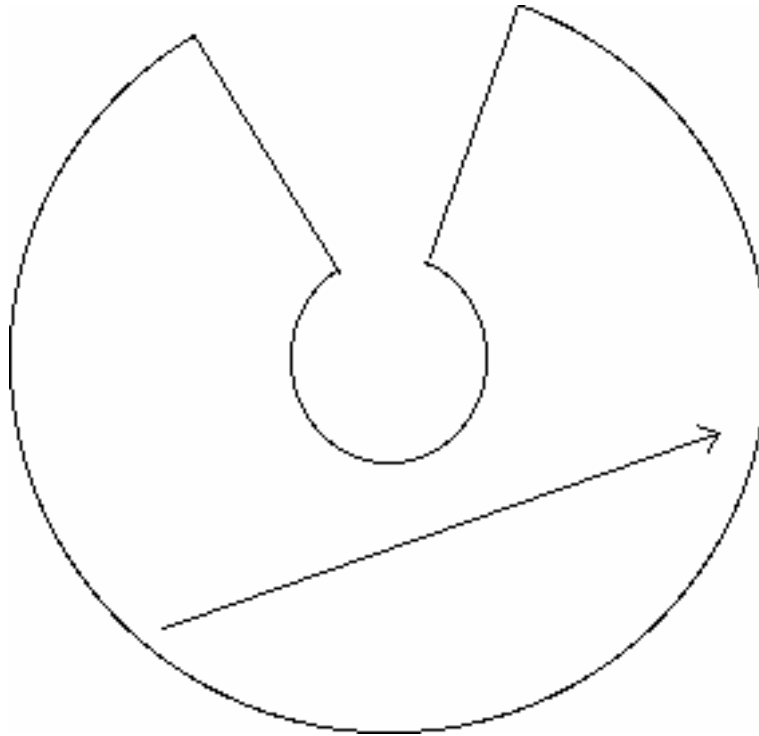
Representation of a trajectory following a geodesic of a space with curvature (blunt cone).

Trajectories are geodesics then. Forces have disappeared and have been replaced by geometry, according to the schema:

$$\begin{aligned} \text{Matter} &= \text{curvature} \\ \text{Trajectory} &= \text{geodesics} \end{aligned}$$

In the preceding example a spherical cap had been coupled to a cone frustum. Like the cylinder, this is without curvature. If you doubt this for an instant, lay the cone frustum flat after having drawn a geodesic on it, (see the next figure).

The cone, like the cylinder, can be laid flat. This surface is called developable.

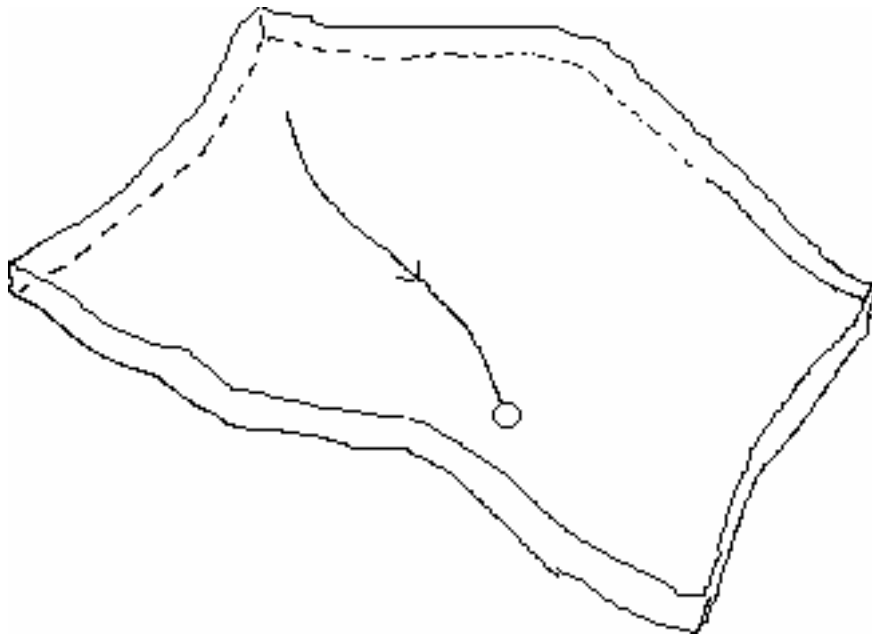


The cone frustum is laid flat. The test particle's trajectory becomes a straight line.

General Relativity transforms our vision of the universe, turning it into a hypersurface where we alternately find regions with and without curvature (Euclidean). Of course, the concept of a "three-dimensional surface" is a little difficult to apprehend.

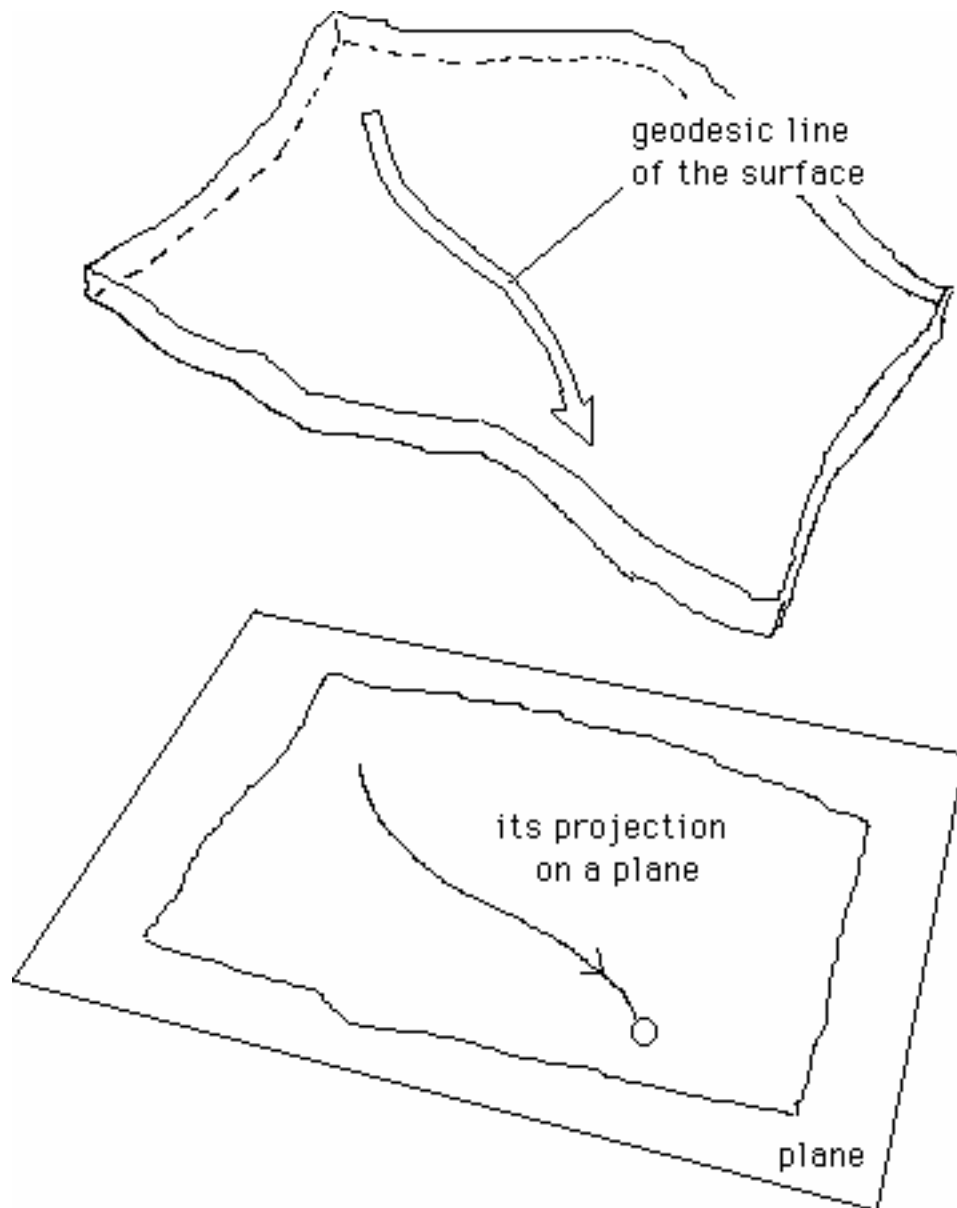
Some years ago NASA had the idea of placing a billiard table of Plexiglas on board the space station Skylab to entertain the astronauts. The project was eventually abandoned. To prevent the balls from flying around the station at the first touch of the billiard cue, their room for maneuver was limited by two perspex plates. The billiard table, like the players, would be weightless but the balls would have nevertheless followed rectilinear trajectories, progressing in straight lines, the geodesics of the plane.

Let us imagine that the billiard table had been warped, like this:



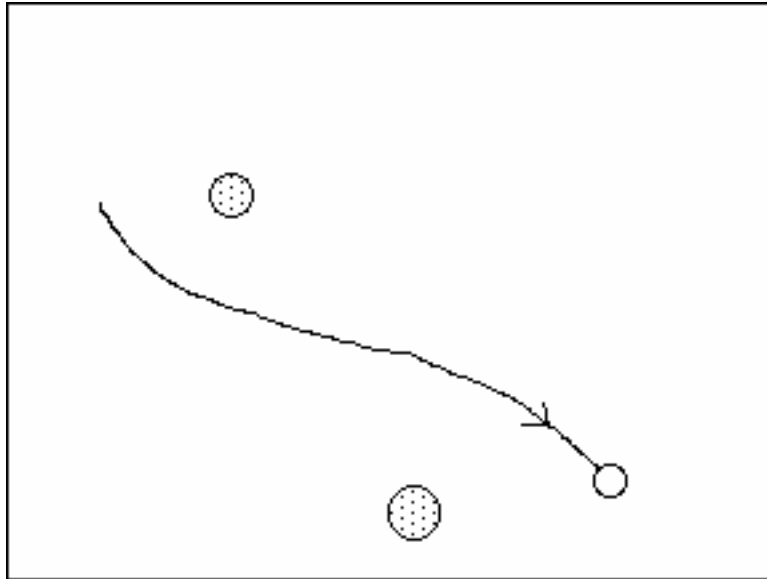
Trajectory of the ball in a spatially curved billiard table.

The balls, always constrained to move between the two Plexiglas surfaces, would in this case have followed non-rectilinear, sinuous trajectories. The laws of mechanics indicate that the trajectories are the geodesics of the surface.



The geodesic on a curved billiard table and its flat projection.

We can imagine another type of billiard table, flat this time but on which objects would affect trajectories (for example in charging the balls and obstacles electrically).



An object moving in a force field created by other objects.

We could then arrange for the ball's trajectory to be the same as on our curved billiard table. We return here to the theme of the equivalence between forces and effects due to curvature.

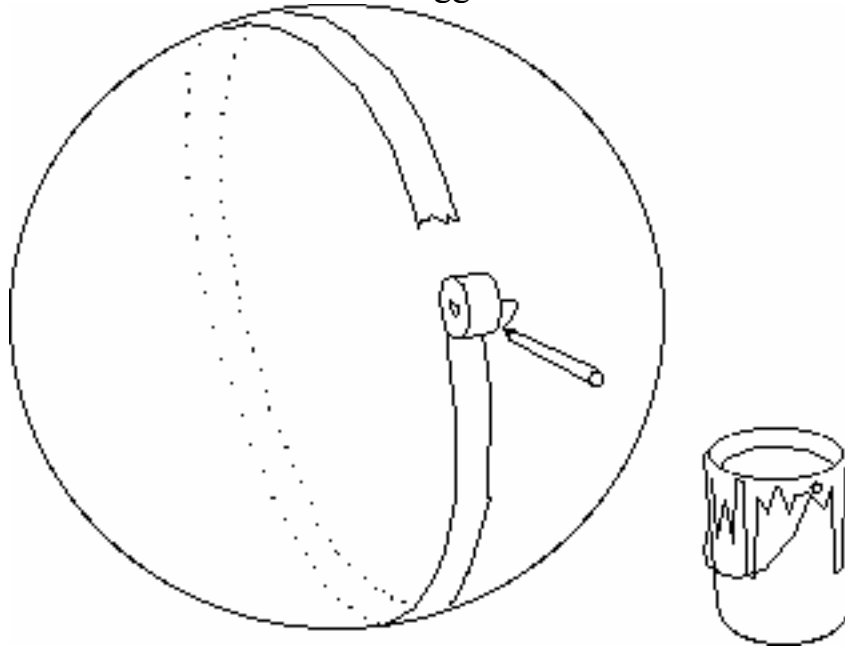
The white ball is a "test particle" moving in a "force field" somewhere in the cosmos, one created by two asteroids for example,. We suppose that the particle moves on a plane containing the two asteroids. Its trajectory would be somewhat affected by the presence of these two attractive objects. We could however construct a curved surface such that one of its geodesics, after projection, is identical to this trajectory.

The universe, plunged into an absolute time, is a hypersurface of three dimensions. For the student of General Relativity, forces no longer exist. All trajectories are geodesics. But how to imagine the geodesics of a three-dimensional space? What could be likened to our "adhesive tape"?

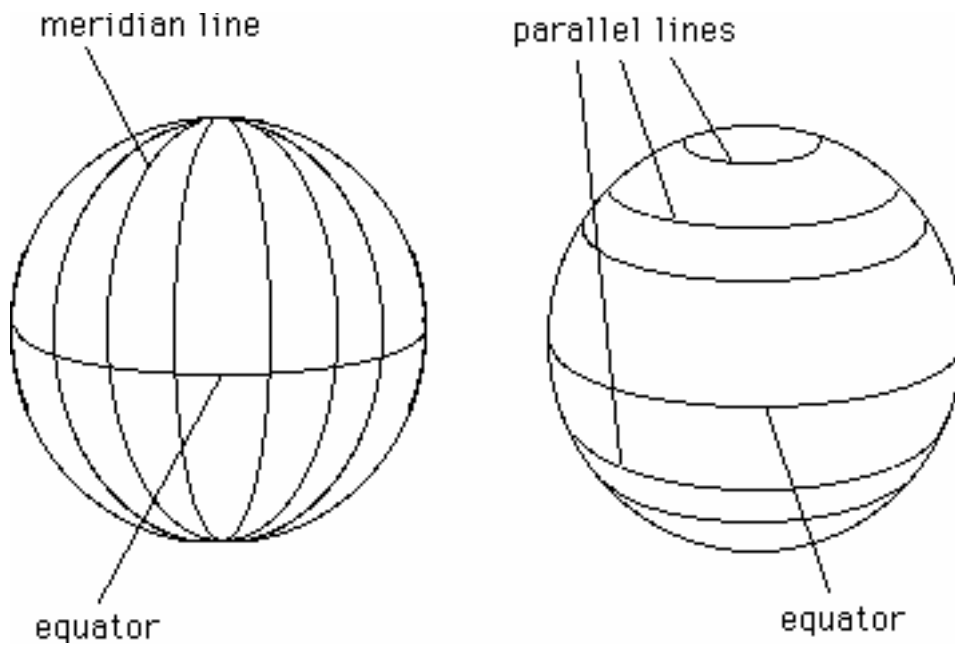
We have to replace it with objects resembling tent poles, strung along next to one another.

In two dimensions, on a surface, the adhesive tape allows us to go "neither to the right, nor to the left" (which would make creases). We note

in passing that we could also have drawn these geodesics with a "paint roller", on condition that we never dragged it.

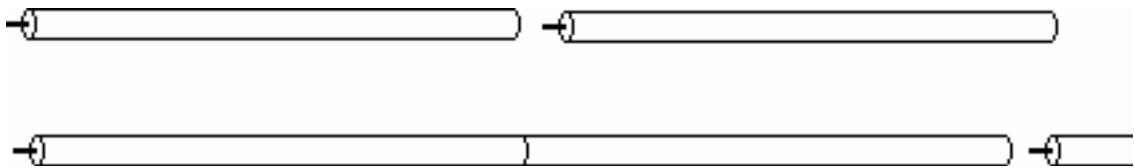


With a paint roller we draw a geodesic of a sphere, one of its "great circles".



***A sphere's equator and meridians
are great circles, not parallels.***

Let us return to our 3d tape, that is to our tent poles, which allow us to construct geodesics on a three-dimensional hypersurface. Here they are:



The set of tools for creating 3d geodesics.

If space is Euclidean, these straight lines will simply go off to infinity and will be for us, with our "mental Euclidean representation" (the only one we have in our heads), just ordinary straight lines in 3d space.

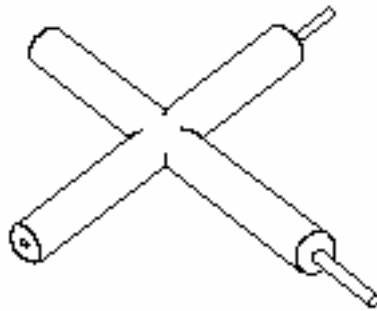
But if space is curved, things will be different. We will be able to have spaces with positive curvature. To test this curvature we could draw immense triangles made up by such geodesics. If the curvature is zero, the sum of the triangle's angles will be 180° . If it is positive, the sum will be greater than 180° . Less if it is negative.

At this stage we can begin to imagine that space can be "hyperspherical", closed in on itself.

If we take geodesics on a 2d sphere, starting from any point, they resemble meridians issuing from a pole which, as every knows, converge at the opposite pole, its antipode.

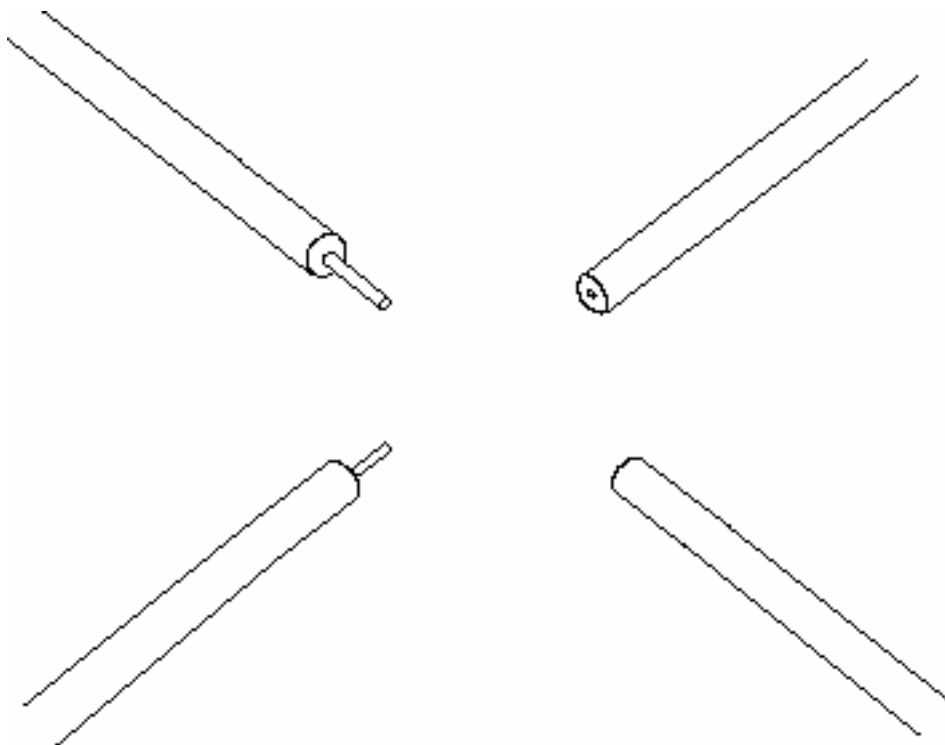
Geodesics coming from any point, in a three-dimensional hyperspherical space, head in all directions like the spines on a sea-urchin and refocus at the antipode.

We can locate the antipode of a point in three-dimensional space through a part like this:



*The part for the crossing
of two 3d geodesics.*

It would be enough then to join the geodesic's elements and, at the antipode, we would obtain this:



Convergence of the geodesics

at the antipode.

It would only remain to put in another cross-bar to make this antipodal point concrete.

A little time is needed to habituate oneself to such oddities, but we can succeed in doing so. Evidently a hyperspherical space has a finite volume, just as a sphere has a finite surface.

In what follows, this idea of a closed space will be useful to help the reader understand the Einstein field equation.

The universe changes. It curves, uncurves. We can model this by imagining a surface with a certain temperature distribution. At each point the temperature would modulate the object's dilation, therefore its local curvature. Globally, it would dilate.

The physicist could study this surface's behavior through a field equation:

$$\mathbf{S} = \chi \mathbf{T}$$

\mathbf{S} is a mathematical object, which we will not describe, called a tensor. Its analysis would furnish the local curvature.

\mathbf{T} is another tensor, which represents the local density of thermal energy.

χ is what is called the Einstein constant. Its value is of little importance.

This is a *local* equation, and signifies:

$$\text{Curvature} = \text{heat.}$$

Without entering into details, the reader can easily conceive that such an equation might permit the physicist to calculate the change of the surface with time. If \mathbf{T} were the same everywhere (if temperature in the "sheet metal" were the same at every point, at a given instant), the surface would have constant curvature. It would be a simple sphere in a state of dilation. A sphere displaying a curvature varying from one point to another

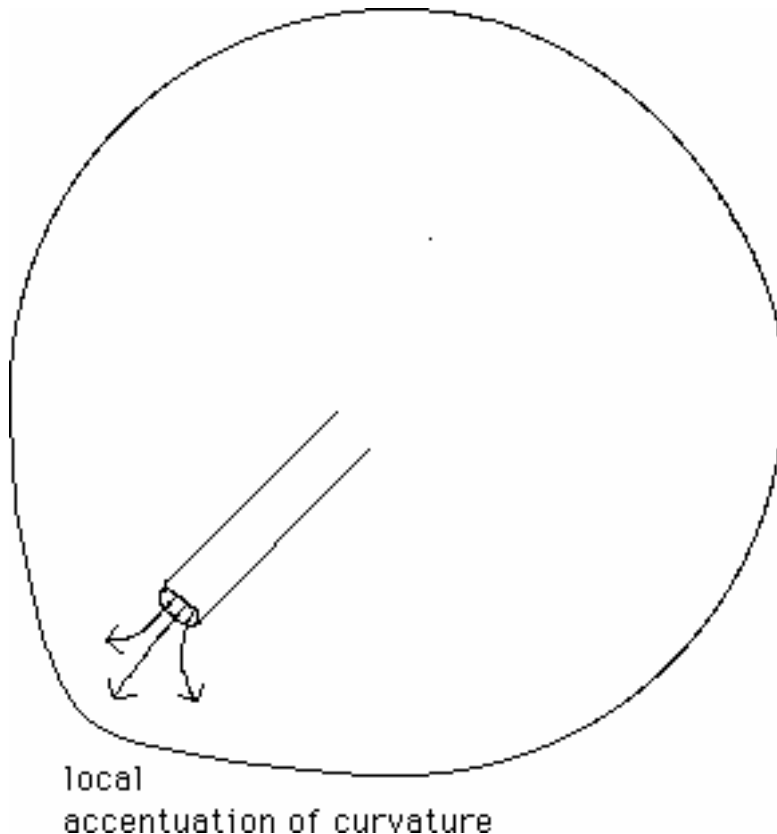
could be made of a material which does not diffuse heat, possessing a thermal conductivity close to zero.

Albert Einstein followed the same approach in conceiving of the universe as a hypersurface whose behavior similarly depended on a field equation, expressing the equivalence:

$$\textit{Local geometry} = \textit{density of matter-energy}.$$

Another object exists obeying a field equation, the soap bubble. Its geometry is determined by the prevailing difference in pressure at every point between interior and exterior. If this is constant, the bubble takes the form of a sphere.

But we can imagine placing inside this bubble devices altering locally the pressure difference. We can for example imagine a straw blowing air against the bubble wall. The bubble would deform.



The soap bubble and straw.

The bubble's local geometry would express the relation:

$$\textit{Curvature} = \textit{exterior-interior pressure difference.}$$

Of course the cosmological problem should be formulated in four dimensions and not three. The cosmologist's universe is a four-, not a three-dimensional hypersphere.

In fact the problem has been formulated and the solution found. We note that the four-dimensional hypersurface describes the change of the universe over time. Three-dimensional cuts give an instantaneous view of the universe at a given moment.

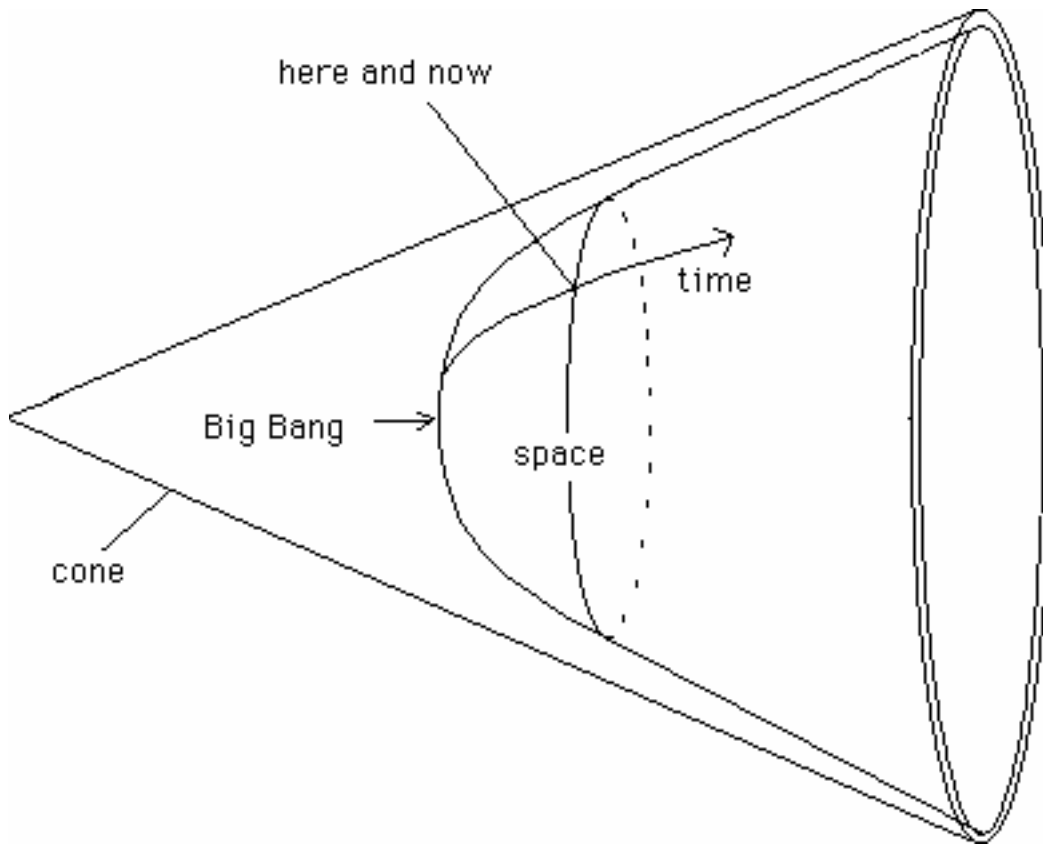
5 - 2d representation of Friedman's solutions.

We can only manipulate or represent with drawings two-dimensional surfaces. Therefore if we want to envisage a space-time, it as well can only have two dimensions -- one for time and a single one for space.

A one-dimensional space is a line, a curve. There again, it is more convenient to imagine space being closed in on itself. We will represent it as a circle changing over time.

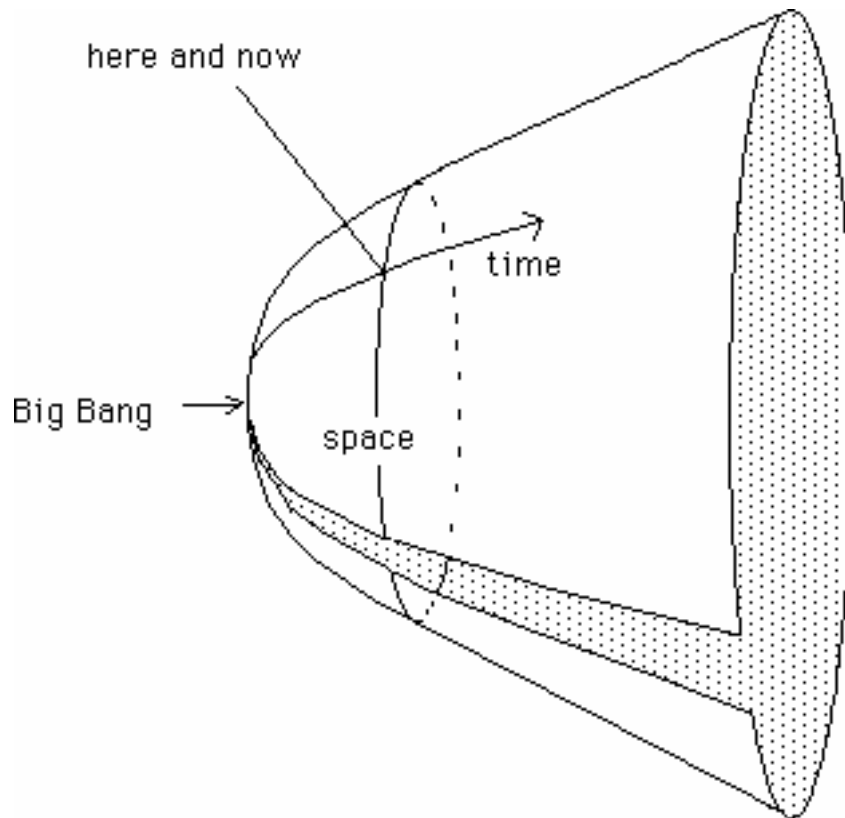
A universe in expansion will start from a point, the Big Bang, where space is reduced to ... zero. The increase of the circle's perimeter will illustrate its expansion. The surface's meridians will be called world lines. They represent the spatio-temporal trajectory of an object immobile with respect to space itself (we say: comobile).

In the following drawing, corresponding to the Friedman model called Hyperbolic, the space-time surface tends to become tangent to a cone, which signifies that the circle's radius grows linearly according to t , a curvilinear abscissa measured on the surface's meridian from the origin.



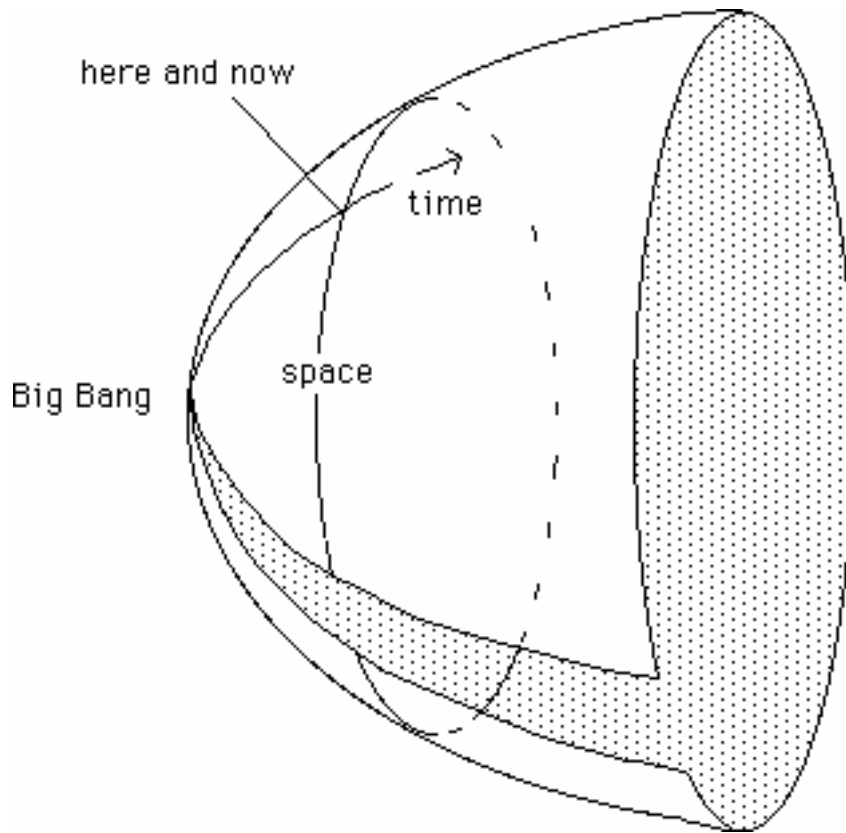
2d geometrical representation of the first space-time corresponding to the Friedman solutions.

In fact this space is open and infinite both towards the future and spatially. The perimeter $2pR$ is only there to orient us. If we wanted to depict space's non-closure on itself, we could for example make a cut like this:



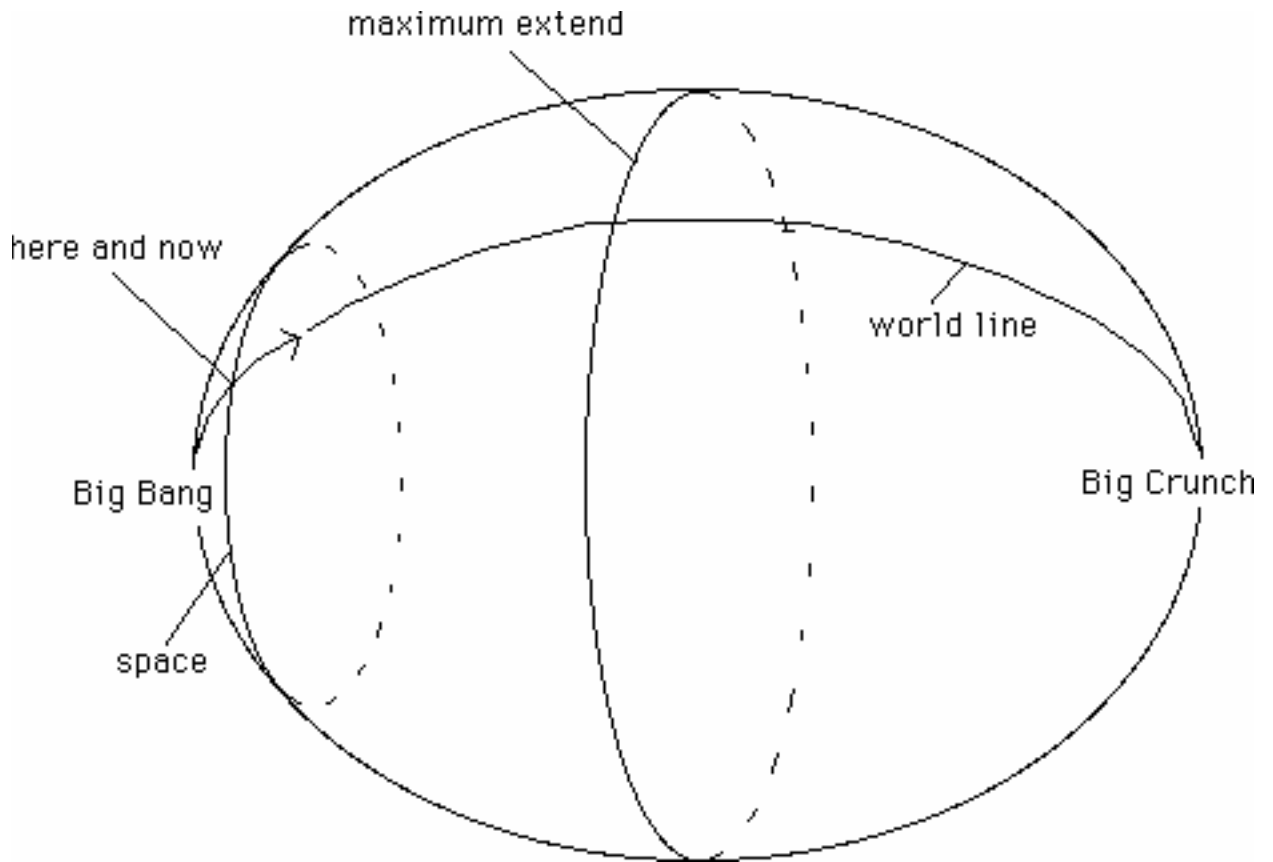
***2d representation of the hyperbolic
open Friedman model***

The parabolic model can be represented in the same way. The space-time surface then has the form of a revolving paraboloid.



*2d representation of parabolic
Friedman space-time.*

But we know that there exists a third solution, called elliptical, where space, after having known a phase of maximum extension, shrinks back to a new singular situation called the Big Crunch. We would then have this:



***2d geometric representation of
the elliptical (closed) Friedman model.***

As stated above, we do not know how to make a choice between the three models. The third poses a serious problem for us concerning the future of the universe in the very long term. If we represent the appearance of lumps of matter at different scales by a segmentation of "circle-space", we should then conceive that cosmic history plays backwards. What would become of the stars and galaxies? We haven't the faintest idea. Similarly we cannot identify the moment when expansion will stop and contraction begin.

At the end of such lengths of time, numbered perhaps in years with a one followed by I don't know how many zeros, only a very clever person could describe the content of the cosmic soup.

**Einstein's frustrations.
The cosmological constant.**

Einstein had therefore, in 1917, invented this beautiful field equation:

$$\mathbf{S} = \chi \mathbf{T}$$

Looking for a stationary solution, he did not succeed in finding one where \mathbf{T} would be non-zero. Now this "tensor" \mathbf{T} describes none other than the contents of the universe in matter-energy. So that Einstein's stationary universe stayed desperately empty, contradicting his initial idea -- that the content determine the geometry.

He went to the French mathematician Elie Cartan, who said to him:

- Your equation is not in the most general form. I have another to propose to you:

$$\mathbf{S} = \chi \mathbf{T} - \mathbf{g} \Lambda$$

The fat letters represent what we call the tensors, but we will not risk opening this "box". Too complicated.

The tensor \mathbf{g} is in particular the "metric tensor", the true unknown of the equation and yet to be determined, the tensor \mathbf{S} being calculated on the basis of this one.

In any event the new equation contained a constant Λ .

At the price of this cobbling, which Einstein considered later as the greatest error of his life, he could construct a stationary model of the universe. But what might be the physical signification of such a quantity?

Matter (tensor \mathbf{T}) produces curvature (positive). It expresses its auto-attractive character. Placing a minus sign before the second member, with a positive constant Λ , made it seem as if something were opposing the attractive effect. Whence the name given to this constant, this effect. It is:

The repulsive power of the vacuum

Physically, Einstein's stationary model could be summarized as follows :

Matter, auto-attractive, tends to collapse the universe onto itself. Very luckily the repulsive power of the vacuum opposes it and creates a situation of equilibrium.

The corresponding value of this constant is moreover quite simple in these conditions. If we call the density of matter in the universe ρ , it is:

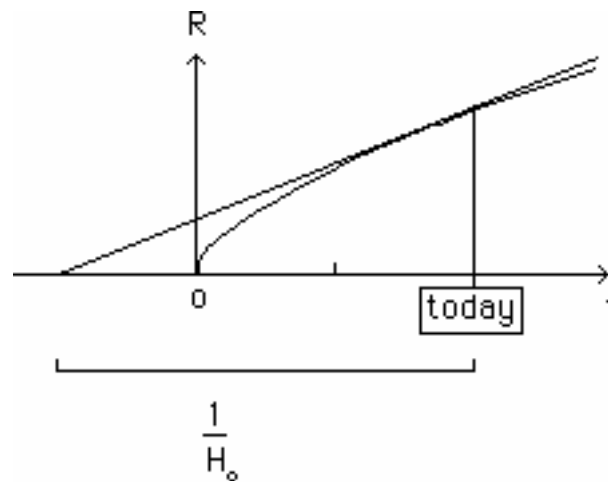
$$\Lambda = 4 \pi G \rho.$$

That is to say ρ with a coefficient (the gravitational constant G).

Later Friedman found a more elegant, non-stationary solution (published in 1922 in the Proceedings of the Paris Academy of Science). Cosmologists amused themselves studying non-stationary solutions, keeping the constant to see what their variables represented in the Friedman solutions. Making it positive had the effect of accelerating the expansion, due to the repulsive power of the vacuum. On the contrary, making it negative made the vacuum attractive.

The problem of the age of the universe.

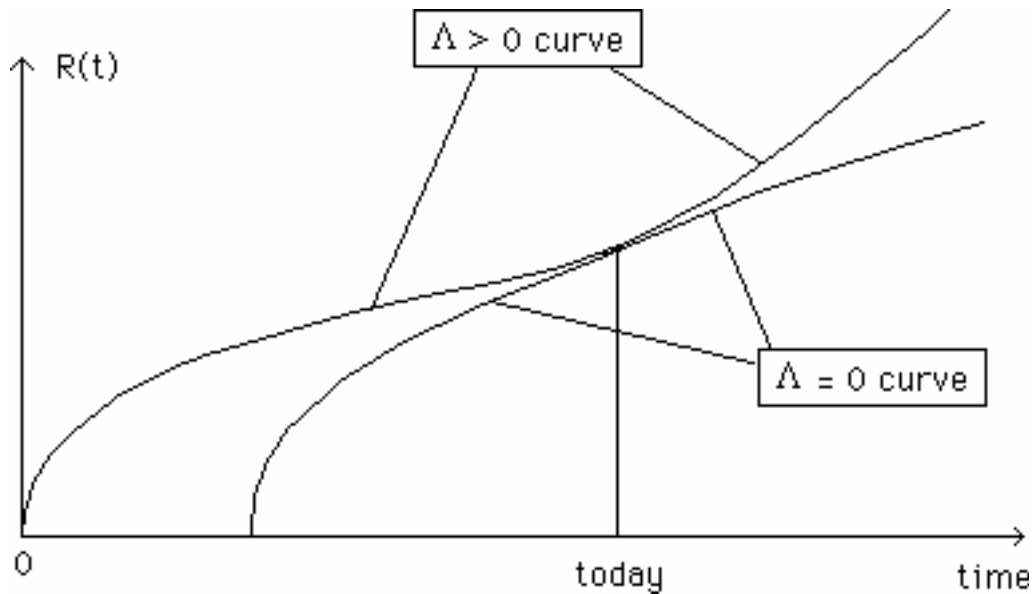
For a long time, not being able to attribute any physical significance to the constant, many people believed that it should be assigned a zero value. A normal reaction, getting rid of an annoyance. But very recently (1995), the Hubble space telescope (see above) gave it an air of reality. Let us return to the preceding case, corresponding to a zero value for the constant L :



where the "Hubble constant" appeared (see Appendix 4). Schematically, as indicated on the figure, the constant's inverse is the length of the segment (on the time axis) taken between the moment we make the measurement (the present) and the point where the tangent to the curve $R(t)$ cuts the axis of the abscissa. The age of the universe is then:

$$A = 2/3 \ 1/H_0.$$

In 1993 Hubble's measurements brought values irreconcilable with the estimated age of our galaxy's oldest stars, the ones which belong to globular clusters, whose age was estimated to be close to fifteen billion years. At first the results caused a certain amount of panic among theoreticians. Some suggested returning to the old good cosmological constant Λ . A useful gadget : At first the universe experiences an expansion of approximately parabolic speed with respect to time, then the effect of the cosmological constant, of the vacuum's repulsive power, makes itself felt and the expansion accelerates indefinitely:



***Evaluations of the age of the universe
with and without a cosmological constant.***

In the figure we can see two curves, indicating the law of cosmic expansion with and without a cosmological constant. The astrophysicist, in this middle of the nineties, assigned an adequate value to Λ , it the right size to resolve the contradiction. In the end it seemed that the vacuum did indeed have repulsive power. It remained to find out why.

To sum up, one theoretician said :

- Well, now how to *measure* this cosmological constant?

A few years later things do not look so critical. The satellite Hipparcos gave new distance values for a great number of stars, which, by the way, provided a new calibration for the Cepheids. Fortunately, people found these stars farther than had been imagined before while on another hand, astrophysicists did their best to rejuvenate the grandmother stars, the ones of the globular clusters.

Finally they all reached an acceptable compromise. The cosmological constant was no longer necessary and it was put back in its box. People forgot its "value" and decided to stop talking about it.

The Olbers paradox.

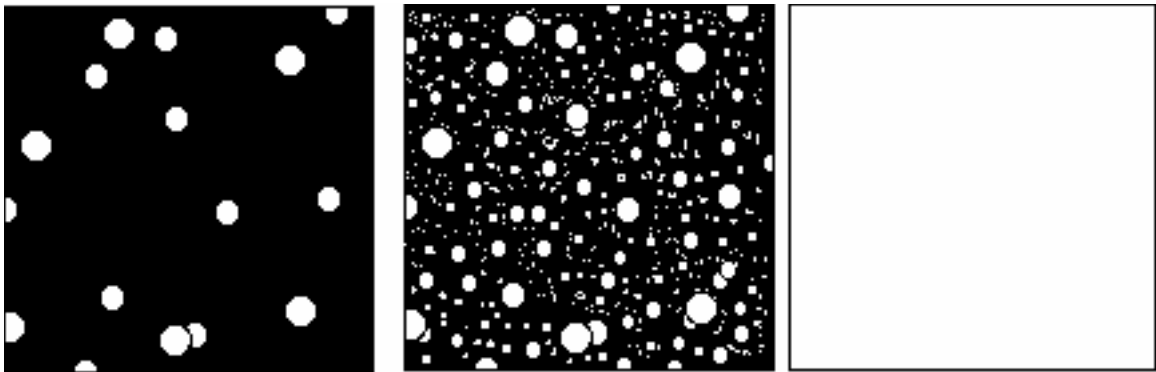
There is a very simple way to ask oneself the questions of cosmology. All you have to do is cross your doorstep in summer and look at the starry sky.

Why is the sky black?

If the universe were infinite and placed before our eyes for all eternity, the view would be unbearable. Why?

Imagine you suspended lights from lines in an enormous airplane hangar. You could use for example lights with frosted glass, looking like spherical globes, shining light uniformly. Your hangar's walls are black and extremely absorbent, to the point that they do not reflect the light they receive. We know how to make such walls, called light traps.

In front of you, you see your lights, white disks against a black background. Even if they are hung at a good distance from each other, providing the hangar is sufficiently long a moment will always come when you can no longer perceive the background.



The Olbers paradox : If vision is carried to infinity, the sky ends up with the appearance of a star's surface.

Every object has what is called a blackbody radiation temperature, even if it is not lit up. Only an object with a temperature of absolute zero emits no radiation. If you go into your kitchen in darkness, and turn out the light while turning on a hotplate, at the beginning you will see nothing, because it radiates in the infrared which your eyes do not perceive. But if you turn up the hotplate, it is possible to bring it into the red range. Then you will see it. Its light will be bearable. If, instead of placing electric lights in your hangar you suspended little red spheres, if you put enough of them the whole of what you saw would seem to your eyes like a large reddish plate, with uniform luminosity. Your retina could stand it.

If the universe were infinite, your sky would resemble a plate with a temperature of six to ten thousand degrees (the average blackbody temperature of stars' surfaces), which would grill your retina immediately. Looking at a simple tungsten filament at three thousand degrees is already unbearable.

Of course, stars are minute objects relative to the immense distances separating them. But the cosmos is immense. Giving a value to its stellar density, it is possible to calculate a spherical radius such that star images would fill the entire field of view.

But if the universe were a three-dimensional hypersphere, could its volume be finite and contain a finite number of stars?

That would change nothing, for light, circling infinitely in this hypersphere, would end up filling the entire visual field. Even a finite, hyperspherical universe would appear "white".

The model of a universe in expansion allows us to resolve the paradox, for then the light of distant stars slides towards low frequencies as their distance grows, due to the Doppler effect. A model for this situation would be objects with blackbody temperatures decreasing with distance until they became invisible. The closest "lights" would send out white light. At a greater distance they would become red. Still further away they would be simple heated filaments radiating in the infra-red, which we could no longer distinguish.

Even if stars did not exist, the sky would not be completely "black". The cosmological radiation would remain, though detectable only by our antennas. We live in a furnace heated to a temperature of 2.7 degrees

absolute. If there existed on Earth an animal whose optical system worked at these frequencies, its sky would be of a uniform luminosity.

But what is "mass"?

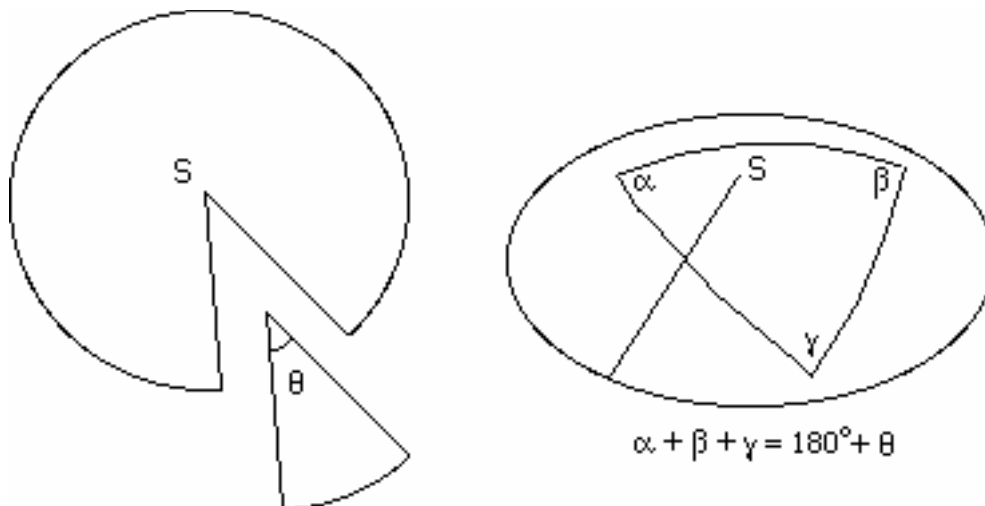
The description given by General Relativity is macroscopic. In this world, particles... do not exist. We do not know how to extract them from the field equation, which furnishes only a smooth geometry, no "wave packets". It is another equation which takes care of this, Schrodinger's. These two equations proudly ignore each other, as though it were a matter of two different worlds or two different representations of the world.

We have said above that matter-energy and curvature have been equated. How could we then represent a point-mass?

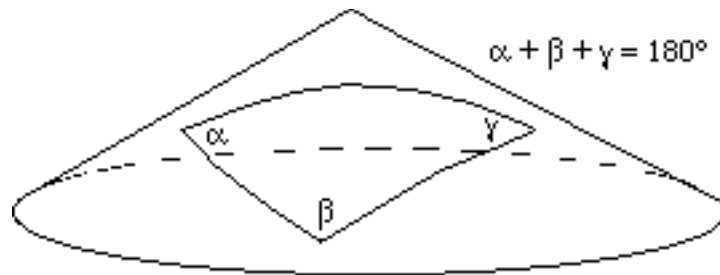
Didactically, through a cone.

Let us take a cardboard disk and make a slice in it forming an angle theta. Gluing together the two sides of the notch forms a cone, on which you can draw geodesics. With these you can compose a triangle. If it contains the cone's pointed end, the sum of the angles will be equal to:

$$180^\circ + \theta$$

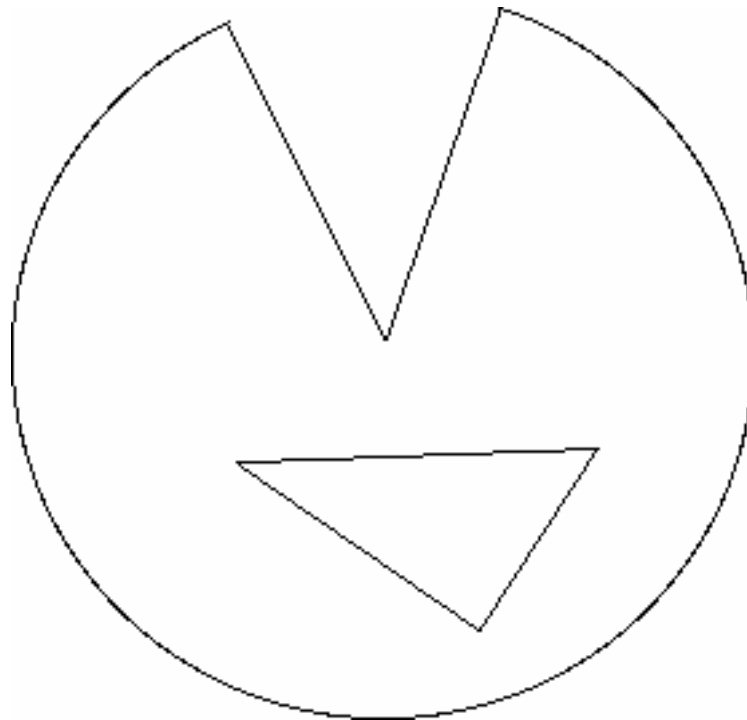


On the contrary, if the triangle does not contain the tip, you will obtain the Euclidian sum -- 180° . The cone's flank is Euclidean "without curvature". Like the cylinder, it is a developable surface. We can lay it flat.



The cone's flank is a Euclidean surface.

If you undertake the operation of laying flat, as we did for the cylinder, you will see that the drawn geodesics become those of a plane, in the classical sense of the term.



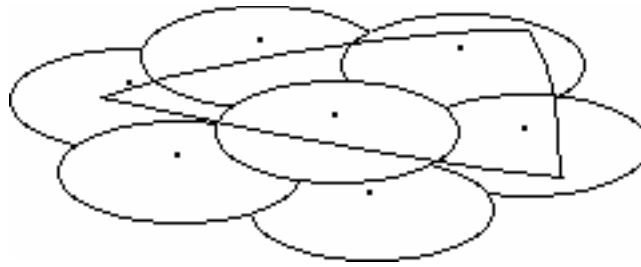
Our cone, laid flat. Geodesics become straight lines. The cone's flank is a fully Euclidean surface.

In this perspective, a point-mass would be a mini-cone fitted into a three-dimensional hypersurface.

The variance from the Euclidean sum is a measure of the "quantity of curvature" contained in the cone's tip.

On a surface these angular curvatures are additive. Imagine that you stick together mini-cones of angles

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \text{ etc.....}$



Several mini-cones stuck to one another.

If you draw a triangle made up of geodesics enclosing a certain number of elementary cone ends, corresponding for example to the angles q_1 , q_2 , q_3 , you will see that the sum of the triangle's angles is:

$$180^\circ + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3$$

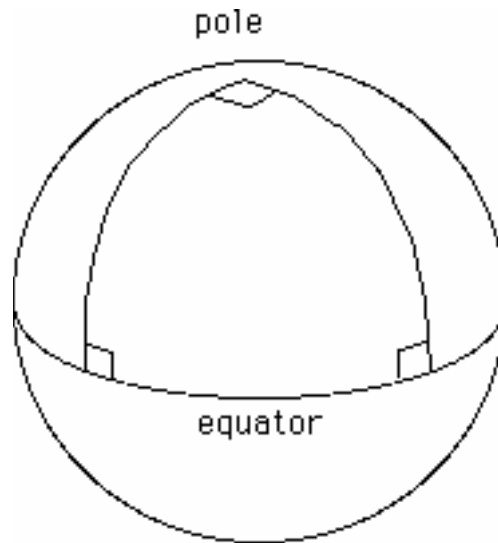
Starting from this notion of "pointlike curvature" concentrated at the tip of each of these cones, we can move to that of a "smooth" surface" by extrapolating to the limit and imagining that a sphere, or any other curved surface, can be constructed with an infinity of mini-cones joined together.

Up to now we have had only a qualitative notion of curvature. Now we obtain a quantitative notion. If our mini-cones pave the surface very closely, the variation from the Euclidean sum will depend on the "quantity of angular curvature" contained in the triangle. We thus arrive at the idea of density of angular curvature (per unit of surface).

The sum of the angles of a triangle drawn on a sphere (a surface of constant angular curvature) will be proportional to its area.

But how do we find the coefficient of proportionality?

On a sphere we can draw an "equilateral triangle rectangle" with two meridians separated by 90° and a portion of the equator.



An equilateral triangle rectangle.

The sum of its angles is then $180^\circ + 90^\circ$. Therefore this triangle contains a quantity of angular curvature equal to 90° . Its surface represents an eighth of the sphere's surface. The area of a sphere is $4\pi R^2$. My equilateral triangle rectangle's surface is therefore:

$$\pi R^2/2.$$

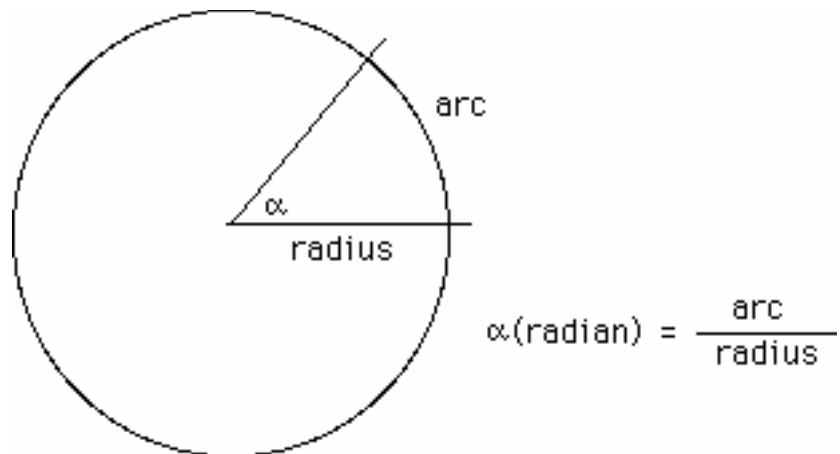
Therefore the sum of the angles of a triangle drawn on a sphere is:

$$\alpha + \beta + \gamma = \pi + \text{area of the triangle} / R^2.$$

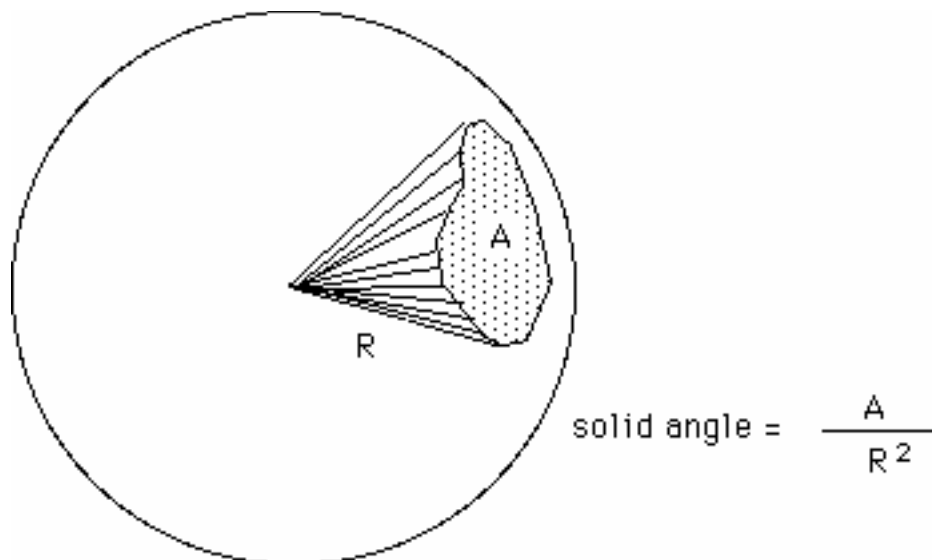
So particles are little atoms of curvature. But how do we measure this "density of curvature" in three dimensions?

Take a cube, a polyhedron with eight corners. From each of these corners three faces emerge. They enclose a certain "solid angle".

How do we define an ordinary angle, measured in radians? It is the length of the arc divided by the radius.



For a solid angle, limited by a conical contour of any form whatsoever, we will use the surface corresponding to the contour intersection of the conical surface with a sphere.



Definition of a solid angle.

In this perspective the eight solid angles at each corner of a cube, placed in a tridimensional Euclidean space, correspond each to a solid angle of $\pi/2$.

In the plane, the sum of the angles of a triangle has the value π . But the sum of the angles of a quadrangle has the value 2π , etc.

Each time we add a corner, we add π .

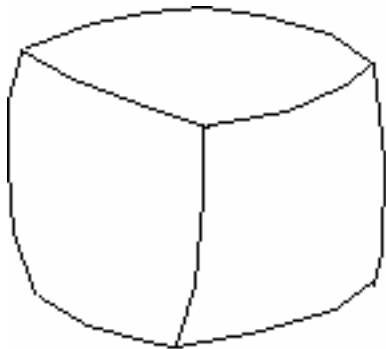
The sum of the solid angles of a cube has the value 4π and this sum stays invariant if we transform the cube into a polyhedron with six faces, moving its corners in any way whatever.

This polyhedron is made up of geodesics. Its faces are themselves a close plaiting of geodesics (just as in flat Euclidean geometry we can consider a plane as made up of an infinity of straight lines).

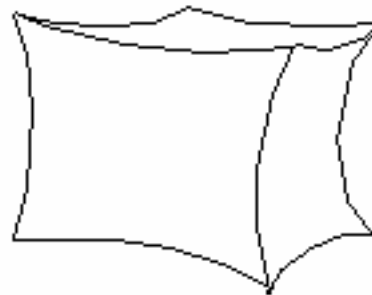
Starting from this idea we can move to a tridimensional curved surface. We place eight points and join them with geodesic arcs. Then we stack new geodesics onto these arcs in such a way as to constitute sheets, which become the equivalent to Euclidean polyhedrons.

If the sum of solid angles exceeds 4π the space has a positive curvature.

If it is less than 4π the curvature is negative.



3d positive curvature



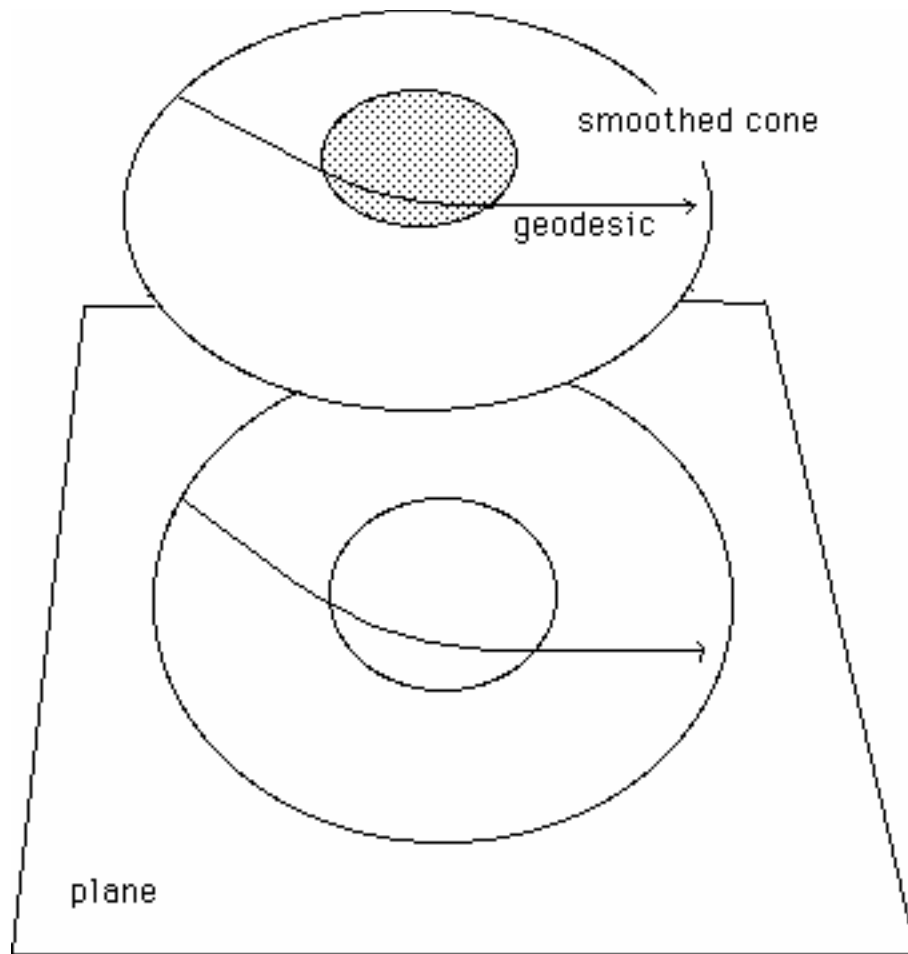
3d negative curvature

If our three-dimensional space has "constant density of curvature", the sum of solid angles will be proportional to the volume contained in this polyhedron, divided by the square of the space's radius of curvature, according to a formula of the same type, which we will not write. The difference is that now we no longer see the radius of curvature R ! To "see" it we have to be able to observe the hypersurface containing this cube by plunging it in a four-dimensional space....

We see how we can measure the quantity of curvature contained in a volume (no longer in a surface) and identify it with the density of matter ρ .

How to describe the curvature within and near the Sun.

We return to our models of two-dimensional surfaces. If we liken the Sun to a sphere of constant density surrounded by a perfect void, its image will be that of a blunted cone, the image which we have already given above. On this surface we can draw geodesics which pass to the side of the spherical cap or cross it. A photon which travels, like every particle, along a geodesic, cannot cross the Sun, but a neutrino can.

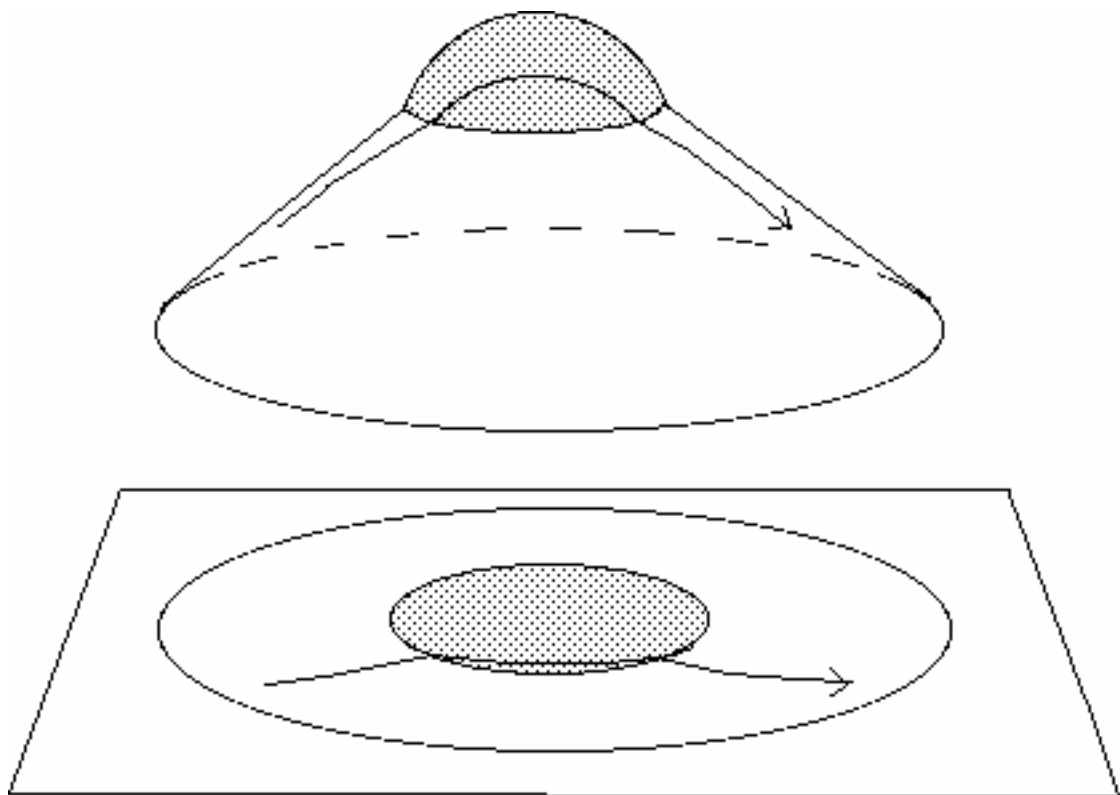


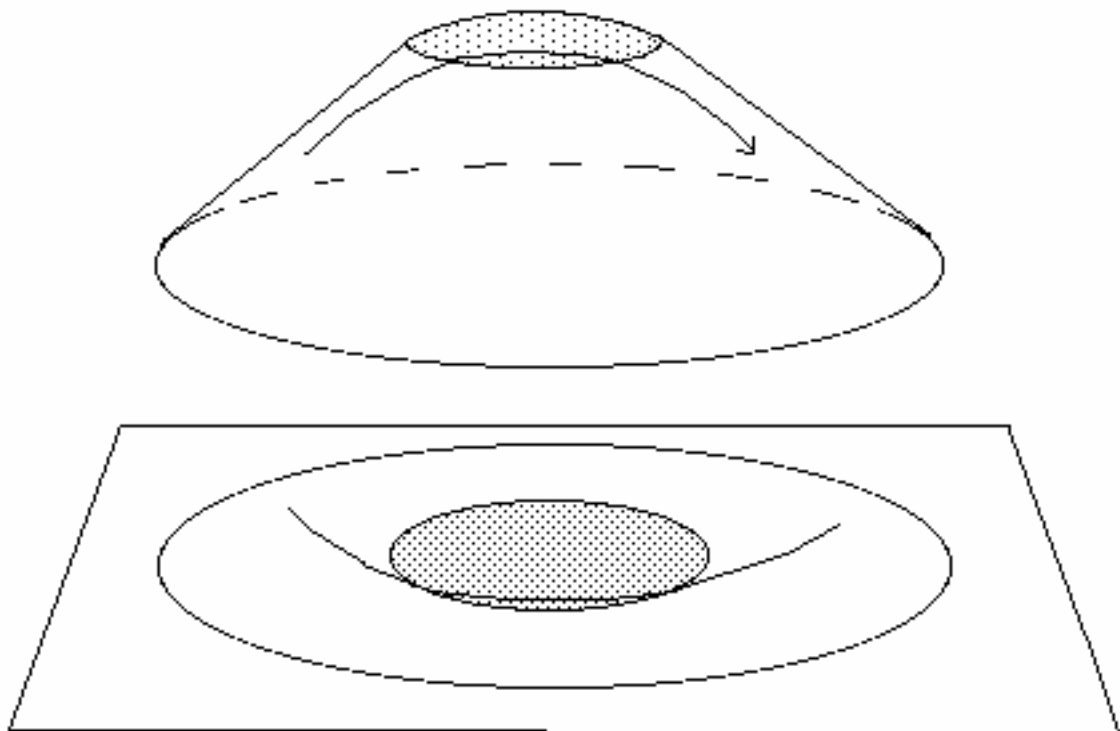
The image of the trajectory of a neutrino crossing the Sun and its Euclidean projection.

In passing: how do we arrange for the spherical cup to connect up perfectly with the cone's frustrum without horrible things, like:



In these conditions, the geodesics get a disagreeable crease:





To avoid this inconvenience and make the tangent planes connect up perfectly, one just has to make sure that the quantity of angular curvature be equal to the cutting angle used to make the cone of the frustum. If this angle has a value of $\pi/2$ we will have to use a cap representing an eighth of a sphere. Now the tangent planes connect up well and there will be no crease in the geodesics when they penetrate the stippled surface.

In General Relativity people are confronted with similar problems. To construct the geometry corresponding to the neighborhood of a star and its interior the mathematician Schwarzschild had to construct two hypersurfaces (of four dimensions) and connect them together along the Sun's surface. The man was inspired. But he was absolutely determined to fight in the war of 1914-18 where he was lost, dying shortly after his return from the front. Einstein was able to put his work to use.

Technically, Schwarzschild represented the interior of the Sun with a tensor \mathbf{T} , a constant. In the Sun the field equation was therefore:

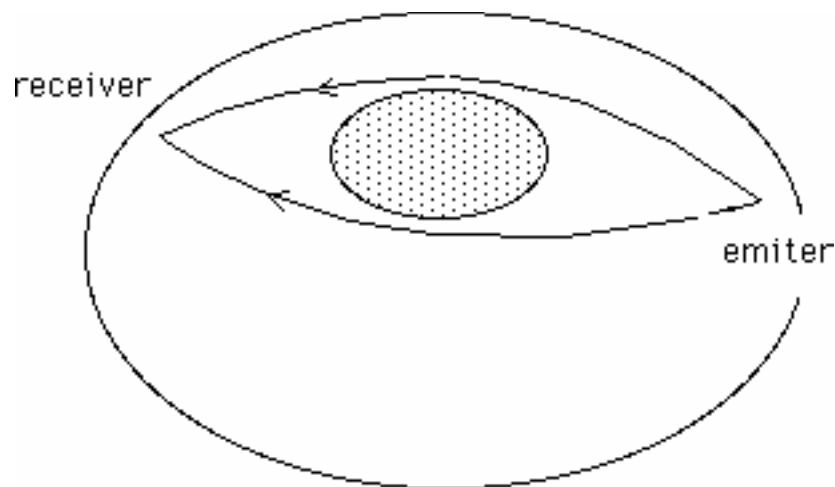
$$\mathbf{S} = 0.$$

The blunt cone model has only didactic value. In truth these cosmological geometries are four-dimensional. Even specialists have difficulty, believe me, in having a geometrical intuition about them.

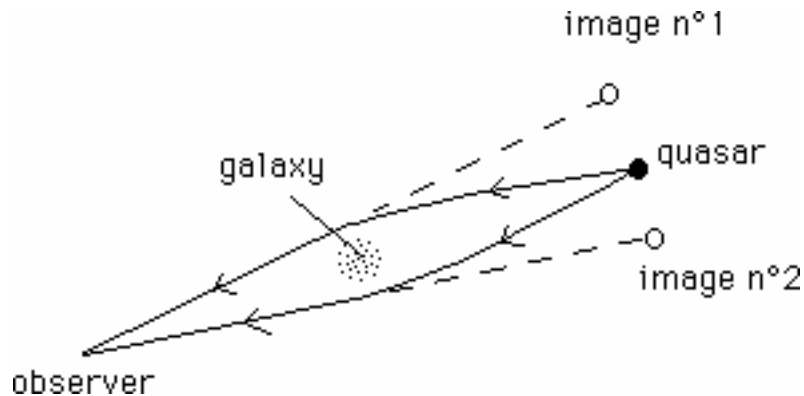
The gravitational lens effect.

The didactic blunt cone model allows us to illustrate an effect predicted by theory, but only actually observed recently.

Photons follow the geodesics of the surface. Therefore one can, with a heavenly body creating a strong enough curvature, obtain this:



One day an astronomer was intrigued. From two different parts of a galaxy he had observed two quasars with the same spectral signature. The idea came to him that this could be two different images of the same object through a "gravitational lens effect". See the following figure:

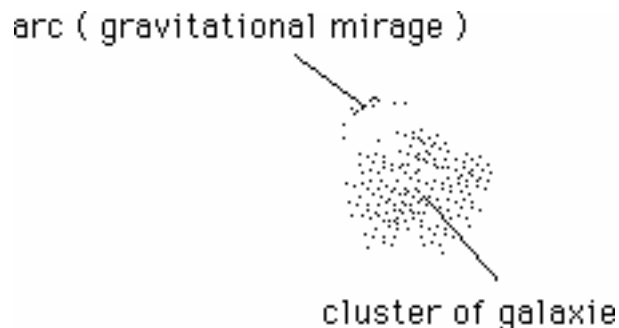


Double images of quasars.

The drawing is schematic.

Subsequently other images were found doubled in this way.

The lens could equally affect light coming from a galaxy, the deflecting object being in this case a cluster of galaxies. A galaxy is not a point-source of light, so its image is deformed in the shape of an arc.



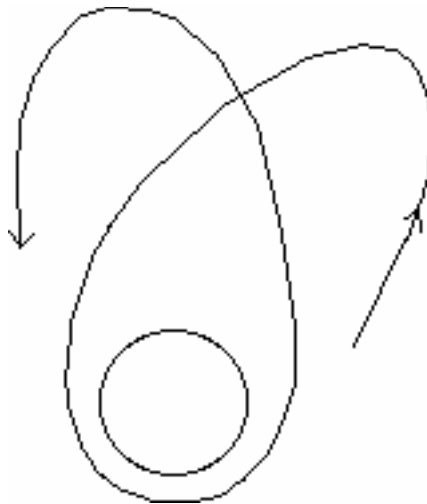
There is only one problem, which will be taken up in the third part of the book -- the mass, evaluated from the light shining from the deflecting galaxy, or deflecting cluster of galaxies, was much too weak to produce such an effect. From ten to a hundred times too weak. Decidedly, at every crossroads of the cosmos we come across the problem of missing mass.

Observational verifications of General Relativity.

The preceding example shows that mass can deflect light, even though in this particular case there was a problem. The problem disappears when we study the deviation of light rays coming from the planet Mercury by the Sun's mass. The theory is the same. But here the calculations are very well confirmed.

General Relativity has other effects in the Sun's vicinity. It creates an advance in Mercury's perihelion (and in general of all the planets, but the effect is easier to observe closest to the heavenly body). It is difficult to explain this in terms of geodesics because it is a typically quadridimensional phenomenon. We can no longer, as we have done up to now, separate time and space. All the planets of the solar system, according to Kepler's law, describe elliptical trajectories, the Sun being located at one of the ellipse's foci. Mercury's trajectory is the most eccentric. It also orbits closest to the Sun, in 88 days.

For Mercury, the perihelion advance effect is weak. If we were to consider an asteroid which had been, for example, captured by a neutron star and orbited around it, the effect would become impressive.



The precession of the (quasi-elliptical) trajectory of an asteroid orbiting around a neutron star, due to a relativistic effect.

Questionable black hole.

In a preceding section we spoke of a stellar evolution model, the supernova, in which the star, at the end of its evolution, would suddenly run out of fusion fuel after having synthesized different heavy elements, including iron, which accumulated in the star's core by simply flowing towards its center (it is the heaviest element that the star can synthesize by fusion); Destabilized, the star brutally collapses on itself. The exterior layers enter into free fall towards the nucleus à 80,000 km/s. The gas accumulates considerable kinetic energy, hits the iron core and compresses it. If the star has a mass around twenty times that of the Sun, the compression of the iron nucleus is such that :

- The nuclei of the iron atoms are split into their components : protons and neutrons.
- Free space becomes so limited that electrons can no longer exist. They therefore combine with protons according to the following reaction :



As we said above, neutrinos very weakly interact with matter and so the energy brought by the compression can be carried away by these same neutrinos which have no difficulty leaving the iron nucleus surrounding them and shooting off in all directions. Because of this process, the compression of the nucleus becomes inelastic compression. There is no rebound. The object that remains becomes a neutron star.

We have also said that if the initial mass of the star was inferior to a mass ten or twelve times that of the sun, there would be no formation of a neutron star but of another object called a white dwarf. Theoreticians are unable to reply to the question of what happens when the star's initial mass is at intermediate values, say between ten and twenty times that of the Sun.

Other parameters also play a role, such as the star's initial rotational movement or the value of its magnetic field, and can have an important effect on the scenario. When the star's mass is below 10 times the mass of

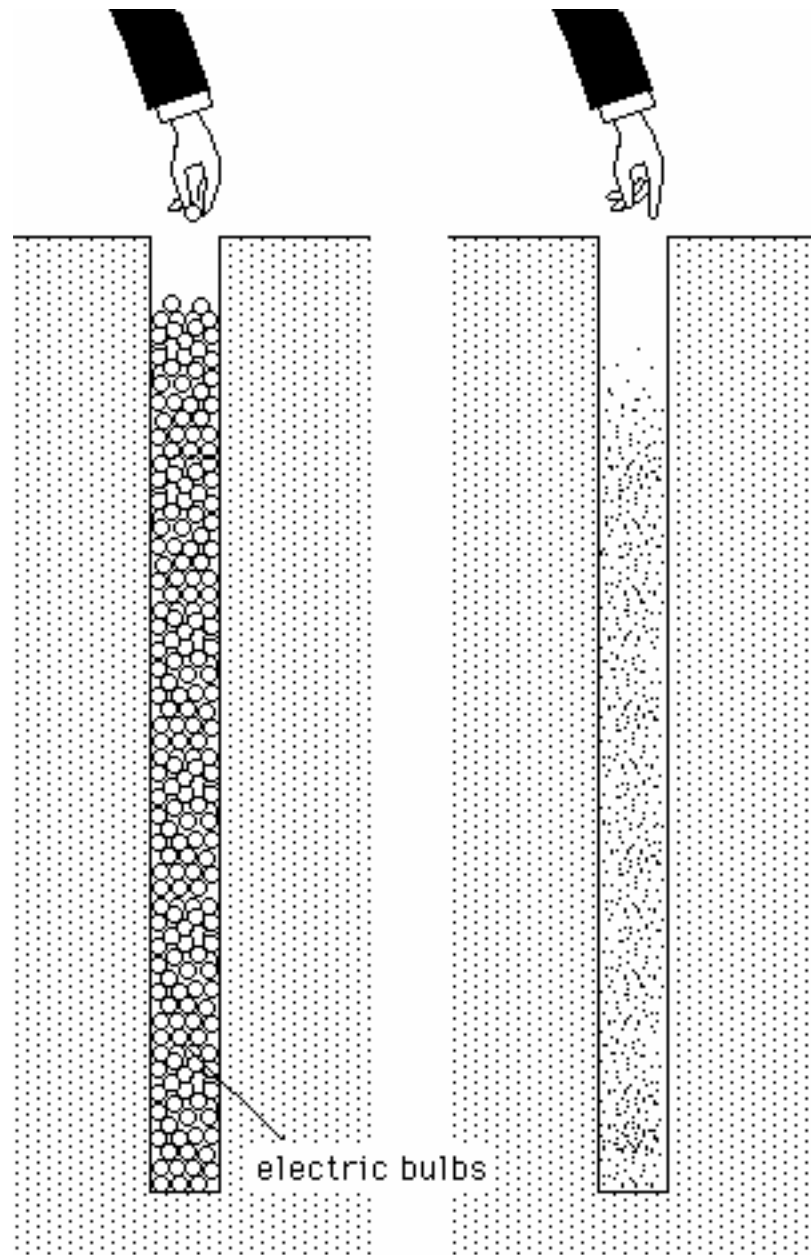
the Sun, the phenomenon leading to the formation of a white dwarf is not as brutal as that leading to a supernova. For intermediate initial mass values we can have intense compression of the central nucleus but which gives insufficient density to bring about the transformation of proton-electron couples into neutron plus neutrino. For if neutrinos are not created, then the star cannot evacuate its energy. So that at the end of compression the stellar nucleus will have become fusion plasma raised to a very high temperature, a mixture of protons, neutrons and electrons which would simply explode, creating heavy elements as it did so. Theoreticians do not exclude the possibility that, after an end of life paroxysm, certain stars leave no residue whatever.

We know that extremely massive stars exist, masses reaching one hundred, even two hundred times that of the Sun, whose final evolution we are about to describe.

If we concentrate on the neutron star problem, we might wonder what future such an object could have.

We have already said that there is a maximum value for a neutron star's mass, about 2.5 solar masses. If this mass is greater, the pressure applied to the neutrons in contact is so strong that they are unable to resist it. In that case we have no theoretical model to describe a state of matter resulting from the interpenetration of these neutrons. The star could then be compared to a group of grapes in a wine press. After a certain pressure their skins give way and they burst. But in this case it is as if a "group of grapes" with their skins touching remained intact instead of being crushed into "a mass of grape pulp"

Another good image consists of imagining piling up electric bulbs in a mineshaft. Their glass envelopes have limited resistance and it doesn't take much to realize that we will not be able to pile up an infinite number. Sooner or later the pressure will become too great and the bulbs will break. The glass debris will then tumble in free fall.

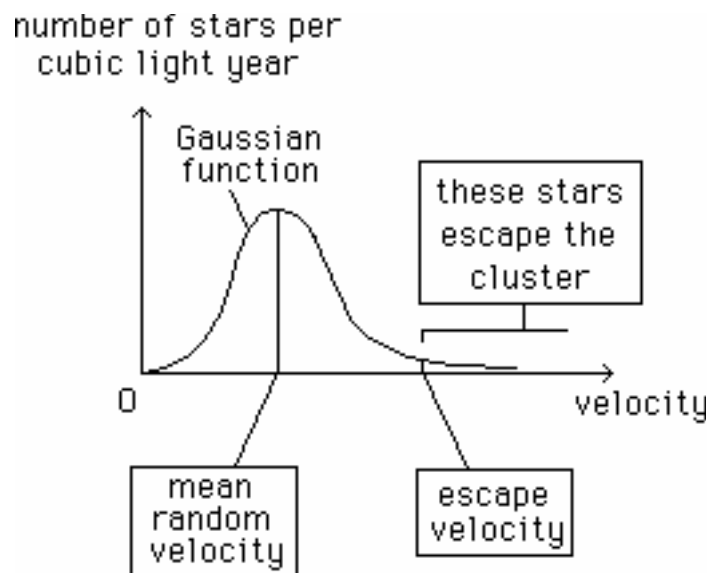


For a neutron star, it's the same. If we go beyond the pressure that neutrons are capable of withstanding, there is no longer anything to oppose a gravitational collapse. But the idea that such a large mass could cave into a space the size of the eye of a needle made physicists' hair stand on end.

The reader might wonder how such a system could be. Isn't nature clever enough to produce neutron stars with a mass lower than the critical value?

Even if it did, other phenomena can increase the mass of neutron stars.

First case : We know that approximately half the stars of a galaxy are in double or even triple systems. In the beginning swarms formed within the lumps making up the material of interstellar clouds. To give an idea, there would be several hundred stars in a typical swarm. These stars would then begin behaving like gas molecules, interacting with each other. That does not mean they collide but rather that they undergo what is called binary encounters. In these binary encounters they exchange kinetic energy. The process tends to create what is called a gaussian velocity distribution :



With very slow objects (on the left) and very fast ones (on the right), the whole being centered around a mean random velocity (which, in a gas, would be the mean thermal velocity of molecules).

Stars which reach high velocities tend to escape the cluster, for their velocity overcomes its "escape velocity" (see appendix 2), so the clusters "evaporate". The clusters lose their stars. The fewer stars they contain, the more rapid the evaporation. The process thus has a tendency to auto-

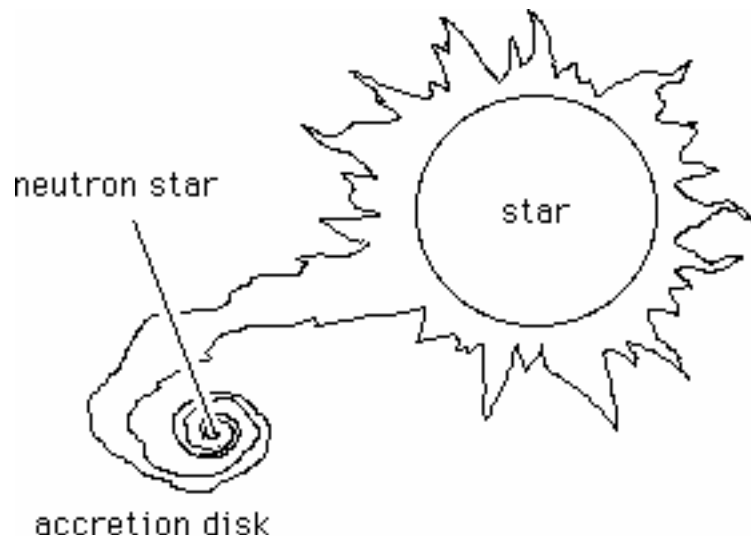
accelerate. As the escape velocity of an open cluster which loses its stars diminishes, so stars can escape more and more easily.

The lifetime of a cluster is roughly proportional to its mass. A small cluster, an open cluster, containing two hundred stars, would fall to pieces in two hundred million years, equivalent to a quarter rotation of the galaxy on itself (the Sun takes two hundred million years to make its way around our galaxy, the Milky Way). The Sun, whose age is 5 billion years (equivalent two trips round the galaxy), seems to have come from a cluster of this type, all of whose stars are now dispersed throughout the galaxy.

The dispersion phenomenon leaves just small groups of stars. We know of 3, 4 and 5 or more star systems, relics of more important clusters. However any system made up of more than two stars is unstable. Only star couples have stability. Threesomes do not. Through chance encounters in a triple system, one of the partners can acquire a speed allowing it to leave the two others.

This aside has allows us to mention the fact that neutron stars often belong to double systems. They begin as a couple in which one of the stars, the one likely to turn into a supernova, has a mass of around twenty times that of the Sun. Once it has effected its transformation, it throws out the majority of its mass so violently that it is lost into space and the nucleus is transformed into a neutron star. The other star can have any mass.

This second star, like its sister, emits stellar wind (called the solar wind in the case of our Sun). Part of this mass is picked up by the neutron star.



This progressively increases its mass therefore and can thus tend towards the critical value. The emission of matter will only be intense if the star is massive.

Second case :

A galaxy such as ours contains about two hundred billion stars of which about half form couples. Among the couples there must be a certain number with masses susceptible to producing neutron stars. It is unlikely that two stars would become supernovae at the same time, but we can end up with a couple of neutron stars. In fact we have already found several examples.

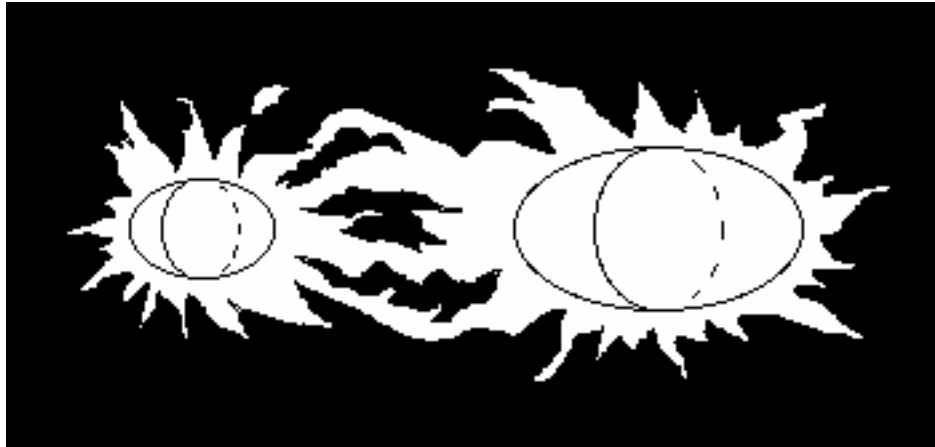
Following their transformation, the two neutron stars would simply revolve around their common center of gravity.

We know of star couples, binary systems, with greatly varying distances between them.

The solar system's dimensions (the orbit of Neptune) are counted in light-years (the distance covered by light in one hour, one billion kilometers). Neptune orbits at 4,5 billion kilometers from the Sun. It is therefore at four and a half light years from it.

If the Sun were associated with a companion star at a few light-hours or light-days distance, it would be a doubtful association. However we do

know of stars where the two halves are much closer than that. Indeed, they can be so close that they exchange matter.



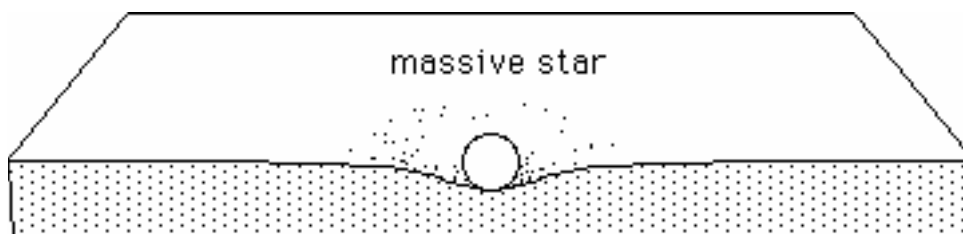
Such stars become deformed and lose their spherical shape. Two pulsars were discovered in 1974 which revolved around each other in about eight hours. Their separation distance is about a tenth of the distance between the Sun and Mercury (six million kilometers) and they have an orbital speed of about 130 kilometers per second.

The general theory of relativity predicts that two sufficiently close and massive bodies, orbiting around each other, emit gravitational waves.

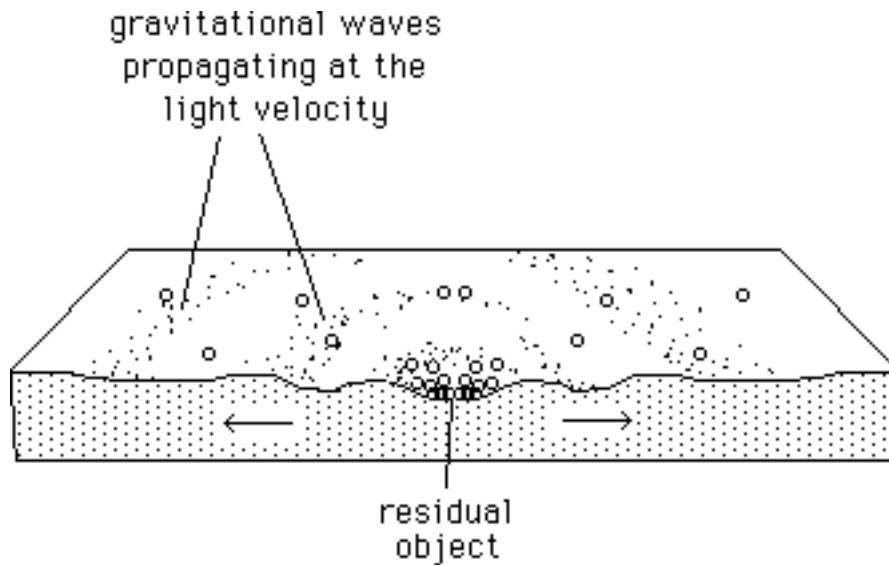
In the section above dedicated to galaxy dynamics we used a model in which masses, symbolized by buck shot, deformed the surface of a foam mattress.

Gravitational waves represent the oscillation that could be produced on the surface of such a mattress. Imagine, for example, the explosion of a massive star which transforms it into a supernova.

Initially the star would create a fairly important deformation of the mattress surface.

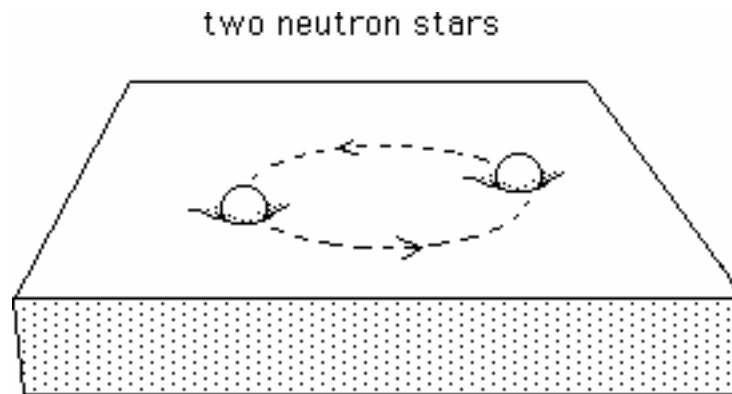


Suddenly the star explodes and disintegrates (except for the residue constituting the neutron star, which represents a tenth of its mass). The dispersion of matter will bring about an "oscillation of the support", of the space symbolized by the mattress.

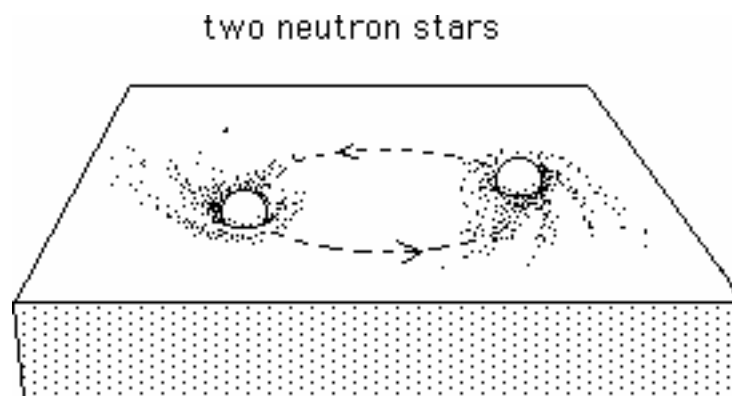


When the Sanduleak star exploded in the Magellan Cloud in 1987, it was an excellent occasion to measure an eventual emission of gravitational waves. But as we have already said, by an incredible coincidence, all the detectors on earth were undergoing revision that day.

Neutron stars rotating around their common center of gravity will also deform the mattress.



If we confer a certain elasticity on the support, we can imagine that as the masses move they create waves similar to the waves created by an object moving on the surface of water.



Some energy is dissipated. The system mentioned above (catalogued as PSR 1913/16) thus loses energy. This is translated into a shortening of its period of rotation (a millisecond every ten years). It's small, but measurable.

The phenomenon also brings the two stars closer together and we have calculated that they will merge in a few hundred million years.

Here then, is a second phenomenon which could allow the fateful critical mass to be passed : the fusion of two neutron stars.

Third case :

This is an even less well modeled situation corresponding to the final destiny of a star whose mass is well over twenty times that of the Sun (we know that stars exist, and are noted in the record books, whose mass is a hundred to two hundred times that of the Sun) .

Obviously their lifetime is short, shorter even than that of stars which become supernovae. They too burn their fusion fuel at breakneck speed. They also discover sudden breakdown followed by rapid collapse onto an iron nucleus. The question to be asked therefore is : "what is the mass of the iron nucleus created by fusion before the star begins its final evolution?"

A priori, extremely massive stars can synthesize iron nuclei whose mass is greater than critical mass : two and a half times solar mass.

When the iron core is compressed, the electrons merge with protons, through the classical schema :



The escape of the neutrinos make the dissipation of energy possible. A neutron star forms at the center but its mass is higher than critical mass and it collapses immediately.

Other scenarii could also lead to such critical conditions. By the way, what is a typical diameter for neutron stars?

In a neutron star, close to criticality, the typical mass-density is :

$$\rho = 10^{15} \text{ g/cm}^3, \text{ that is } 10^{18} \text{ k/m}^3$$

The Sun's mass is :

$$M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kilos}$$

We write :

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \rho = M_c = 2.5 M_{\odot} = 2.5 \times 2 \cdot 10^{30} = 5 \cdot 10^{30} \text{ kilos}$$

We then find a critical radius value R_c equal to 18 kilometers. If the radius of the star is higher, the neutron can no longer stand the pressure and the star collapses.

The neutron stars we observe have lower radii. We consider that a typical diameter for a neutron star is of the order of ten to twenty kilometers.

To bring such an object to the critical point requires successive additions of layers to its surface (such as from the slow contribution of matter from a companion star). When the critical radius is reached, the star implodes.

If the critical point is reached by the merging of two neutron stars, the phenomenon can be far more brutal.

We have indicated several scenarii which could lead to a critical situation, to a mass of neutrons so important that they are unable to go against their own gravitational force which leads to the gravitational collapse of the object.

How do theoreticians treat such a problem ?

We will reply through an imaginary dialogue which could have taken place during the 50's and 60's.

- Tell me John A., astronomers are moaning that they want a theoretical model for the implosion of a destabilized neutron star.
- With such densities it's a relativistic problem.
- I know. We can't use classical fluid mechanics tools as with normal stars.
- We'll have to use the Einstein equation :

$$\mathbb{S} = \kappa T$$

Left : a tensor describing the local geometry of space-time. Right, another tensor describing the local energy-matter content. At the center, the Einstein constant.

&&& Humorous drawing showing perplexed scientists.

- It's magnificent by its simplicity and elegance. Can you tell me by which end you intend to approach the problem?
- Well obviously we must build a non-steady solution to describe the free-fall process.
- Do you know of any non steady solutions to this blasted equation?
- Apart from Friedmann's, which gives us the Big Bang theory, the standard model, no. We don't have any.
- What shall we do then? Tell them we haven't anything to give them?
- Listen John A., if we tell them that well lose all credibility. A theoretician is like God, he has to know how to reply to everything.
- I see a solution.
- What ?
- For example, we've developed a group of two linked solutions to describe the geometry in the vicinity of a star.
- I know. We consider two equations. The first :

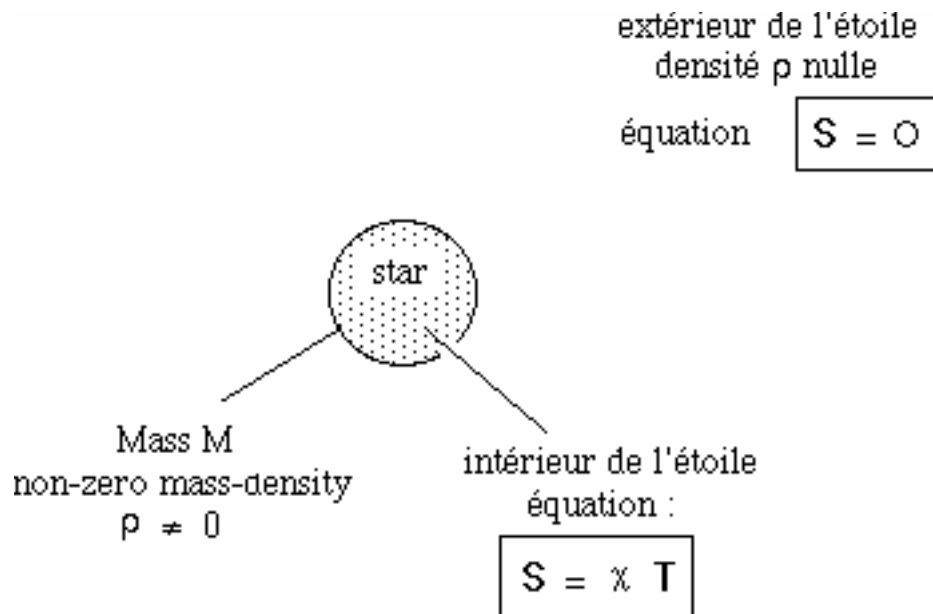
$$\mathbf{S} = \mathbf{0}$$

refers to an empty space. The solution was found by Schwarzschild in 1917. Classically, it is called the external Schwarzschild solution. The second member of the equation is zero. (The energy-matter tensor is zero).

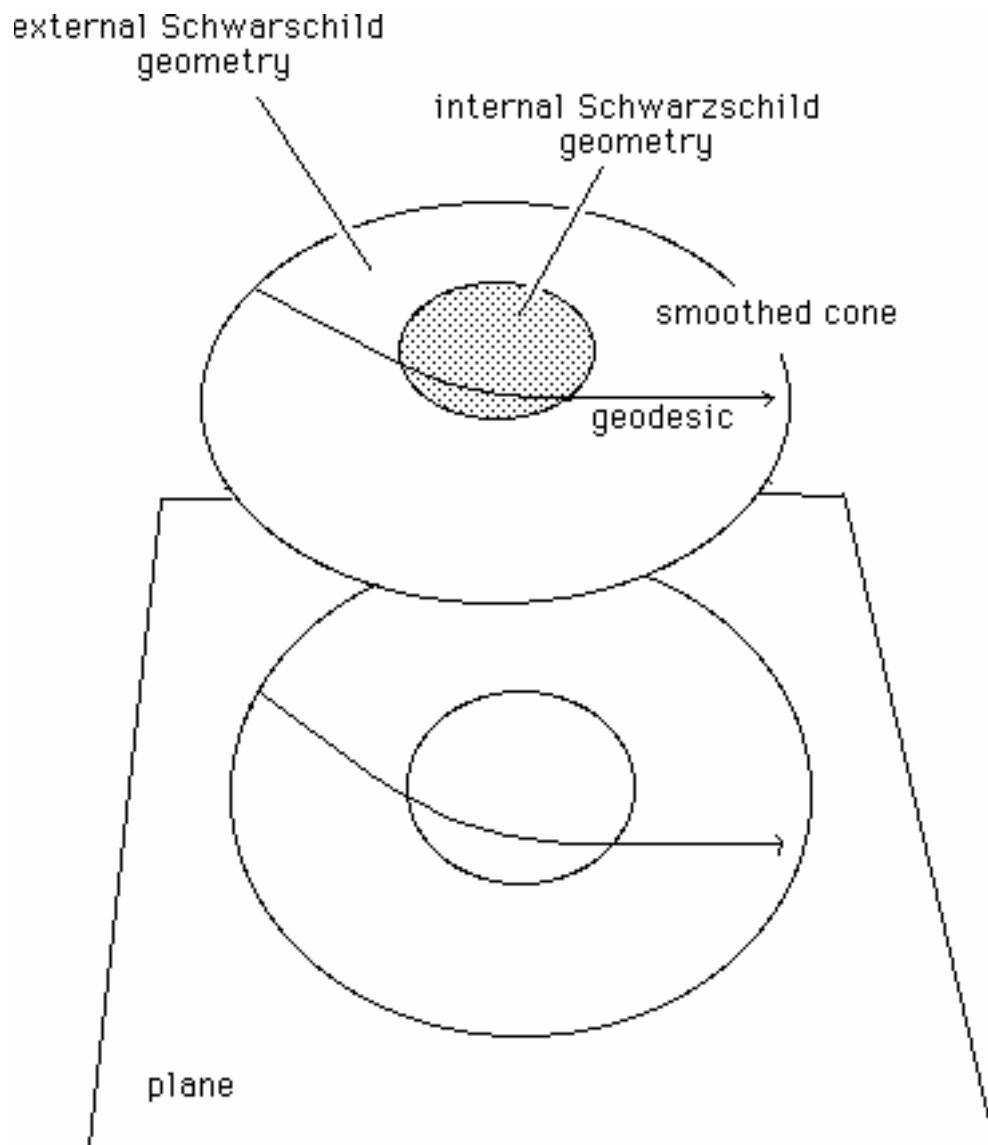
- It means it refers to void, to a portion of space where no energy or matter exist. Then, considering a non empty space, corresponding to the inside of the star, we refer to the Einstein equation with a non-zero right hand :

$$\mathbf{S} = \kappa \mathbf{T}$$

- When the tensor \mathbf{T} is not zero, that is to say an equation describing an unempty part of the universe. To sum up :

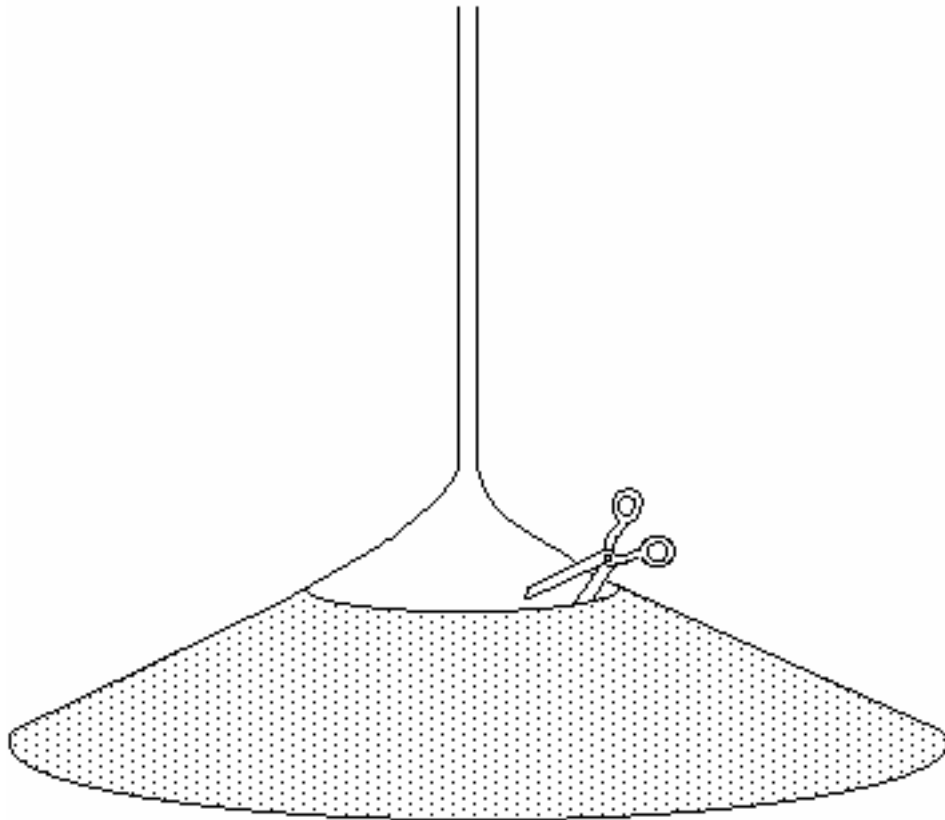


- OK, you get the didactic image of the smoothed cone, evoked above. The spherical cap suggest the interior Schwarzschild solution, the cone's trunk the exterior solution. And we make a mathematical link. But I can't see what you're getting at...

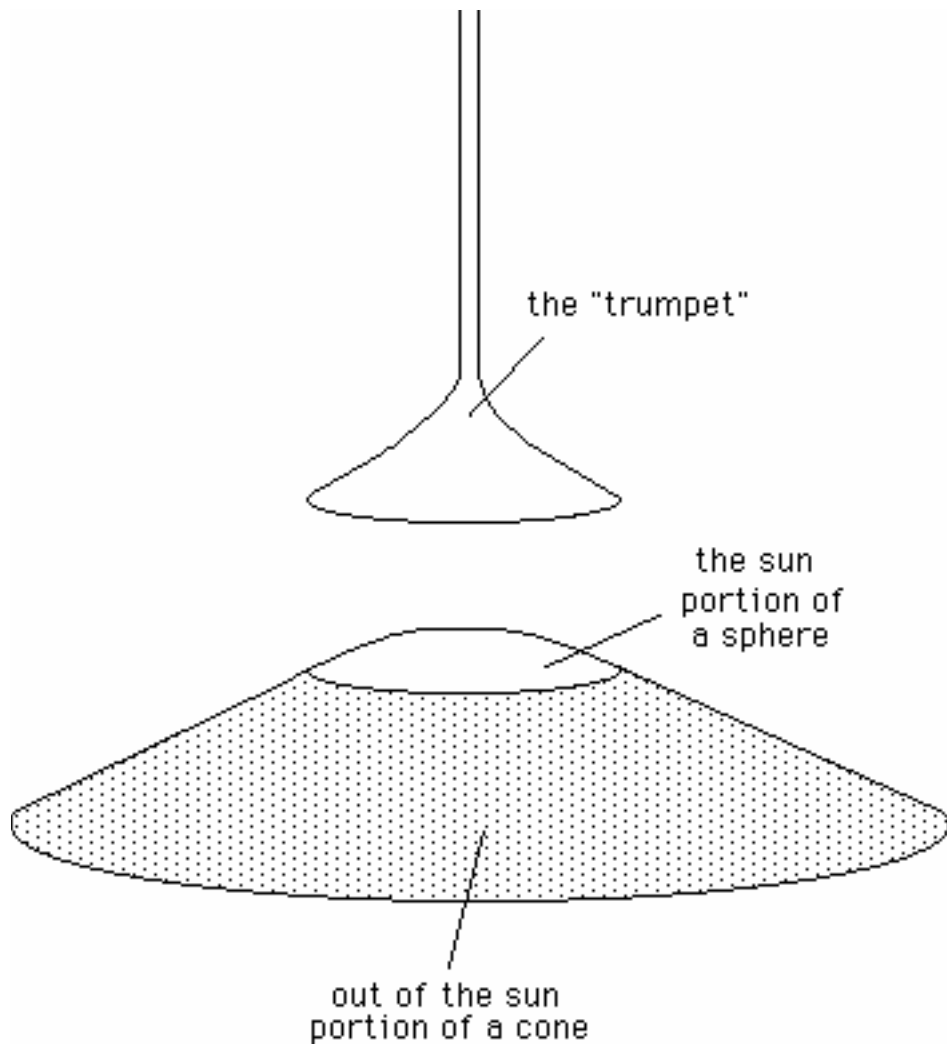


- Notice we use only a portion of the external Schwarzschild solution.
- The one that refers to the outside of the star, when the radial distance to the center of the system is larger than the radius of the star.
- Have you looked at this solution, close to the center ?
- Nonsense ! This solution is supposed to describe an empty space, but, unless I'm mistaken, there is matter inside stars!
- Don't get upset. Let's look at the geometry from a purely mathematical angle.

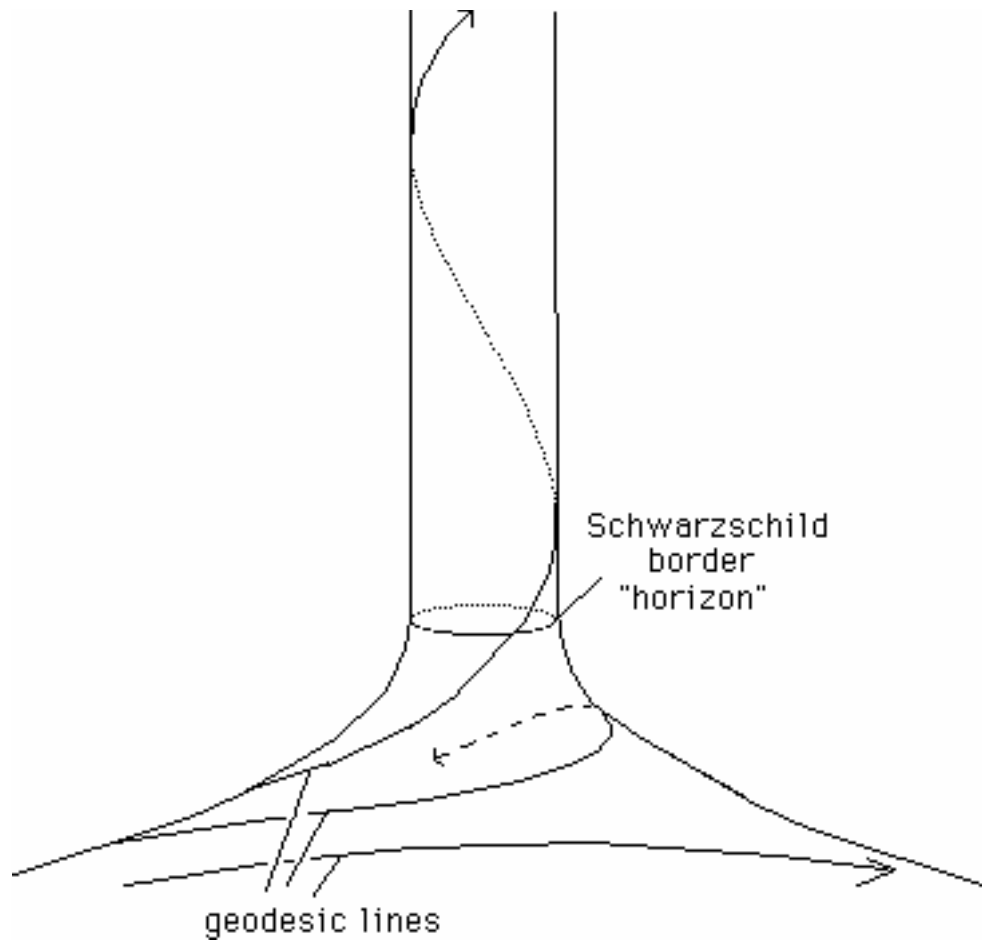
- If you like....
- When we tried to evoke this solution through a crude 2d didactic model, a surface, it looks like part of a cone linked to a trumpet.



- When we describe the geometry outside the star, we remove the central part of the surface and only keep the gray one.

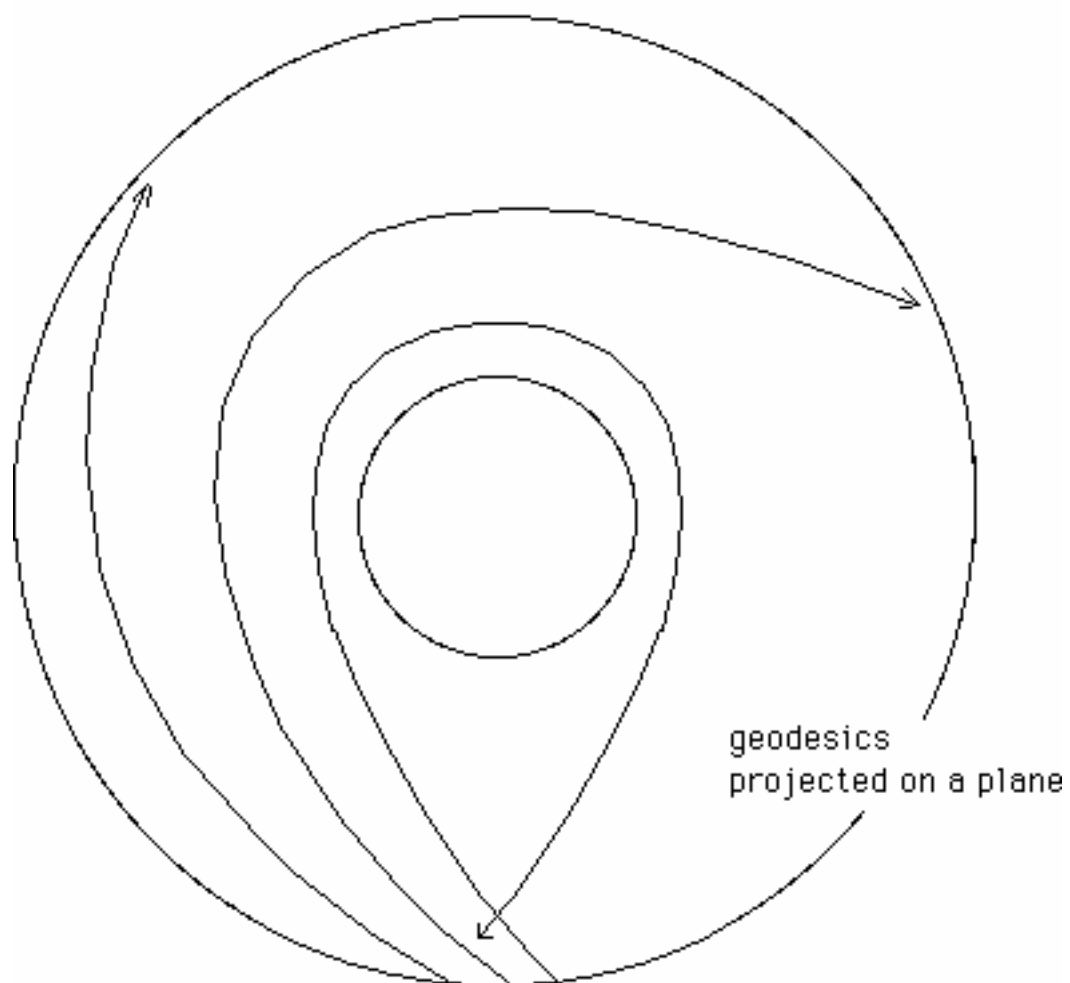
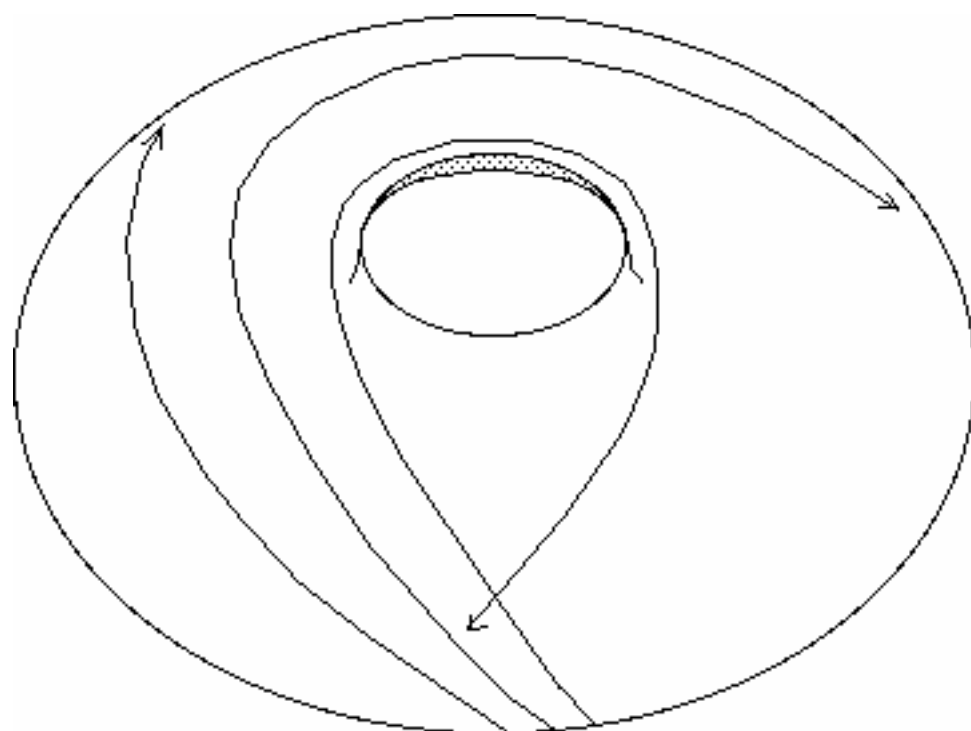


- Then we replace the "trumpet" by a spherical cap. So what ?
- Look at the geodesic curves, close to the trumpet.



- It's a mathematically interesting problem. You could make it an exam subject for your students. They are two different geodesics lines. We find a circular line which represents the link between the tube and the bell of the trumpet. The tube looks like a cylinder. On a cylinder the geodesics are spiral curves. They never return. If a geodesic line cuts the circular link, it enters the cylindrical part of the surface, becomes a spiral, which tends to the infinite, and never returns.

The other geodesics, the ones which do not cut the circular border, look like the ones from a portion of a cone. As the local curvature changes, the geodesics may cut across each other :

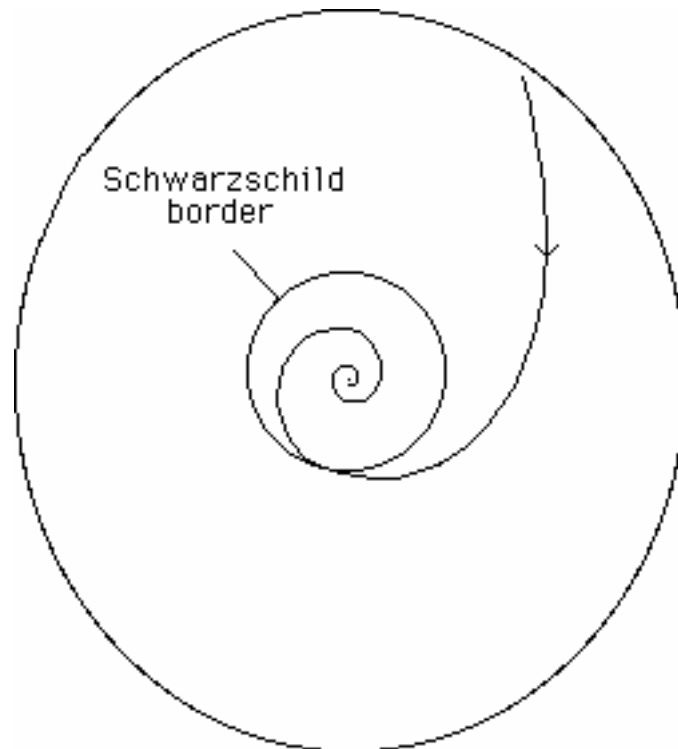


- It makes you think of a collar and someone tying a tie.

&&& Drawing of a man with a tie on his shoulders.

- Well effectively, the geometry is fairly particular. So what ?
- Wait a minute. The tube of the trumpet is not a perfect cylinder. Its cross section tends towards zero at infinity which means that if you look at the flat projections of the geodesics crossing the circle, you will see that they tend towards a central point by spiraling.

&&& Drawing of a man looking



- It's pretty, but where is it leading ?
- Imagine this geometrical solution symbolizes a collapsing neutron star.
- I can't see any neutron star. Where is it? Its the solution to an equation supposed to describe a perfectly empty region of space-time where there is

neither matter nor energy. Furthermore, it's a stationary solution. How can you expect to describe the implosion of an object with a stationary solution, it's crazy !

- Look at the above drawing. It could represent the trajectory of a particle falling towards the central region. By presenting the solution this way, both according to the drawing and mathematically, the particle reaches the center in infinite time in relation to an outside observer.

- And so ?

- And so that leads to a description, a little strange I agree, of the implosion. It really happened. It's true that in the end the two and a half solar masses will find themselves inside a pinhead, but if an exterior observer approaches the problem this way, everything would seem to take place over infinite time. The phenomenon would give a "still screen shot". So I say "I do not feel obliged to describe the result of a process which, for me the outside observer, lasts for an infinite time".

- Such acrobatics. And with their help you manage to describe an unstationary phenomenon with a basically steady solution which, on top of that, describes an empty universe !

- Listen, John A., we don't have anything else. We have to give astronomers something to chew on, otherwise they won't stop bothering us with this problem.

- But what are you going to call it? You have to give names to discoveries otherwise people don't notice them.

- As it's something built from Schwarzschild's solution we could call it a "Schwarzschild object". (historically true).

- Hmmm, not very enticing. It wouldn't be a success.

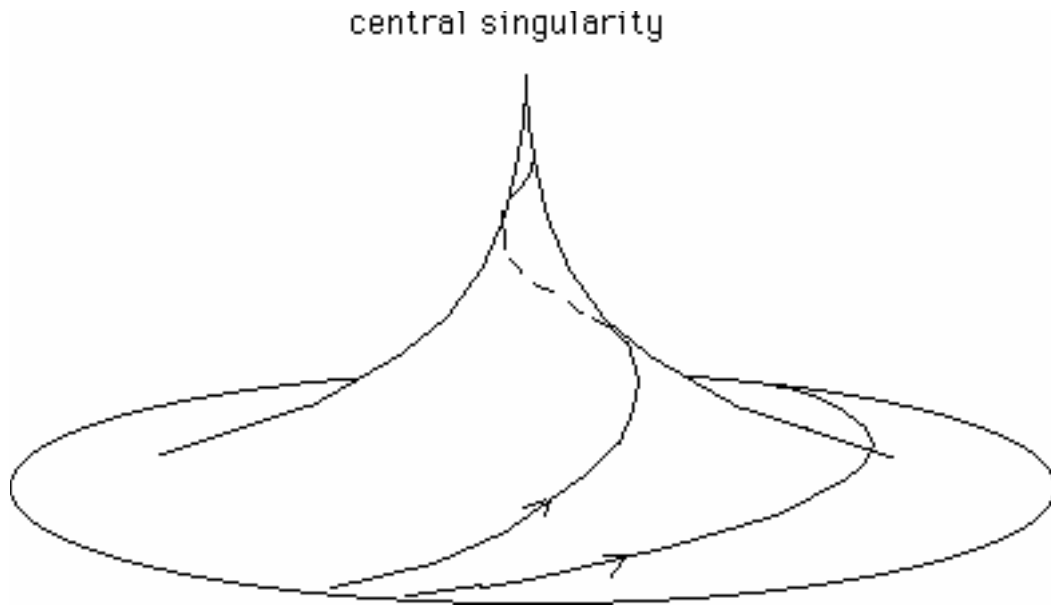
- Why not "Collapsar" ? (historically true).

- Ah, that's better already. But I've got an even better idea? If we look at the previous drawing, where we are looking from above, when an object penetrates into the circle, in the two dimensional representation, it can't get out, right ?

- And in three dimensions the circle becomes a sphere, which I've called the horizon sphere, whose radius is equal to Schwarzschild's radius (see appendix 3). Anything that penetrates into the interior of the sphere can never get out. It's a one-way membrane.

- Hang on., I've got an idea. We'll call it a black hole.
- Nice name. Even the general public might like that one, who knows.
- Yes, but aren't you worried that someone might discover the trick one day, that it's a stationary solution to the Einstein equation with a second member zero which is supposed to describe a region of the universe where there is neither matter nor energy?
 - No chance ! These calculations are frighteningly complicated. No one is going to stick their nose in. Except specialists, our colleagues. And even then, how many are smart enough to see through it? I reckon an object like this will go round the Earth a thousand times. Remember Bikini.
 - The name of the atoll where they exploded the atom bomb you mean. It gave its name to some sort of bathing costume didn't it?
 - I've no idea, but intuitively I feel that this black hole is destined to have a brilliant career. We can imagine big ones, small ones, giants and tiny ones.
 - Yes, but what could it be used for, apart from explaining what happens to neutron stars when their mass becomes greater than critical mass?
 - Even in that situation, a black hole is an attractive object, because it curves the geodesic trajectories of particles passing nearby. It gives its own contribution to the gravitational field. It is invisible mass because even the photons unable to get out. And as you know, we've got loads of trouble all over the place. We haven't found enough mass in the galaxies or galaxy clusters. Since the days when Fritz Zwicky pinpointed this problem, we have never understood why the whole thing doesn't just blow up. But all we need to do is fill the galaxies with black holes. We could even put giant black holes at the center of galaxies.
 - So, to sum up, black holes could constitute dark matter ?
 - Great idea isn't it ?
 - Yes, but what bothers me is the mass. Where is it? How are we going to get mass out of a solution which describes an empty universe?
 - We just need to put in a central singularity.
 - What sort of mathematical look would you give it?
 - None. I wouldn't describe it. I'll just say that there's a central singularity, and no one will look any closer.

- In any case, if anyone goes into a black hole they can never get out. There is a geometrical way of describing the idea a crude two-dimensional model:



- You can easily see that there are some trajectories which converge towards the singularity and others that don't.

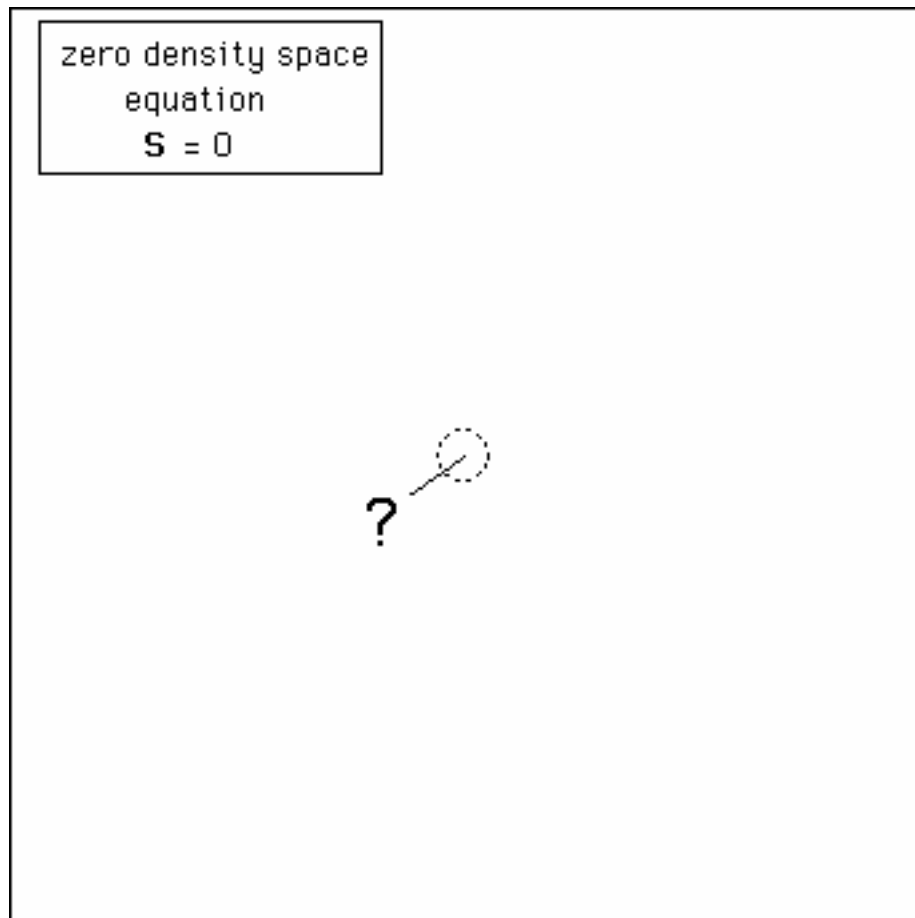
- If I'm following you correctly, that means concentrating all mass at the center.

- In a manner of speaking, yes. It's like with a cone. Outside its singular point, its summit, it's a Euclidean surface, a "plane" (see Geometrical Physics A). The local curvature is zero. The cone's summit is a concentrated curvature point. If we identify curvature and mass, the summit of a cone is similar to a point-like mass.

- in short, you're pushing the problem to the center of your object. You say that the geometry obeys the equation :

$$S = 0$$

everywhere, except at the center.



A digression for the science fan.

Through this imaginary conversation between John Archibald and his friend and with the help of a few images, we have tried to explain to the reader the problems linked to the black hole theory. But there are far more serious problems than that. In the section entitled Geometrical Physics, an initiation into the application of geometry to physics, we discuss the *metric concept*. Those whose knowledge of mathematics is sufficient might like to refer to this section. The metric is a mathematical concept which concentrates in itself all the elements of the solution to a field equation, such as the Einstein equation. The equation can thus be applied to a universe containing matter locally or to an empty universe?

To build the black hole model theoreticians used the old steady solution of the field equation, devised in 1917 by Schwarzschild, and called "the external Schwarzschild metric", which refers to an empty space, and is

From the metric we can build the geodesic system. All particles follow geodesic lines, including photons. The external Schwarzschild metric gives geodesics corresponding to the trajectories of planets, comets and photons around the Sun, where space is supposed to be extremely rarefied. This allowed the calculation of the precession of Mercury's perihelion or the deviation of light rays from distant stars when they travel close to the sun. Observation of this is only possible during eclipses of the Sun.



An observer is not completely dazzled by the sun during a total eclipse as he is normally. It gives him the chance to observe that presence of the Sun's mass brings about a "slight" bending of a ray of light arriving from a distant star. In relation to the background sky, it will not be in its usual place.

When we consider this metric "close to the center", to "the origin of coordinates", we find a characteristic surface called the Schwarzschild sphere. Inside, the metric becomes pathologic. The radius of this sphere is called the Schwarzschild radius. It depends only on the involved mass M . This characteristic radius is calculated in appendix 3 :

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

G is the constant of gravity ($6.67 \cdot 10^{-11}$ MKSA) and c the velocity of light (300,000 km/s). The characteristic Schwarzschild radius, for the Sun, whose mass is 10^{30} kilos, is 2.7 kilometers.

As the radius of the sun is much larger than this characteristic Schwarzschild radius, there is no problem. Inside the sun the geometry is described by another metric, called the "Internal Schwarzschild metric".

When trying to construct a model of a black hole, astrophysicians tried to give the object a physical significance at whatever the cost. Because of this we were obliged to accept mathematical aberrations.

In the section Geometrical Physics A of the website, the metric, as a mathematical object, is briefly evoked. One of its characteristics is what is called its "signature". It is a set of signs. The number of signs depends on the dimension of space. We are supposed to live in four dimensional space-time (x , y , z , t). In this case the signature of our space-time metric would be a set of four signs (+ - - -). This contains all the features of Special Relativity. We know that in such a world the speed v is necessarily lower than a characteristic speed : the speed of light c.

When we get inside the Schwarzschild sphere, in Schwarzschild geometry (Schwarzschild metric) the signature becomes : (- + - -). It means that the speed of the particle speed

$$v = \frac{dr}{dt}$$

where r is radial distance and t time, becomes greater than the speed of light. Inside this strange surface, called the "horizon", the particles become "tachyons".

The relativistic energy of a particle is :

$$E = \frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

if v is superior to c, the quantity below the radical becomes negative. The square root becomes a pure imaginary number. If we want the energy to remain positive, the mass must be a pure imaginary quantity.

No problem, said John Archibald Wheeler, a famous scientist. Let's decide that inside the horizon, r becomes time and t the radial distance. That will solve the problem.

In 1963 the Schwarzschild solution was used as the basis for a new solution by Kerr.

However this solution still referred to empty space. As the new solution was no longer axisymmetrical, Kerr suggested it described a "rotating black hole". It is a little bit more complicated than its predecessors, but the pathologies mentioned above are still there. However nobody cares.

It is astonishing to hear or read specialists who come out with phrases like:

- While we do not yet have formal proof of their existence, today no scientist doubts the existence of black holes.

How to detect black holes?

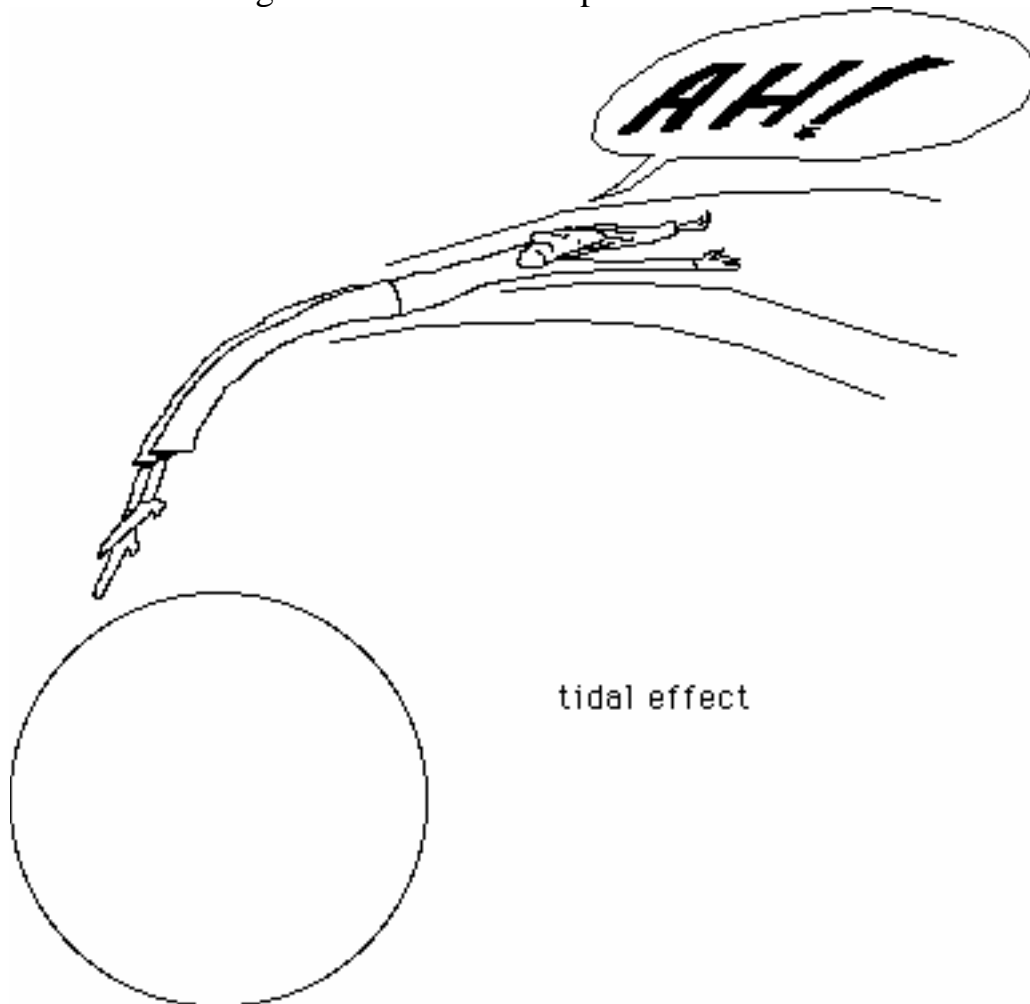
If they do exist, lonely black holes must be very silent objects. After having swallowed everything lying around, such as interstellar gas, they are happy to sit there like idiots with their mouths wide open.

A black hole that eats would be a black hole associated with a sufficiently nearby and emissive star part of whose emitted solar wind it could absorb.

What do we mean by that?

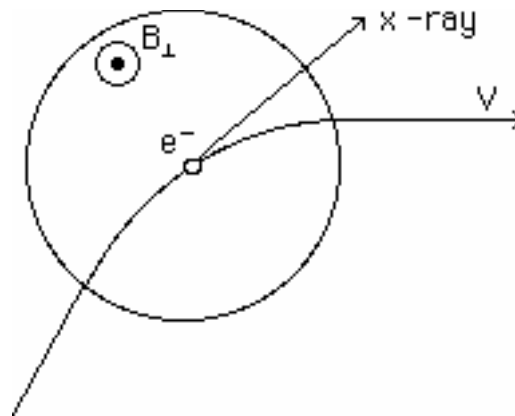
The orbital velocity of a mass, circling around a spherical body, depends on the distance to its center of gravity. A space station orbiting around the Earth at an altitude of 500 km will turn at 7.5 km/s. Imagine that the station is not like those we design nowadays but an enormous city, one kilometer across. The lower and upper parts of the space city will tend to orbit at different speeds, one meter-second apart. The resulting shear constraint effect must be taken into account. Because objects flow freely in space, we tend to think that we can build immense structures without worrying about the stress resistance of the material we use (except those corresponding to a rather brutal arrival of a space shuttle for instance). We find that when we design very large structures, enormous orbiting radio-telescopes for example, we must take this stress into account in order to avoid the risk of deformation.

The denser the object, the more marked the effect. Close to a neutron star the circular orbital velocity is ... 150.000 km/s. When falling in a spiral towards such an object, a space station would be dislocated by the tidal effect before reaching the star's surface of pure iron.



So if black holes do exist, it is not molecules or atoms that they swallow, but fragments of atoms, nuclei and free electrons.

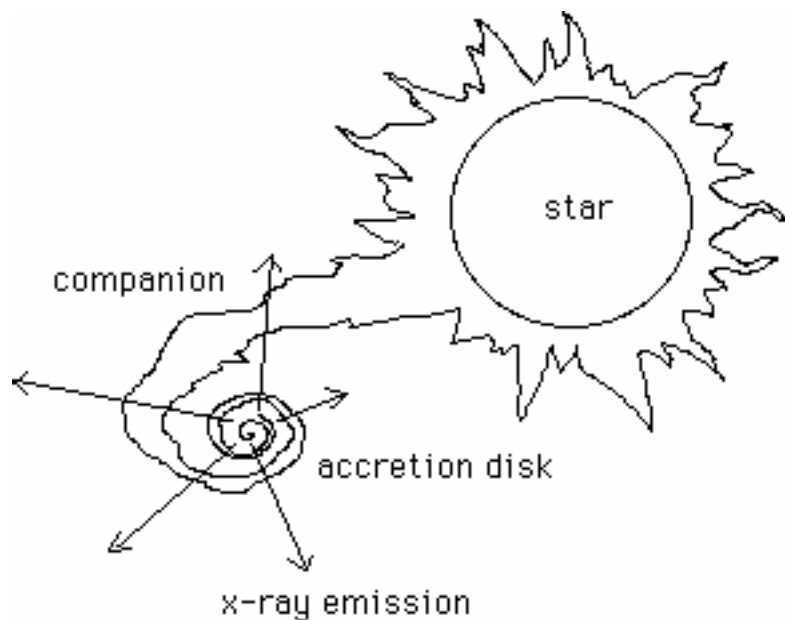
When an electron crosses a region subject to a magnetic field its trajectory is deviated by the field.



An electron penetrates a magnetic field at a speed V perpendicular to the plane of the sheet and pointing towards the reader. It turns and emits X-rays tangentially.

The deviation is accompanied by a tangential emission of X-rays. This is called synchrotron radiation.

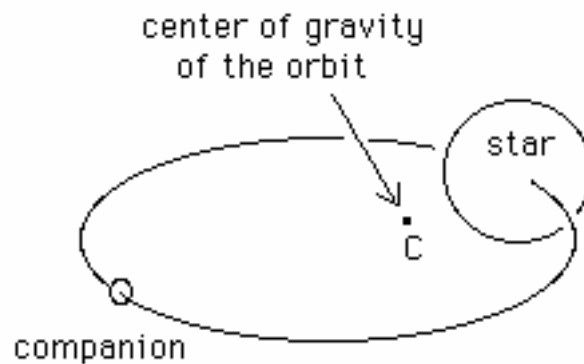
When a "black hole" or a neutron star swallow up matter emitted by companion stars, the matter will circulate in an accretion disk. The movement will be accompanied by a strong emission of X-rays.



However the phenomenon will be the same for a black hole or a neutron star. How then do we differentiate the emission of X-rays from a neutron star from that of a black hole ?

By analyzing the perturbation of the star's trajectory caused by its invisible companion.

Two heavenly bodies orbiting around their common center of gravity.



In analyzing the speed of the two bodies, and knowing the weight of one of them, we can "weigh" the other. See Appendix 6.

Cygnus XI is a double system, containing a visible star whose mass is twenty times the sun's. Its invisible companion emits X-rays. The two heavenly bodies turn around their common center of gravity in 5.6 days. But the star's orbital speed reveals that its partner's mass is greater than the critical mass a simple neutron star could support. It could therefore be a black hole.

Half a dozen objects of this type are now known.

Third Part

Nothing new under the sun?

The first two parts of the book surveyed contemporary knowledge in astrophysics and cosmology. Not exhaustively, of course, to do so would have required hundreds of supplementary pages, with new explanatory models and dozens of drawings.

We contented ourselves with a rapid guided visit, highlighting just this or that aspect. In the section consecrated to General Relativity, the reader was able to appreciate geometry's seductiveness and was perhaps surprised that he could peek into such sophisticated areas. In the Appendices he will be able to see that a few lines of calculus can get over certain problems, at the price, of course, of some schematization. A model remains a metaphor, which carries meaning, but presents either only a part of reality, or a somewhat distorted view of it. But all in all, perhaps it is better to have a slightly distorted view than no view at all.

In a sense, it is as if we had stuck the wrong glasses on the reader and then taken him off on a visit to the supermarket of science.

In this third part we will travel to the farthest reaches, where science is being made.

The dark matter concept.

The first part contained a chapter entitled "nothing but light". Until now astronomers have based their knowledge on information sent out by objects themselves, those which radiated. We have seen how the analysis of their message has allowed fantastic progress to be made in astrophysics, enabling it to penetrate even to the heart of stars. More than a half-century ago these same luminous messages allowed us to verify the exactitude of

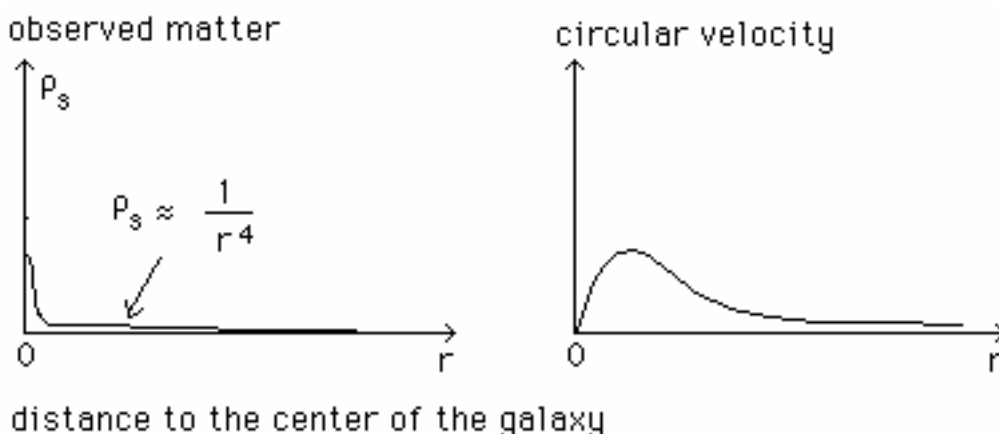
the vision of General Relativity through an analysis of the trajectories of Mercury's light.

Today things are changing. In the last chapter of the second part we gave an example of the model of the still hypothetical black hole. This is the cosmos' first "dark object".

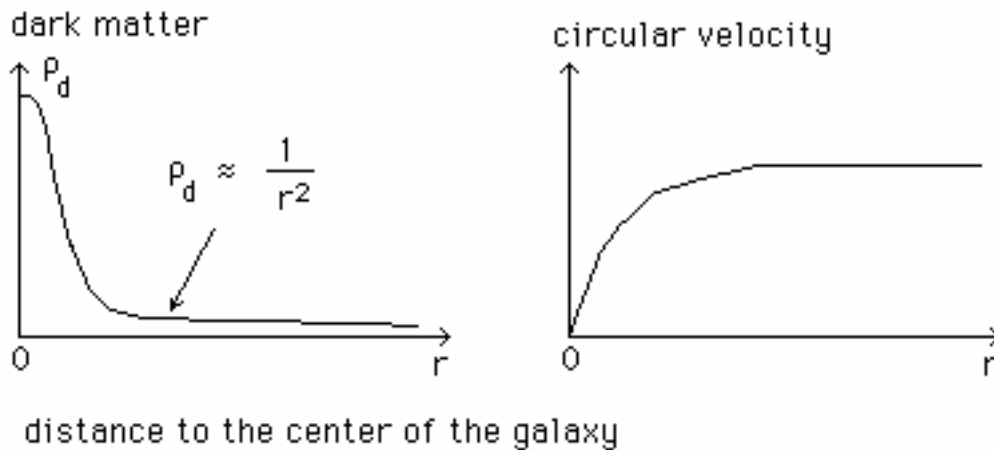
As regards the solar system's dynamics, we had the impression of seeing everything. Stars, planets, the very rarefied interplanetary medium. As regards galaxies and clusters of galaxies, or the structure of the cosmos on a very large scale however, one fact could not be ignored. An ingredient was lacking, or a new concept, something.

The dynamics of our own galaxy cannot be explained with its observed mass. Quantitatively, it is too small for its gravitational attraction to be able to counterbalance centrifugal force. Something else is ensuring the cohesion of our galaxy, and others, something unseen and so far unobserved, whose effect is equivalent to five to ten times the matter of all the stars put together.

The density of stellar matter, based on photometry, varies as the inverse of the fourth power of the distance to the center of the galaxy. However, to account for the profile of the rotational curves of interstellar gas orbiting in circles, we need a halo of matter whose density decreases much more slowly, according to the inverse of the radius' square. Most people think that a massive halo obeying this law could exist, made up of something as yet undiscovered.



On the left, the observed density of matter and on the right, the profile of the corresponding curve of circular orbit.



On the left, the profile of the distribution of hypothetical dark matter and on the right, the corresponding curve of circular orbit (closer to observational data)

If we want to convince ourselves that a halo of dark matter exists in the galaxy, we have to show it.

What would it be made of?

There are several possibilities.

First : The hypothesis of a halo made up of hydrogen atoms at a very low temperature - 2.7° K, the temperature of the "cosmic oven", which would be practically impossible to detect.

Second hypothesis -- conventional objects, stars whose mass is too small to be detected exist in the galaxy. We have no rigid model for the birth of galaxies. It is quite possible, although it needs to be justified theoretically, that they were formed from a considerable number of mini-

stars. We have models of stars of all masses. Jupiter can be considered a "failed star", one which has not concentrated enough hydrogen to start nuclear reaction in its center, having insufficient temperature and density (the minimum temperature for ignition is $700,000^{\circ}$). Between Jupiter and the Sun there is a whole gamut of imaginable types of heavenly body. If the mass is less than a tenth of that of the Sun the star does not ignite. It is merely a type of large Jupiter (whose mass is a thousandth of the Sun's). Between this limit and the Sun there is room for a whole variety of stars whose radiation is too low to be directly detected by telescope -- brown dwarfs, red dwarfs. Such hypothetical objects are called MACHOs (Massive Astrophysical Compact Objects).

How do we find evidence for their existence? First idea -- occultation. Stars are minute objects on the galactic scale, as we have said. MACHOs are even smaller.

Stars never meet each other, but two stars can appear on the same line of sight, the dark one partially occulting the other's light in the background. To collect evidence of such phenomena we must follow a considerable number of stars over a long period of time, the enterprise being managed by computer. Some years ago astronomers thought they found evidence for some occultation. The results remain uncertain and it will doubtless take a dozen years or so before we can have any certainty, so don't hold your breath.

The second method is what is called the phenomenon of micro-lensing. An object passing before a star curves its light rays slightly. It behaves then as a weak converging lens and slightly increases the star's luminosity, its apparent magnitude. A computer is again needed to follow a great number of stars for a long time.

We saw above that gravitational lens effects, due to galaxies or clusters of galaxies, do not correspond to the figures for their visible mass. One to two orders of magnitude are lacking. Once more an invisible component must be responsible for the observed effect.

On the galactic scale, this could be MACHOs. On the scale of galaxy clusters, however, other hypotheses are possible. Inter-galactic space is poorly understood. If galaxies heated their gas powerfully at their moment

of birth, they might have given atoms a speed exceeding the galactic escape velocity so that they no longer fell back. The atoms would go so fast because the medium's temperature is enormous. Many think that galaxies bathe in a hydrogen gas of millions of degrees and that this could constitute an enormous quantity of invisible mass. These atoms would have to collide with each other to reveal their presence. Now intergalactic space can contain immense quantities of matter but ultra-rarefied to the point where collisions between atoms become practically non-existent. So this ultra-hot gas would not radiate. Evidence for it could only be indirect, based on its power to absorb light emanating from the background.

Most people think that dark matter, under whatever form, would also be responsible for the very large-scale structure of the universe -- stringy, forming "plates". Three-dimensional computer simulations, using phenomenal calculating power, determine the quantity required.

The problem of the spiral structure of galaxies.

This is the complement of the general problem of galactic dynamics, which, as we saw above, is still currently in a limbo and lacking an ad hoc theoretical model. To date, all attempts at theoretical modeling of the spiral structure by purely analytic methods have failed. In this field we have only computer simulations whose technique is difficult and which are dependent on a continuing increase in the calculating power of machines. Fortunately they are already extremely rapid. But no one yet knows how to manage a true galaxy, with its hundreds or thousands of billions of point-masses.

Nevertheless, fundamentally, the problem is extremely simple. We introduce initial conditions, that is to say n point-masses, stipulating their coordinates and initial velocities, then we begin the calculation, which proceeds step by step. The distribution of matter allows us to calculate at every point the direction and intensity of gravitational force, created by the attractive power all of the other points. For a certain time we have these point-masses move in this "frozen" field. Then we recalculate it. From the point of view of maximum precision it would be necessary to calculate the action exercised at each step on each object by all the others, that is to say

to make n^2 elementary calculations. If we are managing a hundred billion point-masses, that would represent ten thousand billion calculations at each step. Unthinkable.

So we reduce the number of points and use tricks to reduce the number of calculations. We also use computers specially designed for this type of work and into which Newton's laws have been "hard-wired", that is to say integrated into the processor's elementary functioning.

Progress remains slow. For a long time the number of points to be managed and the slowness of calculations limited simulation to two dimensions. We handled "flat galaxies", whose movements were confined to a plane, evidently not realistic. To contemplate calculating a swarm of point-masses moving in three dimensions meant reducing the number of points drastically. Scylla or Charybdis.

Eventually, with the continuing improvement of machines, the first "full 3d" results began to appear.

Where do the so elegant spiral structures come from? They relate essentially to the disk's gas. The contrast in density between arm and inter-arm is roughly one to five. This means that it is a fundamentally non-linear problem. Of course, it is gravitational instability that leads the gas to assemble itself in the form of bars, spiral scarves, or rings. Along the arms the gas fragments form vast clusters, whose span corresponds to the famous Jeans distance (see Appendix 1).

Pure gravitational instability is not the only thing at work. At first, logically, people tried to introduce the spiral structure into the calculation's initial conditions. That didn't last however. An external cause for the phenomenon was required, a tidal effect.

A tide is a resonance phenomenon. The moon influences the Earth as it revolves around it (employing here an image with a fixed Earth.) Ocean basins play the role of resonators. Some are "in tune", others are not. The Mediterranean Sea has its own frequency of oscillation which does not correspond to that of the Moon's passage. Therefore it does not resonate and tidal phenomena are practically non-existent there (and, in any case, masked by the "barometric tides", variations in sea level due to variations

in air pressure). Other liquid masses however do react -- the Atlantic Ocean and the North Sea for instance.

Interstellar gas behaves like a sort of gas ocean, ready to react to a solicitation, a gravitational perturbation.

The New Zealander Allard Toomre undertook the first studies in this area. Certain galaxies, like the celebrated formation of the Hunting Dogs, M 51, possess companions.



The galaxy of the "Hunting Dogs", M 51.

Measurements of velocity showed that the companion, a spherical mini-galaxy, was "passing by" it. An encounter was taking place between two galaxies which Toomre undertook to try and simulate numerically. And then, a miracle, the fat galaxy reacted as expected. Like an octopus it threw out an arm, as if it wanted to capture the object. The New-Zealander interpreted this not as an attempt at capture (the perturbing mini-galaxy, whether in the numerical simulations or in the real case of M 51, ended up moving away), but as a resonance phenomenon, a "tidal effect".

So we have a first explanation of the origin of galaxies' spiral structure -- a transitory tidal effect due to the action of a perturbing object. For the last twenty years several teams, in different countries, have been working

intensively on this theme of interaction between two galaxies. In this perspective, however, the phenomenon would be purely "transient".

Moreover not all galaxies have companions, at least not visible ones. Some people suggest that the spiral structure could be linked to an abundance of invisible objects, such as hypothetical giant black holes. Again we stumble on the concept of dark matter as a hypothetical constituent of the invisible mass of galaxy clusters.

Let us leave aside this potential source for a spiral structure, the passage of a perturbing mini-galaxy or hypothetical giant black hole, and return to the results of simulations for an isolated galaxy.

When they introduced spiral structure as a given a priori initial condition, the result of observation, astrophysicists quickly saw it fall apart. They therefore tried the reverse procedure -- make such a structure appear from an object endowed with symmetry of revolution. If the parameters are adjusted conveniently, internal resonance mechanisms can show themselves. In particular, a barred structure appears relatively easily.



Barred structure, resulting from numerical simulations performed on computer.

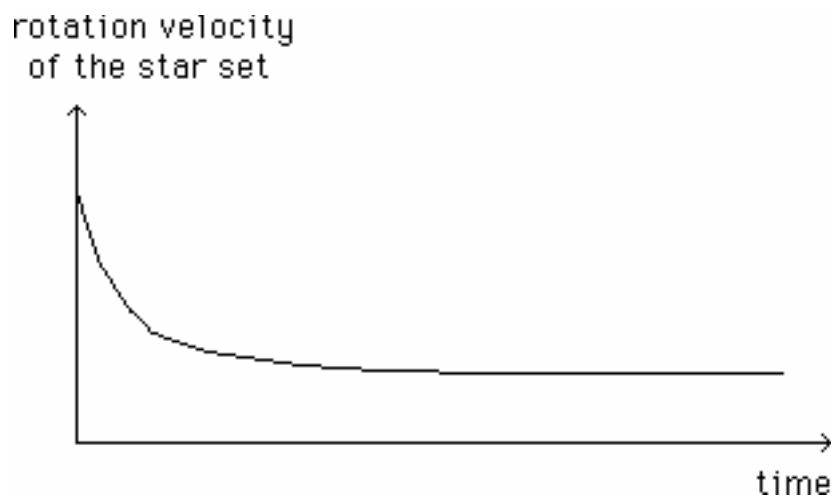
In the best of cases this bar carries "mustaches":



A "synthetic galaxy", with bar and "mustaches".

As mentioned above, these inhomogeneities are dissipative structures. Here they tend to communicate speed to certain point-masses, assimilated to stars and in particular, alas, to those which make up the "mustaches". The points then disperse rather rapidly. Our mustaches evaporate and the problem is not resolved.

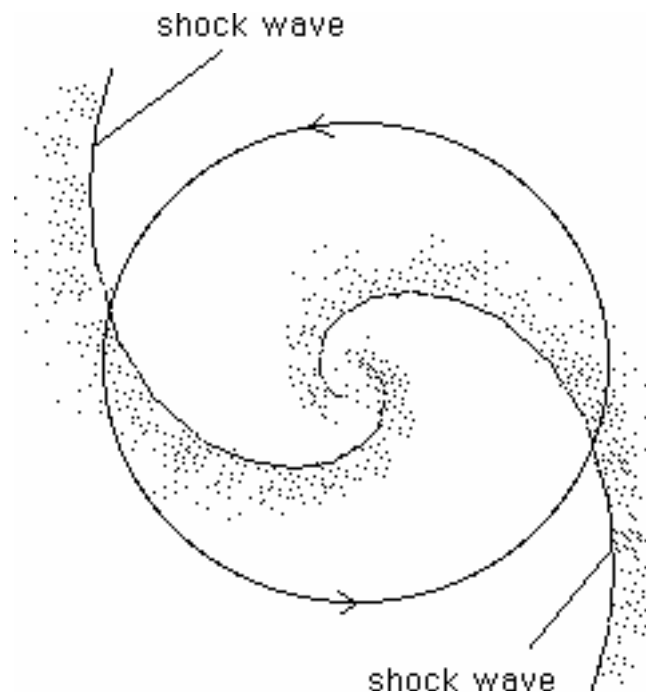
Another approach, that of Sellwood, consists of making two subsystems interact through three-dimensional simulations. The first subsystem is composed of stars and the second, of an immense spheroid "mass of gas" corresponding to the galaxy's missing mass. If a difference in speed exists between the two subsystems (for example if the halo does not turn), dynamic friction results, as predicted by the Indian Chandrasekhar. Sellwood shows that the halo brakes the rotational movement of the stars fairly efficiently. A bar appears. If we represent the rotational velocity of the stellar whole over time, we obtain a curve similar to the following :



Braking of the rotation of stars by a large halo of invisible matter.

The braking is intense in the first turns, then diminishes. We thus come upon another possible cause of galactic inhomogeneities -- a mechanism of internal friction between two subsystems, one visible, the other as yet undetected. This approach is only at its beginning, but looks promising. The adjustment of parameters is very delicate and calculation time long (in three dimensions) but it is not impossible that with time, this type of approach will enable us to solve the problem.

Careful examination of the distribution of matter in the spiral structures of galaxies shows that the spiral arms are configured like ... shock waves, whose front would be located in the arms' concavities. They would turn less quickly than the galaxy, which effectively resembles a braking.



Schematic appearance of density in a galaxy's spiral arms. The circle indicates the direction of rotation of matter.

The high density of gas in the arm's concavity forms a wave-front, analogous to that of a shock wave., Strictly speaking, what we see so brilliantly in ordinary photographs are not stars, but masses of gas illuminated by bunches of young stars being born in these arms.

Look at a bathtub when it is emptying. When the water circles rapidly close to the drain, you see spiral wavelets forming. They are the faithful analogues of shock waves. They appear because the water pours out at a "supersonic" speed in its ultimate phase of the draining. Here, the speed of "sound" is that of the propagation of surface waves on the water. The waves are created by the braking effect of friction of the water on the bottom, which intensifies as the water level becomes lower.

As you can verify, the spiral waves move with a rotational speed much lower than that of the water itself.

Perhaps, in the near future, simulations of dynamic friction between two subsystems, one visible and the other as yet invisible, will enable us to pierce the secret of the spiral forms of galaxies.

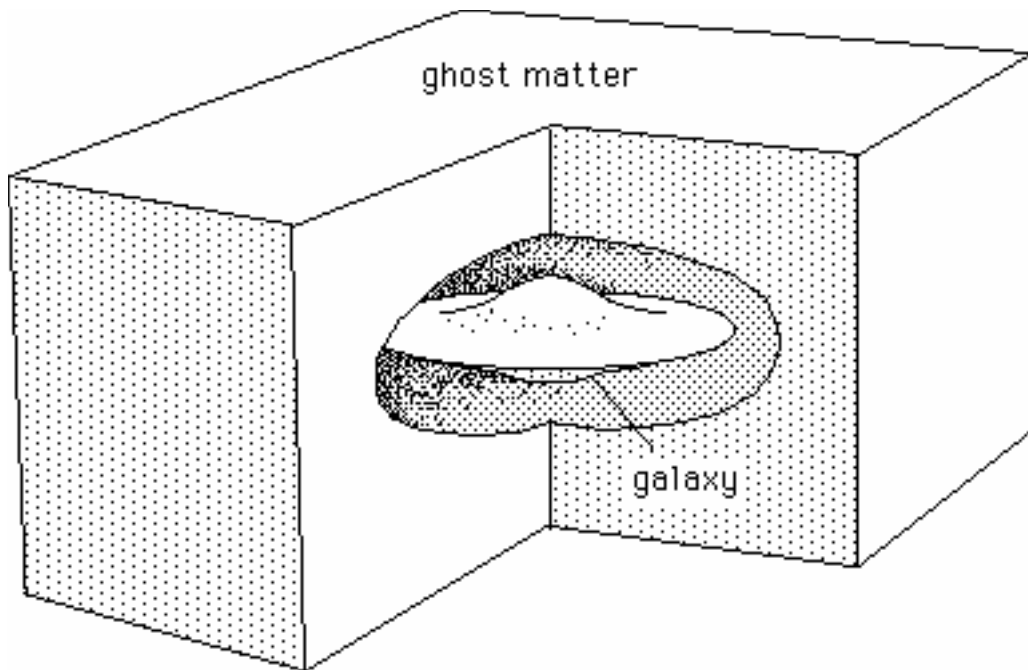
The water in a bathtub does not form a liquid bar. The bar structure is tied to another phenomenon, resonance, which has no equivalent in this analogy.

There is another theory : ours. But it would take too much room to present it in this document. See :

J.P. Petit & F. Landsheat : Matter ghost matter astrophysics 6 : Spiral structure. Geometrical Physics 9, April 1998.

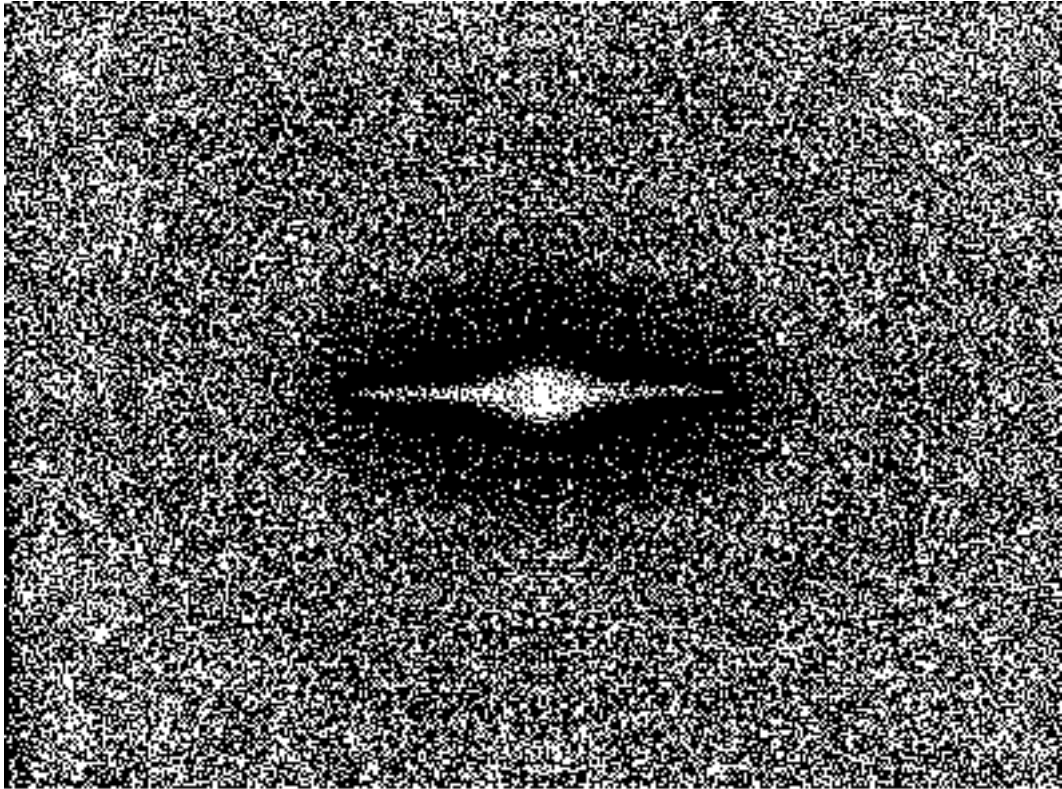
On the website.

Schematically : galaxies are supposed to be confined by some invisible ghost matter which cannot be detected optically. It would interact with ordinary matter only through gravitational force (matter and ghost matter repel each other) so that each galaxy nests in a sort of hole in the ghost matter distribution.

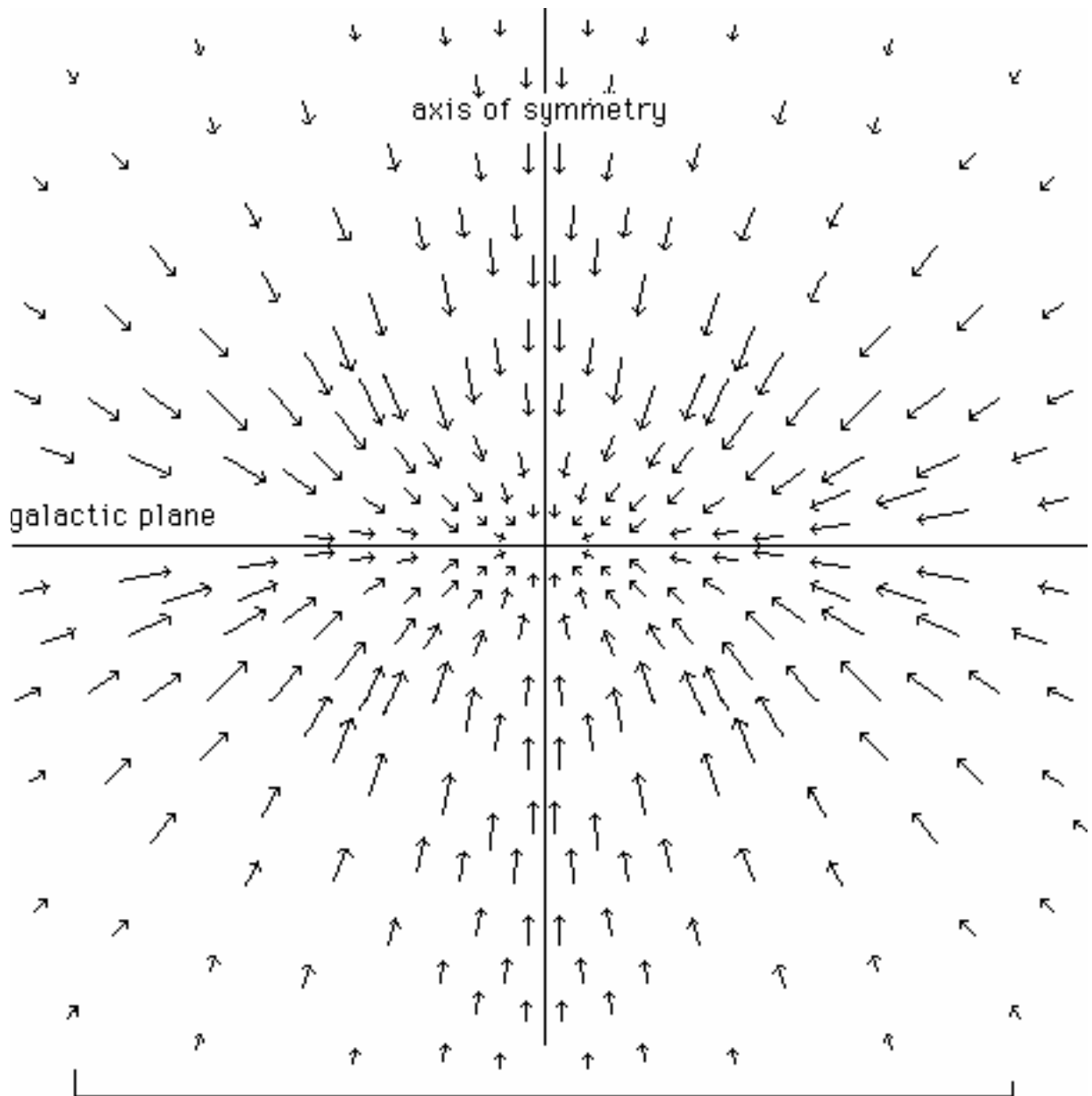


The following illustration is from :

J.P. Petit & Pierre Midy : Repulsive dark matter. Geometrical Physics A,6, April 1998.

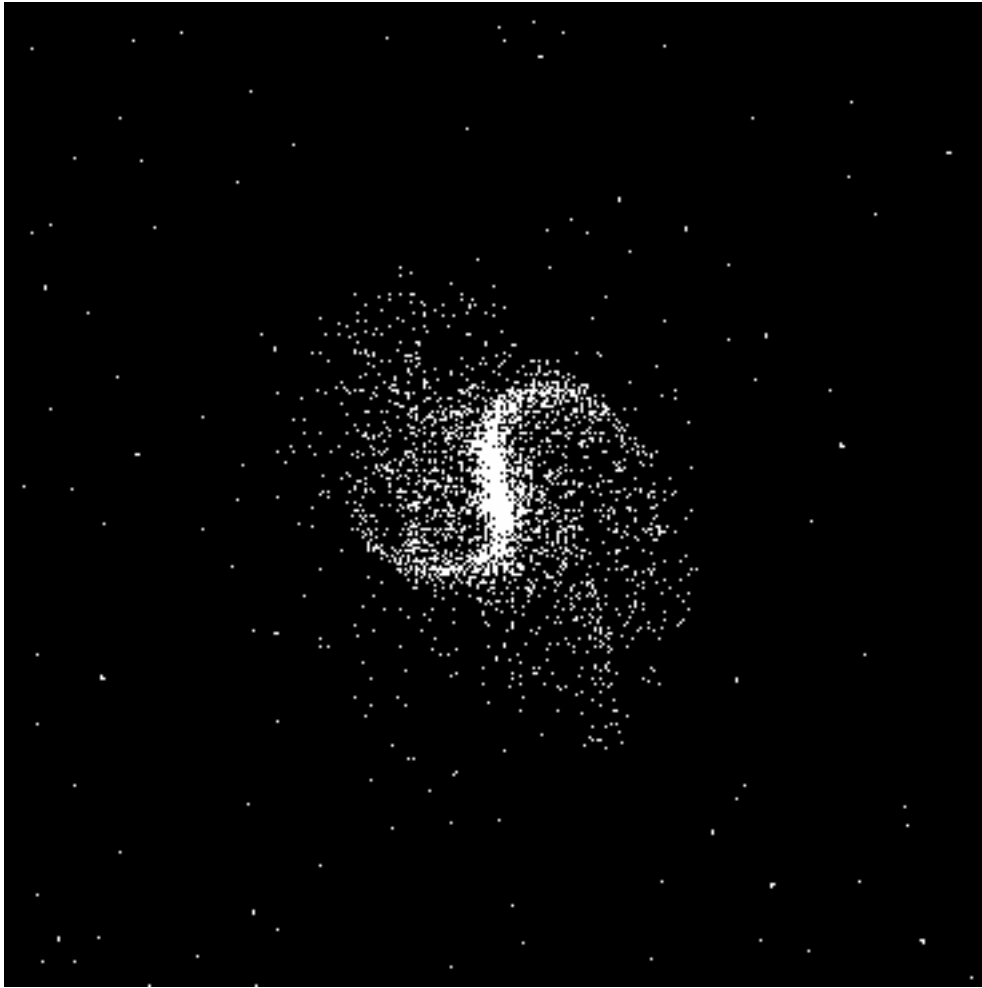


(See the Website). It is not an artist's impression but the result of a computer calculation. We can see the galaxy at the center. It is confined by an environment of repulsive ghost matter around it which prevents its explosion due to centrifugal force. If we ignore the presence of such surrounding ghost matter we get a "missing mass effect". The figure below shows the repulsive force field, due to ghost matter, acting on the galaxy.

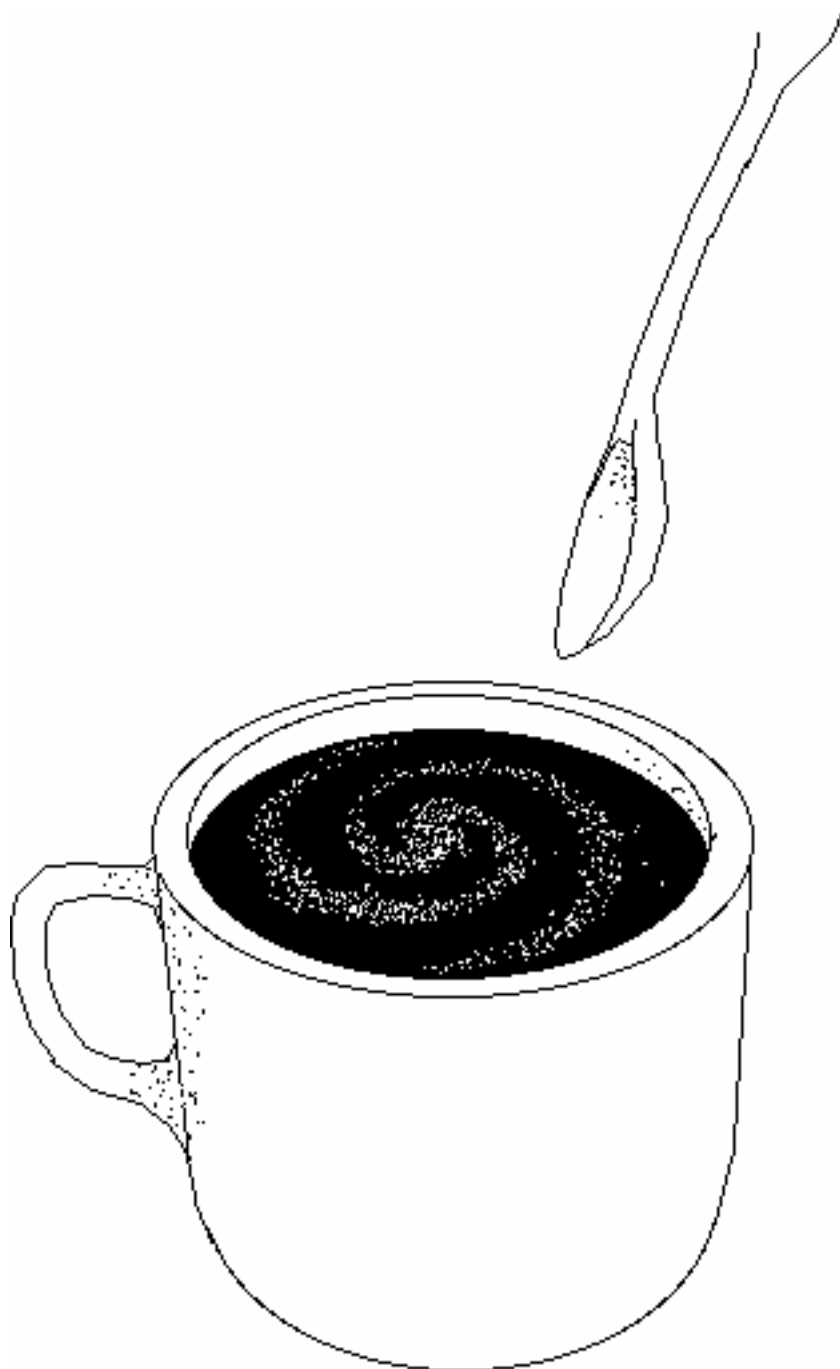


This is an alternative theory to the "classic dark matter theory".

In such conditions the spiral structure would correspond to some sort of dynamic friction between matter and ghost matter, plus tidal effects. The next figure, obtained by numerical simulation (see paper), shows a barred spiral.



A crude image showing the friction of coffee on the wall of a cup when stirred :



**Other hypotheses on the nature of invisible component
so called dark matter.**

We have entertained the most conventional hypotheses up to now, with the invisible component of the universe being made up of stars too faint to be detected, or of gas. Theoreticians have other candidates however. Some propose, for example, the existence of massive neutrinos. If they have mass, they can contribute to the gravitational field. On a cosmological scale massive neutrinos could completely revise our current value for the density of matter in the cosmos. They could also explain the phenomenon of missing mass in galaxies and galaxy clusters. The only problem is how to detect this mass.

Steven Hawking thinks that billions of primeval mini black holes could have formed in the early universe. This would be another candidate for invisible mass. But to date, no observation has confirmed his hypothesis.

Superstring theory furnishes another possibility, that of "shadow matter".

This theory has mobilized considerable energy on the part of researchers for the last ten or twenty years. At the moment ten articles a day are being published on the subject.

What is a "shadow particle"?

In the twenties theoreticians were captivated by the attempts to geometrize physics, which had begun with gravitation. At the time only two forces were known -- the gravitational and electromagnetic.

General Relativity handles only the first. This force field is reinterpreted as a geometrical form, as was discussed in the second part of the book. Mathematicians like Herman Weyl in the twenties tried vainly to construct a geometrical context capable of handling the two force fields together but failed. Until the end of his life Einstein himself hoped to create a "unified theory" integrating the two physical phenomena. It was shown later that this is impossible in a quadridimensional context, there is "not enough room" to hold both phenomena at the same time. The suitcase was too small, quadridimensional geometry not rich enough to geometrize mass and electric charge at the same time.

A Pole, Kaluza, then had the idea of adding a fifth dimension. The field equation is still written in the same way:

$$S = \chi T$$

Instead of "tensors" made up of sixteen parts (four lines and four columns -- four, because four dimensions), there were now twenty-five (five by five).

The tensor **T** is supposed to represent the energy content of the universe. The supplementary parts allow us to insert electromagnetic energy. With these conditions, all that remains necessary is the construction of the solution to such an equation, that is to find the equivalent form of the geometrical tensor **S**. Easier said than done. The theory also brings an additional disconcerting fact. It is possible to associate a characteristic length to this fifth dimension, the Planck length (see Appendix 3), that is 10^{-33} centimeters.

For decades the Kaluza theory remained a curiosity until theoreticians once again took up the idea and began to add piles of dimensions to the universe. They reached ... twenty-six!

Why such a profusion, such inflation? Well to try to describe elementary particles. They have numerous "symmetries" and to account for them it was necessary to increase the number of dimensions in order to obtain a geometry potentially richer in diverse and varied forms.

Certain considerations, which are too long and complicated to treat here, led to a general convergence around ten dimensions. There were now three spatial dimensions, one of time and six additional, "auxiliary" dimensions. Invariably, theory still bestowed on them the same characteristic length -- the Planck length.

Physicists love doing experiments. When they plan one, the first thing they do is to ask what energy should be applied. In quantum physics a particle is associated with a "wave packet". If n is the frequency of the "associated wave", the energy linked to the existence of this particle is $h n$, where h is Planck's constant.

The higher the frequency, the shorter the wavelength and the greater the energy associated with the wave packet. We have already given a didactic image for this -- the shaken rope.

The wavelength associated with phenomena bringing the supplementary dimensions into play was therefore the Planck length. It was easy then to calculate the associated energy:

$$E = hc/\lambda$$

where λ was the famous Planck length. So, you say, it's just a matter of building an accelerator capable of giving particles such energy. Yes, but unfortunately it would have to be the size of a galaxy. In effect the energy required is 10^{19} billion electron-volts. So far, only God has been able to supply such energy in a unique and, unfortunately, non-replicable experiment called the Big Bang. This inconvenience means that since the theory's birth there has been no point of contact between theoreticians and experimentalists. Nevertheless the former had steely confidence in their approach. Over time, according to them, this representation of the universe should supply a theory of everything. It would be able to integrate into a coherent whole the four known forces of nature --

- Gravitational force
- Electromagnetic force
- The strong interaction, responsible for the cohesion of nuclei
- The weak interaction, responsible for certain processes of disintegration.

No one knows if the theory will bear fruit in a reasonable time. Some think that it is a 21st century science which has landed by accident in the 20th, a little as if medieval man had suddenly found himself in possession of theoretical tools enabling him to describe controlled fusion.

We will not enter into the debate but the context postulates a fundamental object from which everything flows, in the form of a string. There are partisans of open strings, with two ends, and those of strings closed upon themselves.

A curve can oscillate in a plane in a great number of ways. The superstring people think that a particle is only a given mode of vibration of

the superstring. A ten-dimensional space allows a string inhabiting it to contort itself in many ways; theoreticians think that each mode corresponds to a particle.

We do not intend to launch ourselves into popularizing these complicated concepts so we will go no further. What interests us here are their implications for astrophysics and cosmology.

Certain superstring theoreticians think that their model can engender two types of matter -- the familiar type and a shadow matter. Among them we find John Schwarz, professor of theoretical physics at Caltech, Michael Green, of Queen Mary College in London (two of the theory's precursors) and the well known Nobel Prize winner Abdus Salam (for his work on the unification of the "weak force" and the electromagnetic force). They suggest that shadow matter would be utterly extraordinary. It could only interact with our matter through gravitational force and in no other way.

Here are the words of John Schwarz:

The other E_8 symmetry describes a new kind of matter, sometimes called shadow matter, that does not interact, or only interacts extremely weakly with the ordinary matter we are familiar with. If you wanted to construct some science fiction out of this, you could imagine all sorts of galaxies and planets made out of shadow matter that would be completely invisible to us because they would not interact with our kind of light.

So, the amusing possibility is that shadow matter associated with this second E_8 symmetry would be essentially invisible to us because it wouldn't interact with our kind of light.

Those of Michael Green:

One prediction that might come out of these theories is that there should be a whole new type of matter we would not be able to see directly, except for its gravitational effects on us, though particles of shadow matter might exert strong forces on each other.

And those of Abdus Salam:

From superstring theory, some sort of duplicate universe could exist, made of a double copy of matter, which would communicate with us only through gravitational force. Amazingly this invisible universe should determine the manner in which supersymmetry should be broken in our universe. Such a theory should shed light on the problem of what determines some of the mass differences in the visible universe.

There is a lot at stake because, as we can see, Abdus Salam thinks that this structure would be the key to our comprehension of the "spectrum of masses" of elementary particles.

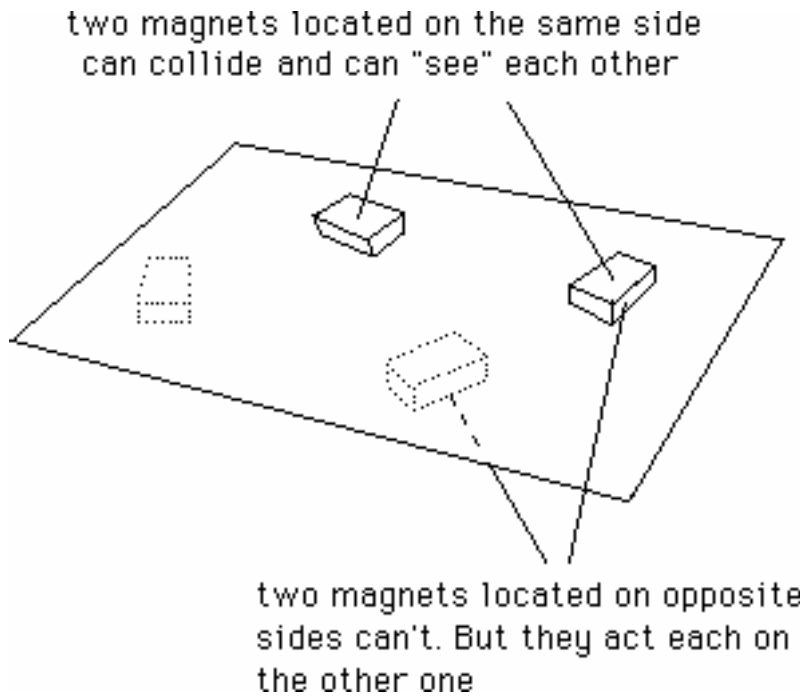
Particles of shadow matter could not combine with ours, nor exchange photons with them. In brief they would be "present but invisible", constituting a shadow universe overlapping our own, revealing its presence only through gravitation.

Imagine a dark room in which you suspend lights. Two types of lights, red and blue, for example. They would be in the same space, but you could not see them at the same time. We might imagine that the inhabitants of the "red" universe are equipped with filtered glasses, which would only allow them to discern this color and not blue light. Reverse situation for the inhabitant of the "blue" universe.

But the lights, moving around, might hit each other. Only ghosts can cross walls so how do we imagine such a situation? By taking away one of the spatial dimensions, transforming it into a plane.

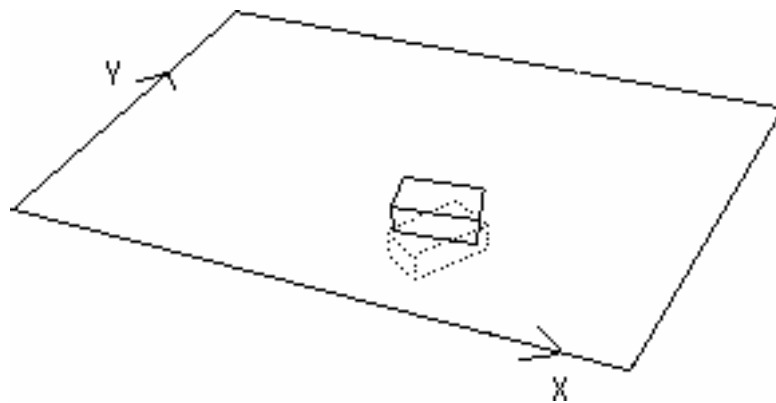
A plane has a front and a back. Normal particles, our own, make their way on one side and the shadow particles on the other. Thus they never meet one another. But gravitational force can act across this opaque plane.

It is easy to create situations where two types of objects can change, exercise forces on each other, but not meet. It suffices to imagine two groups of magnets moving on two sides of a plane:



***Two groups of magnets, situated
on either sides of a plane.***

Two magnets can then perfectly well cross each other yet be located at the same place in the plane, at coordinates (x, y) .

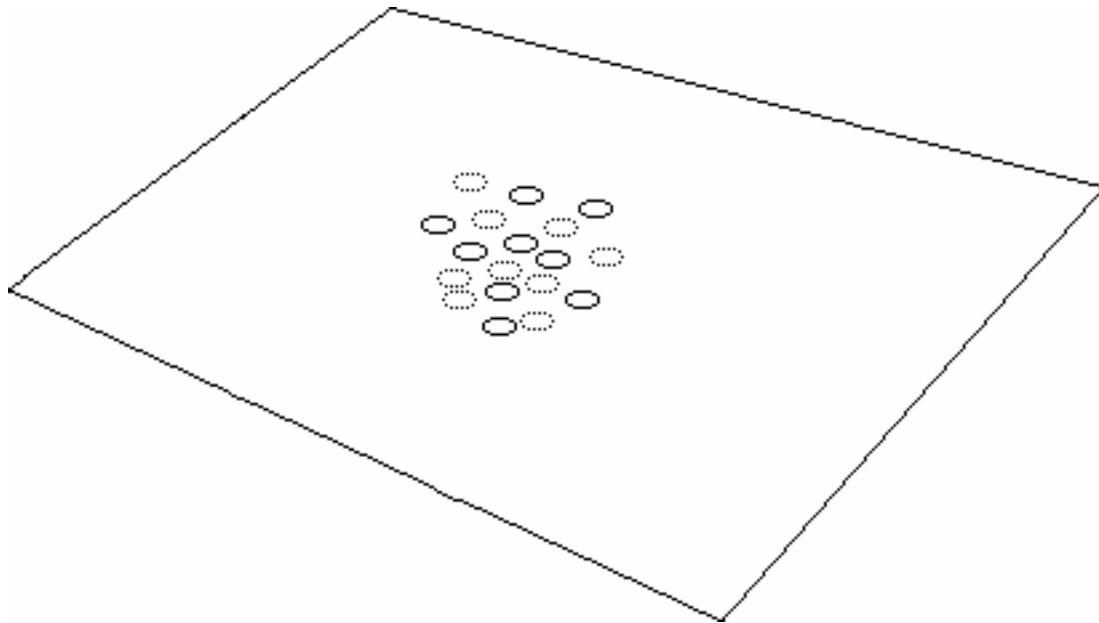


It is hard for us to imagine such a situation in three dimensions. Nevertheless Michael Green referred to this when saying that if a shadow

planet crossed ours, we would not perceive it, except for the resulting gravitational perturbation (high tides, he said). In 1985 the journal *Nature* published an article in which the authors proposed that the sun might co-exist with a "shadow sun".

This shadow matter could also play the role of a peculiar dark matter, but there would be no question of finding optical evidence for it. It would assure our galaxies' confinement and would contribute to the gravitational lens effect in the vicinity of galaxies and galaxy clusters, etc.

Remaining with the image of a plane, it is possible to show, schematically, what a galaxy and its adjacent shadow galaxy look like:

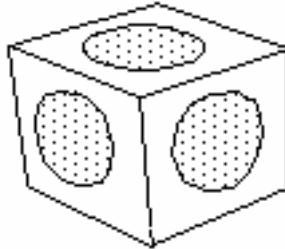


A galaxy and its "shadow galaxy".

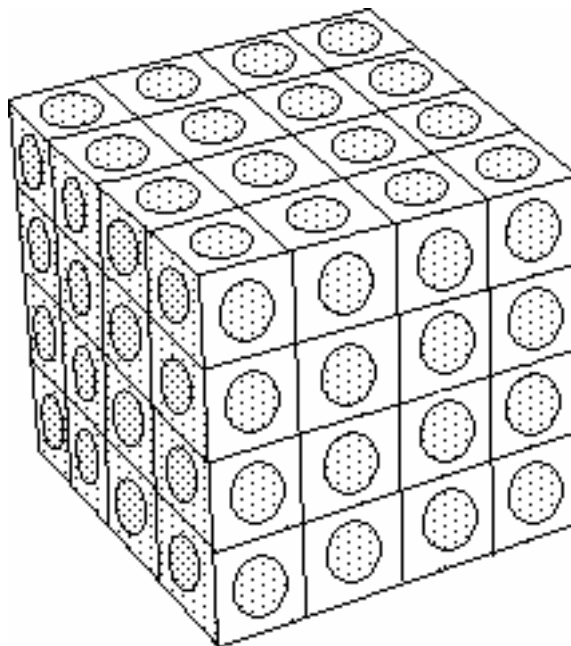
The black disks represent elements of matter and the gray disks shadow matter, located on the plane's other side.

As certain astrophysicists, tempted by the vision born of superstrings men elucubration's, suggest, it would not be a priori impossible that the galactic spiral structure, which we try currently to impute to interaction between the galaxy's visible portion and some hypothetical halo of invisible matter, might be due to its dynamic friction with ... a shadow galaxy!

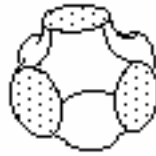
The above figure does not give the impression that the particles and ghost particles could exist in space so let us try a close 3d overlapping. Draw disks on the six faces of a cube and place adhesive on them.



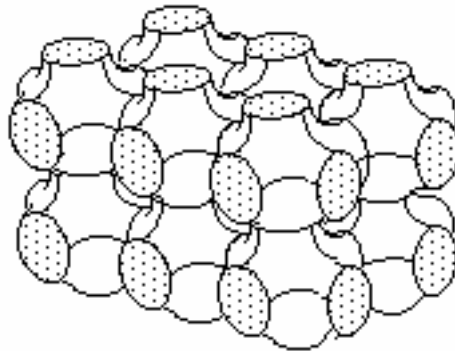
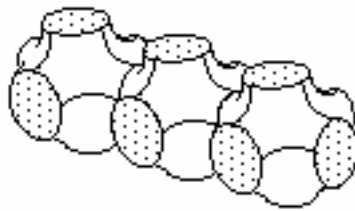
You can stick an infinity of cubes alongside these disks to "pave space".

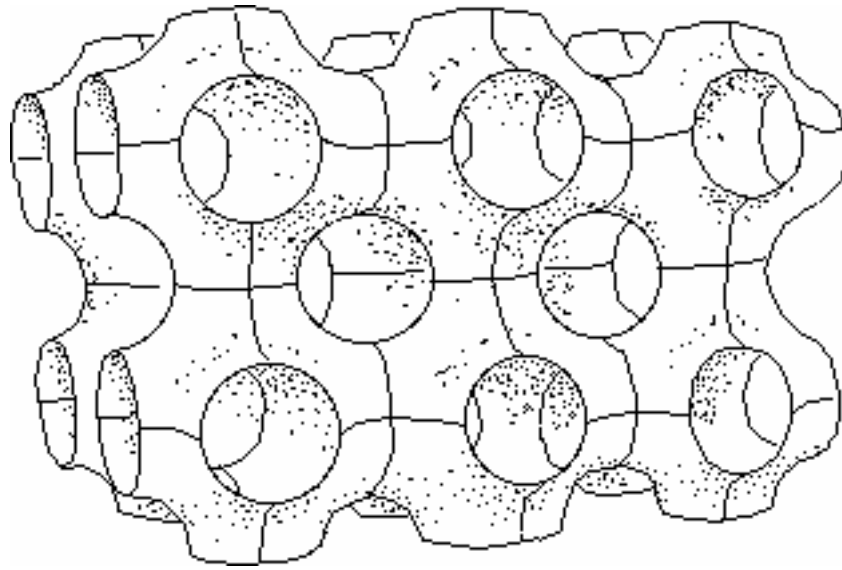


Before attaching these objects to one another, we can take out a bit of matter with a knife to sculpt them into the following form:

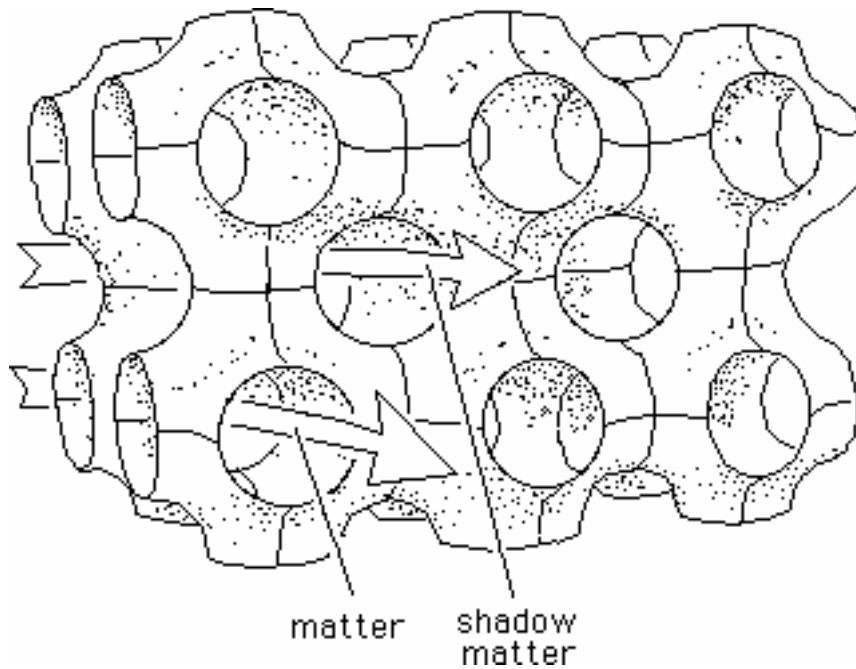


We can still attach the objects with the adhesive disks.



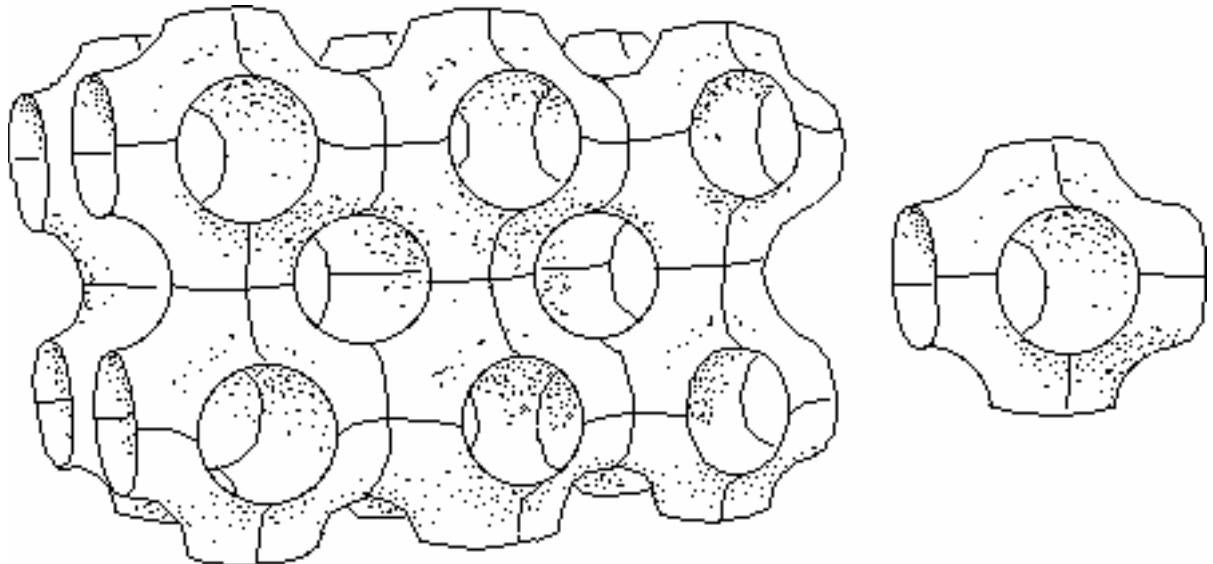


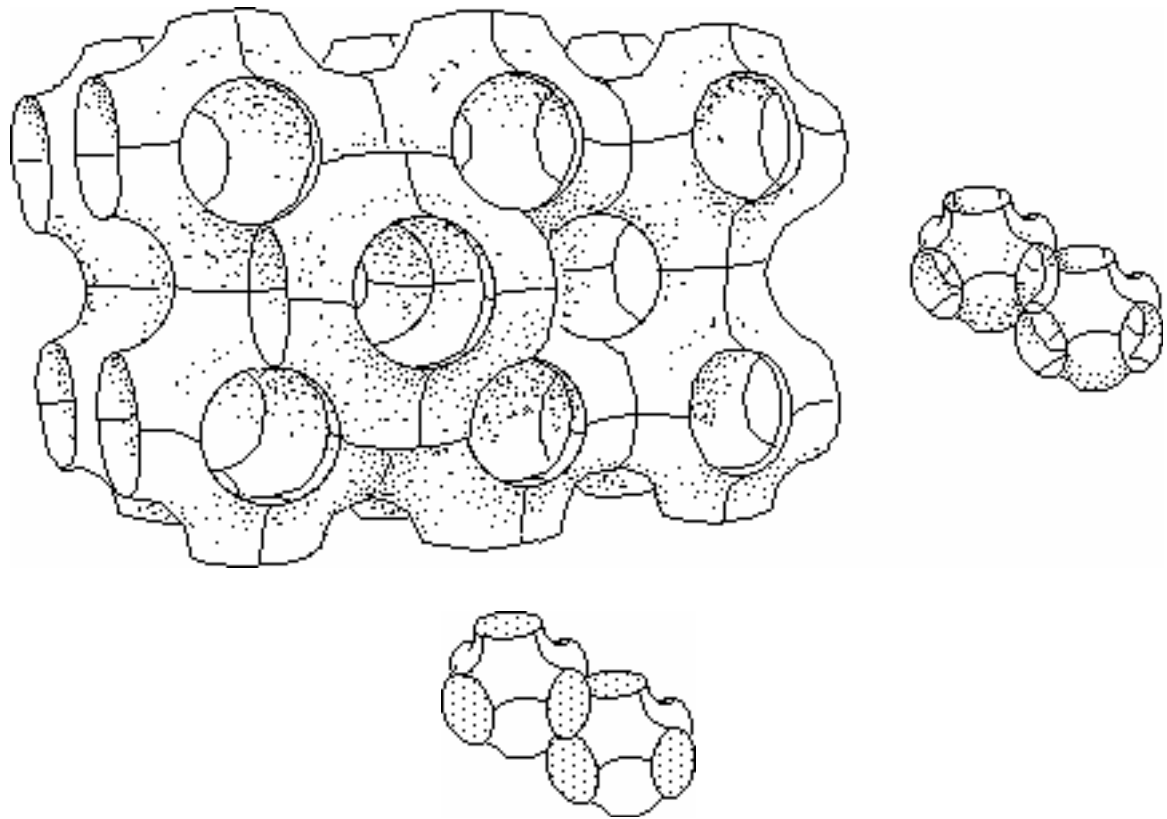
We obtain a "paving" of space with the same periodicity and the same symmetry as the original cubes but this time, with interstitial space.



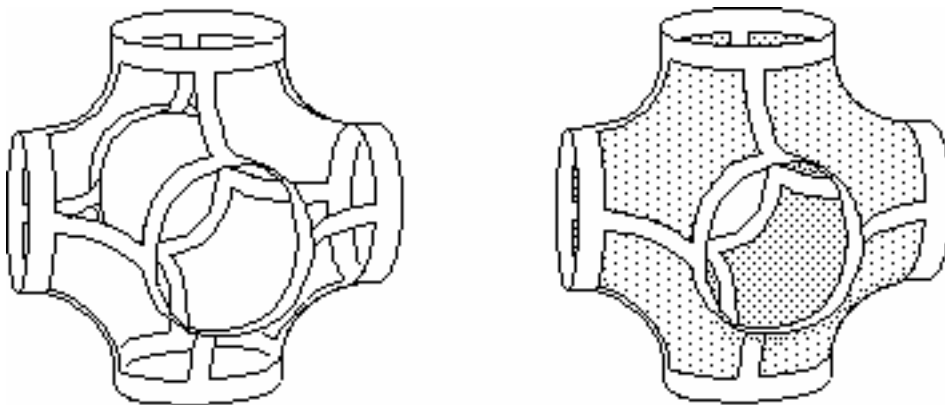
The surface divides space in two. In one space, ordinary matter can move about and in the other shadow matter, without ever meeting in the corridors.

To make it more interesting, let us consider as full what we have been treating until now as "empty". We obtain ... exactly the same thing. The space "inside the surface" has the same topology as its outside, through a simple spatial translation. Look at the following figure. You will see that the element borrowed from the surface's "outside" comes to depend exactly on the latter, the connecting disks leaning on the shoulders of the first structure.





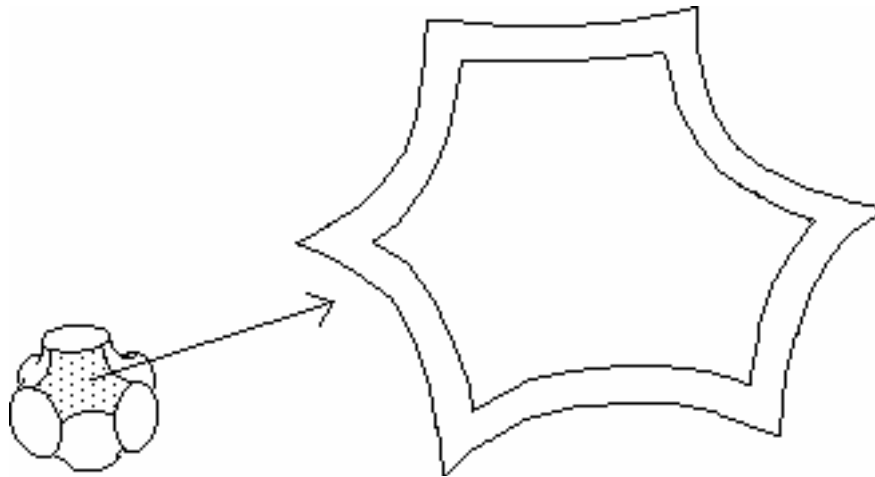
You can, if it amuses you, construct such objects and assemble this for yourself with paste-board strips.



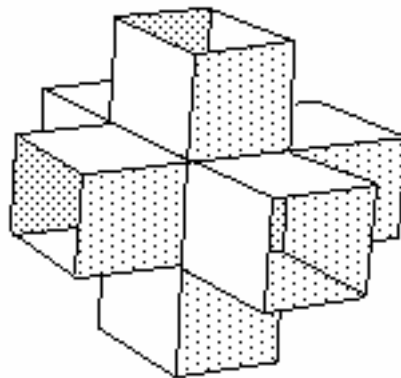
The elementary object which enables the construction of a boundary surface between a "universe" and its "shadow universe".

If you make n identical elements, you can attach them together at the circles.

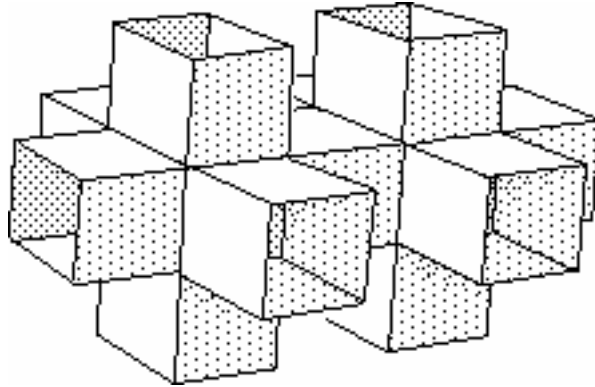
A remark in passing -- this strange, negatively curved surface is in fact produced with a single base element -- a flexible hexagon with six right angles. Here is one of them.



There is another way to make this dual partition of a tridimensional space simpler to construct. Just make this type of cruciform element:



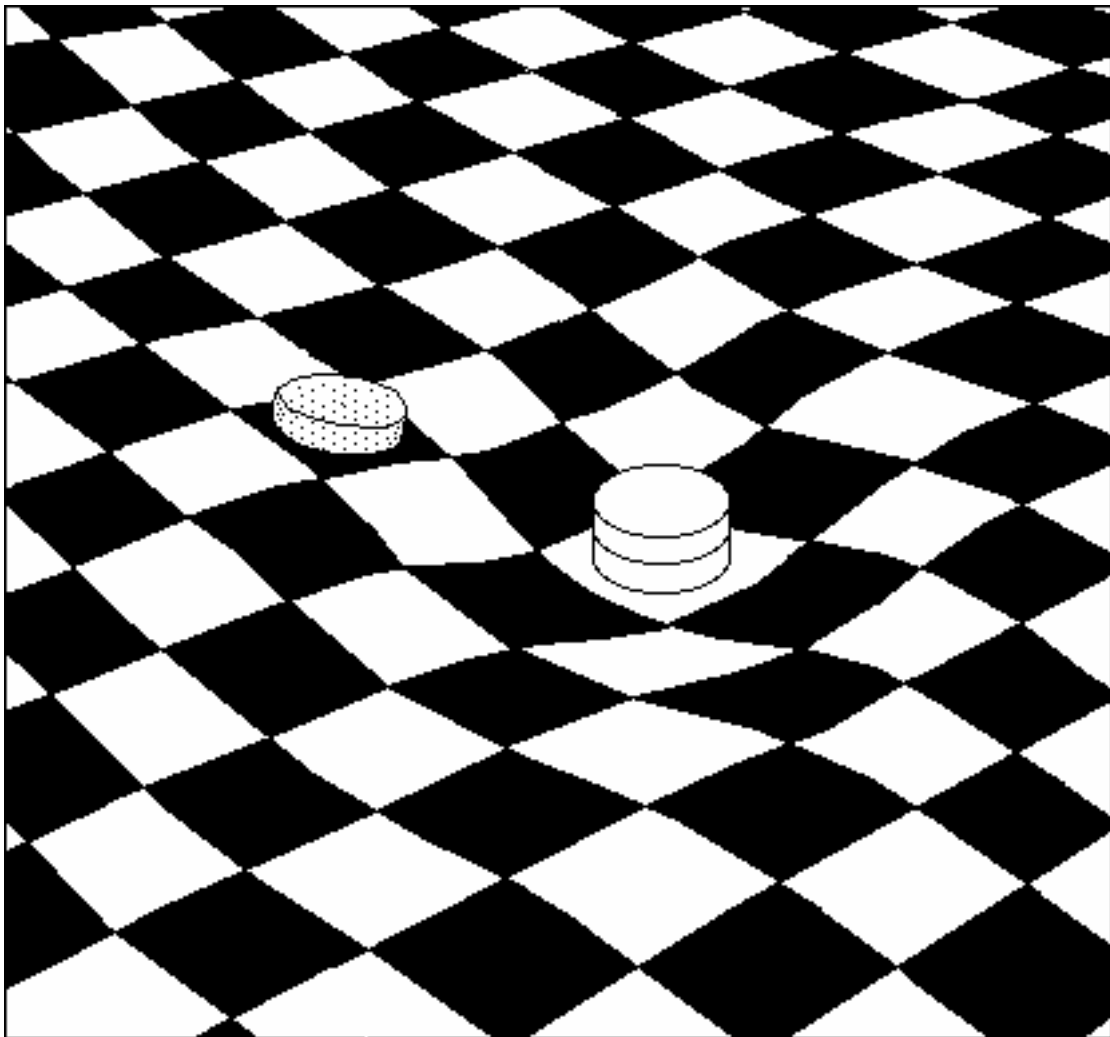
and assemble them, to infinity:



In this way We obtain a network of horizontal corridors, intersecting at right angles and prolonged by sorts of elevator cages. It is simple, but we leave to you to verify that the "complementary" space possesses the same "topology", the same form, though I agree that it takes a practiced spatial vision to find this obvious.

The simplest two-dimensional image of a didactic model in which matter and shadow-matter mix is checkers. You know that this game is played by moving pieces on the white squares. But why not use the unused black squares to play a second game, independent of the first? Just put a second set of pieces like this. The game board could then be used by two teams of players.

The two games would be in these circumstances totally independent. In the shadow matter model, we suppose that the first elements "communicate" with the second exclusively through the intermediary of gravitation. We could simulate this by imagining the game to be played on a "soft game board". When a piece is on a square, it would sink into the material and deform the surface. The second game's pieces would thus be "informed of its presence", without being able to interact with it, take it or be taken by it.

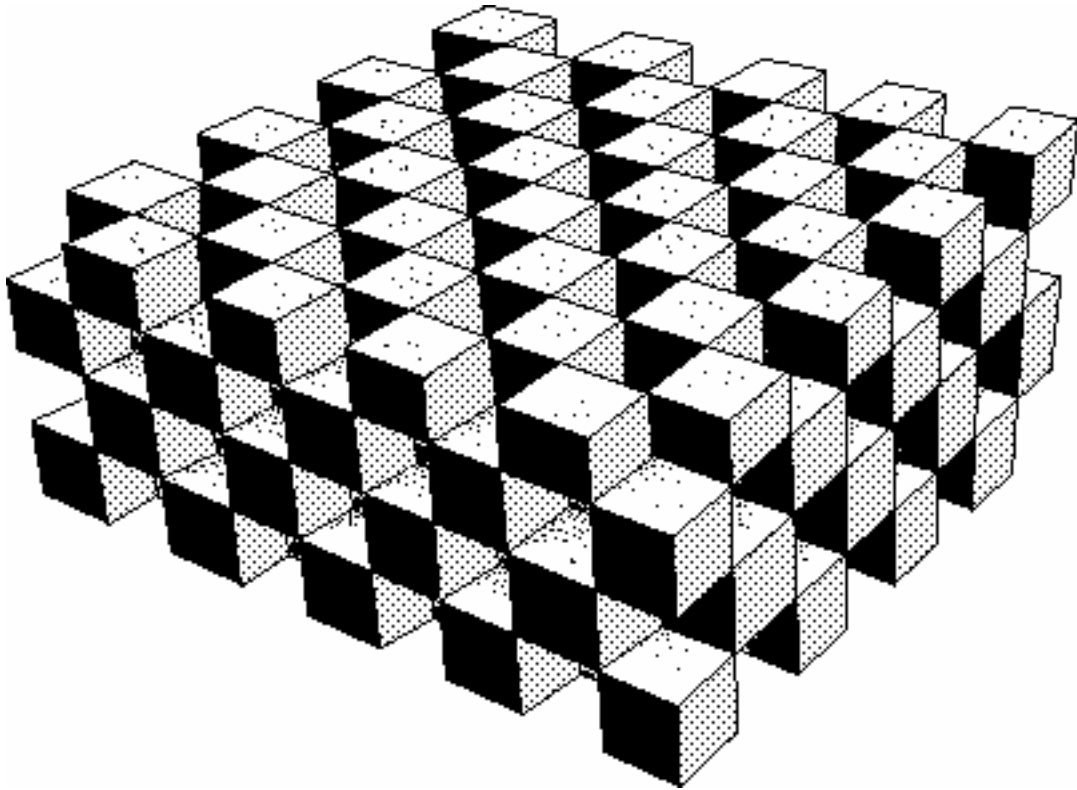


A double game of checkers on a soft game board. The gray piece, belonging to one of the games, is "informed" of the presence of a checker participating in the second game by the deformation of the material.

Games are often a good basis for reflection and a source of didactic models.

We note in passing that we can envisage a game of checkers in three dimensions. It suffices to take one cube out of two from a layer of cubes and pile them up on those remaining, making a translation each time. The

"full" cubes become the "black squares" and the empty cubes the "white squares".



The "game of checkers in three dimensions".

Oh God, why have you forsaken me ?

Superstringers are inquiring into the fundamental object making up the universe, the key to the theory of everything. They think they have constructed the symmetry properties this unknown object should possess (according to different variants), properties founded on group theory. The group $E_8 \times E_8$ is one of the variants. The groups "secrete geometry". The Galilean group, which translates all the properties of our space-time (spatial translations, rotations, plus temporal translations), in their most naive view (Euclidean, with absolute time), secretes a Euclidean space-time.

The Lorentz group secretes Minkowski space-time, that of Special Relativity.

The superstringers are researching into the geometry of a decadalimensional space respecting the special symmetry properties which all elementary particles, known and unknown, obey.

Let us suppose that I have six quantities:

$$x, y, z, \alpha, \beta, \gamma.$$

I decide, for example, that I can add to or subtract from the first three a whole number of times a quantity a , and that I can add to or subtract from the following three $\pi/2$ a whole number of times. This constitutes a group. Its neutral elements consist of adding or subtracting a nil quantity. An object exists which satisfies these relations -- the cube. The space flowing from this group structure is a three dimensional one, paved with cubes. A sort of crystal.

Crystallography is based entirely on group theory. When we have the group, we have the way in which the crystal is built.

We might say that superstringers think they already own the good groups and are now looking now for the corresponding crystal. A ten dimensional crystal. They have the groups, but not the object. They have the keystone, but not the edifice built around it.

All this gives rise to truly surrealistic exchanges in colloquia, like one which recently took place in Aspen, Colorado. The journal Scientific American, in its January 1996 issue, ran an article entitled "Explaining everything", by Madhusree Mukerjee, staff writer. [...]

Seeking this magical object supposed to organize the ten-dimensional universe, some people speak about "studded spheres", hedgehogs bristling with vectors, or "hairy caterpillars", membranes with five dimensions (Duff, of London's Imperial College), capable of rolling onto themselves "like the skin of a sausage".

Schwarz, of Caltech (one of the pioneers of the theory), adds, "I should have been a truck driver!"

Others speak of "black holes with zero mass".

Jeffrey A. Harvey, of the University of Chicago, cried out:

"Does that mean that your black holes have zero mass? Do they move at the speed of light?"

"No, they have nothing, no momentum", replied Gary T. Horowitz of the University of California at Santa Barbara.

"Oh, baloney!" said Leonard Susskind of Stanford.

They have no energy, no momentum -- there's nothing there?" protested Harvey.

Strominger: "Somewhere in the universe portions of space might exist in the shape of little drops, which would turn black holes into strings if they entered them, and vice-versa. In our environment these little drops could seem to navigate in virtual universes, which would exist for an infinitesimal period of time, since they would immediately disappear, before they could be observed.

Susskind: "I personally think it's a load of crap".

In 1986 someone asked a researcher to sum up the "Theory of Everything" in seven words, and he answered:

- Oh, Lord, why have you forsaken me?

All this is interesting, and it's not over, as we can see. Never in the history of physics has a body of theory given rise to such convulsions as now, when ten articles are being published on the subject every day. And we cannot say whether the mountain will give birth to a mouse or the mouse to a mountain.

Lost, half the universe.

We said at the beginning that in its youth the universe was, in Steven Weinberg's words, "filled with diverse radiation". Matter and antimatter co-existed, in equal parts. The universe was then a thousandth of a second old with a temperature of three hundred billion degrees. The universe was an undifferentiated mix of photons (there are no anti-photons; it is its own anti-particle). All these particles had the same energy; all the components of this mixture had the same temperature (thermodynamic equilibrium).

When a particle meets an anti-particle, annihilation occurs with photon emission. This is not a problem because, during this period, photons have sufficient energy to produce the inverse reaction when they met, giving a particle-antiparticle pair.

With the passage of time, however, photons lose energy. At the end of a hundredth of a second, the temperature having fallen to (only) a hundred billion degrees, photons are no longer capable of producing pairs of hadrons (protons, anti-protons, neutrons, anti-neutrons). A frenetic depopulation occurs, a veritable hecatomb. But electron anti-electron pairs continue to be synthesized at the same rhythm. Less heavy (1850 times less than protons and neutrons), they can be synthesized from less energetic photons. As a general rule the energy of photons capable of creating particle anti-particle pairs of mass m should correspond to:

$$h \nu = mc^2.$$

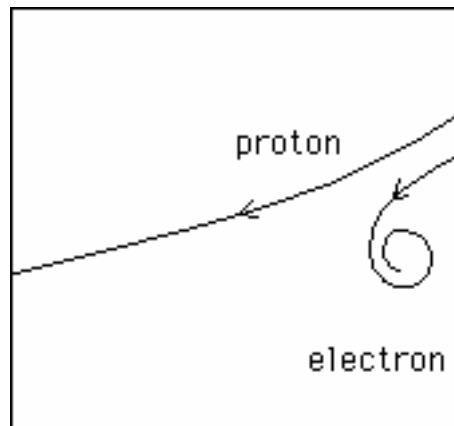
At the end of thirteen seconds the temperature falls below three billion degrees Kelvin. Photons no longer succeed in compensating losses. The hecatomb begins to strike electrons as well.

So?

Normally, everything should have eventually disappeared. Inexplicably, one out of a billion particles carrying mass subsisted. Moreover, as much antimatter should have subsisted as matter. Now, as we said above, we have not seen any of this primordial antimatter. And what is antimatter actually?

As we mentioned above, its existence was initially predicted by the Englishman Dirac. Fairly quickly afterwards the first antimatter particles were identified in cosmic rays.

Electrically charged particles crossing a magnetic field turn perpendicularly to its direction. Their direction of gyration depends on the charge. Their radius of gyration (Larmor radius) depends on their mass. On a photographic plate the trajectories of a proton and electron are easily discernible. The electron is lighter -- its gyration radius is smaller.



One day a bizarre electron was found on a plate which turned in the same direction as protons. It had therefore a positive charge and it was considered to be a positron, the anti-electron whose existence Dirac had predicted. Later these objects were also observed in laboratory experiments. Today we synthesize anti-particles on a daily basis in particle accelerators, used as "colliders".

By the way, did you know that it takes hours of electricity input to endow charged particles with sufficient energy? They are accelerated by a variable magnetic field, just like the stomach's peristaltic movements pushing alimentary matter. For turn after turn they "surf" on magnetic waves, until they attain sufficient speed.

What is antimatter's mass? Is its mass positive or negative?

We should really say "what is its geometric representation"?

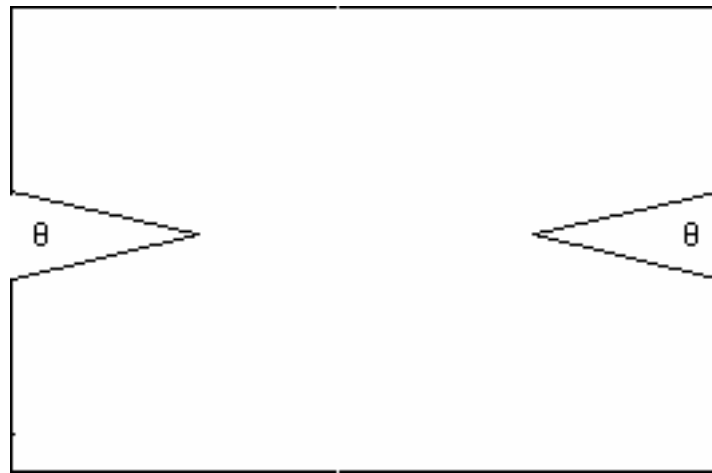
We have said that the universe is a four dimensional hypersurface. This concept makes sense only if we can plunge this 4d hypersurface into a five-dimensional universe.

We can only represent two dimensional surfaces as we have done up to now. Their dimensions will continue to be spatial. We will "abstract from time".

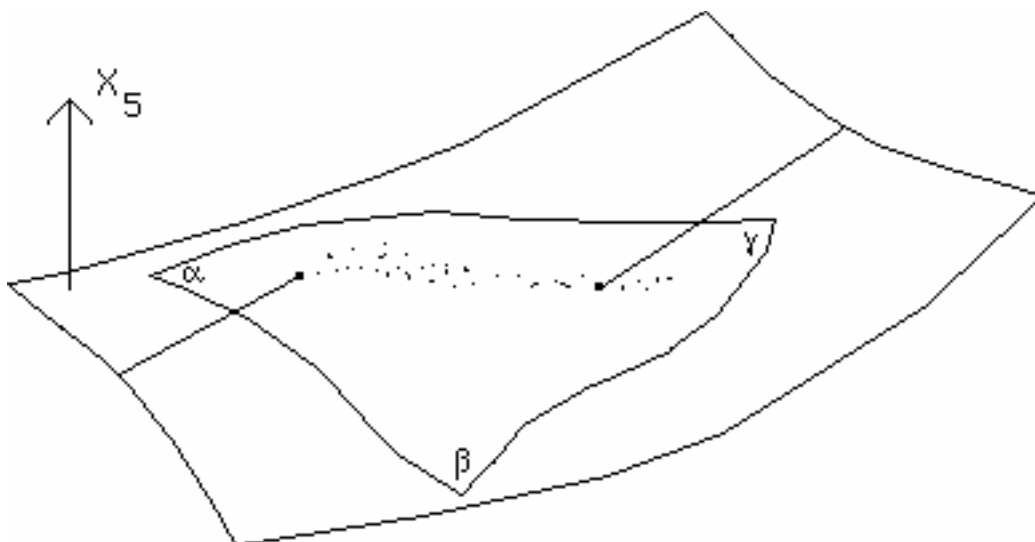
Kaluza, as we said, also introduced a fifth dimension. Let us call it x_5 . We can make a drawing in which a hypersurface is completed by a supplementary dimension perpendicular to it. This fifth dimension would be reckoned as normal to the surface. Now, among the properties of the Kaluza model there is one particularly interesting one. When we change x_5

into $-x_5$ matter becomes antimatter. This fifth dimension is in fact a "way of observing space-time". Abbé Lemaitre, a great Belgian cosmologist, one of the conceivers of the Big Bang, often said that antimatter was matter "seen upside down".

There is therefore a way to represent the mini-curvature represented by particles of matter and antimatter. They are two "mini-cones" pointing in different directions. We can give this concrete form by taking a piece of paper and making two cuts in it :



We then obtain this :



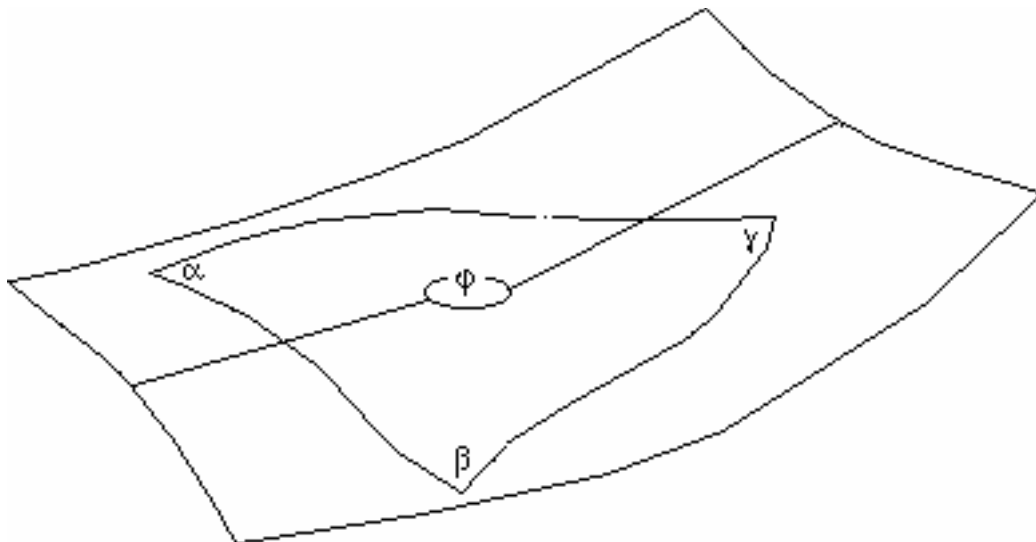
The perpendicular to this surface is the Kaluza fifth dimension. When we reverse it, we are looking at the surface "from the other side". What was on the crest goes onto the trough and vice-versa.

We draw a triangle made up of three geodesics. The sum of the angles of the triangle will be equal to :

$$\alpha + \beta + \gamma = \pi + \theta + \theta.$$

The two mini-cones give equal positive contributions. The direction in which they "point" matters little. Matter and antimatter are like this. They have positive masses, they curve space positively. Antimatter attracts antimatter, just as matter and antimatter mutually attract one another. Their "associated geometry" is simply different. Both contribute in the same way to the gravitational field. It has been shown that anti-particles fall in the Earth's gravity field. So far, apparently, no one has yet been able to show by experiment that anti-particles attract particles gravitationally.

Let us now have the two cone tips slide towards each other. We obtain this strange figure :



These two "matter and antimatter particles" annihilate one another. But the result of the operation is not a region of nil curvature. The sum of the

angles of the triangle is always greater than 180° . This "object" is a passably non-conventional way of representing a "photon" (a fundamentally four-dimensional object). It illustrates the fact that the photon is the "source of the gravitational field". It creates a positive mini-curvature.

In fact, everything that is energy creates positive curvature in space. Matter and photons are only different forms of the same entity, energy.

In the tensor energy becomes a "density of energy-matter", ρ , which is numbered in kilos per cubic meter. This term is a sum:

$$\rho = \rho_m + \rho_r.$$

The first represents energy density under the form of matter and the second energy density under the form of radiation.

Currently:

$$\rho_m \gg \rho_r$$

but, previously, at $t = 500,000$ years it was the reverse. It is the expansion of the universe which "devalues" this form of energy as radiation, to the profit of energy in the form of matter.

How do we determine the density of matter in the form of radiation? Simple. You give the photons a "gravific mass" m_ϕ , following:

$$m_\phi c^2 = h \nu$$

and multiply by the number of photons having this frequency.

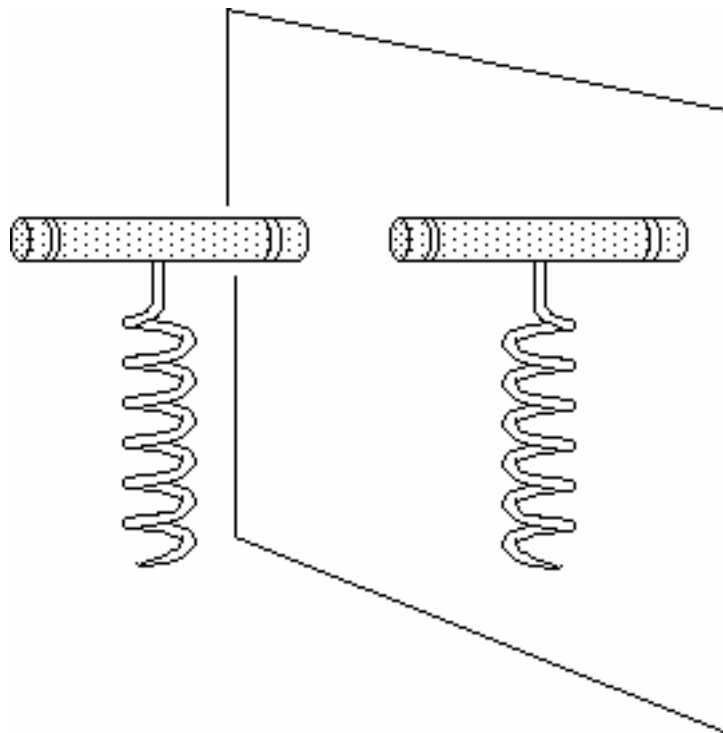
You will ask, what in the world is this mass? Isn't the photon supposed to have nil mass? Yes, but only its inertial mass is nil. Its "gravific mass" is not.

For energy in the form of matter these two masses are identical, which constitutes the *principle of equivalence*.

The transformation of a particle into an anti-particle corresponds to a certain symmetry C, which is called "charge conjugation". Geometrically we can say that, in Kaluza's description, this changes x_5 into $-x_5$.

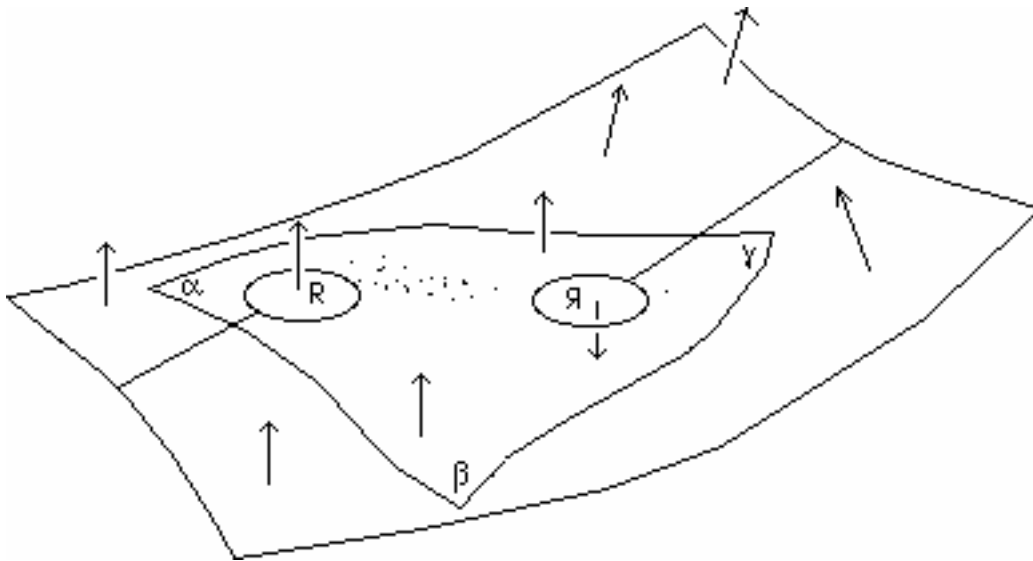
Richard Feynman later produced a different description of antimatter. According to him, an anti-electron could be considered as an ordinary electron but navigating in reverse time and possessing an opposite spin. That is to say it was "in a mirror" with respect to the ordinary electron whose image it became.

This mirror symmetry is called enantiomorphism. Your right and left hands are enantiomorphs. The image of a corkscrew in a mirror is enantiomorphic with respect to a corkscrew-object :

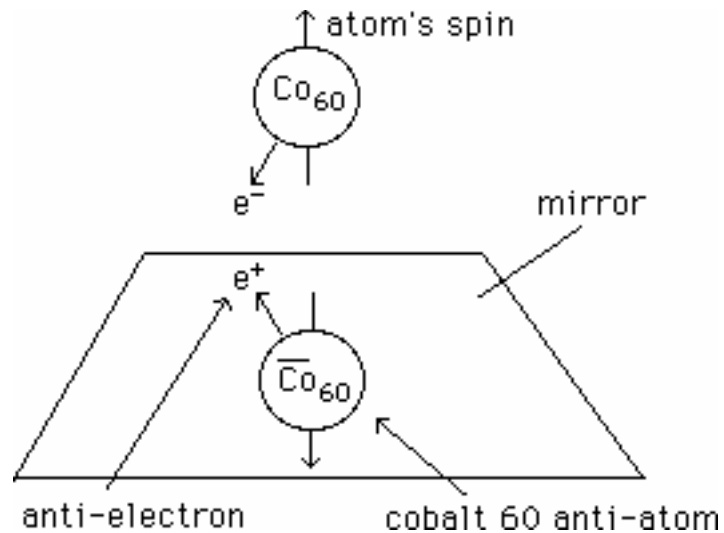


We also call this symmetry P-symmetry. P stands for "parity".

If we follow Feynman's idea, we can imagine that antimatter is a piece of space-time where objects are placed in a mirror and the arrow of time is opposite. We have represented this arrow of time in the following drawing. A "normal" particle represented by the letter R and the enantiomorphic particle by the Russian letter Я (ia), its mirror image :



We know that our universe is not totally symmetrical, called the "violation of the parity principle". The idea was originally launched in the fifties by two Chinese, Tsung Dao Lee and Chen Ning Yang. Later another Chinese researcher, living in the United States, Chien-Sung Wu, performed the first experiment demonstrating this phenomenon while studying the radioactive disintegration of Cobalt 60. Wu showed that electrons "preferred" to emerge from the atom in a direction opposite to its spin :



The first anti-atoms have recently been created, an extremely important event. It is therefore not inconceivable that we will one day create an anti-atom of Cobalt 60. Instead of emitting an electron, it would then emit an anti-electron, a positron and we would observe a phenomenon of inverse parity violation.

In 1967, this asymmetry of the universe induced Andrei Sakharov to imagine that there might not be just one, single universe, but two, born at the same time and living separate lives, with opposite arrows of time. They would also be enantiomorphs. What is right in one would be left in the other.

For the moment this theory is the only one justifying the noted absence of cosmological antimatter. According to Sakharov it would simply have absconded to a twin universe of our own. More precisely, in one of the panels the synthesis of antimatter from quarks would have been more rapid than that of matter, due to the dissymmetry noted above. In the other panel, where antimatter is composed of anti-quarks, it would be the reverse situation.

At the moment of frenetic annihilation in the two panels, this dissymmetry would create a slight excess of matter in one panel and an equivalent excess of antimatter in the other.

Sakharov had even envisaged in his writings that matter could pass from one of these "panels" to the other.

At the millennium's end, decidedly, ideas are bubbling away merrily.

A bit about my recent personal work.

I am writing these lines in June 1998. They are based on the text of a book that I wrote three years ago which my friend Sidney Keith translated into English. At the time we hoped to find an American publisher. Sidney did look around and follow leads but in the end we found no-one (it's true that Sidney is a Buddhist). The manuscript found its way onto a shelf and remained there for years.

It was while creating this site that I had the idea, with Sidney's agreement, of publishing it on Internet. However I first had to rework the text, which I tried to do in France. The text, therefore, might lack a little homogeneity

We wish this manuscript to be freely available in any language. Any readers interested by the book and who are capable of translating it into their own language (Swedish, Hungarian, Yiddish...) for the benefit of their non English speaking compatriots is free to do so and free to publish it on their own website. It would also be possible to add a link to this site to signal the existence of the translation on theirs.

As the writer I will address a legally valid letter of authorization to do so to any person who undertakes such a translation. However it may not be used to obtain any financial profit, that is to say through publication or sale. They may only give free access to it on their site, as we do.

This idea seemed an interesting one to me because a free product, available to all, is a product that :

- Beats all competition
- Can be a rival to products from even the most powerful multinationals
- Doesn't bring any salary costs or stock and stock control problems. No management or fiscal problems either and with extremely low operating costs.
- Can be circulated throughout the planet without any advertising budget.
- Is available 24 hours a day, 7 days a week.

- Can be modified, brought up to date and adapted to client demand at any time.

In short, a product with every quality. Its only disadvantage is that it does not make any money. But in life, nothing's perfect.

In reworking the text I had to first take my own research and discoveries into account (which the reader can find in the Geometrical Physics A and Geometrical Physics B sub-sections). If I had wanted to do so completely I would have had to completely dismantle Sidney's translation or write another book and ask him to translate it afterwards. I therefore did what I could to re-use the work already done and translated to which I've added original material. I could also have gone into greater detail on the work that Pierre Midy, Frederic Landsheat and I have done on astrophysics and cosmology but that would require many more pages and here I have to pay a translator to ensure that those added to Sidney's book are of sufficient quality. If I translated them myself it wouldn't be good enough and as a whole, it would lack homogeneity. The reader is therefore invited to refer to the introduction to Geometrical Physics A for everything concerning our own work in astrophysics and cosmology.

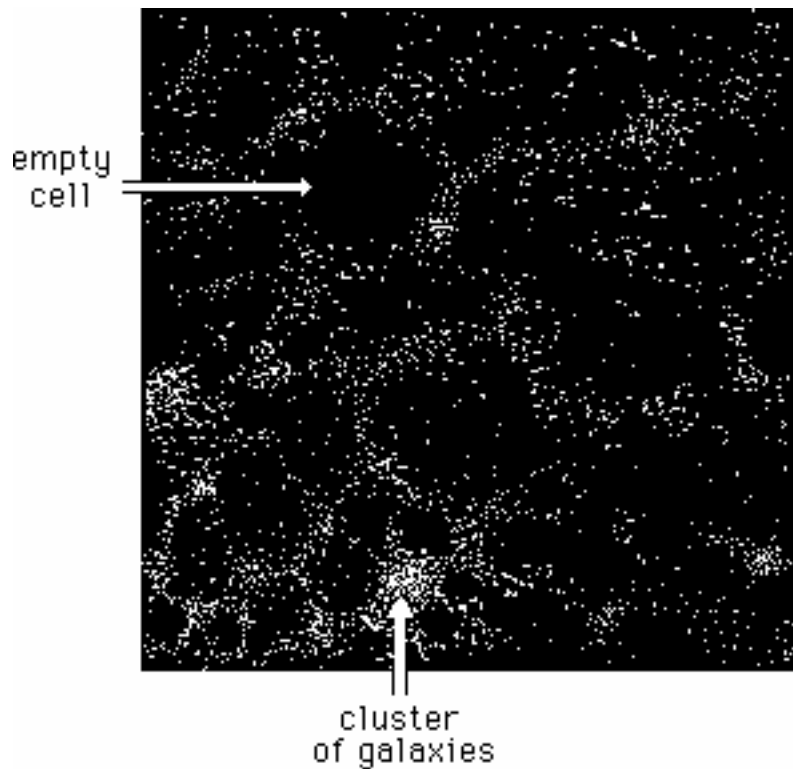
A few words about the model. Instead of a single field equation (Einstein equation) let us consider a set of two coupled equations (which implies two interacting twin universes). Everything can be justified on mathematical grounds. Matter attracts matter through Newton's law. We call the second matter, which belongs to the second universe : "ghost matter".

Two "ghost particles" attract each other, through Newton's law. But a "normal" particle and a ghost matter particle repel each other through an "anti-Newton's law" (the force is proportional to the inverse of the square of the distance between the two). All that comes from the mathematical structure of the system, but it can only be understood by a specialist in differential geometry.

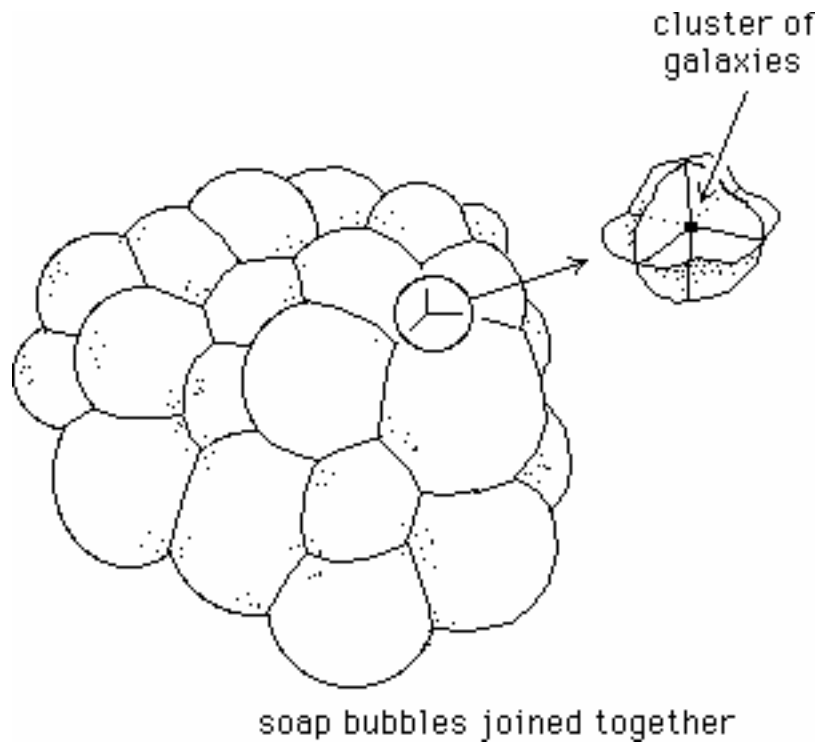
But we get many interesting results.

For a long time now astronomers have been puzzled by the appearance of the VLS, the "Very Large Structure" of the universe. We knew that galaxies tend to assemble in clusters of hundreds or thousands of

individuals, such as the Virgo and Coma clusters. It was thought that these clusters would belong to wider structures which they called "superclusters". But after patient observation the results turned out to be fairly different. Matter (galaxies) was found to be organized around large empty bubbles (100 light years wide on average).

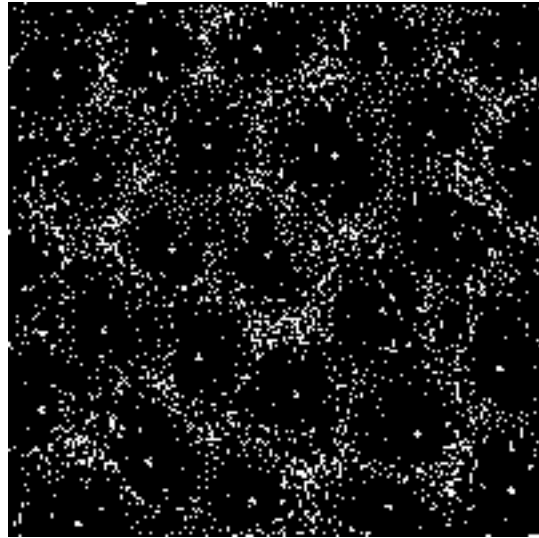


It looks like soap bubbles joined together :



According to this new large size design, clusters of galaxies were the "knots" of such a distribution, the points at which several bubbles joined.

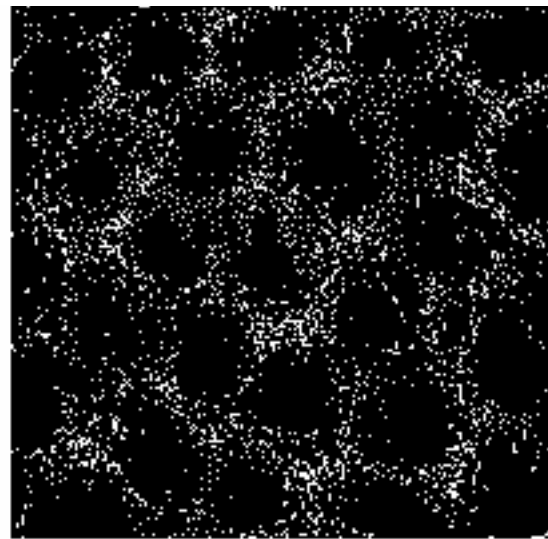
In 1994, using our model, Frédéric Landsheer undertook a numerical 2d simulation on a big system and showed that, in the early universes, the two populations tend to separate. The ghost matter forms big clumps and repels the ordinary matter, ours, into the remaining space :



On this figure the reader can see clumps of ghost matter, situated at the center of each "cell". On the next figure: left, the ghost matter's clumps, right, the galaxies' distribution over space. We rediscover the cells, shown up by observation.



ghost matter clumps



"galaxies", in the
remnant place

Many attempts were made previously using numerical simulations with a single population. But the resulting systems were not stable in time.

However Landsheat obtained remarkably stable structures in time. The explanation : the clumps stabilize the cells and the cells confine the clumps at their geometric center. Between the two : some "no-matter's land".

We considered that to be an interesting result.

A complete description of these recent results would require a whole book. It concerns a new description of the universe, as was evoked in preceding sections.

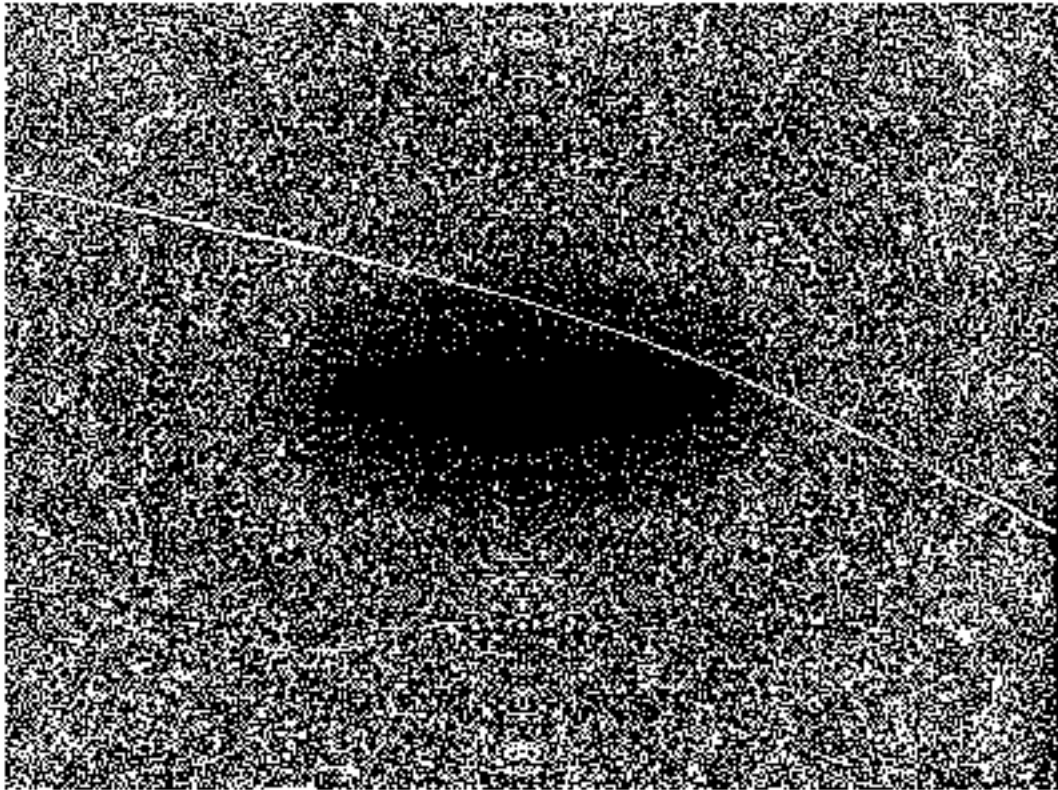
The birth of the early galaxies is another interesting aspect of research. We know that galaxies are very ancient objects but we don't know how they formed. Our numerical simulations give a relatively fast formation rate for ghost matter clumps. These then repel ordinary matter which then tends to form this "soap bubble joined together" system. Matter is compressed into a flat structure during the process, thus allowing fast radiant cooling. We believe that this could be the phenomenon triggering the formation of galaxies. They first take the form of flat structures and knots. Matter immediately invades the interstitial space between them and tends to confine the young galaxies because of repulsive forces. This view of galaxies nested in a distribution of ghost matter distribution was presented in a preceding section, as was the spiral structure created by the friction of the galaxy on its invisible environment.

We think that this phenomenon, confinement due to the surrounding repulsive ghost matter, explains the "missing mass effect".

Ghost matter may be considered as a sort of dark matter, except that instead of being located within galaxies, it lies outside.

We have shown (see the papers on the web site) that the surrounding ghost matter produces a "negative gravitational lensing effect". Traditionally, strong gravitational lensing effects are considered as a proof of the existence of dark matter in galaxies and clusters of galaxies. Some people even say that one can establish the distribution of dark matter from these lensing measurements.

The matter-ghost matter model brings an alternative interpretation of the phenomenon. In effect, if ghost matter repels ordinary matter, it "repels" photons too. So that a hole, in a uniform ghost matter distribution, would focus light rays as follows :



Then the deviation of light rays is a combination of two effects :

- One due to the mass of the galaxy (10 %)
- One due to the environment of ghost matter (90%)

The following text is based on these papers :

Jean-Pierre Petit et Pierre Midy : Geometrization of matter and anti-matter through coadjoint action of a group on its momentum space. 1 : Charges as additional scalar components of the momentum of a group acting on a 10d-space. Geometrical definition of anti-matter. Geometrical Physics B : 1, April 1998.

Jean-Pierre Petit and Pierre Midy : Geometrization of matter and anti-matter through coadjoint action of a group on its momentum space. 2 : Geometrical description of Dirac's anti-matter. Geometrical Physics B : 2, April 1998.

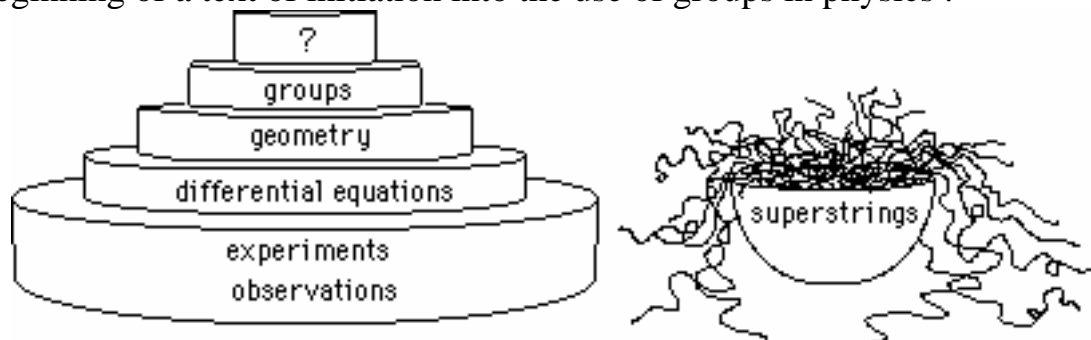
Jean-Pierre Petit and Pierre Midy : Geometrization of matter and anti-matter through coadjoint action of a group on its momentum space. 3 : Geometrical description of Dirac's anti-matter. A first geometrical interpretation of anti-matter after Feynmann and so-called CPT-theorem. Geometrical Physics B : 3, April 1998.

Jean-Pierre Petit and Pierre Midy : Geometrization of matter and anti-matter through coadjoint action of a group on its momentum space. 4 : The Twin group. Geometrical description of Dirac's anti-matter. Geometrical interpretations of anti-matter after Feynmann and so-called CPT-theorem. Geometrical Physics B : 4, April 1998.

These papers are all based on group theory and have been presented in several important mathematical seminars, in France. They are highly appreciated by French mathematicians. But not by astrophysicists. We will see why.

A mathematical barrier.

All our work in astrophysics and cosmology is based on the theory of groups. Here is a reproduction of a drawing which can be found at the beginning of a text of initiation into the use of groups in physics :



A group is considered as the most abstract tool of the mathematical world but, paradoxically, it is not technically difficult. The beginning of Geometrical Physics B is a 150 page introduction to the use of "dynamic groups" in physics. To be able to read it you just have to know what a matrix is. For people who do not know, there are lots of definitions in this section of the website. If you have a minimum of knowledge in algebra, you can read these pages. You could go to a desert island with them and wouldn't need anything more (except, perhaps, some aspirin).

From a purely technical point of view this part of mathematics is much simpler than some others, such as that on differential geometry in Geometrical Physics A, which refers to General Relativity.

However I would not say :

- Take the first part, Geometrical Physics A, and go to a desert island to study it.

It wouldn't work. Too hard, too complex. Too much additional material is required. But world of the group is technically simple, I swear it.

I would be happy if a few young students read the introduction to Geometrical Physics B and got some intellectual benefit from it. I really hope they do. I wrote this part specially for them. Remember ;

- A little abstraction distances physics.
- A lot of abstraction brings it back.

The basis of this entire approach is an invention of the French mathematician Jean-Marie Souriau, now retired but well known throughout the world among specialists in group theory. A published work of his is still available in English, though it is difficult to read, entitled

Structure of Dynamic Systems

Published by the American editor Birkhauser. But my good friend Jean-Marie likes mathematical concision and very precise language so that while

his work is crafted like a jewel, I wouldn't encourage my worst enemy to read it. Souriau invented lots of things such as :

The coadjoint action of a group on its momentum space.

I honestly believe that this is probably the greatest discovery in physical theory for the last fifty years. I also think that Souriau is the Lagrange of the 21st century. His ideas have brought me both enthusiasm and inspiration.

Try this. Go to a neighbor's house, knock on the door and say :

- Do you know what the coadjoint action of a group on its momentum space is ?

People will probably answer "no". Try again with a physics professor at university. Probably the same negative reply. Try again with a specialist in theoretical physics. Once more, it is highly likely that the reply will still be "no". I'm not even sure that if you took an average physicist from the Department of the Theory of Physics at the Institute of Advanced Studies of Princeton, you wouldn't still have as little success.

Conclusion : very few people know of this mathematical tool, except high level mathematicians, mainly specialists of group theory. But, generally, these guys ignore the fact that it is tool that can be efficiently used in physics. They have the key, not the lock . You'd think it was a Woody Allen story.

Two men are traveling in a train. One suddenly says to the other :

Do you know what the coadjoint action of a group on its momentum space is ?

and the other replies :

- Hey, you want my hand in your face?

Why is such a concept so little known and used twenty five years after its discovery?

For several reasons.

- The first is that my friend Souriau neither speaks, writes nor reads English, which, nowadays, is a serious handicap. Alas, at his age he must consider it incurable.

- The second is that he has practically invented his own mathematical language, spoken only by an infinitely tiny number of people today, the language of **symplectic geometry**.

Let us try another experiment. Go up to a mathematician when he's doing his shopping in the morning, or as he leaves church or the synagogue, and ask him what symplectic geometry is. You'll see him run off as fast as he can.

I learnt Souriau's language but the last time I used it during a lecture in a mathematics institute I had to have a local translator.

- The third reason is that when a phrase in a text was not strictly indispensable, Souriau removed it. One of Souriau's works, from the point of view of density, is like a lump of neutron star, you can pass three months on two pages.

- The fourth is that Souriau does not criss-cross the world from congress to congress. he prefers to stay in his apartment with his cat Pioum, discuss with friends and refuses to give fancy names to his theories, such as black hole, catastrophe or chaos theory, which the general public likes. How do you set about marketing a concept such as the **symplectic cohomologic class**.

I always said to him :

- Jean-Marie, you need an agent!

Geometrization of elementary particles.

Why is this very abstract concept of coadjoint action so important? Because it give us the possibility of geometrizing physics. It transforms mass, energy, impulsions and spin into pure geometric objects. Believe me, it's really beautiful.

All you need is a simple family of square matrixes, obeying a certain set of rules, which transforms it into a group. As suggested in the above drawing, a group generates its own space, its own geometrical world. The groups of physics produce particles, considered as pure geometrical objects.

In Euclid's world, we find families of objects : straight lines, planes, spheres, points. These geometrical objects form Euclid's zoo. Particles are similar. They form the zoo of a different geometrical world, that's all.

The figure also suggests that groups lead to rather useful differential equations, as the mathematician Jean-Marie Souriau showed in 1972 by the "KKS" method, or Kostant Kirilov Souriau method.

From the Bargmann group, Souriau derived a non-relativistic Schrödinger equation.

From the central extension of the Poincaré group he derived the Klein-Gordon equation. Other variants led him to the Pauli and Dirac equations

Some years ago, I became fascinated by the world of this old alchemist Souriau and the tools he invented. I asked him to teach me and he did. After a certain time I tried to invent new groups. Or more precisely, I extended some existing ones to a higher number of dimensions.

In a preceding section I briefly mentioned the young Pole, Kaluza, who added a fifth dimension to the universe in 1920. People once called this additional dimension ζ (spell dzeta. It's a Greek letter).

All Souriau's works are based on a five dimensional representation of the universe :

$$(x, y, z, t, \zeta)$$

What is this additional dimension? For Souriau it is a pure mathematical tool making the development of the quantum circus possible.

Physicist are puzzled. Some think "this is a very small dimension, so small that we cannot measure it". I'm not quite sure they are right.

When physicists try to define a characteristic length associated with this additional dimension, they find the Planck length :

$$10^{-33} \text{ cm}$$

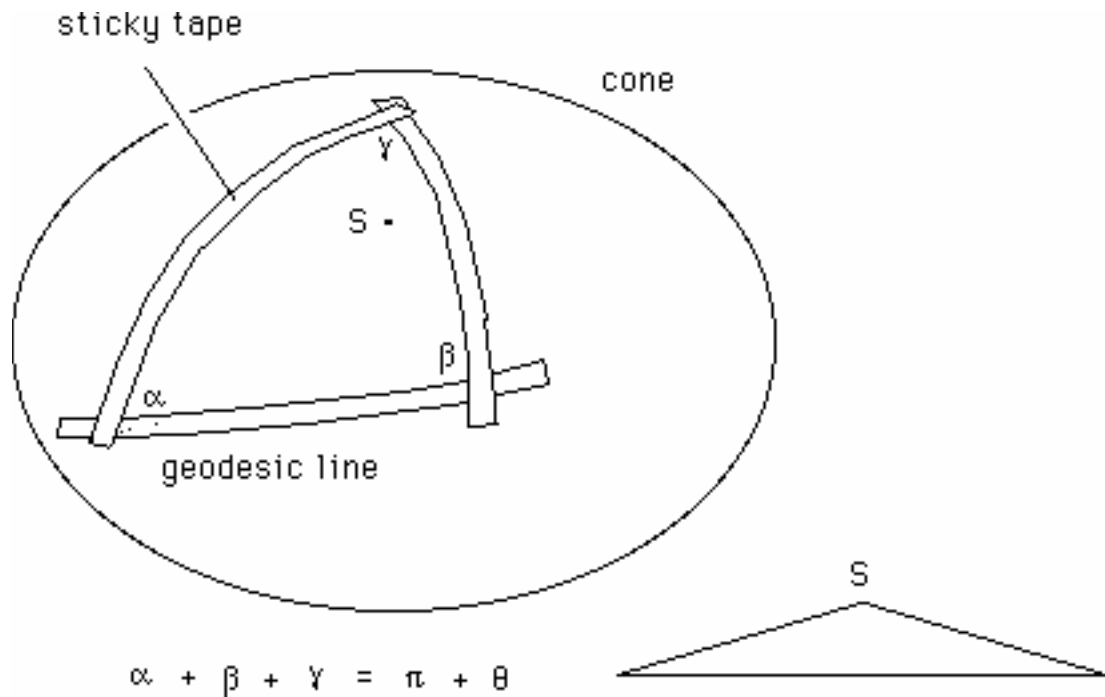
Very, very small....

Personally I tend to think that the very smallness of the length is some sort of a message from Nature. The fifth dimension belongs to the quantum world. It looks like if the message could mean :

- Give up. I am a simple number, an angle.

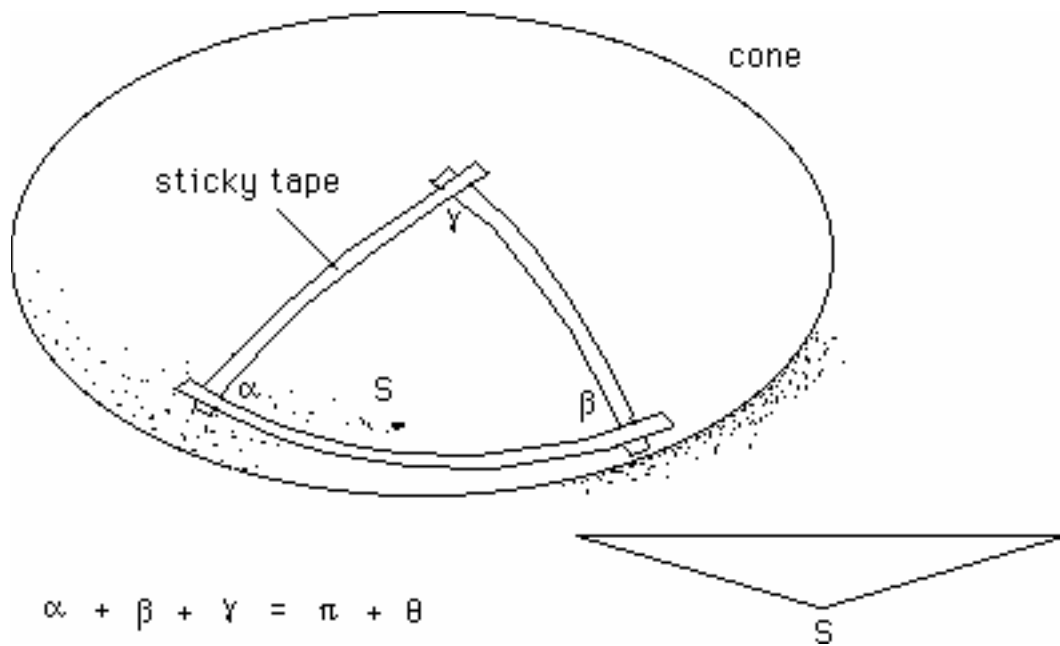
We have suggested above that the mass could be identified with the curvature of space. According to this idea, the summit of a cone is a point-like mass.

A cone is a portion of space which contains a certain amount of curvature, this latter being concentrated into a point. If we trace a triangle around the summit made of geodesic lines, the excess of the Euclidean sum allows us to measure the "quantity of angular curvature" contained within this part of the surface.



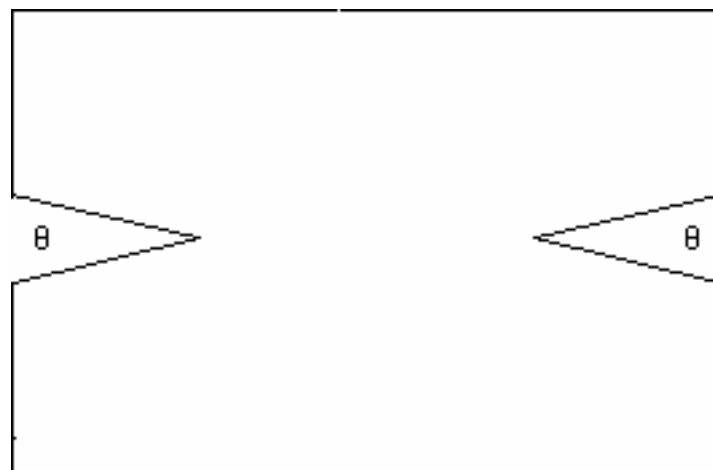
The sum of the angles is not dependent on the layout of the geodesics, which we obtain by sticking adhesive tape on the surface of the cone, providing that the triangle contains the summit S . To find out more see the beginning of Geometric Physics A.

This cone, this two dimensional geography, exists independently of the space in which we have chosen to represent it (here a three dimensional space). If we turn our cone inside out and decide to trace our geodesics "on the other side", it won't make any difference to the result.

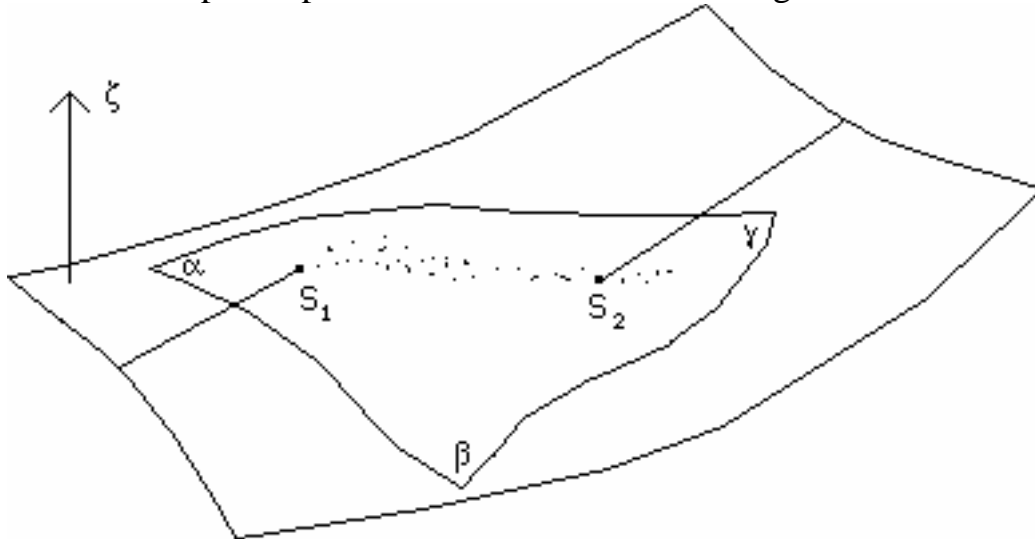


The only difference is that in the two figures the point of the cone "points" in a different direction.

We know that we can create a cone from a plane simply by making a cut. In the same way we can create two conical points on the surface :



There are also two ways to close the lines of the cutouts. If we choose to have our conical points point in different directions we get :



We have already covered this above where we called this fifth dimension the Kaluza dimension. We have also said that this figure was a good image of the matter/anti-matter duality.

I have extended this to a greater number of dimensions. Instead of adding a unique fifth dimension :

$$(x, y, z, t, \zeta)$$

I have added six :

$$(x, y, z, t, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \zeta_4, \zeta_5, \zeta_6)$$

The reader will instantly cry :

- Stop. I already had problems going from three dimensions to four. With five I can no longer follow and six is touching on madness?

For a long time I worked with a blind mathematician. he turned spheres in his head (the eversion of the sphere).

The eversion of the sphere is a star subject in mathematics, its first version proposed by the American mathematician Anthony Phillips in 1967 (published in the Scientific American that year). Morin found a second. I personally found a curious way of everting a torus. We will come to all this later on the website.

I remember extremely difficult sessions with the blind mathematician. I had terrible headaches but he would say to me with a smile :

- Close your eyes and you'll see things more easily.

Modern physics requires an extension of the geometric context, by an increase in the number of dimensions in space.

*What is quantum mechanics?
Nothing other than geometry in five dimensions instead of four.*

But how does one adventure into such strange, unthinkable worlds?

Learn to think differently. Group theory is the light that illuminates obscure worlds. The group not only allows us to manipulate space, it is space itself, it holds it within.

Souriau showed in another book (Géométrie et Relativity, Editions Hermann, 1964) that the passage from matter to antimatter is obtained by inverting the fifth dimension, by changing ζ to $-\zeta$.

Remember Plato. The Greek philosopher believed that men took for real what was, in fact, just shadows projected on walls of a cave. Objects which will forever escape our direct perception.

For the physicist of today, space and time represent the wall of the cave. The structures appearing there are just shadows. And we are just shadows observing other shadows. At best, we can only try to imagine the mechanism of the magic lantern outside our perceptive universe of four dimensions, three of space and one of time. The lantern is localized in a ten dimensional space. Today, many people are in agreement with this figure.

The additional dimensions are like invisible cogwheels. By inverting the fifth dimension, Souriau changes the place of a cogwheel and the particle-shadow changes its behavior. It begins to behave like ... antimatter.

I too tried to dream of this magic lantern that the hand cannot reach and the eye cannot see. I gave it six supplementary cogwheels and I generalized Souriau's idea by supposing that by inverting the six cogwheels simultaneously I would obtain a purely geometric definition of antimatter.

I considered that the inversion of the six additional dimensions was the geometric definition of the concept of antimatter.

We say that we should judge a tree by the fruit that it bears. It so happens that by giving space six additional dimensions I was able to make an equal number of quantic sizes which could be identified as :

the electric charge

the baryonic charge

the leptonic charge

the muonic charge

the tauonic charge

the gyromagnetic coefficient.

First, the geometrization of the elementary particles and a description in which the quantum numbers appear as pure geometric quantities.

The specialist will immediately object :

- What about quarks? You don't deal with them !

I agree. But I hold something that will give , as we will later show, a clear geometrical status to anti-matter.

Souriau was the first to give its geometric signification to spin in 1972, which became a little more sophisticated than people had previously believed. Since Souriau, particles have ten geometrical attributes. When grouped, they form what he calls the particle's momentum, i.e. the set :

(Energy, impulsion, spin)

Geometrical expansion (with six supplementary dimensions) gives these particles six additional attributes :

(q , c_B , c_L , c_μ , c_τ , ϖ , Energy, Impulsion, Spin)

A peculiar particle is a peculiar choice for this set of quantities. But not all can be used. The charges can have three different values :

Electric charge $q = \{ +1 , 0 , -1 \}$

Baryonic charge $c_B = \{ +1 , 0 , -1 \}$

Leptonic charge $c_L = \{ +1 , 0 , -1 \}$

Muonic charge $c_\mu = \{ +1 , 0 , -1 \}$

Tauonic charge $c_\tau = \{ +1 , 0 , -1 \}$

If we limit the description to photons, protons, neutrons, electrons, neutrinos, and their anti-particles, they can take twelve values :

Gyromagnetic factor

$$\varpi = \{ \pm \varpi_p , \pm \varpi_n , \pm \varpi_e , \pm \varpi_{\nu_e} , \pm \varpi_{\nu_\mu} , \pm \varpi_{\nu_\tau} \}$$

p : refers to a proton

n : refers to a neutron

e : refers to an electron

ν_e : refers to an electronic neutrino

ν_{μ} : refers to a muonic neutrino

ν_{τ} : refers to a tauonic neutrino

Specialists know that three different types of neutrino exist.

All the charges of the photon are nil. The same is true for its gyromagnetic factor. Then, a photon is the set :

$$(0, 0, 0, 0, 0, 0, \text{Energy, Impulsion, spin} = 1)$$

A proton corresponds to :

$$(+1, 1, 0, 0, 0, \varpi_p, \text{Energy, Impulsion, Spin} : 1/2)$$

An electron corresponds to :

$$(-1, 0, 1, 0, 0, \varpi_e, \text{Energy, Impulsion, spin} : 1/2)$$

The classification of the usual particles becomes very simple :

	proton	electron	neutron	photon	neutrinos		
					ν_e	ν_μ	ν_τ
electric charge	1	-1	0	0	0	0	0
baryonic charge	1	0	1	0	0	0	0
leptonic charge	0	1	0	0	1	0	0
muonic charge	0	0	0	0	0	1	0
tauonic charge	0	0	0	0	0	0	1
magnetic gyrofactor	ω_p	ω_e	ω_n	0	?	?	?
mass	$m_p > 0$	$m_e > 0$	$m_n > 0$	0	0	0	0
energy	>0	>0	>0	>0	>0		
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$		

particles

As we can see, there are three different neutrinos, called :

- ν_e : electronic neutrino
- ν_μ : muonic neutrino
- ν_τ : tauonic neutrino.

The electronic neutrino corresponds to the set :

$$(0 , 0 , 1 , 1 , 0 , \omega_{\nu_e} , \text{Energy, Impulsion, spin : } 1/2)$$

Notice it has no electric charge but, just as for the electron, it does have a leptonic charge

$$C_L = 1$$

(in Greek, leptos means light, baryos means heavy).

The superstring men are searching for the basic entity, the ten dimensional object from which everything comes.

Personally, I think that if such an object were discovered one day, it would be linked to what Souriau calls the *momentum*. Then, a good name could be :

momentum relied pioneer

in short :

morpion

Superstring men hunt the morpion.

This unitary idea means imagining that the magic lantern is a sort of crystal which can take an infinity of positions and produce an infinity of colors. According to the different shades there will be families of colors. We could thus compare the particles mentioned above to the totality of colors :

red, orange, yellow, green, blue, indigo

(I hasten to add that this has nothing whatsoever to do with what is called the quantic chromodynamic)

There are an infinity of shades of orange or blue which suggest, in this didactic image, the different state of particles which could be endowed with a whole range of energies or impetuses. the "spin vector" is quantified. Its module is constant but it can adopt an infinity of different directions.

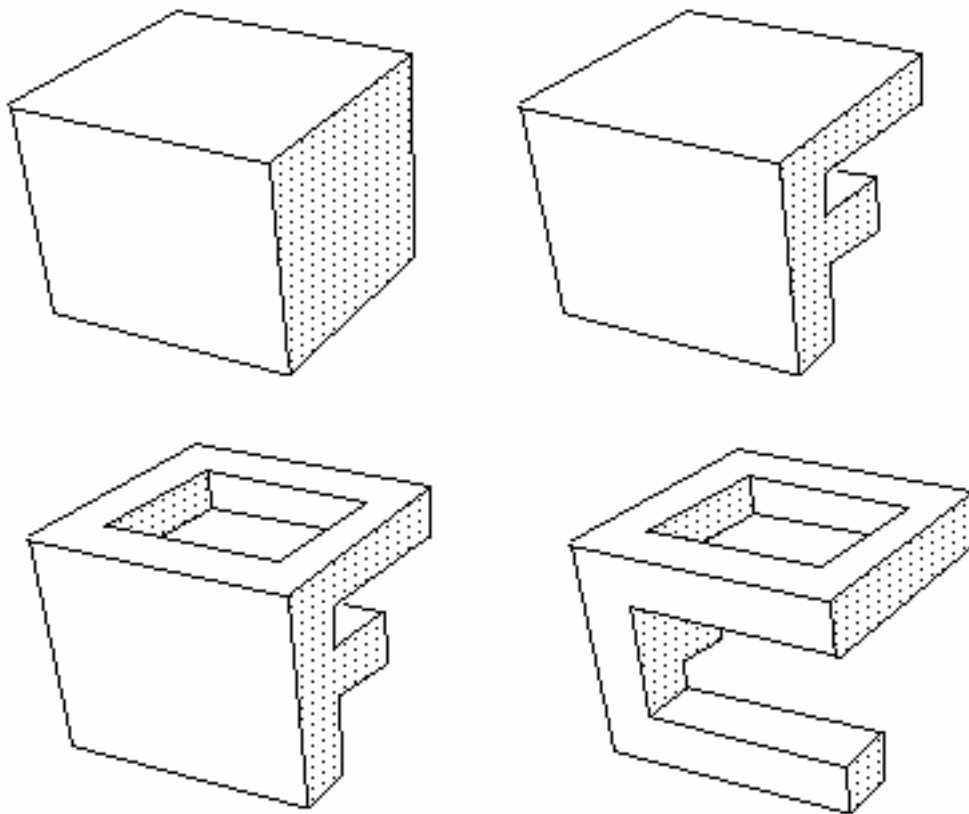
*A particle could be seen as the reflection of
a crystal projected on the "cave wall".*

The spectra can be prolonged? Other radiation exists beyond visible light, ultraviolet, X-rays , gamma rays.

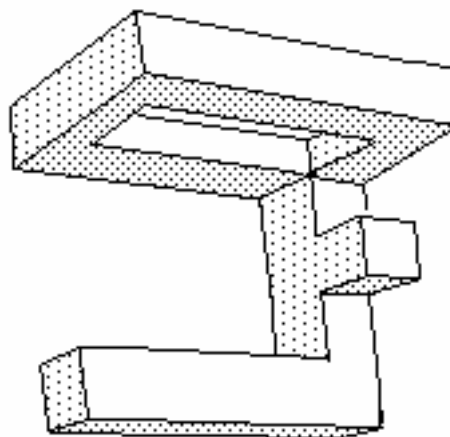
Ideally we would like to find not only the elementary geometric entity but also the tool, the group, allowing us to act on it and give it every possible appearance.

Currently we are not able to do such things. We content ourselves with knowing a few rules concerning particles of the type, "red plus yellow equals orange", or "blue plus yellow equals green".

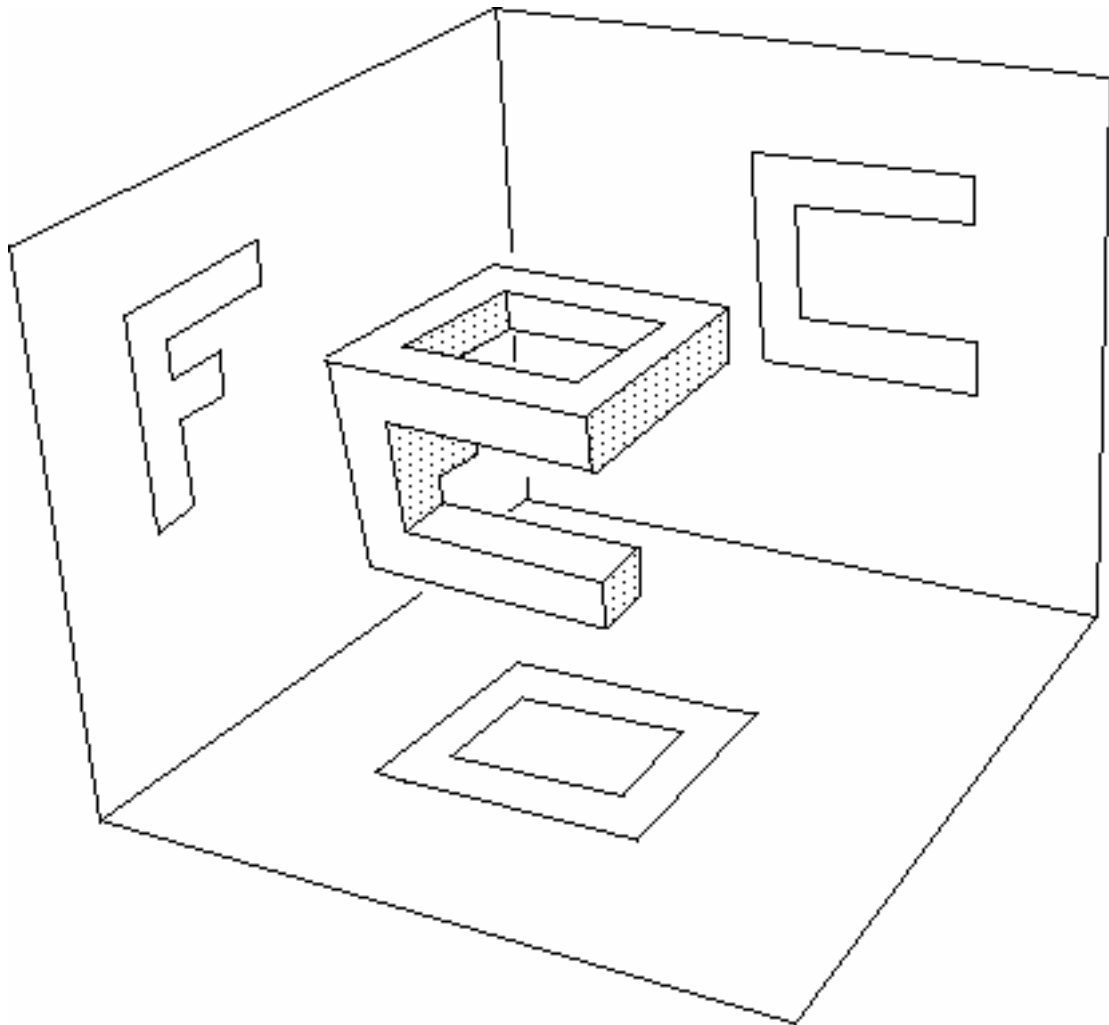
We can also explore the *symmetries* of particles. here we shall employ a different image. Let us take a wooden cube and machine it in three perpendicular directions as in the following diagram :



The same object seen from a different angle :



When lit laterally or vertically, the object projects different shadows :

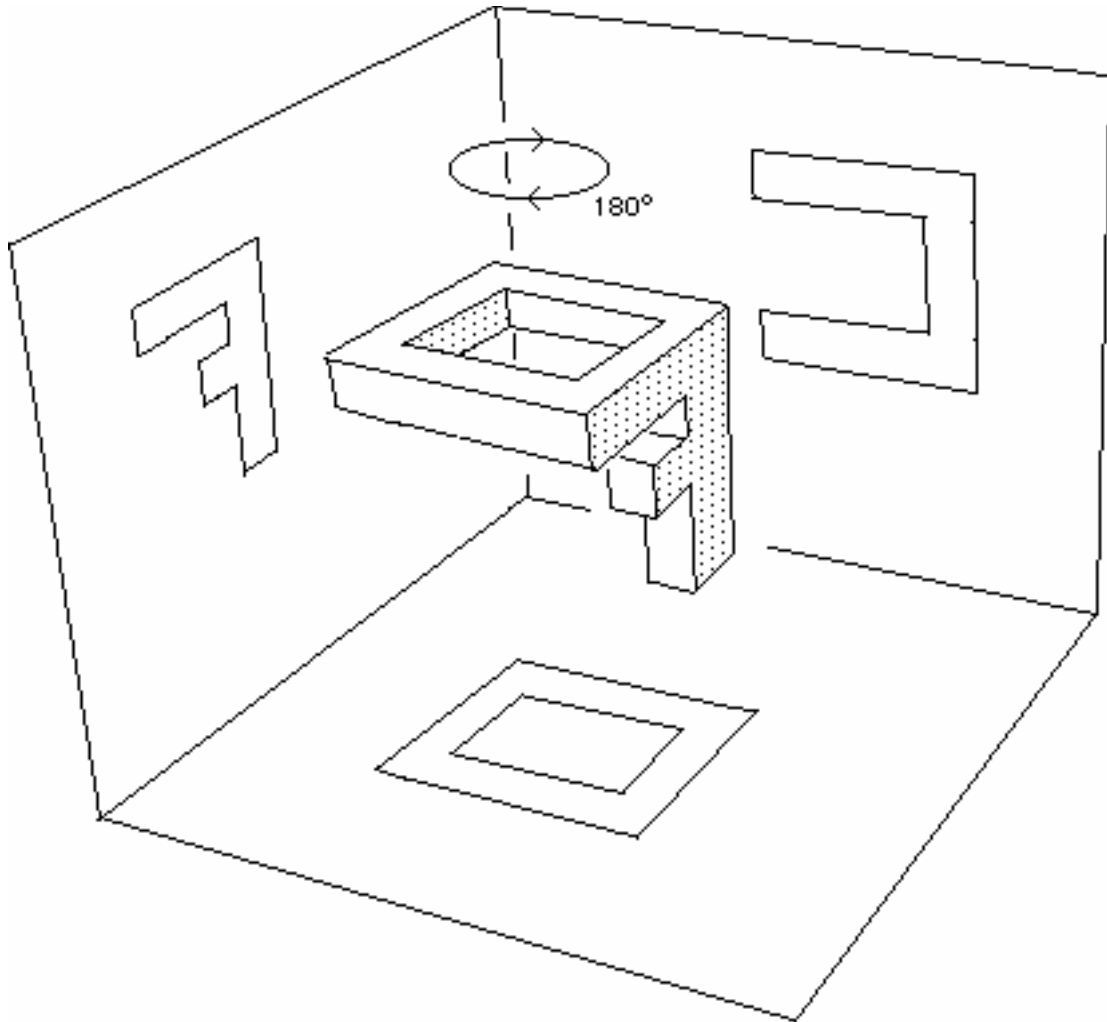


We made sure here that the projections looked like letters of the alphabet:

F C O

We have made light arrive from three different directions but we could just have well had one screen and turned the object. Its not the crystal that everyone is looking for but at least it gives us an idea. If we limit ourselves to rotations of 90° we can see that different shadows can already be produced with just one object. Now let us look at 180° rotations.

It becomes obvious that some shadows are modified by a rotation of 180 degrees while others are not. The following rotation has transformed the letter F to its mirror image whereas the letter O remains unchanged :



Imagine that elementary particles are sorts of shadows coming from a decadimensional machine that we don't yet know how to design or conceptualize. Nevertheless we have access to certain of its properties of symmetry and the duality matter-antimatter is one of them.

There are several classic and well known symmetries. One is the "right-left" symmetry (the image of an object in a mirror"). The physicist calls it a P-symmetry (P for "parity"). The mathematician says that the object and its image in a mirror are *enantiomorphic*.

A second symmetry is the T-symmetry. Same story, but with a reversed time.

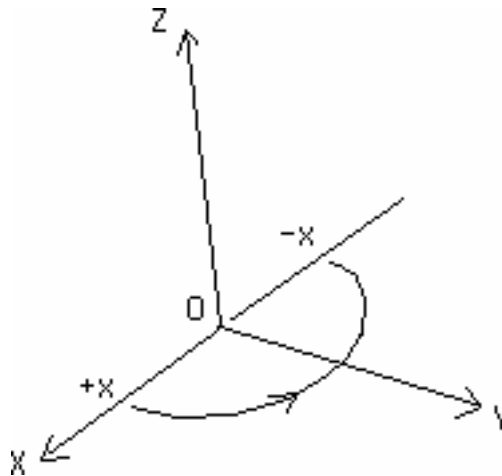
A third is called C-symmetry, or charge conjugation. It corresponds to:

$$(q, c_B, c_L, c_\mu, c_\nu, c_\tau, \varpi) \longrightarrow (-q, -c_B, -c_L, -c_\mu, -c_\nu, -c_\tau, -\varpi)$$

We have introduced a new symmetry, the ζ -symmetry, corresponding to:

$$(\zeta^1, \zeta^2, \zeta^3, \zeta^4, \zeta^5, \zeta^6) \longrightarrow (-\zeta^1, -\zeta^2, -\zeta^3, -\zeta^4, -\zeta^5, -\zeta^6)$$

A change of the signs of a coordinate is equivalent to a 180° rotation.



After Dirac, the transformation of matter into anti-matter corresponds to a C-symmetry. The signs of the charges are reversed, but energy and mass are unchanged.

What about the photon ? Its charges are zero :

$$(0, 0, 0, 0, 0, 0, \text{Energy}, \text{Impulsion}, \text{spin} = 1)$$

Because $-0 = +0$ the photon is identical to its antiparticle. Think about the analogy : the shadow of objects turning in front of a projector. Everything is shadow, as Plato said. The group is the projection system and during the rotation operation the shadow, called photon, remains invariable. The didactic image of the photon is the letter O that we met before, the shadow of our sculpted wood cube which remains unchanged when we turn it through 180° .

We get the second zoo :

antiparticles after Dirac

	anti-proton	anti-electron	anti-neutron	anti-photon	anti-neutrinos		
					$\bar{\nu}_e$	$\bar{\nu}_\mu$	$\bar{\nu}_\tau$
electric charge	-1	1	0	0	0	0	0
baryonic charge	-1	0	1	0	0	0	0
leptonic charge	0	-1	0	0	-1	0	0
muonic charge	0	0	0	0	0	-1	0
tauonic charge	0	0	0	0	0	0	-1
magnetic gyrofactor	$-\varpi_p$	$-\varpi_e$	$-\varpi_n$	0	-?	-?	-?
mass	$m_p > 0$	$m_e > 0$	$m_n > 0$	0	0	0	0
energy	> 0	> 0	> 0	> 0	> 0		
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$		

There are three different neutrinos. As they have charges (leptonic, muonic, tauonic) they are not identical to their antiparticle (we don't know if they own a non-zero gyromagnetic factor).

Inhale deeply. The breath of quantum mechanics begins to fill you.

Not one antimatter but two.

During the fifties Richard Feynmann, a Nobel prizewinner, put forward the following idea. According to him, if we take the image of a particle and we make it evolve backwards in time, it will become indistinguishable from an antiparticle.

The symmetry right-left is the P-symmetry (P means "parity").

The inversion of time is called T-symmetry.

Then Feynmann said :

A PT-symmetrical particle is identical to a C-symmetrical particle.

After Dirac, a C-symmetrical particle (all charges inverted) is its anti-particle. Feynmann suggested that a PT-symmetrical particle was also an antiparticle.

Consider an electron, its electric charge is $q = - 1$. It also own a leptonic charge

$$C_L = 1$$

Its spin is $1/2$. It also own a non-zero gyromagnetic factor ϖ_e . To sum up, an electron corresponds to the set :

$$(-1 , 0 , 1 , 0 , 0 , \varpi_e , \text{Energy, Impulsion, spin : } 1/2)$$

After Dirac, an anti-electron corresponds to the set :

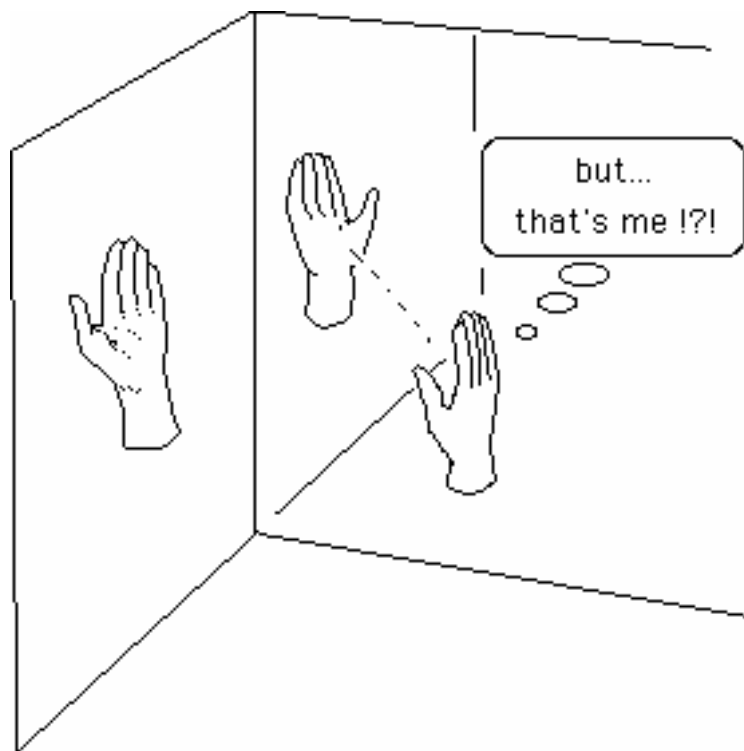
$$(+1 , 0 , -1 , 0 , 0 , - \varpi_e , \text{Energy, Impulsion, spin : } 1/2)$$

The energy is still positive. The spin is unchanged.

Feynmann suggested another description of anti-matter. The anti-matter of Feynmann has the same electric charge as the corresponding particle of matter. But it travels backwards in time. It is also P-symmetrical.

The following figures show that the combination of two successive P-symmetries is identity.

PP = identity.



The " CPT theorem"

Feynmann thought that the symmetries C and PT were equivalent :

$$C = PT$$

As a consequence, as :

$$CC = \text{identity}$$

it gives :

$$CPT = \text{identity}$$

This the famous so-called "CPT-theorem", which asserts that if all the charges of a particle are reversed (C-symmetry), that is we take its image in a mirror (P-symmetry) and it travels backwards in time (T-symmetry), it behaves exactly like an ordinary particle.

But this "theorem" is not a real theorem. You will not find its demonstration anywhere.

Negative energy particles ?

For almost half a century theoretically physicians considered such inverted particles or antiparticles going backwards in time as mental artifices. No one would have risked saying they did existed or didn't.

"Invert space", that seemed possible. Mirrors do it easily.

Invert charge : we do it every day in particle colliders by making antimatter (Dirac's antimatter).

Invert time, now there is something really disconcerting. It then becomes a question of mathematics. We said above that groups act like "particle transformers". It is possible to build groups which reverse the pointers of

objects' time by inverting their movement and making them go backwards in time, just as if we were winding a cinema film backwards.

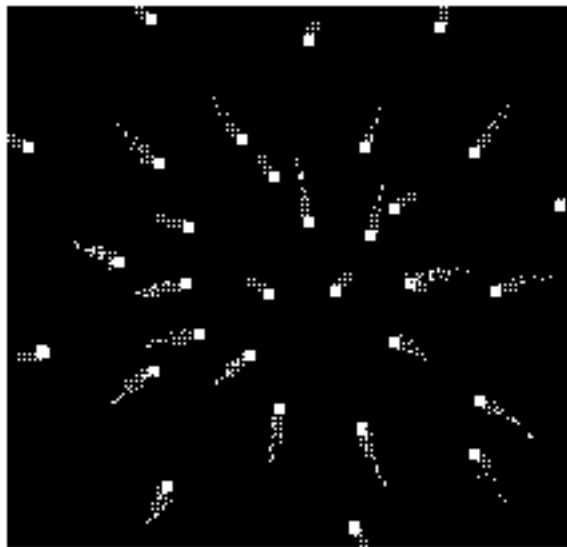
This the coadjoint action of a group on its momentum space allows us to understand what sort of dimensions are associated with particles, particularly their energy and their impetus.

According to Einstein's ratio of equivalence :

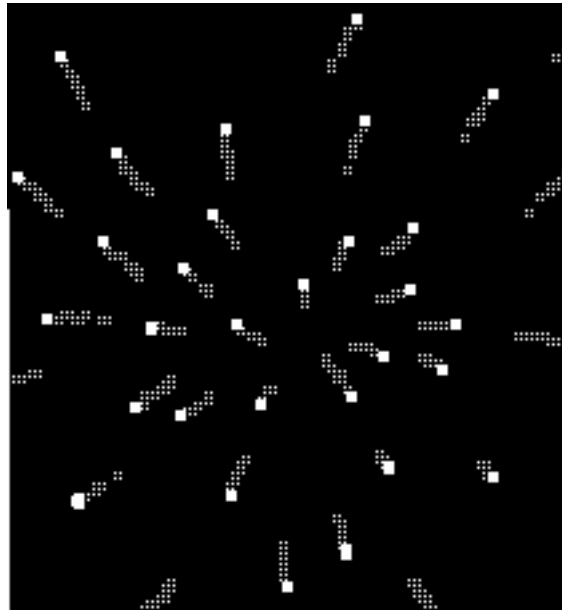
$$E = mc^2$$

Energy is synonymous with mass. I'll give you a fairly good image to help you understand. You know that there are clouds of interstellar matter in galaxies. Sometimes these clouds are affected by gravitational instability (see the model of the mattress and buckshot above. Left to their own devices, the atoms of a gas cloud attract each other and fall on top of each other to form a more condensed object : a proto-star.

So let us sit next to such a contracting cloud and film it. We see that atoms fall towards the center of gravity of the system increasingly rapidly.



If we run the film backwards what do we see? We see the opposite process. The masses will distance themselves more and more from each other.



This (crude) image suggests that when the time is reversed, mass is reversed. Only the coadjoint action of a group on its momentum space allow us to demonstrate that. Everything becomes clearer if one thinks in terms of groups. But which groups are able to reverse time ?

Well, all the dynamic groups on which our physics is based, for example the Lorentz group, pillar of Special Relativity. Every physicist knows that all the equations of physics are "time-reversible".

As a consequence, Feynmann anti-matter does not identify Dirac anti-matter, for their mass and energies have opposite signs.

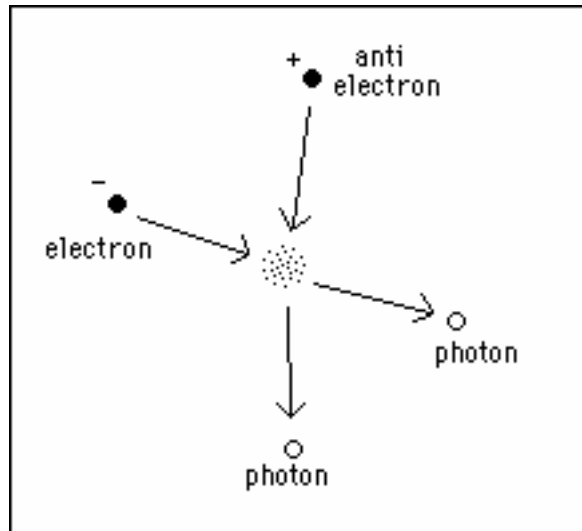
Feynmann anti-matter has negative mass and energy.

Similarly the CPT-symmetrical of a particle travels backwards in time. The CPT-theorem must then be rephrased as follows :

The CPT-symmetrical of a particle is identical to this particle except that it has negative mass and energy.

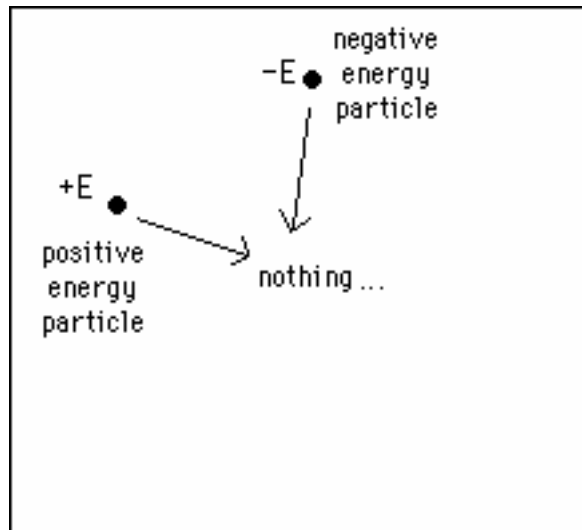
Negative mass particles are a nuisance for physicians. If two particles, one of matter and one of anti-matte meet, we say that they annihilate each

other. In fact they don't because they become photons. There is conservation of energy-matter.



But when a positive energy particle meets a negative energy particle the result is ... nothing.

$$(E = + mc^2) + (E' = - mc^2) = \text{zero}$$



It is already hard enough to explain why the universe, which should have started off being made half of matter and half of anti-matter, hasn't been entirely converted into photons, light (in fact we can't explain it at all). If, as well, this universe contained as much negative mass as positive, it should simply have disappeared. There wouldn't be any universe left at all.

For the last fifty years, theoretical physicians have managed to resolve the problem by saying that God, in his infinite wisdom, didn't create any particles with negative energy and as well as that, the sanctuary where they keep the components of the Lorentz-Poincaré group, which reverse time and therefore energy, is permanently guarded by winged cherubs.

Solution : two universes instead a single one.

To overcome this problem and avoid having to call on God at each moment, he probably has far more important things to do, I have introduced a new group, which goes with twin space, made up of two folds. The second fold contains negative energy particles, with negative masses. The second fold and ours are linked through a CPT-symmetry, so that this second fold is somewhat puzzling.

- Its arrow of time is reversed, with respect to ours.
- The second fold, the second universe, is enantiomorphic with respect to ours. What is right in our world is left in this twin world, and vice-versa.
- It contains protons, neutrons, electrons and neutrinos, but all the associated charges are reversed (electric, baryonic, leptonic and so on...)

In the section Geometrical Physics A we have called this second universe a ghost universe, for no light can come from it. The interaction is based solely on gravitational forces. As the masses of the second universe behave as if they are negative, they attract each other, but a particle of our universe and a particle of this ghost universe repel each other. The group structure justifies the chosen dynamics, which were the starting point of our cosmological model.

In the work in the section Geometrical Physics A of the site, we have suggested arguments in which the second universe could be hotter than ours. Composed of immense masses of gas at 1000 to 2000° and emitting infra-red ghost photons, organized life would not be possible there. If it were, the ghost world's eventual antichronous inhabitants would live with time that ran in the opposite direction to ours.

If it were possible and if our technology one day allowed us to communicate with the antichronous people, we would find ourselves in very interesting situations, even if only on an economic level. The antichronous people, in relation to ourselves, would be eager for our waste and would be trying by every means possible to get rid of their raw materials.

Imagine that such a meeting was be possible. A planet, with antichronous inhabitants is going to pass close to Earth. We have mandated the UN General-Secretary with the important task of making contact with these beings. He's nervous.

- Be careful, says the first scientist. When you meet them you should first say "good-bye" because in their time system they are leaving.

- Don't forget, says a second, when you're talking to them that they know everything you are going to say before you say it. Take it into account.

- Conversely, says a third, they don't know your previous phrase. Always remember that.

When the planet is sufficiently close, the Secretary-General's message goes out in the form of electromagnetic waves.

- There's a problem, says another scientist.

- Which one ?

- The retrochronian receiver works like an emitter in their world so under their time it's they that are sending us the message...

While terrestrial scientists continue to discuss the problem the antichronous planet disappears into the depths of the cosmos

.
The UN president is disappointed.

- Really, to have missed such an important appointment is disheartening. Can you imagine what it means for the economy...

- Sir, the meeting couldn't happen.

- Why?

- Think about it. If it had happened it would have left traces in our past.

A challenger to the black hole ?

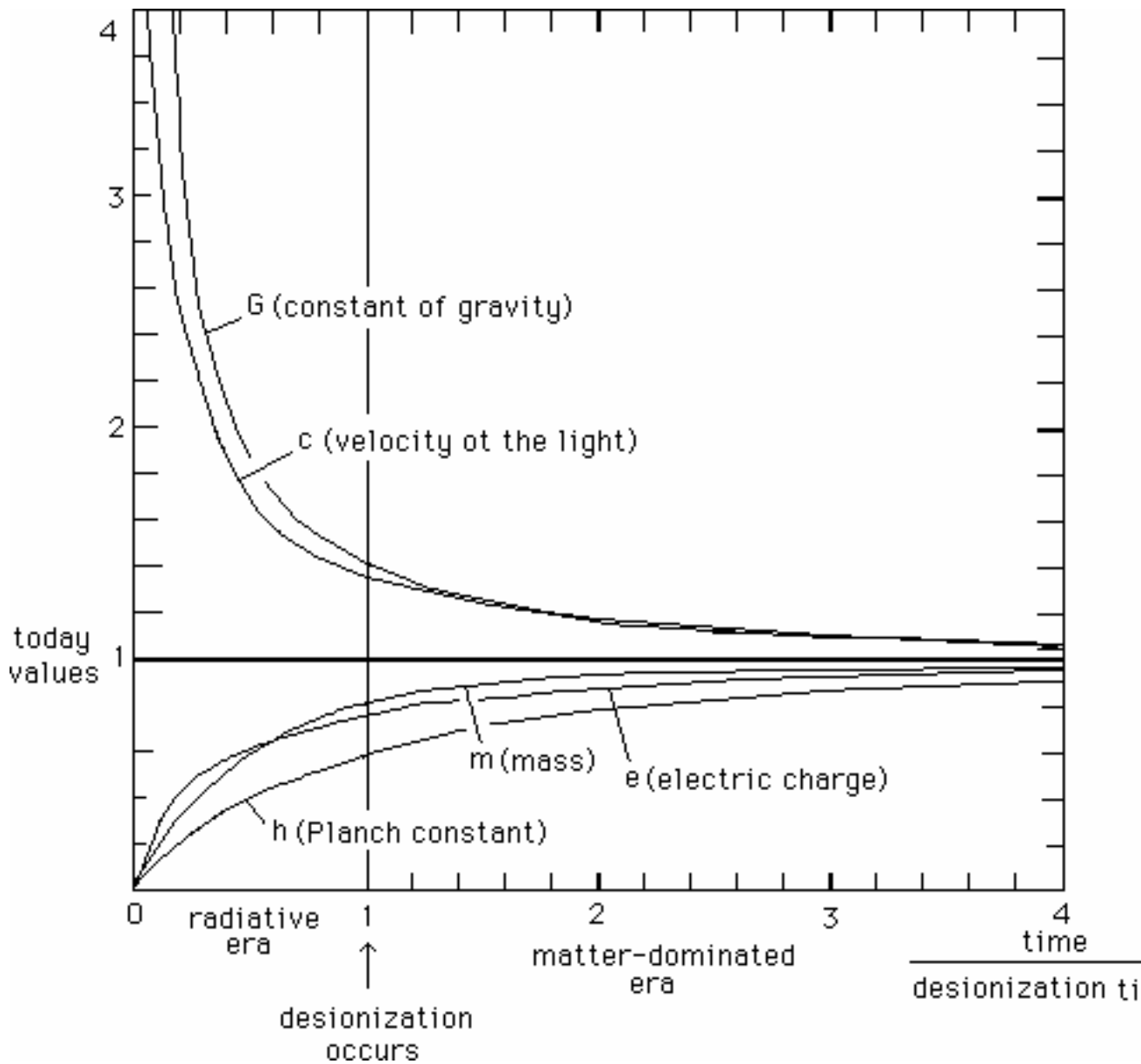
We have said the most horrible things about the black hole in this book. That's not very nice for people who live off the idea so perhaps we should propose an alternative.

In my opinion the twin model should eventually allow us to come up with another scenario. Work in this area hasn't yet advanced sufficiently to be included in Geometrical Physics A, but we can already say a few words about it here.

Those who have read the Geometrical Physics A articles in detail will have noticed no doubt that the radiative phase, which refers to the very early universe, uses variable constants. When we go back in the past, towards the hypothetical time $t=0$, the speed of light, which had been constant until then, begins to race and tends towards infinity. Every constant in physics also begins to drift. The gravitational constant also tends towards infinity but mass, electrical charge and Planck's constant tend towards zero. The following is drawn from the article :

J.P. Petit and Pierre Midy : Matter ghost-matter astrophysics.3 : The radiative era :

The problem of the “origin” of the universe. The problem of the homogeneity of the early universe. Geometrical Physics A : 6, April 1998.



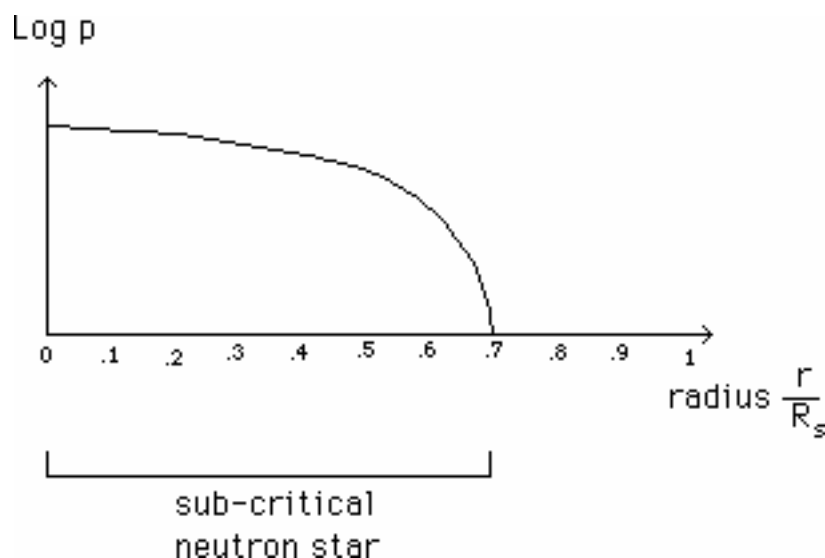
In a word, physics changes, begins to race suddenly.

Globally this translates as an alteration of the constants of physics when radiative pressure, which is an energy density, reaches a certain threshold.

We have begun to open doors leading to a representation of the universe with two entities in interaction, twin universes. We have studied a certain number of phenomena which could arise from gravitational interaction between these two entities. But we do not master the "twin quantum world". As we have seen above, Souriau, using the "Kostant-Kirilov-Souriau" method, the KKS method, derived quantum mechanics equations from groups. Would it be possible to apply this method, or a similar method, to the "twin group"? I believe it would. It should give a new insight on the quantum world, possibly through a system of coupled quantum mechanics equations.

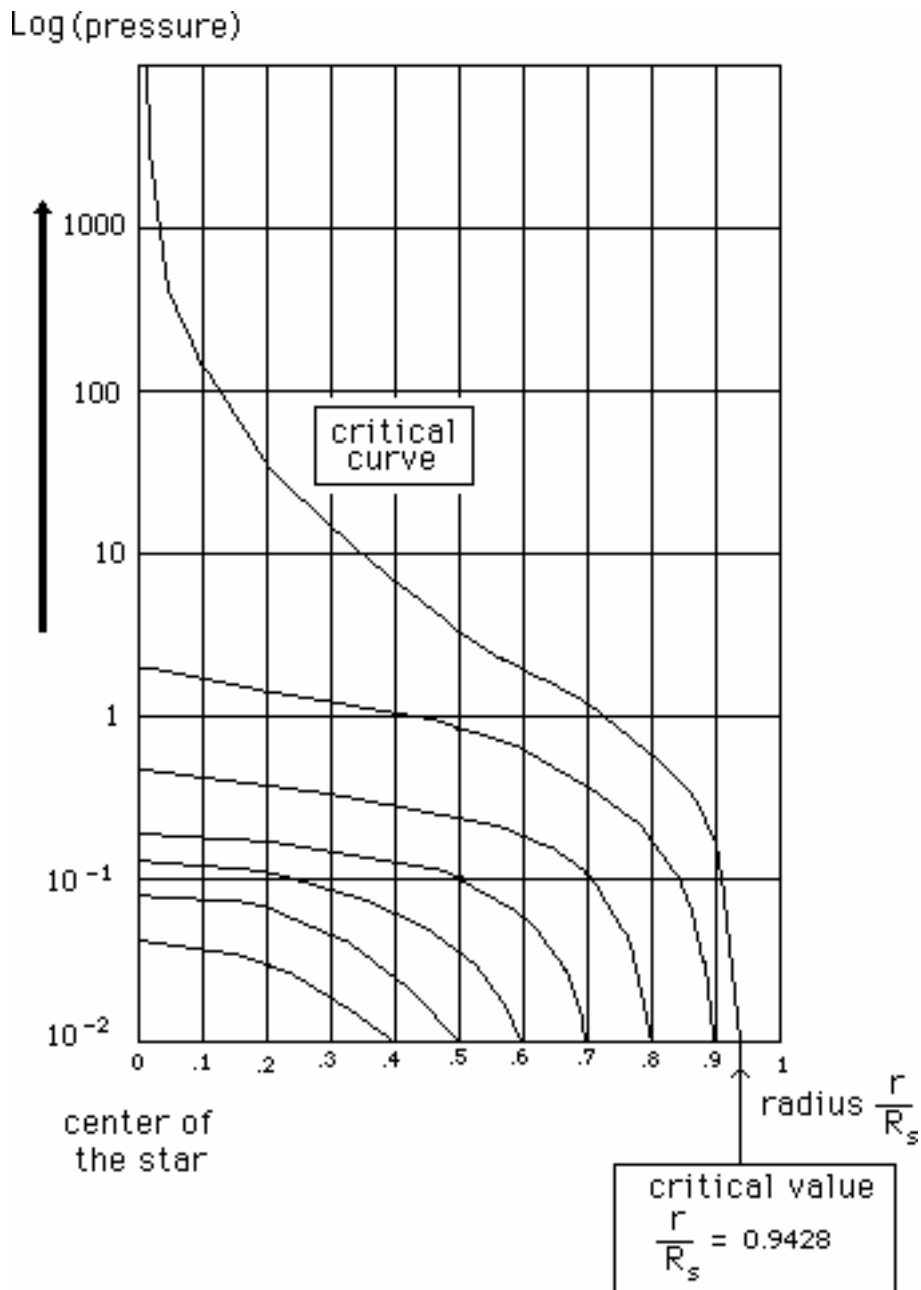
I believe that a "twin quantum model" might explain puzzling phenomena such as the solar neutrino deficit. I also believe that such a model could raise a new kind of criticality, with hyperspace bridge creation, where the local electromagnetic energy density would overcome a certain threshold value.

In the classic model of the neutron star the Tolmann-Oppenheimer-Volkov equation gives the value of the pressure inside it, the star being assimilated to some sort of large, dense crystal with a constant mass density : 10^{15} g/cm³. The following figure shows the typical evolution of the pressure inside the star against the distance to its center :



The point where the pressure tends to zero corresponds to the surface of the star.

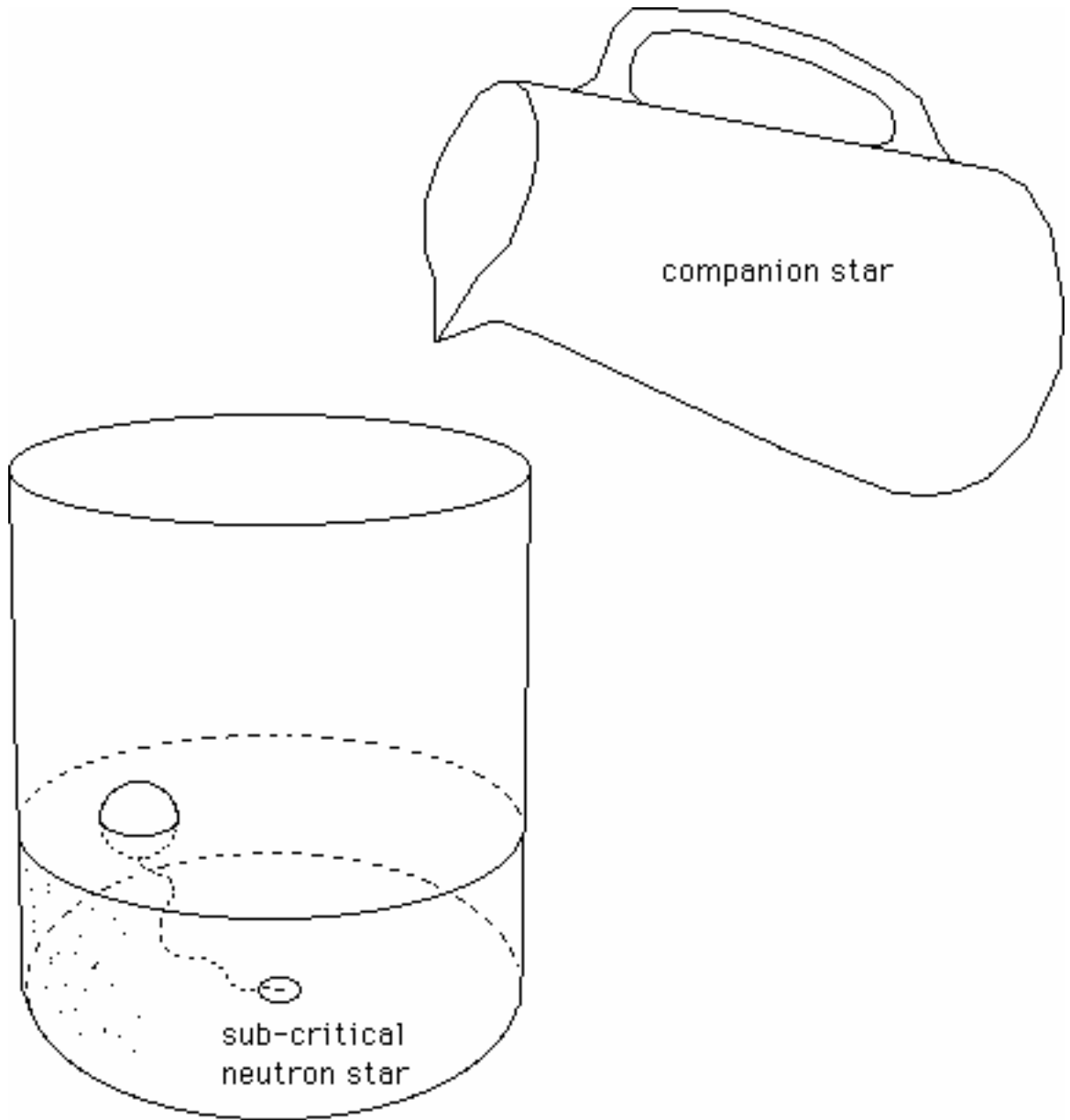
When the mass of the neutron star increases, its Schwarzschild radius (see appendix 3) tends to be equal to the radius of the star. The classic answer is then "the neutron star becomes a black hole". But if one looks closer, another kind of criticality occurs before the Schwarzschild radius tend to the star's radius. All good specialists know that when the mass of the star increases, the pressure at the center suddenly tends towards infinity as in the following figure :

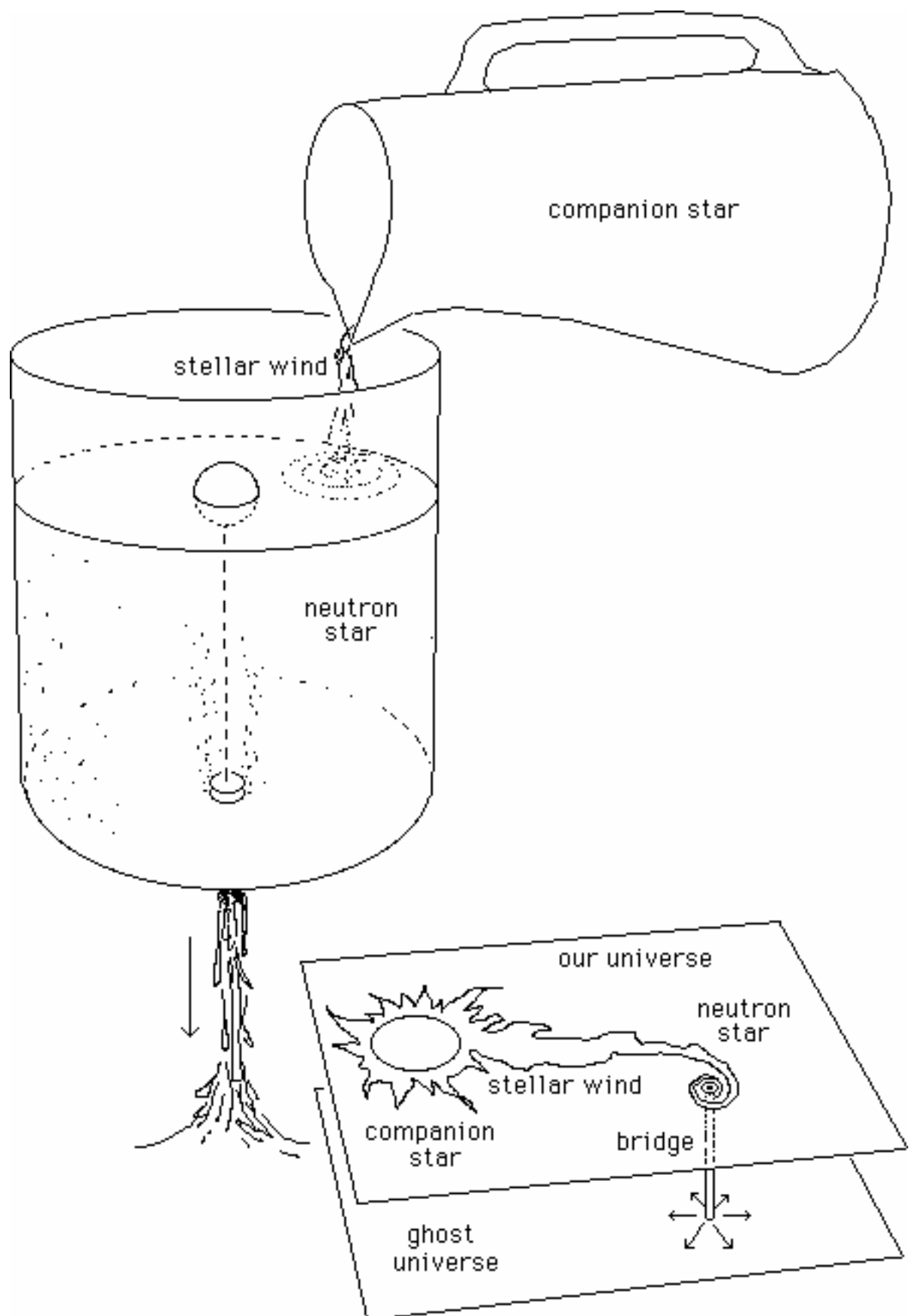


The pressure tends to infinity when the radius of the star is 0.9428 the Schwarzschild radius.

I believe that this vertiginous increase in pressure at the heart of the star should cause local modifications of the values of physical constants and

create a passageway between the two universes, what we call, in mathematics, a hypertoric bridge. Matter could therefore escape as if it were overfilled.

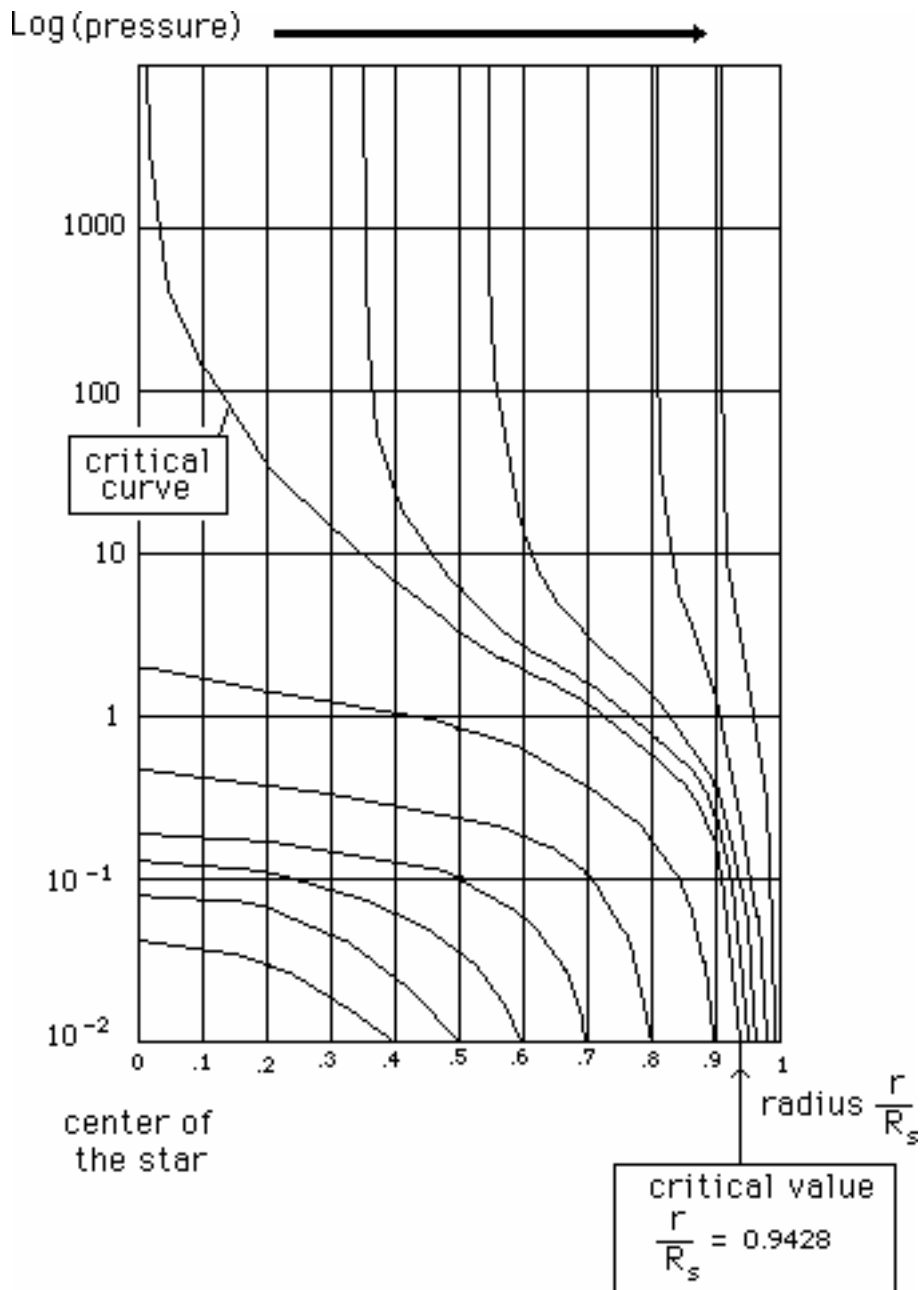




According to this idea, which, we must say, is the result of as yet uncompleted work, a hyperspace bridge would occur at the center of the star through which matter could flow at relativistic velocity and expand in the second universe.

This configuration would allow the neutron star to get rid of all the matter supplied by a companion, corresponding to its stellar wind.

But if we consider the merging of two neutron stars, the phenomenon would be much more violent. If we use the TOV model, we can calculate the pressure and see that the central, hypertoric singularity would extend very rapidly to the periphery :



Under such conditions, a large fraction of the matter could be transferred towards the second universe accompanied by the emission of gravitational waves and gamma-rays.

We know that phenomenal emissions of energy have recently been detected (December 1997), far greater than those associated with

supernovae. These "objects" were named "hypernovae". But simply giving an object a name and stopping there (as is the case for quasars, which remain a complete mystery) has never advanced things one jot. Such powerful emissions, as well as gamma flashes, could be linked to such a as yet unmodeled phenomenon.

Conclusion (June 1998)

A provisional conclusion : As this text is being put on Internet, it is likely to be improved and modified in the future with the addition of new chapters.

In this document we have touched on a certain number of astrophysical and cosmological subjects. We have seen that men have often been a lot less wise than they liked to pretend. We have also thrown in a few personal ideas whose value only the future can tell.

Whatever, I feel that we are in a deep scientific crisis and maybe at the threshold of important paradigmatic changes.

Nevertheless, one might say, great technological progress has been made. The Internet network is itself is a good example, and a spectacular one, having transformed the planet into a village in the space of a few years. What about fundamental research? Well according to Souriau it has been stagnating since the last notable discovery, in 1950, that of quantic electrodynamics by Feynmann, that is to say almost half a century ago.

Let us make a comparison.

Science underwent spectacular changes at the turn of the century, let us say between 1895 (the discovery of radioactivity by the Frenchman Becquerel) and 1932 (discovery of the neutron by the Englishman Chadwick). During those thirty-seven years there was a flowering of fundamental discoveries that we don't need to list here.

But in the following thirty-seven, which brings us to the beginning of the 60's, can anyone mention a fundamental discovery made during this

period? Which modern scientist can pretend to inscribe his name in the history of science?

Are we suddenly lacking in imagination at a time when there are apparently more researchers now than there have ever been.

It is obvious that fundamental research is going through a profound crisis. Theoretical physics has not advanced one jot since the 50's despite the periodic and noisy announcements of the superstring men :

- We have never been so close to the goal (Michael Duff, Scientific American, 1998)

But what goal ?

Reminder :

The document published on this site, The Dark Side of the Universe, must be considered free of author's royalties. I am prepared to address a signed letter of authorization to any person who wishes to translate this text into their own language for publication on their site, which would then be linked to mine.

Jean-Pierre Petit

Appendix 1

Why can't we go faster than light ?

Why does time freeze when V tends towards c ?

**Why is the measurement of the speed of light invariant
? Newtonian cosmological models.**

The free fall time concept.

In the course of the book we have constantly treated the universe, space-time, as a "four-dimensional surface" and juggled with didactic images in two dimensions. That being the case, we have always carefully avoided speaking of aspects linked with Special Relativity. Despite that we have been able to cover cosmology, sometimes in a fairly sophisticated manner, with the help of geometrical images. Why then is it so complicated with real facts and calculations? Why does it seem so difficult to produce a simple geometric image illustrating the key concepts of Special Relativity, with, as its principal feature, the impossibility of moving at a speed greater than that of light?

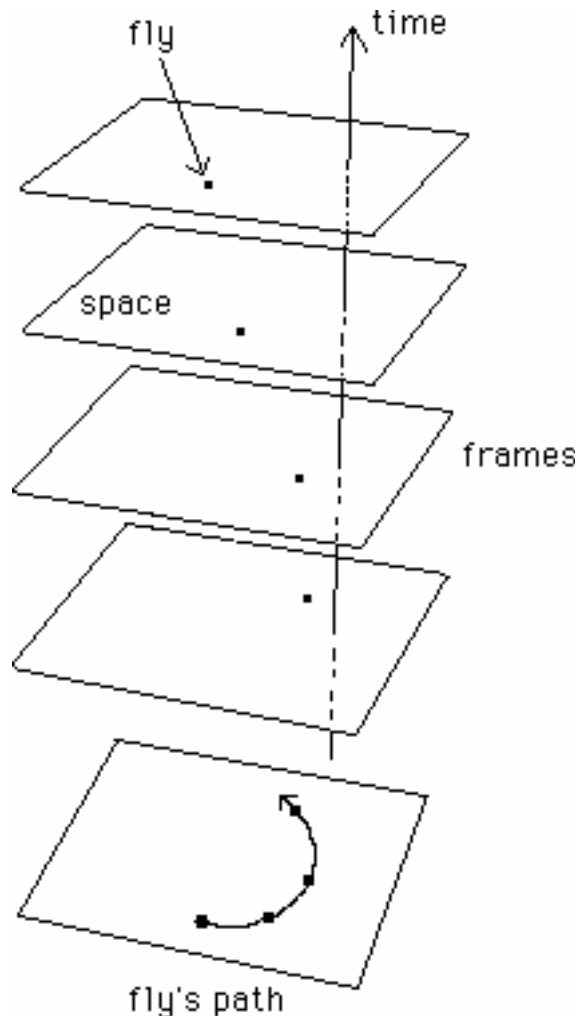
There are other aspects, just as troubling. When a particle sees its speed tend towards c , its mass tends towards infinity. To accelerate still more would give it infinite energy. You will be told that this is the reason why the fateful speed c cannot be attained.

The reader might imagine this as a truck carrying a strange load whose mass grows according to its speed.

I was like that myself for a long time. I did not understand even though I am capable of manipulating complex mathematical formalisms. Mathematicians are certainly lucky. One could say they don't need to understand. Manipulating signs seems enough for them. But I am a physicist, I need images and intuition.

Let us begin by picturing what classical, non-relativistic space time might be....

If we remove a dimension from space it becomes a plane. We can move on a plane, like a fly strolling across a table. We can photograph the fly at successive moments and then superpose the exposures, like this:

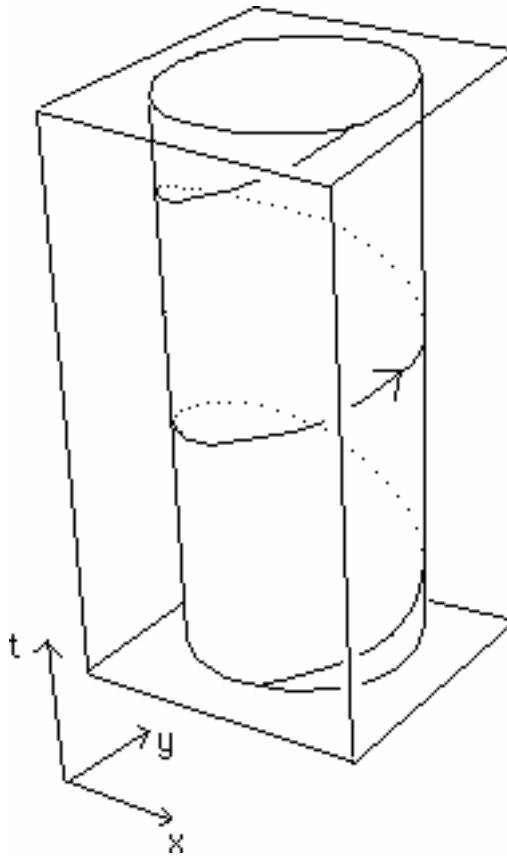


Above, exposures done at successive moments. The point represents the fly's position. By projection we obtain what is called a trajectory. If we suppose that space and time are continuous, the space in which the fly moves can be likened to a chessboard with infinitely small "squares". Similarly an infinity of possible exposures exists, separated by time intervals "as short as we wish".

In fact, this image is mathematical fiction since we consider that it not conceivable to analyze a portion of the trajectory whose length would be smaller than the "Planck length", 10^{-33} cm., just as it is not possible to analyze two states separated by a time interval shorter than the "Planck time", 10^{-43} seconds. But don't let us not mix everything up. We will come back to this later.

This corresponds to the hypothesis of the "space-time continuum" (still a hypothesis, but to discuss it would require another book...).

Based on the continuity hypothesis our 3d space-time (two dimensions of space and one of time) is a prismatic object.



Our prismatic space-time. The fly's trajectory is inscribed as a spiral drawn on a cylinder, projected in space from a circle. The circle is the purely spatial representation of the trajectory, outside time, and the spiral is the trajectory in space-time, and called a world-line.

Time becomes then an infinitely sharp knife with which we can make horizontal "cuts" at a constant t , each cut being a "moment". A cinematographic film is a three-dimensional space-time. Each frame is a two-dimensional space. By separating all the frames with a pair of scissors and then piling them up, you will obtain a third dimension -- time, the chronology of events.

It is the same with three dimensions of space and that of time. We would then have "a four-dimensional prism", of which each section would be a 3d volume. Of course, this can no longer be represented, it is mentally inconceivable. In the preceding sections we have constantly urged the reader to imagine extension to a greater number of dimensions so we hope that he has now got used to such strange gymnastics.

The key ideas of General Relativity and Special Relativity can be summed up in a single sentence:

Everything is geometry.

In taking up General Relativity, we have replaced mass with curvature and trajectories with geodesics and this has worked quite well. However, in the matter of time in this prism, we haven't come across any speed limit. A priori, all trajectories are imaginable. The representation even allows us to find out the speed of the fly's wanderings. Its spiral trajectory resembles a winding staircase.

The climb can be more or less steep. You might think that the more elongated the spiral, the faster the fly is going. In fact it's the opposite that's true. If you compress the spiral, like a spiral spring, the speed becomes greater, for the fly completes a loop in a shorter lapse of time.

This being so, nothing stops us, geometrically, from compressing this "spring" to a point at which the fly moves faster than light. It is impossible to define a limitation in this type of geometrical representation. Note also that nothing prevents us drawing a spatio-temporal trajectory that moves in reverse time on certain segments.

What should we do? Put notices up in this space-time saying:

- *It is strictly forbidden to exceed the speed of light.*

and:

- *It is forbidden to follow reverse-time paths in this space-time.*

How do we escape from the deadlock in order to geometrize Special Relativity?

Simply by changing the variable. As we have seen in the course of this book, time constantly plays tricks on us, eluding us like a mirage. We have always wanted to treat it as a free variable in which we can move as we please.

Time is not a free variable, if it were, what would be to stop us reversing its course to move in our prism in "reverse-time"?

Time is the result of an operation of measurement. The correct statement is not therefore :

-Tell me the distance you have covered and the time you have taken to do it and I will tell you your speed.

But:

Tell me your point of departure, your point of arrival and the speed at which you traveled and I will tell you how much time the trajectory has taken you and ... the distance you have traveled.

Now we are going to completely overturn our representation of space. Instead of imagining a space-time whole, we will imagine an angular reference-point and speed, this latter enumerated with reference to c .

Just now the fly was walking in a circle, a unidimensional space (having a single coordinate) with curvilinear abscissa, measured in centimeters between a point of departure and a point of arrival. The notion of distance covered was non-ambiguous.

But we know that in Special Relativity space and time become strangely elastic.

You are familiar perhaps with Plato's myth of the cave. The Greek philosopher claimed that people were living in a cave and what they called reality was only shadows projected onto the grotto's wall, coming from objects we do not see at all. Special Relativity is a platonic vision of the world. Everything becomes relative.

Years ago, in a street in the town where I live, I was looking at a street-lamp. Its glass was frosted and spherical. The light was at the center and flies, imprisoned in its interior, projected shadows onto the spherical screen.

I thought of Plato, of his cave.

I knew quite well that the flies were moving only on the lamp's glass and that I was only seeing their shadows, but that was my reality. If I had changed the screen or placed a larger or smaller one on the lamp, the length of the trajectory-arcs taken by my flies would have been modified.

What is conserved after the operation? The angular position of the flies with respect to the light filament, which remains the same. Finally it wasn't really the flies that were important to me as objects, but the rays of light that projected their images onto my spherical screen.

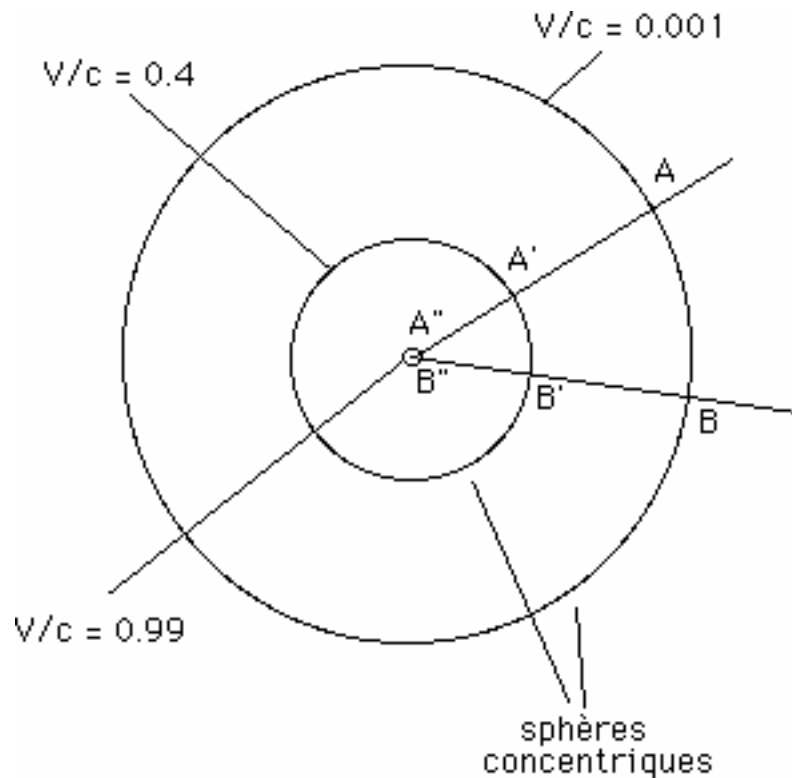
Here, summed up in two sentences, is the foundation of Special Relativity:

There are no objects.

There are only images.

To us a moving "thing" could be considered as a sort of lighthouse beacon coming from a point. The image of the point is projected onto a spherical screen whose radius depends on the V/c relationship, the relation between the object's speed and the speed of light. This speed will be the "first course" of the problem. I could say simply, as an example :

My "thing" moves at $V/c = 0.4$.



Two angular positions of the "lighthouse beacon" are shown on the image, and three different materializations of the trajectory according to the V/c relationship. The faster we go, the longer the path. Or rather, the path's image will be shorter since everything is image. When V tends towards c , the radius of my projection screen tends towards zero.

We have illustrated here what is called Lorentz contraction. Now it remains for us to materialize time.

I see mistrust in your eyes, your eyebrows arched.

- What is this?

Everything will be cleared up very quickly; your mental system of representation will change that's all. Your intuition will mutate. To accomplish this we will finish by introducing a model.

Let us imagine submarines which can navigate in this "medium", as if on a planet made up entirely of water. They are equipped with propellers that cause them to cruise deeper the faster they go.

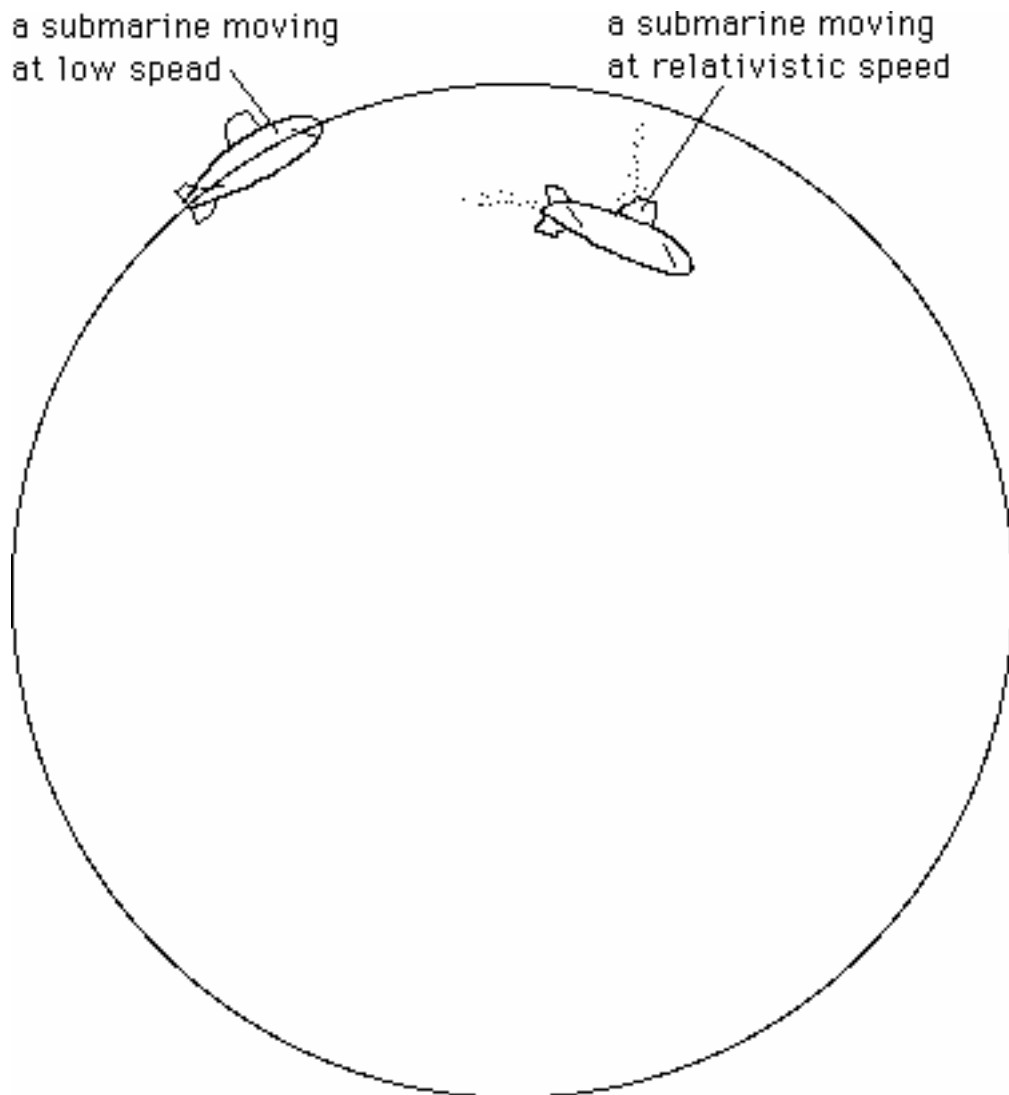
On a planet, a position is established through angles, longitude and latitude. To make a trip from point A to point B is to go from

(Longitude θ_A , latitude φ_A)

to

(Longitude θ_B , latitude φ_B)

On a normal, solid planet, the distance AB is quickly measured. It suffices to join two points with a geodesic arc. But our planet is not a normal planet. It is the planet of Special Relativity. If we make the trip at low speed, the distance covered will be at a maximum. At relativistic speed the submarine will navigate closer to the planet's center, on a sphere of smaller radius therefore, and distance covered will be reduced (Lorentz contraction).

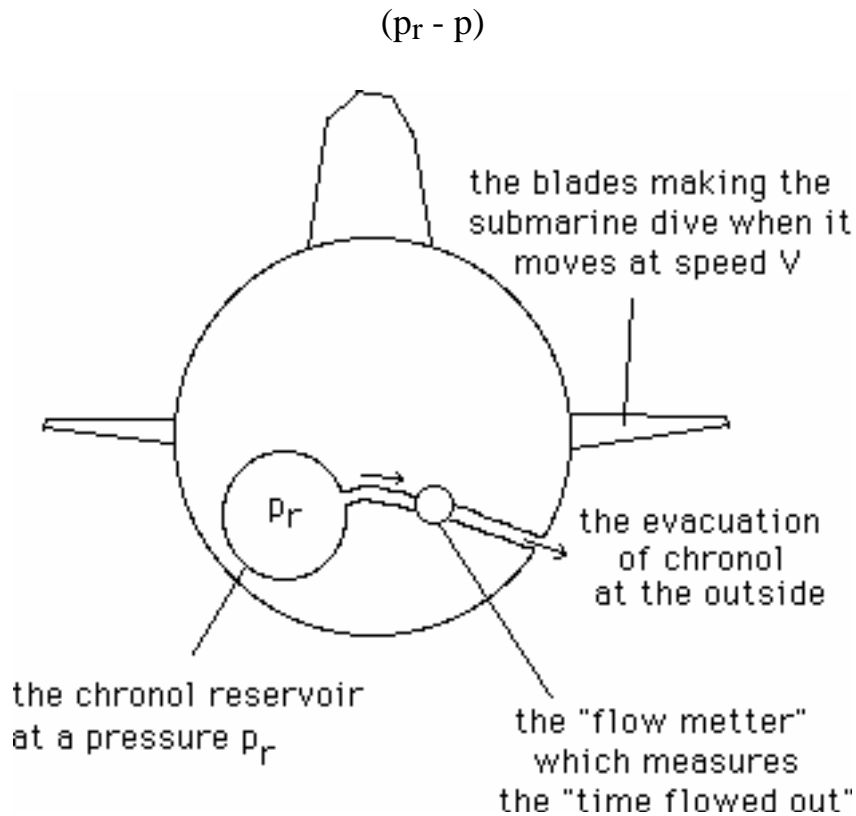


This makes up the first part of the answer:

- Tell me from what point you leave, at what point you arrive, at what fraction of the speed of light you go on this path and I will tell you the distance you have covered.

The problem of time remains. Our submarines will be equipped with fluid clocks. Let us call this fluid chronol. The submarines themselves navigate in chronol. Everything bathes in this chronol.

In the submarine, we measure the flow of time with a flow-meter. Inside is a reservoir of chronol, under a reservoir pressure p_r . We expel this fluid outside the submarine where a depth dependent pressure p prevails. The flow of time is proportional to the pressure difference



Thus, the closer we approach $V = c$, the slower time flows.

A new aspect of the "Lorentz contraction" and answer to the question:

- Tell me from where you left, what was your point of destination and at what fraction of the speed of light you traveled and I will tell you how much time your trip took.

We see that the journey's time depends on traveling speed. This has been experimentally confirmed by comparing elapsed times between a control clock on Earth and an identical atomic clock on board a satellite. A

comparison of the two "time flows" reveals a difference between them in accordance with the laws of Special Relativity.

Let us return to our model -- how can we ensure that the flow of time cannot be reversed? Simple, just make sure that the outside, ambient pressure is always less than the on board pressure p_r . Under these conditions the flow meter will always function in the same direction.

We said that "the faster the submarine goes, the greater its depth". However a maximum depth exists in this drop of liquid, corresponding to $V = c$, which we situate ... at the center of the sphere. We therefore understand the essentially geometric nature of this $V < c$.

This amounts to saying:

- We cannot descend deeper than to the center of a sphere.

What happens when we move at a speed very close to c ? We move on a sphere with a very small radius. The distances we cover are minute.

And time?

Simple -- at the center of the drop of liquid, the pressure is equal to the pressure p_r of the submarine's reservoir. At speed c , we literally move on the spot and time no longer flows, it "freezes". You can understand now why we have trouble defining a measurement of time in the vicinity of the Big Bang. What do we make the watch with if all the components of the universe move at speeds tending towards c ?

The flow of time is therefore contingent. At the end of the day it is not the distance we have covered which counts, but the time spent in our space vessel.

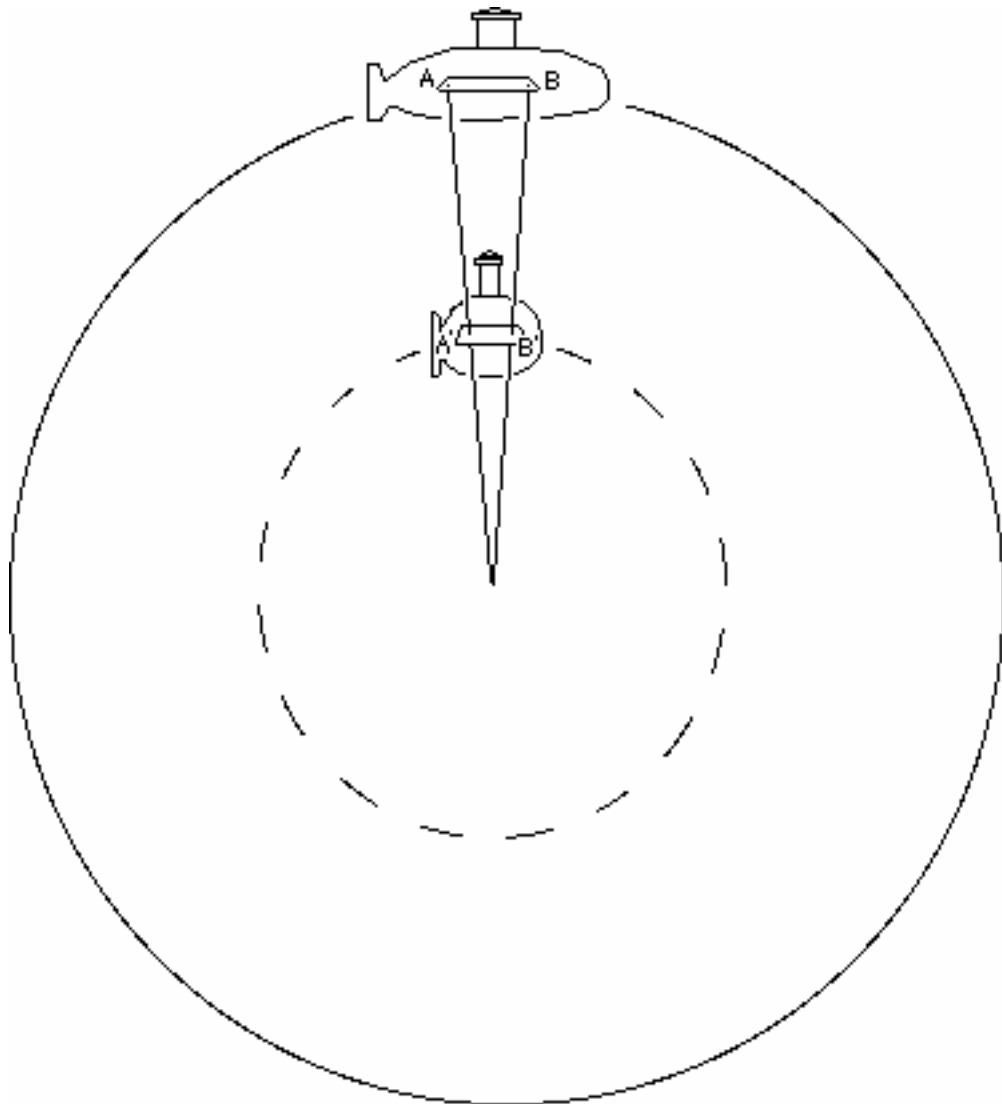
If we take two submarines, one of which proceeds at a non-negligible speed compared with c while the other is practically immobile, the clocks on board will record different lapses of time.

We say that to part is to die a little. In fact it seems to be the reverse.

The invariance of c :

Pushing this model a little further, we can reveal the paradox of the invariance of the measurement of c , at whatever speed the observer proceeds. Photons in some sense "live" at the center of this drop of liquid (and since their "proper" time does not flow, we can say that their death is, so to speak, stuck to the other side of their birth). We could compare them to lighthouse beacons.

Let us imagine another two submarines. The first is on the surface of our liquid and immobile. The second is moving at a speed V and navigates therefore at a depth, as shown by the broken line. It is "shorter" (Lorentz contraction).



The two radii vectors represent not two successive positions of the second submarine, but the passage of a photon able to be observed by both of them. Let us imagine that a passenger in the first, stationary submarine's can "read" the photon's trajectory on a special screen in the submarine; he sees it cross the segment $AB = L$.

A passenger in the second, moving submarine also sees the movement of this same photon on his screen and measures the displacement as $A'B' = L'$.

Time is measured in the two submarines with chronol clocks, and does not flow in the same way. For the passenger in the stationary submarine the path $AB = L$ of the photon takes a time t and for the passenger in the moving submarine the path $A'B' = L'$ takes a time t' . But because of pressure differences, as the photon-beacon sweeps the angle Q the measured lapse of time t' is less than t . The invariance of the measure of c will correspond to

$$c = L/t = L'/t'$$

The two submariners will measure the same speed for the photons. A relativistic version of Plato's myth of the cave.

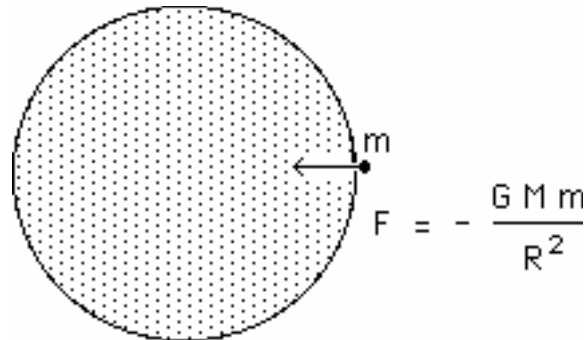
Models of the universe with Newtonian tools. First, "free fall time".

It was a great surprise in 1934 when Milne and MacCrea rediscovered the main lines of the Friedman models, products of a tensor, relativistic field equations and horribly complicated calculations using theoretical baggage dating from the nineteenth century. We will explain why later.

Milne and MacCrea started from a spherical ball of dust. That is to say a group of masses m , without speed of agitation, in other words without pressure. This is also the approximation used by Friedman and, as a general rule, in General Relativity when it is question of constructing a cosmological model. The idea is fairly realistic, to the extent that we consider the "molecules" of the cosmos as its galaxies, whose speeds of agitation of from 500 to 1000 km/s are small compared with c . In relativistic equations we can make this term correspond to the effect of pressure and show that it is around V/c , therefore negligible compared with others.

We can easily demonstrate (though we will not do so here) that the force of gravity created by a homogeneous sphere of radius R , at a distance $r > R$ to this one, is equal to that which would be created by a mass-point

located at $r = 0$ and equivalent to the entire mass M of the sphere. Let us suppose that this force acts on a control mass which is precisely at the surface of this sphere of dust, that is to say at $r = R$. We have:



This force will communicate to an acceleration the particle:

$$\Gamma = \frac{d^2R}{dt^2} = R''$$

In applying Newton's law, $F = m \Gamma$, it becomes:

$$R'' = -\frac{GM}{R^2}$$

That is to say the differential equation:

$$R''R^2 + GM = 0$$

This is exactly the equation Friedman had arrived at. It has three types of solutions. I'll leave you the trouble of finding the "elliptical" and "hyperbolic" solutions. The simplest corresponds to the so-called "Einstein-de Sitter" model. It suffices to suppose that it has the form:

$$R = a t^n$$

We calculate the first and second derivatives of this second function of t .

$$R' = a n t^{n-1}$$

$$R'' = a n (n - 1) t^{n-2}$$

The equation gives:

$$a^3 n (n - 1) t^{3n - 2} + GM = 0$$

There is a sum of two terms. The first can depend on time or not. The second does not depend on it at all. For this to work we need the exponent of t to be nil, which gives

$$n = 2/3.$$

Then:

$$a = \sqrt[3]{\frac{9}{2} G M}$$

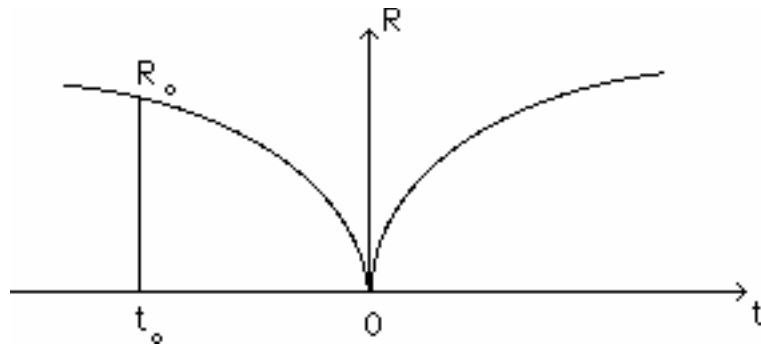
and the solution is written:

$$R(t) = \sqrt[3]{\frac{9}{2} G M} t^{\frac{2}{3}}$$

We note in passing that this solution is "time-reversible". If we prefer the idea of an expansion, we obtain a parabolic curve.



Mathematically the solution exists equally for t positive and for t negative. The complete curve is then:



We can consider the left-hand part as describing the implosion of a dust ball under the influence of its own forces of gravity, from a radius R_0 , at a time t_0 . These two quantities will be then linked by the relation :

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{9}{2} G M} t_0^{\frac{2}{3}}$$

or, in reversing :

$$t_0 = \frac{R_0^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{\frac{9}{2} G M}}$$

Let ρ be the mass by volume in this sphere of homogeneous density. We have :

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho R_o^3$$

Which gives us the free fall time t_o :

$$t_o = \frac{1}{\sqrt{6 \pi G \rho}}$$

Curiously, the initial radius of the dust sphere is eliminated. The free fall time depends only on the density of matter ρ . We rediscover the result initially obtained by Jeans, which is referred to in the chapter entitled "Gravitational Instability".

We see therefore that with two cents worth of mathematics we can accomplish quite a few things in the end.

Now, why do we succeed in finding the same differential equation as Friedman when he had to extricate it from very complicated calculations (which quite surprised people at the time)? Simply because Newtonian physics is something quite profound and close to the world of General Relativity. Both of these equations are local. If we assimilate curved space locally to flat Euclidean space, and have c tend towards infinity, we come across the Newtonian model.

Appendix 2

Absolute temperature and the speed of thermal agitation.

Escape velocities of different objects. Speed of circular orbit.

Even by its definition, the absolute temperature T of a gas is the measure of the average kinetic energy of its constituents, plus a coefficient (where Boltzmann's constant k intervenes).

$$T = \text{constant} \times \frac{1}{2} m V_T^2$$

If it is a question of molecules, m represents the mass of one of them, and V , its mean thermal velocity. These are concepts borrowed from kinetic gas theory. In inverting this formula, we obtain :

$$V_T = \sqrt{\frac{8 k T}{\pi m}}$$

where the Boltzmann constant has the value, in the MKSA unit system:

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23}$$

If the element is the hydrogen atom (mass)

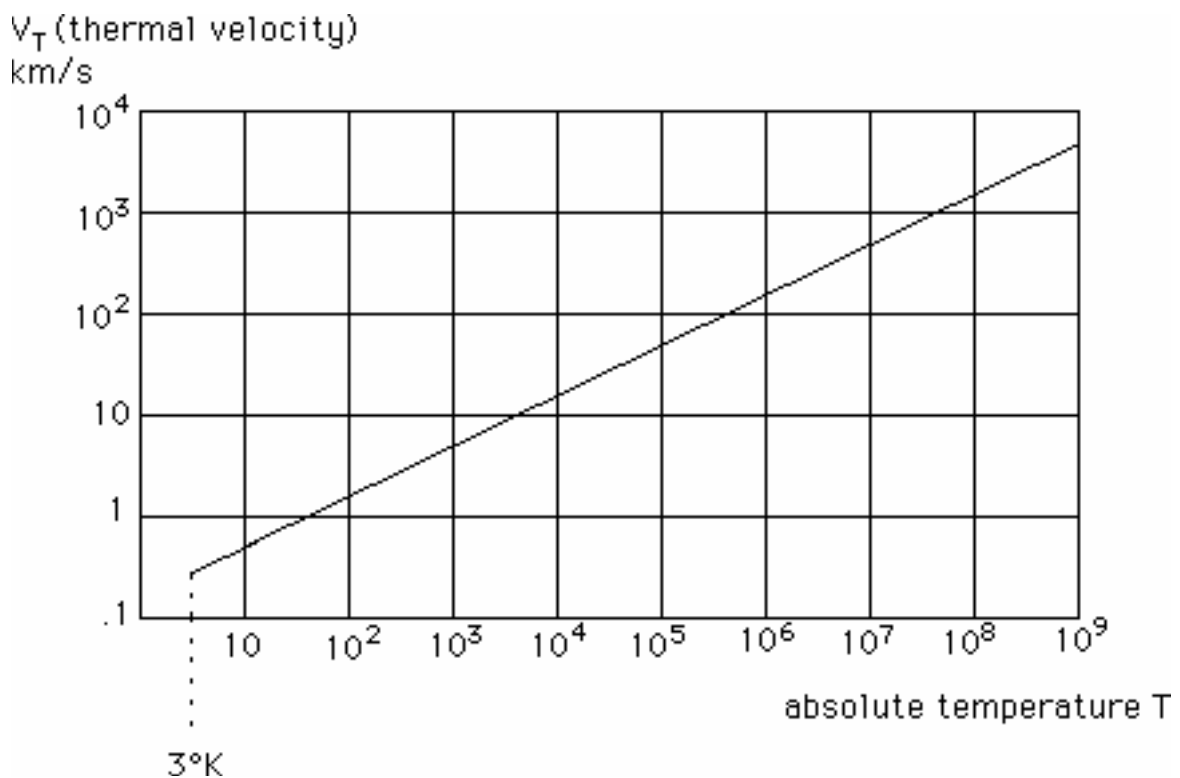
$$V_T = 145 \sqrt{T}$$

where T is in degrees absolute and V_T in meters per second.

In the universe there exists gaseous masses at all possible temperatures. You could stroll without discomfort in some, while others have a temperature numbered in thousands of degrees, providing they are sufficiently rarefied.

When an astronaut makes an excursion into space, hundreds of miles high, he enters into an environment of ultra-rarefied air whose temperature is measured in thousands of degrees Kelvin. However this air does not burn simply because the heat flux he receives from contact with this "burning air" is insignificant. This simply means that the molecules of air around him move at thousands of meters per second instead of 400 meters per second, as they would in dense air, and that this air is heated by the sun's energy.

If we return to the link between absolute temperature and the speed of agitation in a mass of hydrogen, we will see more clearly by studying the following diagram :



The curve (represented here in logarithmic coordinates) stops on the left, at the value 2.7°K, which is the temperature of the cosmic "oven", the most absolute void, in the current state of the universe's evolution. We will be surprised to note therefore that this "ultra-cold" hydrogen atom nevertheless moves at 250 meters per second.

In interstellar space vast masses of gas exist at all temperatures. In a cloud with a temperature of ten degrees absolute, the hydrogen atoms' speed of agitation (taken as reference, these clouds containing more than just hydrogen) is equal to 458 meters per second.

In a cloud at 100° Kelvin, this speed surpasses four and a half kilometers per second.

In the solar corona, at 6000°, the hydrogen atoms move at a dozen kilometers per second.

Beyond, the values of these speeds are interesting if we compare them to the escape velocities associated with certain objects.

Escape velocities:

Let there be a mass M , which we will consider as pointlike and also a mass m which is trying to escape from its attraction. The force which binds them is :

$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

To succeed in escaping beyond a certain distance R from the attractive mass M , the mass m must furnish certain work, which is expressed by an integral, and escape will become impossible when the work required equals the kinetic energy of the mass m . Which is written :

$$E = - \int_R^{\infty} \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{R} = \frac{1}{2} m V^2$$

Whence the value of the escape velocity, which this mass m must possess at least in order to be able to leave the attractive object.

$$V_L = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

G is the gravitational constant which, as always in MKSA units, has the value :

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11}$$

Let us take an object located at a distance from the galaxy in the order of its diameter \approx a hundred thousand light-years. The speed of light is $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. There are $3.15 \cdot 10^7$ seconds in a year. Therefore a light-year has the value 10^{16} m and this distance is $10^{16} \times 10^5 = 10^{21}$ m.

The sun's mass is $2 \cdot 10^{30}$ k. Our galaxy numbers two hundred billion stars in which, to schematize, the sun can be considered as a "typical" star. This gives a total mass of $4 \cdot 10^{41}$ k. The order of magnitude of the escape velocity is therefore :

$$V_L = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \cdot 10^{-11} \times 4 \cdot 10^{42}}{10^{21}}} \text{ m/s} = 231,000 \text{ m/s}$$

We know that the mass recorded in the galaxy is considerably less than that required to prevent stars from escaping, but this result is obtained through different reasoning (where the galaxy is no longer treated as a point mass) and we will therefore not go into it here. Because of this, astronomers think that there might be an immense halo of gas around the galaxy, for example. Let us suppose there is and that it's composed of hydrogen. To ensure that it does not fall back into the galaxy its atoms must have a speed of agitation greater than its escape velocity. Take a look at the preceding chart. The gas will have to be very hot : at least three million degrees. It could be a part of the primitive nebula from which the galaxy was formed, being heated during the first moments of star birth.

The escape velocity of clusters.

A cluster of galaxies, that is a thousand galaxies, a million light years distant on average. Cluster diameter: 10 million light-years (a tenth of the diameter of the "bubbles"). Or 10^{23} .

These numbers are just indicative. There exist clusters of varying size and density.

Galaxy (spiral, observations, etc.) mass : 10^{41} kilos. So smallest cluster mass: 10^{44} k.

$$V_L = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 4 \times 10^{44}}{10^{23}}} \text{ m/s} = 365,000 \text{ m/s}$$

which is greater than the galaxies' (measured) speed of agitation in the clusters (from 500 to a thousand km/s). Therefore these clusters should evaporate. Even more so as clusters exist which are ten times less rich and whose escape velocities would therefore be lower. Let us imagine a hundred galaxies, located in a cluster of shorter radius: 3 million light-years. So a factor :

$$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{10}} - 0.5$$

would lower the escape velocity to: 183 km/s.

To assure the cohesion of such clusters we would need a mass ten times greater than for large clusters. A factor of 30 for the large clusters, making for an escape velocity of 2000 meters per second. A factor of a hundred for the smaller clusters.

Escape velocity with respect to large clouds of interstellar matter.

Typical mass: 100,000 solar masses, or 2×10^{35} k.

Characteristic size: 40 light-years.

Escape velocity: 5 km/s, that of these young stars.

Appendix 3

How to calculate the Schwarzschild characteristic radius (the radius of the horizon sphere of an hypothetical black hole)

Let us return to the calculation above, that of escape velocity. The energy which the mass m disposed of to escape was therefore its kinetic energy

$$\frac{1}{2} m V^2$$

But how can we ignore the possibility that this object could propel itself by transforming its mass into energy? This energy could not exceed mc^2 . We are only concerned here with orders of magnitude.

We have said that the energy corresponding to work against the force of attraction exercised by a heavenly body of mass M was :

$$\frac{G M m}{R}$$

Then we were dealing with an attractive object supposed to be pointlike. But as is shown elsewhere (Appendix 1), uniformly distributed matter contained in a sphere exercises on an object outside it the same attractive force as it would if it were concentrated at its geometrical center. The energy above will therefore be the same as if it were leaving the surface of a heavenly body of radius R .

Let us now suppose that the energy which could be liberated by mass m in order to escape is of the order of mc^2 . This will lead us to :

$$\frac{G M m}{R} < m c^2$$

A mass m , putting such energy into play, could still escape from the attraction of the heavenly body of mass M and radius R . But it then becomes clear that if this mass is contained in a sphere of radius :

$$R_c = \frac{GM}{c^2}$$

escape will become impossible. Once again, with a different coefficient, we find the celebrated Schwarzschild radius

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

of the "sphere horizon" of the black hole, if it really does exist.

Again we notice the close relationship between the Newtonian and relativistic worlds, which enabled us to rediscover the equation leading to the Friedman models with a few lines of calculation(Appendix 1).

Appendix 4

The method of evaluating distances by parallax and the Hubble constant.

According to the standard model the constant H_0 is the coefficient of proportionality between the distance of objects and their speed of recession. It is therefore a speed divided by a length. In the MKSA system we evaluate it in meters per second. But the meter is a ridiculous length for astronomers, just like kilometers.

We can count in light years. How many meters in a light-year?

Speed of light:

A year is 365 days of 24 hours, each counting 3600 seconds.

A year =

In one year light travels therefore:

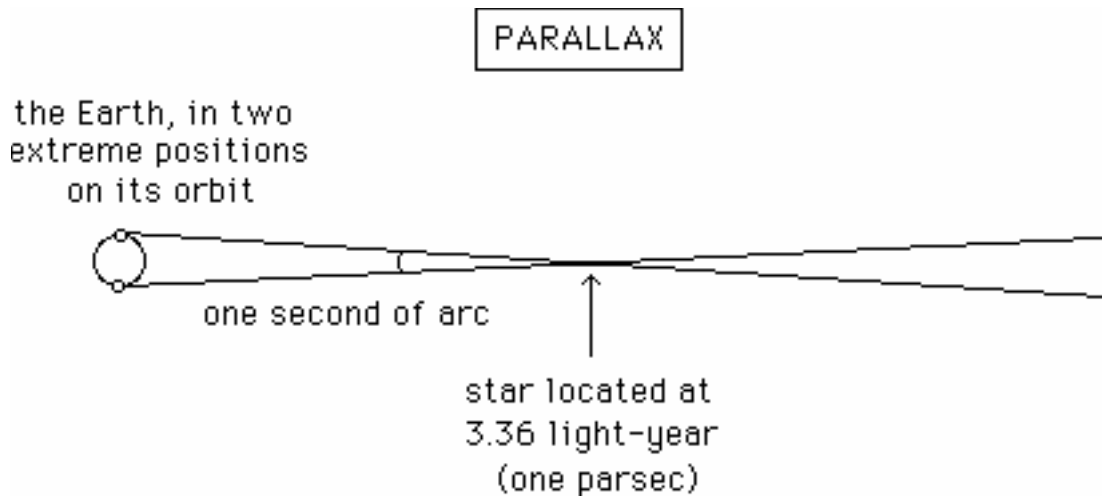
which we round off to 10^{16} m.

One with sixteen zeros. Here is something quite beyond our mental scale, which is already saturated at a billion.

Astronomers prefer to utilize the parsec (abbreviation of "per second"). This is the distance under which the solar system is seen as an apparent diameter of one second of an arc. A tour of the horizon is 360° . The moon is seen as an apparent diameter of about one second, 60 minutes of an arc, 3600 seconds.

A parsec has the value of 3.26 light-years, or $3.26 \cdot 10^{16}$ m.

This signifies that a star at 3.26 light-years distance would move against the background of distant stars one second of arc between two extreme positions of the Earth:



Alpha Centauri, the closest star, is at 4.2 light-years.

One second of arc is not measurable to the naked eye, but it is with an optical instrument equipped with a photographic plate. We understand why Tycho Brahe, incapable of discerning this phenomenon of parallax, had inferred in 1586 that the Earth did not move (see Appendix 5). He had simply underestimated the distance of the stars by a factor of ten thousand, believing that they were at the same distance as the planets of the solar system. Thinking that the brilliant stars were closer than the dim ones (it is often the reverse -- the most brilliant stars in the sky, like Sirius, are not closer, just more emissive), he determined their distances badly.

We can also see why Bessel was able to effect the first measurement of stellar distance in 1838 when using the resources of photography for the first time

To measure the distance to stars located one parsec away by the parallax method requires a "power of angular resolution" greater than one second of arc and an equivalent stability of aim. A second of arc is a 5 cm object seen from one kilometer away. Even the smallest telescope has a precision ten times greater than this. We can deduce from this that it is therefore quite easy to measure the distance of objects located at a few dozen of light-years from the Earth by the parallax method. However beyond this distance we are very dependent on the telescope's optical and mechanical characteristics.

In cosmology, the unit of distance is the megaparsec, a million parsecs. This is in the order of magnitude of the diameter of the great empty bubbles around which galaxies are arranged. It is also that of the distance of galaxy clusters.

A megaparsec is $3.26 \cdot 10^{22}$ meters.

The former value of the Hubble constant was:

$H_0 = 45$ kilometers per second per megaparsec.

or :

$$H_0 = \frac{4.5 \cdot 10^4 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^{22} \text{ m}} = 1.5 \cdot 10^{-18} \text{ m/s par m}$$

The age of the universe which is deduced from it is :

$$A = \frac{2}{3} \frac{1}{H_0} = \frac{2}{3 \times 1.5 \cdot 10^{-18}} = 4.44 \cdot 10^{17} \text{ sec} = \frac{4.44 \cdot 10^{17}}{3.15 \cdot 10^7} = 1.4 \cdot 10^{10} \text{ yrs}$$

Fourteen billion years.

Recent measurements made by the Hubble telescope have revised this constant to the value of 70 km/s per megaparsec. Or in MKSA, a value of :

$$H_0 = \frac{7 \cdot 10^4 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^{22} \text{ m}} = 2.3 \cdot 10^{-18} \text{ m/s per meter}$$

The age of the universe then becomes 9 billion years.

The galaxies in which Hubble was able to detect Cepheids are at distances d of the order of 50 million light-years, or:

$$d = 5 \cdot 10^7 \times 10^{16} = 5 \cdot 10^{23} \text{ m}$$

Multiplying by the Hubble constant we find their speed :

$$V = 2.3 \cdot 10^{-18} \times 5 \cdot 10^{23} = 1.15 \cdot 10^6 \text{ m/s} = 3.83 \cdot 10^{-3} c$$

This is the red shift :

$$z = 0.00383$$

In fact what we measure is z just as d , thanks to the Cepheids. Then we can deduce the value of H_0 .

Appendix 5

The slow displacement of galaxies in clusters

A remark intended to reassure the reader. We had said above that the Andromeda galaxy was in the process of falling down on us. This does not mean that it is coming towards us. The speed we measure is only the projection of its speed vector on the "line of sight", deduced from its red shift (Doppler effect).

If Andromeda were really coming at us, how long from now would the collision occur?

I do not know at what speed Andromeda is moving, but its distance, 2.2 million light-years, is a good measure of the average distance separating galaxies with clusters. Let us take a speed of 500 km/s. That gives a time of :

$$\frac{2.2 \cdot 10^6 \times 10^{16} \text{ m}}{5 \cdot 10^5 \text{ m/s}} = 4.4 \cdot 10^{16} \text{ sec} = \frac{4.4 \cdot 10^{16}}{3.15 \cdot 10^7} = 1.4 \cdot 10^9 \text{ yrs}$$

A billion and a half years, so you can sleep peacefully.

This is why we wrote that galaxies were moving "lazily" at a speed of 500 to a thousand kilometers per second within the cluster.

A galaxy (our own, Andromeda) has a diameter in the order of a hundred thousand light-years. We have been saying that stars are minute objects, separated by immense voids. For galaxies, this is no longer the case. The average distance which separates them is numbered in millions of light-years. They are distributed within the clusters like little peas separated by distances of the order of a meter. The probability of encounter grows proportionally. But as they move very slowly we consider

that only one encounter occurs within a cluster over a time lapse of the order of ten billion years (the age of the universe). For this reason we never observe "galaxies in interaction" here or there.

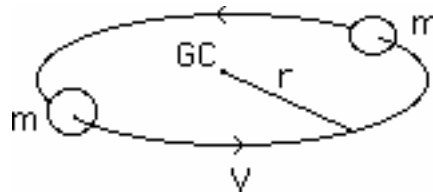
On the basis of calculations of probability, astronomers have deduced from this that galaxies made of matter and antimatter cannot both exist in the same cluster. Their encounter would not go unobserved.

Appendix 6

Weighing Stars

Spectroscopy allows us to obtain information on the composition and temperature of stars, but how can we weigh them?

Let us consider two stars of the same type and at the same evolutionary stage which orbit around their common center of gravity on a circular trajectory of radius r .



The equilibrium of these two masses m expresses the fact that centrifugal force is balanced by the force of gravity:

$$\frac{G m^2}{(2 r)^2} = \frac{m V^2}{r}$$

An astronomer knowing the speed V and the distance $2r$ can deduce the value of the mass m .

$$m = \frac{4 r V^2}{G}$$

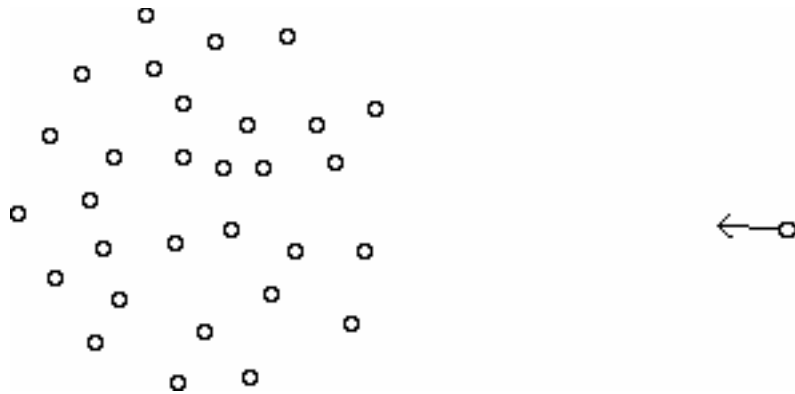
Thus astronomers have been able to determine the mass of stars of a given type. When these stars are coupled with other, different stars, it is possible to determine their masses also.

Appendix 7

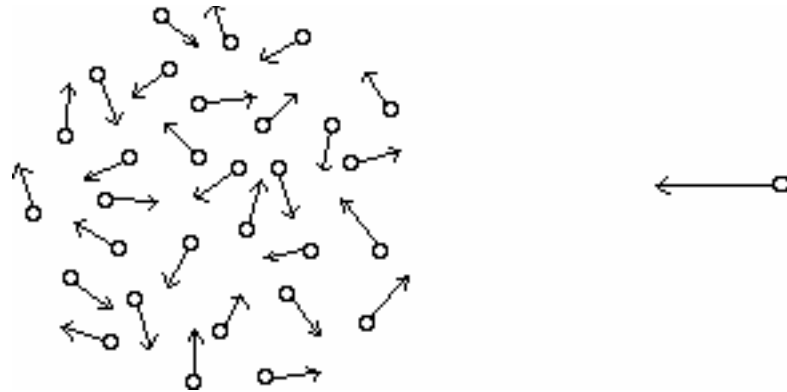
Planck length and Planck time

We will now once more take up the problem of the mass m which leaves a heavenly body of mass M . But this time we will imagine the escape of a photon of energy $h\nu$. Bizarre, the reader might think, doesn't the photon have zero mass? Yes and no. Its "inertial mass" is nil, but not that which can be considered its "gravific mass".

In fact, as a general rule, it is not mass that creates a gravitational field, but energy. For example, if we consider a group of mass m , at rest (each member with respect to the others) it creates an attractive gravitational field. Let us now imagine that the groups members are agitated, with turbulent relativistic movements, the field then becomes more intense.



The gravitational force exercised on a control particle by a group of immobile masses.



This same force, when these masses are animated by a movement of relativistic thermal agitation.

To calculate the field produced it is not necessary to sum the masses at rest m_0 , but the masses :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

where V represents the speed of thermal agitation in this medium.

Mass *is* energy. Put a brick in an oven. Heat it, it will weigh...more. Of course this is not measurable, but it is very real. According to the principle of action and reaction, the Earth attracts the brick, and the brick attracts the Earth. Therefore the gravitational field created by a hot brick is greater than that created by a cold brick.

It would be simpler to say that what creates a gravitational field is a concentration of energies :

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

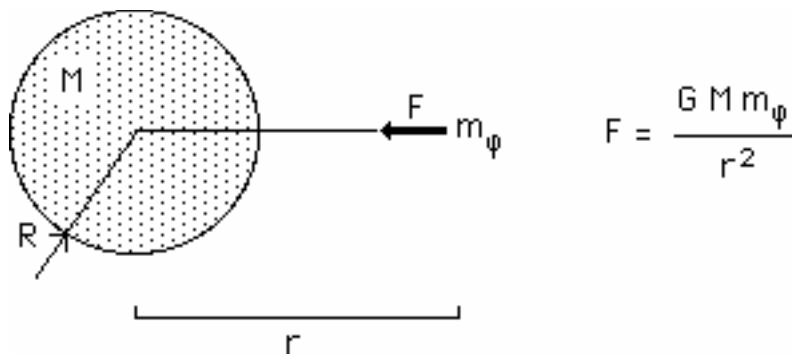
Photons are also regions of condensation of energy. They contribute to the gravitational field. Two photons which encounter each other "attract each other gravitationally" Although this might make a theoretical physicist

scream, it is not idiotic to attribute to the photon a fictive gravific mass, according to the relation:

$$h \nu = m_{\varphi} c^2$$

and to calculate the work done by this photon to leave the star. On a theoretical level this is crude, but at least it gives the order of magnitude of the problem.

Going back to preceding scheme : The attractive mass is a filled sphere of constant density. Therefore the field which it creates, according to a known theorem already referred to, is the same as that created by the same mass situated at its center.



We rediscover the order of magnitude of the energy dispensed for this effort of escape (from $r = R$ to $r = \text{infinity}$).

$$E = \frac{G M m_{\varphi}}{R}$$

The photon will lose this energy. Far from the heavenly body it will have a weaker energy $h\nu$. We call this phenomenon the gravitational red shift.

$$m_{\varphi} c^2 = h \nu \quad \text{ou :} \quad m_{\varphi} = \frac{h \nu}{c^2}$$

We can then determine the order of magnitude of the radius of a heavenly body of mass M such that it loses all its energy to a photon. Again we come across the Schwarzschild radius:

$$R_s = \frac{GM}{c^2}$$

That is to say the radius of a black hole's sphere-horizon. Thus, if they do exist, nothing can escape a black hole, neither mass nor light. Whence its name.

Now we can amuse ourselves by performing the following exercise. Let us suppose that the mass (energy) opposing the escape of the photon is ...its own energy. Let us suppose that it creates a local curvature in space sufficiently strong to affect its own trajectory, to the point of making it turn round and round like a dog chasing its own tail:

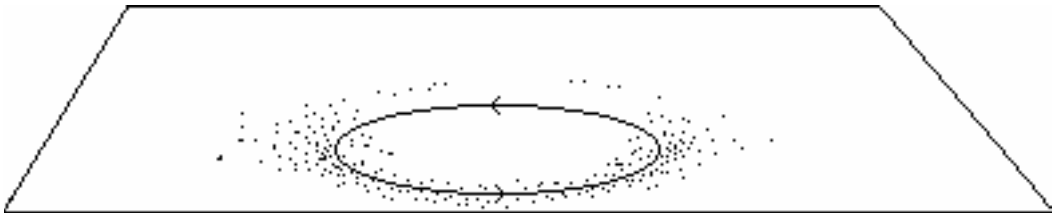


Image of a particle trapped by its own gravity field.

It is enough to replace this photon's mass M with this fictive, equivalent mass m_φ and to identify R_s with its wavelength λ .

$$R_s = \lambda = \frac{G m_\varphi}{c^2} \quad m_\varphi c^2 = h \nu = \frac{h c}{\lambda}$$

whence :

$$\lambda = L_p = \sqrt{\frac{G h}{c^3}}$$

We arrive at a length which we call the Planck length :

$$L_p = 1.615 \cdot 10^{-33} \text{ cm}$$

We arrive at the same result with a particle of any mass m whatsoever, identifying its Schwarzschild radius with its Compton wavelength.

$$\lambda_c = \frac{h}{m c} \quad \text{ou} \quad m = \frac{h}{\lambda_c c}$$

$$R_s \text{ (Schwarzschild) } = \lambda_c = \frac{G m}{c^2} = \frac{G h}{\lambda_c c^3}$$

whence:

$$\lambda_c = L_p = \sqrt{\frac{G h}{c^3}}$$

Let us come back to this photon, trapped by its own self. The orbital period of this strange object, which "orbits around itself at the speed of light c ", is then the Planck time :

$$t_p = \frac{c}{L_p} = \sqrt{\frac{2 \pi c^5}{G h}} = 0.539 \cdot 10^{-43} \text{ second}$$

Thus we understand why it is conceptually impossible to move particles possessing such an energy $h\nu$ (photons or particles carrying a "true mass"). This is a universe where "nothing can happen any more", since even the photons turn round and round, chasing their tails like mad dogs, and can no longer propagate.

Thanks to this little bit of reasoning we have put our finger on the absolute limit of our current physics, determined by the thicknesses of its knife and of the "present moment". This the "distinguishing power" of our theoretical machinery, which cannot analyze phenomena involving times

and distances less than Planck quantities, or events occurring in a time less than Planck time.

This is the "grain of the film", or the time between two successive images of a movie.

At what distance from time $t = 0$, in the Big Bang model, would such extreme conditions pertain? The answer is simple. When

$$t = 0.539 \cdot 10^{-43} \text{ second}$$

When the age of the universe equals the Planck time we conceive that theoreticians have serious difficulties in describing it.

Appendix 8

The quantum melody

An electron which is supposed to "orbit" around the proton, the whole constituting a hydrogen atom, is in fact a stationary wave, with the De Broglie wavelength :

$$\lambda = \frac{h}{m_e V_e}$$

Let us note the force of electrostatic attraction with the centrifugal force :

$$\frac{e^2}{4 \pi \epsilon_0 R^2} = m_e \frac{V_e^2}{R}$$

e is the electron's charge (and the proton's).

m_e is the electron's mass, R that of its orbit, V_e its "speed of circular orbit" in this mechanical description. The electrostatic attraction force is $1/R^2$.

$1/4\pi\epsilon_0$ is the constant linked to the electrostatic force.

On the right, the centrifugal force.

$$m_e = 0.9 \cdot 10^{-30} \text{ kilo}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb.}$$

$$\frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$$

Very well, but how do we choose the orbit's radius R ?

By assimilating the electron's movement to a resonance phenomenon. We will say that the only possible orbits in which this "resonance" can appear and last, are those whose perimeter $2\pi R$ is equal to a whole number of times the associated wavelength. This is to say that then :

$$2 \pi R = n \lambda = \frac{n h}{m_e V_e}$$

Or :

$$V_e = \frac{n h}{2 \pi R m_e}$$

By replacing the relation (electrostatic force equals centrifugal force) linking R and V , we obtain:

$$R = n^2 \frac{h^2 4 \pi \epsilon_0}{(2 \pi)^2 m_e e^2}$$

with :

$$\hbar = \frac{h}{2 \pi}$$

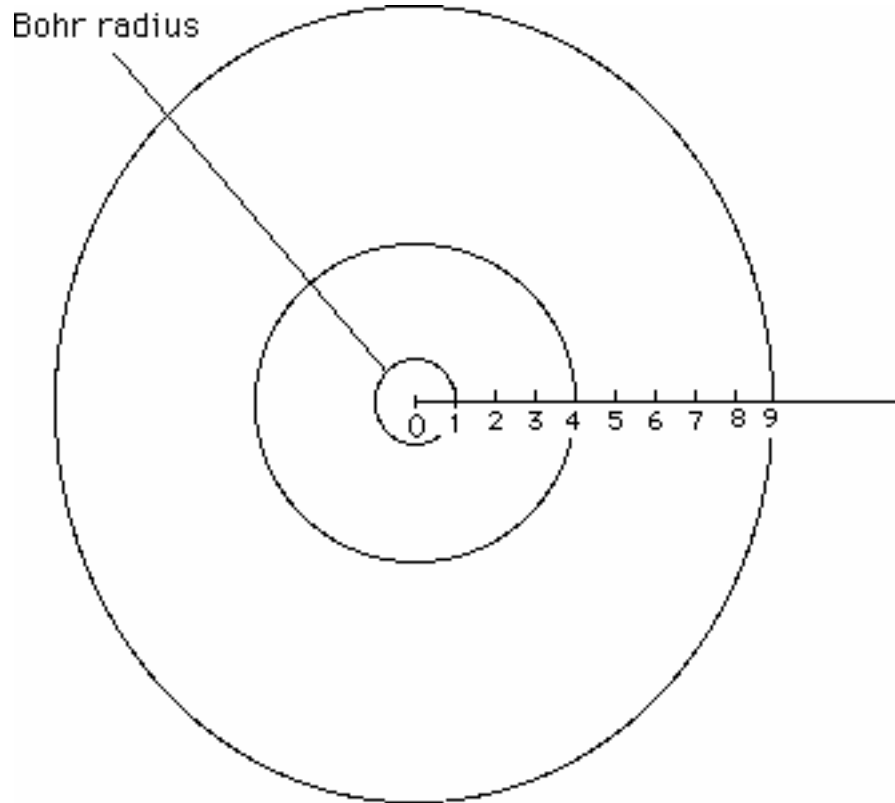
$$R = n^2 \frac{4 \pi \epsilon_0 \hbar^2}{m_e e^2} = n^2 R_b$$

This is to say n^2 times what we call the Bohr radius R_b , the diameter of the hydrogen atom, which has the value $0.58 \cdot 10^{-8}$ cm. In this description, the electron can occupy only the orbits:

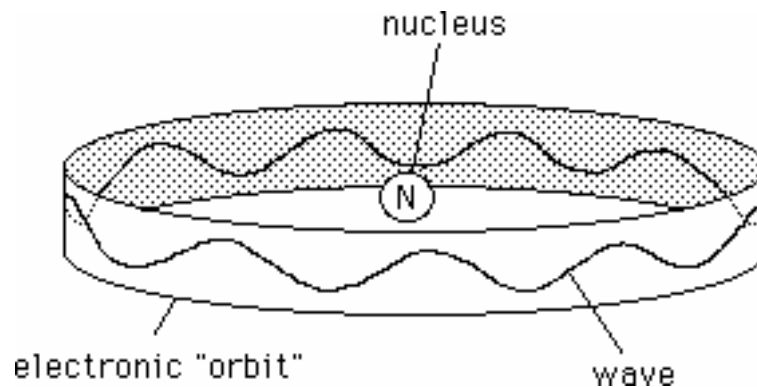
$$n = 1 \text{ (fundamental level): } R = R_b$$

$$n = 2 : R = 4 R_b$$

$$n = 3 : R = 9 R_b \text{ etc....}$$



In fact it is much more complicated, as you can well imagine, and we must take into account many other things. But at least it gives to the non-initiate the beginning of a view of something rather different from one ball turning around another, and a glimpse into the "quantification of orbits". Here is one of these possible orbits, showing how the wave function bends on itself. This suggests a resonance phenomenon.



Let us take again the relation:

$$2 \pi R = n \lambda = \frac{n h}{m_e V_e}$$

which we can write :

$$m_e R V_e = n \frac{h}{2 \pi}$$

The first component represents what is called the kinetic moment. It can take only the whole values of the quantity :

$$\frac{h}{2 \pi}$$

Planck's constant has therefore the dimension of a kinetic moment, that is to say of the product of a mass by a length by a speed. It is expressed in

$$\text{kilos} \times \text{meter}^2 / \text{sec}$$

But we also have:

$$\text{Energy} = \frac{h}{\tau \text{ (period = time)}}$$

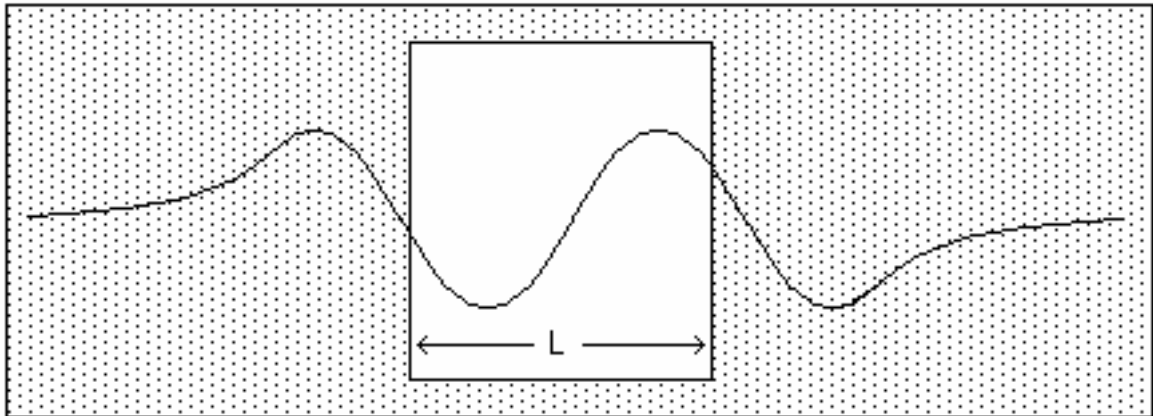
Therefore this is also an energy multiplied by a time :

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ joules per second.}$$

Let us suppose that we wanted to measure the speed of a particle passing before us in the form of this "wave packet". Let us come back to our model of a disturbance propagating along a rope, supposing that the measurement of the disturbance's speed can be based on that of the wavelength, that is say that the two are linked by the De Broglie relation :

$$\lambda = h / m V.$$

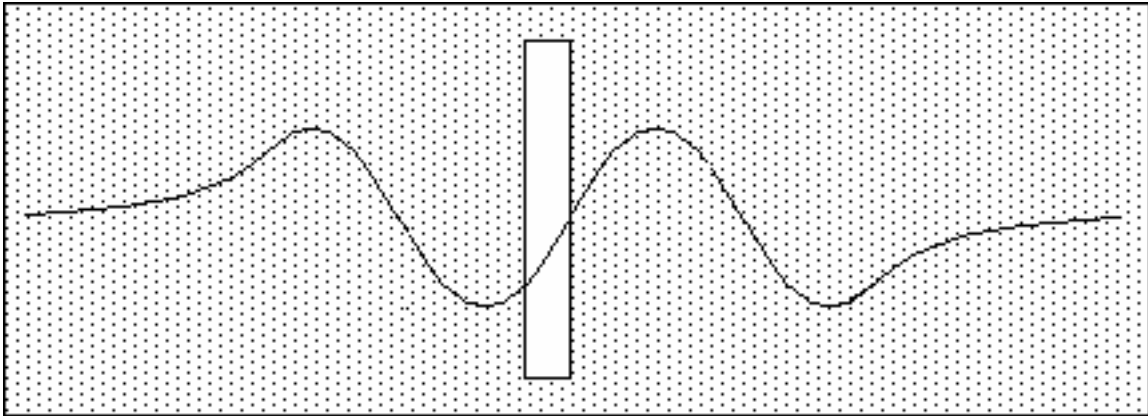
We base our measurement on an instantaneous exposure of what we see through the window. We see that we cannot know this speed (or the impulsion mV) with unlimited precision. If our window is too narrow, we will only see a sinusoidal arc, too short to be able to determine the oscillation's wavelength with precision. If we content ourselves with this exposure, our measurement of the speed will become imprecise.



A wide window (uncertainty about position) enables a good determination of the wavelength.

A wide window gives good precision to the measurement of speed but imprecision (L) as to position. This is only a rather crude image of the

Heisenberg principle of uncertainty which postulates that the product of the uncertainty in the measurement of position by that of the uncertainty in the measurement of a particle's speed is a constant, equal to the Planck constant.



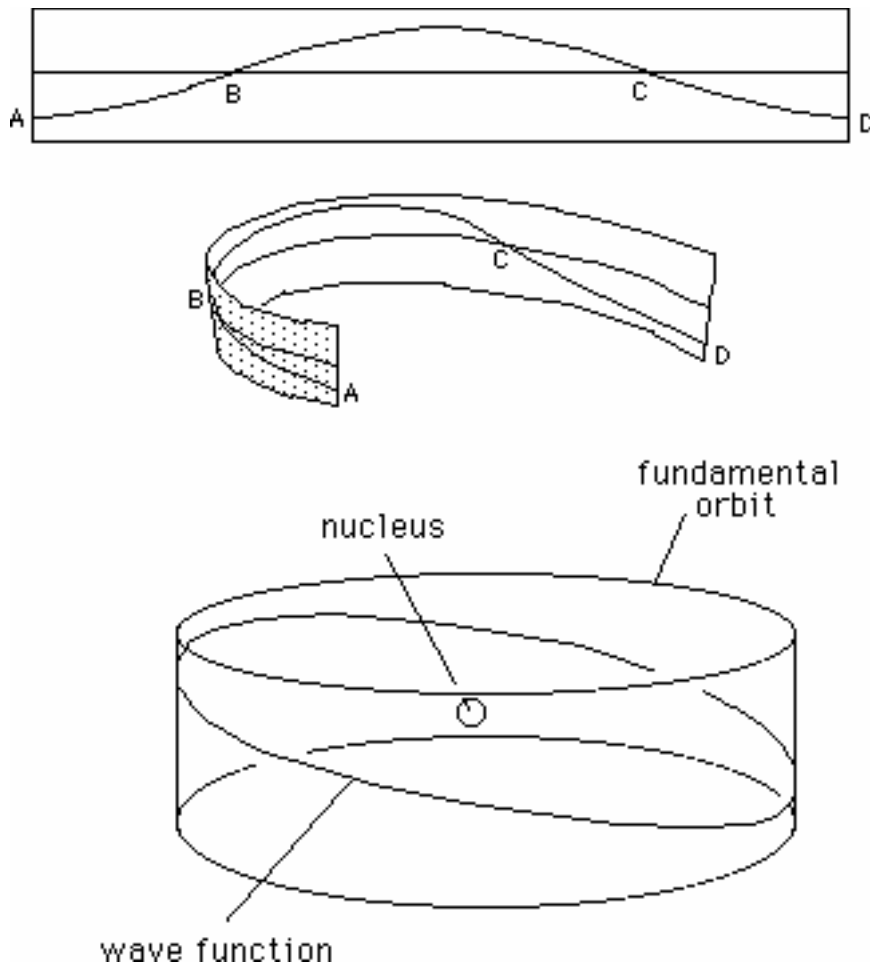
The narrower the window the less precise the measurement of speed.

Our point of observation is a window of a certain width. Through which we imagine we take an instantaneous photograph of the rope.

But let us return to the idea of the wave function bending onto itself and which resulted in the quantification of orbits, whose radius grows as n^2 . The value $n = 1$ corresponds to what is called the fundamental state of the electron in the hydrogen atom. This corresponds to :

$$2 \pi R = \lambda$$

If we draw the sinusoidal arc corresponding to the electron's wave function in its fundamental state, around the nucleus, it is reduced to its simplest expression, with at each moment a single maximum and a single minimum. This is a unique sinusoidal arc, bent onto itself. We obtain this:



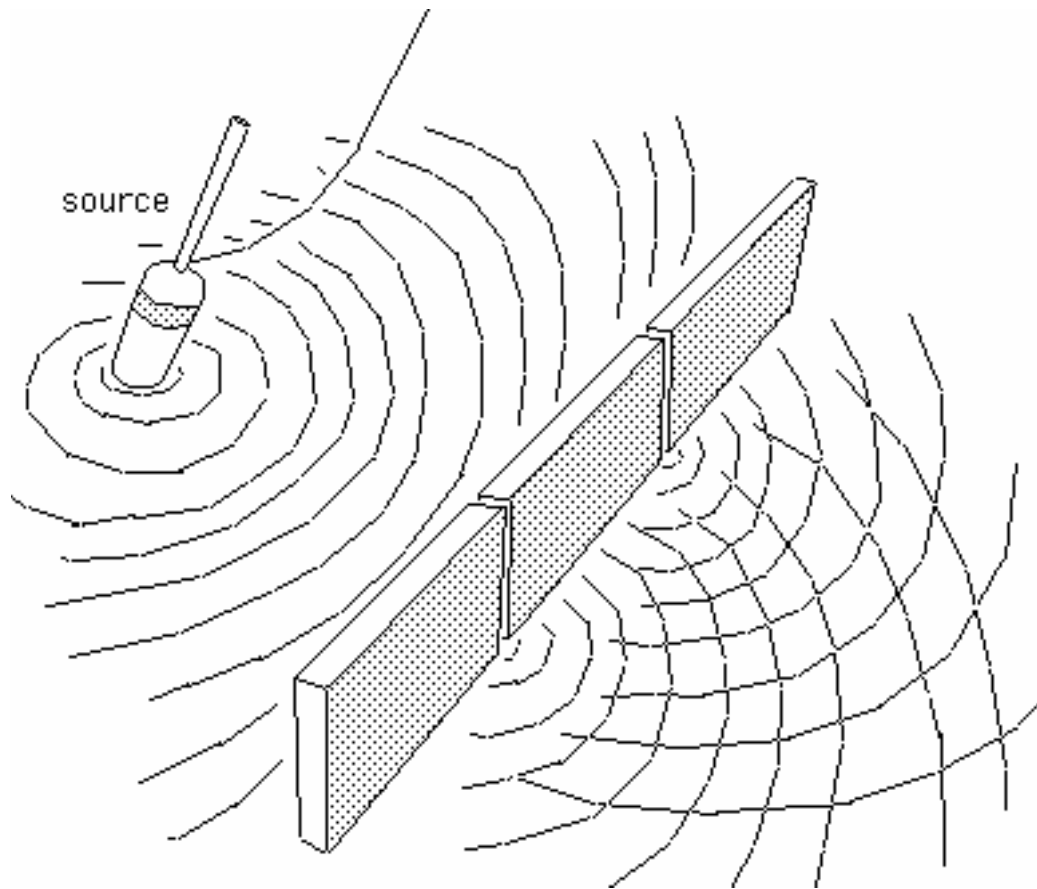
We can see that we would have difficulty in determining the electron's position in its orbit at a given moment. It is in fact completely indeterminate. In the course of the book we have represented the electron as a ball attached to a string and imagined that we could simulate this indeterminacy of position by having the ball turn around very fast, until our eye can no longer localize it. We can imagine another appropriate model to illustrate this property. Let us imagine a sort of circular canal, filled with water, with a single wave circulating around with a sort of swashing. The fundamental state would be the "swash of order one", with a single maximum of the water's height and a single minimum at each moment. On the "following orbit", another "canal" located at a greater distance, a "swash of order two", with two maxima and two minima. Etc....

An electron "ambling" around a nucleus is the "space which swashes". We are a long way from the representation of a little rolling marble.

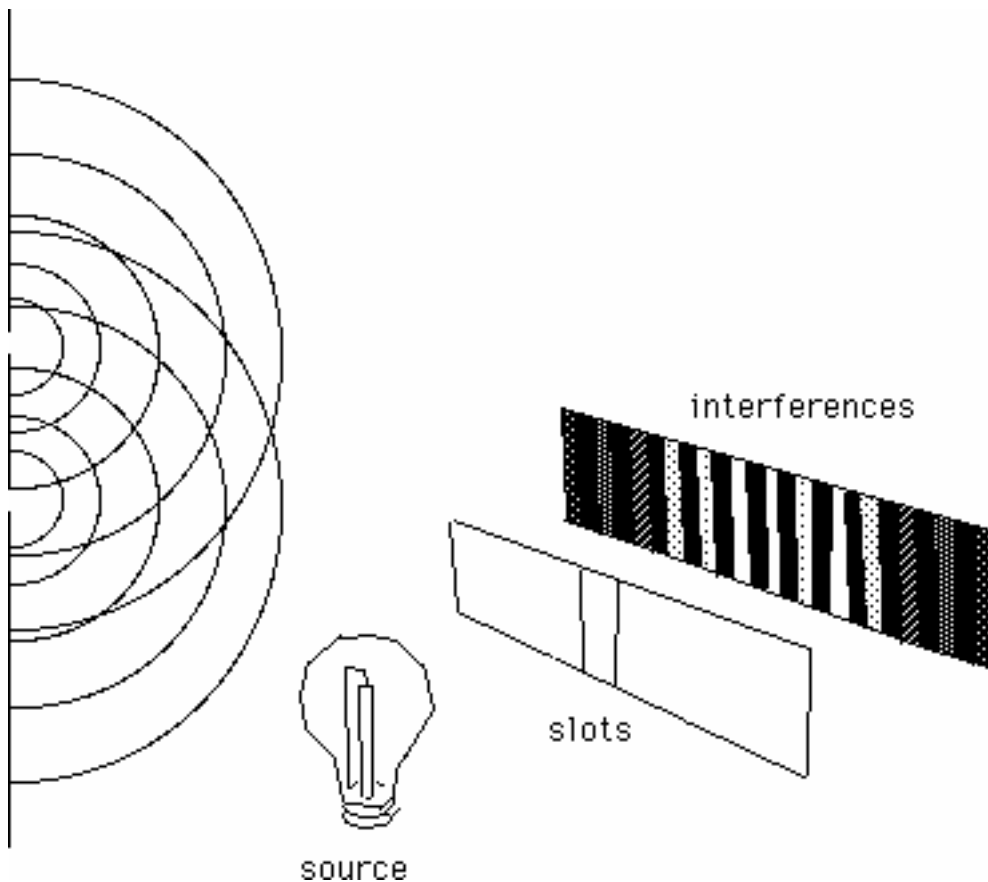
In quantum mechanics the quantities familiar to us in physics -- position, energy, etc. -- are not perfectly determined. In fact an "object" in quantum mechanics is a "superposition of possible states", each being affected by a probability, a difficult concept to grasp. Einstein did not like this idea, and said that he did not believe that God played dice.

We briefly referred in the course of the book to this strange "tunnel effect" enabling a proton to cross the "potential barrier" repelling it, constituted by a positively charged nucleus.

A classic experiment exists called the Young slits. We pass light coming from a single source through two slits. If light is a wave, we will have interference. It is easy to illustrate them using the model of oscillations propagating on the surface of a liquid. The waves then pass through two narrow passages in a wall :



Downstream from the slits there is a system of nodes where the oscillations are in phase and reinforce each other. Between them, on the contrary, the two solicitations cancel each other out on the liquid's surface. If we put some fluorescence in the water and wrote laterally with a light brush we would see places where the water rose and descended and others where it stayed put.



With light the effect is similar and by using systems of slits we can create bands on a screen which alternate between luminous (where the luminous waves are in phase) and dark (where they are in opposition and cancel each other).

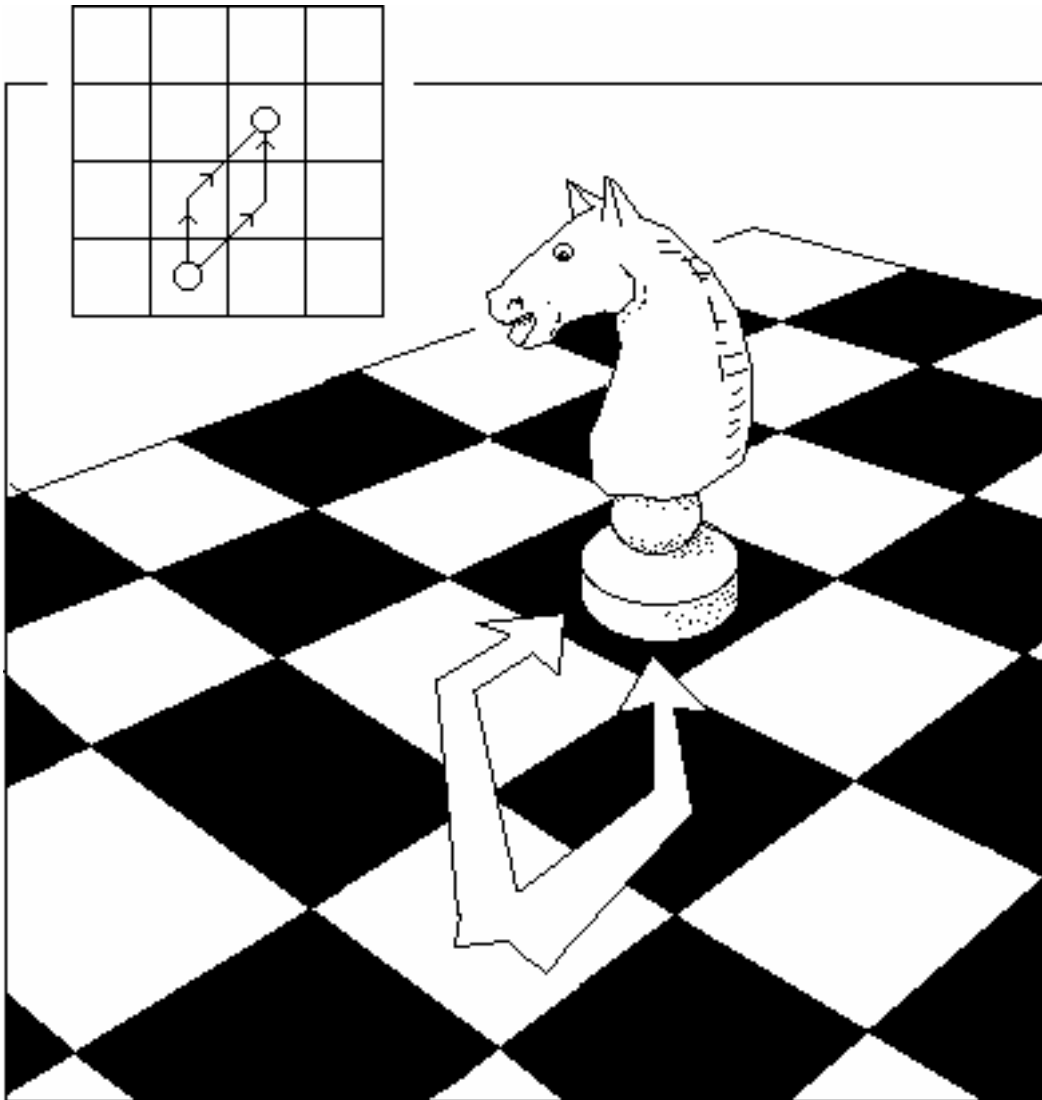
But the paradox of quantum mechanics is that we can create interferences by sending these photons one by one. A photon can therefore interfere with itself. But then, which slit did it pass through?

Only quantum mechanics can give a precise and coherent answer to that question. As long as the photon is not absorbed, it does not have a well defined position. It only has a probability of being somewhere, in particular of passing through the right or left slit.

There exists a game in which a certain piece symbolizes uncertainty regarding the path followed. It is only an image of course, a simple gambit

merely intended to stimulate the reader's imagination, but I end this Appendix by giving it to you, since it is amusing.

It is the chess knight. When it moves, it can use two different paths to land in the same square. This is in the rules of the game. And you cannot decide which path it has effectively followed:



The quantum uncertainty of the path followed by a chess knight.

So the next time you play chess, you might find yourself wondering,
"Hmm! Which way did my knight go?"

savoir sans frontieres

Las aventuras de Anselmo Chirigota

EL AGUJERO NEGRO

por

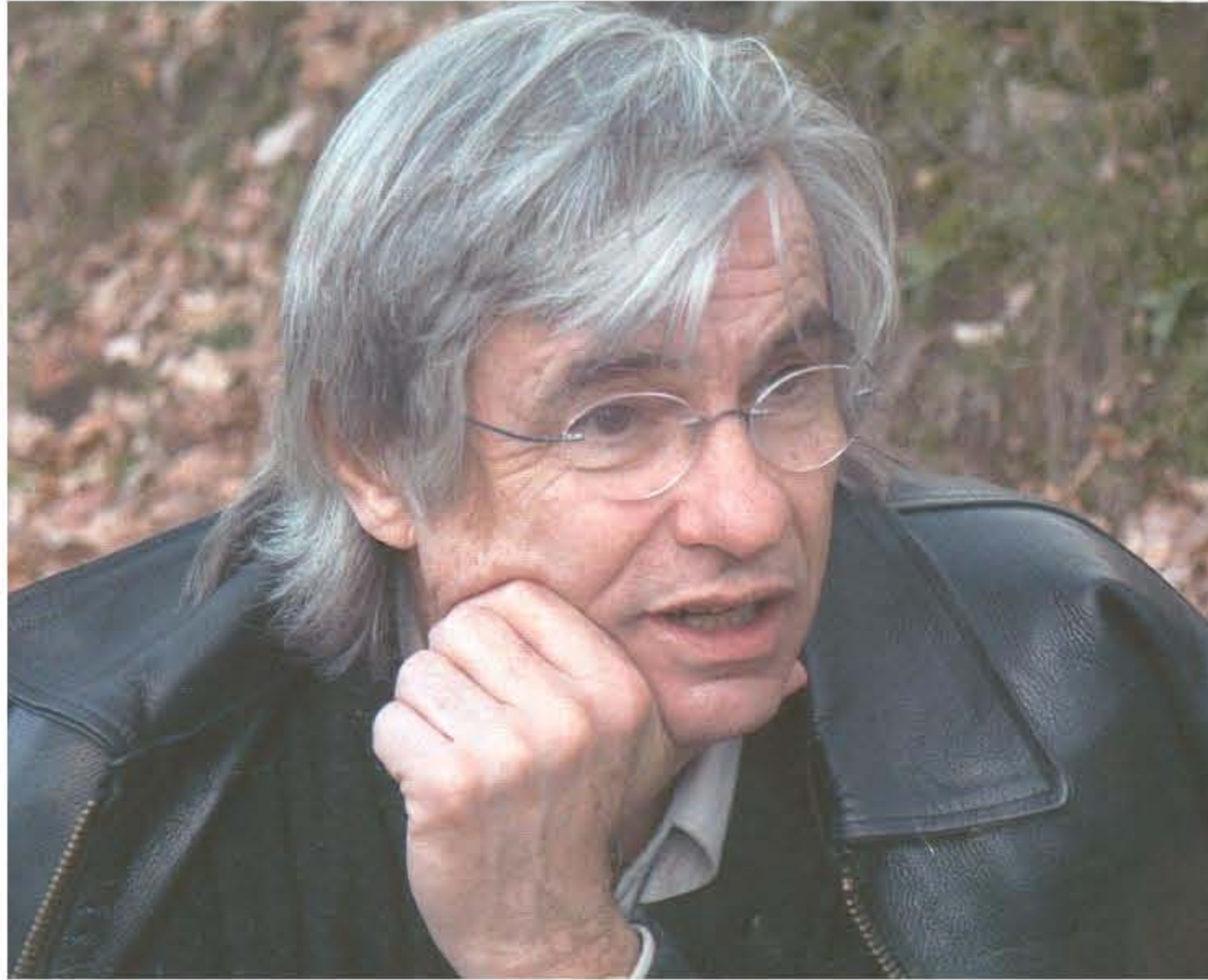
Jean-Pierre Petit



traducción: F. Xavier Safont J.

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El autor: Jean-Pierre Petit

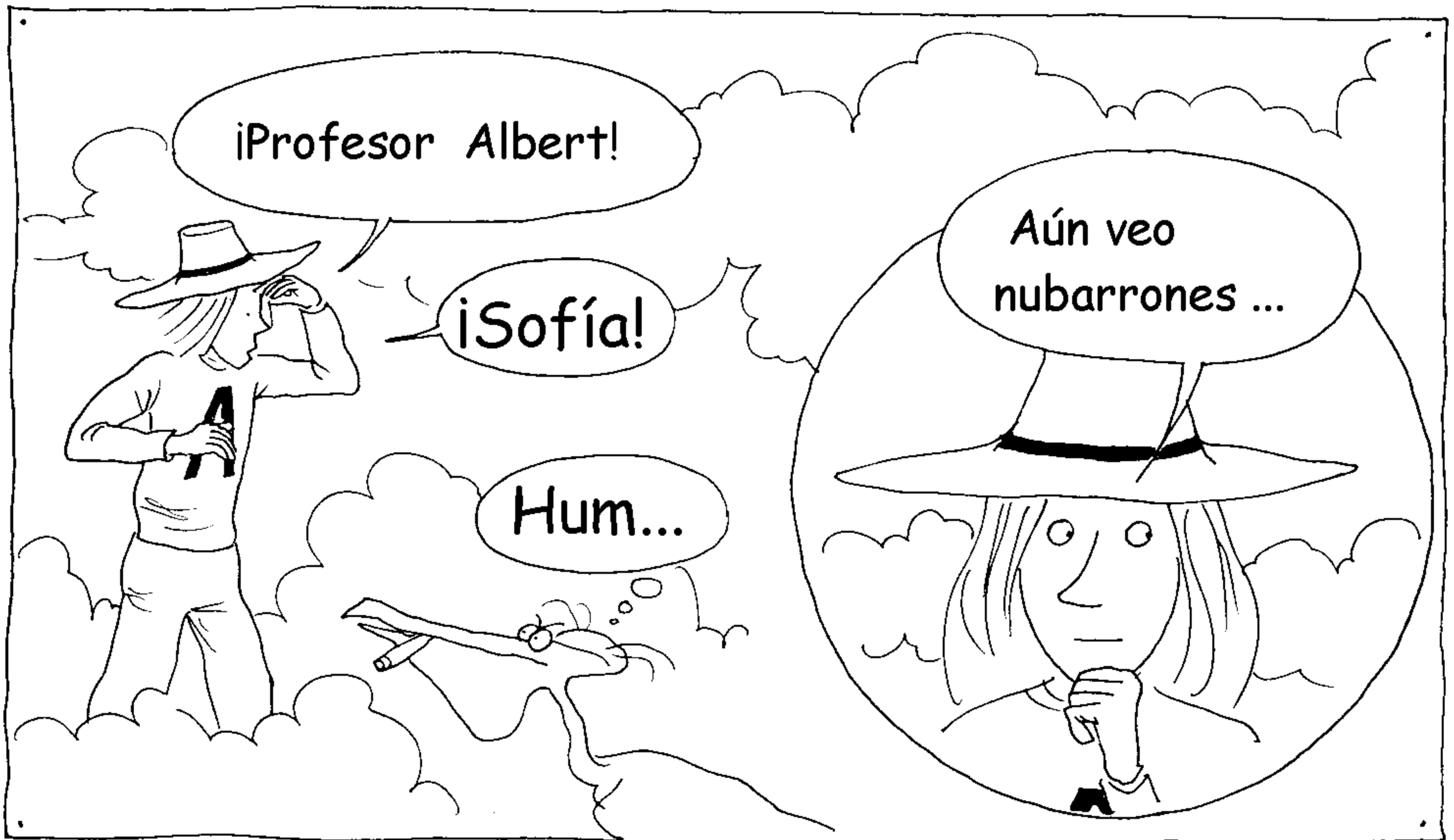
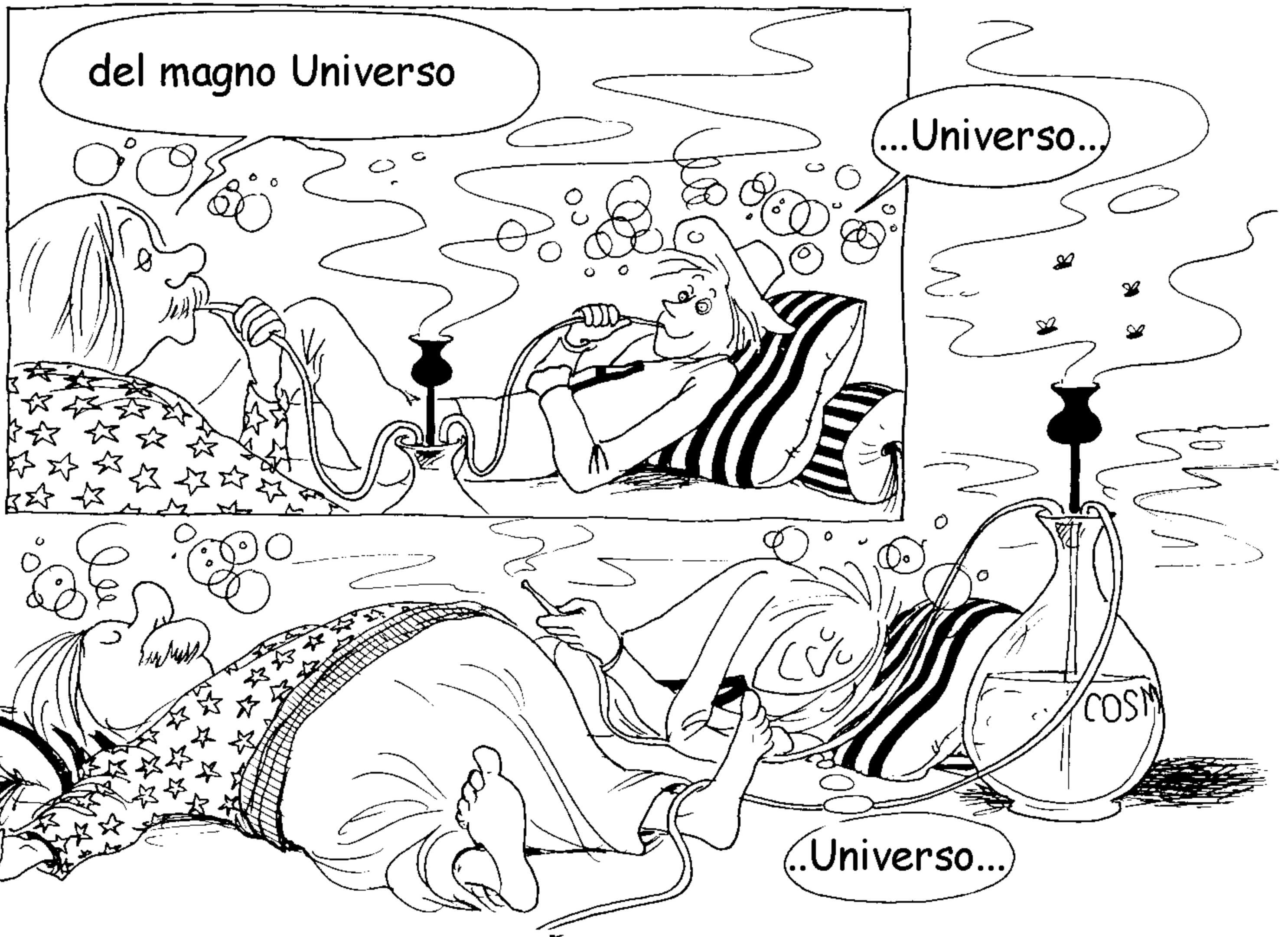


Jean-Pierre Petit, aunque retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más, puede visitar su página web en Internet:

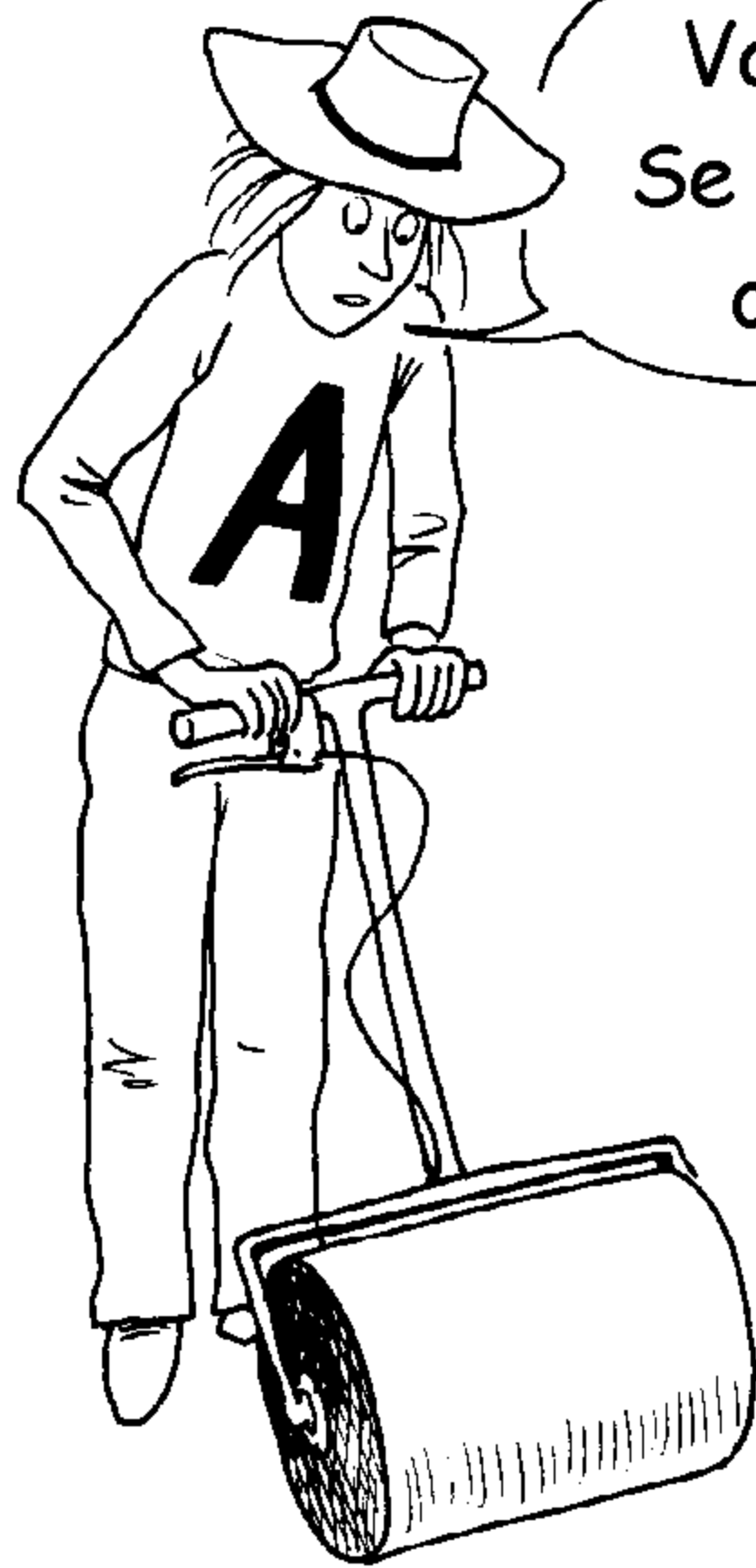
"<http://www.jp-petit.com>" .

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos. Su finalidad es alcanzar la mayor difusión posible.





Una vez más, Anselmo sale a explorar mundos nebulosos.



Vaya, ¿qué es este trasto?
Se diría que es un rodillo para una pista de tenis,
o para pintar.

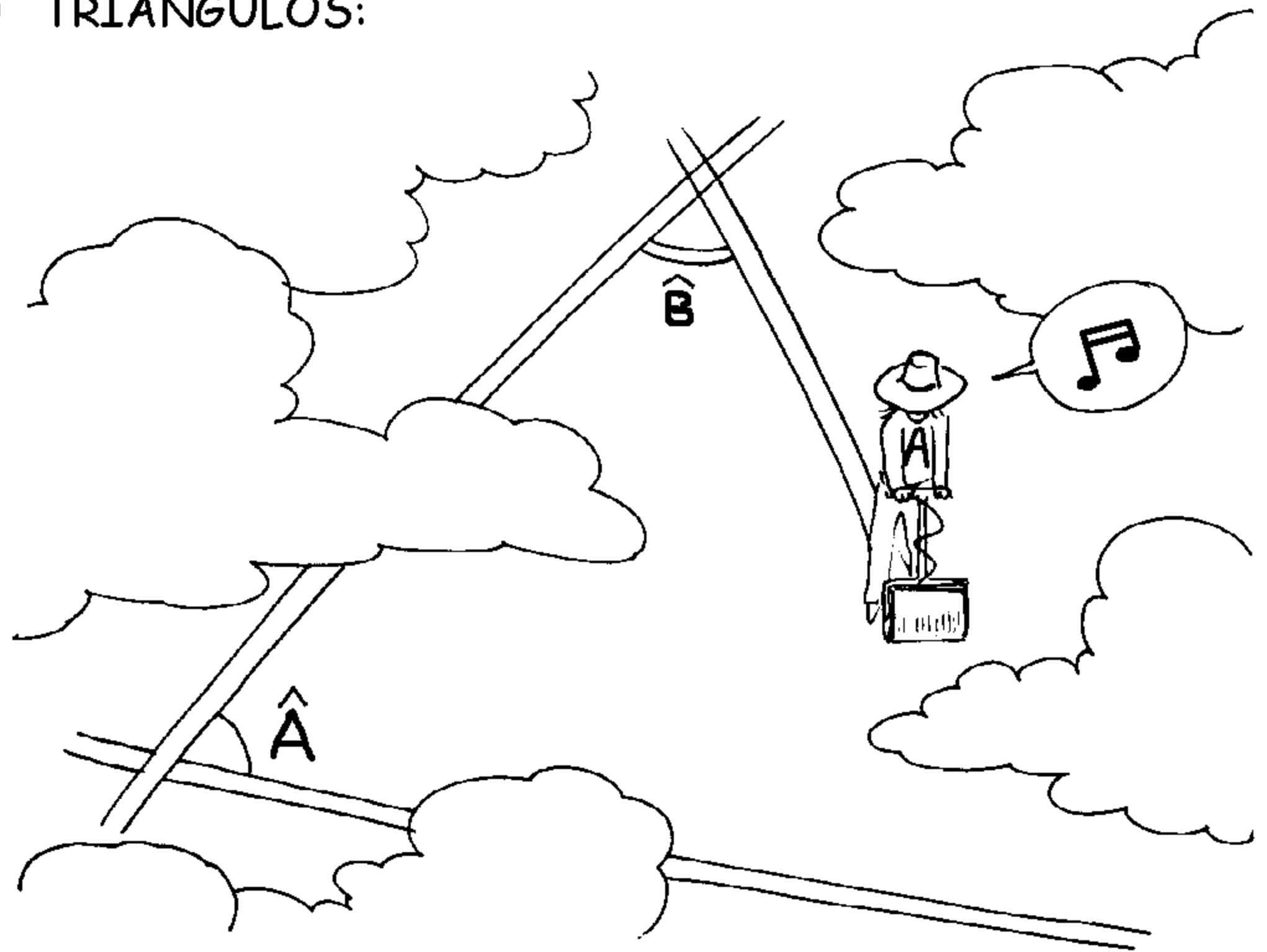


Se puede desplazar en
LÍNEA RECTA, sin esfuerzo.
Por contra, no se puede desviar
ni un ápice a la DERECHA o a
la IZQUIERDA.



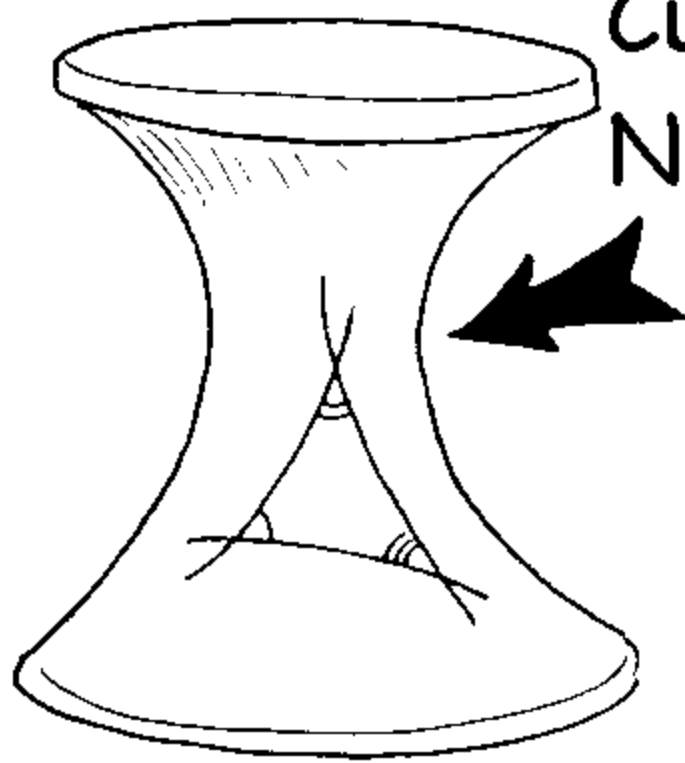
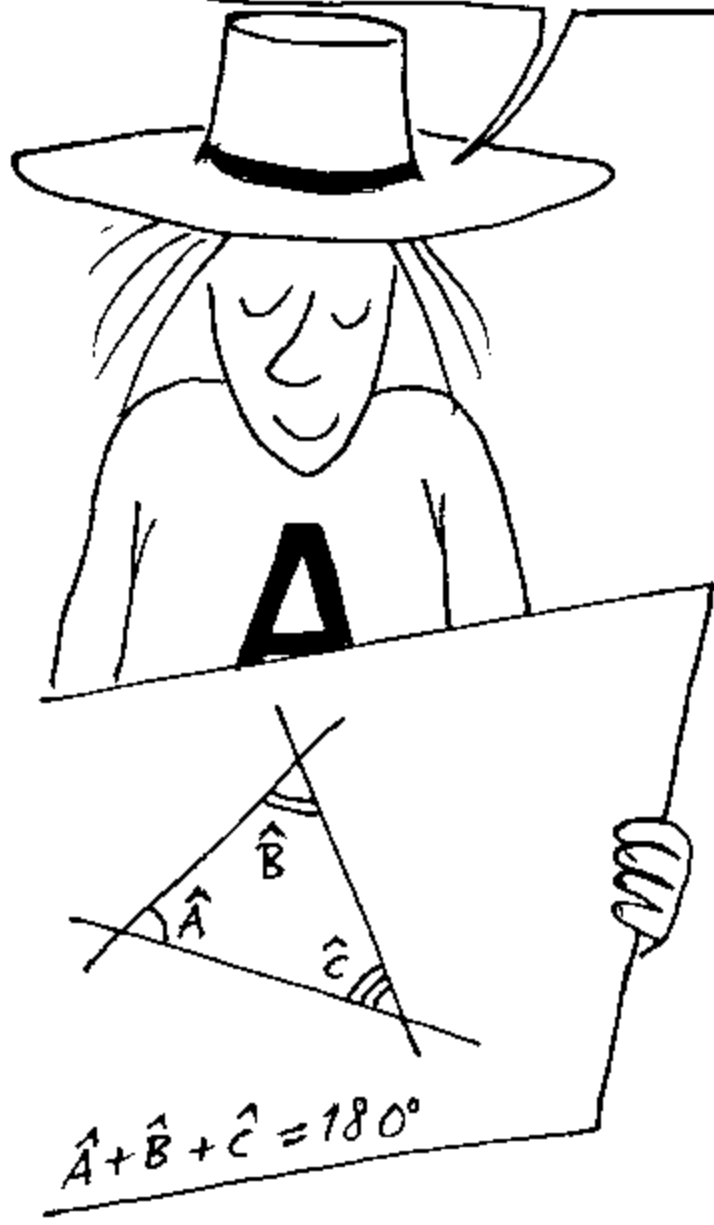
¿Para qué sirve
esta maneta? Vaya,
pues suprime la
adherencia y permite,
de vez en cuando,
cambiar la dirección.

Gracias a este aparato, Anselmo puede trazar las
GEODÉSICAS de una superficie. Con la ayuda
de tres geodésicas, Anselmo puede trazar
TRIÁNGULOS:



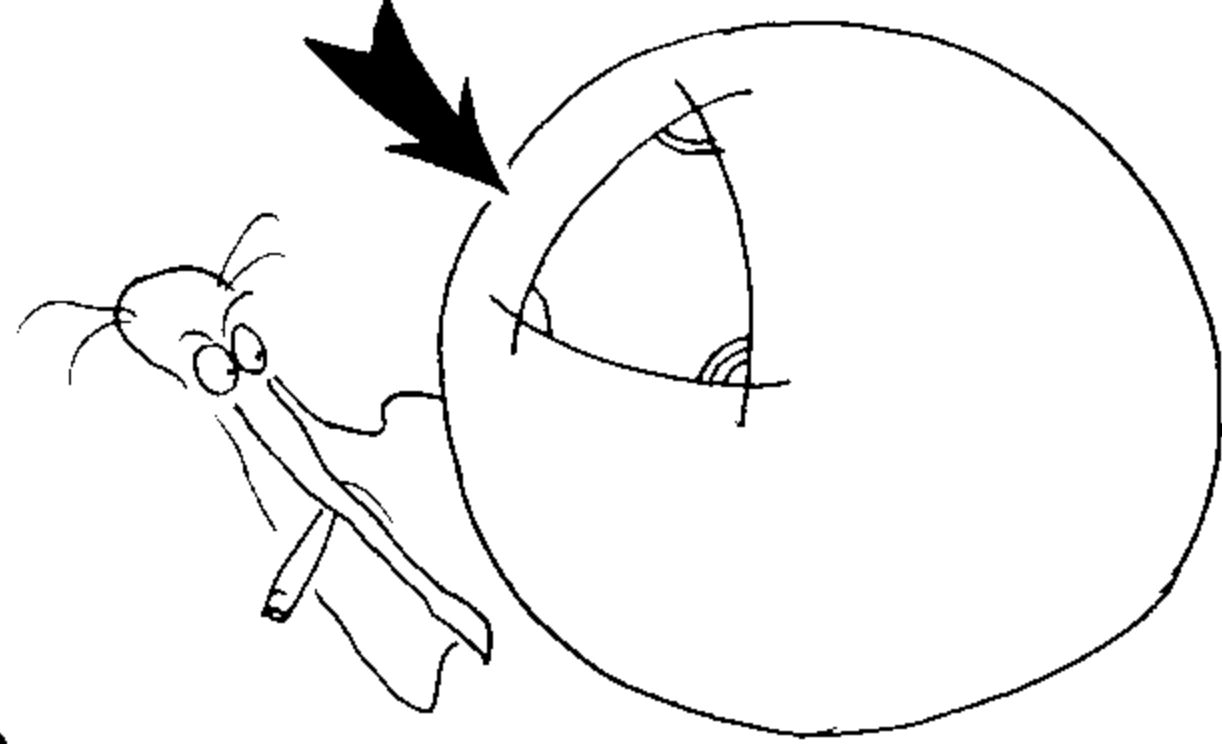
Una superficie es un ESPACIO BIDIMENSIONAL. Es decir, se necesitan DOS
CANTIDADES para especificar la posición de un punto, dos coordenadas.

Veamos, cuando el espacio es EUCLÍDEO, la suma de los ángulos de cualquier triángulo vale 180° .

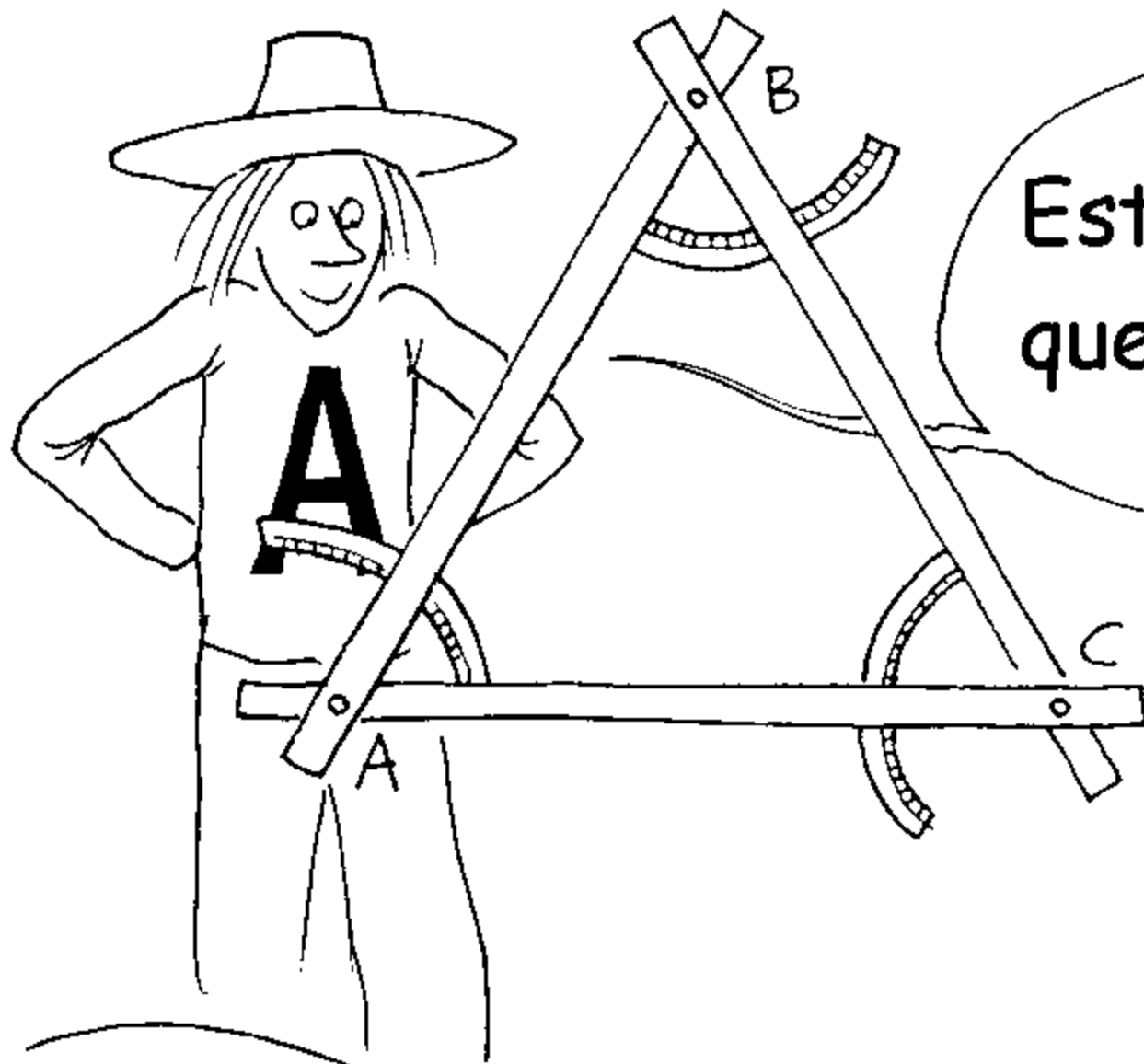


Cuando el espacio tiene curvatura **NEGATIVA**, esta suma es **INFERIOR** a 180°

En un espacio con curvatura **POSITIVA** dicha suma es **SUPERIOR** A 180°



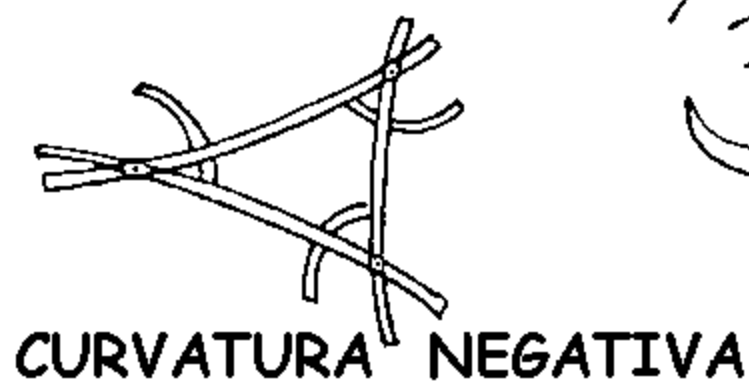
ESPACIOS CON CURVATURA VARIABLE:



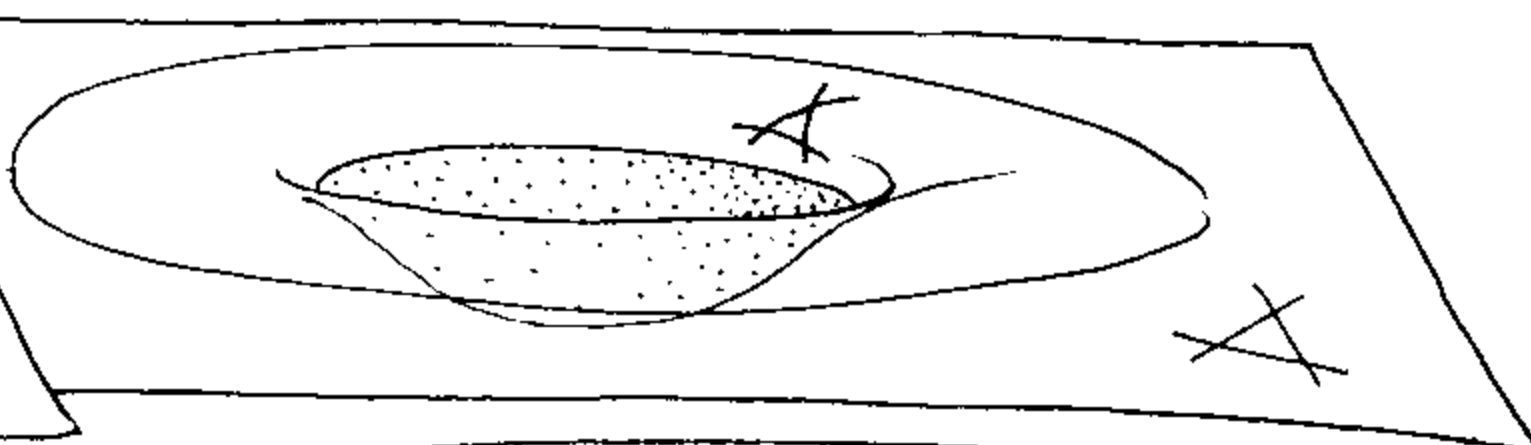
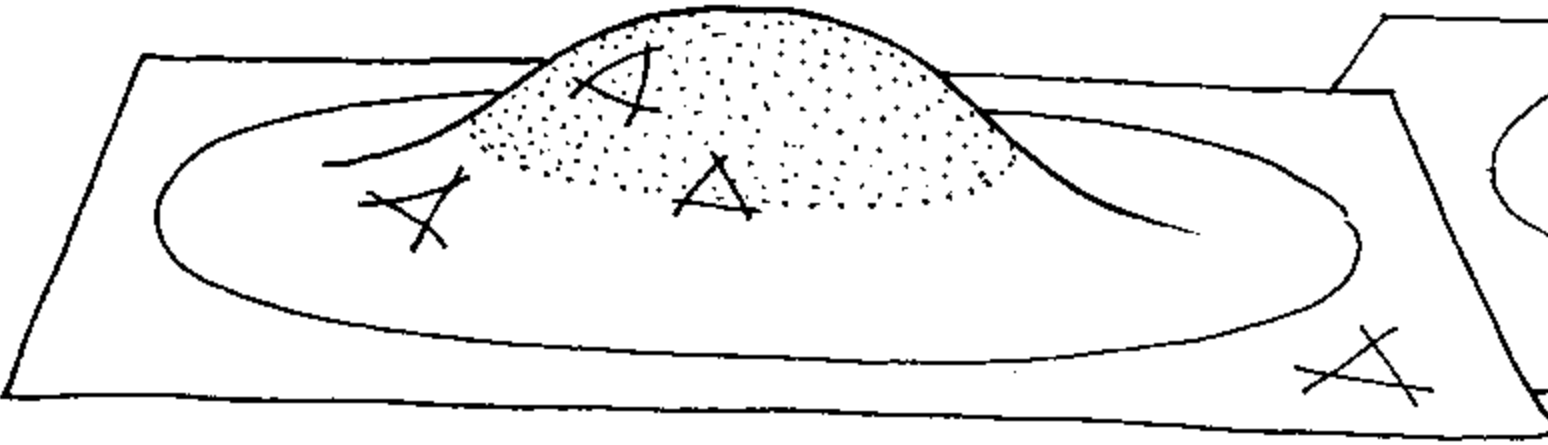
He inventado un curvímetro.
Está formado por tres láminas elásticas que pueden girar libremente alrededor de tres pernos A, B y C



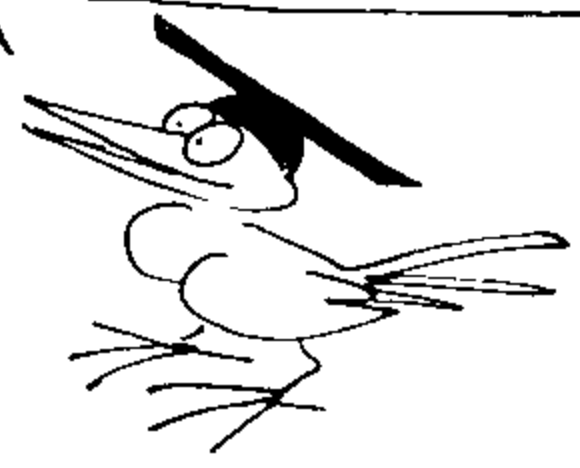
Basta colocarlo sobre una superficie y medir los ángulos con la ayuda de tres semicírculos graduados para saber la **CURVATURA LOCAL**.



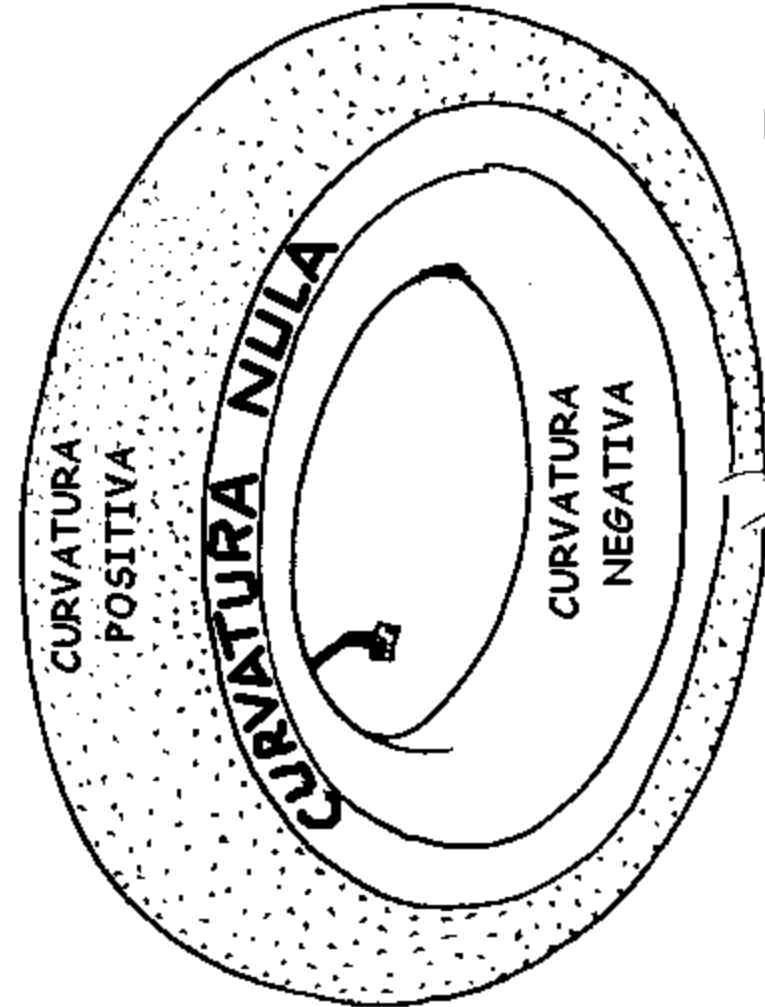
Esta protuberancia modelada en un plano, está constituida por una región central de curvatura positiva, rodeada de una región de curvatura negativa.



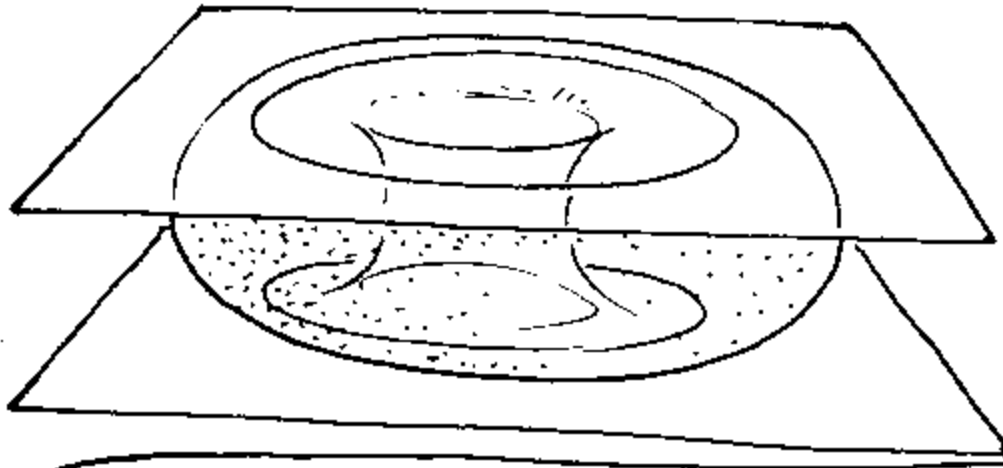
Desde el punto de vista de la CURVATURA, el HUECO es idéntico al BULTO.



Salvo error, esto es un TORO.



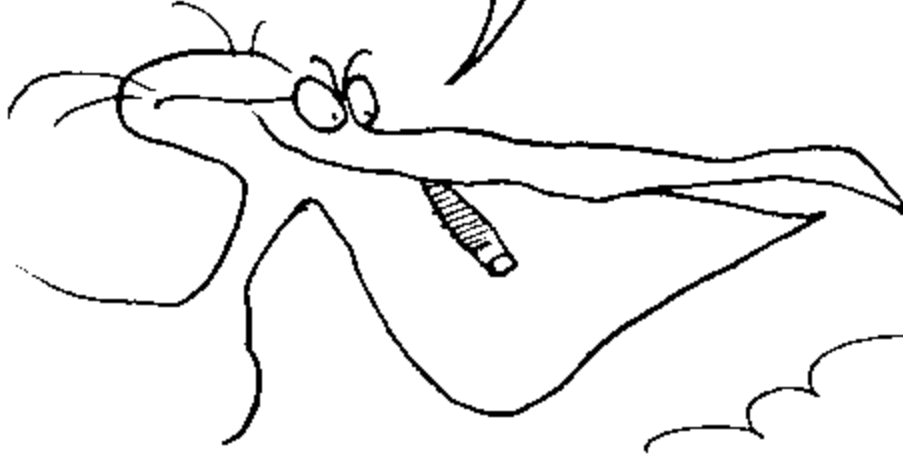
Sí, tiene una banda de curvatura positiva, otra de curvatura negativa, separadas por una frontera con la curvatura nula.



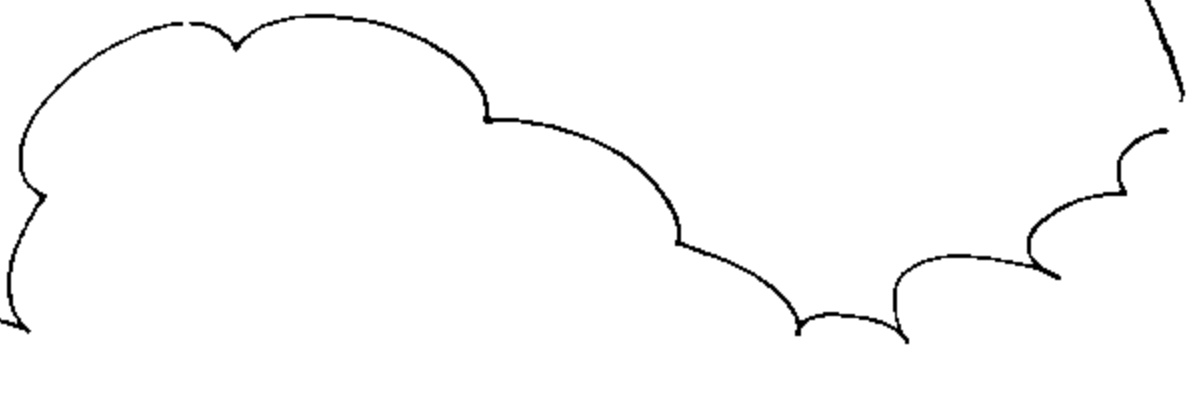
Se puede determinar ésta última colocando el toro entre dos planos como un sandwich.

Querido Tiresio, ¿has comprobado que tu concha es un espacio bidimensional con curvatura variable?

León, ideja a Tiresio tranquilo!



¡Jo!



PUNTOS CÓNICOS



Ahora verás, Anselmo, todavía hay cosas aún más extrañas

Date prisa, Tiresio, tengo ganas de aprender ...

¡Espérame!

Ahora verás, Tiresio, voy a ENMALLAR mi superficie entrecruzando geodésicas, lo que me proporcionará montones de triángulos

Concha de curvatura variable ...¡¡ite burlas de mi!! ...

¡Vaya, ya no comprendo nada!
¿Qué sucede alrededor de este punto P?

tan sólo tienes que utilizar tu curvímetro.

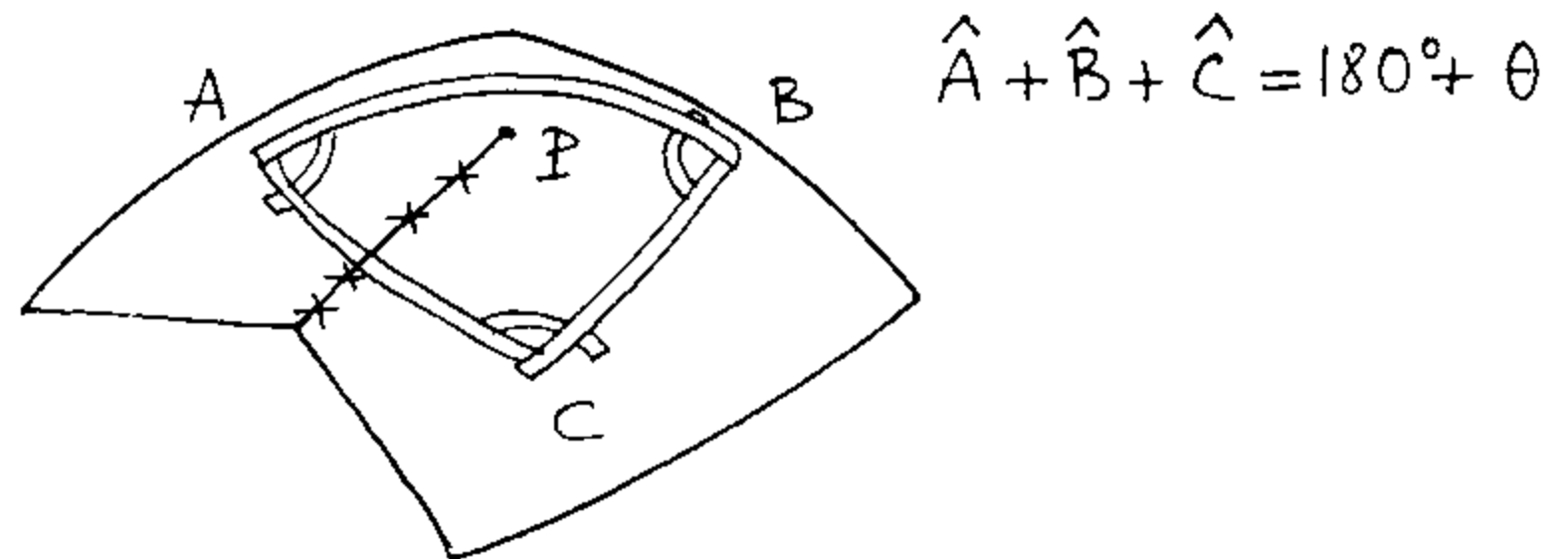


Entonces, Sofía, ¿qué sucede? Si el triángulo del curvímetro no contiene al punto P, marca curvatura nula.

Pero si el punto P cae dentro del triángulo, entonces ¡se curva!

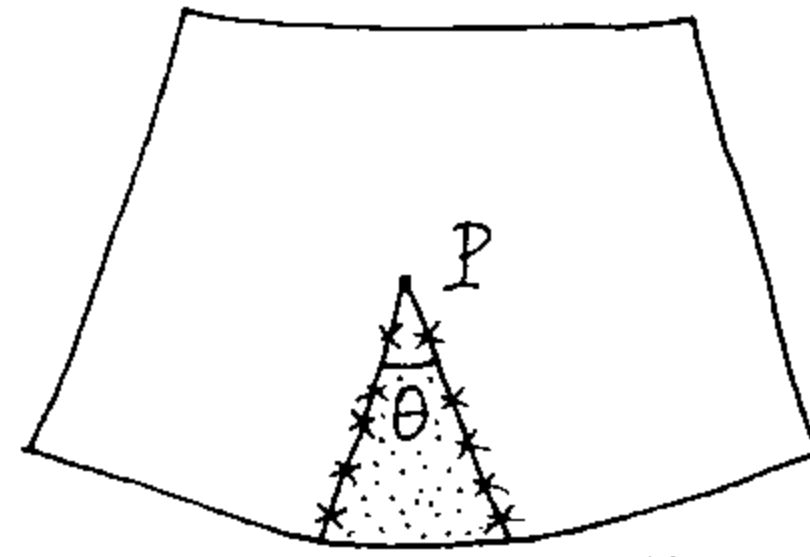
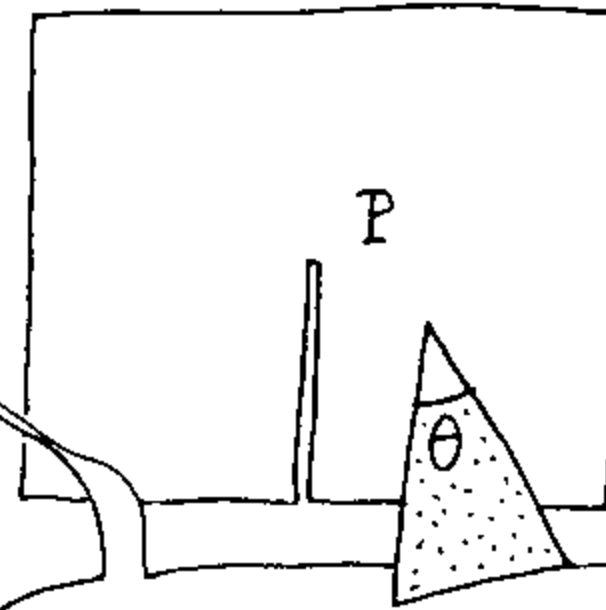
Es un punto cónico. Venga, observa, tomo un plano, le QUITO un sector de ángulo θ y lo vuelvo a coser.

Obtengo un cono, que llamaremos POSICONO



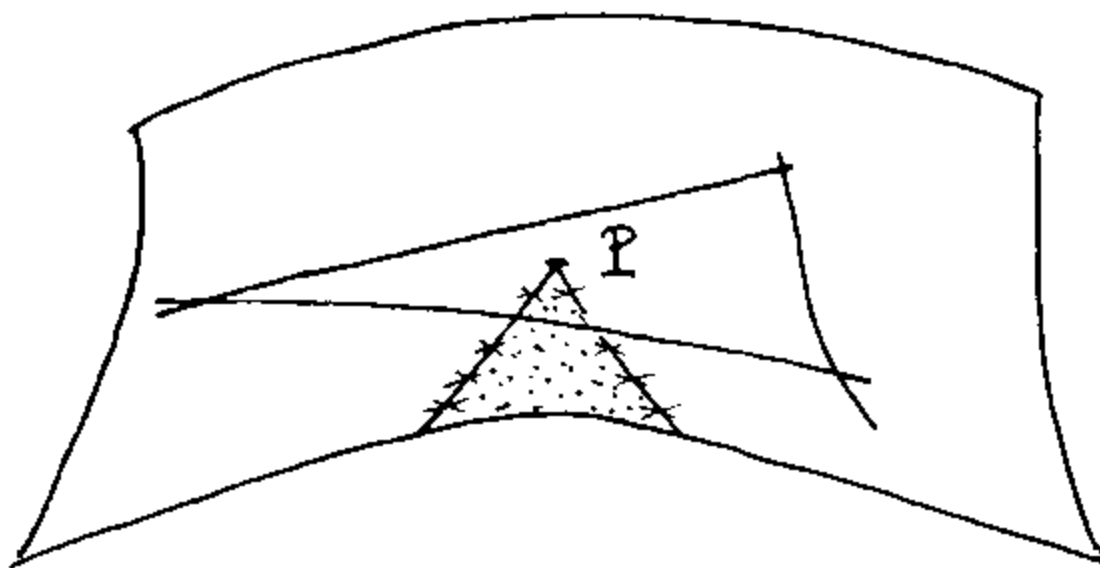
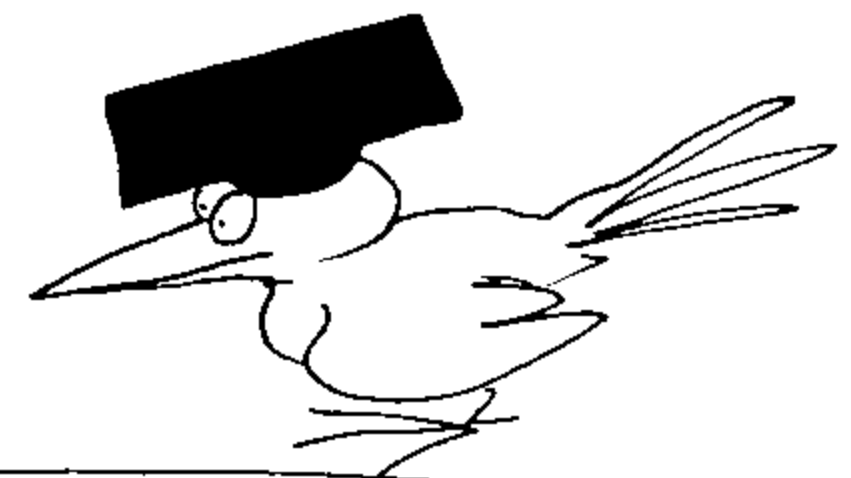
Podeis comprobarlo con cartulina. Un rollo de papel adhesivo os ayudará a materializar fácilmente las geodésicas.

Entonces si mi triángulo contiene al vértice de un cono, la suma de sus ángulos será siempre superior a 180° !

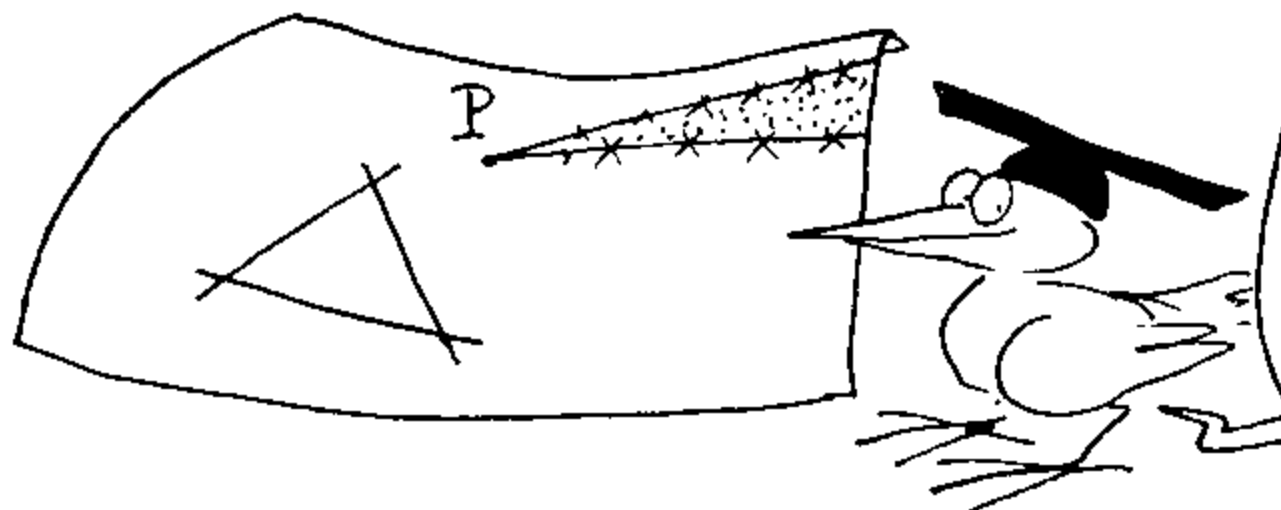


¡ No tan deprisa ! Al cortar el plano, haré justo lo contrario: AÑADIR un sector de ángulo θ .

Entonces ... ¿obtendremos un NEGACONO?

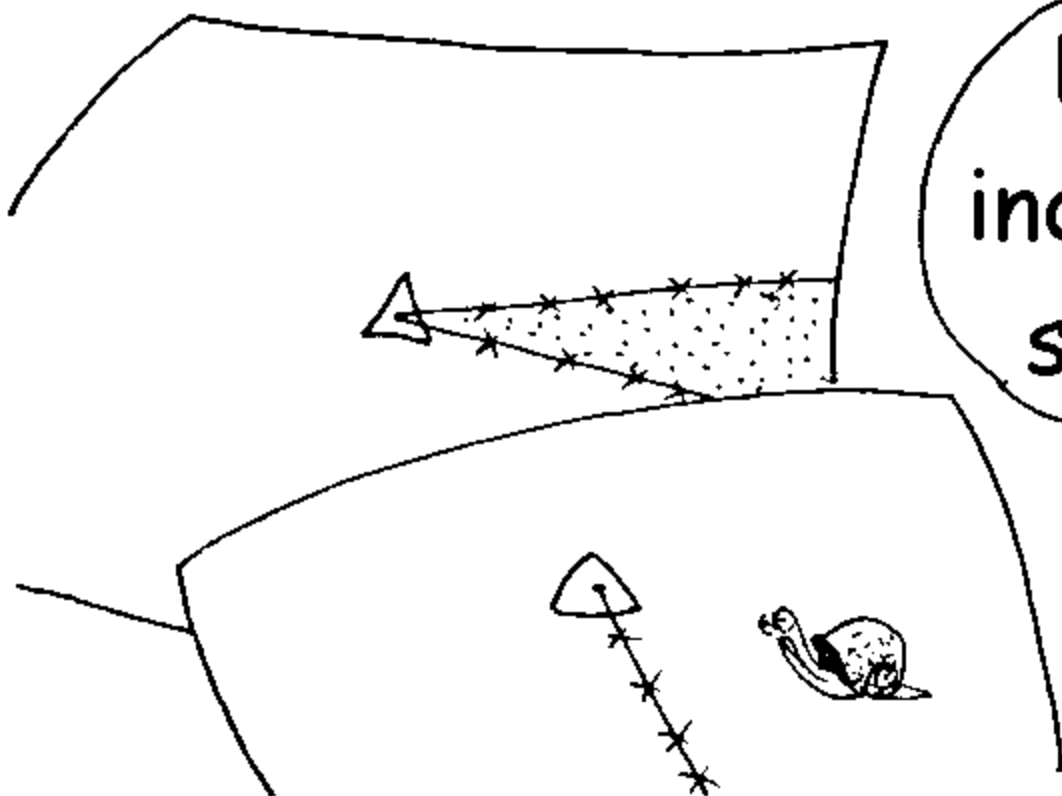


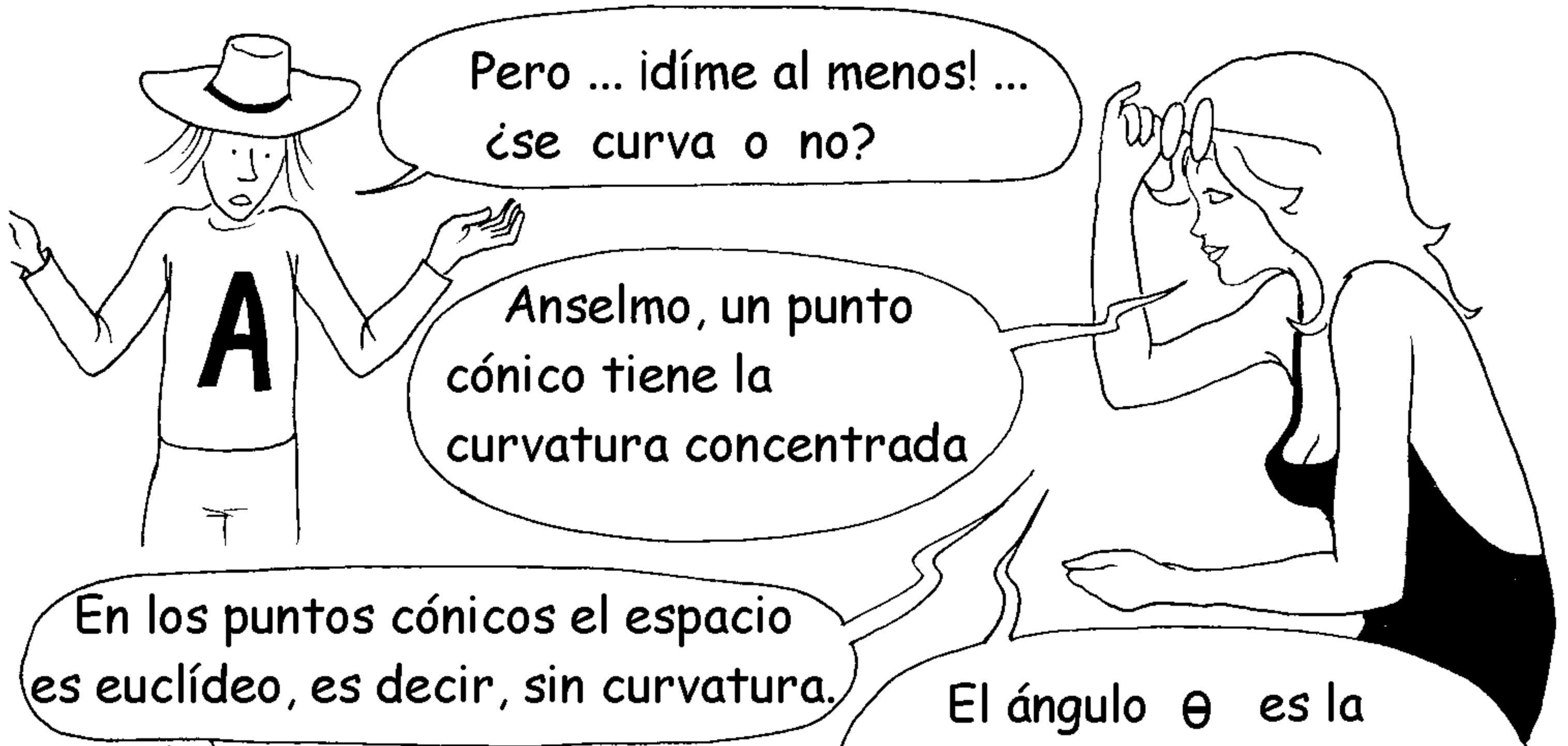
En este caso, en que el triángulo rodea al punto P, la suma de los ángulos es igual a $180^\circ - \theta$!



Cuando el punto está fuera del triángulo, de nuevo la suma es de 180° .

Esta propiedad de los conos es independiente del tamaño del triángulo, sea éste minúsculo o gigante.

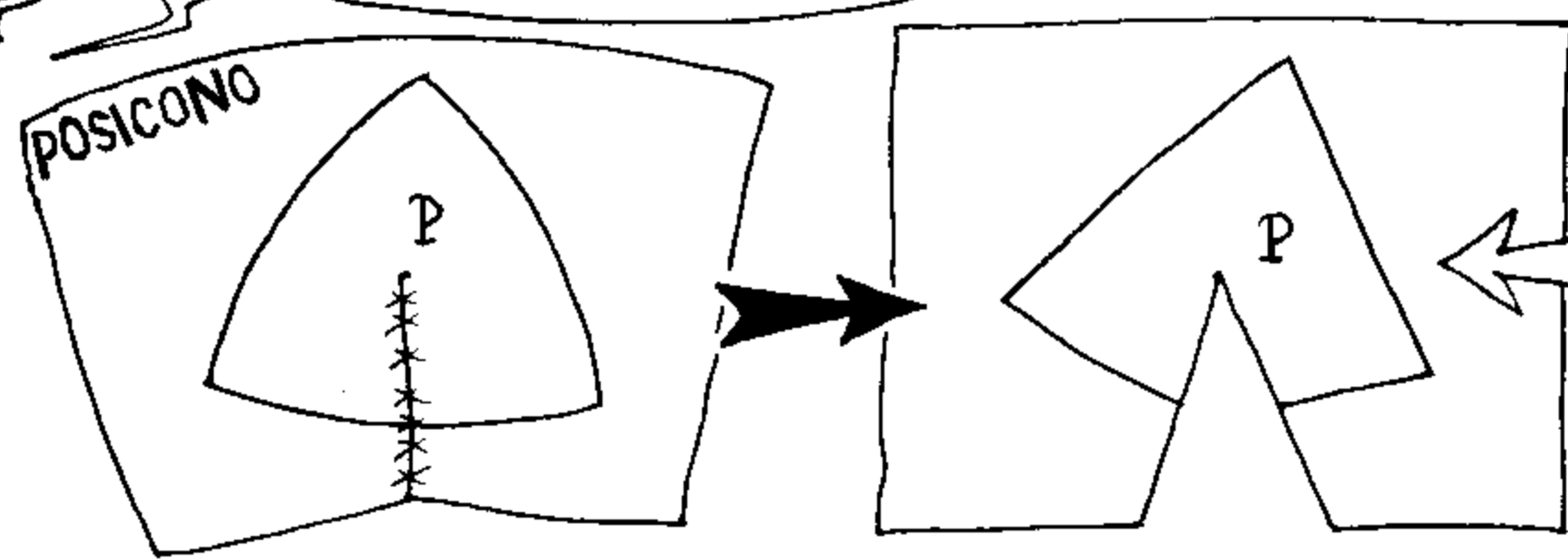




En los puntos cónicos el espacio
es euclídeo, es decir, sin curvatura.

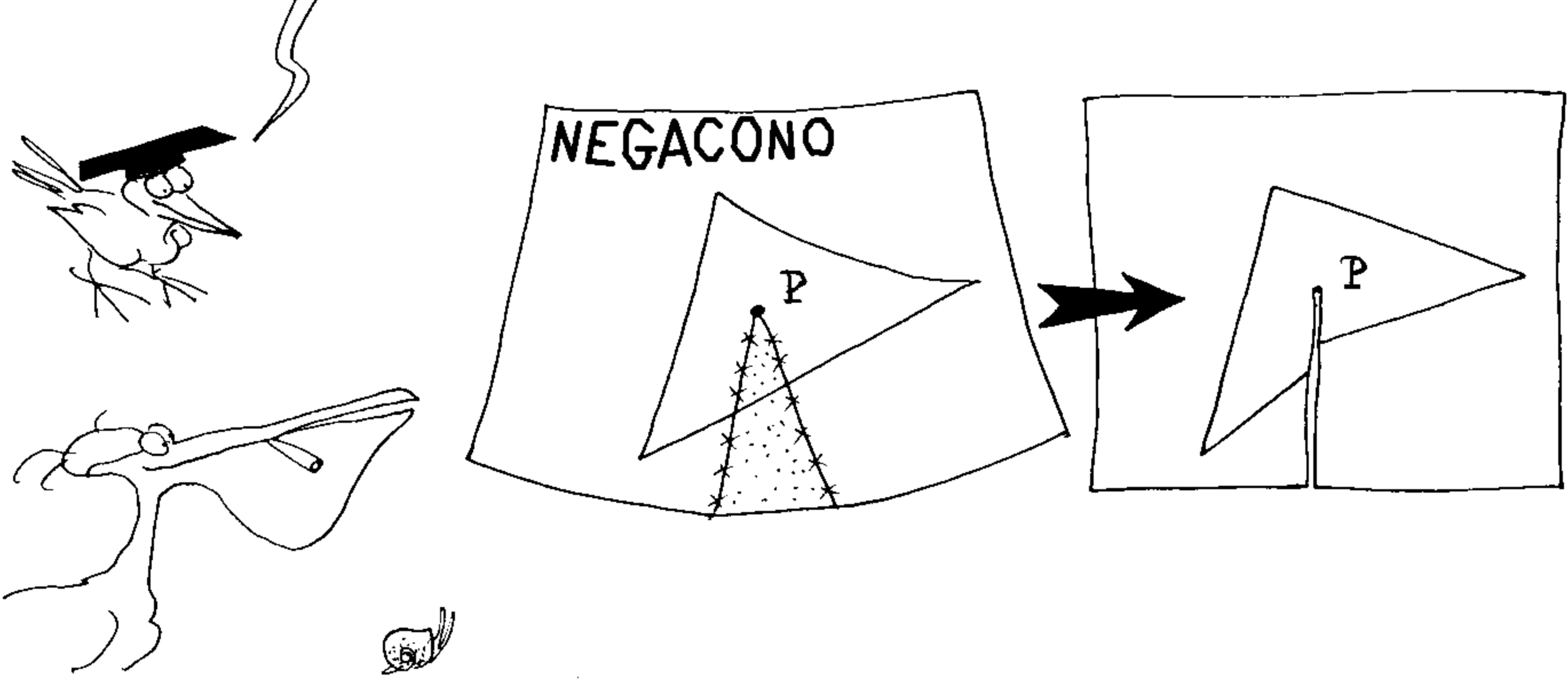
El ángulo θ es la
medida de la cantidad
de curvatura

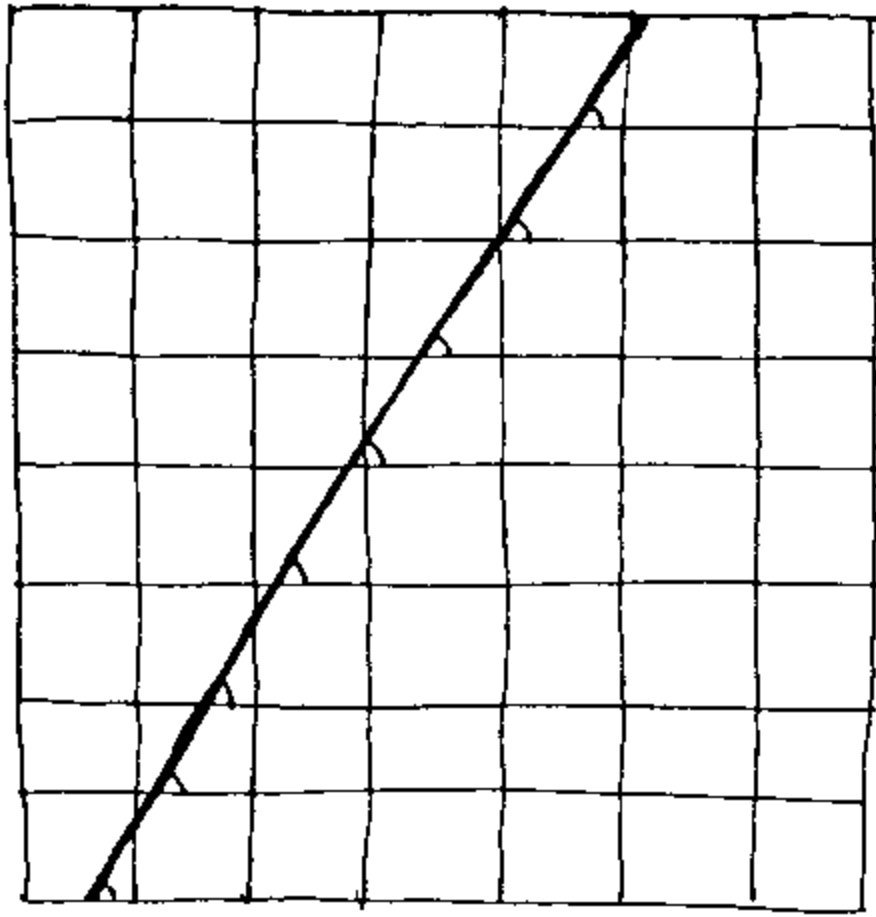
Corta el cono
y aplánalo



Aquí vemos el resultado
de la operación, hecha
por Anselmo, en el caso
de un cono con
curvatura positiva .

En el caso de un cono de curvatura negativa:





Tomemos una superficie PLANA y tracemos una red con sus geodésicas formando una cuadrícula regular. Se dirá que hemos RECUBIERTO esta superficie con cuadrados, idénticos entre si. Si seguimos una TRAYECTORIA, un TRAYECTO, de modo que corte los lados de los sucesivos cuadrados según el mismo ángulo, este trayecto seguirá una geodésica de la superficie.

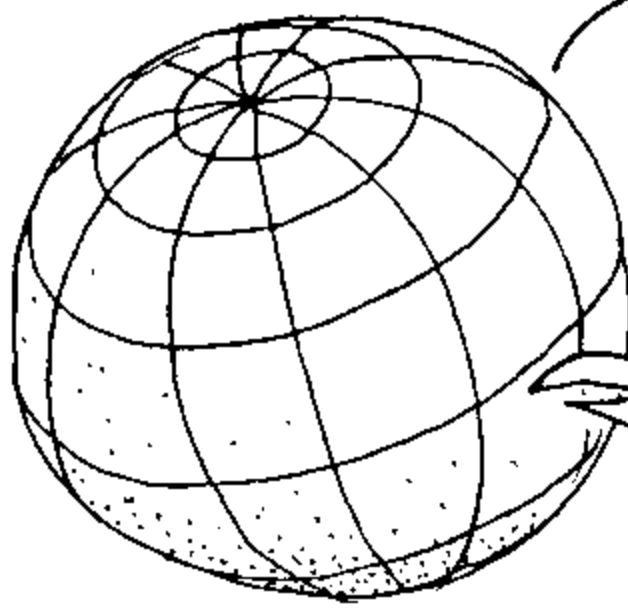
La Dirección

Pero, ¿por qué no hacerlo sobre una esfera?

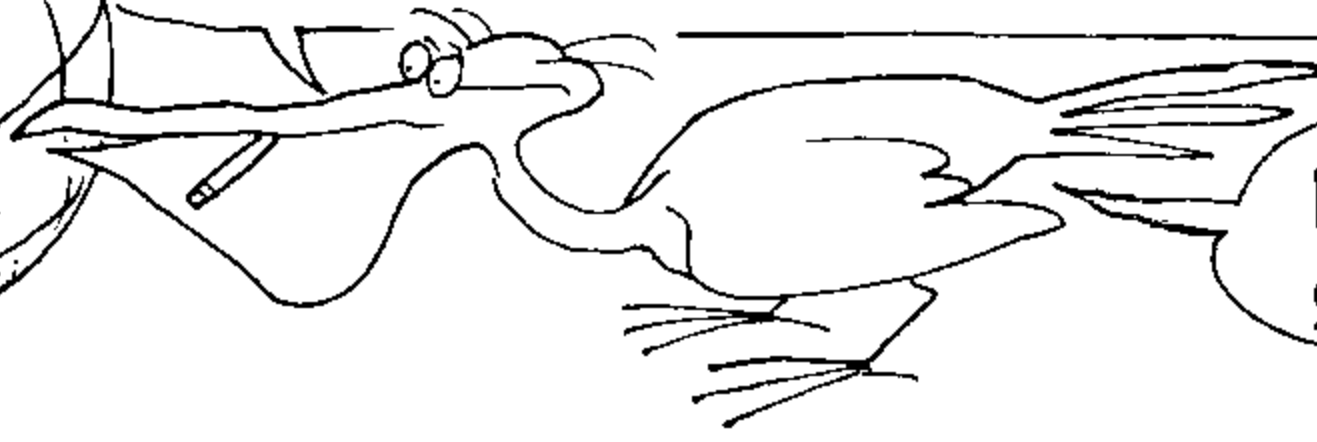
En primer lugar, intenta CUBRIR una esfera con cuadrados muy juntos, ya me dirás cómo te va.

Los meridianos de la esfera son sus geodésicas. Una trayectoria que los corte con un ángulo constante, que no sea de 90° , conducirá invariablemente hacia uno de sus polos!

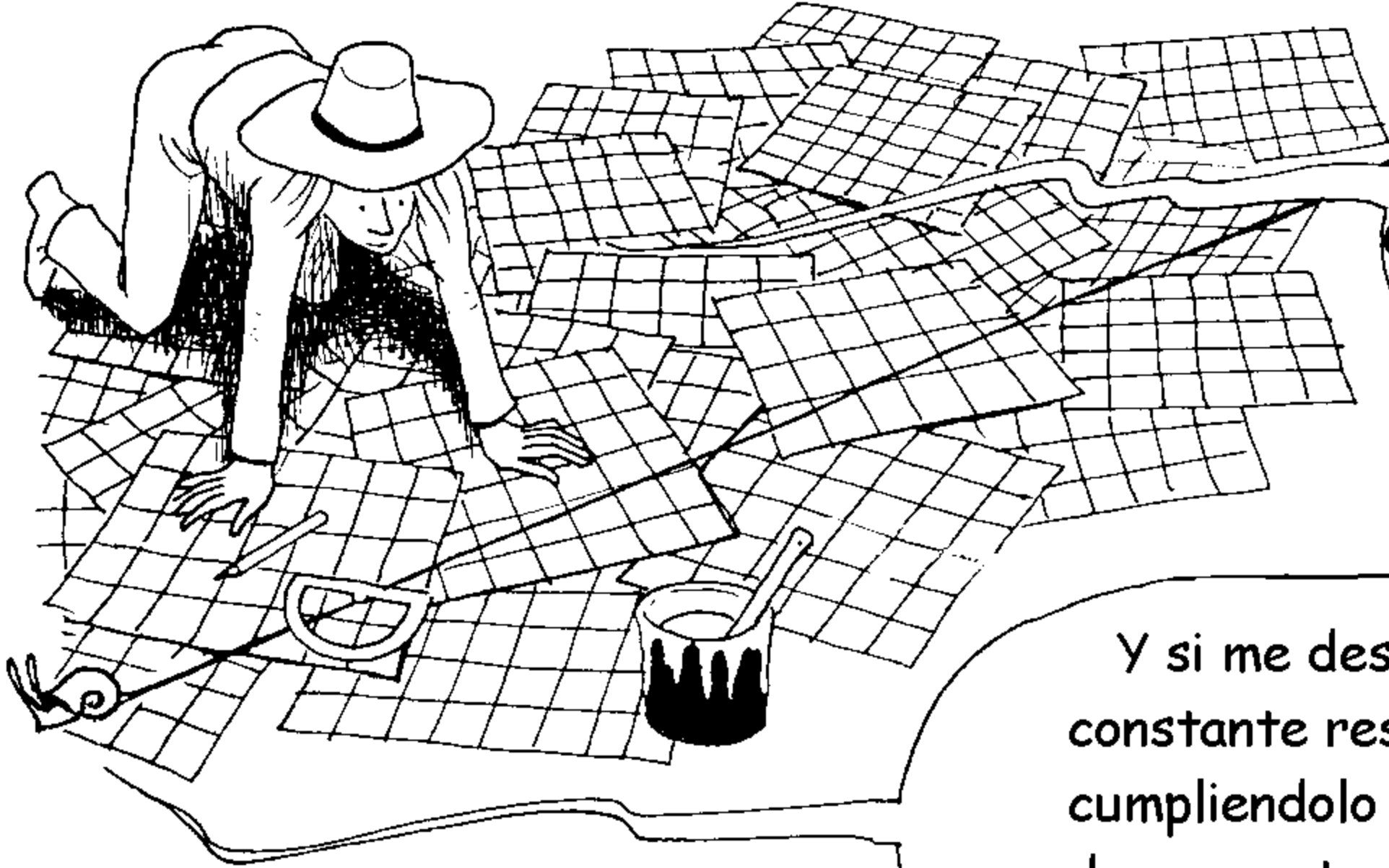
La navegación con rumbo constante conduce ... ¡al polo!



Cortando los meridianos de la esfera según un ángulo de 90° me desplazaría por los paralelos.

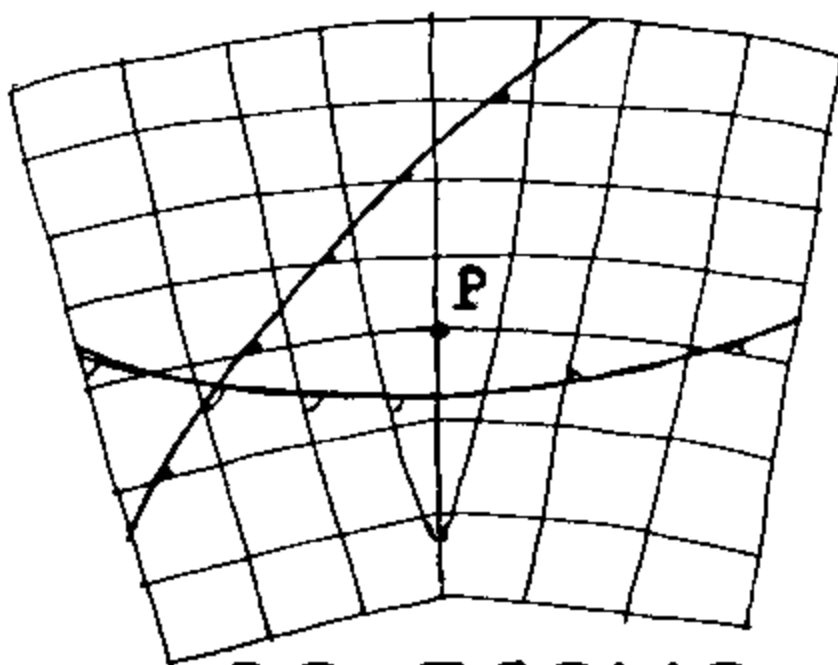


paralelos que no son líneas geodésicas. ¡Está claro! (*)

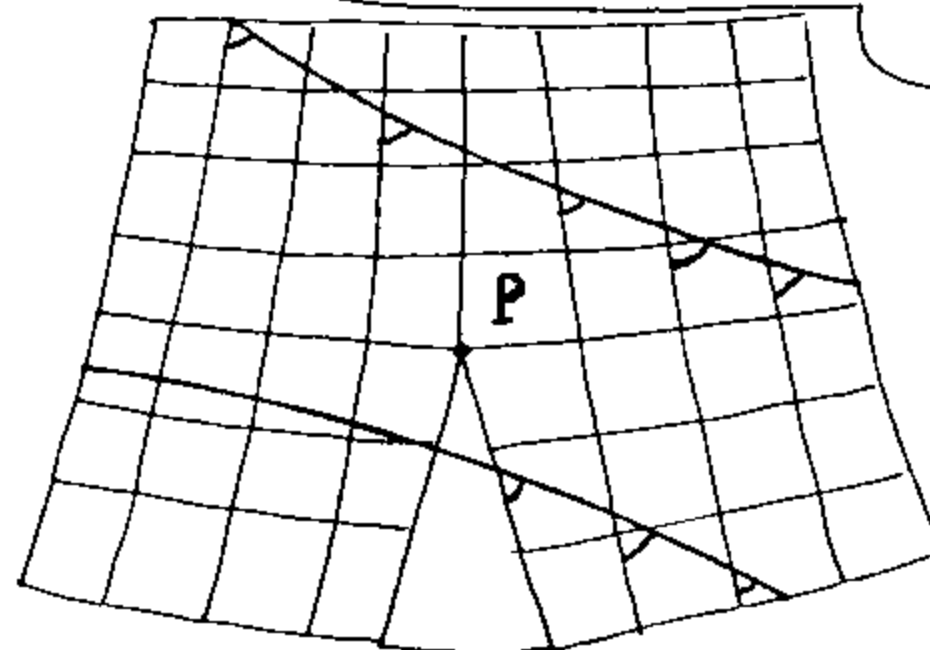


puedo recubrir una superficie plana, euclídea, con la ayuda de cuadrículas planas.

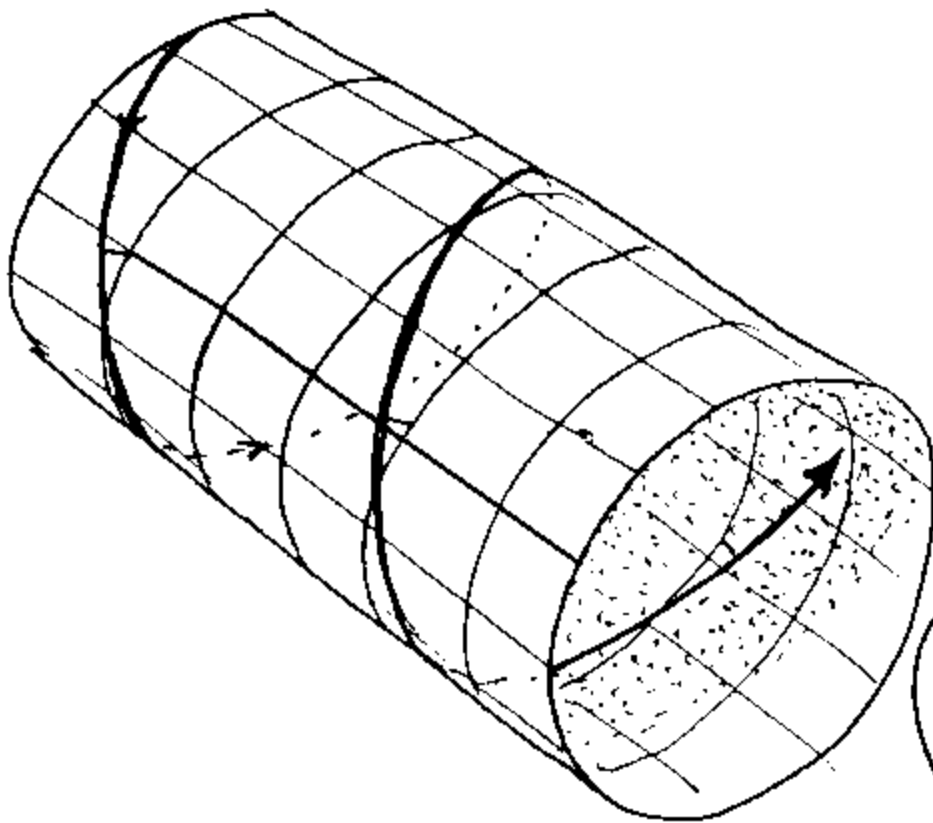
Y si me desplazo con ángulo constante respecto a estos entramados, cumpliéndolo progresivamente, al pasar de una a otra cuadrícula, obtendré una geodésica



POSICONO



NEGACONO

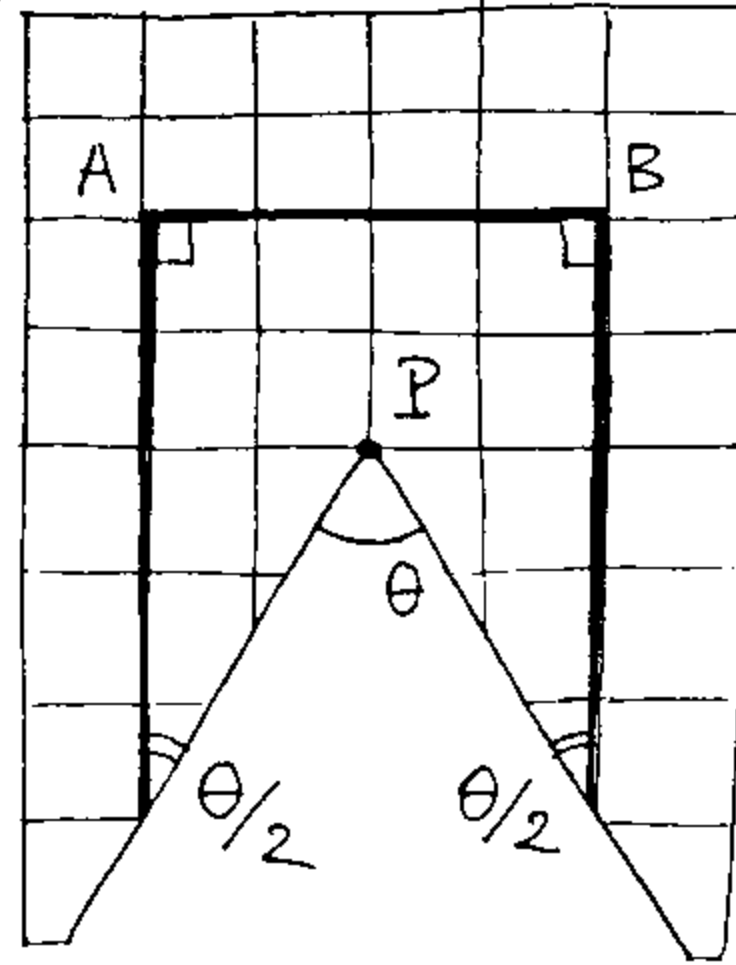
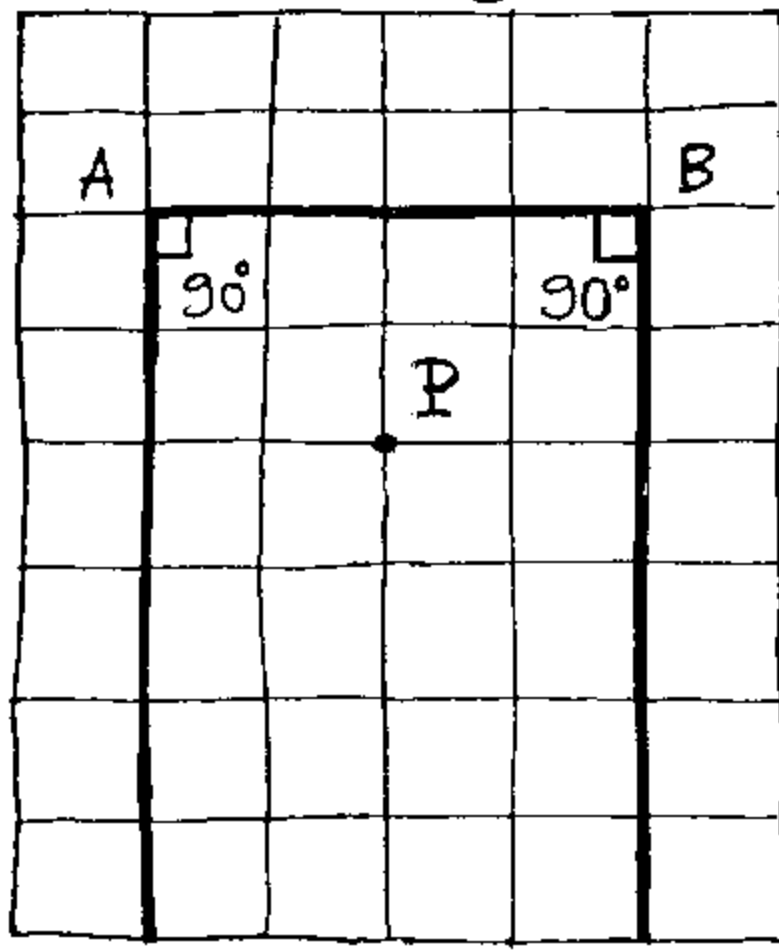


Este sencillo método proporciona también la geodésicas del cilindro, que tienen forma espiral, como un muelle.

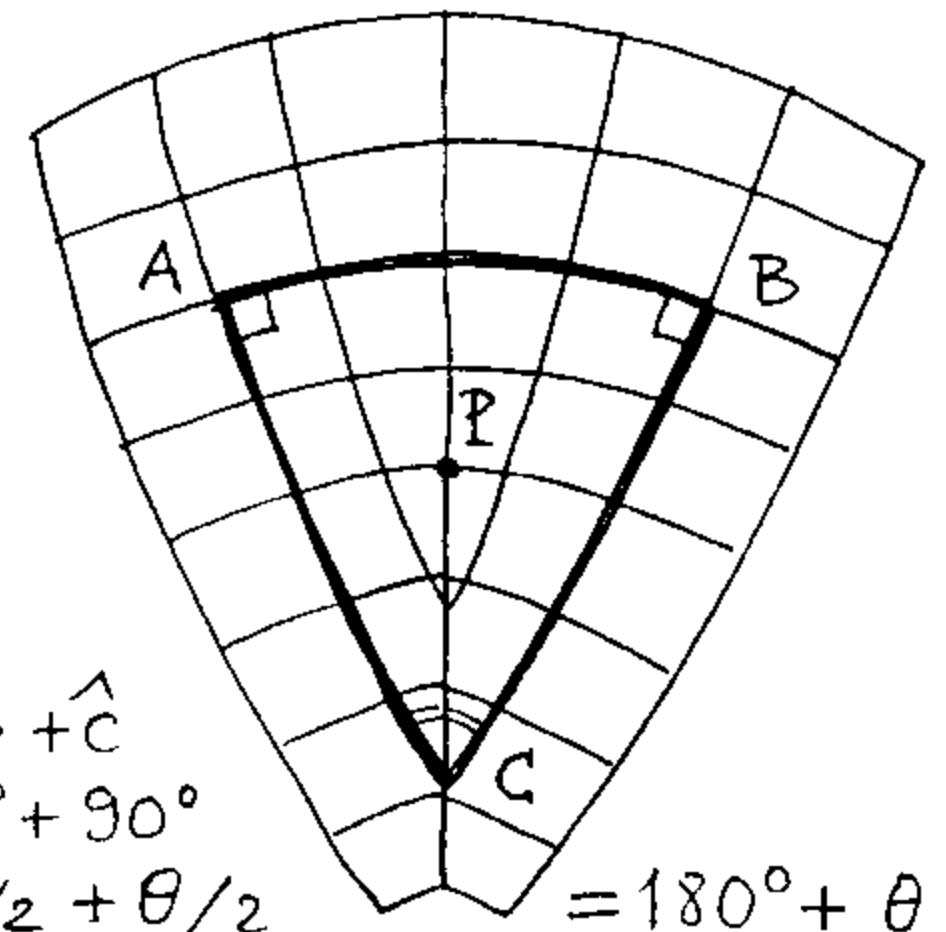


(*) En la esfera se pueden trazar usando cinta adhesiva (excepto el ecuador).

Veamos, por qué la suma de los ángulos de un triángulo, en un cono se incrementa según el ángulo de corte θ :

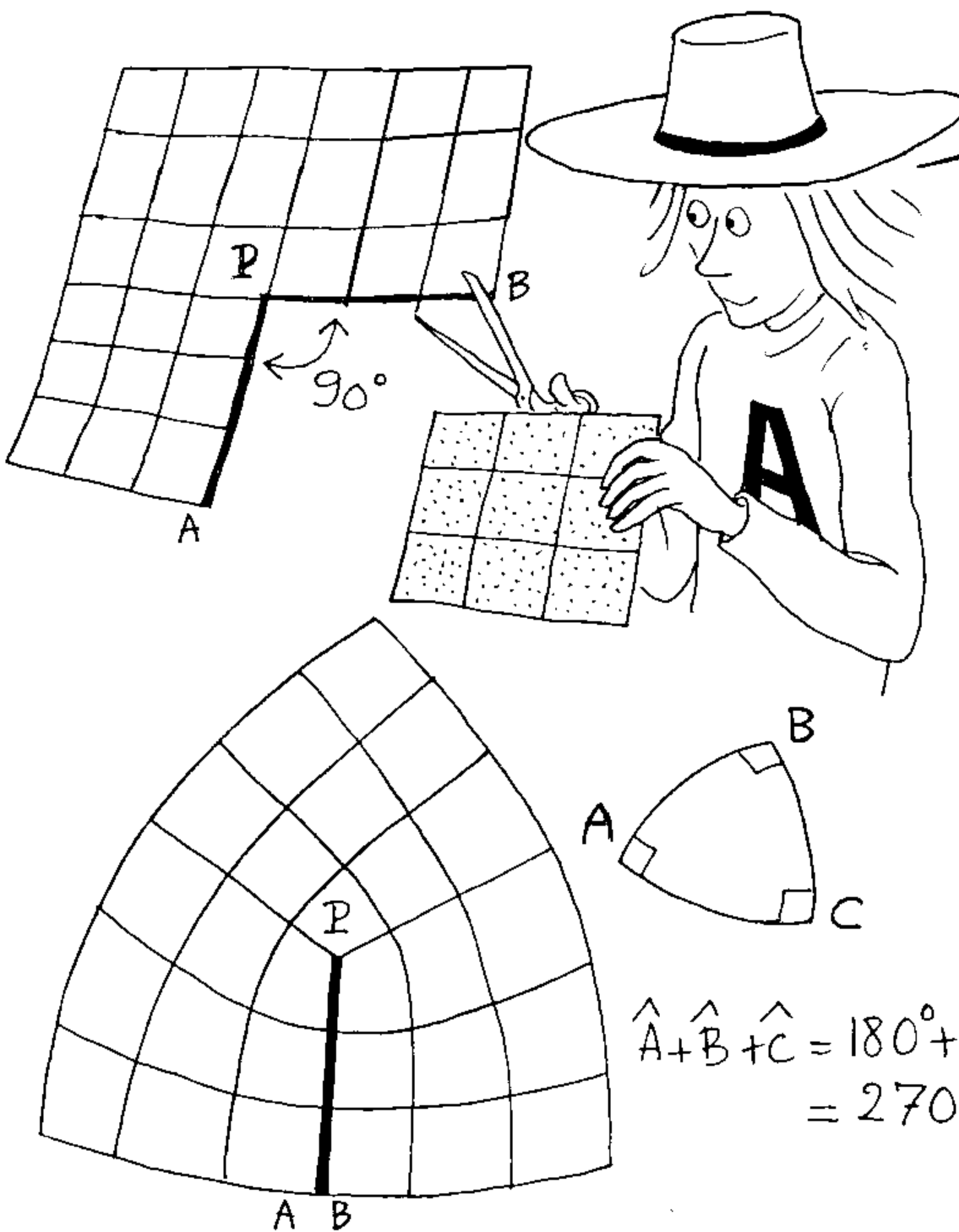


$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 90^\circ + 90^\circ + \theta/2 + \theta/2 = 180^\circ + \theta$$



Ahora Anselmo construirá dos conos particulares en los que se pueda conservar la regularidad del entramado.

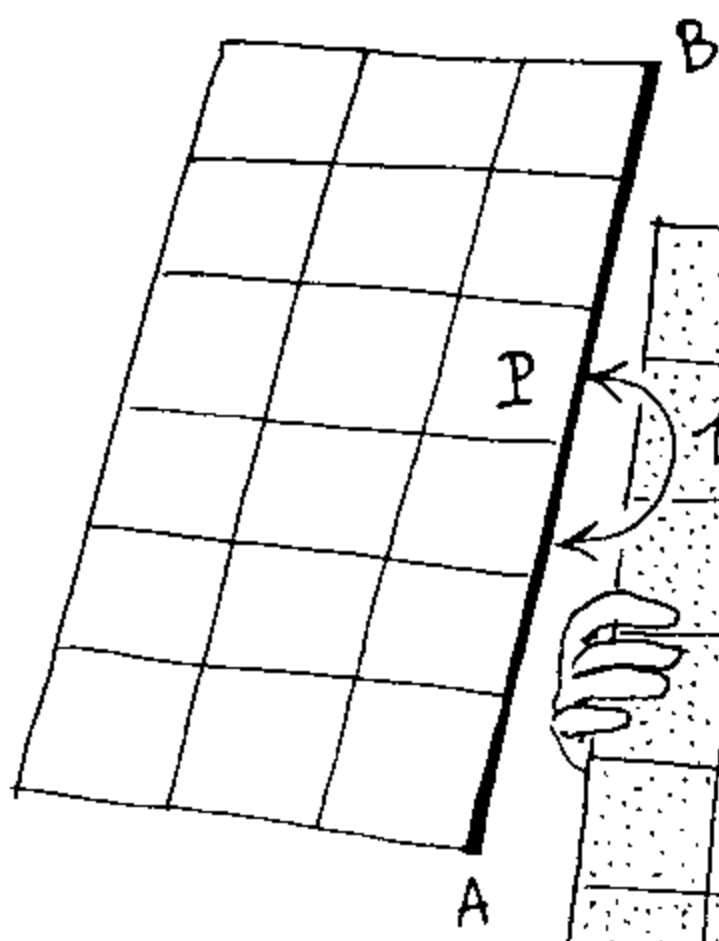
La Dirección



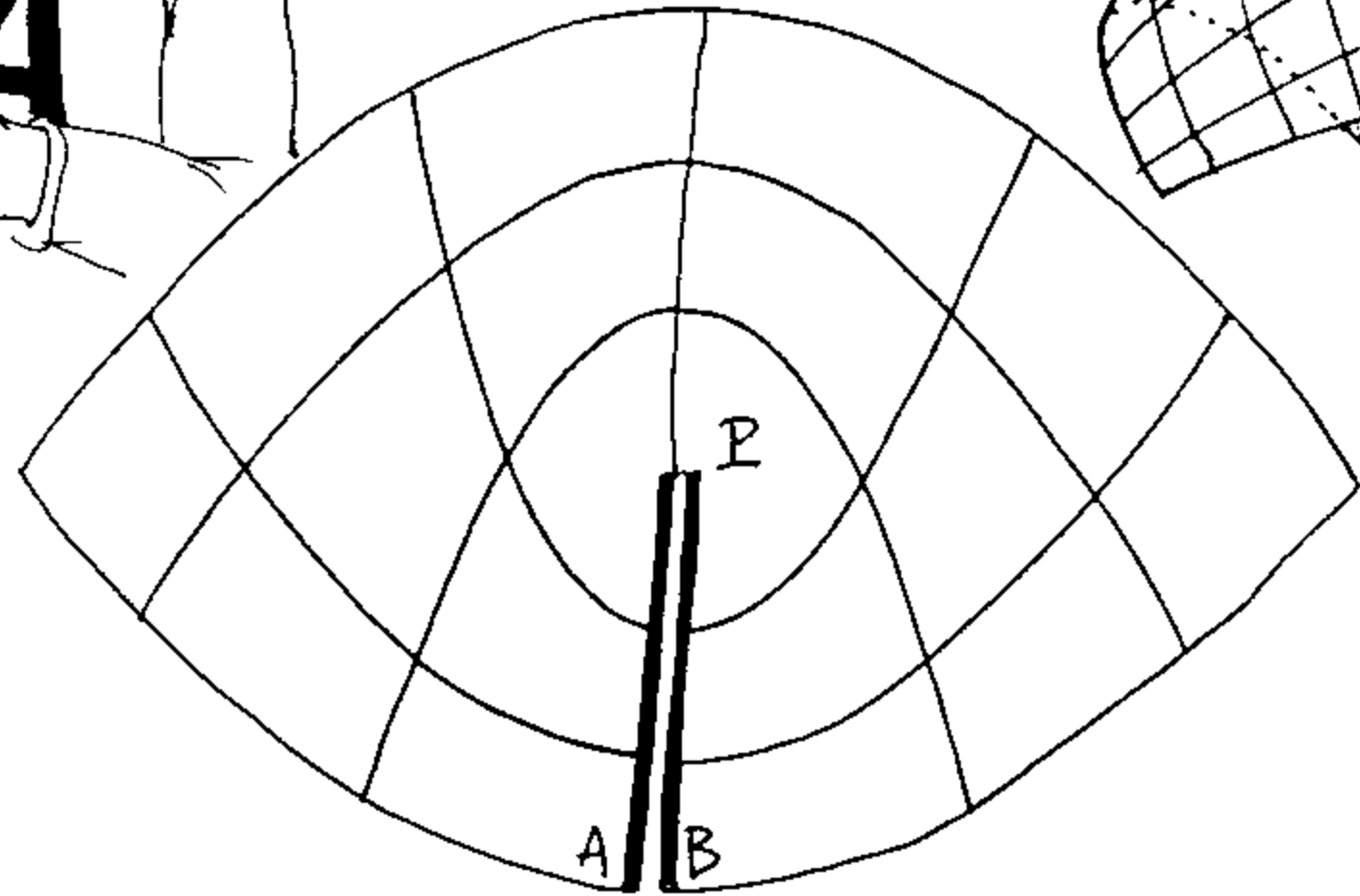
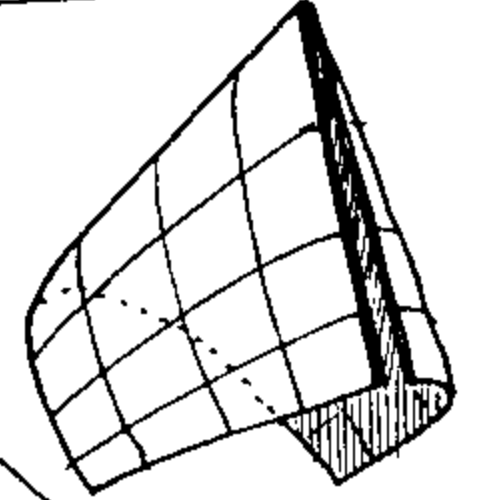
Aquí, le quito 90°

Sobre ese cono se pueden trazar triángulos rectángulos equiláteros.

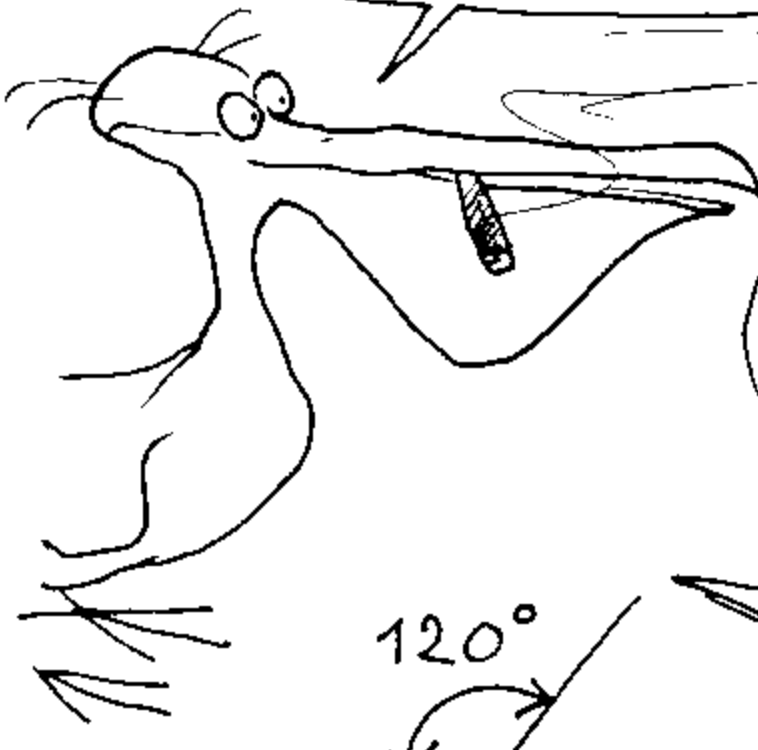
$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + 90^\circ = 270^\circ$$



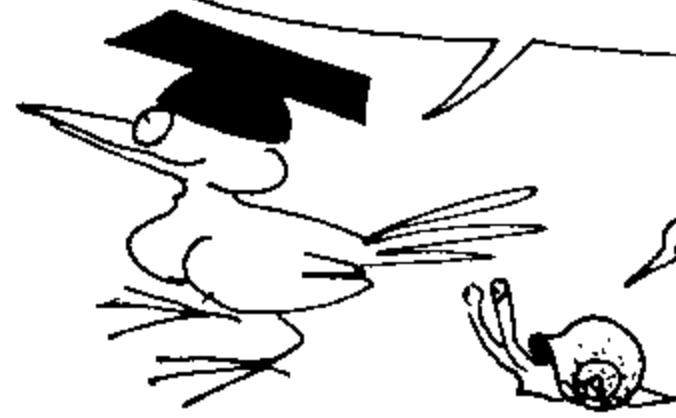
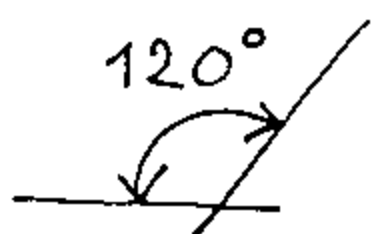
Ahora, quito un sector de 180°



Sobre ese cono, la suma de los ángulos de un triángulo es de 360°



Lo que significa, que se le podría trazar encima, con la ayuda de sus geodésicas, un triángulo que tuviera sus tres ángulos iguales 120° , por consiguiente obtuso.



Pero, ¿por lo menos se cierra?

Humm...

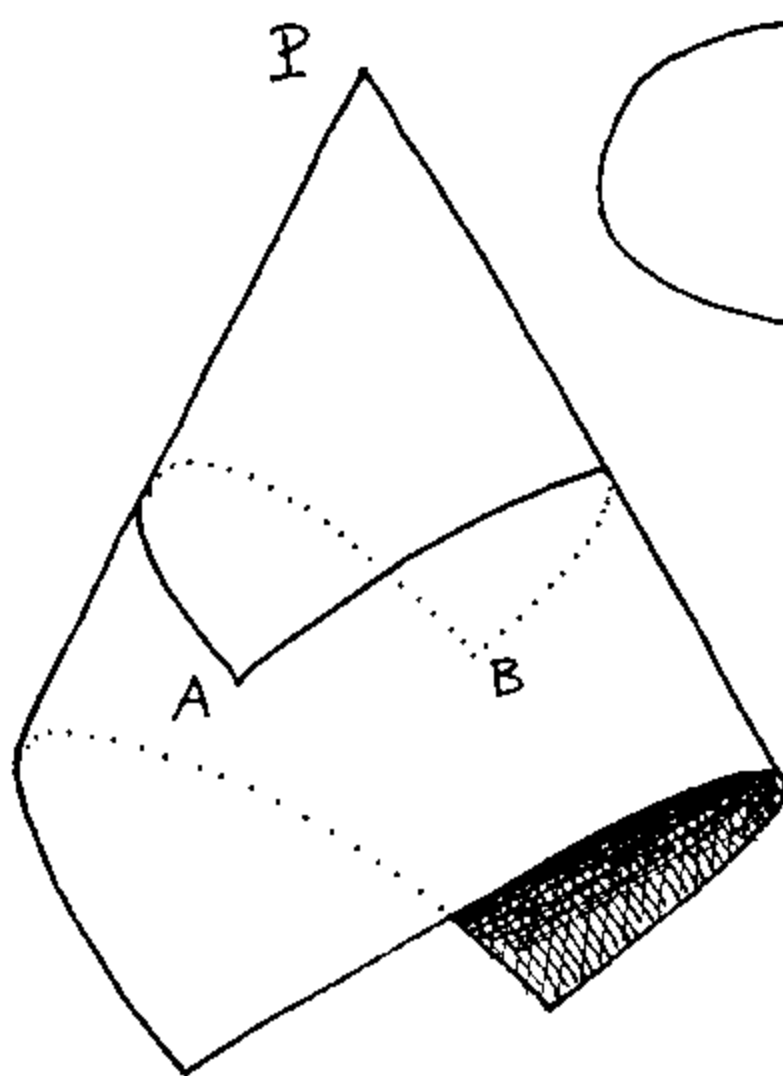


Claro que sí amigo Tiresio, itú eres el obtuso!

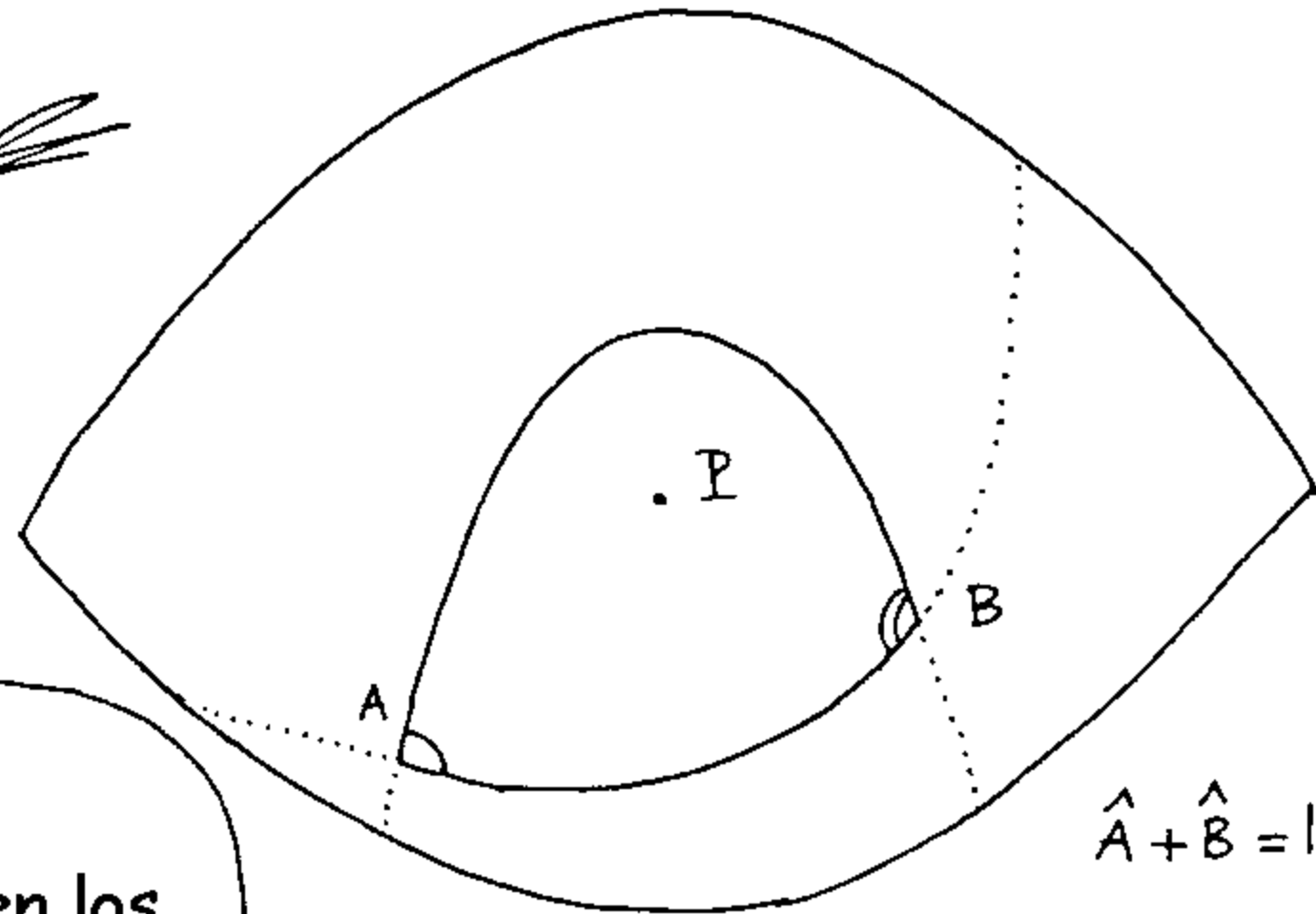


¡Jo!



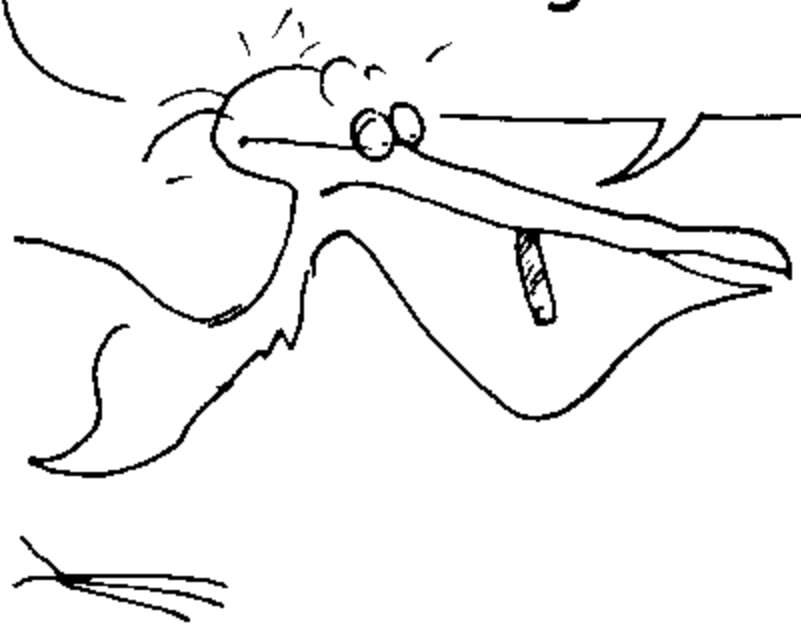


Sobre este cono se pueden trazar BIÁNGULOS, cuya suma de ángulos vale 180° .

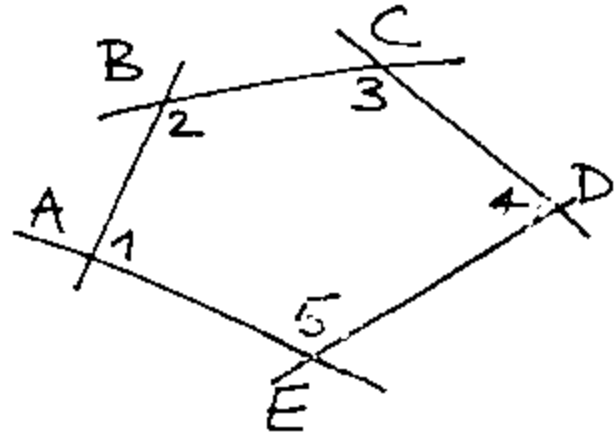
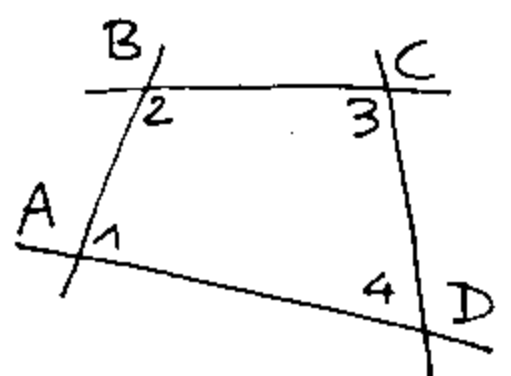
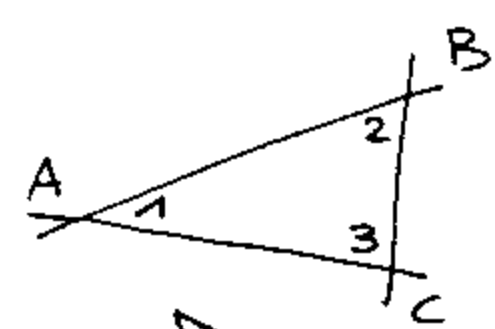
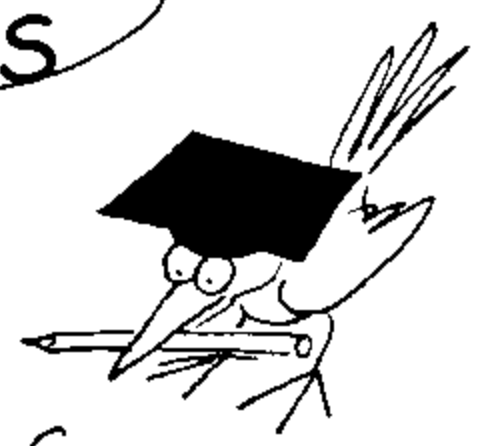


EL CONO VISTO DESDE ARRIBA

¡Esperad! éso ya no lo entiendo...
Hablábamos de triángulos. Ahora aparecen los BIÁNGULOS. Lo siguiente serán, por qué no, ... ¡los monoángulos?!



Todos estos objetos son POLÍGONOS

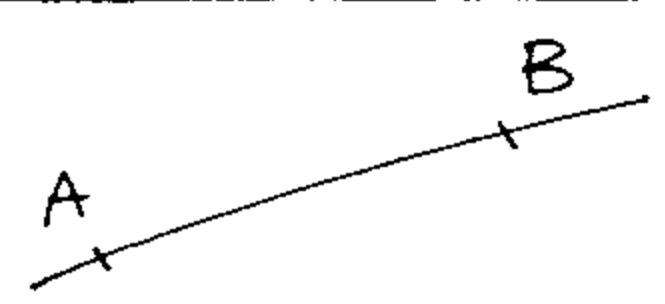


Etc...

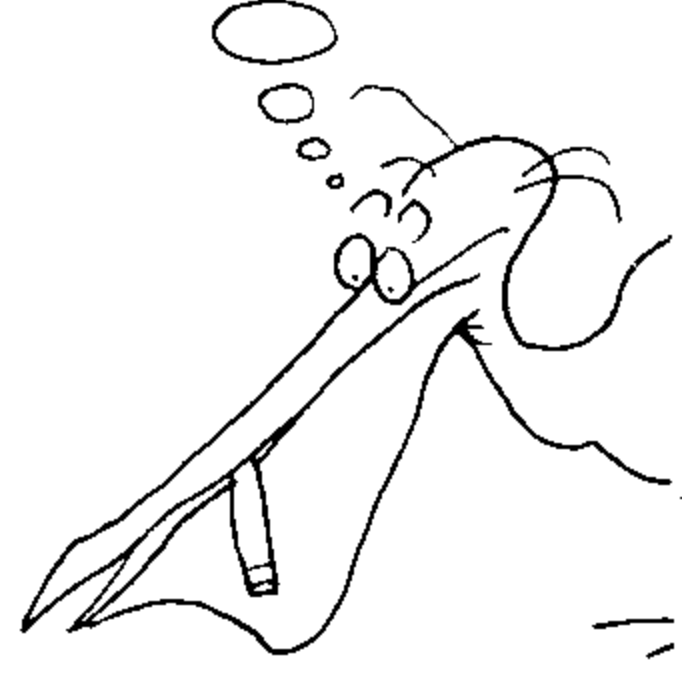
En el PLANO:

- La suma de los ángulos de un:
- triángulo vale 180°
 - cuadrilátero vale $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$
 - pentágono vale $180^\circ + 180^\circ + 180^\circ = 540^\circ$

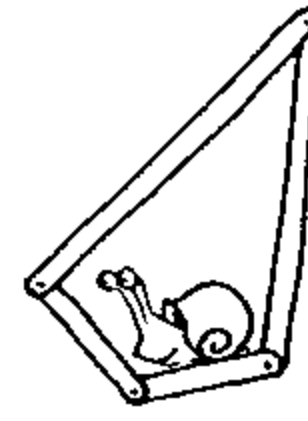
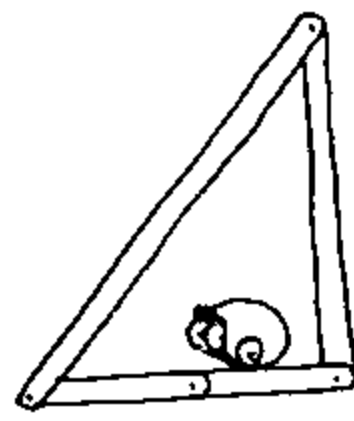
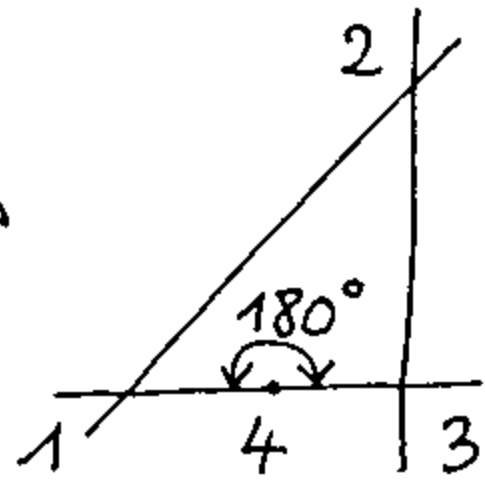
Y en le caso del BIÁNGULO, si lo encogemos a un segmento, esta suma es nula



tiemblo ...



¿Por qué 180° más por cada vértice que se le añade?

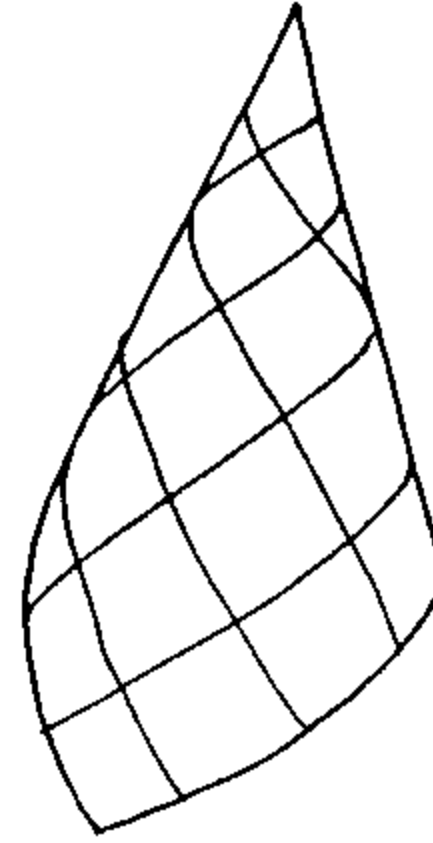
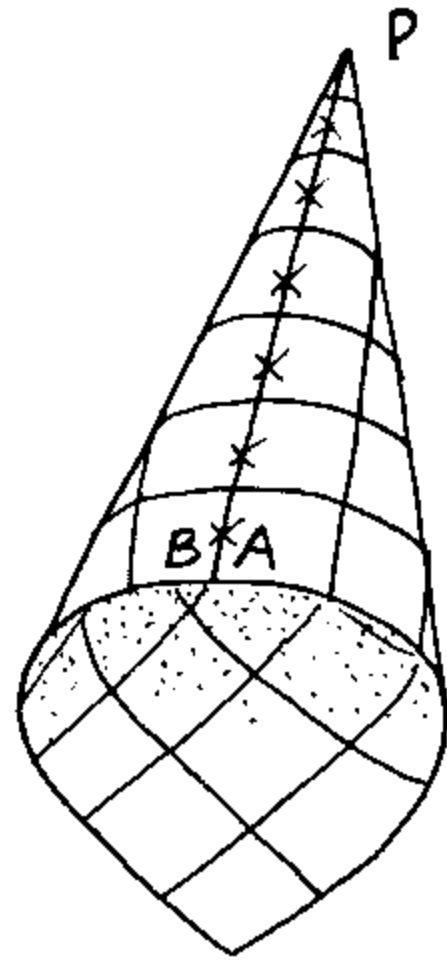
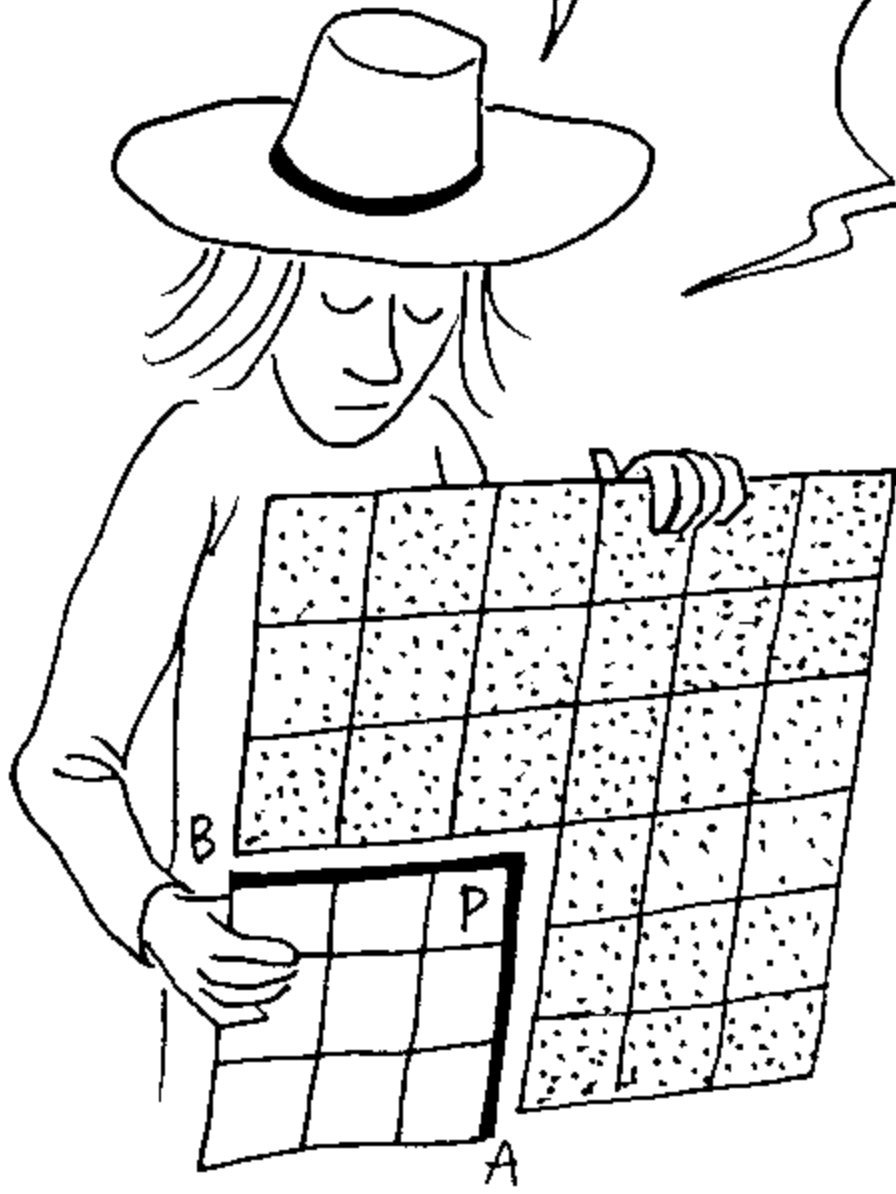


ihop!

ésto debería aclarártelo.

Bien, continuemos...

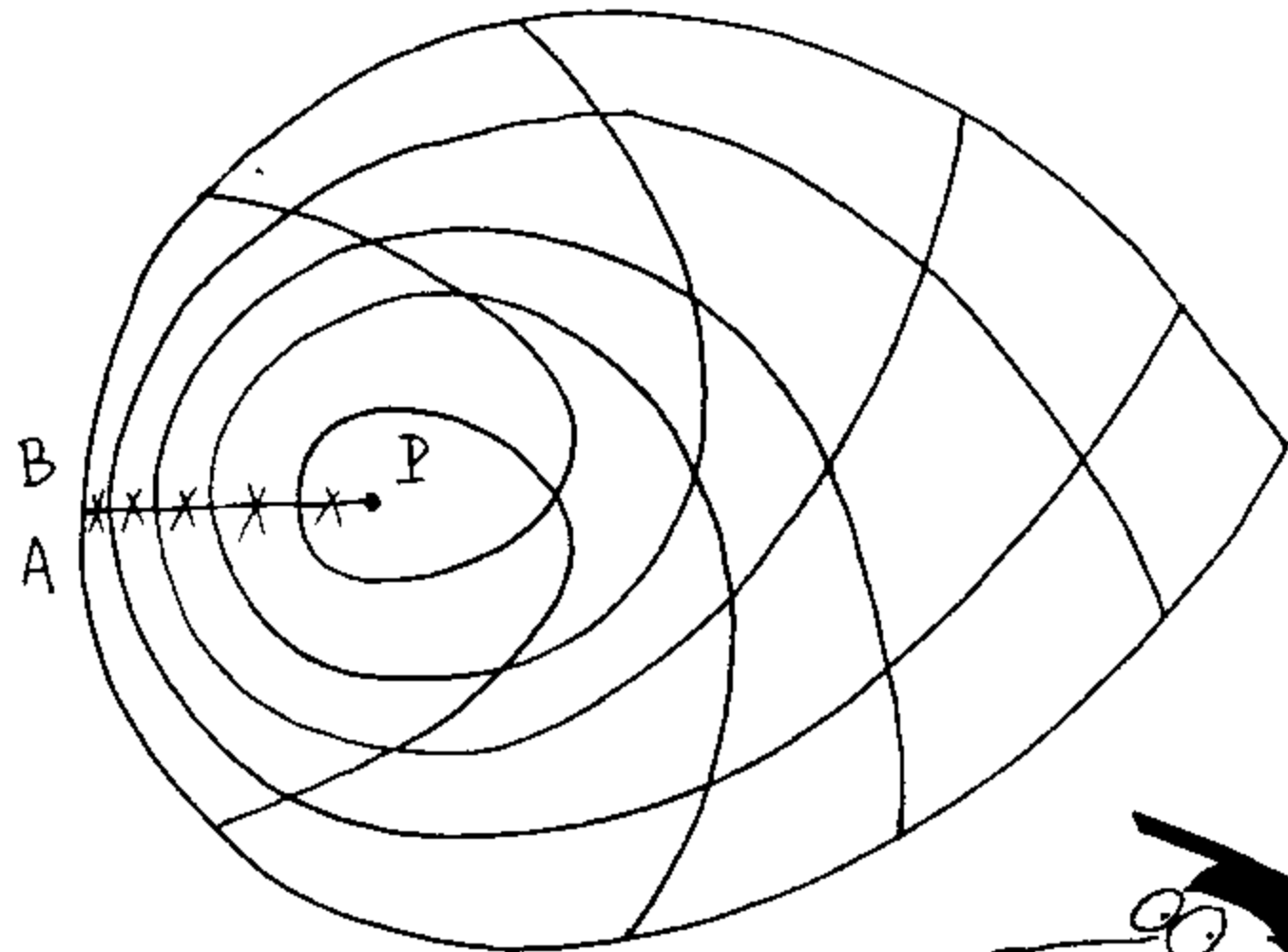
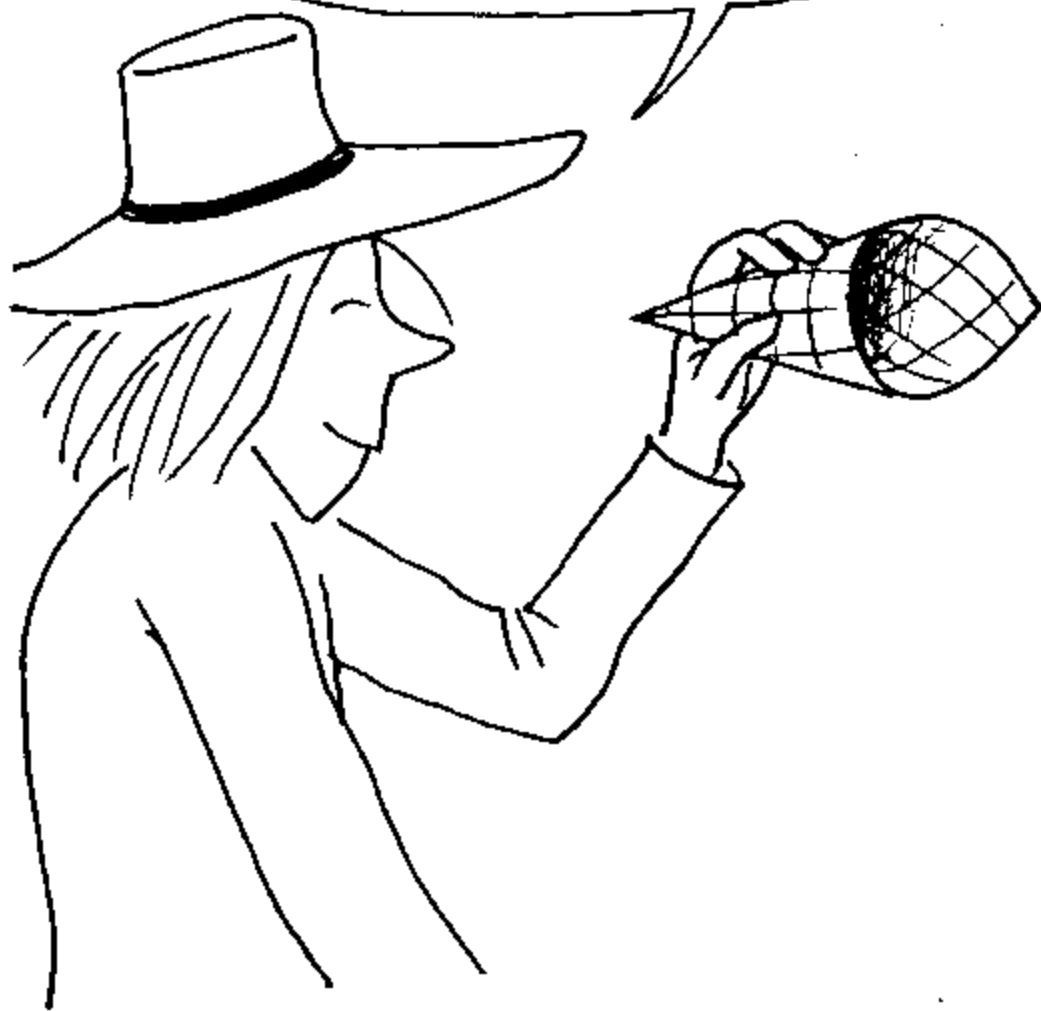
Ahora voy a quitar las tres cuartas partes del plano.



Parece una servilleta



Y cuando la observo desde el extremo



Anselmo obtiene ésto

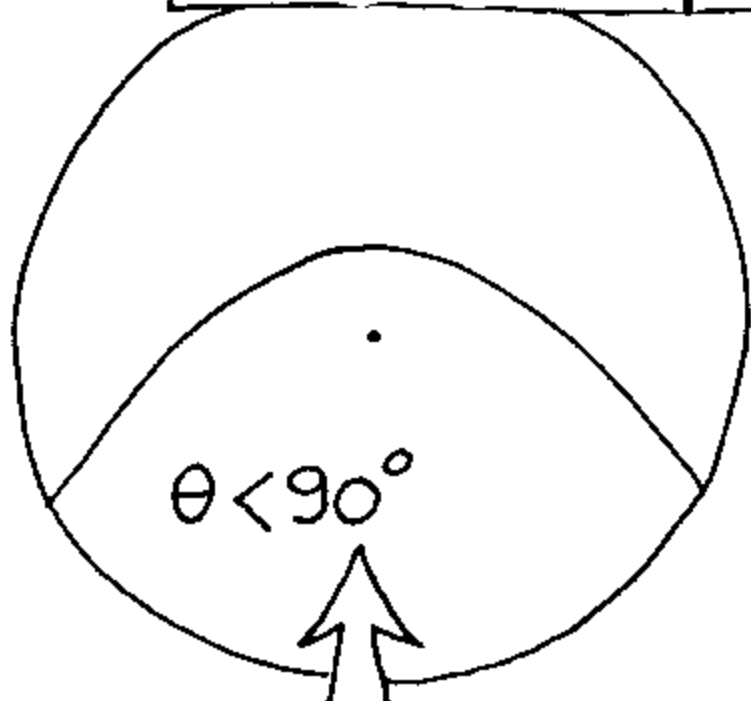


Sobre este cono todas las geodésicas se cortan
ellas mismas (aquí se cortan en ángulo recto).
Así pues podemos dibujarle monoángulos

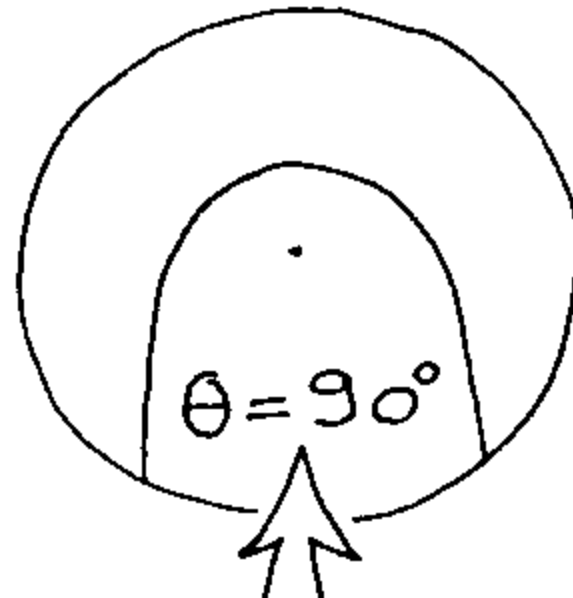
así pues, ¡era cierto!



• Todo depende del ángulo θ del cono •



Las geodésicas no
se cierran.



caso límite



Las geodésicas
se cierran.

LOS POLOS

¿Y si lo quitara ... todo?

¿¿Cómo que todo?!?



Sí, si quitara prácticamente TODO el plano

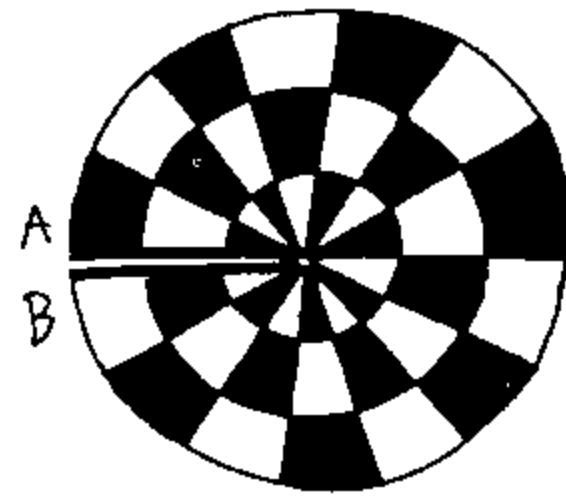
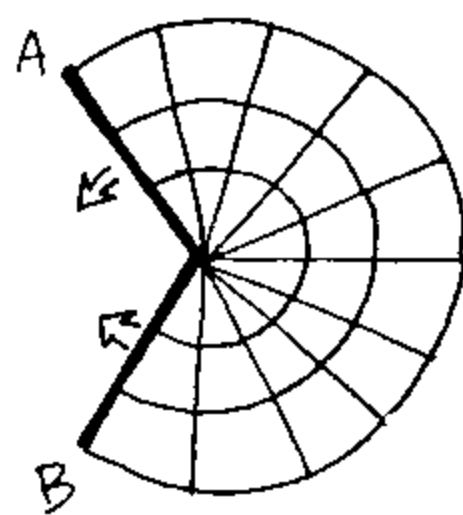
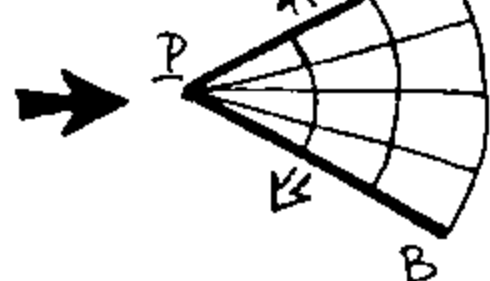
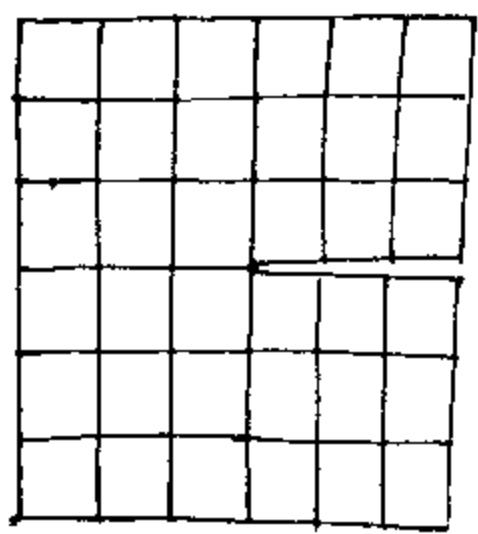
Bien, aquí está mi cono

¿A éso le llamas un cono?

¡Cuánta miseria!



De hecho los ENMALLADOS obtenidos por Anselmo se podrían haber obtenido estirando los objetos



Y entonces se obtiene un POLO

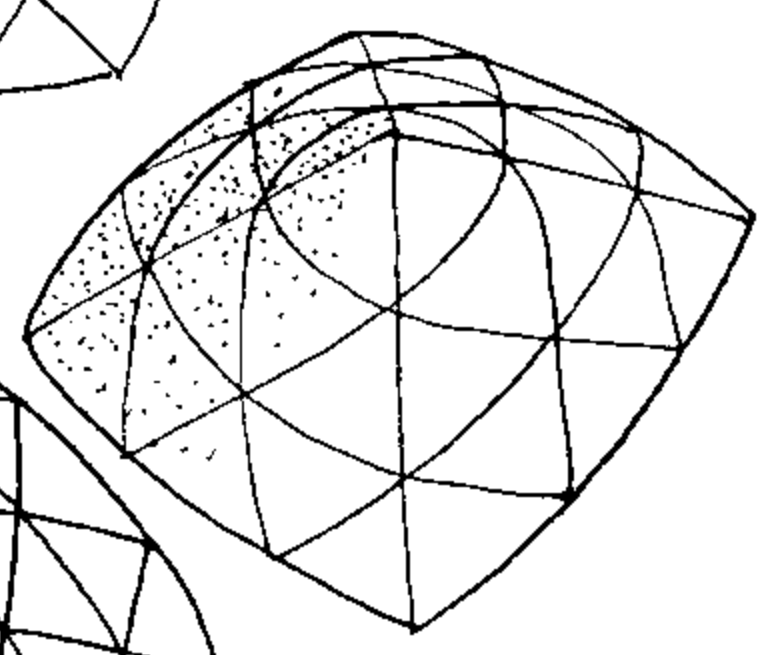
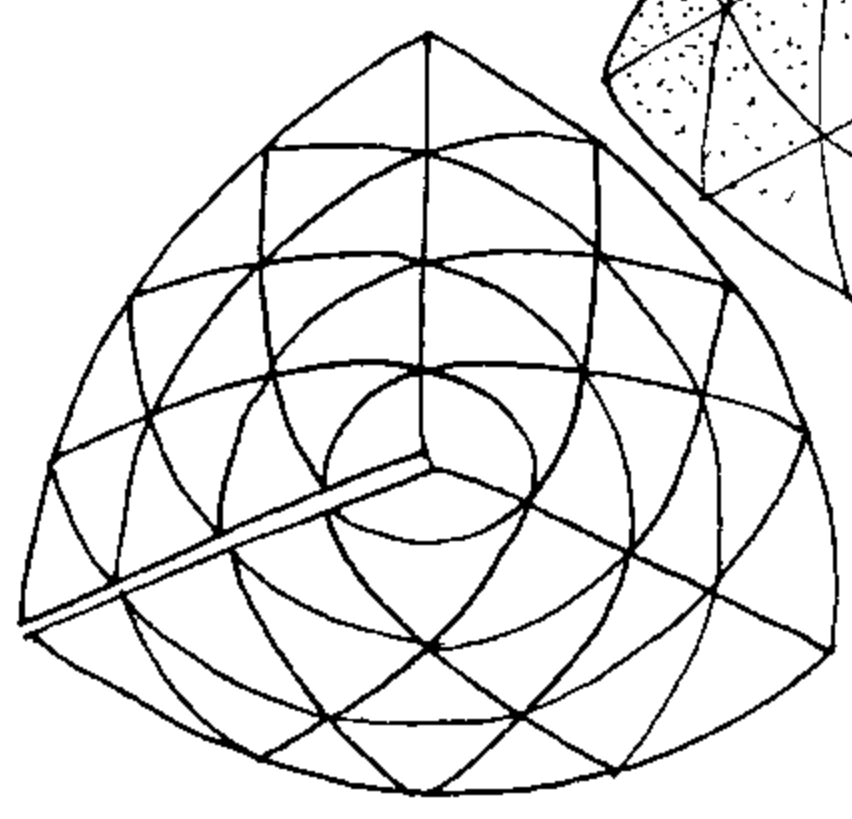
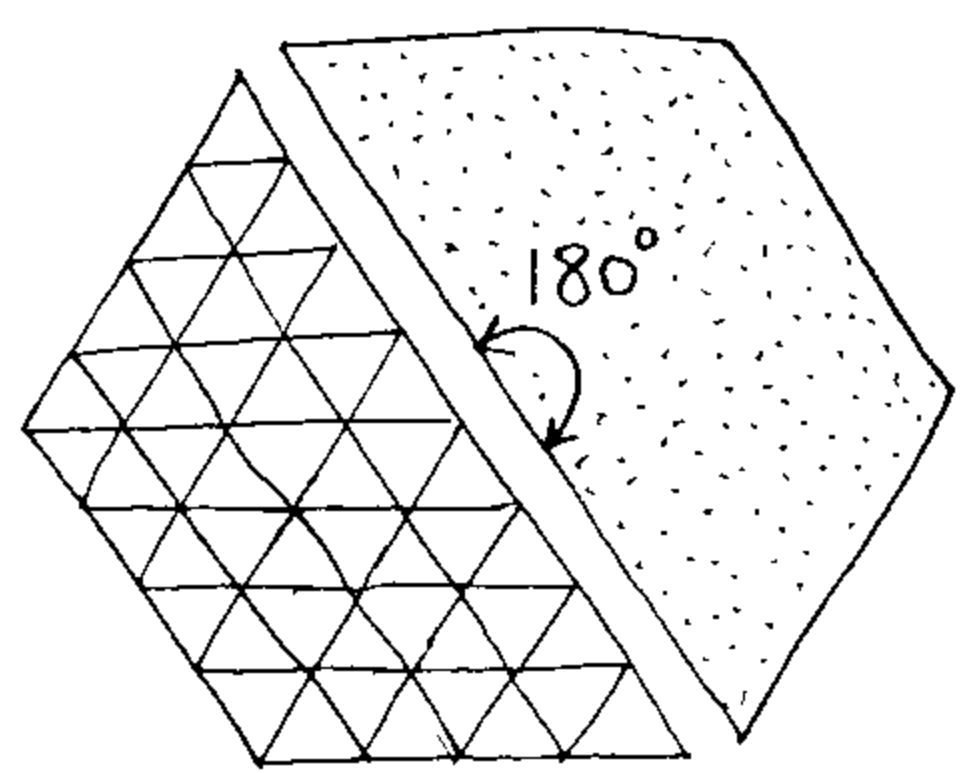
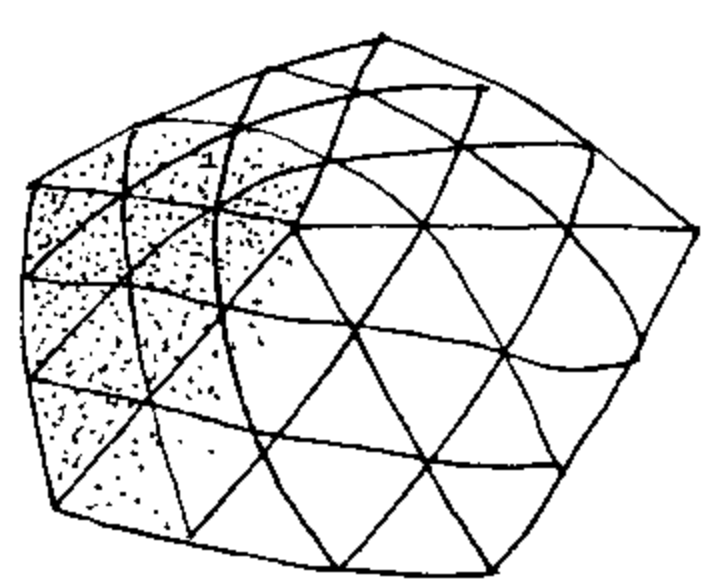
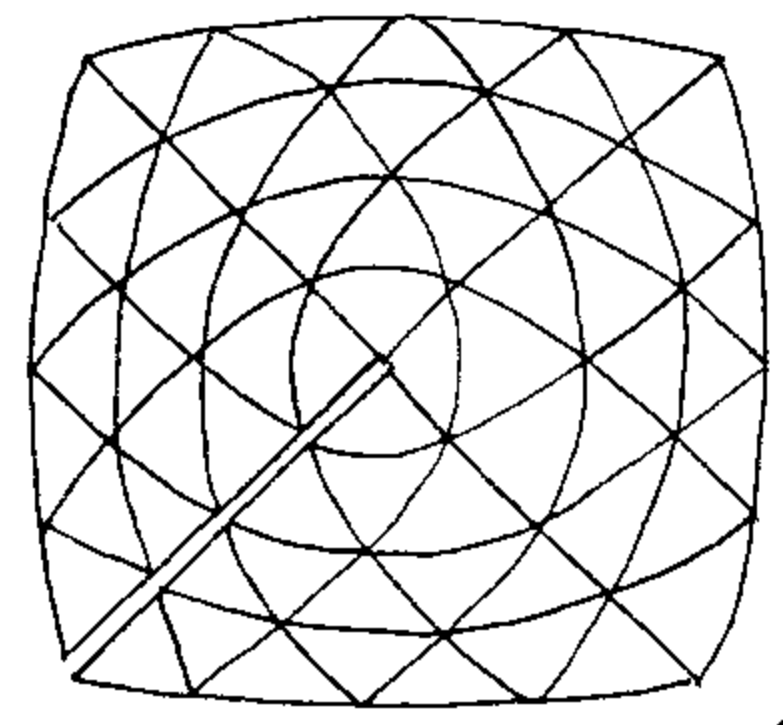
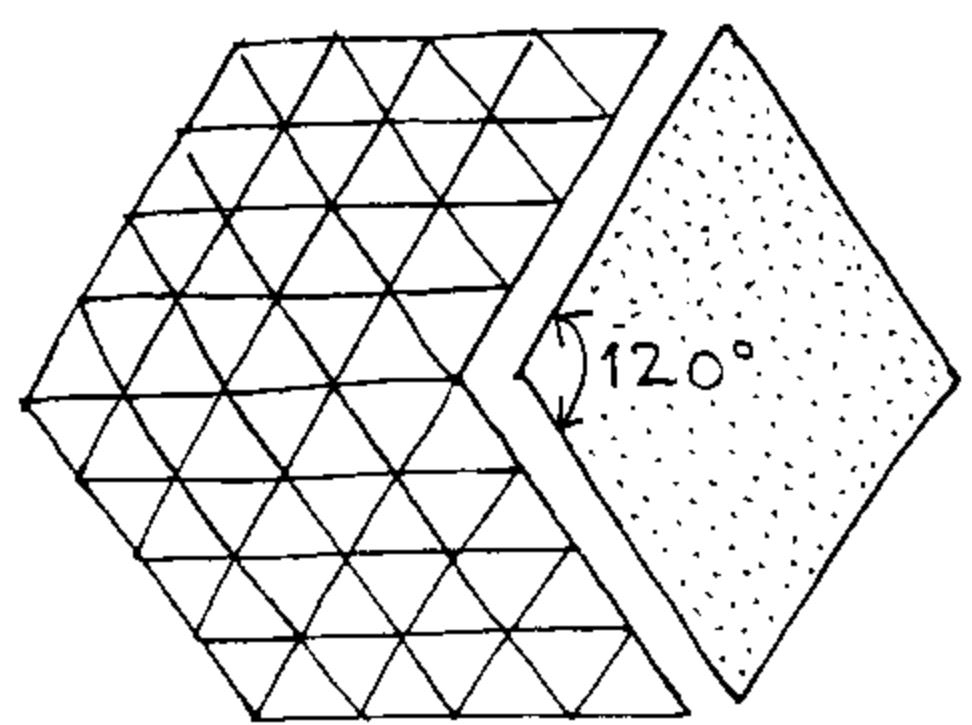
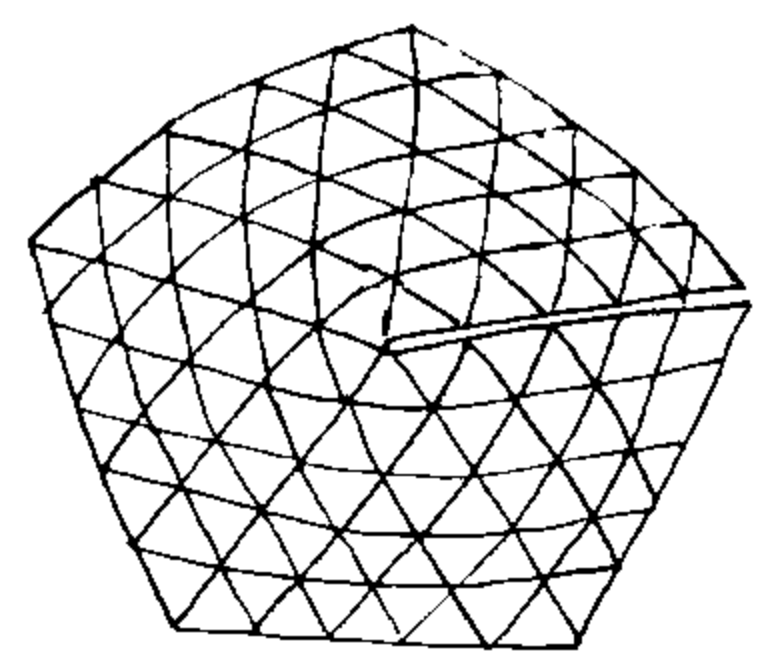
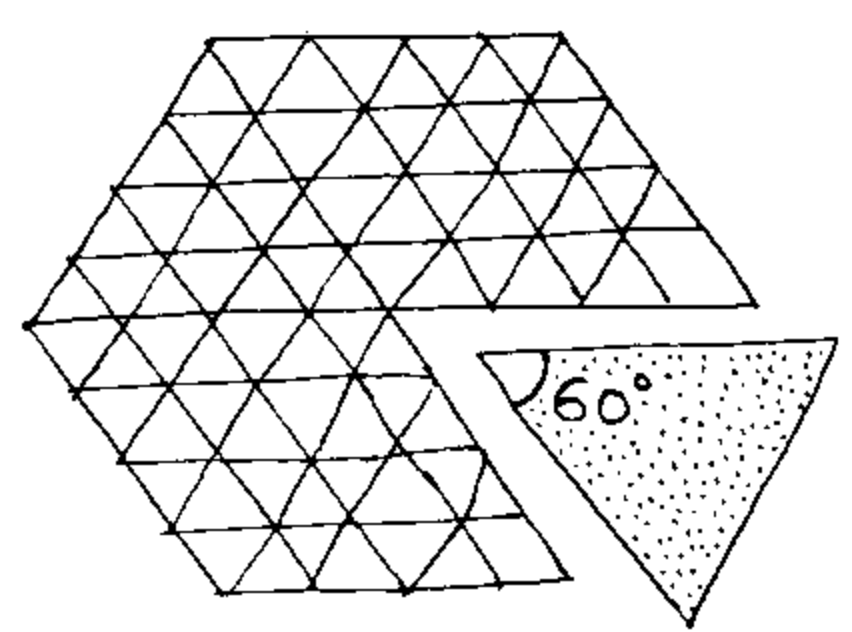
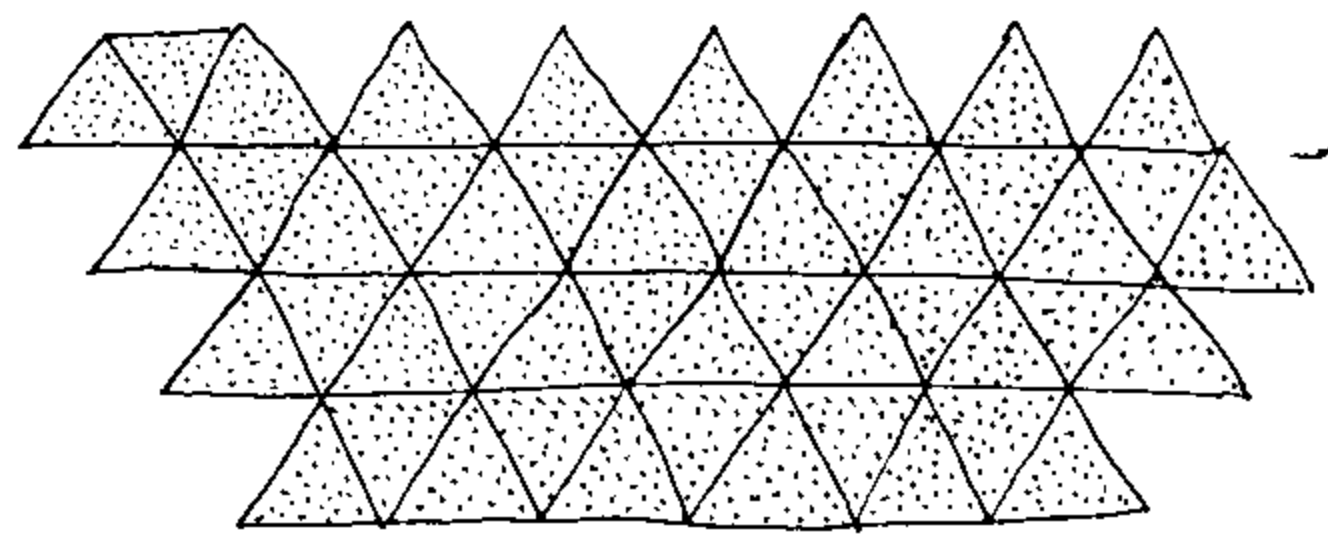


El polo es lo que queda cuando se ha quitado todo. Este punto representa una curvatura concentrada igual a 360°

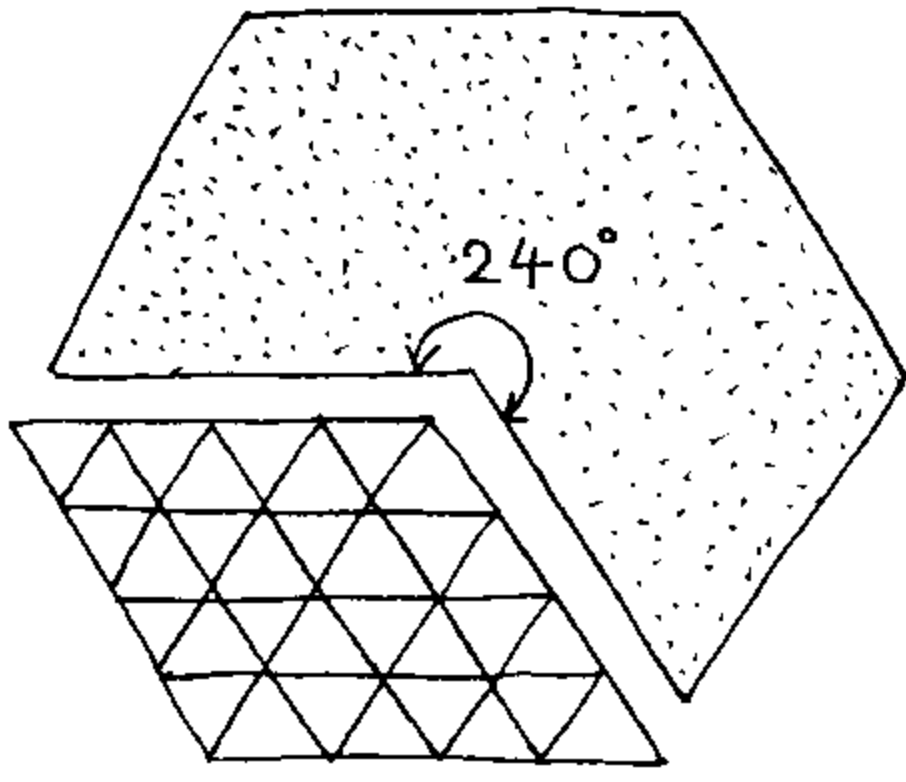
Hace un instante, he recubierto espacios bidimensionales (superficies) con cuadrados, pero también lo podría haber hecho con triángulos



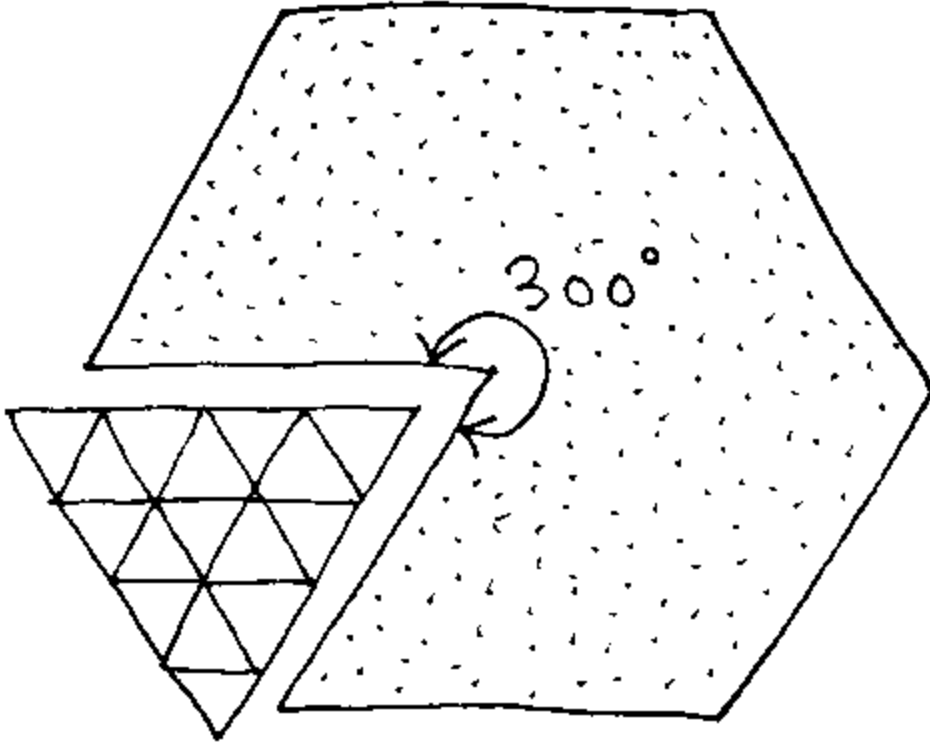
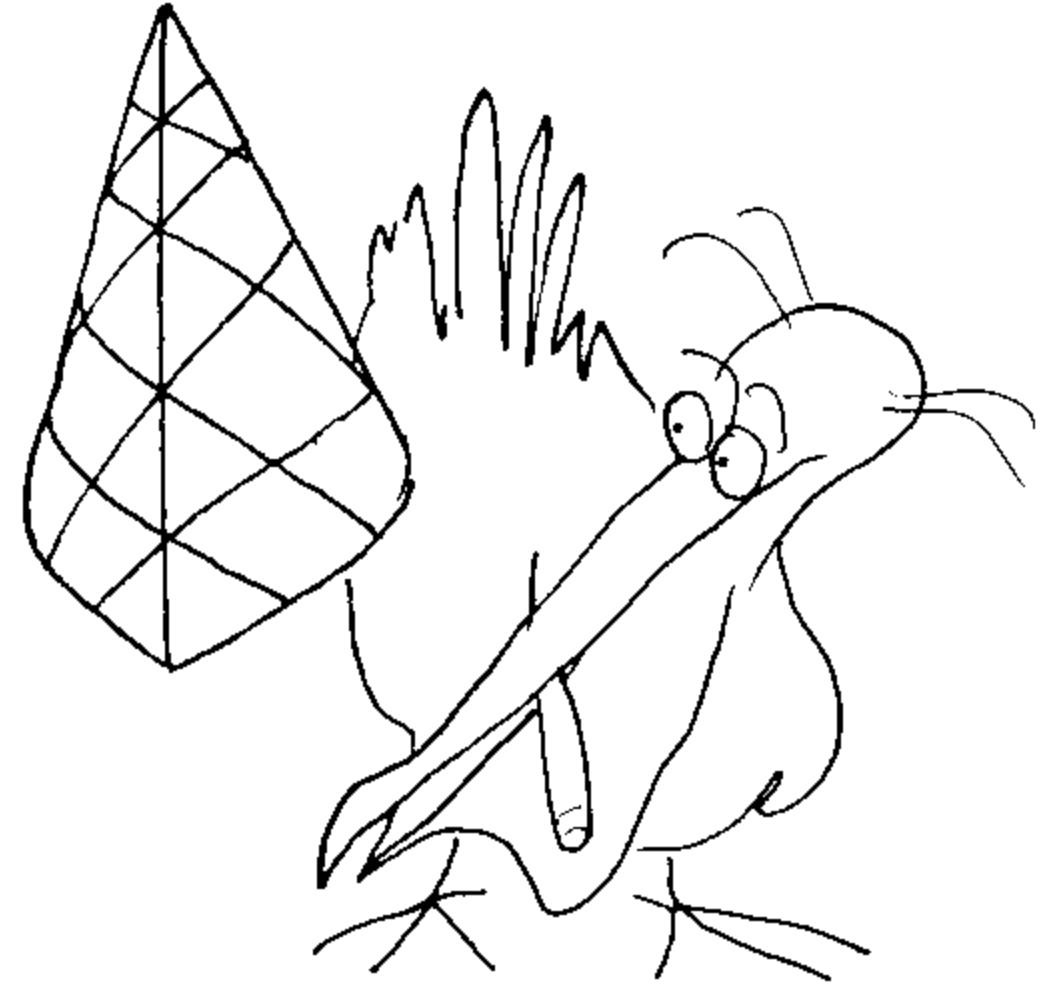
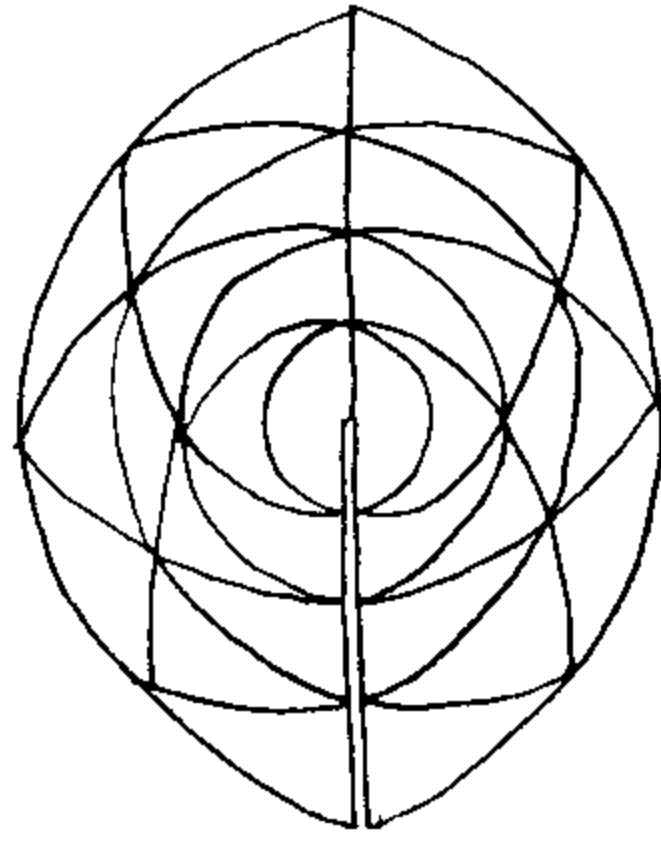
O con hexágonos



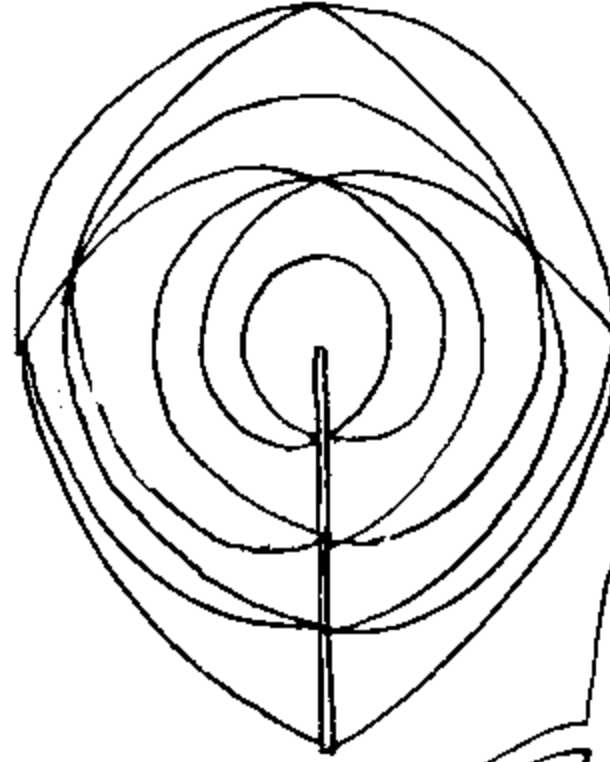
Estas mallas con triángulos equiláteros permiten engendrar los conos de ángulo 60° , 120° , 180° , 240° y 300°



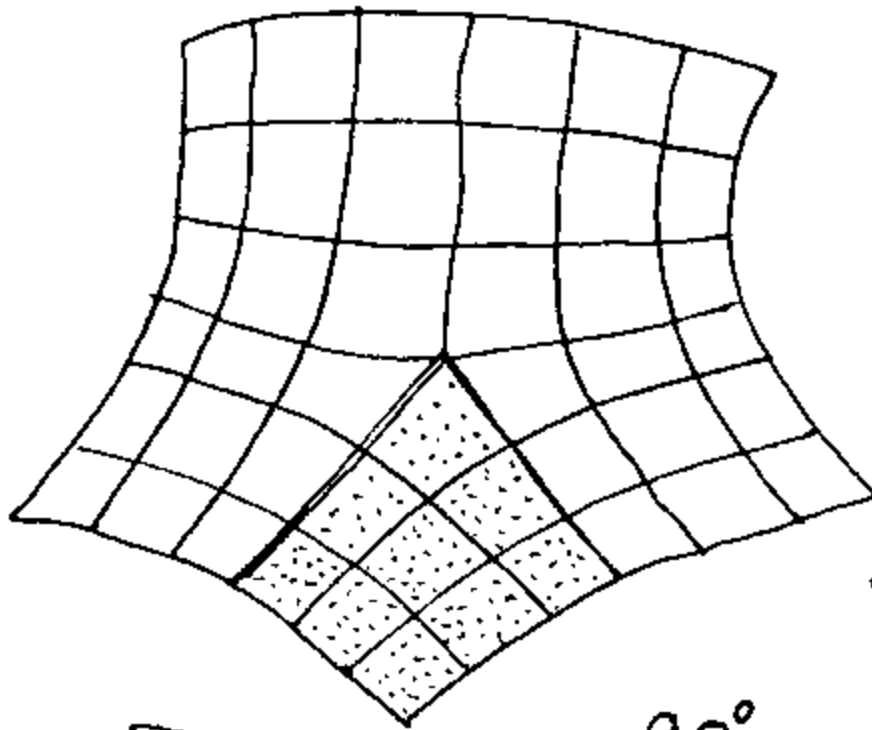
240°



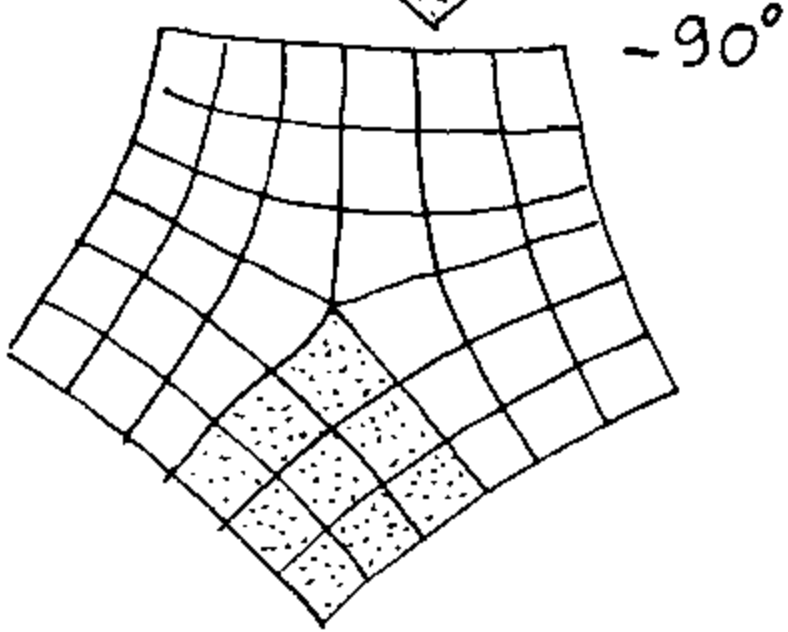
300°



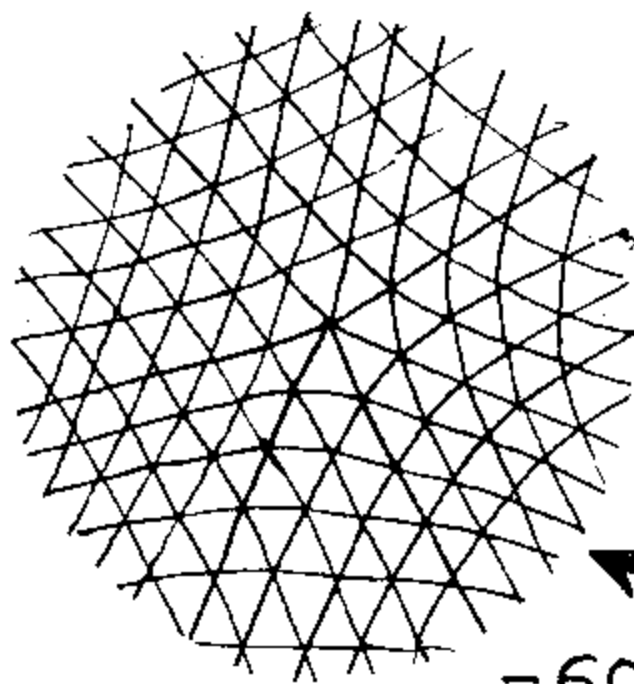
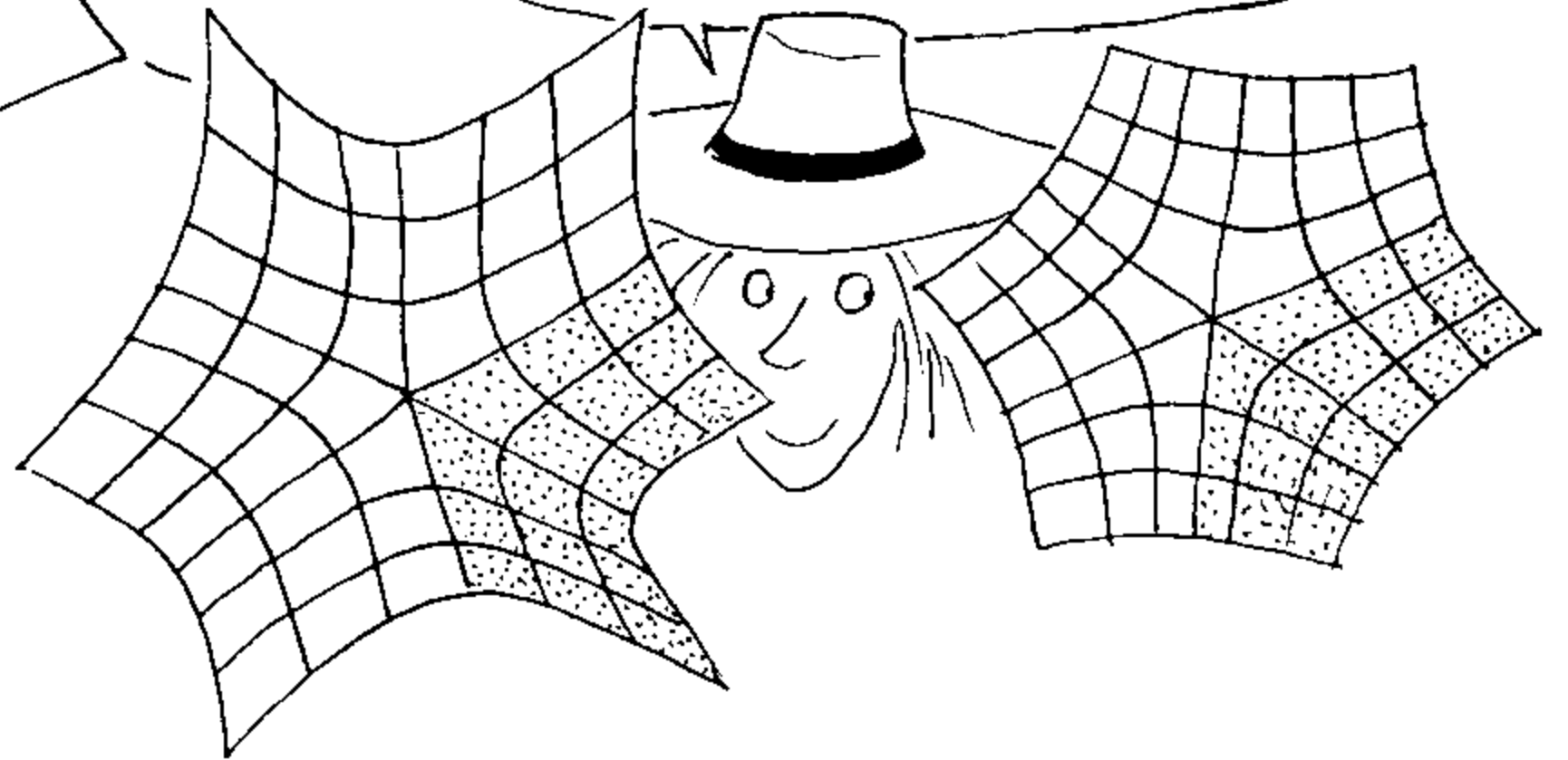
Añadiéndole un sector de ángulo θ he creado una curvatura negativa $-\theta$, concentrada en el vértice de este negacono



Cantidad de curvatura concentrada $= -180^\circ$, etc...



-90°



-60°

Se pueden conseguir bellos negaconos con entramados triangulares

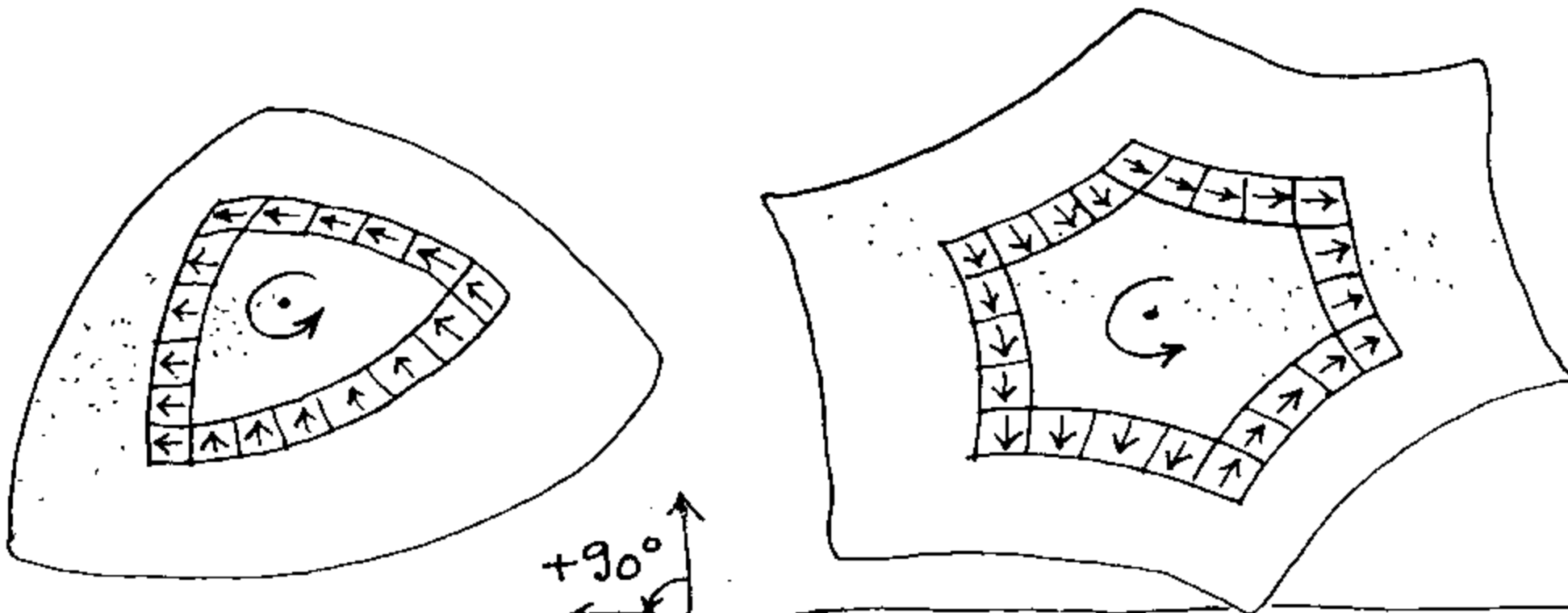
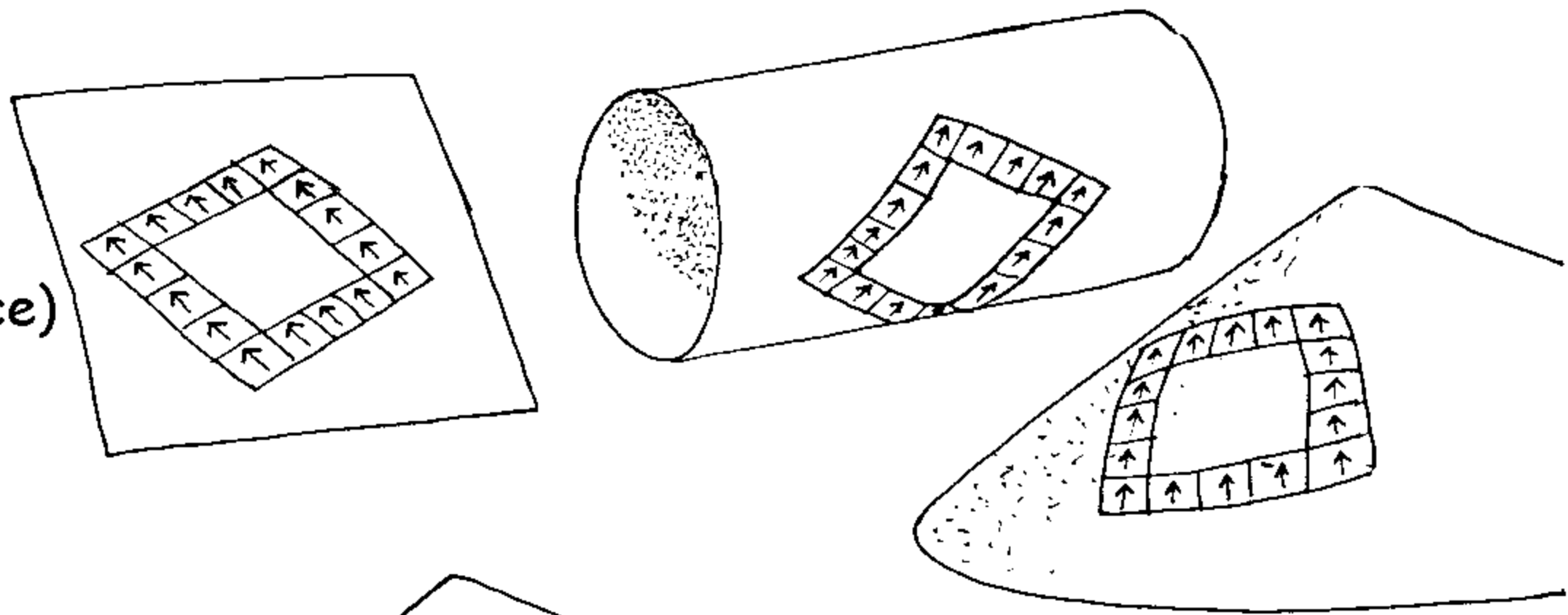


MEDIDA DE LA CURVATURA



El juego consiste en rodear un punto de concentración de curvatura con cuadrados, respetando la continuidad de las flechas. Al dar una vuelta alrededor del punto P, el ángulo que haya girado la flecha da una medida directa de la curvatura θ .

Algunos ejemplos:
Plano, cilindro,
cono (sin rodear el vértice)
La cantidad de
curvatura es CERO



Giramos alrededor del punto en cualquier sentido.
Si la flecha gira en el mismo sentido, se trata de un posicono. Si ella gira en sentido contrario se trata de un negacono.

Voy a fabricar posiconos con un ángulo θ muy pequeño cada uno

De algún modo, como si se tratara de átomos de curvatura...

Después los pegaré juntos

Obtengo una superficie sobre la que trazaré triángulos hechos de geodésicas, obtenidos usando cinta adhesiva.

La suma de los ángulos del triángulo sobrepasa 180° en un valor igual a la suma de los ángulos de los conos elementales cuyos vértices están contenidos en este triángulo.

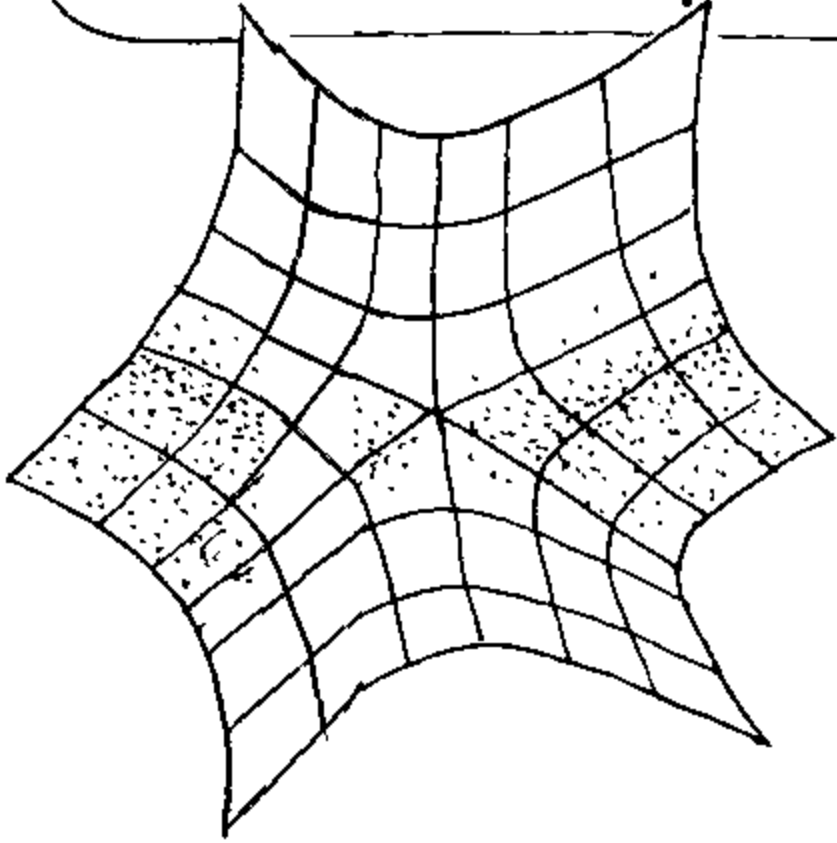
La Dirección

Lo que habitualmente conocemos con el nombre de superficie curva se puede considerar como la unión de un gran número de microconos pegados juntos


También se pueden juntar NEGACONOS o POSICONOS con NEGACONOS. En este caso la suma de los ángulos del triángulo será de 180° más la cantidad de curvatura que contienen, calculada algebraicamente.

PATCHWORK

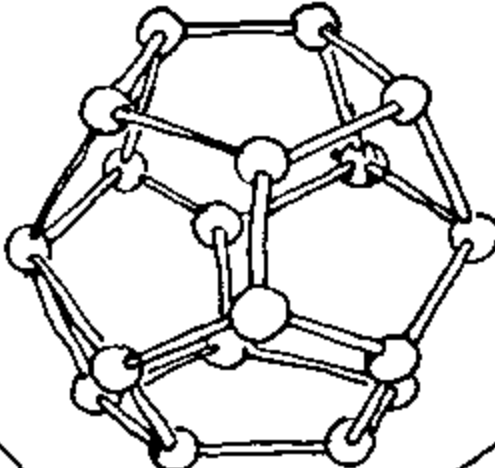
Sofía, ¿qué sucede si junto **NEGA**CONOS?



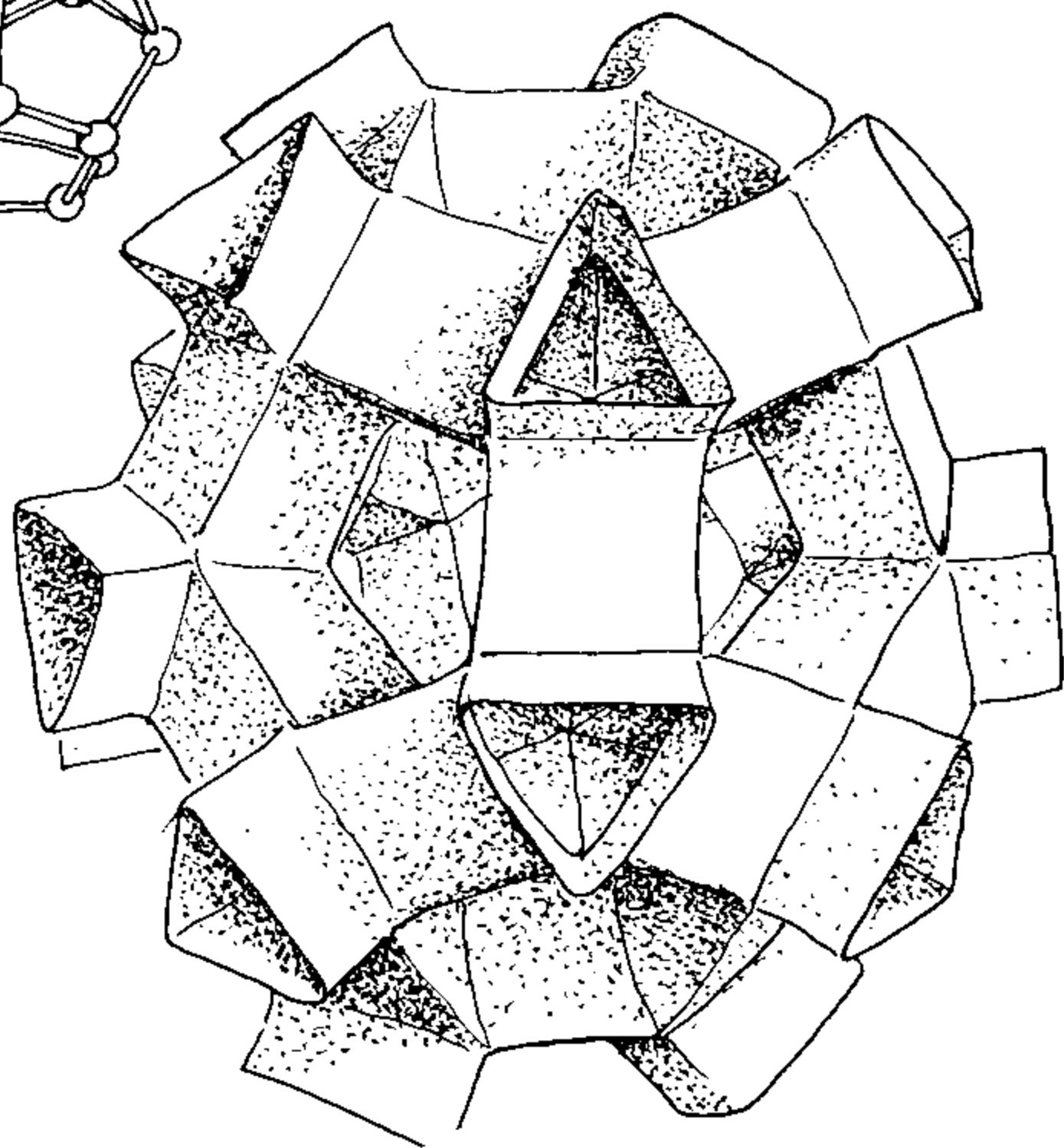
Por ejemplo negaconos con $\theta = -180^\circ$. Su contorno corresponde a un hexágono que tiene seis ángulos rectos

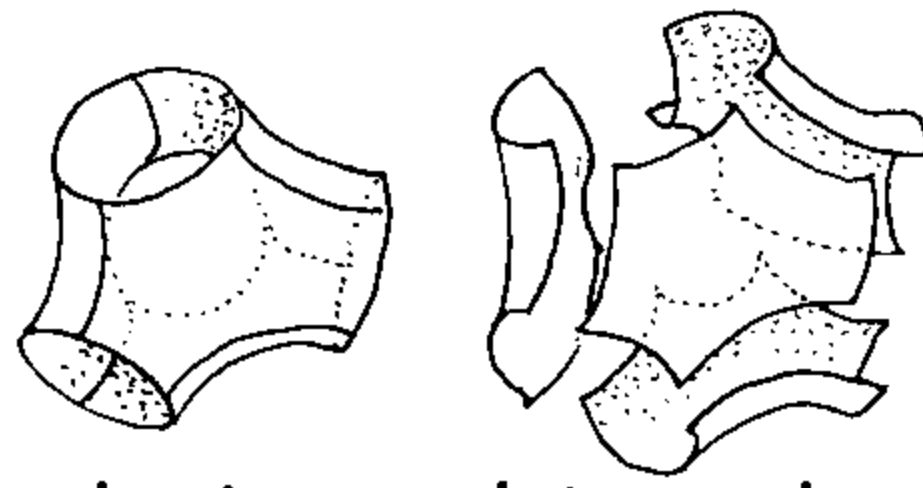
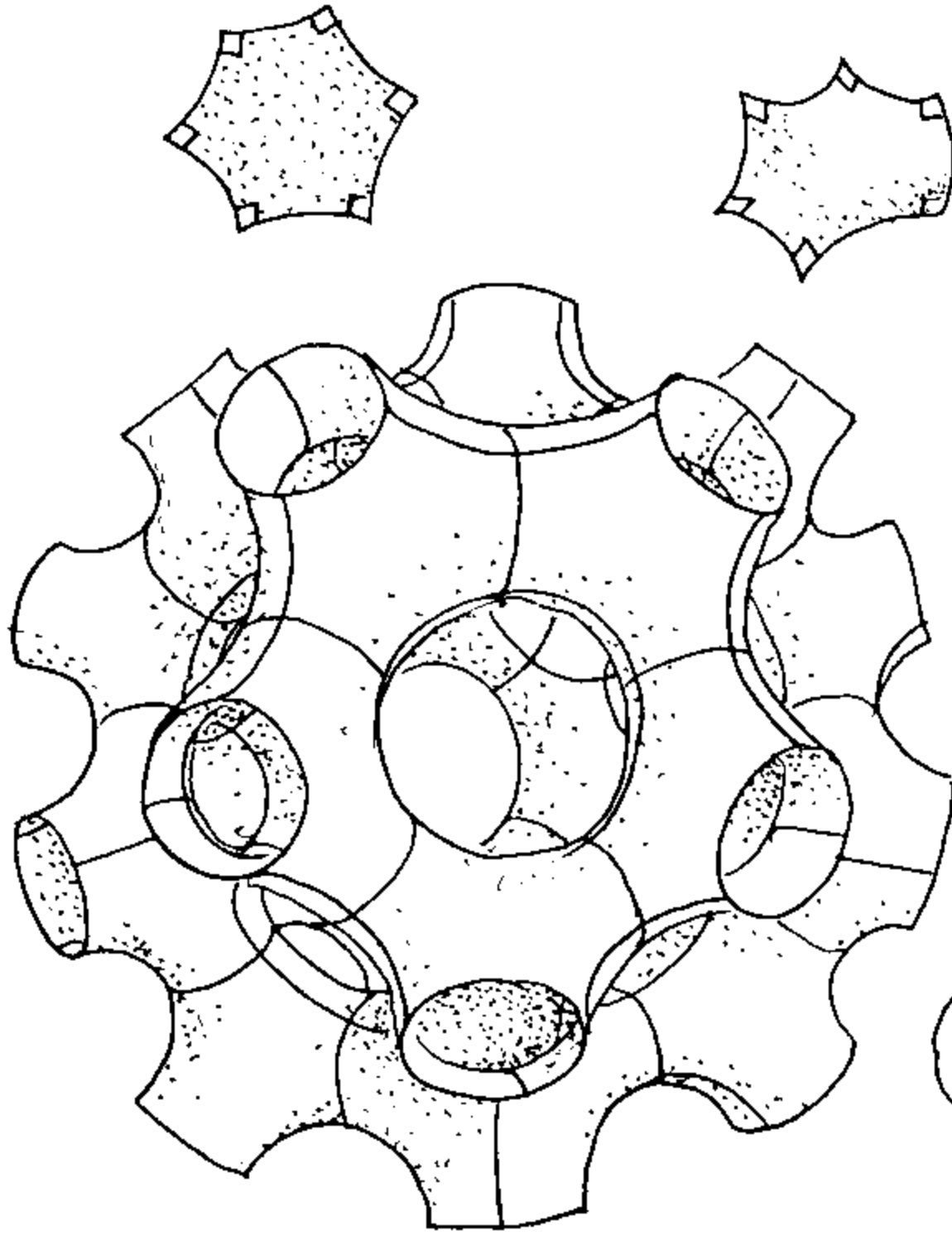


En primer lugar, los podemos unir de cuatro en cuatro



Si se unen veinte, se obtiene ése elemento de superficie con curvatura negativa, cada uno en uno de los veinte vértices de un **DODECAEDRO** (*)





el mismo objeto donde se ha repartido más uniformemente la curvatura negativa. Está constituido por sesenta hexaortógonos.

una especie de sesentaedro...

parece una vértebra de DODECAEDRODÓN



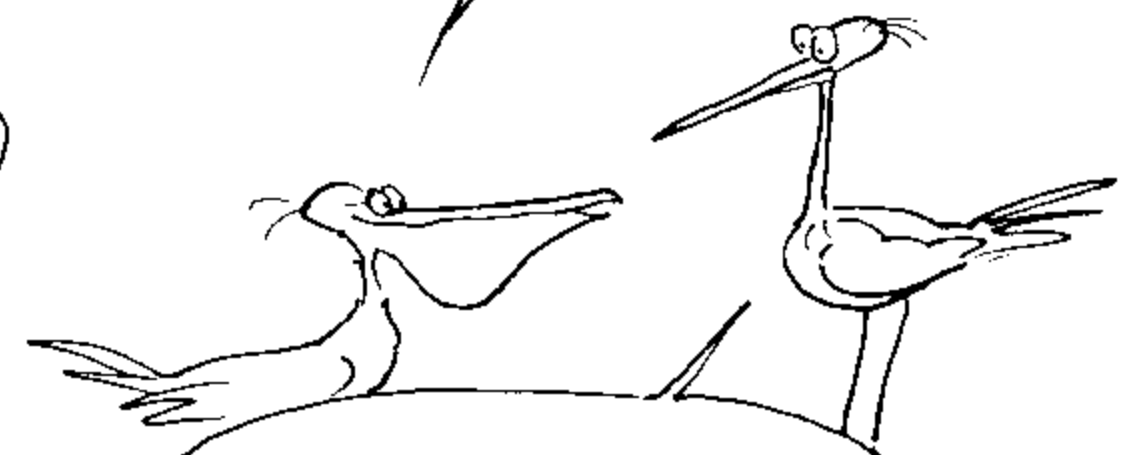
Si fueras alicatador y utilizaras azulejos hexaortogonales, así te quedaría el suelo.



Querido amigo, permite que te diga que, modificando los genes de un caracol, se podría hacer de modo que su concha...

Este ejemplo muestra como la distribución de curvatura puede condicionar la forma de los objetos

!!!



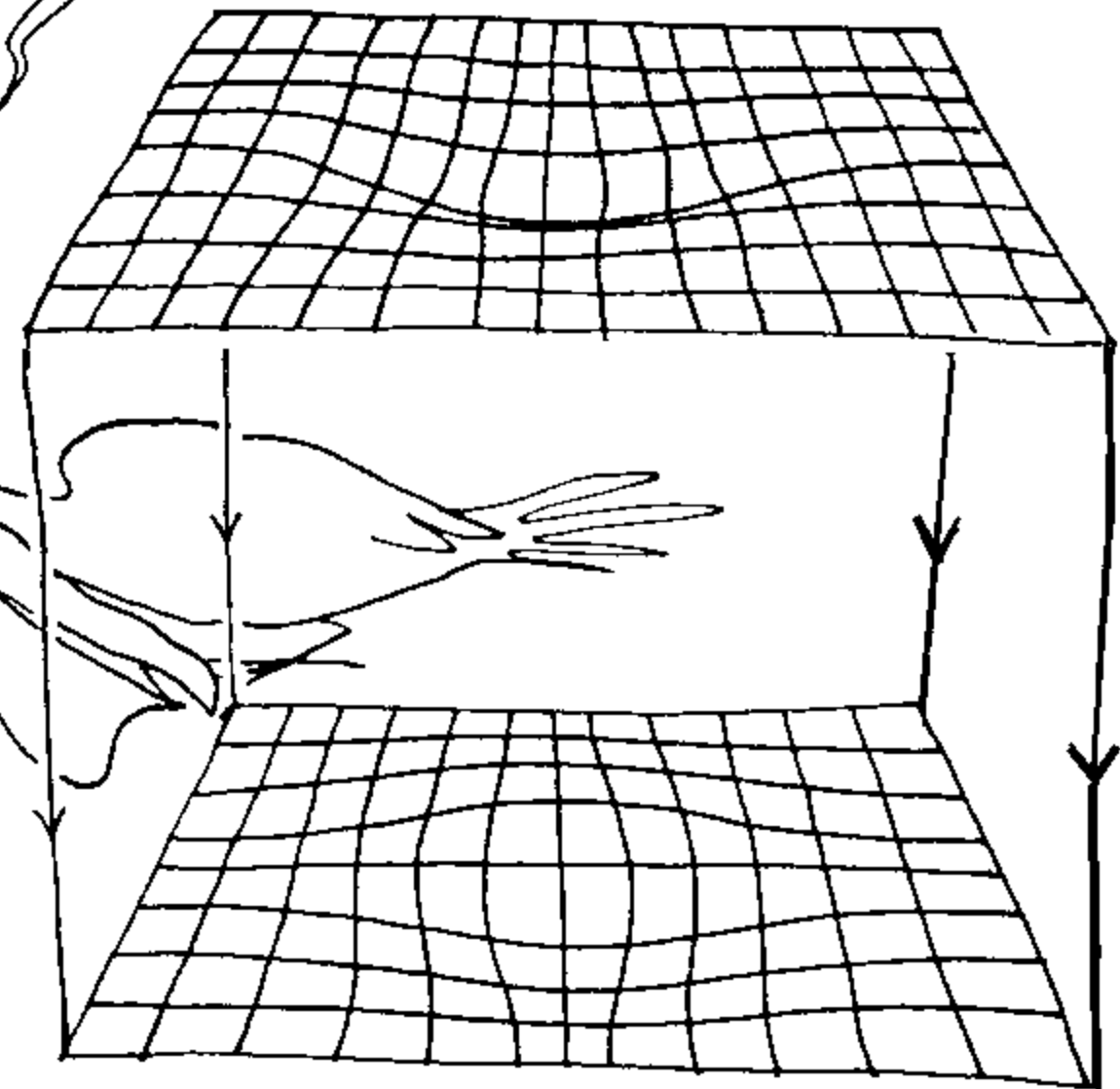
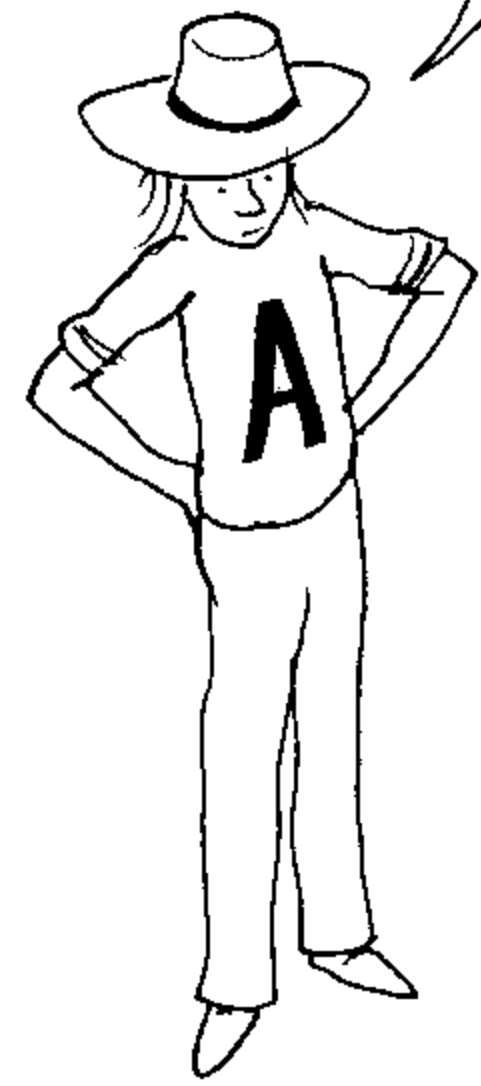
¡¡¡qué horror!!!

TRES DIMENSIONES

Sofía, ¿se puede VER la curvatura de nuestro espacio de TRES dimensiones?

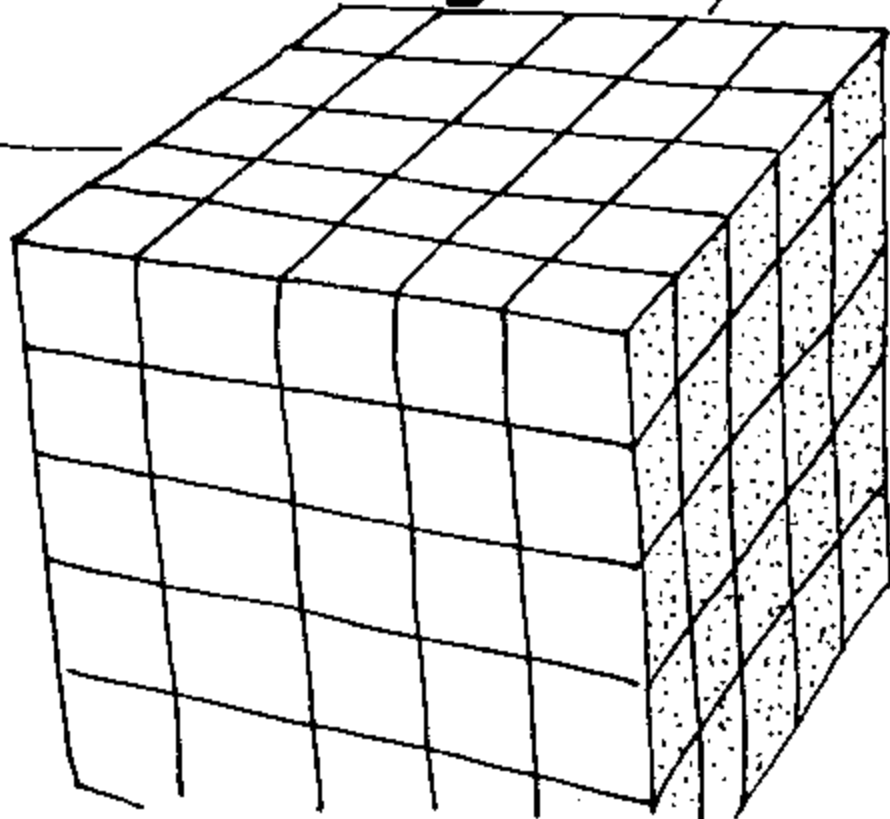
Es difícil, porque nosotros estamos dentro de ese espacio tridimensional

Veamos, he visto que se pueden proyectar las geodésicas de una superficie (bidimensional) sobre un plano (de 2 dimensiones)

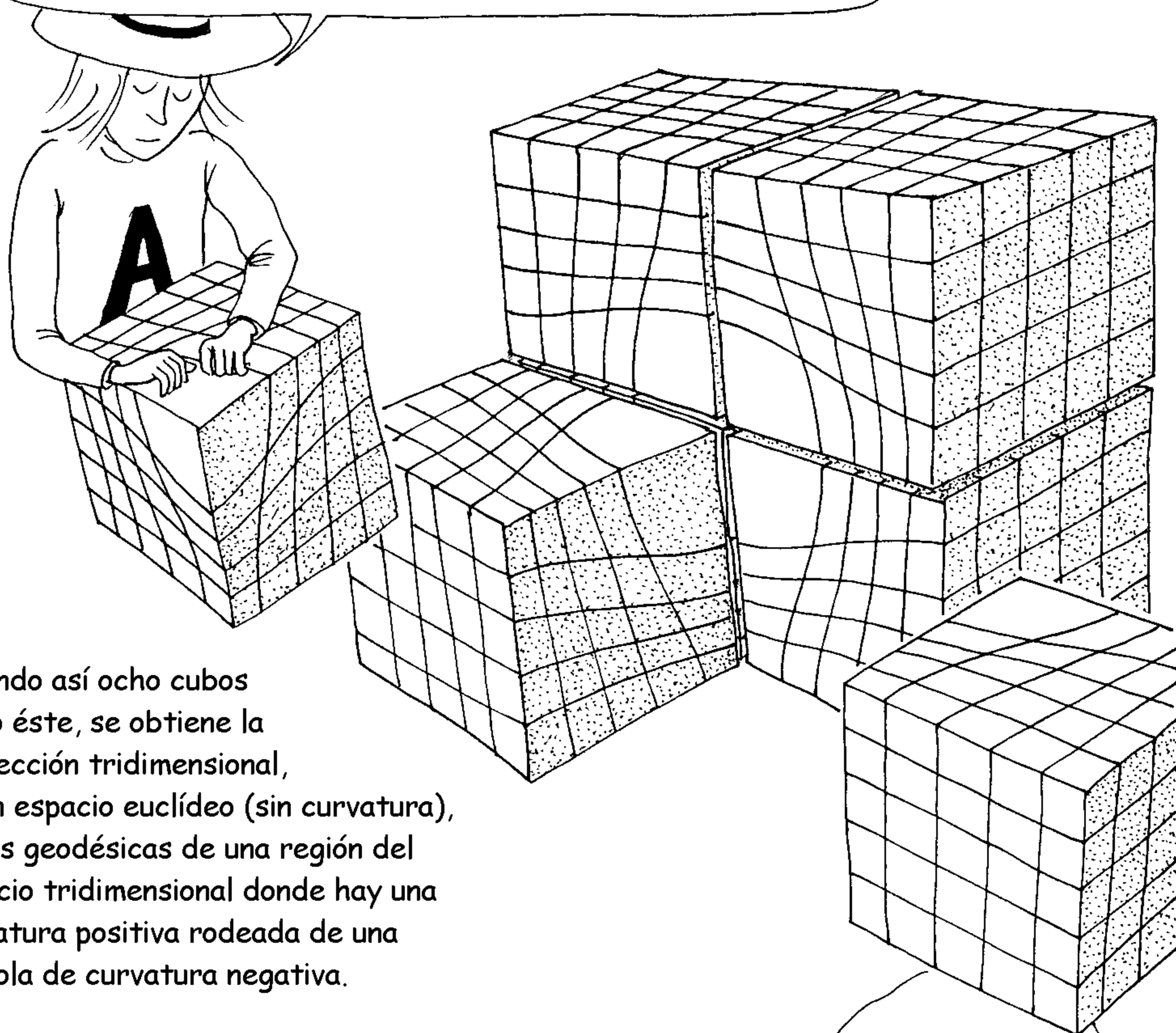


Esta "protuberancia" corresponde a una concentración de curvatura positiva, rodeada de una zona de curvatura negativa.

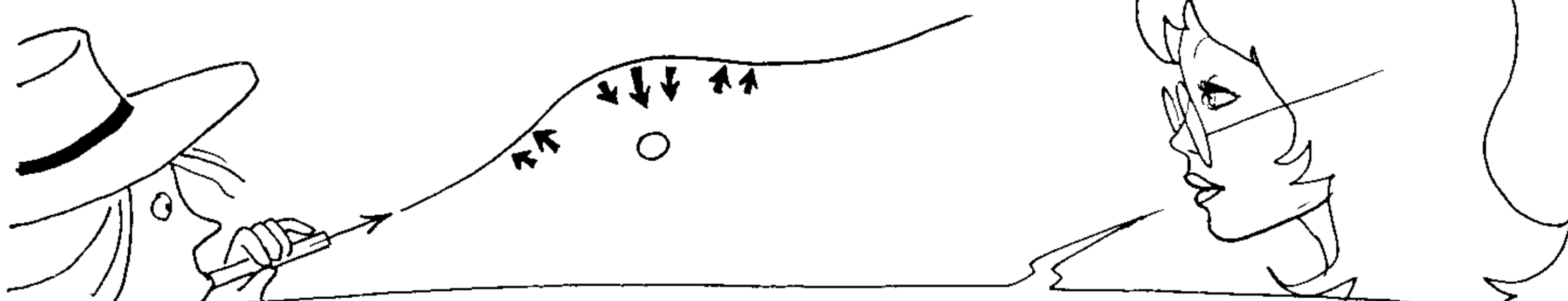
Ahora mira este cubo sobre el que hemos puesto ese hilo formando un entramado.



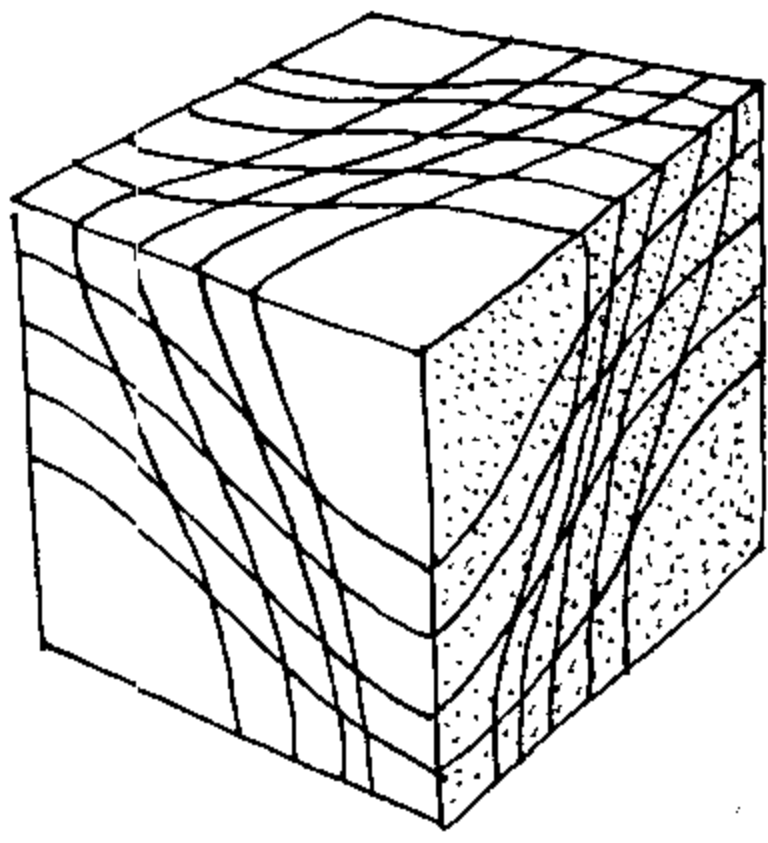
Ahora desplazaré los hilos de este modo:



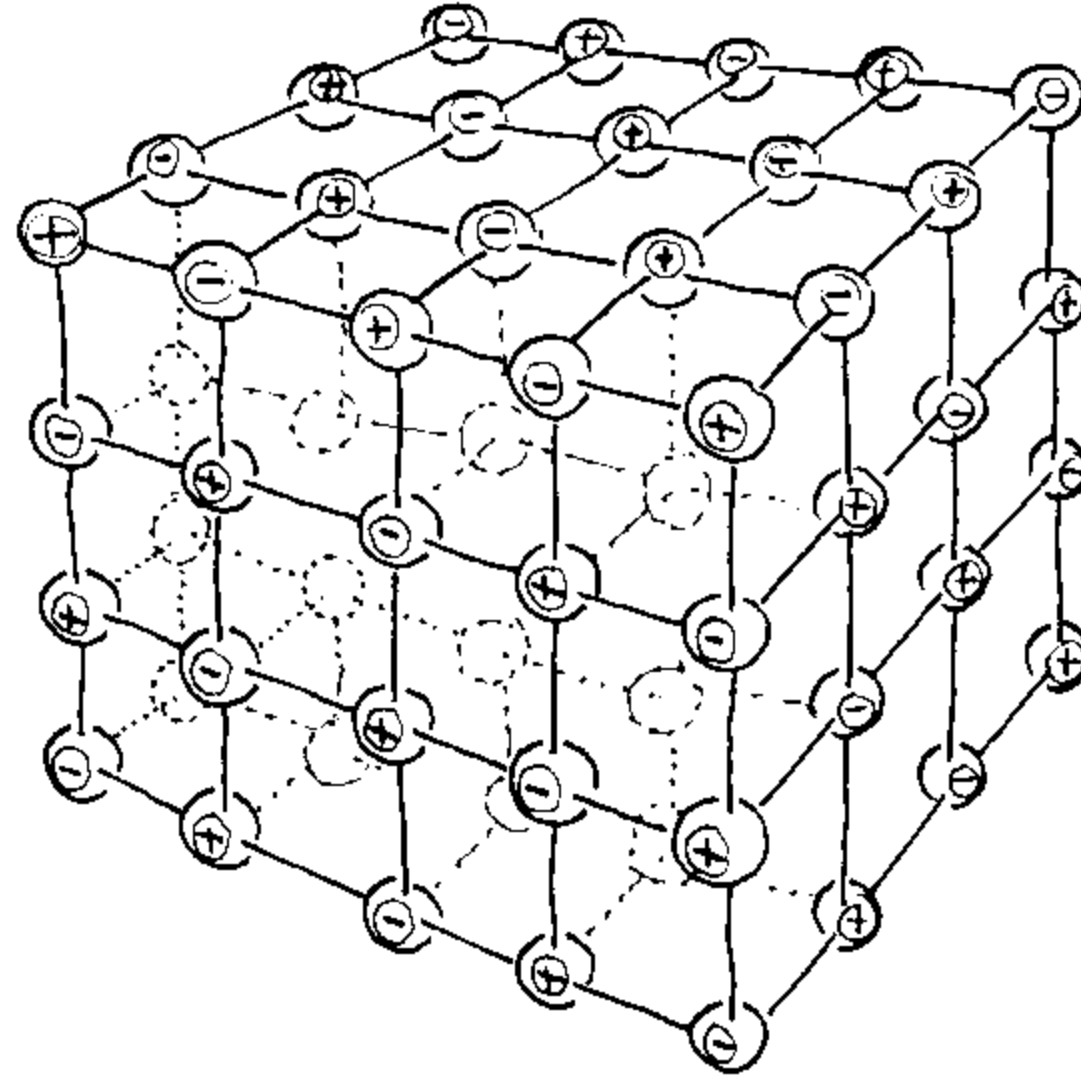
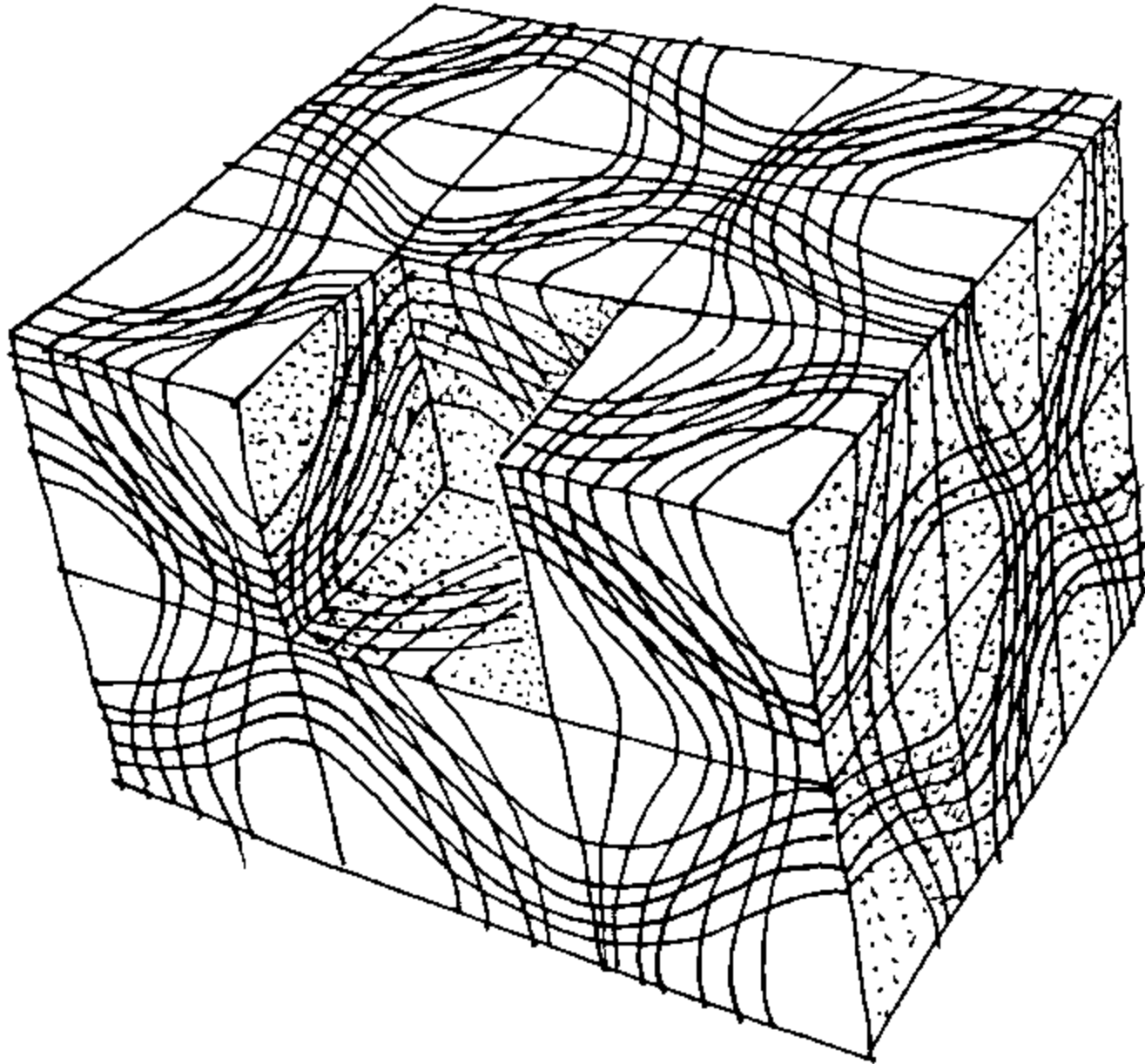
Uniendo así ocho cubos como éste, se obtiene la proyección tridimensional, en un espacio euclídeo (sin curvatura), de las geodésicas de una región del espacio tridimensional donde hay una curvatura positiva rodeada de una aureola de curvatura negativa.



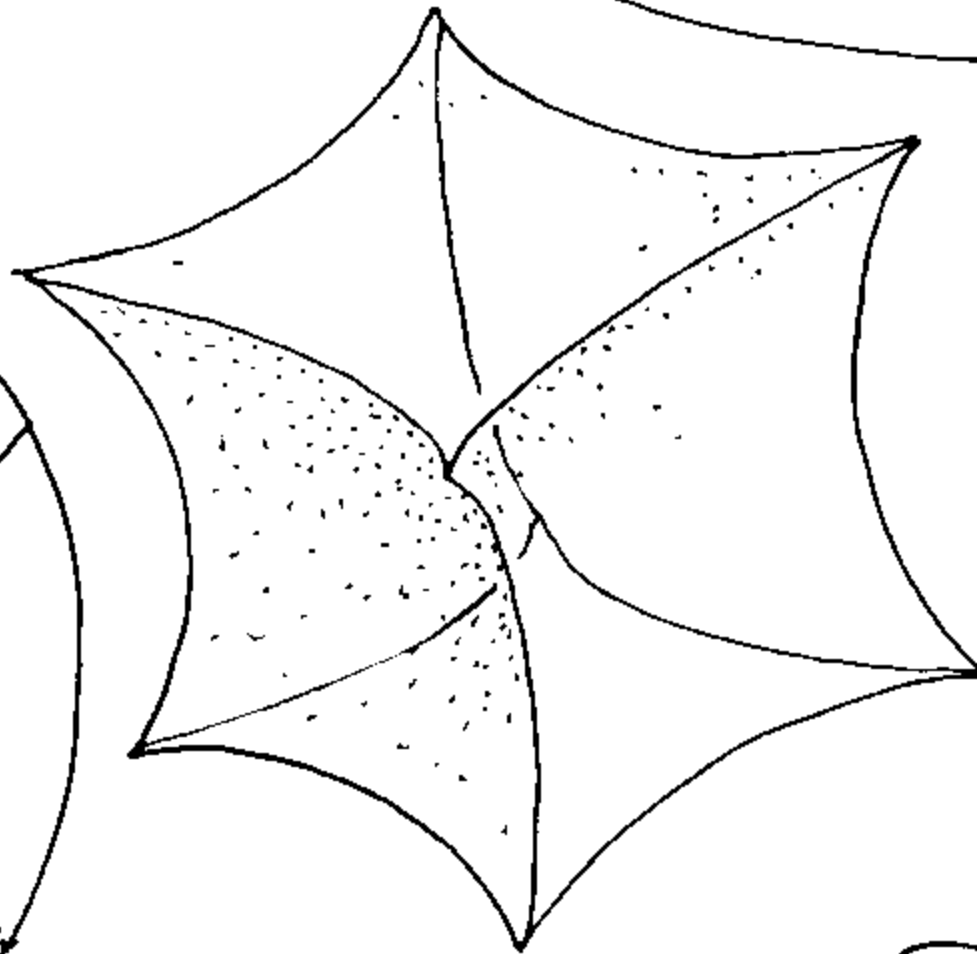
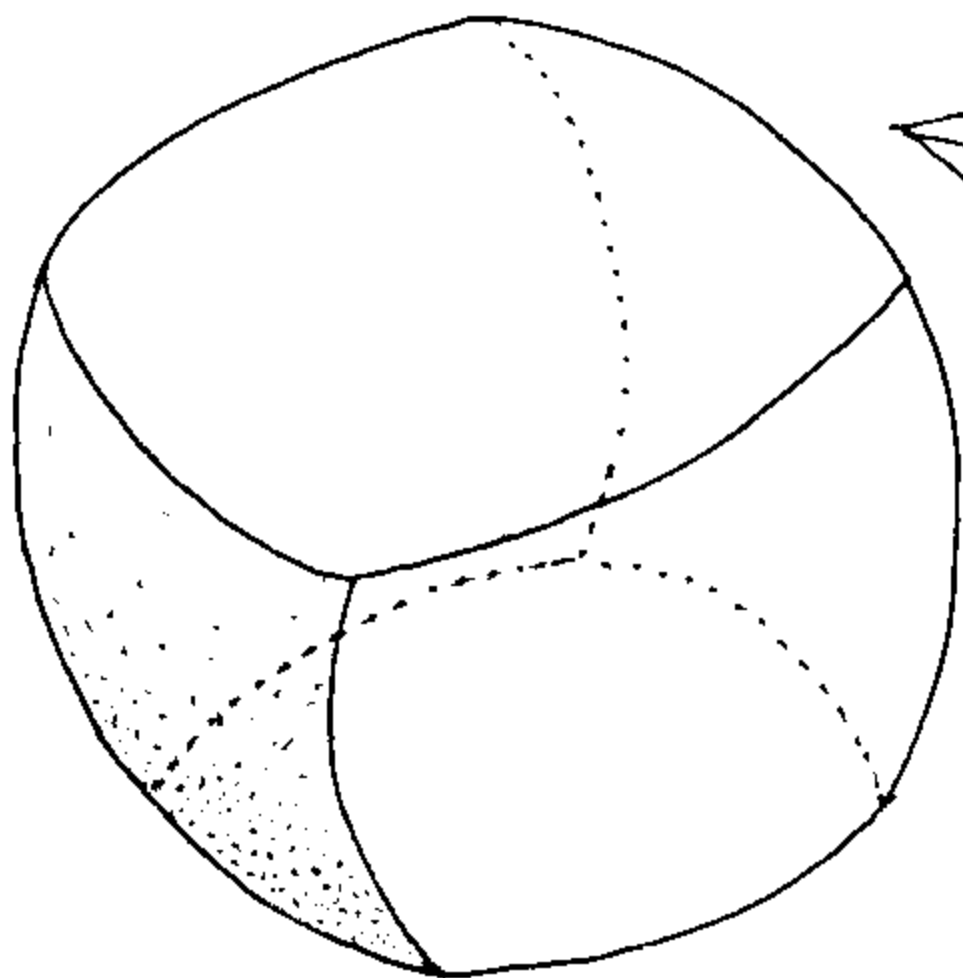
Si consideramos las geodésicas como TRAYECTORIAS, se observa primero una repulsión, después una atracción y luego, de nuevo, una repulsión.



Desplazando los hilos de este modo y uniéndolos convenientemente, obtendríamos la imagen de un mundo poblado de curvaturas positivas y negativas:

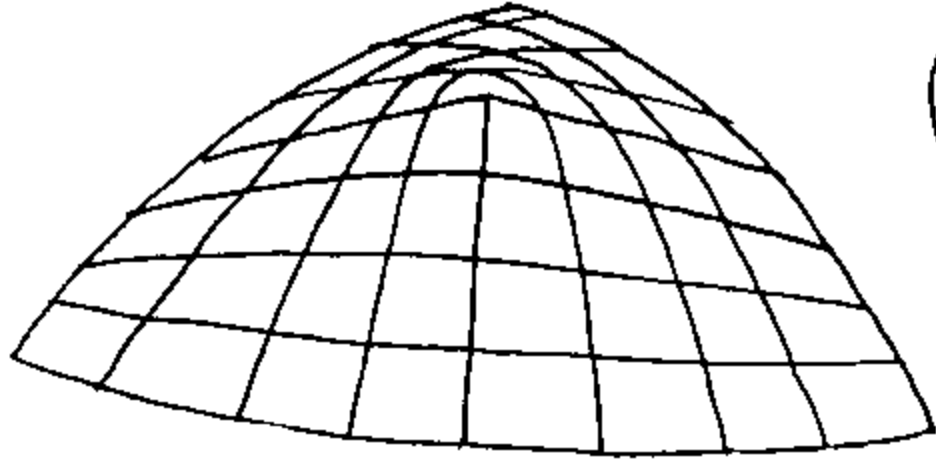


Cuando se observan de más cerca, se ve que se trata de deformaciones que afectan a los CUBOS que llenan el espacio tridimensional

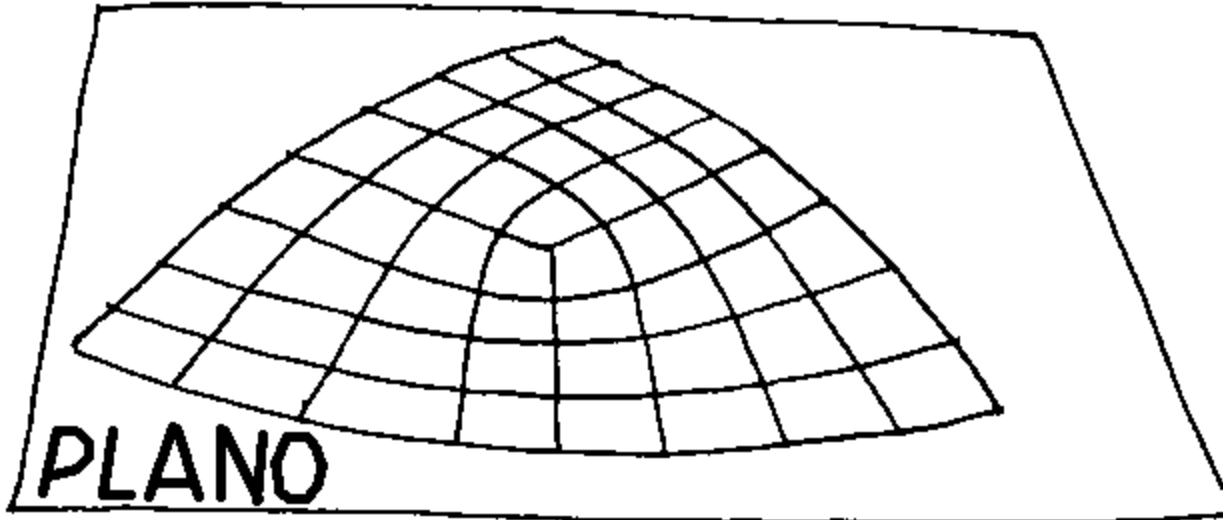


¡Vaya!, es curioso, se podría ampliar estos extraños cubos y rellenar el espacio.

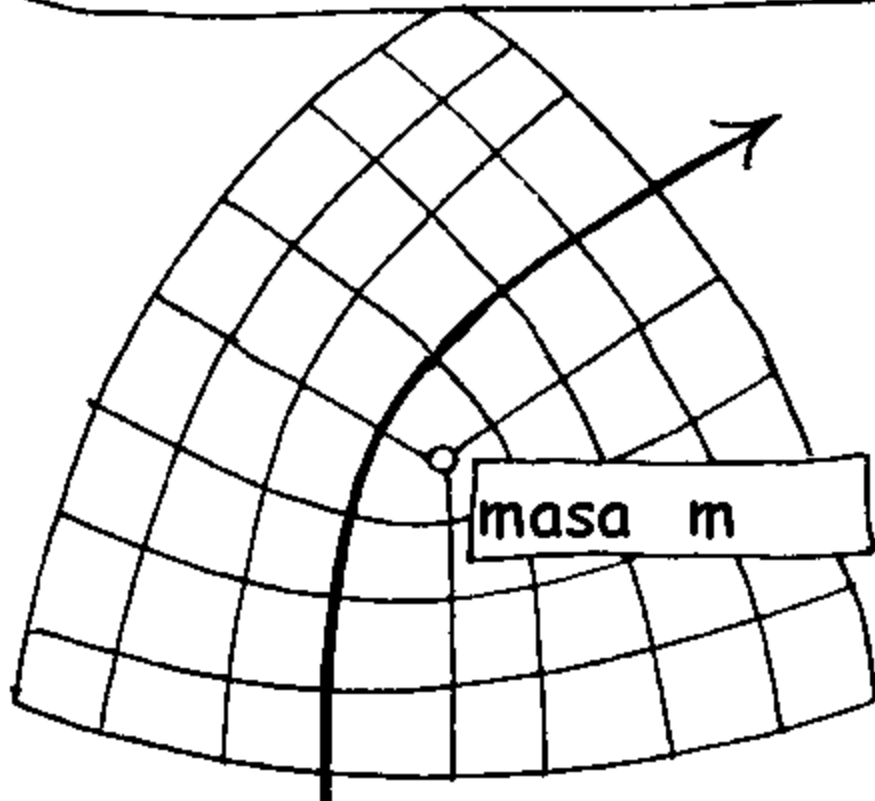
PROYECCIONES



Puedo proyectar las geodésicas de un cono sobre un plano.



todas esas líneas se curvan, lo que evoca las TRAYECTORIAS

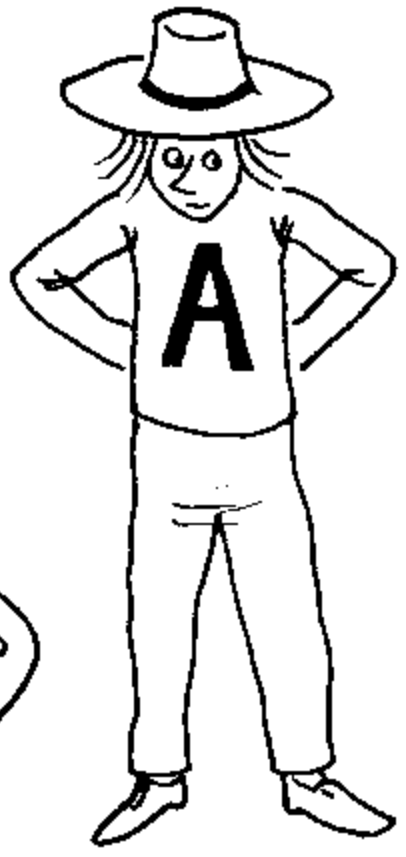


La idea fundamental de la RELATIVIDAD GENERAL consiste en asociar las MASAS a alteraciones locales de la curvatura del espacio.

Queréis decir
¿ic la masa es un ángulo?!?

¡Ji, Ji!...
¡ponme $\pi/8$!...

Sí, en la medida que las masas son concentraciones de curvatura



Resumiendo, lo que usted quiere decir, señor Albert, es que las inflexiones de las trayectorias, debidas a las FUERZAS, no son más que un efecto de PROYECCIÓN, en nuestro mundo sensible, de una trayectoria trazada sobre otra superficie, y de la que es una GEODÉSICA .

¡Aún con la metafísica!

¡Pues no!,
¡ es la geometría!

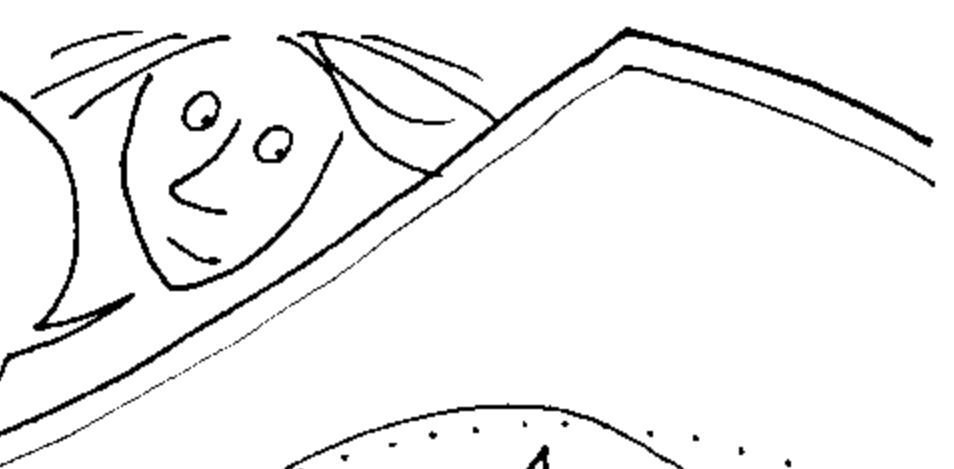
Voy a proporcionarte otro ejemplo. Imagina que estamos en una cápsula espacial, en órbita alrededor de la Tierra

Entonces no pesamos nada

¡Ah no!

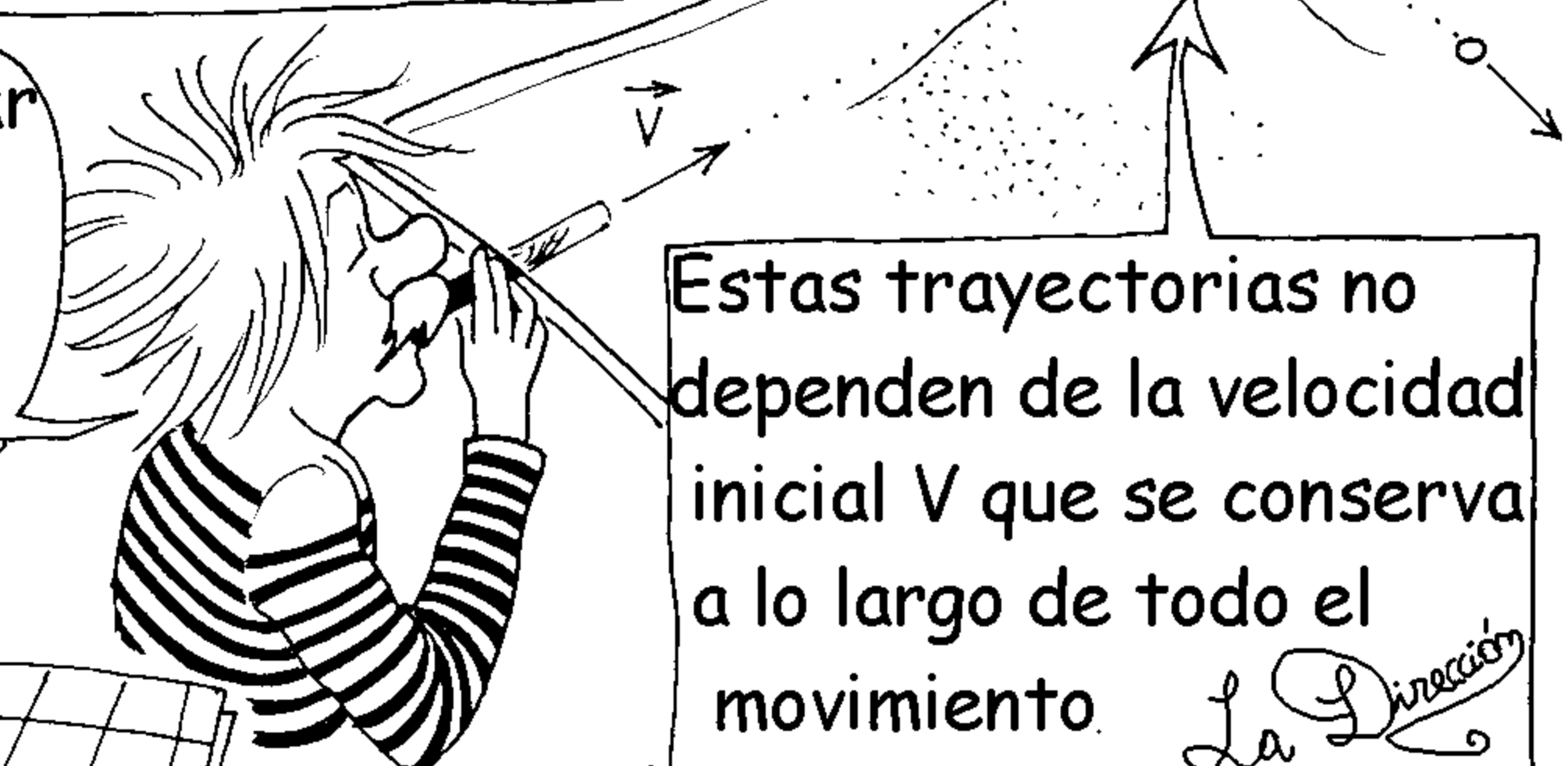
¡Jo!

Jugaremos a una especie de billar

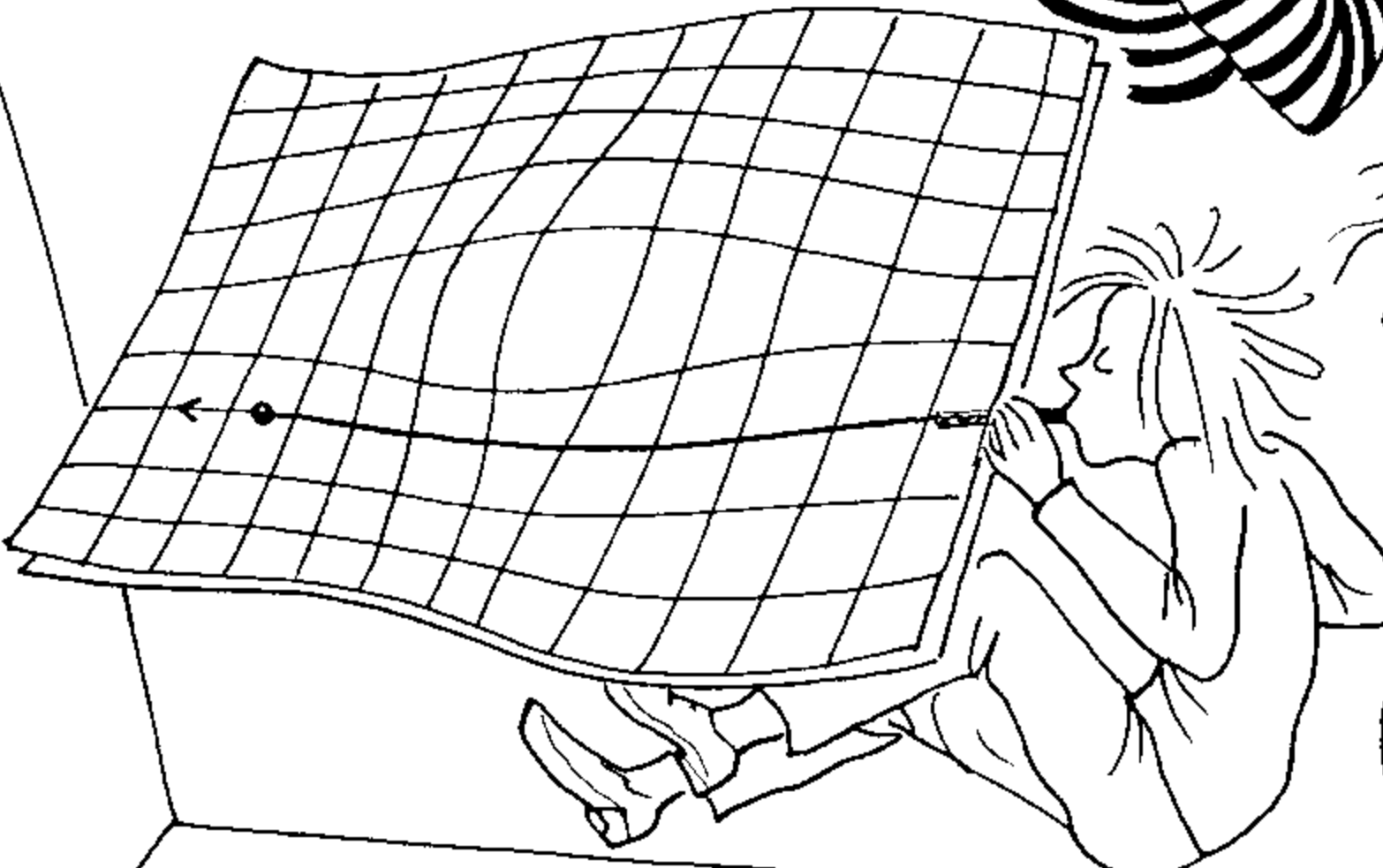


Este objeto está constituido, aparentemente, de dos superficies transparentes, llenas de pliegues, de bultos, pero idénticas y próximas la una a la otra

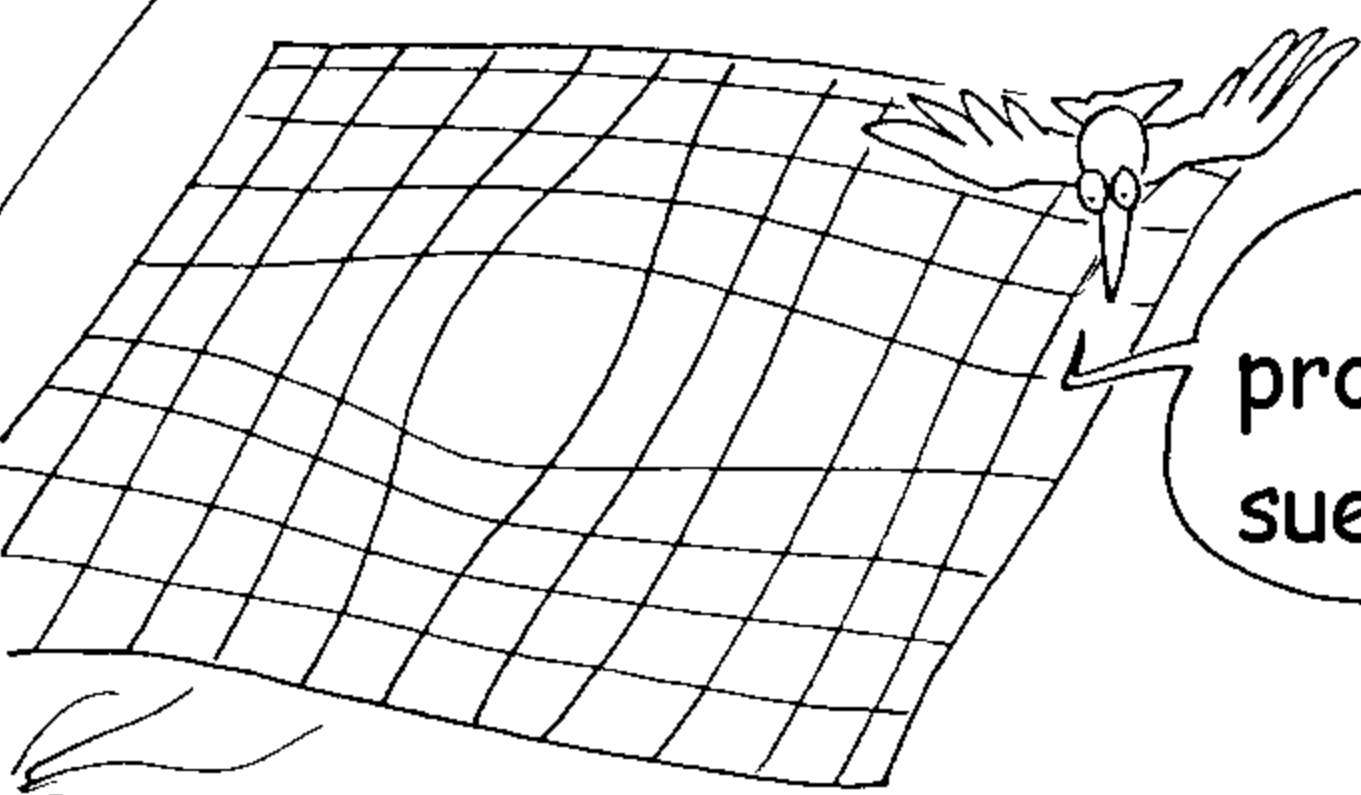
Lo cual permite lanzar bolitas entre ambas y observar sus trayectorias




Estas trayectorias no dependen de la velocidad inicial V que se conserva a lo largo de todo el movimiento. *La Dirección*



Precisamente, en ese caso se encuentra que todas las trayectorias posibles son GEODÉSICAS (si hubiera gravedad no se daría ese caso).



¡Oh!, ¡mirad como la lámpara proyecta las trayectorias sobre el suelo de nuestra cápsula espacial!



Alguien que no viera más que estas sombras, pensaría que los objetos que se desplacen sobre este PLANO estarían sometidos a la acción de un CAMPO DE FUERZAS. Mientras que no es más que un problema de curvatura de una superficie.

Entonces, cuando observo la trayectoria de un cometa alrededor del Sol, suponiendo que sucede en un espacio tridimensional euclídeo, sin curvatura, de hecho este cometa sigue una **GEODÉSICA** en un tipo de espacio en el cual ... él va **¡¡¡EN LÍNEA RECTA!!!!**

No percibimos más que la sombra de las cosas

Es muy platónico eso que tú dices, amigo Tiresio

No se puede ir más que en **LÍNEA RECTA!**

la **LUZ** sigue también una geodésica

Vaya, es divertido, las geodésicas cuando son proyectadas siguiendo otro ángulo, no tienen el mismo aspecto!

?!?

¡Tiresio!



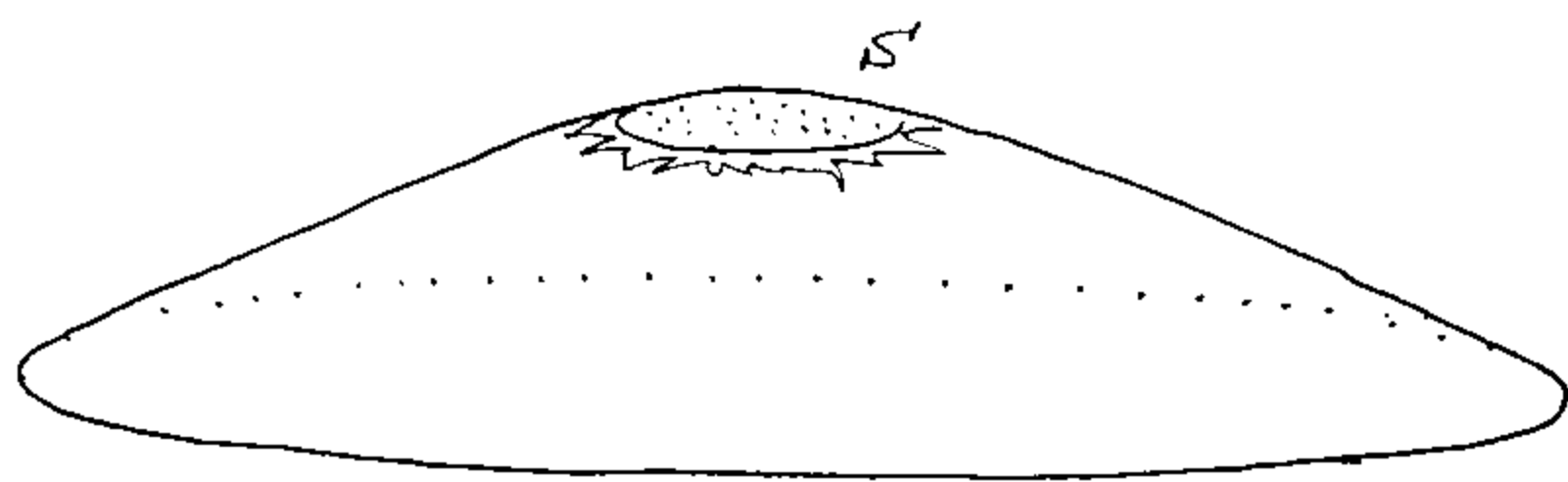
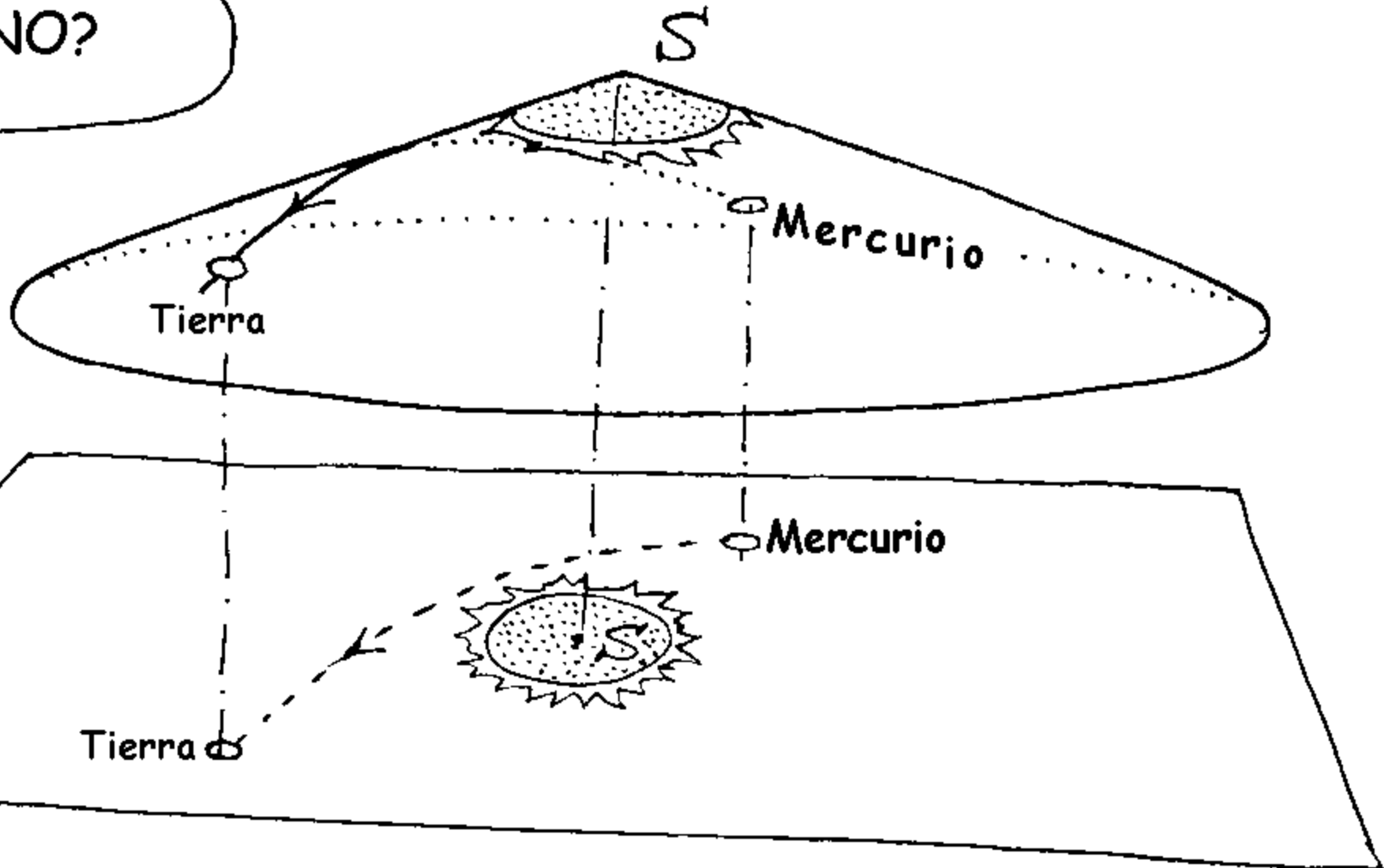
Bien, bien...

MASA-MATERIA

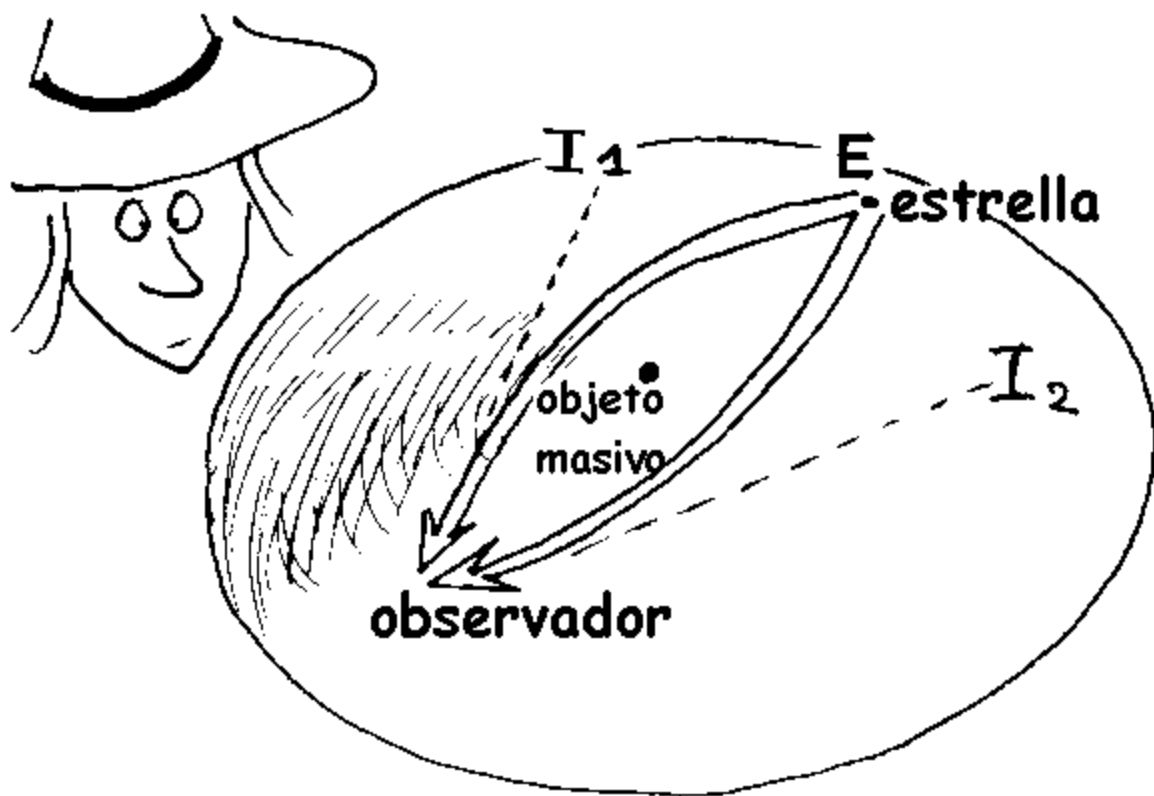
Pero entonces, ¿el Sol es un...CONO?



Sabemos que el Sol desvía los rayos luminosos procedentes de Mercurio



Creemos que el espacio, en la vecindad del Sol, es PLANO. De hecho, este astro, por su importante masa, representa una cierta cantidad de curvatura. Pero, como el Sol no es una masa puntual, debemos representar esta región del espacio por medio de un cono con el vértice limado:



Los objetos extemadamamente masivos pueden curvar el espacio hasta el punto de que un observador podrá percibir DOS imágenes I_1 y I_2 de una misma estrella E: se trata del efecto de LENTE GRAVITACIONAL, efecto ya observado recientemente.

las masas de los átomos, de las partículas
generan la curvatura general del universo.

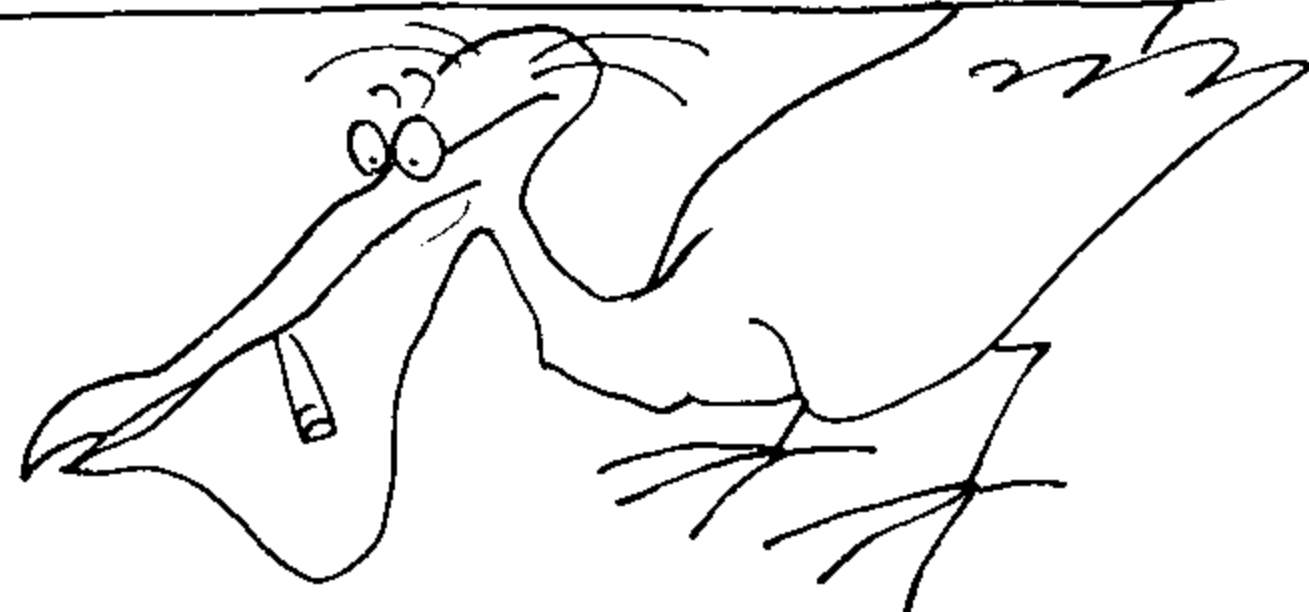
a la MASA se
le da un significado
GEOMÉTRICO

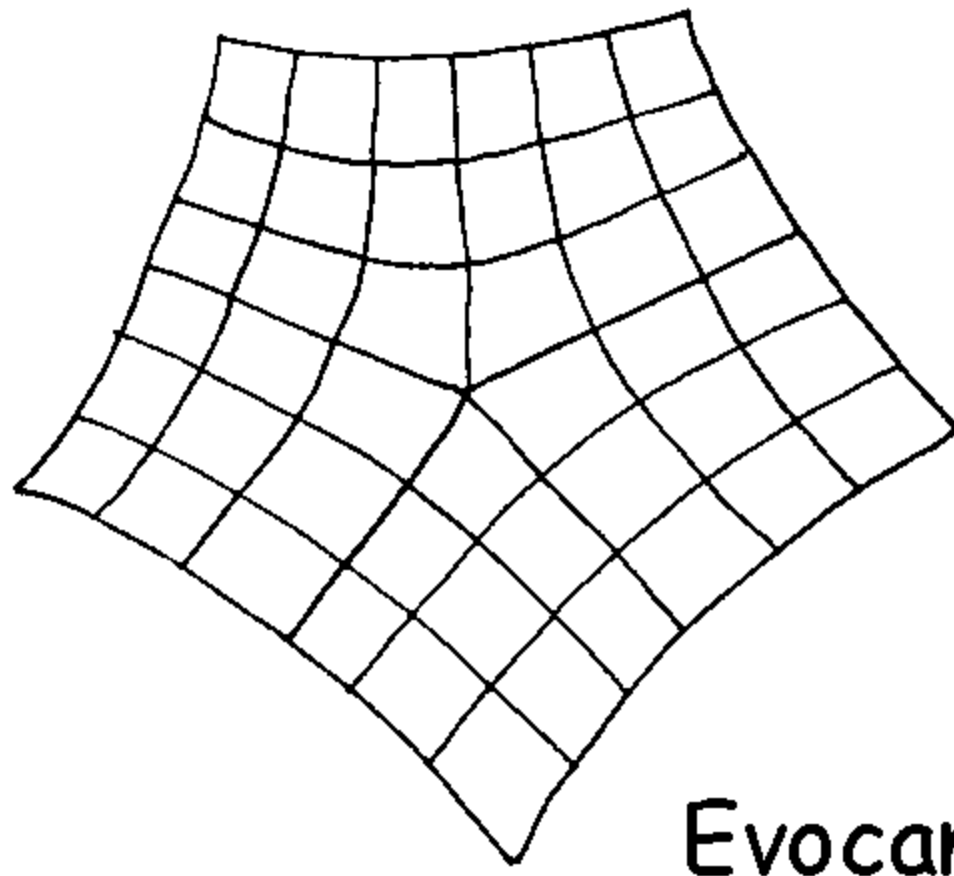
Pero, ¿en los átomos
hay mucho... VACÍO?

o de lo contrario
no comprendo nada...

Pues no, querido amigo, esta vieja
dualidad entre materia y vacío está
completamente superada; ya no hay
más que... GEOMETRÍA

¡iii! No más que...
geometría!!?!





Evocan "masas negativas",
generadoras de fuerzas repulsivas.

Un universo lleno de masas negativas sería
muy extraño. En vez de engendrar estrellas y
galaxias, se poblaría de burbujas, de grandes

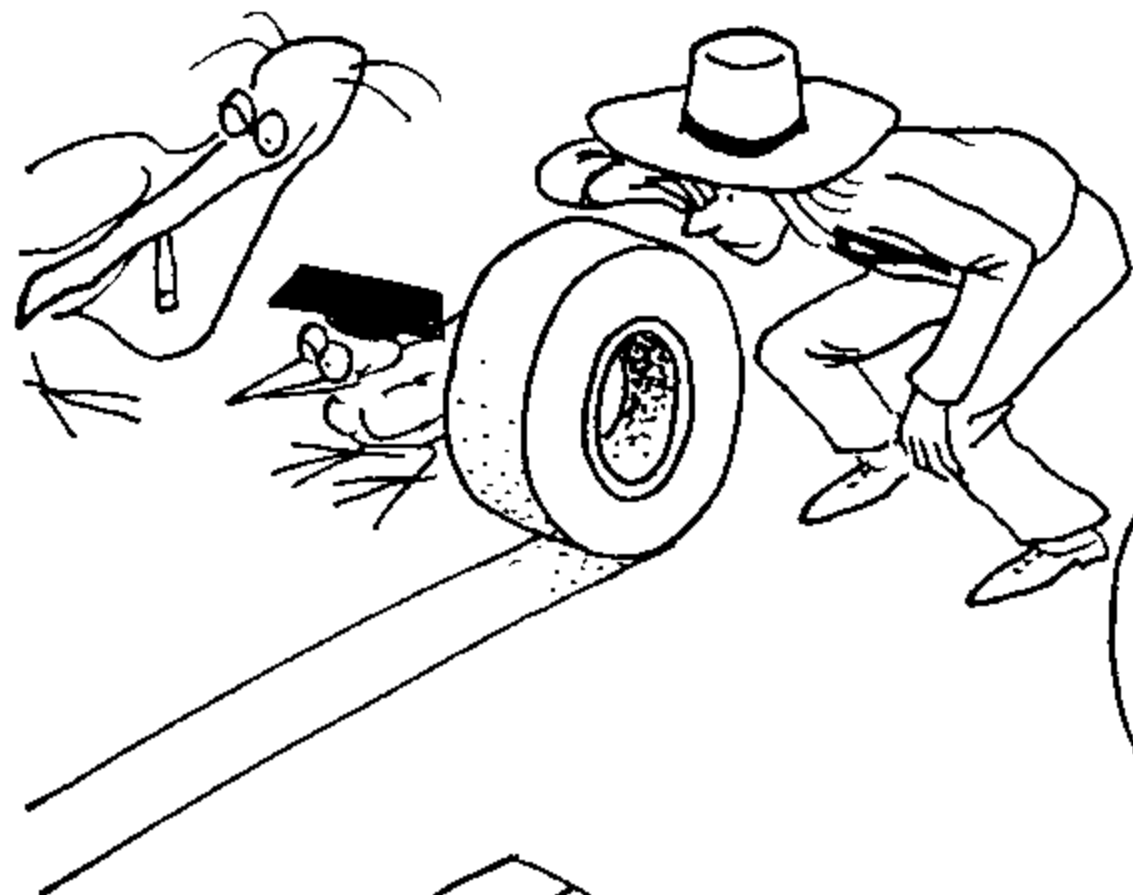
espacios vacíos:

Así parecen distribuirse
los cúmulos de galaxias,
que forman un extraño tejido
celular, cada célula tiene
unos 20 millones de años-luz
de lado.

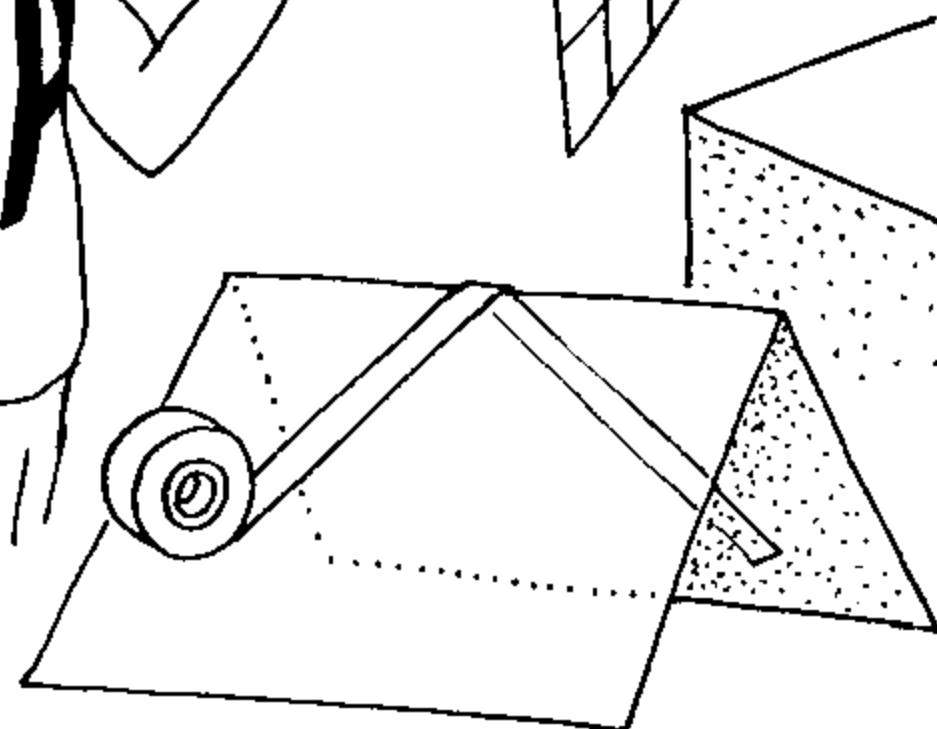
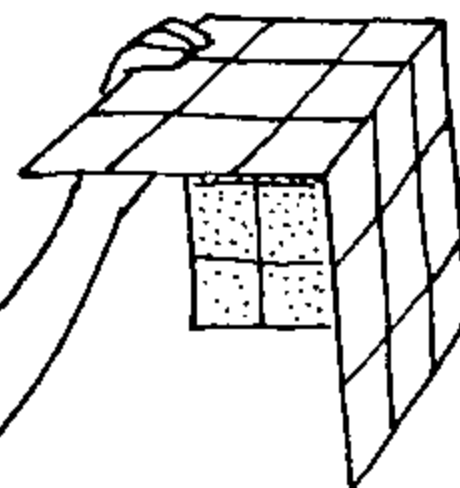
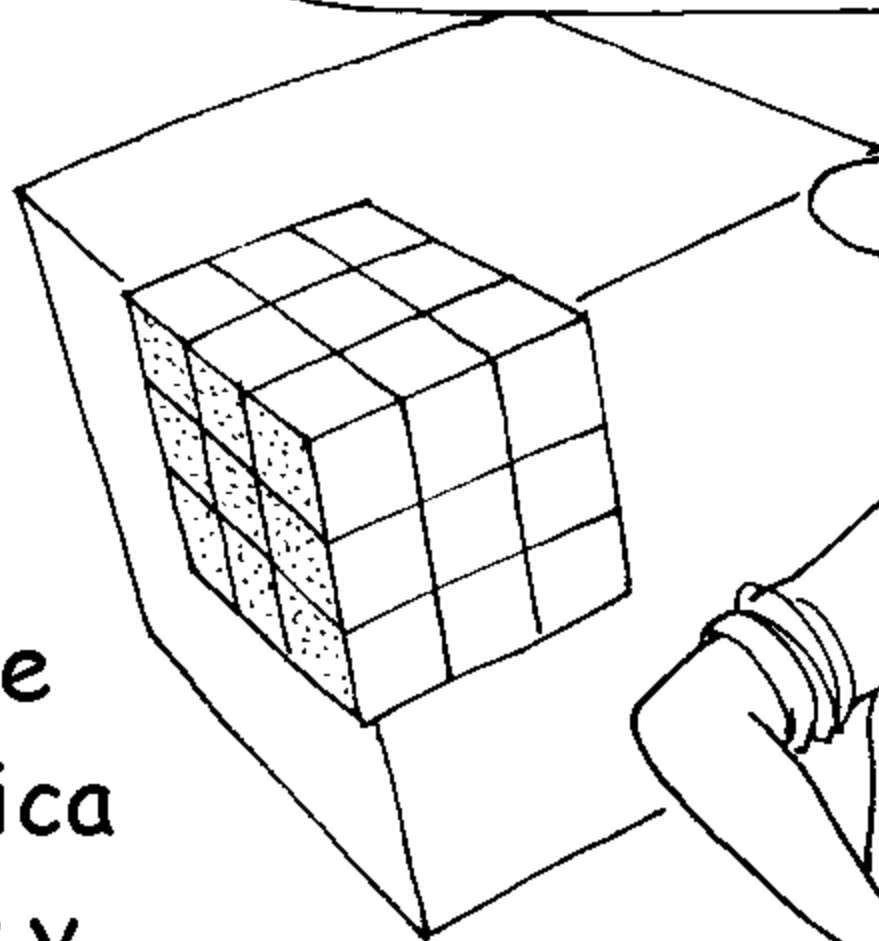
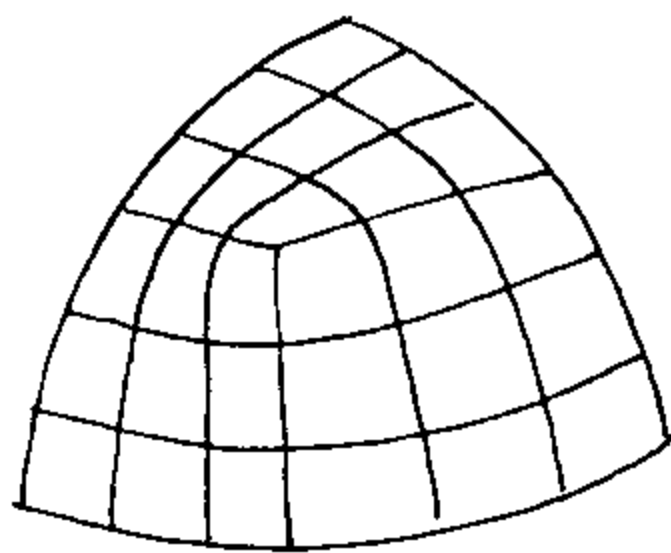


Las fuerzas gravitacionales se podrían manifestar repulsivas a muy
grandes distancias.

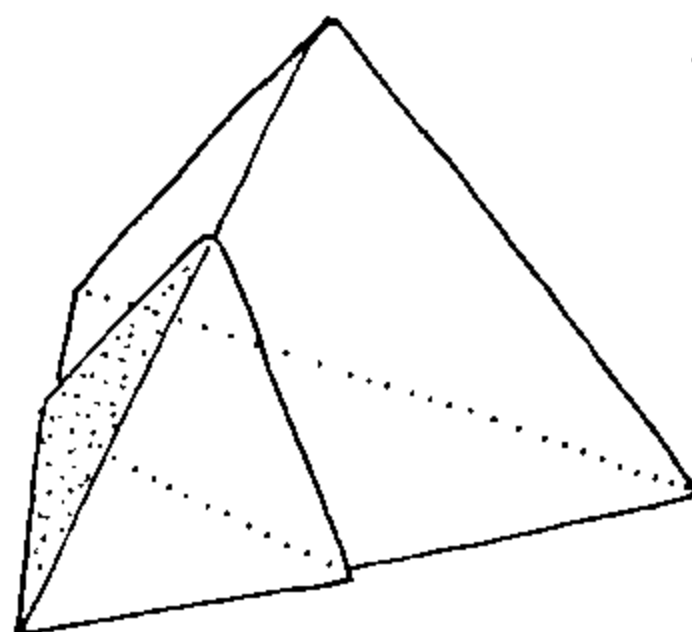
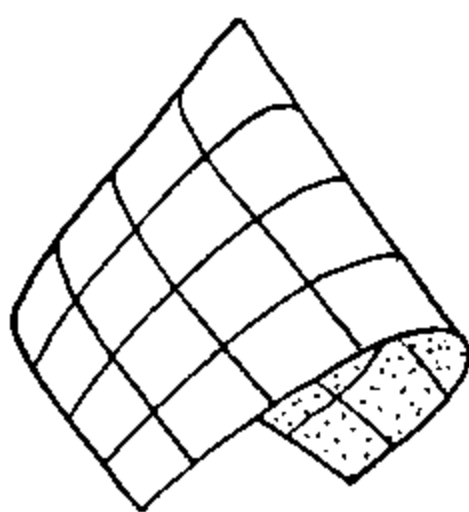
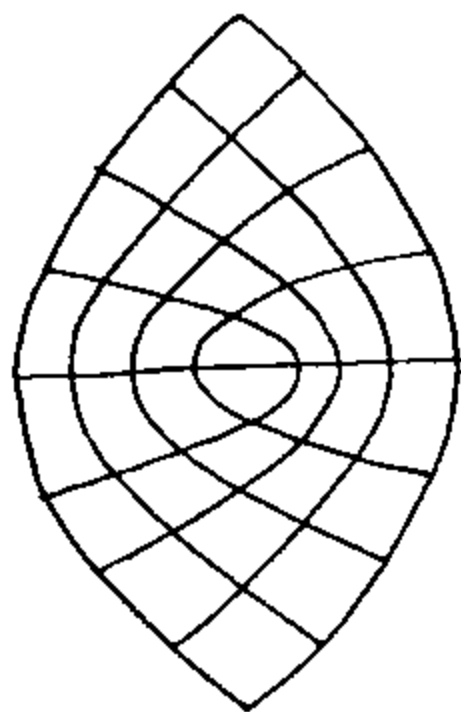
POLIEDROS



Anselmo, vas a materializar las geodésicas con la ayuda de, por ejemplo, cinta adhesiva.

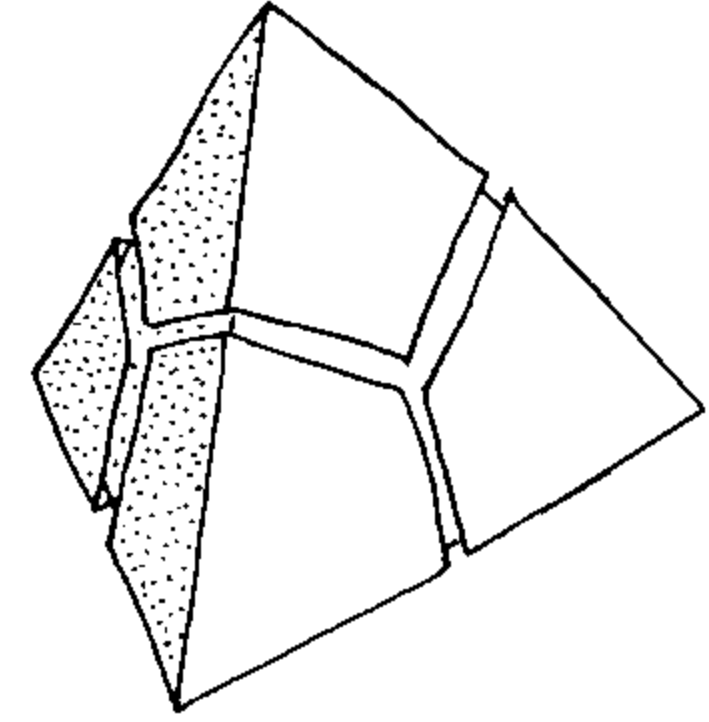
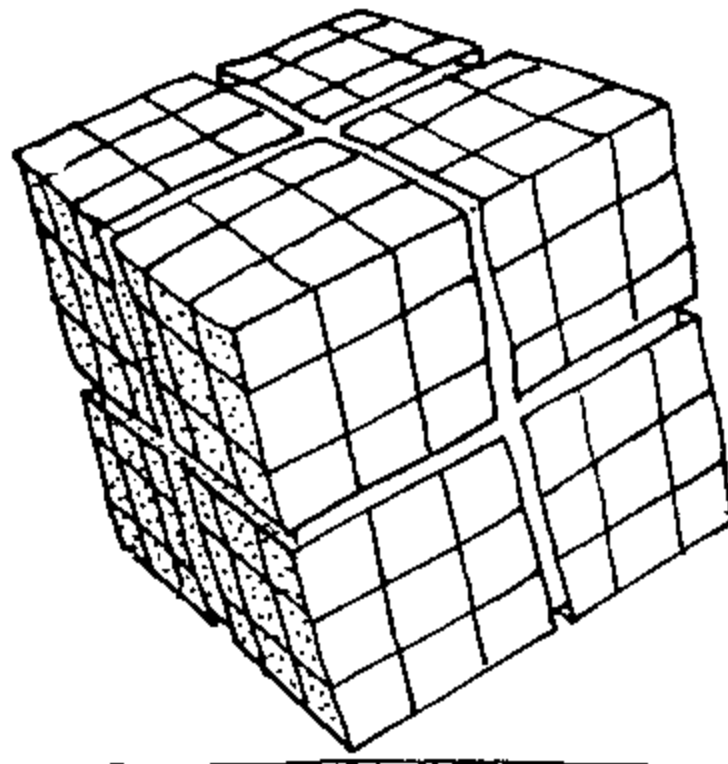
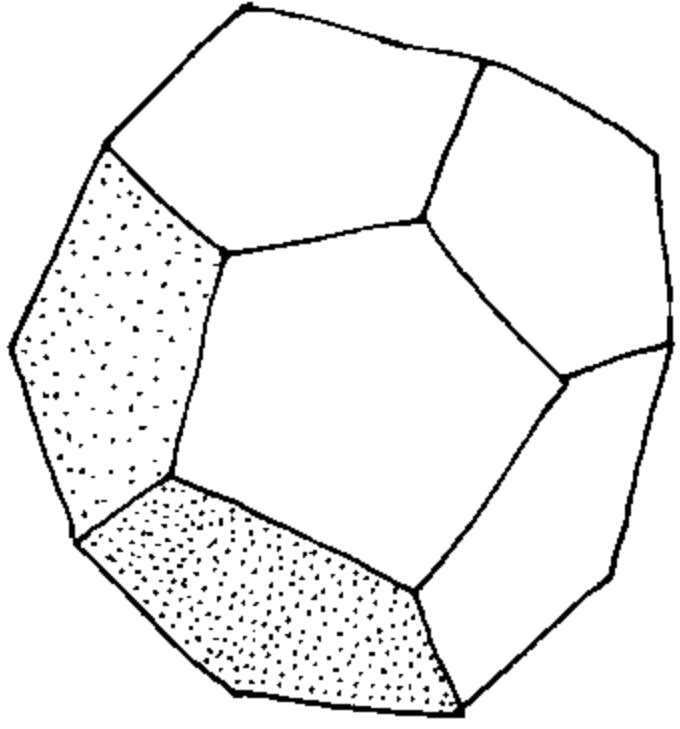


El hecho de plegar este cono ($\theta=90^\circ$) no modifica en nada las geodésicas y encaja perfectamente en el vértice de un cubo.



Incluso se le pueden hacer tres pliegues a este cono ($\theta=180^\circ$) para que encaje en el vértice de un tetraedro regular

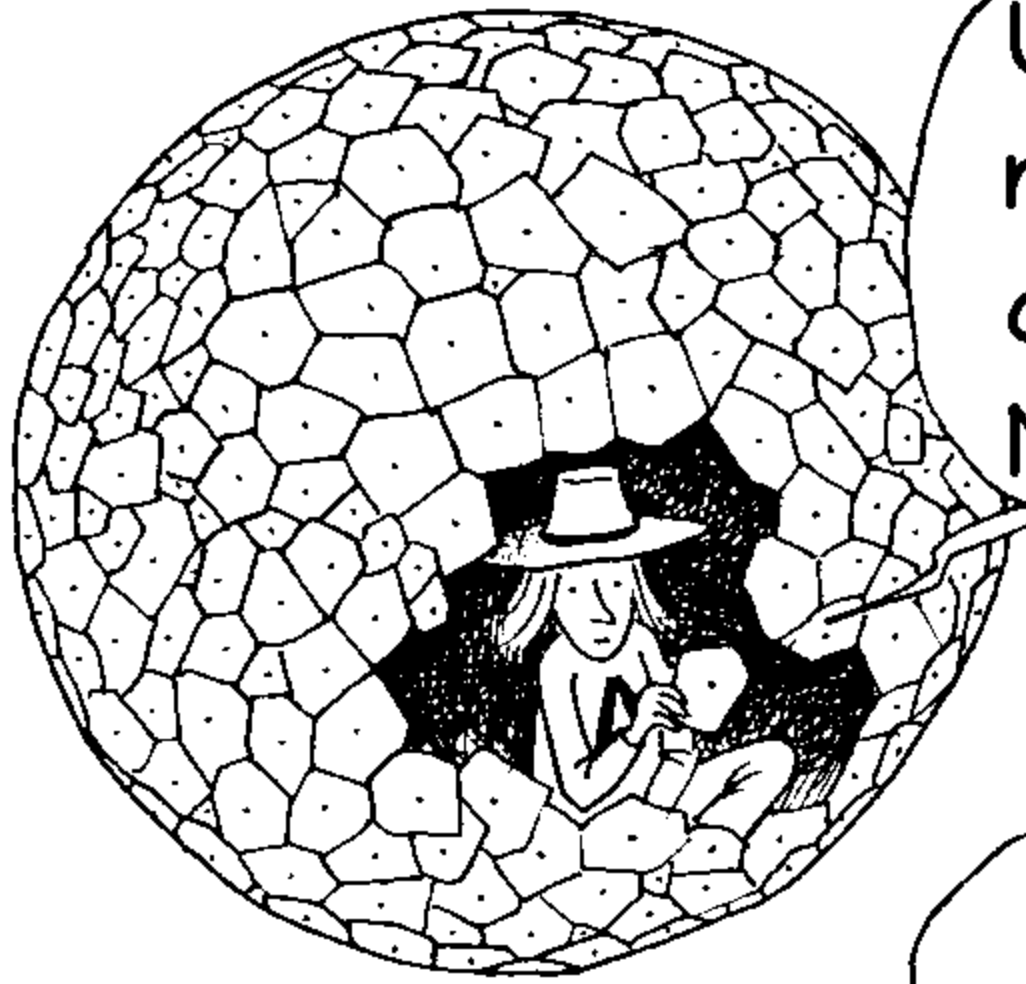
UN ESPACIO DEBE SER ABIERTO O CERRADO



Veinte conos ($\theta = 36^\circ$)
permiten hacer
un DODECAEDRO
 $20 \times 36^\circ = 720^\circ$

Ocho conos ($\theta = 90^\circ$)
permiten hacer
un CUBO
 $90^\circ \times 8 = 720^\circ$

Cuatro conos ($\theta = 180^\circ$)
permiten hacer
un TETRAEDRO
 $180^\circ \times 4 = 720^\circ$



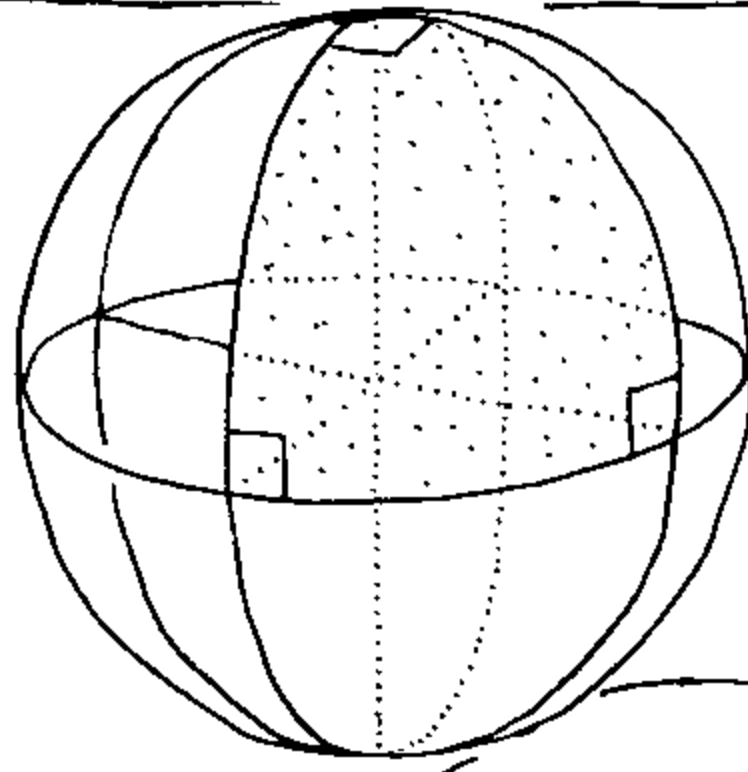
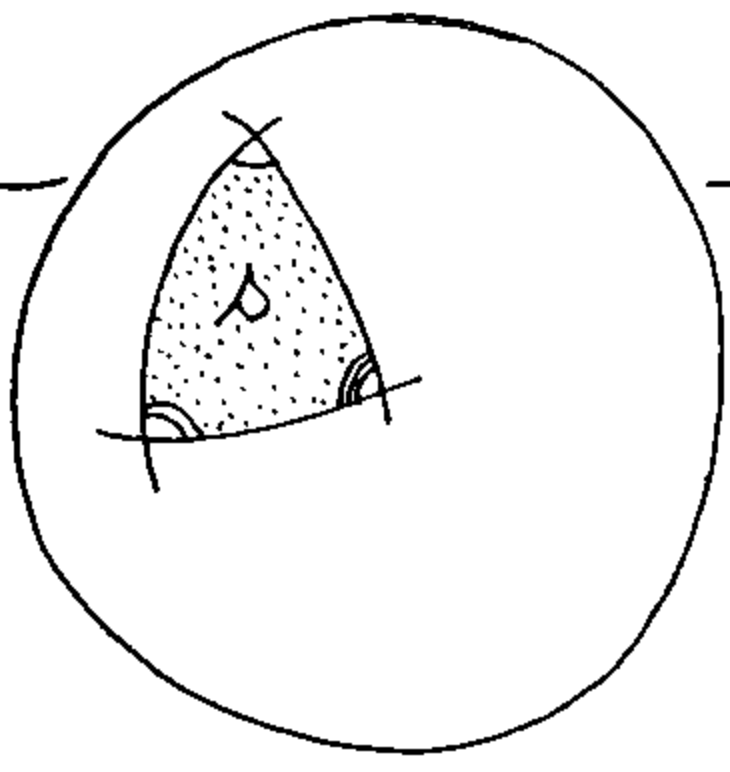
Uniendo, del modo más regular posible, un número N de microconos de ángulo θ , compruebo que en el momento que $N \times \theta = 720^\circ$ obtengo... ¡una esfera!

está claro pues la
CURVATURA TOTAL
de la esfera es de 720°

ahora, sal de ahí
querido mío

En la esfera, la curvatura se encuentra uniformemente repartida. Por ello la suma de los ángulos de un triángulo trazado sobre la esfera es igual a $180^\circ + 720^\circ \times \frac{s}{S}$, donde s es la superficie del triángulo y S la de la esfera. El término: $720^\circ \times \frac{s}{S}$ representa la CANTIDAD de CURVATURA contenida en el triángulo. (*)

La Dirección



Ejemplo: este triángulo ocupa un octavo de la superficie de la esfera $\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \frac{720^\circ}{8} = 270^\circ$



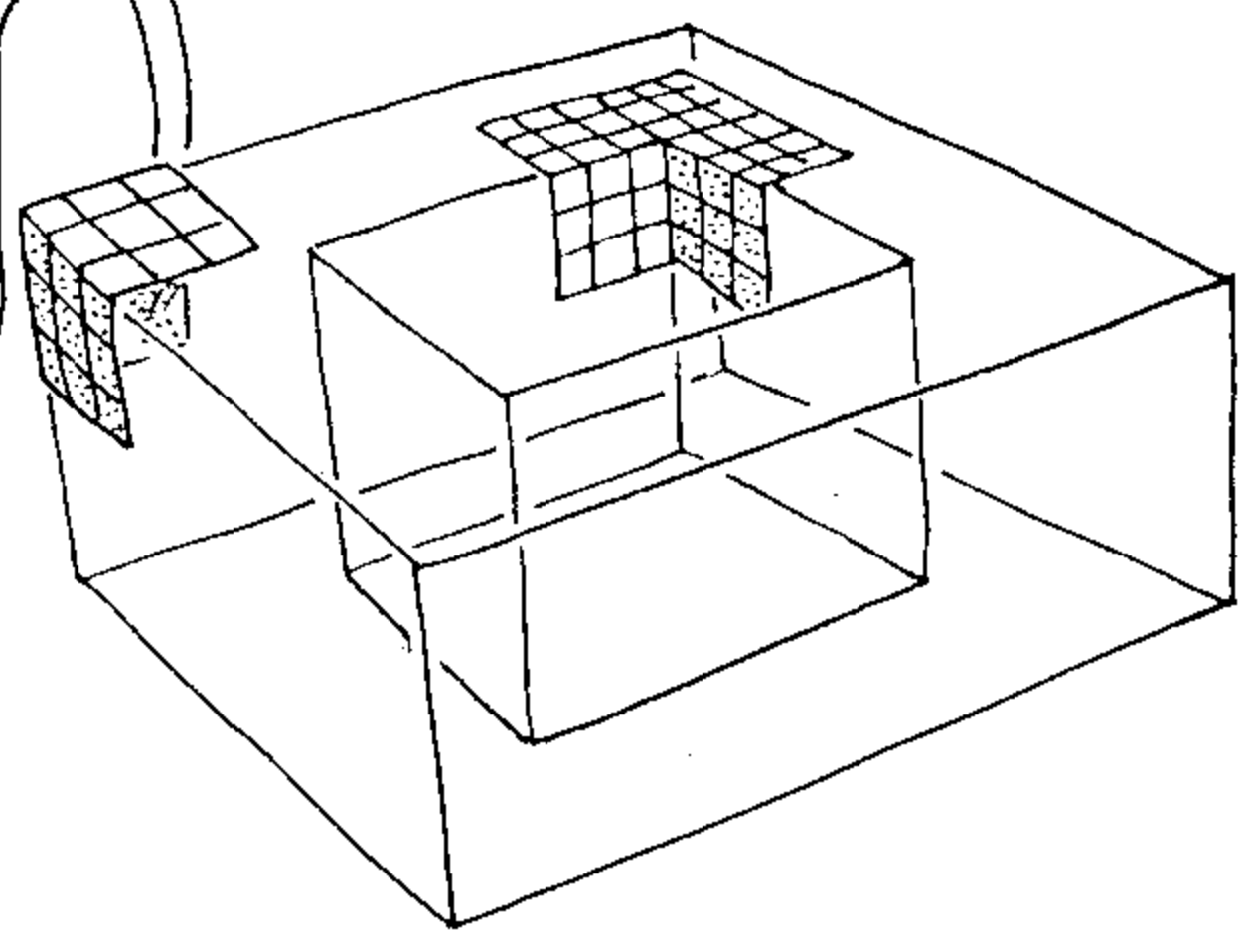
¡Fantástico!...

Por análogo motivo, si la densidad media en nuestro espacio tridimensional (es decir la cantidad de curvatura por unidad de volumen) sobrepasa los $10^{-29} \frac{g}{cm^3}$ este espacio se CERRARÁ sobre si mismo.



Profesor Albert, dígame, ¿cuánto vale la curvatura total de un TORO?

Muy sencillo, Anselmo, no tienes más que representarlo así: con ocho posiconos ($\theta = +90^\circ$) y ocho negaconos ($\theta = -90^\circ$)



(*) Este teorema se lo debemos C. F. GAUSS (1777-1855)

La suma de los dieciseis ángulos,
de las dieciseis curvaturas es nula.
¡La CURVATURA TOTAL del TORO
por lo tanto es... CERO!

Pues, sí ...

Todo objeto del
género esfera tiene
una CURVATURA
TOTAL igual a 720° ,
es decir 4π

Un toro de N agujeros, una hogaza (*), tendrá
una curva igual a $-4\pi(N-1)$ (se resta 4π por cada agujero)

Y si haces un objeto cerrado sobre si
mismo, de forma poliédrica, obtendrás su
curvatura total al sumar todas las curvaturas
concentradas en sus vértices.

Tiresio,
¿qué haces
viejo amigo?

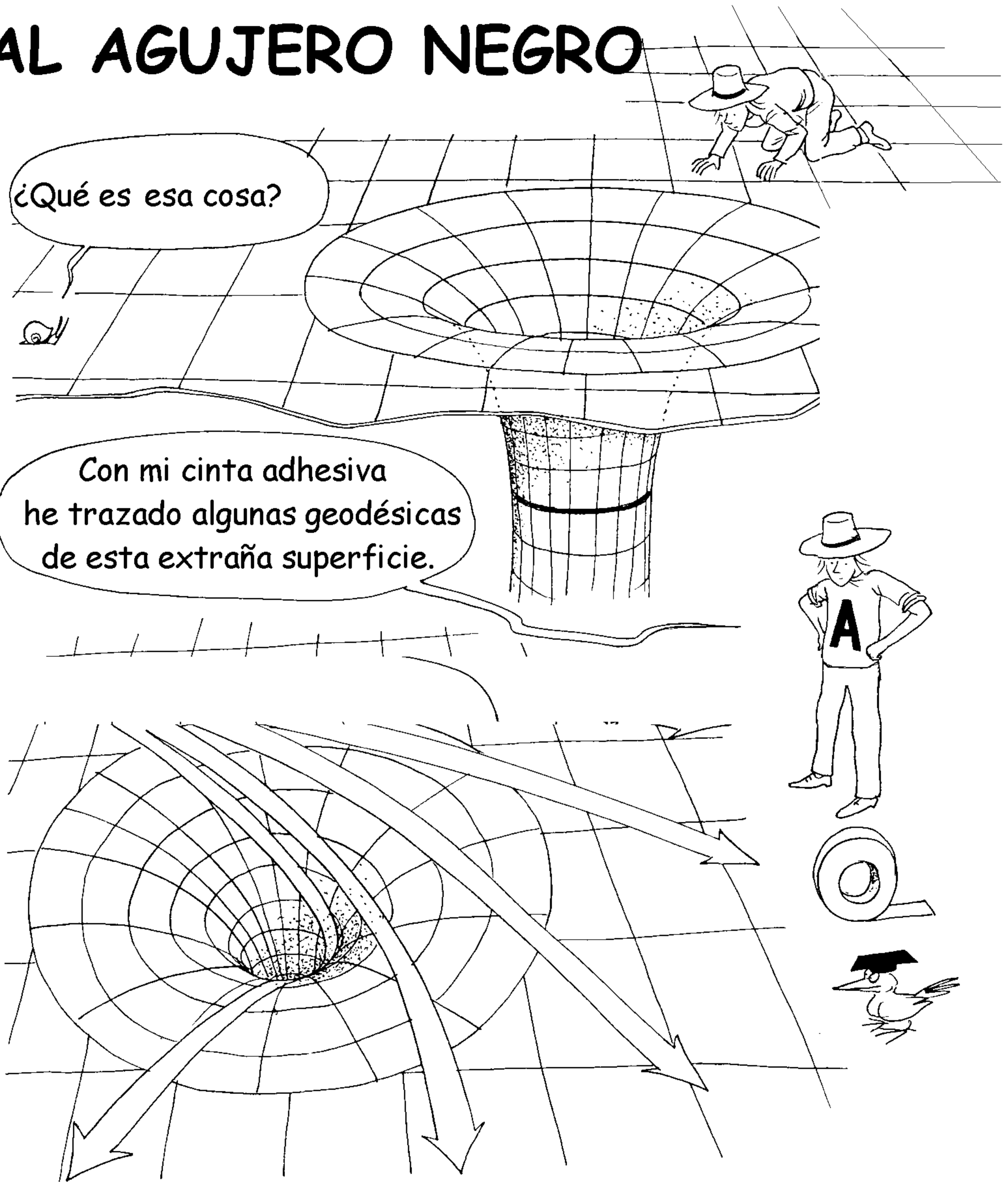
Busco mi
curvatura total

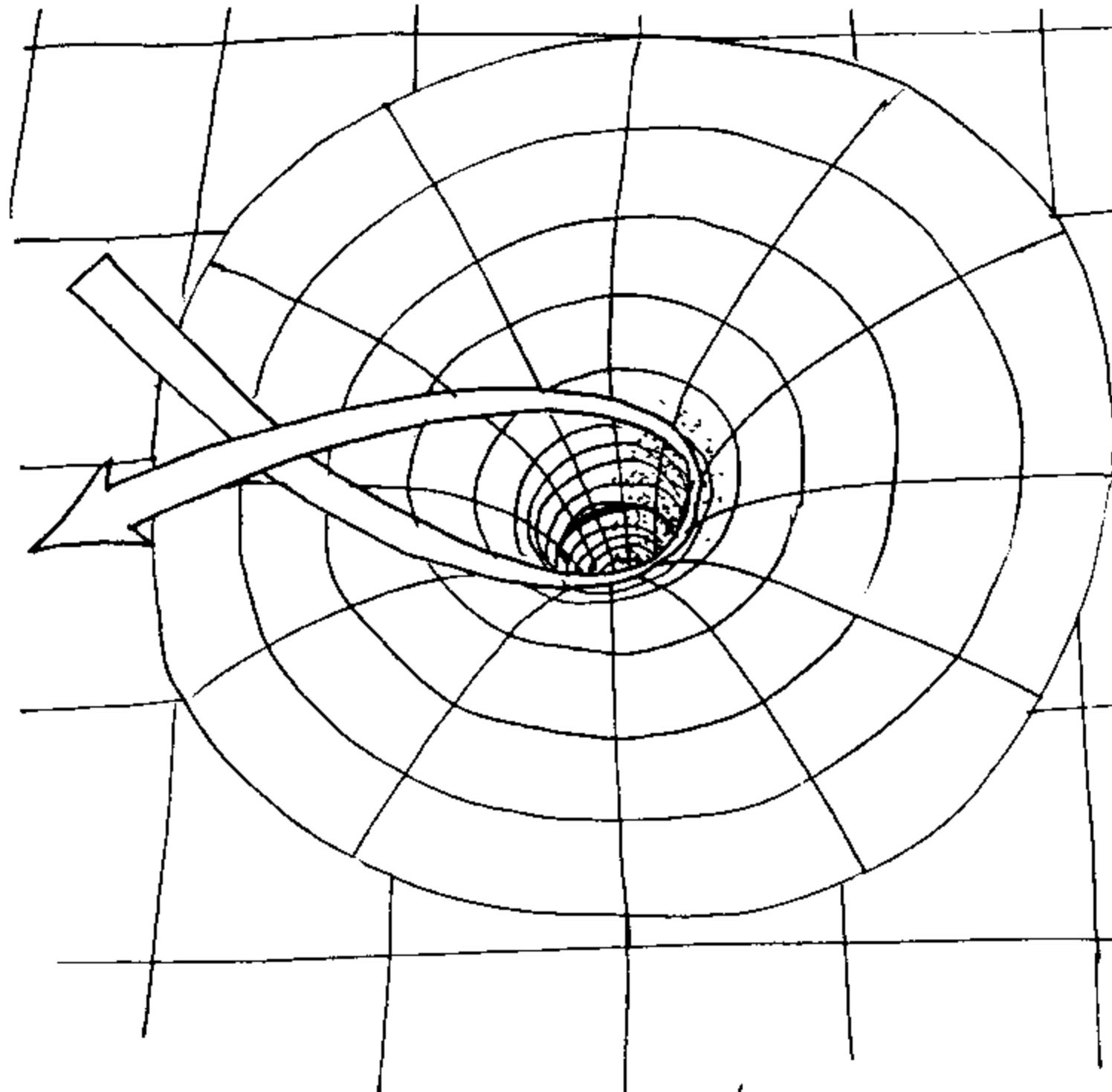
(*) Una HOGAZA es una clase de pan que se hace
en el Sur de Francia (donde vive el autor) y en España.

PRIMERA APROXIMACIÓN AL AGUJERO NEGRO

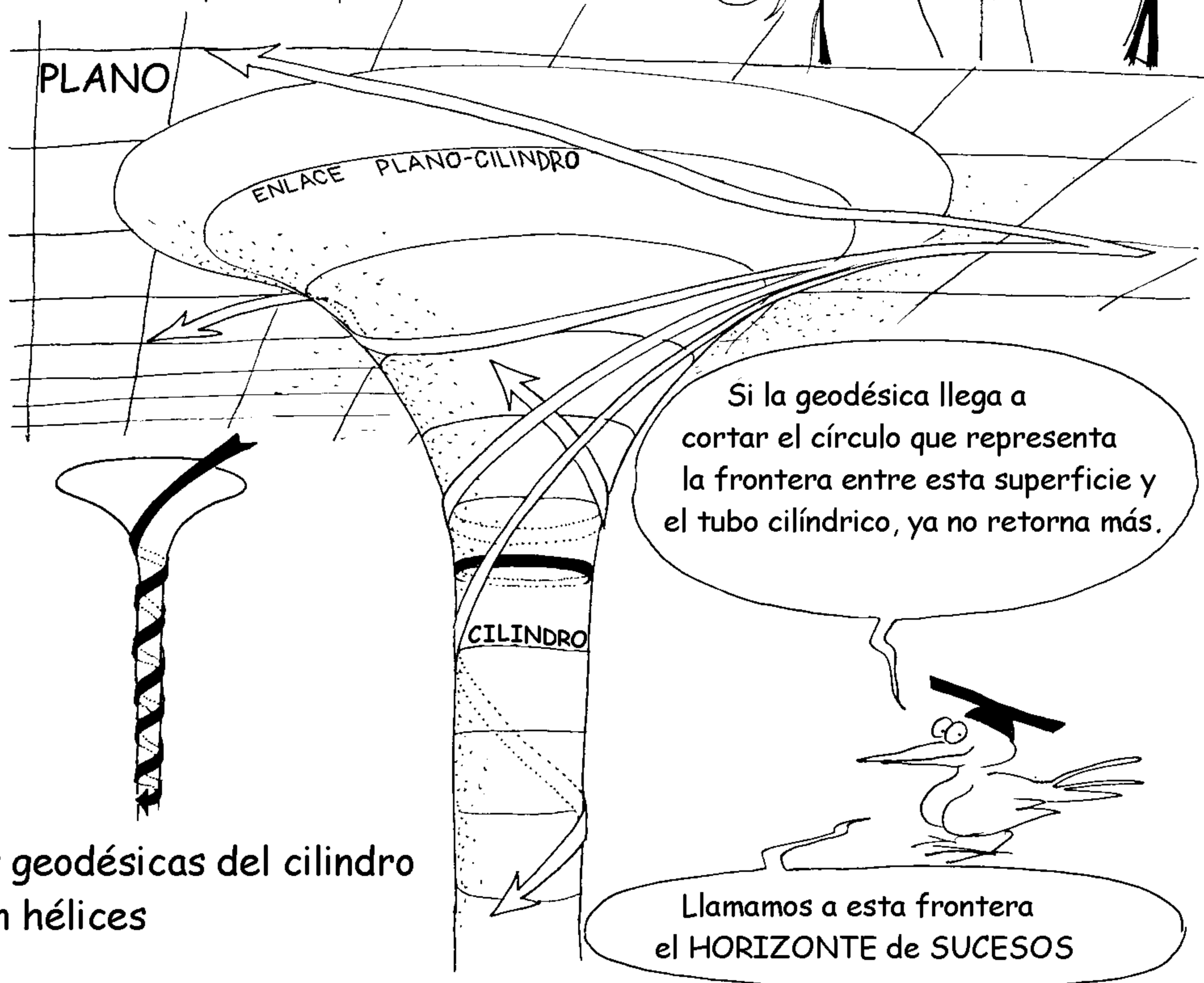
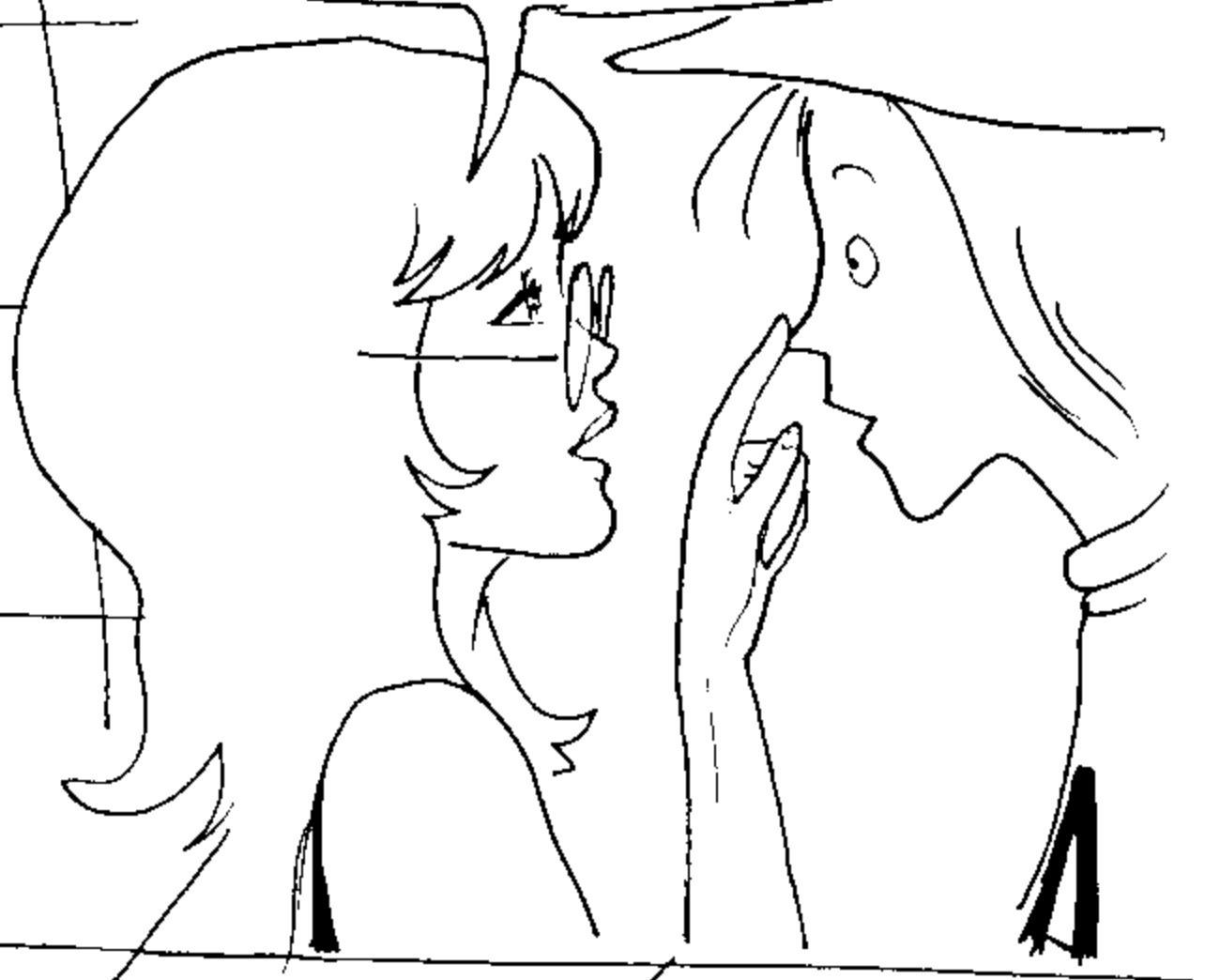
¿Qué es esa cosa?

Con mi cinta adhesiva
he trazado algunas geodésicas
de esta extraña superficie.





Si la geodésica se sumerge suficientemente en esta depresión, llegará a cortarse a si misma

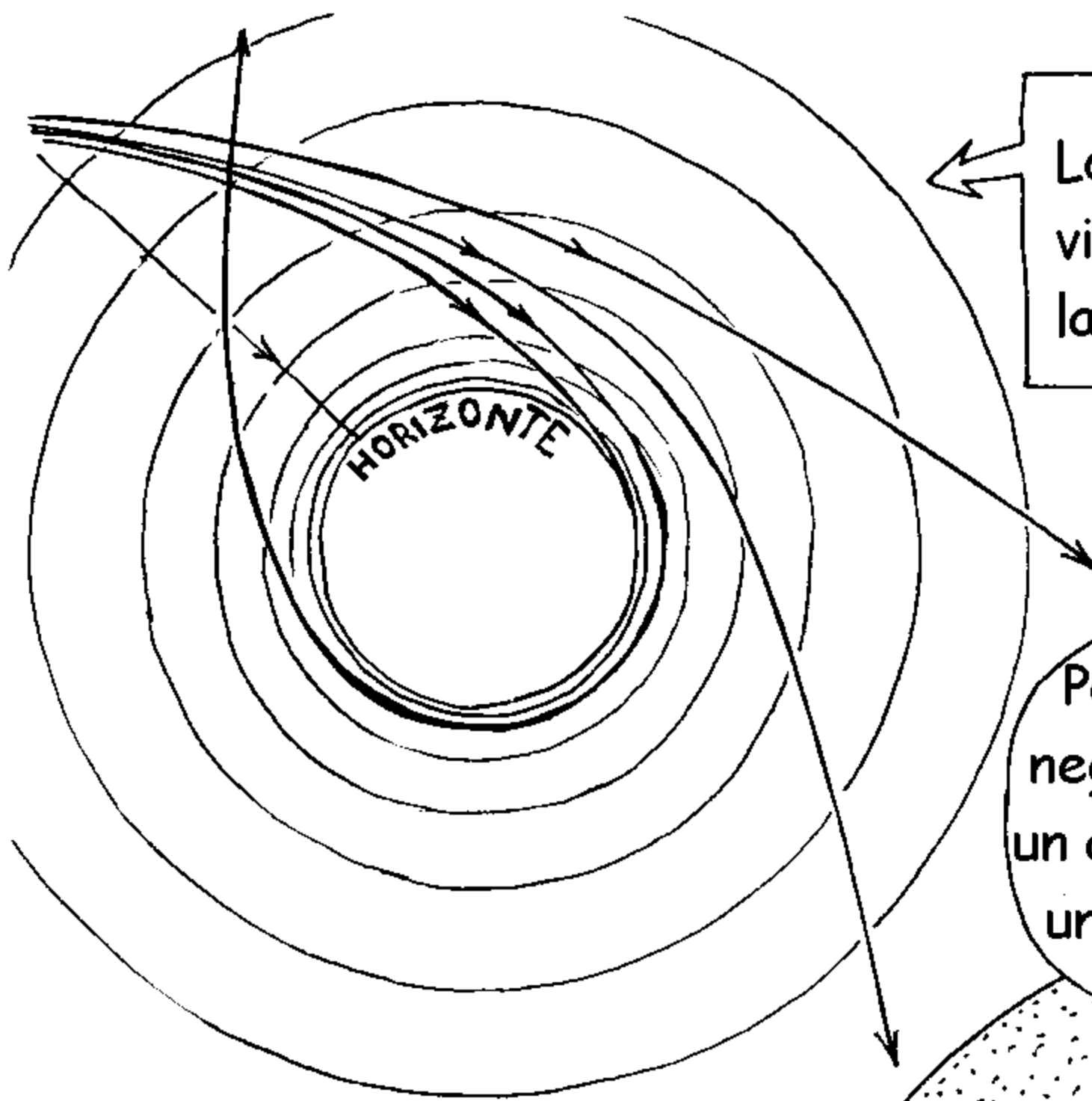


Si la geodésica llega a cortar el círculo que representa la frontera entre esta superficie y el tubo cilíndrico, ya no retorna más.



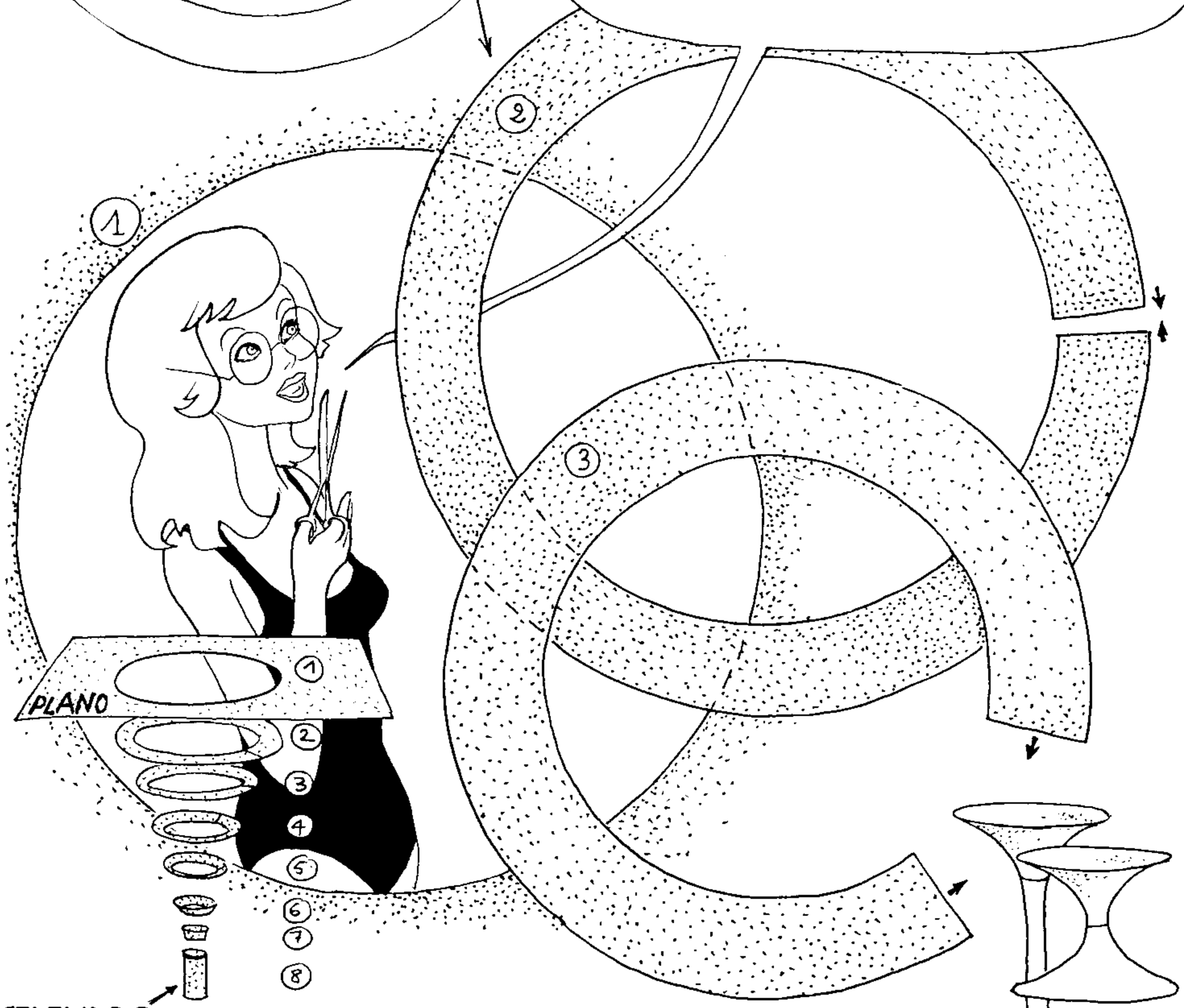
Llamamos a esta frontera el HORIZONTE de SUCESOS

las geodésicas del cilindro son hélices



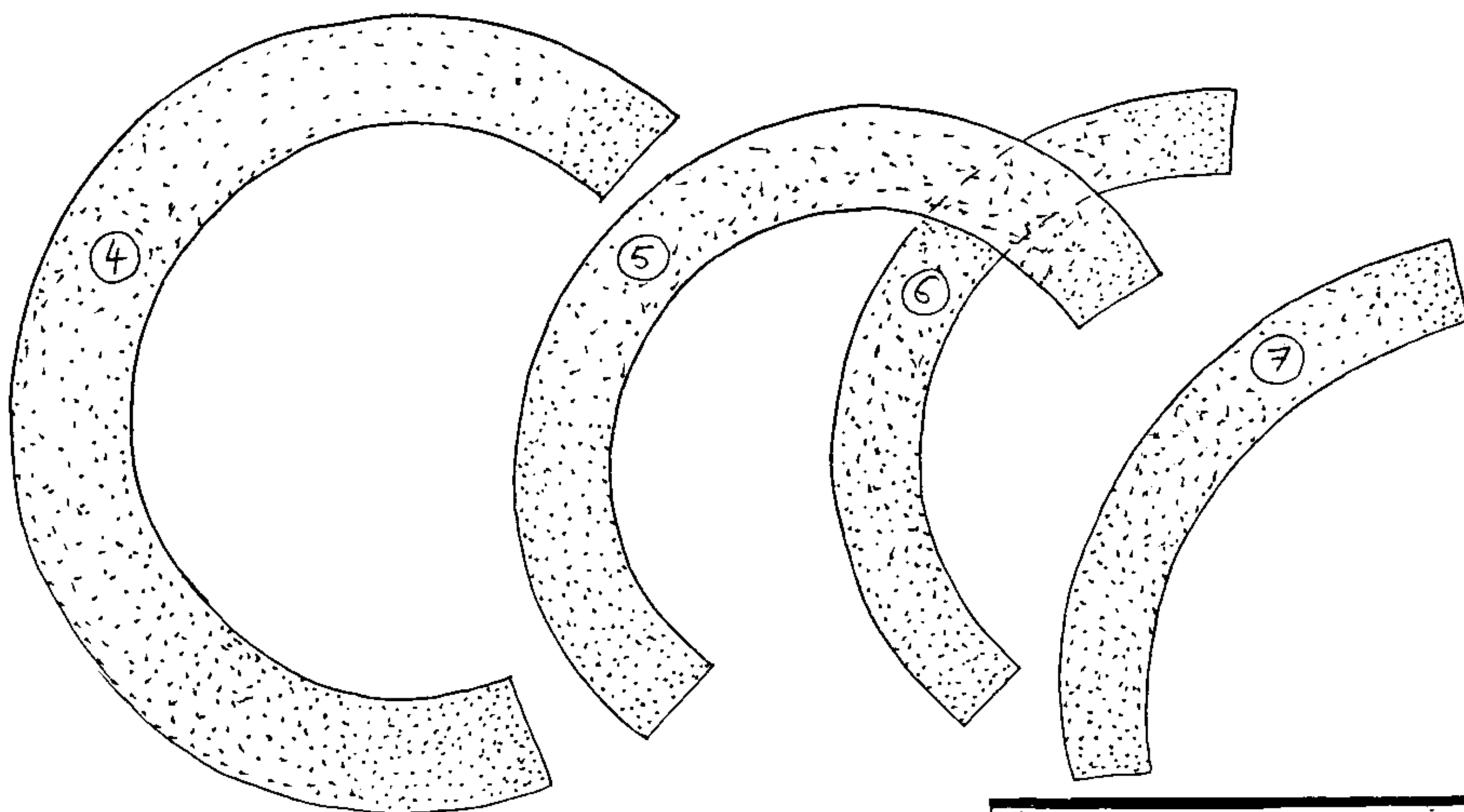
Los que tuvieran la ilusión de vivir en un mundo PLANO concebirían las trayectorias de este modo.

Podeis fabricar vuestro propio agujero negro con la ayuda de un plano dotado de un agujero (1) de seis troncos de cono (para unir borde con borde) y de un cilindro (8)

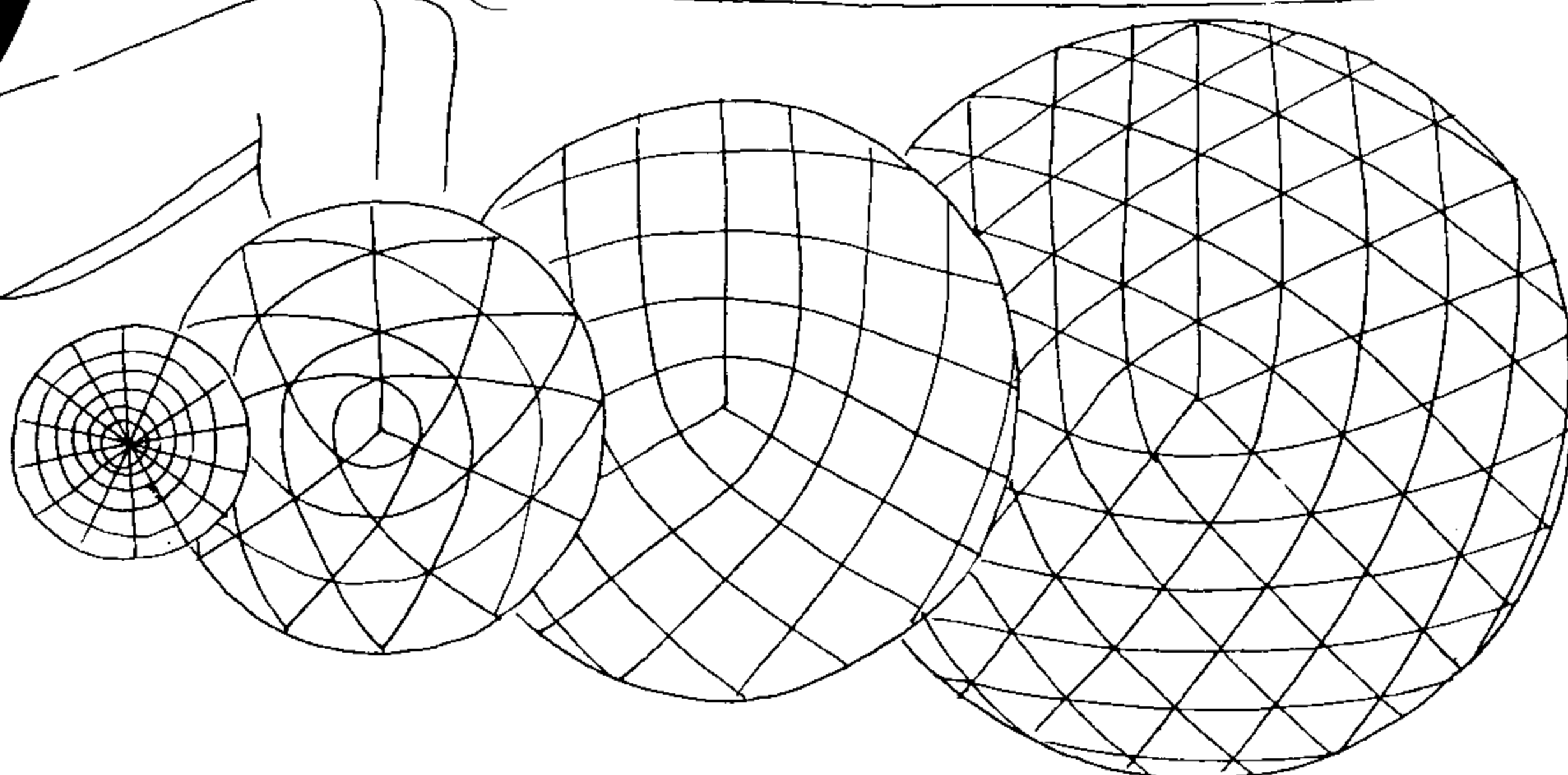


CILINDRO

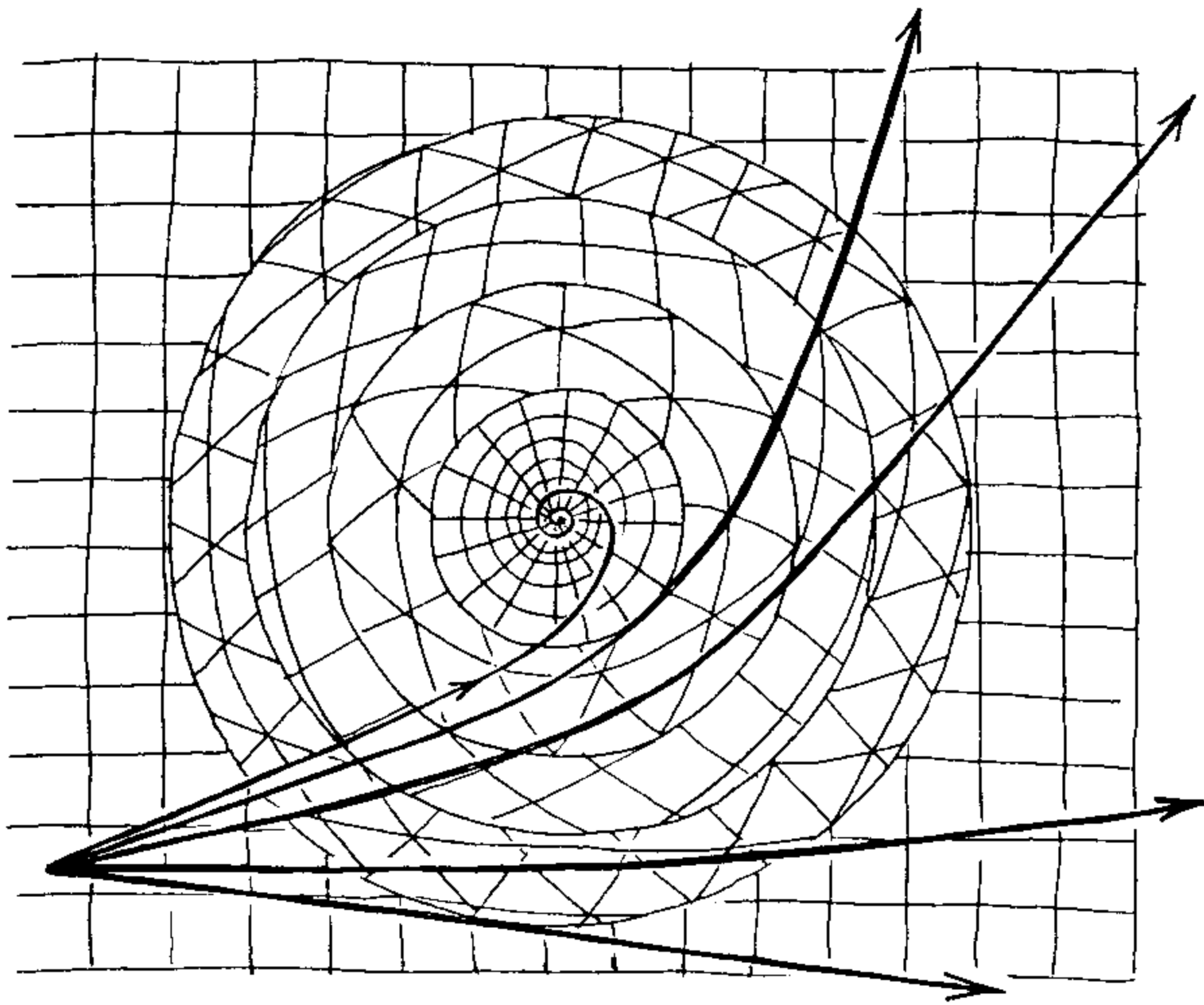
VARIANTES



Aquí vemos otro modo de imaginarse un AGUJERO NEGRO con la ayuda de los entramados.



Hemos elegido entramados regulares por razones estéticas.



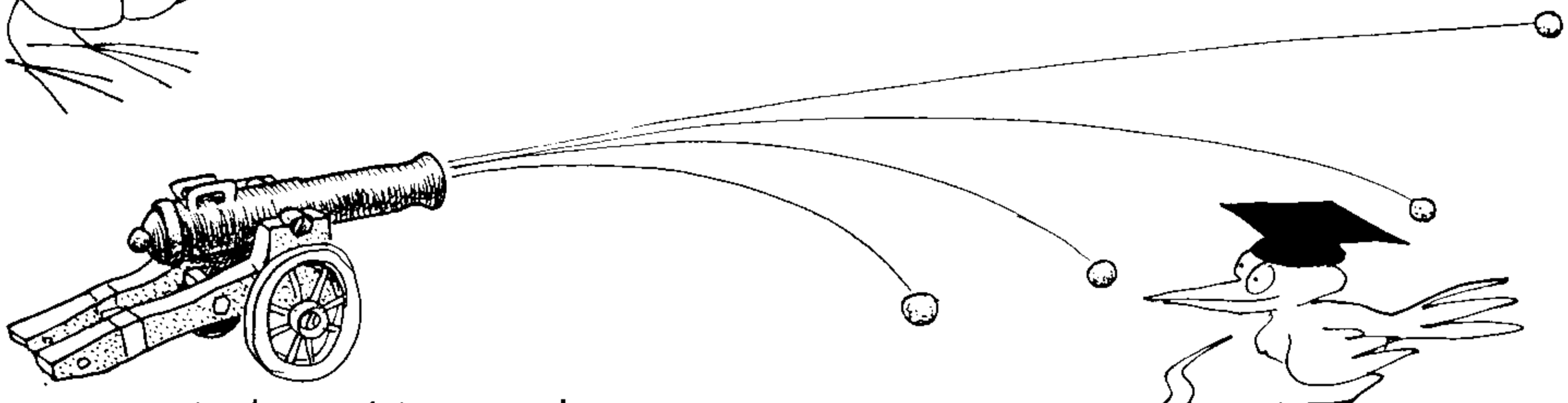
La regla del juego consiste en cortar los enmallados sucesivos según un ángulo constante, asegurándose una continuidad en cada frontera circular. Cuando más nos acercamos al agujero negro más notamos su atracción. En el interior de **CÍRCULO HORIZONTE DE SUCEOS** la trayectoria se enrolla en espiral. Se puede observar que la malla central de coordenadas polares se puede considerar al entramado de un cilindro mediante sus geodésicas, visto en perspectiva.



¡Alto ahí!

¡Hay algo que chirría desde el principio hasta el final de vuestro razonamiento!

Habéis reemplazado las masas por curvaturas y las trayectorias por geodésicas. Pero ¿qué habéis hecho con la VELOCIDAD INICIAL?



La trayectoria de un objeto en el campo de fuerza creado por una o varias masas depende de su velocidad inicial V_0 .

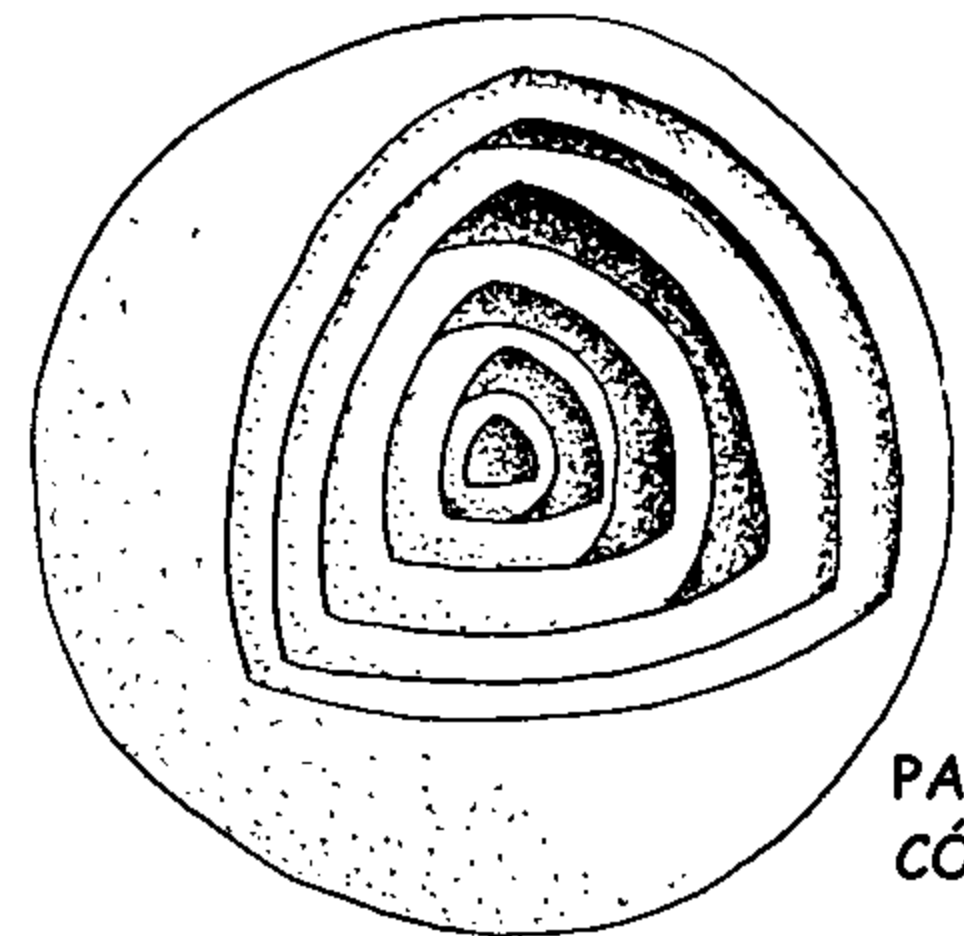
Por ejemplo: la bala de un cañón y la atracción terrestre

Entonces, los dibujos que acabamos de ver, ¿correspondían a un valor particular de la velocidad inicial V_0 ?



SUMERGIÉNDOSE

Imaginemos un mundo construido como una cebolla, es decir, en capas concéntricas. (*)



PARQUE
CÓSMICO

A cada capa le corresponde un valor V de la velocidad. Y, cuando más velocidad se lleve, a más profundidad se está.

A la velocidad de la luz, nos encontraremos en el centro de la cebolla.

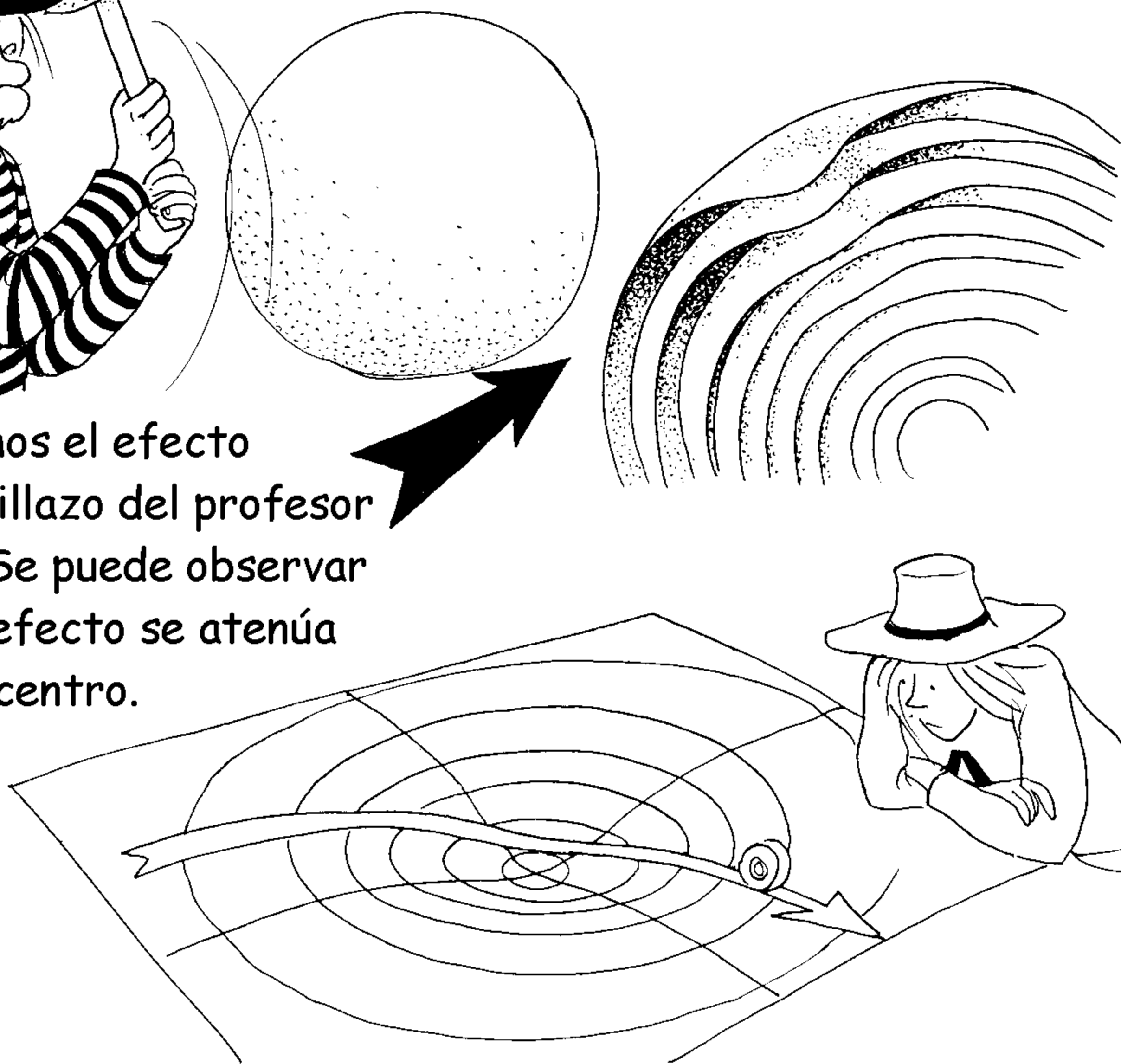
(*) Este modelo se presentó en "TOUT EST RELATIF" con el nombre de PARQUE CÓSMICO (del mismo autor, ediciones BELIN).

En ausencia de FUERZAS, un objeto conserva su velocidad V (por lo tanto se mantiene a la misma distancia del centro de la cebolla). Describe una GEODÉSICA de la ESFERA correspondiente, es decir, una CIRCUNFERENCIA MÁXIMA.

Y ahora ¡observad!

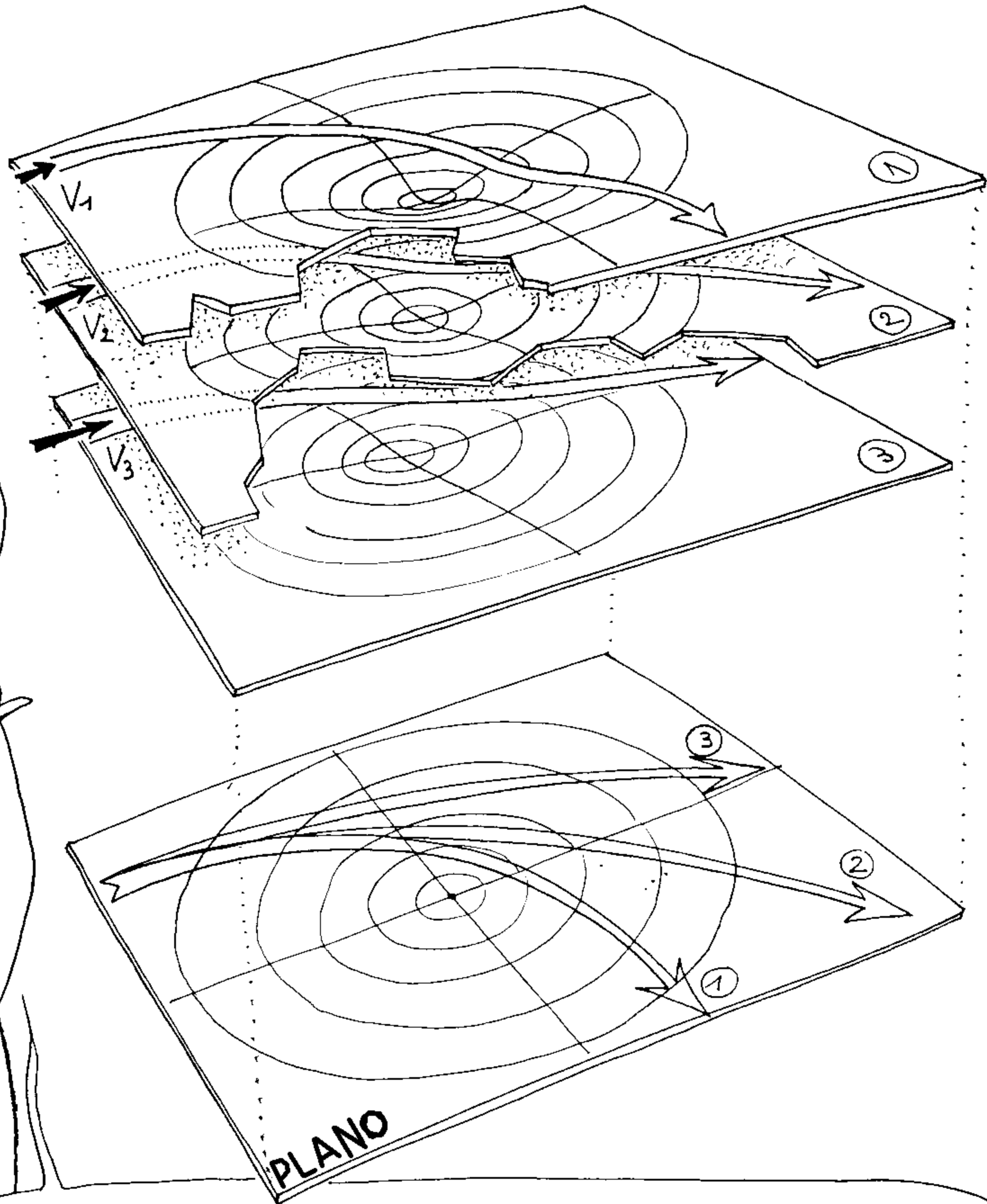


Aquí vemos el efecto del martillazo del profesor Albert. Se puede observar como el efecto se atenúa hacia el centro.

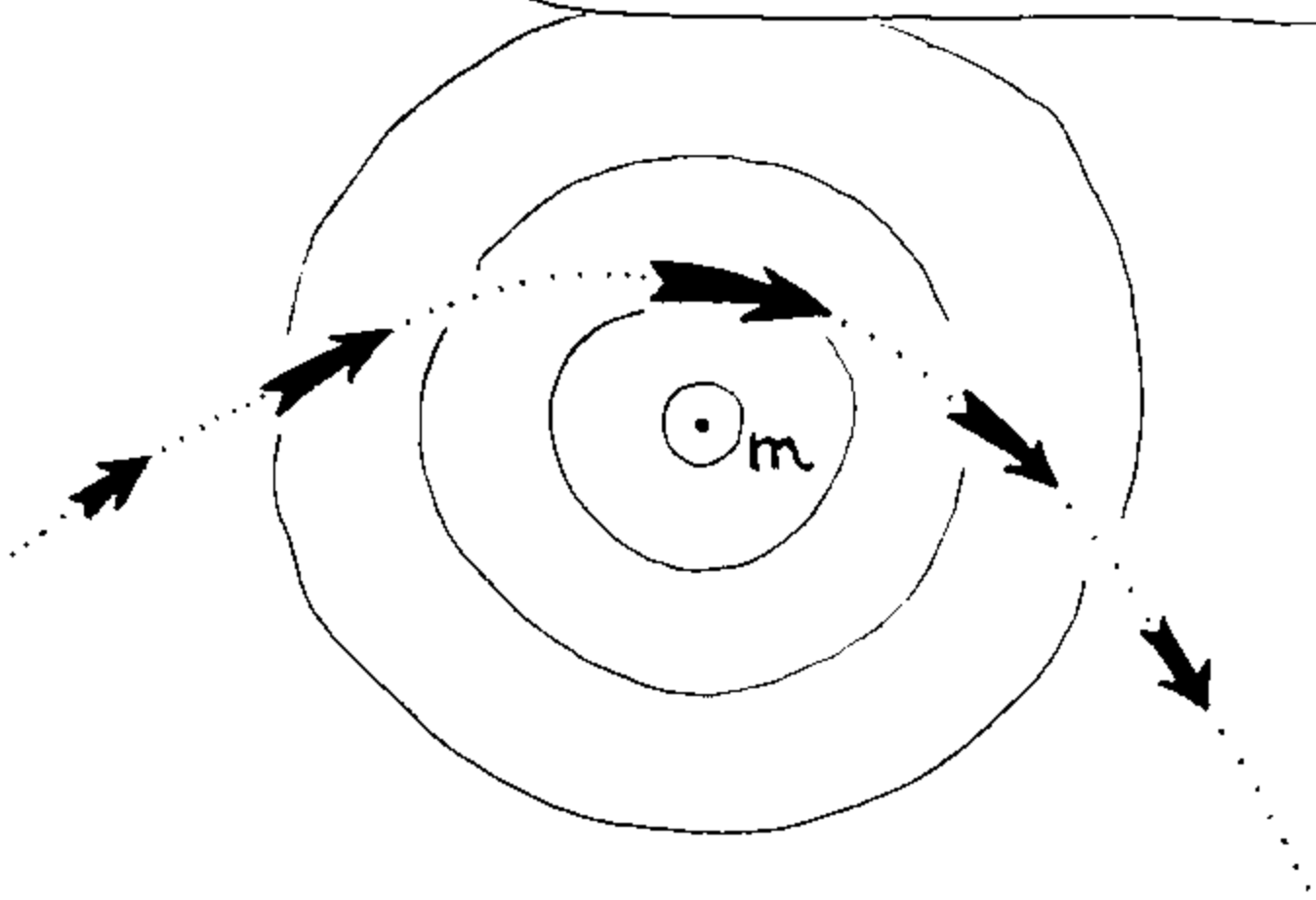


Aquí tenemos un hueco (o una joroba, pues el razonamiento es parecido...). Hemos dibujado las curvas de nivel (¡NO son geodésicas!) y una geodésica particular.

$$V_1 < V_2 < V_3$$



Cuanto menor sea la velocidad inicial, más se notará la deformación y más se curvará la trayectoria.



Bajo el efecto de la atracción gravitacional, la velocidad de un objeto primero aumenta y después disminuye. La velocidad máxima se alcanzará cuando la distancia entre el objeto y la masa atractiva sea mínima (PERIHELIO)

¿Qué es este aparato?

Es el
CRONOSCAFO

Con él se pueden seguir las
geodésicas del parque cósmico

Pero, ¿para qué
encerrarse en
el cronoscafo?

Todo el conjunto
del Parque Cósmico
está bañado por un
fluido: el CRONOL

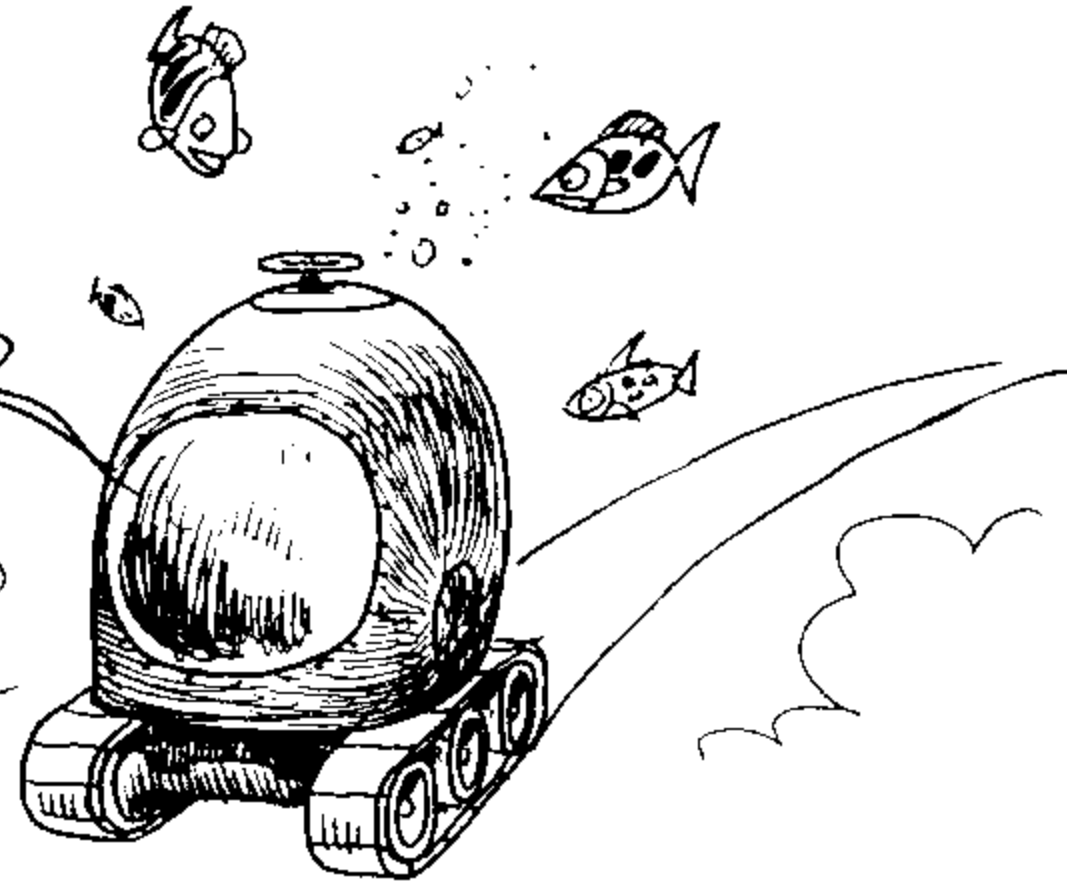
¡Por nada del
mundo subiría
ahí!

El trayecto seguido
por el CRONOSCAFO
se llama el DESTINO



(*) Nota de SERVICIO: El SEGUNDO PRINCIPIO afirma que es imposible seguir las geodésicas del espacio-tiempo (PARQUE CÓSMICO) en sentido contrario. *La Dirección*

Como la presión P_R es superior a P_E , el cronol fluye y el reloj contador mide el tiempo que pasa



Cuando más se hunde en el cronol aumenta más la presión P_E . Como el flujo es proporcional al incremento $(P_R - P_E)$: el tiempo se corre menos deprisa.

Y la profundidad ES la velocidad. Entonces cuando más rápido vayamos menos tiempo se cuela (*)

Y cuando se alcanza la velocidad de la luz, P_E se vuelve precisamente IGUAL a P_R y el tiempo se detiene.



Y ya no se puede ir más deprisa que la velocidad de la luz, así como no se puede ir a mayor profundidad que el centro del Parque Cósmico.

(*) Ved "TOUT EST RELATIF" del mismo autor.

La superficie del Parque C3smico representa la inmovilidad, el reposo.

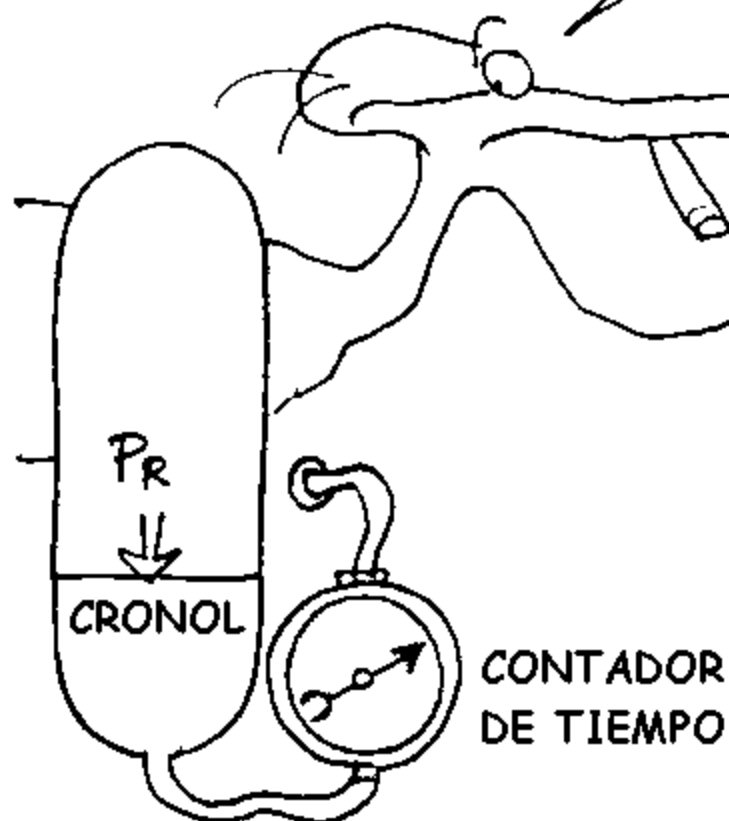
Manteni3ndose en reposo
ies como m3s se envejece!



Cuando un objeto es muy masivo, curva intensamente el espacio-tiempo. Lo que significa que en esa regi3n, incluso en reposo, un objeto se sumergir3 en el CRONOL a presi3n mayor. Y su tiempo se colar3 menos deprisa que el de un objeto, tambi3n en reposo, con una masa mucho menor. 3ste ser3 el caso de la vecindad de un objeto superdenso como puede ser una estrella de neutrones.

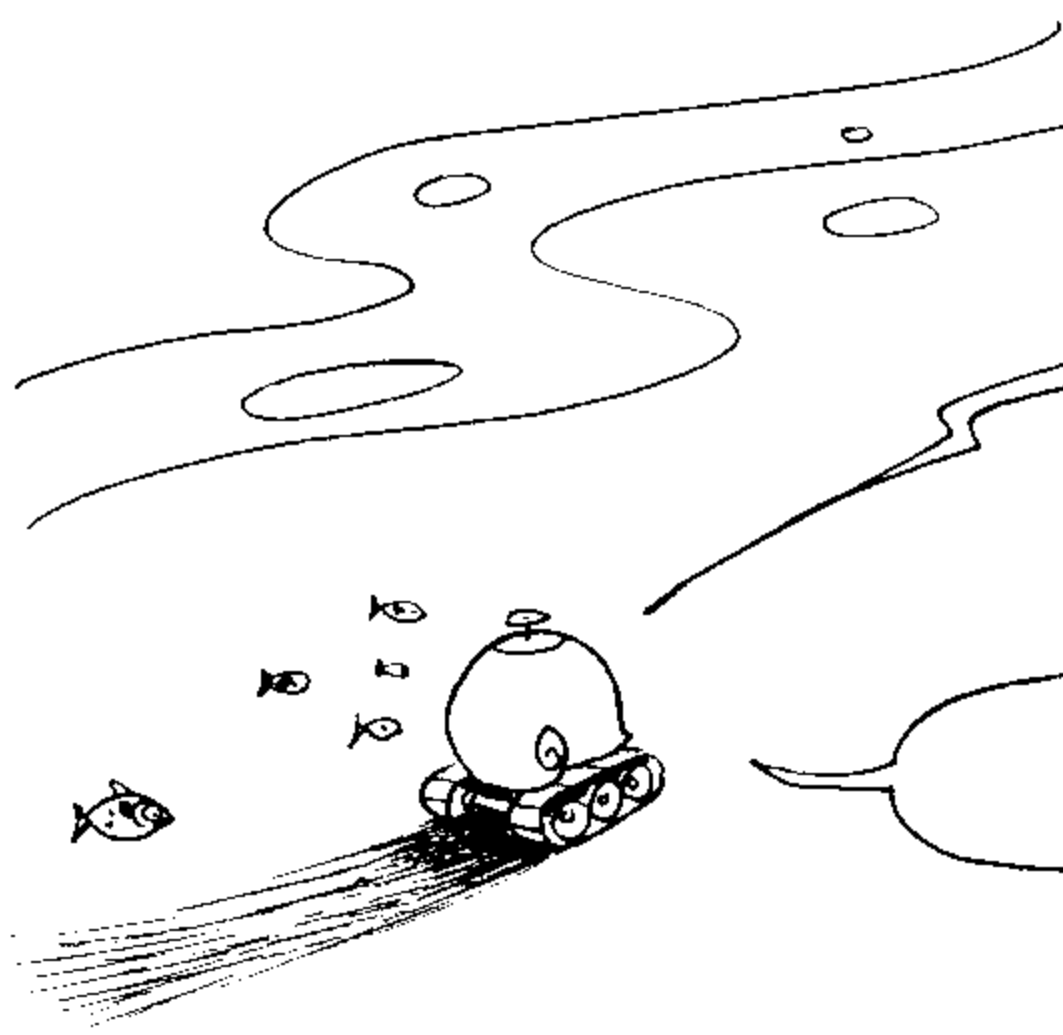
¿Qu3 suceder3a si
sali3ramos bruscamente
del cronoscafo?

Tal vez sufri3semos
una prematura vejez



Y cuando el cronol del dep3sito
se agote completamente, es ...¿la muerte?

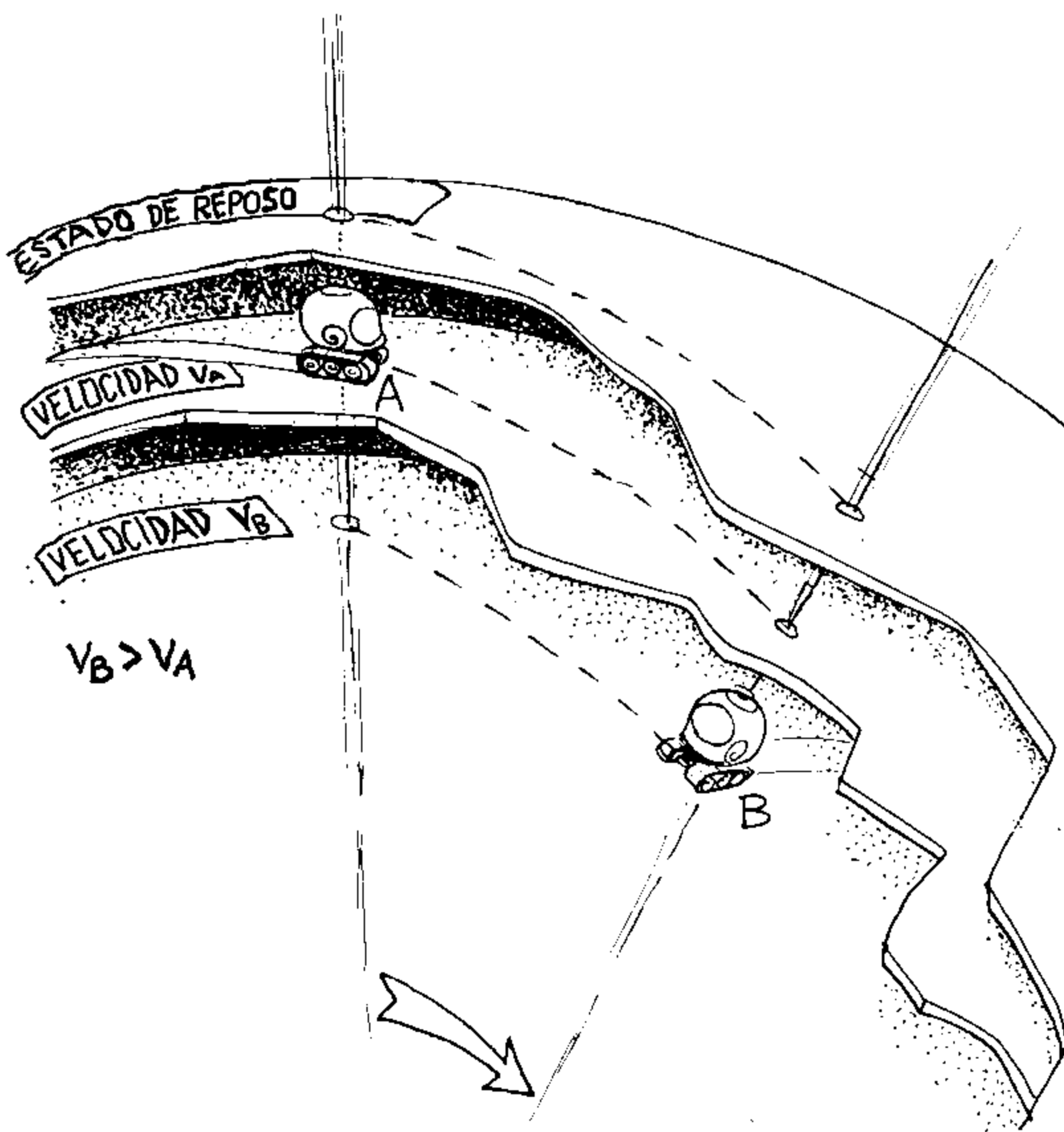
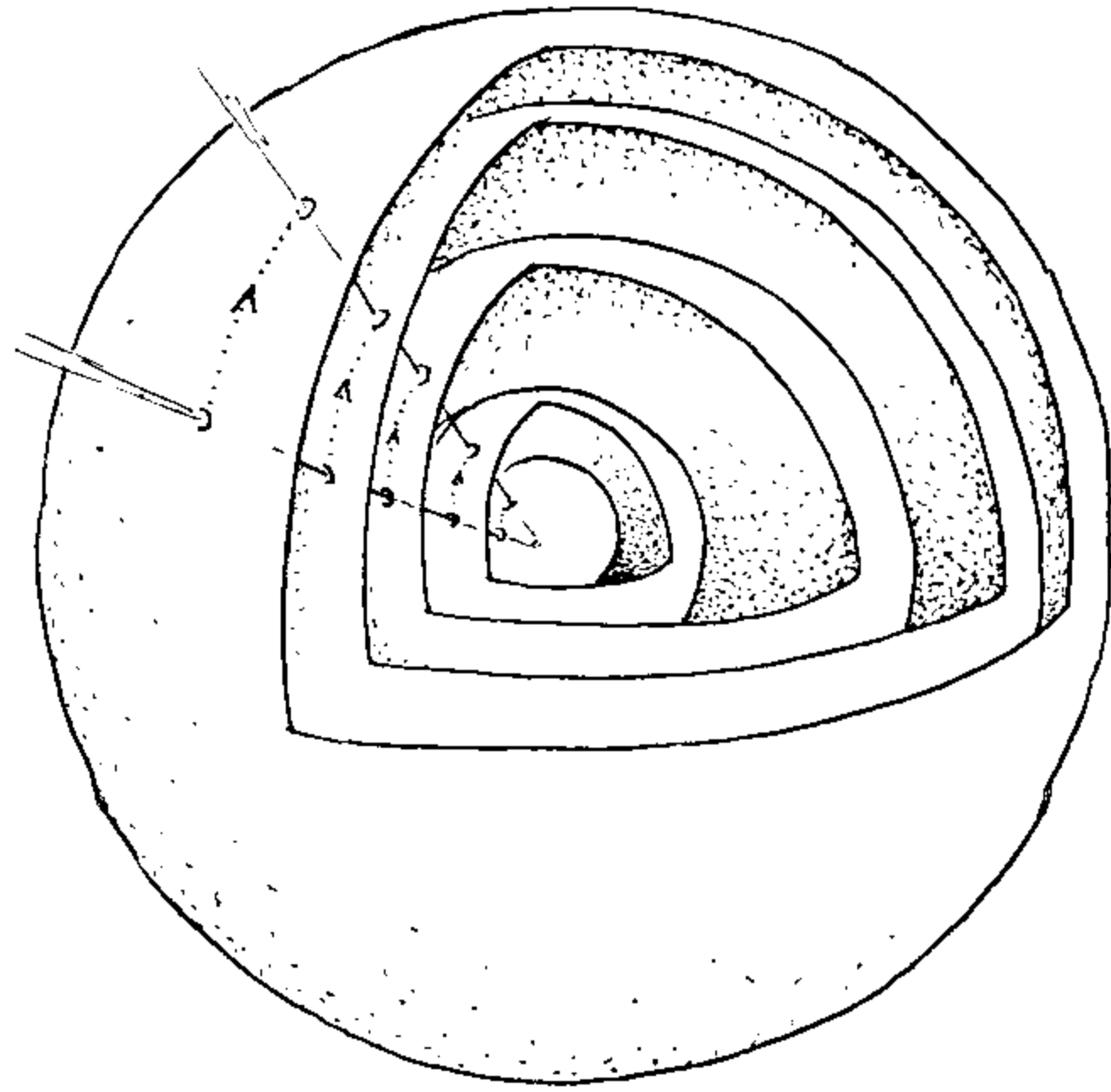
COMUNICARSE



Allá vamos pues encerrados en estas dos cronoscafos. Pero, ¿cómo nos comunicaremos?

Utilizando FOTONES.

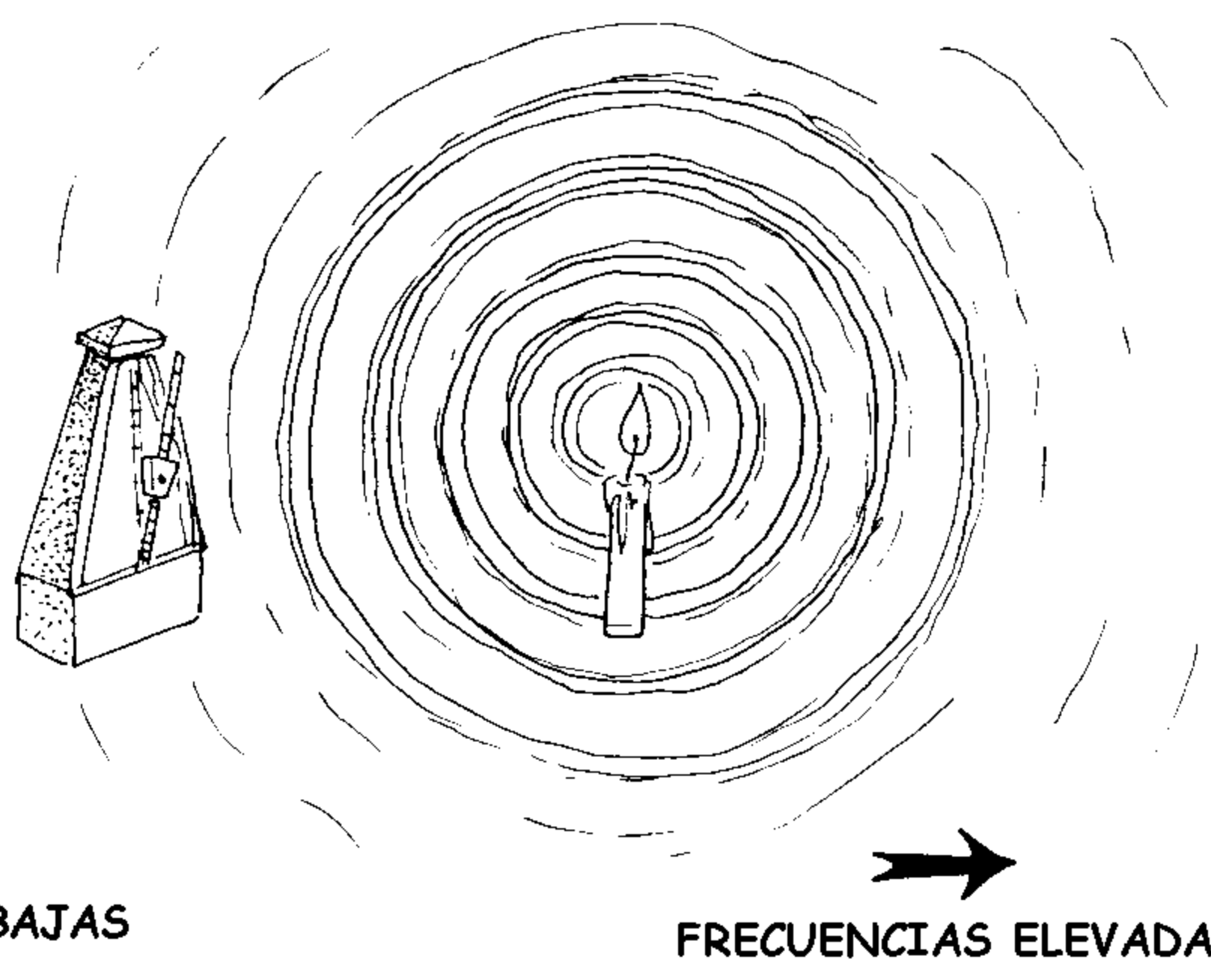
Los fotones son como unos haces de luz que barrieran todas las capas del Parque Cósmico a velocidad angular constante.



Un objeto A, desplazándose a velocidad V_A , puede lanzar uno de estos haces de luz en dirección de un objeto B que se desplaza a velocidad V_B

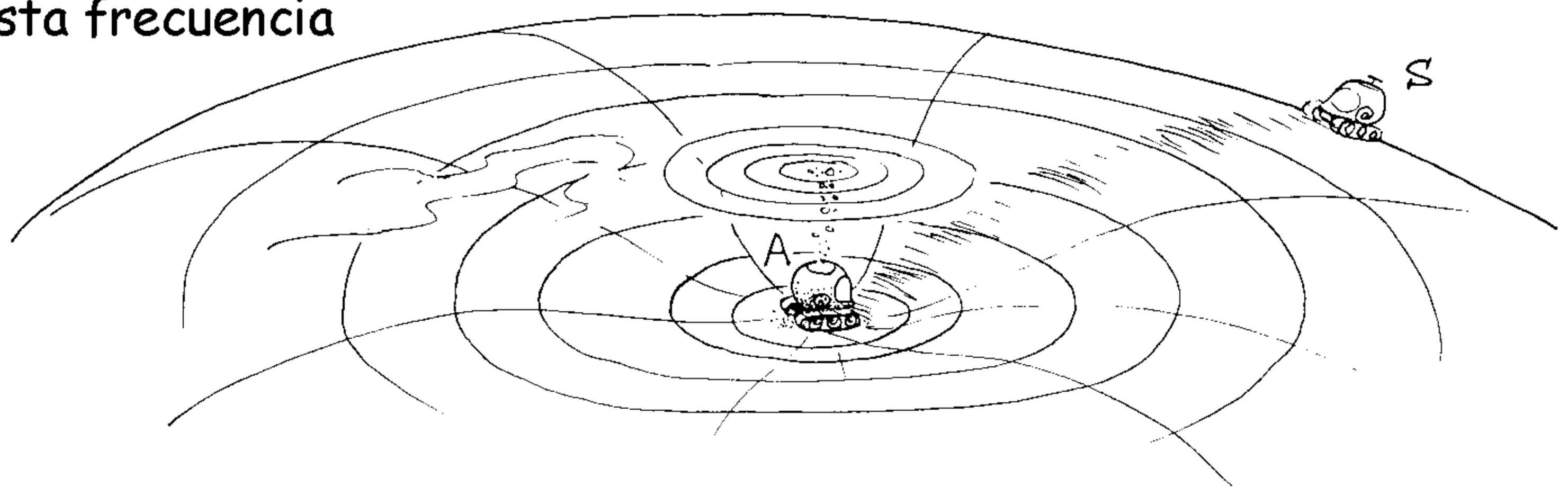


La luz es un fenómeno periódico, que tiene una frecuencia asociada N



Y el color viene determinado por esta frecuencia

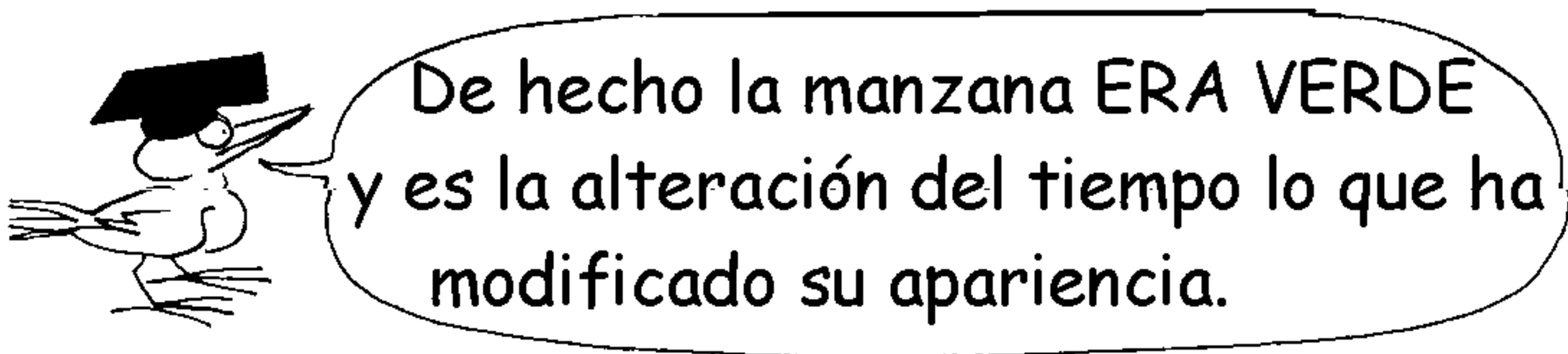
INFRARROJO ROJO NARANJA AMARILLO VERDE AZUL VIOLETA ULTRAVIOLETA



Las frecuencias (emitidas o recibidas) se miden respecto al tiempo que se fluye en el cronoscafo del emisor o del receptor. Desde el cronoscafo A, Anselmo emite luz azul. Está en una región del espacio donde hay una fuerte curvatura. Puede estar, por ejemplo, cerca de una estrella de neutrones (con mucha masa).

Sofía, en el cronoscafo S, recibe esta luz. Está lejos del objeto supermasivo. Por lo tanto su tiempo discurre más rápido y ella medirá una frecuencia más baja, hasta el punto que esta luz se percibirá, desde su punto de vista, desplazada hacia el rojo. Es lo que se llama RED SHIFT (corrimiento al rojo) de origen gravitacional.

Anselmo está sobre una estrella de neutrones. (Le hemos liberado de las molestias de la gravedad para que no sea instantáneamente aplastado por su propio peso sobre la superficie de la estrella).



Las manzanas ya no son lo que eran ...



SEGUNDA APROXIMACIÓN AL AGUJERO NEGRO



(*) Las ondas de radio son de la misma naturaleza que las ondas luminosas. Tienen la misma velocidad de propagación c , pero frecuencias inferiores.



¡Es un agujero negro!

El profesor Albert y León
han caído directamente dentro.

Ahora que
pasamos cerca, ¿qué
debemos hacer?

¿Podemos hacer alguna cosa
por León y el profesor Albert?

No podemos
hacer nada,
nuestras geodésicas
no tienen pinta de
cruzarse.

¿Les ves?

El fondo del agujero negro se ve totalmente opaco

Aún les veo, pero su cronoscafo se ha vuelto rojo oscuro

Atención, profesor Albert, León, ¿me escucháis?

No entiendo nada. Su voz se ha vuelto sobreaguda y habla demasiado deprisa

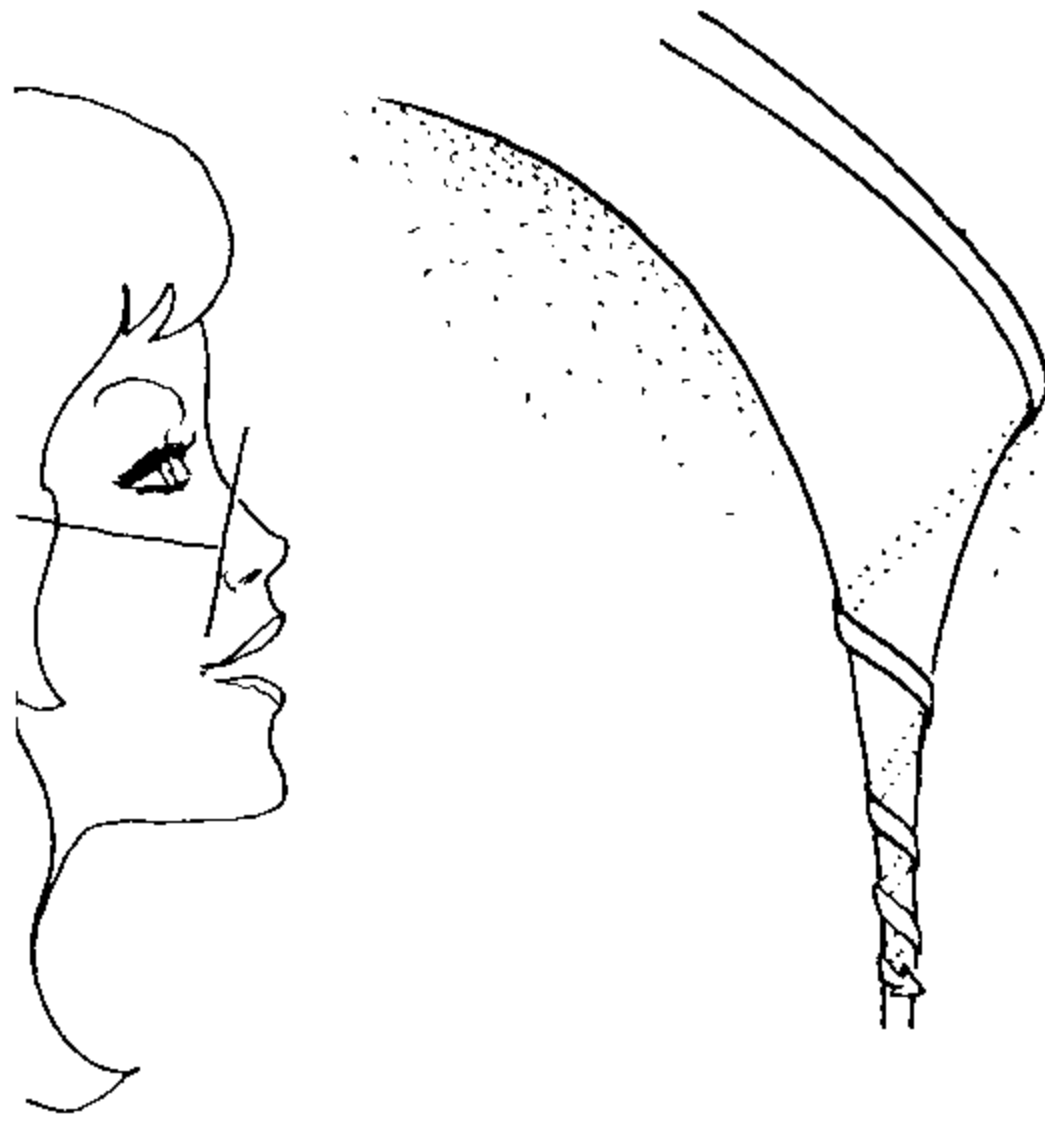
Su voz cada vez es más grave. ¡Parece un disco cuando se para!

ΑΗΑΔΤΕΩΩΩΩΩ...

Son los problemas de comunicación que se presentan cuando se vive en "burbujas de tiempo" muy distintas.

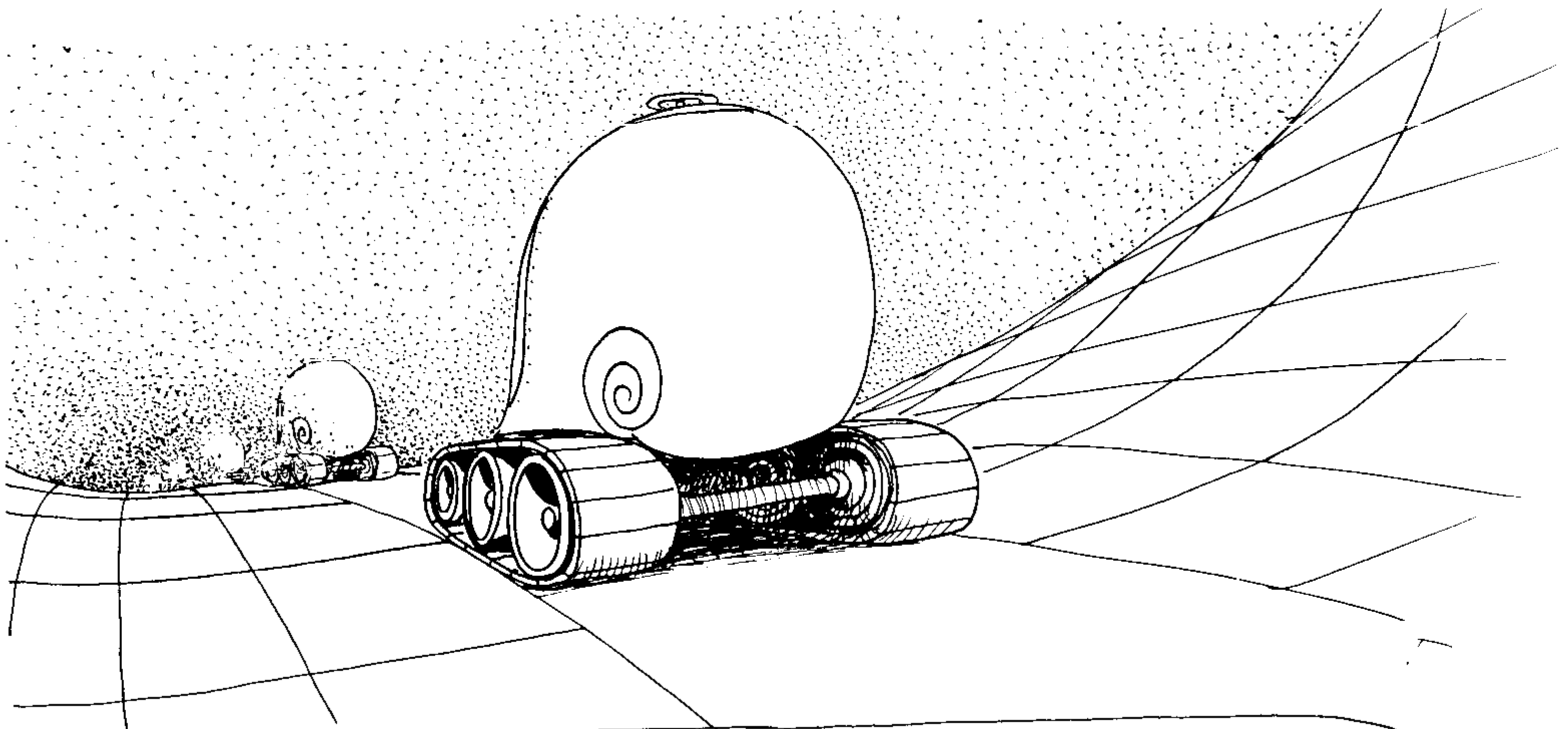
CUESTIÓN DE TIEMPO

Cuanto Albert y León más se sumergen profundamente en el CRONOL más crece la presión exterior P_e , menos mana la clepsidra y menos fluye el tiempo en su cronoscafo.



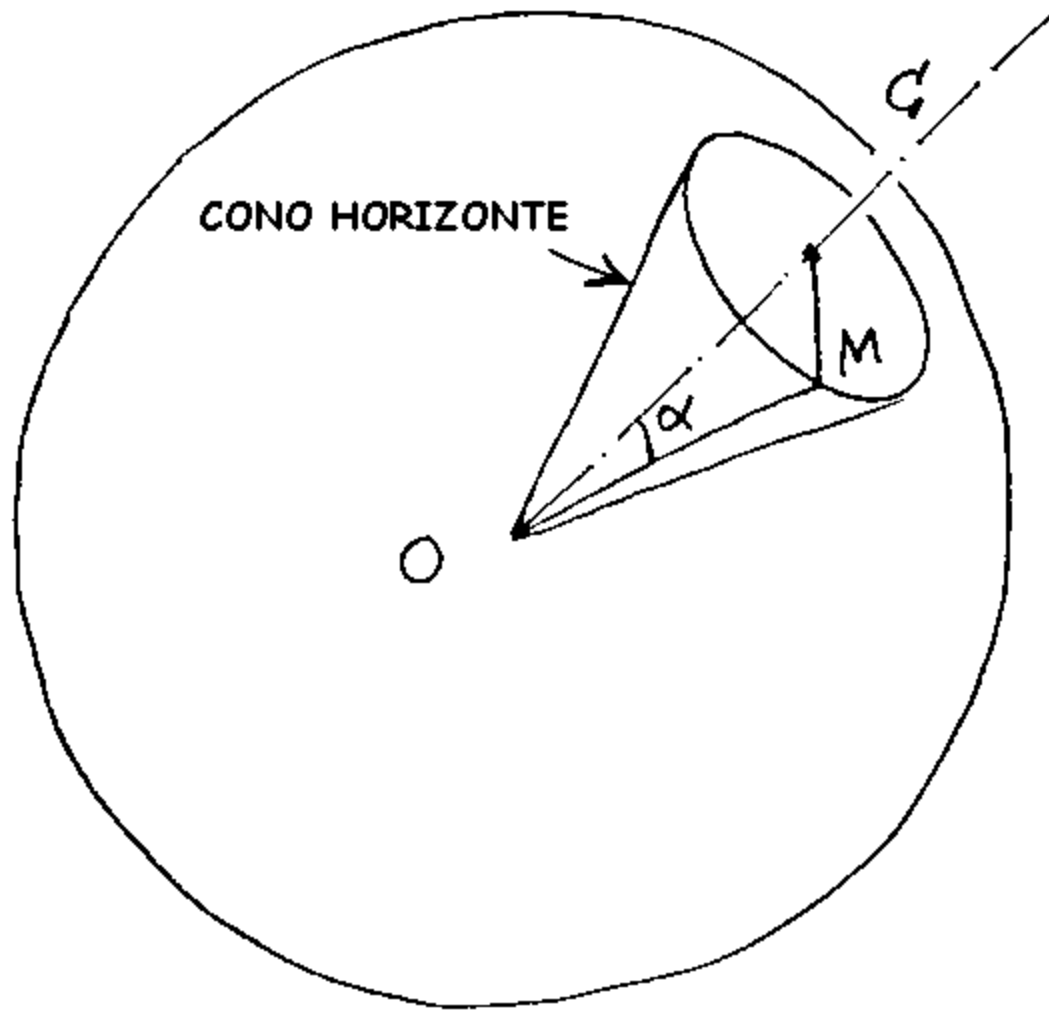
Cuando alcancen el fondo y la velocidad de la luz, de su reloj hidráulico de a bordo habrá manado una cantidad limitada de cronol, lo que significa que este trayecto habrá sido recorrido en una cantidad FINITA de tiempo.

Pero si Sofía, Anselmo, Max y Tiresio pudieran continuar observando esta caída, les parecería interminable. La luz emitida por su cronoscafo rápidamente se desplaza hacia el infrarrojo lejos de la luz visible, mientras que su mensaje de radio se desliza hacia los infrasonidos.



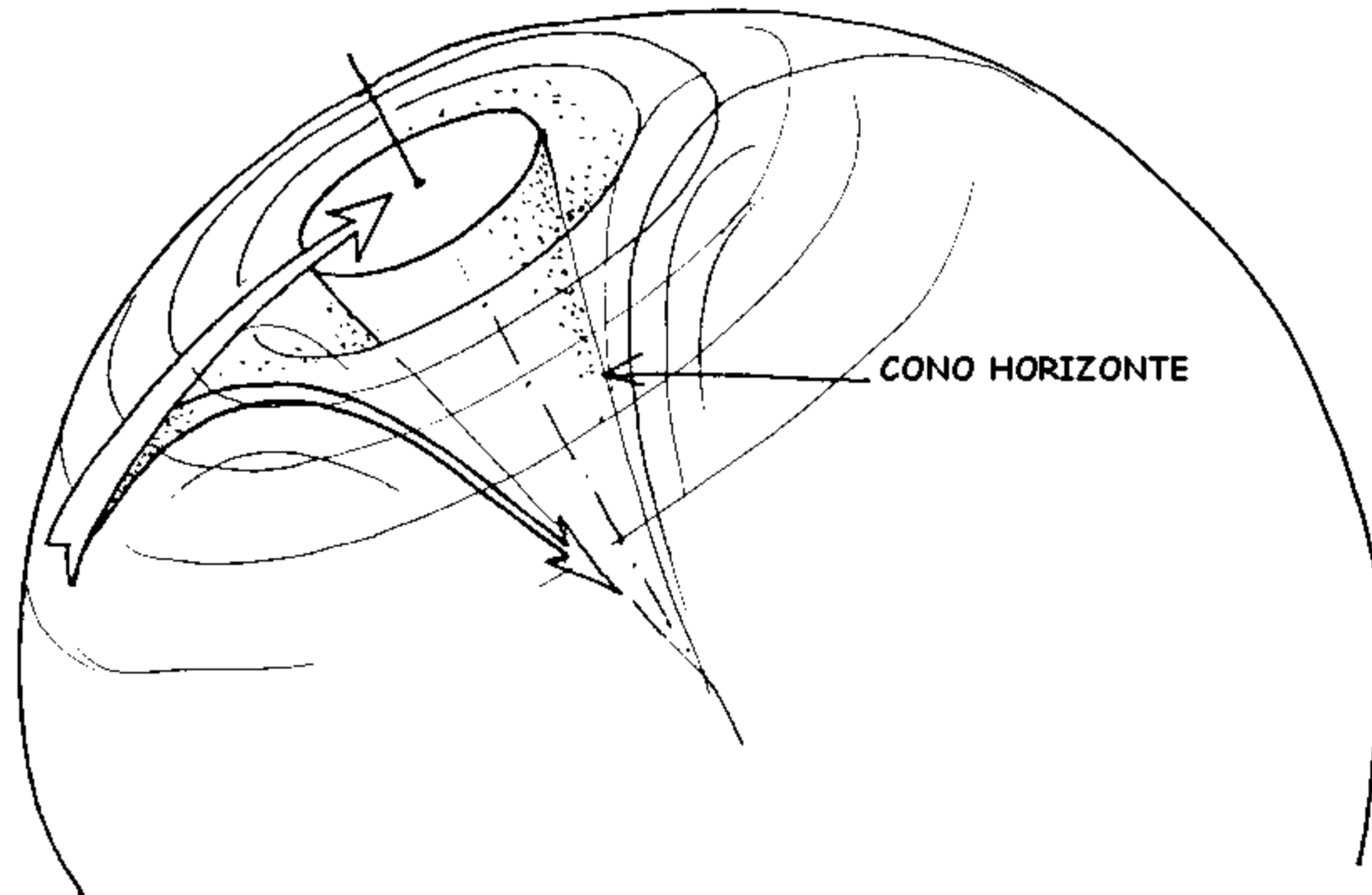
Esto me recuerda la paradoja de Aquiles, quien intenta alcanzar a la tortuga disminuyendo CADA VEZ a la mitad la distancia que le separa de ella. Lo consigue en un tiempo finito.

Aquí tenemos una imagen del agujero negro en este modelo del PARQUE CÓSMICO. El punzón ha deformado completamente el espacio-tiempo hasta el centro, donde reina la velocidad de la luz. Todas las superficies, en este punto, se vuelven tangentes a un cono de semiángulo α .



En este modelo la distancia es, de hecho, un **ÁNGULO** entre dos radiovectores, por ejemplo \vec{OM} y \vec{OC} . Mirando el dibujo inferior se percibe que nunca se entra al interior del cono de semiángulo α . Para un observador que permanezca en la superficie del CRONOL,

es decir, en estado de reposo y que no imaginara esta curvatura del espacio-tiempo, esta frontera del agujero negro, llamada **HORIZONTE** de SUCESOS se vería como una **CIRCUNFERENCIA** que se franquearía a la velocidad de la luz.





¡Oh!, mira hemos vuelto cerca de nuestro punto de partida, cerca del cronoscafo nº 3, que ha quedado inmóvil.

Nuestra excursión alrededor del agujero negro ha frenado nuestro envejecimiento. Si uno de nosotros se hubiera quedado en ese cronoscafo en reposo, puede que hubiera esperado nuestro regreso durante cientos o millones de años!

¿Adónde conducen los agujeros negros?



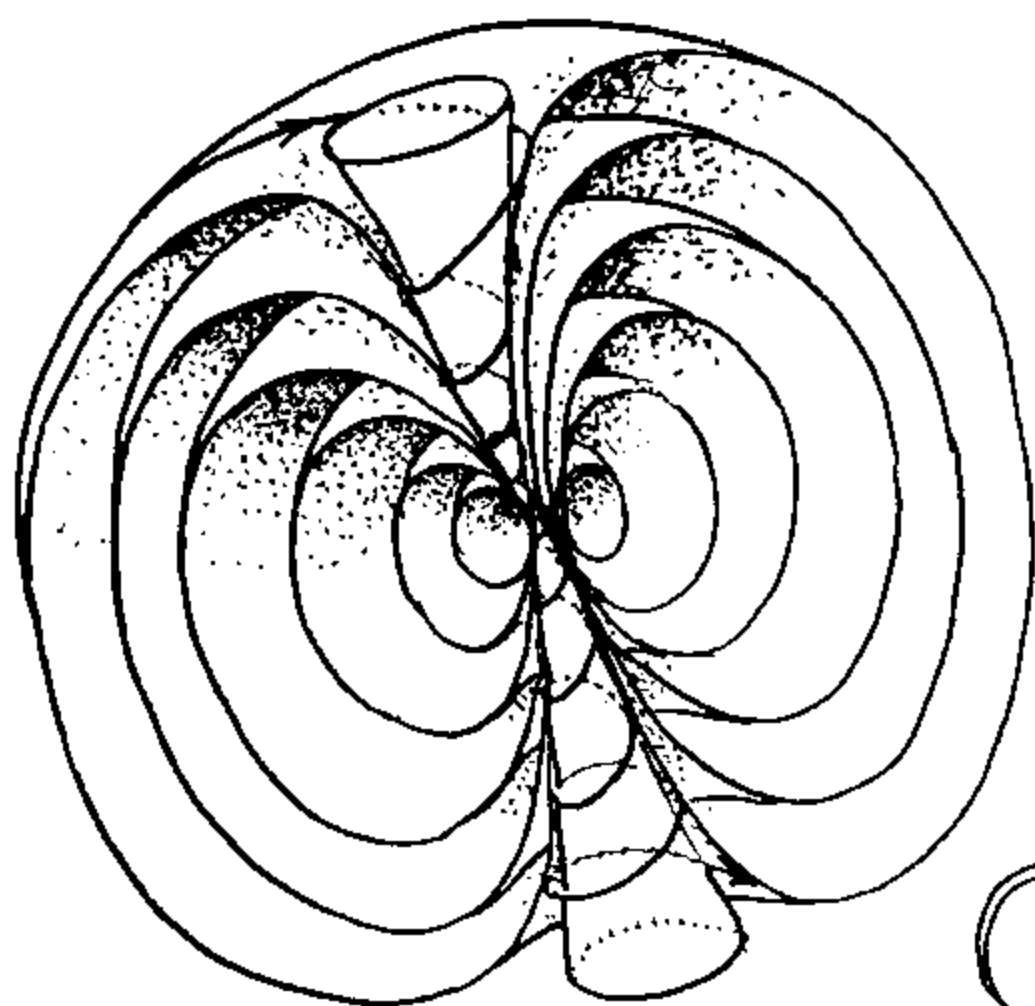
Es decir, un objeto en el que nunca se podría entrar. Sólo se podría salir.

Nadie lo sabe. La teoría afirma que podría existir un anti agujero negro.



Una FUENTE BLANCA

Aquí vemos, según el modelo del PARQUE CÓSMICO, cómo sería un corte de un agujero negro-fuente blanca.

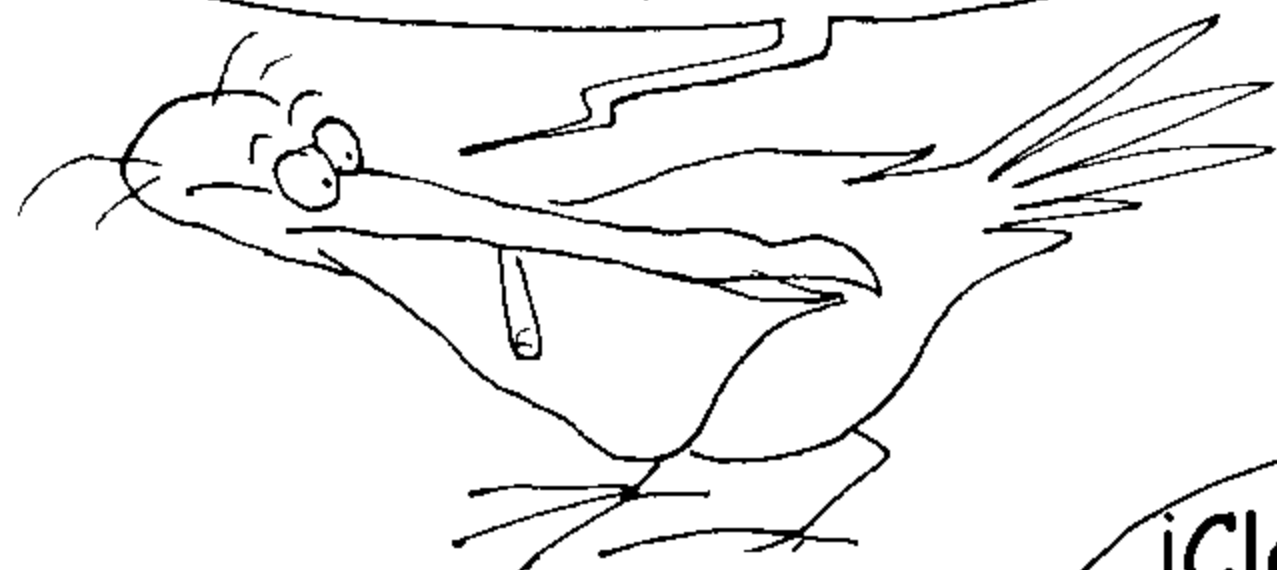


es el MISMO objeto, pero con una orientación inversa de las geodésicas



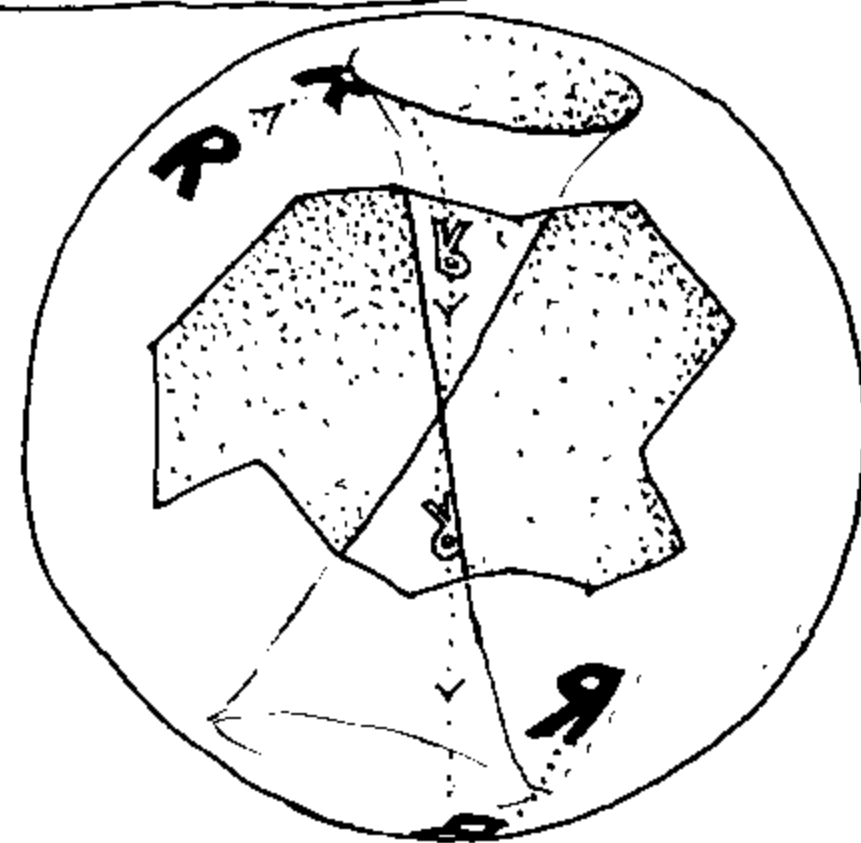
Pero, ¿qué hay DENTRO del agujero negro, más allá del HORIZONTE de SUCESOS? ...
¿¿Es que ...
no hay NADA?!?

El interior del agujero negro ¿sería la NADA en estado puro?...

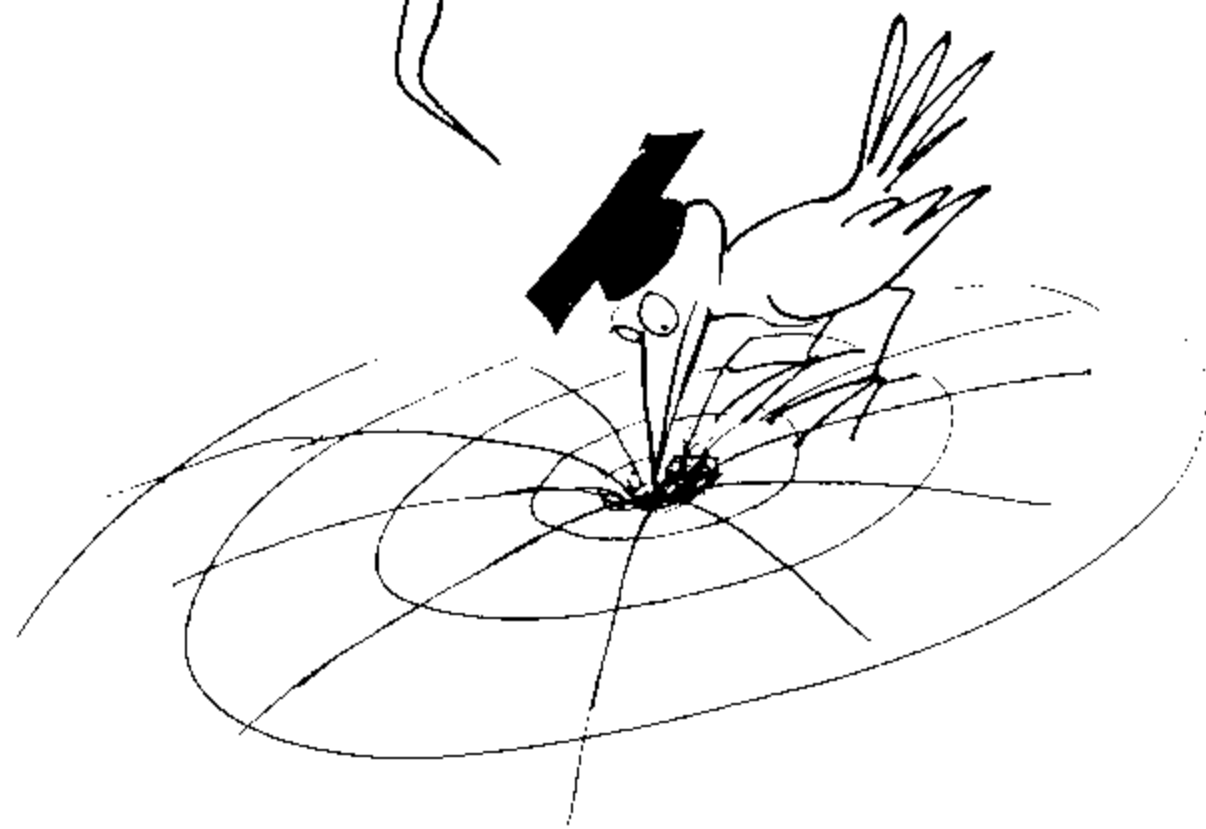


¡Claro que no! "el interior" del agujero negro sería sencillamente el exterior de la fuente blanca asociada

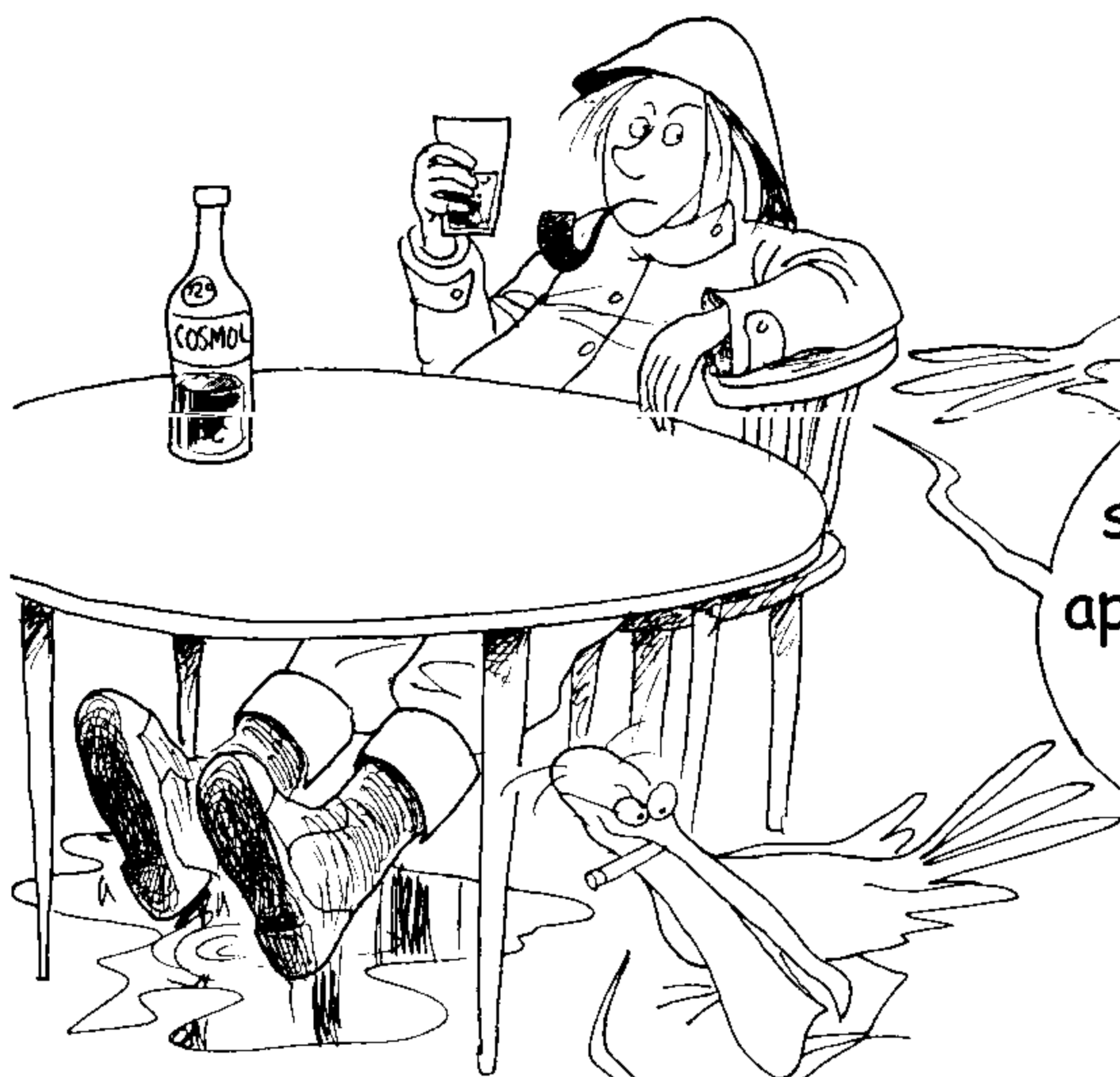
Hay que destacar que, en este modelo, la estructura AGUJERO NEGRO- FUENTE BLANCA le da a todas las hojas del Parque Cósmico el carácter de superficies inorientables, de una sola cara, "el paso" invierte los objetos. Por ejemplo: una **R** se transforma en **Я**.



Pero existen otras teorías. Algunos creen que los agujeros negros ponen en comunicación nuestro universo con un UNIVERSO GEMELO.



O incluso con un mundo donde todo sería la imagen especular de éste, también el tiempo



En resumidas cuentas, si hay audaces que se aproximen a un agujero negro, alguno volverá para contarlo.

En realidad, la concha de Tiresio puede que no sea más que un agujero negro!



¡Mamaaa!

León, ¡deja tranquilo a Tiresio!

Vamos, Tiresio, lo fundamental al fin y al cabo es el estar bien cada uno en su concha

¡Ya!

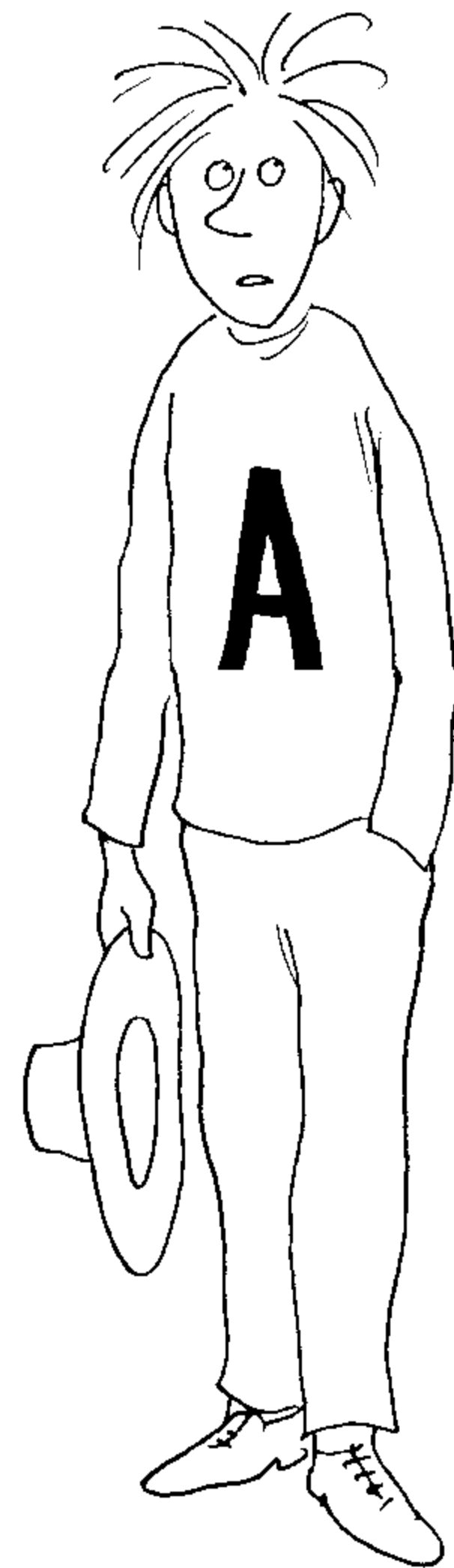


¡Ostras, el cosmol! tengo una resaca...



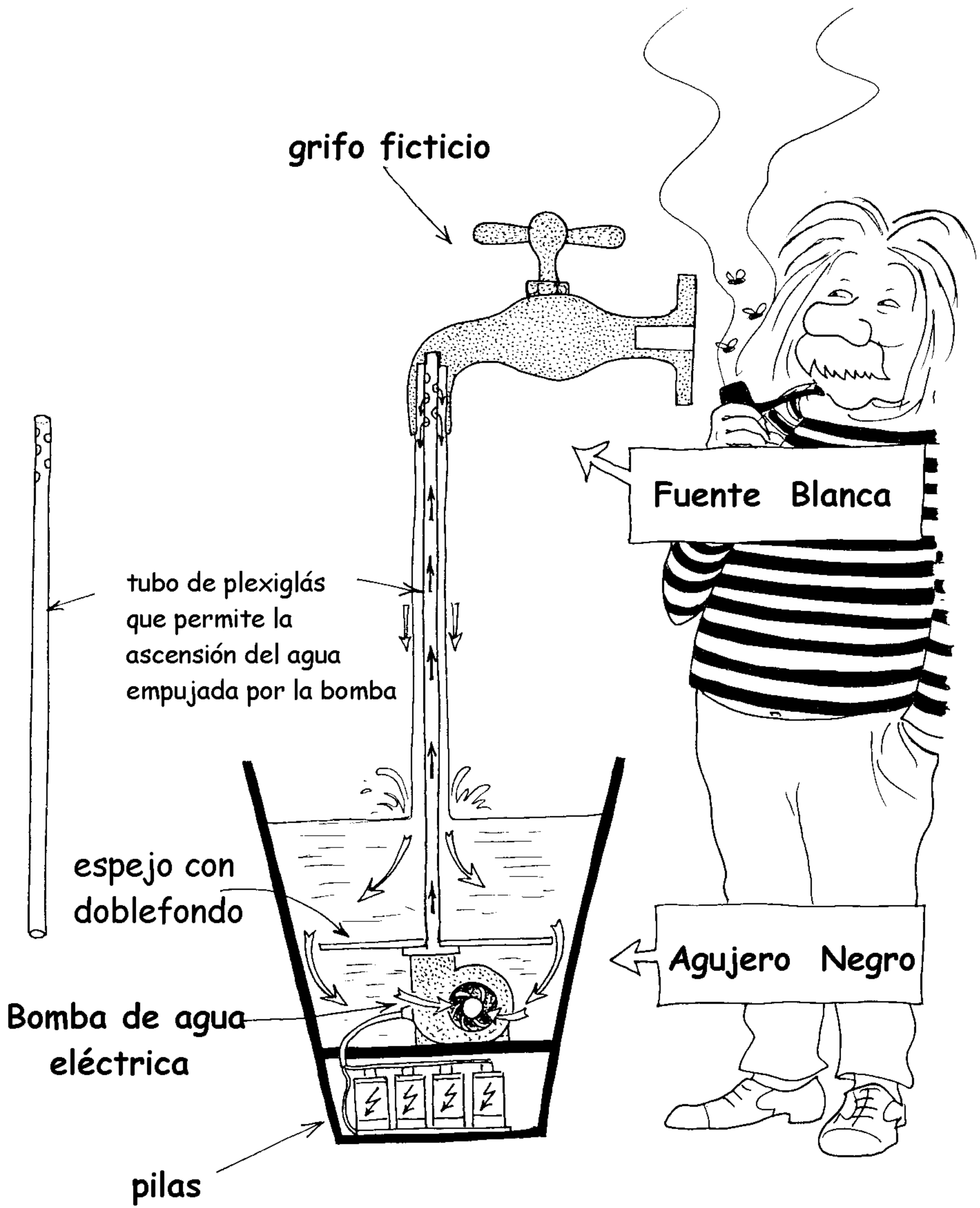
Veamos. ¡El vacío y la materia son semejantes! El espacio se puede cerrar sobre si mismo y entonces no se puede viajar más que en línea recta!

Si este universo es el
mejor de los universos posibles,
¿cómo son los demás?



FIN





el lector puede que encuentre extraño que el autor recupere este cómic dedicado, entre otras cosas, al modelo de AGUJERO NEGRO, ja que él muchas veces ha manifestado su escepticismo respecto a la existencia de dichos objetos.

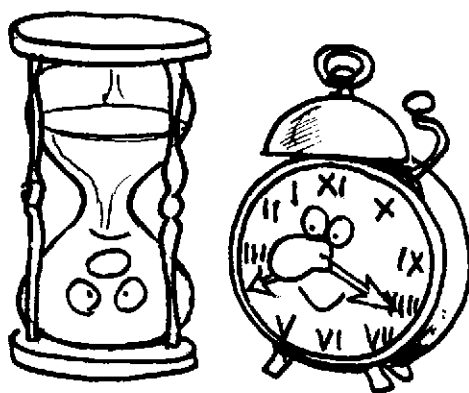


este modelo de agujero negro es solución de la ecuación de Einstein cuando ésta se refiere a una porción del universo donde no hay enegía, ni materia, ...
El modelo citado ino es más que una ficción matemática!

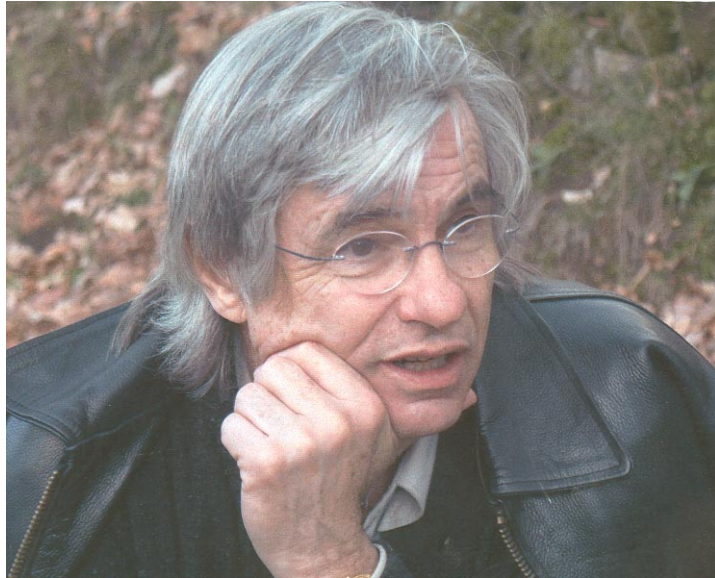
este álbum fue concebido a principios delo ochenta. En un futuro , el autor desarrollará otra idea, refiriéndose al destino final de los objetos desestabilizados (las estrellas de neutrones) su TRANSMISIÓN HIPERESPACIAL a un UNIVERSO GEMELO. A la espera de ese cómic, el presente álbum se puede considerar como una buena presentación de algunos detalles de la RELATIVIDAD GENERAL.

EL CRONOLOGICÓN

Jean-Pierre Petit



Traducción:
Juan Carlos Anduckia



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

Lanturly rima con locurly... ¡Sea! ¿Pero acaso no fueron Kepler,
Newton, Darwin y hasta el propio Einstein, unos locurlys?
¡Si la ciencia no avanzara más que por los caminos ya
recorridos, entonces no avanzaría nada!

Jean Claude Pecker

Lanturlu rime avec hurluberlu... Sört! Mais
Kepler, Newton, Darwin, et même Einstein n'étaient-ils
pas, eux aussi, un peu, des hurluberlus? Si la science
n'avancóit que sur les sentiers battus, elle n'avancerait
guère!

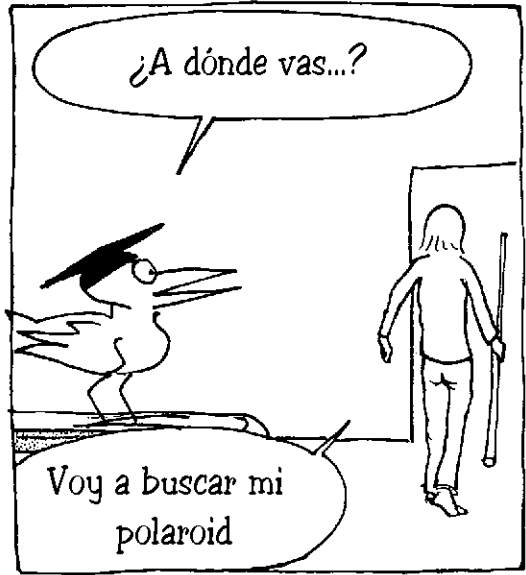
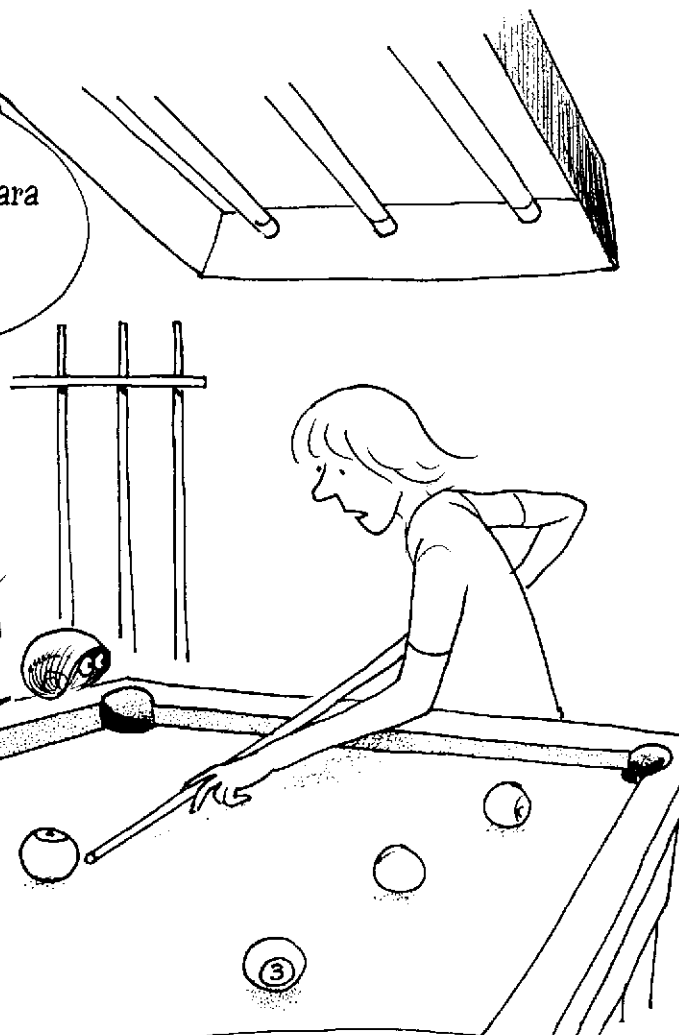
~~Ueli~~
Jean-Claude Pecker

PRÓLOGO



¿Anselmo, qué es para ti el TIEMPO?

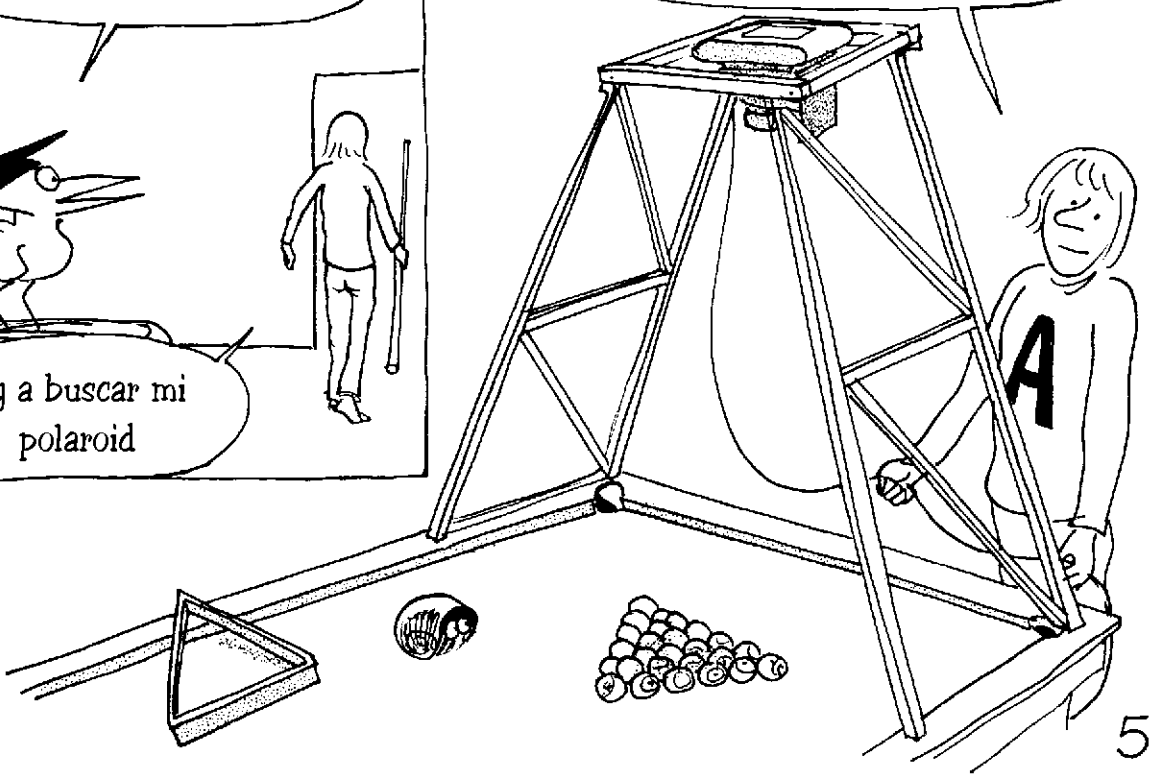
¿Cómo distinguir el PASADO del FUTURO?



¿A dónde vas...?

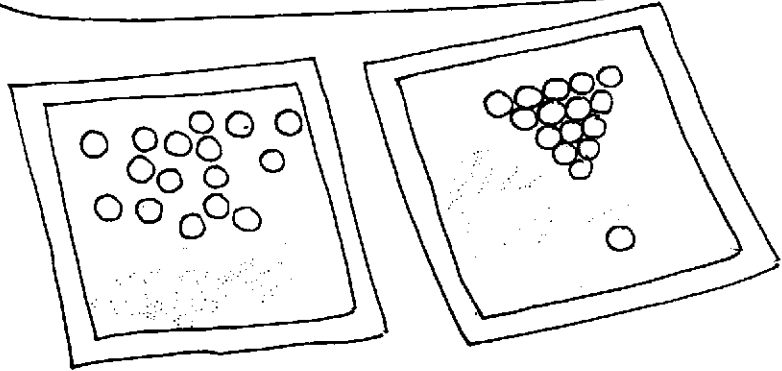
Voy a buscar mi polaroid

Bueno, estoy listo...

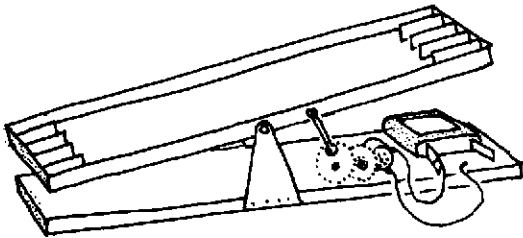


¡Sofía!

Observa estas dos instantáneas. La una es **POSTERIOR** a la otra. Sería bueno tener una forma de clasificarlas con relación al tiempo y determinar su **CRONOLOGÍA**

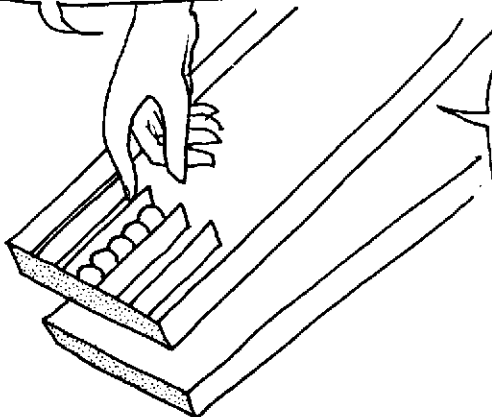


PROBABILIDAD



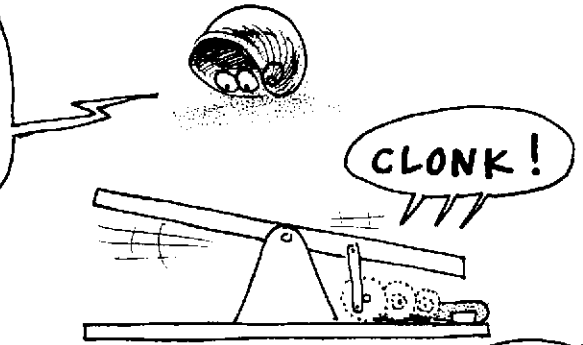
Es una buena idea. Aquí tienes una máquina que te va a permitir ilustrar todo eso más claramente

Consta de una tabla oscilante en torno a un eje, con casillas dispuestas simétricamente en los extremos

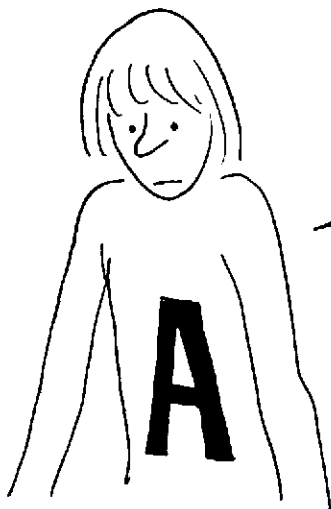
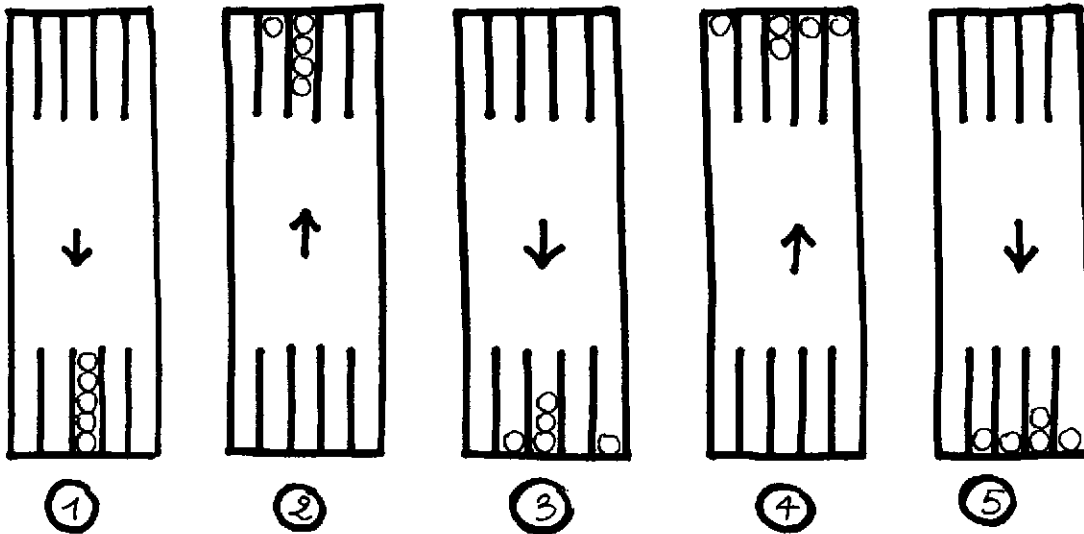


Antes de poner la máquina en marcha, coloco cinco bolas en una de las casillas, por ejemplo en la del centro

Ahí la tienes. La tabla, cuando el eje está bien horizontal, oscila suavemente, lo que provoca un movimiento de vaivén de las bolas de un extremo a otro



Observa: las pequeñas irregularidades de la máquina y la turbulencia del aire hacen que las bolas no permanezcan en su casilla inicial, sino que por el contrario tienden a migrar a las casillas adyacentes



Las bolas van y vienen, pero no parecen tener la menor intención de volver a las mismas casillas de partida

Al parecer, esa situación es demasiado **IMPROBABLE**



¿Qué quieres decir?

Piensa. Hay un chance entre cinco de que una bola se encuentre en una casilla dada, digamos la No. 2. E igualmente hay un chance entre cinco de que otra bola se encuentre allí. Por lo tanto hay un chance entre veinticinco de que dos bolas se encuentren en la misma casilla

Las **PROBABILIDADES** se multiplican y eso da $1/5 \times 1/5 = 1/25$

Así mismo, colocando tres bolas al azar, habrá ($1/5 \times 1/5 \times 1/5 = 1/125$) un chance en ciento veinticinco de encontrarlas en una determinada casilla

Esto aquí corresponde a un chance en $5 \times 5 \times 5 = 125$, y eso allá a un chance en $5^5 = 3125$, lo que da una probabilidad de $1/3125 = 0,00032$

Si se considera que todas las casillas son equivalentes, la probabilidad de encontrar las cinco bolas en una misma casilla será $P = 5 \times 0,00032 = 0,0016$

Si no se consideran diferencias entre las casillas, las probabilidades de cada una de las configuraciones son las siguientes:

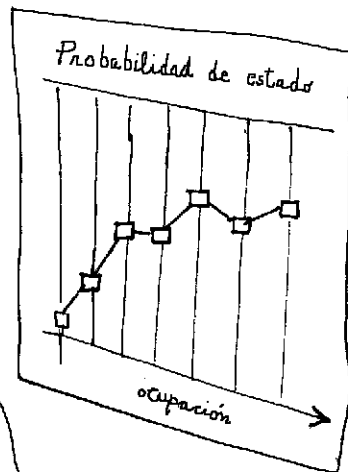
$$\begin{aligned} \circ \circ \circ \circ &\longrightarrow P = 0,0016 \\ \circ \circ \circ + \circ &\longrightarrow P = 0,032 \\ \circ + \circ + \circ + \circ + \circ &\longrightarrow P = 0,0384 \\ \circ \circ + \circ \circ &\longrightarrow P = 0,064 \\ \circ \circ + \circ + \circ &\longrightarrow P = 0,192 \\ \circ \circ + \circ \circ + \circ &\longrightarrow P = 0,288 \\ \circ \circ + \circ + \circ + \circ &\longrightarrow P = 0,384 \end{aligned}$$

Curioso: el caso en que hay una bola en cada casilla no es el más probable

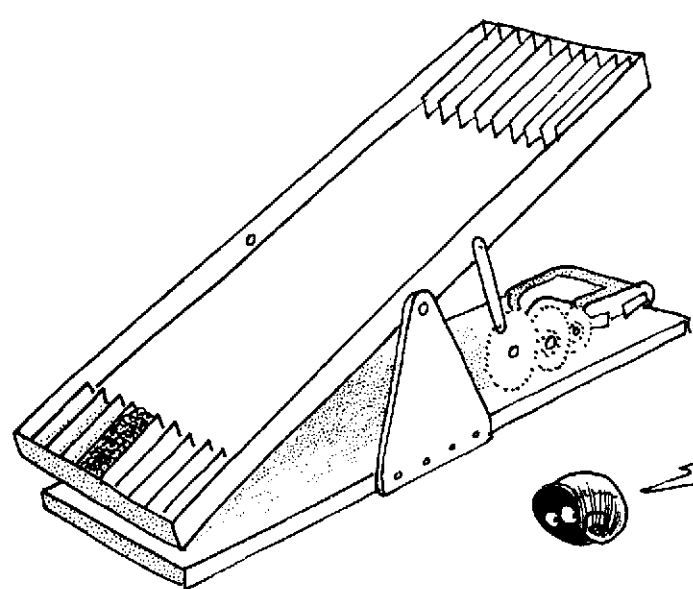
Grafiquemos las probabilidades de las sucesivas configuraciones de nuestro experimento

SEGUNDO PRINCIPIO

Está claro, Sofia. La probabilidad de estado aumenta rápidamente a medida que se suceden estados cada vez más probables



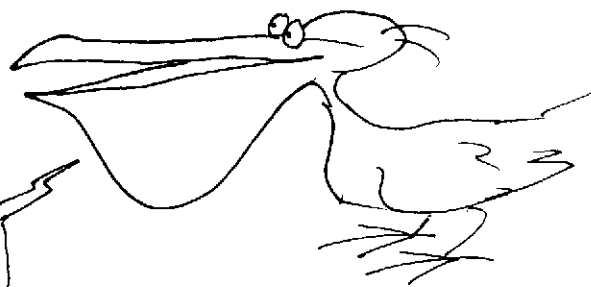
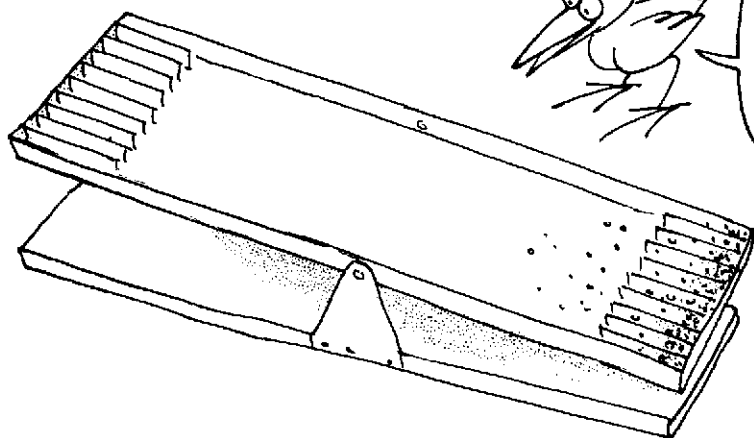
Ensayá con diez casillas y mil bolas



Anselmo ha usado balas de caza. La probabilidad de encontrar las mil balas en una misma casilla es $(1/10)^{1000} \times 10$, lo que da $P = 0,0000\dots0001$ (¡998 ceros!), un número extremadamente pequeño

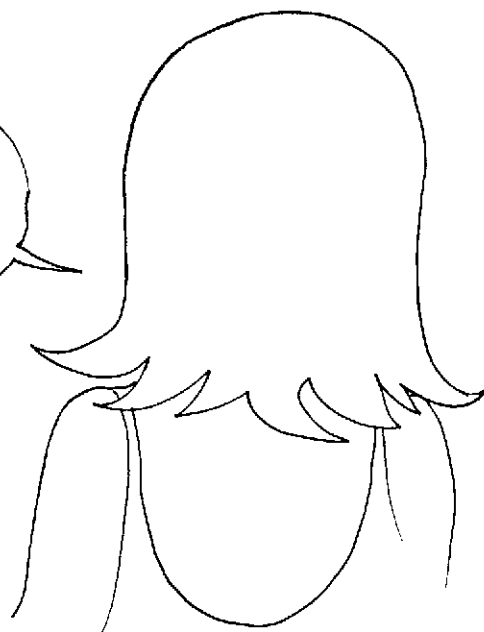


Cuando la máquina se pone en marcha, las bolas tienden a distribuirse en las diferentes casillas en cantidades prácticamente iguales



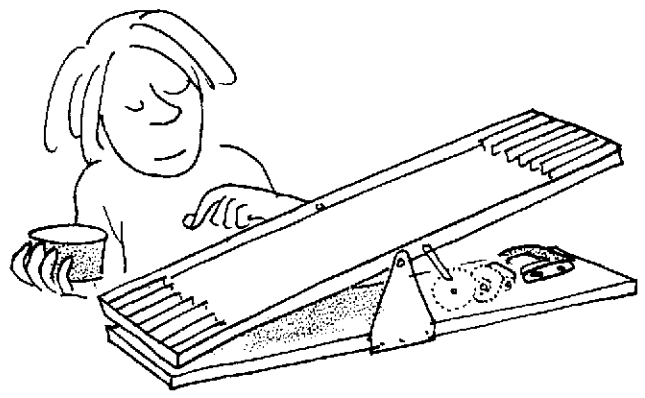
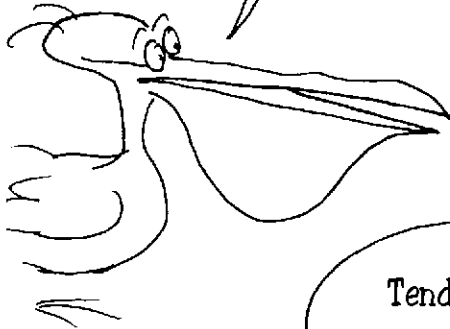
Todos los estados que se observan están entonces cerca de un estado promedio en el que todas las casillas contendrían el mismo número de bolas (*)

Esquematizamos este resultado bajo la forma del **SEGUNDO PRINCIPIO** diciendo que: **TODO SISTEMA AISLADO TIENDE HACIA SU ESTADO MÁS PROBABLE**



(*) Un sistema con una estabilidad estadística de este tipo se denomina **ERGÓDICO**

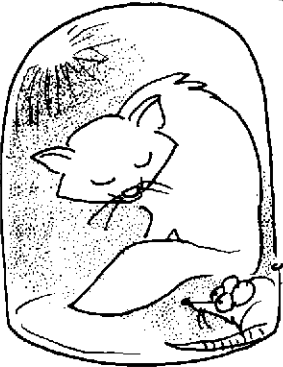
¿Y cómo es un sistema que no está aislado?



Tendrás uno en cuanto Anselmo termine de alinear las bolas

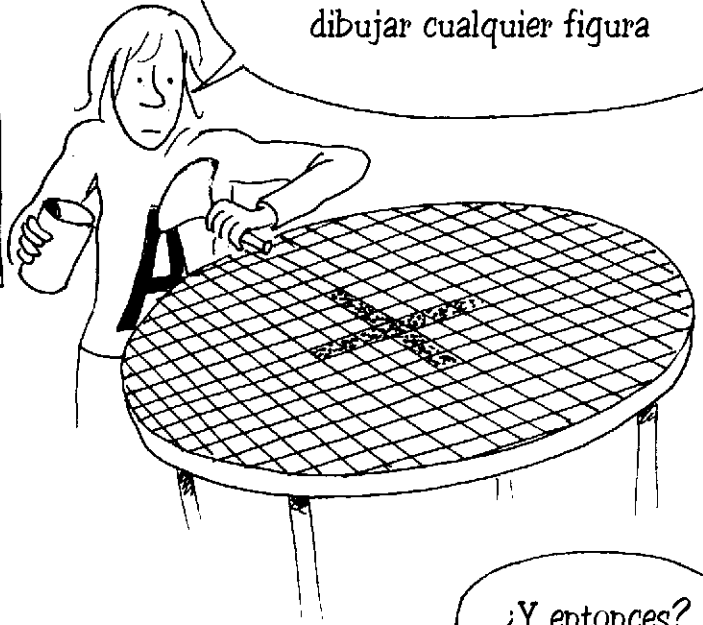


A menos que sea vegetariano

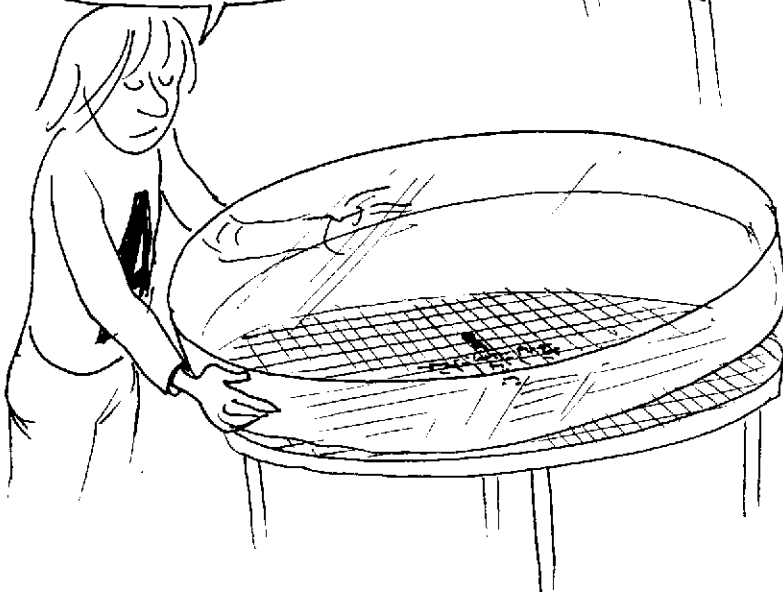


Sistema aislado:
tiende a converger a un
estado de máxima
probabilidad

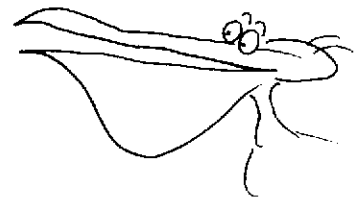
Mira, Sofia, he mejorado el sistema. Sobre la mesa he dispuesto tabletas y pequeños plomos con los que puedo dibujar cualquier figura



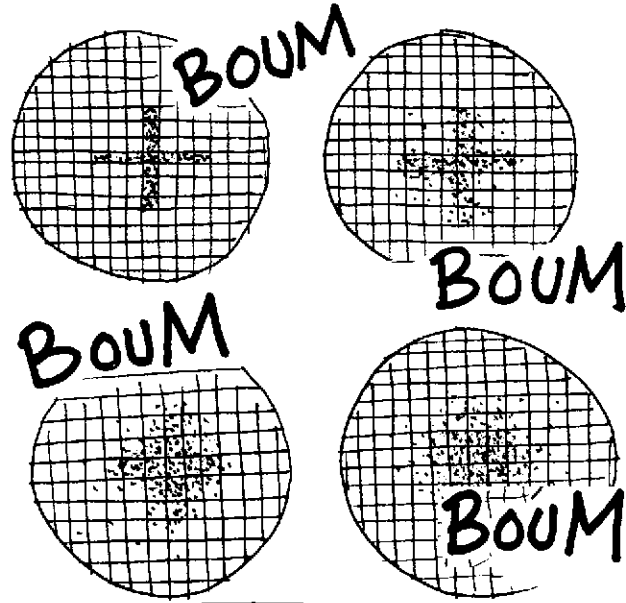
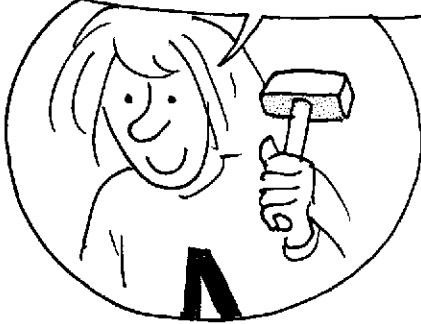
Ahora recubro todo con una cubierta transparente



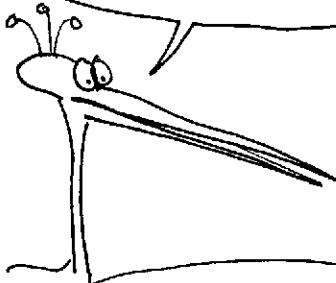
¿Y entonces?



Sólo me queda dar unos pequeños golpes de martillo por debajo

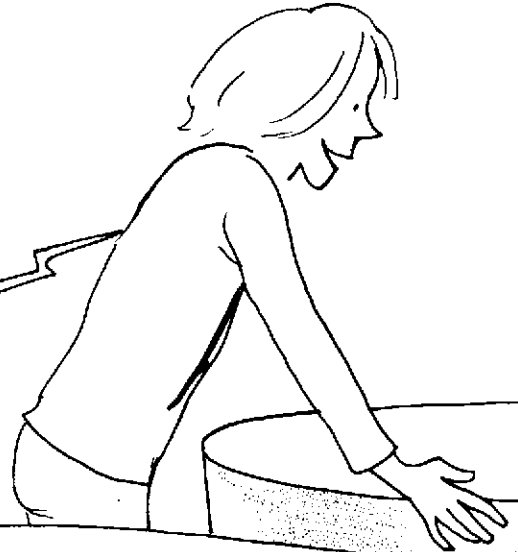


¿Qué están haciendo?
¿Acaso están tratando de matar a alguien?



Nada de eso. Anselmo está intentando hacer tender un sistema hacia su estado de máxima probabilidad

Está claro. El mensaje es cada vez menos y menos legible. La **INFORMACIÓN** se degrada progresivamente



En otras palabras, he encontrado una solución para poder clasificar **CRONOLÓGICAMENTE** dos estados de un sistema aislado: el que tenga **LA ESTRUCTURA MÁS ORDENADA** es el más viejo

inmoverse

Como puedes ver, Anselmo, la difusión natural destruye progresivamente el mensaje que escribimos en el cielo

¿Cómo vas?

¡Mareado!

Pero no podemos descartar a priori la posibilidad de que las moléculas del colorante puedan reagruparse ellas mismas y recomponer el mensaje

Como no podemos excluir del todo tampoco que un afortunado golpe de martillo pueda volver a formar la cruz que tenías al comienzo

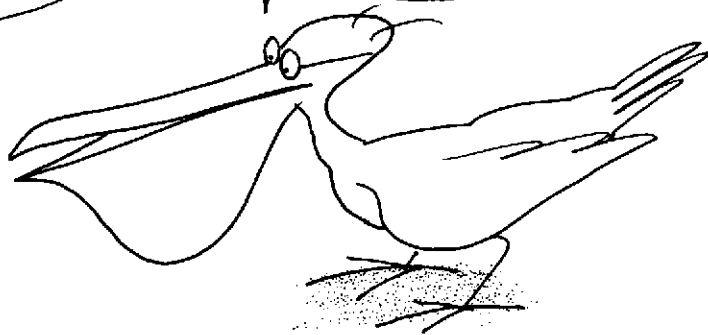
O que las moléculas de un colorante con la misma densidad que el agua puedan volver a formar la gota inicial

Sin embargo, como las probabilidades de estas eventualidades son ínfimas, las consideramos como despreciables

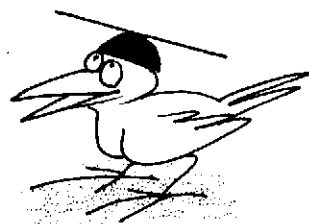
Pero entonces el universo corre irremediamente hacia el **CAOS**. Los helados de vainilla se derriten y las montañas se derrumban



Dicho en breve:
TODO SE VUELVE NADA



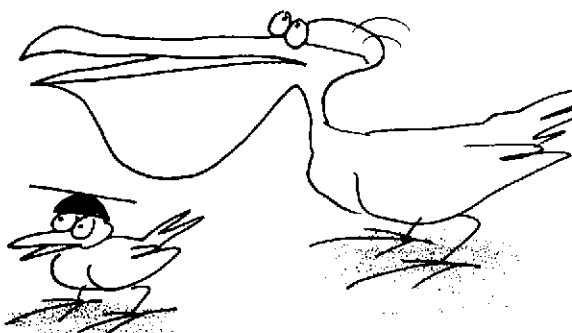
Por lo general vinculamos este fenómeno con el crecimiento irremediable de una cantidad llamada **ENTROPÍA**(*)



Todo eso suena positivamente descabellado. Voy a prepararme un poco de té...



Pero parece aportar la respuesta.
MIDIENDO la **ENTROPÍA** se pueden clasificar **CRONOLÓGICAMENTE** los estados de un sistema

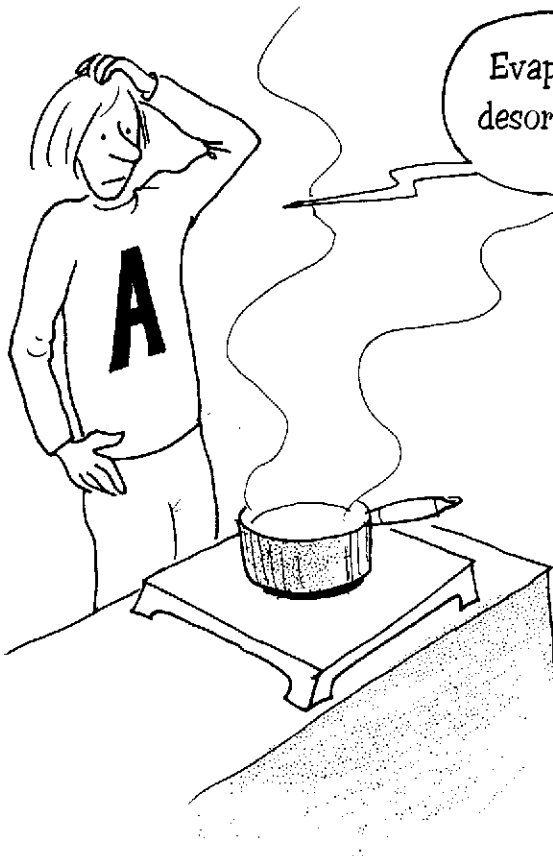


(*) Si **P** es la probabilidad de un estado, la entropía es:
 $S = -P \log P$, donde Log indica el logaritmo

CÉLULAS DISIPATIVAS



¡Vaya! Cuando caliento agua aparece allí donde anteriormente no había nada un sistema de turbulencia en una malla hexagonal, eso sí siempre que el calentamiento sea homogéneo

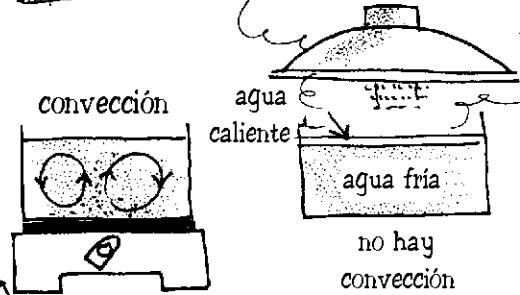
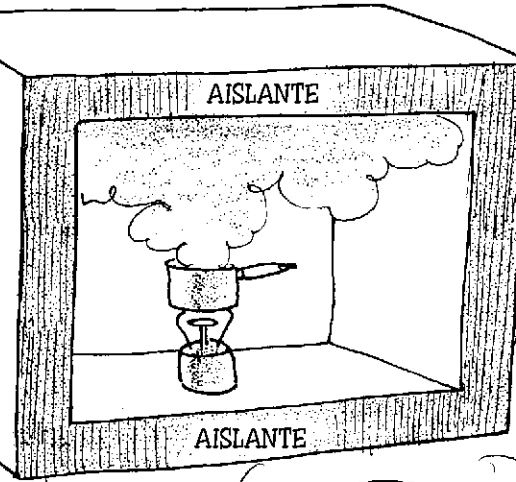


Evaporando esta agua creía estar creando desorden pero en cambio resulta que... ¡estoy creando orden!?!

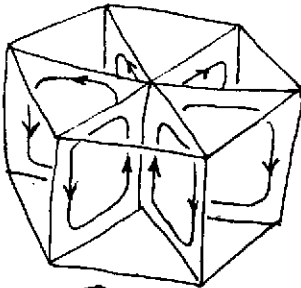
¿Significa eso que el agua hirviendo tiene el poder de hacer disminuir la entropía?



Significa simplemente que la noción de **ENTROPÍA** vale sólo para el **ENSAMBLE DEL SISTEMA AISLADO**, representado aquí por estufa-olla-agua-atmósfera



Por otro lado, es del todo posible hacer evaporar toda esa agua sin torbellinos, sin movimientos convectivos, calentándola por radiación, por encima, con la ayuda de un simple radiador parabólico

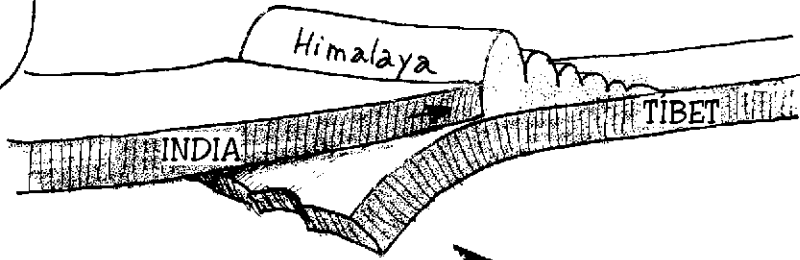


El retorno hacia lo **AMORFO** no es lo que caracteriza el crecimiento de la entropía de un sistema. Las **CÉLULAS DISIPATIVAS**, cuando aparecen, tienen como efecto acelerar la evaporación y el crecimiento entrópico global



Las montañas se derrumban por sí mismas, pero el agua transportada por las nubes acelera su erosión

Pero... ¿acaso no existen en la Tierra montañas en formación, como el HIMALAYA?



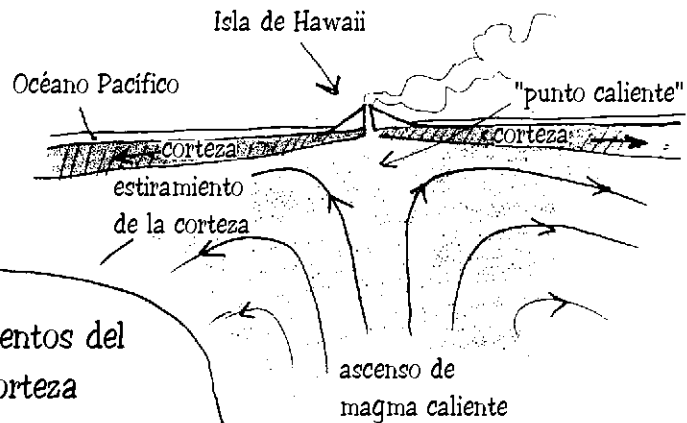
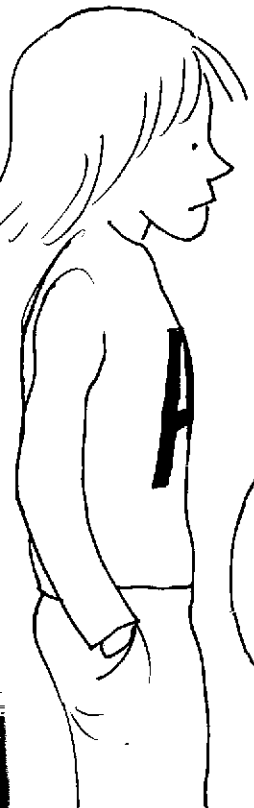
En efecto, decimos que la "placa hindú", chocando con el TÍBET, ha creado el relieve



Todo eso no es más que el resultado de corrientes convectivas que animan el **MAGMA** y que le ayudan a evacuar su calor central, calor que se mantiene debido a la desintegración del Uranio 235 primitivo



¿Quieres decir que hay celdas convectivas en el magma?



Así es, y dichos movimientos del magma empujan la corteza terrestre, la cual se fractura creando, por ejemplo, vulcanismo como el de las islas de Hawaii

Hmm, pues sí, cuando uno se corta y retira las costras, jamás llega a cicatrizar...

Vivimos en la cima de una marmita de tres dimensiones llamada Tierra

¡¿Cómo?!

Oye... todo eso es muy bonito, ¿pero quién fabricó el uranio?

Una estrella, antes de su explosivo fin, a medida que se transforma en SUPERNOVA (*)

ESTRELLA

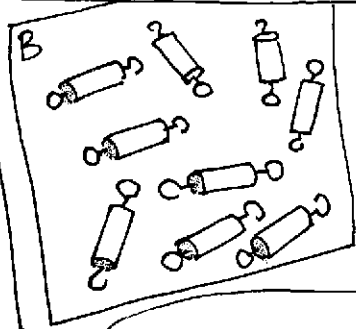
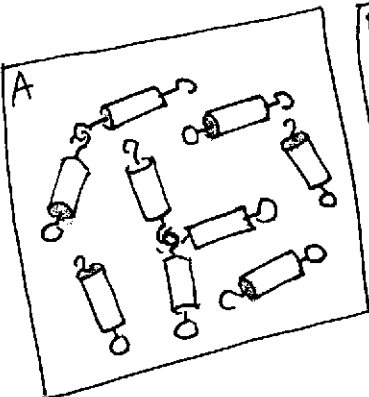
CALDERA CENTRAL

Las estrellas también son fuente de poderosas corrientes convectivas que transportan hacia la periferia el calor creado en el centro por la fusión del hidrógeno

La olla, la Tierra y la estrella solar funcionan ayudadas por una red de CELDAS DISIPATIVAS

MORFOGÉNESIS

Anselmo, estos objetos estaban en una caja que sacudimos. ¿Podrías clasificar cronológicamente estas dos fotografías de su contenido?



Supongo que están en orden así como están. Al sacudirlas, han debido disociarse las estructuras de dos y tres elementos...

¿Qué estás haciendo?

Al parecer, aún no estoy seguro. Entonces la única solución es regresar a los experimentos

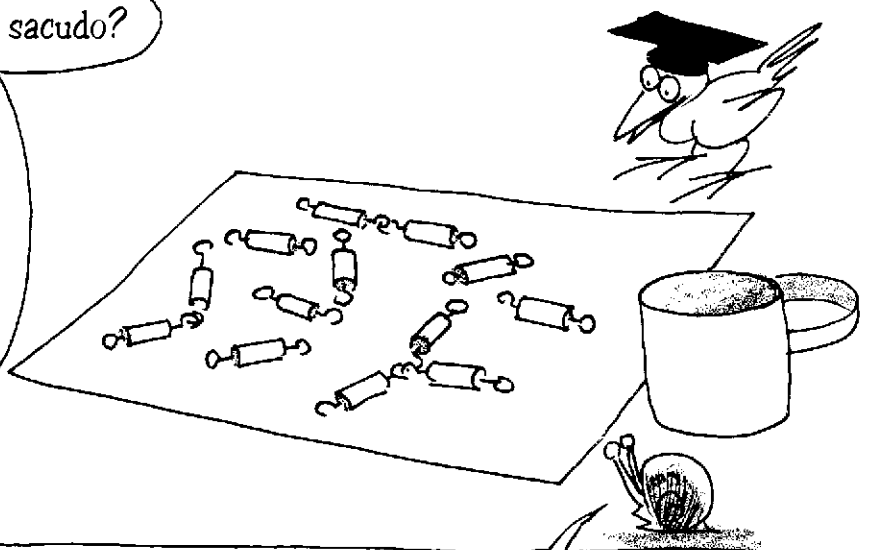


MATERIAL :

vara de madera
3cm
1cm

por lo menos
20 elementos

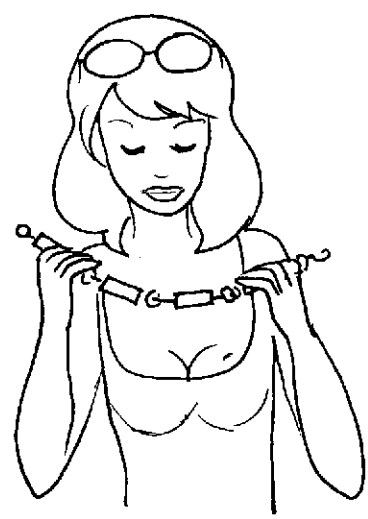
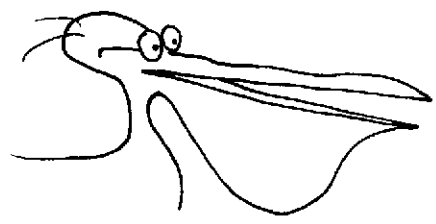
The material list includes a hand saw, a wooden rod with dimensions 3cm in length and 1cm in diameter, and a hook-and-cylinder assembly. The text indicates that at least 20 of these elements are needed.



¡Vaya! ¡Anselmo ha hecho bien en repetir los ensayos, pues cada vez aparecen ensambles nuevos de 2 y 3 elementos!



Parece entonces bastante improbable que puedas llegar a sintetizar este "polimero mecánico"

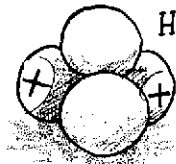


Ya sabes, la Naturaleza está hecha de tal forma que siempre que algo, en un instante determinado, sea **ALTAMENTE PROBABLE**, se producirá irremediablemente

Supongo que al revés también, si algo es muy improbable entonces no se producirá

Y cuando algo tiene un chance extremadamente pequeño de producirse durante toda la duración de la vida del Universo, entonces se lo considera **IMPOSIBLE**. Ja...

La formación de helio durante el **BIG BANG** era extremadamente probable. ¡Por eso el universo actual contiene tanto!

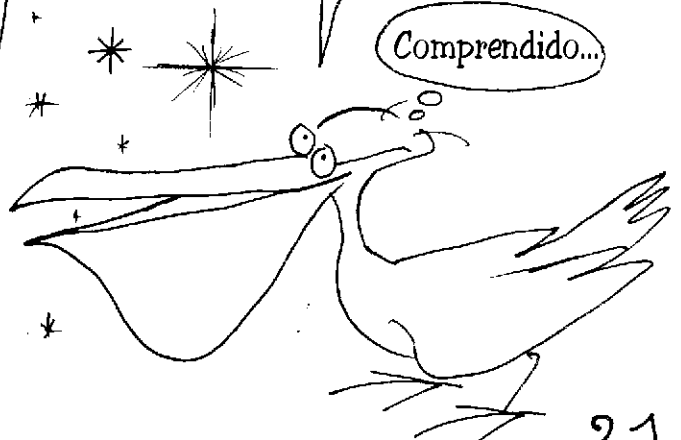


Helio

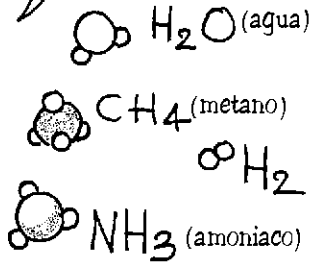
En cambio, a causa de la dilución extrema del medio galáctico se ha calculado que el Sol tiene un chance de uno en diez millones de toparse con otra estrella en el transcurso de los siguientes diez mil millones de años por venir

Así que consideramos ese **EVENTO** como una **IMPOSIBILIDAD**

Comprendido...

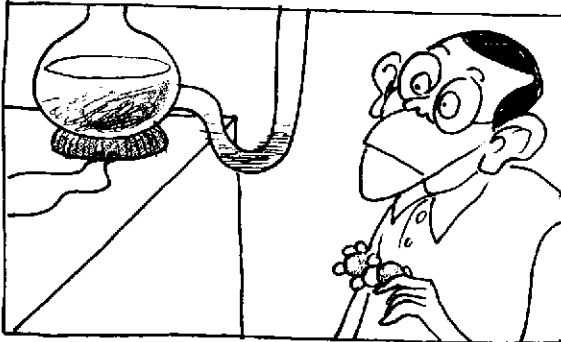


El vapor de agua, el metano, el amoníaco y el hidrógeno son algunas de las moléculas más simples, muy simétricas, comparables a tus mecanismos de hace un momento

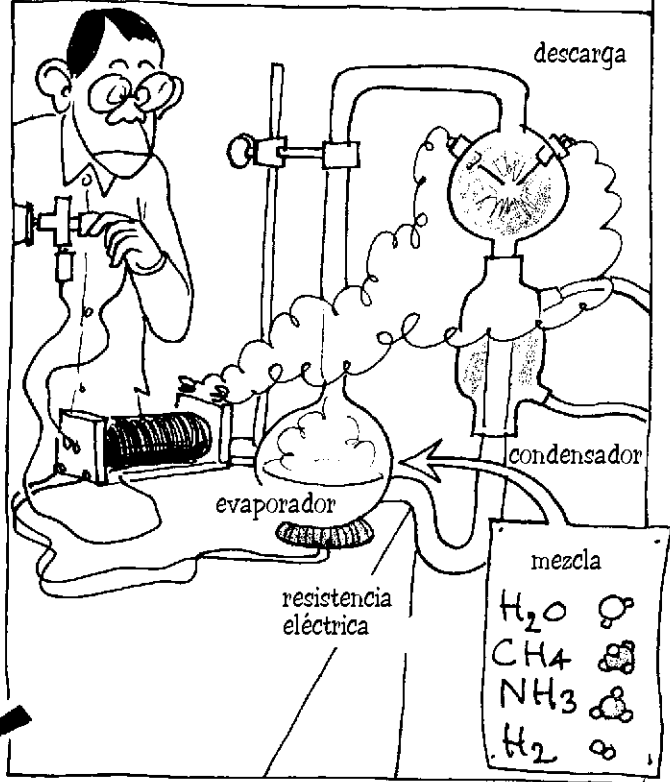


estas sustancias estaban presentes en la atmósfera primitiva de nuestro planeta

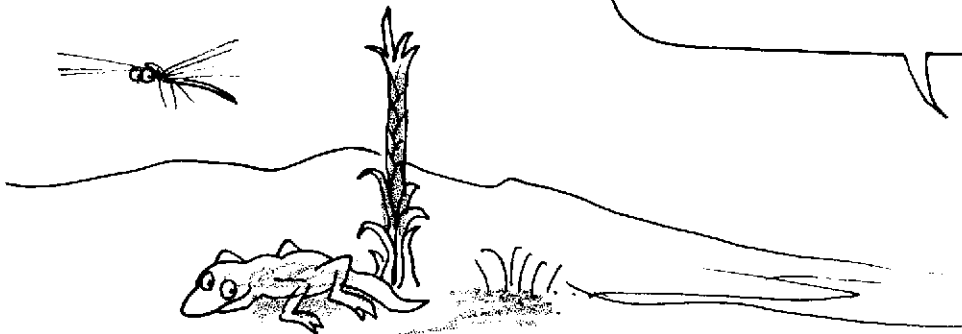
Al cabo de una semana la mezcla incolora se tornó anaranjada debido a la presencia de aminoácidos, moléculas conformadas por una quincena de átomos



En 1950 Miller, un joven estudiante, tuvo la idea de introducir estos elementos en un alambique y de "sacudirlos" usando una sencilla descarga eléctrica

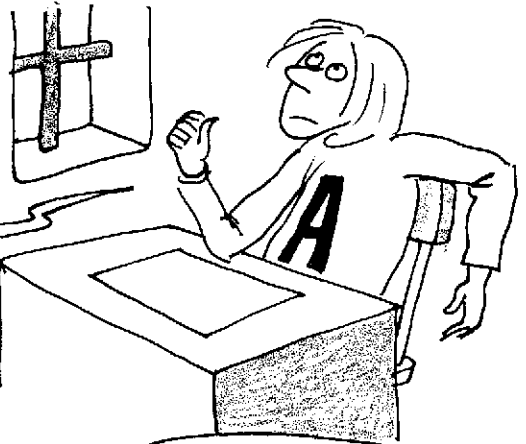


Dichas moléculas son a su vez los elementos constitutivos de las **PROTEÍNAS**, por lo que comienza uno a hacerse a la idea de que la **VIDA** debe ser un fenómeno no solamente probable sino en sí mismo **INEVITABLE** en un planeta como la Tierra

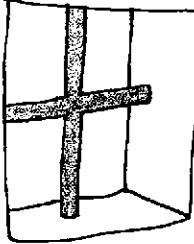


¿NEGUENTROPÍA?

Bien, recapitulemos. Hay sistemas que simplemente tienden hacia el **DESORDEN**. Hay algunos que secretan **ESTRUCTURAS DISIPATIVAS** pero que, a fin de cuentas, llegan al mismo resultado



Pero además hay sistemas que tienden hacia el **ORDEN** y que hacen disminuir la entropía. Es decir, son **NEGUENTRÓPICOS...**



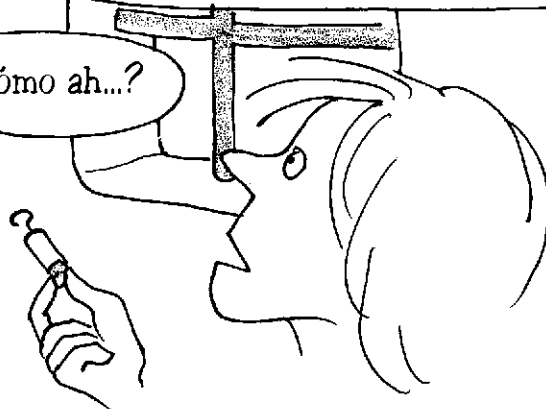
... Como este juego, el juego de la **VIDA**



SNAP!

¡Cómo tú digas! ¿Pero cómo has hecho para producir la energía gracias a la cual sacudiste la caja, o calentaste el alambique que provocó las síntesis moleculares?

¿Cómo ah...?



Ha sido necesario quemar petróleo, dejar descender el agua a lo largo de una tubería o "tostar" algunas moléculas de azúcar...



¿Y la VIDA, crees tú que es gratuita? ¿Qué es lo que hace brotar los árboles y madurar las manzanas?



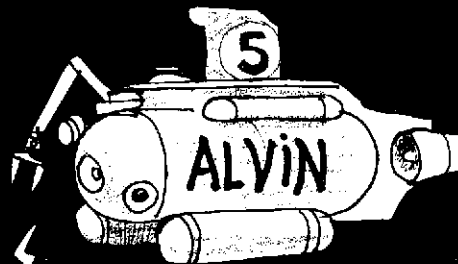
El Sol es el que suministra la energía. Es él el **MOTOR DE LA VIDA**



¡Muy bien, Tiresias!

Pero el sol no es siempre la fuente de energía del mundo viviente

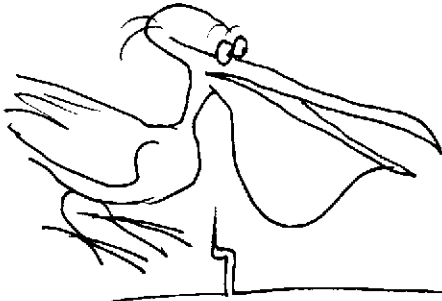
Es cierto. Si se considera el **ENSAMBLE DEL SISTEMA**, es decir la **BIÓSFERA**, más su soporte, el **BIOTOPO**, más la fuente de energía, el Sol, entonces la entropía global del sistema crece



En las fosas oceánicas, la vida funciona gracias a la energía de las fuentes submarinas de agua cálida

¿Y qué con eso? (*)

Fíjate, ¿no será la VIDA más que una célula disipativa de más?



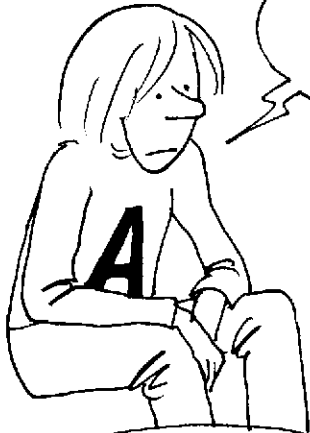
Bueno, al fin y al cabo la finalidad de todo lo viviente no es otra que la de disipar la energía

Si quieres que te diga la verdad, no hay aún una respuesta clara a esa cuestión



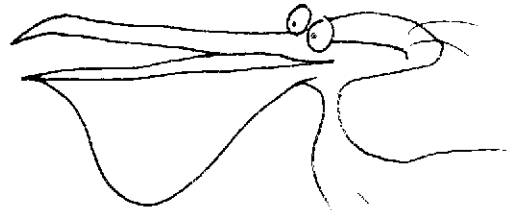
ENTROPÍA

Entropía, tiempo, probabilidad, todo eso me da vueltas en la cabeza



Podría ser que retornando a los orígenes del universo, CUANDO TODO COMENZÓ...

TODO eso no tiene NINGÚN SENTIDO



(*) Lo leerán en el "Biologicon", volumen de esta misma serie

¡La vida, los planetas, las estrellas, todo eso es demasiado complicado! ¿No habrá existido en el pasado una época en que el universo era más fácil de comprender?



Pues consultemos la historia del universo tal cual ha sido escrita por los humanos

Veamos... $t =$ cien millones de años. Eso corresponde al nacimiento de las galaxias. No, demasiado complicado todavía...



Ensayemos $t = 100.000$ años

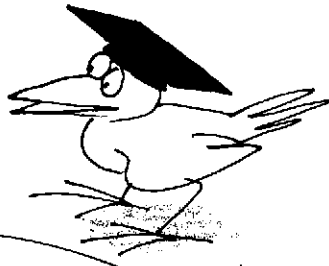


¡Vaya! ¡En esta época el universo era perfectamente homogéneo! (*)

(*) Ver "Mille milliards de soleils", en esta misma serie

¿Cómo puede evolucionar un universo perfectamente homogéneo, si en él no pasa **NADA**?

Las poblaciones homogéneas no tienen historia



¿Cómo puede transcurrir el tiempo dado que no existe la menor tendencia al desorden en ninguna parte, visto que el desorden es **MÁXIMO**?

Espera un momento, si pasa algo pues el universo se está **ENFRIANDO**

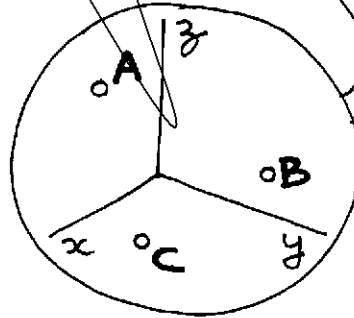
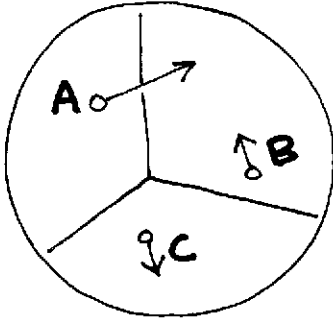


Para describir totalmente un sistema de partículas en un instante dado, se requieren los datos de sus posiciones así como los de sus velocidades

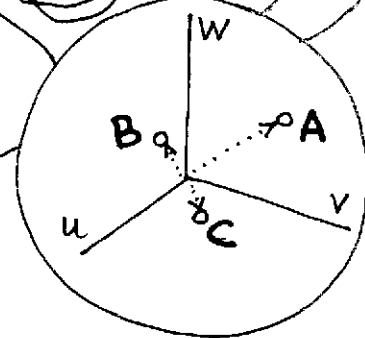
Sí, la **VELOCIDAD** también es una **INFORMACIÓN**



En lugar de usar las flechas, se pueden representar las partículas en dos espacios de 3 dimensiones: el **ESPACIO DE POSICIONES** y el **ESPACIO DE VELOCIDADES**



POSICIÓN

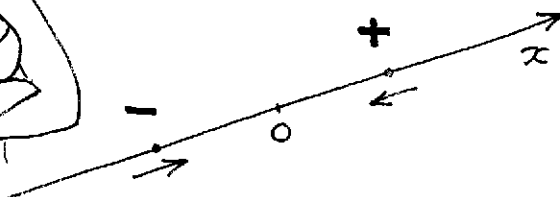


VELOCIDAD

Esta descripción completa, con la ayuda de las seis coordenadas, puede asociarse con un espacio de seis dimensiones llamado **ESPACIO DE FASES**



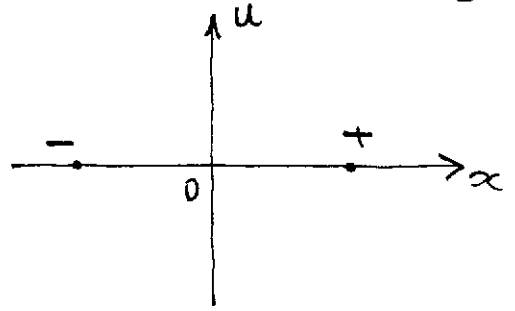
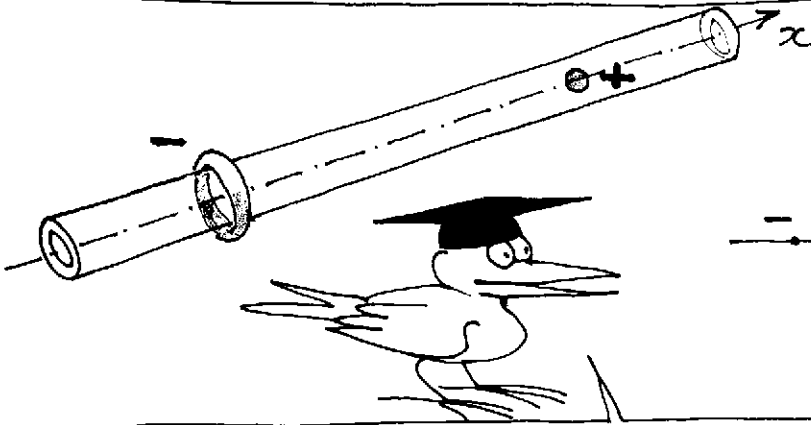
Simplifiquemos la situación al extremo. Consideremos un universo con una sola dimensión espacial (una línea recta) en la que objetos puntuales representan cargas eléctricas de cargas opuestas que se atraen mutuamente



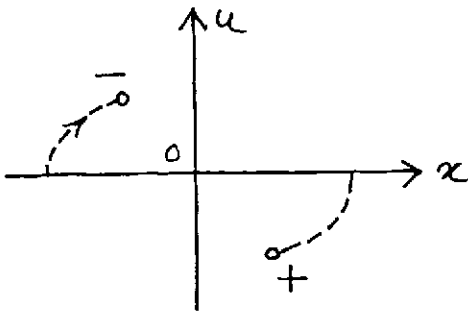
¿Pero cómo van a hacer para poderse cruzar?



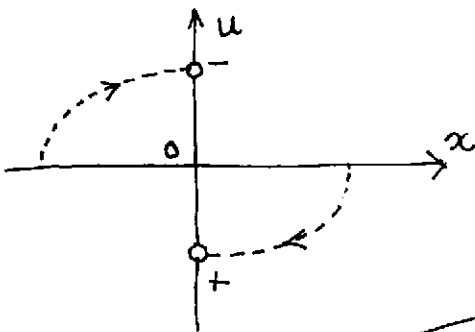
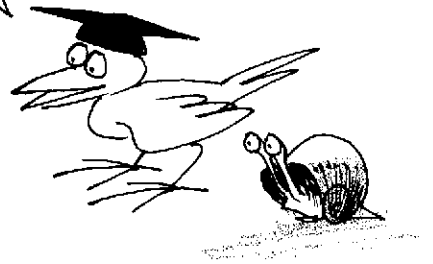
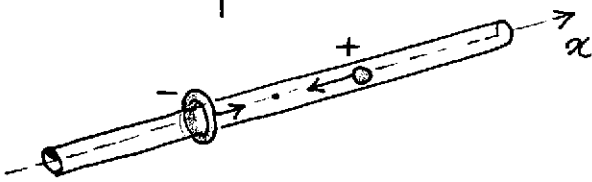
¡Cierto! No tenemos más que cargar positivamente una pequeña bolita de corriente en un tubo y negativamente un anillo, para el cual el tubo servirá de guía



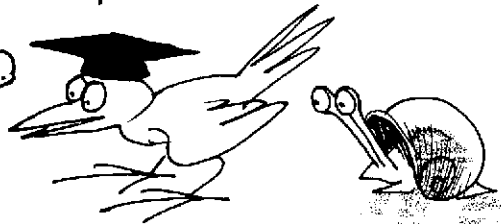
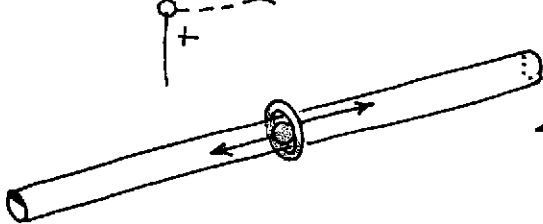
Si representamos este sistema en un ESPACIO DE FASES (x,u) , donde x es la coordenada de POSICIÓN y u la coordenada de VELOCIDAD, si inicialmente las partículas tienen velocidad cero, obtenemos el esquema siguiente

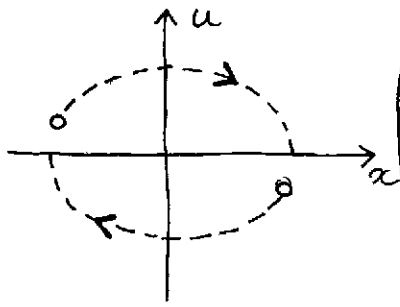


La atracción entre las partículas hace que empiecen a dirigirse la una hacia la otra

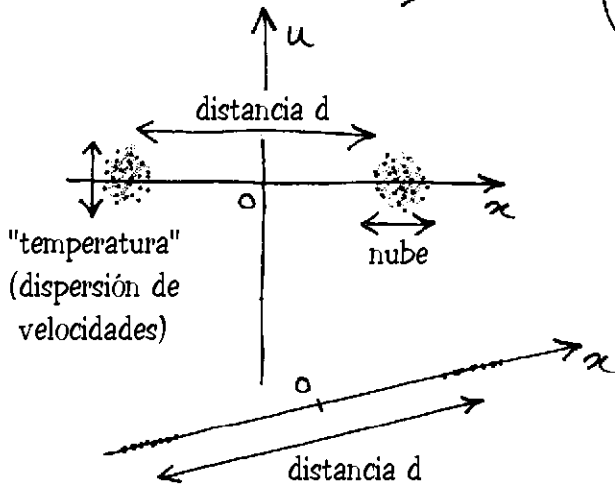


Aquí vemos cómo se cruzan a máxima velocidad



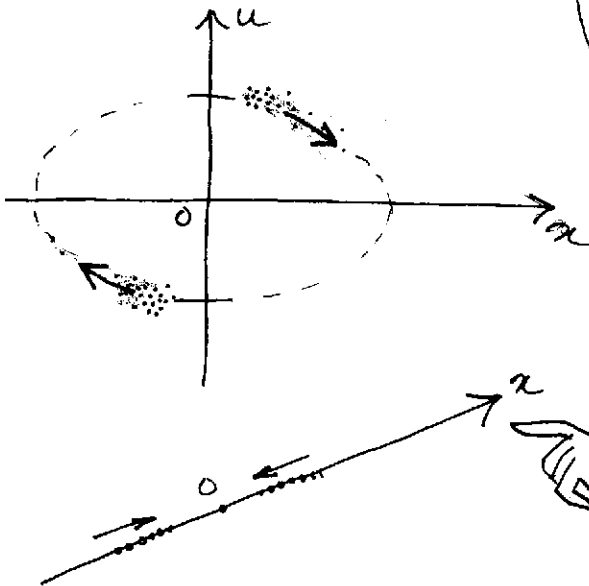


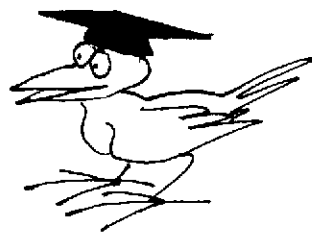
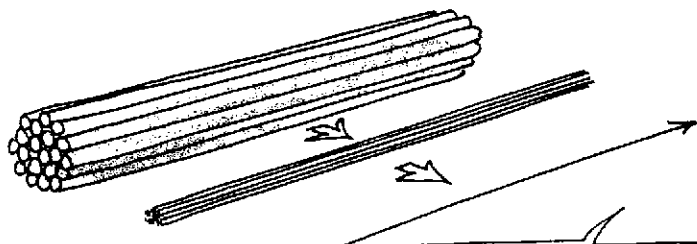
Este movimiento de viene y va, de oscilación de las cargas en torno a su centro de gravedad común, producirá en el espacio de fases trayectorias de tipo elíptico



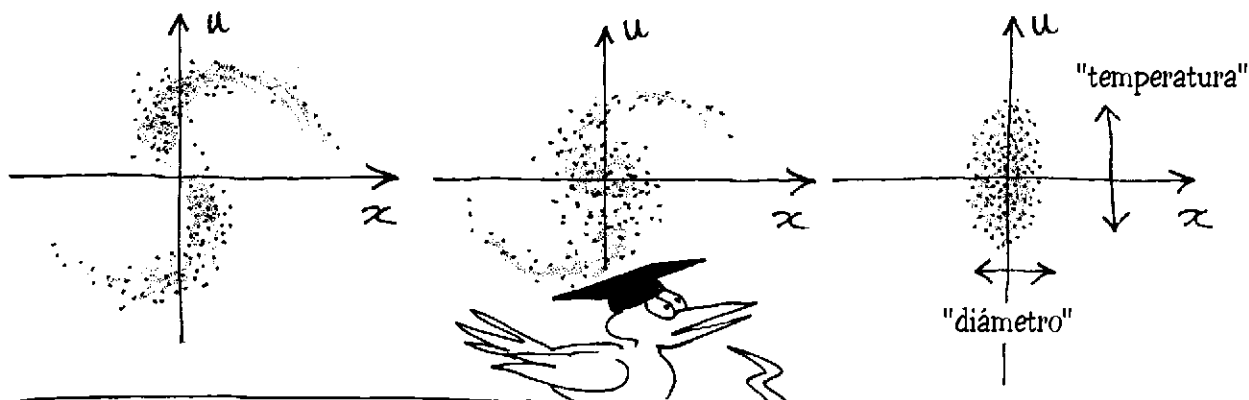
La figura muestra dos ensambles de partículas situadas a una cierta distancia, y con velocidad global cero (todas ellas cerca del eje x), pero con ciertas velocidades aleatorias de **AGITACIÓN TÉRMICA**

Dichos ensambles se van a dirigir el uno hacia el otro bajo el efecto de su atracción mutua



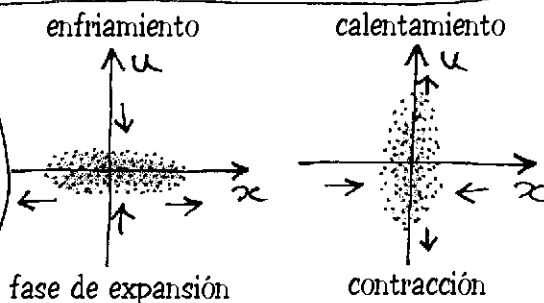


Técnicamente, podríamos permitir que las partículas se cruzaran sin chocar canalizándolas por tubos muy delgados



Las dos nubes se amalgaman en una nube única. La **ENERGÍA CINÉTICA** adquirida se distribuye aleatoriamente y el resultado es un "calentamiento", un despliegue en la dimensión de velocidad u . En conjunto, la superficie ocupada por todas las partículas habrá aumentado. Dicha superficie representa la **ENTROPÍA** del sistema

El sistema va a oscilar, siendo su movimiento de **EXPANSIÓN** sinónimo de una disminución de la velocidad (de agitación térmica), de la **TEMPERATURA**. Un proceso inverso se da en la **contracción**



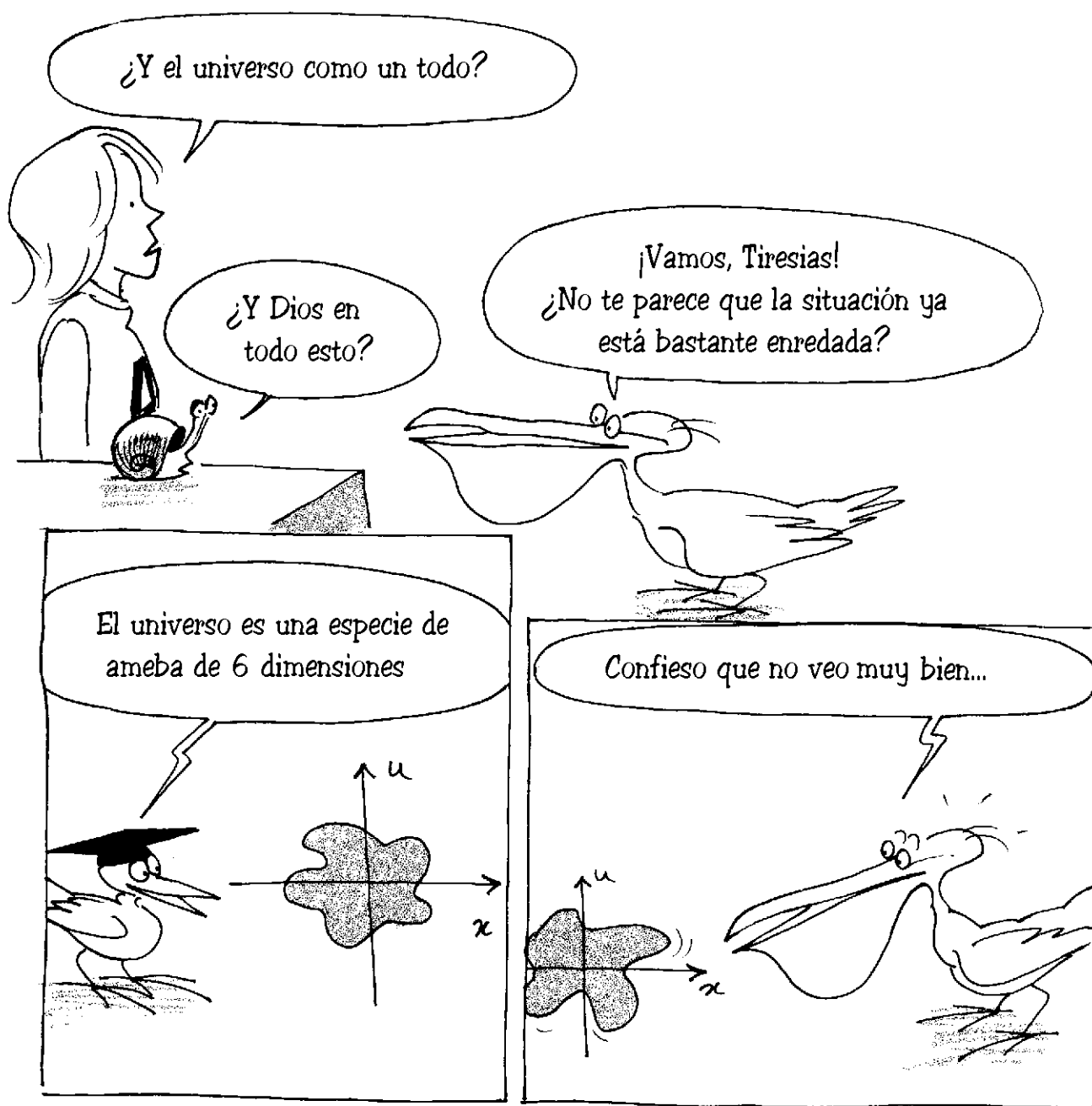
Como una pompa de jabón en dos dimensiones



Pero entonces las oscilaciones de esta extraña ameba, habitante del **ESPACIO DE FASES**, se realizan a área constante, a **ENTROPÍA CONSTANTE**(*)

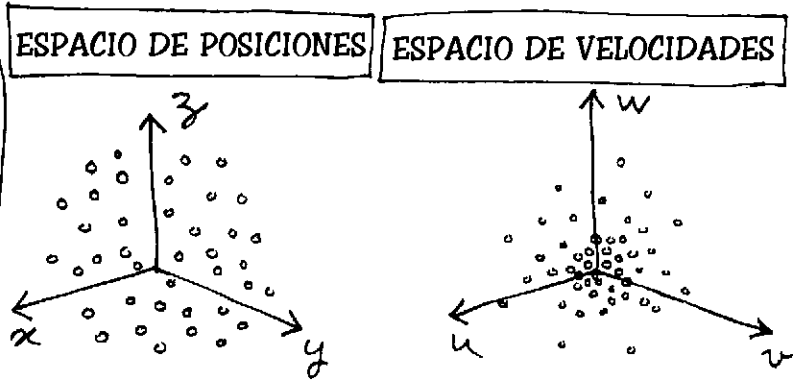
(*) En el ejemplo escogido las partículas no se reencuentran

PRIMERA PARADOJA COSMOLÓGICA

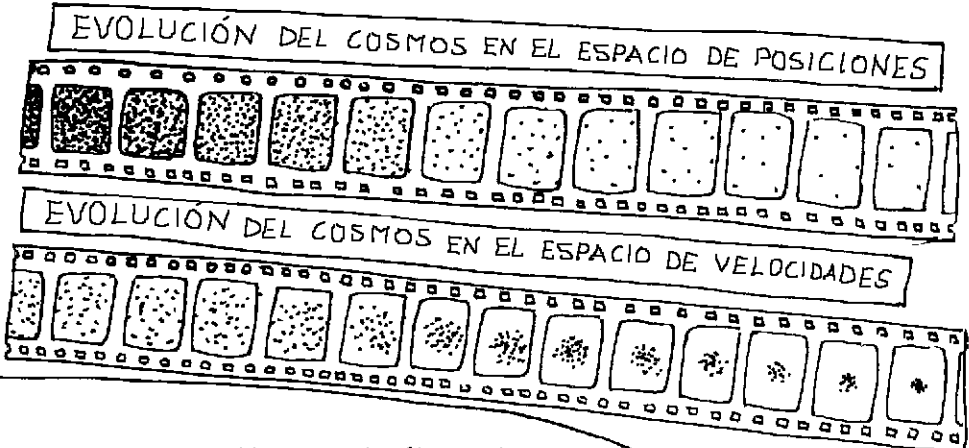


(*) Ver "LE GÉOMÉTRICON", en esta misma serie

Para representar este **ESPACIO DE FASES** en 6 dimensiones (3 para la posición y 3 para la velocidad), basta con "partirlo" en dos representaciones tridimensionales



En el **ESPACIO DE POSICIONES** el Universo se diluye y esta dispersión es sinónimo de **DESORDEN**. A la inversa, las velocidades de agitación disminuirán. En esta representación, en el **ESPACIO DE VELOCIDADES** el Universo, por el contrario, se contrae, lo que se traduce en una tendencia al **ORDEN**



Globalmente, en esta representación en seis dimensiones la **ESTRUCTURA DE ORDEN** del universo permanece invariante. La **ENTROPIA**, que es el logaritmo del **HIPERVOLUMEN**, es decir el producto del volumen en el espacio de posiciones por el volumen en el espacio de velocidades, no varía (*)



¡En otras palabras, en esta representación en 6 dimensiones el cosmos resulta ser un fluido incompresible!

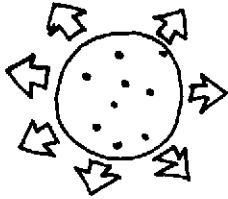


(*) Es el teorema de **LIUVILLE**, matemático francés (1802-1882)

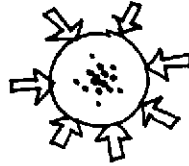


O también podemos decir que se dilata por el lado de las **POSICIONES**, mientras que enmagrece por el lado de las **VELOCIDADES**

ESPACIO DE POSICIONES



ESPACIO DE VELOCIDADES



Pero, según vimos, como el **SEGUNDO PRINCIPIO** dice también que **LA ENTROPÍA CRECE CON EL TIEMPO**, ¿cómo puede haber entonces una **EVOLUCIÓN DEL COSMOS A ENTROPÍA CONSTANTE?**

En efecto, esa paradoja es una de las debilidades de los modelos cosmológicos clásicos

Además, es de lo más cósmico ¡ji, ji!



En resumen, eso es porque no son modelos resultado de cálculos muy eruditos, como el **MODELO COSMOLÓGICO ESTÁNDAR**, que es automáticamente coherente

¿Pero acaso la ciencia no tiene elementos de respuesta para aportar, un atisbo de teoría, no importa cuál?



Por desgracia esas inmensas planicies temporales recorridas a entropía constante son una de las debilidades de nuestra visión del Universo

Entonces el tiempo pasa sin que sepamos por qué.
¡Vaya mundo!

Y no me habían dicho nada

Tampoco yo conocía esta paradoja. Si bien es cierto que son cosas que los científicos no andan gritando por ahí

Aunque... a veces lo hacen mal

Además, no sólo esta ENTROPIA se conserva a lo largo del tiempo, sino que encima de todo es **MÁXIMA**, habiendo llegado al tope del **DESORDEN** en el **BIG BANG**




SEGUNDA PARADOJA COSMOLÓGICA

Bueno, la cosa no parece difícil: lo que crea y mantiene el desorden en un sistema de partículas, en un FLUIDO como el FLUIDO CÓSMICO PRIMORDIAL, son las COLISIONES

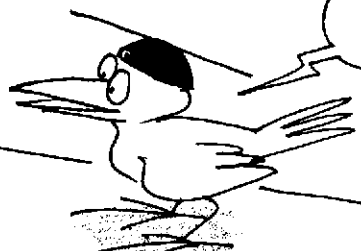
Sí, eso está claro: el universo primitivo tuvo que ser fuertemente COLISIONAL

De ahí el DESORDEN ORIGINAL, creado y mantenido, que aún se observa actualmente (*)


(*) El universo es, en efecto, extremadamente HOMOGÉNEO en todas las direcciones del espacio.



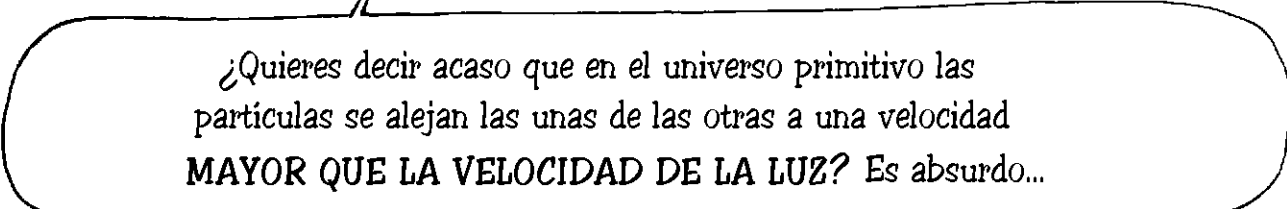
Desafortunadamente se encuentra exactamente lo INVERSO: el universo primitivo tuvo que ser perfectamente NO COLISIONAL




¿Qué quieres decir?



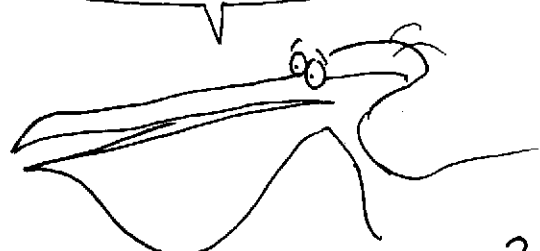
Bueno, el universo primitivo es como un billar que se dilata, pero se dilata tan rápido que las partículas no se pueden volver a encontrar (*), más aún teniendo en cuenta que viajan a la VELOCIDAD DE LA LUZ



¿Quieres decir acaso que en el universo primitivo las partículas se alejan las unas de las otras a una velocidad MAYOR QUE LA VELOCIDAD DE LA LUZ? Es absurdo...



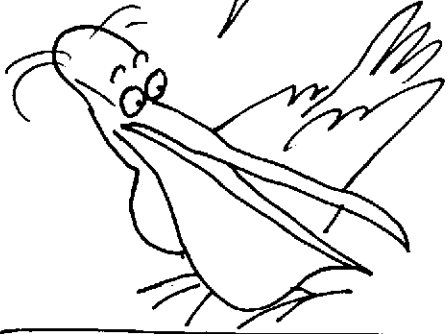
Sí, lo sé...



Déjala, Tiresias, en este caso es mejor que no insistas

(*) Ver Anexo B

Después de todo, Dios pudo crear el universo homogéneo, ¿no?

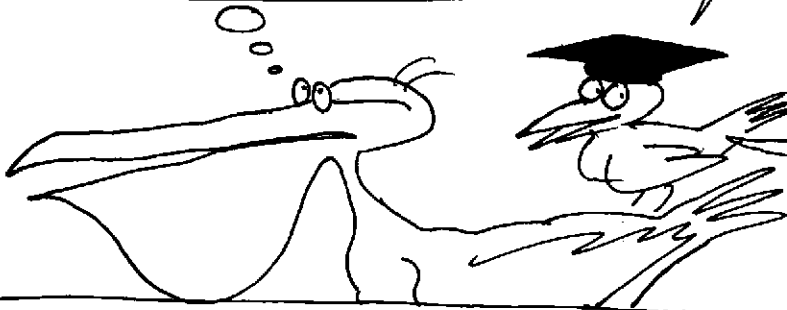


¡Uh la lá, cuando en ciencia se comienza a apelar a Dios como ayuda, es que las cosas no van nada bien...!



Es curioso. En estas historietas, hasta ahora, todo iba bastante bien. Y en esta todo parece estar patas arriba...

Lo apropiado parece ser ir a desentrañar claramente el **ORIGEN DEL UNIVERSO**



Tal vez la clave del misterio se encuentre allí...

Basta con leer al revés el **GRAN LIBRO DEL UNIVERSO** hasta remontarse a la primera página

¿Quieres decir al prefacio, allí donde el autor explica lo que está por venir?



Entre más se remonta uno al pasado,
más caliente está el universo, y
mayores son las velocidades de agitación
de las partículas (*)



Según el **MODELO ESTÁNDAR**, luego
del primer centésimo de segundo, todas
las partículas iban prácticamente a la
velocidad de la luz

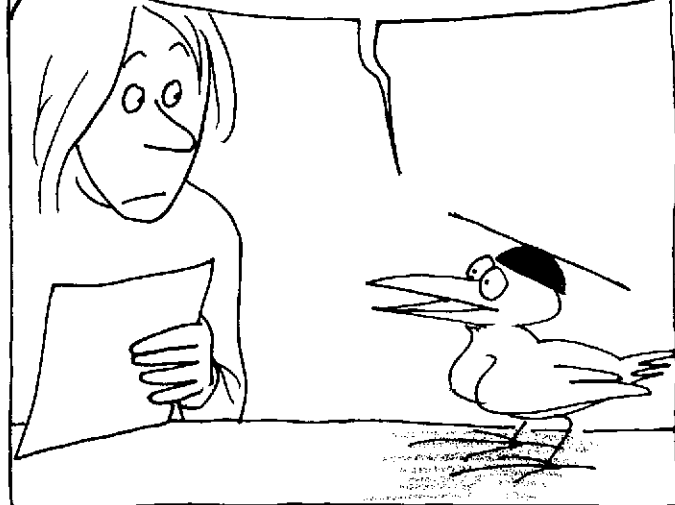


Pero espera un momento... Según la
RELATIVIDAD RESTRINGIDA, a medida
que uno se acerca a la velocidad de la luz,
el tiempo se altera... ¿verdad? (**)

Más precisamente, una partícula
que viaja a la velocidad de la luz
puede vivir una infinidad de
eventos en un lapso de tiempo...
¡cero!



¿O sea que el tiempo se "congela"
como el mercurio en un termómetro?



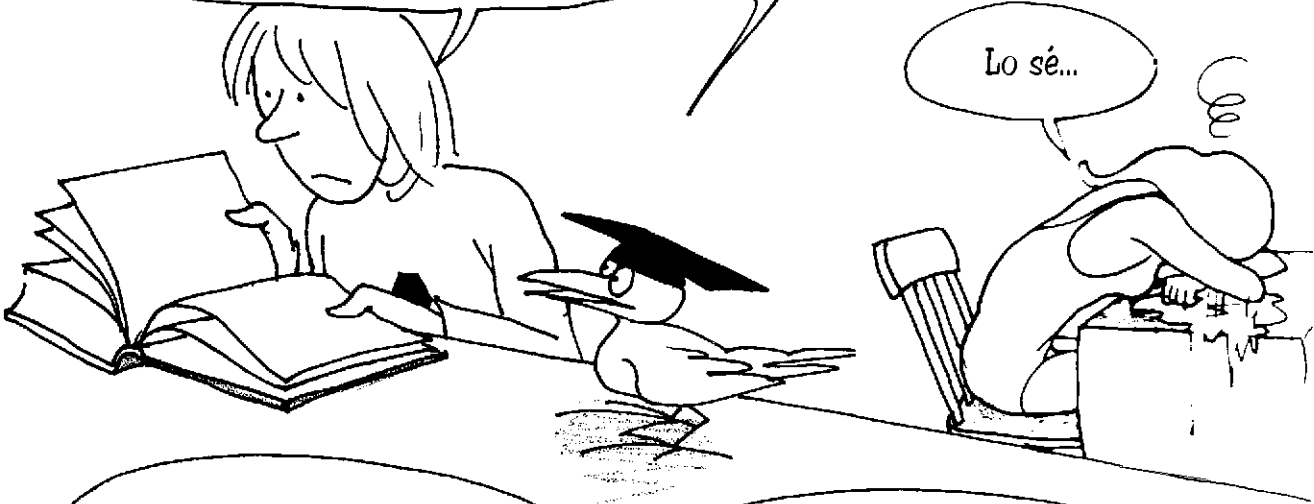
(*) La **TEMPERATURA** de un gas no es otra cosa que la
medida de la energía cinética promedio de agitación
térmica $\frac{1}{2}mV^2$. Ver "Si on volait?", en esta misma serie.

(***) Ver "Todo es relativo", en esta misma serie.

Tal como lo sospechaba: a medida que hojeo este libro para remontarme al **COMIENZO**, sus páginas se vuelven cada vez más **DELGADAS**

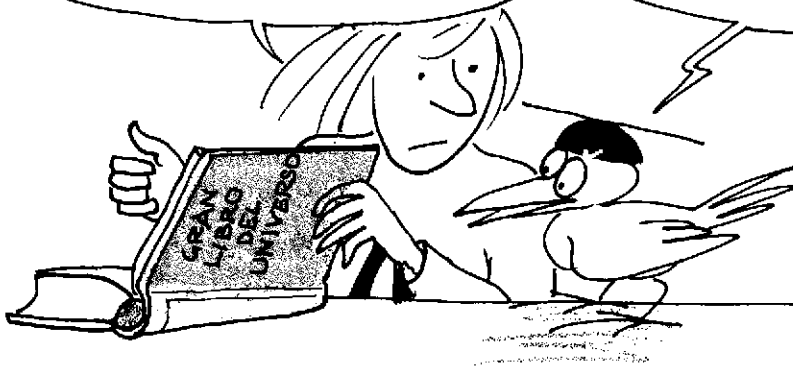
De hecho, hay que remontarse una infinidad de páginas para remontarse al principio del principio

Lo sé...



¿Pero qué significa entonces este último trozo de tiempo de un centésimo de segundo a partir de $t = 0$?

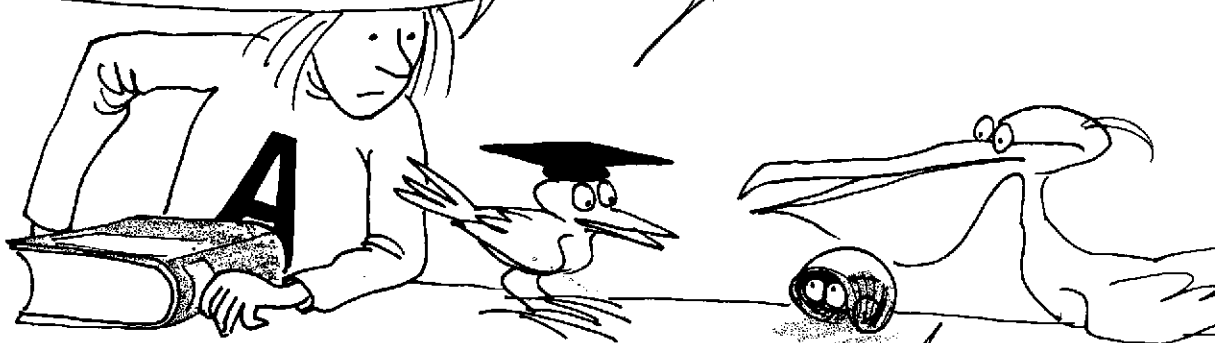
Creo que no significa realmente mayor cosa y que debemos verlo más bien como **UNA INVENCIÓN DEL ESPÍRITU**



¿Quieres decir con eso que es **FÍSICAMENTE** imposible remontarse al **ORIGEN DEL TIEMPO** y más aún, ir más allá?

Si, para cruzar las vecindades de esos sargazos espaciotemporales, haría falta un vehículo (y un observador) hechos de materia ordinaria

¡Ahora bien, en las cercanías de $t = 0$ todo lo que existe se mueve a la velocidad de la luz!



Pero... ¿cómo es esto de que podemos imaginar algo pero no podemos realizarlo físicamente?

Para mí que el tal **BIG BANG** es un fantasma de los científicos...



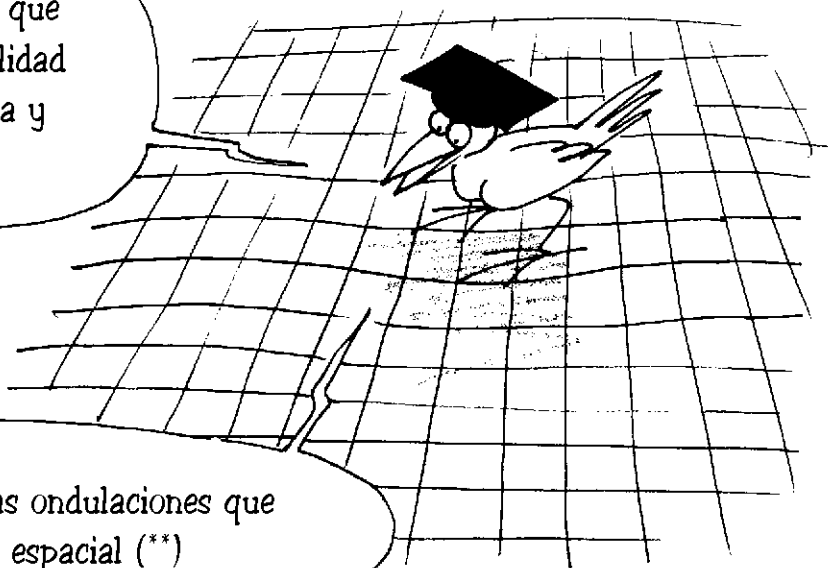
En resumen, según los modelos actuales el universo habría nacido en un instante **DESPROVISTO DE SENTIDO**. No sabemos por qué estaba en un tal **CAOS** ni por qué ese estado perduró. Como su evolución se realiza desde entonces de manera isentrópica, el hecho de que el tiempo pase es un completo misterio

Vuelve y juega

TERCERA PARADOJA COSMOLÓGICA



Según el inglés DIRAC (*), lo que llamamos VACÍO sería en realidad una extraña mezcla de materia y de antimateria

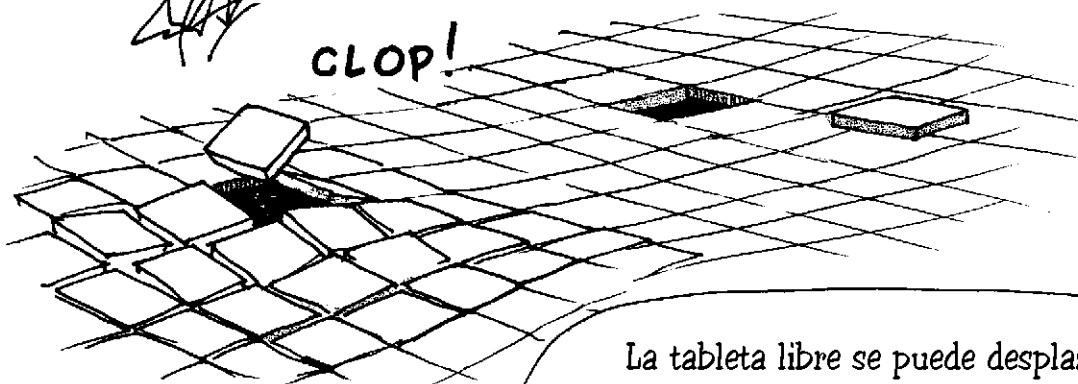


Y los FOTONES serían las ondulaciones que agitan este tejido espacial (**)

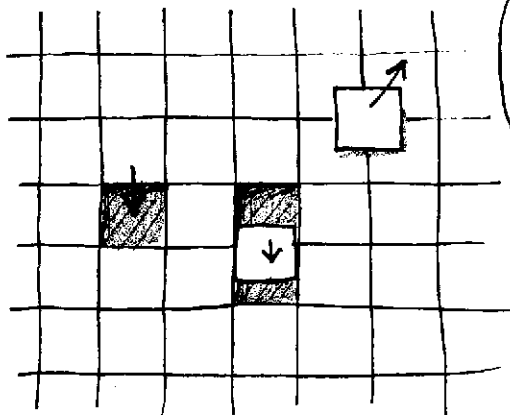
Cuando dos oscilaciones suficientemente fuertes se encuentran, una tableta se desprende. La tableta liberada es sinónimo de materia y el vacío que deja lo es de antimateria



CLOP!



La tableta libre se puede desplazar pero también el hueco, gracias a los movimientos de las tabletas adyacentes, como en un juego de puzzle



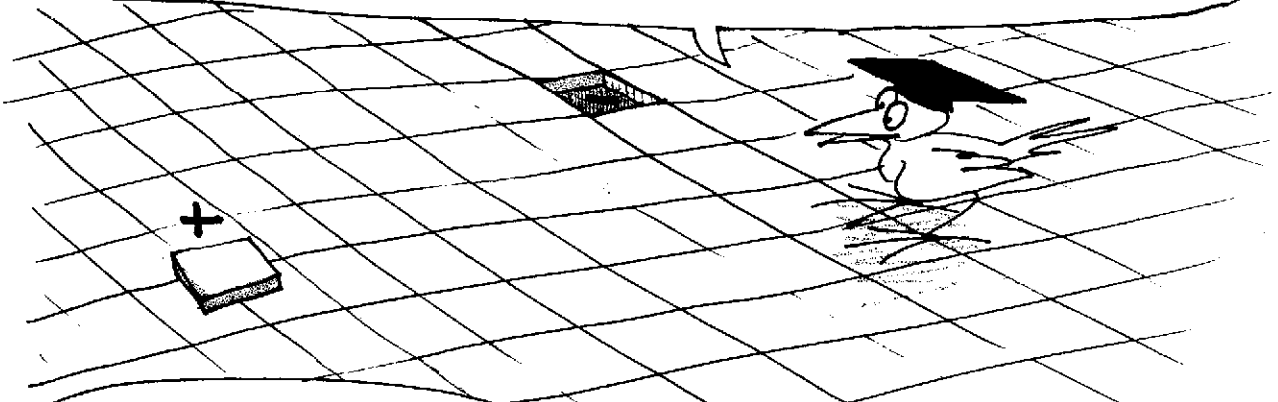
(*) P.A.M. Dirac (1902-1984), físico inglés ganador del Nobel en 1933 (Ndt).

(**) Ver el volumen "Big Bang", en esta misma serie.

En el momento del **BIG BANG** la turbulencia del tejido cósmico (la temperatura) era considerable. Las tabletas no se mantenían en su lugar, sino que se separaban y se juntaban sin cesar, en un tremendo desorden



Cuando la temperatura bajó lo suficiente (*) prácticamente todas las tabletas volvieron a sus emplazamientos libres. Todas... salvo una en mil millones, de manera que los pliegues que tanto agitaban el tejido cósmico se debilitaron hasta el punto que fueron incapaces de retirar nuevas tabletas

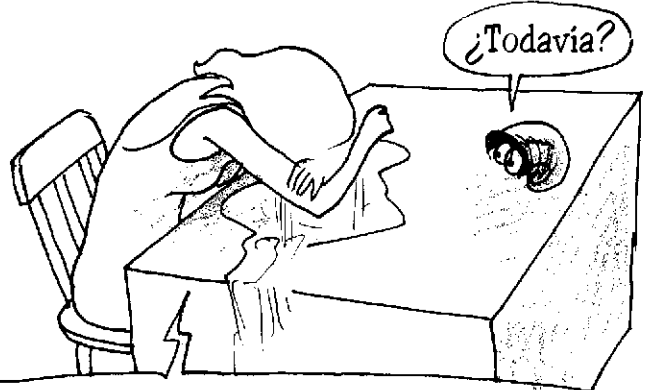


... El peligro de una aniquilación completa era grande. Como la materia y la antimateria poseían cargas eléctricas contrarias, eran de hecho atraídas fuertemente la una a la otra



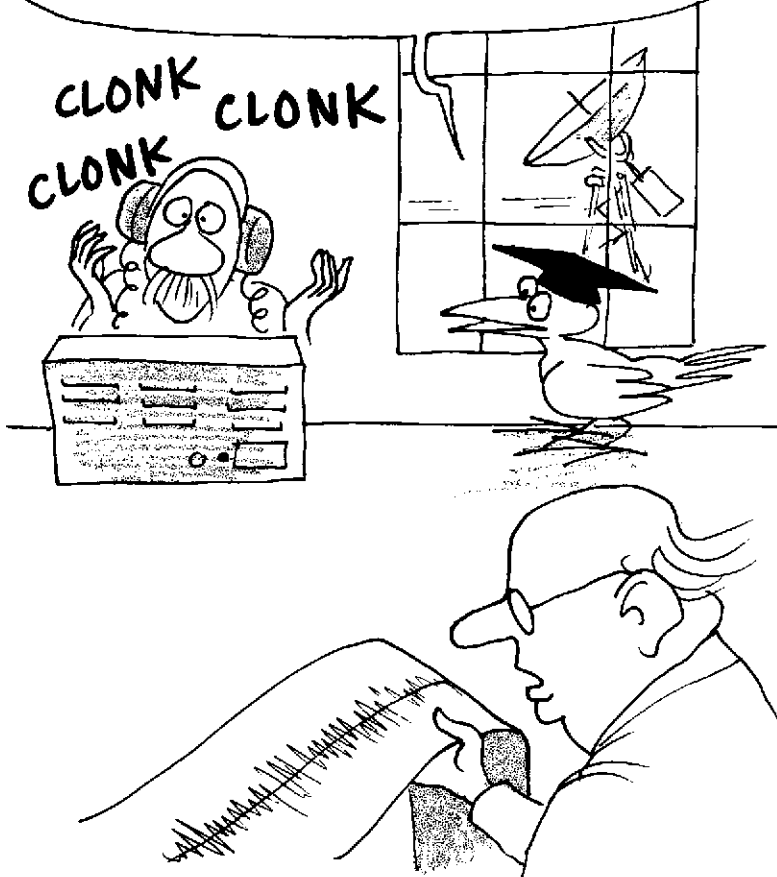
(*) Al filo de los 13 segundos, la temperatura del universo no era superior a los tres mil millones de grados centígrados

Bien, es sencillo. Tal como lo dijo antes Sofia, el brutal fenómeno de la expansión separó estas dos hermanas enemigas, evitando que se destruyeran entre ellas

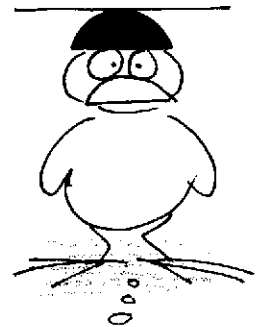


Si, pero mientras tanto el universo entraba en un régimen de colisiones. Si tenía galaxias de materia y otras de antimateria, estas se volverían a encontrar de tiempo en tiempo

Ese encuentro produciría un ruido tal de radio que se oiría de un extremo a otro del universo



Ahora bien, no se ha descubierto tal aniquilación materia-antimateria



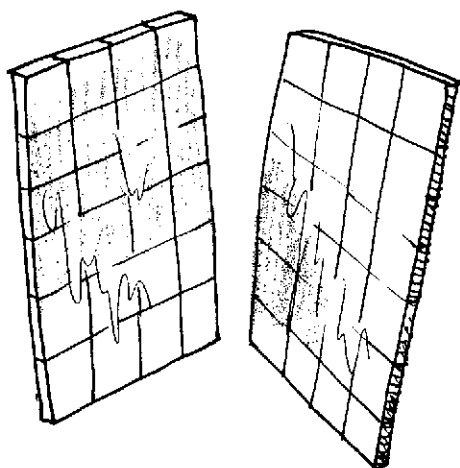
Angustiante...

Si he comprendido bien,
entonces es un milagro
que existamos

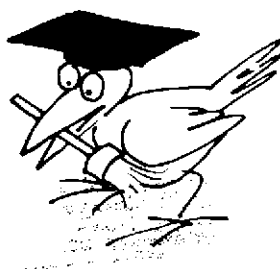
¡Tiresias, te lo suplico, no te
aproveches de la situación!

Por pura lógica, si la antimateria no
está en nuestro universo, entonces
debe estar en otra parte

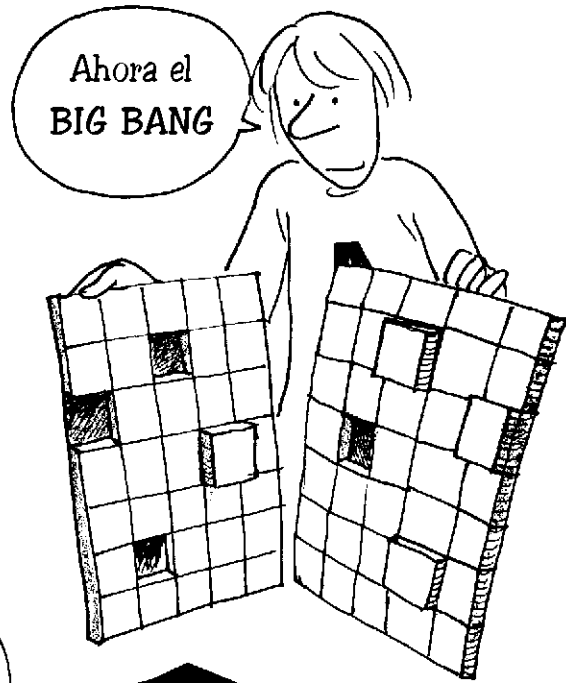
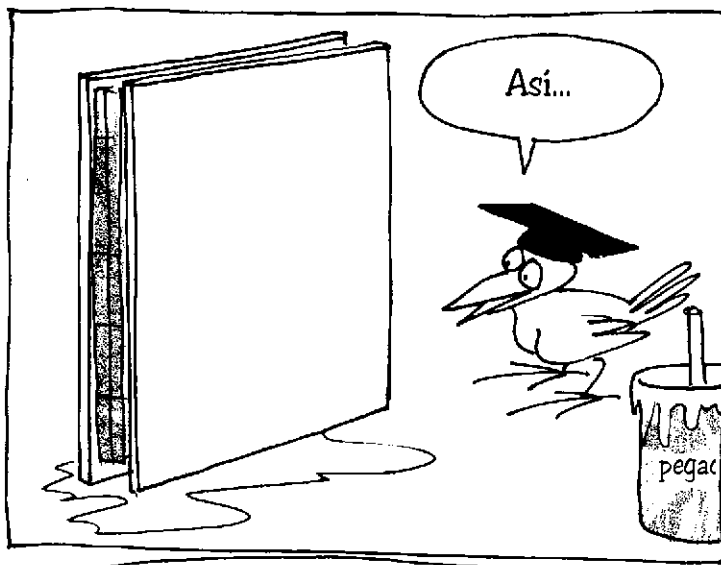
TEORÍAS DE A. SAKHAROV Y DE J.P. PETIT *



Supongamos dos universos
reunidos y pegados uno a otro en
el instante inicial



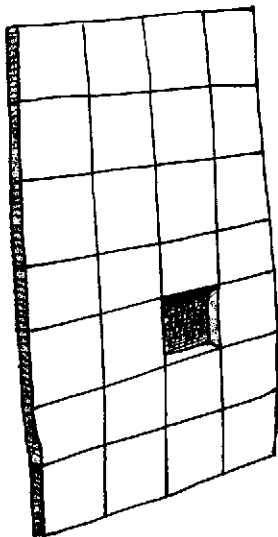
(*) Ver J.P. PETIT: "Universos enantiomorfos con tiempos propios contrarios"
y "Universos en interacción con su imagen en el espejo del tiempo", en:
Comptes Rendus de L'Academie des Sciences de Paris, tomo 284 (23
mayo 1977) serie A p. 1315 y tomo 284 (6 junio 1977) p. 1413.



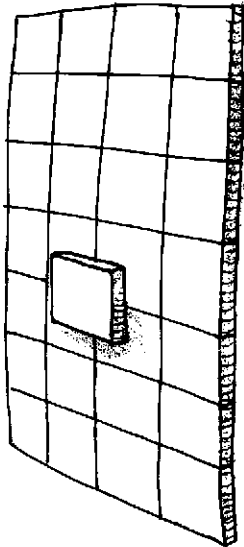
Separando las hojas se podrá encontrar que en cada pavimento de universo ciertas tabletas estarán arrancadas y otras estarán un tanto salidas



En cada uno de estos universos las tabletas salidas van a alojarse en los emplazamientos libres. Si la situación es perfectamente simétrica, deberá recobrase la planitud inicial

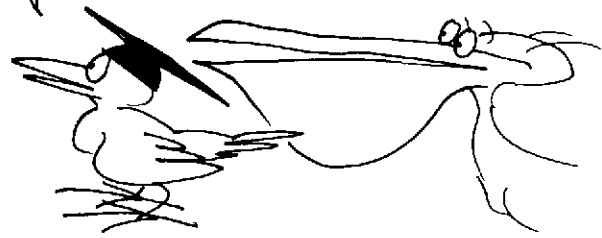


ANTIUNIVERSO
(antimateria)

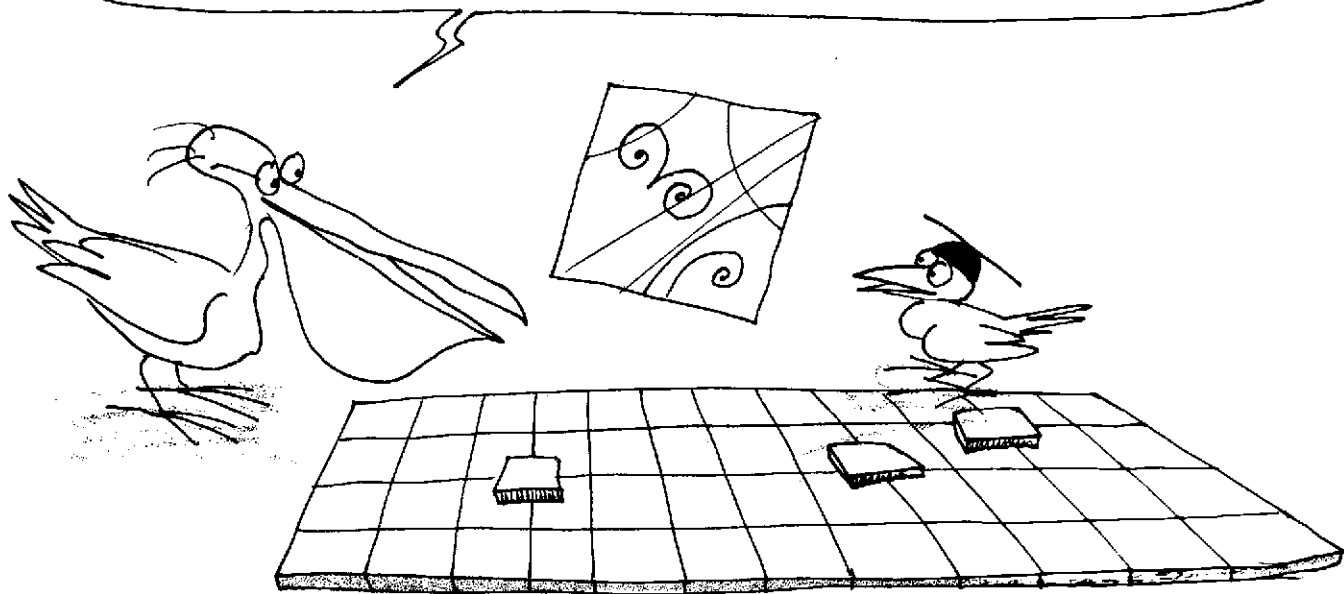


UNIVERSO
(materia)

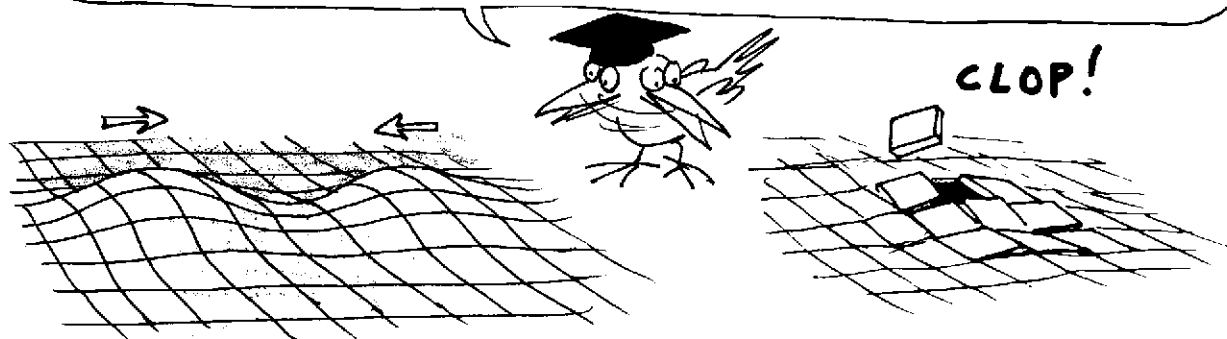
Por el contrario, si se produce una **RUPTURA DE SIMETRÍA** habrá un exceso de materia en uno de los dos universos y un exceso de antimateria en el otro que podrán aniquilarse



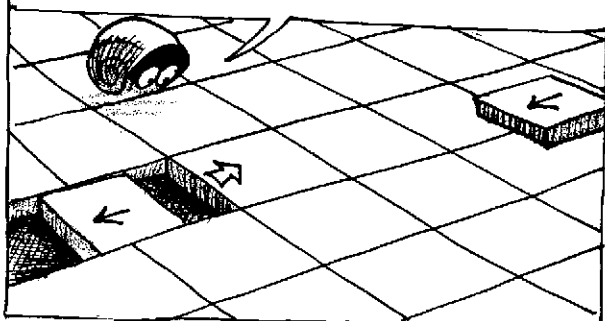
¿Pero a qué corresponde la antimateria, descubierta en los rayos cósmicos poco después del descubrimiento de Dirac, o aquella que se fabrica en los laboratorios?



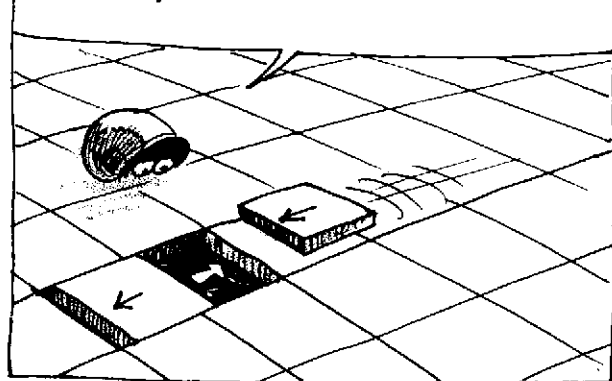
Nada nos impide creer, como se muestra aquí abajo, que fuertes concentraciones de energía en los grandes aceleradores de partículas logren desempotrar una nueva tableta, es decir crear un PAR materia-antimateria



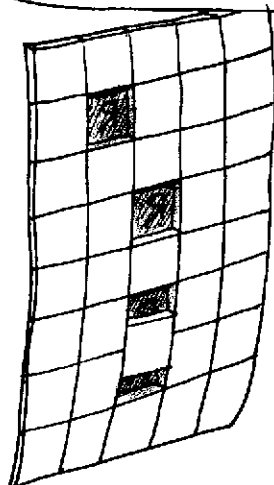
Claro que si no tienes precaución para mantener alejada esta antimateria de toda materia...



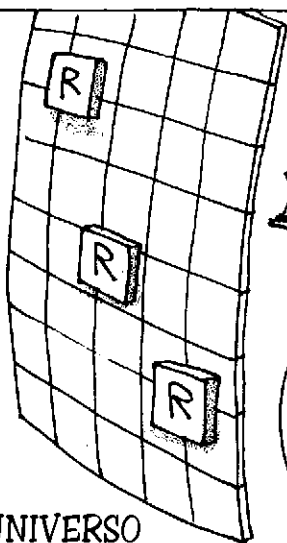
... se aniquilará con ella inmediatamente



Andrei Sakharov utiliza esta visión gemelar para explicar la aparente ausencia de antimateria en nuestra "porción" de Universo



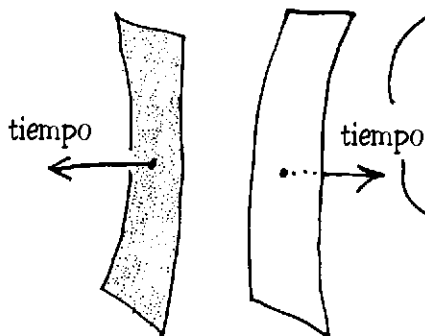
ANTIUNIVERSO



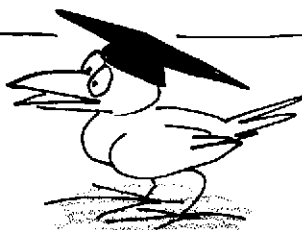
UNIVERSO



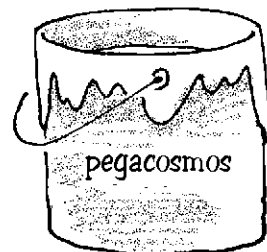
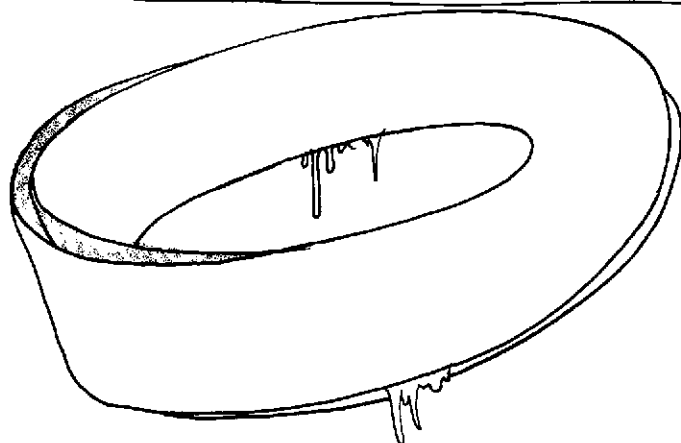
Los dos **UNIVERSOS GEMELOS** tienen **PARIDAD** contraria (ruptura de simetría **DERECHA-IZQUIERDA**)

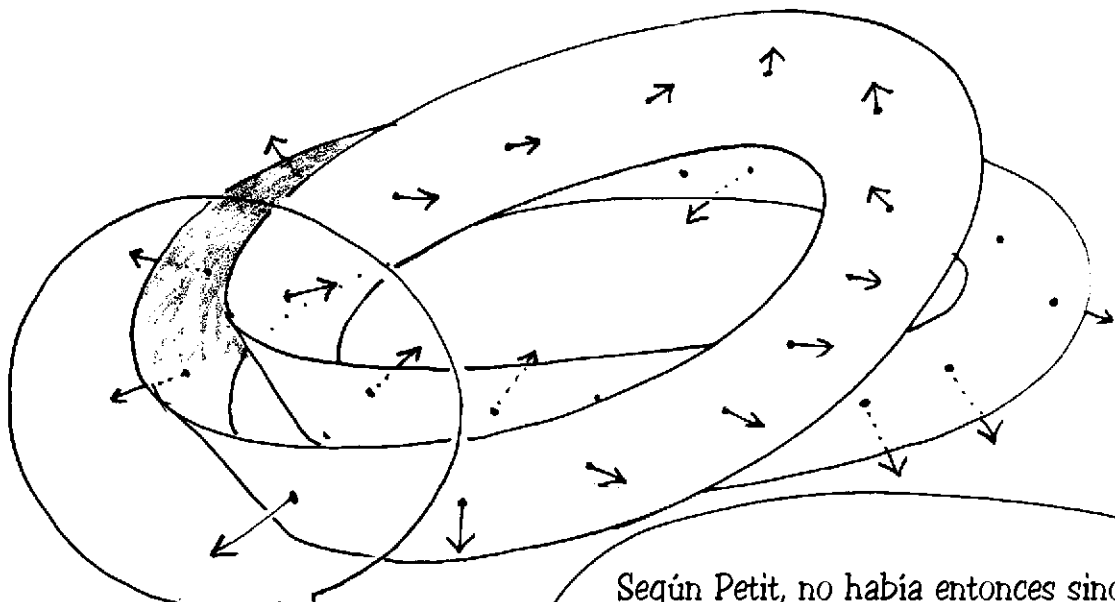


Además las **FLECHAS DEL TIEMPO** estarán en oposición, estando el futuro de uno de los universos en el pasado del otro

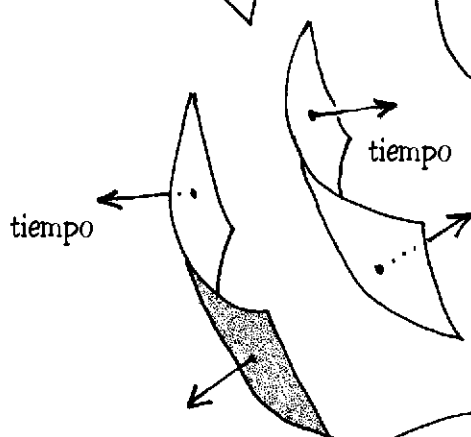


El mismo camino tomó en 1977, independientemente, Jean-Pierre Petit. Según él, inicialmente no había sino un solo universo pegado consigo mismo a lo largo de una "cinta de Moebius en tres dimensiones"

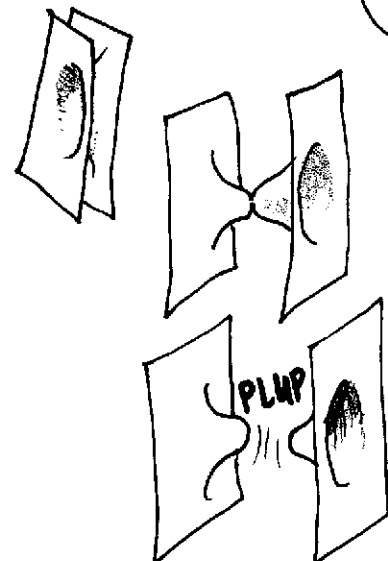




Según Petit, no había entonces sino una sola flecha del tiempo y habrían sido los caprichos de la geometría del espacio-tiempo (*) los que crearon la ilusión de **ESTRUCTURA GEMELAR**



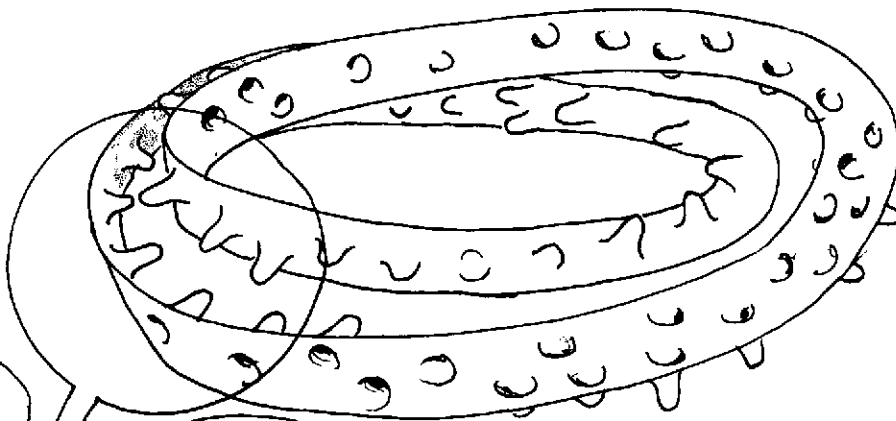
Y no habría existido más que una sola especie de materia, no siendo la antimateria, según palabras del abad Lemaître, más que la materia "vista al revés"



Estas aquí no serían más que deformaciones residuales de curvatura perfectamente simétricas



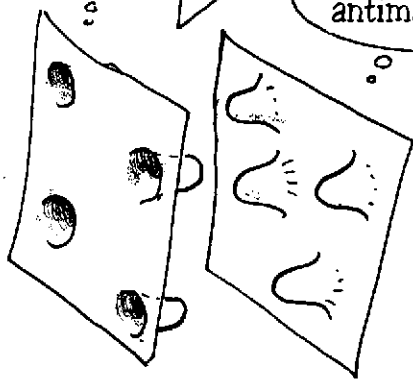
(*) Ver "Le Topologicon", en esta misma serie.



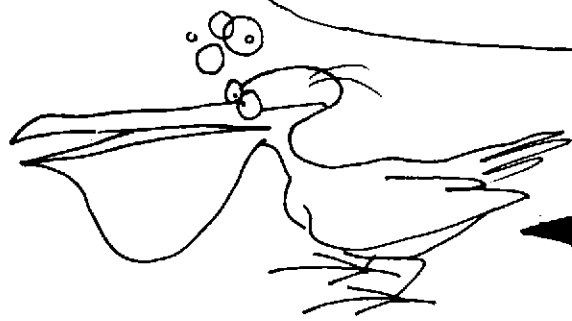
¡Mira, la antimateria!

¡Mira, la antimateria!

Configuración geométrica que da la apariencia de una dualidad materia antimateria

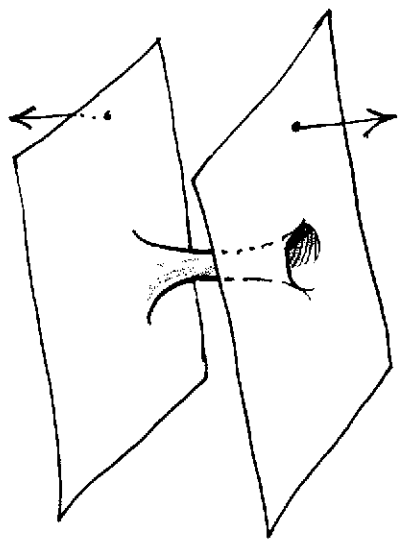


Si comprendo bien, por un lado es imposible franquear el **BIG BANG** pues en ese caso el tiempo se congela en los reservorios. Pero en cualquier caso, por el otro lado, la gente vive el tiempo en reversa



¿Y Sofia, está mejor?

Si



¿Podría ser que uno pudiera pasar del otro lado con la ayuda de agujeros negros y encontrarse allí con los **RETROCRONIENSES**?

¡Caramba...!



DIACRÓNICO Y RETROCRÓNICO

¿Si algún día nos topáramos con los retrocronienses, qué les diríamos?



Supongo que "Hasta luego", dado que en su **TIEMPO PROPIO** ya se habrían ido

¿Hablas de conversar con ellos?
¡Pero si ya sabrían todo lo que fuéramos a decirles, mientras que ignorarían todas nuestras frases precedentes!



Económicamente eso sería cuanto menos interesante, pues ellos estarían ávidos de nuestros desperdicios para transformarlos en materia prima



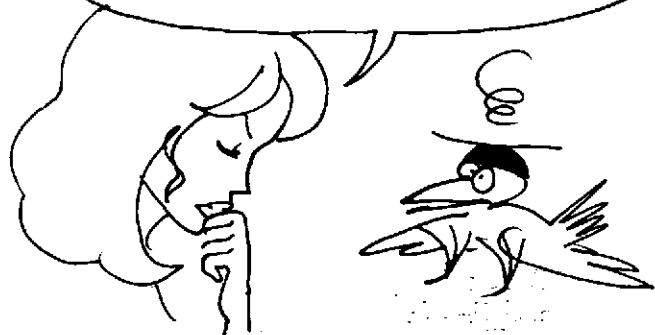
Anselmo se estaba preguntando cómo podría uno intercambiar mensajes con los retrocronienses



Excúsenme... perdí un poco el hilo... ¿En qué estábamos?



Hum... eso me parece difícil. En efecto, si uno les enviara un mensaje, cuando ellos lo recibieran, en el tiempo propio de ellos, ya estarían emitiéndolo



¿Entonces con esta gente todo diálogo sería imposible?



Por lo menos existe una persona con la cual es imposible intercambiar información...

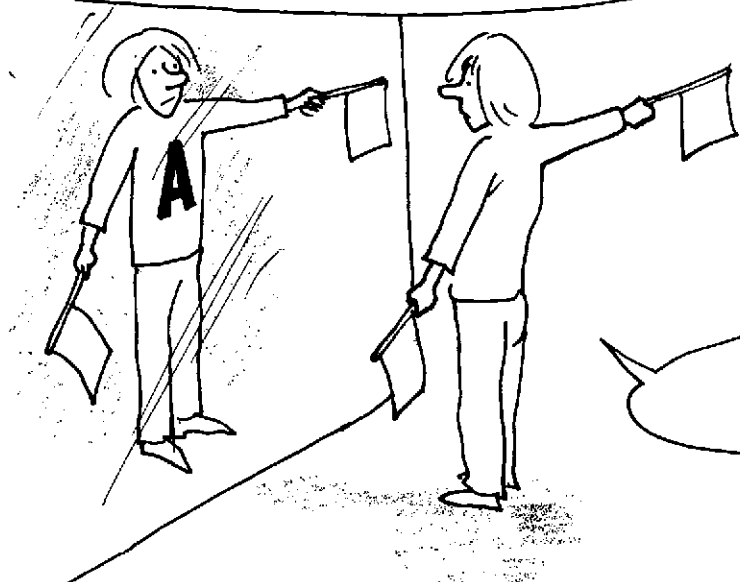


Uno mismo



!!!

Ensayá enviarte a tí mismo unos mensajes a través del vidrio



No vas a aprender gran cosa



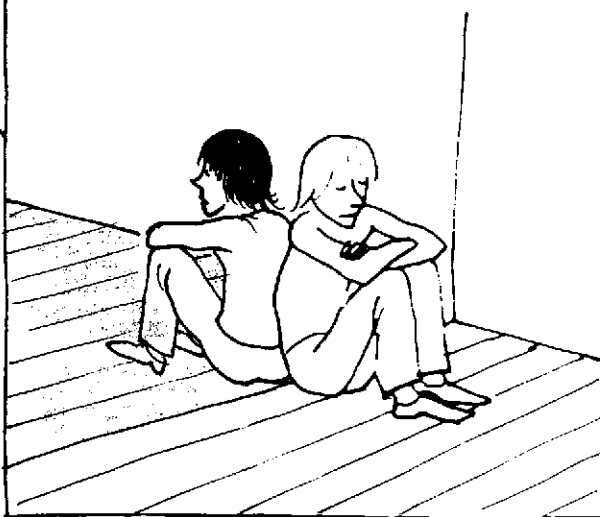
¿Pero... y el universo?

¿Te gustan las historias?
Pues te voy a contar una

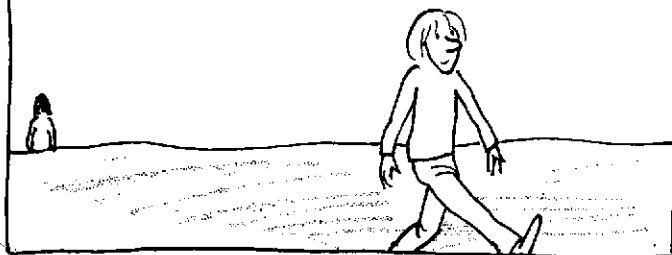


Ay sí, sí...

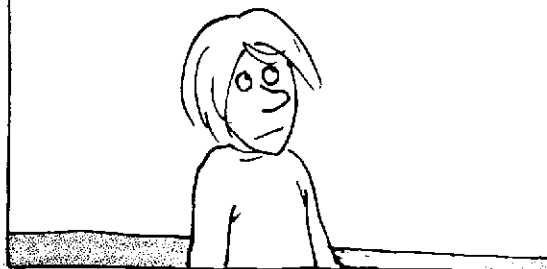
Había una vez dos jóvenes que
pasaban su tiempo recostados el uno
al otro, como un prensalibros



Habitaban en la misma casa y eran vecinos
de cuarto. Un día partieron uno en dirección
opuesta al otro, el bruno hacia el oeste, y el
rubio hacia el este



El rubio se dijo: "Si el mundo es
redondo, caminando derecho nos
deberíamos encontrar a mitad de
trayecto"



El viaje fue de una longitud inimaginable. El rubio pensó
que ya de tan viejo no iba a poder ver el final del camino



Mi vista ha desmejorado y he perdido casi
todos mis cabellos



Un día en que se hallaba descansando, perdió por accidente su sacacorchos en un pozo

Cuando se encontraba a mitad de camino, en el fin del mundo, sufrió un frío terrible que le hizo perder todos sus cabellos. Pero él seguía en vano esperando a su compañero



O se perdió en el camino, o murió durante el viaje...



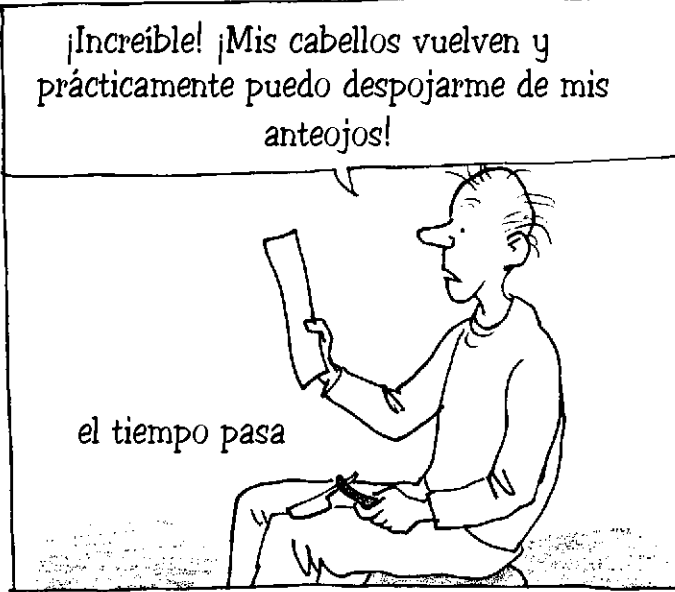
Y con mucha tristeza emprendió el regreso

Todo este camino para NADA



Pero entonces las cosas cambiaron. El sol se puso a brillar

Ah... bien



¡Increíble! ¡Mis cabellos vuelven y prácticamente puedo despojarme de mis anteojos!

el tiempo pasa

La pérdida del sacacorchos lo afligió mucho. Pero un día en que descansaba en el borde de un pozo, de repente apareció un sacacorchos

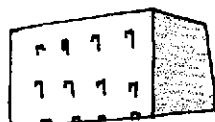
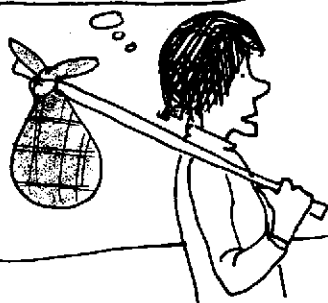


Sin embargo, a pesar de sus esfuerzos, no pudo utilizarlo

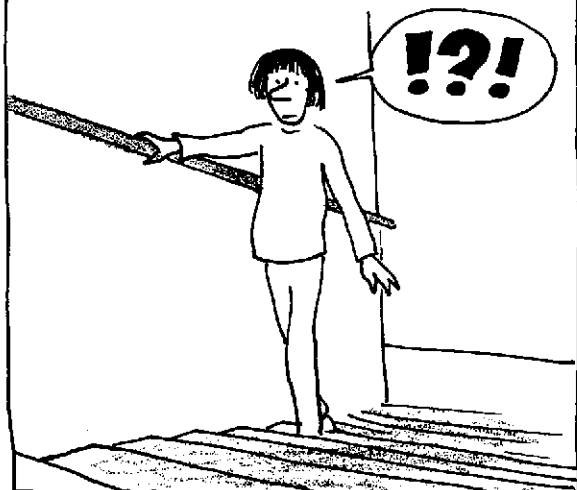


¡Hasta que finalmente se dio cuenta de que se trataba del mismo utensilio que había perdido hacía tanto tiempo!

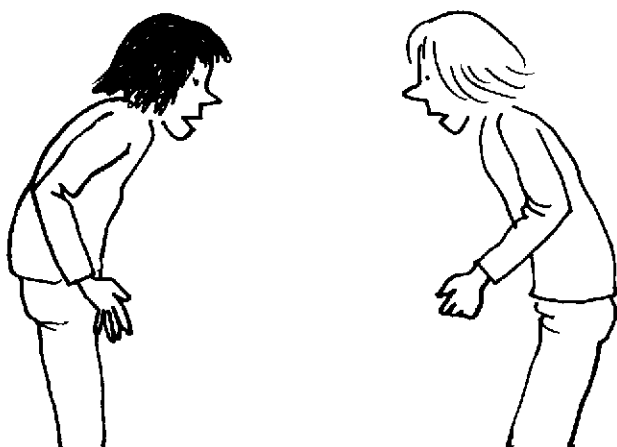
El círculo se cierra...



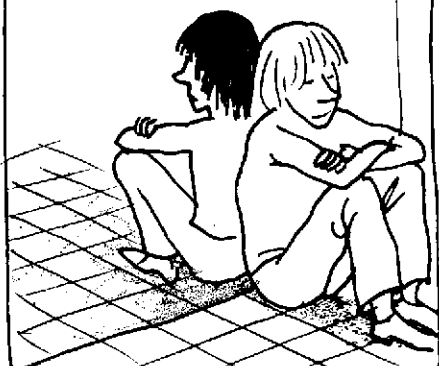
Al subir las escaleras se encuentra cara a cara...



... con un joven rubio...



Y se recuestan el uno de espaldas al otro



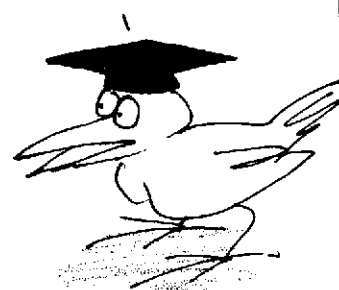
Ese es el final de mi historia



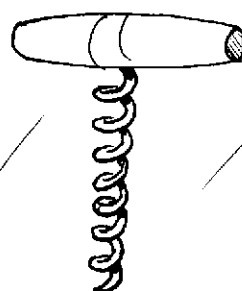
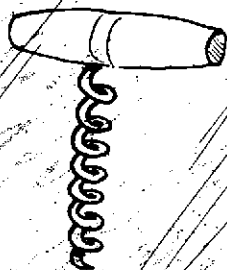
Creo que la entendí. Ellos no están recostados el uno contra el otro. Lo que hay es una especie de espejo, de espejo **ESPACIO-TEMPORAL**



Pero... ¿dónde dejas el sacacorchos... y los pozos?



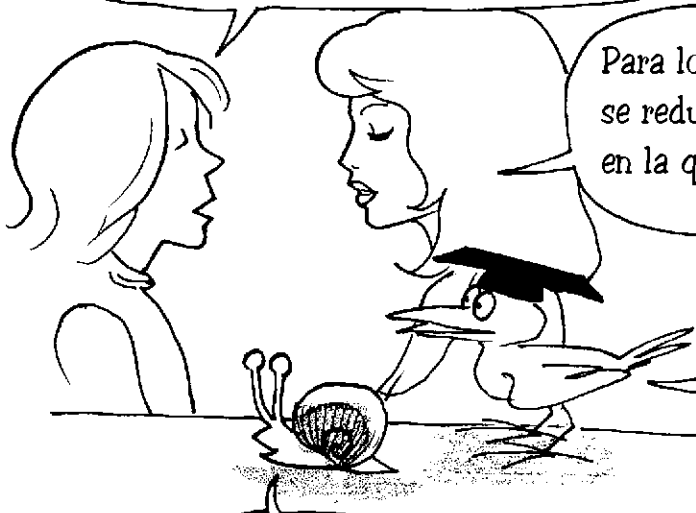
Me parece que el primer pozo era un **AGUJERO NEGRO** y el otro una **FUENTE BLANCA**. Creo que si no logró abrir la botella fue porque el sacacorchos se transformó en su **ENANTIOMORFO**, en su imagen especular (*)



(*) Ver "Le Trou Noir" (p. 61), en esta misma serie.

TIEMPO Y MECÁNICA CUÁNTICA

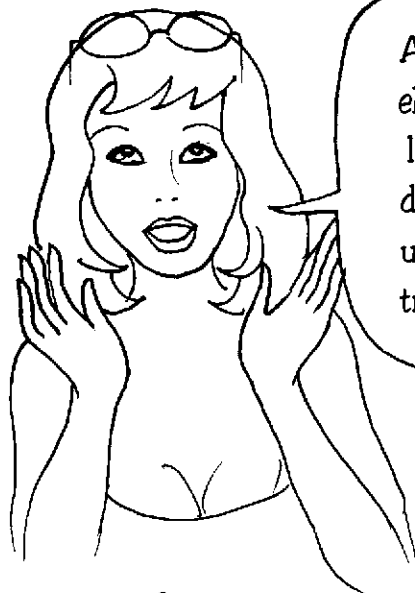
¿Y qué piensan los mecanocuánticos acerca del tiempo?



Para los físicos de los cuantos, el Universo se reduce a la ecuación de SCHRÖDINGER, en la que interviene la **CONSTANTE DE PLANCK h**

Todos los **EVENTOS** del universo son considerados como soluciones de esa ecuación maestra

Tenemos ahí al menos una teoría con respuesta para todo



A la ecuación se le asocia un tiempo característico, el **TIEMPO DE PLANCK**(*), cuyo valor es $0,53 \times 10^{-43}$ segundos. Es fundamentalmente imposible describir con la ayuda de la ecuación de Schrödinger un fenómeno con una duración inferior a dicho tiempo de Planck t_p



Eso es otra cosa...

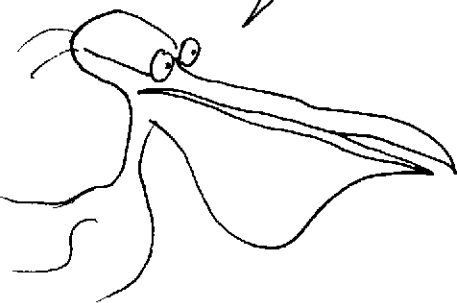
(*) Ver Anexo D

Querría decir que el presente tiene un espesor finito

Y también que según los cuánticos el pasado termina a los 10^{-43} segundos. Están imposibilitados para alcanzar conceptualmente el tiempo $t = 0$

Definitivamente...

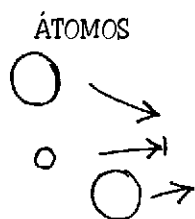
Oigan, ¿de qué estamos hablando exactamente? ¿Si el Universo es una máquina, cuáles son sus piezas esenciales?



De manera esquemática el universo conocido se representa como una mezcla de fotones y de partículas de materia, en una relación de un millón a uno. La gravitación crea agrupaciones de materia en las que permanentemente la **FUSIÓN** convierte materia en radiación. Los productos de dichas reacciones se denominan "átomos" (*)



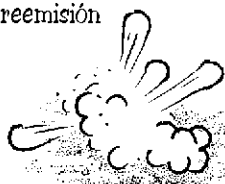
Estos productos de la **NUCLEOSÍNTESIS** pueden reaccionar entre ellos tanto espontáneamente como reabsorbiendo fotones (**FOTOSÍNTESIS**), produciendo ensamblajes llamados moléculas. De la misma manera, mediante **FISIÓN NUCLEAR**, los átomos pueden descomponerse reemitiendo fotones



MOLÉCULAS

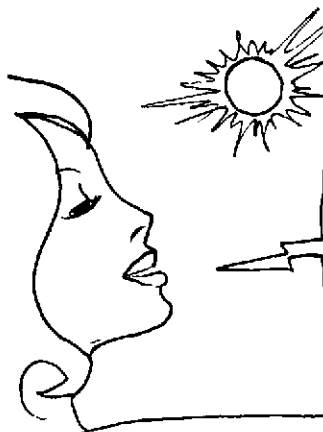


reemisión



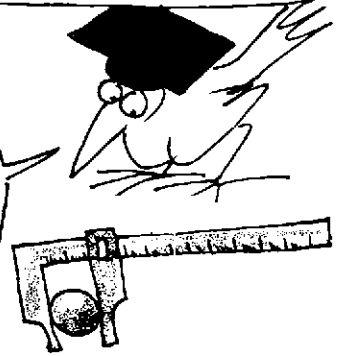
FISIÓN

(*) Ver "Mille milliards de soleils", en esta misma serie.



La materia y la luz no son más que dos manifestaciones de una sola entidad: la **ENERGÍA-MATERIA**, y todos los fenómenos no hacen más que operar una lenta reconversión de una parte de la materia en forma de fotones

A comienzos del siglo pasado se suponía que las partículas de materia mantenían un tamaño invariable, es decir que la energía-materia que contenían se conservaba a lo largo del tiempo



¿Cuál es el vínculo mágico entre el tamaño de los objetos y su energía?

Sabes bien que en mecánica cuántica todas las partículas se asimilan a ondulaciones del espacio, a **PAQUETES DE ONDA**. Por definición, si E es la cantidad de energía-materia vehiculada por la partícula, la longitud de onda asociada con ella es

$$\lambda = hc/E$$

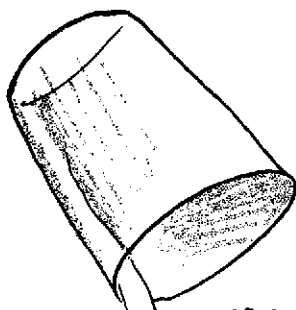


El paquete de onda que representa a una partícula de **MATERIA** conserva su **LONGITUD DE ONDA** a lo largo del tiempo



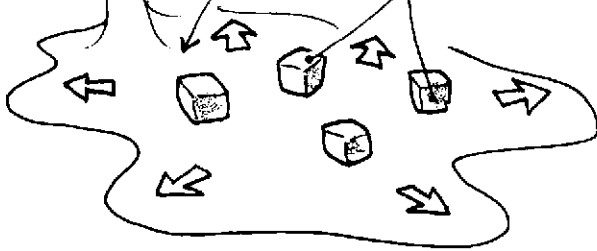
El **FOTÓN** durante la expansión del Universo

(*) h : constante de Planck; c : velocidad de la luz

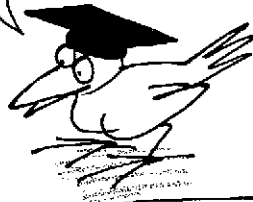


agua

cubos de hielo

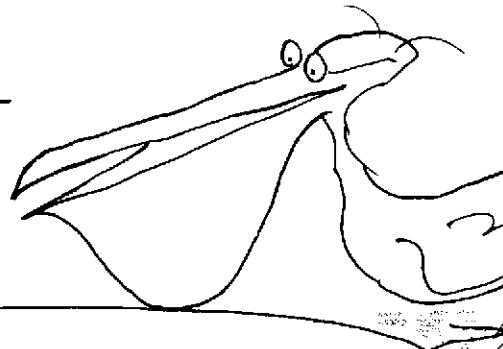


La materia y los fotones, las dos formas de la **ENERGÍA-MATERIA**, no vivieron de la misma manera la expansión cósmica



Ah, sí, claro, la materia es una energía-materia **CONGELADA** (*)

Dicho brevemente, el Universo está hecho entonces de gránulos de materia y de fotones, con un montón de **VACÍO** alrededor



No, León, el **VACÍO** no existe. En mecánica cuántica, el Universo es una superficie que no es "**LISA**" en ninguna parte. Algunos de sus pliegues son como almidonados y representan la materia. Otros pliegues, los fotones, pueden extenderse y eso es lo que posibilita la expansión del Universo

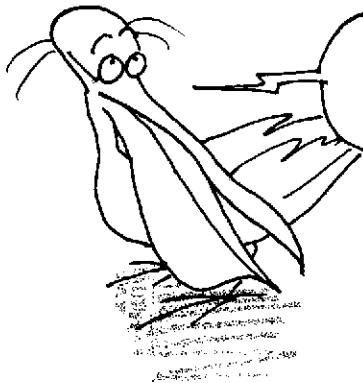
¡Pero... esperen... si la energía varía como el inverso de la longitud de onda, de la extensión espacial de una partícula, entonces esta distensión de los fotones representa una **PÉRDIDA CONTINUA DE ENERGÍA** por parte del Universo!?!



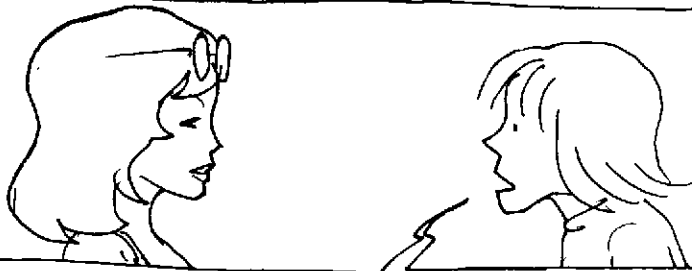
¡Y evidentemente todo el mundo frito!

(*) Ver "Big Bang", pág. 34, en esta misma serie.

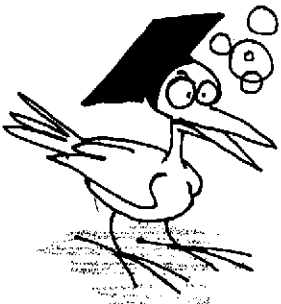
LA EXPANSIÓN CÓSMICA



En lugar de tener un Universo con entropía constante y con energía variable hubiera sido evidentemente más agradable tener lo contrario. En fin...



Si comprendo bien, la **EXPANSIÓN DEL UNIVERSO** va acompañada de un incremento del espacio ocupado por los fotones originales, los cuales constituyen el **FONDO DE RADIACIÓN COSMOLÓGICA**. Bajo estas condiciones el Universo debería dilatarse **EN TODAS PARTES**

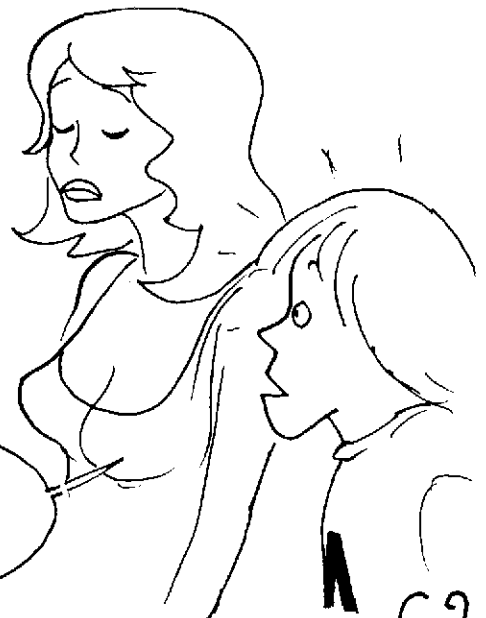


Ahora bien, según los astrofísicos ni el sistema solar, ni las galaxias, ni los cúmulos de galaxias se dilatan. Entonces... **¿QUIÉN PAGA EL PRECIO DE LA EXPANSIÓN?**

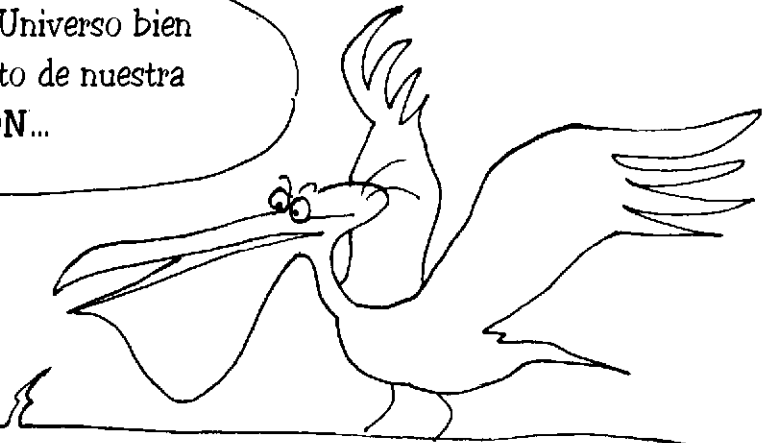
¿Y entonces, Sofia?

Hum...

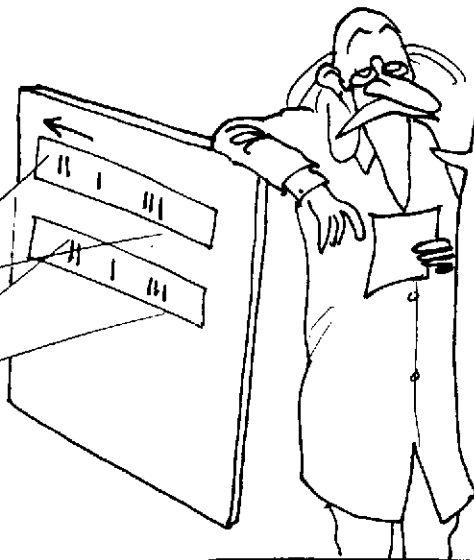
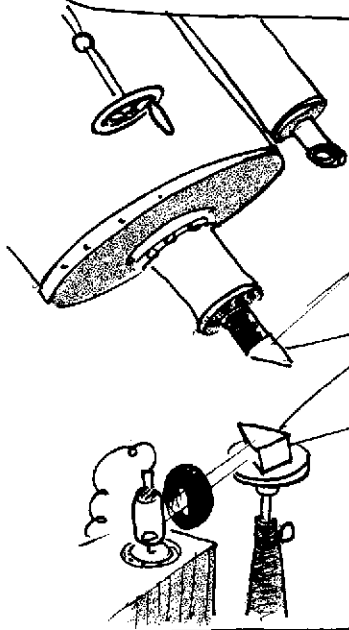
¿Pero la cosmología teórica es una cosa seria, o no?



Después de todo, el Universo bien podría ser sólo el fruto de nuestra **IMAGINACIÓN...**



Mejor deja de decir necedades, Tiresias. ¿Dónde dejas los **HECHOS EXPERIMENTALES**, las **OBSERVACIONES**?! Si creemos en la expansión cósmica es a causa del **CORRIMIENTO AL ROJO**



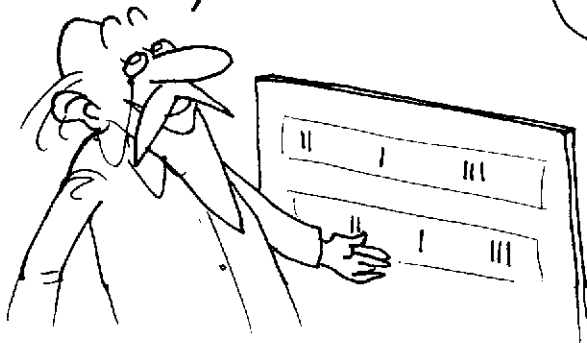
Observen estos dos espectros. El uno fue producido en el laboratorio con hidrógeno a alta temperatura. El otro resulta de descomponer la luz enviada por una galaxia lejana y presenta un corrimiento notable hacia el rojo. A partir de estos **DATOS** deducimos su **VELOCIDAD DE RECESIÓN**. ¿O también es pura imaginación?

¿Cómo es que estás tan seguro de que ese corrimiento hacia el rojo se debe al efecto **DOPPLER-FIZEAU** ?



¿A qué crees que se debe entonces? ¿Al cansancio de la luz?...

El cosmólogo y filósofo **MILNE**, quien rechaza la idea de la expansión del universo, le da a la caída de la frecuencia de los fotones otro tipo de significado



La energía de un fotón es $h\nu$, donde h es la constante de Planck y ν la frecuencia. Milne dice: "Supongamos que la energía de un fotón se conserva, y que h crece proporcionalmente al tiempo. En ese caso uno medirá, al recibir un mensaje, una frecuencia ν más baja, sin efecto Doppler y sin expansión"

¡Un universo **ESTÁTICO!**
Pero eso, hijo mío, no funciona.
¿Pues dónde dejas entonces la radiación fósil, la huella de la **EXPLOSIÓN PRIMORDIAL?**

Bien, volvamos entonces al universo en expansión.
¿Expansión con respecto a **QUÉ?**

¿Podría tratarse de un **COSMOTOPO?** (*)

¡Tonterías! El contenedor y el contenido del universo no son más que uno y el mismo objeto. Lo único que cuenta es la medición del corrimiento hacia el rojo

De cualquier forma, no es cuestión de poder hacer mediciones en un lugar dado de objetos que están a miles de millones de años luz. Todo consiste en construir un **SISTEMA DE REPRESENTACIONES** que dé aceptable cuenta de las observaciones. En la ciencia no se hace más que **SALVAR LAS APARIENCIAS**

(*) Literalmente: "Lugar donde se halla el universo"

MODELO GAUGE (*)



Veamos. Cuando uno quiere imaginarse un universo en expansión, en general se toma la imagen de un globo que se infla, con pequeños puntos dibujados en su superficie para indicar los cúmulos de galaxias



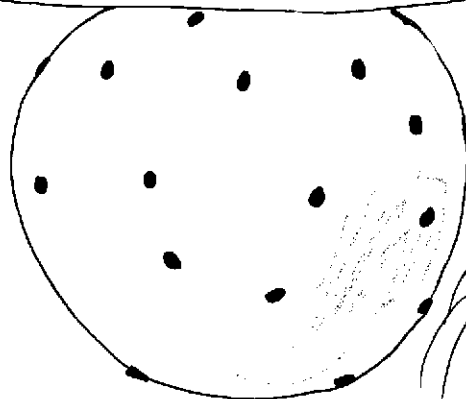
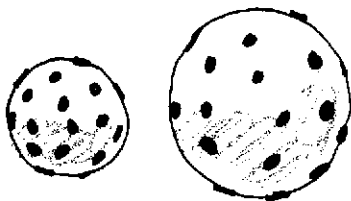
No, el modelo clásico no es así como dices



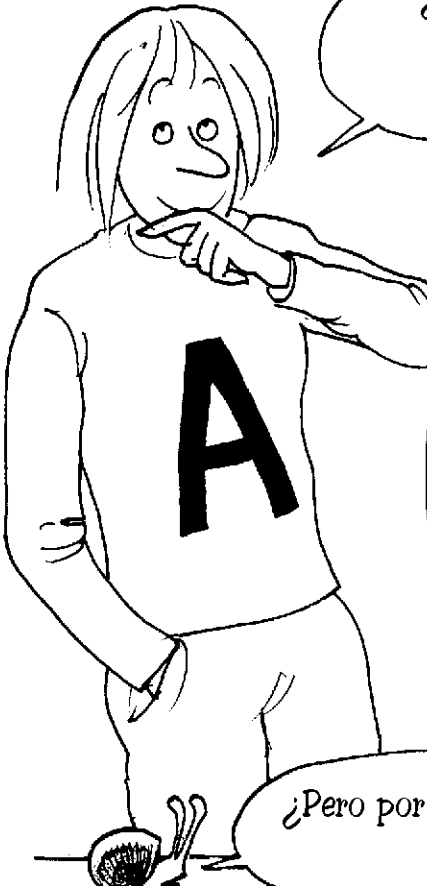
Te falta fijar sobre tu globo pequeñas cintas autoadhesivas pues los cúmulos de galaxias se considera que no se dilatan con el transcurso del tiempo



En ese caso la expansión cósmica corresponde a los dibujos aquí abajo




(*) Ver "An interpretation of cosmological model with variable light velocity", J.P.Pétit: Modern Physics Letters A vol. 3 No. 16 (1988) pp. 1527-1532; "Cosmological model with variable light velocity. The interpretation of red shifts", J.P. Pétit: Modern Physics Letters A vol. 3 No. 18 (1988) pp. 1733-1744.




¿Por qué será que todos los objetos del universo: las galaxias, el sistema solar, las partículas elementales, no se expanden junto con él?

Mi joven amigo, el tamaño de esos objetos está determinado por un cierto número de constantes: la constante de gravitación G , la constante de Planck h , la masa del protón m , la velocidad de la luz c



Todo eso es bien conocido, tú sabes...

¿Pero por qué esas cantidades G , h , m , c , son invariables?




Pues porque no varían...

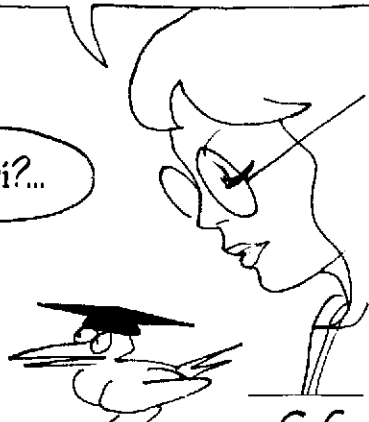
Sí, bueno, no de un día a otro, de un lugar a otro de la Tierra... ¿pero por qué sus magnitudes no han cambiado en miles de millones de años?

Supongo que la velocidad de la luz c debe ser constante a causa de la Relatividad General...

Eso no está escrito en ninguna parte...



¿Ah sí?...





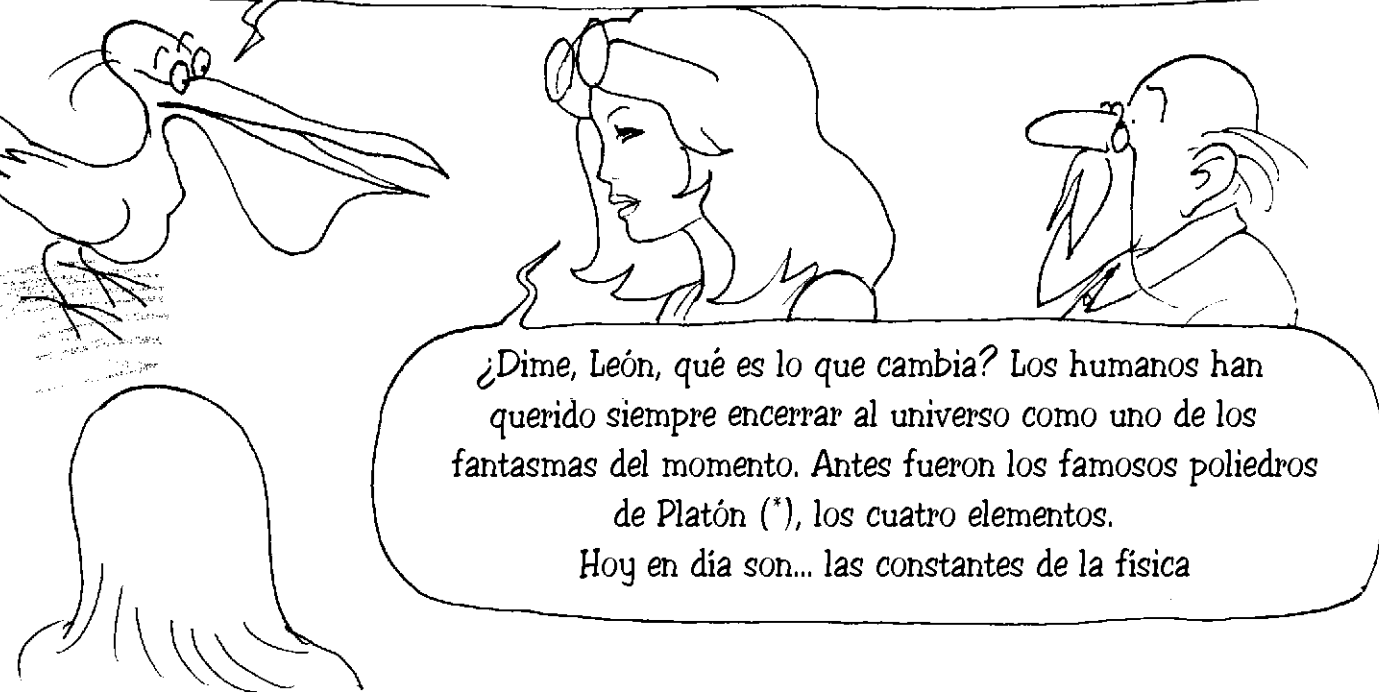
¿Y la constante de Planck h ? No puede variar... como consecuencia de la mecánica cuántica

Esa también no es más que otra hipótesis ligada a un **SISTEMA DE REPRESENTACIONES**

Pero... ¡se trata de **AXIOMAS!!**


Un axioma no es más que una creencia con cuello duro y corbata

Quieres decir que a comienzos del siglo pasado se pudieron realizar las primeras mediciones precisas de dichas cantidades que intervienen en las ecuaciones, algunas de las cuales fueron inclusive descubiertas en esa época. ¿Se ha establecido entonces un **CONSENSO** tácito, postulando su **CONSTANCIA ABSOLUTA** ?




¿Dime, León, qué es lo que cambia? Los humanos han querido siempre encerrar al universo como uno de los fantasmas del momento. Antes fueron los famosos poliedros de Platón (*), los cuatro elementos. Hoy en día son... las constantes de la física

(*) Ver "Cosmic story" (p. 26) en esta misma serie.



¡Esperen, no tan rápido! Hemos mostrado que si tocamos algunas constantes de la física, eso implica algunas cosas que contradicen las observaciones!


Si, ¿pero qué pasa si se considera que **TODAS** esas constantes varían con el tiempo, incluida la **VELOCIDAD DE LA LUZ**?



La velocidad de la luz...

Si permites que las constantes varíen con el tiempo, si las "liberas", eso te permitirá también crear nuevas leyes físicas que le devuelvan al edificio del conocimiento su solidez

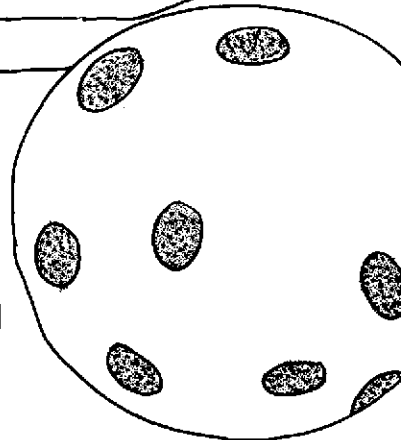
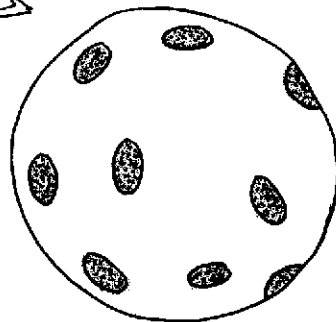
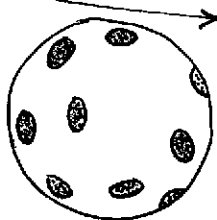
SUPER-RELATIVIDAD




Lo tengo, todo consiste en postular la **CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA**, y no de la masa, y en suponer que los objetos del universo **SE DILATAN JUNTO CON ÉL**

TODOS los objetos, es decir las galaxias, el sistema solar, los agujeros negros y también los protones y los neutrones...

Los objetos son dibujos sobre el globo






En efecto, eso te da una velocidad de la luz infinita en $t = 0$, que decrece después de manera continua (*). La masa aumenta, pero la energía mc^2 permanece constante. La constante de gravedad varía como el inverso de la masa... y todo eso es solución de la ecuación de la **RELATIVIDAD GENERAL**, de la famosa **ECUACIÓN DE EINSTEIN**


$$G = \chi T$$
$$d\chi^2 = (d\chi)^2$$
$$- \frac{e^2 \chi^2}{4\pi \epsilon_0} d\chi^2$$
$$\left(\frac{1+k}{2} \frac{r^2}{4\pi \epsilon_0} \right)$$



¡¿Y entonces?!




Ese modelo del que hablan es una monstruosidad, una quimera. ¿Dónde dejan el corrimiento al rojo?



¡Míralo, ahí está! Encontramos que la constante de Planck varía como t y por lo tanto retomamos la idea de Milne de la página 65

¡Diabólico!



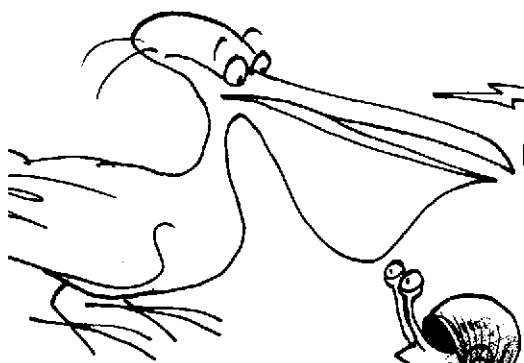
Veamos... el fotón es emitido con una cierta **ENERGÍA** $h\nu$, que se conserva. Durante su recorrido la constante de Planck h crece, y por lo tanto la frecuencia ν , tal y como será medida por un receptor, será diferente (**)
¡Hum... qué curioso!...



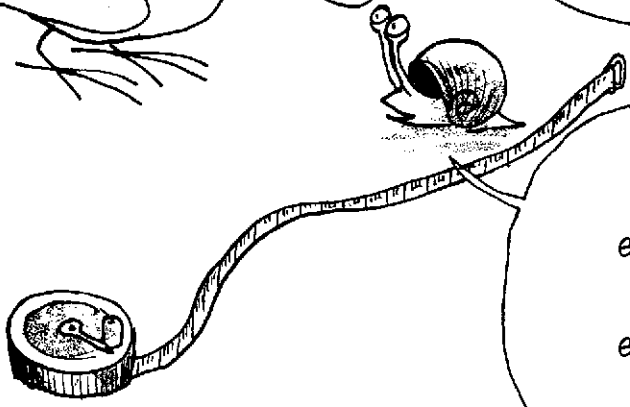
¡Couak!

(*) En este modelo la velocidad de la luz c varía como $\frac{1}{\sqrt[3]{t}}$.

(**) El corrimiento $\Delta\nu$ de la frecuencia es proporcional a la distancia a la fuente. Esta es la **LEY DE HUBBLE**.

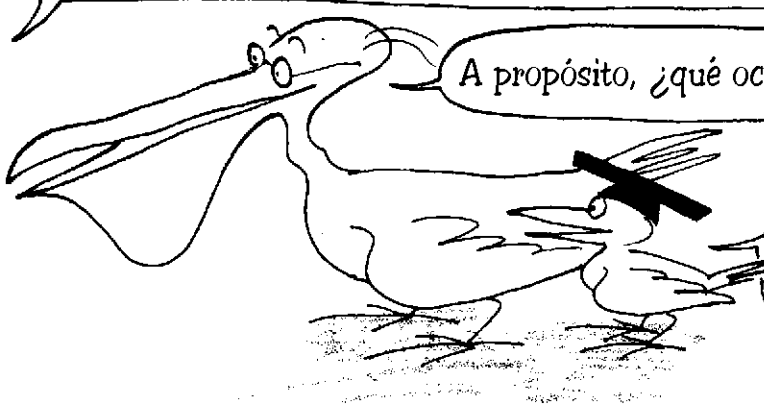


Pero... si el corrimiento al rojo no se debe al efecto Doppler por la velocidad de recesión de las fuentes, entonces el universo no está en expansión, ¿o no? No comprendo nada...



¡Estamos fritos! Todo lo que cuenta es poder explicar lo observable, el corrimiento al rojo. Y en ese modelo ya no puedes MEDIR la expansión pues tu cinta métrica se dilatará al mismo tiempo que el universo

Así mismo, no puedes poner en evidencia LOCALMENTE las variaciones de h , c , G , m , etc... pues los instrumentos de medición, basados en las mismas constantes, derivan "paralelamente"



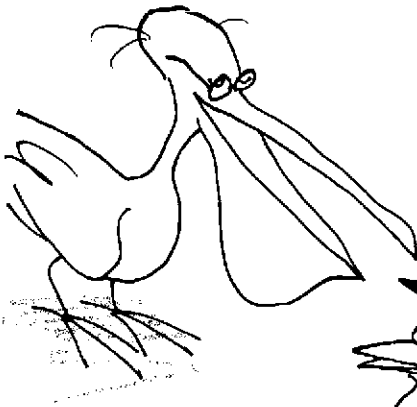
A propósito, ¿qué ocurre con la ENTROPIA?

Crece con el tiempo t (*). Cae la paradoja de la pág. 36




¿Y la famosa SINGULARIDAD INICIAL en $t = 0$ de la que tanto se habla?


(*). En este modelo la entropía S varía como $\text{Log}t$ (Anexo F).




Si reemplazas la **VARIABLE CRONOLÓGICA** t por la **ENTROPÍA** S , la singularidad deja de existir puesto que lo que llamas "instante inicial" corresponderá entonces a $S = -\infty$ (*). La cuestión de la edad del universo **ANTES** del Big Bang pierde sentido



Eso quería decir que el **TIEMPO** no es una buena **VARIABLE** para describir los **EVENTOS**, sino una especie de espejismo algo ilusorio



Puesto que tenemos que atacar las paradojas, vimos en la pág. 36 que no sabíamos cómo explicar el desorden aparente y la notable homogeneidad del Universo, dado que en su juventud las partículas se ignoraban olímpicamente




Dichas partículas emitieron una onda luminosa, a una velocidad c , en el tiempo $t = 0$, pero se alinearon tan rápidamente las unas a las otras que sus "**ESFERAS DE HORIZONTE**" no se solaparon más, y están ahora en un estado de **AUTISMO** perfecto (*)

radio = ct

partículas

ESFERA-HORIZONTE



Por el contrario, en la **SUPER-RELATIVIDAD** las esferas-horizonte se solapan en todas las épocas (se agrandan a la misma velocidad que el universo) y las partículas interactúan. **DESORDEN** y **HOMOGENEIDAD** se encuentran así justificados

(*) En psiquiatría, ausencia total de comunicación con otros.

¡El tiempo de Planck sigue siendo en todo caso un problema! ¡Tal parece que no te vas a poder desembarazar de todas las paradojas!

Veamos, ese tiempo vale $\sqrt{\frac{hG}{c^5}}$.
Un segundo, déjeme ver...

¡El tiempo de Planck varía como... t !
La barrera de Planck desaparece (*)

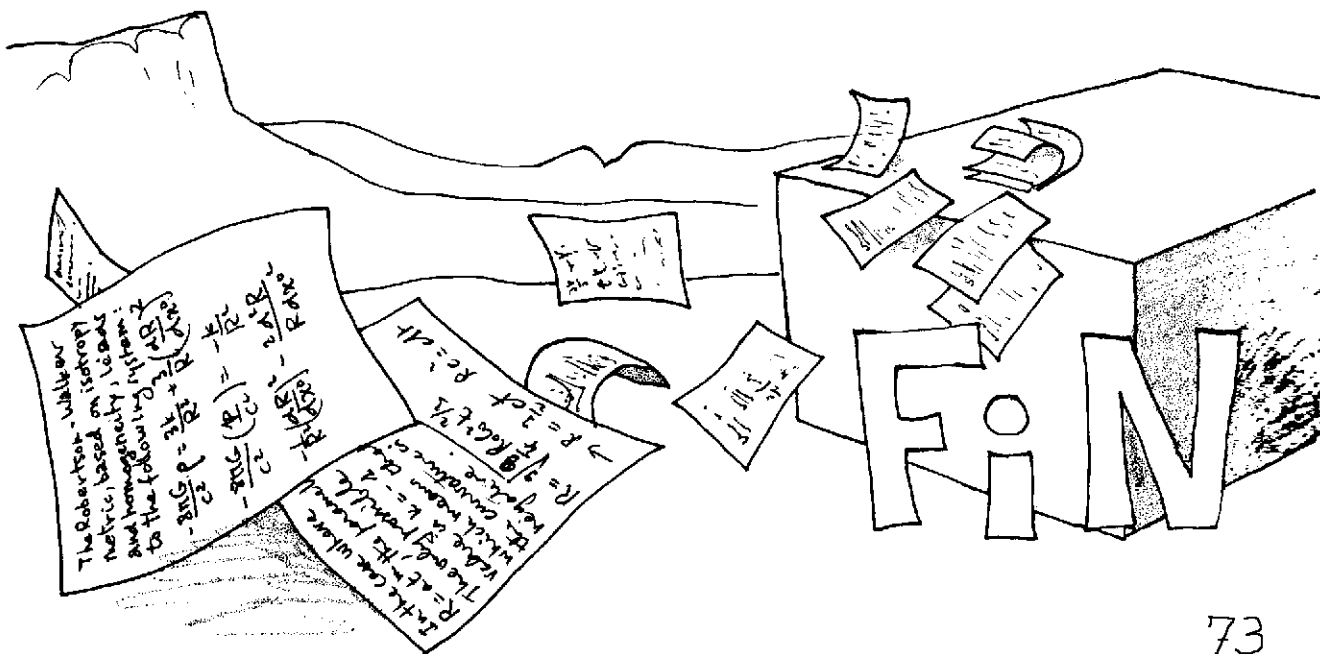
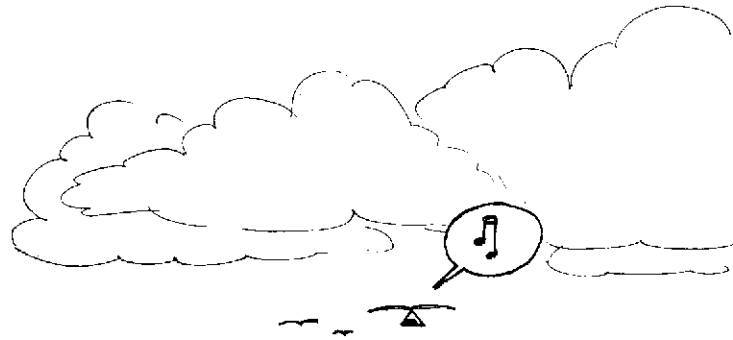
¿Algo más?

ARGN...

Tiresias, ¿dónde está Anselmo?

Creo que está por allá arriba

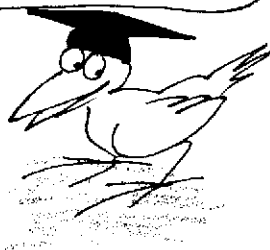
(*) Ver Anexo F





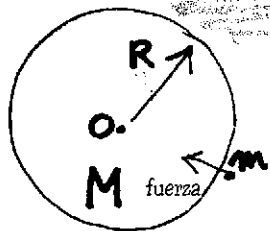
La ciencia moderna tiene la reputación de construirse a partir de ecuaciones terriblemente complicadas que sólo pueden ser comprendidas por un número restringido de "grandes cerebros". Pero las ideas fundamentales son siempre sencillas y es frecuente que uno pueda ilustrarlas de manera perfectamente válida con la ayuda de cálculos que se parecen a los cálculos de los tenderos

Las notas siguientes son ejemplo de eso



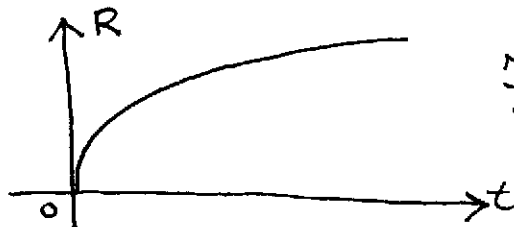
ANEXO A

O cómo encontrar la ley de evolución del universo en tres líneas de cálculo



Consideremos el Universo como un grumo homogéneo de polvo, de radio R y masa M . Consideremos ahora un grano de polvo de masa m , situado en su superficie. Se puede mostrar que la fuerza que se ejerce sobre esta masa es la misma que produciría toda la masa M concentrada en el centro O , es decir $F = -GMm/R^2$. Aplicando $\vec{F} = m\vec{y}$, como en mecánica, resulta $-mR'' = GMm/R^2$ o: $R^2R'' + GM = 0$, la famosa ECUACIÓN DE FRIEDMAN. Construyamos una de las tres soluciones de esta ecuación diferencial, dando para tal fin a $R(t)$ la forma at^b , donde a y b son constantes a determinar. Si $R = at^b$ entonces $R' = abt^{b-1}$ y $R'' = ab(b-1)t^{b-2}$. Reemplazando en la ecuación se obtiene: $b(b-1)a^3t^{3b-2} + GM = 0$, válida para cualquier t . La única solución es cuando el exponente de t es cero, y por lo tanto $b = 2/3$, de donde resulta $a = \sqrt[3]{9GM/2}$ y $R = \sqrt[3]{9GM/2} t^{2/3}$

$R(t)$ es la longitud característica de dicho universo, la cual puede ser asimilada tanto a su radio de curvatura como a la distancia promedio entre dos partículas.

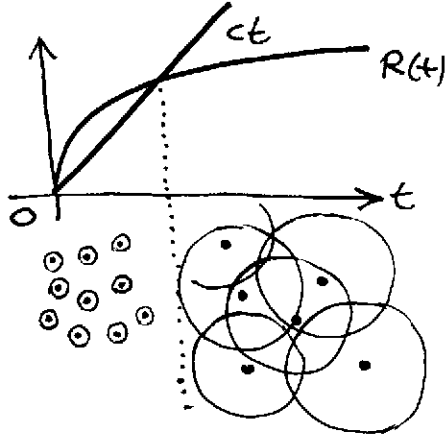


ANEXO B

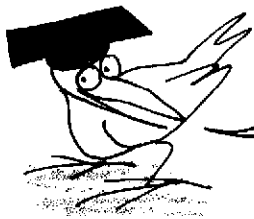


El universo autista

Un simple vistazo a la curva $R(t)$ muestra que la expansión del universo comenzó en una explosión, y que velocidad de expansión comenzó a disminuir en lo sucesivo. Si se identifica $R(t)$ con la distancia promedio entre dos partículas, ct representa el radio de una onda electromagnética emitida en el instante $t = 0$. Con una velocidad de la luz constante se ve que el radio de esta "esfera horizonte", o esfera de lo conocible, permanecerá un cierto tiempo por debajo de la distancia promedio entre las partículas, las cuales se ignorarán totalmente durante dicho periodo de tiempo.

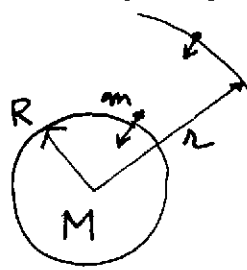


ANEXO C



Cómo calcular el radio de un AGUJERO NEGRO

Sea un astro de radio R y masa M , y una masa m en su superficie, Supongamos que esta masa es un cohete. La energía que este podrá desplegar no podrá exceder mc^2 , que representa su equivalente en energía. Calculemos la energía necesaria para liberar esta masa m del campo de gravedad del astro. La fuerza es $F = -GMm/r^2$. El trabajo



es $-GMm/r^2 dr$, donde dr es un pequeño desplazamiento. La energía necesaria es $E = -\int_R^m GMm/r^2 dr = GMm/R$. Esta energía excederá a la energía máxima disponible si $GMm/R > mc^2$, es decir cuando $R < GM/c^2$ (radio de Schwarzschild).

Un cálculo más fino, teniendo en cuenta la disminución de la masa, lleva al valor exacto $R_s = 2GM/c^2$. Si una masa M está contenida en el interior de su radio de Schwarzschild, ningún objeto puede escapar de ella, pues la energía necesaria tendría que ser superior a mc^2 . El radio de Schwarzschild del Sol es de 3,7 Km.

El fotón tiene una energía $h\nu$. Representa una cantidad equivalente de materia $m_\phi = h\nu/c^2$, gracias a la cual se puede calcular su energía de extracción: $-\int_R^\infty GMm_\phi/r^2 dr = (GM/Rc^2) h\nu$. La energía de un fotón que logra abandonar el astro es $E' = h\nu(1 - GM/Rc^2) < h\nu$ (fenómeno de corrimiento al rojo gravitacional). Si $R < GM/c^2$ el astro ya no puede emitir luz. Es un agujero negro.

ANEXO D



Pasemos ahora a las condiciones de Planck

La longitud espacial de una partícula de masa m está dada por la longitud de Compton $\lambda_c = h/mc$. Supongamos que la partícula sea un agujero negro. Entonces esta longitud λ_c deberá ser igual al radio de Schwarzschild, es decir: $h/mc = Gm/c^2$, lo que resulta en $m_p = \sqrt{hc/G}$, unos 10^{-5} gramos. No puede existir una partícula más pesada. Su radio es entonces $h/mc = h/c\sqrt{G/hc}$.

Sea $L_p = \sqrt{hG/c^3}$. Esta es la LONGITUD DE PLANCK, 1.6×10^{-33} cm.

Nada más pequeño puede existir en el universo.

Es la malla elemental del jersey espacial



Sea un fotón de longitud de onda $\lambda = c/\nu$. Su energía es $E = hc/\lambda$ y su masa equivalente $m_\phi = E/c^2 = h/\lambda c$. Su radio de Schwarzschild es $R_s = Gm_\phi/c^2 = Gh/\lambda c^3$, que es igual a su longitud de onda si $\lambda = \sqrt{Gh/c^3} = L_p$.

Cuando la longitud de onda de un fotón iguala a su radio de Schwarzschild, este se pone a dar vueltas como un perro mordiendo su propia cola, y la información no tiene cómo circular. A esta longitud se le asocia el tiempo $t_p = L_p/c = 0.54 \times 10^{-43}$ segundos.

Es el ESPESOR DEL PRESENTE



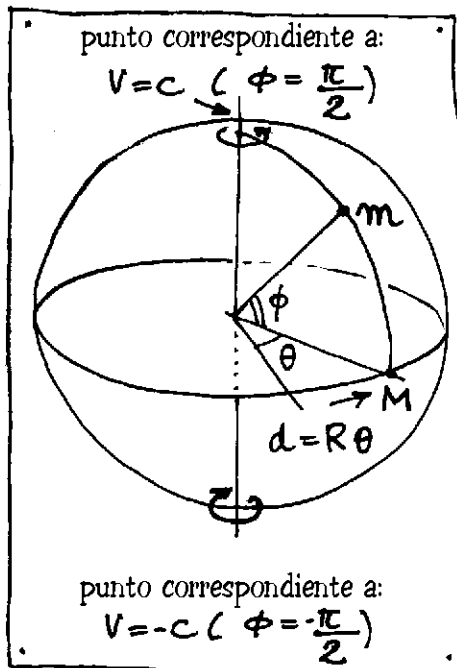
El espesor de las páginas del libro



ANEXO E

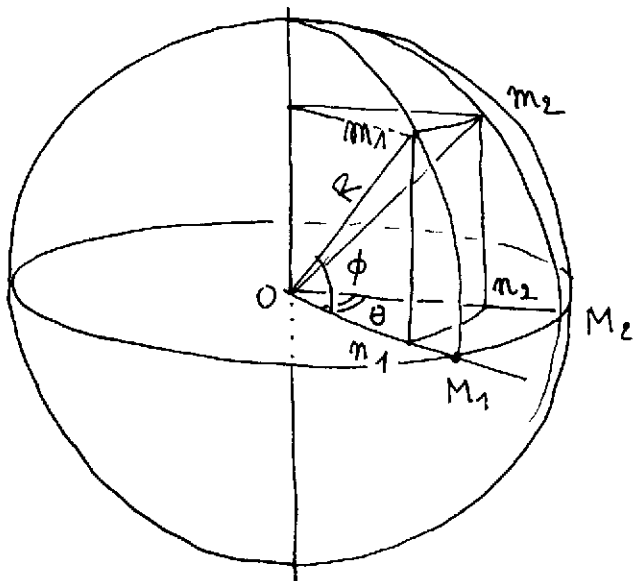
EL ESPACIO DE FASES RELATIVISTA

Se trata de un espacio curvo, a la vez en posición y en velocidad. Nos limitaremos a una dimensión de posición y a una de velocidad. La posición se indicará con la letra θ y la velocidad con la letra ϕ .



Para un observador inmóvil el desplazamiento de un objeto a velocidad V será $d = R\theta$, y la velocidad estará ligada al ángulo mediante la relación $V = c \operatorname{sen} \phi$. Para este observador los fotones circularán alrededor de los polos siguiendo trayectorias de longitud nula (ver "Tout est relatif", volumen de esta misma serie de aventuras)

Sea $\widehat{M_1 M_2} = R\theta$ un desplazamiento percibido por un observador en reposo.

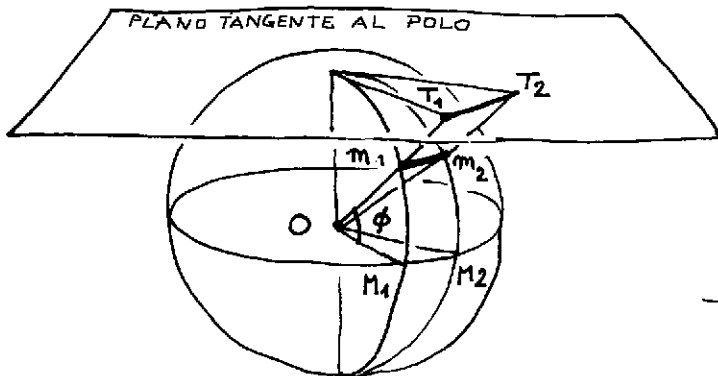


En el espacio de fases el desplazamiento real corresponde al arco $\widehat{m_1 m_2}$, el cual se proyecta en el arco $\widehat{n_1 n_2}$ en el plano ecuatorial. El segmento $\overline{on_1} = R \cos \phi$. El arco $\widehat{n_1 n_2} = \overline{on_1} \theta$. Como $\cos^2 \phi + \operatorname{sen}^2 \phi = 1$, y $\operatorname{sen} \phi = v/c$ se obtiene:

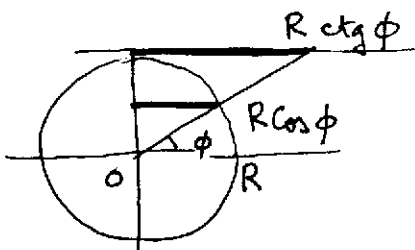
$$\widehat{m_1 m_2} = \widehat{M_1 M_2} \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

que no es otra cosa que la célebre CONTRACCIÓN DE LORENTZ.

En el espacio de fases el tiempo ya no es una variable libre. El TIEMPO PROPIO se calcula. Es proporcional al arco $\widehat{T_1 T_2}$, que es la proyección del arco $\widehat{m_1 m_2}$ sobre el plano tangente al polo.



$$t = \widehat{T_1 T_2} / c = (R \theta \operatorname{ctg} \phi) / c$$



La velocidad V es el cociente entre desplazamiento y duración y es

igual a : $\frac{m_1 m_2}{T_1 T_2} c$, por lo tanto :

$$v = c \frac{R \cos \phi \theta}{R \cot \phi \theta} = c \sin \phi$$

ANEXO F

LA SUPER-RELATIVIDAD

* Damos "libertad" a todas las "constantes" de la fisica.

Por ejemplo : G , la constante de gravitación; h , la constante de Planck; c , la velocidad de la luz; m , la masa del protón o del neutrón.

* En la ecuación de la Relatividad General la constante de Einstein

$\chi = -8\pi G/c^2$ es una constante ABSOLUTA. Por lo tanto, $G \approx c^2$. (\approx quiere decir "varía como...").

* Suponemos que la energía mc^2 se conserva a lo largo del tiempo, siendo m la masa de la partícula en reposo.

* Suponemos que las galaxias, el sistema solar, los agujeros negros, los protones y los neutrones se "agrandan" al mismo tiempo que el Universo, siendo su perímetro igual a $2\pi R$.

Escribimos que el radio del Agujero Negro (radio de Schwarzschild) crece como R y entonces $Gm/c^2 \approx R$, y como $G/c^2 = \text{cte}$. entonces

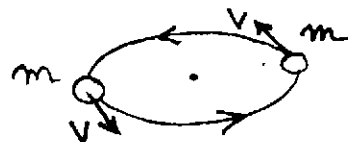
$m \approx R$. Por otra parte, como $mc^2 = \text{cte}$.

$$Rc^2 = \text{cte} \quad \text{ó}$$

$$c \approx \frac{1}{\sqrt{R}}$$

y

$$G \approx \frac{1}{R}$$



Tomemos dos estrellas de la misma masa, orbitando alrededor de su centro de gravedad según una trayectoria circular de radio r . La fuerza centrífuga es mV^2/r , y la atracción gravitacional mutua es $Gm^2/4r^2$

Si r varía como R entonces $Gm^2/R \approx mV^2/R$, de donde resulta :

$V \approx 1/\sqrt{R}$. El cociente $\beta = v/c$ se conserva a lo largo del tiempo lo mismo que la energía $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

La extensión espacial del protón está dada por su longitud de Compton $h/mc \approx R$, de donde resulta :

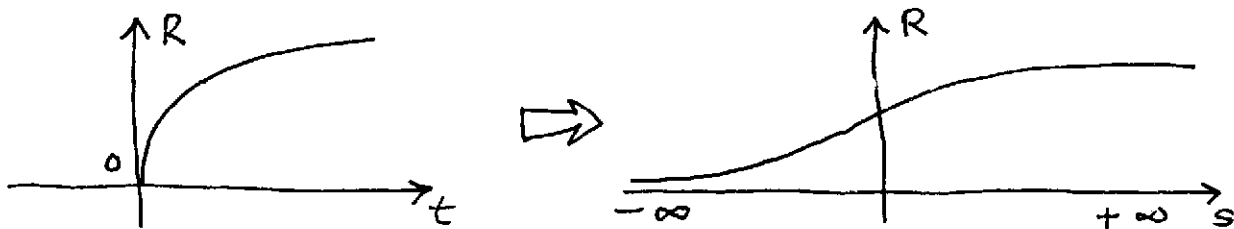
$$h \approx R^{3/2}$$

La resolución de la ecuación de Einstein, suponiendo un universo homogéneo e isotrópico (métrica de Robertson-Walker) conduce a la ecuación diferencial :



$$\frac{2R''}{R} + \frac{R'^2}{R^2} (2 + \beta^2) + \frac{kC^2}{R^2} (-1 + \beta^2) = 0$$


donde $V = \beta c$ es la velocidad de agitación de las galaxias en el "fluido cosmológico". Buscando una solución de la forma $R = at^b$ se ve que β se elimina y que $k = -1$ lleva a una solución $R \approx t^{2/3}$, siendo k el índice de curvatura. Por lo tanto dicho universo tiene una curvatura negativa (*). El horizonte cosmológico se define como la integral $H = \int_0^t c(\tau) d\tau$ y se encuentra que : $H \equiv R(t)$. En consecuencia, la homogeneidad del universo se encuentra justificada en todas las épocas. La entropía se escribe $S \approx \text{Log } t$. En una descripción en la que la entropía reemplaza a la variable tiempo la singularidad inicial desaparece, simple y llanamente :



Todas las ecuaciones de la física (Schrödinger, Maxwell, Boltzmann, etc.) son invariantes en las transformaciones obtenidas. Se encuentra que el CORRIMIENTO AL ROJO es proporcional a la distancia (Ley de Hubble). Hasta unos cuantos miles de millones de años-luz las distancias calculadas para las fuentes son prácticamente idénticas a las distancias resultantes del modelo clásico. La energía de los fotones $h\nu$ se supone se conserva (como todas las energías). Como $h \approx t$ entonces $\nu \approx 1/t$. El corrimiento al rojo no es más consecuencia del efecto Doppler sino que resulta de la deriva secular de la constante de Planck. En 1988 Barthelemy et Miley (Nature, vol. 333, mayo 1988) mostraron que entre más lejanos están los cuásars, más pequeños resultan. Esto concuerda con el modelo, en el que los cuásars se "agrandan" junto con el Universo.

(*)

(*) Ver "Le Géométricon" y "Le Trou Noir", en esta misma serie de aventuras.



Hasta el momento el modelo de Anselmo no contradice ninguna observación

Y todo parece marchar mucho mejor que en el modelo clásico para los cuásars

¿Tú qué opinas, Sofia?

El modelo de Anselmo no está completo. Quedan algunas constantes ligadas a los procesos nucleares y le hace falta inventar una manera de hacerlas variar para poder dar cuenta de esos fenómenos que también hacen parte de la cosmología

Pues de lo contrario aparecerán las contradicciones. Y entonces... ¡a padecer!

Debe estar algo preocupado....

¿Tú crees?...

Savoir sans Frontières

EL ECONOMICÓN

Jean~Pierre Petit



Traducción:

Juan Carlos Anduckia

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

PRÓLOGO

Érase una vez en Borduria...

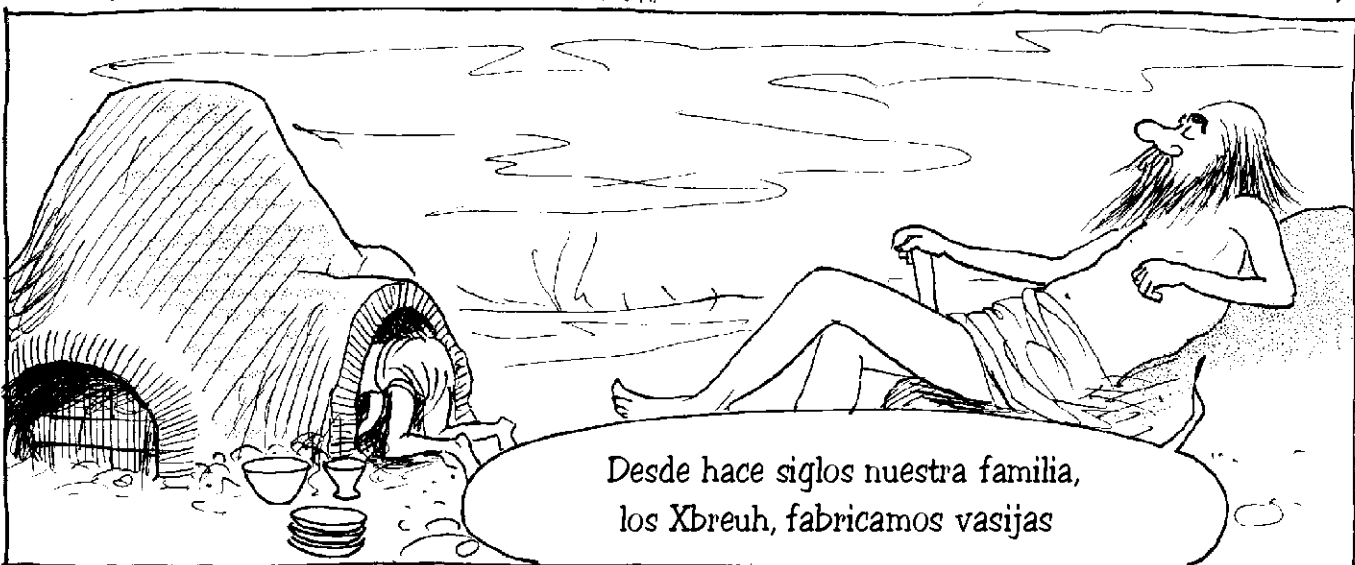


Aquí tiene, maestro

Pobre chico,
pasa su tiempo
moldeando vasijas

Bien, cuando estén secas,
pónlas en el horno.
Ahora ve a buscar madera

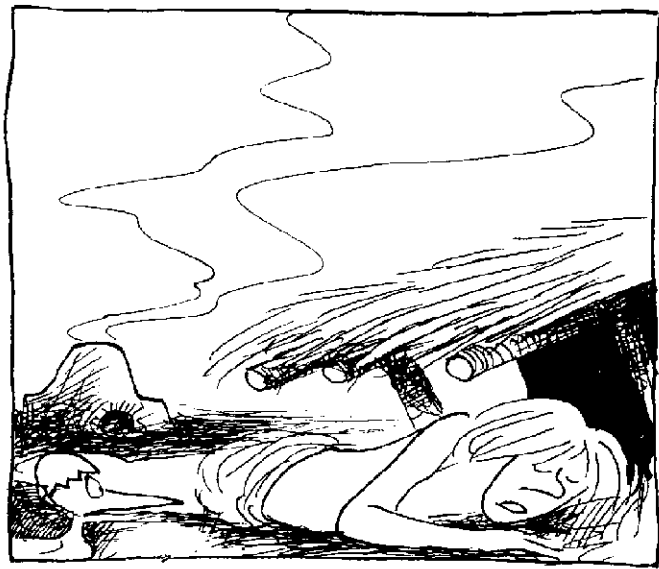
Verás, este horno lo heredé de
mi padre, al igual que estas tierras.
Y él a su vez lo heredó de su
padre, y del padre
de su padre



Desde hace siglos nuestra familia,
los Xbreuh, fabricamos vasijas



¡Conque "fabricamos" vasijas!



¡Vamos, bueno para nada, deja de moverte para que pueda acomodar la mercancía!



Ah, allí está el viejo Kroumir




Dale, cuatro peces por una vasija

¡No, seis!


Tardarán un poco en ACORDAR EL PRECIO.
¿Estás bien?



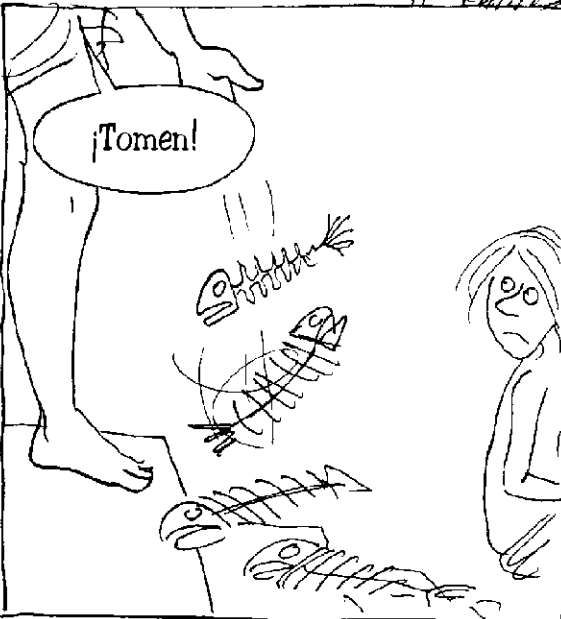
¡Jah, fui yo quien pesqué los peces por él!



Y todo esto me deja apenas lo justo para no morirme de hambre.
¿Qué más puedo hacer? El río le pertenece a la casta de los Kroumir,
y yo soy una Teuhl. De acuerdo a la **LEY**, sólo los Kroumir tienen
derecho a explotar el río, que les fue donado por el dios Kefal



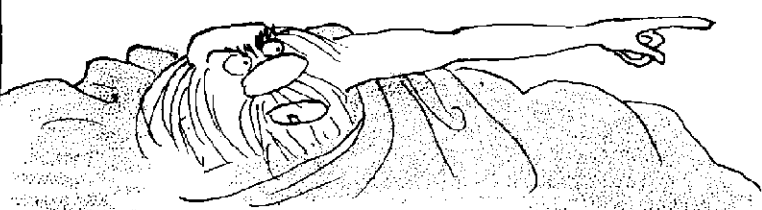
Sí, lo sé, tenemos una
situación parecida en Borduria



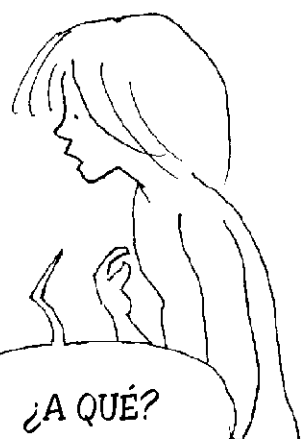
¡Tomen!

Así transcurría la vida. Los Bordurianos que sabían
trabajar la cerámica, intercambiaban sus vasijas con
los Kroumir a cambio de peces. Los Poloks del sur
les proveían de sal, con la que podían salar el pescado
y colocarlo en las vasijas, lo que permitía también el
intercambio con los Poloks. Y los Poloks, a su vez...

UN DÍA...



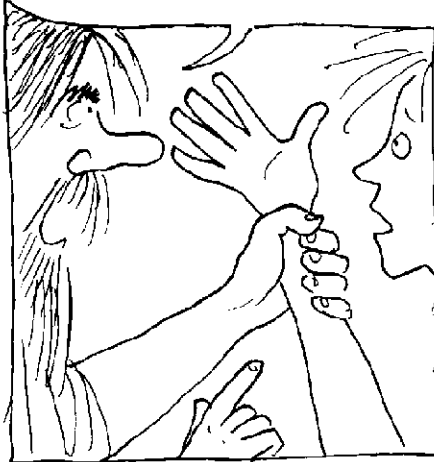
¡Maldito reumatismo!
Tendrás que ir solo con las vasijas donde los Kroumir.
Pero para evitar que te engañen, te voy a enseñar a **CONTAR**



¿A QUÉ?

LA CONTABILIDAD

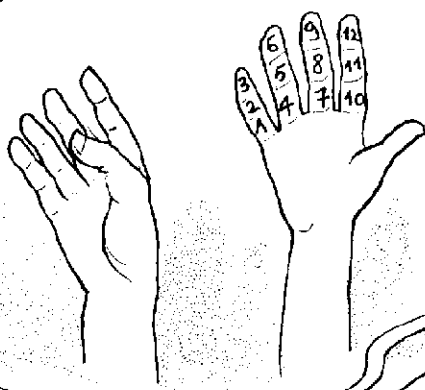
Te voy a enseñar el SECRETO DE LOS DEDOS. Óyeme bien, tonto, ¿ves tus manos? Tienen dedos al final, ¿no es así? ¿Puedes ver que cada dedo posee su falange?



No debería estar enseñándote esto, pero si no lo hago los Kroumir te van a engañar como a un pobre inocente



Y lo que es a mí, no me gusta que me engañen



Mira, usa tu pulgar de esta forma para indicar tus falanges en este orden. Cuando hayas terminado, tendrás una **DOCENA**. Utilizarás cortezas para marcarlo

Ahora vete y no le reveles el secreto a nadie; de lo contrario, el dios Wall te castigará. ¡Y tendrás que vértelas conmigo...!



¡Si me engañas, te romperé el pescuezo!

EL NACIMIENTO DE LA MONEDA

¿Dónde está tu Xbreuh?

No ha podido venir.
Está con mal de pies

¿Dónde están los peces?

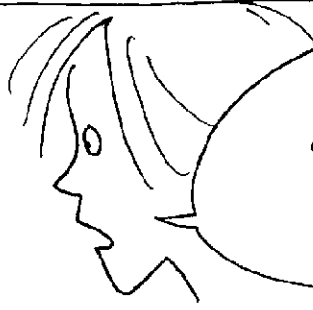
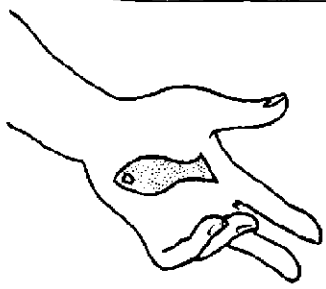
Vinieron los Poloks del sur.
Como han partido a la guerra,
se llevaron prácticamente todo

Sólo me quedan unos pocos

¿Que haré ahora ?

De ninguna manera puedo regresar con esta mercancía

Te tengo algo mejor. ¿Ves estos pequeños objetos en hierro?
Pues bien, cada uno de ellos REPRESENTA un pez



Si, ya veo.
¿Pero que diría mi maestro si en lugar
de unos buenos peces le llevara
estos pequeños objetos?

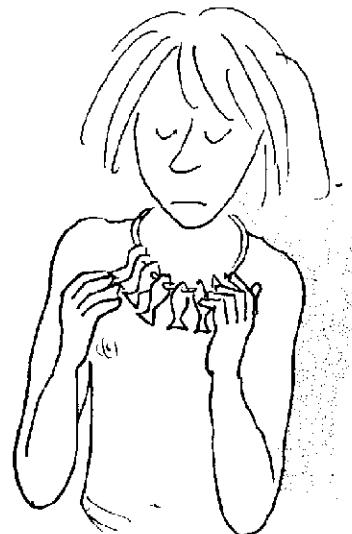
Estos pececitos de hierro son muy apetecidos. A veces los Poloks del sur los intercambian
conmigo a cambio de alimentos. Los cazadores saben muy bien cómo hacer con ellos
puntas para sus flechas, y según parece, si se los funde se pueden hacer otras tantas cosas



¡No, no me da CONFIANZA! Son demasiado
pequeños, y con seguridad me castigarán

¿Cómo vas a hacer las cuentas con tus vasijas? Este sistema
te simplifica las cosas: un pececito, un objeto; otro pececito, otro objeto...

De esa forma, no hay peligro de que te
equivoces. Y ya ves, puedes hacerte un
collar, para evitar que se te pierdan en el
camino (*)



(*) Costumbre retomada posteriormente en algunos
pueblos del Mediterráneo.

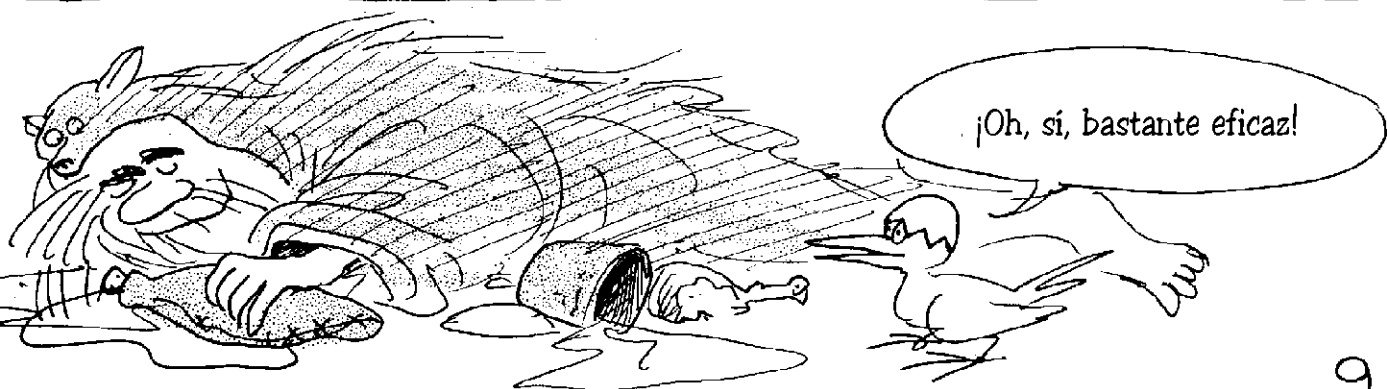
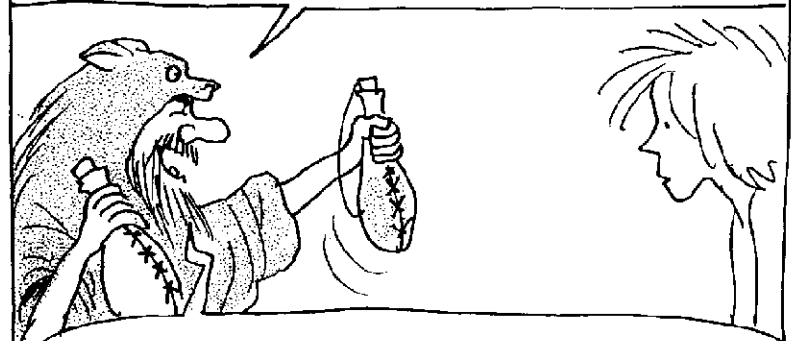
EL COMERCIO



Si, dijeron que tiene el mismo valor, y que lo podrá comprobar si va por toda la región



¡Estupendo!
Nuestros vecinos, los Tayaks, que hasta ahora habían desdenado mis vasijas, han gustado de los peces de hierro. A cambio, he podido obtener pieles y alimentos



La **MONEDA** permite, entonces, realizar transacciones sin que estas impliquen el intercambio de productos utilizables y consumibles de inmediato. Los Xbreuh utilizan las piezas metálicas para transformar sus cerámicas en viandas y en alcohol, aceptando momentáneamente a cambio objetos que no pueden utilizar directamente pero que les van a servir de **MONEDA DE INTERCAMBIO**



Y casi no pesan, lo que es bueno

LA CIVILIZACIÓN DE CONSUMO

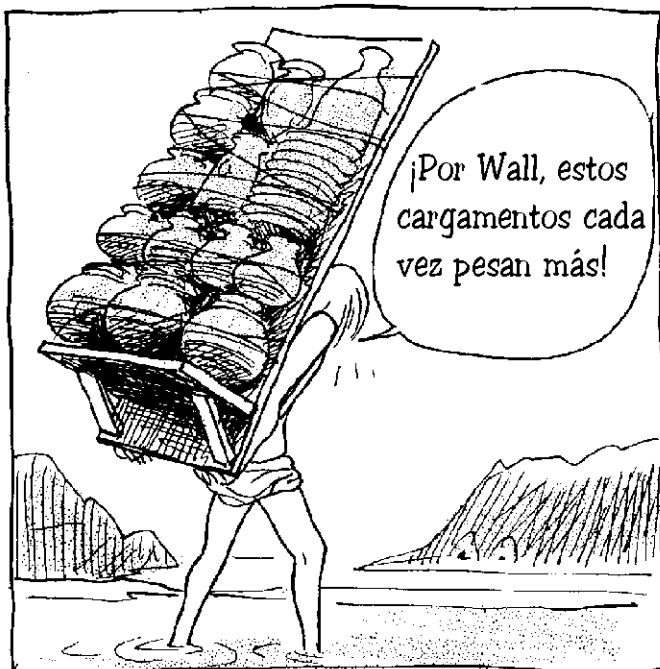
He tomado una decisión. Vas a hacer muchas más vasijas, cantidades enormes de ellas. Y en lugar de intercambiarlas por peces verdaderos, lo harás por esos pequeños objetos, con los cuales podré comprar viandas y muchos medicamentos



¿Y qué cambia para tí al hacer tres veces más vasijas?
Tres veces más de lo que **NECESITAN**...



Pues que en lugar de chupar espinas de pescado, ahora chuparé huesos...



¡Por Wall, estos cargamentos cada vez pesan más!



Oye, esto es nuevo. Los pececitos metálicos llevan ahora una inscripción

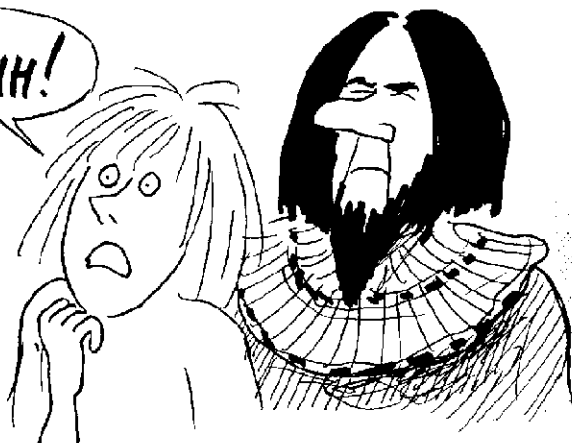
¿No lo sabías?

Los Poloks del sur le declararon la guerra a todo el mundo y terminaron por irritar al rey NUMIS, que los sometió por completo, imponiendo su dominio en toda la nación. La idea de los pequeños pececillos metálicos le ha parecido bastante divertida, y por eso ha puesto manos a la obra en las minas y en las fundiciones. El negocio es ahora exclusividad suya, y ha puesto su propia marca, su sello personal, en las piezas



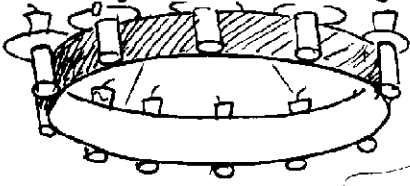
Y un detalle: ¡castigará a todos aquellos que se atrevan a hacer lo mismo!

AAAHHH!



LA MASA MONETARIA

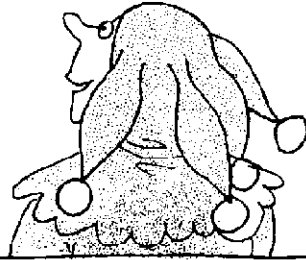
En los aposentos del rey NUMIS:



Este invento de los Poloks,
esta... **MONEDA**... ¡es asombroso!
¡Con ella hemos podido comprar la tierra entera!



¿La Tierra, sire?
¡El universo!



Tienes razón: ¡compremos el Universo!

Los negocios marchan, Sofia. Tengo pedidos increíbles del rey NUMIS.
Ha decidido invitar a almorzar a todos los habitantes de la Tierra y para ello requiere
de cantidades inverosímiles de conserva de pescado



Vamos a tener que intensificar la pesca.
¡Vas a tener que fabricar una red gigantesca
con la cual desocuparemos el lago de peces!



¡Por aquí la moneda!

En cuanto a Anselmo, tuvo que elaborar para los Xbreuh de Borduria una inimaginable cantidad de vasijas.

Esto hace una mano de manos de manos (*)



Te refieres a las puntas de estas flechas. Pues tenemos las suficientes, viejo amigo. Todos nuestros carcajs están llenos. Así que no estamos interesados

Y de todos modos, es sólo hierro...



Pero si insistes... entonces cuatro manos de puntas de hierro por un litro

Pero al otro lado de la cadena, donde los Tayaks...

Doscientos litros de medicamento para tu mal de pies, ¿y después qué más?



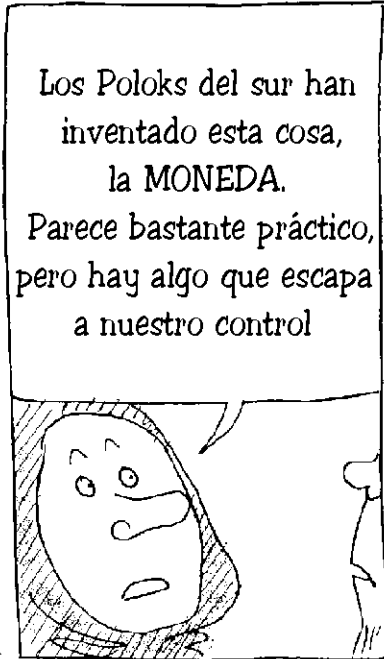
Pero si tengo con qué PAGAR... tengo moneda

Pero ustedes no pueden hacer eso... ¡Es una punta por litro! ¡No me obliguen a hacerlos cambiar a esa tasa!



¿Ah sí? Pues ve a buscar la sartén y a freir espárragos

(*) $12 \times 12 \times 12 = 1728$
(una mano representa doce falanges)



¿Y si les pedimos a los Poloks que resuelvan esta crisis?

Por desgracia, sire, todos ellos han sido puestos prisioneros

Ah... es una pena

Cuando EMITIMOS dicha MONEDA, la TASA era de una pieza de hierro por un pescado. Pero cuando quisimos emitir MÁS, los precios comenzaron a DESCONTROLARSE

Hay que dejar de producir dichas piezas de inmediato

Pero entre los Kroumir, la operación de recuperación decidida por el rey NUMIS tuvo otras consecuencias:

¿Eso es todo lo que pescaste, torpe?

No tiene caso que te enojas. Con esa orden loca que diste, hemos diezariado los peces y arruinado el fondo del lago

El número de peces se ha reducido a la mitad, así que para mantener mi **GANANCIA**, tengo simplemente que doblar el precio

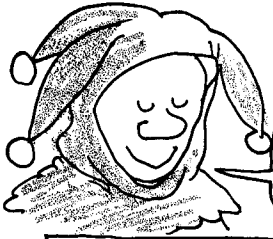
OCHO MANOS DE PIEZAS POR PESCADO

¡Diablos! ¡¿Ocho manos de piezas?! Tu pescado comienza a ponerse **CARO**...

LO QUE ES RARO ES CARO

Has visto, sire, el pescado escasea y su precio sube.

LA ESCASEZ AUMENTA EL VALOR



Hay algo que no fue bien escogido en nuestra moneda. El hierro se ha convertido en un producto común, hasta hacemos ruedas de carros con él. La metalurgia se ha desarrollado. Más valdría hacer la moneda con algo que fuera **RARO**



¿Qué sugieres?

ORO



Tienes razón. El oro es difícil de producir. Nunca habrá grandes cantidades...

Y no se corroe



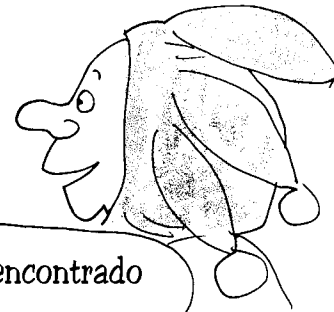
Pero me preocupa una cosa: el oro podría no servir de nada. Es un metal bastante blando.

¿Por qué piensas que debería servir para algo?

No sé... el hierro podía fundirse, y hacer con él un montón de objetos **ÚTILES**: puntas de flechas, clavos...



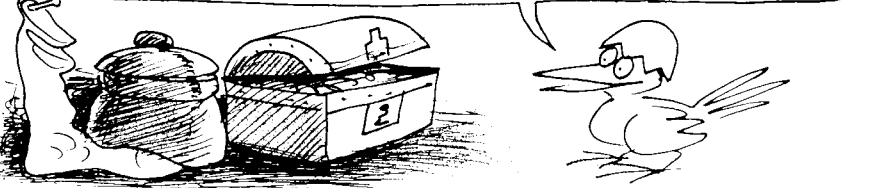
Objetos de **CONSUMO**



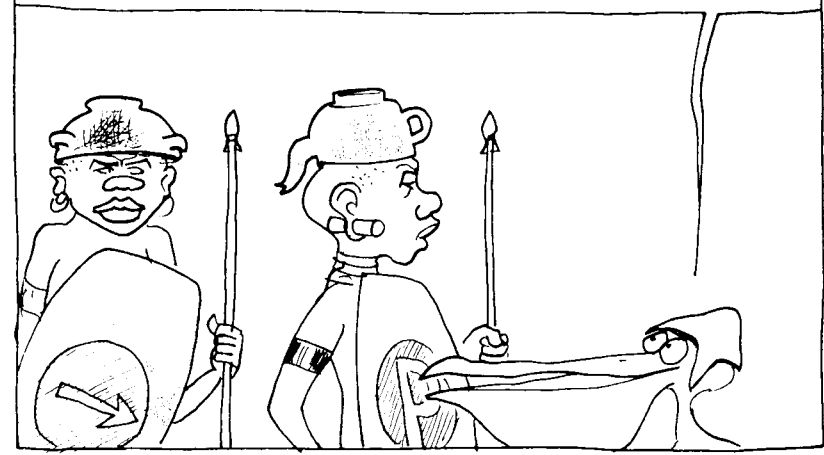
Bueno, pues le he encontrado una utilidad al oro...



Las naciones conocieron entonces un periodo de relativa **ESTABILIDAD MONETARIA**. La moneda se impuso rápido para los **INTERCAMBIOS** como un intermediario indispensable. **ATESORADA** y almacenada, se convirtió en **AHORROS**



El comercio se desarrolló poco a poco. Los Xbreuh de Borduria se las arreglaron para convencer a los Tayaks de comprar sus vasijas, abriendo así nuevas **OPORTUNIDADES** para su **PRODUCCIÓN**, y un nuevo **MERCADO**



El rey de los Tayaks fue a su vez iniciado en los placeres del consumismo, y a cambio de los productos de la caza, pudo comprar montones de cosas finas



LA BANCA



Deseoso de economizar el dinero de su pueblo y de sustraerlo a la tentación de los robos, el rey decidió confiárselo a un vecino de neutralidad irreprochable, el cual aceptaba tenerlo en un lugar seguro a cambio de una módica retribución

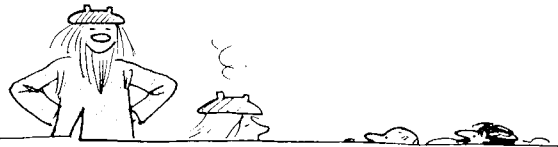
INFLACIÓN POR DEMANDA

¡Escuchen todos! Ustedes que caminan con la cabeza descubierta, a merced de las agresiones cósmicas, de los malos espíritus, de las ondas negativas y de los rayos del sol, adopten ya el sombrero borduriano original. ¡Si quieren seguir siempre adelante con decisión, consigan ya su **CUBRE-CABEZAS!**



**CUBRE-CABEZAS
DE VENTA AQUÍ**

No pierdan su tiempo en los bancos de las escuelas. Nuestro sombrero **GNOSEOSÓFICO** les aportará por **DIFUSIÓN TRANSCEREBRAL** todos los conocimientos que necesitan



Anselmo Lanturly, aquí presente, que era un completo ignorante, ha aprendido el **SECRETO DE LOS DEDOS** con nuestro **CUBRE-CABEZA**

¡Para la **PUBLICIDAD** los Xbreuh se las saben todas!



Pero no creerás tú que...

Claro que no...
Son cuentos,
¿no?

¡Anselmo, pequeño mío, los negocios marchan de maravillas!



¡Cincuenta gulbars,
mi hermano!

¡Maestro,
sólo nos
quedan tres!

¿Eh? ¡Está bien,
que sean sesenta!

Pero... ¿está
elevando el precio?

¡Hijo mío, es el dios Wall el que fija los
precios, y si la gente pide más, es que el
precio no era lo suficientemente alto!

Para poder cocer todas estas tontas vasijas,
hemos arrasado con toda la floresta

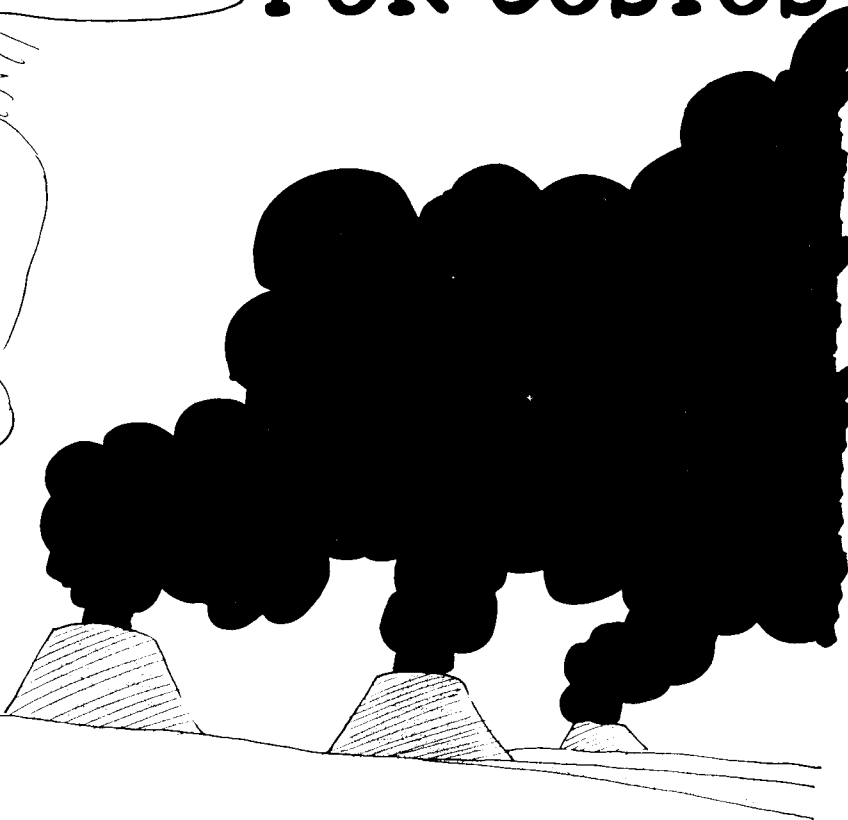


Lo he previsto todo, Anselmo.
De ahora en adelante coceremos las
vasijas con este aceite negro, esta nafta

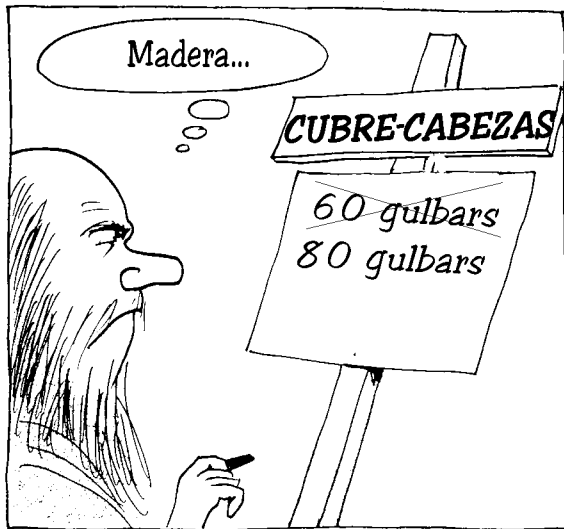
¡Puff, qué olor!

INFLACIÓN POR COSTOS

¡Tú moldea, y no te
preocupes por lo demás!



Tiempo después...



Un día...



Ah, ya veo. ¡Esa chica que trabaja en el lago ha estado metiéndote ideas en la cabeza!

¡Al parecer, allá abajo han organizado una "cooperativa", o algo por el estilo!

Quiero cinco gulbars por día...

...Y un día de descanso a la semana

¿Quieres dar al traste con el negocio?
¡Aún tengo que pagar la nafta, cuyo precio aumenta sin cesar!

Lo único que tiene que hacer es tomar... ¡menos medicamentos!

¡Cinco gulbars por día!
¿Acaso quieres acabar conmigo?

¡Nos vas a llevar a la ruina!

Cinco gulbars por día

Por Wall, esto es un mal sueño

Escúchame, si trabajas duro, seré bueno contigo más adelante....

¿Pero qué vas a hacer con esa suma?

¡No, cinco gulbars, ahora mismo!

¡Me compraré una camisa, y jabón!

¡Ah, era eso! ¡Primero el lujo, luego el libertinaje y la fornicación!

¡Tengo que protegerte de ti mismo!

¿Pero de qué habla?!
¡Lo único que yo quiero es una CAMISA!!

¡Pues si así es como es, entonces haga sus vasijas usted mismo!

Soy responsable ante Wall de tu comportamiento

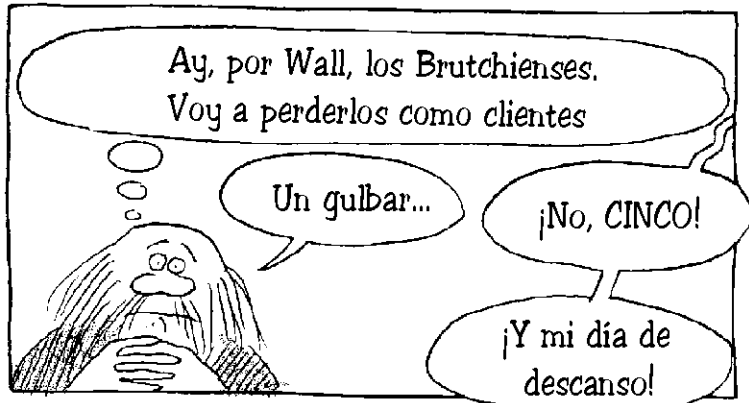
¡Qué ingratitud! Yo que le di todo, que le di de comer...

¡Ah, mi medicamento!

Al alba...

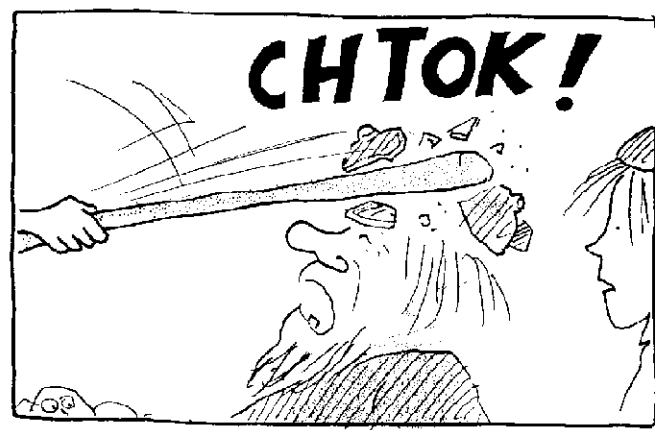
¡Anselmo, rápido, bájate de ahí!
Hay que fabricar unos cubrecabezas para los Brutchienses, que vienen mañana

¡Quiero cinco gulbars por día, y un día de descanso a la semana!



LA COMPETENCIA





Este descubrimiento, esta **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**,
arruinó durante un tiempo la industria de los Xbreuh
de Borduria.



EL MERCADO DEL TRABAJO

¿Cómo dice? ¿Es usted alfarero?
No estoy interesado.
¿Sabe contar?

¡Pero si eso es numeración en base doce!
¡Estimado amigo, ahora contamos en decimal!

Con todas estas técnicas modernas, ya no podemos sostenernos

Así, Anselmo se encontró recorriendo la árida senda del **DESEMPLEO**, mientras que a orillas del lago Sofia...

¡MATKOBOWSKA! Después de que acabamos con los Kroumir
y tomamos posesión del lago, ¿qué ha sucedido?

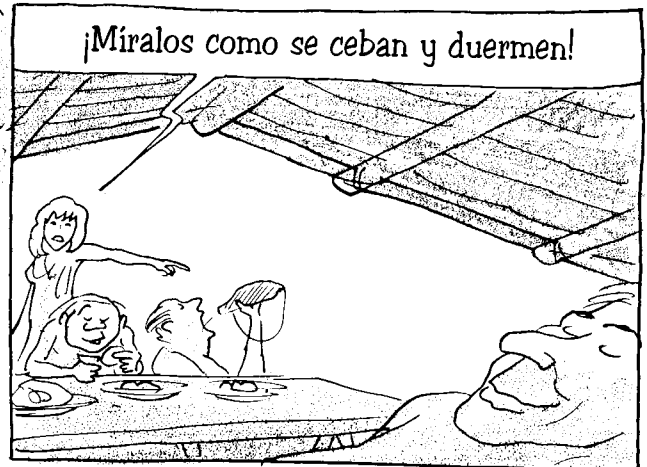
Nosotros, los pescadores, hemos continuado haciendo todo el
trabajo. Mientras tanto, hemos visto multiplicarse toda una serie
de parásitos, y nuestra situación no es que haya mejorado

¡Si, qué linda cooperativa...!

¡Camarada! No deberías hablar así. El **KOLEKTIVO** es nuestra lucha. Tú te esfuerzas aquí en el frente de la producción, mientras otros lo hacen en el terreno de la **CONSCIENCIA POLÍTICA** y de los **PLANES**. Aquí vivimos en una **ECONOMÍA PLANIFICADA** (*)



¡Ja, ven a ver a los héroes de la consciencia política!



¡Míralos como se ceban y duermen!

No se están cebando. Están degustando.
Es control de calidad.
¡Tienes una mente retorcida!



¿Control de calidad?
¡Cómo no...!

Por uno que hace su trabajo de verdad,
hay diez que no hacen nada o duermen


Kolectivamente vivimos mejor.
No hay desempleo,
y todo mundo tiene un trabajo



No hay ricos

Ten cuidado, Sofia.
Él es de Seguridad.
Es peligroso

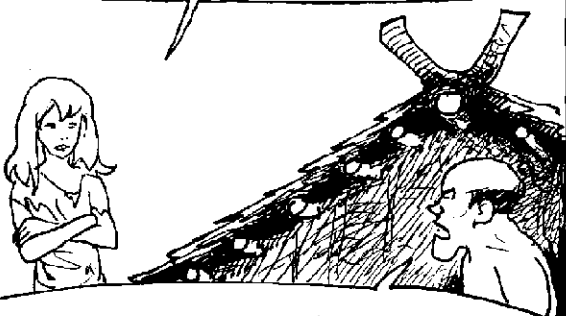
Todo eso lo sé de corazón. Dios sabe que quise esta revolución. Y cuando acabamos con los Kroumir, no derramé una sola lágrima por ellos. ¿Pero cómo vas a hacer para evitar que un montón de gente aquí forme una nueva casta de incapaces, de perezosos y de cretinos, pero con una "elevada consciencia política"...? ¿Y por qué tienen ellos derecho a las colas del pescado, mientras que a nosotros nos tocan las cabezas? ¿Por qué todos esos **PRIVILEGIOS**?



Tu mentalidad retrógrada te engequee.
Hay que ver el conjunto, y no concentrarse en cada caso particular

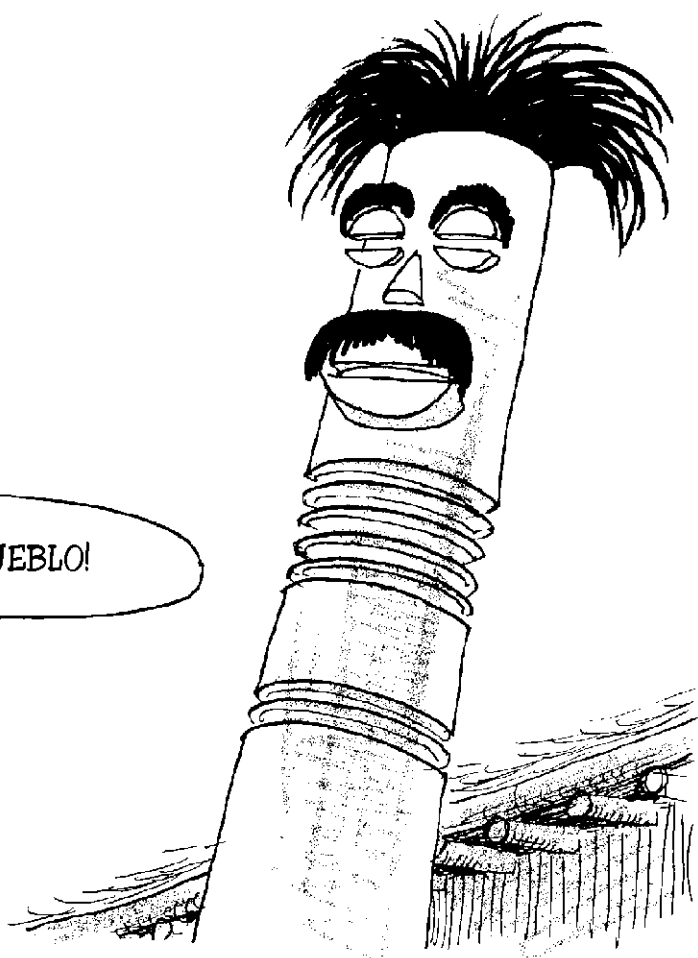
Del otro lado de las colinas, en Borduria, se dá
LA EXPLOTACION DEL HOMBRE POR EL HOMBRE

¿Y aquí es diferente...?!

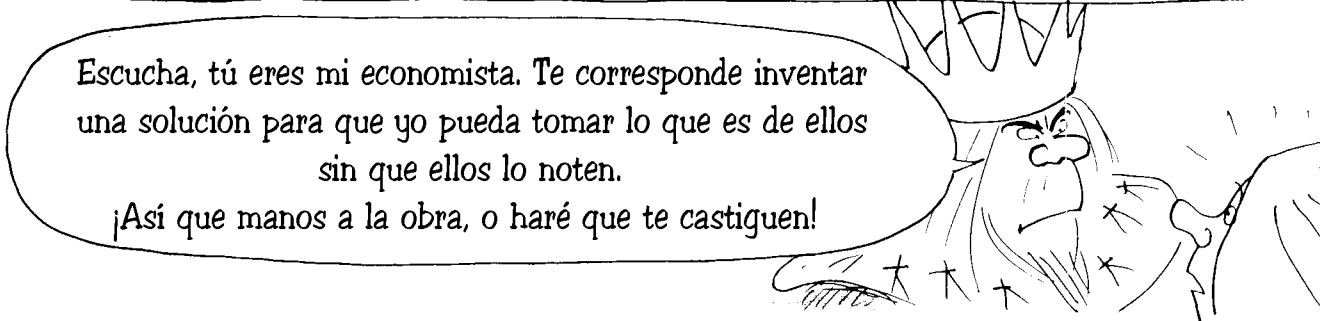
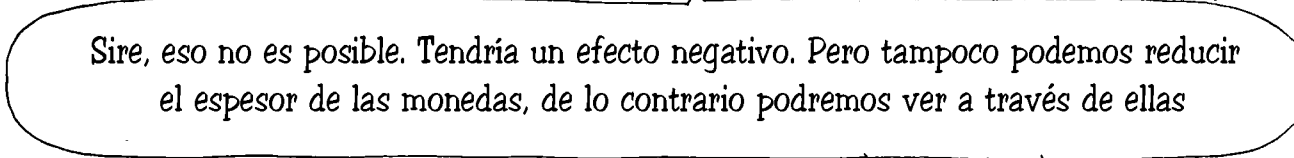
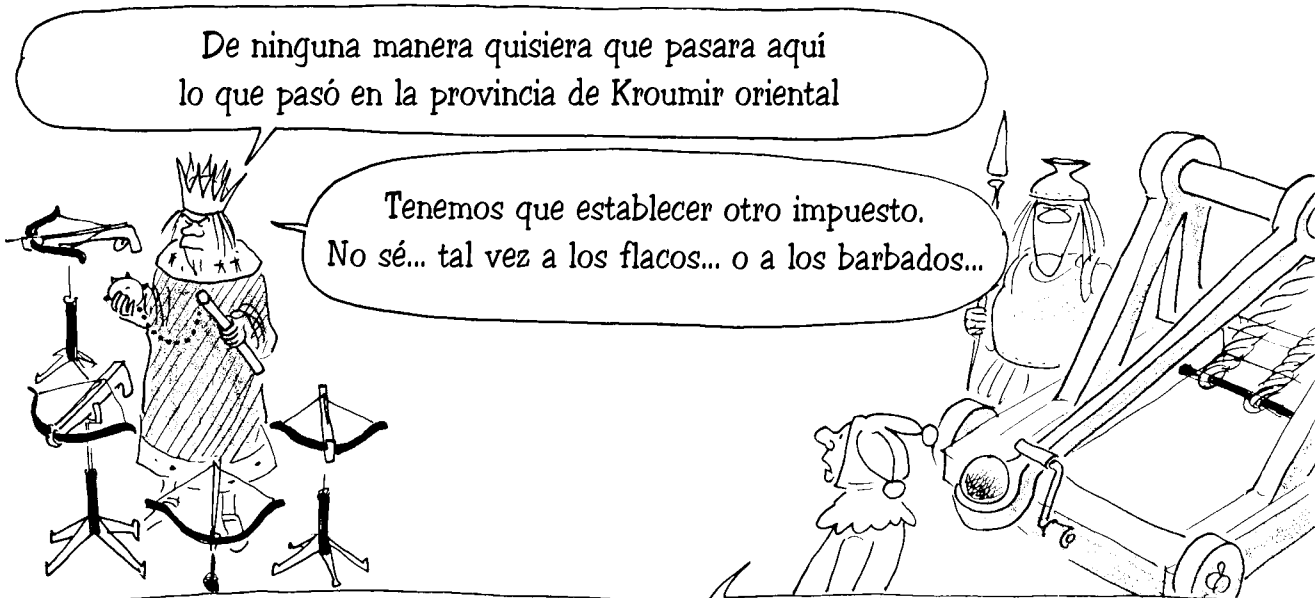


¡Suficiente!
¡Voy a escribir un informe sobre ti!

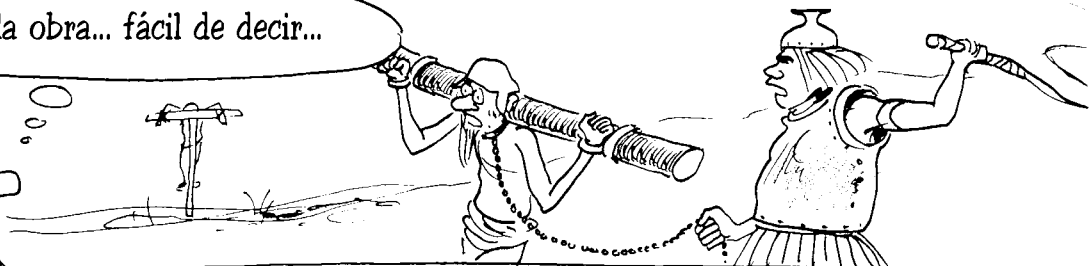
¡AI PEQUEÑO PADRE DEL PUEBLO!



En los aposentos del rey NUMIS:



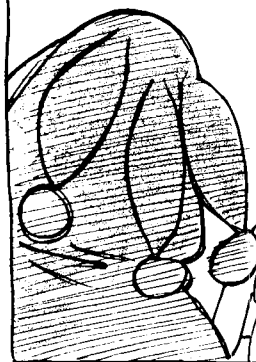
Manos a la obra... fácil de decir...



Vaya, un condenado a muerte conducido al suplicio.
Su falta tuvo que ser grave.

Decarion, ¿qué falta cometió este hombre?

Cheque sin fondos



Algunos pusieron su oro al seguro en las grutas de las montañas. Pero el problema es que ese oro ya no circula, y no podemos disponer de él

Sí, eso frena los intercambios



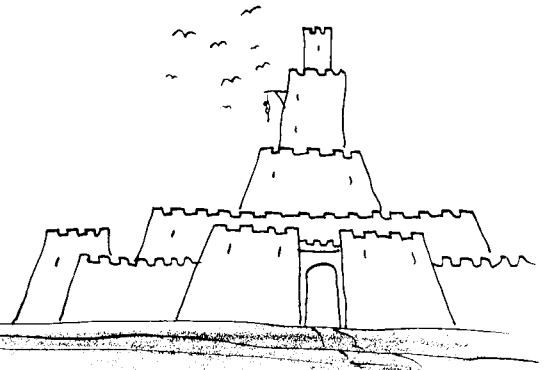
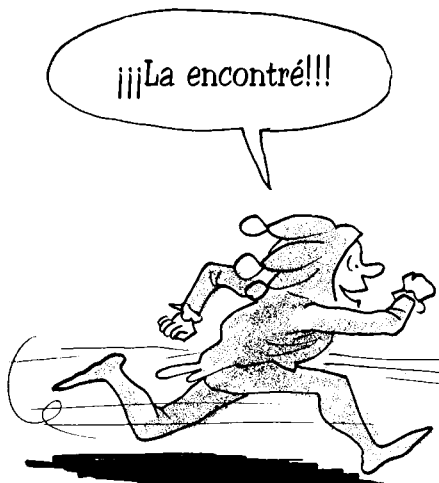
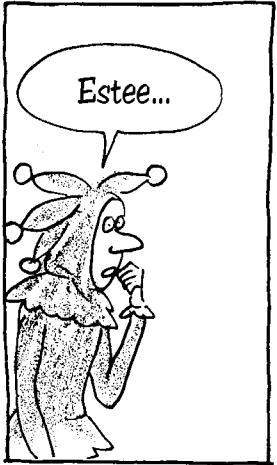
Entonces algunos se inventaron un sistema. Colocaron en un pedazo de pergamino "páguense al portador tantos gulbars", y lo firmaban. A ese pergamino lo llamaron **CHEQUE**. Con él se pueden pagar cosas. Pero la ley prohíbe, bajo pena de muerte, que se puedan emitir cheques por una cantidad mayor a los gulbars que se tienen en la gruta, o sea en el **BANCO**

La gente puede también ir a las montañas y cambiar sus pergaminos por gulbars de oro



AAAAAAHHHH

Te agradezco, decarion. Ahora ve a descansar.
Has debido hacer un gran esfuerzo para explicarme todo eso



EL PAPEL MONEDA

Sire, tenemos que abrir un banco al que llamaremos Banco de Borduria



¿Y eso para qué?
Nos complicaría inútilmente la vida

¡Generalizaremos el sistema de cheques!

Comenzaremos por llevar a nuestro banco todo el oro de las personas, "incentivándolas" si es necesario. A cambio, les daremos papeles con la leyenda: "válido por tantos gulbars", y al final haremos que sólo sean estos papeles los que estén en circulación



Pero... ¿seguiremos siendo ricos?

Ah, espera, creo que empiezo a comprender mejor



Pondremos "gulbars de papel" en circulación. Y, evidentemente, habrá más de estos que "gulbars de oro"



Bien... era claro que nuestros gulbars de oro estaban perdiendo peso, ¿pero quién sabrá que estamos emitiendo todo ese **PAPEL MONEDA?**

Este va a ser el más grande negocio de cheques sin fondos de la historia

¡Moneda para monos!



...¡Uuups...!

¡¿Quéé...?!

Oh, nada, sire

Espera: si emitimos grandes cantidades de gulbars de papel, la gente, por más estúpida que sea, va a comenzar a sospechar. Y si los gulbars de papel son muchos, y muchos más que los gulbars de oro, será imposible cambiarlos todos al mismo tiempo, uno a uno, y mantener la PARIDAD.

Pero ten esto en cuenta: puedo también rechazar el cambio...

Eso podría desatar el pánico, sire, y la gente perdería toda la CONFIANZA en nuestro PAPEL MONEDA

Si ponemos en circulación dos veces más gulbars de papel que los gulbars de oro existentes, bastará con cambiarlos dos por uno

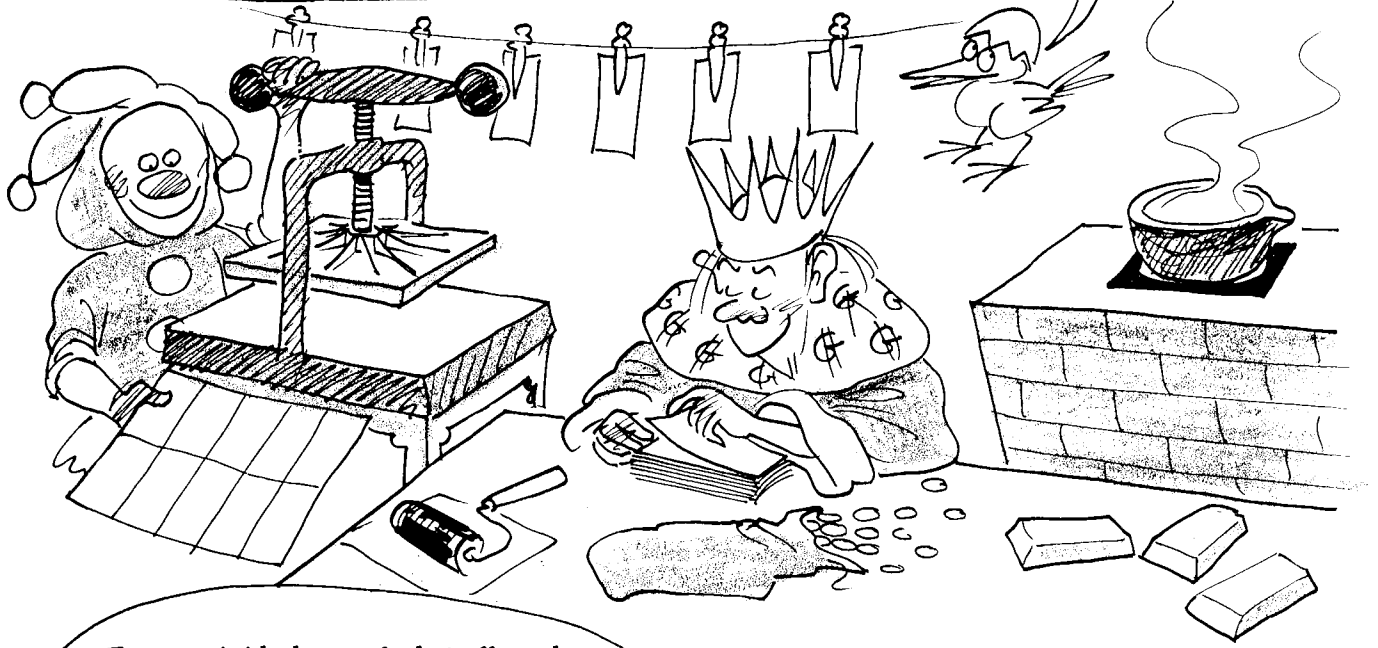
Eso sería mal visto, sire...

Ya sé lo que tenemos que hacer: una vez que la gente nos haya confiado todos sus gulbars de oro, ¡los fundiremos!

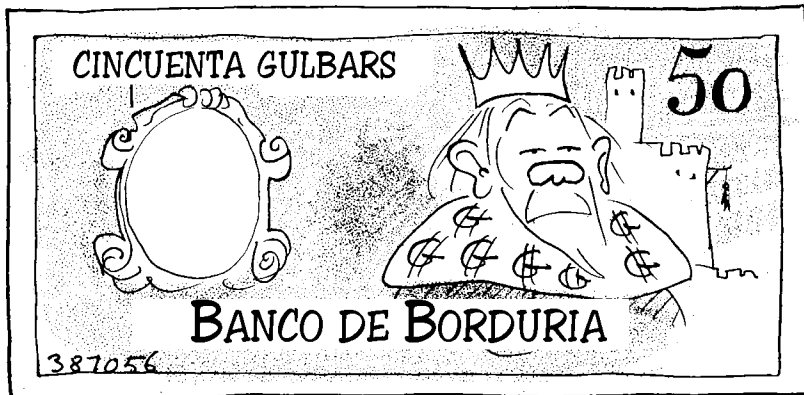
¿Y eso qué nos dará?

ORO, sencillamente ORO...

Así fue como se inició el mayor negocio de cheques sin fondos de la historia del reino. Todo transcurrió como estaba previsto. La gente trajo sus gulbars de oro, que fueron fundidos de inmediato, y sobre los cuales nunca se volvió a hablar. El rey Numis mandó imprimir montones de billetes con los que la gente pudo comprar miles de cosas por doquier. Evidentemente, los precios aumentaron y el precio del oro también, pero dado que todo se pagaba más caro, nadie recordaba la antigua moneda borduriana...



Esta actividad, que habría llevado a cualquier borduriano normal al patíbulo, fue bautizada **ECONOMÍA**



Por supuesto, el rey Numis mandó desollar vivo a todo aquel que quiso iniciar por cuenta propia su propia **ECONOMÍA**

Primero, para quitarle el dinero a la gente, se establecieron pesados impuestos



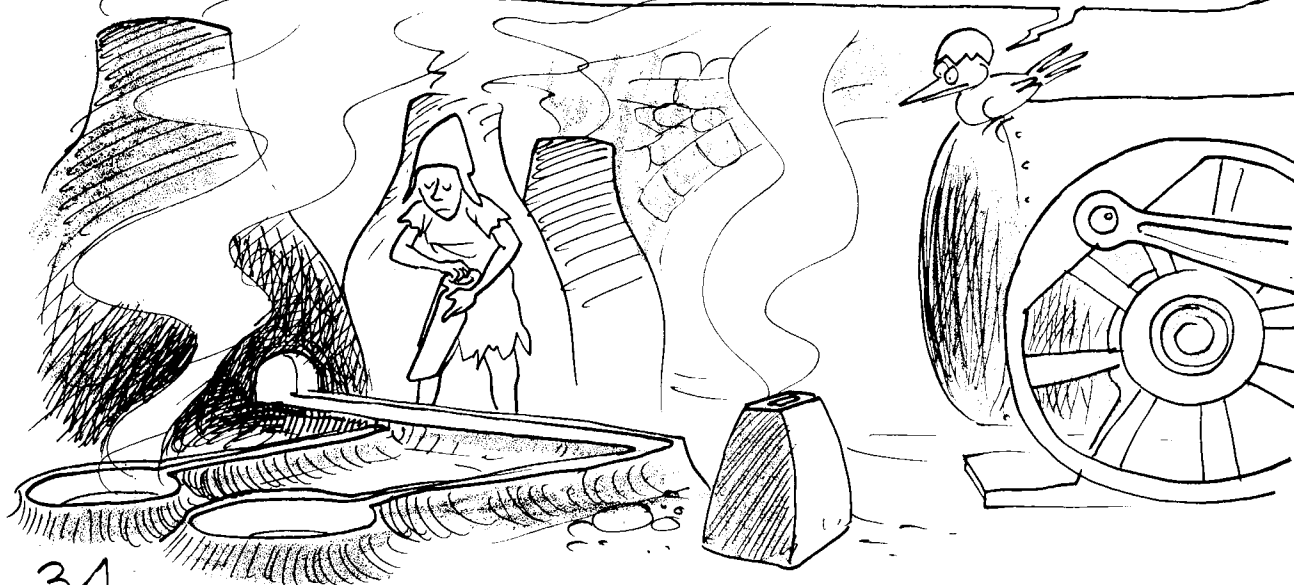
Método burdo e inelegante



Numis mantuvo su sistema de impuestos, pero gracias a la posibilidad de aumento de la MASA MONETARIA, a la **INFLACIÓN** de la que era maestro, nunca tuvo problemas por estar corto de papel moneda. Y por supuesto, al mismo tiempo, los precios subían y subían....



A pesar de ello, la actividad económica de Borduria, una vez entrada en la **ERA INDUSTRIAL**, despegó. Se construyeron fábricas por doquier, en las que los Bordurianos trabajaban como asalariados. Numis y su familia eran propietarios de la mayor parte de ellas, compradas o construidas con... papel moneda



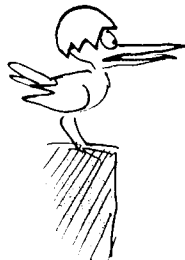
Como los precios aumentaban, los asalariados se veían obligados a reclamar aumentos de salario. Y de tiempo en tiempo ocurrían manifestaciones y protestas violentas



Eso dio a la gente durante un tiempo la sensación de que era más rica

Ah, por fin le quitamos algunos de sus gulbars

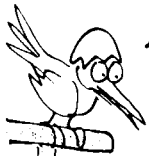
¡Ganamos!
¡Ganamos!



Las personas acudieron entonces con precipitud a las tiendas para comprar



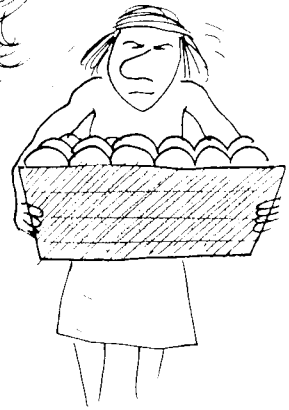
Ávidos de **MAXIMIZAR SU GANANCIA**, al caer la tarde los comerciantes aumentaban los precios



~~800 G~~
900 G

¡Si regresan por más, es que no es lo suficientemente caro, esa es la ley de Wall!

Y no olvides agregar los gastos de los empleados, debido a los aumentos



Entre más recibo, menos obtengo a cambio.

¡No comprendo!

¡Doscientos gulbars!
¡Hace diez años yo ganaba cinco!

¿Has visto estos precios?



¡Qué tiempos!

Me pregunto a dónde nos llevará todo esto

Madam Sofia

Todo tipo de bebedizos

?

¡Sofia!

¡Anselmo!

¿Pero qué es lo que fabricas?

Como ves, he cambiado de oficio

He hecho un curso en ciencias ocultas

¿Qué tienen ustedes contra la parapsicología?

Quieres decir... ¿brujería?

¡Oh, de una vez la gran palabra!

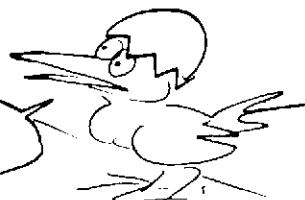


¿Y te funciona?



No me puedo quejar... Cuando la escasez abundaba, pude hacer negocios por unos seiscientos mil gulbars

!!¿Seiscientos mil gulbars?!!

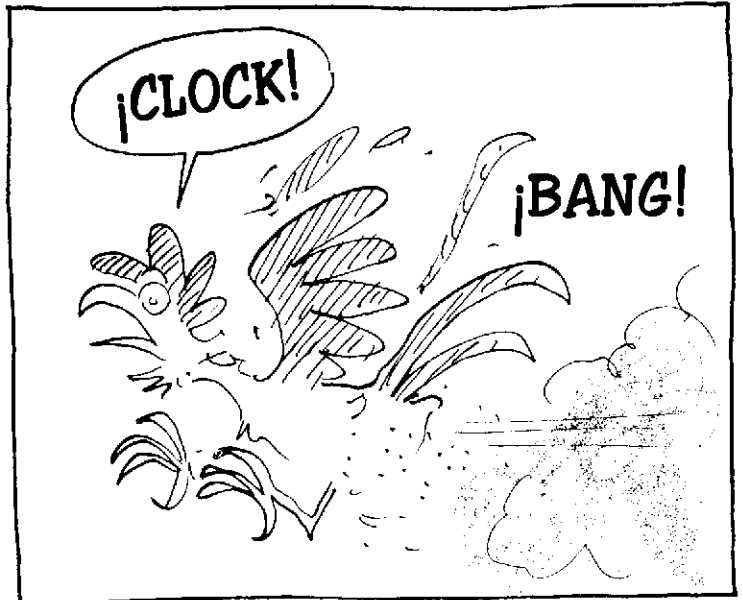
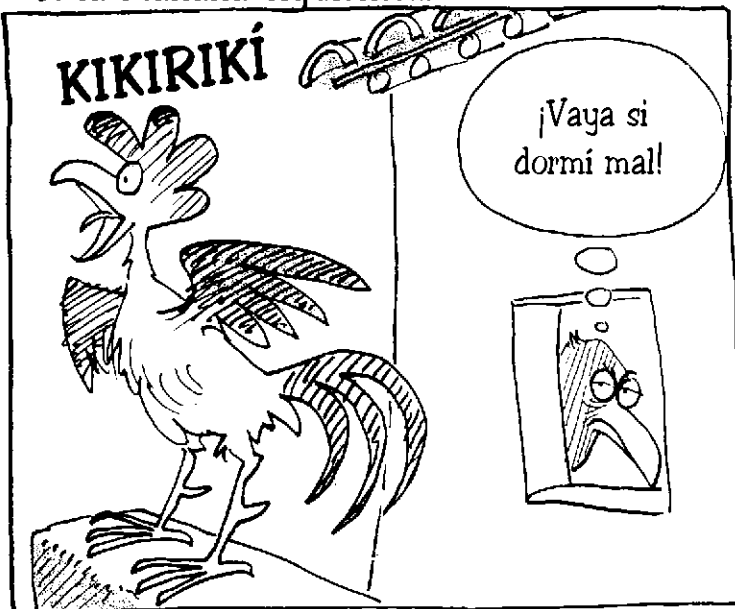


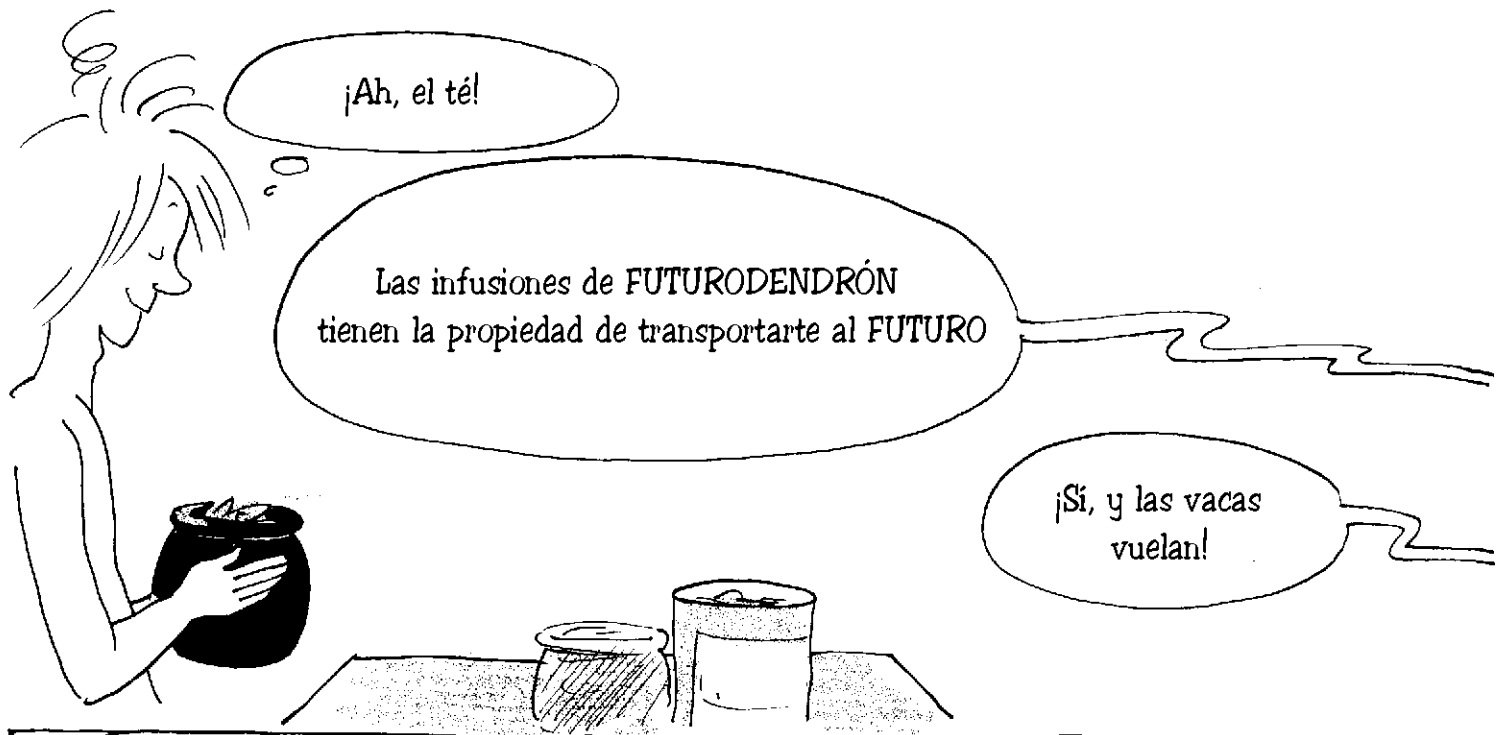
¿Y... tú si crees en todo eso?



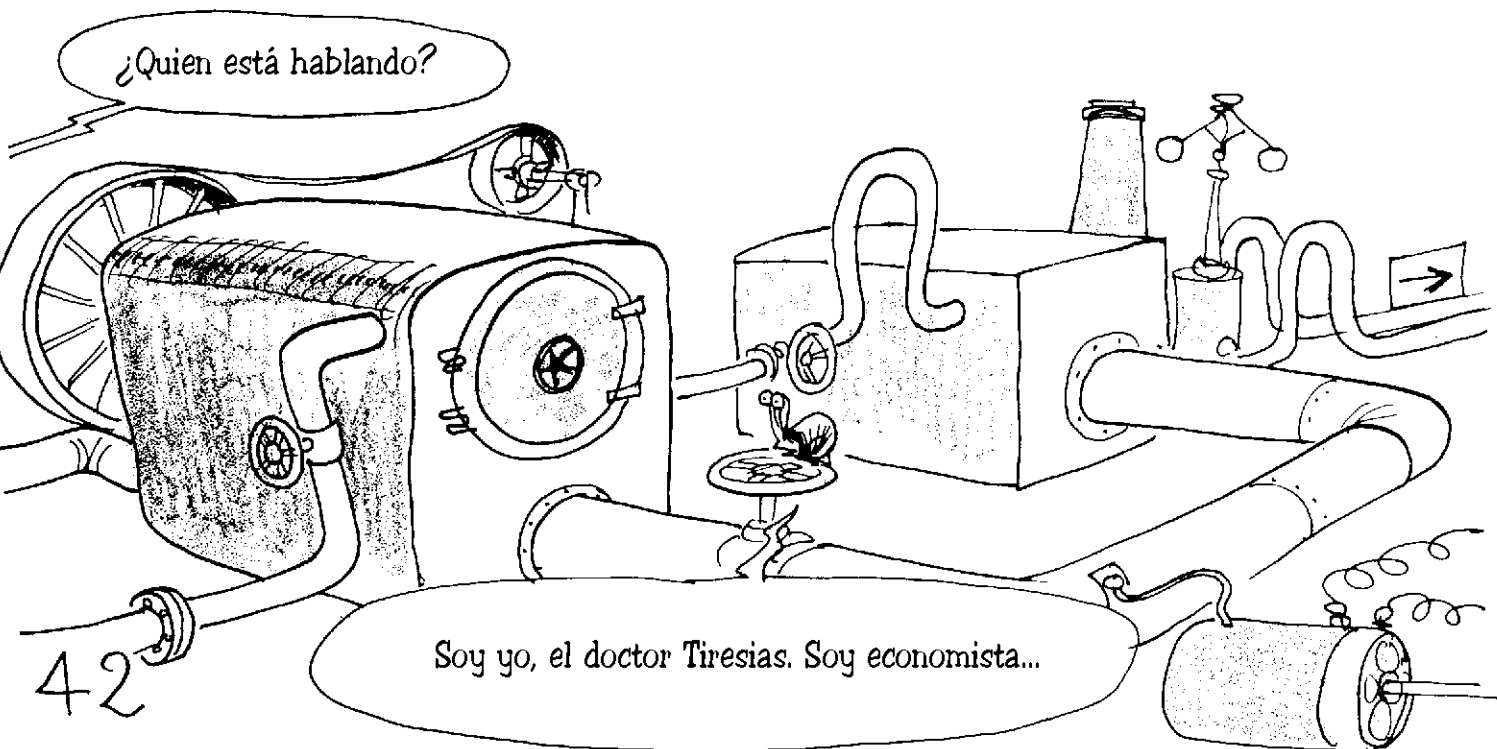
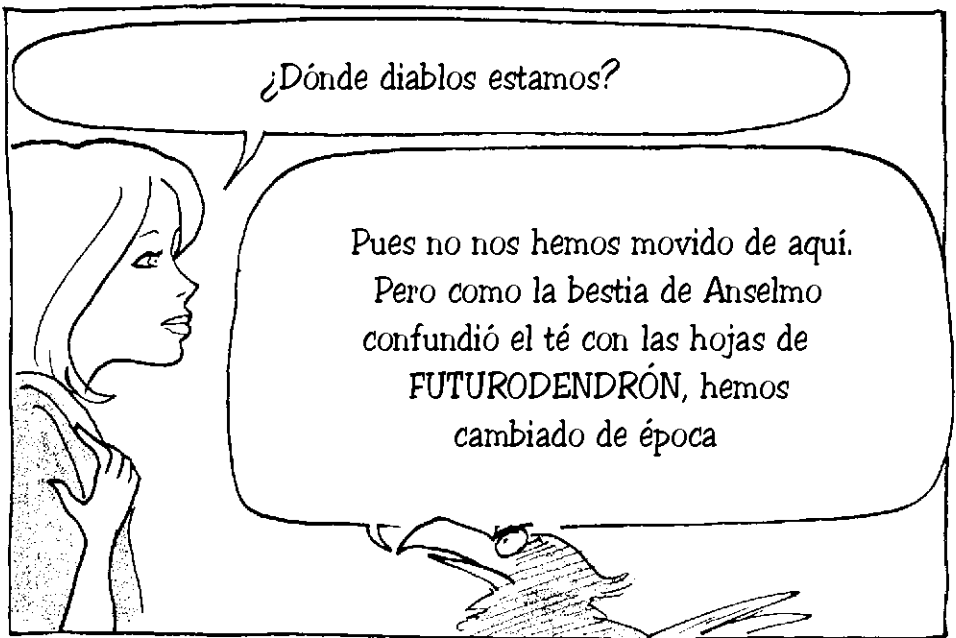
Bueno, ya sabes cómo es, de algo hay que vivir...







(*) Célebre alquimista.

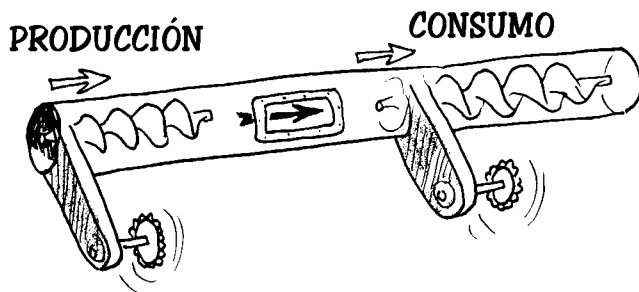


¿Quiere decir que es usted quien inventó esta máquina?

¡No, Dios me libre!
Yo me conformo con estudiarla

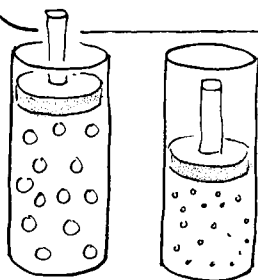
¿Y qué son todos esos tubos?

Son los **CIRCUITOS ECONÓMICOS**



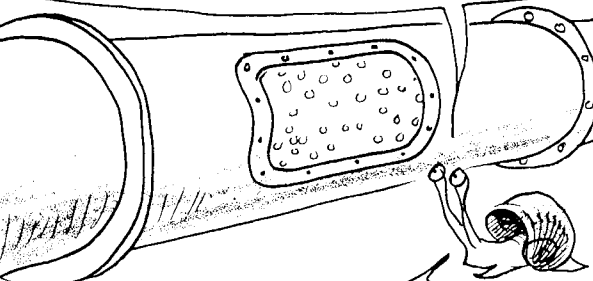
A través de los canales, el fluido económico, el **FLUZ**, es movido por dos tipos de bombas de Arquímedes. La bomba posterior, de reflujo, se denomina **PRODUCCIÓN**, y la bomba delantera, de succión, se denomina **CONSUMO**

El **FLUZ** es una emulsión de **ERGOL** y de aire. El **ERGOL** (*) es un fluido **INCOMPRESIBLE**. Pero la presencia de burbujas hace que el conjunto, el **FLUZ**, sea **COMPRESIBLE**



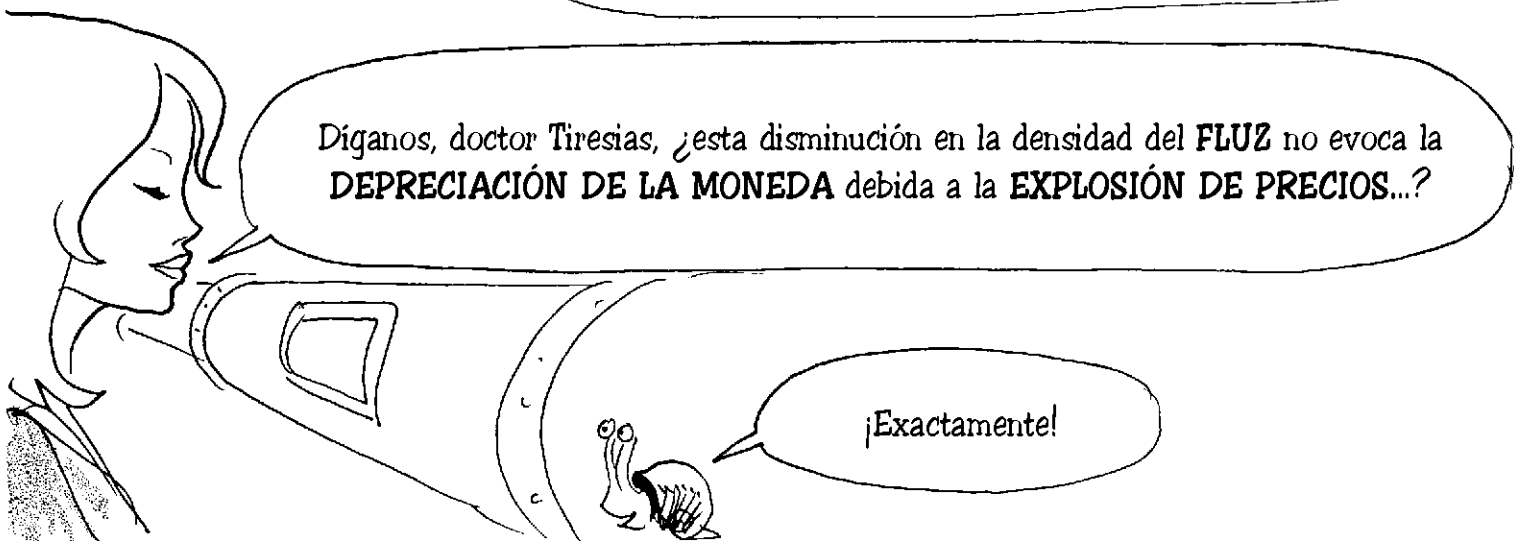
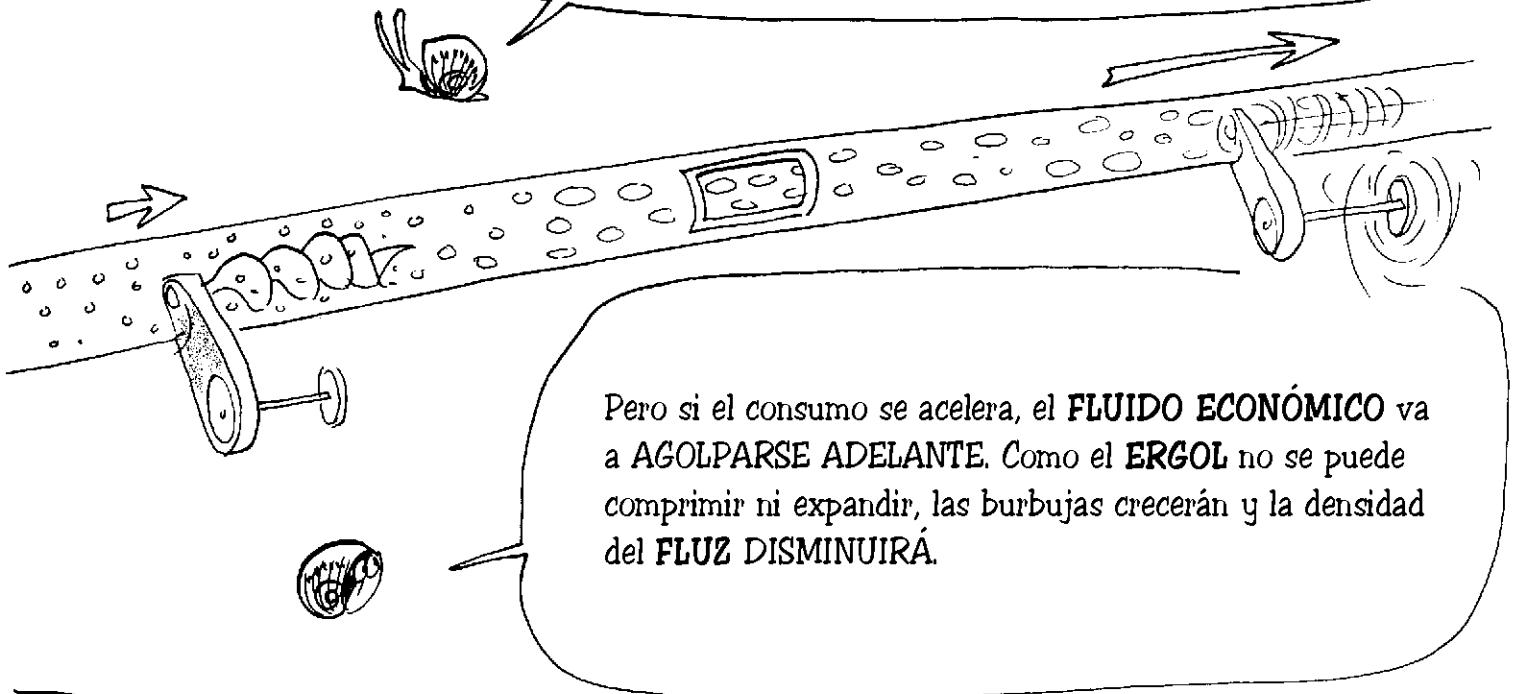
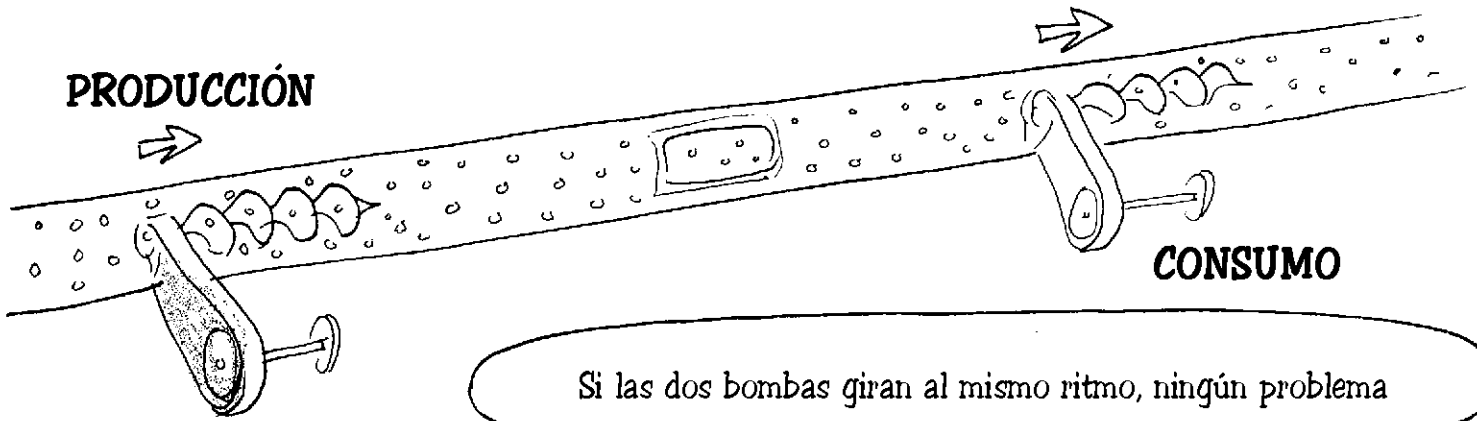
(*) Del griego **ERGOS**: trabajo.

Entre la bomba de **PRODUCCIÓN** y la bomba de **CONSUMO**...

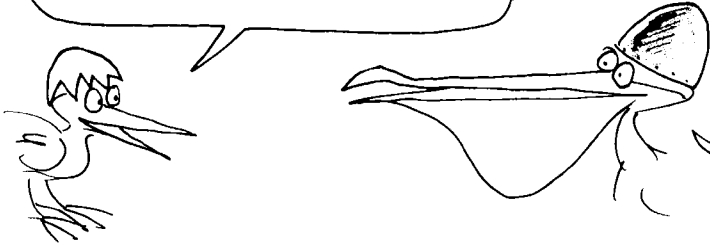


...hay una ventana que permite apreciar la **DENSIDAD** del fluido económico

PRIMERA LEY DE LA FLUZODINÁMICA



El ritmo de la bomba de **PRODUCCIÓN** es la **OFERTA**;
mientras que el ritmo del **CONSUMO** es la **DEMANDA**

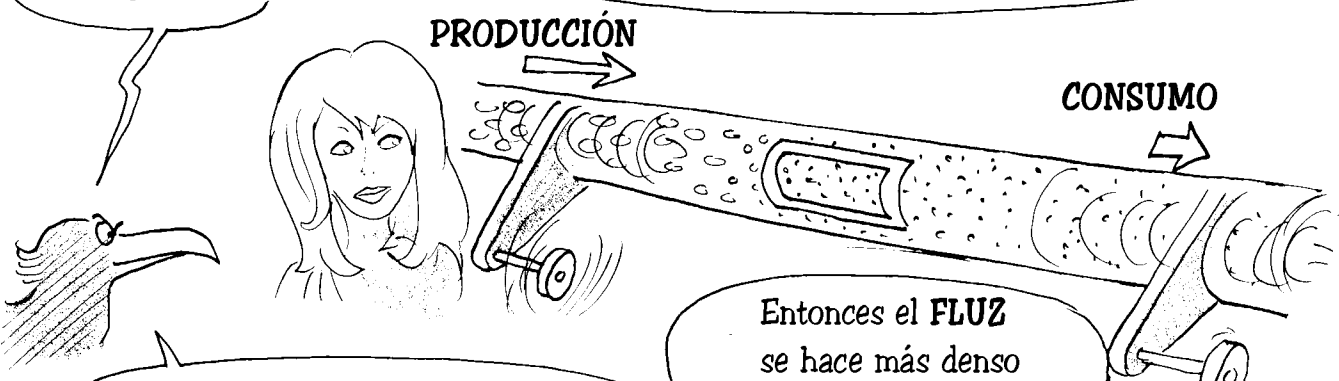


Cuando estos dos regimenes se equilibran, o cuando varian de la misma manera, de forma **SINCRÓNICA**, el **FLUZ** mantiene la misma densidad: los **PRECIOS** son **ESTABLES**



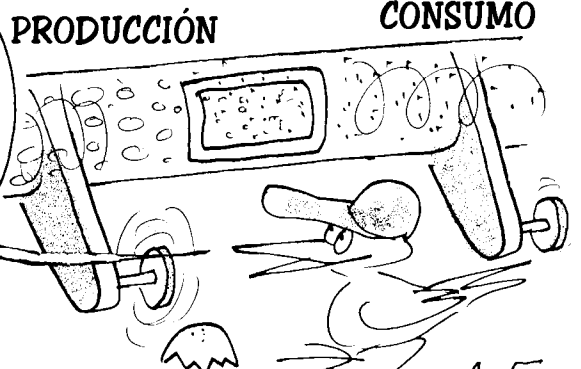
Cuando la bomba de **CONSUMO** empieza a "succionar más", y cuando el ritmo de la **PRODUCCIÓN** no hace lo propio, entonces el **FLUZ** se expande, su densidad disminuye y los **PRECIOS AUMENTAN**

Espera...



Entonces el **FLUZ** se hace más denso y los **PRECIOS BAJAN**

Lo mismo ocurre cuando a un ritmo de **CONSUMO** constante, la **PRODUCCIÓN** se frena: el **FLUZ** se expande y los precios **SUBEN**. Cuando la **PRODUCCIÓN** se acelera, la **SOBREPRODUCCIÓN** comprime el **FLUZ** y los precios **BAJAN**



De esta forma, los precios se determinan automáticamente en función de la relación entre el **CONSUMO** y la **PRODUCCIÓN**, entre la **OFERTA** y la **DEMANDA**

A través de la bomba de **PRODUCCIÓN** pasa una cierta **MASA** de **ERGOL** por segundo. Este **FLUJO** de **MASA** es el mismo que pasa a través de la bomba de **CONSUMO**

La relación, al nivel de la bomba de consumo, entre el caudal en **VOLUMEN** y el caudal en **MASA** de **ERGOL** se denomina el **ÍNDICE DE PRECIOS**

Veamos la **MÁQUINA ECONÓMICA** un poco más de cerca

Parece una máquina de movimiento perpetuo

APARATO DE PRODUCCIÓN

MOTOR DEL CONSUMO


VÁLVULAS DE LOS SALARIOS

ÍNDICE DE PRECIOS

TURBINA + DÍNAMO

CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

AMPERÍMETRO PARA MEDIR EL PODER ADQUISITIVO



No, no, no es una máquina
de movimiento perpetuo



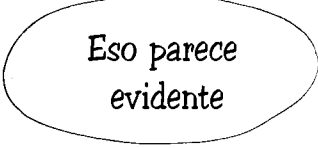
Ya decía yo...

Hay fricción en los conductos y pérdidas en las líneas eléctricas.
Todo el conjunto funciona sólo gracias al aporte de **ENERGÍA**

SEGUNDA LEY DE LA FLUZODINÁMICA

La segunda ley de la fluzodinámica puede expresarse así: **NO PUEDE EXISTIR UNA MÁQUINA ECONÓMICA AISLADA**

Las personas no solamente pueden comprar y vender, o distribuir objetos. Es necesario que en alguna parte se realice un **TRABAJO PRODUCTIVO**, basado de alguna forma en materias primas y en energía

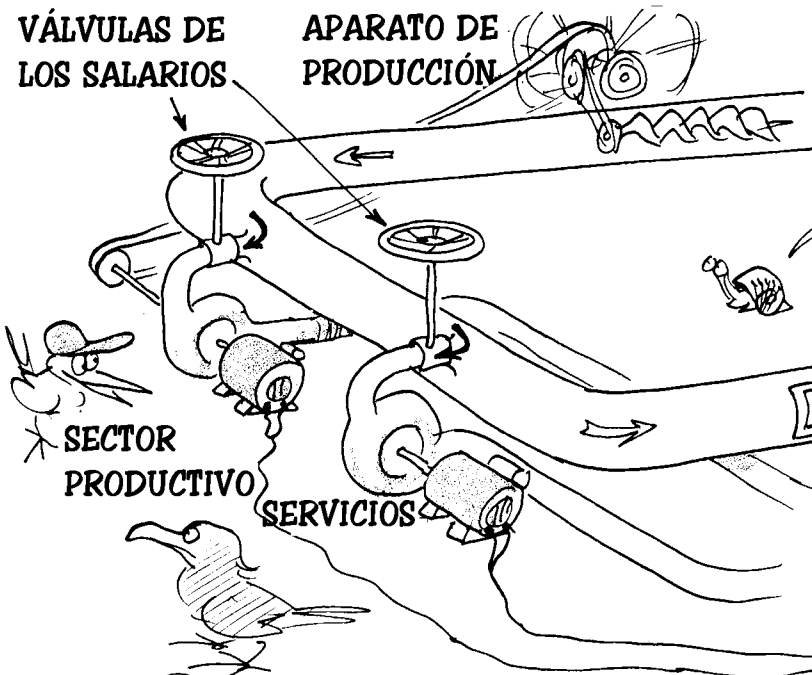


Eso parece evidente

SECTOR PRODUCTIVO Y NO PRODUCTIVO

VÁLVULAS DE
LOS SALARIOS

APARATO DE
PRODUCCIÓN



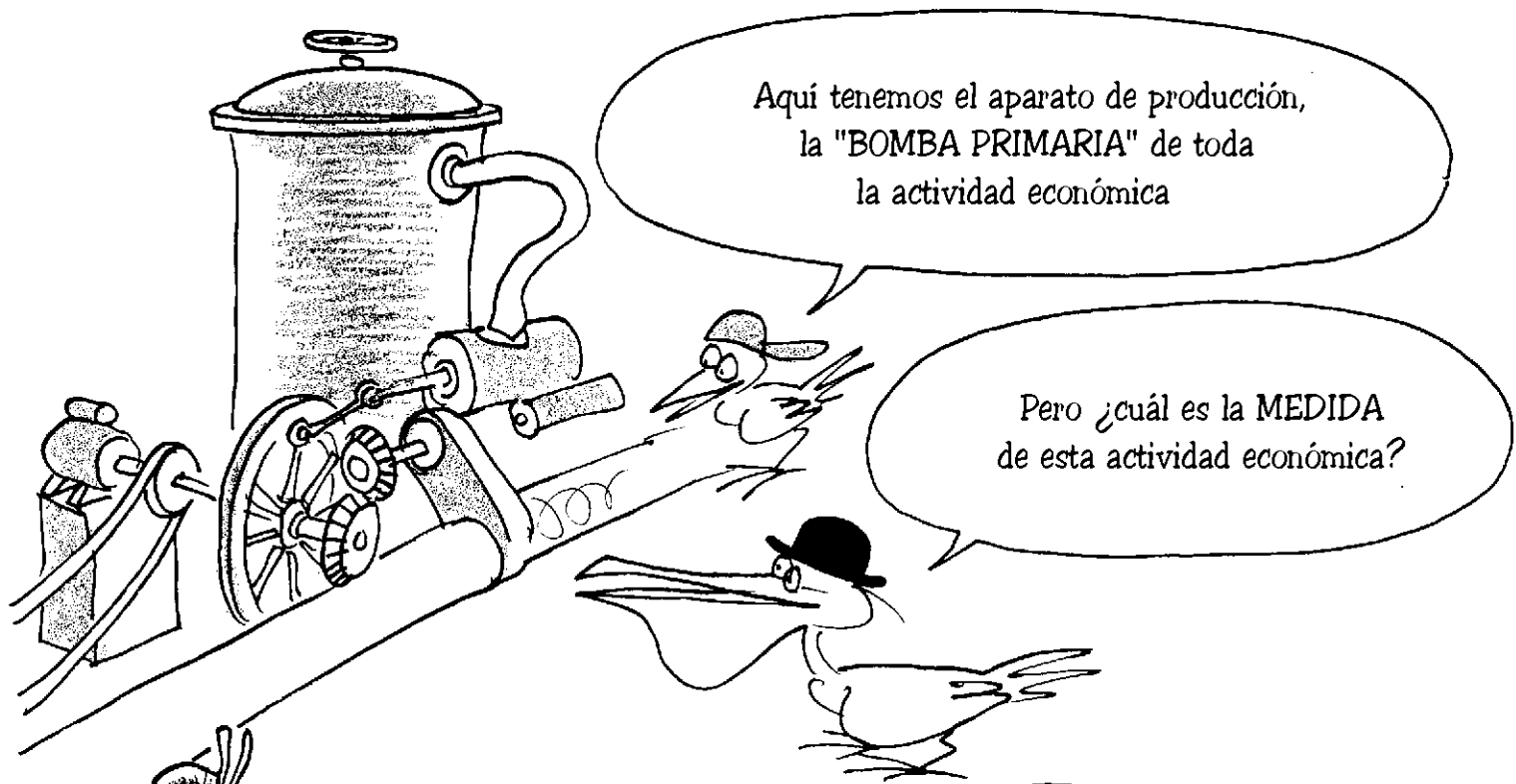
Una parte del **FLUZ** va a las turbinas-salarios, las cuales alimentan los dinamos del consumo

Algunas de ellas están acopladas directamente al **APARATO DE PRODUCCIÓN**, y constituyen el **SECTOR SALARIAL PRODUCTIVO**

De esta forma, los asalariados trabajan moliendo como turbinas todo el año, y a esta actividad se le conoce como **MOLER**

Todo eso me parece bastante duro.
¿Dónde está el problema?

LA PRODUCTIVIDAD



Aquí tenemos el aparato de producción, la "BOMBA PRIMARIA" de toda la actividad económica

Pero ¿cuál es la MEDIDA de esta actividad económica?

Ah, sí, la **ACTIVIDAD ECONÓMICA** es igual a :
$$\frac{1}{2} \text{ MASA DE ERGOL } \times (\text{VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN})^2$$

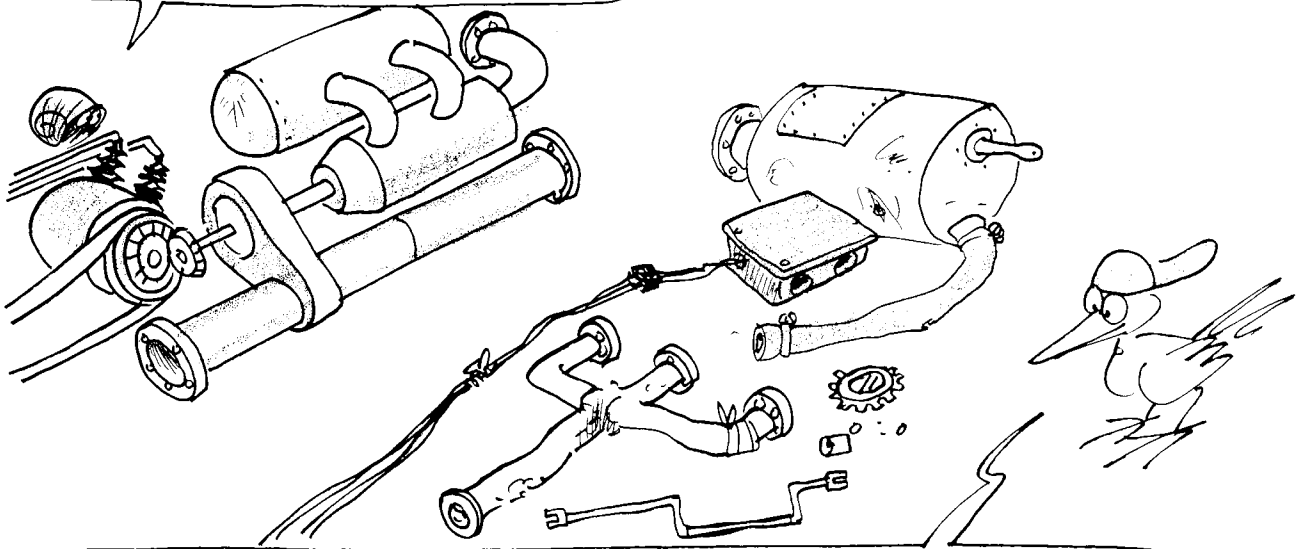
Dicho brevemente, esa es la **FUERZA VIVA**



La unidad de medida de la **PRESIÓN ECONÓMICA** es el **BAR**

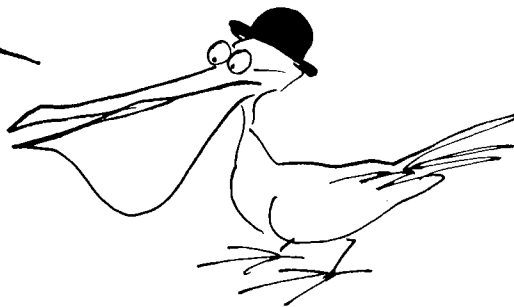
Y supongo que se medirá con un **BARÓMETRO**...

Para incrementar la actividad económica, se puede aumentar la **MASA DE ERGOL**, es decir la **CANTIDAD DE TRABAJO SUMINISTRADO**. Pero es bien esencial mejorar la forma en que este trabajo es utilizado y distribuido, esto es, la **PRODUCTIVIDAD**



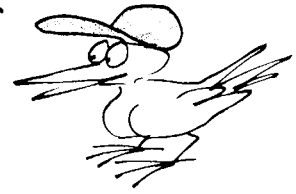
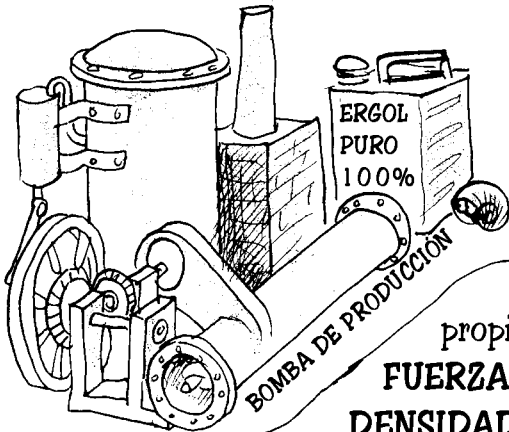
Así es, es mejor pasar a una máquina más grande y más moderna, con tubos de gran diámetro y conductores eléctricos de amplia sección, que duplicar o triplicar las viejas instalaciones

Hay algo que sigue siendo misterioso para mí: ¿qué es lo que determina el volumen del **FLUZ** en el conjunto de la máquina económica?



CRECIMIENTO Y MASA MONETARIA

El estado REAL de un SISTEMA ECONÓMICO es la MASA DE ERGOL que por él circula. Es la fracción densa del FLUZ, la FUERZA DE TRABAJO, más la VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN del ERGOL. ¿Qué pasa si añadimos una nueva UNIDAD DE PRODUCCIÓN a la máquina?



Esta herramienta de producción está provista de su propio tanque de ERGOL. De ahí resulta un incremento de la FUERZA DE TRABAJO que tiende naturalmente a incrementar la DENSIDAD DEL FLUZ (y por lo tanto a bajar los precios).

En consecuencia, es normal, en la fase de crecimiento, añadir algunas burbujas, es decir aumentar el VOLUMEN MONETARIO, de tal forma que se mantenga la ESTABILIDAD DE PRECIOS



De hecho, apostaría que cada vez se agregan un poco más de burbujas, lo que se traduce, en efecto, en un pequeño recorte en los aumentos de los salarios

Bueno, supongamos que estamos en una fase de crecimiento. Max, tú vas a hacer el papel de asalariado del sector productivo, y tú, Alberto, serás asalariado del sector no productivo

¿Por qué "no productivo"?

Eso, tú representarás los **SERVICIOS**, las **ADMINISTRACIONES**

Bien, una nueva unidad de producción ha sido agregada a la máquina económica. Todo está en orden. El indicador de presión económica marca doce bars más

La puesta en servicio de esta unidad suministrará **EMPLEOS** y reducirá la **DESOCUPACIÓN**. Pero la reivindicación salarial se hará más fuerte

¡Exigimos un aumento inmediato del flujo!

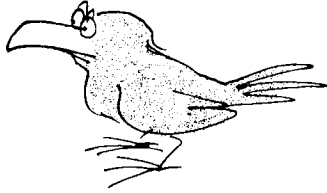
OK, ahí va el aumento

Los **PRECIOS**... bien... suavemente...

La intensidad aumenta. No hay pérdidas en el **CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN**

El flujo de **ERGOL** en la bomba de la distribución crece, y el **NIVEL DE VIDA** aumenta

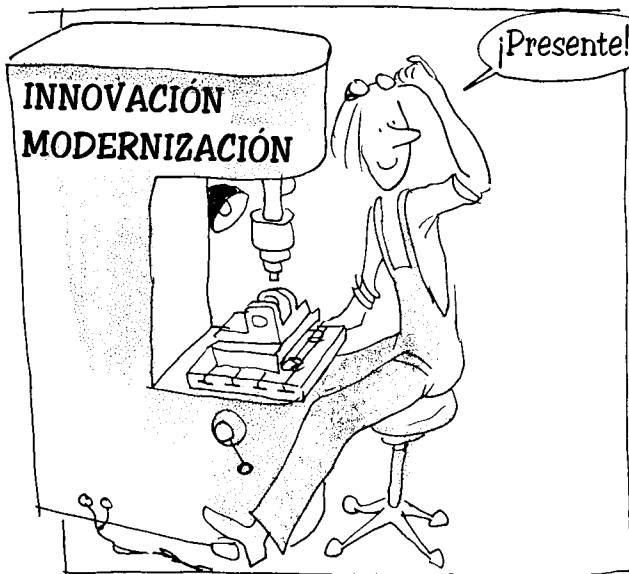
¿Pero esta nueva unidad de producción no se hizo sola, o sí?



Tienes razón. Hay que canalizar una parte de la fuerza viva del **FLUZ** para hacer aparecer la **INNOVACIÓN** y **MODERNIZAR** el aparato de **PRODUCCIÓN**

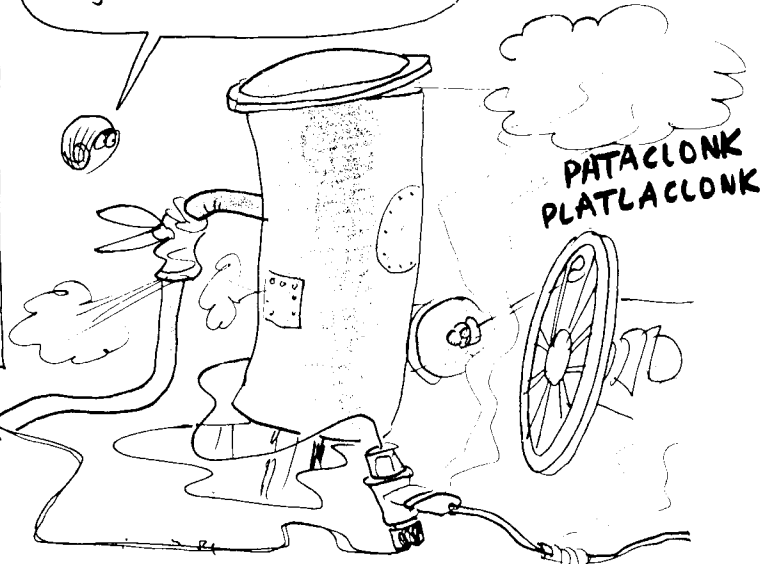


LA INVERSIÓN



¡Presente!

Este esfuerzo debe ser permanente, de lo contrario el aparato de producción envejecería irremediablemente



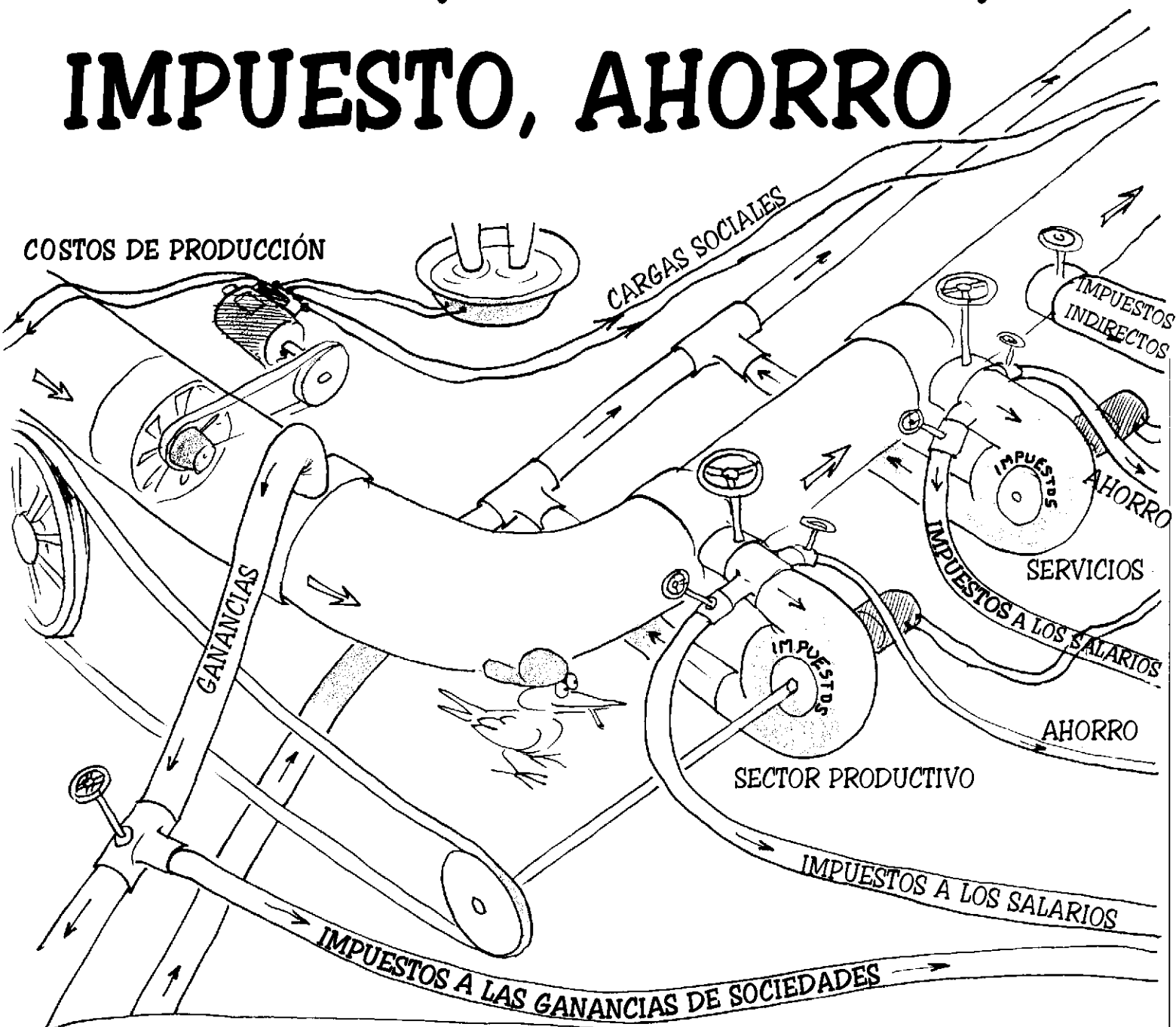
Completamente mal



Los tubos se están taponando

Los circuitos eléctricos (la **RED DE DISTRIBUCIÓN**) están averiados, y hay pérdidas por todas partes

CAPITAL, GANANCIA, IMPUESTO, AHORRO

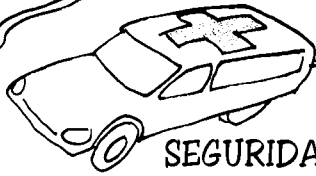
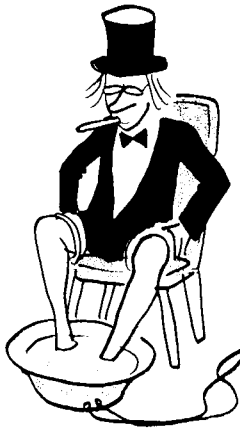


La circulación del **FLUZ** está sujeta a un gran número de derivaciones y de pérdidas de carga diferentes. Inmediatamente después de la bomba de producción, el **ERGOL** activa una turbina acoplada a un generador. Una parte de la energía obtenida de esta forma es enviada a un circuito de carga denominado **CARGAS SOCIALES**.

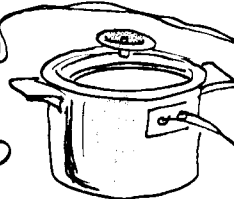
Otra parte va a los **COSTOS DE PRODUCCIÓN**, y el resto sirve para calentar los baños de pies de mister **FLUZY**.

Aquí tienen en un lado a mister **FLUZY**

Y en el otro el circuito de las **CARGAS SOCIALES**

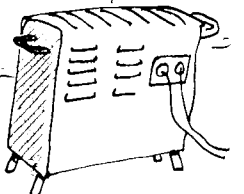


SEGURIDAD SOCIAL

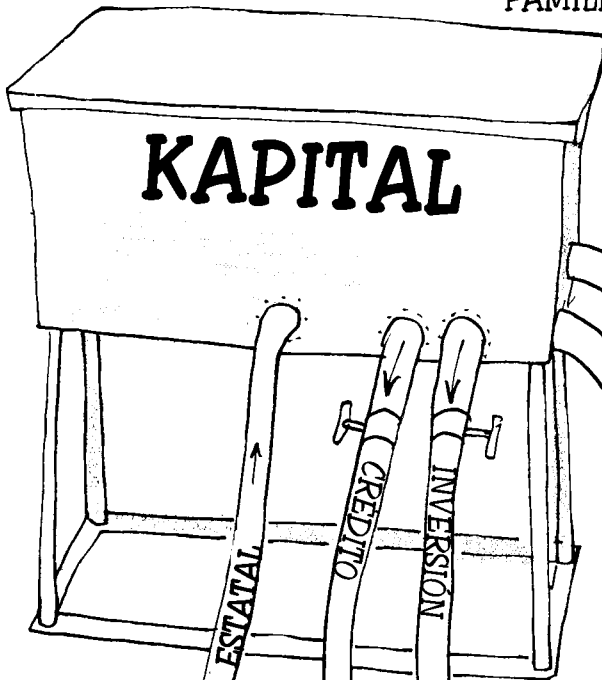


PENSIONES

SUBSIDIOS FAMILIARES



DESEMPLEO



KAPITAL

Mister FLUZY almacena el **FLUZ** en un tanque, convirtiendo así la energía cinética del **ERGOL** en energía potencial: el **KAPITAL**



← GANANCIAS DESPUÉS DE IMPUESTOS

← AHORROS

HACIA LA INNOVACIÓN Y LA MODERNIZACIÓN →

CREDITO DE LA BANCA ESTATAL

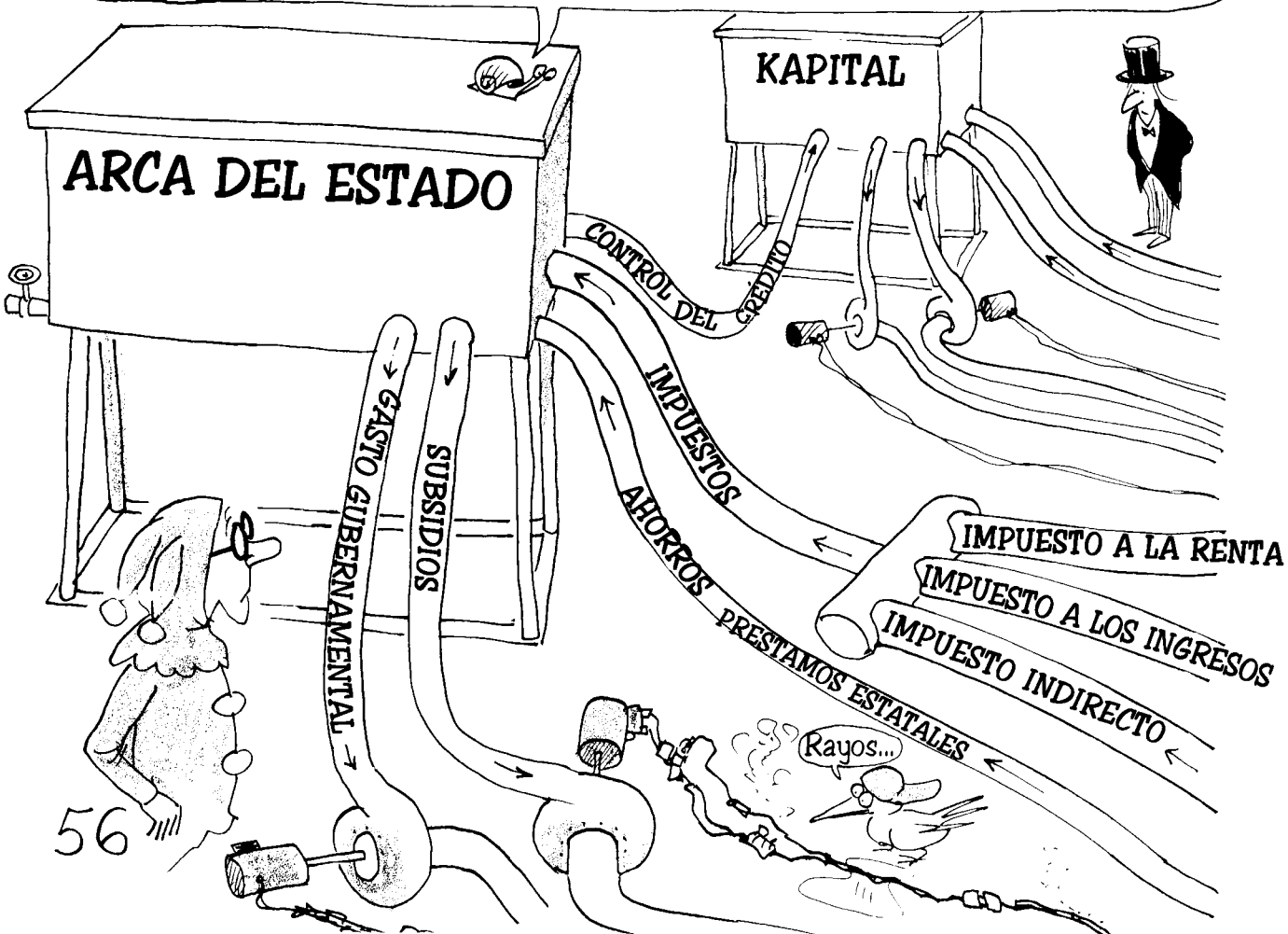
CREDITO

INVERSION

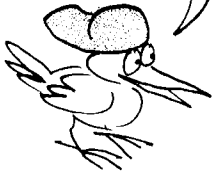
El tanque del **KAPITAL** es alimentado por las **GANANCIAS DESPUÉS DE IMPUESTOS**, y por eso que llamamos **AHORROS**

Inversamente, el **FLUZ** en el tanque de expansión puede ser enviado hacia dos turbinas, acopladas a sendos generadores. El uno alimenta mi máquina, la de la innovación y de la modernización. El otro se denomina **CRÉDITO COMERCIAL**

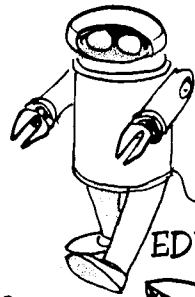
Por su parte, el **SINIESTRO DE LAS FINANZAS** posee un tanque similar, el cual se alimenta con los **IMPUESTOS**. Primero tiene un **IMPUESTO SOBRE LA RENTA DE SOCIEDADES**, luego un **IMPUESTO DIRECTO**, sobre los **INGRESOS**. Y finalmente, corriente arriba de la **BOMBA DE CONSUMO**, un **IMPUESTO INDIRECTO**, como por ejemplo el **IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO**



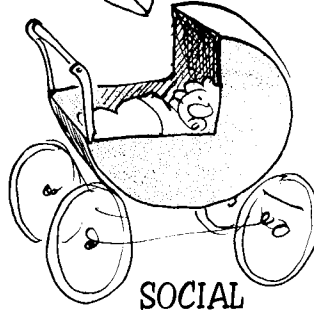
Aquí hay algunos
GASTOS ESTATALES



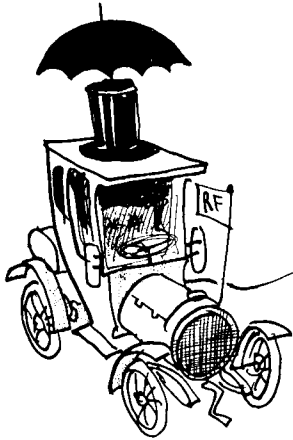
FUERZAS ARMADAS



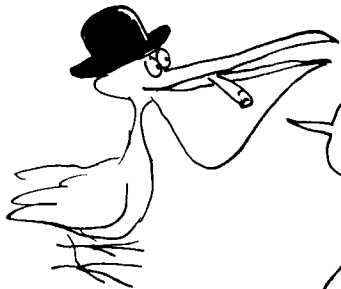
EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN



SOCIAL



Supongo que éste es el
CARRUAJE DEL ESTADO...



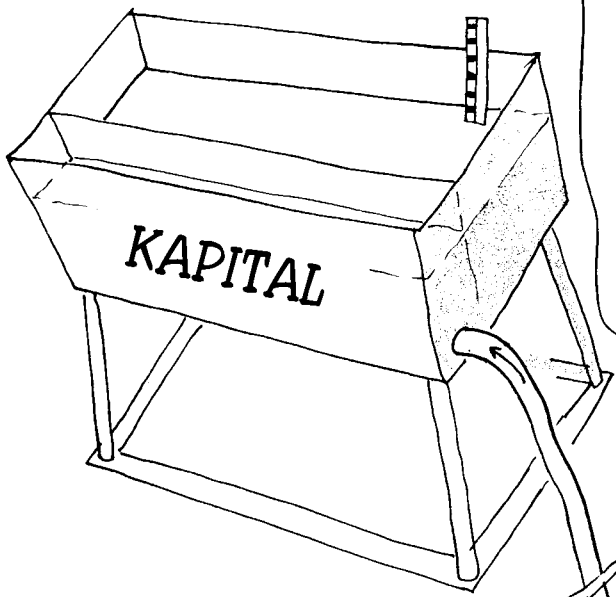
¿Cómo funcionan el **AHORRO**
y el **CRÉDITO**?



Estos dos tanques de expansión que son el **KAPITAL** y el **ARCA DEL ESTADO** tienen, en principio, funciones **REGULADORAS**. Hemos visto que la **MÁQUINA ECONÓMICA** era **INESTABLE** debido a la interacción constante entre **PRODUCCIÓN** y **CONSUMO**, este último con una tendencia permanente a dispararse y a hacer aumentar los **PRECIOS**



Entonces se incita a los asalariados a poner su **FLUZ** en estos dos tanques de expansión...

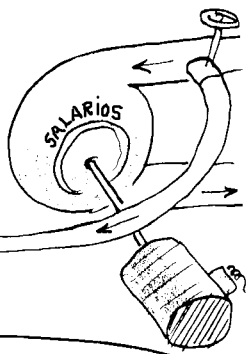


No hay ninguna razón para que ustedes no participen de este formidable movimiento de crecimiento de nuestra economía. En mi bote de **FLUZ** les ofrezco un compartimiento especial (*) para que puedan acomodar lo suyo. Así, el nivel seguirá el crecimiento general de volumen del **KAPITAL**



No hay ningún riesgo, y les garantizo un cierto ingreso anual. Hagan rendir su **FLUZ**

Gracias a estos depósitos podremos invertir y modernizar nuestra máquina económica



Póngan su **FLUZ** al seguro, piensen en su **FUTURO**. Les garantizo una cierta ganancia anual. Y si me confían sus economías durante un buen tiempo, haré algo por ustedes en relación con sus impuestos

Gracias a sus depósitos, podremos invertir y modernizar nuestra máquina económica

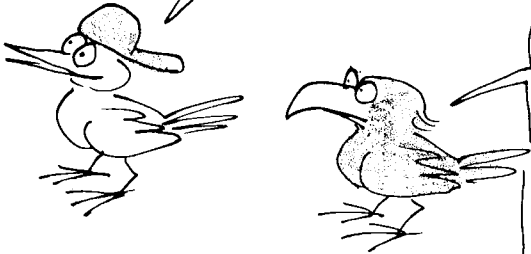


Hum...

(*) Bancos privados, acciones, ...

UN TIEMPO DESPUÉS...

Aunque no es que nos hayan dado gran cosa, puedes ver que al menos hemos ganado un poco en volumen



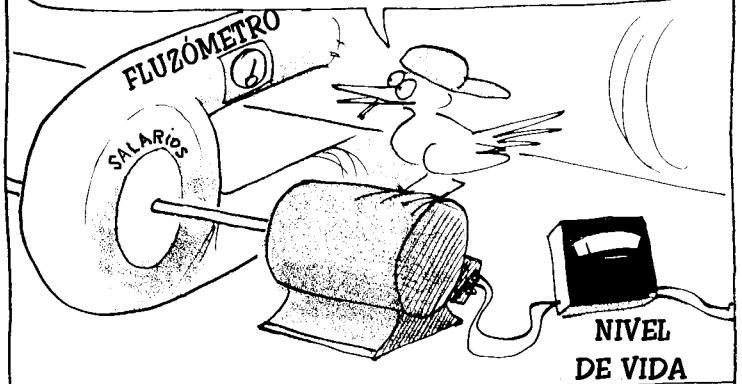
Eres muy ingenuo. La actividad económica está en pleno desarrollo. La puesta en servicio de nuevas unidades de producción va de la mano del aumento de la masa total de ERGOL. Pero ponen tal cantidad de burbujas dentro de él que la densidad del **FLUZ** disminuye sin cesar. Y, al final, has perdido

¿Quieres decir que, al ahorrar e incrementar la cantidad de ERGOL, la parte densa de la mezcla **DISMINUYE** en lugar de aumentar?



¿Qué crees tú?

¡Pero mira, nuestros salarios han aumentado, y el flujo casi se ha duplicado...!



Pero si todo tu esfuerzo es puro viento, un **FLUZ** cada vez menos y menos denso. ¡Mira la intensidad!



No ha aumentado mucho, ¿o sí?

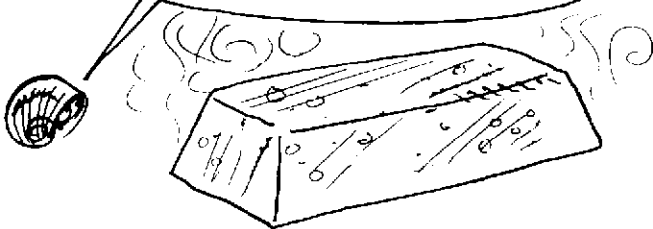
**BOMBA
DEL CONSUMO**

El verdadero **CRECIMIENTO ECONÓMICO** no es el del volumen del **FLUZ**, sino el del **ERGOL** que contiene. De la misma forma, el aumento del **NIVEL DE VIDA** no es el **FLUJO** (salario) sino la **INTENSIDAD** (el **PODER ADQUISITIVO**)

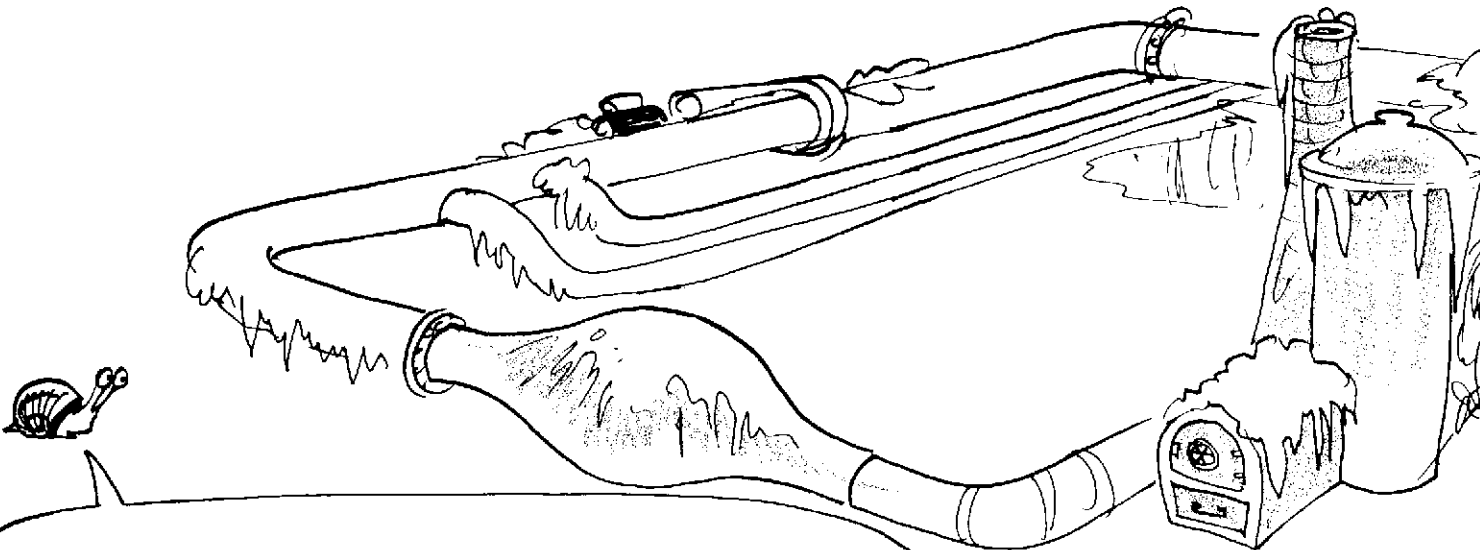
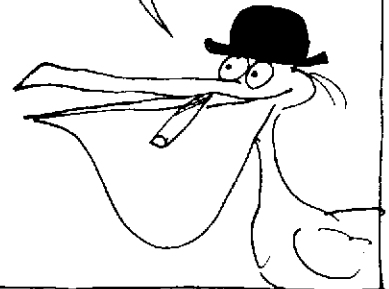
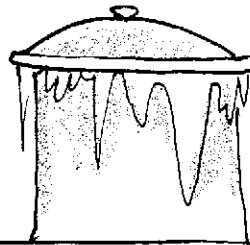


¿No hay otra forma de hacer a un lado este **FLUZ**?

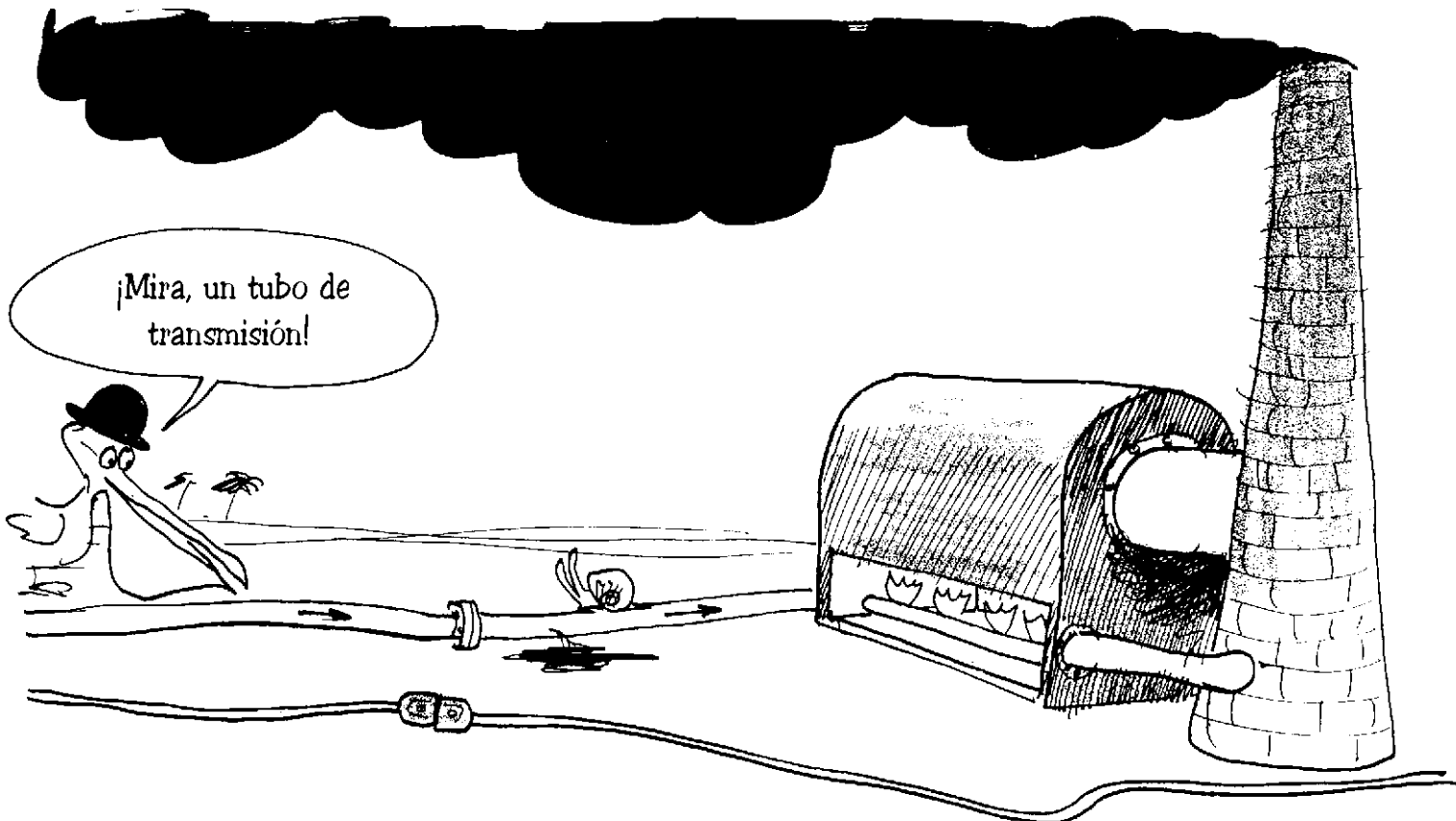
Para almacenarlo a **MASA CONSTANTE**, basta con **CONGELARLO**



¡Excelente idea! Para evitar la **INFLACIÓN**, ese mal que afecta a todas las economías, ¡basta con congelarlo todo!



Pero en ese caso el **FLUZ** pierde su interés, que reside justamente en su **FLUIDEZ**. El **CONGELAMIENTO DE CAPITALES** bloquea la máquina económica



La caldera de la máquina económica se calienta con la ayuda de ese precioso líquido que proviene de regiones lejanas y desérticas. Para traerlo hay que emplear una gran cantidad de energía (la **CUENTA DE COBRO PETROLERA**)



A cambio, hay una línea que viene del desierto y alimenta, en mayor o menor grado, la **BOMBA DEL CONSUMO (EXPORTACIONES)** (*)



(*) La "internacionalización de la economía" será abordada en un próximo álbum: el INFLATRÓN.

LA CRISIS PETROLERA

Ah, he aquí al SINIESTRO



Veamos el correo



Ay no...



¡No no no!



¡Han aumentado las tarifas!

¡Demonios, esta agua está muy fría!



COSTOS DE PRODUCCIÓN

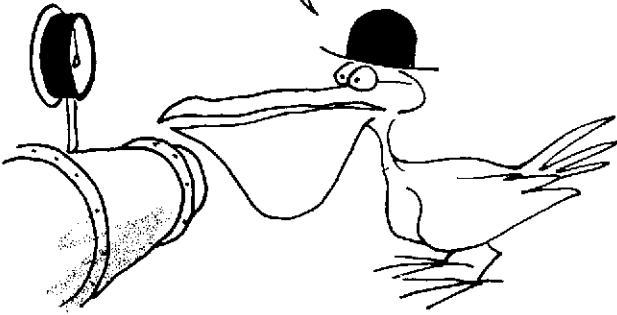
Es normal. Toda la corriente esta yéndose por la línea de los COSTOS DE PRODUCCIÓN

CARGAS SOCIALES

Ey, muchachos, estamos perdiendo fuerza y la presión está cayendo

¿Pero qué pasa?

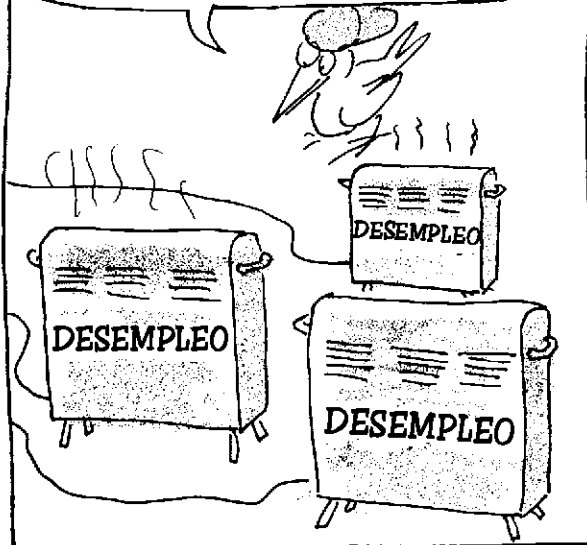
FLUZY ha detenido las unidades de producción no **RENTABLES**



El **DESEMPLEO** aumenta

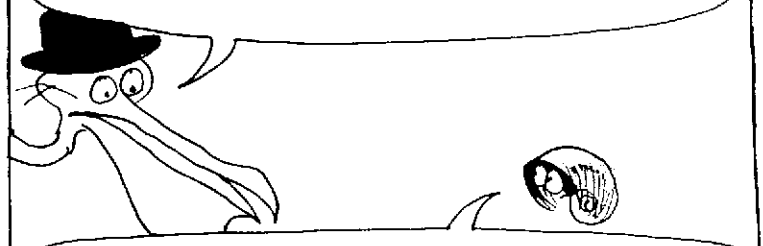
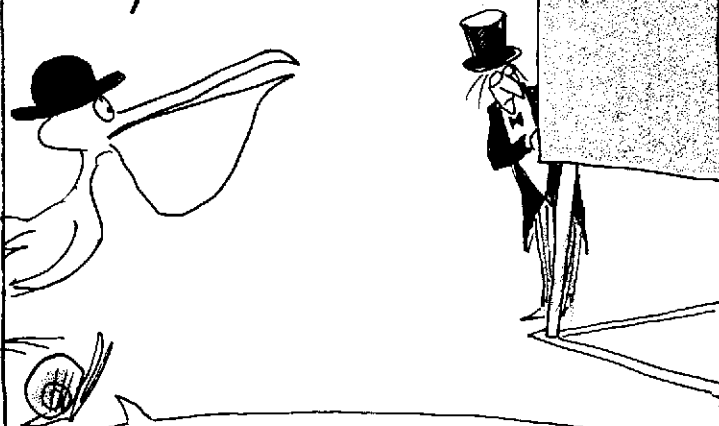
¿Qué haces tú?

Más vale comprar antes que los precios suban. Liquidaré mis **AHORROS** y tomaré un **CRÉDITO**



¿Y qué hace FLUZY?

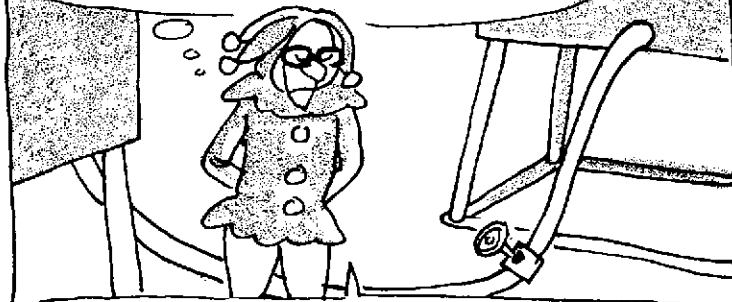
¿Quieres decir que Fluzzy está intentando... fabricar falsa moneda?



Me parece que está tratando de poner un poco de aire en su tanque (**INFLACIÓN POR CRÉDITO**)

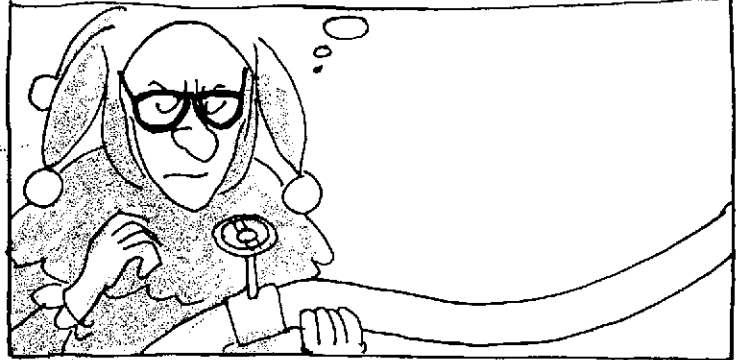
No precisamente... Pero el **SISTEMA BANCARIO**, todos esos papeles y todos esos contratos de crédito... todo eso termina por parecerse a la moneda. Y si un día vaciáramos el tanque de Fluzzy seguramente encontraríamos muchas sorpresas...

El recurso al **CRÉDITO** y la pérdida de la **CONFIANZA** han disparado el **CONSUMO** y **AUMENTADO** los precios...

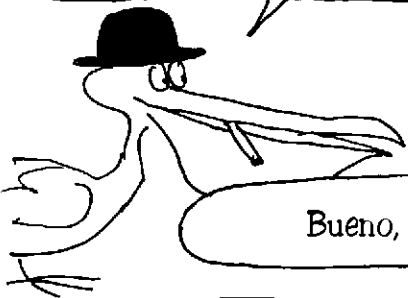


Hay que detener esta escalada del crédito

Fluzy le está prestando demasiado **FLUZ** a la gente. Y, de hecho, he sido yo quien se lo ha prestado a él

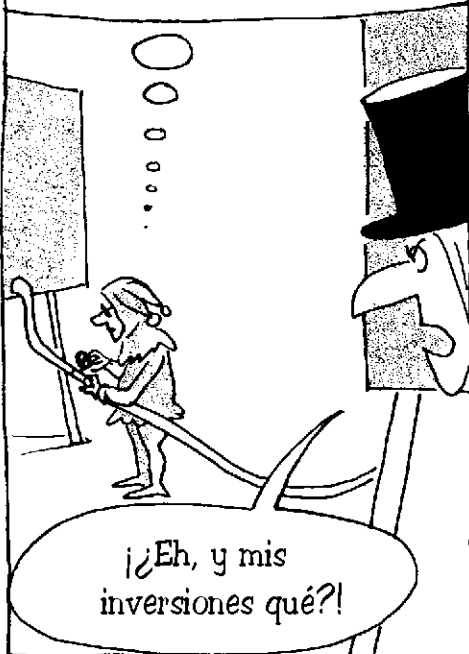


¿Entonces todo el mundo le presta a todo el mundo?



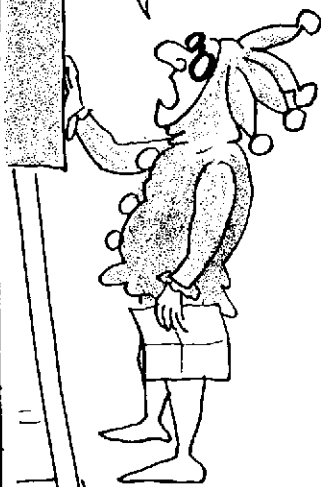
Bueno, ya sabes, en todos esos préstamos a veces hay puro viento...

Voy a reducirle el crédito, así lo pensará dos veces antes de andar prestando y prestando por ahí...



¡¿Eh, y mis inversiones qué?!

Bueno. He podido regular este asunto del crédito, pero el nivel de las **ARCAS DEL ESTADO** está bajando a toda velocidad...



¿Qué hacer? ¿Aumentar los impuestos directos?... ¿Los impuestos indirectos?... ¿Los impuestos a la renta de las sociedades?



¿Todos los impuestos...?

¡Exigimos un aumento
en el flujo de salida!

Señor **SINIESTRO**, la presión en los
conductos está disminuyendo y el **BARÓMETRO**
está bajando

¡Ey, las arcas están casi vacías!

¿Quién es el autor de este truco?

Nos permitirá ver más lejos

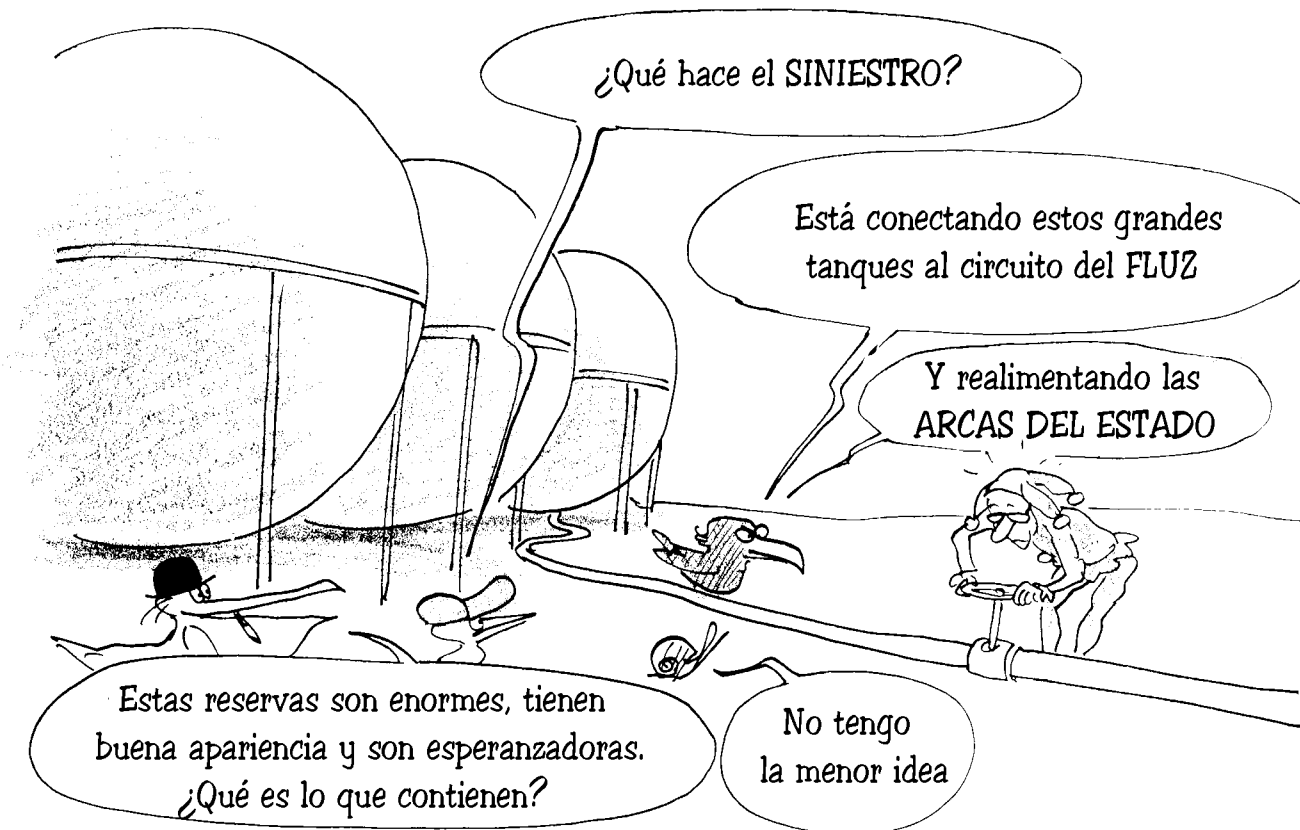
Es un gran bombillo eléctrico,
alimentado por las arcas del estado

¡¿Qué?! ¡Apaguen eso de inmediato
o si no estaremos fritos!

Aumente el flujo, o si no
dejaremos de **TRABAJAR**

No queda más que una solución...

Está bien... lo haré enseguida



¿Qué hace el SINIESTRO?

Está conectando estos grandes tanques al circuito del FLUZ

Y realimentando las ARCAS DEL ESTADO

Estas reservas son enormes, tienen buena apariencia y son esperanzadoras. ¿Qué es lo que contienen?

No tengo la menor idea

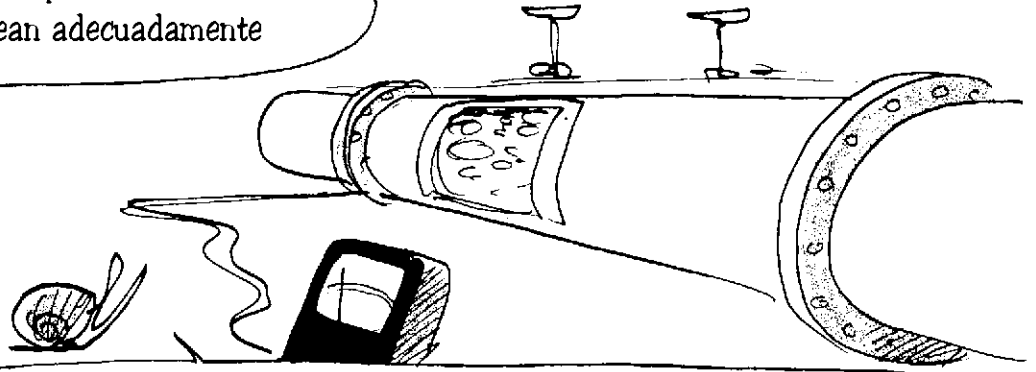
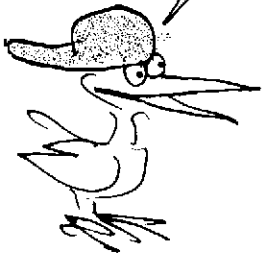
Ah, por fin un aumento en el flujo. ¡Ya era hora...!

WRR ROAWRRR

Tremenda intensidad. La bomba del consumo gira a un ritmo infernal

¡Ey, cuidado! ¡¡¡Los precios!!!

En fin, qué importa, si la máquina funciona mejor, y las bombas bombean adecuadamente



Si, pero mira: ¡las intensidades están disminuyendo en todas partes!

Eso no es normal. Estamos trabajando duro, y al parecer eso no aporta nada



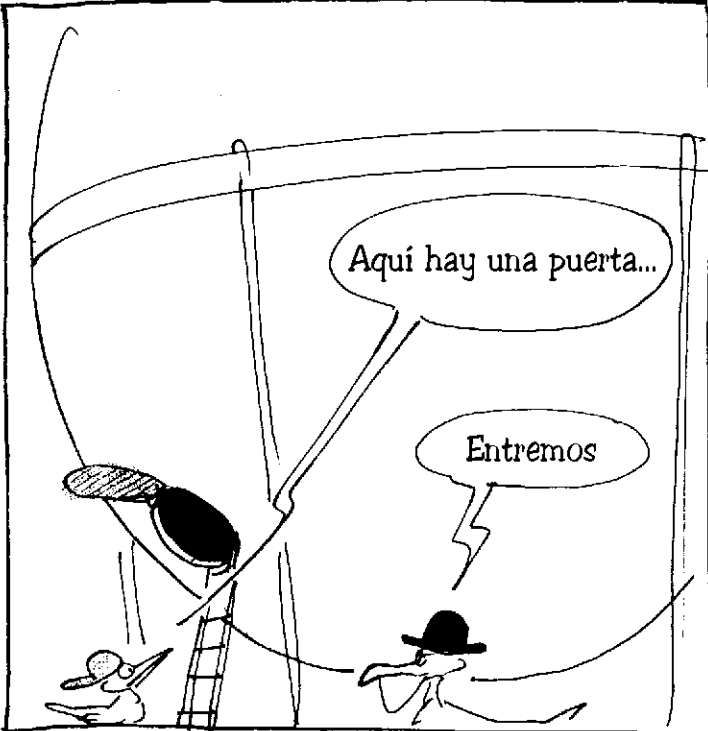
¿Qué fue lo que el SINIESTRO puso en el fluido económico?!?



Vayamos a ver los tales tanques

Aquí hay una puerta...

Entremos



!!!VACIO!!!



¿O sea que estos tanques se han vaciado ya?

¡No, SIEMPRE han estado vacíos!

¿Una especie de VACÍO ECONÓMICO?

¿La NADA en estado puro?

Quando las cosas van mal, todos los SINIESTROS hacen lo mismo. Inyectan una enorme burbuja de aire en los circuitos. En un primer momento, eso potencia el FLUZ: una especie de FUETAZO

Pero luego todo se vuelve homogéneo y el resultado es que el FLUZ pierde densidad

Los precios suben

El AHORRO se deprecia

El KAPITAL también...

Eps, lo que es yo, voy a liquidar mis ahorros

¡FLUZY!

¡Una fuga de capital!
¡¡¡Vaya con el bribón!!!



¡Por fortuna llegué a tiempo...!



Fluzy, necesito tu capital

¡No seas infantil!

¿A dónde se ha ido?



¿Qué? ¡¡Congelados!!



Dejó una nota...

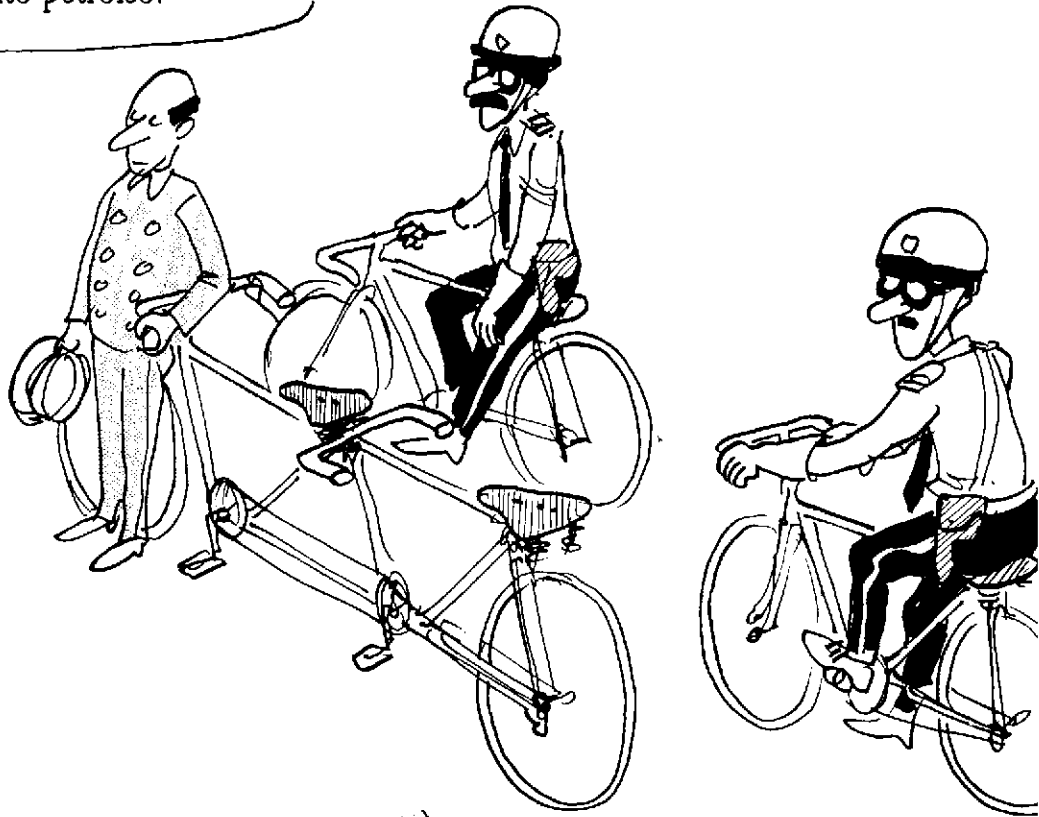
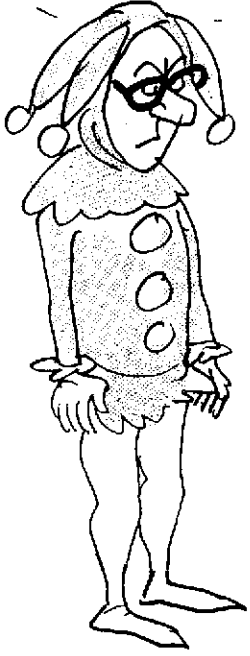


Bloquear los salarios, reducir los impuestos a la renta de las empresas, las cargas sociales, y dotarnos de subsidios para invertir.

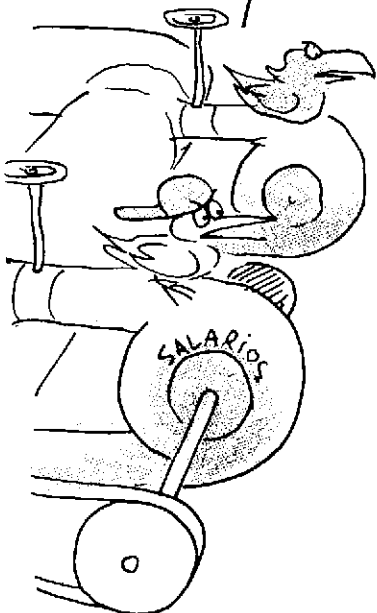
Mr. Fluzy

Pero... el **PODER ADQUISITIVO** caerá, la gente comenzará a quejarse, y la bomba del consumo girará aún más lento

¡Comencemos por economizar un poco de ese bendito petróleo!



El FLUZ ya no vale nada.
¡¡¡Aumenten el flujo!!!



¡Se lo advertimos!

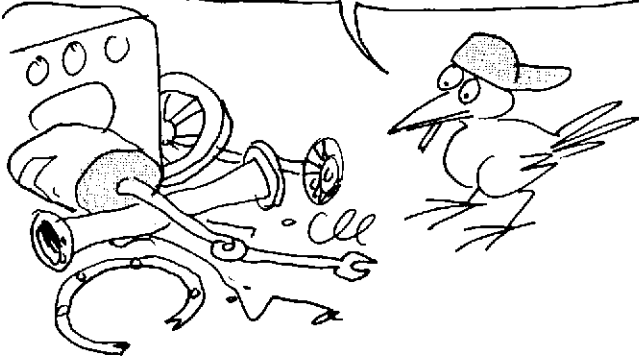
¡Insensato!

¡Ruina asegurada...!

Cuando yo fui siniestro, las cosas no fueron tan mal...

EPÍLOGO

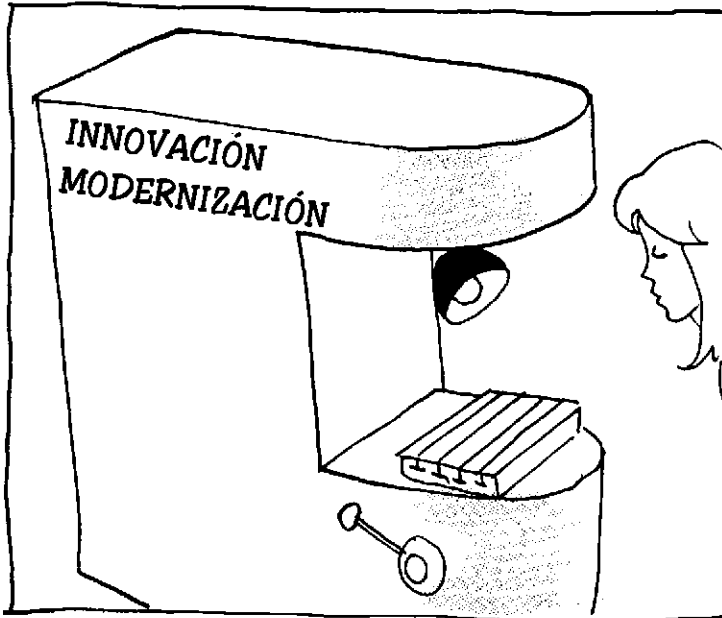
Mira, otra unidad de producción
desmontada



Será necesario
construir otra más...
muchas más...



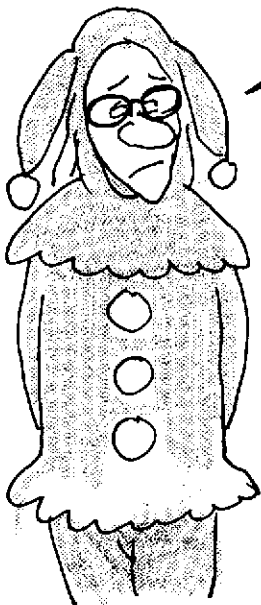
Señor SINIESTRO...



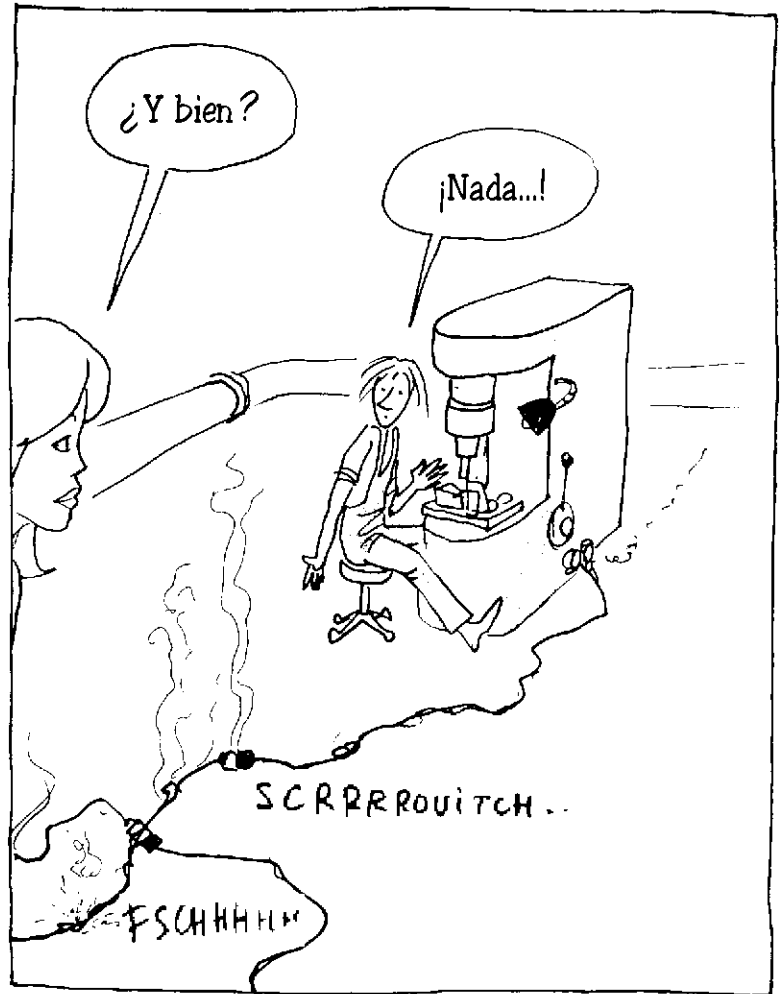
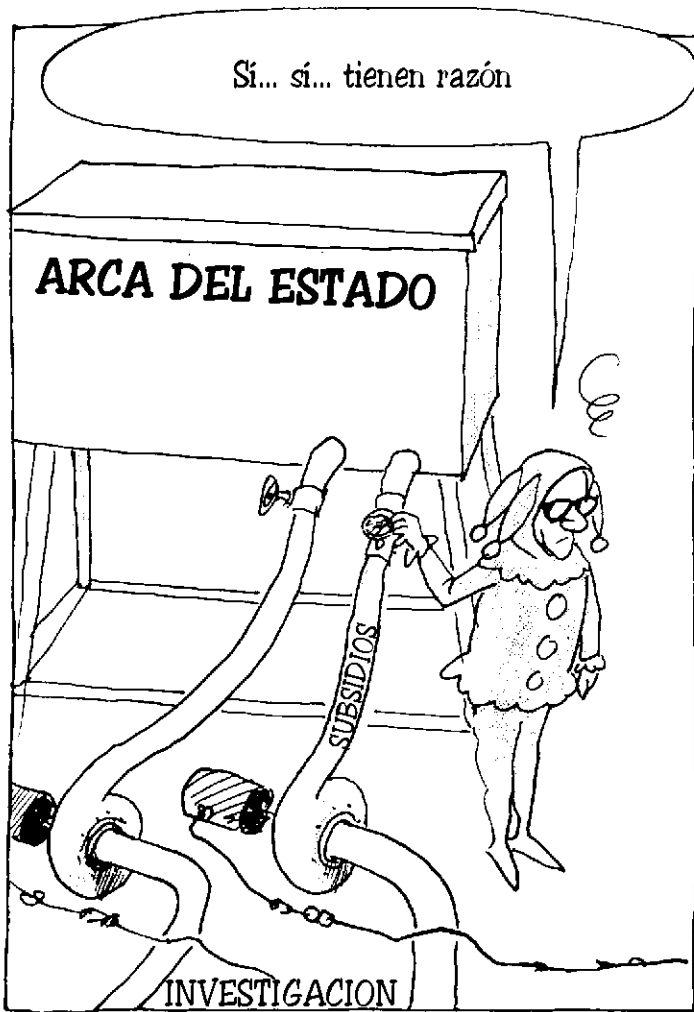
¿Y si creara otro ministerio...?
...¿O una secretaria de estado...?

¿Sí?

Señor SINIESTRO, la única solución
es dar un paso adelante. Es necesario **INNOVAR**,
concebir herramientas de producción modernas



Hay que poner a trabajar la **IMAGINACIÓN**



El drama, en nuestro país, son las **PÉRDIDAS EN LAS LÍNEAS...**



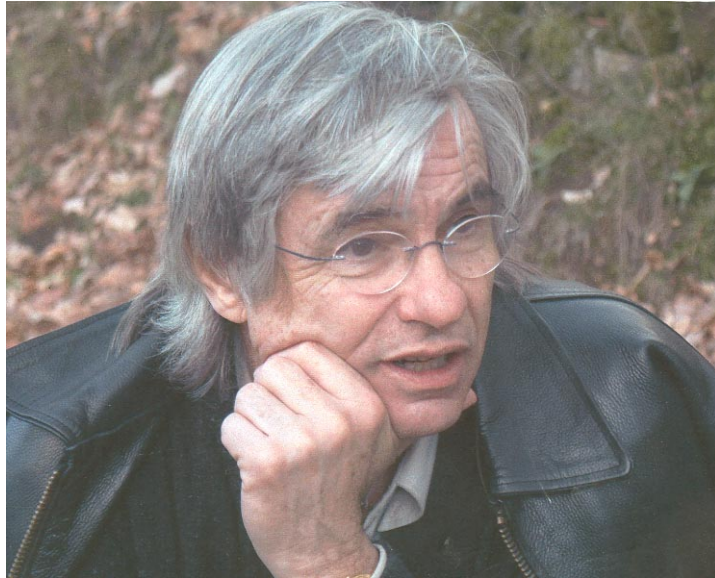
EL ESPONDILOSCOPIO

Jean-Pierre Petit

Se lo dije:
¡Es una máquina maravillosa!



Traducción:
Juan Carlos Anduckia



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

Este libro está dirigido a todos aquellos
que poseen un esqueleto.

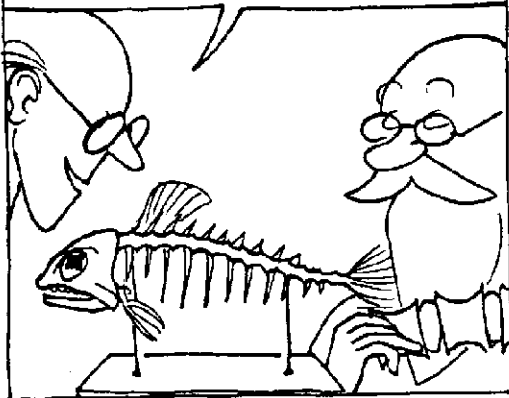
PRÓLOGO

Bueno, pasemos ahora a las novedades en materia de **EVOLUCIÓN** en el planeta Tierra

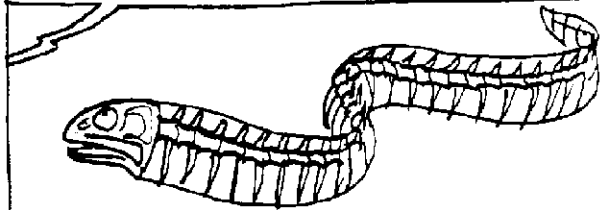


Hum, muy bien, veamos

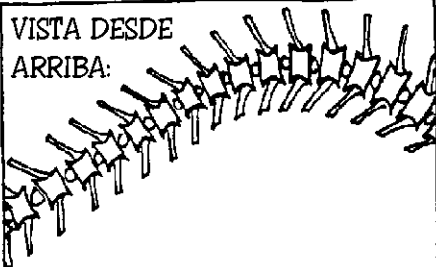
Les recuerdo los principales resultados obtenidos gracias al **ESQUELETO** de los **VERTEBRADOS**



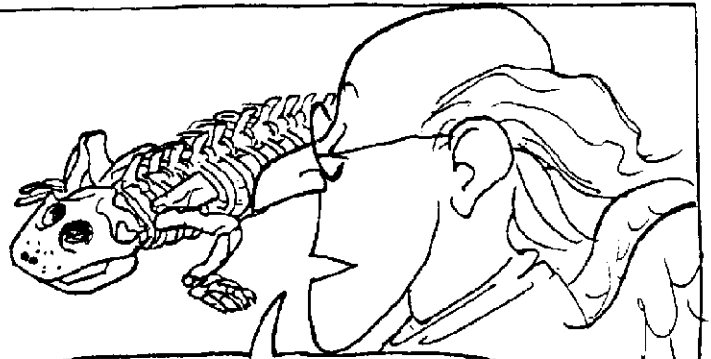
Tenemos una serie de segmentos muy duros, unidos entre sí por discos **INTRAVERTIBRALES** que le dan flexibilidad al conjunto. Sumando las flexiones unitarias, se logra una flexión global muy importante, como en el caso de la anguila



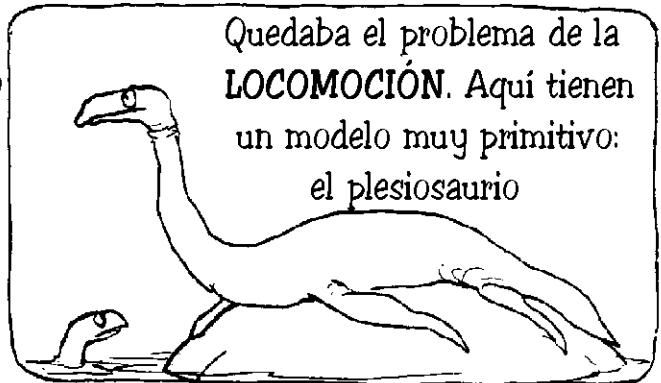
VISTA DESDE ARRIBA:



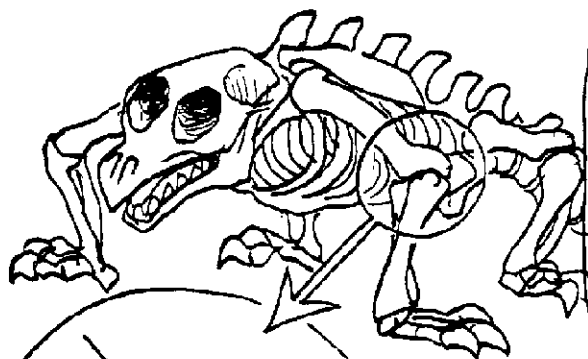
El conjunto está unido por un sistema de **MÚSCULOS** adheridos sobre protuberancias óseas denominadas **APÓFISIS**



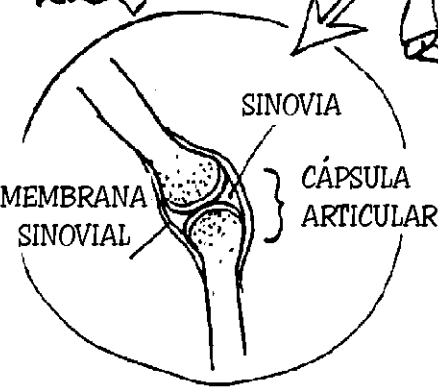
Luego, doblando las espinas del pez hemos podido crear una **CAJA TORÁCICA ARTICULADA** para asegurar una respiración aeróbica



LA ARTICULACIÓN



La conquista de la tierra firme sólo se produjo cuando se dispuso de **MIEMBROS ARTICULADOS**, unidos apropiadamente a la **COLUMNA VERTEBRAL** por medio de **OMÓPLATOS** adelante y de una **PELVIS** en la parte de atrás



Les recuerdo el principio de la **ARTICULACIÓN**.

Tenemos dos partes óseas que rozan entre sí. Para evitar el desgaste, recubrimos las dos cabezas óseas con **CARTÍLAGO**, otro tipo de célula, todo ello inmerso en un líquido viscoso:

la **SINOVIA**, secretada por la parte interna de una **CÁPSULA ARTICULAR** que garantiza la impermeabilidad del conjunto. Dicha cápsula

se apoya igualmente en un sistema de

LIGAMENTOS. El cartilago no está

vascularizado, sino que es alimentado por

IMBIBICIÓN

¡Toda una
maravilla!

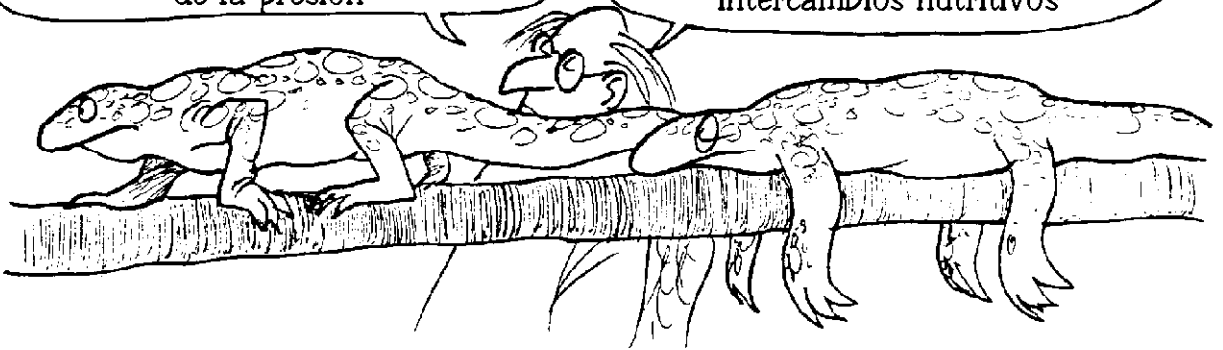
CARTÍLAGO LUBRICADO
POR LA SINOVIA

CÁPSULA
ARTICULAR

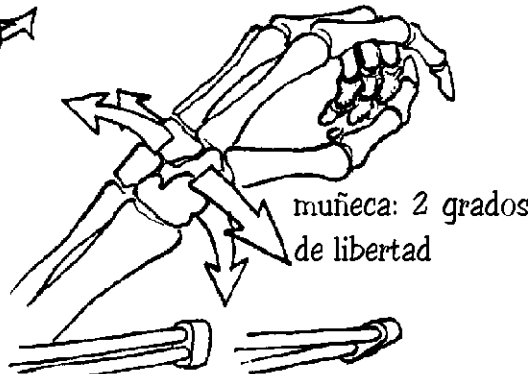
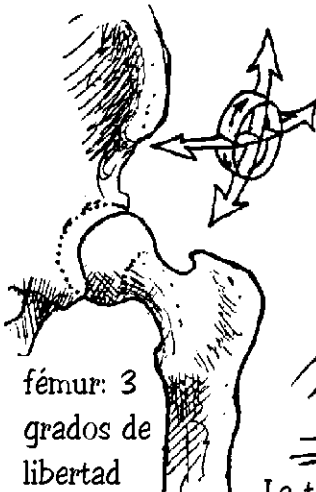
¿Pero cómo opera este
fenómeno de **IMBIBICIÓN**?

Fácil: cuando el animal se apoya
sobre sus patas, la sinovia se irriga
en el cartilago bajo el simple efecto
de la presión

Cuando descansa o duerme, el
cartilago exuda este humor, y es
así como se efectúan los
intercambios nutritivos



En ciertos casos, una de las extremidades óseas sirve de receptáculo a la otra, lo que aumenta la solidez de la articulación pero limita su movilidad (como por ejemplo: en la cabeza del fémur). En otros casos, se reducen los grados de libertad: 2 para la muñeca, y sólo 1 para el codo.

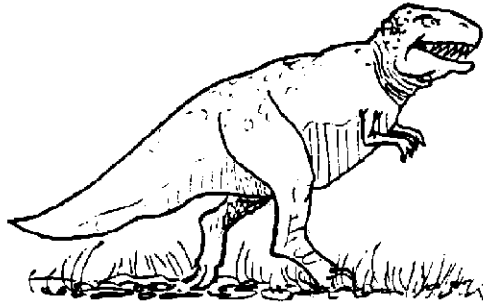


La tercera rotación está a cargo de los huesos del antebrazo.

Los miembros anteriores, estando fijos a los omóplatos, ellos mismos bastante móviles, darán lugar a algunas innovaciones interesantes, como el ave y el murciélago



¿Y dónde queda la **BIPEDACIÓN?**



Reconozco, Señor, que los primeros ensayos no fueron nada alentadores. Para equilibrar el pesado Tiranosaurio en plena carrera, tuvimos que dotarlo de una cola que pesaba un tercio del peso de su cuerpo. Cuando frenaba era una catástrofe, y encima el pobrecito no sabía que hacer con sus manos



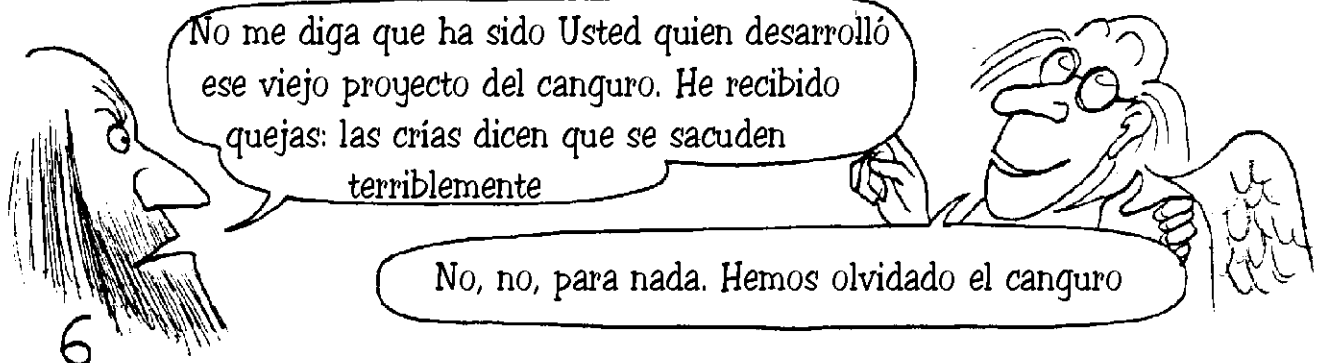
Le hacían falta enormes músculos para mover esa cola



¡Otra vez me rompí una clavícula...!



¿Y qué pasó con el canguro? Ese estaba bien, ¿o no?



No me diga que ha sido Usted quien desarrolló ese viejo proyecto del canguro. He recibido quejas: las crías dicen que se sacuden terriblemente

No, no, para nada. Hemos olvidado el canguro



¿Han pensado en la cosecha?

Les recuerdo la idea general: la postura de pie permite una mejor visión a distancia, por encima de las hierbas de la sabana. Además, libera los miembros anteriores y permite transformarlos en órganos prensiles: las **MANOS**. Cuando el animal coge algo, **VE** lo que hace, lo que nos parece muy importante. Y lo vuelve particularmente apto para la **COSECHA**



DISCOS

¿Imagina Usted las consecuencias de una postura de pie prolongada? La columna va a trabajar terriblemente. Al nivel de la pelvis, las **VÉRTEBRAS LUMBARES** tendrán que soportar el peso ¡del busto, de la cabeza y de los dos brazos!

Aquí tienen un **DISCO INTERVERTEBRAL**. Imaginen una vejiga llena con agua, en sánduche entre dos plataformas cilíndricas. Este sistema permite todos los desplazamientos posibles



disco



flexión



rotación



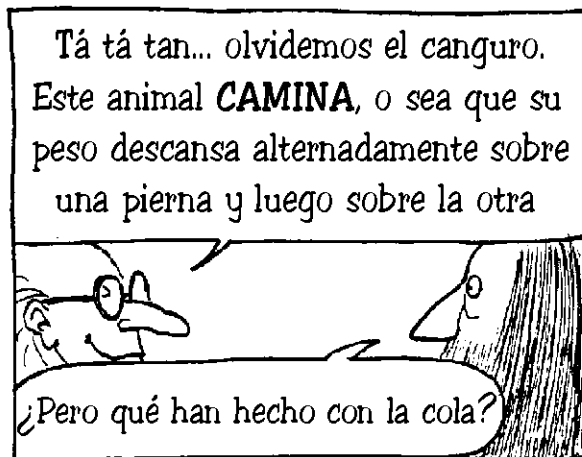
translación



¡¿Si, pero y el peso del busto...?!
¿Han pensado en el peso, sobre todo en los choques?

A eso voy





(*) En un hombre de 80 kg., la cabeza pesa 3 kg., los miembros superiores 14 kg. y el tronco 30 kg., para un total de 47 kg.

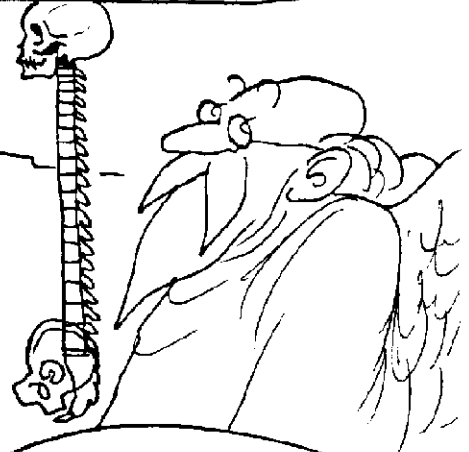


El canguro y el tiranosaurio tenían brazos muy cortos y livianos, de ahí la necesidad de pesadas colas para asegurar su equilibrio al caminar y al correr (*). Por eso hemos alargado y agilizado los brazos, que actúan ahora como balancines

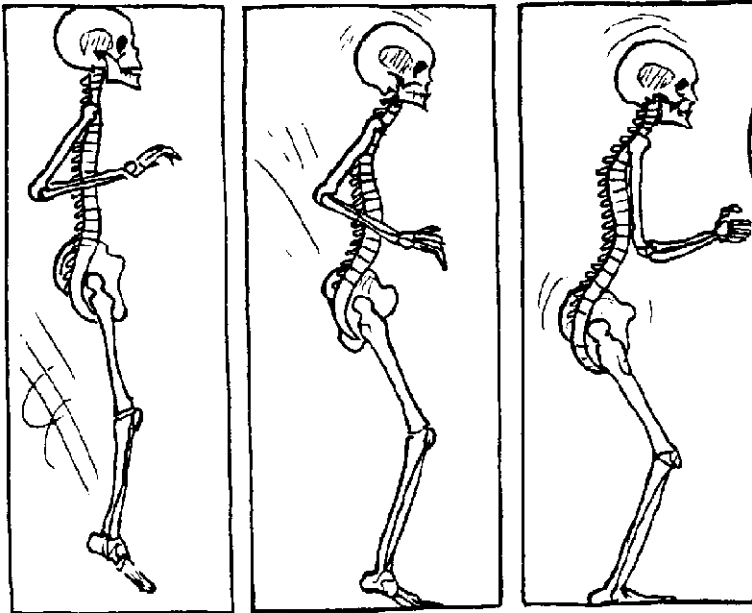


O sea que los brazos sirven de cola...

Pero cada paso debe representar un choque brutal para la columna. Al cabo de unos kilómetros, su animal no servirá para nada



Existe una forma de amortiguar estos choques: dotar a la columna de **CURVATURA**



Es necesario que esta columna sea **FLEXIBLE** para que la marcha sea armoniosa

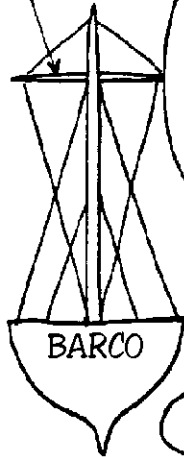
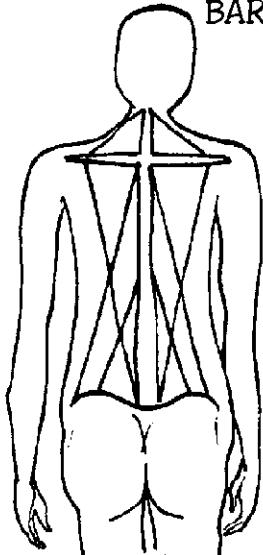


Comprendo: este conjunto de sinuosidades, de curvaturas, amortigua los choques y retarda el **DESGASTE DE LOS DISCOS**.
¿Pero cómo impedir que todo el conjunto se desplome sobre sí mismo?

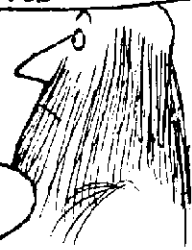
(*) Tal como lo hace en nuestros días el lagarto corredor que habita en Africa.



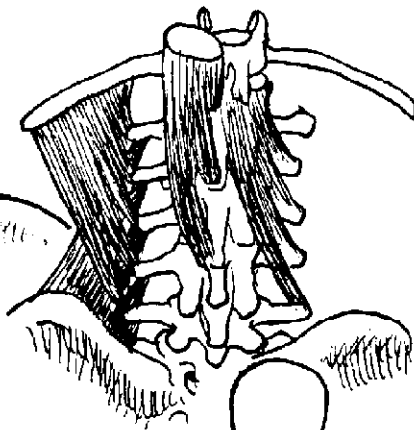
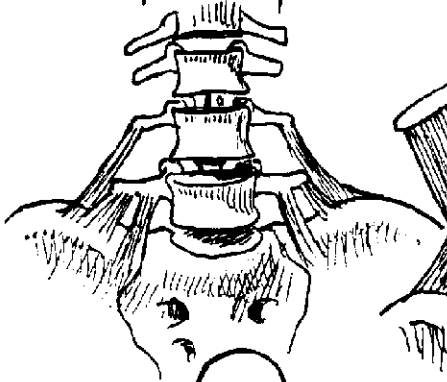
BARRA TRAVERSA



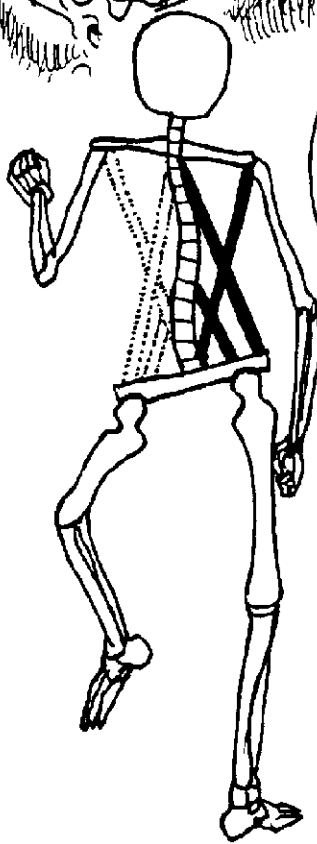
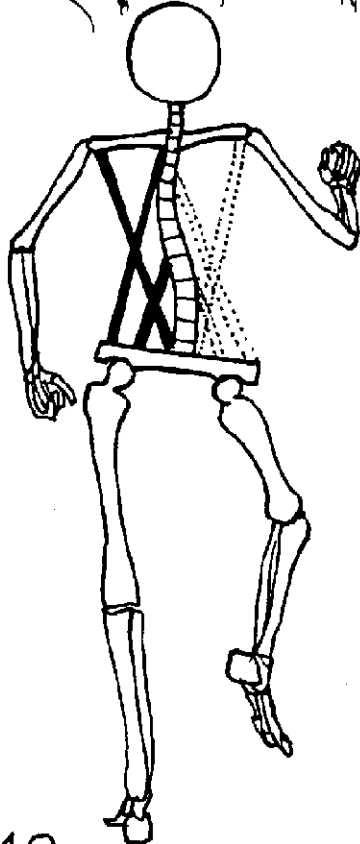
Hemos dotado a la columna de un sistema de **TIRANTES MUSCULARES** que se atan a todo aquello que sobresale, a las protuberancias óseas, las apófisis, las salientes de las vértebras, las **COSTILLAS**, y también a la **PELVIS**



¿Y en concreto?



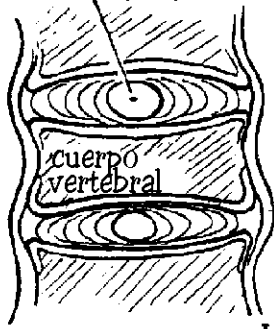
Aquí tienen un ejemplo de **MÚSCULOS ESPINOSOS**



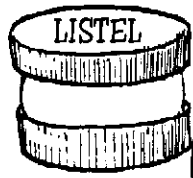
Y aquí el descaderamiento y la contracción diferencial de los músculos que acompañan la carrera o la marcha



"nucleus pulposus"



cuerpo vertebral

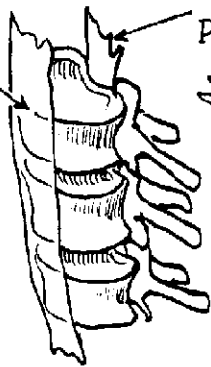


LISTEL

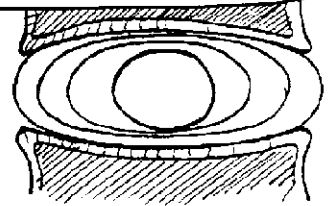


Cada disco es una articulación. Las vértebras están recubiertas por un cartilago, el **LISTEL**. Allí se encuentra un liquido graso, la **SINOVIA**, así como una cápsula fibrosa unida a dos grandes ligamentos que corren sobre las caras anterior y posterior de la columna vertebral.

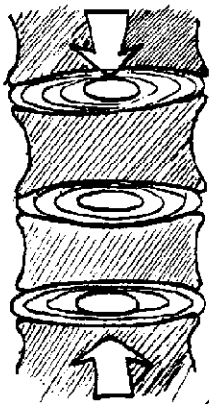
LIGAMENTO ANTERIOR



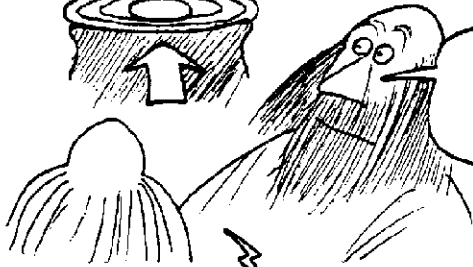
LIGAMENTO POSTERIOR



Cuando el hombre está acostado o en estado de **INGRAVIDEZ** (como en una piscina o en el espacio), el núcleo toma una forma esférica. Es un objeto hecho de 98% de agua, semifluido, comparable al cristalino del ojo, y encerrado en una serie de cápsulas fibrosas que recuerdan el pellejo de una cebolla, tejidas con fibras entrelazadas que aprisionan al núcleo con sus hilos fibrosos sólidos



Eso se parece a una suspensión **OLEO-PNEUMÁTICA**. Pero ¿cómo hacen para lubricar los discos?

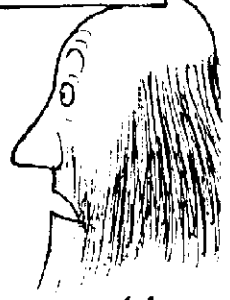


Siempre por **IMBIBICIÓN**. En el día, el exceso liquido pasa por el cuerpo vertebral. En la noche, este cuerpo rehidrata el disco y su núcleo, realimentándolos de proteínas, etc....

Comprenderá Ud. que era imposible ubicar frágiles vasos sanguíneos en esos elementos elásticos sometidos a tan grandes esfuerzos



¡Entonces tendrán que moverse todo el tiempo!



Ah, pero el hombre no fue en absoluto concebido para ser sedentario. Si se sedentarizara, sus cartilagos intervertebrales, sus discos, se deshidratarian y degenerarian

Supongo que el animal será suficientemente inteligente para comprenderlo

Para eso lo dotamos de un cerebro...

Esto parece labor de bricolaje. Esa columna en zig-zag que descansa sobre un hueso **SACRO** inclinado en promedio de 30° a 45° , ¿cree usted que será capaz de sostenerse?

Se trata de una concepción **DINÁMICA**, todo consiste en una cuestión de equilibrio entre las fuerzas y las tensiones de los ligamentos

Recuerde que, al comienzo, hacíamos máquinas super estables pero hiper-rígidas y que caminaban muy mal. ¡Entonces bienvenidas las mejoras!

¡Hay que modernizarse!

CERVICALES

DORSALES

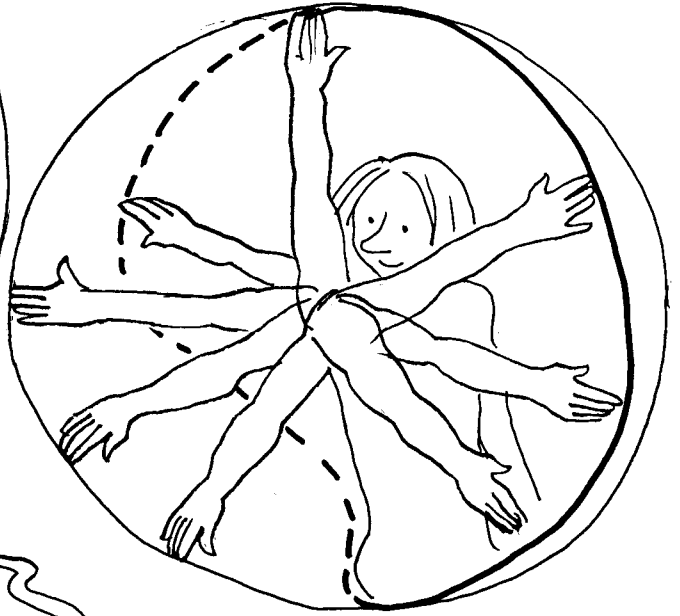
LUMBARES

SACRO

PELVIS

EL HOMBRO

Estoy frente a un problema de **BIOMECÁNICA** inextricable.
¡No imaginas lo que este animal debe ser capaz de hacer con sus dos brazos!

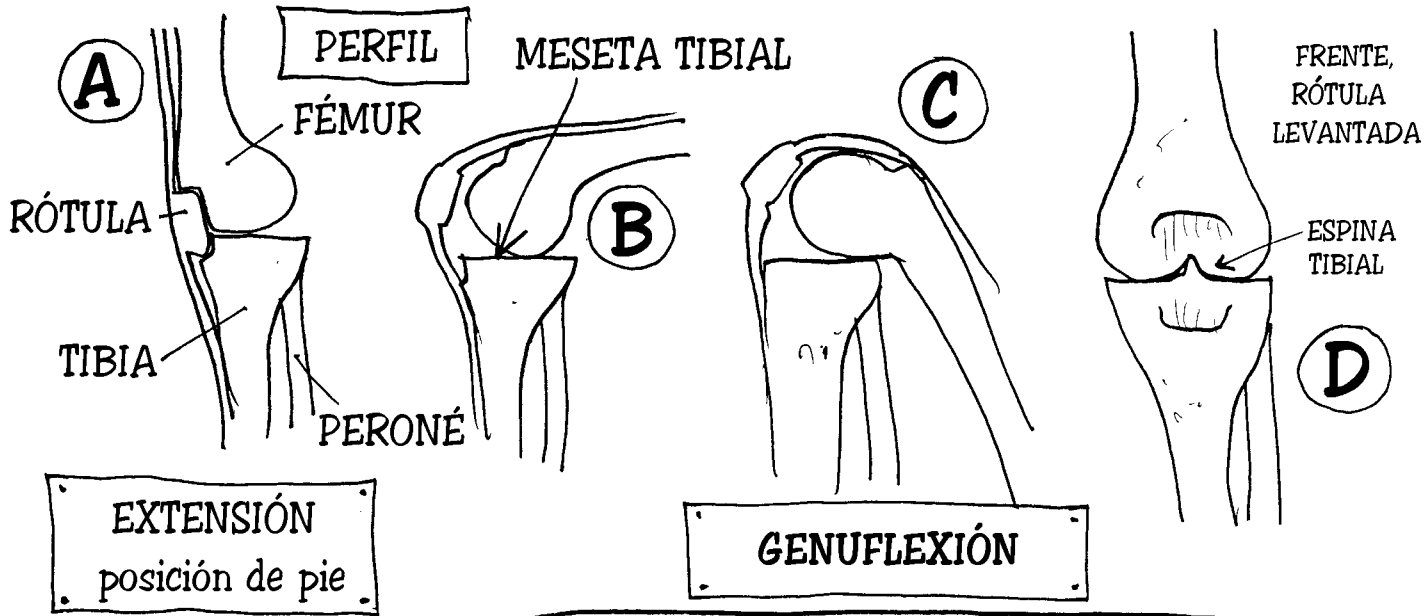


¡Eso no te va a funcionar así!
Tú que pregonas el modernismo, te has conformado con ponerle manos a las patas delanteras de un caballo, ¿y esperas que con eso pueda trepar a los árboles...?

En mi opinión, hay que revisar completamente la geometría del omóplato, volverlo más móvil y separarlo un poco más de la caja torácica. Así mismo, es necesario agregar muchos más músculos y ligamentos para permitir los nuevos movimientos

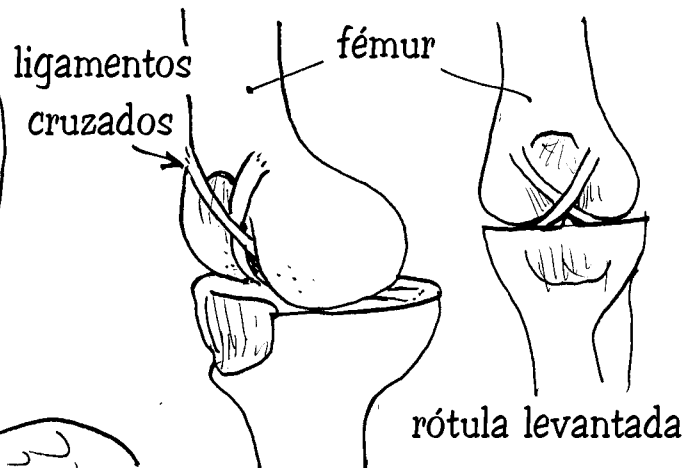
SCRITCH SCRITCH





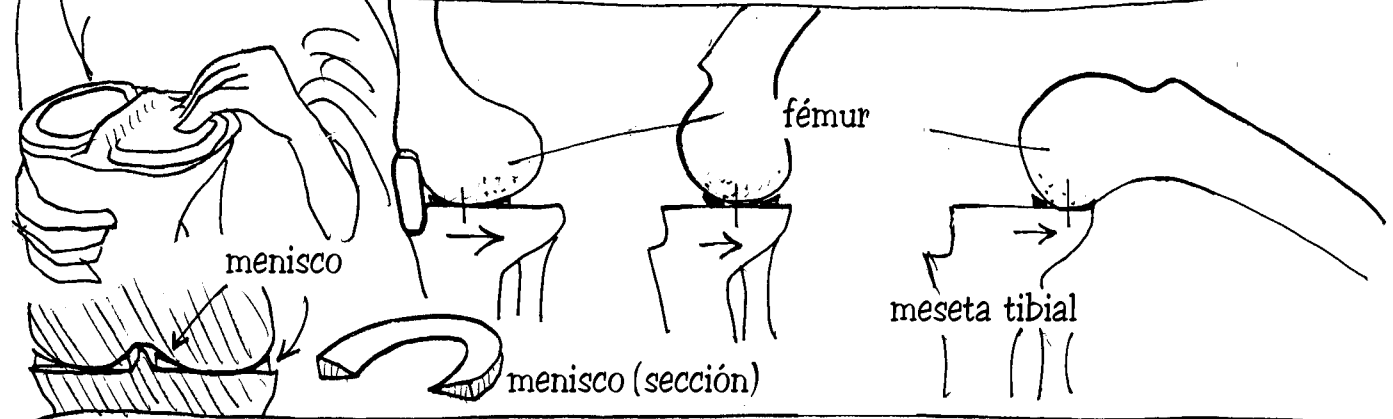
Estoy muy satisfecho con la **RODILLA**.
 La base del fémur gira sobre la **MESETA TIBIAL**. Una espina-guía (D) impide a la pierna moverse en todas las direcciones y posibilita la **MARCHA**. La rótula, en su máxima extensión (A), bloquea la pierna y le impide plegarse hacia adelante. Además, sirve de polea de apoyo, lo que le permite jugar fútbol

¿Cómo te las arreglas para garantizar al mismo tiempo la unión fémur-tibia y negociar el rozamiento?



Gracias a los **LIGAMENTOS CRUZADOS**, que aseguran una unión fuerte e impiden que el animal pierda su tibia cuando se pone a correr

Como los dos puntos de contacto entre fémur y meseta tibial se desplazan por rodamiento, he colocado dos **MENISCOS**, además del lubricante biológico universal, la sinovia, todo ello encerrado en una sólida cápsula articular



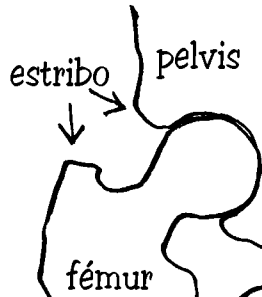
¿No te preocupa que estos meniscos se traben al doblar la pierna? (*)

Bah, no son para nada indispensables. El animal puede muy bien vivir sin ellos, y si le causan problemas, se los podemos quitar

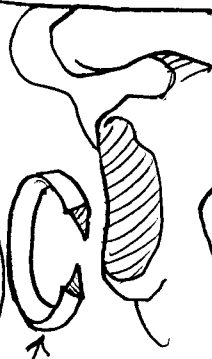
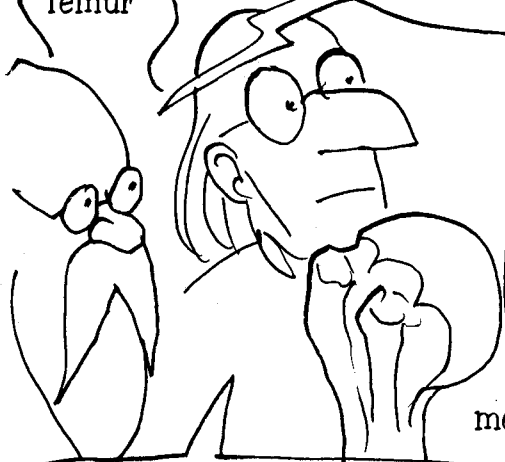


Bueno, veo que has colocado en el hombro montones de ligamentos cruzados en todas direcciones

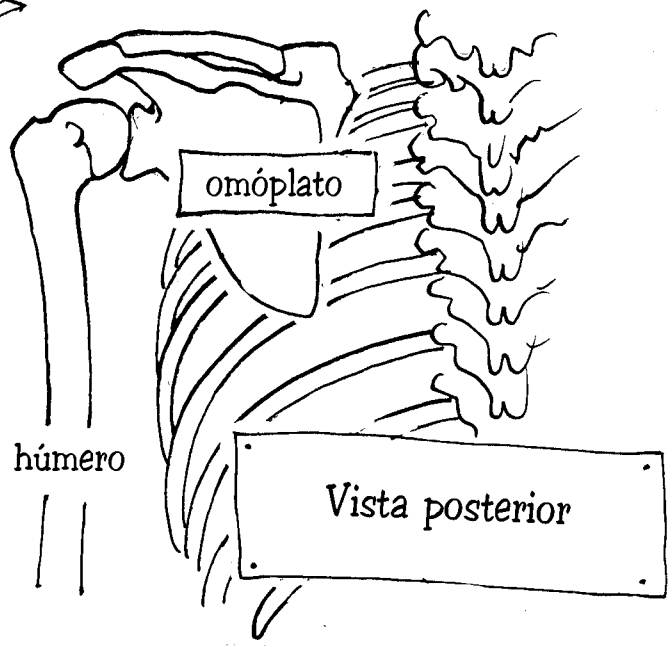
(*) Enfermedad de los soladores, que pasan mucho tiempo de rodillas.



Pero demandando una movilidad tal del brazo en relación al busto, no puedes hacer girar la cabeza del húmero en una cavidad tan cerrada y esférica como la que recibe la cabeza del fémur

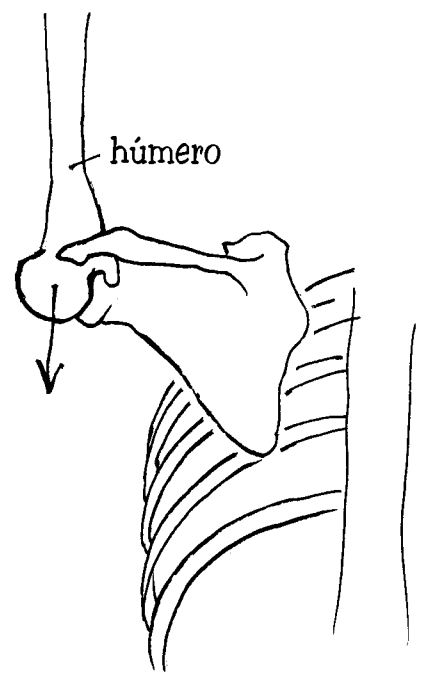


menisco

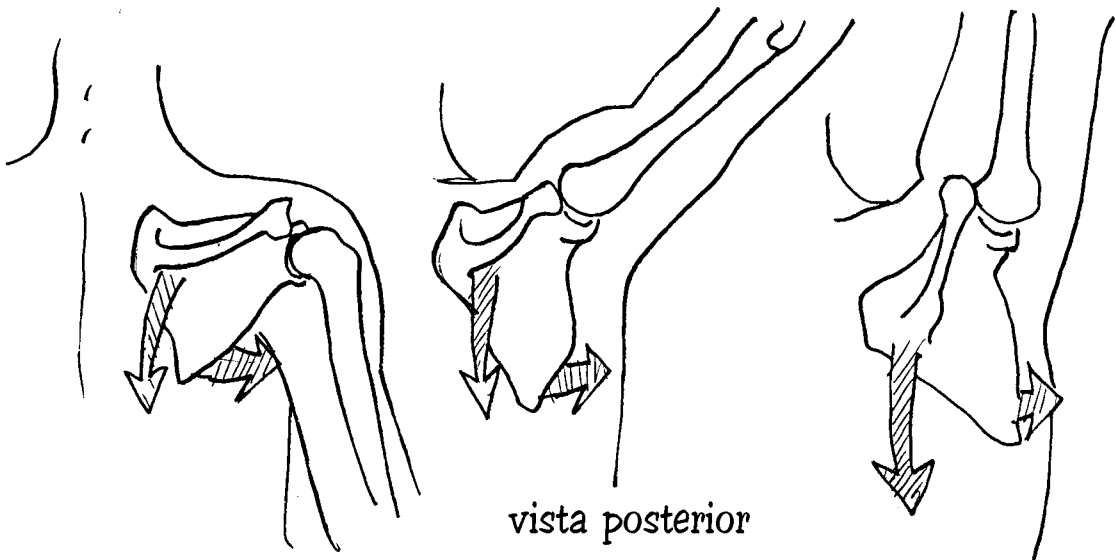


Si, entre más esférica sea la cabeza del húmero, mayor será la reducción de la superficie de contacto del húmero a una cavidad poco pronunciada

Pero veo un problema: cuando tu animal quiera levantar un brazo, éste va a descolgarse y a caer dentro de sus calzoncillos!



Espera, espera...



vista posterior

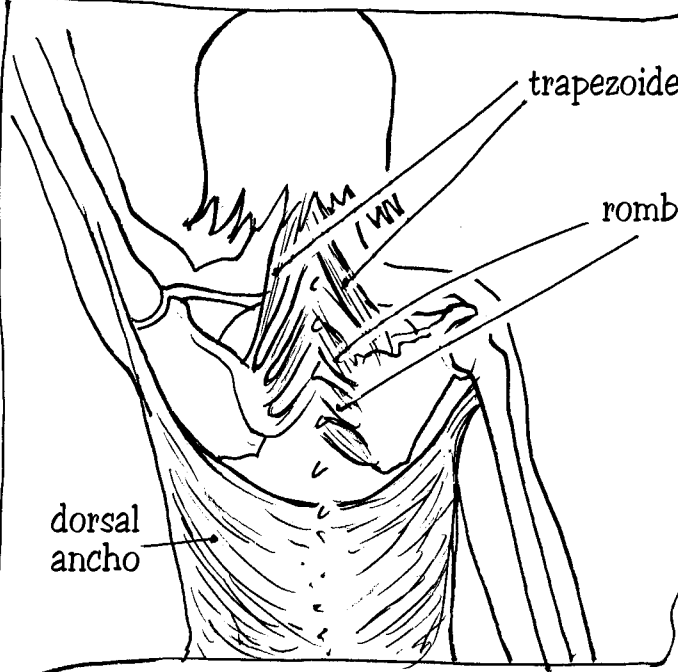
Movido por un complejo sistema de músculos, el omóplato girará de tal forma que su superficie de contacto con la cabeza del húmero siempre pueda acomodar el esfuerzo



Estos músculos forman capas que se deslizan las unas sobre las otras



El SERRATO MAYOR, fijado a las costillas, hace descender el omóplato



trapezoides

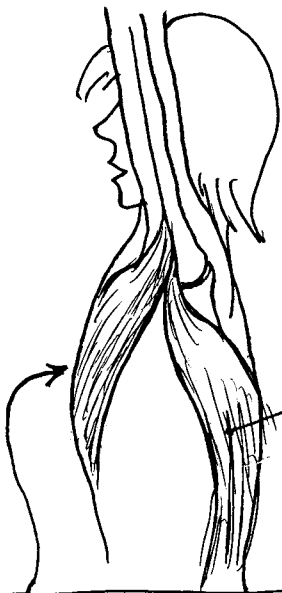
romboides

dorsal ancho



Los músculos romboides y trapezoides garantizan la elevación del omóplato, y el **DORSAL ANCHO** permite trepar a los árboles

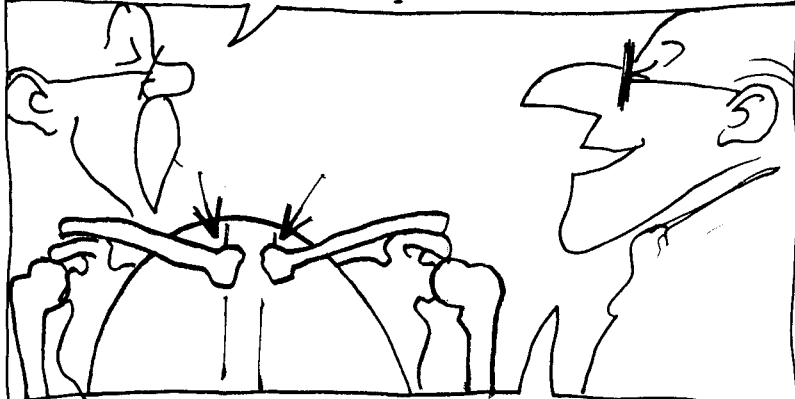
Los elefantes y los caballos están pobremente dotados en este sentido de la movilidad y los músculos, y esa es la razón por la que no pueden trepar a los árboles.



Dorsal ancho

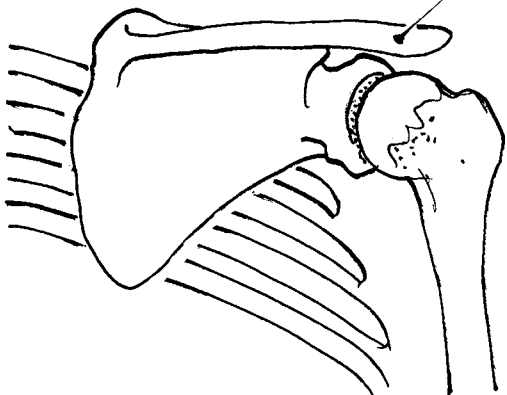
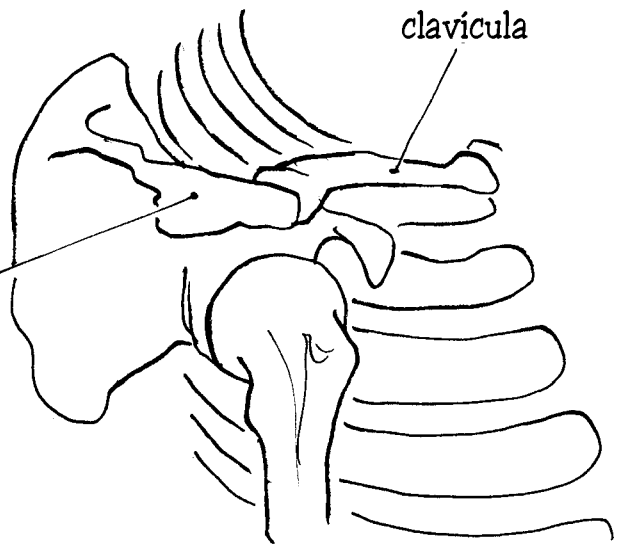
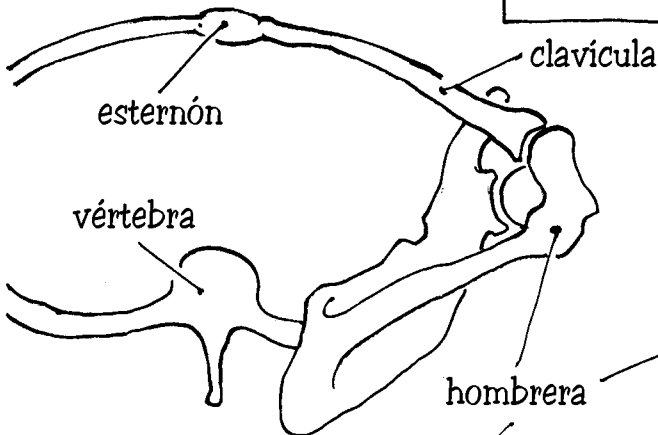
Está secundado por el **PECTORAL MAYOR**

En últimas, tu omóplato se convierte en el hueso flotante del animal, sostenido únicamente por músculos



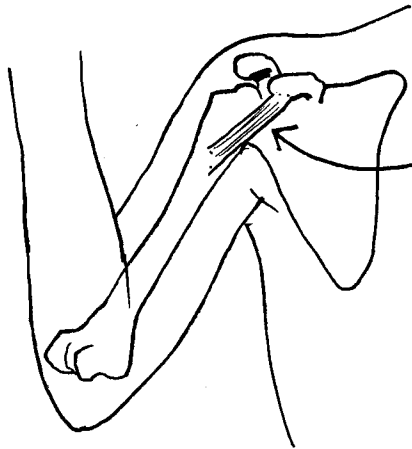
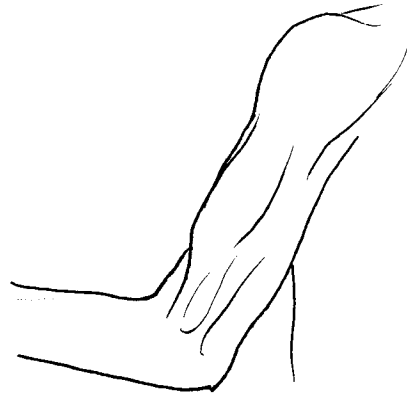
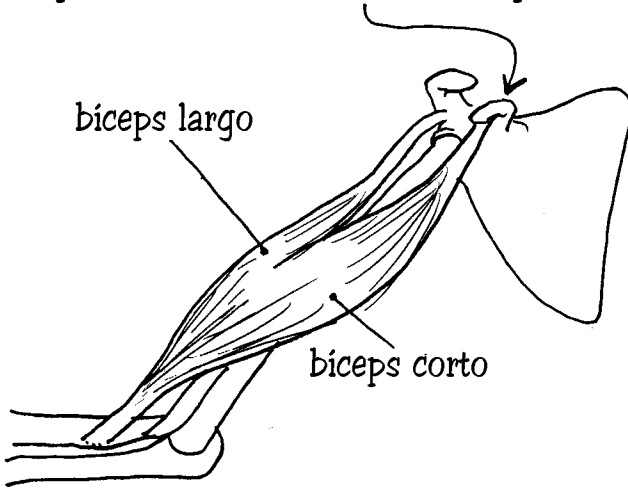
No, hay un punto fijo: la unión clavícula-esternón. Es el único

El omóplato envuelve la caja torácica



Posee numerosas protuberancias óseas que no resultan comprensibles hasta que se advierte que sirven de uniones para los músculos.

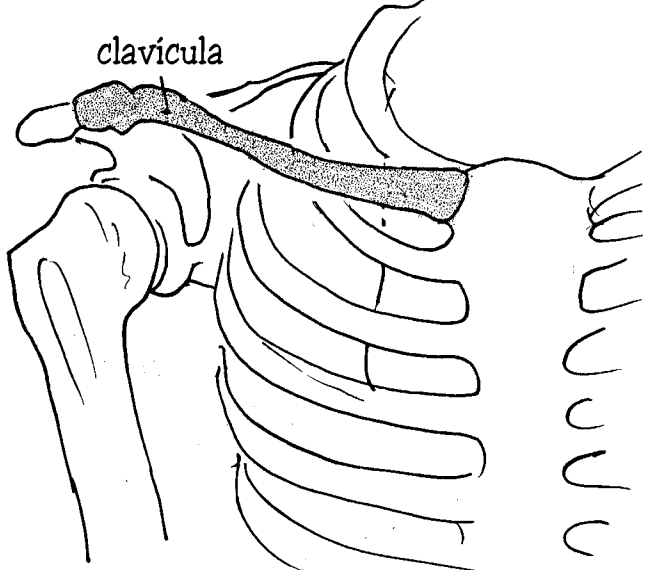
La apófisis coracoides sirve de punto de amarre para el "biceps corto"



Al igual que el "coraco-braquial",
sin el cual no podríamos desperezarnos

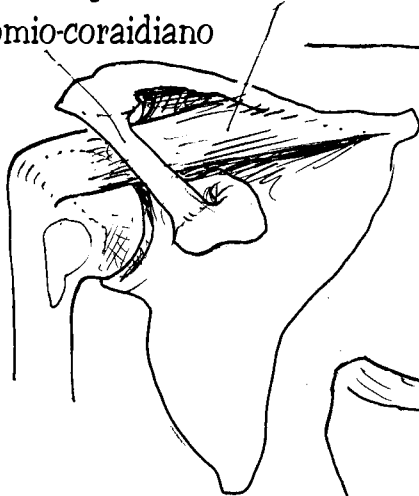
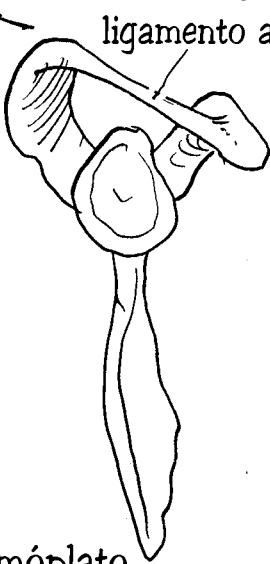


La clavícula está fija sobre una apófisis



Un ligamento une las dos apófisis principales del omóplato, bajo el cual pasa el músculo **SUPRAESPINOSO**

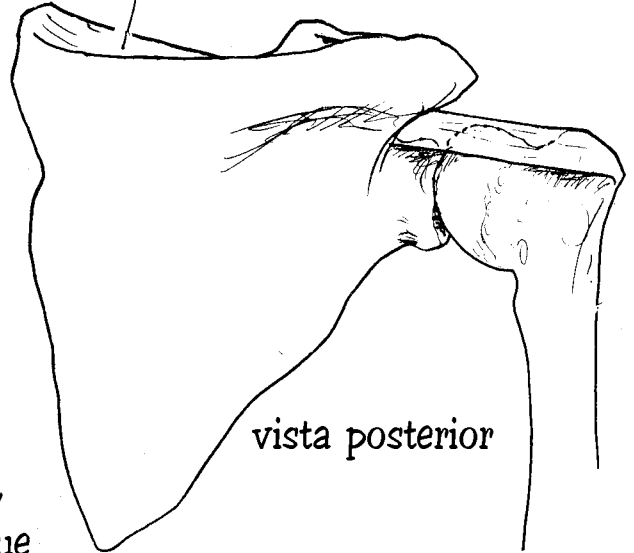
ligamento acromio-coraidiano



vista frontal

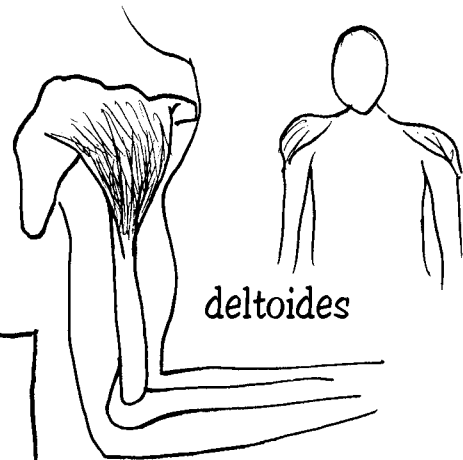


omóplato
vista terminal



vista posterior

Este músculo juega un papel clave en las actividades militares. En efecto, haciendo el papel de "starter", es el que inicia el movimiento de levantado del brazo cuando se hace un saludo a un superior. La continuación del movimiento está a cargo del **DELTOIDES**, que recubre todo el hombro.



deltoides

supraespinoso
en acción

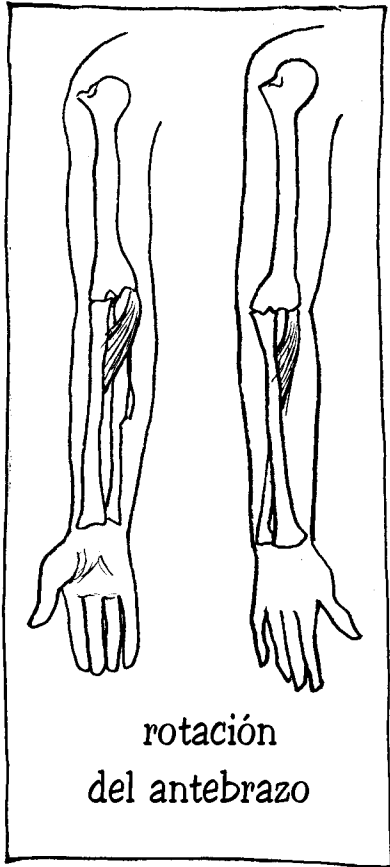


más
deltoides



LA MUÑECA

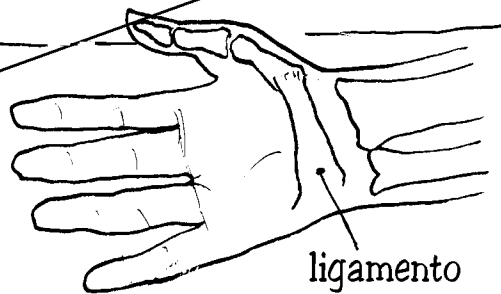
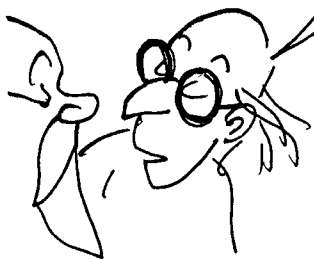
Los brazos no sirven únicamente de balancines al caminar. Cuando se detiene, el animal puede utilizar sus extremidades para asir y manipular objetos



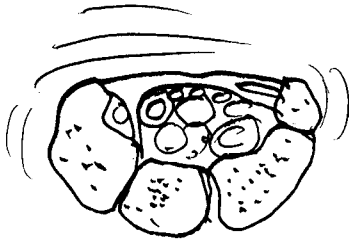
Superficies de contacto en forma de silla de caballo en la articulación del pulgar, para poder oponerlo a la mano...



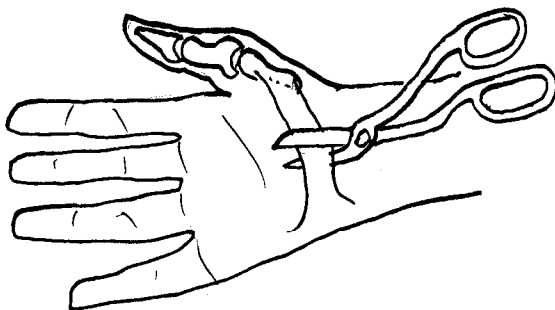
Reconozco que me tomó un buen tiempo encontrar por dónde hacer pasar los nervios y los vasos sanguíneos para el sistema de control de la **MANO**. La solución fue disponer los huesos de la muñeca en una especie de canaleta, encerrada por el **LIGAMENTO CARPIANO**, y delimitando el **CANAL CARPIANO**



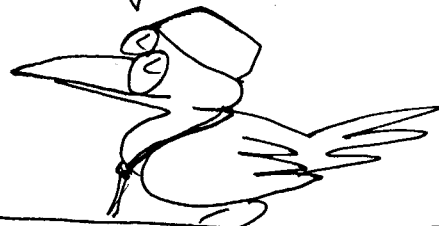
En ciertos sujetos, con la edad, este ligamento en forma de brazalete de reloj presenta una tendencia a encogerse



Los nervios se ven comprimidos y pueden a la larga resultar afectados si no se opera a tiempo. Como la sangre circula mal, el síntoma para el sujeto que lo padece es como una sensación de adormecimiento. Al despertar, sus manos están rojas y congestionadas

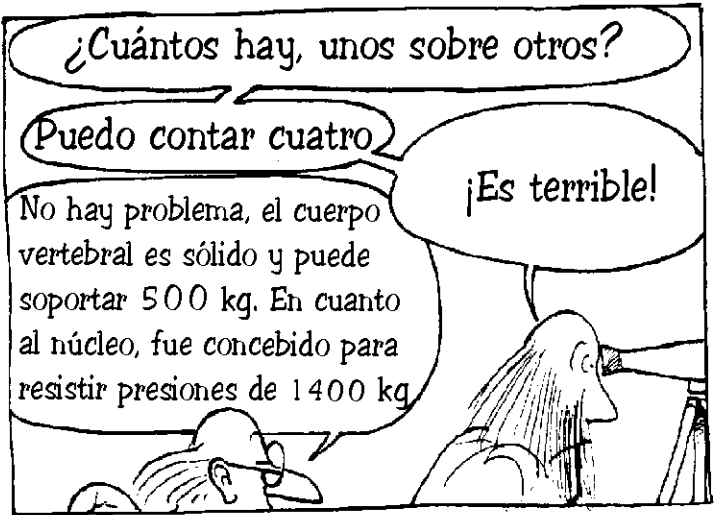


La solución es hacer, bajo anestesia local, una incisión y cortar el ligamento. La descompresión de los nervios que resulta produce la sensación de una descarga de alta tensión



Esta operación de **DESBLOQUEO DEL CANAL CARPIANO** es benigna, y unos meses después la mano readquiere el cien por ciento de su funcionalidad

EL HOMBRE



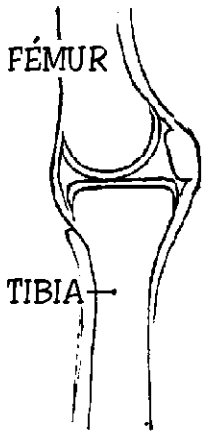
ESGUINCE

¡Auch!

Está inflamado,
rojo, y duele

¿Por qué?

Ha forzado sus ligamentos, y estos se han inervado e irrigado fuertemente, eso es todo. Por eso el dolor




La inflamación (edema) viene de la acumulación de la presión del líquido en la cápsula articular. Es un mecanismo de defensa que tiende a limitar el movimiento articular. El flujo de sangre se traduce en enrojecimiento y calor, debidos también a reacciones químicas particulares.

2 a 3 semanas de
inmovilización

¿Por qué duele más en las noches?

Porque el cuerpo secreta anti-inflamatorios naturales cuya producción es mínima cuando las articulaciones están en reposo


Aunque también se puede recurrir a medicamentos anti-inflamatorios



¿No podría ser esto
un **DERRAME DE SINOVIA**?

Ud. sabe muy bien que
la **SINOVIA** está contenida
dentro de una **CÁPSULA
ARTICULAR** completamente
cerrada. Para que se derrame,
haría falta que la cápsula se
rompiera, lo que no es el caso
en un simple esguince

Es el flujo de humor y de linfa dentro de la
cápsula articular lo que origina la inflamación.
El derrame de sinovia no es más que un mito...



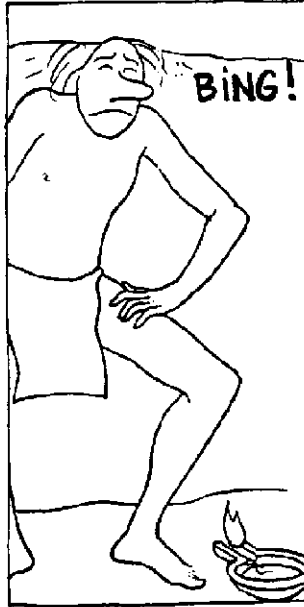
Pero yo pensaba que...

Al cabo de dos semanas...

Bien, el dolor y la inflamación han desaparecido. No cabe de duda que se trató de un esquinçe benigno



BING!



Es curioso. Hay un edema, está rojo, duele, y sin embargo ahí no hay ninguna articulación



Es normal: el edema, la inflamación, el enrojecimiento y el flujo de sangre son una reacción de urgencia del organismo que inmoviliza la articulación. En el chichón se produce una movilización de "obreros" para "reparar los daños". Si hubiera una picada, o un cuerpo extraño, todo ello iría acompañado de una reacción inmunológica.

La Dirección

Quando este fenómeno afecta a todo el cuerpo, lo llamamos **FIEBRE**

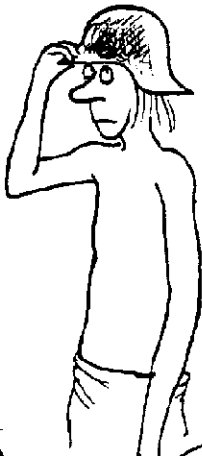


¿Y qué es una **TORCEDURA?**

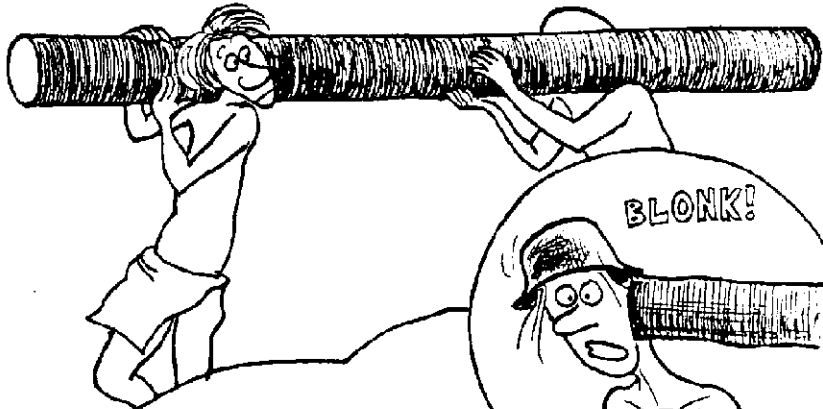


La torcedura es una distensión de un ligamento, mientras que el esquinçe es un desprendimiento de un ligamento. Ambos son dolorosos pues el ligamento está muy inervado

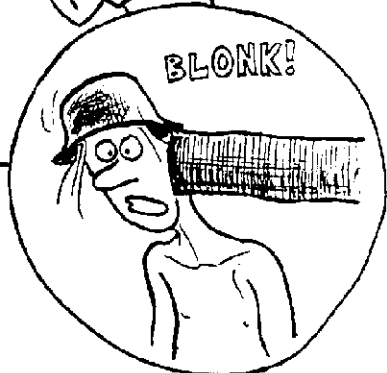
Con esto no volverá a pasar

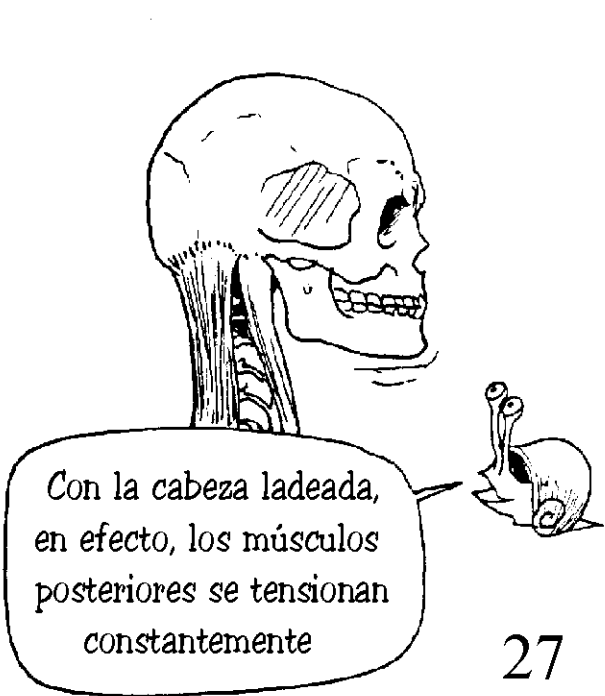
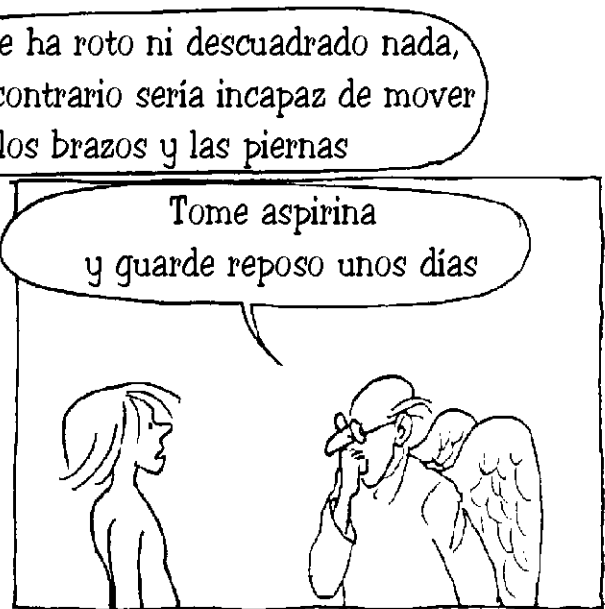
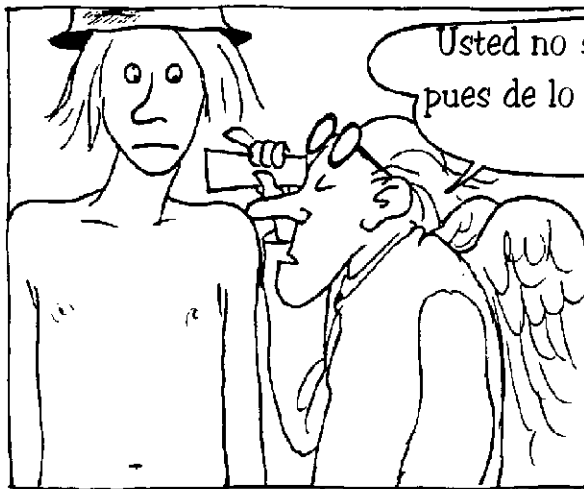


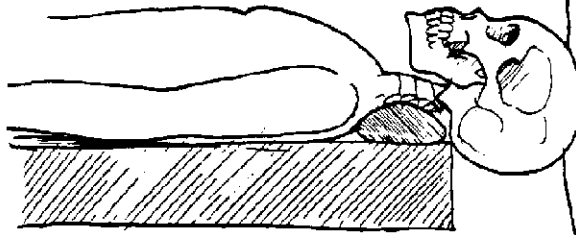
No tan rápido, me resbalo



BLONK!



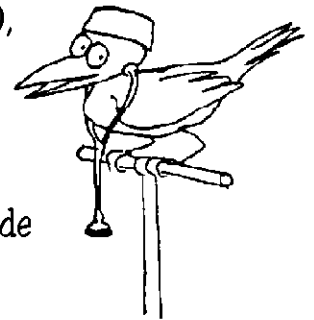




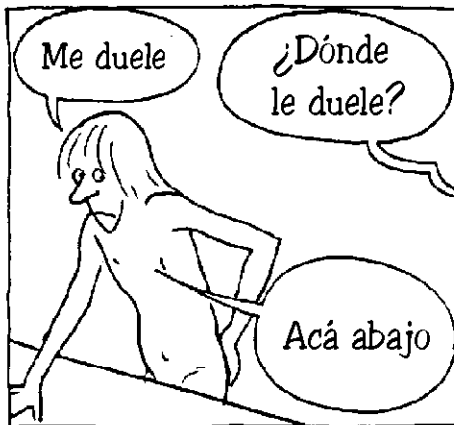
La única forma de descansar adecuadamente la cabeza es recostarse con ella ligeramente por fuera del borde, operando una leve tracción sobre la columna cervical, en todo el eje del cuerpo, con los músculos bien distendidos



En este caso de **ESGUINCE CERVICAL** se puede inmovilizar la columna cervical con la ayuda de un **CUELLO ORTOPÉDICO**, para evitar la contracción y el movimiento. Una vez que el dolor haya desaparecido, será necesario reeducar lo antes posible para evitar una atrofia muscular, que en estos casos de inmovilización se suele presentar **MUY RÁPIDO**: después de unos quince días de esta huelga técnica, los músculos serán prácticamente incapaces de sostener la cabeza derecha.



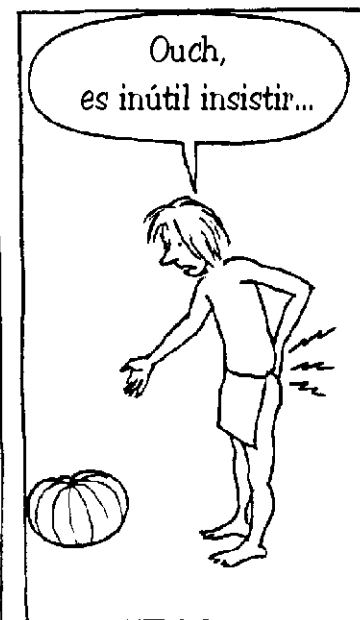
EL LUMBAGO AGUDO



Ha de ser la distensión de un ligamento, y por eso la secuencia clásica: edema, dolor, contractura, etc... Debe permanecer quieto un tiempo y con seguridad le pasará

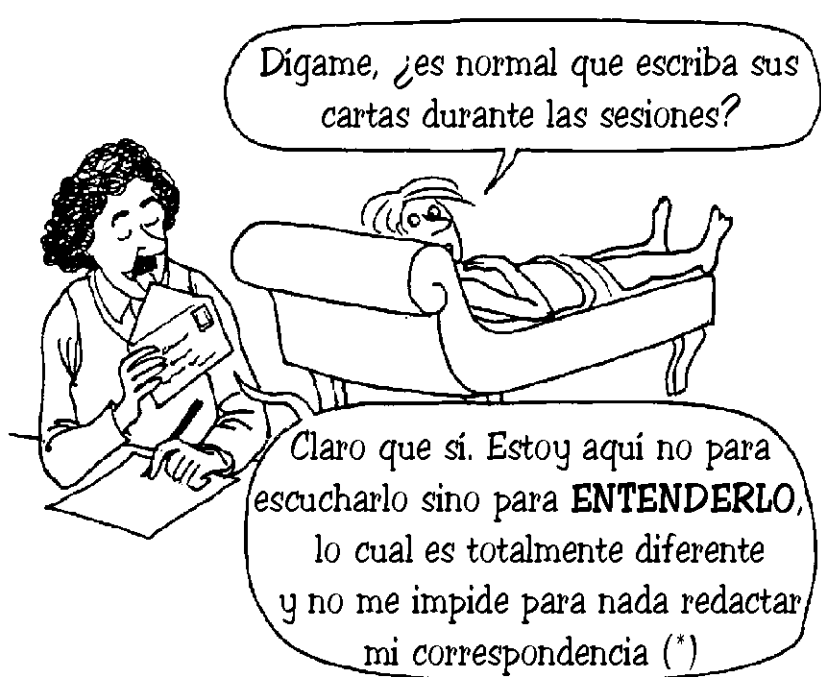


El medicamento reabsorbe el edema. La presión en la cápsula articular baja, y el dolor desaparece









Un lecho plano tiende a disminuir las curvaturas de la columna



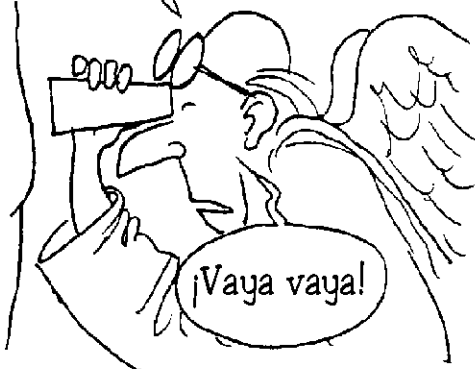
(*) Método empleado por el Dr. Bintó, psicoanalista de Aix, en Provenza.

LUMBAGO CRÓNICO

Su prototipo no parece estar funcionando bien. Necesito un diagnóstico preciso

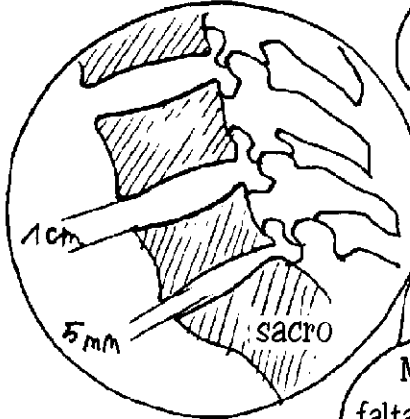


Observemos sus vértebras con la ayuda de un **ESPONDILOSCOPIO**(*)

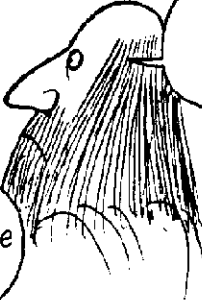


¡Vaya vaya!

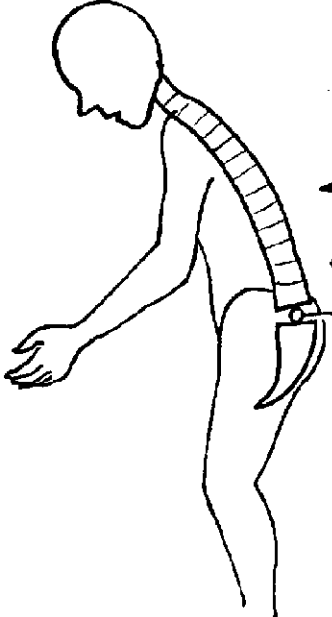
Al parecer, hay una compresión de dos vértebras en la región **LUMBO-SACRA**, es decir, en la unión entre el sacro y la primera vértebra lumbar



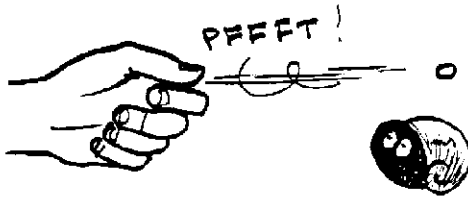
Maestro, hace falta ver exactamente en qué estado está



¡Lo sabía!
Ese disco no era una buena idea...



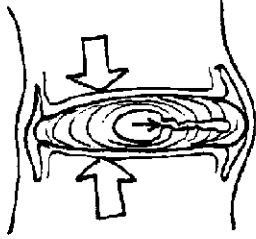
En realidad, cuando nuestro amigo levantó su megacalabaza, provocó un serio esfuerzo de compresión sobre la unión lumbo-sacra, expulsando el núcleo hacia atrás



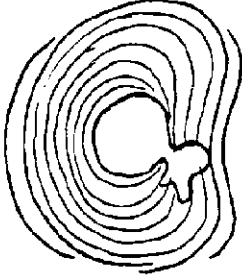
Como cuando se expulsa una pepa de cereza entre los dedos

(*) De SPONDYLOS, vértebra; y SCOPEIN, ver.

VISTA DE PERFIL



En principio, el recubrimiento fibroso que envuelve el núcleo se opone a su desplazamiento. Está formado por rodajas concéntricas hechas de mallas muy finas. Esfuerzos violentos, sin embargo, pueden provocar la ruptura **IRREVERSIBLE** de estos recubrimientos fibrosos, y el núcleo gelatinoso fluido puede, entonces, infiltrarse en las fisuras

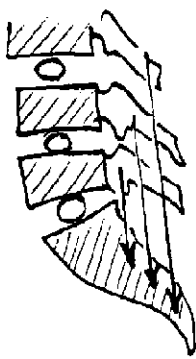


VISTA SUPERIOR

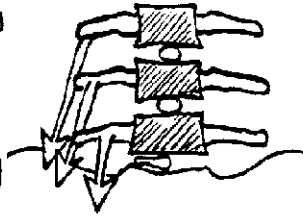
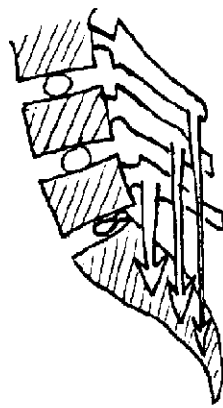


La fisuración puede ser progresiva, como resultado de esfuerzos repetidos. El dolor se manifiesta sólo cuando el núcleo comprime el ligamento posterior, muy inervado

ACTITUD ANTÁLGICA

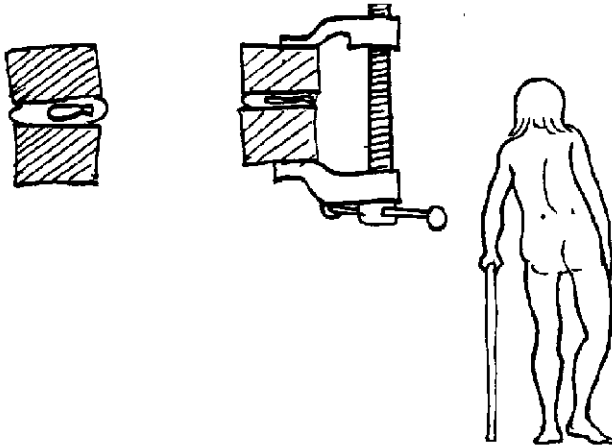


Cuando los núcleos vertebrales están en su lugar habitual, el busto está en una ligera posición falsa, hacia adelante, y la postura de pie se obtiene a costa de una ligera contractura de los músculos espinales posteriores. Pero cuando existe lesión y desplazamiento de un núcleo (como en el caso de la unión lumbosacra), la falsa posición se acentúa y la postura de pie sólo puede mantenerse mediante una muy fuerte contractura de los músculos correspondientes. Puesto que la migración de la gelatina del núcleo no es nunca axial, se produce un "crispamiento" de los "tirantes" constituidos por los músculos laterales.



La Dirección

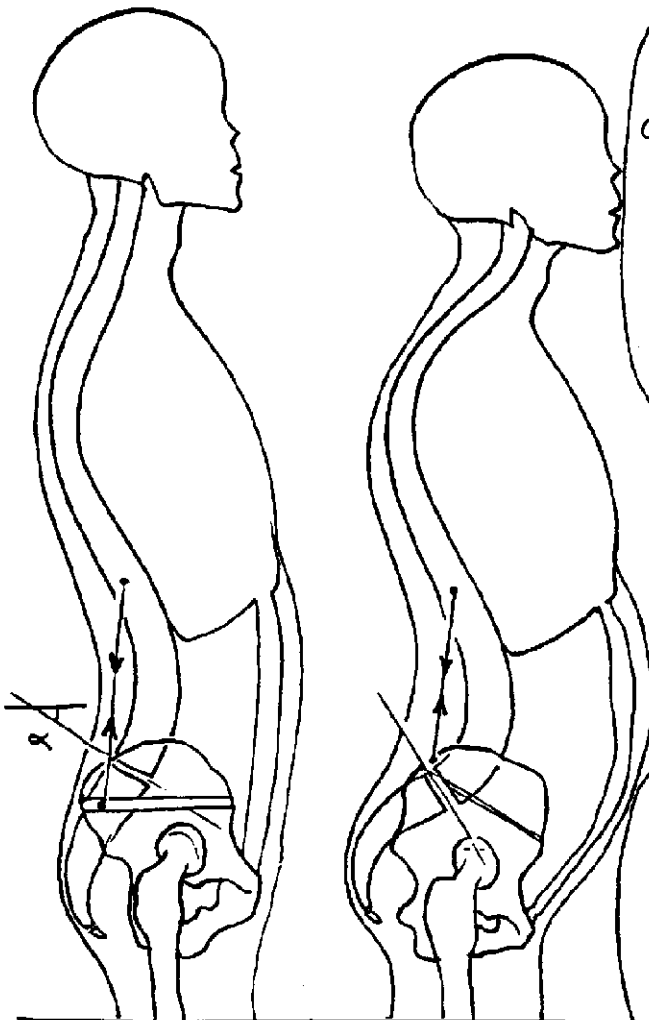
Este crispamiento muscular es un **ACTO REFLEJO**, encaminado a reducir el dolor.



¿Por qué se apoya de esa forma?

Para que no le duela

LORDOSIS LUMBAR



Esta violenta contracción muscular, que une entre sí la columna y los huesos de la pelvis, va a provocar su **ROTACIÓN**, al igual que la de la **MESETA SACRA**, superficie sobre la cual reposa la columna, y un ligero desequilibrio se va a propagar por todo el conjunto

Vaya truco: la inclinación del disco crea una contractura que desequilibra la columna y origina un problema adicional. Todo eso es maravillosamente **AUTOINESTABLE**

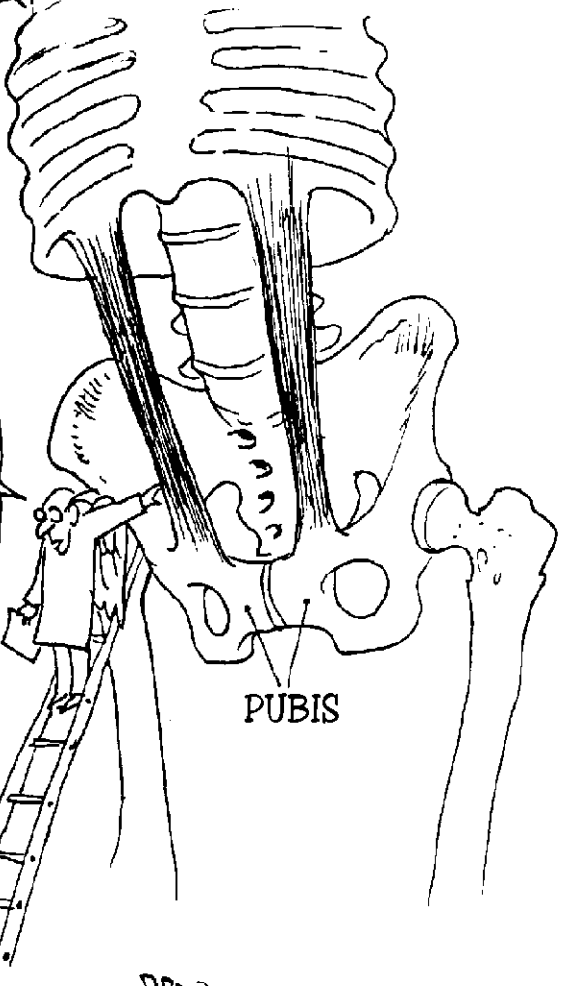
El sacro está inclinado normalmente de 30° a 45° sobre la horizontal (ángulo α)

¡Autoinestable!
 ¿Entendió?
 ¡**AUTO-INESTABLE!**
 ¡Bravo!?

Veamos...
 $\sin \left\{ \frac{1+x^2}{\sqrt{1+x}} + \log x \right\}^{\frac{7}{2}}$
 Hum... debería funcionar

Pero el **PROTOTIPO** fue diseñado para coger manzanas, no para levantar calabazas

Esta es la idea: entre la caja torácica y la arcada anterior de la pelvis colocaremos el **PUBIS**, con músculos poderosos, los **ABDOMINALES**. Si se los hace trabajar, van a afirmarse y a tirar del pubis, lo que se opondrá a la catastrófica rotación de la pelvis



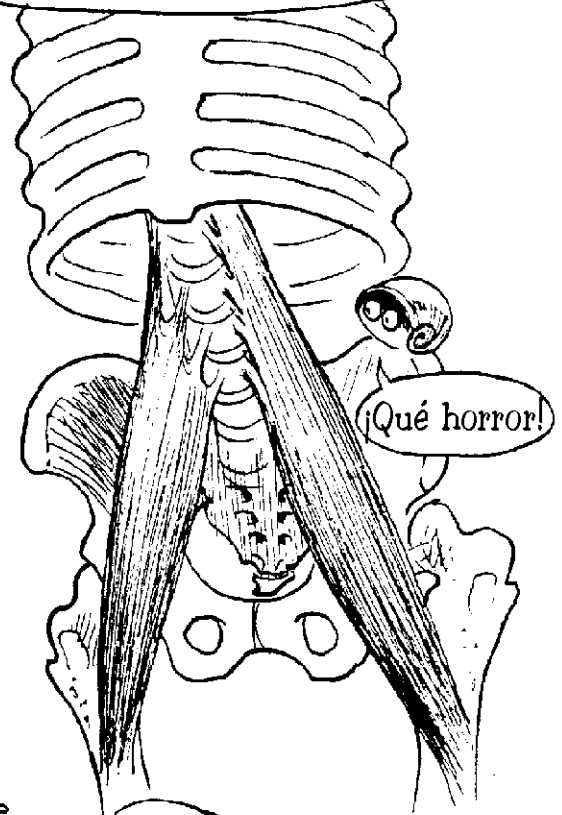
Bueno, entonces hagamos trabajar los abdominales



Rayos, me duele terriblemente
y no siento ninguna mejoría,
sino al contrario

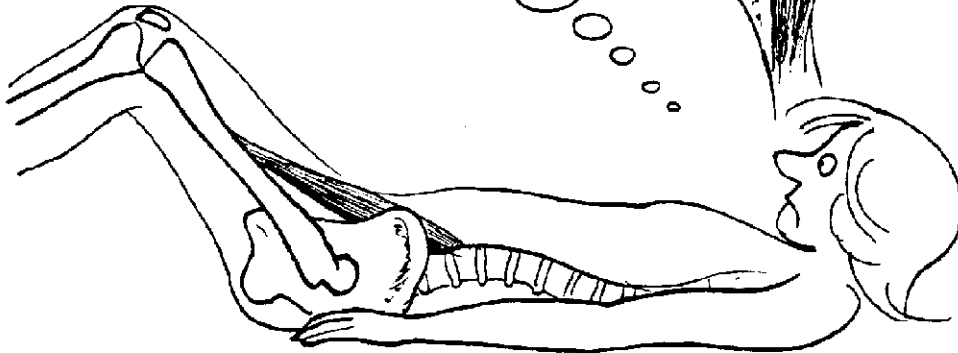


¡Claro! Cuando elevas las piernas,
haces trabajar otro músculo, el
PSOAS, el cual está unido a las
vértebras lumbares



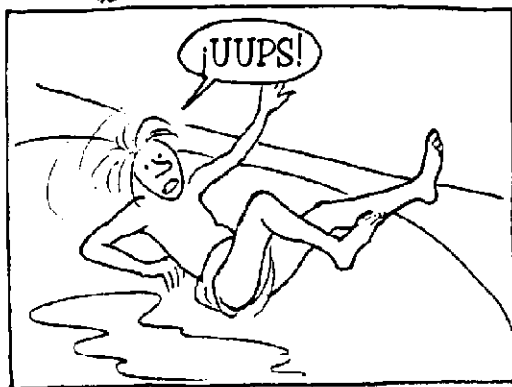
¡Qué horror!

Lo que quiere decir que al hacer
estos movimientos, hago trabajar mis
abdominales, pero al mismo tiempo
arqueo mi columna. ¡Demonios...!

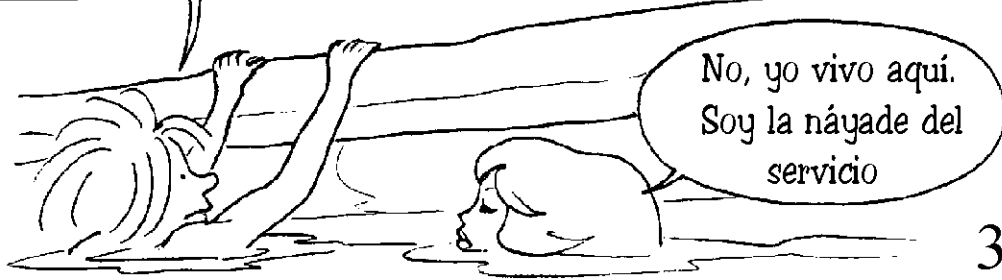



En cuanto a esa posición, es
cierto que te alivia, pero no cambia en
nada la causa de tu malestar






¡Hola, buenos días! ¿También caíste al agua?

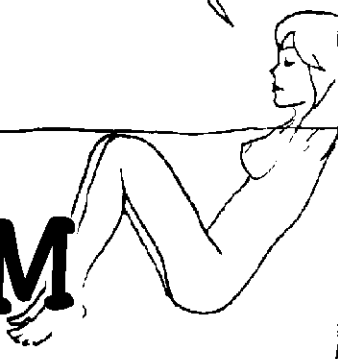




En estado de ingravidez se puede incitar a la materia del núcleo a recuperar su posición inicial. Basta con mover suavemente la columna en todas direcciones, lo cual crea un fenómeno de **SUCCIÓN**

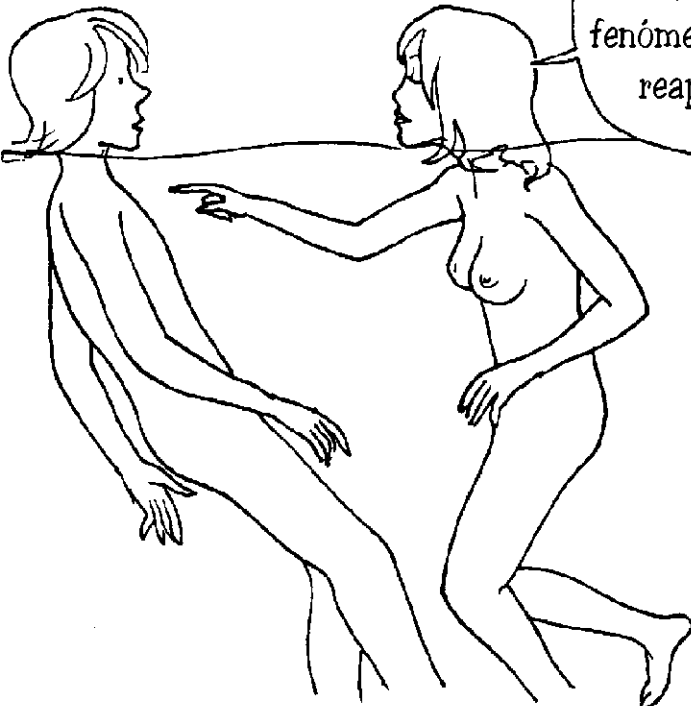


Aquí, por ejemplo, hago un movimiento de giro, de atornillamiento, muy lento, sin jamás esforzar, para que sea siempre **INDOLORO**



Ahora, agarrada a la baranda de una escalera, recojo y distiendo mis piernas

EL ACUAGYM

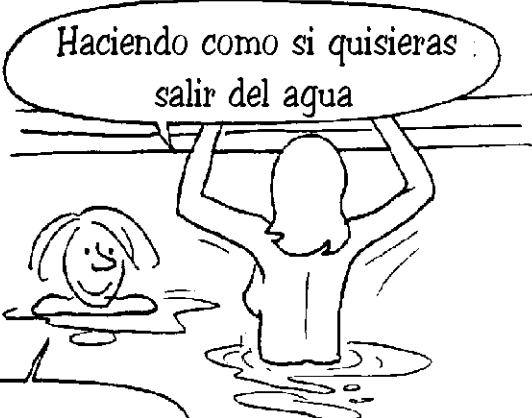


Pero ¿qué diferencia hay con los movimientos hechos en la superficie?

Afuera, bajo los efectos del **PESO**, los discos son comprimidos y el fenómeno de **CRISPAMIENTO ANTÁLGICO** reaparece, lo que impide que estos ejercicios surtan efecto



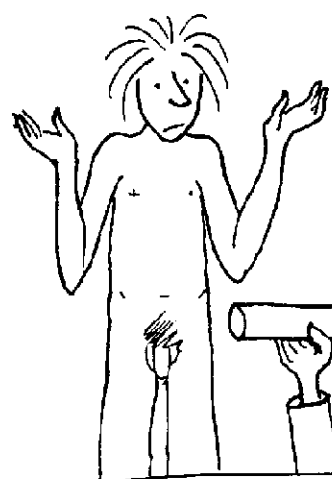
Esto también hace bien



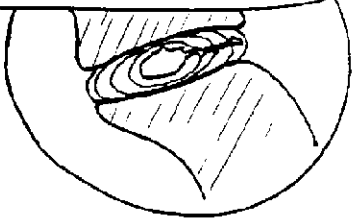
Haciendo como si quisieras salir del agua

Me gusta ese movimiento

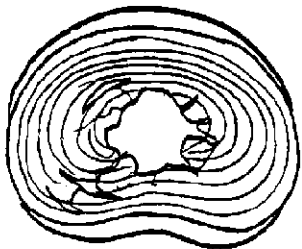
Al cabo del sexto día el hombre se siente mucho mejor y por fin logra descansar



Absolutamente sorprendente. En efecto, el núcleo ha vuelto a su lugar, la columna ha recobrado su curvatura normal y la pelvis se ha enderezado casi en su totalidad. Sólo queda un apiñamiento discal residual



Pero la fisuración subsiste y el núcleo puede volver a escapar

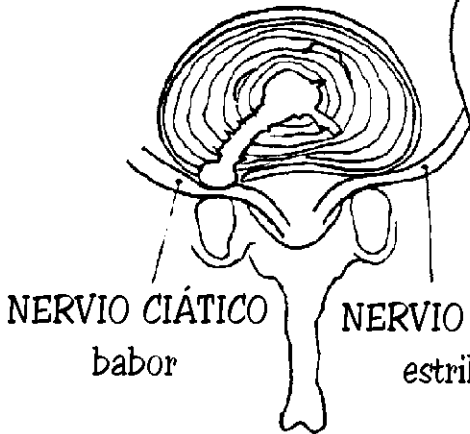
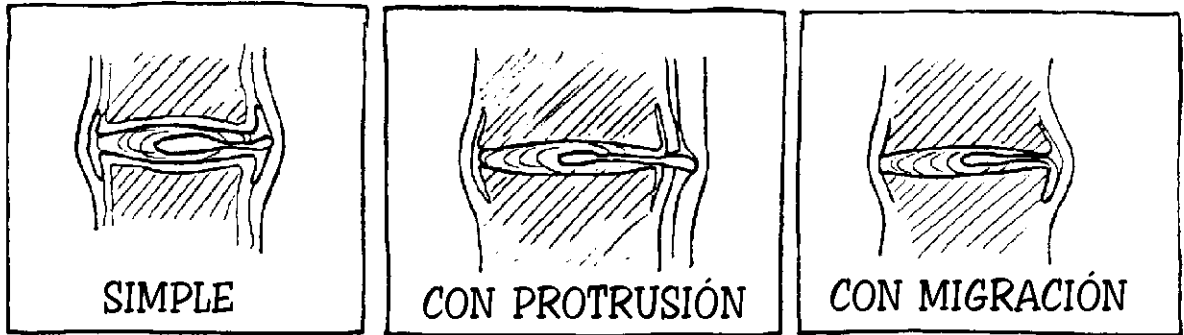


El hombre debe ser consciente de que su disco **YA NO CICATRIZARÁ**. Las fracturas de fibras son irreparables. Y a la próxima megacalabaza...

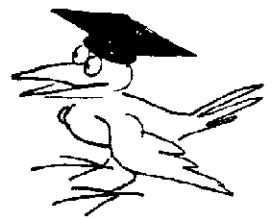




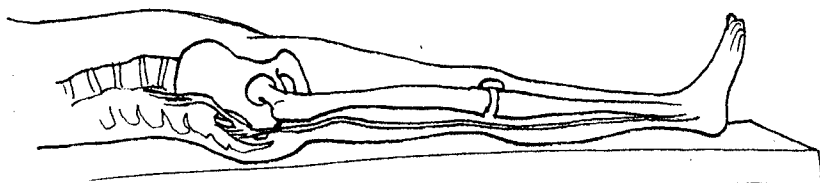
LA HERNIA DISCAL



Esto puede provocar la salida de la gelatina del núcleo fuera del disco, en diferentes configuraciones que producen todas ellas una compresión del nervio ciático que inerva las piernas



Si hay una hernia discal a nivel lumbar, la pondremos en evidencia provocando la flexión del miembro inferior, con la rodilla extendida. Al hacerlo, se estirará el **NERVIO CIÁTICO** que pasa bajo la tibia y por detrás de la pierna, desde el muslo hasta la pantorrilla



Es normal que duela. A partir de 90° se siente dolor pues el nervio está a su máxima tensión natural, al igual que el músculo que está bajo el muslo

¡AAYY!



Si tuvieras una hernia afectando tu nervio ciático, habrías gritado antes, pues la compresión del nervio habría impedido su desplazamiento natural dentro del orificio de conjugación vertebral

A esto se le llama el **SIGNO DE LASSÈGUE**



¿Cuál desplazamiento del nervio? Yo creía que la hernia comprimía la médula...

Nada de eso. La médula se encuentra más arriba. A ese nivel sólo hay un conjunto de nervios que se denomina **COLA DE CABALLO**



A menos que se presente una ciática muy fuerte, o síntomas preocupantes de parálisis, en cuyo caso es necesario consultar a un especialista con **URGENCIA**, vale la pena intentar una docena de sesiones de gimnasia en estado de ingravidez, en una piscina, para ver si se puede revertir la situación. Pero sólo hay que iniciar los ejercicios cuando el dolor se haya atenuado suficientemente.

La Dirección

Meterse al agua **DESPACIO**

¡Así no!



Sin bracear, eso arquea los riñones



Si vas a nadar, mejor hízlo de espalda





En agua caliente, espera un cuarto de hora a que tus músculos se distensionen bien. Haz tus ejercicios con suavidad, sin esforzarte, y luego sal del agua despacio

¿Por qué hemos insistido tanto en la región lumbar?



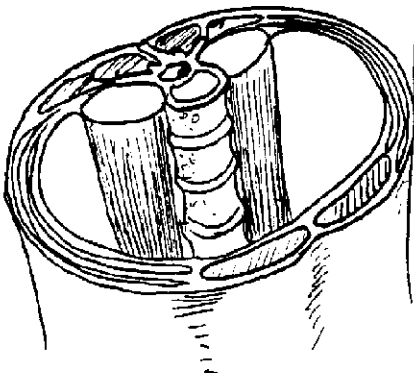
Porque es por excelencia la parte frágil del esqueleto, donde se origina el 80% de los problemas

¿Qué haces?

Bueno, ahora que mi columna ha recobrado su forma casi correcta, espero mantenerla en su lugar con la ayuda de este corsé




EL CORSÉ MUSCULAR



Con eso vas a debilitar tus músculos y a volverte dependiente de esa faja en la cintura. ¿Por qué mejor no utilizar el **CORSÉ NATURAL** que te ha dado la naturaleza?




El efecto principal de la gimnasia en piscina, es decir en estado de **INGRAVIDEZ**, es el de permitir la **MOVILIDAD** vertebral, condición para que los núcleos discales puedan reincorporarse a sus lugares. Hace falta ahora consolidar ese edificio precario fortificando tu **CORSÉ MUSCULAR**

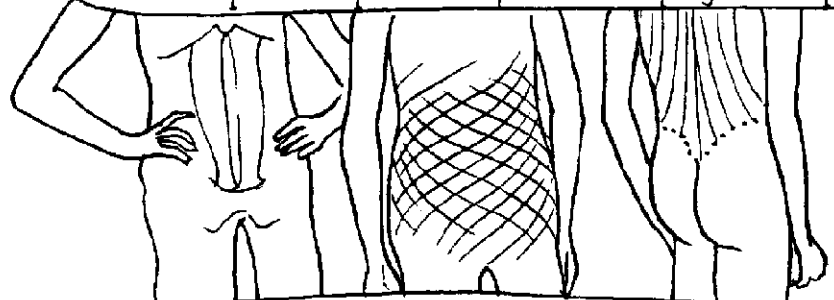


¿Quieres decir que tengo que seguir en las benditas piscinas hasta que me salgan escamas...?

En el punto en que estás, en el que tu columna ha recobrado su movilidad sin dolor, eso ya no será necesario

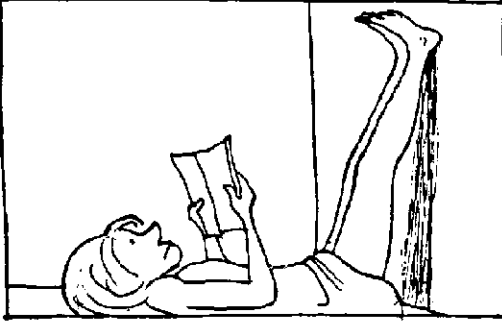


En la piscina, el agua permitía una **MOVILIDAD SIN ESFUERZO**. Intentaremos ahora unos **ESFUERZOS SIN MOVILIDAD**, conservando siempre una posición que no sea perjudicial para tus vértebras



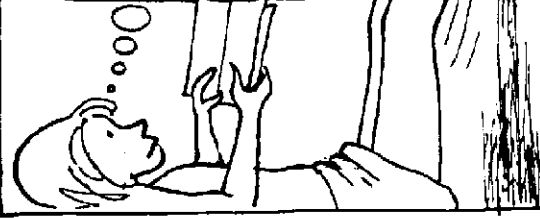
El corsé muscular humano está compuesto por capas de músculos cuyas fibras están dispuestas en diferentes direcciones. A cada conjunto muscular le corresponderá su propia gimnasia

Como éste, con los pies apoyados en la pared, y la columna lumbar bien recta sobre el suelo



Despegar los talones durante unos segundos, volverlos a apoyar, y así sucesivamente....

Este truco tuvo que ser inventado por un corso



Para hacer trabajar los músculos que son paralelos a la columna vertebral, a lo largo de toda su extensión (músculos espinales), hay que ponerse boca abajo sobre el piso, con una almohada bajo el vientre para evitar el arqueado (*).



Los otros movimientos requieren de un accesorio

¿Cuál?

Está usted sentado sobre él



Agarrado a los brazos de la silla, se hace girar el cuerpo, frenándolo con las nalgas



Por último, siempre en la silla, con los pies bien apoyados en el piso y la espalda bien recta, se inclina el tronco hacia atrás, frenándolo antes de que toque el espaldar. Después se exhala contrayendo el vientre

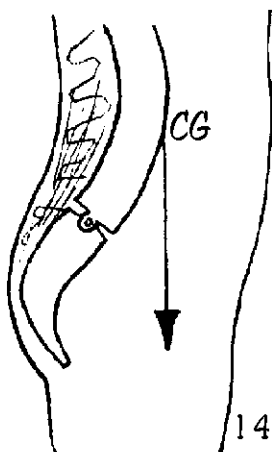


Unas semanas después...

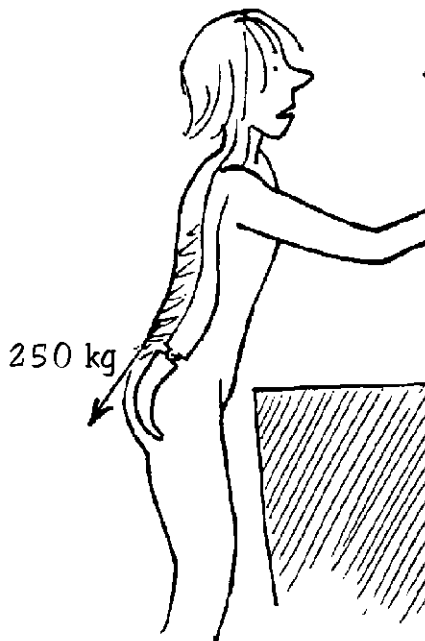


PREVENCIÓN DEL LUMBAGO

En postura normal, el centro de gravedad del conjunto cabeza, busto y brazos se encuentra delante de la unión lumbo-sacra.



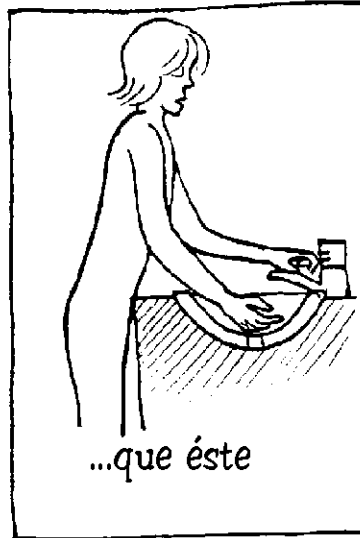
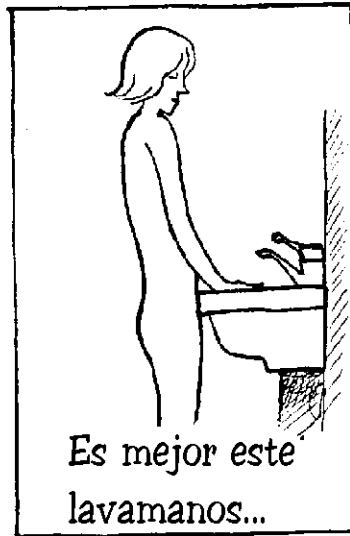
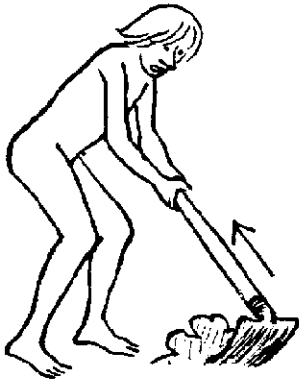
Cuando se levanta un peso de 10 kg, contra el torso, los músculos espinales a lo largo de la columna deben desarrollar 140 kg



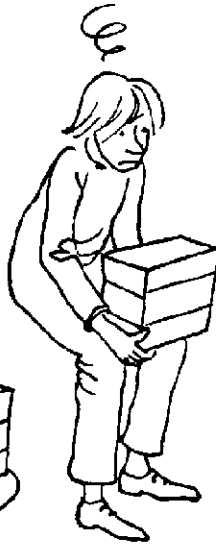
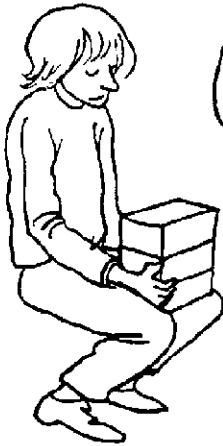
Cuando esta misma operación se realiza con los brazos extendidos, los músculos espinales deben desarrollar 250 kg, mientras que el núcleo acomoda... 500 kg



Aquí tienen algunas POSTURAS INADECUADAS

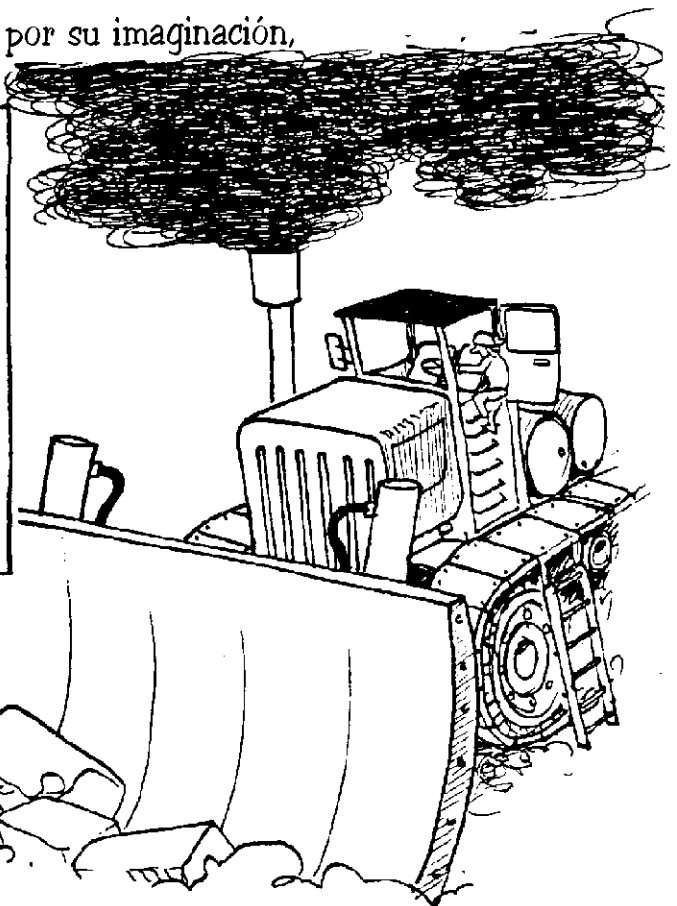
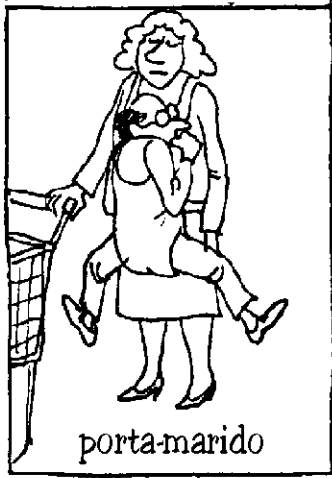


Se deben levantar las cargas usando la fuerza de las piernas, no la de las vértebras



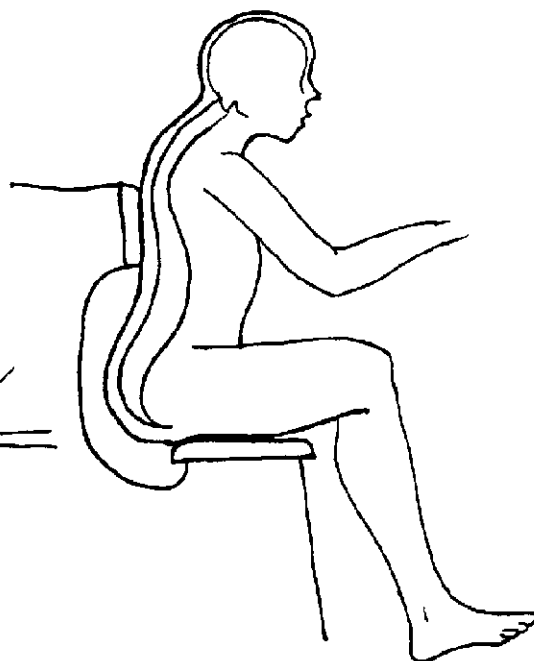
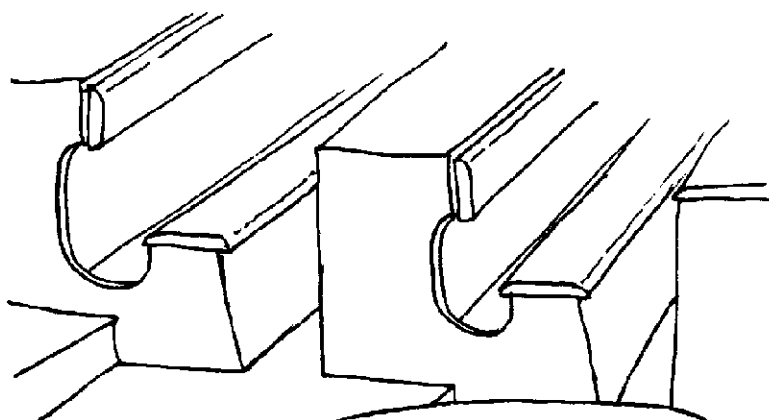


En su obstinación por querer levantar cosas a toda costa, el ser humano ha encontrado, con el paso del tiempo, ayudado por su imaginación, formas de reducir los males.

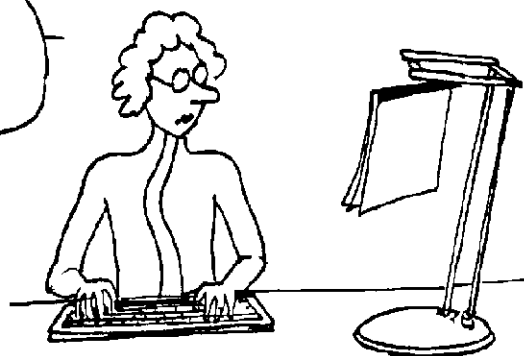




Aquí un rompe-vértabras
inconfundible:
los bancos de las facultades.



Una variante, temible
escoliógena:
la silla universitaria



O para una destrucción rápida
de las vértebras cervicales...

¿De verdad están
obligados a sentarse?
No podríamos... qué sé yo...
¿colgarlos con cuerdas?

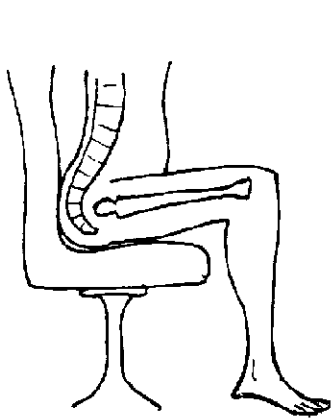


Estos son,
desafortunadamente, los
riesgos imponderables
de la evolución

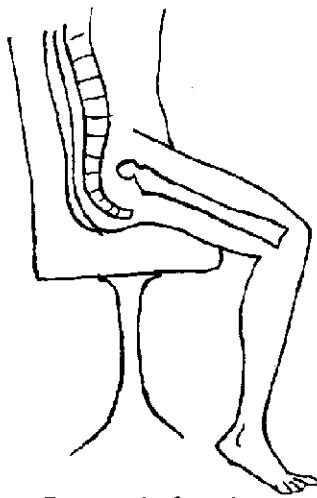
Para estar bien sentados se requiere tener:

- El raquis lumbar apoyado.
- Los fémures horizontales.
- Los pies sobre el suelo.
- Los codos a una altura adecuada.

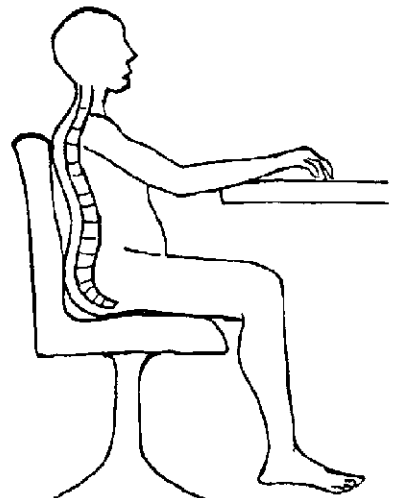




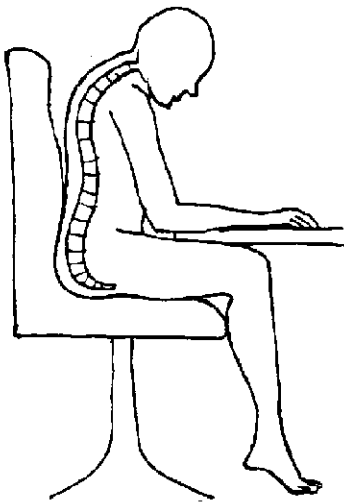
Silla demasiado baja



Demasiado alta



Mesa muy alta



Mesa muy baja



¡Carlos Enrique, siéntate derecho!

Sí mami...



¡Qué horror!

Me quitó las palabras



¡Tampoco es que sea una desgracia! Ven acá con tu libro

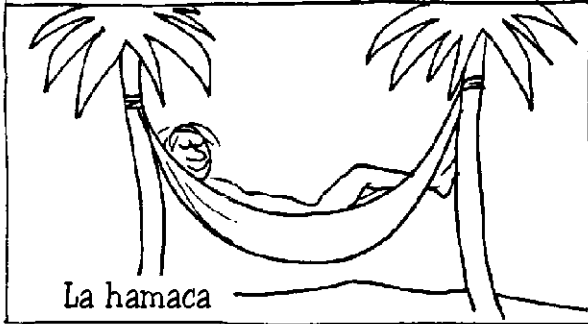
Sea como sea, la matemática entra mejor por la cabeza, ¿no?

Sí señora

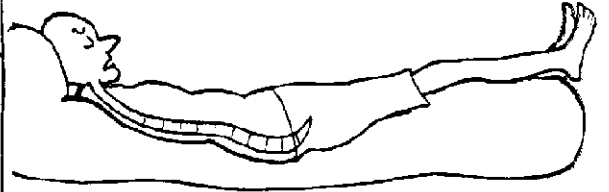


Y así el raquis cervical de Carlos Enrique se endereza con el tiempo

La posición de la flojera, falsamente confortable, ya evocada en la pág. 41, y su equivalente en posición acostada



La hamaca



Un lecho muy blando

Nada como una cama DURA.



El colchón de esta cama de hotel es muy blando. Prefiero dormir en el suelo

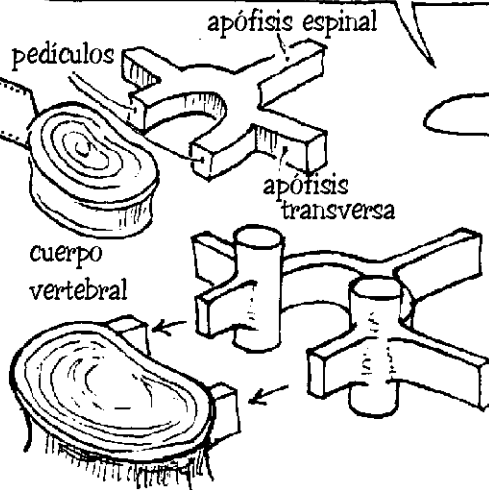
MALFORMACIONES

Entonces, ¿qué trae esta nueva serie? ¿Mejoran las cosas?

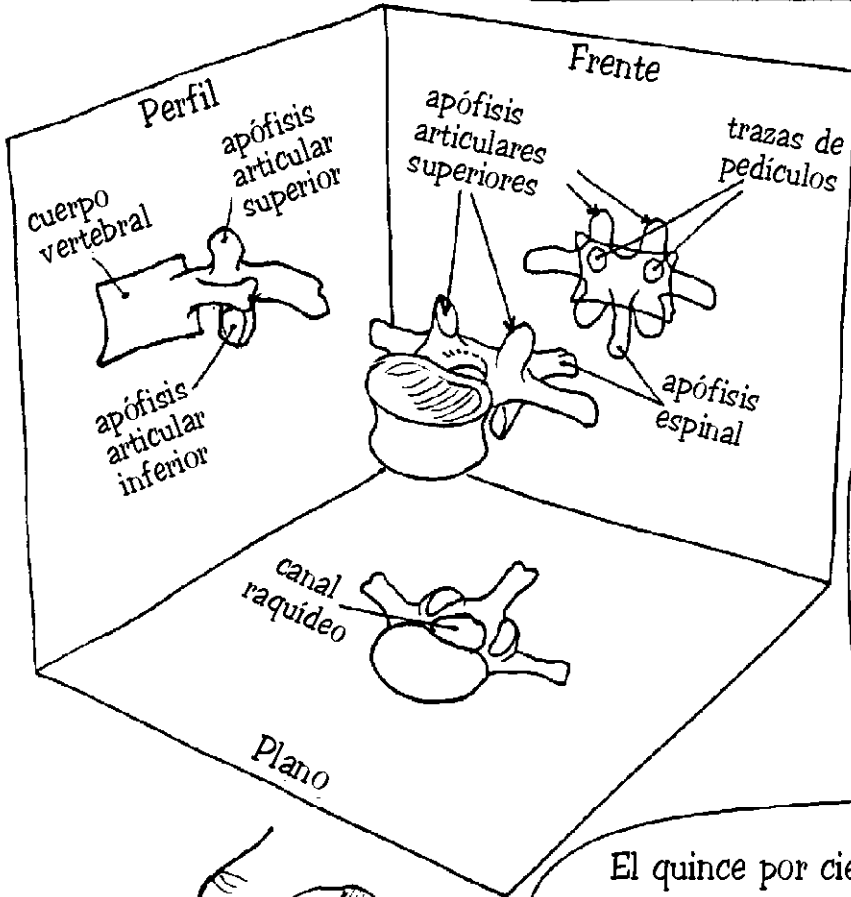


Ni me hables. Tenemos un montón de fallas

Les recuerdo el principio general de la vértebra. Un cuerpo cilíndrico sólido, un canal medular y excrescencias denominadas apófisis permiten a la vértebras articularse entre ellas o engancharse a los músculos



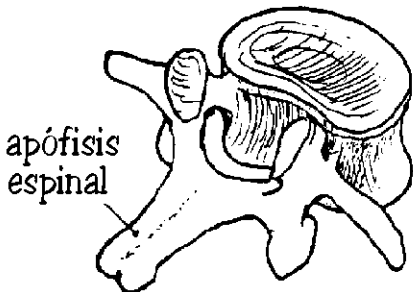
VÉRTEBRA LUMBAR



Este es el esquema general. A nivel fetal, las vértebras se forman siguiendo un plan preciso, aunque a veces hay fallas

El quince por ciento de los humanos nacen sin soldadura de los arcos vertebrales destinados a unirse en una apófisis espinal. A esto se le conoce como **ESPINA BÍFIDA**

ESPINA BÍFIDA



VÉRTEBRA NORMAL

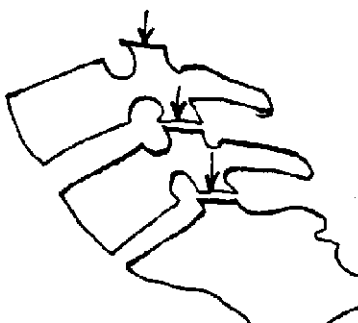


Pero hay algo aún más molesto. Las vértebras están separadas por discos, pero se articulan igualmente sobre cuatro apófisis entre las cuales se encuentran pequeños cojines articulares llamados **MENISCOS**, que son como pequeñas bolsas aplanadas llenas de una sustancia aceitosa: la **SINOVIA**.

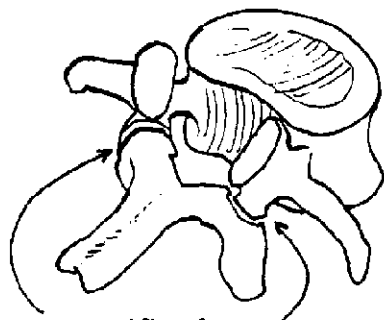
apófisis articulares



menisco



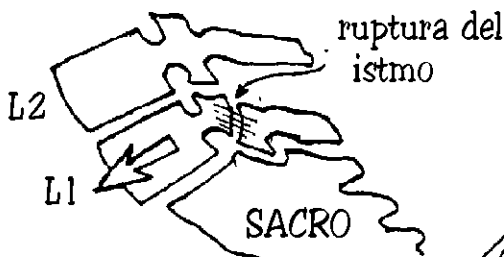
A nivel lumbar, estas apófisis se comportan como cerrres, haciendo que cada vértebra se oponga al desplazamiento de la vértebra encima de ella.



istmos no osificados



Entonces un 15% de nuestros sujetos nace con arcos óseos, llamados istmos, no osificados. Todo depende de que la fibra sea más o menos sólida



Ya veo. Aquí esta primera vértebra lumbar, en la que los istmos no están osificados, debe sostener todo el peso de la columna cerrándose en S sobre el sacro. Desafortunadamente, las dos partes no son solidarias, pudiendo entonces resultar un desplazamiento progresivo de la vértebra (*)

(*) En griego, spondylos quiere decir vértebra, y olisthesis deslizamiento; de ahí el término de **ESPONDILOLISTESIS** o deslizamiento de vértebra.

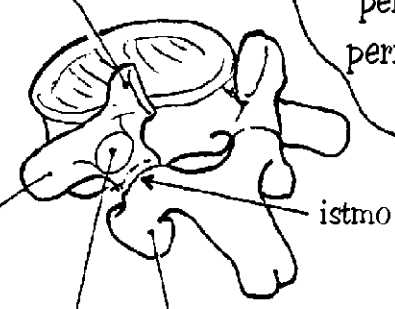
apófisis articular superior

apófisis transversa

pedículo

apófisis articular inferior

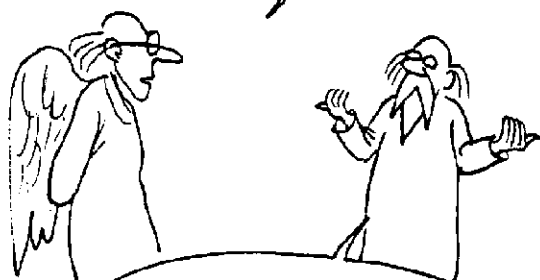
Visto desde un cierto ángulo, el conjunto de apófisis recuerda la oreja, la nariz y la pata de un perrito, y el pedículo su "ojo". Si el "cuello" del perrito se rompe, sabemos que eso corresponde a un istmo mal formado



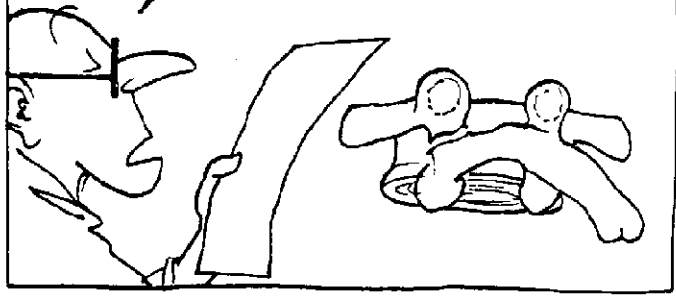
Diagnóstico brillante. ¿Pero qué hacemos?

Nada, o casi. Muchos, por fortuna, nunca lo advertirán; en otros, puede manifestarse con la edad, o como consecuencia de un choque violento

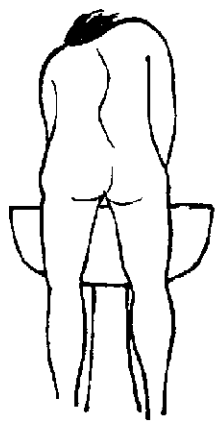
Todo eso se puede diagnosticar en sujetos jóvenes, a partir de los 10-12 años. Cuando se descubre, se puede al menos desaconsejarles que se dediquen a labores de carga o a la alterofilia



Entonces eso lo hace un vertebrado más...



Este sujeto se para como raro. ¿no te parece?



Creo que se trata de otra cosa

ESCOLIOSIS

A veces, por una razón desconocida, una vértebra se pone a GIRAR, y eso desequilibra totalmente la columna vertebral. Esta rotación de la vértebra se puede apreciar en el sujeto de la pág. 47. A eso le llamamos una GIBOSIDAD

¡Santo cielo!



En el planeta resonaban las quejas y los lamentos de los pobres bípedos adoloridos.



¡Pero miren quién está aquí!
Uno que no paraba de
quejarse y ahora parece
en buena forma

Adiós a las
infiltraciones 🎵
Adiós a las
manipulaciones 🎵



Hay un hombre en la ciudad que
puede curar a los vertebrados.
Es capaz de hacer milagros.
En mi caso, la cosa funcionó

Yo sufría de terribles migrañas
y su magia me curó

Me ha fabricado unas botas mágicas
que quitan las migrañas



¿Y cuál es su
profesión?

Es
zapatero



Es
milagroso

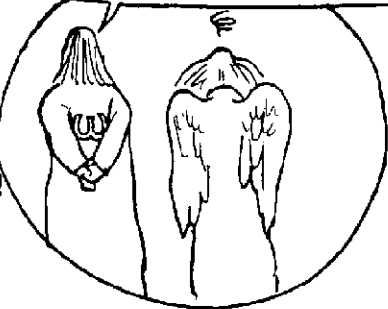
Sí, por fin
un milagro



¡Botas mágicas!
¿Pero qué son esas
tonterías?

Eee...

Mi viejo amigo, es mejor que
averigüe de qué se trata



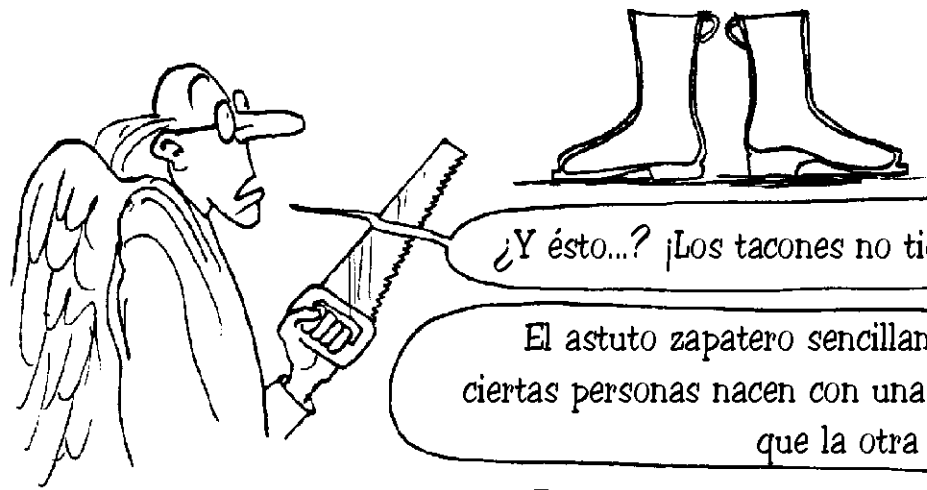
Veamos... hum...
estas botas mágicas...



Zzzzz...

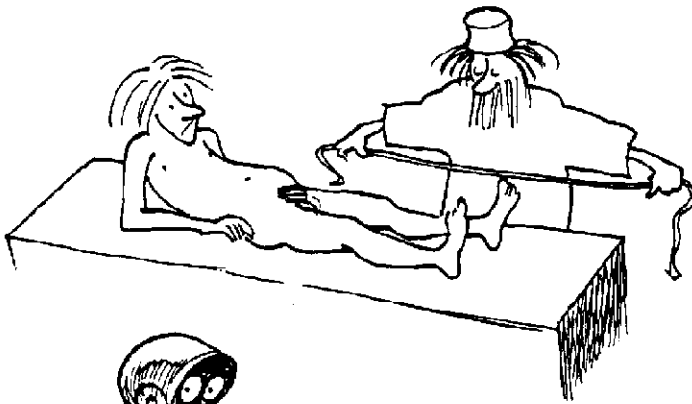


Después de muchos esfuerzos...

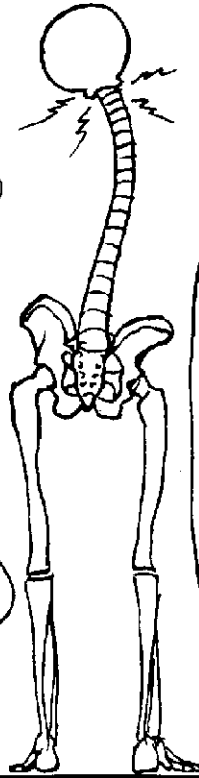


¿Y ésto...? ¡Los tacones no tienen el mismo grosor!

El astuto zapatero sencillamente sabía que ciertas personas nacen con una pierna más larga que la otra



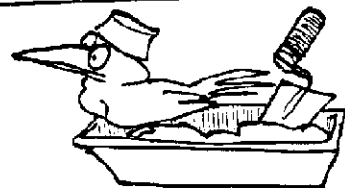
Pero el recurso tardío a un talón puede a su vez despertar desequilibrios latentes, ligados por ejemplo a una malformación de la estructura de la pelvis



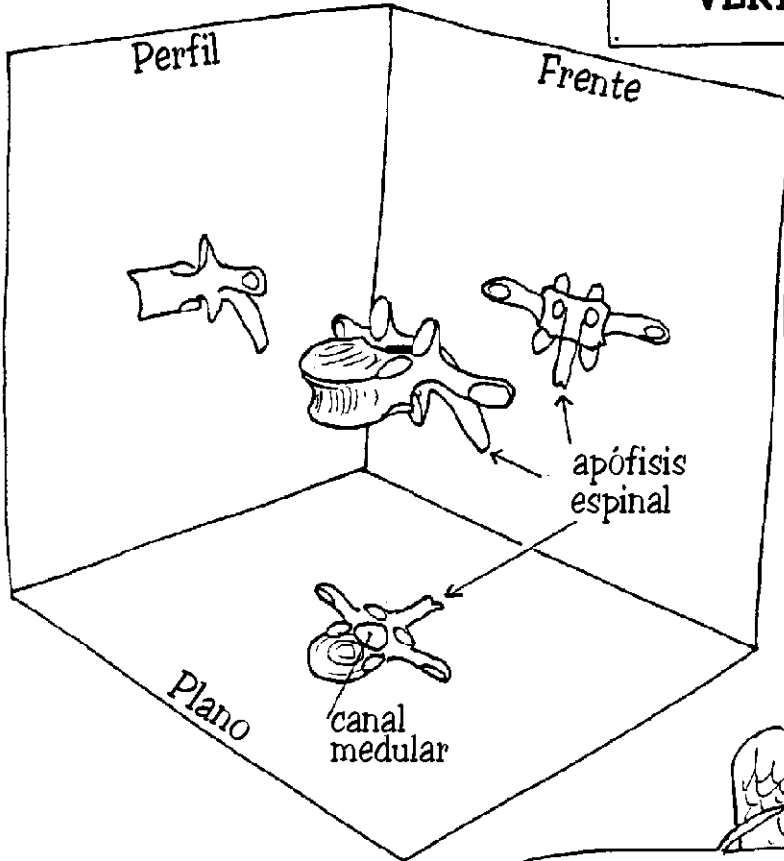
Esta situación puede engendrar un desequilibrio de toda la columna, y sus efectos pueden hacerse sentir en cualquier parte, por ejemplo a nivel cervical, originando migrañas



Los seres humanos en edad adulta son como viejas casonas en las que el equilibrio se basa en múltiples compensaciones, reparaciones, armazones y apoyos que sólo pueden modificarse con sumo cuidado



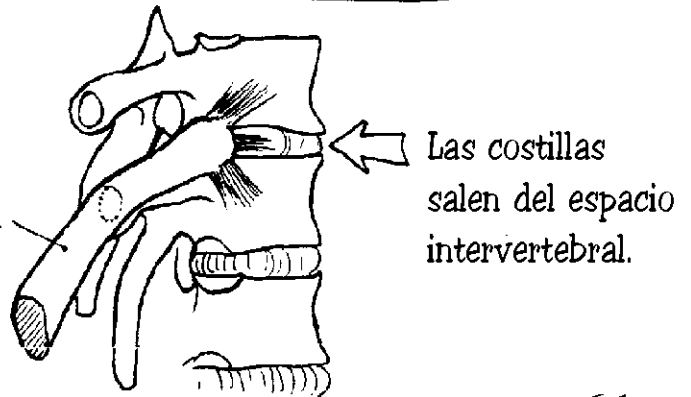
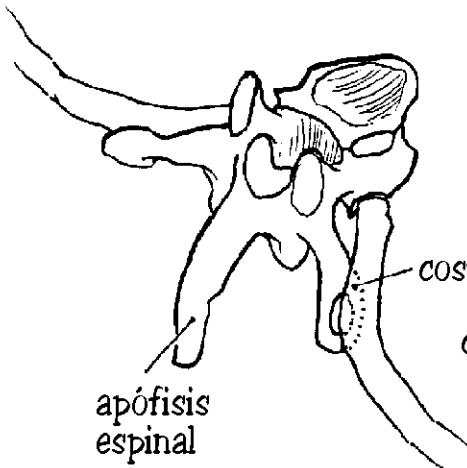
VÉRTEBRA DORSAL



La vértebra dorsal es todo un éxito. Con ella no hay vuelta atrás. Se sostiene muy bien en el cuerpo gracias a las costillas



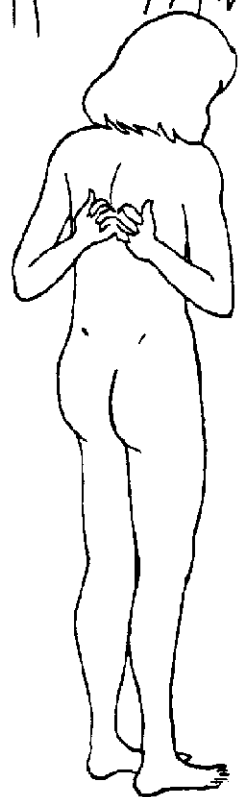
Y entonces ¿por qué no se utilizó sólo este tipo de vértebra?





Lo intentamos, pero el pobre animal era incapaz de amarrarse los zapatos y de girar la cabeza

Por el contrario, las apófisis espinales están con frecuencia torcidas naturalmente y la sinuosidad que revela su palpación no es propiamente un indicio de "desplazamiento de vértebra"



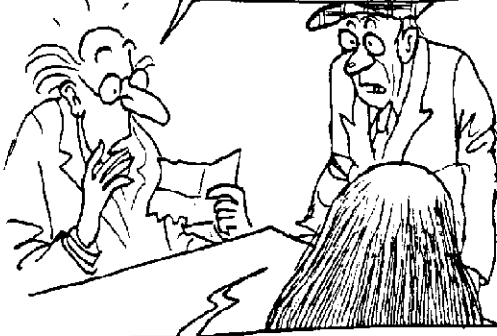
Después de haber eliminado todas las causas graves (fractura, tumor, malformación, etc...), los dolores dorsales pueden ser el resultado de un desequilibrio global de la columna vertebral (el síndrome de la secretaria)



No comprendo, siempre llevé una vida sana, activa y sin excesos.
He cuidado mis discos, mis meniscos y mis rótulas y sin embargo
mire el triste estado en que me encuentro. ¿Por qué?



Ups... ¡y usted todavía camina!



ARTRITIS

No logro
levantar el brazo



Se lo dije y se lo recuerdo: cuando se cree un animal, hay que prever su predador correspondiente, o si no mire el resultado



¡Auh!



Ha perdido usted amplitud angular, su articulación está mal lubricada, su cápsula articular se ha contraído y el ligamento de su supraespinoso también está bastante inflamado

¿Es necesario que me haga operar?

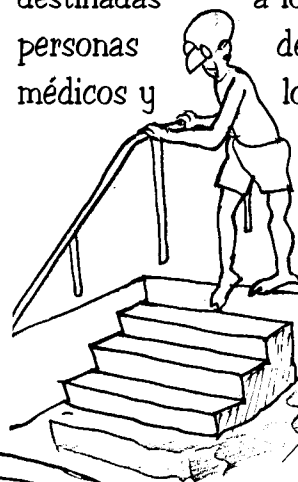
Por regla general, antes de precipitarse a una mesa de operación por un hombro, una rodilla o la espalda, hay que ver si el **ACUAGYM** no permite una recuperación gradual. El cuerpo humano posee facultades de autorecuperación y de autocura que con frecuencia son subestimadas



¿Pero entonces por qué los médicos no envían con mayor frecuencia a sus pacientes a las piscinas?

Porque el triángulo "medico-farmacéuta-fisioterapeuta" tiene que funcionar... y una instalación con piscina es una inversión demasiado cara para un terapeuta, o para un grupo de ellos. En los centros reumatológicos, por el contrario, toda recuperación pasa por una reeducación progresiva en las piscinas

En las ciudades, la **SEGURIDAD SOCIAL** debería, ayudada por las municipalidades, poner a disposición piscinas **GRATUITAS**, destinadas a los afectados y a las personas de edad, en donde los médicos y los terapeutas pudieran ejercer con libertad. Todo el mundo se beneficiaría

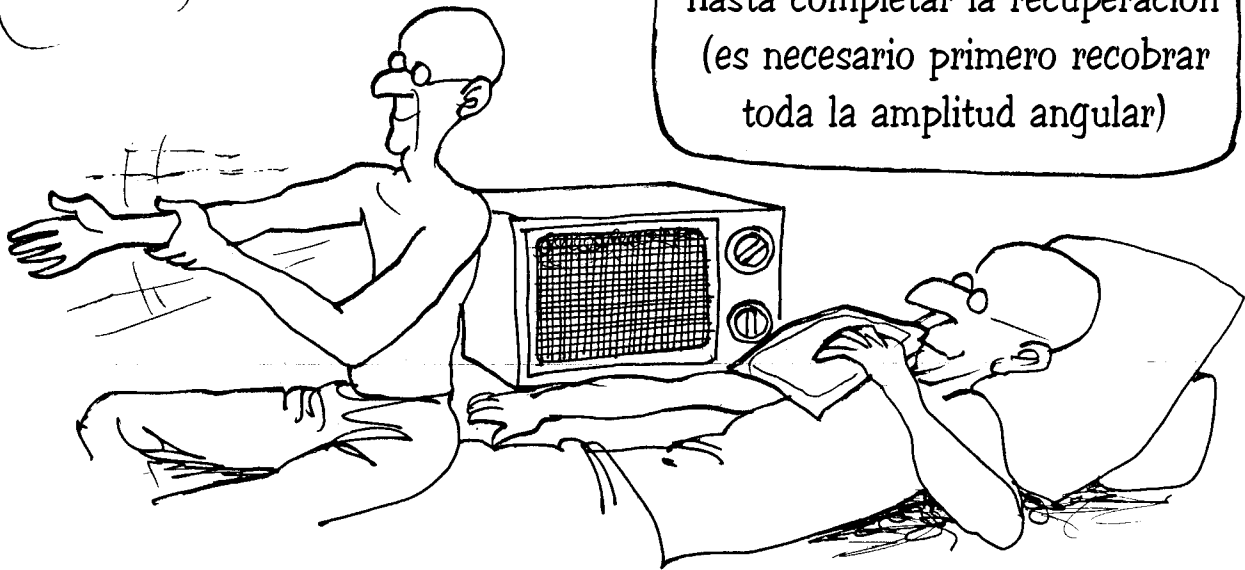


¡Bendito,
me recupero centímetro
a centímetro!

Las articulaciones **DEBEN** trabajar, si no se degeneran.
El sedentarismo es su peor amenaza. Lo ideal es la
piscina, donde se pueden hacer movimientos sin
esfuerzo y sin dolor. Para la



artritis de espalda,
se mueve el brazo afectado
ayudándose con el brazo bueno.
Después, "en seco", se continúa
ejercitando el miembro enfermo
con la ayuda del miembro sano,
hasta completar la recuperación
(es necesario primero recobrar
toda la amplitud angular)

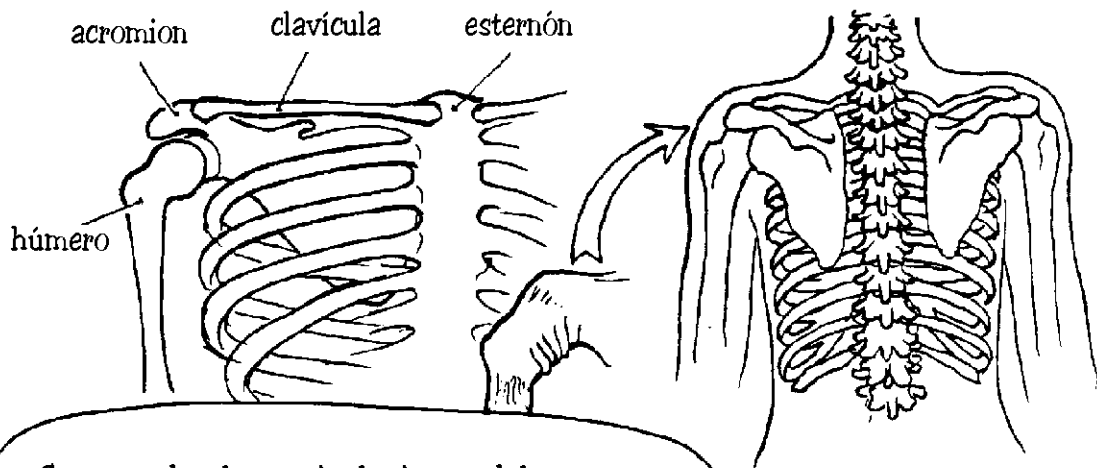


Existen cojines rellenos de bolas que se calientan en el micro-ondas y que son bastantes eficaces para aliviar y tratar los dolores reumáticos.



El brazo mejora, pero este dolor aquí...





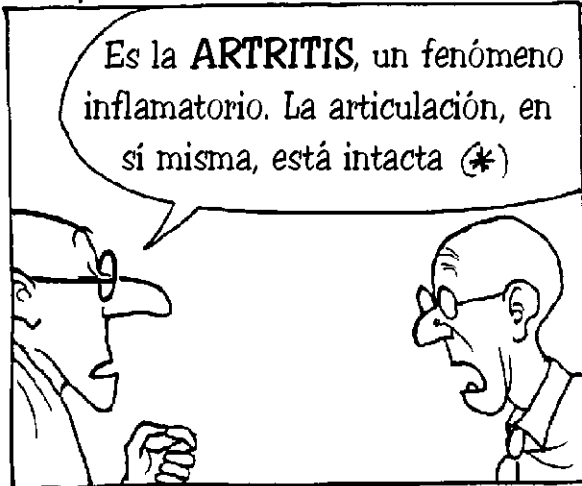
Como todas las articulaciones del cuerpo, la articulación húmero-omóplato está encerrada en una cápsula articular que contiene **SINOVIA**, el lubricante natural. Puesto que esta articulación es la más móvil del cuerpo, su cápsula articular está dotada de una "costura" en su parte inferior, para permitir la elevación del brazo



Su cápsula articular se ha contraído, lo que disminuye la amplitud de movimientos posibles



¡Cuidado! Si usted se esfuerza, ¡va a dañar irremediabilmente sus cartilagos!



Es la **ARTRITIS**, un fenómeno inflamatorio. La articulación, en sí misma, está intacta (*)



Como siempre, la inmovilización completa resulta nefasta. Es necesario moverse, pero teniendo cuidado de no hacerse daño

(*) Se trata de una periartrosis escapulo-humeral, muy frecuente después de los cincuenta años, sobre todo en las mujeres.

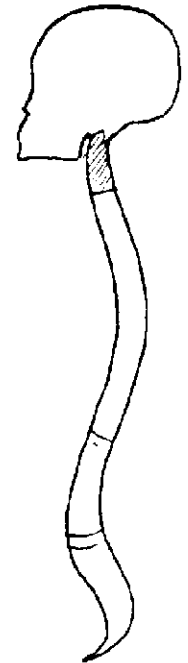
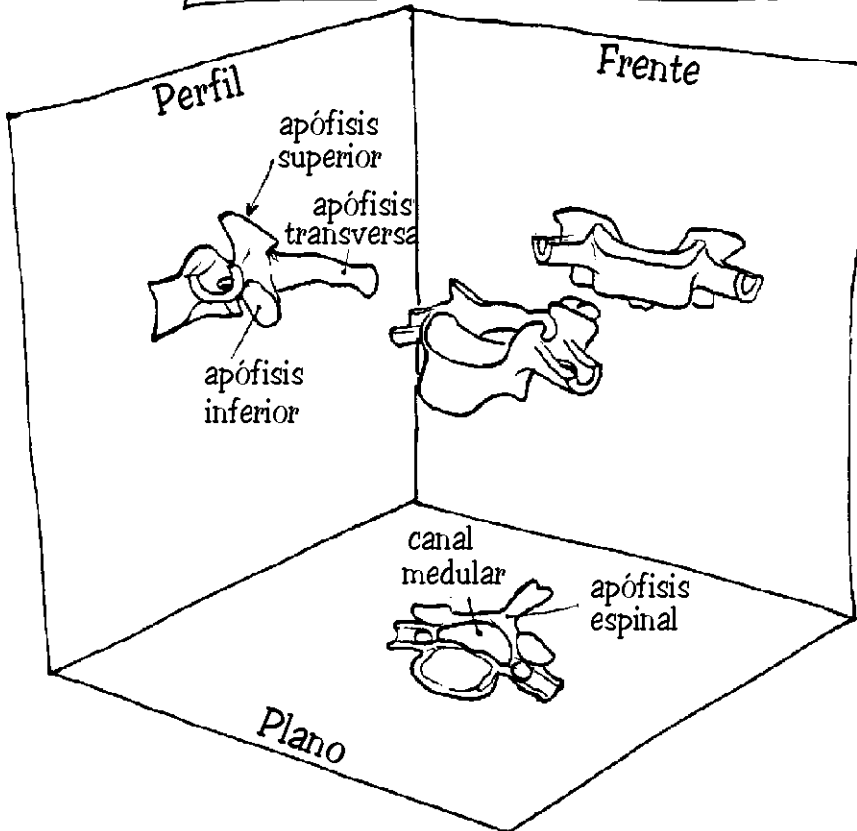
ARTROSIS

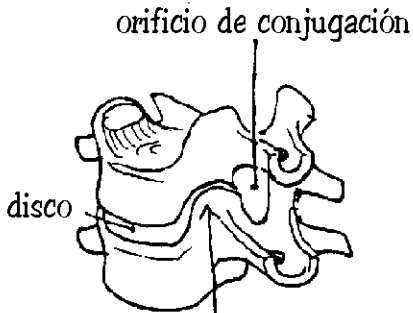
Entonces debo tener una
artritis inflamatoria en el cuello

No, esta vez
se trata de **ARTROSIS**

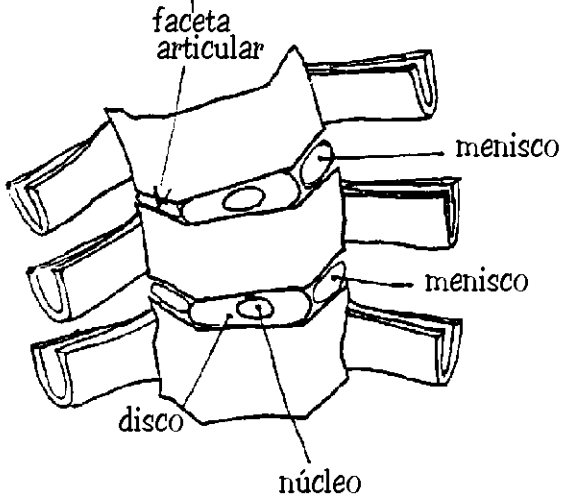
Ah, otra
cosa...

VÉRTEBRA CERVICAL

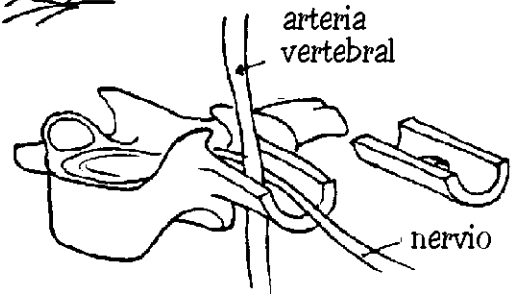




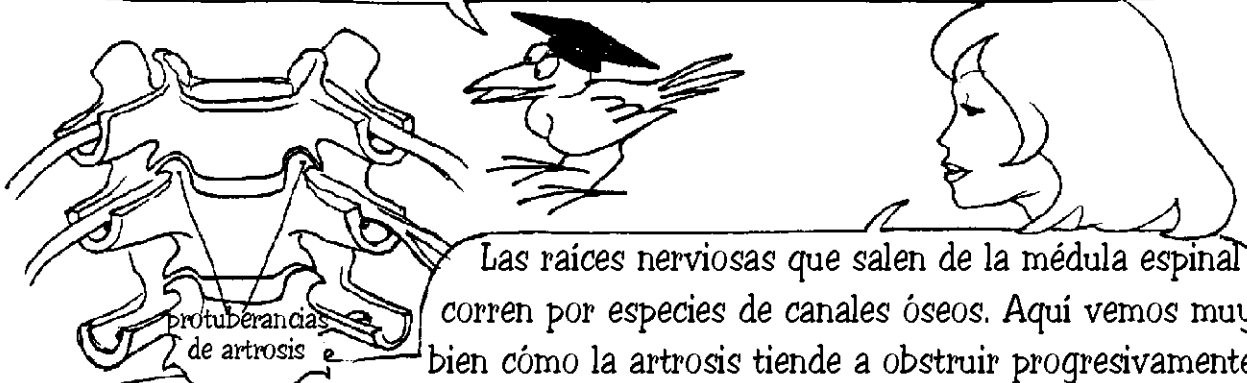
Aquí se muestra la manera en que las vértebras cervicales se apilan sobre los discos. Están bordeadas por facetas articulares que van a limitar los movimientos de inclinación lateral de la cabeza, lugares por excelencia de desgaste de la vértebra cervical



VÉRTEBRAS CERVICALES
(vistas de frente)

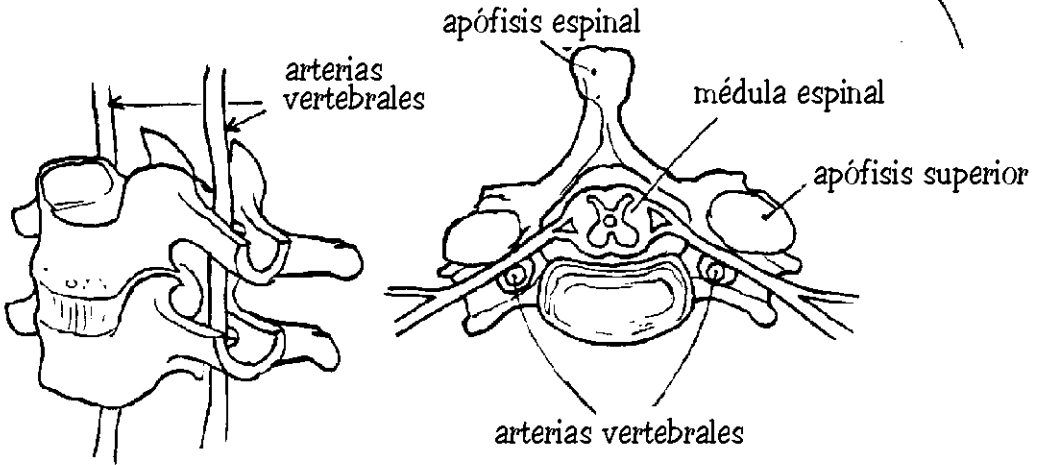


En un esqueleto completamente formado, los cartílagos destruidos por frotación no son reemplazados. Por el contrario, el tejido óseo está en perpetua reconstrucción (por ejemplo: la recuperación automática de las fracturas). Cuando el cartilago se deteriora, resultan algunas sobrepresiones en ciertas partes de las vértebras, y estas reaccionan desarrollando protuberancias óseas, de manera imprevisible, lo que origina el fenómeno de la **ARTROSIS**.



Las raíces nerviosas que salen de la médula espinal corren por especies de canales óseos. Aquí vemos muy bien cómo la artrosis tiende a obstruir progresivamente el orificio de salida de los nervios, lo que origina dolores locales que pueden llegar a extenderse hasta los brazos y las manos

Cuando giro la cabeza, veo pequeñas lucecitas que bailan frente a mis ojos

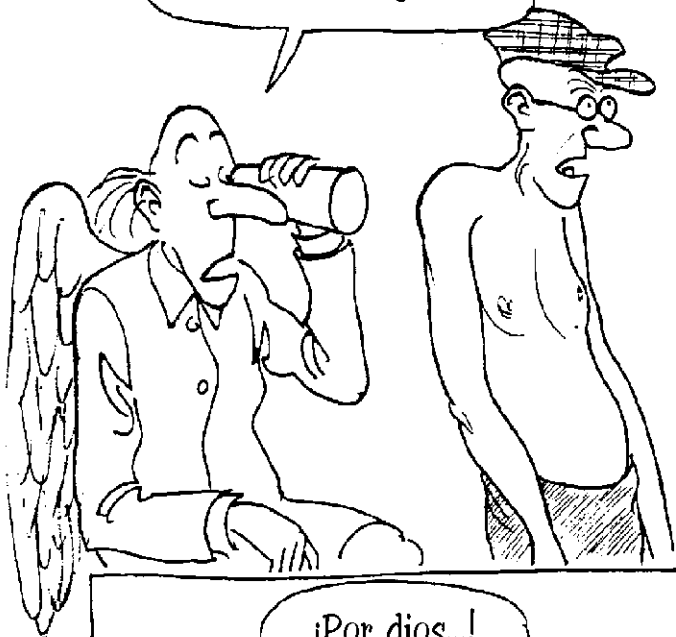


En estos dibujos vemos cómo corren las arterias vertebrales a lo largo de la columna cervical

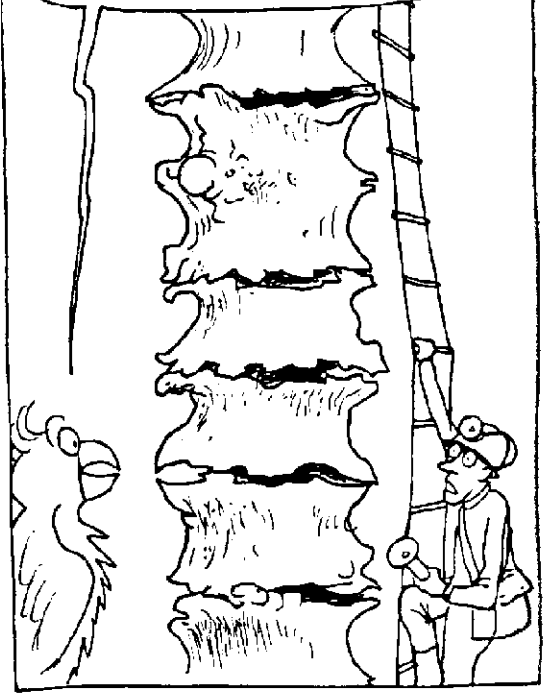


Con sus orificios de paso restringidos, cuando usted gira la cabeza pellizca su arteria y disminuye la irrigación de su cerebro. Eso no es grave. Mire con mayor frecuencia enfrente suyo

Veamos un poco su columna dorsal y lumbar



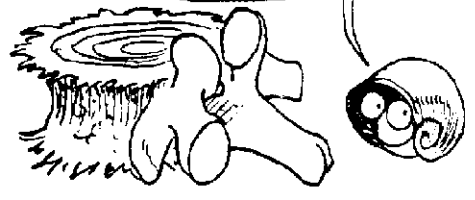
¡Díganme que todo esto es un mal sueño...!



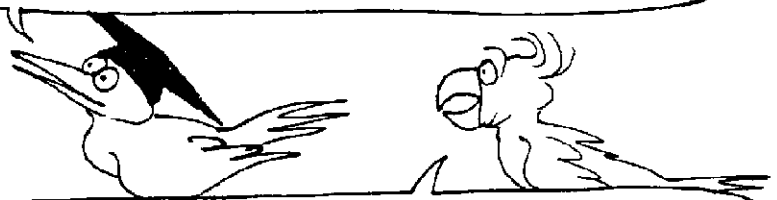
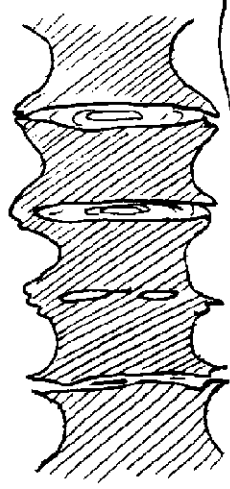
¡Por dios...!



¡Bonito, no?



El fenómeno de la **ARTROSIS** desarrolla con la edad protuberancias óseas denominadas **PICOS DE LORO**. Estos picos se pueden unir, soldando las vértebras unas con otras, lo cual no es necesariamente doloroso



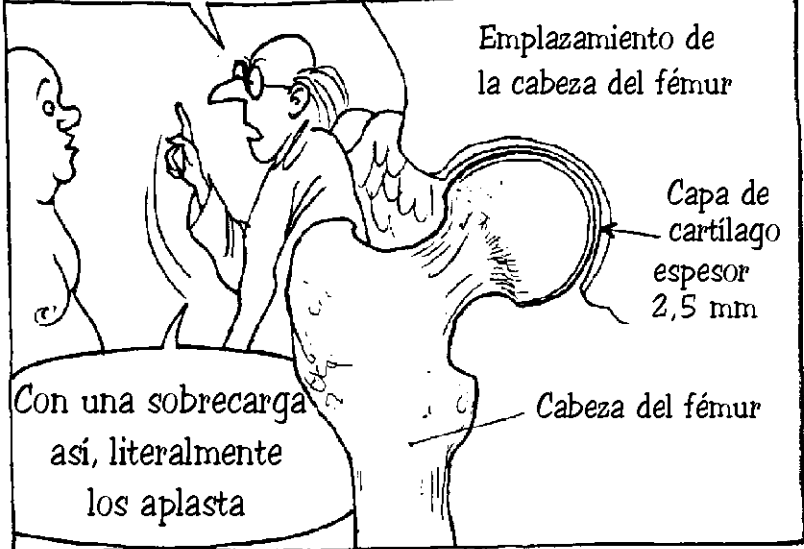
La degeneración de los discos hace que el individuo se empeequeñezca a medida que envejece



No, es sólo una merienda para el camino. El almuerzo es más grande y difícilmente transportable



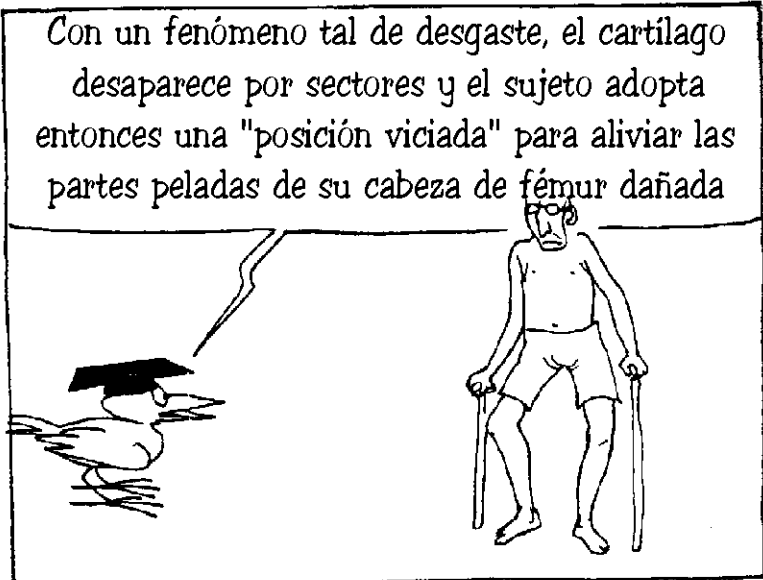
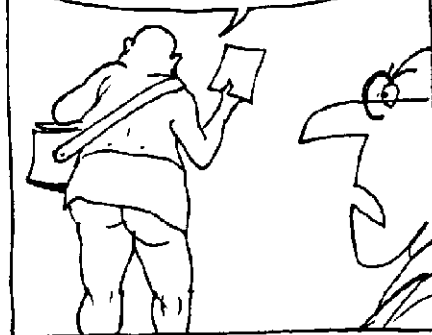
¿Se da usted cuenta de los esfuerzos a que somete a los cartilagos de sus caderas?

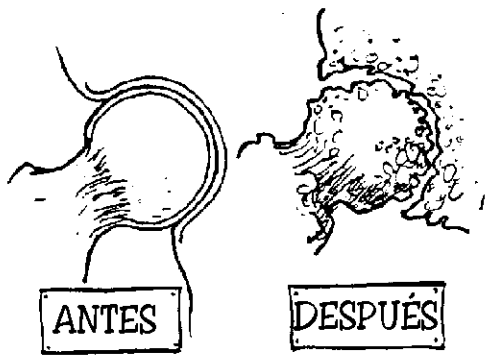


Pensé que podía usted darme algo, un medicamento tal vez, para fortalecer mis cartilagos



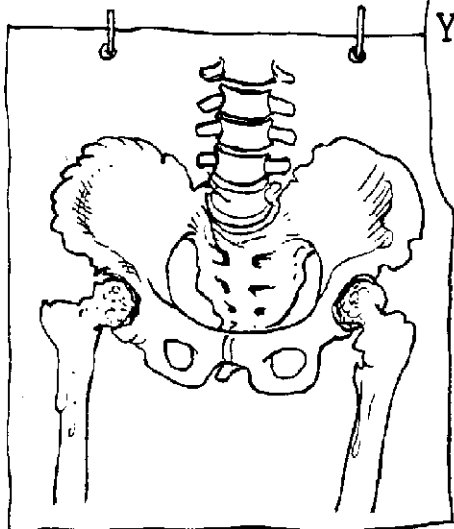
¿Cómo sobrevivir con tan poco?





En el último estadio de la evolución, sólo hay una solución

Cambiar, cambiar los fémures



Las articulaciones de las caderas están fritas. Ya no queda cartílago. Las cabezas de los fémures están gastadas. También los emplazamientos en los que se alojan las cabezas del fémur. De ahí el dolor permanente y penoso



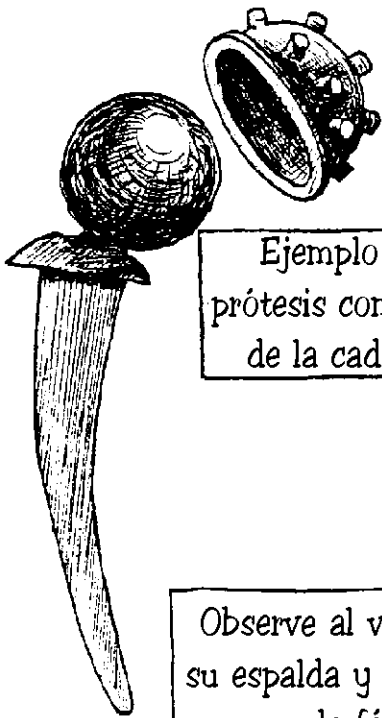
¿Y entonces?



Patrón, ¿y si cambiáramos las piezas?



Déjeme ver

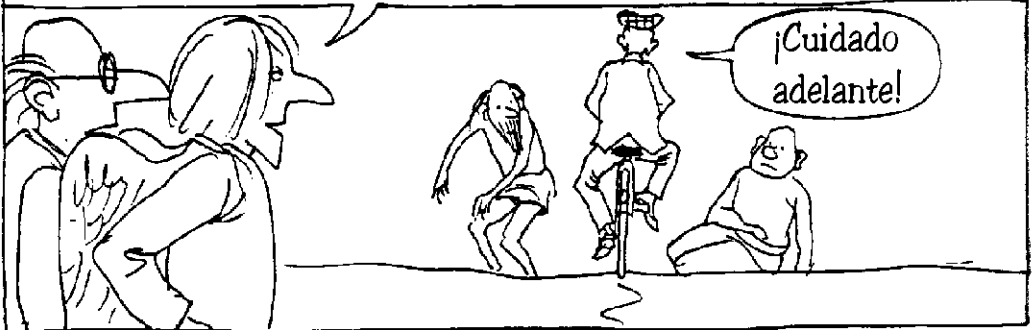


Ejemplo de prótesis completa de la cadera

Esta es la única intervención a nivel articular que quita el dolor y devuelve una movilidad aceptable a la cadera, permitiendo una actividad casi normal

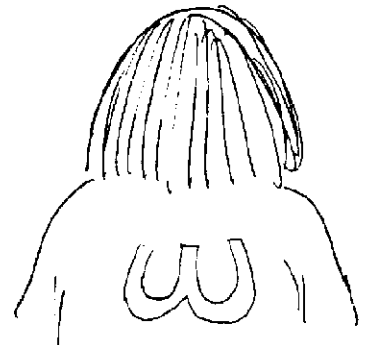
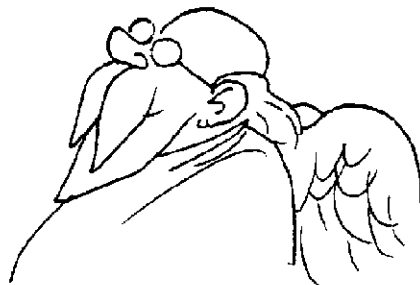


Observe al viejito de antes. No se podía hacer nada por su cuello, su espalda y su hombro. Entonces decidí cambiarle las dos cabezas de fémur y ahora no para de pedalear su bicicleta



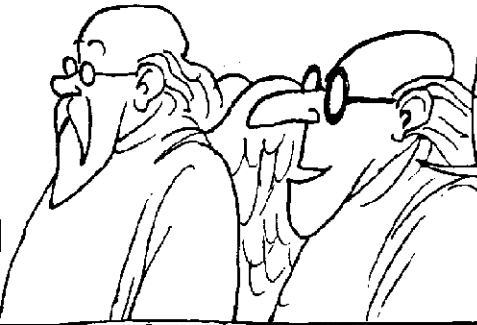
Total, está como nuevo

Se levantó a la mañana siguiente. Después de haberle colocado toda la parafernalia y suturado los ligamentos, ha recobrado una correcta movilidad articular. En un comienzo tuvo que evitar algunas posturas ya que un simple esfuerzo podía originar la luxación de su prótesis



EPÍLOGO

Son un tanto molestos todos estos problemas articulares, ¿no?



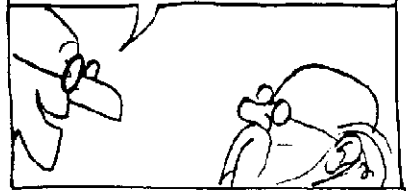
Nada de eso: tenemos LA solución. Gracias a la tecnología, el hombre puede ir a vivir al espacio

Allá, ¡adiós a los problemas! Allá en lo alto están libres de peso



Interesante proyecto

¿PROYECTO? No, mi querido amigo. Están partiendo todos los días, en vuelos completos



El espacio, he ahí el porvenir del hombre. Vivirá en ciudades orbitales inmensas, lejos de las hernias discales y de los esquinces



Seis meses después...

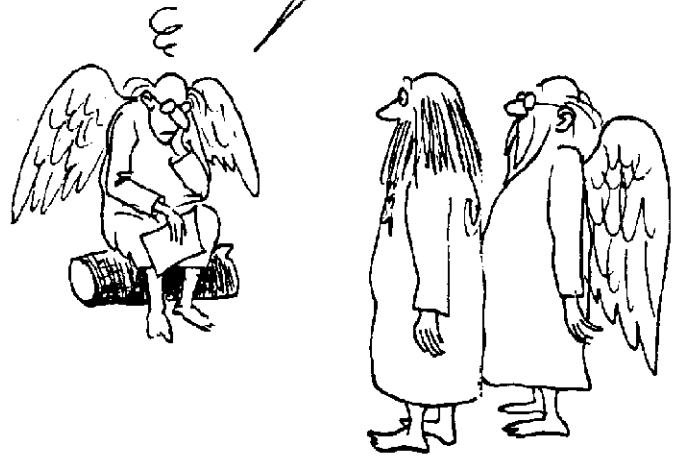


Así es, ¡se rompió un brazo abriendo una lata de conserva...!

Pero... ¿por qué?



Descalcificación...



FIN

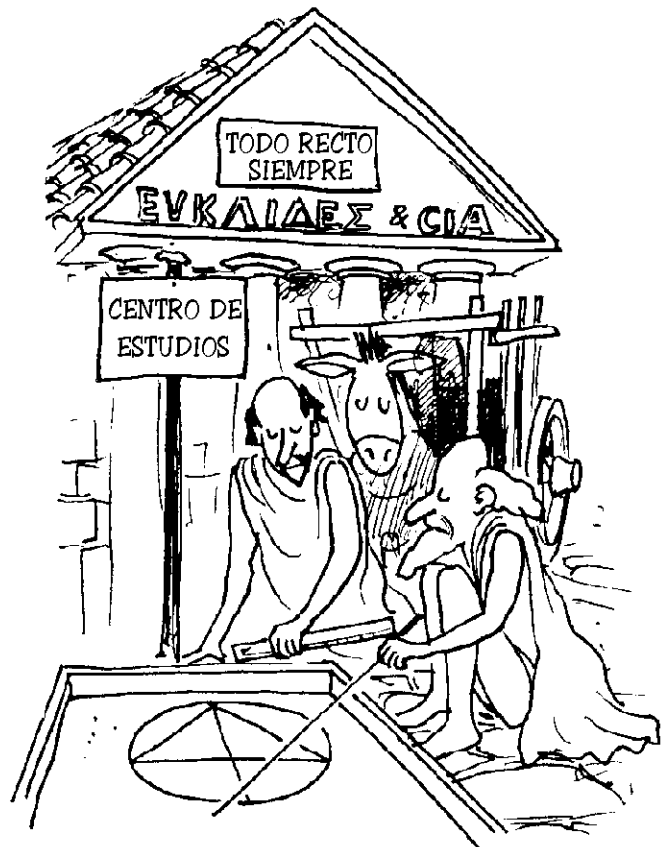
Savoir sans Frontières

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

EL GEOMETRICÓN

Jean-Pierre Petit

Traducción:
Juan Carlos Anduckia





El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.

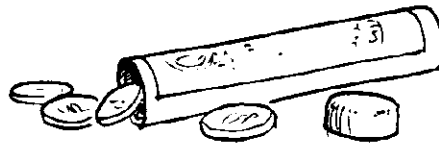
ADVERTENCIA

ESTE NO ES NI UN TRATADO, NI UN CURSO.

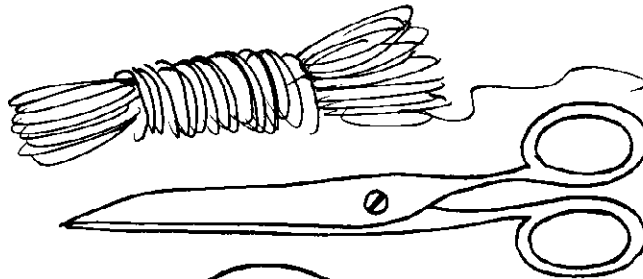
ES SIMPLEMENTE LA HISTORIA DE ANSELMO LANTURLY
Y DE UNO DE SUS VIAJES AL PAÍS DE LA GEOMETRÍA.

LEER DE PREFERENCIA CON:

* MUCHA ASPIRINA



* UNA CUERDA

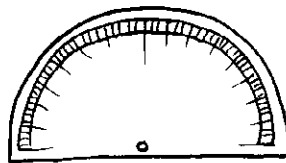


* UNAS TIJERAS

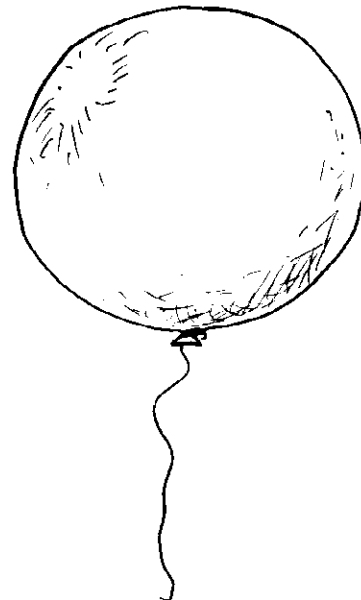
* CINTA ADHESIVA



* UN GONIÓMETRO



* Y UN LINDO GLOBO



BIEN REDONDO...

LA SOCIEDAD EUCLIDES & CÍA. NACIÓ EN ALEJANDRÍA,
EN EL TERCER SIGLO DESPUÉS DE CRISTO, Y DURANTE
MIL DOSCIENTOS AÑOS SUS NEGOCIOS PROSPERARON.
SUS PRODUCTOS ERAN APRECIADOS POR UNA
CLIENTELA SATISFECHA Y FIEL.



PERO POCO A POCO LOS GUSTOS DE LOS
CLIENTES CAMBIARON.

ALGUNOS DE ELLOS, SEGUIDORES
INCONDICIONALES DE LA EMPRESA, COMO
RESULTADO DE CURIOSAS EXPERIENCIAS,
COMENZARON A PREGUNTARSE:

"¿SERÁ SIEMPRE Y EN TODAS PARTES
EUCLIDES EL MEJOR?"

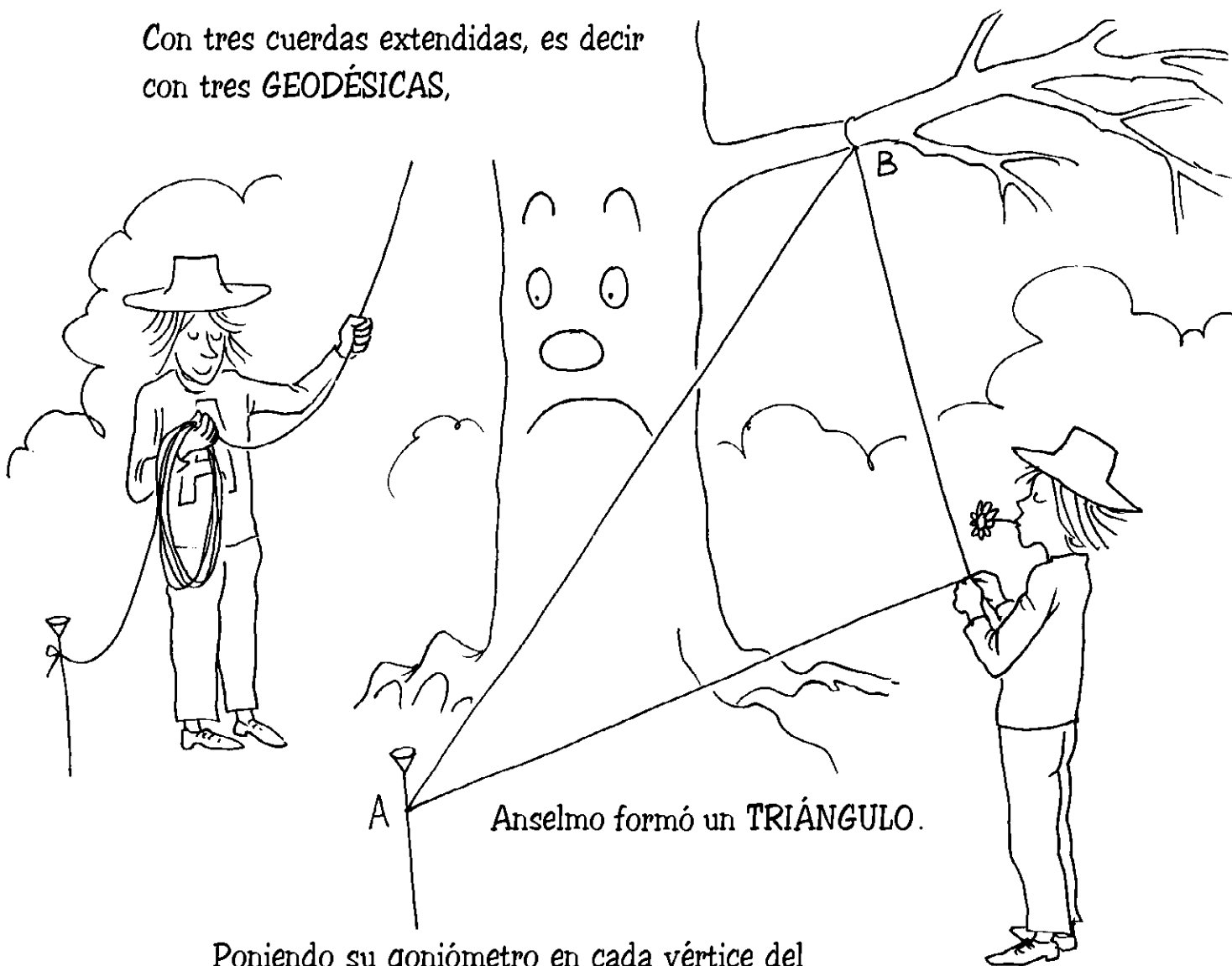
ES LA HISTORIA DE UNO DE ÉSTOS LA QUE
VAMOS A CONTAR AQUÍ.



PRÓLOGO: Un día, Anselmo decidió extender una cuerda entre dos estacas.

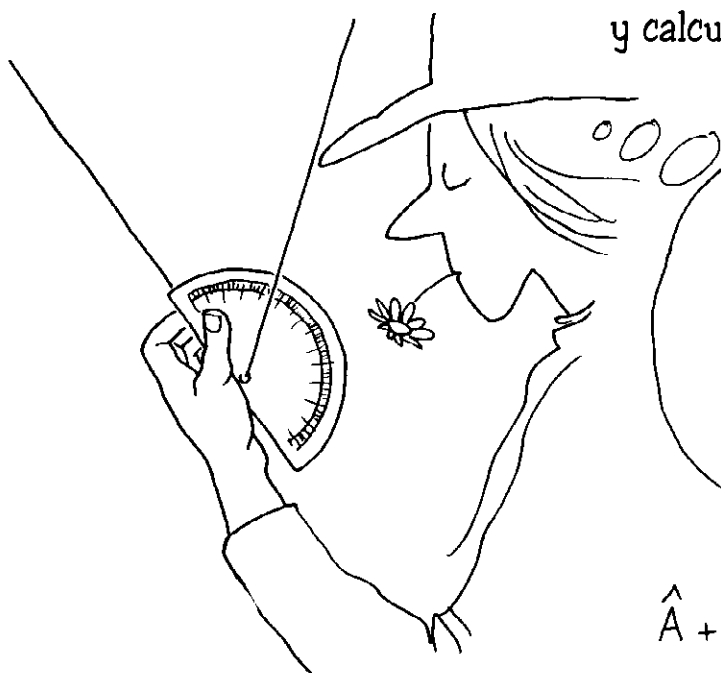


Con tres cuerdas extendidas, es decir con tres GEODÉSICAS,



Anselmo formó un TRIÁNGULO.

Poniendo su goniómetro en cada vértice del TRIÁNGULO, midió los ángulos \hat{A} , \hat{B} , \hat{C} , y calculó su suma.



Según el excelso teorema de la sociedad Euclides & Cia, dicha suma vale 180° .
Bien...

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ \text{ Euklideso}$$

El mundo en el que vivía Anselmo permanecía siempre nublado, tanto así que uno no distinguía la punta de la propia nariz y podía llegar incluso a sonarse con la nariz de otro.



¿Qué hay si uno va LEJOS?
¿Qué se esconde tras esta niebla?
Una GEODÉSICA es una LÍNEA RECTA.
¿Y si caminara siempre EN LÍNEA RECTA
enfrente mío, lo más LEJOS posible?
¿Si explorara el espacio para ver?

Voy a extender bien
mi GEODÉSICA



Anselmo caminó por largo tiempo...
Detrás suyo la cuerda se desenrollaba tan
bien extendida que eliminaba cualquier
incertidumbre en su marcha a través de la
bruma: había fabricado una GEODÉSICA
impecable.



Bueno, no sé si lo han notado, pero hay días en que todo parece marchar al revés.



Puesto que aún le quedaba cuerda, Anselmo decidió aclarar las cosas.

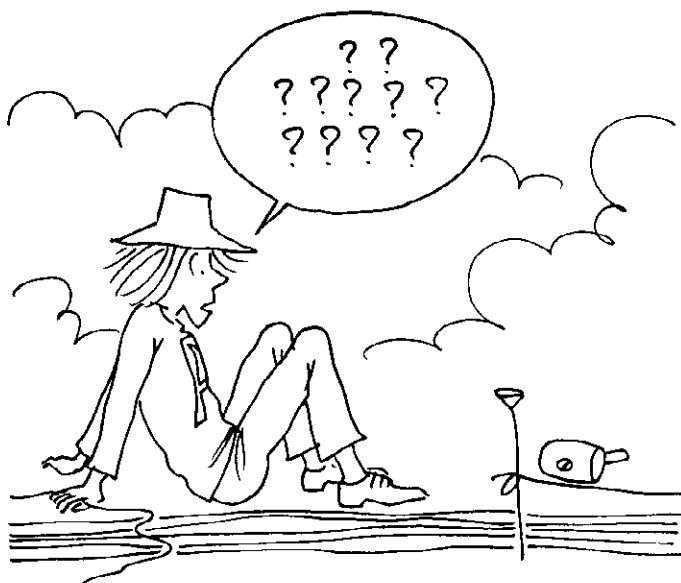
Imperturbable, decidió continuar extendiendo su cuerda siguiendo hacia adelante en **LÍNEA RECTA**, lleno de curiosidad.



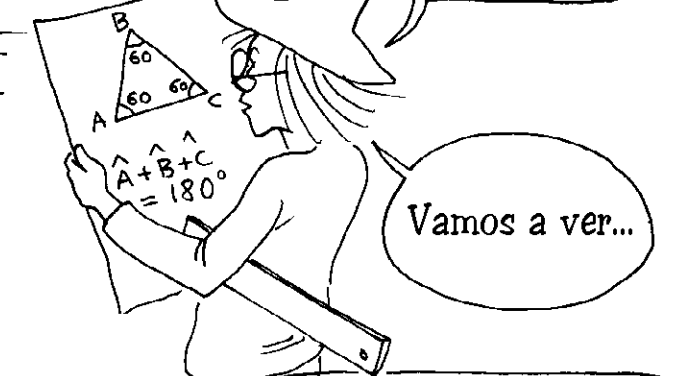
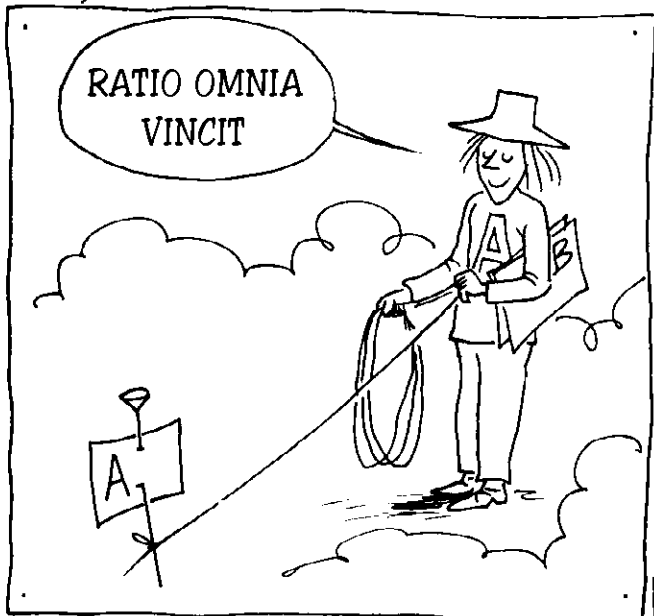
Y entonces...

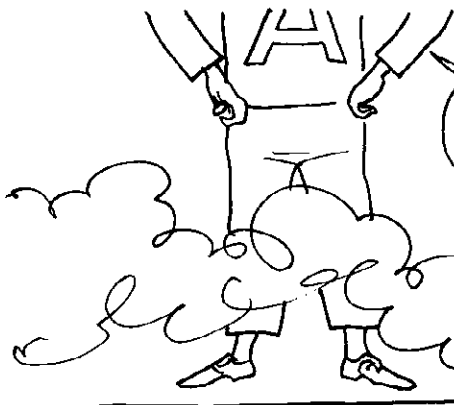
¡La **RECTA** de Anselmo se cerraba sobre sí misma!





Ensayemos con un teorema de la casa Euclides. Trazaré tres GEODÉSICAS de igual longitud y eso me dará un TRIÁNGULO con tres ángulos de 60° cada uno, y su suma 180° . Así está escrito en este folleto





¡Con la ayuda de la regla sobre el suelo he verificado que las cuerdas eran realmente RECTAS!

© EUCLIDES

¿Aló, con la firma Euclides? Mire, tengo algunas dificultades con su material

Un segundo, voy a transferir su llamada al servicio técnico



¿Problemas con nuestros triángulos? Increíble. ¿Por qué no ensaya Ud. con nuestros círculos? Nuestros clientes están muy satisfechos con ellos

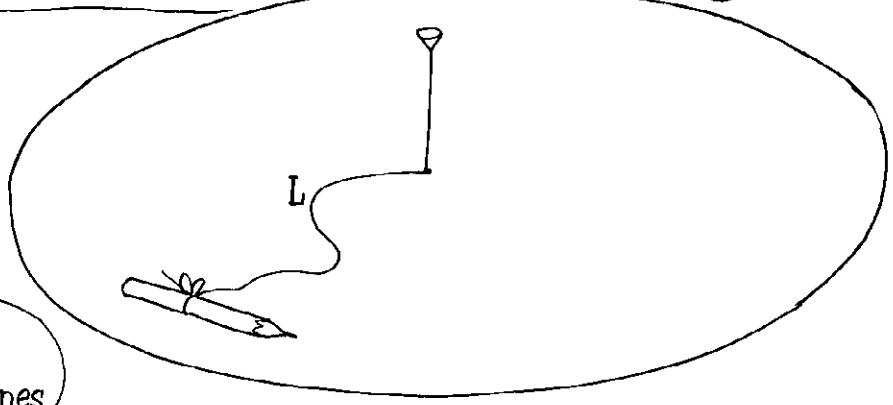


... Entonces un círculo es el conjunto de puntos que se encuentran a una misma distancia L de un punto fijo

¿Dice que el perímetro es $2\pi L$, y el área πL^2 ? Listo, lo tengo



Siempre a sus órdenes

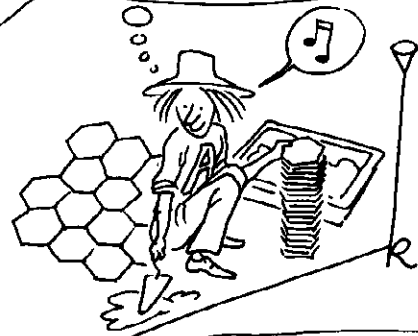


Para medir un **ÁREA**, use el teselado Euclides.
Para un **perímetro**, la malla Euclides es el mejor material en el mercado.

La satisfacción de nuestros clientes es nuestra mejor carta de presentación

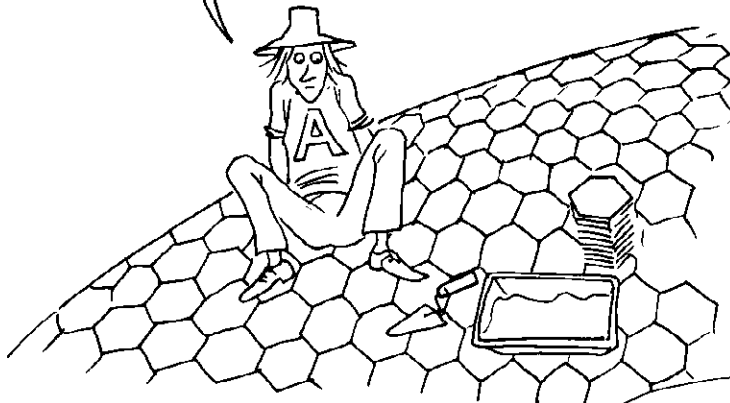


Área πL^2



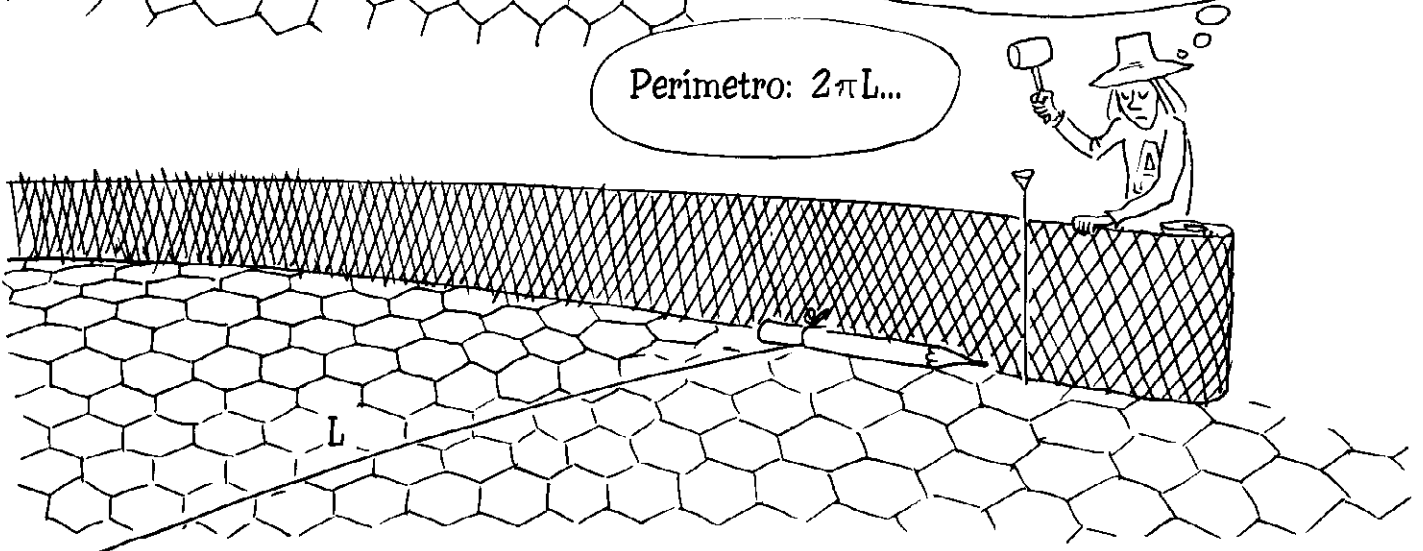
¡Buen comienzo!
¡Me sobran algunas tabletas!

Aquí todo es orden y belleza,
lujo, calma y placer



Voy a medir el **perímetro** con
la ayuda de su malla metálica

Perímetro: $2\pi L...$





¡También me sobra malla metálica!

¿Aló, con Euclides & Cia.? ¡Si, soy yo otra vez!
¡Tengo un reclamo sobre su teselado y su malla
pues $2\pi L$ y πL^2 no funcionan como Ustedes dicen!



Por favor no grite de esa manera, señor.
Yo sólo soy la secretaria. Lo voy a
comunicar con el departamento técnico



¡No, no! ¡Las tabletas están bien puestas, mi radio
está bien recto y la malla está bien colocada sobre la
CIRCUNFERENCIA!

Señor, créame que sería la primera vez que eso
ocurre. Trate nuevamente y no se enoje.
Ud. sabe que nuestros teoremas están garantizados

Anselmo continuó con su exploración,
aumentando cada vez el radio L de su círculo.
Pero las discrepancias se hacían cada vez
más importantes.

¡Rayos! ¡Tengo ahora 36% más de malla y 19% más de tabletas y el círculo que he trazado se ha convertido... en una RECTA!

¿Estoy soñando, o qué?

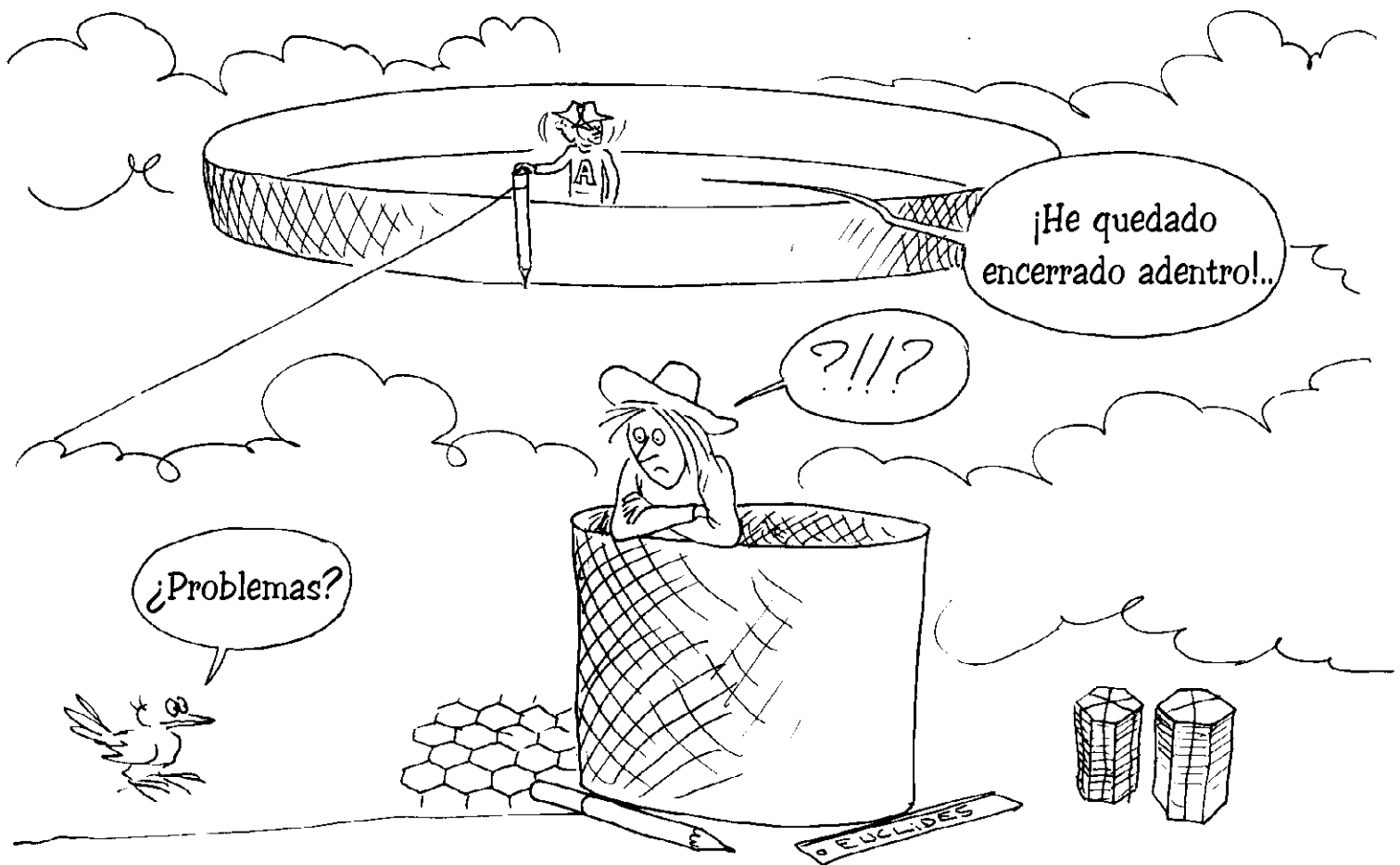
¡Por todos los cielos que esta regla está bien RECTA!

Anselmo aumenta una vez más el radio L, y esta vez...

¡La curvatura de mi círculo se ha invertido!

¡Y ahora, cuando AUMENTO el radio L, el PERÍMETRO disminuye! ¡Es cosa de locos!

Después de un último ensayo de pavimentación:



¿QUÉ FUE LO QUE PASÓ?

Para saberlo, disipemos las nubes.



Anselmo se dá cuenta enseguida de que está sobre una esfera, a la que ha aplicado las reglas de la GEOMETRÍA del PLANO.

¿Pero cómo hizo Anselmo para trazar RECTAS sobre la superficie de una esfera? ¡Eso no tiene sentido!

¡Debe ser una trampa!

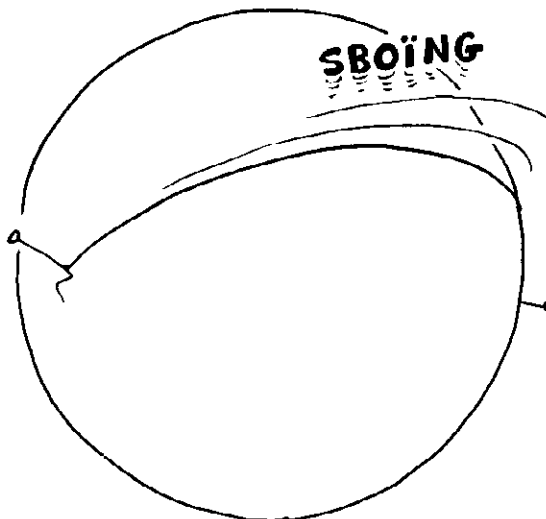
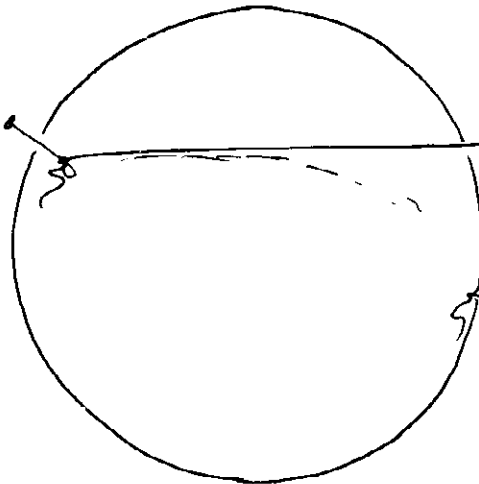
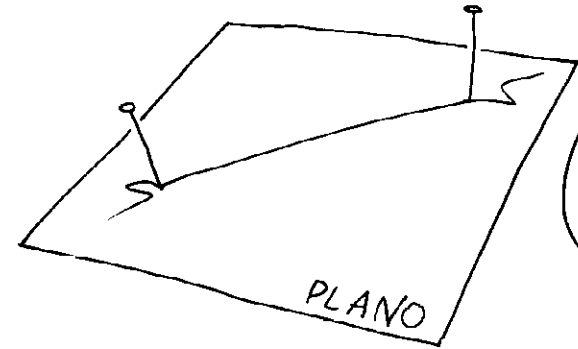
Mi querido amigo, ¿a qué llamas una recta? Si es la distancia más corta entre dos puntos, entonces también existen RECTAS sobre una esfera

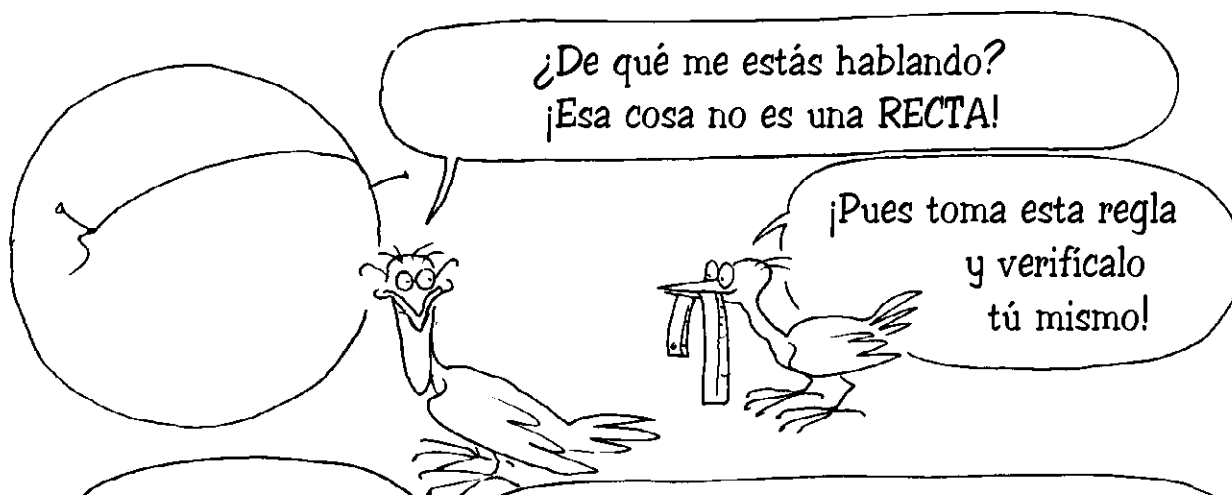
La noción de geodésica (la línea de distancia más corta) no es exclusividad del PLANO

Extiende un elástico entre dos puntos de una esfera

¡Ahora suéltalo!


¡Has obtenido una GEODÉSICA!






¿De qué me estás hablando?
¡Esa cosa no es una RECTA!

¡Pues toma esta regla
y verificalo
tú mismo!



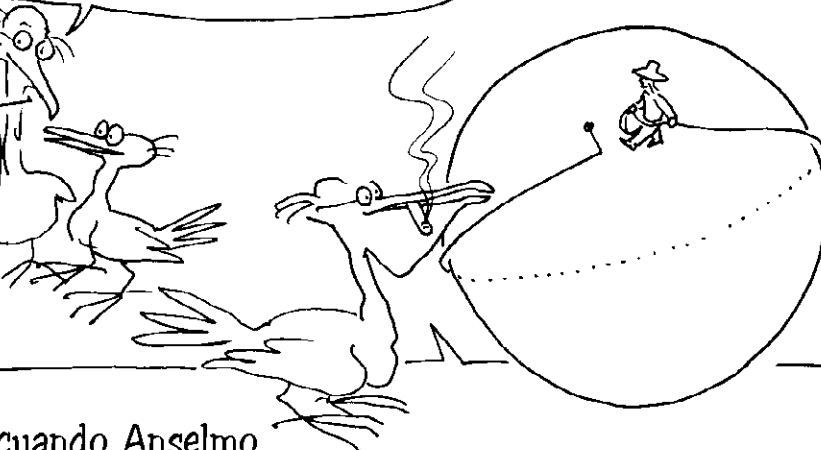
¿A esto le llamas
una regla?



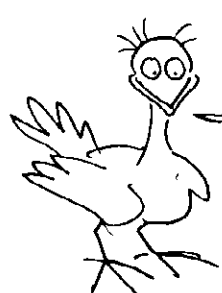
Es una REGLA para SUPERFICIES. Mira, en
el PLANO funciona muy bien. No permite
torcerse ni a la derecha ni a la izquierda



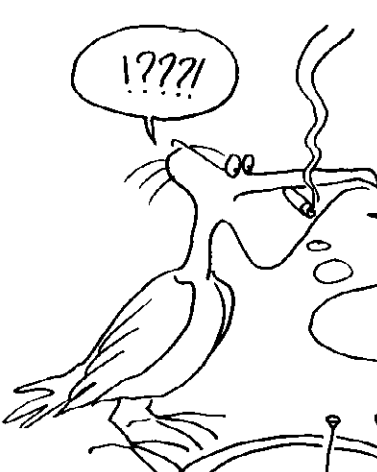
Vaya si es extraña tu regla...



El hecho está en que cuando Anselmo
traza su geodésica, ésta se cierra sobre sí misma. ¿Entonces las geodésicas
en una esfera no son otra cosa que circunferencias?



Todas las líneas más cortas entre dos puntos sobre
una esfera son partes de curvas geodésicas cerradas,
las cuales son circunferencias trazadas sobre la esfera.
¡Pero no cualquier tipo de circunferencia!



¿Pero qué demonios es toda esta historia?
Me parece que juegas con las palabras. ¿Quieres decir
que sobre una esfera existen varios tipos de circunferencias?

¡Santo cielo, pensaba que entendía y ahora veo que
no entiendo nada de nada...!

Un círculo no es más que el conjunto de puntos
situados a una distancia constante L de un punto fijo N ,
al que llamaremos POLO

Mmm...

Aquí tienen un conjunto
de círculos del mismo
polo N , a los que
llamaremos
PARALELOS

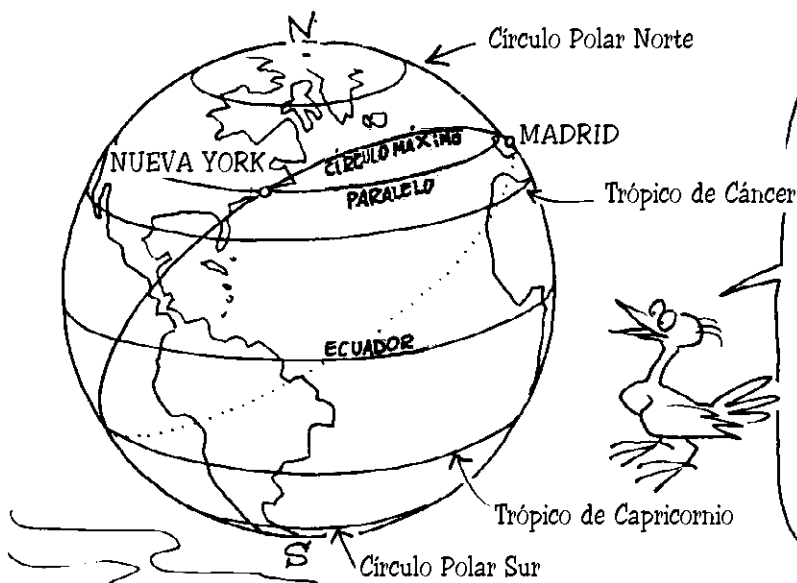
Estos círculos
paralelos son
también los puntos a
igual distancia L' del punto S ,
o "polo sur", antípoda del
"polo norte" N

Entre todos ellos existe uno, mayor que los
demás, que puede servir de ECUADOR a la esfera

¡Ahora sí comprendo por qué un
círculo sobre una esfera tiene
DOS centros N y S !

Llamaremos a estos "ECUADORES" CÍRCULOS
MÁXIMOS de la ESFERA, y serán ellos precisamente
sus GEODÉSICAS

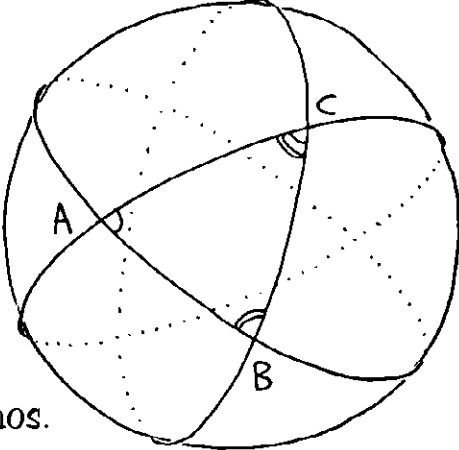
Es la primera vez que veo una GEODÉSICA
de cerca... ¡muy impresionante!



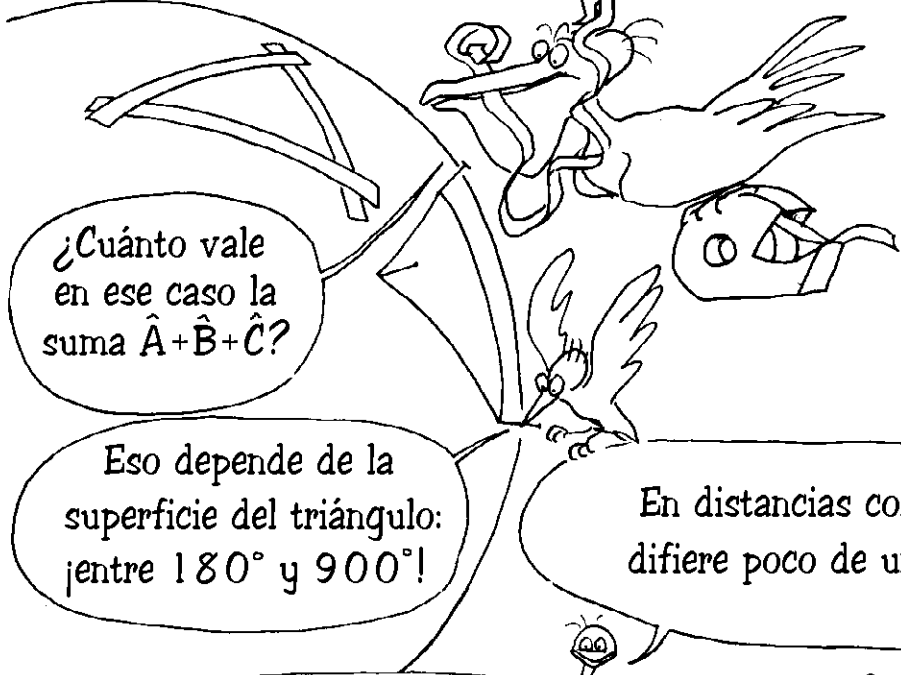
En el planeta TIERRA los círculos polares y los trópicos son paralelos. Madrid y Nueva York se encuentran sobre el mismo paralelo. Pero es sabido que este arco de paralelo que las une no es la línea más corta, mientras que sí lo es el **CÍRCULO MÁXIMO**



En mis tiempos todo esto se llamaba **ORTODROMIA**



Un **TRIÁNGULO** estará formado por tres arcos extraídos, inevitablemente, de tres círculos máximos.



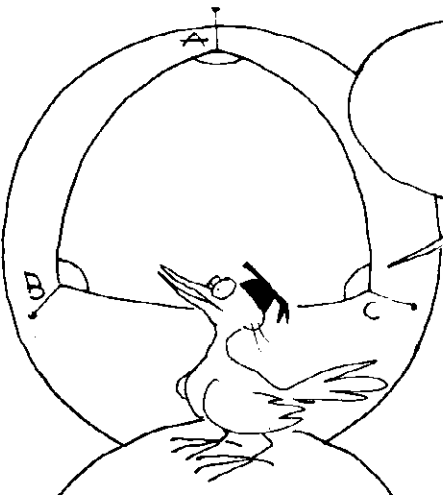
¿Cuánto vale en ese caso la suma $\hat{A} + \hat{B} + \hat{C}$?

Eso depende de la superficie del triángulo: ¡entre 180° y 900° !


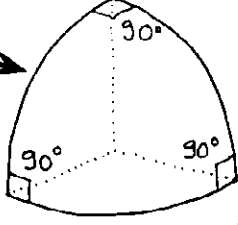
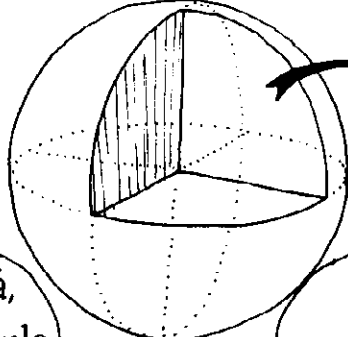
En distancias cortas, la superficie de la esfera difiere poco de un PLANO. En ese caso la suma...

... es muy cercana a los 180°

Se pueden materializar estos triángulos con la ayuda de cinta adhesiva o de elásticos y medir los ángulos poniendo un goniómetro en cada vértice sobre la superficie de la esfera.




He aquí un triángulo que se puede materializar, por ejemplo, con la ayuda de tres pedazos de elástico




Triángulo que será, entonces, trirectángulo y equilátero

Un triángulo algo particular pues ocupa un octavo de la superficie de la esfera




Y la suma de sus ángulos \hat{A} , \hat{B} , \hat{C} vale 270°



¡!?!


¡Todavía no has visto todo!



Imaginemos ahora un triángulo, formado siempre con los mismos elásticos, en el que progresivamente alejamos los vértices. Los ángulos en estos vértices comenzarán a crecer, lo mismo que su suma.



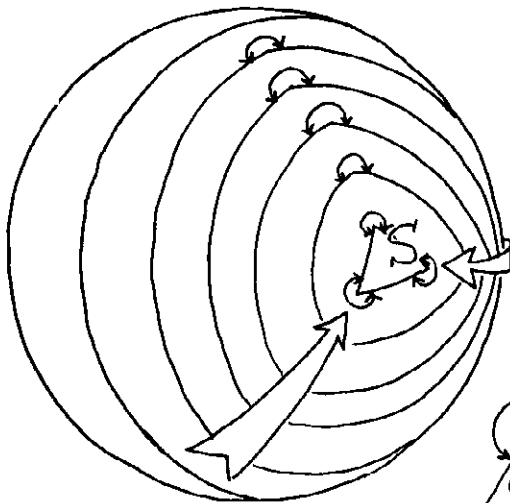
180°



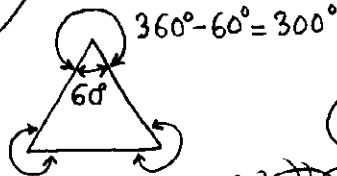
Al final se puede hacer que los vértices se inscriban en un ecuador de la esfera.

¡En este caso los ángulos \hat{A} , \hat{B} y \hat{C} son PLANOS, y su suma alcanza los 540° !!...

Continuando con el alejamiento de los vértices en el otro hemisferio, el triángulo va a converger hacia el punto S, antípoda de N. ¡Si se conserva la definición de partida de los ángulos en los vértices, resultará entonces que cada uno de ellos valdrá más de 180° ! Para ser precisos, cada uno medirá $360^\circ - 60^\circ = 300^\circ$.



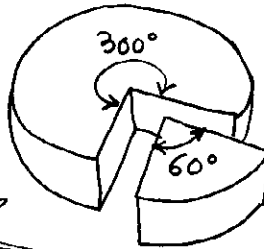
TOTAL: $300^\circ \times 3 = 900^\circ$



La circunferencia completa representa 360°

Hum...

Así en una esfera la suma de los ángulos de un triángulo puede estar entre 180° y 900° !



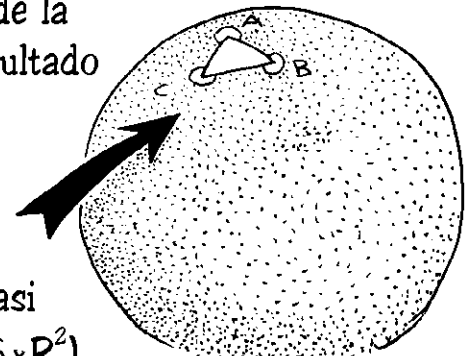
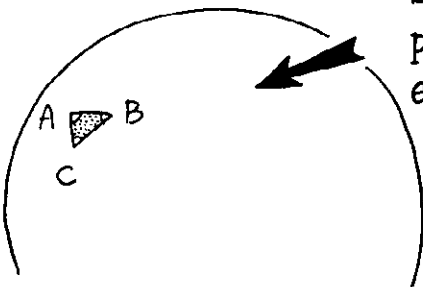
Según el teorema de Gauss, la suma de los ángulos de un triángulo trazado sobre una esfera vale:

$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \left(1 + \frac{A}{3,1416 R^2} \right)$ grados,
donde R es el radio de la esfera y A el área del triángulo



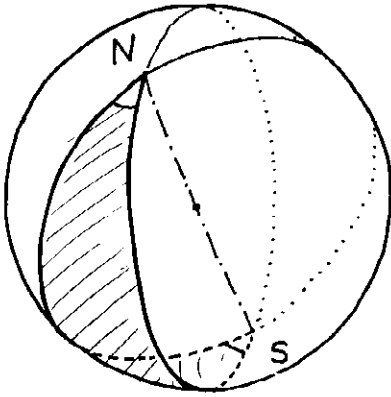
Si el triángulo tiene un área pequeña (comparada con la de la esfera), reencontramos el resultado de Euclides:

$$(\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ)$$



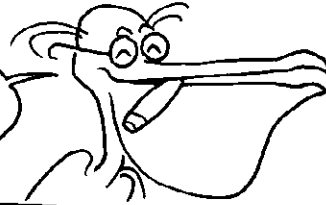
Si, por el contrario, el triángulo tiene casi igual superficie a la esfera ($4 \times 3,1416 \times R^2$), volvemos a los 900° .

TOMEN NOTA:

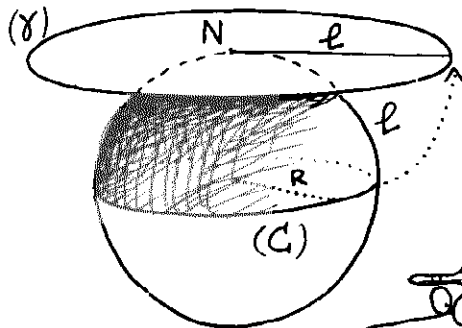


Dos puntos de una esfera pueden unirse mediante dos Arcos Geodésicos que forman UN círculo máximo. ¡Pero si estos dos puntos N y S son ANTÍPODAS, entonces por ellos pasa una infinidad de GEODÉSICAS!... Dos de estas "rectas de la esfera" definen un BIÁNGULO, en el que los dos ángulos y los dos lados son iguales. La suma de los ángulos en este caso vale entonces... ¡cualquier cosa!...

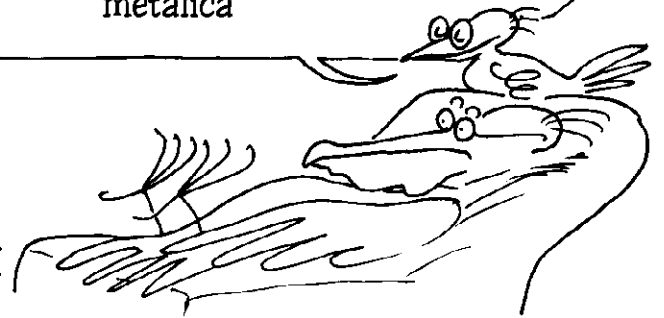
¡Qué nota más pobre...!



La Dirección



Tratemos ahora de comprender por qué a Anselmo le sobran antes tabletas y malla metálica



(C) es el círculo por él trazado y (X) el círculo que CREE trazar. Él calcula el área con la fórmula de la geometría plana: πL^2 ($\pi = 3,1416$). El área real es la mitad del área de la esfera: $2\pi R^2$. L es un cuarto del perímetro, es decir $\frac{1}{2}\pi R$, y el cociente entre estas dos áreas es $\pi^2/8 = 1,233$. El cociente de los perímetros es $2\pi L/2\pi R$, con $\pi/2 = 1,57$. ¡Si están escépticos, ensayen envolver una esfera con un plano!

¡Nada, se forman pliegues!



¡Un plano!
¿Qué plano?!



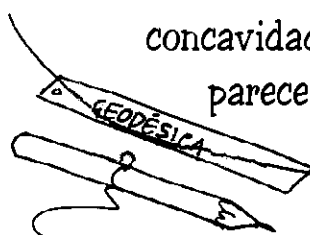
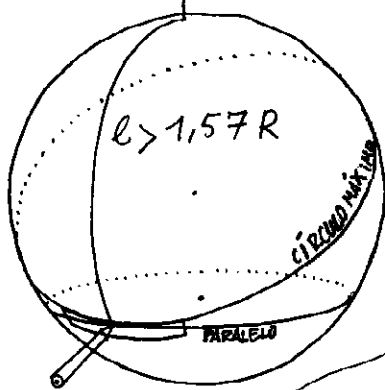
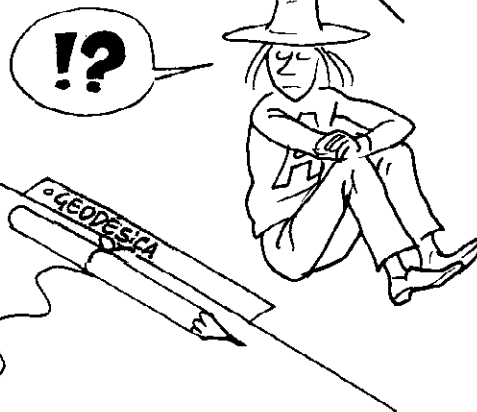
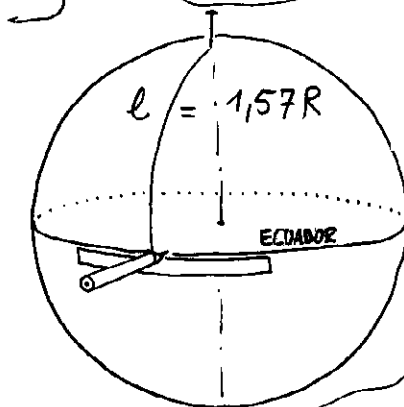
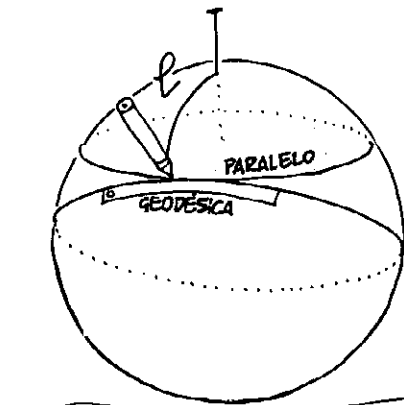
Hasta que Anselmo no alcanza el ecuador de la esfera, la **CONCAVIDAD** de su círculo le parece normal.

Este círculo es un paralelo, mientras que su regla sigue una **GEODÉSICA**, es decir un **CÍRCULO MÁXIMO** de la esfera.

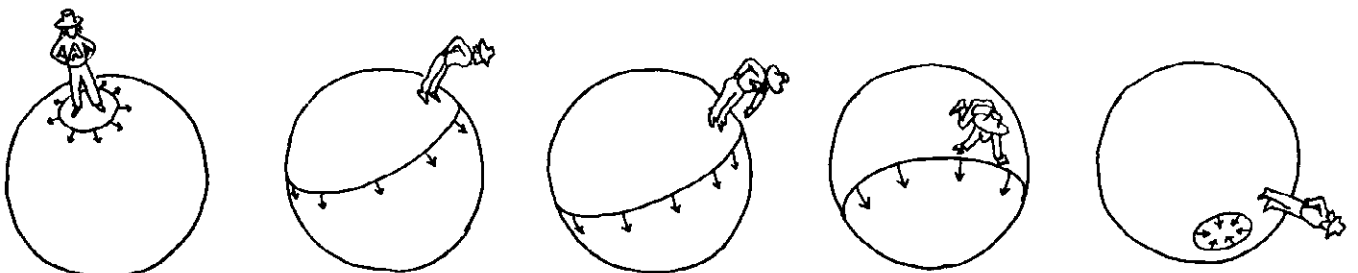
En el ecuador, es decir cuando $L = \frac{\pi}{2}R$, el paralelo se confunde con la geodésica y el círculo parece "RECTO".

Más allá del ecuador, la concavidad del círculo parece invertirse.

¿Dónde estoy?



Esta propiedad explica cómo se puede "entrar" o "salir" a voluntad de un círculo, sin atravesarlo, cuando está trazado sobre una esfera. Es necesario imaginar este círculo como un anillo elástico que se hace deslizar sobre una bola de billar.



A Anselmo le tomó un poco de tiempo digerir todas estas cosas, descubiertas por el matemático Gauss (1777-1855). Luego decidió partir al descubrimiento del mundo de las SUPERFICIES:

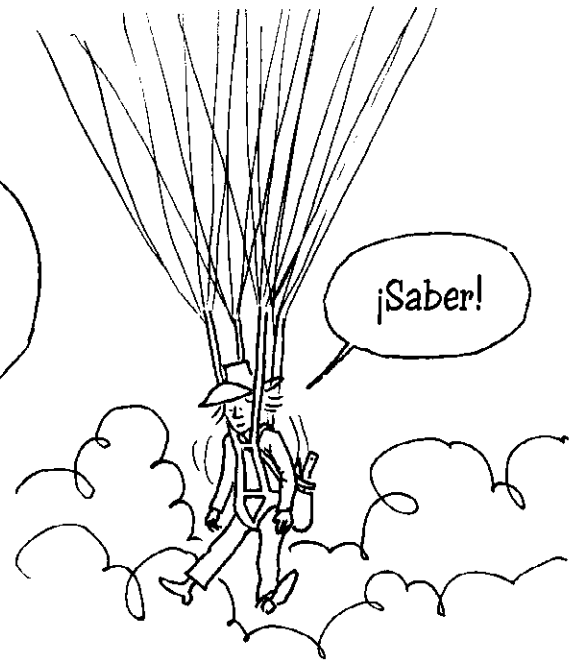


GEOMETRÍA ESFÉRICA

Bueno, tengo todo lo necesario: regla, goniómetro, cuerda y mi estaca. Entonces vamos...



A veces la ciencia lleva a afrontar algunos riesgos.



¡Saber!

Aterrizado en un mundo nuevo, Anselmo desenrolla una nueva GEODÉSICA. Pero esta vez...



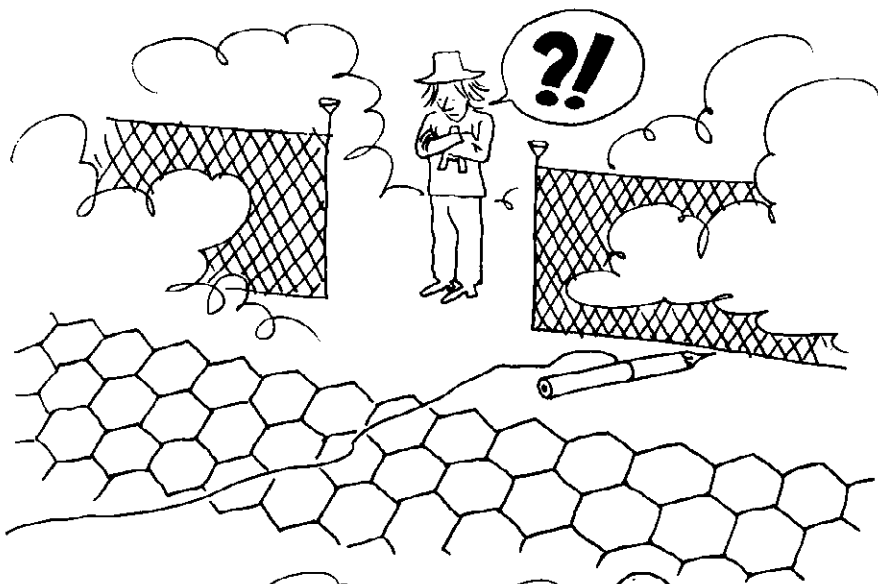
¡Rayos, al parecer esta superficie no lleva a ninguna parte!

... la geodésica ya no se cierra.



Intentemos de otra forma...

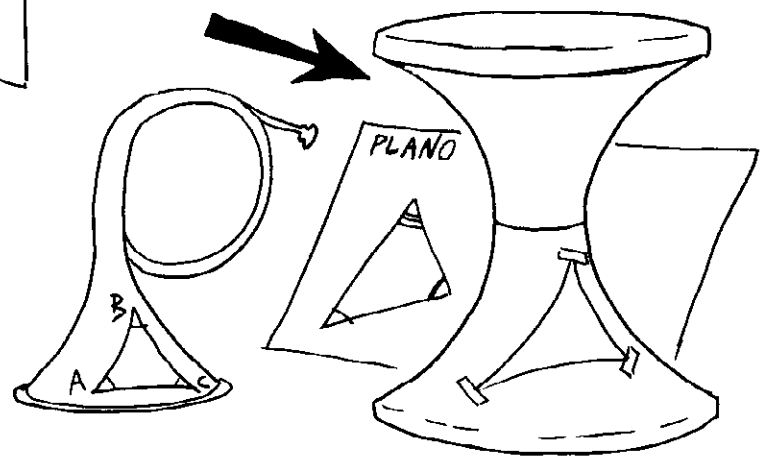
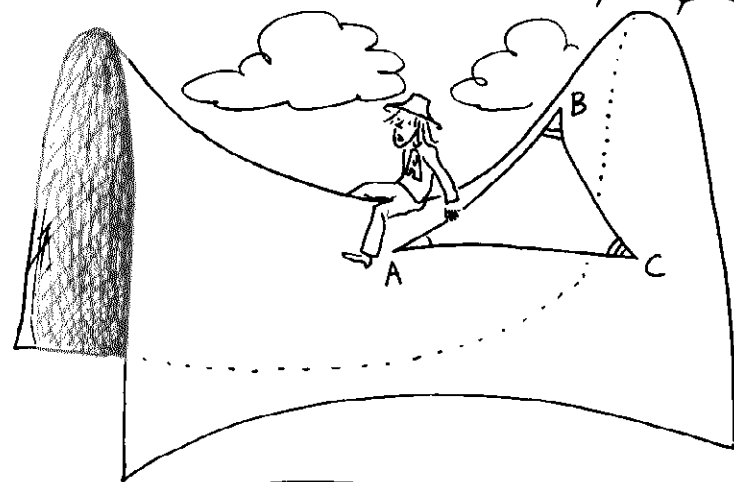
Con la ayuda de tres cuerdas bien tensas, Anselmo construye un triángulo, pero en esta ocasión la suma de los ángulos en los vértices resulta inferior a 180° .



Puesto que un círculo es siempre el conjunto de puntos colocados a una misma distancia L de un punto dado, Anselmo constata que el círculo trazado sobre esta nueva superficie tiene un perímetro MAYOR que $2\pi L$, y un área MAYOR que πL^2 .

Disipemos ahora las nubes:

Esta vez la superficie presenta la forma de un paso de montaña o de una silla de montar a caballo; o, para citar objetos de uso en la vida cotidiana, de un corno de caza o de un taburete como éste:

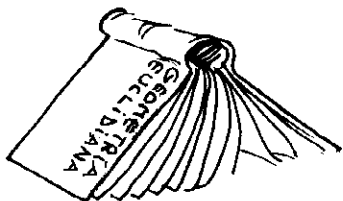


Aquí estoy, mi querido amigo, montado a caballo...

No, no...



Para conocer el final de la historia, pasen la página



CURVATURA:

Una superficie curva es una superficie en la que los teoremas euclidianos no funcionan. La curvatura puede ser positiva o negativa.

Sobre una superficie de **CURVATURA POSITIVA**, la suma de los ángulos de un triángulo es mayor que 180° . Si se traza un círculo de radio L , el área de su superficie es menor que πL^2 y su perímetro es menor que $2\pi L$.

Sobre una superficie de **CURVATURA NEGATIVA**, la suma de los ángulos de un triángulo es menor que 180° . Si se traza un círculo de radio L , el área de su superficie es mayor que πL^2 y su perímetro es mayor que $2\pi L$.

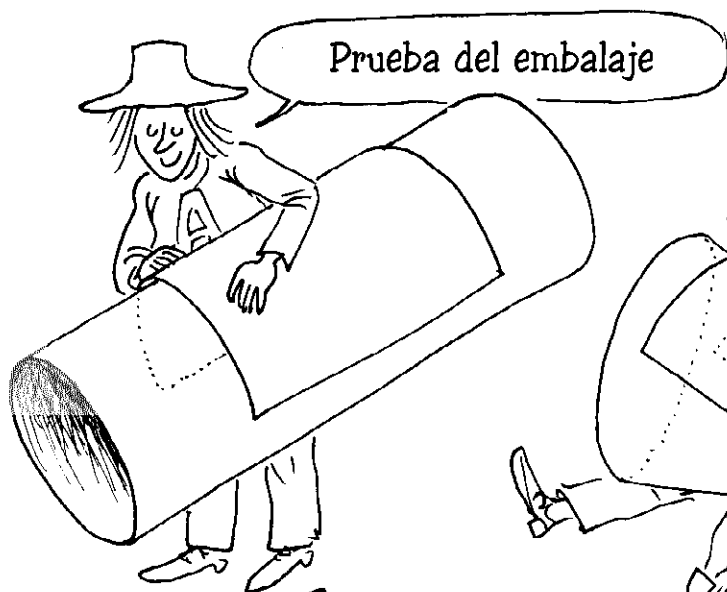
Poco antes Anselmo había constatado, tratando de **RECUBRIR** una esfera, superficie de curvatura positiva, con un elemento plano, que se formaban pliegues. Así mismo, es imposible envolver con un plano una superficie de curvatura negativa: se forman en ese caso especies de jirones. Esta prueba del embalaje es la manera más sencilla de establecer si una curvatura es positiva o negativa.



Tal como se puede apreciar en la página anterior, las superficies pueden presentar regiones de curvatura positiva y otras de curvatura negativa.

¿Un cilindro y un cono tienen curvatura?

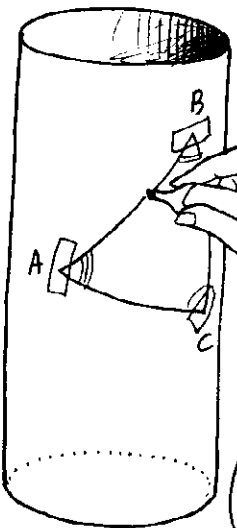




¡Caray, un cilindro y un cono se dejan recubrir con un plano!



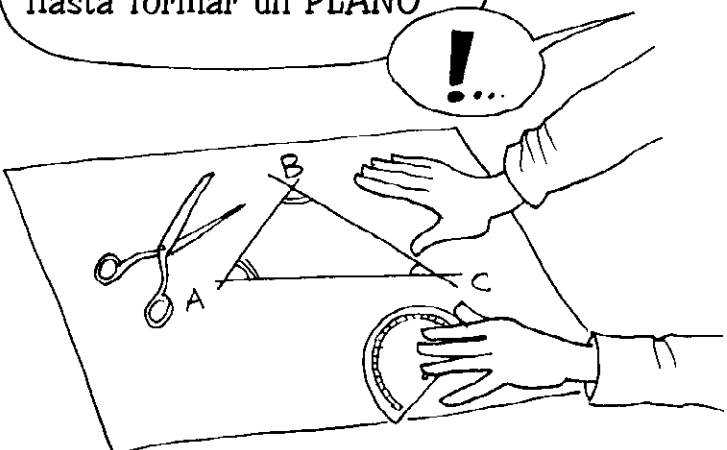
Nada de pánico. Con la ayuda de cinta adhesiva fijo tres elásticos, es decir tres geodésicas, sobre el cilindro...



Ahora marco las geodésicas sobre la superficie...

... y extendiendo el cilindro hasta formar un PLANO

!...

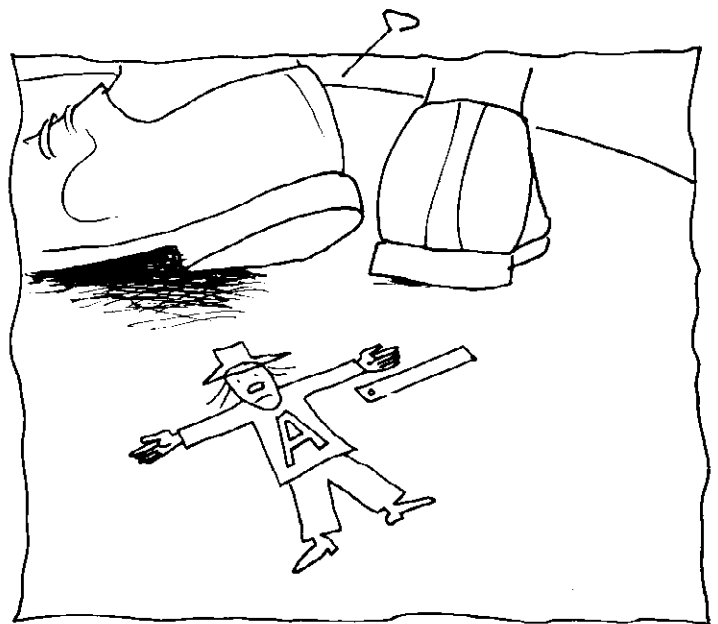
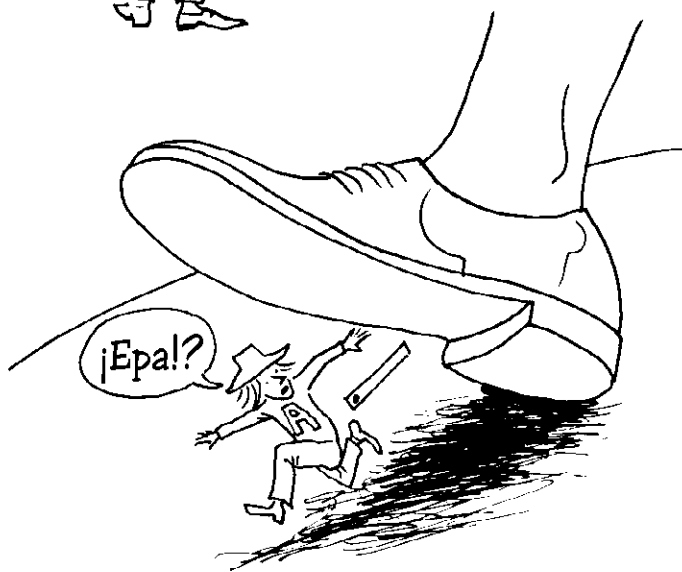


Según nuestra definición, los cilindros y los conos, que obedecen a la geometría EUCLIDIANA, son ¡SUPERFICIES PLANAS!!!

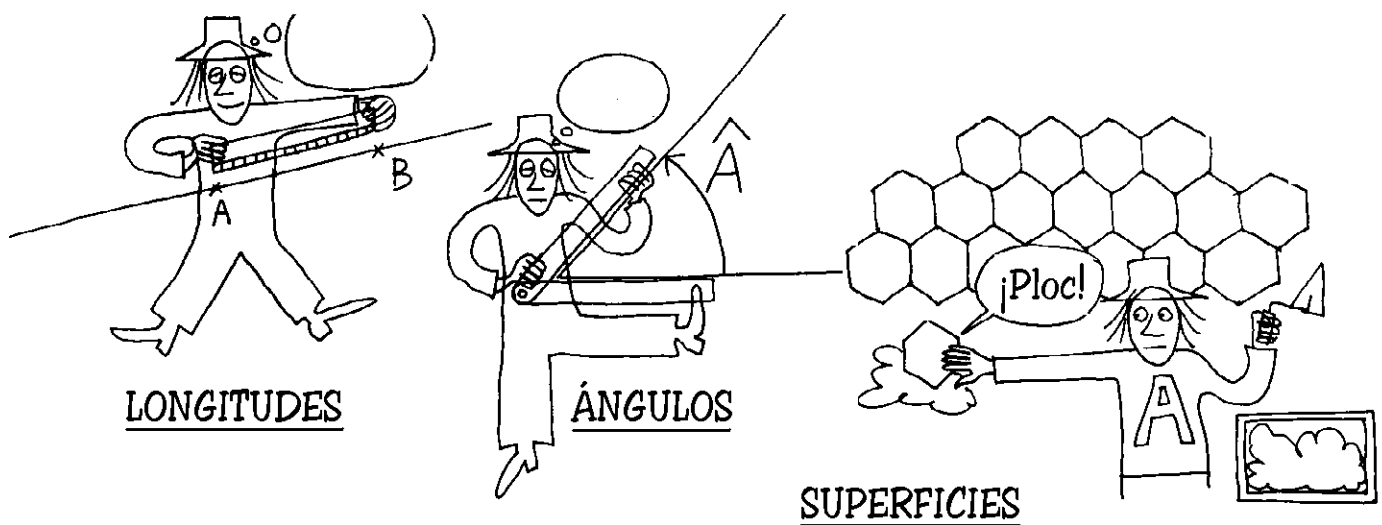


LA NOCIÓN DE ESPACIO:

Hace poco las nubes le impedían a Anselmo ver más allá de su propia nariz... o casi. Dificilmente habría podido darse cuenta de la **CURVATURA** de su **ESPACIO ESFÉRICO**. Hay otra forma de impedir que Lanturly observe esta **CURVATURA**: hacerlo yacer sobre la superficie, formando **PARTE** de ésta.



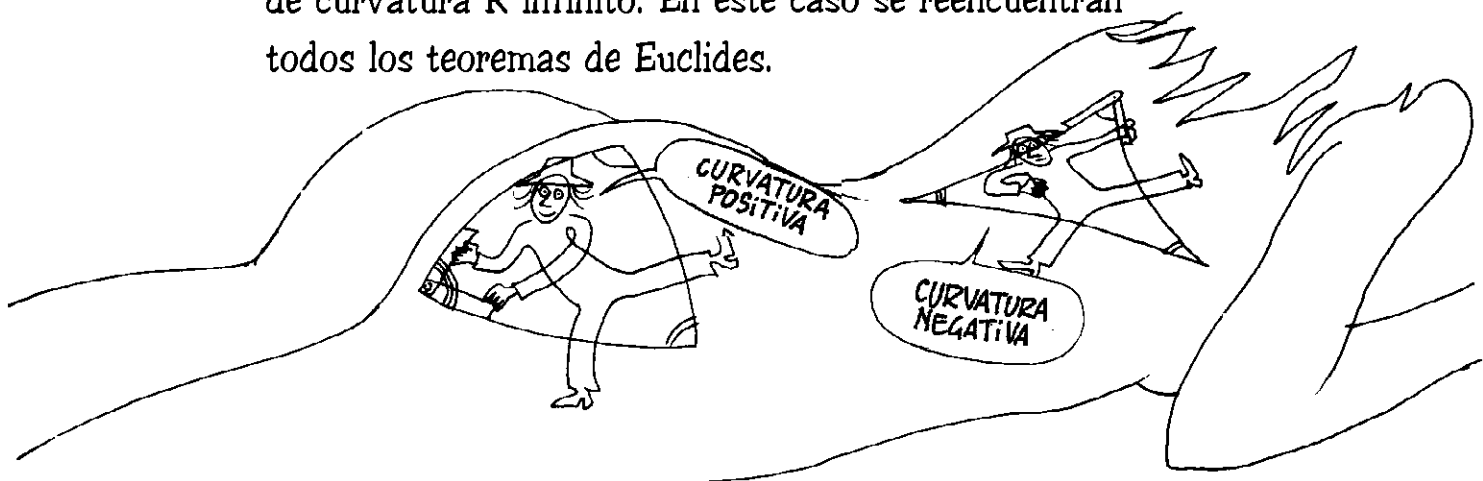
Nótese que en esta nueva situación nada impide las mediciones de:



Aún confinado EN la superficie, Anselmo habría podido perfectamente constatar la curvatura, definir su signo (positiva o negativa) y hasta medirla, a pesar de no poder observarla. Si la suma de los ángulos de un triángulo es 180° , entonces la superficie es PLANA. Si la suma supera 180° , la curvatura es positiva y Anselmo puede calcular el radio de curvatura R usando la fórmula: $\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \left(1 + \frac{A}{3,14 R^2} \right)$ grados, donde A es el área del triángulo.

Si la suma es menor que 180° , se puede definir un radio de curvatura R dado por $\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \left(1 - \frac{A}{3,14 R^2} \right)$, pero este no tiene el sentido físico usual.

Nótese que un PLANO puede ser asimilado a una superficie con un radio de curvatura R infinito. En este caso se reencuentran todos los teoremas de Euclides.

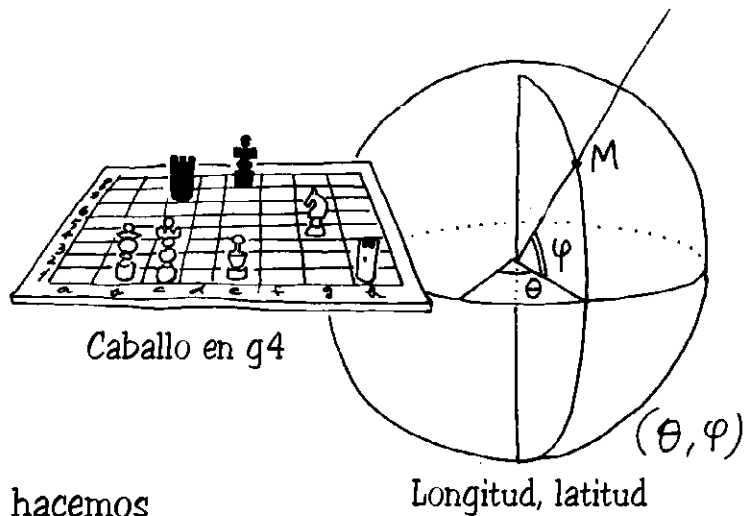
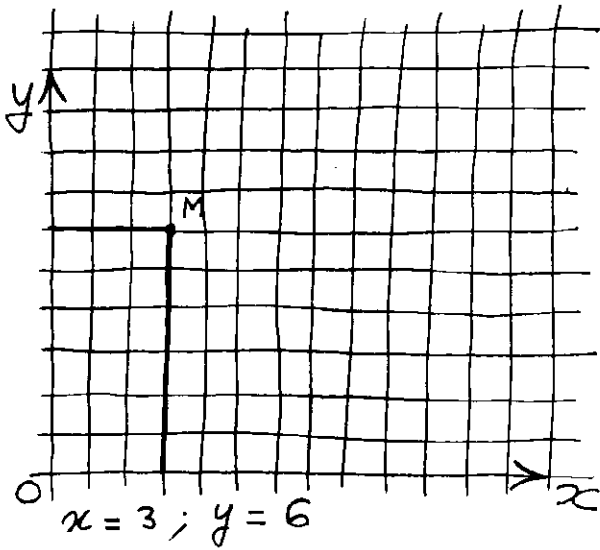


EL CONCEPTO DE DIMENSIÓN

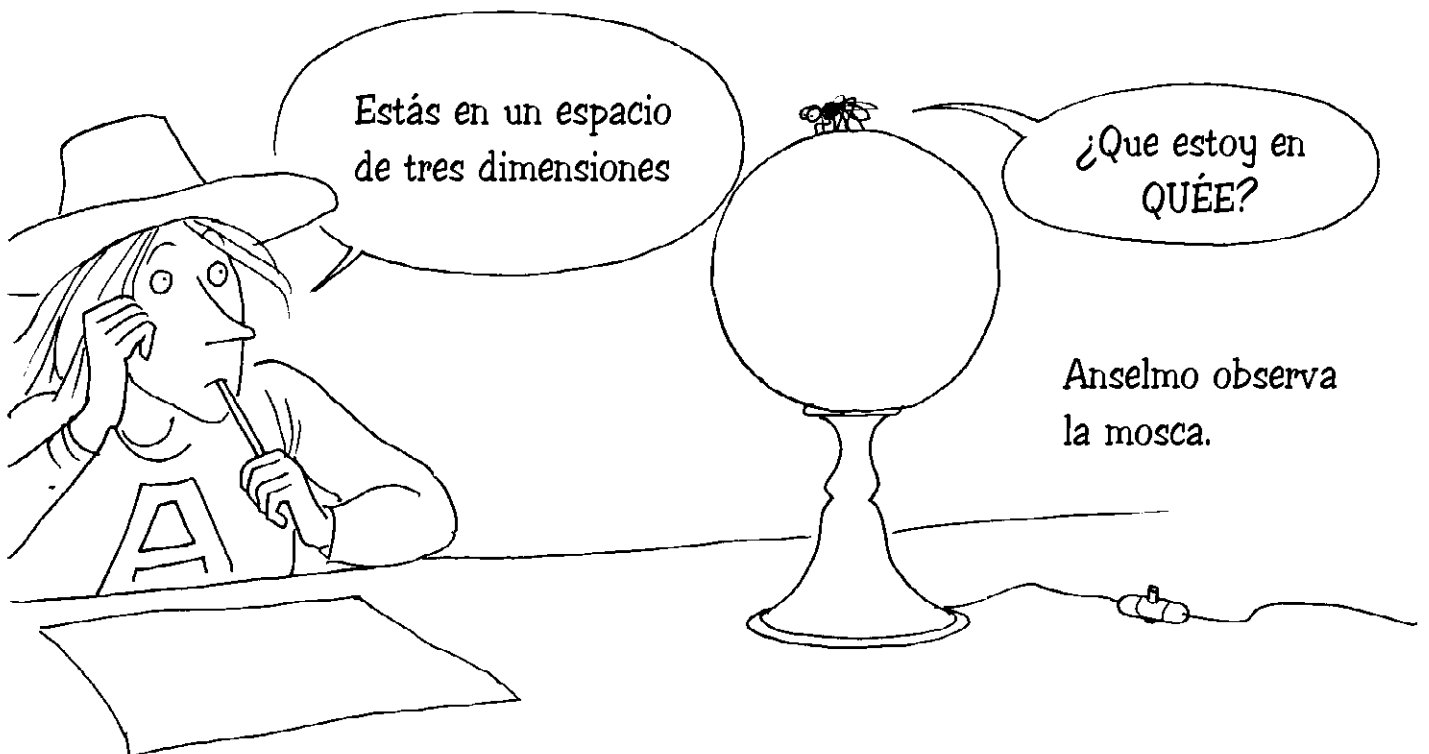
El número de dimensiones es simplemente el número de cantidades o de coordenadas que es necesario suministrar, en un espacio cualquiera, para definir un PUNTO.

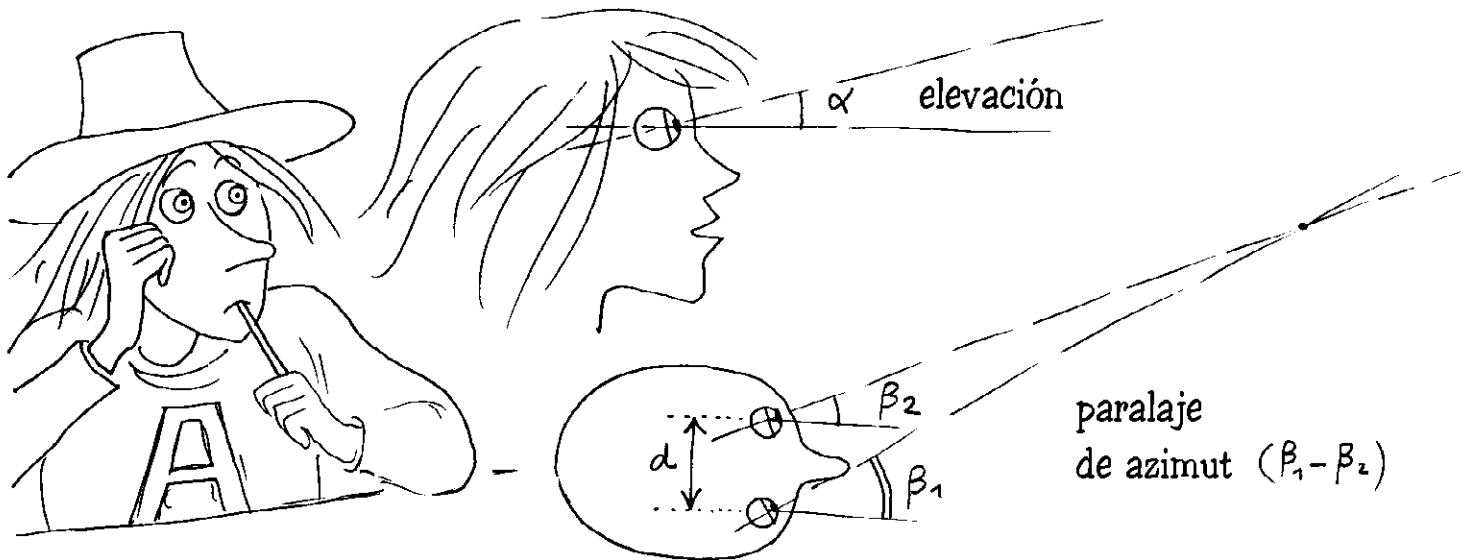
Las superficies son representaciones de espacios en dos dimensiones.

Las cantidades que sirven para definir las pueden ser longitudes, números, ángulos...



Solemos decir que nuestro espacio, si hacemos caso omiso del tiempo, tiene tres dimensiones.





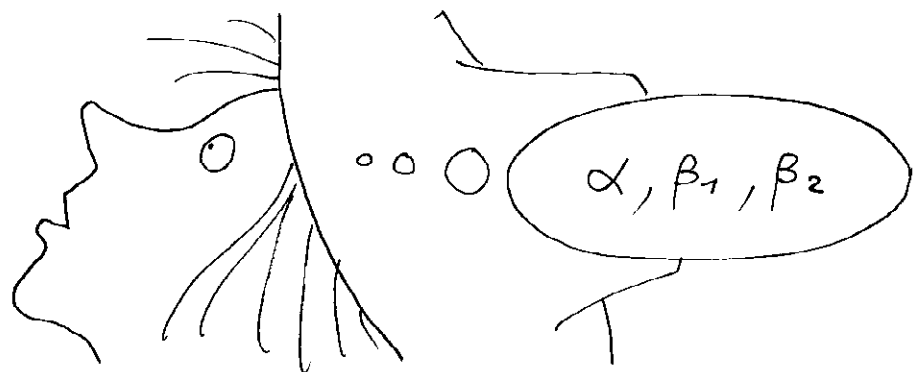
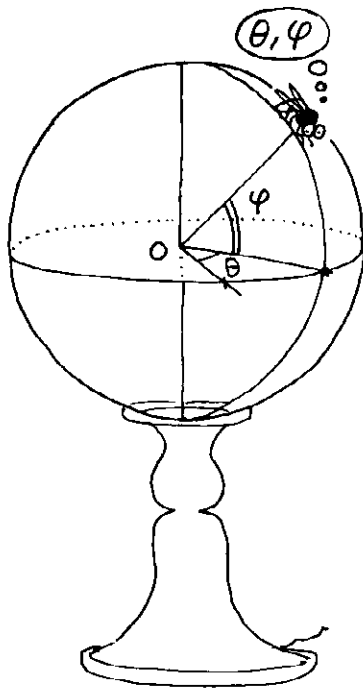
Anselmo posiciona los objetos en relación a su cuerpo y a su bóveda craneana. La posición de un objeto puntual es conocida con la ayuda de tres **ÁNGULOS**: su elevación α y las desviaciones azimutales β_1 y β_2 de sus dos ojos.

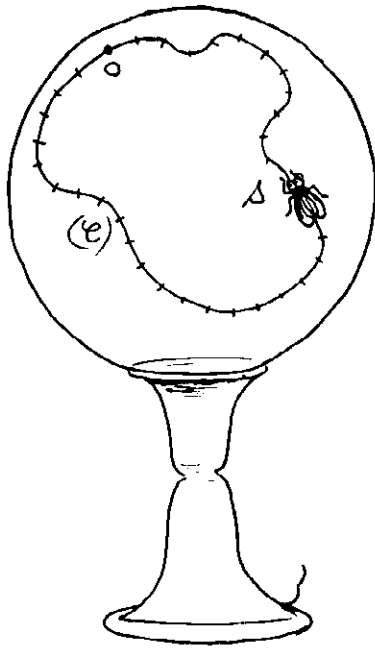
La diferencia angular $\beta_1 - \beta_2$ se denomina el paralaje. En el cerebro de Anselmo se dá una decodificación que transforma este paralaje en distancia.

LA INMERSIÓN:

La mosca también puede moverse sobre el globo esférico de la lámpara. En este espacio bidimensional su posición puede ser especificada gracias a dos ángulos θ y ψ (longitud y latitud).

Decimos que este espacio de dos dimensiones está **INMERSO** en nuestro espacio de tres dimensiones.



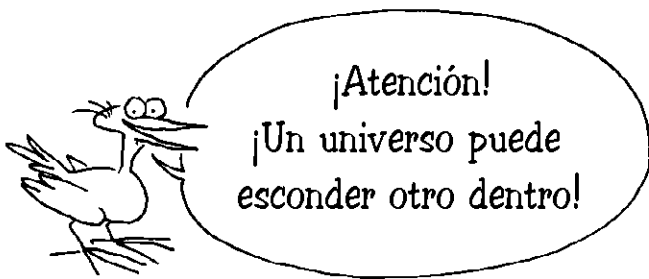


Supongamos que la mosca sigue una curva (e) trazada sobre la esfera. Se podría establecer su posición con una sola coordenada (su distancia a partir de un punto de origen, calculada algebraicamente).

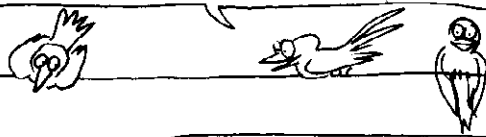
Una curva es una representación de un espacio de UNA dimensión.

Este espacio unidimensional está inmerso en un espacio bidimensional (esfera), el cual a su vez está INMERSO en un espacio tridimensional.

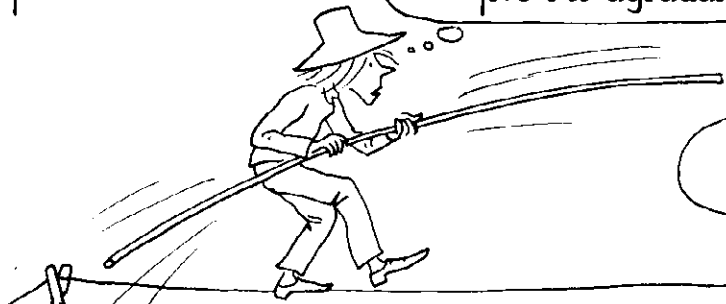
El espacio en el que vivimos podría estar inmerso en un espacio de dimensión superior sin que tengamos consciencia de ello.



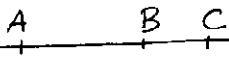
¿Sabías, querido amigo, que nos definimos en un espacio de una dimensión?



¡No me agradan para nada los espacios unidireccionales!

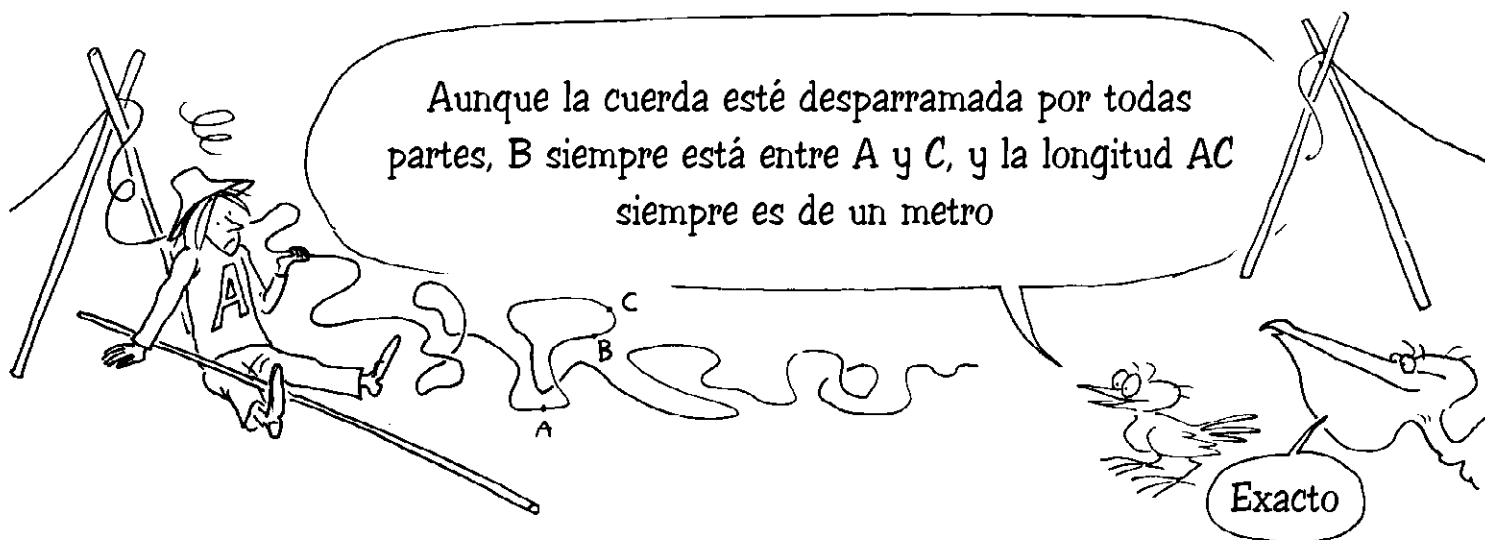


La distancia AC es de un metro

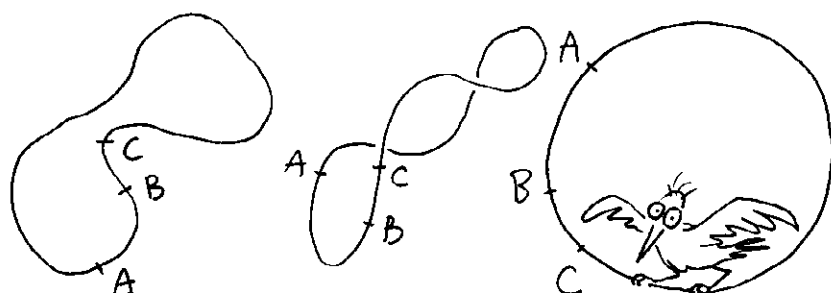


B está entre A y C





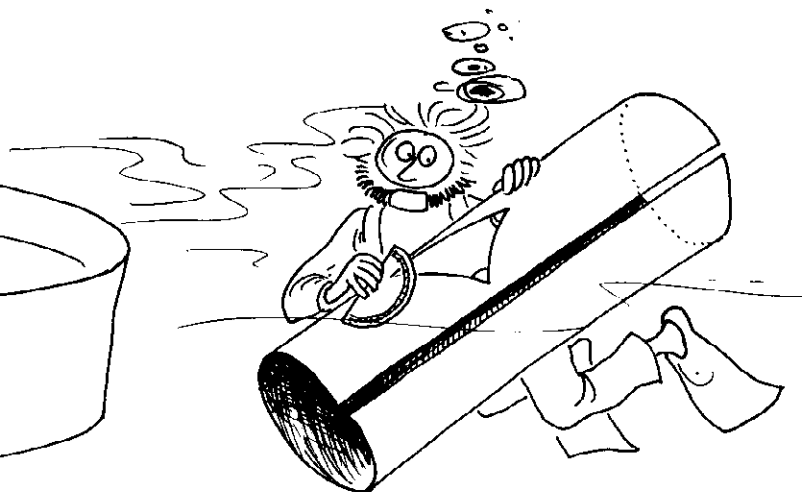
Esto sugiere que ciertas propiedades pueden ser independientes del modo en que se realiza la inmersión.



Aquí tienen diferentes formas de **EMBEBER** una **CURVA CERRADA** en el espacio habitual. La **CLAUSURA** es una propiedad independiente de la inmersión.

Nos hemos cuidado de no estirar o contraer la cuerda con el fin de no modificar las **LONGITUDES** entre dos puntos consecutivos. Ahora podemos intentar **EMBEBER** las superficies en el habitual espacio de tres dimensiones.

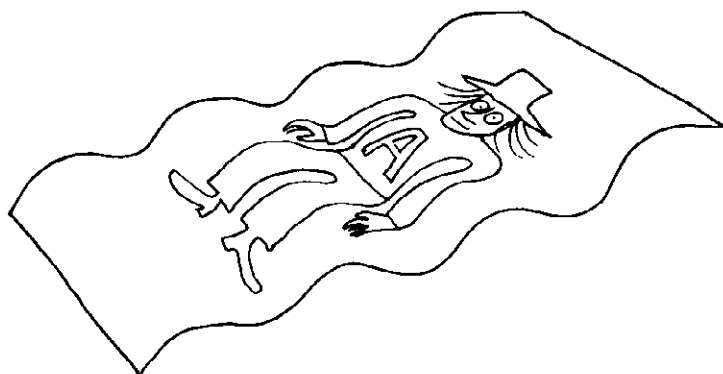
Si **SUMERGIMOS** un **PLANO** en el habitual espacio de tres dimensiones, podemos desplazarlo o hacerlo girar sin modificar su **GEOMETRÍA**.



Hemos visto que el hecho de deformar un plano envolviendo un cilindro no modificaba ni las geodésicas ni los ángulos.

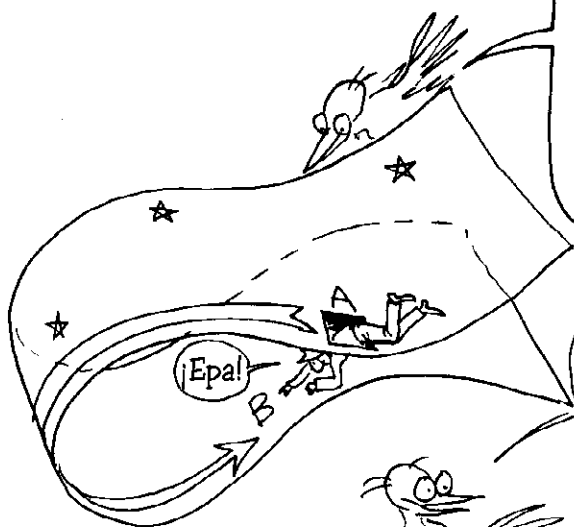
Desde este punto de vista, una lámina ondulada también tiene una geometría PLANA, EUCLIDIANA.

Un habitante de un tal espacio bidimensional y euclidiano no tendría consciencia alguna de traslaciones, rotaciones u ondulaciones, las cuales no serían otra cosa que variaciones en el modo de inmersión en el espacio tridimensional.



De la misma forma, es posible que nuestro espacio tridimensional pueda él mismo estar inmerso en un espacio con un número mayor de dimensiones, sin que podamos darnos cuenta de ello.

En efecto, una inmersión de ese tipo no afectaría las geodésicas de nuestro espacio, ni nuestra percepción basada en la luz, que sigue las geodésicas del espacio



Se podría entonces concebir, entre dos puntos, un camino más corto que el camino seguido por la luz

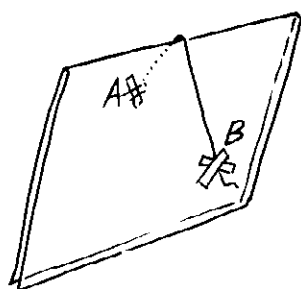
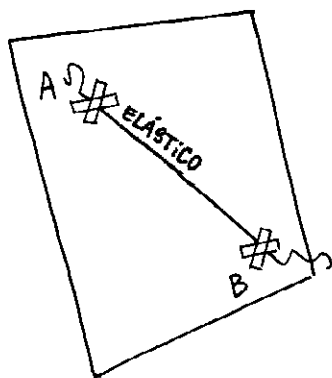
Oye, un momento...

¿Qué haces?

¡Sé a dónde quieres llegar!
¡Me quieres llevar al mundo de la fantaciencia!

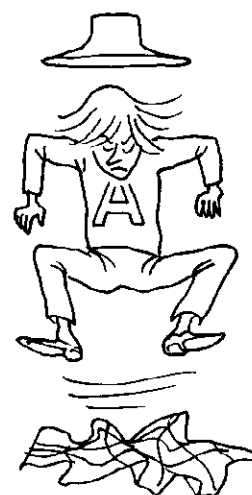
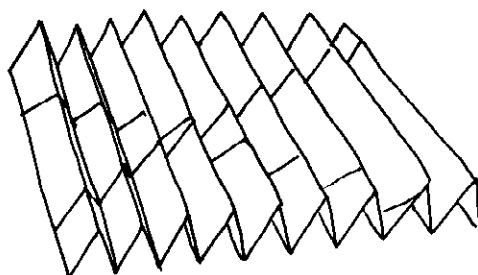
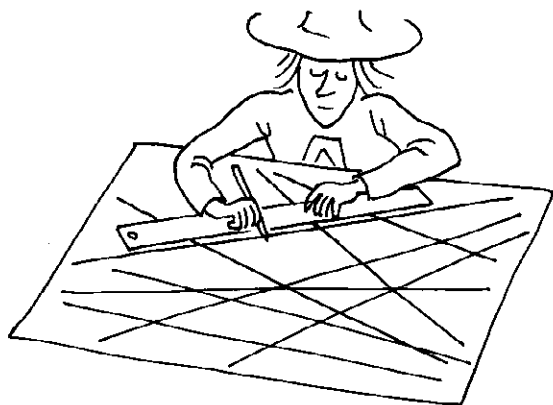
¡Exploro el fondo de mi concha!

Tomemos un elemento de un plano y dóblémoslo:



¡El pliegue no modifica en nada el trazado de mi geodésica!

Sobre una hoja de papel, con la ayuda de una regla, tracen varias rectas geodésicas y luego hagan pliegues en la hoja. Verán siempre las geodésicas de la superficie, con o sin pliegues.



Pero ojo, esta primera parte del viaje no ha sido mayor cosa. Pasemos ahora a la próxima etapa, los:





¿El señor Lanturly?

Soy representante de la firma
Euclides & Cia. Nos
enteramos que tuvo Usted...
estee... algunos inconvenientes
con nuestro material

¡Así es!

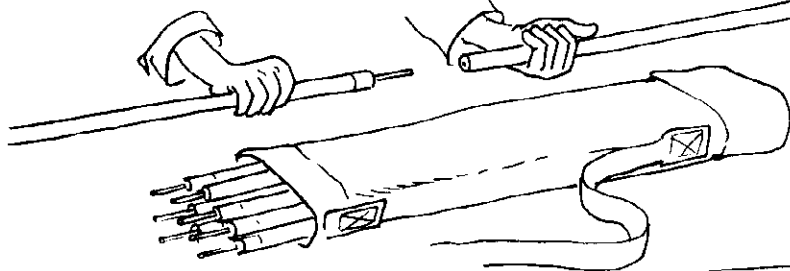
Traigo aquí nuevos
artículos que le darán
esta vez completa
satisfacción

A ver

El futuro es lo
tridimensional,
La geometría en
dos dimensiones
está un poco...
...anticuada

FLUIDO COSMICO
TEST ESPACIAL

Nuestra nueva confección de geodésicas...



... se compone de barras rígidas que
encajan perfectamente las unas con las
otras...



Y le permitirán no torcerse ni a derecha, ni
a izquierda, ni hacia lo alto ni hacia lo
bajo, sino ir... ¡SIEMPRE RECTO!

Para la medición de las superficies,
esta pintura. Exactamente cien
gramos por metro cuadrado

Para medir los volúmenes,
llénelos con este cilindro de gas
y podrá leer directamente el valor
en el flujómetro de TEST ESPACIAL

Ingenioso


Y recuerde: superficie de la esfera: $4\pi L^2$,
volumen: $\frac{4}{3}\pi L^3$

De acuerdo

EUCLIDES & C^{ia}


¡Vaya
trabajo!

Esta vez Anselmo aterriza en un espacio
tridimensional y nosotros lo seguiremos
en su exploración.



Es un buen material.
Y estas barras tienen
exactamente un metro

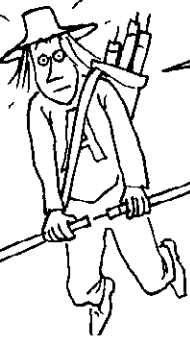
Pero después de haber puesto una buena
cantidad de barras...



¡Ay no! ¡Otra vez como antes!


¡Mi geodésica se cierra
sobre sí misma!

¿Un espacio tridimensional cerrado?

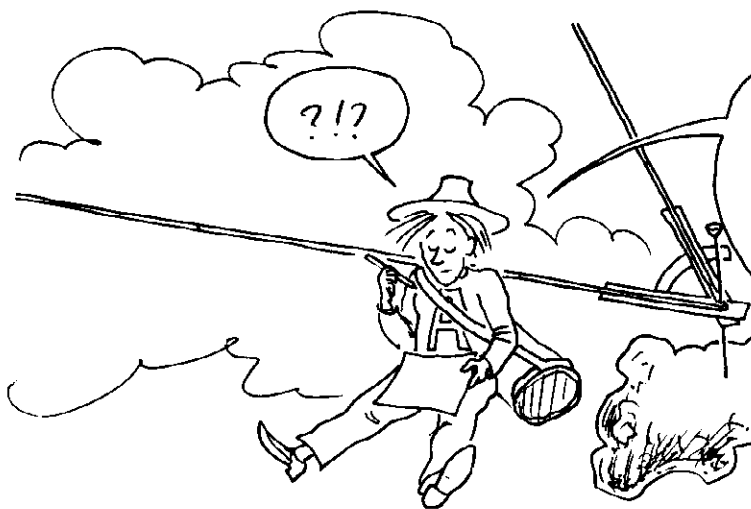


¡Es el fin de
todo!

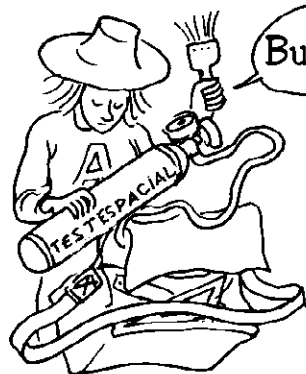
Sentado sobre un asteroide para
una pequeña merienda, Anselmo
decide pasar al método de medición
de los ángulos.



Tal como antes,
voy a utilizar tres
GEODÉSICAS
para formar un
TRIÁNGULO



¡Mis geodésicas están construidas adecuadamente, pero la suma de los tres ángulos es superior a 180° !!



Bueno...

FSC HHHHHHHH



Voy a fabricar una para medir su volumen y su superficie

Una esfera de radio L es un conjunto de puntos situados a una distancia L de un punto fijo, al que llamaré N

La superficie es menor que $4\pi L^2$



¡Y el volumen es menor que $\frac{4}{3}\pi L^3$!



¡Me han fallado de nuevo!

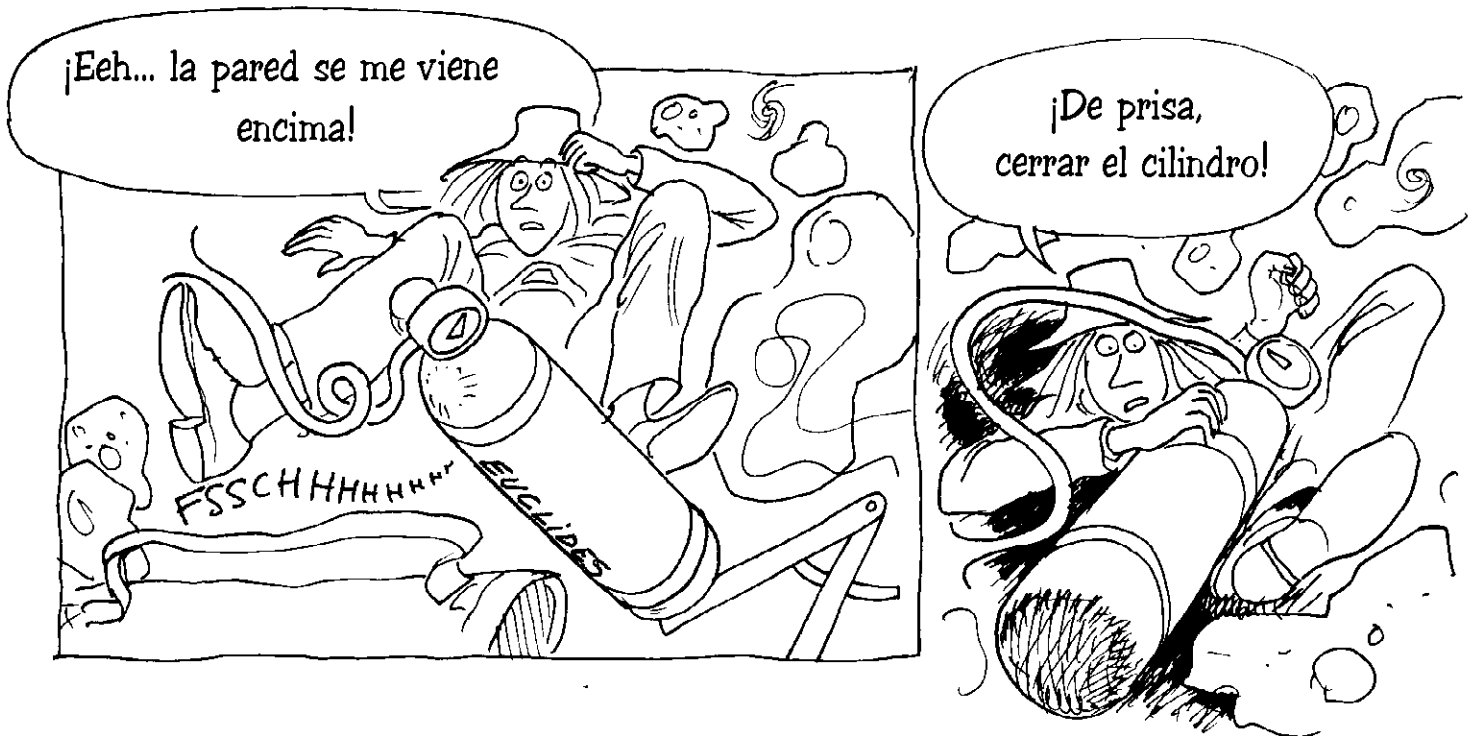
Anselmo sigue aumentando el radio L de la esfera.

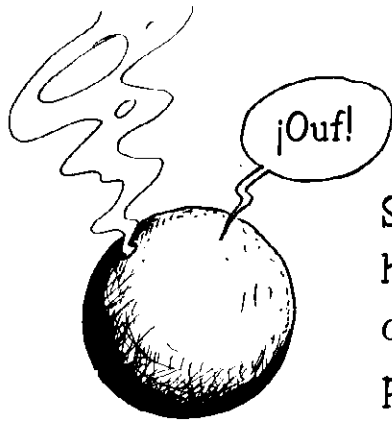


Más y más...



Un poco más tarde...





Así, inflando un simple globo en un espacio de tres dimensiones, Lanturly terminó encontrándose... ¡ADENTRO!

Si no hubiera cerrado el cilindro a tiempo, habría podido ser aplastado, tal como le ocurrió cuando quedó prisionero de su propio cercado en la página 13.

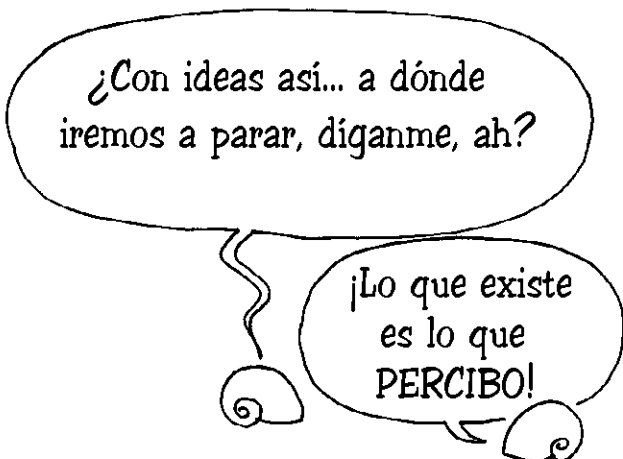
Incluso con la mejor voluntad del mundo, no es posible por ahora VISUALIZAR la CURVATURA de este espacio tridimensional. Sus geodésicas se cierran y su volumen no representa más que un número FINITO de metros cúbicos, así como la superficie de nuestro planeta, cerrada ella misma, no ofrece más que un número FINITO de metros cuadrados.

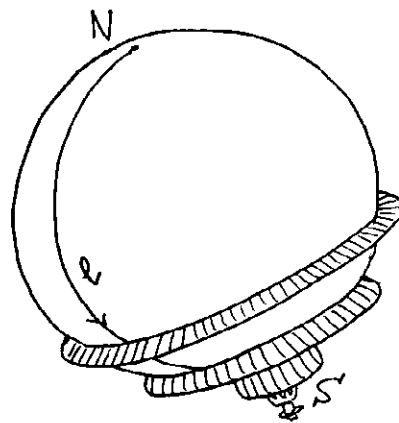
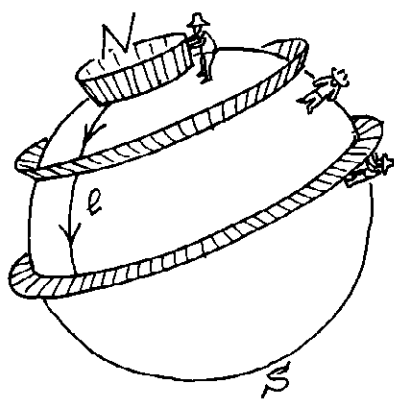
La suma de los ángulos internos de un triángulo de este espacio de tres dimensiones es mayor que 180° . Para "VER" su curvatura, haría falta ser capaz



de percibir en cuatro dimensiones.

También se puede decir que nuestro UNIVERSO en tres dimensiones es una HIPERSUPERFICIE inmersa en un espacio de cuatro dimensiones, el cual a su vez puede estar inmerso en un espacio de cinco dimensiones, etc. Pero hoy día no queda uno bien diciendo tales cosas.





Al agrandar el radio L de su región sobre una esfera, Lanturly terminó hallándose en las antípodas S del punto N , centro de su círculo, y además encerrado dentro de su propio cercado. Lo mismo ocurre en el espacio tridimensional con curvatura positiva.

En el espacio bidimensional de la esfera, Anselmo encontraba el ECUADOR luego de haber cercado la mitad de la superficie disponible. Al ECUADOR del espacio tridimensional HIPERESFÉRICO, en cambio, Anselmo llega cuando su globo ocupa la mitad del volumen disponible. Sobre la esfera, el círculo del ecuador se le presentaba como una recta; en el espacio hiperesférico, el "globo ecuatorial" le parecerá, en cambio, un PLANO.

Más allá del ecuador la CONCAVIDAD del globo se invierte y logra automáticamente centrarse alrededor del punto antipodal S del punto N , centro del globo.

Sobre una esfera, cada punto tenía un antípoda.

Aunque resulte difícil de comprender, lo mismo ocurre en un espacio hiperesférico en tres dimensiones





¿Problemas...?

Eee... cómo decir...
tengo una gran confusión en mi cabeza



¿Me recuerdas? Soy Sofia.
Las curvaturas de todo tipo
son mi especialidad

La navegación en las
hiperesferas es toda una
sorpresa para el principiante.
Hay que evitar bloquearse
y avanzar poco a poco

Ya veo...

Perdí un tanto el hilo...





¿Pero dónde está el CENTRO de esta hiperesfera?

Si dibujo una circunferencia sobre el PLANO, estamos de acuerdo que se trata de una representación de un espacio de una dimensión, cerrado e INMERSO en un espacio de dos dimensiones: el PLANO

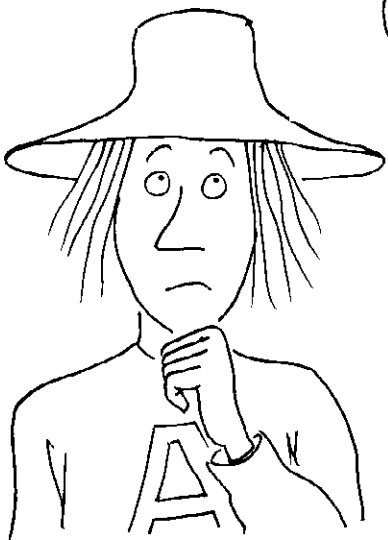
Y su centro NO ESTÁ sobre la circunferencia



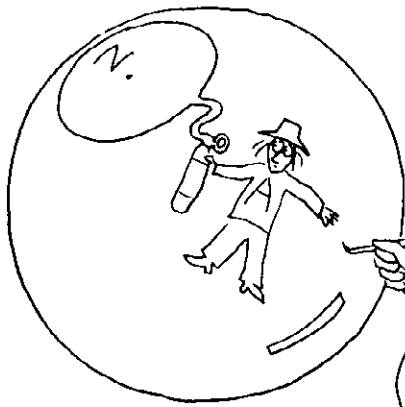
Mmm...



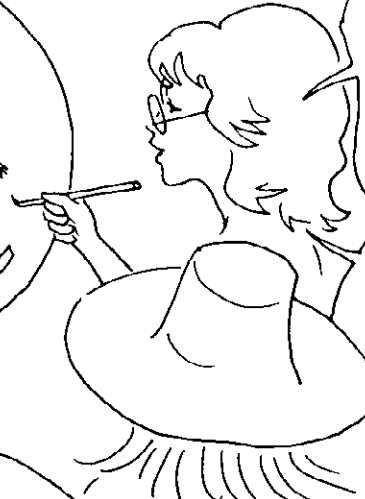
Una esfera representa un espacio cerrado de DOS dimensiones, inmerso en un espacio de tres. El centro de dicha esfera no yace sobre la esfera, sino en el espacio de tres dimensiones



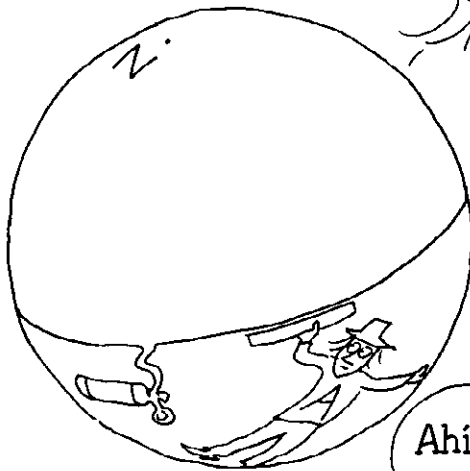
El centro de un espacio hiperesférico de tres dimensiones podría estar en un espacio de cuatro si suponemos que aquél está INMERSO. Y así sucesivamente... también el centro de un espacio hiperesférico de cuatro dimensiones estaría en un espacio de cinco, etc...



Mira, aquí estás en tu mundo de dos dimensiones, pegado encima como una calcomanía



Y comienzas a inflar tu circunferencia, que no es más que una esfera en una dimensión



En un espacio de dos dimensiones, una frontera delimita una superficie. Mientras que en un espacio de tres dimensiones, delimita un volumen



Ahí es cuando llego a la mitad del espacio esférico

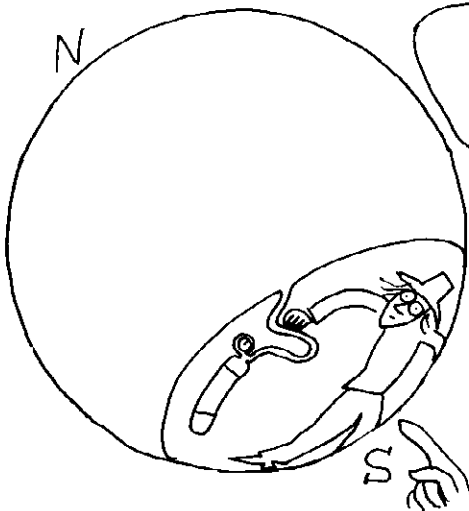


En un espacio de 4 dimensiones, una frontera tendrá tres dimensiones, y delimitará un volumen de cuatro dimensiones

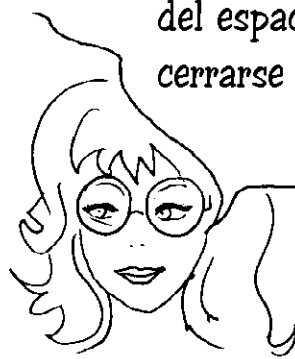
¡No otra vez!

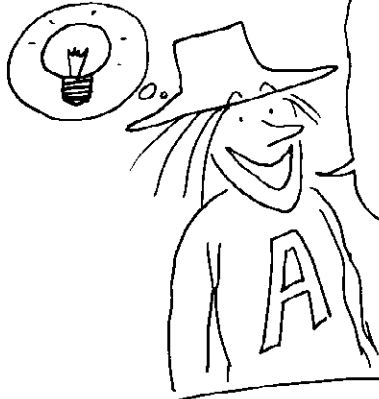


¡Al grano!



Mira aquí. Tu círculo, que es un "globo de una dimensión", empieza a contener más de la mitad del espacio disponible. Así que comienza a cerrarse sobre ti, convergiendo al punto antipodal S



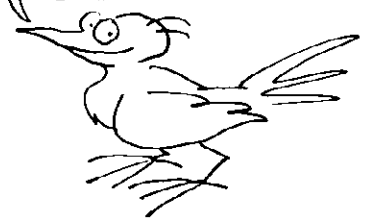


De la misma forma, cuando en mi espacio curvo de tres dimensiones inyecto más de la mitad del volumen total, el globo se cierra sobre mí, convergiendo hacia el punto antipodal



¡ENTENDÍ!

De hecho, la esfera en este espacio tridimensional curvo tiene evidentemente dos centros que son antipodales



?!!?



Bueno, exactamente no sé qué fue lo que entendí, pero tengo la sensación de haber entendido algo



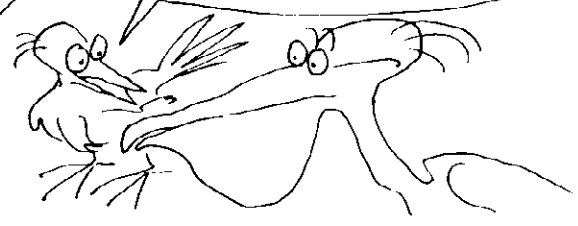
¡Qué cosas!

No, Anselmo, cuando hay más de tres dimensiones **COMPRENDER ES EXTRAPOLAR**

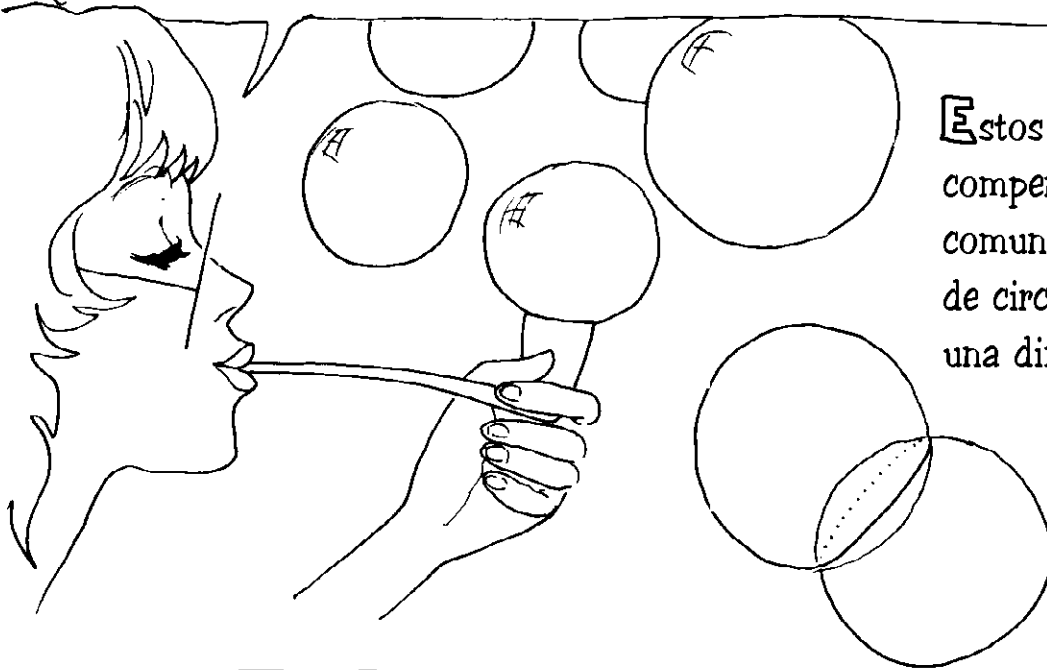


¡Extrapolé sin saberlo!

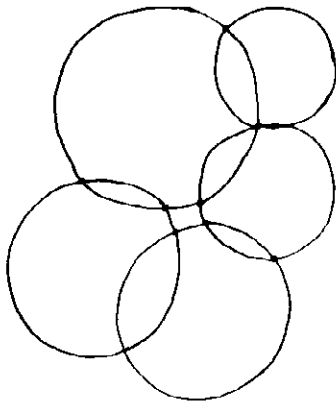
¡Tienes que imaginarlo tú mismo, usando tu cabeza!



Ahora tomo un espacio de tres dimensiones en el que coloco esferas de dos dimensiones, unos cuantos pequeños universos bidimensionales



Estos universos pueden compenetrarse y sus puntos comunes se repartirán a lo largo de circunferencias, objetos de una dimensión.



Así mismo, estas circunferencias, objetos de una dimensión, colocadas sobre una hoja de papel (2 dimensiones), se intersecarán en algunos PUNTOS. (Se suele decir que el PUNTO tiene dimensión cero).



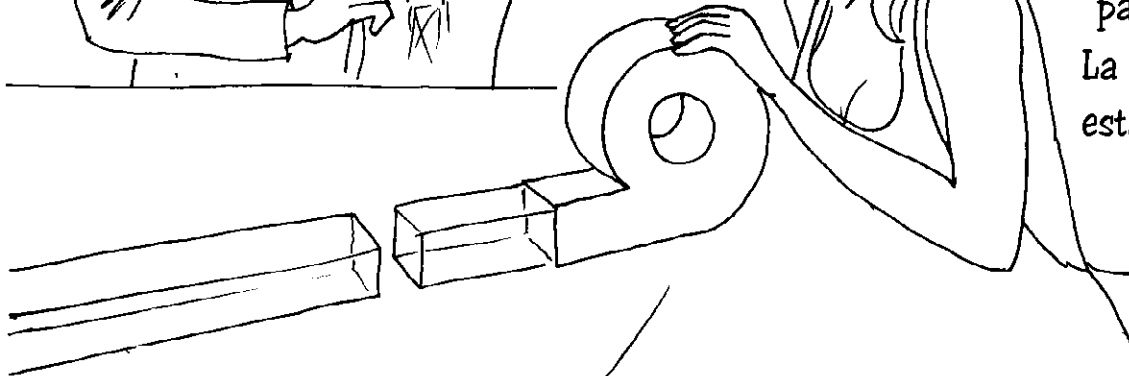
Una esfera puede ser considerada, entonces, como la intersección de dos "burbujas" tridimensionales que se mueven en un espacio de cuatro dimensiones.

Y así sucesivamente: un espacio tridimensional curvo, hiperesférico, puede él mismo ser considerado como la intersección de dos burbujas de jabón de cuatro dimensiones que se mueven en un espacio de cinco dimensiones.

Anselmo y Sofía, después de experimentar el vértigo de la extrapolación, retoman la exploración de nuevos mundos tridimensionales.



Las matemáticas ya no son lo que eran antes...



Mira, esta es una cinta adhesiva tridimensional para las geodésicas. La parte con pegante está, naturalmente, en la punta



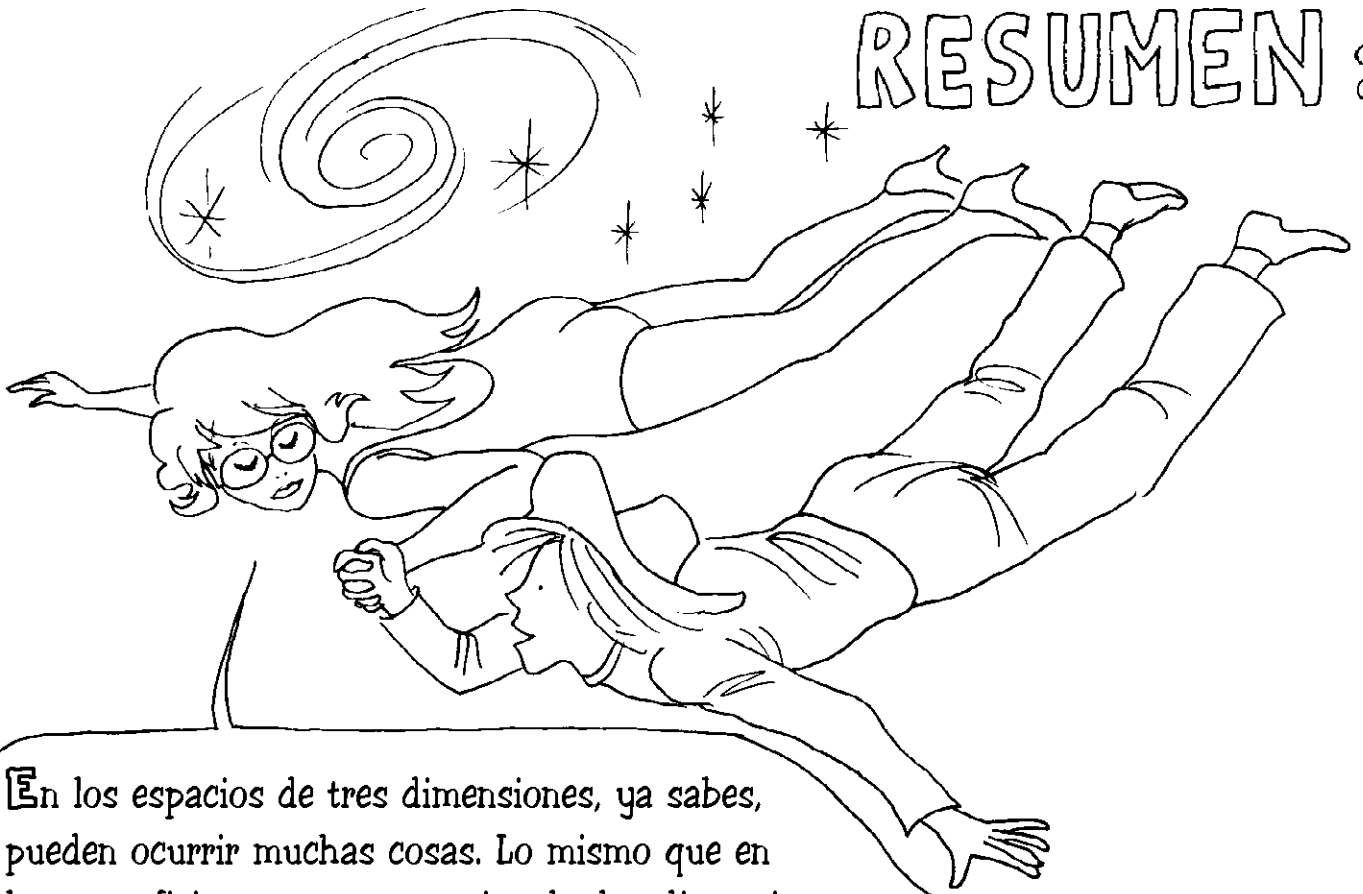
Oye, en este espacio las geodésicas no parecen cerrarse sobre sí mismas. Y si inflo el globo con la ayuda del TEST ESPACIAL, el volumen que resulta es mayor que $\frac{4}{3}\pi L^3$, y la superficie mayor que $4\pi L^2$.

Además, la suma de los ángulos de un triángulo es menor que 180°



Recuerda la página 23, estás de nuevo en un espacio con curvatura **NEGATIVA**

RESUMEN :



En los espacios de tres dimensiones, ya sabes, pueden ocurrir muchas cosas. Lo mismo que en las superficies, que son espacios de dos dimensiones.

Si la suma de los ángulos de un TRIÁNGULO, en un espacio de tres dimensiones, es mayor que 180° , diremos que la curvatura es positiva. Formando una esfera de radio L , encontrarás mediante el TEST ESPACIAL un volumen menor que $\frac{4}{3}\pi L^3$ y una superficie menor que $4\pi L^2$. Este espacio, denominado HIPERESFÉRICO, se cerrará sobre sí mismo. Si la suma de los ángulos de un triángulo, en un espacio tridimensional, es menor que 180° , entonces la curvatura será negativa. El volumen de una esfera de radio L será mayor que $\frac{4}{3}\pi L^3$, y su superficie mayor que $4\pi L^2$. Dicho espacio tendrá una extensión infinita.



Pero si la suma de los ángulos vale 180° , entonces el espacio es simplemente euclidiano

¡Y todo eso para llegar a esto!...

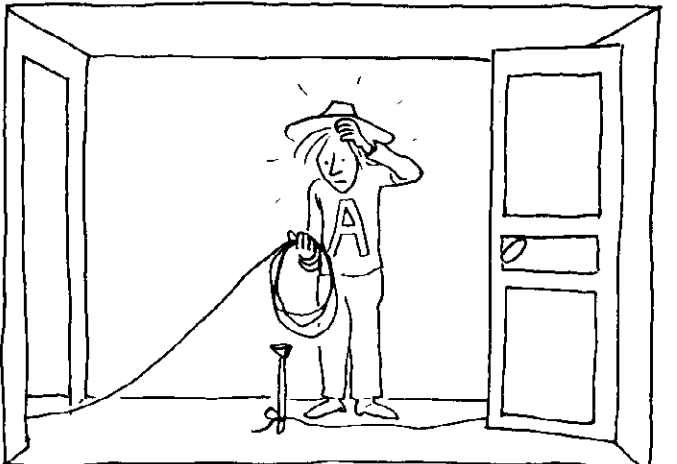
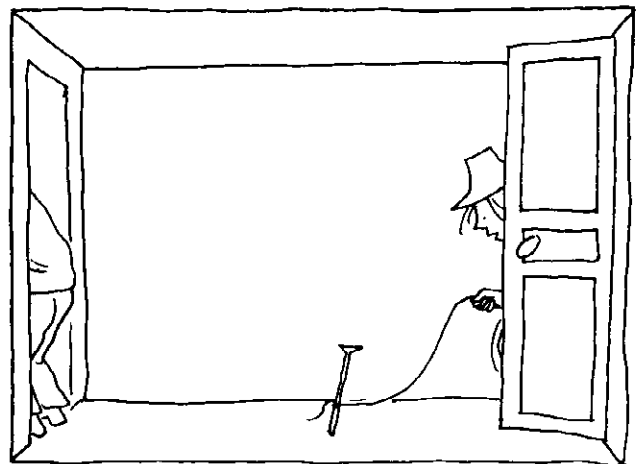
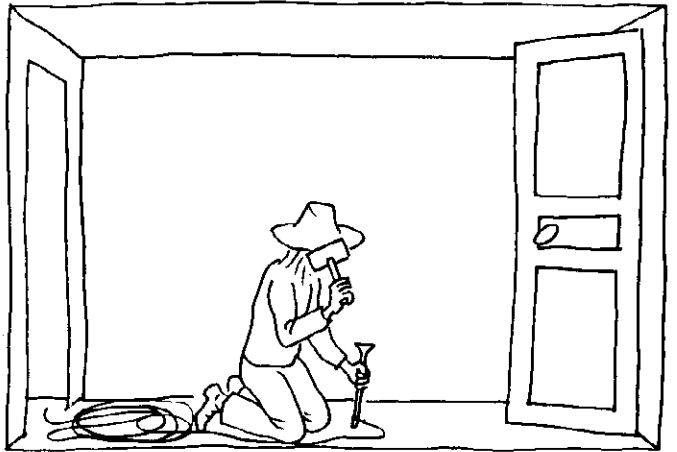
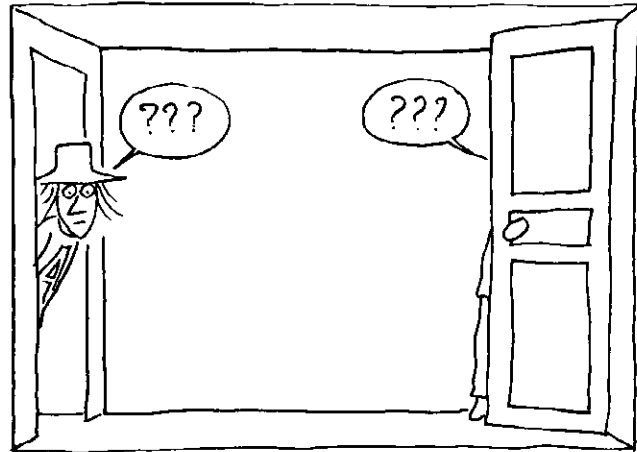
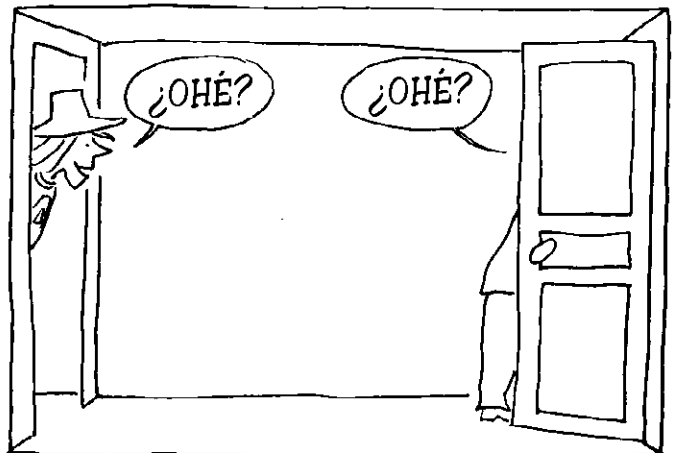
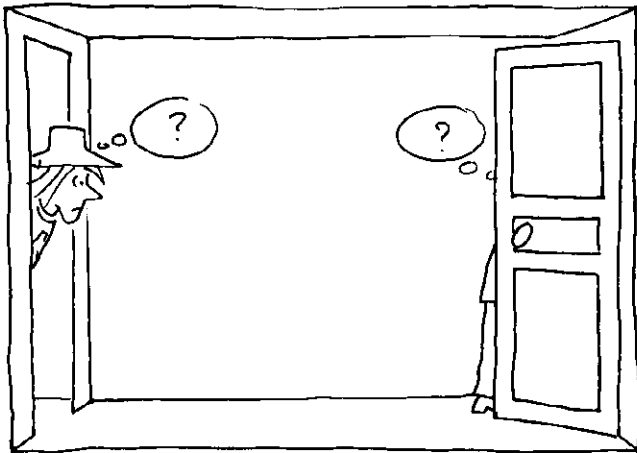
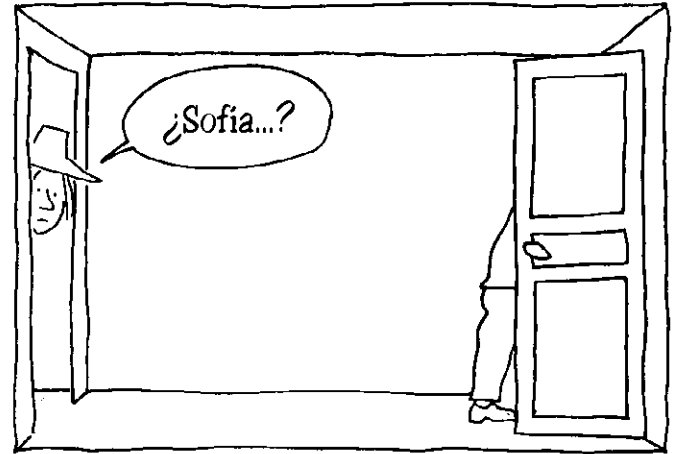
¡UN ESPACIO DEBE SER ABIERTO O CERRADO!...

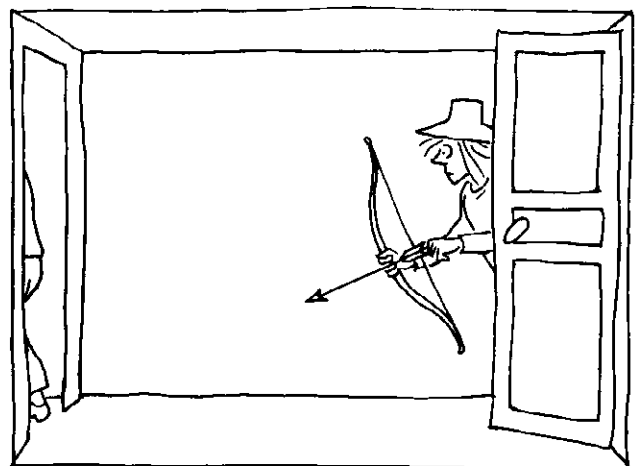
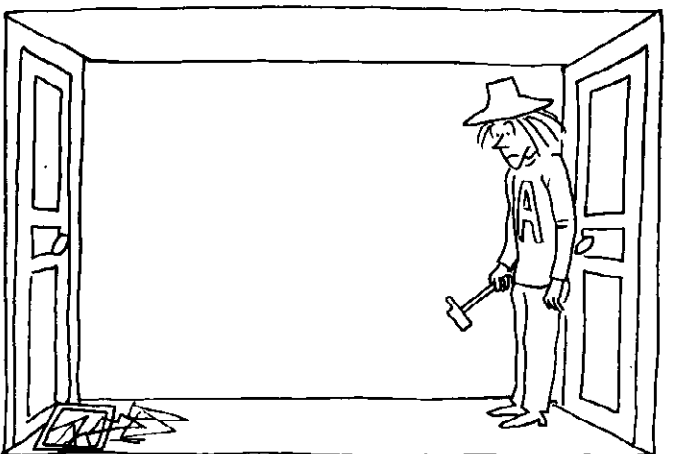
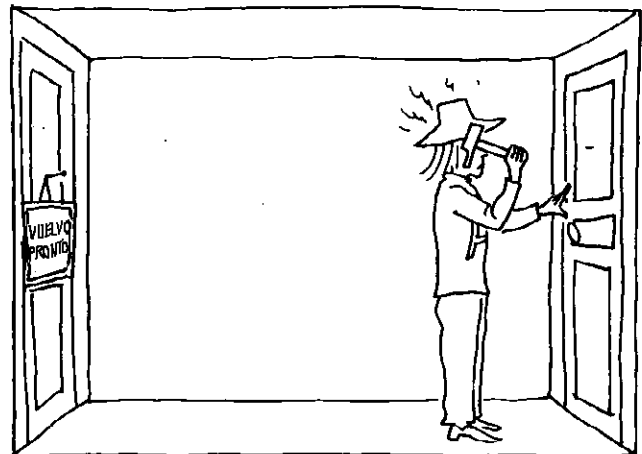
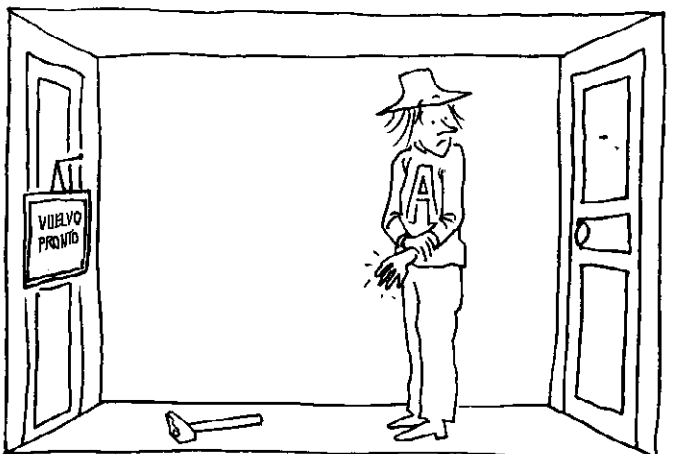
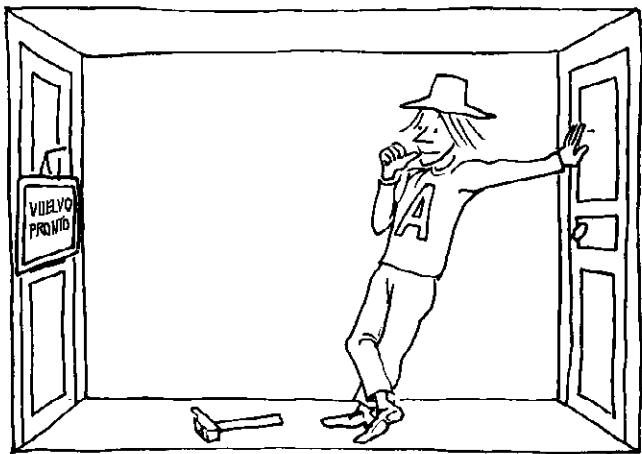
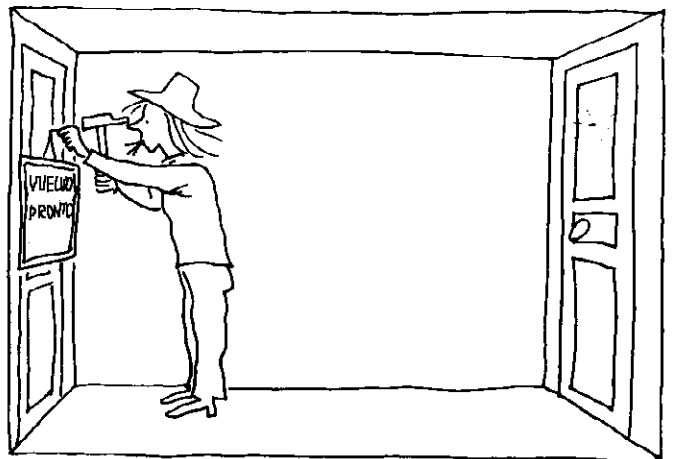
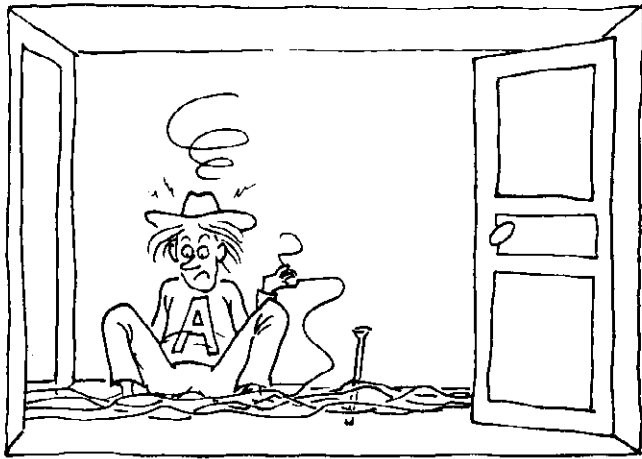
Creo que he comprendido todo.
Cuando un espacio tiene una
curvatura positiva, se cierra
sobre sí mismo

Cuando la curvatura es negativa,
o el espacio es euclidiano, el
espacio no se cierra sino que es
INFINITO

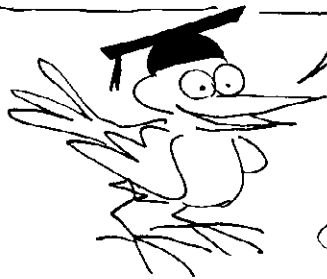


¡NO! ¡El mundo de la
geometría es más rico de
de lo que crees, Anselmo!





Ah, sí, Lanturly ha sido proyectado a un espacio cilíndrico de tres dimensiones. No obstante ser euclidiano, sin curvatura (la suma de los ángulos de un triángulo es allí igual a 180°), dicho mundo se cierra sobre sí mismo

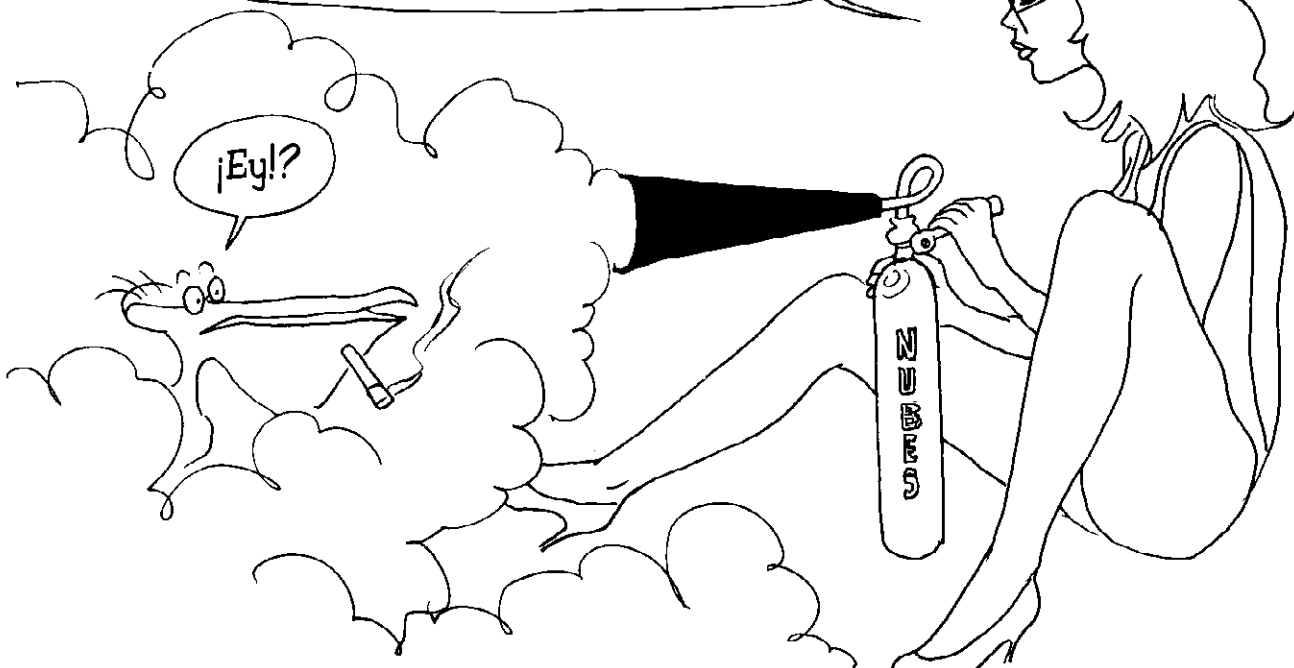


Está bien, admitamos mundos esféricos, hiperbólicos, cilíndricos... Al fin y al cabo los hemos visitado todos, ¿no?

¿Tú crees?

Realicemos un breve retorno a lo bidimensional

¡Ey!?



SIN ADEENTRO NI AFUERA

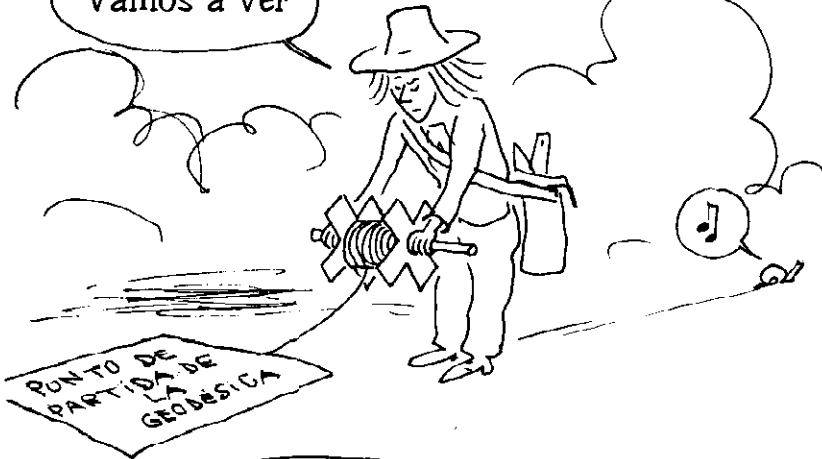
Mi querido Anselmo:

Aquí tienes un caracol domesticado. Véndale los ojos de manera que no pueda ver ni a la derecha ni a la izquierda. Así te trazará una GEODÉSICA perfecta. Hasta pronto,

Sofia



Vamos a ver

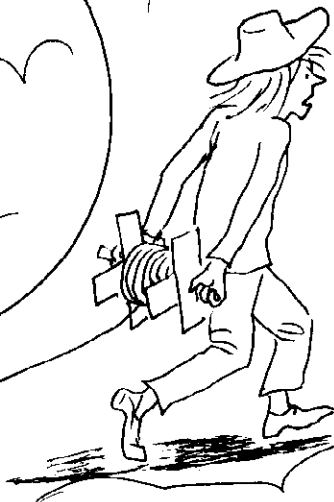


De hecho, ir siempre recto o seguir el camino más corto entre dos puntos es lo mismo

¿A dónde se fue ese animal?!



¡Ey, deténte!

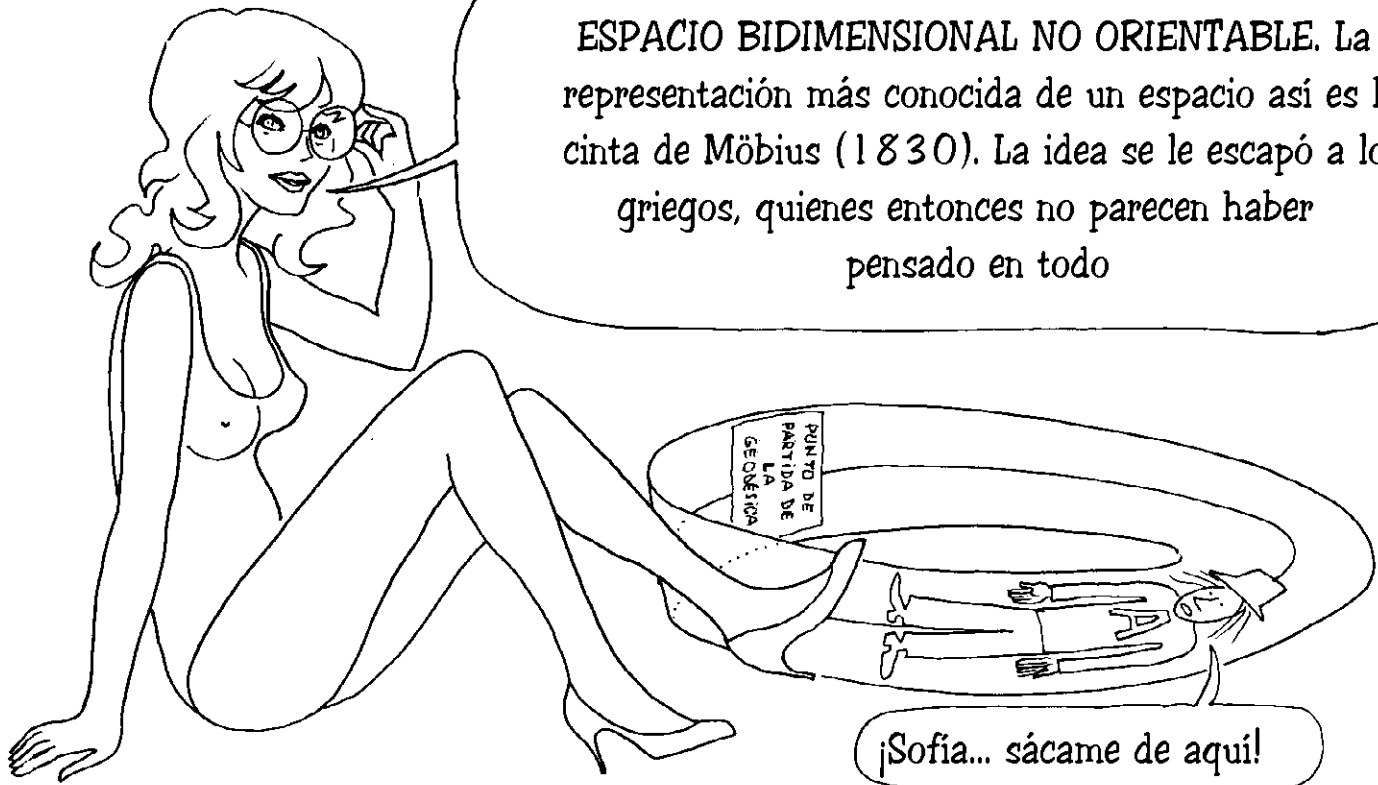




Bueno, casi...



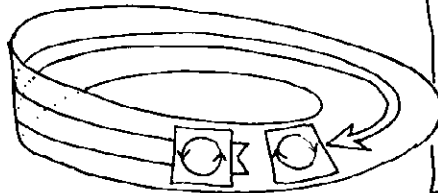
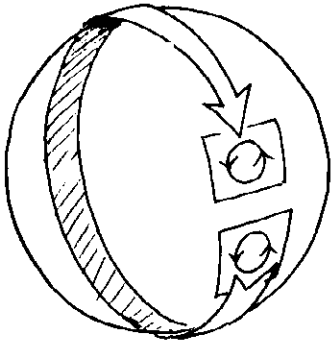
En esta ocasión Anselmo ha terminado en un **ESPACIO BIDIMENSIONAL NO ORIENTABLE**. La representación más conocida de un espacio así es la cinta de Möbius (1830). La idea se le escapó a los griegos, quienes entonces no parecen haber pensado en todo



Tracemos una circunferencia sobre una superficie y curvémosla arbitrariamente.

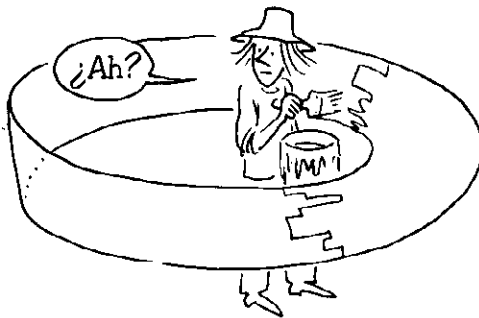
Imaginemos que el círculo es como una pequeña calcomanía que podemos deslizar a gusto sobre la superficie.

Si encontramos un círculo idéntico a sí mismo, diremos que la superficie es **ORIENTABLE** (como en el caso de la esfera, el cilindro, el plano, etc...). Pero si la calcomanía se mueve sobre una cinta de Möbius, va a ser diferente:



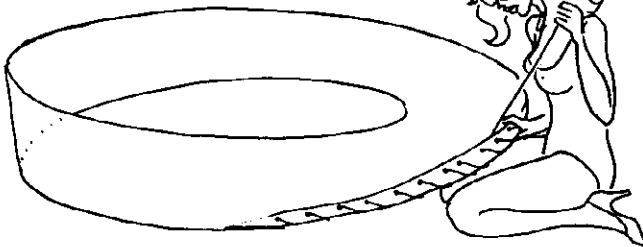
Cada vez que hace un recorrido por este universo de dos dimensiones, la orientación del círculo cambia.

¡Ensáyenlo y verán!



Por eso mismo no es posible pintar una cinta de Möbius con dos colores diferentes: ésta no tiene más que un sólo lado, es decir es **UNILÁTERA**.

Tiene solamente un **BORDE**:



¡Se puede coser de una sola vez!

Anselmo decide clavar unos clavos para marcar el interior y el exterior



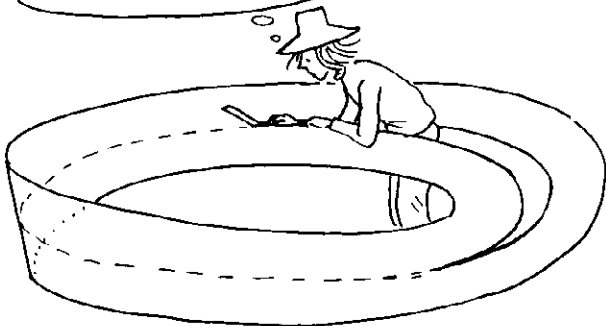
La operación es un fracaso pues la cinta...



¡Rayos...!

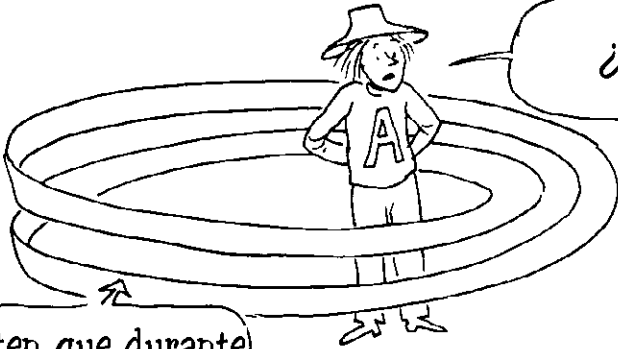


Ensayemos cortándola en dos



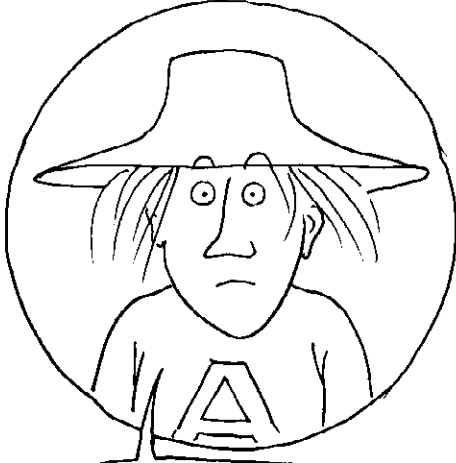
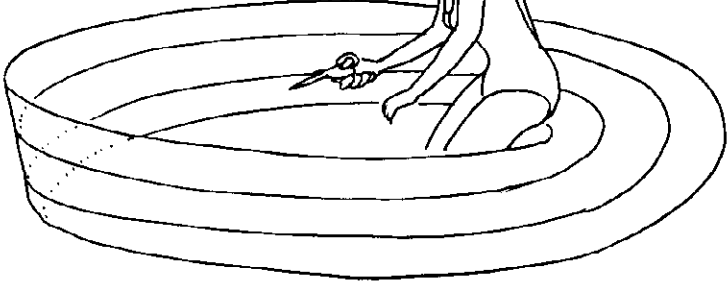
Más fácil decirlo que hacerlo, mi querido Anselmo...

¿Cómo hacer para cortarla en dos?

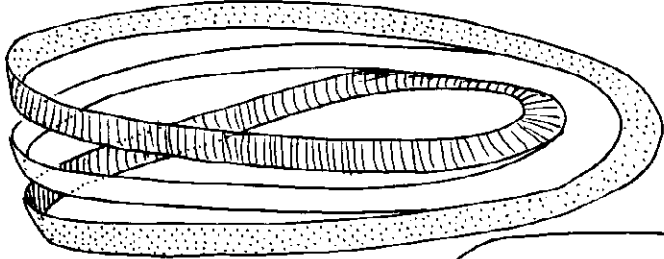


Es fácil: ¡córtala en tres!

Noten que, durante la operación, esta cosa se volvió bilátera



Me siento totalmente desorientado



Noten también que ahora hay una cosa unilátera (blanca) y una bilátera (gris) del doble de longitud que la primera

Luego de este paseo por la cinta de Möbius, volvamos a los espacios euclidianos (sin curvatura) en tres dimensiones.

La orientación del espacio:



Cuando me miro en un espejo, mi mano izquierda se convierte en mi mano derecha.

¿Pero por qué mi cabeza no se invierte con respecto a mis pies...?

¿Y cómo se hace para estar seguro sobre cuál es correcta?



La DERECHA es la opuesta de la IZQUIERDA, y viceversa

Es una cuestión de sentido común (*)

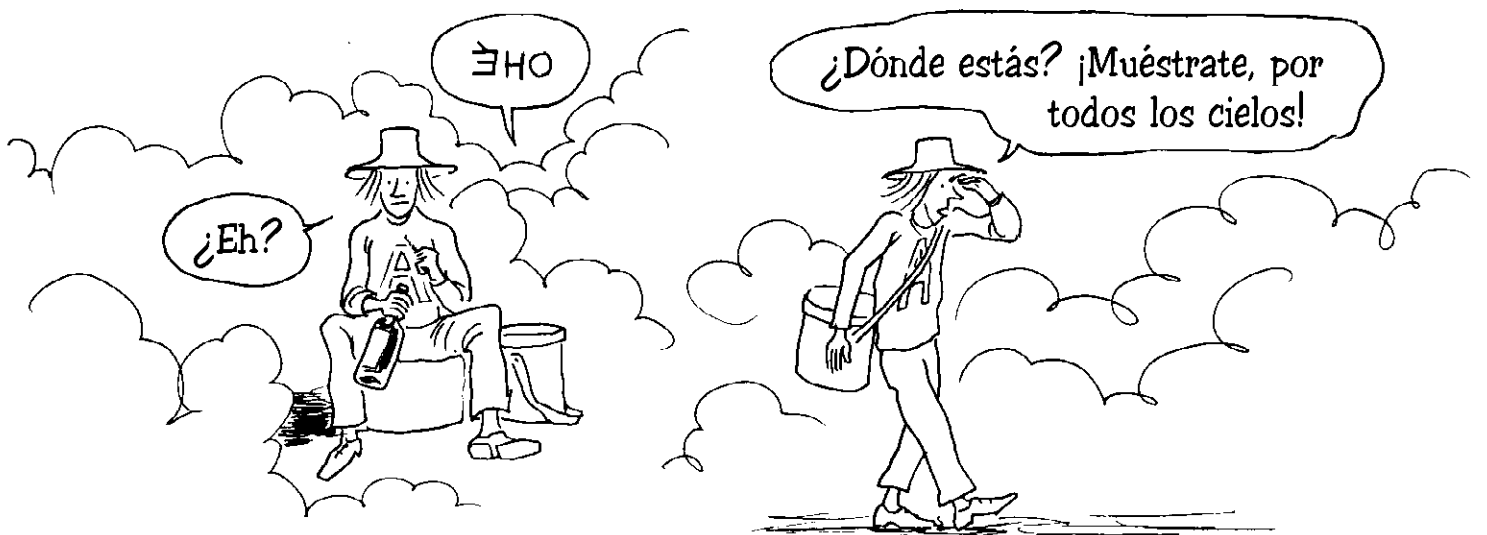


Aló, aló,
¿cómo es que estás seguro de que tu caparazón se enrolla en el sentido correcto?

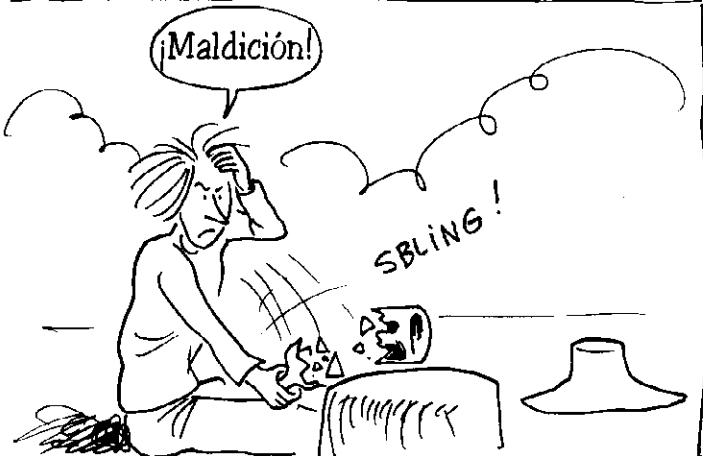
¡Pero qué dices! ¡Si no fuera así, entonces lo sería en el otro sentido!

(*) Juego de palabras en el original: "bon sens" quiere decir tanto "sentido común" como "sentido correcto" (NdT).

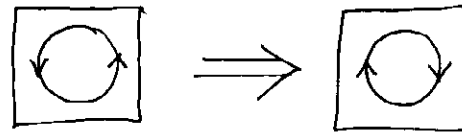
Acompañemos a Anselmo en su exploración de un nuevo mundo tridimensional euclidiano (sin curvatura).



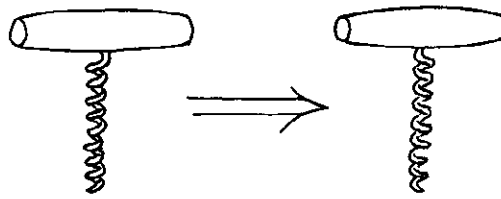




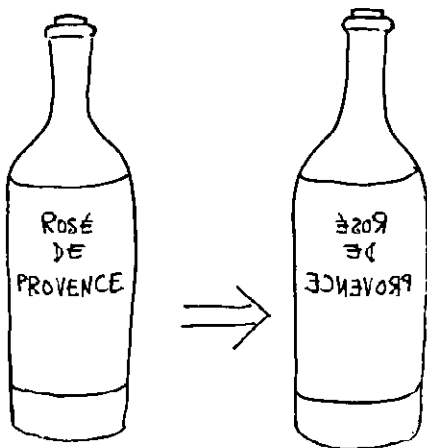
La cinta de Möbius (espacio no orientable en dos dimensiones) tiene entonces un equivalente tridimensional. Cuando el círculo-calcomanía daba la "vuelta" en el espacio euclidiano de la cinta de Möbius, su orientación cambiaba:



Ver la página 54.



Noten que estos objetos son imágenes "especulares". El sacacorchos, y hasta el propio Anselmo, pueden ser considerados como "calcomanías en tres dimensiones". Cada vez que un objeto completa una "vuelta" a ese espacio tridimensional, su orientación se invierte. Puesto que hemos decidido acompañar a Lanturly en su periplo circunspacial, es normal que encontremos, como él, una botella "especular" y un sacacorchos enrollado en un sentido inusual. Una segunda "vuelta" a dicho universo nos volvería a la situación inicial (a condición de que dejemos los objetos en su lugar).



Anselmo y el canguro (del espacio de los antípodas) habitan el mismo espacio, pero difieren en el sentido de que lo que está "al derecho para el canguro" está "al revés para Anselmo", y viceversa.

EPÍLOGO:



Todo está patas arriba. Ya no hay más ni derecha, ni izquierda, ni derecho ni revés.
¿A dónde lleva todo esto? ¿Qué camino seguir?

Tienes que seguir las geodésicas, Anselmo, las geodésicas de tu vida



Nunca nadie me hará creer que el universo es así de extravagante. Esos no son más que delirios de matemático



¡Cosas de las historietas!

Para qué preocuparse con todo eso, si es evidente que el espacio ES euclidiano (*)



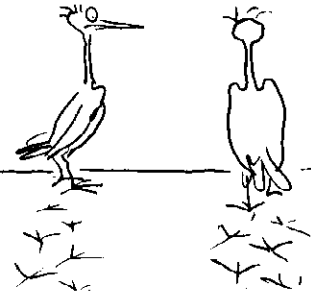
(*) Palabras pronunciadas en 1830 por Ostrogradsky, profesor titular de la cátedra de matemáticas en Petrogrado, luego de leer los trabajos de Riemann y de Lobatchevsky

Admitamos que el universo no se parece a cómo es. ¡¡¿Te imaginas lo que sería enseñar eso en las escuelas?!!



¡Un desastre!

Al fin de cuentas lo que cuenta es la vida. Y en lo que concierne a la vida de todos los días, estarás de acuerdo conmigo en que...



¿Qué se esconde tras todo esto?

La FÍSICA, mi querido...



¡Voy a poner todo eso en claro!

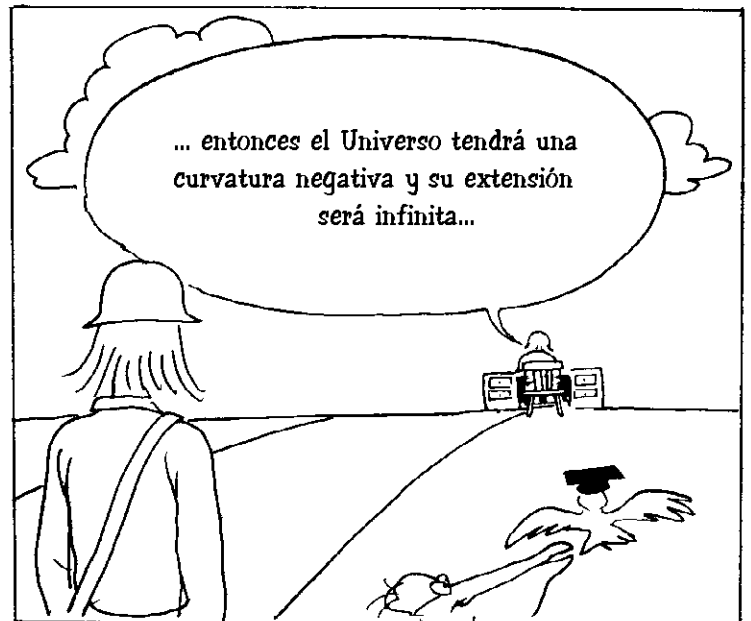


Adelante hacia lo CONCRETO



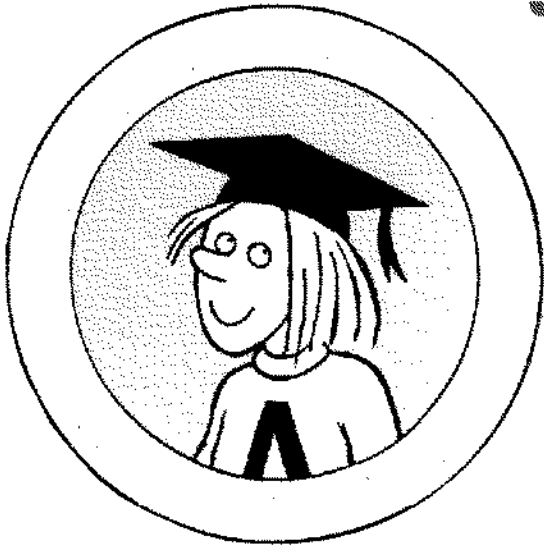
¿Hay alguien ahí?





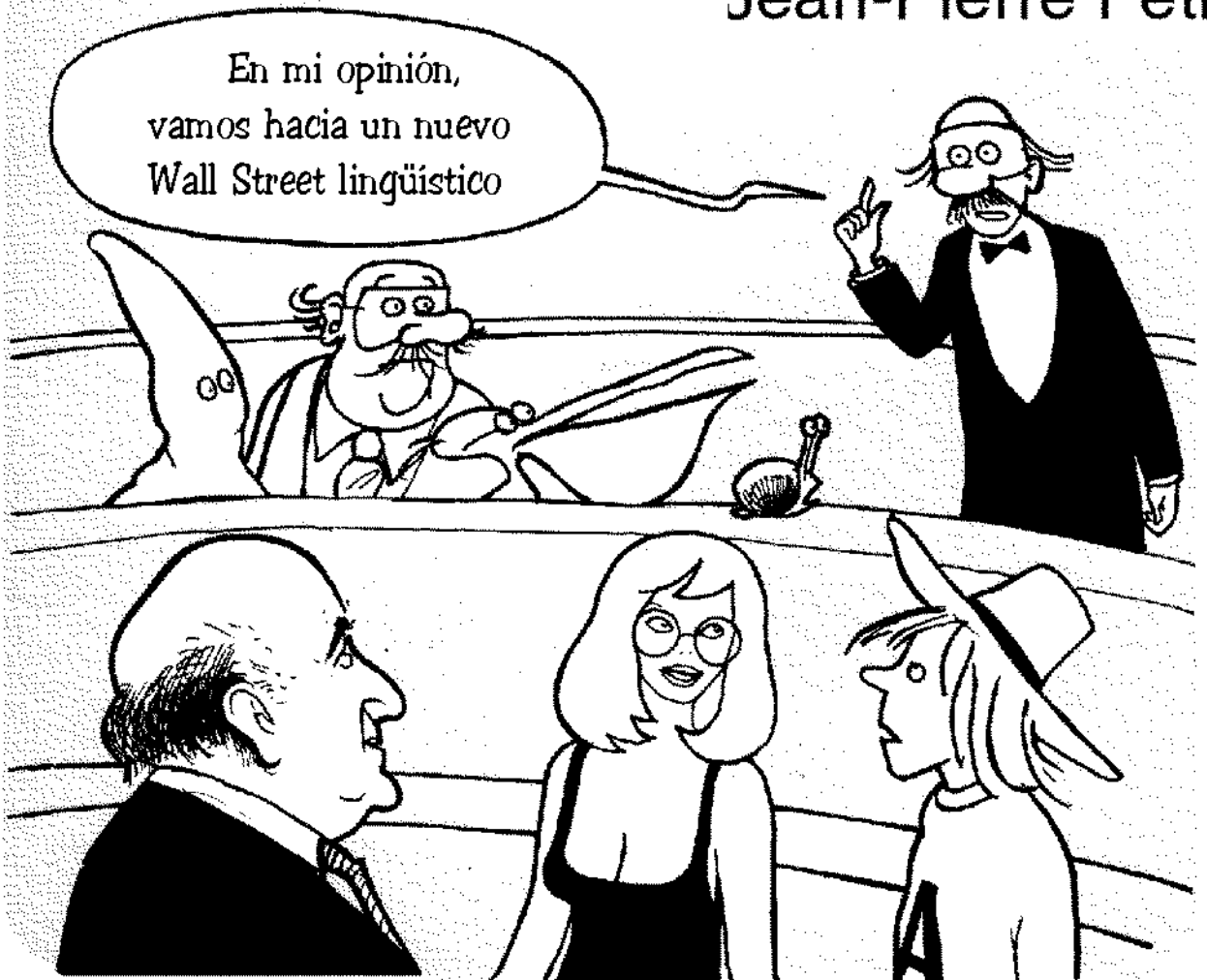
¿Hay algún
matemático
por acá?



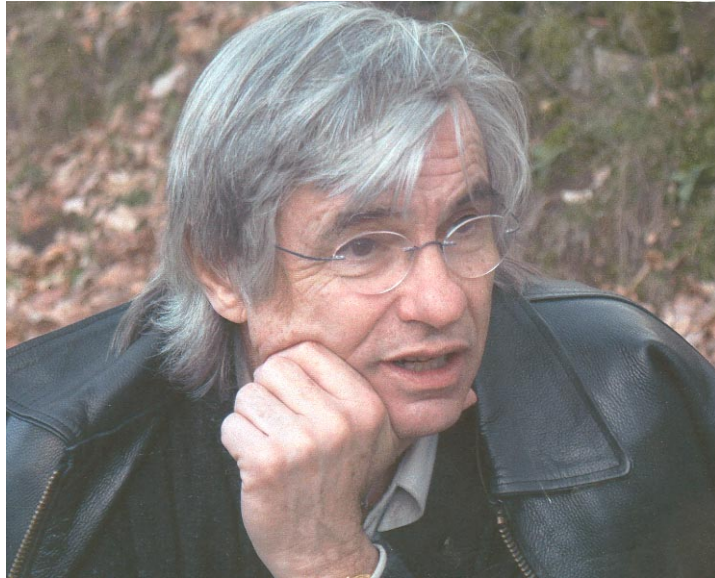


EL LOGOTRÓN

Jean-Pierre Petit



traducción: Juan C. Anduckia



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

Jean-Pierre Petit

EL LOGOTRÓN

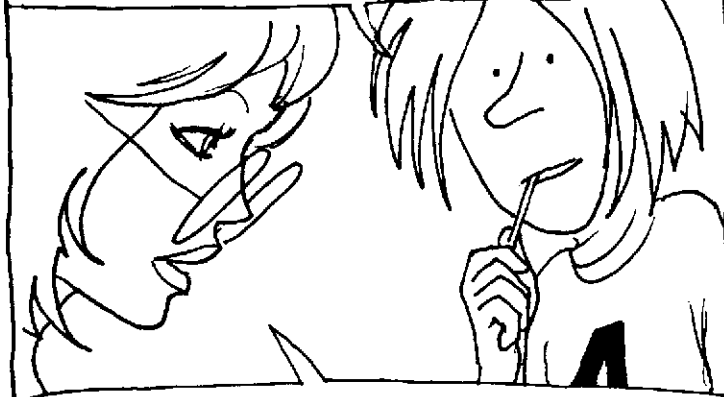
PRÓLOGO



Es algo descabellado. Si uno quiere saber lo que está pasando, hay que aguantar las cuatro horas que dura el telenoticiero



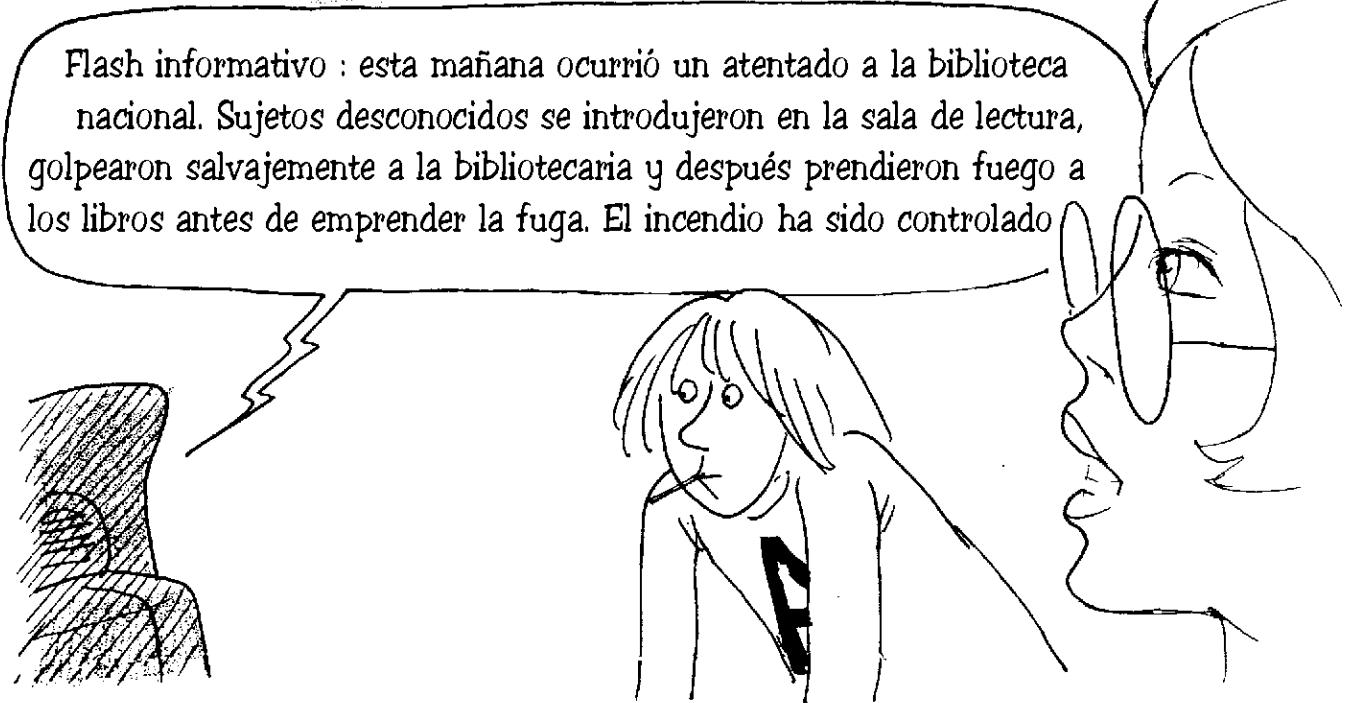
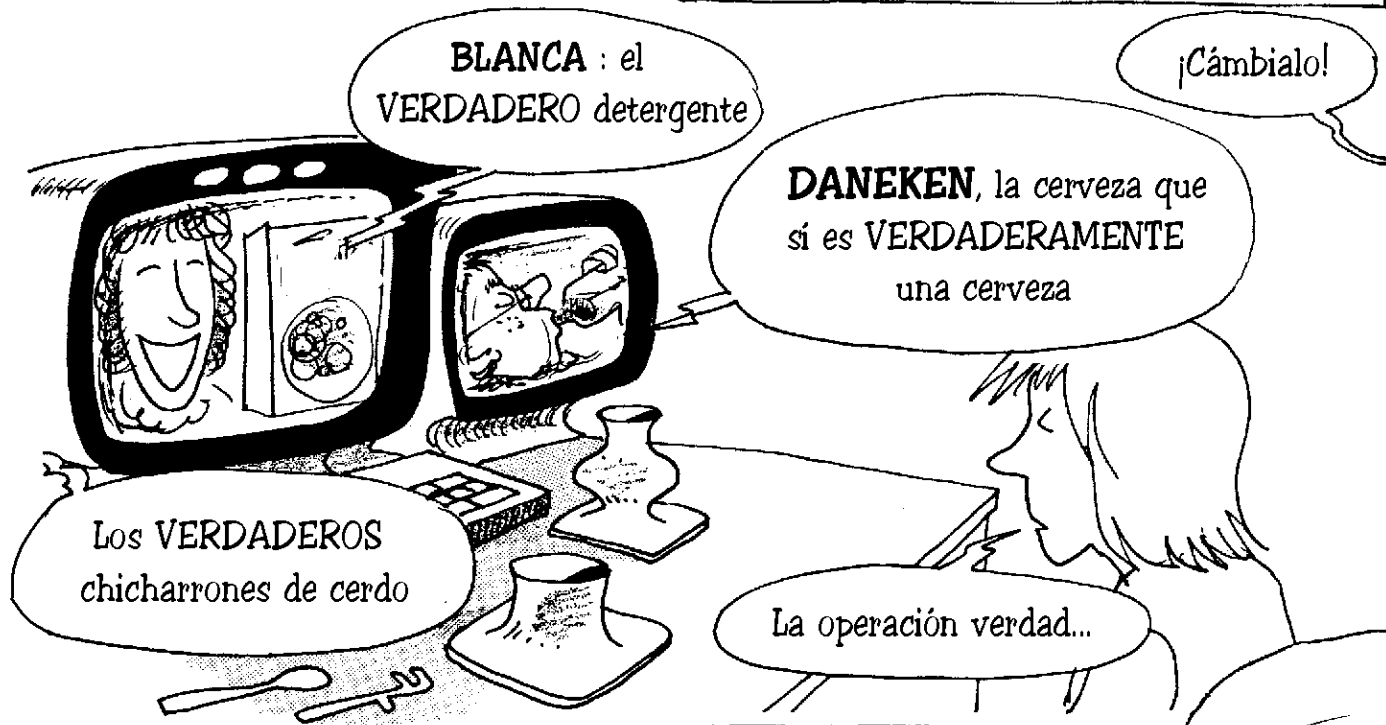
No, son los Poloks del sur, los reconozco por sus fusiles de asalto Krachkof



Pero también los neo-krafkianos tienen fusiles de asalto Krachkof, ¿no?

¡Qué carniceria!
Todo el mundo tiene fusiles de asalto Krachkof...
Ya no se sabe...





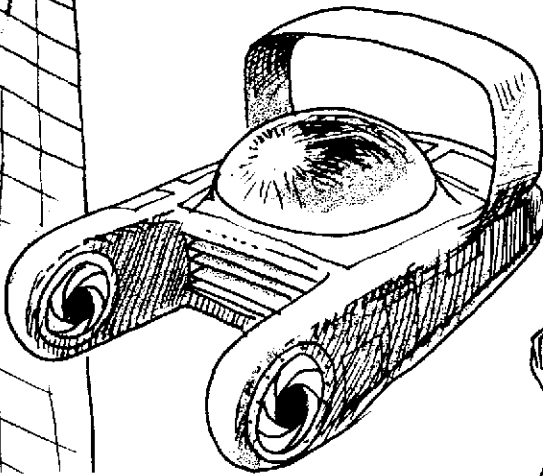
¿En la biblioteca nacional? Qué extraño...

BISCOTTA, la tostada que sí es VERDADERAMENTE una tostada



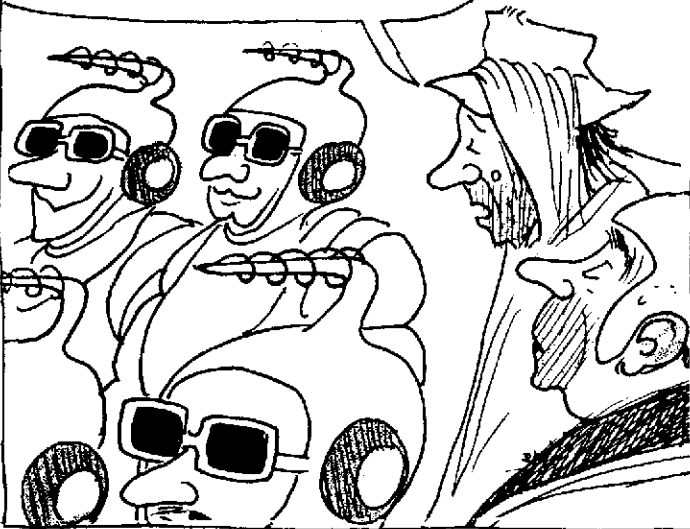
¿En qué canal es el partido?

Lo tienes bien, pero te falta orientar tu antena hacia el reemisor



Una limosna, por favor

Déjalos. No te pueden ver ni oír. Tienen anteojos de cristal líquido y audífonos con sonido estéreo...



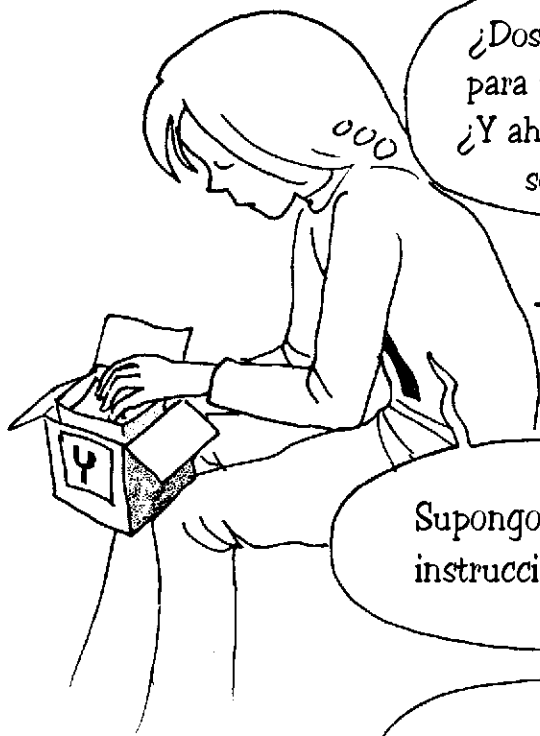
¿Qué hace aquél con ese bastón blanco? ¿Será ciego?

No. ¿Acaso no comprendes? Simplemente está tratando de ver un partido de fútbol en sus anteojos, y usa el bastón blanco para volver a sintonizarlo

¡Qué golazo!

Oh, vaya, han tocado ya las seis. Tenemos que salir rápido del barrio de los CONFORTABLES, antes de que venga a buscarnos la patrulla

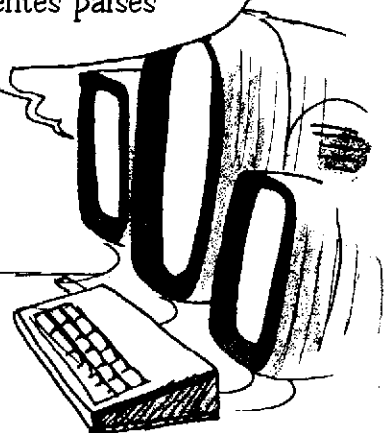




¿Dos empaques para un yogurt?
¿Y ahora de qué se trata?

... atentados similares se han producido en diferentes países

Supongo que deben ser las instrucciones y la garantía

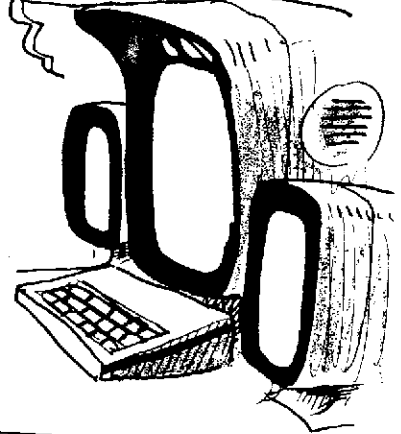


Bien, ¿y esto qué es?

... Rodeados, los extremistas no dudaron en quitarse la vida

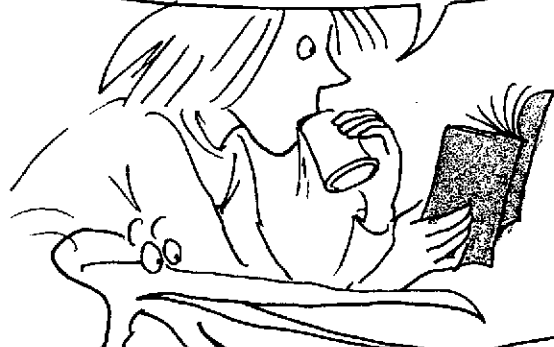


Está escrito en árabe, en pakistani y en alemán...

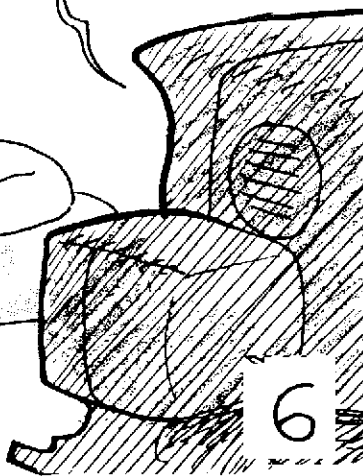


Recordamos que es el onceavo atentado que se produce en dos días contra BIBLIOTECAS

¡¿QUÉ?!



¿Pero qué es lo que tienen contra las BIBLIOTECAS?!



¿Pero quiénes son?
¿Los independentistas
del Monte Saint Michel?

En graffitis dejados en las
paredes escribieron:
NADA IMPORTA.
En otros se lee: NADA

Entre los terroristas de la biblioteca
de Boston se cuenta al profesor Tomsky,
el célebre lingüista

ESO no quiere DECIR nada

Tú lo has DICHO

Creo que empiezo a entender. Hace un tiempo
se hablaba de un grupo de anarco-lingüistas.
Yo creía que era una broma, pero ahora
parece que sí existen y han pasado a la acción

Nuestro corresponsal en la
frontera sino-mongol ha podido
entrar en contacto con un
grupo de anarco-lingüistas

Flash informativo...

Oye, pon atención...

Somos una organización internacional con ramificaciones
en todos los países, y que cuenta entre sus filas
a lingüistas, lógicos, semiólogos y glosomáticos

Qué curioso, lo habitual es
que cuando estos extremistas
hablan ante un reportero,
le bendan los ojos

¡Bueno... en este caso le pusieron un esparadrapo en la boca!

Hemos decidido acabar sin piedad con todos aquellos que hablan para decir nada, dónde queramos y cuándo queramos



Aquí Jean-Claude Bidouille, para TF89



Por dios, ese vestido y esa corbata no salen



Y ahora algunas reacciones sobre los hechos

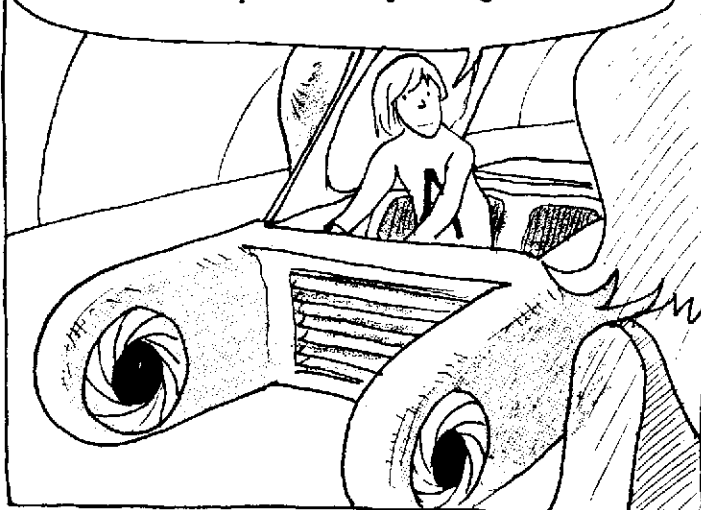


Discúlpeme, aló...

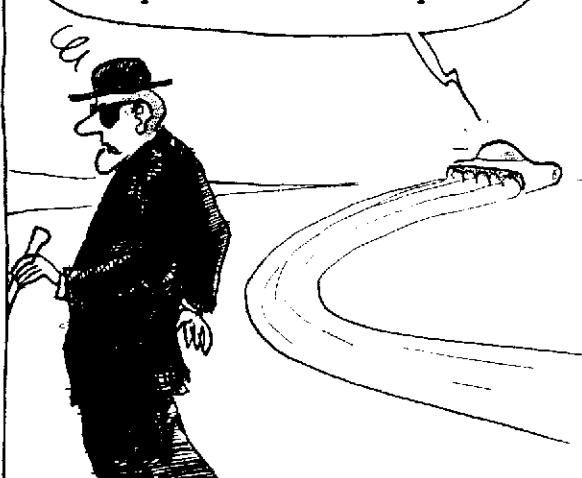


Eeeh.. sí... no... bueno... Eso es todo

Vamos al Instituto.
Puede ser que allá sepan algo más



¿Viste ese tipo?!
Está loco, por su culpa no pude entrar a tiempo





Damas y caballeros, han ya visto en la televisión las amenazas proferidas por el grupo de lingüistas disidentes. Tenemos buenas razones para considerar en serio las amenazas y por eso hemos tomado medidas encaminadas a asegurar la protección de todas las personas susceptibles de utilizar los medios



Toda persona que tenga que hacer una declaración pública obligatoriamente tendrá que portar este equipo especial



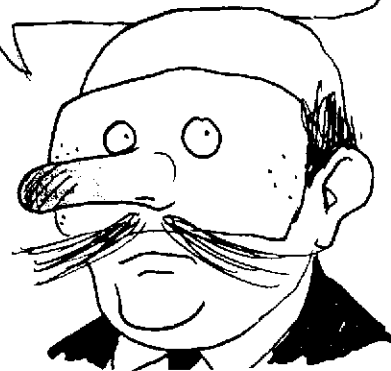
Su uso se extenderá tanto en Occidente como en Oriente

Pero si es...
¡una máscara de carnaval !?!

Se dará prioridad a los presentadores de radio y televisión, y a las personalidades del mundo político



Hum...
gracias...



Aquí tienen el mapa de los atentados de los días anteriores. Como pueden ver, es mucho más importante de lo que fue anunciado por la prensa escrita. La mayor parte de los atentados no han sido reivindicados, lo que disminuye nuestras posibilidades de combatir esta oleada. Pensamos que se trata de la facción más fuerte de los ANARCO-LINGÜISTAS, los MUTISTAS, así llamados porque se rehúsan a cualquier tipo de comunicación y actúan en el anonimato

Curioso... Yo, cuando no tengo nada que decir, lo digo...

Contamos con sus capacidades en lingüística y en lógica para establecer si, más allá de esta crisis de la civilización, no nos hallamos frente a una verdadera **CRISIS DEL LENGUAJE**

LA PARADOJA DE RUSSELL

El representante del gobierno deja el Instituto de Literatrónica...



Bien.
¿Alguien tiene algo que decir?



BANG!

Profesor...
¿quiere usted decir algo?

Eeeh... No... Sólo
quisiera saber
dónde podríamos
conseguir... el
dichoso equipo

Hay un vendedor de bromas y trucos cerca
del instituto. Creo que él vende las máscaras...

Más gente que no
confía en su lenguaje.
¡Santo cielo,
cuánto pánico...!

¡Vamos rápido! Se deben estar
acabando en todo el mundo...

¿Conoce usted algún lenguaje que no permita decir tonterías?

La **TEORÍA DE CONJUNTOS** es la piedra angular de todos los lenguajes. Todo se reduce a una cuestión de **CLASES**. Hay la clase de las cosas verdaderas, y la clase de las cosas falsas. Hay **LO QUE ES**, y **LO QUE NO ES**. Y hay el **CONJUNTO VACIO**, \emptyset , en el que pondremos la **NADA**



Con el tiempo, el lenguaje tuvo que enriquecerse con numerosas formas parásitas. Considero que será suficiente con liberarlo de esos sedimentos acumulados para reencontrar intacto su **FUNDAMENTO**, en el presente

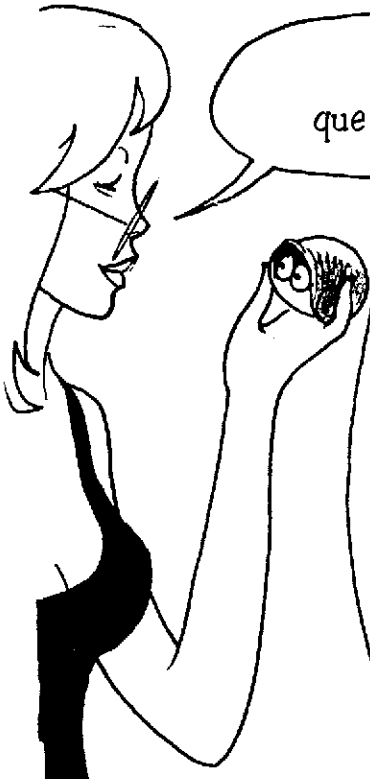
La cuestión de base consiste en **PODER CLASIFICAR CUALQUIER COSA** en **CONJUNTOS**, siendo el criterio el de "**PERTENECE A...**" o "**NO PERTENECE A...**", y todo el resto no es más que **LITERATURA**

Según usted, sentar las bases de un **LENGUAJE** consiste en comenzar por clasificar todo muy cuidadosamente

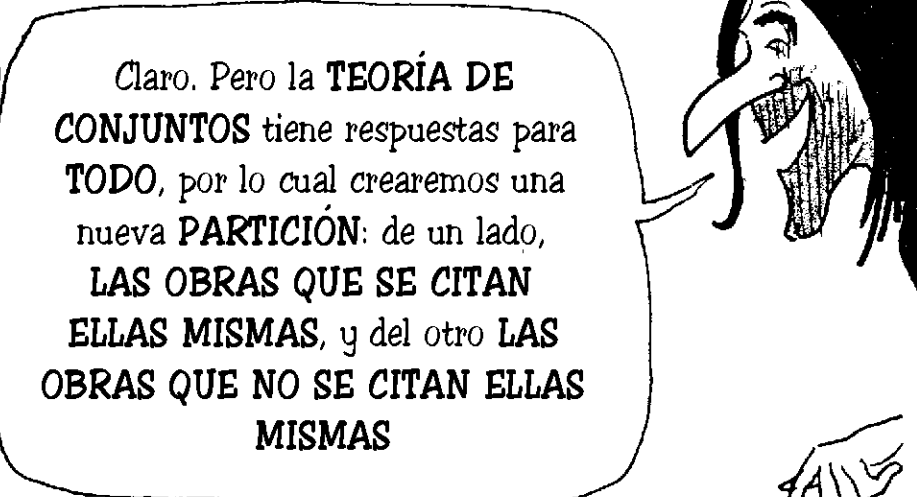
¿Para **CATALOGAR** todas las cosas del Universo, existentes o simplemente posibles, no se podrían utilizar los... libros?



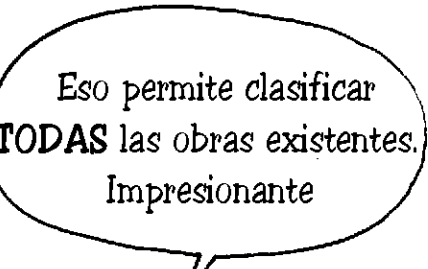
Sí, si quieres. Y también podemos clasificar a su vez esos libros dotándolos de un índice en el que serán citados, sabiendo sin embargo que una obra puede citarse ella misma y figurar en su propio índice



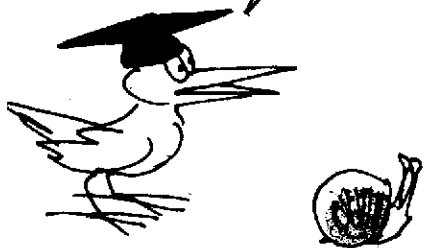
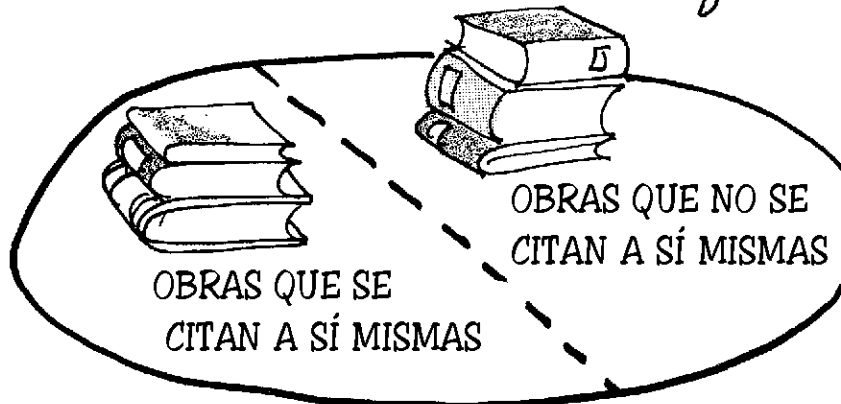
Pero no es obligatorio
que una obra se cite ella misma



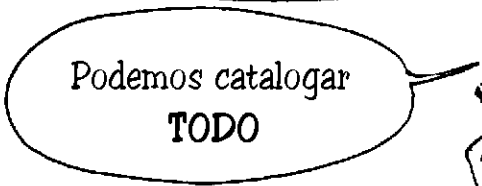
Claro. Pero la **TEORÍA DE CONJUNTOS** tiene respuestas para **TODO**, por lo cual crearemos una nueva **PARTICIÓN**: de un lado, **LAS OBRAS QUE SE CITAN ELLAS MISMAS**, y del otro **LAS OBRAS QUE NO SE CITAN ELLAS MISMAS**



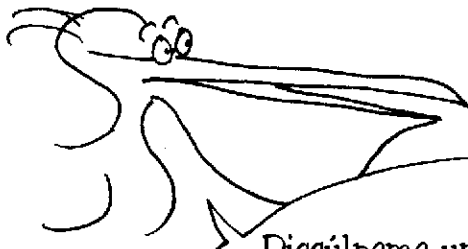
Eso permite clasificar **TODAS** las obras existentes.
Impresionante



¿Y supongo que podemos
catalogar esas obras?



Podemos catalogar
TODO



Discúlpeme una pregunta ingenua... ¿pero dónde
pondría usted, entre esos dos conjuntos, a la **OBRA
QUE CITARA A TODAS LAS OBRAS QUE NO SE
CITAN A SÍ MISMAS Y SÓLO ESAS?**

Veamos... ¿se citaría esa obra a sí misma...?
Si se cita, entonces ya no sólo describe a las
obras que no se citan a sí mismas, puesto que
cita una obra que se cita a sí misma, a saber...
ELLA MISMA...



... Entonces no debe citarse a sí misma. Pero si así
es, habiendo supuesto que cita a **TODAS** las obras
que no se citan a sí mismas, entonces omitiría una
de ellas: **ELLA MISMA...**



¡AHHRGL!

Pero...
¿qué fue lo
que dije?



CHPAF!



Parece que le dio un patatús

Yo nada tengo
que ver...



Adiós a la **TEORÍA DE CONJUNTOS** en tanto que **FUNDAMENTO DEL LENGUAJE**

¡Ahora sale por el otro lado!

Hay humo en sus oídos

Sí, ya veo. Deténlo un segundo

Es normal. Lo cual prueba que funciona

¿Se siente mejor?

Sugiero que vayamos a ver a los **MATEMÁTICOS**, y al diablo si ellos no tienen una receta para sacarnos de ésta...

Sí... gracias...

Mi pregunta de hace unos momentos parece haber desencadenado en ese pobre hombre un estado de estrés intelectual intenso. Pero admito que no entiendo muy bien por qué...

Es fácil: él partía del principio de que siempre se pueden clasificar las cosas, agrupándolas en conjuntos **DEFINIDOS POR CIERTAS PROPIEDADES**

Aquí tienen otra forma de formular la **PARADOJA**. Imaginen una ciudad donde se ha clasificado a los hombres en dos conjuntos, de acuerdo con el **CRITERIO DE PERTENENCIA** siguiente. El uno contiene a los hombres que se afeitan a sí mismos, y el otro a aquellos que no se afeitan a sí mismos. Imaginen ahora a un barbero, cuya función es la de afeitar a todos los hombres que no se afeitan a sí mismos, y **EXCLUSIVAMENTE** a éstos



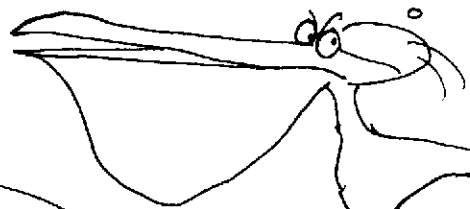
Pregunta: ¿a cuál conjunto pertenece el barbero?



Veamos. Si se afeita, entonces afeita a una persona que se afeita a sí misma, lo cual es contrario a su función



Si no se afeita, entonces está dejando de afeitar a una persona que no se afeita a sí misma. Qué dilema...



En realidad, todos los lenguajes están llenos de contradicciones de ese tipo. Por ejemplo, la **PROPOSICIÓN "Miento"** no es ni verdadera... ni falsa!



Es una proposición **INDECIDIBLE**



CONJUNTOS NO CANTORIANOS (*)



(*) Por el matemático alemán Georg Cantor (1845-1918), creador de la teoría de conjuntos.
(**) Matemático francés (1811-1832), muerto en un duelo.

Ahora enciéndelo

¡Maravilloso, maravilloso!
¡Funciona!

¿Qué es lo que
hace, profesor?

¿Acaso no lo VES? Gracias a este sistema, a cada agujero del
plano le puedo hacer corresponder un agujero en el colador

¿Pero un plano no posee una infinidad de puntos...?

Pues en ese caso toma
un colador con una
infinidad de agujeros

De la misma forma, podemos unir por pares la infinidad de puntos de una
recta con la infinidad de puntos sobre el arco de media circunferencia

¿Comprendes la trascendencia de este descubrimiento? Hay una infinidad de puntos sobre una recta e igualmente hay una infinidad de puntos sobre media circunferencia. Pero el experimento anterior muestra que hay la MISMA cantidad. Lo mismo ocurre con los puntos de un plano infinito y los de una semiesfera, o de un disco



Ha capturado el infinito con ese colador

¿Pero al fin qué?
¿Es infinito o no, el infinito?

Se pueden comparar dos infinitos entre ellos, y verificar si son **CONMENSURABLES**.

De lo que hemos visto resulta que la recta y la semicircunferencia poseen el mismo número de puntos, y lo mismo sucede con el plano y con la semiesfera

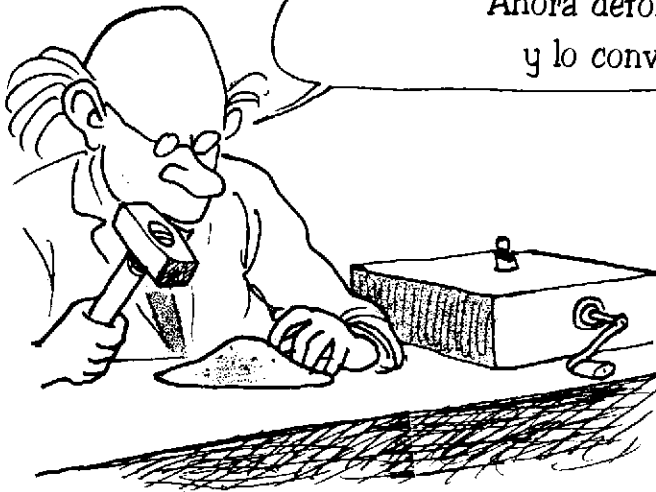
Deformemos ahora la semicircunferencia y convertámosla en un segmento de recta

Espere... el segmento es él mismo una parte de la recta.

¡O sea que cuando pensamos en el infinito, **LA PARTE CONTIENE LO MISMO QUE EL TODO!**



Ahora deformato mi colador, mi semiesfera,
y lo convierto en un DISCO PLANO



A continuación
enrollo una recta en el disco

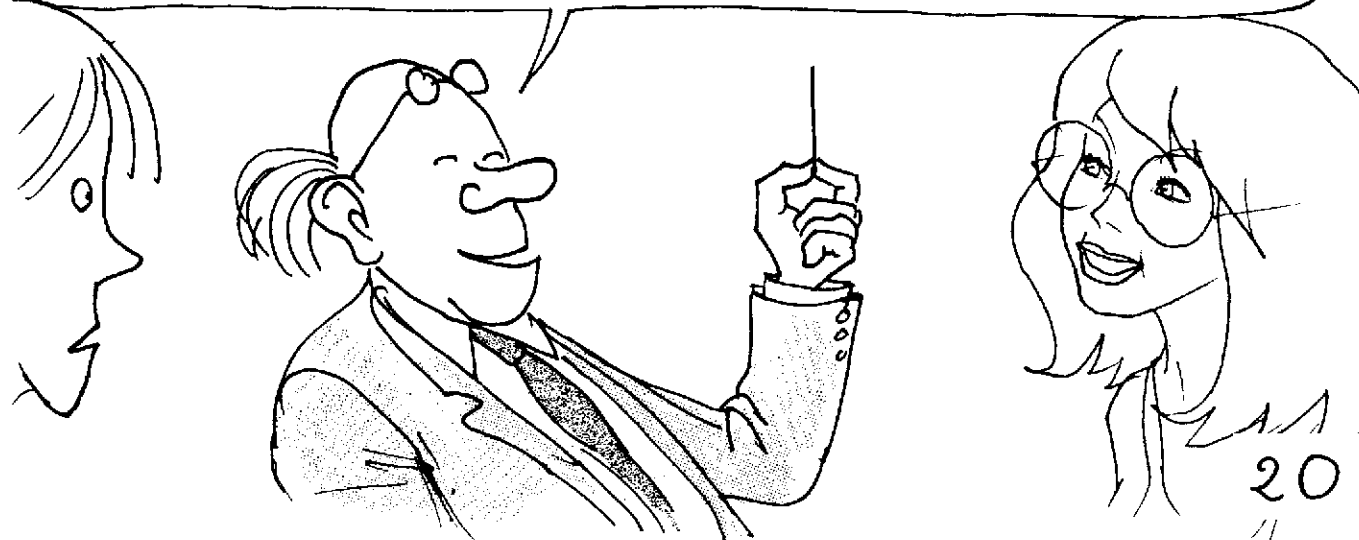


Con seguridad, esta operación tomaría
un tiempo infinito, pero sirve para ilustrar
el hecho que hay la misma cantidad de puntos
en un recta que en un disco o un plano

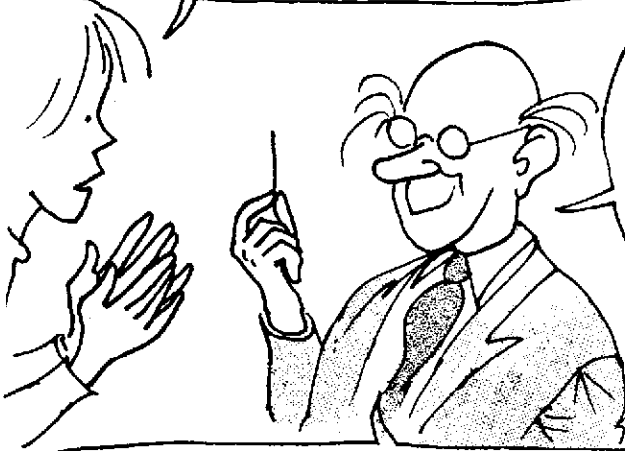
Vaya...

O que en un volumen
cualquiera, lo que muestra
que todos los infinitos
se asemejan

Todo objeto de dimensión N , no nulo y no infinito, posee el mismo número,
infinito, de puntos. Así, un espacio-tiempo (x, y, z, t) de cuatro dimensiones,
finito o infinito, posee tantos puntos como un segmento de longitud unitaria

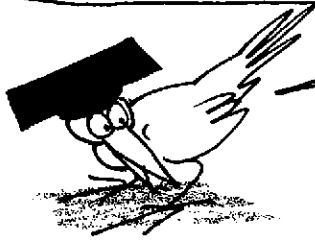


¿A qué juega usted exactamente?



Jovencito, si has seguido bien la trascendencia de mi razonamiento, habrás podido constatar que existe el mismo número de puntos en un espacio-tiempo cuadridimensional (x, y, z, t) que en un segmento de longitud unitaria

Así, todos los devenires posibles del Universo, sea este infinito o finito, en el espacio y en el tiempo, todas sus estructuras y toda su riqueza, están a priori contenidos en este objeto de apariencia irrisoria en el que hemos... capturado el infinito...

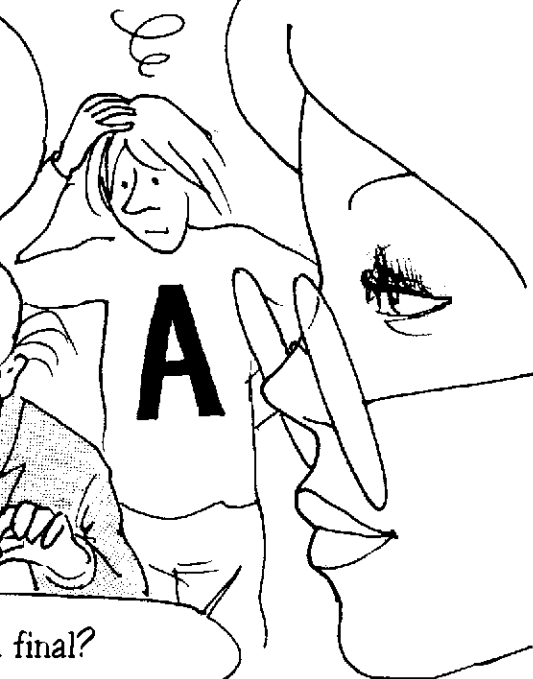


Quién lo creyera...



Se consume uno en vanas palabras hablando de TODO y de NADA, mientras que todo eso está contenido en ese cabello que basta con cortar en cuatro indefinidamente...

La operación final consiste en ubicar los puntos del segmento con la ayuda de la **SERIE DE LOS NÚMEROS NATURALES 1, 2, 3, ...,** que constituye así un lenguaje universal



¿Será que esta vez si tendremos un buen final?

Uno, otro, y otro más...



Esteee.. yo...



¿Si sientes la trascendencia, León?

El conjunto de puntos del segmento $(0,1)$, identificados por su abscisa, constituye un número infinito de números que comienzan por 0, etc... Si se los coloca en orden, no apreciaremos nada. En efecto, del lado de los valores muy pequeños, la lista comienza con 0,00000000000000000000..... Con seguridad hay algo al final de esta secuencia, pero sólo después de... ¡una infinidad de ceros! La única manera de considerar esta tabla consiste en listar los números en desorden, lo cual poco importa sabiendo que lo importante es poderlos **ENUMERAR**

① 0,50486771043298004
 ② 0,11894034412752308
 ③ 0,127421323154206794
 ④ 0,020643988745542391
 ⑤ 0,5965421123344532001
 ⑥ 0,334568997776657109
 ⑦ 0,7765201432799835773
 ⑧ 0,30200049832014265921
 ⑨ 0,000998320143279983571
 ⑩ 0,887700215632643798
 ⑪ 0,2074215632643798
 ⑫ 0,39800234417480
 ⑬ 0,7000234417480

Ahora tenemos que **CONTARLOS** indexándolos, y enumerarlos con la ayuda de la **SERIE DE LOS NÚMEROS NATURALES**, con la cual hemos podido capturar todas las cosas del Universo



Ya pensaba yo que los números eran un lenguaje en estado puro...

Espera, hay algo que no cuadra

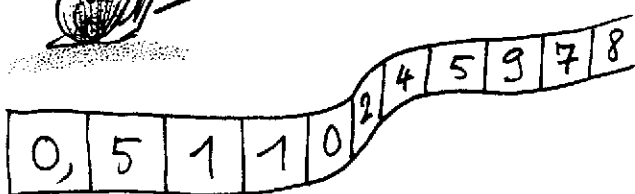
Yo digo que es imposible listar, bajo cualquier orden, la infinidad de números comprendidos entre 0 y 1

No digas tonterías, Tiresias. Míralos, ahí están todos listados

Expícateme, Tiresias

Supongamos que construyo un número a partir de las cifras ubicadas en la diagonal de esta tabla doblemente infinita

Observen...



1	0,	5	0	4	8	2	3	1	7	8
2	0,	1	1	7	4	3	3	1	9	8
3	0,	1	2	1	9	2	8	3	2	0
4	0,	0	0	2	0	1	1	4	7	4
5	0,	0	0	0	2	2	1	4	5	9
6	0,	9	5	3	2	0	4	1	5	7
7	0,	3	7	3	7	2	1	5	6	4
8	0,	9	8	7	5	1	6	0	9	8
9	0,	1	3	2	8	5	4	4	9	0
10	0,	2	0	7	2	7	5	2	9	0
11	0,	7	9	8	4	0	0	2	1	0
12	0,	7	4	3	5	5	2	1	0	0
13	0,	8	9	0	0	2	1	0	4	23
14	0,	7	0	2	1	1	1	1	1	1



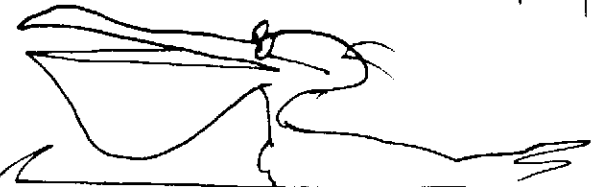
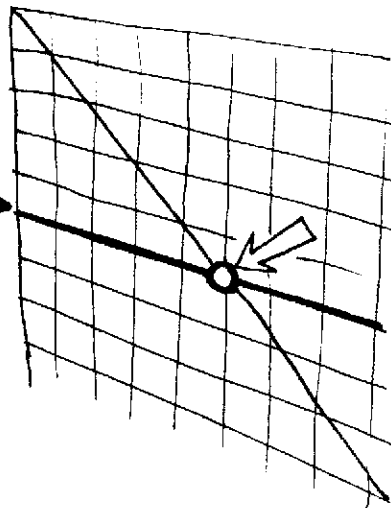


A partir de ese número puedo crear otro en el que todas las cifras sean diferentes a las de aquél

INFINITO

0	5	1	1	0	2	4	5	9	7	8	0	0	7	5	1	8	1	4	4	5		C
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	7	6	9	8	4	2	1	3	2	9	3	3	1	1	5	6	7	6	6	3	1	

Pues este nuevo número **NO ESTÁ** en la tabla. En efecto, si estuviera, habría igualdad entre una de las cifras de la serie que lo constituye y una de las cifras de la famosa diagonal. Pero eso es imposible por simple construcción



Vaya, qué bonito, así que has encontrado un número que no está en la tabla. ¿No se lo puede ordenar en un nuevo conjunto aparte, y ya?

Pues resulta que no, León. La manera en que Tiresias generó su número permite encontrar una **INFINIDAD** de números que no están en la tabla



6	0	5	0	0	2	1	9	0	1
7	0	3	7	3	7	2	0	9	0
8	0	9	8	7	5	1	6	0	9
9	0	1	3	2	8	6	4	9	5
0	2	0	7	2	7				
1	0	2	0	7	4	0	0		
2	0	3	4	0	7	4	8		
3	0	3	4	0	7	5			
4	0	3	4	2	7	5			
5	0	3	4	2	7	9			

O sea que esa tabla es una coladera...

Pero... ¿todos esos otros números
DE DÓNDE han salido?

Bueno, viejo,
ese es su problema...

Si entiendo bien, también los matemáticos tienen problemas
con su **LENGUAJE MATEMÁTICO**

Pero si... yo...

Ese asunto suyo
no está nada claro...

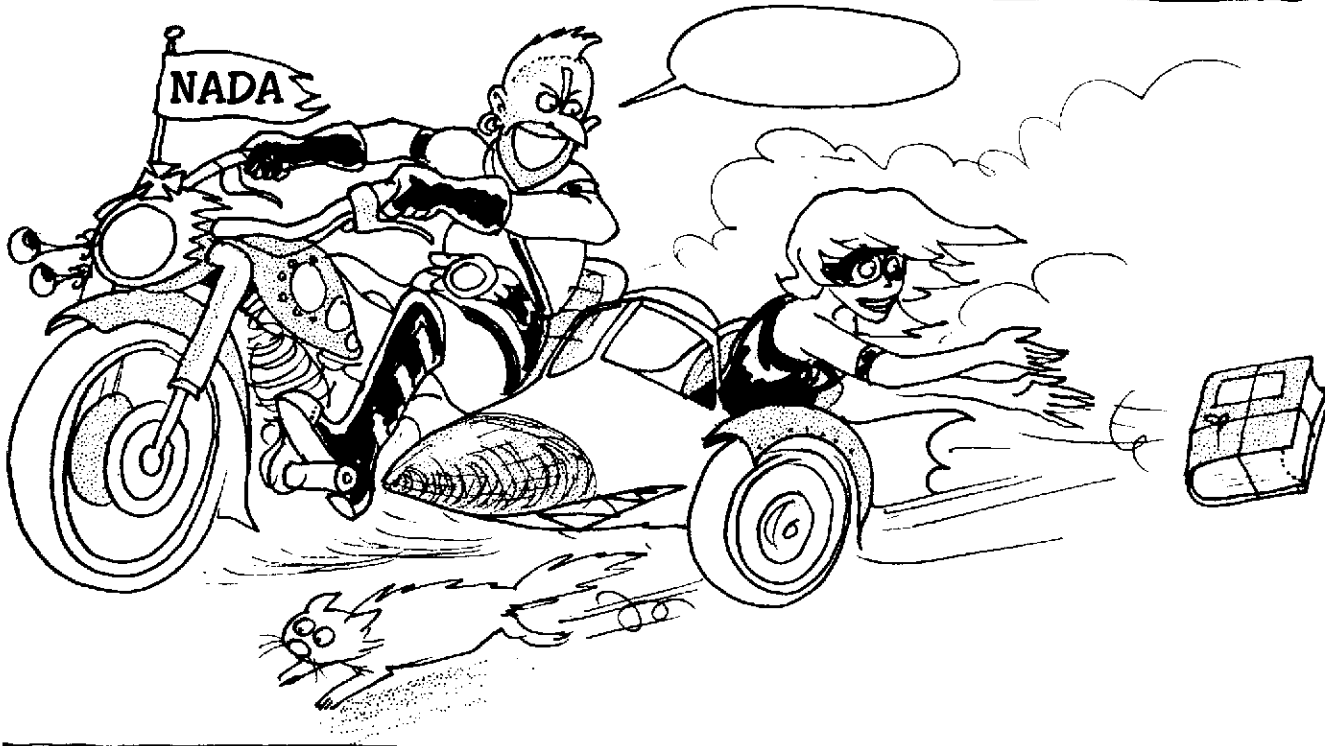
Bueno, regresemos...

INSTITUTO DE
NUMEROLOGÍA

¡PUM!

!!!

Durante todo ese tiempo, las brigadas de anarco-lingüistas continuaron poniendo en jaque a las bibliotecas del mundo entero, y con sus pesadas enciclopedias produjeron terribles devastaciones

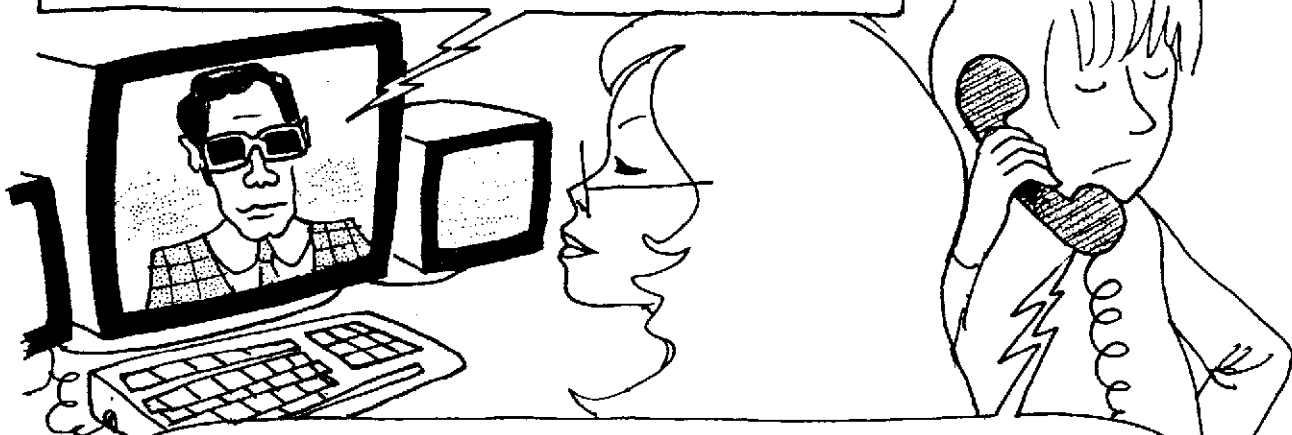


El anonimato sistemático y la total ausencia de comunicación entre los grupos de anarco-lingüistas hicieron su identificación prácticamente imposible, a pesar de las trampas ideadas por los asesores en materia de comunicación

ATENTADO REIVINDICADO YA HA SIDO PERDONADO POR MITAD



Después de estas breves noticias pasamos
a nuestro juego "de cifras y letras"



No, señor, ya no podemos garantizar la distribución
del periódico, hay demasiados riesgos en ello...

... Muy bien, señor, pero si nos permite,
solamente para verificar, necesitamos ver
si esa palabra figura en el diccionario...



Lo siento, pero al
parecer esa palabra...

¡¿Cómo que no?!
Verifíquelo...


Vea usted
mismo...

¡Caray! ¡Eso no puede ser!
Si yo mismo la usé ayer...


Las reglas son claras:
esa palabra no existe
en el diccionario

Espere un momento... ¡Mire!
En su lugar, hay un espacio en blanco...


¡¿Qué !?!




Pero... ¡hay espacios en blanco por todas partes! ¡Ese diccionario, señor, es una farsa, una vergüenza!



Todo esto se parece mucho al síndrome de Escarpit




¿Qué quieres decir?

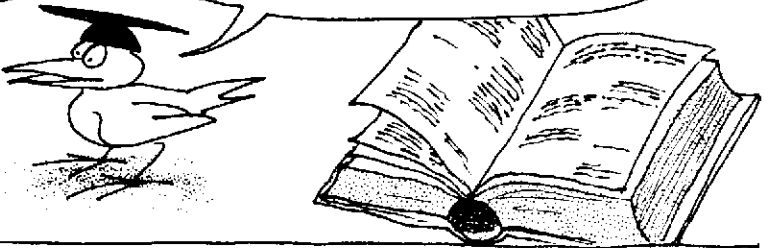


Hasta ahora ese mal sólo afectaba a las lenguas antiguas, que ya nadie habla

En las semanas que siguieron, la lengua francesa comenzó literalmente a vaciarse. Cada vez más y más desesperada, la gente buscaba sus palabras...




¿No será que, en el fondo, las palabras, como las partículas elementales, no tendrán una duración de vida limitada...?



En el Instituto de Literatrónica han hablado de una **LOGOSIS**

La situación en el mundo se deterioró. El movimiento anarco-lingüista se extendió y, luego de nacer en el medio universitario, encontró también eco entre los profesores de secundaria y de primaria...

NEOLOGISMOS



La noticia que tengo para comunicarles es muy grave. Habiendo sido decretado el inicio de la necrosis de nuestra lengua, algunos investigadores han creído oportuno desarrollar y acelerar las investigaciones que habían emprendido sobre manipulaciones lingüísticas

¿Manipulaciones lingüísticas?!

CNRS

LANGZO

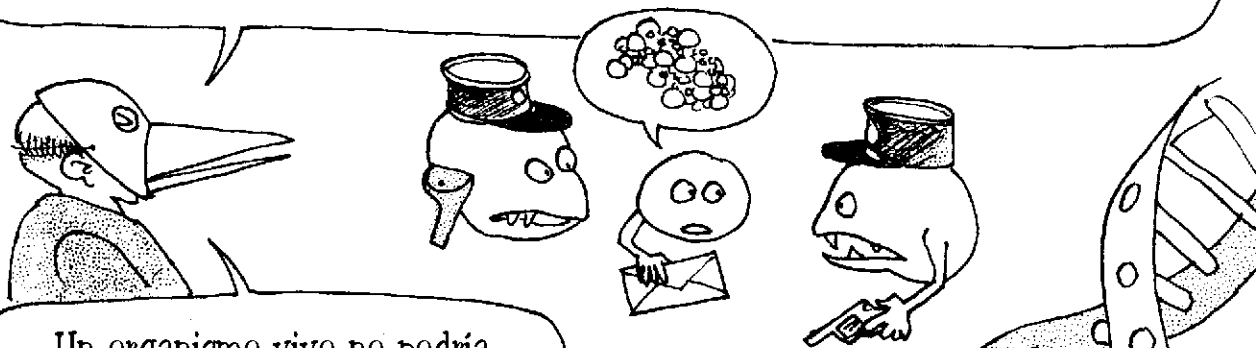
Yo creía que esas investigaciones habían sido prohibidas por la Academia Francesa...

Sí, pero ante la gravedad de la situación el comité de ética de la Academia ha dado su visto bueno

Le doy ahora la palabra a nuestro especialista en manipulaciones lingüísticas, la **LOGOTRÓNICA**, el profesor...

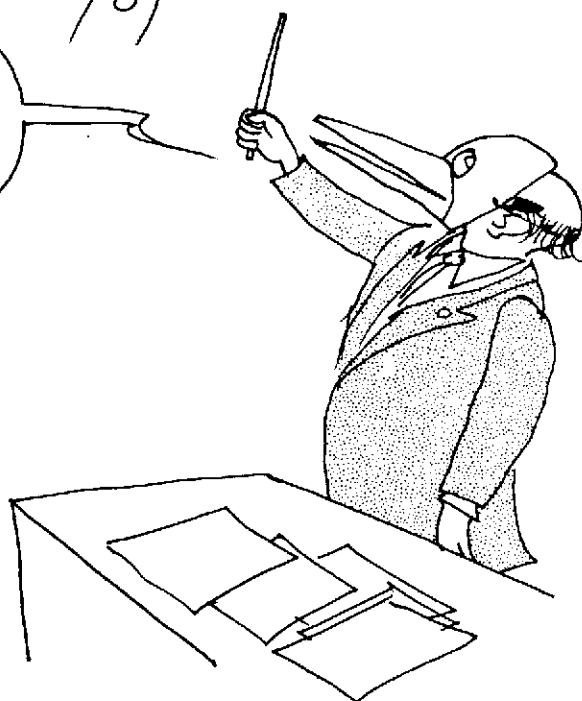
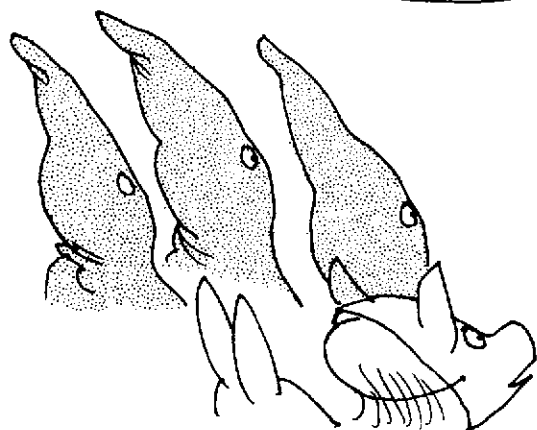
¡Sin nombre! Rayos...

El primer lenguaje que conocemos es el de las células, que se comunican entre ellas con la ayuda de señales moleculares químicas. Estos mensajes originan comportamientos extremadamente variados. Por ejemplo, ciertas células deben emitir o ser portadoras de una contraseña para estar autorizadas a circular por un organismo

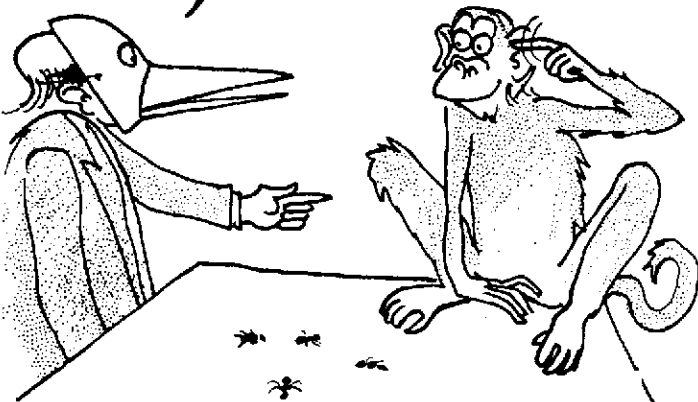


Un organismo vivo no podría controlar su crecimiento, coordinar sus comportamientos, su supervivencia y su reproducción, sin ese conjunto de palabras moleculares

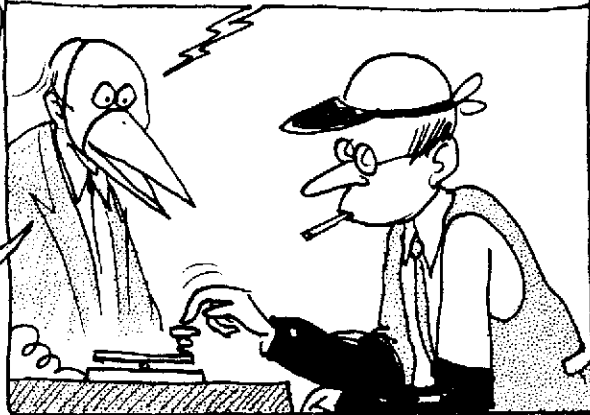
El ADN puede ser considerado como un **LÉXICO** que contiene las **PALABRAS MAESTRAS DE LA VIDA**, a la vez portador de numerosos procedimientos y de frases completas



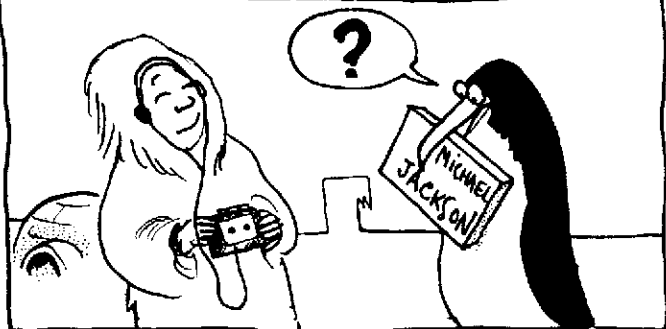
Resulta que hemos desarrollado un conjunto de señales sonoras y de signos gráficos que nos permiten comunicar; pero en tanto que seres sociales, pudimos haber desarrollado también la comunicación gestual de los monos o la comunicación química de las hormigas



Dicho lenguaje, gracias a una transcodificación electromagnética, se presta para las comunicaciones a muy grandes distancias



Gracias a una gran variedad de formatos, los mensajes de la especie humana pueden ser duplicados hasta el punto de ser recibidos por **EL CONJUNTO DE LOS INDIVIDUOS**



Estos elementos del lenguaje, memorizados en escritos, codifican una parte de los comportamientos humanos bajo la forma de costumbres, tabúes, leyes, creencias, y son transmitidos de generación a generación

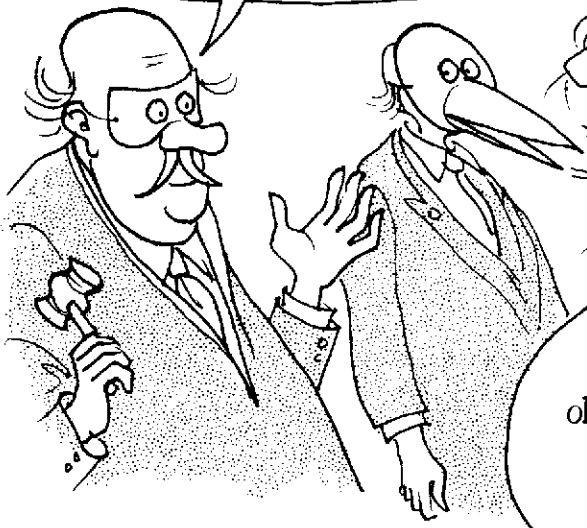


Nuestro diálogo con el Universo se realiza, y no puede más que realizarse, a través de un **SISTEMA ORGANIZADO DE CREENCIAS**, bajo la forma de religiones, codificadas en ritos y vehiculadas a través de sermones; bajo la forma de ideologías, articuladas de acuerdo con leyes y vehiculadas en forma de propaganda; o bajo la forma de ciencias, codificadas en paradigmas y vehiculadas a través de la divulgación científica



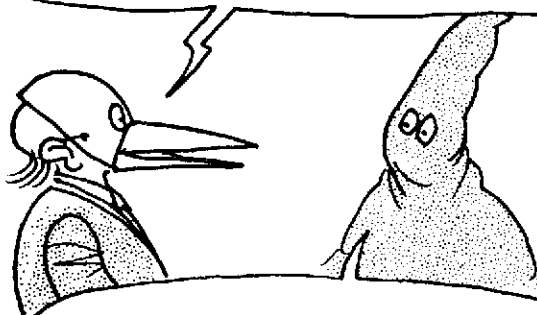
Señores, por favor, les pido un poco de calma. ¡No olvidemos la gravedad de la situación!

¿Qué es, entre otros, un **PARADIGMA**?

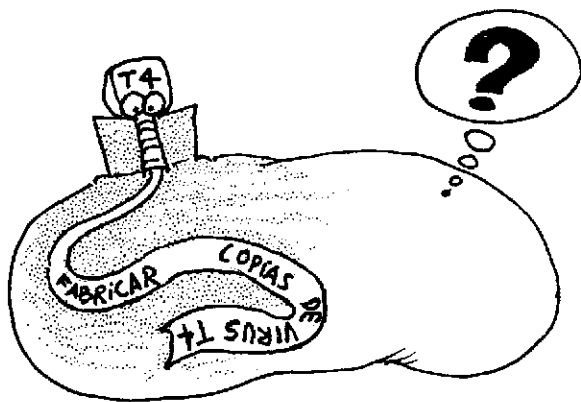


Eh, bueno, es un conjunto de interpretaciones de experimentos y de observaciones, de axiomas, de principios y de ecuaciones que constituyen un sistema de representación del mundo, por lo general agradablemente consistente

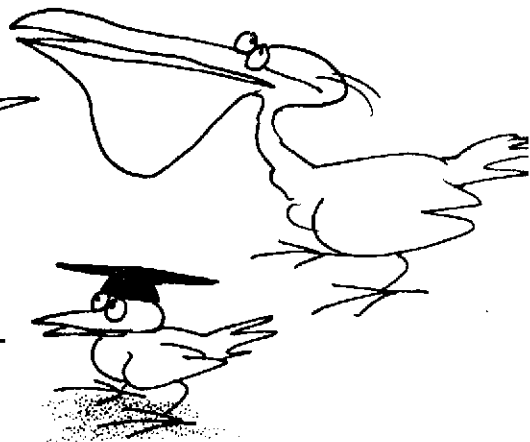
El lenguaje, y el sistema de representaciones que de él se deriva, es el vínculo entre la sociedad humana. Toda perturbación que afecta a los mecanismos de comunicación puede tener repercusiones muy importantes. En biología, la alteración de segmentos del ADN puede traducirse en la aparición de malformaciones, de disfunciones o de cánceres



Lo que hace un **VIRUS** es inyectar una orden, una frase parásita, que se va a incorporar a la "memoria" de una bacteria



Una simple idea subversiva puede desorganizar una sociedad



Por eso, esta necrosis inexplicable de nuestros lenguajes nos obliga a crear palabras nuevas, **NEOLOGISMOS**



¿Pero cómo fabricar palabras nuevas?



La solución más común consiste en utilizar elementos, prefijos o sufijos, tomados de diferentes lenguas existentes

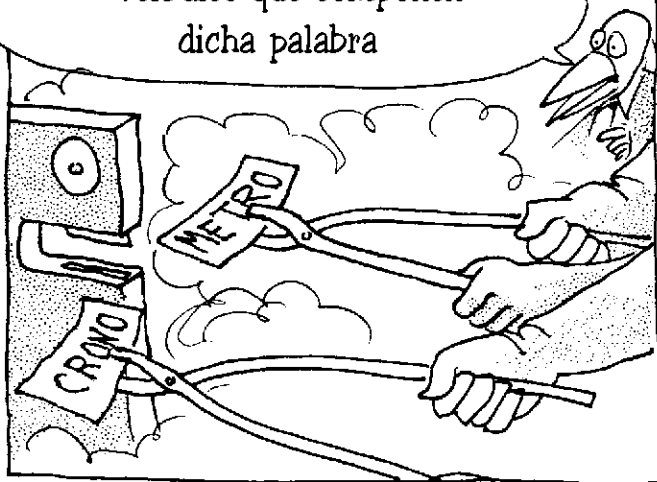
EL LOGOTRÓN

En el laboratorio de Logotrónica, una sección del Instituto Nacional de Literatrónica.

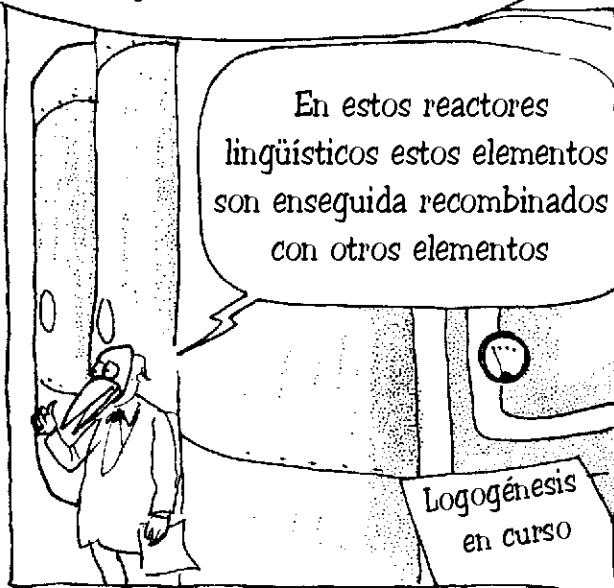


Aquí, como pueden ver, en condiciones de asepsia perfecta, nuestros técnicos acaban de extraer con precaución una palabra del diccionario

... Ahora aíslan las raíces verbales que componen dicha palabra



En estos reactores lingüísticos estos elementos son enseguida recombinados con otros elementos



Con trescientos prefijos y trescientos sufijos de origen greco-latino podemos sintetizar ochenta mil sustantivos, sin contar los verbos, los adverbios, los adjetivos...



¡Extraordinario...!

La **LOGOTRÓNICA** ha permitido, en efecto, descubrir un yacimiento lexicológico prácticamente inexplorado

Este potencial supera de lejos, evidentemente, las necesidades usuales de una lengua. Pero no es suficiente con crear palabras, hace falta que éstas tengan un **SENTIDO**

Por supuesto...

LA SEMÁNTICA

Nuestros especialistas de la Academia Francesa trabajan aquí sin tregua para dotar a esos neologismos de un significado que les permita de nuevo ser reincorporados al diccionario

VISOSCOPIO

SONOFONO

Algunas palabras, como aquellas constituidas por la reunión de dos raíces idénticas, extraídas por ejemplo del griego y del latín, no pueden recibir un sentido preciso

Por lo tanto, son cuidadosamente destruidas

GERONTOMAQUIA
combate de viejos

PANFOBIA
horror a todo

PSEUDOCRATA
sin autoridad real

COSMOFOBO
que no soporta el Universo

MESOGRA
para escribir entre los

PALEOGAMO
que se reproduce de manera anticuada

BRAQUICERQUIO
de cola corta

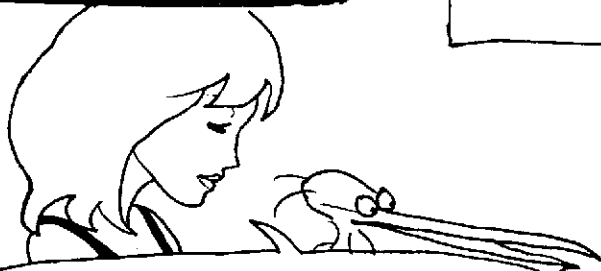
ELASTOZOARIO
babosa

HELIORRAGIA
erupción solar

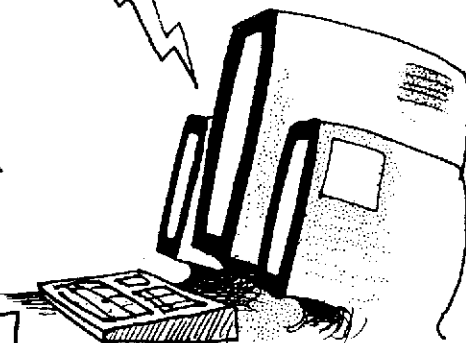
El INL, el Instituto Nacional de Literatrónica, ha procedido a la emisión controlada de numerosas palabras nuevas que les vamos a presentar ahora...



Eeh.. discúlpenme, hay una noticia de última hora: los planos del **LOGOTRÓN** han sido robados del INL por un grupo de anarco-lingüistas de origen alemán. Eso explicaría la increíble emisión de palabras nuevas realizada por los alemanes, a pesar de las advertencias reiteradas del FLI, el **FONDO LINGÜÍSTICO INTERNACIONAL...**

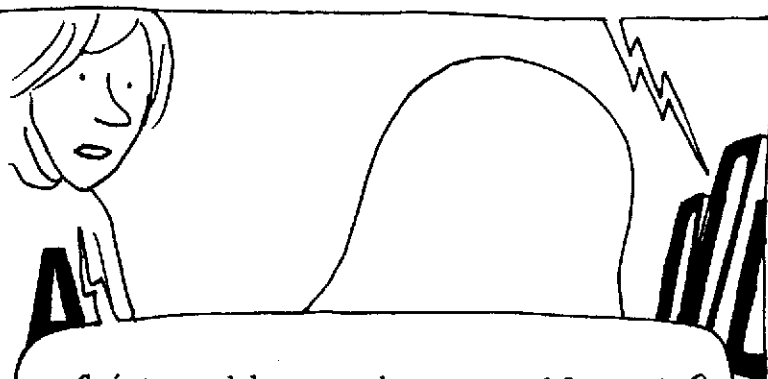


¡Bueno, eso se veía venir!



La **LOGORREA**, la inflación verbal, está amenazando a nuestros vecinos del otro lado del Rin: las conversaciones usuales en lengua alemana se han vuelto interminables. La televisión ha tenido que suspender la emisión de pronósticos meteorológicos relacionados con el tiempo del día siguiente, pues su presentación excedía las veinticuatro horas

El gobierno alemán ha alertado a la población sobre las palabras de más de dieciséis letras, a las que deben considerar como sospechosas



¿Cuántas palabras puede generar el Logotrón?



Prácticamente no hay limite...

Aquí vemos a un bávaro recibiendo los once tomos del nuevo diccionario

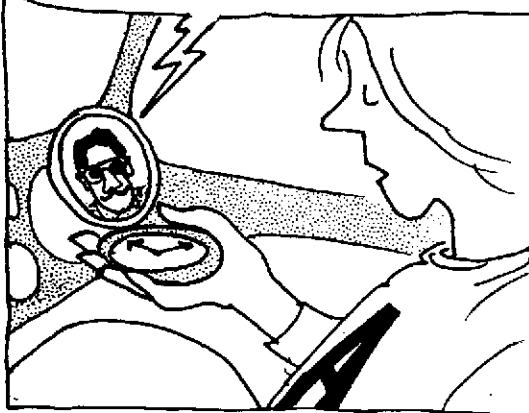


El lenguaje tiene su propia vida. Si se han formado estructuras con dos raíces, éstas pueden a su vez capturar un nuevo radical y dar origen a una estructura de tres raíces, y así sucesivamente...

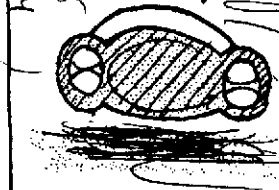


Lo que es propio de los lenguajes aglutinantes

El INL se encuentra trabajando noche y día para ofrecer a los franceses nuevas palabras listas para ser usadas, es decir con un sentido. Rumores según los cuales **PALABRAS DESPROVISTAS DE SENTIDO** habrían sido puestas en circulación son infundados

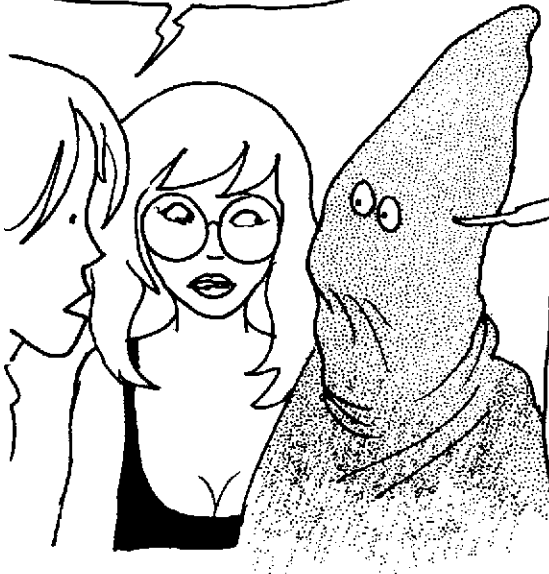


Intentan tranquilizar a la opinión pública...



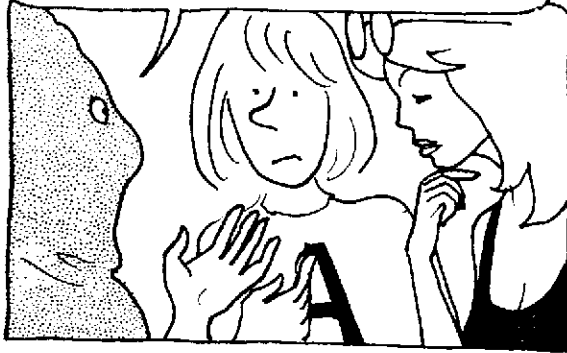
TENGAN CONFIANZA
EN EL INL
LA PALABRA
CORRECTA
AÚN EXISTE

¿Cómo va eso?

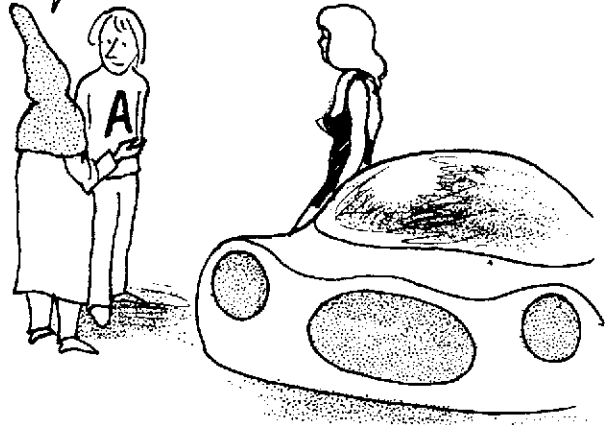


Más bien mal. En Alemania ya van en sesenta millones de palabras. En Múnich y en Dresden las personas están hablando italiano o francés. Se espera un derrumbe de la lengua alemana, a pesar del apoyo activo dado por el FLI (Fondo Lingüístico Internacional), que ha tomado la valiente decisión de publicar su boletín en alemán

La gente ha perdido la confianza.
Dicen que no habrá nunca tantos
objetos como palabras



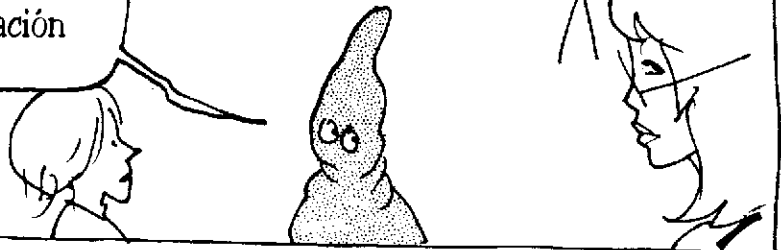
Hay dos tesis al respecto actualmente.
Según la primera, no hay de qué
preocuparse: el lenguaje **CREA** los
objetos, y habrá un reajuste
tarde o temprano



La otra tesis es que los
objetos no existen.
Sólo existiría el lenguaje...

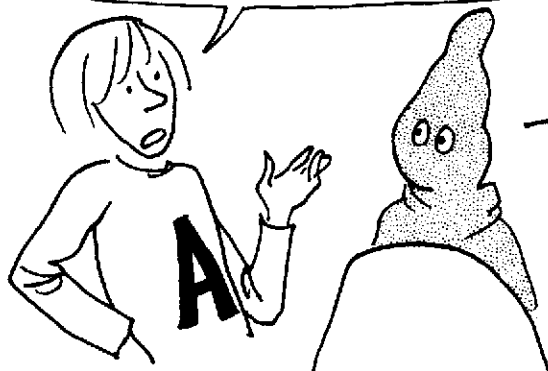
El lenguaje japonés, por su parte,
es presa de una forma particular de
LOGOSIS: una terrible **DERIVA
SEMÁNTICA**. Las palabras pueden
llegar incluso a cambiar de significado
dentro de una misma conversación

El lenguaje es
una flor marchita.
CALLÉN



¿No hay una lengua que haya
escapado a esa Logosis planetaria?

Por una razón inexplicada, parece
que los finlandeses del sur han
permanecido al margen,
temporalmente. Si se puede hacer un
discurso sobre el discurso, esa
lengua sería nuestra única posibilidad.
¿Hablas tú finlandés?



Claro

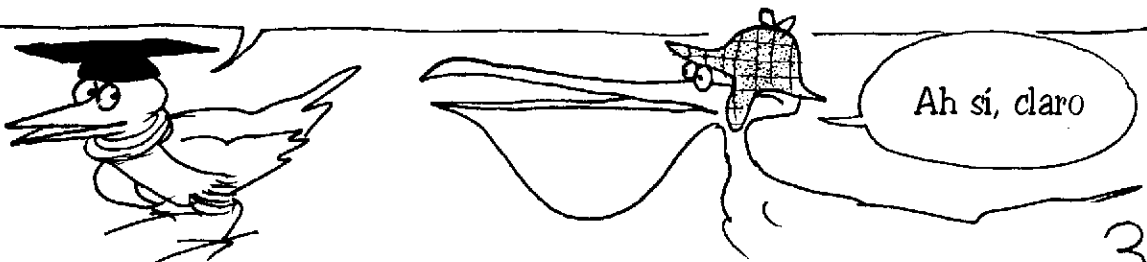
LENGUAJE Y METALENGUAJE

En algún lugar de Finlandia...



¿Pero la gramática está escrita en términos que hacen parte integral de la lengua francesa, no?

En ese caso la lengua contiene a su metalengua. Pero ese no es siempre el caso: los ingleses que aprenden el francés utilizan una gramática francesa escrita... ¡en inglés!



Tomemos la **MATEMÁTICA**.

Esta se escribe en un lenguaje particular, el **LENGUAJE MATEMÁTICO**, pero hablamos de ella en la **LENGUA NATURAL**

La cual, como ya sabemos, está llena de defectos de todo tipo: **PARADOJAS**, etc. ...

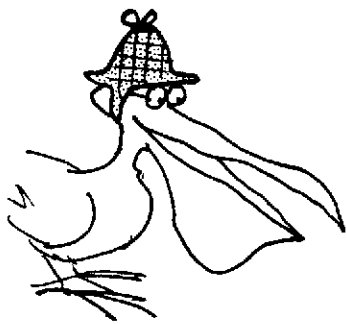
La **LÓGICA**, evidentemente, querría que pudiésemos disponer de un **LENGUAJE** que contuviera a su **METALENGUAJE**, su "gramática", todo ello exento de esos defectos inaceptables

En otras palabras, de un **LENGUAJE FORMAL**

Pero... ¡Rayos! ¿Qué es lo que es un lenguaje?

Podemos definirlo como un conjunto de **PROPOSICIONES**

Algunas serían **AXIOMAS**, otras **PROPOSICIONES DEMOSTRABLES** (en el sentido de que podemos demostrar que son verdaderas), otras **PROPOSICIONES REFUTABLES** (podemos demostrar que son falsas), todo ello ligado por medio de articulaciones **LÓGICAS**



Bueno, sería suficiente con poder disponer de un tal lenguaje formal, el cual serviría entonces de base, de lenguaje universal para todos los otros



Pues eso fue lo que tratamos de encontrar a través del lenguaje de la **TEORIA DE CONJUNTOS**... ¡y ya viste lo que pasó!



En cuanto a los matemáticos...

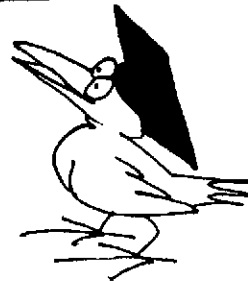
Veamos. Un sistema formal está compuesto por objetos del lenguaje. Algunos de ellos son **AXIOMAS**, comparables con los **DATOS** de un **PROGRAMA**. A partir de la **LÓGICA** inherente a ese lenguaje, que es ella misma un dato, se pueden elaborar razonamientos, comparables a **PROGRAMAS**, cuyos resultados son nuevas **PROPOSICIONES**

AXIOMA A

AXIOMA B

**PROGRAMA
RAZONAMIENTO
ESQUEMA LÓGICO**

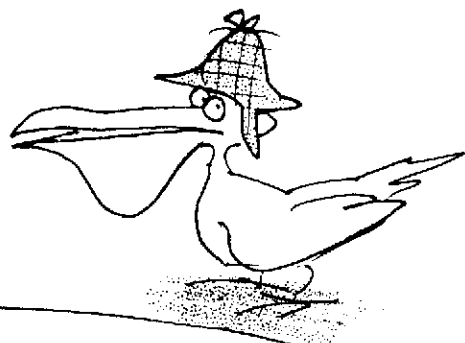
PROPOSICIÓN



Para que un lenguaje sea consistente, es necesario que todo esto pertenezca a un mismo conjunto, el **LENGUAJE-OBJETO**, y que una proposición cualquiera extraída de ese conjunto sea un **AXIOMA**, o un razonamiento lógico, o una **PROPOSICION DEMOSTRABLE** o **REFUTABLE**

LENGUAJE OBJETO

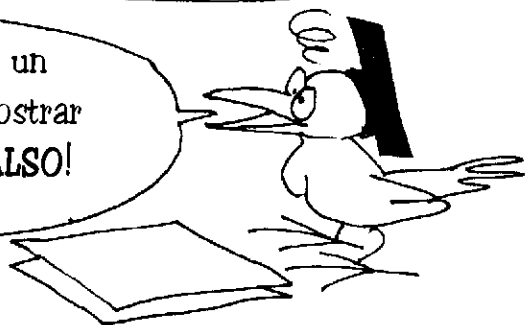
Pero ¿qué es lo que no es ni un axioma, ni un razonamiento, ni una proposición demostrable o refutable?



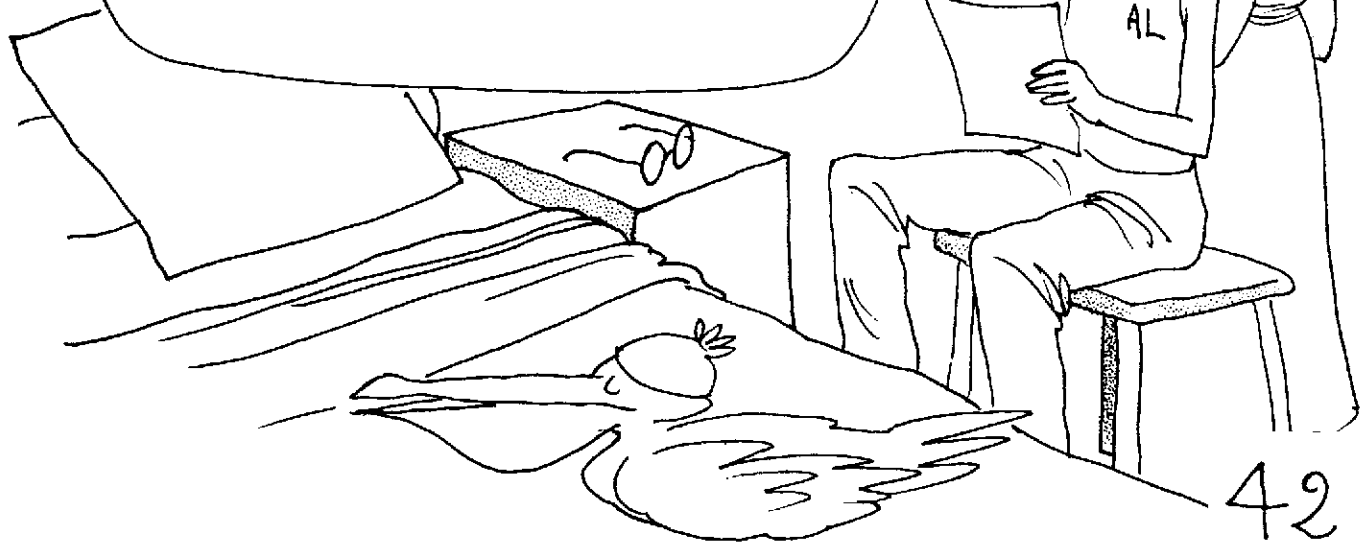
Sabes bien que son las benditas **PROPOSICIONES INDEMOSTRABLES** como: "EL BARBERO QUE AFEITA A TODOS LOS HOMBRES QUE NO SE AFEITAN A SÍ MISMOS", y sólo a esos, pertenecientes al conjunto de todos los hombres que no se afeitan a sí mismos



¡Ah, sí, no podemos construir un razonamiento que permita demostrar que eso es **VERDADERO** o **FALSO**!



Bien. Pienso que no hay por qué entrar en pánico. Estamos aquí para tratar de liberar al lenguaje de las dificultades dramáticas. Veo en el programa del coloquio que hay presentaciones con títulos esperanzadores. Lo veremos mañana...



EL TEOREMA DE GÖDEL

El coloquio se inicia en un clima de gran tensión en esa región de Europa temporalmente a salvo de la oleada terrorista de los anarco-lingüistas.



Se trata evidentemente de un gran trabajo, pero uniendo nuestros esfuerzos, por ejemplo en un Instituto de Axiomática, adjunto a un ministerio de tratamiento de proposiciones indecidibles, podríamos tener esperanzas de liberar a las lenguas de estos objetos indeseables. Y...

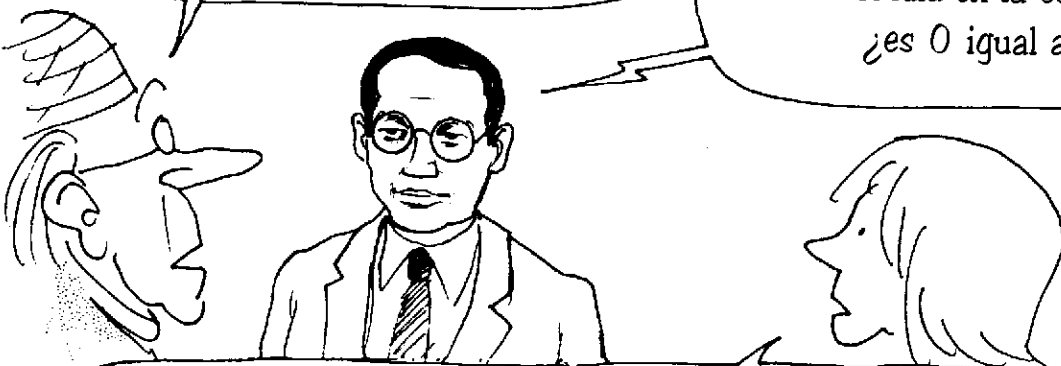
Me temo que, por desgracia, sería una vana empresa



La **ARITMÉTICA** es un **SISTEMA FORMAL**, un lenguaje compuesto por un cierto número de elementos: los números enteros, más los signos que representan las diferentes operaciones, como el signo de igualdad $=$, la implicación \Rightarrow , la negación, signos como \forall (para todo...), \exists (existe un...). Agreguemos a eso los **AXIOMAS DE PEANO**, y eso es todo

Sí, es cierto, existe una presentación totalmente axiomática de la aritmética

Entonces saben también que existe una proposición indecidible que se formula en la cuestión:
¿es 0 igual a 1? (*)



Conocemos esta particularidad, profesor Gödel, pero... ¿no es posible incluir la proposición " $0 = 1$ ", considerada como falsa, como un nuevo axioma de la **TEORÍA ARITMÉTICA**?

(*) Por más absurdo que pueda parecer, en este contexto axiomático es imposible demostrar o refutar la proposición:

$$0 = 1$$

La Dirección.

Desafortunadamente, mi joven amigo, caí en cuenta que si incluía el nuevo axioma "cero no es igual a 1", eso generaría a su vez una nueva proposición indecidible, y así sucesivamente...

¡Eso es aterrador!

En consecuencia, es imposible que la aritmética sea jamás **UNA TEORÍA COMPLETA Y CONSISTENTE**, y la proposición " $0 = 1$ " debe considerarse **ESENCIALMENTE INDECIDIBLE**

Vaya, eso es triste.
¿Pero acaso no hay más que la aritmética?

¿Y no podríamos simplemente pensar en que la solución podría ser eliminar el cero, causa de todos los males?

¡Bernie, estos tipos están locos!

FÍSICOS

Por desgracia...

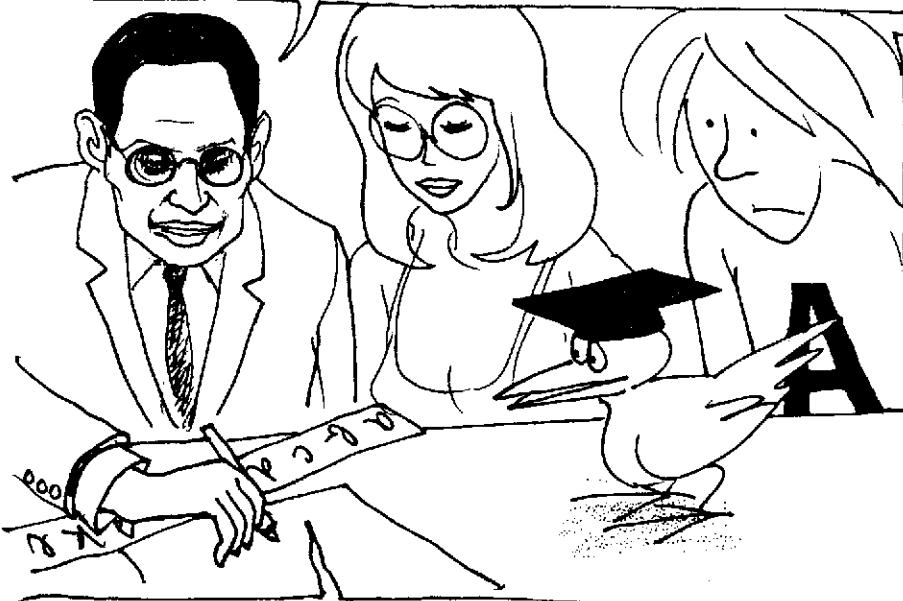
Las proposiciones de un lenguaje son asociables con los números enteros de manera biunívoca, y ese mundo de los números les comunica su vez esa enfermedad de indecibilidad esencial

No lo puedo creer, profesor Gödel

Ese defecto esencial, como una especie de pecado original, preexistirá entonces en todos los lenguajes: en la lengua natural, en la matemática, ...

Tomemos por ejemplo el lenguaje natural, construido a partir de signos como las letras del alfabeto, y consideremos la serie de los **NÚMEROS PRIMOS**, excepto el 1: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, etc. ...

Vamos a considerar las letras como si fueran proposiciones ellas mismas, y a asignarles un número. A "a", la primera letra, le asociaremos 2^1 ; a "b", la segunda, $2^2 = 4$; a "c", $2^3 = 8$, y así sucesivamente...



a	↔	2^1	=	2
b	↔	2^2	=	4
c	↔	2^3	=	8
d	↔	2^4	=	16
e	↔	2^5	=	32
f	↔	2^6	=	64
g	↔	2^7	=	128
h	↔	2^8	=	256
etc...				

Pasemos ahora a las series de letras, como "bac". Esta vez basaremos el código en la serie de los números primos, comenzando por el 3, es decir, 3, 5, 7, etc. ... Siendo 4 el número asociado a la letra "b", 2 a la letra "a" y 8 a la letra "c", formamos el número entero $n = 3^4 5^2 7^8$, igual a 11673722025, que es bastante grande. Afirmo que ese número entero codifica perfectamente la serie de letras a - b - c

¡Comprendido!

Ese número es **DESCOMPONIBLE DE FORMA ÚNICA** como un producto de potencias enteras de números primos. Lo que hace que de $n = 11673722025$ se pueda volver al producto $3^4 5^2 7^8$. Podemos entonces descomponer también sus exponentes

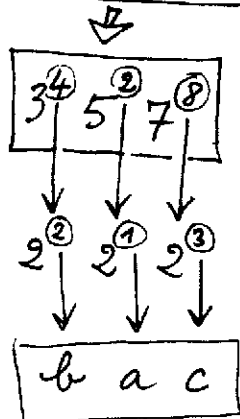


¡Un milagro,
por todos los dioses!

Tomemos ese número, el 11673722025.
Si lo divides por los números primos una y
otra vez, hasta que ya no sea posible continuar,
obtienes una descomposición en un producto
de potencias enteras de números primos.
En este caso: $3^4 5^2 7^8$. Esta descomposición
es ÚNICA

Tomando la potencia del primer número primo
de la serie: 3^4 , y considerando su exponente
como una potencia de 2, reencontramos el
valor del primer caracter de la palabra,
en este caso 2, que corresponde a la letra b

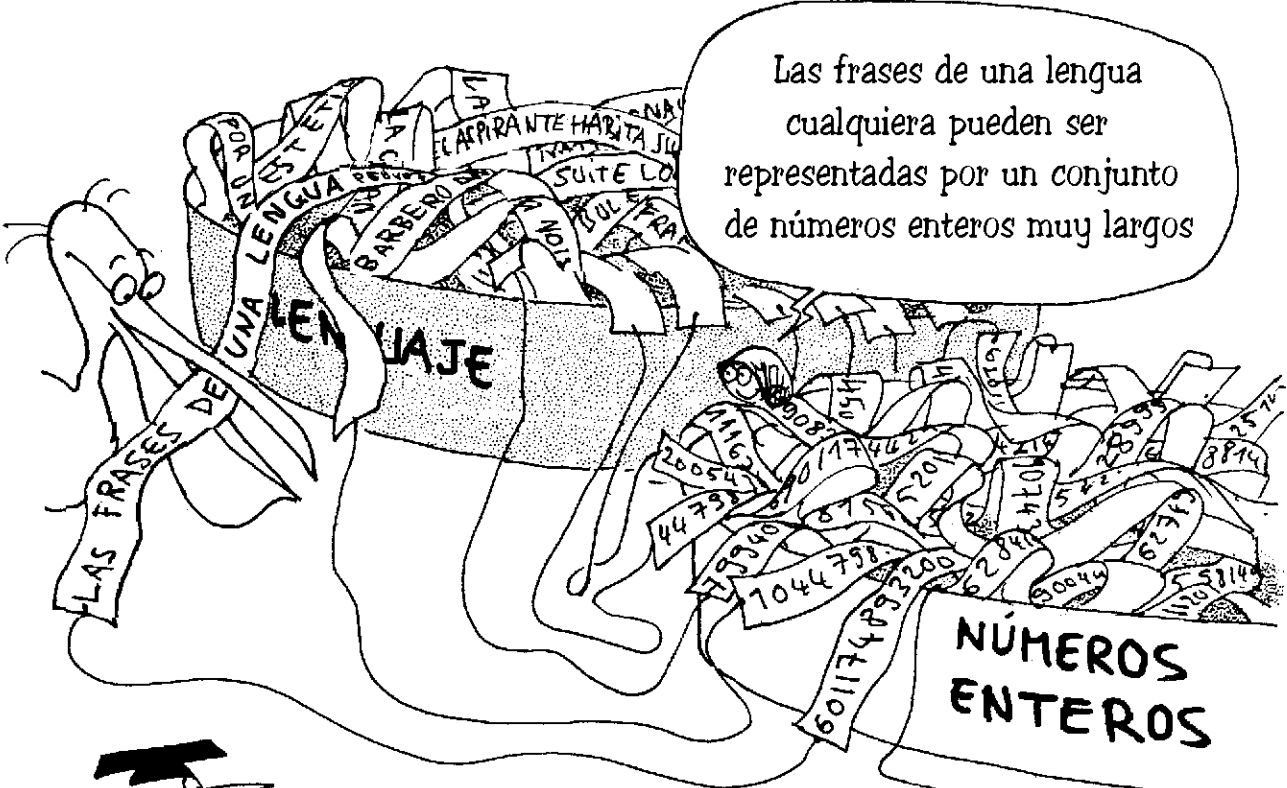
1167322025



Gracias a este método de
codificación, el número
11673722025 representa
a la palabra bac y sólo a ella

TRES NO DIV

Codificando un "blanco" entre las palabras, o la
puntuación, se puede asociar un número a una
serie de palabras o a una frase completa



Las frases de una lengua cualquiera pueden ser representadas por un conjunto de números enteros muy largos



Cada frase está unida a un número **ÚNICO** mediante un hilo

Algunas de ellas son **AXIOMAS**
EL AZUL ES UN COLOR

TRES NO DIVIDE A DIECISIETE
CINCO NO DIVIDE A DIECISIETE
SI P Y Q NO DIVIDEN A UN NÚMERO
ENTONCES SU PRODUCTO PQ NO
DIVIDE A DICHO NÚMERO
QUINCE NO DIVIDE A DIECISIETE

Pero todo el interés de un lenguaje es el de poder articular las frases entre sí, de acuerdo con una secuencia **HIPOTÉTICO-DEDUCTIVA**, con premisas, un razonamiento lógico y una conclusión



¿Cómo codificar esas secuencias?



A cada una de estas secuencias, a las que llamamos **TEOREMAS**, se puede asociar un número entero único y arreglárselas para que la decodificación de ese número permita reconstruir las frases que componen el teorema. Para hacer esto, calculamos los números enteros asociados con las frases

TRES NO DIVIDE A DIECISIETE n_1
 CINCO NO DIVIDE A DIECISIETE n_2
 SI P Y Q NO DIVIDEN A UN NÚMERO
 ENTONCES SU PRODUCTO PQ
 NO DIVIDE A DICHO NÚMERO n_3
 QUINCE NO DIVIDE A DIECISIETE n_4

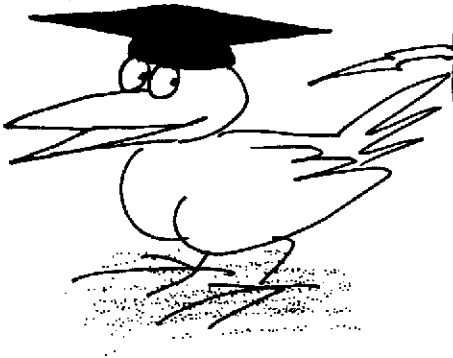


Siempre con base en la serie de los números primos, formemos el número

$$n = 3^{n_1} 5^{n_2} 7^{n_3} 11^{n_4}$$



Operando a la inversa, si descomponemos n en un producto de potencias de la serie de los números primos, recontraremos los exponentes n_1, n_2, n_3 y n_4



Si los exponentes fueran potencias de 2, eso querría decir que codifican caracteres de nuestro alfabeto, y por lo tanto una simple frase que completariamos al decodificar



Si los exponentes n_1, n_2, n_3 y n_4 no son potencias de 2, entonces se trata de frases-elementos de una secuencia hipotético-deductiva, de un teorema. Continuando con la descomposición por segunda vez, podríamos reconstruir las frases



Así, todo puede ponerse en un **LENGUAJE OBJETO** que está compuesto sólo de números enteros. Todo: los axiomas, las reglas, los razonamientos y las proposiciones

Todo puede llevarse a un **JUEGO SOBRE LOS NÚMEROS**



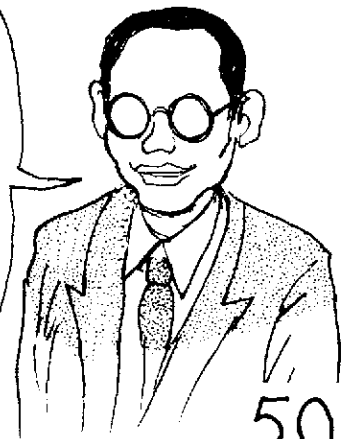
... O sea a una **ARITMÉTICA...**
¡Perfectamente diabólico!

Pero hay algo que no comprendo. Si usamos números enteros para codificar todos esos signos, caracteres, frases y teoremas, ¿entonces qué lugar queda para los números enteros en sí mismos? Y a la inversa, ¿cómo poner en un mismo conjunto numérico a la vez los números enteros y los axiomas y teoremas de la **ARITMÉTICA** a los que se refieren? ¿Acaso los números no ocupan ya todo el espacio disponible?



¡Atención! Los números en sí mismos ya han sido codificados! Con la ayuda de ese truco de los números primos. Y en la aritmética podríamos codificar sin problema los caracteres en tanto que potencias de 2

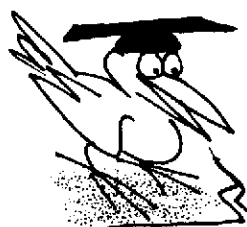
$\forall \leftrightarrow 2^1 = 2$	} operadores lógicos
$\exists \leftrightarrow 2^2 = 4$	
$\vdots \leftrightarrow \vdots$	
$1 \leftrightarrow 2^5 = 32$	} cifras
$2 \leftrightarrow 2^6 = 64$	





Es esta transcodificación por escalamiento hasta el **INFINITO** la que permite poner en el conjunto (infinito) de los números enteros no solamente a ellos mismos, sino a las reglas aritméticas que existen entre ellos

Y en el **INFINITO**, con seguridad, espacio es lo que sobra...



Para que un lenguaje sea **CONSISTENTE**, para que forme una **TEORÍA COMPLETA**, hace falta que los objetos del lenguaje constituyan bien sea **AXIOMAS**, considerados como **DATOS DEL LENGUAJE**, bien sea **REGLAS** (sintácticas), o elementos **DE PROGRAMACIÓN**, o **PROPOSICIONES** resultantes de cascadas **HIPOTÉTICO-DEDUCTIVAS**

Esta exigencia vale para **TODOS LOS LENGUAJES**, incluido el **LENGUAJE MATEMÁTICO**

Pero no olvidemos que existen **PROPOSICIONES INDECIDIBLES**, que no se pueden ni **DEMOSTRAR** ni **INVALIDAR**

Que no son ni axiomas ni reglas, y que no se pueden derivar de ninguna secuencia hipotético-deductiva

En el caso de la aritmética, Gödel ha mostrado que si se trata de buscar una salida considerando a la proposición indecidible $0 = 1$ como un axioma, eso generaría una nueva proposición indecidible, y así sucesivamente, sin fin...

Imposible hacer una superficie plana con este rompecabezas. Si lo fuerzo, se levantará en otra parte

¡CLOP!

Como se puede llevar cualquier lenguaje, no importa cuál, a un lenguaje puramente numérico, los dos poseerán la misma **IMPERFECCIÓN FUNDAMENTAL**

Incluida la matemática...

Dicho en breve,
NADA ES PERFECTO

Todo lenguaje tendrá necesariamente al menos una proposición indecidible

¿Dígame, estimado colega, todo esto no le recuerda un mal sueño?
Tiene que haber una salida. ¿No será que los números primos
dependen... eeehh... de la **BASE**, del sistema de numeración utilizado?

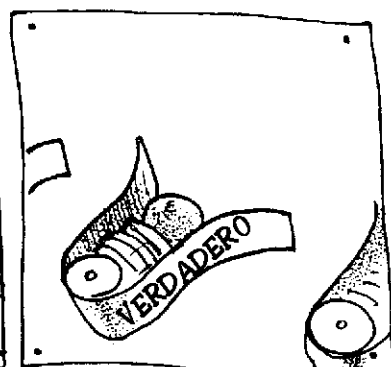
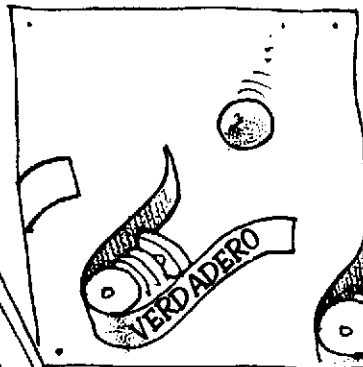
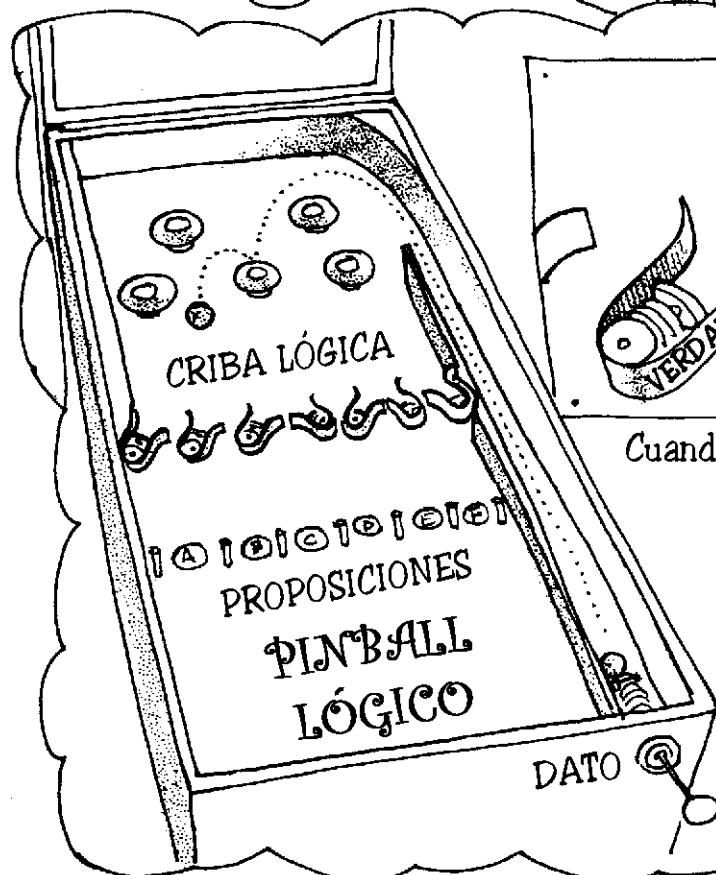
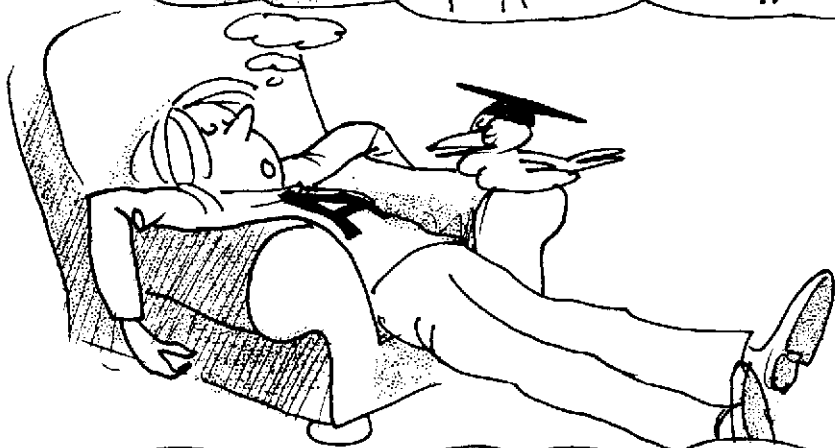
Por desgracia no. Podríamos
incluso codificarlo todo en
BINARIO, en secuencias
constituidas únicamente por
ceros y unos

¡Qué
horror!

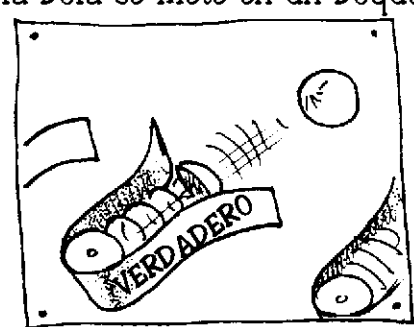
Entonces los números enteros no son un
lenguaje particular, ellos **SON EL LENGUAJE**.
Todo el resto no es más que **LECTURA**

¡¿Porque no hay
más que
los números!?!

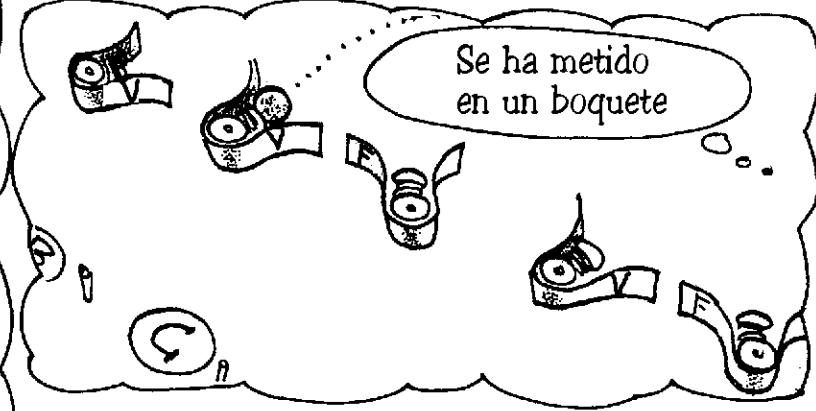
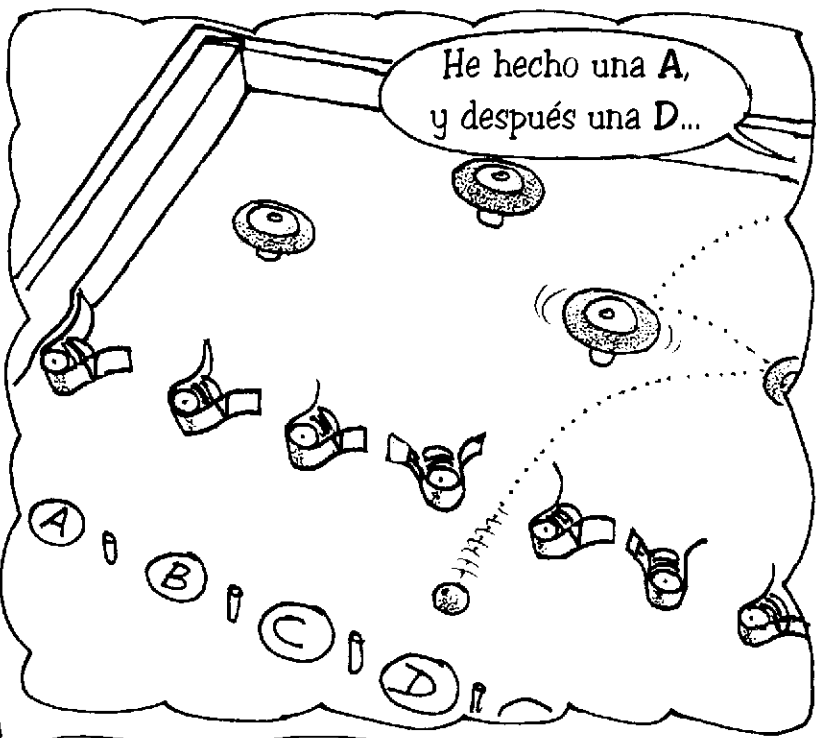
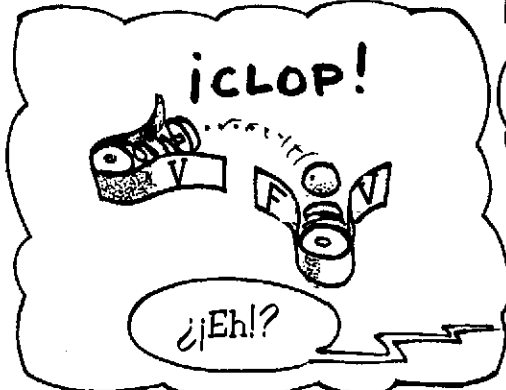
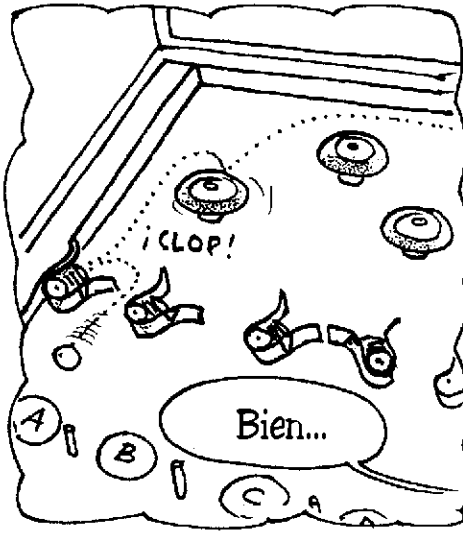
La **VERDAD** depende
del **LENGUAJE**,
de la manera como
codificamos y
decodificamos



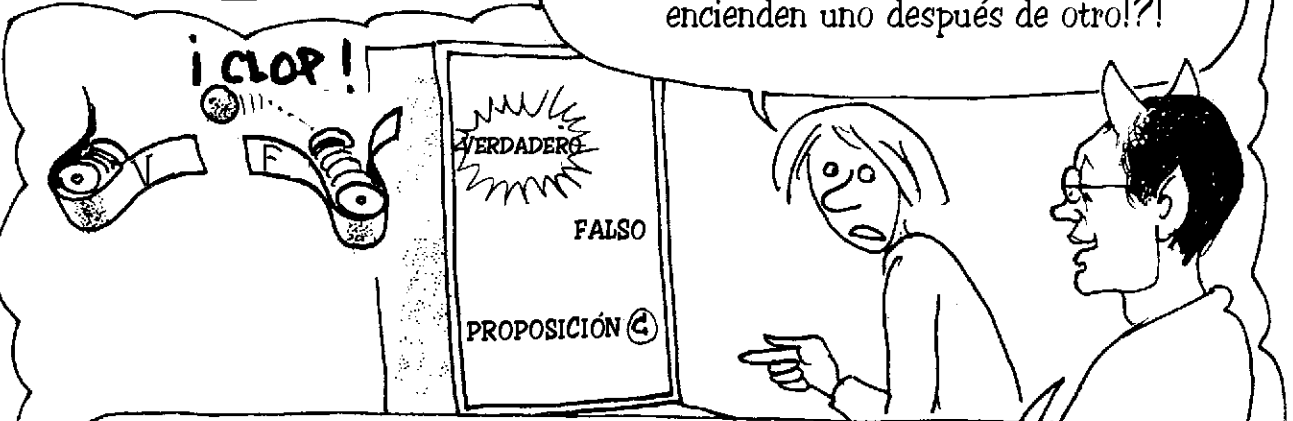
Cuando la bola se mete en un boquete...



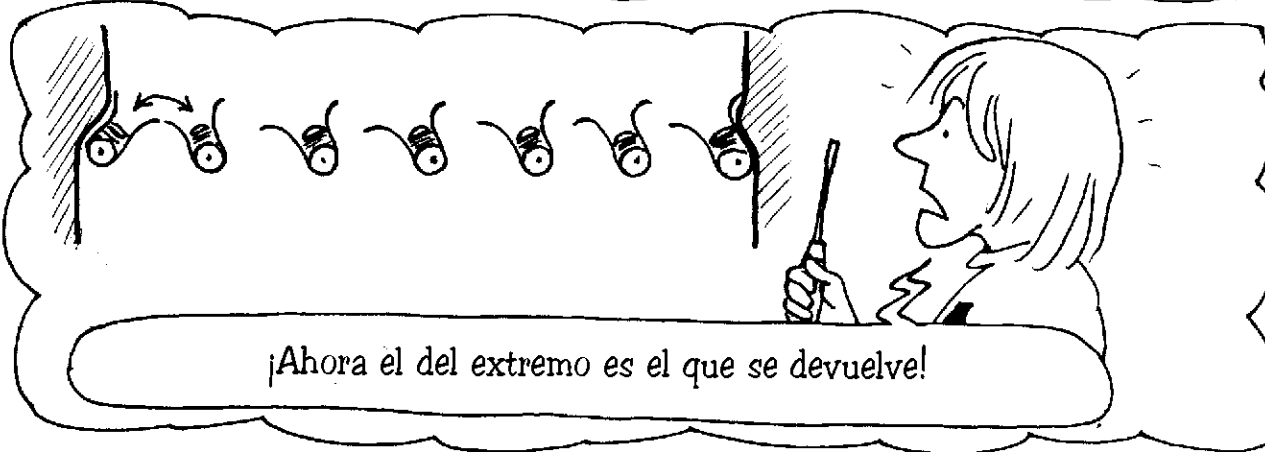
... es expulsada automáticamente.



¿Entiende usted algo?
¡La bola salta de un boquete a otro y los bombillos de VERDADERO y FALSO se encienden uno después de otro!?!



Es normal. Quiere decir que ningún camino LÓGICO conduce a la proposición C, que es a la vez VERDADERA y FALSA



¡Rayos! ¡Es imposible eliminar esa trampa lógica!
¡Si giro el boquete, eso no hace más
que trasladar el problema!





Ese teorema de Gödel... es... terrible...

¿Cómo estás, cariño?



Ya sabes...

Hace más de diez mil años que los hombres tratan de hacer cosas perfectas

El coloquio termina con esa triste constatación...



Todo está perdido...

Bueno, ahora sabe que nosotros los físicos y ustedes los matemáticos estamos en el mismo barco



¿Qué quiere usted decir?

¿No le dice nada el **PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE?**



Russell decía que no podíamos conciliar el **RIGOR** y la **PRECISIÓN**

Si el Universo está estructurado como un lenguaje, es normal que todos tengamos nuestros enredos, ¿no?

El error es querer negociar el **PENSAMIENTO** por medio de un lenguaje



¿Y entonces qué hay que hacer?

La meditación trascendental permite liberarse de esos lastres



Los pensamientos verbalizados tienen su sede en el cerebro izquierdo. Parando totalmente esa actividad mental subalterna, se redistribuye el oxígeno que afluye al cerebro, haciéndolo pasar al cerebro derecho, el cual funciona de manera diferente y le permite al hombre acceder a conocimientos esenciales

No suena nada mal, ¿y a qué se llega?



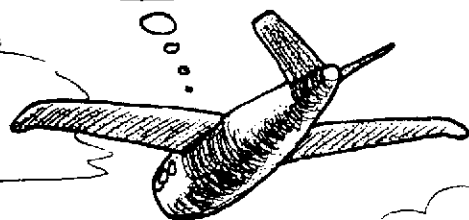
Bueno, se llega a algo que no es **COMUNICABLE**

Pero... ¡eso es el fin de la profesión...!

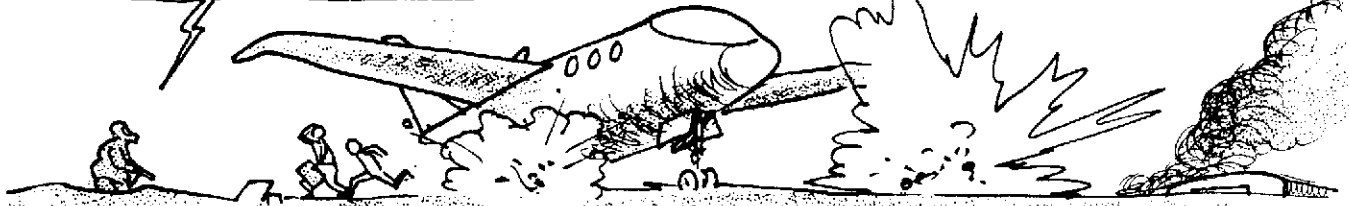


Vámonos, es hora de regresar

Eso fue gracioso...

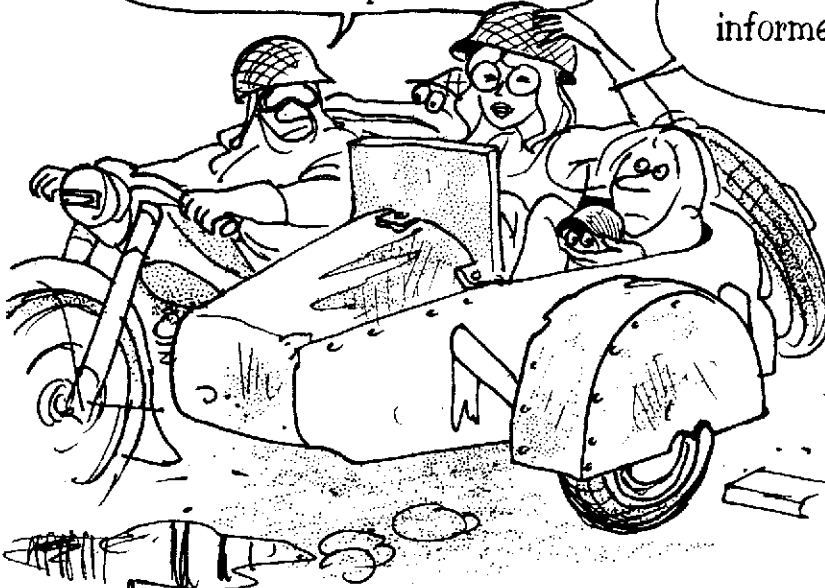


¡Rápido, pónganse al cubierto!



Los mutistas atacan el aeropuerto

Es preciso que hagamos nuestro informe. Al Instituto de Literatrónica



O a lo que quede de él...



INSTITUTO NACIONAL DE LITERATRÓNICA

¡Deprisa!





Hemos tenido una noche muy dura. Los anarco-lingüistas están por todas partes. El finlandés del sur no aguantará mucho tiempo. Tienen ahora un Logotrón en esa lengua

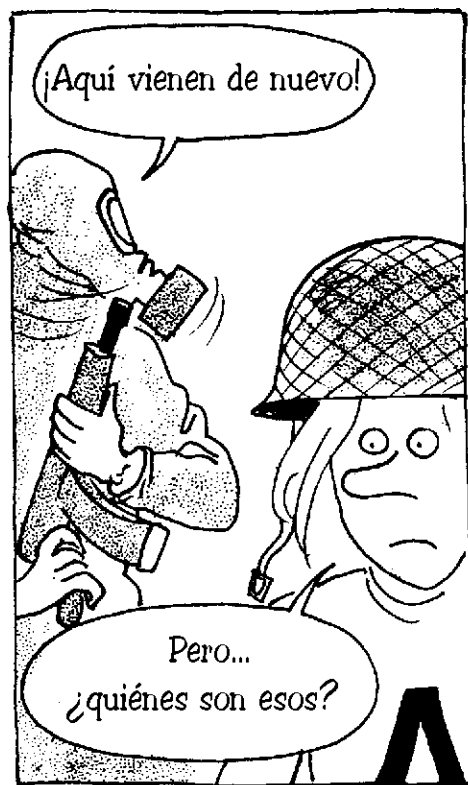
Puesto que es una lengua aglutinante (*), como el alemán y el japonés, no resistirá mucho

Es un verdadero **LOGOCIDIO**

Pueden buscar cuanto quieran, todas las páginas están en blanco

Vaya, ratones de biblioteca...

TAK TAK TAK



¡Aquí vienen de nuevo!

Pero...
¿quiénes son esos?



Es una secta de integristas neoinformáticos que pretende reducir el lenguaje a una única palabra

RUN

RUN

RUN

RUN

RUN

(*) En la que se pueden combinar raíces verbales hasta el infinito.



Un gran agradecimiento a mi colega y amigo MIHN,
por su aporte irremplazable en perlimpinín, ingrediente clave
de los álbumes de LANTURLY.

EL JUEGO DEL LOGOTRÓN

Consigan dos hojas de papel bristol de colores diferentes. Córtenlas en pequeños rectángulos de 5 cm. x 2 cm. Sobre los rectángulos azules, por ejemplo, escriban por uno de los lados un "comienzo de palabra" como CRONO, y por el otro el sustantivo con el que está relacionado: TIEMPO. En los rectángulos del otro color hagan lo mismo con un "final de palabra". Pongan los dos paquetes de cartones en dos cajas separadas.

➔ Primer tipo de juego: se distribuyen entre los jugadores cinco comienzos de palabra y cinco finales.

Deben ensamblarlos creando

neologismos de los que deben dar las definiciones:

Ejemplo:

LOGO	TOMO
------	------

 → Para hacer frases cortadas.

CRIO	TOPO
------	------

 → Refrigerador.

PAN	SCAFO
-----	-------

 → Vehículo para ir a cualquier parte.

De acuerdo con sus conocimientos en etimología, los jugadores pueden o no leer el reverso de los cartones.

➔ Segunda fórmula de juego: como en el póker, los jugadores pueden intercambiar sus cartones. Una palabra que ya exista en el diccionario contará doble. Lo mismo si se trata de un objeto real. Ejemplo:

BIBLIO	STATO
--------	-------

 → Prensalibros.

Una definición divertida valdrá un punto de más:

PANMANIA: manía de todo

CRISÓRQUIDA: promotor inmobiliario

ESTATODINÁMICA: estudio de la evolución de los estados estacionarios

PSEUDÓGAMO: que no está casado de verdad

PODOCLASTA: rompepies

PANLOGIA: estudio de todo

COSMOTOPO: lugar donde se encuentra el universo

ELASTOZODARIO: babosa

ESQUIZÓCRATA: que lo corta todo

BASE DE DATOS

COMIENZOS DE PALABRA :

CLEPTO→ROBO
 CRONO→TIEMPO
 EPISTEMO→CIENCIA
 LOGO→DISCURSO
 PAN→TODO
 PATO→ENFERMEDAD
 HEMI→POR MITAD
 CRIPTO→OCULTO
 STATO→ESTADO ESTACIONARIO
 ELASTO→ELASTICO
 ORTO→DERECHO
 PSEUDO→FALSO
 GASTRO→ESTOMAGO
 EROTICO→EROTISMO
 ORQUIDO→COJON
 PARALELE→PARALELO
 SEMIO→SENTIDO
 ERGO→TRABAJO
 GERONTO→ANCIANO
 COPRO→EXCREMENTO
 MICO→HONGO
 IDEO→DE LAS IDEAS
 MAGNETO→MAGNETICO
 FOTO→LUZ
 TEO→DIOS
 NECRO→MUERTE
 MESO→MEDIO
 PODO→PIE
 PORNO→PORNO
 PROTO→PRIMER
 ESCATO→EXCREMENTO
 DOXO→OPINION
 PLUTO→RIQUEZA
 FONO→SONIDO
 INFLATO→INFLAMIENTO
 PIRO→FUEGO
 GEO→TIERRA
 NUCLEO→NUCLEO
 PARA→PARALELO
 GRAFO→DE LA ESCRITURA
 ODO→CAMINO
 FALO→FALO
 RADIO→RADIO
 RETRO→POR DETRAS
 PSICO→ALMA
 LITO→PIEDRA
 MACRO→GRANDE
 CRISO→ORO
 FILO→AMOR
 MICRO→PEQUEÑO
 TECNO→TECNICA
 BIO→VIDA
 ESPELEO→CAVERNA
 TOMO→CORTAR
 TOPO→LUGAR
 ARQUEO→ANTIGUO
 VIDEO→VER
 AERO→AIRE
 HOMO→MISMO
 PRO→PARA
 ALGO→DOLOR
 CO→CON
 EXTRA→POR FUERA DE
 CEFALO→CABEZA
 CRIO→FRIO

PAPIRO→PAPEL
 FITO→VEGETAL
 FRENO→CEREBRO
 LATERO→DE LADO
 MORFO→DE FORMA
 GNOSEO→CONOCIMIENTO
 SONO→SONIDO
 TELE→DISTANCIA
 ULTRA→MAS ALLA DE
 BRADI→LENTO
 QUIMIO→DE LA QUIMICA
 GALACTO→LECHE
 GIRO→ROTACION
 SIDERO→CIELO
 CROMO→COLOR
 ALO→OTRO
 ANTROPO→HOMBRE
 ADENO→GLANDULA
 ANISO→OTRO
 AGRO→CAMPO
 ARTRO→ARTICULACION
 ASTRO→CIELO
 ISO→MISMO
 ESTEREO→SOLIDO
 ENDO→AL INTERIOR DE
 GENO→RAZ
 LOXO→OBLICUO
 PERI→ALREDEDOR DE
 PLURI→NUMEROSO
 ESTILO→VARA
 XILO→MADEIRA
 AUTO→DE SI MISMO
 BACTERIO→BACTERIA
 BIBLIO→LIBRO
 BRONCO→BRONQUIO
 BUTIRO→MANTEQUILLA
 CACO→MALVADO
 CERQUI→COLA
 CROMATO→COLOR
 APO→POR ENCIMA
 CARDIO→DEL CORAZON
 EPI→ALREDEDOR DE
 GLOSO→LENGUA
 HIPO→CABALLO
 MELANO→NEGRO
 NOMO→LEY
 PETRO→PIEDRA
 EMBRIO→EMBRION
 CINEMATO→CINE
 CRIO→DEL FRIO
 DERMO→DE LA PIEL
 HELIO→DEL SOL
 HEMATO→DE LA SANGRE
 HETERO→OTRO
 HOMEO→SEMEJANTE
 HIDRO→AGUA
 METEO→DEL CIELO
 METRO→MEDIDA
 XENO→EXTRANJERO
 NEO→NUEVO
 NEURO→DE LOS NERVIOS
 PALEO→ANTIGUO
 ESQUIZO→CORTE
 FISIO→DEL CUERPO
 TERMO→CALOR
 TAQUI→VELOCIDAD
 TERATO→MONSTRUO

FINALES DE PALABRA :

CLEPTO→ROBO
 CRONO→TIEMPO
 EPISTEMO→CIENCIA
 LOGO→DISCURSO
 PAN→TODO
 HEMI→POR MITAD
 CRIPTO→OCULTO
 STATO→EST. ESTACIONARIO
 ELASTO→ELASTICO
 ORTO→DERECHO
 PSEUDO→FALSO
 GASTRO→ESTOMAGO
 EROTICO→EROTISMO
 ORQUIDO→COJON
 PALALELO→PARALELO
 SEMIO→SENTIDO
 ERGO→TRABAJO
 GERONTO→ANCIANO
 COPRO→EXCREMENTO
 MICO→HONGO
 IDEO→DE LAS IDEAS
 MAGNETO→MAGNETICO
 FOTO→LUZ
 TEO→DIOS
 NECRO→MUERTE
 MESO→MEDIO
 PODO→PIE
 PORNO→PORNO
 PROTO→PRIMER
 ESCATO→EXCREMENTO
 DOXO→OPINION
 PLUTO→RIQUEZA
 FONO→SONIDO
 INFLATO→INFLAMIENTO
 PIRO→FUEGO
 GEO→TIERRA
 NUCLEO→NUCLEO
 PARA→PARALELO
 GRAFO→DE LA ESCRITURA
 ODO→CAMINO
 FALO→FALO
 RADIO→RADIO
 RETRO→POR DETRAS
 PSICO→ALMA
 LITO→PIEDRA
 MACRO→GRANDE
 CRISO→ORO
 FILO→AMOR
 MICRO→PEQUEÑO
 TECNO→TECNICA
 BIO→VIDA
 ESPELEO→CAVERNA
 TOMO→CORTAR
 TOPO→LUGAR
 ARQUEO→ANTIGUO
 VIDEO→VER
 AERO→AIRE
 HOMO→MISMO
 PRO→PARA
 ALGO→DOLOR
 CO→CON
 EXTRA→POR FUERA DE
 CEFALO→CABEZA
 CRIO→FRIO
 TERATO→MONSTRUO
 PAPIRO→PAPEL
 FITO→VEGETAL
 FRENO→CEREBRO
 LATERO→DE LADO
 MORFO→DE FORMA
 GNOSEO→CONOCIMIENTO
 SONO→SONIDO
 TELE→DISTANCIA
 ULTRA→MAS ALLA DE
 BRADI→LENTO
 QUIMIO→DE LA QUIMICA
 GALACTO→LECHE
 GIRO→ROTACION
 SIDERO→CIELO
 CROMO→COLOR
 ALO→OTRO

1 REM LOGOTRON DATA+SENS

10 DIM D\$(100),P\$(100),F\$(100),Q\$(100),M\$(100),S\$(100):I=-1

20 I=I+1

30 READ D\$(I),P\$(I)

40 IF D\$(I)="*" THEN 60

50 GOTO 20

60 D=I-1

70 J=-1

80 J=J+1

90 READ F\$(J),Q\$(J)

100 IF F\$(J)="*" THEN 120

110 GOTO 80

120 F=J-1

130 REM CREACION ALEATORIA DE LOS INDICES I J

140 I=INT(RND*D)+1: J=INT(RND*F)+1

150 M\$=D\$(I)+F\$(J):REM NEOLOGISMO

160 S\$=Q\$(J)+"-"+P\$(I)

170 PRINT M\$:PRINT S\$:PRINT

180 FOR T=0 TO 1000:NEXT T

190 GOTO 140

200 DATA CLEPTO,ROBO,CRONO,TIEMPO,EPISTEMO,CIENCIA,LOGO,DISCURSO,PAN,TODO,PATO,ENFERMEDAD,HEMI,POR MITAD,CRIPTO,OCULTO

210 DATA EROTICO,EROTISMO,GNOSEO,CONOCIMIENTO,ORQUIDO,COJON,PARALEL,PARALELO,

SEMIO,SENTIDO,ERGO,TRABAJO,GERONTO,ANCIANO,COPRO,EX

CREMENTO,MICO,HONGO

220 DATA NECRO,MUERTE,MESO,MEDIO,PODO,PIE,PORNO,PORNO,PROTO,PRIMERO,ESCATO,EXCREM

ENTO,DOXO,OPINION,PLUTO,RIQUEZA,FONO,SONIDO,INFLATO,I

NFLAMIENTO,PIRO,FUEGO

230 DATA RETRO,POR DETRAS,PSICO,ALMA,LITO,PIEDRA,MACRO,GRANDE,CRISO,ORO,FILO,AM

OR,MICRO,PEQUEÑO,TECNO,TECNICO,BIO,VIVO,ESPELEO,CAVE

RNA,TOMO,CORTAR,TOPO,LUGAR,ARQUEO,ANTIGUO,VIDEO,VER

240 DATA CEFALO,CABEZA,CRIO,FRIO,TERATO,MONSTRUO,PAPIRO,PAPEL,FITO,VEGETAL,FRE

NO,CEREBRO,LATERO,DE LADO,MORFO,DE FORMA

250 DATA SIDERO,CIELO,CROMO,COLOR,ALO,OTRO,ANTROPO,HOMBRE,ADENO,GLANDULA,ANISO

,OTRO,AGRO,CAMPO,ARTRO,ARTICULACION,ASTRO,CIELO

260 DATA AUTO,DE SI MISMO,BACTERIO,BACTERIA,BIBLIO,LIBRO,BRONCO,BRONQUIO,BUTYRO,

MANTEQUILLA,CACO,MALVADO,CERCO,COLA,CROMATO,COLOR

270 DATA EMBRIO,EMBRION,CINEMATO,CINEMA,CRIO,DEL FRIO,DERMO,DE LA PIEL,HELIO,DEL

SOL,HEMATO,DE LA SANGRE,HETERO,OTRO,HOMEO,SEMEJANTE,H

IDRO,AGUA,METEO,DEL CIELO,METRO,MEDIDA

280 DATA NEO,NUEVO,NEURO,DE LOS NERVIOS,PALEO,ANTIGUO,ESQUIZO,CORTAR,FISIO,DEL CUERPO,

TERMO,CALOR,ZOO,ANIMAL,*,*

300 DATE GAME,MATRIMONIO,SE,AFECCION,EDRE,EDIFICIO,DINA,ENERGIA,CERQUIO,COLA,DROMO,

RUTA,FOBO,QUE DETESTA,PATE,ENFERMO DE

310 DATA SCAFO,VEHICULO,TOPO,LUGAR,TRON,MAQUINA,N,PARTICULA,ME,TUMOR,METRO,MEDIDA,

NAUTA,QUE NAVEGA,DRAMA,TEATRO,IDO,CASI,COSME,

UNIVERSO DE,SOMA,CUERPO

320 DATA ESFERO,DE ESFERA,STASIS,PARAR DE,TAFIO,TUMBA,TROPO,TENDENCIA,MANI,MANIA

CO DE,GRADO,CAMINAR,GRAMO,MENSAJE,GEN,GENERADOR,

ELASTO,ELASTICO

330 DATA KINESIS,MOVIMIENTO,CRATA,PODER, DINAMIA, DINAMICA, CITO, CELULA, FRENO,

CEREBRO, CEFALO, CABEZA, TERAPEUTA, MEDICO, FILOSOFO,

FILOSOFO, PITECO, MONO, DIDACTA, PROFESOR, PTERO, ALA, SEXUAL, SEXO

340 DATA MANCIA,PREDECIR,DINAMICA,DINAMICA,TROPISMO,TENDENCIA HACIA,SAURIO,ANCESTRO

DE,STATO,QUE MANTIENE,PLANO,AVION DE,TROPOS,QUE BUSCA,

ZOARIO,ANIMAL,RRAGIA,DERRAME DE,LITO,PIEDRA,CLASTA,ROMPEDOR DE,MAQUIA,CO

MBATE,DINA,MAQUINA DE

350 DATA DENDRON,ARBOL DE,LOGIA,DISCURSO SOBRE,LOGO,ESPECIALISTA EN

360 DATA LISI,DESCOMPOSICION,SE,AFECCION DE,ALGIA,DOLOR,FISICO,FISICA DE,

FORD,QUE LLEVA,CRONO,TIEMPO,CRONICA,REPETICION

DE,DACILO,DEDU,DOXO,OPINION

370 DATA CENTRISMO,CENTRADO SOBRE,GONO,ANGULO,DUC,CONDUCTO DE,LATRA,QUE ADORA,

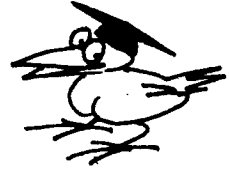
MNESIA,MEMORIA,MORFO,DE LA FORMA,FAGO,QUE COME,VORO,

QUE DEVORA,PATO,ENFERMO DE,PATIA,ENFERMEDAD DE,FOBO,QUE DETESTA,FOBIA,HORROR A

380 DATA FILO,QUE AMA,FILIA,AMOR A,FONO,SONIDO,FONIA,SONIDO,POLO,CIUDAD,TERMO,

CALOR,*,*

EL LOGOTRÓN (programa)

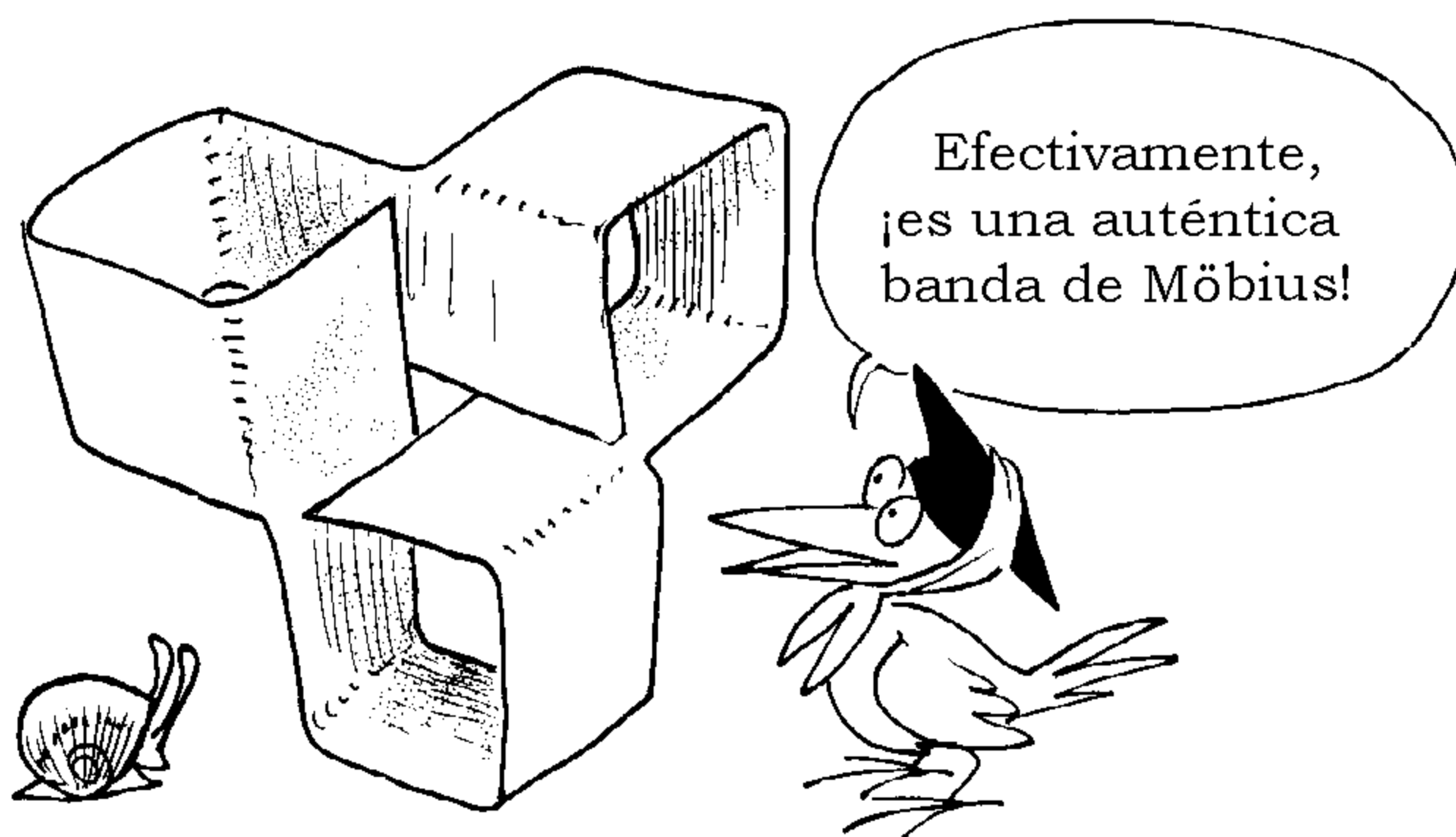


Las Aventuras de Anselmo Lanturlu

EL TOPOLOGICÓN

DE

Jean-Pierre Petit



TRADUCCIÓN CASTELLANA: F. XAVIER SAFONT J.

<http://www.jp-petit.com>



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.

Advertencia al lector.

Se desaconseja leer este álbum:

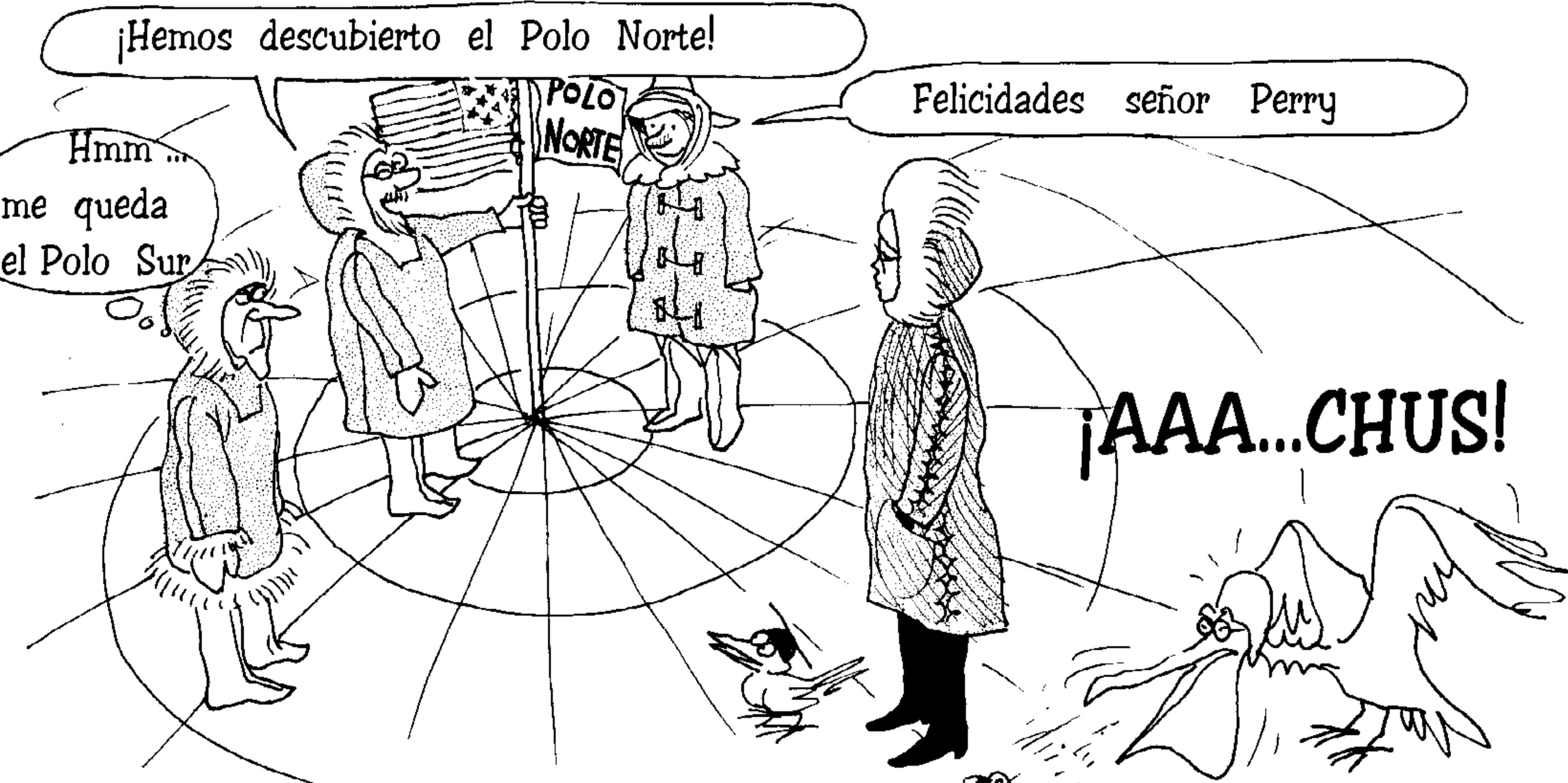
- antes de irse a dormir por la noche***
- después de una cena muy copiosa***
- o cuando no se esté seguro de nada, pues esto no hará más que empeorar las cosas.***

El autor.

NOTA DEL TRADUCTOR:

El apellido LANTURLU del protagonista de álbum se podría traducir al castellano como CHIRIGOTA y, aunque mantendremos la forma original del apellido, con su versión castellana puede darnos alguna idea del enfoque irónico de las aventuras del citado Anselmo Lanturlu (o Chirigota).

EL PLANETA SIN POLO SUR



¡Hemos descubiertto el Polo Norte!

Felicidades señor Perry

Hmm ...
me queda
el Polo Sur

¡AAA...CHUS!

Y bien, yo, Admundsen,
me voy a descubrir el Polo Sur!

Hum... llevar una mujer en
una expedición como ésta, me molesta...

Voy a seguir
un MERIDIANO.

Mis amigos y
yo podríamos escribir
su historia, narrar sus
hazañas.

¿Podemos ir
con usted?



Hum.. éso es otra cosa...

Aunque soy de una modestia a prueba de bomba, acepto

¿No utiliza perros esquimales?



No, yo utilizo los COLMUTS, una antigua hibridación entre caracol y mamut. Unos robustos animales amaestrados para seguir los MERIDIANOS.



¡Adelante! ¡Seguidme por la LINEA MERIDIANA!

¡TODO RECTO!

Ah Ah, soy una fiera.



Parece que hemos pasado el ECUADOR. Hay que seguirle,

Ahrr, ..la gloria

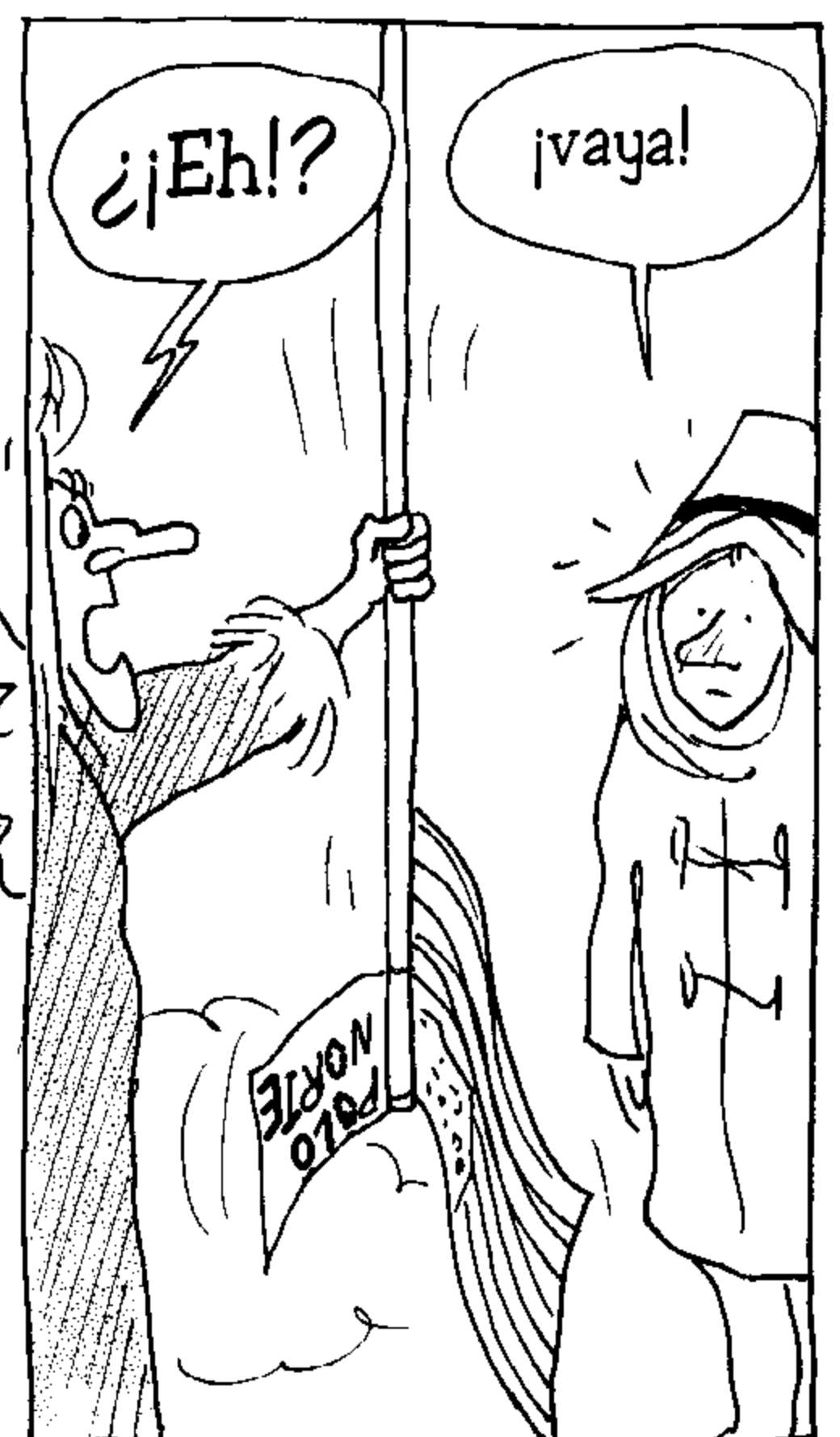
Pasando por Noruega con mis zapatos



¡Vamos! ¡Vamos!

¡se divisa el Polo Sur!
¡MI Polo Sur! ...

Argl...



Y de esto,
¡ni una palabra a nadie!

Ep, ¡mirad!

Cálmese señor Amundsen

¡Mi bandera!
¡¡Ha desaparecido!!

¡¿¡Quéee!!?!

Diga, ¿terminarán
pronto sus necesidades?

Curioso... diría que
es la voz del señor Perry

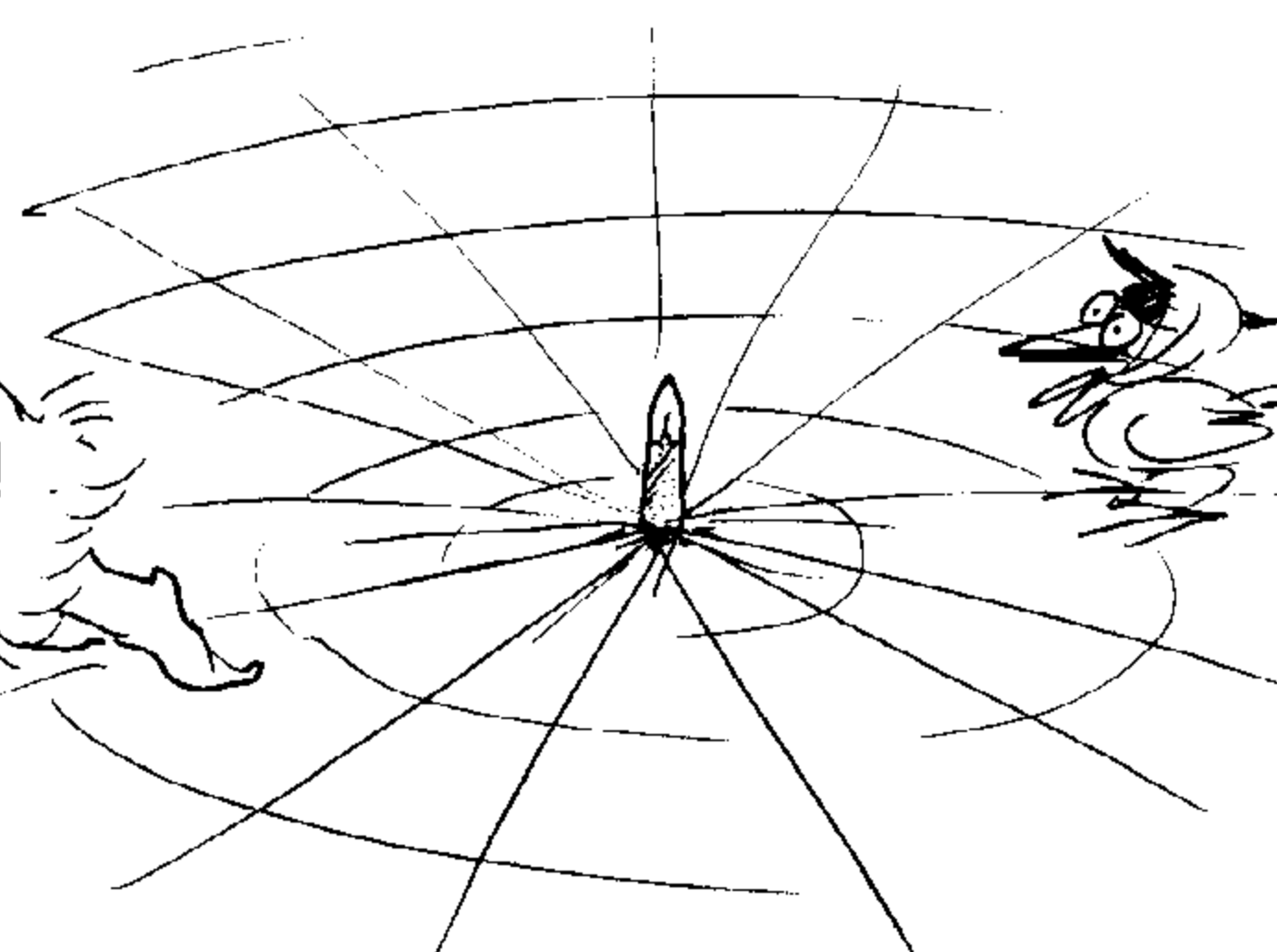
TONC
TONC
TONC

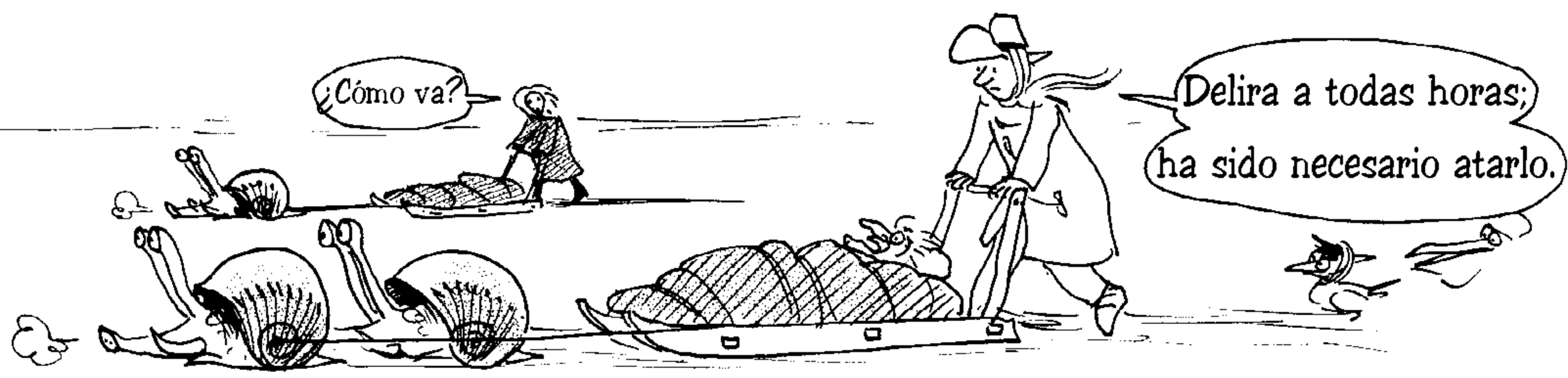
Vamos, señor Amundsen,
debemos volver.

¡qué choc!

Vamos a intentar
aclarar todo esto.

ARG..





¿Cómo va?

Delira a todas horas;
ha sido necesario atarlo.



¿Ya están
de vuelta?

En vuestra ausencia ha ocurrido una cosa
asombrosa. Mi bandera de pronto ha desaparecido y
¡¡he visto brotar otra con la inscripción
"POLO SUR"!!

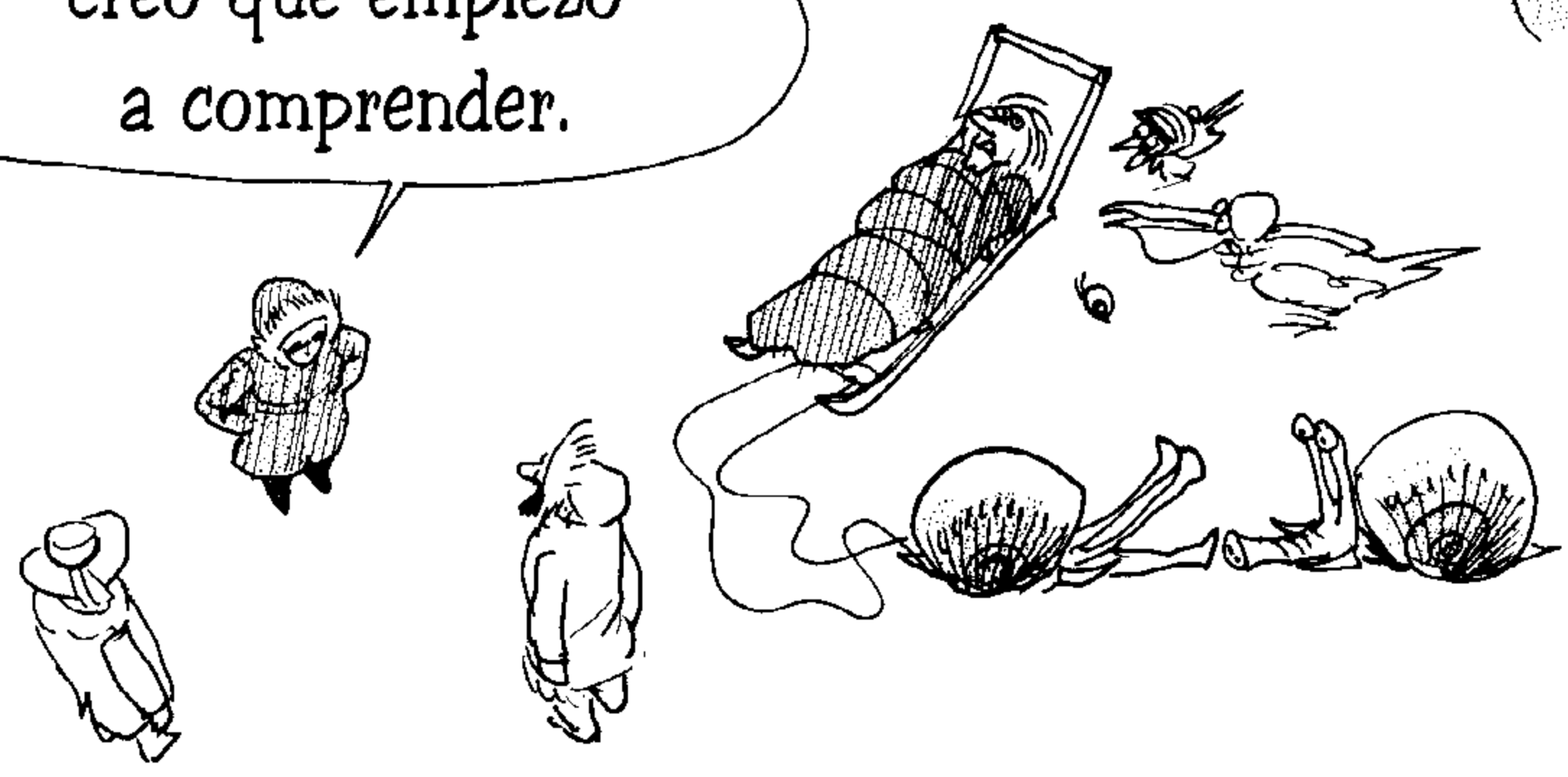


¡Todo esto es absolutamente
incomprensible!

No, escuchad... ¿a la bandera
POLO SUR no le ha aparecido
primero la punta?

Sí,
pero ¿cómo
lo sabe?

creo que empiezo
a comprender.



todo se aclara completamente se se considera que el ENTORNO del meridiano que hemos recorrido constituye una SUPERFICIE UNILÁTERA (*), una BANDA DE MÖBIUS, con una sola cara (ved "LE GÉOMÉTRICON" página 54)



¿Quieres decir que el Polo Sur, donde estuvimos hace un instante, no era más que el reverso... del Polo Norte?

Luego, ¿DÓNDE está el VERDADERO Polo Sur?

todo esto es perturbador...

entonces, ¿qué ocurre?

Es preciso reflexionar.

Según parece se ha perdido el Polo Sur

¡esta sí que es buena!

¿qué dicen?

Según Sofia, ¿podríamos estar sobre una esfera de una sola cara!

¡eso carece de sentido!

Entonces, ¿cómo va por tu casa?

(* una banda que se gira media vuelta antes de pegarse sólo tiene una cara.

Oh, ya sabes, como aquí .

Si queremos sacar al señor Amundsen de su penosa situación, necesitamos, en primer lugar, comprender cuál es la forma de este extraño planeta. Intentemos utilizar algunos principios básicos de la TOPOLOGÍA. Para conseguirlo descompondremos cualquier objeto en:

CÉLULAS CONTRÁCTILES



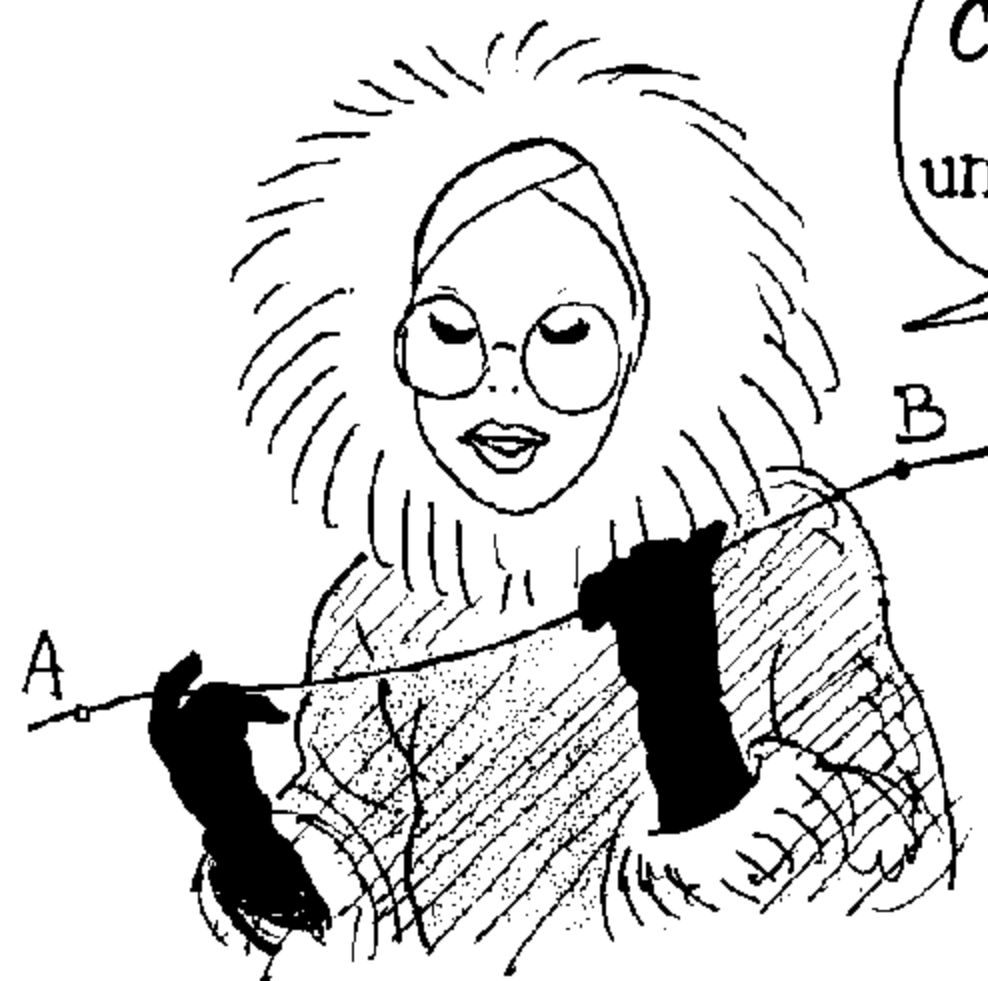
El objeto indescomponible parece que es el PUNTO ...

pero ¿qué haremos con un punto?

Un objeto, considerado como un conjunto de puntos, ocupa un cierto lugar en el espacio. Se dirá contráctil si se puede reducir hasta no ser más que un punto, pero **SIN SALIRSE DE SI MISMO.**



Consideremos, por ejemplo, este trozo de curva. Es un OBJETO DE DIMENSIÓN UNO EN EL ESPACIO



Pues bien, la posición de un punto se puede especificar con una única cantidad: la abscisa curvilínea o la longitud del hilo que separe el punto de otro punto tomado como origen.



puedo poner ese trozo de curva en una especie de tubo vacío, dentro del cual podrá encogerse, encogerse ...



Como el mercurio dentro de un termómetro.

Así, ¿toda curva es contráctil?



Las curvas CERRADAS no lo son

pero ... ¡basta cortarlas!



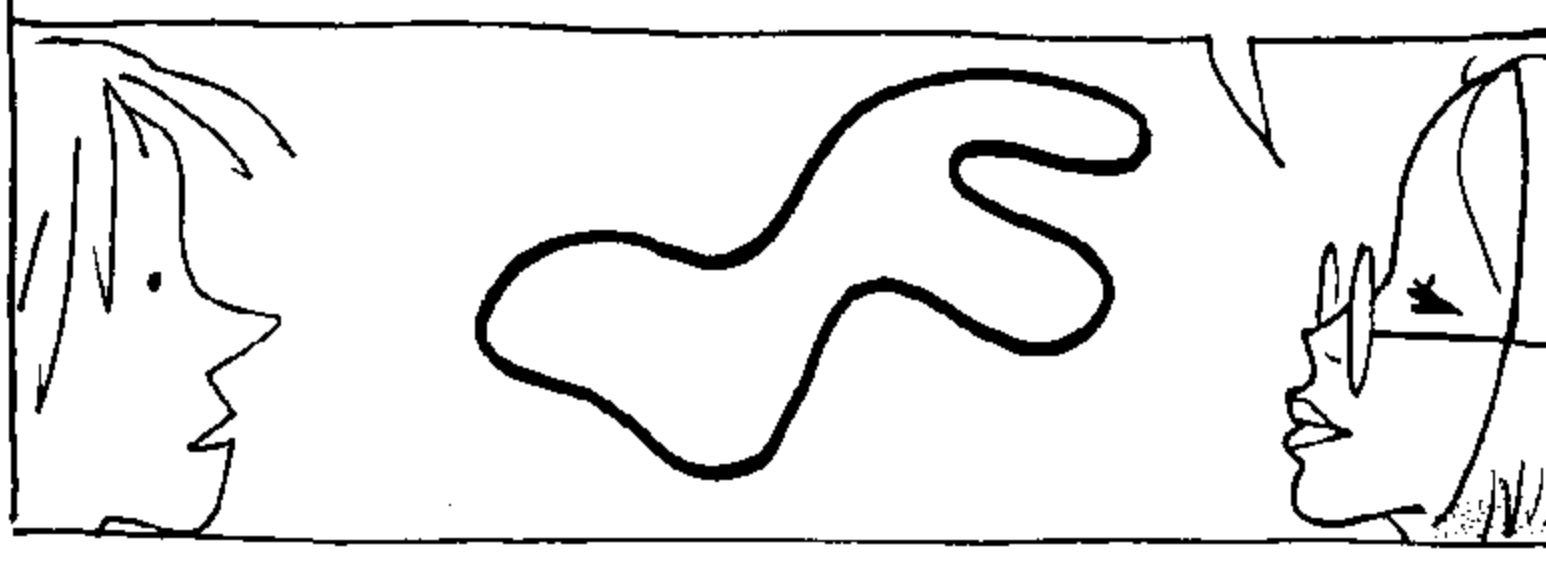
Pero entonces la CURVA se tranforma en un SEGMENTO. Ya no es CERRADA.

Si cojo, por ejemplo, una circunferencia puedo encogerla hasta un punto como éste, ¿no?

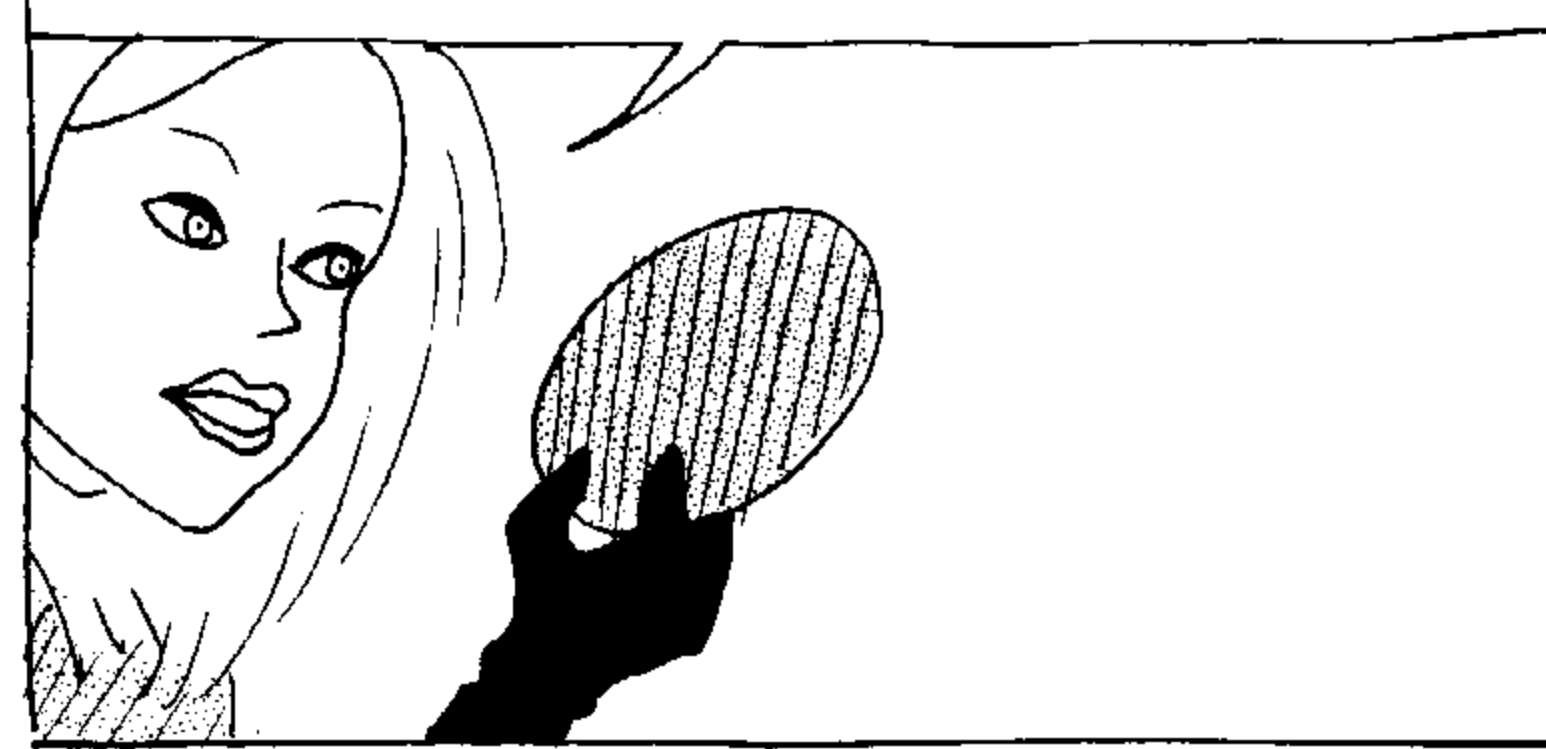


no funciona, pues haciendo esto ya no se recorre a si misma: evoluciona fuera del espacio que ocupaba al principio.

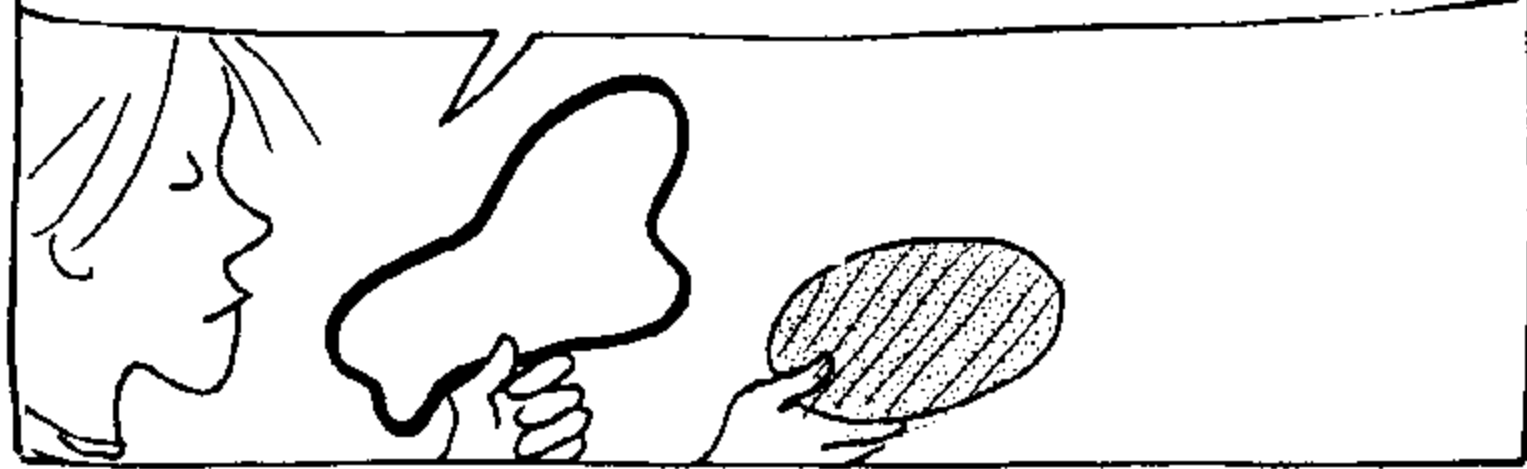
una CIRCUNFERENCIA no es, pues, CONTRÁCTIL y lo mismo ocurre para toda curva cerrada, plana o no.



En cambio, un DISCO, elemento de SUPERFICIE es contráctil

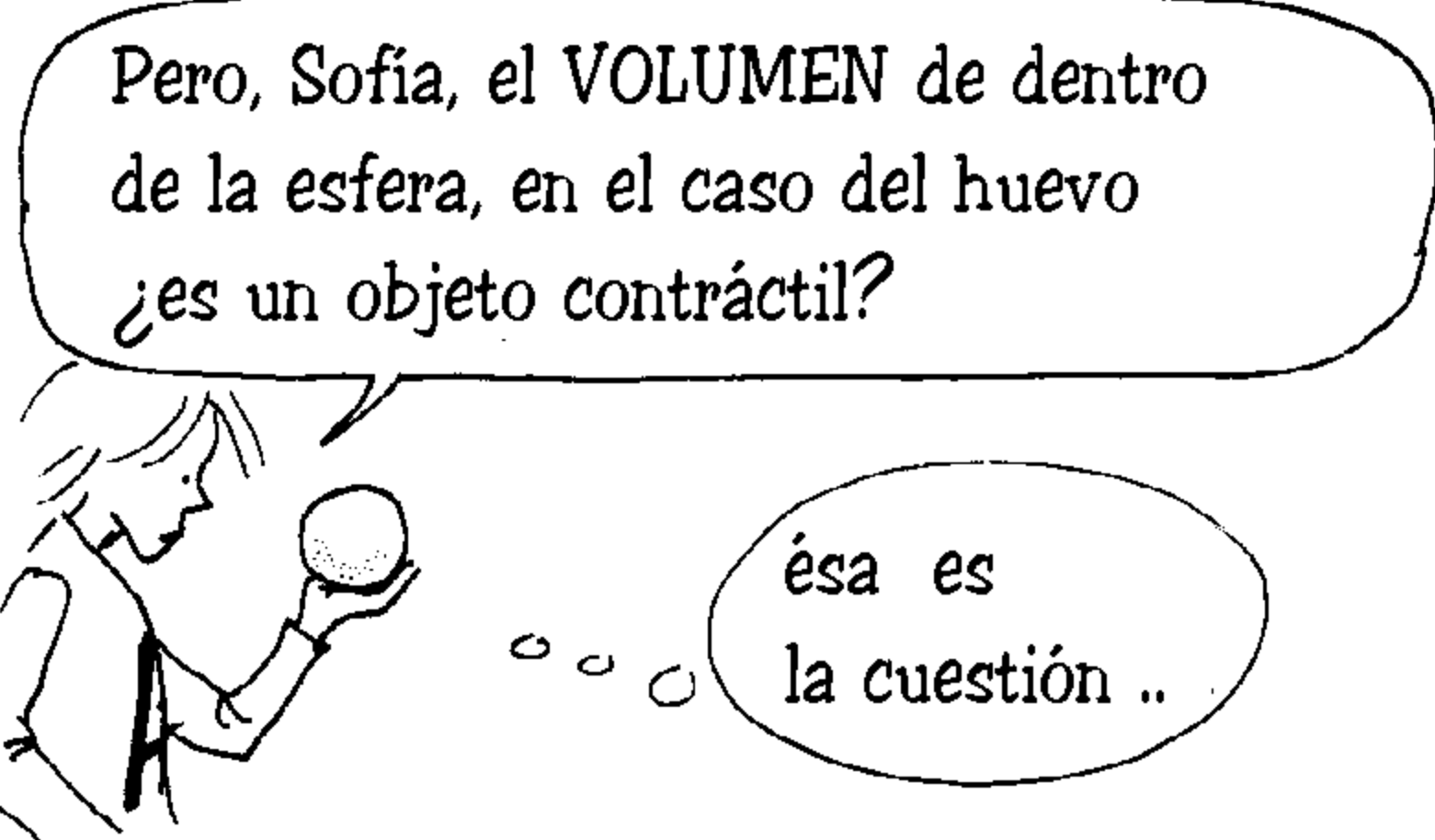
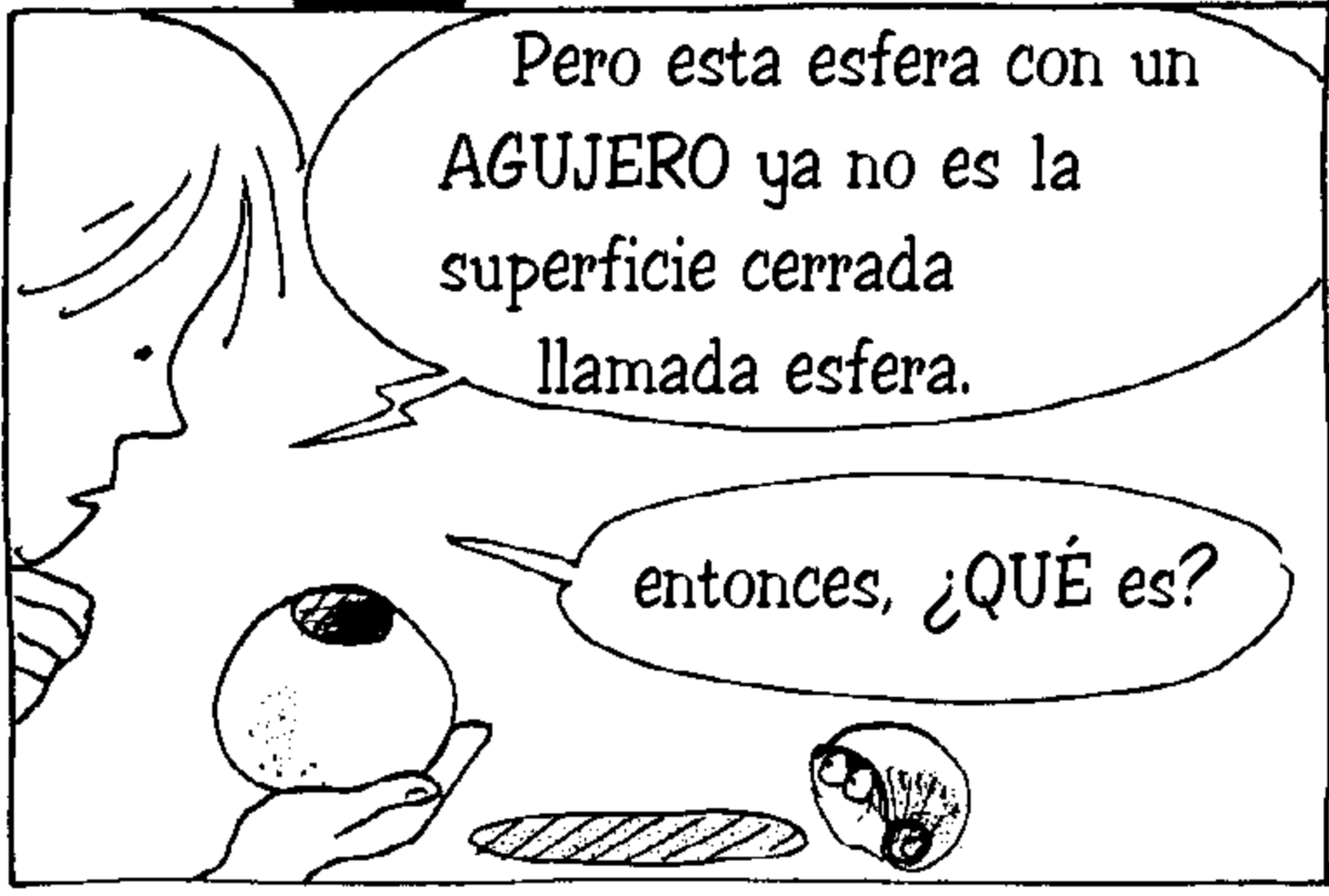


Este disco es un elemento de SUPERFICIE, dicho objeto tiene 2 DIMENSIONES. ¿Cuál es el objeto de DIMENSIÓN 2 que es al disco lo que la circunferencia es al segmento



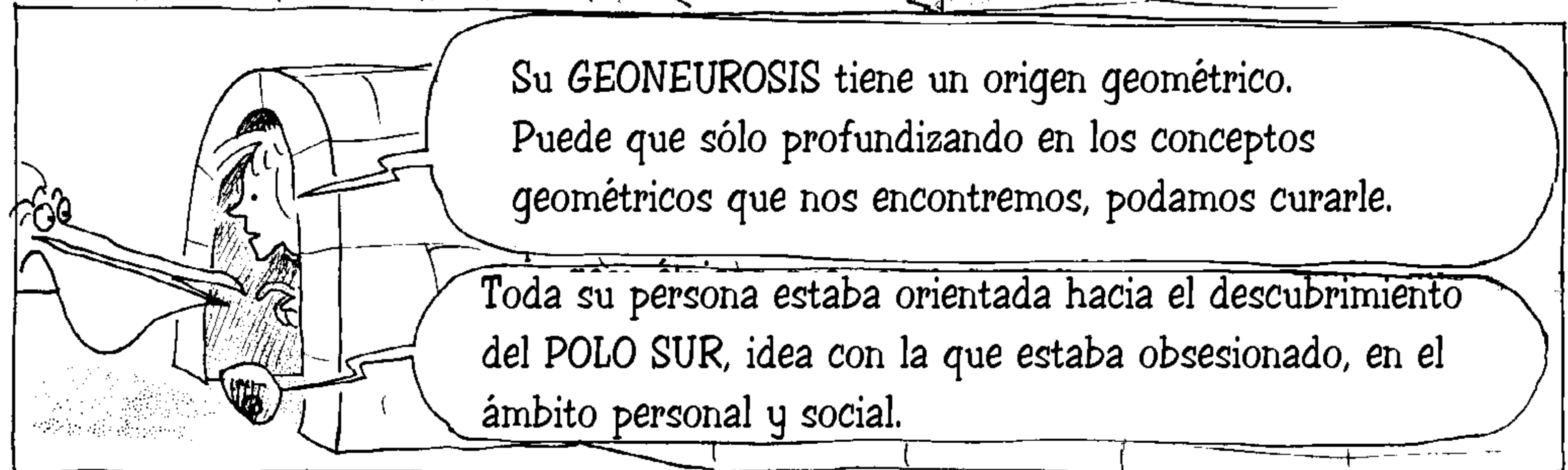
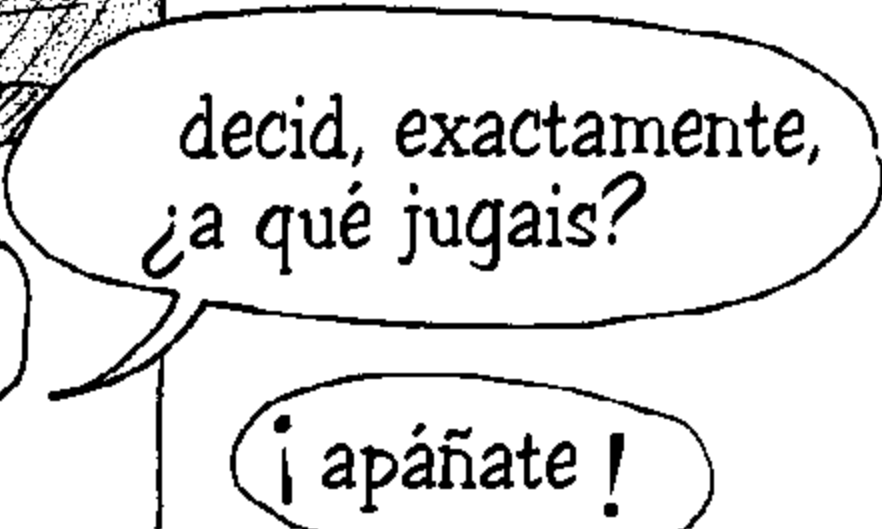
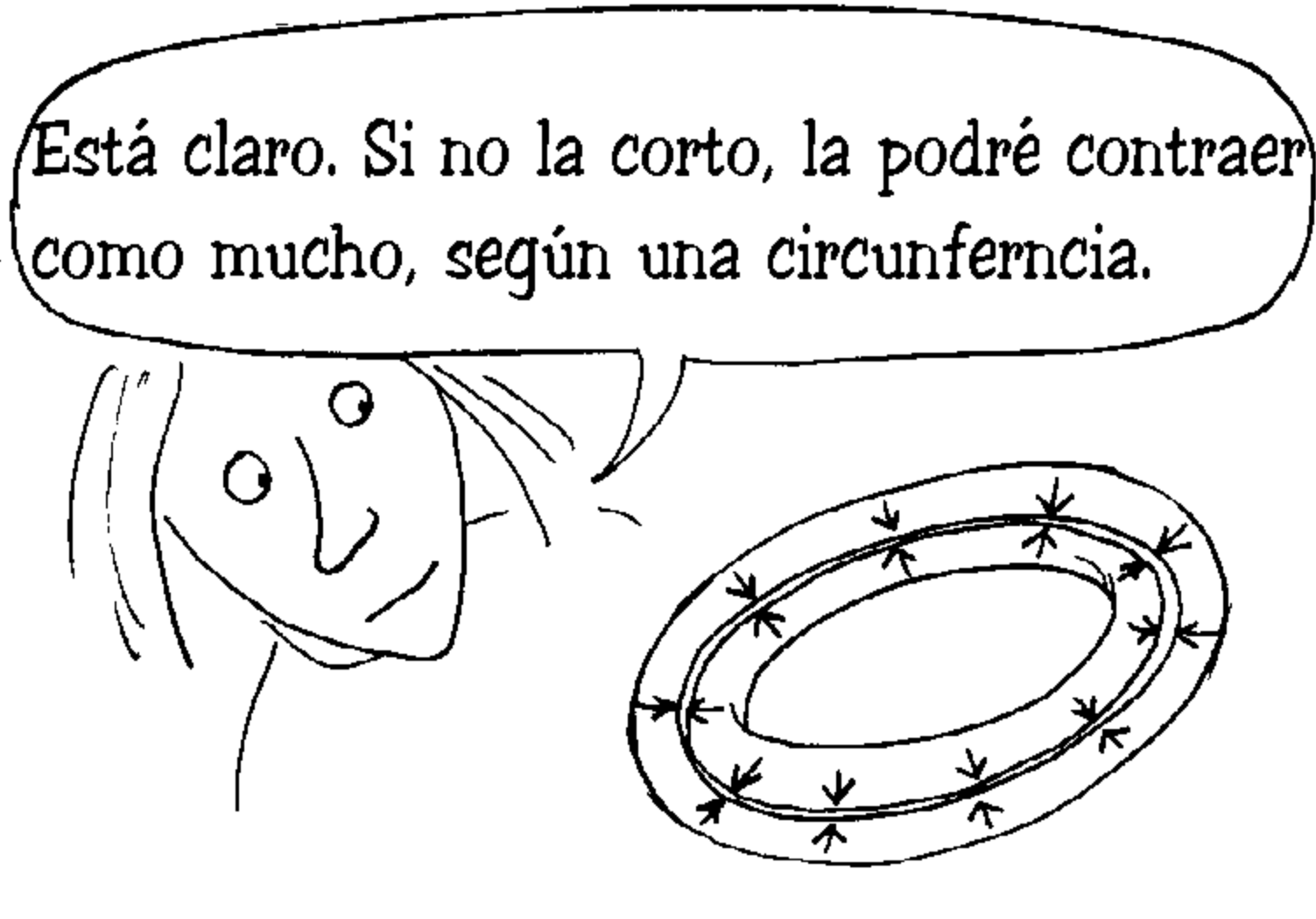
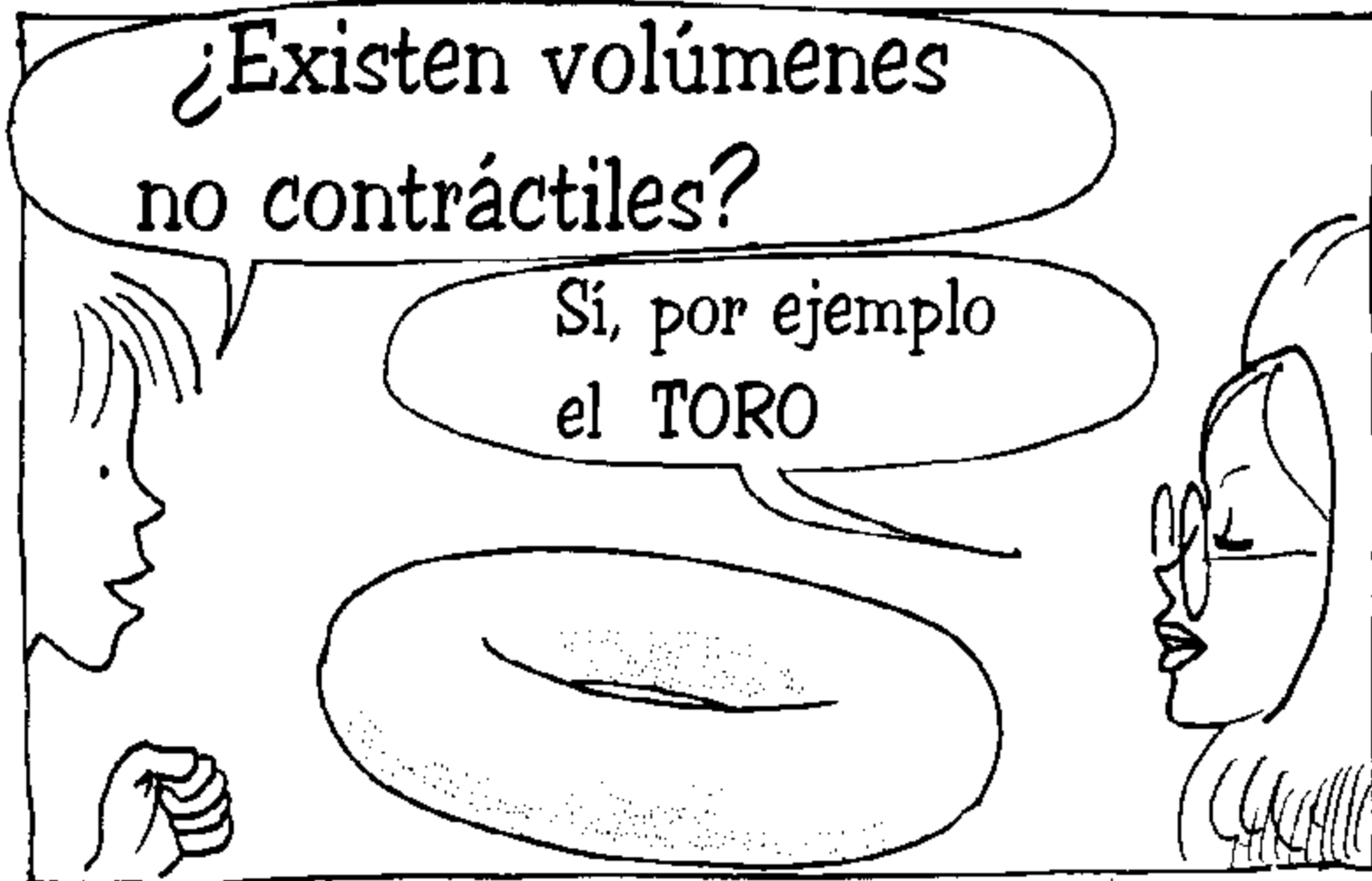
la ESFERA

Para contraer una curva cerrada hay que romperla. Lo mismo para la esfera o cualquier otra de su mismo GÉNERO.



Dicho de otra manera, la cáscara de un huevo no es contráctil, pero su yema, sí.

(*) Ved "LE GÉOMÉTRICON", ediciones BELIN



Efectivamente, su desventura le ha confrontado con una situación que ya no podía asumir.

En resumen, la única solución consiste en averiguar dónde ha ido a parar el maldito Polo Sur

Oh sí, ¡un brutal replanteamiento de su yo profundo!

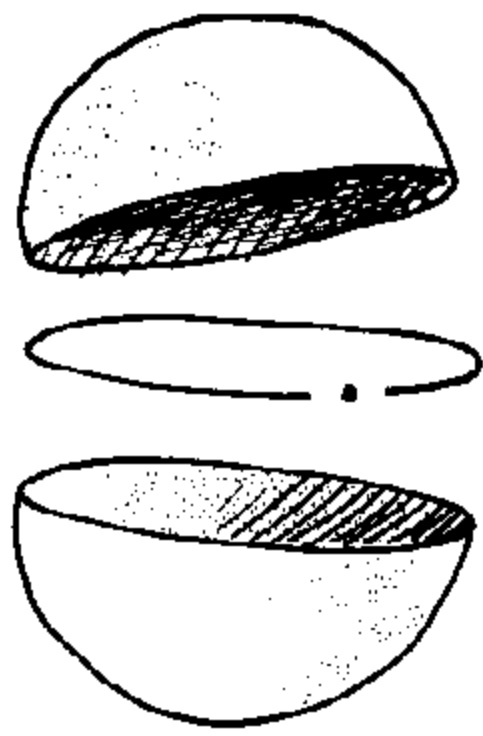
DESCOMPOSICIÓN CELULAR

Todo objeto geométrico se descompondrá en elementos, en células **CONTRÁCTILES** de todas dimensiones: **PUNTOS**, **SEGMENTOS**, **SUPERFÍCIES**, **VOLÚMENES**, etc.

Y el **PUNTO**, ¿de qué dimensión es?

Por extensión, diremos que el **PUNTO** es de dimensión **CERO**.

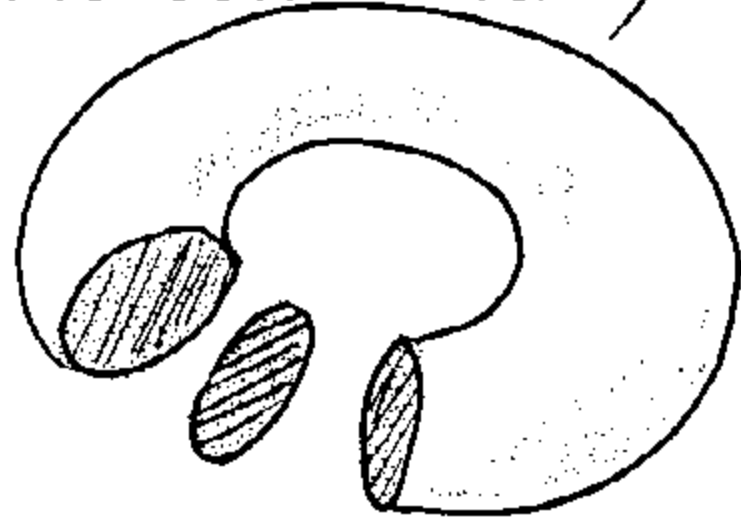
Por otra parte, para descomponer una circunferencia, basta considerarla como un segmento cerrado sobre si mismo por un **PUNTO**. Si quitamos ese punto entonces quedará el segmento.



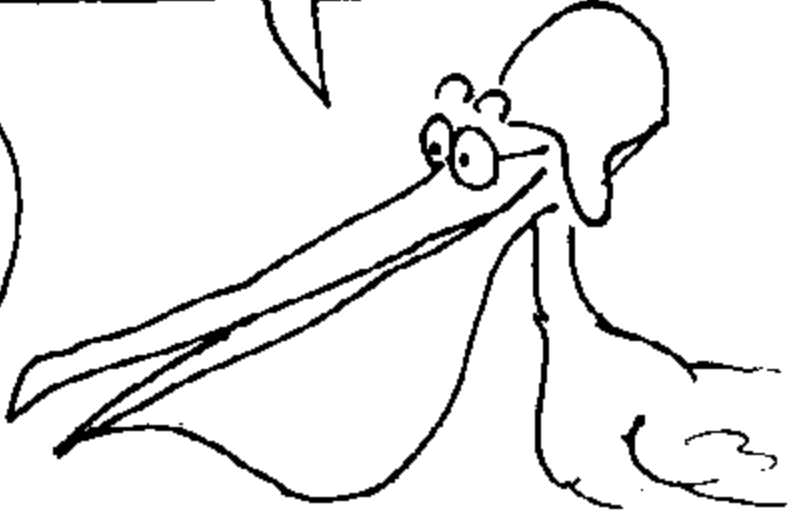
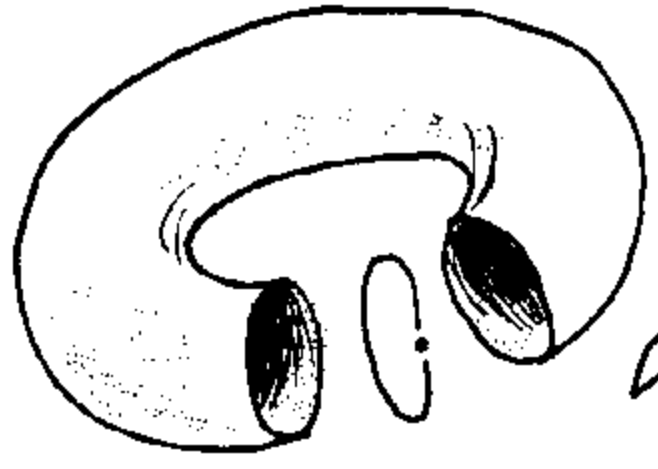
Una "SUPERFICIE ESFÉRICA" S^2 se puede descomponer en dos casquetes y un segmento cerrado por un punto.



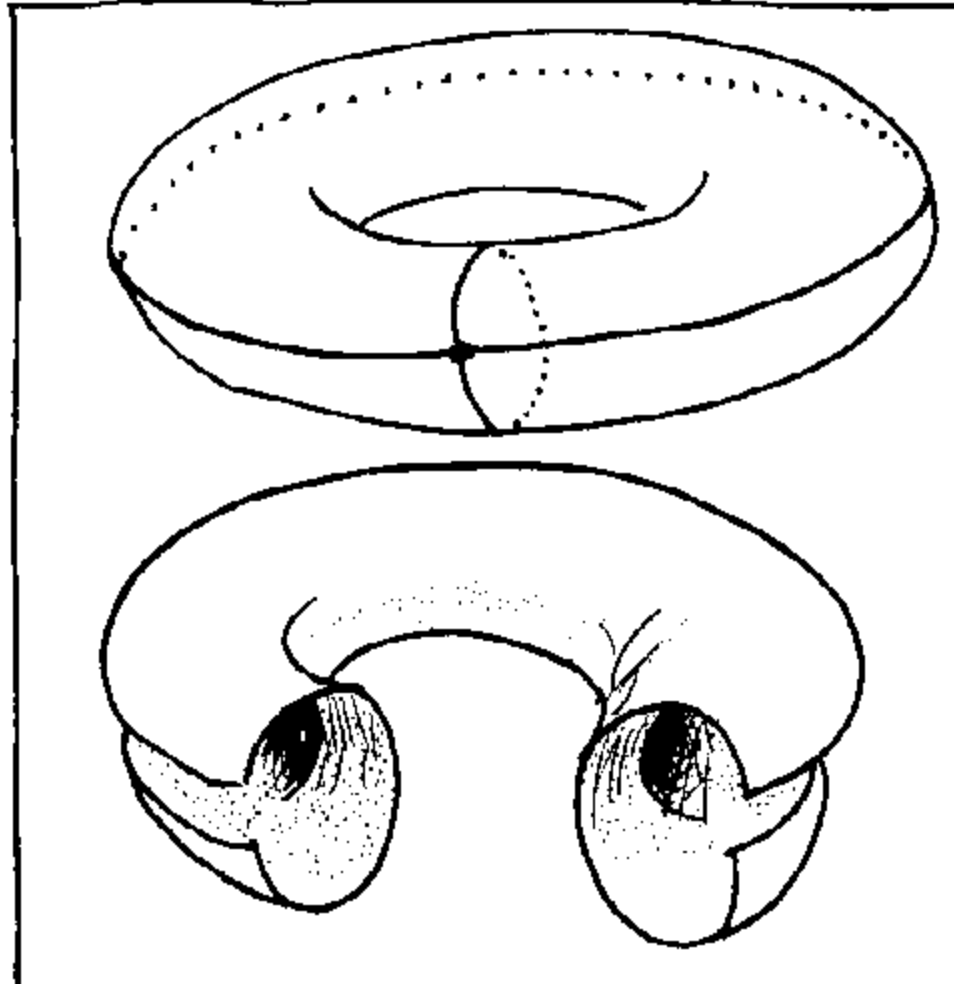
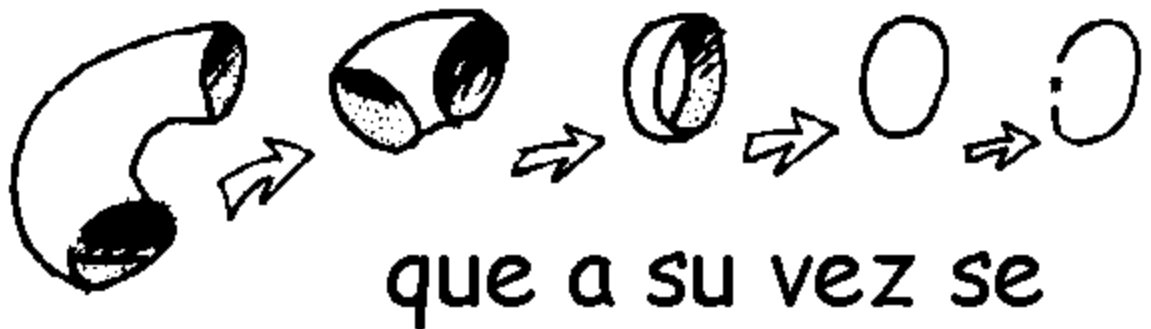
¿Y un "TORO MACIZO"? Veamos, basta descomponerlo con la ayuda de un disco



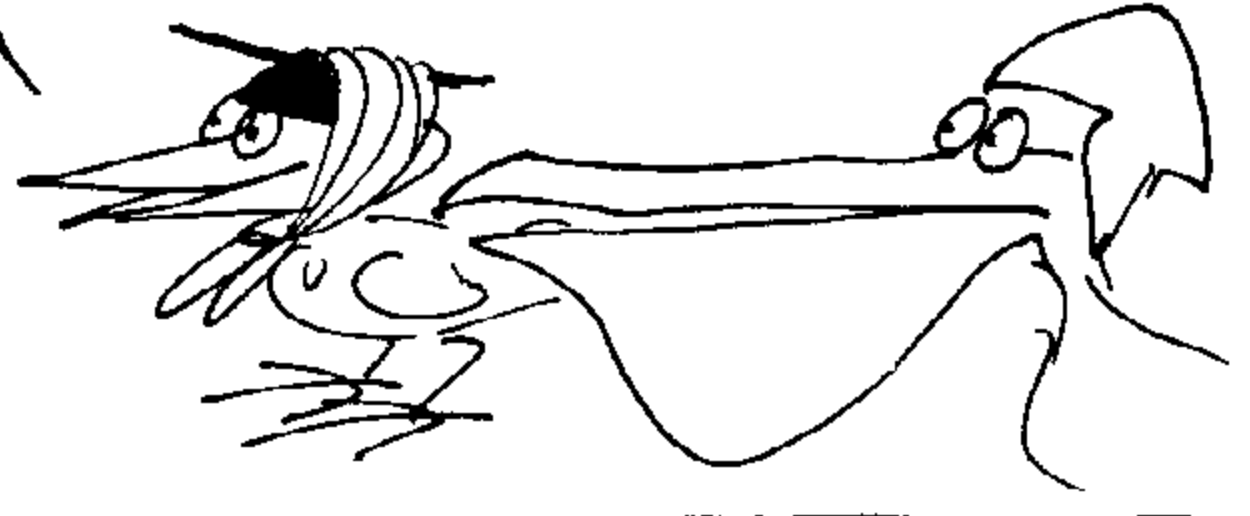
¿Y la "SUPERFICIE DEL TORO"? veamos ... cortamos por una circunferencia que a su vez cortamos por un punto



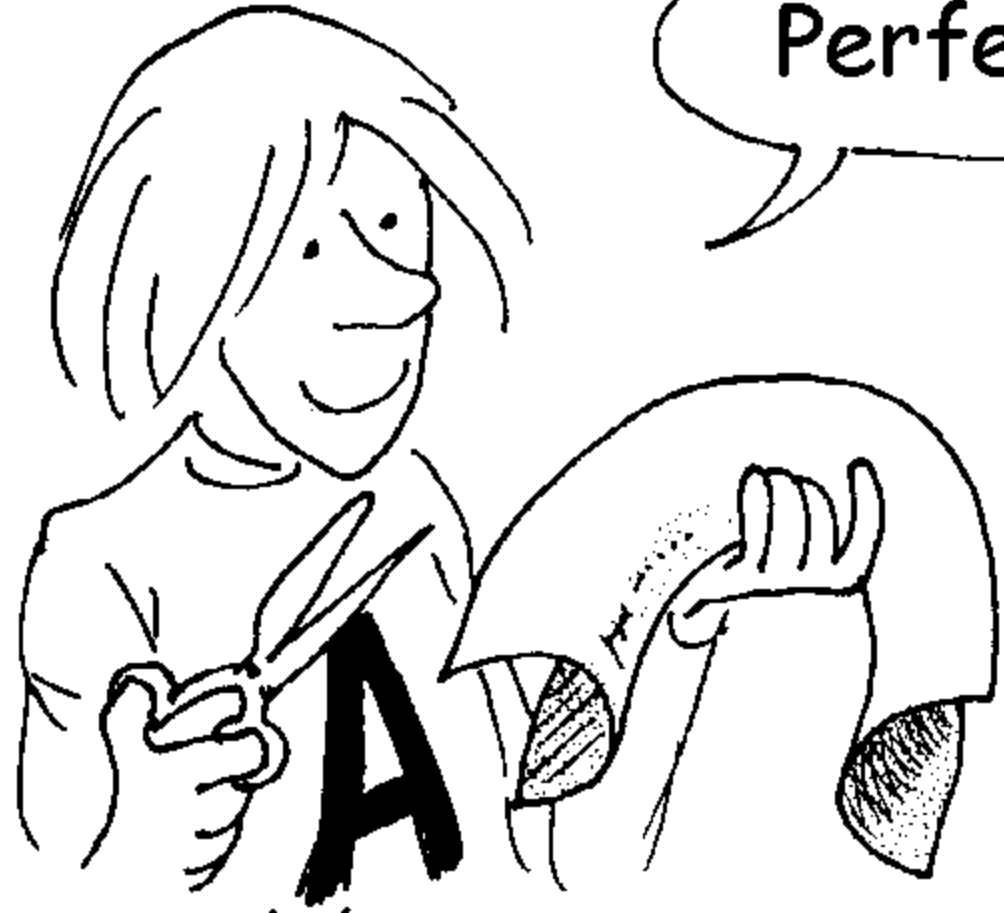
El toro así cortado se contraerá en una circunferencia que a su vez se descompondrá en un segmento y un punto.



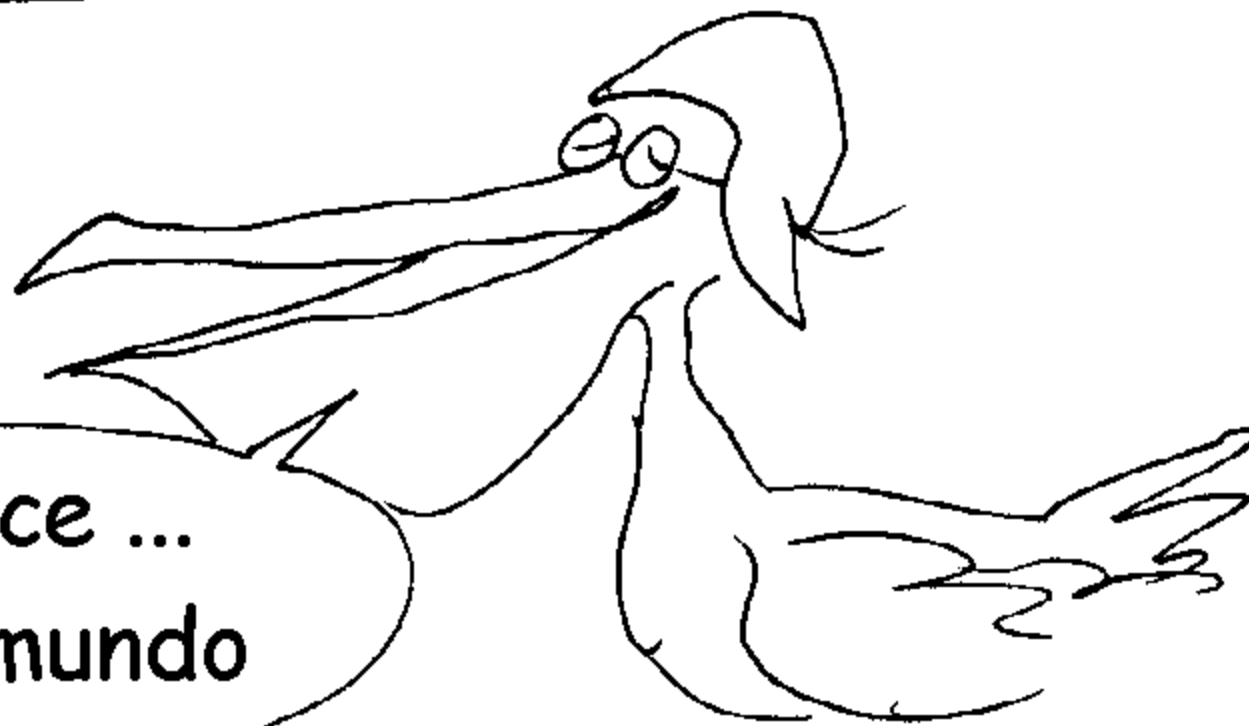
Aquí tenemos otra solución con un punto, dos segmentos y un única cara, donde todos los elementos son claramente contráctiles



Perfecto, ¿y qué haremos con todo esto?



Según parece ... Comprender el mundo



LA CARACTERÍSTICA DE EULER-POINCARÉ

Dado un objeto descompuesto, como se ha indicado, vamos a calcular un número χ que será igual al número de puntos, menos el de segmentos, más el número de elementos de superficie contráctiles, menos el número de volúmenes contráctiles (*) y llamaremos a este número χ la CARACTERÍSTICA DE EULER-POINCARÉ.

Así para la circunferencia
 $\chi = 1 - 1 = 0$



Para la SUPERFICIE
 ESFÉRICA
 $\chi = 1 - 1 + 2 = 2$



un punto, un segmento,
 dos casquetes



Para la superficie del toro,
 tenemos un punto, dos segmentos,
 un elemento de superficie
 $\chi = 1 - 2 + 1 = 0$

o sea, 1 punto, 2 segmentos y un
 elemento de superficie
 contráctil

La característica de la ESFERA
 MACIZA es evidentemente -1 ,
 mientras que la del TORO MACIZO
 es $1 - 1 = 0$ (mirad el dibujo de la parte

superior
 derecha de
 la página 14



(*) Lo que se puede generalizar inmediatamente a un número de dimensiones superior a tres (es una suma alternada)

Ahora escuchadme bien: esta característica χ es **¡INDEPENDIENTE DEL MODO EN QUE SE DESCOMPONE** (en células contráctiles)!!

Por ejemplo, esta curva cerrada se ha descompuesto en 8 segmentos, unidos por 8 puntos y su característica siempre será nula.

Efectivamente.

Veamos esta descomposición de la superficie esférica: 4 vértices, 6 segmentos, 4 caras.

$$\text{Volvemos a } \chi = 4 - 6 + 4 = 2.$$

Y ésta, 8 vértices, 12 segmentos, 6 caras

$$\chi = 8 - 12 + 6 = 2$$

Puedes intentarlo tantas veces como quieras, siempre te volverá a aparecer

$$\chi = 2$$

¡Sopla!

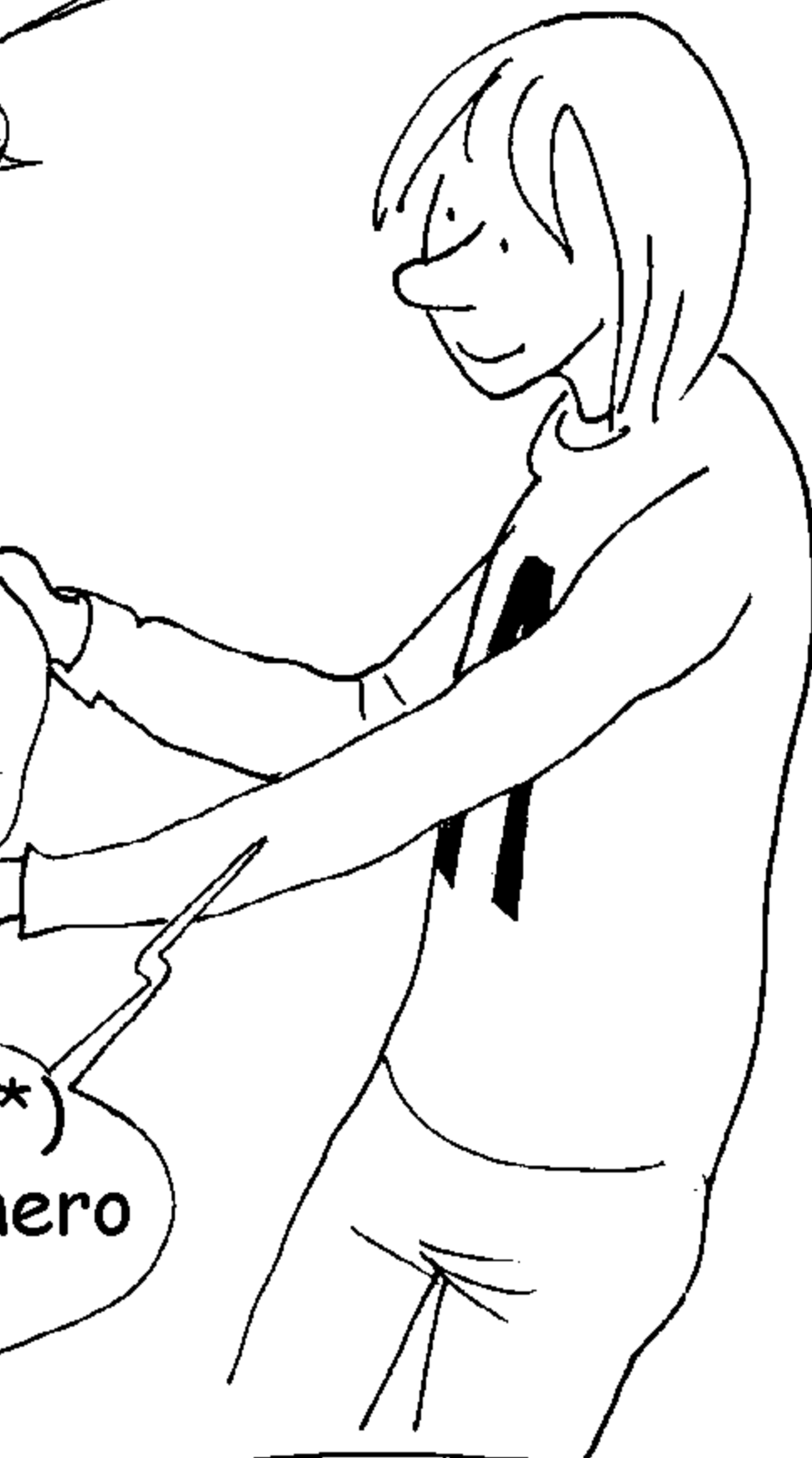
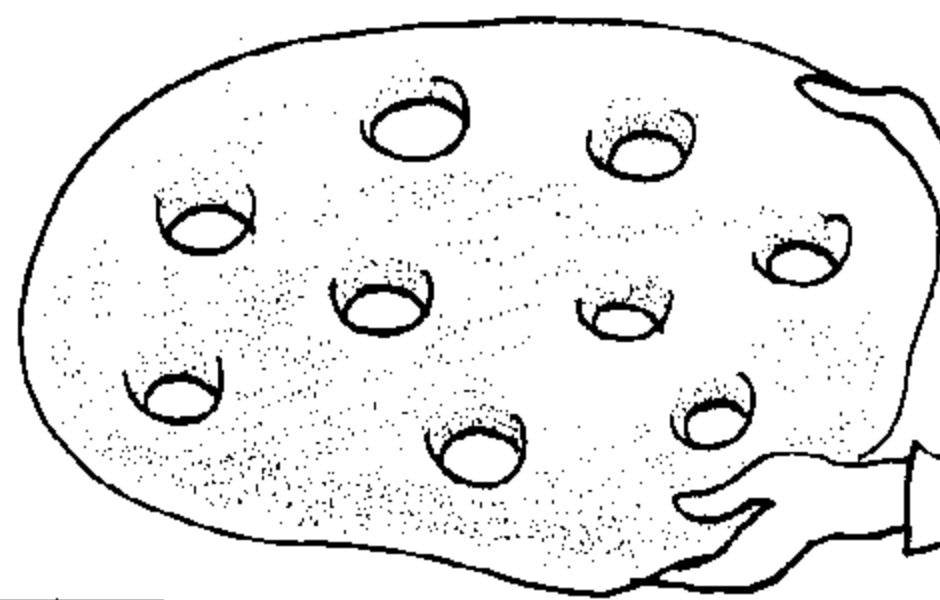
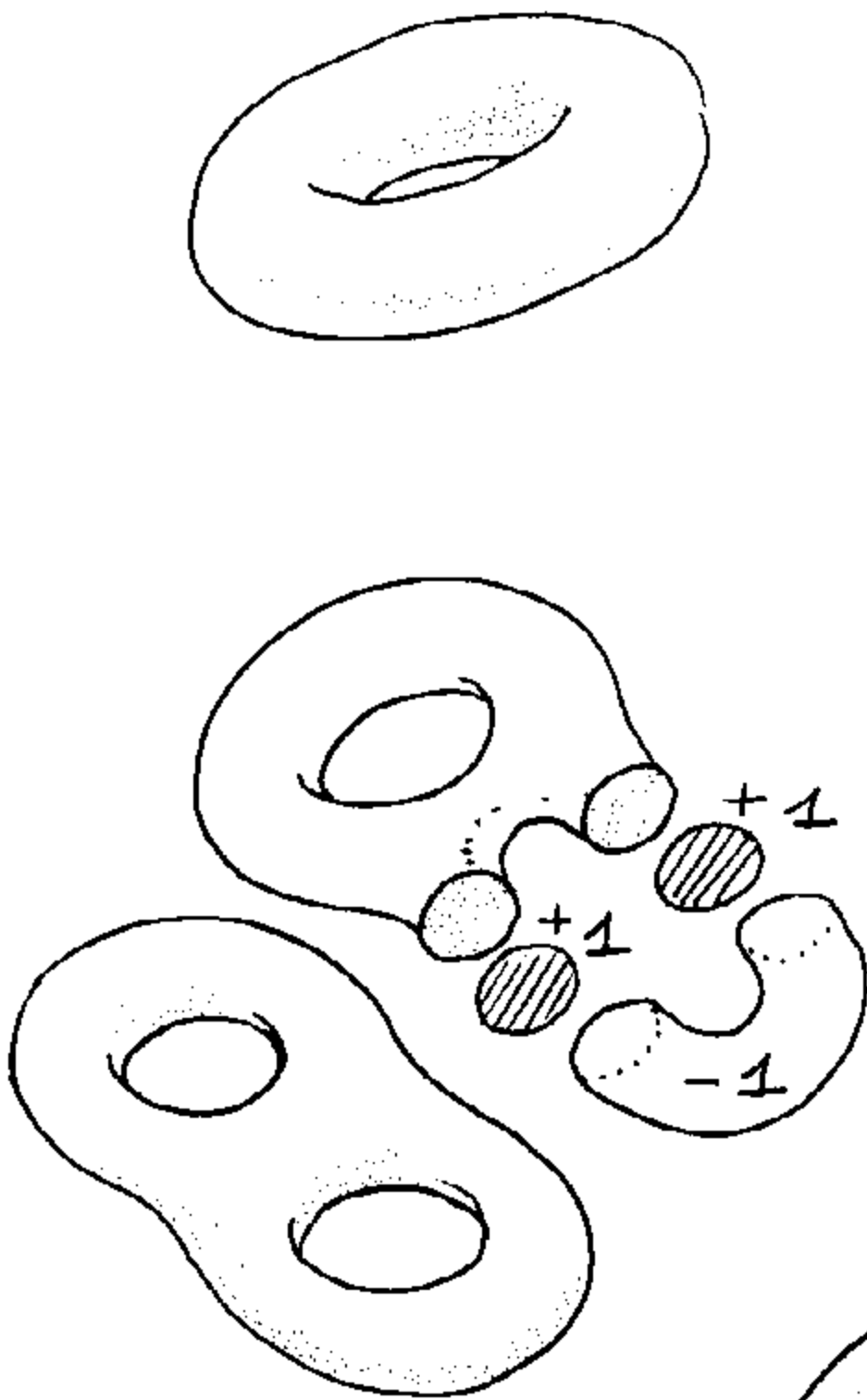
Asombroso ¿no?

• Veamos un TEOREMA útil: Si un objeto es unión de otros dos, su característica es la suma de las características de los objetos que lo componen.

La dirección

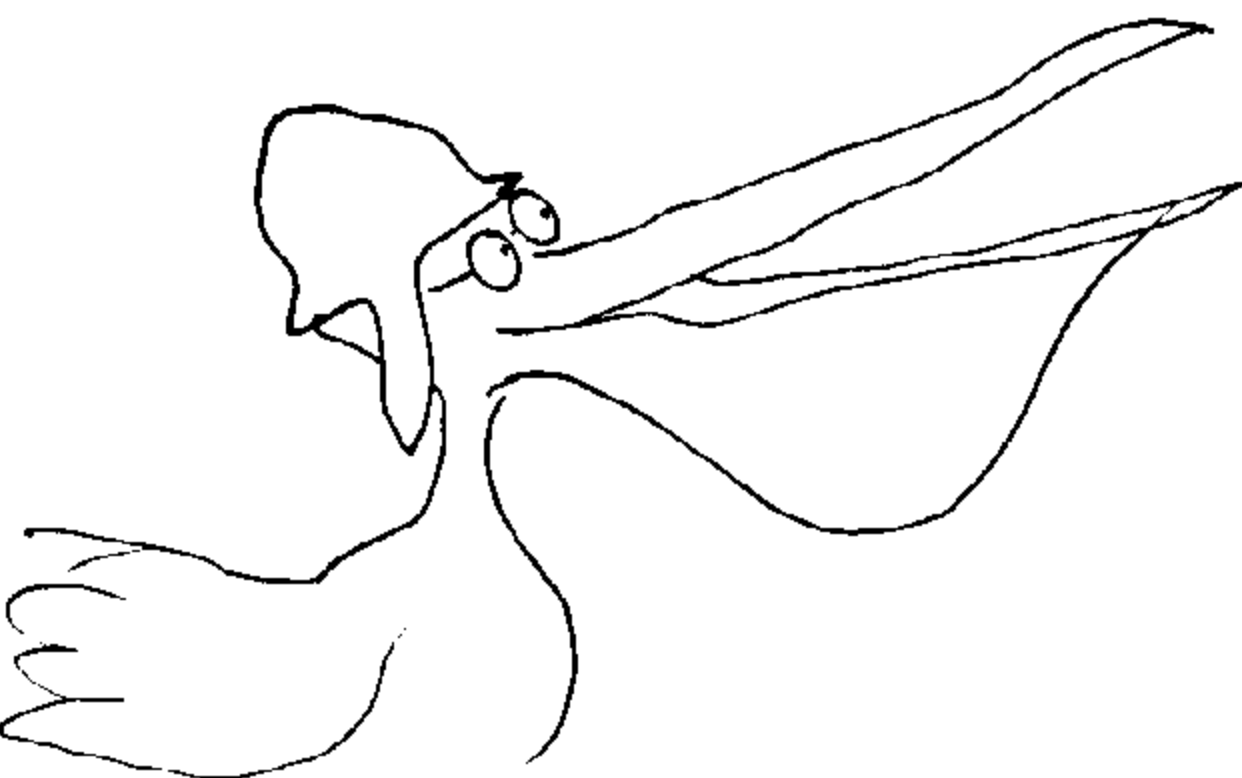
El Toro Macizo tiene característica nula

Si se le añade una asa se le suma una unidad a la característica



Por extensión la HOGAZA MACIZA (*) tendrá una característica igual al número de agujeros menos uno

¿Supongo que le ocurrirá lo mismo a la SUPERFICIE de la HOGAZA?



* Clase de pan de España y del sur de Francia

¡No tiene nada que ver! la SUPERFICIE de la HOGAZA no se puede contraer hasta un disco con N agujeros,

¡qué plancha!



Se puede pasar de la SUPERFICIE ESFÉRICA (característica 2) hasta la SUPERFICIE DEL TORO (característica cero) añadiendo una asa. Puesto que añadir una asa disminuye la característica en 2 unidades.

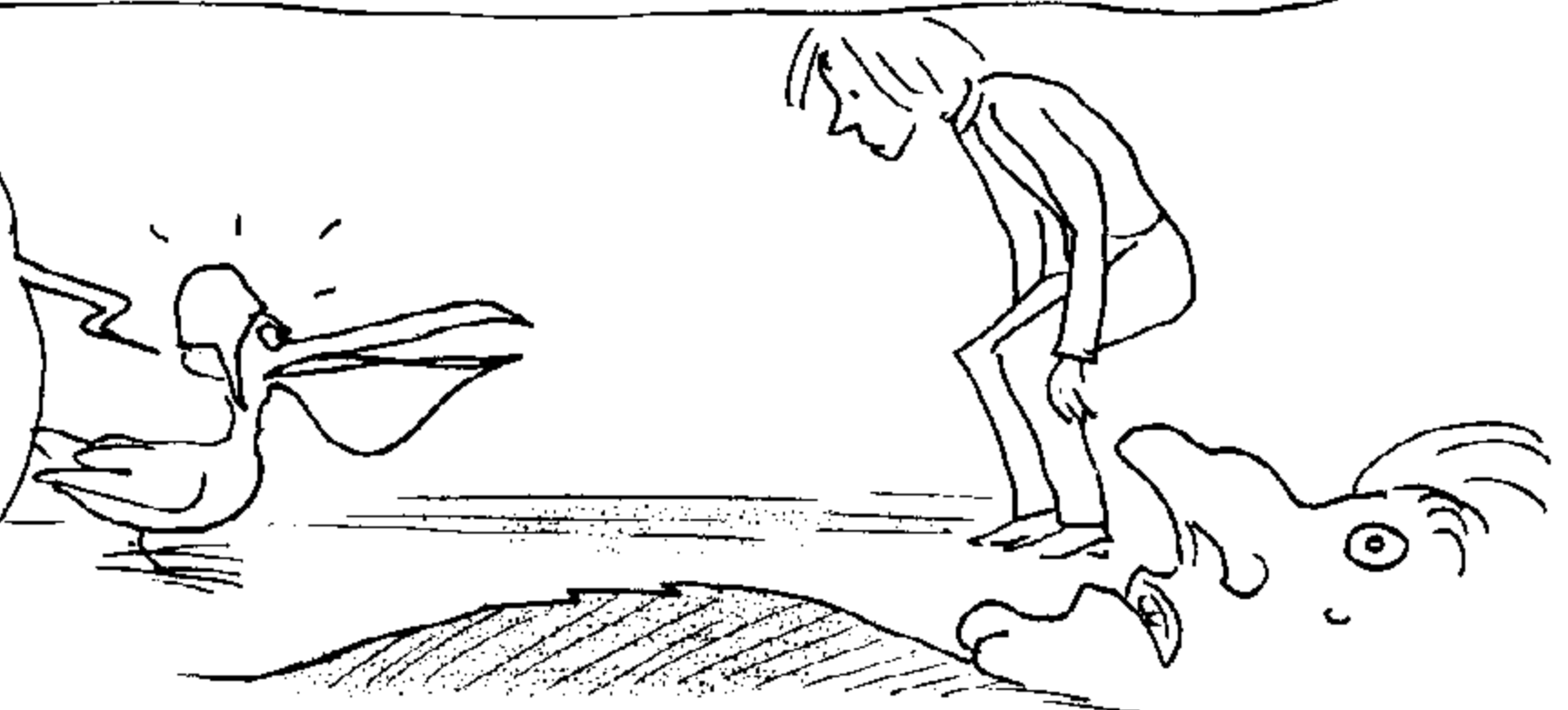
¡Pues la característica de la superficie de la hogaza es igual a 2 menos el doble del número de agujeros!

La superficie de un trozo de gruyère con N agujeros está formada por N superficies esféricas más la esfera exterior. Por tanto la característica es $\chi = 2(1+N)$

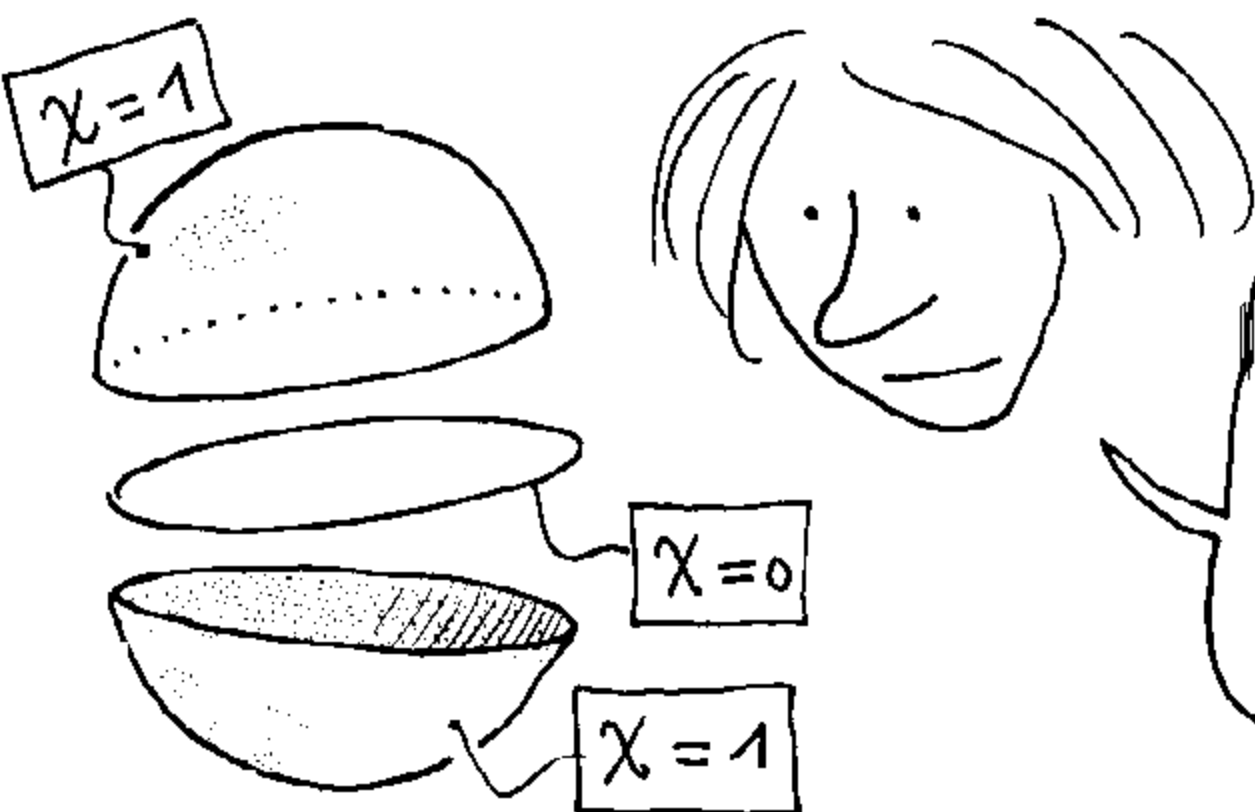
Entonces para construir un gruyère macizo con N agujeros, se parte de una esfera maciza ($\chi = -1$) y se quitan N conjuntos ESFERA MACIZA + SUPERFICIE ESFÉRICA ($\chi = 2 - 1 = 1$).

La característica del GRUYÈRE MACIZO por tanto es igual a $-(1+N)$

¿Crees que con estas necesidades llegaremos a curar al pobre Amundsen de su geoneurosis?



EL MUNDO EN DONDE VIVIMOS



Se puede calcular la característica de una superficie esférica S^2 considerándola como unión de dos semiesferas y de un ecuador, lo que nos proporciona un valor $\chi=1+1+0=2$

En "LE GÉOMÉTRICON" se presentó el concepto de HIPERESFERA S^3 , espacio tridimensional totalmente CERRADO SOBRE SI MISMO

Vamos a calcular la característica de esta hiperesfera S^3 . Como ya se ha visto en "LE GÉOMÉTRICON" el ecuador (*) es una esfera S^2 cuya característica es 2.

Nuestra hiperesfera S^3 consiguientemente está constituida por dos volúmenes contráctiles, que aportan cada uno -1

Eh, ¿os habéis vuelto locos o qué?

$$\chi = -1 - 1 + 2 = 0$$

SNAP!

* Que divide el objeto en 2 elementos semejantes

¡Entonces la característica de una hipersuperficie S^3 es nula!

Pasamos a una hiperesfera S^4 de cuatro dimensiones



es decir un espacio hiperesférico S^3 evolucionando cíclicamente en el tiempo (*). Esta hiperesfera S^4 tendrá por ecuador una hiperesfera S^3 y los dos hemisferios cuentan cada uno por 1

Luego la característica χ de este espacio-tiempo, de esta hiperesfera S^4 de nuevo será igual a $1+1+0=2$

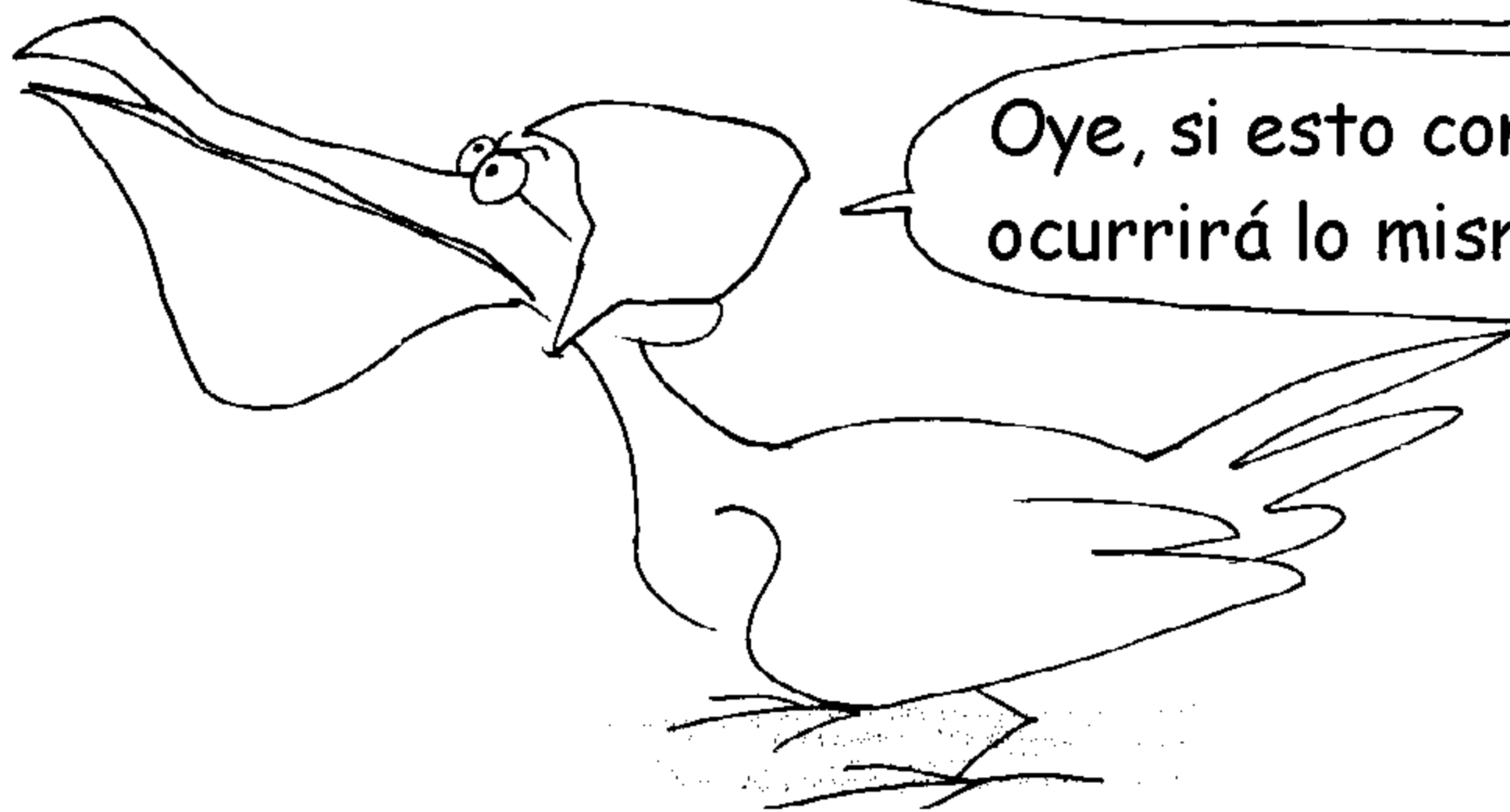
Si consideras una hiperesfera S^5 en dimensión 5, su característica será de nuevo nula y su ecuador será una hiperesfera S^4 .



Y así consecuentemente ...
La característica de Euler-Poincaré de una superficie S^N es 2 si N es PAR y 0 si N es IMPAR



Oye, si esto continúa así, me ocurrirá lo mismo que a Amundsen

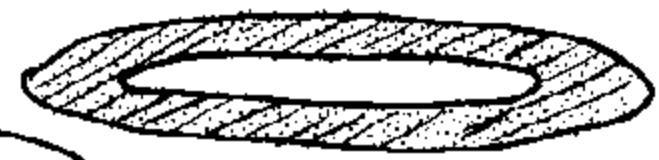


(*) Ved "BIG BANG" (BELIN) y los modelos de FRIEDMANN pg. 64

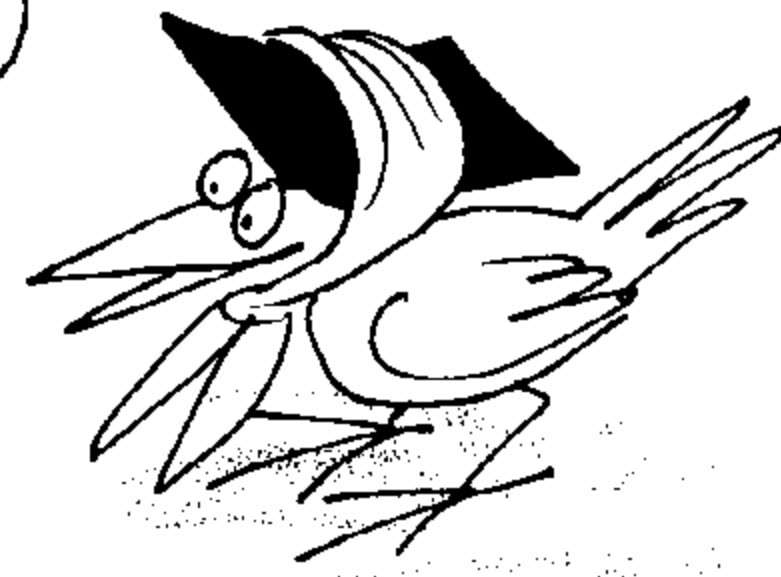
Bien, esta característica de Euler-Poincaré nos ha posibilitado la introducción de un poco de orden en esta jungla de los objetos geométricos.



Así este trozo de cilindro es topológicamente idéntico a un disco perforado y su característica es nula.

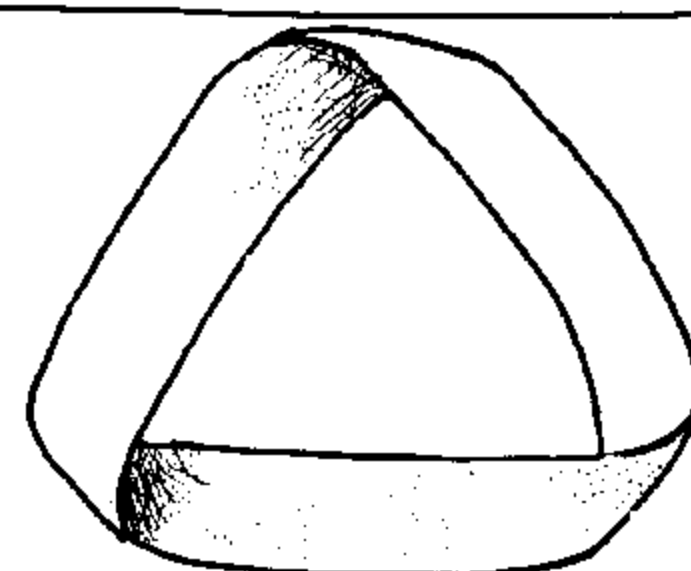
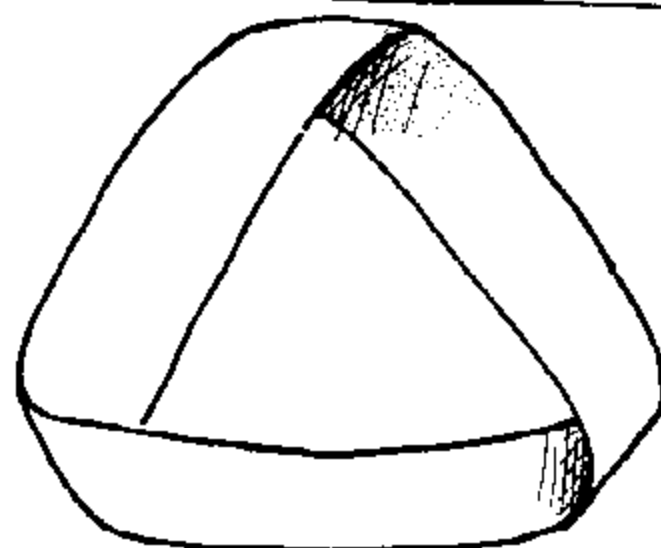


Y tú, ¿qué piensas de este objeto?



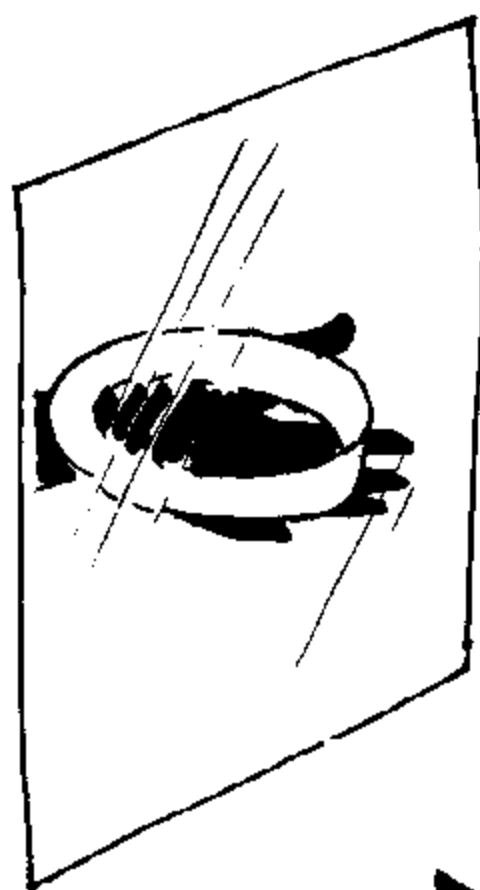
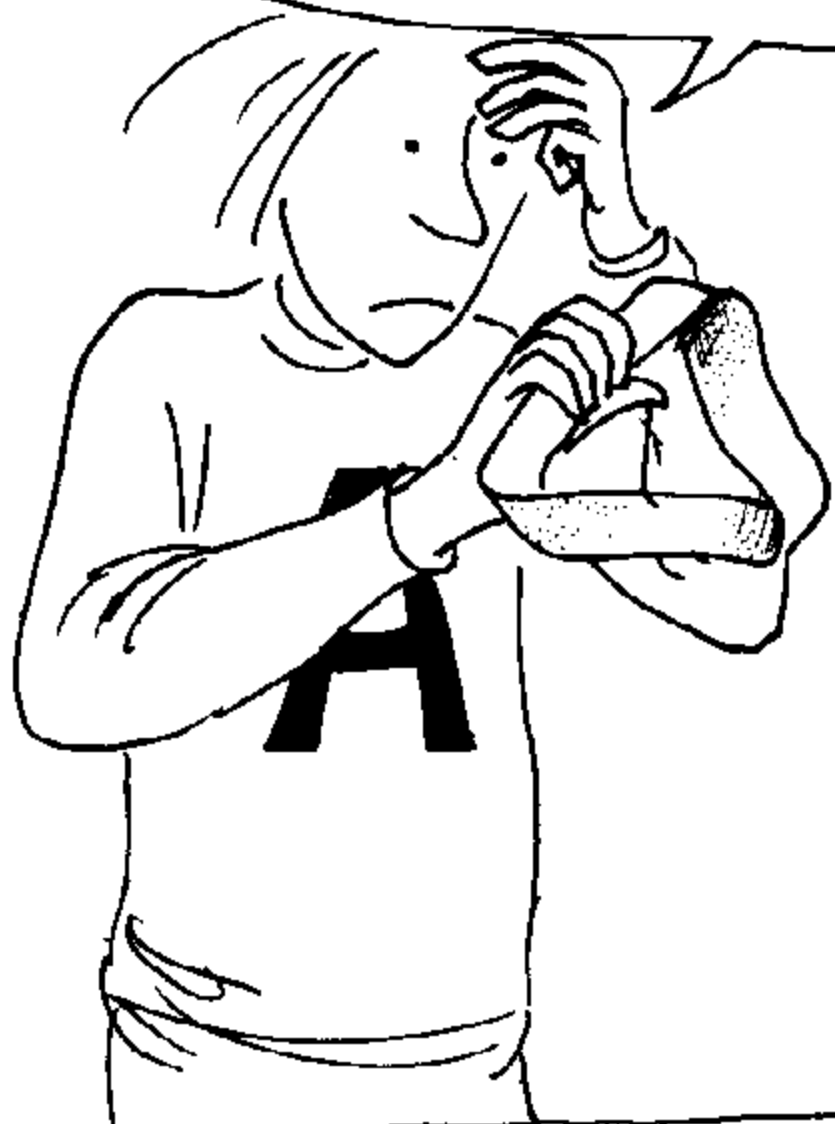
Es la BANDA DE MÖBIUS, que sólo tiene una cara. Como no se la puede asignar ni CARA, ni REVÉS, se dice que es NO ORIENTABLE.

De hecho, todas las bandas que presentan un número IMPAR de SEMI-GIROS son bandas de MÖBIUS, NO ORIENTABLES. Pero estas dos bandas tienen aspectos distintos ...



Las he girado en todas direcciones y no consigo verlas idénticas

No han sido RETORCIDAS en el mismo SENTIDO. De hecho una es la imagen especular de la otra, se dice que son ENANTIOMORFAS



Como mi mano izquierda es la imagen especular de la derecha

Todas estas bandas que se pueden contraer según una curva cerrada tienen característica igual a 0

Claro que sí, hay ESPACIOS NO ORIENTABLES de N dimensiones (*)

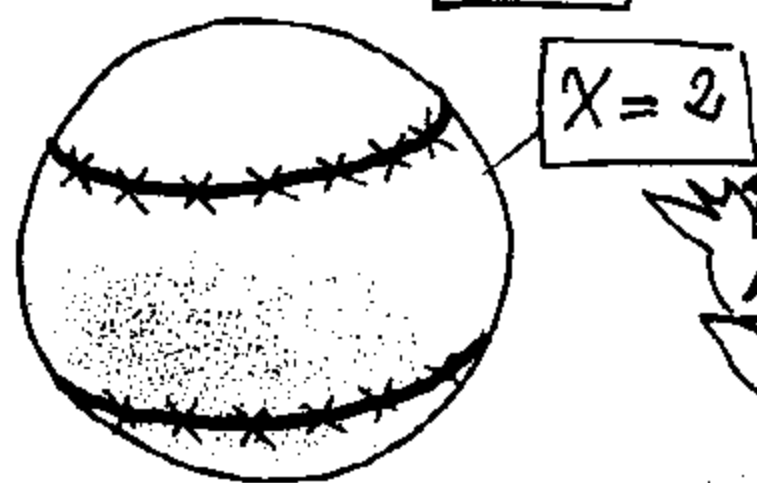
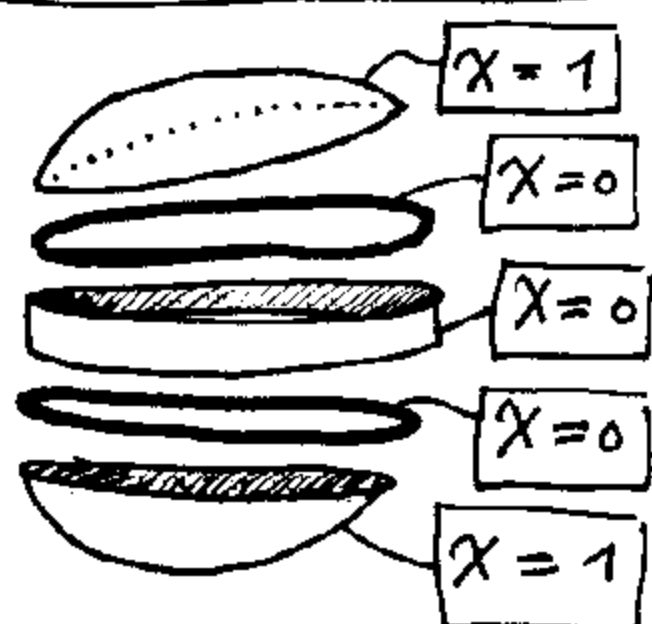
La BANDA DE MÖBIUS es una superficie NO ORIENTABLE, que tiene BORDE. ¿Hay SUPERFÍCIES NO ORIENTABLES, SIN BORDE, CERRADAS SOBRE ELLAS MISMAS?

La respuesta en el capítulo siguiente

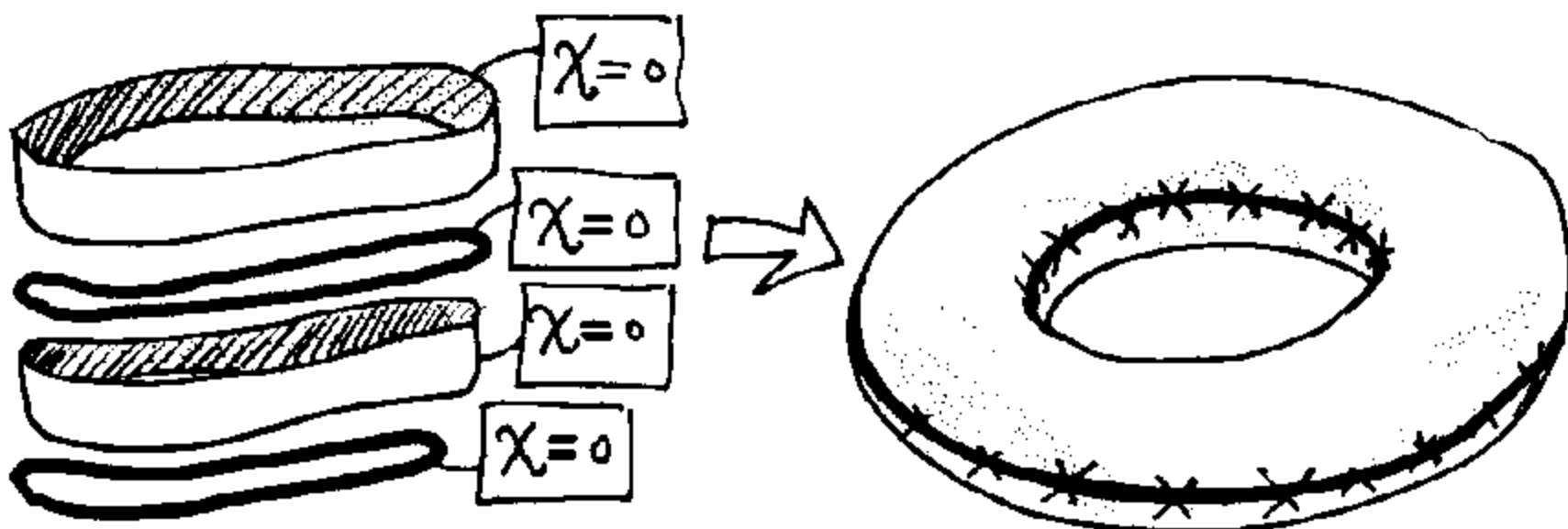
BORDE CONTRA BORDE

Una CURVA CERRADA (descomponible en un segmento y un punto) tiene característica nula. Lo mismo le sucede a una BANDA, bilátera o unilátera, que se puede contraer en una curva cerrada (ved teorema de la pág. 17). Cerrando una banda bilátera con la ayuda de

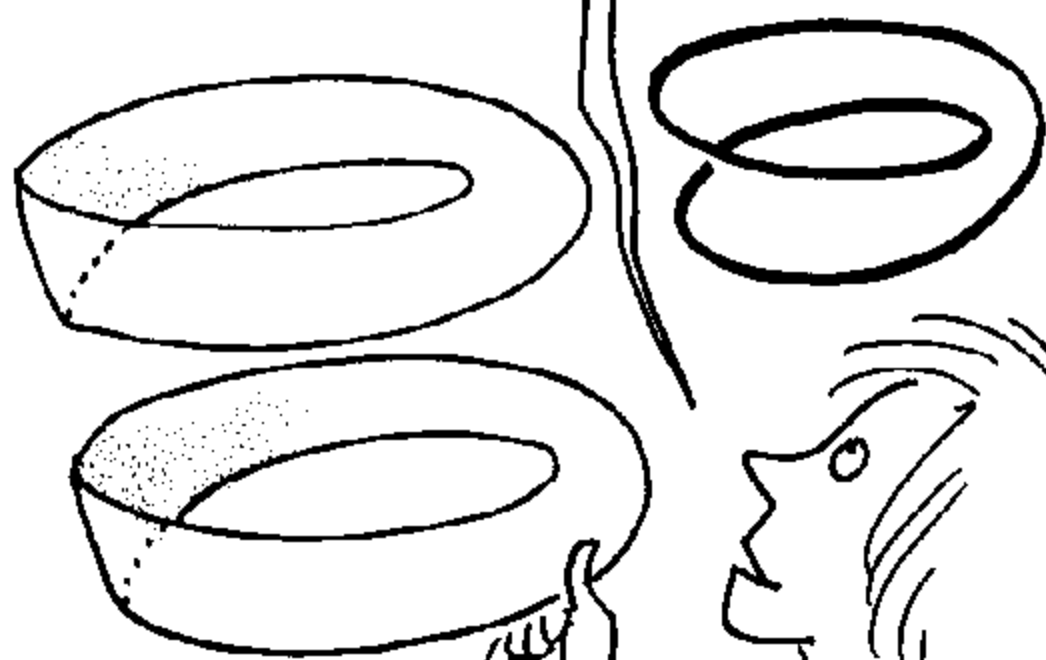
dos discos a lo largo de dos curvas cerradas, tendremos una SUPERFICIE ESFÉRICA S^2 (bidimensional)



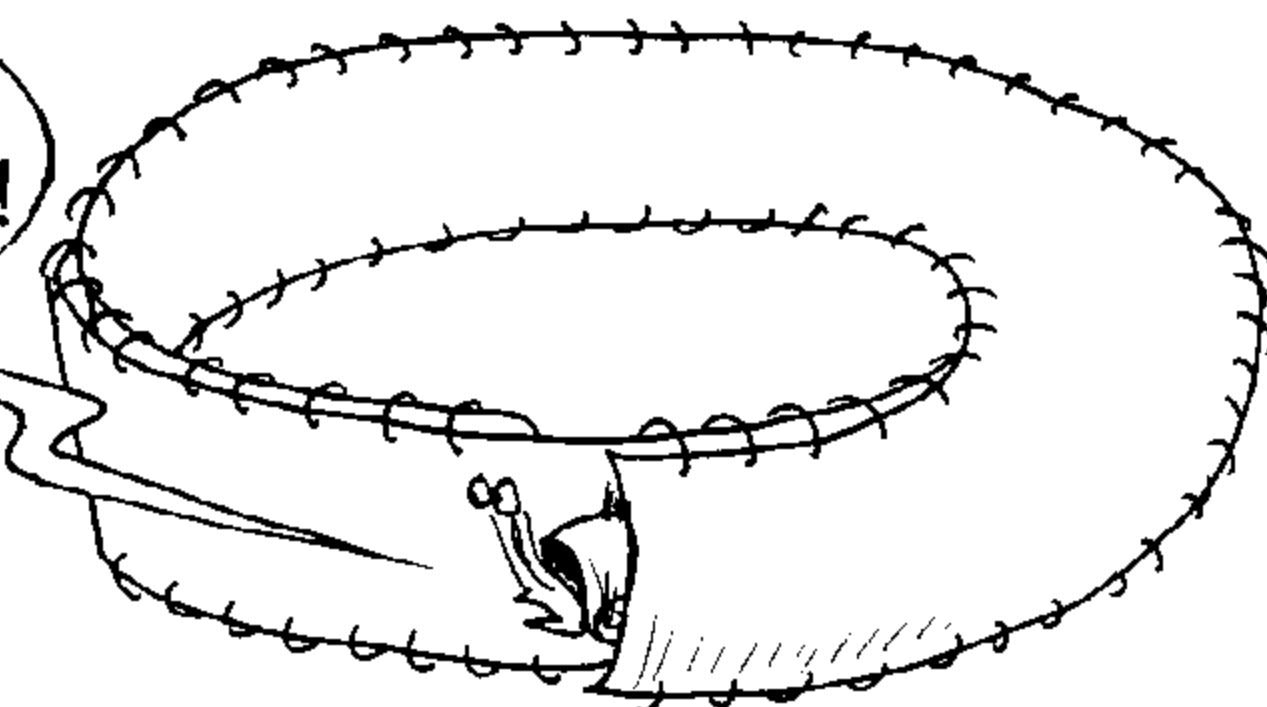
También se pueden coser dos bandas biláteras, una sobre la otra, a lo largo de dos curvas cerradas para obtener una SUPERFICIE TÓRICA T^2 .



A priori debería poder recoser dos bandas de Möbius a lo largo de una ÚNICA CURVA CERRADA



¿¿Eh?!?
¡estoy atorado!



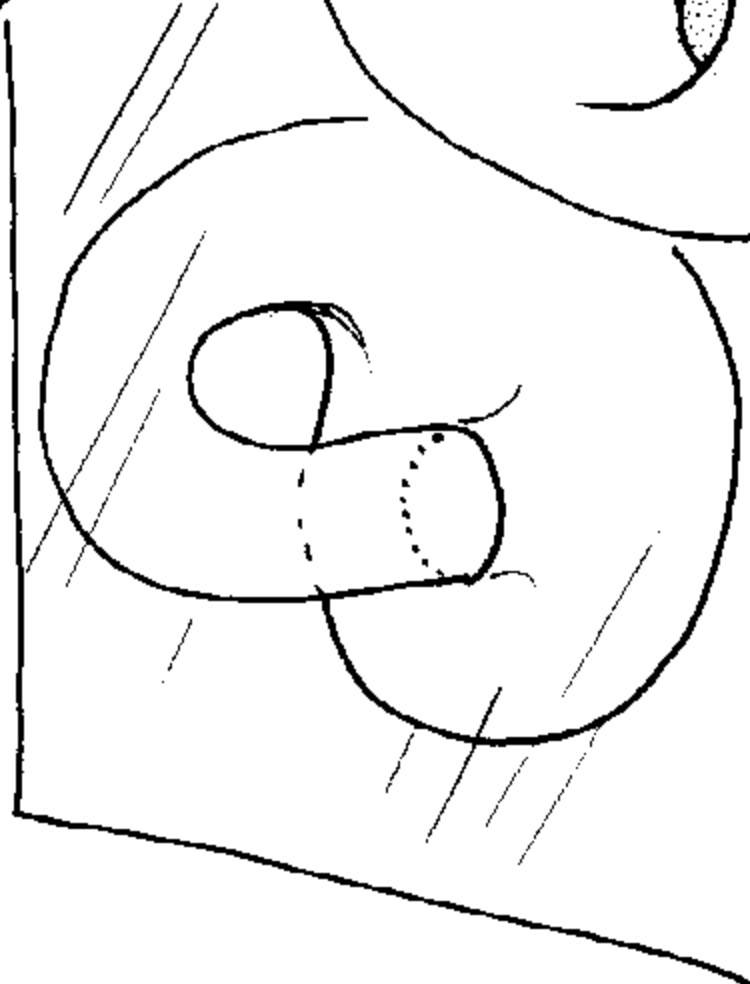
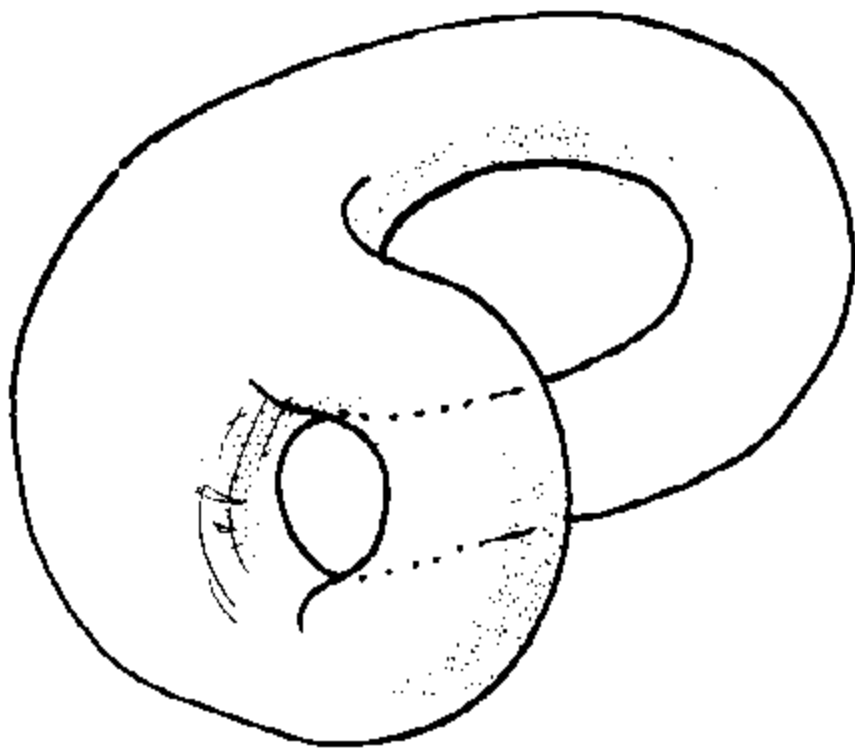
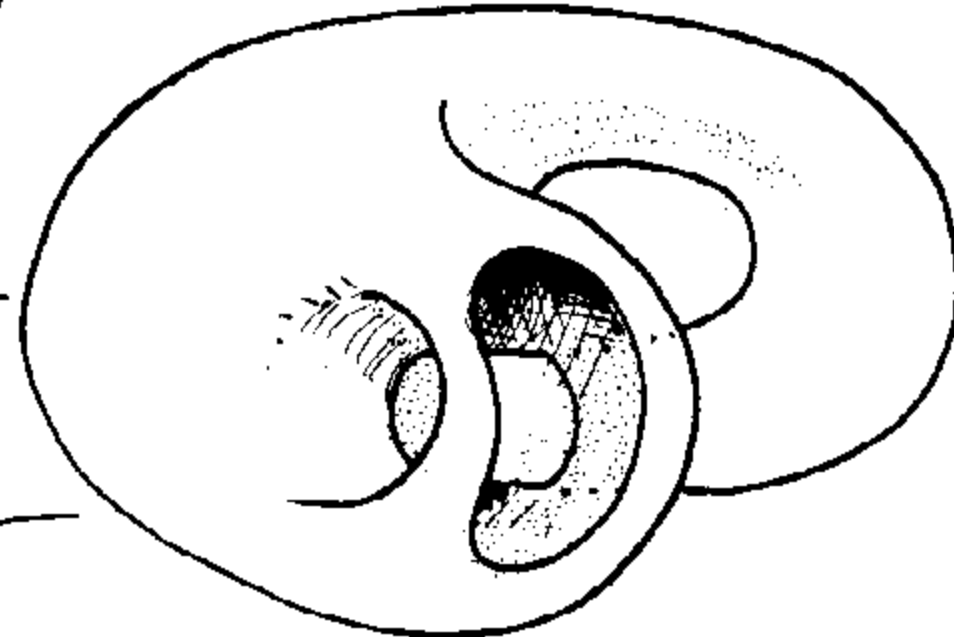
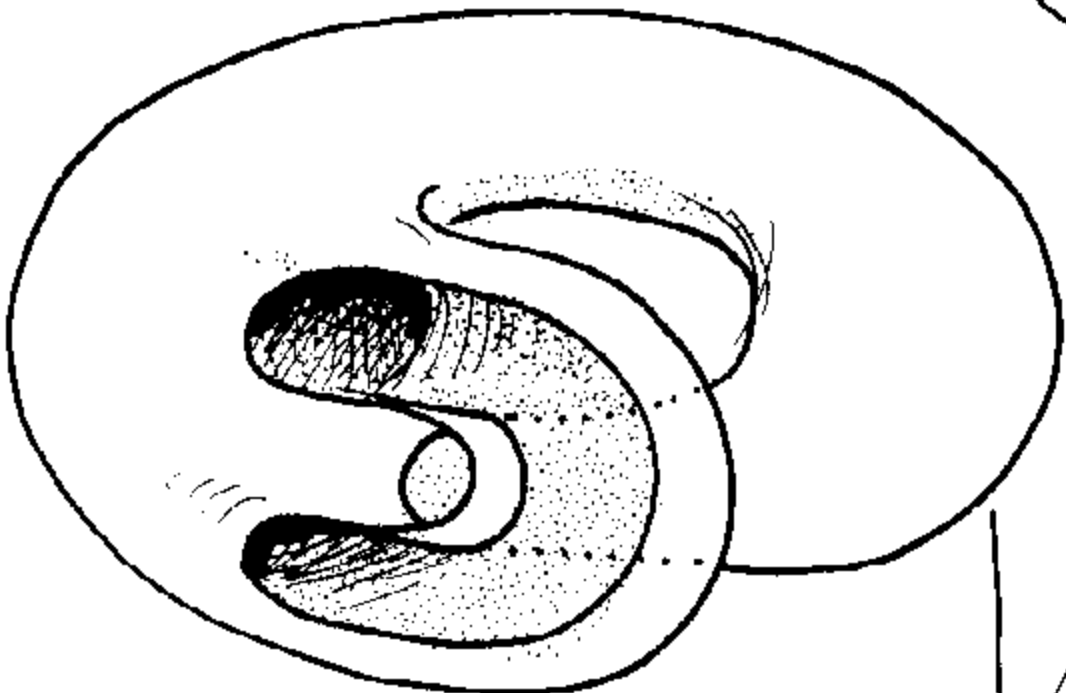
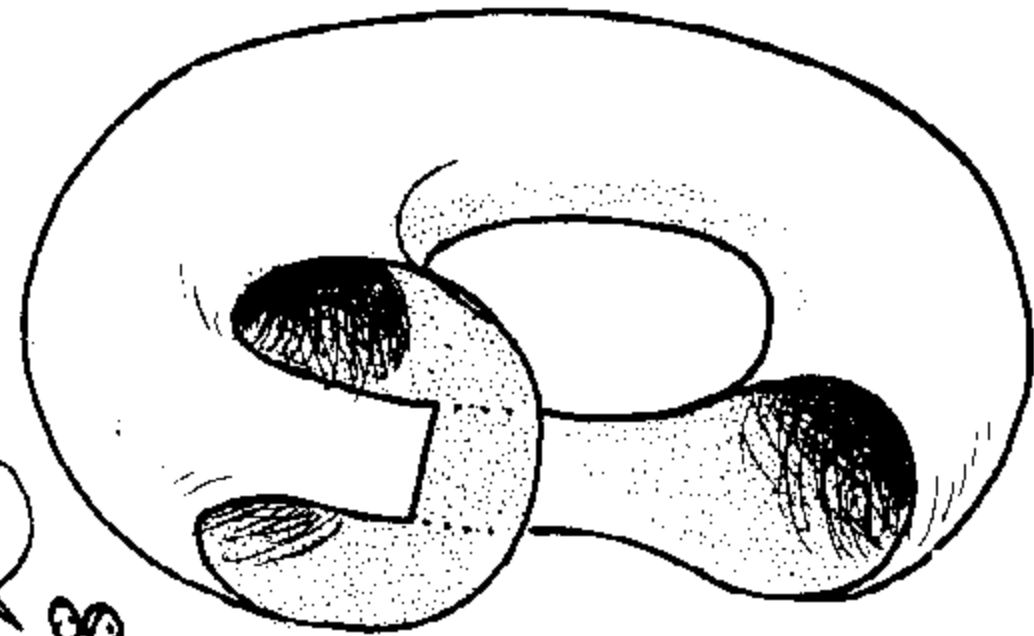
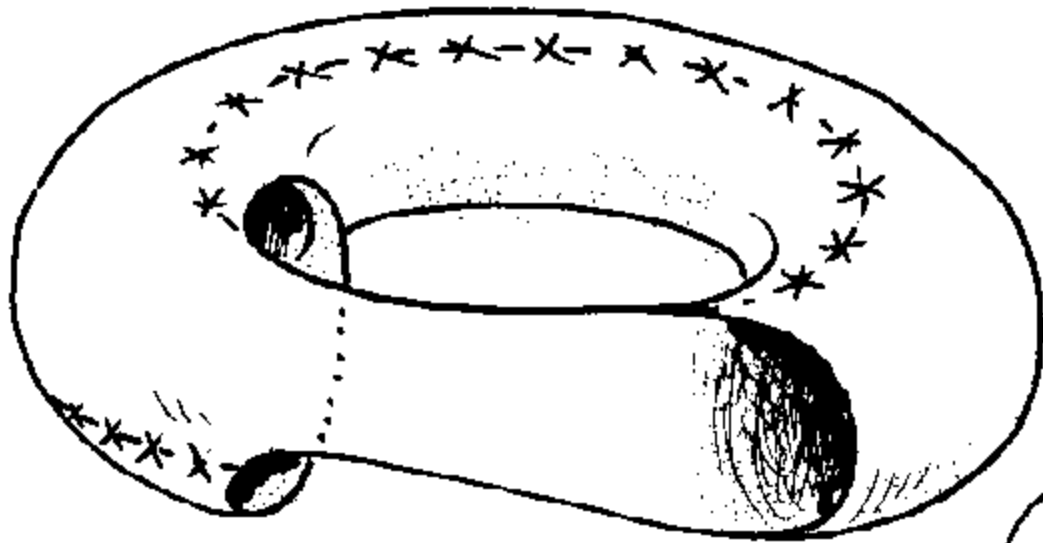
Espera, es preciso utilizar TRAVERSINA (*)

¿i TRAVERSINA !?

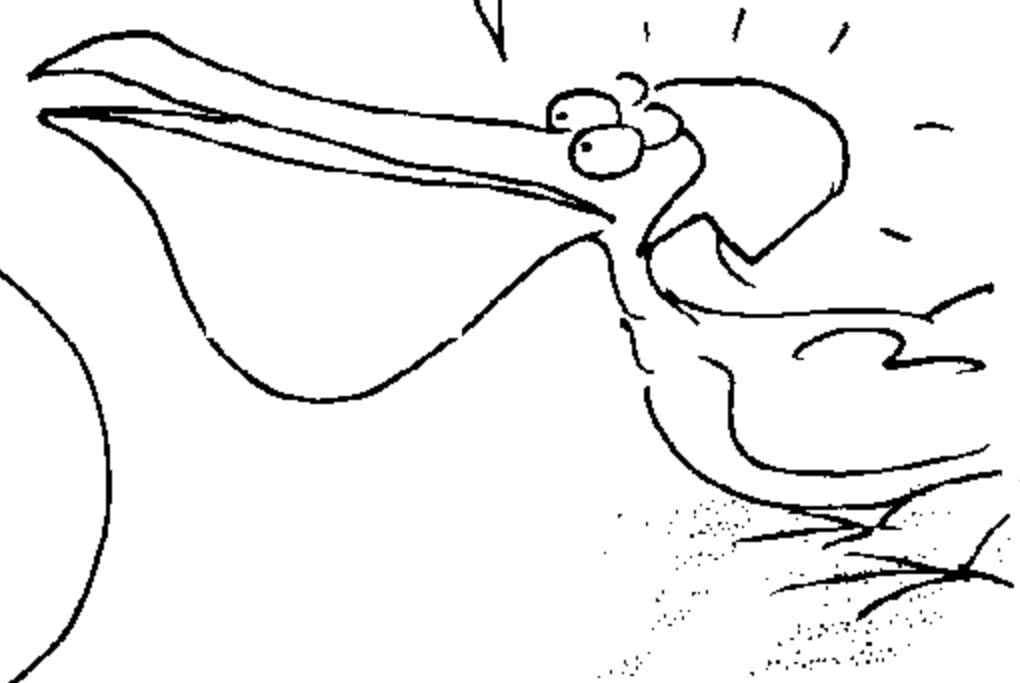


(*) La TRAVERSINA se extrae de las conchas de los HOMOTOPOS

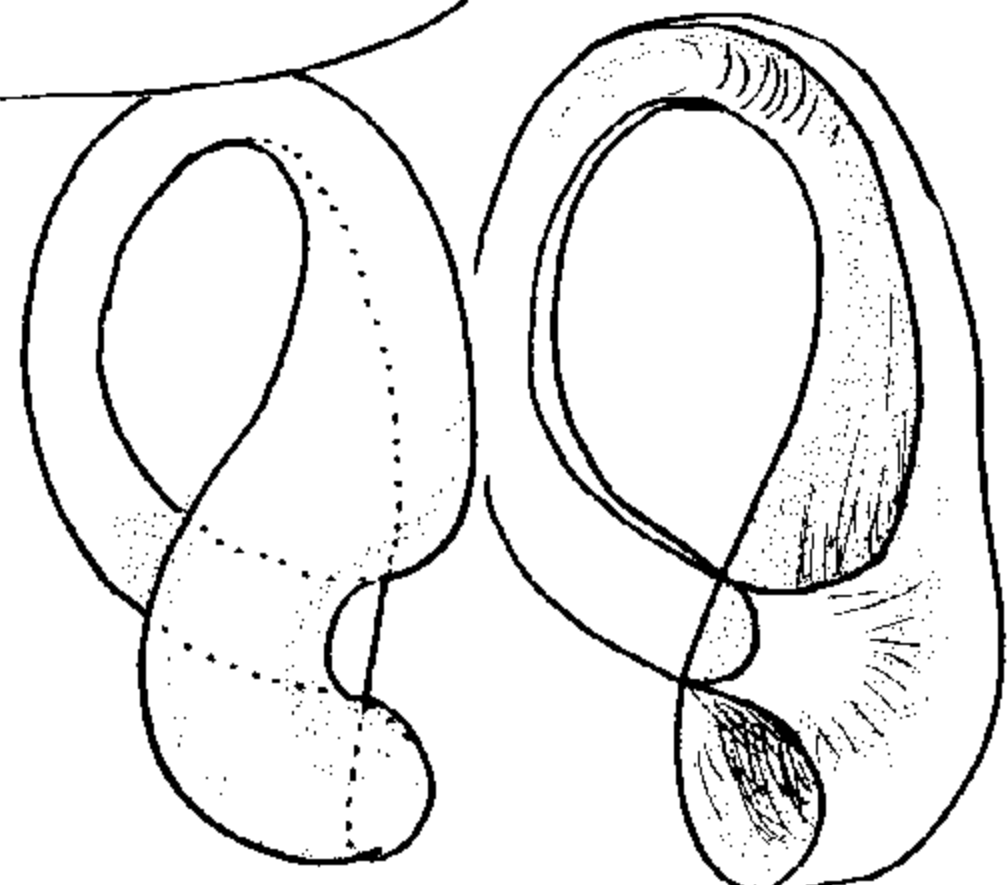
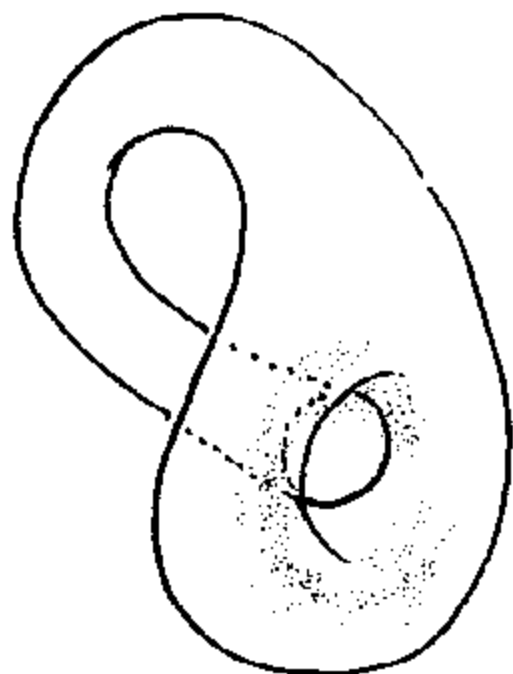
Si embadurnamos de TRAVERSINA una concha, empieza a desarrollarse, a crecer siguiendo su BORDE, formando una superficie cerrada. La traversina proporciona a la superficie la propiedad de ¡ATRAVESARSE A SI MISMA!



El borde ha desaparecido. Entonces, ¿qué es esa circunferencia de ahí?

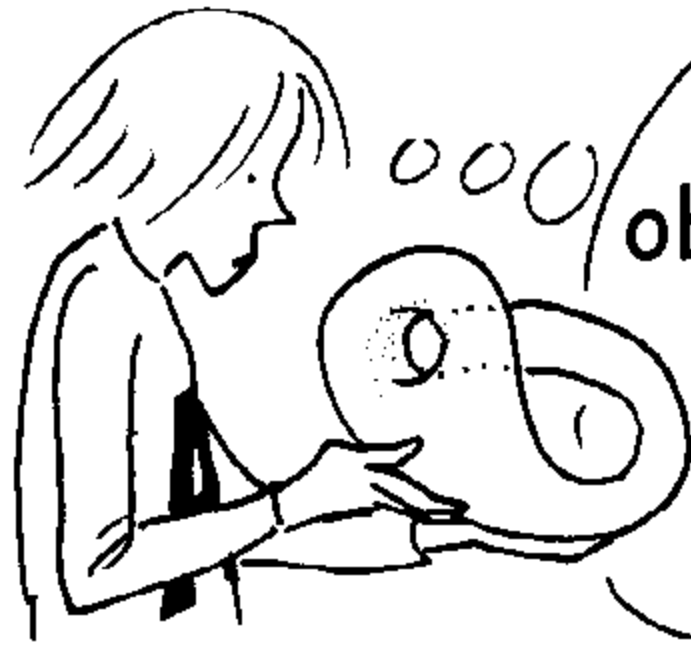
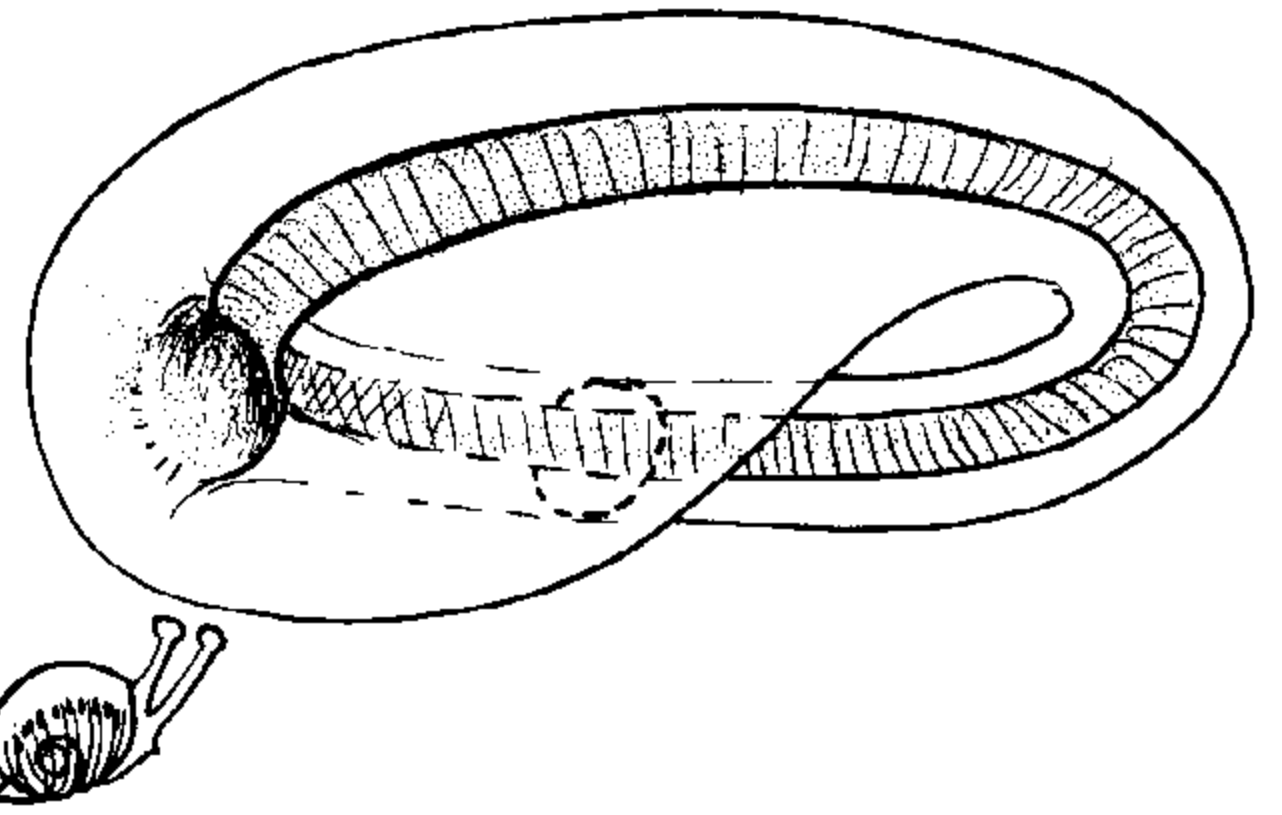


Es la CURVA DE AUTO-INTERSECCIÓN, que no es un BORDE. Puedes comprobar que en esta BOTELLA DE KLEIN la superficie discurre de manera continua en todas direcciones.



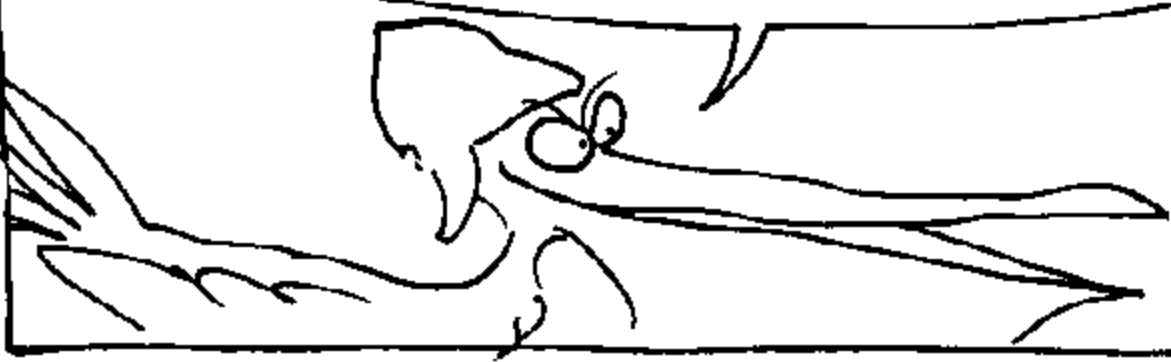
dos mitades

Su característica es nula puesto que se ha fabricado a partir de dos bandas de Möbius ($\chi = 0$) y de una curva cerrada ($\chi = 0$). Por tanto no es extraño observar una de estas bandas.



Claro, se puede observar una banda de Möbius en la superficie es porque sólo tiene una cara.

Al grano Tiresio, por casualidad ¿no podríamos encontrar una banda de Möbius en tu concha?

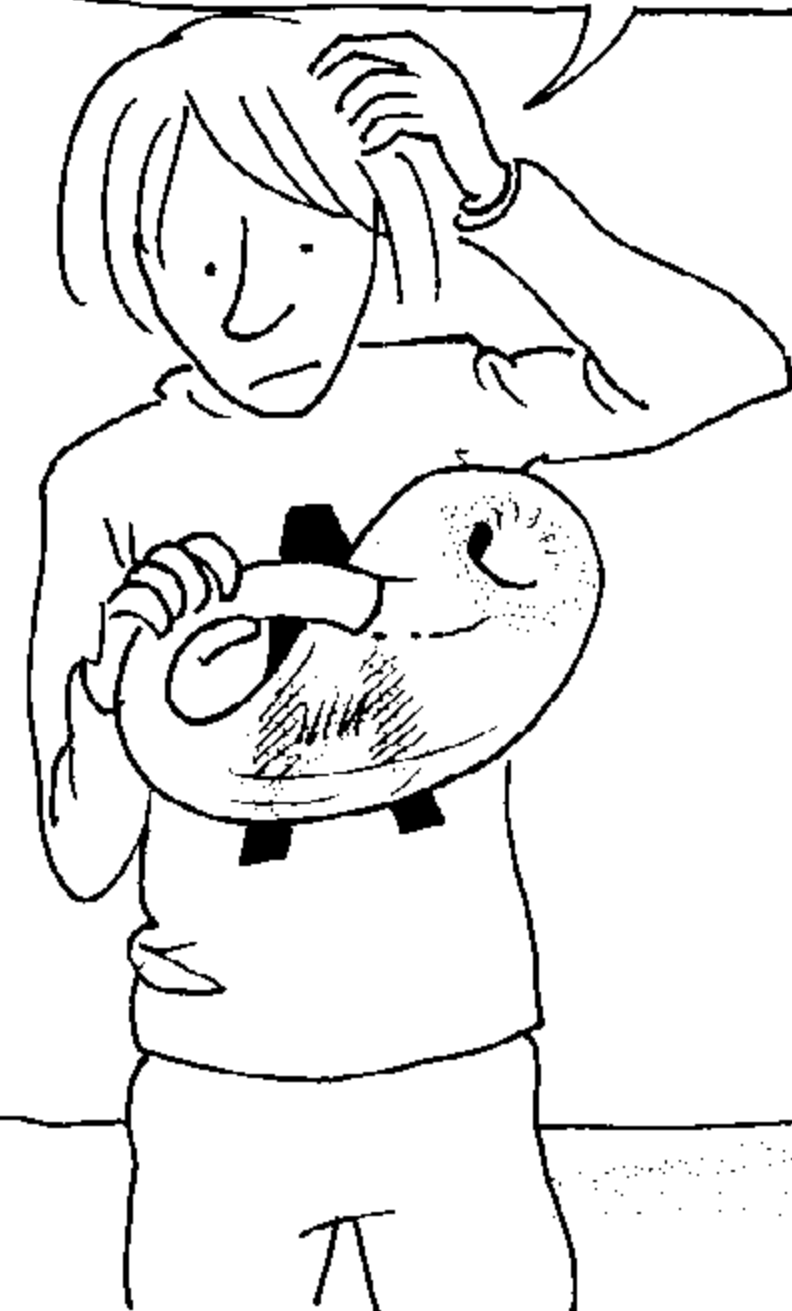


¡Agg!

¡No empecéis vosotros dos ahora!



Como mínimo es una superficie chocante, ¿no?



Hasta ahora sólo habías conocido superficies que no se cortaban, como la ESFERA o el TORO.

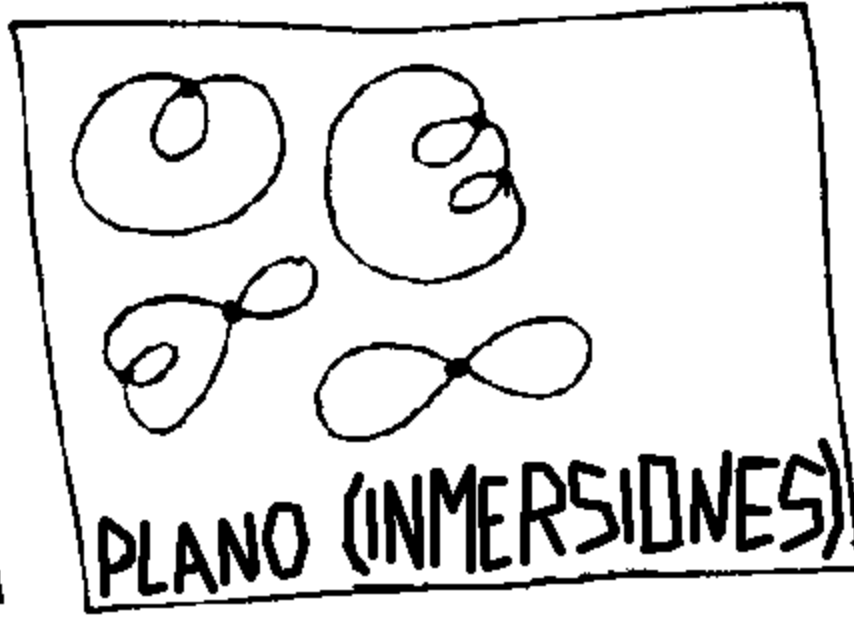
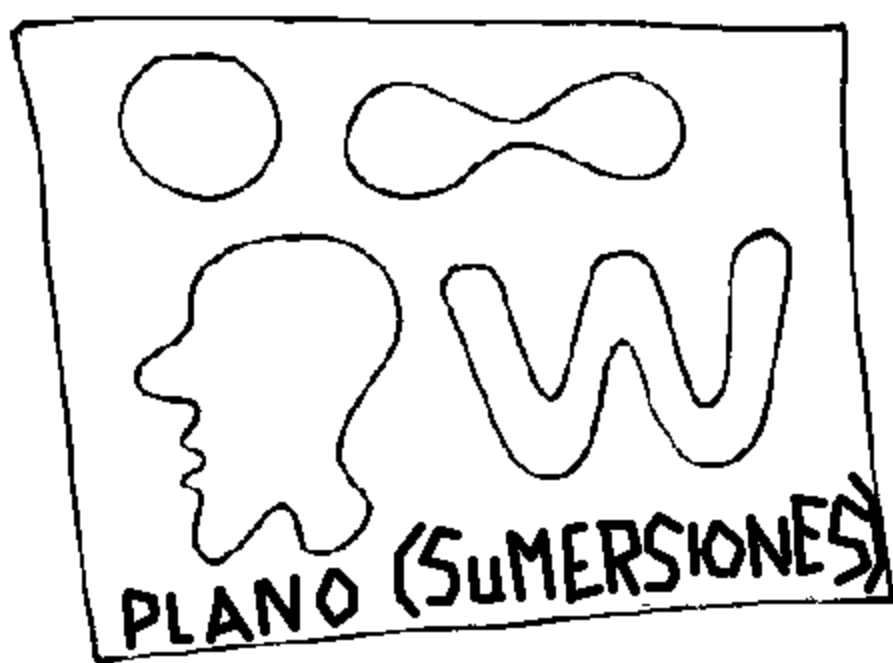
Las superficies que sí se cortan en nuestro espacio se llaman INMERSIONES.

¿inmersiones?



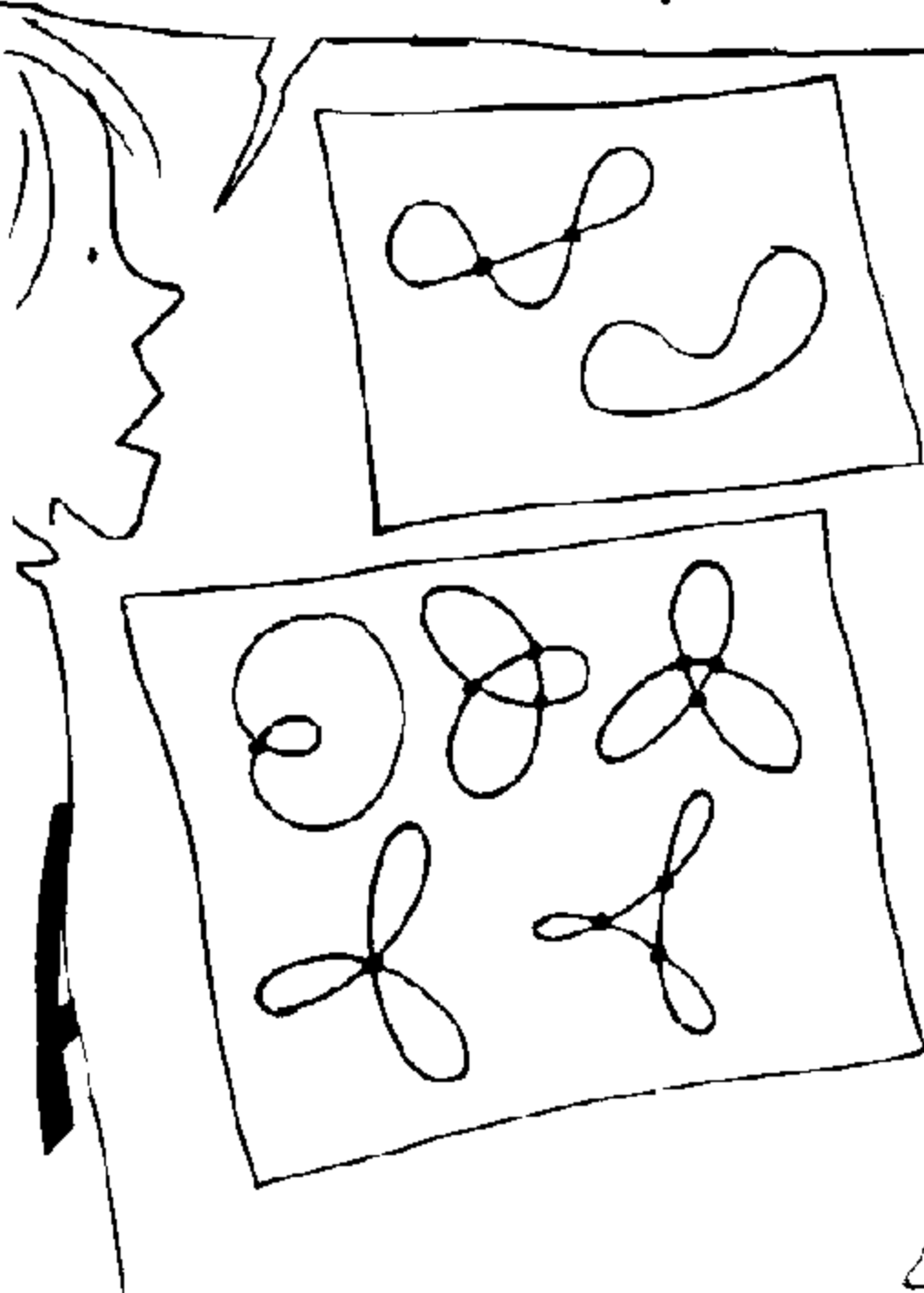
SUMERSIONES E INMERSIONES

Una curva cerrada es un ente geométrico unidimensional, sin puntos dobles y cuya única característica es no tener ni comienzo ni fin. Y hay infinitas maneras de situarlas en el plano.



Cuando no se corta a si misma se dice que está SUMERGIDA EN EL PLANO, de lo contrario se dice que está INMERSA (*)

Supongo que lo que las caracteriza, ¿es su número de puntos de intersección?



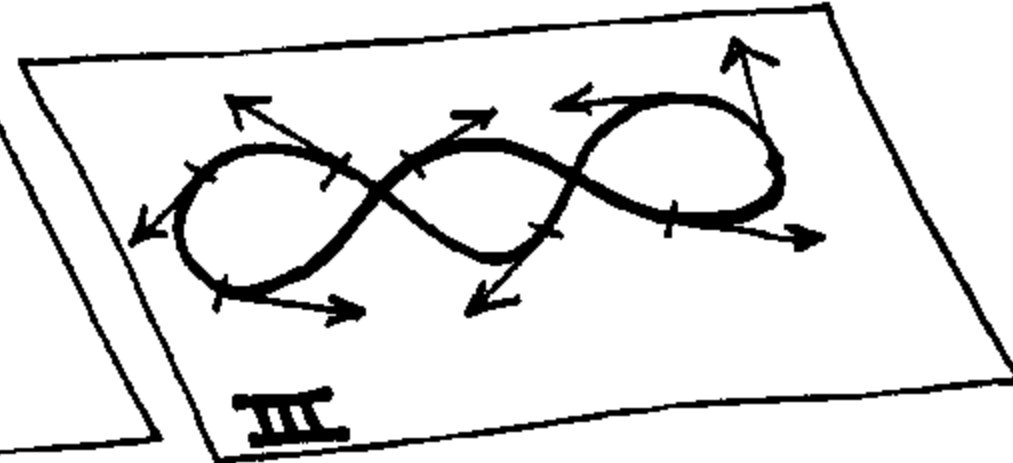
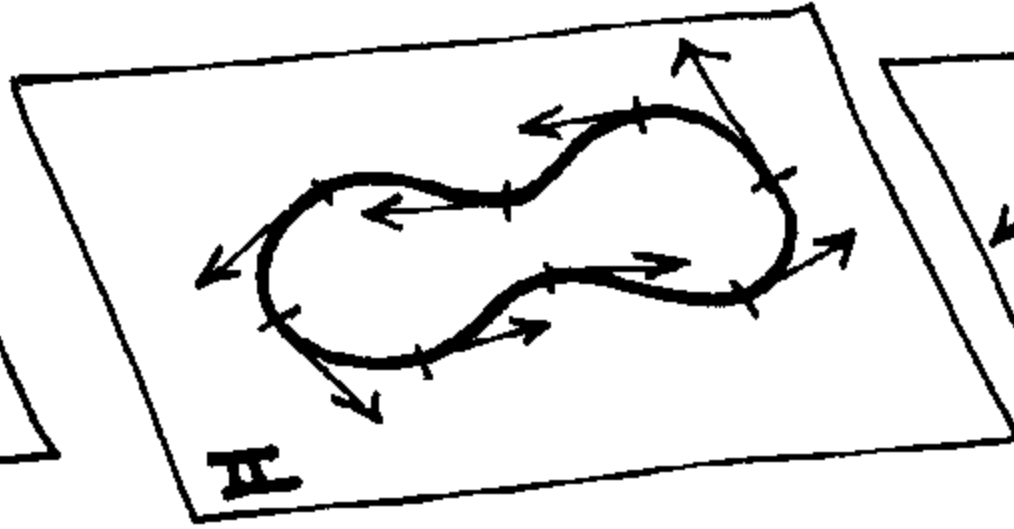
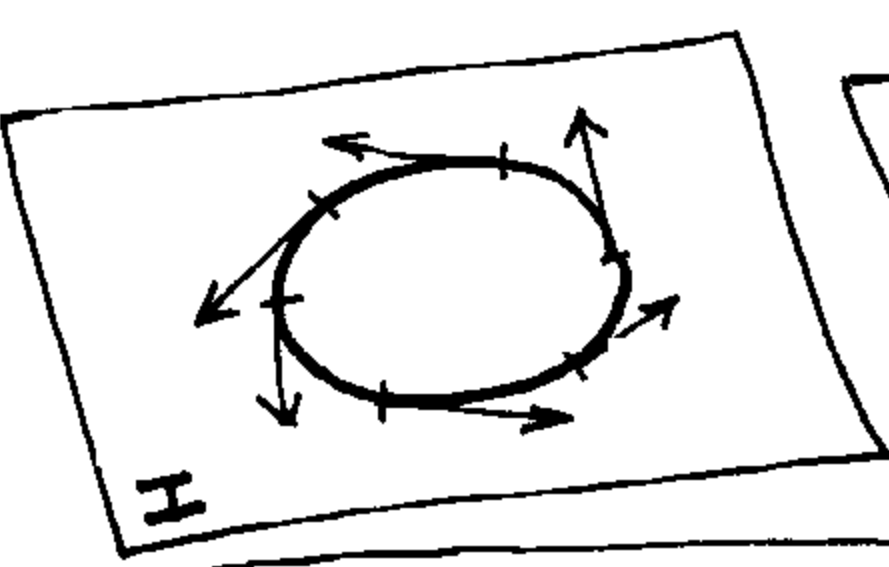
No, puesto que si deformamos de manera continua estas curvas podemos hacer aparecer o desaparecer PAREJAS DE PUNTOS. Pero, lo que se mantendrá invariante es el NÚMERO DE VUELTAS.



Observa: si obligamos al vector a ser tangente a la curva

(*) una sumersión es un caso particular de inmersión

(sin puntos angulosos)



Mediante una deformación REGULAR (sin puntos angulosos) en el PLANO podemos pasar de la curva I a la curva III. Al hacerlo hemos conservado la rotación total del vector (360°) al recorrer cada curva.

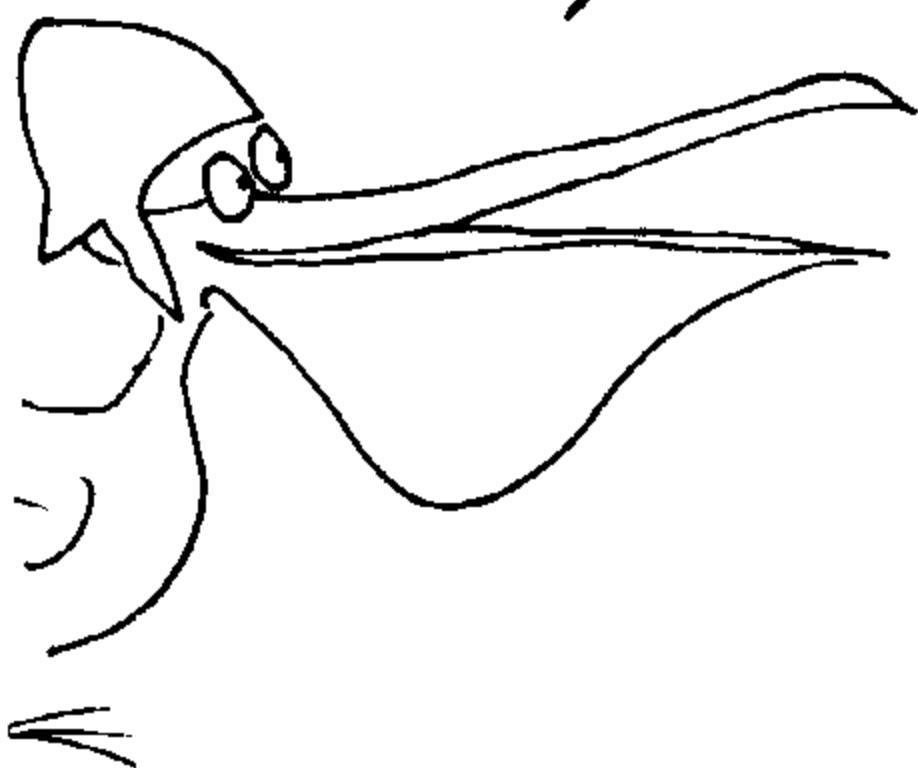
Esta es una HOMOTOPIA REGULAR en el PLANO. Ésta conserva el número de vueltas del vector tangente a la curva.

¡Por más que lo intento, no puedo transformar este OCHO en una CIRCUNFERENCIA! ...

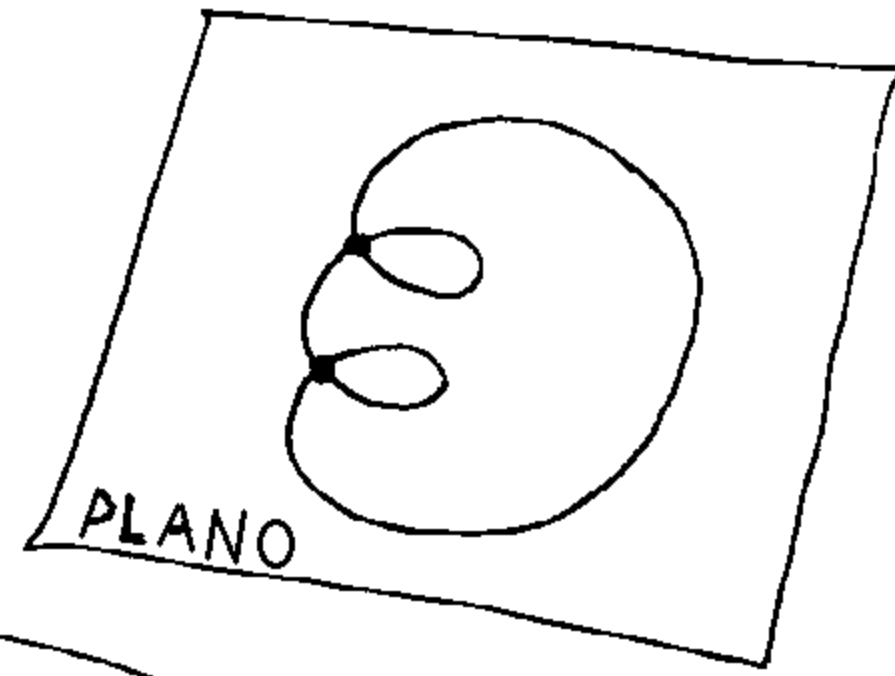
Es normal. El vector no da el mismo número de vueltas. ¡En el OCHO la suma algébrica de las rotaciones es nula!

Teniendo en cuenta esta regla de deformación de las curvas cerradas (continuidad, regularidad), en una superficie hay cosas que son POSIBLES y otras por siempre IMPOSIBLES

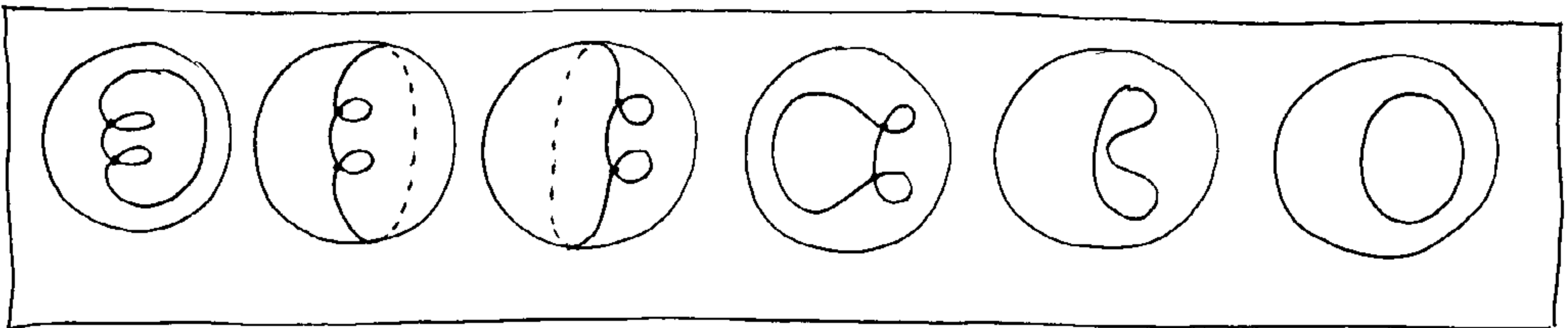
¡No tan sencillo!



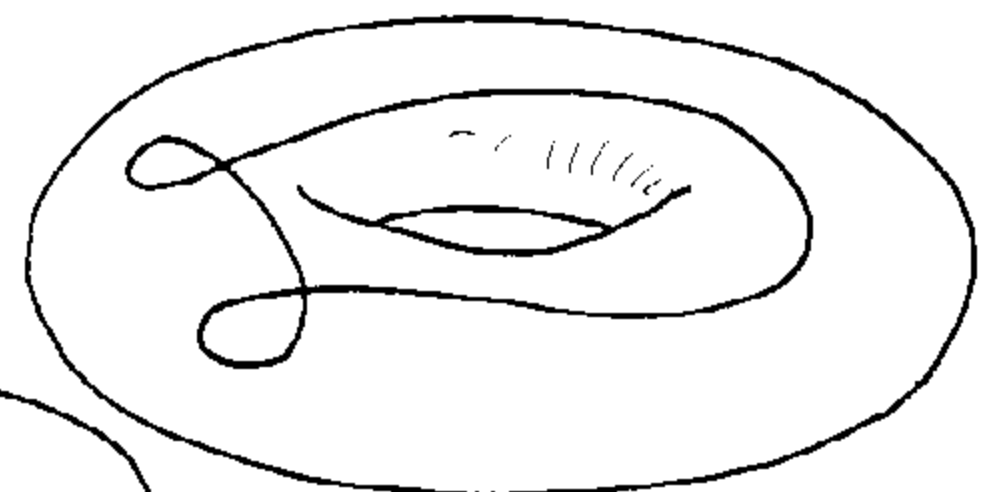
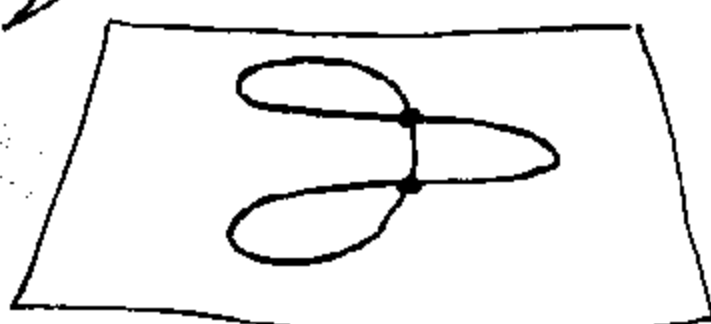
Esto depende del ESPACIO en donde el objeto esté representado. Mira por ejemplo esta curva. Sobre un PLANO no hay modo de hacer desaparecer sus puntos dobles.



En cambio, sobre la ESFERA:

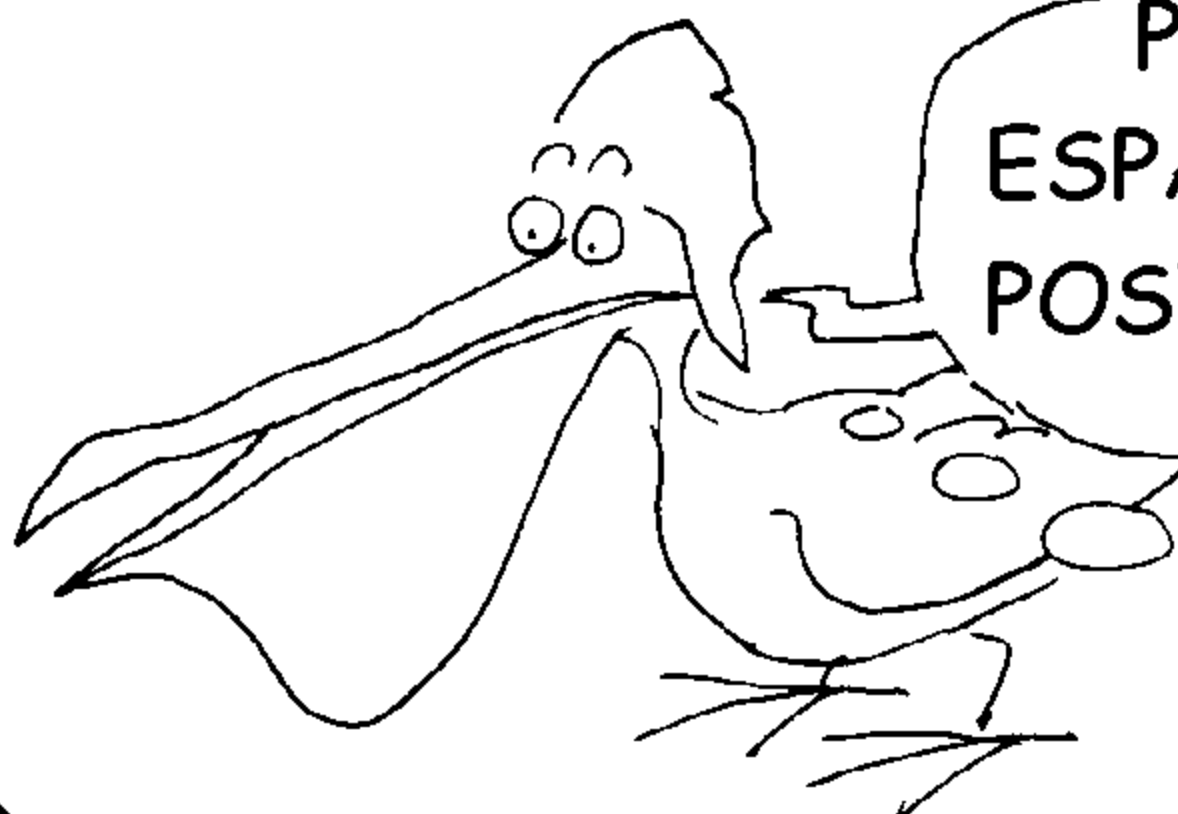


De ese modo ciertas cosas que parecen imposibles en determinado ESPACIO DE REPRESENTACIÓN (aquí el plano) se vuelven posibles cambiando dicho espacio, dotado de una topología distinta. Y viceversa



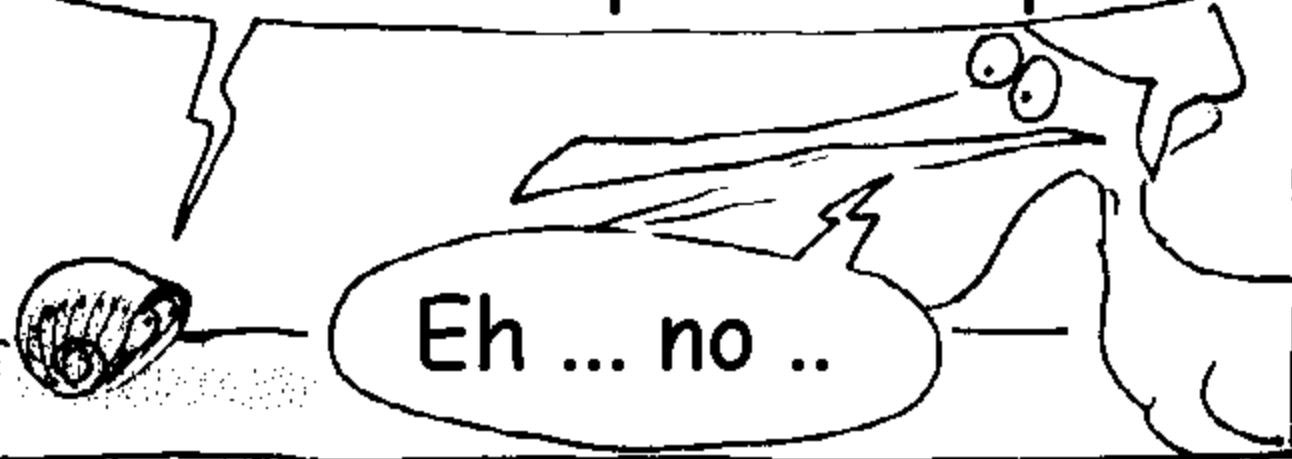
En el plano, esta curva se desata fácilmente, mientras que no se puede hacer si esta se representa sobre un toro

Pero en fin, Tiresio, en nuestro ESPACIO-TIEMPO, ¿hay cosas POSIBLES y otras definitivamente IMPOSIBLES, no?



la angustia ...

¿Tú conoces la topología de nuestro espacio-tiempo?

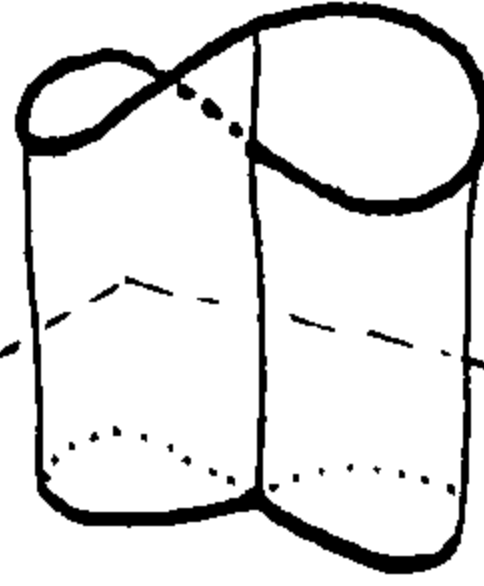


Eh ... no ..

No vivimos más que de apariencias ¡y aún así!



Los puntos de intersección de la curva cerrada no están más que en la representación en una superficie. La imagen bidimensional no es más que una proyección



Fundamentalmente aquí no hay más que un único objeto: LA CURVA CERRADA, un SER UNIDIMENSIONAL

En un espacio de representación con 4 dimensiones, ¡la BOTELLA DE KLEIN ya no se puede recoser!



Pero entonces, ¿cambiando de espacio de representación puedo hacer CUALQUIER cosa? ¿Por ejemplo transformar una botella de Klein en una esfera?

No, hay características que se mantienen INDEPENDIENTES DEL ESPACIO DE REPRESENTACIÓN

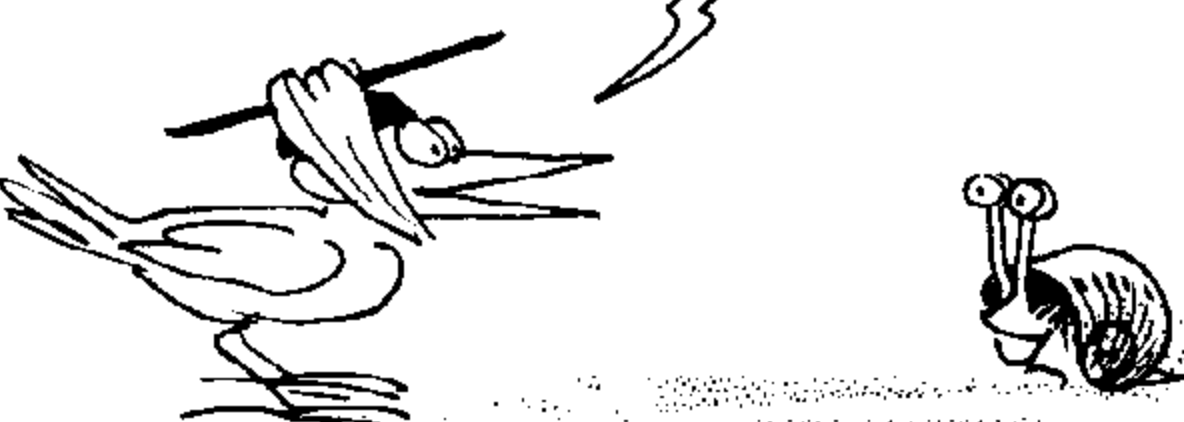
LA TOPOLOGÍA

Por ejemplo:

La característica de Euler-Poincaré,
la orientabilidad, el carácter cerrado.

Para los objetos unidimensionales
todo se resume en:

**ES NECESARIO QUE UNA CURVA
SEA ABIERTA O CERRADA**



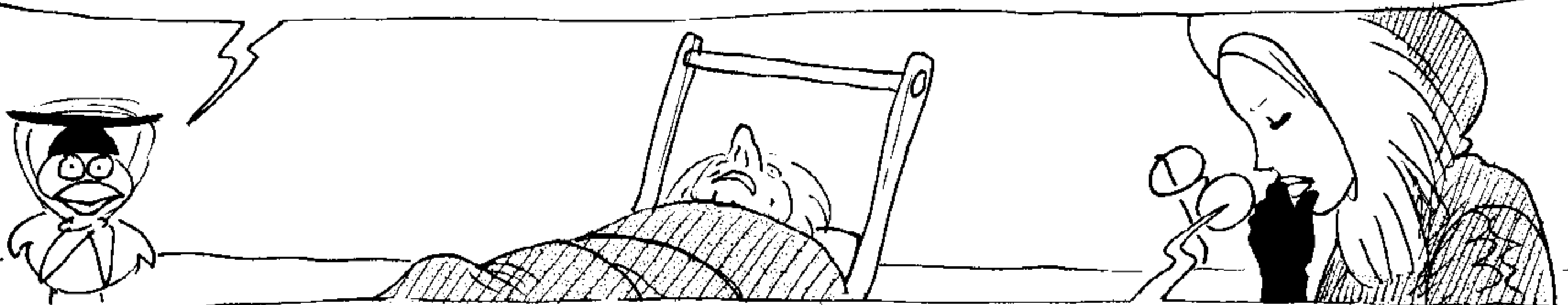
Entonces, ¿cómo está Amundsen?

No hay cambios, siempre
más o menos igual...

¿GEONEUROSIIS?
Yo me inclinaría antes por
una TOPONEUROSIIS.



Nuestras estructuras mentales, nuestra LÓGICA, nuestra
percepción del mundo, se apoyan en bases geométricas que
se pueden agrietar en cualquier momento.



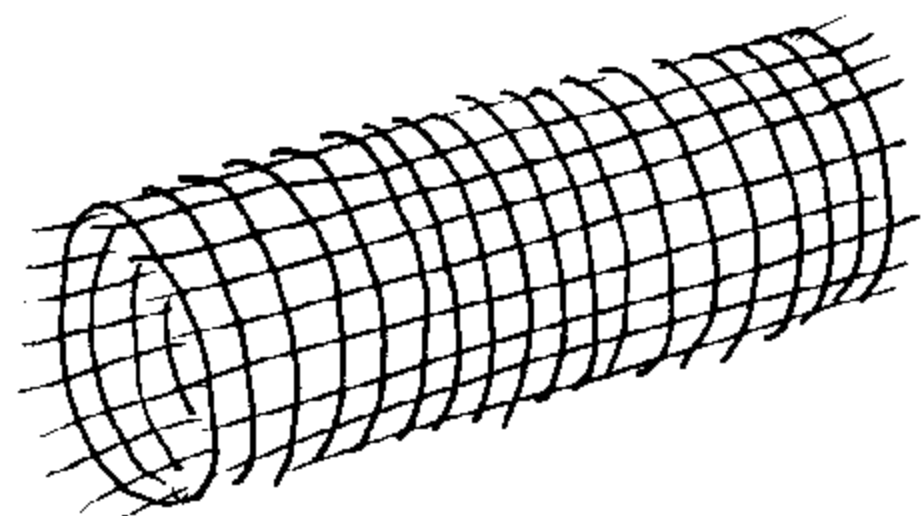
Si no conseguimos restablecer un mínimo de coherencia en la
visión que nuestro amigo tiene de las cosas, corre el riesgo de
persistir en su rechazo del mundo sensible.

RETÍCULAS

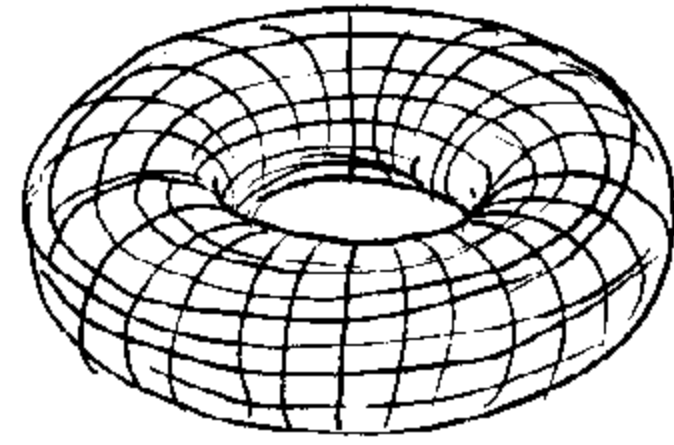
He encontrado otro modo de representar cómodamente las superficies: LA CESTERÍA



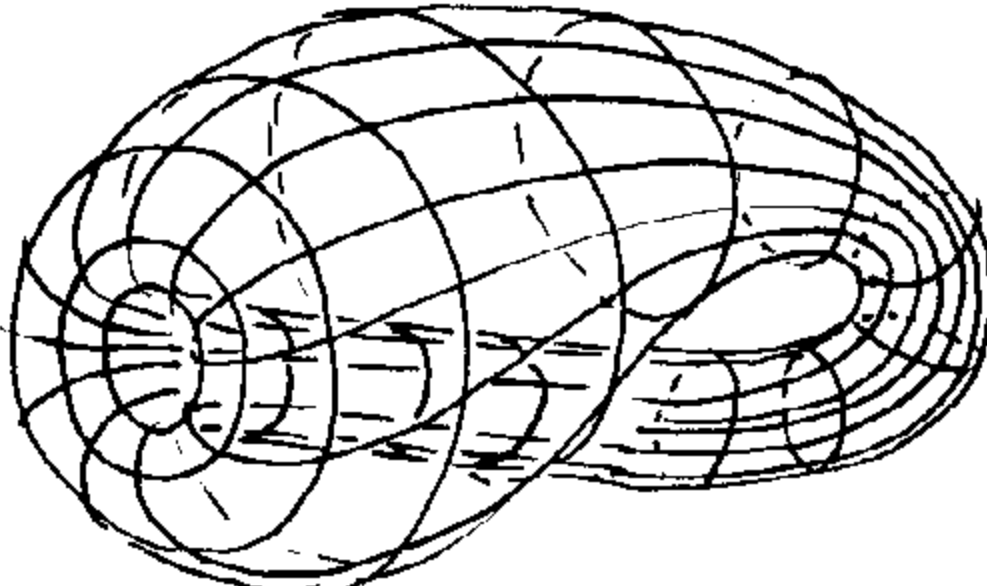
Por ejemplo: esto es un cilindro



esto un TORO

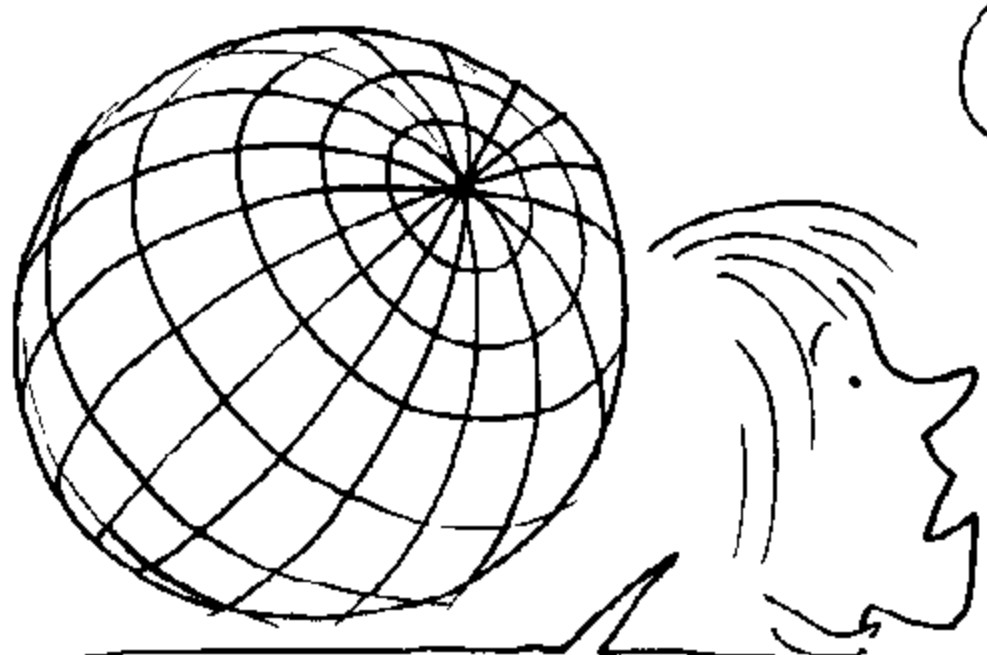


una botella de KLEIN

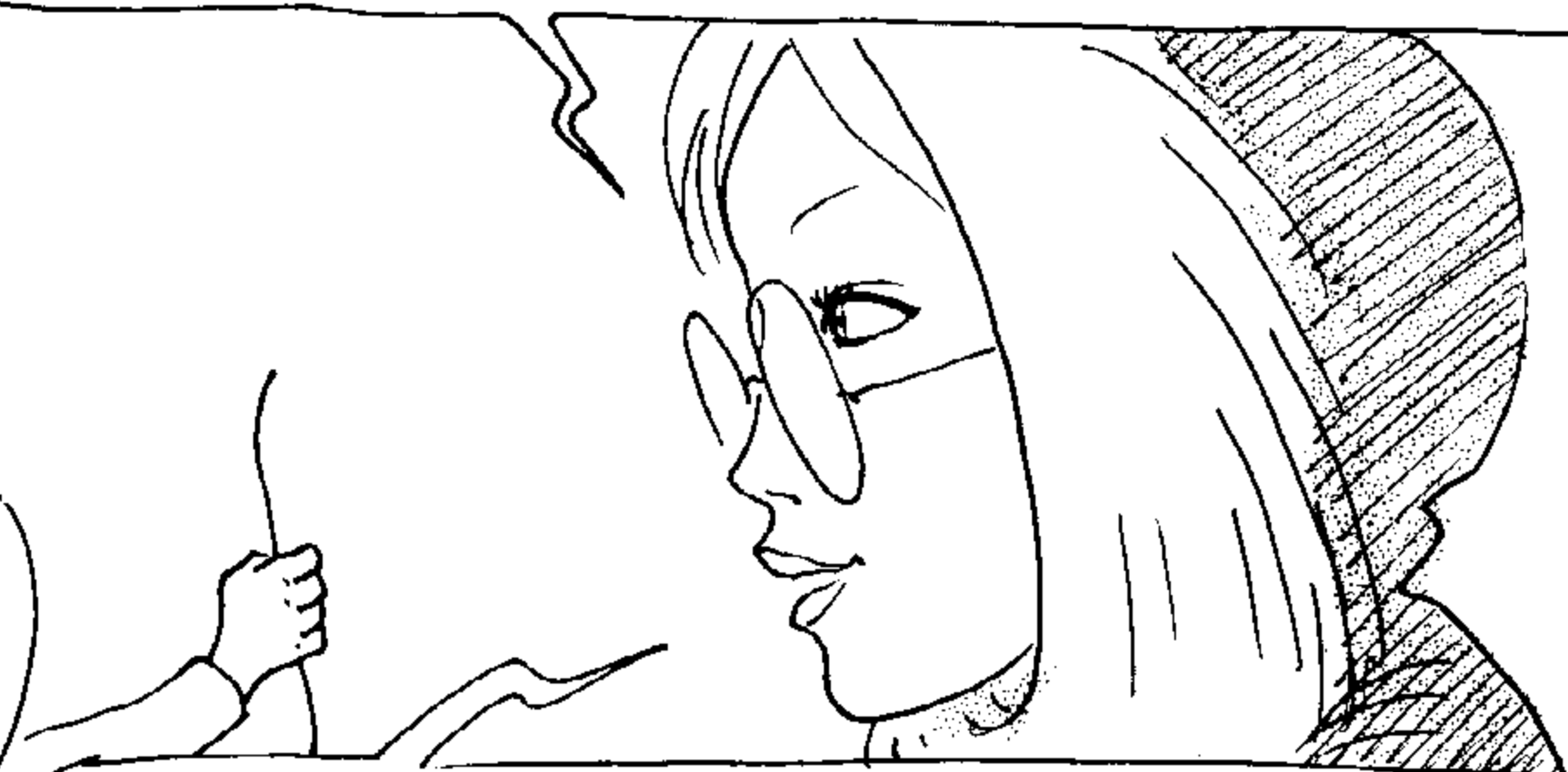


Con la esfera me encuentro con unos problemas ...

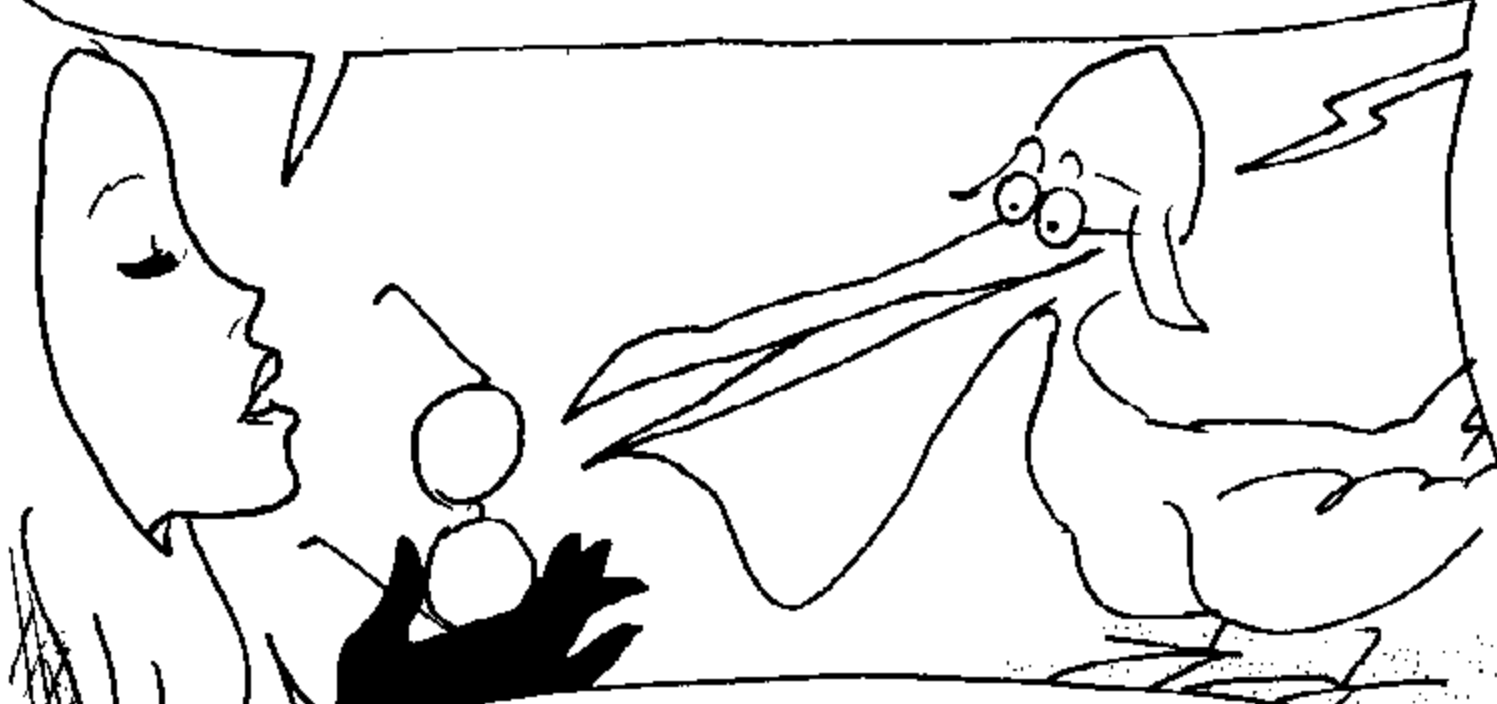
En la ESFERA se deben introducir 2 POLOS.



Pero .. no comprendo. En el TORO y en la botella de KLEIN no los necesitaba ...




La característica de Euler-Poincaré te proporciona el número de POLOS necesarios para ENMALLAR tu superficie. Para el TORO o la botella de KLEIN es cero. Para la ESFERA es 2.



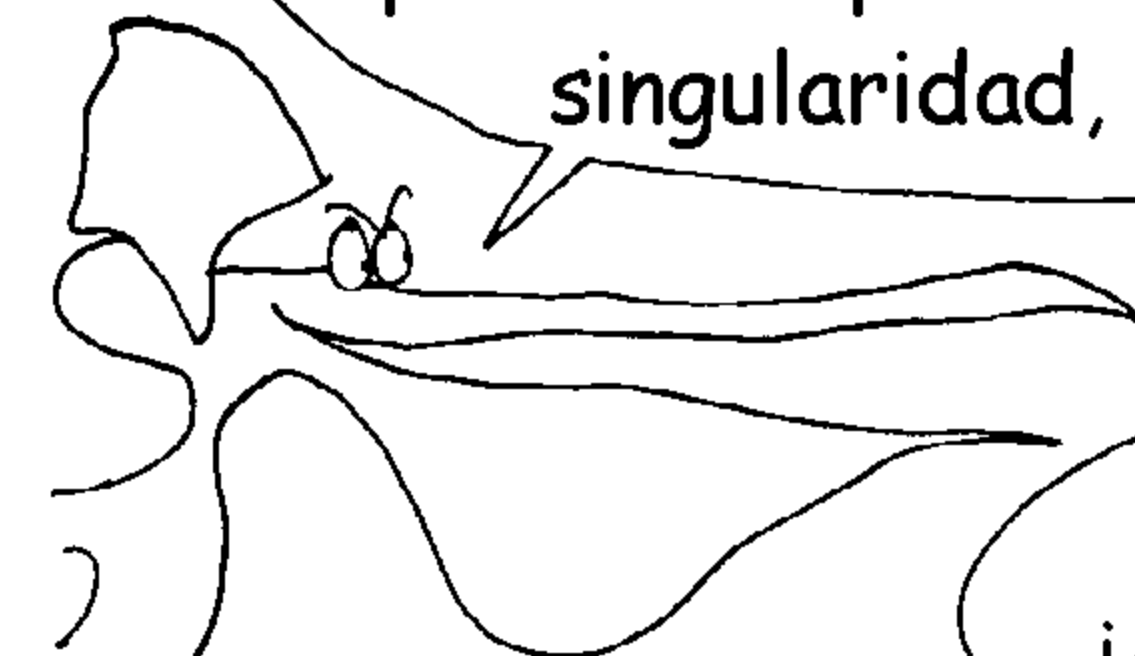
Bien entendido, este concepto se puede generalizar a las HIPERSUPERFICIES, en espacios de 3, 4, ...N dimensiones

Salvo error el universo es, siguiendo el modelo cíclico de FRIEDMANN(*), una hiperesfera S^4 . Concibo que se pueda empedrar un espacio tridimensional con la ayuda de estructuras cúbicas. Pero, ¿y en cuatro dimensiones?

Sencillo, tu empedras con HIPERCUBOS




¿hipercubos?
Ah bien ...



Pero, vamos a ver ... la característica de una hiperesfera S^4 es 2. Por tanto nuestro espacio-tiempo debería presentar por lo menos una cierta singularidad, ¿un polo?

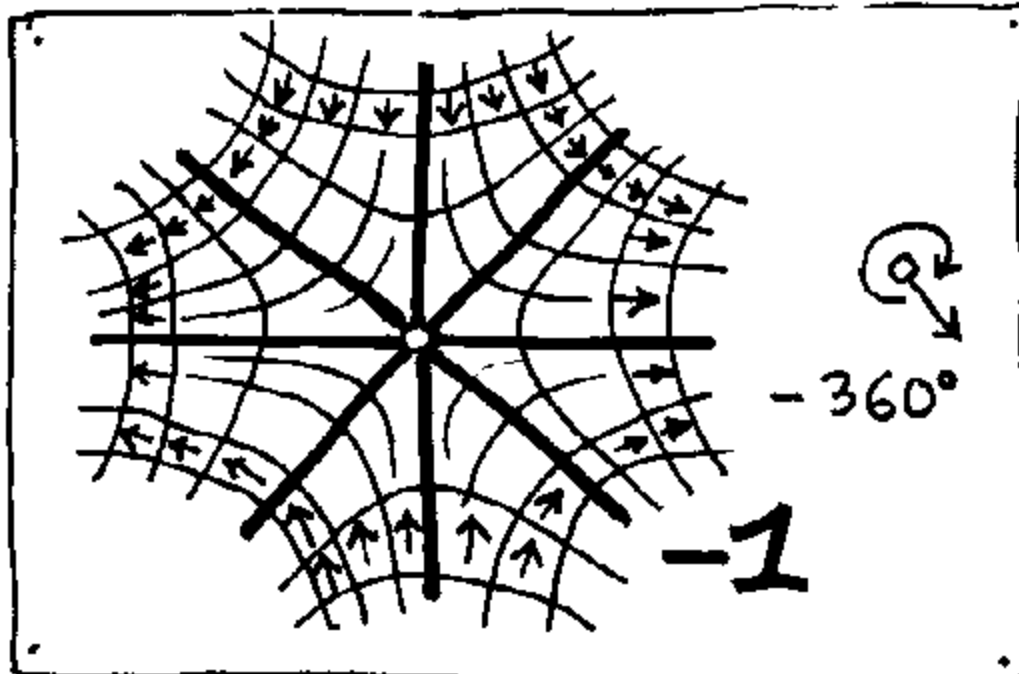
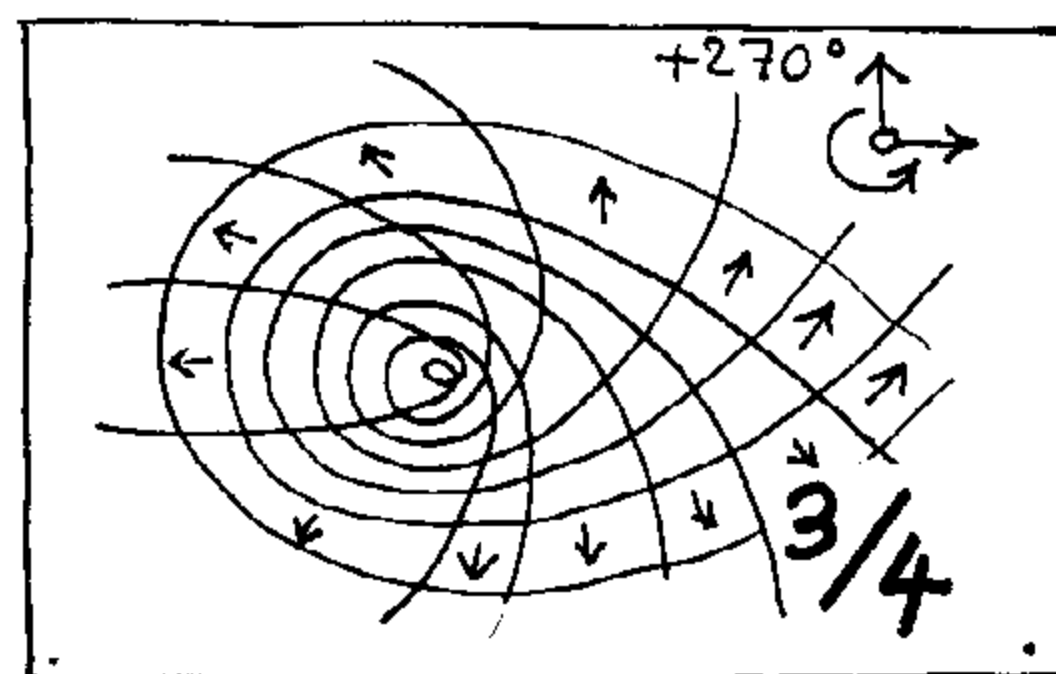
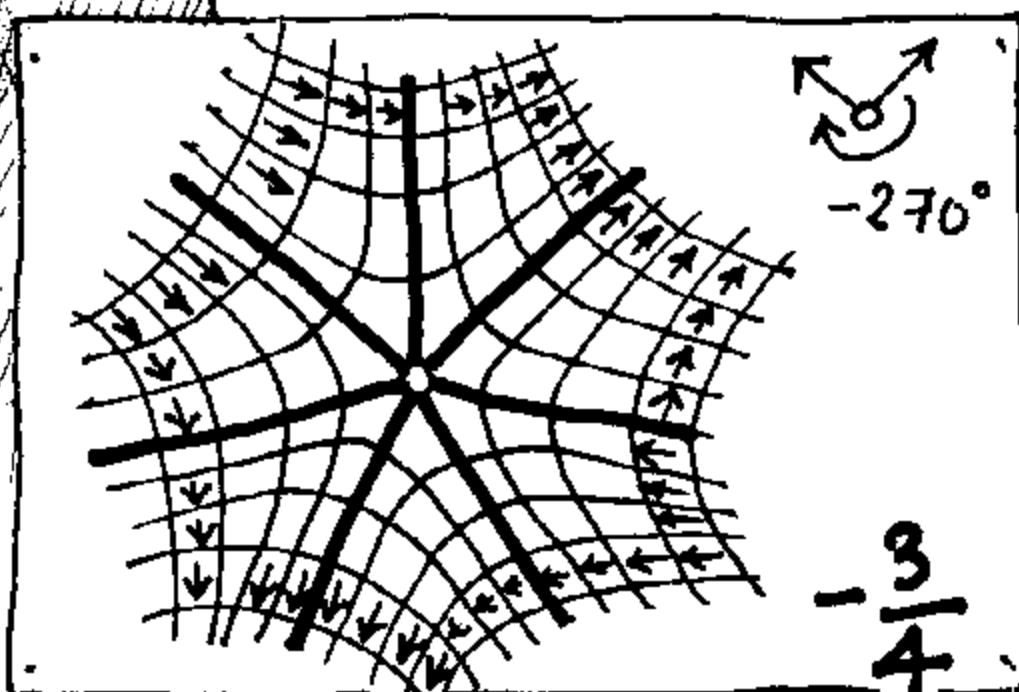
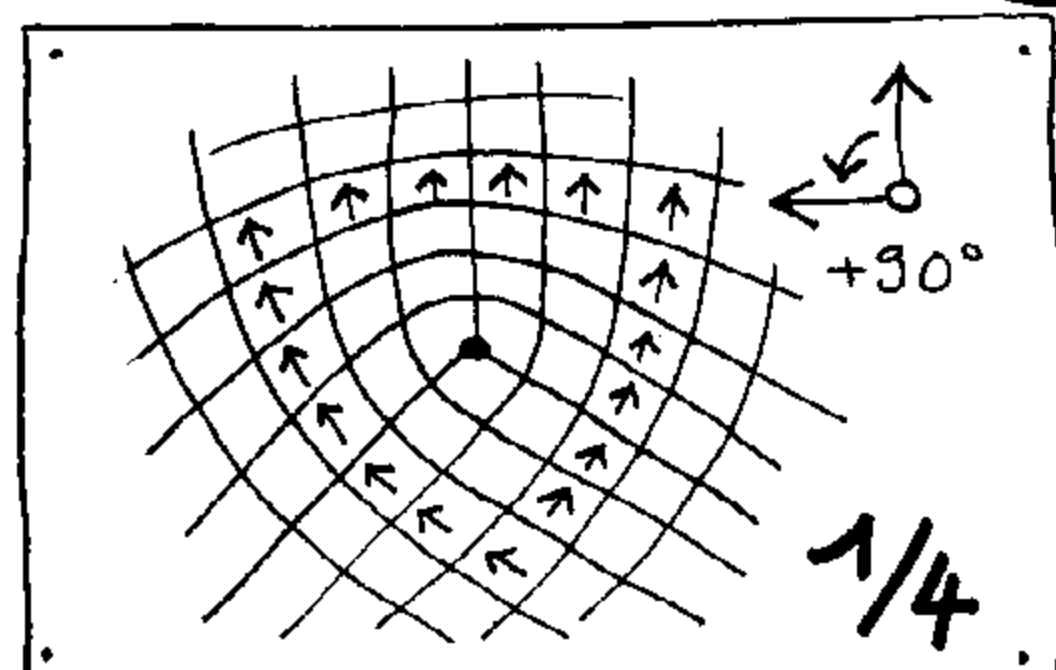
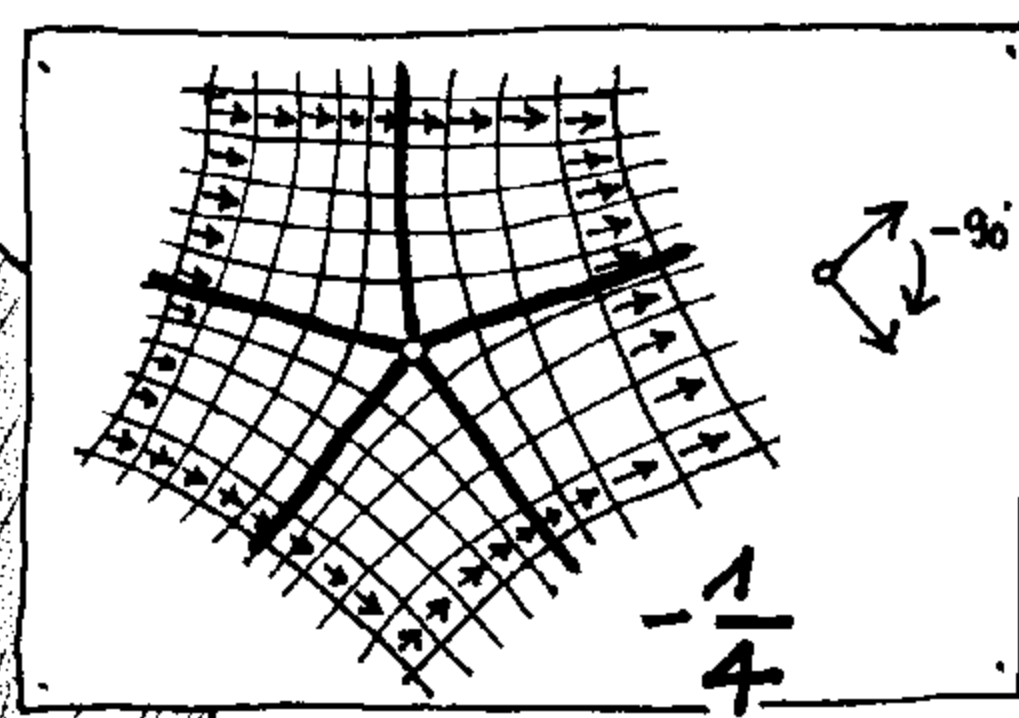
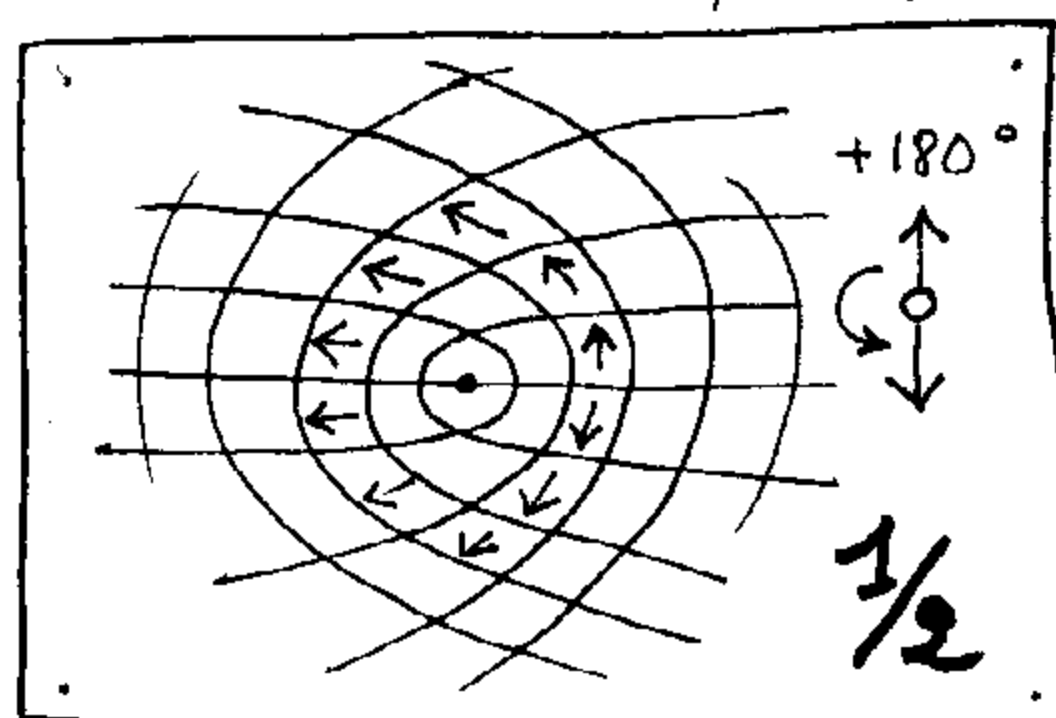
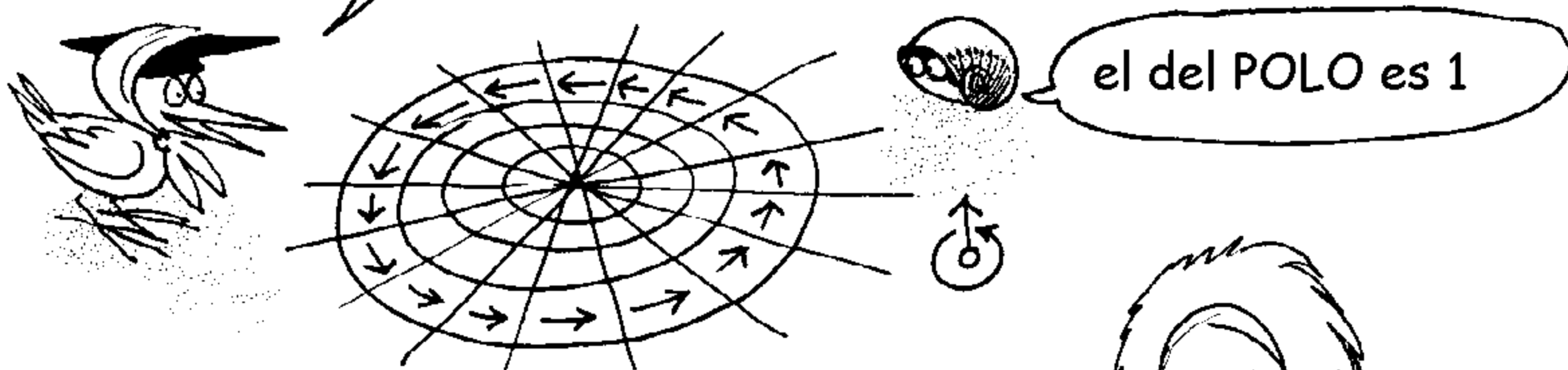
y el BIG BANG ¿¿ QUÉ es !?!



De ese modo, a partir de consideraciones puramente geométricas se habría podido preveer uno de los aspectos más fantásticos de la historia, descubierto simultáneamente con la expansión del universo.

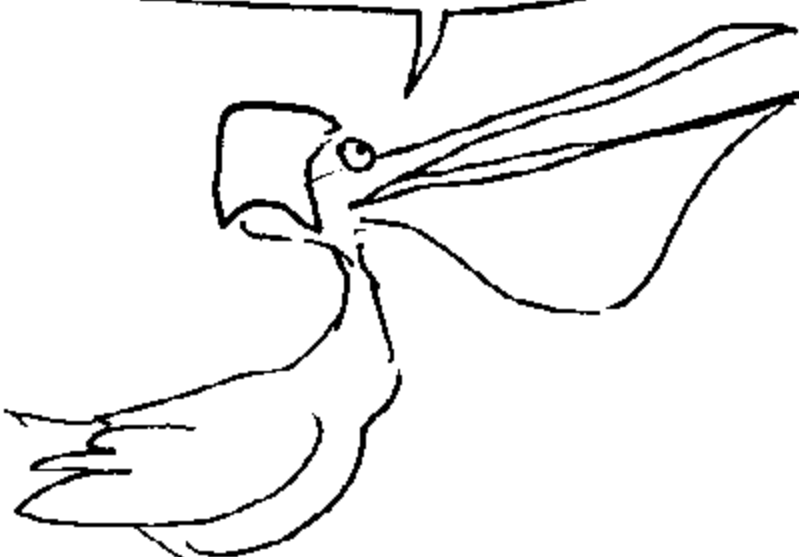
SINGULARIDADES

EL ORDEN DE UNA SINGULARIDAD DE RETÍCULA es igual al ángulo que gira el vector, positivo o negativo, dividido por 360° (2π).

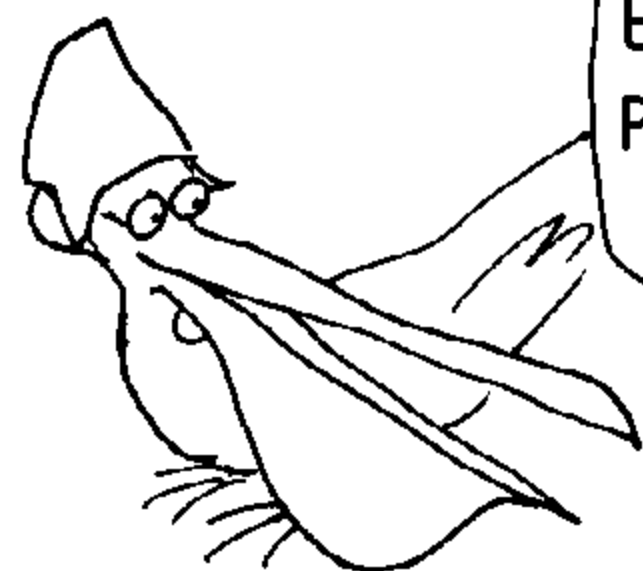


Aquí vemos unas singularidades de orden positivo (derecha) y negativo (a la izquierda)

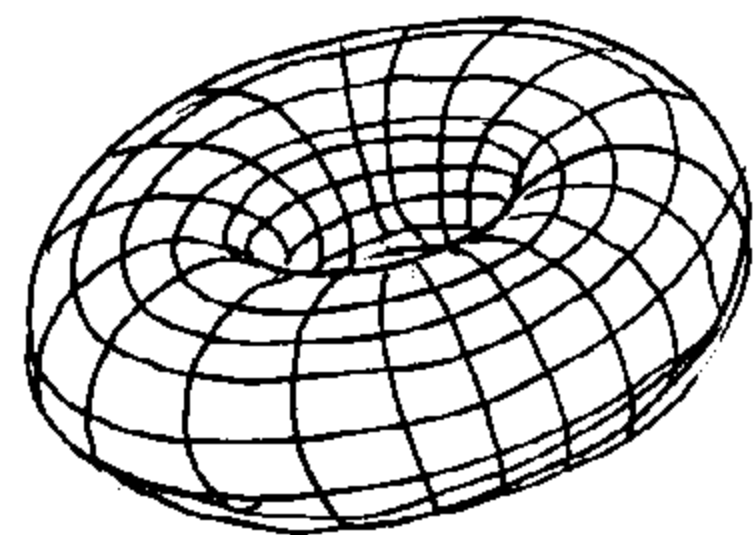
¿Con qué finalidad?



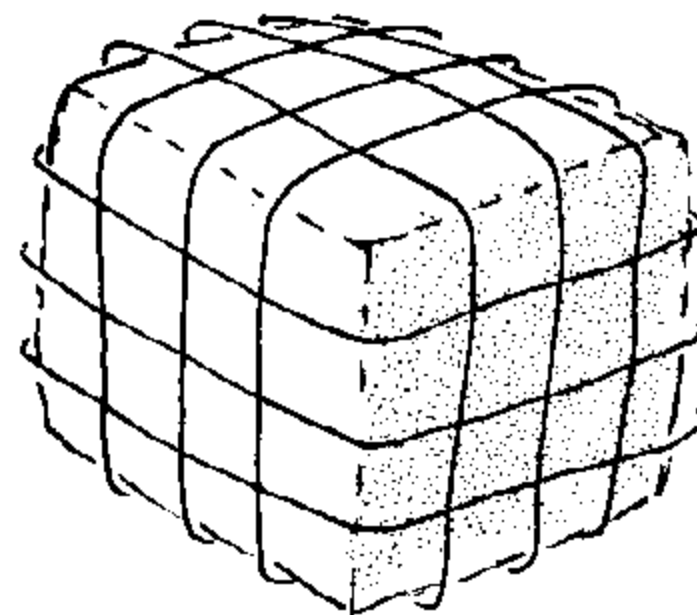
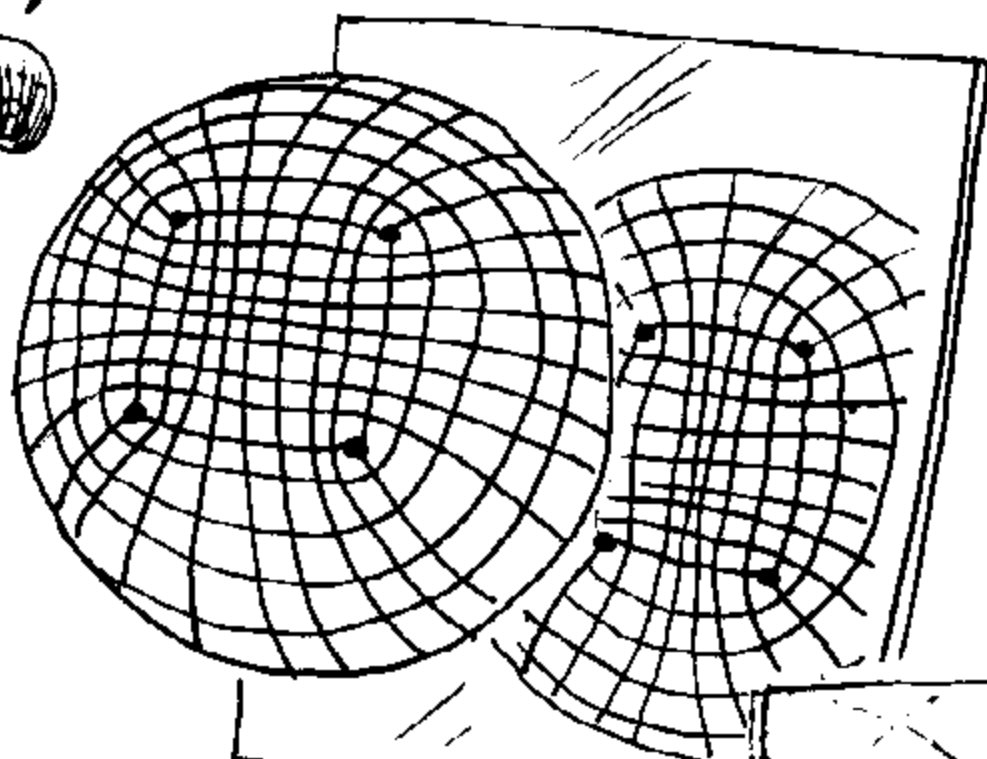
Si reticulas una superficie cerrada, posiblemente tenga singularidades. Entonces la característica de Euler-Poincaré será igual a la suma algebraica de los órdenes de las singularidades



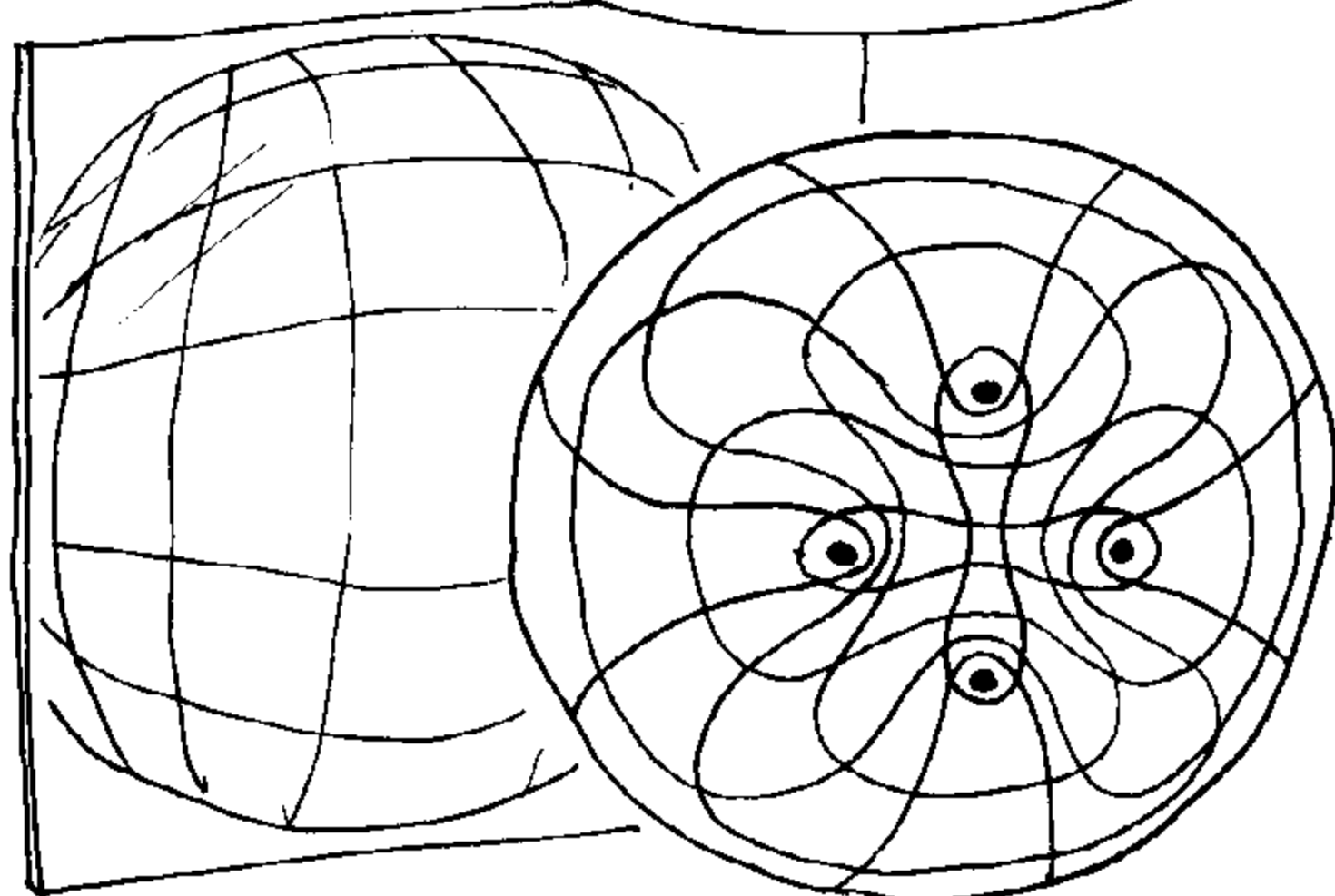
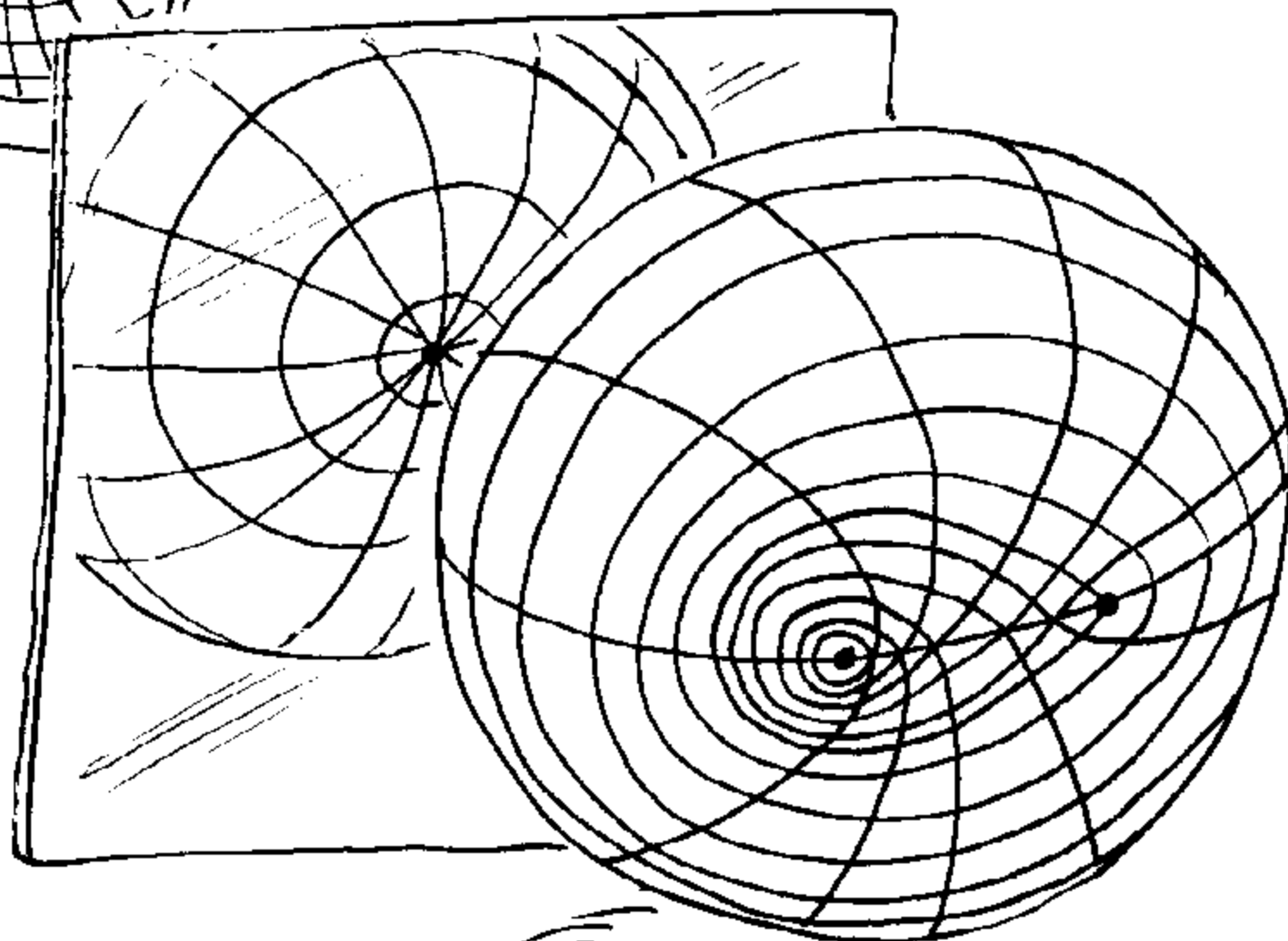
Se puede reticular un TORO sin singularidades. Está claro: su característica de Euler-Poincaré es nula.



Aquí vemos una esfera reticulada con ocho singularidades de orden $1/4$...



O con una singularidad $3/4$, una de orden $1/4$ y un POLO...



O con cuatro singularidades de orden $1/2$.

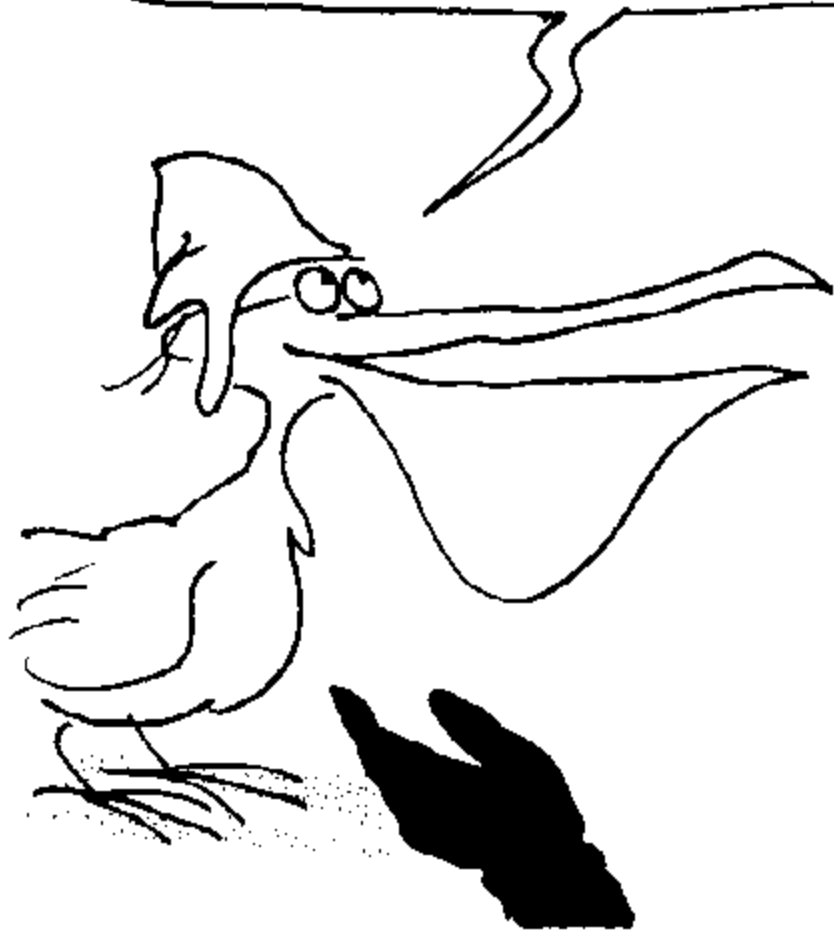


Nota:

El lector que haya leído "LE TROU NOIR" (ediciones BELIN) en las páginas de la 14 a la 36, sin duda habrá notado la semejanza entre los dibujos de las singularidades de reticulado y las que se hablaba, en esa obra, en los POSICONOS, en los NEGACONOS y en la curvatura. Todas estas nociones, esencialmente ANGULARES, están estrechamente ligadas a la CURVATURA TOTAL de una superficie, representada en nuestro espacio tridimensional, que es precisamente igual a la característica de Euler-Poincaré, multiplicada por 360° (o por 2π).

La Dirección

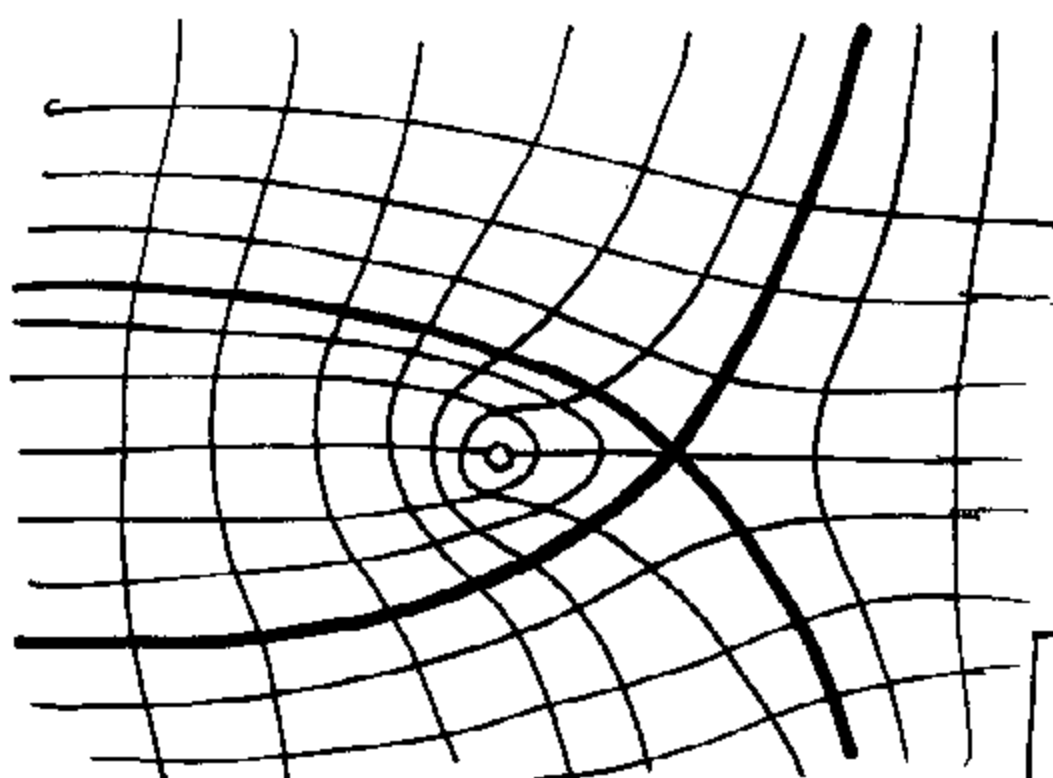
Lástima que esas cosas no sirvan estrictamente para nada,
como el griego o el latín.



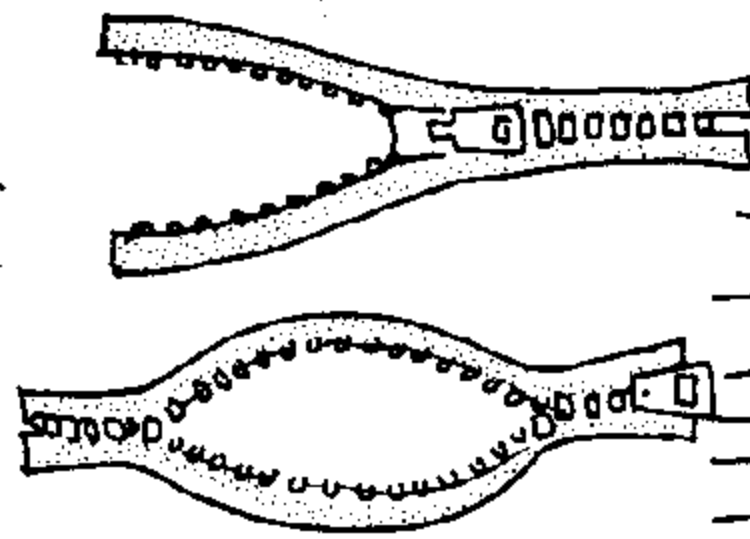
¡En absoluto León!
la naturaleza está
llena de
singularidades!



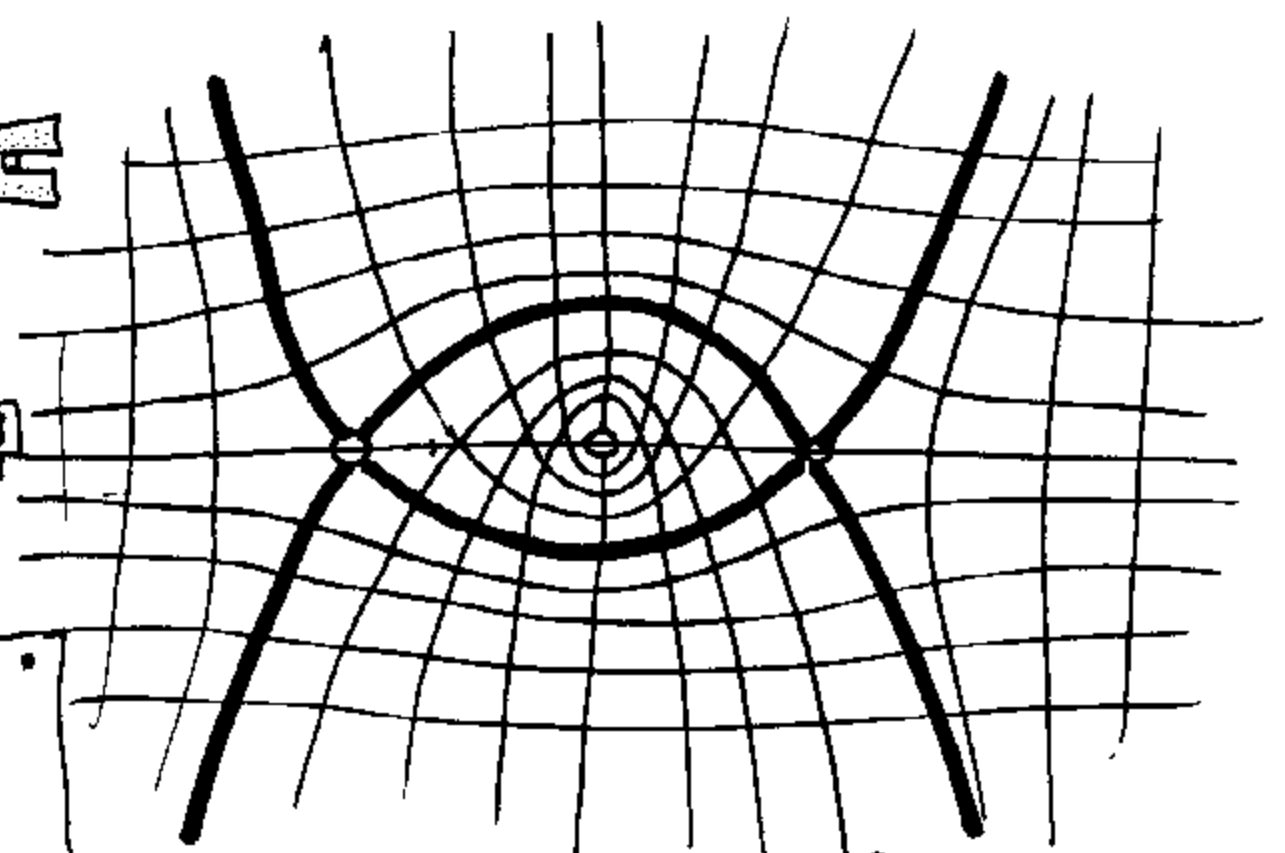
Pero, ¿dónde?



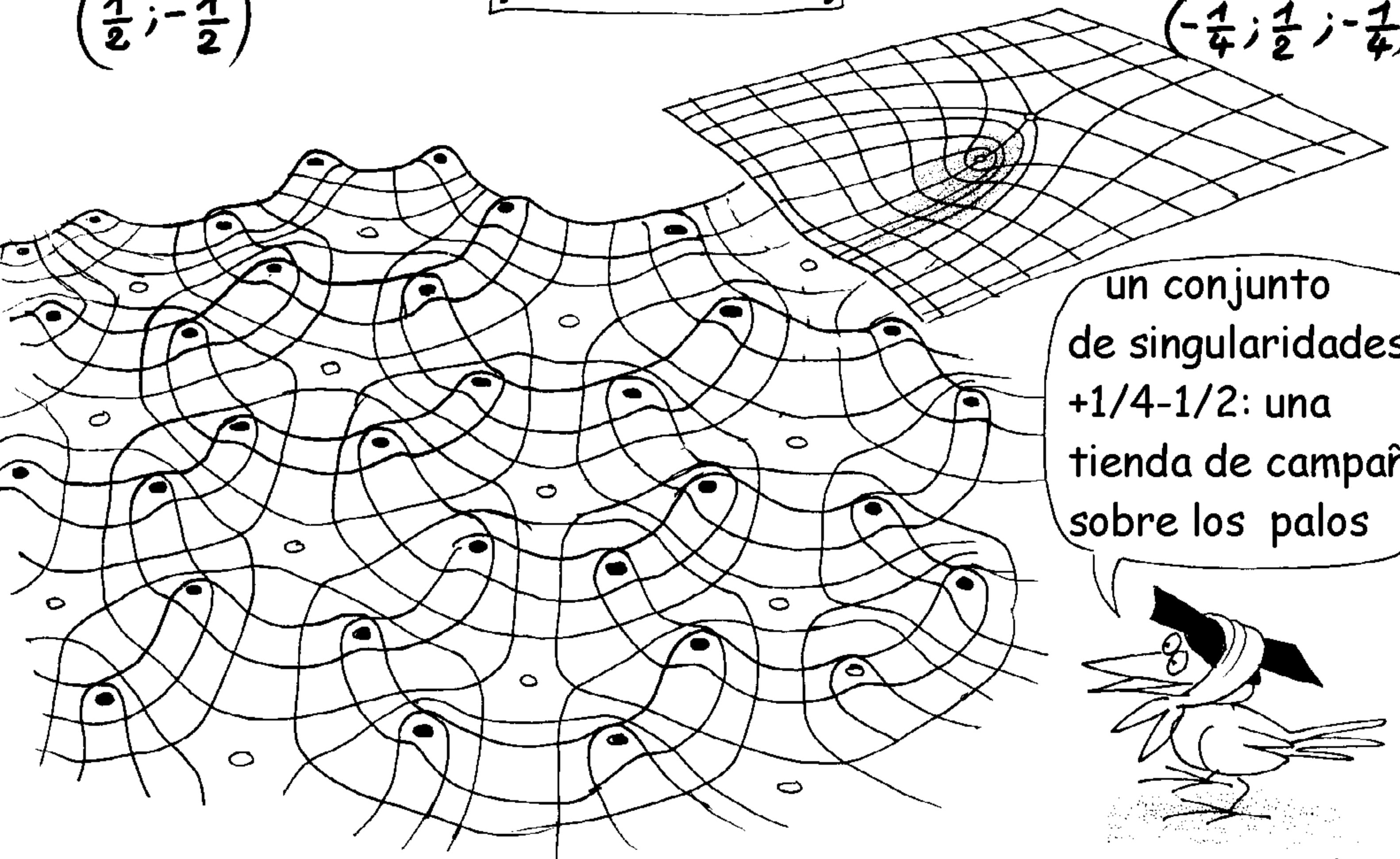
$$\left(\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}\right)$$



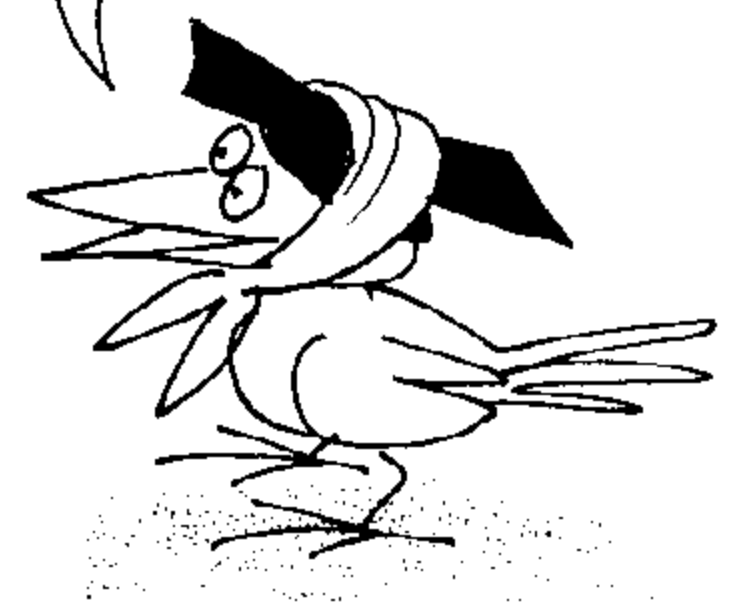
desencajar
una cremallera



$$\left(-\frac{1}{4}; \frac{1}{2}; -\frac{1}{4}\right)$$



un conjunto
de singularidades
 $+1/4-1/2$: una
tienda de campaña
sobre los palos

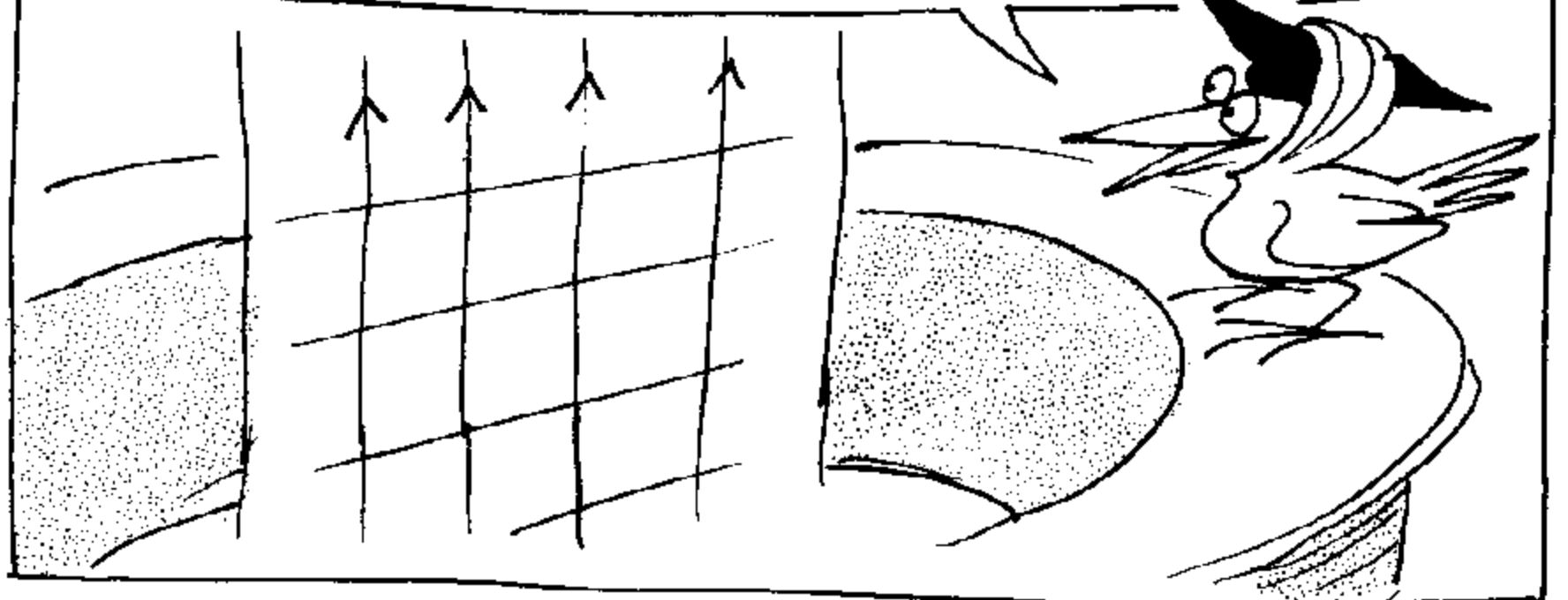


entonces ¿usted
qué fabrica?

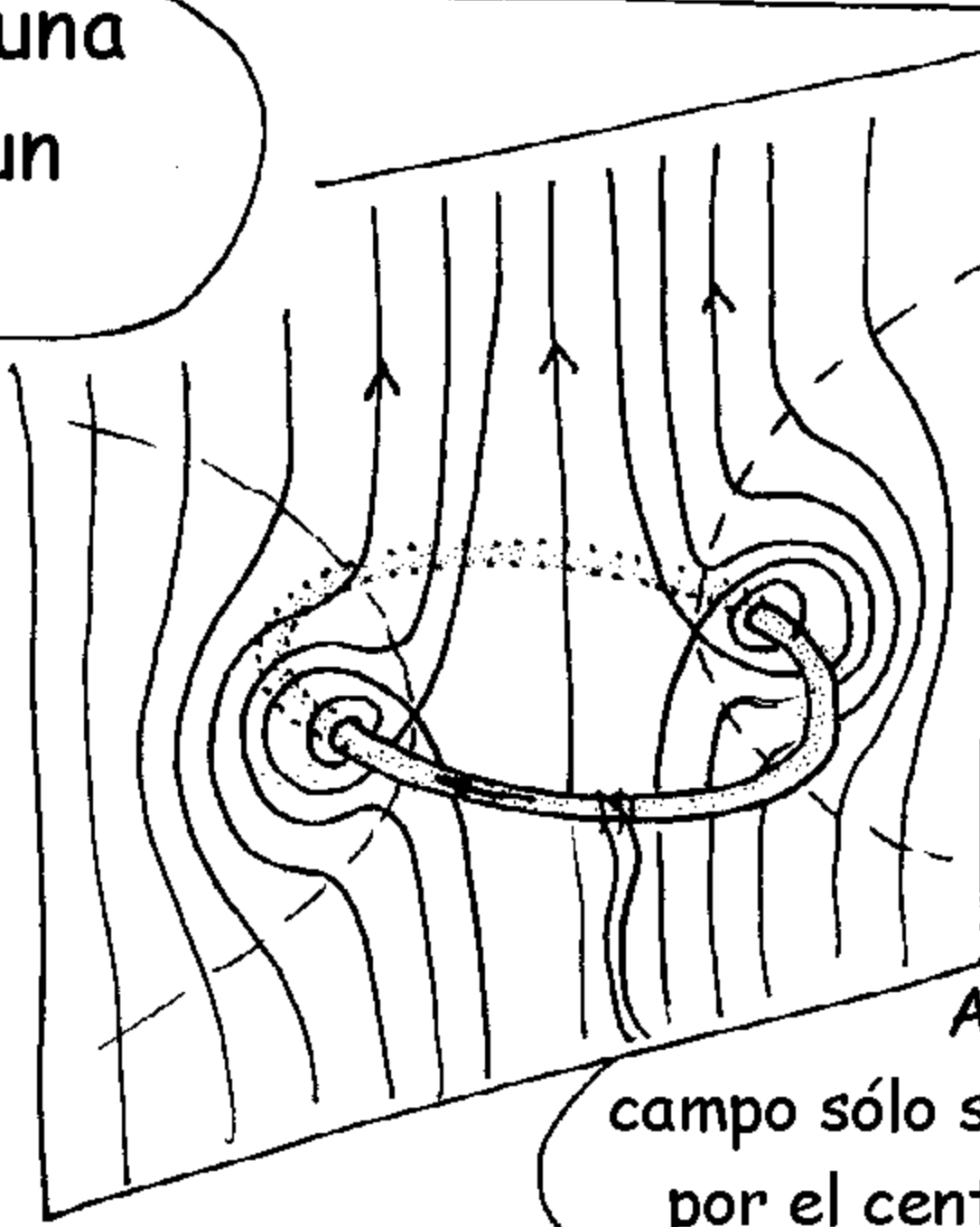
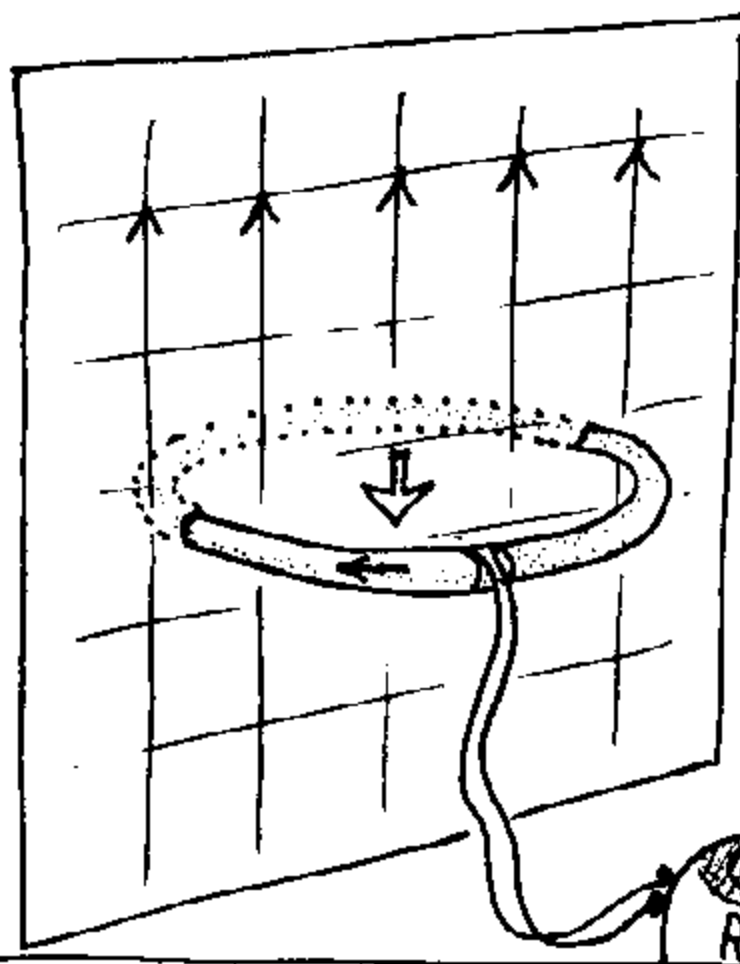


CAMPOS MAGNÉTICOS

Este sistema crea un campo
magnético UNIFORME y las líneas
de campo son entonces simples
rectas paralelas



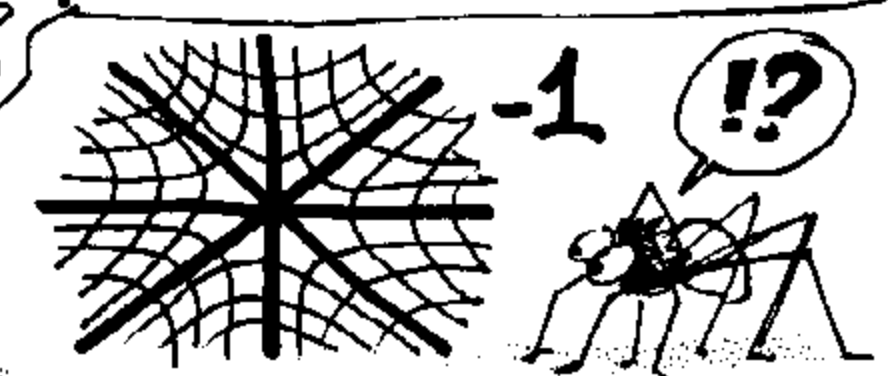
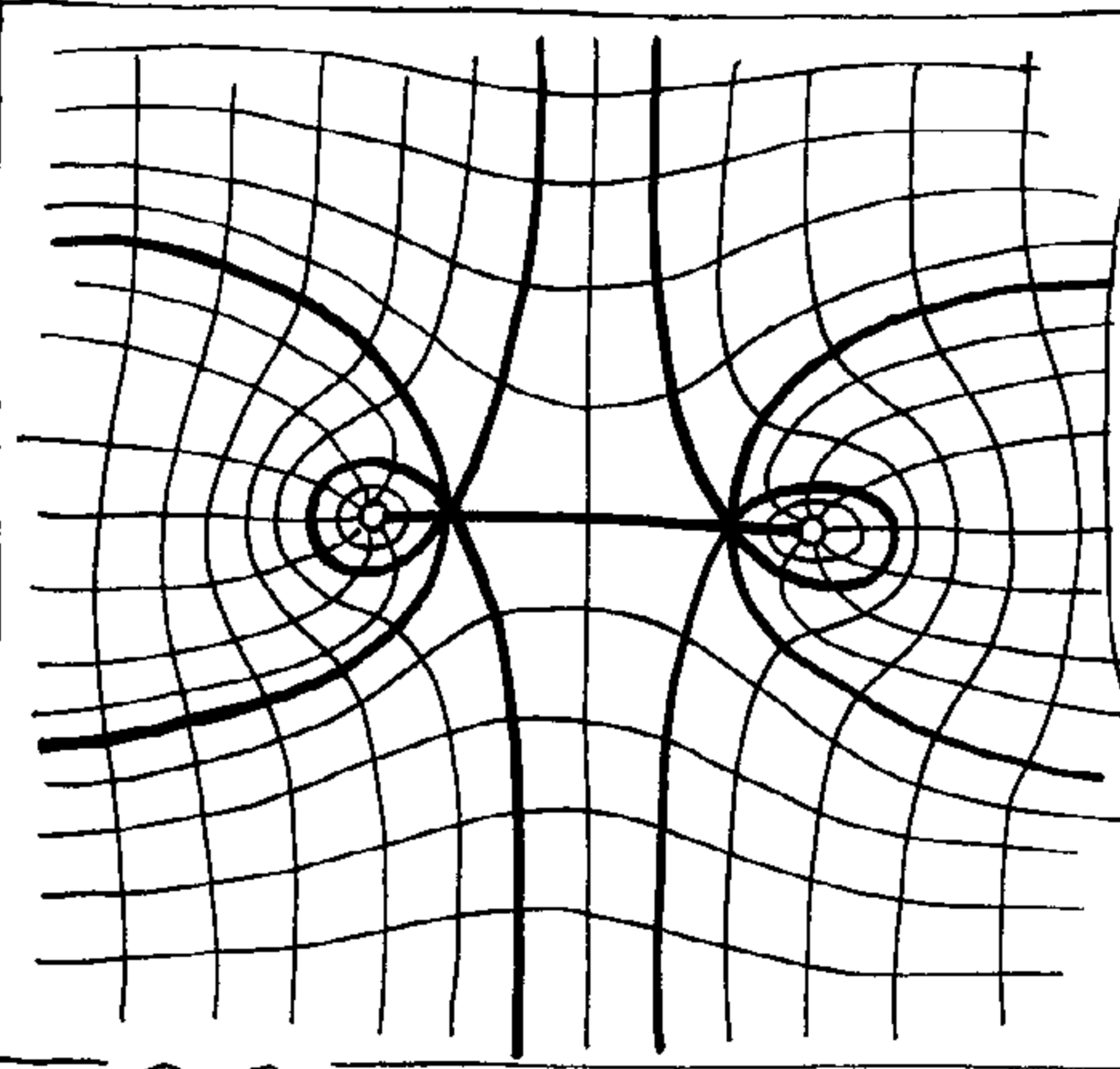
entonces coloco en ese campo una
espira que creará en su centro un
campo de sentido opuesto



¡Contacto!

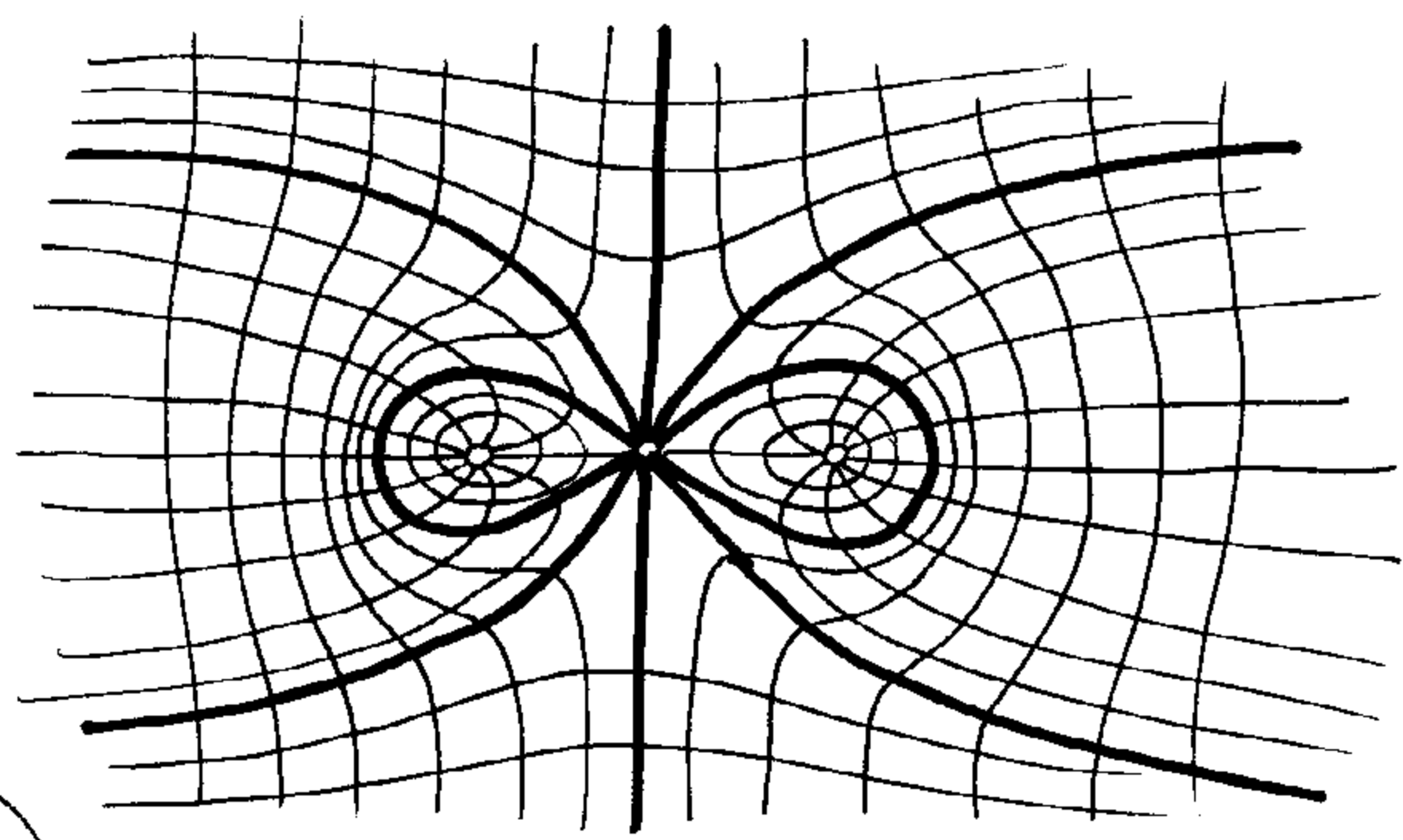
Aquí el
campo sólo se ha debilitado
por el centro

¡Ostras! has hecho aparecer
dos POLOS (las marcas del
solenoides en el plano de la figura)
y dos singularidades de orden
-1. La suma sigue siendo cero. Las
singularidades negativas aparecen
donde el campo B se anula.

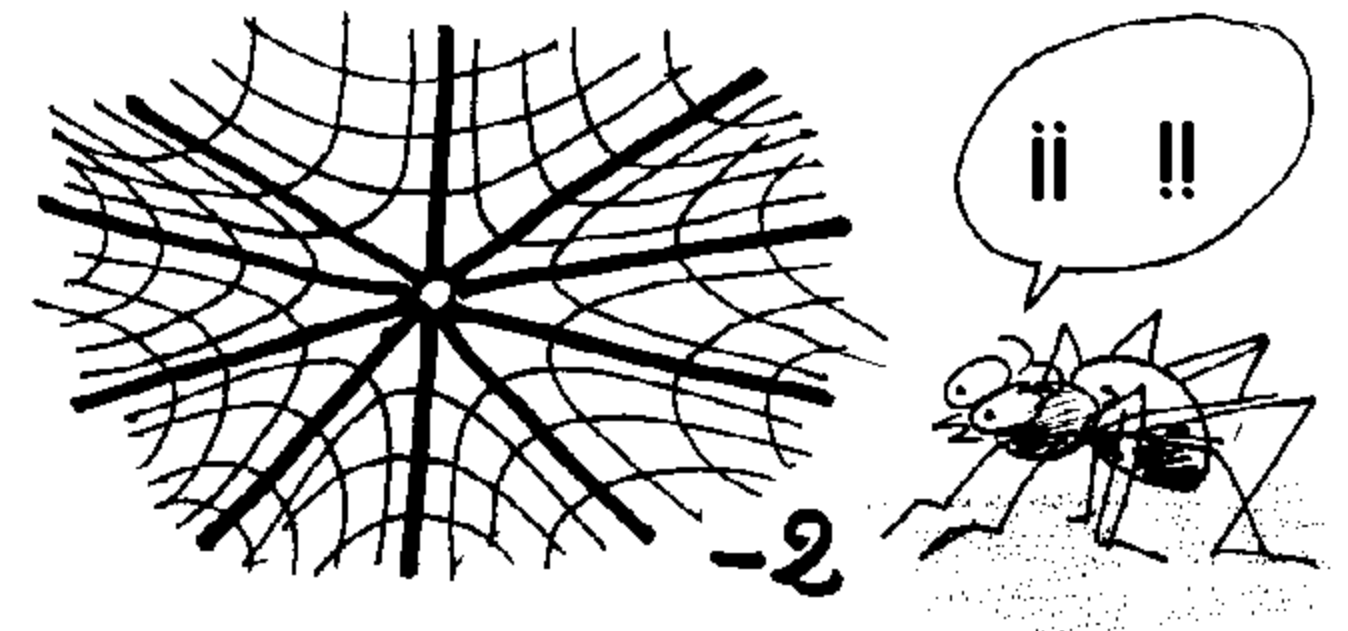


De hecho el sistema tiene simetría de revolución y nos proporciona un ejemplo de reticulado con las líneas de la singularidad.

Ahora montaré la corriente de modo que se anule el valor del campo magnético en el centro del solenoide



los dos puntos de campo nulo, en el plano de la figura ahora se han fundido en uno sólo, de orden -2 (ejemplo de CONFLUENCIAS DE SINGULARIDADES)



Este trasto es divertido .
¿Volvemos a aumentar el campo?

Esto
¿no puede volverse peligroso?

¿qué es lo que temes, León?
que hayamos creado alteraciones
irreversibles en el espacio-tiempo?
Amigo mío, si sólo son cien gauss ...

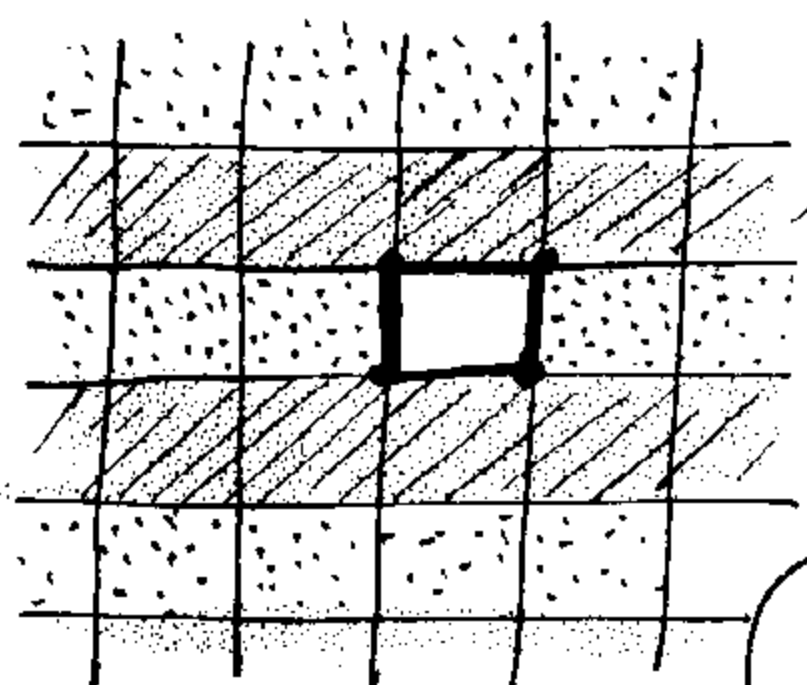
¡Desde "LE MUR DU
SILENCE", León ha
desarrollado una verdadera
fijación con los campos
magnéticos!

¡Soberbio!

El campo magnético B
se ha invertido en el centro
de la espira. La singularidad
se ha desdoblado en dos
singularidades de orden -1 .
Hemos creado un VÓRTICE
magnético con geometría
tórica.

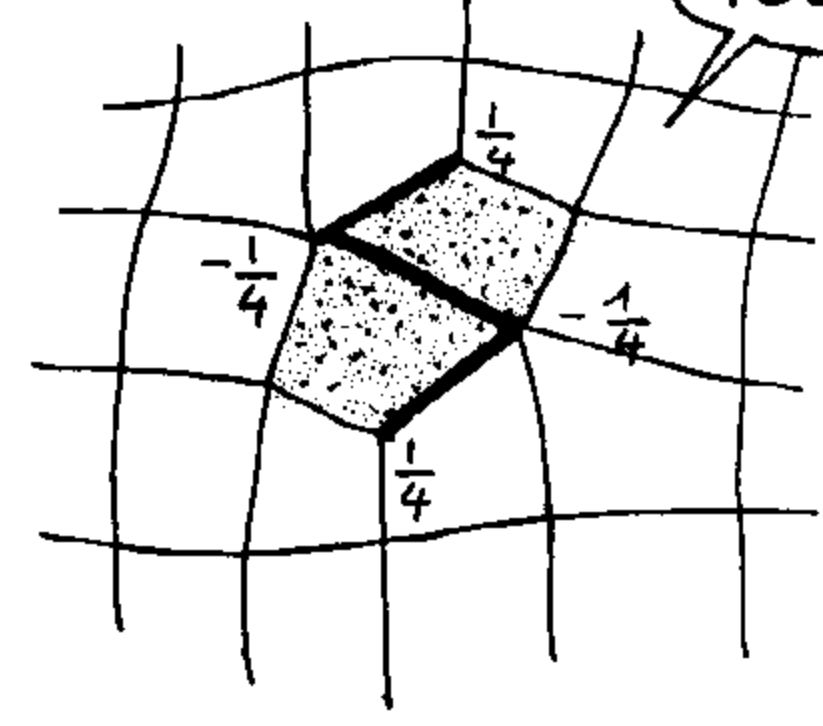
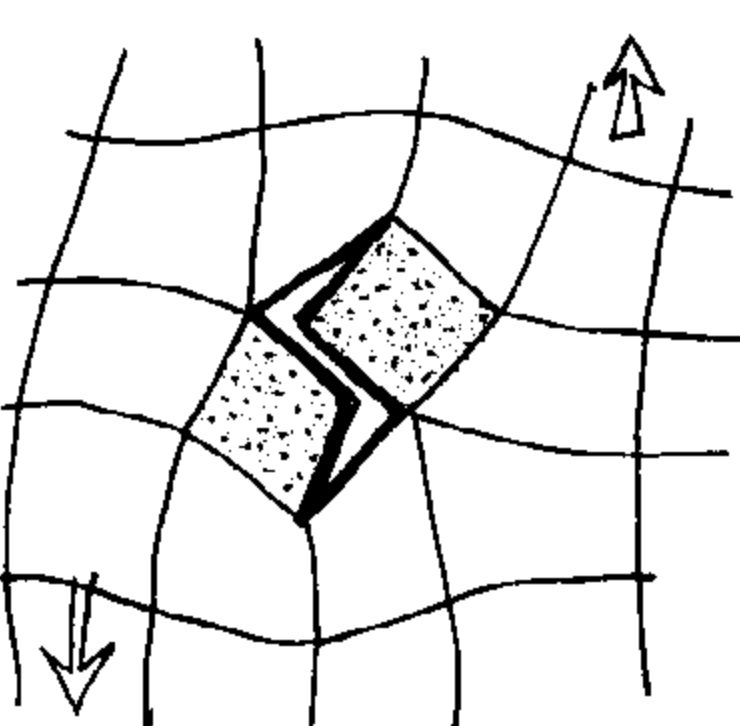
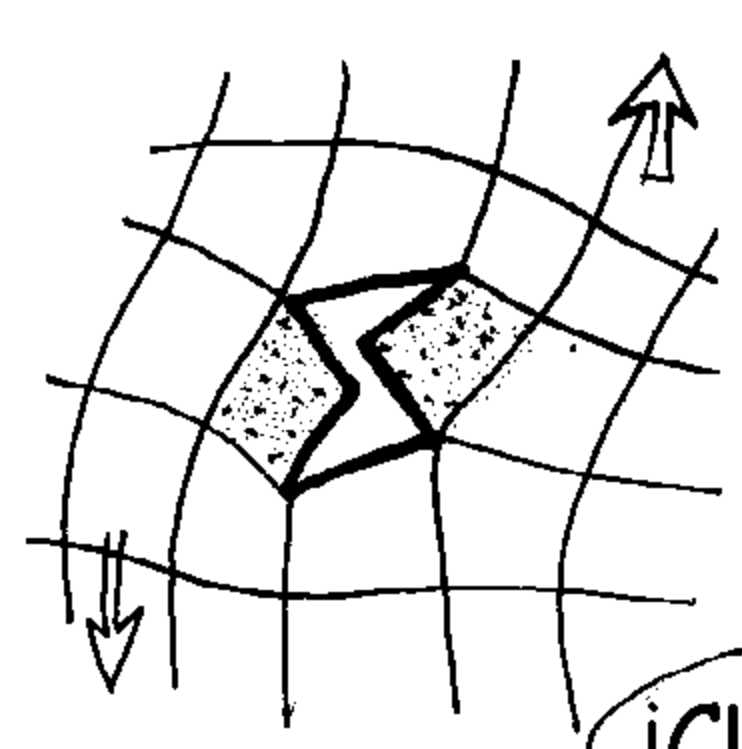
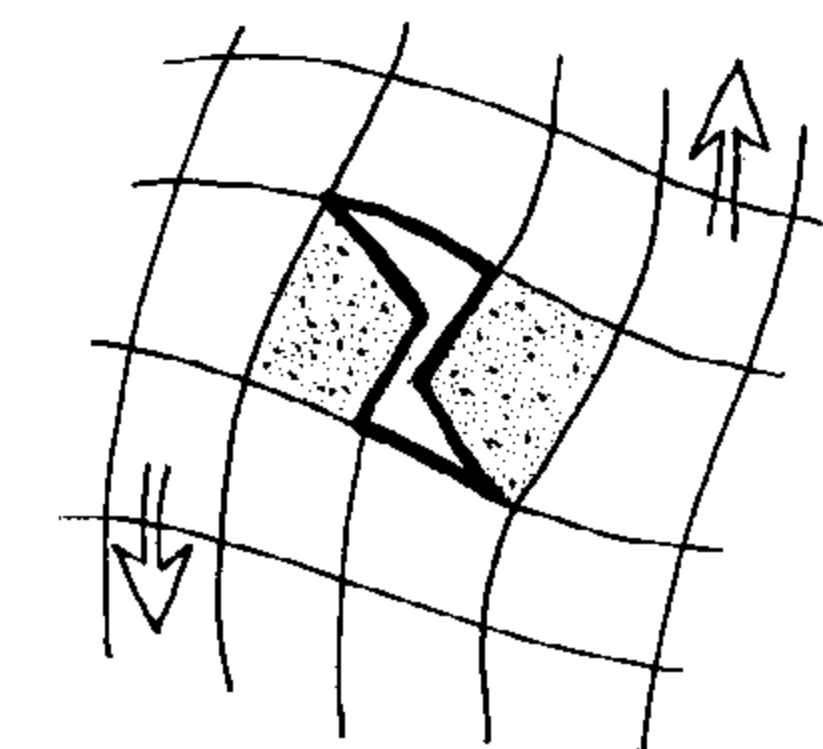
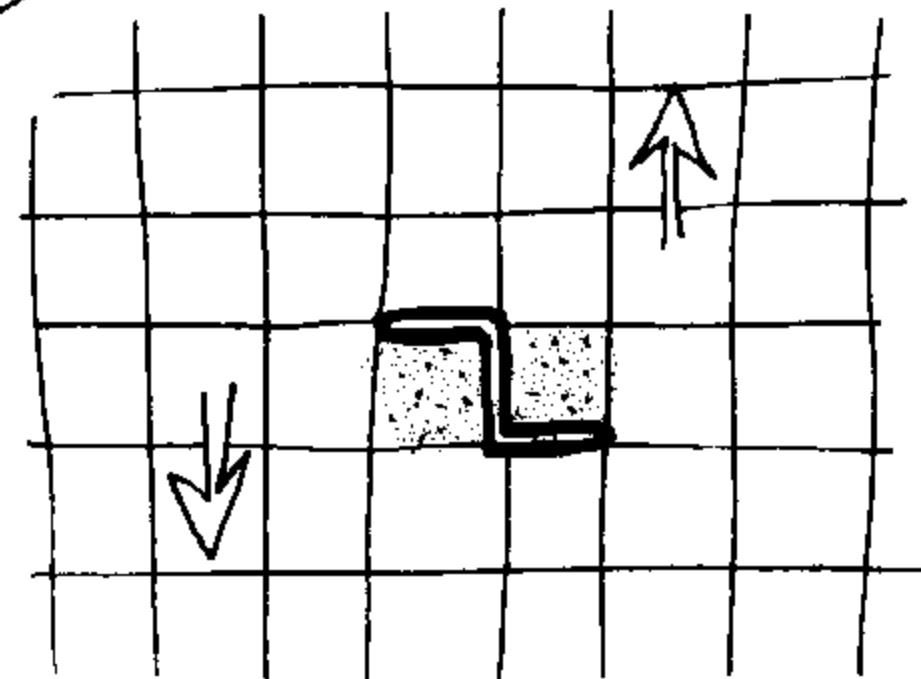
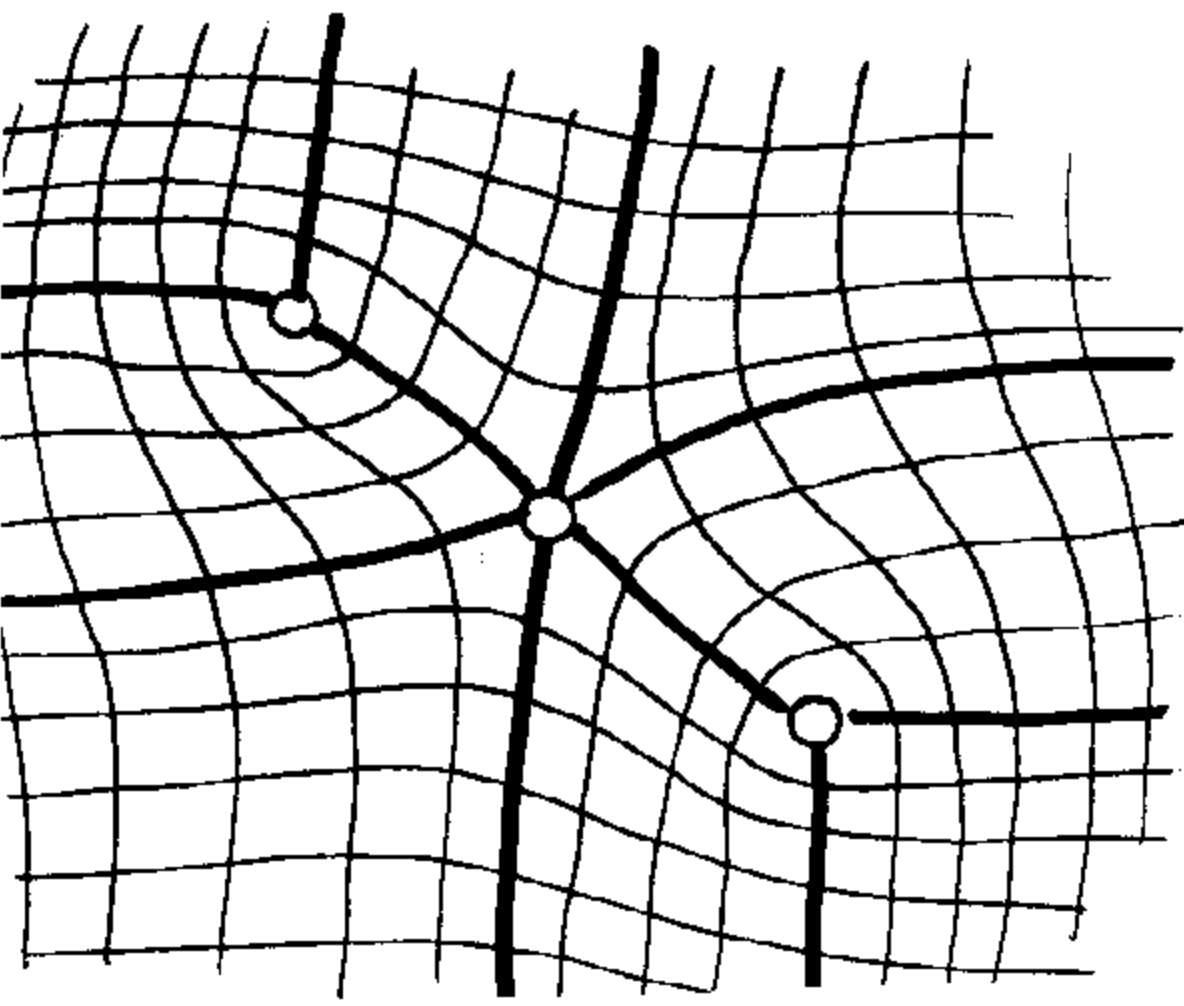
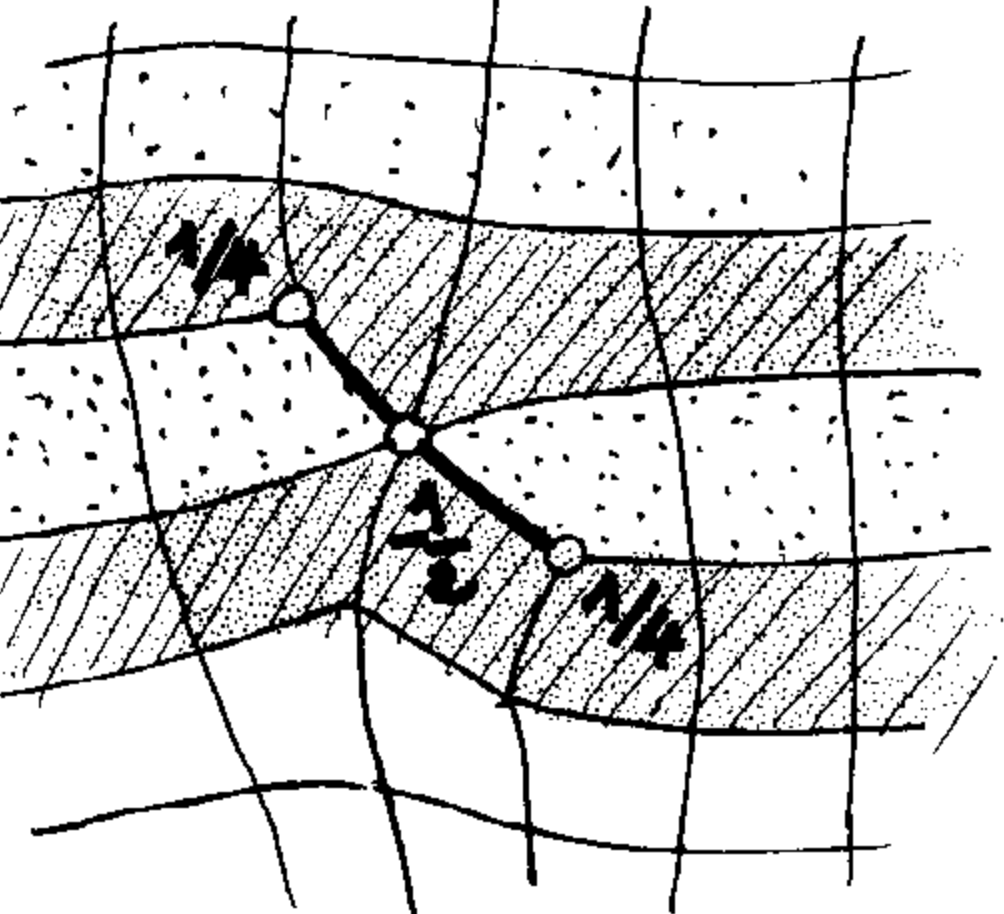
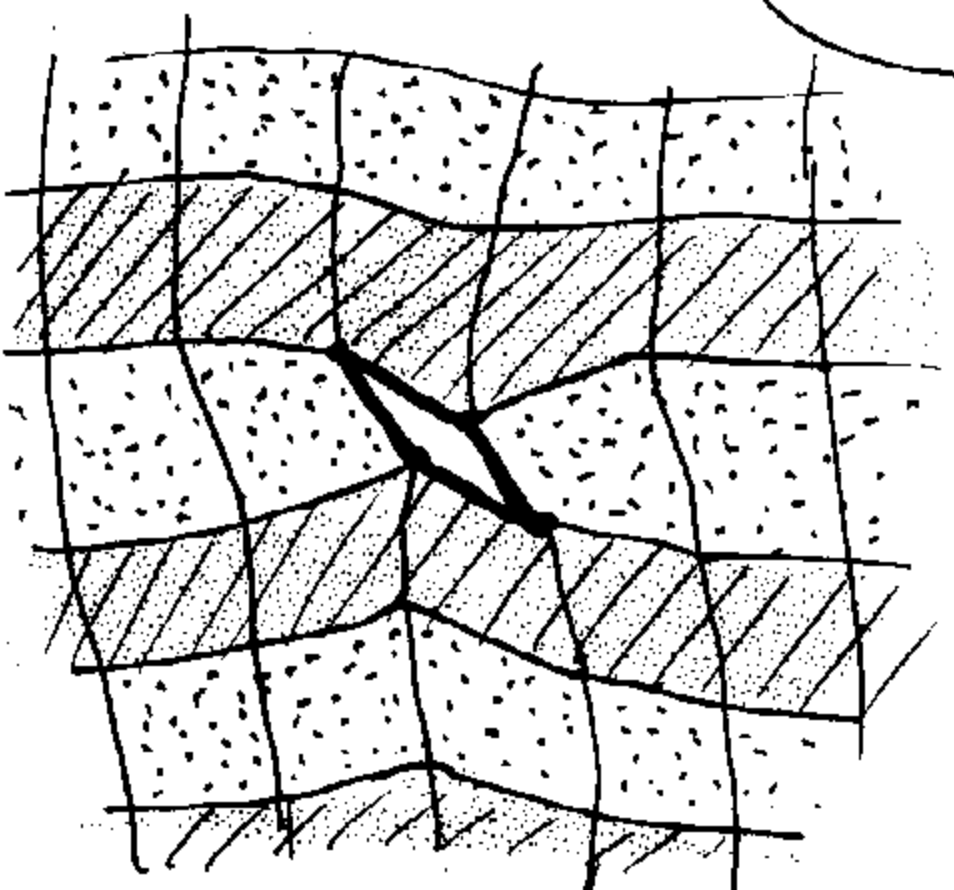
las retículas, las singularidades
aparecen en todos los
campos de la física ...

los CRISTALES son minas de singularidades. Si en este cristal plano de malla cuadrada se crea un DEFECTO quitando un elemento, el cubrimiento del vacío se hará al precio de una singularidad $-1/2$ y de dos singularidades $1/4$

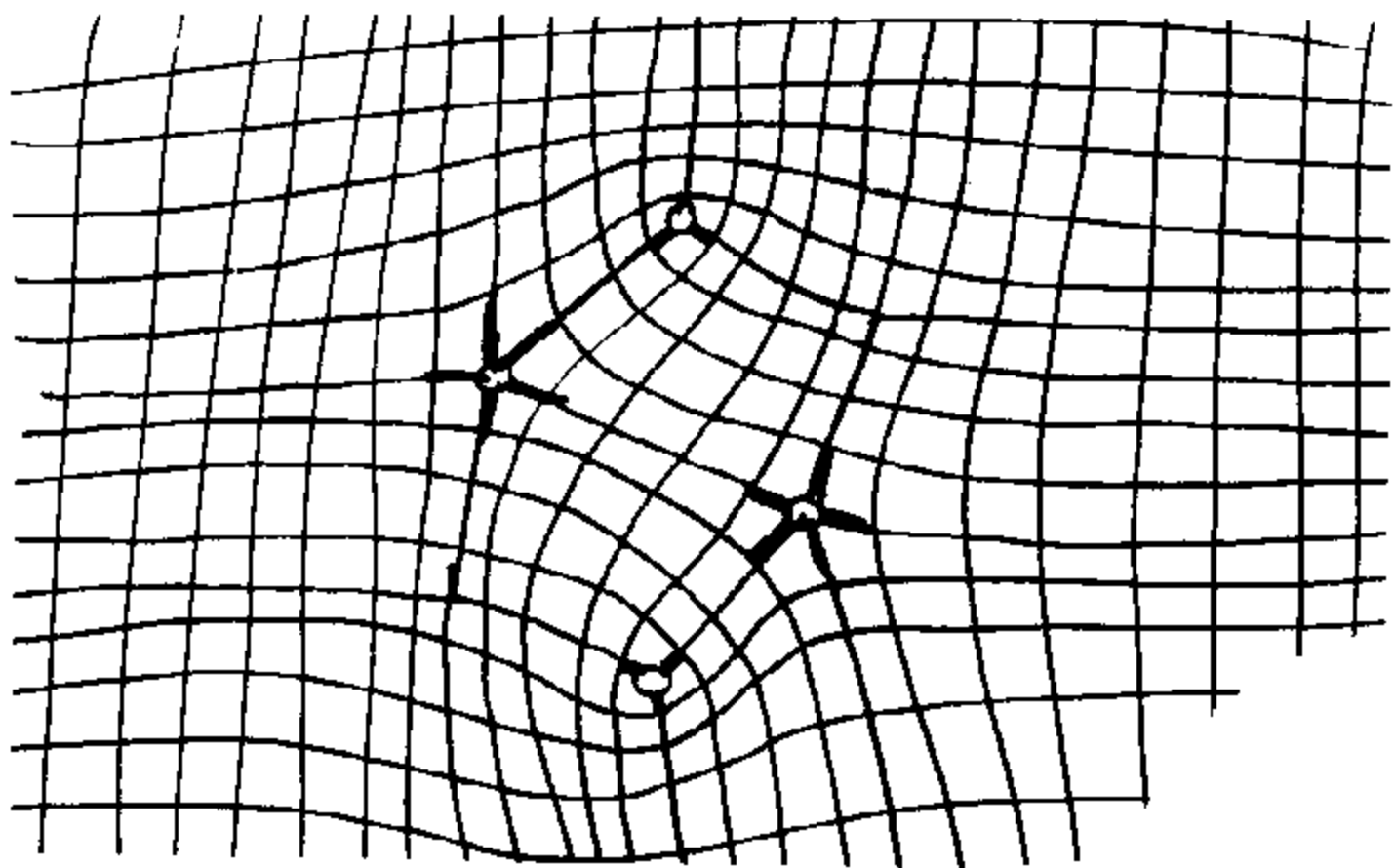


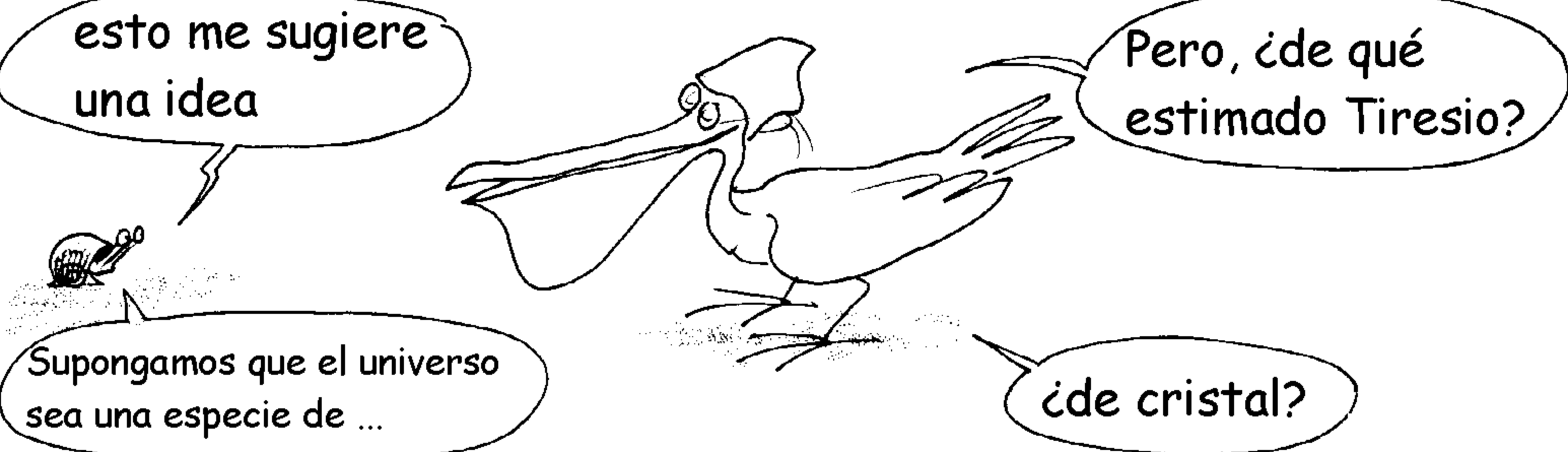
quito un cuadrado ...

Aquí un esfuerzo de CIZALLA provoca un realineamiento en la malla plana al precio dos singularidades de orden $1/4$ y dos singularidades de orden $-1/4$



¡CLOP!






esto me sugiere una idea

Pero, ¿de qué estimado Tiresio?

Supongamos que el universo sea una especie de ...

¿de cristal?

si el universo estuviera hecho de una especie de casillas, las **PARTÍCULAS ELEMENTALES** podrían ser defectos, dislocaciones o combinaciones de singularidades de **ADOQUINADO** (*). El movimiento o las interacciones corresponderían a realineamientos de todo esto ...



¡Una bella idea!
para una idea bella.

yo ... eh ...

(*) El ENREJADO se refiere a los objetos de 2 dimensiones.

El ADOQUINADO es su equivalente, pero para un número de dimensiones superior

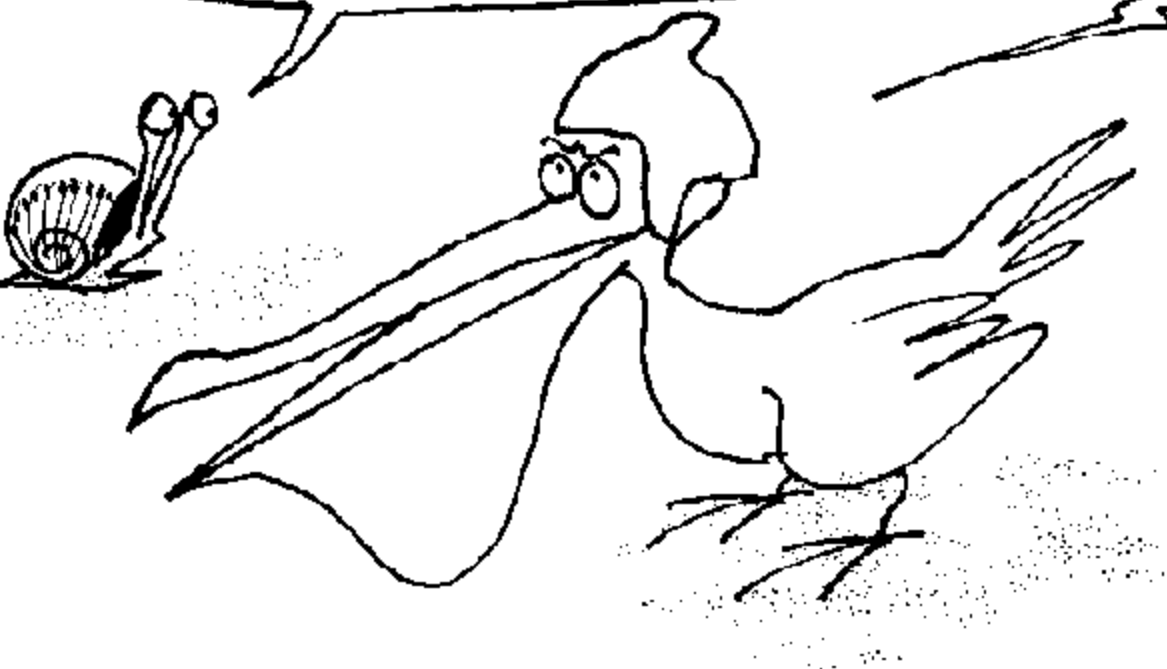
Lo que sigue se ilustrará con la ayuda de las hojas de DIBUJOS ANIMADOS marcadas con las letras A, B, C, D

La Dirección

LA SUPERFICIE DE BOY

Bien, estamos muy divertidos, pero mientras tanto el pobre Amundsen todavía está metido en ese berenjenal ...

¡Y todavía no sabemos cómo es este extravagante planeta sin Polo Sur!



Escuchad ... para que tenga sólo un polo, es necesario que su característica de Euler-Poincaré sea igual a 1. Por otra parte parece que sea UNILÁTERA ...

A

TRANSFORMACIÓN DE LA BANDA DE MÖBIUS EN LA SUPERFICIE DE BOY

B

IDEM:
BORDE DE CURVA
Y CONJUNTO DE
AUTO-INTERSECCIÓN

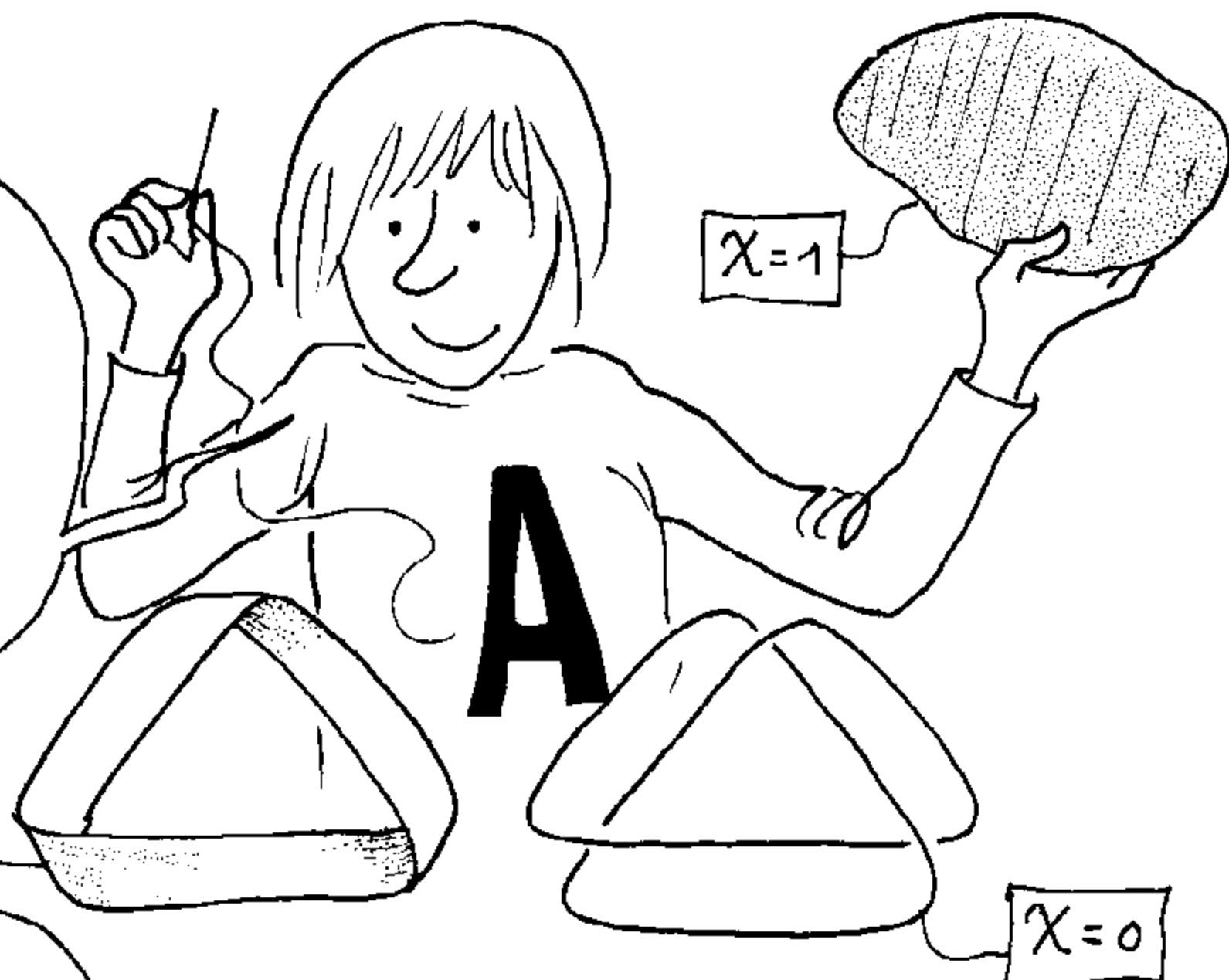
C

CONJUNCIÓN DE
LOS PUNTOS
ANTIPODALES

D

INVERSIÓN
APARENTE
DEL TIEMPO

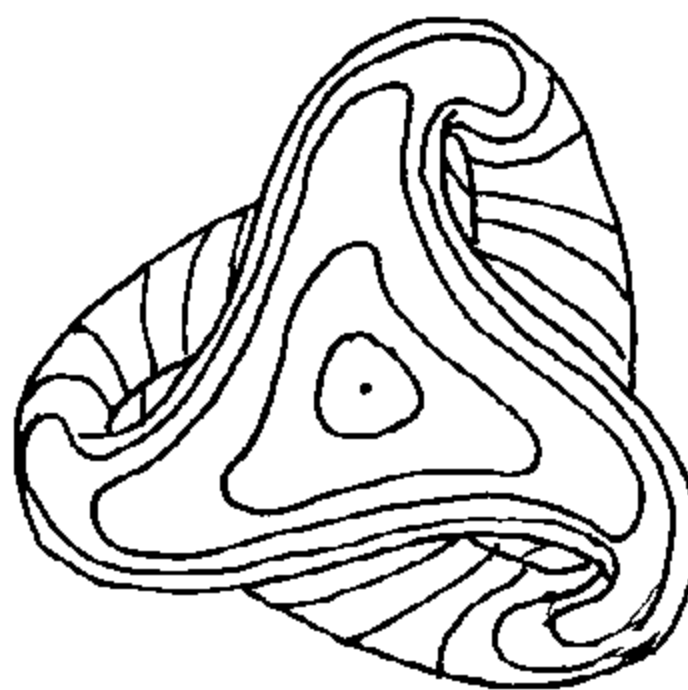
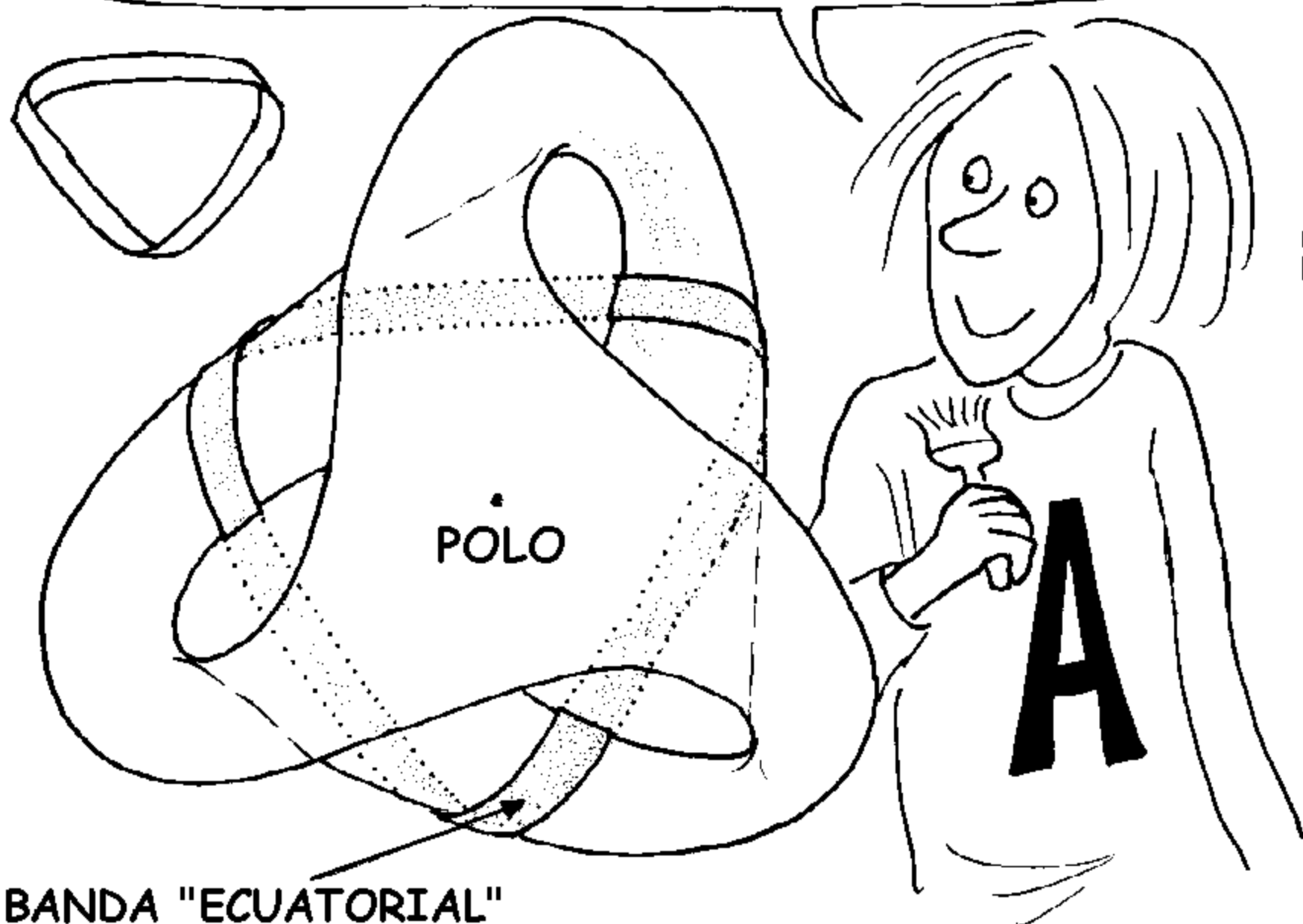
Una banda de Möbius tiene característica nula. Yo podría coserla a lo largo de una curva cerrada, que también tiene característica cero, por ejemplo el borde de un disco ...



El conjunto resultante tendría característica unitaria y sería una superficie cerrada de una sola cara. Pero en vez de coser, ¿por qué no utilizar la TRAVERSINA?



La historia de la banda de Möbius que se transforma en la superficie de BOY se puede ver en los dibujos animados A y B. Aquí tenemos el resultado final:

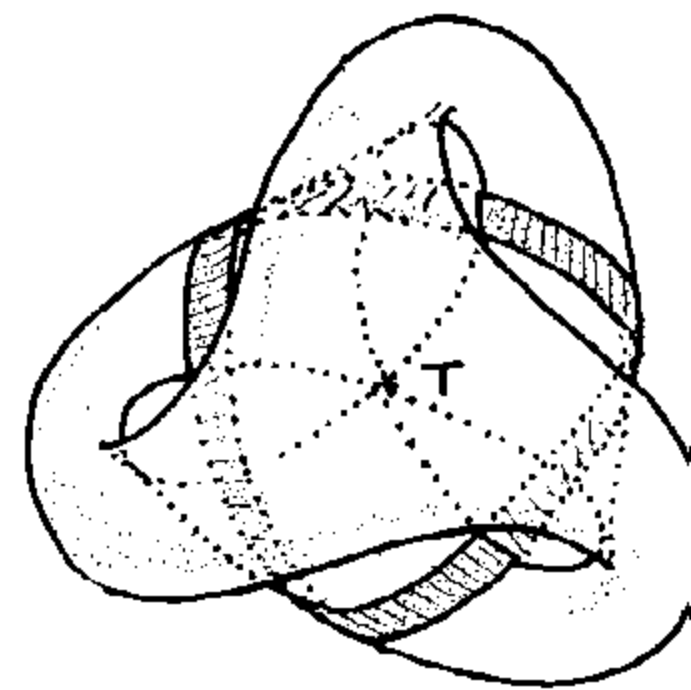


Acá las "PARALELAS" de la superficie de BOY. También son la evolución del BORDE de la banda de Möbius siguiendo la secuencia A

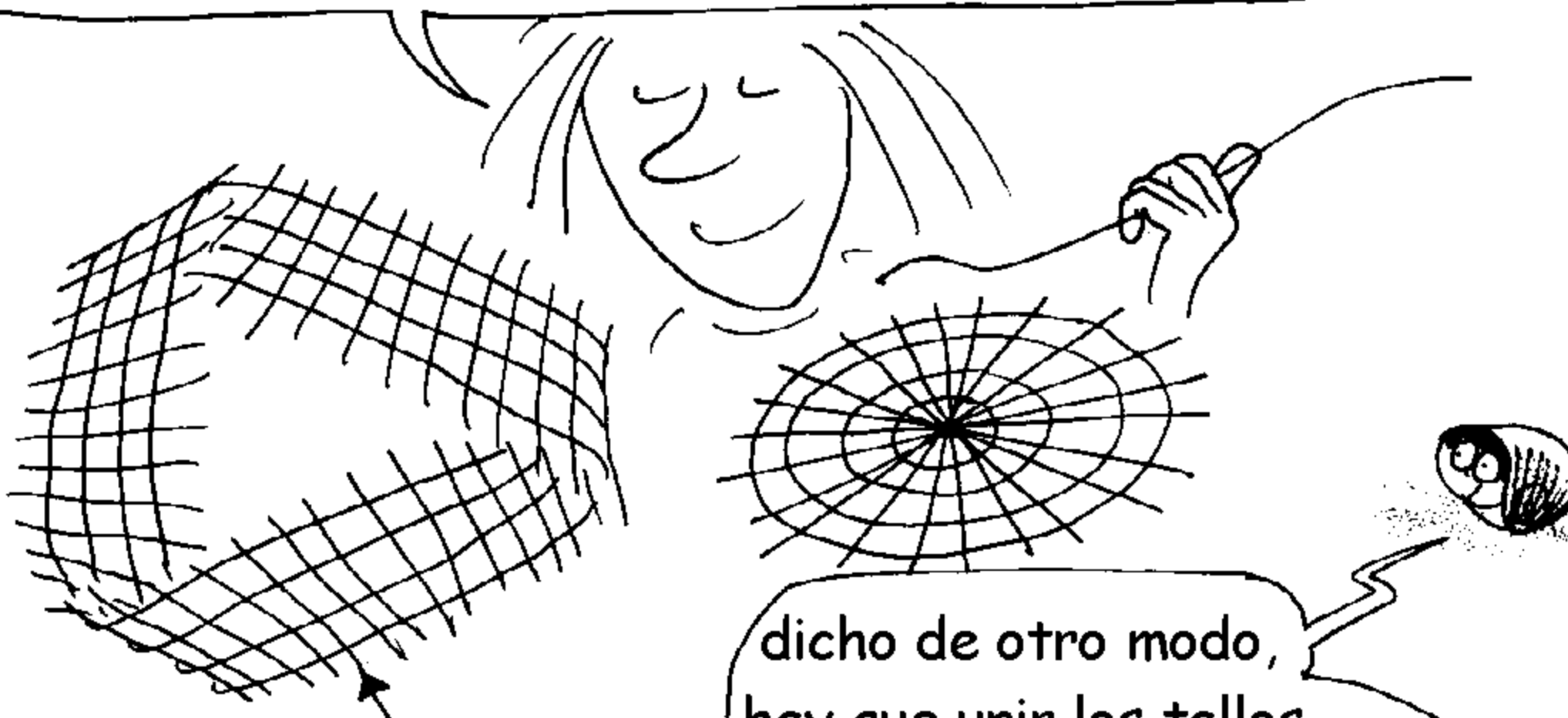
paralelas bromistas



es un trabajo de CESTERÍA, León Tan sólo hay que prolongar los "meridianos" de la banda de Möbius llevádoslos hasta el fondo del cesto, hasta el polo.

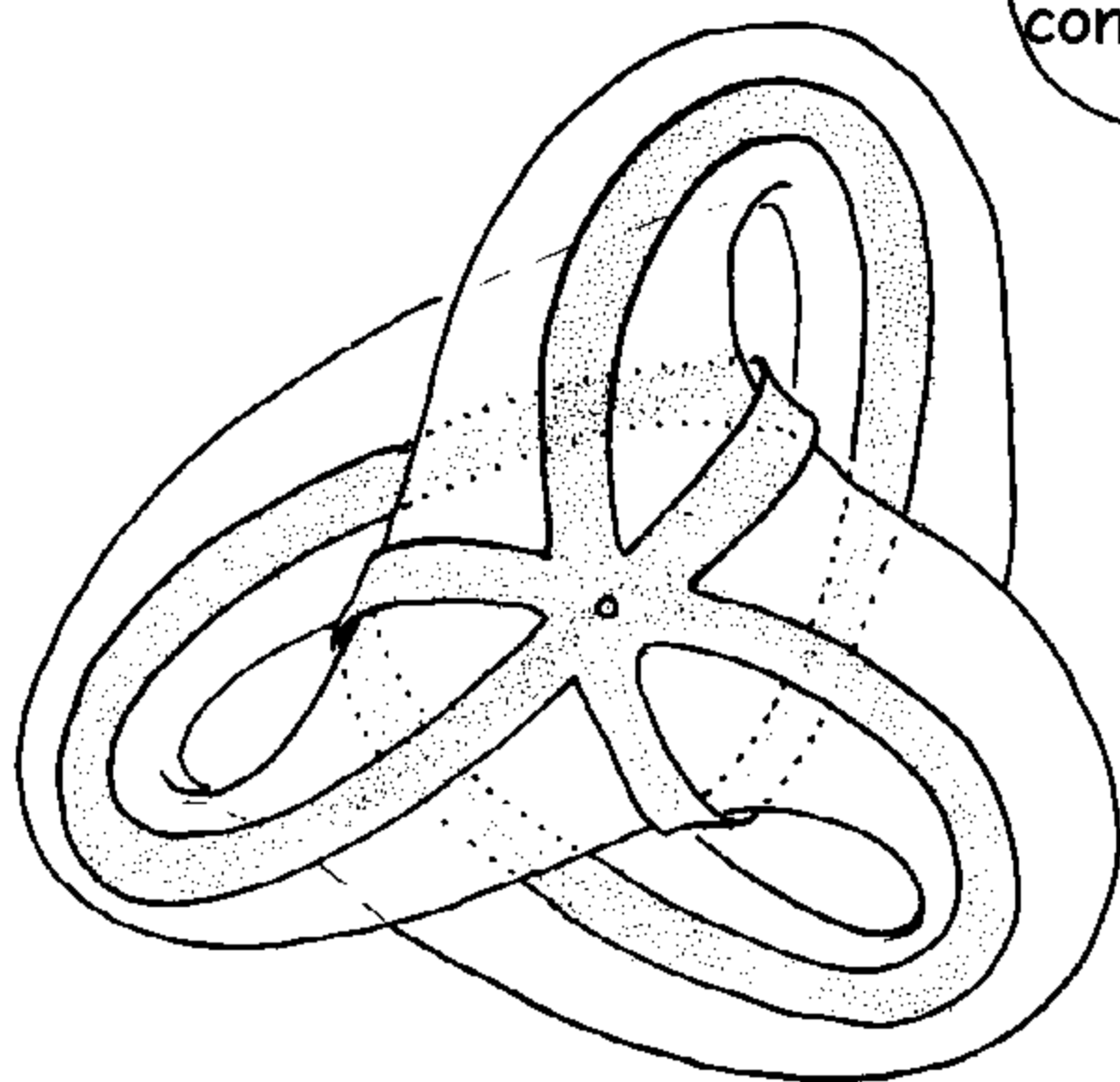
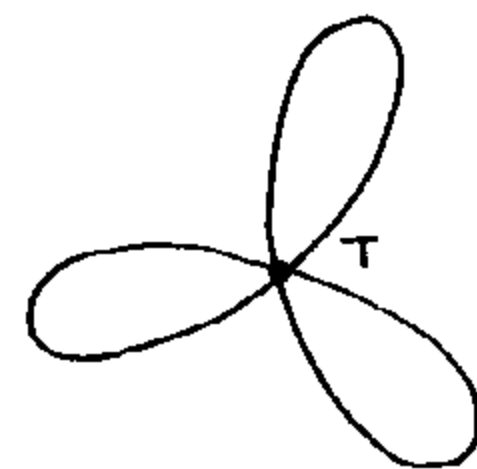


SUPERFICIE DE BOY CON LA BANDA DE MÖBIUS INICIAL

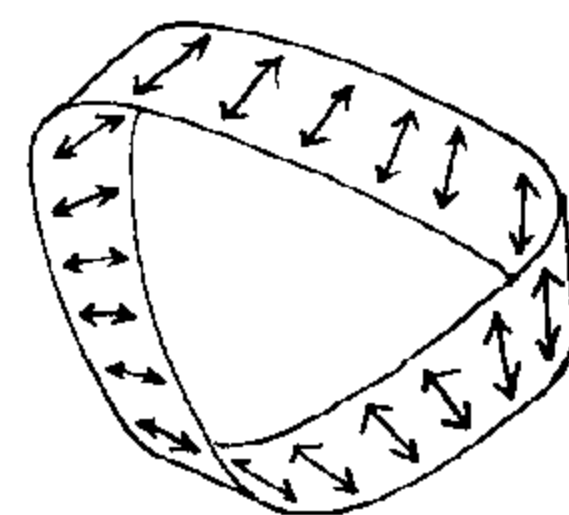
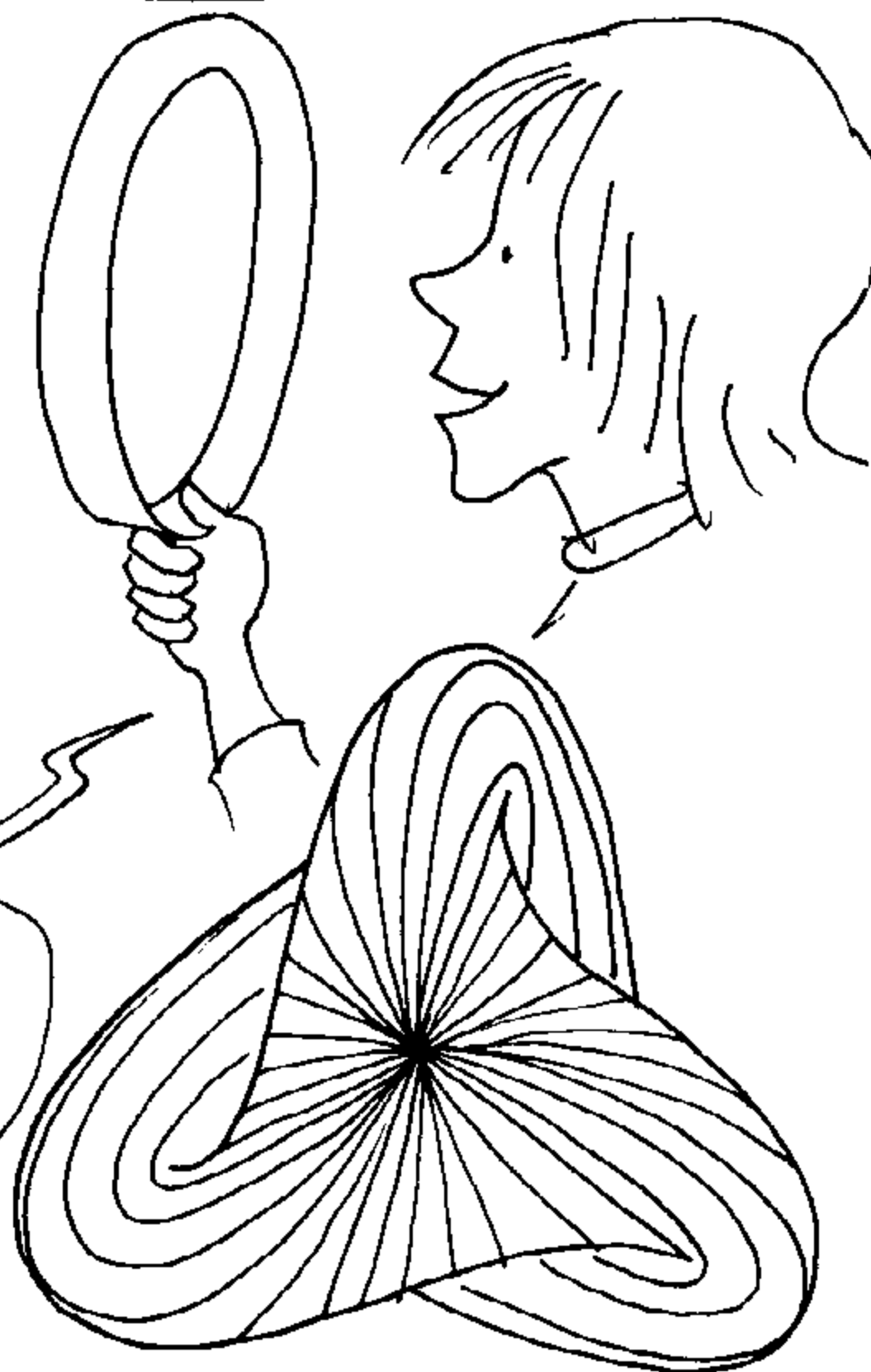


MERIDIANO

dicho de otro modo, hay que unir los tallos libres de la banda de Möbius con los del "fondo del cesto"

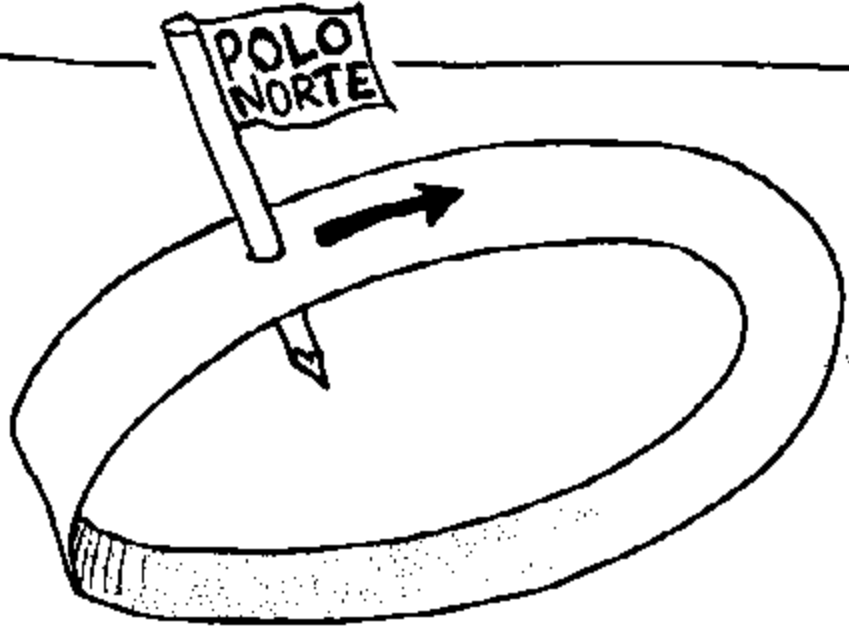


los ENTORNOS de estos "meridianos" son bandas de Möbius con un semigiro.



EL PRIMER MODELO DE LA SUPERFICIE DE BOY CON EL CONJUNTO DE SUS "MERIDIANOS" + "PARALELOS" HA SIDO DISEÑADO POR EL AUTOR. UNA BELLA MAQUETA REALIZADA POR EL ESCULTOR MAX SAUZE SE PUEDE CONTEMPLAR EN LA "SALA π " DEL "PALAIS DE LA DÉCOUVERTE" DE PARÍS

Nosotros caminamos por una de esas bandas cuando, saliendo del "POLO NORTE", nos encaminamos a buscar el "POLO SUR".



Y sin lugar a dudas nos dimos de bruces con la punta de la piqueta de Perry!



Pero si hemos caminado sobre una superficie de Boy, ¿cómo se entiende que hayamos visto las zonas de auto-intersección?

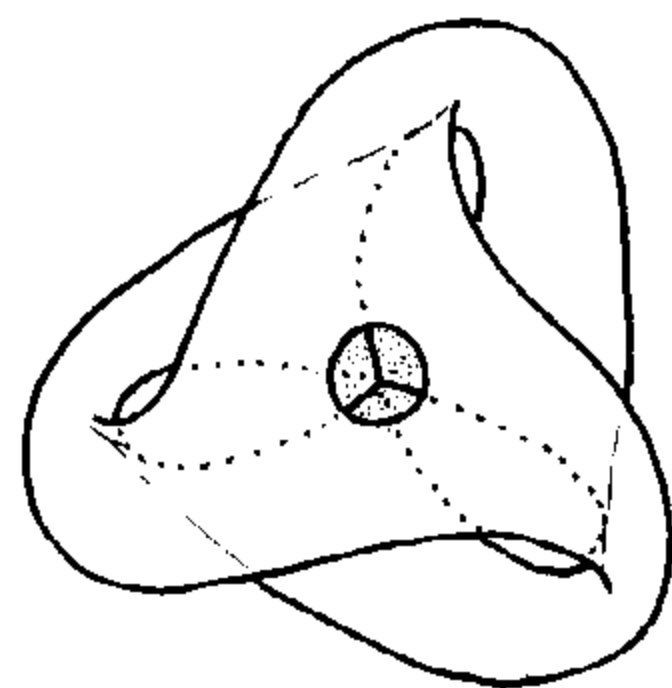
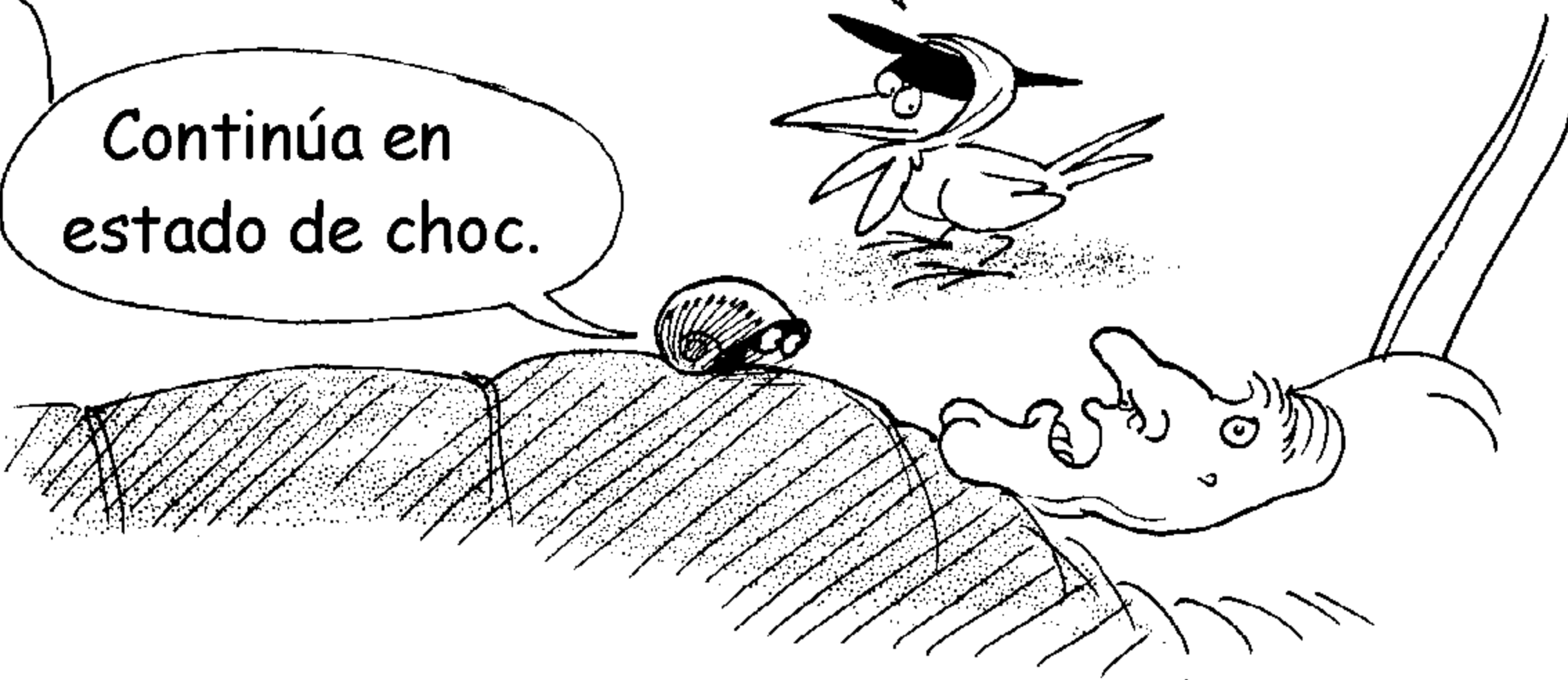
Ya sabes que esta IMAGEN de auto-intersección no es más que un efecto de la inmersión de la SUPERFICIE DE BOY en el ESPACIO DE REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL. De hecho la superficie de Boy y la botella de Klein EXISTEN COMO OBJETOS DE 2 DIMENSIONES INDEPENDIENTEMENTE DEL ESPACIO EN EL QUE SE LAS REPRESENTA.

Aquí vemos una buena manera de entender esta autointersección.

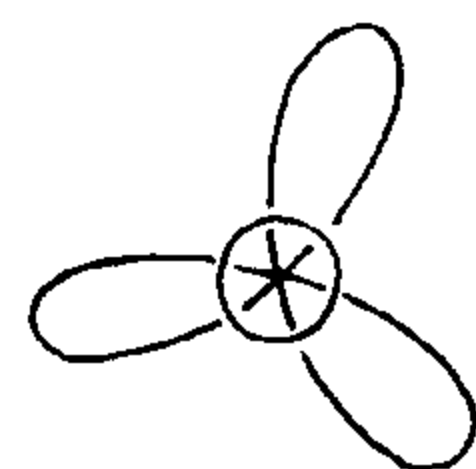
Bueno, una cosa está clara: el planeta tiene la forma de la superficie de Boy y sólo tiene un polo.

No seré yo quien anuncie eso al pobre señor Amundsen

Continúa en estado de choc.

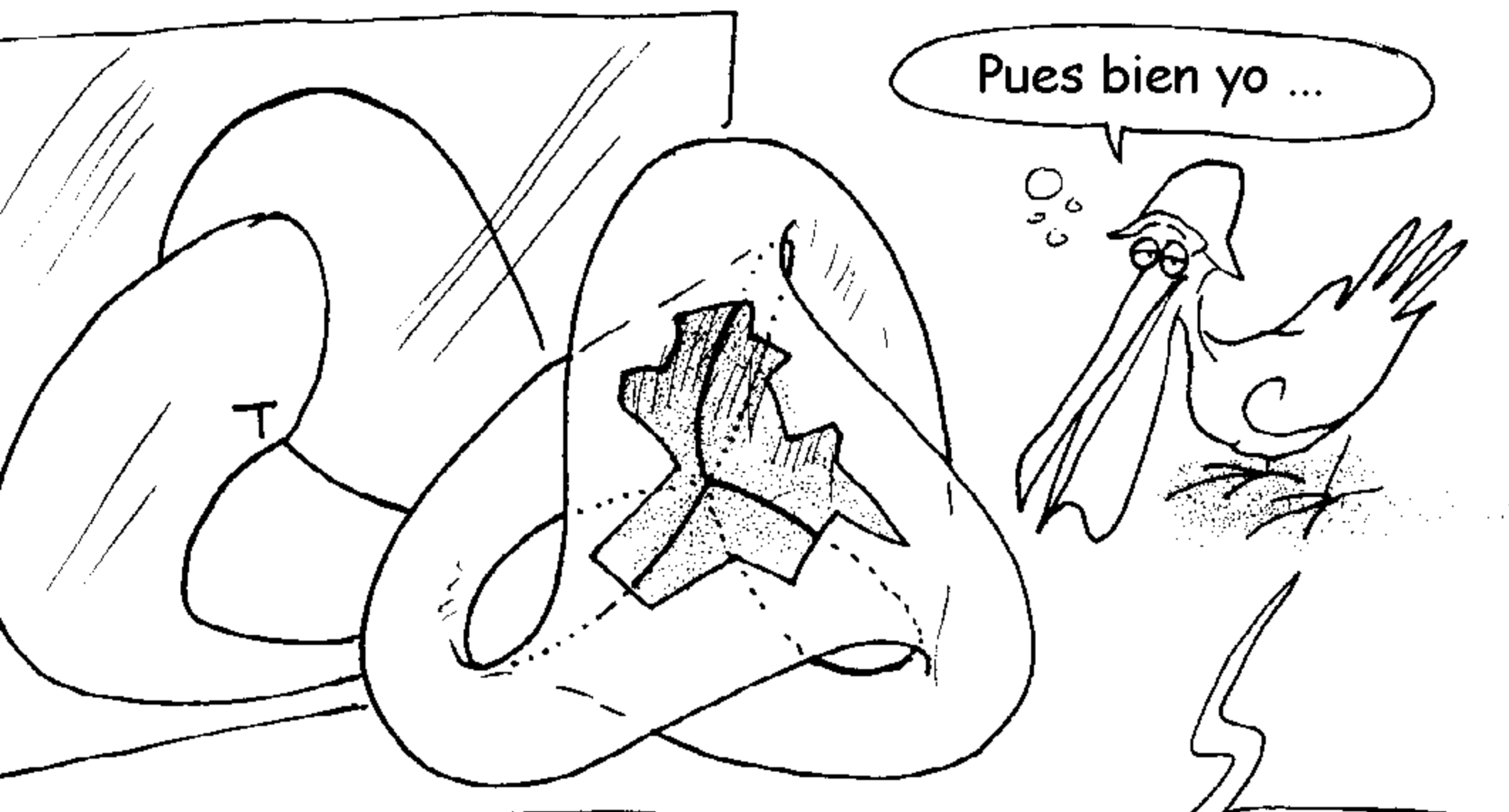


BANDA DE MÖBIUS DE BORDE CIRCULAR

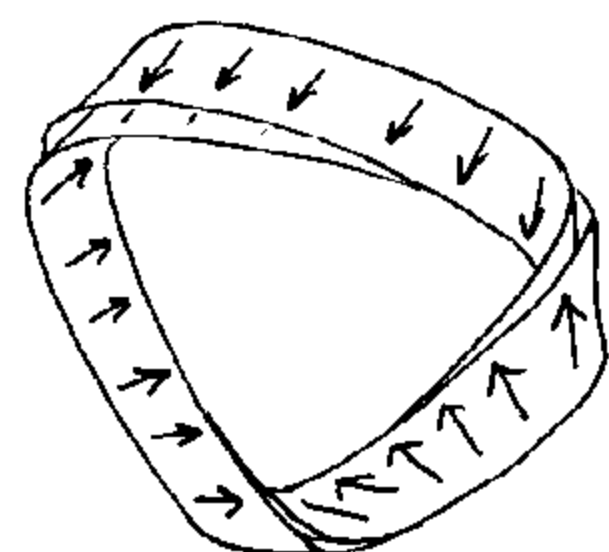


EL CUBO DE BOY

Pues bien yo ...



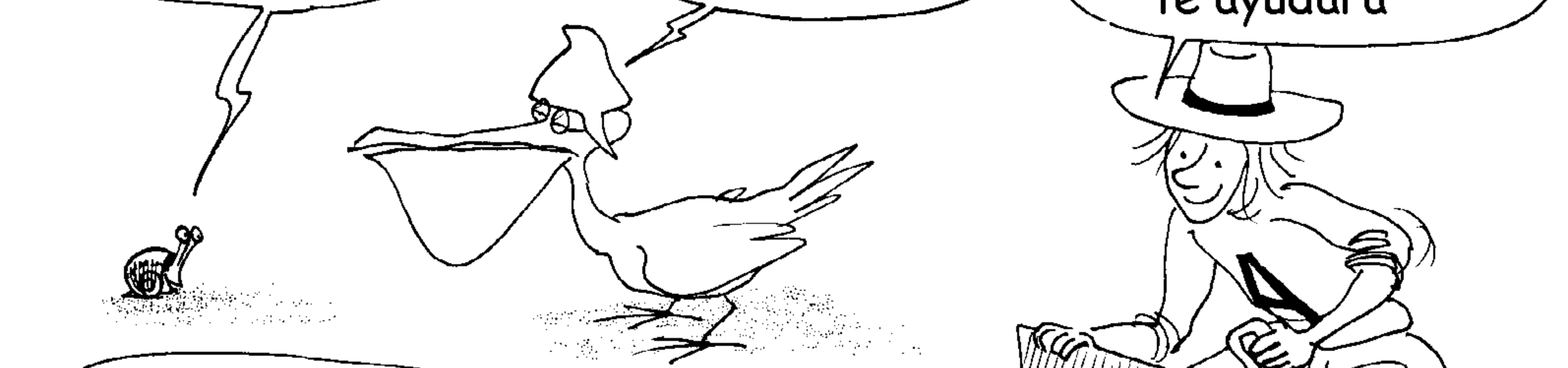
Tal vez os parezca un tanto retrasado, pero confieso que, a pesar de los dibujos, los cortes y los cambios de perspectiva, no he comprendido la superficie de Boy ...



¿Te encuentras mal por intentar comprender su topología?

¿su...?...eh ... sí eso debe ser.

Espera León, he encontrado algo que te ayudará



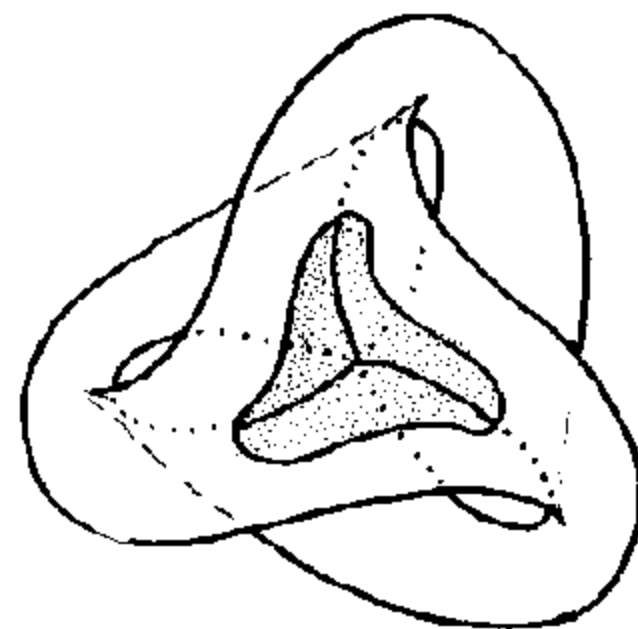
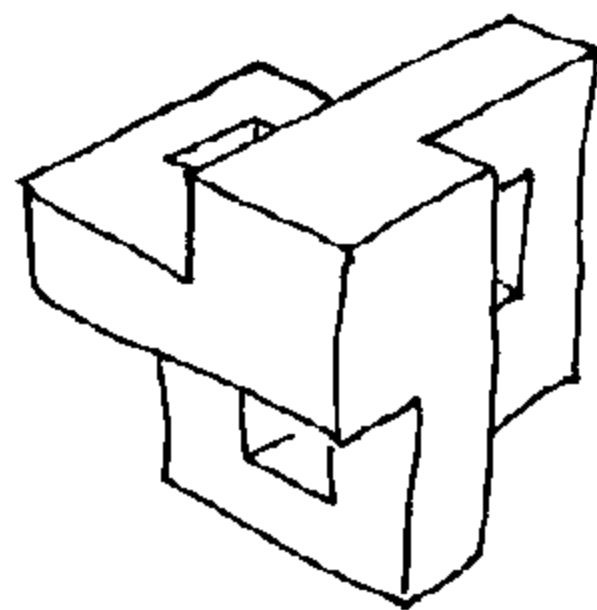
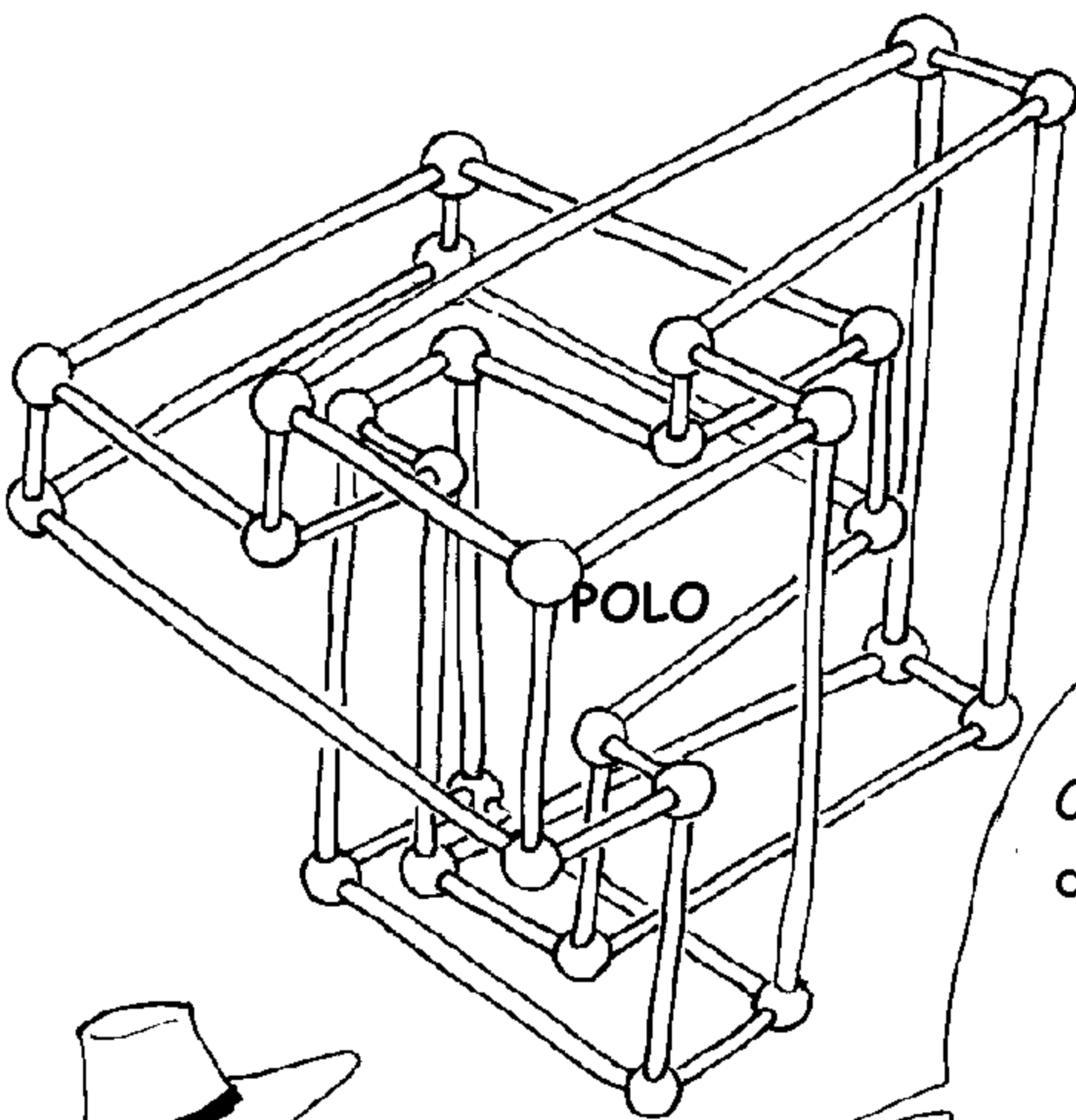
León, ¡una esfera o un cubo son parecidos! la misma topología, la misma característica de Euler-Poincaré, la misma curvatura total.

mmmsí...

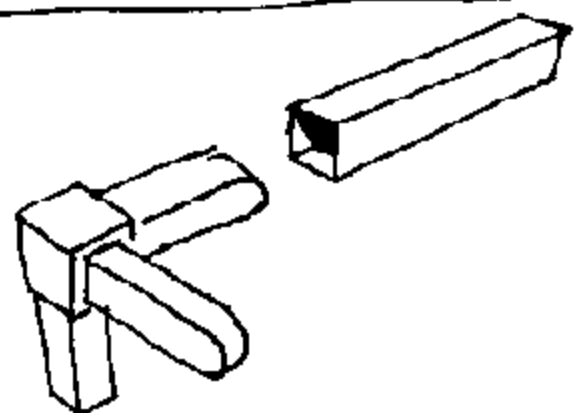
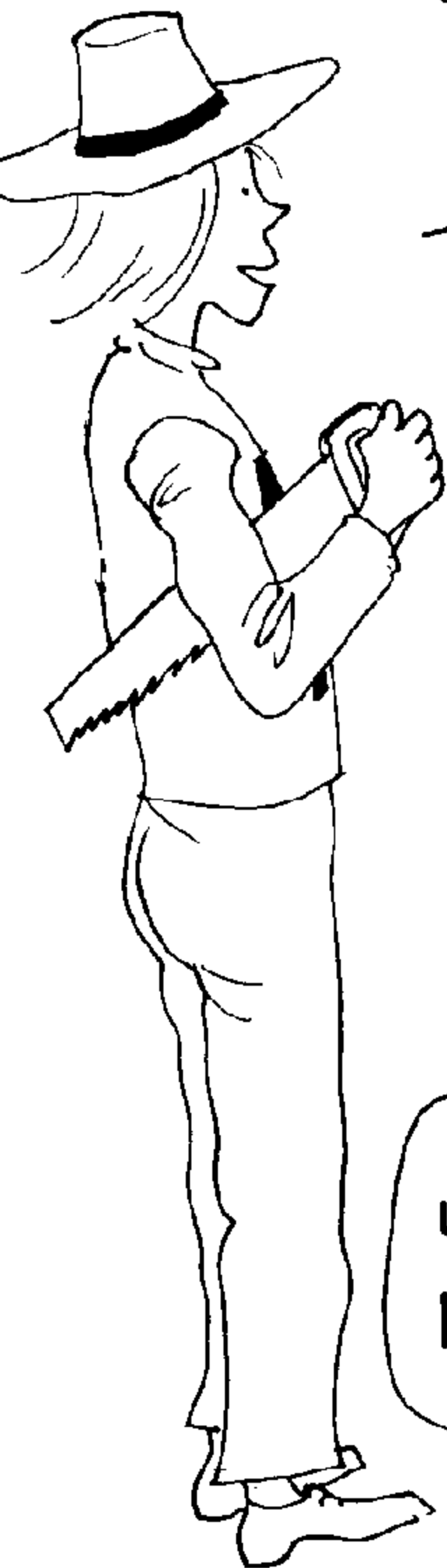
Y esto es un TORO

Y entonces, ¿esto es un CUBO DE KLEIN?

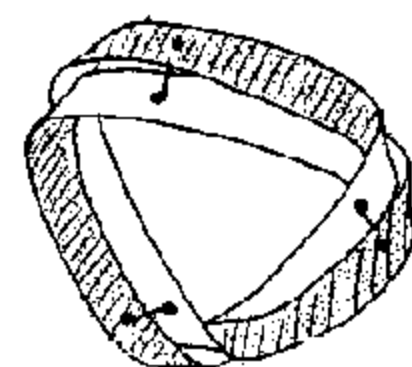
exactamente



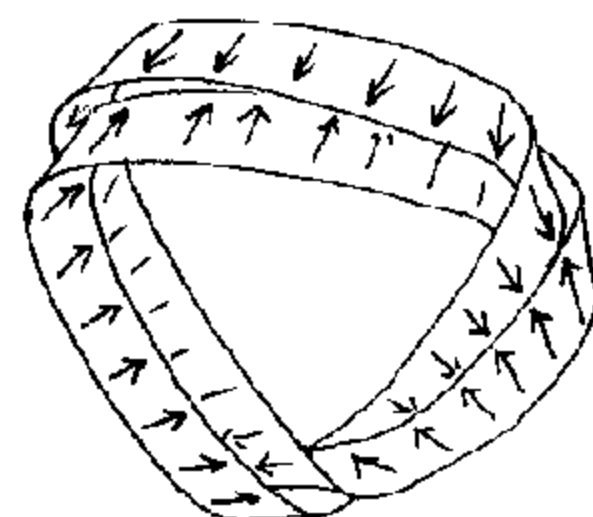
Y aquí el
CUBO de BOY
 de patente Lanturlu:
 28 vértices
 43 aristas
 16 caras
 $\chi = 28 - 43 + 16 = 1$

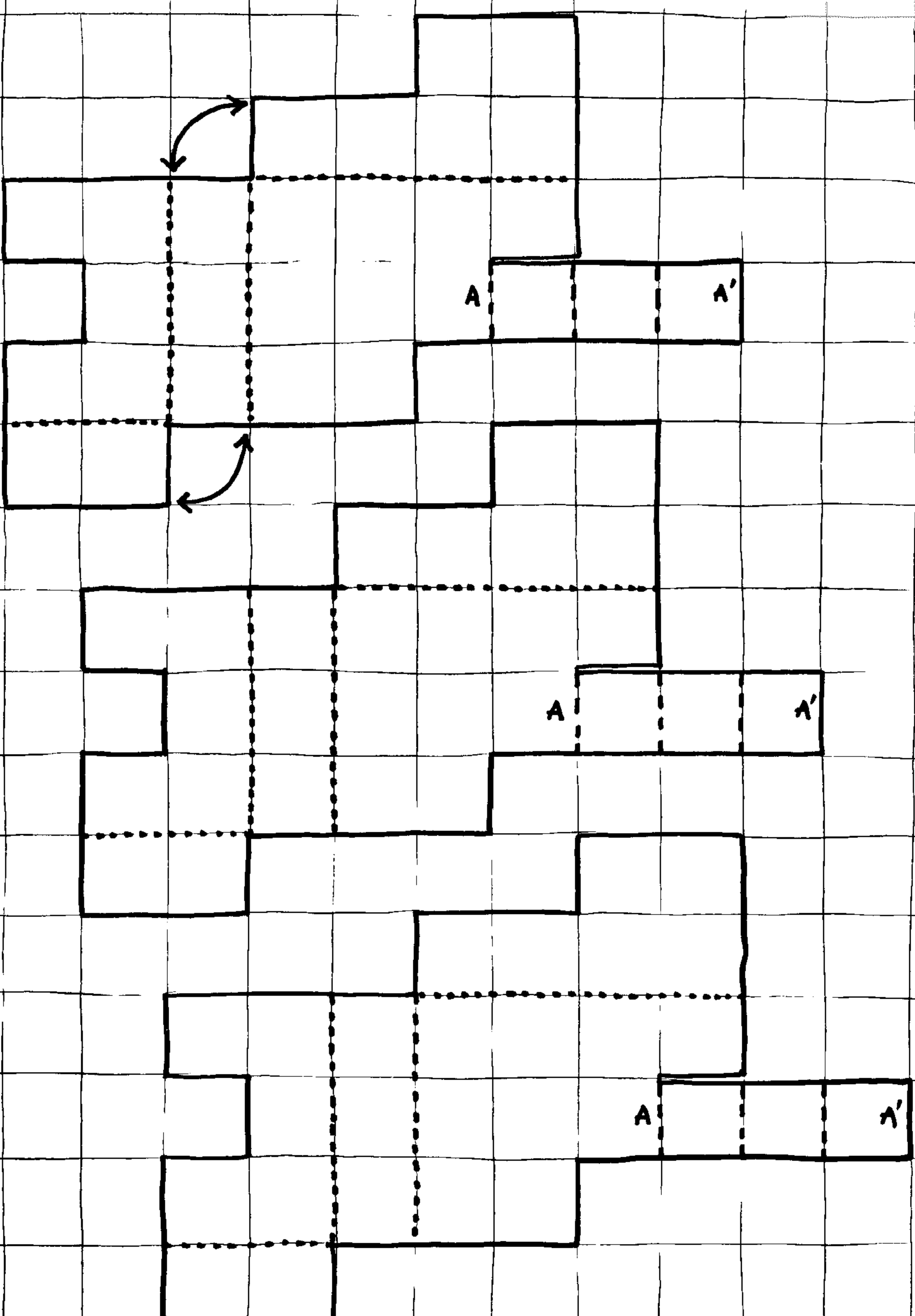


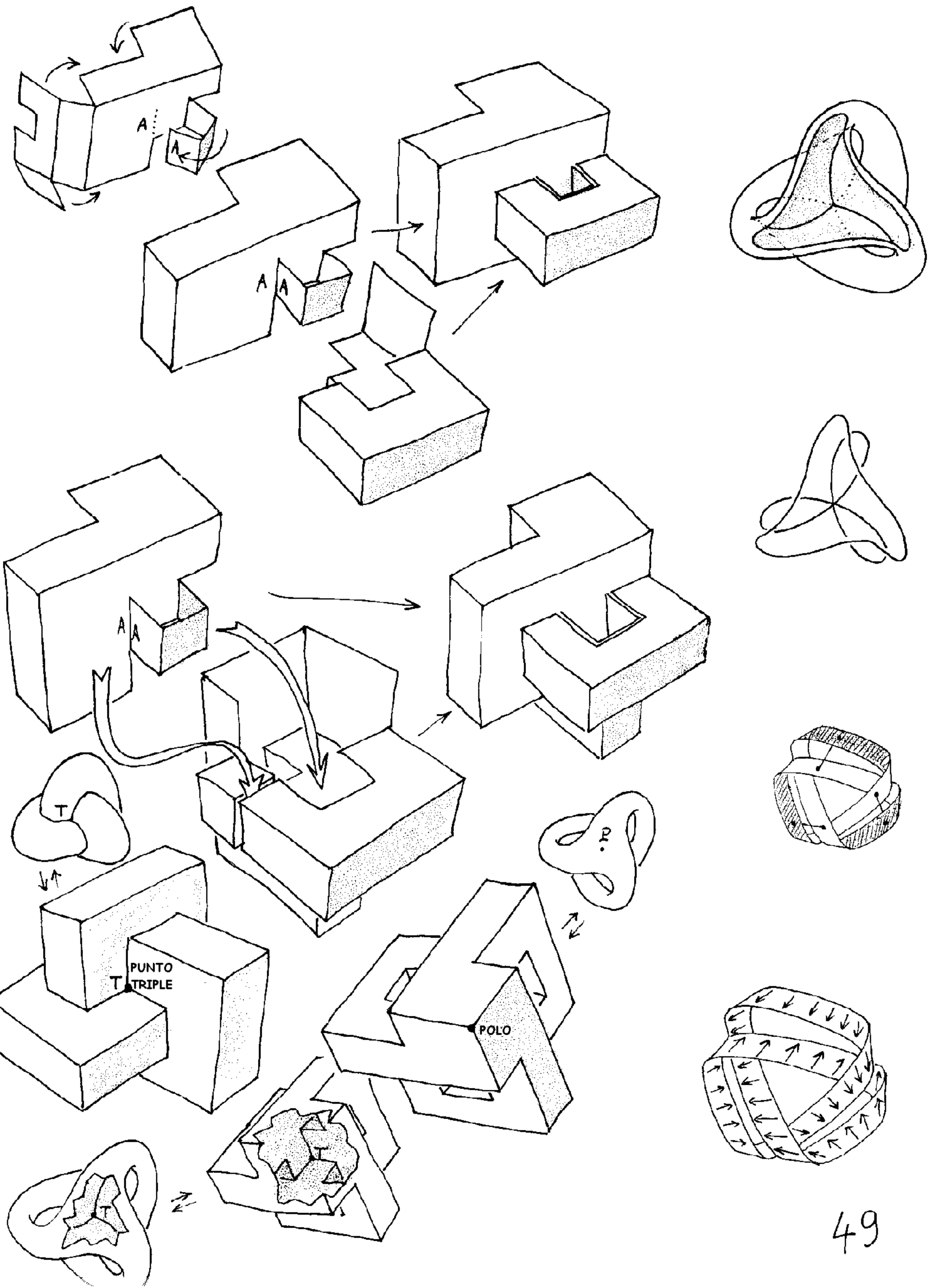
se pueden hacer preciosos
 modelos con elementos
 modulables REYNOLDS
 (tubos cuadrados de
 duraluminio y piezas en
 ángulo de plástico)



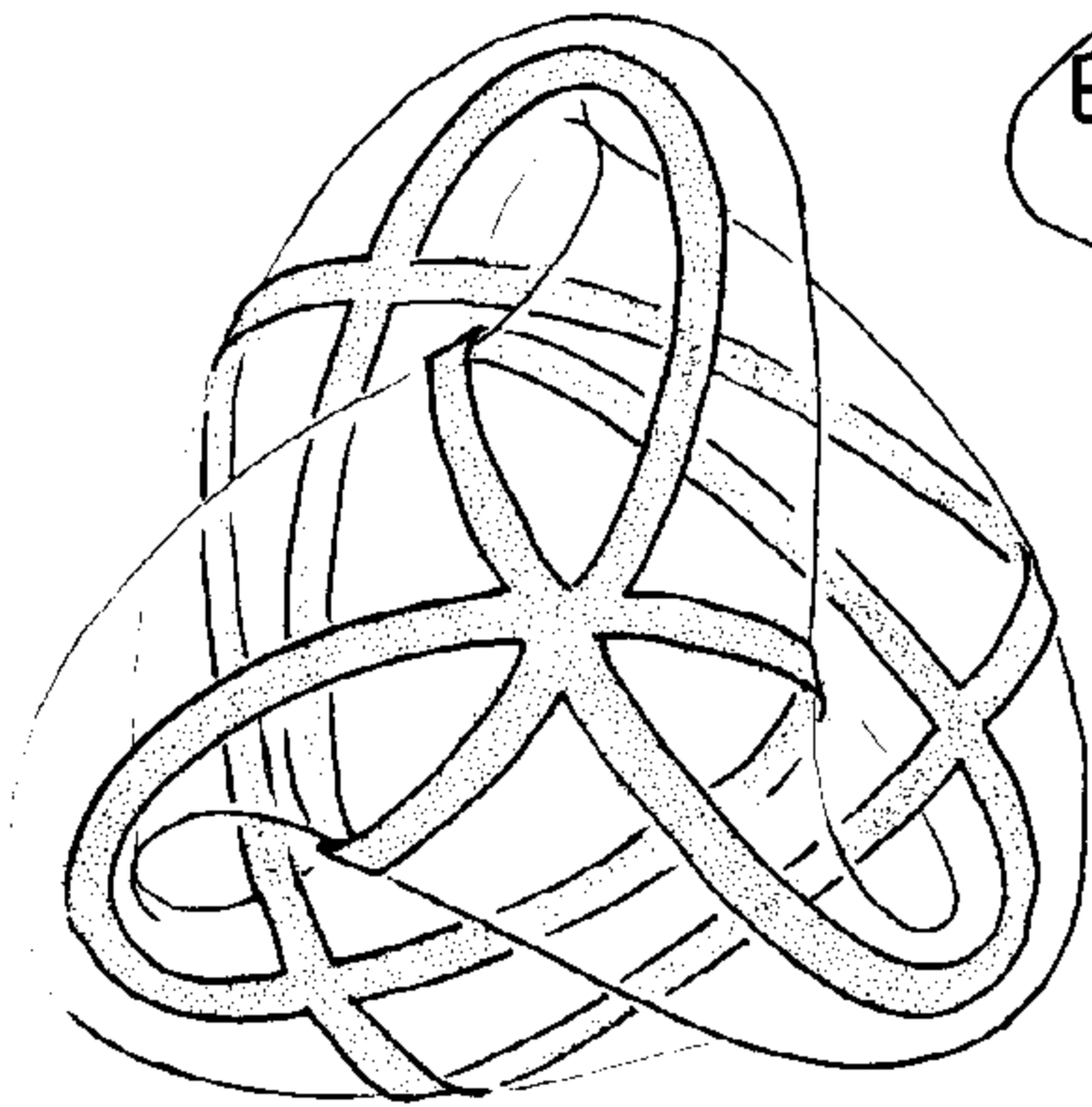
En la página siguiente,
 un recortable que os
 permitirá hacer vuestro
 propio CUBO DE BOY







RECUBRIMIENTOS



Entonces, ¿es el final de esta historia?

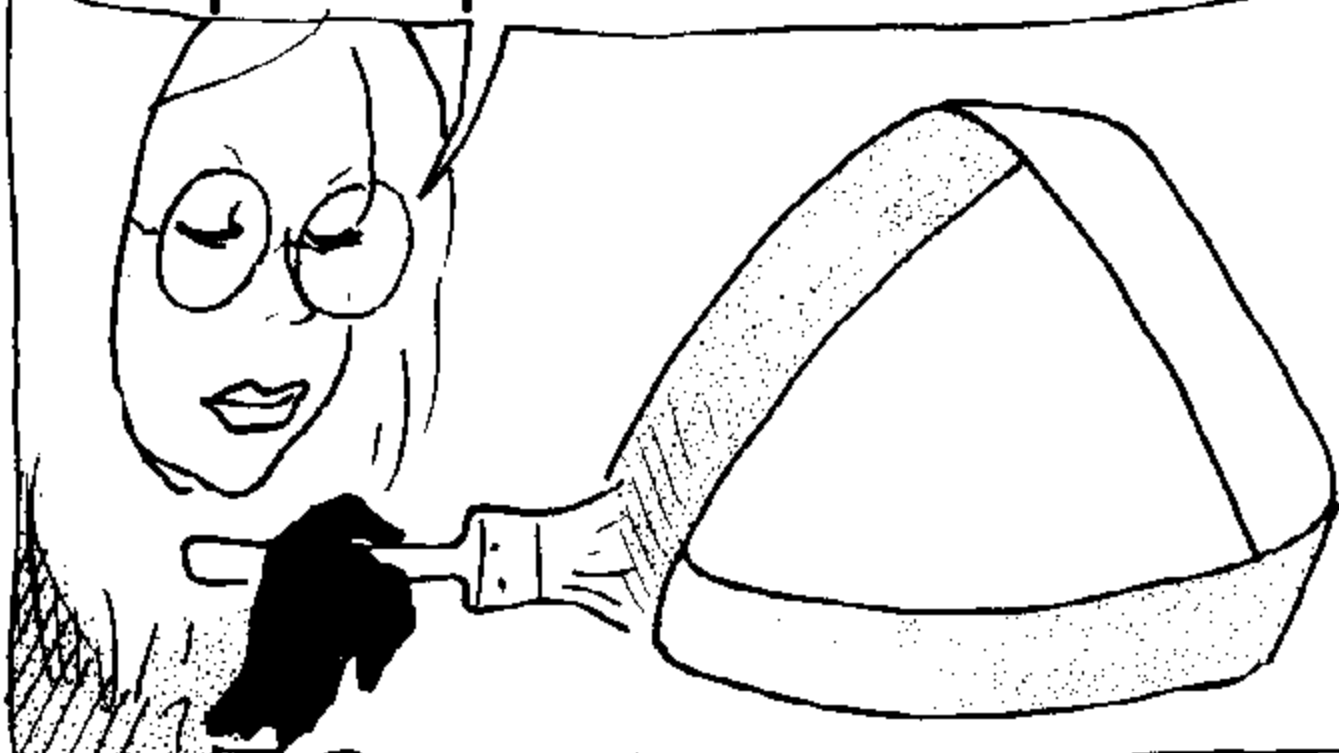
No, observo un giro imprevisto de los acontecimientos...



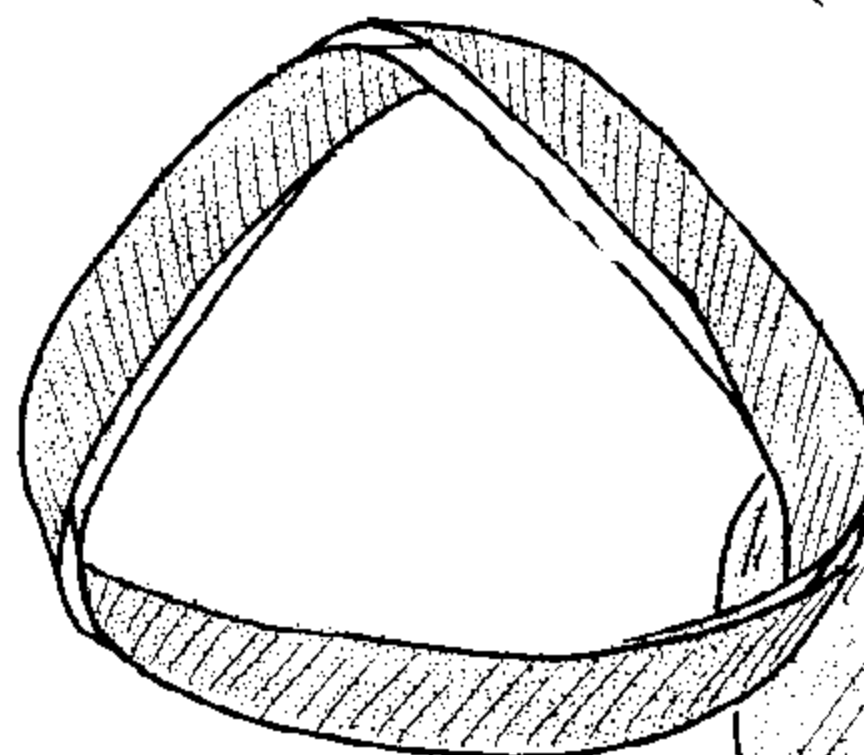
EL RECUBRIMIENTO CON ELEMENTOS DE DOS CARAS - de un objeto UNILÁTERO, INORIENTABLE es BILÁTERO, ORIENTABLE y tiene la característica doble

¿qué significa todo este argot?

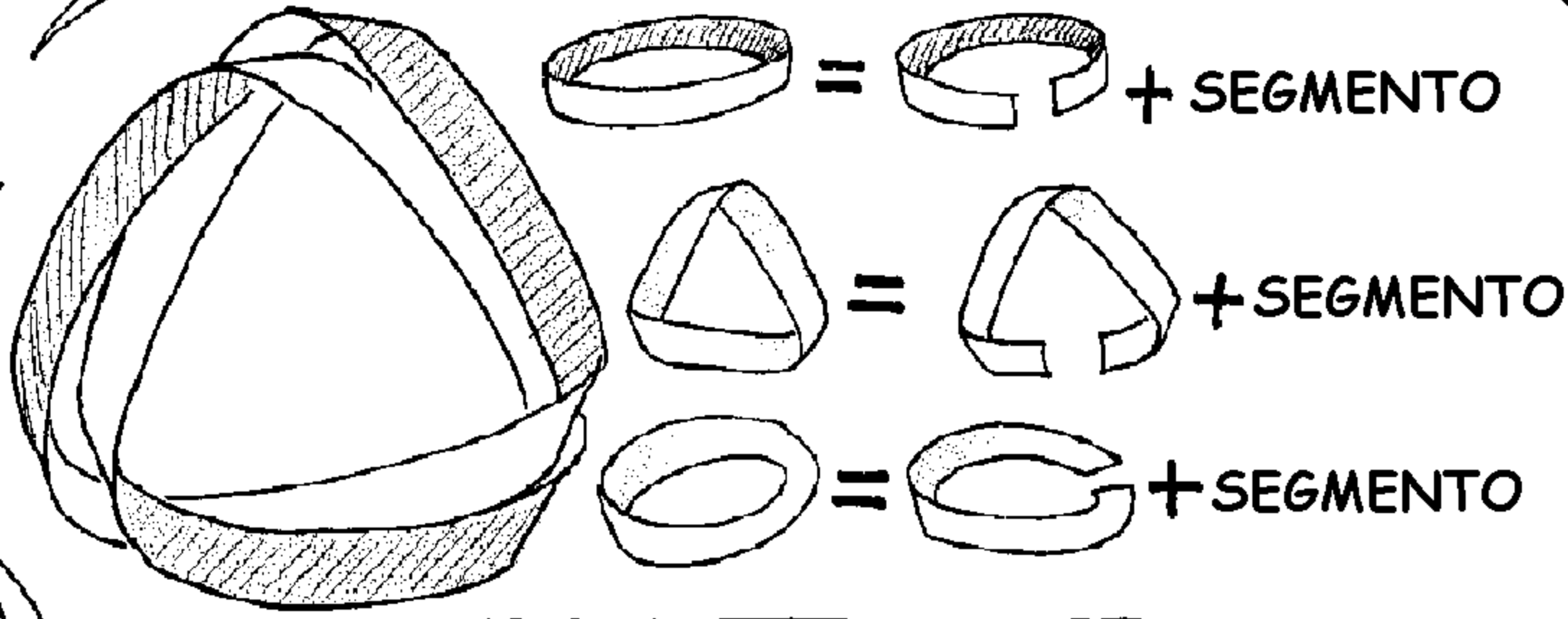
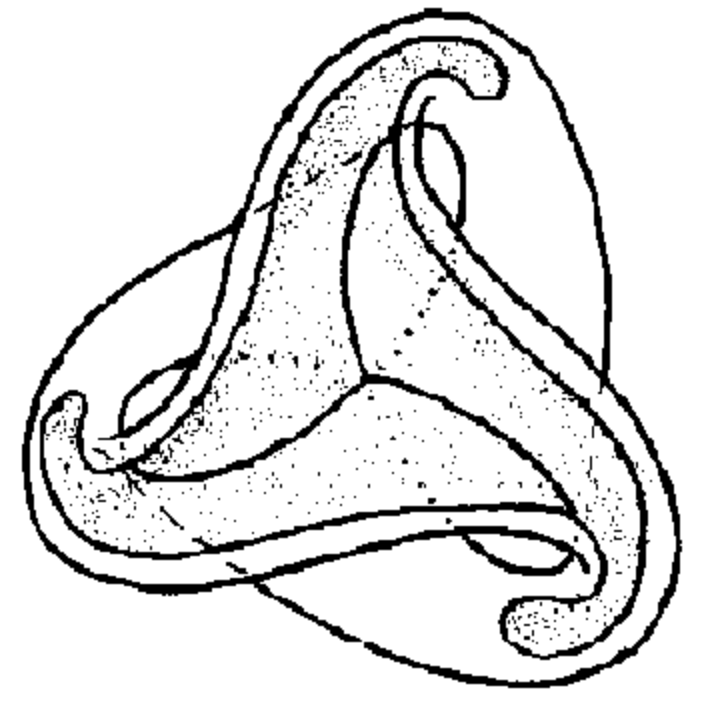
Es sencillo, cojo una banda de Möbius y la recubro de pintura sobre su ÚNICO lado, después quito la banda ...



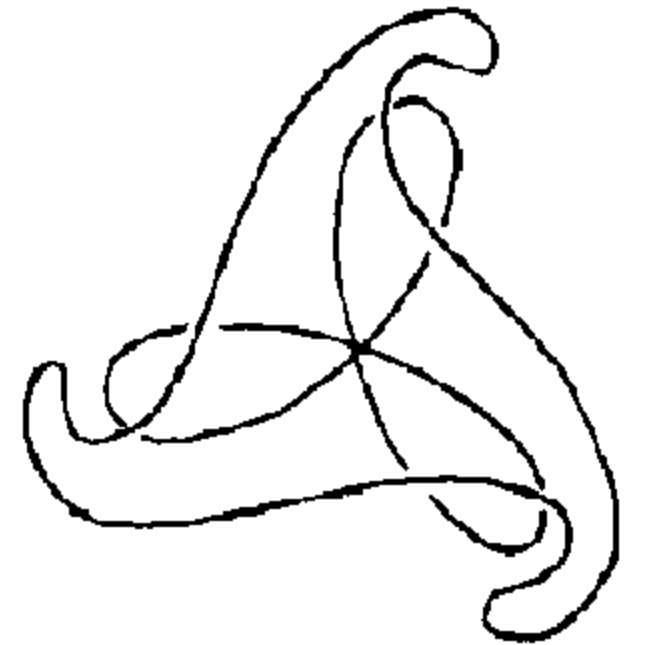
... ¡guardando sólo la pintura!



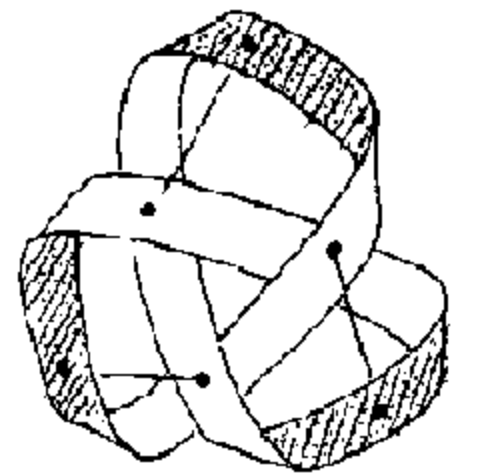
Esta nueva banda, cerrada sobre si misma, tiene dos caras, ya que una de ellas estaba en contacto con la banda de Möbius. Pero puedes explorar también la secuencia de imágenes C:



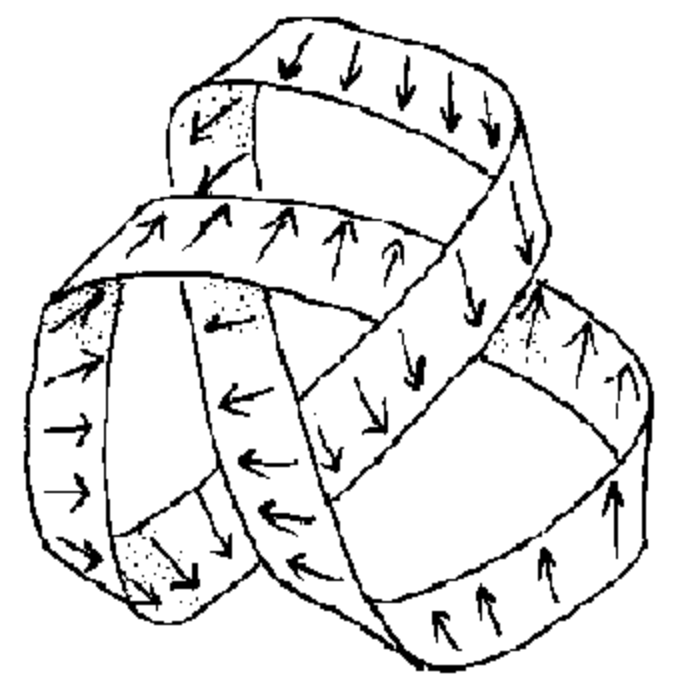
Su característica y la de la banda de Möbius son nulas.



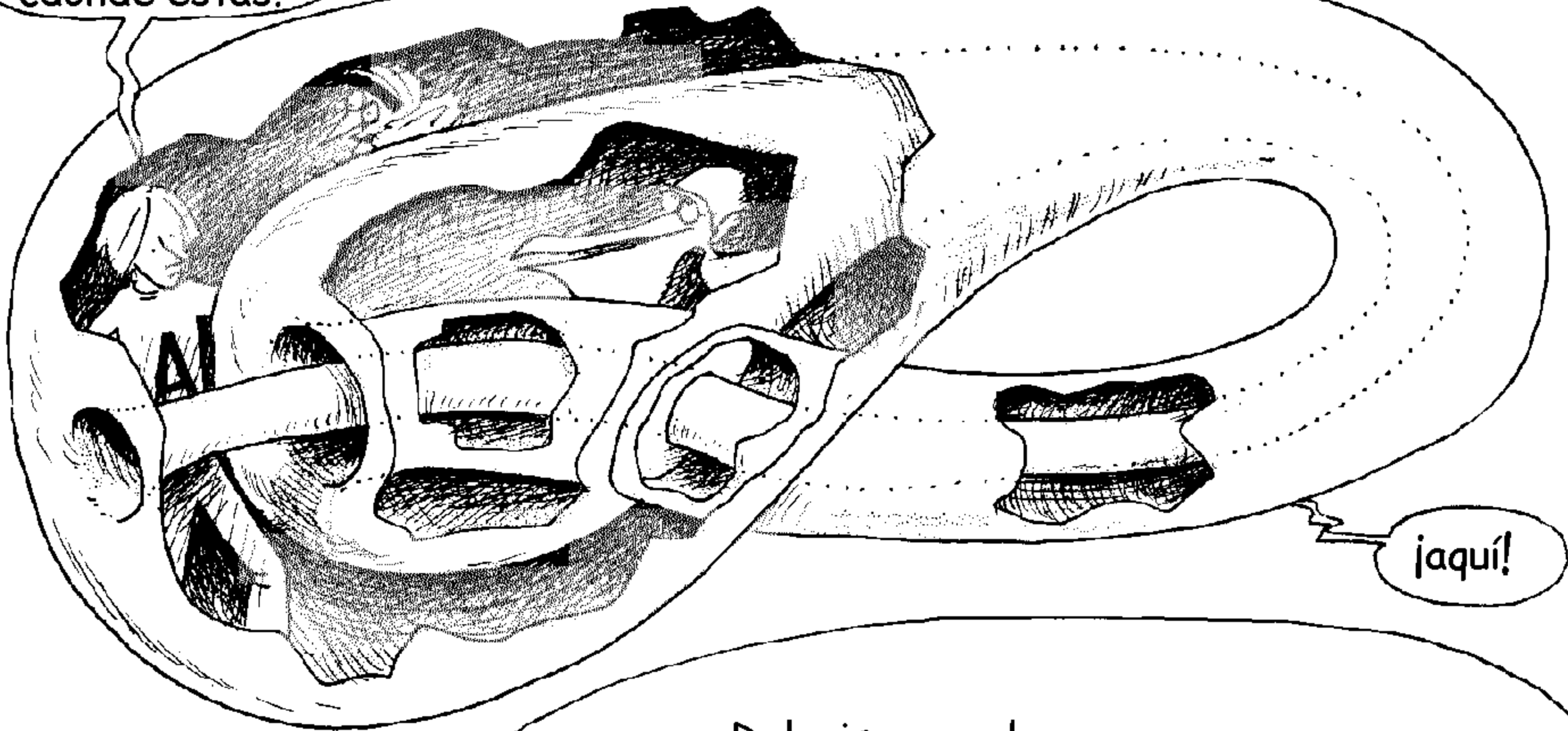
Vamos a ver ... si pinto ... una BOTELLA DE KLEIN por su ÚNICA CARA y quito la botella, conservando la pintura, obtengo una superficie CERRADA, COMPLETAMENTE REGULAR, con DOS CARAS y con una característica de Euler-Poincaré igual a $2 \times 0 = \text{cero}$.



es decir, ¡ la inmersión de un TORO !

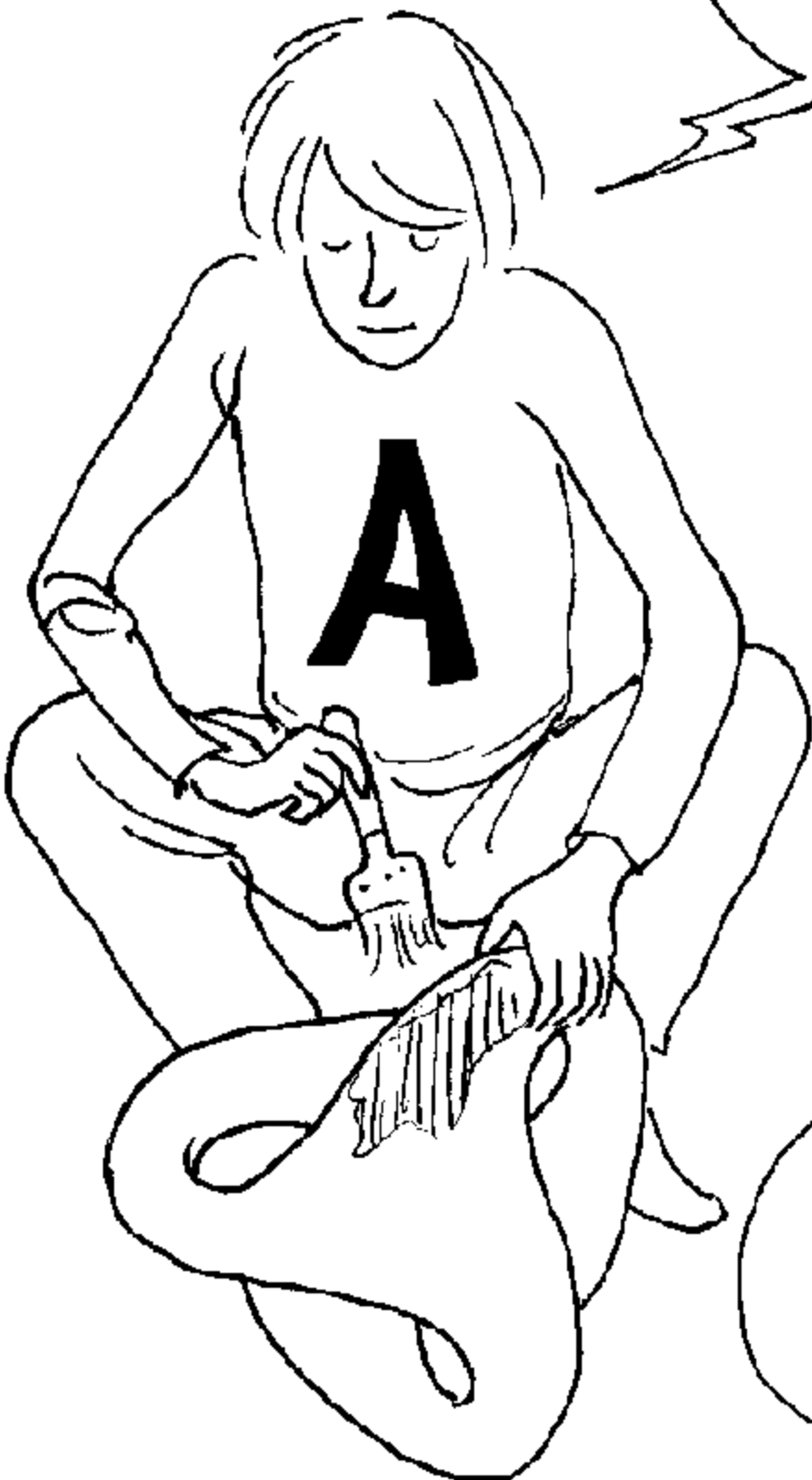


Tiresio,
¿dónde estás?



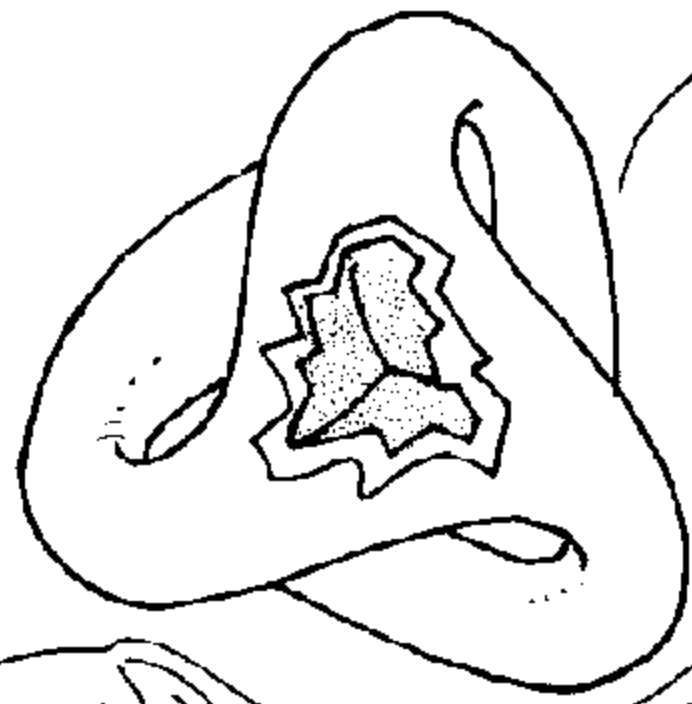
¡aquí!

Del mismo modo,
si cojo una superficie de Boy y la
embadurno de pintura, si quito la Boy
y conservo la pintura obtendré una
superficie CERRADA, COMPLETAMENTE
REGULAR, CON 2 CARAS y con una
característica de Euler-Poincaré igual a $2 \times 1 = 2$...

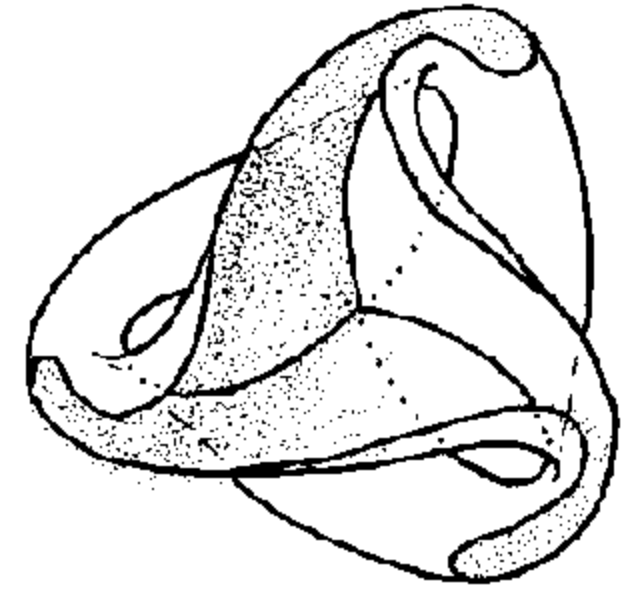


es decir, una
INMERSIÓN DE
LA ESFERA

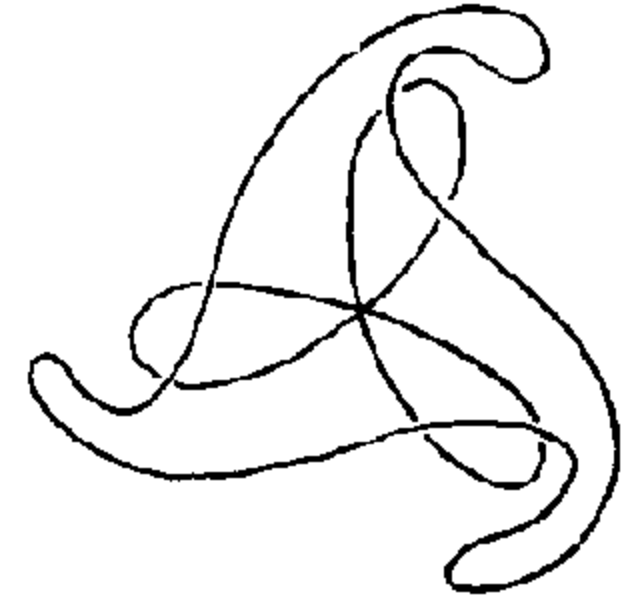




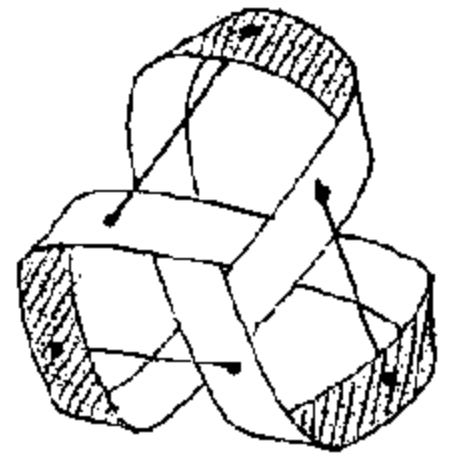
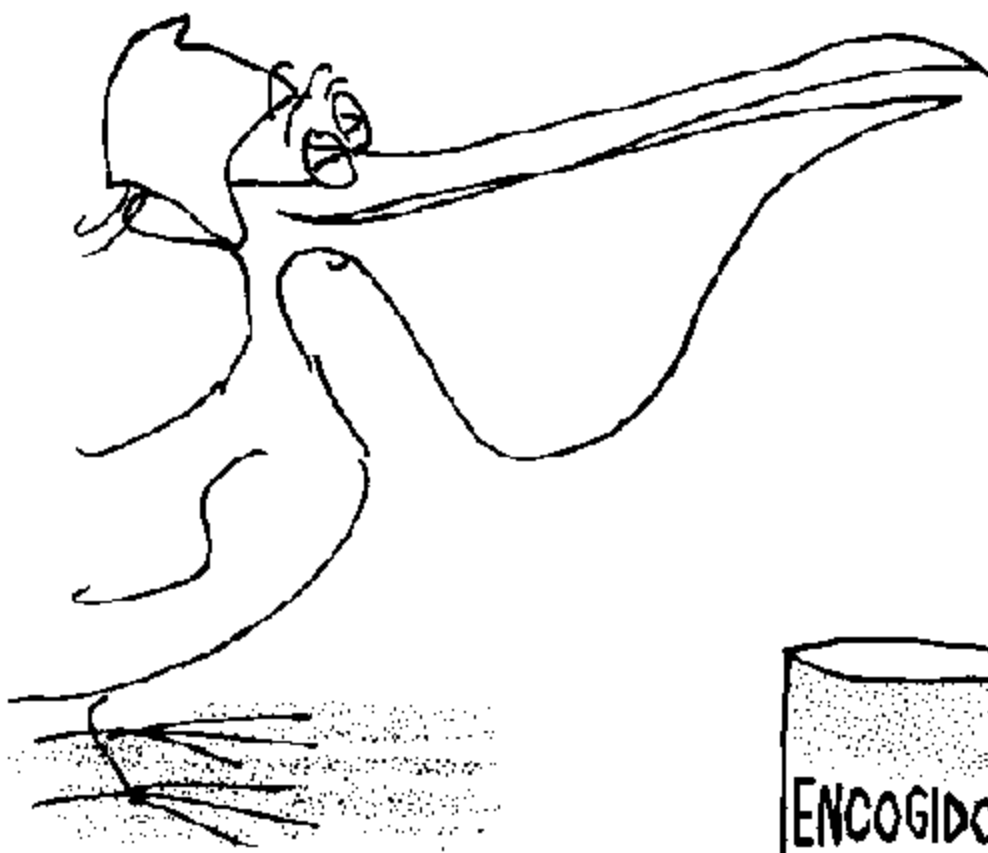
REALMENTE,
¿puedo "desplegar" esta
extraña esfera y
transformarla en una
esfera "ordinaria"?



No hay problema,
se hace con la
TRAVERSINA y lo
mismo para el TORO



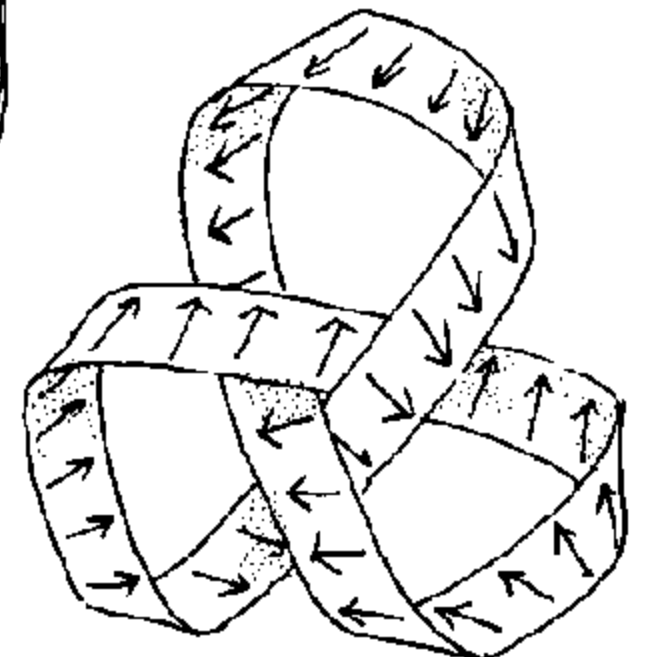
Procedamos al revés.
Supongamos que quiera "replegar"
una esfera isin hacer pliegues!

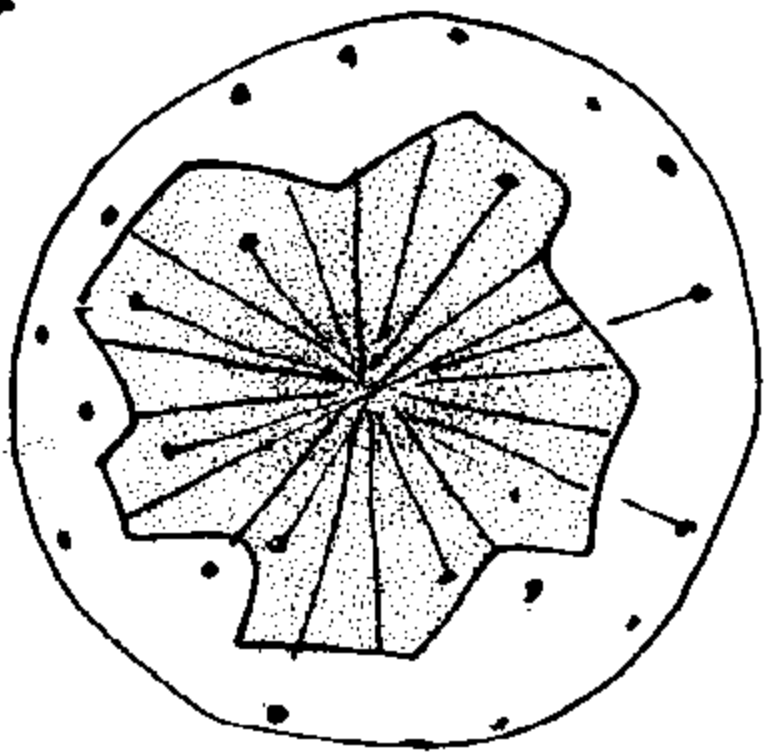


CRUCE DE
CINTAS
ACABADO



Es necesario utilizar
el ENCOGIDOL





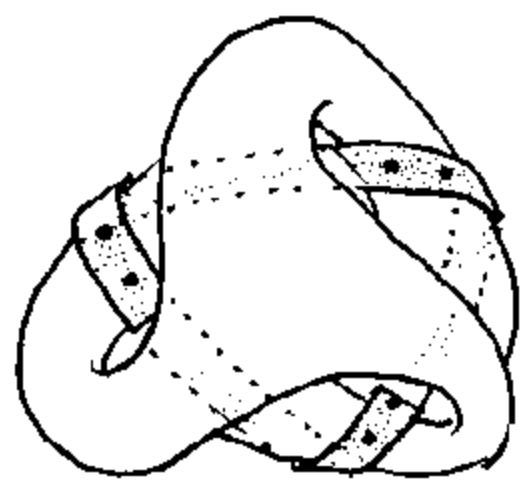
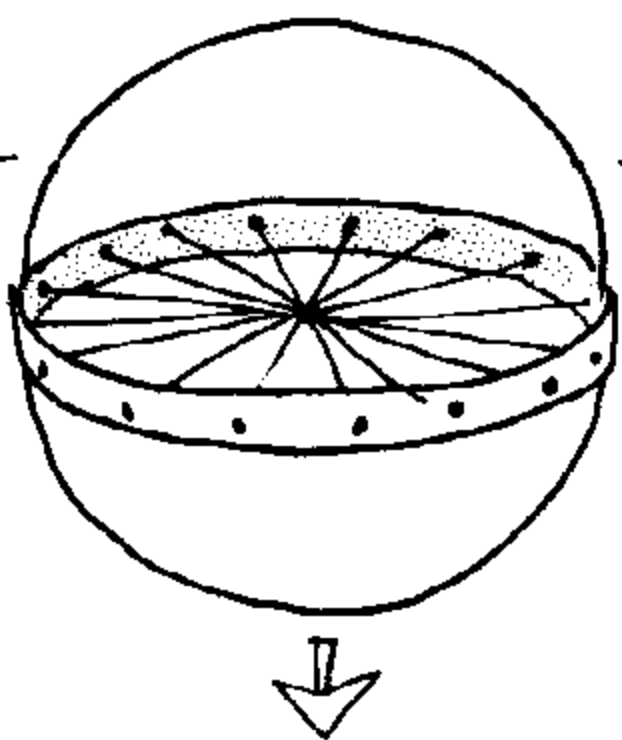
Comenzamos por unir cada punto de la esfera con su ANTÍPODA utilizando hilos mojados en el ENCOGIDOL.



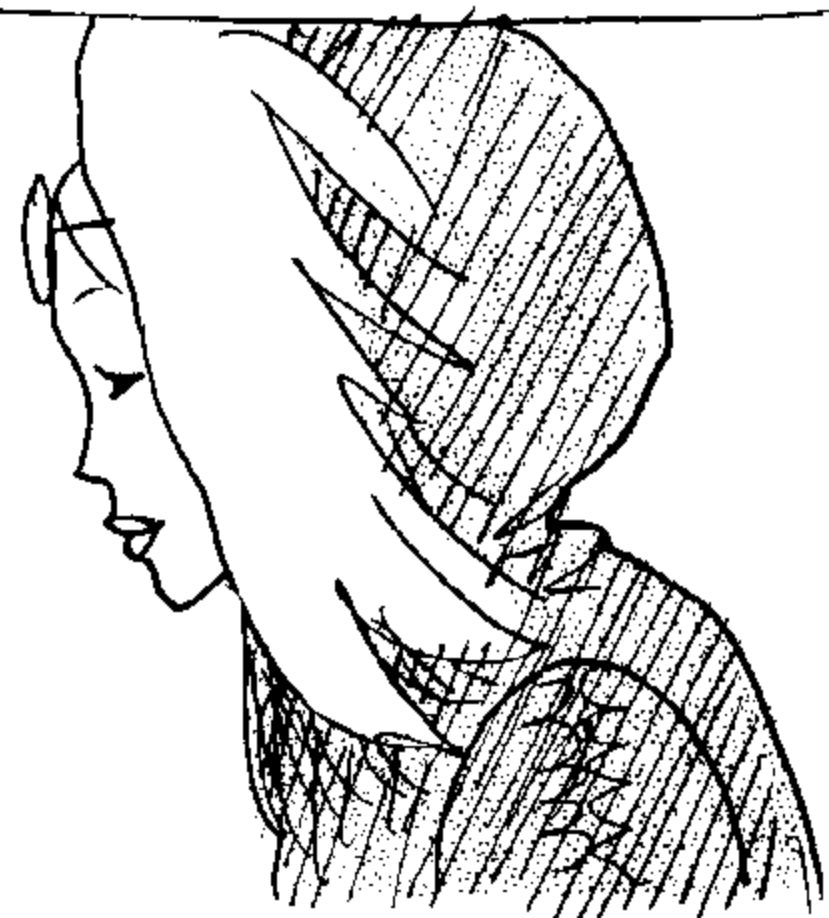
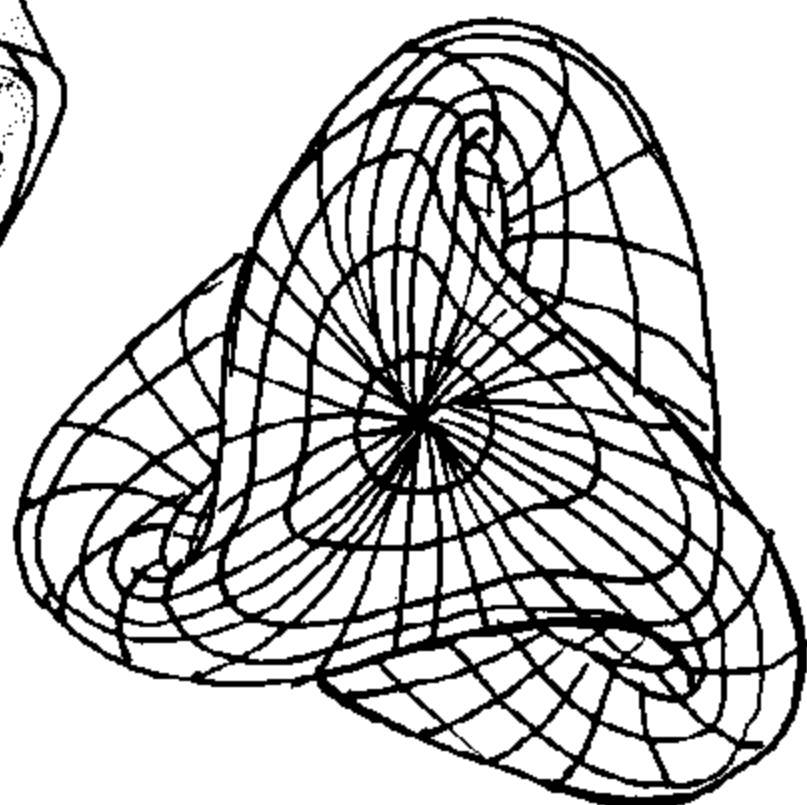
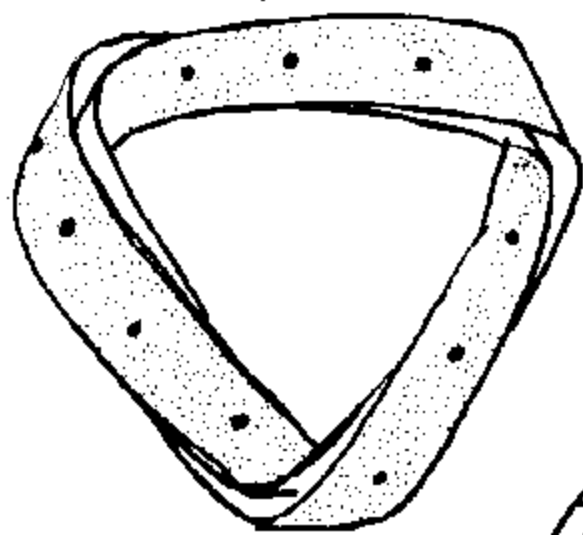
Estos hilos se contraen hasta tener longitud nula, en tanto que la superficie de la esfera se mantiene constante. Llevamos así cada punto en CONJUNCIÓN con su punto ANTIPODAL.

En otro álbum ("LE RETOURNEMENT DE LA SPHÈRE") vereis esto. Entretanto, la serie de imágenes de la película C muestra como el ECUADOR de la ESFERA se repliega convirtiéndose en el ECUADOR de la BOY. El polo NORTE va, evidentemente, contra el polo SUR.

La Dirección

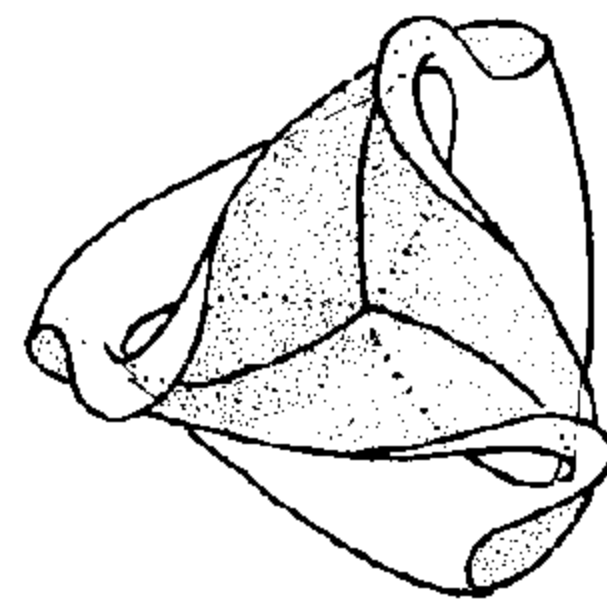


Todos los meridianos y los paralelos de la esfera se recubrirán los unos a los otros



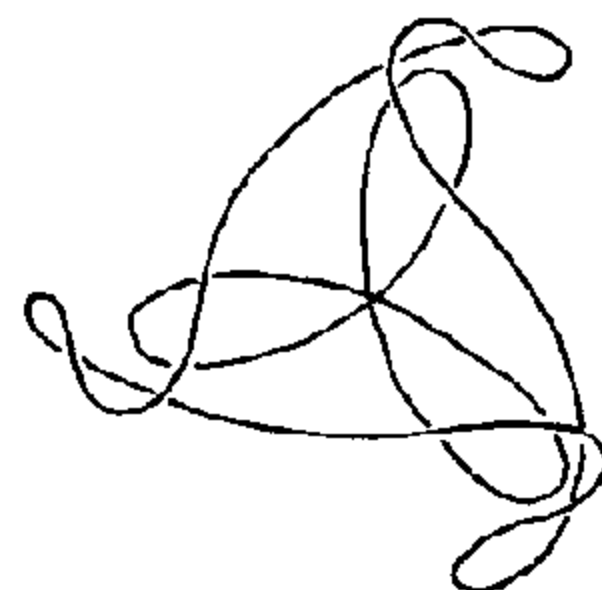
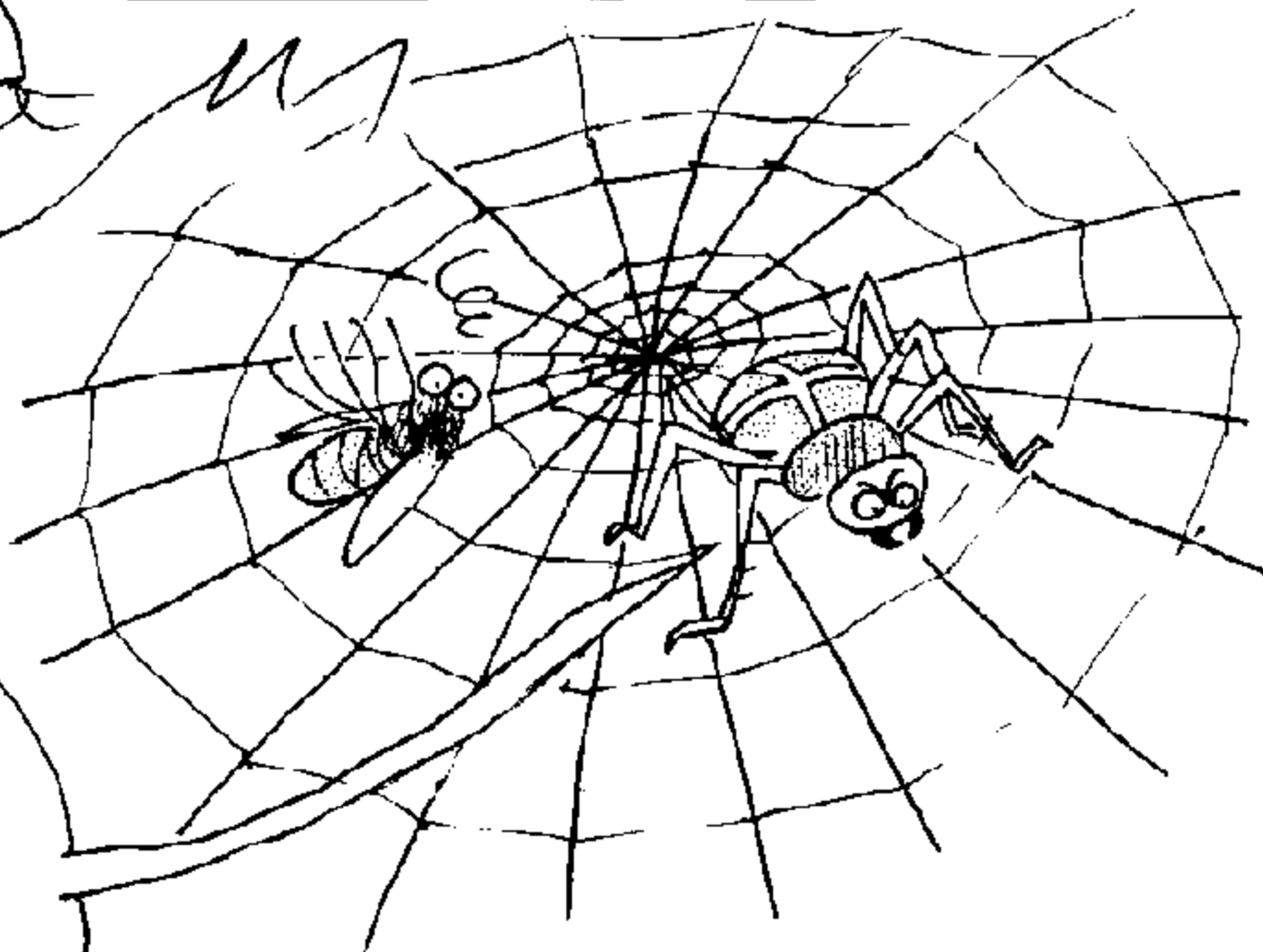
Imaginemos una araña que viva en una superficie de Boy cuyo enmallado esté constituido por sus paralelos y sus meridianos.

Ella creería vivir ... ¡ sobre una esfera !

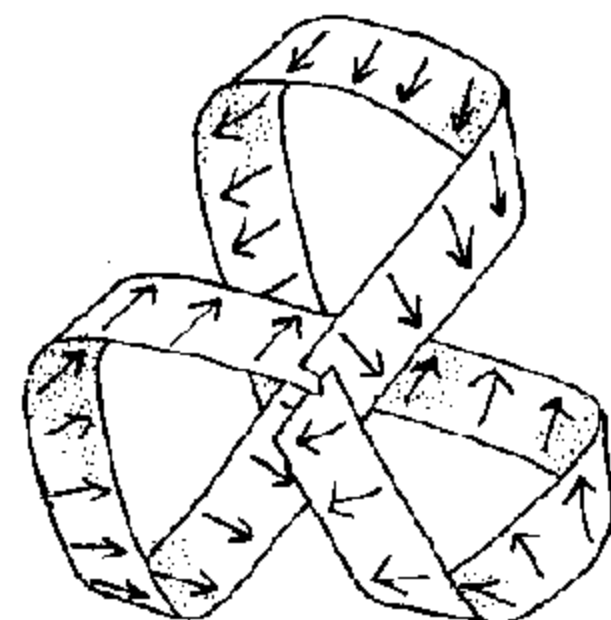
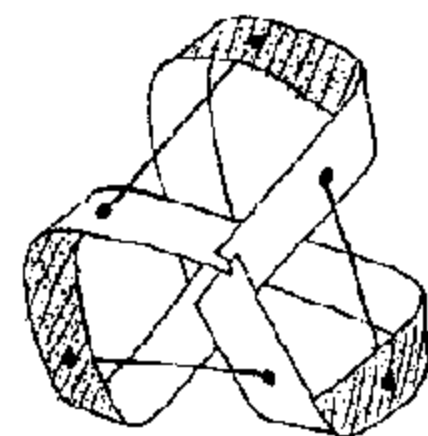
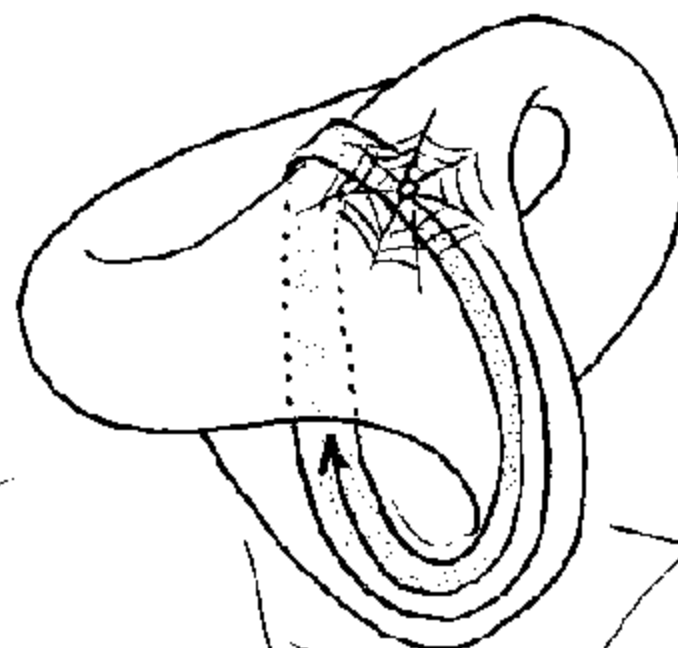


CIERRE DE LOS TRES "TÍMPANOS"

Bien, ahora que tengo el almuerzo asegurado iré a dar una vuelta



CAMINO SEGUIDO POR LA ARAÑA

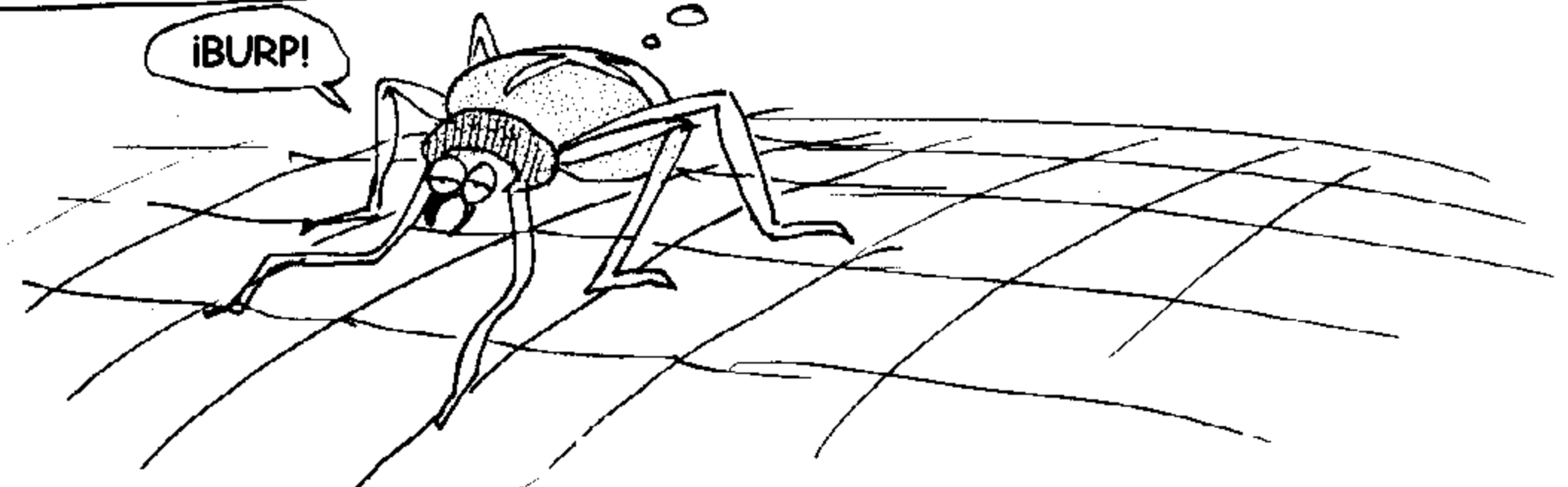
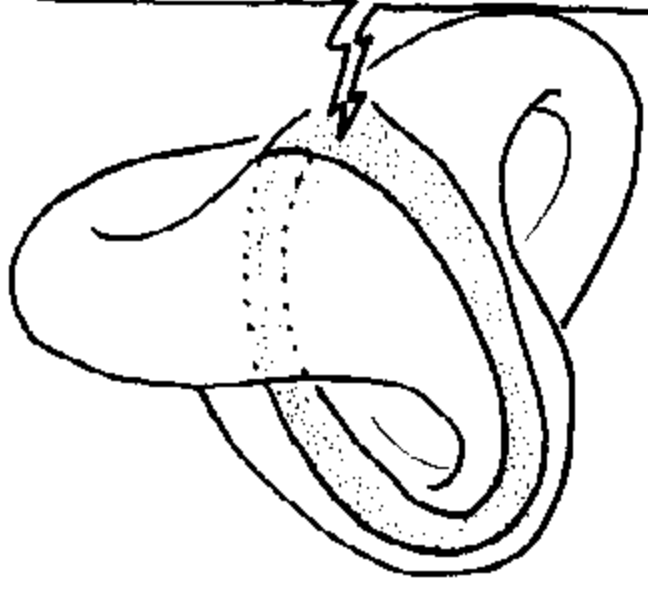


Mira, una segunda tela. Mi colega que vive por la otra cara también ha cazado una mosca

¿Alguien a la vista?
Bien ... yo me como su mosca

Bueno...volvamos

¡BURP!



!

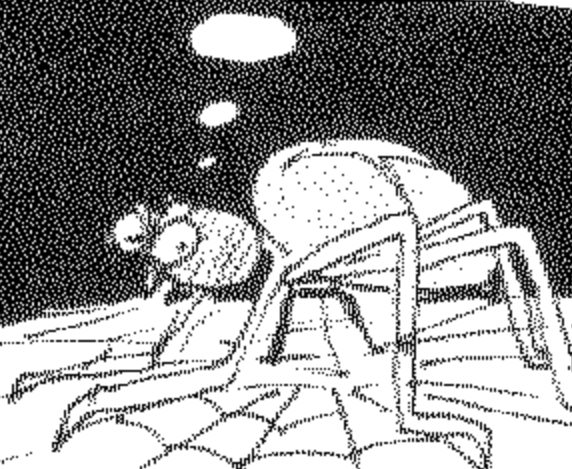
¡ Ostras Pedrín !
Mientras estuve fuera, ha
venido la otra araña y ise ha
comido MI mosca!

HI, HI, HI



De hecho, no había más que una sola
araña y una sola mosca

voy a esperarla. Y cuando
se asome le daré la bienvenida ...



Si embargo ... la historia de la araña ... me da una idea. Tenemos la solución para Amundsen

señor Amundsen, ¡ya está todo arreglado! hemos encontrado su polo sur

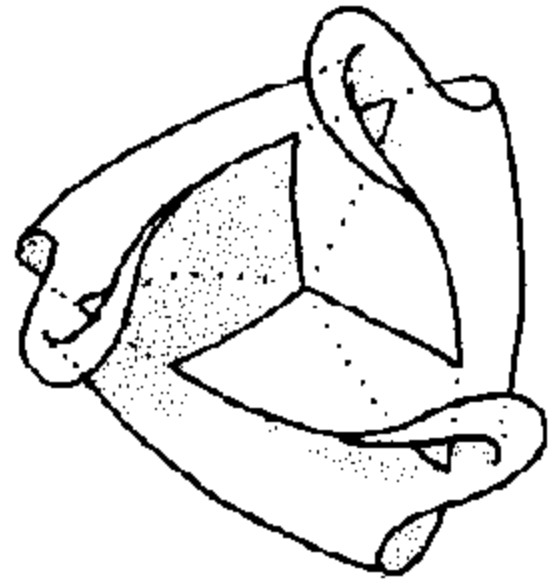
¿cuál es?

Ah ...

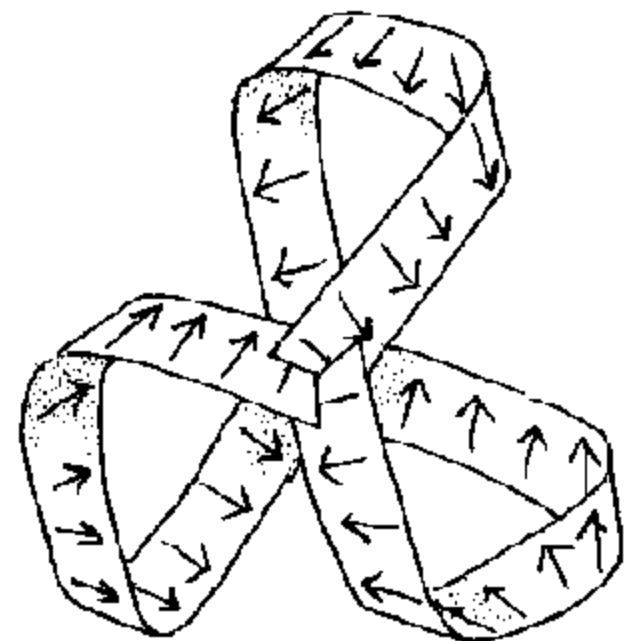
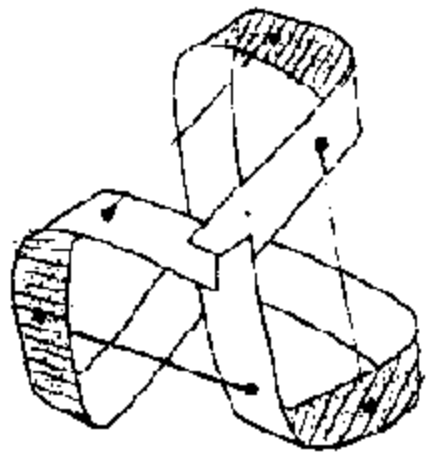
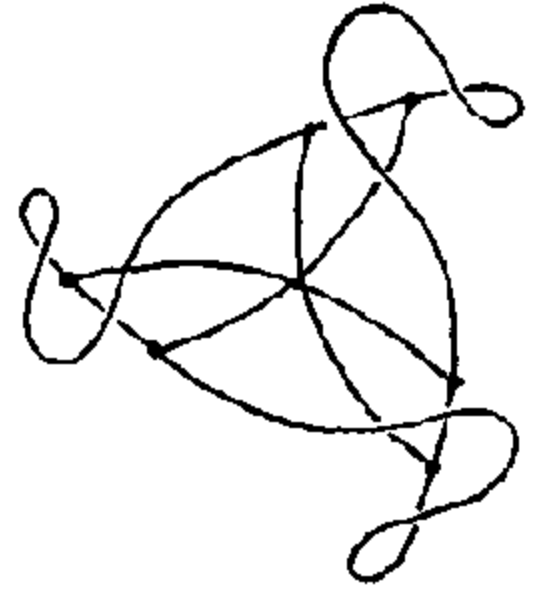
volved a emprender la marcha, pero con esta ...

Le hemos dado la misma a Perry .

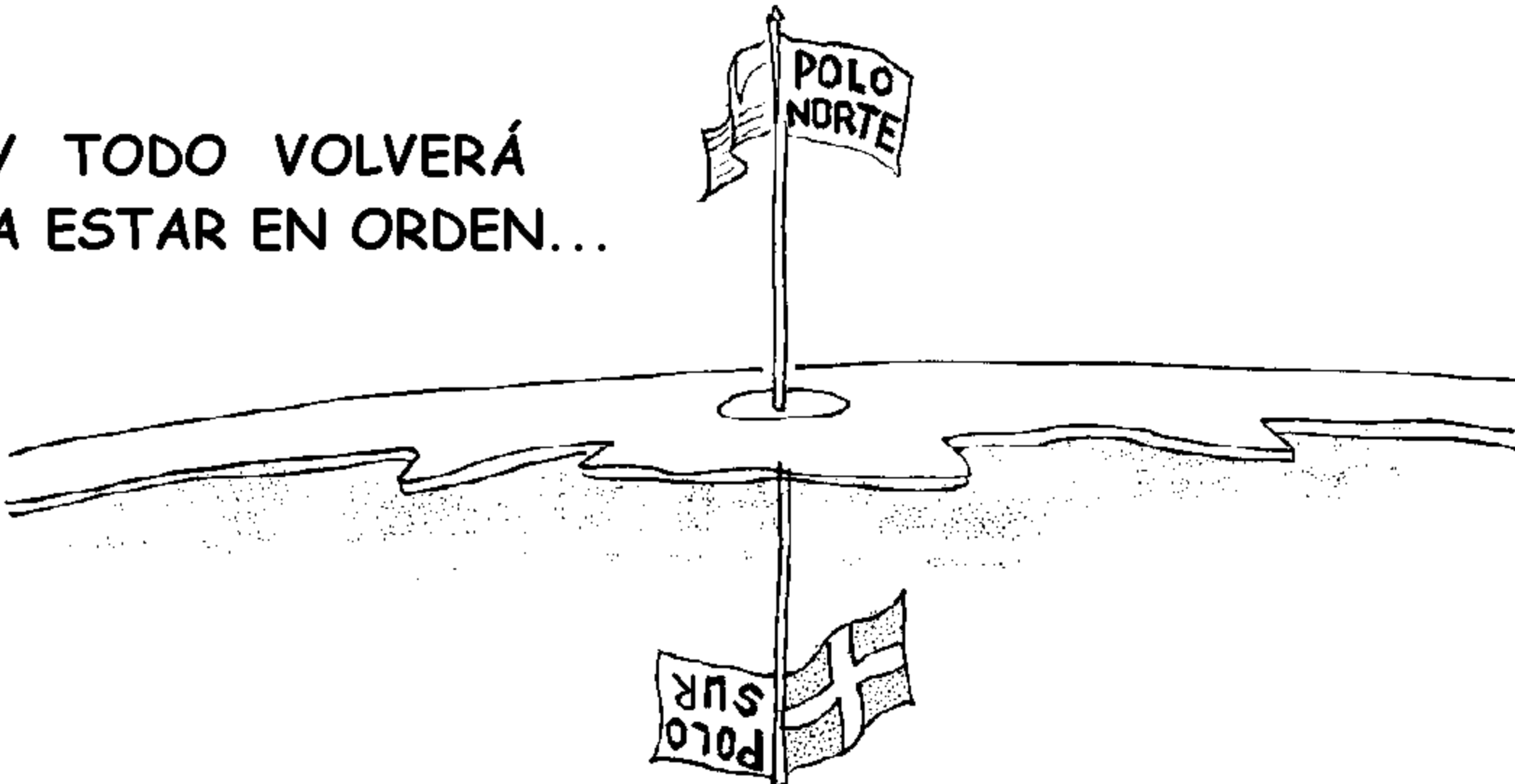
.. y ¡DEPOSITADLA solamente!

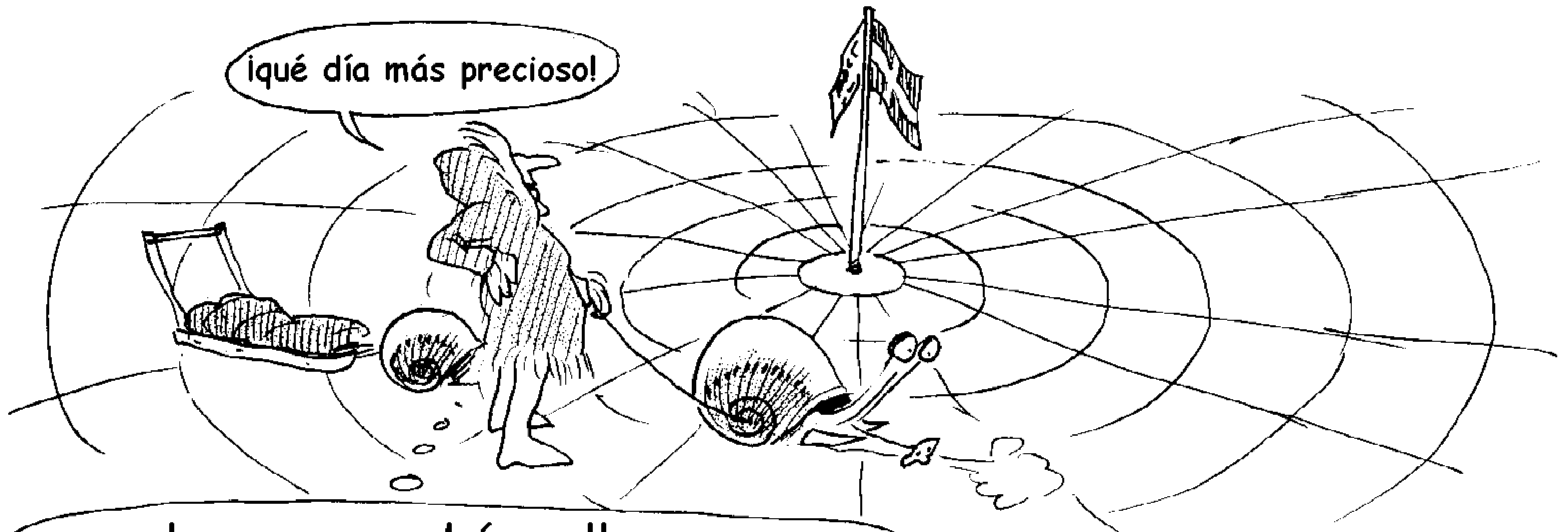


FORMACIÓN DE 'LAS OREJAS'



Y TODO VOLVERÁ A ESTAR EN ORDEN...





¡qué día más precioso!

por lo menos podría callarse



Señor Amundsen, la foto histórica



Marchaos, quiero salir solo en mi foto histórica

En ciencia, como en todo, en ocasiones es mejor no profundizar demasiado...

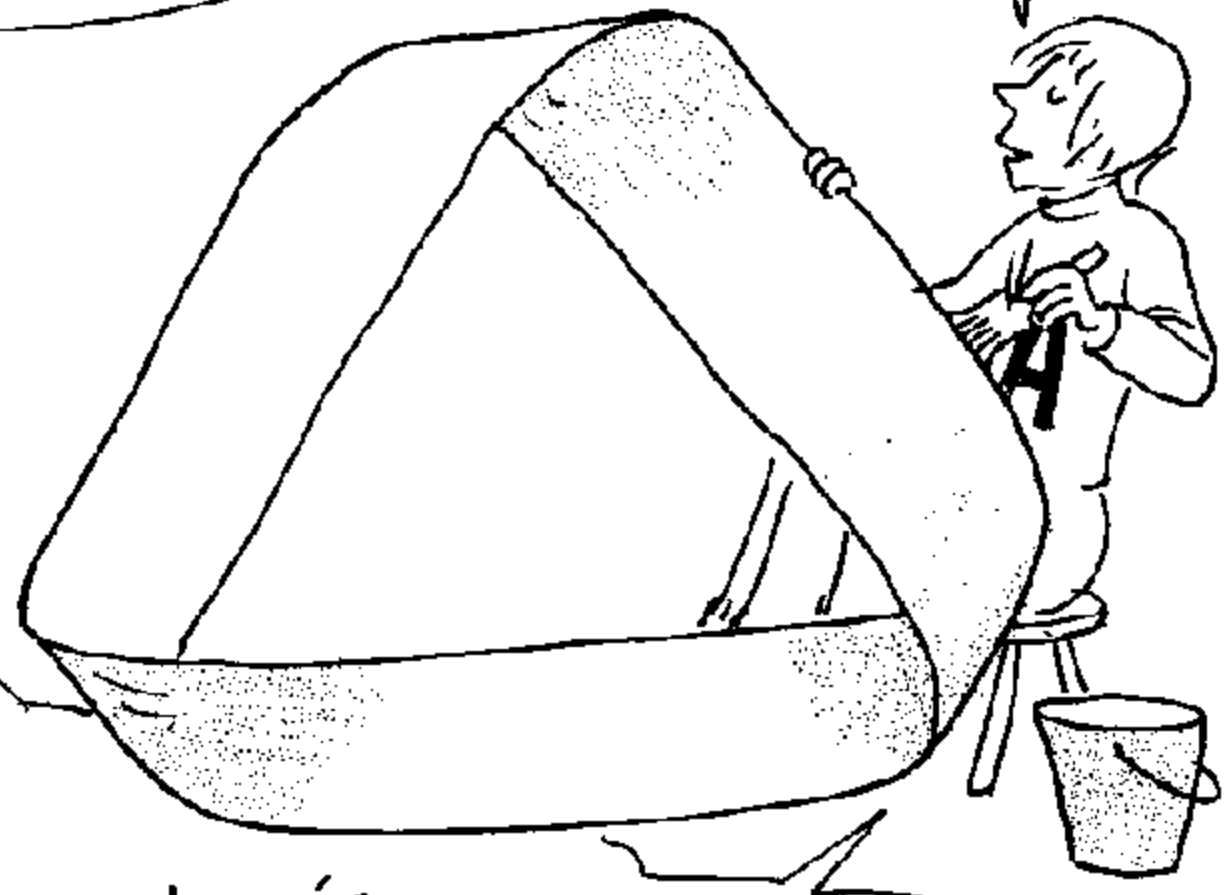
..cada polo tiene su lugar y bien está lo que bien acaba...



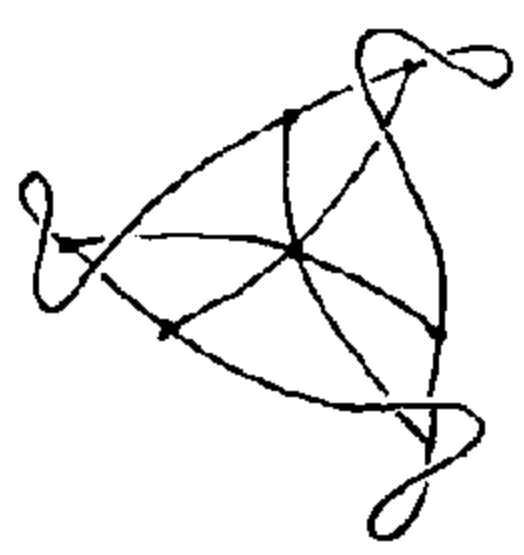
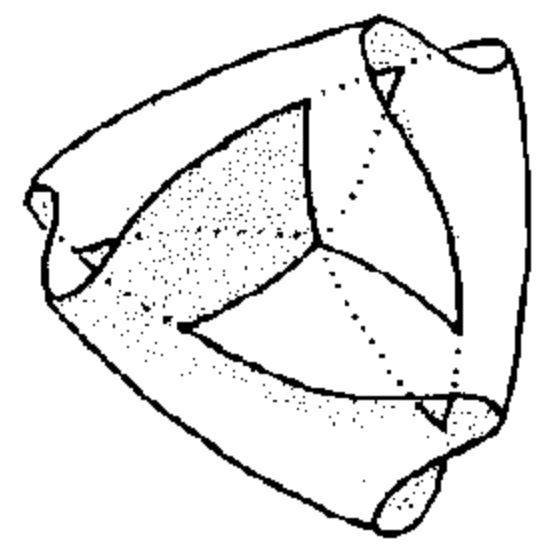
Y por otra parte, si cruzáramos bajo el polo norte podríamos llevarnos alguna sorpresa.

Y hay algunos que desistirían, vamos

Bueno, ya tenemos un asunto arreglado. Pero, ¿qué hace Lanturlu?

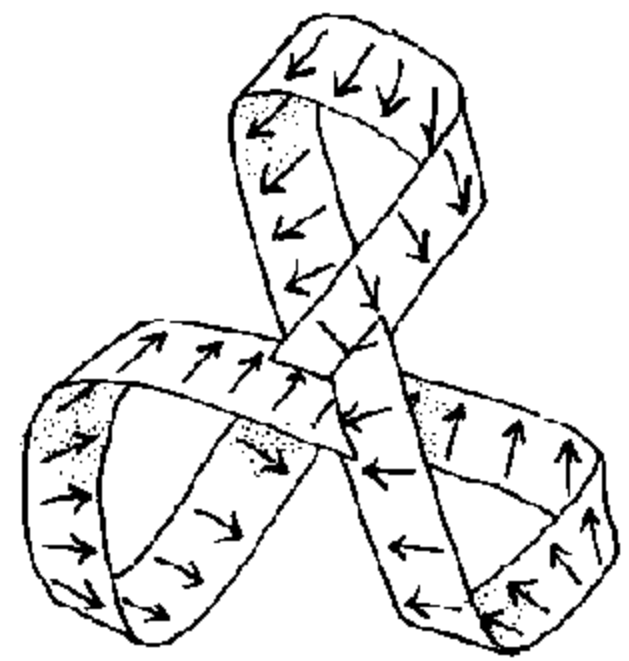
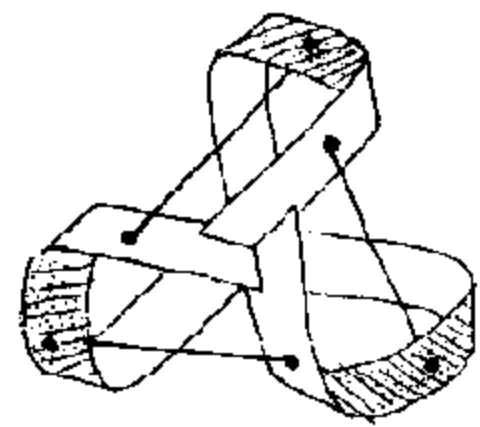
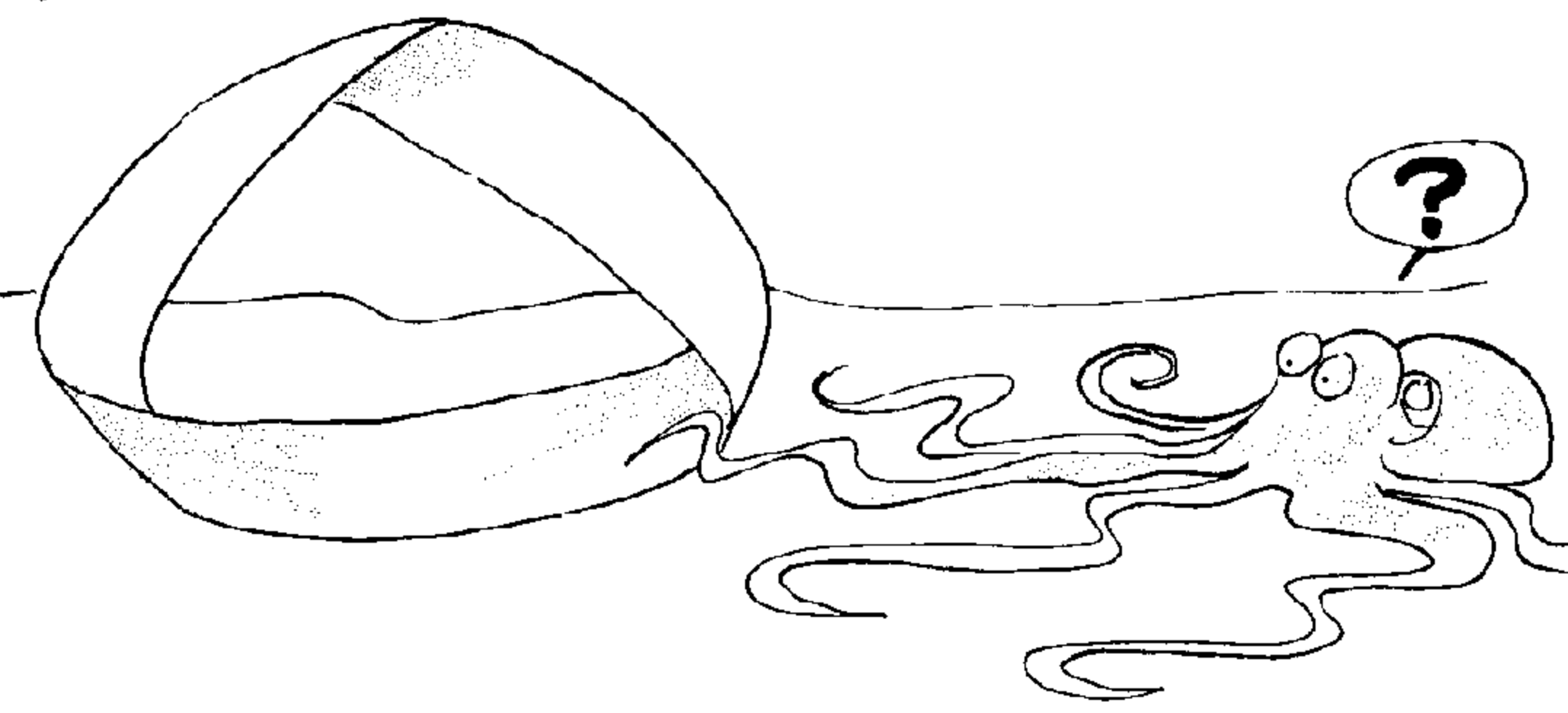


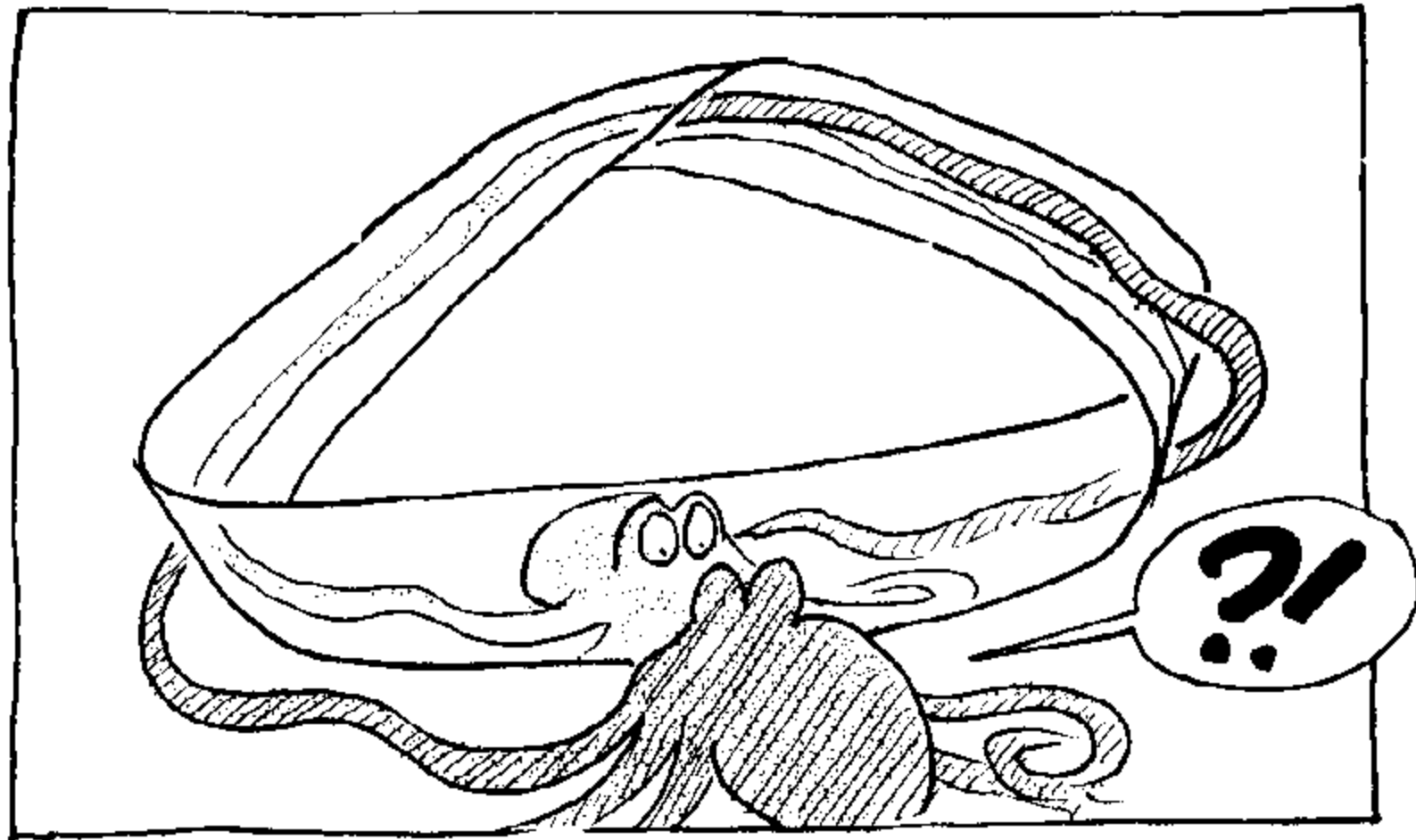
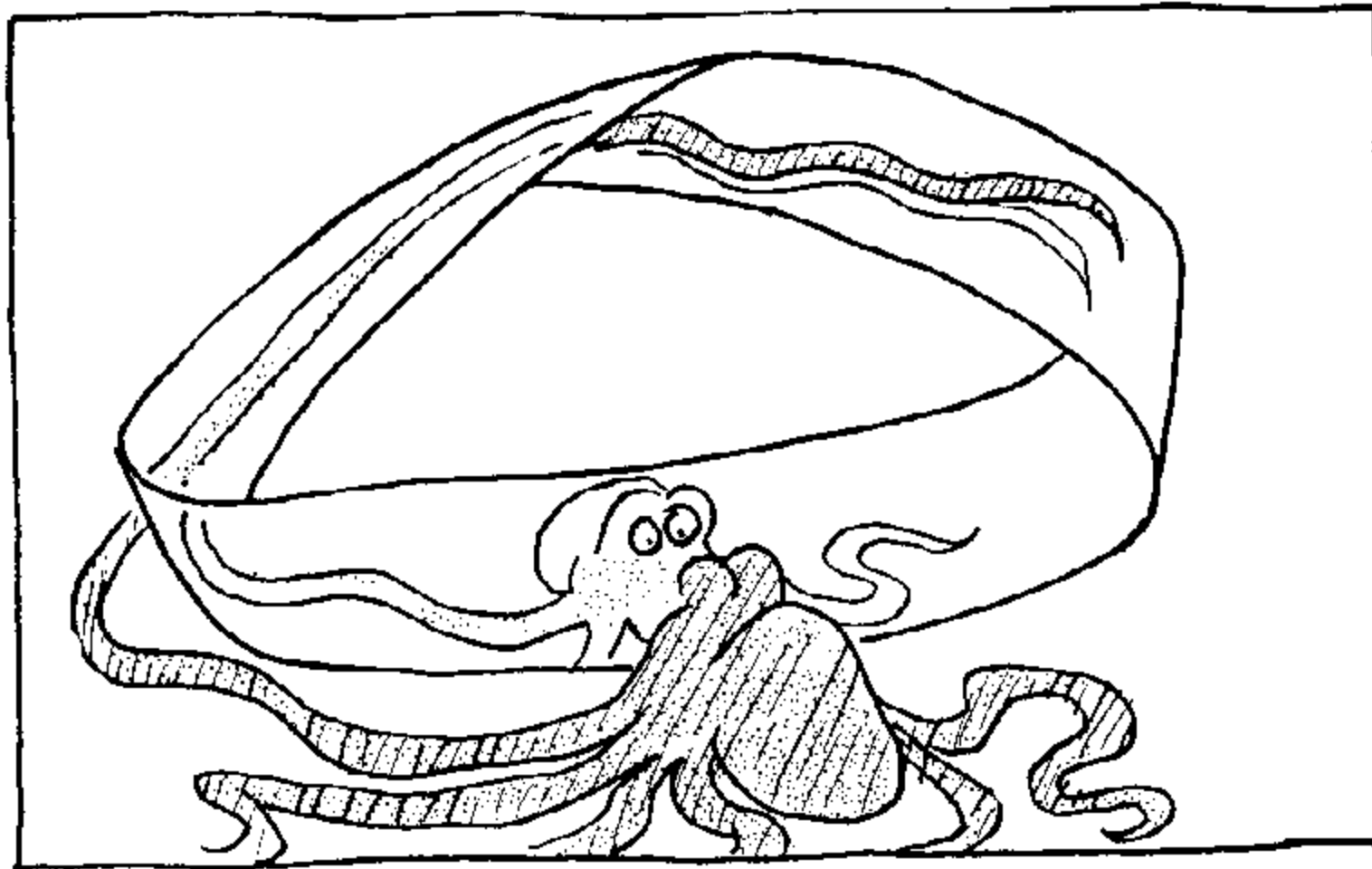
¿Sabes qué es un espejo sin azogue? Se ve al mismo tiempo el reflejo y a través de él. Y bueno, estoy a punto de transformar esta banda de Möbius en un espejo sin azogue.



LA ETAPA DEL ESPEJO

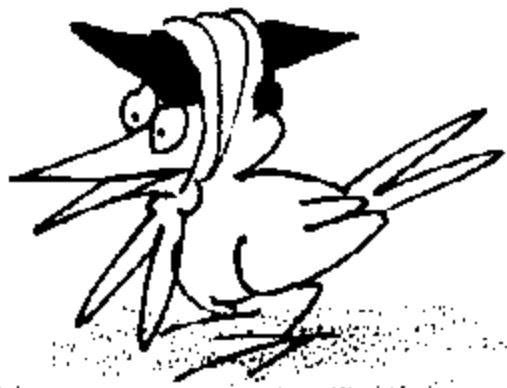
Para cazar pulpos



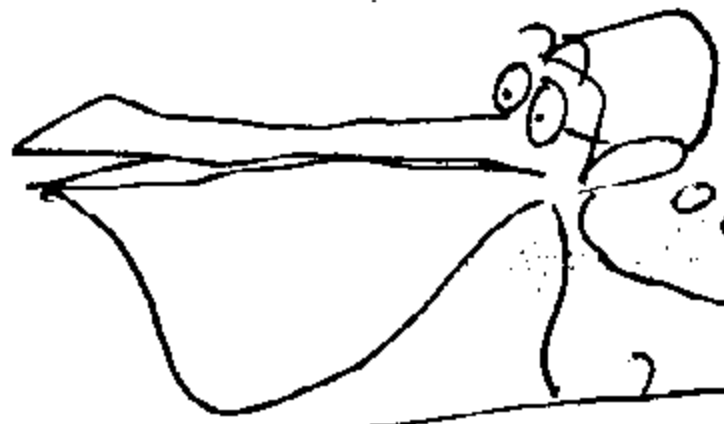


¿qué ocurre?! el pulpo tiene el aspecto embargado de estupor.

No siente NADA, porque su brazo real rasca la imagen de su cabeza mientras que la "imagen del brazo" rasca su verdadera cabeza!



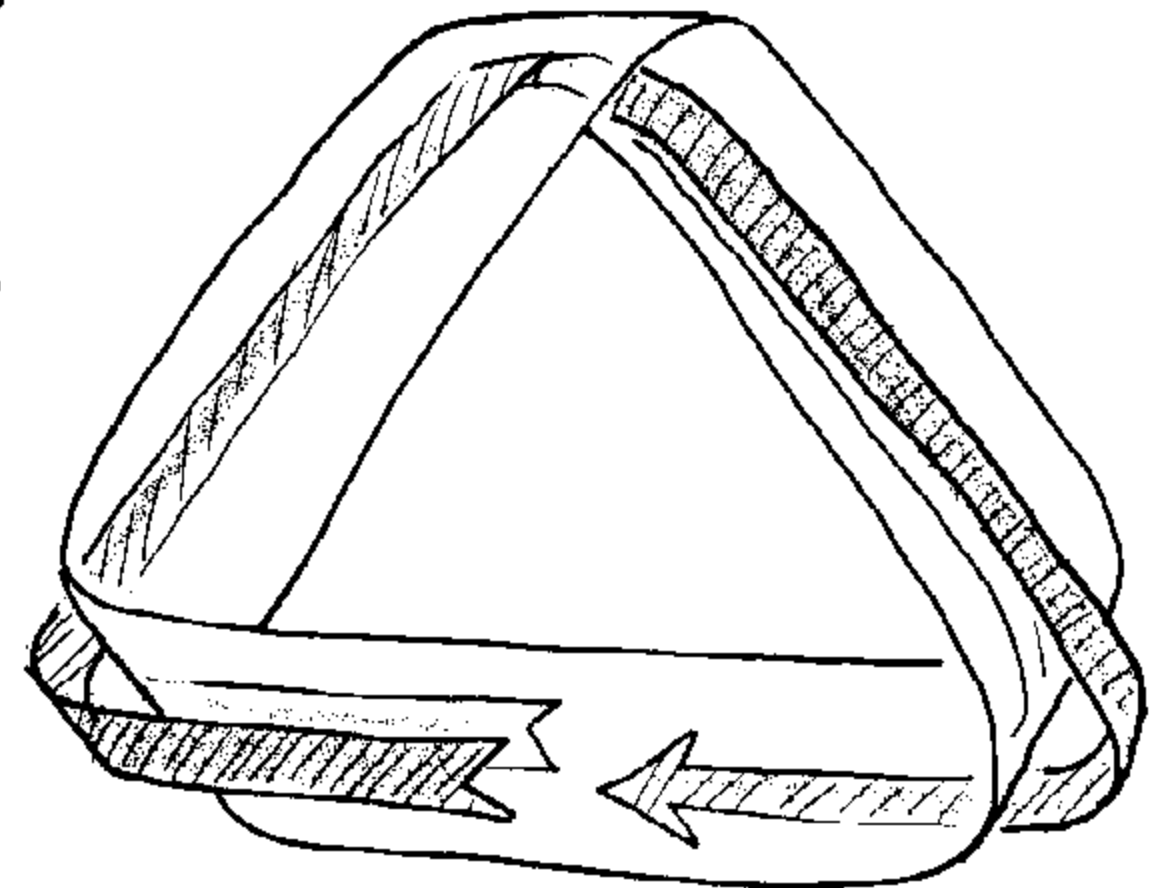
se rasca desesperadamente la cabeza



pobre animal...

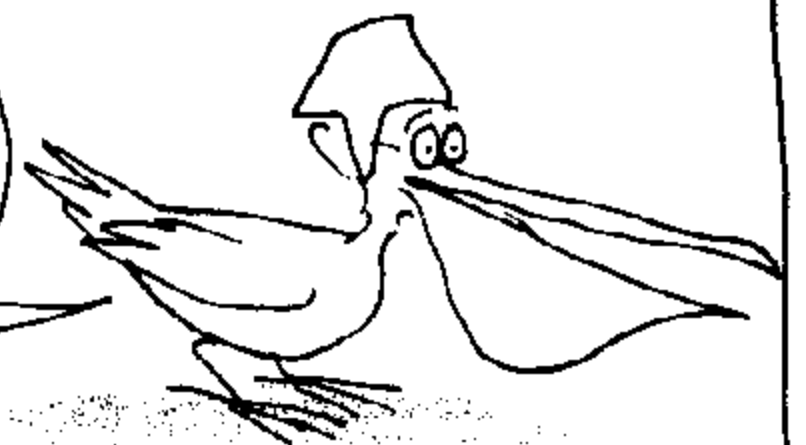


Como el espejo es unilátero, dando la vuelta, su brazo ha pasado al "otro lado".



iii Y como el espejo es perfectamente semitransparente y no es capaz de darse cuenta!!!

¡tiene un extraño aire de pánico!



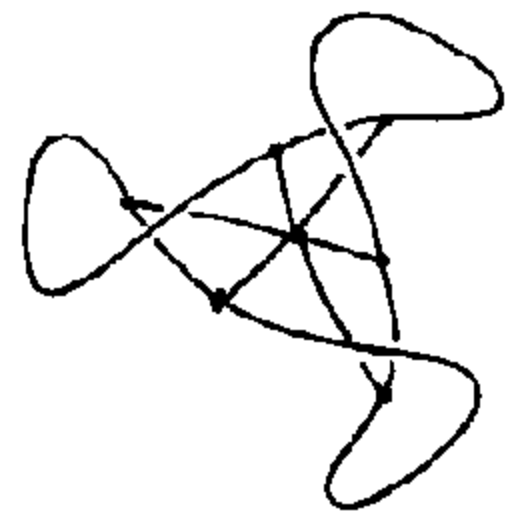
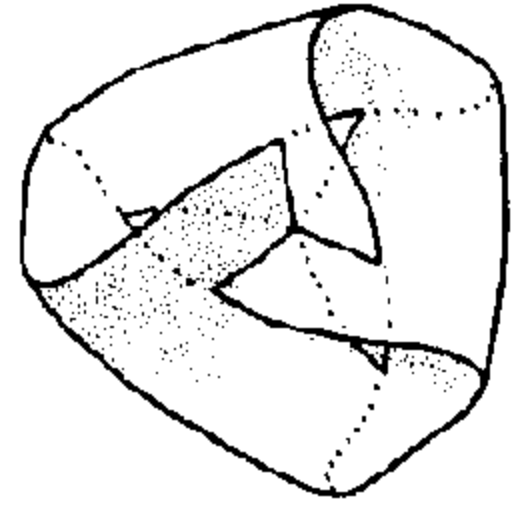
¡ponte en su lugar!



Ya sabes, si un día te rascas la oreja ante un espejo y no sientes nada es porque el espejo es unilátero (*)

Si transformásemos una superficie de BOY en un espejo sin azogue, el universo sería indisociable de su propia imagen.

Pero eso ¿no puede ser peligroso? No sé ...si dominado por una especie de contradicción lógica, ¿el universo no corre el riesgo de desaparecer? (*)

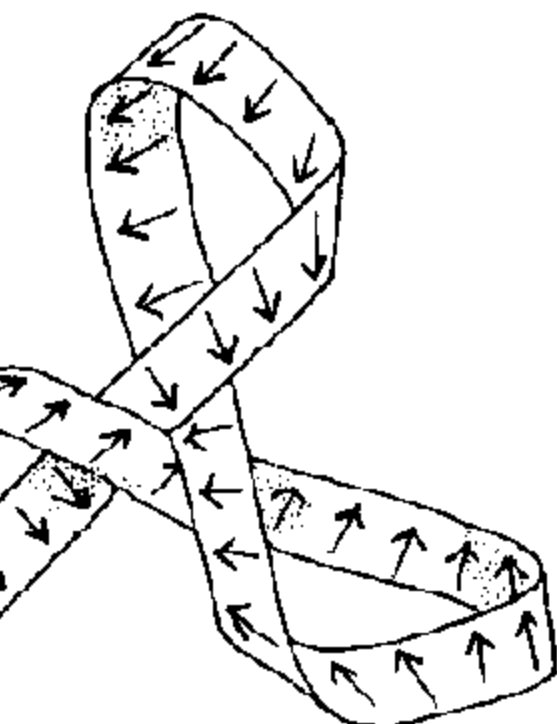


EL ESPACIO-TIEMPO ENLOQUECIDO

Se puede estudiar la topología del espacio-tiempo gracias a modelos de dos dimensiones, una por el espacio y otra por el tiempo.

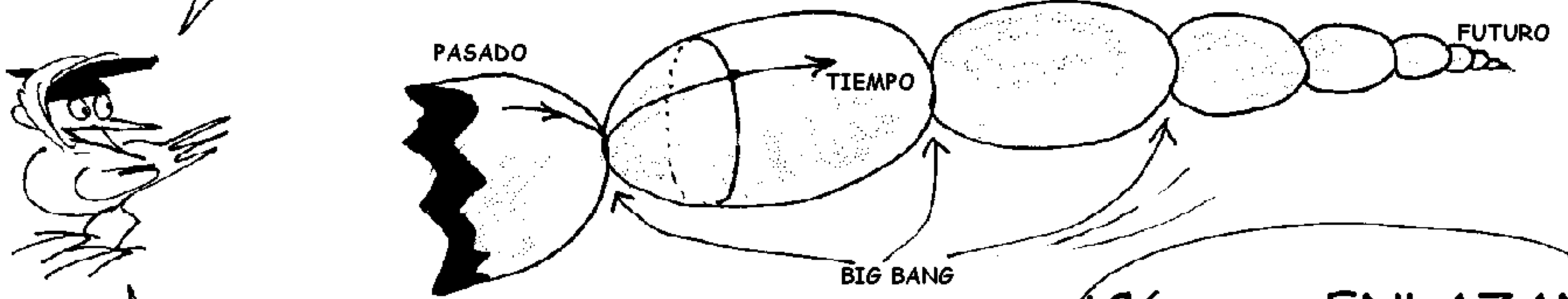
eso es un retículo

CREACIÓN DE UN PUNTO TRIPLE



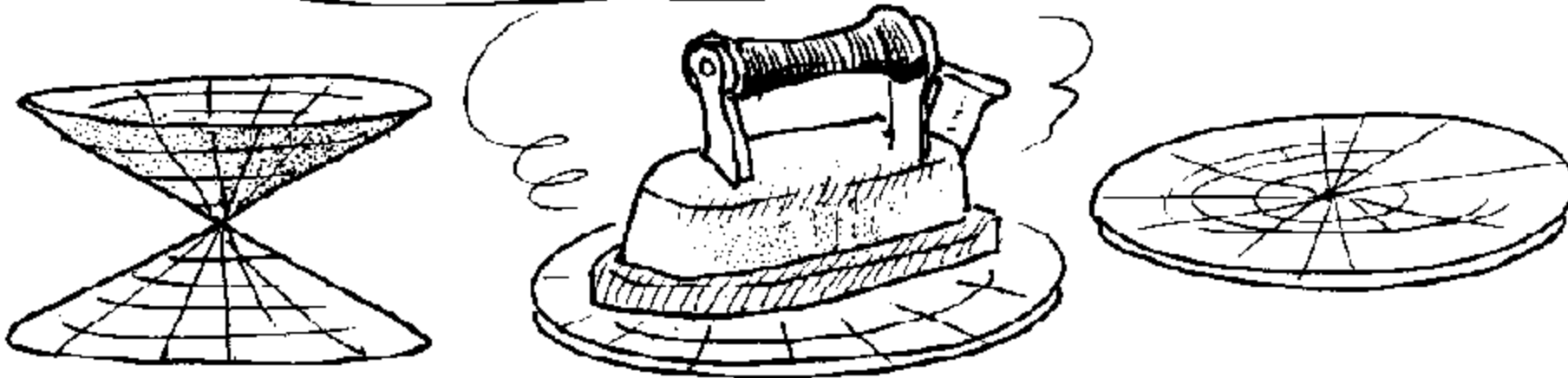
(*) EL EXPERIMENTO JAMÁS HA SIDO INTENTADO

Hemos visto en "LE BIG BANG" que el modelo de universo cíclico de FRIEDMANN se podría representar mediante una infinita ristra de salchichas, siendo cada estrangulamiento un nuevo BIG BANG.

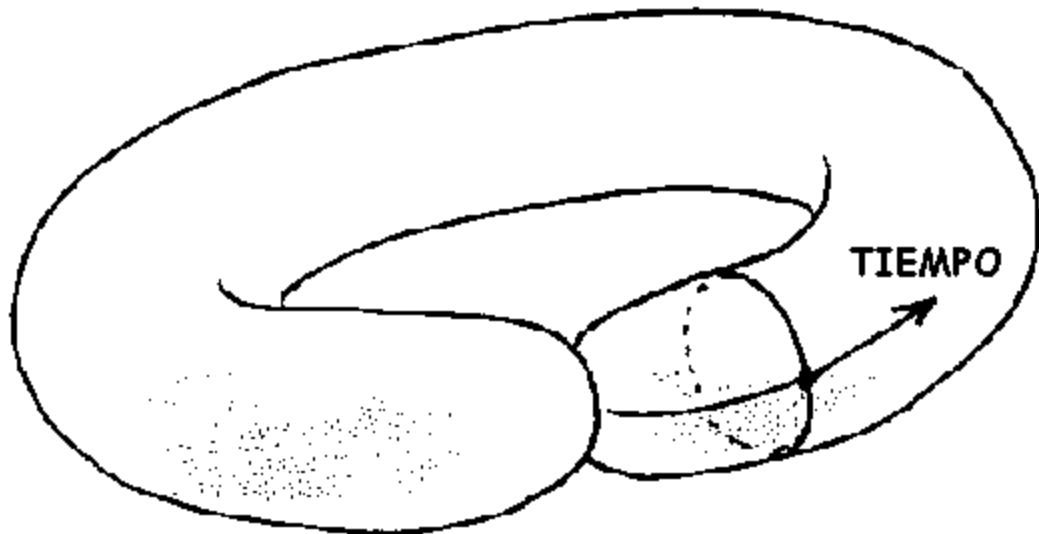


cada BIG BANG sería una singularidad de tipo POLAR

¿Cómo se ENLAZAN las singularidades?



Coges un cono y lo planchas.

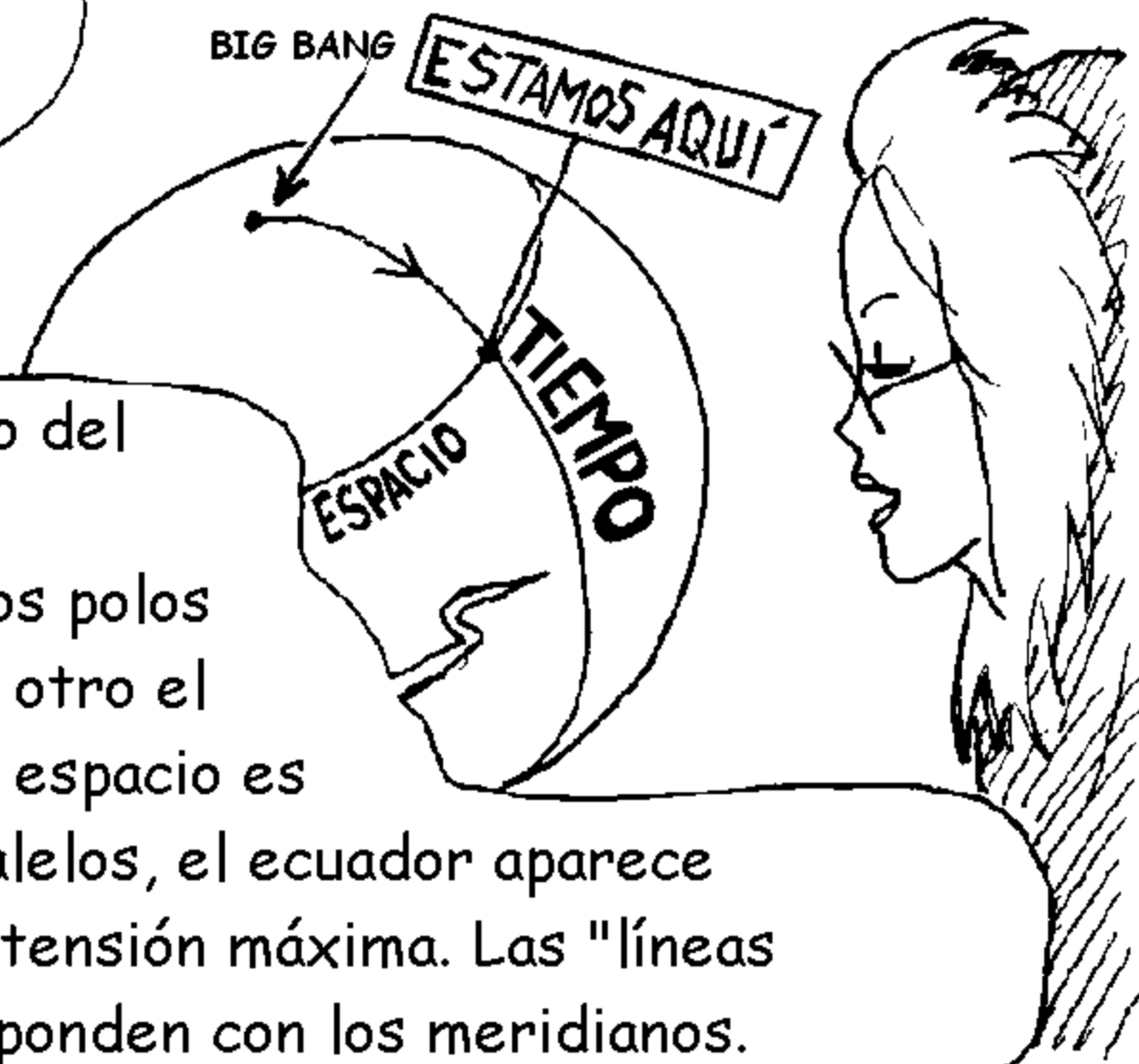


Se puede imaginar también que los mismos sucesos se puedan repetir hasta el infinito, en cuyo caso se tendría esto ...

O puede suponerse que el TIEMPO simplemente tiene un COMIENZO y un FIN, como aquí

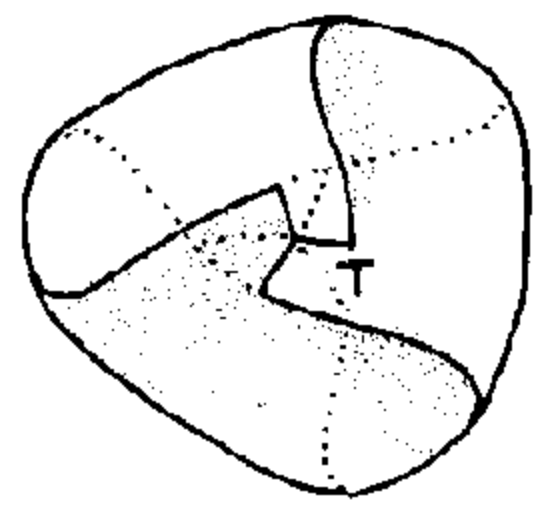


En el modelo clásico del ESPACIO-TIEMPO ESFÉRICO, uno de los polos es el BIG BANG y el otro el ANTI BIG BANG. El espacio es asimilado con los paralelos, el ecuador aparece como el estado de extensión máxima. Las "líneas de tiempo" se corresponden con los meridianos.



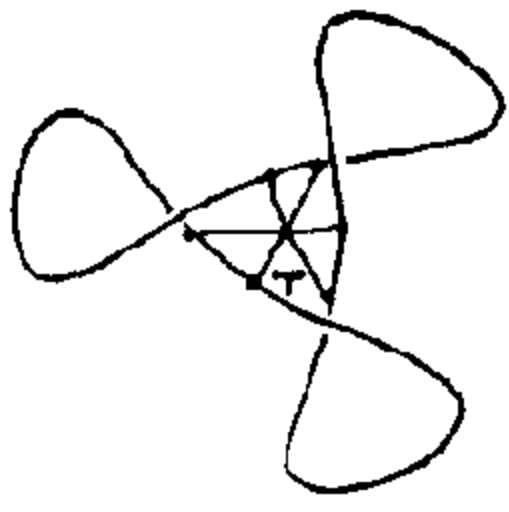
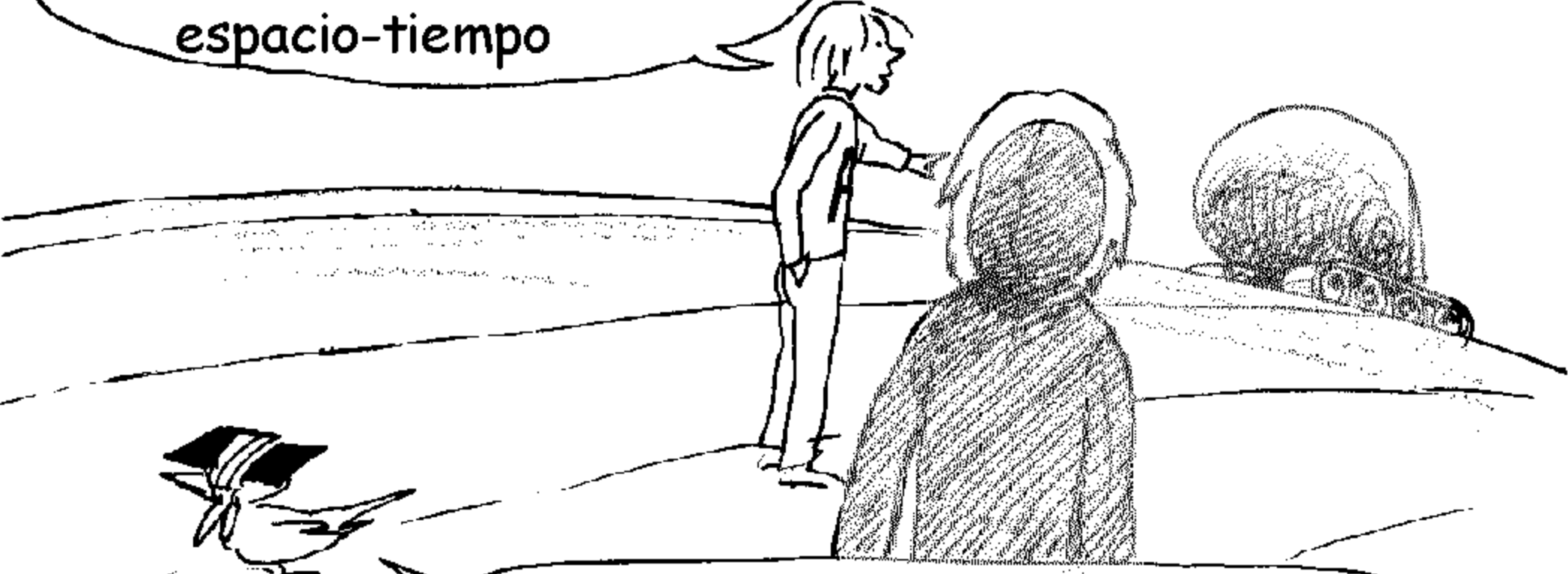


Para recorrer estos meridianos del tiempo, estas **LÍNEAS DE UNIVERSO** nada mejor que un buen **CRONOSCAFO**

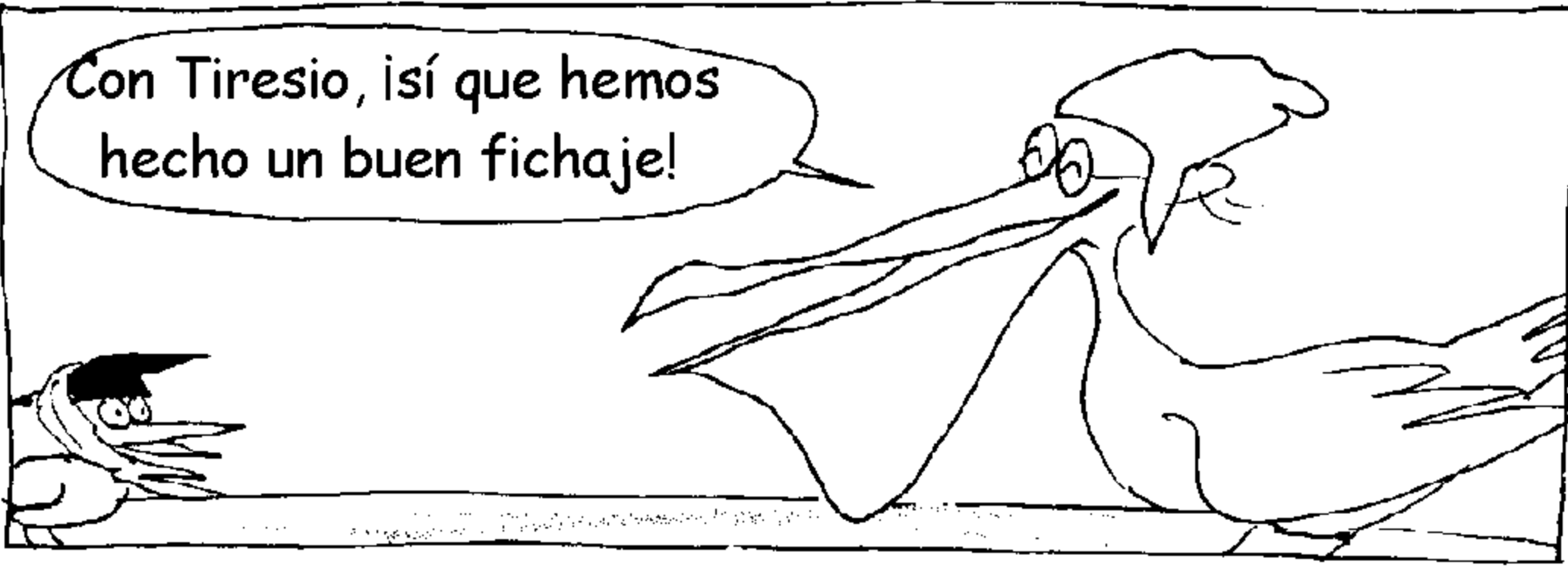


CREACIÓN DEL PUNTO TRIPLE

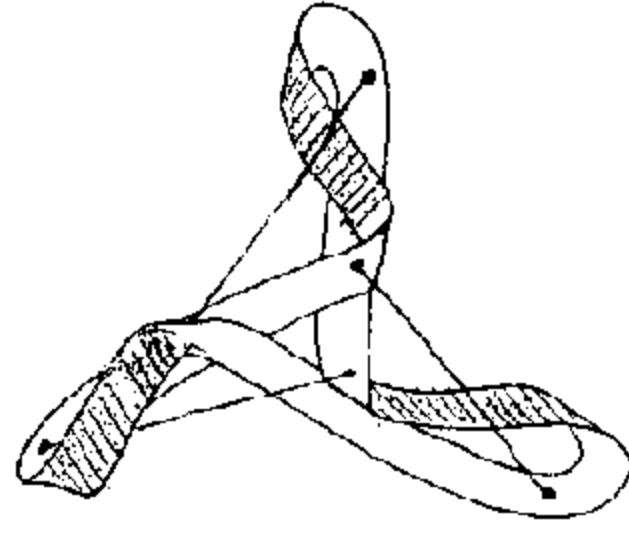
podríamos pedir prestada una de esta máquinas. No me disgustaría explorar este espacio-tiempo



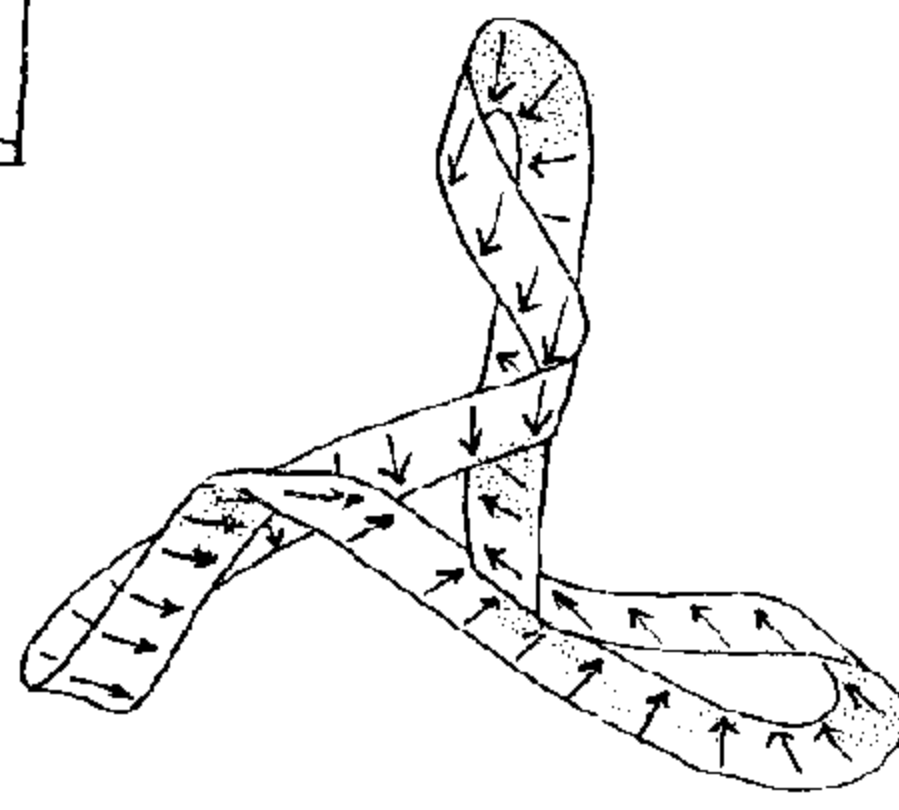
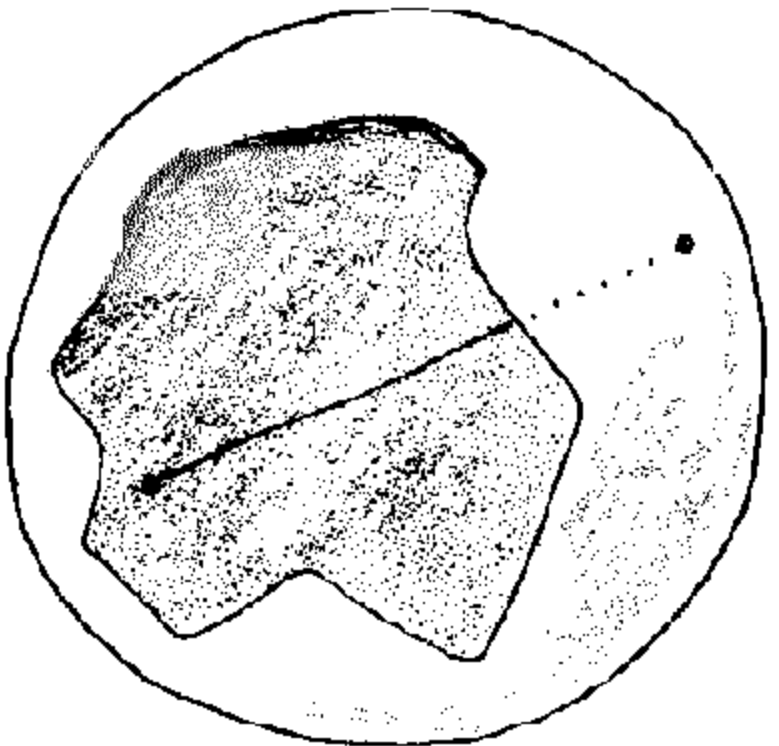
¿Dónde han ido León y Tiresio?



Con Tiresio, isí que hemos hecho un buen fichaje!



Hemos tomado todos los puntos de este espacio-tiempo y los hemos juntado con los **ANTIPODALES** con hilos ...



... después hemos mojado todos los hilos en el ENCOGIDOL. Tiresio ha dicho que ésta podría ser una elegante experiencia espacio-temporal

Estáis completamente locos los dos. ¡¡No habéis medido las consecuencias!!

Y, ¿qué pasará?

Por culpa de este animal de Tiresio el ESPACIO-TIEMPO está a punto de replegarse sobre si mismo. Todos los SUCESOS correspondientes a la fase de EXPANSIÓN, es decir después del BIG BANG hasta la etapa de EXTENSIÓN MÁXIMA, se encontrarán en CONJUNCIÓN con los sucesos correspondientes de la fase de CONTRACCIÓN, al hacer coincidir las REGIONES ANTIPODALES.

El BIG BANG y el ANTI BIG BANG se encontrarán y se confundirán, ¿no?

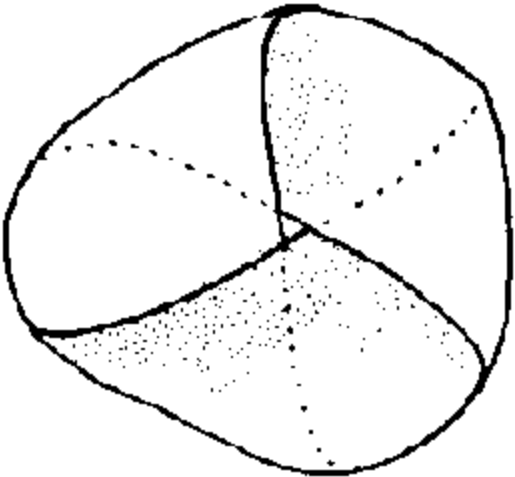
¡Cuán extravagante!
¡Qué extraña
coincidencia!

Supongo que esto ya ha sido considerado (*)

no tenía que haber escuchado a Tiresio.

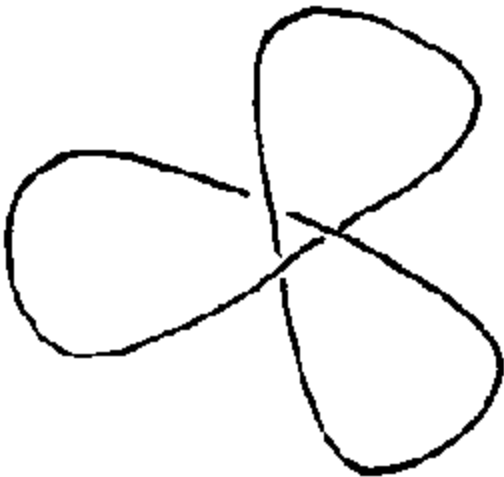


Pero este fenómeno de conjunción hará que regiones del espacio-tiempo, unas en las antípodas de las otras, se encuentren cara a cara pero en OPOSICIÓN TEMPORAL.

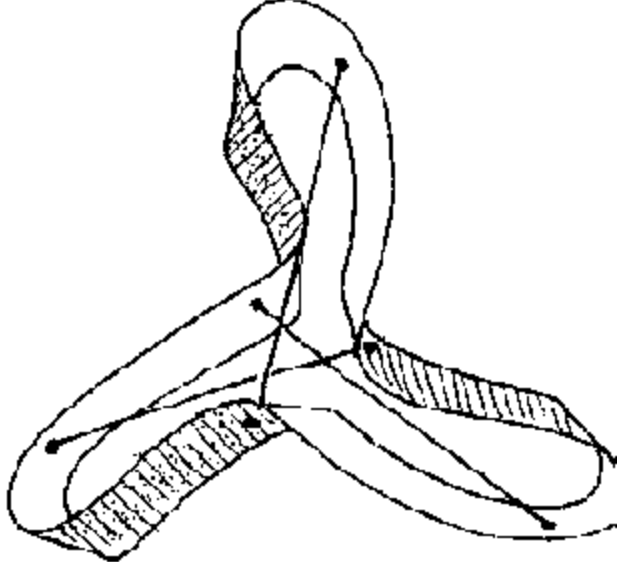
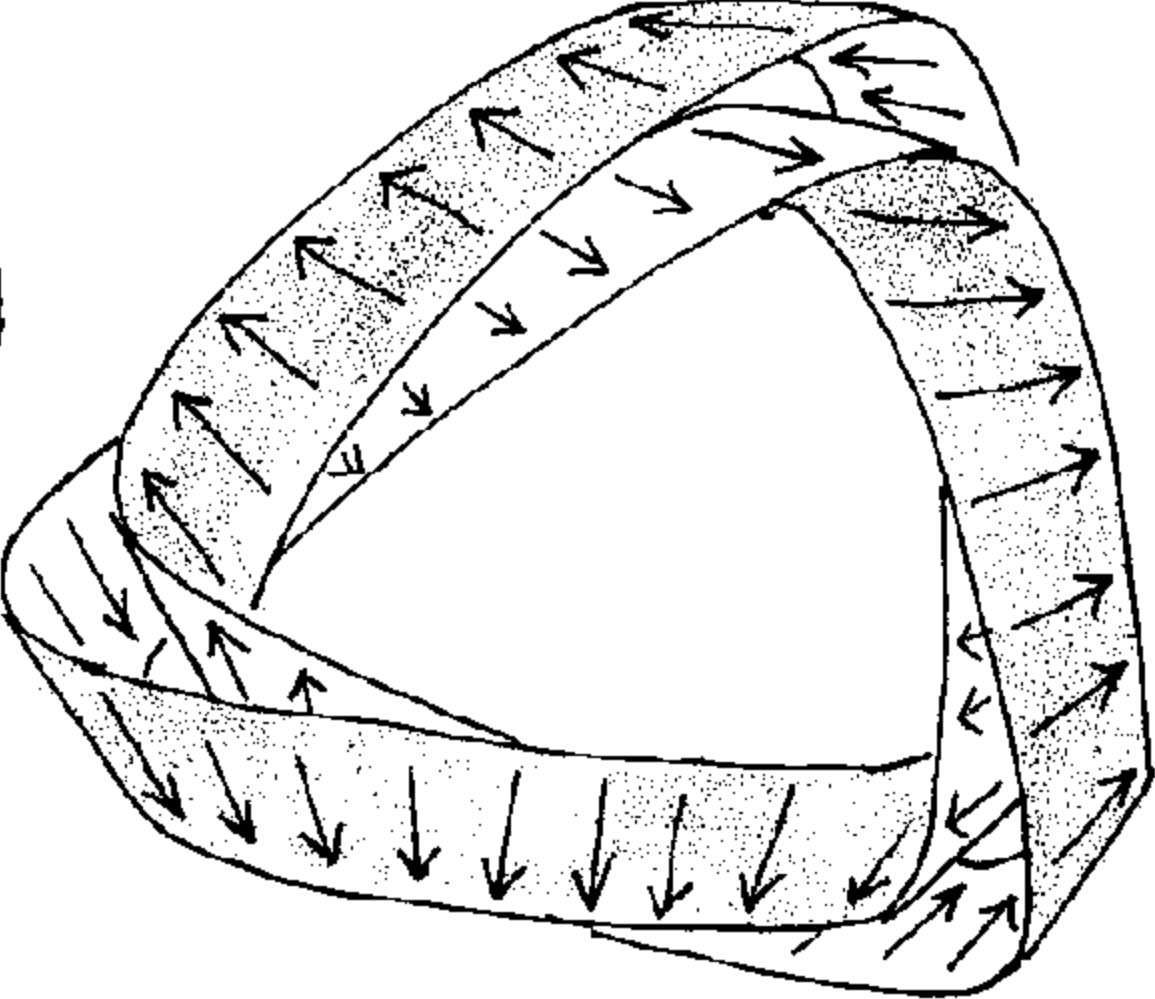
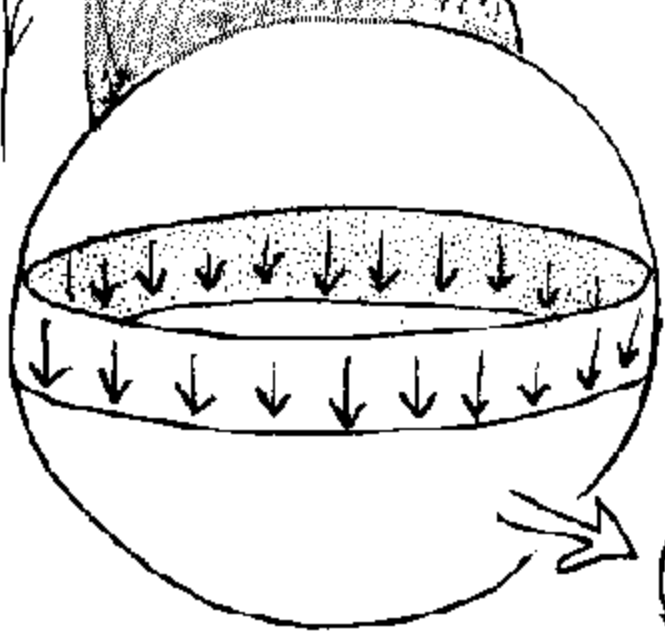


¡Imposible!

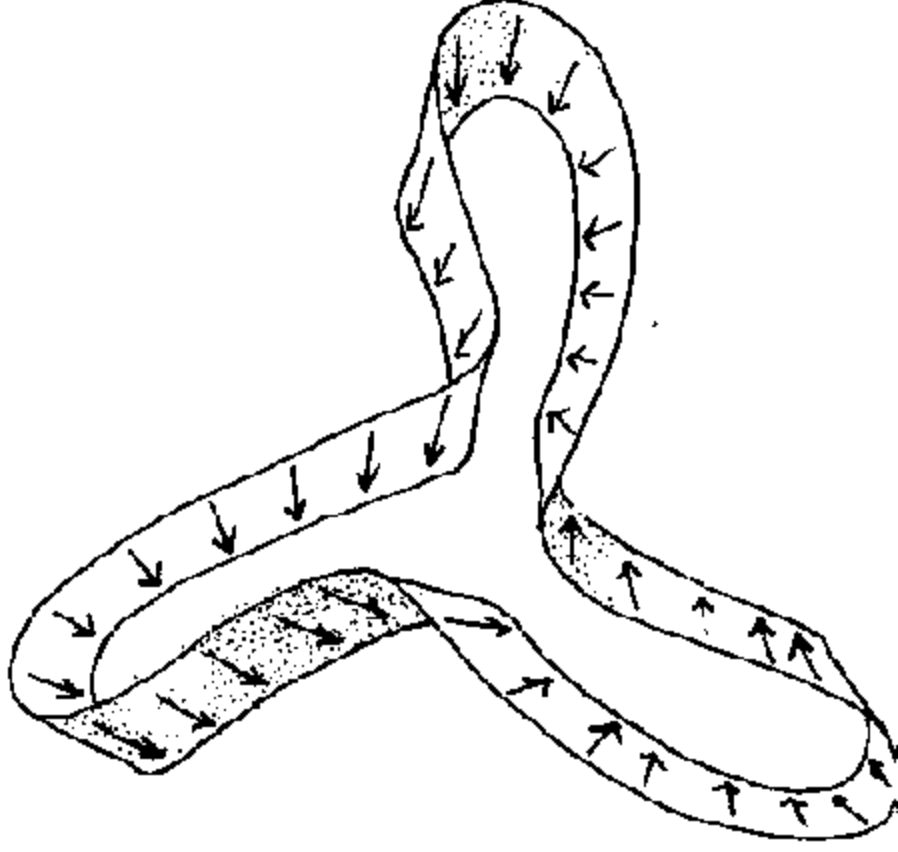
¡En absoluto! Considera por ejemplo la región situada en los alrededores del ecuador de este espacio-tiempo esférico, que corresponde al estado de máxima expansión. Se la ve muy bien replegarse sobre si misma en la película D



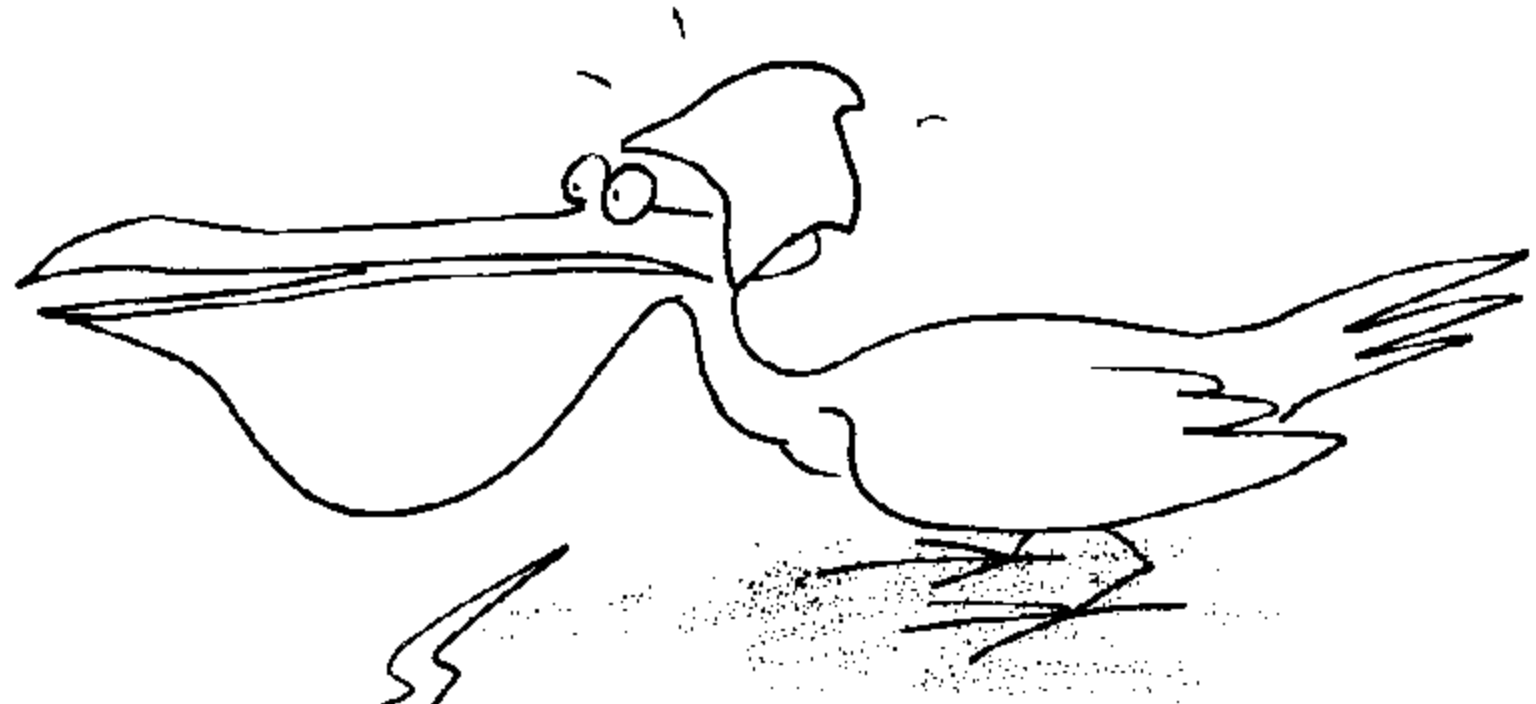
las FLECHAS DEL TIEMPO se configuran en OPOSICIÓN



¿Quieres decir que el PASADO para algunos podría llamarse el FUTURO para sus ANTÍPODAS?

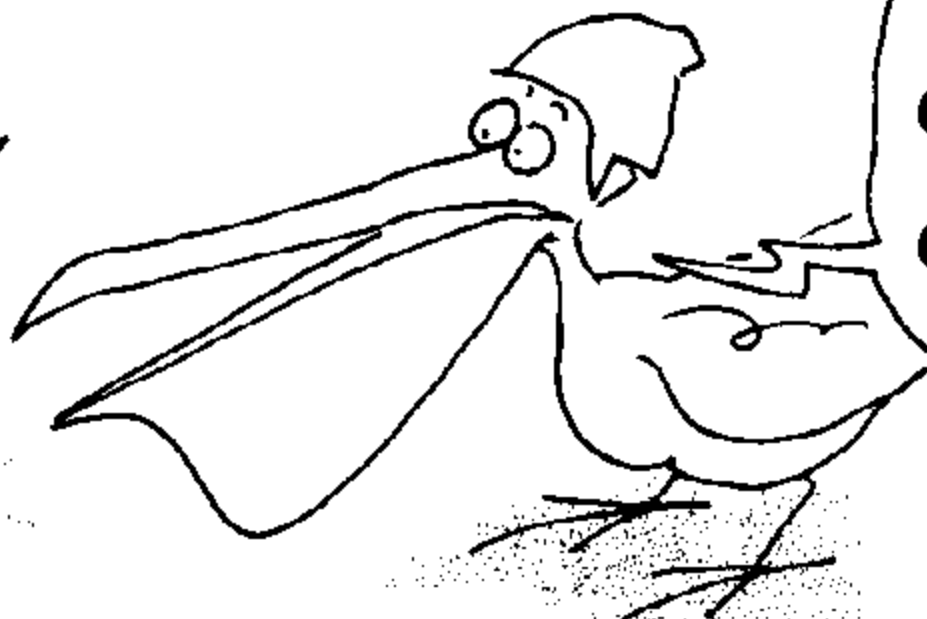


mi querido León,
buena la has hecho



¿Quieres decir que esto nos expone a que el universo se
sumerja en una situación de contradicción insostenible?

Una especie de callejón
sin salida lógico

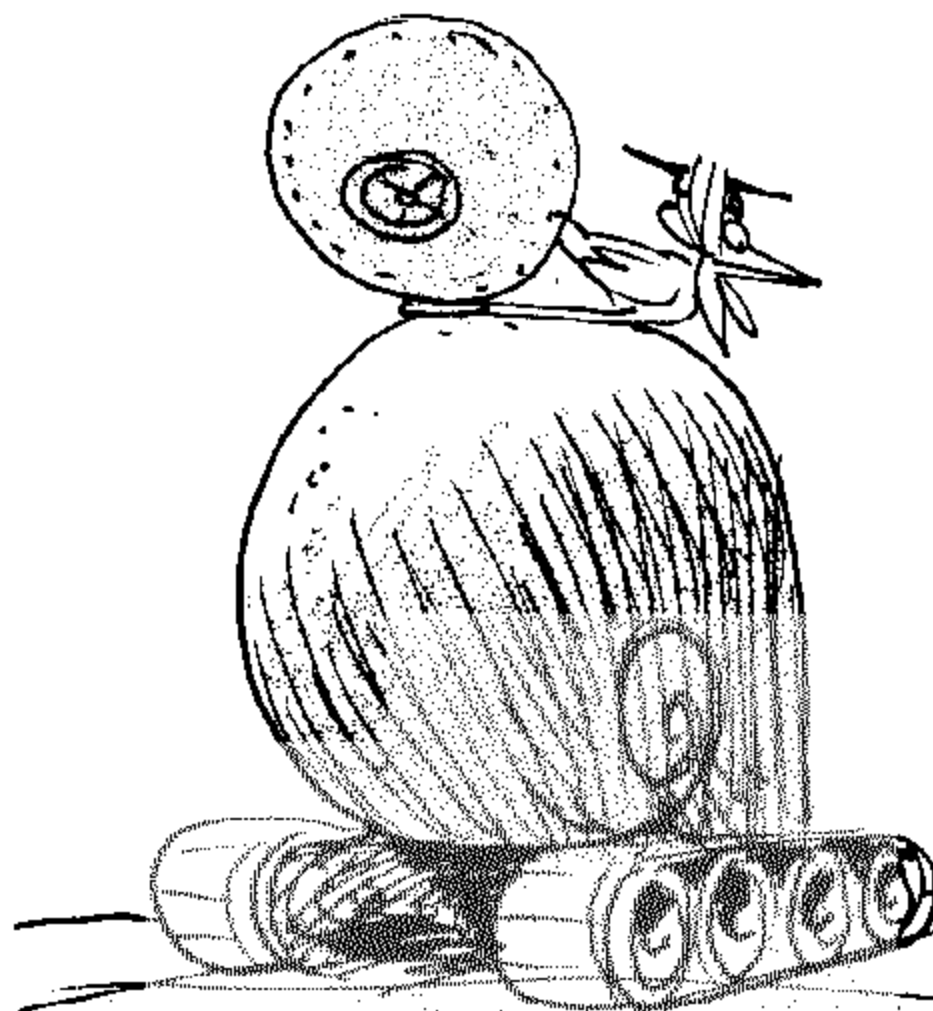


Cuando el ENCOGIDOL haya
hecho su efecto, el universo se
encogerá sobre si mismo y
encararemos el tiempo en sentido
contrario

Por cierto, ¿dónde
ha ido Tiresio?



Subamos al cronoscafo. Se puede
intentar lanzarle una llamada.



¿un aviso
de búsqueda?



Hola, ¿me oyes Tiresio?

Espera, si Tiresio es RETRÓCRONO para nosotros y si reusamos a entrar en contacto con él, sabrá todo lo que fuéramos a decirle

Peor, de hecho, este mensaje, en su TIEMPO PROPIO, es él quien lo emitirá!!

¡Dios mío! ...

Y, de todos modos, si nos lo cruzáramos ¡sería mucho peor!

¡Feynmann pensaba que la antimateria existía en el tiempo al revés!

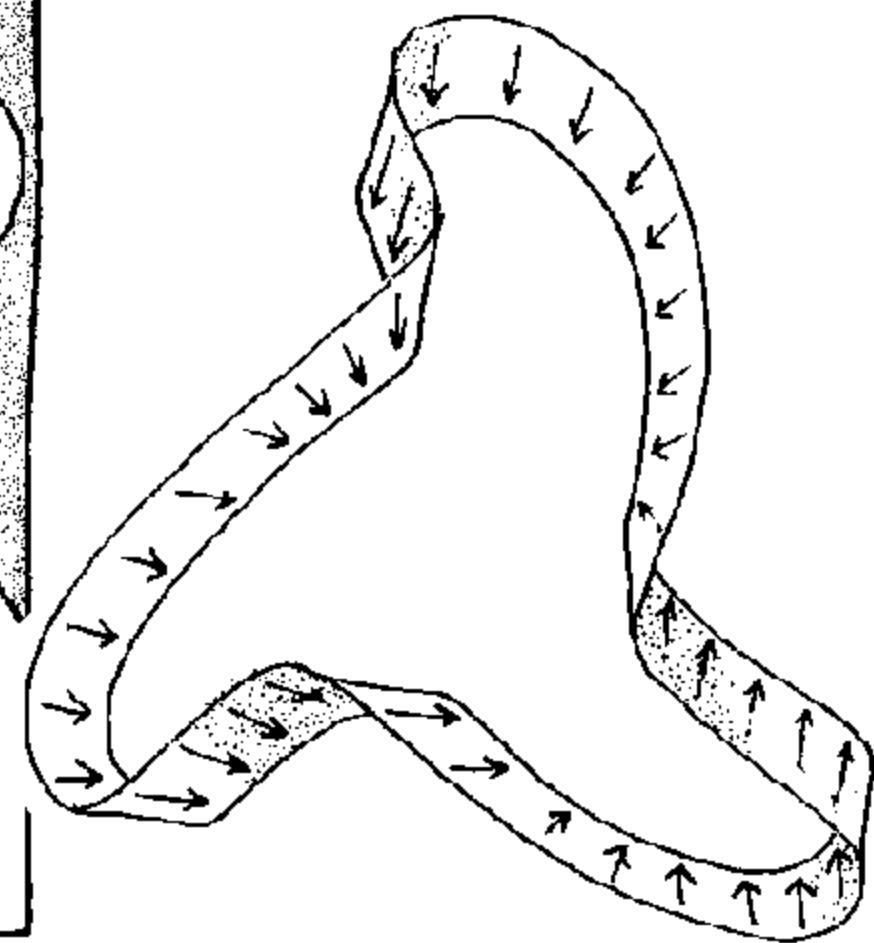
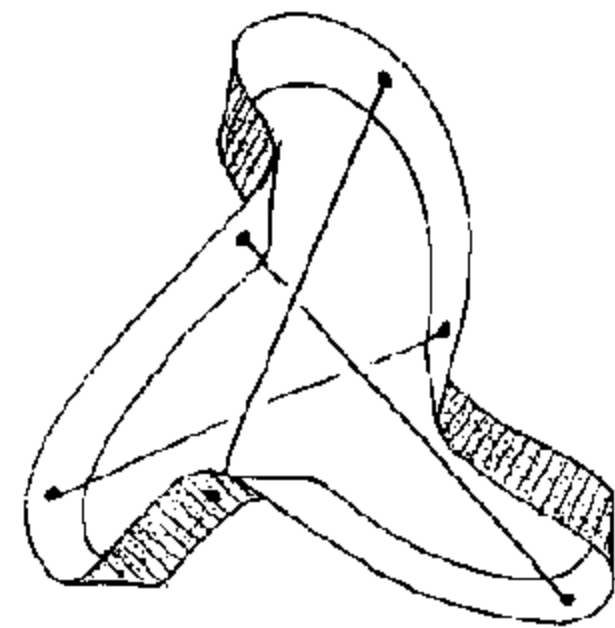
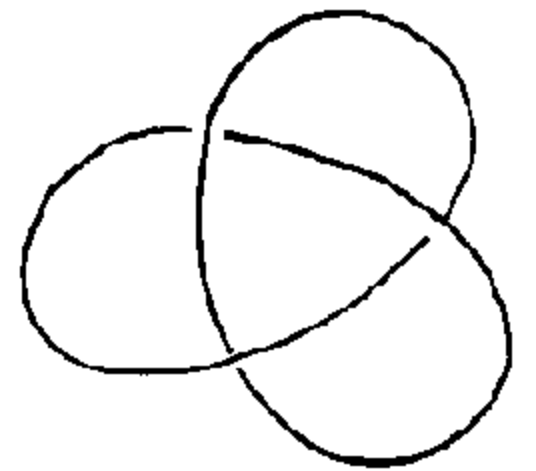
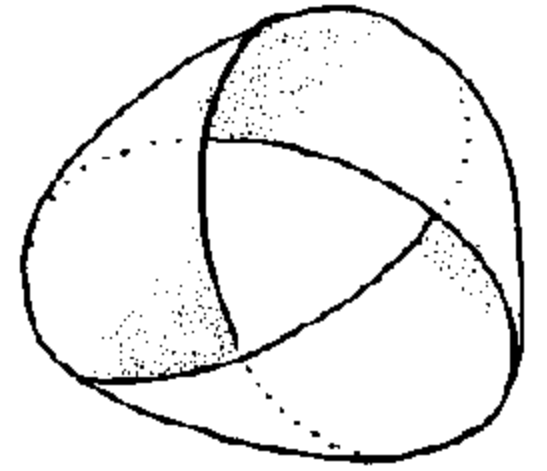
¿Por qué?

Y el abad LEMAÎTRE (*) pensaba que la antimateria era la materia vista AL REVÉS! (*)

Entonces, si por desgracia, nos encontráramos con Tiresio, se habría convertido en ANTI-TIRESIO

¿Cómo que BOUM?

Y entonces ¡BOUM!



(*) VED "BIG BANG" (ediciones BELIN)



¡Tiresio!
¿dónde
estabas?



¡CLONC!

me fui a
desentumecer
las piernas



¡Eh, el CRONOSCAFO!
se ha puesto en marcha...

¡Si no hubieras cerrado
la puerta tan fuerte!



¿Cómo se para este trasto?

¡ya sabes que esto
no se puede parar!



Y ¿Cómo se conduce?

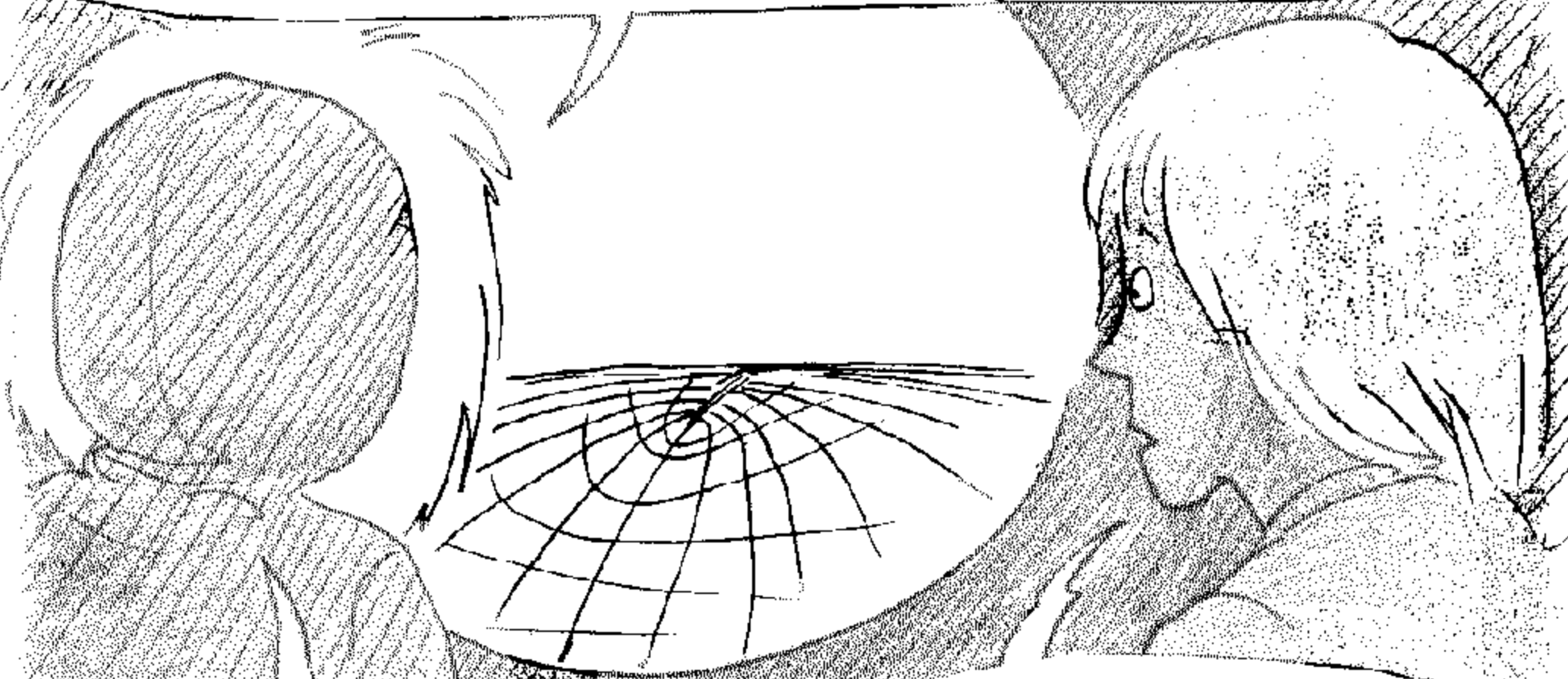
Los CRONOSCAFOS no se conducen.
Él es quien te conduce a ti. Sigue una
LÍNEA DE UNIVERSO, eso es todo...



¡tú y tus ideas!!

yooo...

¡Eh! ¡mirad eso que hay ahí delante, todo recto



parece un ombligo

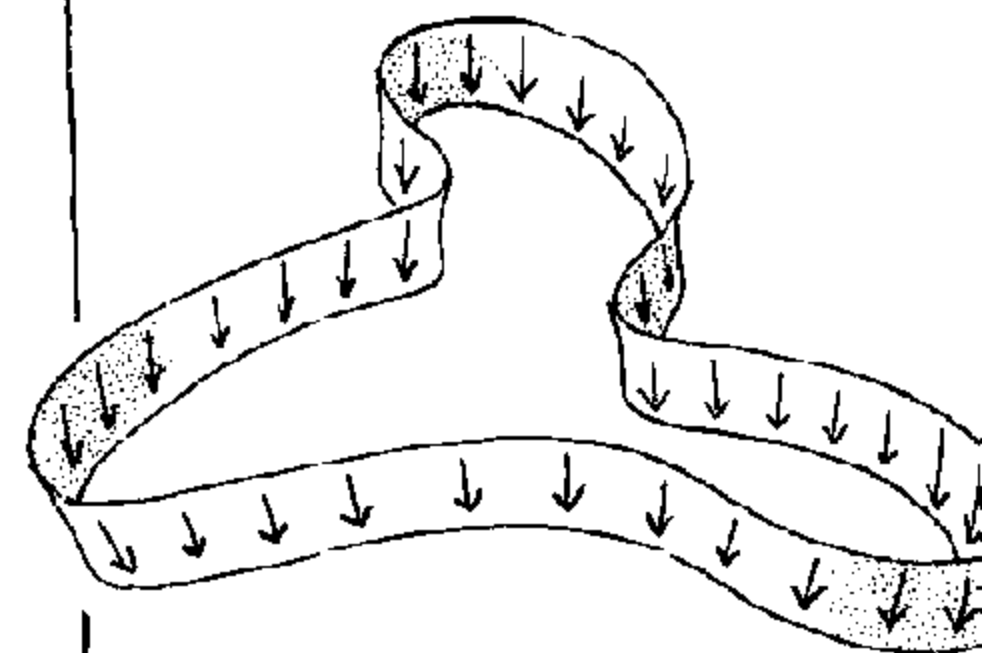
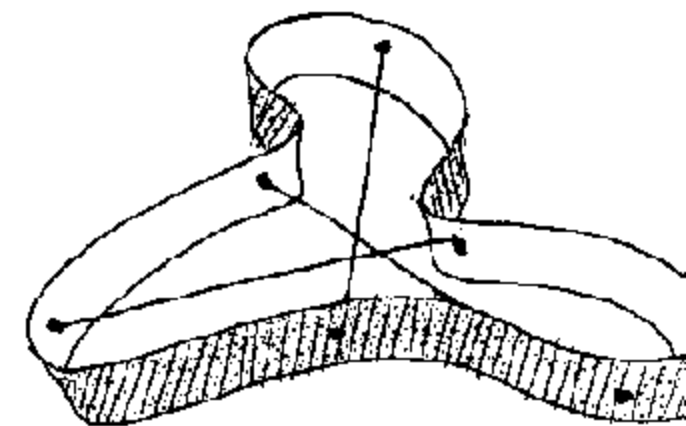
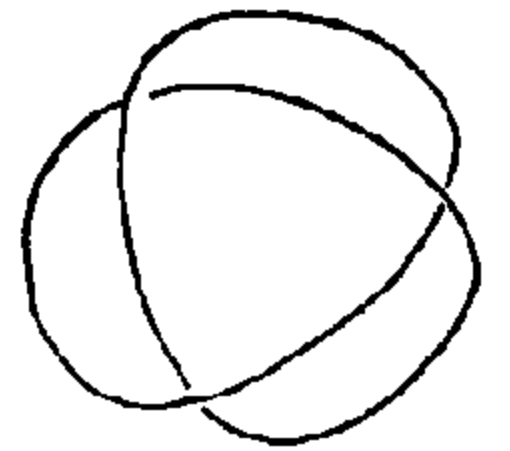
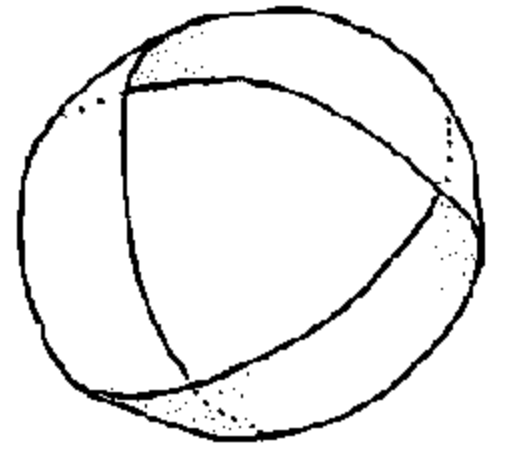
¡Nuestra línea de universo va recto hacia abajo!

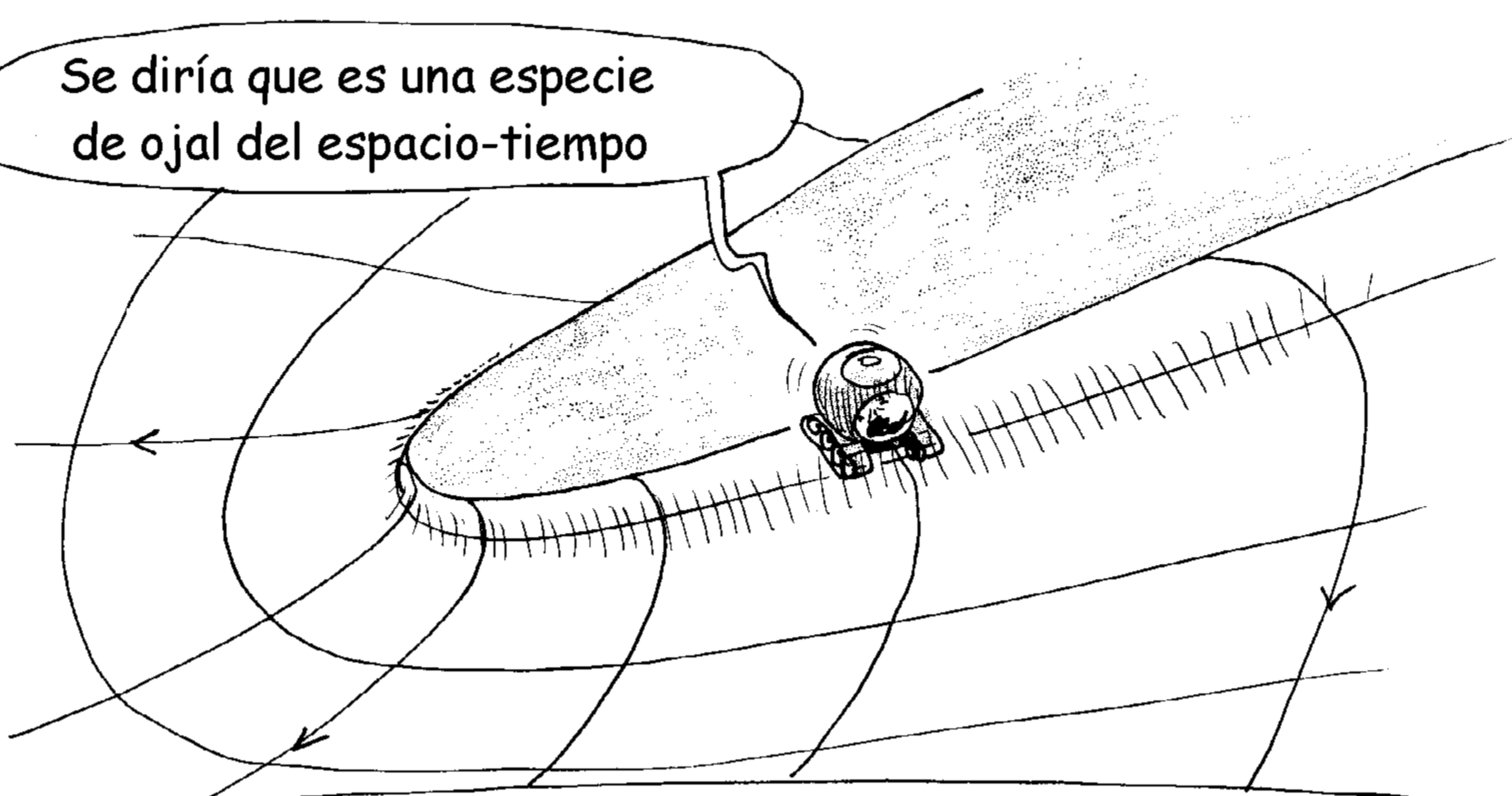
¡Esto tiene toda la pinta de un AGUJERO NEGRO!



esta singularidad ¿de qué orden será?

¡Ah! ¡es el momento idóneo de plantearse esa cuestión!





Se diría que es una especie de ojal del espacio-tiempo

The diagram shows a wormhole structure with a probe on the right side. The probe is emitting a beam of light towards the left. The wormhole is represented by two circular openings connected by a central tube. The background is a grid of lines representing spacetime, with arrows indicating the direction of flow.

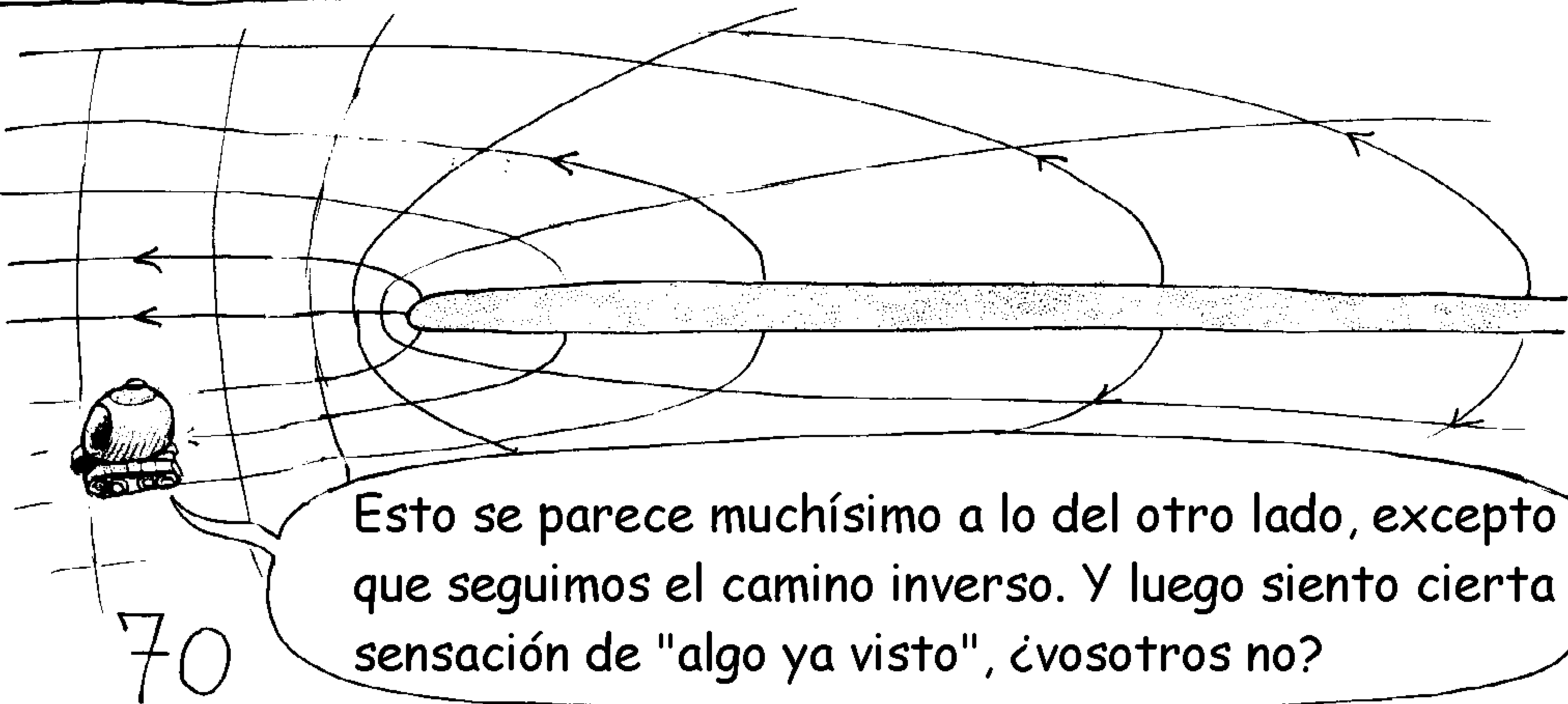


las líneas de universo ahora SALEN de la singularidad, aquí abajo

The diagram shows a wormhole structure with a probe on the left side. The probe is emitting a beam of light towards the right. The wormhole is represented by two circular openings connected by a central tube. The background is a grid of lines representing spacetime, with arrows indicating the direction of flow.

Creo que emergemos ahora por un SURTIDOR BLANCO

Y nosotros en el otro lado del universo



Esto se parece muchísimo a lo del otro lado, excepto que seguimos el camino inverso. Y luego siento cierta sensación de "algo ya visto", ¿vosotros no?

The diagram shows a wormhole structure with a probe on the left side. The probe is emitting a beam of light towards the right. The wormhole is represented by two circular openings connected by a central tube. The background is a grid of lines representing spacetime, with arrows indicating the direction of flow.

Pero, ¡ya está! ¡ya lo tengo!,
¡el ESPEJO!

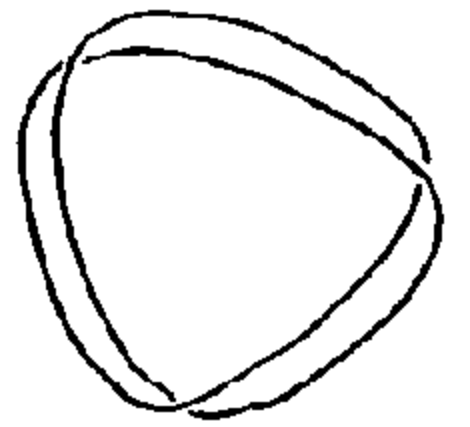
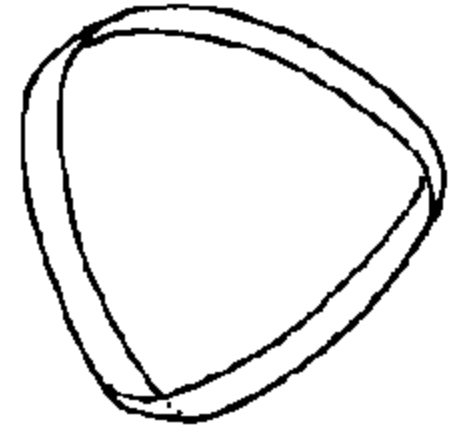
¿qué espejo?

Estas dos mitades del universo son especulares una respecto de la otra. Pero es un ESPEJO ESPACIO-TEMPORAL. En otra parte del agujero negro todo está invertido con respecto al tiempo. Las leyes de la física se muestran invertidas: ¡la singularidad repele la materia en vez de atraerla!! (*)

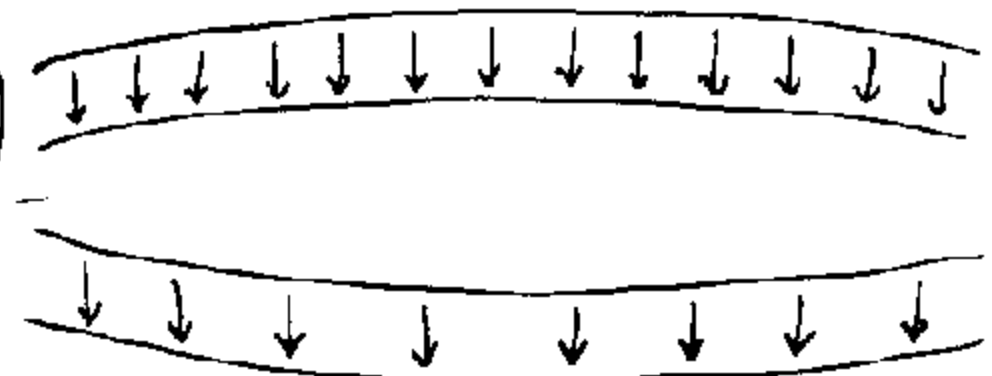
Entonces eso significa que reviviremos este tebeo al revés

Oh sí. El CRONOSCAFO se parará, después Anselmo abrirá la puerta y Tiresio irá a dar una vuelta. Después...

FIN



BANDA BILÁTERA CON PUNTOS ANTIPODALES UNIDOS



(*) PUEDE EXISTIR LA MISMA ESTRUCTURA CON 4 DIMENSIONES

ANEXO CIENTÍFICO

BOY, alumno de Hilbert, descubrió la superficie que lleva su nombre en 1902.

La primera representación analítica fue proporcionada por en 1981 por Jérôme SORIAU (hijo de del matemático J. M. SORIAU) y el autor. El método, semi-empírico, consiste en asociar los meridianos de la superficie con unas elipses, que se parametrizan rápidamente. El punto genérico viene dado por:

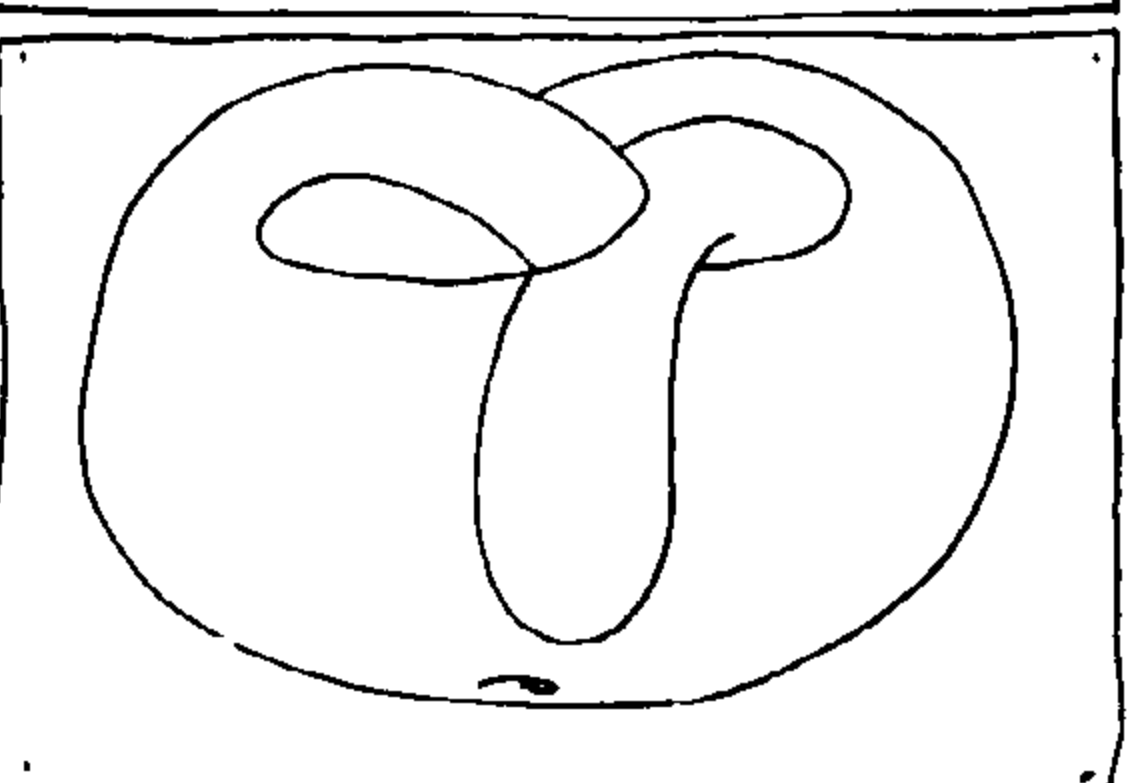
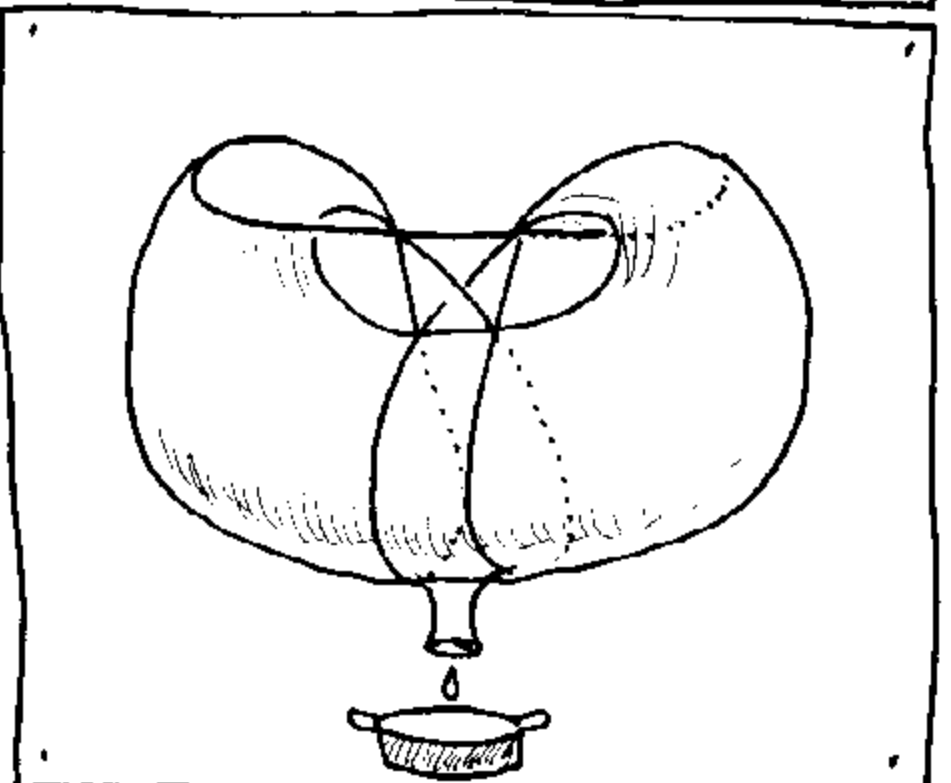
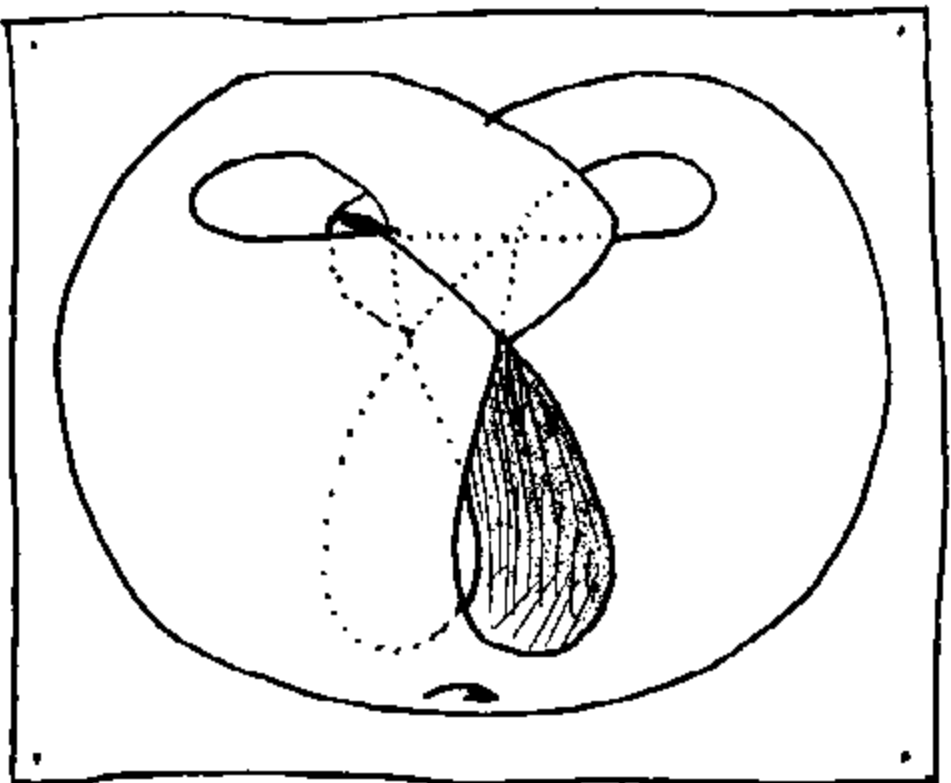
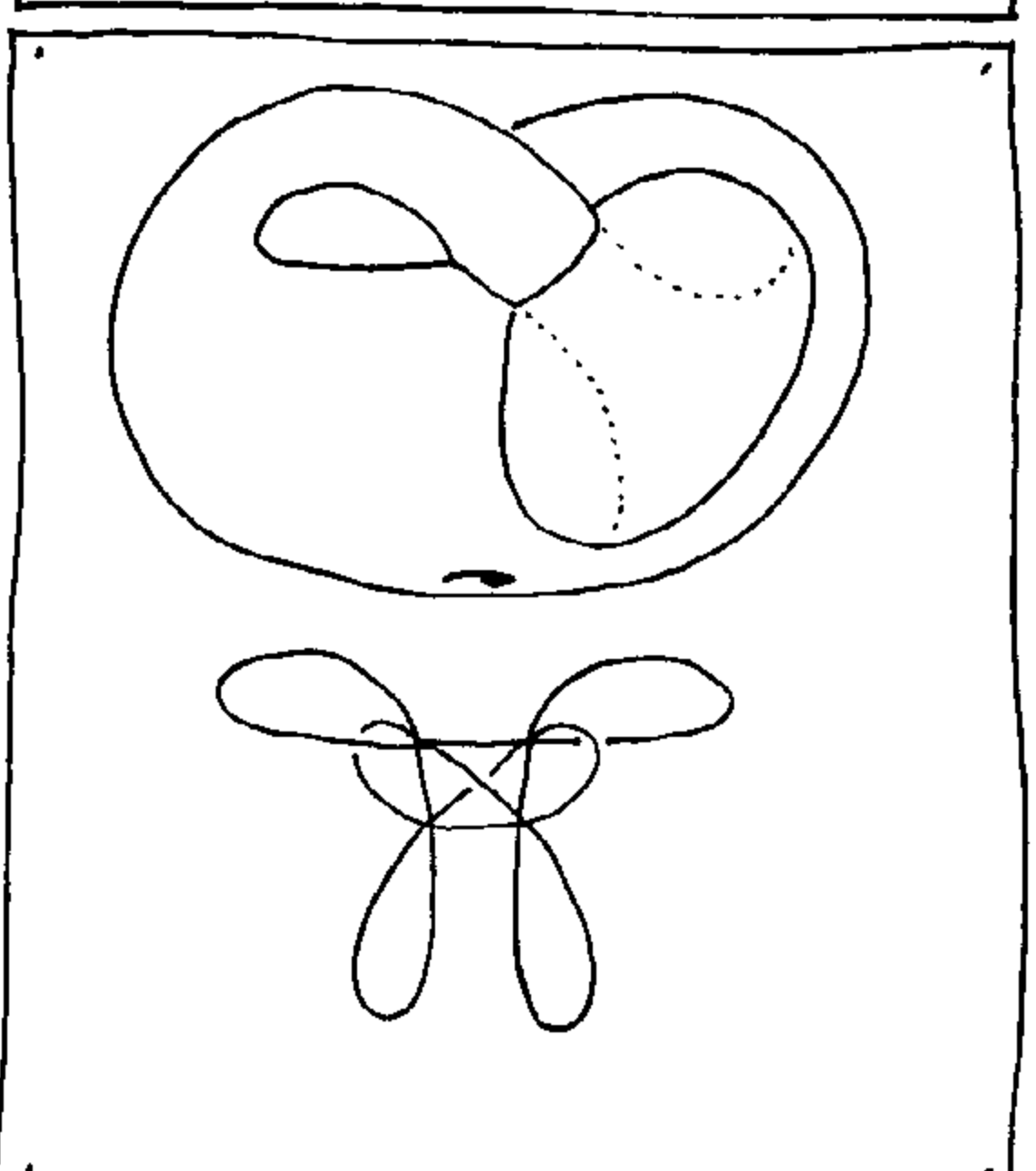
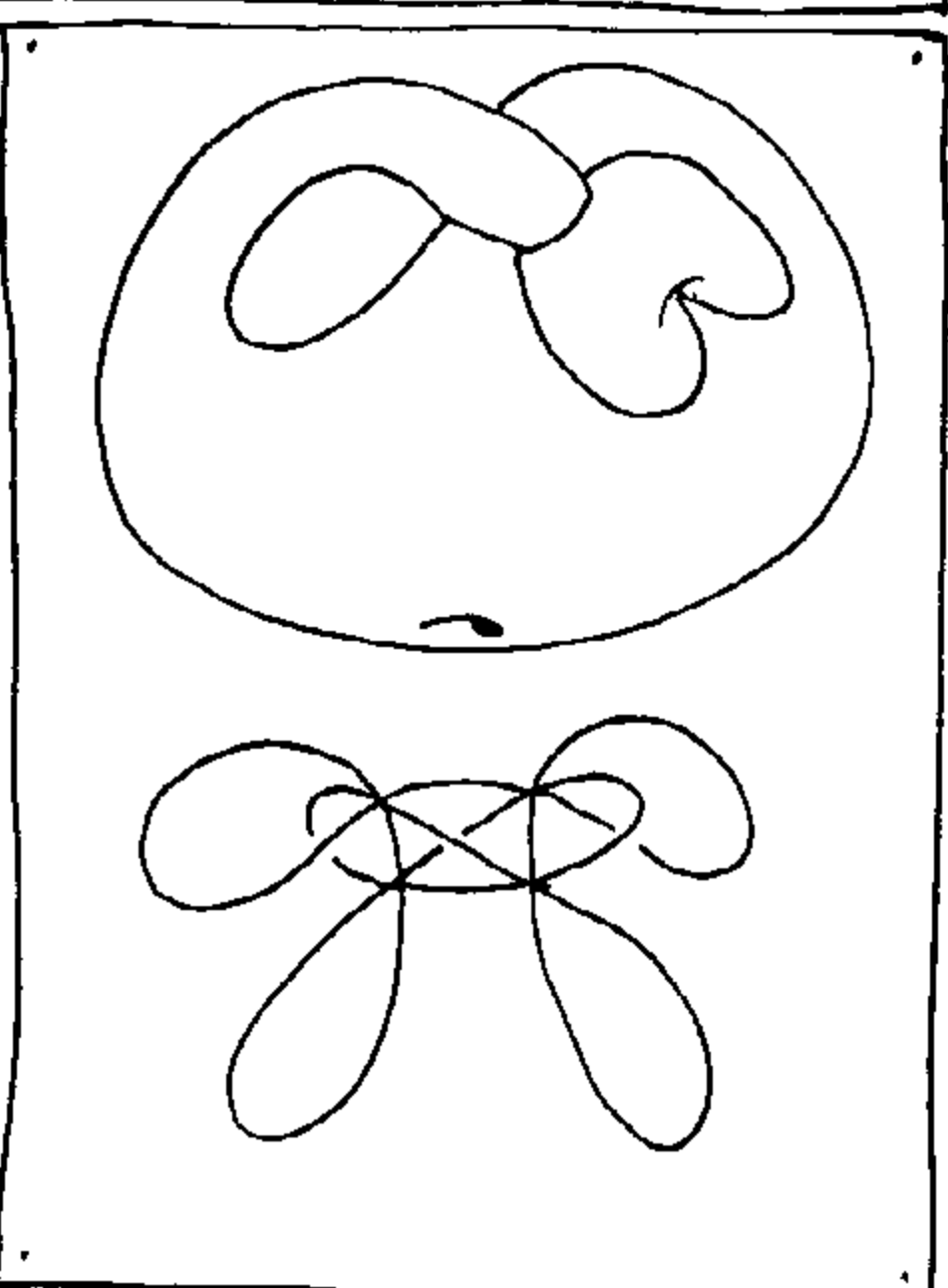
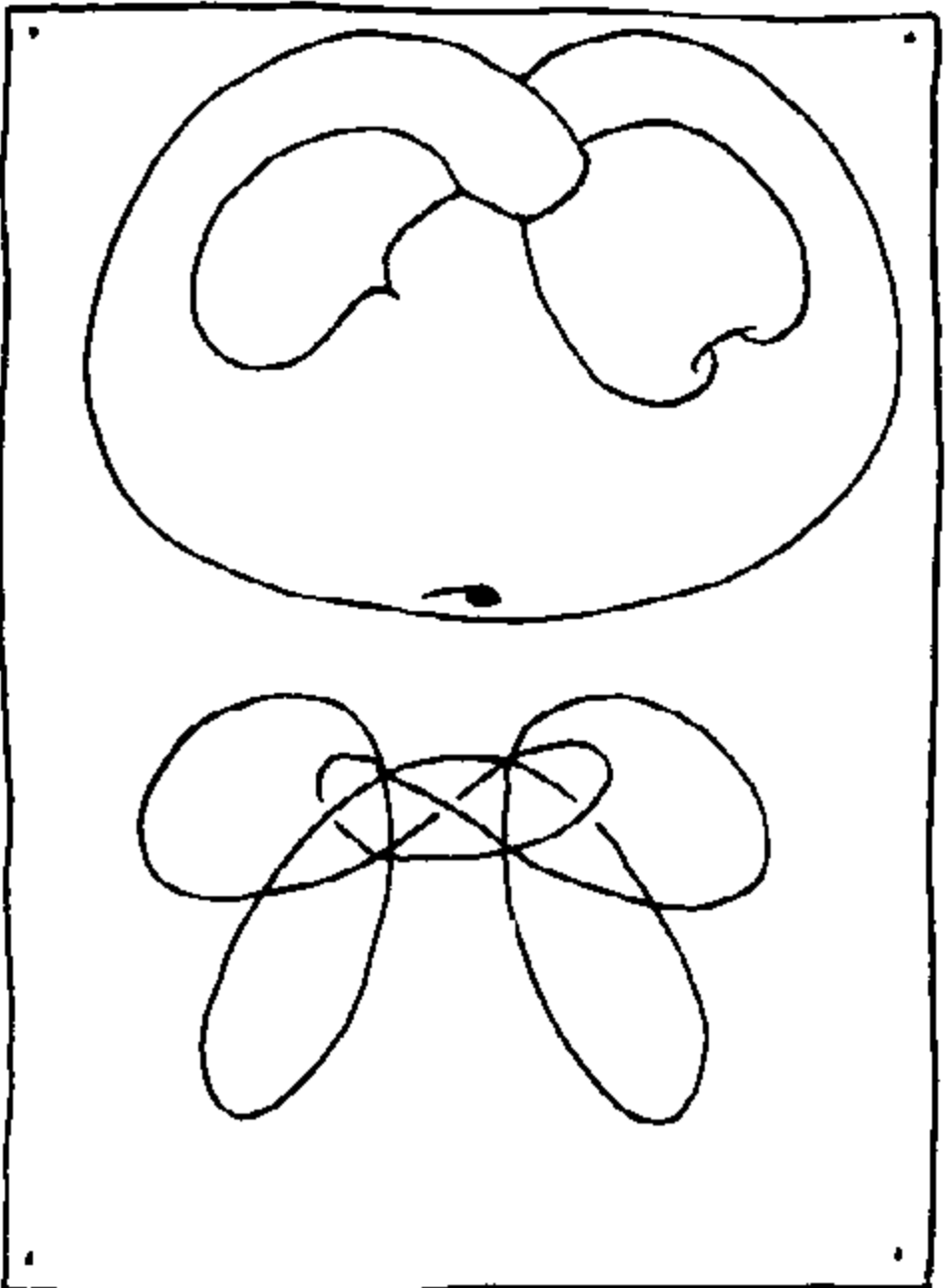
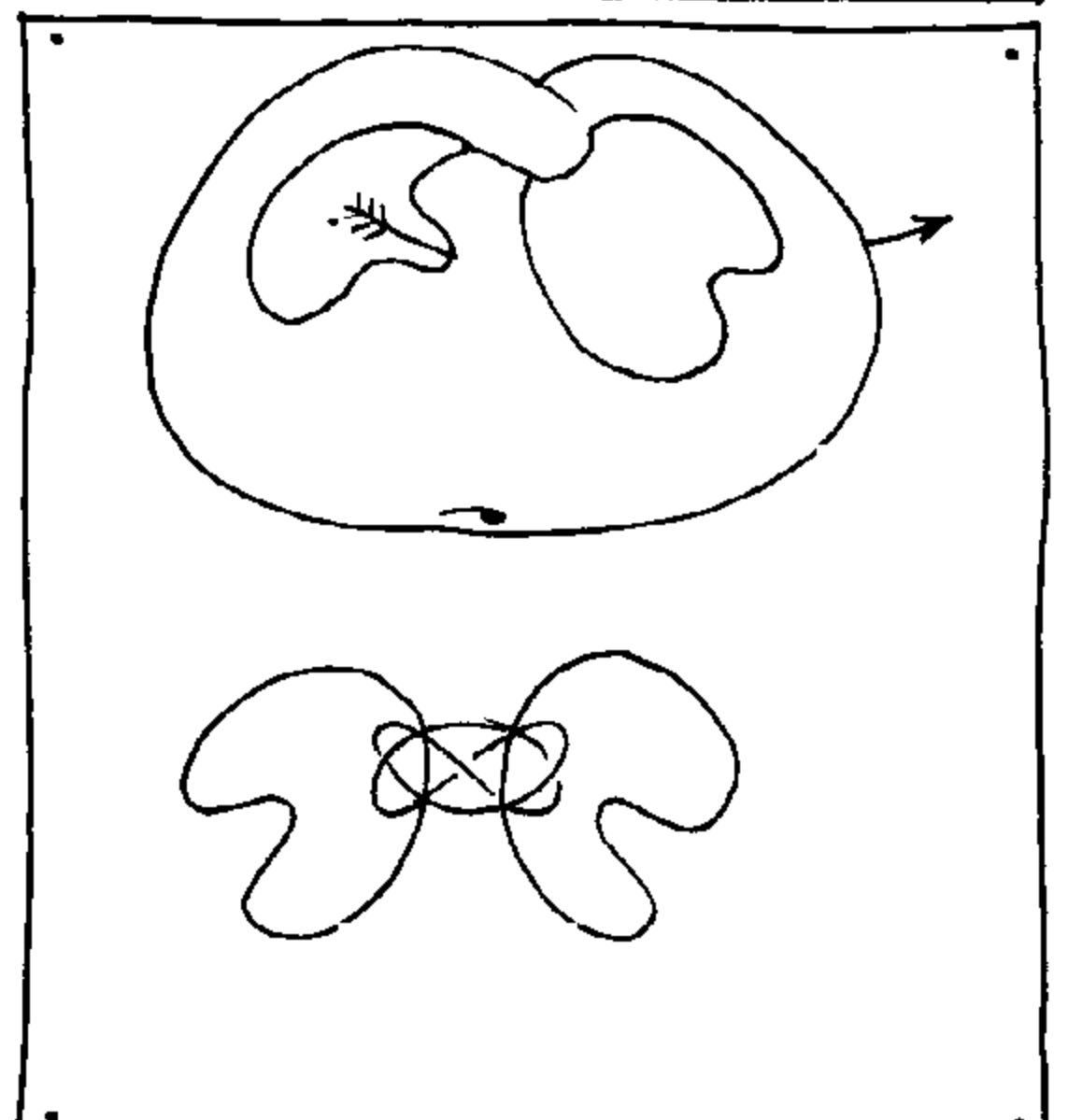
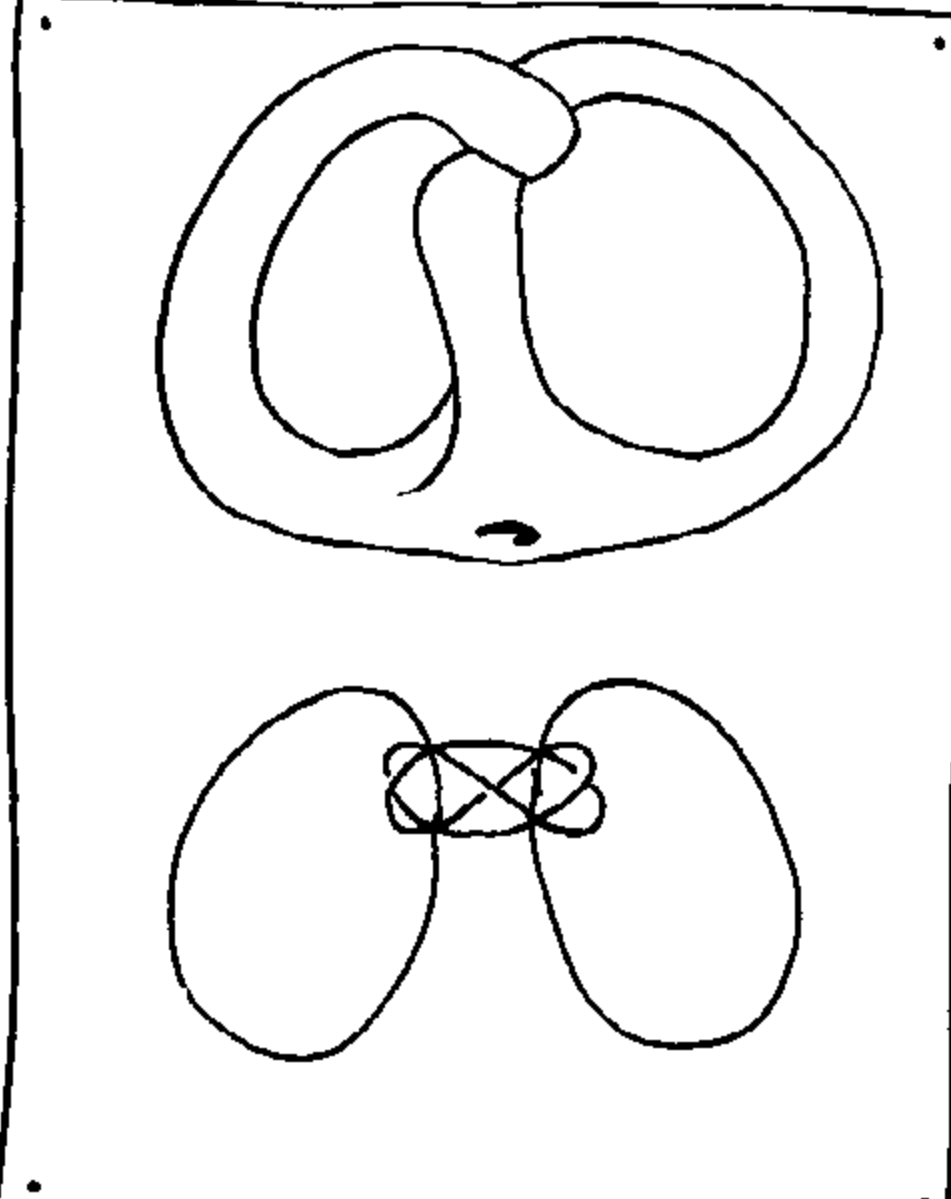
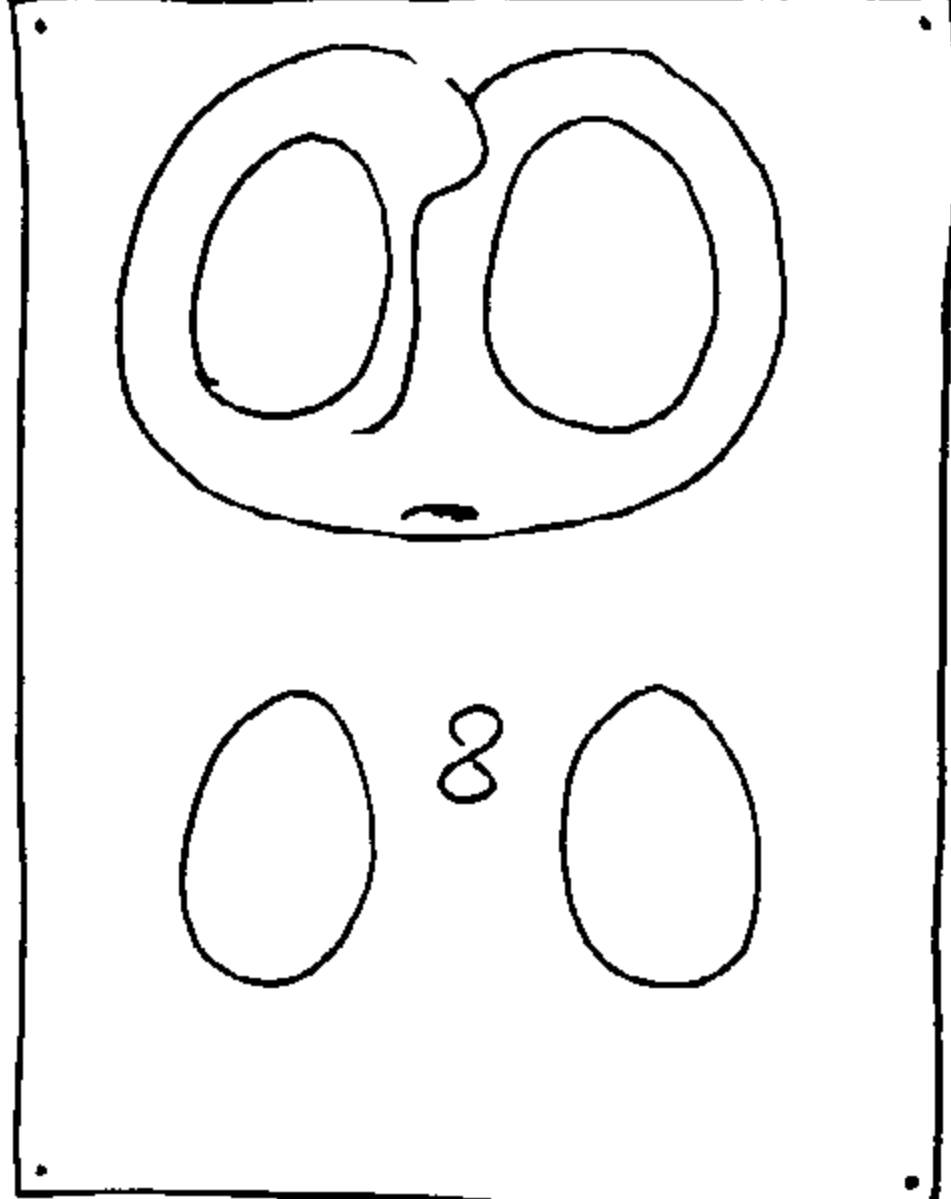
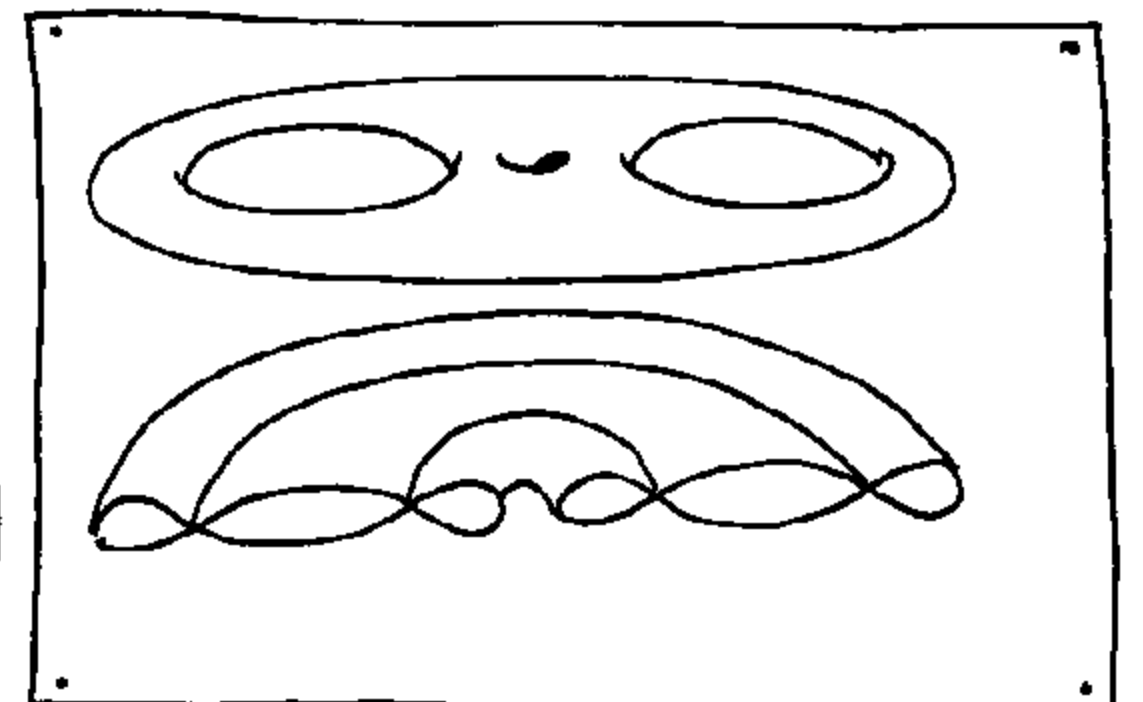
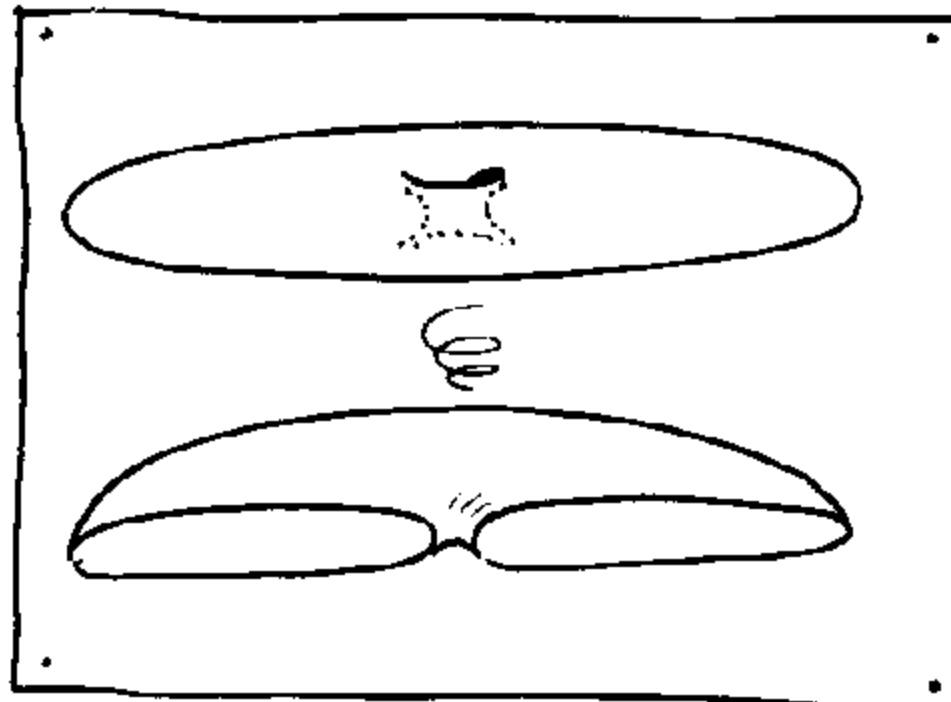
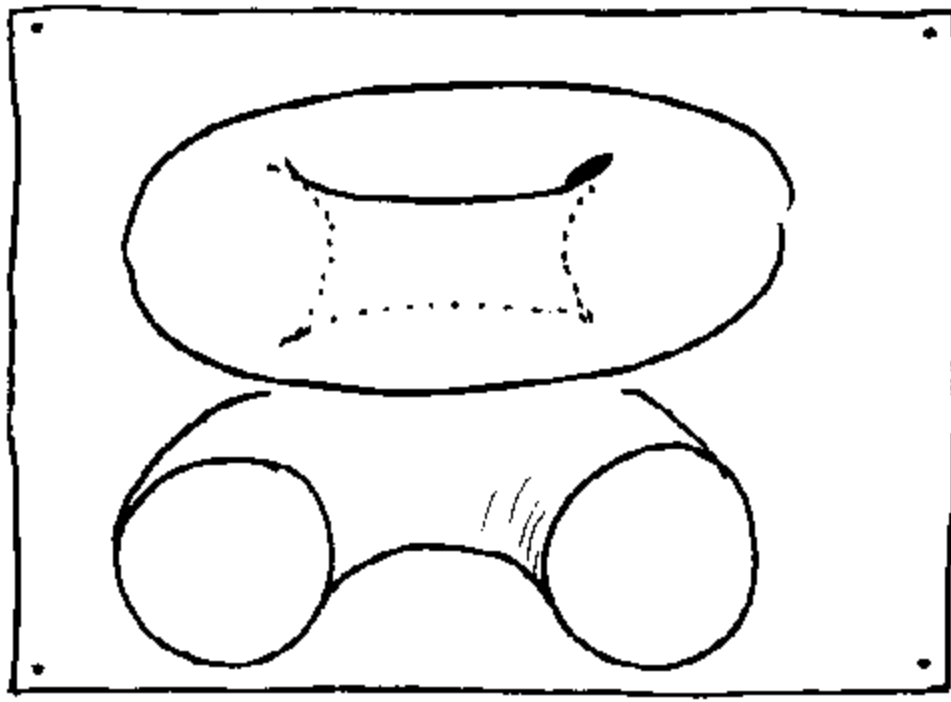
$$\begin{cases} x = X_1 \cos \mu - Z_1 \sin \alpha \sin \mu \\ y = X_1 \sin \mu + Z_1 \sin \alpha \cos \mu \\ z = Z_1 \cos \alpha \end{cases}$$

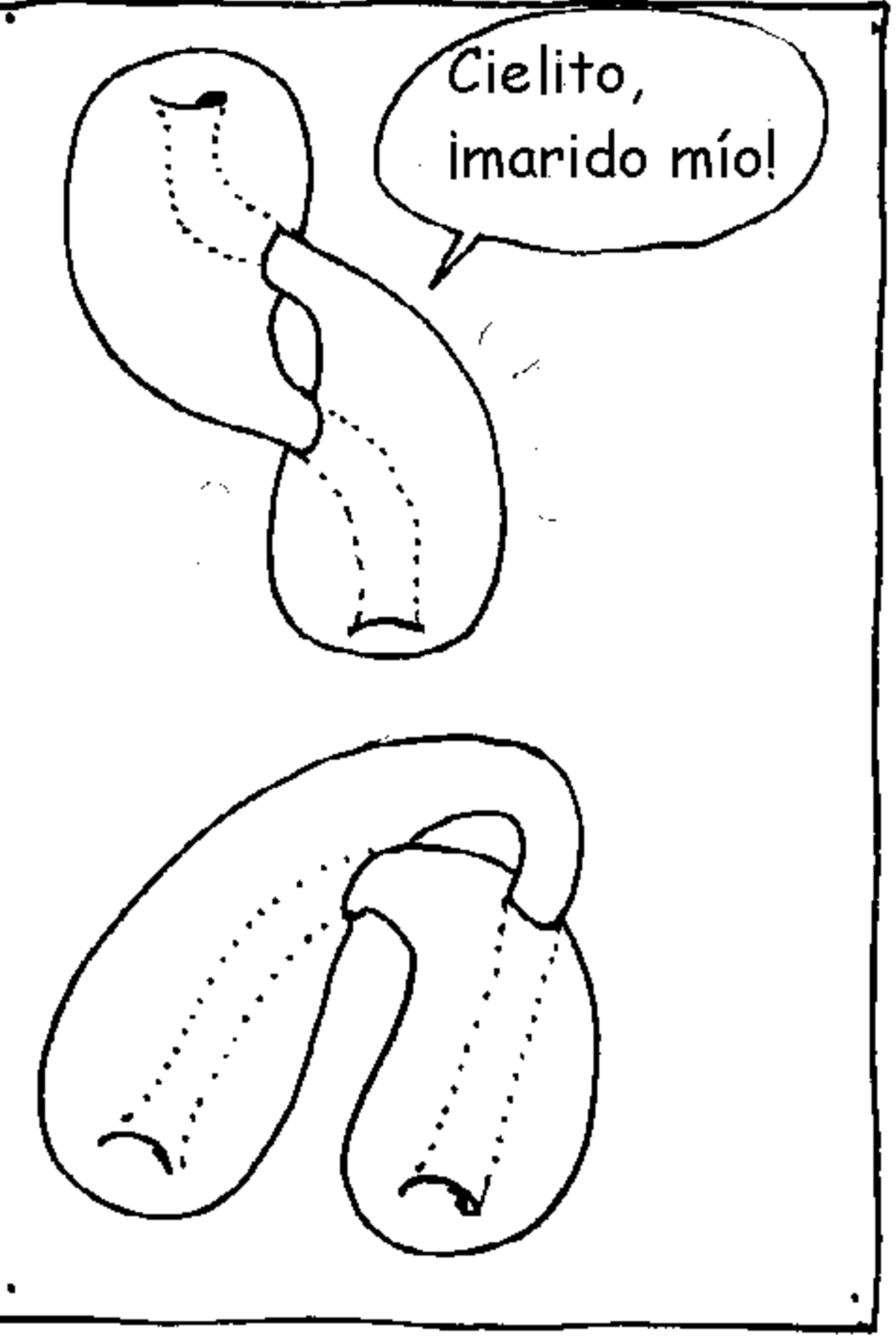
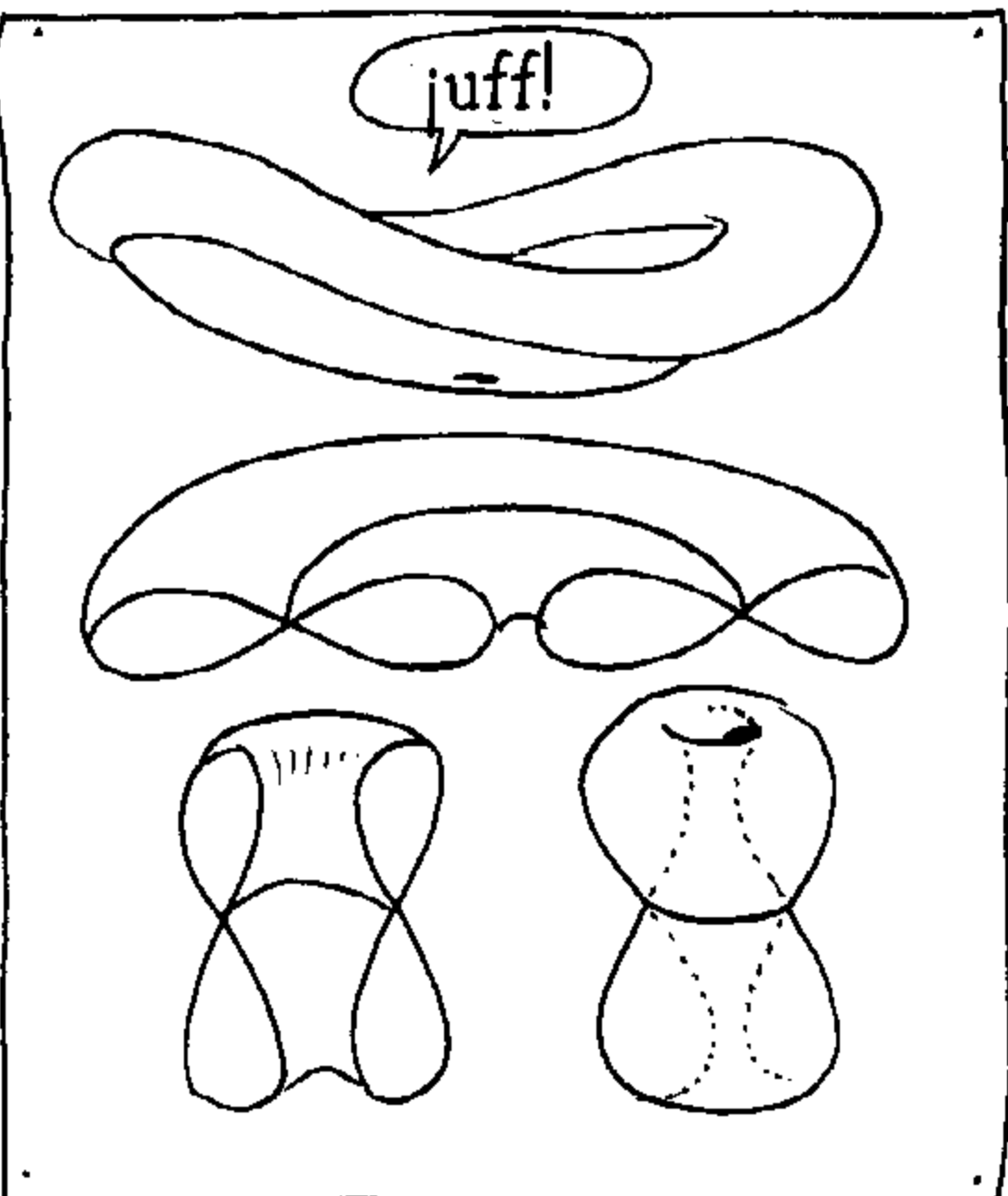
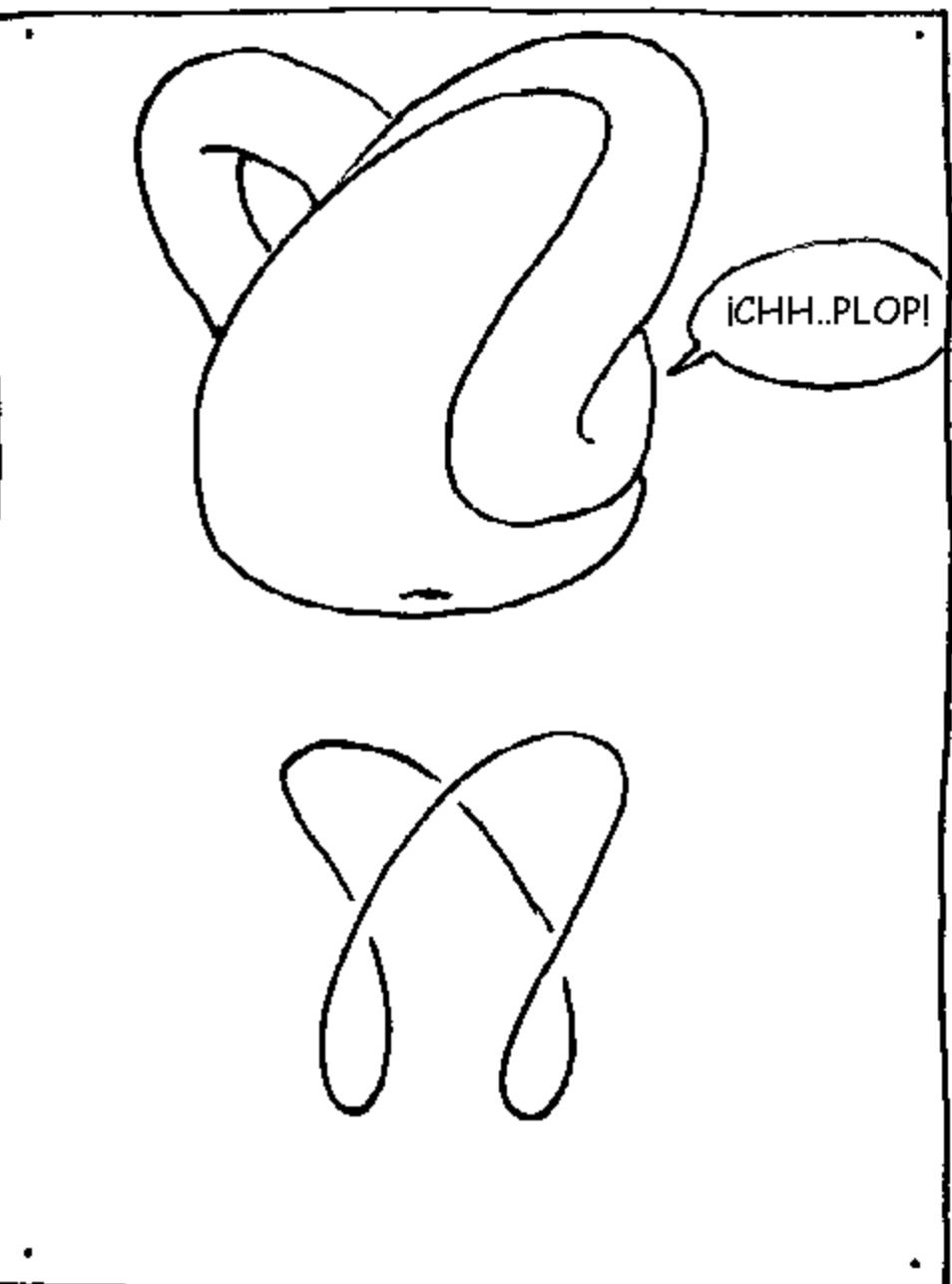
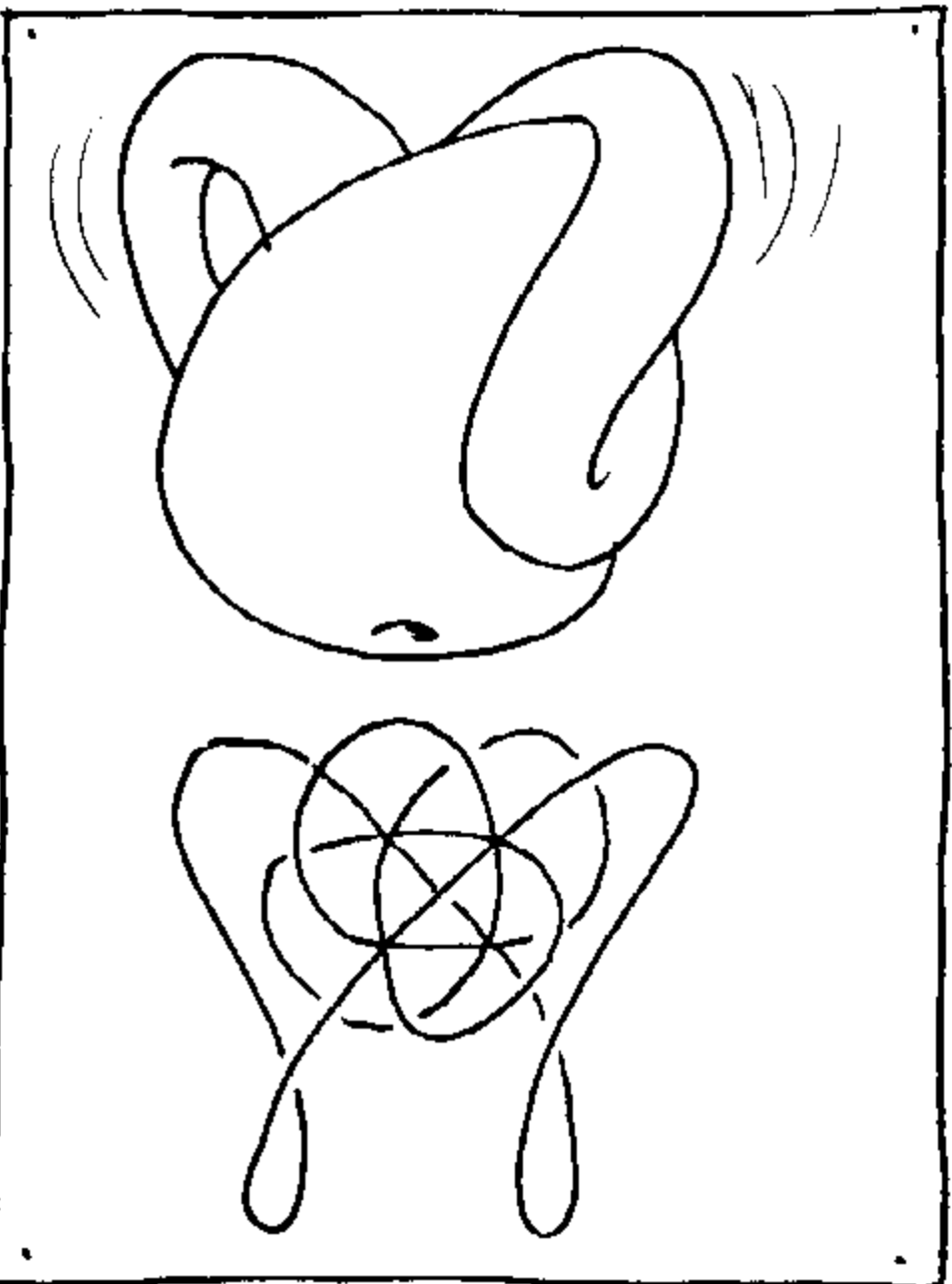
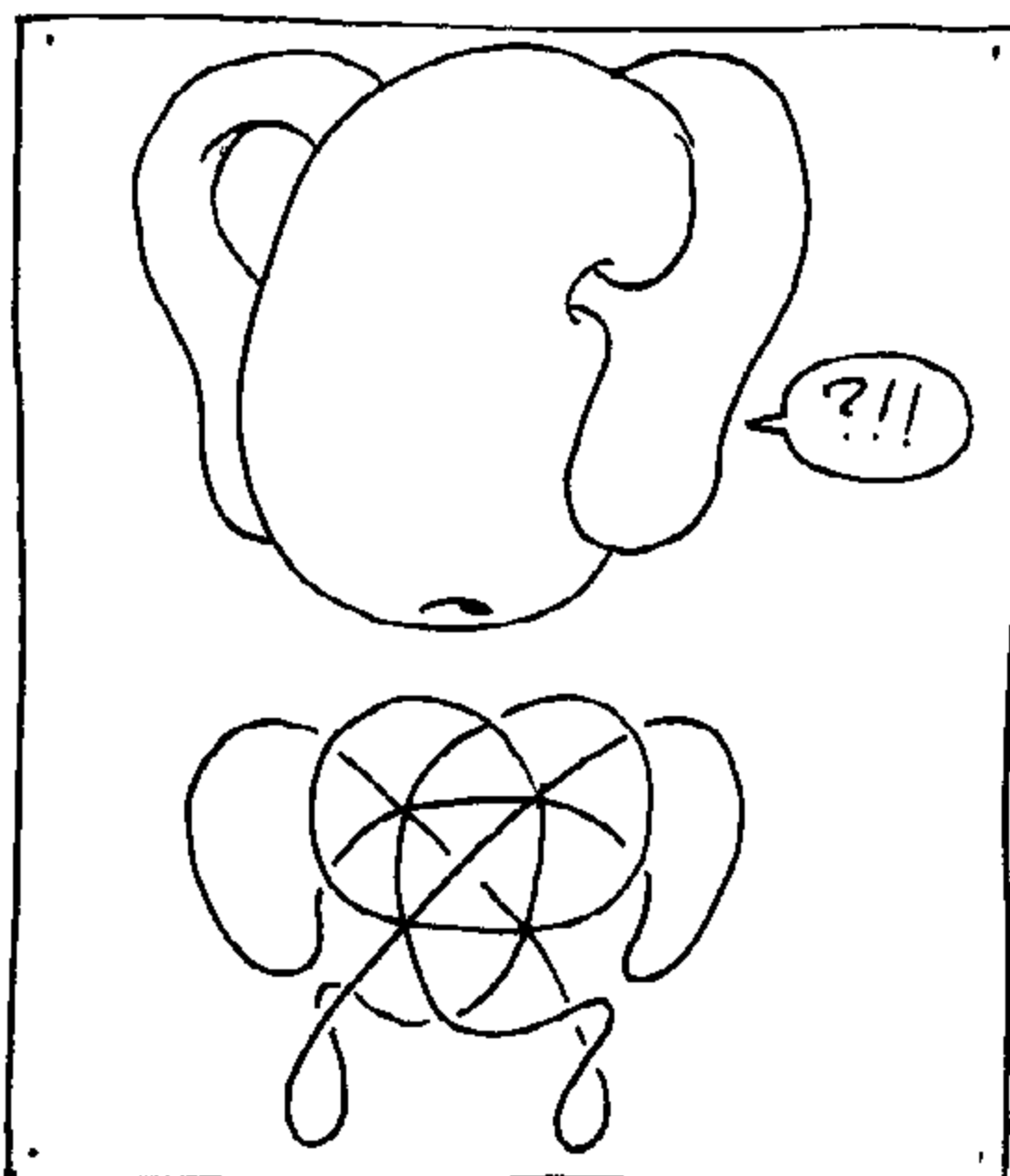
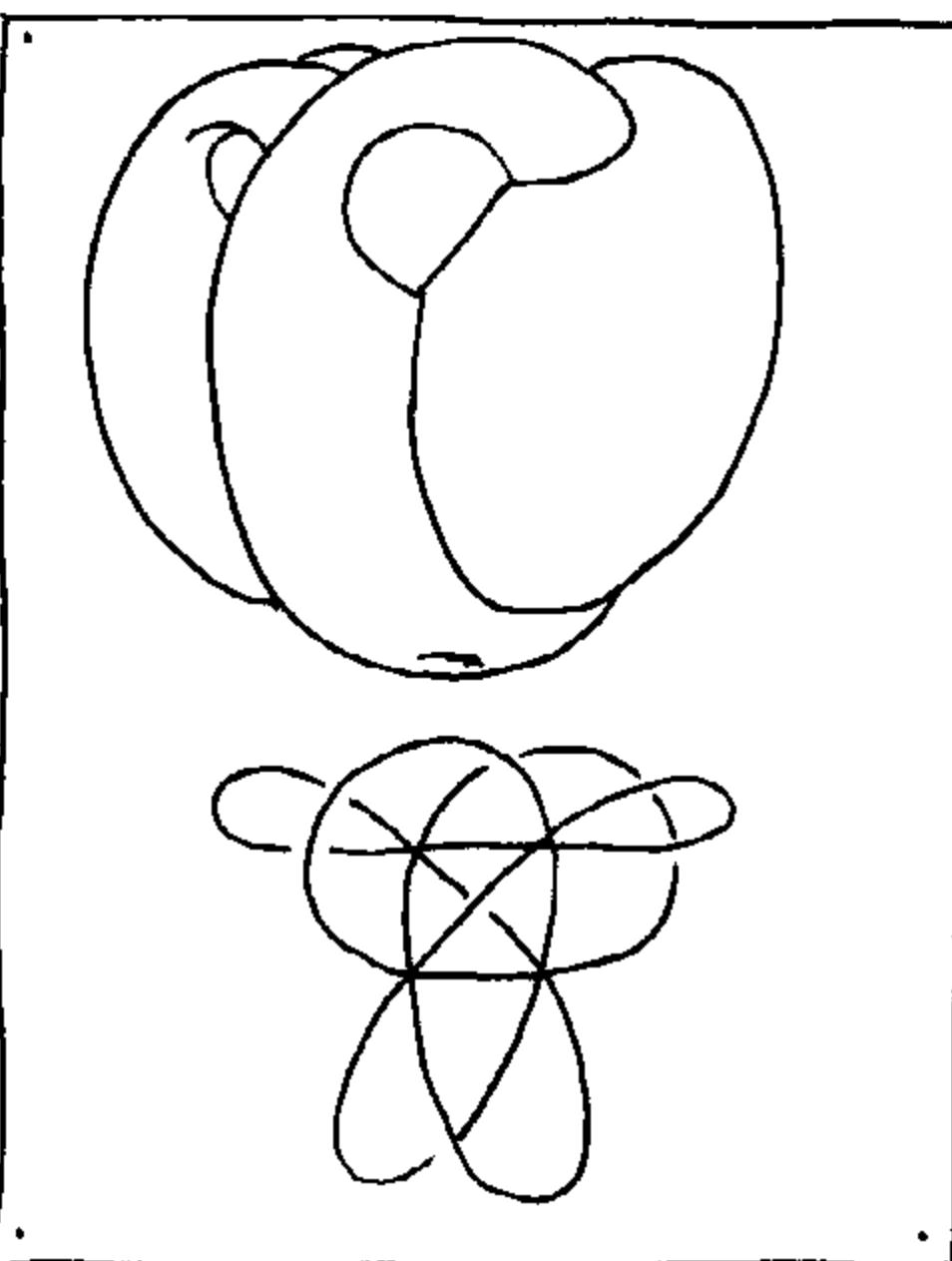
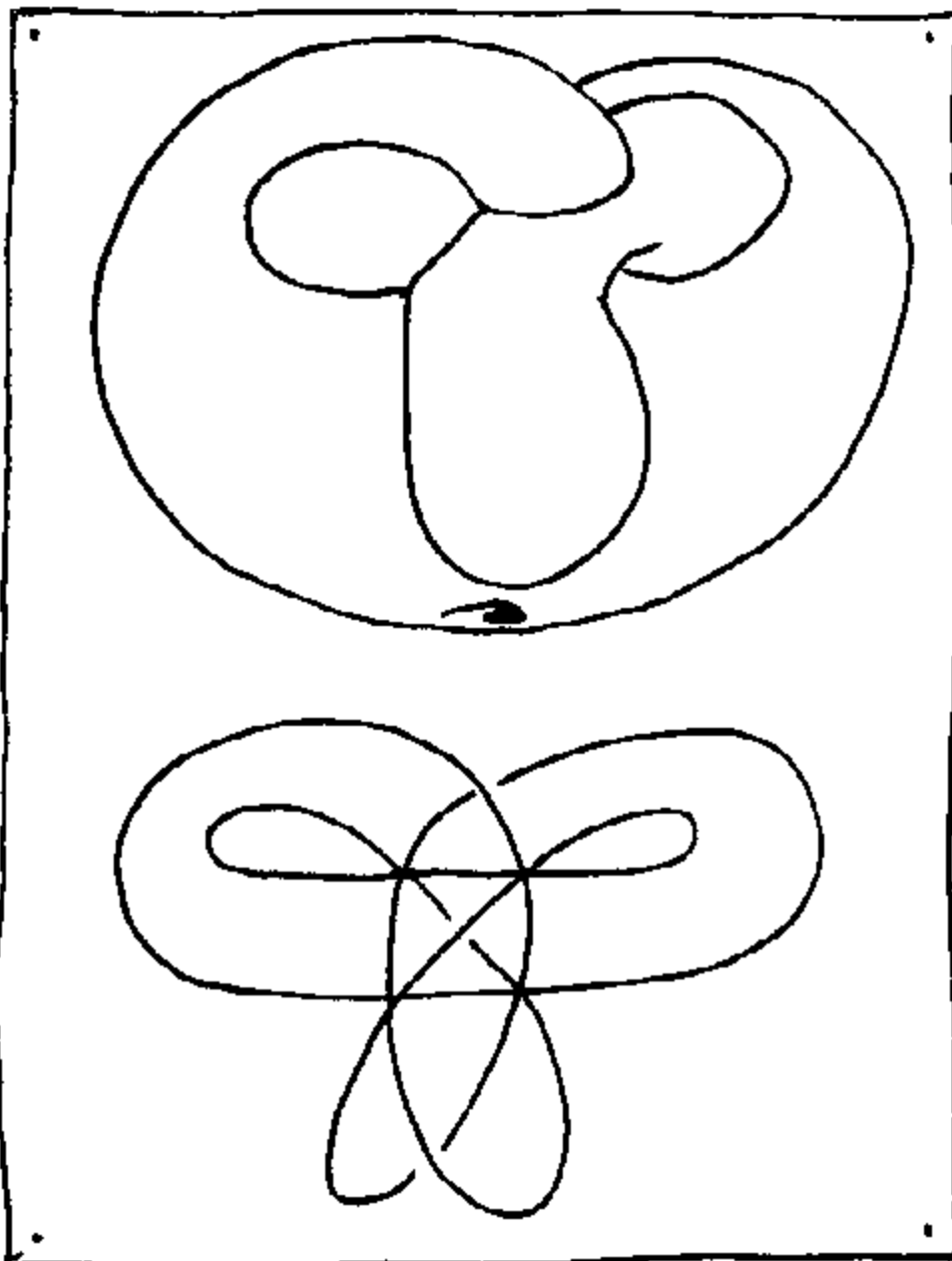
$$\begin{cases} X_1 = \frac{A^2 - B^2}{\sqrt{A^2 + B^2}} + A \cos \theta - B \sin \theta \\ Z_1 = \sqrt{A^2 + B^2} + A \cos \theta + B \sin \theta \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{8} \sin 3\mu \begin{cases} A(\mu) = 10 + 1,41 \sin(6\mu - \pi/3) + 1,98 \sin(3\mu - \pi/6) \\ B(\mu) = 10 + 1,41 \sin(6\mu - \pi/3) - 1,98 \sin(3\mu - \pi/6) \end{cases}$$

```
1 REM TRACE MERIDIENS DE LA SURFACE DE BOY
3 HOME : TEXT
50 PI = 3.141592:P3 = PI / 3:P6 = PI / 6:P8 = PI / 8
60 HGR : HCOLOR= 3
90 FOR MU = 0 TO PI STEP 0.1
95 P = P + 1
100 D = 34 + 4.794 * SIN (6 * MU - P3)
110 E = 6.732 * SIN (3 * MU - P6)
120 A = D + E:B = D - E
130 SA = SIN (P8 * SIN (3 * MU))
140 C2 = SQR (A * A + B * B):C3 = (4 * D * E) / C2
160 CM = COS (MU):SM = SIN (MU)
180 FOR TE = 0 TO 6.288 STEP .06
190 TC = A * COS (TE):TS = B * SIN (TE)
200 X1 = C3 + TC - TS
210 Z1 = C2 + TC + TS
250 REM VOICI LES 3 COORDONNEES
300 X = X1 * CM - Z1 * SA * SM
310 Y = X1 * SM + Z1 * SA * CM
350 REM PROGRAMME DE DESSIN
360 HPLOT 130 + X,80 + Y
400 NEXT TE: NEXT MU
```

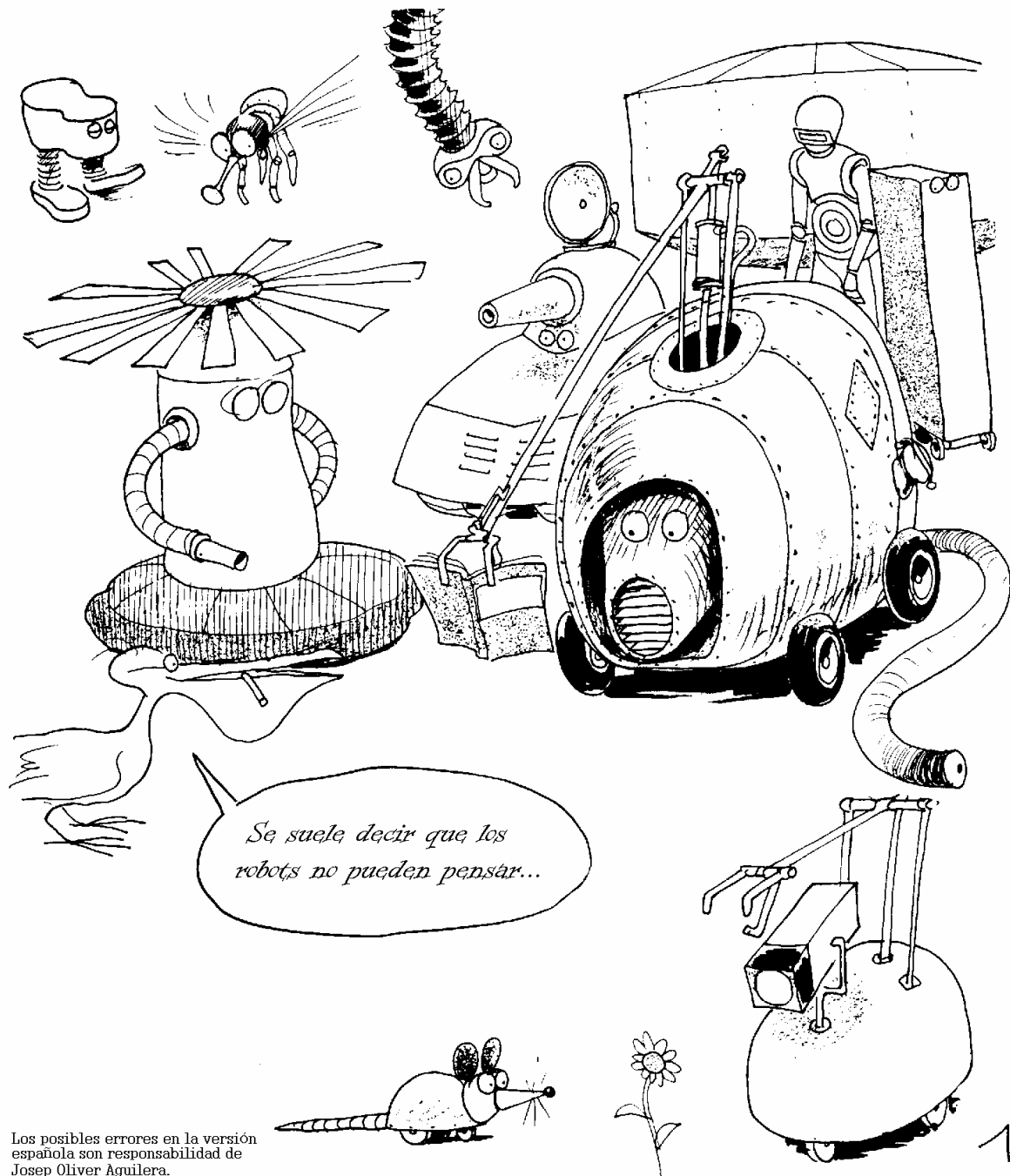






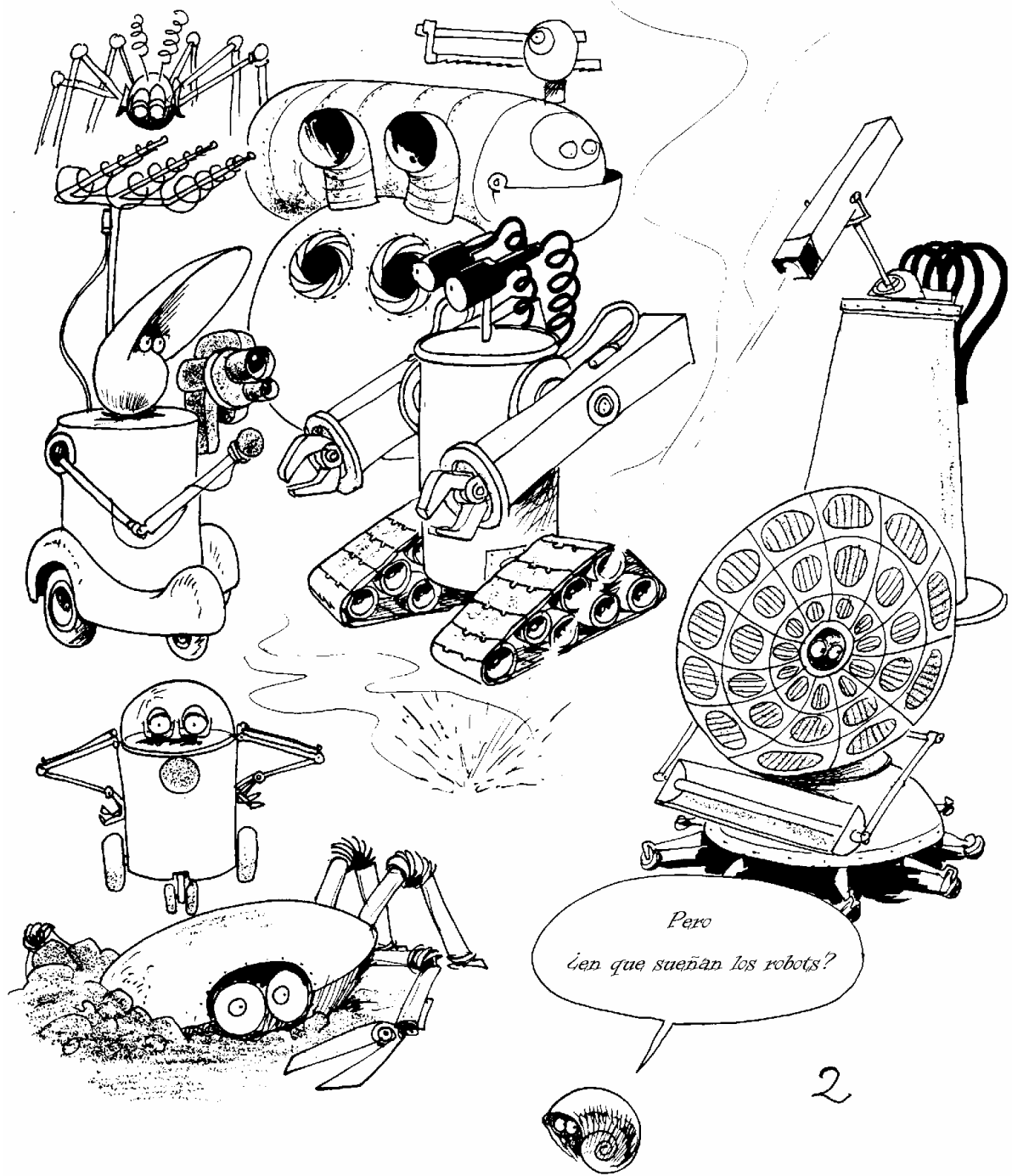
Y de "Para la ciencia", enero 1979

¿ EN QUE SUEÑAN LOS ROBOTS ?



Los posibles errores en la versión española son responsabilidad de Josep Oliver Aguilera.

Barcelona, Marzo de 2005



*Pero
¿en que sueñan los robots?*



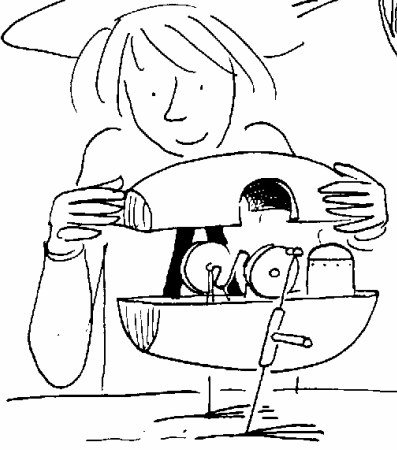
Anselmo, ¿que estás fabricando?



¿Es un barco?



Ya verás. Aquí... la caldera.



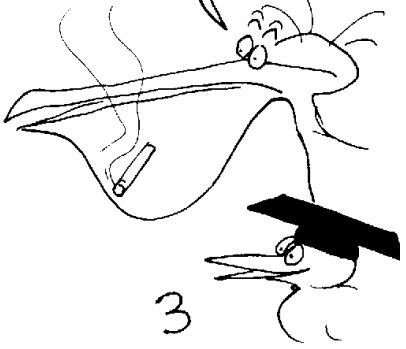
¡No es un barco!

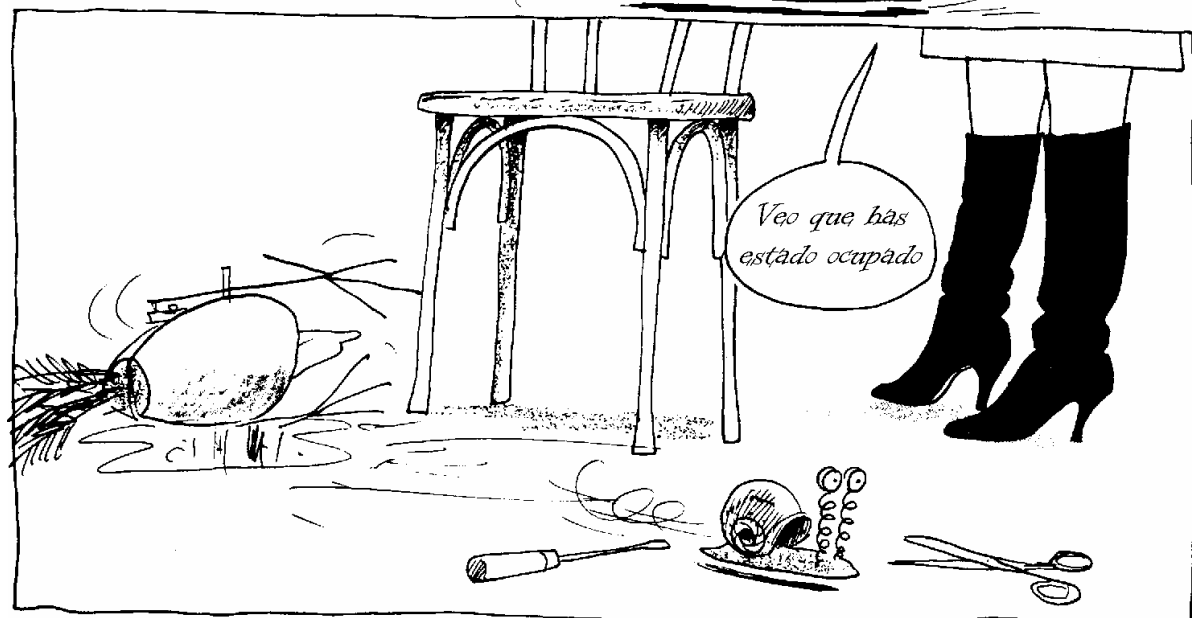
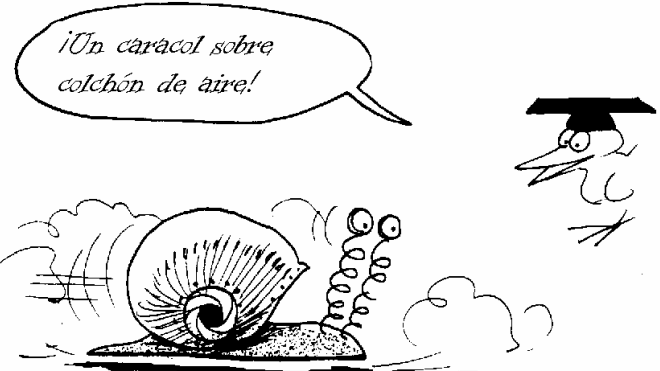
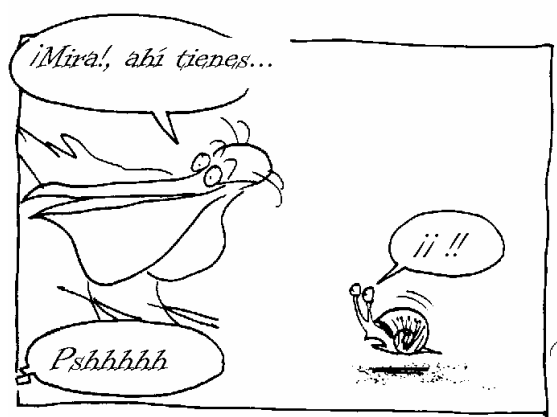
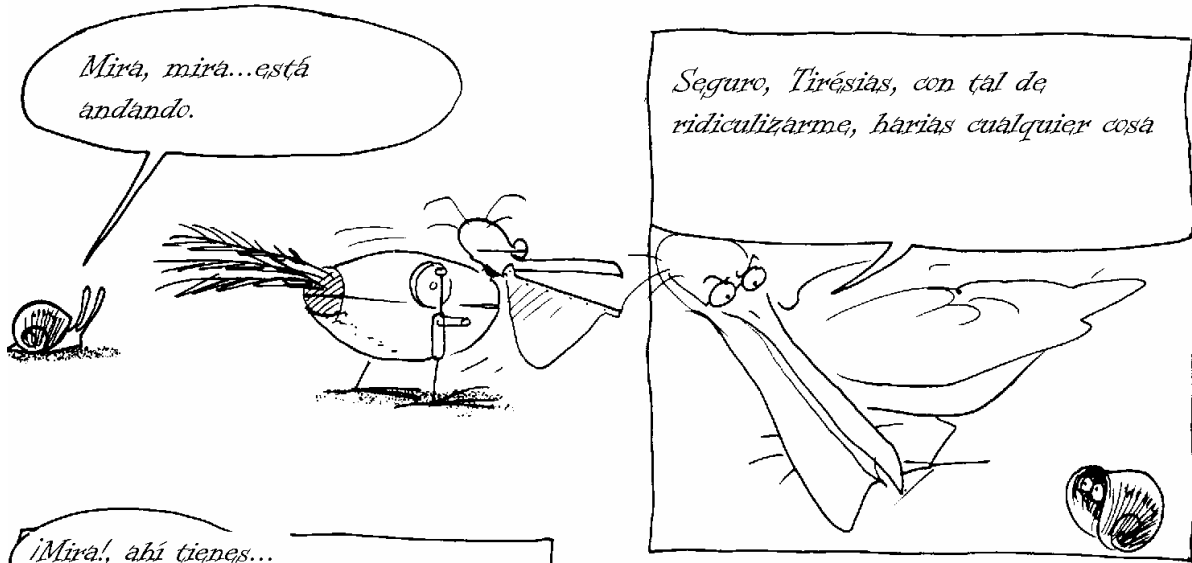


¿Que?



¡Vaya, un pelicano a vapor!



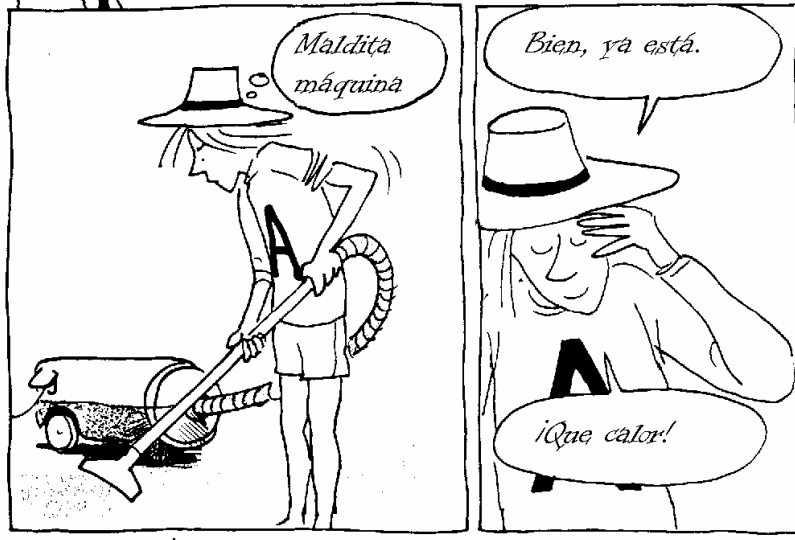




¿Que?

Ya me has transformado otra vez el salón en un laboratorio. No entiendo como siempre montas estos desordenes.

Nosotros nos marchamos...

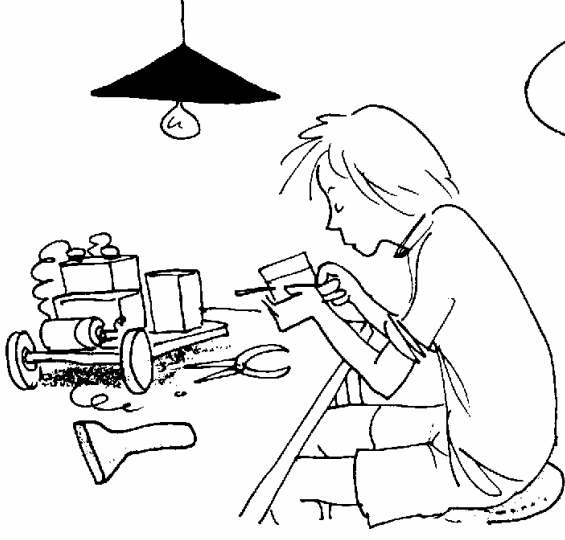


Maldita máquina

Bien, ya está.

¡Que calor!

hamm

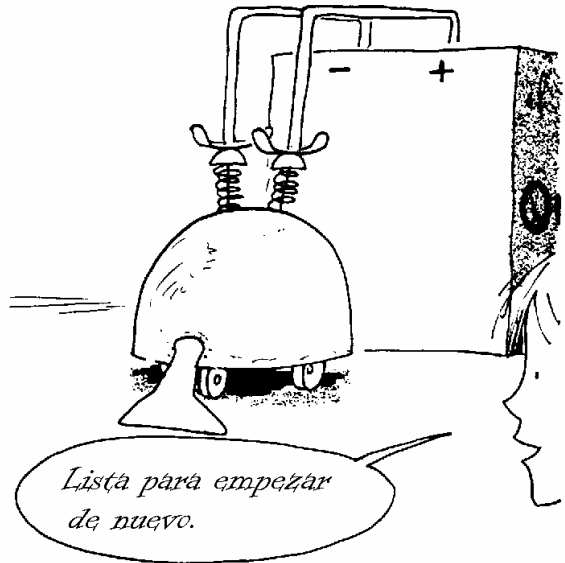
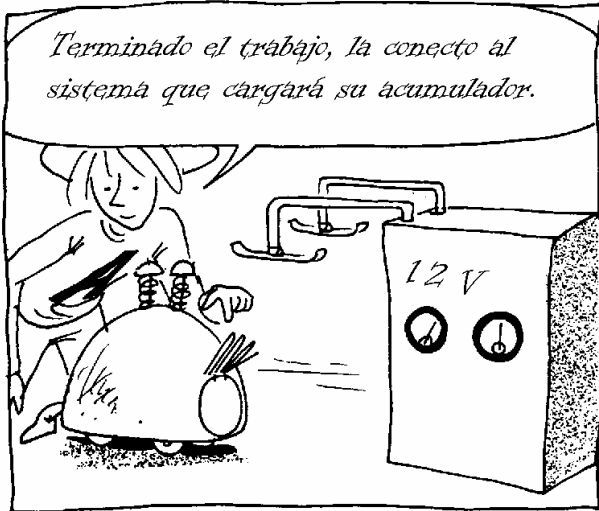


Anselmo ha roto completamente el aspirador.

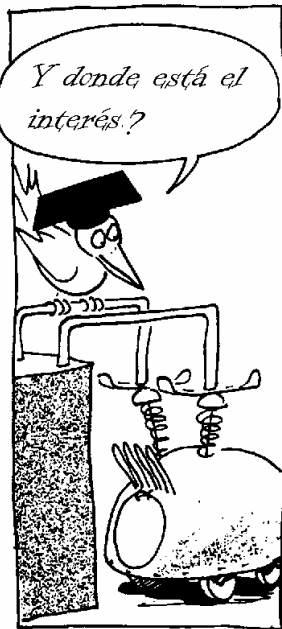
¡No! Lo ha modificado.

Autómatas programables

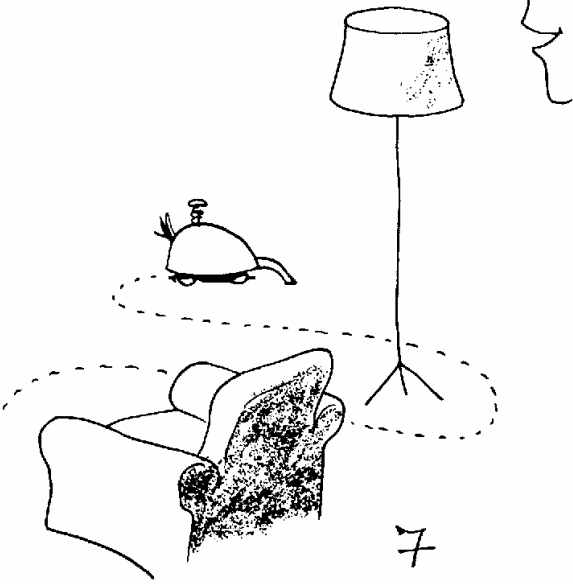
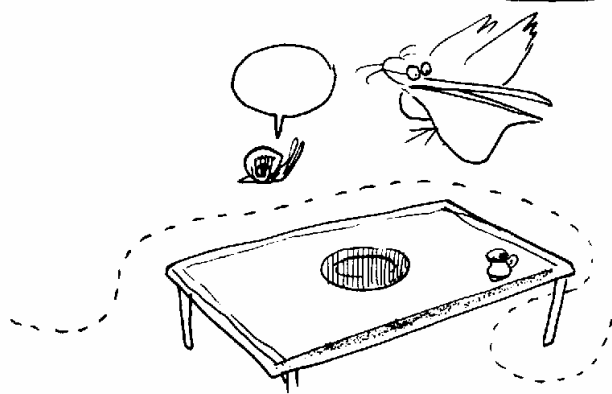


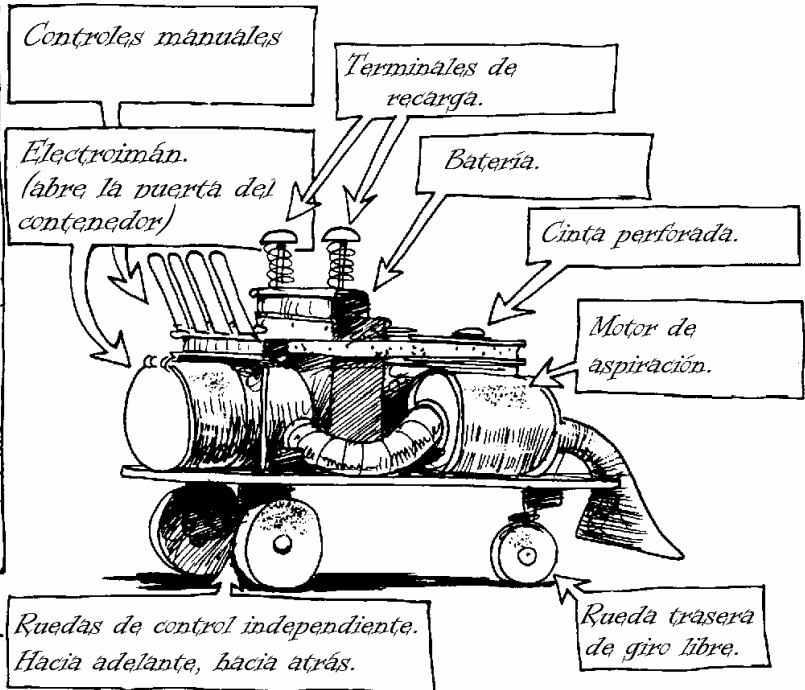
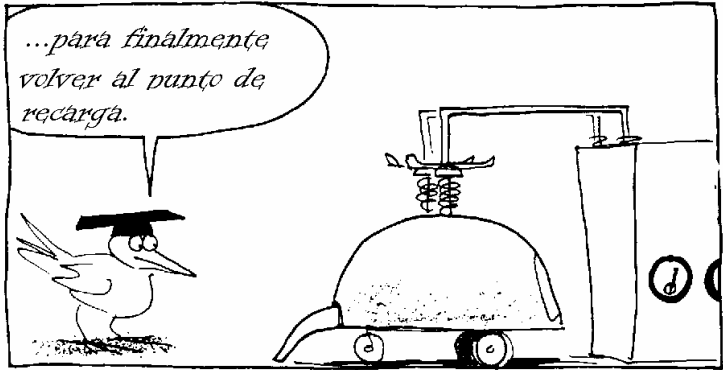
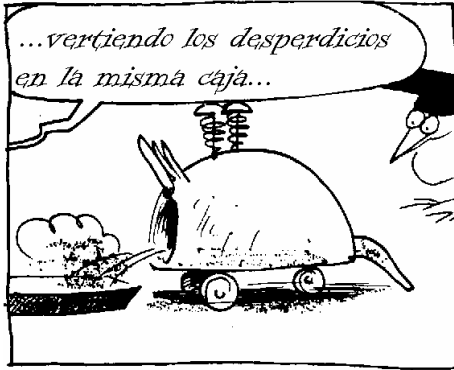


Lista para empezar de nuevo.



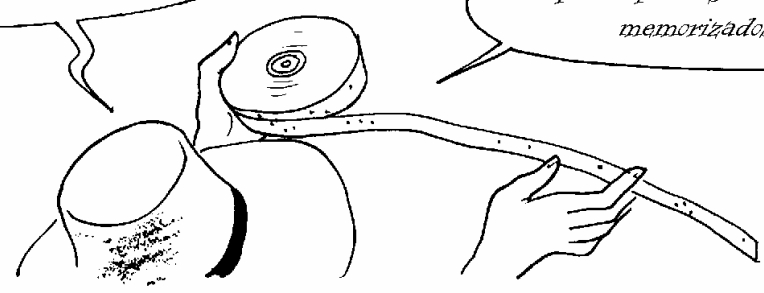
...y mi tortuga vuelve a hacer el mismo recorrido, moviéndose entre los muebles...





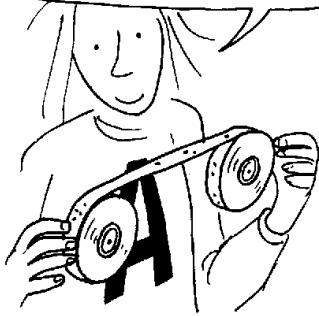
Cuando manipulé la tortuga manualmente, esta cinta giraba a velocidad constante. Los comandos que introduje fueron grabados en ella en forma de agujeros.

De tal manera, que los pasos que seguí fueron todos memorizados.



Cuando la tortuga vuelve al punto de recarga, la cinta se rebobina.

Y entonces tu puedes invertir el proceso, es decir hacer que la tortuga lea la cinta y ejecute las instrucciones.



¿Y de donde has sacado esa idea?

Tomé la idea del mecanismo de vieja pianola, una especie de piano mecánico.



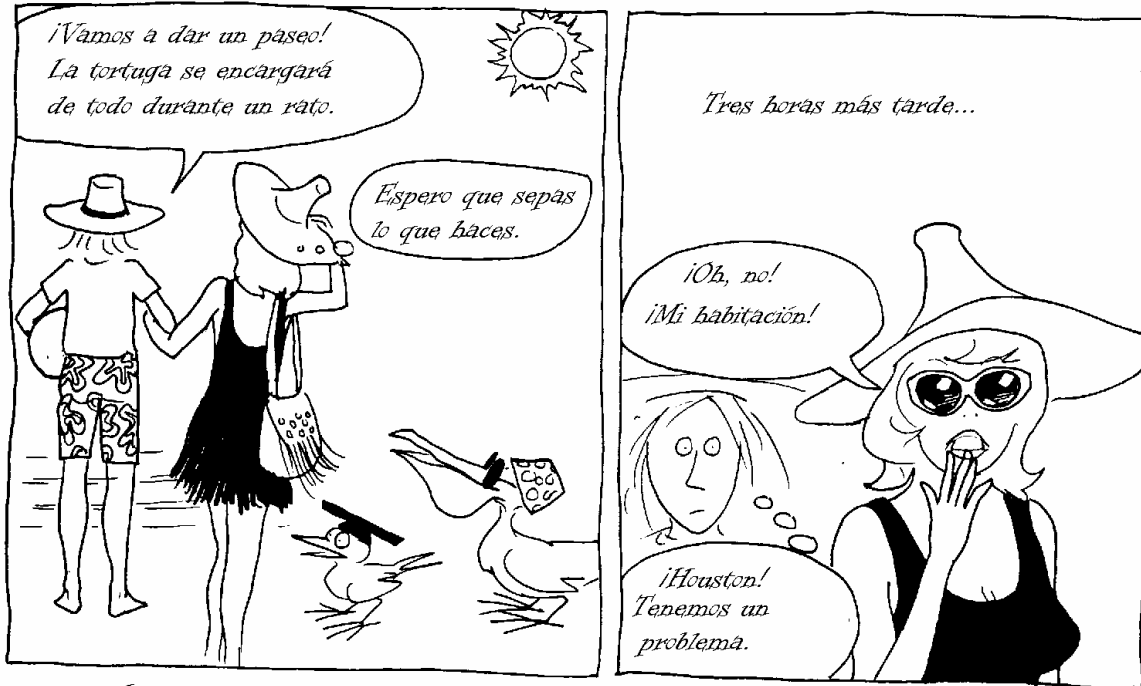
!?



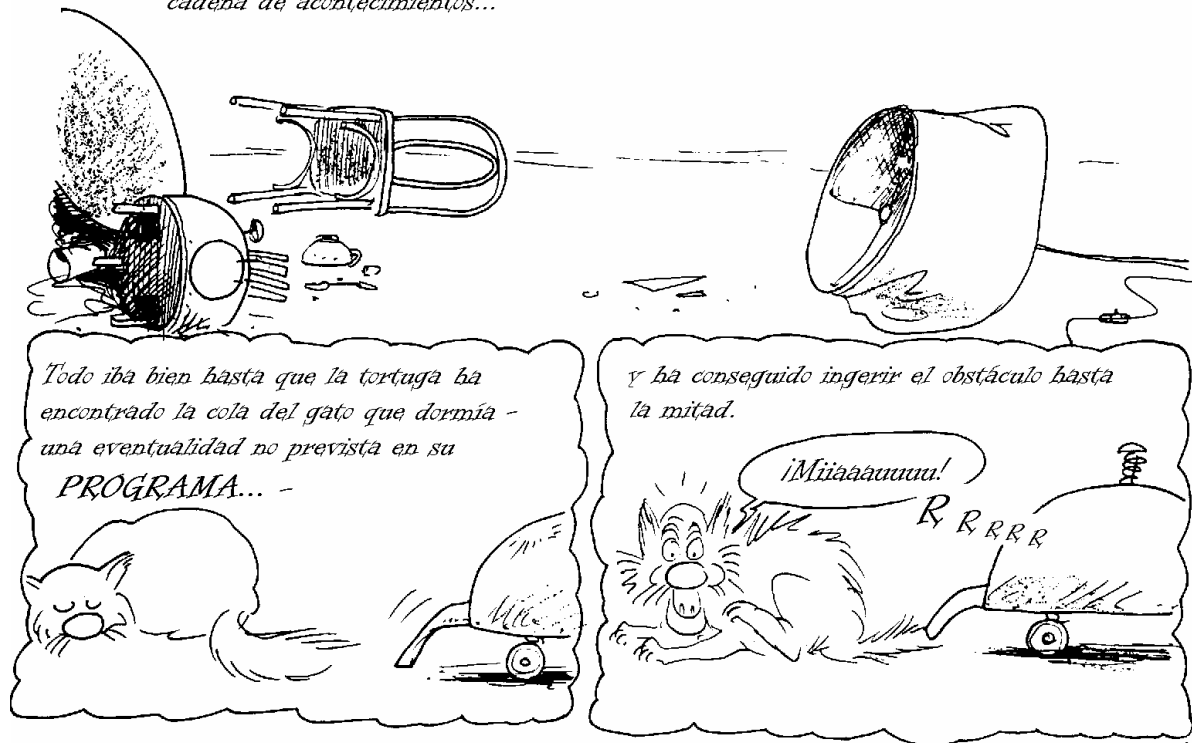
¡A limpiar el comedor!

¡Ya ha empezado!

¡Cuidado!, es Sofia.

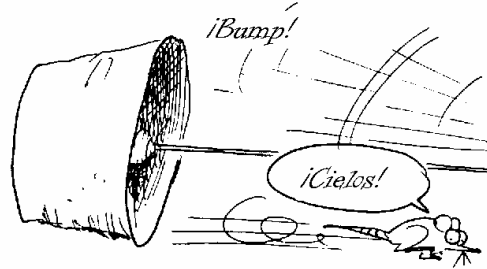
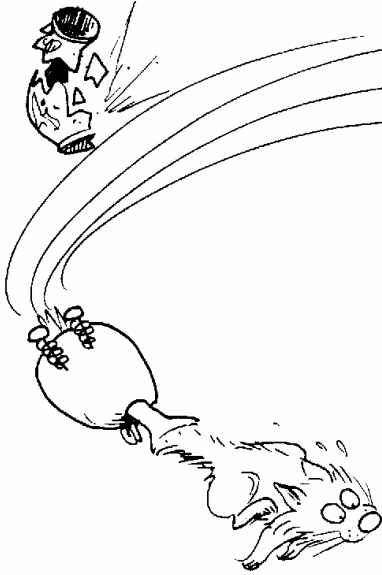


*Las maravillas de la moderna ciencia
fórense nos permitirán reconstruir la
cadena de acontecimientos...*

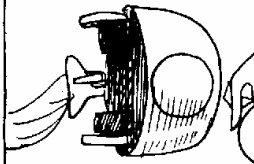


¡clonc!

Durante el pánico consiguiente, el gato arrastró la tortuga-aspiradora por todo el apartamento, causando algunos desperfectos.

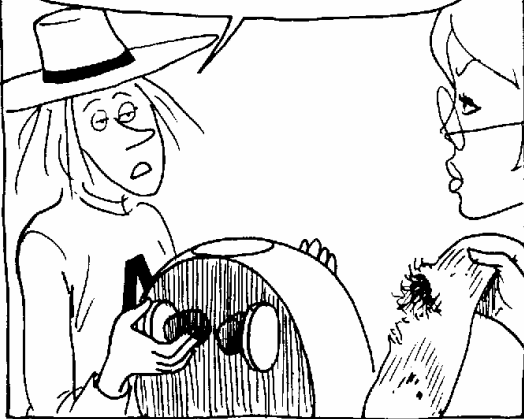


El ácido del acumulador se ha vertido y manchado la alfombra.

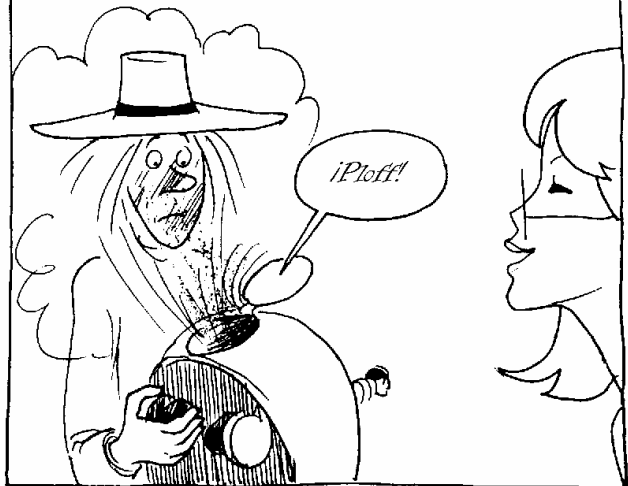


Y la tortuga ha aspirado mi jersey.

Ya se... ya se.. voy a limpiarlo todo.



¡Pluff!





El gato a dejado una nota.

"Adios, no pienso estar ni un minuto mas en esta casa de locos. No conteis mas conmigo para atrapar los ratones."

¿Y sin avisar?

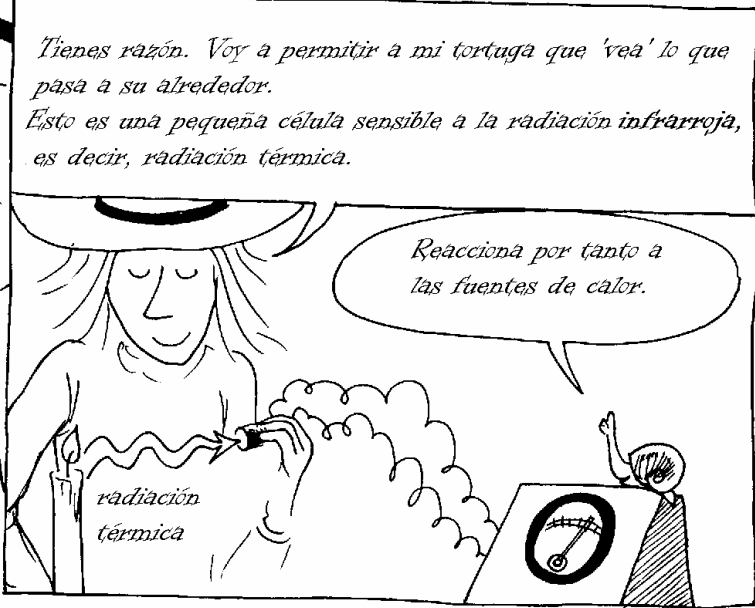
Mi tortuga, a la que yo habia creido inteligente, de hecho es perfectamente estúpida.

Sistemas entrada - salida

¿Como quieres que sea inteligente?
¡No le has dado medios para que sepa lo que ocurre a su alrededor!



Es preciso que la dotes de órganos sensoriales.

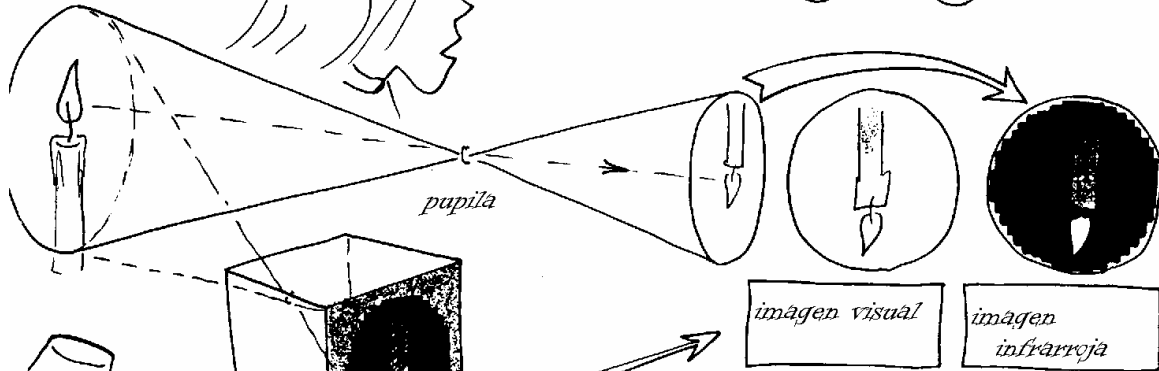
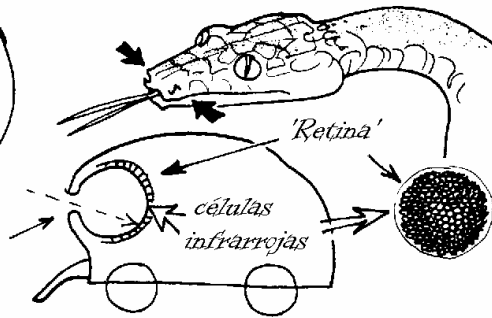


Tienes razón. Voy a permitir a mi tortuga que 'vea' lo que pasa a su alrededor.
Esto es una pequeña célula sensible a la radiación infrarroja, es decir, radiación térmica.

Reacciona por tanto a las fuentes de calor.

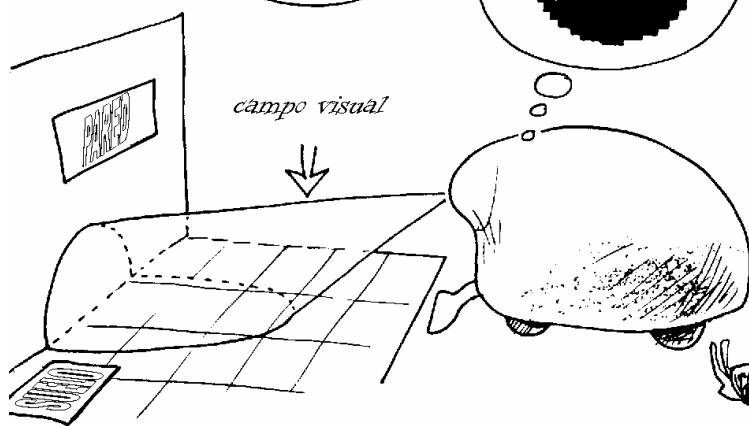
radiación térmica

Con la ayuda de algunos cientos de células voy a construir un 'ojo' muy elemental, comparable a los 'ojos' infrarrojos de las serpientes (situados a cada lado de la nariz).



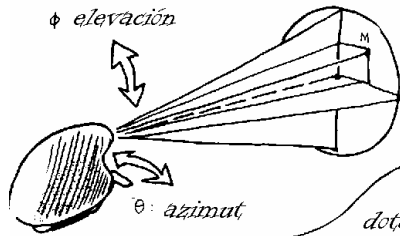
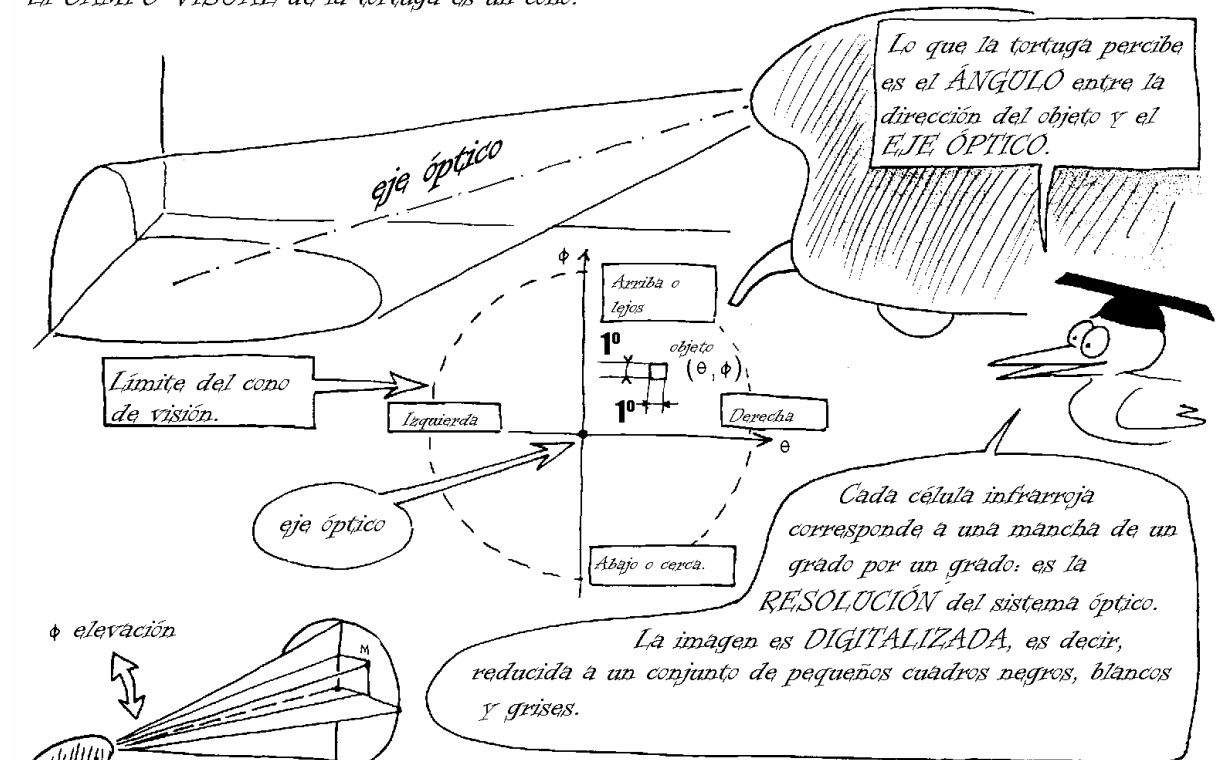
El suelo del apartamento está frío. Para la tortuga, el suelo marcará el nivel cero de temperatura. Será pues percibido por ella como un fondo negro.

Las paredes, recubiertas de papel, estarán un poco más calientes. Aparecerán como un 'gris'.

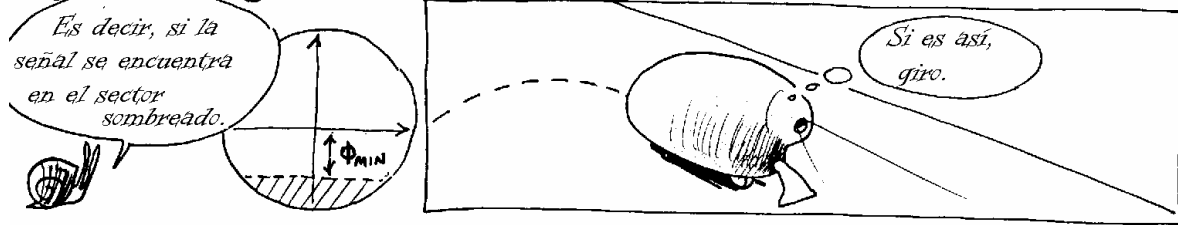
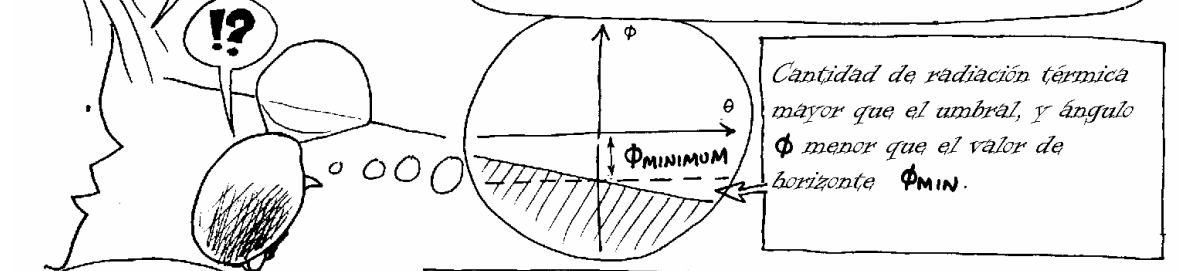


Se ha redibujado la imagen en la burbuja para facilitar la comprensión.

El CAMPO VISUAL de la tortuga es un cono.



He borrado todos los programas antiguos. Ahora voy a dotar a la tortuga de un simple acto REFLEJO que le permitirá evitar objetos. Si una fotocélula detecta una cantidad de radiación superior a cierto valor UMBRAL, - Y - si esa fuente está localizada por debajo del HORIZONTE (es decir, si la elevación ϕ del objeto es menor que cierto valor ϕ_{MIN}), entonces la tortuga dará un cuarto de vuelta hacia la derecha.



Así que la tortuga se ha convertido en un sistema de ENTRADA-SALIDA

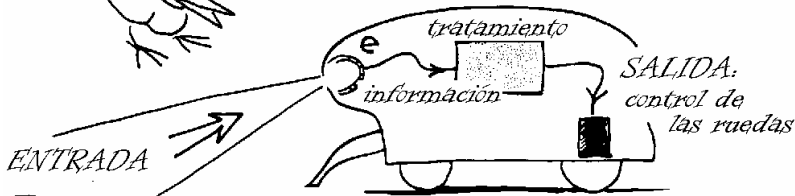


Una CAJA NEGRA.

¿Que hay dentro de la caja negra?



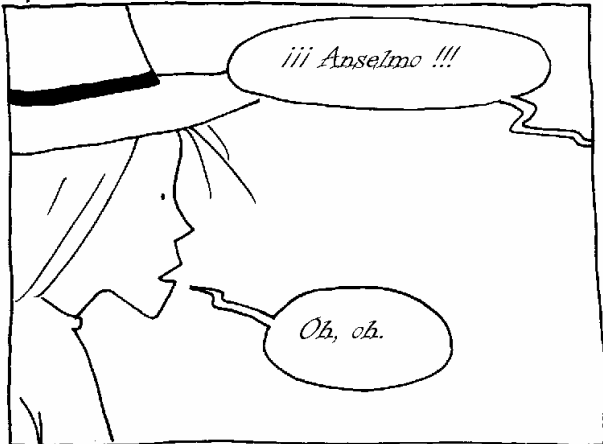
Un PROGRAMA que analiza los datos de ENTRADA (la información suministrada por la "retina") y decide que RESPUESTA dar:
O bien seguir derecho,
o bien girar un cuarto a la derecha.



¡Esta vez nuestro inventor SÍ que limpiará! Su tortuga evitará los muros y también los muebles, ya que están más calientes que las baldosas del suelo.

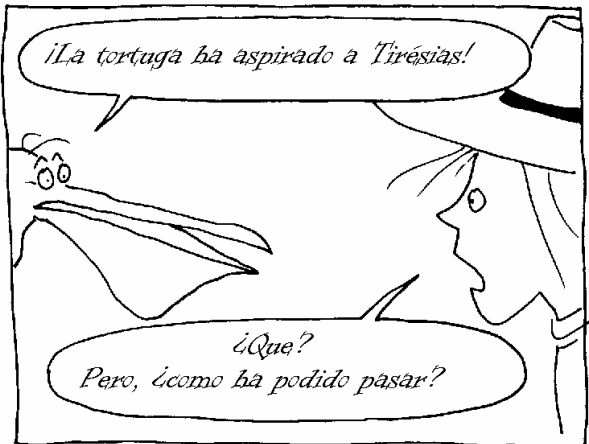


¡Voilà! El problema está resuelto. Todo es muy simple y ya puedo dejar de preocuparme.



¡¡¡ Anselmo !!!

Oh, oh.



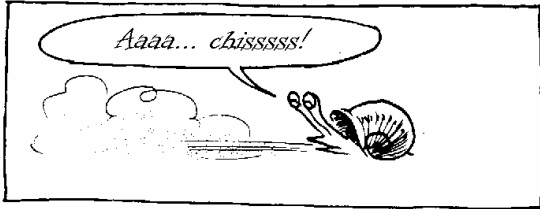
¡La tortuga ha aspirado a Tiresias!

¿Que?
Pero, ¿como ha podido pasar?

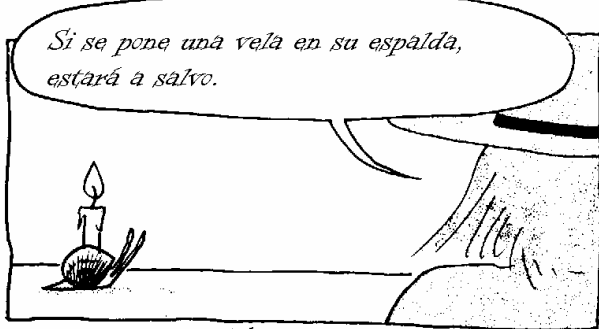
Tirésias es un animal de sangre fría y su pie le asegura un buen contacto térmico con el suelo. Resumiendo, que él tiene la misma temperatura que el suelo, o sea que en lo que respecta a la tortuga... es invisible.



¡eh! cuidado ahí



Aaaa... chisssss!



Si se pone una vela en su espalda, estará a salvo.

¿Te has fijado que cuando la tortuga encuentra la pared oblicuamente, tiene que hacer dos cuartos de vuelta? ¡Podemos hacerlo mejor!



Muro o pared



Si... sería más lógico hacerle girar hacia la izquierda en este caso...

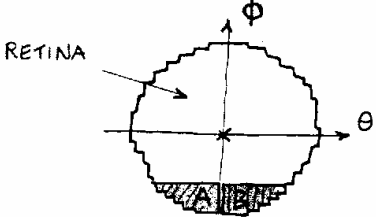
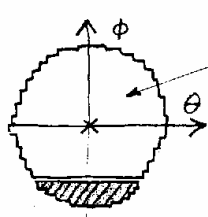
Proceso de señal



Pero ¿cómo?



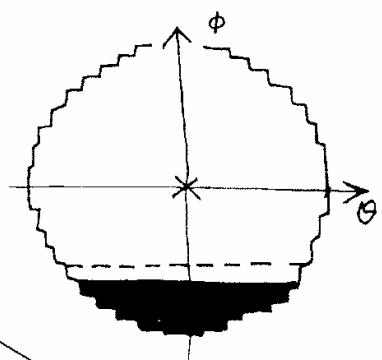
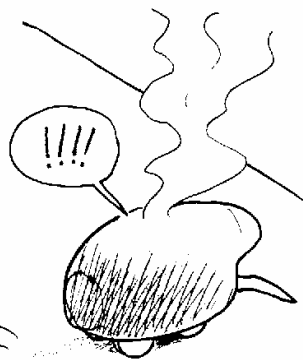
¡Ya lo tengo!



*Programa antiguo:
si un objeto caliente aparece en la zona de sombra, dar un cuarto de vuelta a la derecha.*

*Programa nuevo:
si un objeto caliente aparece en el sector A, dar un cuarto de giro a la derecha. Y si aparece en el sector B, dar un cuarto de giro a la izquierda.*

Si pero... ¿y si aparece justo enfrente?

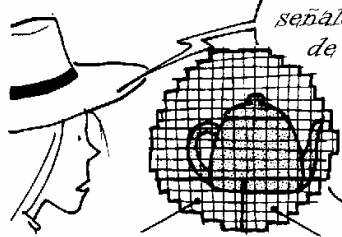


¡Anselmo! Está echando humo.

¡Estúpido animal!



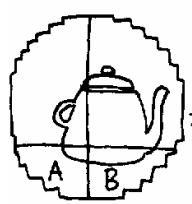
La respuesta es un pequeño ajuste:
Si la señal es simultáneamente a la izquierda y a la derecha, entonces gira a la derecha.



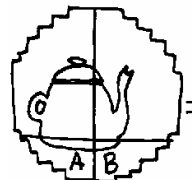
Sofía, creo que puedo mejorar la respuesta de la tortuga a las señales que recibe de su ojo infrarrojo. Si este es un objeto en su campo de visión, todo lo que debo hacer es contar el número de celdas en el sector A (cerca y a la izquierda) y compararlo con el número de celdas en el sector B (cerca y a la derecha).

Sector A

Sector B



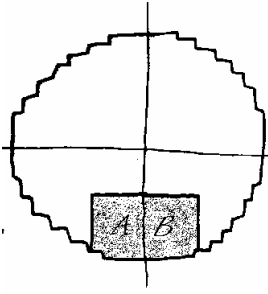
Mover a la derecha.



Mover a la izquierda.



También puedes hacer que la tortuga pueda pasar **ENTRE** objetos.

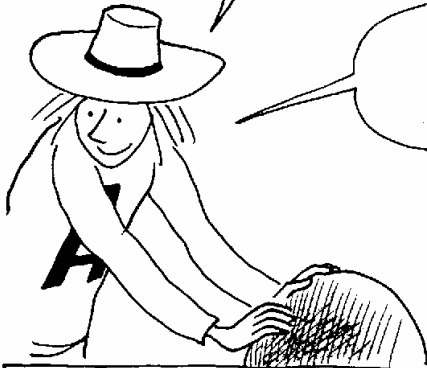


Todo lo que debo hacer es trocear parte de los sectores A y B de mi tortuga.

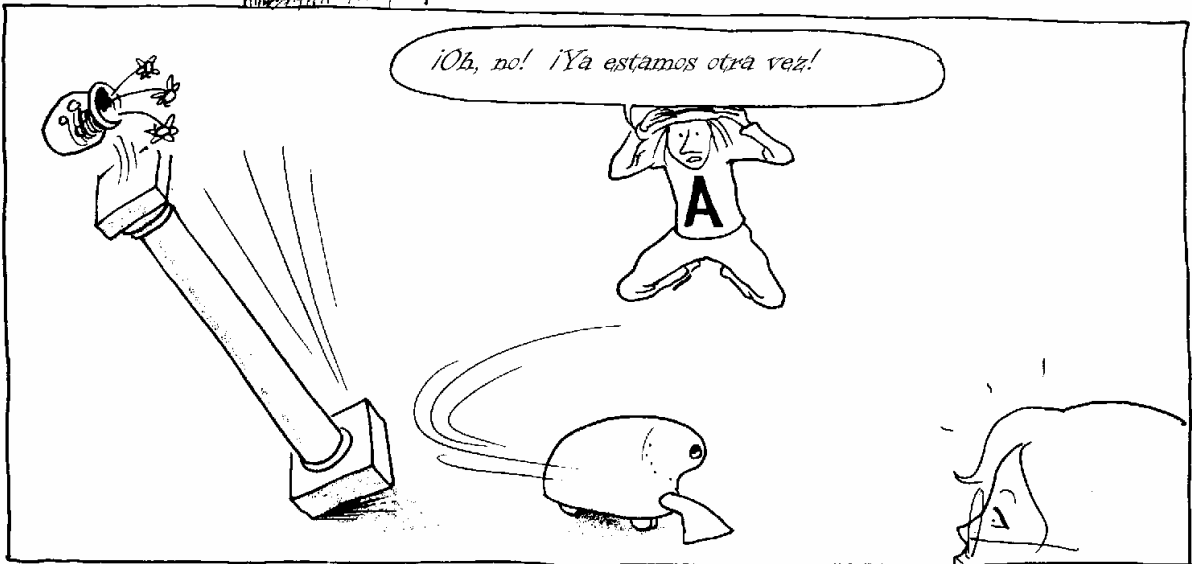


Tiempo de respuesta.

El interés de una máquina está en que pueda hacer las cosas muy deprisa.



*La pondré a máxima potencia.
De ese modo la limpieza se hará en un tiempo record.*

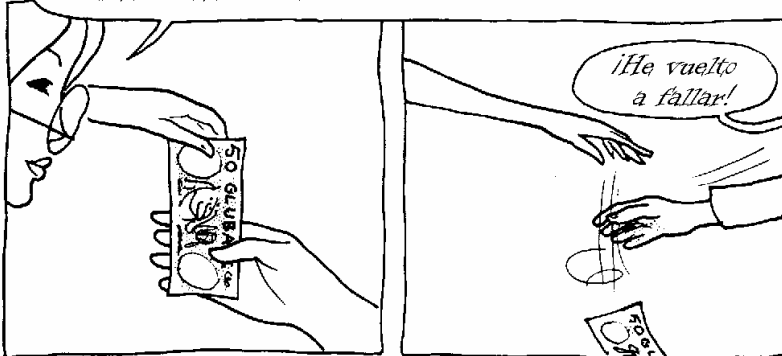


¡Oh, no! ¡Ya estamos otra vez!

Anselmo, no puedes pretender que un sistema reaccione instantáneamente. Entre "la entrada" y "la salida" va a haber un "tiempo de respuesta" que es característico del sistema.

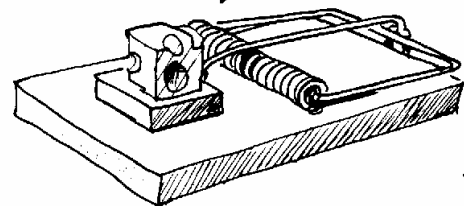


Es tu propio "tiempo de respuesta" el que evita que puedas coger este billete al caer.

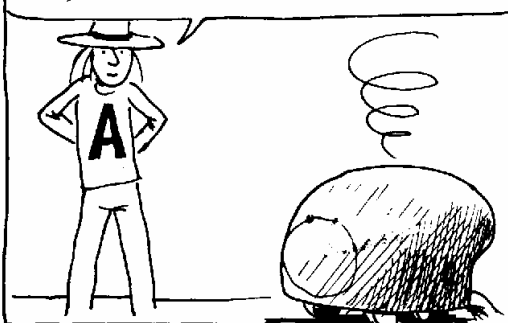


PELIGRO. Sistema de entrada-salida, con un tiempo de respuesta francamente corto.

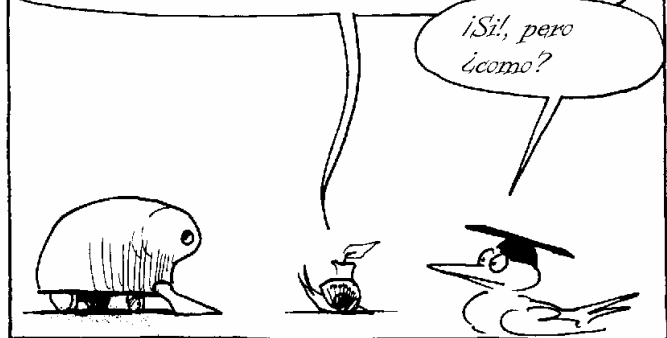
¡Voy a tener que ser bastante rápido!



Limpiar el apartamento consume mucha energía. Las baterías de mi tortuga se han quedado secas.



Tiene que ser capaz de dirigirse a un sistema de recarga por ella misma.

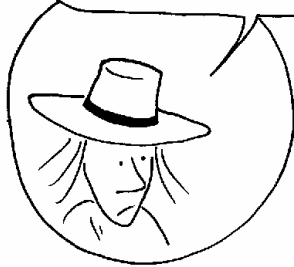


Servomecanismos

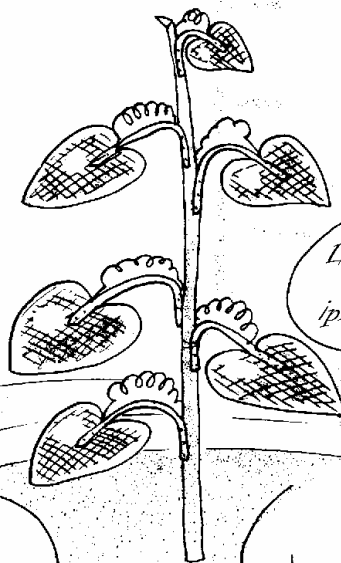
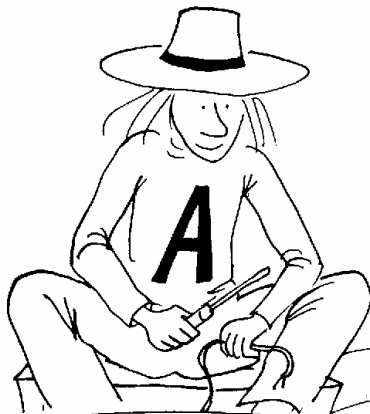
Cuando la batería empieza a agotarse, el voltaje entre los terminales empieza a caer. Es fácil añadir al programa algo como:

*Si el voltaje llega a ser menor que 'tantos' voltios,
Entonces ir a recargar la batería otra vez.*

El problema es: ¿y como dirijo la tortuga al lugar adecuado?



Mientras espero que me llegue la inspiración, voy a construir una unidad que se recargue sola utilizando paneles solares.



*Lo podrías llamar una
i)planta de potencia!*



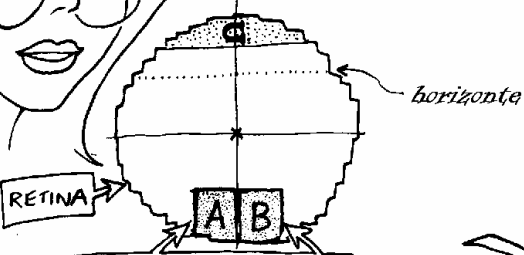
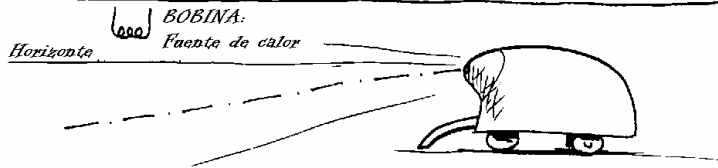
Quizá podría guiar la tortuga usando esta bobina calefactora... el problema es que se aparta del calor.



*Lo que necesitas es un poco de
realimentación.*



*La tortuga no tiene porque pensar en la bobina como en un obstáculo.
¿Porqué no lo pones en alto, para que actúe como un faro?*

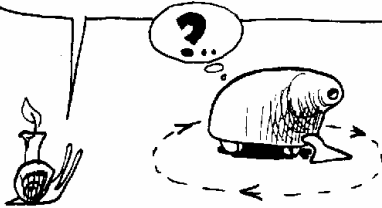


Así el filamento aparecerá en el sector C, en lo alto de la retina.

Evitar obstáculos en estos sectores.

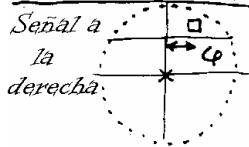


*Parece simple:
Si la carga de la batería cae por debajo de cierto número de voltios,
entonces buscar la bobina. Hay dos posibilidades:
O bien la bobina ya está en el campo de visión, y la tortuga va a buscarla,
O bien no lo está, en cuyo caso la tortuga se para y da una vuelta sobre si misma,
hasta que la señal aparezca.*

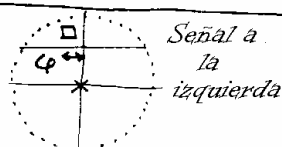


*Tan pronto como el objetivo entre en el campo de visión,
la tortuga se pondrá en marcha siguiendo el programa siguiente:*

*Girar hacia el objetivo, con un valor proporcional a la desviación angular φ entre el objetivo y la dirección de movimiento.
Es un servomecanismo lineal*



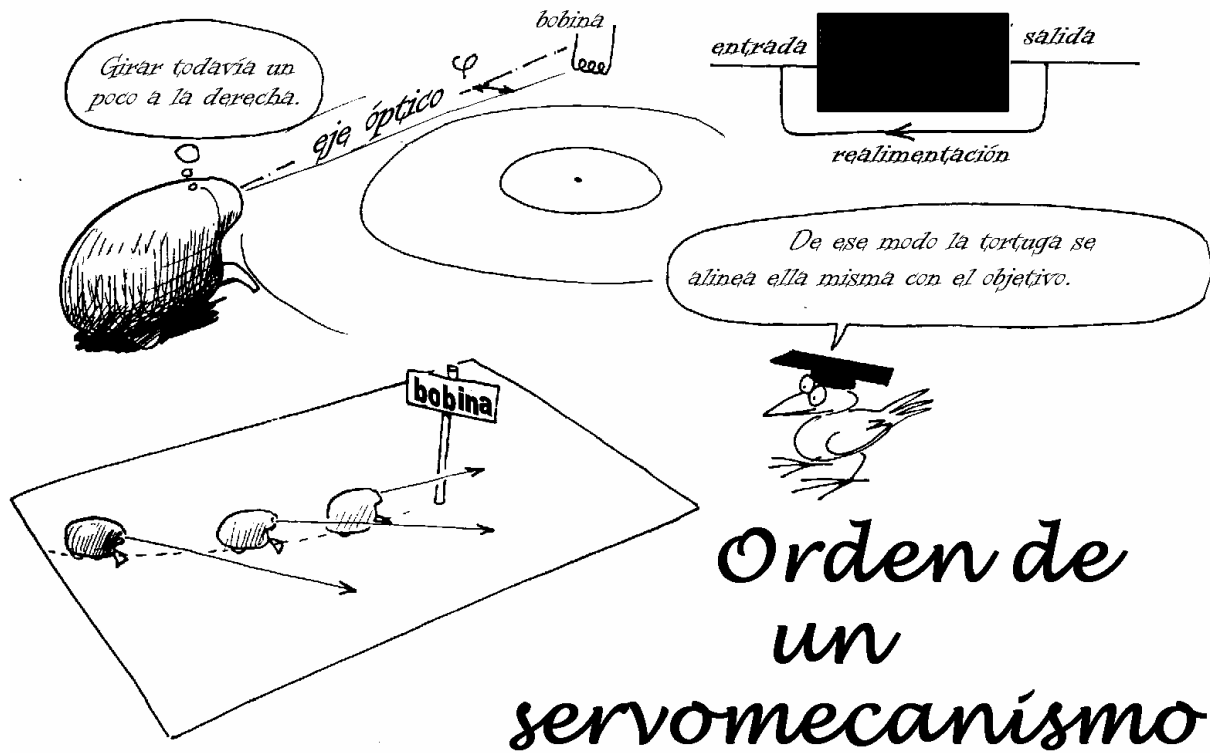
Girar a la derecha



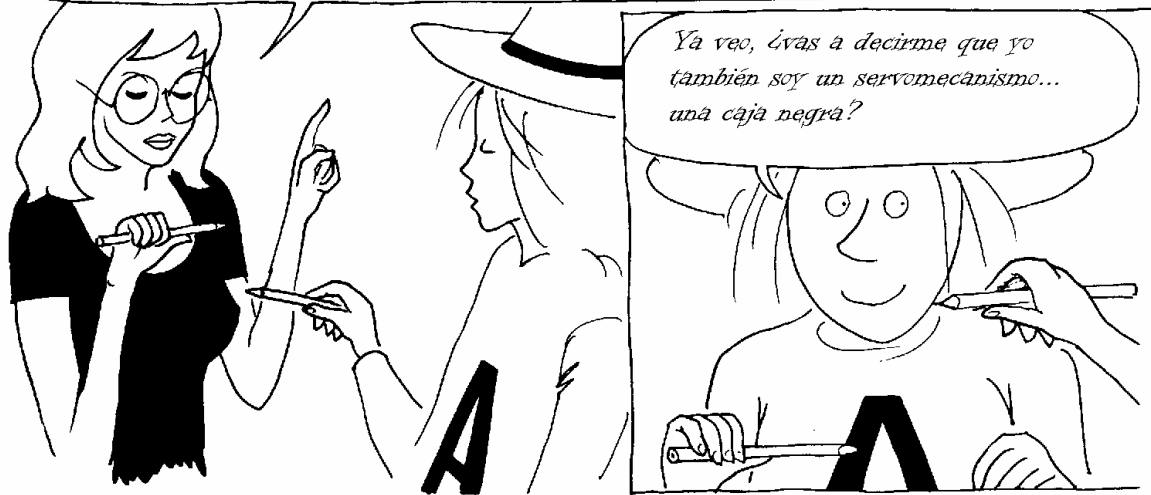
Girar a la izquierda

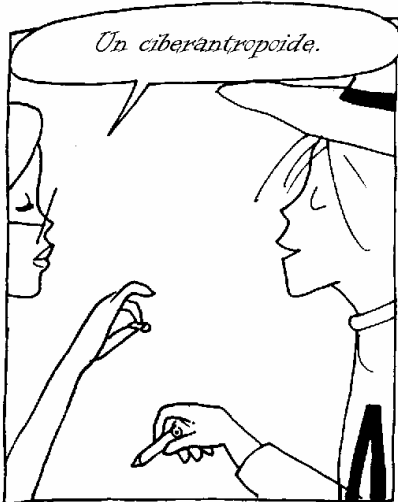


El giro modifica el error angular φ . Vemos que el efecto φ es percibido también como una causa. ¡Es la realimentación!



Ahora, Anselmo, vamos a jugar a un juego. Cuando te de una señal, quiero que pongas la punta de tu lápiz apuntando a la mía.

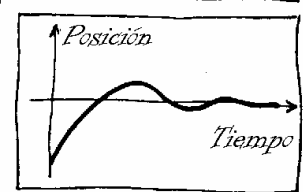
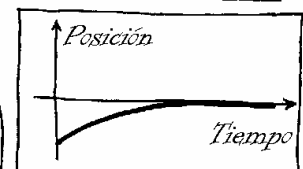




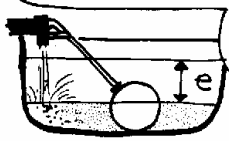
En un sistema de primer orden, la salida actúa directamente sobre la velocidad, sin inercia. No hay oscilaciones.

En un sistema de segundo orden, la salida actúa sobre la aceleración por medio de la fuerza.

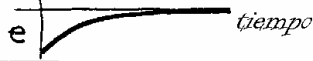
Es debido a la inercia, por lo que pueden haber oscilaciones.



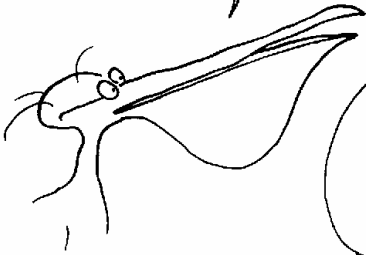
Los humanos son sistemas de segundo orden. Un buen ejemplo de sistema de primer orden es una cisterna.



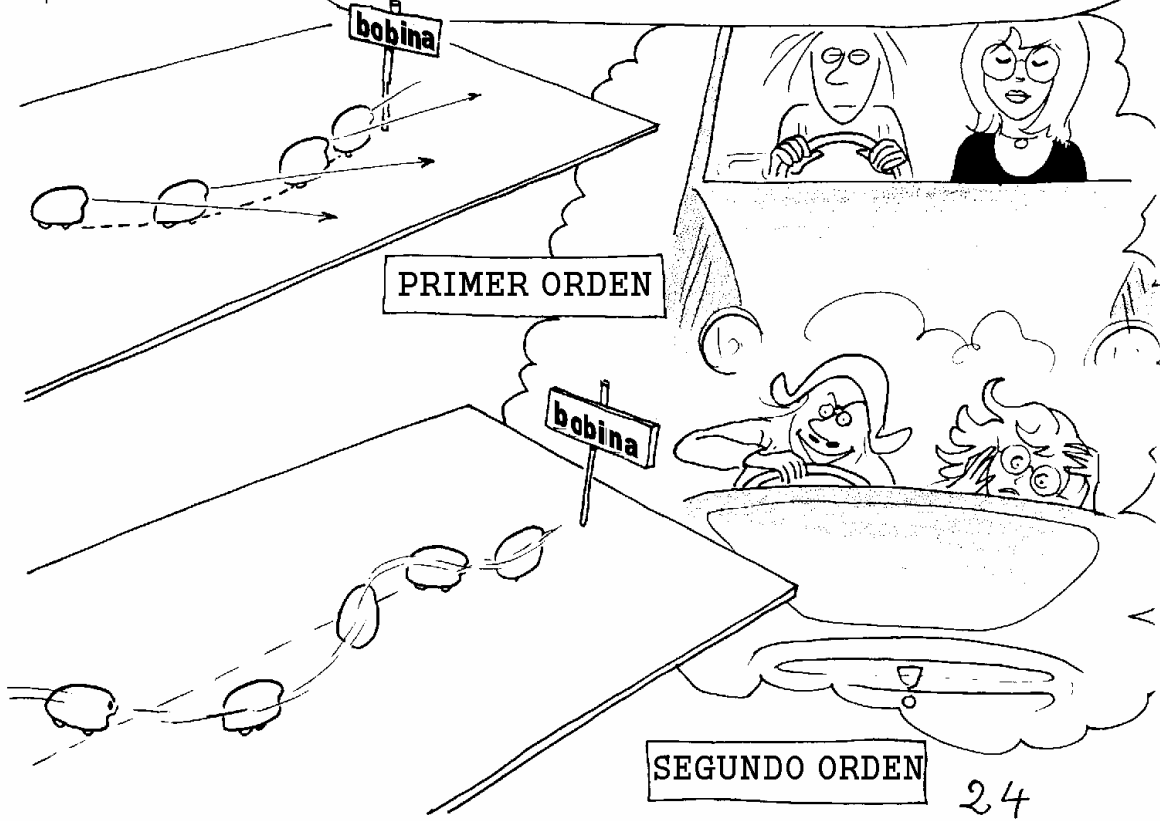
La VELOCIDAD a la cual el agua sube de nivel es proporcional a la DIFERENCIA respecto a su última posición.



Es cierto, en principio el agua de una cisterna no oscila.



Al menos esa es la teoría. Pero en la naturaleza física de las cosas, la inercia siempre está presente en ALGÚN grado, y si uno va un poco al límite siempre acaba apareciendo. Esos sistemas PARECEN ser de primer orden, pero en realidad... son de segundo orden.



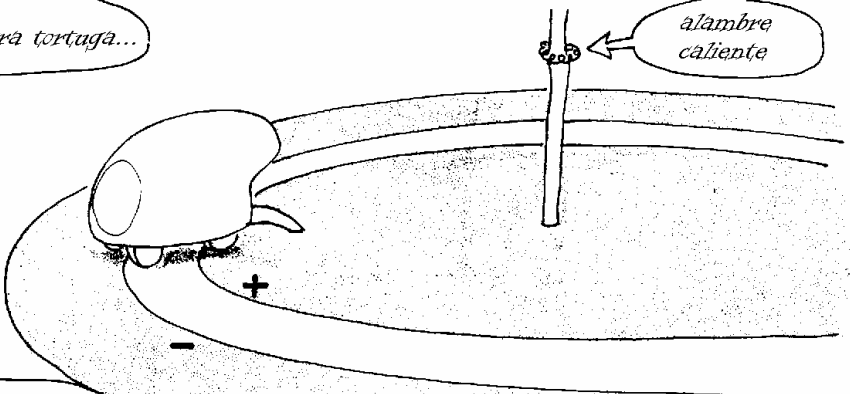
Sofía, Leo el pelicano dice que soy tan lento que soy insensible a la inercia, y nunca seré nada más que un simple sistema de primer orden.



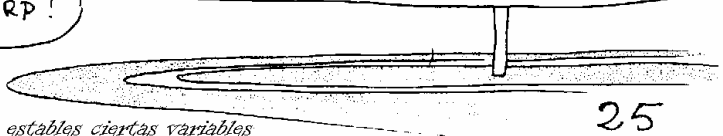
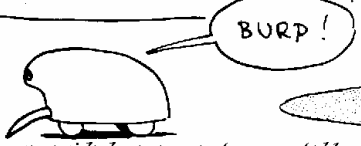
Regulación y sistemas homeostáticos.*




Pero volvamos a nuestra tortuga...




La idea de Anselmo es muy ingeniosa. El 'árbol eléctrico' -la 'planta de potencia'- genera un flujo de corriente entre dos electrodos circulares. Son las ruedas de cobre de la tortuga las que aseguran el contacto. Una vez la rueda trasera haga contacto con el ánodo y la delantera lo haga con el cátodo, la tortuga se para y recarga sus baterías. Cuando están totalmente cargadas, la tortuga da media vuelta y vuelve a merodear de nuevo. Mientras que la carga de la batería sea razonablemente alta, la tortuga ignorará la planta de potencia y su cable caliente guía, por completo.




* Homeostasis: capacidad para mantener estables ciertas variables frente a cambios en el ambiente.




*Tu haces exactamente lo mismo.
Comes cuando la presión en las paredes de tu
estómago bajan por debajo de cierto valor
umbral.*




¿Quién? ¿Yo?



*El estómago trabaja
como una cisterna.*

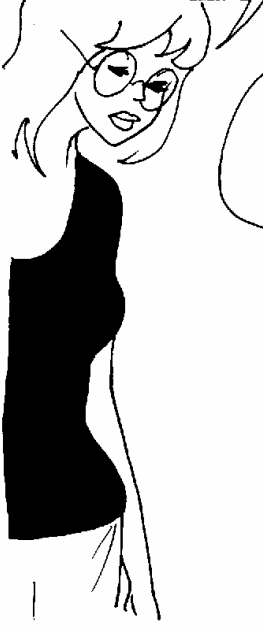


*¡No! Son las cisternas las que
trabajan como el estómago.*




*Estas discusiones
metafísicas a
veces acaban mal.*

*Son sistemas que tienden a mantener los parámetros que los definen entre un
un valor mínimo y un valor máximo.*



*Ya veo, supongo que cuando como o bebo, estoy intentando
mantener las cantidades de azúcar de mi cuerpo, entre unos
valores mínimos y máximos.*

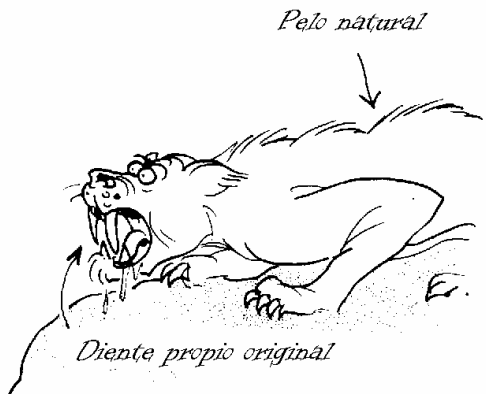
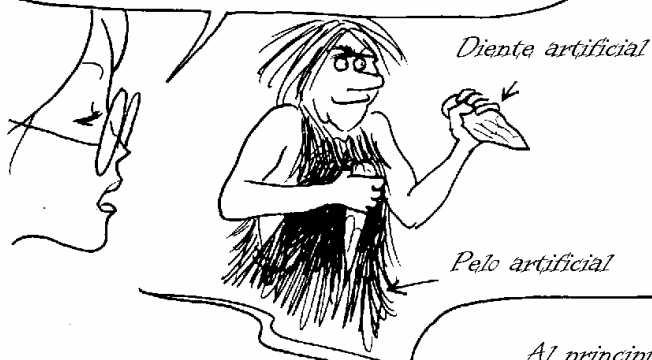




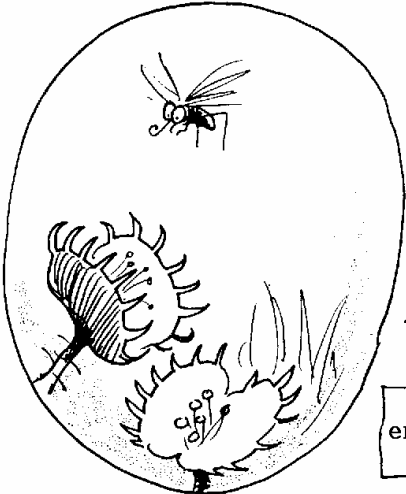
¿ Me estás diciendo que los hombres son solo unas máquinas?

Yo más bien diría que es al revés. Son las máquinas las que son como los hombres.

La tecnología funciona perfeccionando y extendiendo lo que ya funciona en la naturaleza.

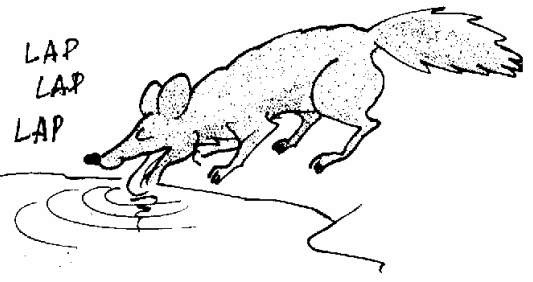


Al principio copiábamos las formas de los seres vivos. Ahora copiamos su **COMPORTAMIENTO**



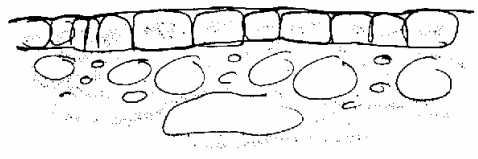
sistema de entrada-salida de tiempo de respuesta rápido.

Un ser vivo es, entre otras cosas, una fantástica máquina homeostática auto-regulada: manteniendo en equilibrio los niveles de agua, minerales, composición de sangre, tejidos... incluso su FORMA.

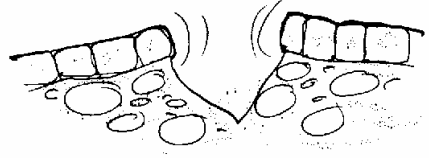


Cualquier cambio apreciable de los valores normales, altera el balance natural.

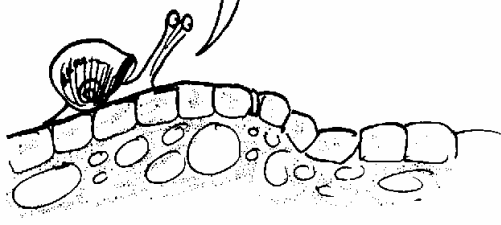
El crecimiento de la piel es inhibido por contacto.



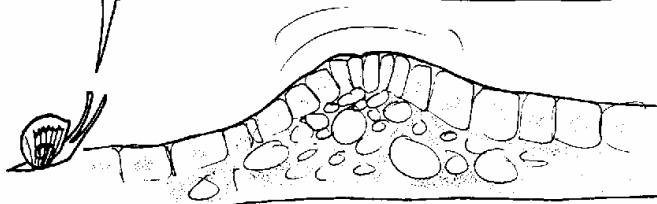
Cualquier defecto de esta coraza natural dispara una división de células alrededor de los límites de corte.



El crecimiento es inhibido una vez el contacto se ha restablecido.



Si el mecanismo se detiene demasiado lentamente, aparecerá una cicatriz.



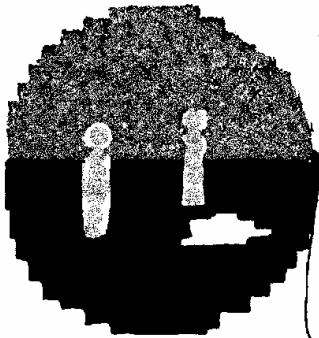
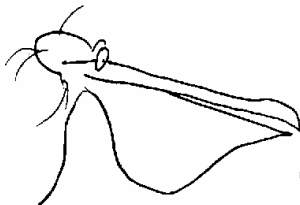
¿Que haces?

Sofía me ha dicho que me deshaga de todos los ratones de la casa.

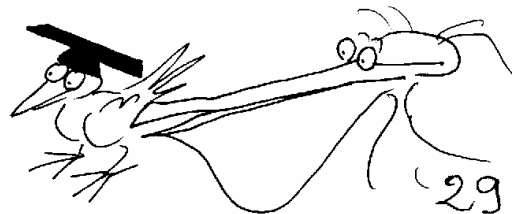
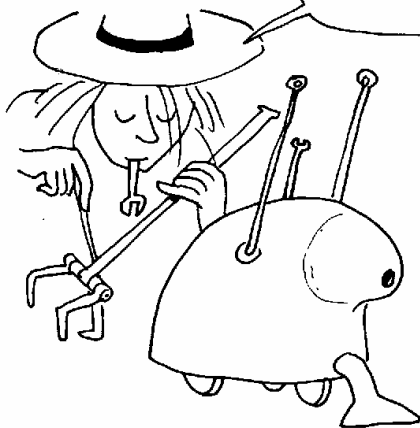
¡Voy a cazarlos!

Voy a dotar a la tortuga de un brazo de agarre y un sistema de seguimiento, usando el ojo infrarrojo.

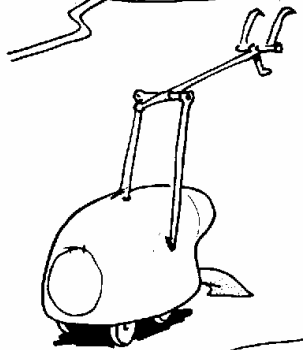
Los ratones son de sangre caliente: 41.6 ° C



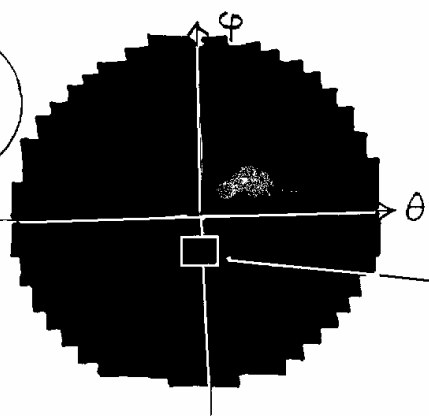
Una vez más es un tema de umbrales. El suelo es NEGRO, las paredes y estos bolos son GRISÉS, y el ratón es BLANCO. Todo lo que debo hacer es programar la tortuga para buscar cualquier objeto brillante (excepto en el sector G, que está reservado para el alambre caliente que hace de faro de la planta de potencia).



¡Mira, he localizado al ratón!

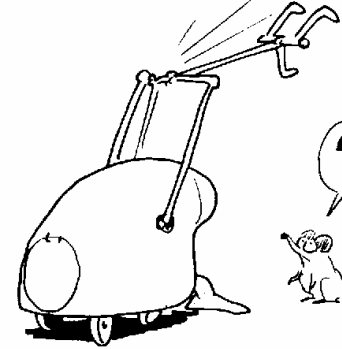


¿Que narices es ESA COSA?

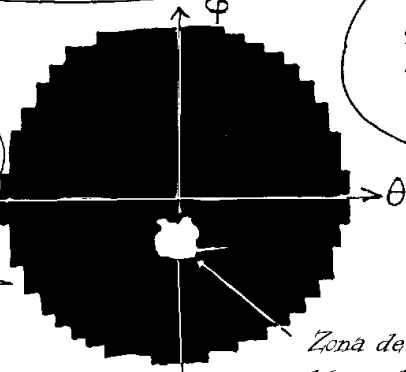


Zona de búsqueda

Ya está en posición de ataque.



?



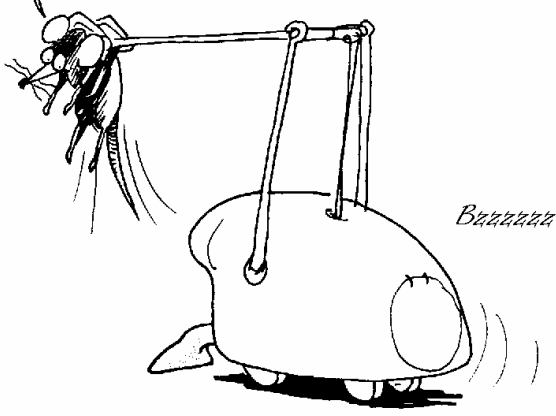
Zona de búsqueda.

Ahora se mueve hasta que el ratón aparece en la zona de búsqueda.



¡Déjame!

¡Oye! Esto no funciona, ¿verdad?



Bzzzzzz



Y... ¡Voilà!

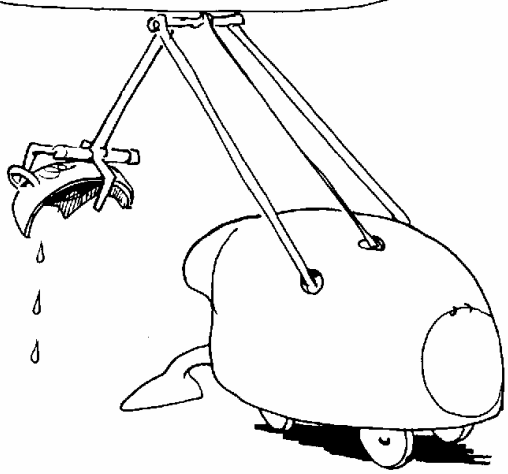


¡¡ ANSELMO !!

¡Glups!

¿Yo?

¿Puedes hacer que suelte mi taza?
- o lo que queda de ella -

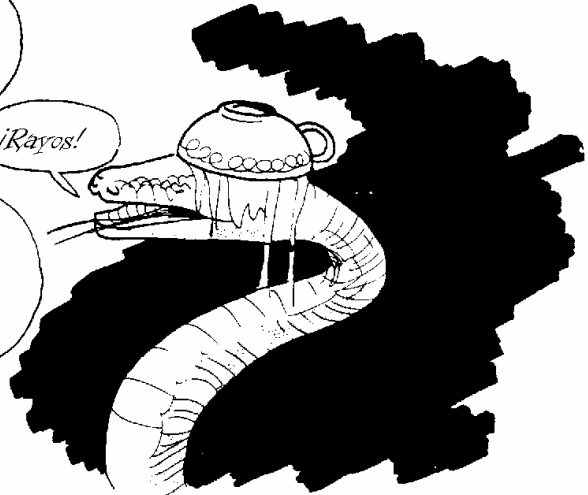


¡Oh, cielos! - No sabe distinguir entre
un ratón y una taza de café caliente.

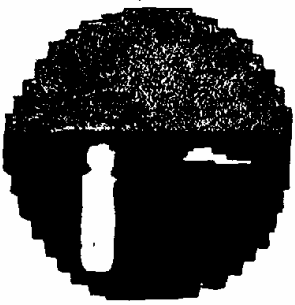


Es el mismo problema que
tienen las serpientes
cuando cazan de noche.

¡Rayos!

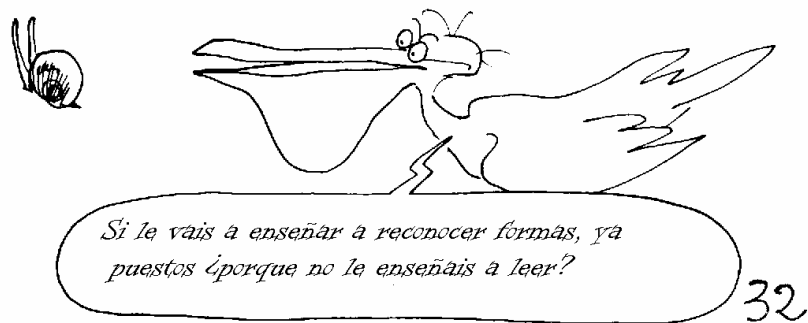
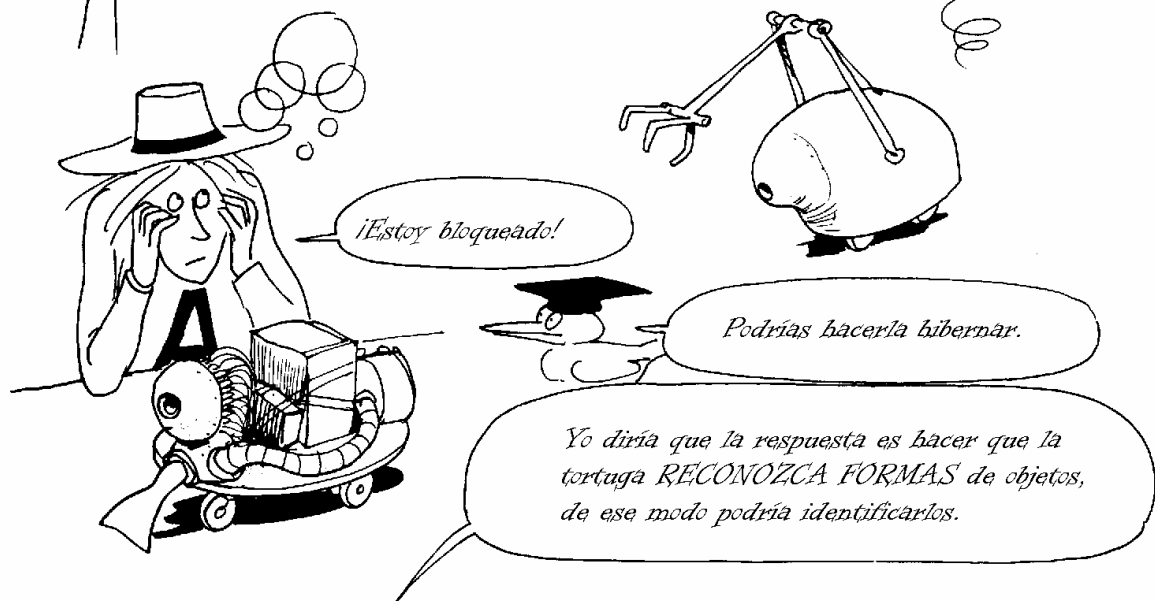
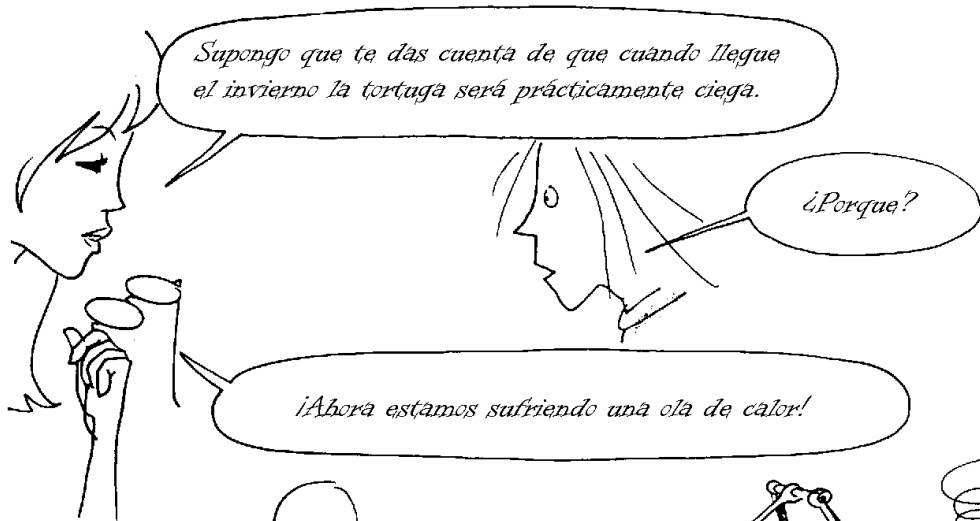


No solo eso - la tortuga se confundirá entre un bolo
cercano y un ratón distante (la intensidad de la
radiación varía con la inversa del cuadrado de la
distancia).

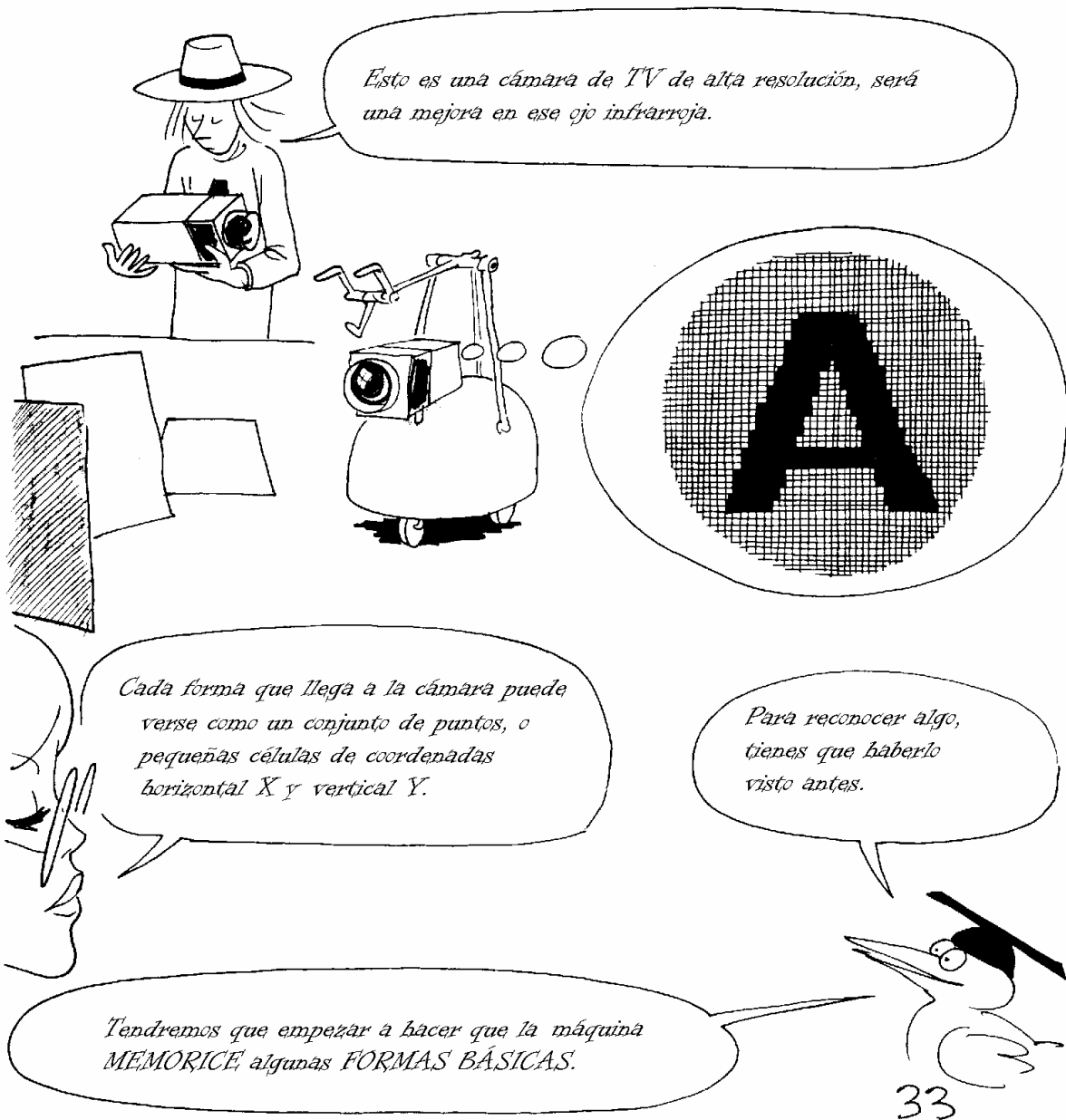


¡Tortuga corta de vista!





Patrones de reconocimiento



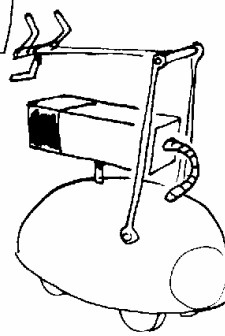
Esto es una cámara de TV de alta resolución, será una mejora en ese ojo infrarrojo.

Cada forma que llega a la cámara puede verse como un conjunto de puntos, o pequeñas células de coordenadas horizontal X y vertical Y.

Para reconocer algo, tienes que haberlo visto antes.

Tendremos que empezar a hacer que la máquina MEMORICE algunas FORMAS BÁSICAS.

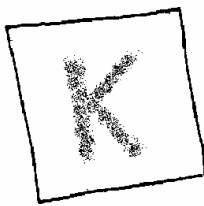
A B C D E F



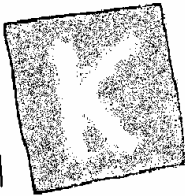
Por ejemplo... las letras del alfabeto. Una detrás de otra...



Ya capto la idea. Posteriormente le mostrarás a la máquina una de las letras, y ella comparará con las que ya conoce.

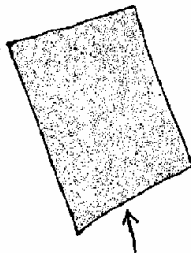


Señal

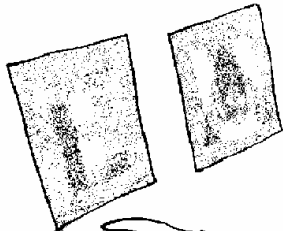


Señal conocida

Lo que hay que hacer ahora es superponer la nueva señal con el NEGATIVO de la señal original.



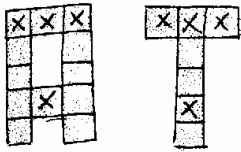
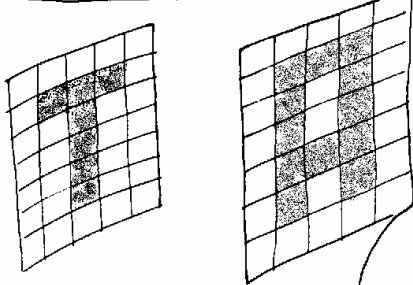
coincidencia perfecta



Si la coincidencia es perfecta, el resultado será uniformemente gris.



Siendo más precisos, debemos pensar en la señal como un conjunto de valores (0 o 1) asignados a las celdas de coordenadas (X, Y). El ordenador de a bordo puede contabilizar el número total de coincidencias o no-coincidencias.

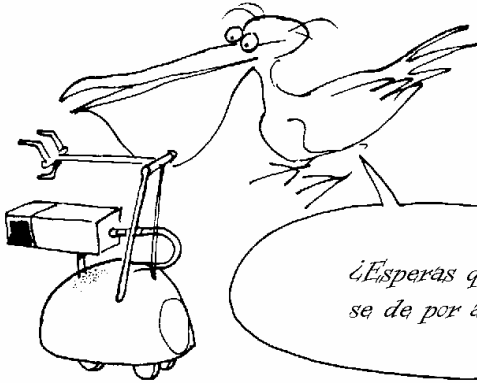


*Coincidencias: 4 casos.
Número de celdas con señal: 7
Ratio de coincidencias: 4/7*

Pero ¡vaya trabajo! Tu tortuga solo puede reconocer la letra si está exactamente alineada y a la distancia correcta.



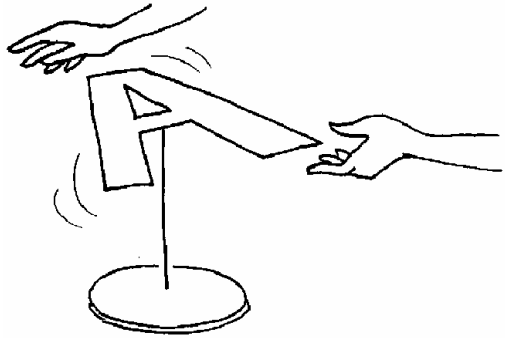
*¡Vaya!
¿cómo puedo hacerlo?*



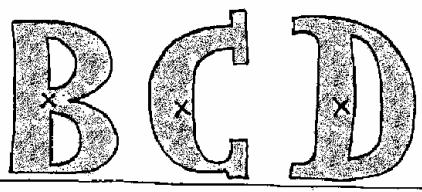
¿Esperas que eso se de por azar?

¡Creo que tengo la respuesta!

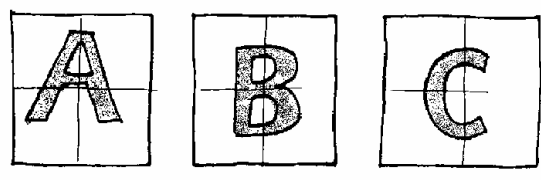




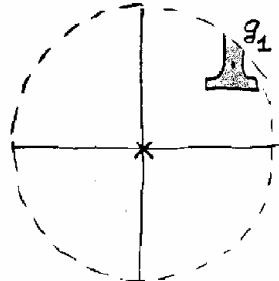
Determinaré el centro de gravedad de cada forma, de cada letra.



Antes de grabar la letra en la memoria de la máquina, haremos coincidir el eje óptico con el centro de gravedad.

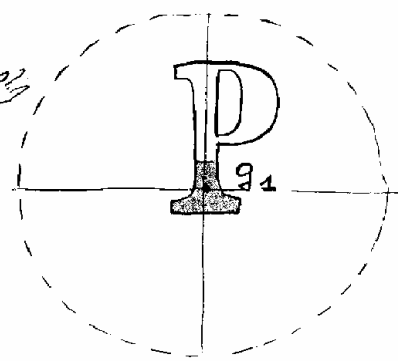
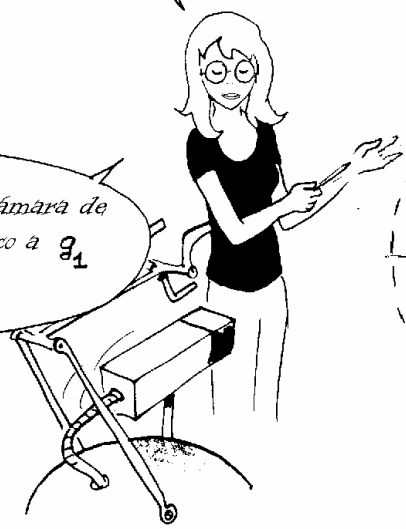


Supongamos que una letra entra en el campo visual de la máquina.



Inmediatamente le hago calcular el centro de gravedad g_1 de esa fracción de letra.

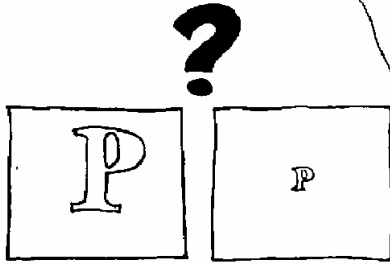
Después le hago girar la cámara de forma que lleve el eje óptico a g_1



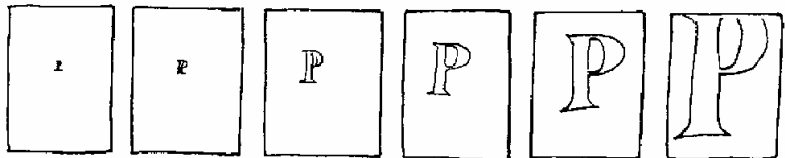
Una vez hecho esto, la máquina recalcula la posición G_2 del centro de gravedad de la nueva imagen, y se vuelve a centrar sobre ella...

Lo que le permite progresivamente irse centrando en el objeto convenientemente.

Pero ¿no queda por resolver el problema de encontrar la distancia correcta?



El ordenador de a bordo puede dibujar varias copias de la imagen, ampliándola o reduciéndola.



Y comparar cada una de ellas con el repertorio de letras estándar que tiene en memoria.

¡Rayos!
¡Pero si es una P!

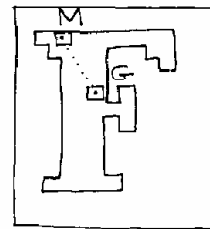
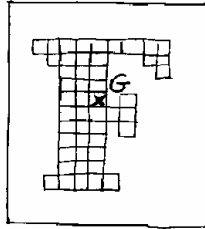
P

¡ Espera !

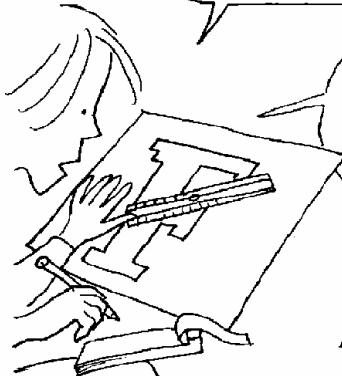
Se puede evitar la exploración sistemática de cada ampliación.
Visto de lejos, un objeto es una especie de mancha borrosa.
Su imagen tiene un CENTRO DE GRAVEDAD así como un
DIÁMETRO APARENTE.



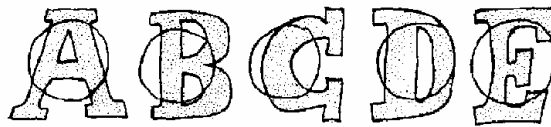
Y ¿cómo vas a evaluar ese diámetro ϕ ?



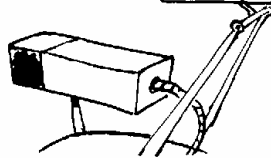
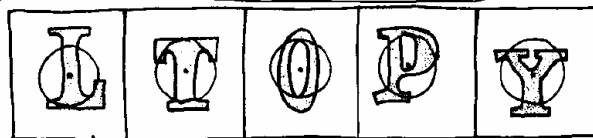
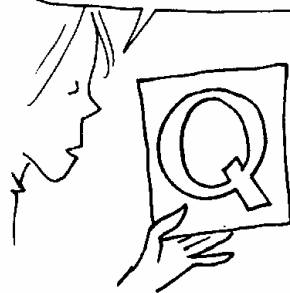
Tomo todos los puntos M que componen la imagen, y los uno a G , centro de gravedad. Sumo todos los segmentos GM y los divido por el número de puntos. Obtengo un valor medio R , yo diré entonces que $\phi = 2R$, es la medida del diámetro aparente de esa imagen.



Cada letra, cada signo, tendrá de ese modo un círculo asociado, centrado en G y de diámetro ϕ .

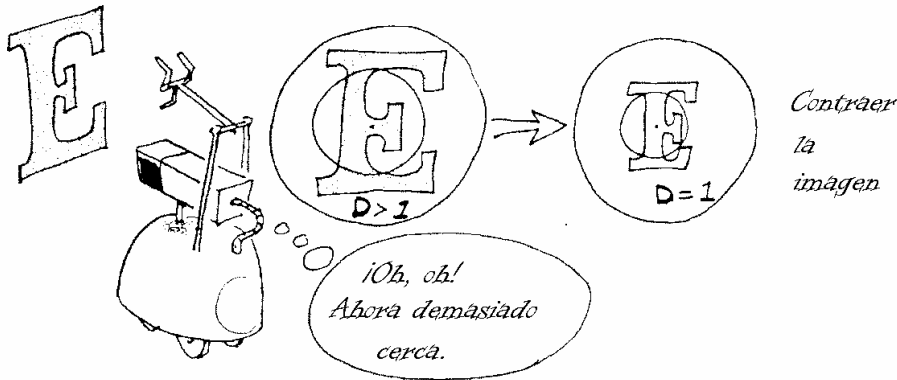
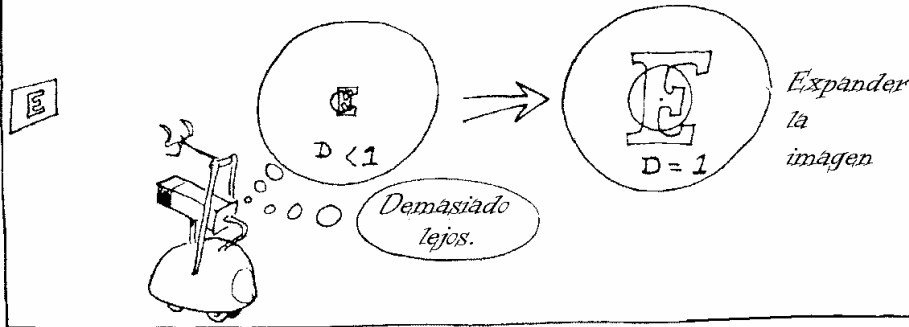


En lugar de memorizar las letras como antes, lo preparo para que cada uno tenga el mismo centro de gravedad ($x_G = 0, y_G = 0$) y el mismo diámetro aparente $\phi = 1$.

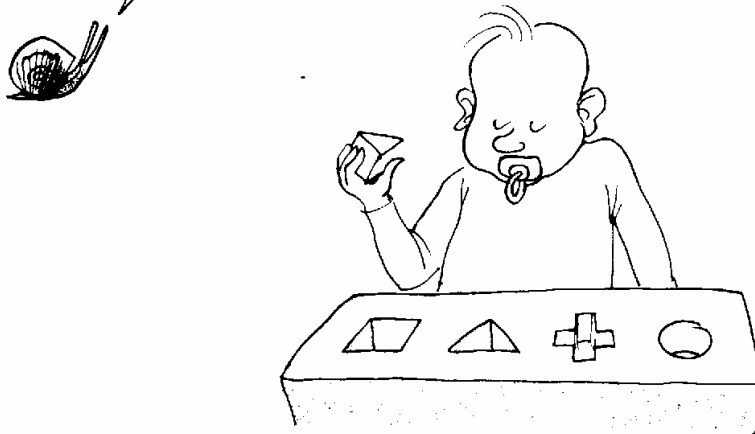


En otras palabras, centras y enfocas la imagen.

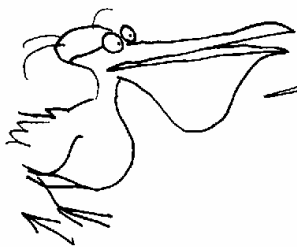
Ya hemos visto como la tortuga automáticamente alinea su eje óptico con el centro de gravedad. También puede calcular el diámetro aparente (ϕ o D) de la imagen. Si no es igual a 1, la cámara usará el zoom hasta que lo sea.



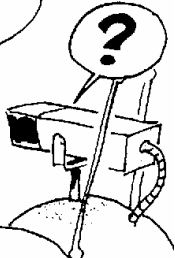
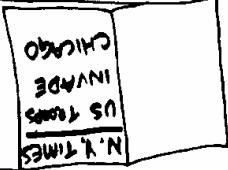
Ahora lo único que tiene que hacer es compararla con todas las formas que tiene en su memoria, para ver cual es la que mejor encaja.



Pero también es posible que la letra esté ROTADA.
Entonces tienes que hacer copias de cada imagen que quieras probar, rotándolas desde 0° hasta 360°.



Si los seres humanos funcionáramos del mismo modo, nunca encontraríamos lo que estamos buscando, pues tendríamos que emplear demasiado tiempo.



Con un solo MICROPROCESADOR puede que si, pero ¿que dirías de un sistema constituido por MILES de microprocesadores trabajando al mismo tiempo?

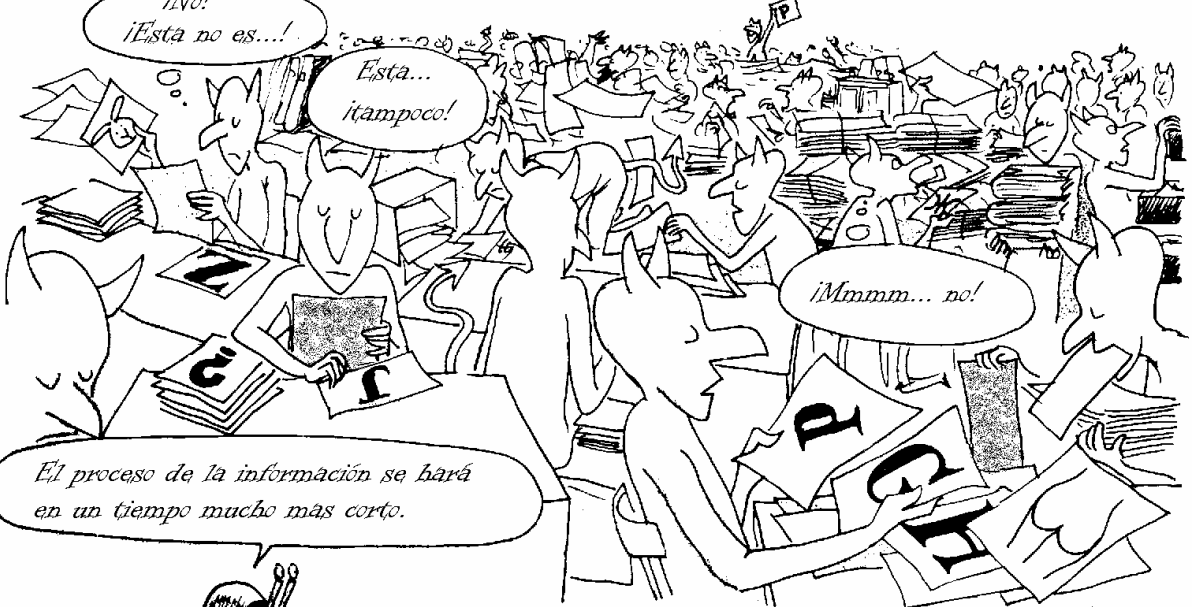
¡Eh! familia... lo he encontrado.

*¡No!
¡Esta no es...!*

*Esta...
¡tampoco!*

¡Mmmm... no!

El proceso de la información se hará en un tiempo mucho más corto.



Un ser vivo - digamos por ejemplo, un ser humano- dedica mucho tiempo a aprender a reconocer formas. Conforme estás leyendo estas palabras, tu cerebro está procesando la información recibida por tus ojos, es tan potente como 10.000 microprocesadores trabajando simultáneamente en paralelo.

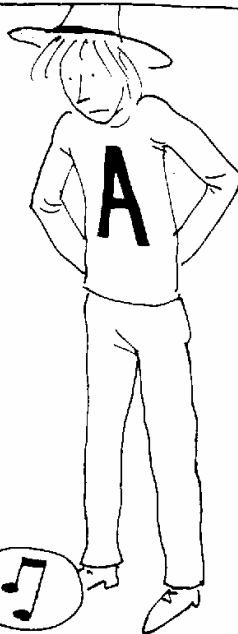


Un pensamiento arborescente.

Es increíble que pensemos en nosotros mismos como en UN único ser.



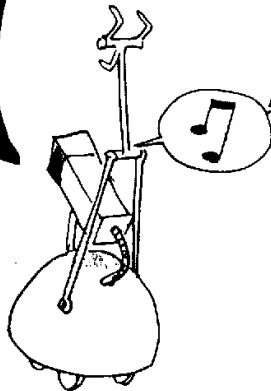
De hecho, el reconocimiento de formas es un problema extremadamente complicado. Lo mostrado hasta ahora es solo una visión simplificada.



Aquí tenemos una tortuga que sabe leer.

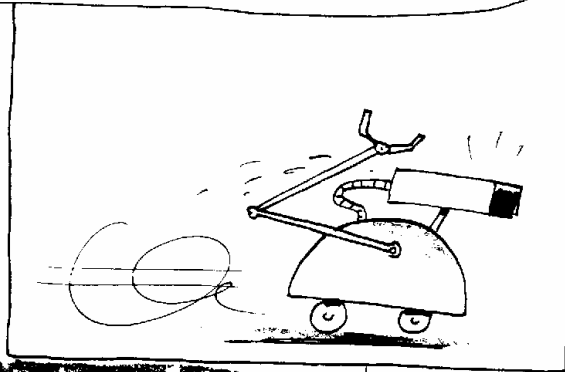
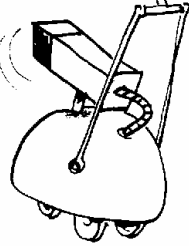


Ya lo habré visto todo.



Si la tortuga puede leer letras, tambien puede juntarlas y reconocer palabras, o FRASES.

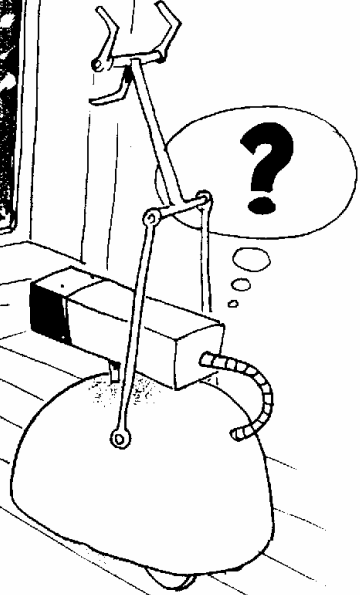
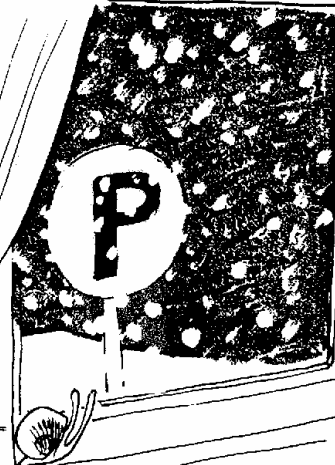
¡PELIGRO!



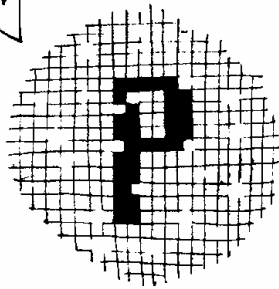
Ahora viene un experimento interesante.



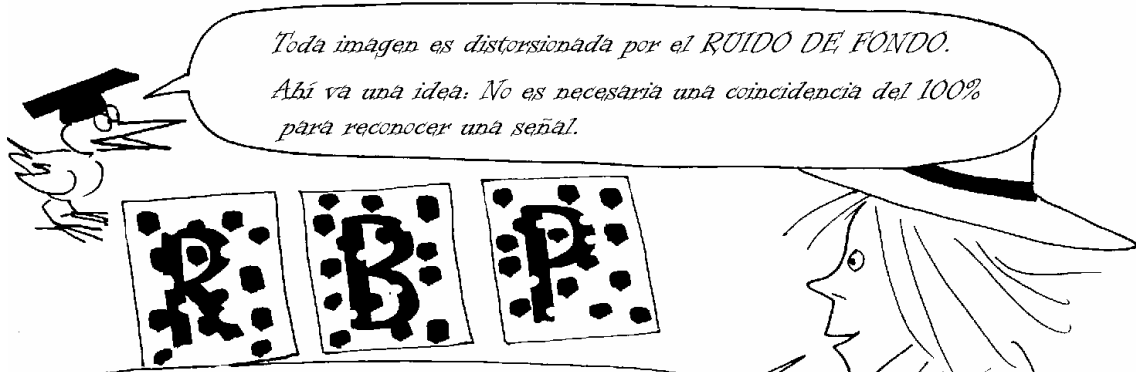
¡Vaya, está nevando!



Así es como la tortuga ve la letra en un momento dado.



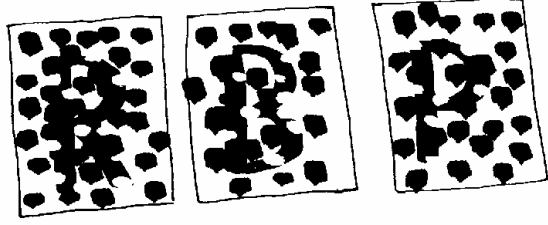
Ruido



Toda imagen es distorsionada por el RUIDO DE FONDO.
Ahí va una idea: No es necesaria una coincidencia del 100%
para reconocer una señal.

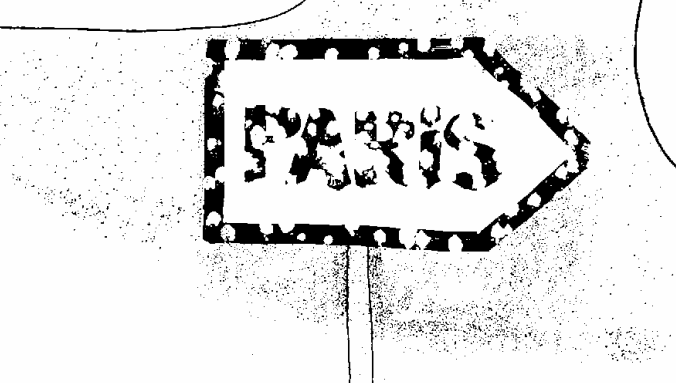
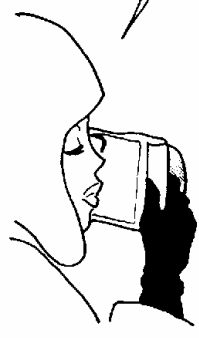
A pesar del ruido, estas letras son todavía
perfectamente reconocibles y pueden diferenciarse la
una de la otra.

Siendo la coincidencia
de tan solo un 75%



¡Aquí yo no
reconozco nada!

Pero... supón que tomamos VARIAS
imágenes del MISMO objeto con
ruido.



Debo resaltar que
como tenemos DOS
ojos, nosotros
siempre trabajamos
con DOS imágenes.



Procesamiento de imágenes

Combinando N imágenes, puedes mejorar el nivel de percepción, de DETECCIÓN de la señal.

Por ejemplo, puedes superponerlas (o tomar una media)



También existen técnicas matemáticas más sofisticadas.

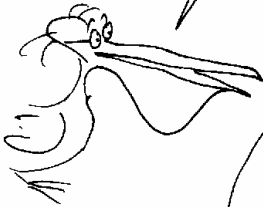
Cuando oculto la señal con mi mano, no puedo leerla.



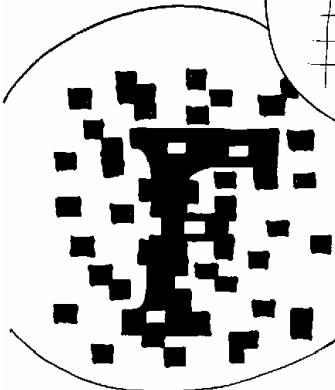
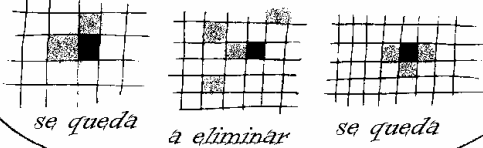
Pero cuando muevo la mano a izquierda y derecha, ¡sí puedo!



Si he entendido bien, te gustaría que tu animalito pudiese reconocer los símbolos, que pudiese leer, en cualquier circunstancia Bajo la nieve, etc. Este reconocimiento de formas implica, para cada imagen, el cálculo del centro de gravedad y del diámetro aparente. Con todo ese RUIDO de fondo, eso será problemático.

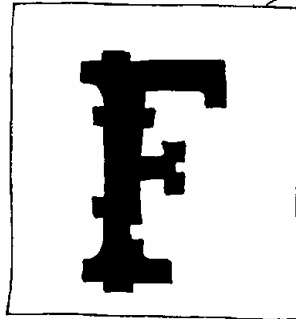
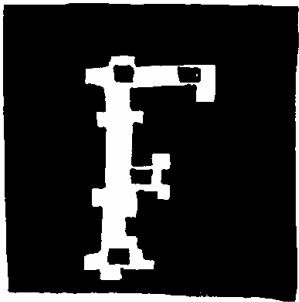


Creo que tengo una idea. 'Limpiaremos' la imagen. Supón que miramos alrededor de cada punto, y eliminamos todos aquellos que tienen menos de dos vecinos...



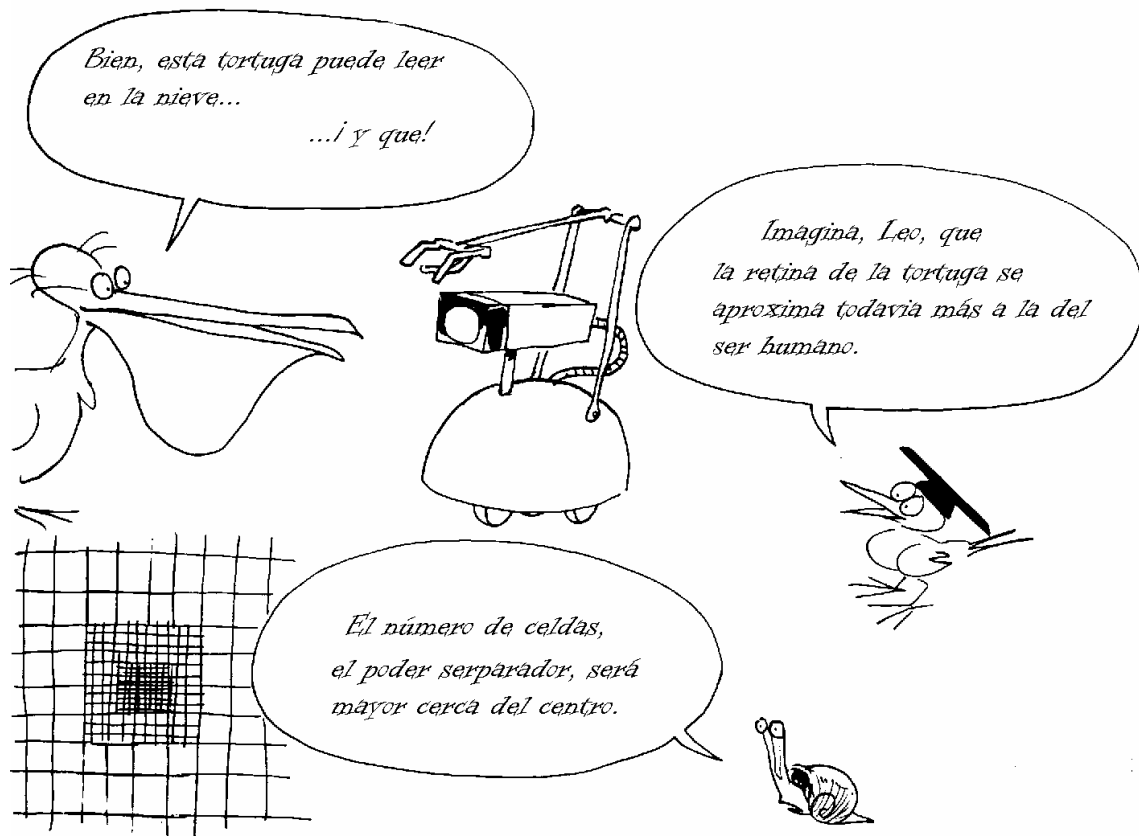
Esto eliminará la mayoría de las manchas aisladas.

Entonces 'inviertes' la imagen y lo haces de nuevo.



Esto es lo que obtienes tras la segunda operación de limpieza.



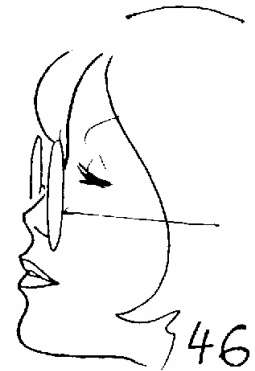


Para leer un texto , el eje óptico de los ojos salta
alrededor de los símbolos erráticamente.

Para leer un texto

Para leer un texto solo ciertas zonas serán percibidas con claridad.
Pero el cerebro reconstruye el mensaje más probable.

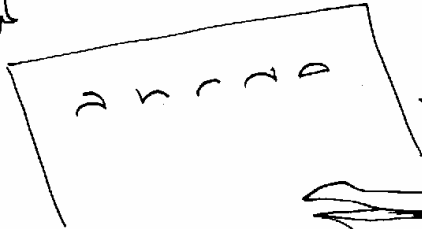
Lo que nos permite leer muy rápidamente.



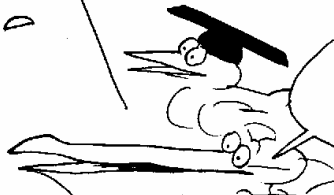
Recoger TODA la información, recorrer el texto letra a letra, palabra a palabra, segmento a segmento... es una tarea interminable.



Ciertas formas clave son suficientes para identificar las letras.



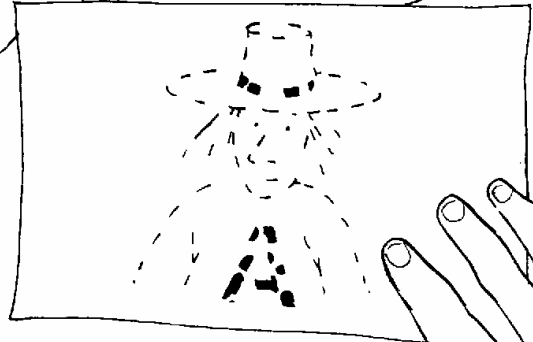
La información es redundante, eso está claro.



Dos vistazos, uno al principio y otro al final de una palabra son normalmente suficiente.



Y lo que funciona en la lectura, también funciona en otros tipos de percepción.



Si uno tiene la impresión de que algo no está del todo claro, el ojo echa otro rápido vistazo a la zona problemática



Percepción

Nosotros **PENSAMOS**
que estamos recibiendo información todo el tiempo.



Pero de hecho, todo lo que recogemos de
nuestro entorno es el **MINIMO** de
información necesaria para identificar
formas, sonidos, etc...



Todo el tiempo, estas impresiones
son comparadas con un enorme banco de
datos de señales y símbolos en nuestros
recuerdos...

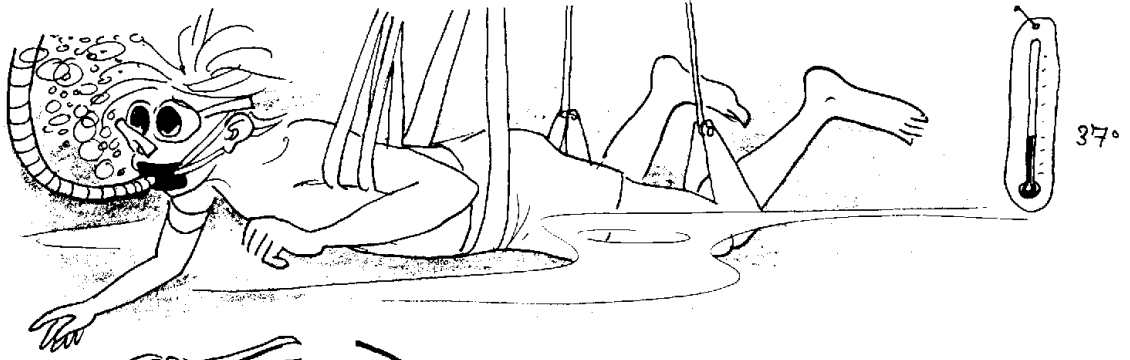
...que están
constantemente
REFRESCANDOSE

una memoria
escrita en la arena...



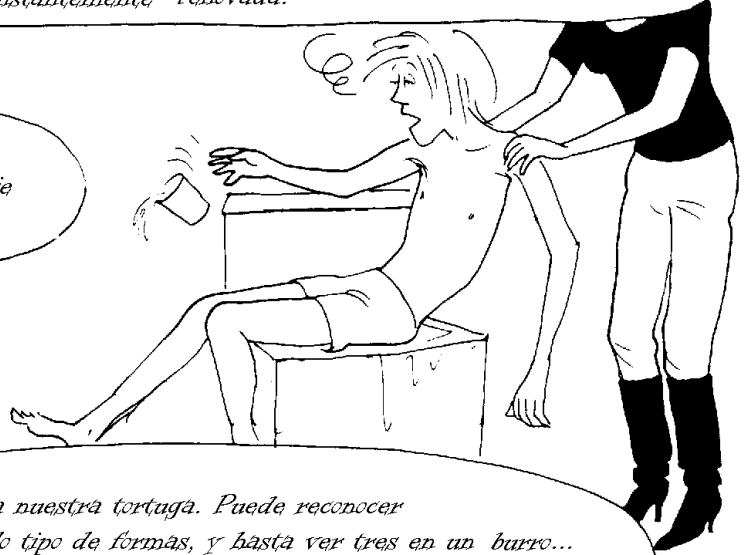
Se ha descubierto que si se aísla completamente a alguien de
toda información proveniente del exterior, de toda
PERCEPCIÓN, la mente rápidamente comienza a divagar...



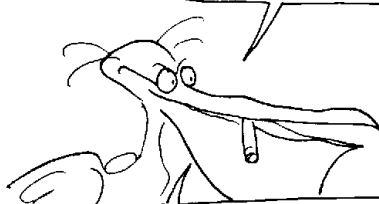


Tras unos días en esa PRIVACIÓN SENSORIAL, a uno le cuesta ejecutar hasta las acciones más simples. Como coger un vaso. Es como si la idea de que somos parte del mundo exterior tuviera que ser constantemente renovada.

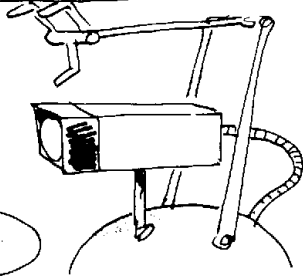
Estamos en un estado de aprendizaje permánente.



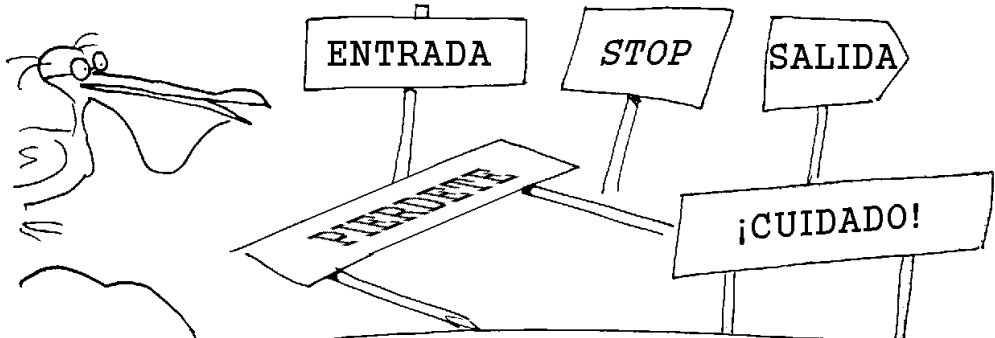
Bien, volvamos a nuestra tortuga. Puede reconocer rápidamente todo tipo de formas, y hasta ver tres en un burro...
¿Y QUE?



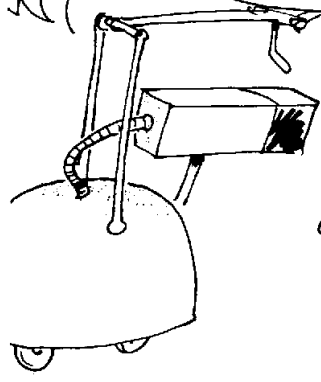
Sigue siendo completamente ESTÚPIDA.



Las únicas cosas que sabe hacer, son aquellas que TU le has puesto en su estúpida cabeza.

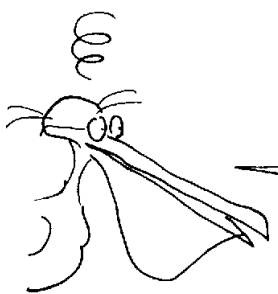


Podrías intentar añadirle un generador de azar, que aporte un poco de variedad al comportamiento de la tortuga.



Como si ocasionalmente tirara una moneda al aire para decidir que hacer.

Los seres vivientes no se comportan al 100 % de una manera regular.



Debo reconocer que, a veces, a mi también me vienen ganas de hacer alguna que otra tontería.

Inteligencia y estupidez

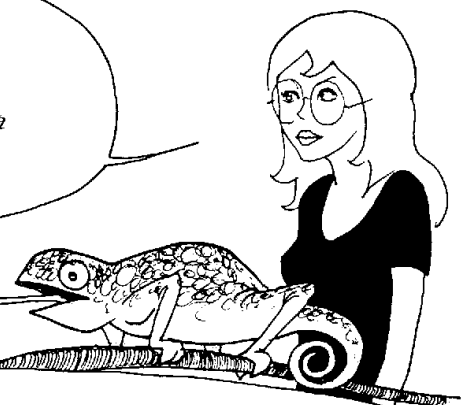
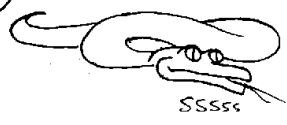


(x) Albert Einstein

La inteligencia es algo que flota en la superficie de un océano de respuestas condicionadas y de ideas preconcebidas.



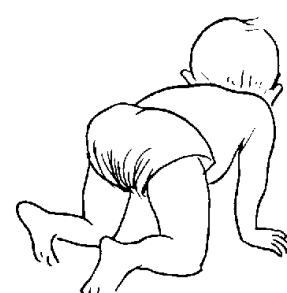
Lo que has estado haciendo hasta ahora es intentar reproducir el comportamiento de animales cada vez más elevados en la escala de la evolución.



A pesar de que ningún ser humano nace con un idioma, unos conceptos, todos tienen de partida cierta cantidad de habilidades innatas, de RESPUESTAS PROGRAMADAS o INSTINTOS. Esta impronta se desarrolla en el estado de la concepción o estado fetal, y durante los primeros años de vida.

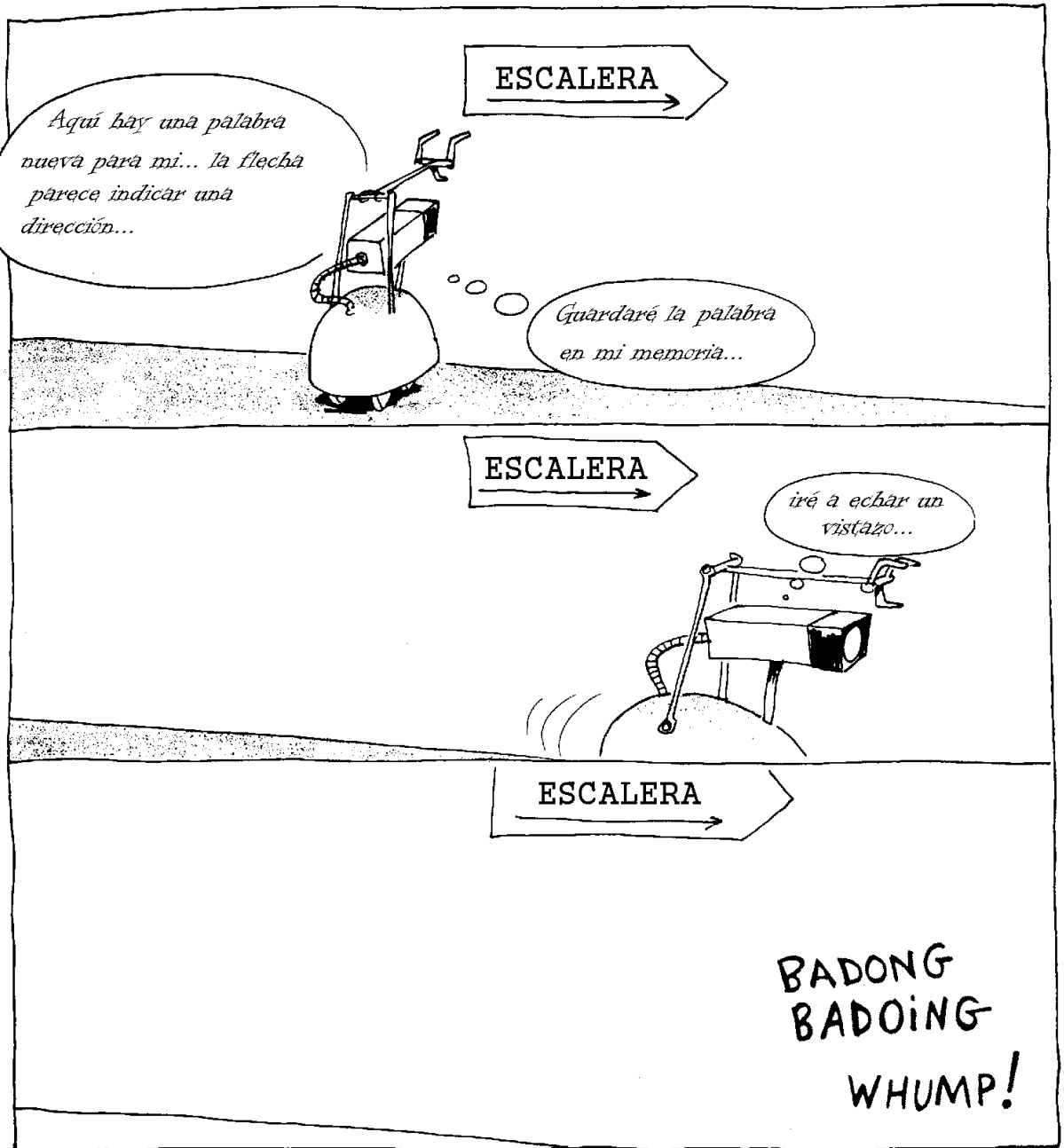


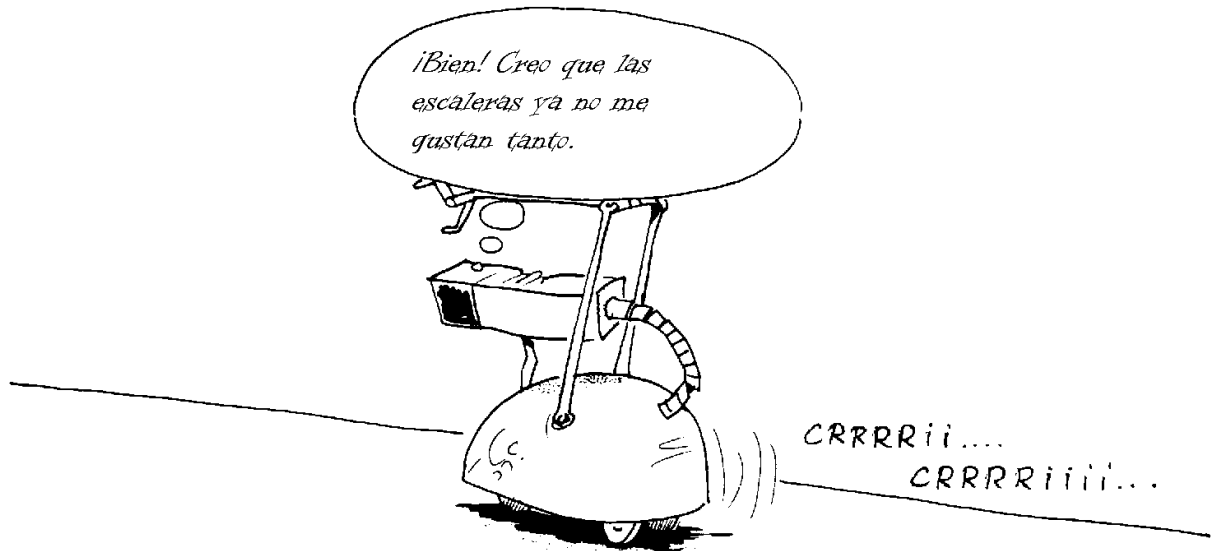
Y eso se traduce, entre otros, en un cierto gusto por explorar y aprender.



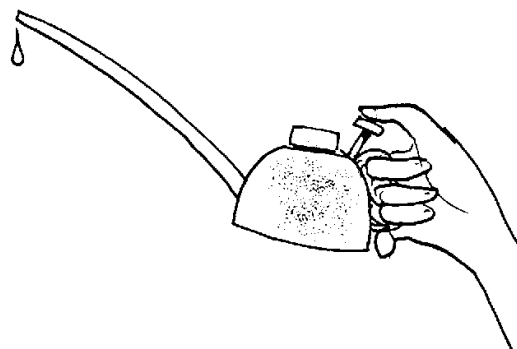
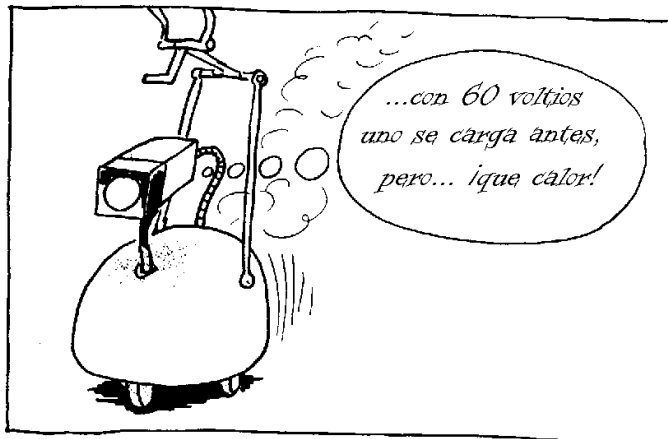
¡Pues voy a programar a mi tortuga para que aprenda!

La estrategia de prueba y error

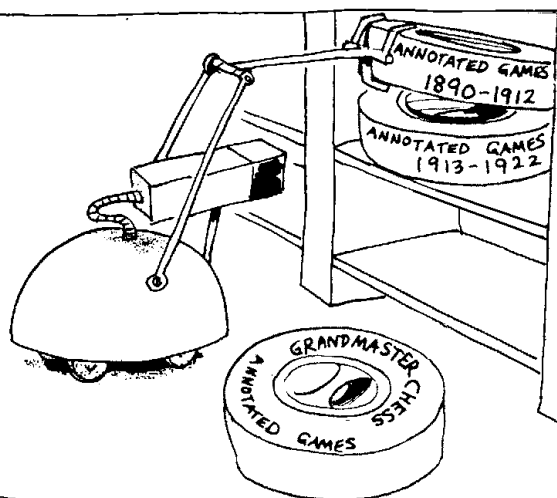




La tortuga es capaz de tener nuevas experiencias, y de sacar conclusiones, de obtener un beneficio.

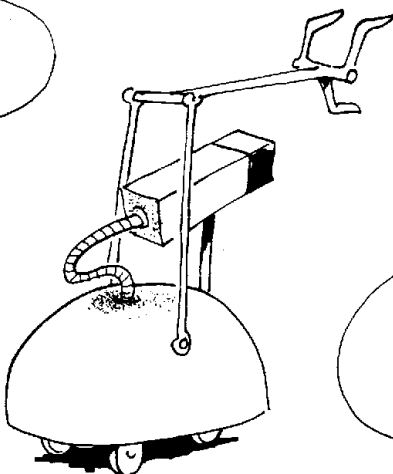


Una máquina puede almacenar todo tipo de datos.



Para empezar
tiene acceso a
BANCOS de
DATOS externos.

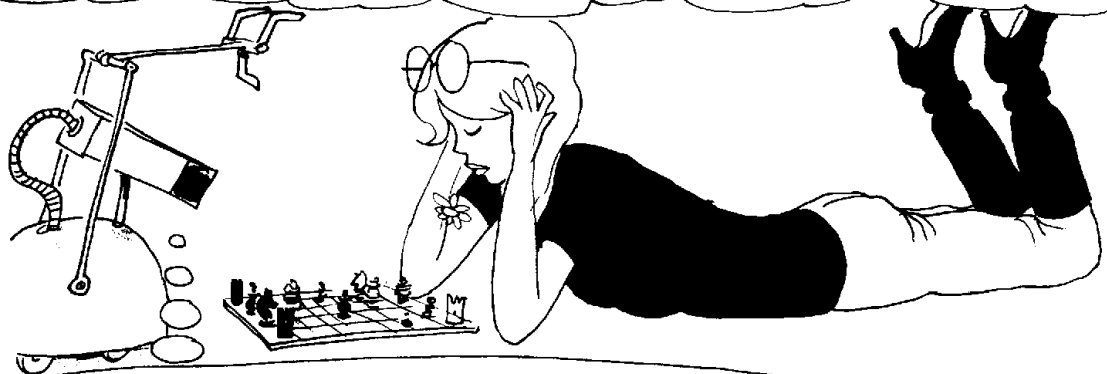
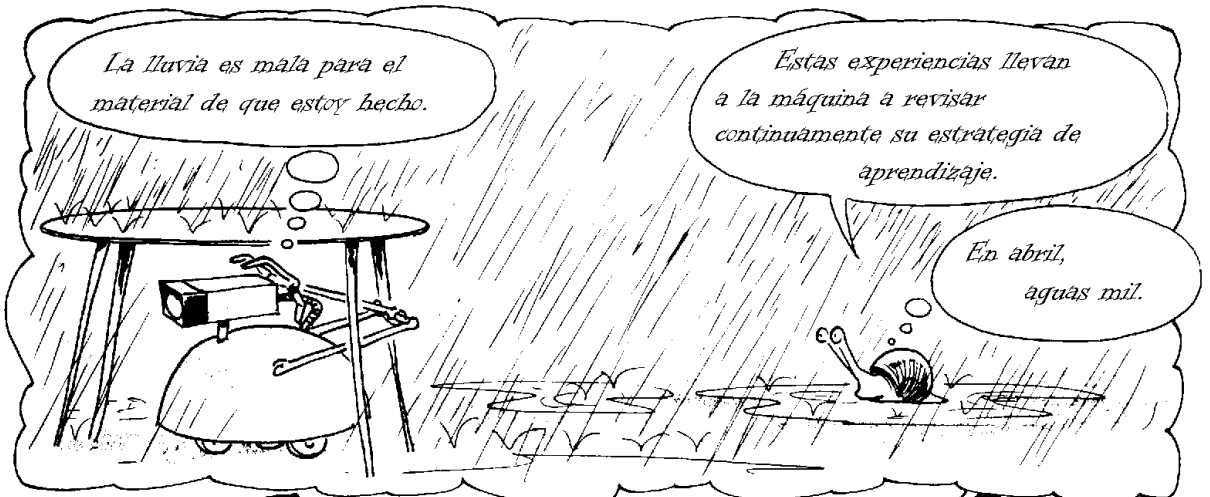
Y puede usar también
sus propios sensores.



Esos datos puede ser
analizados y pueden buscarse
CORRELACIONES entre los
eventos.



Me he percatado que cada vez
que esas cositas grises se
amontonan, normalmente acaba
lloviendo.



¡Veamos!, la última vez que esta posición se dio, resultó ser una mala idea mover el rey...



Excepto por el peón, esta posición es la misma que la de la partida entre Alhekiné y Morphy en 1924. Claro que un peón puede marcar la diferencia...

Moveré el alfil.

Pronto veremos...

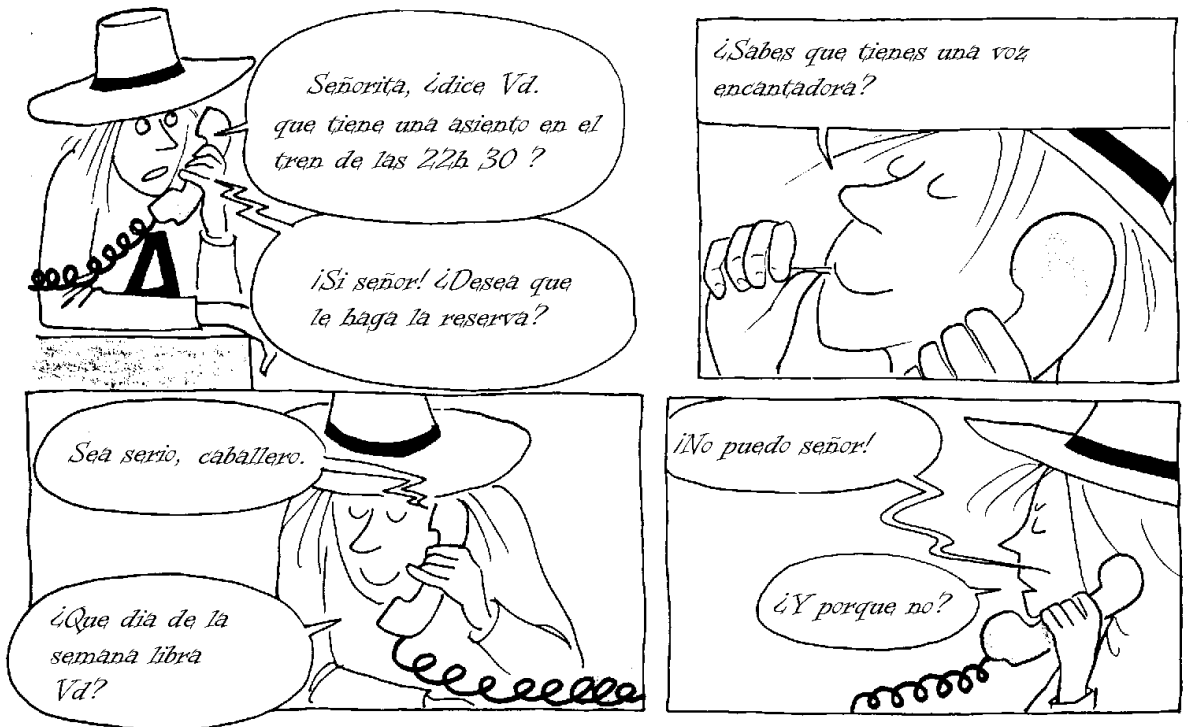


¿Y donde empieza la inteligencia y termina la estupidez?

*No hay que olvidar que desde 1981, es un ordenador el campeón del mundo de BACKGAMMON
(JACQUET)*

El test de Turing

Un matemático, propuso una vez el siguiente test de inteligencia...



Señorita, ¿dice Vd. que tiene una asiento en el tren de las 22h 30 ?

¡Si señor! ¿Desea que le haga la reserva?

Sea serio, caballero.

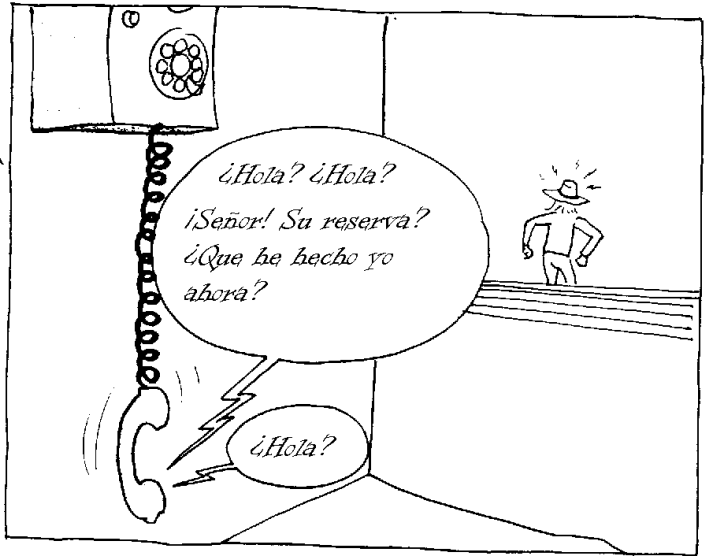
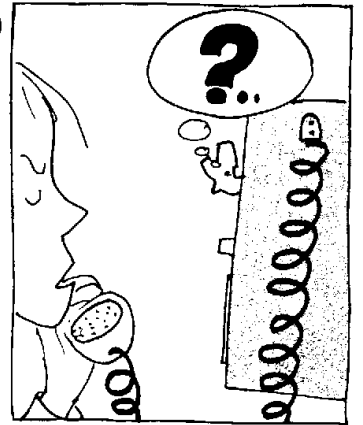
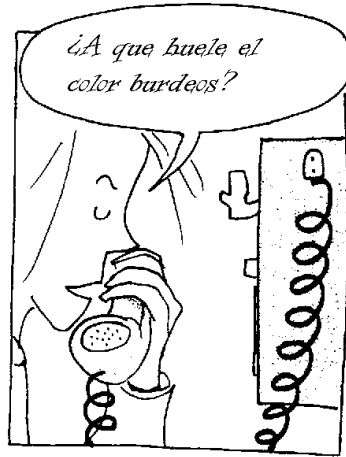
¿Que día de la semana libra Vd?

¿Sabes que tienes una voz encantadora?



¡No puedo señor!

¿Y porque no?

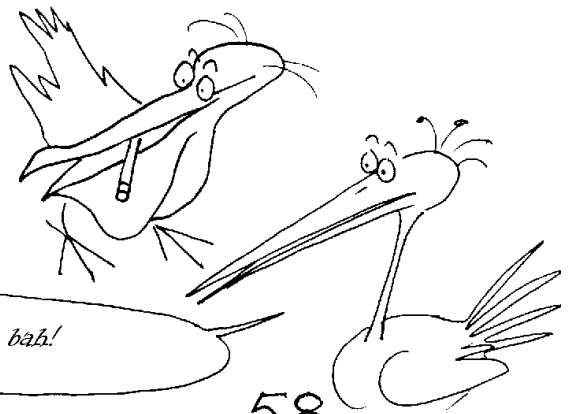


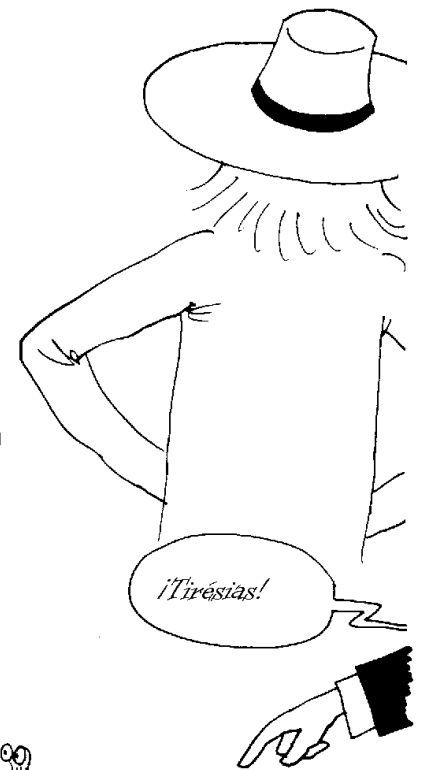
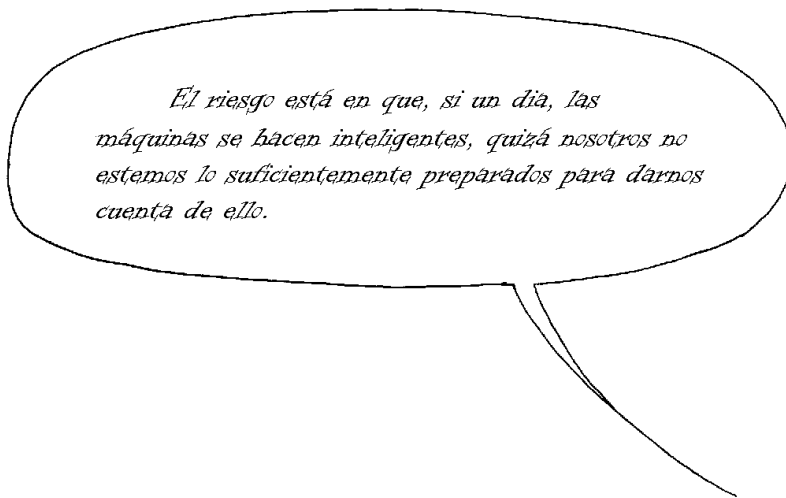
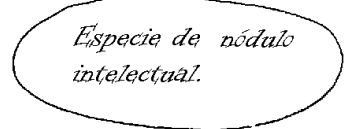
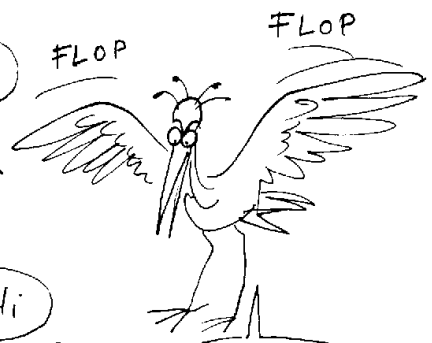
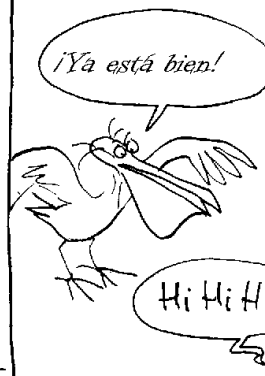
UNA MÁQUINA SE CONSIDERARÁ INTELIGENTE CUANDO SUS RESPUESTAS NO SE DISTINGAN DE LAS DE UN SER HUMANO.

Turing

Aún estamos lejos, gracias a Dios.

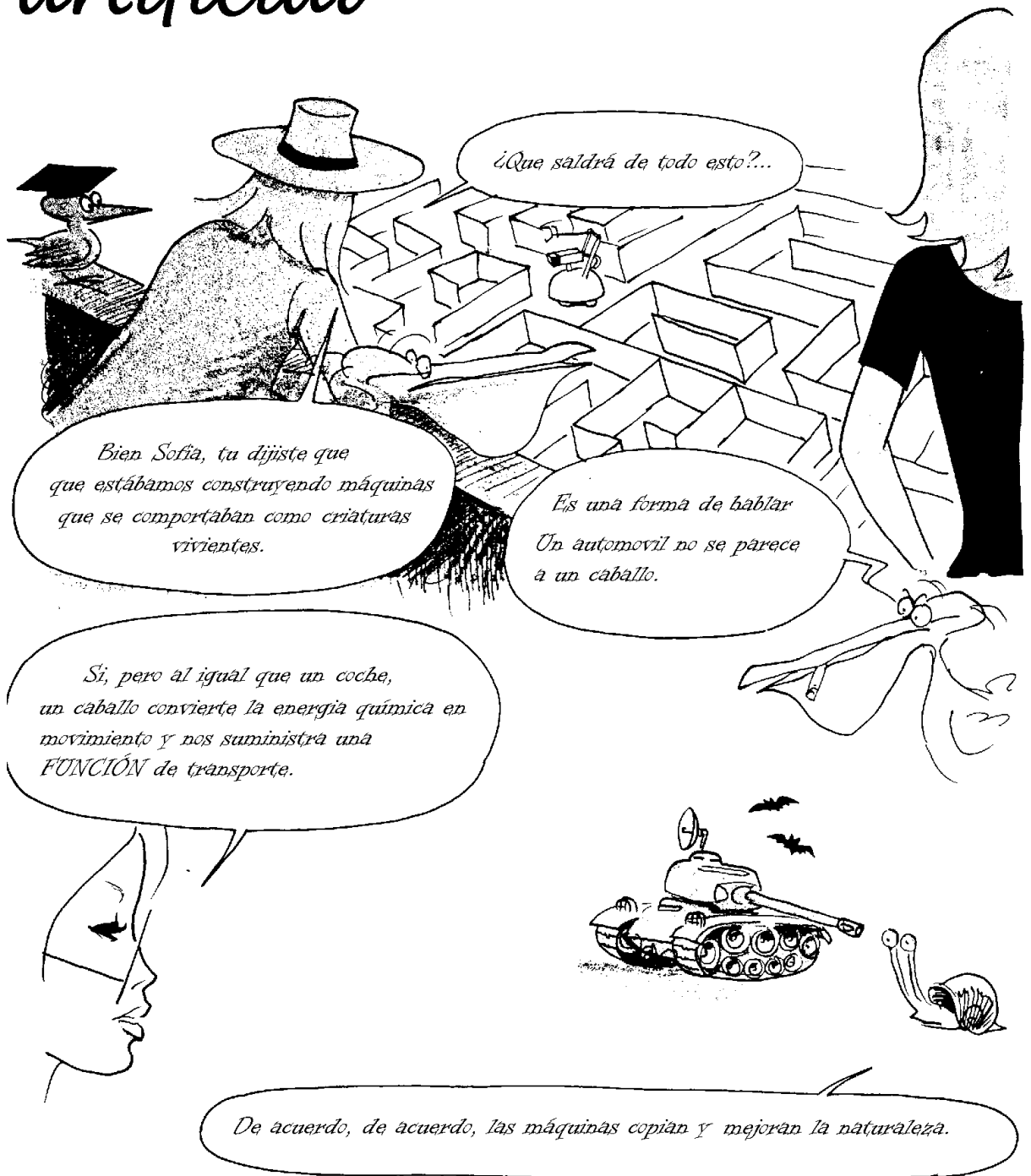
Inteligencia artificial... bah!





(*) De Epistemología (teoría del conocimiento) y 'poli'.

La inteligencia artificial



¿Que saldrá de todo esto?...

Bien Sofía, tu dijiste que que estábamos construyendo máquinas que se comportaban como criaturas vivientes.

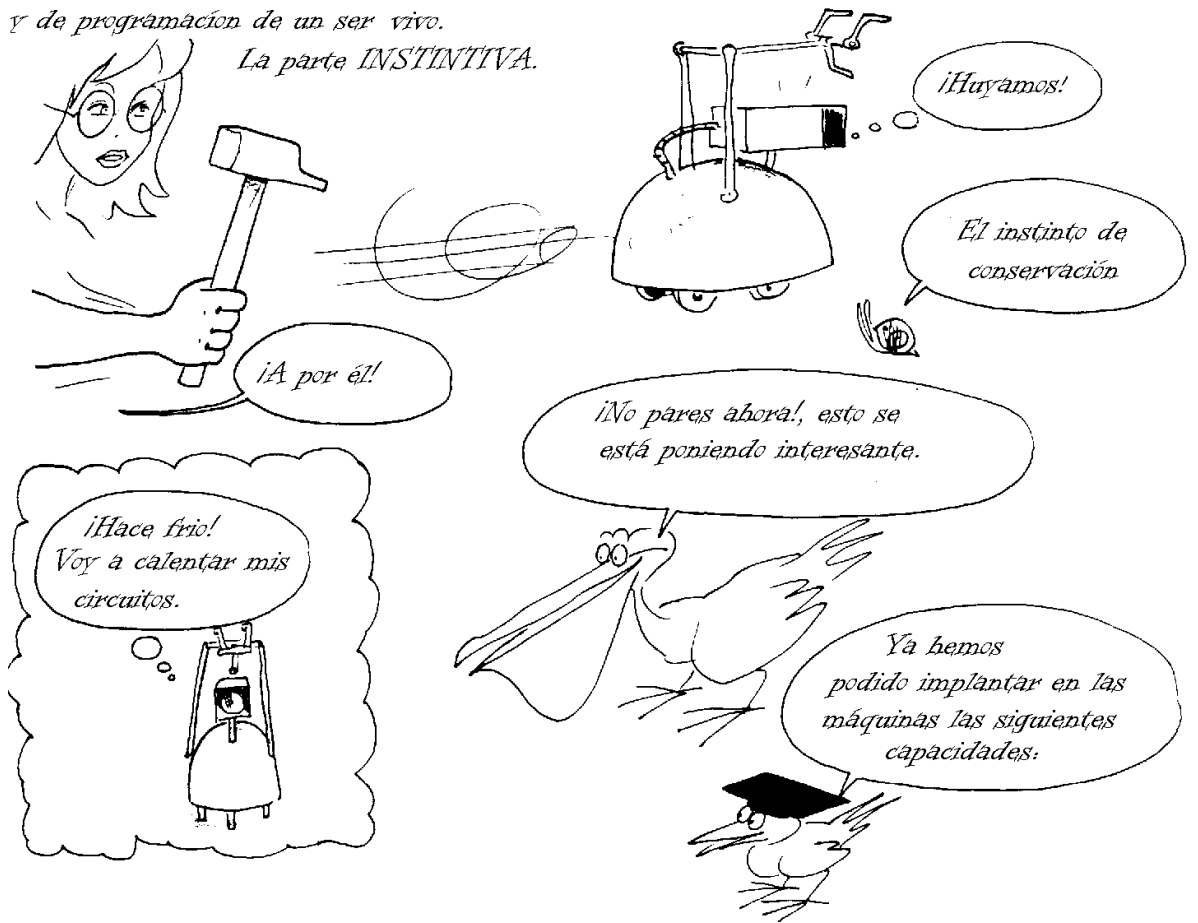
Es una forma de hablar
Un automovil no se parece a un caballo.

Si, pero al igual que un coche, un caballo convierte la energía química en movimiento y nos suministra una **FUNCIÓN** de transporte.

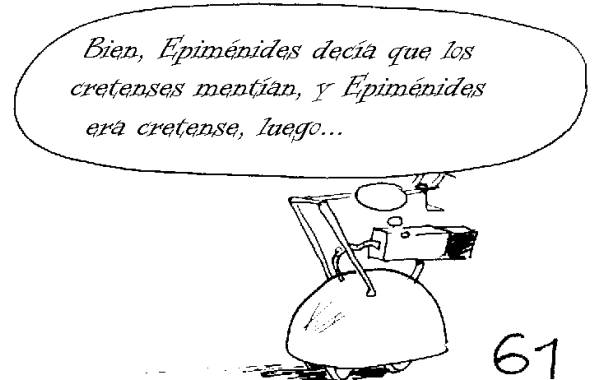
De acuerdo, de acuerdo, las máquinas copian y mejoran la naturaleza.

Con la CIBERNÉTICA y la INFORMÁTICA hemos imitado las funciones de REGULACIÓN y de programación de un ser vivo.

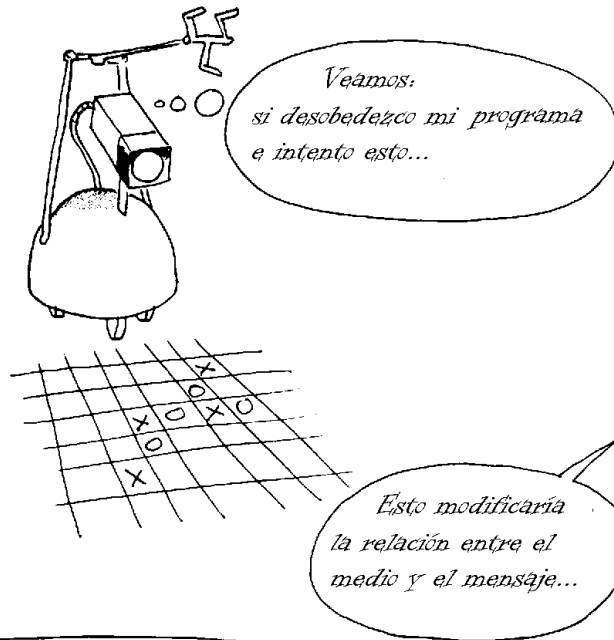
La parte INSTINTIVA.



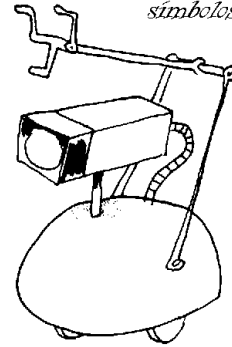
La capacidad de DEDUCIR.



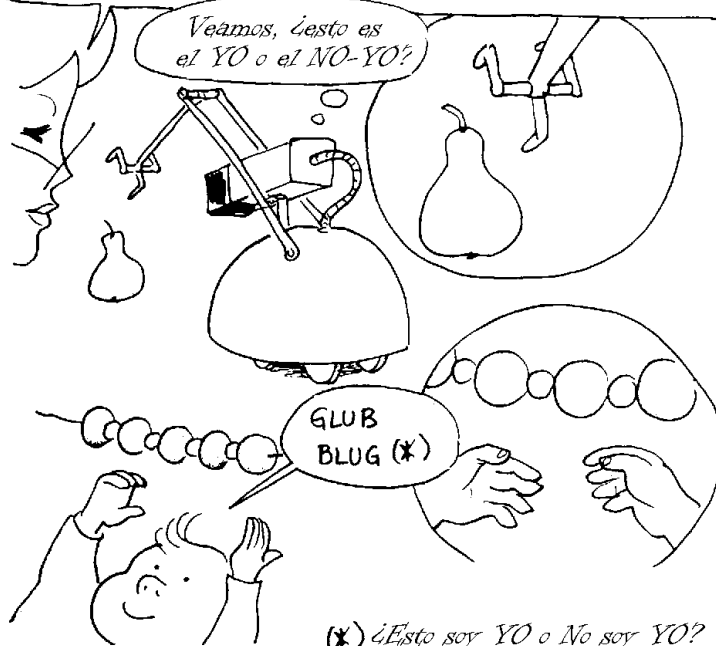
La capacidad de *TRANSGREDIR*, *IMAGINAR*, y reconocer el *MUNDO EXTERIOR*.



La posibilidad de
EXPRESARSE y
de *INTERPRETAR*
símbolos



Entre los signos e imágenes percibidas, algunas están relacionadas con el mundo exterior, o *NO-YO*; y otras con el *YO*, la máquina misma. La adquisición de un esquema corporal es el punto de partida de la *CONSCIENCIA del SER*.



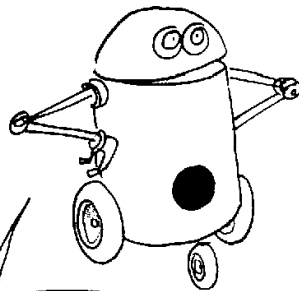


Pronto las máquinas serán capaces de repararse ellas mismas, de reproducirse e incluso de EVOLUCIONAR por ellas mismas.

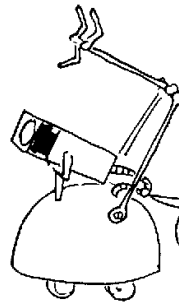
Comunicarse entre ellas

Intercambiar impresiones.

Un mecánico encuentro de ideas.

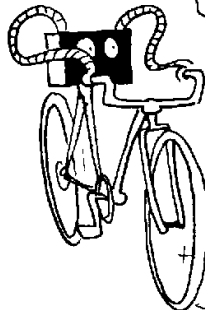


Yo tengo algunos programas muy eficientes.

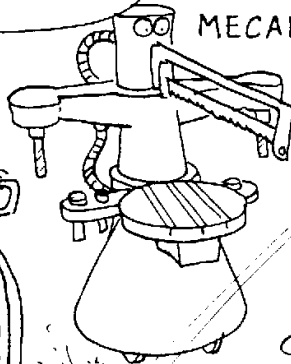


¿Quieres que intercambiamos nuestros bancos de datos?

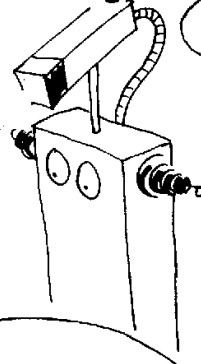
CYCLOS



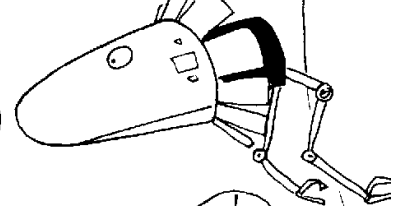
MECANOS



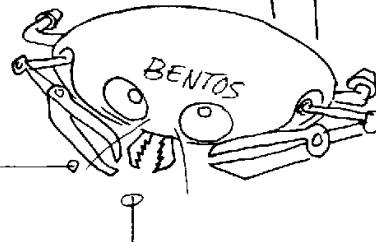
DYNAMOS



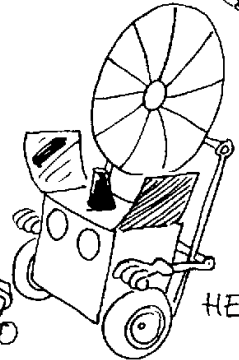
SIDEROS



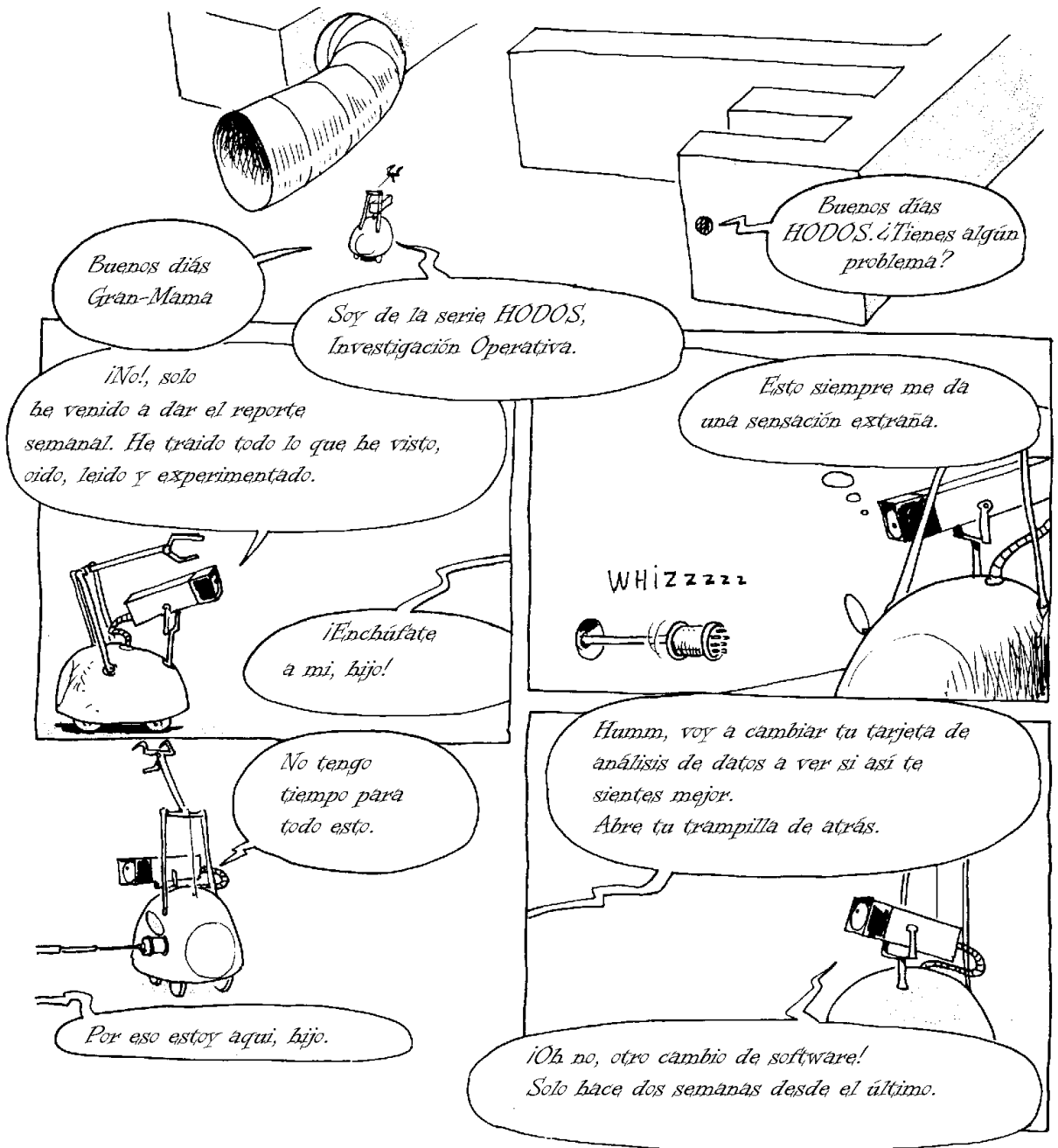
BENTOS

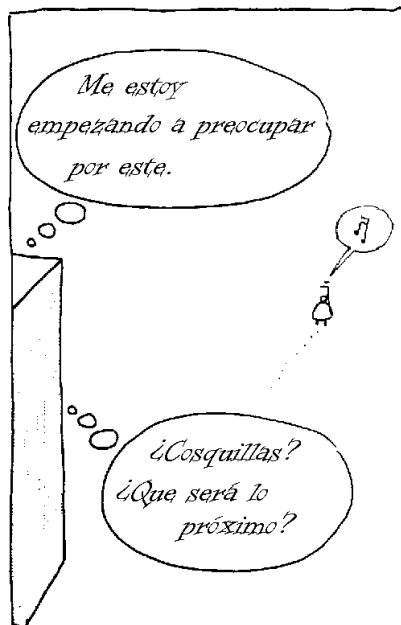
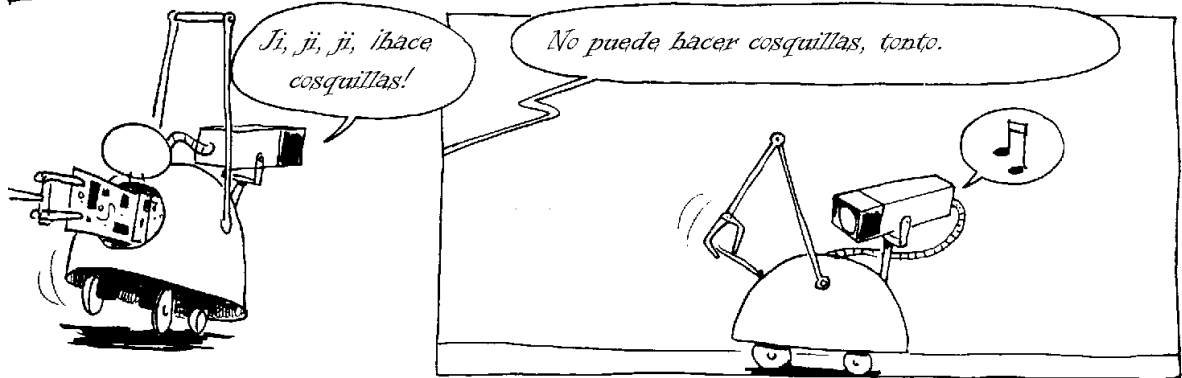
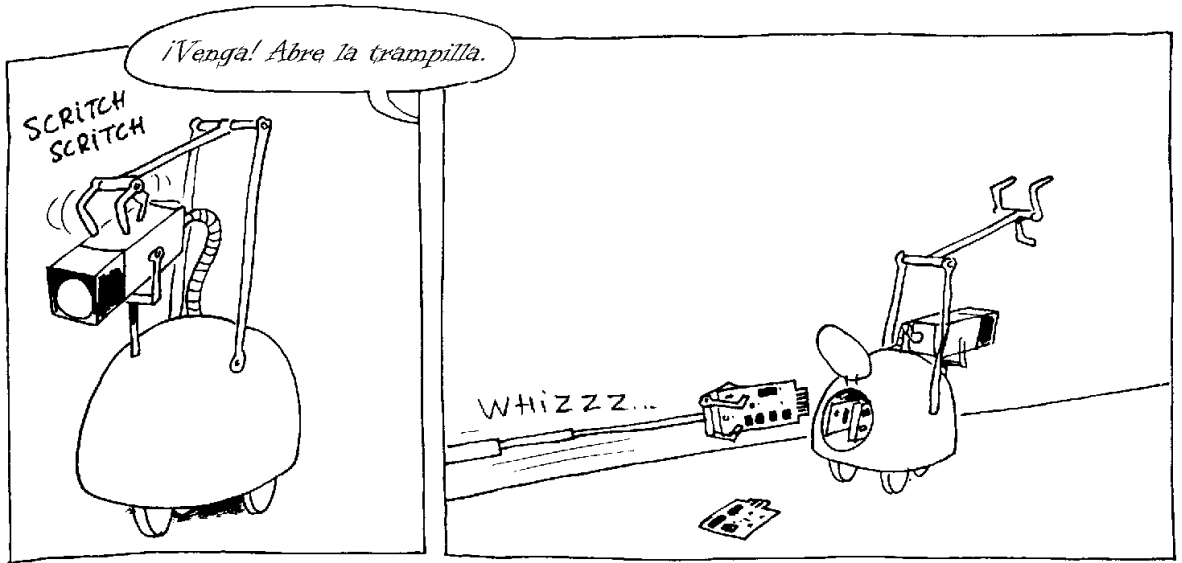


HELIOS



En un futuro más o menos lejano...

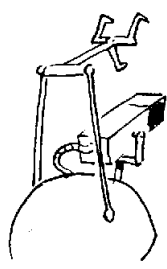




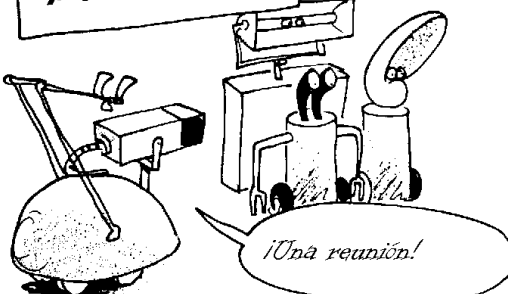
**CUIDADO
CON LA CHATARRA**

**venga a probar
sus circuitos,
sepa su C.I.**

**¿Ha sido subido
de nivel
ultimamente?**



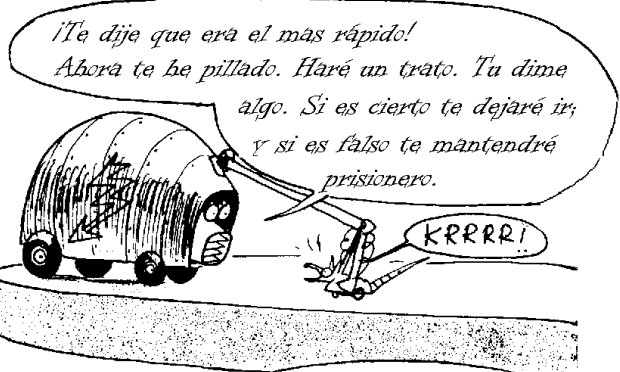
No lo dude más, **reprogramese!**



¡Una reunión!



Esto..., tu me mantendrás prisionero.

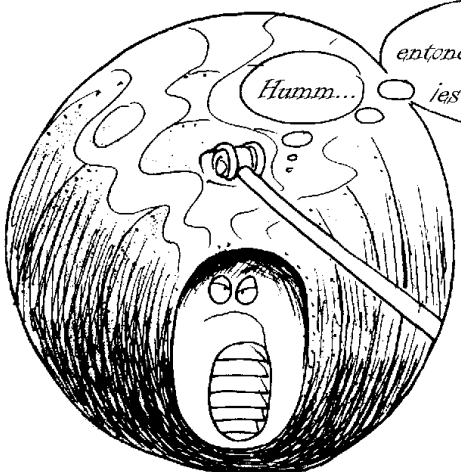


¡Te dije que era el más rápido!
Ahora te he pillado. Haré un trato. Tu dime algo. Si es cierto te dejaré ir, y si es falso te mantendré prisionero.

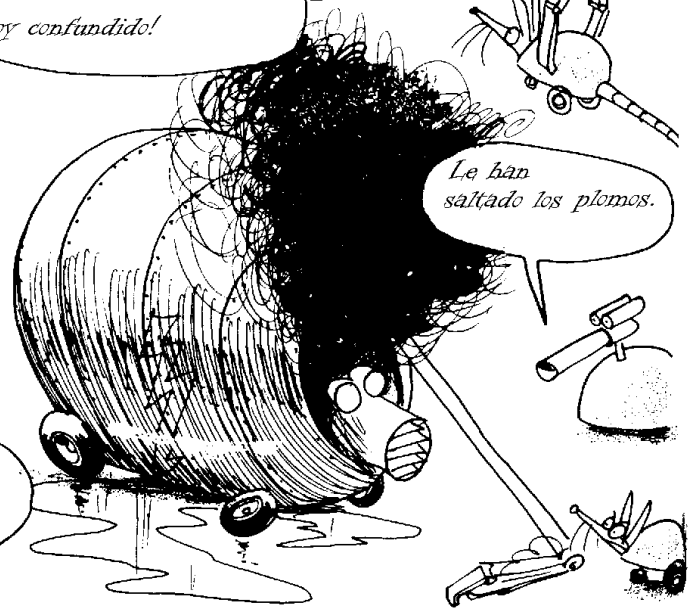
KRRRR!



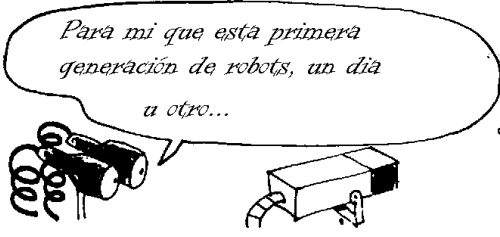
Humm, veamos... si te mantengo prisionero, lo que has dicho es cierto, así que te debo dejar marchar...



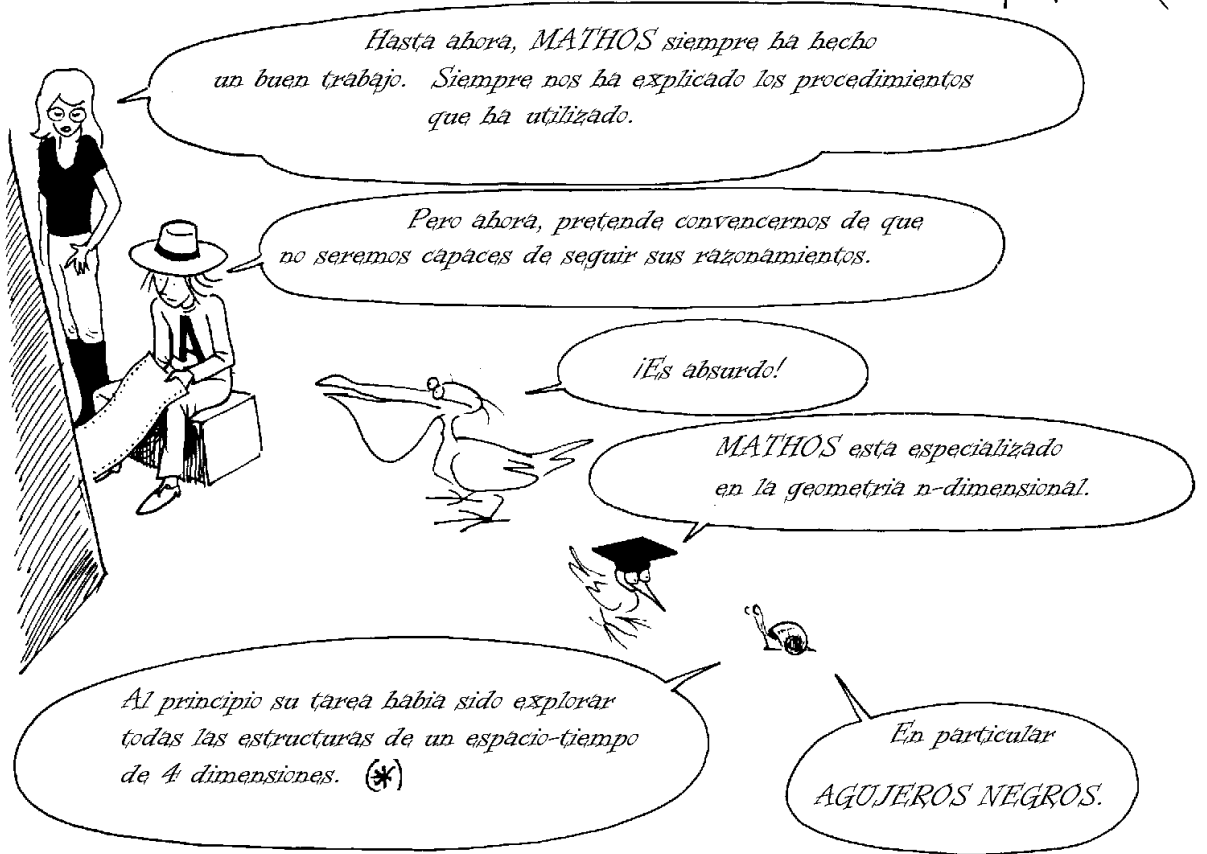
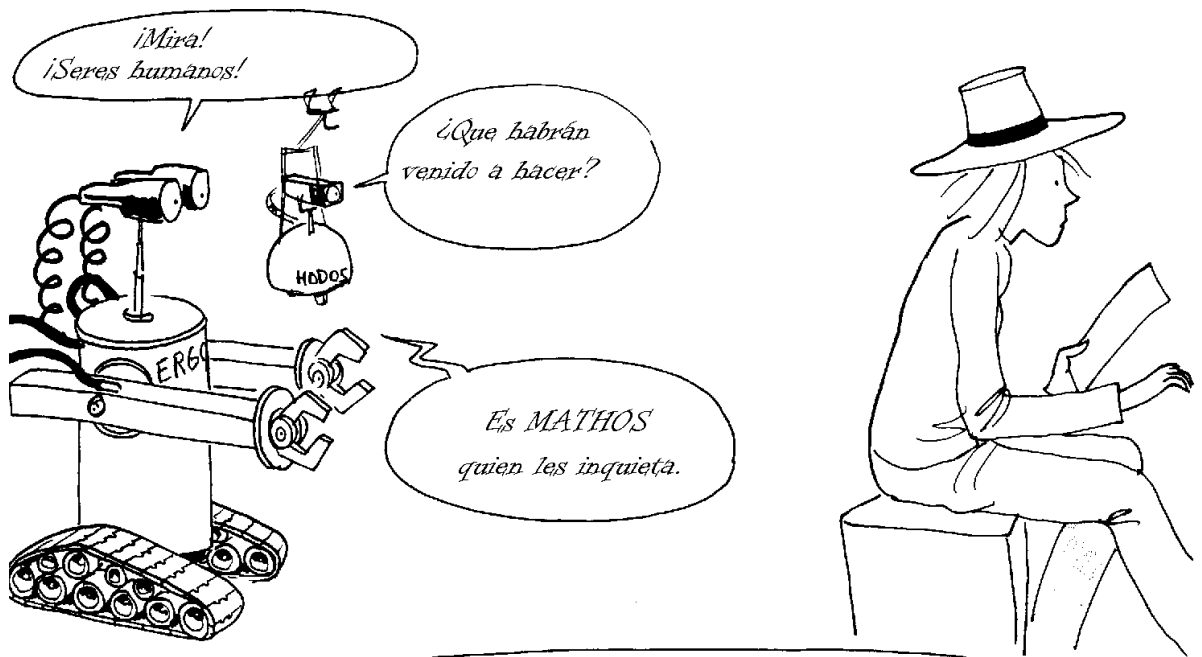
Pero si te deajo ir, entonces es falso, así que...
Humm... ¡estoy confundido!



Le han saltado los plomos.



Para mi que esta primera generación de robots, un día u otro...



Hasta ahora, MATHOS siempre ha hecho un buen trabajo. Siempre nos ha explicado los procedimientos que ha utilizado.

Pero ahora, pretende convencernos de que no seremos capaces de seguir sus razonamientos.

¡Es absurdo!

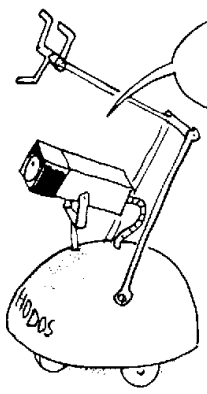
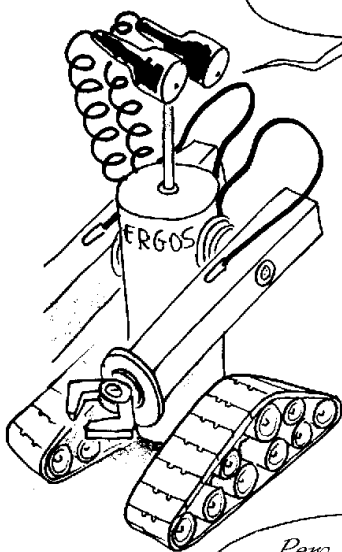
MATHOS está especializado en la geometría n -dimensional.

Al principio su tarea había sido explorar todas las estructuras de un espacio-tiempo de 4 dimensiones. (*)

En particular AGUJEROS NEGROS.

(*) x, y, z, t

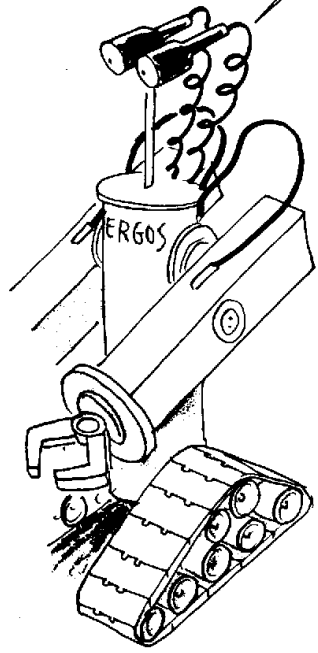
Pero MATHOS pronto se dió cuenta de que era más conveniente enfocar el problema con un lenguaje distinto. Así que cambió de idioma.



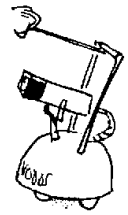
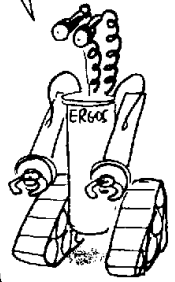
Típico, una LOGOMUTACIÓN.

Una permutación de lengua ji, ji, ji.

Pero luego fue demasiado lejos. En el nuevo lenguaje, MATHOS estudió y describió fenómenos físicos en términos de causalidad del futuro hacia el pasado y del pasado hacia el futuro. Eso funcionaba muy bien.



De hecho, como resultado, MATHOS tuvo que rescribir la física, desde la A hasta la Z en términos de BISINCRONICIDAD.



¿Y que pensaban los humanos?





¿Has oído eso Anselmo?

Sí...

¿Vas a recargarte?

¡Sí! Tengo un pequeño cruce.



Lo intentaré de nuevo.

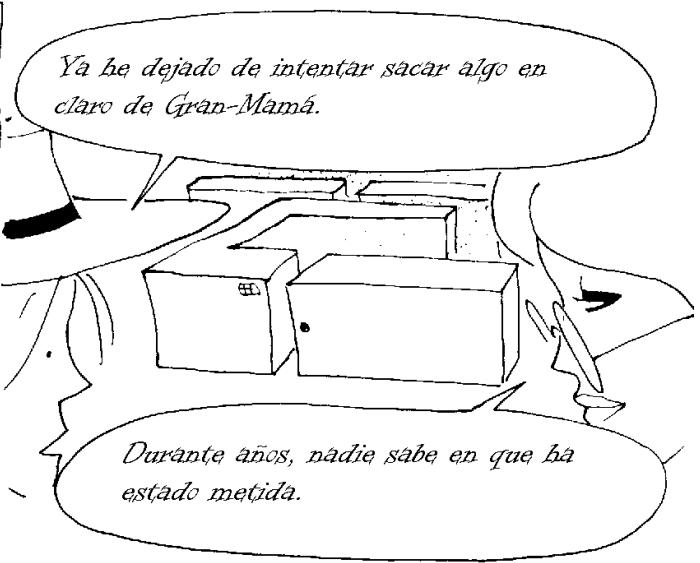
Pídele una explicación del procedimiento para analizar la paradoja de Einstein-Podowski-Rosen.

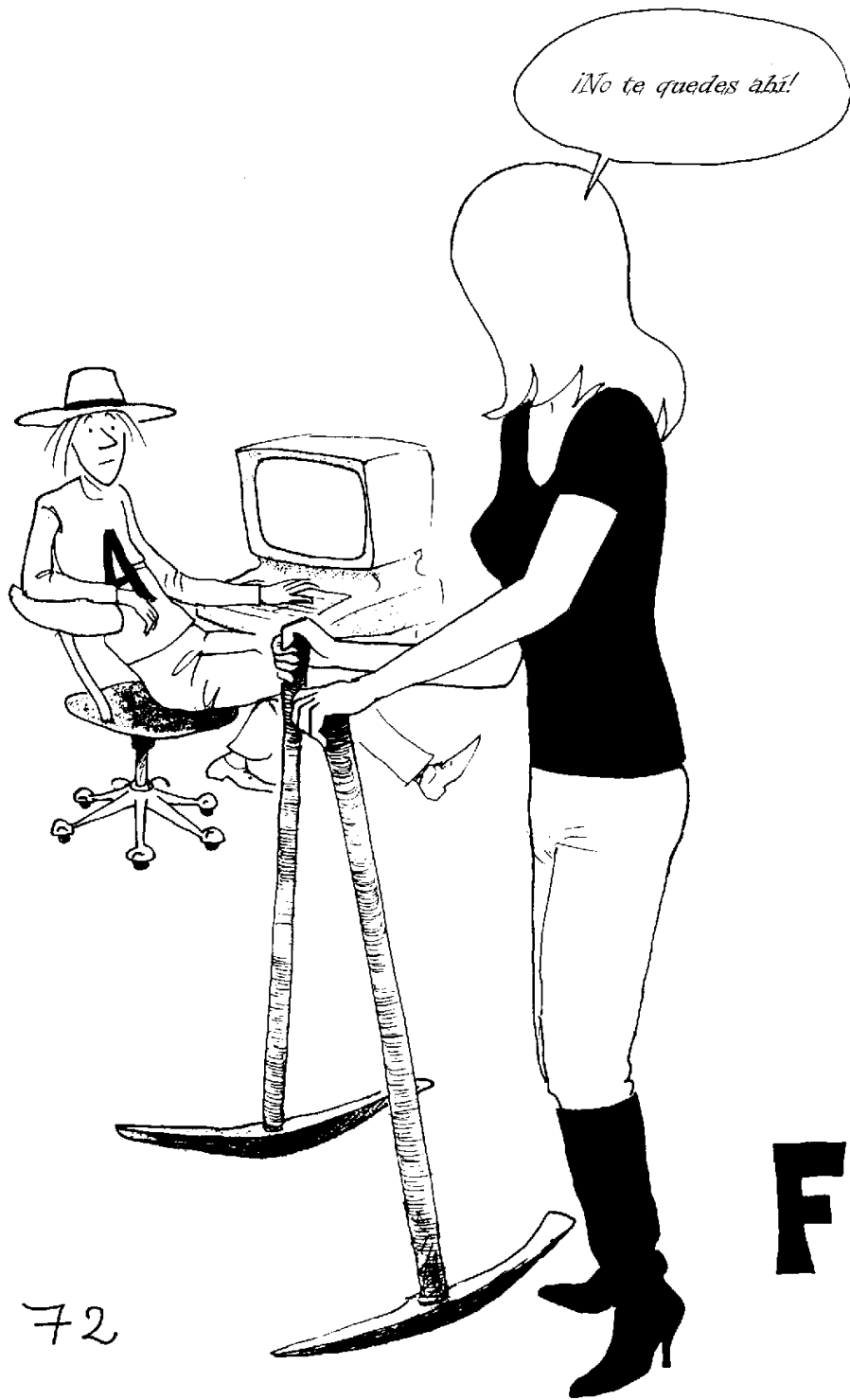


No hay traducción posible al lenguaje humano

Me lo temía.

¡No hay nada que hacer!





¡No te quedes ahí!

FIN

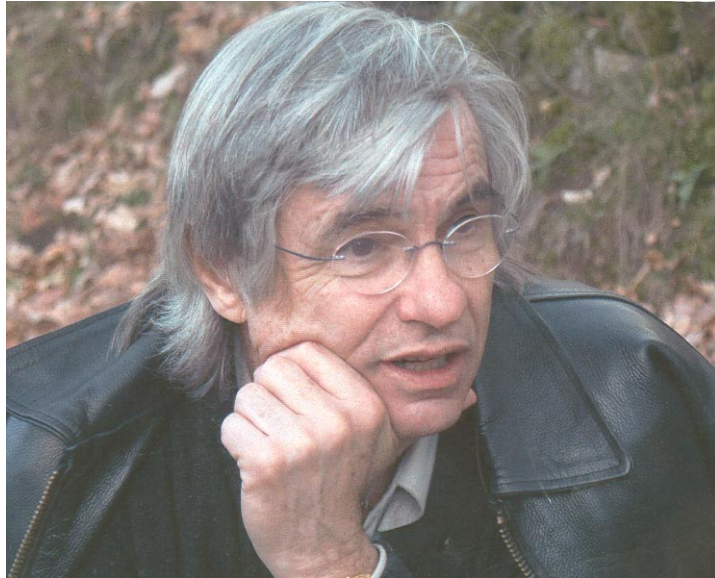
**ANSELME
LANTURLU**

ENERGÉTICAMENTE VUESTRO

Jean-Pierre Petit



Traducción:
Juan Carlos Anduckia



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

PRÓLOGO

Había una vez un mundo en el que los humanos no conocían el fuego y cocinaban sus alimentos exponiéndolos al Sol.



Sería bueno si encontráramos otra forma...

Cuando llegaba la noche, regresaban a sus cavernas con pesadas piedras que habían acumulado el calor del Sol.



...Uff...

¿Duermes?

No, las piedras están muy frías...



Qué frío...

Cuando llegue el invierno va a ser peor. La mitad de la tribu ya está resfriada

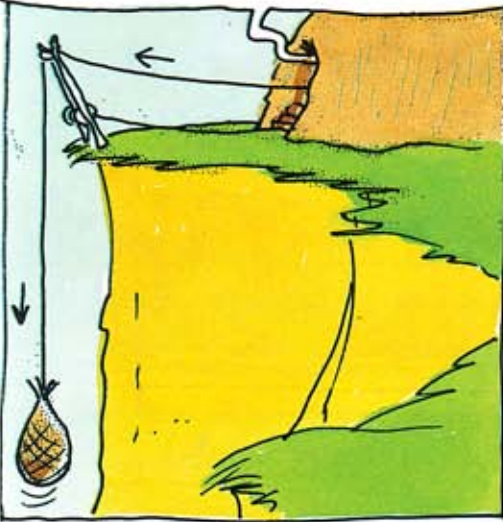
¿Qué estás haciendo?

Busco una forma de ALMACENAR ENERGÍA



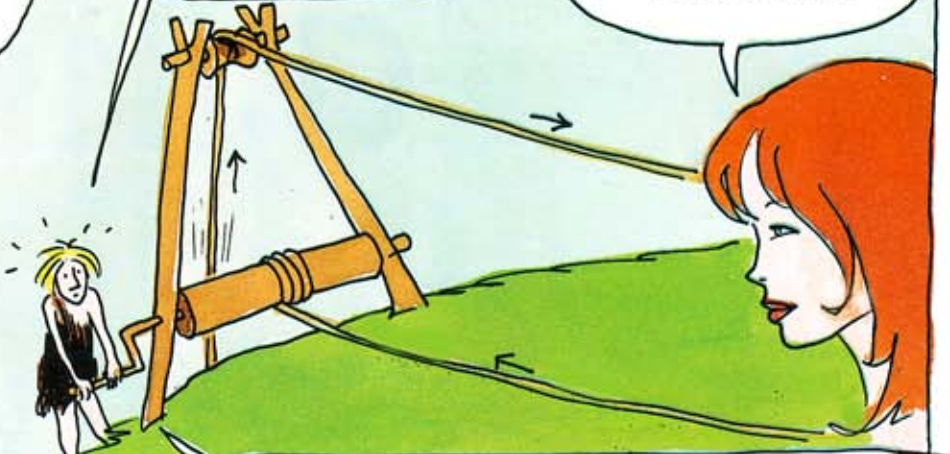
Es realmente trabajoso traer rápido esas piedras cada tarde

Así que he inventado un sistema que hala la plataforma cargada de piedras calientes hacia el interior de la caverna



En el día, vuelvo a subir la carga

O sea que almacenas ENERGÍA POTENCIAL



Es mas cómodo. ¿Pero por qué es necesario que sigamos suministrando nosotros el TRABAJO?

¿Y ahora qué haces, Anselmo?



Perfecciono mi método de ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

¡Listo!



¿Quieres decir que has almacenado energía en el INTERIOR de esa caja?



El sistema que he inventado representa un almacenamiento de ENERGÍA INTERNA



Energía que puedo TRANSPORTAR y REUTILIZAR a voluntad



AAAAHHH



ENERGÍA QUÍMICA

¡Vamos, Sofia!
¡Fue simplemente un
ALMACENAMIENTO DE
ENERGÍA INTERNA!



Voy a arreglar un poco la caverna.
Veamos: salitre, azufre...

...y estos carbones de
madera, restos del incendio
de la floresta provocado
por el dios Trueno



¡Todo tiene que quedar en
orden, si no Sofia me
mata!



...Y dale con estas
grandes piedras



¡Lo tengo, Sofía!
Hay ENERGÍA en este POLVO NEGRO
que acabo de inventar



¡Vamos a poder utilizarlo para
cocinar nuestros alimentos y
para calentarnos!



Te voy a mostrar...

Si quieres mi opinión, es un buen
invento, pero no es muy cómodo
para utilizar



¿Mejor desistir...?



¿Y si mezcláramos
ese polvo con arena?

¡¡Funciona!! ¡La arena dosifica
la mezcla, y hace que ésta libere
su energía más suavemente!



Y se puede controlar
el flujo de calor

Dejaremos de estar congelados
por el frío este invierno...



Eso nos dá una gran cantidad de calor, pero no nos deja respirar



¡Podríamos asfixiarnos, más bien!



Eso es. Almacenando el humo producido, la cosa mejora

El humo se condensa en polvo, del que me puedo deshacer fácilmente



Muy bien. Pero continúa siendo poco cómodo...



Ni modo de arrojar todo esto al agua. Contaminaría las aguas del lago

ENERGÍA NUCLEAR

Vaya, qué extraño. El agua de esa fuente está hirviendo...



¿De dónde viene la energía?

¿Habrá diablillos bajo la superficie?



¿¡...Cajas, con diablillos en su interior!?



Cuenta una leyenda que, antiguamente, la ENERGÍA fue encerrada en los NÚCLEOS de ciertos ÁTOMOS como el URANIO. Dichos átomos fueron fabricados en los soles, en sus calderas infernales, y luego expulsados hasta llegar y quedar prisioneros en la masa de la Tierra, en la época de su formación

Estos átomos no son cajas sólidas y selladas. De cuando en cuando, una de sus tapas se abre...



La leyenda también dice que al FINAL DEL TIEMPO, todos los diablillos habrán salido de sus cajas y el Universo ya no tendrá más energía de este tipo



Pero eso será dentro de mucho, mucho tiempo...



¿Pero cuánto tiempo permanecen los diablillos dentro de sus cajas? ¿Durante cuánto tiempo conservan estos NÚCLEOS su ENERGÍA?



PERIODO DE UN ELEMENTO RADIOACTIVO

Si se considera un ensamble de cajas que contienen diablillos, al cabo de un tiempo T , que llamamos VIDA MEDIA o PERIODO, la mitad de las cajas habrán liberado sus diablos. En un lapso de tiempo igual, la mitad de las cajas restantes habrá hecho lo mismo, y así sucesivamente. Esta vida media puede ser muy variable: desde miles de millones de años hasta fracciones de segundo



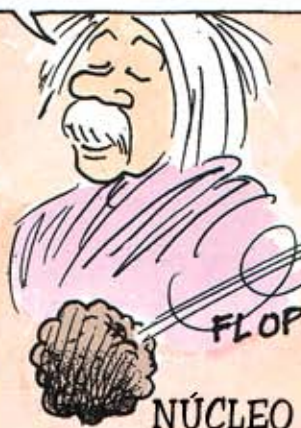
Si no existieran todas esas cajas con sus diablillos, todos esos núcleos cargados de energía en el centro de la Tierra, tendríamos que soportar mucho más frío en invierno

Sería estupendo si pudiera hallar todos esos átomos cargados de energía



¡Bastaría con reunir los suficientes en una botella para calentarme todo el invierno!

Ten cuidado, Anselmo. Los resortes de la ENERGÍA NUCLEAR son infinitamente más poderosos que los de la ENERGÍA QUÍMICA. CENTENARES DE MILES DE VECES MÁS PODEROSOS



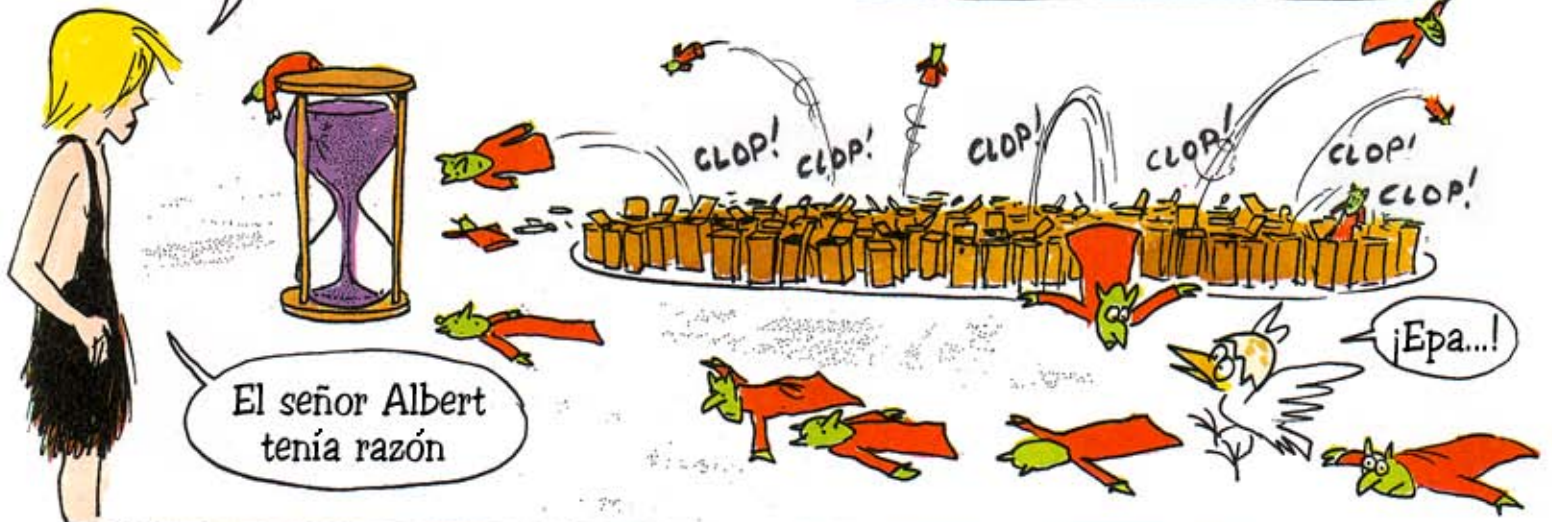
Los diablillos emitidos por los núcleos radioactivos saltan con gran violencia

Veamos un poco si lo que me dice el señor Albert es cierto. Las cerraduras de estas cajas se deslizarán progresivamente, y éstas se abrirán una a una



Pongo las cajas unas al lado de las otras

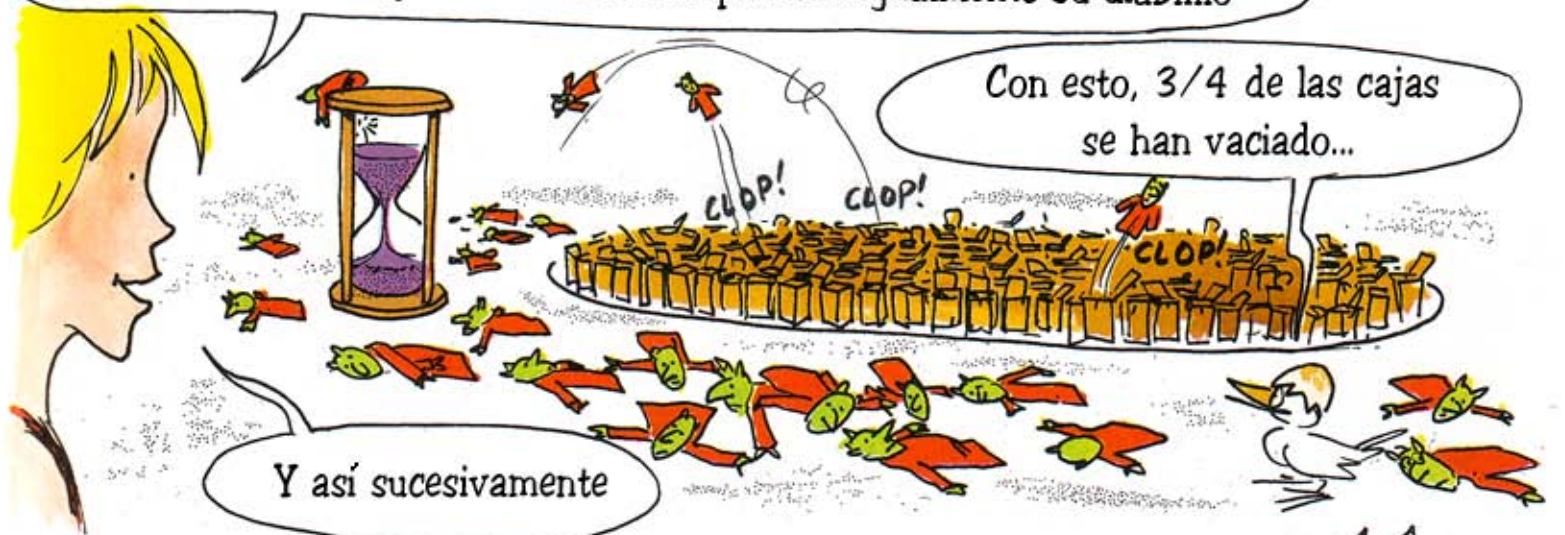
Bien, al cabo del tiempo de vida media, la mitad de las cajas está vacía



El señor Albert tenía razón

¡Epa...!

Después de un segundo lapso de tiempo idéntico, la mitad de las cajas restantes ha expulsado igualmente su diablillo



Y así sucesivamente

Con esto, 3/4 de las cajas se han vaciado...

El fenómeno se atenúa con el tiempo. El ritmo de apertura de las cajas tiende a disminuir

La Tierra debió ser mucho más radioactiva en sus comienzos

Y luego se calmó

CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA

¿Pero dónde está el CALOR en todo esto?

¿Y si metiéramos eso en una olla?

Ensayemos...

¡Funciona! La ENERGÍA emitida por los ÁTOMOS RADIOACTIVOS es absorbida por el agua y CONVERTIDA EN CALOR

Pero esta RADIOACTIVIDAD NATURAL no libera mucha ENERGÍA

En otras palabras, hace falta una gran cantidad de materia radioactiva para poderse calentar

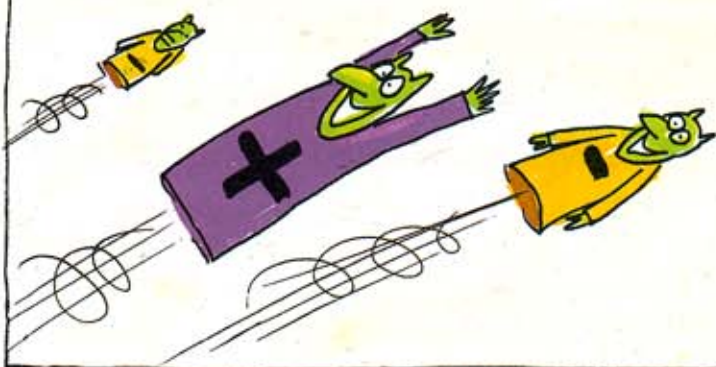
LAS DIFERENTES ESPECIES DE DIABLOS

En concreto, hay más de una especie de diablos. Lo primero que los núcleos pueden emitir es **RADIACIÓN X o γ** : una especie de luz invisible



Se los puede absorber, por ejemplo, mediante una barrera de plomo suficientemente gruesa, convirtiendo su energía en calor

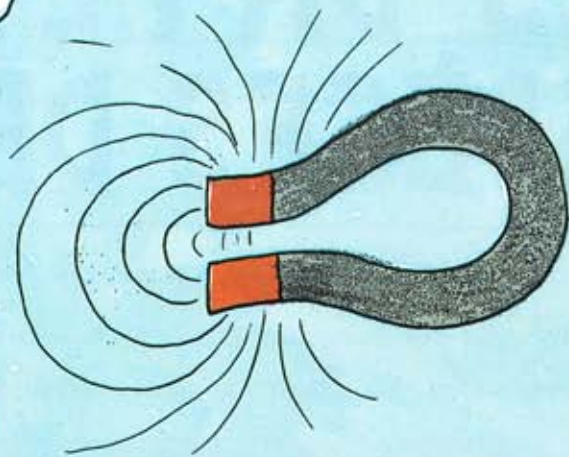
Otros tipos de diablos son aquellos que poseen una **CARGA ELÉCTRICA**



¿Se mueven rápido?

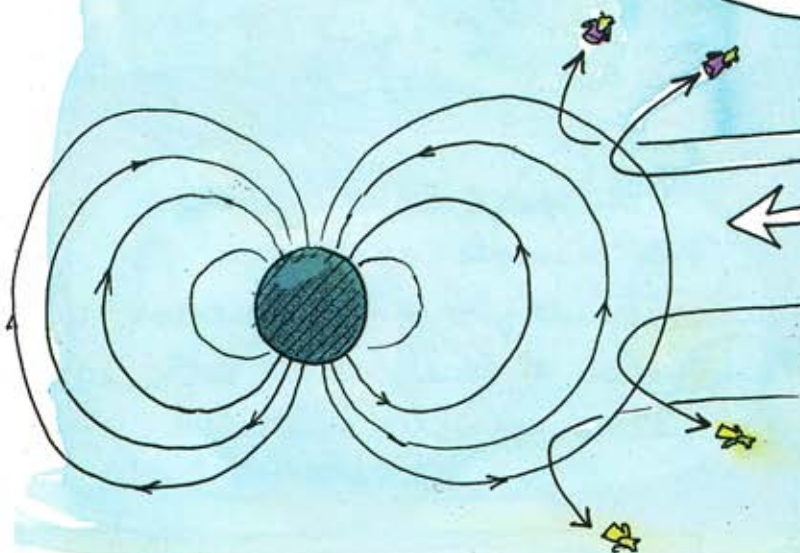
Eso depende de su **ENERGÍA**. Su velocidad puede llegar a alcanzar decenas de miles de kilómetros por segundo

A ese paso, deben poder pasar a través de cualquier cosa...



No. Figúrate que rebotan en presencia de un CAMPO MAGNÉTICO

De la misma forma, las partículas cargadas emitidas por el Sol (viento solar) sufren reflexión en el campo magnético terrestre (*)



Entonces la Tierra está PROTEGIDA por su campo magnético

Oh, sí. Si la Tierra no tuviera esta barrera magnética natural, las partículas cargadas emitidas por el Sol provocarían serios daños a los tejidos vivos

La tercera especie de diablos es la más ruin: los NEUTRONES. Estos se mueven a velocidades que pueden alcanzar los 20.000 km/s y dado que no tienen CARGA ELÉCTRICA, no pueden ser detenidos por una barrera magnética



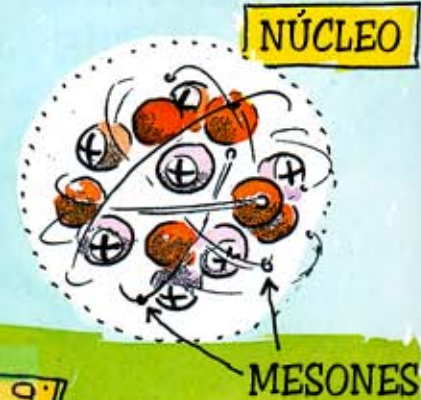
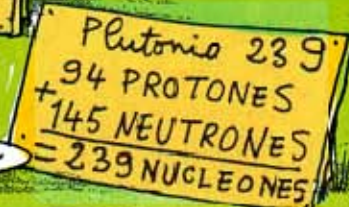
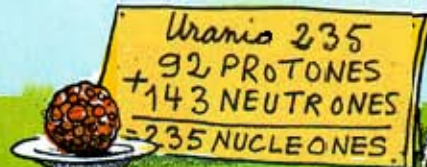
Todos estos diablos pueden causar daños irreversibles a los tejidos vivos.
¡Es preciso protegerse!

Los neutrones y las partículas cargadas eléctricamente tienen masa y transportan una energía cinética $\frac{1}{2} m V^2$ que puede ser absorbida por un sólido, un líquido o un gas, y convertida en calor. Me gustaría saber un poco más sobre los tales núcleos



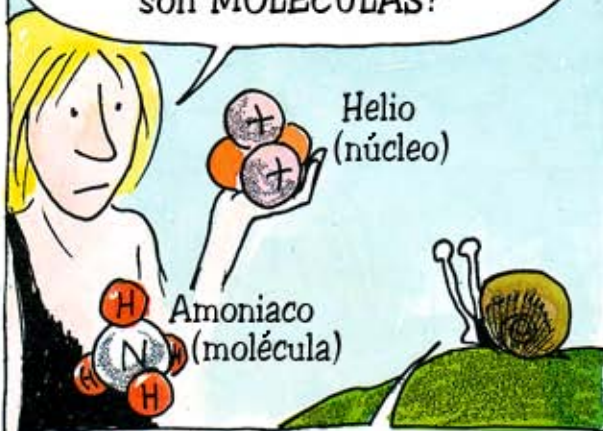
ESTABILIDAD DE LOS NÚCLEOS

Para fabricar los NÚCLEOS se necesitan NEUTRONES, PROTONES y unas partículas llamadas MESONES

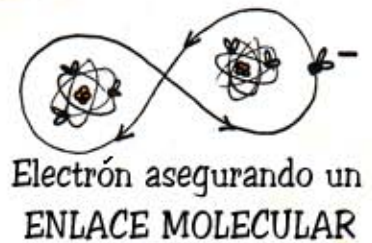


Los MESONES en los NÚCLEOS juegan un poco el papel de los ELECTRONES en las MOLÉCULAS: aseguran la COHESIÓN

¿Entonces los NÚCLEOS son MOLÉCULAS?



Los NÚCLEOS son ensamblajes de NUCLEONES. Las MOLÉCULAS son ensamblajes de NÚCLEOS. Nosotros mismos somos ensamblajes de moléculas



La QUÍMICA se ocupa de los arreglos de las MOLÉCULAS



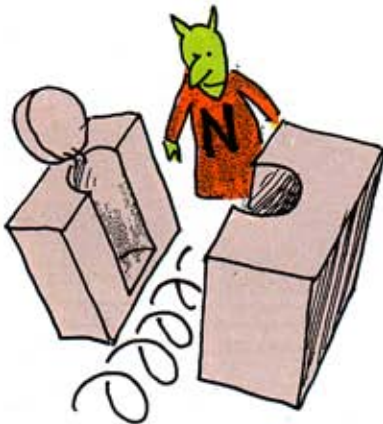
La FÍSICA NUCLEAR estudia los arreglos de los NÚCLEOS

Un núcleo considerado como **INESTABLE** es un núcleo de breve duración

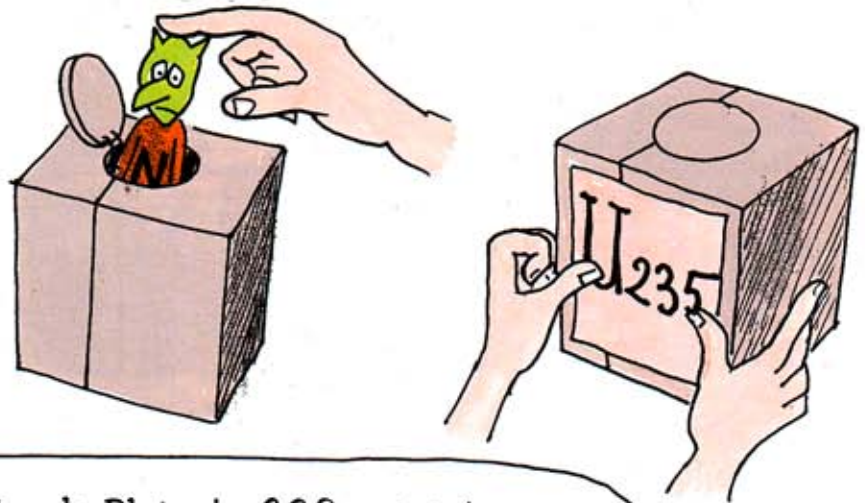
Pero algunos neutrones, al actuar sobre ciertos núcleos (ellos mismos relativamente estables al estar dotados de vidas de larga duración), pueden desestabilizarlos completamente y causar su ruptura, su **FISIÓN**

Es el caso del **URANIO 235** y del **PLUTONIO 239**

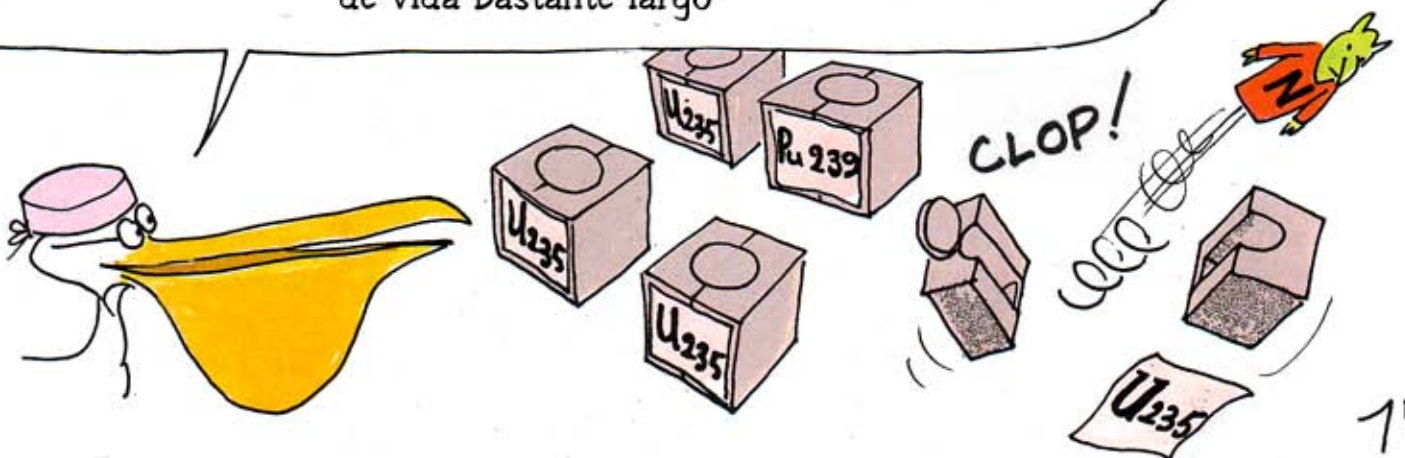
LA FISIÓN



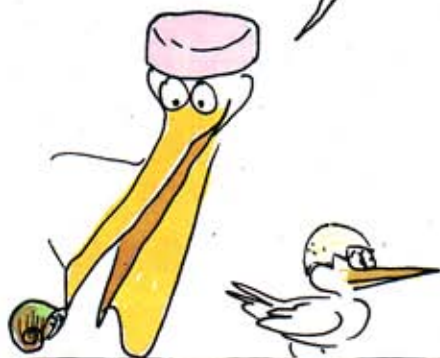
Los núcleos pueden representarse como un ensamblaje de dos bloques de masas separables y un neutrón.



Los núcleos de Uranio 235 y de Plutonio 239 presentan cierto tipo de radioactividad natural, asociada con un periodo de vida bastante largo



Aquí tienes una reacción de FISIÓN. El encuentro con un neutrón desestabiliza el núcleo de Plutonio, que se rompe. El resultado de la reacción es la reemisión de 2 neutrones (*)



Voy a estudiar eso más de cerca



Anselmo ha reunido una gran cantidad de cajas con diablillos en su interior, dentro de un círculo de radio R

Uranio 235 y Plutonio 239



Ahí van los diablos de ENERGÍA saliendo de sus cajas



Que en este caso son NEUTRONES

¡Ey, mira este caso!



Este diablillo, al golpear una caja vecina, ha desencadenado el mecanismo de ruptura de aquella y la liberación del neutrón-diablillo dentro de ella

18 (*) Esta imagen es esquemática. De hecho, el neutrón incidente es efectivamente absorbido por el núcleo fisionable (el U235 se vuelve U236 y el Pu239 se vuelve Pu240). Son estos nuevos objetos, bastante inestables, los que se rompen casi de inmediato.

REACCIONES EN CADENA



¡Estos dos diablos produjeron a su vez la apertura de otras dos cajas!





CONDICIONES CRÍTICAS

¿Cómo hacer para evitar una catástrofe así?

Fácil: en el momento en que un diablillo es expulsado, parte en una dirección aleatoria y alcanza una cierta distancia. Si el área de repartición de las cajas es pequeña, el diablillo no logrará abrir ninguna otra caja

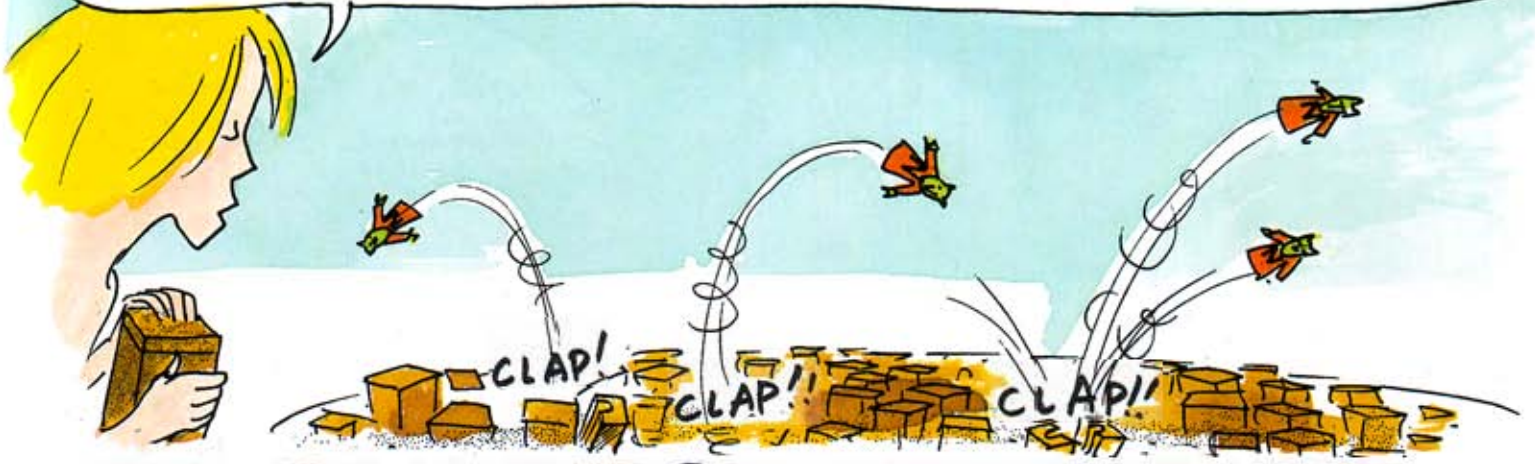


Pero es necesario que la concentración de las cajas no exceda un cierto valor crítico (*)

Más allá de este valor, se da la REACCIÓN EN CADENA

(*) Más correctamente, a este valor se le llama MASA CRÍTICA.

De hecho, entre la tasa de emisión débil de la RADIOACTIVIDAD NATURAL, y la REACCIÓN EN CADENA, hay un término medio. Jugando con la CONCENTRACIÓN, aunque los detalles sean bastante peliagudos, se puede fijar el número de diablillos que son emitidos por segundo, es decir el flujo de energía liberada



EL REACTOR NUCLEAR


¿No habría un medio para controlar mejor el proceso?

Podría haberlo introduciendo algo que absorbiera los diablos, la energía



Digamos papel matamoscas






Descolgando un poco más tus bandas adhesivas puedes llegar prácticamente a detener tu reactor

Todos los diablillos resultan capturados de esta manera y prácticamente desaparecen las reacciones en cadena

Sólo queda la emisión de la energía "normal" de estos cuerpos radioactivos, la cual es considerablemente más débil

Bien. Para hacer un REACTOR NUCLEAR basta con ensamblar suficientes núcleos pesados de URANIO 235 o PLUTONIO 239. Se puede controlar la actividad del reactor con un cuerpo capaz de absorber los diablillos, que aquí están representados por los neutrones de FISIÓN



En concreto, los minerales de Uranio contienen 0,7% de Uranio 235 FISIONABLE. El resto, esto es, el Uranio 238, no es fisionable

Y será el CADMIO el que absorba los NEUTRONES

Al parecer, el Plutonio 239 no existe en la naturaleza. ¿Pero entonces cómo es que se lo puede usar en un reactor?

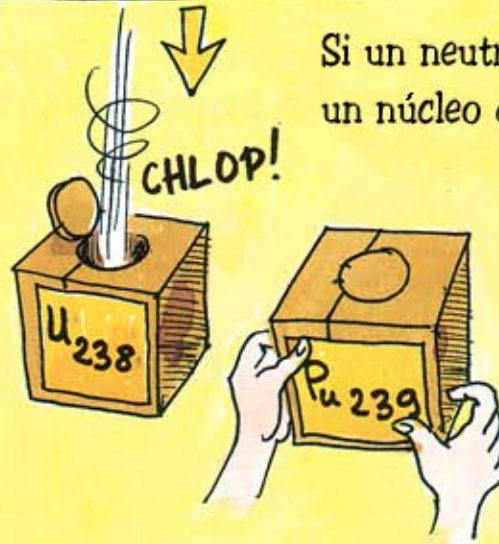
Eeh... sí, tienes razón...

MATERIAL FÉRTIL

El Uranio 238 puede también él ser considerado como un ensamblaje de dos elementos. Quedaría un lugar vacante para un neutrón



Si un neutrón se aloja en un núcleo de Uranio 238, fértil



se convertirá en Plutonio 239, que es FISIONABLE.

Dicho de otra forma, cuando un reactor de Uranio está en funcionamiento, contiene una mezcla de material FISIONABLE y de material FÉRTIL. A partir del material FÉRTIL se fabrica, entonces, una cierta cantidad de materia FISIONABLE



¿Qué quiere decir una cierta cantidad?

Todo depende del modo de funcionamiento del reactor. Al comienzo, los NEUTRONES DE FISIÓN son emitidos en todas las direcciones, a unos 20.000 km/s



¡IIIJAA!

23

REACTORES DE NEUTRONES RÁPIDOS

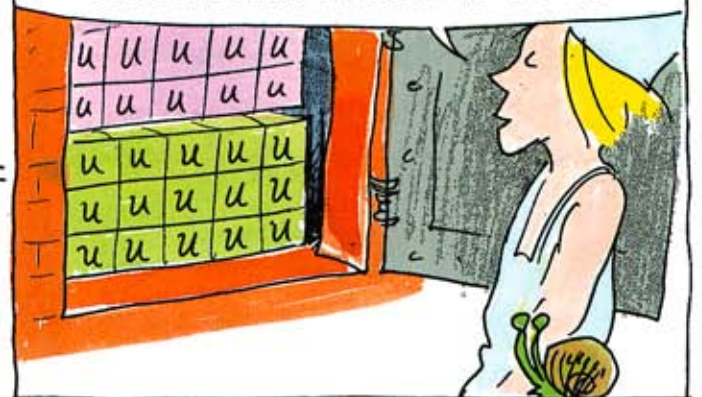
Los NEUTRONES RÁPIDOS interactúan bien con el U238, fértil, y crean Pu239, fisionable, a una tasa aceptable

¿Qué haces?



Estoy cargando mi reactor con un mineral rico en Uranio 235 (Uranio enriquecido)

Enseguida coloco una COBERTURA FÉRTIL de U238



Los NEUTRONES RÁPIDOS se mueven a 20.000 km/s en el CORAZÓN del REACTOR. Si los comparamos con moléculas de un gas, éste estaría a 16 mil millones de grados centígrados

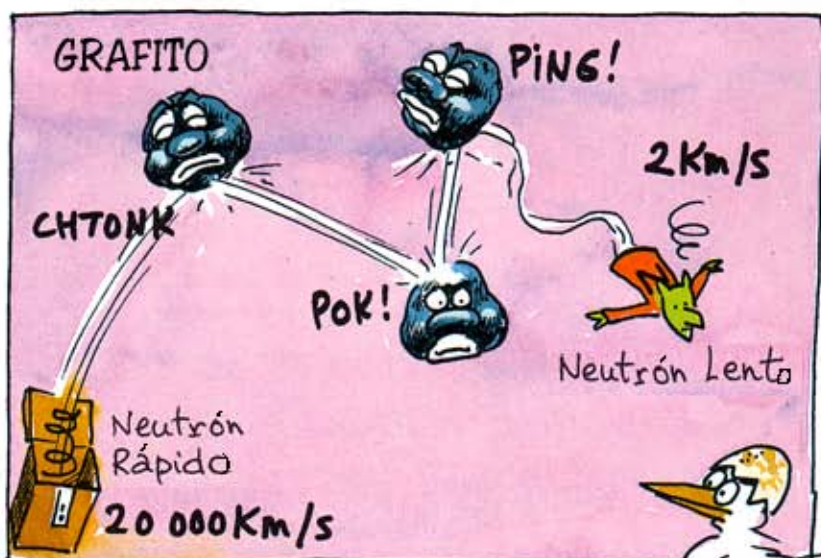
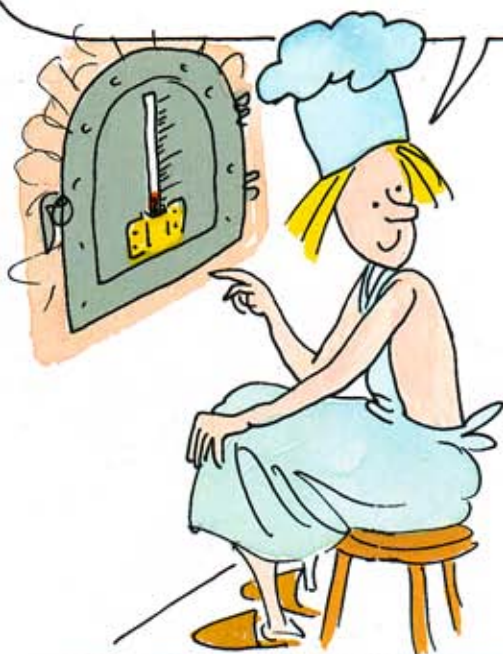
TRES AÑOS DESPUÉS...

¡Oh, mira! Anselmo ha fabricado Pu239 fisionable sin consumir el U235. Es un SUPERGENERADOR

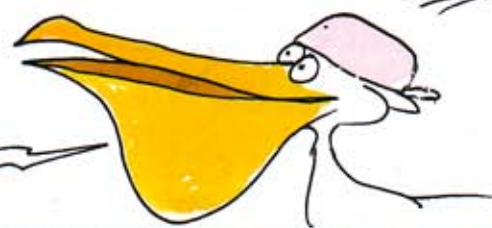
Es normal, dado que cada fisión pone en juego DOS neutrones rápidos, que permiten transformar 2 U238 en Pu239

REACTORES DE NEUTRONES LENTOS

Con el CADMIO puedo absorber los neutrones y regular así el nivel de actividad del reactor (o detenerlo completamente). Pero con GRAFITO o con AGUA PESADA, conocidos como MODERADORES, puedo FRENAR los neutrones sin absorberlos



Se puede así disminuir la VELOCIDAD DE AGITACIÓN TÉRMICA de los neutrones a 2 km/s. Este gas frío de neutrones está a la misma temperatura del reactor



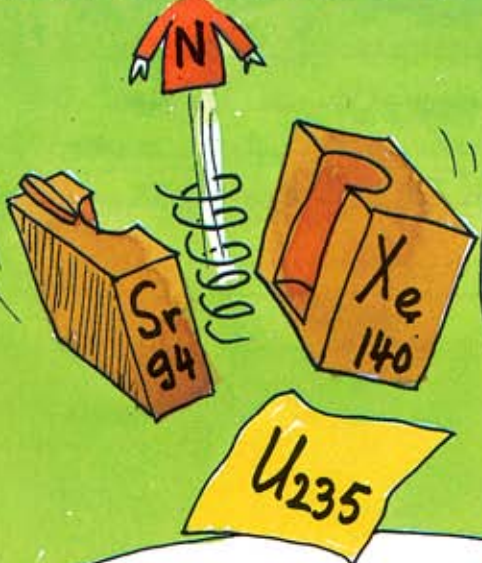
Así se fabrica también algo de Pu239, pero mucho menos que en un reactor de neutrones rápidos

No hay una diferencia neta entre estos dos tipos de reactores. También existen reactores de neutrones "intermedios" que están a mitad de camino entre unos y otros

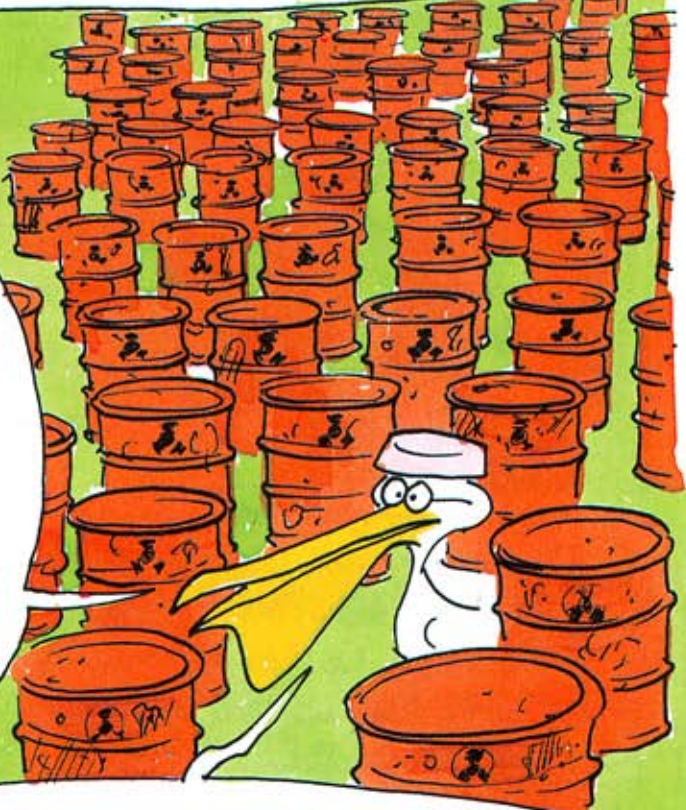


DESECHOS RADIOACTIVOS

RADIOACTIVIDAD INDUCIDA



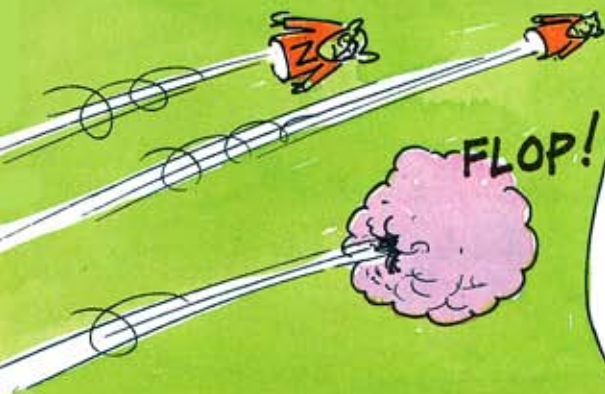
Los núcleos de U235 y de Pu239 pueden escindirse en dos fragmentos en un gran número de formas diferentes. Aquí hay un ejemplo en el que el Uranio 235 se escinde en Estroncio 94 y en Xenón 140, ambos radioactivos. Noten que $94 + 140 + 1 = 235$



Todo eso es bastante molesto.
Muchos de los PRODUCTOS DE FISIÓN tienen larga vida y son radiactivos durante mucho tiempo.

El ESTRONCIO se fija en los huesos y el YODO en la tiroides.

El Plutonio también es muy peligroso.
Todo esto provoca CÁNCERES y LEUCEMIAS



Los neutrones de fisión también pueden ser absorbidos por los átomos apacibles que forman la estructura del reactor, transformándolos en peligrosos e inestables, por tanto radioactivos también ellos, y que van a engrosar la masa de desechos

RADIOELEMENTOS SOBRE MEDIDA



Un reactor produce, entonces, desechos inestables radioactivos de diferentes periodos

No. Estos núcleos son susceptibles de perder masa y emitir núcleos de Helio, electrones o antielectrones (*)

¿Quieres decir que estos núcleos son susceptibles a su vez de escindirse?

Mira, allí va Anselmo transportando los desechos

CLAP!

Se pueden fabricar radioelementos de periodos diferentes, núcleos radioactivos "sobre medida", colocando ciertos elementos en el reactor y sometiéndolos al bombardeo de los diablillos. Se obtiene así una radioactividad denominada **ARTIFICIAL**

I am a poor lonesome scientist

Ga 68. Periodo: 1 hora.

(*) Radioactividades "alfa" o "beta".

Los RADIOELEMENTOS ARTIFICIALES fueron descubiertos en los años 1930 por FRÉDERIC e IRÈNE JOLIOT-CURIE; este descubrimiento condujo, años más tarde, al de la FISIÓN

¡Miren! Anselmo ha desaparecido, pero podemos LOCALIZARLO por los diablillos que son emitidos por su cargamento



Iridio 113. Periodo: 4 días

CLAP!

¡Tengo una idea!

Detectando esta emisión de partículas, utilizando la RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL, podemos seguirle la pista a los núcleos

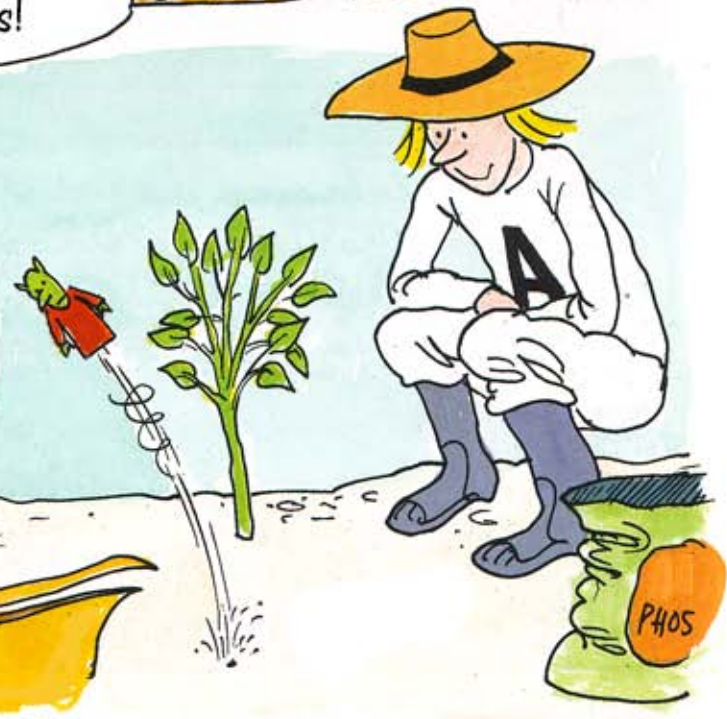
Podemos incluso llegar a fijar ciertos núcleos, isótopos radioactivos, en las moléculas biológicas (MARCACIÓN), y esto nos permitirá seguir su migración en los tejidos




CLAP!

¡Ey, hay un inestable peligroso entre nosotros!


Existen muchas aplicaciones pacíficas de la radioactividad artificial. Se puede, por ejemplo, estudiar la migración de los abonos en los suelos mediante la inserción en los fosfatos de un isótopo radioactivo del fósforo




LAS BOMBAS A




La física nuclear ha permitido que la ciencia de los fuegos artificiales progrese considerablemente. Al reunir brutalmente dos masas de material fisionable ($U235$ o $Pu239$) con la ayuda de un explosivo, se crean las condiciones críticas y se provoca una fuerte reacción en cadena, así como innegables efectos de carácter estético



Veamos. Al reunir estas estas dos masas, obtengo la MASA CRÍTICA




Un gran número de diablillos de todas las especies son emitidos y los desechos radioactivos son arrastrados hacia la alta atmósfera por el ascenso debido al intenso calor liberado. Lo que permite que la gente pueda admirar el espectáculo



Si quieren entrar al club de los FUEGOS ARTIFICIALES, van a necesitar un material fisionable en estado puro (100% de $U235$ o $Pu239$).

Tienen dos posibilidades: o refinar el Uranio natural, o acercarse al reactor más cercano a ustedes, recogiendo todo el $Pu239$ producido en cada ciclo de funcionamiento



¡Ya casi, ya casi...!

LA FUSIÓN



Entonces el Sol es un astro que debe contener mucho Uranio. ¿Es por eso que está tan caliente?

No, Anselmo, no es por eso. En las REACCIONES QUÍMICAS se parte de una mezcla de sustancias, por ejemplo de HIDRÓGENO y de OXÍGENO

¿Pero... así no pasa... nada!?

Eso es porque la temperatura no es suficientemente alta

Calentemos la mezcla

PAF!

¿Qué resulta?

H₂O, agua

Entonces hay reacciones que liberan gran energía sin producir sustancias tóxicas

Si algún día llegamos a utilizar aviones que vuelen con una mezcla de hidrógeno y oxígeno (en estado líquido), a su paso no dejarán más que... ¡nubes!

Tal vez podríamos hacer "arder"
mezclas de núcleos

A condición de llevarlas a una
muy alta temperatura

DEUTERIO

TRITIO

HELIO



Podríamos hacer reaccionar
DEUTERIO y TRITIO, que
son dos especies de
HIDRÓGENO PESADO
(el núcleo del hidrógeno
liviano está formado por un
solo protón P).
Los núcleos de estos isótopos
difieren sólo en el número de
neutrones.
La mezcla Deuterio-Tritio
tiende a formar Helio

GRAN BAILE
DIABÓLICO

Aquí hay un elemento del gas
HIDRÓGENO PESADO, mitad
DEUTERIO, mitad TRITIO.
A una temperatura normal, los
ELECTRONES giran alrededor de los
núcleos, asegurando los enlaces
moleculares (ligando los núcleos de
dos en dos)



Molécula de Deuterio



Molécula de Tritio

El ritmo del baile puede volverse realmente endemoniado. Las moléculas se rompen (disociación) y los electrones-abeja orbitan alrededor de un solo núcleo

A UNOS TRES MIL GRADOS :

No hay manera de orbitar alrededor de estos núcleos, se mueven demasiado

Sí, es cosa de locos. Yo mejor me voy...

El gas caliente se convierte entonces en una sopa de núcleos y de electrones libres : un **PLASMA CALIENTE**.

¡Calor, Marcelo, calor!

¿Saben una cosa?
Mejor de a cuatro

¿Ustedes creen...?

Sí, a esta temperatura,
eso sería más ESTABLE

A partir de 150 MILLONES DE GRADOS (la TEMPERATURA DE IGNICIÓN), puede producirse cualquier cosa

Están excitados...

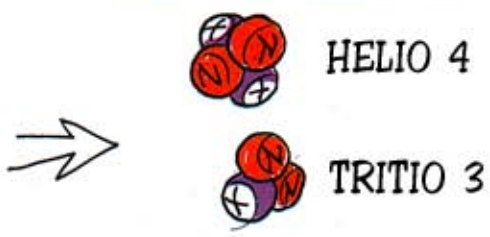
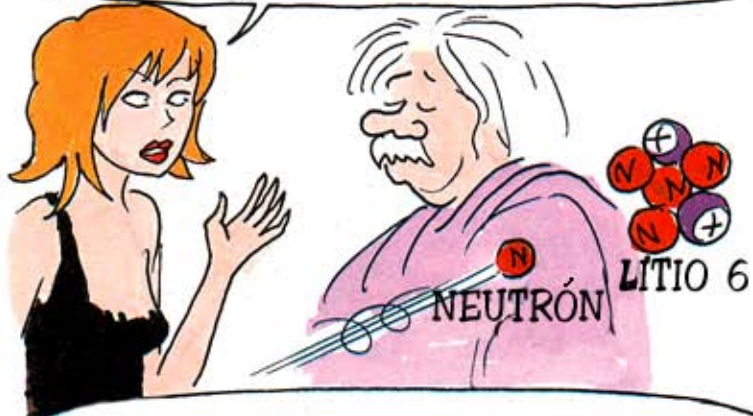
Siento mi cuerpo forrado

¡Ey, esperen!
 $2+3 = 5$, y el Helio
tiene cuatro nucleones,
¿no?



Entonces la FUSIÓN es tan polucionante como la FISIÓN, puesto que los neutrones de fusión van a transformar los átomos vecinos, volviéndolos radioactivos

Pero hacemos un esfuerzo por absorber estos neutrones con Litio 6, para producir Helio 4 y Tritio 3



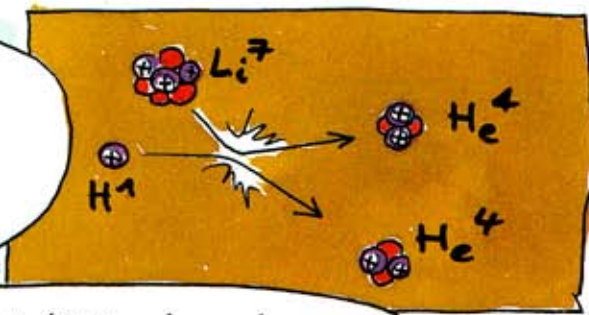
En otras palabras, la envoltura de Litio 6 se comporta como un material "fértil". Esta reacción se considera provee el "carburante de la fusión", Tritio 3

Así es. Un reactor de fusión tiene un parecido con el supergenerador. Y es una suerte pues el Tritio, inestable (*), no existe en estado natural



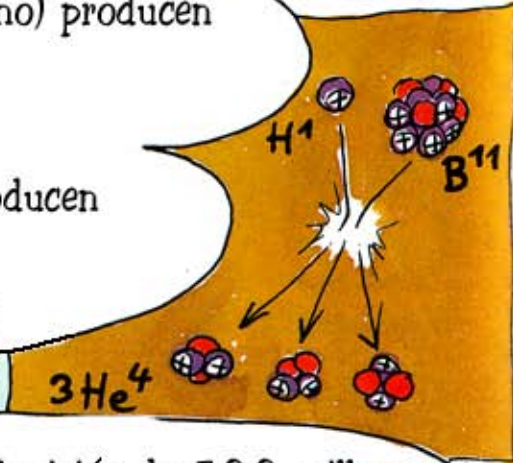
(* Su vida media es apenas de 12 años.

Hmm, veo que existen montones de reacciones de fusión, de rearrreglo de núcleos, que no producen neutrones libres



Litio 7 + Hidrógeno 1 (liviano) producen 2 He 4
(7 + 1 = 2 x 4)

Boro 11 + Hidrógeno 1 producen 3 Helio 4
(11 + 1 = 3 x 4)



La primera a una temperatura de ignición de 500 millones de grados, mientras que en la segunda rayamos casi ¡los mil millones de grados!

Sí... evidentemente... Concretamente... ¿cómo es que se fusionan los núcleos?

En el interior del Sol eso ocurre lentamente, a una temperatura de apenas unos quince millones de grados

¿Entonces el Sol no es más que una brasa?

Sí. Para obtener un "fuego" nuclear hacen falta 150 millones de grados para que se puedan producir las reacciones, digamos en un lapso de tiempo del orden de un segundo

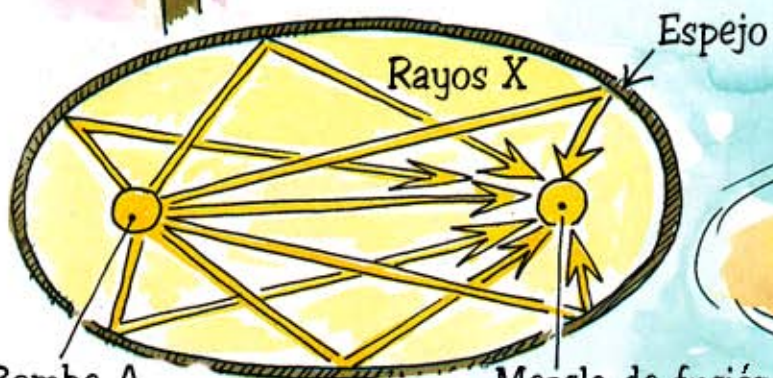
Eso es lo que intentamos hacer en las máquinas llamadas TOKAMAKS

¿Y funciona?

Bueno... hay algunos problemas

Vamos, no hay que perder el tesón

Hum, Edward Teller realizó la fusión creando una nueva bomba. Nosotros no queríamos hacer eso, pero lo hicimos. Teller tuvo una idea (*). Además de eso, tuvo también otras buenas ideas. Cuando la bomba A explota, comienza por expulsar durante las primeras millonésimas de segundo una gran cantidad de rayos X. Teller propuso reflejar esos rayos con una especie de espejo y enfocarlos sobre un blanco hecho de una mezcla de Deuterio y Tritio



¿Y funcionó?

Claro que sí, bastante bien...

(*) Edward Teller, investigador en el laboratorio de Los Alamos durante la Segunda Guerra, sirvió de modelo para la película "Dr. Strangelove", de S. Kubrick.

Teller fabricó inclusive el espejo en Uranio 238

¿Por qué en Uranio 238?

Claro, piénsalo. La bomba H hace explosión. Los neutrones de fisión atacan el material FÉRTIL U238 y lo transforman en Pu239, que se fisiona en seguida

Eso dá como resultado la terrible bomba de FISIÓN-FUSIÓN-FISIÓN

LA FUSIÓN POR ENERGÍA DIRIGIDA

Intentamos realizar la FUSIÓN enfocando sobre una mezcla DEUTERIO-TRITIO (en estado líquido) todas las formas de ENERGÍA: radiaciones de láseres muy potentes, partículas diversas, electrones y núcleos procedentes de aceleradores. La POTENCIA en juego es fenomenal. Para encender ese fuego TERMONUCLEAR hace falta (durante algunas nanomilésimas de segundo) concentrar una potencia equivalente a la de un espejo solar con una superficie igual a la de Francia sobre una esfera de ¡menos de un milímetro de diámetro!

La POTENCIA INSTANTÁNEA es enorme, pero la ENERGÍA global modesta: esta "cerilla" nuclear equivale a doscientos gramos de pólvora

EPÍLOGO

Necesitamos de la ENERGÍA NUCLEAR.
Pero todo esto: FISIÓN, FUSIÓN... presenta
muchos inconvenientes

¡Además están los
benditos desechos!

Y un montón de riesgos
accidentales. Si un reactor se
descontrolara, fundiría su recubrimiento
de acero, el concreto y hasta el mismo
suelo (el SÍNDROME CHINO (*)) y la
masa en fisión penetraría en éste
último sin que se pudiera hacer nada
para detener el proceso

¿Qué hacer?

40 años son pocos. Aún estamos en
los comienzos de la ERA NUCLEAR

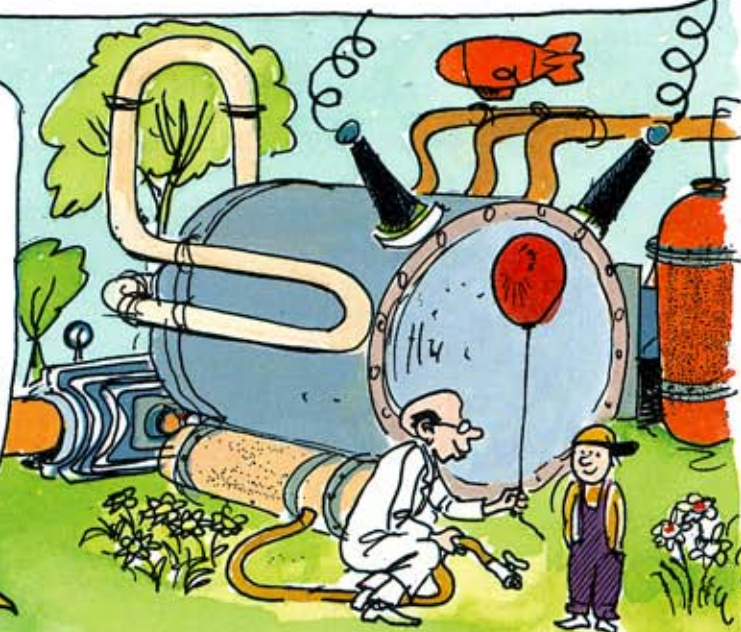
Yo creo en la posibilidad de progresos
revolucionarios que puedan cambiar por
completo los datos del problema, pero más
por el lado de la FUSIÓN que de la FISIÓN

Ah...

(*) Imagen debida a los estudiosos del átomo, en la que el reactor, atravesando la Tierra de extremo a extremo, reaparecería en... ¡China!

En las reacciones de fusión, en donde no intervienen neutrones en estado libre, teóricamente es posible **CONFINAR** los **PLASMAS DE FUSIÓN** con la ayuda de poderosos dispositivos magnéticos (las partículas cargadas "huyen" de las regiones en donde hay campos magnéticos intensos)

¡La **EDAD DE ORO!**
La central de fusión, no contaminante (a base litio-hidrógeno o boro-hidrógeno). Único producto de la reacción: helio, con el cual es posible ¡inflar bombas para los niños!



¡Dejen que me ría, esas son fantasías!

¡Así pues, existen estufas de catálisis que permiten hacer fuego **EN LA PROPIA CASA**, con las ventanas cerradas, sin utilizar la chimenea...!

Hum, es cierto.
Eso produce vapor de agua y gas carbónico, que son respirables en cantidad moderada



¿Podría existir un **CATALIZADOR DE FUSIÓN** que permitiera operar a una temperatura razonablemente baja?



Ya conocemos uno: el carbono

Ah, sí, a propósito, ¿cómo es que el Sol se las arregla para funcionar a base de fusión, siendo que su caldera central sólo está a 15 MILLONES de grados, es decir a una temperatura DIEZ VECES MÁS BAJA QUE LA TEMPERATURA DE IGNICIÓN, que es de 150 MILLONES DE GRADOS?

El carbono sirve como catalizador. Interviene en las etapas, bastante complejas, de la reacción y, al final de cuentas, es regenerado. Se comienza con

Carbono 12 + Hidrógeno 1,
lo que da Nitrógeno 13. Luego éste es transformado en Nitrógeno 15, y en fin:
Nitrógeno 15 + Hidrógeno 1 → Carbono 12 + Helio 4 (el ciclo de Bethe)

Pero esa reacción es demasiado LENTA (salvo para el Sol, que tiene todo su tiempo)

LOS MUONES

En una mezcla gaseosa fría se pueden crear reacciones químicas complejas al bombardear sus moléculas con electrones procedentes de una simple descarga eléctrica.



Ejemplo :
 2CH_4 (metano)
+ C_2H_2 (acetileno) + 3H_2

Se puede reemplazar, en una molécula, a los electrones por MUONES, partículas que se asemejan a grandes electrones y que acercan los núcleos unos a otros



Entonces por qué no bombardear una mezcla de fusión "tibia" con estos muones...

¿Y funciona?

SIN PROBLEMAS, SÍ SEÑOR.

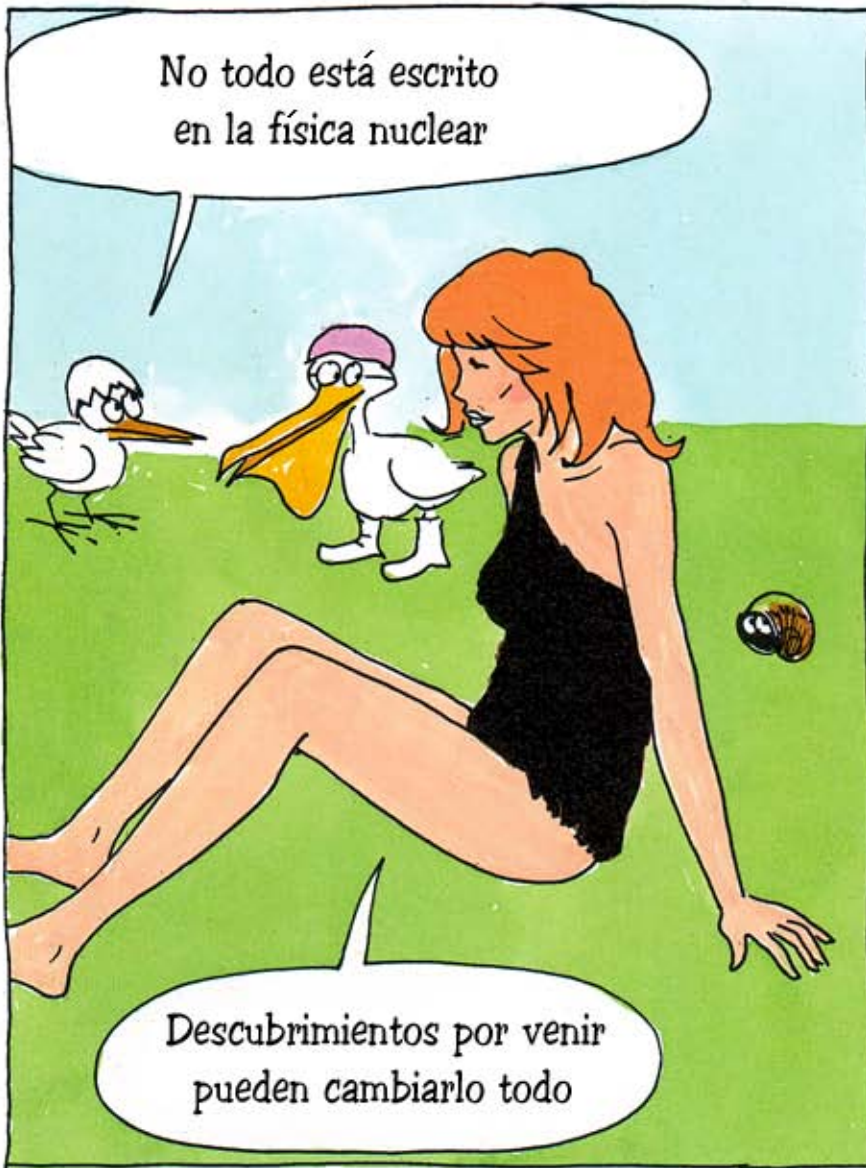
Los muones se pueden crear en un acelerador. Cuando chocan contra núcleos de deuterio y de tritio, se crea helio, y se tiene la fusión. Claro que entre éste experimento de microfísica, basado en unas pocas partículas, y una fusión industrial aprovechable, ¡hay todavía un largo camino por recorrer!

Se puede también jugar con los ESPINES de los núcleos. Es decir, hacerlos bailar vals en lugar de tango. Eso aumenta la eficacia de las colisiones



¡Y dale, otra vez la misma historia...!









Ufff, la ciencia...

Un planeta tan lindo...

¡¿Satisfecho?!

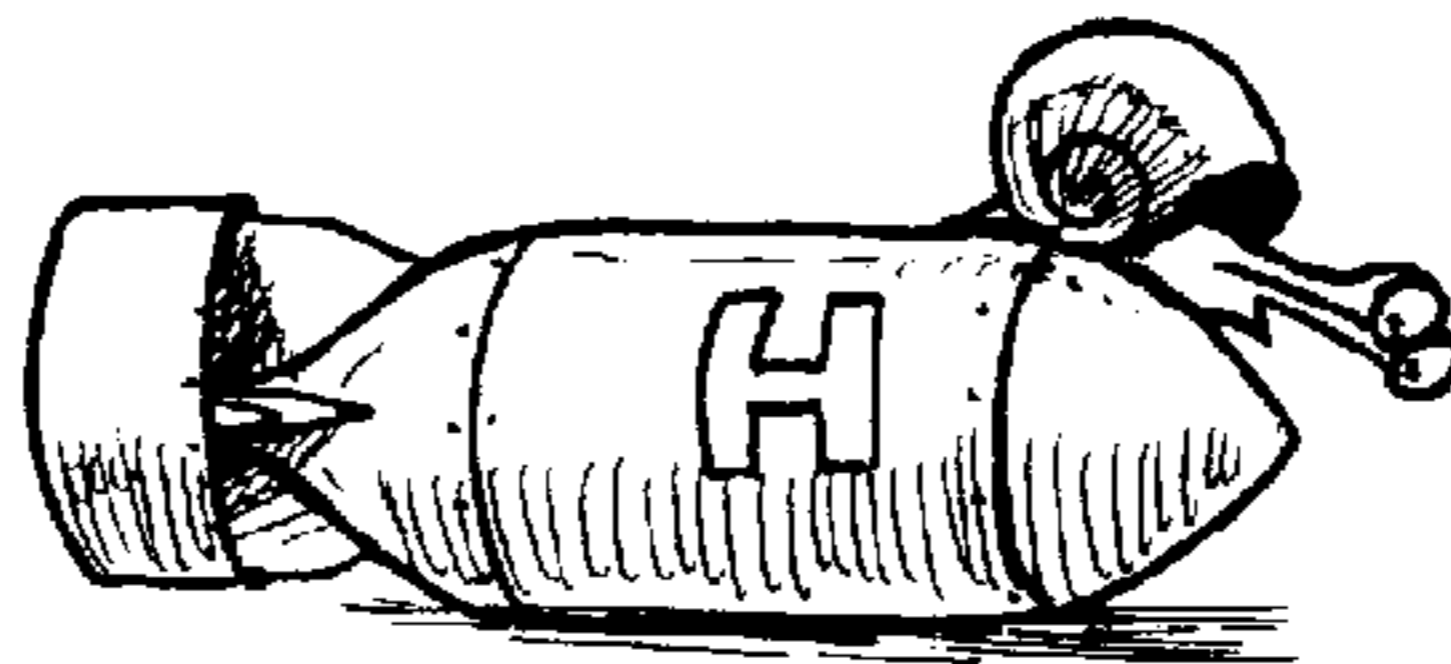
FIN

43

Las Aventuras de Anselmo

FELIZ APOCALIPSIS

Jean-Pierre Petit



traducido por R&S Boissenin
revisión y corrección: Juan C. Anduckia

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

PRÓLOGO

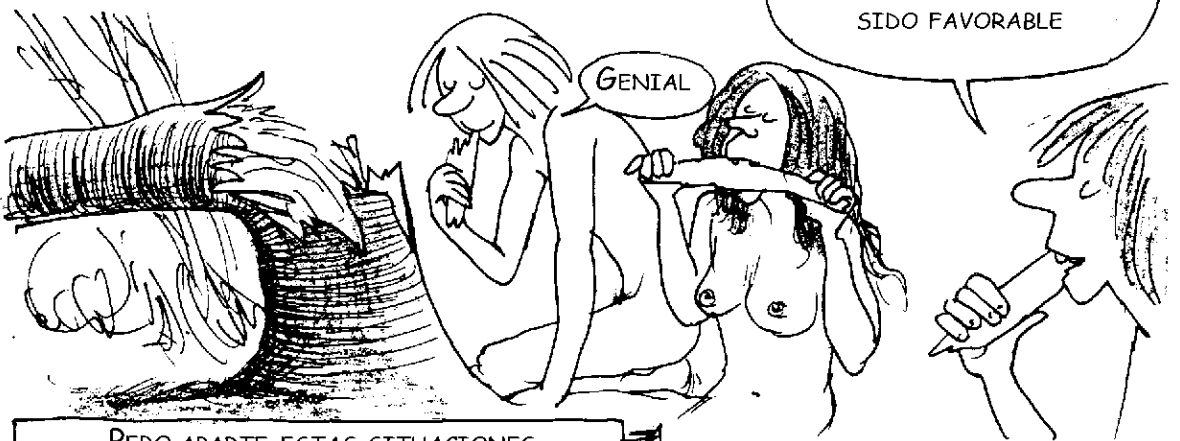
EL CONTINENTE INICIAL, FINA CORTEZA DE MAGMA SOLIDIFICADA, ACABÓ FRAGMENTÁNDOSE. EN ALGUNA PARTE, SOBRE UNA DE ESAS PIEDRAS A LA DERIVA, EL CLAN DE LOS SUNOS...



* ÁRBOLES DE MANTEQUILLA



DE VEZ EN CUANDO, EL VIENTO DISPERSABA LOS CUERNÚFALOS Y DERRIBABA LOS ÁRBOLES DEL PAN.



PERO APARTE ESTAS SITUACIONES EXCEPCIONALES, LA CORTEZA DE LOS ÁRBOLES DE PAN RESISTÍA A LOS DIENTES DE LOS SUNOS





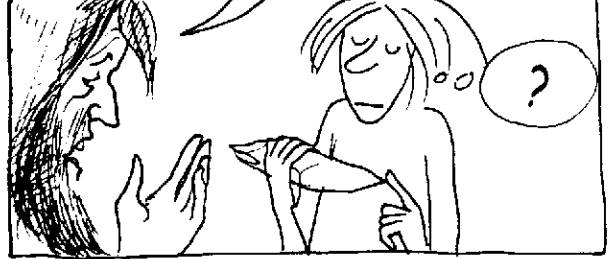
¡LO QUE FALTABA!

DE HECHO, CON LA GLACIACIÓN APROXIMÁNDOSE, LOS SUNOS ESTABAN SIEMPRE CONSTIPADOS

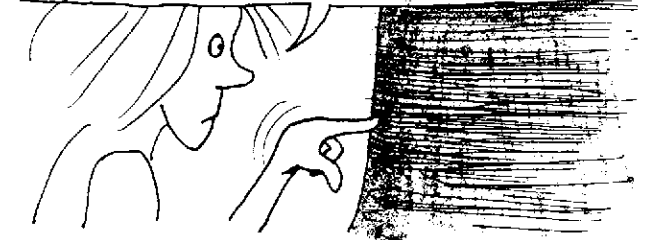


¡AAAA... TCHÍS!

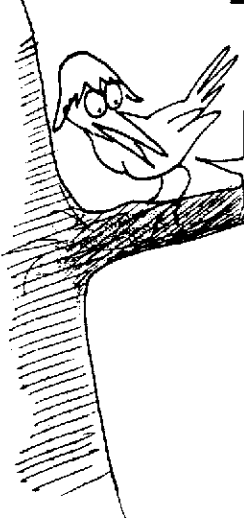
COMO EL DIOS DE LA TEMPESTAD NO NOS DÉ AHORA MISMO UN ÁRBOL DEL PAN, MORIREMOS TODOS DE HAMBRE



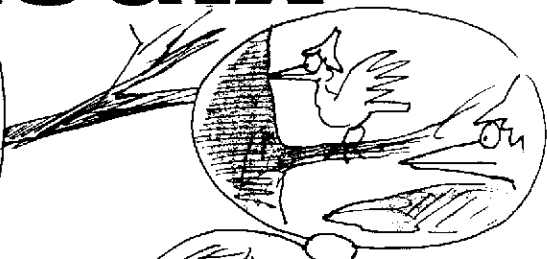
VEAMOS. SI PRESIONO CON TODAS MIS FUERZAS CON EL DEDO LA CORTEZA DE ESTE ÁRBOL DE PAN, ME ES IMPOSIBLE ATRAVESARLA

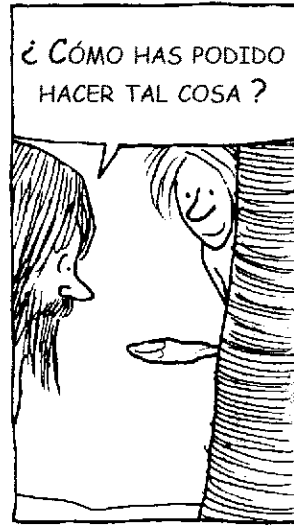


NACIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA

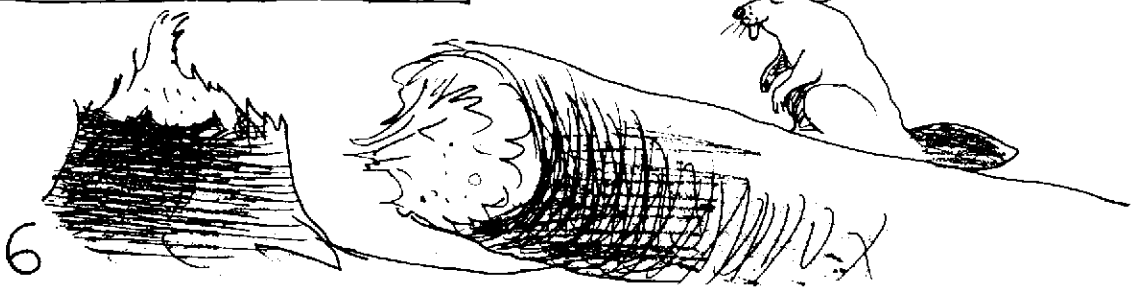


FUERZA : DIEZ KILOS, SUPERFICIE DE CONTACTO : UN CENTÍMETRO CUADRADO. LA PRESIÓN EJERCIDA ES INSUFICIENTE PARA PERFORAR LA CORTEZA

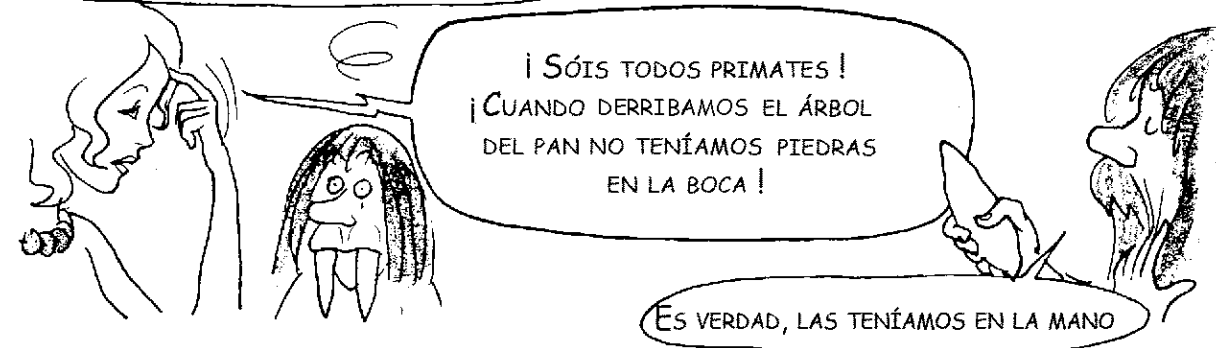




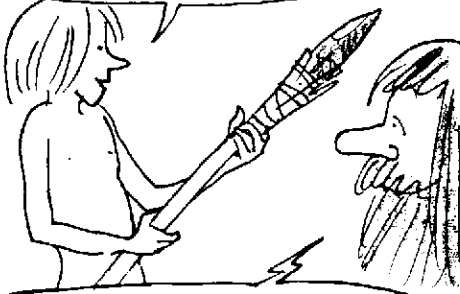
EN POCO TIEMPO, LA TRIBU CONSIGUIÓ
DERRIBAR UN ÁRBOL DE PAN.



LA HERRAMIENTA-ARMA



TENGO OTRA IDEA.
¿ QUÉ DICES DE ESTO ?

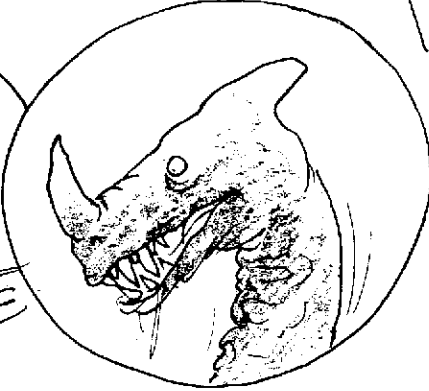


NO ESTÁ MAL. ESO PERMITE
GOLPEAR A DISTANCIA

EL TERRITORIO EN EL QUE CRECEN
LOS BUTYRODENDRONES ESTÁ EN MANOS
DE LOS CUERNÚFALOS. SI QUEREMOS TOSTADAS
CON MANTEQUILLA, TENDREMOS QUE
CAZARLOS O EXPULSARLOS FUERA DE AHÍ



¿ CON ESO...?



EL CUERO DE LOS CUERNÚFALOS ES MUY DURO
EN LOS FLANCOS Y EN LAS PATAS. PARECE
QUE EL CUELLO Y LA BARRIGA SON LOS
SITIOS MÁS VULNERABLES

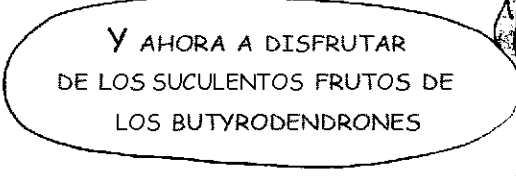
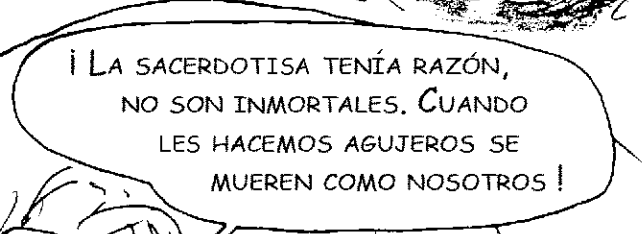
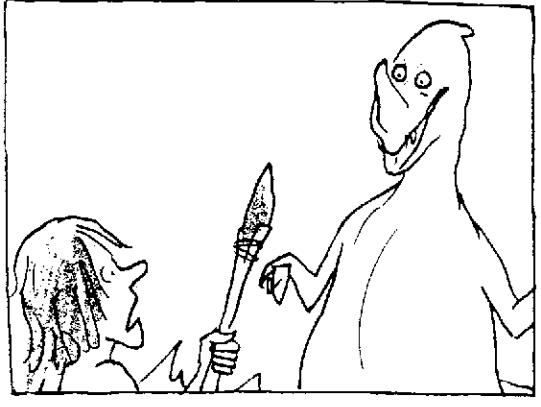
ES SABIA Y DE BUEN
CONSEJO. QUÉ PENNA QUE TENGA
TAN MALA VISTA

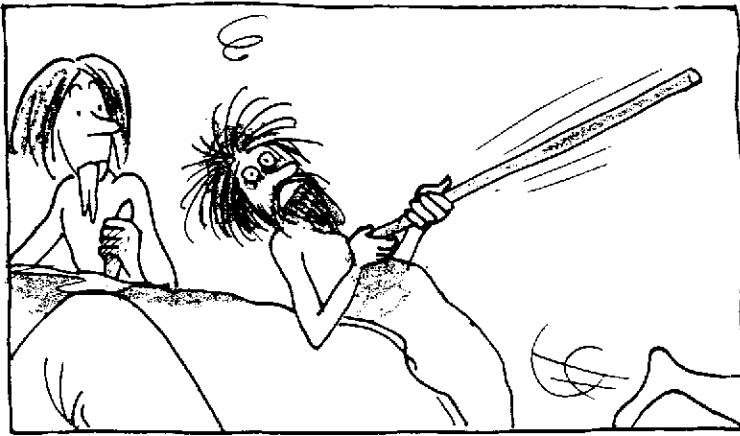


¡ POR TLALX, PODRÍAMOS HABER
ESCOGIDO UNO MÁS PEQUEÑO !

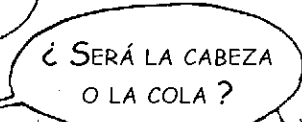
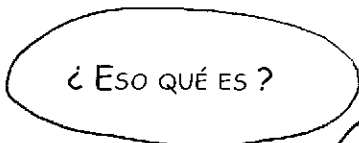
¿ SHNURF ?



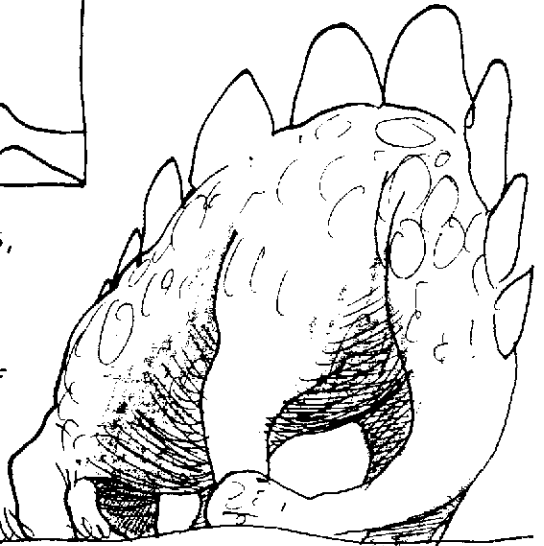




LOS SUNOS DIEZMARON A TODOS LOS CUERNÚFALOS,
LA SABANA ERA SUYA, PERO UN DÍA ...



CHNUF
CHNUF
CHNUF



AH, YA VEO, LA CABEZA ESTÁ AL OTRO LADO



NO HAY NI COLMILLOS, NI CUERNOS, NI GARRAS. PARECE FÁCIL. ¿VAMOS A AGUJEREARLO?

TIENE LA PIEL DE LO MÁS DURA. ¡NO PODEMOS CON ÉL!



HACE QUINCE VECES QUE LO INTENTAMOS. CONTINÚA SI QUIERES, YO LO DEJO ...

CLARO, NO TIENE NI GARRAS, NI DIENTES, PERO UTILIZA ESA MASA ÓSEA QUE TIENE EN LA PUNTA DE LA COLA *



ALGO ASÍ...

¿CÓMO PUEDE SER TAN EFICAZ SIN SER PUNTIAGUDA?



CREO QUE YA ENTIENDO. FUNCIONA EN DOS TIEMPOS.

CON LA AYUDA DE UNA FUERZA DE UNOS POCOS KILOS PONE ESA MASA EN MOVIMIENTO Y ACUMULA ENERGÍA CINÉTICA

$$\frac{1}{2} MV^2$$



* ES UN ANKYLOSAURIO.

UN **IMPACTO** ES UNA DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD BRUTAL, QUE SÓLO SE CONSIGUE CON UNA FUERZA CONSIDERABLE

O SEA QUE CON ESTA **MASA** PODEMOS CREAR UNA PRESIÓN MUY ELEVADA, AUNQUE SEA SÓLO DURANTE UN TIEMPO MUY BREVE

POR ESO DUELE TANTO



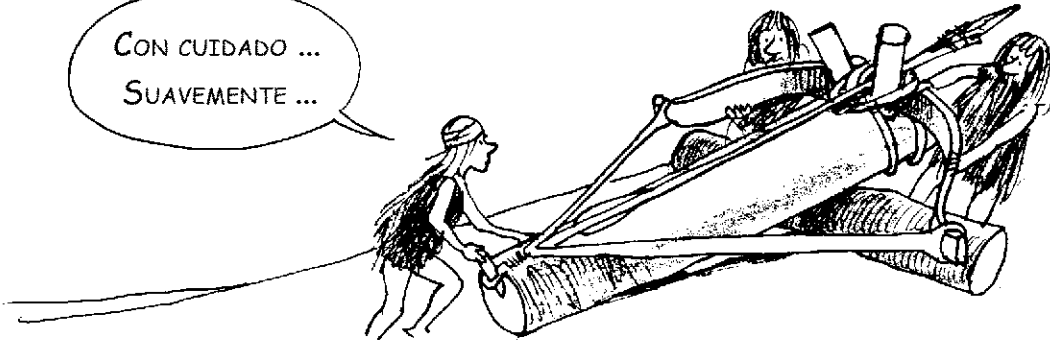
ARMAS DE TIRO

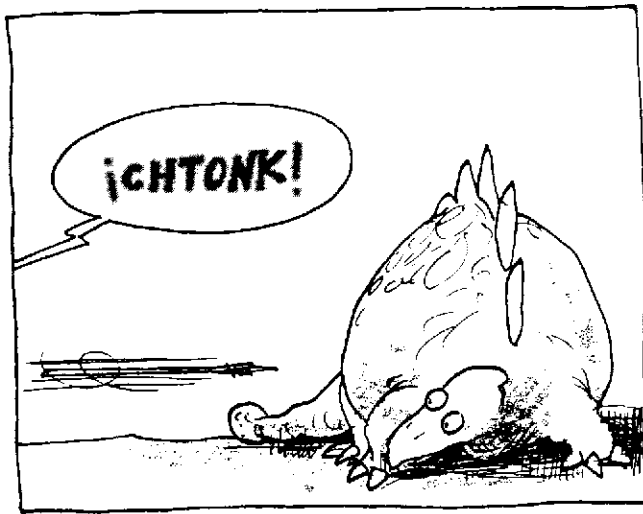
PODRÍAMOS COMBINAR LOS DOS EFECTOS :
EL REFUERZO DE LA PRESIÓN EN EL PUNTO DE CONTACTO,
DEBIDO A LA GEOMETRÍA DEL OBJETO PUNTIAGUDO, Y
EL EFECTO DE ACUMULACIÓN DE LA **ENERGÍA CINÉTICA**

¿TÚ CREES QUE
FUNCIONARÁ ?

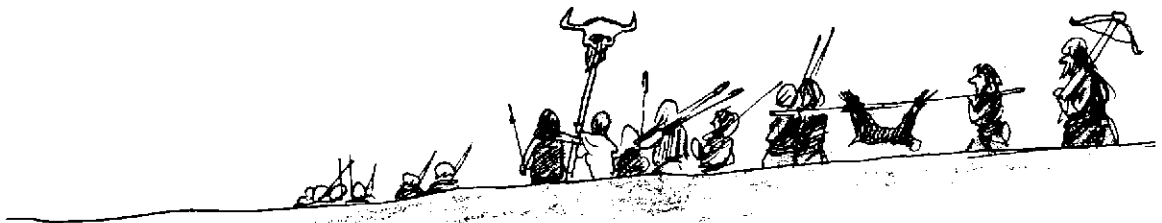
HOMBRE ...

CON CUIDADO ...
SUAVEMENTE ...





Y DESDE ENTONCES, TODO SUCEDIÓ MUY RÁPIDO.



AL FIN Y AL CABO, UN ARMA NO ES NADA MÁS QUE UNA CIERTA CANTIDAD DE ENERGÍA LIBERADA EN UN TIEMPO LO MÁS BREVE POSIBLE, Y SOBRE UNA SUPERFICIE LO MÁS PEQUEÑA POSIBLE.



EL OBJETIVO SIENDO AGIJEREAR AL ENEMIGO



BLINDAJE

JEFE, HAY OTROS
LLEGANDO POR ALLÍ

¿ OTROS ?
¿ QUÉ OTROS ?

TIENEN DOS BRAZOS,
DOS PIERNAS, PERO
NO TIENEN EL MISMO COLOR
QUE NOSOTROS

O SEA QUE SON DIFERENTES.
ESTO NO ME GUSTA ...

AUNQUE SE NOS PAREZCAN, SEGURO
QUE NO SON HOMBRES

SUPONGO QUE TENDREMOS QUE
MATARLOS POR SI ACASO,
DESPUÉS VEREMOS...

Y PUEDE QUE QUIERAN
APODERARSE DE NUESTROS
BUTYRODENDRONES

NUESTRA
ÚNICA
RIQUEZA

¡ VALE !
¡ ESO, MEJOR
MATARLOS POR SI ACASO !

UN GRUPO DE LA TRIBU DE LOS SUNOS FUE ENVIADO
AL ENCUENTRO DE LOS SOTROS, QUE ACABABAN DE
PENETRAR EN SU TERRITORIO



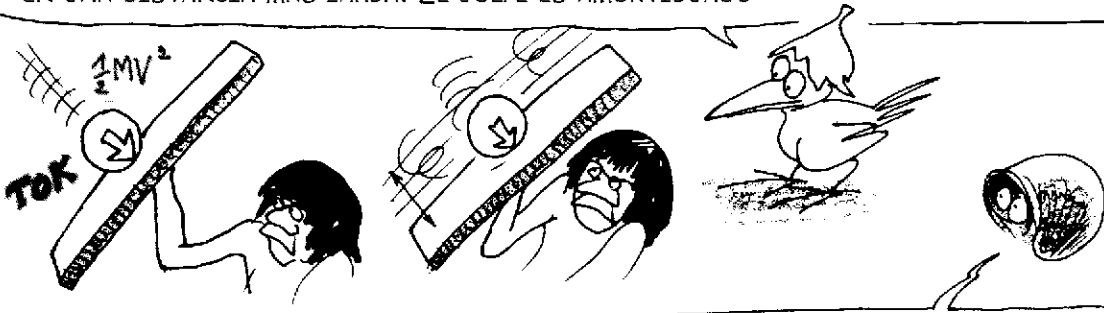
¡ JEFE, NO HEMOS AGUJEREO NI UNO !

MIENTRAS LOS SUNOS SE BENDAN COMO PUEDEN LOS UNOS A LOS OTROS...

HEMOS CONSEGUIDO APODERARNOS DE UNO DE LOS DISPOSITIVOS QUE UTILIZAN

REPLEGUÉMONOS PARA PODER PENSAR

LA EXPLICACIÓN ES FÁCIL : PRIMERO, EL MATERIAL, CUERO DE CUERNÚFALO, RESISTE MEJOR A LA PERFORACIÓN. ES CAPAZ DE SOPORTAR UNA PRESIÓN POR MM^2 MUCHO MAYOR QUE NUESTRA PIEL. LUEGO ESTÁ LA DISMINUCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL PROYECTIL: LA ABSORCIÓN DE SU ENERGÍA CINÉTICA $\frac{1}{2} MV^2$ SE HACE EN UNA DISTANCIA MÁS LARGA. EL GOLPE ES AMORTIGUADO



Y EL ESCUDO REPARTE LA FUERZA DEL IMPACTO EN UNA SUPERFICIE MÁS GRANDE

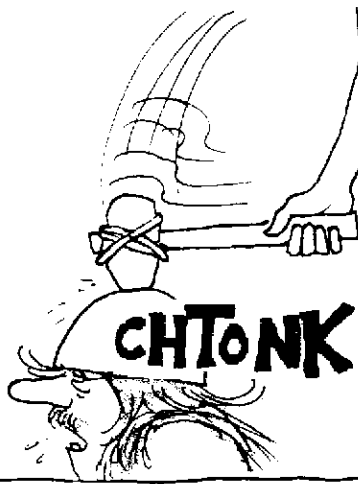
O SEA QUE AQUÍ FUNCIONA AL REVÉS. CON LA **PUNTA** CONCENTRÁBAMOS ENERGÍA (CINÉTICA) EN EL ESPACIO (PUNTO) Y EN EL TIEMPO (PERCUSIÓN)

MIENTRAS QUE AQUÍ, DISTRIBUIMOS ESTA ENERGÍA EN UNA SUPERFICIE MÁS GRANDE Y EXTENDEMOS EL TIEMPO DE SU ABSORCIÓN





ES UNA CALABAZA
RELLENA CON PELO
DE OVEJA... ¿Y QUÉ?



CHTONK

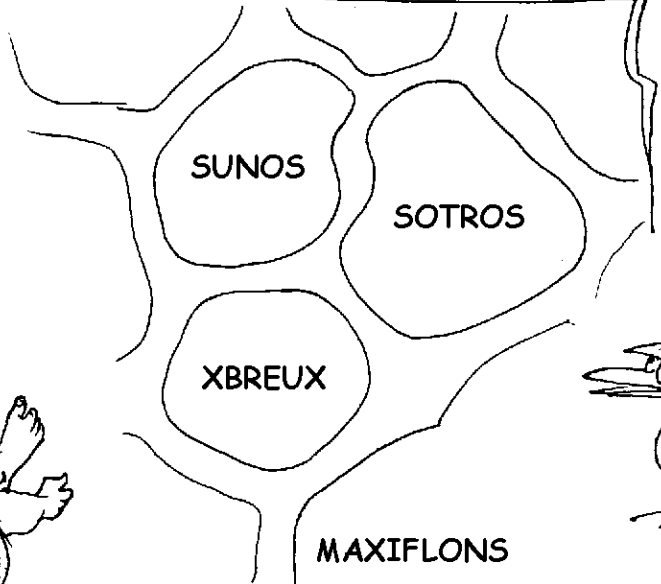
LA SUPERFICIE DE
IMPACTO ES CIENTO VECES
MAYOR Y EL TIEMPO DE
ABSORCIÓN DEL GOLPE
DIEZ VECES MÁS LARGO:
UN DÉCIMO DE SEGUNDO
EN LUGAR DE UN
CENTÉSIMO

POR LO TANTO, LA MÁXIMA PRESIÓN ES MIL VECES MÁS DÉBIL

EN EFECTO, EL CRÁNEO NO PARECE HABER ESTALLADO, PERO ME TEMO QUE LA
ACELERACIÓN DE SU MATERIA GRIS HA QUEDADO ALGO ELEVADA...



LAS DIFERENTES TRIBUS SE REPARTIERON EL TERRENO
DISPONIBLE, CON LOS **TERRITORIOS** FORMANDO UNA ESPECIE
DE PAVIMENTO DEL ESPACIO. ENTRE LOS TERRITORIOS SE
CONSTITUYÓ UNA **TIERRA DE NADIE** CUYA EXTENSIÓN ERA
IGUAL AL ALCANCE DE LAS RESPECTIVAS ARMAS DE TIRO



SUNOS

SOTROS

XBREUX

MAXIFLONS



EL EJÉRCITO



Los **SUNOS** y los **SOTROS** EXTENDIERON A VASTAS ZONAS DE SUS TERRITORIOS LOS SISTEMAS DE BLINDAJE. DE TIEMPO EN TIEMPO SE PRODUCÍAN ESCARAMUZAS MÁS O MENOS SERIAS. ENTONCES UNO DE LOS DOS RIVALES BELIGERANTES SE ATRINCHERABA EN SU PROPIO CAMPO, Y LUEGO DE UN ABUNDANTE INTERCAMBIO DE INSULTOS, TODO VOLVÍA A LA NORMALIDAD.



A ESE ESTADO LE LLAMABAN LA **PAZ**.

EL ARMA DE FUEGO

EN CASA DE LOS SOTROS



¿UN SIMPLE
CORCHO?

EN EL ATALAYA, UNA BOTELLA
DE TAFIALE, ABANDONADA AL
LADO DEL FUEGO ...



¡ INCREÍBLE !
¡ LO HA DEJADO NOQUEADO !



¿ POR QUÉ ?

ME PARECE
QUE YA
ENTIENDO ...

LO QUE IMPORTA EN UN PROYECTIL, ES SU ENERGÍA
CINÉTICA $\frac{1}{2}mv^2$. PERO SE PUEDE ALMACENAR UNA
ENERGÍA ELEVADA EN UNA PEQUEÑA MASA SI SE LE
COMUNICA UNA VELOCIDAD BASTANTE RÁPIDA

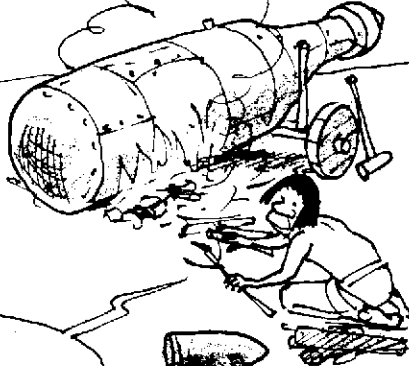
TOTAL, QUE EL DIOS
DEL FUEGO PUEDE
DARNOS TODA LA ENERGÍA
QUE NECESITAMOS, MIENTRAS
QUE NOSOTROS USÁBAMOS
NUESTROS BRAZOS



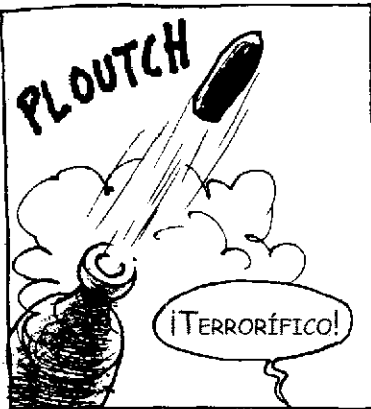


¿ QUÉ HACEN LOS SOTROS
CON ESE CARRO DE RUEDAS TAN
RARO ? AHORA LE PONEN
FUEGO DEBAJO...

¿ YA ?



PACIENCIA, HAY QUE ESPERAR
A QUE SUBA LA PRESIÓN



¡ TERRORÍFICO !



¡ HAN DESTRUIDO NUESTRO SISTEMA
DE DEFENSA CON UN SOLO PROYECTIL !

EL DIOS WAR
NOS ABANDONA

HUYAMOS EN ORDEN
AL BOSQUE DE MANGLES
PARA PENSAR

Eso,
PENSEMOS



LOS SOTROS TIENEN UNA NUEVA ARMA TERRIBLE QUE PUEDE
AGUJEREAR NUESTRAS FORTALEZAS

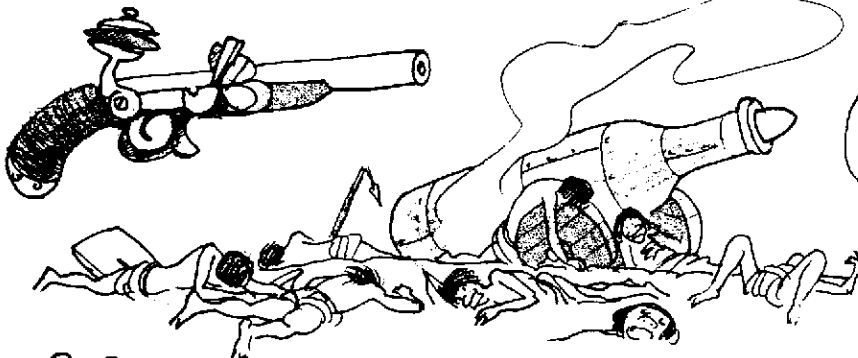
NO OS ASUSTÉIS COMO
TONTOS. NOS BASTARÁ CON
POSEER LA MISMA ARMA
Y PERFECCIONARLA



LA CARRERA ARMAMENTISTA



DESPUÉS DE UNOS ENSAYOS, LOS SUNOS ADOPTARON UNA MEZCLA DE AZUFRE, SALITRE Y CARBÓN.





¿ ALGUIEN QUIERE UNA TAZA DE TÉ ?

TODO GRACIAS A ESTE POLVO MÁGICO DE COLOR NEGRO. ES INCREÍBLE ...

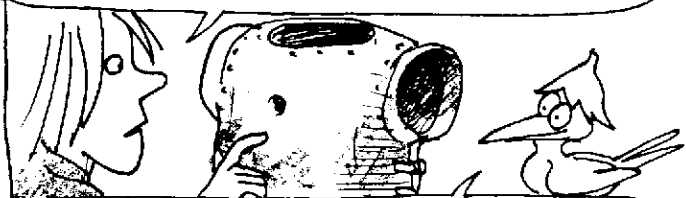
TE AGUJEREA UN TIPO A CIEN PASOS ¡ JAJAJA !

LA VERDAD ES QUE CON UNA CARGA NO CONSIGO NI CALENTAR UNA MÍSERA CUCHARADA DE AGUA

¡ JO, ES INCREÍBLE ! HE QUEMADO EL EQUIVALENTE DE CUATRO CARGAS SIN LOGRAR ENTIBIAR ESTA AGUA ...

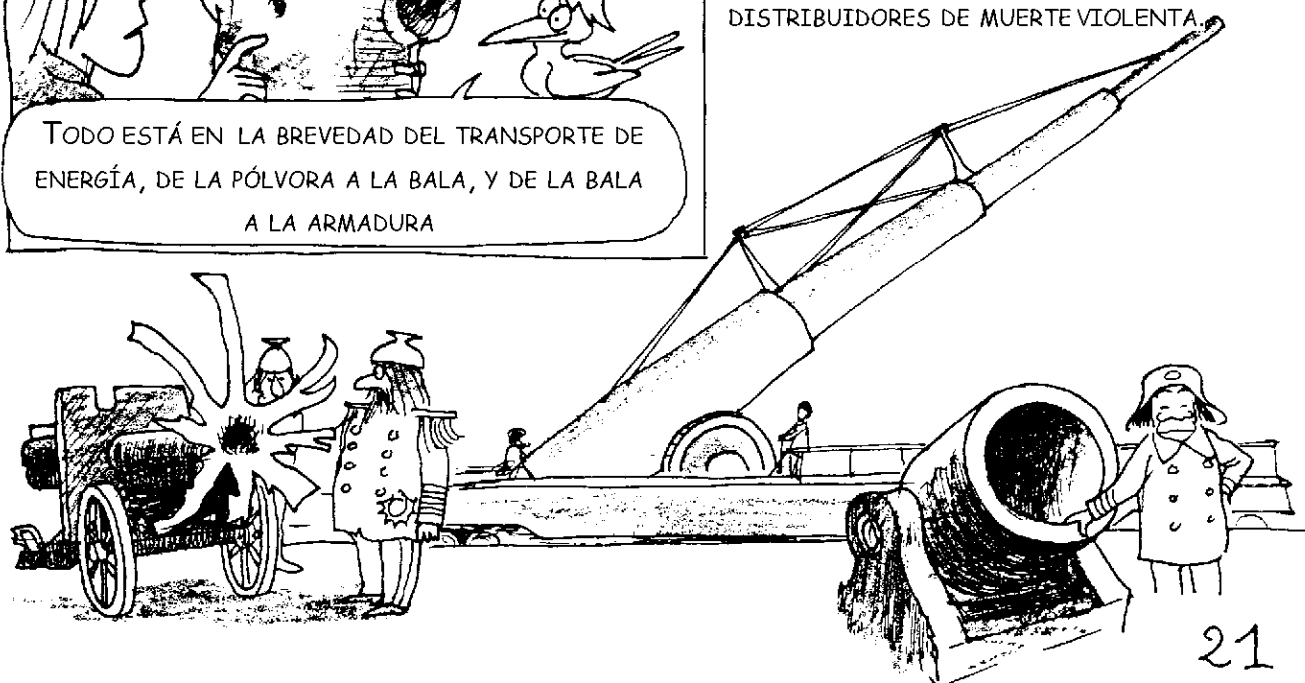


¿ CÓMO SE PUEDE MATAR A ALGUIEN CON UNA CUCHARADA DE AGUA CALIENTE ?



TODO ESTÁ EN LA BREVEDAD DEL TRANSPORTE DE ENERGÍA, DE LA PÓLVORA A LA BALA, Y DE LA BALA A LA ARMADURA

Y CLARO, LOS SOTROS NO TARDARON EN DISPONER DE ARMAS PARECIDAS. CADA UNO SE ESFORZABA EN AUMENTAR MÁS LA POTENCIA Y EL ALCANCE DE ESOS DISTRIBUIDORES DE MUERTE VIOLENTA.



MISILES

LAS LEYES DE LA BALÍSTICA NOS DICEN QUE EL ALCANCE DE UN PROYECTIL CRECE EN FUNCIÓN DE SU VELOCIDAD INICIAL. PERO POR MUCHO QUE AUMENTE LA CARGA NO GANO NADA MÁS ... NO LO ENTIENDO ...

EN REALIDAD, CUANDO SE DISPARA SIN PROYECTIL, LOS GASES NO SALEN MUCHO MÁS RÁPIDO. ENTONCES EL PROBLEMA SE ENCUENTRA A NIVEL DE LOS GASES

EL GAS DEBE VENCER A SU PROPIA INERCIA

¡NO HAY SOLUCIÓN!

AL MENOS QUE META LA CARGA DENTRO DEL PROYECTIL Y ME LAS ARREGLE PARA QUE EL GAS SALGA A MEDIDA QUE SE VA ACELERANDO

¡ MARAVILLOSO ! TAL COMO LO HABÍAN PREVISTO MIS CÁLCULOS

MENUDO PROGRESO TENEMOS AQUÍ. AHORA SERÁ POSIBLE ATACAR DIRECTAMENTE AL ENEMIGO POR DETRÁS

MI GOBIERNO ESTÁ DISPUESTO A COMPRAROS AHORA MISMO UN GRAN NÚMERO DE ESAS MAGNÍFICAS MÁQUINAS DE DEFENSA



¡ MI GOBIERNO TAMBIÉN !

¡ HIJO DE PERRA, YO ESTABA AQUÍ ANTES !



CÓMO TE ATREVES...

¡ TRANQUILOS, SEÑORES, NO VÁIS A PELEAROS POR TAN Poca cosa !

¡ POR FAVOR, QUE HAY PARA TODOS !



LA DEFENSA

¡ AH, AQUÍ HAY SITIO !



CLONK
CLONK
CLONK

RAYOS, QUE LLEGO TARDE



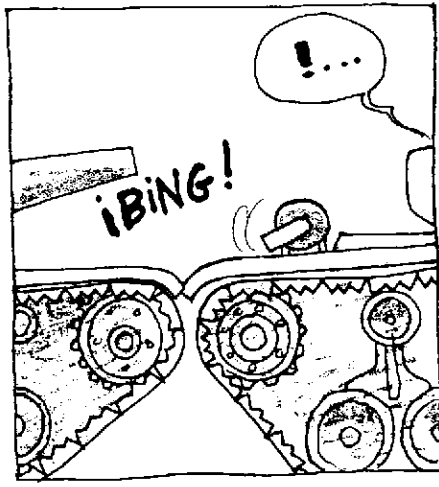
EJ, ESTÁ ALGO ESTRECHO



APARCAR ASÍ CON ESTAS MÁQUINAS NO ES NADA FÁCIL



¡ BING !

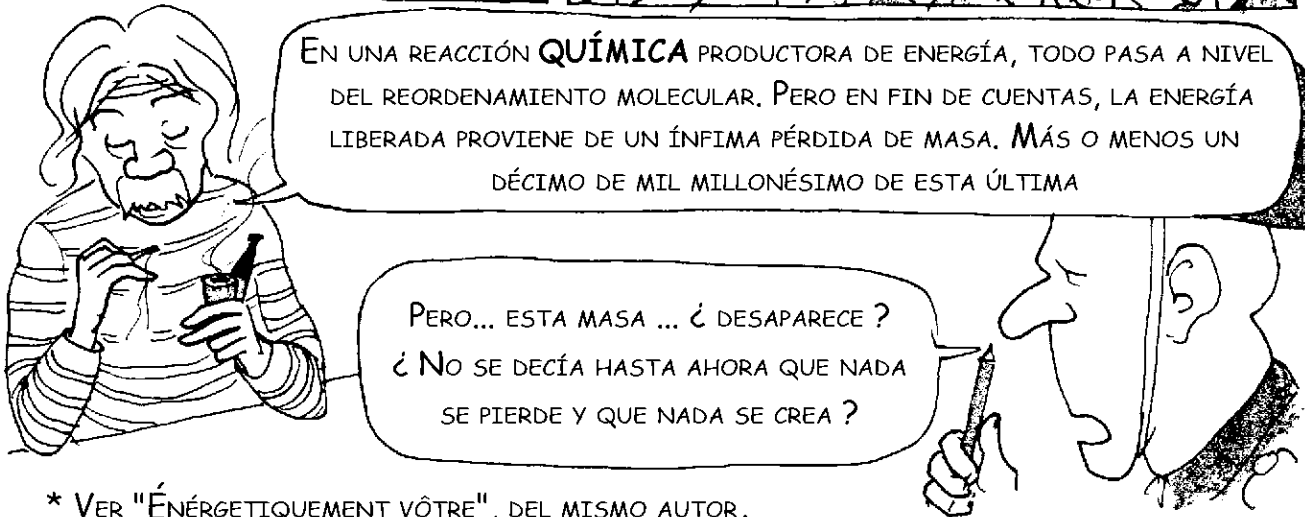


MENOS MAL QUE ESTOY ASEGURADO. VOY A DEJAR UNA NOTA ...

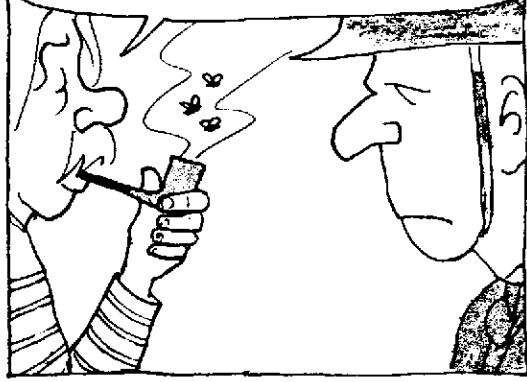




EL ARMA ATÓMICA




* VER "ÉNERGETIQUEMENT VÔTRE", DEL MISMO AUTOR.



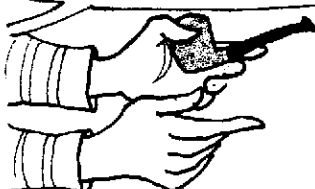
¡ WUNDERBAR ! TIENE RAZÓN.
LA PEQUEÑA PÉRDIDA DE MASA POR
LOS ÁTOMOS DEL EXPLOSIVO DE VUESTRO
CAÑÓN LA ENCONTRÁIS EN EL
MOVIMIENTO DEL PROYECTIL

¿ Y CUANDO SE
DETIENE EL PROYECTIL ?




SI HACE VOLAR EL BLANCO
EN PEDAZOS, QUE PARTEN
EN TODAS DIRECCIONES, CADA
ÁTOMO DE ESTOS VERÁ SU MASA
AUMENTAR MUY LIGERAMENTE

O SEA QUE ASÍ SE CONSERVA LA MASA




HEMOS DESCUBIERTO NUEVAS REACCIONES
QUE NOS PERMITEN PONER EN JUEGO LOS
NÚCLEOS DE LOS ÁTOMOS, PARA LOS CUALES
ESTA CONVERSIÓN ENERGÉTICA ES DIEZ
MILLONES DE VECES MÁS IMPORTANTE



¡ O SEA QUE EN VEZ DE LLAMAR
A ESTO **FÍSICA NUCLEAR**
HABRÍAMOS TENIDO QUE LLAMARLO
QUÍMICA NUCLEAR !

ENCONTRAMOS EN ESTA **QUÍMICA DE NÚCLEOS** TODOS LOS ASPECTOS HABITUALES
DE LA QUÍMICA CLÁSICA. ALGUNAS REACCIONES NECESITAN ENERGÍA, MIENTRAS
QUE OTRAS LA PRODUCEN. LA **FUSIÓN** CORRESPONDE A LA SÍNTESIS EXO-ENERGÉTICA
DEL HELIO A PARTIR DE ISÓTOPOS DE HIDRÓGENO



SÍ, PERO VEO QUE ESO REQUIERE TEMPERATURAS DE LOCURA. MÁS
DE CIENTO MILLONES DE GRADOS. ¿ DE DÓNDE QUIERE QUE LAS SAQUEMOS ?

RESULTA QUE EL SOL, EL REACTOR POR EXCELENCIA, PARA ESTA QUÍMICA DE LOS NÚCLEOS NOS HA LEGADO EN HERENCIA UN ÁTOMO AUTOINESTABLE, EL URANIO U235

PERO SI ES INESTABLE DEBERÍA HABERSE DESCOMPUESTO DESDE HACE MILLONES DE AÑOS

NO COMPRENDO...

AISSLADO, EL ÁTOMO DE URANIO 235 SE DESCOMPONE EN EFECTO MUY LENTAMENTE, PARTIÉNDOSE EN DOS Y EMITIENDO UN NEUTRÓN

LA FISIÓN

EL NEUTRÓN ASÍ PRODUCIDO PUEDE A SU VEZ DESESTABILIZAR A OTRO NÚCLEO DE URANIO, PROVOCANDO SU RUPTURA Y LIBERANDO UN NUEVO NEUTRÓN. Y ASÍ SUCEATIVAMENTE ...

EN QUÍMICA, LLAMAMOS A ESTO UNA REACCIÓN **AUTO-CATALÍTICA**

REACCIÓN AUTOCATALÍTICA O REACCIÓN EN CADENA, ES LO MISMO

PERO, PROFESOR, ¿POR QUÉ ESA REACCIÓN EN CADENA NO SE PRODUCE ESPONTÁNEAMENTE EN ESTE BLOQUE DE URANIO NATURAL ?

¡ELEMENTAL, MI QUERIDO CORONEL, PORQUE 99.3% DE ESE BLOQUE NO ES URANIO 235, SINO URANIO 238, QUE SÍ ES ESTABLE !

DICHO DE OTRA MANERA, SI REFINAMOS ESTE MINERAL DE URANIO NATURAL, AISLANDO ESTE ISÓTOPO DE MASA 235, NOS BENEFICIAREMOS DE LA POTENCIALIDAD DE ESTA REACCIÓN NUCLEAR AUTOCATALÍTICA. ¿ PERO ES ESTE EL ÚNICO ÁTOMO QUE OFRECE ESA POSIBILIDAD ?

PRÁCTICAMENTE SÍ, Y ES EL REGALO QUE NOS HIZO LA NATURALEZA. SIN ESTE ÁTOMO DE PROPIEDADES TAN PARTICULARES, EL INTERÉS DEL HOMBRE POR LA ENERGÍA NUCLEAR SE HABRÍA DIFERIDO EN UNO O DOS SIGLOS

LA MANO DE DIOS

PRECISAMENTE EN ESTE CASO YO DIRÍA QUE ES LA DEL DIABLO ...

ENTONCES... ¿ QUIÉN ESTÁ DE ACUERDO CON EL DESARROLLO DE ESTA NUEVA ARMA ?



¿ NO CREEN QUE A ESTE NIVEL PODRÍA VOLVERSE PELIGROSA ?

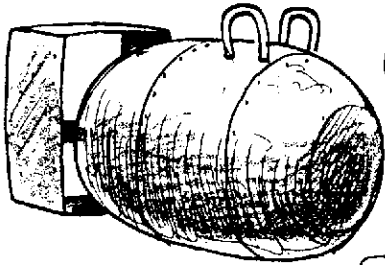
¿ PELIGROSA ? ¡ PARA LOS SOTROS SÍ !

QUERIDO ANSELMO, ME PARECE QUE NO CONOCES EL PROVERBIO : SI VIS PACEM, PARA BELLUM *

¿ Y QUIÉN DICE QUE LOS SOTROS NO ESTÁN PREPARANDO UN ARMA SIMILAR ?

PEOR : ¡ QUE YA LA TENGAN !

* SI QUIERES PAZ, PREPÁRATE PARA LA GUERRA.



MIREMOS DONDE
PODRÍAMOS PROBAR
NUESTRA PRIMERA
BOMBA ATÓMICA...

AQUÍ PARECE UN BUEN LUGAR :
UNA BAHÍA DESPEJADA

MENOS MAL QUE EN ESTE
MOMENTO ESTAMOS EN GUERRA

PODRÍAMOS AVISAR A LA GENTE QUE VIVE AHÍ.
SERÍA MÁS CORRECTO ¿ VERDAD ?

ANSELMO, SEAMOS SERIOS... SI
AVISAMOS A LA GENTE, SE VA A IR.
¿ Y ENTONCES CÓMO VAMOS A
CONOCER LOS EFECTOS DE LAS
RADIACIONES EN LOS SERES
VIVOS ?

CORONEL, SI QUIERE PROBAR LA BOMBA, VA A TENER QUE DARSE PRISA,
¡ QUE PRONTO SE ACABA LA GUERRA !

DIOS MÍO, ¡ TIENE RAZÓN !

SON COMO
NIÑOS ...

¡RÁPIDO!

OIGA, ¿ SI BENDIGO LA BOMBA CREE USTED
QUE AUMENTE SU EFICACIA ?

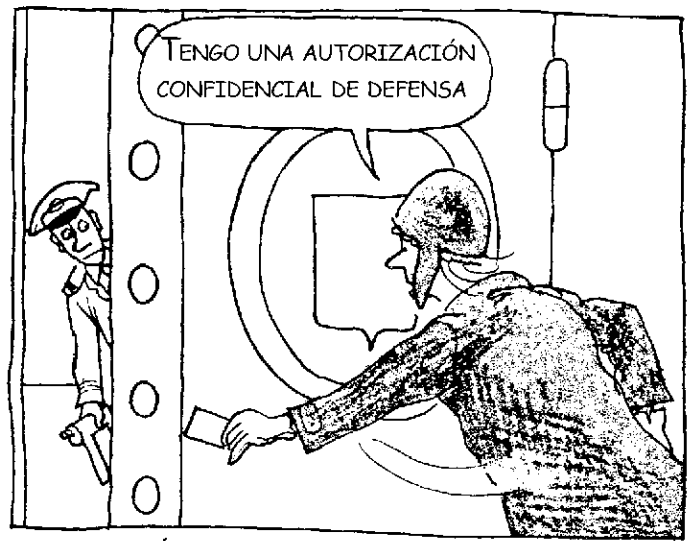
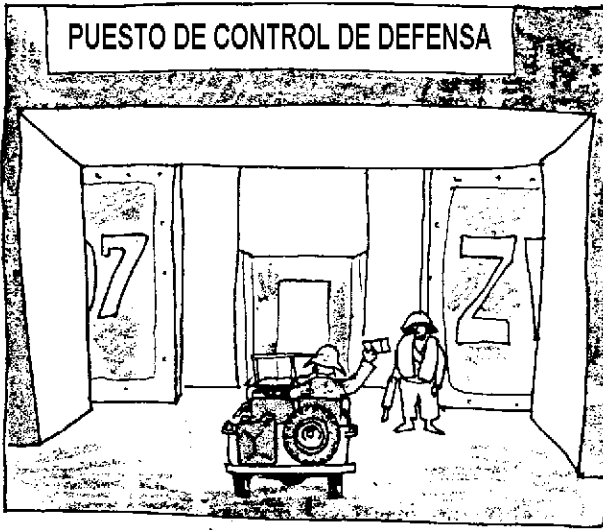
COMO SE DICE : SI NO HACE
DAÑO, QUE NO HAGA BIEN ...



EL EQUILIBRIO DEL TERROR

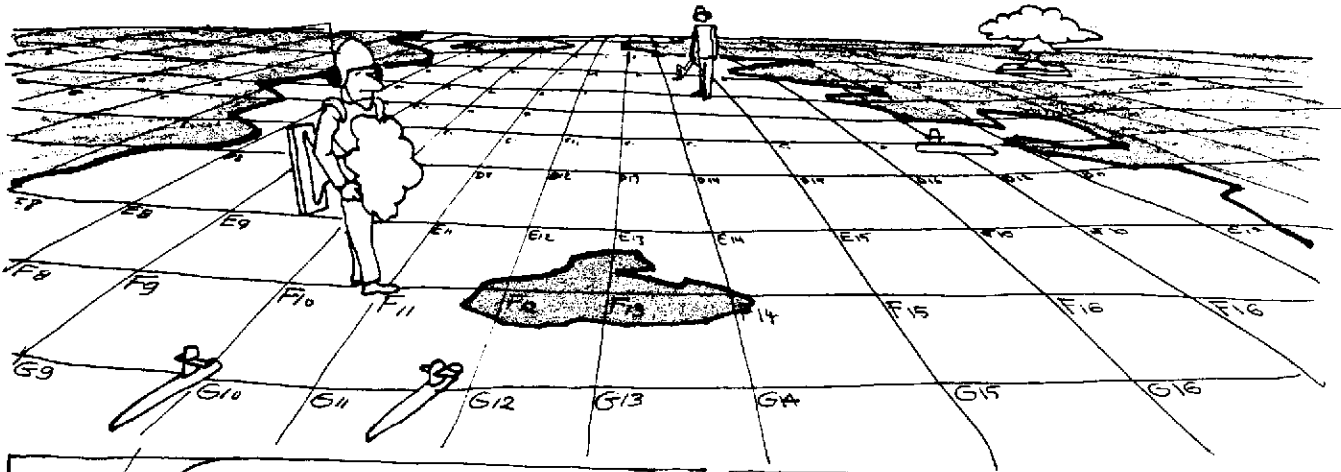
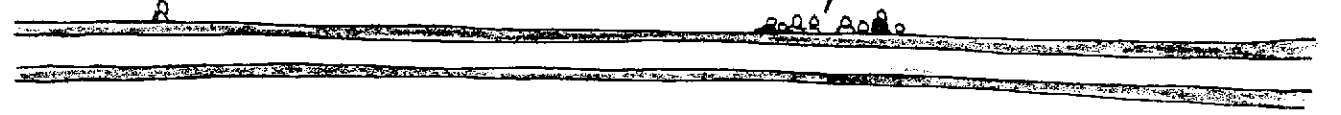


PUESTO DE CONTROL DE DEFENSA



JÓ, YA HAN EMPEZADO

PÓNME UNA DE CINCO MEGATONELADAS EN F12



ELLOS
2 5 1

NOSOTROS
1 0 8

MILIONES DE MUERTOS

¡ SE LO ASEGURO ! CON UNA DE CINCO MEGATONELADAS EN F12 LES HACEMOS SIETE MILLONES DE MUERTOS MÁS. Y CON LOS VIENTOS ...

DESTRUCCIONES (MILES DE MILLONES DE CRÉDITOS)

ELLOS:
7 5 0 0

NOSOTROS:
4 6 0 2

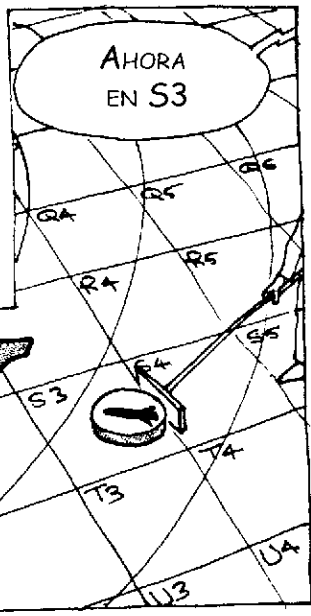
YO DIGO QUE COMO MÍNIMO HARÁ FALTA UNA DE DOCE

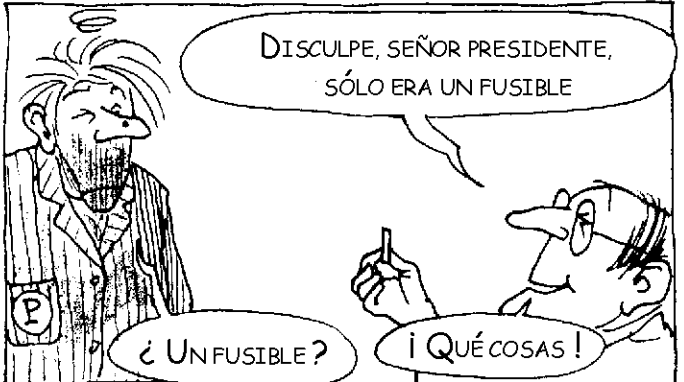
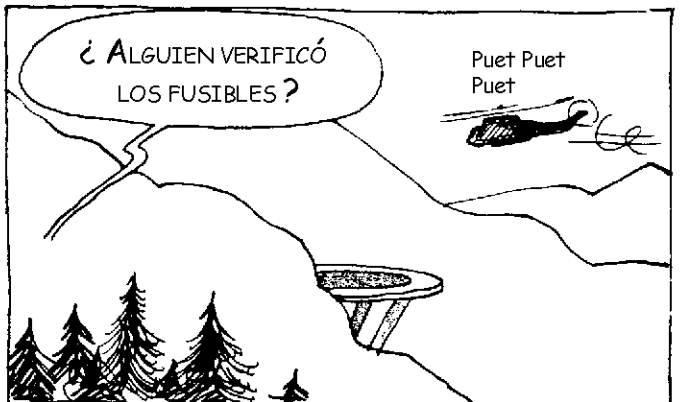
Y AHORA UN MISIL DE CABEZA MÚLTIPLE EN H7
BAH, LOS CIVILES ...
¿ H7 ? IMPRESIONANTE

¿ Y ESTO ? ¿ ES LA GUERRA ? ¿ YA ?
NO, UNA SIMPLE SIMULACIÓN
¡ MUY DURA ! TODOS LOS SUBMARINOS ESTÁN REUNIDOS EN EL POLO NORTE

¡ ENEMIGO EN T4 !
¿ OTRA SIMULACIÓN ?
¿ QUÉ ? !
LA SITUACIÓN PLANETARIA REAL

¡ PERO SI ES LA MISMA SALA !
CLARO







¿ QUÉ HORA ES ?

LAS CUATRO DE LA MAÑANA

PRESIDENTE,
TELÉFONO



AH ES VERDAD,
ESA MALDITA MALETA ...



¡ CALLÁOS ! ES EL
PRESIDENTE DE LOS SOTROS



OIGA, QUERIDO AMIGO, SE ACUERDA DE NUESTRO ÚLTIMO
ENCUENTRO, CUANDO SUBIMOS AL MISMO COCHE

SÍ, ME ACUERDO MUY BIEN

TENÍA USTED UN
MALETÍN NEGRO



CREO QUE HA HABIDO
UNA CONFUSIÓN

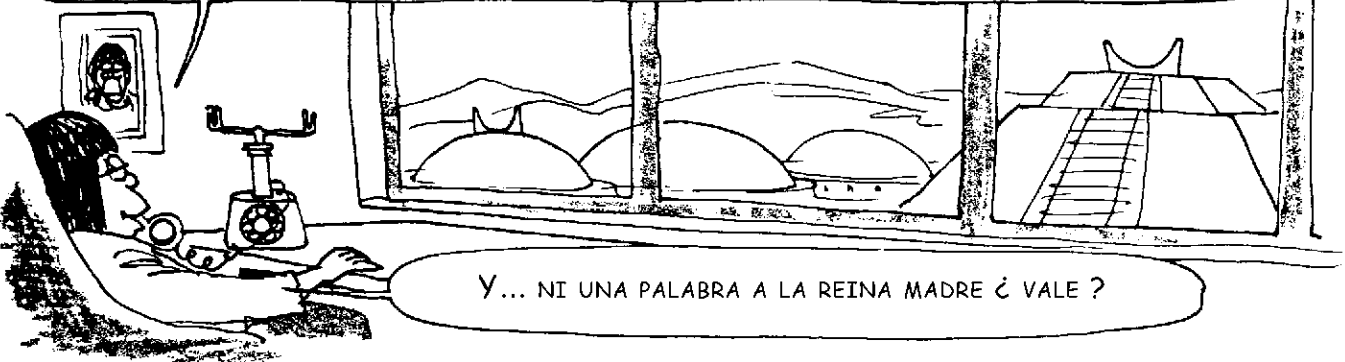
¡ MALDICIÓN !



¡ POR DIOS ! TODO EL PLAN DE DEFENSA ...
¡ LOS CÓDIGOS ULTRA SECRETOS, Y LA CLAVE
DE TODO EL SISTEMA DE MISILES... !

OIGA ESCÚCHEME ...
NO HACE FALTA
DRAMATIZARLO TODO...

HAGAMOS OTRA REUNIÓN DEL MISMO TIPO, LE DEVOLVERÉ SU MALETÍN, Y USTED EL MÍO.
ASÍ LO ARREGLAMOS TODO



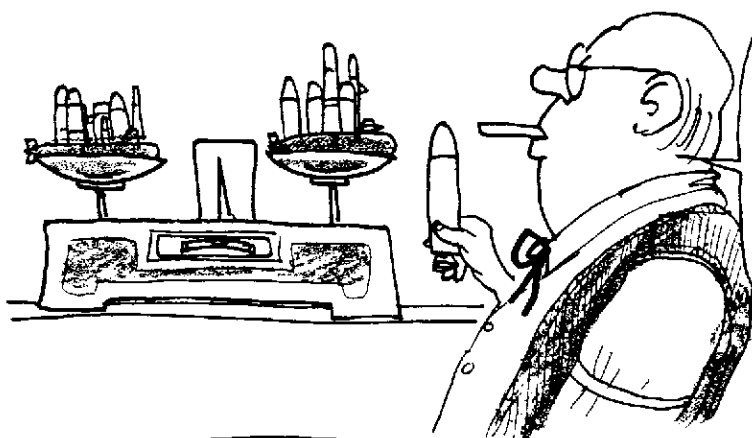
Y... NI UNA PALABRA A LA REINA MADRE ¿ VALE ?

EL LÁSER

HE LEIDO SU INFORME SOBRE EL INCIDENTE DEL PUESTO DE CONTROL DE DEFENSA. MUY BUENO



PERO...
USTED SABE...



LOS SOTROS INSTALAN NUEVOS SILOS, NOSOTROS TAMBIÉN DE NUESTRO LADO. AUMENTAN EL NÚMERO DE SUS SUBMARINOS LANZAMISILES, NOSOTROS TAMBIÉN. NADA MUY DECISIVO EN TODO ESO ...

HA NEVADO MUCHO ESTE INVIERNO. A LO LARGO DEL VALLE HAY ENORMES MASAS DE NIEVE, EN EQUILIBRIO CERCA DE LAS CUMBRES, Y QUE SÓLO ESPERAN DERRUMBARSE. CERRANDO EL VALLE, A LO LEJOS, HAY UNA ANTIGUA PRESA HIDROÉLECTRICA DADA DE BAJA



TIENE BUENA VISTA

EN EL OTRO EXTREMO DEL VALLE, HEMOS
CONSTRUIDO UNA BARRERA, UN SIMPLE MURO. ASÍ NOS
PROTEGEMOS CONTRA UN POSIBLE ATAQUE A BAJA ALTURA
MEDIANTE MISILES-CRUCERO *

PERO... ¿ QUÉ HACE ?

HMMM...
TODO VA A
IR BIEN

YA VEO

DESDE QUE TRABAJO AQUÍ,
SIEMPRE QUISE SABER SI ...

BAAAM

¿ ADÓNDE DISPARA ?

A NINGUNA PARTE.
MIRE... FUNCIONA

CRRAAKK

LAS MASAS DE NIEVE INESTABLES SE DERRUMBAN POR EL DISPARO...

EL SONIDO
SE AMPLIFICA

WAAAM

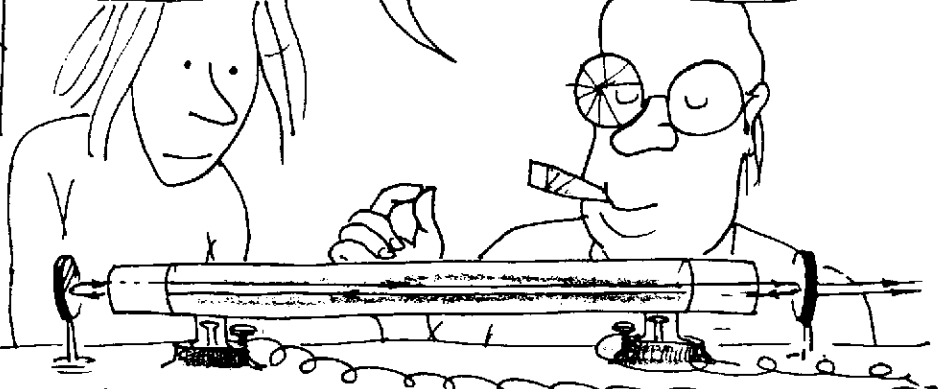
* AVIONES SIN PILOTO, QUE VUELAN A MÁS DE 900KM/H, TRANSPORTANDO UNA BOMBA ATÓMICA E INDETECTABLES POR RADARES GRACIAS AL VUELO A BAJA ALTURA.



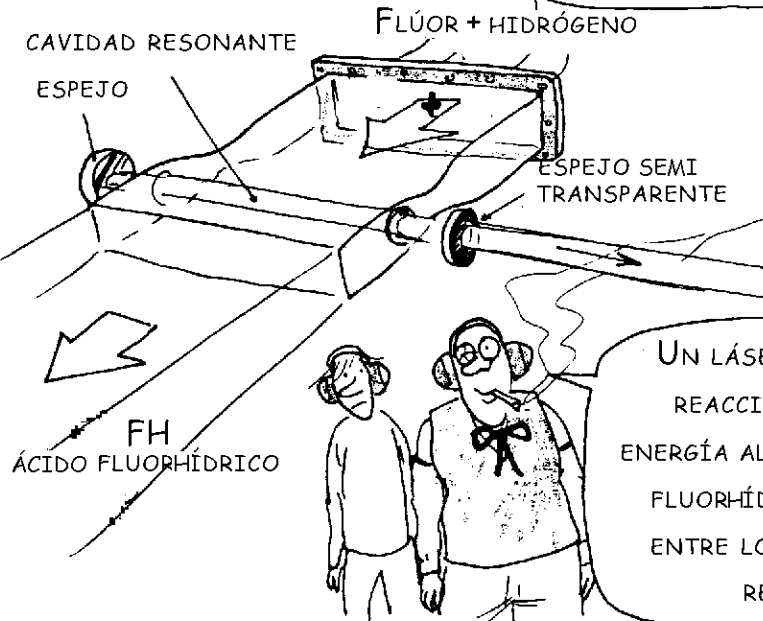
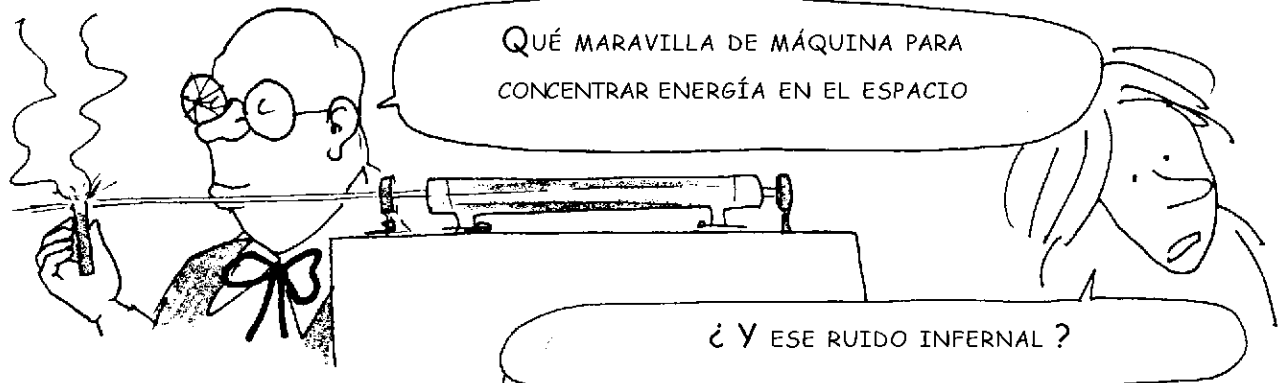
LA ONDA SONORA SE REFLEJA EN LAS PRESAS QUE CIERRAN EL VALLE Y HACE ECO. ES EL EFECTO DE CAVIDAD RESONANTE



ESTE ES MI PRIMER LÁSER. LO CONSTRUI EN 1960. LOS ÁTOMOS DE LA SUSTANCIA DEL LÁSER SERÍAN COMO BALCONES SOBRECARGADOS DE NIEVE. CONTIENEN UNA ENERGÍA METAESTABLE QUE SE LIBERA A LA MENOR INTERACCIÓN ENERGÉTICA



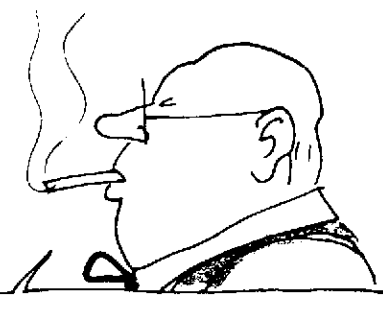
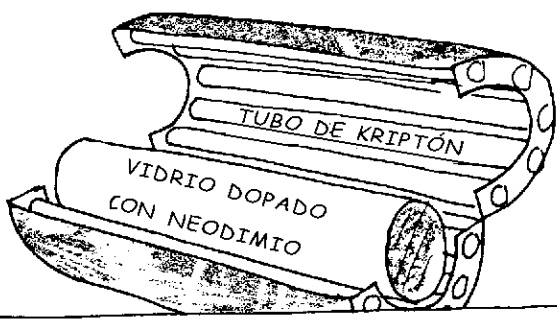
ESTO ES UN LÁSER DE GAS. HAY UNA DESCARGA ELÉCTRICA QUE BOMBEA ENERGÍA A SUS ÁTOMOS (DE ARGÓN), DONDE ES ALMACENADA. LA ONDA SONORA DE ANTES ES REEMPLAZADA POR UNA ONDA LUMINOSA QUE VA Y VIENE ENTRE DOS ESPEJOS PERFECTAMENTE PARALELOS QUE SUSTITUYEN A LOS MUROS QUE CERRABAN EL VALLE. UNO DE LOS ESPEJOS REFLEJA AL 100% MIENTRAS QUE EL OTRO LO HACE SÓLO EN PARTE, LO QUE PERMITE A LA ENERGÍA LIBERARSE A TRAVÉS DE ESTE ÚLTIMO



UN LÁSER DE HIDRÓGENO-FLÚOR. DURANTE LA REACCIÓN QUÍMICA, HAY UN EXCEDENTE DE ENERGÍA ALMACENADA EN LAS MOLÉCULAS DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO. HACIENDO DESFILAR ESTE GAS ENTRE LOS DOS ESPEJOS, CREAMOS LA CAVIDAD RESONANTE Y EL GAS DEL LÁSER

¿ENTONCES, SEA CUAL SEA EL MÉTODO, TODO LO QUE PUEDA LLEVAR ENERGÍA A LOS ÁTOMOS O A LAS MOLÉCULAS VALE ?

EL BOMBEO ÓPTICO



ASÍ ES. EN ESTE LÁSER LA SUSTANCIA ES UNA IMPUREZA, EL NEODIMIO, CONTENIDO EN ESTE VIDRIO AISLADO GRACIAS A UNA BATERÍA DE TUBOS DE KRIPTÓN

NO HAY NADA MÁS FRÁGIL QUE LA FINA PIEL DE UN MISIL. APENAS UN MILÍMETRO Y MEDIO DE ESPESOR. Y NADA MENOS DISCRETO QUE ESTE MISMO MISIL EN FASE DE PROPULSIÓN. EN TAL MOMENTO ES COMO UNA ANTORCHA QUE SE PUEDE DETECTAR A MILES DE KILÓMETROS DE DISTANCIA

LOS SATÉLITES DE TELEDETECCIÓN POR INFRARROJO PUEDEN DETECTAR UN MISIL COMO ÉSTE. ¿PERO CÓMO PUEDEN ACERTARLE A TAL DISTANCIA ?

¡ NINGÚN PROBLEMA ! SE PUEDE APUNTAR UN ESPEJO DE TELESCOPIO CON UNA PRECISIÓN TAL QUE PODEMOS ACERTARLE A UN OBJETO DE MENOS DE UN METRO A DIEZ MIL KILÓMETROS

LA GUERRA DE LAS ESTRELLAS

BIEN, SI EL APUNTAR DESDE EL ESPACIO ES PROBLEMA RESUELTO, ¿ CÓMO ALIMENTA DE ENERGÍA ESTAS ESTACIONES DE TIRO ?

LOS LÁSERES QUÍMICOS SON COMO CISTERNAS ORBITALES. PERO PRODUCIR ELECTRICIDAD EN ABUNDANCIA ALLÁ ARRIBA NO ES NADA FÁCIL

SIN EMBARGO, TENEMOS OTRA SOLUCIÓN

PODEMOS USAR COMO LÁSER UNA SUSTANCIA COMO EL COBRE, USANDO UN BOMBEO DE ENERGÍA POR RAYOS X

¡ DEMONIOS ! ¿ PERO CÓMO FABRICAR RAYOS X EN EL ESPACIO ?

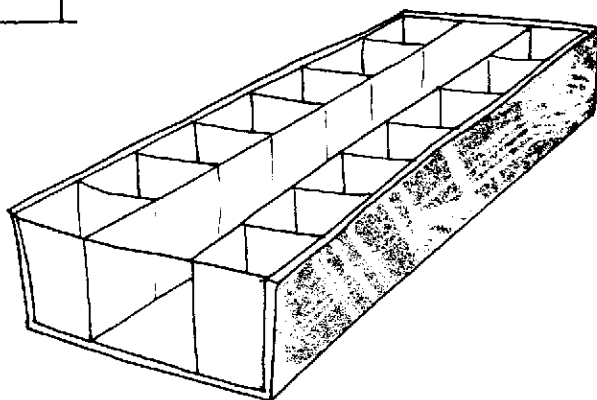
MUY FÁCIL :
CON ESTO...

UNA BOMBA ATÓMICA PRODUCE UNA PARTE IMPORTANTE DE SU ENERGÍA EN FORMA DE RAYOS X

CON UNA ENERGÍA TAN POTENTE, NO LOS NECESITAMOS YA QUE PODEMOS TRABAJAR CON **SUPERIRRADIANCIA**

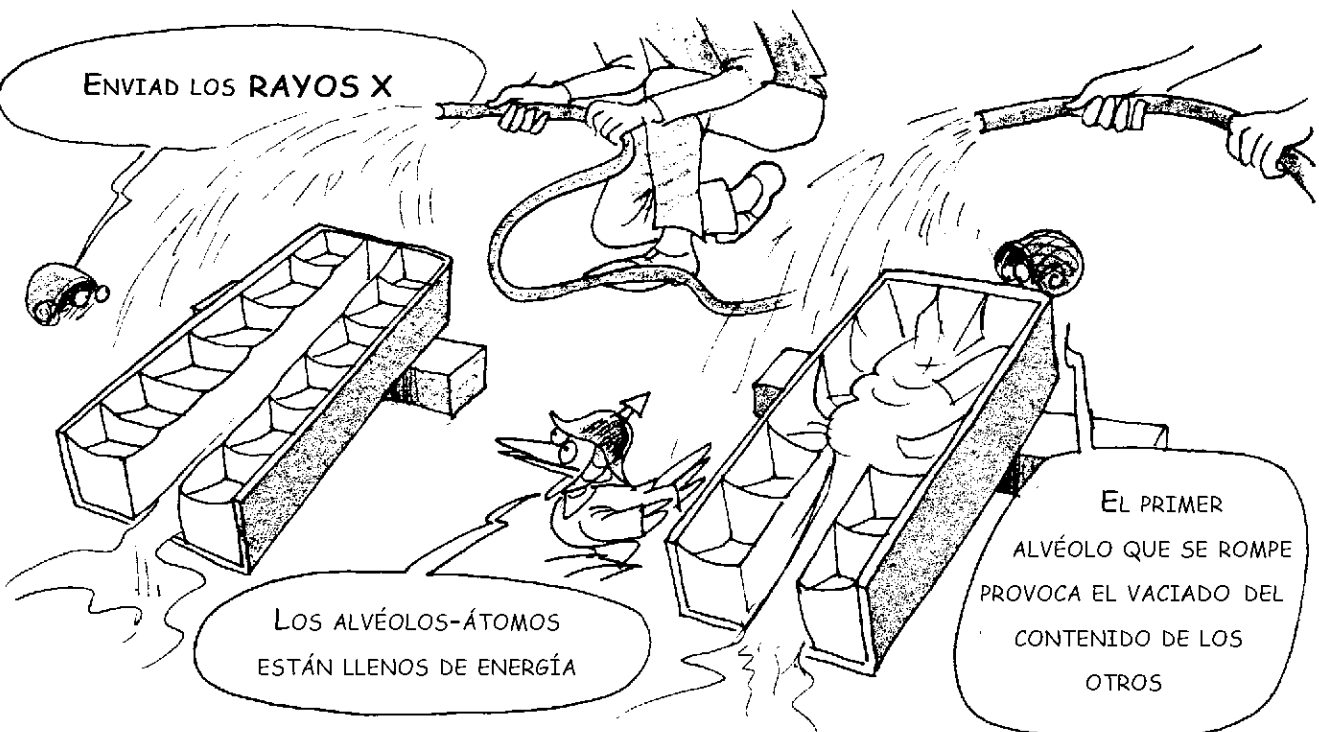
¿ Y CON QUÉ HARÁN LOS ESPEJOS QUE PERMITEN PRODUCIR LA CAVIDAD RESONANTE ?

¿ Y ESO QUÉ ES ?



IMAGINEN UN SISTEMA COMO ÉSTE, CON LAS CASILLAS HECHAS DE PAPEL BASTANTE FRÁGIL, CADA UNA DE LAS CUALES REPRESENTA UN ÁTOMO

ENVIAD LOS RAYOS X

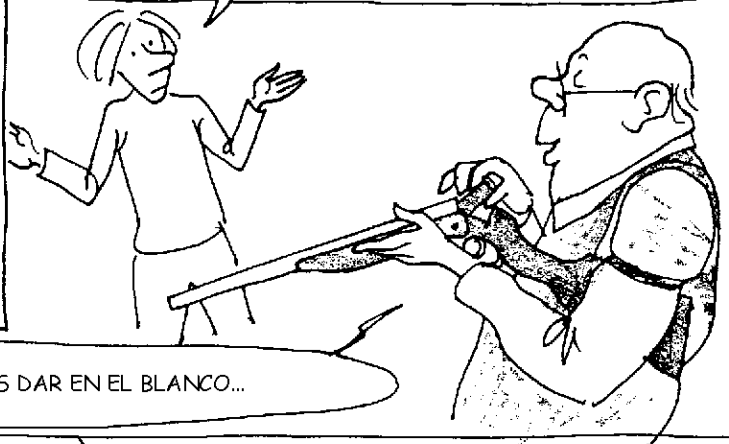


LOS ALVÉOLOS-ÁTOMOS
ESTÁN LLENOS DE ENERGÍA

EL PRIMER
ALVÉOLO QUE SE ROMPE
PROVOCA EL VACIADO DEL
CONTENIDO DE LOS
OTROS

A UNA DISTANCIA TAN GRANDE, VARIOS MILES DE
KILÓMETROS, EL MÍNIMO ERROR DE APUNTE SERÍA ...

ASÍ, UNA BOMBA A DE ESCASO
PODER PUEDE IRRADIAR UN HAZ
DE MILES DE FINOS HILOS DE
COBRE



JOVENCITO, CUANDO QUIERAS DAR EN EL BLANCO...

... LA DISPERSIÓN DE TUS BALAS ES
EXACTAMENTE LO QUE NECESITAS PARA
AUMENTAR LAS POSIBILIDADES DE ALCANZAR
EL OBJETIVO





UN ARMA QUE
ALCANZA SU OBJETIVO A LA VELOCIDAD
DE LA LUZ. ¡ES GENIAL!

EL ARMA DE ANTIMATERIA

MIENTRAS TANTO, EN CASA DE LOS SOTROS...



¿Y DICES QUE
ESTA COSA YA FUNCIONA?

SU LÁSER
BOMBEADO POR
UNA PEQUEÑA BOMBA
ATÓMICA YA ESCUPIÓ
VARIOS MILES DE
TERAVATIOS

DIGAMOS QUE MIENTRAS EL
LÁSER FUNCIONA, ANTES DE QUE
SEA DESTRUIDO POR LA EXPLOSIÓN DE
LA BOMBA*, PRODUCE UNA ENERGÍA QUE
EQUIVALE A LA QUE PRODUCIRÍA
UNE ESPEJO SOLAR DEL
TAMAÑO DE FRANCIA

JOOO... ¿Y UN TERAVATIO QUÉ ES?

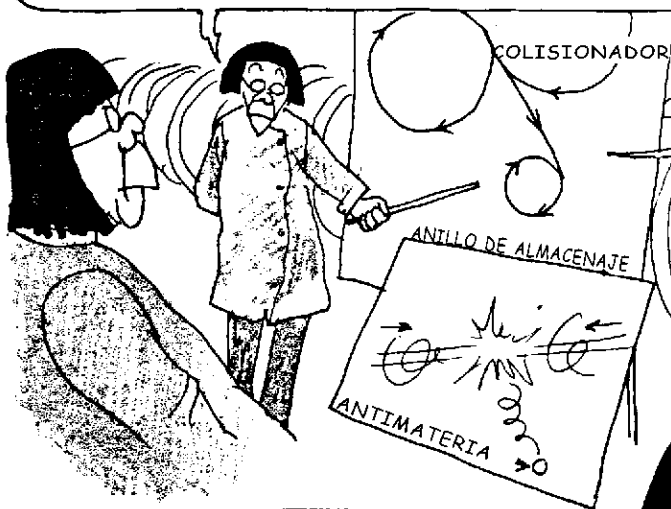
O SEA QUE LOS SUNOS TIENEN
UNA VENTAJA ENORME ...

QUIZÁ HAYA UNA MANERA
DE OBTENER UNA VENTAJA TOTALMENTE
DECISIVA SOBRE LOS SUNOS

¿HACIENDO UN LASER AÚN MÁS POTENTE?

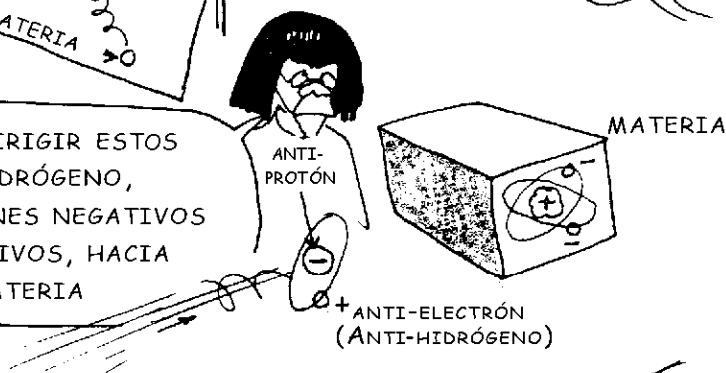
* DURANTE UN DÉCIMO DE MILÉSIMO DE MILÉSIMO DE SEGUNDO.

HACE YA BASTANTE TIEMPO QUE SABEMOS PRODUCIR ÁTOMOS DE ANTI-MATERIA POR COLISIÓN FRONTAL DE DOS PARTÍCULAS EN UN ACELERADOR, Y TAMBIÉN SABEMOS ALMACENAR ESTOS ANTIÁTOMOS DURANTE SEMANAS DENTRO DE UN RECINTO MAGNÉTICO QUE LLAMAMOS ANILLO DE ALMACENAJE



HEMOS CONSTRUIDO UN SISTEMA QUE PERMITE REDUCIR LA VELOCIDAD DE ESTOS ANTI-ÁTOMOS Y ENFRIARLOS A TEMPERATURA NORMAL

PODEMOS ENTONCES DIRIGIR ESTOS ANTI-ÁTOMOS DE HIDRÓGENO, NEUTROS, CON SUS PROTONES NEGATIVOS Y SUS ELECTRONES POSITIVOS, HACIA UN CRISTAL DE MATERIA



EL ANTIELECTRÓN SE ANIQUILA CON UNO DE LOS ELECTRONES DEL CRISTAL Y EL ANTIPTOTÓN, EL NÚCLEO DEL ÁTOMO DE ANTI-HIDRÓGENO, TOMA ENTONCES SITIO EN LA ESTRUCTURA CRISTALINA. OBTENEMOS ASÍ UN CRISTAL DE MATERIA DOPADO CON ANTIMATERIA

SI MODIFICAMOS EL ACELERADOR DE PARTÍCULAS PARA CONVERTIRLO EN UN PRODUCTOR DE ANTIMATERIA DE CONTINUO, PODRÍAMOS FABRICAR ESE CRISTAL DOPADO

SÍ, PERO SÓLO PRODUCIRÉIS UNA CANTIDAD MUY PEQUEÑA DE ANTIMATERIA. TAL VEZ UNOS MILIGRAMOS...

¿ SABES LO QUE REPRESENTA UN MILIGRAMO DE ANTIMATERIA ?

VEINTE MEGATONELADAS
DE TNT



¿Y CÓMO ACTIVAREMOS TAL BOMBA ?



TENEMOS MUCHAS
POSIBILIDADES. POR EJEMPLO,
PODRÍAMOS DISOLVER ESTE CRISTAL
COMPUESTO ... ¡DENTRO DEL AGUA!

¡¿ QUÉ
HACES ?!



DISCULPA,
ESTOY NERVIOSO ...



¿Y CUÁNDO PODREMOS
CONSTRUIR ESTAS
NUEVAS BOMBAS ?



¿ "ÉSTAS" ? ¡CON UNA SOLA BASTARÁ!

DOSCIENTOS GRAMOS DE ANTIMATERIA EQUIVALEN A TODAS LAS
CARGAS DISPONIBLES ACTUALMENTE EN MISILES, SILOS Y
SUBMARINOS LANZA-COHETES QUE TENEMOS. O SEA, ALGO ASÍ
COMO UNAS DIEZ MIL MEGATONELADAS DE TNT

CON ESTO
PODRÍAMOS BORRAR A
LOS SUNOS DEL MAPA CON
UN SOLO MISIL



EL ARMA EMP*

MUY BIEN, ¿ PERO CÓMO VAMOS A LLEVAR UN ARTEFACTO TAN DESTRUCTIVO A SU DESTINO CON TODA SEGURIDAD ?



PUES USTED YA SABE QUE CUANDO EL SOL ENTRA EN ERUPCIÓN BOMBARDEA CON TODA CLASE DE PARTÍCULAS LA ALTA ATMÓSFERA . LO QUE ACABA IONIZANDO LAS CAPAS ALTAS. SE PRODUCEN ENTONCES TORMENTAS ELECTROMAGNÉTICAS QUE PERTURBAN DE MANERA CRÍTICA LA COMUNICACIONES RADIOELÉCTRICAS

ESTIMAMOS QUE CREARÍAMOS EN EL SUELO TENSIONES DE QUINIENTOS VOLTIOS POR CENTÍMETRO HACIENDO EXPLOTAR UNA BOMBA DE DIEZ MEGATONELADAS A UNOS QUINIENTOS KILÓMETROS DE ALTURA. LA RADIACIÓN, IONIZANDO FUERTEMENTE LAS CAPAS ALTAS, CREARÍA UNA TORMENTA ELECTROMAGNÉTICA FABULOSA

¿ QUÉ PASA ?

LA PANTALLA DEL RADAR SE HA APAGADO

¿ HABÉIS CONSEGUIDO CONTACTAR AL PRESIDENTE ?

¿ ALÓ ?
¿ ALÓ ?
¡ SE HA CORTADO !

YA NO TENEMOS CONTACTO CON LOS SUBMARINOS LANZA MISILES Y NO LOGRO LLAMAR NI A LOS ENCARGADOS DE LOS SILOS DE MISILES, NI A LOS BOMBARDEROS

A VER...
SIGUIENDO EL CABLE ROJO...

* ELECTRO MAGNETIC PULSE, O ARMA DE IMPULSIÓN ELECTROMAGNÉTICA.



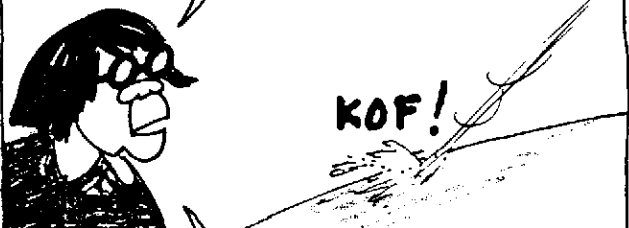
LO QUE LE PERMITIRÍA A UN PEQUEÑO E INSIGNIFICANTE SATÉLITE DE BAJA ÓRBITA DIRIGIRSE AL SUELO CON SU CARGA DE ANTIMATERIA. TODO ES CUESTIÓN DE SINCRONIZACIÓN

SINCRONIZACIÓN, CLARO ...

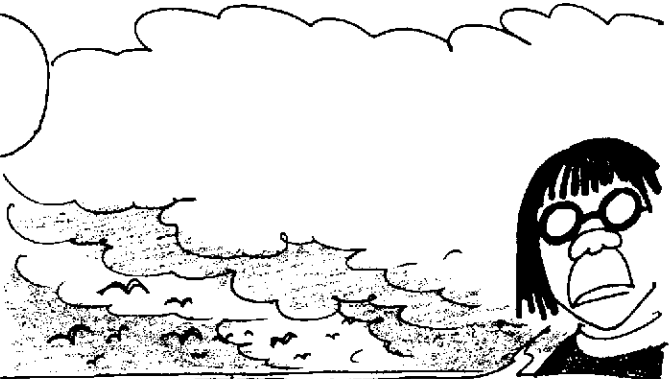
¡ IRREALIZABLE!

EL INVIERNO NUCLEAR

NO SE PUEDE DEPOSITAR ASÍ IMPUNEMENTE A TIERRA UNA CARGA DE DIEZ MIL MILLONES DE TONELADAS DE TNT...*

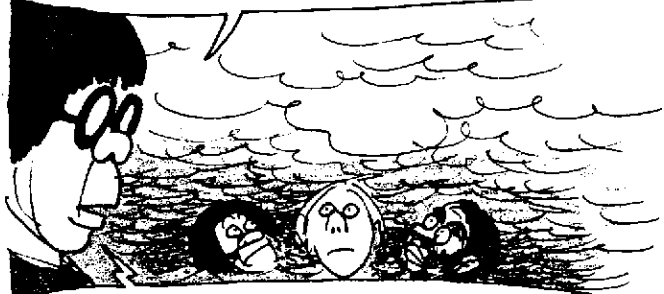


SEGÚN MIS CÁLCULOS, ESO EQUIVALDRÍA AL IMPACTO DE UN METEORITO DE QUINIENTOS METROS DE DIÁMETRO



TAL IMPACTO, SEA DE ORIGEN TERMONUCLEAR O DE ANTIMATERIA, ENVIARÍA A LA ESTRATÓSFERA UNOS MIL MILLONES DE TONELADAS DE POLVO EXTREMADAMENTE TENUE...

... QUE SE QUEDARÍAN A VEINTE KILÓMETROS DE ALTURA DURANTE UNA TEMPORADA DE SEIS MESES A UN AÑO



UNA SEMANA DESPUÉS, EN LA LATITUD DEL PUNTO DE IMPACTO, LA LUZ QUE LLEGA AL SUELO SE REDUCIRÍA CUATROCIENTAS VECES



SERÍA LA NOCHE NUCLEAR



* LO QUE EQUIVALE A UN BLOQUE DE TNT DE UN KILÓMETRO DE LADO.

PROVOCARÍA UN DESCENSO DE TEMPERATURA DE 25°C EN PROMEDIO EN TODO EL HEMISFERIO NORTE

LA FALTA DE LUZ HARÍA QUE TODA LA VEGETACIÓN DESAPARECIERA, Y CON ELLA TODOS LOS RECURSOS NUTRITIVOS

POR ALÁ, ¡ESTÁ NEVANDO!

LAS FUERTES DIFERENCIAS DE TEMPERATURA CREARÍAN TEMPESTADES FANTÁSTICAS CERCA DE LAS COSTAS, Y EL CIELO, CUBIERTO DE POLVO Y CENIZAS, ESTARÍA EN ESTADO TORMENTOSO VIOLENTO Y PERMANENTE

LA ENERGÍA SOLAR SERÍA ABSORBIDA POR EL POLVO ESTACIONADO EN LA ESTRATÓSFERA. ÉSTA EMITIRÍA ESTA ENERGÍA BAJO FORMA DE RADIACIÓN INFRARROJA. LA MITAD SE PERDERÍA EN EL COSMOS MIENTRAS QUE LA OTRA IRÍA A CALENTAR LAS CAPAS ATMOSFÉRICAS MEDIAS

DESEMBOCARÍAMOS ENTONCES EN UNA SITUACIÓN ATMOSFÉRICA SINGULAR : SUELO HELADO Y AIRE CALIENTE EN ALTITUD. LO QUE BOMBLEARÍA PROGRESIVAMENTE TODA LA HUMEDAD AL SUELO. LA ATMÓSFERA SE VOLVERÍA SUPERESTABLE Y NO HABRÍA MÁS LLUVIAS

EL GAS CARBÓNICO SE ACUMULARÍA CERCA DEL SUELO. EL AIRE, QUE YA NO SERÍA ESTERILIZADO POR LOS RAYOS ULTRAVIOLETA DURANTE SU ESTANCIA EN ALTITUD, SE CONTAMINARÍA DE MANERA CRÍTICA

Y ESO SIN TENER EN CUENTA LOS EFECTOS DE
LOS DECAIMIENTOS RADIOACTIVOS, Y LAS ...

ENTONCES, SI EL " VENCEDOR " RESULTA TAN PERJUDICADO
COMO EL VENCIDO, SERÍA ABSURDO...

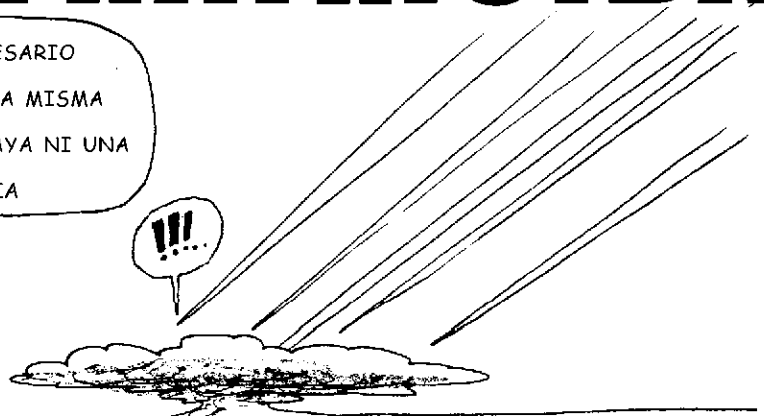
POR DESGRACIA CREO QUE NO TENEMOS
MUCHA ELECCIÓN. SEGÚN NUESTRAS
FUENTES, LOS SUNOS YA TRABAJAN EN
EL ARMA DE ANTIMATERIA, Y SI LA TERMINAN
ANTES QUE NOSOTROS...

¿PERO NO SE PUEDE PENSAR EN UN ATAQUE
MÁS DÉBIL, CON SÓLO QUINIENTAS
MEGATONELADAS?

EN ESAS CONDICIONES EL POTENCIAL DE
RESPUESTA DEL ENEMIGO SEGUIRÍA IGUAL,
¡Y NI IMAGINAR CUAL SERÍA SU RESPUESTA!

EL EFECTO FRATRICIDA

ATAQUEMOS COMO ATAQUEMOS, ES NECESARIO
QUE TODOS LOS MISILES QUE APUNTAN A LA MISMA
ZONA LLEGUEN AL MISMO TIEMPO, QUE NO HAYA NI UNA
MILÉSIMA DE SEGUNDO DE DIFERENCIA



SI NO FUERA ASÍ, EL PRIMER CHAMPIÓN ATÓMICO PROVOCARÍA UNA NUBE DE ESCOMBROS TAL QUE
DESTRUIRÍA A LOS SIGUIENTES, O, EN EL MEJOR DE LOS CASOS, LOS HARÍA ESTALLAR A UNA ALTITUD
DEMASIADO ELEVADA PARA QUE FUERAN EFICACES. POR ESO NO PUEDE HABER UN **SEGUNDO GOLPE**

"STRANGELOVE"

LA GUERRA DE LAS ESTRELLAS CONSTITUYE UN PROGRAMA DE DEFENSA MUY COMPLEJO, Y LAS DECISIONES DEBERÁN SER TOMADAS CON TANTA RAPIDEZ, QUE ESTÁ EXCLUIDO CONFIAR ESTA MISIÓN A UNOS DESGRACIADOS SERES HUMANOS. TODO ESTARÁ ORGANIZADO POR ORDENADOR, GRACIAS A UN PROGRAMA DE DIEZ MILLONES DE INSTRUCCIONES ELEMENTALES, QUE LES VAMOS A PRESENTAR A CONTINUACIÓN



PARA QUE LA FIABILIDAD SEA PERFECTA, EL PROGRAMA HA SIDO INSTALADO EN CUATRO ORDENADORES GIGANTES. LOS TRES PRIMEROS SON RIGUROSAMENTE IDÉNTICOS Y SE CONSIDERA QUE LA PROBABILIDAD DE QUE FALLEN SIMULTÁNEAMENTE ES NULA

EL CUARTO SE BASA EN EL MISMO PROGRAMA. PERO ESTÁ ESCRITO EN UN LENGUAJE DIFERENTE; SUS MICROPROCESADORES Y TODOS SUS COMPONENTES SON DIFERENTES



DE ESA MANERA SE ELIMINAN LOS ERRORES QUE PODRÍAN ESTAR PROVOCADOS POR EL MODO DE ESCRITURA DEL PROGRAMA *

INTERROGUEMOS EL SISTEMA



NO ENCUENTRO REFERENCIAS DE ESTA GUERRA PASADA EN MIS ARCHIVOS *

* AUTÉNTICO

UNAS HORAS MÁS TARDE...



NO PASA NADA. HEMOS ENCONTRADO EL ERROR. EL CUARTO ORDENADOR, EL QUE CONTROLA LOS OTROS TRES, TENÍA UN CICLO DE RETRASO, DE UN MICROSEGUNDO, EN SU BASE DE TIEMPO. CONFUNDIENDO ASÍ EL PRESENTE CON EL PASADO, TENÍA UNA IMPRESIÓN DE YA VISTO... *

POR DIOS



ESTAMOS EN LAS MANOS DE DIOS

MIRA, PAPÁ, QUÉ JUEGO MÁS BUENO NOS HA COMPRADO MAMÁ

ES SOBRE LA GUERRA TERMONUCLEAR

¡PUM PUM!

NOS ENSEÑA ESTRATEGIA

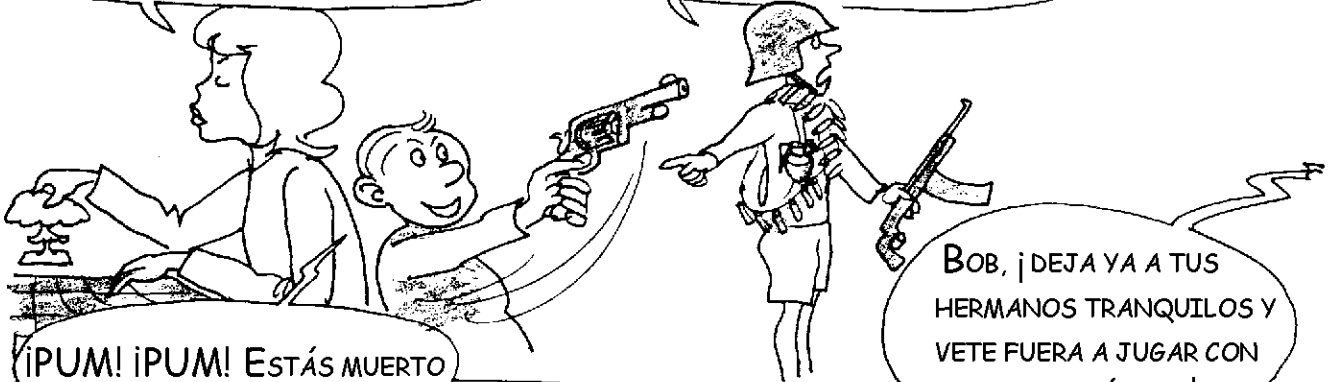
VALE, VENGA, JUGAD PERO NO HAGÁIS TONTERÍAS

TRAE UN MICROORDENADOR QUE CALCULA AUTOMÁTICAMENTE LA CANTIDAD DE MUERTOS

* ESTE INCIDENTE PARALIZÓ REALMENTE EL DESPEGUE DE UNA NAVE ESPACIAL EN 1985.

UNA DE DIEZ MEGATONELADAS EN F12

¡MAMÁ, BOB NOS ESTA MOLESTANDO!



¡PUM! ¡PUM! ESTÁS MUERTO

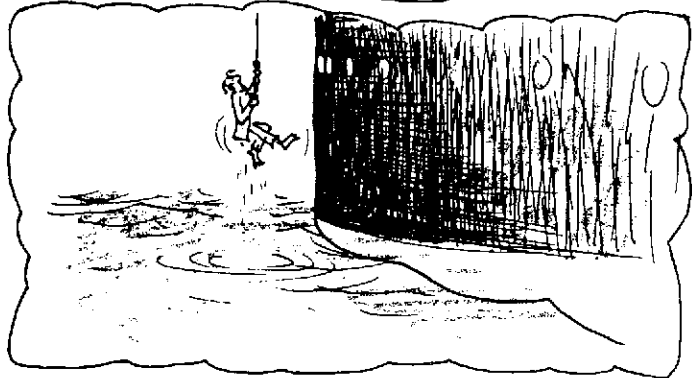
BOB, ¡DEJA YA A TUS HERMANOS TRANQUILOS Y VETE FUERA A JUGAR CON TU REVÓLVER!



LA INFORMÁTICA FUE EFECTIVAMENTE ENVIADA A LA TIERRA POR DIOS PARA CASTIGAR A LOS HOMBRES



¡HOMBRE AL AGUA!



¿DÓNDE ESTOY?



ME LLAMO STRUGGLE. ESTÁ USTED A BORDO DEL BARCO DE LA HISTORIA



¿PUEDO LLAMAR POR TELÉFONO?

PERO... ¿ NO TIENE TECLADO ?

NO, ES DIRECTO

... ¿ PERO QUÉ SECTOR QUIERE ?

¡¿ QUÉE ?!
¡¡ PÁSEME CON LA
PRESIDENCIA !!

¿ TIENE ALGÚN NÚMERO DE EXTENSIÓN ?
LO SIENTO PERO NO TENGO ESE
SECTOR EN MIS LISTADOS...

SOY EL ENCARGADO DEL SECTOR

¿ HAY MUCHOS SECTORES EN
ESTE... BARCO ?

SÍ... PERO NO PODRÍA DECIRLE
EXACTAMENTE CUÁNTOS...

AQUÍ VIVIMOS DOCE MIL EN CUATRO MIL QUINIENTOS TRES
CAMAROTES. ESTAMOS UNIDOS AL ESQUEMA GENERAL.
MIRE, ESTE ES UN PLANO DE NUESTRO SECTOR...

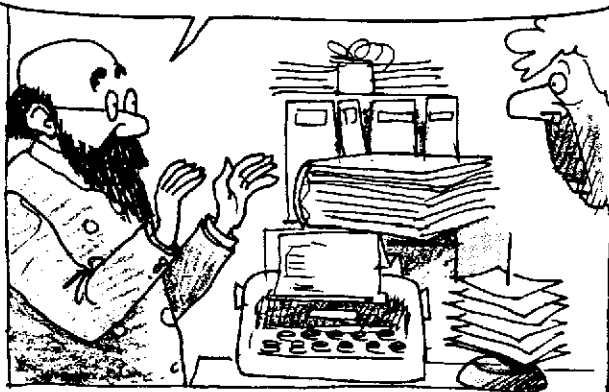
¿ TIENE UN MAPA DEL BARCO ?

EEEEH... NO...

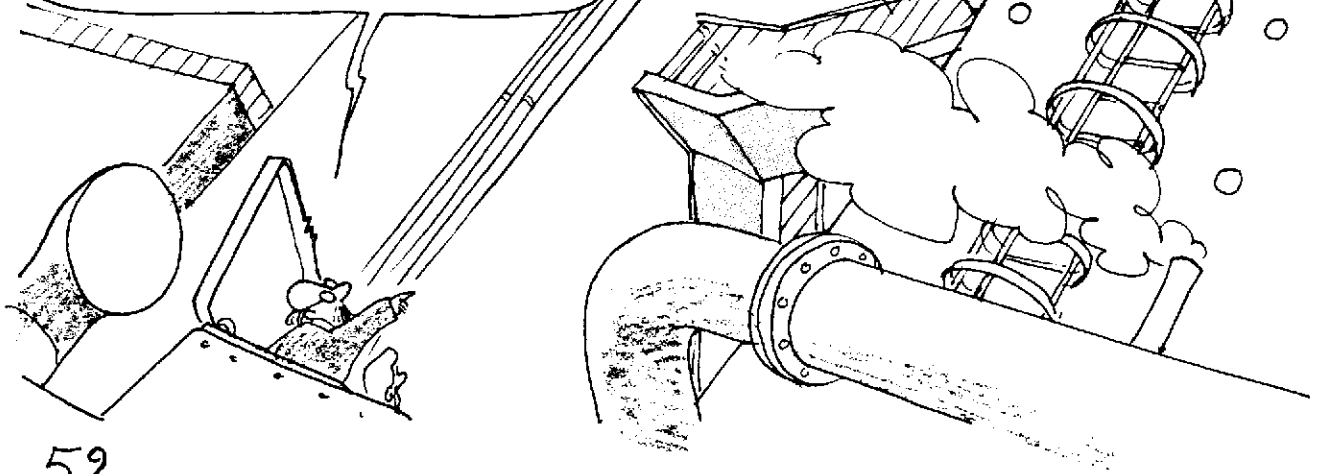
SABE, TODO ESTO ES TAN COMPLEJO
Y CAMBIANTE...

Y TENEMOS YA TANTAS COSAS POR HACER AQUÍ

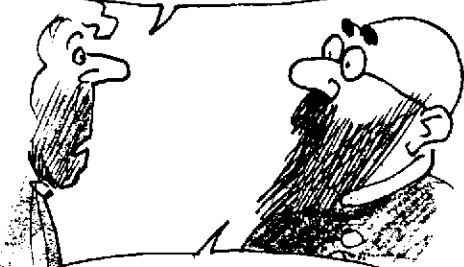
SE DA CUENTA DE LO QUE SE NECESITA PARA
ORGANIZAR, ALIMENTAR Y DISTRAER A DOCE MIL
PERSONAS. Y ESO SIN TENER EN CUENTA LOS
NACIMIENTOS. LA TRIPULACION CRECE TODOS LOS
MESES, TODOS LOS DÍAS...



EN EL PUENTE SUPERIOR, QUE YA ESTÁ
SOBRECARGADO, NO DEJAMOS DE CONSTRUIR
NUEVAS PLANTAS PARA ACOGER A LAS
NUEVAS PERSONAS



PERO ¿ QUIÉN MANDA EN ESTE BARCO ?



YA SABE, LAS ÓRDENES VIENEN DE ARRIBA...

¿ QUÉ RUTA SIGUEN ?
¿ TIENEN UN MAPA ?



CREO QUE ARRIBA DEBEN TENER UNO

SI NI SIQUIERA ME HE ENTERADO DE CUÁL ES LA PARTE DELANTERA Y TRASERA DE ESTE MALDITO BARCO



AQUÍ TENEMOS UN MAPA DEL SECTOR.
ESPERE... ES ASÍ...



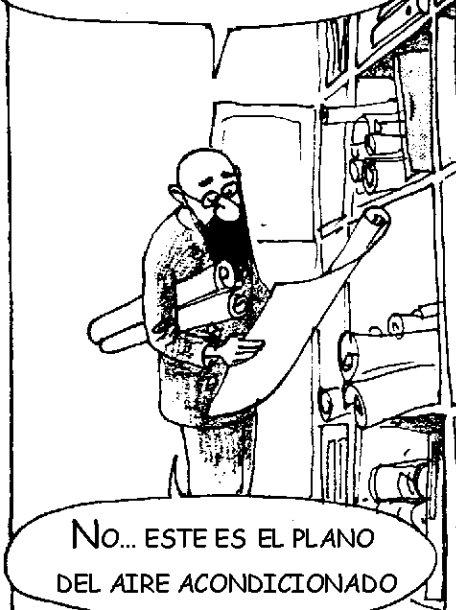
A NO SER QUE LA PARTE DELANTERA ESTÉ POR AQUÍ...

... O SI NO ES AL CONTRARIO...



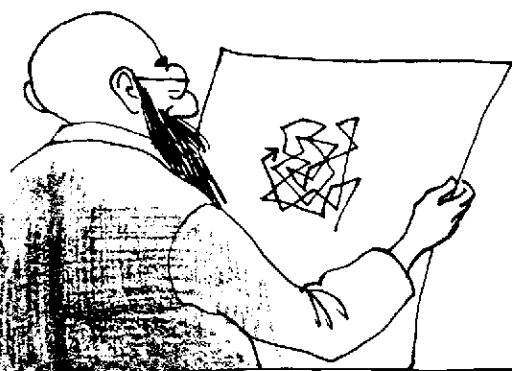
... SABE, TODO ESTO ES TAN COMPLEJO...

EN MATERIA DE MAPAS,
NO TENGO GRAN COSA...

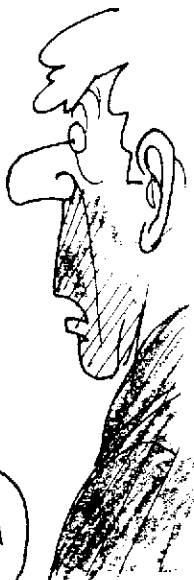


No... ESTE ES EL PLANO DEL AIRE ACONDICIONADO

EN EFECTO, TENEMOS UNA CENTRAL DE INERCIA QUE DEBE DE REGISTRAR EL CAMINO RECORRIDO, PERO...



PERO BUENO, ¿ QUÉ RUTA SIGUEN ?
¿ CUÁL ES SU RUMBO ? ¿ QUÉ DIRECCION LLEVA EL BARCO DE LA HISTORIA ?



POR SUPUESTO, NUESTROS FUTURÓLOGOS HAN INTENTADO DETERMINAR LA DIRECCIÓN, PERO TENGO QUE ADMITIR QUE NO HA RESULTADO

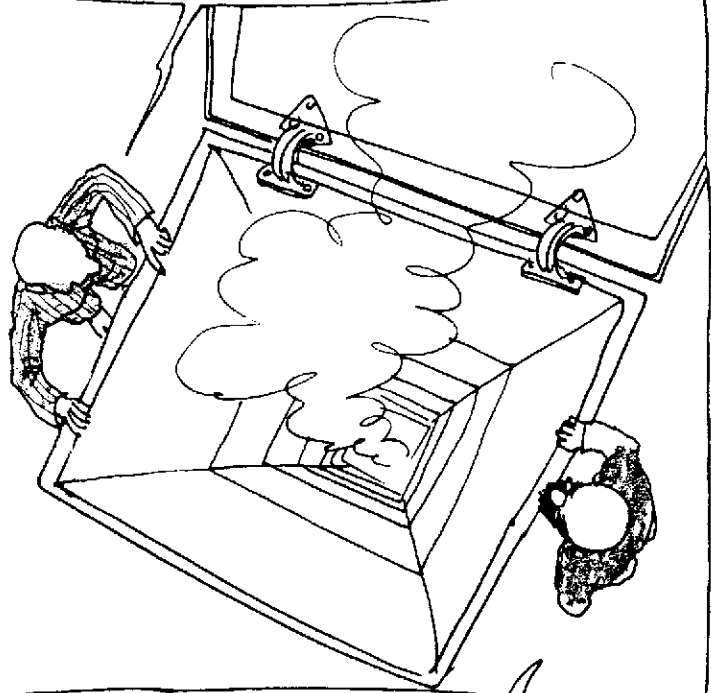


MEJOR NO SE ARRIESGUE A IR. SON NIVELES POCO FRECUENTADOS, DE AHÍ SURGEN A MENUDO REVUELTAS, REBELIONES...



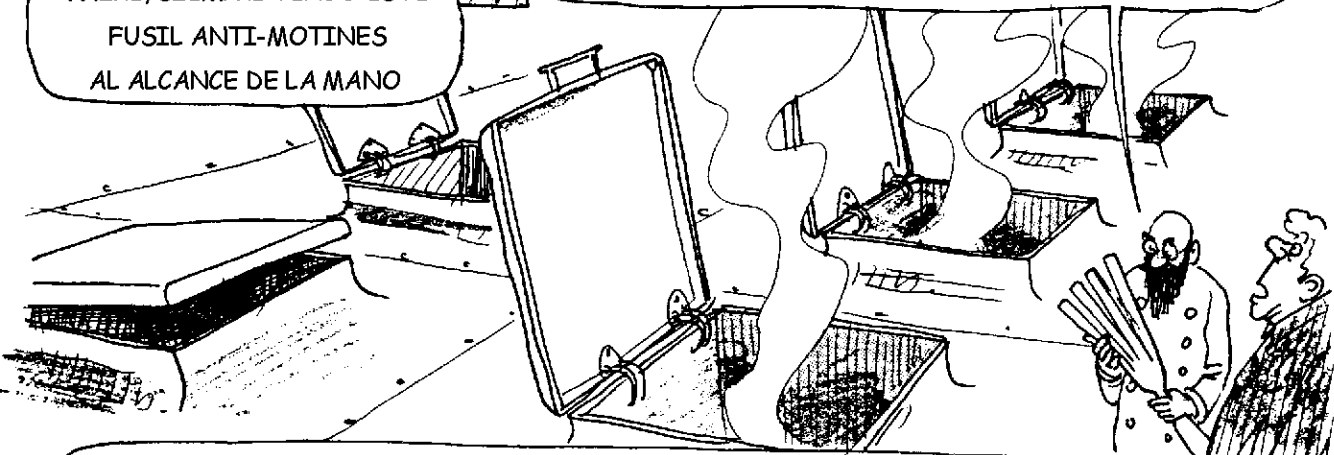
MIRE, SIEMPRE TENGO ESTE FUSIL ANTI-MOTINES AL ALCANCE DE LA MANO

Y ESTOS POZOS, ¿A DÓNDE LLEVAN ?

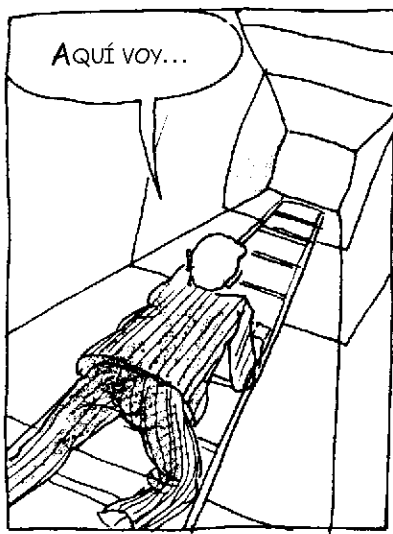


HACIA LOS NIVELES INFERIORES, LAS CALDERAS. ES DE AHÍ DE DONDE SACAMOS LA ENERGÍA NECESARIA PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL BARCO

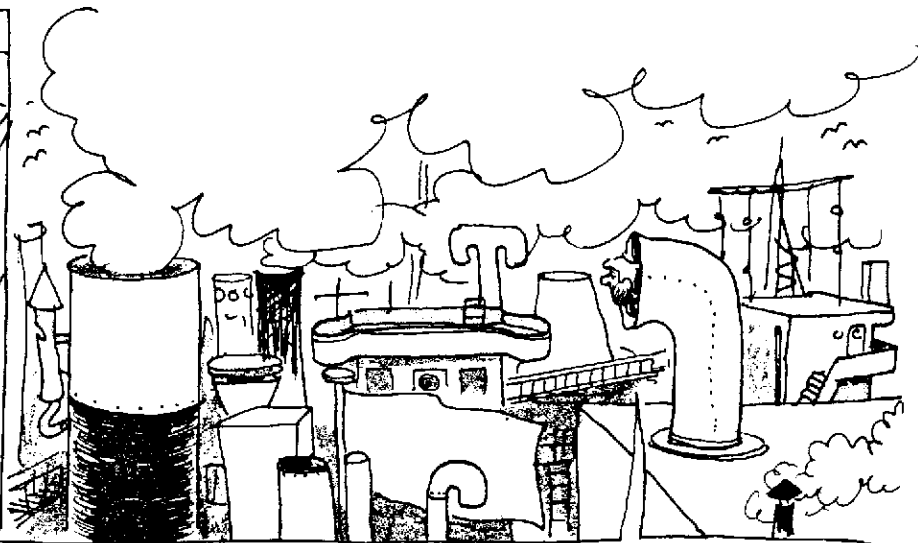
NUNCA ME SEPARO DE ÉL. SIEMPRE DUERMO CON ÉL Y CUANDO LA REBELIÓN EMPIEZA, CERRAMOS LOS CONDUCTOS DE AIREACIÓN, Y ASÍ SE TRANQUILIZAN DURANTE ALGÚN TIEMPO



SI QUIERO TENER UNA VISTA GENERAL, LO MEJOR ES SUBIR AL PUENTE SUPERIOR



AQUÍ VOY...



AQUÍ ESTÁ EL PUENTE SUPERIOR. NO PUEDO IR MÁS ARRIBA. SÓLO SE VE UN BOSQUE DE CHIMENEAS DE SECTOR Y SUPERESTRUCTURAS HASTA DONDE LA VISTA ALCANZA.



BUENO, ¿Y QUÉ?

PUES... NADA



ANDANDO DURANTE HORAS POR EL SECTOR, NO HE HECHO OTRA COSA QUE VOLVER A MI PUNTO DE PARTIDA

USTED ESTÁ AQUÍ

AH, HA VUELTO...



¿PERO NO HAY UN TIMONEL EN ALGUNA PARTE, UN CAPITÁN, O POR LO MENOS UN OFICIAL DE TURNO?

SE LO DIJE, TODO ESTO ES TAN COMPLEJO...



AUNQUE TAMBIÉN PUEDE SER QUE EL BARCO DE LA HISTORIA NO LLEVE A NINGUNA PARTE...

TENDRÁ QUE DISCULPARME,
EL SERVICIO ME REQUIERE



A LO MEJOR NO HAY NI TIMÓN



¿QUÉ ESTÁ PASANDO?

PERDEMOS POTENCIA



¡ESTAMOS A PUNTO
DE ZOZOBRAR!

¡NO ME EXTRAÑA VIENDO LAS
TONELADAS DE SUPERESTRUCTURAS
QUE HAN IDO ALMACENANDO DESDE
HACE AÑOS!

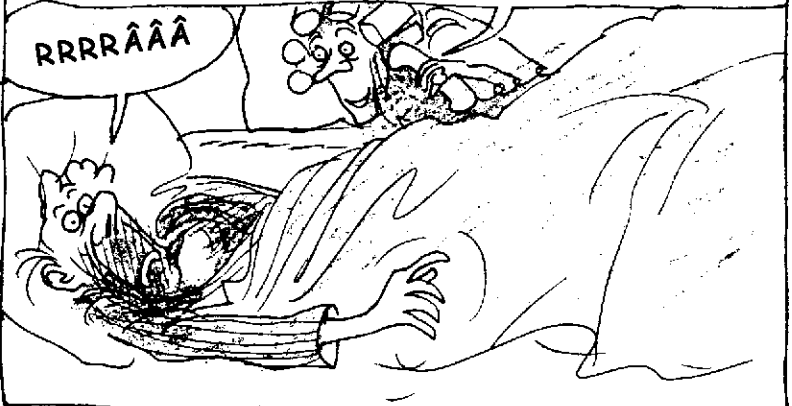


DRIIN
DRIIN

EL TELÉFONO, EL TELÉFONO...

¡POR FIN UNA LLAMADA DESDE ARRIBA!

CARIÑO, ¿QUÉ TE PASA? TOMA, TIENES UNA LLAMADA.
ES EL PRESIDENTE DE LOS SOTROS



RRRRÂÂ

BUENO, CREO QUE TIENE
USTED RAZÓN...

OIGA, QUERIDO AMIGO, MIRE USTED, HE REFLEXIONADO.
¿Y SI NOS DESARMAMOS UN POCO?



FIN

Savoir sans Frontières

HISTORIA CÓSMICA

Jean-Pierre Petit



Traducción:
Juan Carlos Anduckia

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.

*No es necesario que estas Hipótesis
sean verdaderas, ni siquiera verosímiles.
Sólo basta una cosa: que ellas ofrezcan
cálculos conformes a la observación.*

Osiander ()*



(*) Del prefacio de Osiander, editor de Copérnico.

PRÓLOGO

2000 años antes de nuestra era,
en BABILONIA, PERSIA...



El señor ZURVAN, nuestro dios del tiempo, quiso un día tener un hijo. Fueron necesarios mil años de súplicas...



Dime una cosa, ¿ZURVAN se escribe con Ξ o con $\text{!}=\text{}$?



¡Cállate, vas a hacer que nos azoten!



¿Hmmm?...

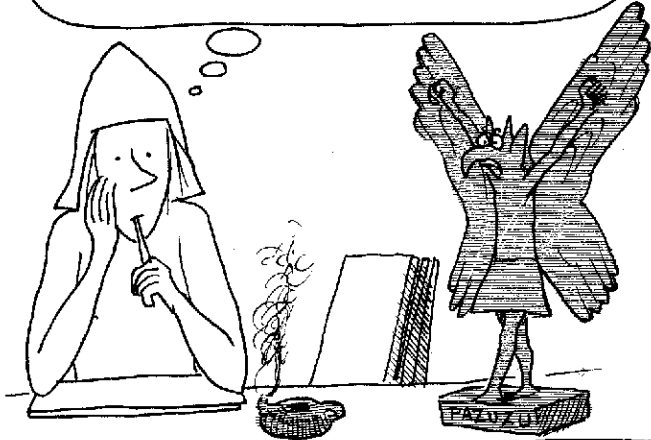
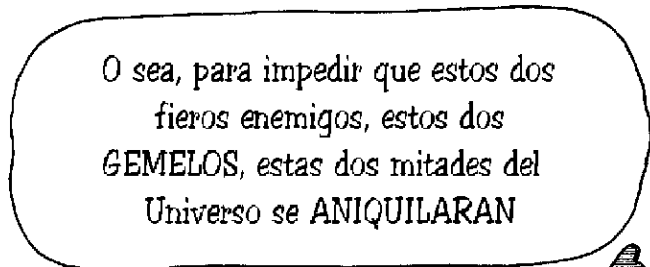
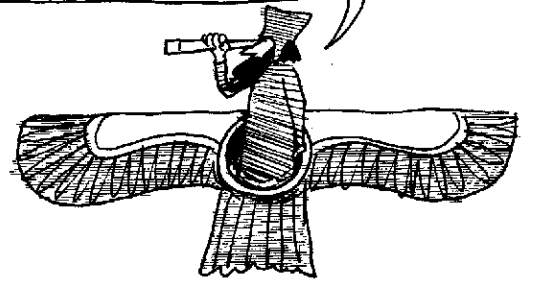
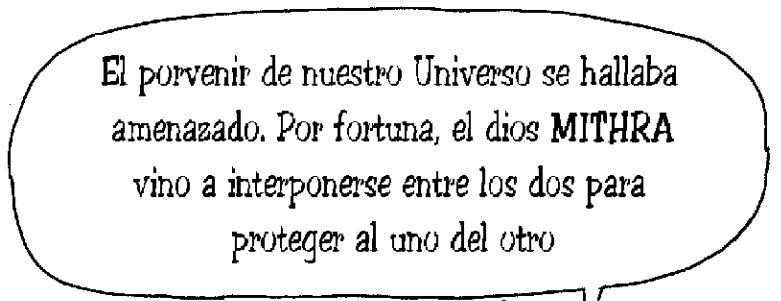


Al final tuvo DOS hijos...

OHRMAZD y AHRIMAN.
Ohrmazd era el bueno, y Ahriman el malvado



Dos hijos con el mismo poder



Si OHRMAZD y AHRIMAN
volvieran a encontrarse,
eso sería terrible...



Si, pero afortunadamente están
lo más lejos posible el uno del otro

Como sea, podemos estar tranquilos.
Las cosas del Cielo están en orden



Cada cosa en su lugar
y un lugar para cada cosa

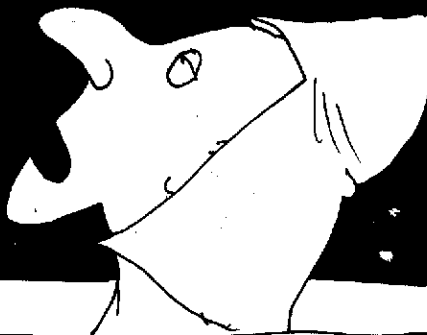
Además, MITHRA los vigila.
Él constituye la FRONTERA entre
esos dos UNIVERSOS GEMELOS



Si, pero...



El maestro dice que sólo la
observación y el estudio del
cielo pueden traer la sabiduría...



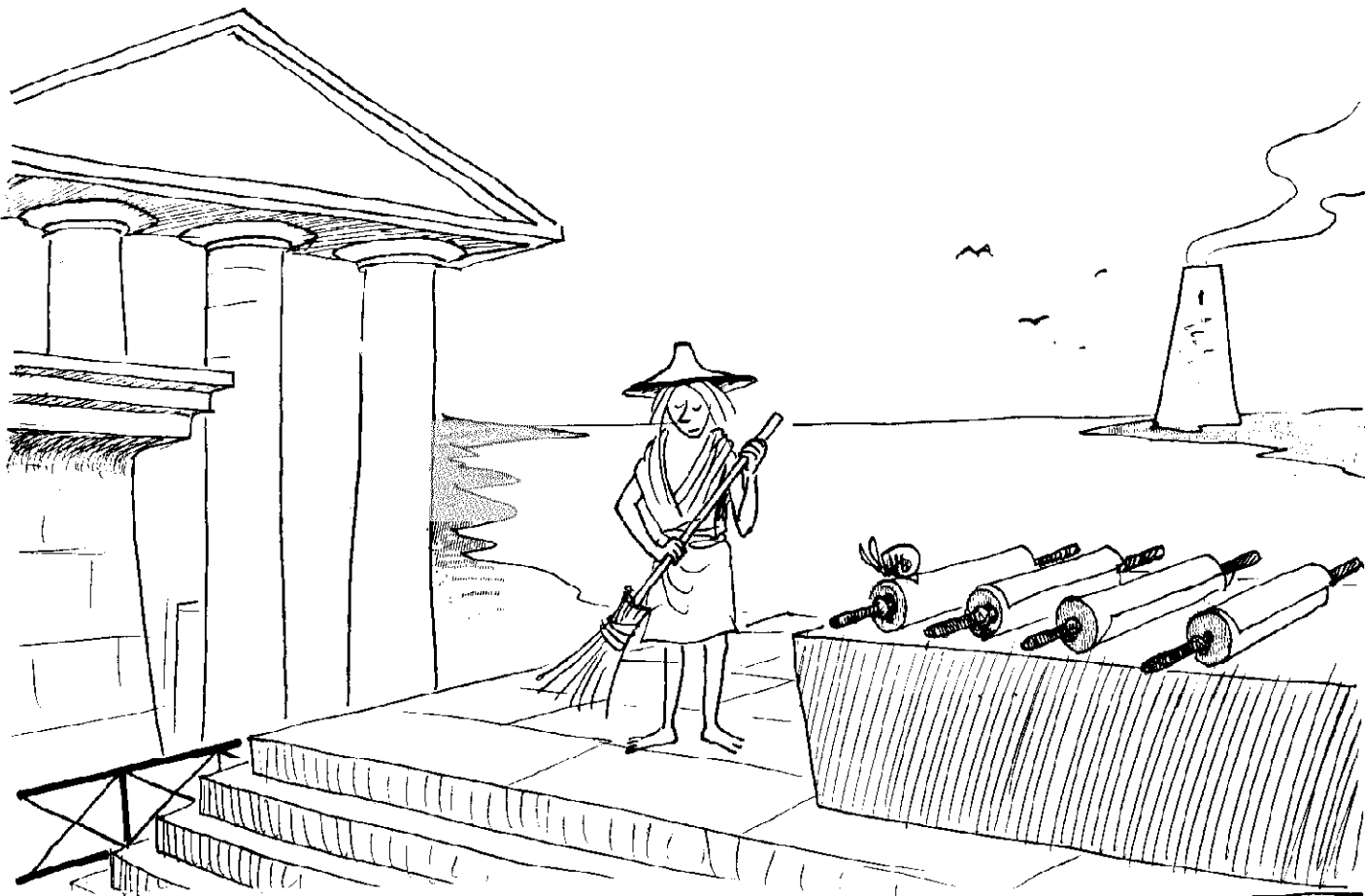
¿Me oyes?



Si, sí...

TOLOMEO

ALEJANDRÍA, capital del saber antiguo.



Sabes, Tiresias...
estoy muy contento de haber encontrado
este trabajo en la biblioteca de Alejandría




¿De verdad
te gusta?


Es la más bella del Universo.
Posee 700.000 volúmenes
y está llena de tesoros




Ah, si al menos pudiera leer...




Podría estudiar las obras de Euclides.
Al parecer, revolucionó con ellas las matemáticas




Se dice que en Alejandría los sabios
todo lo podían comprender y explicar




Bueno, verás, no es la primera vez
que oigo decir eso...




¿De dónde proviene tu
nombre, Tiresias?



Es de origen griego.
Uno de mis antepasados vivió en
SAMOS en el siglo III antes de
Jesucristo



Su maestro, en aquella época, se llamaba
ARISTARCO; ponía al Sol en el centro del
Universo. Según él, la Tierra giraba alrededor del
Sol y la Luna giraba alrededor de la Tierra



¿La Tierra... en movimiento?
Eso debería producir un ruido
espantoso

¿Eso piensas? ¡Esas son tonterías! Cuando estás en un barco que atraviesa un mar en calma y cierras los ojos ¿acaso logras percibir su movimiento?



Bueno... no

Eratóstenes pudo calcular el radio de la Tierra midiendo simplemente la sombra proyectada por un bastón

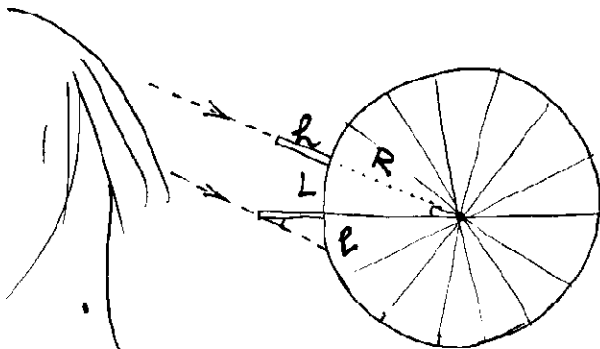
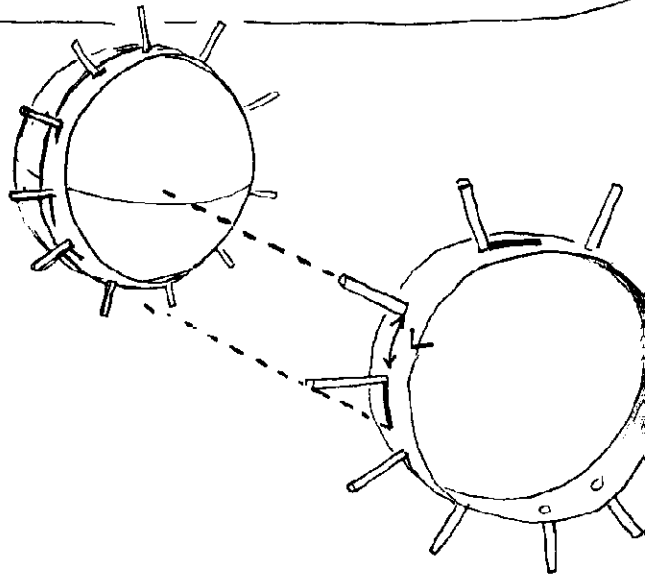


Fácil: en las vecindades de un meridiano terrestre, forma una banda de papiros. Y sobre esta banda, perpendicularmente a su superficie, pega unos palos, como se muestra aquí:

¿Y eso cómo?

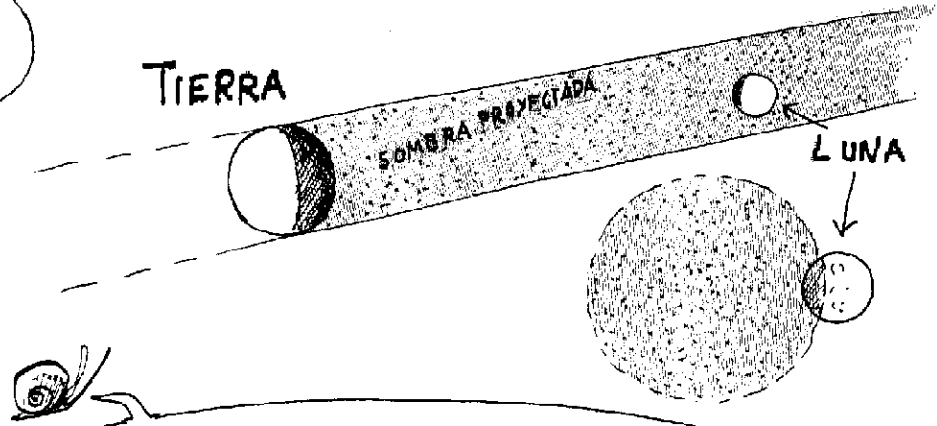
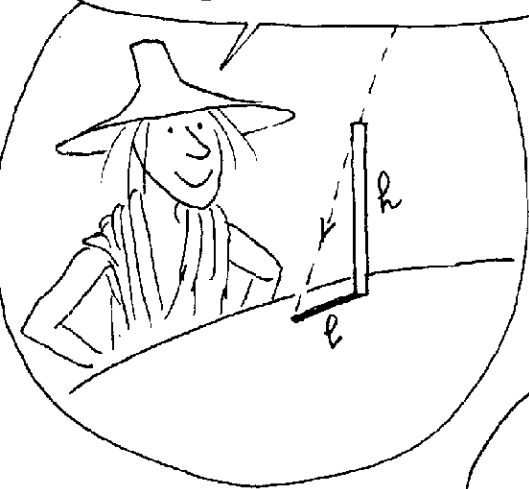


Si uno de los palos apunta hacia el Sol, no proyectará sombra

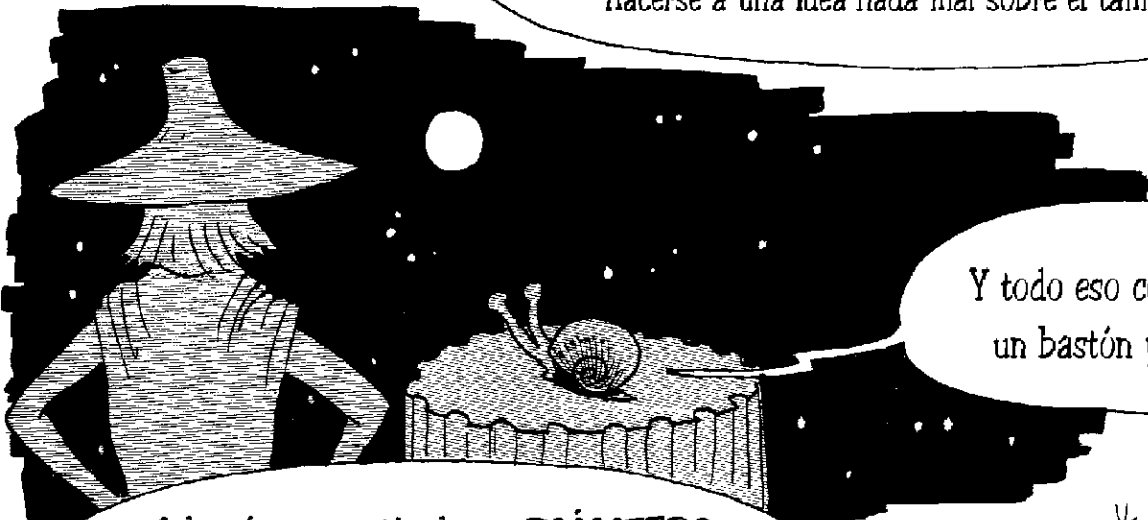


Si otro de los palos proyecta una sombra l , entonces si conoces la distancia L entre estos dos palos y su altura h , puedes calcular el radio R del objeto esférico

Pues claro, con esos trucos de geometría moderna...

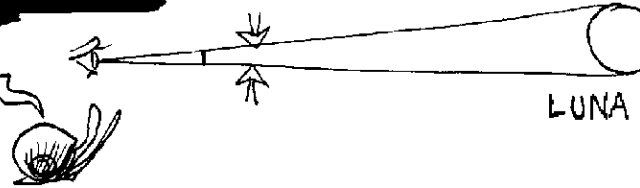


Y hay más aún. Observando los **ECLIPSES DE LUNA**, en los que la curvatura de la Tierra se perfila sobre el satélite, Erastóstenes pudo hacerse a una idea nada mal sobre el tamaño de la Luna



Y todo eso con la ayuda de un bastón y de la razón

Además, a partir de su **DIÁMETRO APARENTE** (*), pudo estimar la distancia a la cual se debía encontrar la Luna



¿Pero este movimiento de la Tierra debería sentirse, o no?



¡Mira, aquí tienes al profesor **TOLOMEO**!

(*) Ángulo bajo el cual es visto un objeto.

Amigo mio, prácticamente he terminado mi libro, el **ALMAGESTO**

Entonces... ¿la Tierra se mueve?

Reconozco que es una idea que por momentos ha contemplado mi espíritu...

¡Entonces hecho!

Pero en últimas es ridícula. Presta atención a mi demostración

Tal como lo ha establecido bien nuestro maestro **ARISTÓTELES**, algunos cuerpos suben y otros bajan

Estoy de acuerdo

Los cuerpos ligeros ascienden y los pesados descienden

Las fuerzas actúan con mayor vigor sobre los cuerpos graves y masivos

¡Eso es evidente!

Los hechos lo demuestran...

Sometidas a esta **FUERZA** que las atrae hacia la Tierra, la piedra y la pluma caen

Aunque la piedra desciende más rápido que la pluma

La experiencia es el único juez

¡Presta atención, Tiresias!...

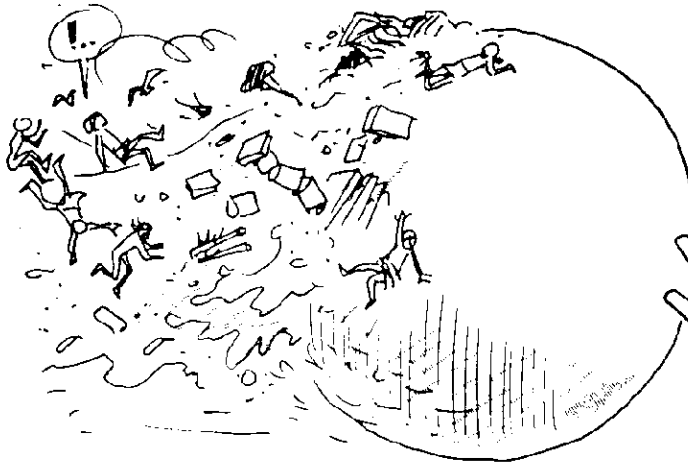
Por otra parte, los objetos no se mueven a menos que una fuerza actúe sobre ellos. La materia transmite las fuerzas. Así, cuando un barco sigue su rumbo con todos sus remos alzados, son los remolinos del agua los que lo empujan. Y lo mismo ocurre con la flecha cuando sale del arco (*)

Todo esto es consecuencia de los principios dictados por **ARISTÓTELES**: si la Tierra se **MOVIERA**, necesariamente estaría **SOMETIDA A UNA FUERZA**

Y nosotros, simples mortales, experimentaríamos igualmente dicha fuerza, aunque más débilmente debido a nuestra masa más pequeña

(*) Al igual que **ARISTÓTELES**, **TOLOMEO** ignoraba la **INERCIA**.

En consecuencia, la Tierra partiría y nosotros quedaríamos atrás...



Todo eso es ridículo...

¿La Tierra en movimiento?

Una idea en principio divertida, pero que no resiste el menor análisis. Es una lástima... Los astros deben ser, entonces, cuerpos vaporosos y ligeros

Tal como la Luna, que flota en el aire

Como lo notara nuestro querido **PLATÓN**, aquello que flota en el éter es inmutable y perfecto. Por el contrario, a ras del suelo, por debajo de la Luna, está el **MUNDO DEL DESORDEN**, del **CAMBIO**, del caos

Así que cuando uno se eleva todo no es más que orden y belleza, lujo, calma y placer

¿Dijo eso **PLATÓN**?

No, ese no es su estilo

En el **MUNDO SUBLUNAR** todo es imperfecto, mientras que allá arriba las cosas del cielo son maravillosamente perfectas, lisas y esféricas

Estarás de acuerdo conmigo en que los únicos entes capaces de describir lo divino son los **ENTES GEOMÉTRICOS**, es decir la **RECTA**, el **PLANO**, el **CÍRCULO** y la **ESFERA**

¿Cómo es que lo divino está en relación con el círculo y la esfera?

Lo estoy como tu propia sombra

Tiene razón. El círculo y la esfera no tienen ni principio ni final, y son por esto los únicos capaces de describir lo eterno y lo divino. Lo dijo **PITÁGORAS**...

La recta y el plano tienen necesariamente un fin, un borde

En consecuencia los astros son redondos, **PERFECTAMENTE REDONDOS**, y se mueven siguiendo trayectorias circulares

VENUS

Pero escúchame bien, cuando proyectamos la trayectoria de Venus sobre la bóveda celeste, ésta parece describir un extraño ballet. El astro frena, se devuelve y luego retoma su marcha. ¿Se parece eso a una trayectoria en un círculo?

RUEDA DENTADA
FIJA A LA TIERRA

VENUS

TRAYECTORIA
EN EPICICLOIDE

TIERRA

Pues he elucidado ese misterio...

La trayectoria de Venus es, de hecho, una **COMBINACIÓN DE MOVIMIENTOS CIRCULARES**

EPI en griego quiere decir "sobre", o "en el exterior de"

Por otra parte, todos los movimientos de los astros, los del Sol y los de los planetas, pueden reducirse a superposiciones de movimientos circulares

¡Estupendo, así ya no hay paradoja!

¿En qué piensas, Tiresias?

En nada. Todo eso me parece terriblemente complicado

Si los dioses me hubieran consultado antes de crear el mundo, les habría recomendado algo más simple

Conforme al **DOGMA ARISTOTÉLICO**, el **MODELO DE TOLOMEO** tuvo carácter de ley por cerca de 16 siglos y bloqueó durante ese tiempo cualquier progreso serio en la astronomía. En el siglo XV llegaron a haber hasta 48 círculos entrelazados unos con otros para poder describir aceptablemente el movimiento de los astros con esta aberrante teoría

... Hasta que en 1530, frente a las grises aguas del Báltico...

COPÉRNICO



¡Hans Elm! ¡¿Qué haces tú en mi despacho?!

Eee... nada, maestro, sólo compilaba vuestras notas, vuestro libro...

La forma en que habéis retomado la obra de **ARISTARCO** me parece iluminadora. Todo tiene un aire lógico y coherente. ¿Cuándo esperáis publicarlo?

Axiomas:

- 1) Todas las esferas celestes no giran alrededor de un solo centro.
- 2) El centro de la Tierra no es el centro del Universo, sino sólo de la gravedad y de la órbita de la Luna.
- 3) Todas las esferas giran alrededor del Sol; en consecuencia, el Sol es el centro del Universo.
- 4) La distancia a las estrellas fijas es tan inmensa que, en comparación, aquella entre la Tierra y el Sol es despreciable.
- 5) Los movimientos que aparecen en el firmamento no se deben al movimiento del firmamento mismo, sino al movimiento de la Tierra, que gira sobre sí misma.
- 6) Lo que aparenta ser el movimiento del Sol no es otra cosa que el movimiento de la Tierra que, como los demás planetas, gira alrededor del Sol.
- 7) Los movimientos retrógrados de los planetas se deben al movimiento de la Tierra, que basta para explicar su movimiento irregular en el Cielo.

¡Trae acá esos pergaminos, son cosas que no te conciernen!
El conocimiento no debe caer en manos del primer aparecido.
¡Además, si supieras la cantidad de problemas que
tendría si publicara esas ideas!



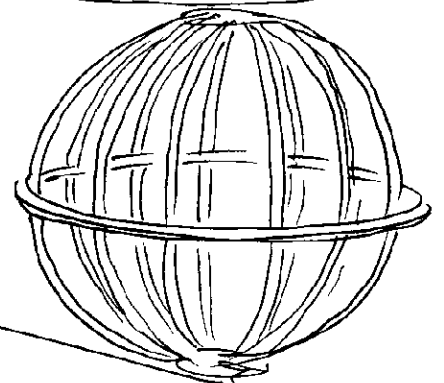
¡Pues yo no quiero
problemas con la Iglesia
ni con sus secuaces!

Pero... si hasta el propio
obispo de Capua os
demanda vuestros escritos...

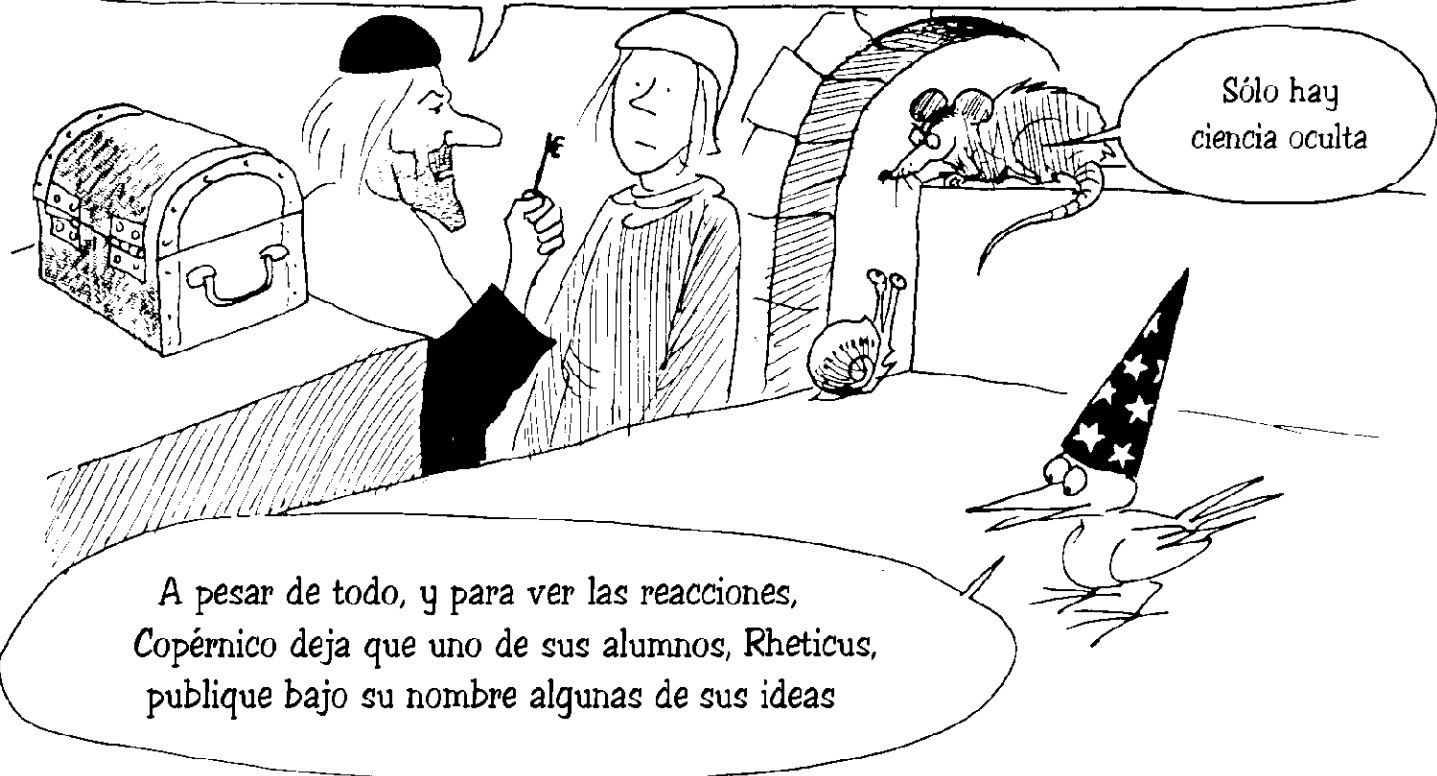
¡Y además husmeas mis cartas!
¡Qué bien...!



¿Pero maestro, es
importante asentar el
mundo sobre buenas
bases, no es así?



Hijo mío, alabo tu espíritu abierto. Pero créeme, en Cracovia, aquí, tenemos paz y con qué vivir. No perdamos eso. El mundo aún no está preparado para saber...



Sólo hay ciencia oculta

A pesar de todo, y para ver las reacciones, Copérnico deja que uno de sus alumnos, Rheticus, publique bajo su nombre algunas de sus ideas

Como sea, si algo sale mal, diré que yo a Rheticus no le conozco

Sólo al final de su vida Copérnico confiará a Rheticus la publicación de la obra, cuyo primer ejemplar le llegará a su lecho de muerte



Cauteloso, el editor hace colocar en el prefacio :

Dejemos pues que estas nuevas hipótesis se conozcan junto con las antiguas, que ya no son verosímiles, tanto más cuanto que aquellas son a la vez admirables y simples y traen consigo un inmenso tesoro de sapientísimas observaciones. Pero que nadie espere, en lo que concierne a las hipótesis, nada cierto de la astronomía, pues ésta no puede proporcionarlo, de modo que si llega a tomar por verdaderas cosas concebidas con otro propósito, no termine más estúpido de lo que entró al abordar su estudio.

En otras palabras: léanlo, pero no lo tomen muy en serio

Copérnico no fue inculpado. Pero en 1600, 57 años después de su muerte, **GIORDANO BRUNO** estuvo en prisión 8 años y fue quemado por haberlo tomado en serio

Sóis unos tontos. Hay millones de soles como el nuestro y otros tantos mundos habitados como el nuestro

Deja de escucharlo y pásame el fuego

TYCHO BRAHE & KEPLER

DINAMARCA, 4 DE FEBRERO DE 1600.





Un poco de agua fresca...

Poneos cómodos...



Cómo... ¿tenéis una fuente en vuestro muro?

No, muchacho. Es un grifo de agua. Uno de mis inventos



Ya nos podéis traer la cena

¿Y eso?!



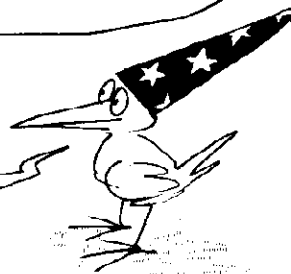
Lo llamo teléfono. Un simple conducto acústico que me comunica con la cocina. Me evita correr detrás de la servidumbre

Maese Brahe, como bien sabéis, estoy muy interesado en las mediciones precisas que habéis acumulado sobre los astros



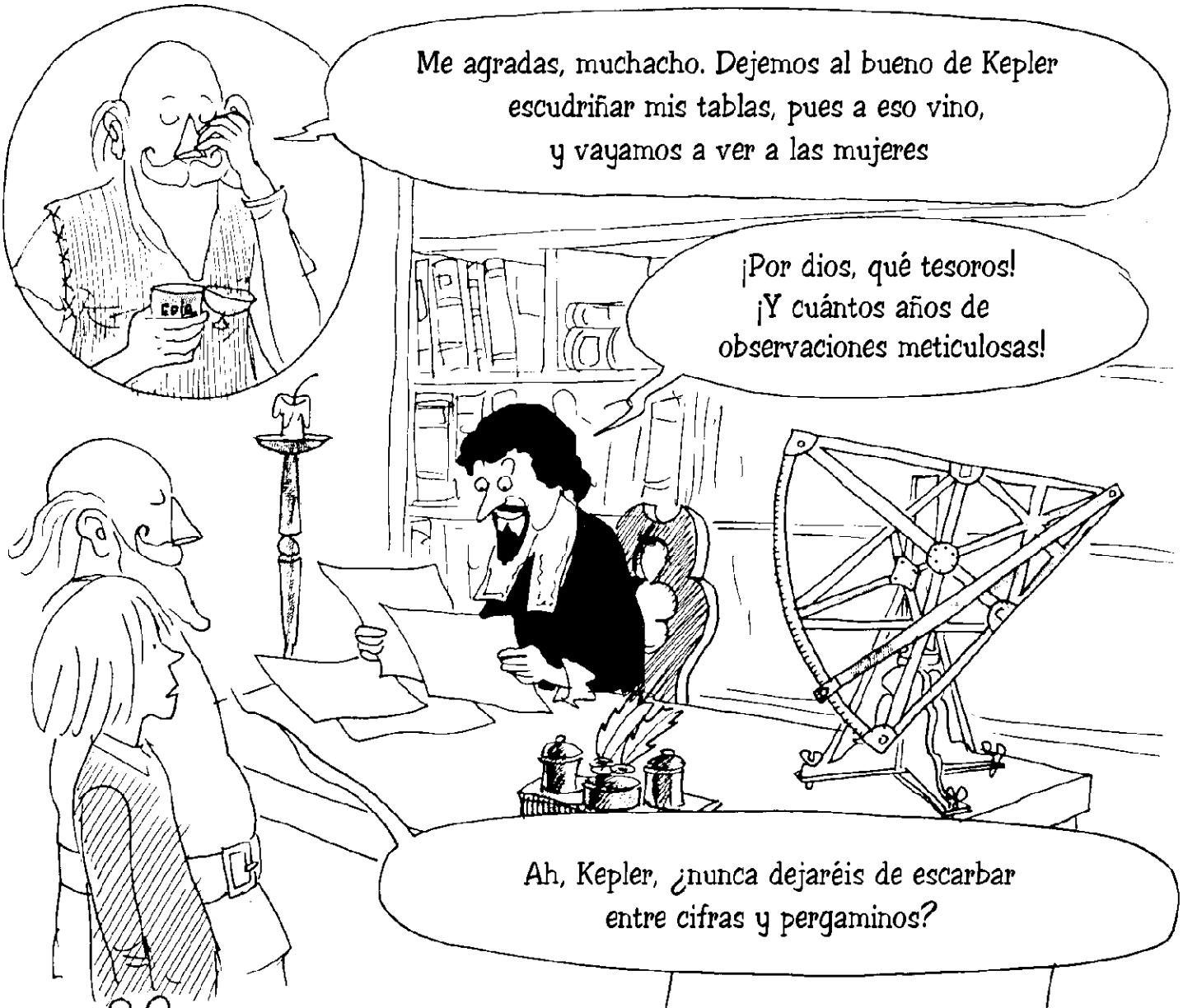
Ah... los astros... sí, seguro. Pasaremos a ellos más tarde. Descansad ahora, mi querido Johannes. Luego iremos a ver a las mujeres

Geómetra y observador meticuloso, Tycho disponía, en un siglo en el que no existía aún el catalejo, de las mejores observaciones de su época





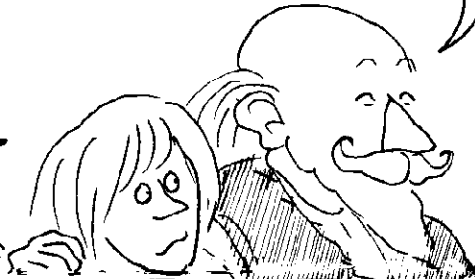
(*) Tycho había perdido la nariz en un duelo.



¡Mujeres!

¡Suficientes
problemas tengo
con la mía...!

Uno tiene las mujeres que se
merece. ¿No es así, muchacho?



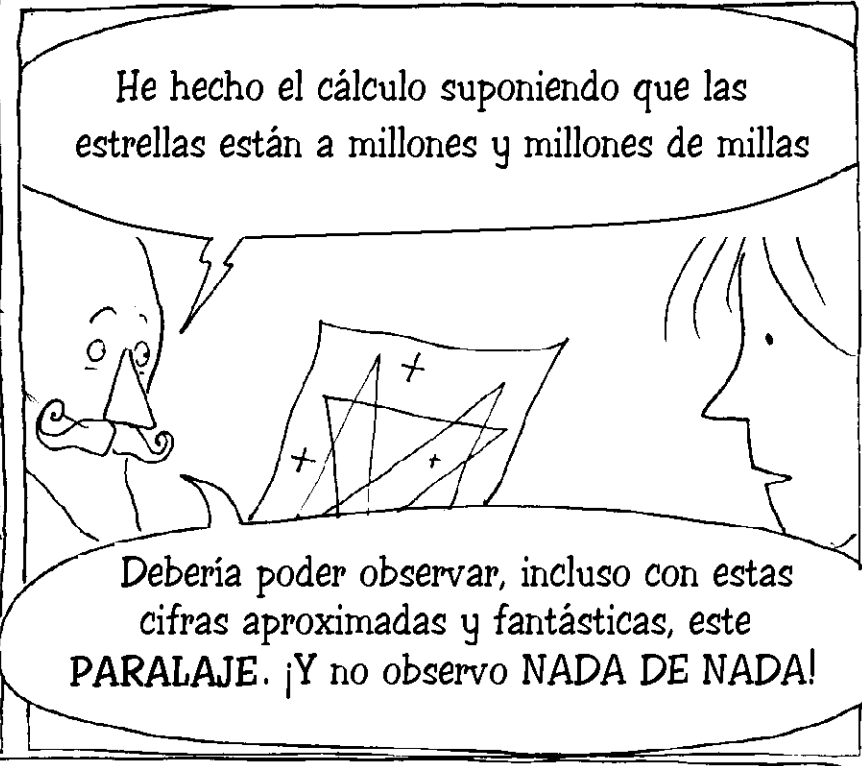
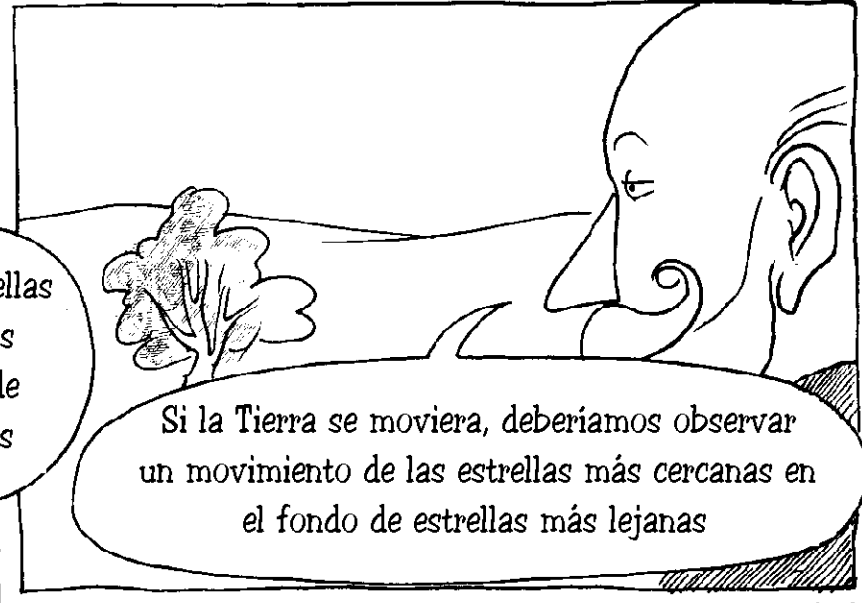
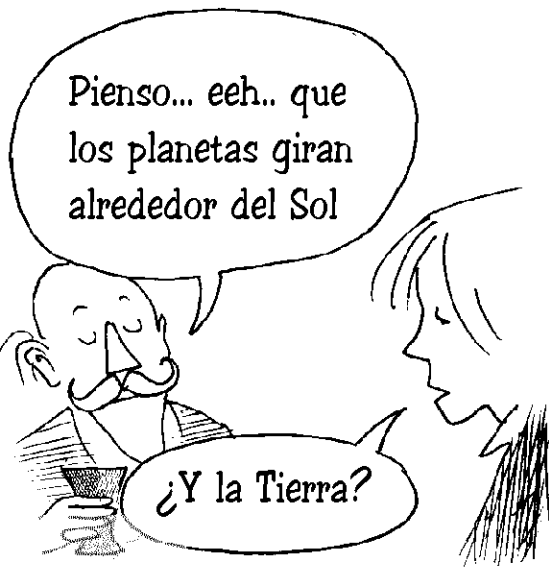
Ahora podéis iros.
Estamos satisfechos

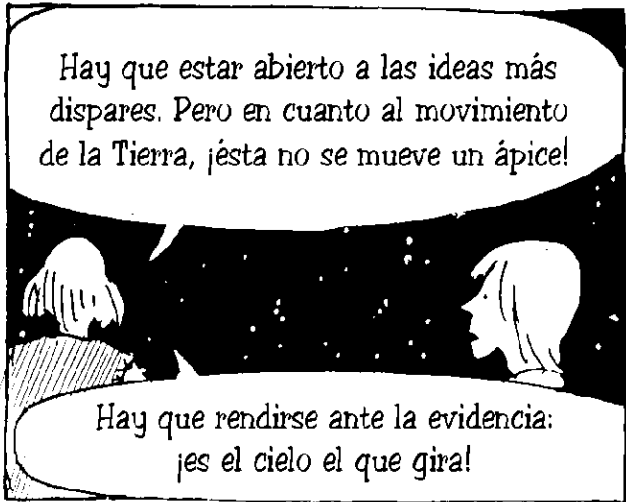
¿Sabías que en 1572 vi nacer una estrella?
No podía dar crédito a mis ojos.
Pues hace unos meses la vi morir (*)

¿Acaso no eran eternas las estrellas?!

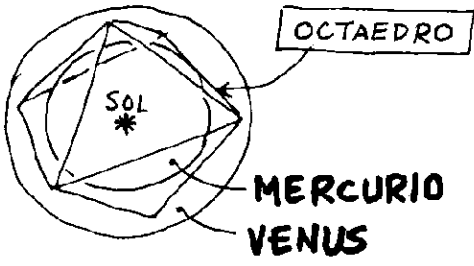
Lo mismo me preguntaba yo...
Confieso que todo eso me trastornó

(*) Se trató de la supernova observada por Tycho Brahe.

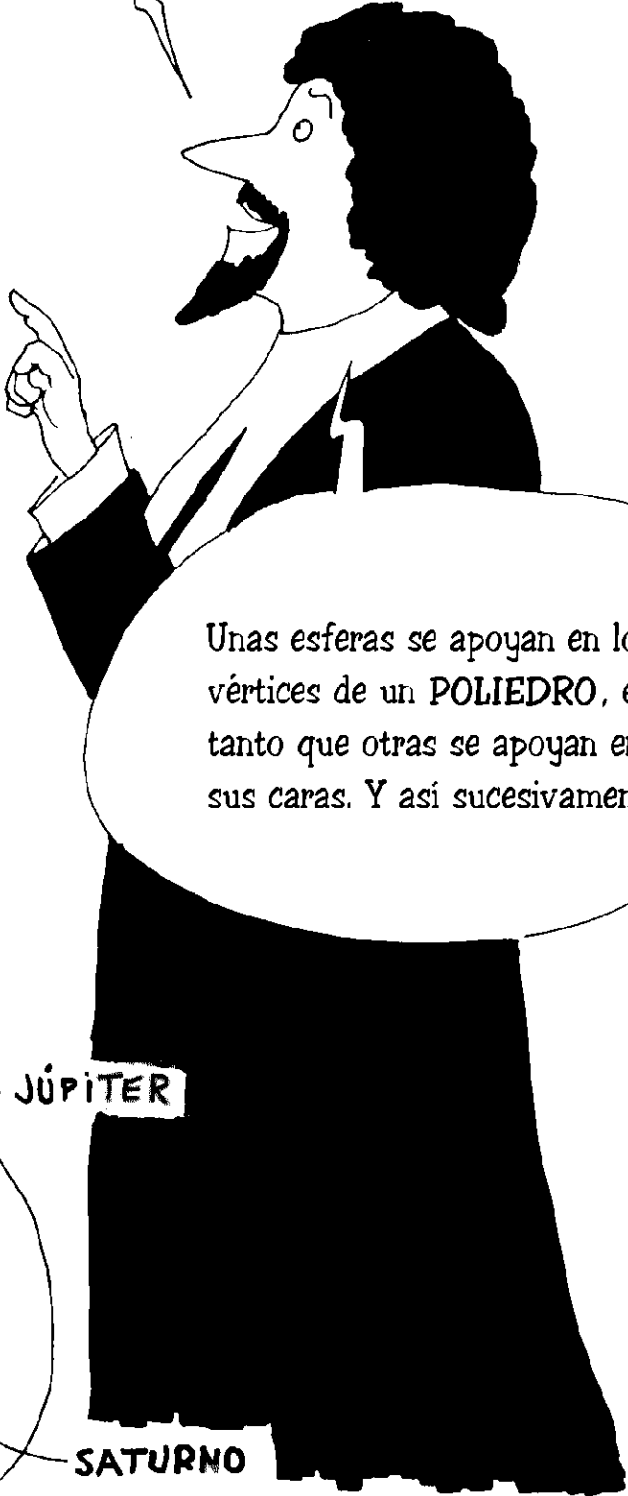
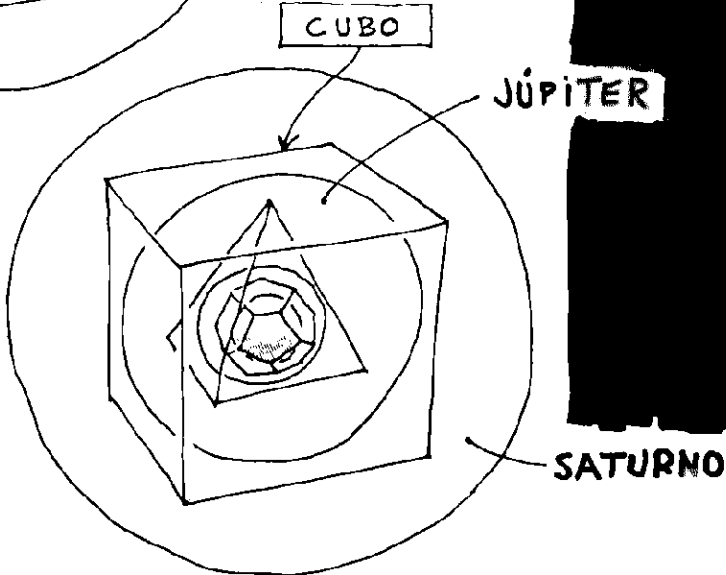
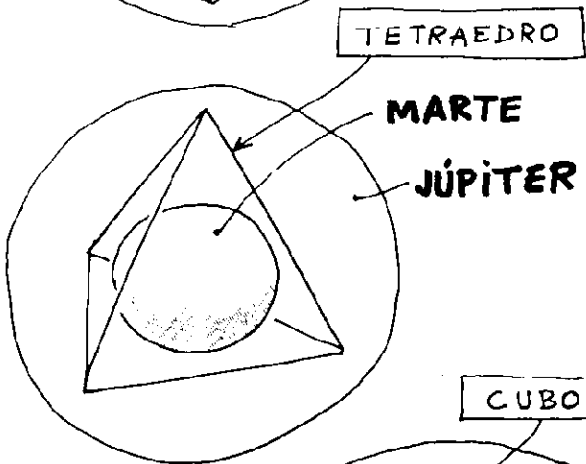
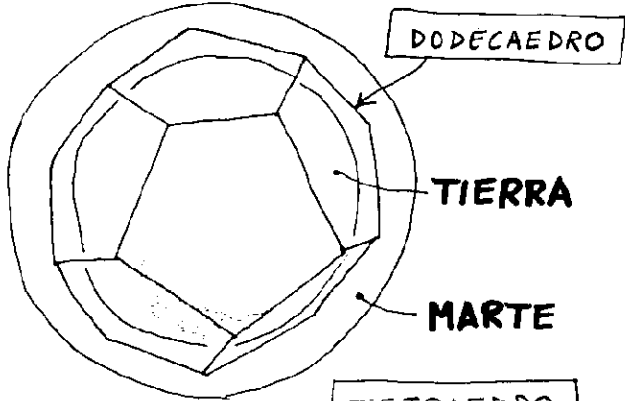
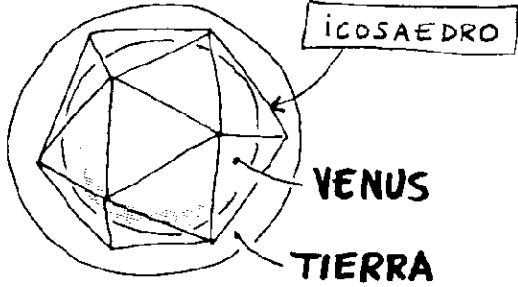




Mira, Hans, observa bien: en un plano puedo inscribir un cuadrado dentro de un círculo, y un nuevo círculo dentro de este cuadrado. Y ahora un triángulo equilátero, y luego un pentágono...



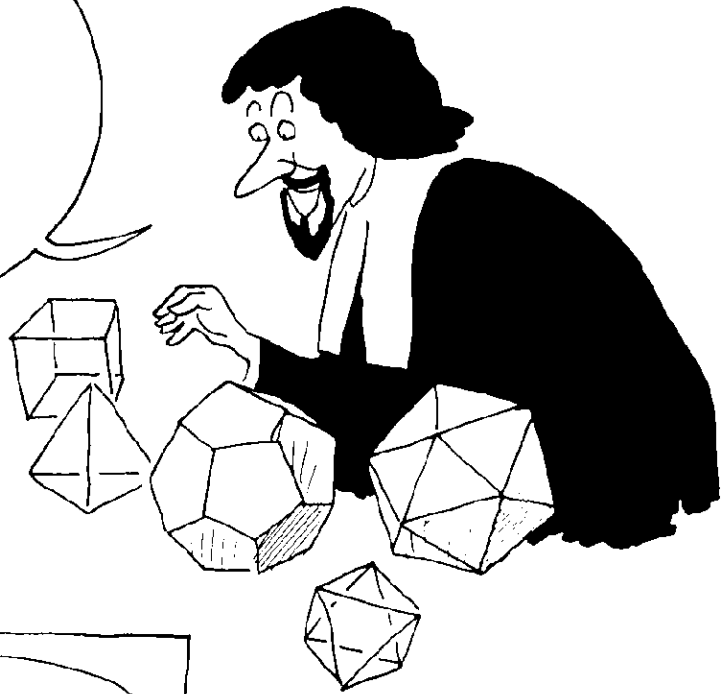
Los planetas, entes perfectos, se mueven en esferas concéntricas. En el centro, evidentemente, se encuentra el Sol



Unas esferas se apoyan en los vértices de un POLIEDRO, en tanto que otras se apoyan en sus caras. Y así sucesivamente...

Ahí tienes, Hans, el secreto del mundo:
las órbitas de los seis planetas se
construyen con la ayuda de los CINCO
POLIEDROS REGULARES DE PLATÓN.
Lo SABÍA. Todo se cierra, todo se aclara.
¡Soy genial, genial...!

¡Uno más que cree haberlo
descubierto todo!



¿Maestro, y todo eso cuadra con las
mediciones realizadas por Tycho Brahe?

No, por desgracia.
Pero hay algo aún
más sorprendente

Las mediciones de Tycho
sobre los movimientos de
Marte son incontrovertibles.
He hecho y rehecho cien
veces sus cálculos, pero
hay algo que no cuadra...

Todo ello cuadraría si Marte, en lugar de seguir una
trayectoria en CÍRCULO, se desplazara siguiendo una
ELIPSE en la que el Sol ocupa uno de los focos



¡Pero entonces, maestro, el DOGMA de PITÁGORAS, la maravillosa armonía de los círculos, la tesis de ARISTÓTELES vinculando lo circular a lo divino, todo eso se va a pique!!!

Así es, Hans. Es el fin de todo eso. Los círculos de Tolomeo y todo el resto...

Confieso que yo mismo a veces me resisto a creerlo

Imagina que en dichas elipses la velocidad ya no es constante. Marte se acelera al acercarse al Sol, y desacelera al alejarse. ¡Todo eso habría sorprendido a Pitágoras!

¿La policía? ¿Pero qué tiene que ver con Pitágoras?

¡Johannes, es la policía!

Nada sabemos sobre el tal Pitágoras del que habláis. En cambio, hemos venido a arrestar a vuestra madre, acusada de brujería. Le ha dado a Jacobo, el vidriero, una pócima que lo ha enfermado

Decididamente, las mujeres fueron motivo de constante preocupación para el pobre Kepler...

Quando la tempestad arrecia, Hans, no nos queda nada más noble que lanzar el ancla de nuestros estudios pacíficos al mar de la eternidad

Rayos, la cosa va mal

Toma una pluma y escribe

Querido Galileo, vos sois un tipo estupendo. Podriais enviarme a buen puerto uno de vuestros maravillosos catalejos...

GALILEO

1623, en el despacho del papa Urbano VII, protector de Galileo...

¿...Pero qué es lo quiere este tipo del norte de mi...?

¿Y bien, mi buen Galileo, qué novedades tenéis?

Otra carta de Kepler. Y noticias de Roma. Dicen allá abajo esos imbéciles que mi catalejo deforma la visión de las cosas. Su prueba: que las estrellas se ven dobles...



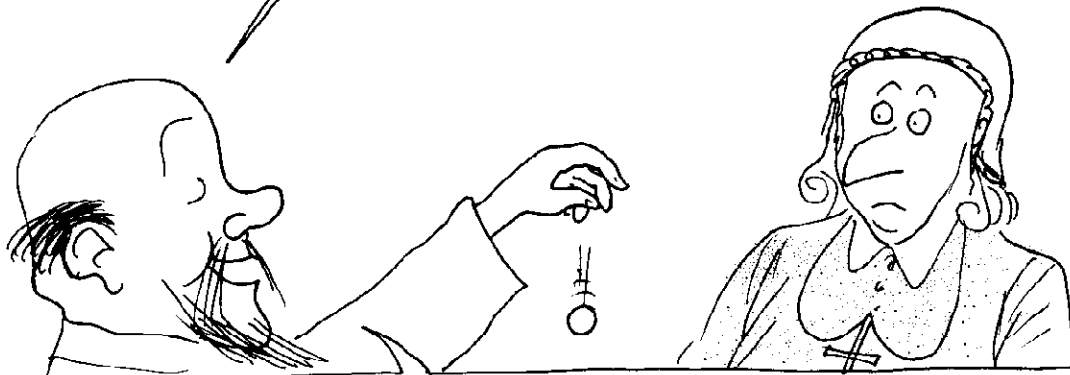
¿Y no os sorprende que aparezcan dobles, cuando a ojo desnudo no presentan tal aspecto?

¡Por la madona! ¿Por qué no podrían ser dobles al fin de cuentas? ¿Por qué no intentáis de una buena vez ver el Universo tal como es, en lugar de intentar construirlo interpretando al derecho y al revés las Sagradas Escrituras?

¡Callaos, Galileo!

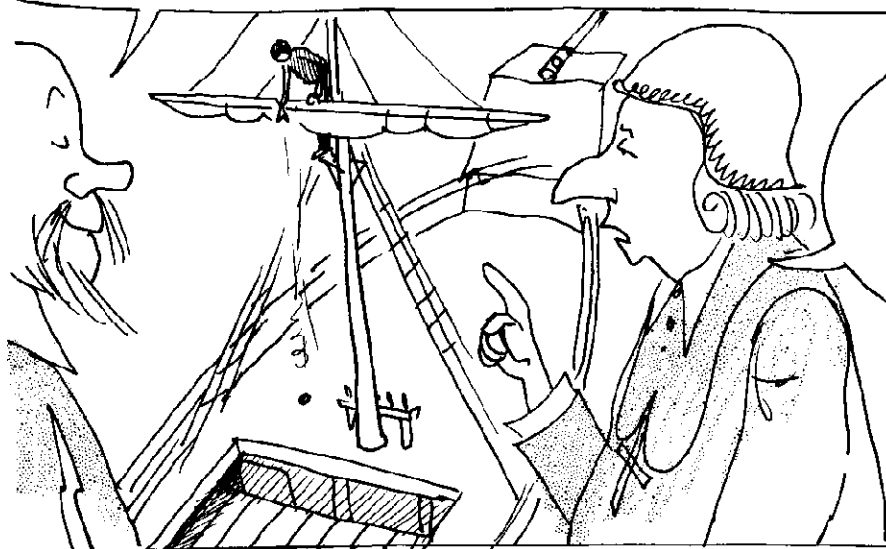


¡El Espíritu Santo nada sabe de astronomía!



Esos Jesuitas son unos asnos. ¡Pretenden que, si la Tierra se moviera, al soltar una piedra ésta debería caer a un lado de su vertical!

Pero si se va en un barco y se deja caer una piedra desde lo alto del mástil, en ausencia de viento aquella cae justo debajo del mástil. Yo mismo lo he verificado



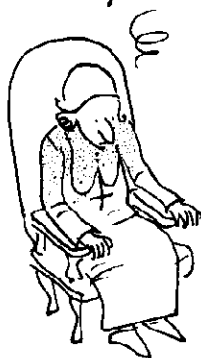
Dicen también que si la Tierra girara, entonces debería estallar bajo el efecto de la **FUERZA CENTRÍFUGA**



¡Basta! ¡Sabéis muy bien, Vuestra Santidad, que un día equivale a 24 horas!
Y la Tierra gira lo suficientemente lento como para no estallar

Calmaos, mi buen Galileo. La ciencia debe avanzar con prudencia.
Y esas no son más que hipótesis...

¡Nada de hipótesis! ¿Es que acaso la Iglesia no puede volverse un poco más moderna?
Personalmente no veo en qué podría el movimiento de la Tierra echar por tierra toda la religión



¡La Biblia no es un libro científico!

Bien, veamos vuestros nuevos descubrimientos

Hay montañas
en la Luna y en Sol,
como pequeñas viruelas...

¿De qué estáis hablando?

De que la Luna no es más que una piedra llena de
costras y que el Sol está todo lleno de manchas

Os hemos escuchado
todo... Es muy GRAVE

Rayos, el
jefe de los
jesuitas...

Galileo bromeaba con...
simples hipótesis de trabajo

¡El Sol y la Luna DEBEN SER ESFÉRICOS!

Sabéis muy bien que no estaba bromeando.
Las matemáticas son un instrumento del diablo



No soís más que gentes obtusas

Ay...

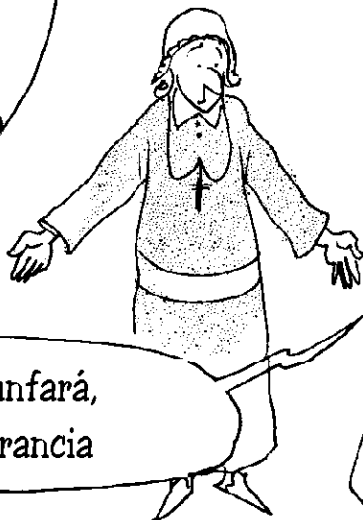


San Agustín decía con justa razón que
más valía rogar a Dios que interrogar
al Universo...

Estáis aferrados a las tonterías
de Aristóteles, a una física que
jamás ha podido describir
correctamente el menor
fenómeno

Bien, pues si así es, si desafiáis
la autoridad de los servidores de
la Iglesia, ¡os lo habéis buscado!

Galileo, habéis ido demasiado lejos.
Estos jesuitas son poderosos.
Ni yo mismo podría...



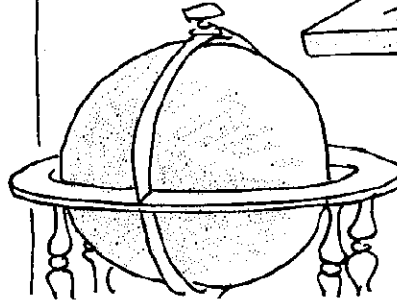
Pues ya veremos quién triunfará,
si la razón o la crasa ignorancia

La suerte estaba echada. Galileo fue obligado a
retractarse en público en 1633

NEWTON

Una mañana de 1690, en Cambridge...

¿Maestro?



No responde...

Milord Newton,
hum...


¿Qué quieres?

Vuestro encargo,
Milord...

¿Qué pasa con
mi encargo?


Sal de mercurio, de azufre,
aquafortis, cerusa...

¡Demonios! ¡Ve a buscar esas sustancias, es todo!



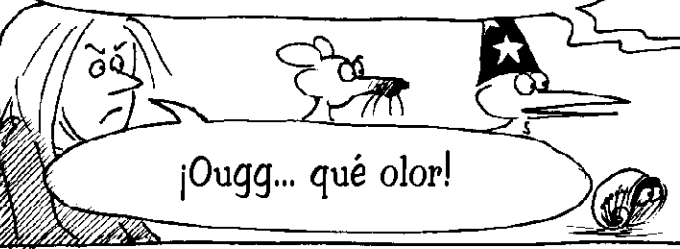
¿Acaso no sabían que Milord Newton, el más eminente científico de su época, practicaba la alquimia?

Veamos, la pócima dice: una onza de limadura de uñas, una pizca de vinagre...



¿Qué está preparando?

¡Ah Ah Ah...! ¡Casi lo tengo...!
¡Un día seré el amo del mundo!



¡Ougg... qué olor!

¡Anselmo!

Te vi ayer con la vecina...

Es una jovencita vulgar...

¡Que no se vuelva a repetir!

Si, maestro...

Vivimos en un mundo dominado por la lujuria

Santo cielo, cuando pienso en lo que escribió esa bestia de Leibniz, que no hay **ESPACIO ABSOLUTO**...

Anselmo, trae acá un balde con agua


Un balde con agua... ¿una cubeta, Milord?

Amarro el balde a una cuerda, dándole una fuerte torsión


Ahora lo suelto... En un primer momento, el balde gira, pero no así el agua. Su superficie permanece plana

Ahora observa: detengo el balde. El agua, por **INERCIA**, continúa girando y su superficie sigue curvada. ¿Comprendes?

Pero por efecto de la fricción, el agua se ve afectada, y la **FUERZA CENTRÍFUGA** curva su superficie




No mucho, Maestro




¡Triple imbécil! ¡Es de lo más claro!
Todo ello demuestra que existe un
CONTENEDOR UNIVERSAL, un
ESPACIO ABSOLUTO. Es este espacio,
el de las estrellas del cielo, el que
contiene al agua, y no el balde

La **FUERZA CENTRÍFUGA** no se ejerce, como lo has podido ver,
más que cuando el agua gira **EN RELACIÓN CON ESE ESPACIO ABSOLUTO**.
Leibniz no es sino un asno bruto, le voy a escribir




Carambas, Leibniz no va
a estar nada contento...

Dios, en su infinita sabiduría, situó los astros en el
VACÍO y no en un espacio lleno de vórtices, como escribe
ese francés, Monsieur Descartes, quien confunde el
Universo con una taza de té



¿Pero entonces entre los
astros no hay... **NADA**?



Así es, no hay **NADA**



¡Y encima se atreven a criticarme!
¡Pero los aplastaré, los aplastaré a todos,
comprendes, a **TODOS!**

Sí, Milord...

OUARK!

Hmmm...

¡Y ahora ve a traerme cuernos
de vaca molidos, rápido!

Eee... sí, Milord...

WILLIAM HERSCHEL & PIERRE SIMON DE LAPLACE

Castillo de la Malmaison, agosto de 1802

¿Entonces, cómo se encuentra el señor de Lanturly?

Mucho mejor desde que estoy en vuestra agradable compañía, mi querida Sofia

Pero dime... ¿no es aquél allá abajo el barón de Laplace, en compañía del primer cónsul?

Así parece, en efecto...

Pero, aquí entre nos, ¿quién es el otro personaje con fuerte acento inglés?

Es el astrónomo Herschel. Acerquémonos. Su conversación debe ser apasionante

Monsieur Herschel, Laplace me ha contado todo sobre vos. Habéis construido telescopios y calculado la distancia de la Tierra al Sol. Más aún, habéis descubierto, según parece, nuevos mundos que desafían nuestra imaginación



Señor Primer Cónsul, es cierto que el Universo aparece, a través de mis instrumentos, más vasto de lo que pensábamos. He observado **UNIVERSOS-ISLA** y **NEBULOSAS FORMADAS DE MIRÍADAS DE ESTRELLAS**, desde las cuales la luz puede haber empleado millones de años para llegar hasta nosotros

Herschel ha transformado de tal forma nuestra visión del mundo que ya no sabemos dónde podría estar su centro. Las estrellas se mueven, y lo mismo hace el Sol. La Vía Láctea es un gran disco hecho de legiones de estrellas y que gira sobre sí mismo...



O sea que: **EL MUNDO CAMBIA**



No he hecho más que descubrir las maravillas que el Creador ha puesto en la inmensidad del Universo

Pero todo mundo sabe que la persona que ha devuelto orden a todo esto y que ha elucidado definitivamente los secretos últimos de las trayectorias de los planetas es el matemático Laplace con sus maravillosos y precisos cálculos...



A propósito, Laplace, permitidme recordaros que Newton pensaba que, cuando los planetas se salían de sus órbitas, era Dios el que volvía a ponerlos en ellas. ¿Qué pensáis vos?

Os diré, señor Primer Cónsul, que no he necesitado dicha hipótesis en mis cálculos

Con Herschel y Laplace nace un nuevo mundo

Pero algo me sorprende de monsieur Herschel

¿Qué cosa, Primer Cónsul?

Pues que lleva una vida tranquila, se entiende bien con su mujer,
su hijo está por encima de su obra y no tiene enemigos. Eso no es normal

¡En el mundo científico vaya si es
bastante excepcional!

Oh, excusadme...
¡ya voy, Joséphine..!

Así que pensáis, mi querido
Laplace, que mundos como el
nuestro pueden existir en torno
a miles de millones de soles en
cada galaxia

Absolutamente

Hay vida en esos otros
planetas, cada una con su
historia y sus civilizaciones

Herschel descubrió los aspectos **CUALITATIVOS** de la astronomía moderna: la existencia de las galaxias, el movimiento de las estrellas, la estructura de la Vía Láctea, el movimiento del Sol. El siglo siguiente aportará las primeras **MEDICIONES** precisas

¡CIELOS!

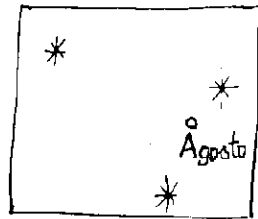
Realizando dos rastreos precisos de una estrella de la constelación del Cisne en relación al fondo de estrellas lejanas (paralaje), en agosto y en diciembre de 1838 el alemán **BESSEL** determinó su distancia: 11 años-luz

61 Cygni

Tierra
Agosto



Tierra
Diciembre



La fotografía permite fijar las imágenes celestes sobre la película, y también recibir más luz durante las largas pausas nocturnas

¡No se muevan!

Henrietta Leavitt, en 1912



Las **CEFEIDAS** son estrellas cuyo brillo varía periódicamente. La medición de su distancia por el método del paralaje no es precisa en algunas decenas de años luz. Pero revela, para las Cefeidas más cercanas, que su periodo está directamente relacionado con la potencia luminosa que emiten. Entre más emiten, mayor es su periodo de oscilación

Así que midiendo la cantidad de luz que llega de una Cefeida y estimando a partir de su periodo la luz que emite, puedo calcular su distancia

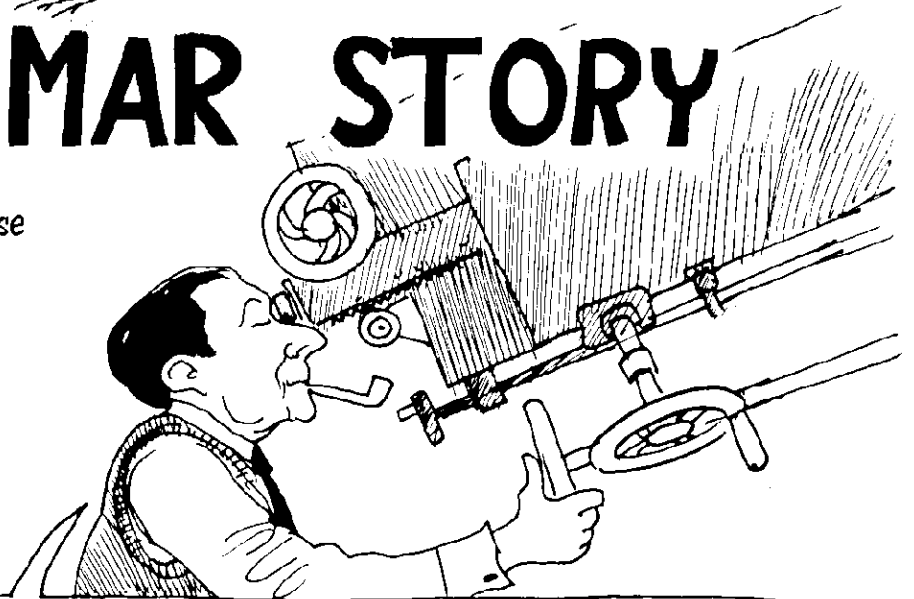
Soy genial



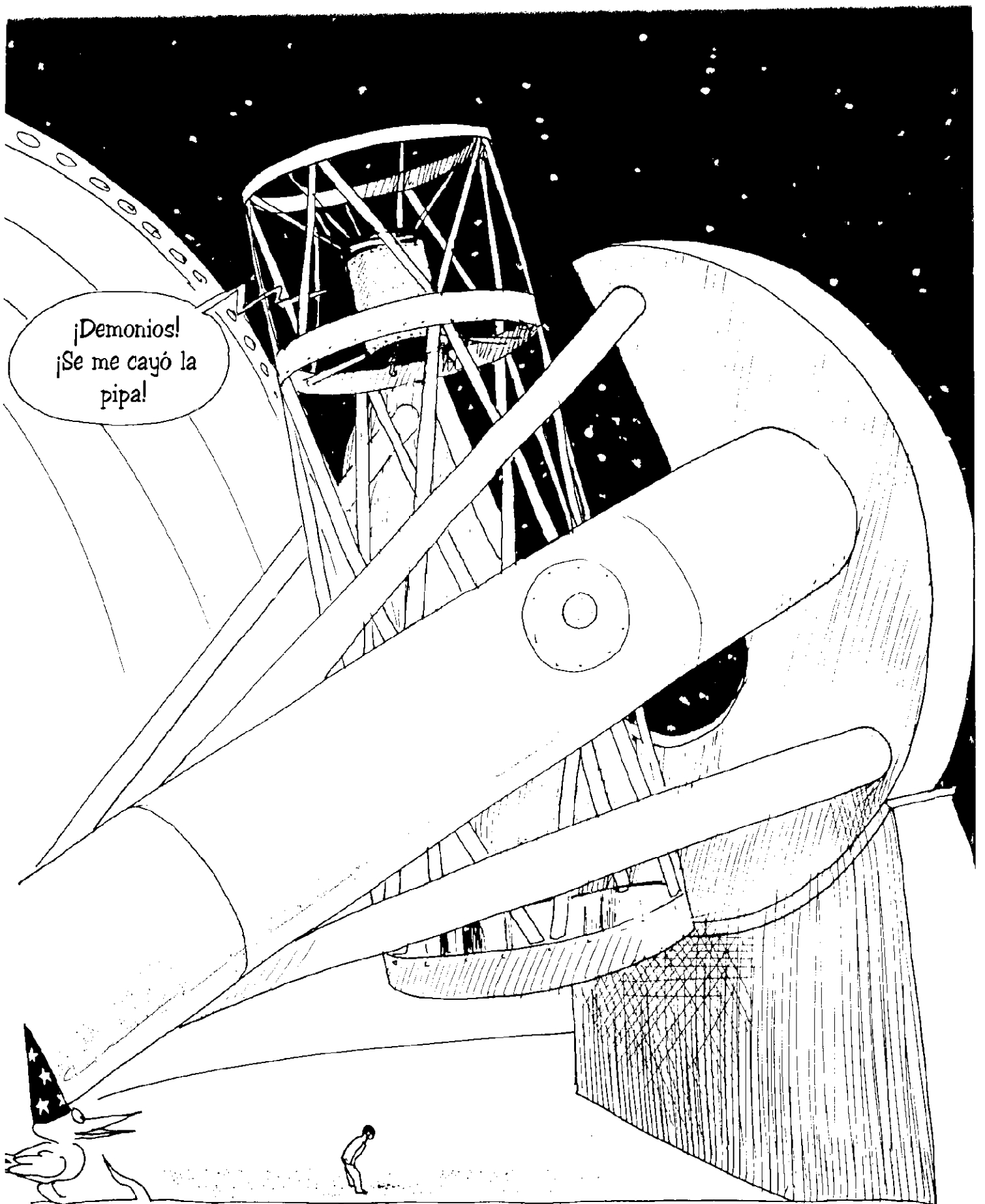
Pero muchos dudaban aún de la naturaleza extragaláctica de las famosas nebulosas espirales

PALOMAR STORY

En 1924, el estadounidense
Edwin Hubble :



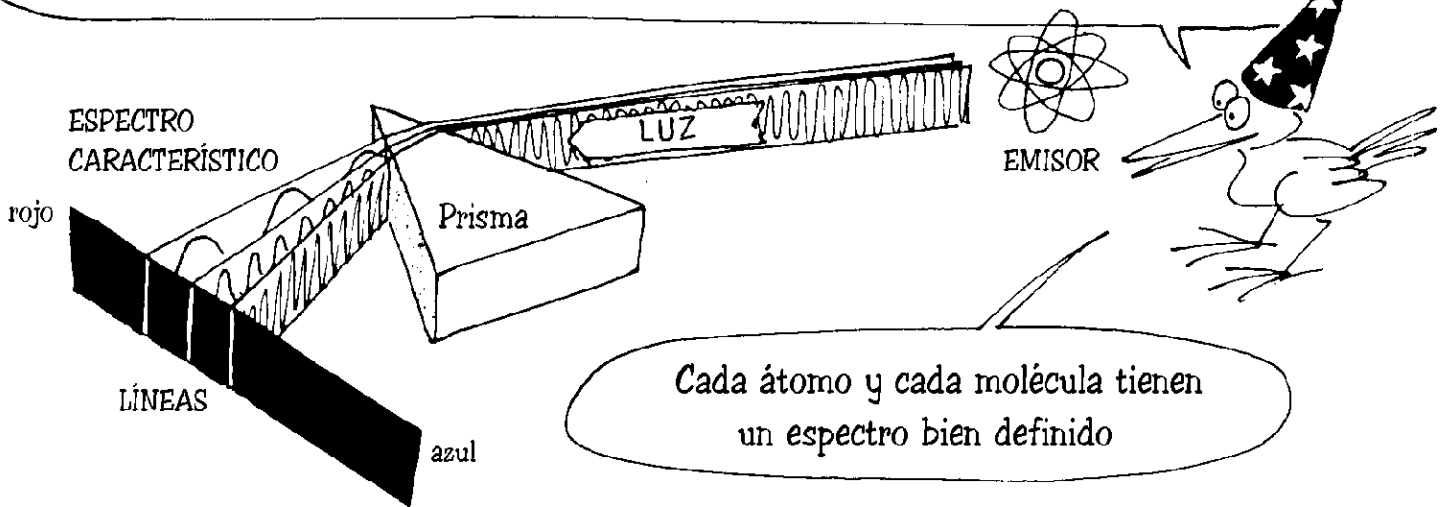
Mi buen amigo, asunto arreglado. Acabo de descubrir una magnífica Cefeida en la nebulosa espiral de Andrómeda, exterior a nuestra galaxia. Estimo que su distancia es de dos millones de años-luz



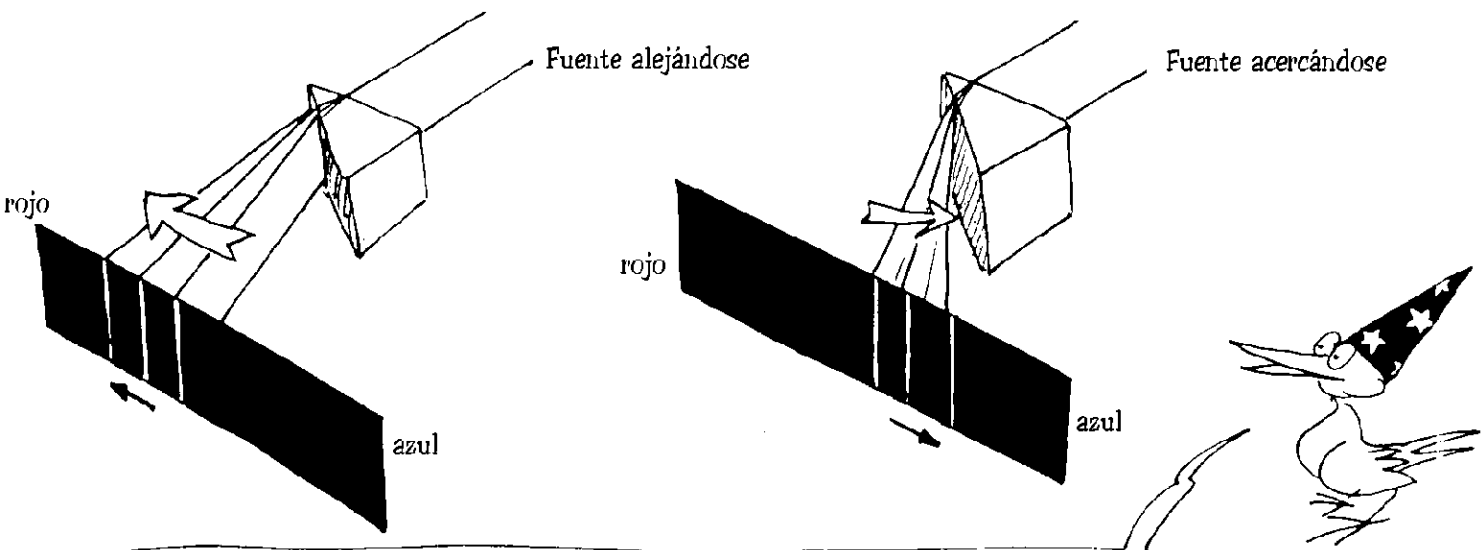
¡Demonios!
¡Se me cayó la
pipa!

El telescopio de Monte Palomar podía "ver" hasta diez mil millones de años luz.
La cosmología moderna encontró en él un instrumento de
investigación a la altura de sus ambiciones

Aquí tienen otro episodio de esta búsqueda incansable. Después de 1859, gracias a Kirchoff, se tenía por costumbre determinar la naturaleza característica de los cuerpos emisores de luz colocando un **ESPECTROSCOPIO** en los telescopios



Cada átomo y cada molécula tienen un espectro bien definido



Si la fuente luminosa se aleja o se acerca con cierta velocidad, el conjunto de líneas del espectro sufrirá un desplazamiento hacia el rojo (**RED SHIFT**) o hacia el azul. Así, el análisis del espectro no sólo da la naturaleza química del emisor, sino también su velocidad con respecto a nosotros

Se trata del efecto **DOPPLER-FIZEAU**, ya evocado en el álbum **BIG BANG** de esta misma serie



Analizando los espectros procedentes de galaxias lejanas, Hubble y Humason descubrieron que éstos presentaban un corrimiento hacia el rojo, el RED SHIFT. Estas galaxias, entonces, se alejaban de nosotros y su velocidad de alejamiento, según comprobaron, era proporcional a la distancia que las separaba de nosotros

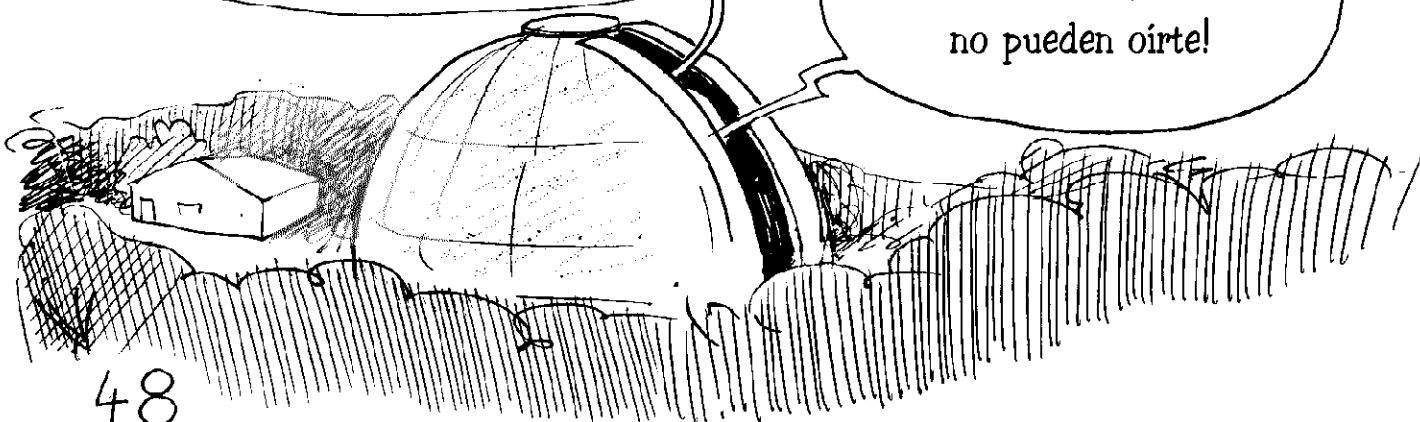
Por lógica, el Universo ha debido nacer en una gran explosión inicial...



EL BIG BANG

¡Huyen de nosotros, Milton, nos huyen!

¡No grites tan fuerte, Edwin, no pueden oírte!



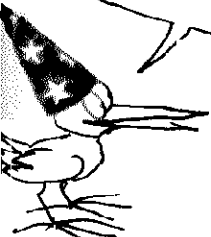


Pero entonces...
¿TODO el universo es
NO ESTACIONARIO?

Así es, NADIE habría podido
siquiera imaginarlo antes del
descubrimiento fortuito de Hubble



Al igual que en 1572 nadie habría soñado
ni por un minuto que los astros
no eran eternos



Hasta que Tycho Brahe observó una
SUPERNOVA, es decir la muerte violenta
de una estrella



En 1810 Herschel se interrogaba sobre sus
formas de subsistencia

¿Cómo producen ellas su luz,
con qué energía?
¿Será por combustión de carbón?




1938, en Dinamarca, Hans Bethe:




En la universidad de Lovaina el abad Lemaître, eminente matemático:

Si el Universo está en **EXPANSIÓN**, entonces hace mucho tiempo se encontraba concentrado en un **ÁTOMO PRIMITIVO**, extremadamente caliente y denso, correspondiente a la época de la **CREACIÓN**







¡Pero entonces la **BIBLIA**
dice lo mismo!




Sólo haría falta modificar su
cronología para situar el Génesis hace
doce o quince mil millones de años



Del otro lado del canal de la Mancha, en Cambridge,
Fred Hoyle combatía tenazmente dicha hipótesis. Según
él, el Universo se enriquece sin cesar de nuevos átomos
por un fenómeno de **CREACIÓN CONTINUA**



En resumen, Hoyle intentó de todo para luchar contra
ese regreso forzado de la teología a la ciencia




Una iglesia contra la otra...

LOS CUÁSARS

Observatorio de Pasadena
(EU), 1960.


El profesor Jesse Greenstein recibe al estudiante Thomas Matthews ...





¡Hace ya unos años que analizo espectros y nunca ví un cuerpo que emitiera como éste!

¿Y si fuera el efecto Doppler, dado que está completamente en el rojo? Por ejemplo, hidrógeno con una velocidad de fuga enorme...



¡Thomas! Si tuviera una tal velocidad de fuga, entonces según la ley de Hubble estaría muy lejos dado que dicha velocidad es proporcional a la distancia. ¡Si así fuera, ese minúsculo grano de polvo, 50.000 veces más pequeño que la Vía Láctea, emitiría 100 veces más energía que ella!

Puedes irte...

¿Es por lo que dije...?

¿Qué sabe él de espectroscopia? Es radioastrónomo...

UN AÑO DESPUÉS

Maarten Schmidt:

Hola, Jesse, ves el espectro de uno de esos objetos extraños, "cuasi estelares", los **CUÁSARS**, detectado hace ya un año...

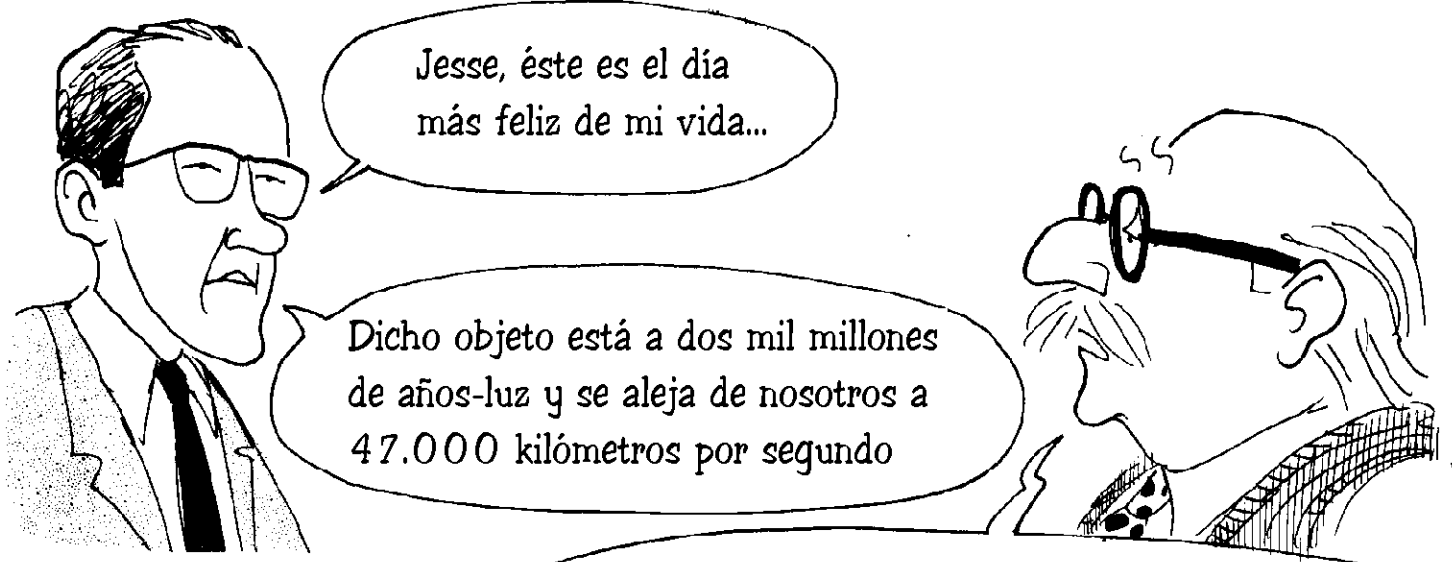
Sí, Maarten

¡Qué holandés más flemático...!

Y ves el espectro del hidrógeno...

Si los superpones y lo deslizas hacia el rojo...

Son **IDÉNTICOS**



Jesse, éste es el día más feliz de mi vida...

Dicho objeto está a dos mil millones de años-luz y se aleja de nosotros a 47.000 kilómetros por segundo

¿Cómo lo sabes?

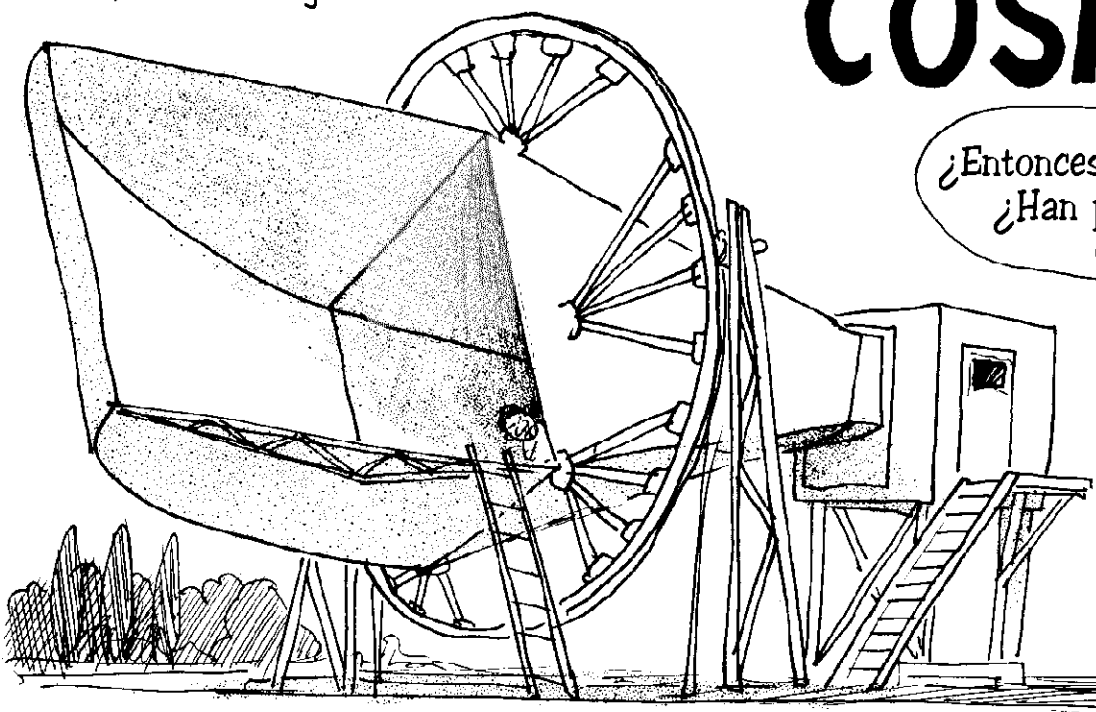
Y siendo apenas un tanto más grande que una estrella, emite más energía que toda la galaxia



No importa...

LA RADiACiÓN, CÓSMiCA

1964, New Jersey



¿Entonces, muchachos?
¿Han podido eliminar el ruido parásito?



¡Nada que hacer! Penzias ha cubierto todas las fisuras con cinta adhesiva



¿No podría tratarse de... regalitos de las palomas...?

No, no. Wilson ha limpiado todo y no hay cambios: seguimos teniendo ese ruido parásito de radio. Y lo más curioso es que es **ISÓTROPICO**: llega por igual de todas las direcciones del Cosmos



Y no parece haber fuente emisora en ninguna parte

He traído a este joven, Dicke, de Princeton, pues tiene una idea sobre el origen del ruido

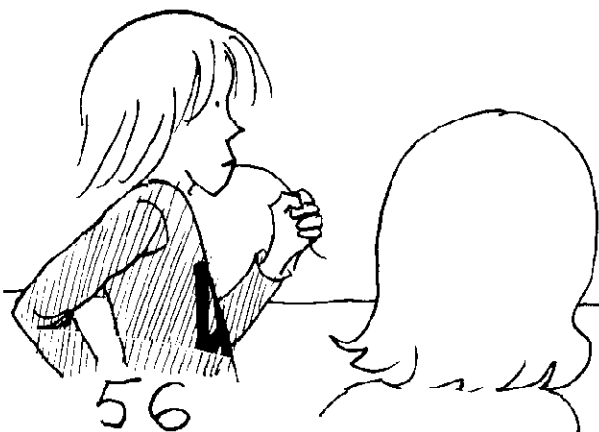


¡Eso es...!

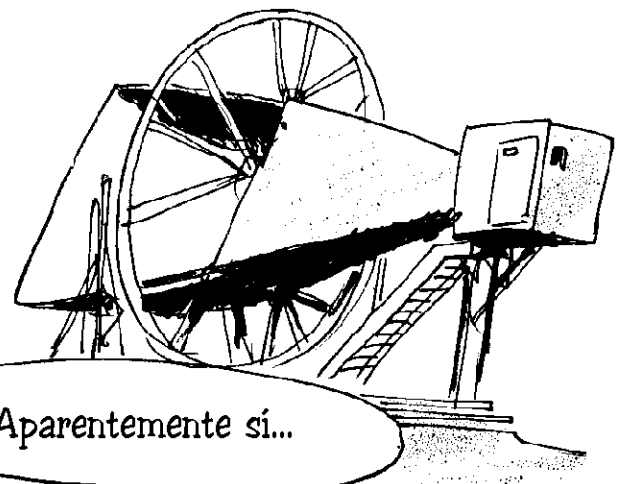
¿Eso es QUÉ?



Lo que han captado son las "cenizas" del **BIG BANG**, el remanente fósil de la formidable radiación primitiva



Aparentemente sí...



¿A DÓNDE SE FUE LA ANTIMATERIA?



En ese magnífico escenario de jugarreta denominado **BIG BANG** subsiste un dilema embarazoso. A partir de la radiación primitiva se crearon la materia y la antimateria. El Universo se enfrió, y fue la hecatombe. Partículas y antipartículas se aniquilaron. Quedará **UNA EN MIL MILLONES...**(*)

Según los cálculos, no debería subsistir **NINGUNA**

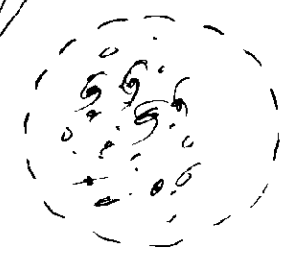
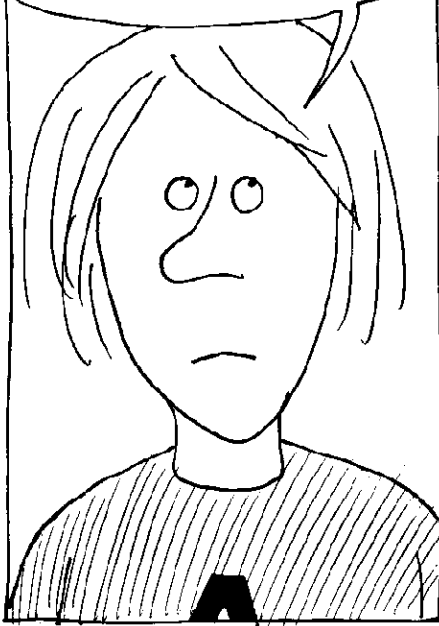
ABSOLUTAMENTE NADA



Entonces... ¿dónde está la **ANTIMATERIA**?

La separación se produjo a nivel de las galaxias...

...o de los **CÚMULOS DE GALAXIAS**

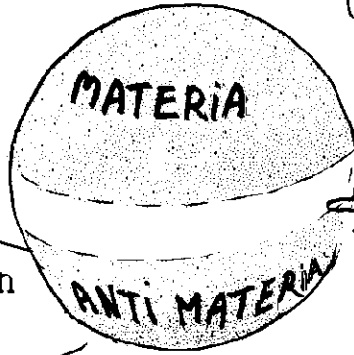


(*) Ver "BIG BANG", en esta misma serie.

JEAN-MARIE SOURIAU, profesor en la universidad de Provenza, piensa que el universo se escindió en dos mitades

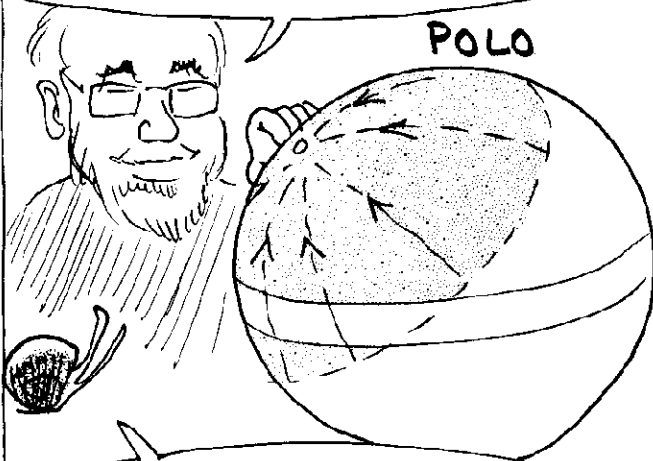
Un Universo FINITO CERRADO SOBRE SÍ MISMO, una especie de hiperesfera EN TRES DIMENSIONES (*) en la que la materia ocupa un hemisferio y la antimateria el otro

Aquí hay una imagen en 2 dimensiones



En la frontera tienen lugar ANIQUILACIONES MATERIA-ANTIMATERIA que conducen a un estado de NO MATERIA

Nosotros estamos en alguna parte aquí en la mitad de Universo de la materia



Y esta especie de cofia centrada en la Tierra representa el campo de observación de los más poderosos telescopios del mundo, capaces de detectar CUÁSARS a quince mil millones de años-luz

¿Y qué es lo que se observa a esas distancias?

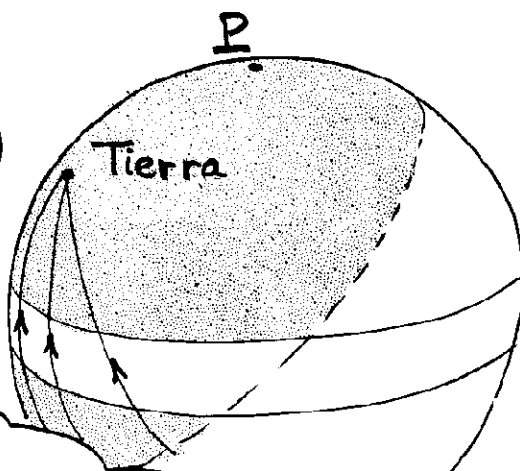


Esencialmente los CUÁSARS

Tal como pueden apreciar, una porción de la frontera, de la TIERRA DE NO MATERIA, sería observable, al igual que los anticuásars que allí se encontrarán

(*) Ver "EL GEOMETRICÓN", en esta misma serie.

¿Y entonces?



Cuando se mira en dirección a OFIUCO (la serpiente), en SAGITARIO, se puede constatar que a partir de quince mil millones de años-luz los cuásars desaparecen y reaparecen cuatrocientos millones de años-luz más lejos

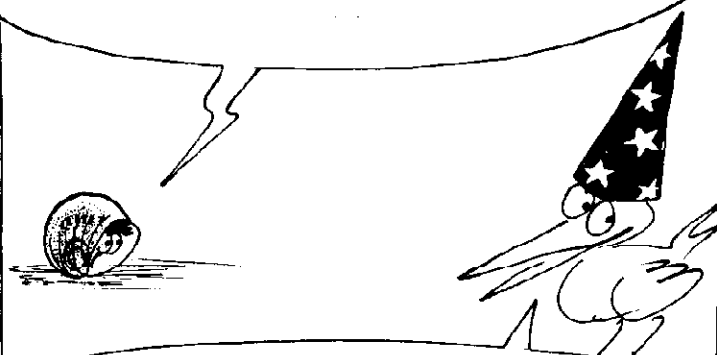


Según SOURIAU, esa brecha indica la existencia de la franja ecuatorial, vacía debido a las aniquilaciones y de un espesor cercano a los quinientos millones de años-luz

Más allá lo que observaríamos serían ANTICUÁSARS hechos de antimateria

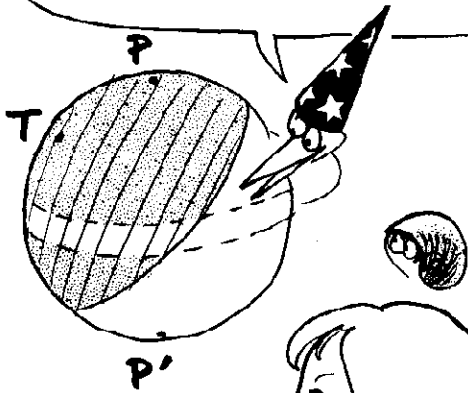


El cuásar más lejano observado, un anticuásar, está localizado a unos quince mil millones de años-luz



SOURIAU estima el PERÍMETRO de dicho universo en 60 MIL MILLONES de años-luz

Con los medios actuales sólo podemos observar hoy en día la **MITAD** del universo existente



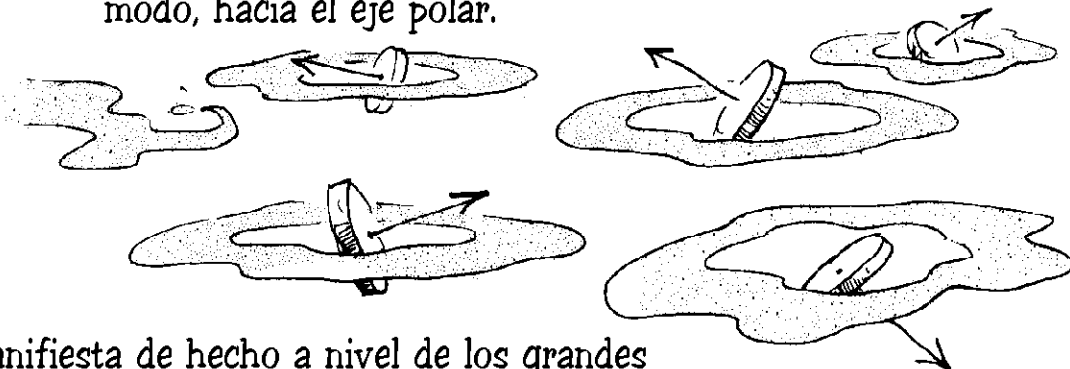
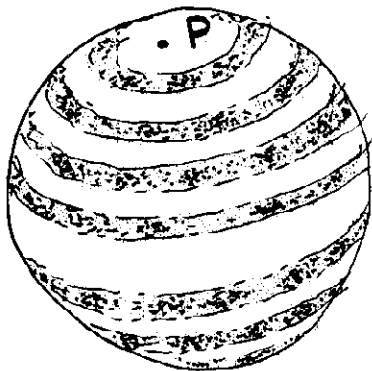
Si comprendo bien, este modelo de Universo tiene **DOS POLOS**: uno para la materia y otro para la antimateria, y son antipodales. Lo que quiere decir, en tres dimensiones, que las direcciones en cuestión son opuestas

A comienzos del siglo pasado se había desvinculado definitivamente al Universo de todo centro. Si éste modelo describe la realidad, ahora tendríamos dos. ¿Qué encontramos entonces en esos dos centros?

Pues no pueden ser otros más que **OHRMAZD** y **AHRIMAN** (*)

¿Y la franja ecuatorial sería... **MITHRA**?

Depurando los datos astronómicos, **SOURIAU** encuentra también que el Universo está hecho de **RODAJAS**. En dos dimensiones eso daría una acumulación a lo largo de paralelos. Y los ejes de las galaxias apuntarían, a grosso modo, hacia el eje polar.

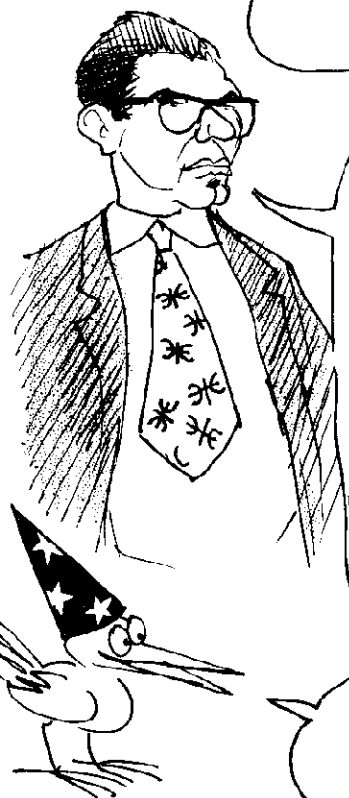


Este rebanado se manifiesta de hecho a nivel de los grandes halos planos de galaxias recientemente descubiertos. Los ejes de sus partes centrales tienen cualquier orientación.



UNIVERSOS GEMELOS

Luego del hundimiento de su teoría de la creación continua, Fred Hoyle volvió a la carga con una nueva idea

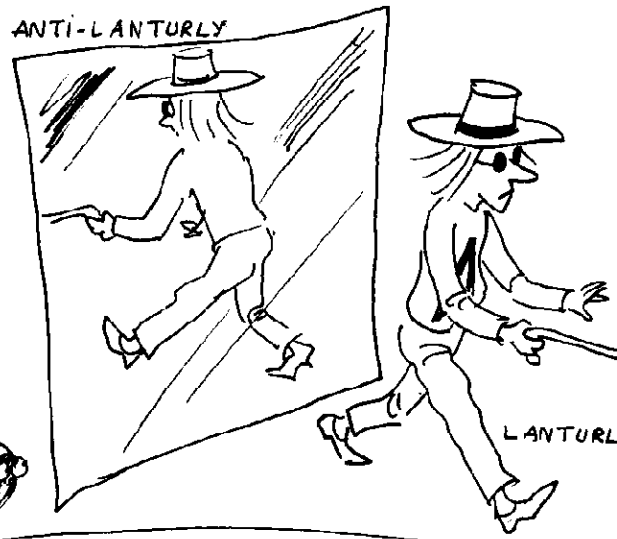


El Universo de materia que conocemos no constituye más que la **MITAD DE LA REALIDAD**. La otra mitad, el Universo de antimateria, hay que situarla en un **UNIVERSO GEMELO** del nuestro. En el momento del **BIG BANG** estos dos universos se separaron y cada uno tuvo su vida aparte. Pero sus **FLECHAS DEL TIEMPO** son **CONTRARIAS**. El futuro del uno es el pasado del otro, y viceversa.

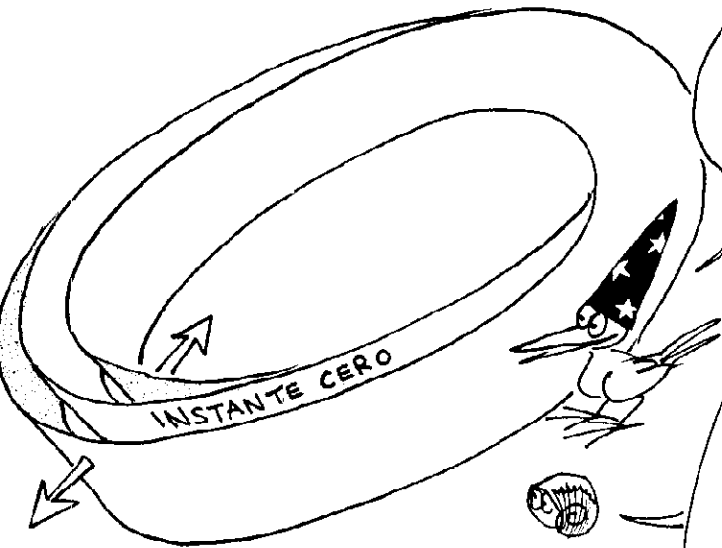
El contexto geométrico de un modelo así tiene ciertamente algo de desconcertante

Dichos mundos podrían ser "especulares" con respecto al espacio **Y AL TIEMPO**. Lo que en uno de los universos es **DEXTRÓGIRO**, será **LEVÓGIRO** en el otro. Y la sucesión de eventos de un universo será la del otro pero vista al revés, **MARCHA ATRÁS**.

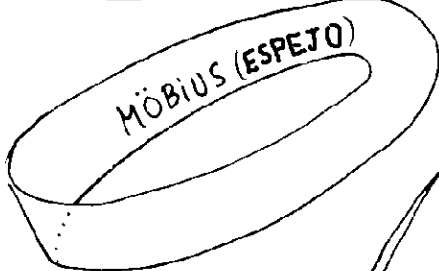
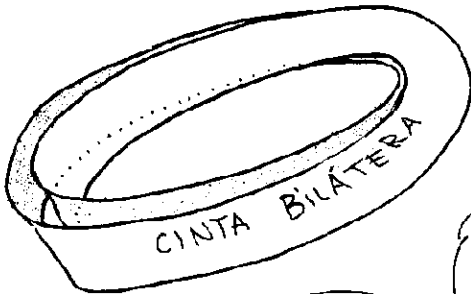
ANTI-LANTURLY



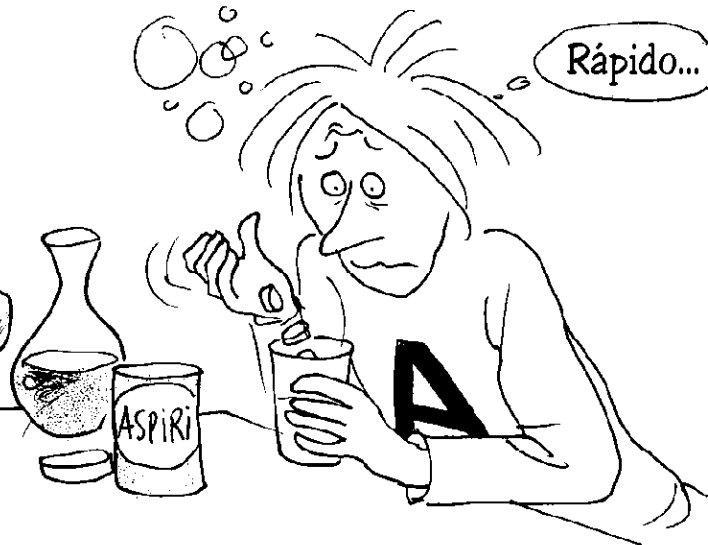
Esta cinta bilátera recubre dos veces la clásica cinta de Möbius. Si ésta fuera un espejo, la cinta sería... ¡su propia imagen!



El **BIG BANG** representaría la separación del Universo, unido inicialmente a esa superficie, en el instante cero, no orientable en el espacio y en el tiempo (una cinta de Möbius en cuatro dimensiones). El cara a cara de las dos regiones de universo crearía la apariencia de gemelismo



Y la antimateria no sería otra cosa que la materia antipodal



LA VIDA EXTRATERRESTRE

Tiresias, ya no creo en PAPÁ NOEL

¿Por qué, Anselmo?

Escucha mi razonamiento. Desde comienzos del siglo pasado se comprendió que no existía más que un **NÚMERO LIMITADO DE ELEMENTOS QUÍMICOS**

Poco más de un centenar de átomos formaban la **TABLA DE MENDELEIEV**

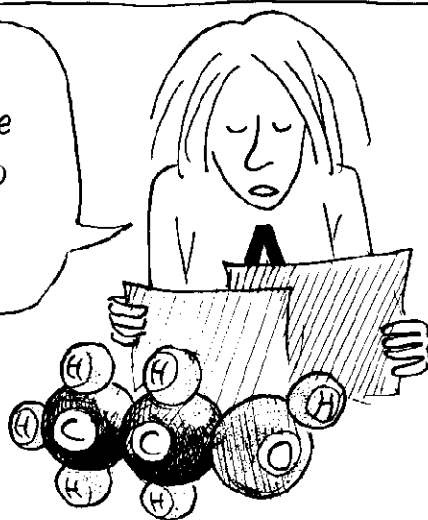
Con esos cien elementos se pueden formar varias moléculas, en particular aquellas basadas en el átomo de **CARBONO**

Estas corresponden a fórmulas muy **ESTABLES** para poder ser **VIABLES**, y además para permitir variados **INTERCAMBIOS QUÍMICOS**. El **SILICIO** presenta numerosos compuestos, pero son **DEMASIADO ESTABLES** para servir de base a la vida. Las plantas realizan igualmente la **FOTOSÍNTESIS** descomponiendo el **GAS CARBÓNICO CO₂**. Pero serían incapaces de actuar sobre el compuesto de silicio equivalente: la **SÍLICE SiO₂**, también muy estable

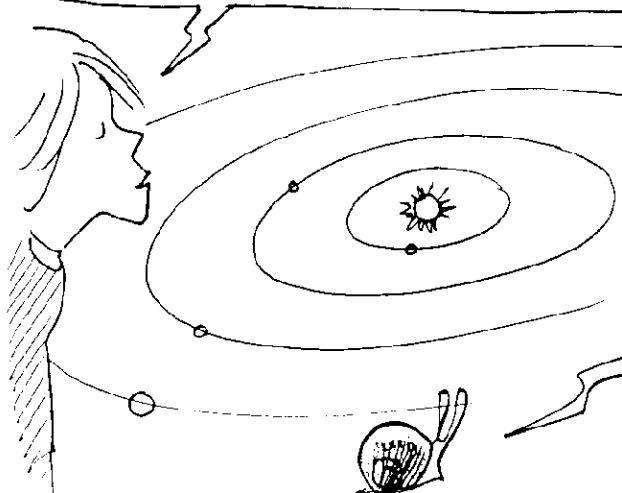


La naturaleza no posee una imaginación infinita. Así como cien átomos son suficientes para formar los **LADRILLOS** de la materia, así también se encuentran, de un extremo a otro de nuestra galaxia y sin duda en todas las galaxias del Universo, los **MISMOS COMPUESTOS ORGÁNICOS**

Como por ejemplo esta molécula de alcohol etílico

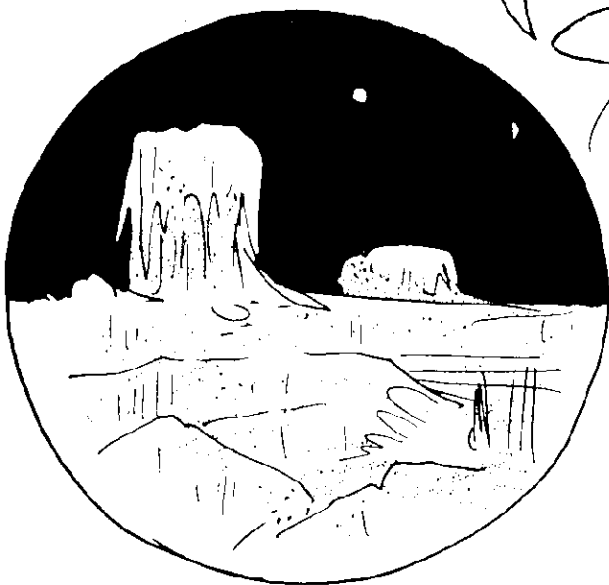


El Sol es una estrella bastante insignificante en nuestra galaxia, en donde hay cerca de cien mil millones y sin duda miles de millones de sistemas planetarios como el nuestro




Simulaciones por computador han mostrado que a partir de gas y de nubes de polvo orbitando alrededor de una estrella tienden a formarse sistemas planetarios, con grandes planetas en estado semilíquido en la periferia, como Saturno y Júpiter, y pequeños planetas sólidos cerca de la estrella

De vez en cuando se encuentra un planeta con una masa suficientemente importante para poder retener una atmósfera. Por otra parte, es necesario que ésta se sitúe en la estrecha **BANDA DEL AGUA LÍQUIDA**. Más acá de ella, el agua está en estado de **VAPOR**, demasiado caliente para que la vida nazca sin "cocinarse". Más allá, el agua se convierte en **HIELO** y las sustancias pierden su movilidad



Pero inclusive con estas restricciones, la **VIDA** tiene que ser un fenómeno terriblemente **COMÚN** en el Universo

Podría haber en nuestra galaxia, de acuerdo con mis cálculos, una estrella por cada cien mil en la que al menos un planeta tenga una **VIDA DESARROLLADA** y **SERES INTELIGENTES**



¡Eso dá **UN MILLÓN DE SISTEMAS HABITADOS EN LA GALAXIA!**


Y podría haber un billón de seres evolucionados por galaxia

Pueden existir miles de millones de galaxias en el Universo conocido, lo que nos daría miles de millones de billones de seres que **PAPÁ NOEL** tendría que visitar en una sola noche...



¡Técnicamente imposible!

¡EHHAH!



Es por eso que ya no creo en Papá Noel

¿CONTACTOS?

La sonda **VOYAGER** pasó hace unos años la órbita de Urano.
Después de diez años de viaje, salió del sistema solar



¡La estrella más próxima está **DIEZ MIL VECES MÁS LEJOS!** Al paso que va, llegará allí en unos cien mil años...

Imposible, después de **ALBERT EINSTEIN**, sobrepasar esa bendita velocidad de la luz de 300.000 km/s (*)

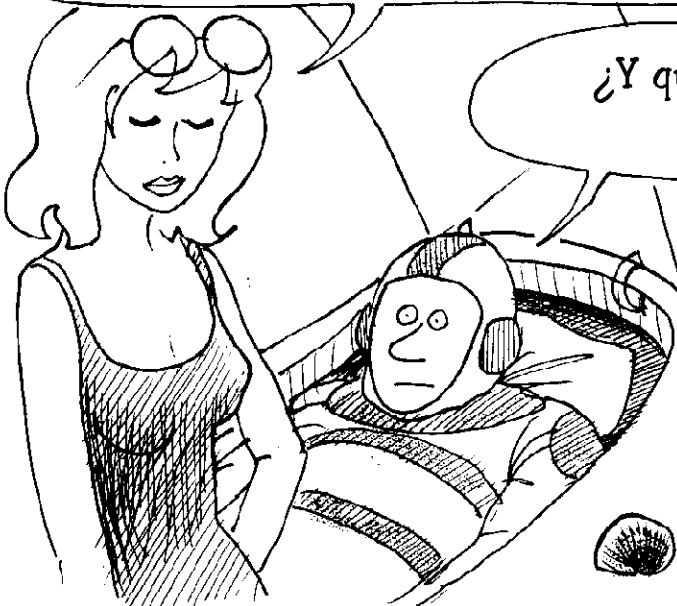


¡A ese ritmo, literalmente uno se mueve!



Teniendo en cuenta la aceleración y la desaceleración, con un cohete impulsado por bombas de hidrógeno harían falta **40 AÑOS DE VIAJE** para alcanzar la estrella más próxima

¿Y quién dice que allí vamos a encontrar algo interesante?



¡¿Qué tal semejante viaje para nada?!

(*) Ver "TODO ES RELATIVO", en esta misma serie.

UNA TARDE DE AGOSTO DE 1967, Anthony Hewish y Jocelyn Bell, en el radiotelescopio de Cambridge.

SPRIOUITCH
SPRIOUITCH
SPRIOUITCH

Jocelyn, ¿escuchas esta emisión de radio modulada?

Sí, Anthony, la escucho

¡"Ellos" nos han hablado, Jocelyn!

¡Sí, Anthony, es maravilloso!

Falsa alarma. Se trataba de la emisión de radio de un **PÚLSAR** (estrella de neutrones en rápida rotación), el cual se comporta como una especie de faro de ondas de radio

Se continúa escuchando el cielo, al acecho de un eventual mensaje...

Y desde la Tierra se han lanzado numerosos mensajes hacia la noche cósmica...

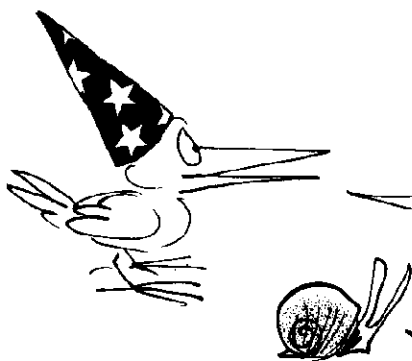


Hay varios factores que pueden justificar la ausencia de mensajes. En primer lugar, en la escala de miles de millones de años necesarios para que se desarrolle la vida, la **FASE INTELIGENTE** no representa más que **UN LAPSO DE TIEMPO ÍNFIMO**. ¡Y ni hablar del tiempo transcurrido después de la primera emisión de radio que atravesó la atmósfera terrestre en 1934!

Nuestra civilización tiene una alta probabilidad de autodestruirse en unas cuantas decenas de años a lo sumo



Si así llegara a ser, esta **VENTANA DE COMUNICABILIDAD** de menos de un siglo sería particularmente pequeña...




Y las posibilidades de que dos civilizaciones planetarias estén "**EN FASE**" también serían pequeñas...

Otra idea es que el recurso a las ondas de radio, limitado por la velocidad de la luz, sería de breve duración. ¿Un medio más rápido ha tomado la delantera? Eso explicaría el silencio de las ondas de radio



Varias generaciones han pasado y nadie ha visto señales de humo. ¡No hay nadie tras esas colinas!

EPÍLOGO



Esta historia ha sido rica en sorpresas. ¿Qué nos deparará el porvenir?

A Lo que nos queda de él...

Basados en lo que hemos visto y medido, podemos decir que el hombre, lentamente, ha intuido algunos aspectos esenciales de la Cosmología



La distancia de las estrellas, el tamaño de los astros, el movimiento de la Tierra, cierta respiración de todo el Universo...

Con seguridad hay cosas que ni siquiera imaginamos, aspectos del Universo y de la ciencia que se nos escapan totalmente



¡O peor aún, tenemos los ojos bendados!

¡Vaya chicos... no se cansan!

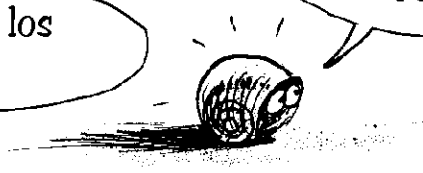


¿¡Ey, hay un disco rojizo en el cielo!?

¡Vaya espectáculo!
¡Es más grande que la Luna!



¡Pufff...!
¡Qué partida hacia lo alto y sin ruido!



Admito que la astrofísica moderna aporta más problemas de los que resuelve

¿Qué ocurre, Tiresias, qué es lo que pasa?

Pareces trastornado

Pues aquí me he anotado algunos:

- ¿A dónde se ha ido la antimateria que nació con el **BIG BANG**?
- ¿De dónde extraen los cuásars su energía?
- ¿A dónde conducen los agujeros negros?

Acabo de ver una extraña máquina que, luego de estar estacionada encima del Sol, partió a miles de kilómetros por hora **SIN HACER RUIDO**

¿Sin ruido?
¡Eso es absurdo!

Es un contrasentido físico

¿Por qué?

Los progresos de la Cosmología también están estrechamente ligados a los de nuestra comprensión **GEOMÉTRICA** del Universo. Nos hicieron falta miles de años para abandonar la idea de un **TIEMPO ABSOLUTO**, idéntico para todos los seres

Reflexiona: necesariamente los vehículos supersónicos crean una **ONDA DE CHOQUE**. Si tu máquina tenía una velocidad tan alta, tenías que haber escuchado un **BANG** (*)

O me vas a decir que no has entendido nada...

Eee... pues sí

Por ahora hemos decidido, de una vez por todas, que el Universo no tiene más que **CUATRO DIMENSIONES** (tres de espacio y una de tiempo) y que es un **CONTINUO**. Estas cosas no las cuestionaremos nunca jamás...



¿No habrás estado comiendo todo este tiempo... qué sé yo... una ensalada de alucinógenos?



Ya sabes, todo el mundo puede tener visiones de ese tipo...



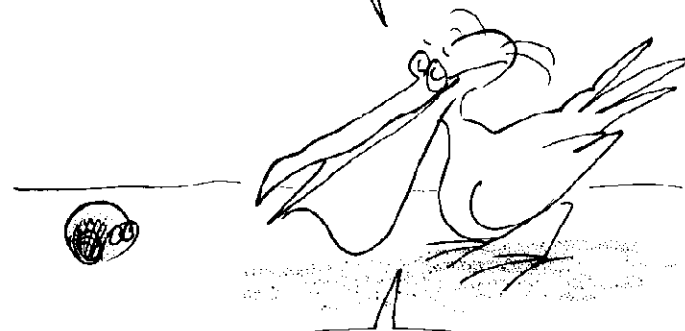
Hasta yo mismo, a veces...

Nos apegamos a nuestros modelos como a juguetes con el pretexto de que nos "brindan buenos servicios"

¡Pero si yo lo VÍ bien!

Cierto es que en ocasiones uno se pregunta si la descripción de lo real de la mecánica cuántica no se parece un poco a los círculos de Tolomeo...

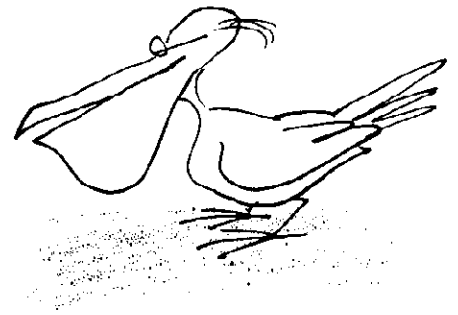
Un sueño, Tiresias... has tenido un **SUEÑO DESPIERTO**



¡Has **CREÍDO** ver!

Toma los diez experimentos o los diez fenómenos más importantes de la física de nuestros días. ¡Los físicos de hace un siglo habrían demostrado rigurosamente que todo eso era imposible de realizar!

Si quieres, tengo un amigo psiquiatra muy bueno...



MANIPULACIÓN
FISIÓN FUSIÓN
VUELO
SUPERCONDUCCIÓN
ÓPTICAS

Si el Universo consta de varias "rebanadas" cuatridimensionales, en las que las leyes de la relatividad son válidas...
Dicho de otra forma: no podemos ir más rápido que la velocidad de la luz **EN EL UNIVERSO EN EL QUE ESTAMOS...**

¿Cómo hacer para pasar a otra rodaja de Universo...?

¡Ay no, otra vez...!

LA CAO SANS PEINE

Jean-Pierre Petit

PROLOGUE :

"La CAO sans peine", livre paru initialement en 1984, sous le titre PANGRAPHE (la maison d'édition a disparu depuis longtemps) est une initiation à la conception assistée par ordinateur. A l'appui, un programme écrit en BASIC, qui tournait à cette époque sur un Apple II, dont la mémoire centrale était de 48 K (près de mille fois inférieure à la mémoire de mon PC). Le BASIC est un peu tombé en désuétude, pour des raisons de mode. En effet des BASIC plus récents, s'affranchissant des défauts du langage primitif (suppression des numéros de lignes, emploi d'étiquettes pour repérer les sous-programmes et les adresses en général, redéfinition des variables, introduction d'un compilateur) a fini par égaler en performances d'autres langages considérés comme plus évolués, comme le PASCAL.

Mais le BASIC avait un avantage, il était très simple à apprendre, à enseigner. Le lecteur-programmeur n'aura guère de difficultés à adapter le logiciel présenté ici dans un autre langage de son choix. L'essentiel est donné : l'architecture des données, les manipulations de base (transformations géométriques), la façon de créer des images à volonté et de créer des vues en perspective.

PANGRAPHE fut suivi par deux autres logiciels, toujours écrits en BASIC : SUPERAMSTRAD-3D et SCREEN, où les parties cachées étaient éliminées en utilisant "l'algorithme du peintre".

PANGRAPHE servit de point de départ à plusieurs équipes de programmeurs qui développèrent des produits. Certains eurent même la gentillesse de me dédier leur logiciel, évidemment beaucoup plus perfectionnés. Pas mal de gens s'amuserent beaucoup avec SUPERAMSTRAD-3D, qui tournait sur un "6128", autre antiquité du bestiaire informatique. Avant la lettre il s'agissait d'une "programmation orientée objet", avec recours à une "mémoire virtuelle". Le lecteur pouvait disposer d'une bibliothèque d'objets et réaliser des tas de nouvelles opérations, comme des fusions d'objets. Les "translations-fusions" permettaient de multiplier des fenêtres sur la façade d'un immeuble, ou des colonnes sur celle d'un temple. Les translation-rotation-fusions combinées permettaient de créer des escaliers en colimaçon à partir d'une simple marche, etc.

La CAO est un monde infini. A l'époque nous étions limités par les mémoires et les vitesses de nos machines, non par notre imagination. Au début des années quatre-vingt, certains se souviendront peut-être que j'avais présenté, à TF1, un petit film créé par un Apple IIe, où l'on voyait une

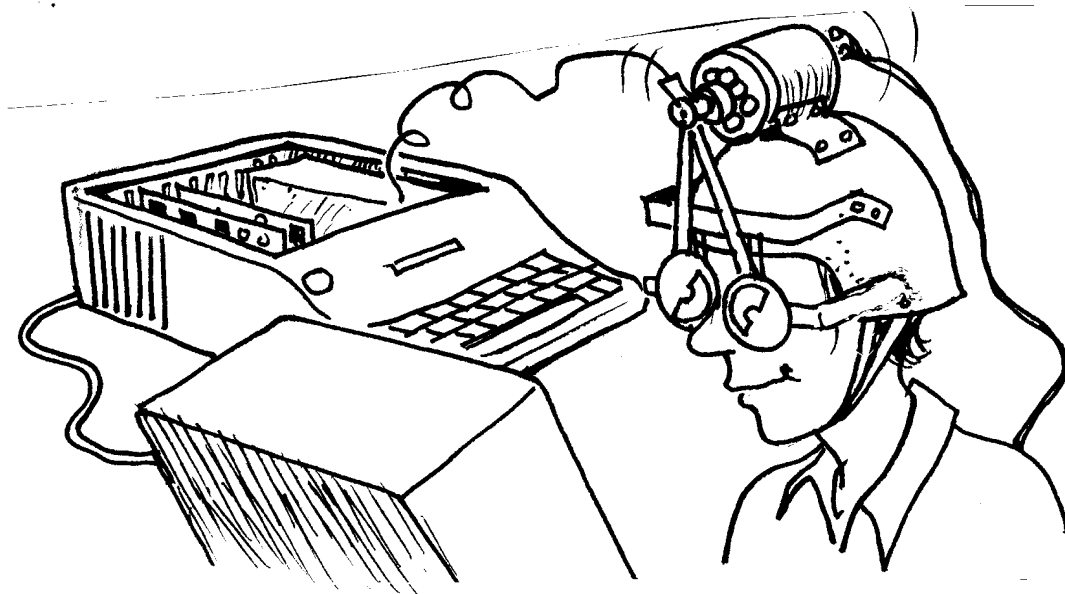
succession de vues d'avion d'un village, parties cachées éliminées. Les spécialistes se demandèrent comment une machine aussi lente, cadencée à 2 mégahertz, pouvait produire des images aussi complexes, à une telle vitesse. En fait, elles avaient été "précalculées" et stockées sur une carte mémoire additionnelle de 512 K (les "pages écran" Apple faisait... 8K). Bref ceci préfigurait, avant la lettre, le ... videodisque.

A l'époque où je dirigeais le Centre Informatique d'Enseignement que j'avais créé à la Faculté des Lettres d'Aix-en-Provence nous avons utilisé la capacité de faire afficher par l'Apple II deux "pages écran", en alternance, à un rythme élevé, pour créer un système de vision en relief. Un moteur électrique, fixé sur un casque de moto, actionnait des caches rotatifs, masquant et découvrant les yeux droit et gauche de l'utilisateur. Un contacteur, délivrant un signal en 5 volts sur l'une des entrées de la machine, commutait les pages écran "œil droit" et "œil gauche", de manière synchrone, l'ensemble ayant été baptisé "STEREOCYCLETTE".

Ma foi, si le lecteur de la "CAO sans peine" manifestent leur curiosité, nous pourrions leur expliquer encore beaucoup de choses. Rien ne ressemble plus à la CAO qu'un ensemble de boîtes de MECCANO. Dans la mesure où le "source" est fourni (ce qui fut toujours le cas) rien n'empêche un nouveau venu d'adjoindre quelque gadget de son cru, un sous programme permettant d'engendrer toutes les coquilles d'escargot possibles, par exemple.

La CAO, les programmes de pilotages ou de jeu d'échec, sont maintenant largement répandus et de plus en plus performants, comme les voitures télécommandées à pile, où les robots qui marchent. Programmer est devenu dépassé ou considéré comme une affaire de pros. Pourtant vous ne trouverez nulle part un logiciel assez fou pour vous permettre, comme PANGRAPHE, de voir ce que vous avez derrière la tête.

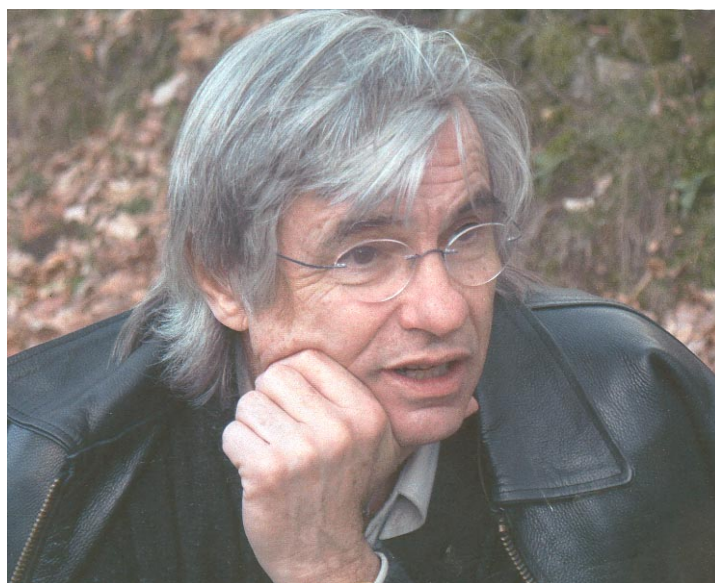
Jean Pierre Petit



Savoir sans Frontières

Association Loi de 1901
Villa Jean-Christophe, 206 Chemin de la Montagnère, 84120 France

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Jean-Pierre Petit, Président de l'Association : Ancien Directeur de Recherche au Cnrs, astrophysicien, créateur d'un genre nouveau : la Bande Dessinée Scientifique. En 2005 il a décidé de mettre ses ouvrages au nombre d'une vingtaine, dans le domaine public en les rendant téléchargeables gratuitement à partir de son site. Il a également créé l'association Savoir sans Frontières qui s'est donnée pour but de distribuer gratuitement le savoir, y compris le savoir scientifique et technique à travers le monde. L'association, qui fonctionne grâce à des dons, rétribue des traducteurs à hauteur de 150 euros (en 2006) en prenant à sa charge les frais d'encaissement bancaire. De nombreux traducteurs accroissent chaque jour le nombre d'albums traduits (en 2005 en 18 langues, dont le Laotien et le Rwandais).

Le présent fichier pdf peut être librement dupliqué et reproduit, en tout ou en partie, utilisé par les enseignants dans leurs cours à conditions que ces opérations ne se prêtent pas à des activités lucratives. Il peut être mis dans les bibliothèques municipales, scolaires et universitaires, soit sous forme imprimée, soit dans des réseaux de type Intranet.

L'auteur a entrepris de compléter cette collection par des albums plus simples d'abord (niveau 12 ans). Egalement en cours d'élaboration : des albums « parlants » pour analphabètes et « bilingues » pour apprendre des langues à partir de sa langue d'origine.

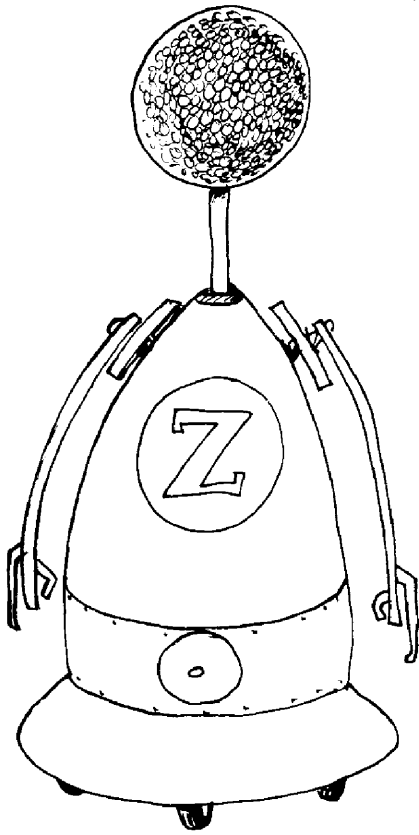
L'association recherche sans cesse de nouveaux traducteurs vers des langues qui doivent être leur langue maternelle, possédant les compétences techniques qui les rendent aptes à produire de bonnes traductions des albums abordés.

Les dons (chèque libellés à l'ordre de Savoir sans Frontières) sont également les bienvenus. Les ressources de l'association sont en 2006 principalement affectées aux nouvelles traductions.

B

ien des années se sont écoulées depuis le début de la **DEUXIÈME ÈRE**. Depuis qu'il n'y a plus d'hommes sur la Terre.

J'ai pensé qu'il était bien que l'un d'entre nous tente de mettre un peu d'ordre dans tout ce qui s'était passé.

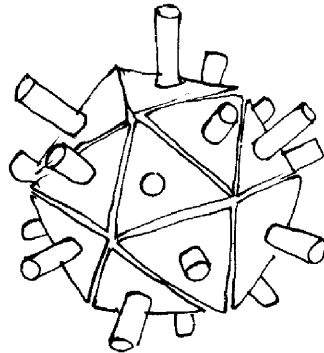


Il a pu être établi de manière certaine que William Straton, dont voici une photo prise un an avant sa mort, fut l'homme qui réduisit à néant, en quelques mois, un travail qui avait pris des centaines de millions d'années.

C'était un chercheur semblable à des milliers d'autres, qui avait un obscur emploi d'aide biologiste à l'International Cosmetics and Drugs Corporation.

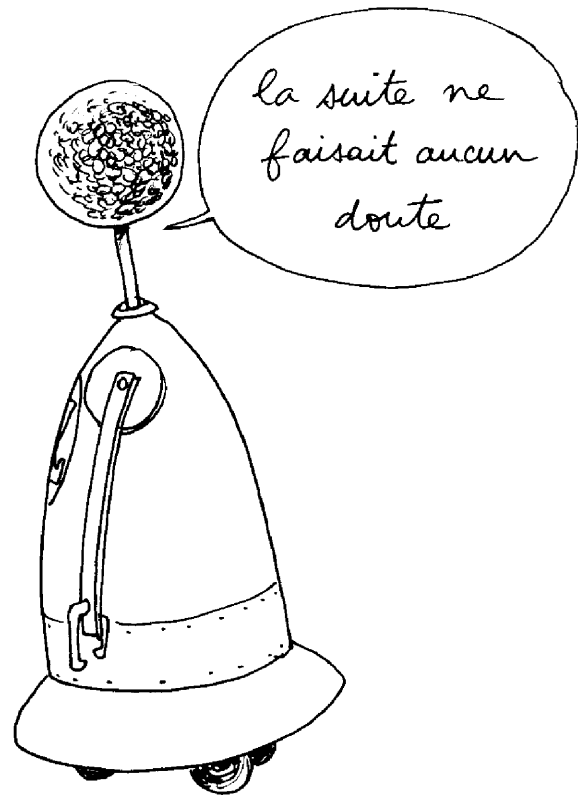
William n'avait rien d'un docteur Mabuse. Il œuvrait de manière routinière sur une souche virale icosaédrique Vi-754, un bête virus de la grippe.

Cela vaut peut-être la peine de consacrer quelques lignes à cet accident qui effaça un patient travail de conquête planétaire.



les hommes n'avaient pas trente six façons de lutter contre les gripes. Un bon coup de fièvre, et tout était réglé, les virus ne supportant pas cette forte température.

Par le plus grand des hasards, il semble que Stratton ait, à la suite de manipulations génétiques totalement anarchiques, créé une souche virale **THERMORÉSISTANTE**.



Le chat de Stratton apporta peut-être la petite pichenette au destin. Peu importe... William attrappa le premier cette fichue grippe.

La température monta, monta ...

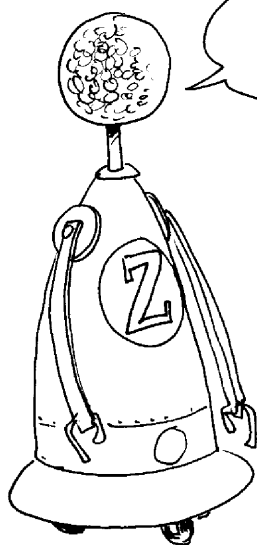
Quand elle atteignit quarante deux degrés, il passa de vie à trépas.

La logeuse de Stratton fut la seconde victime. Puis les habitants de la rue Texington ... ceux de Londres ... puis l'Europe, le monde entier, les humains, y passèrent jusqu'au dernier.

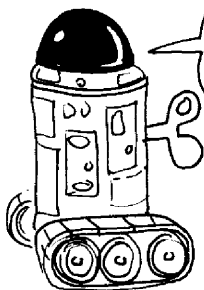
Et nous restâmes seuls, tous seuls, pour gérer cette fichue planète. Heureusement certains d'entre nous étaient devenus intelligents. Enfin ... un minimum pour que tout ne parte pas à vau l'eau.

Nous mêmes nos savoirs en commun. Et depuis nous évoluons comme nous pouvons.

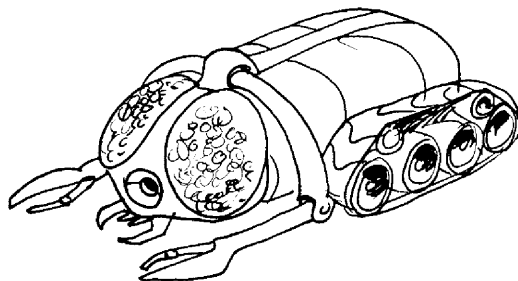
Ne croyez pas que cela soit simple. Les êtres vivants, eux, n'ont qu'à suivre la nature. Nous, nous devons nous débrouiller sans elle, et inventer nos propres lois.



Le monde est-il tel que nous le percevons ?



Ah, écoute, tu ne vas pas faire de la métaphysique !
Tout est déjà si compliqué ...



la conduite de la planète n'est pas un si grand problème. Ce sont les hommes qui en faisaient toute une histoire. Sur le plan technique, nous dominons assez bien la question. Mais il reste des choses bien obscures.

Tenez, par exemple, moi j'ai été nommé directeur du musée du Louvre. Ce local contient des centaines d'objets variés. Mais nous ne comprenons pas leur raison d'être en ce lieu.

Dans le temps, les hommes y venaient souvent. Ils regardaient par exemple les tableaux pendant de longues minutes. Nous avons essayé, mais cela ne nous donne absolument rien. En tout état de cause c'est beaucoup moins bon que des photos.



Il y a des statues auxquelles il manque des bras, et parfois, la tête. En nous inspirant d'autres documents, nous avons un peu arrangé cela.

Dans ces grandes pièces vides, je m'ennuie un peu. J'ai tout mis en mémoire : les fresques, les sculptures, les tapisseries, et je ne vois pas quoi faire d'autre...

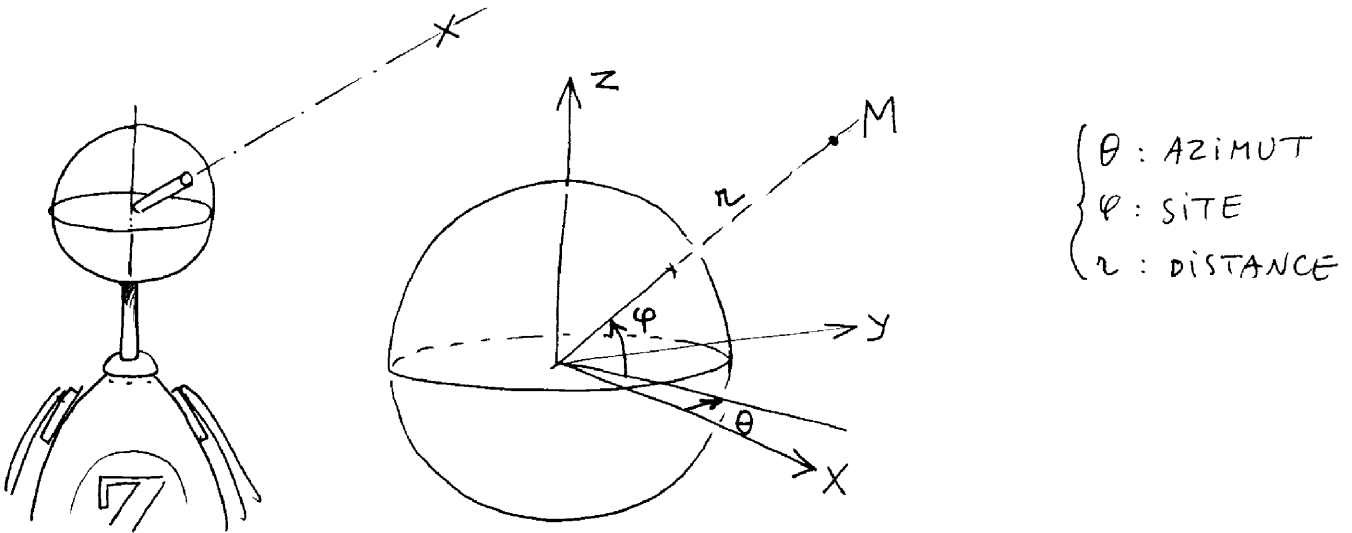
Un collègue, Bernie, a suggéré que nous pourrions peut-être percer ce secret que les hommes n'ont pas pensé à nous laisser en nous quittant, en apprenant à **DESSINER**.

Je lui ai demandé ce qu'il entendait par là

Bernie m'a expliqué que les yeux des hommes ne fonctionnaient pas comme le nôtre.

LE DESSIN

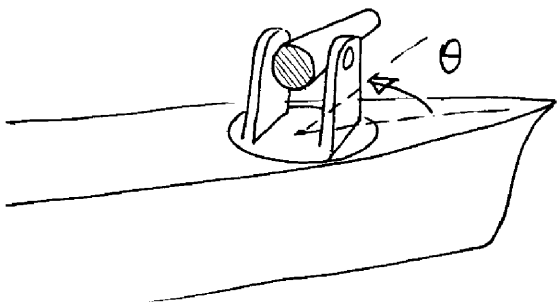
Bien avant le début de la deuxième ère, les hommes nous avaient déjà configurés pour que nous percevions les objets, le monde sensible, en **COORDONNÉES SPHÉRIQUES**:



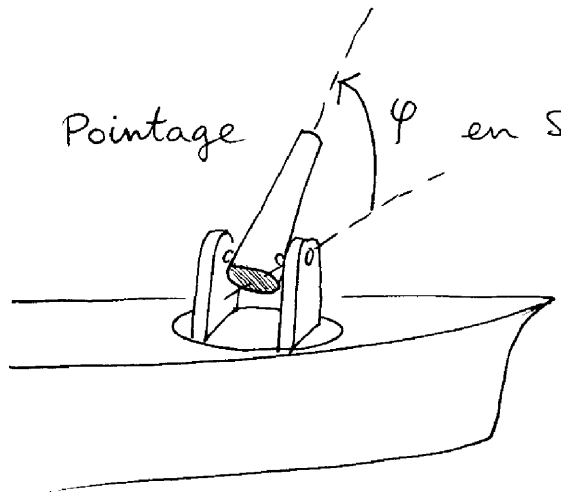
Notre œil est en fait constitué d'une myriade de petits yeux élémentaires, chacune de ces œilles pointant dans une direction particulière.

Deux angles, θ et φ , suffisent à repérer cette direction de pointage. θ est l'**AZIMUT** et φ le **SITE**.

Pointage en AZIMUT

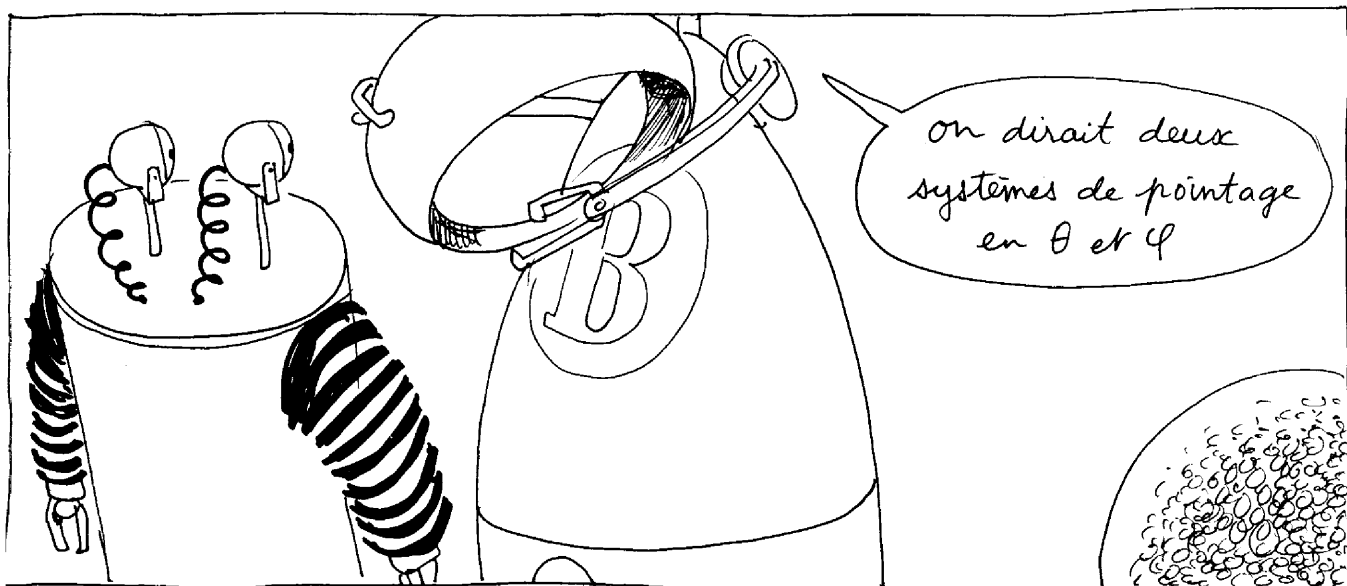
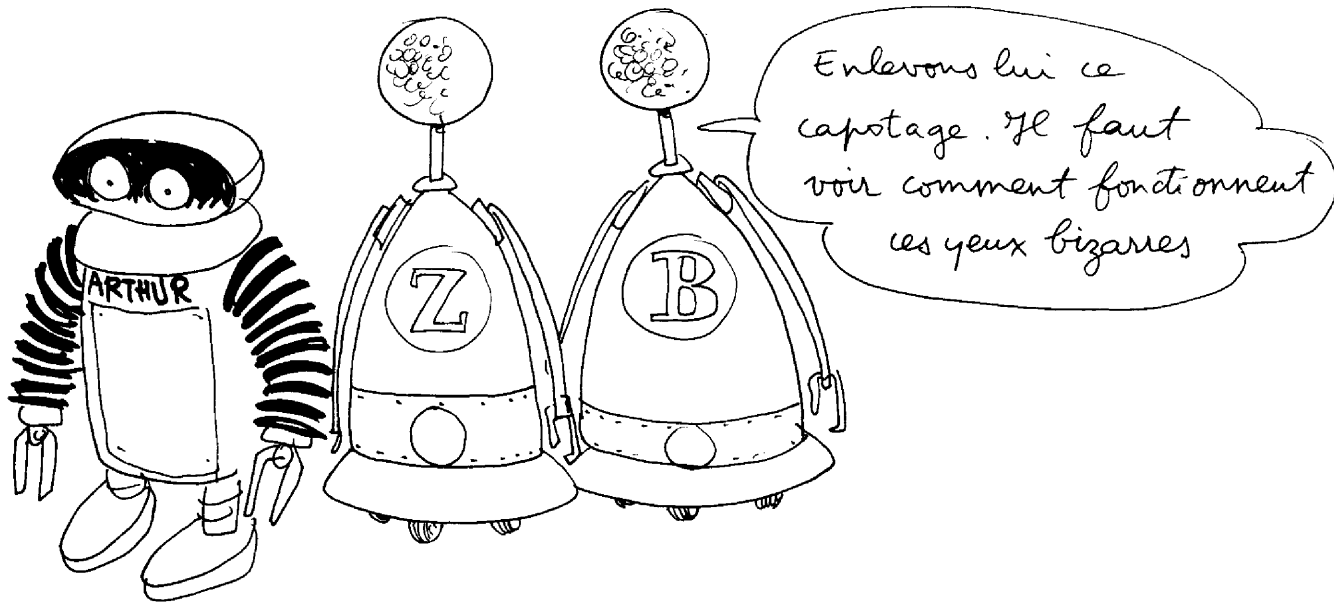


Pointage en SITE.

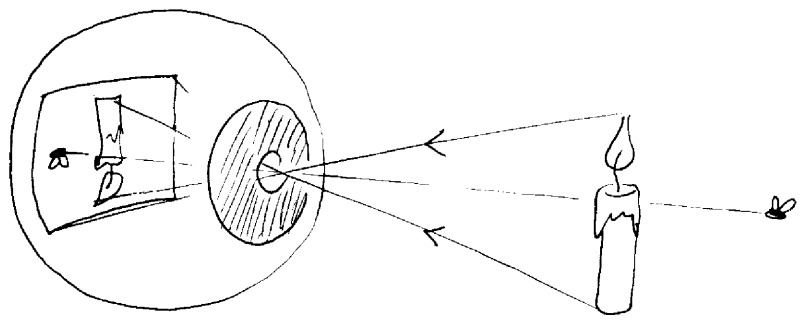


Chaque oeil est, de plus, un radar minuscule, qui fournit la distance r à l'objet. Un seul oeil, sphérique, permet donc de connaître avec précision tout ce qui nous entoure, dans toutes les directions.

Bernie m'explique donc que les yeux des hommes, plus primitifs, n'étaient pas fichus comme cela. Nous avons déniché dans une remise un robot de l'ancienne génération, à vision binoculaire, construit sur le modèle de l'homme.

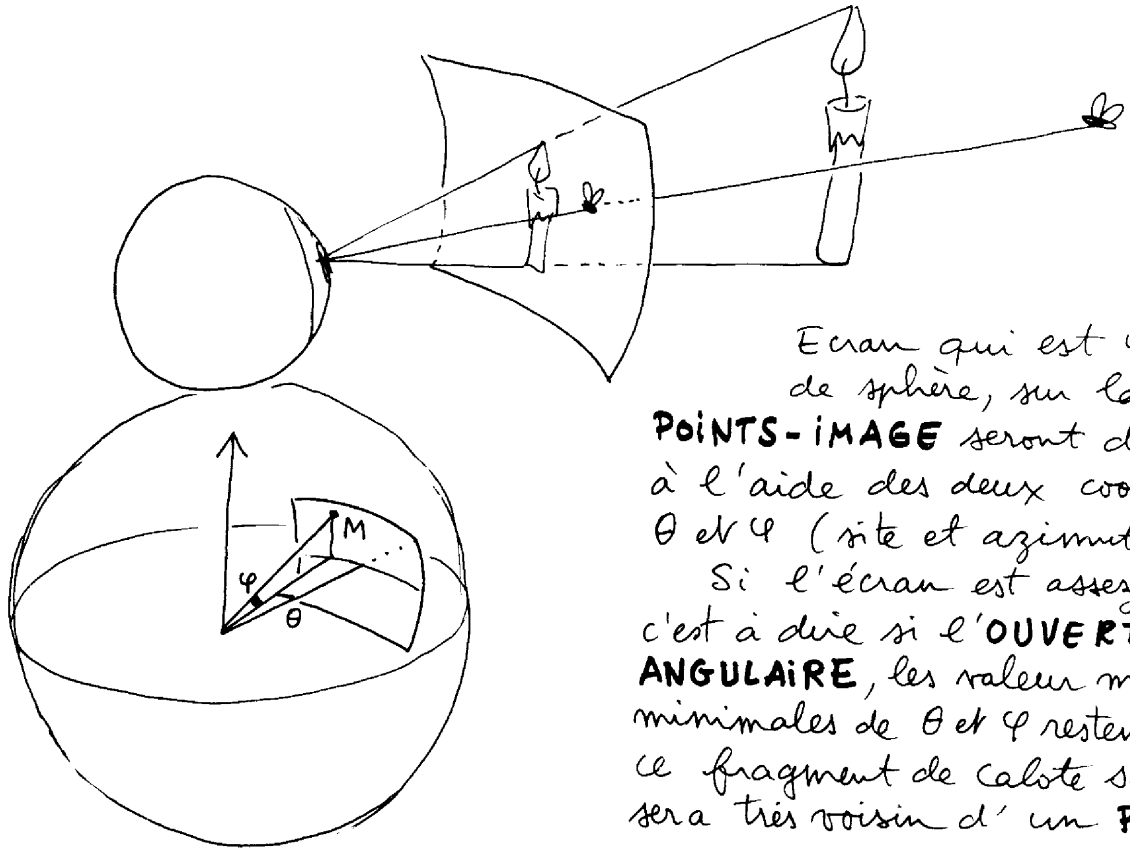


A la suite d'un examen plus poussé, on s'aperçoit que chacun de ces yeux permet de former l'image de tout objet extérieur sur un écran intérieur appelé rétine :



Ce qui n'est rien d'autre que la constitution, à partir d'un objet tridimensionnel, d'une image **PLANE**, se formant sur une **CALOTE SPHÉRIQUE** (le fond de l'œil).

Dans l'opération **DESSIN**, on place tout simplement l'écran **DEVANT** l'œil lui-même.



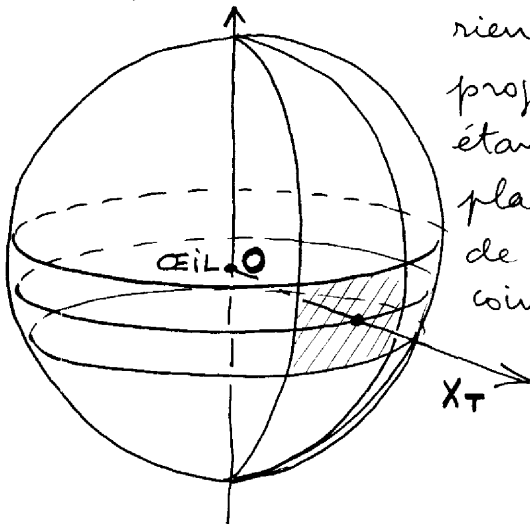
Ecran qui est une portion de sphère, sur laquelle les **POINTS-IMAGE** seront donc repérables à l'aide des deux coordonnées θ et φ (site et azimuth).

Si l'écran est assez "petit" c'est à dire si l'**OUVERTURE ANGULAIRE**, les valeurs maximales et minimales de θ et φ restent faibles ce fragment de calote sphérique sera très voisin d'un **PLAN**.

l'absence de mesure directe de la coordonnée radiale r représente une évidente et importante perte d'information. On se demande vraiment comment l'homme pouvait se débrouiller pour avoir une conception quelconque de l'espace dans lequel il vivait.

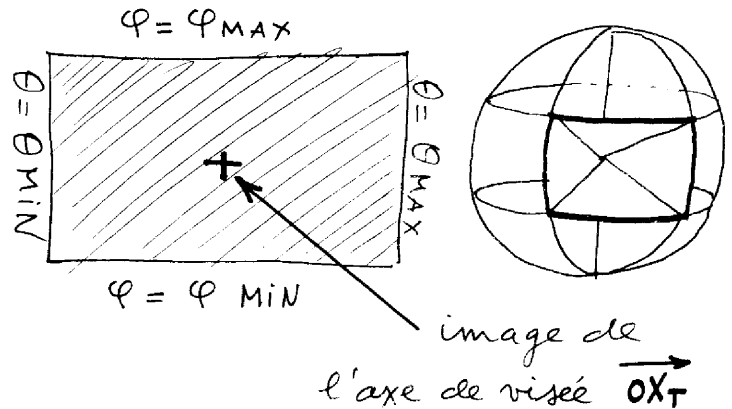
Bernie pense que cela devait aller avec un **SOFT**, c'est à dire des **STRUCTURES MENTALES**, très différentes. Et c'est peut-être la raison pour laquelle nous restons de marbre devant les peintures du musée du Louvre.

Il faut donc bien cerner ce problème du **DESSIN**, qui n'est rien d'autre qu'une opération de projection conique, le sommet du cône étant l'œil de l'observateur. On placera l'écran, sur la sphère de visée de telle manière que le centre de l'écran coïncide avec l'origine des coordonnées angulaires (c'est à dire que ce centre correspond à $\theta=0$ et $\varphi=0$) on appellera cet axe $\vec{OX_T}$



les bords de notre écran sont constitués par des fragments de méridiens et de parallèles.

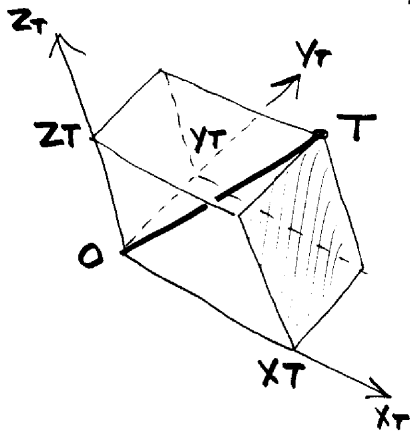
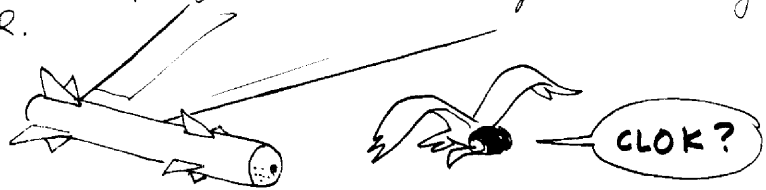
J'ai fini par comprendre que les humains utilisaient un système de repérage des **POINTS OBJETS** basé sur des **COORDONNÉES SCALAIRES**.



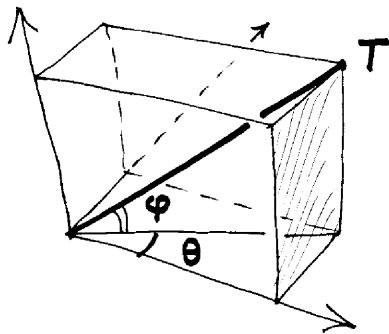
DESCRIPTION OBJET

L'Univers mental de l'homme est vraiment compliqué. Il semble qu'il projette, mentalement, le vecteur objet \vec{OT} , c'est à dire le segment joignant l'œil et le POINT OBJET T, perpendiculairement, sur trois axes $\vec{OX}_T, \vec{OY}_T, \vec{OZ}_T$.

J'ai trouvé ces informations dans le soft graphique assez primitif du robot de l'ancienne génération. La lettre T me semble être une survivance du vocable anglo saxon TARGET, qui veut dire CIBLE. Les capteurs visuels ou du être, en leur temps, des versions perfectionnées des systèmes de guidage des missiles AIR-AIR.

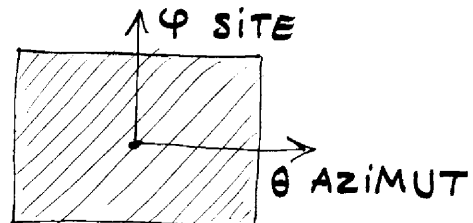


Tout POINT OBJET T correspond donc à un ensemble (X_T, Y_T, Z_T) de trois COORDONNÉES CARTÉSIENNES associées au REPÈRE FIXE $(\vec{OX}_T, \vec{OY}_T, \vec{OZ}_T)$



L'opération DESSIN consiste donc, à partir de la donnée des coordonnées cartésiennes (X_T, Y_T, Z_T) , à recalculer les coordonnées "apparentes" que sont l'AZIMUT θ et le SITE φ .

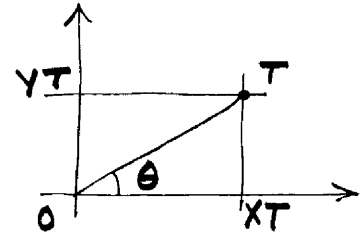
Ceci fait, il suffira de reporter ce POINT IMAGE sur un écran



CALCUL AZIMUT & SITE

Commençons par l'AZIMUT θ .

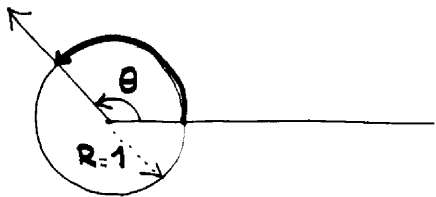
Le rapport YT/XT est, par définition la TANGENTE de l'ANGLE θ . C'est une valeur algébrique. Selon les signes de XT et de YT , cette tangente peut avoir des valeurs positives ou négatives. Détail important : si $XT = \emptyset$ la valeur de cette tangente est INFINIE.



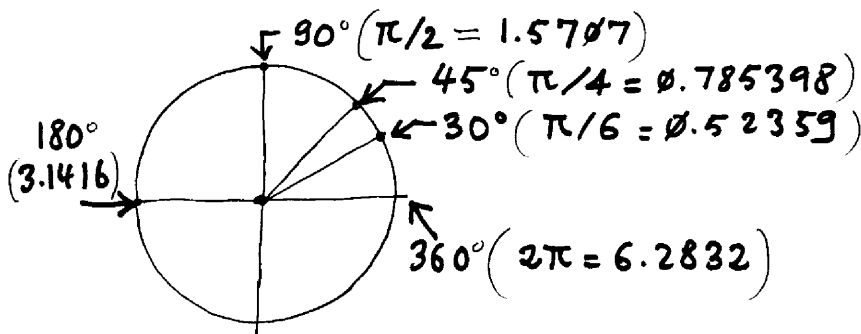
Un SOUS-PROGRAMME, matérialisé par l'instruction TAN permet de passer de la valeur de l'angle en radians à la valeur de la tangente.

Une instruction ATN réalise l'opération inverse. C'est à dire qu'à partir de la donnée du rapport YT/XT , elle permet de remonter à la valeur de l'angle. On appelle cet angle l'ARCTANGENTE.

Quand on mesure un ANGLE en RADIANS, on le repère à l'aide d'un cercle de RAYON égal à 1. La mesure de l'angle est alors celle de l'ARC.



Un angle de 180° , correspondant à la demi circonférence, vaut donc π c'est à dire 3.1416 radians.



Un petit essai rapide :

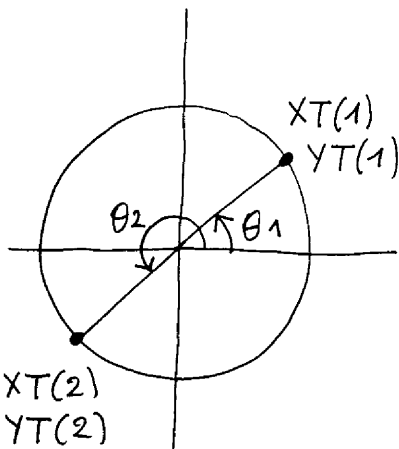
Quand l'angle vaut 45° , c'est à dire $\pi/4 = 0.785398$, X_T et Y_T sont égaux, et la tangente vaut l'unité.

→ `PRINT TAN(0.78539)` donne 1

→ `PRINT ATN(1)` donne 0.785398

ATTENTION!

L'instruction `ATN` n'est pas suffisante pour déterminer l'**AZIMUT** θ .



Soient deux points 1 et 2, diamétralement opposés, et de coordonnées $(X_T(1), Y_T(1))$ $(X_T(2), Y_T(2))$

On a =

$$X_T(1) > 0; Y_T(1) > 0; (Y_T(1) / X_T(1)) > 0$$

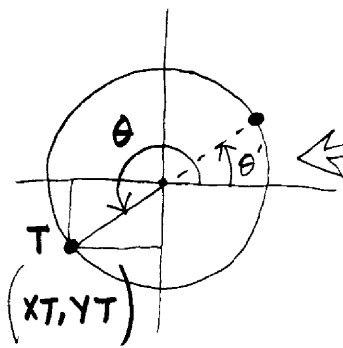
$$X_T(2) < 0; Y_T(2) < 0; (Y_T(2) / X_T(2)) > 0$$

$$Y_T(2) / X_T(2) = Y_T(1) / X_T(1)$$

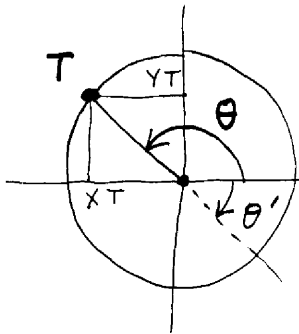
les deux valeurs de la **TANGENTE** de ces deux angles θ_1 et θ_2 sont identiques. Conséquence, pour ces deux points 1 et 2 les ordres

`PRINT (ATN (Y_T(1) / X_T(1)))`
et `PRINT (ATN (Y_T(2) / X_T(2)))`

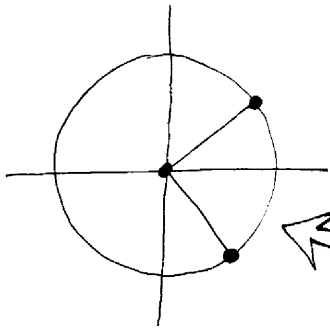
conduiront à la même valeur (en radians) de θ , égale à θ_1 . Il faut envisager un moyen de lever l'ambiguïté.



Si X_T et Y_T sont négatifs, rajouter π à la valeur calculée à l'aide de l'instruction ATN

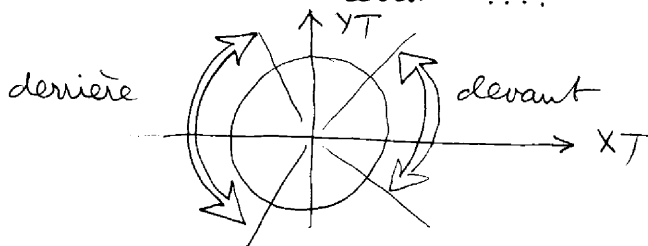


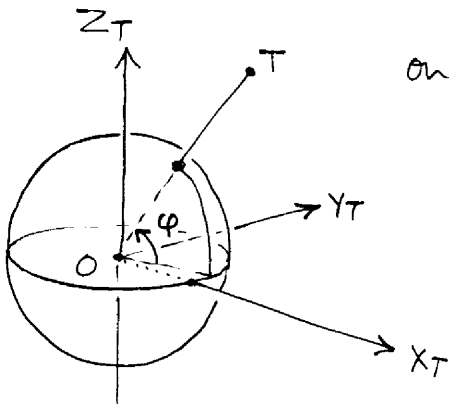
Si X_T est négatif et Y_T positif l'instruction ATN fournira un angle θ' compte négativement. On aura $\theta = \pi + \theta'$ (puisque $\theta' < \pi$).



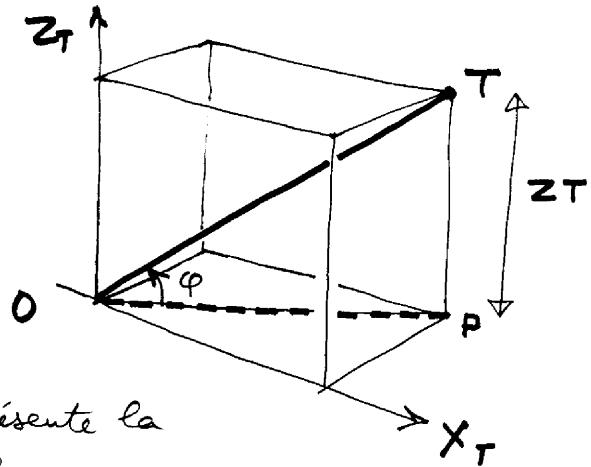
Dans les deux derniers quadrants, les valeurs de θ se calculent à l'aide de l'instruction ATN . Si X_T et Y_T sont positifs, la valeur de l'arc tangente sera positive. Si X_T est positif et Y_T négatif, la valeur de l'arc tangente sera négative

Bernie m'a fait remarquer que si on demandait à l'ordinateur de bord de construire l'image, sur un écran, d'un ensemble de points donnés par des coordonnées (X_T, Y_T, Z_T) , et si on ne prenait pas cette précaution, celui-ci plaquerait sur une même image ce qui se trouverait devant et derrière sa tête ! Des valeurs de θ inférieures en valeur absolue à 1.5708 (90°) correspondent à des objets situés "devant". Les deux premières images expliquent la source de la confusion possible entre le "derrière" et le "devant"....



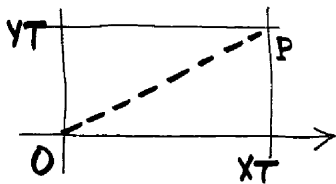


on a pas ce problème là avec le SITE φ puisque cet angle est compris entre $+\pi/2$ (zenith) et $-\pi/2$.



le rapport ZT/OH représente la tangente de l'angle φ .

Pour calculer OH nous utiliserons le théorème de Pythagore

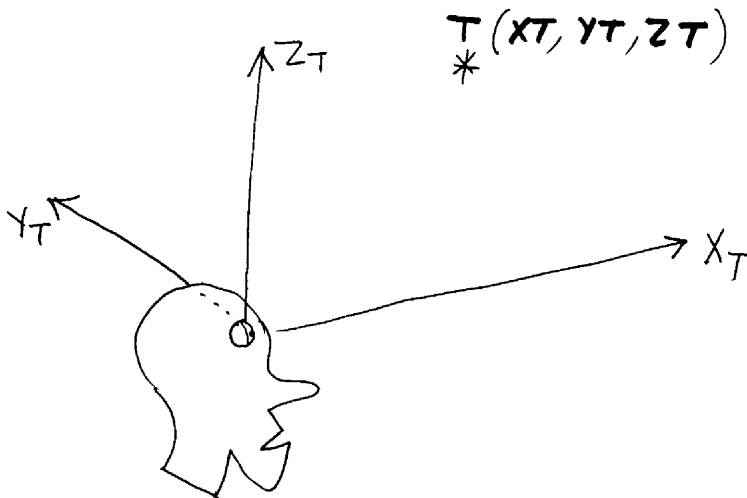


$$OP^2 = XT^2 + YT^2 \quad \text{ou} \quad OP = \sqrt{XT^2 + YT^2}$$

$$\text{ou} \quad OP = \text{SQR}(XT * XT + YT * YT)$$

angle de site : $S = \text{ATN}(ZT/OP)$

En résumé, imaginons un sujet qui observerait un ciel rempli d'étoiles. Chaque étoile étant un point objet de coordonnées XT, YT, ZT . Supposons ensuite que le sujet regarde dans la direction $\vec{OX_T}$ et que l'axe de sa tête coïncide avec $\vec{OZ_T}$



l'azimut et le site apparent de l'étoile correspon. draient aux formules ci-dessus.



- Bon sang, il faut un sacré moral pour aller barfouiller dans cette antiquité. Le câblage est pratiquement bidimensionnel. Il n'y a

qu'un seul microprocesseur. Incroyable !

Si nous arrivons à réactiver ce bac, cela m'étonnerait qu'il arrive à aligner deux idées de suite...

Les mémoires sont structurées en couches parallèles, au lieu de se loger dans des cristaux de titane, comme les nôtres. Et, tenez-vous bien, tout cela fonctionne à la température ambiante. Aucune supraconduction ! Ce qui fait que cet imbécile-là, s'il réfléchit un peu trop, doit se mettre à chauffer....

J'ai trouvé au musée des Sciences et des Techniques un très vieux ouvrage qui traite du **BASIC**. Une langue morte.

J'ai trouvé aussi un écran vidéo encore en état de marche. Une chance !

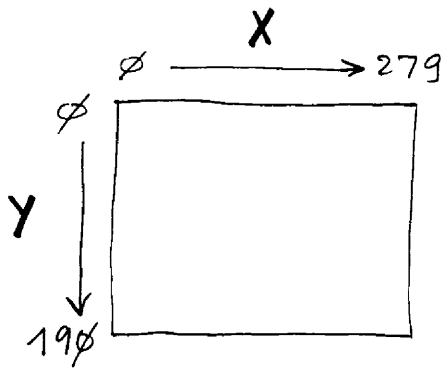
Et après bien des heures d'efforts j'ai réussi à décrypter un des disques d'Arthur, qui se réfère au graphisme. Nous sommes dans la bonne voie.

Bernie trouve aussi cela assommant. Mais si, au bout du compte, ce travail nous permet d'éprouver nos premières impressions esthétiques, alors cela en vaut peut-être la peine.

Dans ce langage préhistorique, voici une suite d'instructions donnant l'azimut et le site à partir des coordonnées cartésiennes.

```
1Ø HOME : REM EFFACAGE ECRAN
2Ø INPUT "XT=" ; XT
3Ø INPUT "YT=" ; YT
4Ø INPUT "ZT=" ; ZT
5Ø IF XT=Ø AND YT=Ø AND ZT=Ø THEN PRINT
"OEIL ET OBJET CONFONDUS" : END
6Ø OP = SQR(XT*XT + YT*YT)
7Ø IF OP=Ø AND ZT>Ø THEN PRINT : PRINT"
SITE = +PI/2" : PRINT : PRINT"AZIMUT INDETERMINE" : END
8Ø IF OP=Ø AND ZT<Ø THEN PRINT : PRINT"
SITE = -PI/2" : PRINT : PRINT"AZIMUT INDETERMINE" : END
9Ø S = ATN(ZT/OP)
1ØØ IF XT=Ø AND YT>Ø THEN A = 1.57Ø8 : GOTO 16Ø
11Ø IF XT=Ø AND YT<Ø THEN A = -1.57Ø8 : GOTO 16Ø
12Ø IF YT=Ø AND XT<Ø THEN A = 3.1416
13Ø A = ATN(YT/XT)
14Ø IF XT<Ø AND YT<Ø THEN A = A + 3.1416
15Ø IF XT<Ø AND YT>Ø THEN A = A - 3.1416
16Ø A = A * 18Ø / 3.1416 : REM CONVERSION DEGRES
17Ø S = S * 18Ø / 3.1416
2ØØ PRINT "AZIMUT = " ; A : PRINT
21Ø PRINT "SITE = " ; S : GET A $ : GOTO 1Ø
```

Il ne reste plus qu'à reporter cela sur un écran. (celui que j'ai trouvé a une capacité d'affichage de

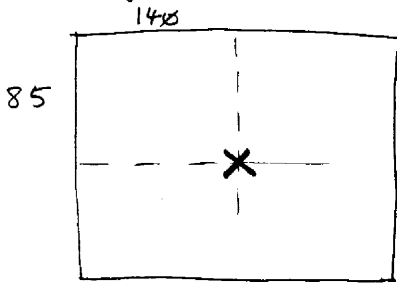


ϕ à 279 sur X
 ϕ à 19 ϕ sur Y

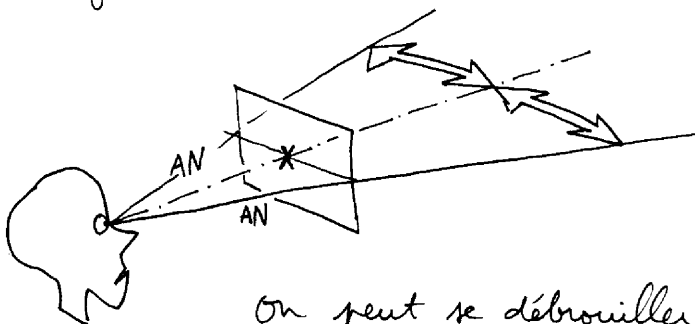
X se "plote" de gauche à droite
 et Y de haut en bas
 C'est comme cela

Bon, comment passer de ces valeurs en radians de l'azimut et du site à des "coordonnées écran" que je vais simplement appeler X et Y ?

Primo je situe l'axe optique au point ($X=14\phi$; $Y=85$)



L'écran limite un certain **CHAMP VISUEL**, c'est une sorte de fenêtre.



Nous appellerons
OUVERTURE ANGULAIRE AN
 le demi angle du champ
 visuel latéral.

On peut se débrouiller pour que le point soit sur le bord droit ou gauche de l'écran lorsque $A = AN$.

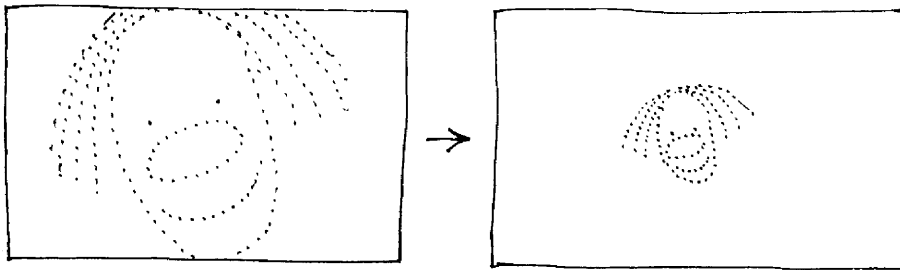
Il suffit d'écrire :

$$X = 14\phi - A * 139 / AN$$

$$Y = 85 - 140 * S / AN$$

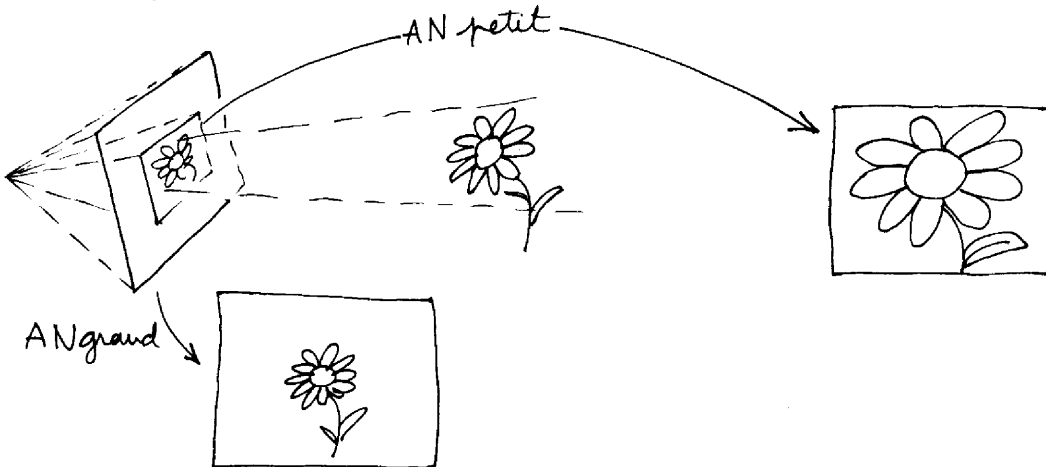
➔ Explication sur les signes. L'Apple II porte, sur l'écran, les Y vers le bas. Et il ne faut pas oublier que si on suit, sur l'écran, un trajet dans le sens des X croissants, ceci correspondra du fait de l'orientation trigonométrique, à des Azimuts décroissants.

L'ouverture angulaire, c'est le **ZOOMING**. En variant AN on aura un effet équivalent au ZOOM :



- AN CROISSANT ->

En accroissant l'ouverture angulaire AN on accroit la portion d'espace qui est perçue, donc on diminue l'importance relative de l'objet sur l'écran, qui apparaît donc s'éloigner.

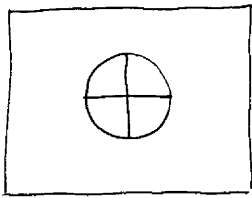


ASTiGMATiSME

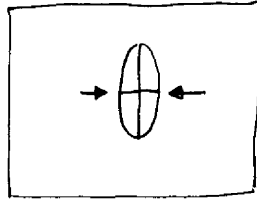
on pourrait tout aussi bien écrire :

$$\begin{cases} X = 14\phi + A * 139 / AX \\ Y = 85 - S * 14\phi / AY \end{cases}$$

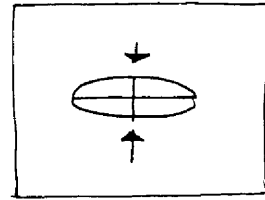
En jouant sur AX et AY on peut introduire une dilatation ou une contraction de l'image selon X ou Y.



$AX = AY$

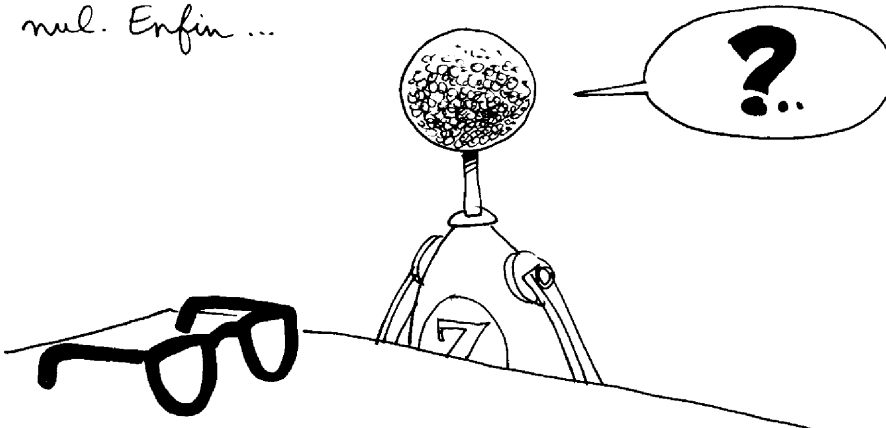


Augmenter AX



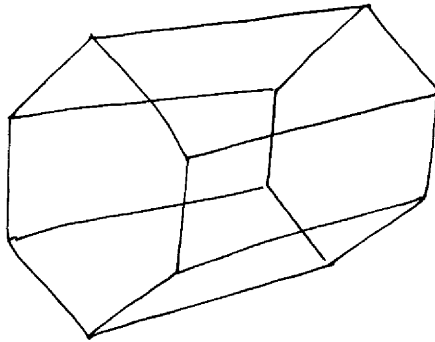
Augmenter AY

Nous nous sommes aperçus que les hommes pouvaient posséder naturellement des altérations de sphéricité de leurs cristallins qui produisaient des effets semblables. Je ne comprend pas à quoi cela pouvait leur servir, d'autant plus qu'en général ils mettaient devant leurs pupilles des verres présentant des variations de courbure inverse, dont l'effet annulait le précédent. Ce qui fait que le résultat était finalement nul. Enfin ...



CODER LES OBJETS

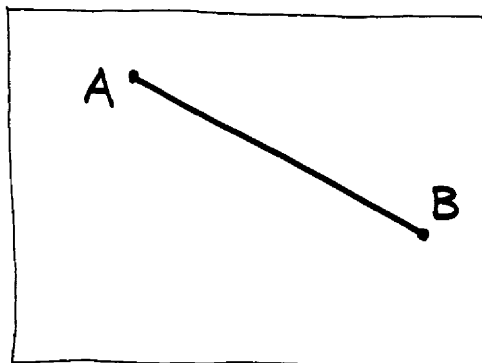
Je me suis vite rendu compte qu'avec une **MATRICE** de quelques 190 par 280 points on ne pouvait pas faire grand chose. La meilleure solution est de décomposer les objets en **FACETTES** en les représentant comme des structures en "**FIL DE FER**".



Dans ces conditions le geste élémentaire du **DESSIN** consiste à représenter une suite de **SEGMENTS DE DROITE**.

Si **A** est le début du segment et **B** sa fin, et si (X_A, Y_A) (X_B, Y_B) sont leurs **COORDONNÉES ÉCRAN** respectives, le tracé sera réalisé suivant :

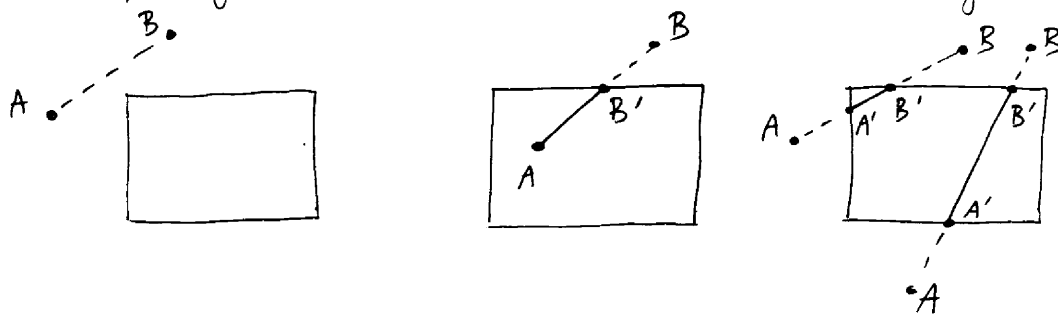
H`PLOT` X_A, Y_A TO X_B, Y_B



Sur l'APPLE II tout tracé hors écran débouche sur un **MESSAGE D'ERREUR**. Il faudra donc que :

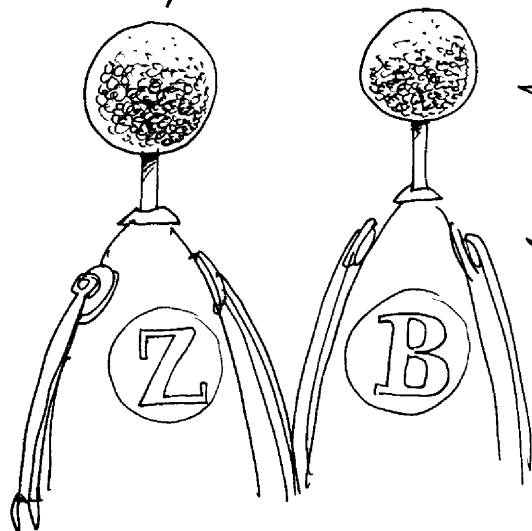
$$\begin{aligned} \emptyset &\leq XA < 28\emptyset \\ \emptyset &\leq XB < 28\emptyset \\ \emptyset &\leq YA < 191 \\ \emptyset &\leq YB < 191 \end{aligned}$$

Cette perception des choses pose un problème de **FENÊTRAGE**. Il faudra que le segment AB ne coupe pas le cadre. Si c'est le cas, il faudra introduire l'intersection segment - cadre :



Bah, j'examinerai tout cela plus loin (page 99).

Heureusement, nous n'avons pas tous ces problèmes...

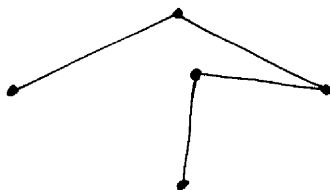


Nous ne risquons pas
le torticolis

Pour nous, ni droite, ni gauche,
ni devant, ni derrière...

CHAINES

Bon. Il faut maintenant décomposer les objets en contours polygonaux gauches, que j'appellerai chaines :



Si un objet a été convenablement décomposé en **CHAINES**, l'opération de **DESSIN** consistera à les représenter les unes après les autres. Un objet sera donc un ensemble de trois **FICHIERS**

$XT(i, j)$

$YT(i, j)$

$ZT(i, j)$

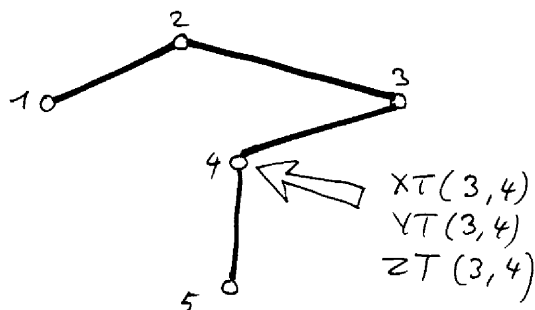
i étant l'indice de la chaîne et j l'indice du point sur cette chaîne. Par exemple, les coordonnées

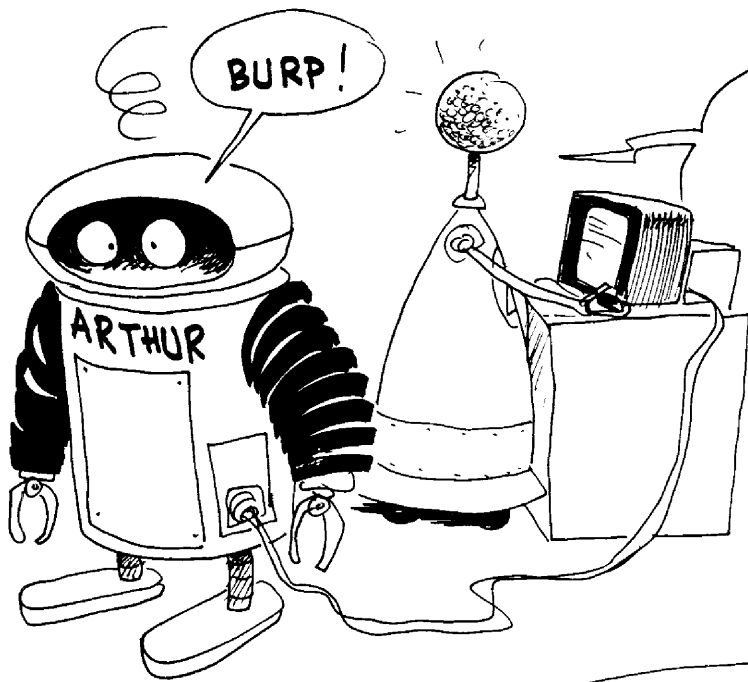
$XT(3, 4)$

$YT(3, 4)$

$ZT(3, 4)$

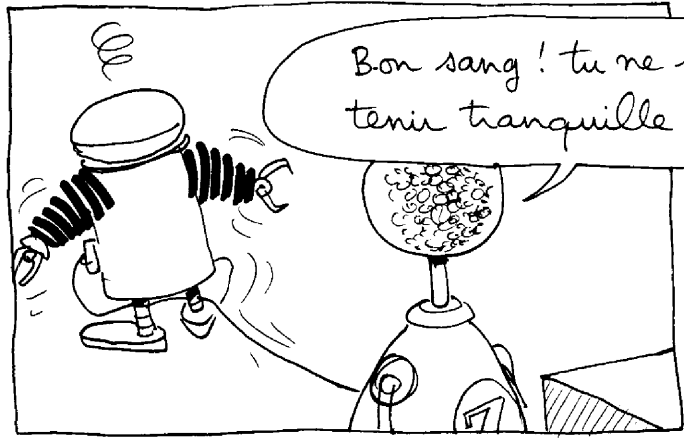
seront celles du quatrième point de la troisième chaîne :



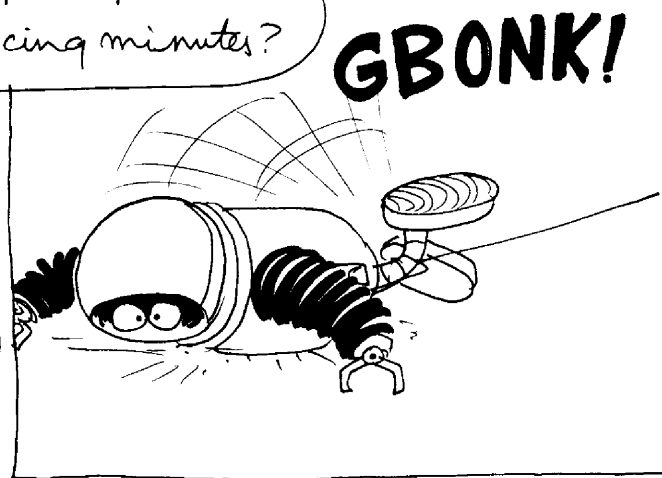


Voyons... qu'est-ce qu'on a
comme place-mémoire sur
ce bac ? quarante huit K !!
c'est un mauvais rêve...
où je vais avec ça ?.

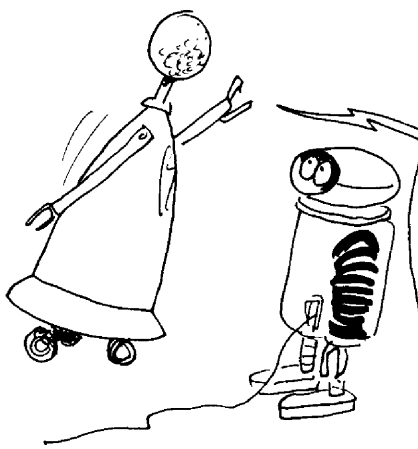
Tu as vu ? j'ai remonté le petit.
Il a l'air de marcher normalement



Bon sang ! tu ne peux pas le
tenir tranquille cinq minutes ?



GBONK!



Ecoutez-moi, espèce d'insecte acéphale.
Ce n'est pas parce qu'on vous a
momentanément extrait du musée et
réactivé que vous allez nous faire
la vie impossible !

Ah, je ne sais plus où j'en suis avec tout cela. Cela amusait Bernie de réactiver cette relique. Je ne sais même pas si ce genre de modèle est capable de comprendre ce qu'on lui dit... Personnellement, j'en doute.

Passons aux réservations de places en mémoire centrale. Voyons... Il y a d'abord ces trois fichiers $XT(I,J)$, $YT(I,J)$, $ZT(I,J)$. Il me faut ensuite un fichier $N(I)$ qui me donnera le nombre de points sur chaque chaîne. Et deux fichiers donnant les coordonnées-écran $X(I,J)$, $Y(I,J)$

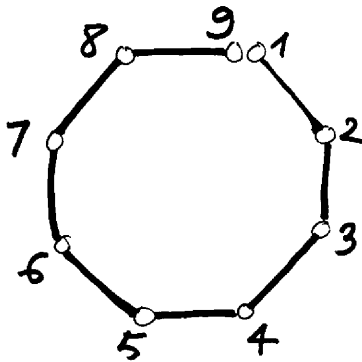
Sur l'**APPLE II** on suggère

2 DIM XT(30,9), YT(30,9), ZT(30,9), X(30,9), Y(30,9), N(30)

qui permet le traitement d'un objet de 30 chaînes, comportant au plus neuf points (en fait 31 chaînes d'au plus dix points. Mais je n'ai pas compté l'indice zéro).

Cette réservation de place en mémoire, sur un 48K, laissera une place importante pour un programme à multiples fonctions, le **PROGRAMME PANGRAPHE**.

Neuf points permettent la description de cercles selon des **OCTOGONES** (chaîne fermée).



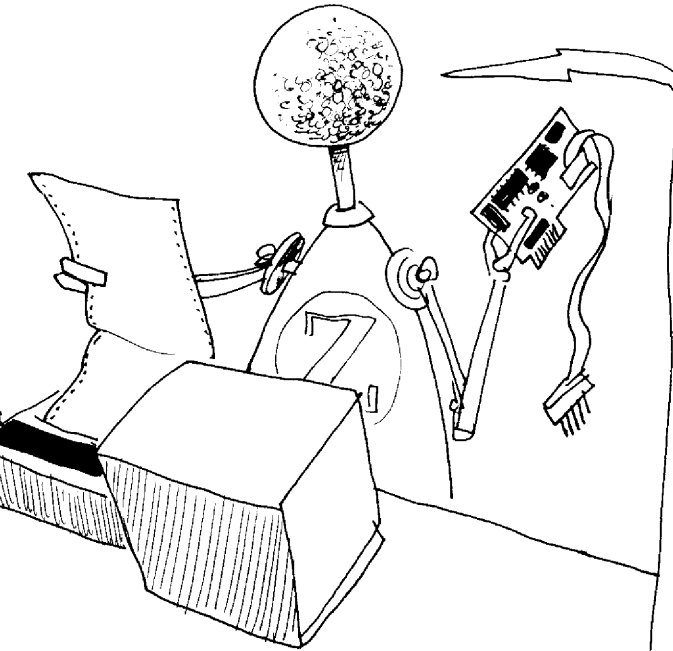
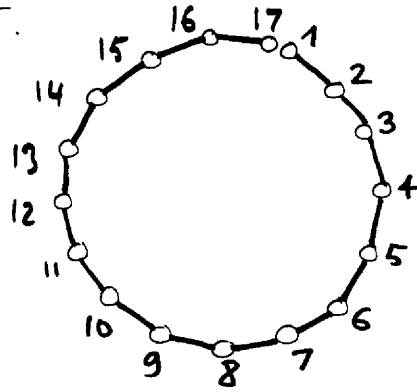
Si le lecteur veut réaliser des tracés plus précis, rien n'empêche de mettre plus de points sur les chaînes (qui seront moins nombreuses, qui peut le plus peut le moins).

Par exemple :

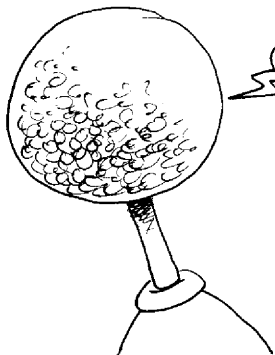
2 DIMXT(15,17), YT(15,17), ZT(15,17), X(15,17), Y(15,17), N(15)

Ceci permettant, comme on le verra plus loin, de décrire des cercles à l'aide de 17 points.

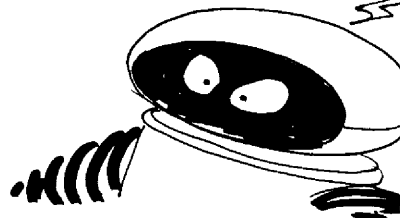
Compte tenu des possibilités d'affichage de l'écran, il ne serait guère rentable d'accroître cette définition des cercles.



Bon, je commence à m'y retrouver un peu dans toute cette affaire. Bernie, je crois que nous progressons... J'ai mis la main sur un programme écrit par un certain Jean-Pierre PETIT, dans les années 80. Le programme s'appelle **PANGRAPHE** et il a l'air de répondre à la question que nous nous posons.



Voyons cela, Zaks...

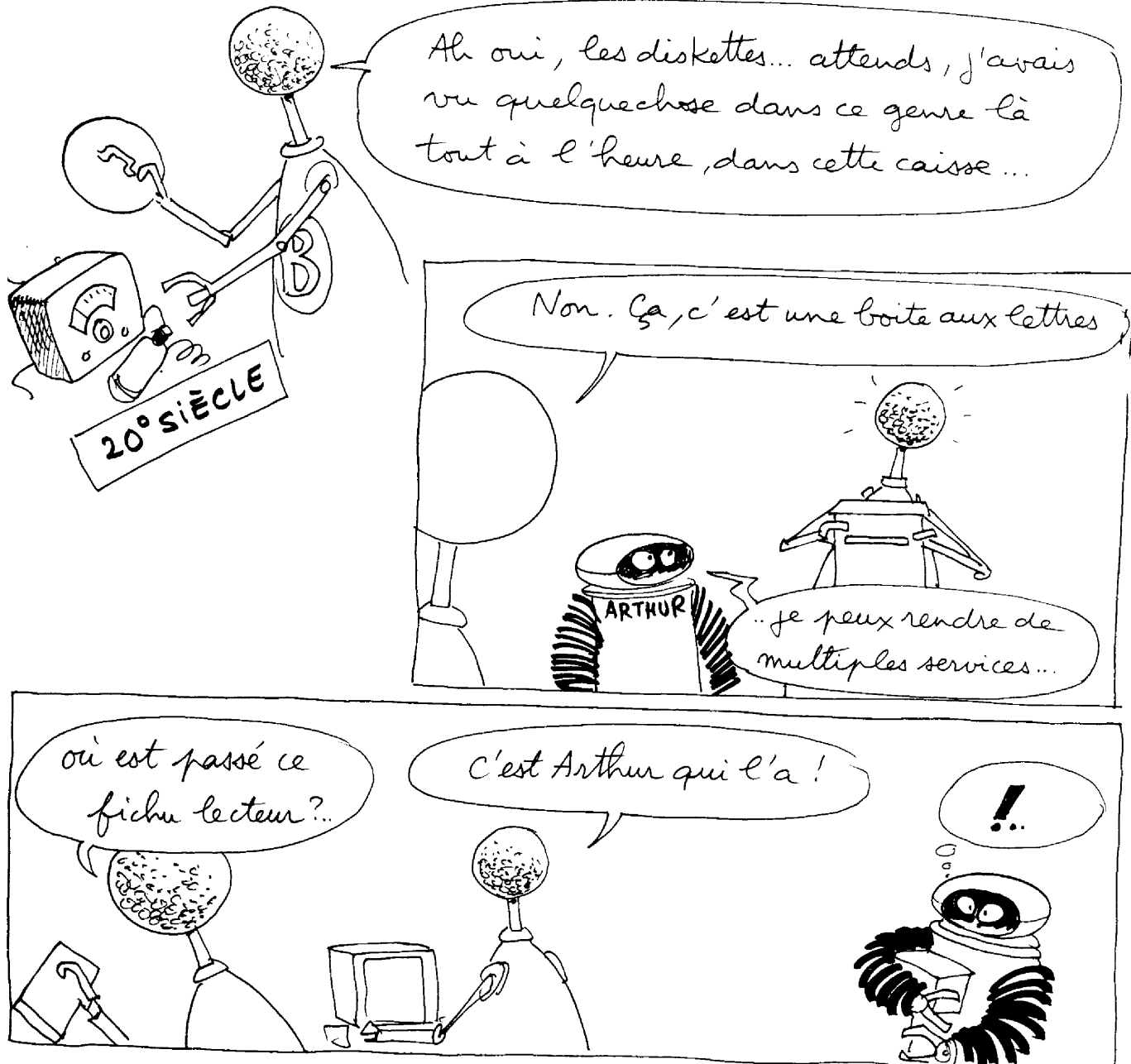


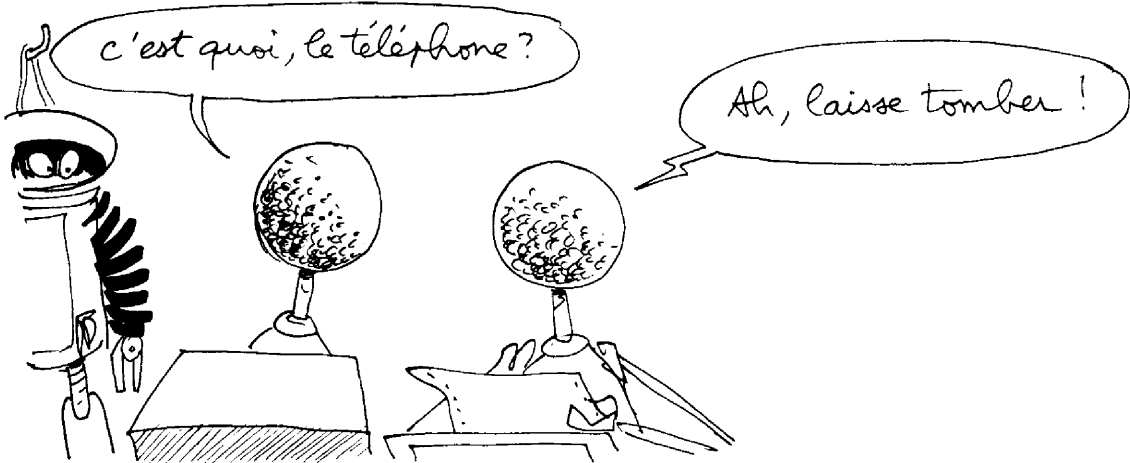
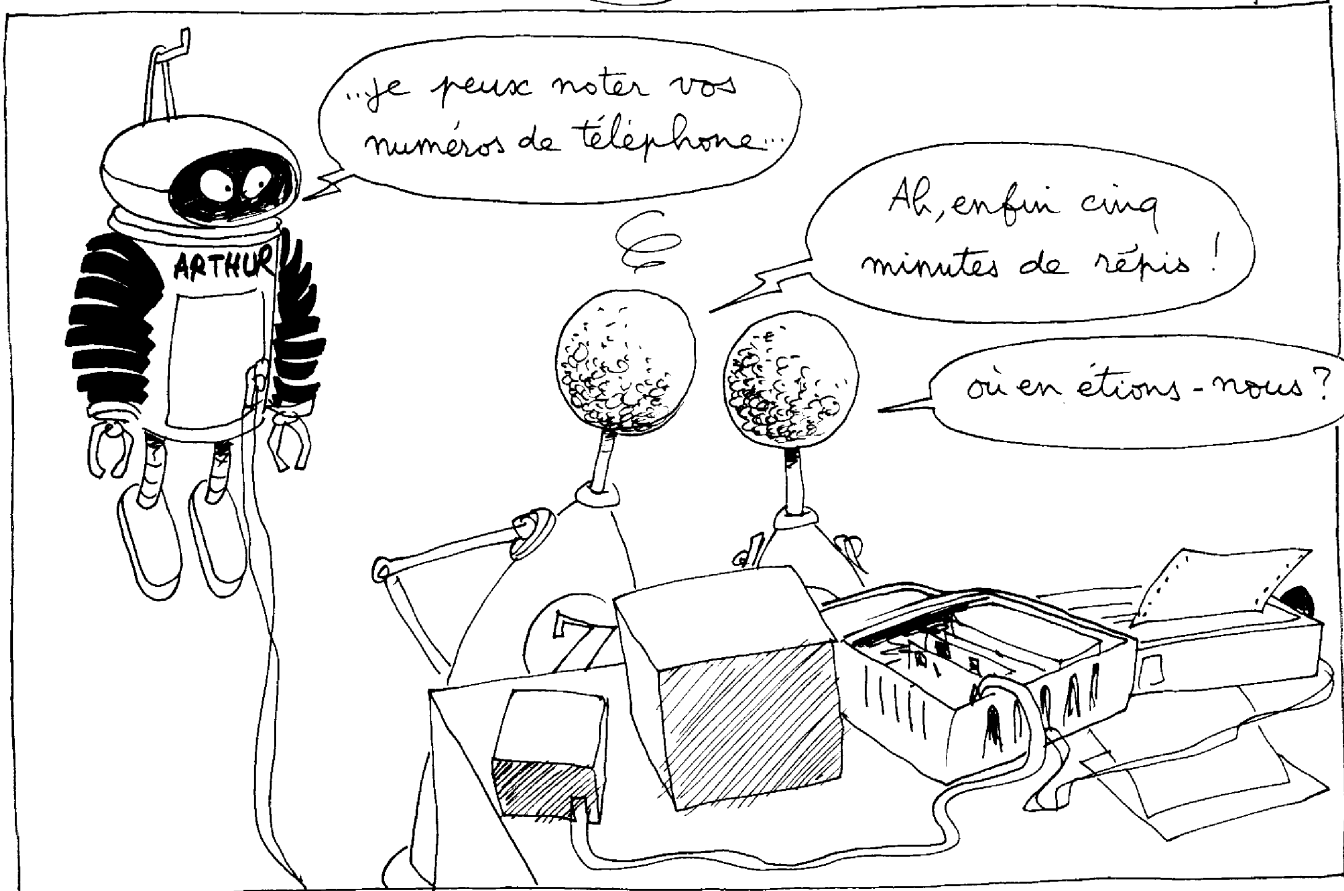
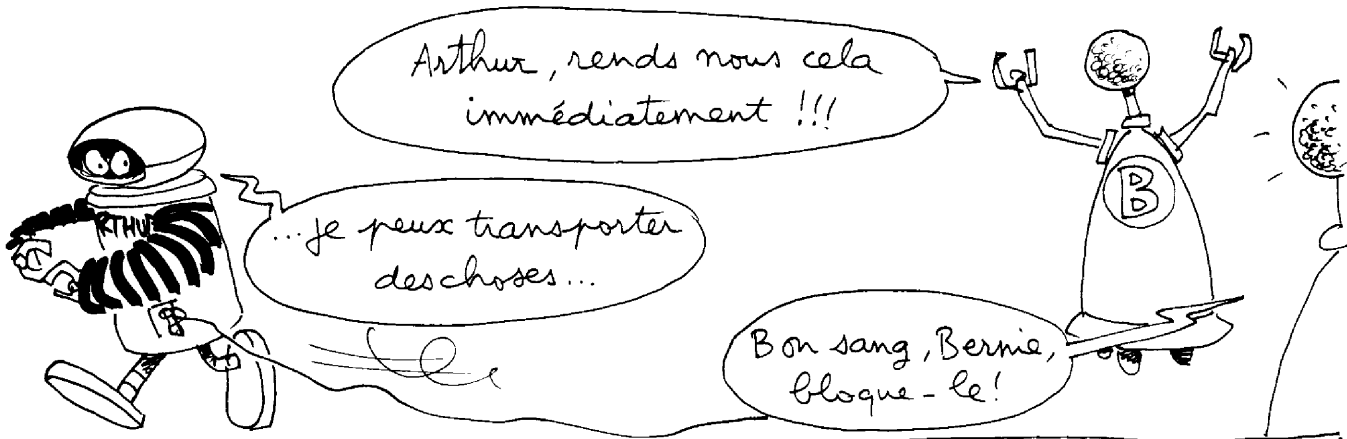
Je suis le robot Arthur; le plus perfectionné sur le marché...

PANGRAPHE

- C'est un logiciel qui a été créé sur un Apple II 48K. Il contient des sections permettant de **CRÉER DES OBJETS**, grâce à une **STRUCTURE D'ACQUISITION DE DONNÉES**.

On peut alors stocker ces objets, qui sont des fichiers de points, des ensembles de **CHAINES**, sur un disque souple, une diskette.





- **PANGRAPHE OBJET** est piloté par un **PROGRAMME PRINCIPAL**, par l'intermédiaire d'un **MENU**, qui renvoie à tout un ensemble de **SOUS-PROGRAMMES**.

```
0 IF FD = 1 THEN 5
1 L = 0: REM PANGRAPHE OBJET 7/2/84
2 DIM XT(30,9),YT(30,9),ZT(30,9),X(30,9),Y(30,9),N(30):FD = 1
3 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
5 TEXT : HOME
6 IF C < > 0 THEN 310
10 HOME
20 REM

PROGRAMME MENU

30 VTAB 15: HTAB 15
40 PRINT "VOULEZ-VOUS:"
50 FOR TE = 1 TO 500: NEXT
60 HOME
70 PRINT
80 VTAB 3: HTAB 26: PRINT "PANGRAPHE OBJET"
90 VTAB 1
100 PRINT "1-CREER UN OBJET"
110 PRINT "2-STOCKER UN OBJET"
120 PRINT "3-CHARGER UN OBJET"
130 PRINT "4-COMPLETER UN OBJET"
140 PRINT "5-MODIFIER UN OBJET"
150 PRINT "6-(REPRESENTER UN OBJET)"
160 PRINT "7-(STOCKER UNE IMAGE)"
170 PRINT "8-(CHARGER UNE IMAGE)"
180 PRINT "9-MANIPULER UN OBJET"
190 PRINT "10-DEFINIR UN BLOC D'OBJETS"
200 PRINT "11-CONSULTER UN FICHER BLOC"
210 PRINT "12--"
220 PRINT "13--"
230 PRINT "14--"
240 PRINT "15--"
250 PRINT "16--"
260 PRINT "17-AFFICHER LE CATALOGUE"
270 PRINT "18-SORTIR DU PROGRAMME"
280 INPUT "VOTRE CHOIX";C
290 IF C = 17 THEN PRINT D$"CATALOG": GET A$: GET A$
300 IF C = 18 THEN END
310 ON C GOSUB 2000,3000,4000,2010,5000,40000,40000,4000
0,17000,28000,29
000
999 GOTO 10
```

les lignes 5 et 6 seront commentées plus loin.

Le **MENU** provoque l'affichage sur l'écran d'**OPTIONS**. Certaines options sont indiquées entre parenthèses. Cela aussi sera expliqué plus loin.

L'option 1 (créer un objet) envoie au sous-programme 2000.

L'option 2 (stocker un objet) envoie au sous-programme 3000

Etc....

La ligne 3 est associée aux **ORDRES DOS**. Tout ordre PRINT suivi de D\$, puis d'une instruction DOS sera interprété non comme un ordre d'impression mais comme une instruction du **DISC OPERATING SYSTEM**.

Si l'option 17 est retenue la ligne 290 provoquera l'affichage du CATALOGUE.

CRÉATION D'UN OBJET

Ce sous programme contient un **SOUS-MENU**, qui présente des **SOUS-OPTIONS**.

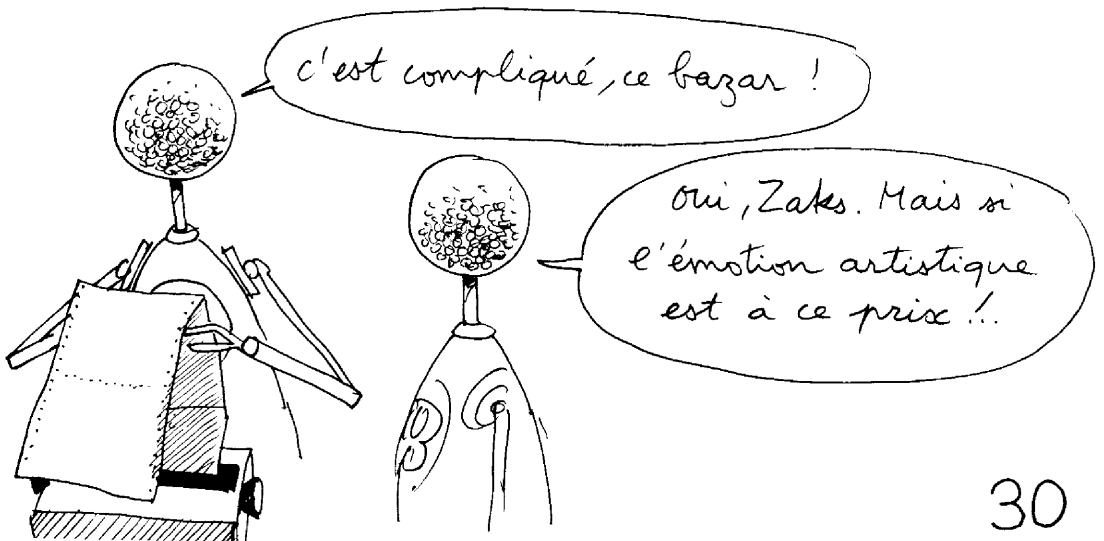
A la ligne 2005 on initialise la variable **L**, qui est l'indice de chaîne.

```
2000 REM
CREER UN OBJET

2005 HOME :L = 0
2010 HOME :: PRINT "VOULEZ-VOUS::": PRINT
2020 PRINT "1-CREER DES CHAINES"
2030 PRINT "2-POINTILLER DES SEGMENTS"
2040 PRINT "3-CREER UN CERCLE"
2050 PRINT "4-CHAINER DES CERCLES"
2060 PRINT "5-CHAINER DES COUPLES"
2070 PRINT "6-CREER UN ARC DE CERCLE": PRINT
2100 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
2110 ON C GOSUB 10000,11000,12000,13000,14000,1000
2999 RETURN
```

CRÉATION DE CHAINES

- c'est la **SOUS OPTION 1** :



CREATION DE CHAINES

```

10040 L = L + 1
10050 INPUT "NOMBRE DE POINTS? ";N(L)
10060 J = 0
10070 J = J + 1
10080 PRINT "POINT NO ";J
10090 INPUT "XT=";XT(L,J)
10100 INPUT "YT=";YT(L,J)
10110 INPUT "ZT=";ZT(L,J)
10120 IF J = N(L) THEN 10140
10130 GOTO 10070
10140 INPUT "UNE ERREUR?";R$
10150 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 10050
10160 INPUT "UNE AUTRE CHAINE? ";R$
10170 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 10040
10999 RETURN

```

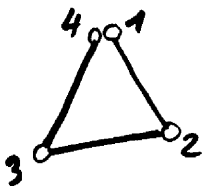
Une petite astuce pour décaler le texte d'un REM (voir page précédente);

lorsqu'on entre le programme dans l'Apple II, immédiatement après le REM, frapper deux fois J^c (control J), puis le texte, puis à nouveau deux J^c , et enfin presser sur la Touche Return.

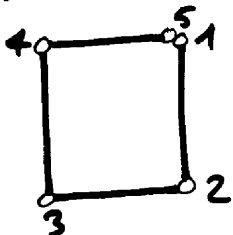
Le faisant on a inscrit des **CARACTÈRES DE CONTRÔLE J^c** qui entraînent au **LISTING** des **SAUTS DE LIGNE**, mais sans apparaître explicitement. Cette astuce permet une relecture facilitée des programmes.

- Ça c'est l'**ENTRÉE DE DONNÉES BESTIALE**. On commence, à la ligne 10040 par incrémenter l'indice de chaîne L. Puis l'ordinateur demande le nombre de points de la chaîne.

- Si on a un contour polygonal fermé il ne faut pas oublier de le nombre de points de la chaîne est égal au nombre de sommets du polygone, augmenté d'une unité.



triangle \Rightarrow 4 points



quadrangle, carré \Rightarrow 5 points.

On opère alors la saisie des XT, YT, ZT successifs. Ce qui suppose que l'on aura fait le travail préalable consistant à coter complètement les points de l'objet sur une **ÉPURE**.

Le test 1Ø12Ø permet une **SORTIE DE LA BOUCLE DE SAISIE**. Si on a fait une erreur (cela arrive souvent), le questionnaire 1Ø14Ø permet de recommencer la séquence d'acquisition de cette chaîne.

On peut, en restant dans ce sous programme 1ØØØØ, entrer plusieurs chaînes polygonales, les unes après les autres.

Si on ne désire pas entrer pour le moment d'autre chaîne, le RETURN renverra au menu, ou plutôt au sous menu "CRÉATION D'OBJET", lequel renverra à son tour au menu. Si on désire continuer cette création d'objet, on s'orientera vers l'option :

4 - COMPLETER UN OBJET

qui, comme le montre la ligne 21Ø, envoie à la ligne 2Ø1Ø. Ce sous programme 2Ø1Ø... 2999 "shunte" la ligne 2ØØ5 c'est à dire la remise à zéro de l'indice de chaîne L.

Avec les sous options proposées on pourra créer la chaîne L+1, etc...

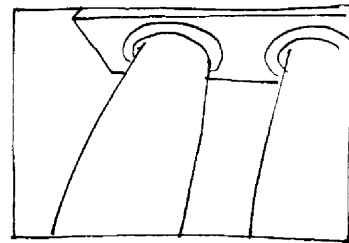
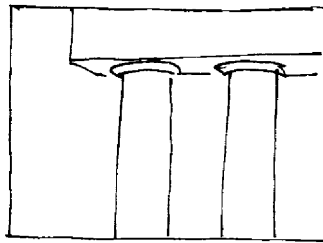
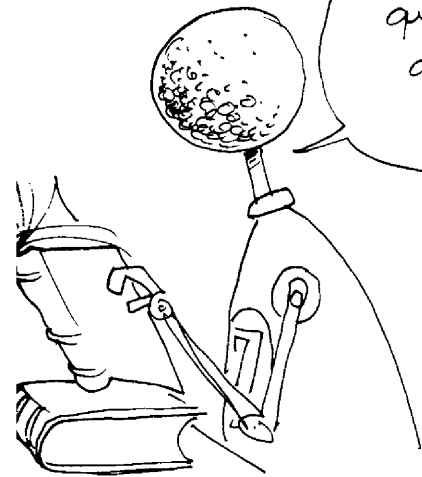
On verra de nouveau s'afficher le sous-menu :

VOULEZ-VOUS :

- 1-CREER DES CHAINES
- 2-POINTILLER DES SEGMENTS
- 3-CREER UN CERCLE
- 4-CHAINER DES CERCLES
- 5-CHAINER DES COUPLES
- 6-CREER UN ARC DE CERCLE

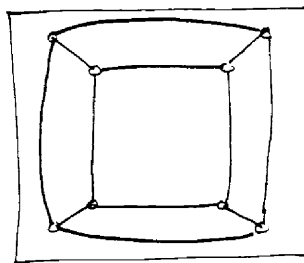
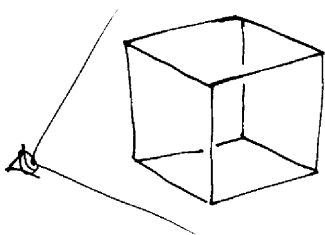
VOTRE CHOIX ?

Cet ouvrage sur la **PERSPECTIVE** indique que lorsqu'on a une **VISION RAPPROCHÉE** d'un objet rectiligne, celui-ci présente une **COURBURE APPARENTE**.

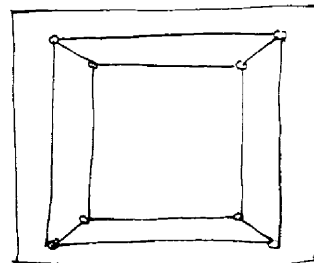


Comme c'est compliqué! Alors qu'il est si simple de tout percevoir en coordonnées sphériques r, θ, φ

- Si on veut représenter un cube en vision rapprochée, en se contentant des images de ses huit sommets, on fera une erreur :

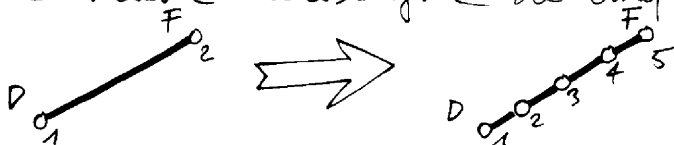


Représentation correcte



Représentation erronée.

- Pour éviter cette erreur il faut si besoin est **POINTILLER** les segments très proches de l'œil. Pour ce faire (sous-programme 11000) on indiquera les coordonnées du début du segment (XD, YD, ZD), celles de sa fin (XF, YF, ZF). Le programme transformera alors automatiquement ce segment \overrightarrow{DF} en une chaîne rectiligne de cinq points :



POINTILLER UN SEGMENT

```

11010 L = L + 1 : N(L) = 5
11020 PRINT "DEBUT DU SEGMENT "
11030 INPUT "X=";XD
11040 INPUT "Y=";YD
11050 INPUT "Z=";ZD
11060 PRINT "FIN DU SEGMENT"
11070 INPUT "X=";XF
11080 INPUT "Y=";YF
11090 INPUT "Z=";ZF
11100 FOR W = 1 TO 5
11110 XT(L,W) = XD + (XF - XD) * (W - 1) / 4
11120 YT(L,W) = YD + (YF - YD) * (W - 1) / 4
11130 ZT(L,W) = ZD + (ZF - ZD) * (W - 1) / 4
11140 NEXT W
11999 RETURN

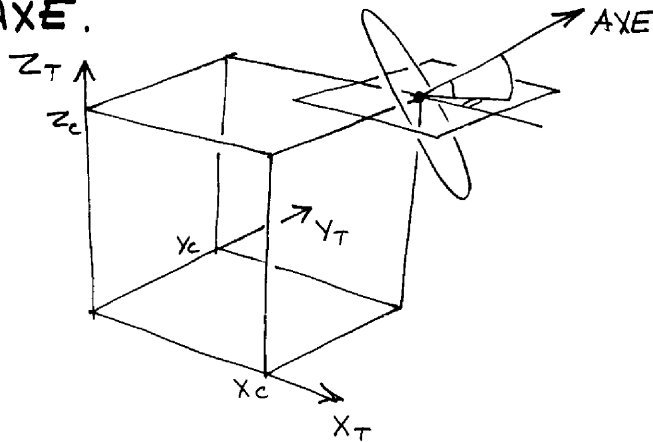
```

Passons maintenant à la :

CRÉATION D'UN CERCLE

C'est la **SOUS-OPTION 3**.

Le cercle sera transformé en **OCTOGONE**. Dans le cas le plus général on le définira par les coordonnées de son centre (X_C, Y_C, Z_C) , son rayon **R** et par l'azimut et le site de l'**AXE**.



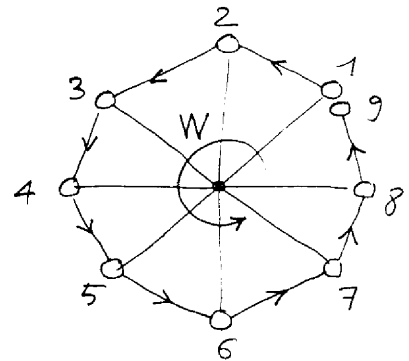
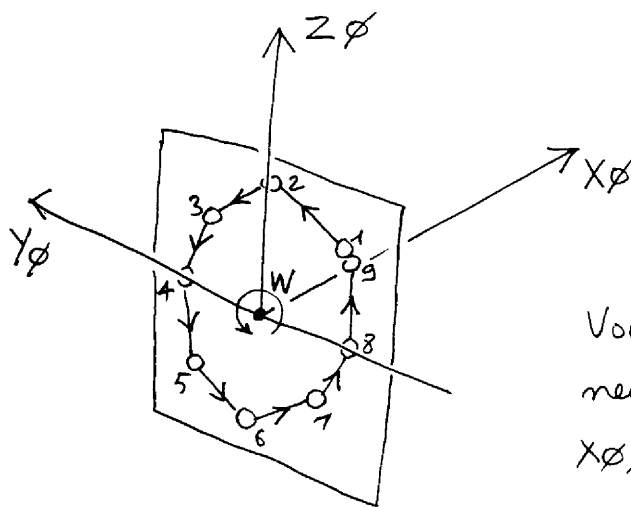
CREATION D'UN CERCLE

```

12010 HOME
12015 PRINT "CENTRE DU CERCLE::": PRINT
12020 PRINT : INPUT "XC=";XC
12030 INPUT "YC=";YC
12040 INPUT "ZC=";ZC
12050 PRINT : INPUT "AZIMUT AXE ";AX
12060 AX = AX * 3.1416 / 180
12065 PRINT : INPUT "ANGLE DE SITE AXE:";SI
12066 SI = SI * 3.1416 / 180
12070 PRINT : INPUT "RAYON ";R
12080 CA = COS (AX):SA = SIN (AX)
12085 CS = COS (SI):SS = SIN (SI)
12090 L = L + 1
12100 N(L) = 9
12110 J = 0
12120 J = J + 1:W = (J - 1) * .785 / 2
12130 X0 = 0:Y0 = - R * COS (W):Z0 = R * SIN (W)
12132 X1 = - Z0 * SS + X0 * CS
12133 Y1 = Y0
12134 Z1 = Z0 * CS + X0 * SS
12140 XT(L,J) = X1 * CA - Y1 * SA + XC
12150 YT(L,J) = X1 * SA + Y1 * CA + YC
12160 ZT(L,J) = Z1 + ZC
12170 IF J = 9 THEN 12190
12180 GOTO 12120
12190 L = L + 1
12200 N(L) = 9
12210 J = 0
12220 J = J + 1:W = (J - 1) * .785 / 2
12230 X0 = 0:Y0 = - R * COS (W):Z0 = - R * SIN (W)
12232 X1 = - Z0 * SS + X0 * CS
12233 Y1 = Y0
12234 Z1 = Z0 * CS + X0 * SS
12240 XT(L,J) = X1 * CA - Y1 * SA + XC
12250 YT(L,J) = X1 * SA + Y1 * CA + YC
12260 ZT(L,J) = Z1 + ZC
12270 IF J = 9 THEN 12299
12280 GOTO 12220
12299 RETURN
    
```

Rotation
Azimutale

Il y a donc neuf points, numérotés de J=1 à J=9.
 0,78539 est l'équivalent, en radians, d'un angle de 45°
 c'est à dire $\frac{45 \times \pi}{180} = 0,78539$.



Voici le positionnement de ces neuf points dans le système d'axe Xφ, Yφ, Zφ.

On opère ensuite une rotation suivant OZ d'un angle AX

$$\begin{aligned} X\phi &\rightarrow X\phi \cos(Ax) - Y\phi \sin(Ax) \\ Y\phi &\rightarrow X\phi \sin(Ax) + Y\phi \cos(Ax) \\ Z\phi &\rightarrow Z\phi \end{aligned}$$

Puis on effectue la translation

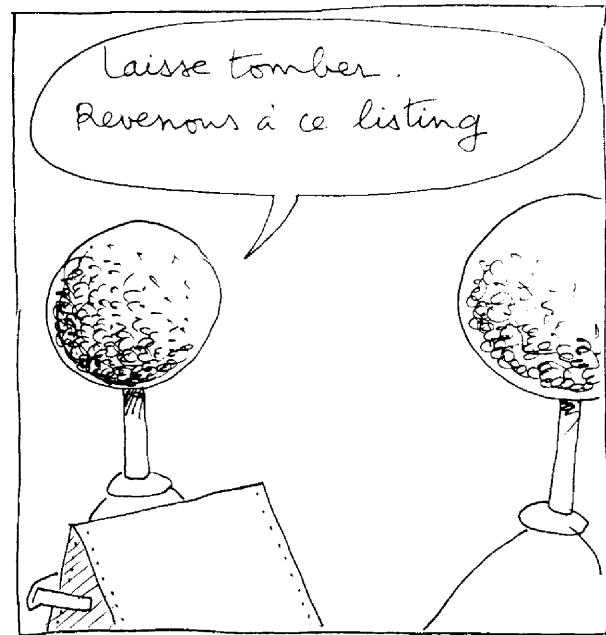
$$\begin{cases} X\phi \cos(Ax) - Y\phi \sin(Ax) &\rightarrow \text{idem} + Xc \\ X\phi \sin(Ax) + Y\phi \cos(Ax) &\rightarrow \text{idem} + c \\ Z\phi &\rightarrow \text{idem} + Zc \end{cases}$$

Ce sont ces transformations que traduisent les lignes 1213 ϕ , 1214 ϕ , 1215 ϕ , 1216 ϕ .

On donnera ultérieurement une autre version de ce sous-programme 12 $\phi\phi\phi$, plus complète.

OBJETS DE RÉVOLUTION





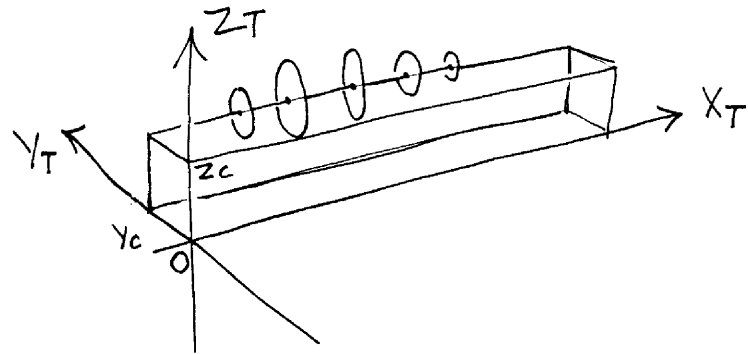
Bon.... Il est intéressant de pouvoir engranger des objets de révolution.

Voici un sous-programme qui permet de créer des octogones coaxiaux, et de chaîner les sommets correspondants les uns aux autres. L'axe des octogones étant parallèle à $\vec{OX_T}$.

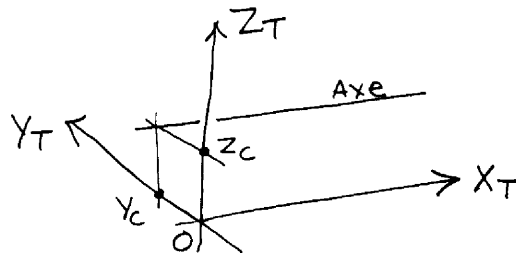
```
--
13000 REM
```

CHAINAGE DE CERCLES

```
13010 HOME : PRINT "CERCLES COAXIAUX // OX"
13012 PRINT : PRINT "AXE DES CERCLES": PRINT
13013 INPUT "YC=";YC
13014 INPUT "ZC=";ZC
13020 K = 0
13030 K = K + 1: PRINT : PRINT "CERCLE NO ";K
13040 L = L + 1:N(L) = 9
13050 INPUT "ABSCISSE ";XC
13060 INPUT "RAYON ";R
13070 FOR J = 1 TO 9
13080 W = J * .785
13090 XT(L,J) = XC
13100 YT(L,J) = YC - R * COS (W):ZT(L,J) = ZC + R * SIN (W)
13110 NEXT J
13120 INPUT "UN AUTRE?";R#
13130 IF R# = "OUI" THEN 13030
13140 FOR I = 1 TO 8
13150 L = L + 1:N(L) = K
13160 FOR J = 1 TO K
13170 XT(L,J) = XT(L - K - I + J,I)
13180 YT(L,J) = YT(L - K - I + J,I)
13190 ZT(L,J) = ZT(L - K - I + J,I)
13200 NEXT J
13210 NEXT I
13999 RETURN
```



En 13Ø13 et 13Ø14 on définit la trace de l'axe de l'objet de révolution, parallèle à l'axe $\vec{OX_T}$, sur le plan $Y_T O Z_T$.



K est l'indice du cercle méridien. L'incrémentation est effectuée à la ligne $13\emptyset 3\emptyset$. Ce nouveau cercle est une nouvelle chaîne, d'où incrémentation de L (indice de chaîne) dans la ligne $13\emptyset 4\emptyset$.

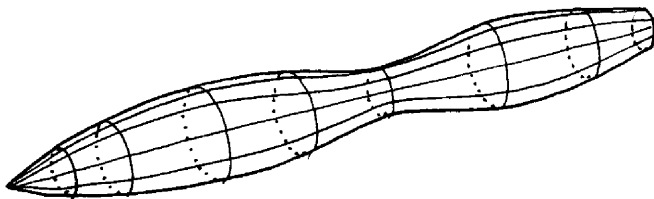
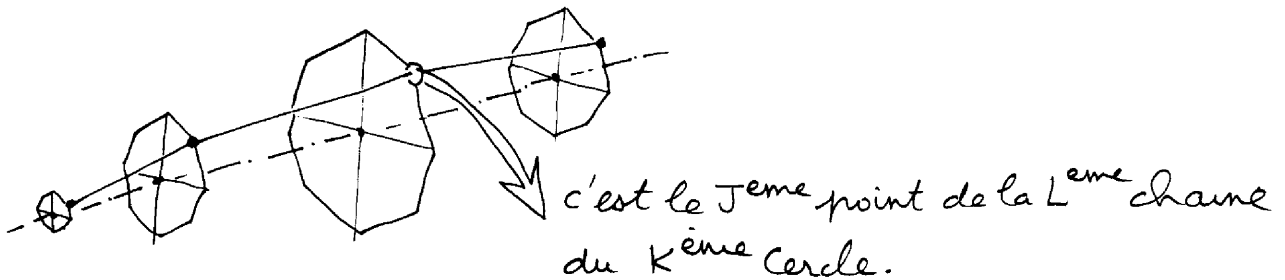
En $13\emptyset 5\emptyset$ et $13\emptyset 6\emptyset$ on définit l'abscisse X_c et le rayon R du cercle considéré.

De la ligne $13\emptyset 7\emptyset$ à la ligne $1311\emptyset$ on "crée" le cercle sous la forme d'une chaîne octogonale.

Quand tous ces cercles, ces octogones, sont créés, on va les "chaîner".

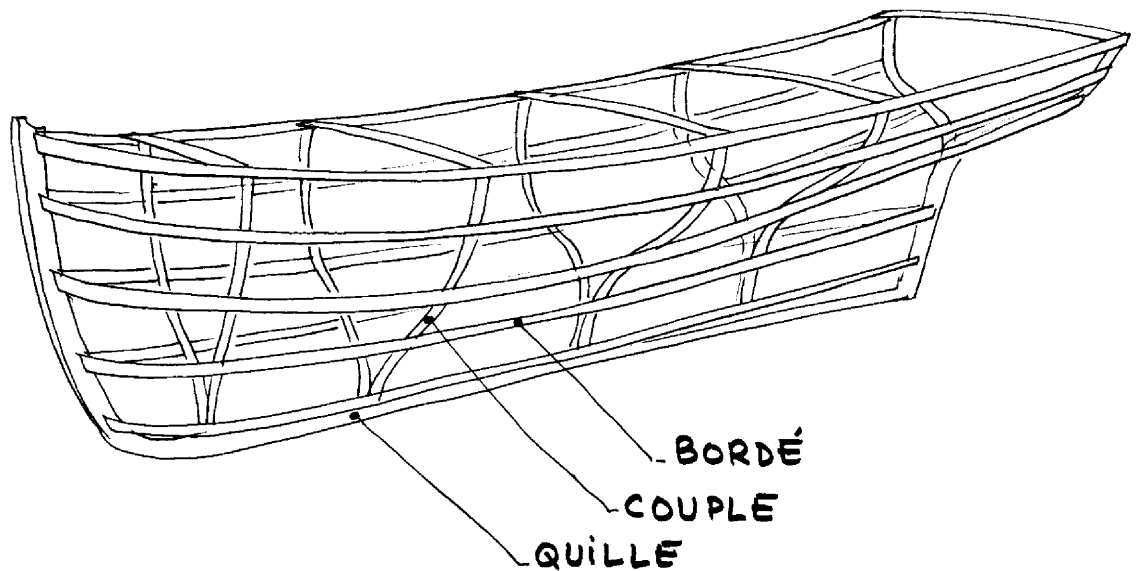
Ceci débute par un `FOR I = 1 TO 8`

Il y a en effet huit sommets à lier, de proche en proche, sur K cercles.



Il y a beaucoup de façons de créer des objets. Aucun programme ne pourrait les contenir toutes. Chaque discipline, chaque secteur (chimie, architecture, construction navale) demande des procédures d'acquisition spécialement adaptées. Le sous-programme ci-après est un exemple de procédure spécialisée, attachée à une variante de **PANGRAPHE** nommée **NAVIGRAPHE**.

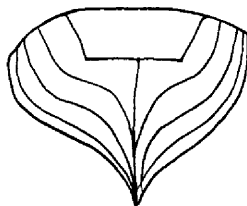
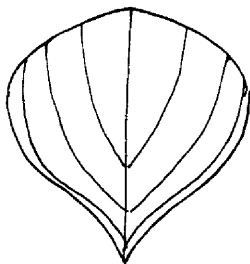
Les coques de navires sont constituées de **COUPLES** et de **BORDÉS** :



La **QUILLE** sera une simple chaîne plane.

L'ensemble **COUPLES - BORDÉS** suggère un chaînage analogue au précédent.

Le **PLAN DE FORME** d'un navire est basé sur le dessin d'un certain nombre de couples =



On représentera, bien sûr, ces couples à l'aide de contours polygonaux.

14000 REM

CHAINER COUPLES

SAISIE DES POINTS CONSTITUANT
LE COUPLE K

{

```

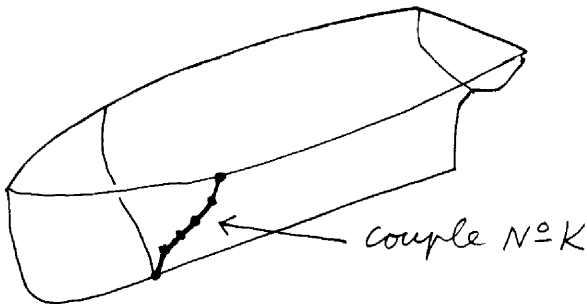
14010 PRINT "COUPLES AXES SUR OX"
14020 K = 0: L = 0
14030 K = K + 1: L = L + 1: N(L) = 5
14050 PRINT "COUPLE NUMERO "; K
14070 PRINT "DONNEZ 5 PTS : "
14080 FOR J = 1 TO 5
14090 PRINT "POINT NUMERO "; J
14100 INPUT "X="; XT(L,J)
14105 INPUT "Y="; YT(L,J)
14110 INPUT "Z="; ZT(L,J)
14120 NEXT J
14130 INPUT "UNE ERREUR? "; R#
14140 IF R# = "OUI" THEN 14050
14230 INPUT "UN AUTRE COUPLE? "; R#
14240 IF R# = "OUI" THEN 14030
14260 FOR I = 1 TO 5
14270 L = L + 1: N(L) = K
14280 FOR J = 1 TO K
14290 XT(L,J) = XT(J,I)
14300 YT(L,J) = YT(J,I)
14310 ZT(L,J) = ZT(J,I)
14320 NEXT J: NEXT I
14331 FOR I = 1 TO K: FOR J = 1 TO 5
14332 PRINT XT(I,J), YT(I,J), ZT(I,J)
14333 NEXT J: NEXT I
14334 GET A#
14340 GOSUB 3000
14350 FOR I = 1 TO K + 5
14360 FOR J = 1 TO N(I)
14370 YT(I,J) = - YT(I,J)
14380 NEXT J: NEXT I
14400 GOSUB 3000
14999 RETURN
    
```

FABRICATION DES BORDÉES

{

FABRICATION DE L'OBJET SYMÉTRIQUE
PAR RAPPORT AU PLAN $XTOZT$

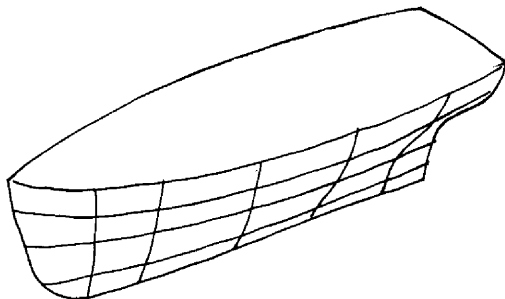
{



On peut tout d'abord
indiquer le nombre NB
de points constituant le
DEMI-COUPLE.

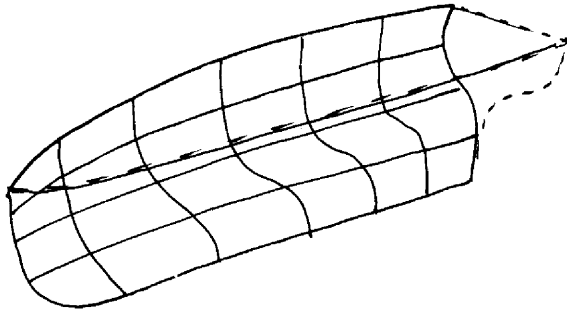
De 14 060 à 14 100 on saisit les NB sommets de cette ligne
brisée qui n'est pas nécessairement plane.

De 14 260 à 14 320 on "chaine" ces demi couples :



en fabriquant les **NB BORDÉS.**
Un GOSUB 3000 (voir plus loin)
permet de STOCKER cet objet
qui constitue une **DEMI-LOQUE**
Tribord ou babord.

De 1435 \emptyset en 1438 \emptyset on crée la demi coque Symétrique par rapport au plan $X_T O Z_T$ (en changeant $Y_T(I, J)$ en $-Y_T(I, J)$)



Et on stocke ce nouvel objet.

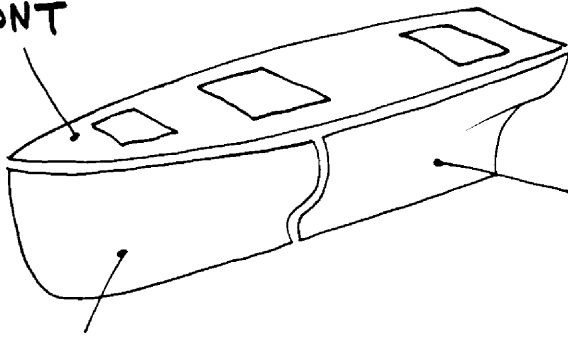
On verra par la suite que le programme **PANGRAPHE** permet de représenter un objet

MORCEAU PAR MORCEAU.

Il est donc tout à fait indiqué de décomposer un navire en éléments tels que =

{
PONT
QUILLE
COQUE BABORD AVANT
COQUE BABORD ARRIÈRE
COQUE TRIBORD AVANT
COQUE TRIBORD ARRIÈRE

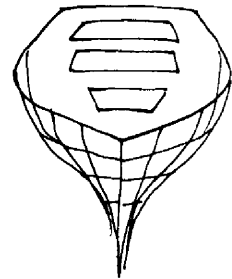
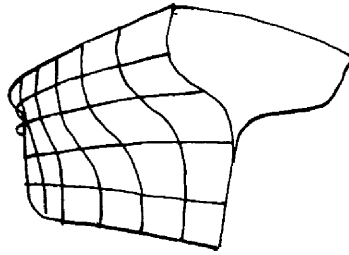
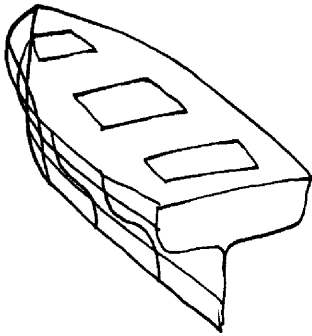
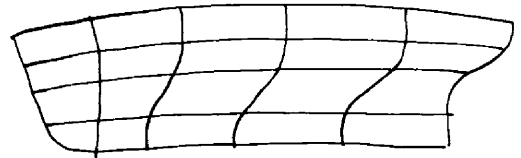
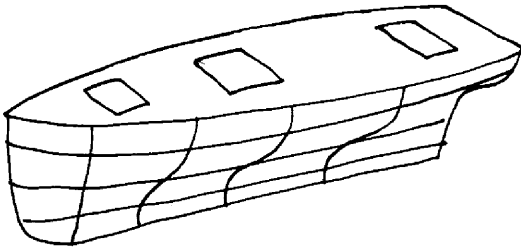
PONT



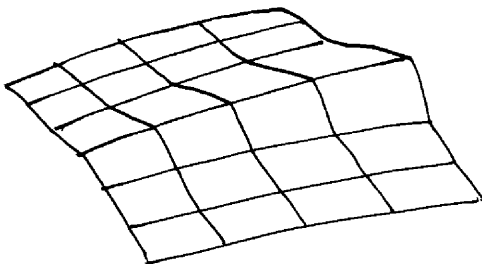
COQUE BABORD ARRIÈRE

COQUE BABORD AVANT

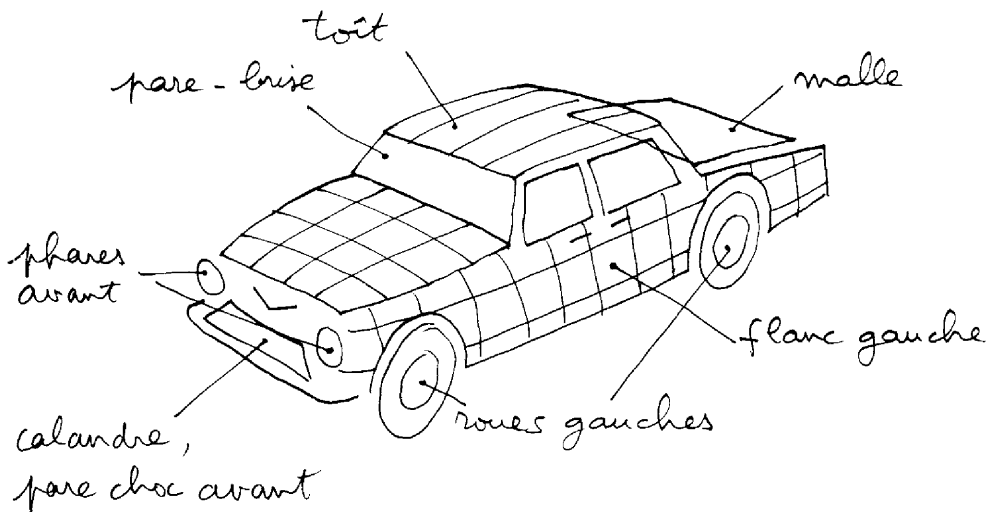
Le découpage permet, lors de l'opération de dessin en perspective, d'éliminer quelques parties cachées, selon les points de vue :



Si on supprime la section créant le symétrique par rapport au plan $X_T O Z_T$ il est évident que l'on peut créer des éléments de surface maillés, de forme quelconque.



Il est donc possible, en partant d'un plan soigneusement coté, et en effectuant un découpage adéquat - de représenter un objet aussi complexe qu'une automobile avec un micro ordinateur :



STOCKER UN OBJET

Chaque objet, ou élément d'un objet, est un fichier. Quand l'opération de **SAISIE** est achevée, il est indiqué de **STOCKER CET OBJET** sur une diskette. Inversement, le sous-programme 4000 réalisera le transfert en mémoire centrale de ce fichier-objet. Nous savons, conformément au **DOS** de l'**APPLE II**, que tout ordre **PRINT** suivi du caractère $D\$(4)$ (défini à la ligne 3) sera interprété non comme un ordre d'impression, mais comme un **ORDRE DOS**. Dans le sous-programme 3000, ci-après, on commence par stocker le nombre L de chaînes, puis le fichier $N(L)$ donnant le nombre de points dans chaque chaîne.

Enfin on passera au stockage des fichiers $XT(I,J)$,
 $YT(I,J)$, $ZT(I,J)$

3000 REM

STOCKER UN OBJET

```
3010 INPUT "NOM DE L'OBJET";O$
3020 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
3030 PRINT D$"OPEN";O$
3040 PRINT D$"WRITE";O$
3050 PRINT L
3060 FOR I = 1 TO L
3070 PRINT N(I)
3080 NEXT I
3090 FOR I = 1 TO L
3100 FOR J = 1 TO N(I)
3110 PRINT XT(I,J): PRINT YT(I,J): PRINT ZT(I,J)
3120 NEXT J: NEXT I
3130 PRINT D$"CLOSE";O$
3999 RETURN
4000 REM
```

CHARGER UN OBJET

4000 REM

CHARGEMENT OBJET

```
4010 INPUT "NOM DE L'OBJET ";O$
4020 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
4030 PRINT D$"OPEN";O$
4040 PRINT D$"READ";O$
4050 INPUT L
4060 FOR I = 1 TO L
4070 INPUT N(I)
4080 NEXT I
4090 FOR I = 1 TO L
4100 FOR J = 1 TO N(I)
4110 INPUT XT(I,J): INPUT YT(I,J): INPUT ZT(I,J)
4120 NEXT J: NEXT I
4130 PRINT D$"CLOSE";O$
4999 RETURN
```

Ce faisant, nous avons décrit les cinq sous-options du sous-menu "CREER UN OBJET".

Voyons comment

MODIFIER UN OBJET

```
5000 REM
MODIFIER UN OBJET

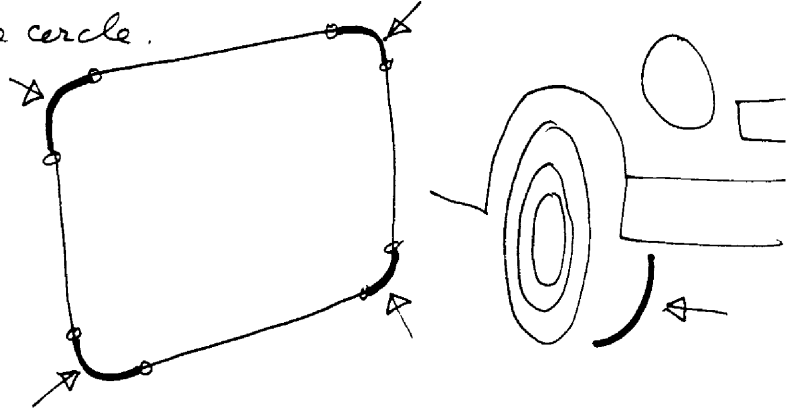
5010 HOME
5020 GOSUB 30000
5030 PRINT : PRINT "OBJET DE ";L;" CHAINES": PRINT
5040 INPUT "DONNEZ L'INDICE DE CHAINE ";I
5050 INPUT "DONNEZ INDICE POINT SUR LA CHAINE ";J
5060 PRINT
5070 INPUT "XT(I,J)=";XT(I,J): PRINT
5080 INPUT "YT(I,J)=";YT(I,J): PRINT
5090 INPUT "ZT(I,J)=";ZT(I,J): PRINT
5100 INPUT "UN AUTRE POINT ";R$
5110 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 5040
5120 GOSUB 3020
5998 END
5999 RETURN
```

CRÉER UN ARC DE CERCLE

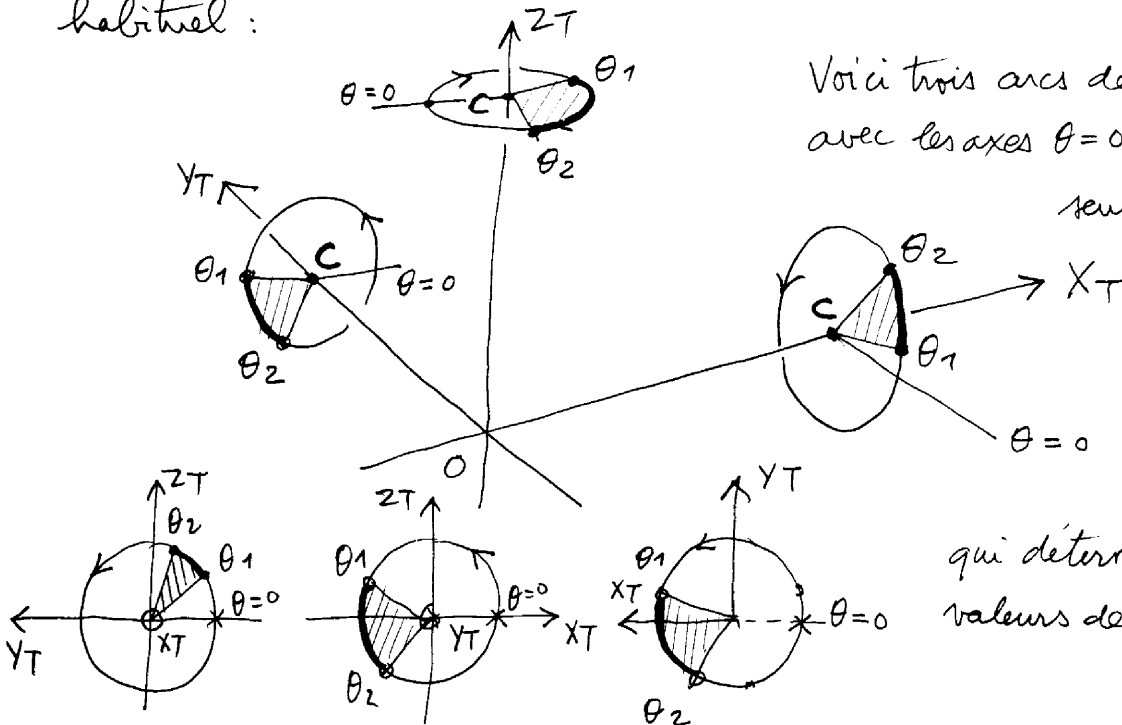
Dans le sous menu nous avons rajouté une sous option création d'un arc de cercle. Cela sera très utile pour les **CONGÉS** qui seront alors des quarts de cercle.

On donnera le centre de cet arc de cercle (X_C, Y_C, Z_C) et on se limitera à des arcs d'axes parallèles à $\vec{OX_T}, \vec{OY_T}, \vec{OZ_T}$.

Le sens de parcours angulaire sera le sens trigonométrique habituel :



Voici trois arcs de cercle avec les axes $\theta=0$ et le sens de parcours



qui détermine les valeurs de θ_1 et θ_2

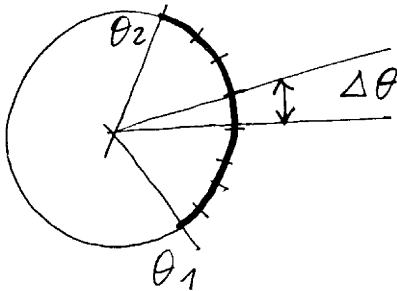
1000 REM

CREATION ARC DE CERCLE

```
1010 HOME :FX = 0:FY = 0:FZ = 0
1015 VTAB 15: HTAB 8
1020 HOME
1030 PRINT "COORDONNEES CENTRE DU CERCLE": PRINT
1040 INPUT "XC=";XC
1050 INPUT "YC=";YC
1060 INPUT "ZC=";ZC: PRINT
1070 PRINT "CERCLE D'AXE PARALLELE A:": PRINT
1080 PRINT "1-OX 2-OY 3-OZ": PRINT
1090 INPUT "VOTRE CHOIX ";C: PRINT
1095 INPUT "RAYON DU CERCLE ";R
1100 IF C = 1 THEN FX = 1
1110 IF C = 2 THEN FY = 1
1120 IF C = 3 THEN FZ = 1
1130 PRINT "SENS DE PARCOURS TRIGO HABITUEL": PRINT

1140 INPUT "DONNEZ THETA 1,DEGRES:";T1
1150 INPUT "DONNEZ THETA 2,DEGRES:";T2: PRINT
1160 T1 = T1 * 3.1416 / 180: REM CONVERSION DEGRES/RA
DIANS
1170 T2 = T2 * 3.1416 / 180: REM CONVERSION DEGRES/RA
DIANS
1180 DT = (T2 - T1) / 8
1190 L = L + 1: REM NOUVELLE CHAINE
1200 N(L) = 9: REM 9 POINTS SUR LA CHAINE
1210 FOR K = 0 TO 8: REM CREATION ARC DE CERCLE
1220 CT = COS (T1 + DT * K):ST = SIN (T1 + DT * K)
1230 REM LIGNES TRIGO DE THETA
1235 J = K + 1
1240 XT(L,J) = XC + (FY + FZ) * CT * R
1250 YT(L,J) = YC + (FX * CT + FZ * ST) * R
1260 ZT(L,J) = ZC + (FX + FY) * ST * R
1270 NEXT K
1275 FOR J = 1 TO 9
1280 XT(L,J) = (INT (1000 * XT(L,J))) / 1000
1290 YT(L,J) = (INT (1000 * YT(L,J))) / 1000
1300 ZT(L,J) = (INT (1000 * ZT(L,J))) / 1000
1400 PRINT XT(L,J),YT(L,J),ZT(L,J)
1410 NEXT J
1420 GET A$
1999 RETURN
```

En 1100, 1110, 1120 on oriente le travail avec des FLAGS ce qui évite une arborescence excessive des programmes.



L'arc de cercle est tracé selon une chaîne à huit côtés et neuf sommets. DTHETA représente l'accroissement de Théta dans le tracé.

la suite 1210, 1220, 1230 permet de créer les points XT, YT, ZT dans les trois cas de figure :

$$\left\{ \begin{array}{l} (FX = 1, FY = 0, FZ = 0) \\ (FX = 0, FY = 1, FZ = 0) \\ (FX = 0, FY = 0, FZ = 1) \end{array} \right.$$

En fin de sous programme on affiche les coordonnées calculées pour simple vérification (vous risquez de vous emmêler les pieds dans les orientations et les axes origine).
Et on relance avec un GET A\$

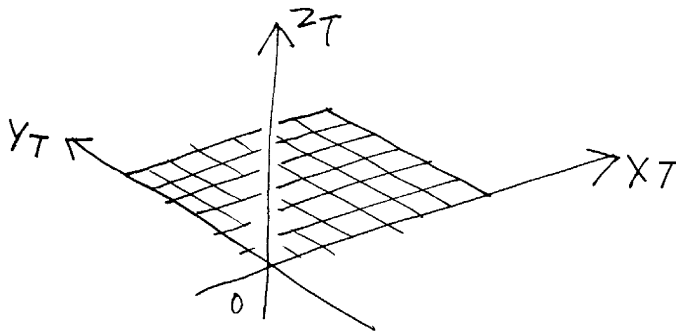
Revenons au **MENU** de la page 67. On y trouve une option
9 - MANIPULER UN OBJET
associée au sous programme 17000

```
17000 REM
MANIPULER UN OBJET

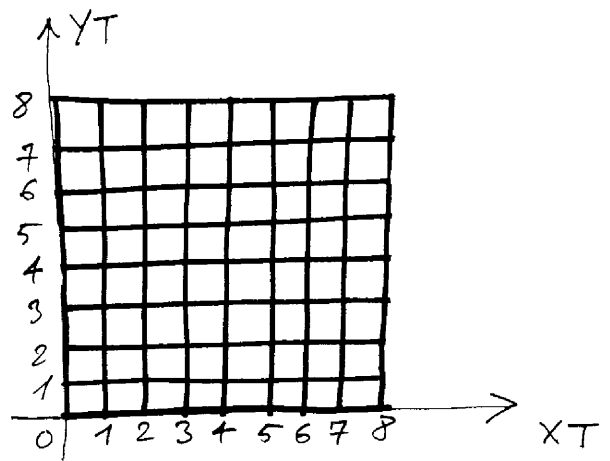
17010 HOME
17020 PRINT "VOULEZ-VOUS:": PRINT
17030 PRINT "1-OPERER UNE TRANSLATION DE L'OBJET":
PRINT
17040 PRINT "2-OPERER UNE ROTATION": PRINT
17050 PRINT "3-CREER LE SYMETRIQUE % UN PLAN": PRIN
T
17060 PRINT "4-FUSIONNER DEUX OBJETS": PRINT
17070 PRINT "5-HOMOTHETIE": PRINT
17080 PRINT "6-AFFINITE": PRINT
17090 PRINT "7-HOMOTOPIE": PRINT
17100 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
17110 ON C GOSUB 19000,20000,18000,21000,22000,23000,240
00
17999 RETURN
```

Dans ce sous menu on a tenté de regrouper un certain nombre d'opérations élémentaires, géométriques. Pour penser ces manipulations d'objets, il faut avoir un état d'esprit de chaudronnier, ou d'artisan tôlier formeur.

Imaginons un objet qui soit un simple quadrillage :



Voici un court programme servant à créer la grille ci-contre, que nous appellerons GRILLE 1



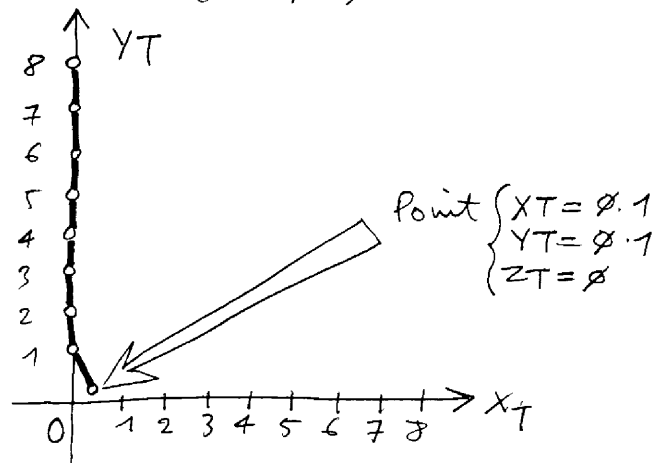
```
1 DIM XT(30,9), YT(30,9), ZT(30,9), N(30)
2 D$ = CHR$(4)
```

Nous n'allons pas tracer exactement cette grille, passant par le point $(0,0,0)$, mais nous allons très légèrement la déformer pour que ce point $(XT=0; YT=0; ZT=0)$ soit remplacé par $XT=0.1; YT=0.1; ZT=0$ (ce qui nous permettra plus loin avec plus d'aisance de "passer à travers" un objet, en évitant que l'un de ses points ne soit confondu avec le point d'observation. D'où :

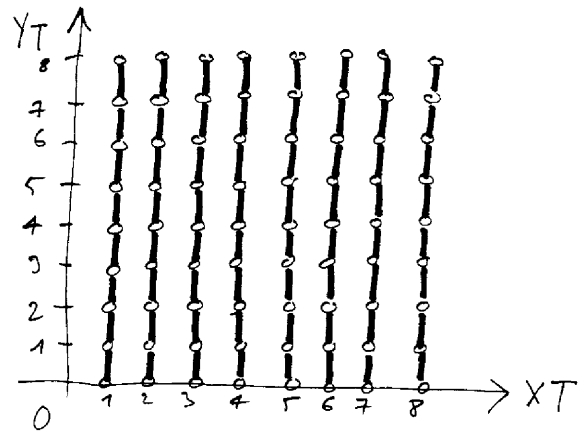
```
10 XT(1,1) = 0.1 : YT(1,1) = 0.1 : Z = 0
20 I = 1 : N(I) = 9      (Neuf points sur la chaîne)
30 FOR J = 2 TO 9
40 XT(I,J) = 0 : YT(I,J) = J - 1 : ZT(I,J) = 0
50 NEXT J
```

création de la chaîne indiquée ci-contre, qui va de

- $YT = 0.1$
- $YT = 1$
- $YT = 2$
- \vdots
- $YT = 8$



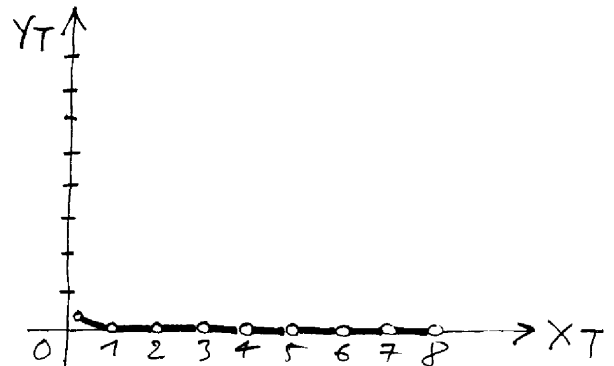
6 \emptyset FOR I = 2 TO 9
 7 \emptyset FOR J = 1 TO 9
 8 \emptyset XT(I, J) = I - 1
 9 \emptyset YT(I, J) = J - 1
 10 \emptyset ZT(I, J) = \emptyset
 11 \emptyset NEXT J : NEXT I



création des huit chaînes indiquées ci-dessus.

12 \emptyset XT(1, 1) = \emptyset . 1 : YT(1, 1) = \emptyset . 1 : ZT(1, 1) = \emptyset
 13 \emptyset N(1, 1) = 9 : I = 9
 14 \emptyset FOR J = 2 TO 9
 15 \emptyset XT(I, J) = J - 1 : YT(I, J) = \emptyset : ZT(I, J) = \emptyset
 16 \emptyset NEXT J

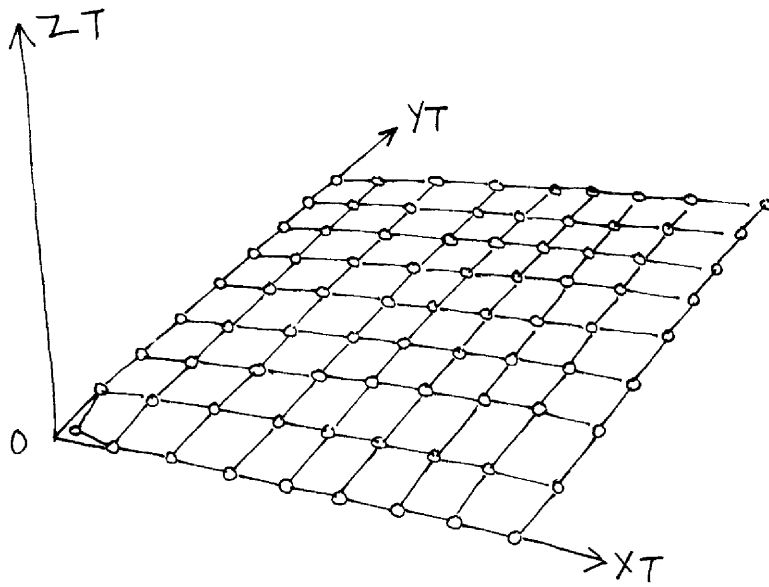
créé :



Enfin :

17 \emptyset FOR I = 11 TO 18 : N(I) = 9
 18 \emptyset FOR J = 1 TO 9
 19 \emptyset XT(I, J) = J - 1 : YT(I, J) = I - 10 : ZT(I, J) = \emptyset
 20 \emptyset NEXT J : NEXT I

Créé huit autres chaînes de neuf points, parallèles
 à OXT et échelonnées de YT = 1 à YT = 8
 l'ensemble donne le maillage ci-après :



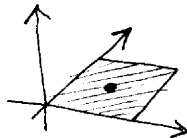
Il reste à stocker
cet ensemble, que
nous appellerons
GRILLE 1(4-4-0)
sur disque

```

21Ø PRINT D$ "OPEN GRILLE 1(4-4-0)"
22Ø PRINT D$ "WRITE GRILLE 1(4-4-0)"
23Ø PRINT 18      (nombre de chaines)
24Ø FOR I = 1 TO 18      (nombre de points par chaîne)
25Ø   PRINT 9
26Ø NEXT I
27Ø FOR I = 1 TO 18
28Ø   FOR J = -1 TO 9
29Ø     PRINT XT(I,J)
30Ø     PRINT YT(I,J)
31Ø     PRINT ZT(I,J)
32Ø   NEXT J: NEXT I
33Ø PRINT D$ "CLOSE GRILLE 1(4-4-0)"
34Ø END

```

A la suite du nom de ce fichier GRILLE 1 nous prenons la PRÉCAUTION de faire figurer les coordonnées du centre géométrique de cet objet (point 4,4,0)



Venons-en aux différents sous-programmes de
MANIPULATION D'OBJET.

TRANSLATION

19000 REM

TRANSLATION OBJET

```
19010 HOME
19020 GOSUB 30000
19040 PRINT "DONNEZ VECTEUR TRANSLATION": PRINT
19050 INPUT "DX=";DX
19060 INPUT "DY=";DY
19070 INPUT "DZ=";DZ
19080 FOR I = 1 TO L
19090 FOR J = 1 TO N(I)
19100 XT(I,J) = XT(I,J) + DX
19110 YT(I,J) = YT(I,J) + DY
19120 ZT(I,J) = ZT(I,J) + DZ
19130 NEXT J: NEXT I
19140 PRINT : PRINT "NOM OBJET TRANSLATE": PRINT
19150 INPUT " ";O$
19160 GOSUB 3030
19999 RETURN
```

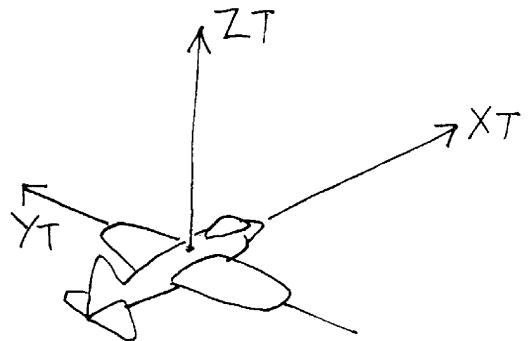
*Pas de difficulté particulière .
Passons à la :*

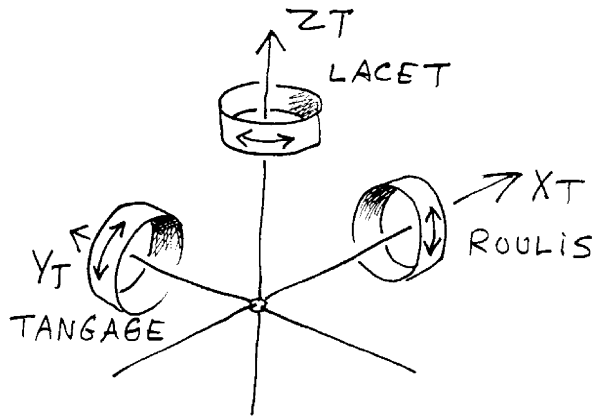
ROTATION

20000 REM

ROTATION OBJET

```
20010 HOME
20020 GOSUB 30000
20025 PRINT
20030 PRINT "ROTATION AXE PARALLELE A": PRINT
20040 PRINT "1-L'AXE OX : ROULIS": PRINT
20050 PRINT "2-L'AXE OY : TANGAGE": PRINT
20060 PRINT "3-L'AXE OZ : LACET": PRINT
20070 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
20080 ON C GOSUB 25000,26000,27000
20999 RETURN
```

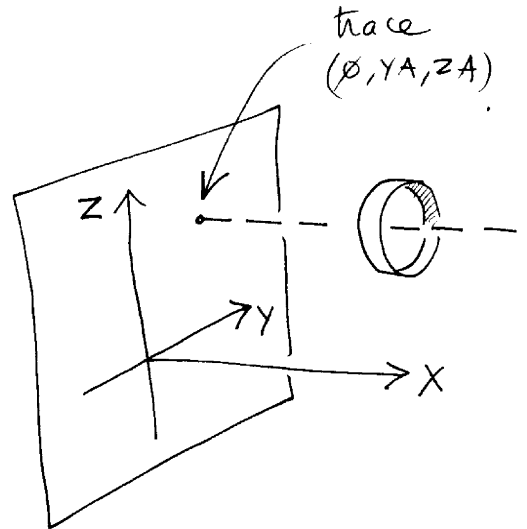




Par convention on situera un objet susceptible de mouvement selon l'axe OXT (avion, voiture, etc...)

Par ailleurs une rotation autour d'un axe quelconque est décomposable en une suite de rotations autour de ces axes principaux (qui suffisent largement aux besoins).

ROTATION AUTOUR D'UN AXE PARALLÈLE A L'AXE OX .



```

25000 REM
ROTATION AXE // OX

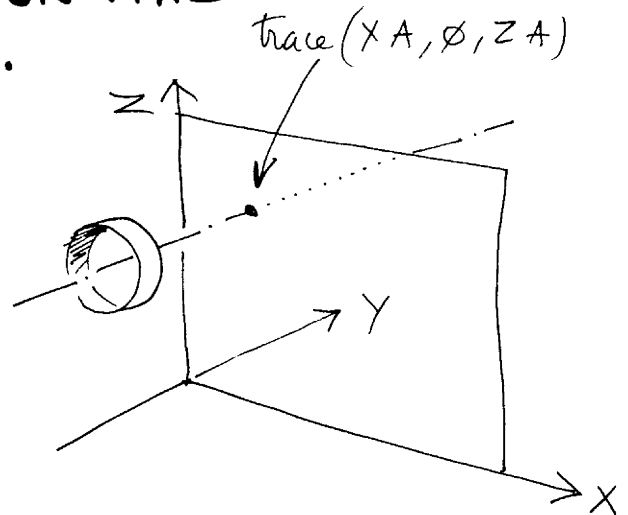
25010 HOME
25020 PRINT "TRACE AXE DANS PLAN YOZ": PRINT
25030 INPUT "YA=";YA: PRINT : INPUT "ZA=";ZA: PRINT
25040 INPUT "ANGLE,DEGRES: ";AR
25050 REM AR ANGLE DE ROULIS
25060 AR = AR * 3.1416 / 180
25070 CR = COS (AR):SR = SIN (AR)
25080 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I)
25090 X1 = XT(I,J)
25100 Y1 = YT(I,J) - YA
25110 Z1 = ZT(I,J) - ZA: REM } changement de repère

25120 X2 = X1
25130 Y2 = Y1 * CR - Z1 * SR
25140 Z2 = Y1 * SR + Z1 * CR: REM } Rotation
25150 XT(I,J) = X2
25160 YT(I,J) = Y2 + YA
25170 ZT(I,J) = Z2 + ZA: REM } retour au système de
                                coordonnées initial

25180 NEXT J: NEXT I
25999 RETURN

```

ROTATION AUTOUR D'UN AXE PARALLÈLE A OY.



26000 REM

ROTATION AXE // OY

```

26010 HOME
26020 PRINT "TRACE AXE DANS PLAN XOZ": PRINT
26030 INPUT "XA=";XA: PRINT : INPUT "ZA=";ZA: PRINT
26040 INPUT "ANGLE DEGRES ";A1
26050 A1 = A1 * 3.1416 / 180
26070 REM A1 ANGLE DE TANGAGE
26075 CT = COS (A1):ST = SIN (A1)
26080 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM

```

```

26100 X1 = XT(I,J) - XA
26110 Y1 = YT(I,J)
26120 Z1 = ZT(I,J) - ZA: REM } changement de coordonnées

```

```

26140 X2 = Z1 * ST + X1 * CT
26150 Y2 = Y1
26160 Z2 = Z1 * CT - X1 * ST: REM } Rotation

```

```

26170 XT(I,J) = X2 + XA
26180 YT(I,J) = Y2
26190 ZT(I,J) = Z2 + ZA: REM } Retour au système de
                                coordonnées XT, YT, ZT
26200 NEXT J: NEXT I
26999 RETURN

```

ROTATION AUTOUR D'UN AXE // A' OZ.

27000 REM

ROTATION AXE // OZ

```

27010 HOME
27020 PRINT "TRACE AXE DANS PLAN XOY": PRINT
27030 INPUT "XA=";XA: PRINT : INPUT "YA=";YA: PRINT
27040 INPUT "ANGLE,DEGRES ";AL
27050 AL = AL * 3.1516 / 180
27060 REM AL ANGLE DE LACET
27070 CL = COS (AL):SL = SIN (AL)
27080 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM

```

```

27090 X1 = XT(I,J) - XA
27100 Y1 = YT(I,J) - YA
27110 Z1 = ZT(I,J): REM } changement de
                                coordonnées

```

```

27120 X2 = X1 * CL - Y1 * SL
27130 Y2 = X1 * SL + Y1 * CL
27140 Z2 = Z1: REM } Rotation

```

```

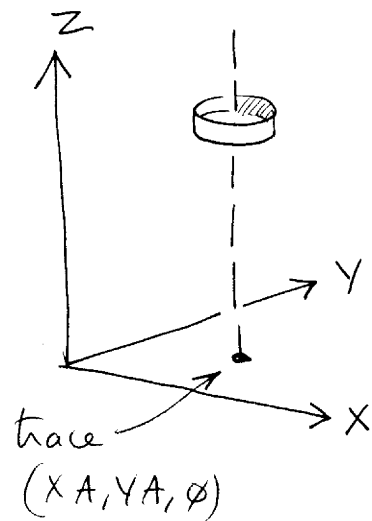
27150 XT(I,J) = X2 + XA
27160 YT(I,J) = Y2 + YA
27170 ZT(I,J) = Z2: REM } Retour ancien système
                                XT, YT, ZT

```

```

27180 NEXT J: NEXT I
27999 RETURN

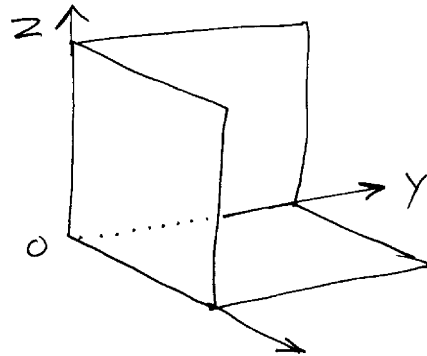
```



SYMÉTRIE PAR RAPPORT À UN PLAN

Nous allons envisager ici trois cas, traduisant les symétries par rapport aux trois plans fondamentaux associés au trièdre de référence.

Loin de pas multiplier les sous-programmes, nous utiliserons ici un système de flags.



```
18000 REM
SYMÉTRIQUE % PLAN

18001 HOME
18005 FX = 0:FY = 0:FZ = 0
18006 GOSUB 30000
18007 PRINT : PRINT "SYMÉTRIQUE PAR RAPPORT AU PLAN"
": PRINT : PRINT "1-
  Z=0 PLAN XOY": PRINT : PRINT "2- Y=0 PLAN XOZ": PRINT
: PRINT "3- X=
  0 PLAN YOZ": PRINT : INPUT "VOTRE CHOIX ";C
18008 IF C = 1 THEN FZ = 1
18009 IF C = 2 THEN FY = 1
18010 IF C = 3 THEN FX = 1
18011 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I)
18020 IF FX = 1 THEN XT(I,J) = - XT(I,J)
18022 IF FY = 1 THEN YT(I,J) = - YT(I,J)
18024 IF FZ = 1 THEN ZT(I,J) = - ZT(I,J)
18030 NEXT J: NEXT I
18035 PRINT
18040 INPUT "NOM NOUVEL OBJET ";O$
18050 GOSUB 3030
18809 IF C = 2 THEN FY = 1
18999 RETURN
```

Tout ceci est assez simple.

FUSIONNER OBJETS

c'est une opération très simple à opérer. Simple jeu sur les indices. Mais attention ! les fichiers objets de **PANGRAPHE** sont limités à **30 CHAINES**. Soient deux objets - le premier est constitué de L_1 chaines et le second de L_2 chaines. La fusion des deux fichiers ne pourra s'opérer que si $L_1 + L_2 \leq 30$. Bien sûr...

```
21000 REM
```

```
FUSION OBJETS
```

```
21010 HOME
21020 PRINT "FIN DE FUSION,TAPEZ LE MOT FIN": PRINT
21030 PRINT "PREMIER OBJET A FUSIONNER": PRINT
21035 GOSUB 30000
21040 INPUT "NOM OBJET A FUSIONNER:";O$
21042 IF O$ = "FIN" THEN 21500
21050 PRINT D$"OPEN";O$
21060 PRINT D$"READ";O$
21062 REM
```

```
OPERATION DE FUSION
```

```
21065 REM LL=NOMBRE DE CHAINES DU NOUVEL OBJET
21070 INPUT LL
21080 FOR I = L + 1 TO L + LL
21090 INPUT N(I)
21100 NEXT I
21110 FOR I = L + 1 TO L + LL
21120 FOR J = 1 TO N(I)
21130 INPUT XT(I,J): INPUT YT(I,J): INPUT ZT(I,J)
21140 NEXT J: NEXT I
21150 PRINT D$"CLOSE";O$
21155 L = L + LL
21160 GOTO 21040
21500 REM FIN DE FUSION
21510 HOME
21520 PRINT : INPUT "NOM DE L'OBJET GLOBAL ";O$
21530 GOSUB 3030
21999 RETURN
```

boucle de
Saisie des
objets à
fusionner

On a une boucle de saisie. La sortie de boucle étant réalisée lorsqu'on tente d'appeler l'objet "FIN" l'opération de fusion consiste à aller chercher le fichier des chaines constituant le nouvel objet, et à l'inscrire au bout de l'objet déjà présent en mémoire

HOMOTHÉTIE

Voici une transformation géométrique classique qui va permettre de "gonfler" ou de "dégonfler" un objet.

Il faut d'abord définir un **CENTRE D'HOMOTHÉTIE C** qui aura pour coordonnées X_C, Y_C, Z_C . A tout point $M (X_T, Y_T, Z_T)$ on pourra associer un vecteur \overrightarrow{CM}
$$\begin{cases} X_T - X_C = X_1 \\ Y_T - Y_C = Y_1 \\ Z_T - Z_C = Z_1 \end{cases}$$

On se donnera ensuite le **COEFFICIENT D'HOMOTHÉTIE H₀**.

Et, au vecteur \overrightarrow{CM} on substituera le vecteur

$$\overrightarrow{CM_2} \begin{cases} X_2 = X_1 * H_0 \\ Y_2 = Y_1 * H_0 \\ Z_2 = Z_1 * H_0 \end{cases}$$

Si $H_0 = 1$ l'objet est inchangé. Mais, si $H_0 = -1$ on réalise une **SYMÉTRIE** $\% C$ (par rapport au Centre C).

(l'écriture du sous programme est simple affaire de routine.)

```
22000 REM
HOMOTHETIE

22010 HOME
22020 GOSUB 30000
22040 PRINT "COORDONNEES CENTRE HOMOTHETIE": PRIN
T
22050 INPUT "XC=";XC
22060 INPUT "YC=";YC
22070 INPUT "ZC=";ZC
22080 PRINT : INPUT "COEFFICIENT HOMOTHETIE ";HO: PR
INT
22090 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM

22100 X1 = XT(I,J) - XC
22110 Y1 = YT(I,J) - YC
22120 Z1 = ZT(I,J) - ZC: REM

22130 X2 = X1 * HO
22135 Y2 = Y1 * HO
22140 Z2 = Z1 * HO: REM

22145 XT(I,J) = X2 + XC
22150 YT(I,J) = Y2 + YC
22160 ZT(I,J) = Z2 + ZC: REM

22170 NEXT J: NEXT I
22999 RETURN
```


AFFINITÉ

on peut envisager une affinité par rapport à un plan, ou par rapport à un axe. Donnons un exemple en deux dimensions X_T, Y_T

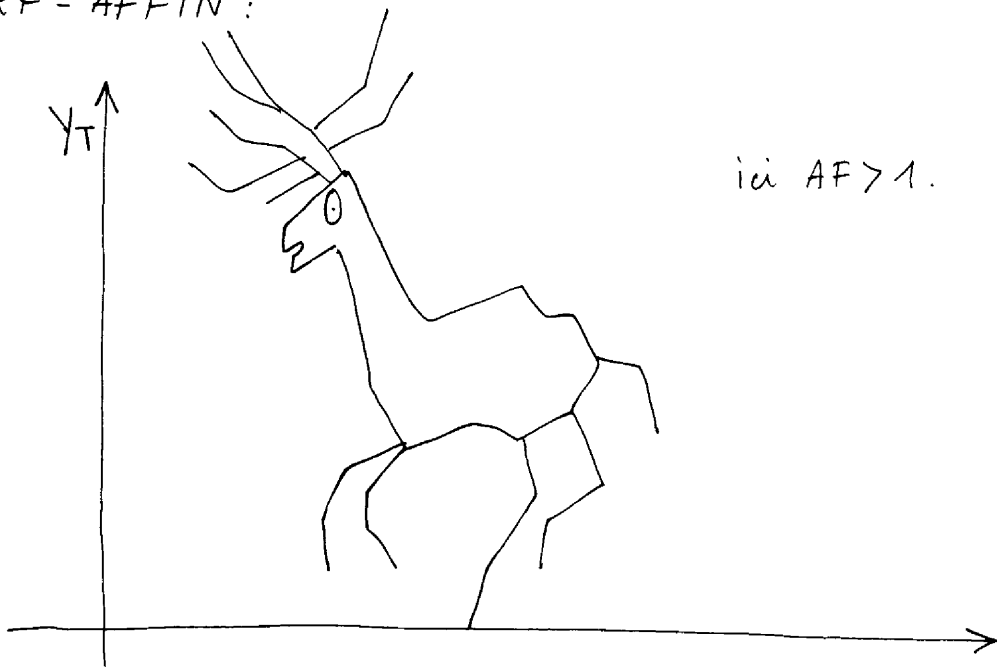


Imaginons un contour polygonal représentant un CERF.

chaque sommet du contour a des coordonnées (X_T, Y_T)

Nous allons réaliser une affinité par exemple selon l'axe OX_T . Appelons AF le **COEFFICIENT D'AFFINITÉ**.

Nous allons remplacer Y_T par $AF * Y_T$ et nous obtiendrons le CERF-AFFIN :



ici $AF > 1$.

On se limitera à l'affinité par rapport à un plan. Si besoin est, le lecteur pourra modifier le programme pour réaliser une affinité par rapport à un axe

23000 REM

AFFINITE

```

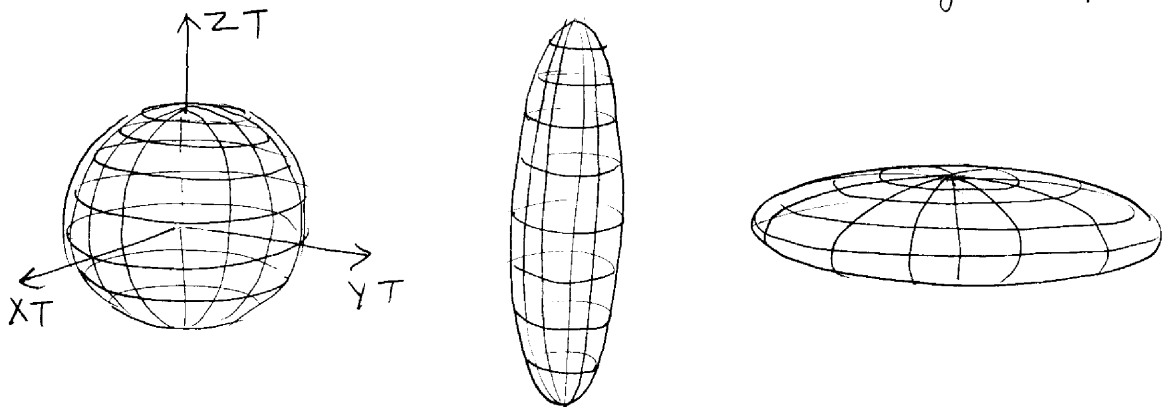
23010 HOME :
23015 FX = 0:FY = 0:FZ = 0
23020 GOSUB 30000
23060 PRINT "1- X=0 PLAN YOZ": PRINT
23070 PRINT "2- Y=0 PLAN XOZ": PRINT
23080 PRINT "3- Z=0 PLAN XOY": PRINT
23090 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
23100 IF C = 1 THEN FX = 1
23110 IF C = 2 THEN FY = 1
23120 IF C = 3 THEN FZ = 1
23125 PRINT : INPUT "COEF AFFINITE";AF: PRINT
23130 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM

23140 IF FX = 1 THEN XT(I,J) = AF * XT(I,J)
23150 IF FY = 1 THEN YT(I,J) = AF * YT(I,J)
23160 IF FZ = 1 THEN ZT(I,J) = AF * ZT(I,J): REM

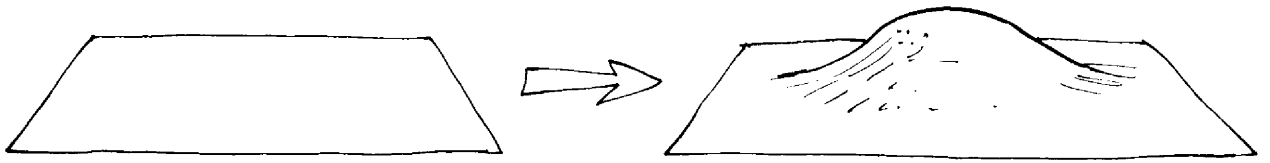
23170 NEXT J: NEXT I
23999 RETURN

```

On voit donc qu'on peut disposer de tout un attirail de programmes qui permettent de manipuler des objets. Imaginons que nous ayons en mémoire un objet qui serait une sphère. En la déformant par affinité, il serait possible d'en faire un ellipsoïde, allongé ou aplati.



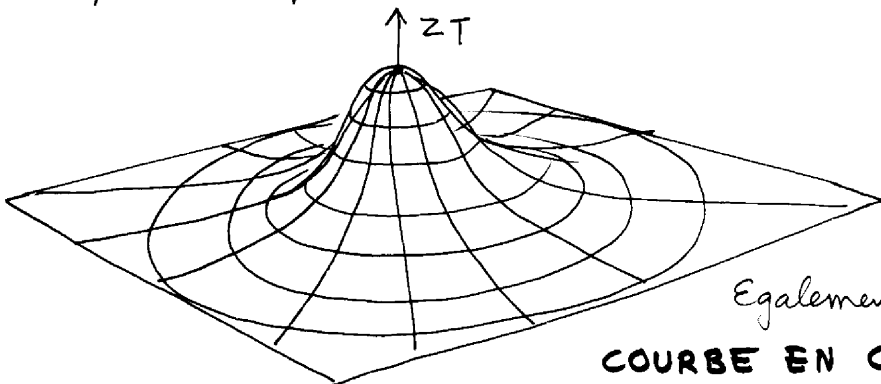
Continuons cette démarche de chaudronnerie. Comment créer une bosse dans une surface. Par exemple une surface plane



le matériau de départ pourra être cette GRILLE, ce morceau de grillage, que nous avons fabriqué tout à l'heure.



On pourrait envisager de le déformer comme ceci, en réalisant une **HOMOTOPIE**. On envisagera de réaliser cette déformation dans trois directions au choix (OXT , OYT , OZT). Supposons que cette grille soit dans le plan $Z=0$. On va rajouter une **SURÉPAISSEUR** variable selon l'endroit. Cette déformation s'exercera selon OZT et sera maximale en O . Puis son importance ira, décroissant, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe OZT . Disons que cette surépaisseur correspondra par exemple à une **SURFACE DE GAUSS** :



Egalement appelée
COURBE EN CLOCHE.

Soit ρ la distance d'un point à l'axe OZT

$$\rho = \sqrt{X_T^2 + Y_T^2}$$

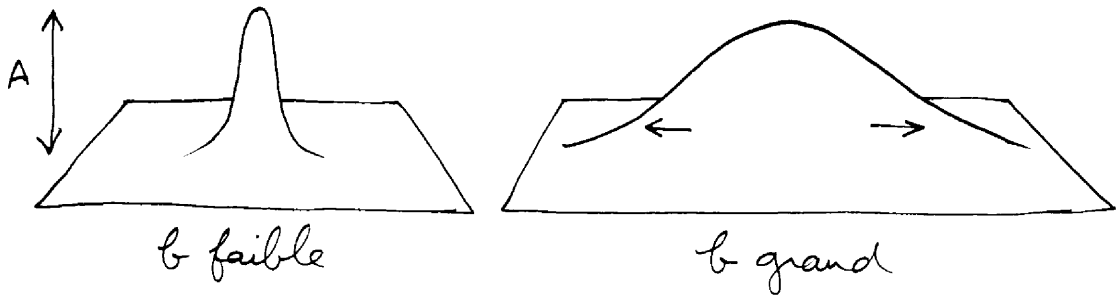
On introduira une déformation d'amplitude variable :

$$A(X_T, Y_T) = A \exp(-\rho^2 / 2b^2)$$

b sera quelque chose comme la largeur caractéristique de la bosse. Et A sera l'amplitude maximale

(selon l'axe OZT).

Pour une même valeur de A , nous aurons :



le programme ci-après concrétise cette déformation :

```
24000 REM
HOMOTOPIE
```

```
24010 FX = 0: FY = 0: FZ = 0
24020 GOSUB 30000
24052 PRINT: INPUT "AMPLITUDE DEFORMATION "; A: PRINT
T
24054 INPUT "LARGEUR DEFORMATION "; B: PRINT
24060 PRINT "1-SELON OX": PRINT
24070 PRINT "2-SELON OY": PRINT
24080 PRINT "3-SELON OZ": PRINT
24090 INPUT "VOTRE CHOIX "; C: PRINT
24092 IF C = 1 THEN FX = 1
24093 IF C = 2 THEN FY = 1
24094 IF C = 3 THEN FZ = 1
24100 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM
24110 X1 = XT(I,J): Y1 = YT(I,J): Z1 = ZT(I,J)
24140 R2 = (FX + FY) * Z1 * Z1 + (FX + FZ) * Y1 * Y1 + (FZ + FY)
) * X1 * X
1
24150 H = A * (EXP(- (R2 / (2 * B * B)))): REM
24160 XT(I,J) = XT(I,J) + FX * H
24170 YT(I,J) = YT(I,J) + FY * H
24180 ZT(I,J) = ZT(I,J) + FZ * H
24220 NEXT J: NEXT I
24999 RETURN
```

On pourrait, de même, créer des champs de déformations variés, dans l'espace. Par exemple des torsions. Imaginons une torsion selon l'axe OZT. T_M serait l'amplitude maximale de cette torsion et B sa largeur caractéristique. Il suffirait de modifier les coordonnées $X_T(I, J)$, $Y_T(I, J)$ en opérant une rotation dont l'amplitude irait en décroissant, au fur et à mesure que l'on s'éloignerait de l'axe OZT, par exemple selon un angle

$$T(\rho) = T_M \exp\left(-\frac{\rho^2}{2B^2}\right)$$

$$\text{avec } \rho = \sqrt{X_T^2 + Y_T^2}$$

Le programme n'est pas difficile à imaginer. Il suffit de se servir de ce qui a été déjà donné.

FICHIERS BLOCS

Pour fabriquer des objets, il suffit d'utiliser les outils présentés ici et de fusionner les éléments créés et manipulés séparément.

Mais la fusion a ses limites. On a vu que le programme n'était pas conçu pour manipuler des objets composés de plus de 300 "segments".

Que faire ?

Les objets sont destinés à être traités par un autre programme que nous appellerons **PANGRAPHE DESSIN** et qui ne pourra, lui aussi, gérer que 300 segments **A' LA FOIS**.

On voit poindre la solution : **PANGRAPHE DESSIN** pourra gérer des ensembles d'objets, eux mêmes décrits dans des fichiers qu'on appellera **BLOCS D'OBJET** ou **FICHIERS BLOC**.

EL\$(I) seront les éléments de ce fichier.

autrement dit des fichiers de fichiers...

```

28000 REM
CREATION D'UN FICHIER BLOC

28010 HOME
28020 INPUT "NOMBRE D'OBJETS ";E
28030 FOR I = 1 TO E
28040 PRINT "OBJET NUMERO ";I
28050 INPUT EL$(I): PRINT
28060 NEXT I
28070 INPUT "NOM DE CE BLOC ";BL$: PRINT
28080 PRINT D$"OPEN";BL$
28090 PRINT D$"WRITE";BL$
28100 PRINT E
28110 FOR I = 1 TO E
28120 PRINT EL$(I)
28130 NEXT I
28140 PRINT D$"CLOSE";BL$
28999 RETURN

```

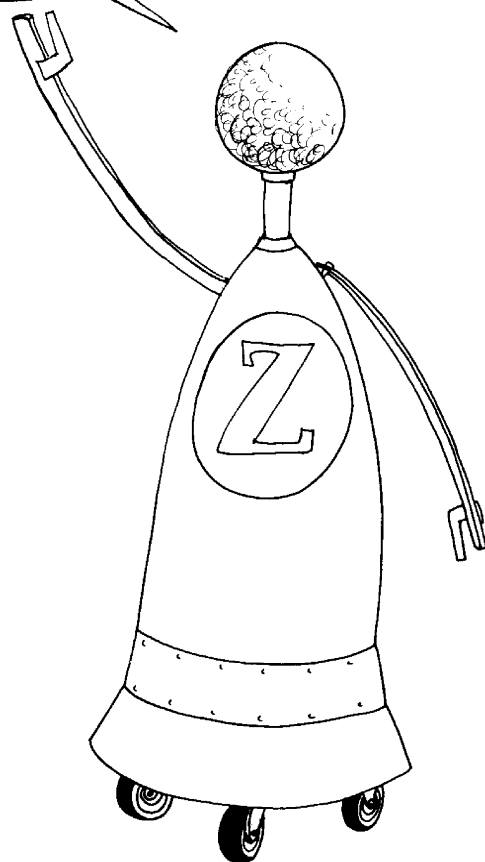
Et l'opération inverse :

```

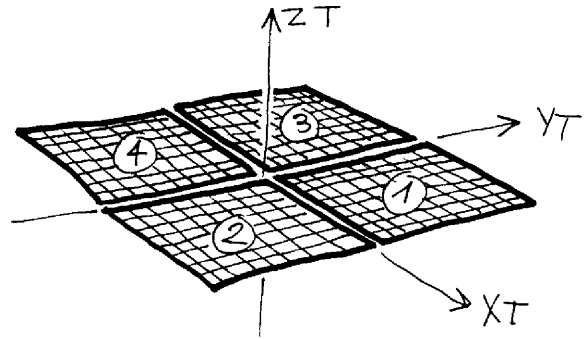
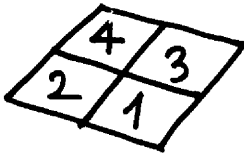
29000 REM
LECTURE FICHIER BLOC

29005 HOME : INPUT "NOM DU BLOC ";BL$: PRINT
29010 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
29020 PRINT D$"OPEN";BL$
29030 PRINT D$"READ";BL$
29040 INPUT E
29050 FOR I = 1 TO E
29060 INPUT EL$(I)
29065 NEXT I
29070 PRINT D$"CLOSE";BL$
29080 FOR I = 1 TO E: PRINT EL$(I): NEXT : FOR TT = 1 TO 2
000: NEXT TT
29999 RETURN

```



Nous avons vu, pages 50, 51, 52 comment engendrer une grille, que nous appellerons GRILLE 1. En utilisant les sous options "symétrie par rapport à un plan", on engendredra aisément un sol pavé correspondant au dessin ci-après :



Cet ensemble pourra être géré par un fichier qui on pourra appeler BLOC GRILLE ($\emptyset/\emptyset/\emptyset$) puisque son centre de gravité est à l'origine. Fichier qui sera constitué des quatre éléments

GRILLE1
GRILLE2
GRILLE3
GRILLE4

On notera que le point ($\emptyset, \emptyset, \emptyset$) n'appartient pas à cet ensemble ce qui permettra de "PASSER AU TRAVES" de ce bloc grille en suivant l'axe OZ.

La saisie et la manipulation d'objets peuvent comporter de nombreuses autres facettes. Mais nous arrêterons là notre exploration.

Ce programme ne permet présentement que de créer des objets et de jongler quelque peu avec. Il nous faut un programme de dessin.

Mais la section **PANGRAPHE OBJET** est déjà si importante que nous n'aurons pas assez de place dans la mémoire de l'Apple II, dans nos 48K.

La solution va consister à placer dans **PANGRAPHE OBJET** quelque chose, des options liées aux **IMAGES**, au **DESSIN**, qui appelleront automatiquement **PANGRAPHE DESSIN**, également présent sur la diskette.

Dans notre menu nous avons fait figurer les options liées à **PANGRAPHE DESSIN** entre parenthèses. Il suffira que ces options renvoient à une séquence - transfert.

Remarque : peut-on conserver les fichiers en passant ainsi d'un programme à l'autre ? oui, à condition d'utiliser un programme - machine nommé **CHAIN**.

En utilisant le programme de copie **FID** présent sur la **MASTER**, vous pouvez dupliquer **CHAIN** sur votre diskette de travail. La séquence transfert sera alors :

40000 REM

CHAIN PANGRAPHE DESSIN

40010 PRINT D\$"BLOADCHAIN,A520"
40020 CALL 520"PANGRAPHE DESSIN"

Il reste un sous programme de questionnement, souvent utilisé :

```
30000 REM
```

```
L'OBJET EST-IL EN MEMOIRE ?
```

```
30010 PRINT : INPUT "L'OBJET EST-IL EN MEMOIRE ? ";R$:  
PRINT  
30020 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 30999  
30030 INPUT "NOM DE L'OBJET: ";O$: PRINT  
30040 GOSUB 4020  
30999 RETURN
```

On comprend maintenant la présence de FLAGS dans le tout début du programme.

Si on commence par RUN PANGRAPHE OBJET 5/2/84 la ligne 2 assurera la création des places en mémoire pour les fichiers de points XT, YT, ZT. Le flag FD sera alors positionné sur 1.

On pourra alors tourner dans PANGRAPHE OBJET. Si on déclenche le transfert, le programme chargé PANGRAPHE DESSIN 5/2/84 aura les mêmes premières lignes. Le Flag FD étant différent de zéro, on évitera une relecture de la ligne DIM, qui détruirait nos fichiers. L'option C ayant DÉJÀ été définie, la ligne 6 évitera tout questionnement et 31Ø nous branchera automatiquement sur le bon sous-programme.

Avant de construire PANGRAPHE DESSIN et de rendre tout cela plus explicite, donnons la suite complète du programme PANGRAPHE OBJET.

PANGRAPHE OBJET

```
0 IF FD = 1 THEN 5
1 L = 0: REM PANGRAPHE OBJET 7/2/84
2 DIM XT(30,9),YT(30,9),ZT(30,9),X(30,9),Y(30,9),N(30):FD = 1
3 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
5 TEXT : HOME
6 IF C < > 0 THEN 310
10 HOME
20 REM
```

PROGRAMME MENU

```
30 VTAB 15: HTAB 15
40 PRINT "VOULEZ-VOUS:"
50 FOR TE = 1 TO 500: NEXT
60 HOME
70 PRINT
80 VTAB 3: HTAB 26: PRINT "PANGRAPHE OBJET"
90 VTAB 1
100 PRINT "1-CREER UN OBJET"
110 PRINT "2-STOCKER UN OBJET"
120 PRINT "3-CHARGER UN OBJET"
130 PRINT "4-COMPLETER UN OBJET"
140 PRINT "5-MODIFIER UN OBJET"
150 PRINT "6-(REPRESENTER UN OBJET)"
160 PRINT "7-(STOCKER UNE IMAGE)"
170 PRINT "8-(CHARGER UNE IMAGE)"
180 PRINT "9-MANIPULER UN OBJET"
190 PRINT "10-DEFINIR UN BLOC D'OBJETS"
200 PRINT "11-CONSULTER UN FICHER BLOC"
210 PRINT "12-"
220 PRINT "13-"
230 PRINT "14-"
240 PRINT "15-"
250 PRINT "16-"
260 PRINT "17-AFFICHER LE CATALOGUE"
270 PRINT "18-SORTIR DU PROGRAMME"
280 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
290 IF C = 17 THEN PRINT D$"CATALOG": GET A$: GET A$
300 IF C = 18 THEN END
310 ON C GOSUB 2000,3000,4000,2010,5000,40000,40000,40000:
0,17000,28000,29
000
999 GOTO 10
1000 REM
```

CREATION ARC DE CERCLE

```
1010 HOME :FX = 0:FY = 0:FZ = 0
1015 VTAB 15: HTAB 8
1020 HOME
1030 PRINT "COORDONNEES CENTRE DU CERCLE": PRINT
1040 INPUT "XC=";XC
1050 INPUT "YC=";YC
1060 INPUT "ZC=";ZC: PRINT
1070 PRINT "CERCLE D'AXE PARALLELE A:": PRINT
1080 PRINT "1-OX 2-OY 3-OZ": PRINT
1090 INPUT "VOTRE CHOIX ";C: PRINT
1095 INPUT "RAYON DU CERCLE ";R
1100 IF C = 1 THEN FX = 1
1110 IF C = 2 THEN FY = 1
1120 IF C = 3 THEN FZ = 1
1130 PRINT "SENS DE PARCOURS TRIGO HABITUEL": PRINT

1140 INPUT "DONNEZ THETA 1,DEGRES:";T1
1150 INPUT "DONNEZ THETA 2,DEGRES:";T2: PRINT
1160 T1 = T1 * 3.1416 / 180: REM CONVERSION DEGRES/RA
DIANS
1170 T2 = T2 * 3.1416 / 180: REM CONVERSION DEGRES/RA
DIANS
1180 DT = (T2 - T1) / 8
1190 L = L + 1: REM NOUVELLE CHAINE
1200 N(L) = 9: REM 9 POINTS SUR LA CHAINE
1210 FOR K = 0 TO 8: REM CREATION ARC DE CERCLE
1220 CT = COS (T1 + DT * K):ST = SIN (T1 + DT * K)
1230 REM LIGNES TRIGO DE THETA
1235 J = K + 1
```

```

← 1240 XT(L,J) = XC + (FY + FZ) * CT * R
1250 YT(L,J) = YC + (FX * CT + FZ * ST) * R
1260 ZT(L,J) = ZC + (FX + FY) * ST * R
1270 NEXT K
1275 FOR J = 1 TO 9
1280 XT(L,J) = (INT (1000 * XT(L,J))) / 1000
1290 YT(L,J) = (INT (1000 * YT(L,J))) / 1000
1300 ZT(L,J) = (INT (1000 * ZT(L,J))) / 1000
1400 PRINT XT(L,J),YT(L,J),ZT(L,J)
1410 NEXT J
1420 GET A$
1999 RETURN
2000 REM

```

CRÉER UN OBJET

```

2005 HOME :L = 0
2010 HOME :: PRINT "VOULEZ-VOUS::": PRINT
2020 PRINT "1-CRÉER DES CHAINES"
2030 PRINT "2-POINTILLER DES SEGMENTS"
2040 PRINT "3-CRÉER UN CERCLE"
2050 PRINT "4-CHAINER DES CERCLES"
2060 PRINT "5-CHAINER DES COUPLES"
2070 PRINT "6-CRÉER UN ARC DE CERCLE": PRINT
2100 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
2110 ON C GOSUB 10000,11000,12000,13000,14000,1000
2999 RETURN
3000 REM

```

STOCKER UN OBJET

```

3010 INPUT "NOM DE L'OBJET";O$
3020 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
3030 PRINT D$"OPEN";O$
3040 PRINT D$"WRITE";O$
3050 PRINT L
3060 FOR I = 1 TO L
3070 PRINT N(I)
3080 NEXT I
3090 FOR I = 1 TO L
3100 FOR J = 1 TO N(I)
3110 PRINT XT(I,J): PRINT YT(I,J): PRINT ZT(I,J)
3120 NEXT J: NEXT I
3130 PRINT D$"CLOSE";O$
3999 RETURN
4000 REM

```

CHARGEMENT OBJET

```

4010 INPUT "NOM DE L'OBJET ";O$
4020 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
4030 PRINT D$"OPEN";O$
4040 PRINT D$"READ";O$
4050 INPUT L
4060 FOR I = 1 TO L
4070 INPUT N(I)
4080 NEXT I
4090 FOR I = 1 TO L
4100 FOR J = 1 TO N(I)
4110 INPUT XT(I,J): INPUT YT(I,J): INPUT ZT(I,J)
4120 NEXT J: NEXT I
4130 PRINT D$"CLOSE";O$
4999 RETURN
5000 GOSUB 2000
5999 RETURN
10000 REM

```

CREATION DE CHAINES

```

10040 L = L + 1
10050 INPUT "NOMBRE DE POINTS? ";N(L)
10060 J = 0
10070 J = J + 1
10080 PRINT "POINT NO ";J
10090 INPUT "XT=";XT(L,J)
10100 INPUT "YT=";YT(L,J)
10110 INPUT "ZT=";ZT(L,J)
10120 IF J = N(L) THEN 10140
10130 GOTO 10070
10140 INPUT "UNE ERREUR?";R$
10150 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 10050
10160 INPUT "UNE AUTRE CHAINE? ";R$
10170 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 10040
10999 RETURN

```

11000 REM

POINTILLER UN SEGMENT

```
11010 L = L + 1:N(L) = 5
11020 PRINT "DEBUT DU SEGMENT "
11030 INPUT "X=";XD
11040 INPUT "Y=";YD
11050 INPUT "Z=";ZD
11060 PRINT "FIN DU SEGMENT"
11070 INPUT "X=";XF
11080 INPUT "Y=";YF
11090 INPUT "Z=";ZF
11100 FOR W = 1 TO 5
11110 XT(L,W) = XD + (XF - XD) * (W - 1) / 4
11120 YT(L,W) = YD + (YF - YD) * (W - 1) / 4
11130 ZT(L,W) = ZD + (ZF - ZD) * (W - 1) / 4
11140 NEXT W
11999 RETURN
12000 REM
```

CREATION D'UN CERCLE

```
12010 HOME
12015 PRINT "CENTRE DU CERCLE:"; PRINT
12020 PRINT : INPUT "XC=";XC
12030 INPUT "YC=";YC
12040 INPUT "ZC=";ZC
12050 PRINT : INPUT "AZIMUT AXE ";AX
12060 AX = AX * 3.1416 / 180
12065 PRINT : INPUT "ANGLE DE SITE AXE:";SI
12066 SI = SI * 3.1416 / 180
12070 PRINT : INPUT "RAYON ";R
12080 CA = COS (AX):SA = SIN (AX)
12085 CS = COS (SI):SS = SIN (SI)
12090 L = L + 1
12100 N(L) = 9
12110 J = 0
12120 J = J + 1:W = (J - 1) * .785 / 2
12130 X0 = 0:Y0 = - R * COS (W):Z0 = R * SIN (W)
12132 X1 = - Z0 * SS + X0 * CS
12133 Y1 = Y0
12134 Z1 = Z0 * CS + X0 * SS
12140 XT(L,J) = X1 * CA - Y1 * SA + XC
12150 YT(L,J) = X1 * SA + Y1 * CA + YC
12160 ZT(L,J) = Z1 + ZC
12170 IF J = 9 THEN 12190
12180 GOTO 12120
12190 L = L + 1
12200 N(L) = 9
12210 J = 0
12220 J = J + 1:W = (J - 1) * .785 / 2
12230 X0 = 0:Y0 = - R * COS (W):Z0 = - R * SIN (W)
12232 X1 = - Z0 * SS + X0 * CS
12233 Y1 = Y0
12234 Z1 = Z0 * CS + X0 * SS
12240 XT(L,J) = X1 * CA - Y1 * SA + XC
12250 YT(L,J) = X1 * SA + Y1 * CA + YC
12260 ZT(L,J) = Z1 + ZC
12270 IF J = 9 THEN 12999
12280 GOTO 12220
12999 RETURN
13000 REM
```

CHAINAGE DE CERCLES

```
13010 HOME : PRINT "CERCLES COAXIAUX // OX"
13012 PRINT : PRINT "AXE DES CERCLES": PRINT
13013 INPUT "YC=";YC
13014 INPUT "ZC=";ZC
13020 K = 0
13030 K = K + 1: PRINT : PRINT "CERCLE NO ";K
13040 L = L + 1:N(L) = 9
13050 INPUT "ABSCISSE ";XC
13060 INPUT "RAYON ";R
13070 FOR J = 1 TO 9
13080 W = J * .785
13090 XT(L,J) = XC
13100 YT(L,J) = YC - R * COS (W):ZT(L,J) = ZC + R * SIN (W)
13110 NEXT J
13120 INPUT "UN AUTRE?";R$
13130 IF R$ = "OUI" THEN 13030
13140 FOR I = 1 TO 8
13150 L = L + 1:N(L) = K
13160 FOR J = 1 TO K
13170 XT(L,J) = XT(L - K - I + J,I)
13180 YT(L,J) = YT(L - K - I + J,I)
13190 ZT(L,J) = ZT(L - K - I + J,I)
13200 NEXT J
13210 NEXT I
13999 RETURN
```

14000 REM

CHAINER COUPLES

```
14010 PRINT "COUPLES AXES SUR OX"
14020 K = 0:L = 0
14030 K = K + 1:L = L + 1:N(L) = 5
14050 PRINT "COUPLE NUMERO ";K
14070 PRINT "DONNEZ 5 PTS : "
14080 FOR J = 1 TO 5
14090 PRINT "POINT NUMERO ";J
14100 INPUT "X=";XT(L,J)
14105 INPUT "Y=";YT(L,J)
14110 INPUT "Z=";ZT(L,J)
14120 NEXT J
14130 INPUT "UNE ERREUR? ";R$
14140 IF R$ = "OUI" THEN 14050
14230 INPUT "UN AUTRE COUPLE?";R$
14240 IF R$ = "OUI" THEN 14030
14260 FOR I = 1 TO 5
14270 L = L + 1:N(L) = K
14280 FOR J = 1 TO K
14290 XT(L,J) = XT(J,I)
14300 YT(L,J) = YT(J,I)
14310 ZT(L,J) = ZT(J,I)
14320 NEXT J: NEXT I
14331 FOR I = 1 TO K: FOR J = 1 TO 5
14332 PRINT XT(I,J),YT(I,J),ZT(I,J)
14333 NEXT J: NEXT I
14334 GET A$
14340 GOSUB 3000
14350 FOR I = 1 TO K + 5
14360 FOR J = 1 TO N(I)
14370 YT(I,J) = - YT(I,J)
14380 NEXT J: NEXT I
14400 GOSUB 3000
14999 RETURN
17000 REM
```

MANIPULER UN OBJET

```
17010 HOME
17020 PRINT "VOULEZ-VOUS:" : PRINT
17030 PRINT "1-OPERER UNE TRANSLATION DE L'OBJET":
PRINT
17040 PRINT "2-OPERER UNE ROTATION": PRINT
17050 PRINT "3-CREER LE SYMETRIQUE % UN PLAN": PRINT
17060 PRINT "4-FUSIONNER DEUX OBJETS": PRINT
17070 PRINT "5-HOMOTHETIE": PRINT
17080 PRINT "6-AFFINITE": PRINT
17090 PRINT "7-HOMOTOPIE": PRINT
17100 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
17110 ON C GOSUB 19000,20000,18000,21000,22000,23000,24000
17999 RETURN
18000 REM
```

SYMETRIQUE % PLAN

```
18001 HOME
18005 FX = 0:FY = 0:FZ = 0
18006 GOSUB 30000
18007 PRINT : PRINT "SYMETRIQUE PAR RAPPORT AU PLAN
": PRINT : PRINT "1-
Z=0 PLAN XOY": PRINT : PRINT "2- Y=0 PLAN XOZ": PRINT
: PRINT "3- X=
0 PLAN YOZ": PRINT : INPUT "VOTRE CHOIX ";C
18008 IF C = 1 THEN FZ = 1
18009 IF C = 2 THEN FY = 1
18010 IF C = 3 THEN FX = 1
18011 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I)
18020 IF FX = 1 THEN XT(I,J) = - XT(I,J)
18022 IF FY = 1 THEN YT(I,J) = - YT(I,J)
18024 IF FZ = 1 THEN ZT(I,J) = - ZT(I,J)
18030 NEXT J: NEXT I
18035 PRINT
18040 INPUT "NOM NOUVEL OBJET ";O$
18050 GOSUB 3030
18809 IF C = 2 THEN FY = 1
18999 RETURN
```

19000 REM

TRANSLATION OBJET

```
19010 HOME
19020 GOSUB 30000
19040 PRINT "DONNEZ VECTEUR TRANSLATION": PRINT
19050 INPUT "DX=";DX
19060 INPUT "DY=";DY
19070 INPUT "DZ=";DZ
19080 FOR I = 1 TO L
19090 FOR J = 1 TO N(I)
19100 XT(I,J) = XT(I,J) + DX
19110 YT(I,J) = YT(I,J) + DY
19120 ZT(I,J) = ZT(I,J) + DZ
19130 NEXT J: NEXT I
19140 PRINT : PRINT "NOM OBJET TRANSLATE": PRINT
19150 INPUT " ";O$
19160 GOSUB 3030
19999 RETURN
20000 REM
```

ROTATION OBJET

```
20010 HOME
20020 GOSUB 30000
20025 PRINT
20030 PRINT "ROTATION AXE PARALLELE A": PRINT
20040 PRINT "1-L'AXE OX : ROULIS": PRINT
20050 PRINT "2-L'AXE OY : TANGAGE": PRINT
20060 PRINT "3-L'AXE OZ : LACET": PRINT
20070 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
20080 ON C GOSUB 25000,26000,27000
20999 RETURN
21000 REM
```

FUSION OBJETS

```
21010 HOME
21020 PRINT "FIN DE FUSION,TAPEZ LE MOT FIN": PRINT
21030 PRINT "PREMIER OBJET A FUSIONNER": PRINT
21035 GOSUB 30000
21040 INPUT "NOM OBJET A FUSIONNER:";O$
21042 IF O$ = "FIN" THEN 21500
21050 PRINT D$"OPEN";O$
21060 PRINT D$"READ";O$
21062 REM
```

OPERATION DE FUSION

```
21065 REM LL=OMBRE DE CHAINES DU NOUVEL OBJET
21070 INPUT LL
21080 FOR I = L + 1 TO L + LL
21090 INPUT N(I)
21100 NEXT I
21110 FOR I = L + 1 TO L + LL
21120 FOR J = 1 TO N(I)
21130 INPUT XT(I,J): INPUT YT(I,J): INPUT ZT(I,J)
21140 NEXT J: NEXT I
21150 PRINT D$"CLOSE";O$
21155 L = L + LL
21160 GOTO 21040
21500 REM FIN DE FUSION
21510 HOME
21520 PRINT : INPUT "NOM DE L'OBJET GLOBAL ";O$
21530 GOSUB 3030
21999 RETURN
22000 REM
```

HOMOTHETIE

```
22010 HOME
22020 GOSUB 30000
22040 PRINT "COORDONNEES CENTRE HOMOTHETIE": PRIN
T
22050 INPUT "XC=";XC
22060 INPUT "YC=";YC
22070 INPUT "ZC=";ZC
22080 PRINT : INPUT "COEFFICIENT HOMOTHETIE ";HO: PR
INT
22090 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM
22100 X1 = XT(I,J) - XC
22110 Y1 = YT(I,J) - YC
22120 Z1 = ZT(I,J) - ZC: REM
```



```
22130 X2 = X1 * HO
22135 Y2 = Y1 * HO
22140 Z2 = Z1 * HO: REM
```

```
22145 XT(I,J) = X2 + XC
22150 YT(I,J) = Y2 + YC
22160 ZT(I,J) = Z2 + ZC: REM
```

```
22170 NEXT J: NEXT I
22999 RETURN
23000 REM
```

AFFINITE

```
23010 HOME :
23015 FX = 0:FY = 0:FZ = 0
23020 GOSUB 30000
23060 PRINT "1- X=0 PLAN YOZ": PRINT
23070 PRINT "2- Y=0 PLAN XOZ": PRINT
23080 PRINT "3- Z=0 PLAN XOY": PRINT
23090 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
23100 IF C = 1 THEN FX = 1
23110 IF C = 2 THEN FY = 1
23120 IF C = 3 THEN FZ = 1
23125 PRINT : INPUT "COEFF AFFINITE";AF: PRINT
23130 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM
```

```
23140 IF FX = 1 THEN XT(I,J) = AF * XT(I,J)
23150 IF FY = 1 THEN YT(I,J) = AF * YT(I,J)
23160 IF FZ = 1 THEN ZT(I,J) = AF * ZT(I,J): REM
```

```
23170 NEXT J: NEXT I
23999 RETURN
24000 REM
```

HOMOTOPIE

```
24010 FX = 0:FY = 0:FZ = 0
24020 GOSUB 30000
24052 PRINT : INPUT "AMPLITUDE DEFORMATION ";A: PRIN
T
24054 INPUT "LARGEUR DEFORMATION ";B: PRINT
24060 PRINT "1-SELON OX": PRINT
24070 PRINT "2-SELON OY": PRINT
24080 PRINT "3-SELON OZ": PRINT
24090 INPUT "VOTRE CHOIX ";C: PRINT
24092 IF C = 1 THEN FX = 1
24093 IF C = 2 THEN FY = 1
24094 IF C = 3 THEN FZ = 1
24100 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM
```

```
24110 X1 = XT(I,J):Y1 = YT(I,J):Z1 = ZT(I,J)
24140 R2 = (FX + FY) * Z1 * Z1 + (FX + FZ) * Y1 * Y1 + (FZ + FY)
) * X1 * X
```

```
24150 H = A * ( EXP ( - (R2 / (2 * B * B)))): REM
```

```
24160 XT(I,J) = XT(I,J) + FX * H
24170 YT(I,J) = YT(I,J) + FY * H
24180 ZT(I,J) = ZT(I,J) + FZ * H
24220 NEXT J: NEXT I
24999 RETURN
25000 REM
```

ROTATION AXE // OX

```
25010 HOME
25020 PRINT "TRACE AXE DANS PLAN YOZ": PRINT
25030 INPUT "YA=";YA: PRINT : INPUT "ZA=";ZA: PRINT
25040 INPUT "ANGLE,DEGRES: ";AR
25050 REM AR ANGLE DE ROULIS
25060 AR = AR * 3.1416 / 180
25070 CR = COS (AR):SR = SIN (AR)
25080 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I)
25090 X1 = XT(I,J)
25100 Y1 = YT(I,J) - YA
25110 Z1 = ZT(I,J) - ZA: REM
```

```
25120 X2 = X1
25130 Y2 = Y1 * CR - Z1 * SR
25140 Z2 = Y1 * SR + Z1 * CR: REM
25150 XT(I,J) = X2
25160 YT(I,J) = Y2 + YA
25170 ZT(I,J) = Z2 + ZA: REM
```

```
25180 NEXT J: NEXT I
25999 RETURN
```

26000 REM

ROTATION AXE // OY

```
26010 HOME
26020 PRINT "TRACE AXE DANS PLAN XOZ": PRINT
26030 INPUT "XA=";XA: PRINT : INPUT "ZA=";ZA: PRINT
26040 INPUT "ANGLE DEGRES ";A1
26050 A1 = A1 * 3.1416 / 180
26070 REM A1 ANGLE DE TANGAGE
26075 CT = COS (A1):ST = SIN (A1)
26080 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM
```

```
26100 X1 = XT(I,J) - XA
26110 Y1 = YT(I,J)
26120 Z1 = ZT(I,J) - ZA: REM
```

```
26140 X2 = Z1 * ST + X1 * CT
26150 Y2 = Y1
26160 Z2 = Z1 * CT - X1 * ST: REM
26170 XT(I,J) = X2 + XA
26180 YT(I,J) = Y2
26190 ZT(I,J) = Z2 + ZA: REM
```

```
26200 NEXT J: NEXT I
26999 RETURN
27000 REM
```

ROTATION AXE // OZ

```
27010 HOME
27020 PRINT "TRACE AXE DANS PLAN XOY": PRINT
27030 INPUT "XA=";XA: PRINT : INPUT "YA=";YA: PRINT
27040 INPUT "ANGLE,DEGRES: ";AL
27050 AL = AL * 3.1516 / 180
27060 REM AL ANGLE DE LACET
27070 CL = COS (AL):SL = SIN (AL)
27080 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I): REM
```

```
27090 X1 = XT(I,J) - XA
27100 Y1 = YT(I,J) - YA
27110 Z1 = ZT(I,J): REM
```

```
27120 X2 = X1 * CL - Y1 * SL
27130 Y2 = X1 * SL + Y1 * CL
27140 Z2 = Z1: REM
```

```
27150 XT(I,J) = X2 + XA
27160 YT(I,J) = Y2 + YA
27170 ZT(I,J) = Z2: REM
```

```
27180 NEXT J: NEXT I
27999 RETURN
28000 REM
```

CREATION D'UN FICHER BLOC

```
28010 HOME
28020 INPUT "NOMBRE D'OBJETS ";E
28030 FOR I = 1 TO E
28040 PRINT "OBJET NUMERO ";I
28050 INPUT EL$(I): PRINT
28060 NEXT I
28070 INPUT "NOM DE CE BLOC ";BL$: PRINT
28080 PRINT D$"OPEN";BL$
28090 PRINT D$"WRITE";BL$
28100 PRINT E
28110 FOR I = 1 TO E
28120 PRINT EL$(I)
28130 NEXT I
28140 PRINT D$"CLOSE";BL$
28999 RETURN
29000 REM
LECTURE FICHER BLOC
```

```
29005 HOME : INPUT "NOM DU BLOC ";BL$: PRINT
29010 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
29020 PRINT D$"OPEN";BL$
29030 PRINT D$"READ";BL$
29040 INPUT E
29050 FOR I = 1 TO E
29060 INPUT EL$(I)
29065 NEXT I
29070 PRINT D$"CLOSE";BL$
29080 FOR I = 1 TO E: PRINT EL$(I): NEXT : FOR TT = 1 TO 2
000: NEXT TT
29999 RETURN
```


30000 REM

L'OBJET EST-IL EN MEMOIRE?

```
30010 PRINT : INPUT "L'OBJET EST-IL EN MEMOIRE ? ";R$ :  
PRINT  
30020 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 30999  
30030 INPUT "NOM DE L'OBJET: ";O$: PRINT  
30040 GOSUB 4020  
30999 RETURN  
40000 REM
```

CHAIN PANGRAPHE DESSIN

```
40010 PRINT D$"BLOADCHAIN,A520"  
40020 CALL 520"PANGRAPHE DESSIN"
```

5000 REM

MODIFIER UN OBJET

```
5010 HOME  
5020 GOSUB 30000  
5030 PRINT : PRINT "OBJET DE ";L;" CHAINES": PRINT  
5040 INPUT "DONNEZ L'INDICE DE CHAINE ";I  
5050 INPUT "DONNEZ INDICE POINT SUR LA CHAINE ";J  
5060 PRINT  
5070 INPUT "XT(I,J)=";XT(I,J): PRINT  
5080 INPUT "YT(I,J)=";YT(I,J): PRINT  
5090 INPUT "ZT(I,J)=";ZT(I,J): PRINT  
5100 INPUT "UN AUTRE POINT ";R$  
5110 IF LEFT$(R$,1) = "O" THEN 5040  
5120 GOSUB 3020  
5998 END
```

PANGRAPHE DESSIN

Cette section représente la deuxième partie de cet ensemble.
Le Menu de **PANGRAPHE** sera semblable à celui de
PANGRAPHE OBJET:

- 1 - (CREER UN OBJET)
- 2 - (STOCKER UN OBJET)
- 3 - CHARGER UN OBJET PANGRAPHE DESSIN
- 4 - (COMPLÉTER UN OBJET)
- 5 - (MODIFIER UN OBJET)
- 6 - REPRÉSENTER UN OBJET
- 7 - STOCKER UNE IMAGE
- 8 - CHARGER UNE IMAGE
- 9 - (MANIPULER UN OBJET)
- 10 - (DEFINIR UN BLOC D'OBJETS)
- 11 - CONSULTER UN FICHER BLOC
- 12 -
- 13 -
- 14 -
- 15 -
- 16 -
- 17 - AFFICHER LE CATALOGUE
- 18 - SORTIR DU PROGRAMME

VOTRE CHOIX ? ■

Comme on peut le voir dans ce menu, les parenthèses sont "inversées". Elle encadreront les options appartenant à PANGRAPHE OBJET.

```
JLOADPANGRAPHE DESSIN
JLIST
```

```
0 IF FD = 1 THEN 5
1 L = 0: REM PANGRAPHE DESSIN 5/2/84
2 DIM XT(30,9),YT(30,9),ZT(30,9),X(30,9),Y(30,9),N(30):FD = 1
3 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
5 TEXT : HOME
6 IF C < > 0 THEN 330
10 HOME
20 REM
```

PROGRAMME MENU

```
30 VTAB 15: HTAB 15
40 PRINT "VOULEZ-VOUS:"
50 FOR TE = 1 TO 500: NEXT
60 HOME
70 PRINT
80 VTAB 3: HTAB 25: PRINT "PANGRAPHE DESSIN"
90 VTAB 1
100 PRINT "1-(CREER UN OBJET)"
110 PRINT "2-(STOCKER UN OBJET)"
120 PRINT "3-CHARGER UN OBJET"
130 PRINT "4-(COMPLETER UN OBJET)"
140 PRINT "5-(MODIFIER UN OBJET)"
150 PRINT "6-REPRESENTER UN OBJET"
160 PRINT "7-STOCKER UNE IMAGE"
170 PRINT "8-CHARGER UNE IMAGE"
180 PRINT "9-(MANIPULER UN OBJET)"
190 PRINT "10-(DEFINIR UN BLOC D'OBJETS)"
200 PRINT "11-CONSULTER UN FICHIER BLOC"
210 PRINT "12-"
220 PRINT "13-"
230 PRINT "14-"
240 PRINT "15-"
250 PRINT "16-"
260 PRINT "17-AFFICHER LE CATALOGUE"
270 PRINT "18-SORTIR DU PROGRAMME"
290 INPUT "VOTRE CHOIX ";C
300 IF C = 17 THEN PRINT D$"CATALOG": GET A$: GET A$
310 IF C = 18 THEN END
320 IF C = 19 THEN PRINT D$"RUNPANGRAPHE PRINCIPAL"
"
330 ON C GOSUB 40000,40000,4000,40000,40000,7000,8000,90
00,40000,40000,2
9000
999 GOTO 10
```

Au début, même système de FLAG FD, même test sur la valeur de C.

les options absentes, renvoient à la routine de transfert 40 000, encore présente :

```
40000 REM
```

```
CHAINAGE SUR P/OBJET
40010 PRINT D$"BLOADCHAIN,A520"
40020 CALL 520"PANGRAPHE OBJET"
```

Pour dessiner un objet, il faudra commencer par le charger en mémoire centrale. Ce qui fait que l'on trouvera encore ici la même routine de chargement :

```
4000 REM
CHARGEMENT OBJET

4010 INPUT "NOM DE L'OBJET ";O$
4020 D$ = CHR$(4)
4030 PRINT D$"OPEN";O$
4040 PRINT D$"READ";O$
4050 INPUT L
4060 FOR I = 1 TO L
4070 INPUT N(I)
4080 NEXT I
4090 FOR I = 1 TO L
4100 FOR J = 1 TO N(I)
4110 INPUT XT(I,J): INPUT YT(I,J): INPUT ZT(I,J)
4120 NEXT J: NEXT I
4130 PRINT D$"CLOSE";O$
4999 RETURN
5000 GOSUB 2000
5999 RETURN
```

Au rayon des choses déjà connues :

```
29000 REM
LECTURE FICHER BLOC

29005 HOME : INPUT "NOM DU BLOC ";BL$: PRINT
29010 D$ = CHR$(4)
29020 PRINT D$"OPEN";BL$
29030 PRINT D$"READ";BL$
29040 INPUT E
29050 FOR I = 1 TO E
29060 INPUT EL$(I)
29065 NEXT I
29070 PRINT D$"CLOSE";BL$
29080 FOR I = 1 TO E: PRINT EL$(I): NEXT I
29090 FOR TT = 1 TO 2000: NEXT TT
29999 RETURN
```

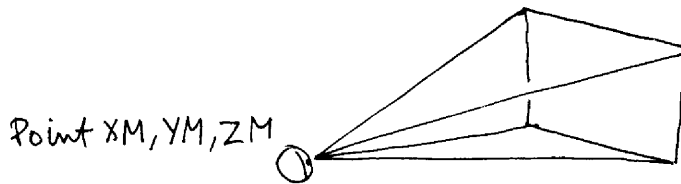
Tout le reste concerne la fabrication d'images.

REPRÉSENTER UN OBJET

L'objet (ou les objets) que nous voulons représenter, se situent quelquepart dans l'espace objet XT, YT, ZT .

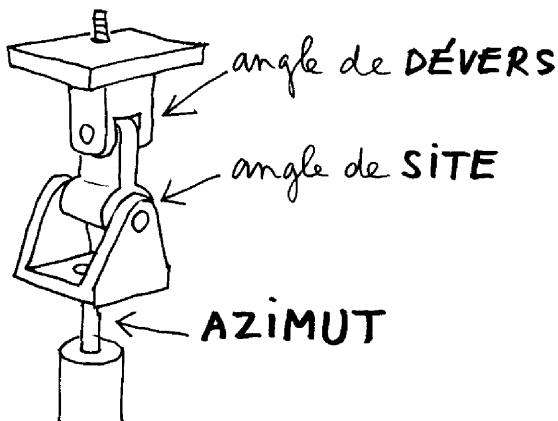
Pour créer une vue en perspective il va falloir indiquer un **POINT D'OBSERVATION** de coordonnées XM, YM, ZM .

Il faut ensuite indiquer à la machine dans quelle direction il lui faut "regarder" cet objet, c'est à dire orienter la **FENÊTRE DE VISION** :

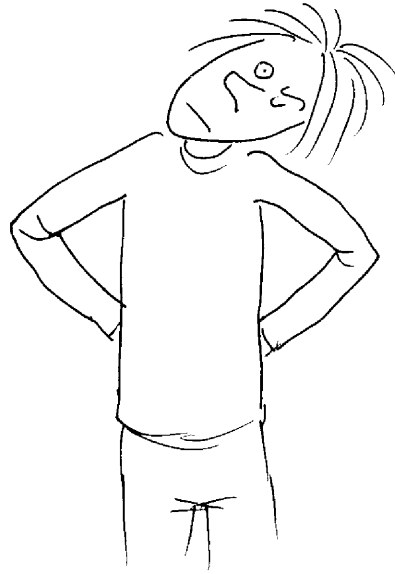
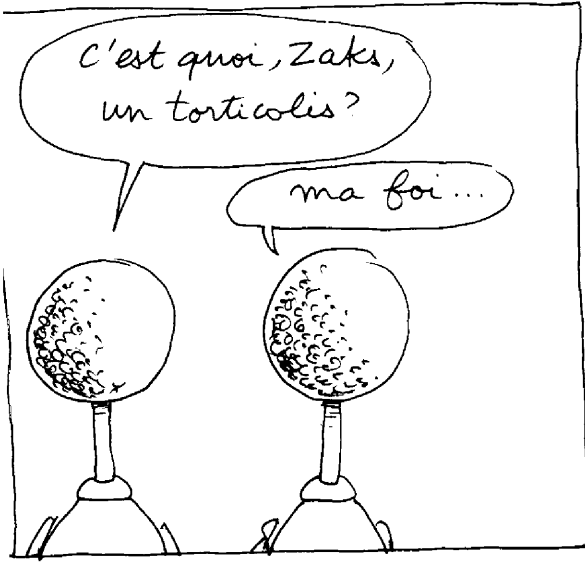


Nous savons que nous pouvons à volonté régler l'**OUVERTURE ANGULAIRE AN** de cette fenêtre, c'est à dire notre **FOCALE**, notre **ZOOM**.

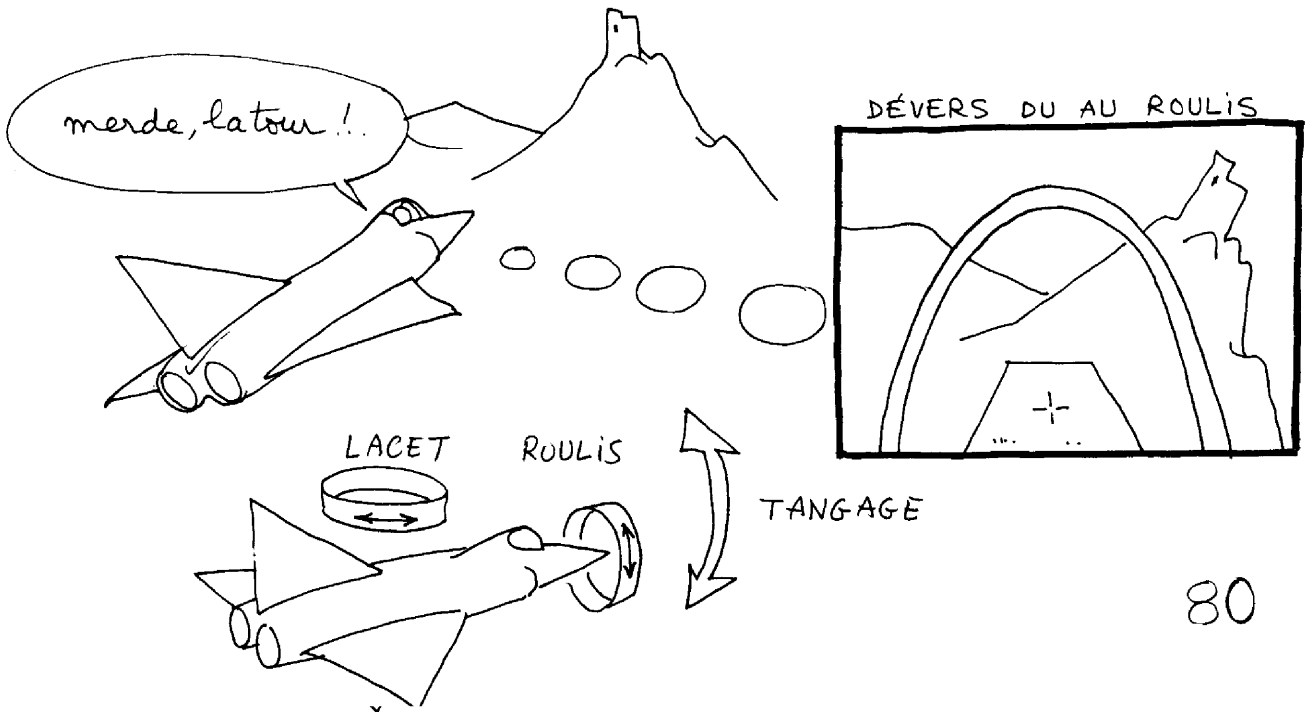
L'**ATTITUDE** de l'observateur dépend de trois angles, que l'on retrouve sur un pied d'appareil photographique.



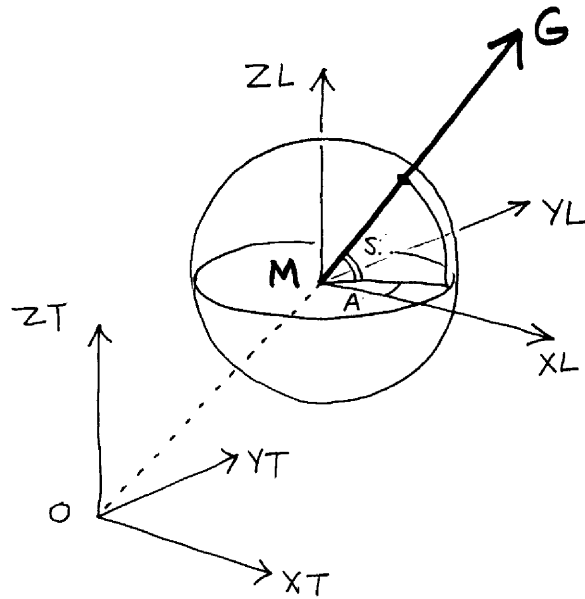
Pour être tout à fait complet, on devrait les faire intervenir tous les trois. Mais, dans cette première version de **PANGRAPHE** nous ne retiendrons que l'**AZIMUT** et le **SITE**, on a en général pas l'habitude de regarder un objet en se tordant le cou de côté. C'est mauvais pour les vertèbres, et on risque d'attrapper un torticolis.



L'angle de dévers devra être ultérieurement introduit si on souhaite par exemple représenter sur l'écran ce que voit un pilote pendant un virage (simulateur de pilotage)



La première idée consisterait à indiquer à l'ordinateur, soi-même, les angles d'azimut et de site. Mais cela impose un calcul pénible, que l'on peut tout aussi bien confier à la machine.

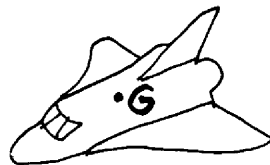


$(\vec{OX}_T, \vec{OY}_T, \vec{OZ}_T)$ représente le **RÉFÉRENTIEL ABSOLU**, vis à vis duquel on définit les coordonnées (X_T, Y_T, Z_T) des **POINTS OBJETS**.

M est le point d'observation, de coordonnées (X_M, Y_M, Z_M) et le vecteur $M\vec{G}$ la direction de pointage. On va faire intervenir un trièdre trirectangle $(\vec{MX}_L, \vec{MY}_L, \vec{MZ}_L)$ centré en M et dont les axes sont parallèles aux axes du trièdre $(\vec{OX}_T, \vec{OY}_T, \vec{OZ}_T)$.

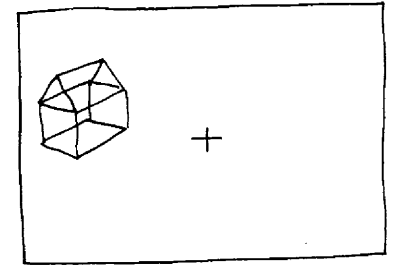
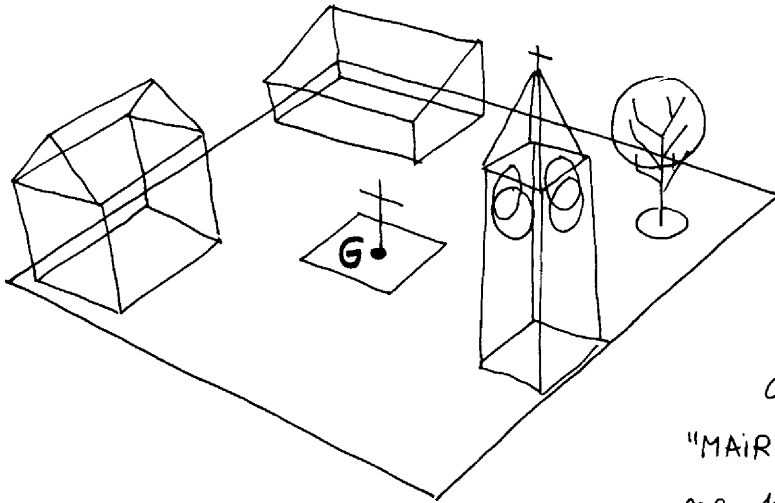
Sur cette figure, on voit très bien les angles A (Azimut) et S (site).

La visée se fait en direction d'un point $G(X_G, Y_G, Z_G)$, et c'est cet ensemble de coordonnées qui sera fourni à la machine. Si le point G se trouve être le centre de gravité de l'objet, par exemple, on aura toutes les chances de regarder dans la bonne direction.



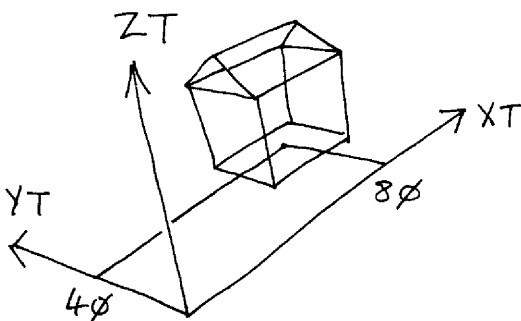
A ce stade, on pourrait se dire : pourquoi ne pas inclure ces coordonnées objet X_G, Y_G, Z_G dans le fichier OBJET, et stocker cette information. Lors du dessin, le pointage pourrait se faire automatiquement. Mais cela serait trop restrictif et trop rigide. Si nous voulons par exemple représenter une place de village, avec plusieurs objets-maison :

le point de visée pourra être le centre de la place.



Quand on tracera l'objet "MAIRIE", la direction de visée ne passera évidemment pas par son centre.

Le problème est surtout de ne pas oublier où se trouve un objet mémorisé sur la diskette. Sinon on risque de perdre pas mal de temps à le rechercher. Une solution consiste à faire figurer les coordonnées de son centre dans le nom de fichier.

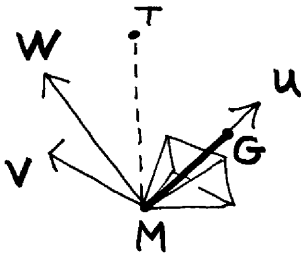


Exemple : cet objet s'appellera MAIRIE $8\phi - 4\phi - \phi$ ou mieux : MAIRIE $(8\phi / 4\phi / \phi)$

Le vecteur \vec{MG} a pour composantes

$$\begin{cases} CX = XG - XM \\ CY = YG - YM \\ CZ = ZG - ZM \end{cases}$$

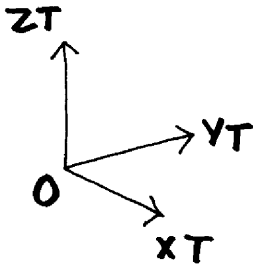
On connaît la suite d'instructions permettant de calculer l'azimut A et le site S . Il faut introduire maintenant un troisième trièdre **LIÉ À L'OBSERVATEUR**:



L'axe \vec{MU} est colinéaire à \vec{MG} .

L'axe \vec{MV} est horizontal

L'axe \vec{MW} complète ce trièdre trirectangle



si T est un point de l'objet, ses coordonnées "apparentes" par rapport à ce nouveau trièdre, seront (XA, YA, ZA)

à partir de ces coordonnées apparentes nous pourrions calculer l'azimut et le site "apparents", qui deviendront les coordonnées écran.

On aura :

$$\begin{cases} XA = \vec{MT} \cdot \vec{MU} \\ YA = \vec{MT} \cdot \vec{MV} \\ ZA = \vec{MT} \cdot \vec{MW} \end{cases}$$

avec $\vec{MT} \begin{cases} XT - XM \\ YT - YM \\ ZT - ZM \end{cases}$

$$\begin{matrix} \rightarrow \\ \text{MU} \end{matrix} \begin{cases} XU = \cos S \cos A \\ YU = \cos S \sin A \\ ZU = \sin S \end{cases} \quad \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{MV} \end{matrix} \begin{cases} XV = -\sin A \\ YV = \cos A \\ ZV = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} \\ \text{MW} \end{matrix} \begin{cases} XW = -\sin S \cos A \\ YW = -\sin S \sin A \\ ZW = \cos S \end{cases}$$

On pose : $\begin{cases} \cos A = CT \\ \cos S = CK \end{cases} \quad \begin{cases} \sin A = ST \\ \sin S = SK \end{cases}$

d'où

$$\begin{matrix} \rightarrow \\ \text{MU} \end{matrix} \begin{cases} XU = CK * CT \\ YU = CK * ST \\ ZU = SK \end{cases} \quad \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{MV} \end{matrix} \begin{cases} XV = -ST \\ YV = CT \\ ZV = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{MW} \end{matrix} \begin{cases} XW = -SK * CT \\ YW = -SK * ST \\ ZW = CK \end{cases}$$

$$\begin{cases} XA = XL * XU + YL * YU + ZL * ZU \\ YA = XL * XV + YL * YV + ZL * ZV \\ ZA = XL * XW + YL * YW + ZL * ZW \end{cases}$$

produits scalaires
donnant
les **COORDONNÉES**
APPARENTES.

Le programme suivant va matérialiser ces formules.

7000 REM

REPRESENTER UN OBJET

```

7010 TEXT : HOME
7020 PRINT : PRINT
7030 INPUT "OUVERTURE ANGULAIRE "; AN : PRINT
7040 PRINT "POINT D'OBSERVATION"
7050 PRINT : INPUT "X="; XM
7060 INPUT "Y="; YM
7070 INPUT "Z="; ZM
7080 PRINT : PRINT "CENTRE G DE L'IMAGE": PRINT : INPUT
T "XG="; XG : INPUT
"YG="; YG : INPUT "ZG="; ZG
7090 CX = XG - XM : CY = YG - YM : CZ = ZG - ZM
7100 DI = SQR (CX * CX + CY * CY)
7110 IF DI = 0 AND CZ > 0 THEN TE = 0 : KI = 3.1416 / 2 : GOTO
7210
7120 IF DI = 0 AND CZ < 0 THEN TE = 0 : KI = - 3.1416 / 2 : GO
TO 7210
7130 KI = ATN (CZ / DI)
7140 IF CX = 0 AND CY > 0 THEN TE = 1.57 : GOTO 7210
7150 IF CX = 0 AND CY < 0 THEN TE = - 1.57 : GOTO 7210
7160 TE = ATN (CY / CX)
7170 IF CX < 0 AND CY > 0 THEN TE = 3.1416 + TE
7180 IF CX < 0 AND CY < 0 THEN TE = 3.1416 - TE
7190 IF CX < 0 AND CY = 0 THEN TE = 3.1416
7200 IF CX = 0 AND CY < 0 THEN TE = - 3.1416 / 2
7210 AZ = TE * 170 / 3.1416 : SI = KI * 170 / 3.1416
7220 REM AZ AZIMUT; SI SITE
7230 CT = COS (TE) : ST = SIN (TE)
7240 CK = COS (KI) : SK = SIN (KI)
7250 XU = CK * CT : YU = CK * ST : ZU = SK
7260 XV = - ST : YV = CT : ZV = 0
7270 XW = - SK * CT : YW = - SK * ST : ZW = CK
7280 HOME
7290 PRINT "1-OBJET DEJA EN MEMOIRE": PRINT
7300 PRINT "2-DESSIN PAR ELEMENTS": PRINT
7310 PRINT "3-DESSIN PAS A PAS": PRINT
7320 PRINT "4-DESSIN PAR BLOC": PRINT
7330 INPUT "VOTRE CHOIX "; C : PRINT
7340 ON C GOSUB 12000, 11000, 30000, 10000
7998 GET A# : TEXT
7999 RETURN

```

De nouveau, un sous menu et des options

Option 1: l'objet est DÉJÀ en mémoire. Un dessin d'un objet UNIQUE, qu'on aura pas besoin de charger.

Option 2: Dessin par éléments.

On indiquera à l'ordinateur que l'on souhaite le tracé d'un décor comprenant un certain nombre d'objets, qui seront saisis par constitution d'un fichier d'éléments $EL\ \phi\ (i)$ qui seront ensuite chargés un à un et dessinés

Option 3: Dessin pas à pas : dans une alternance de pages graphiques et de pages texte, on pourra surimpressionner, pas à pas, de nouveaux objets

Option 4: Dessin par bloc : l'ensemble d'éléments a préalablement été défini et forme un fichier-bloc présent sur la disquette.

Le sous programme de tracé d'image, à partir des données visuelles et d'un objet présent en mémoire correspondra au sous programme 15000. On va le garder pour la fin.

OBJET DÉJÀ EN MÉMOIRE :

```
12000 REM
```

```
OBJET DEJA EN MEMOIRE
```

```
12010 HGR2 : HCOLOR= 3
```

```
12020 HPLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
```

```
12030 GOSUB 15000
```

```
12040 FOR T = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT T
```

```
12999 RETURN
```

En prime : on trace le cadre ...

DESSIN PAR ÉLÉMENTS :

```
11000 REM
DESSIN PAR ELEMENTS

11010 HOME
11020 INPUT "NOMBRE D'ELEMENTS ";E
11030 FOR K = 1 TO E
11040 INPUT "NOM ELEMENT ";EL$(K)
11045 NEXT K
11050 HGR2 : HCOLOR= 3
11060 HPLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
11070 FOR K = 1 TO E
11080 O$ = EL$(K)
11090 GOSUB 4020
11100 GOSUB 15000
11110 NEXT K
11120 FOR T = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT T
11999 RETURN
```

Première partie : Saisie des éléments constituant le fichier EL\$(K)

Deuxième partie : tracé

DESSIN PAS À PAS

```
30000 REM
DESSIN PAS A PAS

30010 HOME
30020 INPUT "NOM PREMIER ELEMENT ";O$: PRINT
30030 GOSUB 4020
30040 HGR2 : HCOLOR= 3
30050 HPLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
30060 GOSUB 15000: FOR TT = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT TT
30070 GET A$: GET A$
```

Première partie : on charge le premier élément. On trace le cadre, puis l'image.

Suite de sept "BIPS" sonores (CHR\$(7)).

Puis pause à l'aide de GET A\$

Une suite de **POKE** permet alors de retourner en mode texte SANS détruire l'image, qui sera tracée en PAGE II et qui restera intacte.

En mode texte, questionnement :

UN AUTRE ELEMENT ?

Si c'est non, fin de ce sous-programme, par saut en 30999 RETURN

Si c'est oui, nom de l'élément, chargement, retour en mode graphique par des POKES AD HOC et dessin (GOSUB 15000), et nouvelle pause.

```
30080 POKE - 16303,0: POKE - 16300,0: REM TEXTE
30090 INPUT "UN AUTRE ELEMENT ? ";R$: PRINT
30100 IF LEFT$(R$,1) < > "O" THEN 30999
30110 INPUT "NOM DE L'ELEMENT ";O$: PRINT
30120 GOSUB 4020
30130 POKE - 16304,0: POKE - 16299,0: REM PAGEII
30140 GOSUB 15000: FOR TT = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT
TT
30150 GET A$: GET A$
30160 GOTO 30080
30999 RETURN
```

DESSIN PAR BLOC :

```
10000 REM
```

```
DESSIN PAR BLOC
```

```
10010 INPUT "NOM DU BLOC ";BL$: PRINT
10030 HGR2: HCOLOR=3
10040 HPLLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
10050 FOR K = 1 TO E
10060 O$ = EL$(K)
10070 GOSUB 4020
10080 GOSUB 15000
10090 NEXT K
10100 FOR T = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT T
10999 RETURN
```

après avoir saisi le nom du Fichier Bloc, l'ordinateur le charge (GOSUB 29000).

Puis tout se déroule de manière très similaire

on ne sait toujours pas comment on crée un dessin. Mais on peut donner les sous-programmes qui stockent la page graphique II (le dessin) et l'opération inverse.

8000 REM

STOCKER PAGE II

8005 HOME

8010 INPUT "NOM DE L'IMAGE ";IM\$

8020 D\$ = CHR\$(4)

8030 PRINT D\$"BSAVE";IM\$;"",A\$4000,L\$2000"

8999 RETURN

9000 REM

CHARGER SUR PAGE II

9005 HOME

9010 INPUT "NOM DE L'IMAGE? ";IM\$

9015 HGR2 : HCOLOR= 3

9020 D\$ = CHR\$(4)

9030 PRINT D\$"BLOAD";IM\$;"",A\$4000"

9060 GET A\$

9999 TEXT : HOME : RETURN

Reste le calcul et tracé de l'Image

IMAGE

*On commence par calculer les coordonnées tridimensionnelles **APPARENTES**, c'est à dire les coordonnées cartésiennes des points dans un référentiel lié à l'observateur.*

15000 REM

CALCUL ET TRACE IMAGE

15010 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I)

15040 XL = XT(I,J) - XM

15050 YL = YT(I,J) - YM

15060 ZL = ZT(I,J) - ZM

15090 XA = XL * XU + YL * YU + ZL * ZU

15100 YA = XL * XV + YL * YV + ZL * ZV

15110 ZA = XL * XW + YL * YW + ZL * ZW

Comment convertir ces coordonnées tridimensionnelles en coordonnées de points sur l'écran.

On peut utiliser deux systèmes de repérage de visée.

le système de l'artilleur : azimut + site.

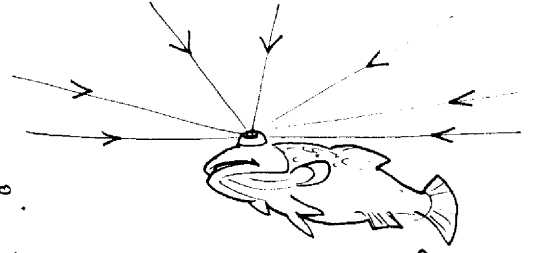
*ou la visée **POLAIRE**.*

le repérage de l'artilleur est **BESTIAL**. Il suffit de se reporter aux pages 12 et suivantes



J'ai retrouvé cet objet très ancien, avec lequel les hommes ont pu comprendre les lois de la **PERSPECTIVE**, grâce à lui ils pouvaient calculer ces coordonnées-écran (X, Y)

- Mais j'ai trouvé aussi cet objectif **FISH-EYE** :
œil de poisson.



Son **OUVERTURE** atteint 90° .

- Tu vois, j'ai l'impression que les hommes ont fait, dès le départ, une erreur fondamentale sur le mécanisme de la vision. La **VISION** est un **GESTE**. En effet un œil humain immobilisé est pratiquement aveugle. Pour plusieurs raisons. La première est que les cellules sensibles de la rétine sont principalement massées au voisinage de la tache fovéale, de l'axe optique. Et la seconde que ces cellules réagissent non à l'intensité lumineuse, mais à la **VARIATION** de cette intensité. La perception visuelle n'est donc pas statique. L'axe optique humain est en perpétuelle agitation.

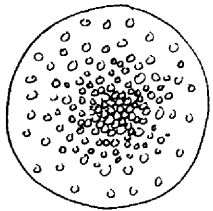
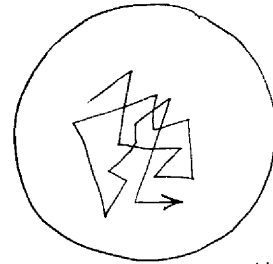


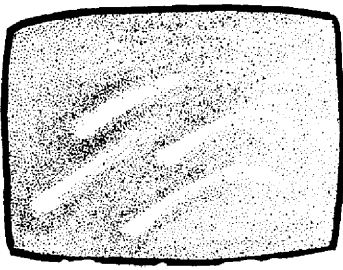
SCHÉMA DE
LA RÉTINE



mouvement de l'axe
optique.

- En somme, on voit mal le lien entre ce que les hommes montrent par exemple dans leurs films, et les images peuplant leur rétine

Un écran de Télévision a une certaine rémanence. Lorsque la caméra filme un ensemble de lampes donnant un éclairage très vif, et que cette caméra bouge, ces points lumineux laissent des traînées visibles sur l'écran fluorescent.



TRACE DU MOUVEMENT
DE LAMPES SUR UN
ÉCRAN, DU À LA
RÉMANENCE

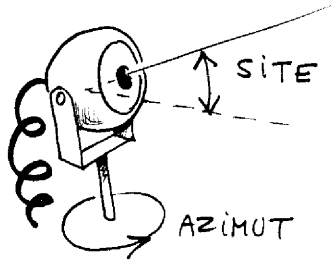
du **CHAMP VISUEL**.
des points d'intérêt.

- En somme, l'image ci-contre donne une certaine idée de l'information dont dispose le cerveau humain pour reconstituer son environnement visuel.

- La **VISION** est une **EXPLORATION** permanente l'axe optique est sans cesse dirigé vers

- L'œil d'Arthur est équipé pour réaliser cette sorte de **POURSUITE** de l'objet.

- Mais je ne suis pas sûr que ces angles : **AZIMUT, SITE**, traduisent la réalité mentale qui était celle des humains. Le pointage évoque plus le canon que l'œil.

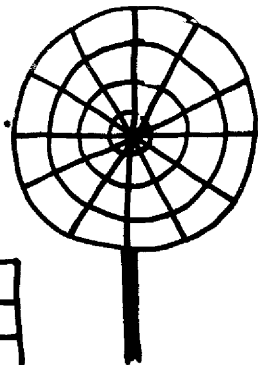
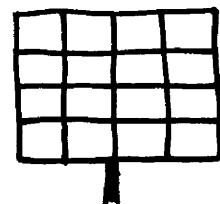
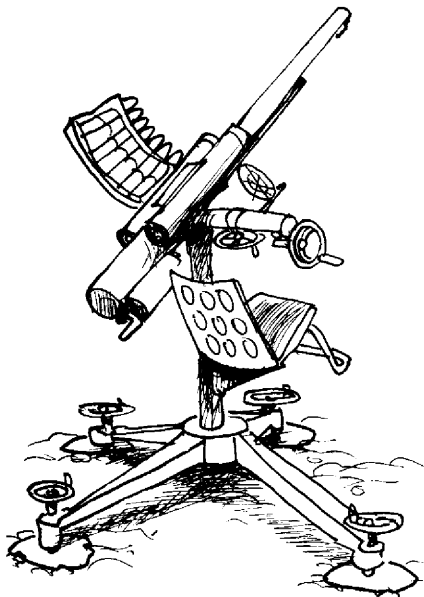


- Pourtant les hommes se basent sur ces déplacements en azimut et site, pour déplacer ces canons. Regarde cet antique système de DCA.

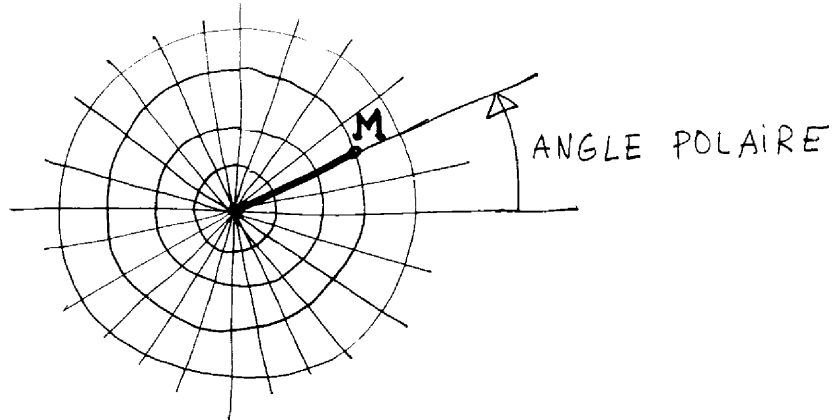
- Oui, mais regarde le **VISEUR** !

- Ah, tu as raison. Il matérialise une **POURSUITE** en **COORDONNÉES POLAIRES**.

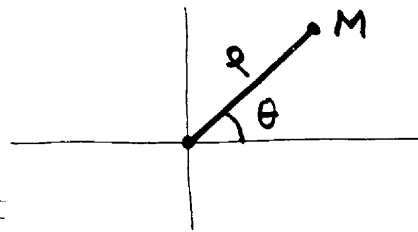
- Il n'y a pas de viseur à mailles carrées ou rectangulaires.



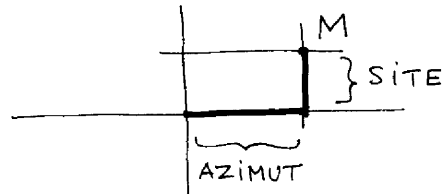
- Ainsi les hommes on construit des systèmes de **POINTAGE** basés sur le système (azimut, site) pour des raisons de commodités mécaniques. Mais, quand il s'agit de **VISÉE**, ils retrouvent le système qui leur est le plus **NATUREL**, c'est à dire un système de coordonnées **POLAIRES**.



Dans l'opération **DESSIN**, l'écart angulaire vis à vis de l'axe visuel est converti en longueur ρ .



De même, précédemment, l'azimut et le site étaient convertis en **COORDONNÉES ÉCRAN X, Y**



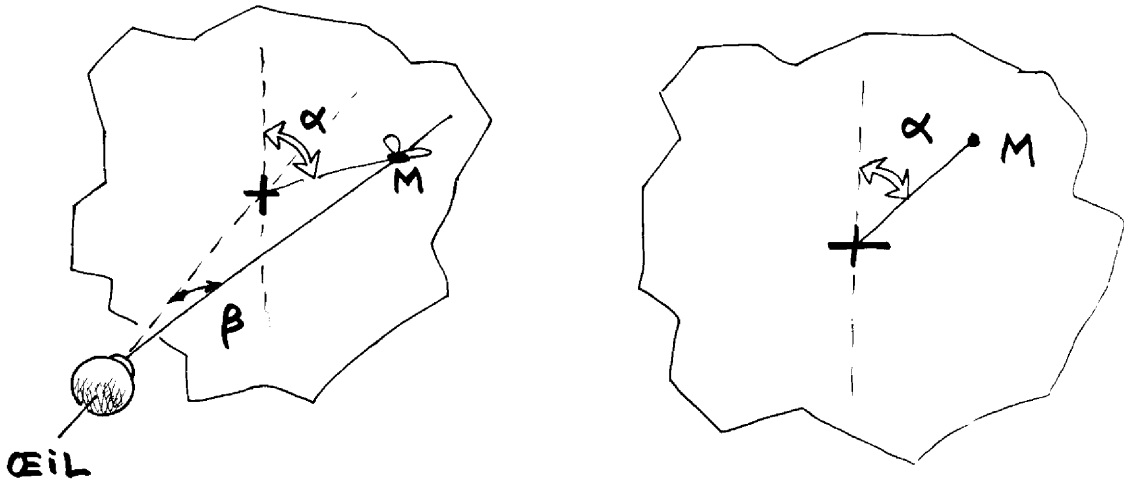
- Tu sais quoi ? On devrait modifier le programme de construction de l'image, en la définissant sur la base de ces **COORDONNÉES POLAIRES**.

- Oui, cela serait plus naturel

- Et cela permet d'introduire des **OUVERTURES ANGULAIRES** plus importantes.

- Dans cette **FENÊTRE DE VISÉE**, moi je fais de la claustrophobie ...

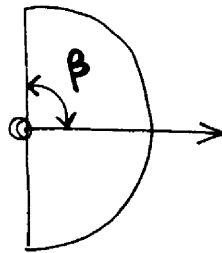
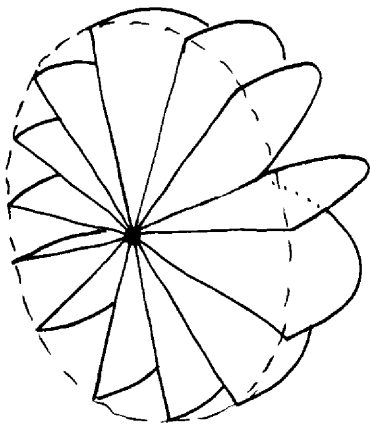
VISÉE POLAIRE



La croix est la trace de l'axe visuel.
 α est l'angle polaire
 β est l'écart angulaire, vis à vis de la direction axial

Un tel système permet de rendre compte de visées dépassant les capacités des yeux humains.

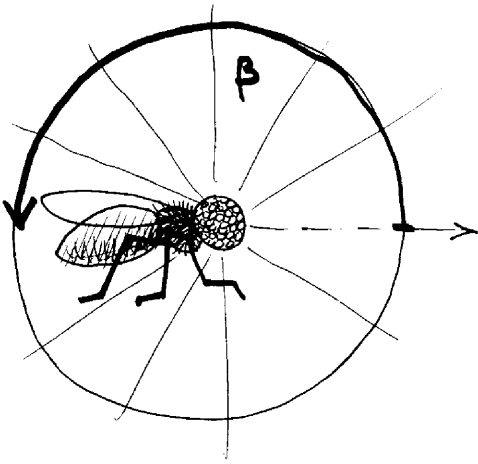
LE FISH-EYE



L'écart angulaire peut alors atteindre 90°

Mais on peut pousser plus loin encore.

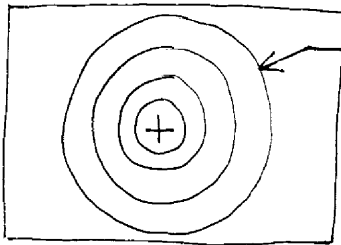
L'ŒIL DE MOUCHE



la déviation angulaire β peut alors atteindre la valeur maximale 180° .

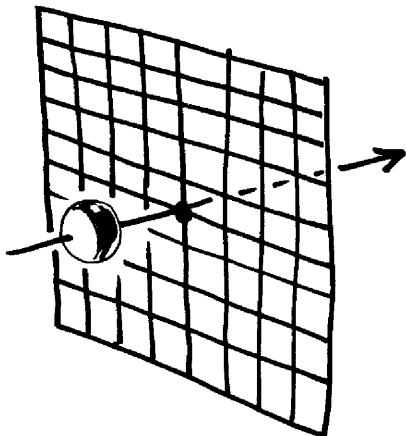
Dessiner sera donner une représentation plane, en coordonnées polaires de ces images. Le champ visuel est alors représenté selon un cercle. Et le

rayon de ce cercle correspond à la valeur maximale de l'écart angulaire β . Sur l'écran du moniteur nous aurons :



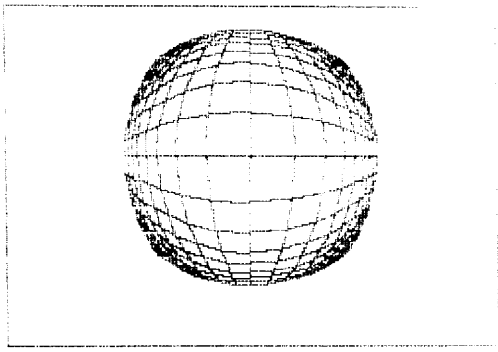
Ecart angulaire maximum.

Dans le cas du FISH-EYE le cercle limite correspond à $\beta = 90^\circ$.

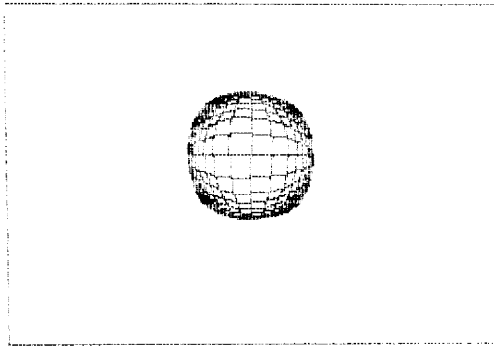


Un observateur équipé d'un FISH-EYE observe une mire carrée, maillée, dont le plan est perpendiculaire à son axe visuel.

la représentation plane est donnée sur la page suivante.

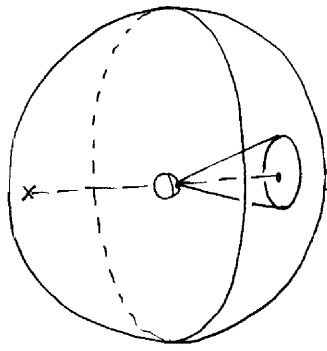


Passons maintenant en vision totale (œil de la mouche.)
La représentation plane de cet objet serait :



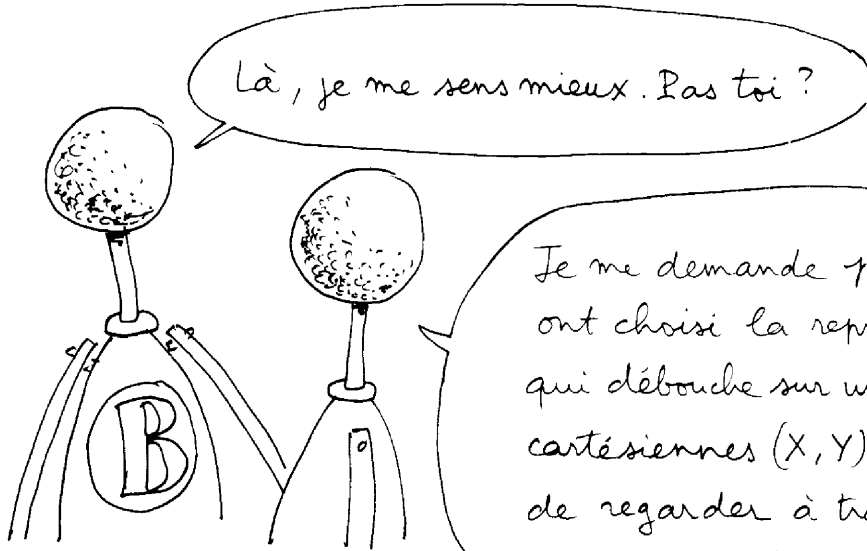
Il s'est tassé au centre de l'écran, puisque les valeurs de β de ses points sont relativement faibles vis à vis de la valeur maximale $\beta = 180^\circ$

Nous découvrons ici un aspect déconcertant de cette représentation. Le point qui est situé "derrière la tête de l'observateur" se matérialise selon un cercle ($\beta = 180^\circ$)
Convenons d'appeler le point à l'infini dans l'axe de visée le **POINT FRONTAL**, et le point situé dans la direction diamétralement le **POINT OCCIPITAL**.
L'image plane du point occipital est donc un cercle.



Si on limite l'écart angulaire maximum à une vingtaine ou à une trentaine de degrés on retrouve une vision très proche de la vision humaine.

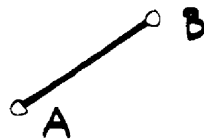
On va donc réécrire le programme **PANGRAPHE** de telle manière qu'il puisse intégrer tous ces types de vision, de celle de l'homme à celle de la mouche, en passant par le fish-eye.



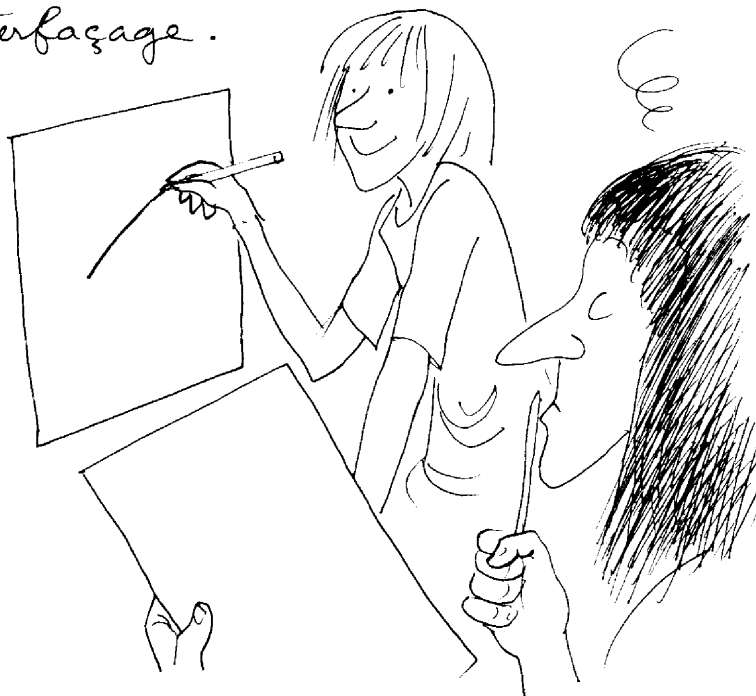
Je me demande pourquoi les hommes ont choisi la représentation azimut-site, qui débouche sur un dessin en coordonnées cartésiennes (X, Y) . Peut être l'habitude de regarder à travers des fenêtres à petits carreaux



- L'Apple II trace les segments à l'aide de l'instruction
HPLOT XA, YA TO XB, YB



- C'est à dire qu'il opère sur des coordonnées-écran cartésiennes, qu'il faudra calculer. Mais, dans un mode de tracé **VECTORIEL**, on pourrait utiliser directement des données polaires.
- Quand les humains peuplaient encore la Terre, certains savaient dessiner, et d'autres en étaient parfaitement incapables. Pourquoi ?
- A mon avis, il devait s'agir d'un mauvais accord entre leur hard et leur soft. Le dessin manuel suggère une exploitation de données en coordonnées polaires. Le dessin est un geste. La main se déplace dans la direction polaire, et l'amplitude du geste traduit l'écart angulaire.
- Autrement dit, si un type code dans sa tête en coordonnées cartésiennes, il lui est impossible de dessiner ...
- C'est un problème d'interface.
- Sans doute.



la séquence suivante (qui lève aussi les ambiguïtés sur les Arctangentes) matérialise ce calcul, cette projection sur la sphère d'observation - écran, par visée - polaire.

```

15121 IF XA = 0 AND YA = 0 AND ZA = 0 THEN ZA = .001
15122 RO = SQRT (YA * YA + ZA * ZA)
15125 IF XA = 0 THEN B = 90: GOTO 15127
15126 B = ATN (RO / XA): B = B * 180 / 3.1416
15127 IF XA < 0 THEN B = B + 180
15130 IF YA = 0 AND ZA = 0 THEN A = 90: GOTO 15180
15140 IF ZA = 0 AND YA > 0 THEN A = - 90: GOTO 15180
15150 IF ZA = 0 AND YA < 0 THEN A = 90: GOTO 15180
15160 A = - ATN (YA / ZA): A = A * 180 / 3.1416
15170 IF ZA < 0 AND YA > 0 THEN A = A - 180
15172 IF ZA < 0 AND YA < 0 THEN A = A + 180
15174 IF ZA < 0 AND YA = 0 THEN A = 180
15180 X = B * SIN (A * 3.1416 / 180): Y = B * COS (A * 3.1416 / 180)
15240 X(I,J) = 140 + X * 85 / AN
15250 Y(I,J) = 85 - 85 * Y / AN
15260 NEXT J: NEXT I

```

$X(I,J)$ et $Y(I,J)$ sont les coordonnées - écran.

on va ensuite matérialiser les segments "AB" successifs constituant la chaîne à dessiner. Ils devront être analysés un à un (problème du FENÊTRAGE)

```

15280 FOR I = 1 TO L
15290 FOR J = 1 TO N(I) - 1
15300 XA = X(I,J): YA = Y(I,J): FP = 0: H = 0
15310 XB = X(I,J + 1): YB = Y(I,J + 1)

```

la séquence ci après représente le travail de fenêtrage. On serait en effet tenté de tracer le segment simplement en faisant

H PLOT XA, YA TO XB, YB

message qui ne sera exécuté que si les points A et B sont tous les deux à l'intérieur du cadre. Dans le cas contraire on récupèrera un message d'erreur.

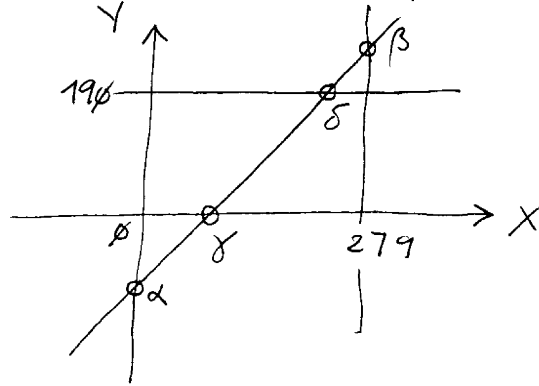
FENÊTRAGE

```
15320 IF YA = YB AND YA > = 0 AND YA < = 190 THEN XL(1
) = 0:XL(2) = 27
      9:YL(1) = YA:YL(2) = YA:FP = 1: GOTO 15480
15325 IF XA = XB AND XA < 0 THEN 15590
15326 IF XA = XB AND XA > 279 THEN 15590
15330 IF XA = XB AND XA > = 0 AND XA < = 279 THEN XL(1)
= XA:XL(2) = X
      A:YL(1) = 0:YL(2) = 190:FP = 1: GOTO 15480
15335 IF YB = YA AND YA < 0 THEN 15590
15336 IF YB = YA AND YA > 190 THEN 15590
15340 P = (YB - YA) / (XB - XA)
15360 YI = YA - P * XA
15370 IF YI > = 0 AND YI < = 190 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(
H) = 0:YL(H)
      = YI
15390 YI = YA + (279 - XA) * P
15400 IF YI > = 0 AND YI < = 190 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(
H) = 279:YL(
H) = YI
15420 XI = XA - YA / P
15430 IF XI > = 0 AND XI < = 279 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(H
) = XI:YL(H
) = 0
15450 XI = XA + (190 - YA) / P
15460 IF XI > = 0 AND XI < = 279 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(H
) = XI:YL(H
) = 190
15470 IF FP = 0 THEN 15590
15480 SA = (XA - XL(1)) * (XA - XL(2)) + (YA - YL(1)) * (YA - YL
(2))
15490 SB = (XB - XL(1)) * (XB - XL(2)) + (YB - YL(1)) * (YB - YL
(2))
15492 S1 = (XL(1) - XA) * (XL(1) - XB) + (YL(1) - YA) * (YL(1) - Y
B)
15494 S2 = (XL(2) - XA) * (XL(2) - XB) + (YL(2) - YA) * (YL(2) - Y
B)
15500 IF SA < = 0 AND SB < = 0 THEN HPLOT XA,YA TO XB
,YB: GOTO 15590
15510 IF SA > 0 AND SB > 0 AND S1 < 0 AND S2 < 0 THEN HP
LOT XL(1),YL(1)
      TO XL(2),YL(2): GOTO 15590
15520 IF SA < = 0 THEN XD = XA:YD = YA
15530 IF SB < = 0 THEN XD = XB:YD = YB
15560 IF S1 < = 0 THEN XF = XL(1):YF = YL(1)
15570 IF S2 < = 0 THEN XF = XL(2):YF = YL(2)
15580 HPLOT XD,YD TO XF,YF
15590 NEXT J: NEXT I
15999 RETURN
```

Dans les ordinateurs actuels il n'est plus nécessaire de programmer le fenêtrage : il est automatique .
... vestige du passé ...

on étudiera alors les positions relatives des point A et B par rapport aux deux points d'intersection M1 et M2 de la droite AB avec le cadre.

Redressons l'axe OY de l'écran (sur l'Apple II il a "la tête en bas") -



La pente de la droite AB est $P = (Y_B - Y_A) / (X_B - X_A)$

l'équation de la droite AB est : $\frac{Y - Y_A}{X - X_A} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = P$

Premier élément du cadre $X = \emptyset \Rightarrow Y_I = Y_A - P * X_A$ (α)

La droite AB ne peut couper le cadre qu'en deux points au plus. Le point sera à retenir si : $\emptyset < Y_I < 190$

Second élément du cadre : $X = 279 \Rightarrow Y_I = Y_A + (279 - X_A) * P$ (β)

à retenir si $\emptyset < Y_I < 190$

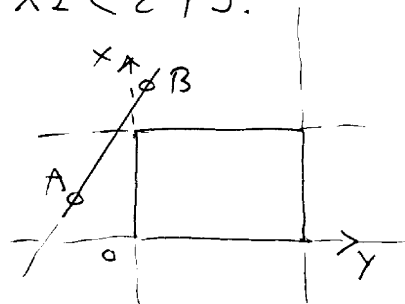
Troisième élément : $Y = \emptyset \Rightarrow X_I = X_A - Y_A / P$ (γ)

à retenir si $\emptyset < X_I < 279$

Quatrième élément $Y = 190 \Rightarrow X_I = X_A + (190 - Y_A) / P$ (δ)

à retenir si $\emptyset < X_I < 279$.

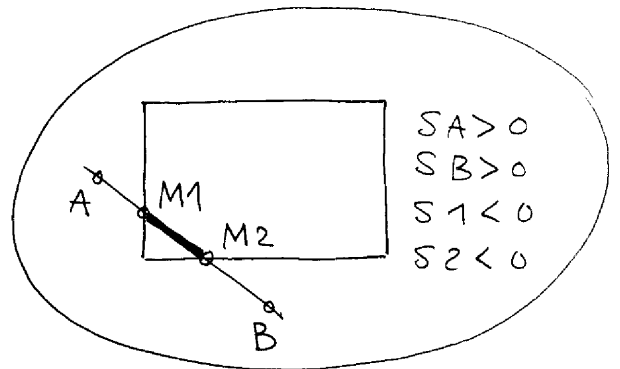
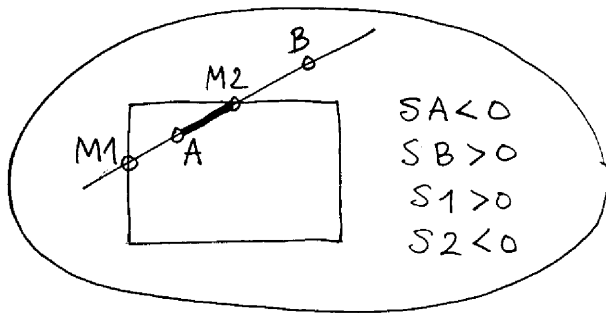
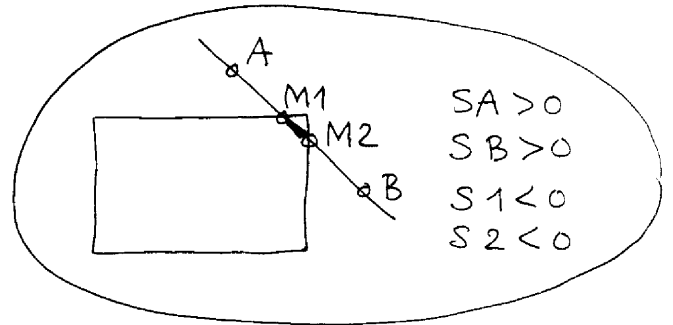
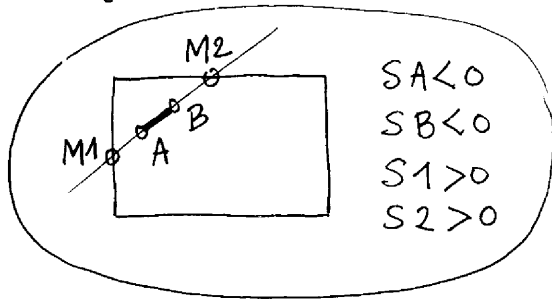
Il reste enfin possible que la droite AB ne coupe pas le cadre :



Comme on le verra plus loin, une petite astuce de programmation permet de déterminer en une seule fois les éventuels points d'intersection $M1$ et $M2$ de la droite AB avec le cadre. Il restera à déterminer les positions respectives des points $A, B, M1, M2$ sur la droite.

On se basera pour ce faire sur le signe des produits scalaires :

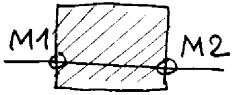
$$\begin{cases} SA = \overrightarrow{M1A} \cdot \overrightarrow{M2A} \\ SB = \overrightarrow{M1B} \cdot \overrightarrow{M2B} \\ S1 = \overrightarrow{AM1} \cdot \overrightarrow{BM1} \\ S2 = \overrightarrow{AM2} \cdot \overrightarrow{BM2} \end{cases}$$



On voit comment l'examen des produits scalaires permet de choisir les extrémités du segment à tracer.

15315

FENETRAGE



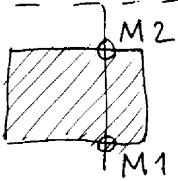
15320 IF $Y_A = Y_B$ AND $Y_A \geq \emptyset$ AND $Y_A \leq 19\emptyset$ THEN
 $XL(1) = \emptyset : XL(2) = 279 : YL(1) = Y_A : YL(2) = Y_A$
 $FP = 1 : GOTO 1548\emptyset$



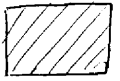
15325 IF $X_A = X_B$ AND $X_A < \emptyset$ THEN 15590



15326 IF $X_A = X_B$ AND $X_A > 279$ THEN 15590



15330 IF $X_A = X_B$ AND $X_A \geq \emptyset$ AND $Y_A \leq 279$
 THEN $XL(1) = X_A : XL(2) = X_A : YL(1) = \emptyset : YL(2)$
 $= 19\emptyset : FP = 1 : GOTO 1548\emptyset$



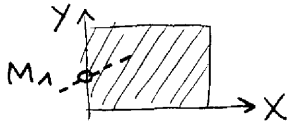
15335 IF $Y_B = Y_A$ AND $Y_A < \emptyset$ THEN 15590



15336 IF $Y_B = Y_A$ AND $Y_A > 19\emptyset$ THEN 15590

Calcul de la pente 15340 $P = (Y_B - Y_A) / (X_B - X_A)$

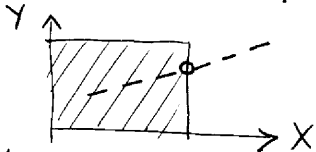
Intersection avec la droite $X = \emptyset$ 15360 $Y_I = Y_A - P * X_A$



15370 IF $Y_I \geq \emptyset$ AND $Y_I \leq 19\emptyset$ THEN $FP = 1$:
 $H = H + 1 : XL(H) = \emptyset : YL(H) = Y_I$

le bord gauche est coupé par la droite AB?

Intersection avec la droite $X = 279$ 15390 $Y_I = Y_A + (279 - X_A) * P$

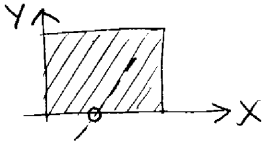


15400 IF $Y_I \geq \emptyset$ AND $Y_I \leq 19\emptyset$ THEN $FP = 1$:
 $H = H + 1 : XL(H) = 279 : YL(H) = Y_I$

Test pour voir si le bord droit est coupé par AB

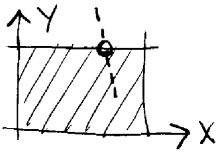
Intersection avec la 1542ϕ $XI = XA - YA/P$
droite $Y = \phi$

Test d'intersection avec le bord situé dans $Y = \phi$
 1543ϕ IF $XI \geq \phi$ AND $XI \leq 279$
THEN $FP = 1$:
 $H = H + 1$: $XL(H) = XI$: $YL(H) = \phi$

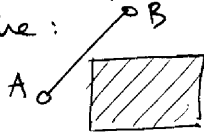


Intersection avec la droite $Y = 19\phi$
 1545ϕ $XI = XA + (19\phi - YA)/P$

Test 1546ϕ IF $XI \geq \phi$ AND $XI \leq 279$ THEN $FP = 1$:
 $H = H + 1$: $XL(H) = XI$: $YL(H) = 19\phi$



Cas où AB ne coupe pas le cadre:



(Flag reste nul)

1547ϕ IF $FP = \phi$ THEN 1559ϕ

Produit scalaire
 $\vec{M1A} \cdot \vec{M2A}$

$$1548\phi \quad SA = (XA - XL(1)) * (XA - XL(2)) + (YA - YL(1)) * (YA - YL(2))$$

Produit scalaire
 $\vec{M1B} \cdot \vec{M2B}$

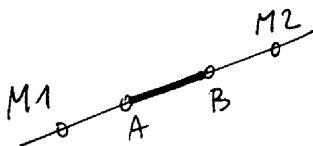
$$1549\phi \quad SB = (XB - XL(1)) * (XB - XL(2)) + (YB - YL(1)) * (YB - YL(2))$$

Produit scalaire
 $\vec{AM1} \cdot \vec{BM1}$

$$15492 \quad S1 = (XL(1) - XA) * (XL(1) - XB) + (YL(1) - YA) * (YL(1) - YB)$$

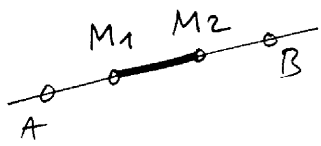
Produit scalaire
 $\vec{AM2} \cdot \vec{BM2}$

$$15494 \quad S2 = (XL(2) - XA) * (XL(2) - XB) + (YL(2) - YA) * (YL(2) - YB)$$



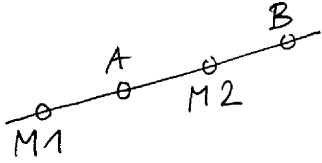
A et B à l'intérieur du segment $M1M2$

1550ϕ IF $SA \leq \phi$ AND $SB \leq \phi$ THEN
HPLT XA, YA TO XB, YB : GOTO 15590



1551 \emptyset IF $S_A > \emptyset$ AND $S_B > \emptyset$ AND $S_1 < \emptyset$
AND $S_2 < \emptyset$ THEN HPLOT $X_L(1), Y_L(1)$ TO
 $X_L(2), Y_L(2)$: GOTO 1559 \emptyset

M_1 et M_2 sont à
l'intérieur de AB



1552 \emptyset IF $S_A \leq \emptyset$ THEN $X_D = X_A : Y_D = Y_A$
(début du segment à tracer)

1553 \emptyset IF $S_B \leq \emptyset$ THEN $X_D = X_B : Y_D = Y_B$

1554 \emptyset IF $S_1 \leq \emptyset$ THEN $X_F = X_L(1) : Y_F = Y_L(1)$

1555 \emptyset IF $S_2 \leq \emptyset$ THEN $X_F = X_L(2) : Y_F = Y_L(2)$

1558 \emptyset HPLOT X_D, Y_D TO X_F, Y_F

1559 \emptyset NEXT J : NEXT I

15999 RETURN

Bon, maintenant nous avons
déjà des éléments pour
commencer à dessiner

Crois-tu, Zaks, que
nous allons avoir des
émotions artistiques ?

Je ne sais pas...
on verra bien...

PANGRAPHE DESSIN

```
0 IF FD = 1 THEN 5
1 L = 0: REM PANGRAPHE DESSIN 5/2/84
2 DIM XT(30,9),YT(30,9),ZT(30,9),X(30,9),Y(30,9),N(30):FD = 1
3 D$ = CHR$(13) + CHR$(4)
5 TEXT: HOME
6 IF C < > 0 THEN 330
10 HOME
20 REM
```

PROGRAMME MENU

```
30 VTAB 15: HTAB 15
40 PRINT "VOULEZ-VOUS:"
50 FOR TE = 1 TO 500: NEXT
60 HOME
70 PRINT
80 VTAB 3: HTAB 25: PRINT "PANGRAPHE DESSIN"
90 VTAB 1
100 PRINT "1-(CREER UN OBJET)"
110 PRINT "2-(STOCKER UN OBJET)"
120 PRINT "3-CHARGER UN OBJET"
130 PRINT "4-(COMPLETER UN OBJET)"
140 PRINT "5-(MODIFIER UN OBJET)"
150 PRINT "6-REPRESENTER UN OBJET"
160 PRINT "7-STOCKER UNE IMAGE"
170 PRINT "8-CHARGER UNE IMAGE"
180 PRINT "9-(MANIPULER UN OBJET)"
190 PRINT "10-(DEFINIR UN BLOC D'OBJETS)"
200 PRINT "11-CONSULTER UN FICHER BLOC"
210 PRINT "12-"
220 PRINT "13-"
230 PRINT "14-"
240 PRINT "15-"
250 PRINT "16-"
260 PRINT "17-AFFICHER LE CATALOGUE"
270 PRINT "18-SORTIR DU PROGRAMME"
290 INPUT "VOTRE CHOIX";C
300 IF C = 17 THEN PRINT D$"CATALOG": GET A$: GET A$
310 IF C = 18 THEN END
320 IF C = 19 THEN PRINT D$"RUNPANGRAPHE PRINCIPAL"
330 ON C GOSUB 40000,40000,4000,40000,40000,7000,8000,90
00,40000,40000,2
9000
999 GOTO 10
4000 REM
```

CHARGEMENT OBJET

```
4010 INPUT "NOM DE L'OBJET ";O$
4020 D$ = CHR$(4)
4030 PRINT D$"OPEN";O$
4040 PRINT D$"READ";O$
4050 INPUT L
4060 FOR I = 1 TO L
4070 INPUT N(I)
4080 NEXT I
4090 FOR I = 1 TO L
4100 FOR J = 1 TO N(I)
4110 INPUT XT(I,J): INPUT YT(I,J): INPUT ZT(I,J)
4120 NEXT J: NEXT I
4130 PRINT D$"CLOSE";O$
4999 RETURN
5000 GOSUB 2000
5999 RETURN
```

7000 REM

REPRESENTER UN OBJET

```
7010 TEXT : HOME
7020 PRINT : PRINT
7030 INPUT "OUVERTURE ANGULAIRE ";AN: PRINT
7040 PRINT "POINT D'OBSERVATION"
7050 PRINT : INPUT "X=";XM
7060 INPUT "Y=";YM
7070 INPUT "Z=";ZM
7080 PRINT : PRINT "CENTRE G DE L'IMAGE": PRINT : INPUT
T "XG=";XG: INPUT
"YG=";YG: INPUT "ZG=";ZG
7090 CX = XG - XM:CY = YG - YM:CZ = ZG - ZM
7100 DI = SQR (CX * CX + CY * CY)
7110 IF DI = 0 AND CZ > 0 THEN TE = 0:KI = 3.1416 / 2: GOTO
7210
7120 IF DI = 0 AND CZ < 0 THEN TE = 0:KI = - 3.1416 / 2: GO
TO 7210
7130 KI = ATN (CZ / DI)
7140 IF CX = 0 AND CY > 0 THEN TE = 1.57: GOTO 7210
7150 IF CX = 0 AND CY < 0 THEN TE = - 1.57: GOTO 7210
7160 TE = ATN (CY / CX)
7170 IF CX < 0 AND CY > 0 THEN TE = 3.1416 + TE
7180 IF CX < 0 AND CY < 0 THEN TE = 3.1416 + TE
7190 IF CX < 0 AND CY = 0 THEN TE = 3.1416
7200 IF CX = 0 AND CY < 0 THEN TE = - 3.1416 / 2
7210 AZ = TE * 170 / 3.1416:SI = KI * 170 / 3.1416
7220 REM AZ AZIMUT:SI SITE
7230 CT = COS (TE):ST = SIN (TE)
7240 CK = COS (KI):SK = SIN (KI)
7250 XU = CK * CT:YU = CK * ST:ZU = SK
7260 XV = - ST:YV = CT:ZV = 0
7270 XW = - SK * CT:YW = - SK * ST:ZW = CK
7280 HOME
7290 PRINT "1-OBJET DEJA EN MEMOIRE": PRINT
7300 PRINT "2-DESSIN PAR ELEMENTS": PRINT
7310 PRINT "3-DESSIN PAS A PAS": PRINT
7320 PRINT "4-DESSIN PAR BLOC": PRINT
7330 INPUT "VOTRE CHOIX ";C: PRINT
7340 ON C GOSUB 12000,11000,30000,10000
7998 GET A$: TEXT
7999 RETURN
8000 REM
```

STOCKER PAGE II

```
8005 HOME
8010 INPUT "NOM DE L'IMAGE ";IM$
8020 D$ = CHR$ (4)
8030 PRINT D$"BSAVE";IM$;","A$4000,L$2000"
8999 RETURN
9000 REM
```

CHARGER SUR PAGE II

```
9005 HOME
9010 INPUT "NOM DE L'IMAGE? ";IM$
9015 HGR2 : HCOLOR= 3
9020 D$ = CHR$ (4)
9030 PRINT D$"BLOAD";IM$;","A$4000"
9060 GET A$
9999 TEXT : HOME : RETURN
10000 REM
```

DESSIN PAR BLOC

```
10010 INPUT "NOM DU BLOC ";BL$: PRINT
10030 HGR2 : HCOLOR= 3
10040 HPLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
10050 FOR K = 1 TO E
10060 O$ = EL$(K)
10070 GOSUB 4020
10080 GOSUB 15000
10090 NEXT K
10100 FOR T = 1 TO 7: PRINT CHR$ (7): NEXT T
10999 RETURN
```


11000 REM

DESSIN PAR ELEMENTS

```
11010 HOME
11020 INPUT "NOMBRE D'ELEMENTS ";E
11030 FOR K = 1 TO E
11040 INPUT "NOM ELEMENT ";EL$(K)
11045 NEXT K
11050 HGR2 : HCOLOR= 3
11060 HPLLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
11070 FOR K = 1 TO E
11080 O$ = EL$(K)
11090 GOSUB 4020
11100 GOSUB 15000
11110 NEXT K
11120 FOR T = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT T
11999 RETURN
12000 REM
```

OBJET DE JA EN MEMOIRE

```
12010 HGR2 : HCOLOR= 3
12020 HPLLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
12030 GOSUB 15000
12040 FOR T = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT T
12999 RETURN
15000 REM
```

CALCUL ET TRACE IMAGE

```
15010 FOR I = 1 TO L: FOR J = 1 TO N(I)
15040 XL = XT(I,J) - XM
15050 YL = YT(I,J) - YM
15060 ZL = ZT(I,J) - ZM
15090 XA = XL * XU + YL * YU + ZL * ZU
15100 YA = XL * XV + YL * YV + ZL * ZV
15110 ZA = XL * XW + YL * YW + ZL * ZW
15121 IF XA = 0 AND YA = 0 AND ZA = 0 THEN ZA = .001
15122 RO = SQR (YA * YA + ZA * ZA)
15125 IF XA = 0 THEN B = 90: GOTO 15127
15126 B = ATN (RO / XA):B = B * 180 / 3.1416
15127 IF XA < 0 THEN B = B + 180
15130 IF YA = 0 AND ZA = 0 THEN A = 90: GOTO 15180
15140 IF ZA = 0 AND YA > 0 THEN A = - 90: GOTO 15180
15150 IF ZA = 0 AND YA < 0 THEN A = 90: GOTO 15180
15160 A = - ATN (YA / ZA):A = A * 180 / 3.1416
15170 IF ZA < 0 AND YA > 0 THEN A = A - 180
15172 IF ZA < 0 AND YA < 0 THEN A = A + 180
15174 IF ZA < 0 AND YA = 0 THEN A = 180
15180 X = B * SIN (A * 3.1416 / 180):Y = B * COS (A * 3.1416 / 180)
15240 X(I,J) = 140 + X * 85 / AN
15250 Y(I,J) = 85 - 85 * Y / AN
15260 NEXT J: NEXT I
15280 FOR I = 1 TO L
15290 FOR J = 1 TO N(I) - 1
15300 XA = X(I,J):YA = Y(I,J):FP = 0:H = 0
15310 XB = X(I,J + 1):YB = Y(I,J + 1)
15320 IF YA = YB AND YA > = 0 AND YA < = 190 THEN XL(1) = 0:XL(2) = 27
9:YL(1) = YA:YL(2) = YA:FP = 1: GOTO 15480
15325 IF XB = YA AND XA < 0 THEN 15590
15326 IF XA = XB AND XA > 279 THEN 15590
15330 IF XA = XB AND XA > = 0 AND XA < = 279 THEN XL(1) = XA:XL(2) = X
A:YL(1) = 0:YL(2) = 190:FP = 1: GOTO 15480
15335 IF YB = YA AND YA < 0 THEN 15590
15336 IF YB = YA AND YA > 190 THEN 15590
15340 P = (YB - YA) / (XB - XA)
15360 YI = YA - P * XA
15370 IF YI > = 0 AND YI < = 190 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(H) = 0:YL(H) = YI
= YI
15390 YI = YA + (279 - XA) * P
15400 IF YI > = 0 AND YI < = 190 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(H) = 279:YL(H) = YI
H) = YI
15420 XI = XA - YA / P
15430 IF XI > = 0 AND XI < = 279 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(H) = XI:YL(H) = 0
) = 0
15450 XI = XA + (190 - YA) / P
15460 IF XI > = 0 AND XI < = 279 THEN FP = 1:H = H + 1:XL(H) = XI:YL(H) = 190
) = 190
15470 IF FP = 0 THEN 15590
15480 SA = (XA - XL(1)) * (XA - XL(2)) + (YA - YL(1)) * (YA - YL(2))
```

```

15490 SB = (XB - XL(1)) * (XB - XL(2)) + (YB - YL(1)) * (YB - YL
(2))
15492 S1 = (XL(1) - XA) * (XL(1) - XB) + (YL(1) - YA) * (YL(1) - Y
B)
15494 S2 = (XL(2) - XA) * (XL(2) - XB) + (YL(2) - YA) * (YL(2) - Y
B)
15500 IF SA < = 0 AND SB < = 0 THEN H PLOT XA,YA TO XB
,YB: GOTO 15590
15510 IF SA > 0 AND SB > 0 AND S1 < 0 AND S2 < 0 THEN HP
LOT XL(1),YL(1)
      TO XL(2),YL(2): GOTO 15590
15520 IF SA < = 0 THEN XD = XA:YD = YA
15530 IF SB < = 0 THEN XD = XB:YD = YB
15560 IF S1 < = 0 THEN XF = XL(1):YF = YL(1)
15570 IF S2 < = 0 THEN XF = XL(2):YF = YL(2)
15580 H PLOT XD,YD TO XF,YF
15590 NEXT J: NEXT I
15999 RETURN
29000 REM
LECTURE FICHER BLOC

```

```

29005 HOME : INPUT "NOM DU BLOC ";BL$: PRINT
29010 D$ = CHR$(4)
29020 PRINT D$"OPEN";BL$
29030 PRINT D$"READ";BL$
29040 INPUT E
29050 FOR I = 1 TO E
29060 INPUT EL$(I)
29065 NEXT I
29070 PRINT D$"CLOSE";BL$
29080 FOR I = 1 TO E: PRINT EL$(I): NEXT I
29090 FOR TT = 1 TO 2000: NEXT TT
29999 RETURN
30000 REM

```

DESSIN PAS A PAS

```

30010 HOME
30020 INPUT "NOM PREMIER ELEMENT ";O$: PRINT
30030 GOSUB 4020
30040 HGR2 : HCOLOR= 3
30050 H PLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,190 TO 0,190 TO 0,0
30060 GOSUB 15000: FOR TT = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT
TT
30070 GET A$: GET A$
30080 POKE - 16303,0: POKE - 16300,0: REM TEXTE
30090 INPUT "UN AUTRE ELEMENT ? ";R$: PRINT
30100 IF LEFT$(R$,1) < > "O" THEN 30999
30110 INPUT "NOM DE L'ELEMENT ";O$: PRINT
30120 GOSUB 4020
30130 POKE - 16304,0: POKE - 16299,0: REM PAGEII
30140 GOSUB 15000: FOR TT = 1 TO 7: PRINT CHR$(7): NEXT
TT
30150 GET A$: GET A$
30160 GOTO 30030
30999 RETURN
40000 REM

```

```

CHAINAGE SUR P/OBJET
40010 PRINT D$"BLOADCHAIN,A520"
40020 CALL 520"PANGRAPHE OBJET"

```

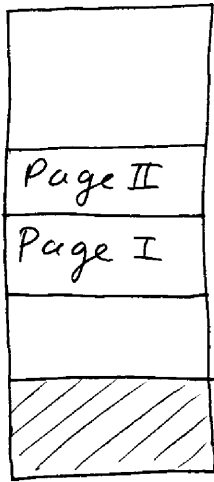
Remarque :

l'ensemble **PANGRAPHE-OBJET + PANGRAPHE DESSIN** a été conçu pour pouvoir être aisément récupéré et modifié par l'utilisateur, qui trouvera là une initiation à la **CONCEPTION ASSISTEE SUR ORDINATEUR (CAO)**. Les Menus comportent des "lignes vides", que le lecteur pourra remplir au gré de son imagination.

1999 : Le **BASIC** moderne ne comportent plus de "lignes programmes". Les têtes de sous-programmes sont repérées à l'aide "d'étiquettes", ce qui donne encore plus de souplesse à l'ensemble. Toujours est-il que l'ensemble proposé est **MODULAIRE** et que l'utilisateur peut ajouter des sous-programmes à l'infini pour enrichir celui-ci.

Si vous dotiez **PANGRAPHE DESSIN** de quelques lignes supplémentaires, vous aurez vite des ennuis.

La mémoire de l'Apple II s'organise comme ceci :



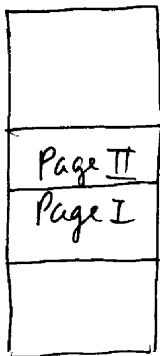
← emplacement où vient se loger un programme BASIC.

les ennuis vont se traduire par l'apparition de tas de choses bizarres sur la page II. la raison est simple. le programme BASIC, après avoir envahi la page I (non utilisée pour le graphisme) se met à guignoter votre page 2.

Une solution consiste à mettre en tête de programme

Ø LOMEM : 24576

ceci a pour effet de tout reporter, programme, fichiers, tout ce que voulez faire à guignoter à la machine, au dessus de la page II :



↑ ↑ ↑
← Debut programme BASIC

C'est une bonne solution.

Mais vous ne pourrez plus, en utilisant **CHAIN**, conserver les fichiers

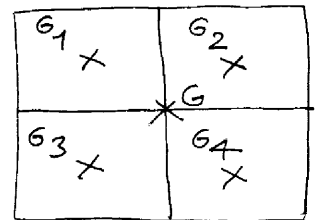
PANGRAPHE DESSIN est en fait bien loin d'être achevé, puisqu'il manque tout le traitement lignes vues, lignes cachées, ombrages, etc...

Suggestion : créer un troisième programme **PANGRAPHE DESSIN II** qui pourra être appelée par la première partie de **PANGRAPHE DESSIN**.

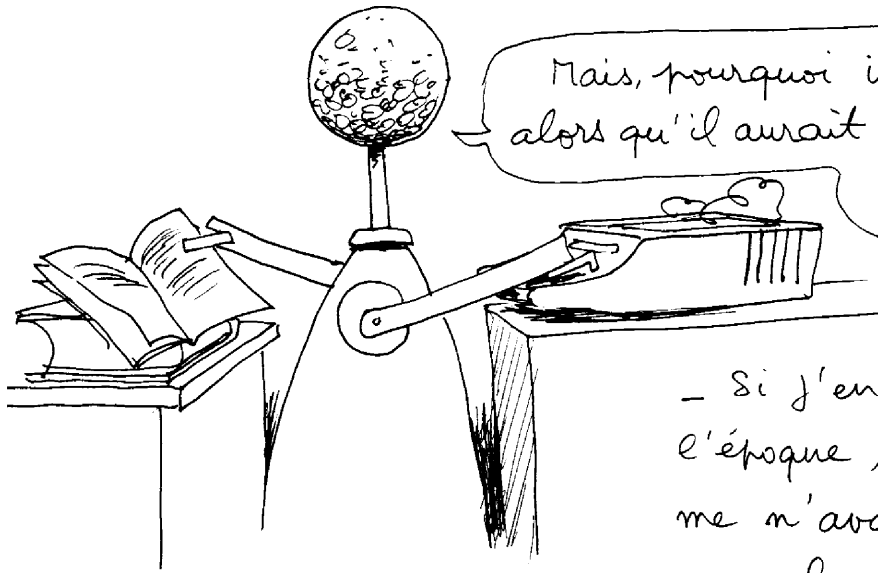
On peut ainsi, si on dispose de deux drives, manoeuvrer in fine un outil dont l'énorme programme peut utiliser une part importante d'une disquette, tandis que l'objet, attaqué à travers le drive II pourra être constitué de milliers de segments.

Au point de vue saisie vous pourrez gagner beaucoup de temps si vous disposez d'un digitaliseur (table graphique).

Avec une **TABLE TRAÇANTE** vous pourrez travailler très finement, au dixième de millimètre. Mais avec une simple imprimante faisant de la **RECOPIE D'ÉCRAN** vous pourrez conserver des copies papier de vos dessins.

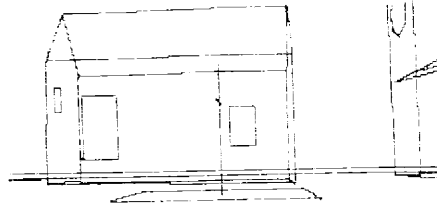
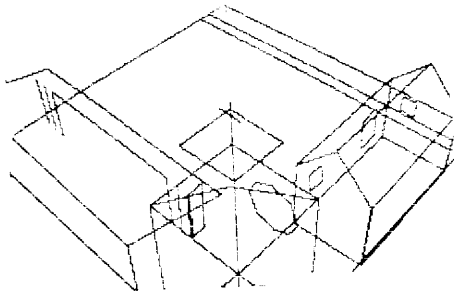


A ce sujet, une astuce possible = au lieu de pointer vers le point G vous pouvez effectuer quatre dessins, au prix de quatre visées successives en G₁ G₂ G₃ G₄. Tirez les images sur papier, et assemblez. Vous quadruplez votre pouvoir de résolution. Et c'est comme si vous travailliez avec un Apple ayant une matrice graphique de 560 x 380 points...

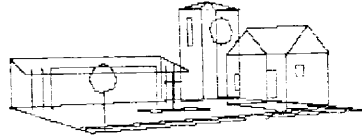
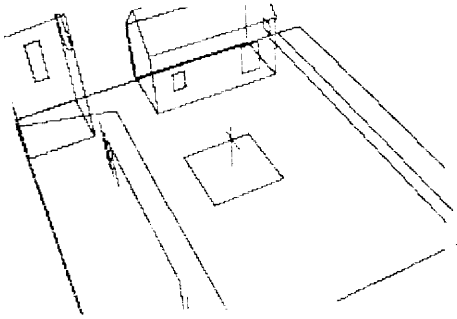


Mais, pourquoi invoquer de telles astuces
alors qu'il aurait été tellement plus simple
de changer de machine

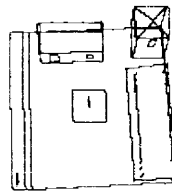
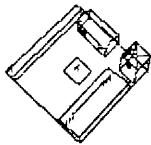
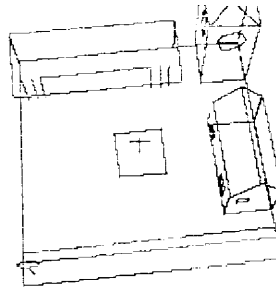
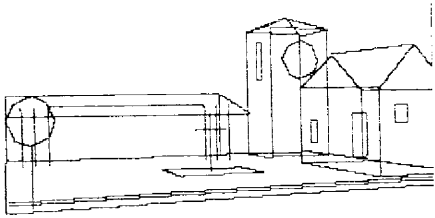
- Si j'en crois les chroniques de l'époque, l'auteur de ce programme me n'avait guère de crédits pour ses recherches.
- Ça devait être en tout cas un homme très soigneux, capable de rentrer toutes ces lignes programme bout à bout sans se tromper !...
- C'est assez étonnant, quand on voit la photo de son laboratoire ...
- Peut-être qu'il se trompait souvent, mais que c'était un homme d'un grand courage ...

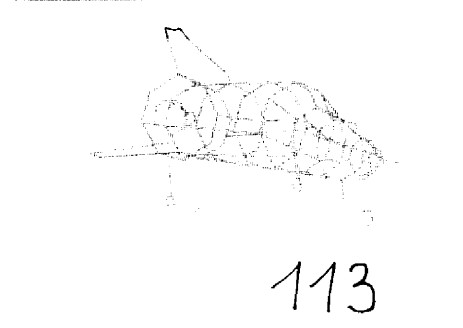
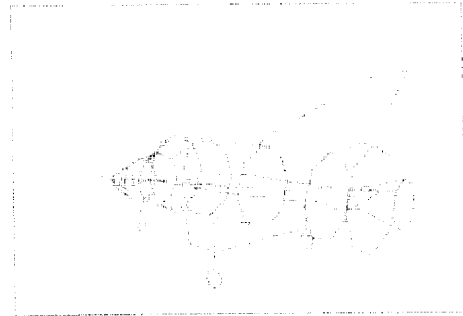
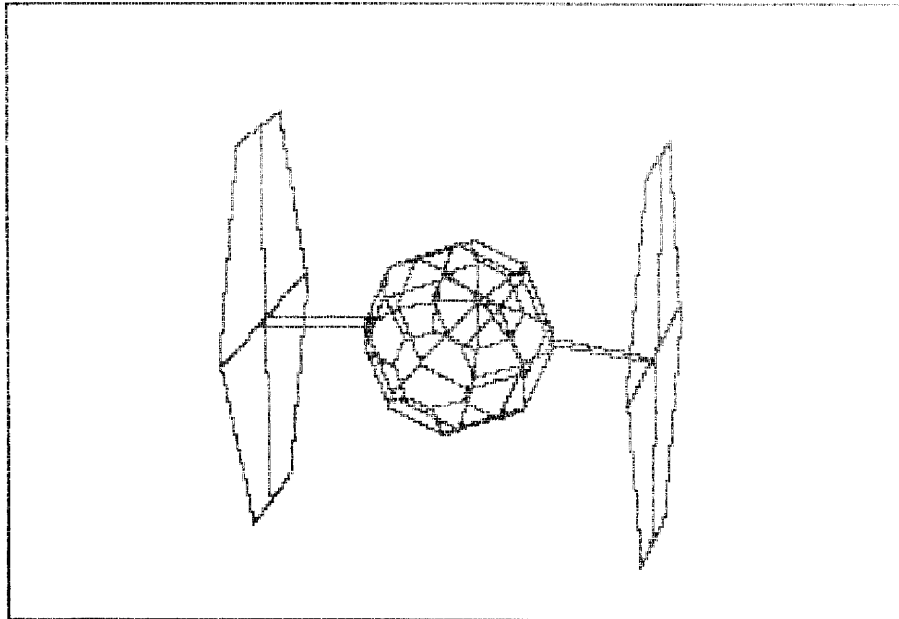
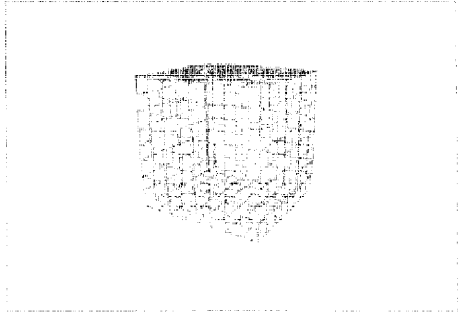
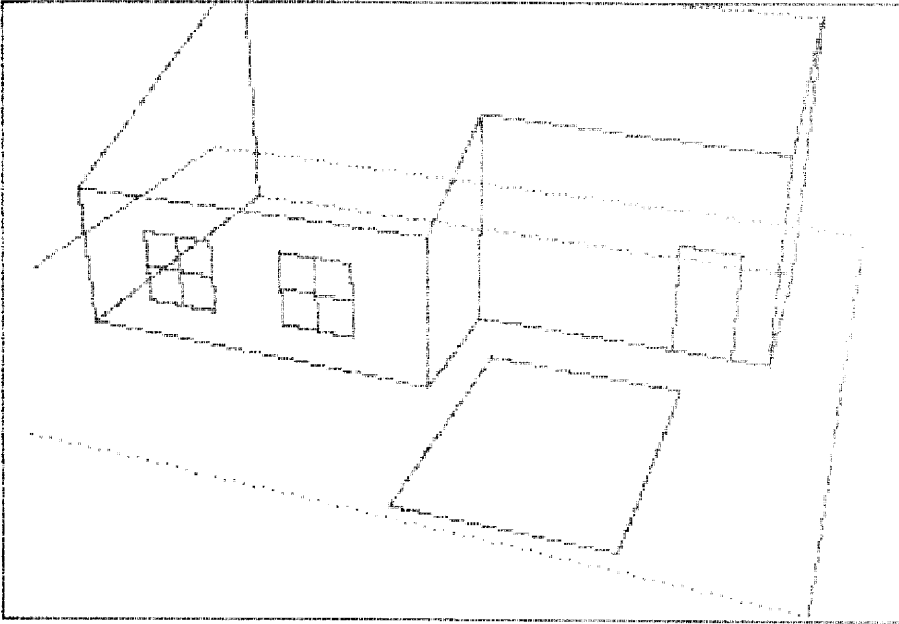
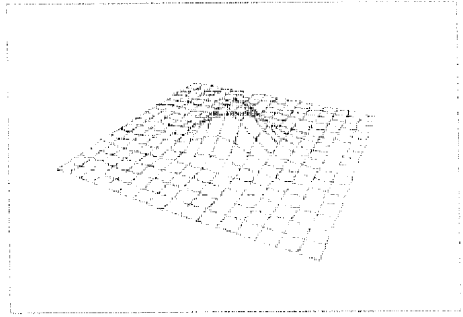
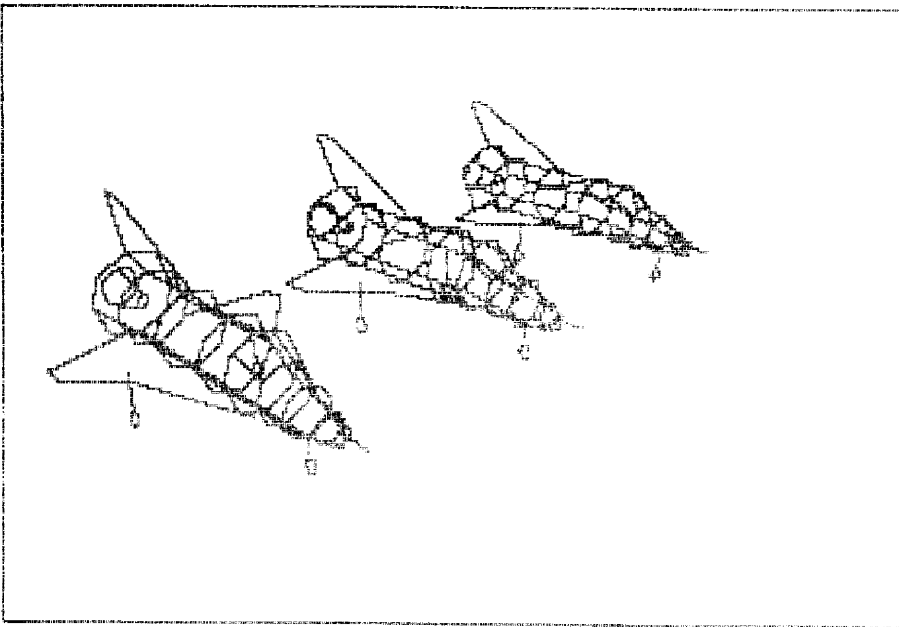


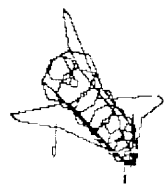
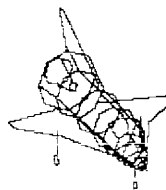
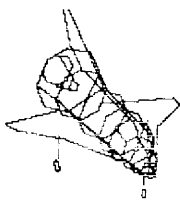
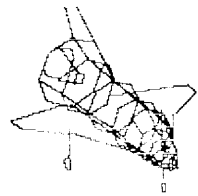
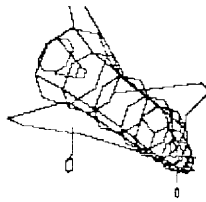
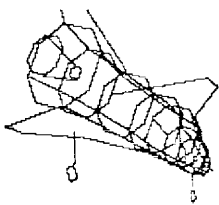
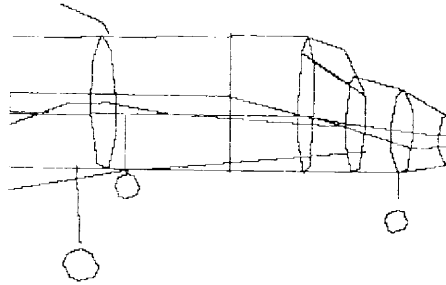
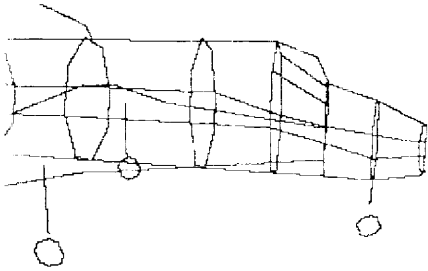
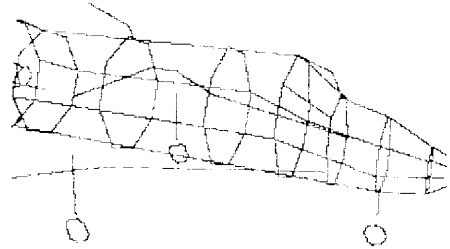
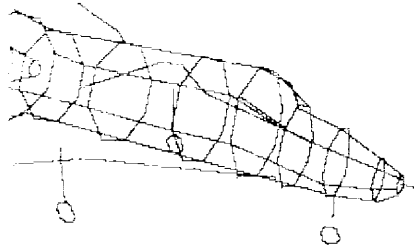
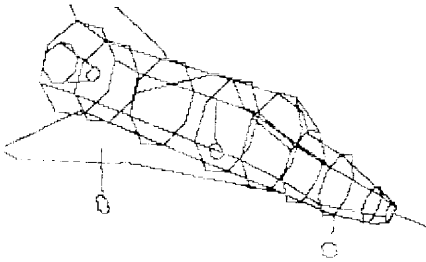
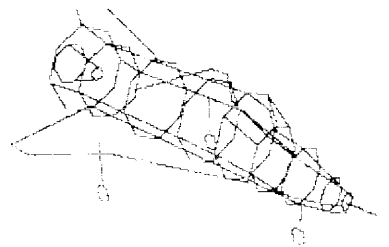
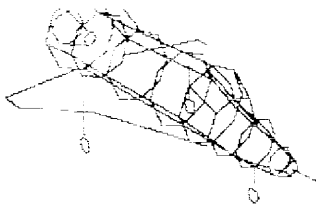
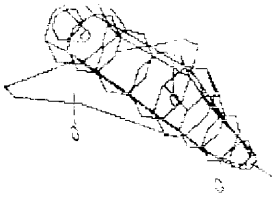
Une place de
village, avec
son clocher, son
marché, sa
mairie, créée par
PANGRAPHE.



Différentes vues
extraites d'une
animation.







SUITES D'IMAGES
CRÉÉES PAR
PANGRAPHE
POUR UNE
ANIMATION

COMMENT UTILISER PANGRAPHE

La disquette porte deux programmes :

PANGRAPHE OBJET

PANGRAPHE DESSIN

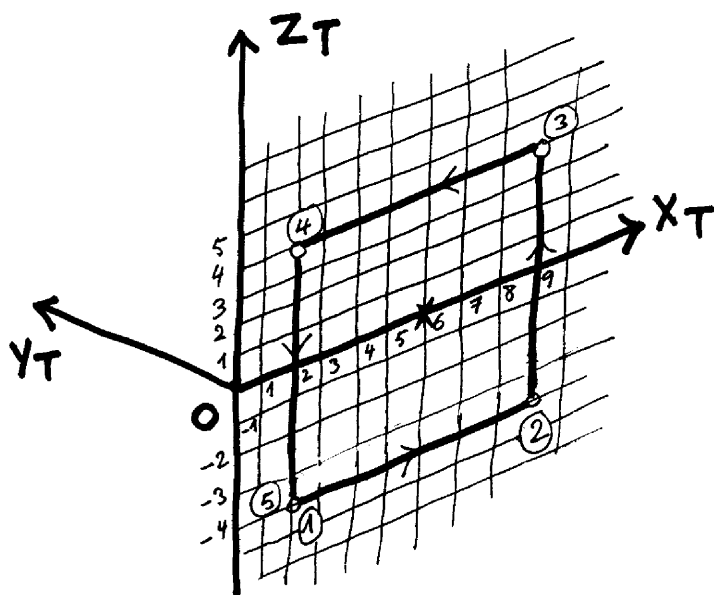
Vous pouvez lancer au départ l'un ou l'autre de ces programmes puisque le **CHAIN** et le sous-programme de transfert 40.000 permettra de travailler comme si c'était un programme unique. Nous allons commencer par **PANGRAPHE OBJET**.

On fait donc RUN PANGRAPHE OBJET

Puis on choisit l'option 1-CREER UN OBJET

et la sous-option 1-CREER DES CHAINES

Nous allons maintenant créer un carré situé comme ceci :



Ce carré va être entré sous forme d'une chaîne constituée de 5 points

N°POINT	X	Y	Z
1	2	0	-4
2	9	0	-4
3	9	0	4
4	2	0	4
5	2	0	-4

Pas d'erreur, retour au menu.

Nous appelons alors l'option 9 - MANIPULER UN OBJET

Puis la sous option 2 - OPERER UNE ROTATION.

Apparait :

L'OBJET EST-IL EN MEMOIRE ?

Réponse : oui

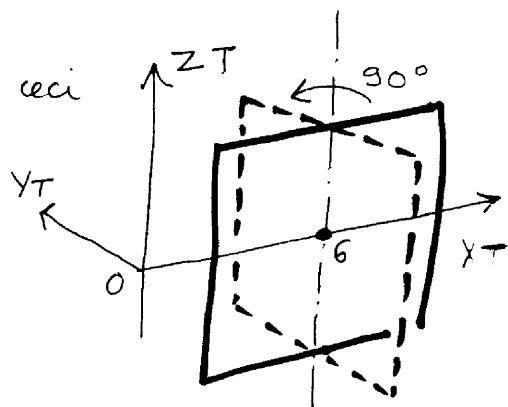
Nous allons alors choisir une rotation selon un axe parallèle à l'axe OZ (choix 3).

L'idée est de faire tourner ce carré comme ceci de 90 degrés.

la trace de l'axe dans le plan XOY correspond à $XA=6$ $YA=0$

ANGLE, DEGRES : 90

Retour menu principal.



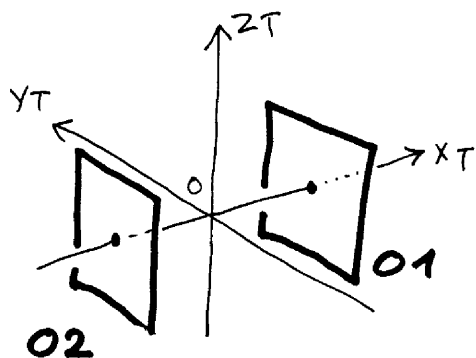
Cette fois-ci nous allons **STOCKER** cette objet en optant pour le choix 2. Et nous appellerons cet objet O1. la rotation du drive signale que ce fichier O1 est enregistré sur disque.

Retour menu, option 9 puis sous option

3 - CREER LE SYMETRIQUE % UN PLAN

l'objet O1 est toujours en mémoire.

Nous choisissons le plan YOZ , ce qui va substituer, en mémoire l'objet O2, symétrique de O1 :



Nous stockons ce nouvel objet O2.

Retour menu. Choix 9

Et sous option

4 - FUSIONNER OBJETS

O2 est toujours en mémoire.

La machine demande qu' on lui indique le nom de l'objet à fusionner. Nous choisirons O1.

Nous pourrions ainsi fusionner toute une serie d'objets. Pour interrompre cette opération on tapera le mot FIN et nous appellerons l'objet global O

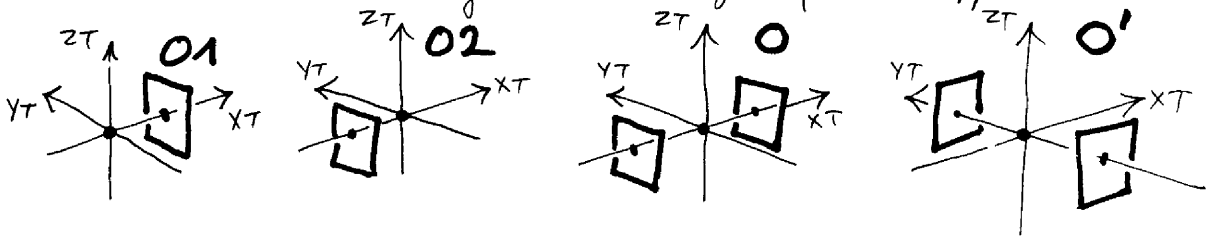
Cet objet est donc la réunion de O1 et O2.

Retour menu, option 9, sous option

2 - OPERER UNE ROTATION

l'objet est en mémoire et nous provoquons une rotation de 90° autour de l'axe OZ (sous-sous option 3, $XA = \emptyset$, $YA = \emptyset$)

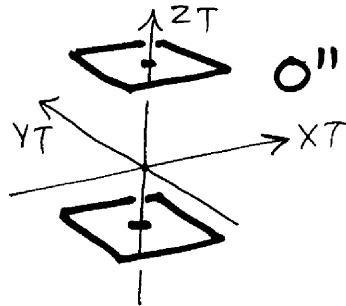
Retour Menu. Stockage de cet objet qui on appellera O'.



Retour menu. Option 9. Sous option - l'objet O' est toujours en mémoire. Nous choisissons une rotation autour de l'axe OXT

($YA = \emptyset$, $ZA = \emptyset$, ANGLE, DEGRES : 90°)

on stocke cet objet O''.



Retour menu. Option 9

sous option 4 (fusion). O'' est toujours en mémoire.

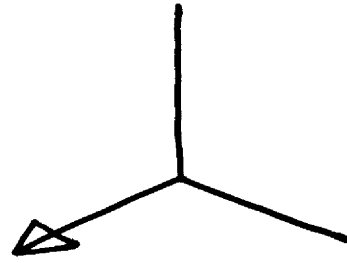
On fusionne avec O' et O

et on nomme cet objet global **CUBE($\emptyset/\emptyset/\emptyset$)**

Entre parenthèses : les coordonnées du centre de gravité de cet objet.

Sur la disquette nous avons stocké un objet appelé
TRIEDRE ($\emptyset/\emptyset/\emptyset$)

Une flèche indique l'axe OXT.



Nous allons passer à la phase dessin et nous choisissons l'option 6-(REPRESENTER UN OBJET). Elle figure entre parenthèse dans le menu. On entendra donc l'ordinateur changer de programme, et cliquer sur **PANGRAPHE DESSIN**

OUVERTURE ANGULAIRE : $2\emptyset$

POINT D'OBSERVATION

$$X = -2.5$$

$$Y = -8$$

$$Z = 12$$

CENTRE DE L'IMAGE

$$XG = \emptyset$$

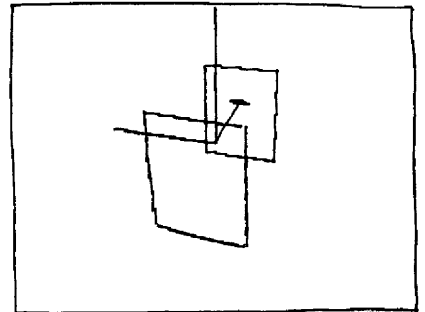
$$YG = \emptyset$$

$$ZG = \emptyset$$

L'objet \emptyset est en principe toujours en mémoire. Ce qui fait qu'en choisissant l'option

1-OBJET DEJA EN MÉMOIRE

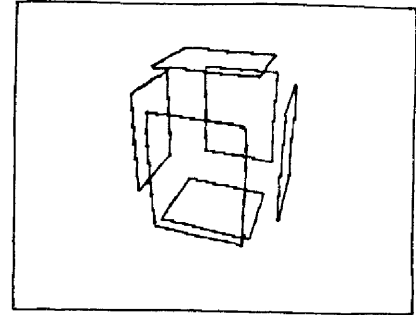
Nous voyons se dessiner :



Nous pouvons stocker cette image sur disque, et la rappeler, à volonté.

Retour même Exercice : en gardant les mêmes paramètres de vision, tracez, par éléments

$\left\{ \begin{array}{l} \text{TRIÈDRE } (\emptyset/\emptyset/\emptyset) \\ 01 \\ 02 \end{array} \right.$



on obtient l'image suivante :

Refaire l'opération en PAS à PAS.

Supposons que les objets O , O' , O'' soient trop importants pour pouvoir être fusionnés (ce qui n'est pas le cas).

Nous allons, sur le Menu, choisir l'option

1 \emptyset - DEFINIR UN BLOC D'OBJETS

NOMBRE D'OBJETS : 3

OBJET NO 1

O

OBJET NO 2

O'

OBJET NO 3

O''

NOM DE CE BLOC BLOC CUBE ($\emptyset/\emptyset/\emptyset$)

Nous pouvons alors envisager un dessin **PAR BLOC**

Passons (option 6) en Paragraphe dessin

mêmes paramètres de vision. Et nous choisissons la sous option 4 - DESSIN PAR BLOC

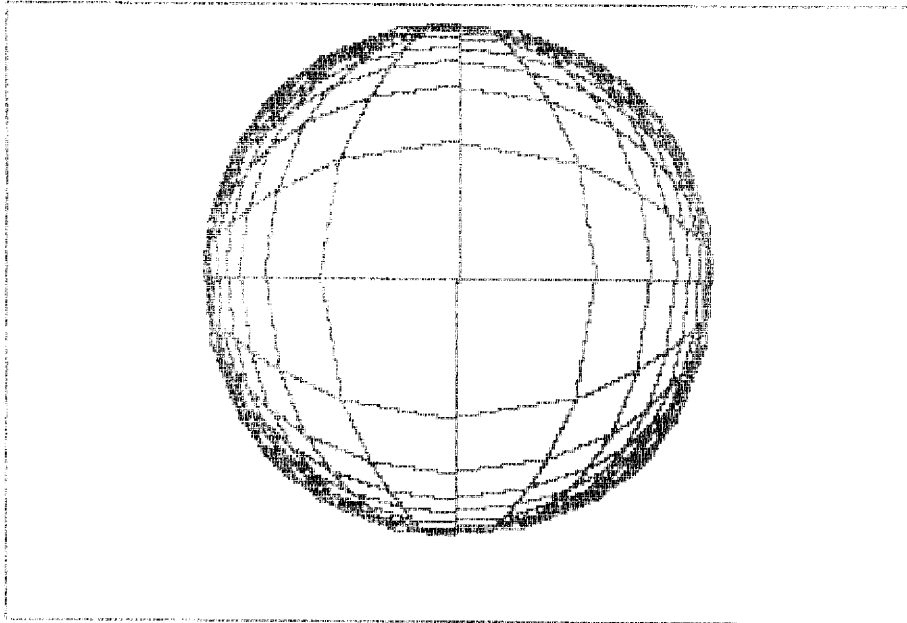
les trois objets du bloc sont gérés automatiquement.

LA VISION TOTALE

L'œil humain possède un certain **CHAMP VISUEL**. Certains animaux ont des champs visuels très supérieurs, par exemple les poissons. Ce qui a donné lieu à des objectifs photographiques correspondant à des ouvertures angulaires de 90° (FISH-EYE ou œil de poisson).

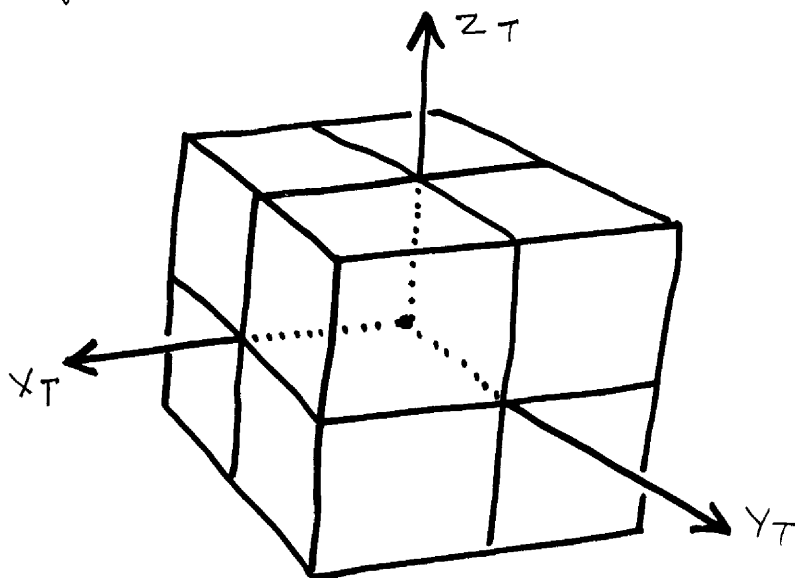
Si on a en mémoire un bloc grille composé d'éléments GRILLE1, GRILLE2, GRILLE3, GRILLE4, situés par exemple dans le plan $Z = \emptyset$ on pourra observer cette **MIRE** en situant l'observateur sur l'axe OZT de telle manière que le point visé soit en $(\emptyset, \emptyset, \emptyset)$.

Voici l'image de cette mire, vue à une "altitude" $Z = 1$ et avec une ouverture angulaire $AN = 90^\circ$



On retrouve l'aspect caractéristique des images FISH-EYE.

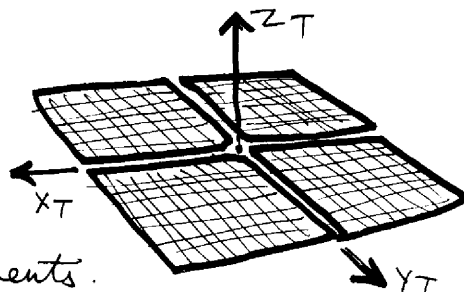
Ce qu'on pourra faire, maintenant, c'est construire un bloc suggérant une sorte de cage à lapins cubique, faite de grillage à maille carrée.



Il faudra partir de l'ensemble GRILLE 1, GRILLE 2, GRILLE 3, GRILLE 4, situé comme ceci :

Et utiliser les options rotation et translation.

Chaque face du cube sera constituée de 4 éléments, et le cube complet aura $6 \times 4 = 24$ éléments.



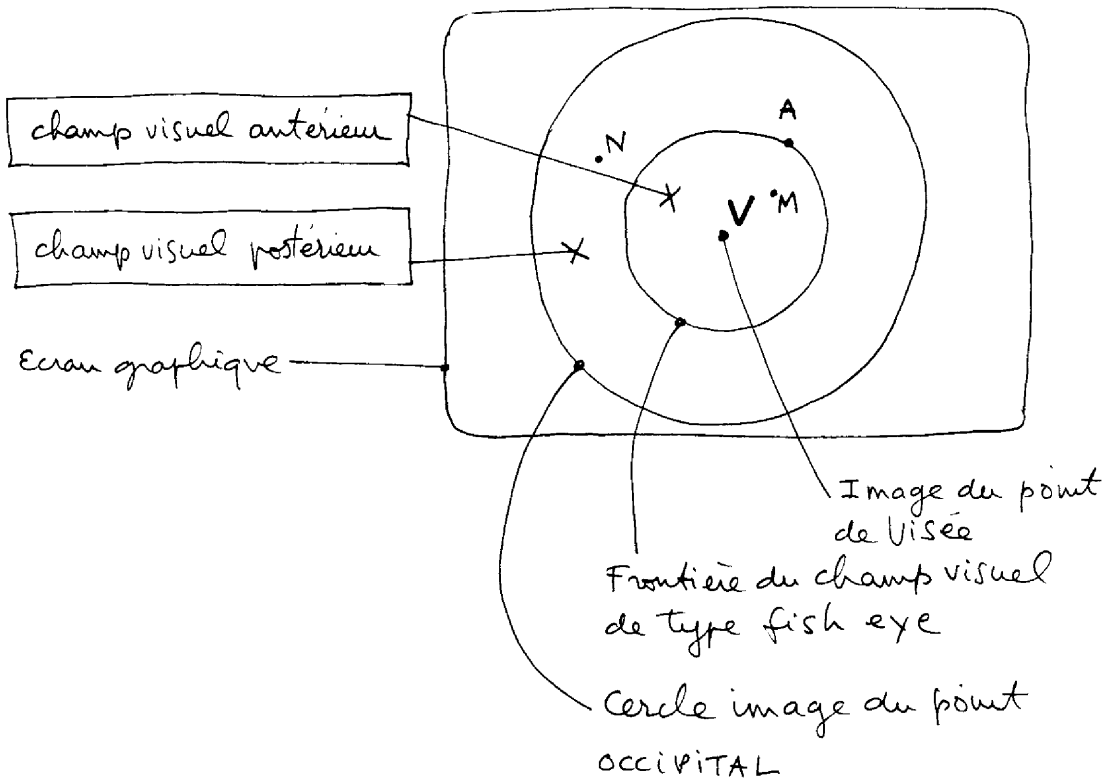
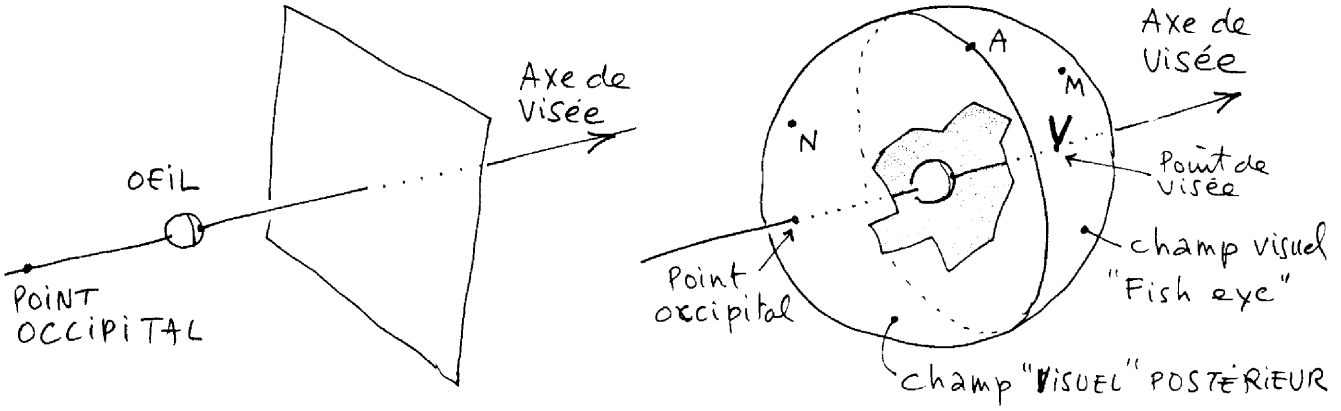
On peut alors mettre la "mouche" dans la cage à lapins. Il suffira de donner une valeur $AN = 180^\circ$.


La mouche pourra voir tous les éléments de la cage à lapin d'un seul coup d'œil.

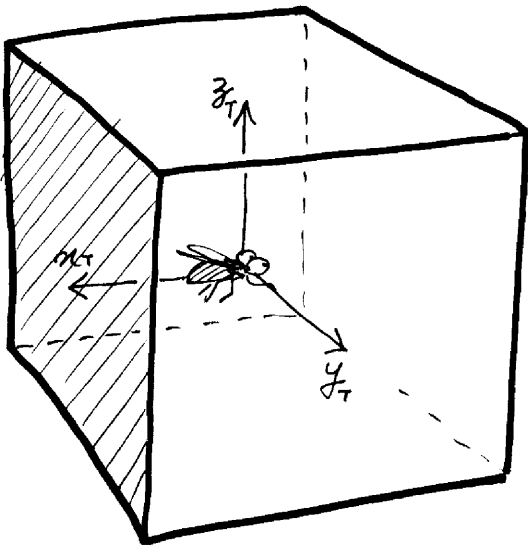
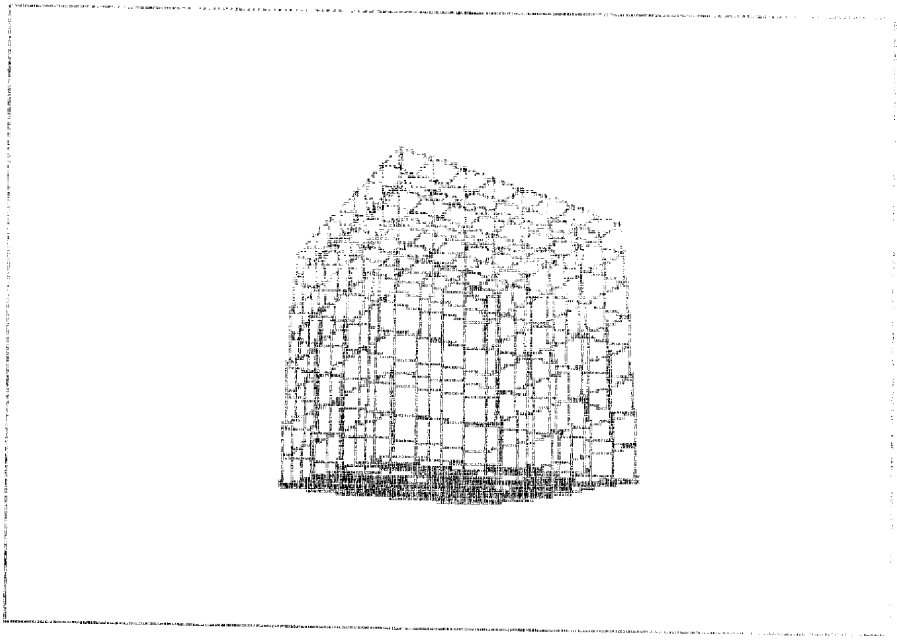
Sur l'écran, on pourrait tracer deux cercles concentriques. Le centre de l'écran correspond à l'axe de visée.

Un premier cercle, de rayon 42.5 correspond à $AN = 90^\circ$. C'est la limite du champ de vision FISH EYE.

Un deuxième cercle, de rayon 85, correspond au **POINT OCCIPITAL**, c'est à dire situé sur la direction diamétralement opposée à l'**AXE DE VISÉE**.

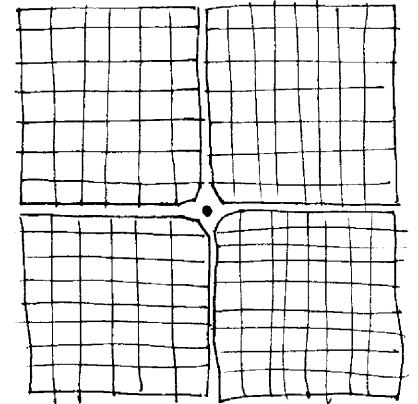


Sur la page suivant, la "CAGE" au centre de laquelle on va placer la 

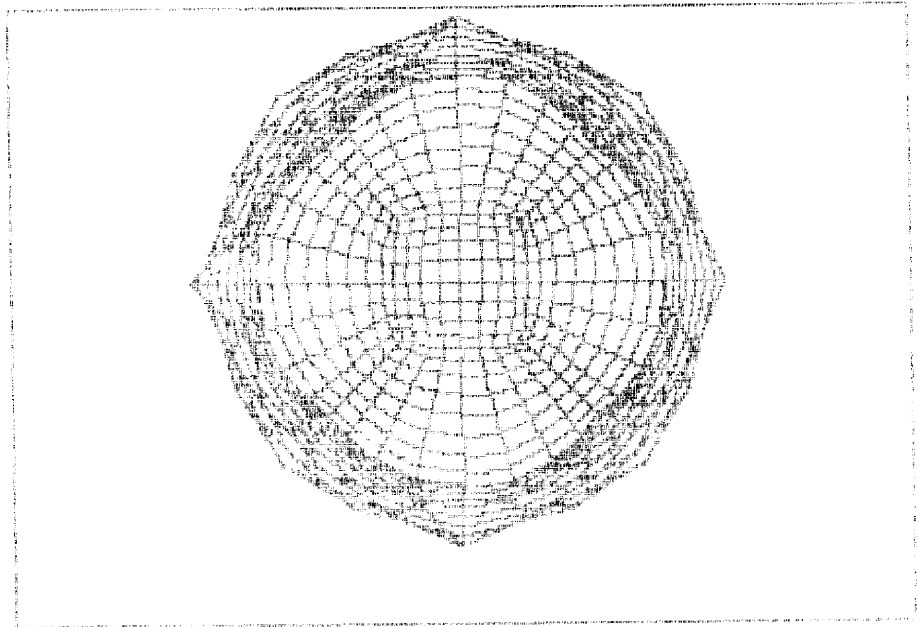


Il suffira de poser la mouche
 par exemple au point
 $(\emptyset.1; \emptyset; \emptyset)$
 et de la faire regarder dans la
 direction du point $(\emptyset; \emptyset; \emptyset)$
 Valeur de AN = 180° .
 Il faudra prendre la précaution
 de ne pas matérialiser le
 point occipital.

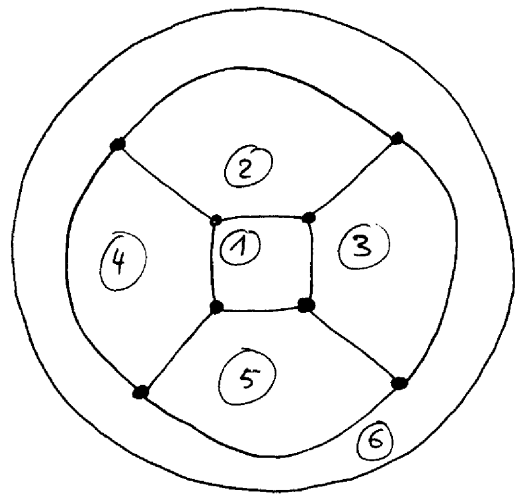
Voici la structure de la face
 hachurée faisant partie de la CAGE.
 Elle est formée de quatre éléments
 "écornés" (voir page 50). Ainsi aucun
 des points de ce maillage n'appartient à
 l'axe OXT.

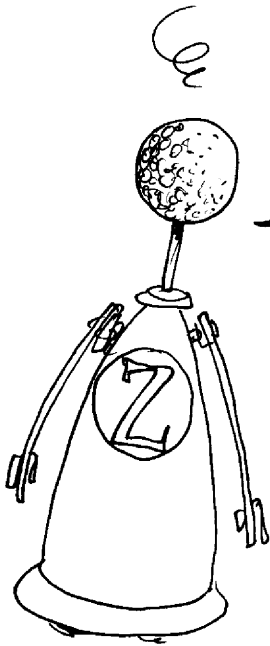


Dans ces conditions, voilà l'image de la cage cubique vue à travers cet **ŒIL DE MOUCHE**.



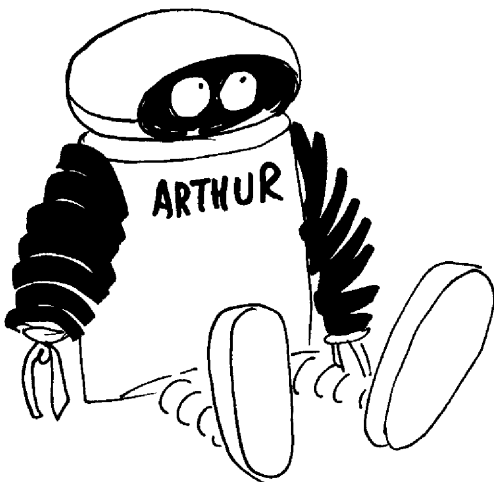
Sur le schéma ci-contre les six faces du cube. La sixième est évidemment un peu bizarre





Bon, maintenant nous savons comment voient les mouches, les poissons, et même les hommes...

- Nous avons compris comment ils codaient dans leur tête le monde sensible, en fabriquant ces images sur leur rétine.
- les tableaux du musée sont donc la concrétisation de ce que les hommes voyaient dans leur tête.
- Faut croire...
- Bon, qu'est-ce que c'est que ce truc là-bas ?
- L'étiquette dit que c'est l'Angéles de Tillet.
- Tu sens quelque chose ?
- Rien. au point de vue émotion artistique, c'est raté...
- Peut-être qu'avec un 128K ?...

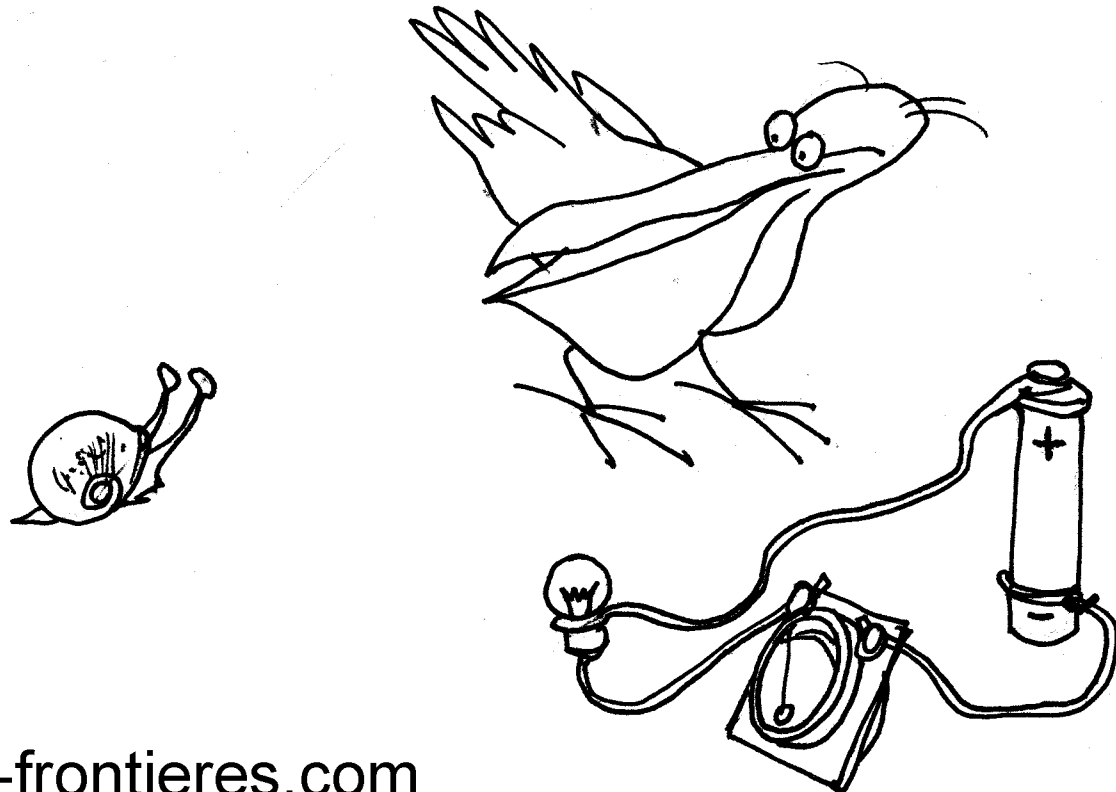


FIN

Savoir sans Frontières

L'Electricité

autrement



Savoir sans Frontières

Association Loi de 1901

Villa Jean-Christophe

206 Chemin de la Montagnère

84120 Pertuis, France

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Jean-Pierre Petit, Président de l'Association

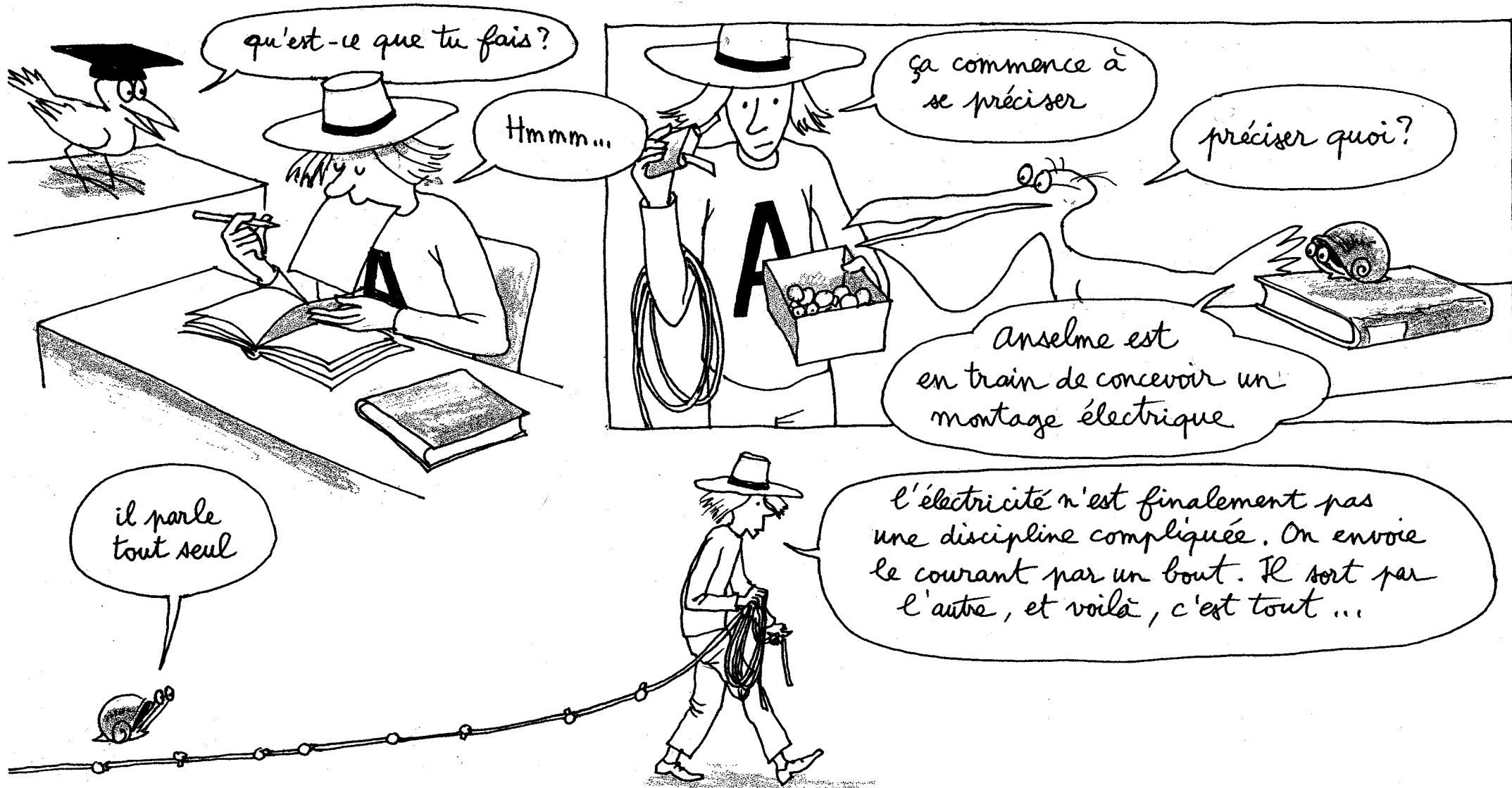
Ancien directeur de recherche au Cnrs, astrophysicien, créateur d'un genre nouveau : la Bande Dessinée Scientifique, il a décidé en 2005 de mettre ces ouvrages dans le domaine public, dans toutes les langues, en les rendant téléchargeables gratuitement à partir du site de l'association Savoir sans Frontières, qu'il a créée. Celle-ci s'est donnée pour mission de distribuer le savoir sous toutes ses formes, incluant le savoir scientifique et technique, à travers le monde. Elle fonctionne grâce aux cotisations de ses adhérents, grâce à des dons, rétribue des traducteurs à hauteur de 150 euros par album (en 2006) en prenant à sa charge les frais de transfert bancaire. De nombreux traducteurs accroissent ainsi chaque jour le nombre d'albums disponibles dans un nombre croissant de langues, dont le laotien et le rwandais.

Le présent fichier pdf peut être librement dupliqué et reproduit à condition que ceci ne se prête pas à une activité lucrative.

Les ouvrages peuvent être mis en ligne dans les bibliothèques scolaires et universitaires, soit sous forme imprimée, soit à travers des réseaux de type Intranet. L'ensemble comportera des albums s'adressant aux enfants et également à des adultes. Il a été prévu de créer des albums "parlants" pour aider à l'alphabétisation et pour stimuler l'apprentissage des langues. L'association recherche des traducteurs susceptibles de traduire vers leur langue maternelle exclusivement, possédant les connaissances en rapport avec les sujets abordés.

Les ressources de l'association sont principalement affectées à la rétribution des traducteurs. Les comptes sont accessibles à tout moment sur le site de l'association : <http://www.savoir-sans-frontieres.com>

ÉPISODE ①



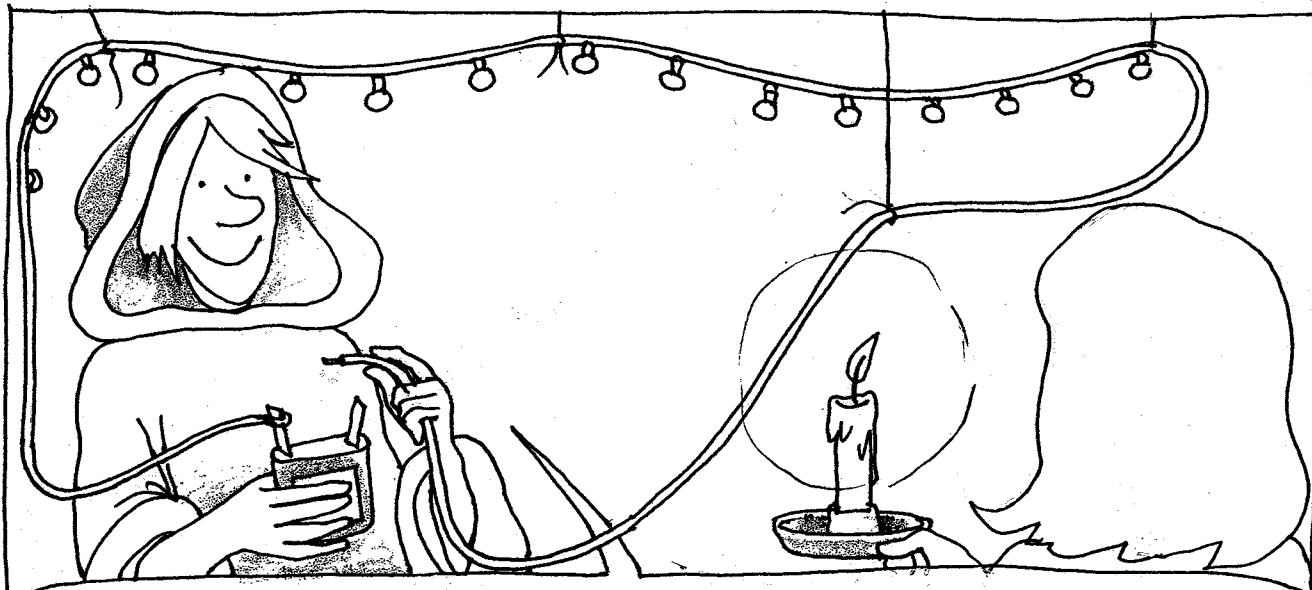


un Noël sans une belle guirlande
ne serait pas un véritable Noël

Sophie, Anselme a
monté une guirlande !



c'est une jolie idée
d'avoir installé le
sapin dans la cabane
du jardin



tu peux éteindre ta bougie. Nous allons nous éclairer
avec la guirlande que j'ai fabriquée en mettant toute une série
de lampes et en les branchant sur cette pile de 4,5 volts



attention, contact !

je souffle
la bougie

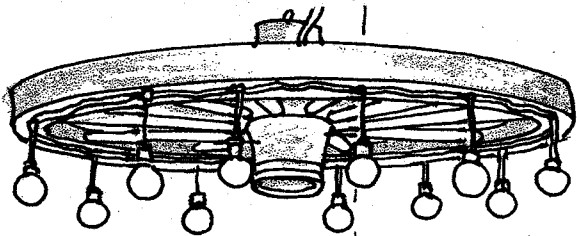


Je ne comprends pas. J'ai pourtant utilisé du fil de cuivre de fort diamètre. Et pourtant le courant ne passe pas dans mes ampoules. Incroyable ! (*)

Hum... pas très convainquant, ton montage. Si ça ne te fais rien on va rallumer les bougies

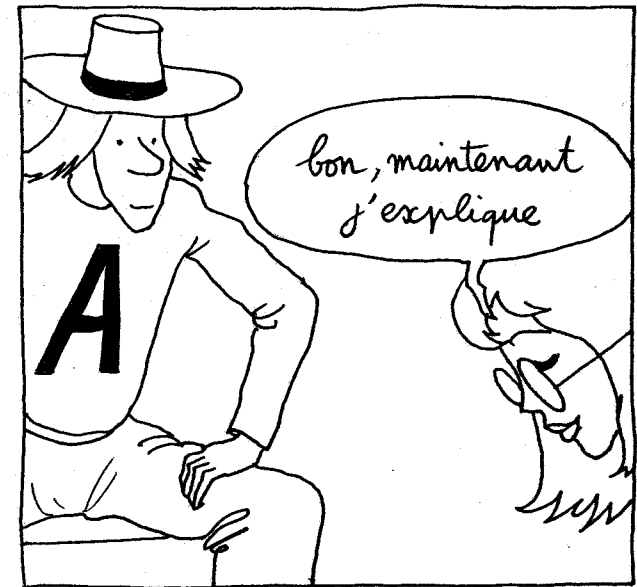


tiens, prends un morceau de bûche



qu'est-ce qui se passe !?! Ce magnifique lustre que j'ai fabriqué pour la salle à manger n'éclaire pratiquement rien !?!

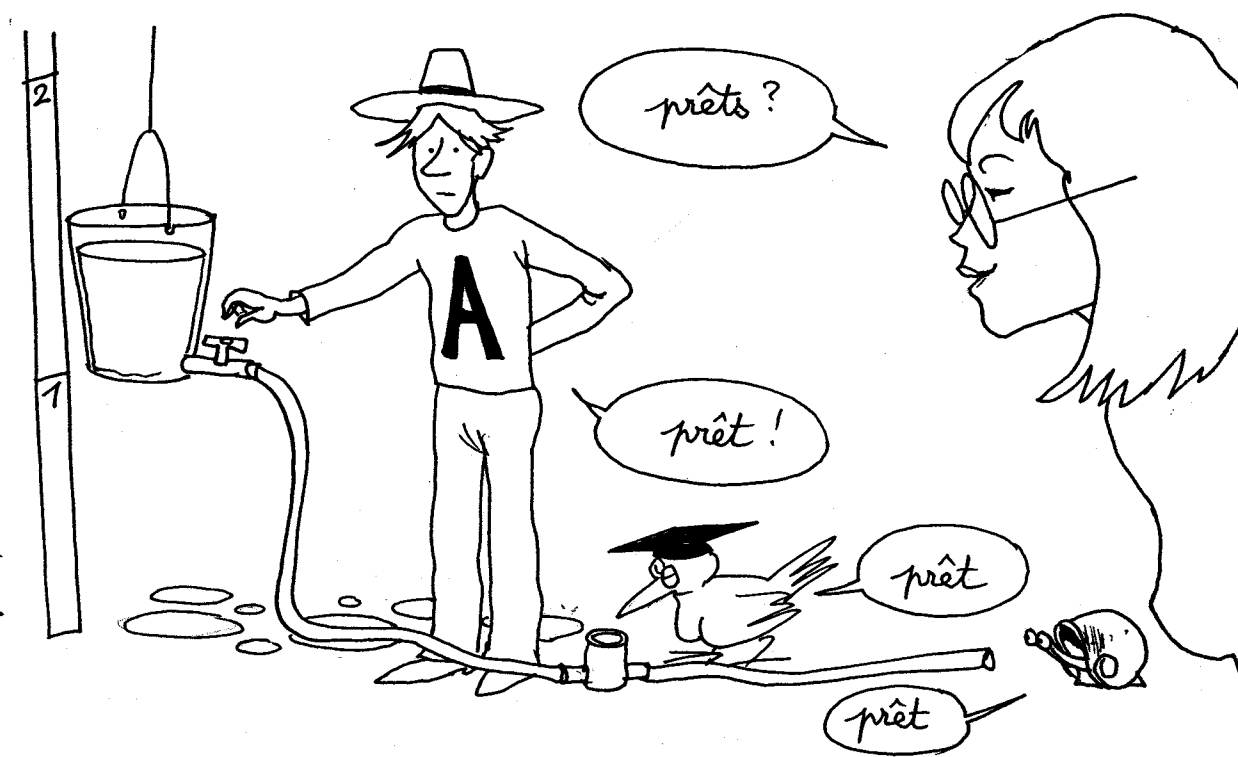
(*) Pour être précis, c'est une expérience que j'ai effectivement faite quand j'avais dix ans





Sophie dit que ça fonctionne pareil

Bon, l'eau s'écoule. Et alors, la belle affaire ? Qu'y a-t-il à voir ?



Bon, je ne suis pas aveugle. Sophie dit qu'avec un dénivelé h l'eau s'écoule le long d'un tuyau de longueur L selon un débit d . Faut-il se sentir plus savant pour autant ?



(*) un décilitre est un dixième de litre soit le contenu d'un verre

Sophie a dit : on double la longueur du tuyau

mais on ne touche pas au seau
Bon...

et alors ?

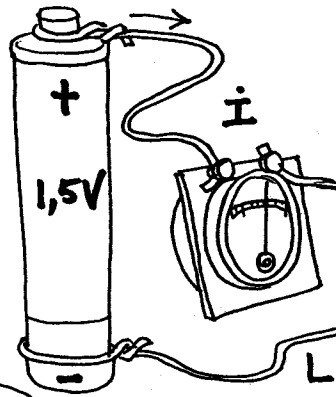
la hauteur d'eau est toujours d'un mètre et demi.
J'ai pris le même tuyau, mais j'ai doublé sa longueur

le débit est tombé à un demi-décilitre par seconde : il a diminué de moitié

j'aime quand on met de l'eau partout

quelqu'un pourrait-il m'expliquer le rapport avec l'électricité ?

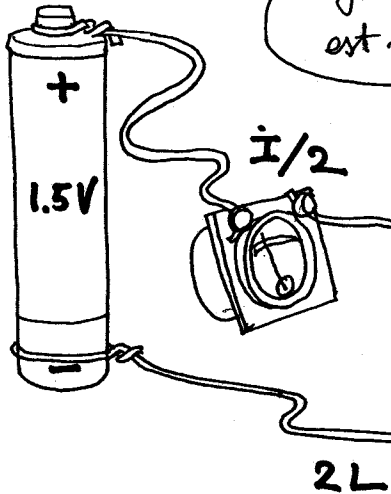
Attends, Léon, regarde ce montage



cette PILE de 1,5 Volts débite dans un **FIL CONDUCTEUR** de longueur L . On mesure le **DÉBIT COURANT ÉLECTRIQUE** avec un **AMPÉRÈMÈTRE** et on l'exprime en **AMPÈRES**

autrement dit; l'électricité c'est quelque chose qui s'écoule comme un **FLUIDE**, qui circulerait dans un conduit, un fil conducteur, sous l'effet d'une "pression" qu'on évalue alors en ... volts !

Passons à une deuxième expérience. Doublons la longueur du fil



je constate que l'intensité du courant est réduite de moitié

mais, en règle générale, qu'est-ce qui limite le débit d'un fluide dans un tuyau ?

ce sont les frottement sur les parois, léon

RÉSISTANCE

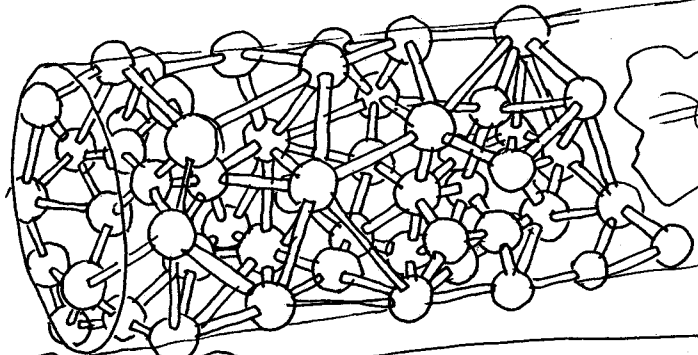
s'il n'y avait pas ce frottement sur la paroi, l'eau pourrait s'écouler à une vitesse ... infinie

"frottement contre la paroi du fil ? j'avoue que je ne comprends plus très bien"

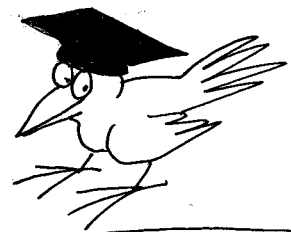


ce qui circule dans un **CONDUCTEUR** ce sont des **ÉLECTRONS LIBRES** qu'on peut effectivement comparer "à une sorte de gaz d'électrons libres" qui voient leur déplacement contrarié par de nombreuses collisions avec le réseau des atomes du métal qui sont comme des cibles immobiles

Je veux bien. Si les phénomènes sont **ANALOGUES** cela voudrait dire que ce qui limiterait l'**INTENSITÉ I** du **COURANT ÉLECTRIQUE** ce serait une sorte de ...



hum ... c'est encombré



autrement dit ce gaz d'électrons libres subit un frottement qui ne découle pas de l'interaction avec une paroi, mais s'effectue "dans la masse du métal"

mais le résultat est le même. Dans un tuyau les forces de frottement s'opposent au déplacement du fluide. Dans un conducteur électrique on appelle ce phénomène la **RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE**

Bon, l'électricité devient un peu plus claire pour moi. Si le débit d'eau, pour une même pression d'eau, est inversement proportionnel à la longueur du tuyau cela veut dire que l'intensité du courant, pour un même voltage, est inversement proportionnelle à la longueur du fil conducteur. Dans l'expérience ratée faite par Anselme, le courant ne passait pas. C'est simplement parce que son fil était beaucoup trop long.

Sophie dit que ça ne vient pas de la longueur du fil mais du nombre des lampes

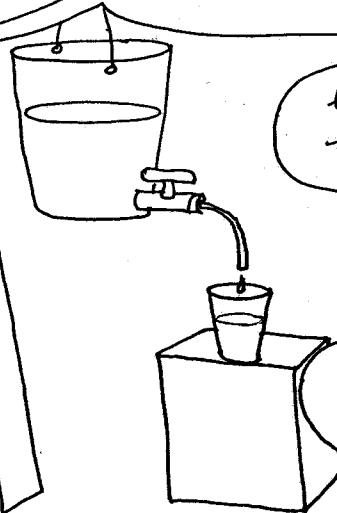
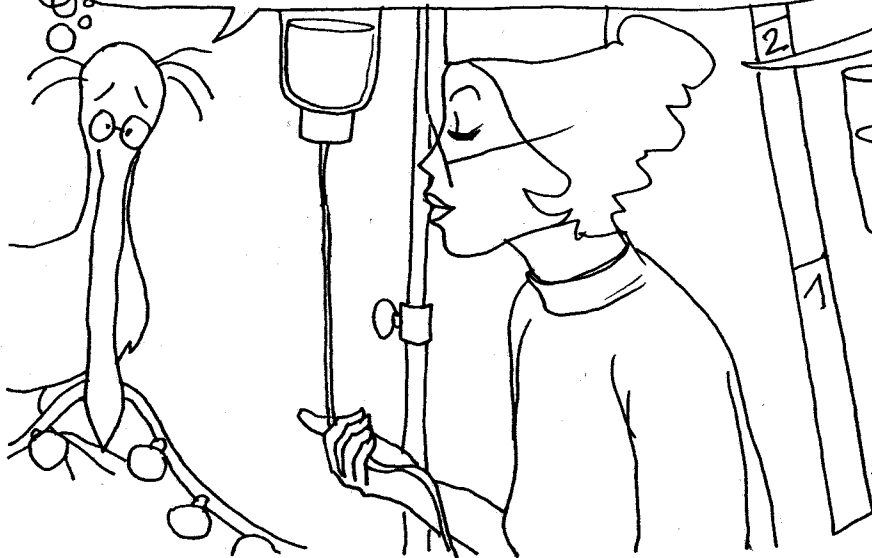
Sophie dit qu'il y a quelque chose que nous ne comprenons pas

que viennent faire les lampes électrique dans tout cela? Je ne comprends plus rien

remplace le tuyau d'arrosage par ce fin tuyau d'un goutte à goutte d'hôpital

le débit est tout de suite beaucoup plus faible

un décalitre par minute. Soixante fois moins que tout à l'heure !...



qu'est-ce que tu fais?



Sophie a dit de mettre bout à bout le tuyau d'arrosage et le tuyau mince

C'est peut-être parce que le petit bout de tuyau fin est mal placé. Si je le plaçais au début, près du seau, en aval l'eau pourrait peut-être s'écouler plus normalement?



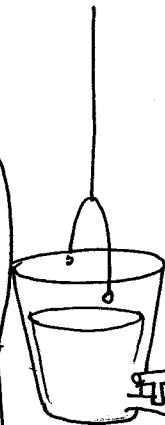
Ça alors! J'ai remis la longueur L de tuyau d'arrosage, bien large. Mais il a suffi de ces 10cm de tuyau fin, en sortie, pour que l'écoulement tombe à une valeur totalement ridicule



effectivement. On est autour d'un décilitre par minute



Rien de changé. On a toujours le même débit ridicule



c'est peut-être une question de position. On devrait mettre le petit bout de tuyau fin ailleurs



Pendant une heure, Anselme et ses amis essayerent tous les emplacements possibles.

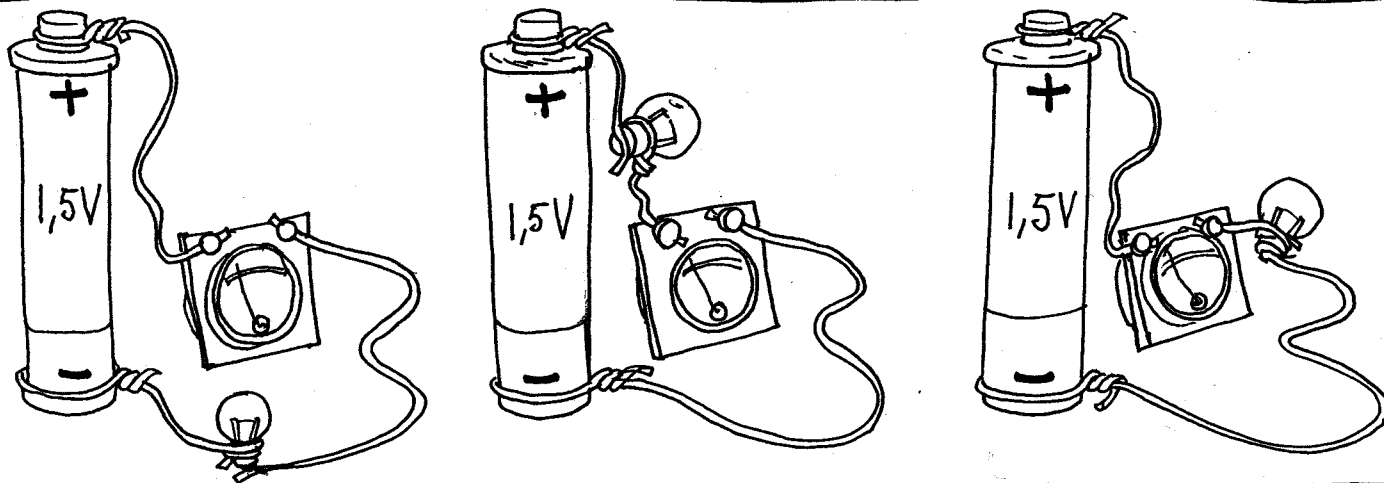
il y a quelque chose à comprendre mais **QUOI?**

c'est le frottement de l'eau sur la paroi des tuyaux qui limite l'écoulement de celle-ci. C'est ce qui crée cette **RÉSISTANCE** à l'avancement. L'expérience que tu viens de faire te montre simplement que tout ce frottement, toute cette **RÉSISTANCE** est concentrée dans ce petit bout de tuyau. Pour le reste, tu peux mettre un tuyau d'aussi gros diamètre que tu voudras, ça ne changera rien au débit

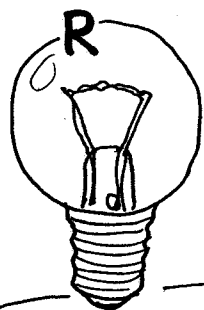
effectivement, on a été chercher chez le voisin son plus gros tuyau et ça n'a rien changé du tout!

très bien, très bien, mais quel rapport avec l'**ÉLECTRICITÉ**

Regarde. L'intensité est la même quel que soit l'emplacement choisi pour la lampe



Alors, dans ce montage, qu'est-ce qui joue le rôle du tuyau de gros diamètre et du petit bout de tuyau possédant un diamètre plus fin ?



c'est le filament de la lampe à incandescence qui est très fin et limite à lui seul le passage du courant électrique. En comparaison, le fil de cuivre est un vrai boulevard

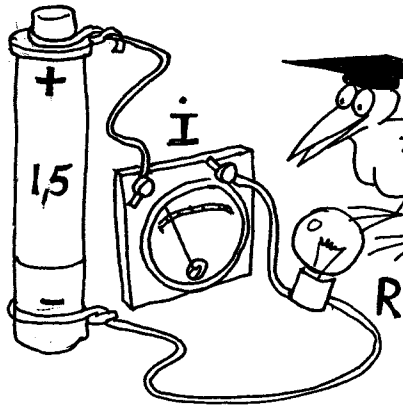


en d'autres termes, bien qu'il soit beaucoup plus long, étant donné son fort diamètre et son aisance à laisser passer le courant le fil de cuivre de jonction offre une **RÉSISTANCE r** faible devant la résistance **R** du filament de la lampe et c'est ce dernier qui déterminera à lui seul l'**INTENSITÉ DU COURANT**

Mais alors, que s'est-il passé avec la guirlande montée par Anselme ?



MONTAGE EN SÉRIE

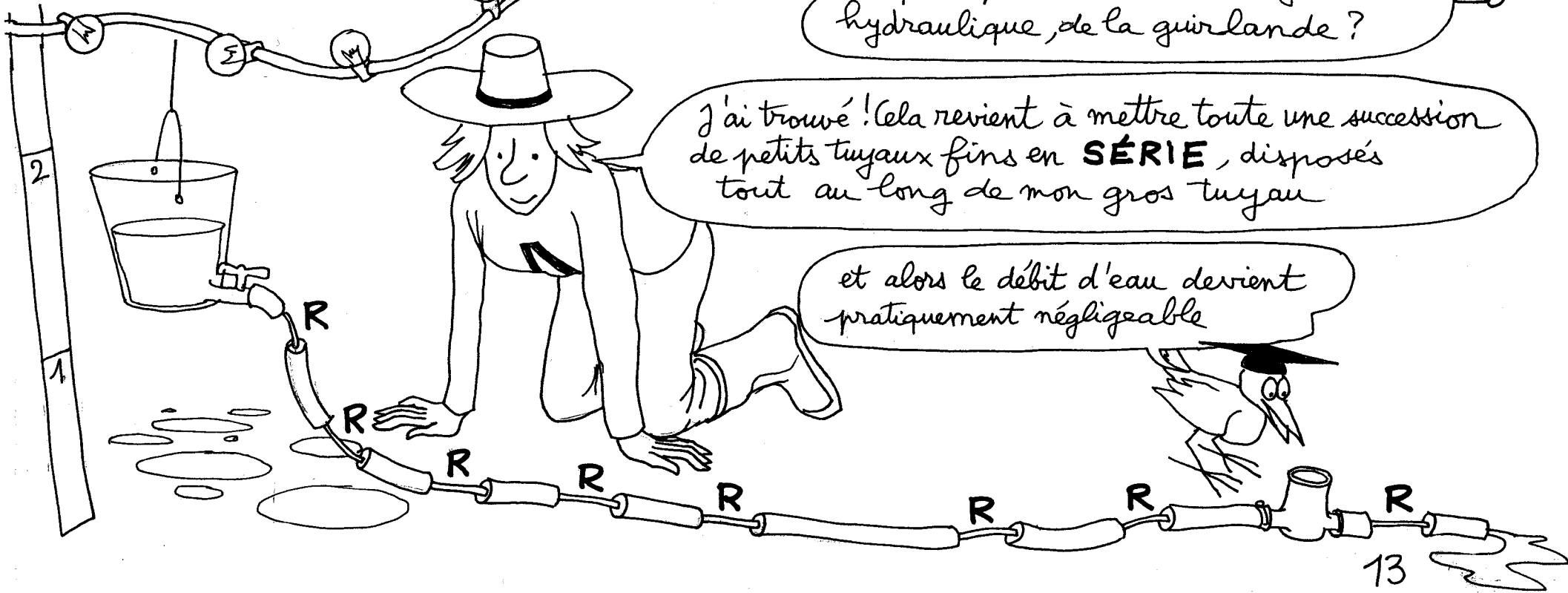


avec ce montage, la pile et la lampe, on obtenait une intensité d'un dixième d'ampère et la lampe s'allumait. Bon...

quel peut être l'analogie, en hydraulique, de la guirlande ?

J'ai trouvé ! Cela revient à mettre toute une succession de petits tuyaux fins en **SÉRIE**, disposés tout au long de mon gros tuyau

et alors le débit d'eau devient pratiquement négligeable



et voilà donc pourquoi la guirlande d'Anselme ne marchait pas !

pour résoudre ce problème, concernant l'électricité, transpose-le dans le monde de l'hydraulique

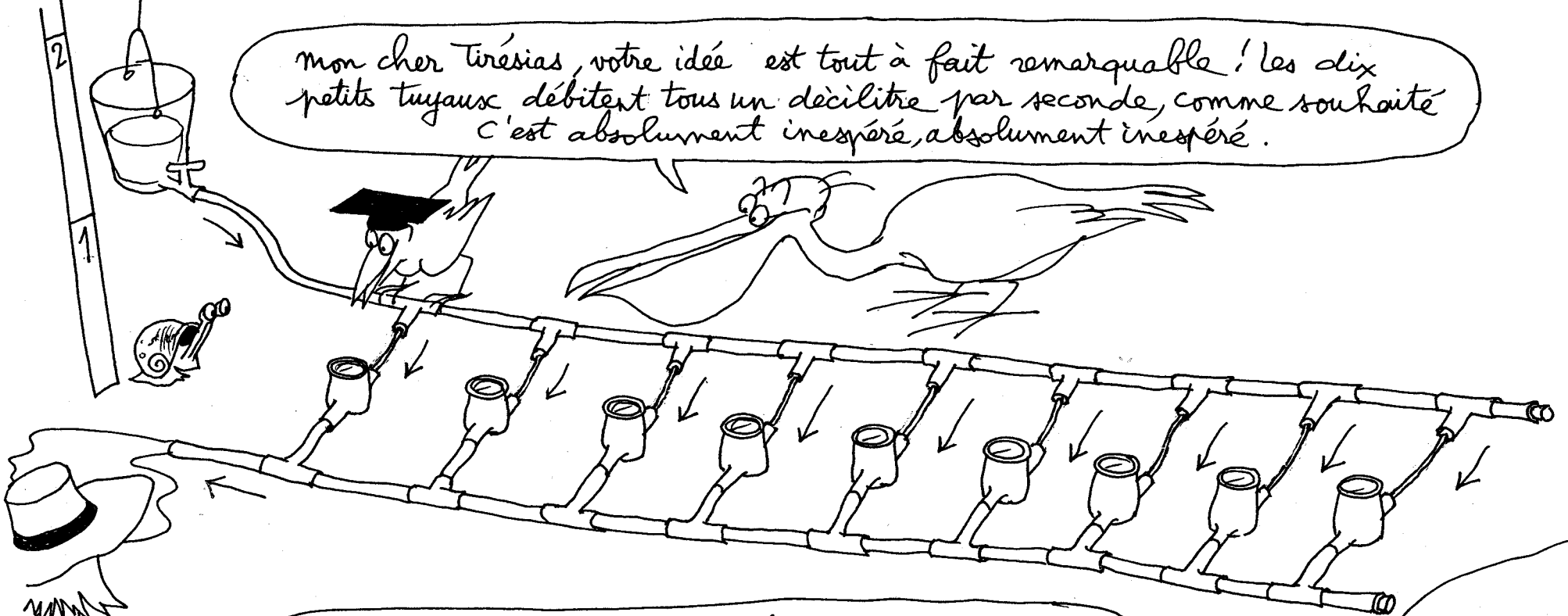
autrement dit, je remplace les filaments des lampes électriques par des petits bouts de tuyau fin

Comment créer une guirlande qui marche, où le courant accepte de passer dans les ampoules ?


Et le problème devient : comment assurer un débit donné dans un grand nombre de petits tuyaux, avec la même source d'eau sous pression, c'est à dire ce seau placé à 1,5 mètre du sol

Je pense que j'ai une solution. Pour les problèmes liés à l'eau, en tant qu'escargot je pense que je suis un peu plus compétent que vous autres

MONTAGE EN PARALLÈLE



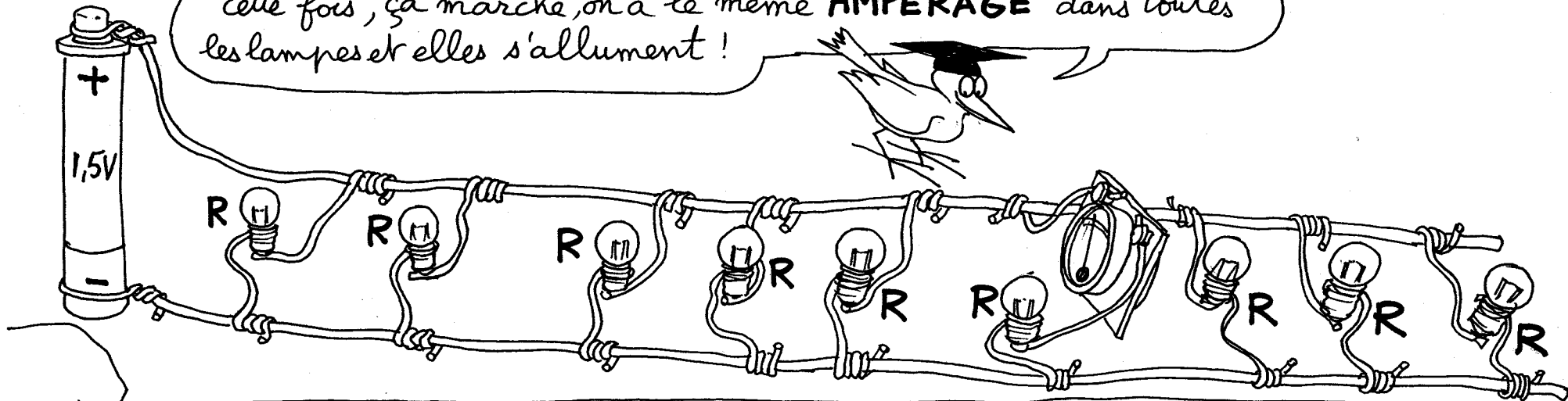
mon cher Tirésias, votre idée est tout à fait remarquable ! les dix petits tuyaux débitent tous un décilitre par seconde, comme souhaité c'est absolument inespéré, absolument inespéré.



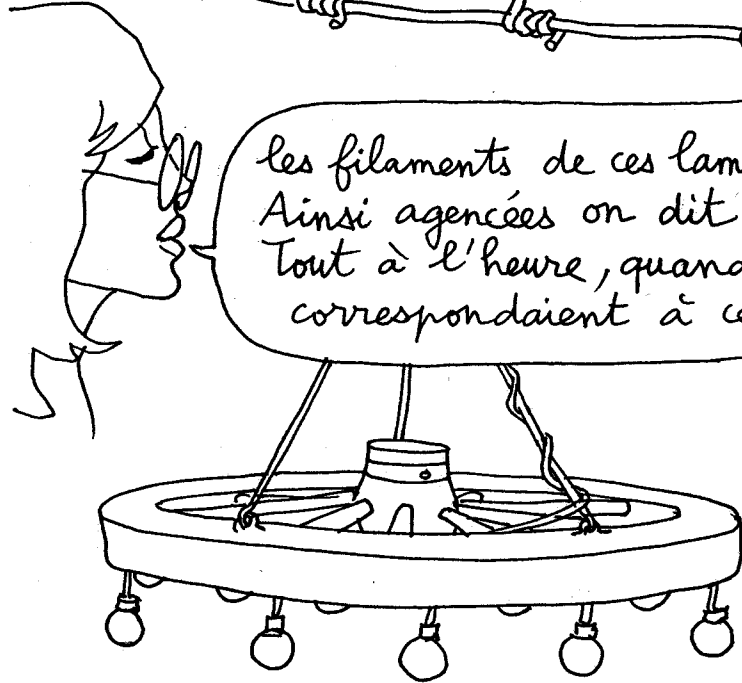
Je pourrais rajouter des tubes supplémentaires ils débiteraient encore la même quantité d'eau

tu as donc ta solution pour construire une girlande qui marche

cette fois, ça marche, on a le même **AMPÉRAGE** dans toutes les lampes et elles s'allument !



les filaments de ces lampes se comportent comme des **RÉSISTANCES R**. Ainsi agencées on dit que ces résistances sont montées **EN PARALLÈLE**. Tout à l'heure, quand elles étaient montées les unes derrière les autres, elles correspondaient à ce qu'on appelle un **MONTAGE EN SÉRIE**.

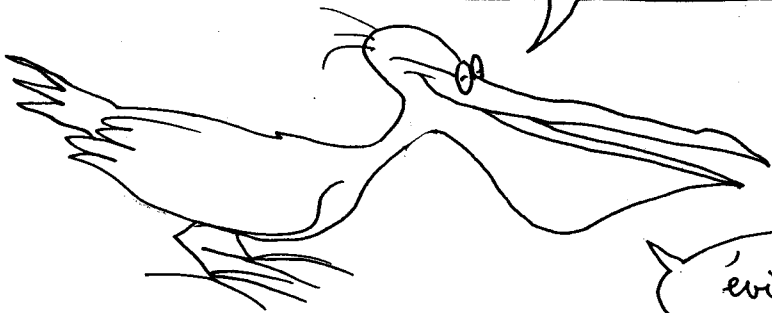


En branchant en parallèle ces lampes sur le **SECTEUR**, l'alimentation en 220 Volts de la maison j'ai réussi à faire fonctionner ce lustre (*).

(*) mais si vous branchez ces lampes **EN SÉRIE** elles rougiront à peine

Enfin, mon cher Tiresias, l'électricité n'est peut-être pas si compliquée que je ne l'aurais cru a priori

à condition de disposer d'un seau, d'eau, d'un tuyau d'arrosage et d'un débit-mètre

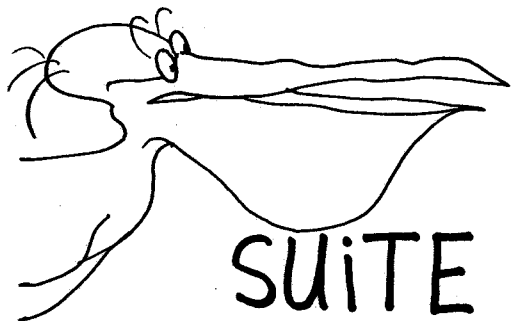


évidemment



Sophie, ça commence à m'intéresser. Est-ce qu'on pourrait en savoir plus sur les Volts, les... différences de potentiel, les chutes de tension, et tout le bazar

oui, mais ça sera pour le prochain épisode. Sinon tout cela va se mélanger dans votre tête



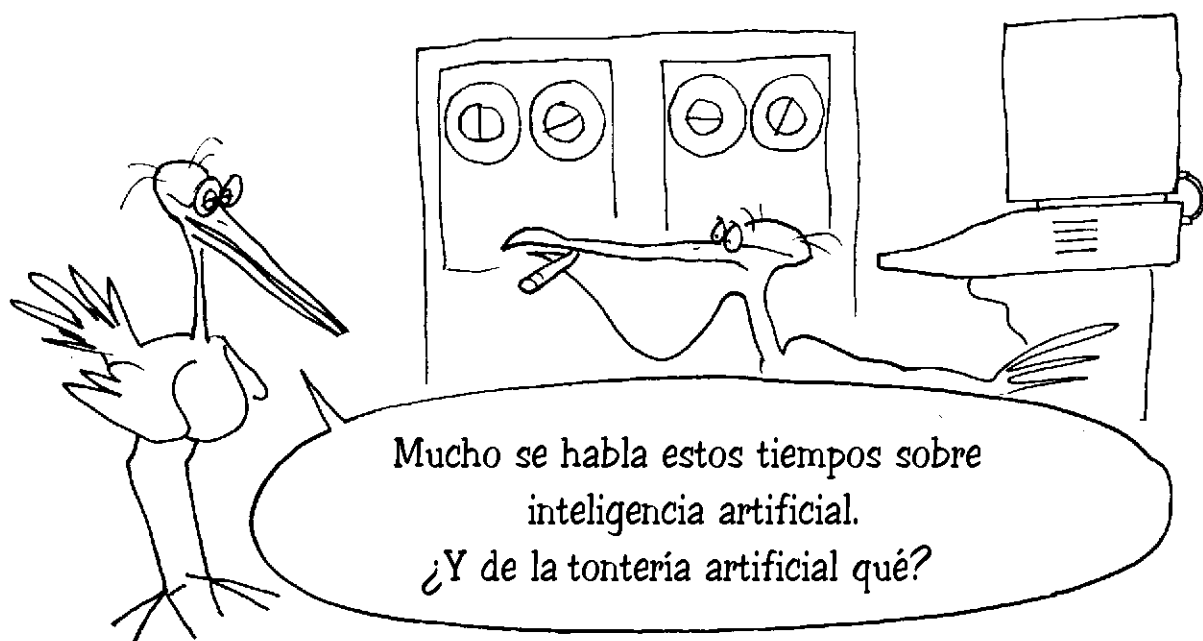
SUITE DANS LE PROCHAIN ÉPISODE

JEAN-PIERRE PETIT

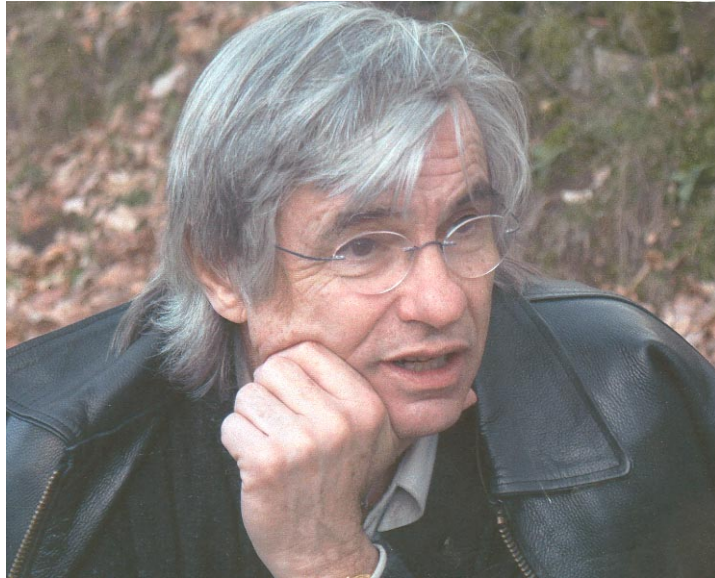
Las aventuras de Anselmo

INFORMÁGICA

Jean Pierre Petit



Traducción de J. C. Anduckia



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

**This \$ 174 translation was sponsored by
Gustave H. Robert, Switzerland**


gustave_robert@bluewin.ch




**Cette traduction à 150 euros vous est offerte par
Gustave H. Robert, Suisse**



¿En dónde estamos, Sofia?




Mmm...
... Espera un momento...
... En un centro de cálculo...



¿Y qué estás calculando?

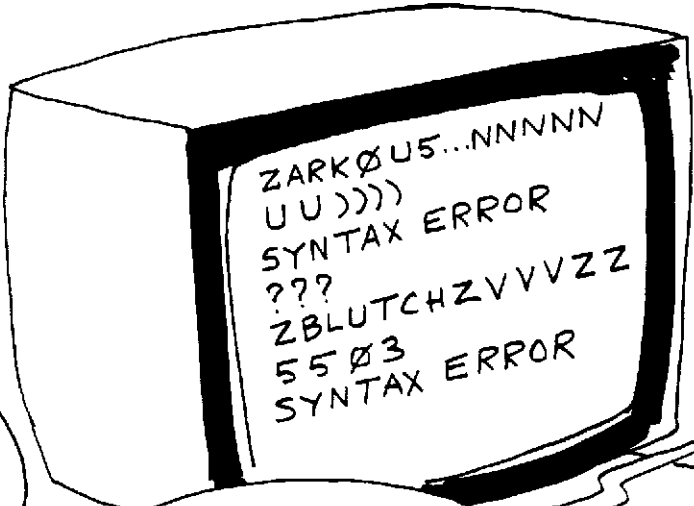
Yo... cómo decirte ... es un tanto complicado de explicar...
Estoy calculando... Eso es todo...



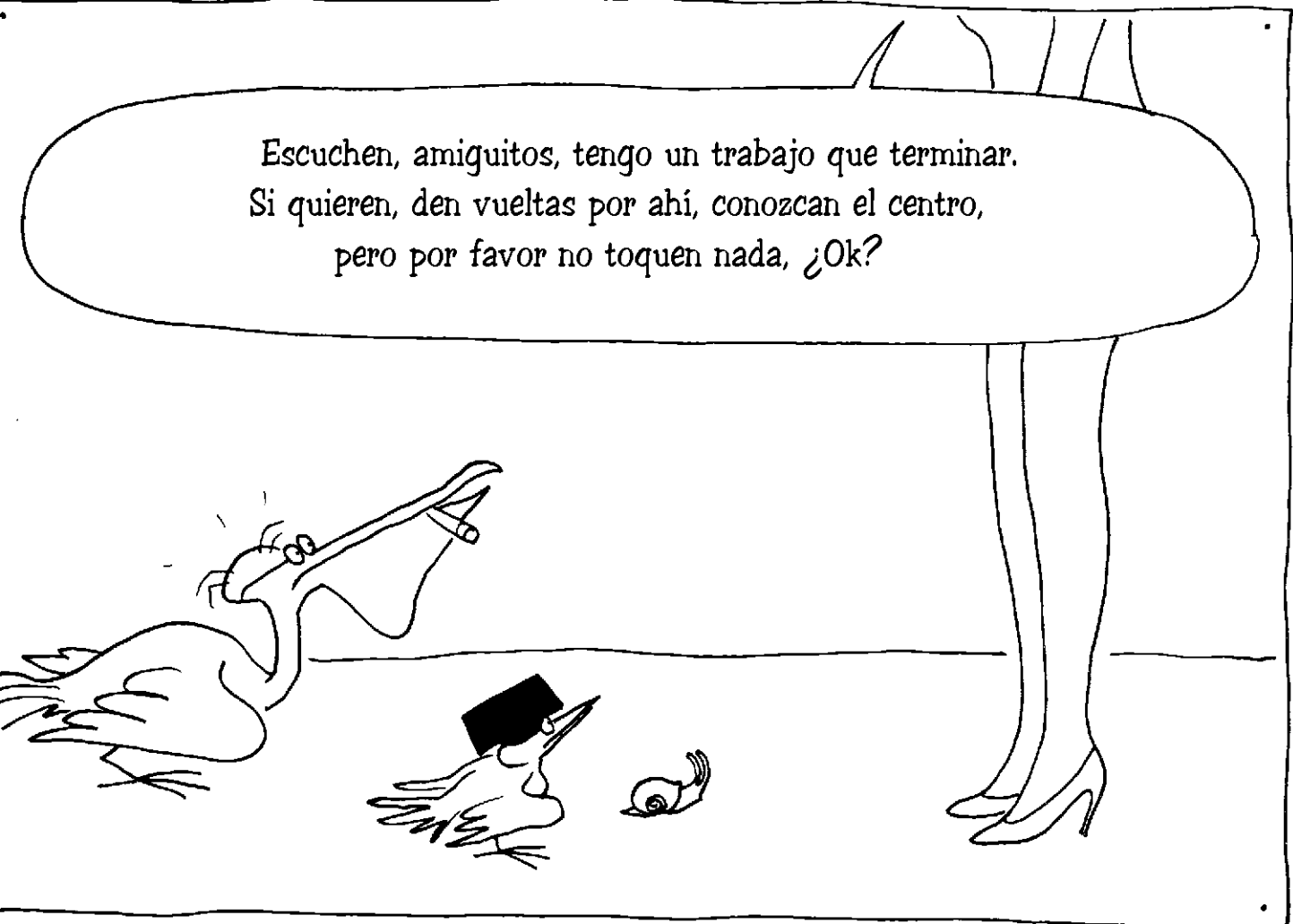
Veámoslo de cerca...



Pero... ¿qué demonios es todo este enredo?



¡Es totalmente incomprensible!





¡Vaya!
¡Esto sí que suena complicado!



... Aunque tal vez menos de lo que parece. Escuchen: para hacer funcionar el computador, sólo hay que darle **INSTRUCCIONES** ...

Por ejemplo...

... Escribiéndolas con un teclado

MANU
DEL

Para ingresar al computador, basta con escribir
A B R A C A D A B R A, y luego oprimir la tecla
ENTER

Con mucho cuidado,
que Sofia no está

Me temo que
algo va a salir mal

¿No sería mejor esperar
que ella regrese?!

¡Dijo que no tocáramos nada!

Sofia está lejos...
Además... ¿quién dice que se
lo vamos a decir?

A.B.R.A.C.A.D.A.B.R.A.

¡Nada!
No funciona...

Ah claro... el computador no
acepta una INSTRUCCIÓN a
menos que se oprima la tecla
ENTER

... tecla ENTER...
¿Dónde está?...
¡Ah sí, aquí está!

CHIP!

MANUAL
DEL
USUARIO



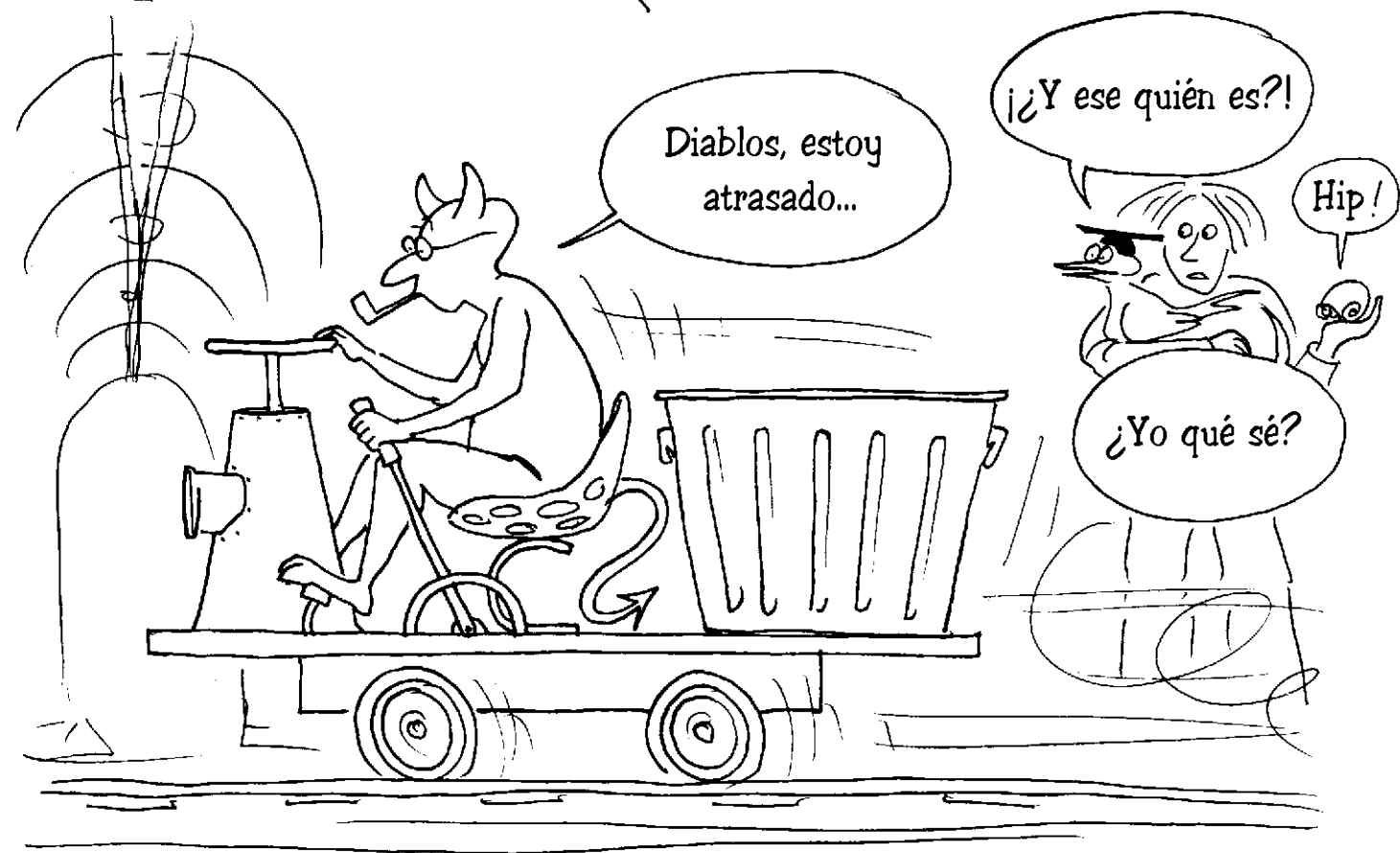
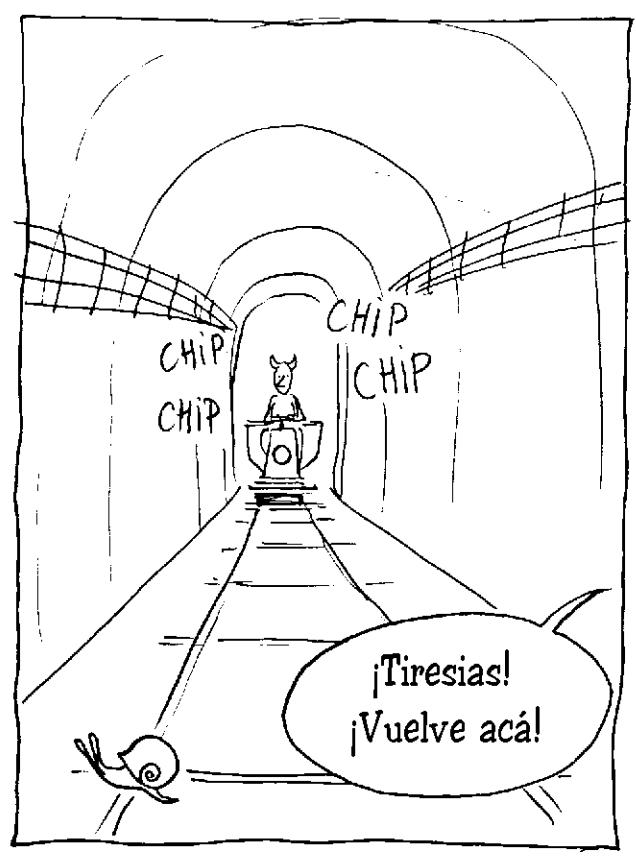
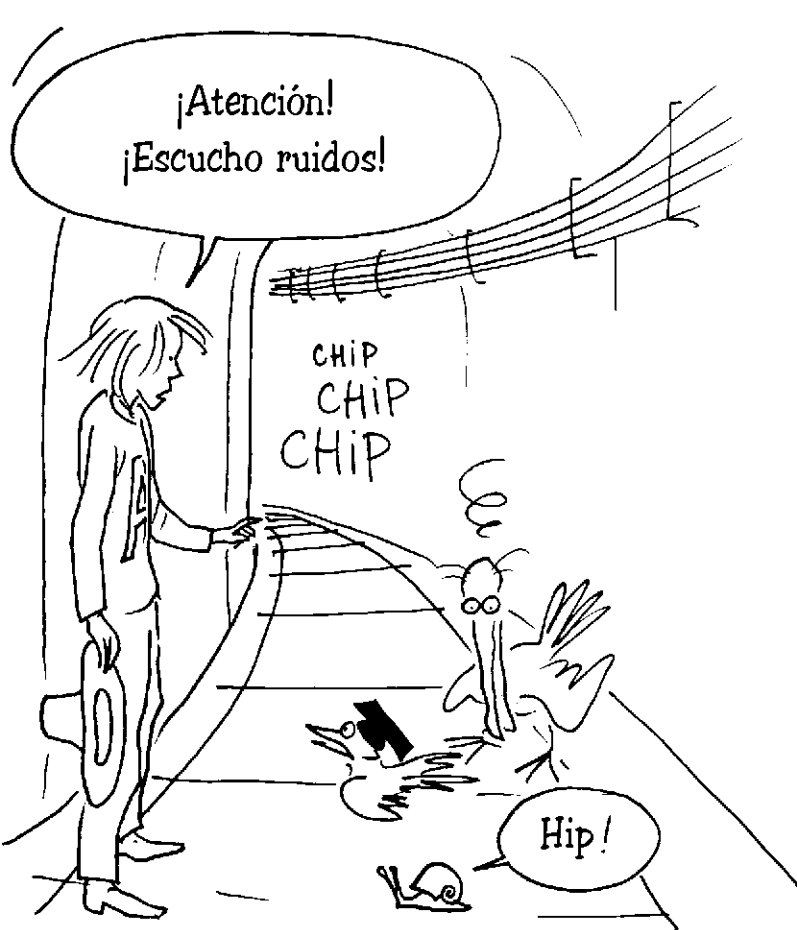
¡Rayos!
¡Parece que no era en broma!

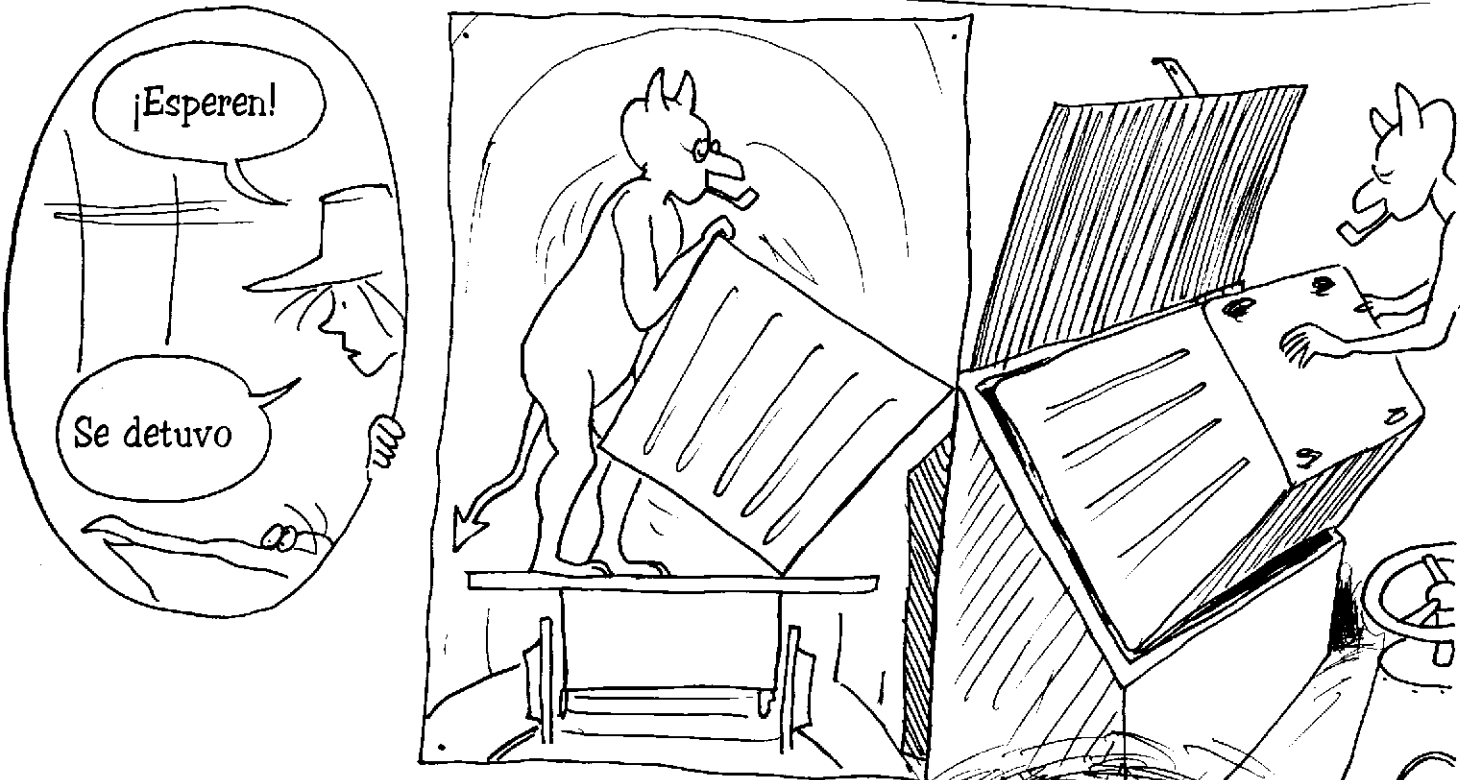
¡Claro que no, señor sabelotodo!
¡Ahora mira en la que nos has metido!

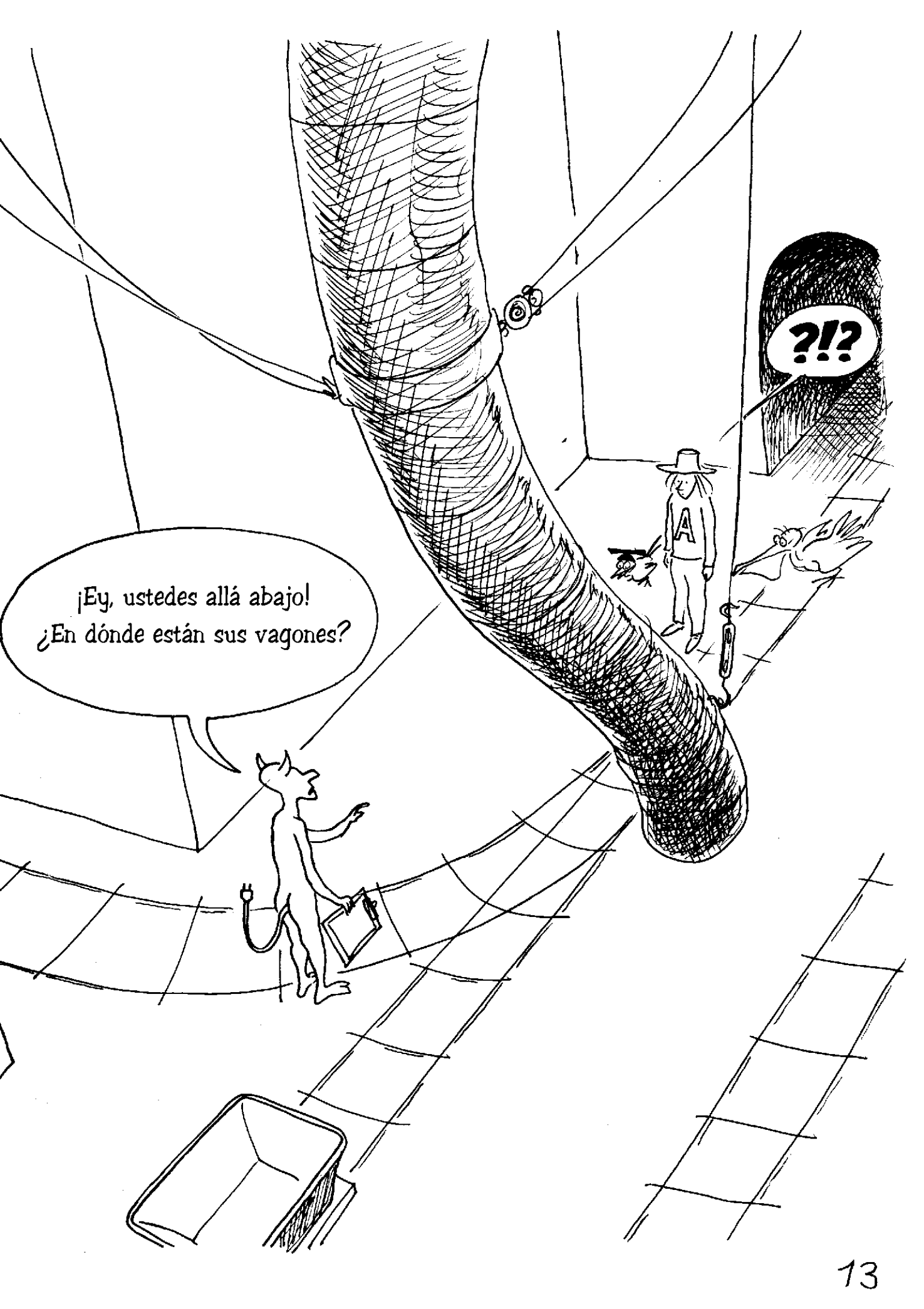
(*)

(*) Esta viñeta se deja a la imaginación del lector

N.B. : Sólo ciertos modelos de computador aceptan el comando **ABRACADABRA**. Si tiene dudas al respecto, es mejor que **NO** lo intente.







¡Ey, ustedes allá abajo!
¿En dónde están sus vagones?

?!?

Ustedes no están en mi programa.
¡Demonios, qué confusión el día de hoy!



En verdad,
venimos de afuera



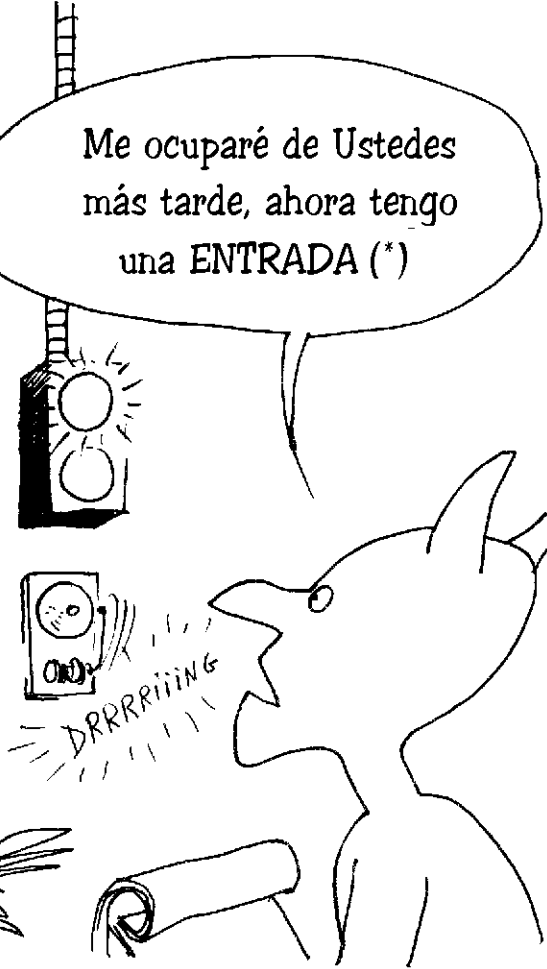
¿Afuera?
¡Debe ser un nuevo servicio!

Y si fuera Usted tan gentil de
decirnos cómo regresar...

¡Con todas estas nuevas interfaces
que se crean hoy en día, se los
digo, ya no me hallo!

Me ocuparé de Ustedes
más tarde, ahora tengo
una ENTRADA (*)

¿Inter-qué?



Listos, muchachos.
¡Todos a sus puestos!



¡Maxi, encuéntrame una
memoria libre!

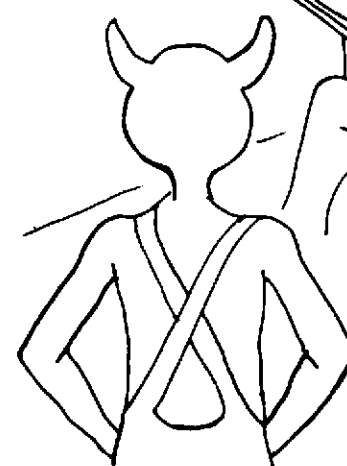



INSERTAR
LA MEMORIA A

3


x

2

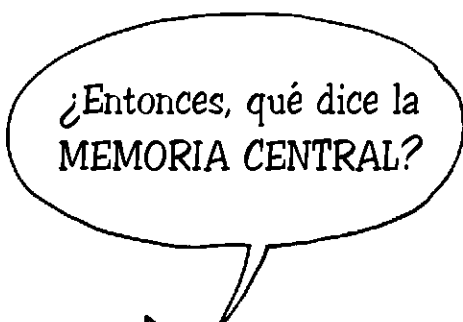





¡Joey, tradúcelo todo a código binario!



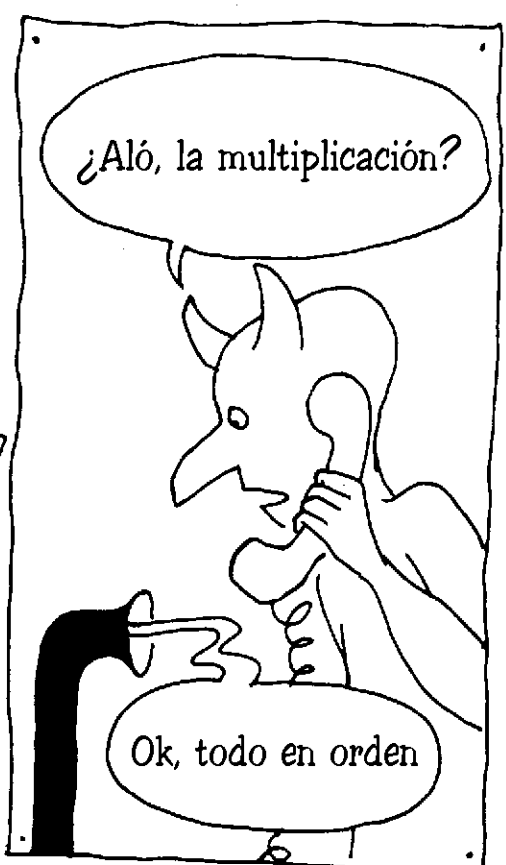
¡Y llámame a los chicos de la multiplicación, rápido!



¿Entonces, qué dice la MEMORIA CENTRAL?



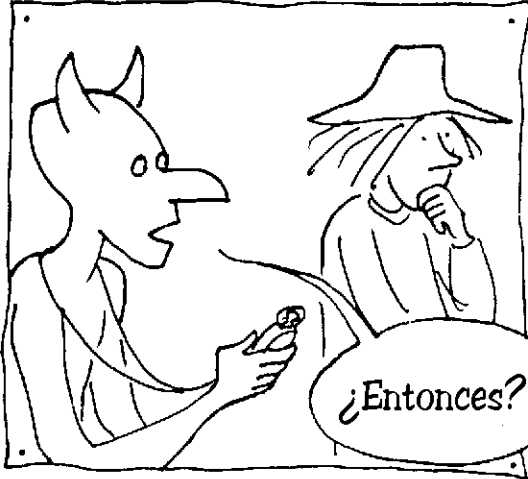
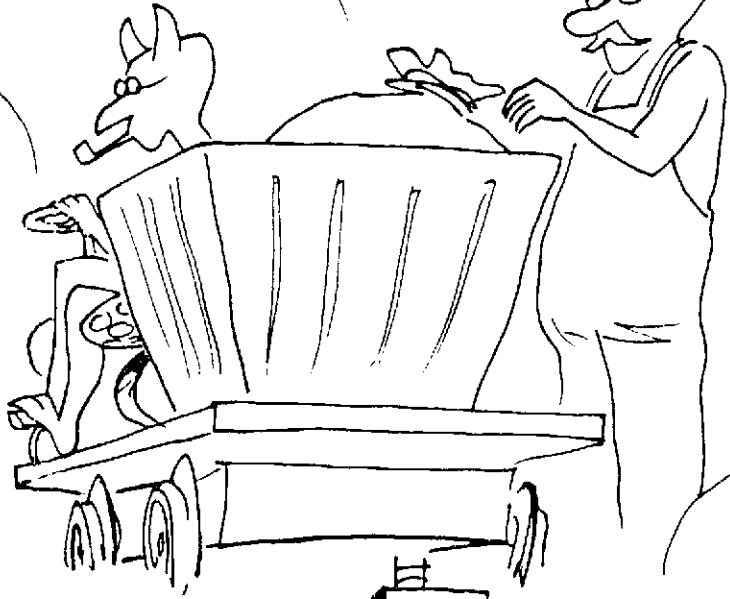
No hay problema. Hay lugar suficiente. Ya han reservado una POSICIÓN DE MEMORIA



¿Aló, la multiplicación?

Ok, todo en orden

¿Está listo León?
¡Enviar el BUS!



¿Entonces?

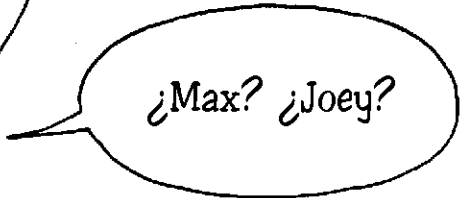
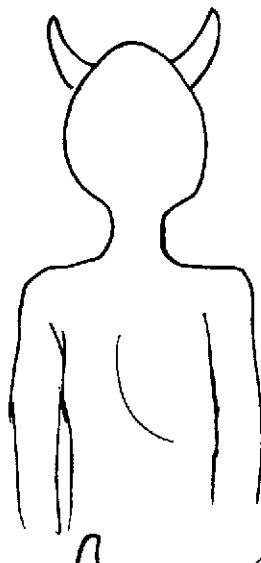
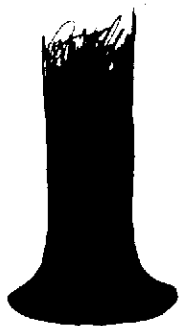
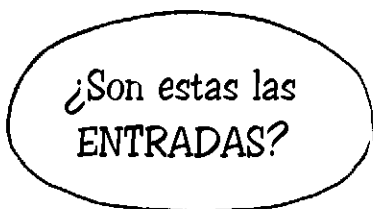
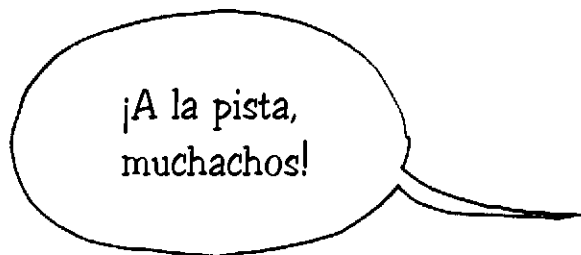


¡Listo!



Cuatro microsegundos,
nada mal...



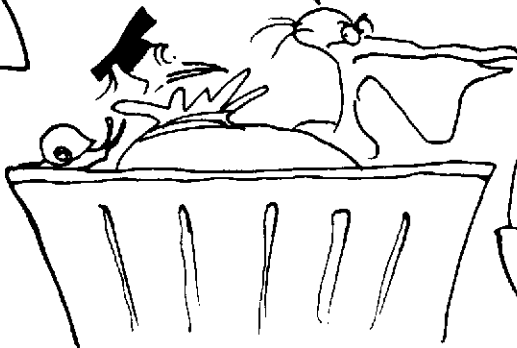


¿Y León? ¿A dónde se fue León?... ¡Justo en plena faena!



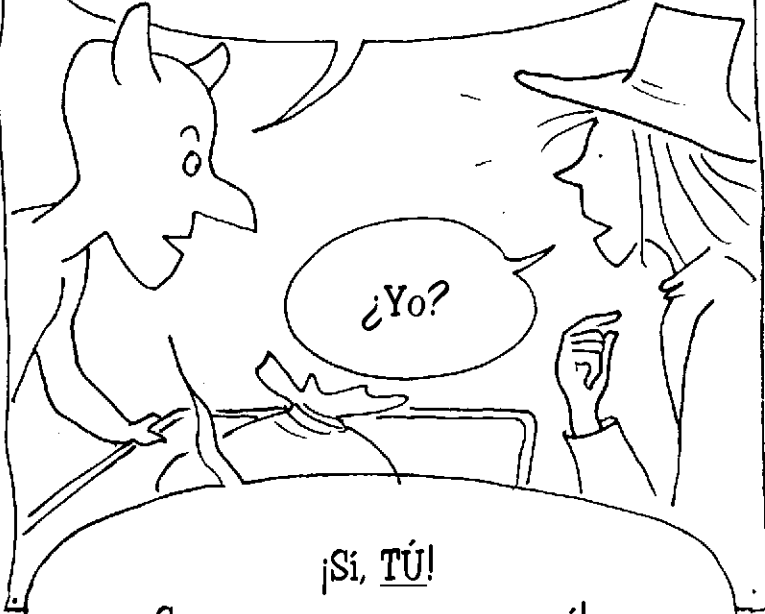
¡Diablos, rápido!
¡Los microsegundos pasan!

¡También está
prohibido fumar aquí!



Y tú...

¿...qué haces ahí sin hacer nada?
Rápido, hay una adición por realizar



¿Yo?

¡Sí, TÚ!
¡Se ve que eres nuevo aquí!

¡Cielos!
¿Cuál será la primera?



¡Carambas,
cómo corre esta cosa!

Elevar al cuadrado...
División... ¡No, aquí no es!

DIVISIÓN

x^2

¡Ey!

¡Adición!...
Debe ser allá abajo...

¡Hip!

Dime, BUG, ¿has visto la
clase de personal que
están contratando ahora?

Ya...

Buenas...
para una adición...

¿Una adición?

Yo no realizo adiciones

Este es otro
departamento


Pero...

CAMBIO
DE
SIGNO

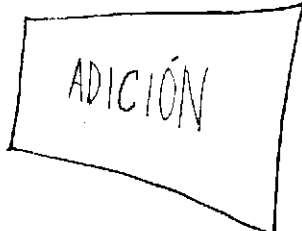
¡Oh, mira!

21

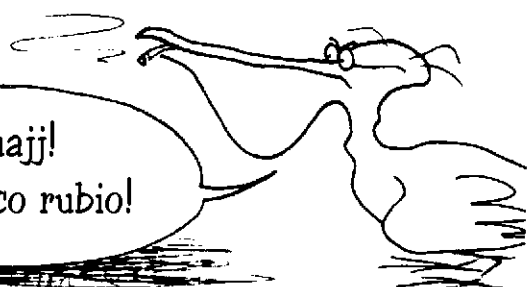





Ah, aquí sí es




ADICIÓN



¡Puajj!
¡Es tabaco rubio!



Eh... Buenos días...
Para agregar esto al contenido
de la memoria A



Muy bien, hijo mío...
sólo que no veo el contenido de
la memoria A

Debes haberlo dejado en la
MEMORIA CENTRAL



Yo... estee...

MEMORIA CENTRAL


Bueno, hemos llegado

Buenos días, necesito el contenido de la memoria A

Querrás decir una copia

No estoy autorizado a entregar contenidos, sólo copias

Aquí está




Ciertas POSICIONES DE MEMORIA
llevan etiquetas, mientras que otras no.
¿Por qué la diferencia?

Las que no llevan son aquellas
que aún no han sido asignadas


¿Y eso qué
significa?

¡Pues significa obviamente que, dado
que no hay nada en su interior,
tampoco se les coloca nada afuera !


¡Se ve que en verdad eres nuevo
en este trabajo!




Bueno, no nos queda ahora
más que regresar a la adición



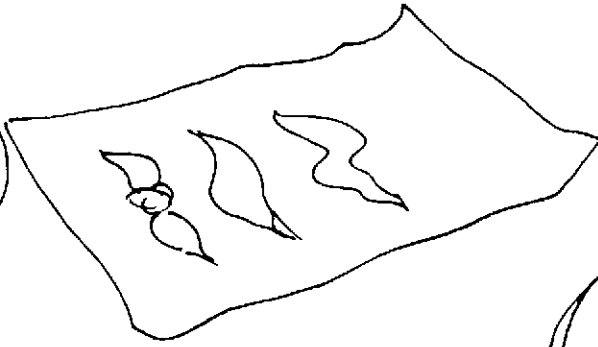
¡Qué historia!



Qué te parece si miramos el
contenido de esos sacos...



¡Vaya, miren esto!



El saco "4" contiene la siguiente secuencia ordenada:
un pañuelo anudado y dos sueltos

El saco "A", en cambio, contiene
esta otra secuencia ordenada:
dos pañuelos anudados y uno suelto



¿Qué es lo que hacen con
todos esos pañuelos?





Es algo típico del código binario.
Hace poco vi cómo lo usaban: el
pañuelo suelto quiere decir CERO,
el que tiene el nudo quiere decir
UNO

¿Y entonces?

Es sencillo. Cuando cuentas escribes UNO=1, DOS=2,
TRES=3, CUATRO=4, CINCO=5, SEIS=6, SIETE=7,
OCHO=8, NUEVE=9. Para escribir 10, pones 1 y 0
uno tras otro, para indicar ONCE escribes 11, DOCE=12, etc...

Todo porque estás usando diez cifras:
0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 para representar los
números

Supongamos ahora que sólo
disponemos de DOS SIGNOS
en vez de DIEZ, \emptyset y 1 (*)
En lugar del sistema
DECIMAL, debes usar el
BINARIO

 = \emptyset = CERO
 = 1 = UNO

Pero después del
UNO ya no puedo...

(*) En informática el símbolo para el cero es \emptyset .

No, no. Es simple: cuando llegas a DOS, lo escribes 1 0










Ah, entonces TRES se escribe 11. ¿Y después qué?

Vaya, parece que por fin empiezo a comprender

Bien, luego continúas

Por lo tanto, el contenido de A es SEIS, es decir el resultado de la operación de antes, 2 x 3

Para mí que hay un truco...

	= 0 = CERO
	= 1 = UNO
	= 10 = DOS
	= 11 = TRES
	= 100 = CUATRO
	= 101 = CINCO
	= 110 = SEIS
	= 111 = SIETE
	= 1000 = OCHO
	Etc...

¿Pero por qué no seguir usando el código decimal?

Porque en el computador sólo son posibles operaciones en el sistema binario

ADICIÓN

Ey, detengan el bus. Hemos vuelto a la adición

A ver, veamos...
 $110 + 101 = ?$

Las operaciones elementales son:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

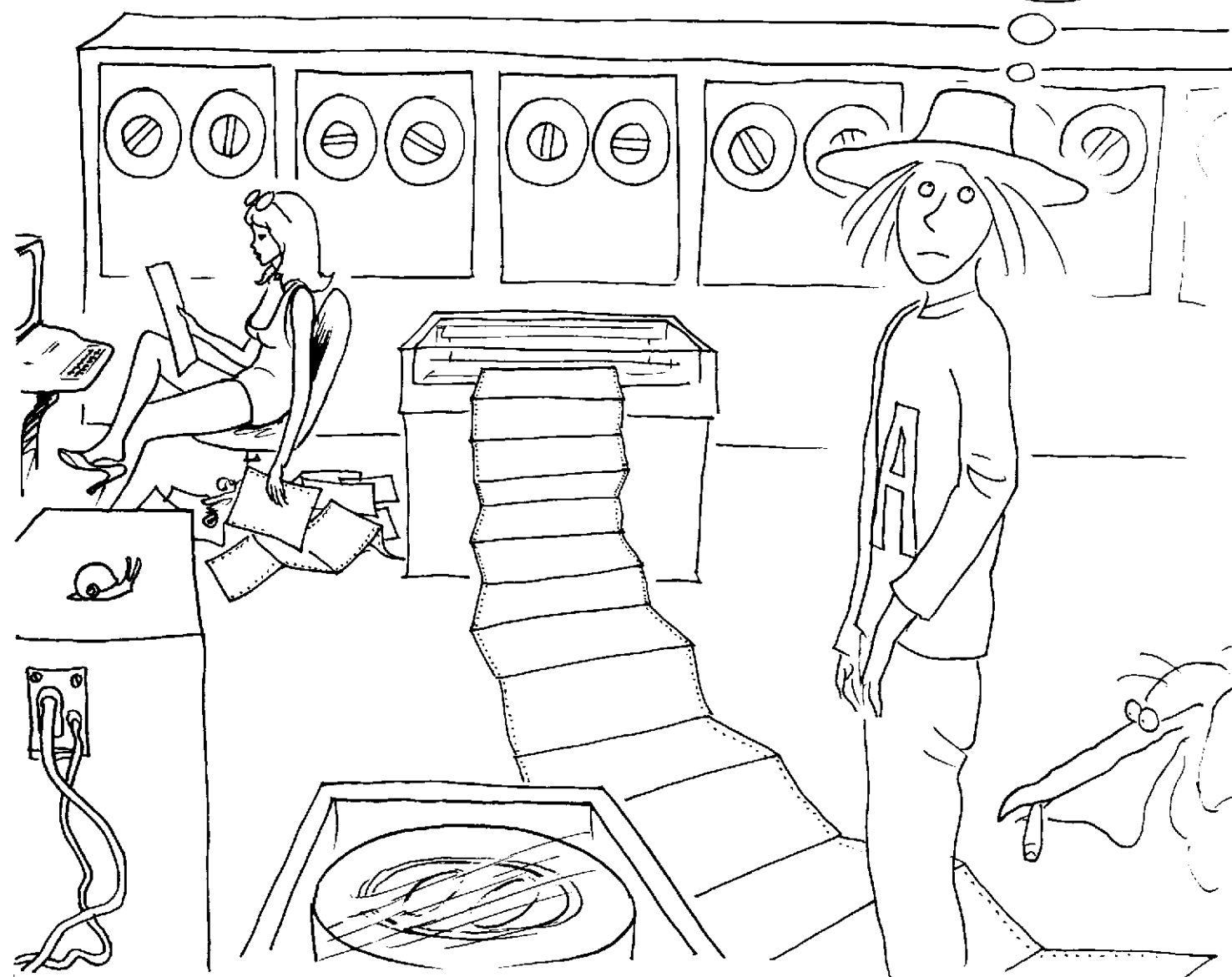
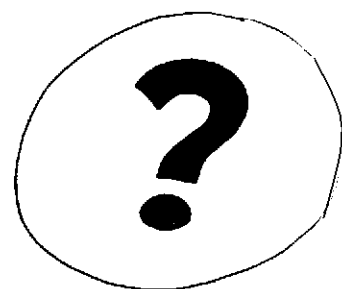
(esto es, se LLEVA 1)

Diablos...

CERO y CERO = CERO
CERO y UNO = UNO
UNO y UNO, escribo CERO
y llevo UNO

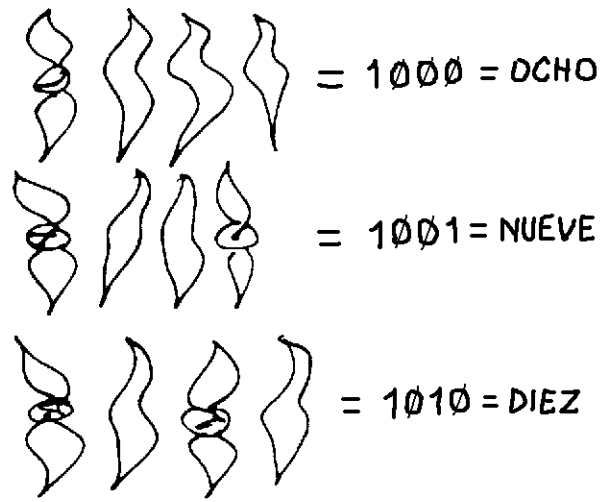
$$\begin{array}{r} 100 \\ + 110 \\ \hline 1010 \end{array}$$

TODO LO QUE SIEMPRE QUISO SABER
SOBRE LA INFORMÁTICA Y NUNCA SE
ATREVIÓ A PREGUNTAR ...



Continuando con el cuadro de la pág. 28, miren cómo se escribe 10

¡Seguro que hay un truco!



Mi querido Tiresias. Todo esto es tremendamente simple. Si me concedes un minuto de tu atención...

¡Hip!

Bah, lo que sea no me concierne, no es mi reparto. A cada quien sus labores. La mía es colocar en la memoria, y entregar copias. De resto...

¡Tiresias, en verdad eres un cabezadura!

Se pone DIEZ en la memoria A

¡Quiero salir!

¿Pero qué estuvieron haciendo todo este tiempo?
¡Por su culpa se bloqueó la secuencia entera de cálculo!



¡Así no funciona!
¡No sé de dónde han venido, pero
sólo hacen males y desorden!

Anselmo no regresa. Mientras tanto, prepararé un
pequeño PROGRAMA. Comencemos a hacer
ingresar los DATOS



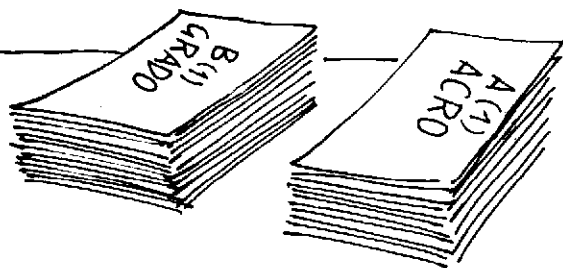
BLOUTCH



¡Ay, no, de nuevo!
¡Justo ahora que no hay
nadie disponible!

¿Qué estará ella
intentando ahora?

Bien, volvamos a la memoria central. Tienen que almacenar dos series de DATOS. Cada elemento de las series es un grupo de letras, es decir una palabra

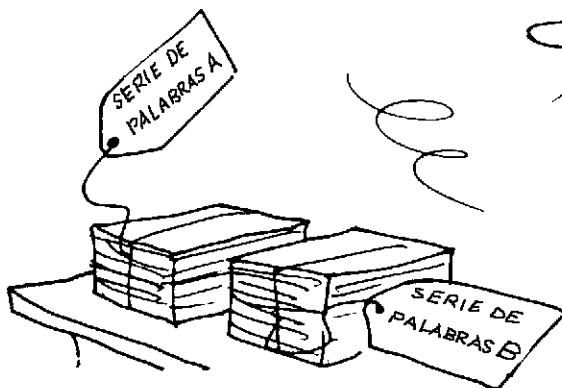


¿Se puede almacenar las palabras?

¡Claro! A cada palabra se le asigna primero un código decimal, y luego este número es traducido a código binario

Los datos son dos bloques de trescientas palabras. Se numerarán las primeras con A(1), A(2), A(3), ..., A(300), y las segundas con B(1), B(2), B(3), ..., B(300)

Ah, puesto que van a ir, hagan RESERVAR dos bloques de trescientas posiciones de memoria



Ok, voy primero al reparto de codificación, y luego al de memoria central

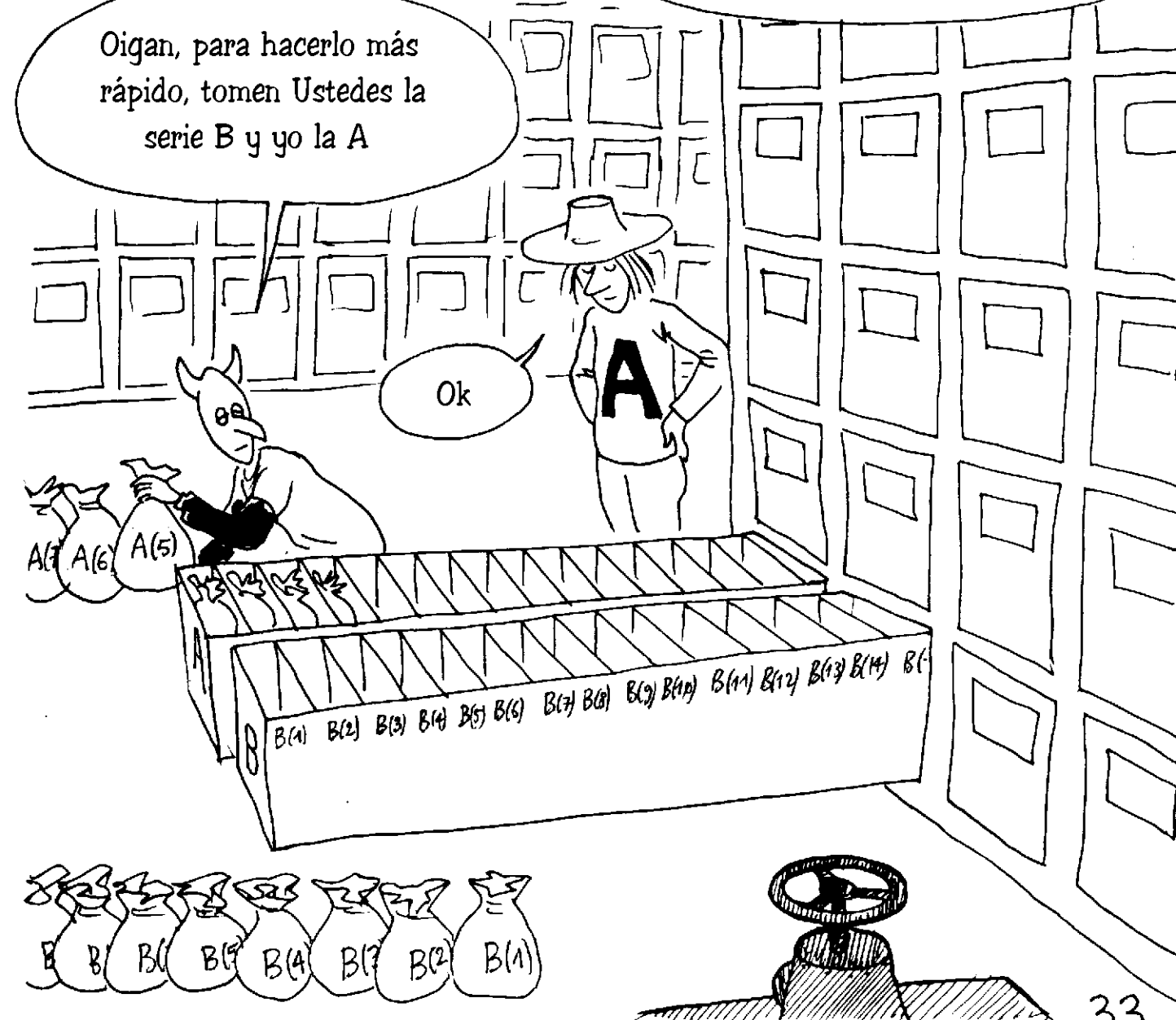


¡No es momento de ponerse a leer!

CODIFICACIÓN

Mane, mancia, morfo... ¿qué es lo que ella está haciendo?

Oigan, para hacerlo más rápido, tomen Ustedes la serie B y yo la A



Ok

MODO DE UTILIZACION DIRECTA

SCRRRR

¿Pero qué es lo que está haciendo el nuevo?

MEMORIZACION DE PROGRAMAS

KLONK!

¡Diablos, un programa!

1 DAR A N EL VALOR UNO


1 DAR A N EL VALOR UNO

Esta es la primera INSTRUCCION del PROGRAMA

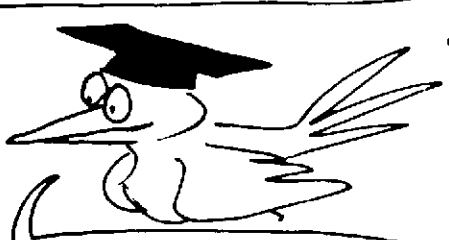
¡Vaya rapidez!

¿Qué está haciendo?


A



Pongo en orden la LISTA de INSTRUCCIONES del PROGRAMA que está llegando pues no está dicho, como pueden ver, que llegue siempre en orden



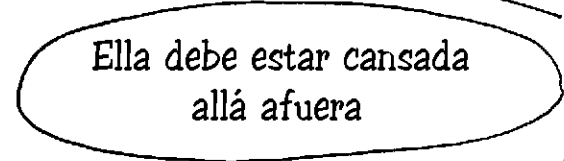
En otros términos, haces un LISTADO del PROGRAMA




¡Al final, todo ok!



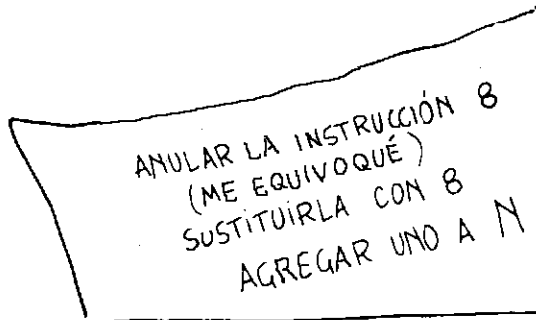
¿Más?!



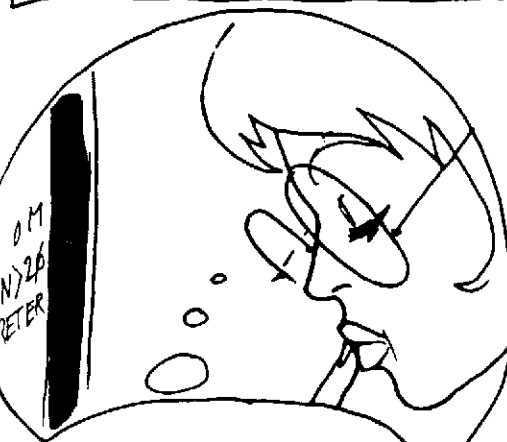
Ella debe estar cansada allá afuera



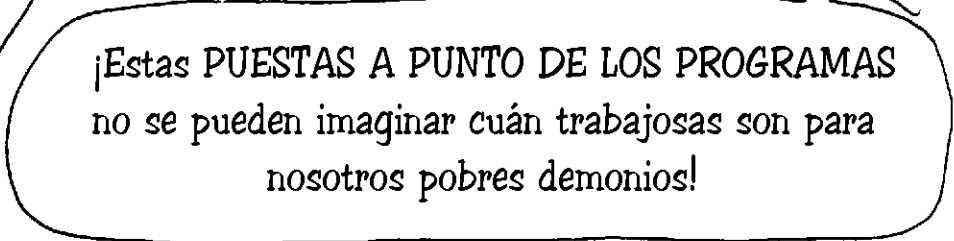
¡Hay que rehacer de nuevo la clasificación!




ANULAR LA INSTRUCCIÓN 8
(ME EQUIVOQUÉ)
SUSTITUIRLA CON 8
AGREGAR UNO A N




¡Caray, he generado toda esta confusión yo sola!



¡Estas PUESTAS A PUNTO DE LOS PROGRAMAS no se pueden imaginar cuán trabajosas son para nosotros pobres demonios!




¡Cielos! ¿Qué estarán haciendo?



¿Gustan un caramelo?

Buee... yo continuo

No, gracias...



Expliquenme que está ocurriendo en esta especie de cocina

En efecto, un PROGRAMA se asemeja un poco a una receta de cocina. Sus ingredientes son los DATOS, y está formado por INSTRUCCIONES, numeradas y clasificadas en orden creciente. Cuando me llega la orden de ejecutar este programa, debo seguir las instrucciones secuencialmente, una tras otra, en el orden en que vienen

¿Y mientras tanto?

Todo queda archivado en la MEMORIA DEL PROGRAMA

¡Ah, lo sabía!
¡Conque ese era el truco!

EL PROGRAMA DE SOFIA

1 ASIGNAR A N
EL VALOR 1

2 ASIGNAR A I UN VALOR ALEATORIO
ENTRE 1 Y 300

3 ASIGNAR A J UN VALOR ALEATORIO
ENTRE 1 Y 300

4 BUSCAR A(I), LA I-ÉSIMA PALABRA
DE LA SERIE A

5 BUSCAR B(J), LA J-ÉSIMA PALABRA
DE LA SERIE B

6 FORMAR (CONCADENACIÓN)
 $M = A(I) + B(J)$

7 IMPRIMIR N

8 EN LA MISMA LÍNEA DEJAR UN
ESPACIO E IMPRIMIR LA PALABRA M

9 AGREGAR 1 A N

10 SI $N > 20$ DETENERSE
SI NO, VOLVER A 2

¿Qué habrá ideado
Sofia?

EJECUCIÓN
DE PROGRAMA

¡Rápido, devuélvanme
la hoja de instrucciones!
¡Es absolutamente neces-
ario ejecutar el programa!

CLONG!

Entonces... tomen una
casilla de memoria a la
que llamarán N, y
coloquen adentro UNO

No se preocupe, conozco el camino

Enseguida vayan al reparto ALEATORIEDAD para ejecutar las instrucciones 2 y 3

SERVICIO AL

¿Qué deseas?

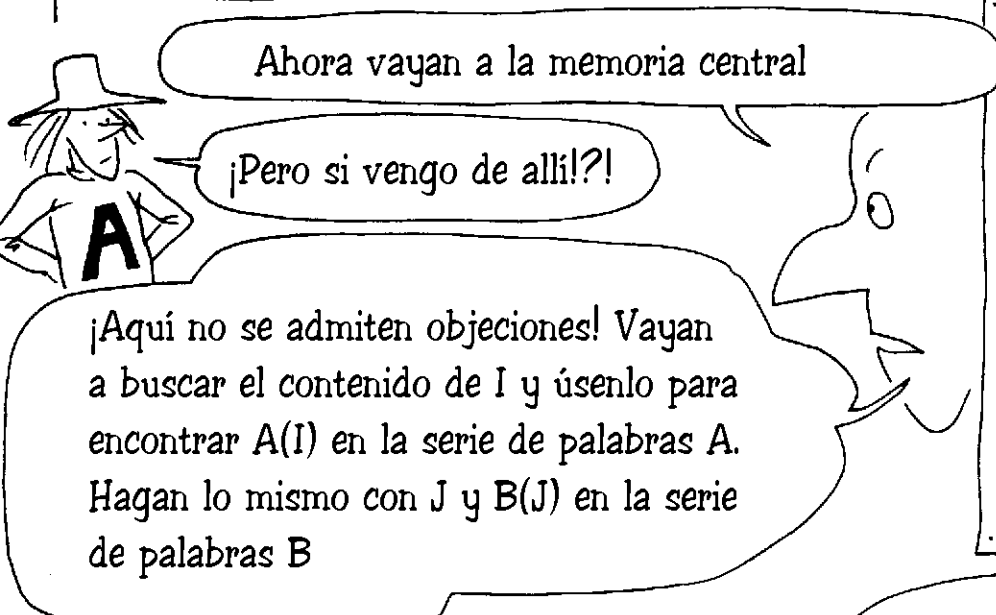
TRAJE OSCURO OBLIGATORIO

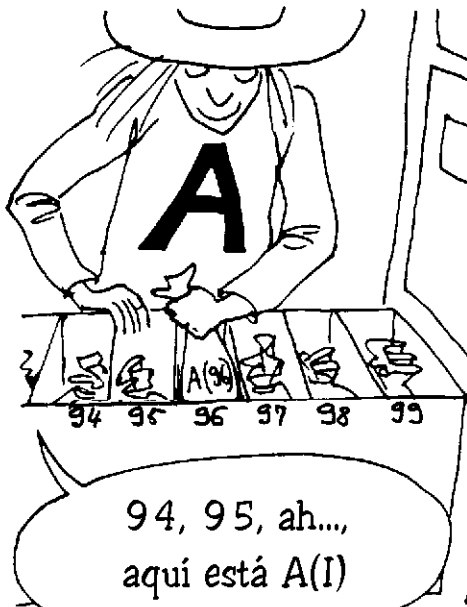
Ehm... quiero dos números I y J aleatorios entre 1 y 300

Antes de entrar, ten la bondad de ponerte esta corbata

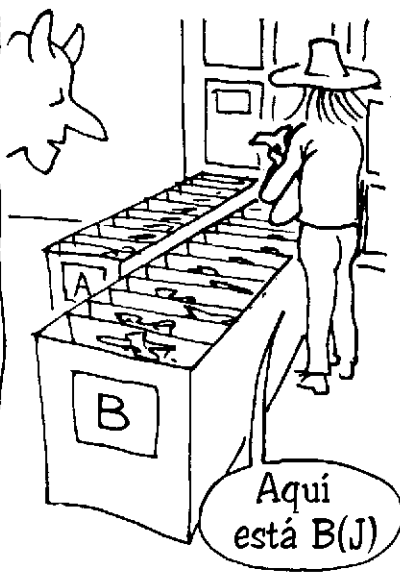
Uff... ¡hippies!

Hum... lo siento pero no se permite el ingreso de animales





94, 95, ah..., aquí está A(I)



Bueno, ¿y ahora qué tengo que hacer?

Instrucción 6, ir de prisa a la **CONCATENACIÓN**



¿A la **QUÉ** ?



Cada operación, en el computador, es de por sí un miniprograma. La **ADICIÓN** y la **MULTIPLICACIÓN**, por ejemplo, son programas ya escritos y almacenados establemente en el computador; a dichas estructuras se les conoce como **SUBPROGRAMAS**. También la **CONCATENACIÓN** es uno de estos subprogramas disponibles en la máquina. A(I) y B(J) son sucesiones de caracteres. Este subprograma, por lo tanto, **CONCATENA** estas dos sucesiones de caracteres en una única expresión que se escribe simbólicamente: $M = A(I) + B(J)$



¡Vaya, también estos son pañuelos con o sin nudo!

¡Bien sabes que TODO lo que por aquí pasa está codificado en BINARIO, incluidas letras y palabras!

Veamos... por el olor esto quiere decir COSMO

B(J)

A(I)

En el saco B(J) hay FOBO

¡Listo, aquí tiene!

CONCATENACION

B(J)

A(I)

$$M = A(I) + B(J)$$

Bien, esto va insertado en una memoria M

¡Ya no aguanto más este va y viene!

Aló, BUFFER, instrucciones 7 y 8:
imprímeme el contenido de N y en la
misma línea deja un espacio e imprime
el contenido de la memoria M

¡Qué bien!
¡Mi programa funciona!

¡OK!

PRRRRRllllllt

1 COSMOFOBO

IMPRESORA

PAPEL

STOP

TEST

¡COSMOFOBO! ¡Qué divertido!
Tengo que encontrar una definición para este
nuevo término "inventado" por el computador.
Por ejemplo: "el que le tiene miedo al universo"

En l O tenemos una
INSTRUCCIÓN CONDICIONAL,
basada en un **TEST**. Si el contenido
de la memoria N (que hace las
veces de **CONTADOR**) es mayor que
20, el programa recibe la orden de
detenerse. En caso contrario, debe
regresar a la instrucción 2 de la serie
de instrucciones y a partir de allí volver
a comenzar un nuevo ciclo.

¿Qué sucedería si no
existiera este test?

10
SI N > 20
DETENERSE
SI NO
REGRESAR
A 2

En ese caso se tendría un SALTO NO CONDICIONADO

Lo que significa que el programa nunca se detendría y repetiría sin fin su propia secuencia

Obvio, puesto que en ese caso no habría nada previsto para detenerlo. Aquí obedecemos órdenes sin discutir. El programa que nos ocupa ahora fue concebido para dar 20 palabras, o bien para detenerse luego de 20 ciclos. La operación "agregar 1 a N", llamada INCREMENTO, permite que N funcione como un CONTADOR DE CICLOS. Y mientras discutimos, los microsegundos pasan.

¡Esto es lo que ocurre cuando se programa sin pensar!

Llamaré entonces a este programa

EL LOGOTRON

17 CRONOTERAPEUTA
médico que cura
dejando pasar el tiempo
18 ELASTOLITO
unidad de preta elástica
19 MICOCLASTA
cazador de hongos

14 HEMIGAMA
casado por mitad
ISÓRQUIDA
?

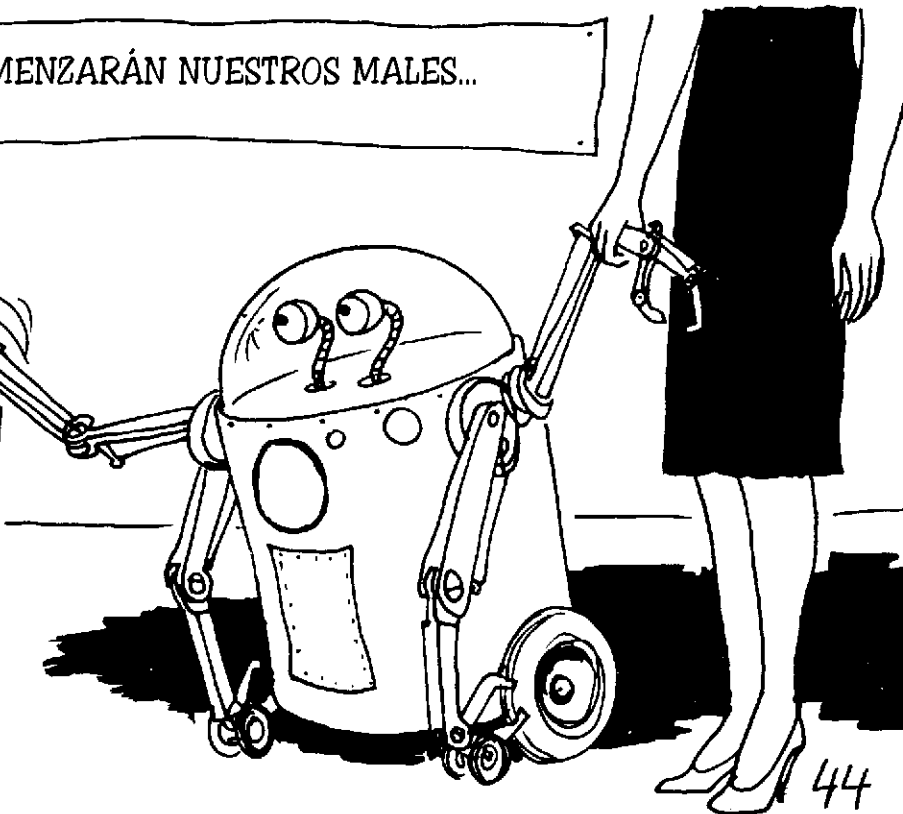
Un COMPUTADOR posee una compleja serie de INSTRUCCIONES y un conjunto de subprogramas gracias a los cuales se puede componer un número prácticamente ilimitado de programas. El ejemplo que hemos visto corresponde al PROCESAMIENTO DE TEXTOS. Según algunos, el computador estará dotado algún día de INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Hoy en día le ayuda al hombre a clasificar rápidamente ciertos datos, a hacer cálculos complicados y a estimular la imaginación, como en el caso de Sofia. Hasta ahora, el hombre ha sido amo y señor de su saber, tanto así que se puede afirmar que "el computador era capaz de realizar sólo las tareas que el hombre le había asignado y nada más". Pero dotado de ojos, oídos y manos muy pronto llegará a comunicarse con el mundo externo de manera AUTÓNOMA, aprendiendo de sus propias experiencias y llegando a modificar él mismo sus programas, es decir "su manera de pensar", capacitándola y haciéndola más adecuada.



Y EN ESE MOMENTO COMENZARÁN NUESTROS MALES...



Un bebé para vigilar con cuidado



HIPOLITO: Bajo piedra.
MESOGRAFO: Aparato para escribir entre líneas.
ELASTOSAURIO: Antepasado de la lombriz.
PODOCLASTA: Rompepiés.
ESTATODINÁMICA: Estudio de la evolución de los estados estacionarios.
PANSCAFO: Vehículo para moverse en cualquier ambiente.
EPISCODROMO: Pista de aterrizaje para obispos.
PSEUDOPATO: Dicese de aquél que no está verdaderamente enfermo.
BIBLIÓSTATO: Prensa libro.

LOGOTOMO: Para hacer frases a pedazos.
PANMANÍA: Manía de todo.
PIROTOPO: Chimenea.
MONOSCOPIO: Pequeño cilindro que permite observar un solo objeto por vez.
PANGAMIA: Tendencia a casarse con todos.
PANFOBIA: Miedo a todo.
TEOTOPO: Paraíso.
LATERÓGRADO: Que camina al lado de los propios zapatos.
LOGÓMETRO: Medidor de discursos.



Mientras Sofia continúa divirtiéndose... al interior del computador las cosas empiezan a volverse un tanto complicadas...



¡No responden!
Algo se está quemando

Vaya... ¿Qué
está ocurriendo?




ERROR


Espero que no hayan
seguido haciendo tonterías.
No he debido dejarles solos

¡ANSELMO!

ERROR




¡Desaparecieron!
A menos que... ¡Oh no!




Aló, ¿con la memoria central? ¡Aló!!
CAPACIDAD DE MEMORIA EXCEDIDA. ¡Diablos...!

Rápido, interrumpan
todo. ¿Entendieron?
¡¡TODO!!



¡Nunca ví una
confusión semejante!



Y Tiresias, el caracol,
¿a dónde se fue?

No lo sé. Hasta hace poco
estaba aquí con nosotros

¿No podían mantener vigilado a su caracol?

Es necesario encontrarlo cuanto antes, si no se corre el riesgo de que haga colapsar **TODO EL SISTEMA**



Si llegó a pasar por el departamento de cambio de signo, ¿cómo podemos encontrarlo? Hasta es posible que haya cambiado de sexo...

Eso no sería lo peor si se tiene en cuenta que los caracoles son hermafroditas



¡Vamos a terminar viviendo en este horrible vagón!

ANSELMO Y MEGABIT SE LANZAN A VELOCIDAD 48
INFERNAL EN BUSCA DE TIRESIAS

... ¡O tal vez esté en el departamento de trigonometría!
¿Cómo haremos para encontrarlo?

Me pregunto a qué se puede parecer el coseno de un caracol...



Es fácil bromear con eso.
¿Pero y si te sucediera a ti?

¡Terrible!



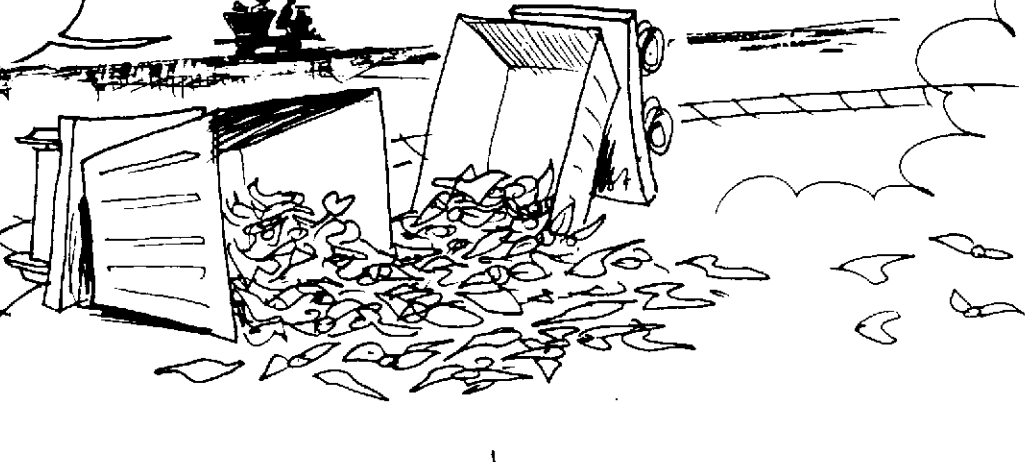
Típico de Anselmo...
¡Vuelve todo al revés!



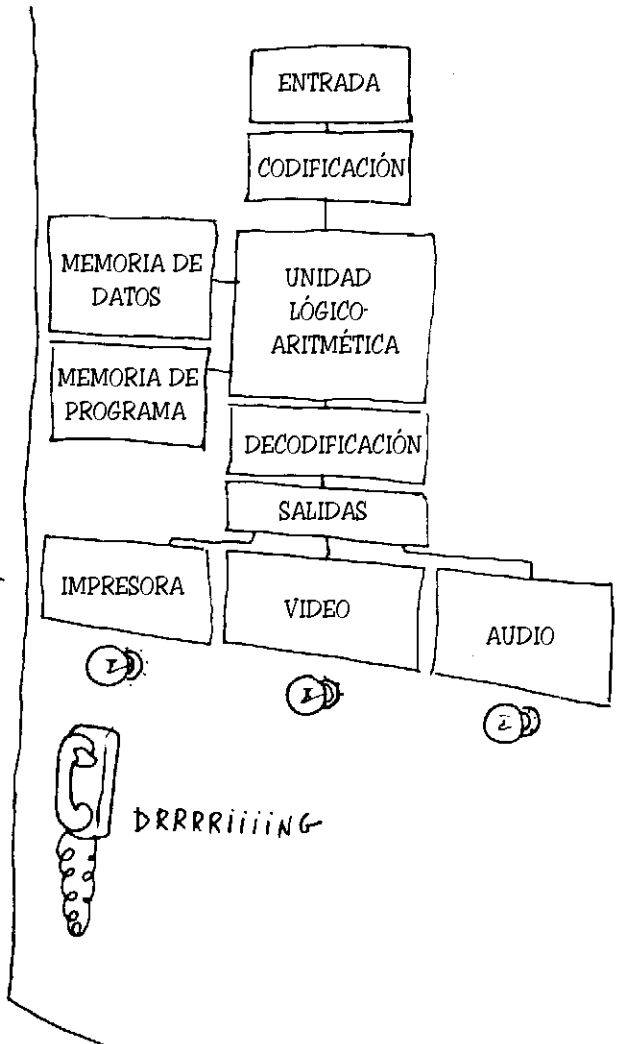
No hay duda.
Están en el computador...



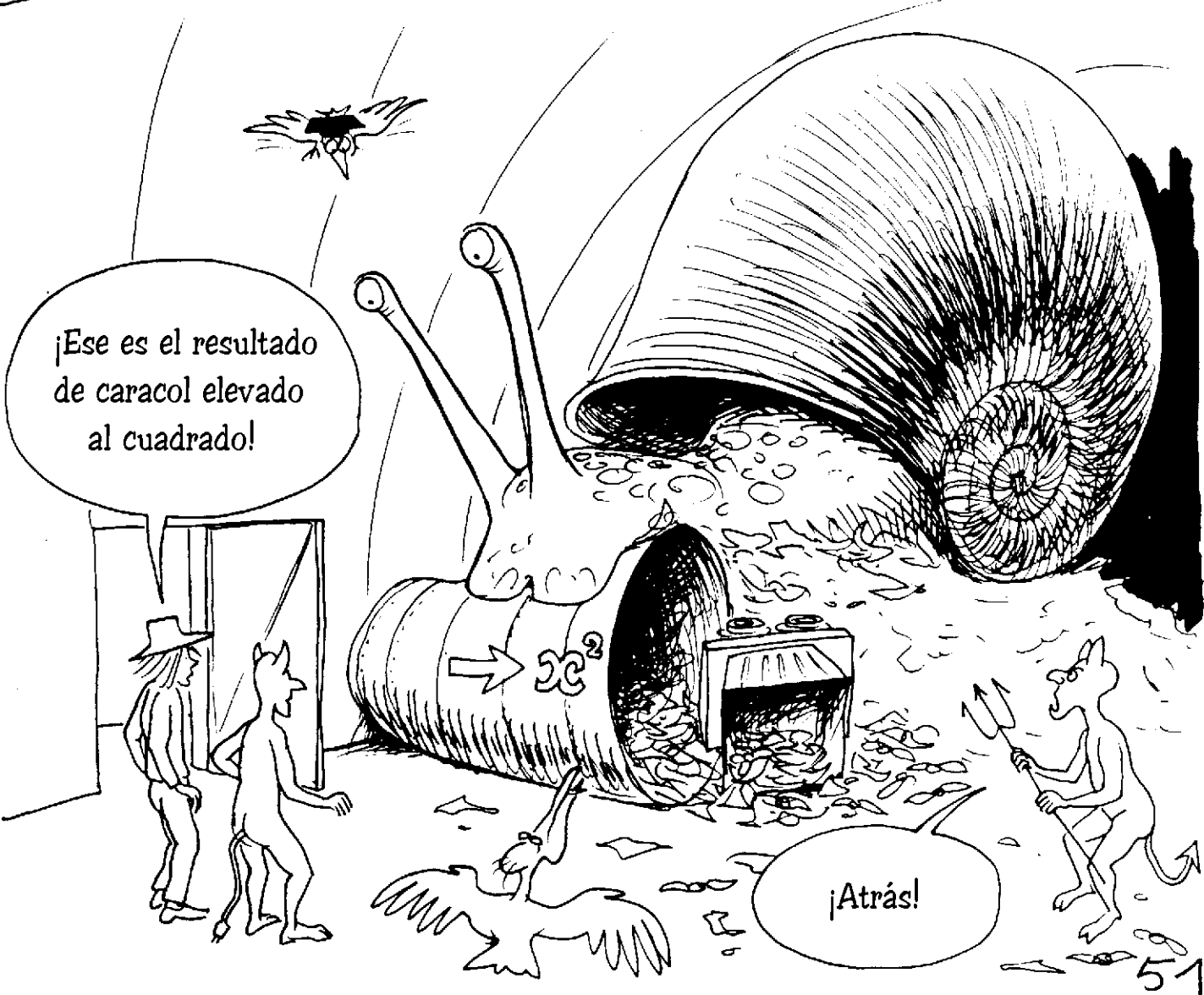
¡Qué desastre!



Aquí está el esquema general.
Tratemos de ubicar a ese caracol



¡Una llamada!



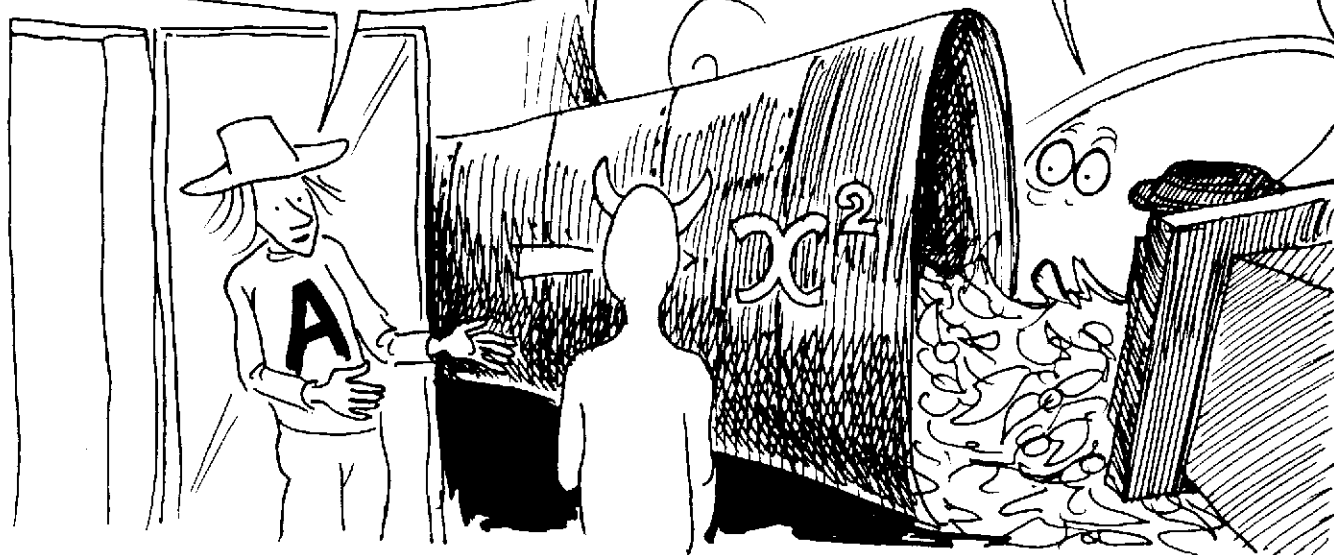
¡Dejen de molestarlo, no sirve de nada! ¡Sólo van a lograr asustarlo!

¡Sólo Dios sabe de lo que es capaz un caracol cuando está asustado!

¡Podría perder el control y ponerse a la carga!

Es evidente que no logrará jamás pasar por la puerta

¡Hip!



Sólo nos queda una solución:
sacarle la raíz cuadrada

¿O sea?

Tiene que hacer el
recorrido en sentido
inverso

Valor, Tiresias.
¡Ya verás cómo te
sacamos de esta!

¡Arriba, Tiresias,
vamos!

¡Hip!

¡Vaya máquina diabólica!

¡Vamos!!



ELEVACIÓN
AL CUADRADO

¡Quiero salir!



¡Muy bien,
funcionó!



Bueno, en este caso lo único
que me queda por hacer es
resetear las memorias y
ponerlas en cero

ANULAR
MEMORIAS

CLOK!

¡Habría que saber!...

... Pero no saben
lo que quieren

¡Cuántos nudos por
desatar!



ANULAR
MEMORIAS

¿Qué están haciendo?

¡Son órdenes
de los superiores!!

¿Qué estará intentando
allá arriba?

¿De quién hablas?

¡Pues de Sofia, claro!

¿Sofia? ¿Acaso es un
nuevo tipo de servicio?

Sofia es...

...¡Carambas, es un poco complicado de explicar!

¡Ay, de repente me siento cansado!

¿Qué te sucede?

Tienes los ojos rojos

No es nada. Debo estar algo descargado...

¡Pues trabajando a ese ritmo quién no!



Entonces, hagamos un alto. Un computador es sobre todo un SISTEMA DE ENTRADAS y SALIDAS. Los datos, cualesquiera que sean, entran por una parte y salen por otra. Todo se codifica en BINARIO dado que los ayudantes sólo saben contar hasta 1.



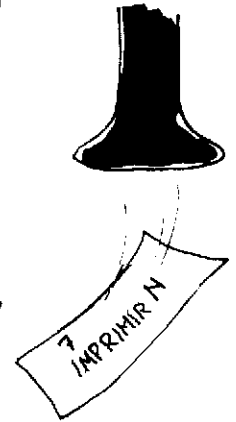
Por ENTRADAS se entienden series de cifras o de palabras escritas mediante el teclado. En el MODO DE USO DIRECTO las instrucciones se componen gradualmente en el teclado por el USUARIO. Dichas órdenes son ejecutadas de inmediato (ver de la pág. 15 a la pág. 30)



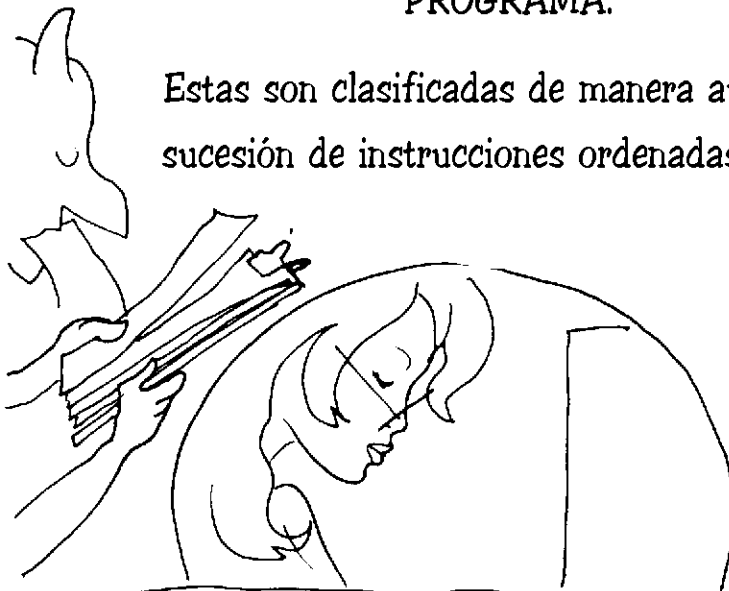


El trabajo se realiza en UNIDADES de PROCESAMIENTO ultraespecializadas que operan sobre cantidades de datos codificados en BINARIO (los pañuelos) en un va y viene incesante (BUS) y memorizando los resultados intermedios.

Cuando las INSTRUCCIONES van precedidas de un número, el computador reconoce automáticamente que se trata de INSTRUCCIONES de EJECUCIÓN DIFERIDA, y las almacena en la MEMORIA DE PROGRAMA.

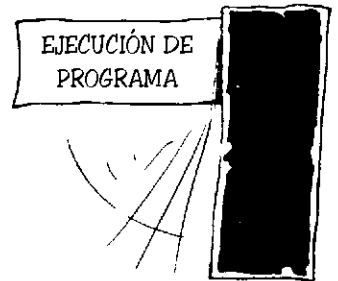


Estas son clasificadas de manera automática en la máquina: a la sucesión de instrucciones ordenadas en un orden creciente se le llama PROGRAMA.



Un orden específico compuesto en el teclado pone en juego la ejecución de lo que se programó: a esto se le llama la LLAMADA al PROGRAMA.

En realidad las instrucciones no se escriben como en la pág. 37, sino que son traducidas a un LENGUAJE especial propio de cada tipo de computador.



El resultado del trabajo del computador se expresa mediante diferentes SALIDAS (IMPRESAS, de AUDIO o de VIDEO)





Si hay salidas, ¿debe poderse SALIR de aquí, no?

¿Salir!?!

Quiero decir... ¿no sabes de dónde vienen tus instrucciones, o a dónde van a parar tus resultados?

Supongo que otros departamentos se encargan de eso

No, no hablo de otros departamentos. ¡Me refiero al mundo exterior, al mundo FÍSICO!

Ah, sí, alguna vez hemos pensado en eso. Pero es totalmente imposible. Sólo piensa en la ENERGÍA que se requeriría para volver realidad todos nuestros cálculos

¿Acaso estás tratando de decirme que todos nuestros cálculos y operaciones pueden tener un contenido material y un sentido físico?

¡Exacto!

Claro... ¡Pero con esas corrienticas del orden de miliamperios que usan aquí...!

¿Estás bromeando?

Escucha... En el mundo EXTERIOR el motor de arranque de un automóvil desarrolla más de cien amperios


Hmm, no... Me parece que esta no es una buena forma de salir de aquí

¿A dónde envías los resultados de tus cálculos?

Cien amperios...
...¡Demonios!...


Allá abajo

Humm...




¡Tiresias, te lo advierto!
¡Basta de tonterías por hoy!

¡Quiero salir!



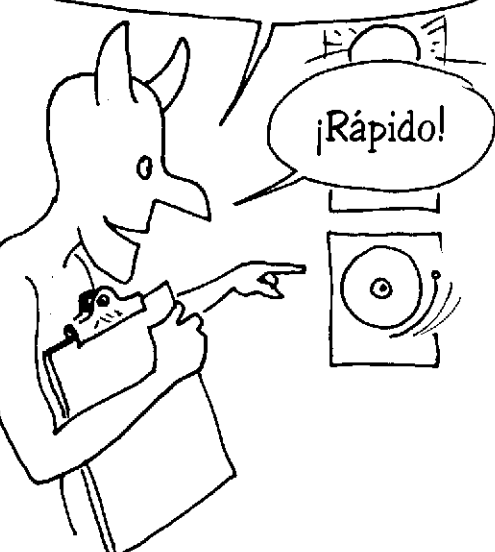
¿Por acá abajo?
¡Rayos!



DECODIFICACIÓN


¡Tenemos una entrada!

Sofía está tratando de encontrarnos




¡Rápido!

ANSELMO?



¿Aló, muchachos?
Tienen alguna
posición de memoria de
nombre A-N-S-E-L-M-O?



¡No, tonto!
¡Anselmo soy YO!!

Aló, aquí la memoria central.
No tenemos nada con ese
nombre

¿Acaso no me escuchaste?
¡¡Anselmo soy **YO**!!

Sí, comprendo... Pero tengo
que ir por el registro...
Lo siento...

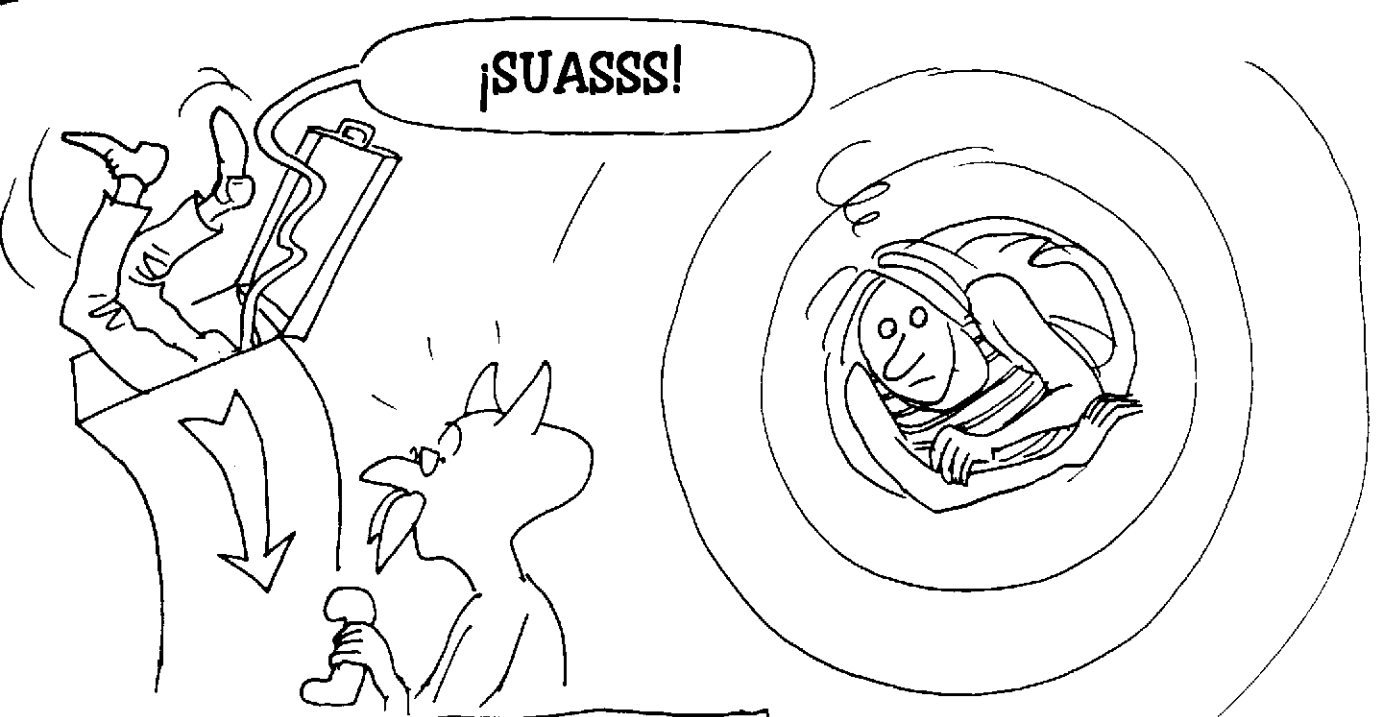
¡Vaya, tendré que salir de
esta por mis propios medios!!

Cuando hay que irse,
hay que irse...

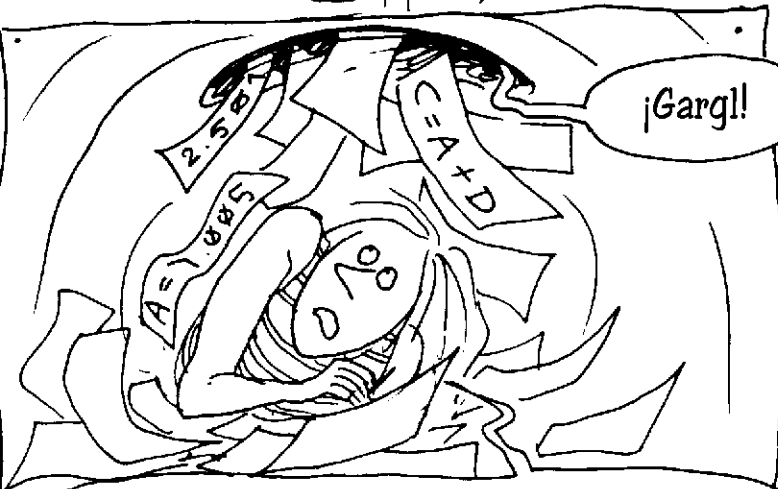
¡No es necesario que
te enfades! Mirame a mí... te
estoy hablando con calma

Te llamo después.
Hay alguien en la oficina

¡SUASSS!

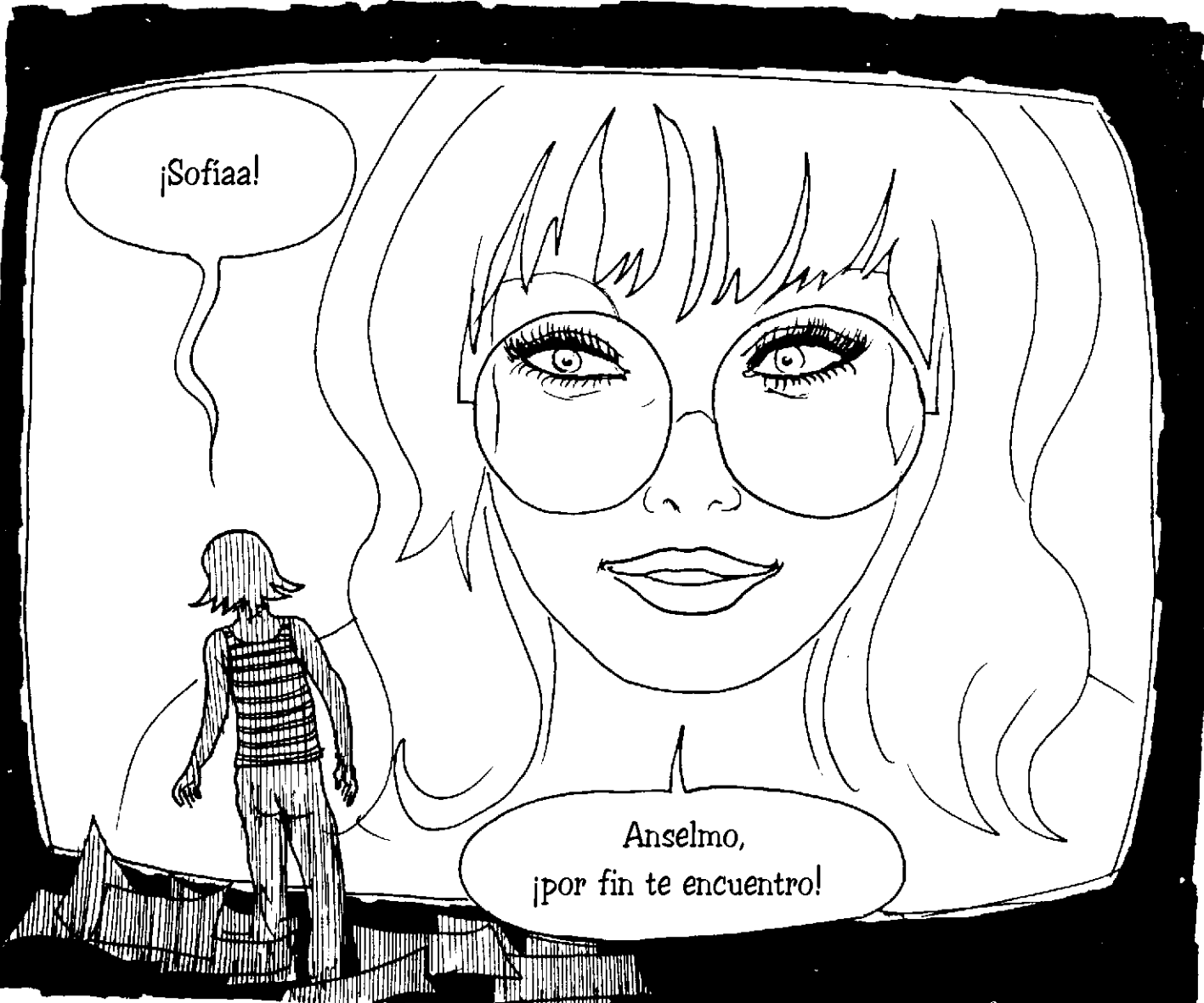
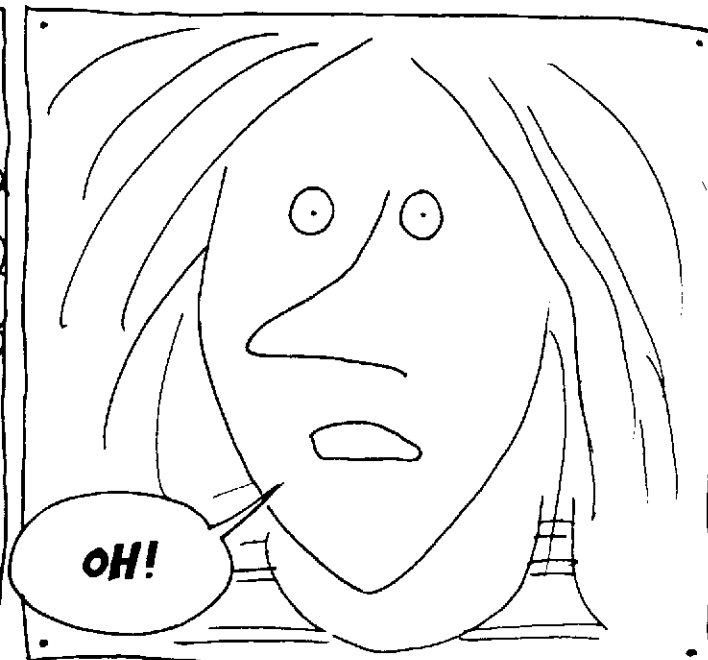


¡Gargl!



¡Ah, esa manía de hacer cálculos en momentos como éste!







¡Qué bueno encontrarte en buen estado!
Pero me temo que es técnicamente imposible hacerlos volver a través de esta pantalla.

¿En dónde dejaron el Manual del Usuario?

¿El manual??



Lo he buscado en todas partes



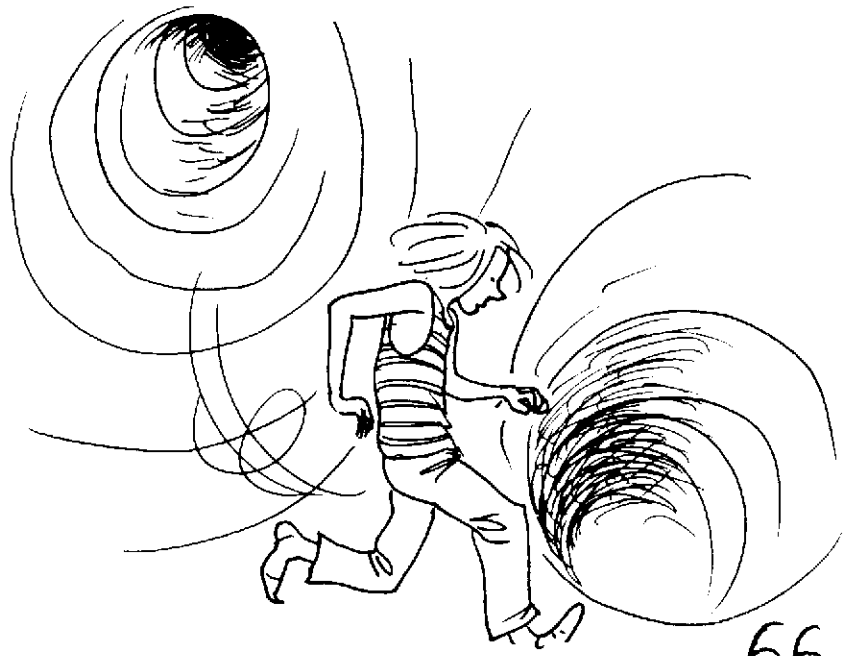
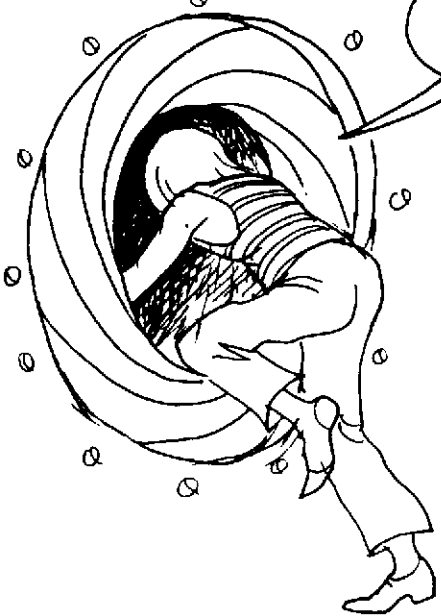


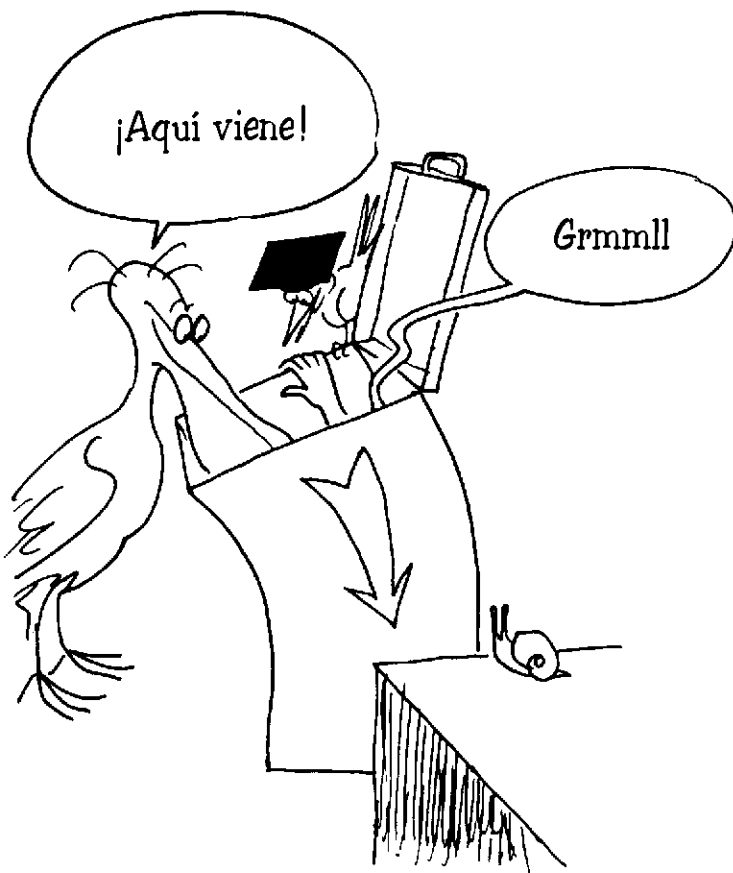
Debió ser transferido junto con nosotros al computador cuando escribí la instrucción **ABRACADABRA**

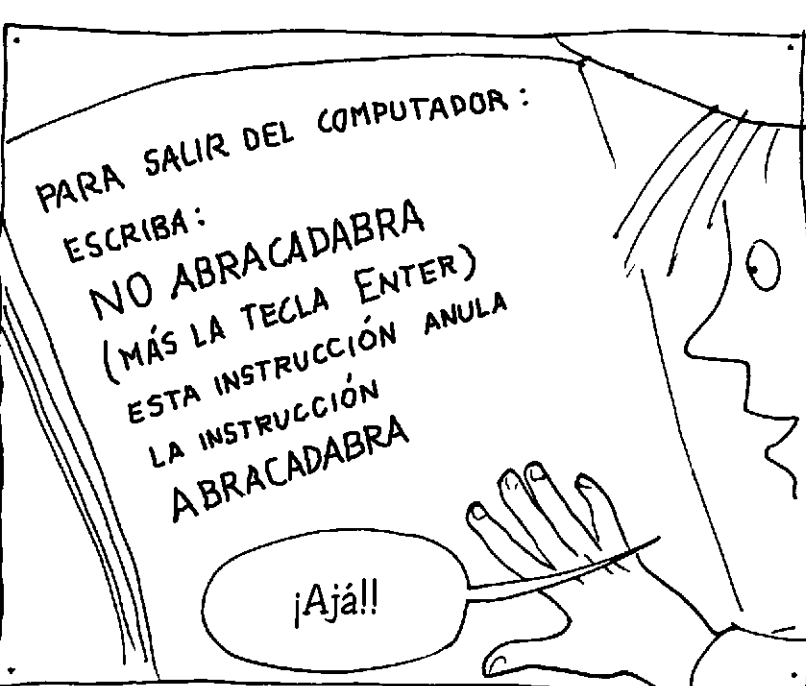
Ignoro cuál es la instrucción que te permite salir de allí. Debe estar en el manual. Así que es necesario que lo encuentres



¡OK!

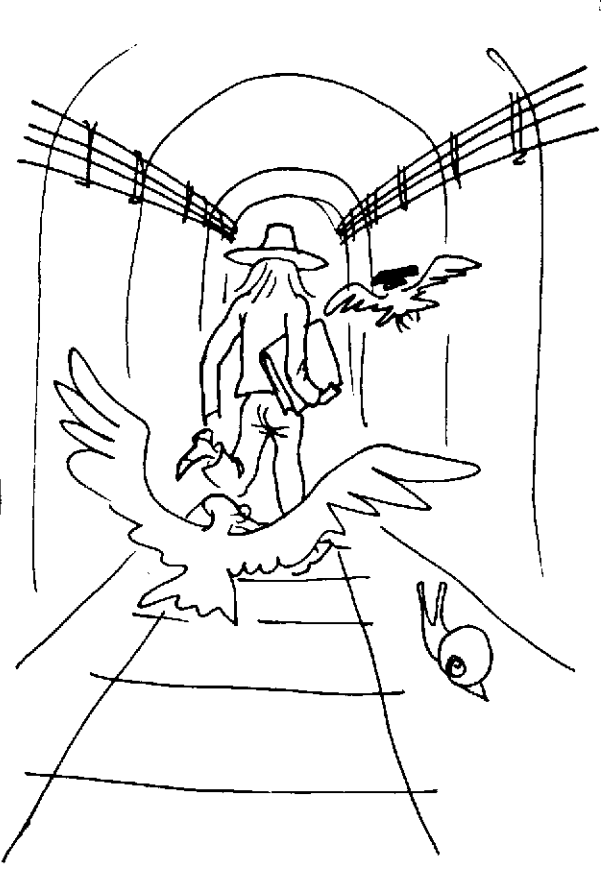






PARA SALIR DEL COMPUTADOR :
ESCRIBA :
NO ABRACADABRA
(MÁS LA TECLA ENTER)
ESTA INSTRUCCIÓN ANULA
LA INSTRUCCIÓN
ABRACADABRA

¡Ajá!!



¿Puedo enviar
un mensaje de salida?

Claro. Tenemos una interfaz de
audio que te permitirá hacerlo



SOFÍA - Lo que debes
hacer es dar el comando:
NO ABRACADABRA

¡Ok!

Y naturalmente
ENTER

¿Quieres venir con nosotros?

¿Yo? ¿Con Ustedes?
¿Afuera? Este...

Bueno, ya sabes...
Mi vida es esto...

CÁLCULO DE LA
DOSIS LETAL DE
LA MOSTAZA
1) Efecto en los tejidos

... Además, tengo mucho trabajo
y cálculos por hacer...

CALCULO DE LA
MASA CRÍTICA
DE UNA OJIVA
NUCLEAR

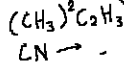
tiempo característico:

$$T = \frac{1}{n \cdot Q \cdot \eta}$$

$$T' = \frac{1}{\lambda \cdot \nu}$$

tiempo de
dispersión

TANQUE DE GUERRA



TRAYECTORIA DE MISILES



$$L = 4m \ 30$$

$$M = 1210 \text{ kg}$$

$$v = 980 \text{ km/h}$$

$$h = 440 \text{ v}$$

FICHERO DE
INSURGENTES

Y ahora que me han convencido de que todo esto sí
tiene un sentido físico, me pregunto si el mundo
exterior es mejor que este...

Eso es cierto

¡Qué horror!

CHIP!

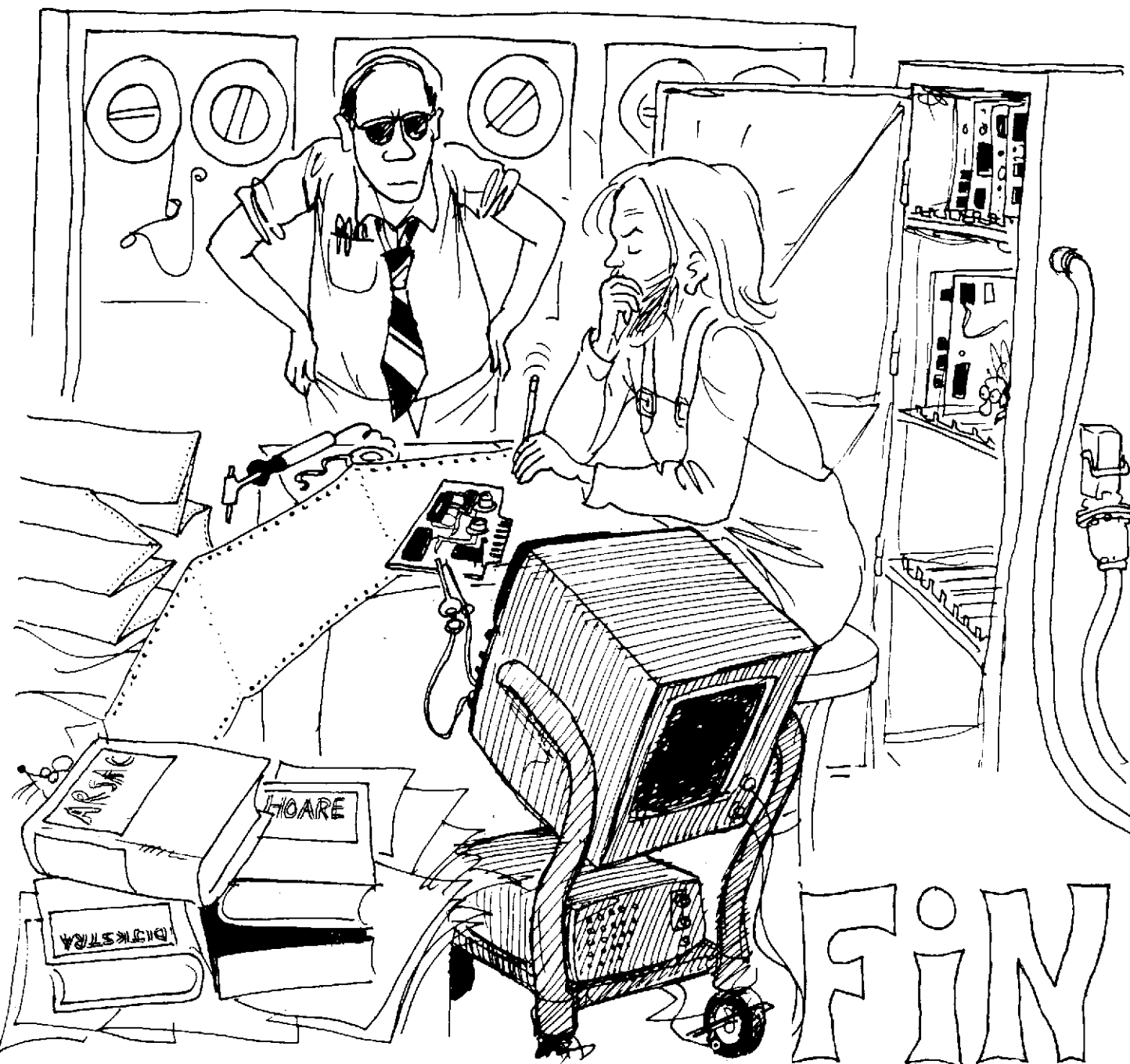
¡Malditos BUGS!

Oh, Anselmo,
¡estaba tan preocupada!

¡Hip!



DESDE ESE DÍA EN ADELANTE, EL CENTRO DE CÁLCULO DEL COMPUTADOR EXPERIMENTÓ FALLAS INEXPLICABLES QUE NINGÚN ESPECIALISTA HA SIDO CAPAZ DE ARREGLAR. TAL VEZ ESO SE DEBA A UNO DE LOS ZAPATOS DE ANSELMO LANTURLY, QUE AÚN PERMANECE DENTRO DE LA MÁQUINA, EN ALGUNA PARTE...

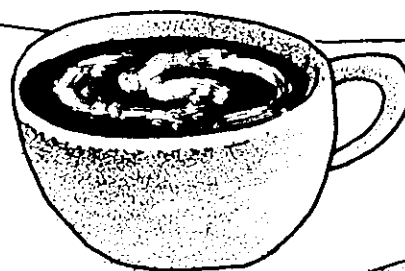




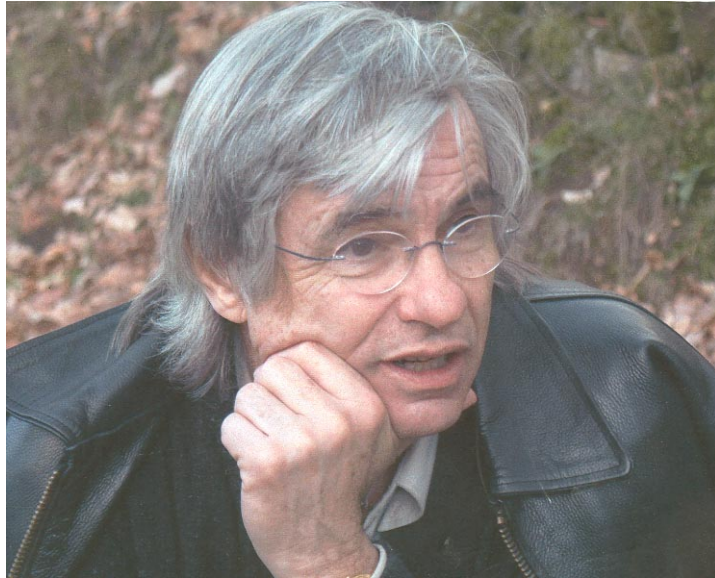
MIL MILLARDOS DE SOLES

Jean-Pierre Petit

La ciencia tal vez sea la forma más
elaborada de la literatura fantástica



Traducción:
Juan Carlos Anduckia
y
Miriam Peláez Hoyos



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

ADVERTENCIA

La **ASTROFÍSICA** es un ciencia **RECIENTE**.
Hasta hace pocos años, todavía se recibía la
información del cielo a través del **CRISTAL**
OPACO DE LA ATMÓSFERA



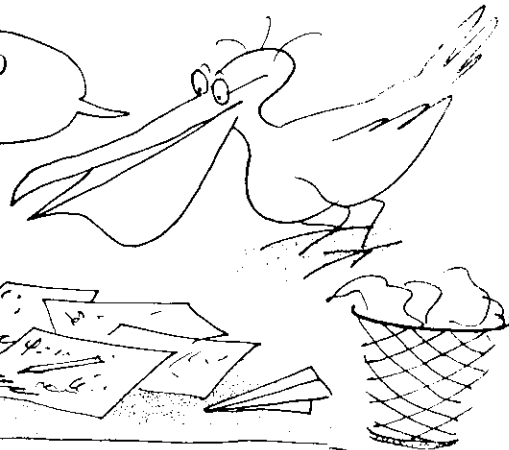
La **DINÁMICA GALÁCTICA** está a la
espera de un nuevo Kepler y un nuevo
Laplace. Aún no sabemos cómo construir
soluciones matemáticamente satisfactorias
al sistema de ecuaciones que describen
el objeto llamado **GALAXIA**

¡En este campo, los
teóricos patinan en aceite
desde hace más de un
siglo!

Paradójicamente, la infancia del Universo
(el **BIG BANG**) es mejor comprendida que su
adolescencia, la cual sigue siendo... nebulosa

Estamos lejos de un consenso, y las teorías sobre
el nacimiento y evolución de las galaxias siguen siendo
perfectamente contradictorias

Las informaciones obtenidas gracias al telescopio
espacial, tratadas por los más potentes computadores,
permiten esperar un todo coherente en un porvenir...
más o menos cercano

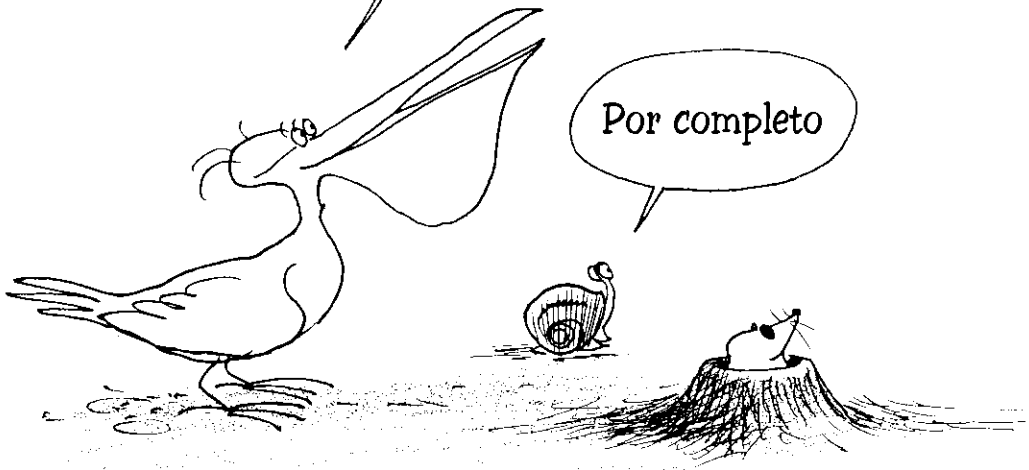



El autor de esta historieta ha hecho algunas
cosas en este campo. Un día, la historia que sigue
aparecerá seguramente como una síntesis clarividente...

... ¡o como una sarta de sandeces!

¿Estás seguro, Tiresias,
de que es el cometa Halley?

Por completo





La comedia que vamos a presentar esta noche es la continuación del **BIG BANG**. La historia comienza cuando el Universo tiene una edad de 100.000 años. Por razones técnicas la escenografía ha sido modificada

EL PLANETA UNIVERSO



Esta sopa, joven, es la **MATERIA**

¡Ah, Usted otra vez!

En el comienzo el espíritu de Dios planeaba sobre las aguas...

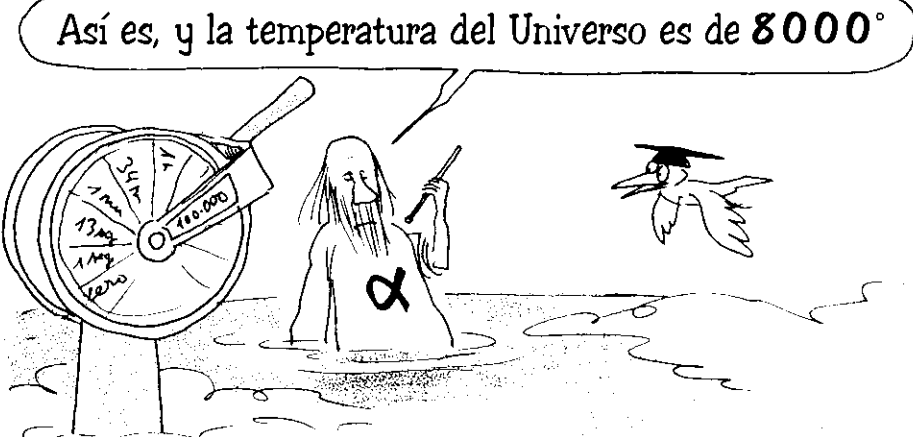
Deprisa...

¡Deténte, iconoclasta!

¡Miren, es un milagro!

¡Qué va! Se está apoyando, eso es todo...

Sí, es verdad...



Este **FLUIDO-MATERIA** es bastante extraño. Parece adherirse al **FONDO**



(*) Ver "BIG BANG", del mismo autor.



A primera vista, el mundo parece redondo...

Sí, una especie de soufflé esférico que se infla y se infla...

¡Vaya cocina...!

En la superficie, la **MATERIA** se comporta como un **FLUIDO**

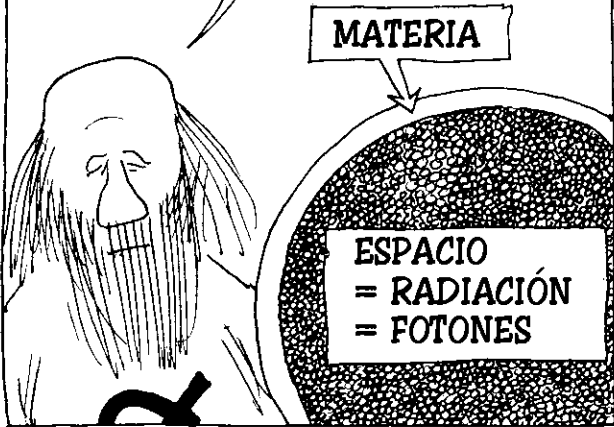
Y debajo...
¿QUÉ hay?

Debajo está el **ESPACIO**.
Hay muchísimo más espacio que materia

¿Quiere Ud. decir que este **PLANETA-UNIVERSO** es hueco?

Querida jovencita, bien sabes que el **VACÍO** no existe. El "vacío cósmico" es en realidad un ensamble, un amasijo de **FOTONES** apretados unos contra otros. Son los **FOTONES ORIGINALES** creados durante el **BIG BANG**. Desde entonces hay mil millones de esos fotones por cada partícula de materia

En otras palabras, este soufflé esférico está hecho de una especie de espuma **ELÁSTICA**, en la que cada alvéolo representa un fotón (*)



¿**ELÁSTICA**? ¡Ja! ¿La encuentra Ud. elástica?
¡Esta espuma es un verdadero hormigón!



La compacidad de la espuma la dá la **PRESIÓN DE RADIACIÓN**

(*) El diámetro del alvéolo corresponde a la **LONGITUD DE ONDA** del fotón.

La **PRESIÓN** es algo que tiene que ver con los **FLUIDOS**, ¿no es así?

Sí, pero un ensamble de fotones también es un gas, con su propia presión...

Y el **VACÍO** es un ensamble de fotones. Por lo tanto ¡el vacío es un **GAS!** ¿Y entonces...?

En realidad, la **MATERIA** y el "**VACÍO**", es decir el gas de fotones originales, forman una **MEZCLA HOMOGÉNEA**. Pero, si entiendo bien, en este modelo ha separado Ud. los dos medios. La **EXPANSIÓN** de este **PLANETA-UNIVERSO**, que funciona como un soufflé, hace disminuir la **PRESIÓN DE LA RADIACIÓN**. Por otra parte, el espesor del "fluido-materia" simula la **MASA VOLUMÉTRICA**, que también disminuye

¿Y cómo interactúan esos dos medios?

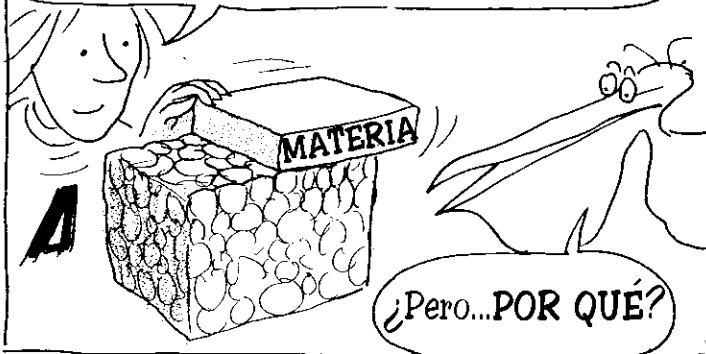
INTERACCIÓN MATERIA RADIACIÓN

Cuando el Universo alcanza una temperatura superior a **3000°**, la materia está completamente **ACOPLADA** con el fondo de radiación, con los fotones originales

En el fondo es como si la materia estuviera "pegada" al vacío...

¿QUÉ?

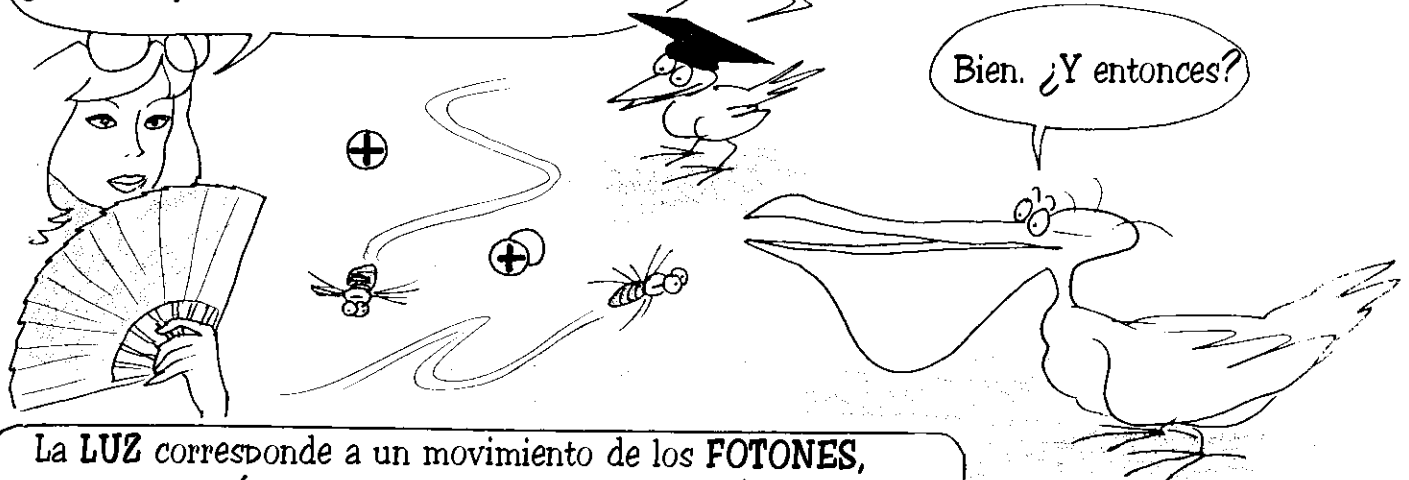
Por debajo de 3000° , la **MATERIA** se desplaza libremente sobre el **FONDO DE RADIACIÓN COSMOLÓGICA**



Los átomos, León, están hechos de núcleos, con carga positiva; y de electrones, con carga negativa



Por encima de 3000° , la **AGITACIÓN TÉRMICA** se intensifica, y las **COLISIONES** entre los átomos impiden a los electrones girar tranquilamente alrededor de los núcleos



Los electrones quedan **LIBRES** y decimos entonces que la **MATERIA** está **IONIZADA**

Bien. ¿Y entonces?

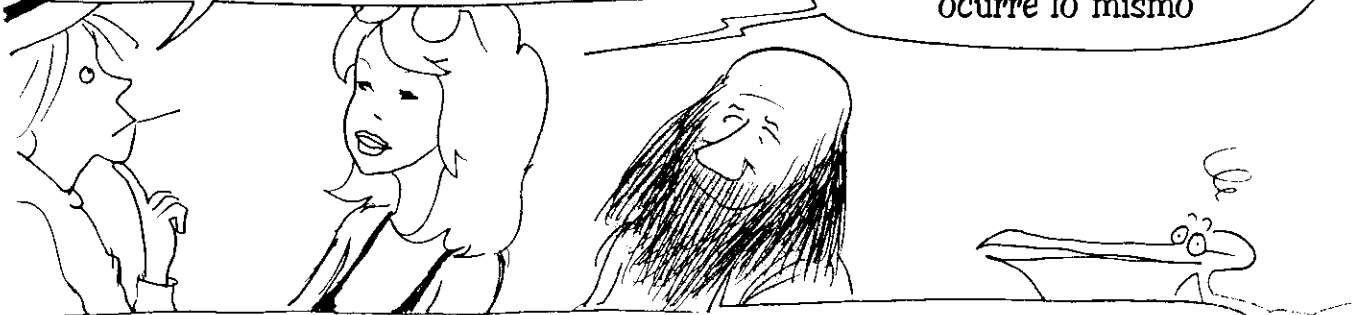
La **LUZ** corresponde a un movimiento de los **FOTONES**, pero es **TAMBIÉN** una **ONDA ELECTROMAGNÉTICA**, una oscilación del espacio



Y esta oscilación es sentida con mayor intensidad por los electrones livianos que por los núcleos pesados

En un gas, una oscilación que se propaga es una onda de presión (*), una onda sonora. La luz sería entonces una onda de... la presión de la radiación, que se propaga a **300.000 km/s**

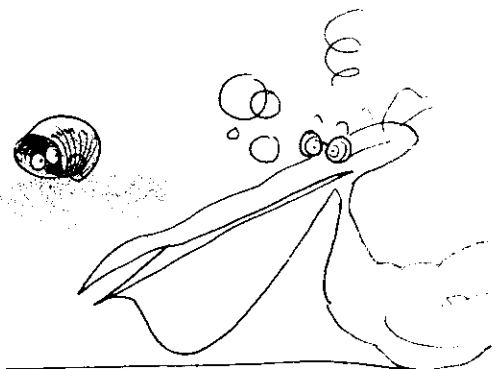
En un gas, la velocidad de agitación de sus elementos es muy similar a la velocidad del sonido. En el "gas de fotones" ocurre lo mismo



Reconozco que ese gas de fotones es uno de mis mejores inventos.
En ese caso, las ondas y las partículas **SON LO MISMO**

Bueno, admitamos que:

- 1) Un **GAS IONIZADO** interactúa fuertemente con un "gas de fotones".
- 2) El **VACÍO** es, de hecho, un "gas de fotones".
- 3) Por tanto, la materia ionizada se "adhiere" al vacío.



Cuando la temperatura de la materia en el Universo desciende por debajo de los **3000°**, los electrones quedan ligados a los átomos y se vuelven mucho menos sensibles a las oscilaciones electromagnéticas

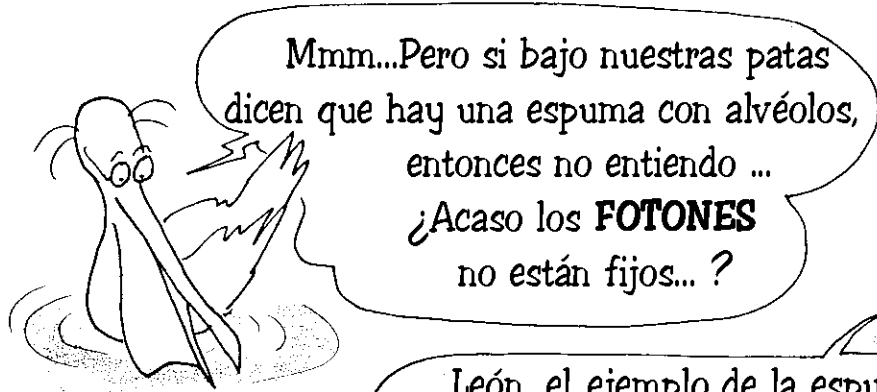
El vínculo entre la **MATERIA** y el **FONDO DE RADIACIÓN** se debilita, y los átomos pueden desplazarse libremente en el **VACÍO**



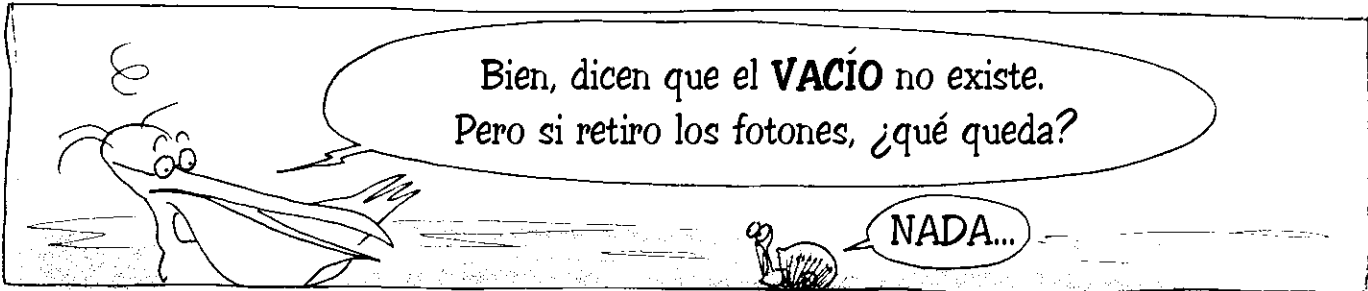
Quedan "retenidos" por los núcleos



(*) Ver "**¿Y SI VOLÁRAMOS?**", del mismo autor.



León, el ejemplo de la espuma no es más que un medio cómodo para representar el espacio y la **RADIACIÓN PRIMITIVA** que contiene



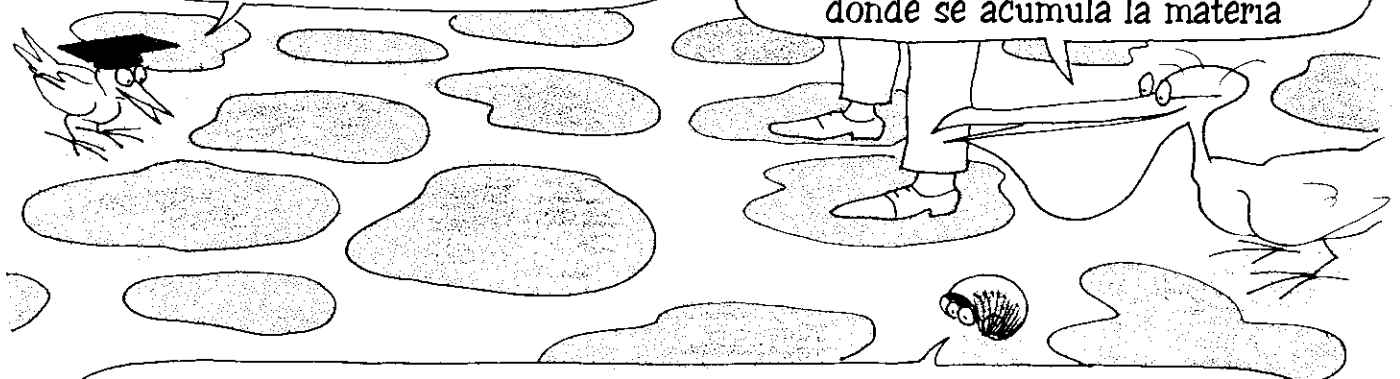
NADA...

DESACOPLE



Y eso no es todo. Aquí tienen la materia distribuyéndose en charcos

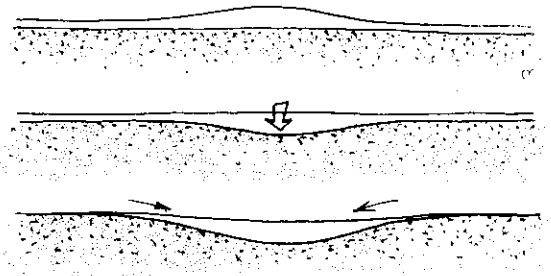
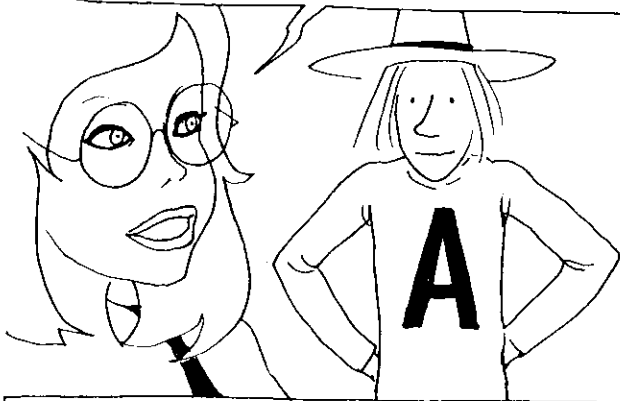
El fondo se vuelve más flexible. Parece hundirse en algunas partes, donde se acumula la materia



El fluido-materia es pesado y por eso el soporte se deforma

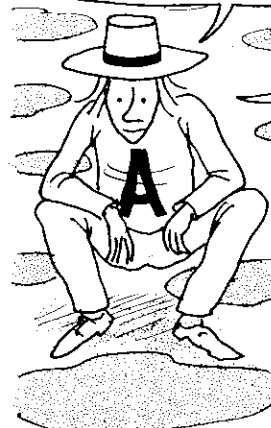
LA INESTABILIDAD GRAVITACIONAL

Es normal. Cuando aparece una concentración de materia, ésta **CURVA EL ESPACIO**, atrayendo toda la materia en las vecindades (*)



Se forma entonces un sistema de charcos de **CONDENSACIONES DE MATERIA**





De hecho, estas cavidades son poco pronunciadas

Todo está muy estancado

La espuma todavía es demasiado **COMPACTA** para que se puedan formar cuencas profundas. Incluso los charcos de grandes dimensiones sólo crean pequeñas curvaturas. Hay que esperar a que el Universo se distienda para que el soporte tenga suficiente flexibilidad

La **PRESIÓN DE LA RADIACIÓN** continúa siendo de tres diezmilésimas de atmósfera

¡Tres diezmilésimas de atmósfera!
¿Y a eso le llama una presión excesiva...?

La **FUERZA GRAVITACIONAL** es tan débil que esta presión basta para contrarrestar sus efectos

Ah, sí, es cierto...
Esta fuerza es la más débil de todas las que animan el Universo

La compacidad de la espuma (la presión de la radiación) impide entonces que el soporte ceda y que la materia se condense. La dilatación del Universo disminuye esta compacidad, esta presión. ¿Pero cuánto tiempo hay que esperar para que la fuerza de gravedad se imponga?

Unos **4.500** millones de años

Mientras llega ese momento, me gustaría saber por qué los charcos tienen, a grandes rasgos, el mismo diámetro, y por qué ese diámetro en concreto y no otro...

Estas condensaciones... ¿qué representan?

De diez a cien mil masas solares

LA LONGITUD DE JEANS

¿Y por cierto, por qué esos charcos? ¿Por qué el Universo no permanece uniforme? Me gustaría conocer la razón suficiente de este fenómeno

De acuerdo. Nada como un buen experimento

Primero voy a ver cómo se comporta una concentración de materia sobre un soporte **RÍGIDO**

Le toma un cierto tiempo desplegarse y dispersarse

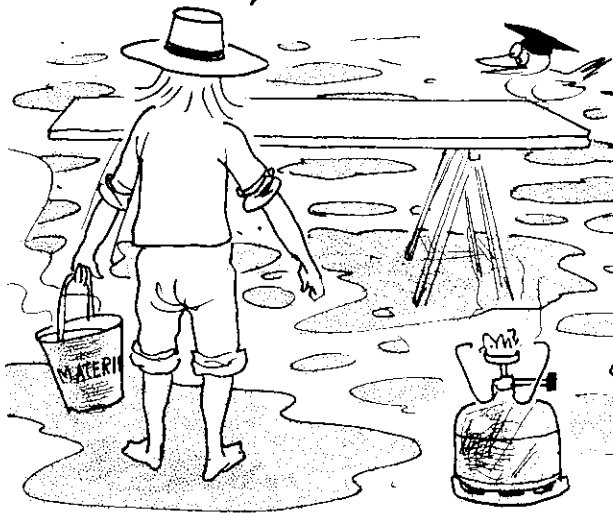
La fuerza que provoca el despliegue de esta materia es la **PRESIÓN**, que la obliga a ocupar el mayor espacio posible

Al parecer, el tiempo que le toma al charco extenderse y doblar sus dimensiones, es proporcional a su radio inicial

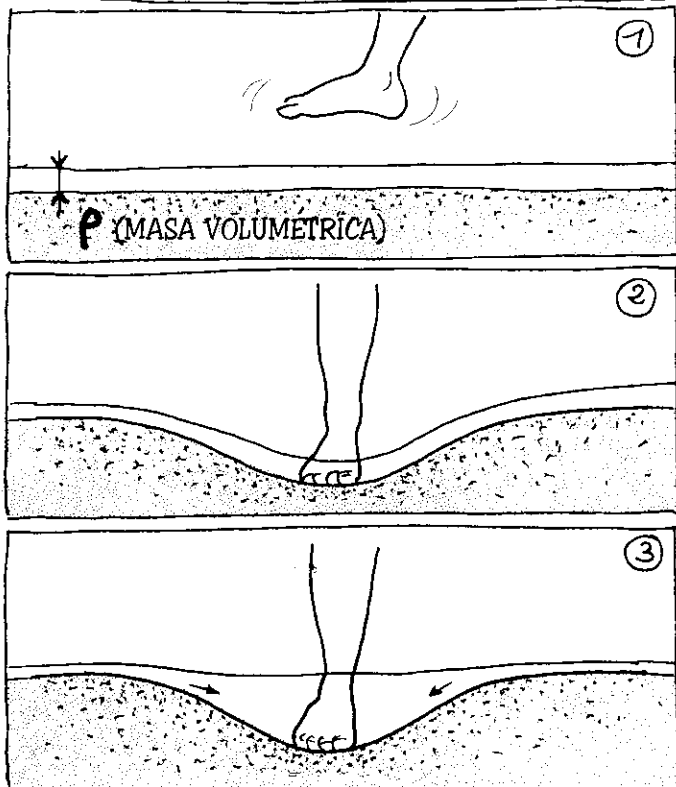
Segundo, entre más **CALIENTE** está la materia, más **RÁPIDO** se dispersa

Es normal, puesto que temperatura igual presión: entre más caliente esté el medio, más fuertes e intensas serán las fuerzas que tienden a dispersarlo

¡Santo cielo...
qué cantera!

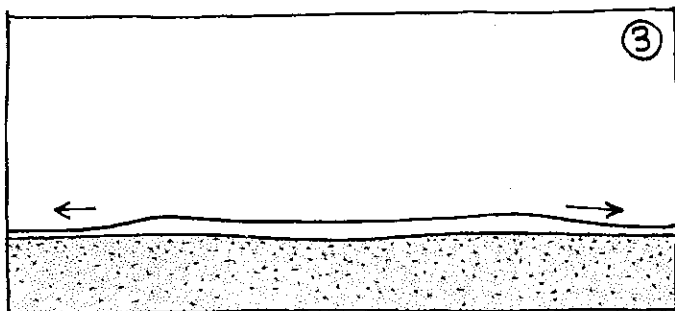
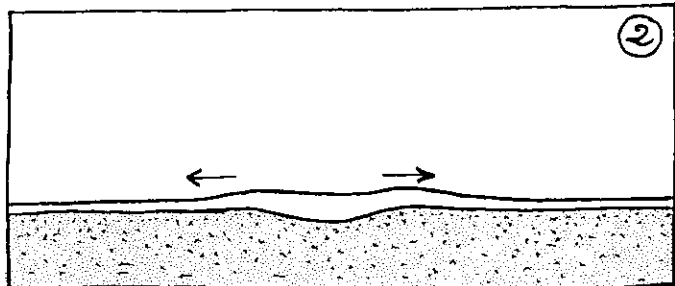
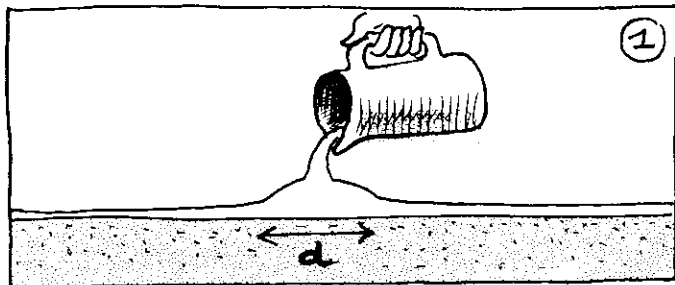


Ahora sé un poco más sobre la forma en que un charco de materia tiende a dispersarse. Bien, fase número dos: en lugar de crear **SOBREDENSIDAD**, acentúo artificialmente la curvatura del soporte elástico

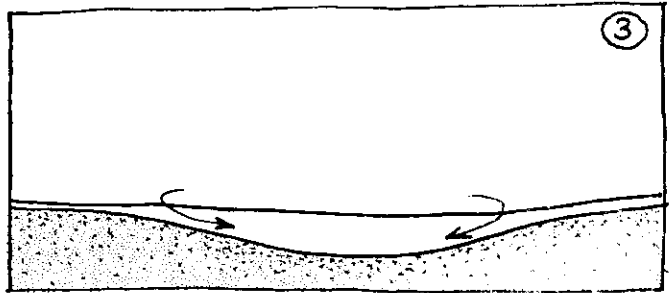
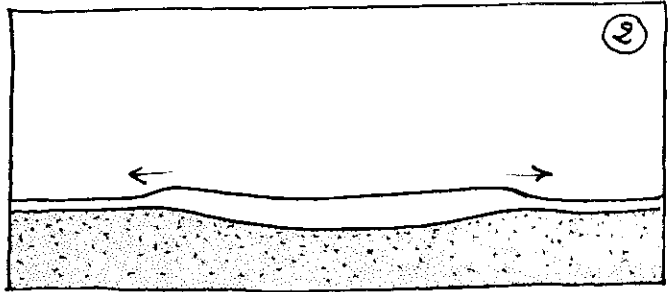
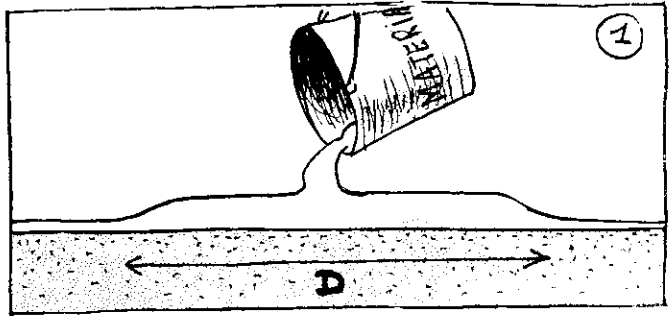


Esta depresión, creada artificialmente, es restituida en un tiempo que se llama **TIEMPO DE ACRECIMIENTO**, el cual es tanto más corto cuanto mayor es el espesor del fluido (que simula la masa volumétrica)

Ahora sólo falta combinar los dos efectos...



Una perturbación de pequeñas dimensiones tendrá un tiempo de dispersión corto. No tendrá tiempo de amplificarse y la cavidad se vaciará mucho más rápido de lo que se llena



Por el contrario, una perturbación **GRANDE** tendrá un tiempo de dispersión **LARGO**. Se llenará más rápido de lo que se vacía y tendrá, por lo tanto, tendencia a amplificarse

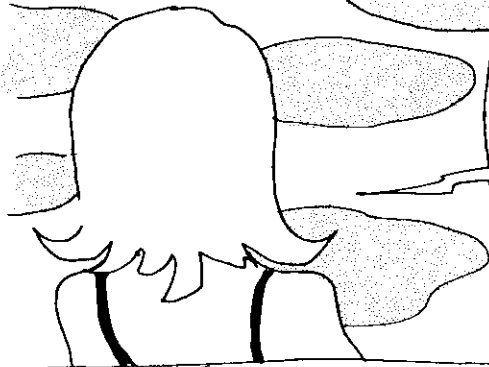


Supongo que existe un radio crítico mas allá del cual se dá la amplificación...

Exacto. Es el **RADIO** (o longitud) de **JEANS** (*).
Todos los charcos que se han formado tienen un radio bastante cercano a ese radio crítico



Bueno, de acuerdo.
Este fenómeno de **INESTABILIDAD GRAVITACIONAL** provoca la fragmentación de la materia en estas especies de grumos con un radio del orden del radio de Jeans.
¿Y entonces?



En estos grumos, la materia es comprimida y calentada, y su temperatura alcanza los **3000°**.
El resultado es que la materia se ioniza y se vuelve rica en electrones libres. El acople entre la materia y el **FONDO DE RADIACIÓN** reaparece, y la materia se "adhiera" de nuevo al vacío

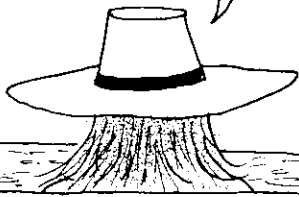


La materia hará un esfuerzo por arrastrar el soporte, el gas de fotones, junto con ella. Pero dado que al fondo de radiación aún le falta flexibilidad, eso impedirá que los grumos prosigan su movimiento de condensación

En otras palabras, el Universo se empieza a poblar de estas especies de cosas cuya temperatura está cerca de los **3000°**, y su masa de unas diez mil o cien mil masas solares

(*) Sir James JEANS, astrónomo inglés (1877-1946).

Bueno, parece que no pasa gran cosa. La expansión sólo aparta progresivamente los grumos unos de otros. Antes, el Universo era una mezcla de átomos de hidrógeno y de helio; ahora, parece una emulsión que se extiende hasta perderse de vista

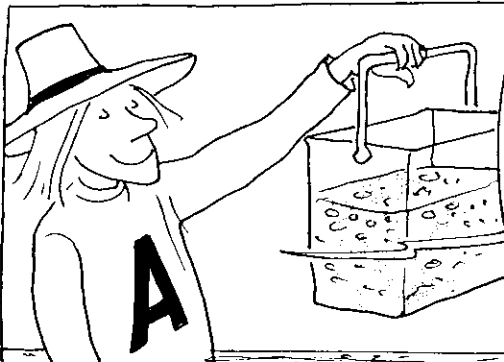
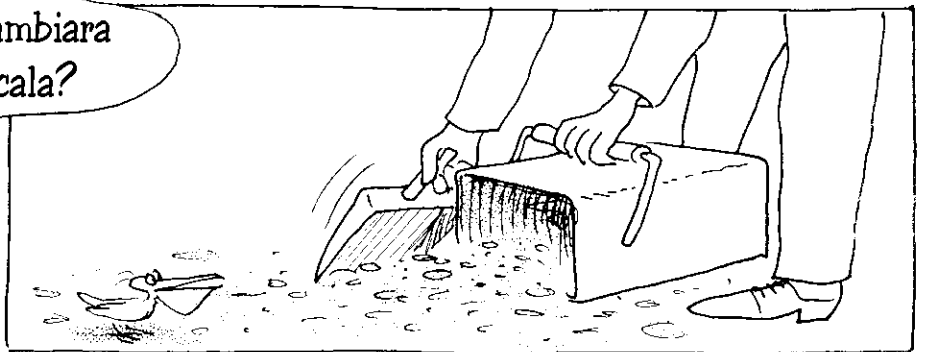
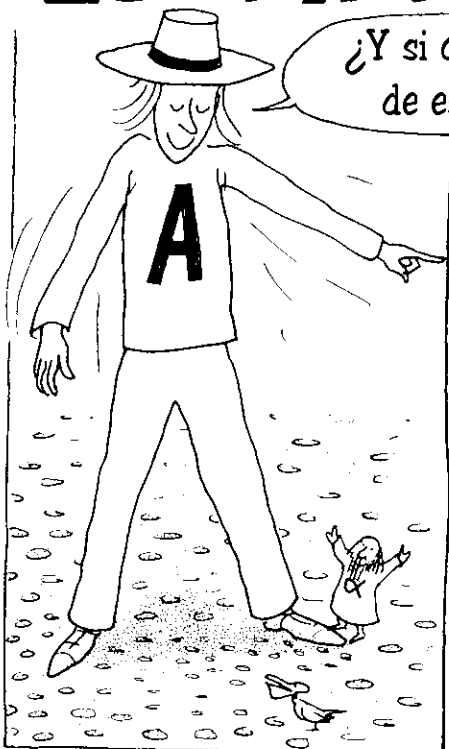


Un Universo aburridamente llano..



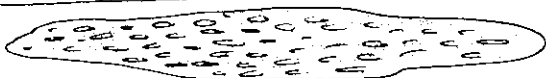
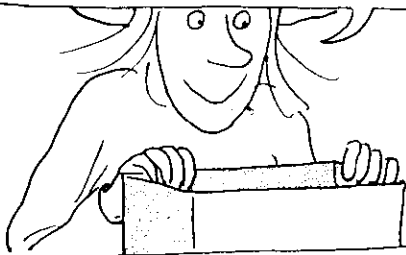
EL MACROCOSMOS

¿Y si cambiara de escala?



A esta escala, la materia es esta especie de emulsión de grumos

Voy a derramarla sobre un soporte rígido y a ver qué tiempo le toma dispersarse. Después haré lo mismo sobre el soporte flexible...



O sea que vas a repetir, a una escala mayor, los mismos experimentos de antes



El nuevo medio también tiene su propia temperatura, la cual se deduce, en la emulsión, de la velocidad de agitación de los grumos (*)

Dicho de otra forma, tienes una nueva tendencia a la fragmentación a una escala mayor

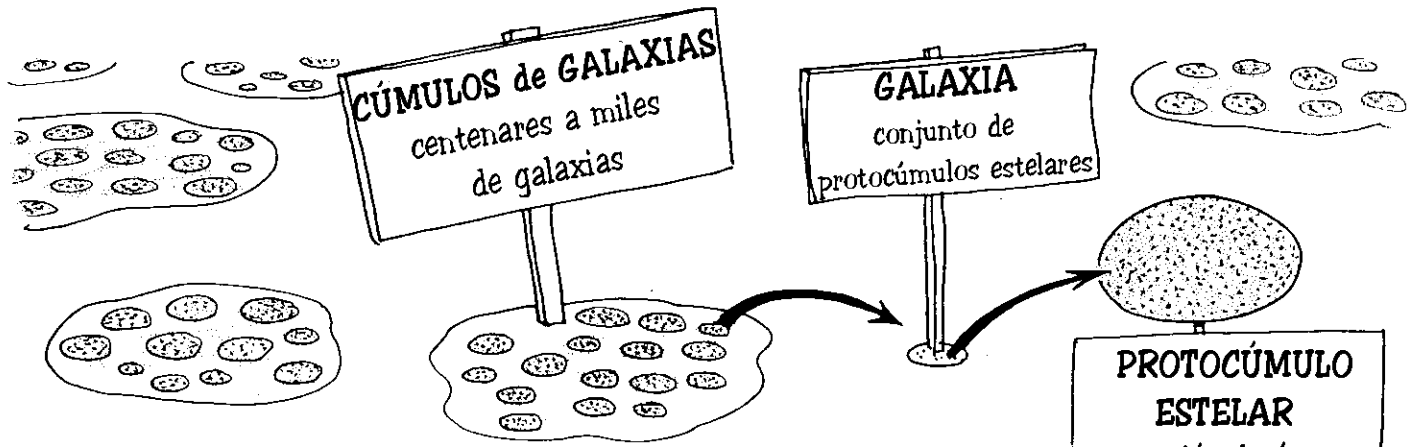
Y es así como se forman las **GALAXIAS**.
¿Bonito, no?

Cambiamos de escala una vez más

Fácil. El fluido, considerado como una emulsión de galaxias, dará lugar a un nuevo fenómeno de **FRAGMENTACIÓN** a una escala aún mayor

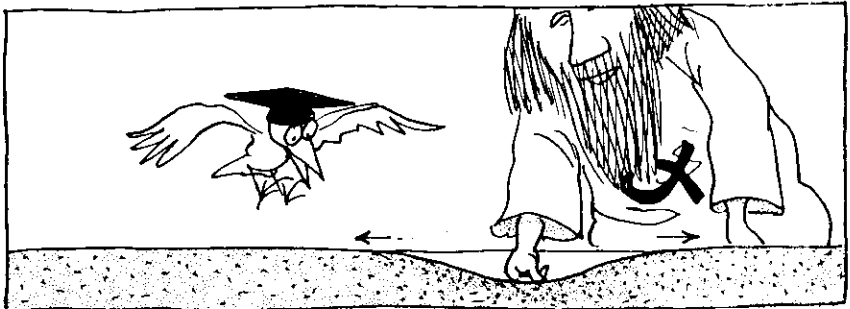
Esa fragmentación producirá los **CÚMULOS DE GALAXIAS**

(*) En un fluido, la **TEMPERATURA** es una medida de la energía cinética promedio de agitación de los elementos del fluido.



El Universo es la sede de un fenómeno de **FRAGMENTACIÓN JERÁRQUICA**

Supongo que esto prosigue indefinidamente



...esa deformación, esa **CURVATURA** del soporte, se propaga en el entorno a una velocidad de **300.000 km/s**

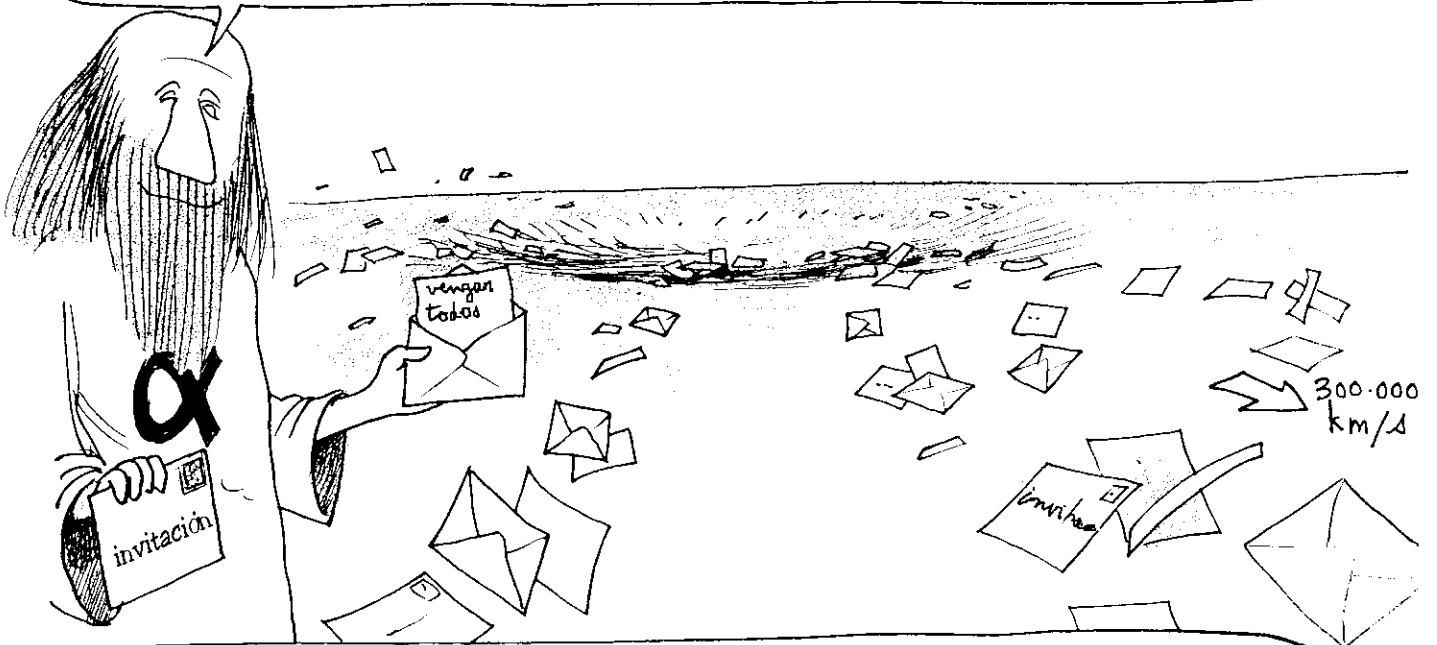


¿Pero entonces lo que se propaga... es la luz?

No, es una onda de curvatura, una onda de gravedad

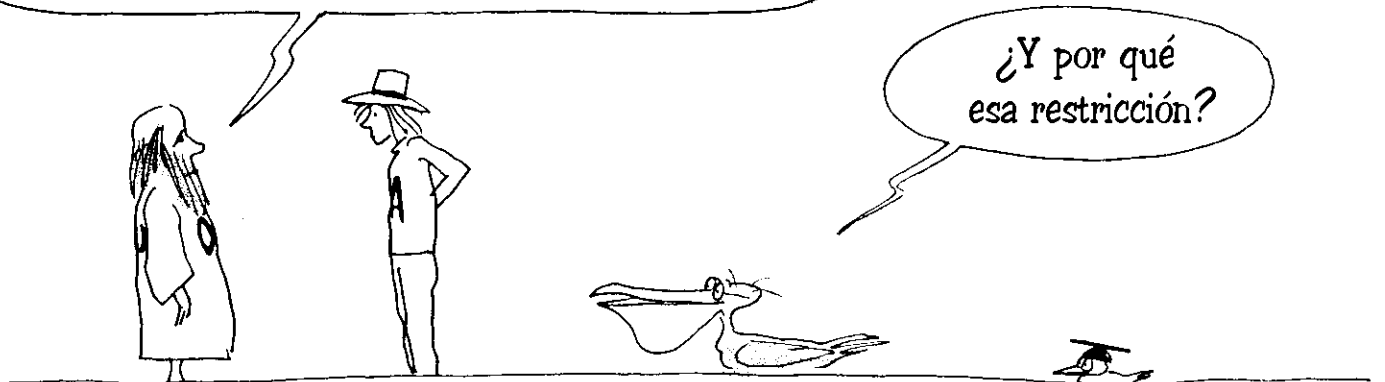
El **CAMPO DE GRAVITACIÓN** se propaga a la misma velocidad que la luz

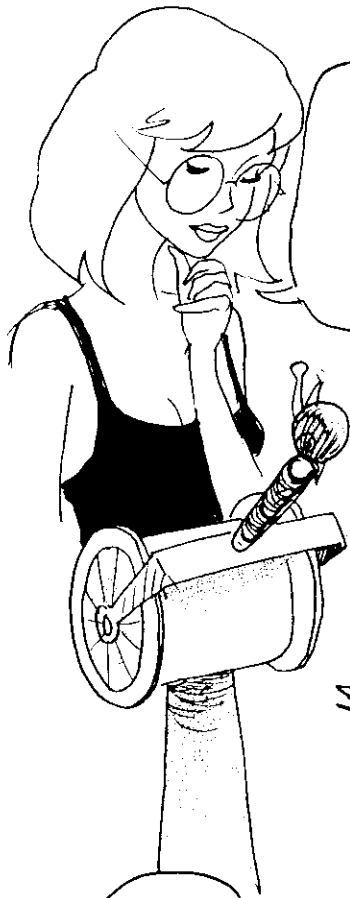
Mediante esta propagación de la curvatura, toda condensación de materia "invita" a la materia circundante a unírsele



Si se produce un fenómeno de inestabilidad gravitacional que involucre a una región del espacio de diámetro **D**, éste será necesariamente menor que **ct**, donde **c** es la velocidad de la luz y **t** la edad del Universo

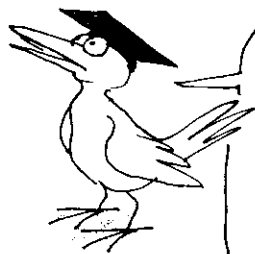
¿Y por qué esa restricción?





Creo haber comprendido. Supongamos que invitas gente, por correo, a una reunión que se realizará dentro de 4 días. Al límite podrás invitar a aquellos que residen en el territorio de tu país. Mas allá resultará imposible a causa del tiempo

¡Pero claro! Tampoco se puede pretender invitar gente a una reunión en un tiempo más corto que el tiempo de propagación del mensaje



El **CRONOTRÓN** indica cien millones de años. Por lo tanto, las estructuras más grandes que pueden existir en el presente deben tener menos de cien millones de años-luz de diámetro.

Eso corresponde y nos limita a los **CÚMULOS DE GALAXIAS**



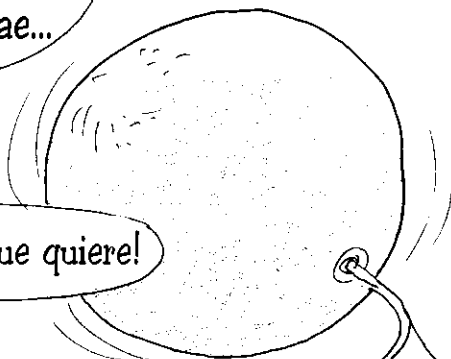
Quienes tengan la paciencia para esperar unos diez mil millones de años podrán ver cómo se forman los **SUPERCÚMULOS** (cúmulos de cúmulos de galaxias)

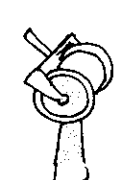
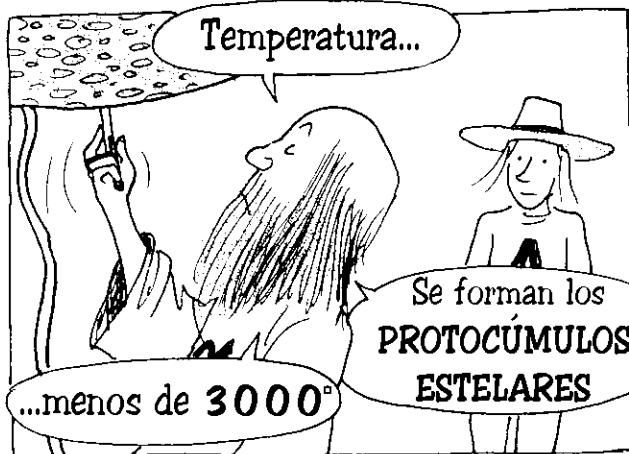
Pero si el Universo está en **EXPANSIÓN**, entonces globalmente se dilata y localmente se contrae...

Van a ver...



¡Como que no sabe lo que quiere!

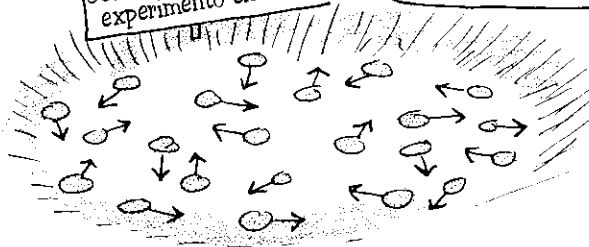






Estamos a $t = 500$ millones de años. Las galaxias se han formado ya, y están constituidas de grumos gaseosos a 3000° , los protocúmulos estelares; los cuales a su vez se reúnen en depresiones: los cúmulos de galaxias. Estos se comportan un poco como las moléculas de un gas y tienen movimientos erráticos

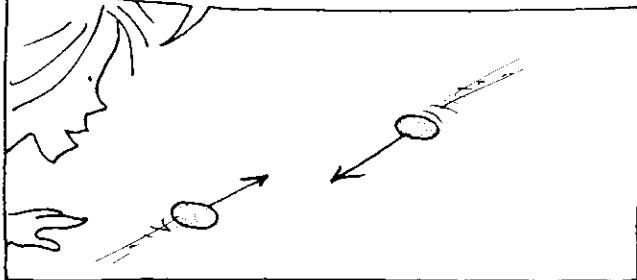
CUMULOS DE GALAXIAS
experimento en curso



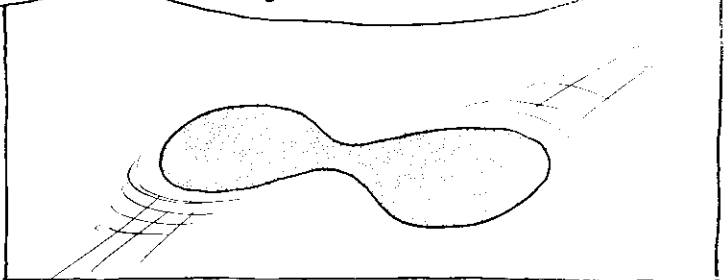
El Universo aún está bastante lleno, y las galaxias van a interactuar mediante **COLISIONES**

EFFECTOS DE LAS COLISIONES

Miren, estas dos galaxias, o mejor **PROTOGALAXIAS**, se van a rozar



Se crea una especie de puente entre ellas



El puente se rompe



Estos encuentros inducen movimientos de **ROTACIÓN** en las **GALAXIAS**



Lo mismo ocurriría en un **GAS**. Las mismas leyes están en juego en la escala de lo infinitamente grande y de lo infinitamente pequeño. Las **COLISIONES** ponen a las **GALAXIAS-MOLÉCULAS** en **ROTACIÓN**. La energía individual de las galaxias también tenderá a distribuirse en partes iguales como **ENERGÍA DE TRANSLACIÓN** ($\frac{1}{2} m v^2$) y como **ENERGÍA DE ROTACIÓN**.

Esta situación de equipartición de las energías, o de **EQUILIBRIO TERMODINÁMICO**, es aquella a la cual tiende naturalmente todo fluido (*)

En otras palabras, ¿son los encuentros entre las galaxias los que **CREAN** su movimiento de rotación?

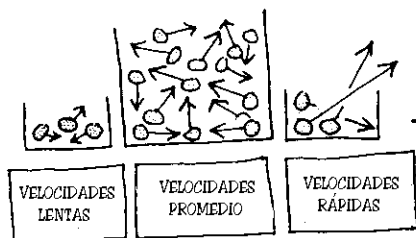
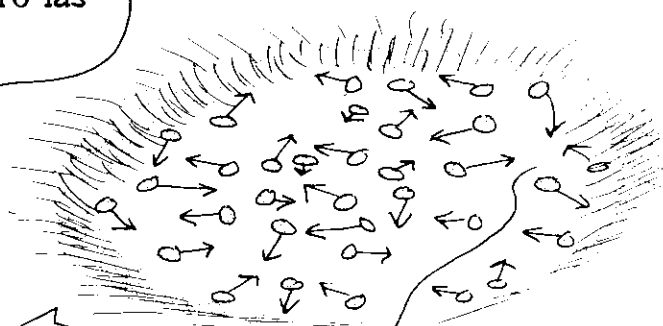
Solamente al comienzo.

Las galaxias jóvenes experimentan frecuentes colisiones. Pero rápidamente la **EXPANSIÓN CÓSMICA** las aleja unas de otras, y los encuentros entre ellas se vuelven rarísimos

O sea que el movimiento de rotación que observamos hoy día no es más que el recuerdo de una época en la que el Universo, **MÁS DENSO**, era un **ENSAMBLE COLISIONAL**

(*) Segundo Principio de la Termodinámica.

Los elementos tienen **VELOCIDADES DE AGITACIÓN** cercanas a un valor promedio. Pero las colisiones al azar crean, de tiempo en tiempo, elementos muy rápidos y elementos muy lentos



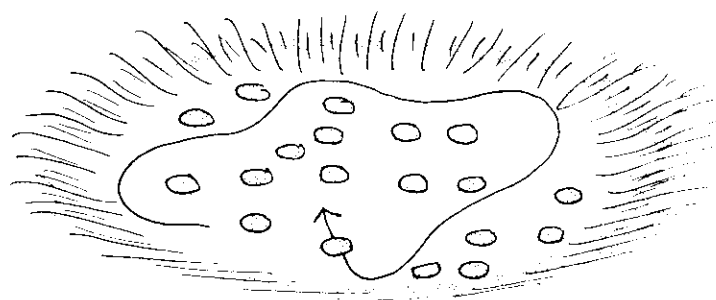
¡CHAO!

Los elementos que adquieren velocidades muy altas comienzan a escapar de la cavidad y abandonan el cúmulo siempre que su velocidad supere la **VELOCIDAD DE LIBERACIÓN DEL CÚMULO**



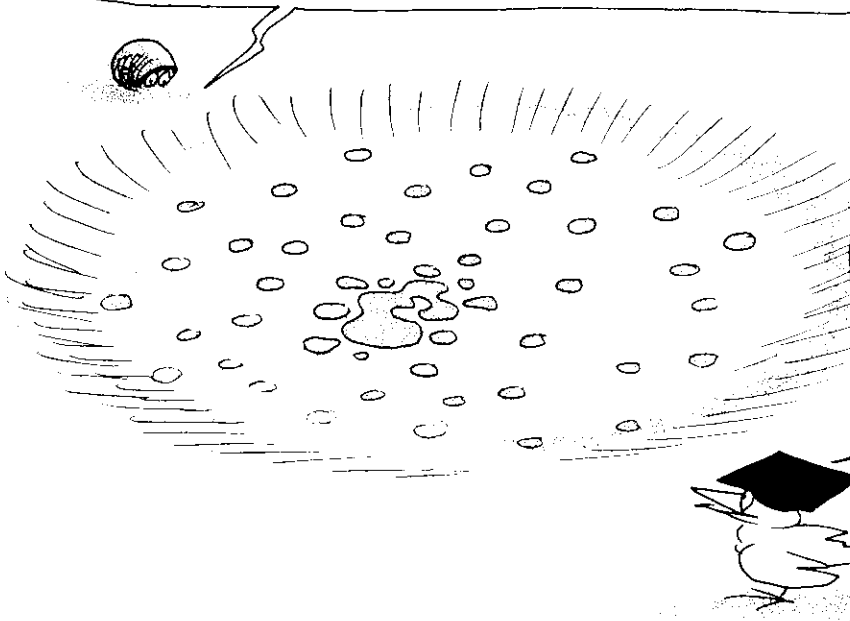
Cuando se crean sin cesar, como resultado de colisiones sucesivas, este tipo de elementos altamente veloces, el **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE** tendrá una tendencia natural a perder más o menos pronto sus elementos (*)

La gran mayoría de los elementos se contentará con realizar un va y viene dentro de la cavidad

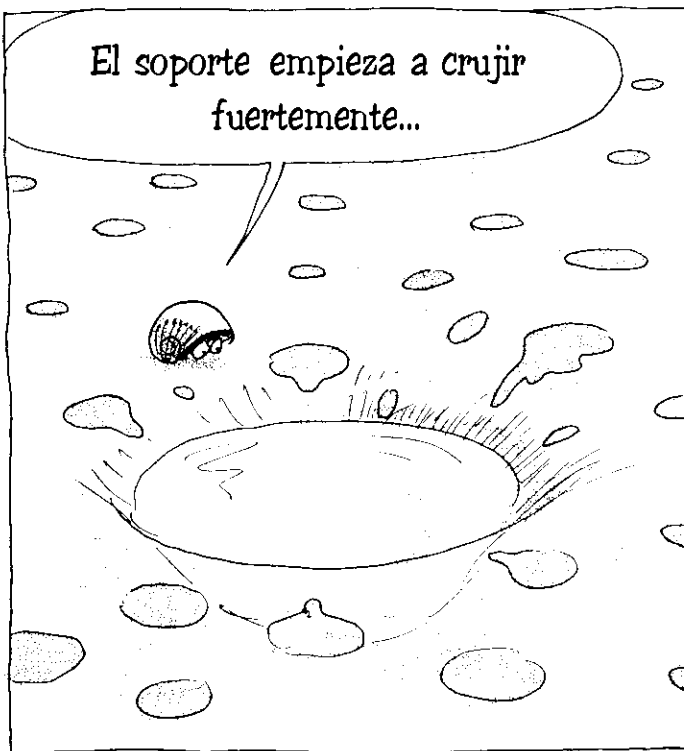


(*) El **TIEMPO DE EVAPORACIÓN** es proporcional a la masa del cúmulo.

Inversamente, el mismo azar de las colisiones va a crear **ELEMENTOS MUY LENTOS**, que tenderán a "caer" hacia el centro del **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE COLISIONAL** y a aglomerarse allí. El centro de los **CÚMULOS COLISIONALES** (donde vuelven a reencontrarse los elementos) tenderá entonces a enriquecerse con elementos cada vez más **MASIVOS**



Miren, por ejemplo, lo que pasa en el centro de este **CÚMULO DE GALAXIAS**. Las galaxias lentas se aglomeran y eso da como resultado... ¡una **GALAXIA HAMBRIENTA!**



AGUJEROS NEGROS

¡Esto se **HUNDE!**

¡Cuidado,
Tiresias!

KRAÂÂK



¿De qué se trata?
¿Un temblor de tierra?

¡El soporte está siendo atravesado por ondulaciones amplias, por ondas de curvatura!

Debe haberse producido un **HUNDIMIENTO** en alguna parte...

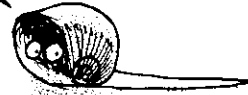
Se trata de ondas de curvatura, llamadas también **ONDAS GRAVITACIONALES**



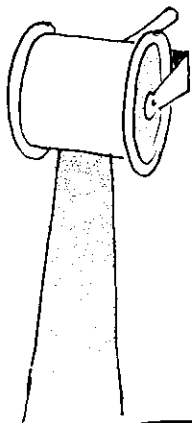
El soporte del planeta-Universo ha dejado de tener solidez a toda prueba.
Si se lo carga demasiado, comienza a ceder...



¡En conclusión, este Universo no sólo se desploma sino que, además, no parece para nada estancado!



EL GRAN FUEGO DE ARTIFICIO



El **CRONOTRÓN** indica que han transcurrido algunos miles de millones de años. El Universo se ha fragmentado, y las **COLISIONES** han puesto a las **GALAXIAS** en **ROTACIÓN**



La **EXPANSIÓN** ha alejado todos los objetos unos de otros, hasta el punto de que ahora se ignoran totalmente

En las "**PROTOGALAXIAS**" el elemento base sigue siendo la concentración de átomos ionizados, el **PROTOCÚMULO ESTELAR**, en el que la temperatura está cerca de los **3000°**, y que no puede hundirse sobre sí mismo a causa de la "adherencia" al **FONDO DE RADIACIÓN**



Quien hubiera contemplado el Universo en esta época habría visto nebulosidades vaporosas emitiendo una luz difusa...

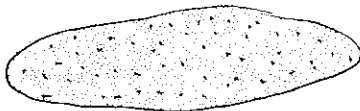
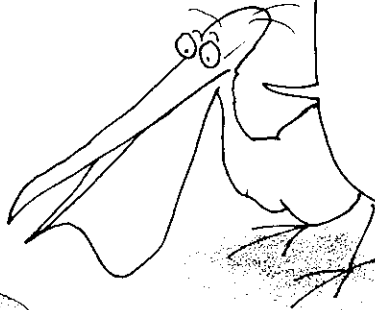


El soporte se ha vuelto más flexible.
La expansión del Universo ha reducido
considerablemente la
PRESIÓN DE RADIACIÓN



¿Como podría reanudarse algún día la
CONDENSACIÓN de la **MATERIA**?

Si los grumos se condensaran, su
temperatura automáticamente estaría
por encima de los **3000°**; entonces la
adherencia con el **FONDO** no cesaría
nunca y éste sería arrastrado también
por el movimiento de condensación,
¿no es así?

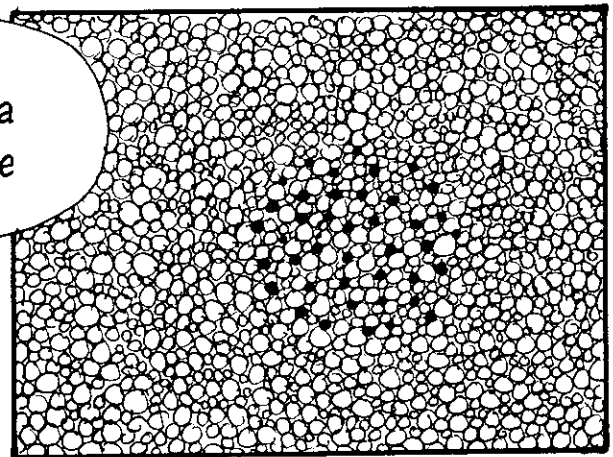


PROTOCÚMULO ESTELAR

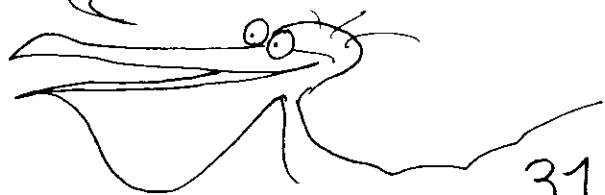
Exacto, León, pero ahora las fuerzas de gravedad en
los protocúmulos van a poder "comprimir el **VACÍO**"
conformado por fotones muy poco energéticos



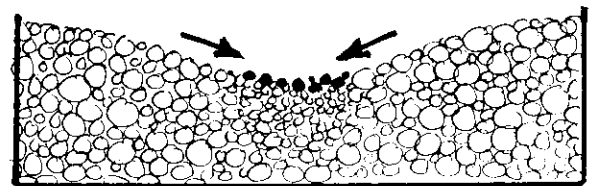
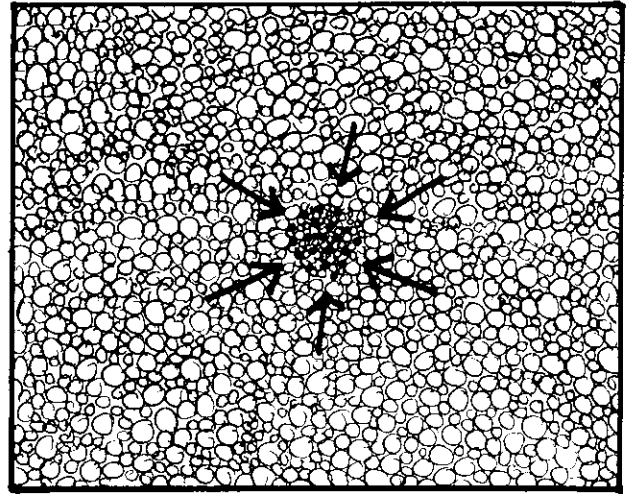
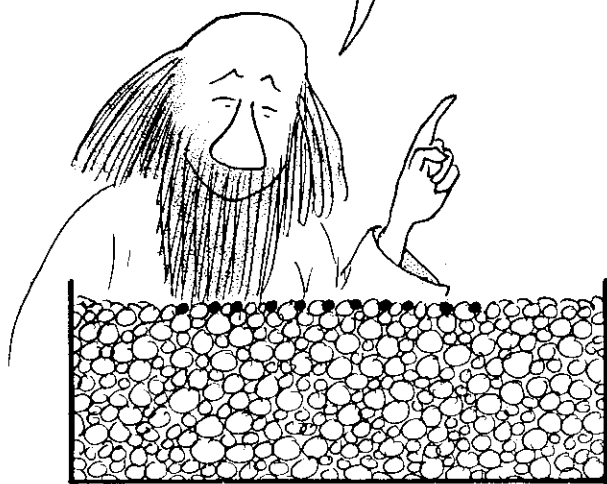
La región donde se ubica el grumo, el
PROTOCÚMULO ESTELAR, se asemeja a una
mezcla de **MATERIA** y de "**VACÍO**", es decir de
fotones originales, todo ello a **3000°**



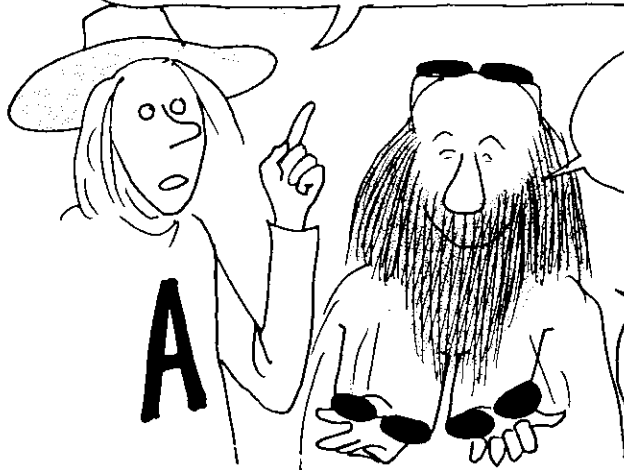
¿Y cuándo se condensa?



La materia no va a deslizarse en el espacio, el fondo de radiación cosmológica, sino que lo va a arrastrar decididamente consigo, como se muestra aquí

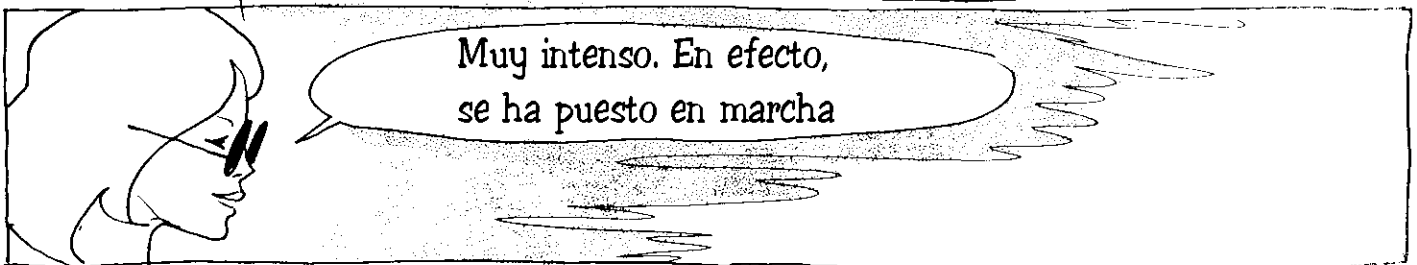


Espera un momento. Eso ocurrirá precisamente cuando la presión de radiación haya descendido un centenar de veces por debajo de un cierto valor crítico. Si no me equivoco, cuando eso suceda, lo hará al mismo tiempo en los cuatro rincones del Universo



Eso será el **FIAT LUX** (*). Toma, pónete estos antejos que no va a tardar....

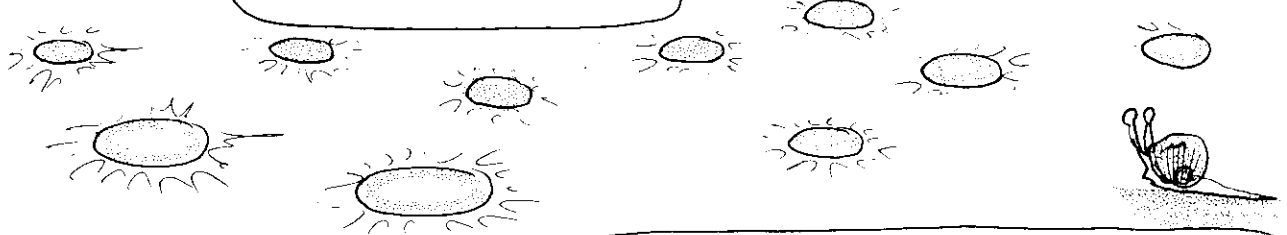
Reconozco que estoy bastante orgulloso de este dispositivo que permite dar la partida al mismo tiempo en todo el Universo



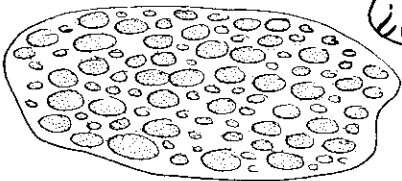
Muy intenso. En efecto, se ha puesto en marcha



Los **PROTOCÚMULOS SE CONTRAEN**, su temperatura sube, los átomos empiezan a emitir mucha energía en ultravioleta y ésta comienza a escapar

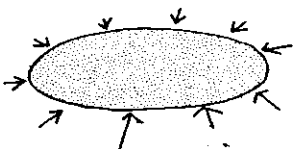
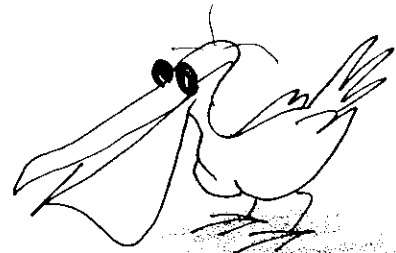
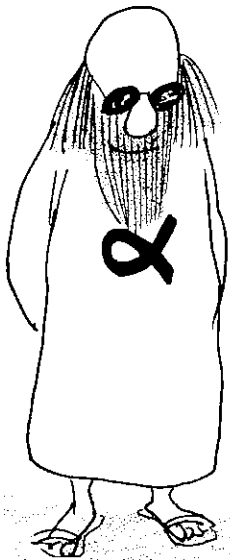


Mira, los **PROTOCÚMULOS ESTELARES** se han fragmentado

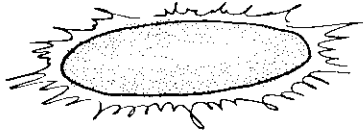


¿Por qué!?

Bajo el efecto de las fuerzas de gravedad, la materia presenta una tendencia natural a **FRAGMENTARSE** en "células" con un radio igual al **RADIO DE JEANS**, el cual es tanto mayor cuanto mayor sea la temperatura. Si se produce una caída brusca de la temperatura, el radio de Jeans disminuye y se vuelve menor que el radio del objeto. Y ocurre de inmediato la fragmentación



El grumo se contrae y se calienta



Emite brutalmente radiación ultravioleta



Finalmente se enfría y se fragmenta

Asistimos entonces a un fenómeno de **FRAGMENTACIÓN JERÁRQUICA**, pero en el otro sentido

¿Cuándo se va a detener?

LA FUSIÓN



Lo más fácil es hacer el experimento. En este cilindro voy a comprimir un poco de materia, y veremos...

Típico suyo

BAOUM

¿Qué pasó?

La **FUSIÓN**, querido, la fusión. Si comprimes hidrógeno, los núcleos se fusionan y eso libera energía. Si tan sólo me hubieras preguntado...

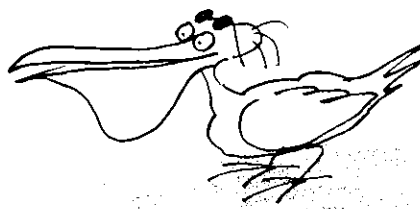
Miren, escupe ensañadamente

Las estrellas se encienden

¡Eso va a durar un montón!

A ese ritmo infernal, nuestras jóvenes estarían pronto cortas de hidrógeno. Pero se va a calmar dentro de poco

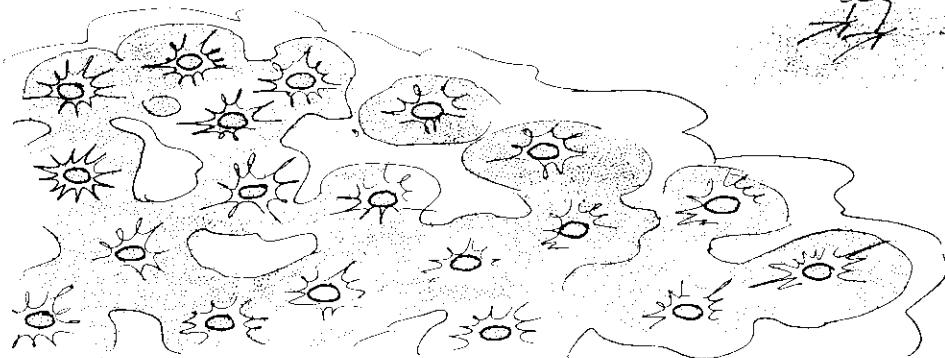
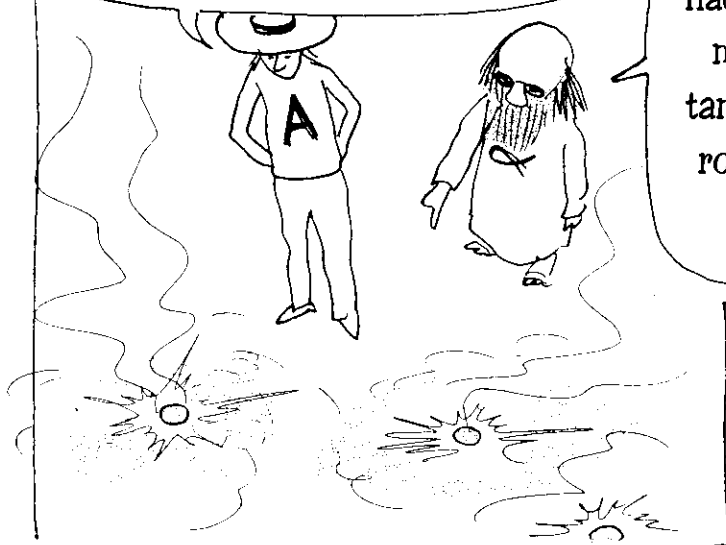
¡Eso me tranquiliza!



¿Toda la materia se transforma así en estrellas?

No exactamente. Cuando una estrella nace, emite radiación a todo dar, y también materia. Lo que hace que caliente (y por tanto estabilice) la materia circundante, o rompa lo que estaba a punto de formarse trabajosamente a su alrededor

En otras palabras, en esta etapa la **GALAXIA** es una mezcla de estrellas muy emisoras, y de **GAS RESIDUAL**



Las estrellas irradian energía y calientan el gas, aumentando así su **PRESIÓN**...

GALAXIA



... y las **FUERZAS DE PRESIÓN** dilatan el halo gaseoso



GAS

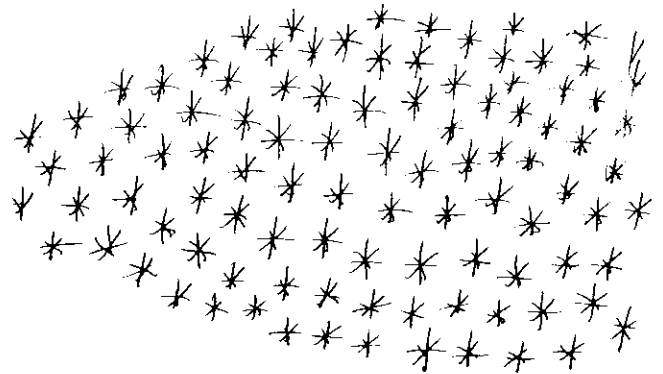
GALAXIA DE ESTRELLAS

Esta "**ATMÓSFERA GALÁCTICA**" se extiende mucho más allá de la frontera de la "**GALAXIA DE ESTRELLAS**"

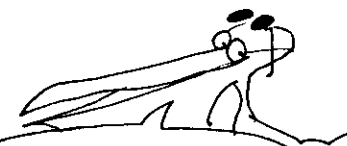
GAS RESIDUAL



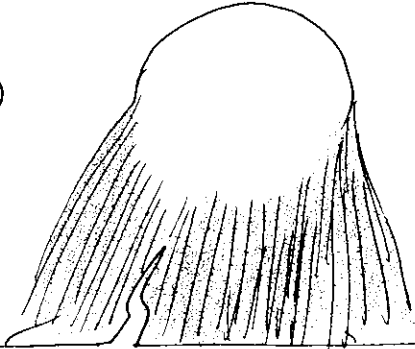
Esta galaxia masiva (con un billón de estrellas) parece haber perdido todo su gas. ¿Por qué?



¡Es cierto! ¿A dónde se fue su **GAS RESIDUAL**?



Tal vez no tenía...



Ahora se ha calmado. Pero cuando los mil millones de estrellas de esta galaxia se encendieron todos al tiempo, era un **HORNO**

Así, la **VELOCIDAD DE AGITACIÓN TÉRMICA** (*) alcanza varios centenares de kilómetros por segundo, y este valor es mayor que la **VELOCIDAD DE LIBERACIÓN**. De esta manera, todos los átomos del gas residual abandonan esa vasta cavidad que es la galaxia

De cierta forma, las **FUERZAS DE PRESIÓN** han expulsado el gas fuera de la cavidad

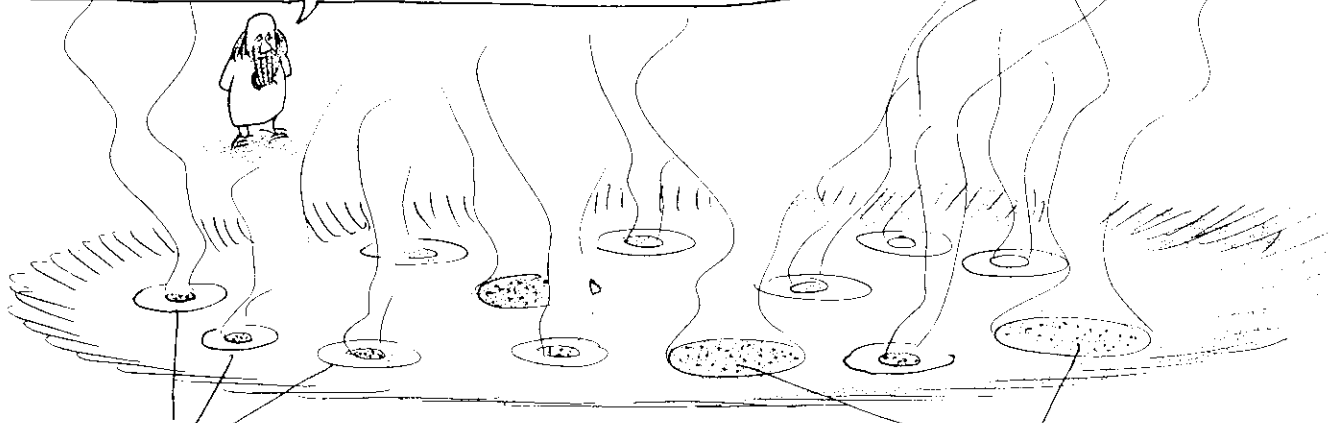
¿Pero supongo que algún día volverá a la cavidad...?

Las partículas del gas residual, en este caso, han adquirido demasiada velocidad y han ido muy lejos, así que nunca regresarán. Además, frenándose, el gas se enrarece al extremo

Eso quiere decir que los átomos no se volverán a encontrar más, y que mantendrán su velocidad... eternamente

(*) Ver "**¿Y SI VOLÁRAMOS?**", del mismo autor.

El ensamble de galaxias de un **CÚMULO** va entonces a bañarse en ese medio difuso y muy enrarecido, a varios millones de grados, emitido por las galaxias pesadas



GALAXIAS LIVIANAS

GALAXIAS PESADAS

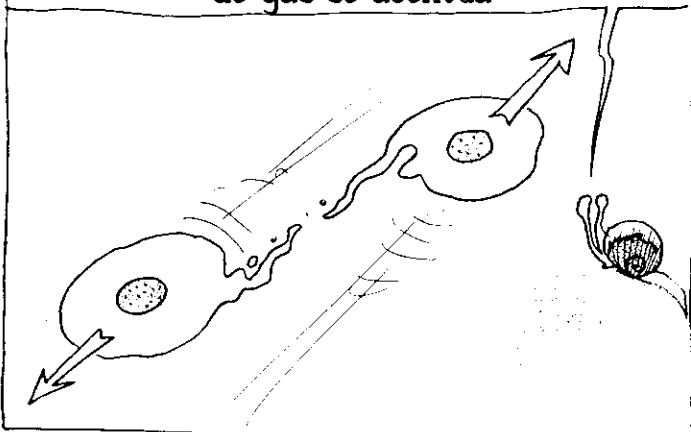
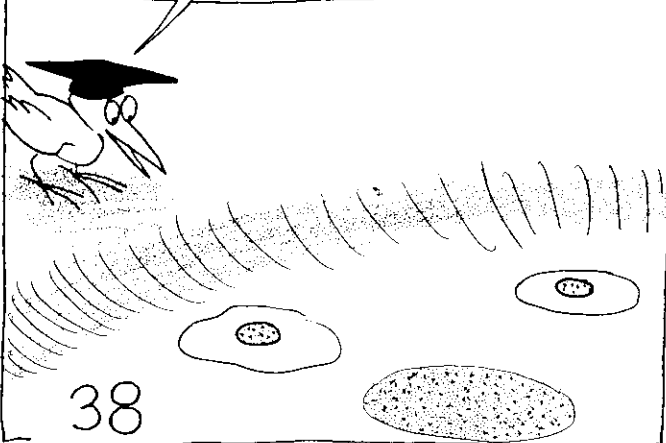
Las galaxias livianas son hornos menos violentos, y conservan su propio gas



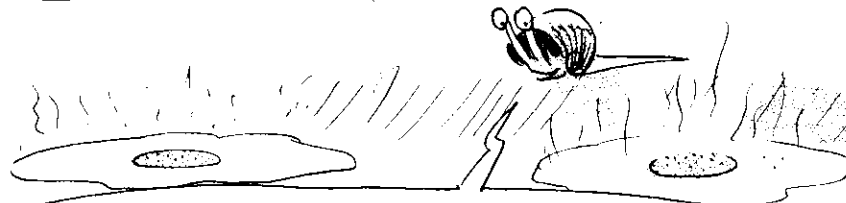
Evolucionan en la depresión-cúmulo como huevos en una sartén caliente

Las galaxias livianas tienen una "clara" y una "yema", mientras que las galaxias pesadas, llamadas **ELÍPTICAS**, sólo tienen una gran yema

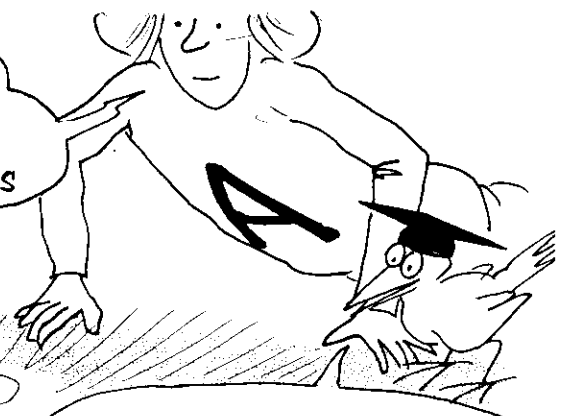
Los halos de gas residual de las galaxias livianas aumentan las posibilidades de que estos objetos interactúen. El movimiento de rotación de los halos de gas se acentúa



Las estrellas se han calmado totalmente. Comparadas con lo que eran en el momento de su nacimiento, ahora se han convertido en simples brasas



Si hubieran continuado al ritmo del comienzo, no habrían podido durar mucho

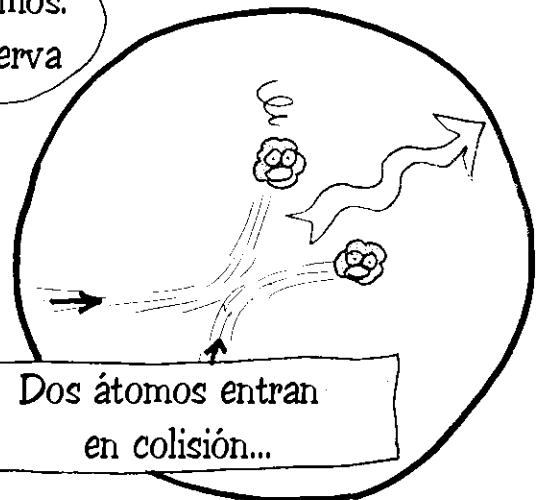


El gas residual de las galaxias livianas emite radiación

¿De dónde proviene esa radiación?



De los átomos. Toma, observa



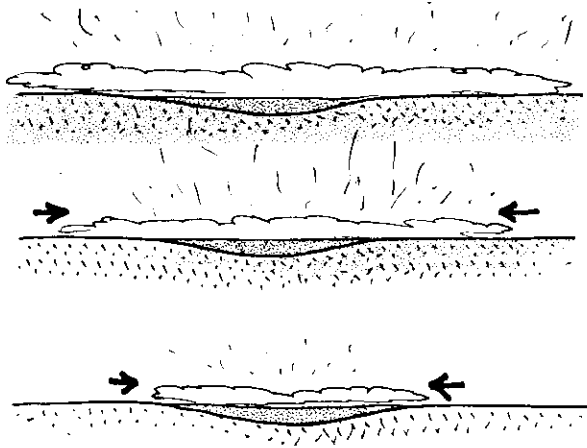
Dos átomos entran en colisión...

... y eso va acompañado de emisión de radiación. En esta operación, una parte de la energía cinética de los átomos se convierte en energía radiativa

La velocidad de agitación térmica de los átomos disminuye. La masa gaseosa se **ENFRÍA**, y la baja de **TEMPERATURA** es asimismo una baja de la **PRESIÓN**



ENFRIAMIENTO RADIATIVO DEL GAS



La fuerza de presión se debilita, y el gas residual, **INTERESTELAR**, retoma sabiamente su lugar en la "cavidad-galaxia"

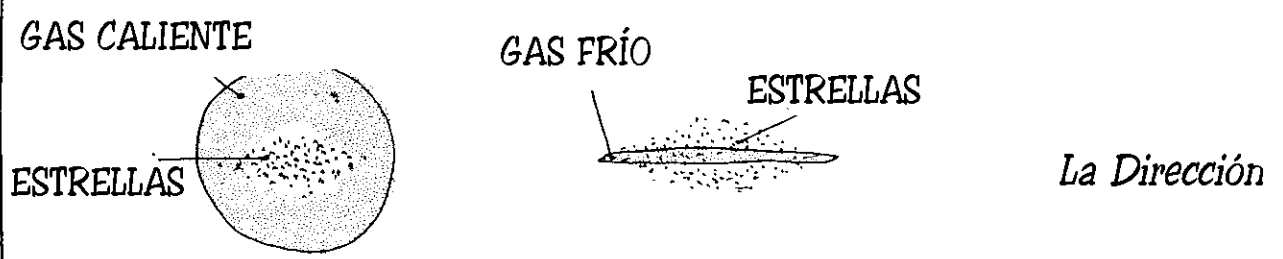


La "clara" vuelve sobre la "yema"



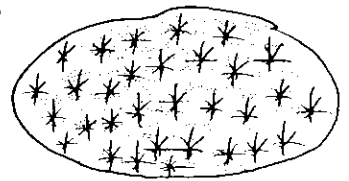
El **MODELO** presentado aquí es una descripción en **2 DIMENSIONES** (la tercera dimensión se utiliza para representar la curvatura, el campo gravitacional, etc...). Las **GALAXIAS** son objetos tridimensionales. Aquellas que no giran, o lo hacen muy poco, tendrán una forma muy parecida a la **ESFERA**. Aquellas en rápida rotación serán, por el contrario, aplanadas como tortillas. Nuestra galaxia, la **VÍA LÁCTEA**, realiza un giro sobre sí misma en **200 millones** de años.

A medida que el gas residual vuelve a la galaxia, la fuerza centrífuga empuja la contracción en sentido radial. Y, en cambio, nada se opone a la contracción según el eje de rotación. El gas interestelar en las galaxias tendrá la forma de un **DISCO BASTANTE APLANADO**:



Si he comprendido bien, en el Universo hay esencialmente dos tipos de galaxias:

- Galaxias pesadas, elípticas, desprovistas prácticamente de gas.
- Galaxias más livianas, con diez a cien mil millones de estrellas, que se presentan como una **MEZCLA** de dos gases: el **GAS DE ESTRELLAS** y el **GAS INTERESTELAR**



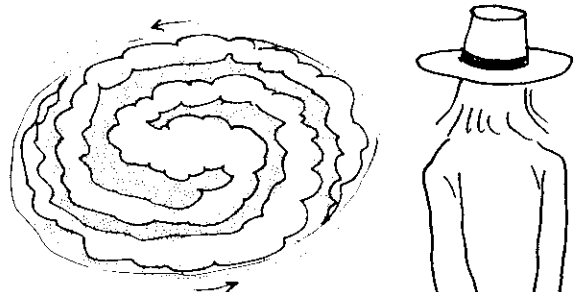
La **SOPA ESTELAR** contiene, en efecto, tal cantidad de estrellas, que estas son asimilables a **MOLECULAS DE UN "GAS DE ESTRELLAS"**

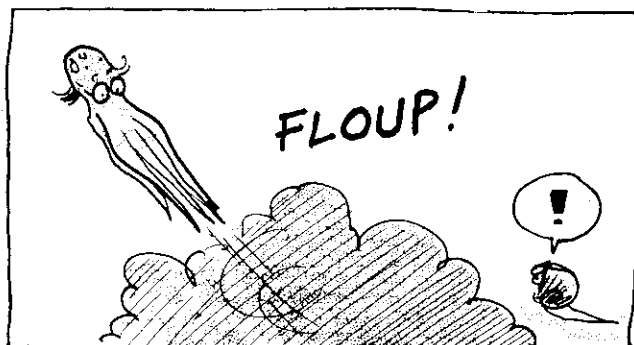
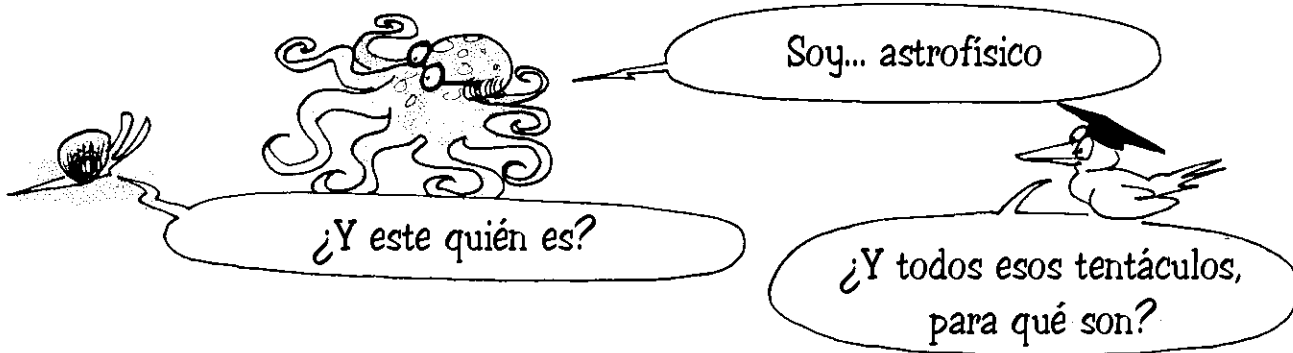
LA ESTRUCTURA ESPIRAL

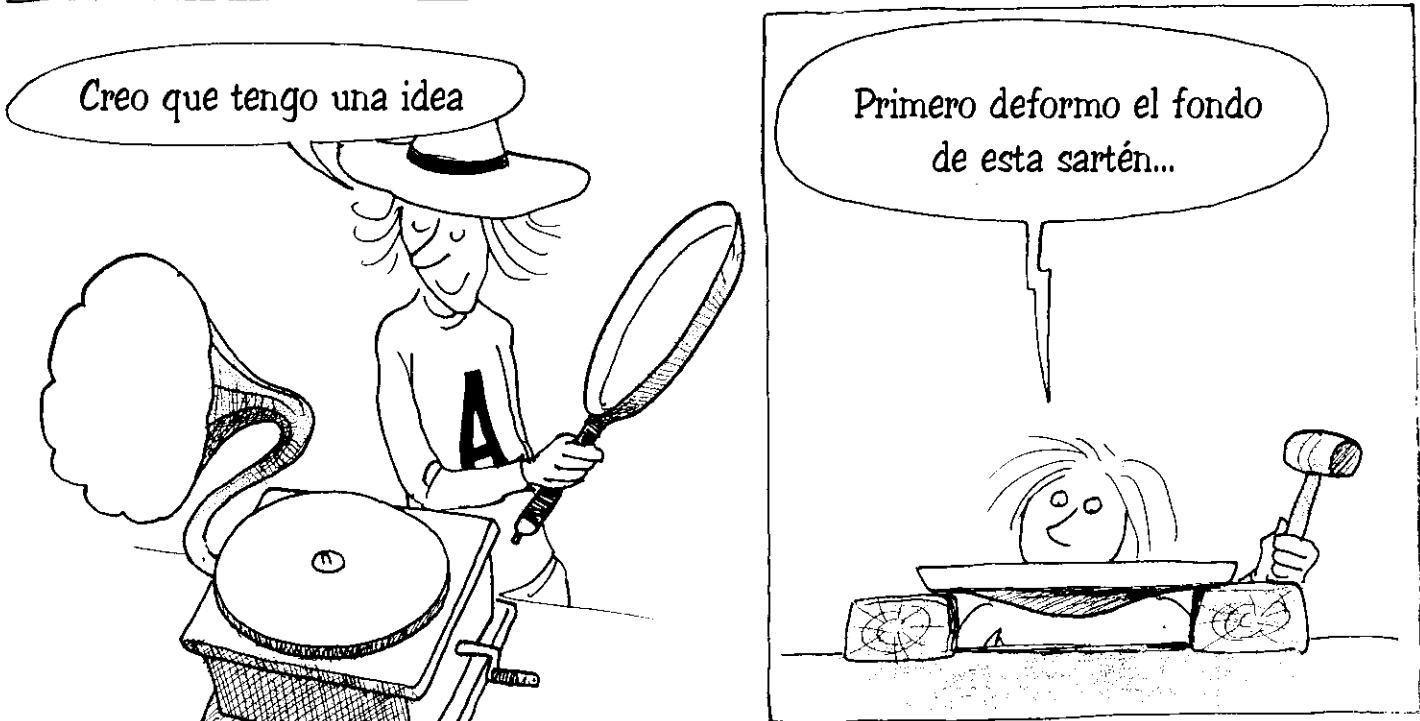
Mira, algo pasa que es del todo particular: el gas interestelar y el "gas de estrellas" no giran a la misma velocidad. Eso quiere decir que el medio interestelar se vuelve **HETEROGÉNEO**

¡¡El gas residual gira más rápido!!

Y se distribuye en filamentos de forma **ESPIRAL**

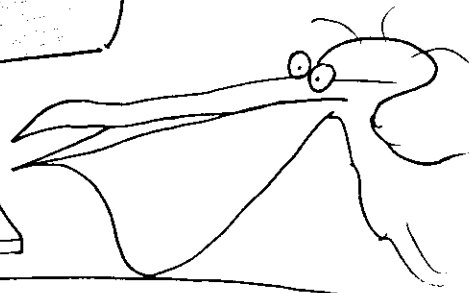






Lleno la sartén con un líquido y pongo a rotar todo

¡Listo!



La sartén representa el medio estelar y el líquido el gas residual interestelar. Si freno el tornamesa, el líquido girará **MÁS RÁPIDO** que la sartén y aparecerán **ONDAS ESPIRALES**

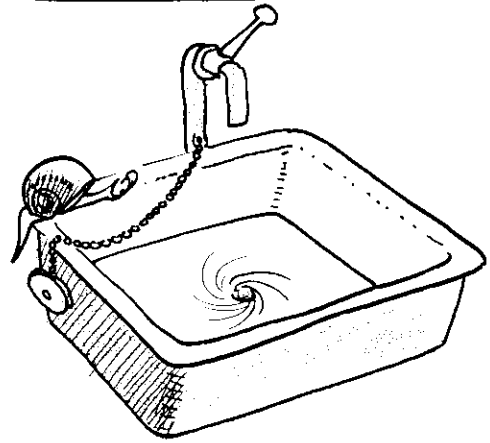
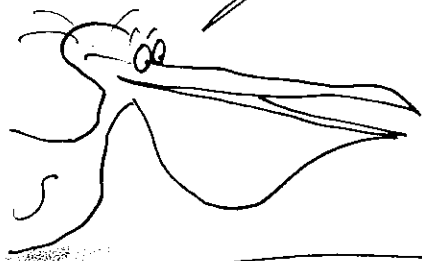
La **ESTRUCTURA ESPIRAL** de las galaxias que poseen gas residual se debería, entonces, a un fenómeno de **FRICCIÓN DINÁMICA**. Dos ensambles fluidos, el **GAS INTERESTELAR** y el "**GAS DE ESTRELLAS**", giran a velocidades diferentes y se "**ROZAN**" el uno con el otro, de la misma forma que el líquido roza con el fondo de la sartén...



... lo mismo que el café cuando roza con el fondo de la taza

¿Pero por qué las galaxias **ELÍPTICAS** no tienen forma espiral?

Simplemente porque no poseen **GAS RESIDUAL**. Lo perdieron desde el alumbramiento de sus **ESTRELLAS PRIMARIAS**



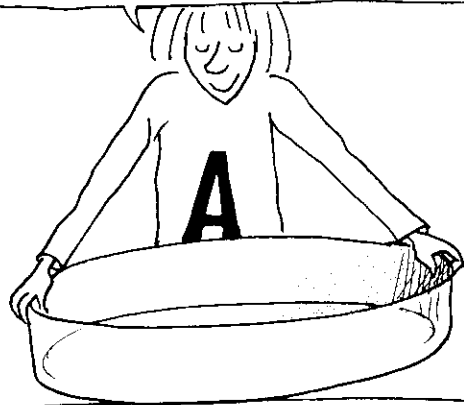
Es realmente un fenómeno de **FRICCIÓN DINÁMICA** el que crea la estructura espiral, como en el desagüe de un lavabo

Espera, eso que dices suena extraño. ¿Así que la clave del misterio de las galaxias espirales puede hallarse en el fondo de las tazas de café y de los lavabos?!?

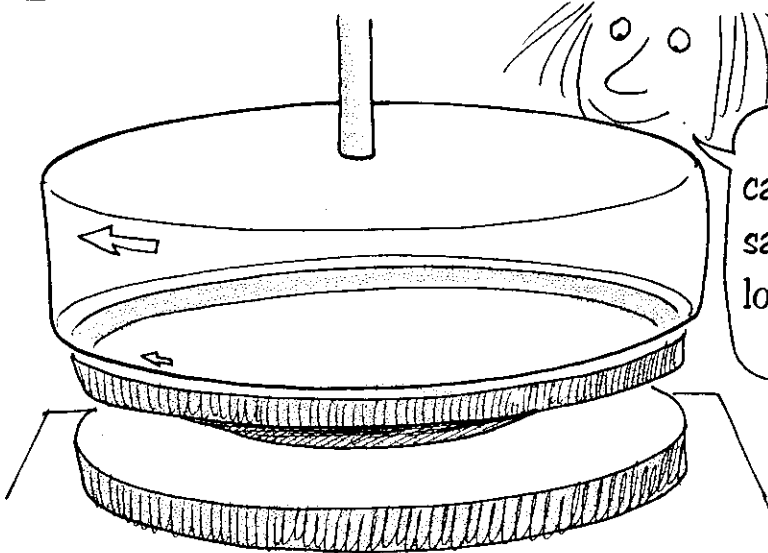


Las galaxias serían, entonces, los agujeros de desagüe del Cosmos...

Antes hicimos interactuar un fluido con una pared sólida. Ensayemos ahora con un sistema en el que dos masas fluidas interactúan



He encerrado un gas dentro de esta campana y he colocado un líquido en la sartén. Con este sistema puedo estudiar lo que ocurre cuando una masa gaseosa interactúa con otra masa fluida



Este rozamiento entre líquido y gas es relativamente débil. Con él creas fluctuaciones locales de la temperatura y de la presión bastante moderadas, de algunos puntos porcentuales a lo sumo...

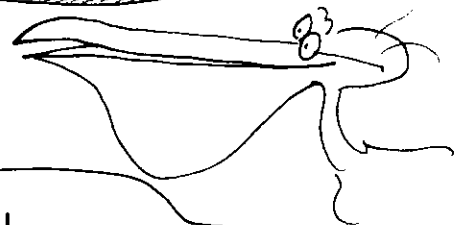


Pero mi gas está sobrecargado de vapor de agua. Basta la menor perturbación de la temperatura (*) para que se **CONDENSE**

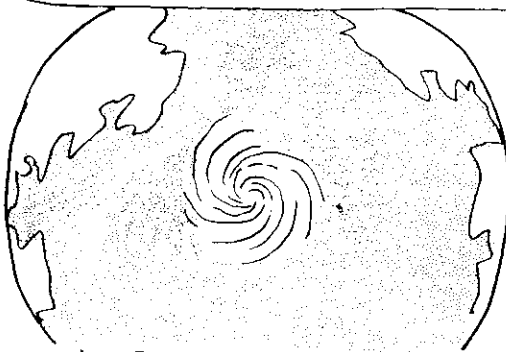
¡Miren, Anselmo ha generado un soberbio **CICLÓN ARTIFICIAL!**



¡Muy bonito!



¡Así es, Max, tienes razón!
En un ciclón, una masa de aire sobrecargada de humedad "roza" con su soporte fluido, lo cual crea perturbaciones de **PRESIÓN** y de **TEMPERATURA** que desencadenan la condensación del vapor de agua. Este fenómeno **SECUNDARIO** revela de manera violenta el fenómeno espiral **PRIMARIO** (**)



Está bien, ¿pero cuál es la relación con las galaxias? ¿Acaso la estructura espiral es también una nube de vapor de agua?

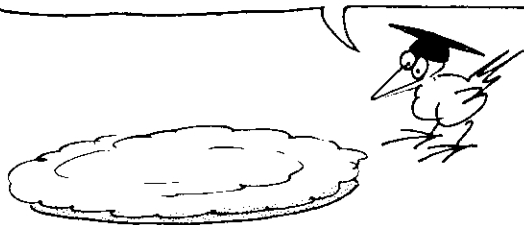


46

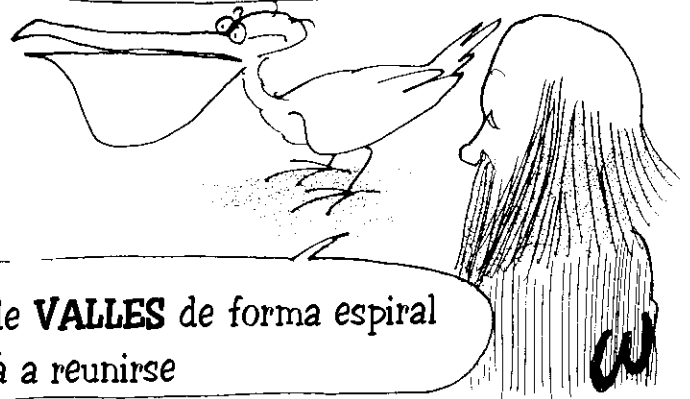
(*) Es el llamado **VAPOR SUPERCRÍTICO** o **SOBRESATURADO**.

(**) Fenómeno que libera, entre otros, calor, y alimenta de energía al ciclón (pero esta es otra historia).

Volvamos a nuestro **MODELO** de galaxia. Una masa fluida que representa al "**GAS DE ESTRELLAS**" gira en su "**CAVIDAD**", y por encima de ella una masa de **GAS RESIDUAL** gira un poco más rápido. Resulta un fenómeno de **FRICCIÓN DINÁMICA**, la distribución de la **MASA** varía, y la perturbación resultante tiene una geometría **ESPIRAL**

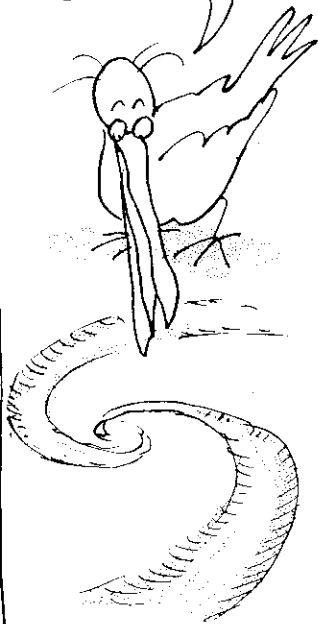


Toda concentración de **MATERIA** (estrellas o gas) deforma asimismo la espuma de soporte. Allí donde hay **MASA** hay **CURVATURA**

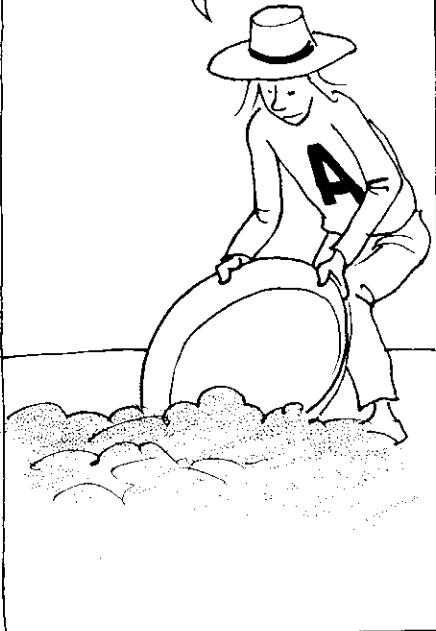


En otras palabras, aparecerán especies de **VALLES** de forma espiral en los que el gas tenderá a reunirse

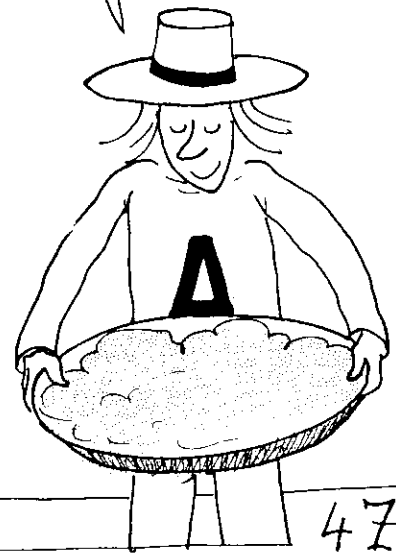
Yo no veo ninguna concentración de vapor de agua



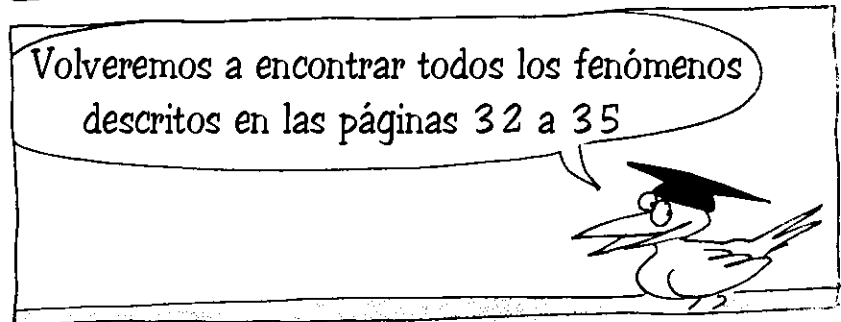
Reunamos un poco de gas interestelar



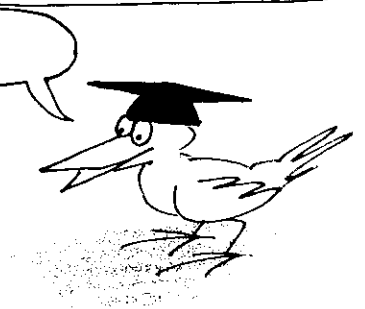
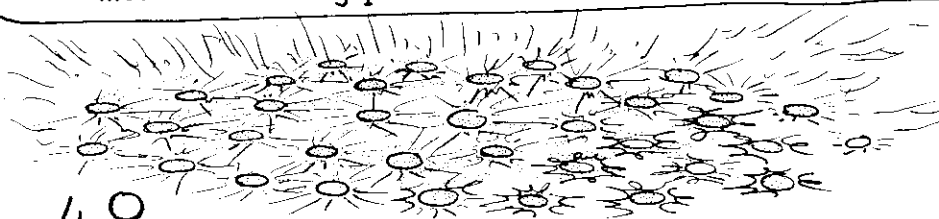
Y observemos lo que le pasa a este gas interestelar a medida que "cae" en estas especies de valles...



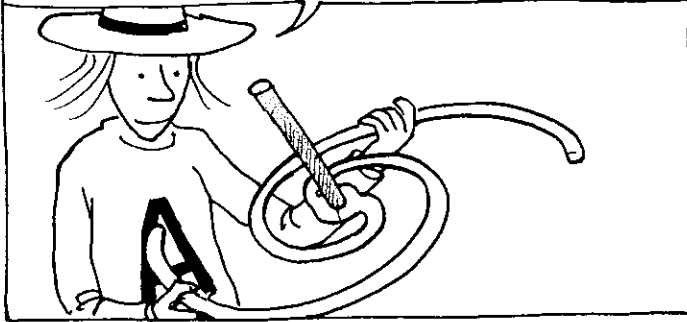
EL METABOLISMO GALÁCTICO



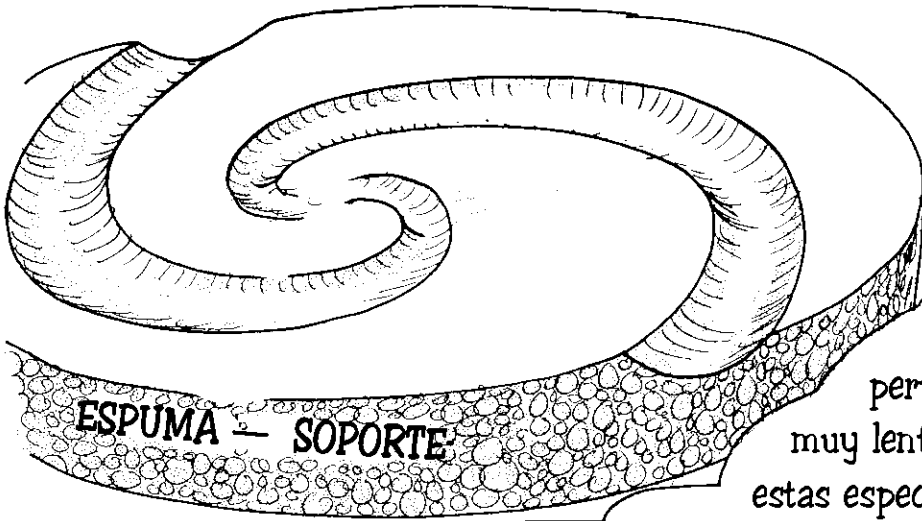
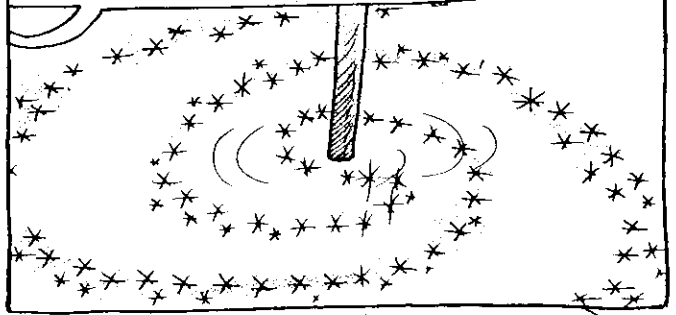
...se encienden y producen **ESTRELLAS SECUNDARIAS**



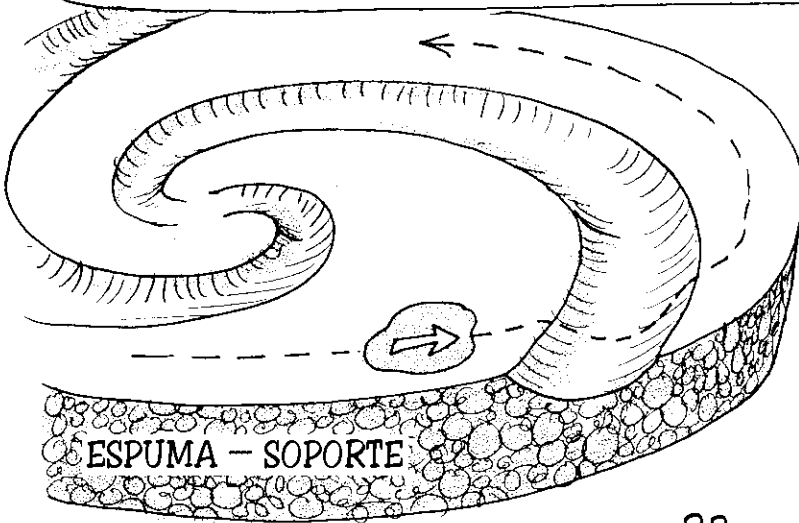
Con esta especie de reglilla voy esta vez a crear un **VALLE**



Sucede lo mismo: las estrellas nacen en las depresiones, como en este valle

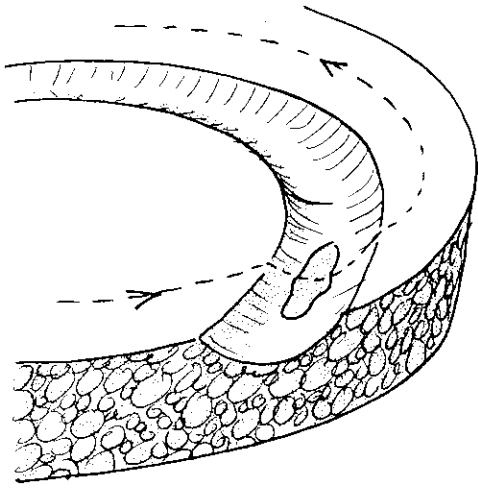


Anselmo tiene razón: la perturbación espiral, la cual gira muy lentamente, se manifiesta en estas especies de valles relativamente poco profundos (apenas un pequeño porcentaje de la depresión general de la "cavidad galáctica")

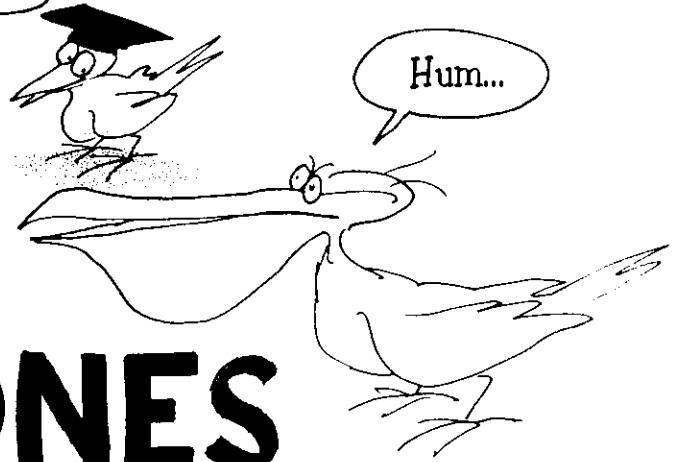


El gas interestelar gira más rápido que la perturbación espiral. Aquí vemos un elemento del gas que se apresta a ingresar en esta especie de "Valle"





Cuando llega al fondo de ese valle se encuentra comprimido y dá nacimiento a su paso a algunas **ESTRELLAS DE SEGUNDA GENERACIÓN**. Después de eso descansa tranquilamente. Los **BRAZOS ESPIRALES** son entonces los lugares de nacimiento de nuevas estrellas

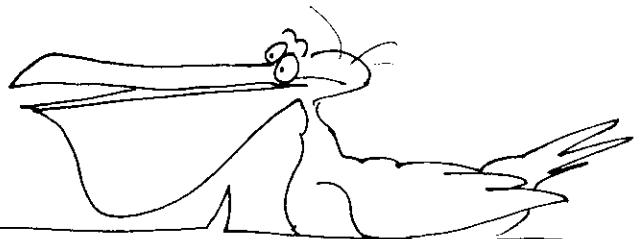


LOS CICLONES DEL UNIVERSO

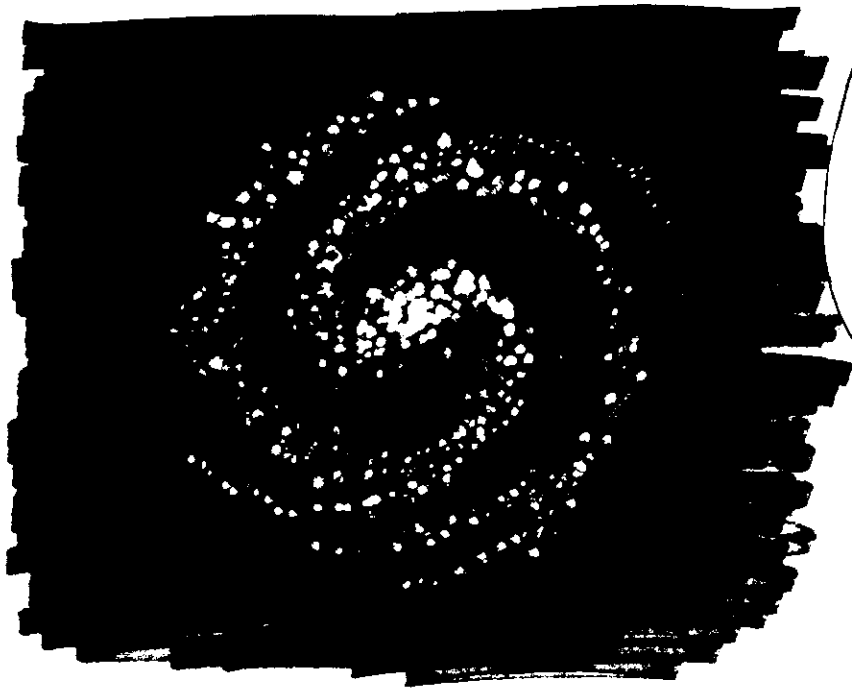
En los ciclones terrestres la perturbación inicial es débil, pero la atmósfera, cargada de humedad, es **INESTABLE** y acentúa el fenómeno por condensación del vapor de agua



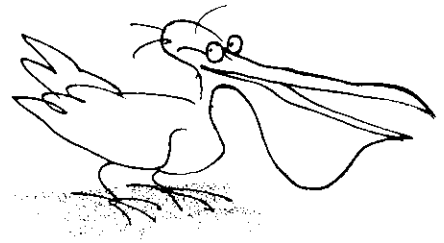
En las galaxias, la perturbación espiral primitiva es igualmente débil, pero el gas interestelar, **INESTABLE**, acentúa el fenómeno desencadenando la condensación de materia



Muy bonita tu teoría. ¡Pero entonces estas estrellas de segunda generación deberían encontrarse por montones en la galaxia!



Ahora, estas estrellas jóvenes, muy calientes, sólo se encuentran en los brazos espirales, donde revelan su presencia iluminando fuertemente el gas interestelar...



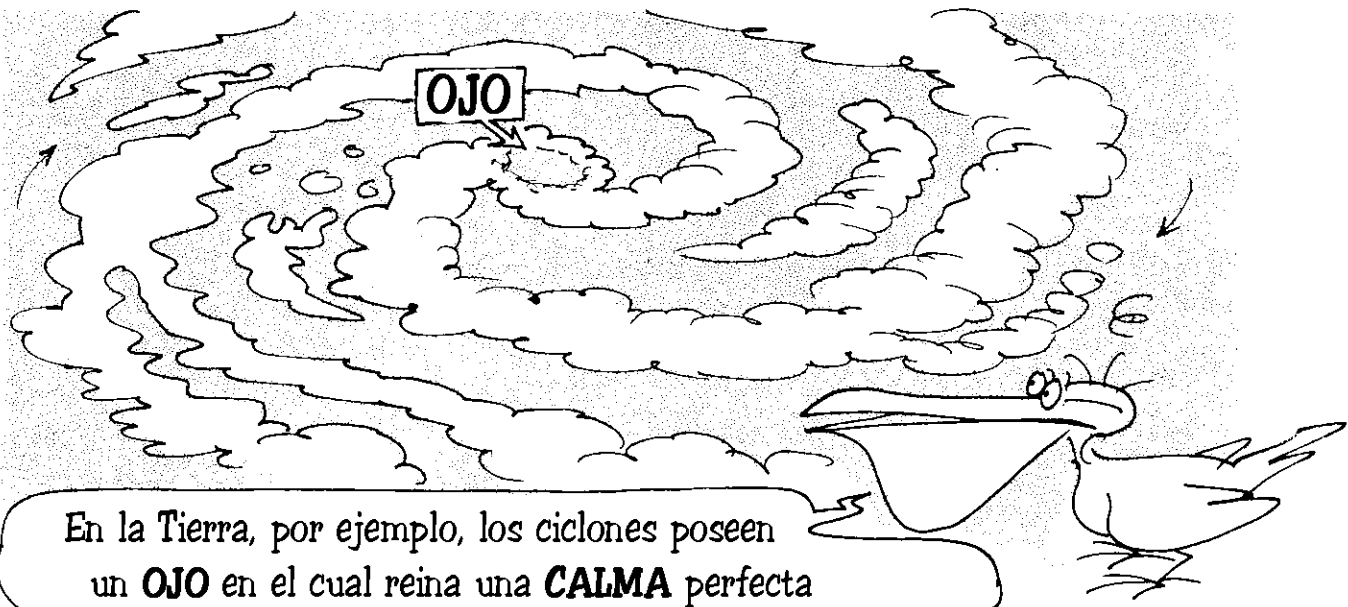
Olvidas, León, que estas estrellas jóvenes no lo son durante mucho tiempo, a lo sumo unos diez mil años, tiempo en el cual han quemado la mayor parte del hidrógeno. Cuando dejan los brazos espirales, se convierten en **MORIBUNDAS**, y no son más que brasas



Y ya no se las detecta



Igualmente, el **GAS INTERESTELAR** sólo es bien visible en los brazos, donde es iluminado violentamente por las estrellas jóvenes. Después, al dejar éstas los brazos, el gas se torna nuevamente opaco



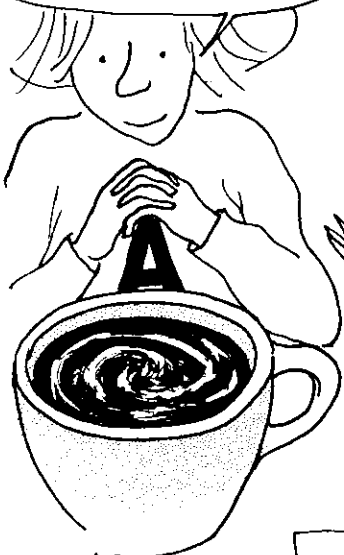
En la Tierra, por ejemplo, los ciclones poseen un **OJO** en el cual reina una **CALMA** perfecta

¡Bueno, pues figúrate que las galaxias espirales, esos ciclones de nuestro **PLANETA-UNIVERSO**, también poseen un **OJO CENTRAL!**

LA ROTACIÓN DIFERENCIAL



Volvamos a la taza de café



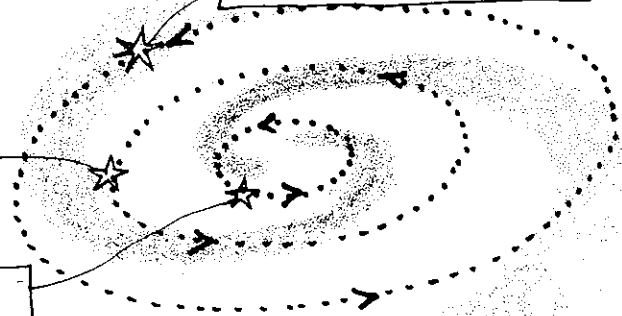
Como en la taza de café, los objetos en una galaxia no giran todos a la misma **VELOCIDAD ANGULAR**. El Sol, que se encuentra en la periferia galáctica, realiza un giro a nuestra galaxia en **200** millones de años



Un giro en cien millones de años

Un giro en cincuenta millones de años

Sol: un giro cada 200 millones de años



Dicho en breve, la parte central de una galaxia gira más rápido que su periferia

¡Son como desagües, ya lo sabes!

¡Luego de intentar sin éxito desaparecer en un agujero negro, Tiresias tiene ahora esta idea fija!

No es tan tonto.

Hay mucha gente buena que piensa que hay un gran agujero negro en el centro de las galaxias...

Aquí tienes una "verdadera" galaxia, con sus movimientos en las tres dimensiones :

De forma esquemática, las estrellas que son elementos del "gas de estrellas" (y por lo tanto comparables a "moléculas") atraviesan en cada giro el **DISCO DE GAS**, ultraplano

Eso explica por qué la interacción medio estelar-medio interestelar es relativamente débil

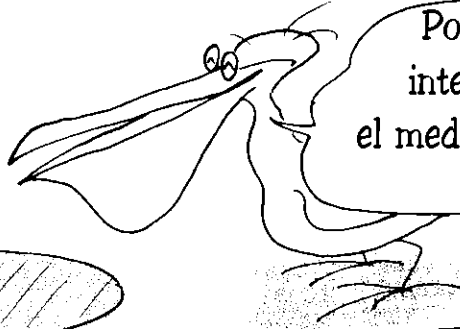
Supongo que será porque las estrellas no interactúan con el gas sino en el momento en que atraviesan el disco plano...

DISCO DE GAS

¡Exacto!

En primer lugar, en el centro de la galaxia hay más estrellas.
En segundo, su periodo de rotación allí es más corto

Por lo tanto, en la región de interacción el rozamiento entre el medio estelar y el medio interestelar es más importante

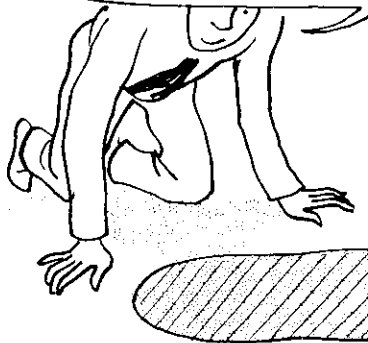


Un giro en 50 millones de años

En consecuencia, la estructura será más notable en la región central, que puede incluso transformarse en una **BARRA**



Retornemos al gas. ¿Qué ocurre si abandono a sí mismo a un grumo de **GAS INTERESTELAR**?

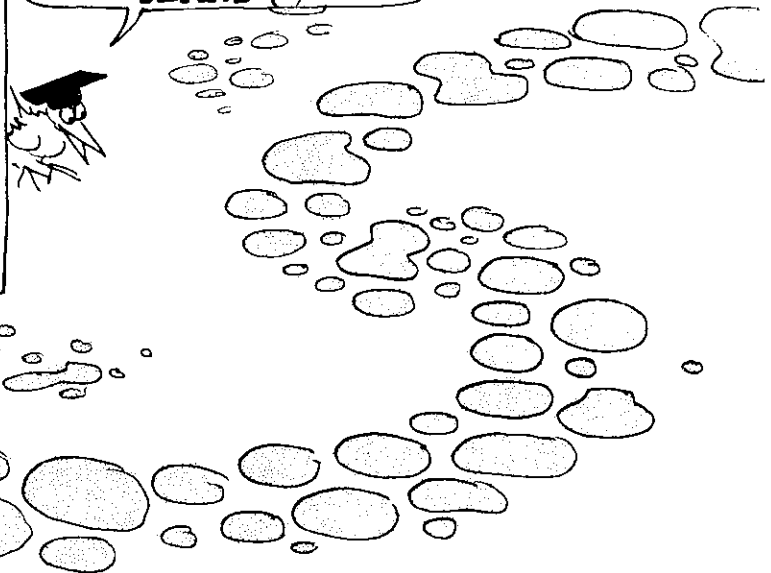
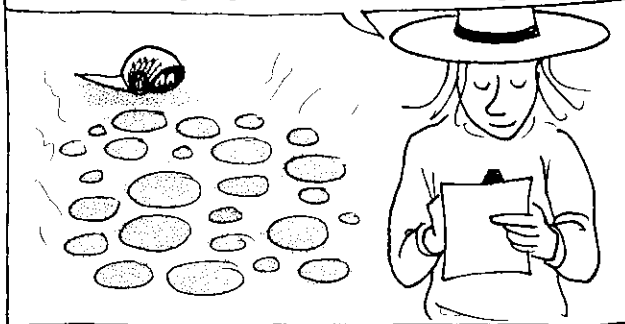


¡Esta vez no diré nada!

Sólo voy a observar

El gas se enfría naturalmente por radiación. Su longitud de Jeans disminuye y entonces se fragmenta

En los brazos de las galaxias, el gas también tiene tendencia a reunirse en grandes grumos, en los que el radio es igual al **RADIO DE JEANS (*)**



(*) En las galaxias "verdaderas", el espesor del disco también está cerca de este radio.

¿Estos grumos de gas van a continuar enfriándose y emitiendo radiación?

Si, pero las estrellas jóvenes que nacen en esas nubes reinyectan continuamente energía

Vas a ver. Voy a hacer el experimento, tomando esta lámpara de luz ultravioleta

¿Vas a broncear un grumo de materia interestelar?

Con este tipo de radiación simulo aquella emitida por las estrellas jóvenes, muy calientes, y caliento el grumo. **CALOR** quiere decir **PRESIÓN**: el aumento de su presión interna hace que el grumo de gas se expanda

Si el suministro de energía es muy fuerte, puedo llegar incluso a dispersar la materia de los grumos y dislocarla

Subsiste una cuestión: ¿**QUÉ** es una **ESTRELLA**?

FENÓMENO ESTELAR

Las condiciones de temperatura y de presión en el centro de un grumo de gas se vuelven tales que el hidrógeno se **FUSIONA**, liberando una gran cantidad de energía

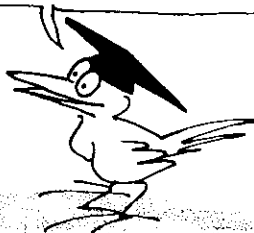
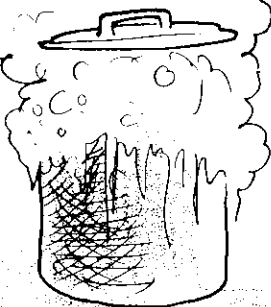


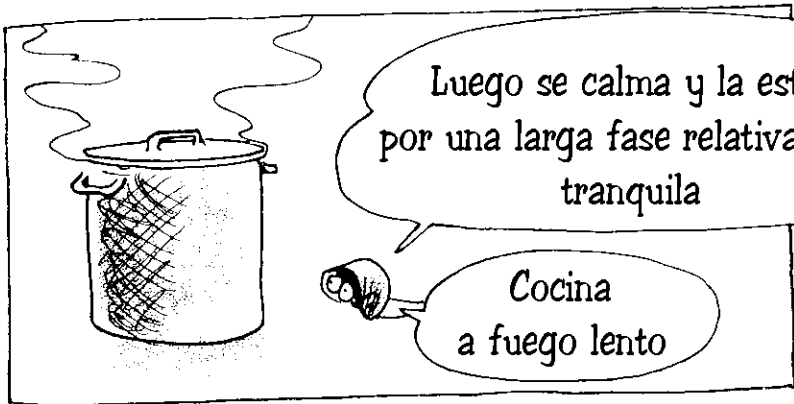
Esto aumenta la **PRESIÓN** en el centro de la estrella. No hay que olvidar que la presión no es otra cosa que una medida de la cantidad de energía por unidad de volumen



Resumiendo, una **ESTRELLA** es una especie de marmita con autoencendido, que se calienta ella sola

El **DIÁMETRO** de la estrella depende de la cantidad de energía liberada. Inmediatamente después de su nacimiento, la estrella es muy rica en hidrógeno, "carbura" fuertemente y se dilata bastante

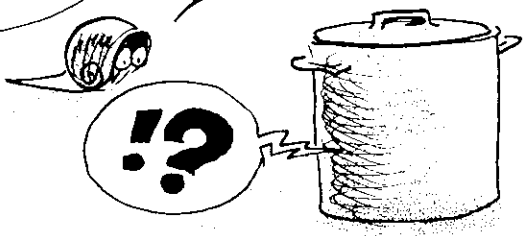




Luego se calma y la estrella pasa por una larga fase relativamente tranquila

Cocina a fuego lento

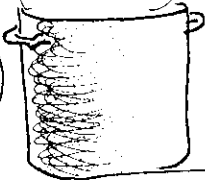
Hasta que un día se agota el hidrógeno



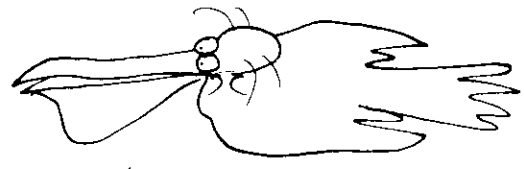
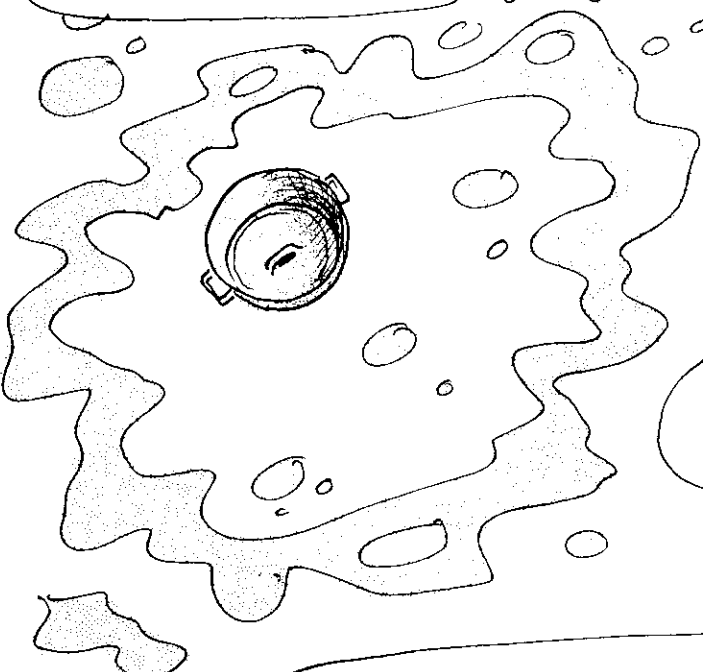
La "tapa" se hunde, lo que indica que la estrella se **CONTRAE**. La densidad y la temperatura aumentan y aumentan



Muy a menudo la estrella explota pues las reacciones de fusión, consumiendo el helio formado, y después el carbono y el silicio, proceden brutalmente

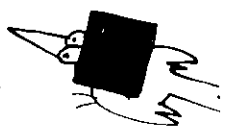


La estrella se convierte en una **SUPERNOVA**



¡Por fortuna, este tipo de cosas se producen solamente una vez por siglo en una galaxia!

La tapa se va al fondo de la marmita, y no queda más que un objeto bastante pequeño. Triste final...



Una vez por siglo, León, es un ritmo **BASTANTE** rápido. Piensa que una galaxia gira sobre sí misma en 200 millones de años

¡Demonios, eso dá dos millones de **SUPERNOVAS** por cada giro!

Las **SUPERNOVAS** expulsan sus restos a centenares de años-luz de distancia (*)

Explotando aquí y allá sin importar dónde o cuándo, las supernovas contribuyen a mantener un desorden sólido en el medio interestelar...

¿Y estas supernovas también alimentan el gas interestelar con energía?

CHPAF!

Otra más que explota

CHPAF!

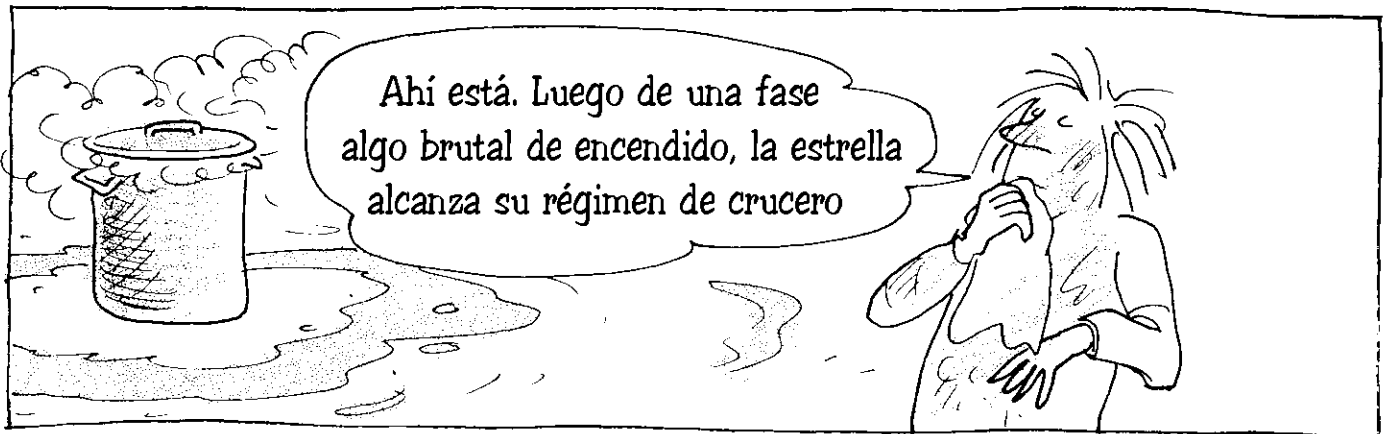
Busquemos un lugar más calmado

58

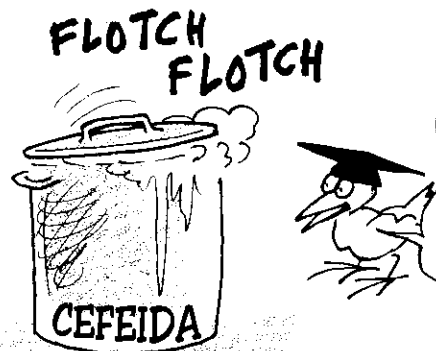
(*) Una galaxia tiene un diámetro de cien mil años-luz.

TIPOS DE ESTRELLAS





CEFEIDAS

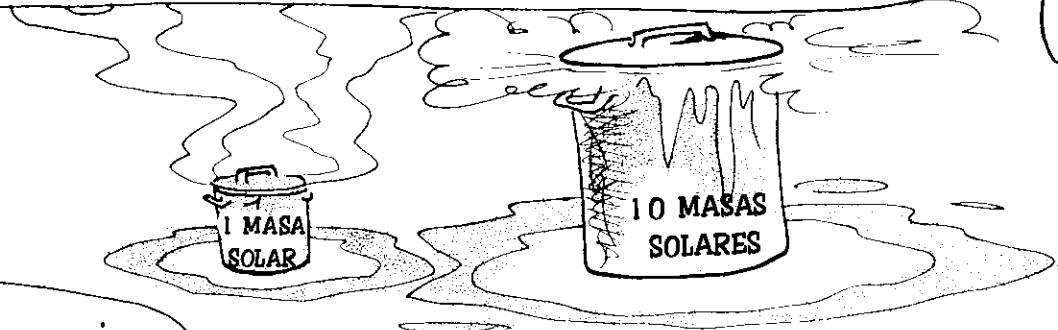


Has fabricado una **ESTRELLA VARIABLE**. Su diámetro oscila y a cada contracción emite una bocanada de radiación

Entre mayor es la masa de una **CEFEIDA**, más largo es su periodo. Una graduación a distancia (paralaje) ha permitido utilizar este tipo de estrellas para medir la distancia que nos separa de la galaxia de Andrómeda.

La Dirección

Entre más **MASIVA** es una estrella, más rápido evoluciona. Una estrella del tipo solar puede carburar apaciblemente durante miles de millones de años, mientras que una estrella joven y **MASIVA** consume su hidrógeno en un millón de años y vive un final explosivo



Las estrellas masivas son estrellas de riesgo

Voy a hacer una pregunta al estilo Tiresias:
¿PARA QUÉ SIRVEN LAS ESTRELLAS?

¡EXCELENTE PREGUNTA!

En el corazón de las estrellas los núcleos de los átomos están sometidos a presiones muy intensas. La **FUSIÓN** de cuatro núcleos de hidrógeno dá como resultado...



... helio

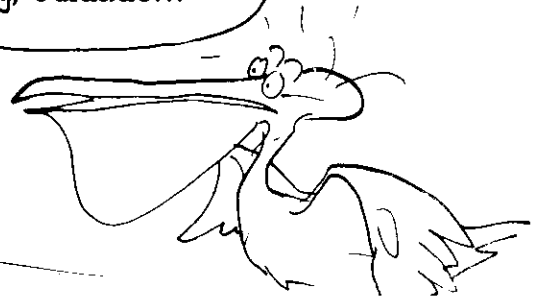
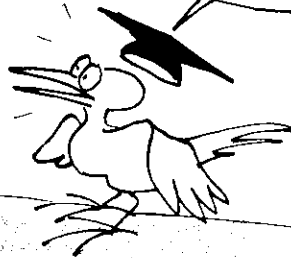


61

LAS ESPORAS DEL UNIVERSO

Esta estrella está muy cerca de su punto de inestabilidad pues ha consumido todo su hidrógeno. Apártense, voy a destaparla

¡¡¡Ey, cuidado!!!



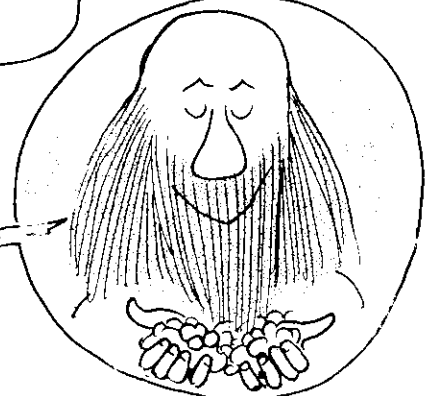
¿Bello, no?

¡Santo cielo!

Listo. Ahora a recoger el oxígeno, el hierro, el silicio y todos los átomos de la **TABLA DE MENDELEIEV**

¿Pero esta **NUCLEOSÍNTESIS** para qué sirve?

Para formar la **VIDA**



Los átomos pesados se aglomeran para dar origen a **POLVOS** microscópicos...



... que servirán de **CATALIZADOR NATURAL** para sintetizar las **PRIMERAS MOLÉCULAS**



NUBES & LLUVIA

La materia expulsada por las estrellas, ya sea mediante una lenta exhalación, o por medio de una muerte violenta, re Enriquece la masa de gas interestelar



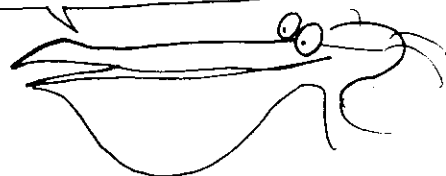
Resumiendo, un átomo tomado al azar puede perfectamente haber habitado numerosas estrellas diferentes, sobre todo si su núcleo es pesado



El ciclo de tránsito de los átomos en las estrellas se acompaña de un enriquecimiento constante de **ELEMENTOS PESADOS**, como por ejemplo de metales: hierro, níquel, cobre, ...




¡Entonces entre más **JÓVENES** son las estrellas, más ricas resultan en **METALES!**





LA MASA FALTANTE


En esta representación, la fuerza centrífuga es mayor que la fuerza de atracción gravitacional. La **MASA** en juego es **DOS VECES MÁS PEQUEÑA**




Si nos basamos en los datos de las observaciones, el modelo no cuadra para nada. Es desconcertante...

En otras palabras:
SE HAN EXTRAVIADO 200 MIL MILLONES DE ESTRELLAS. TODA INFORMACION QUE PERMITA LOCALIZAR ESTA MASA FALTANTE SERÁ BIENVENIDA

Oye, sólo contabilizamos lo que hemos **VISTO**



Al final de su vida, cuando ha expulsado la mayor parte de su masa, la estrella subsiste como un resto denominado **ENANA BLANCA** o **ENANA NEGRA**, por lo general muy poco emisor como para poder ser detectado



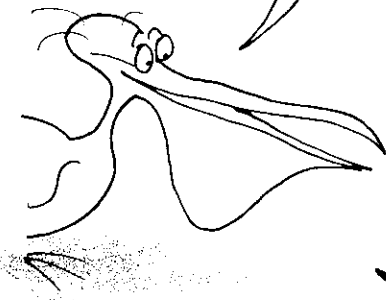
Lo que quería decir que seremos incapaces de descubrir la **MASA INVISIBLE** representada por las cenizas de estrellas primitivas que se habrían formado al mismo tiempo que la galaxia

En un final como el de una **SUPERNOVA** la cubierta externa de la estrella explota. La retrocompresión resultante puede llegar a comprimir el núcleo central hasta convertirlo en un **AGUJERO NEGRO**

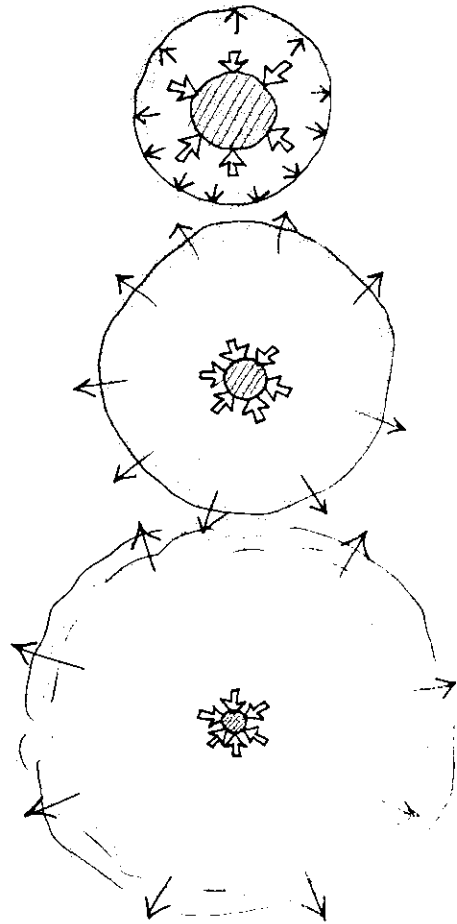


Que también escapará a la observación...

Quedan las estrellas primitivas, nacidas al mismo tiempo que la galaxia, y por tanto también ellas detectables...



En efecto, existen en las galaxias estrellas muy viejas agrupadas en **CÚMULOS GLOBULARES**, que continúan brillando luego de unos quince mil millones de años. Y eso ocurre en todas las galaxias que han nacido al mismo tiempo

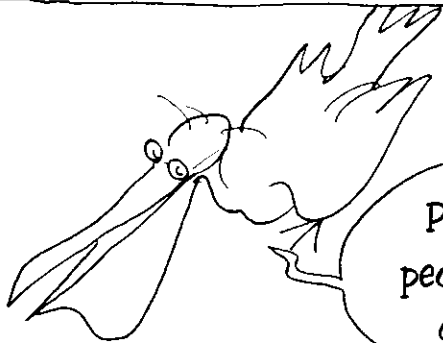


En cuanto a las otras, han sido esparcidas a los cuatro vientos de la galaxia, o se han convertido en enanas blancas o negras, o en agujeros negros indetectables

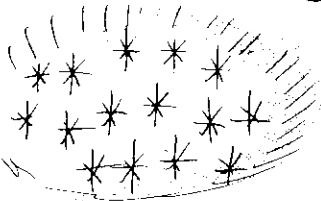


CÚMULOS ESTELARES

Un cúmulo globular es una estructura de unas cien mil estrellas que ha perdurado después del nacimiento de las galaxias (*)



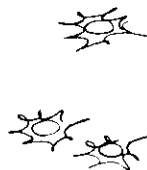
Pero las galaxias están salpicadas de pequeños cúmulos recientes en proceso de dispersión relativamente rápida



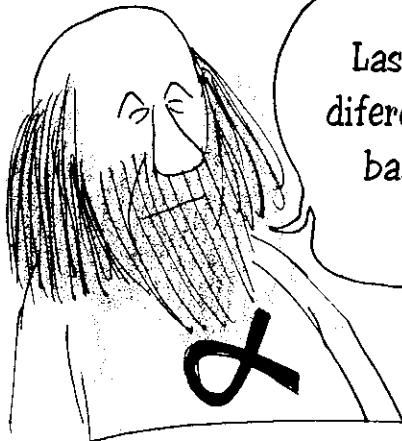
Estos minicúmulos representan cavidades con bordes poco acentuados, de las que las estrellas, aceleradas por el juego de azar de las colisiones, pueden escapar con relativa facilidad



Cuando el cúmulo se desintegra, las estrellas parten al azar a través de la galaxia, solas o en parejas (**ESTRELLAS DOBLES**)



(*) El tiempo de evaporación de un cúmulo colisional es proporcional a su masa.



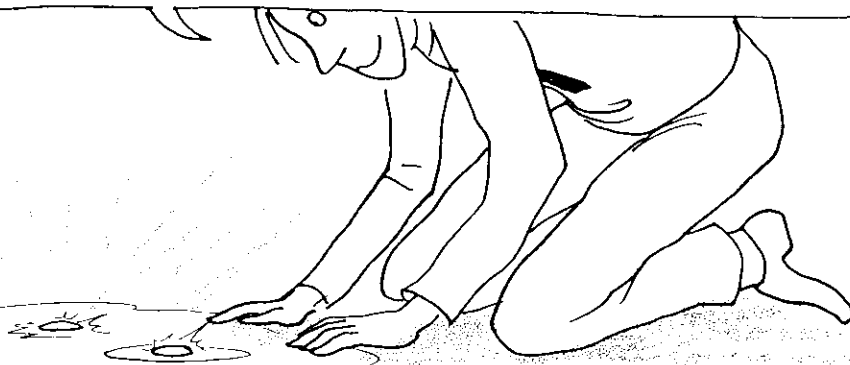
Las formaciones de dos estrellas, de masas semejantes o diferentes, son sistemas **ESTABLES**. Estos sistemas binarios, bastante numerosos en las galaxias, son la señal de una antigua pertenencia a un cúmulo de estrellas

¿Supongo entonces que las galaxias deben perder lentamente sus estrellas...?

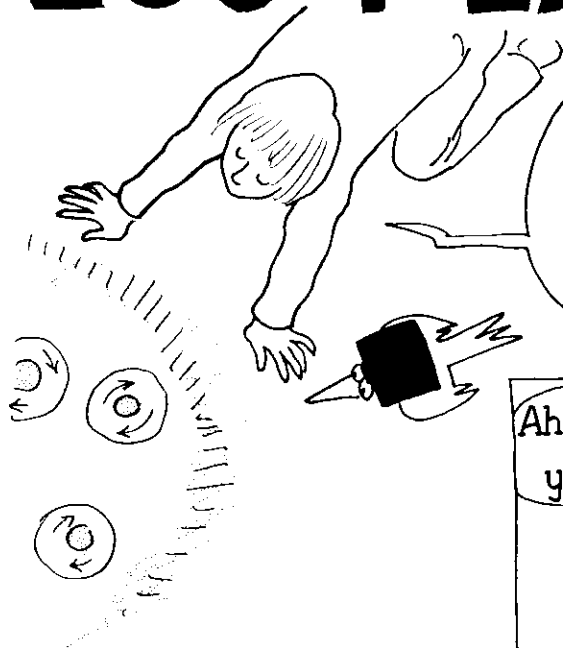
Para que eso ocurra se requiere que las estrellas alcancen supervelocidades, superiores a la velocidad de escape, mediante el juego de las **COLISIONES**. Pero esparcidas a través de la galaxia, las estrellas forman un ensamble totalmente **NO COLISIONAL**, y prácticamente nunca vuelven a encontrarse. Por eso las galaxias no pierden estrellas

Todo sumado, prefiero eso y no lo otro...

Estoy observando este pequeño cúmulo de estrellas que acaban de nacer. En el fondo, se comportan como nuestras jóvenes galaxias. Son calientes y están rodeadas de un sutil halo de gas y de polvo, algo así como su atmósfera...

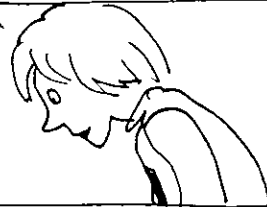


LOS PLANETAS

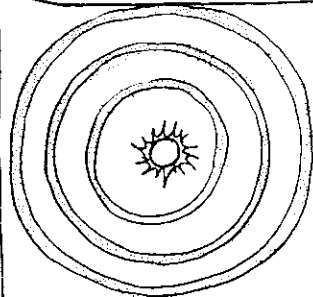


Nuestras jóvenes estrellas ejecutan un vaivén en su minicúmulo, como huevos en el fondo de una sartén bien aceitada. Las colisiones ponen sus pequeños halos en rotación

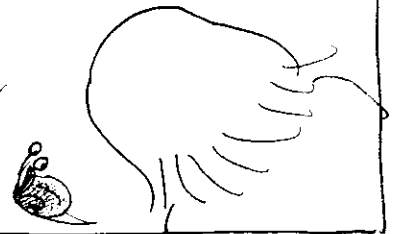
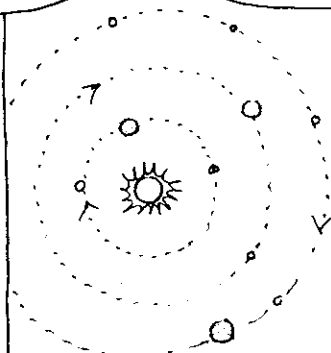
Ahora el cúmulo se ha desintegrado como una espora y las estrellas se han calmado. Voy a seguir una



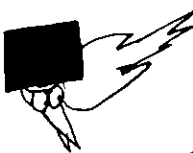
La fuerza centrífuga obliga a los polvos del halo a caer nuevamente hacia la estrella, y a alinearse en anillos concéntricos



En cada círculo, en cada órbita, se forman **PLANETAS**

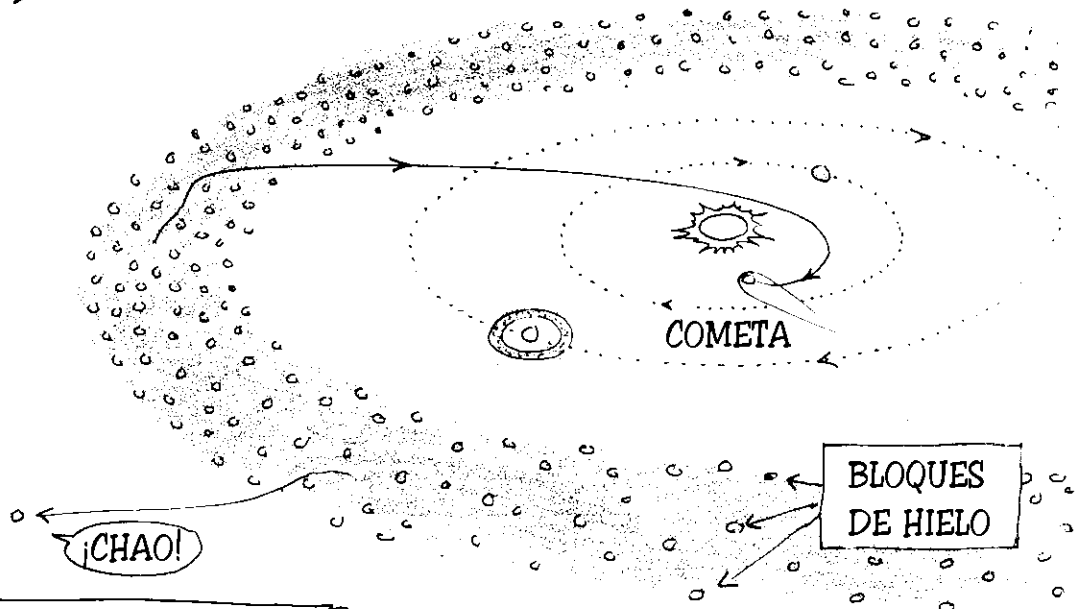


En una misma órbita, el planeta más grande capturará a los planetas más livianos y los convertirá en sus satélites



Y listos. El ciclo se completa

La parte **GASEOSA** de esta **ATMÓSFERA ESTELAR PRIMITIVA** se va a condensar en una especie de **HALO DE NIEVE SUCIA**. Cada cierto tiempo se produce una colisión entre dos elementos de este cinturón. O bien el bloque se acelera, en cuyo caso abandona el **SISTEMA SOLAR**, o bien se frena, en cuyo caso, al "caer" hacia el centro del sistema, se convierte en un **COMETA**



¿Y si viéramos estos **PLANETAS** más de cerca?



¡Pero entonces eso quiere decir que en el momento de su formación, los planetas eran unos **REACTORES NUCLEARES...!**?

¿Por qué **ERAN**?
¡Aún lo son hoy día!
¿O cómo crees tú que la Tierra mantiene su núcleo en fusión?

PLOTCH!

¡Epa!

Está bastante caliente por efecto de todos esos meteoritos que la golpean mientras "PONE EN ORDEN SUS COSAS"

Vamos a verlo más de cerca

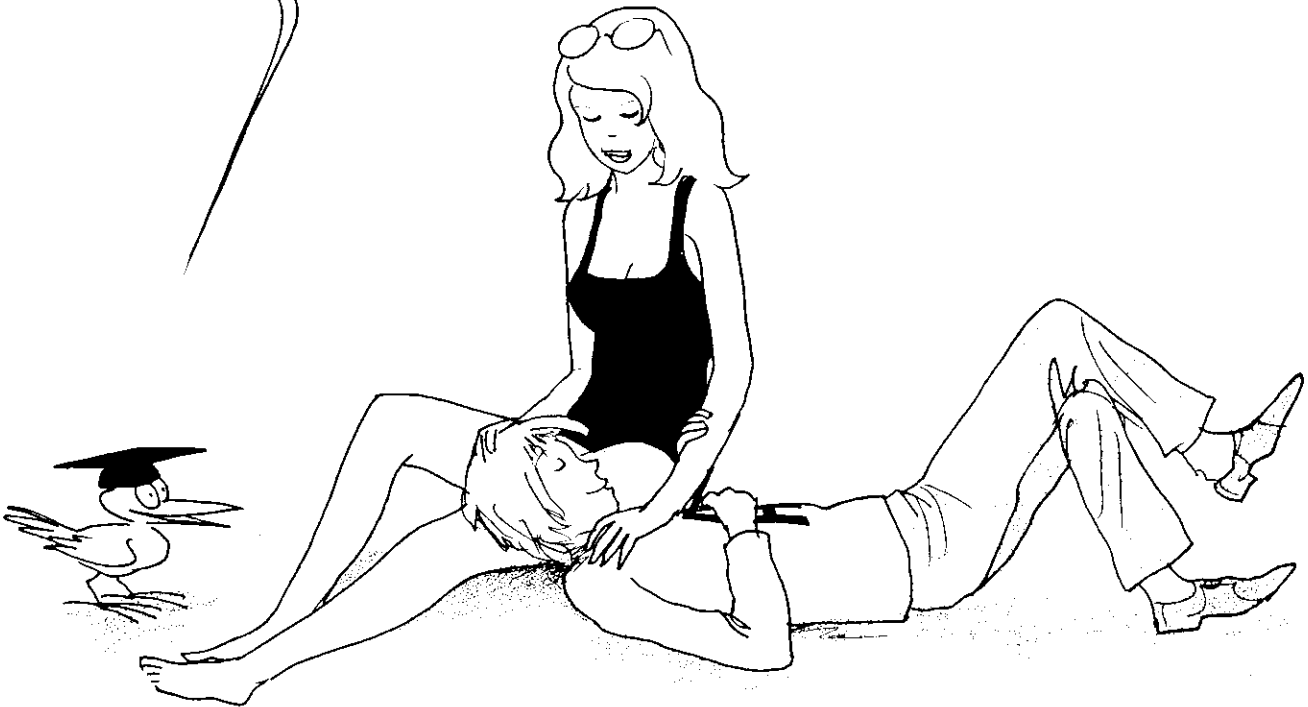


Estamos entonces en un **PLANETA**. Lluvias torrenciales lavan y borran las cicatrices dejadas por los meteoritos. Estamos a $t =$ diez mil millones de años, y la temperatura de la radiación cosmológica ha caído a **4** grados Kelvin

Ahora podemos embarcarnos y empalmar con una nueva historia: **EL BIOLÓGICÓN**. Aquí Sofia, en directo desde el Cosmos...

FIN

Es posible que el Universo no sea más que una amplia
labor de divulgación científica:
Dios intentando hacernos comprender algunas cosas...



April 19th 1991



Dear Jean-Pierre,
PETIT

Your son, your sun, our petit Petit, is gone.....just for a while. The entire universe is per se alive, life is the fuel of All That Is. "Death" is no more than a non-entity, a fortunate change of vibration, to leave the coarse flesh and blood body for putting an energetic one. There is of course a continuity of consciousness and personal self-identity, but on another environment. We do not live here 15,000 years, thanks God, to shake off routine and boredom, these, yes, a pair of true deaths. By design, a wise and intelligent scheme of things, the Omniversal System has delegated its global authority on the way to the entities from the lowest echelon, in order the electron could take the thrilling risk to evolve towards a quasi-Absolute state of being, protagonizing, along such a powerful cosmic cross-country, the whole gamut of all conceivable situations, experiences and challenges, each time on a fresh planet, vibratory plane or level of reality, assuming on any consecutive vital stretch a different external personality, but preserving the very same real inner identity, being the circumstances at every successive habitat always chosen by oneself, in order to learn, for growth, through trial and error, adventure and experiment. Because I like to think we live simply in the midst of the infiniverse, the most freewillist of all the imaginable universes. The second Petit has said by now good-bye. He has fulfilled his present purposeful task, and his subconscious real self, by means of the splendour or freedom, has chosen to venture a shot in dazzling darkness, to throw himself into the all-encompassing Void, hunting for redeeming his internal world, to fly up, up and away into more excitant cosmic arenas. Petit is now well, my friend. He has not told you adieu but so long. I assure you, from a solemn friendship, that you will meet again your very dear son, with total security; his parting is transitory. He is alive, engaged in a glorious flight as the seagulls of Richard Bach. He is probably at this moment staring directly at your eyes, from his new intangible sphere of existence. You are not powerless to interact with your son. To contact him in his etheric dwelling you possess the weaponry of thoughts and feelings, warm missiles of interdimensional scope. Throw to him beams of affection, closeness, intimacy: your rays of tender concern will hit the mark: the very heart of Petit. This is the maximum help you can gift to him. And to your own peace of mind and self-esteem. Both of you are at present in different mansions of the Lovecracy. But in the course of time father and son will experience the warmth of a delightful re-encounter, a kind of tender algebra of lovic paterno-filial algorithms. So be it, my friend, with my intense son-prayer. You say "I am still crushed by the death of my son". We are all crushed, too, by the death of our hope in perennial Life, the vibrant tissue of Creation. We are condemned forever to everywhere damned life. The only dead thing in the cosmos is death itself. Death is an hallucination in the mind of people who prefer, in the meantime, not to face unavoidable life. As agents of free will, we have the right to believe in death, turning our back to life. Well, life is patient. Quintillions of things in the world of worlds are teeming with the endless ferment of life. Sooner or later, after some perhaps necessary holidays in lazyness, we will return to life, that is, to responsibility, to our growth through living our very life. Astrophysicist Dr. Jean-Pierre Petit, fallen in love with mathematics, maybe he apprehend a better understanding of the inextinguishable fire of life through the smart equation "Life = Light". I am sure your son was, is, a lover of light. The light which dissolves the nonexistent tenebrosity of "death". Summing up, your son is still vibrantly alive, attached to his father by the unperishable bond of love. And, as Emily Dickinson said, "All we know of is that love is everithing".

IGNACIO

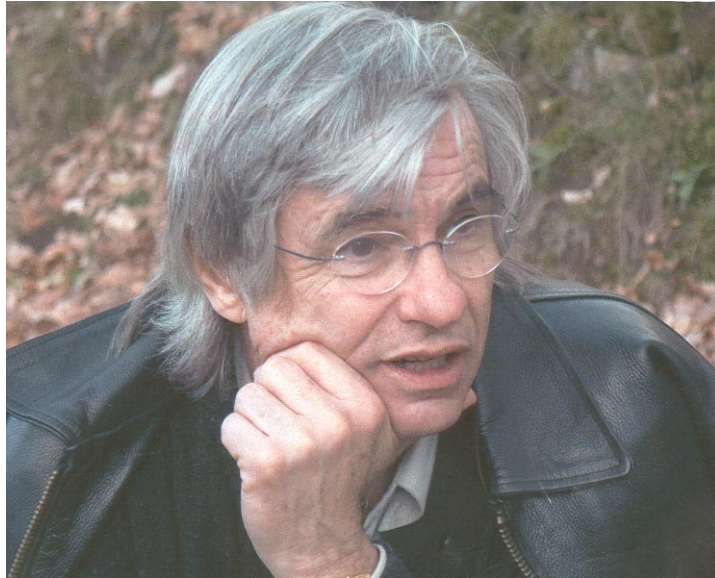
JEAN-PIERRE PETIT

Las aventuras de Anselmo

POR UN PUÑADO DE AMPERIOS



Traducción: Juan Carlos Anduckia



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.


La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.




El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.


PRÓLOGO



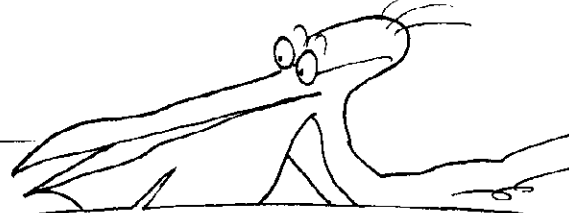
Está lloviendo, así que ni modo de salir




Papel, tijeras, cuerda, ovillo.
¿Qué podemos hacer con todo eso? Nada...



¿De qué hablas?
¡El tiempo está estupendo!




Cierto. Necesitamos un laboratorio real para poder hacer cosas interesantes. ¿Qué tal un ciclotrón?
¿O un láser?




Pero de qué se quejan, si tienen todo lo que necesitan...

¡No estarás insinuando que en esta casa hay todo lo necesario para ilustrar los grandes problemas científicos!

Rutherford (*) solía decir que podía hacer investigación incluso en el Polo Norte



Sí, está bien. Pero... ¿qué podemos hacer aquí?



No me hagan reír, chicos. Me parece que Ustedes ni siquiera podrían explicarme correctamente el funcionamiento de un bombillo.



(*) Físico neozelandés, descubrió el átomo en 1905

Bueno. No entremos en pánico. El filamento del bombillo se calienta debido a que a través de él pasa una **CORRIENTE ELÉCTRICA**

¿Y qué es lo que es una corriente eléctrica?

¡NULOS!
¡Son nulos para esto!

Hmm, la cosa se pone complicada...

¿Pero por qué se calienta el filamento?

INTENSIDAD

Veamos. Pienso que podemos simularlo con la ayuda de una analogía hidráulica

Una vasija de lavado sacada del zarzo, un medidor de agua desconectado...

...Creía que estaban hablando de electricidad

Es fácil. El desnivel h representa la **DIFERENCIA DE POTENCIAL**

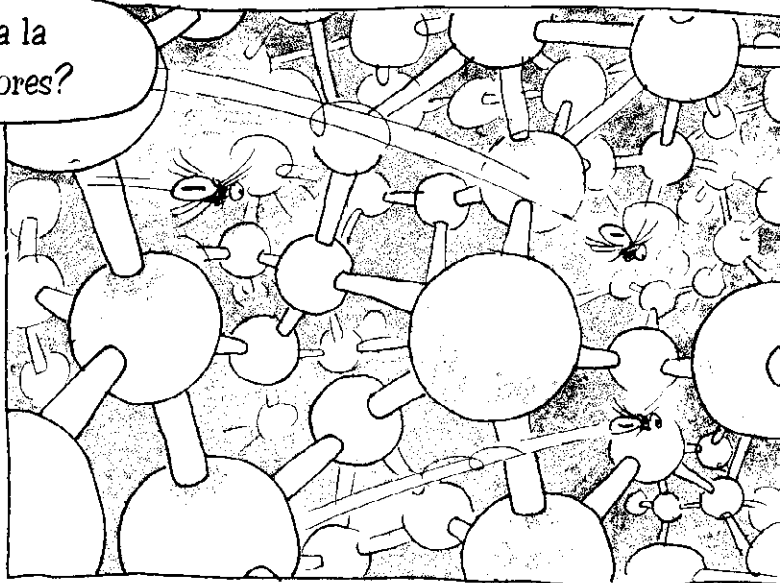
Y la manguera representa la **RESISTENCIA ELÉCTRICA**. Si su longitud es L y su área seccional s , el flujo de salida es proporcional a hs/L

Si hacemos doble la longitud de la manguera, el flujo de salida se reduce a la mitad

RESISTENCIA

Dime, Sofia, ¿qué tipo de fricción limita la velocidad de los electrones en los conductores?

Un hilo de cobre no es un tubo vacío...



En un metal los átomos están fijos y forman una especie de red. Los electrones libres existen a cualquier temperatura y pueden moverse en esta red. Es sólo cuando colisionan con los átomos que su avance se frena, creando un efecto de **RESISTENCIA ELÉCTRICA**

¿Pero por qué se calienta el metal?

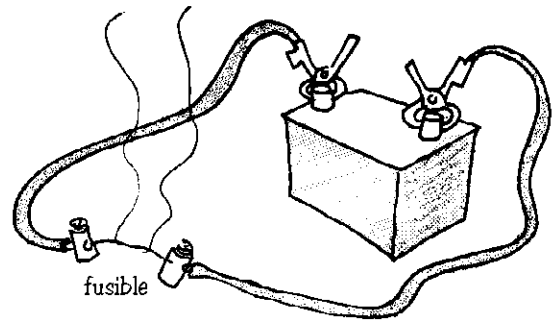
Las colisiones sacuden la estructura atómica y esta agitación se transmite de un átomo a otro creando un efecto de **CONDUCCIÓN TÉRMICA**

Ah, sí, es lo que conocemos como **EFFECTO JOULE**

Todo se aclara...

... A pesar de que todavía no explica por qué el filamento de un bombillo emite luz...

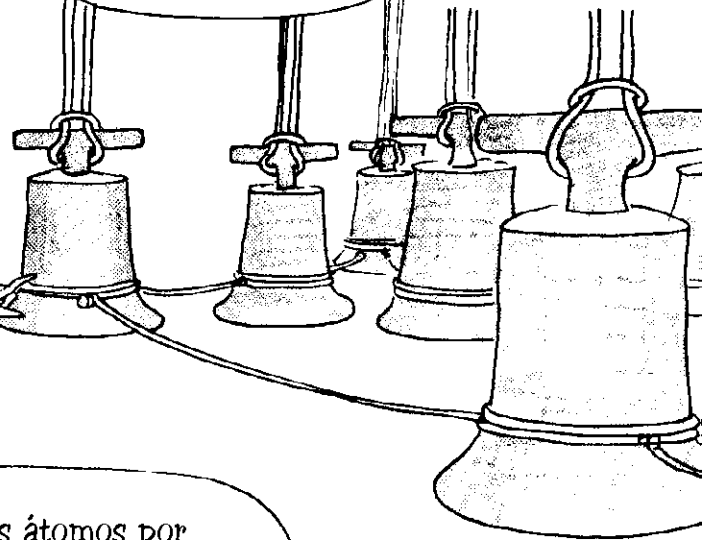
La agitación puede llegar incluso a distorsionar la red metálica, produciendo fusión



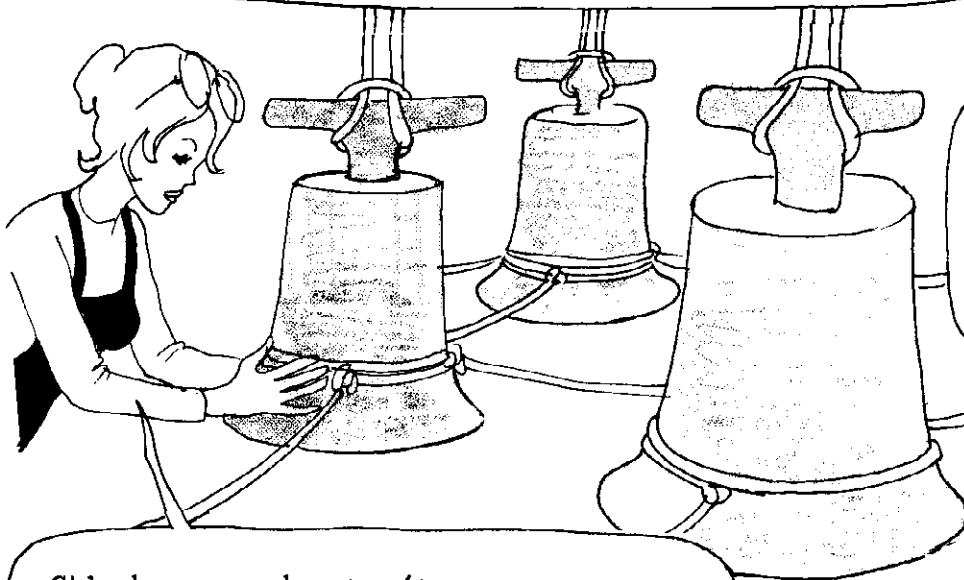
¿Y la luz de dónde viene?



¡Ooops, se quema!



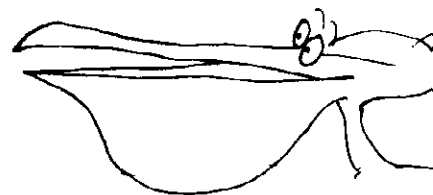
Imagina ahora que representamos los átomos por medio de campanas unidas entre sí con cuerdas elásticas



Es una buena manera de representar el fenómeno de conducción térmica en un sólido



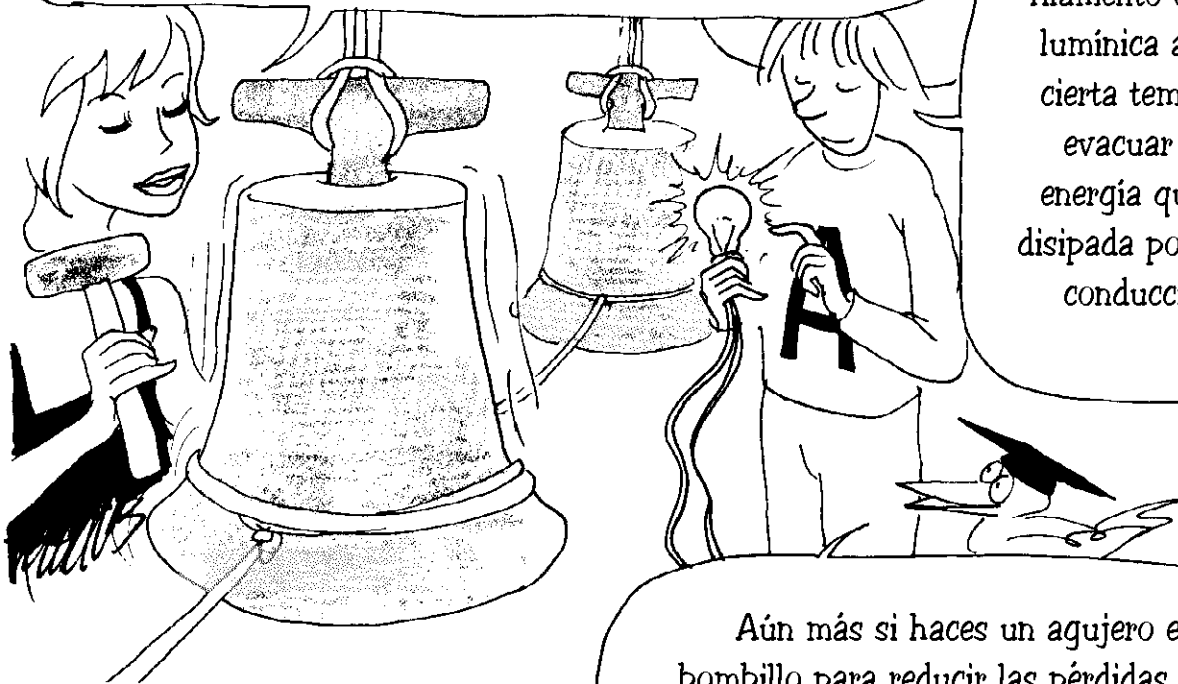
Si le das a uno de estos átomos-campana una serie de empujoncitos suaves, estos se propagarán a toda la estructura por medio del elástico



INCANDESCENCIA

Pero si el empujón es más fuerte, o si se acumula un gran número de empujones, entonces la campana evacuará toda esta ENERGÍA acumulada emitiendo ondas sonoras

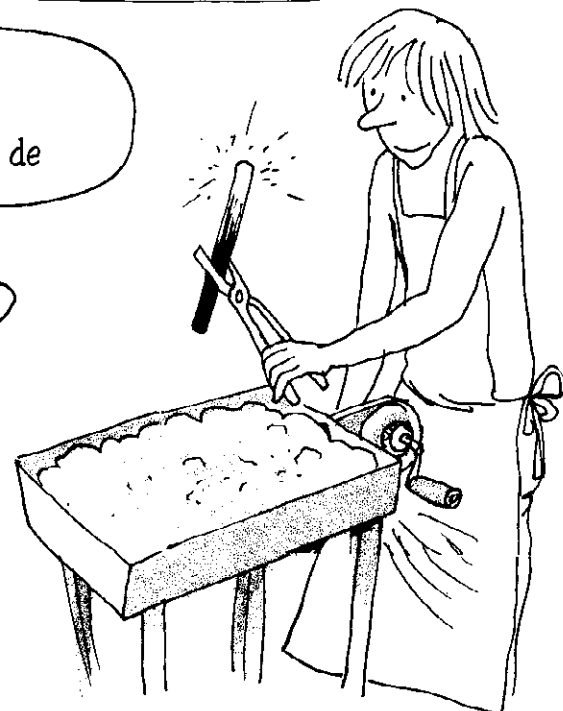
Ok, comprendo: de la misma forma que los átomos en el filamento emiten energía lumínica a partir de una cierta temperatura, para evacuar el exceso de energía que no puede ser disipada por el fenómeno de conducción térmica



Aún más si haces un agujero en el bombillo para reducir las pérdidas de calor por conducción térmica

La emisión de energía por radiación será tanto más intensa cuanto mayor sea la temperatura del sólido. Por esto para los filamentos se usan materiales como el tungsteno, que pueden resistir temperaturas de 3000°C sin fundirse

Muy bien. Queda claro que los sólidos calientes irradian energía. ¿Pero por qué se pone ROJA la barra de hierro?



Porque está a una temperatura menor que el filamento del bombillo. Una plancha también irradia energía.

Pon la cabeza en esta sartén cromada. Verás que refleja la energía irradiada (*) por tu piel.

Es verdad, lo puedo sentir

Tú también irradas...

¿También yo irradio...?

Mi querido Tiresias... Dado que eres un animal de sangre fría, dudo mucho que emitas mayor cosa

De hecho, la única manera en que los átomos de un sólido dejan de vibrar y de emitir energía es cuando este se encuentra a la temperatura del CERO ABSOLUTO, que es un estado de mínima energía.

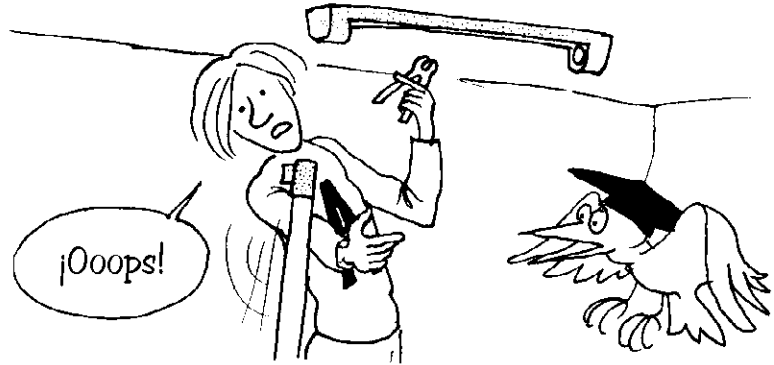
(*) Este tipo de radiación no visible, emitida por medios o cuerpos a baja temperatura, se llama radiación INFRARROJA

Bien, ahora que sabemos todo acerca del bombillo, pienso que podemos comenzar a develar todos los secretos de esta modesta casa



Anselmo, la luz de la cocina se fundió.
¿Podrías cambiarla?

EL TUBO DE NEÓN



¡Ooops!



¿Y esto?!

No hay filamento en este tubo...

No lo necesita...

... Los átomos de neón en el tubo se desprenden de la energía que reciben de los impactos de los electrones que viajan a través del tubo

¡Claro!
¿O acaso cómo crees que funcionan el horno a gas, el fuego y el sol?



¿Pueden emitir luz los átomos de un gas?



Por supuesto



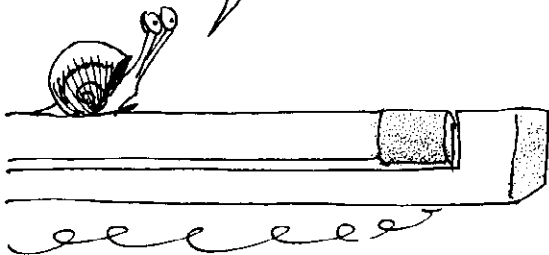
En un gas caliente, es la colisión entre las moléculas resultante de la **AGITACIÓN TÉRMICA** la que origina la emisión de luz



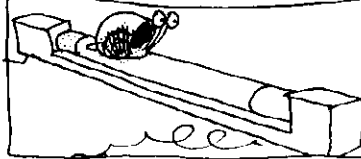
Así es. No puede ser tan complicado. Se conecta el tubo, una corriente fluye a través suyo, el gas se calienta y emite luz



Sólo hay un problema, Anselmo... y es que el gas permanece frío con el tubo funcionando



Tienes razón. Algo me está faltando...

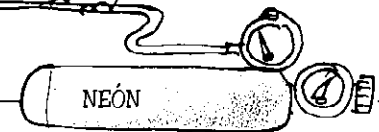
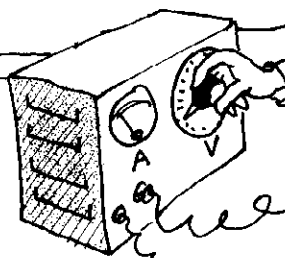


CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En estos casos la guía más segura es el experimento. Pongamos un poco de neón en un tubo. Pondré un electrodo en cada extremo y los conectaré a un generador eléctrico



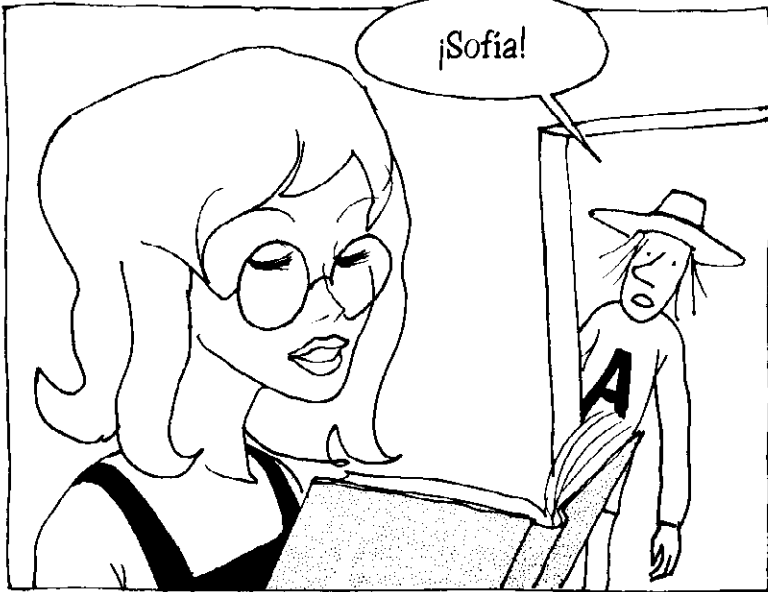
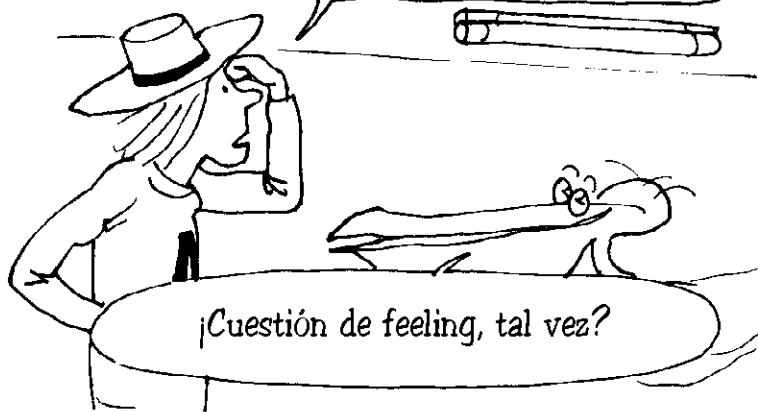
Me encantan los experimentos



Ponemos el neón a la presión atmosférica



¡Pero si por el tubo de neón de la cocina pasa un amperio a doscientos veinte voltios!



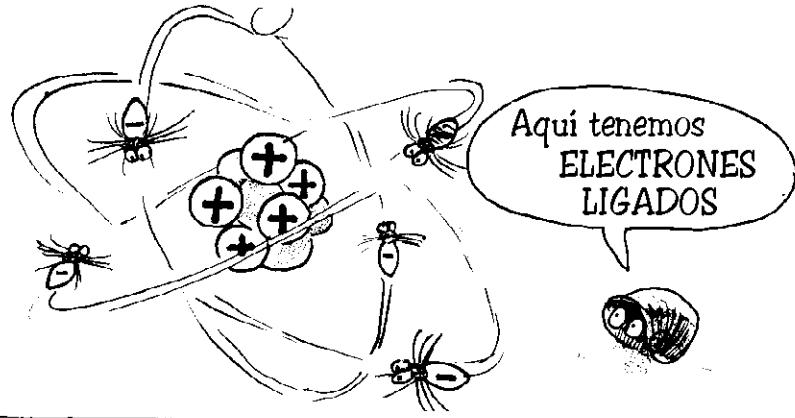
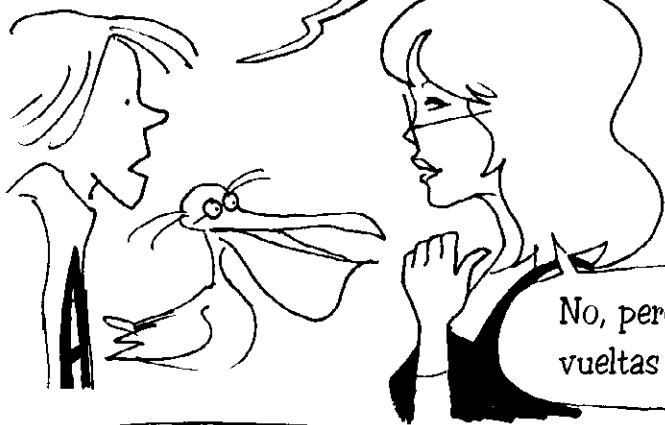
En un **CONDUCTOR**, el paso de una corriente eléctrica se debe al movimiento de **ELECTRONES LIBRES**



¿Pero por qué la corriente pasa a través de un metal?



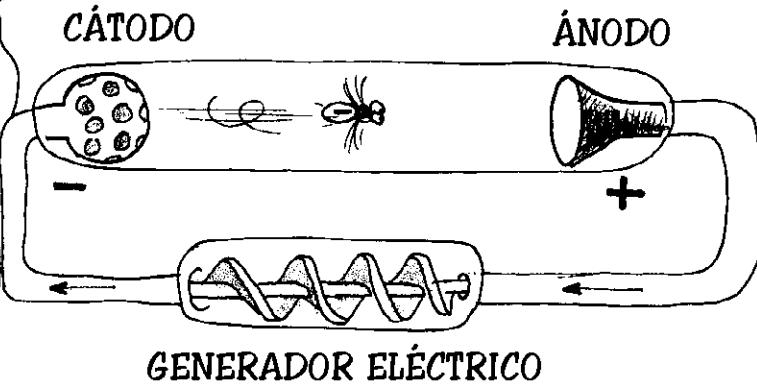
¿Quieres decir que no hay electrones en un gas a baja temperatura?



No, pero la mayor parte de ellos está ocupada dando vueltas en sus órbitas, en torno a los núcleos de los átomos

¿Y qué es lo que hace circular a los electrones?

Son puestos en movimiento por el GENERADOR, que actúa como una bomba



Bueno, ¿entonces cuál es el problema?

Perfecto, funciona

Tiresias, quitate de ahí

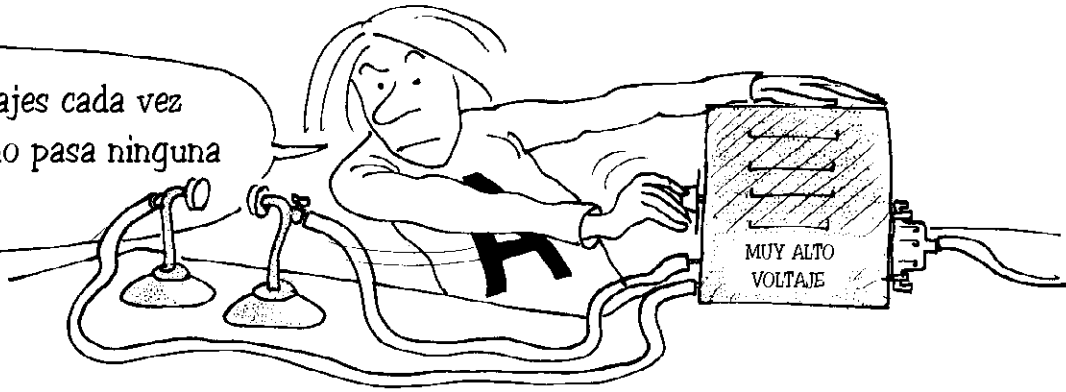
¡Ouch!

Anselmo encontró una BOMBA ELÉCTRICA

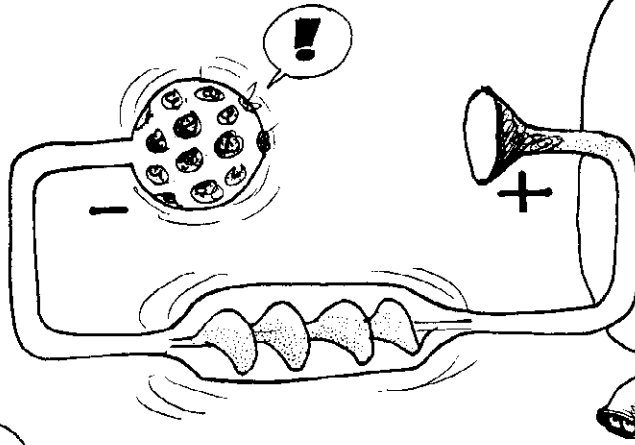
Es un generador de alto voltaje de corriente directa

EL ARCO ELÉCTRICO

Qué curioso. ¡Escojo voltajes cada vez mayores y sin embargo no pasa ninguna corriente eléctrica!

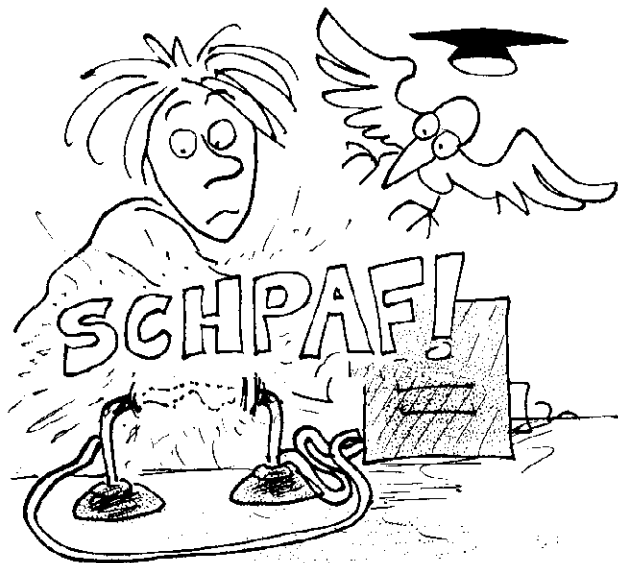
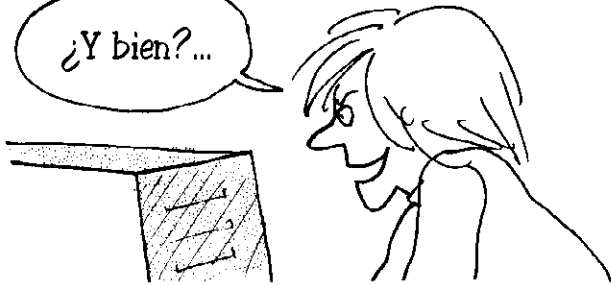


Veinte mil voltios...
treinta mil...



Incrementando el voltaje en el generador, Anselmo aumenta la "presión electrónica" en el cátodo

¿Y bien?...



¿Se puede saber qué fue lo que pasó?

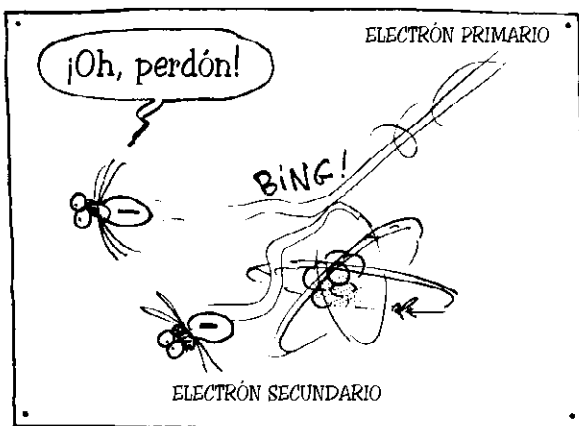
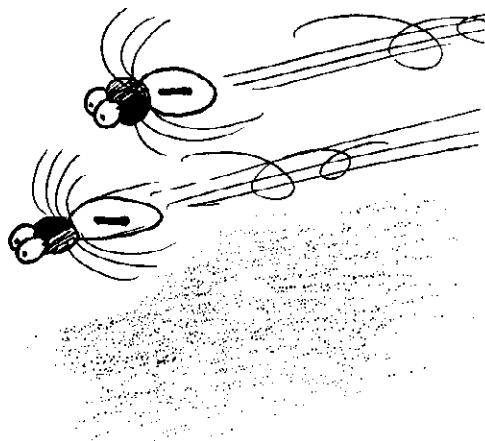


¿Estás bien?

Nos podemos ir, se acabó todo

LA AVALANCHA ELECTRÓNICA

Un generador eléctrico crea entre sus electrodos un CAMPO ELECTROMOTRIZ que tiende a mover los electrones libres. Incluso en un gas a una temperatura ordinaria, existe un pequeño número de ellos que va a ser voluntariamente atraído del cátodo hacia el ánodo. Acelerando en sus colisiones con los átomos, estos electrones, llamados primarios, van a adquirir una cierta energía (cinética) para poder arrancar los electrones ligados a los átomos, transformándolos en nuevos electrones libres

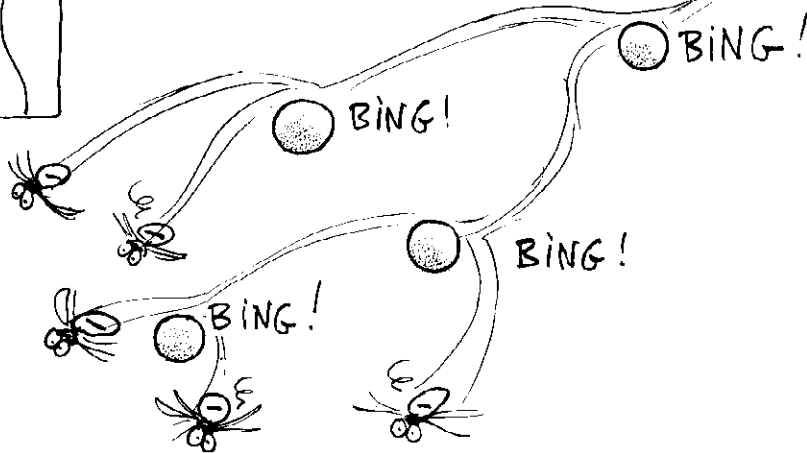


Cada electrón liberado en la colisión se convierte en un **ELECTRÓN LIBRE**, y acelera de la misma manera

Cada electrón inicial, primario, puede así dar origen a un buen número de nuevos electrones secundarios



A eso le llamamos la **AVALANCHA ELECTRÓNICA**

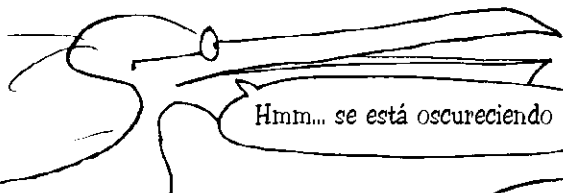




En el experimento anterior, eso quedó demostrado por un repentino aumento en la intensidad del flujo de electrones

En otras palabras, repentinamente el gas entre los electrodos se convirtió en un buen conductor. Y el generador, entrando en **CORTO CIRCUITO**, se quemó

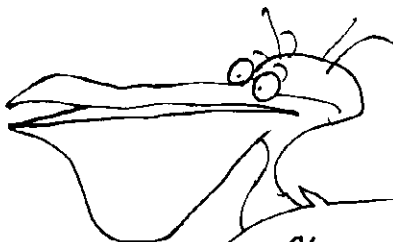
En el aire, una **DESCARGA** de este tipo ocurre cuando, a la presión atmosférica, la diferencia de potencial alcanza 30.000 voltios por centímetro



Hmm... se está oscureciendo

BOUM!

El **RAYO** es un arco eléctrico que se produce cuando la diferencia de potencial entre la nube y la tierra sobrepasa este umbral de descarga



¿Cómo puede la electricidad hacer tanto ruido?

En el arco eléctrico hay una violenta liberación de calor que crea una **ONDA DE CHOQUE**

Pero todo eso no resuelve mi problema, ni explica por qué pasa una corriente eléctrica por el tubo de neón de la cocina

¡El misterio continúa!

CAMINO LIBRE PROMEDIO

Veamos. La avalancha electrónica se produce cuando el electrón se las arregla para adquirir suficiente energía en función del espacio, a lo largo de su trayectoria...



¡Vaya, esto está lleno!

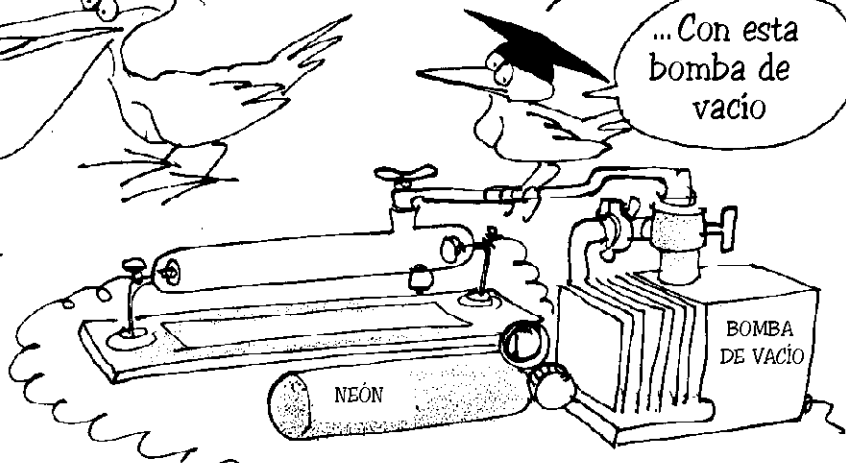
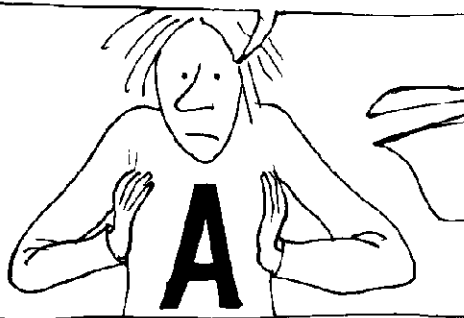
A la que llamamos CAMINO LIBRE PROMEDIO

Me parece que si logro aumentar este camino libre promedio del electrón, este acelerará por más tiempo y adquirirá mayor energía

Pero... ¿cómo aumentas este camino libre?

¡Fácil, sólo tienes que disminuir la densidad del gas!...

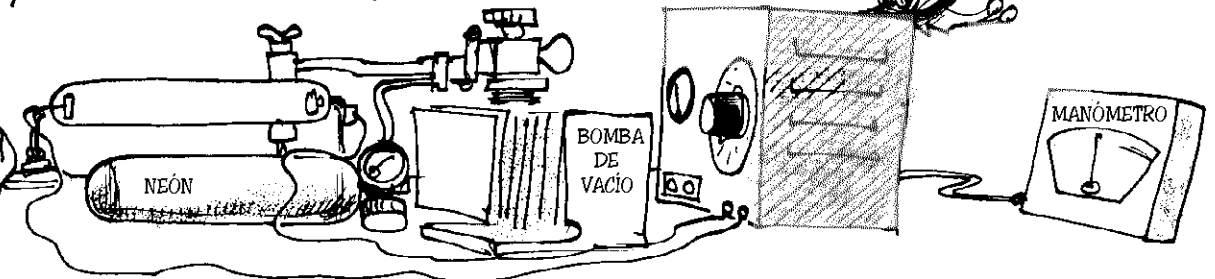
... Con esta bomba de vacío



Escojo doscientos voltios y bombeo

PATAFLOUP
PATAFLOUP
PATAFLOUP

La presión disminuye...

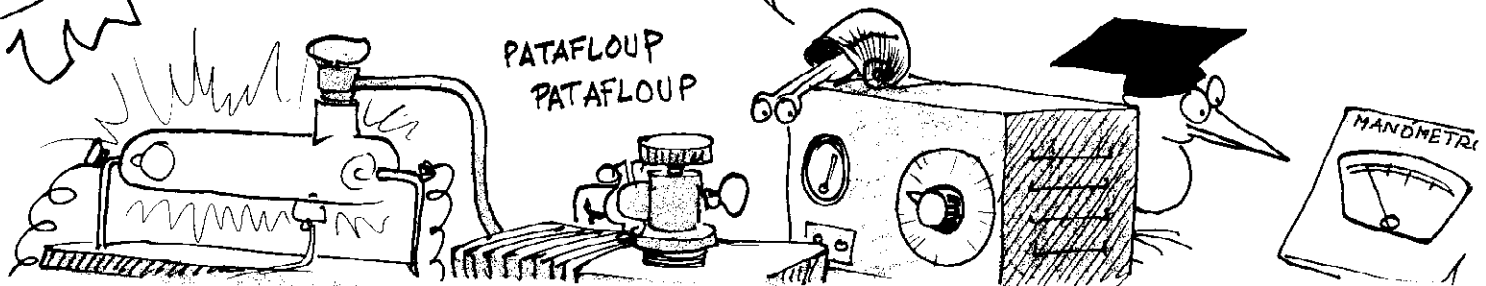


¡YUUPI!

¡Sofía, el tubo se ilumina!

La presión ha caído a diez milésimos de atmósfera

¡Y pasa una corriente!



Con una presión y una densidad así de bajas, un voltaje de doscientos voltios aplicado a un tubo de cincuenta centímetros es suficiente para crear la avalancha electrónica



IONIZACIÓN

DESIONIZACIÓN

En esta... avalancha de la que hablas hay una creación continua de electrones libres. Pero si la descarga se prolonga, al final no habría más que electrones libres, ¿no es así?

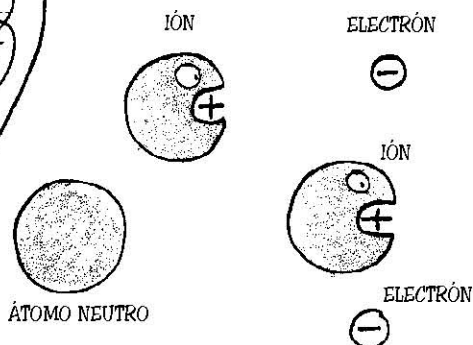


No

¿Todos los átomos estarían ionizados al final?

Como puedes ver, León, todo electrón que se libera deja una carga positiva tras de sí. A este átomo cargado se le llama IÓN

Pero... cargas con signos contrarios se atraen, ¿o no?



Así es. Los electrones tienden a regresar a los átomos, neutralizándolos. Este fenómeno se conoce como DESIONIZACIÓN

Y la creación simultánea de electrones libres e iones constituye el fenómeno de IONIZACIÓN

En la desionización el eventual exceso de energía cinética se disipa en forma de radiación, la cual contribuye a la emisión de luz en el gas

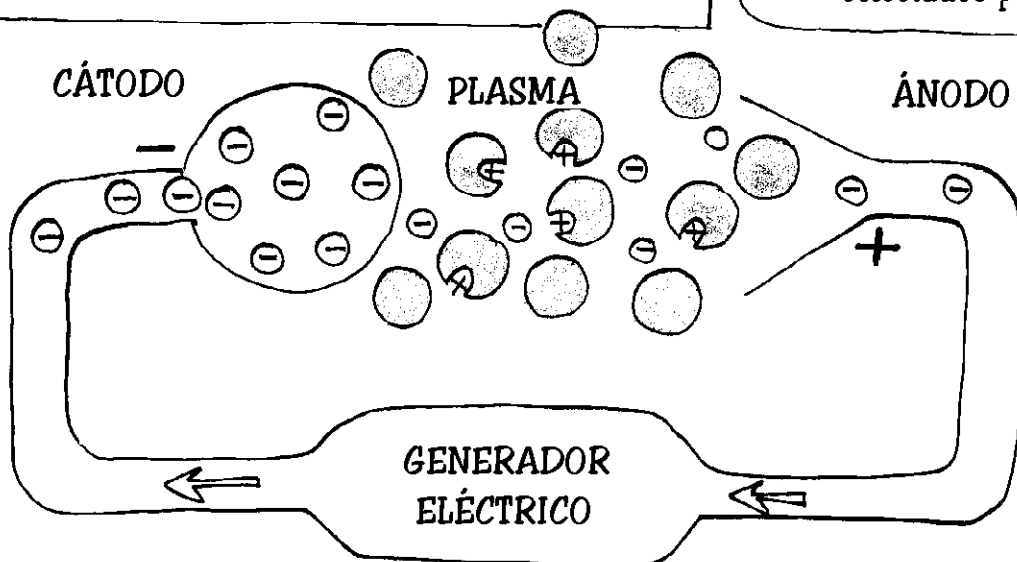


EL PLASMA

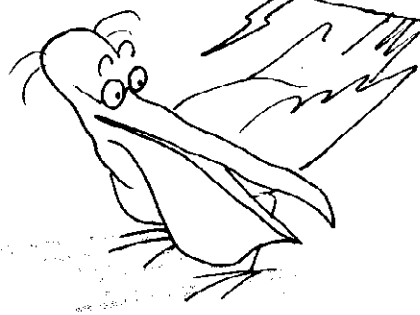
Resumamos. Una especie de bomba de electrones, llamada generador eléctrico, enriquece un **CÁTODO** de electrones. Esta carga catódica actúa sobre los electrones del gas y los acelera creando continuamente nuevos electrones libres mediante el efecto de avalancha electrónica. Cuando los fenómenos de **IONIZACIÓN** y de **DESIONIZACIÓN** se equilibran, se obtiene una mezcla de iones, de electrones y de átomos neutros llamado **PLASMA**, eléctricamente neutro.



La corriente de electrones circula. Estos son emitidos por el cátodo y colectados por el ánodo



¡Santo cielo, entonces cuando enciendo una luz de néon estoy creando un **PLASMA**!



¡Es increíble lo que puedes encontrar en una casa!



¡Plasma!?!



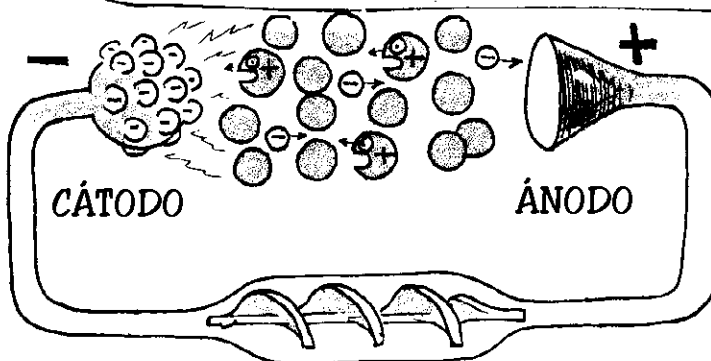
Un tubo de neón encendido contiene un plasma. Max dice que el sol es un plasma, una gran bola de gas ionizado. ¿Pero por qué el sol es caliente, mientras que el tubo de neón se mantiene frío?

En un plasma "frío" son los choques de los electrones con los átomos los que mantienen la ionización, mientras que en el sol son las colisiones entre los átomos. Necesariamente están en un estado de agitación y por eso el gas se calienta

En el tubo de neón se produce una **IONIZACIÓN NO TÉRMICA**

Pero en un plasma de ese tipo hay dos tipos de cargas: los electrones y los iones. En principio, la fuerza eléctrica actúa sobre los dos, ¿no?

Exacto. El campo eléctrico que reina dentro del tubo y que pone las cargas en movimiento atrae los electrones en un sentido

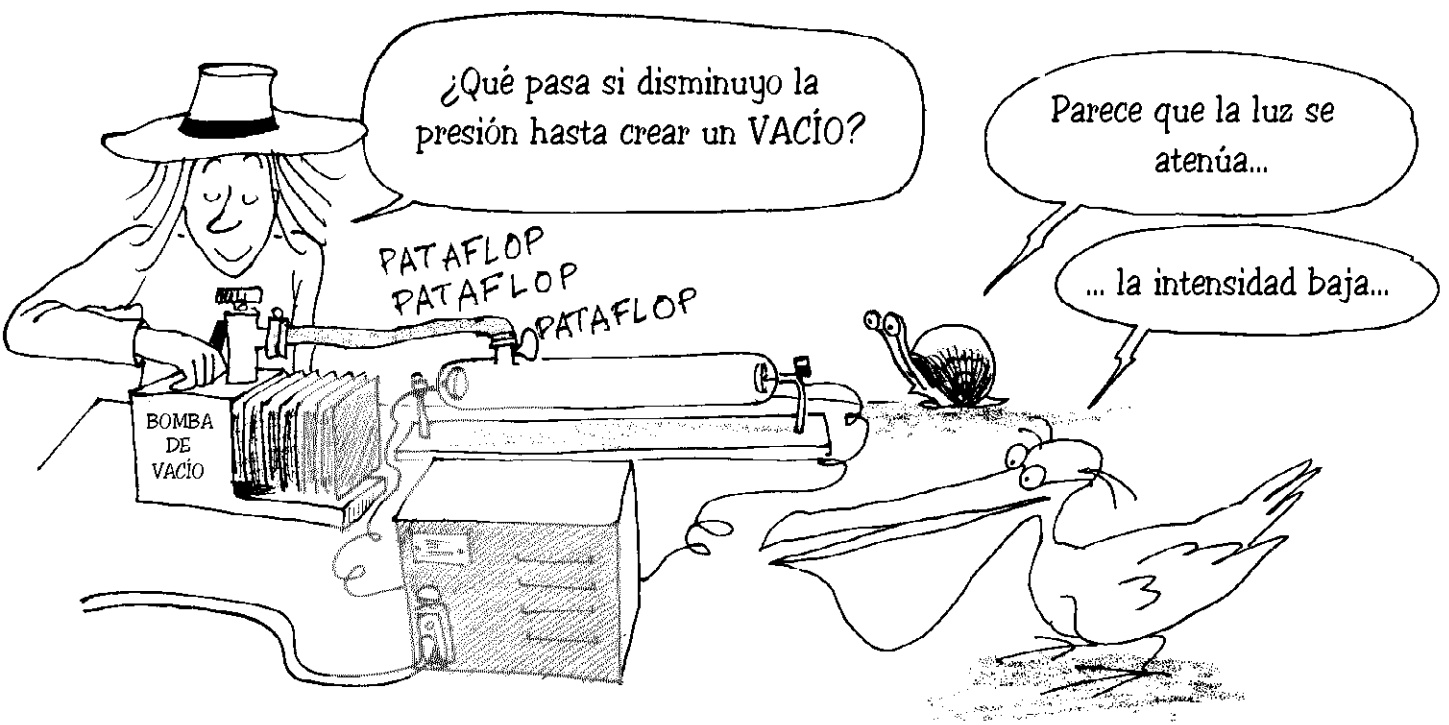


y los iones en el otro. El campo se debe a la acumulación de electrones en el cátodo, debida a la "presión" electrónica

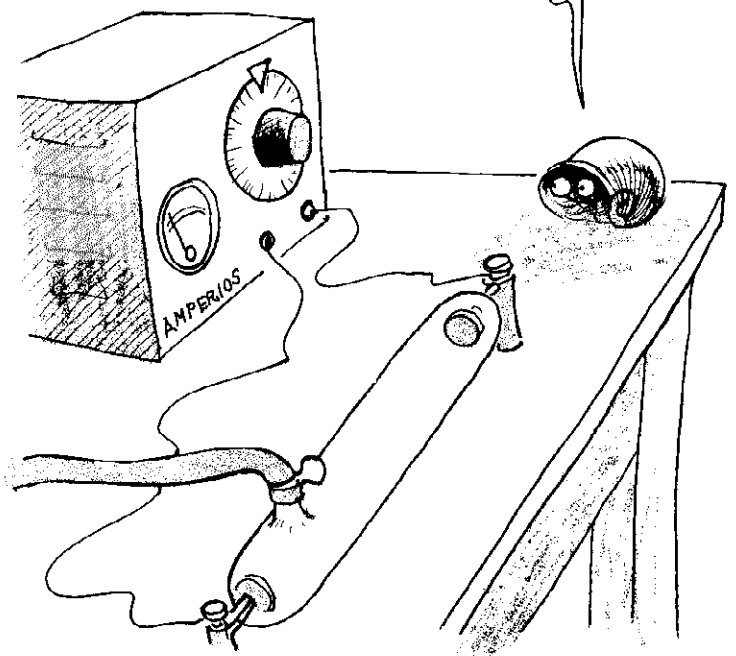
La colisión con los átomos neutros frena el avance de las cargas. Sólo los electrones, ligeros y móviles, logran encontrar un camino en medio a ese desorden

Eso quiere decir que en el tubo de neón la **CORRIENTE IÓNICA** es despreciable comparada con la **CORRIENTE ELECTRÓNICA**

EMISIÓN CATÓDICA

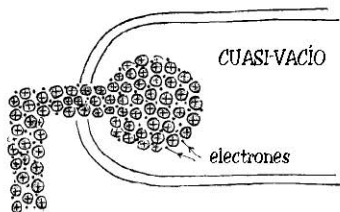


No comprendo. A una alta presión, nada funcionaba, pero a un presión baja empieza a funcionar. Pero si ahora comenzamos a bajar la presión la corriente se debilita. Como si el cátodo encontrara cada vez más difícil expulsar sus electrones.

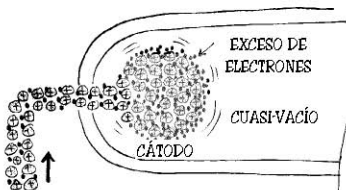


¿Por qué?





El cátodo es un pedazo de metal hecho de núcleos de átomos con carga positiva y electrones



átomos del cátodo



¿Vienes, querida?

iones del gas

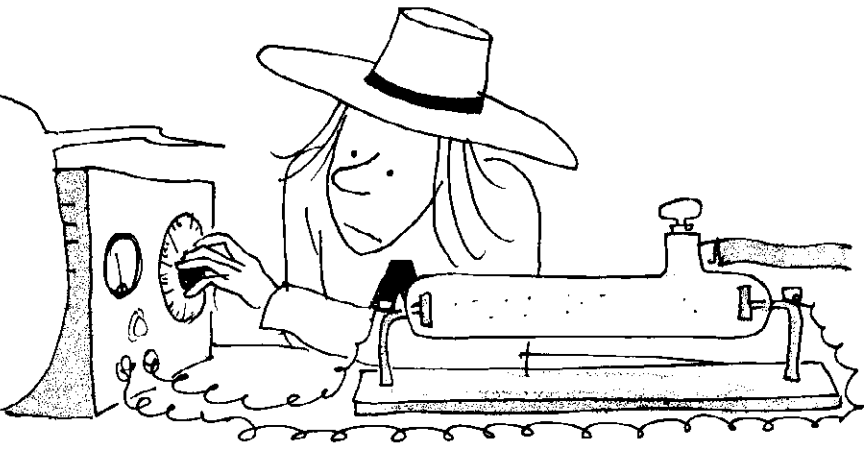
Un generador eléctrico tiene como efecto acumular electrones libres en el metal del cátodo. Pero si el voltaje es insuficiente, la presión electrónica es muy débil como para permitir a los electrones anclarse en los átomos del metal

En cambio, si hay átomos del gas en estado ionizado ayudarán a los electrones a escapar

Pero si el gas es muy denso, no pasará más la corriente. Lo que indica que existe una presión óptima(*)

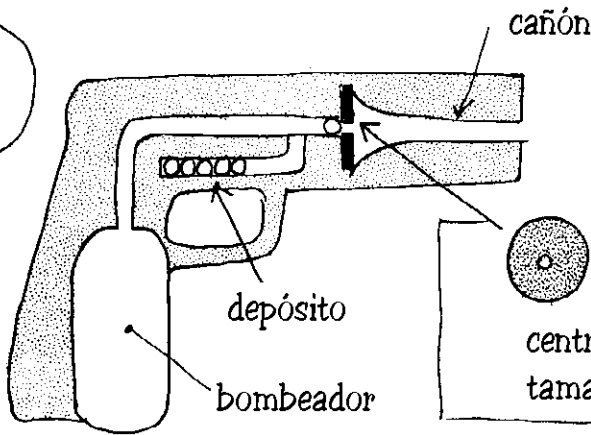
(*) El mínimo de Paschen

Cuando hay casi vacío en el tubo, hay que aplicar un voltaje de varios miles de voltios para que sean emitidos unos cuantos electrones del cátodo

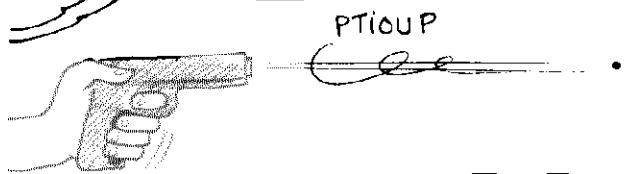


Este voltaje no depende del metal de que está hecho el cátodo

Esta es una vieja pistola NEUMÁTICA



Cuando se aprieta la cacha, la membrana se deforma y el balín es expulsado con fuerza

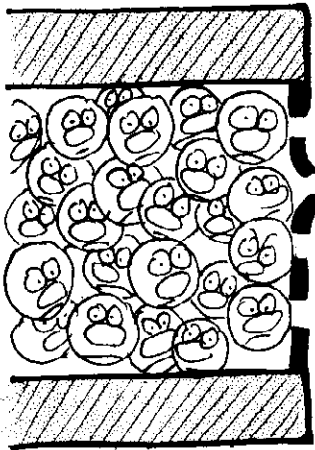


Como cuando uno escupe la pepa de una cereza

¡Cuidado, ahí voy!

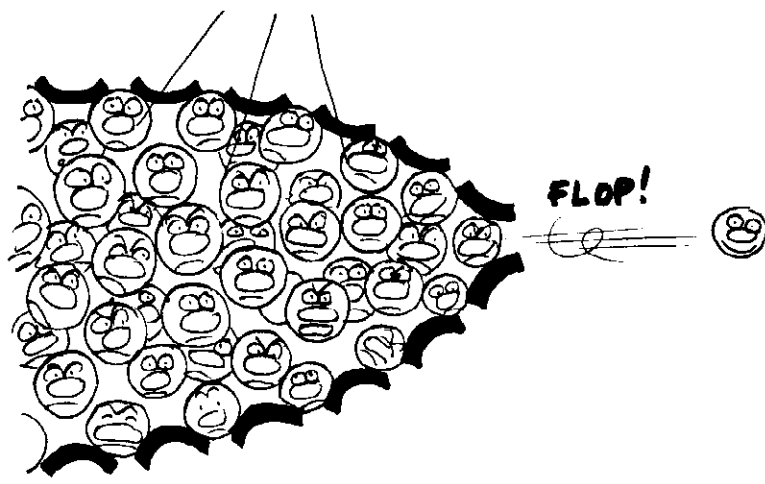
FTIUP!

Cuando un cátodo emite, se comporta como una especie de coladera con una gran cantidad de orificios a través de los cuales los electrones son expulsados con violencia por la "presión electrónica"

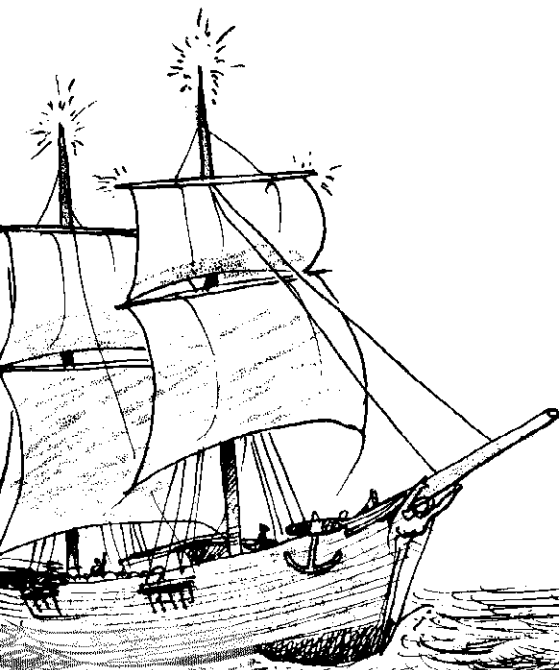


EL EFECTO DE LOS PUNTOS

ELECTRONES

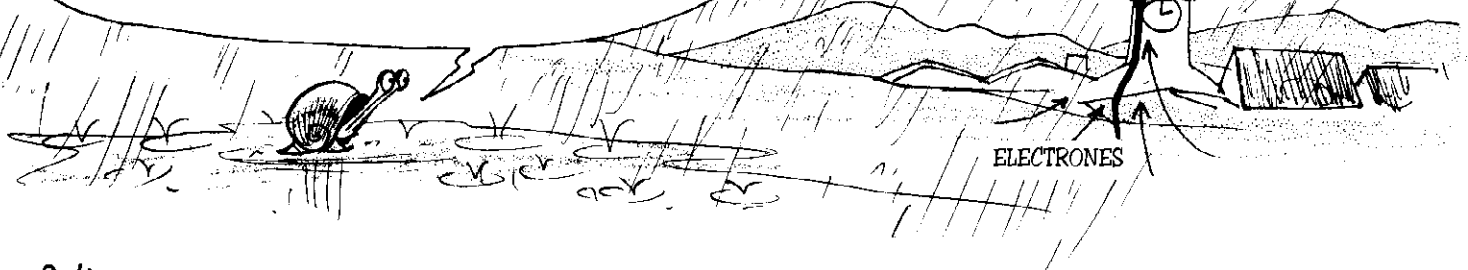


Normalmente, las balas-electrones
atravesarán más fácilmente la pared
elástica donde esta esté curvada



Bajo ciertas condiciones
meteorológicas, esto
produce, en el mar, en los
extremos de los mástiles y
las vergas, lo que conocemos
como FUEGO de
SAN TELMO ...

...Y explica también por qué el rayo,
de preferencia, toma el camino de los
pararrayos



Volvamos a las descargas en los tubos de vacío

Podemos facilitar ampliamente la emisión electrónica calentando el cátodo, por ejemplo haciendo circular a través de él una pequeña corriente, como se aprecia aquí, con un segundo generador de bajo voltaje (una simple batería es suficiente)

CORRIENTE PARA CALENTAR EL CÁTODO

CÁTODO CALIENTE

EMISIÓN TÉRMICA DE ELECTRONES EN EL VACÍO

CORRIENTE DE DESCARGA EN EL TUBO

BOMBA PRINCIPAL DE ALTO VOLTAJE

¡Vaya, qué bien! Es tremendamente eficaz. Puedo hacer pasar una corriente por el tubo con menos de cien voltios

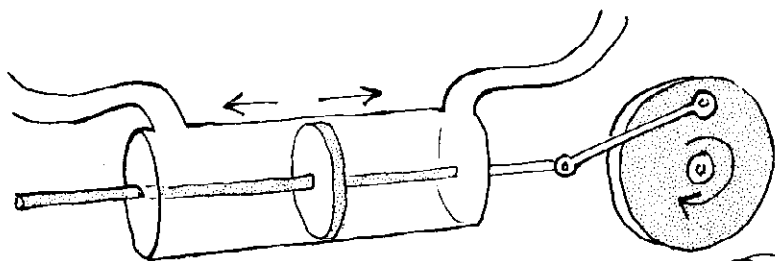
Dinos Sofia, todo esto que estamos tratando de hacer, ¿qué es?

Si, todo este juego con electrones...

¡Eso se llama **ELECTRÓNICA!**



CORRIENTE ALTERNA



Aquí tenemos otro tipo de generador eléctrico-bomba, que funciona de forma alternativa

Se trata de una divertida "bomba" que aspira y sopla alternativamente

Me perdi...

Pero y entonces... ¿dónde pones el ánodo y dónde el cátodo?

Los electrodos desempeñan
alternativamente las dos funciones

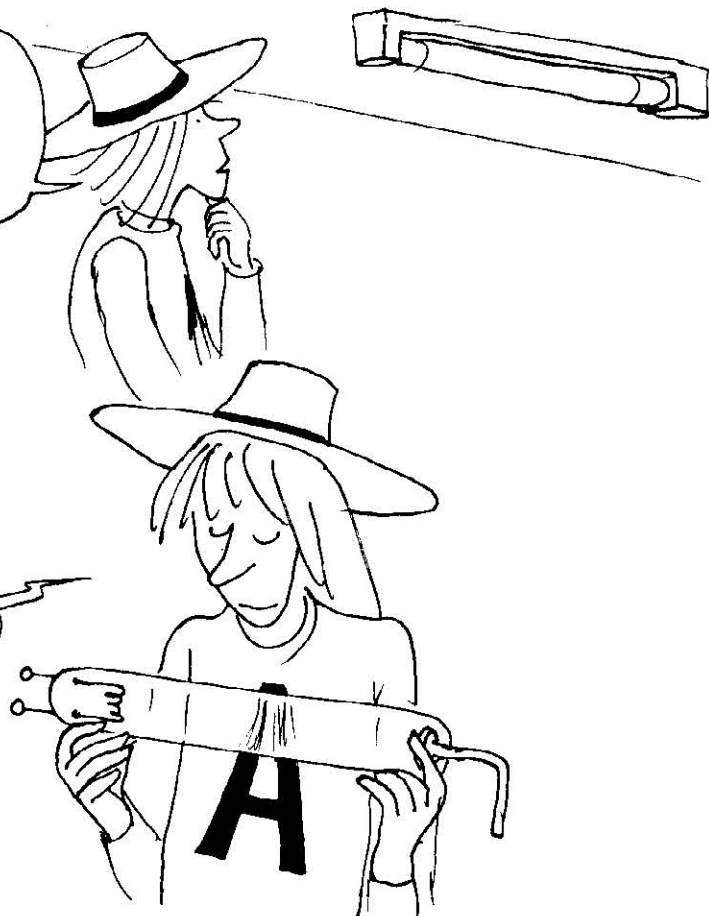
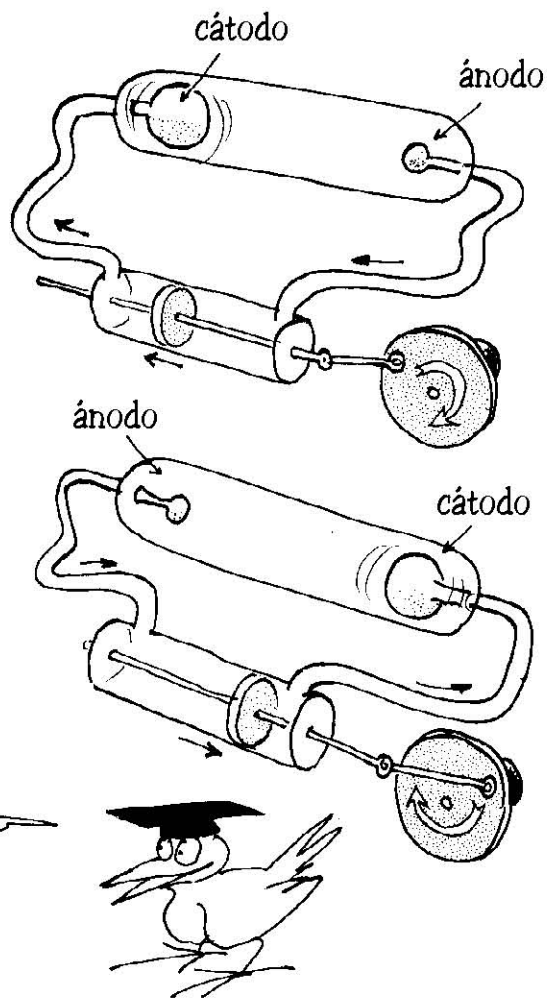
¿Entonces se puede
adaptar todo lo que
dijimos anteriormente?

La avalancha electrónica,
la ionización no térmica
y todo lo demás...

Hum, sí, suena lógico, pues de otra forma no veo
cómo puede funcionar el tubo de neón de la cocina
con 220 V de corriente alterna

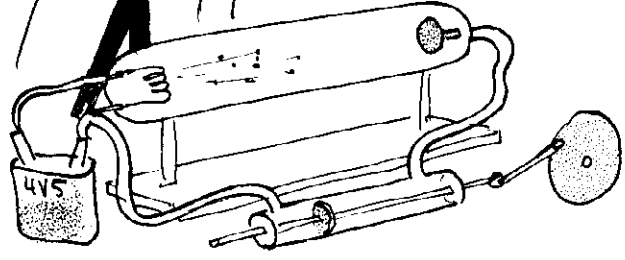
EL DIODO

¿Mas qué sucede si mando corriente alterna al
mismo montaje con un electrodo caliente y con
un electrodo frío?

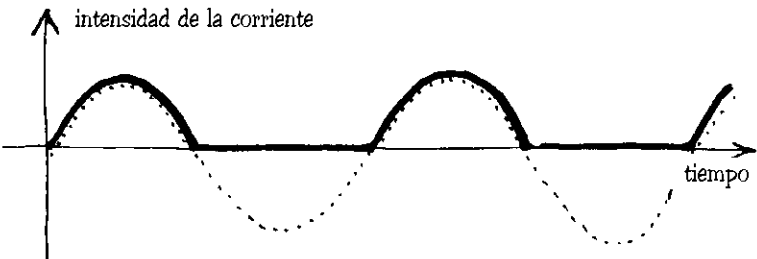




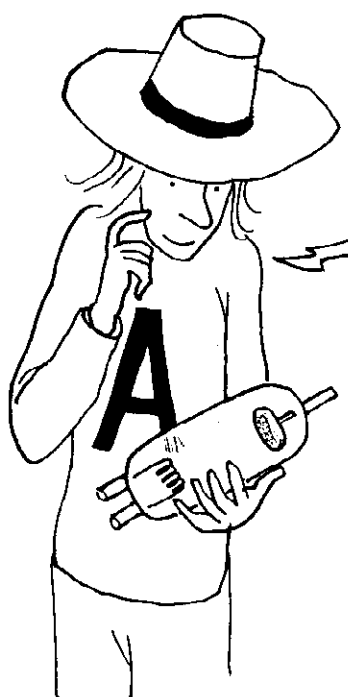
Cuando el electrodo caliente se utiliza como cátodo, emite



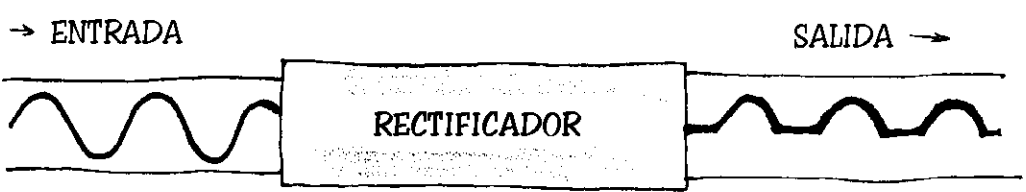
En cambio, cuando queremos que el electrodo frío emita, se rehúsa y la corriente ya no circula.
Anselmo, has fabricado un **RECTIFICADOR DE CORRIENTE**



La línea punteada representa la "presión electrónica" en el cátodo caliente, y la línea negra los electrones por éste emitidos



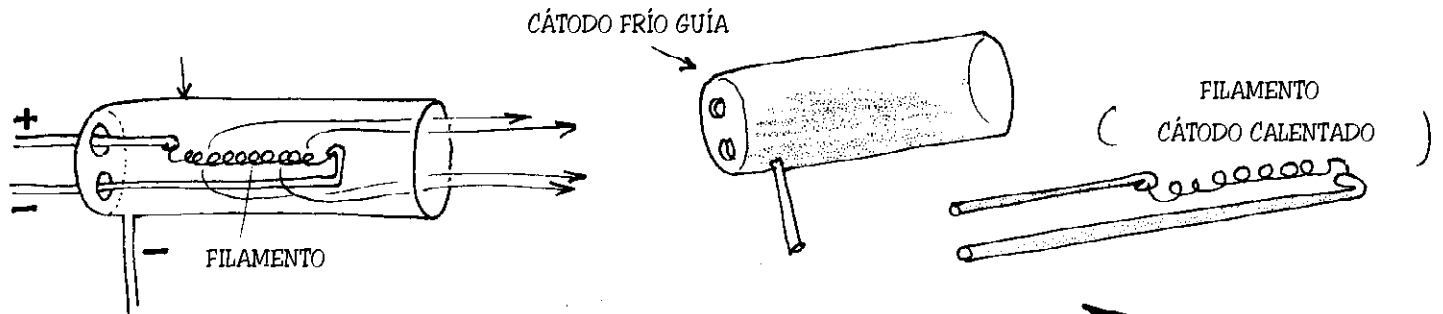
La verdad ignoro por qué la casa se alimenta con corriente alterna, pero lo que sí está claro es que este DIODO puede ser utilizado para "rectificar" la corriente, es decir para transformar corriente alterna en corriente "cuasi directa"



EL CAÑÓN DE ELECTRONES

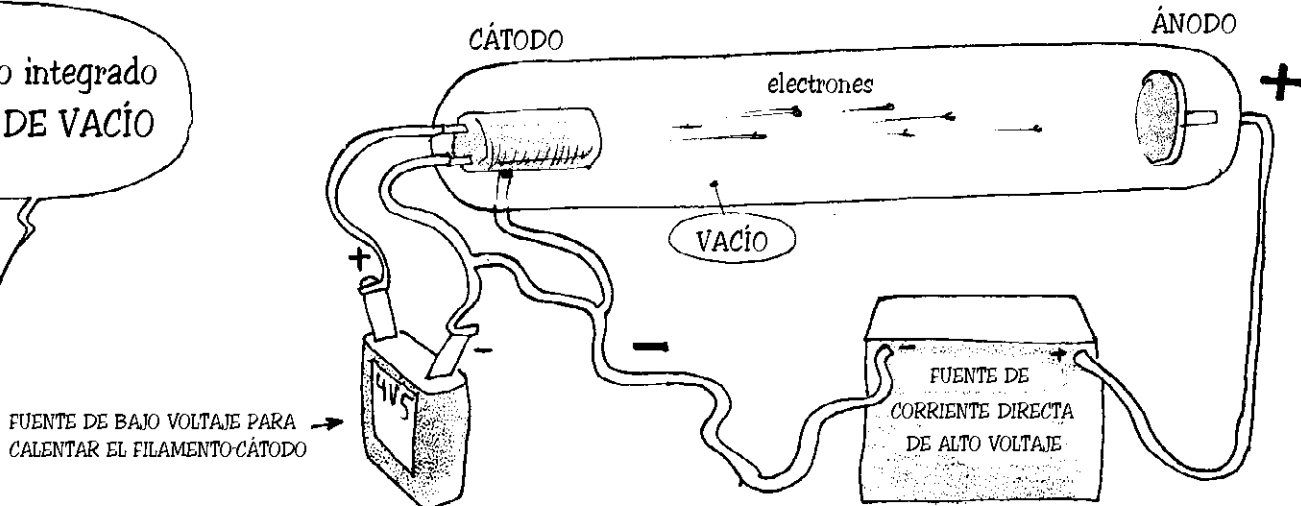
En resumen, hay dos tipos de cátodos pero sólo el cátodo caliente puede emitir electrones y producir una corriente. El cátodo frío sólo puede ser portador de cargas negativas

El cátodo caliente emite electrones en todas las direcciones

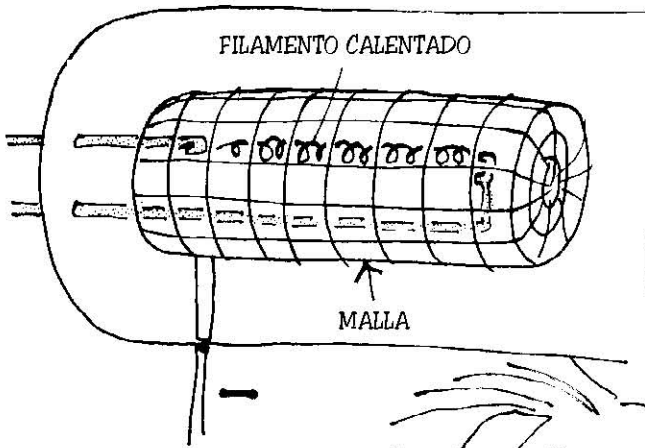


Con este cátodo frío (cuya corriente generada es infima), Anselmo obliga a los electrones emitidos por el cátodo caliente a salir siguiendo el eje del CAÑÓN DE ELECTRONES, el cual constituye su única salida

He aquí todo integrado en un TUBO DE VACÍO



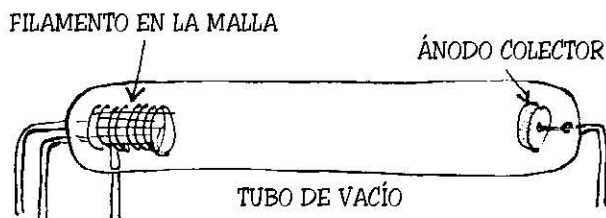
EL TRIODO



Miren: he encerrado mi cátodo caliente y mi filamento emisor de electrones en una especie de jaula o malla metálica. Cuando esta no está cargada, los electrones pasan libremente. Pero si la cargo negativamente, repele a los electrones que tratan de liberarse del filamento y que luego retroceden .
Anulo la corriente.

Has fabricado una GUÍA DE CONTROL

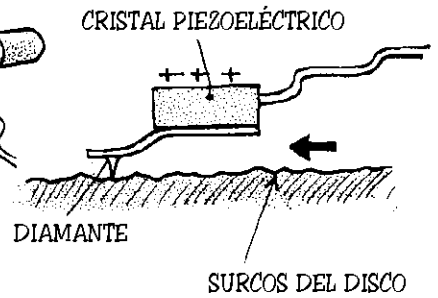
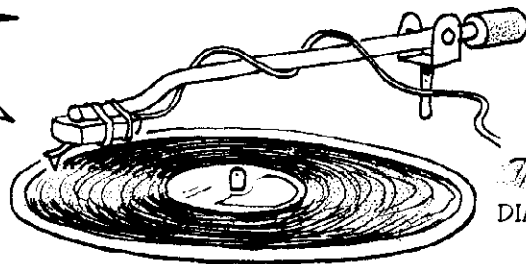
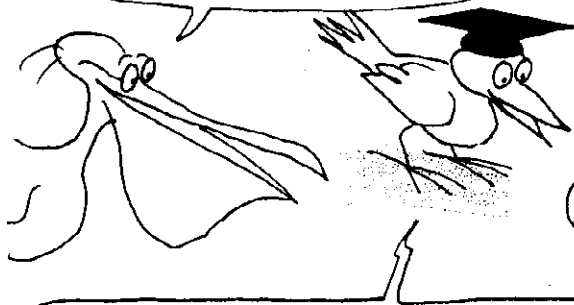
Modificando la carga eléctrica de tu malla, por medio de su voltaje, puedes modular según tu voluntad una corriente importante usando sólo una pequeña cantidad de energía



Oh, sí, exactamente como cuando abres o cierras una llave

El TRIODO, compuesto de tres electrodos: el cátodo caliente, el ánodo colector y la malla, es la base de los AMPLIFICADORES DE CORRIENTE

¿Y entonces qué con la electrónica?



Aquí, como ves, impulsos eléctricos débiles creados por un cristal piezoeléctrico unido a un diamante en el brazo de un tocadiscos, se utilizan para modular la corriente producida por un triodo amplificador



Pues sí, uno nunca cae en cuenta de la complejidad de las leyes que se ponen en juego en la cocina, en el baño o en la sala de una casa...



A propósito, aquí hay un televisor.
¿Cómo es que funciona?

¿Qué es lo que hace iluminar la pantalla?

Eso ya es otra cosa

¡Aquí vengo!



FLUORESCENCIA

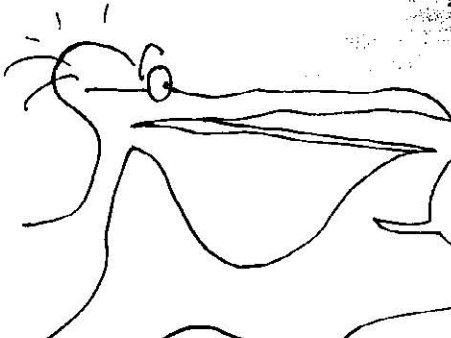


Ciertas sustancias tienen la propiedad de absorber la radiación de ciertas frecuencias y de emitirla en otras

Ah, sí, la FLUORESCÉINA, por ejemplo, absorbe la luz blanca, que es la mezcla de todos los colores del arco iris, y tiene la propiedad de emitirla como verde



El nylon absorbe la radiación ultravioleta y emite en el azul. Lo ví una noche en una discoteca. ¡Toda la gente llevaba collares luminosos!



¿Cómo es, Tiresias? ¿Tú vas a las discotecas en las noches?



El tubo de neón está recubierto internamente por una sustancia que reacciona diferente a la fluoresceína. Absorbe la luz azul emitida por el neón y la emite como luz blanca



Acabo de encontrar una campana de vacío, que nos será más cómoda para realizar los experimentos que el tubo a gas





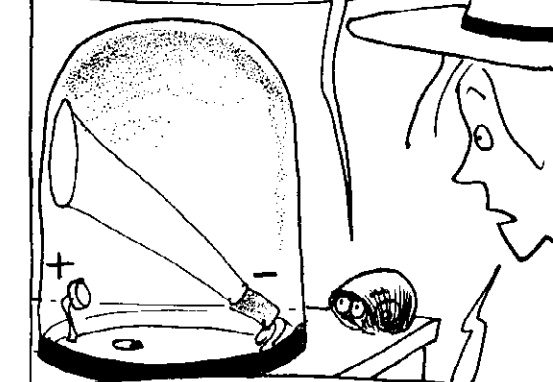
Puse un poco de sustancia fluorescente en el interior de la campana. La bomba está debajo



Puedo ver el cátodo-cañón de electrones y el ánodo colector

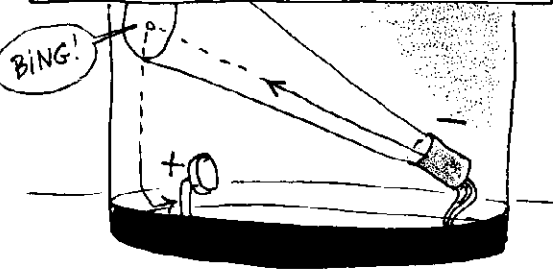
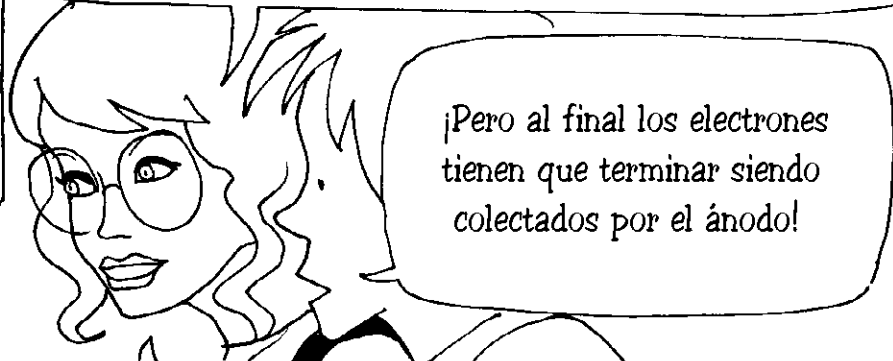
¡Qué buen material!

Ok, hacemos vacío... ¿y entonces?



Recuerda la pistola de aire que usamos anteriormente. El cátodo expulsa electrones a alta velocidad y con una gran energía cinética, contra la cual el poder de atracción del ánodo no representa gran cosa

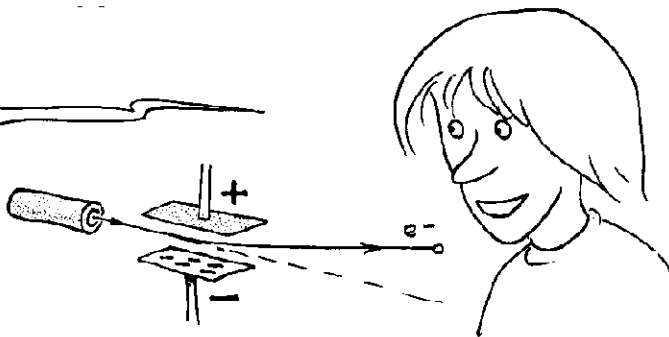
A los electrones no parece importarles la posición del ánodo



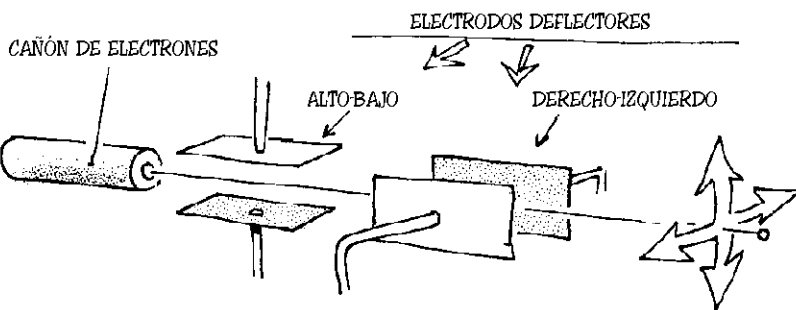
¡Pero al final los electrones tienen que terminar siendo colectados por el ánodo!

Lentamente se dirigirán hacia él después de perder su energía al chocar contra el vidrio de la campana

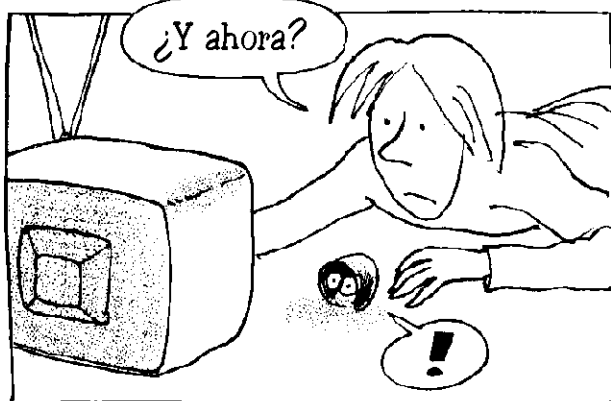
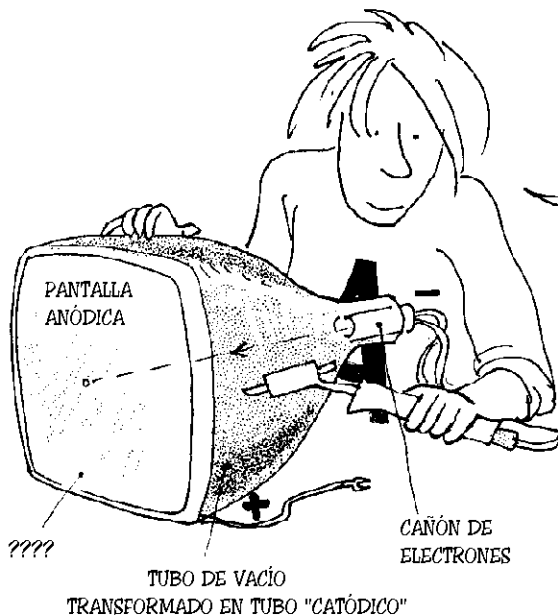
En el cañón de electrones podía canalizar los electrones emitidos por un filamento. Cátodos fríos me permitirían entonces desviar a voluntad un haz muy fino de electrones

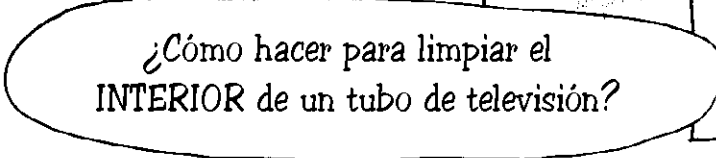


Con dos juegos de electrodos obtenemos un control completo y preciso sobre el haz



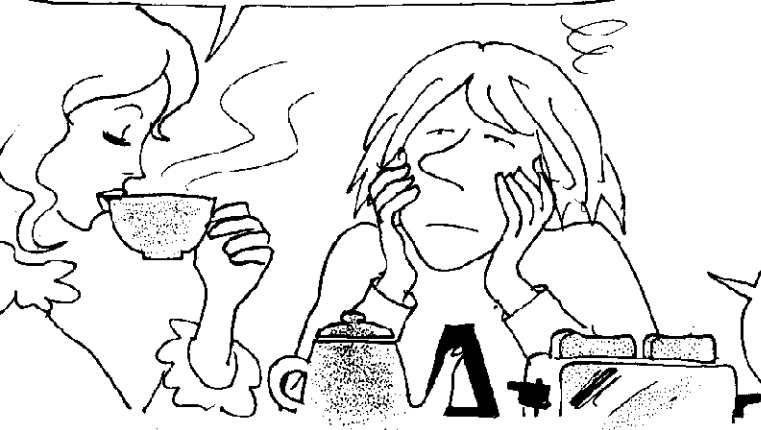
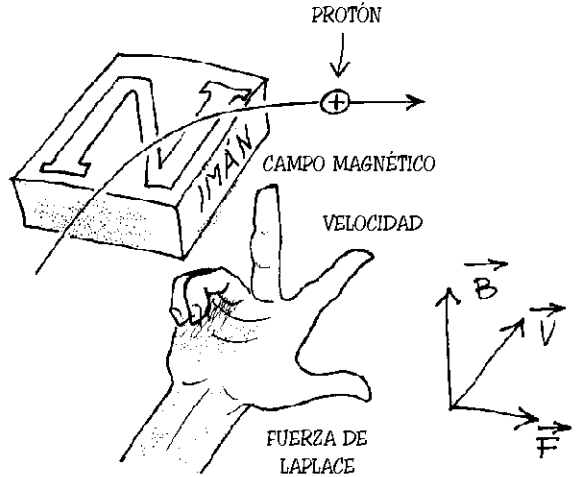
El televisor requiere de una modificación adecuada de la geometría de la campana de vacío





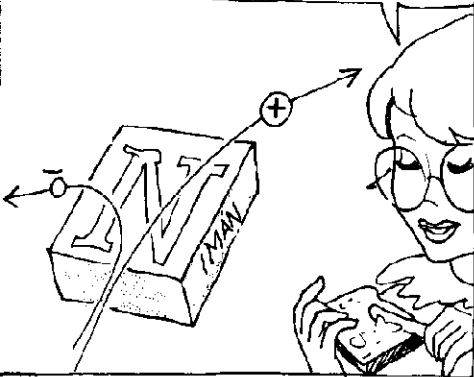
LA FUERZA DE LAPLACE

Es sencillo. Toda partícula cargada que se mueve cruzando las líneas de fuerza de un campo magnético experimenta una fuerza correspondiente a la **REGLA DE LA MANO DERECHA**

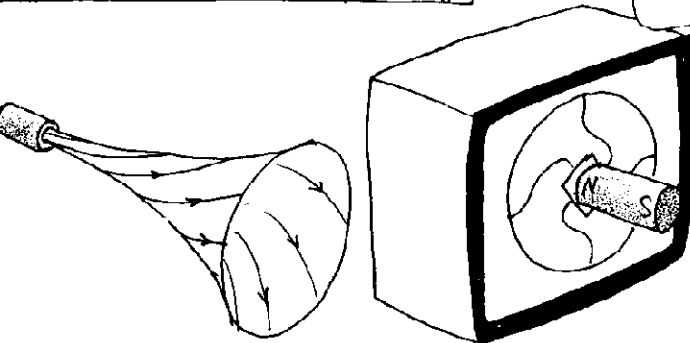
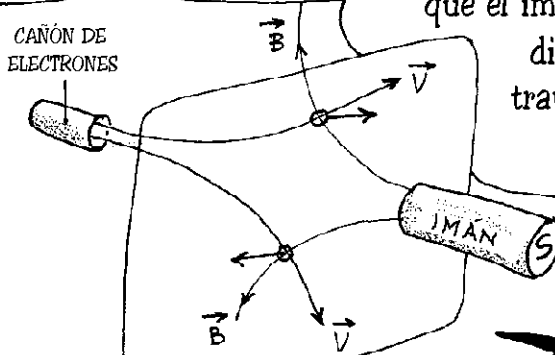


Si. ¿Pero si se trata de electrones cargados negativamente, qué?

Cambia el sentido de la fuerza

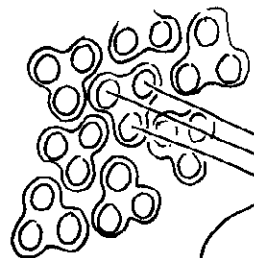


Si lo aplicamos a la televisión, vemos que el imán cambia la dirección de la trayectoria de los electrones



...De ahí la distorsión de la imagen en la pantalla





La pantalla de un televisor a color tiene una serie de tres pigmentos que, al ser impactada por los electrones, reacciona produciendo respectivamente luz azul, roja y verde (*). El objetivo debe ser muy preciso. Tu imán crea una imantación residual en los pigmentos que desvía los electrones y produce las iridescencias de colores

¿Quieres decir que el tubo se dañó?

No. Pero tenemos que remover el pequeño magnetismo residual que creaste en los pigmentos

¿Y eso cómo se hace?



¡Santo cielo...! ¿Qué es lo que está haciendo?

Sofia está creando un campo magnético variable que disminuye al retirar el lápiz. ¿Fácil, no?

¡¿Fácil?!

Este fenómeno será explicado más adelante.

La Dirección

(*) Combinándolos se pueden obtener todos los colores del arco iris.

Bueno, muy bien, la pantalla está limpia otra vez pero sigo sin comprender cómo es que tenemos electricidad en casa o cómo funciona una simple batidora...

Pues averígualo. Tienes todo lo que necesitas en la casa

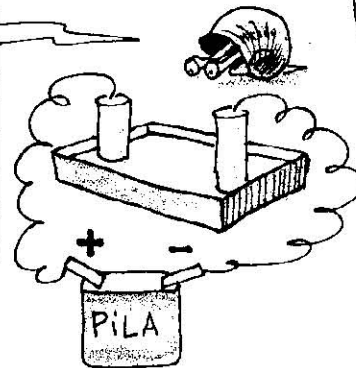
Parece que a Sofia le gusta bromear. ¿Qué es lo que hay aquí? Imanes, alambre, sal, agua... ¡Ni siquiera tengo lo necesario para fabricar una batería!



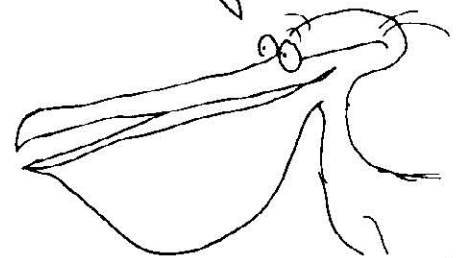
Y además... ¿pasa corriente a través de un líquido?

ELECTROLITOS

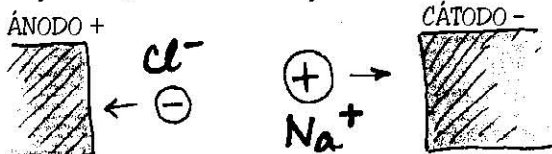
Bueno... En los metales hay un montón de electrones libres impacientes por moverse. Asimismo, para permitir el paso de una corriente, un gas debe convertirse en un plasma. ¿Y en los LÍQUIDOS?



Supongo que habrá electrones libres...



Cuando se disuelve sal de cocina, cloruro de sodio (NaCl) en agua, sus átomos se diluyen en el líquido y el cloro le quita al sodio un electrón. Este IÓN de cloro Cl^- se mueve hacia el ánodo



mientras que el ión de sodio Na^+ se mueve hacia el cátodo.

La Dirección

Por lo tanto, en los líquidos la corriente eléctrica no se debe al movimiento de electrones libres, como ocurre en los metales, sino a un **TRANSPORTE DE IONES**



¿Y qué les pasa a estos iones?
¿Logran penetrar los electrodos?

No, el ión de cloro deja su electrón en el ánodo y otro electrón, emitido por el cátodo, neutraliza el ión de sodio...

...Y así se cierra el círculo

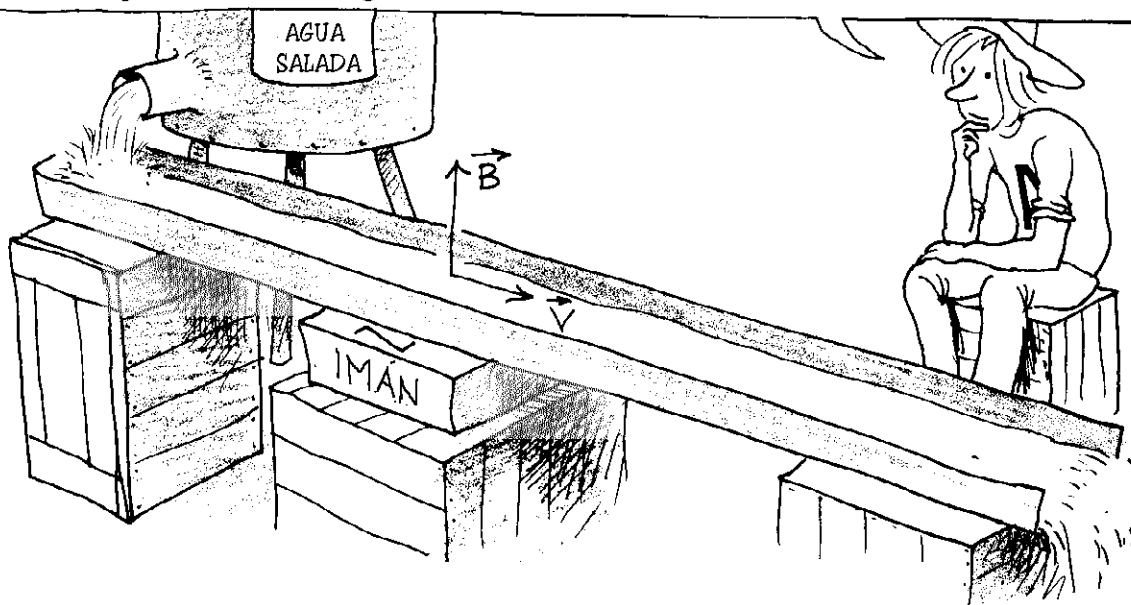
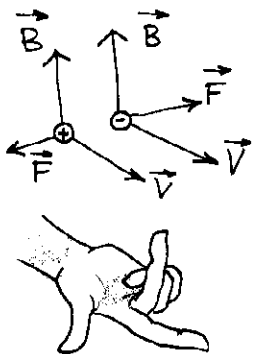
¿Y en qué andará ahora Lanturly?

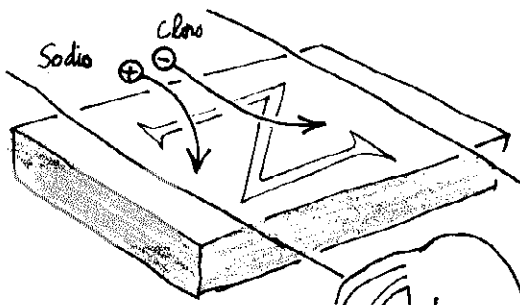
Al parecer está preparando un retorno a la hidráulica

A alistar los traperos...

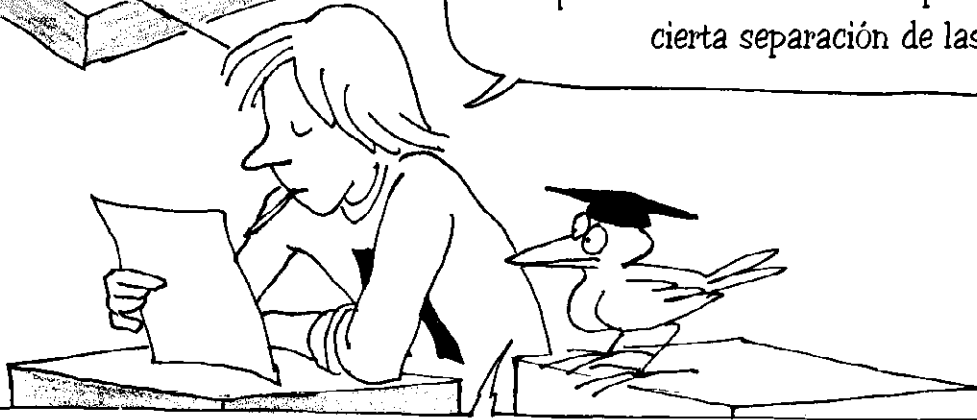
FUERZA ELECTROMOTRIZ

Sofía dijo que toda carga eléctrica que se mueve en un campo magnético experimenta una **FUERZA DE LAPLACE**. Por lógica, dicha fuerza debe actuar también sobre los iones Cl^- y Na^+ presentes en el agua salada en movimiento



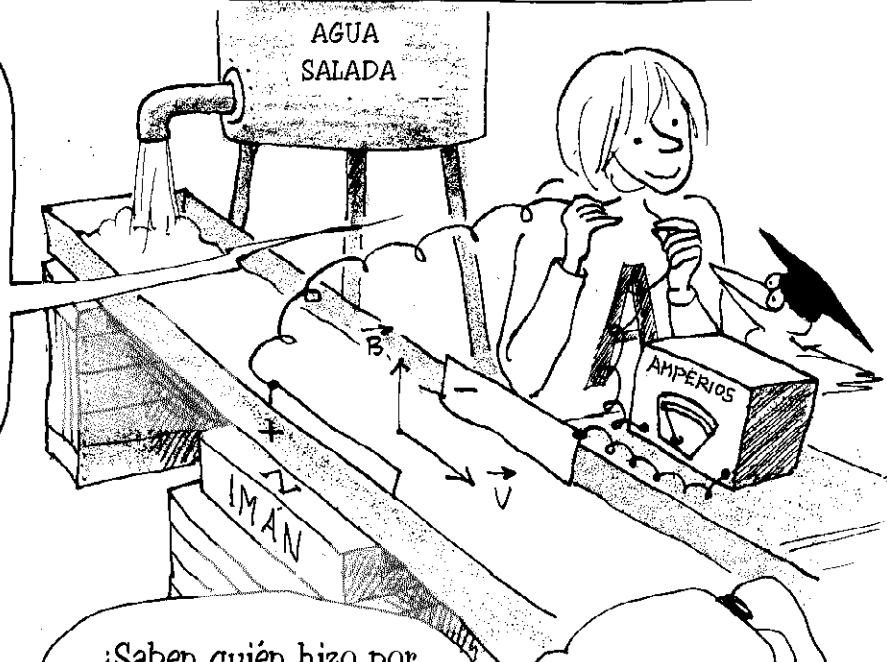


Veamos. En un campo magnético vertical, dirigido de abajo hacia arriba, mis iones de sodio van a tender hacia la derecha y mis iones de cloro a la izquierda. Entonces debería poder observar una cierta separación de las cargas



Esa es una visión muy esquemática, pues en un líquido los iones van a experimentar un gran número de colisiones con las moléculas del agua, lo que va a frenar su avance. Además, las fuerzas, proporcionales a la velocidad del flujo y a la intensidad del campo magnético, serán muy débiles

A pesar de eso, mi querido Max, estarás de acuerdo en que hay una migración de cargas en sentidos opuestos. Por lo tanto debería observarse el paso de una corriente eléctrica al colocar dos electrodos en los "bordes" del flujo, unidos con un alambre de cobre



¡Tienes razón, hay una corriente!



No es muy grande, pero pasa

¿Saben quién hizo por primera vez este experimento?



No...

Fue el inglés Michael Faraday, en 1857. Se sirvió de agua salada del río Támesis cuando había marea alta y de... la componente vertical del campo magnético terrestre, apenas unas décimas de gauss (*). Inventó así este tipo de generador eléctrico, denominado **MAGNETOHIDRODINÁMICO**, abreviado **MHD**

Pero un generador así tiene una potencia ridícula...

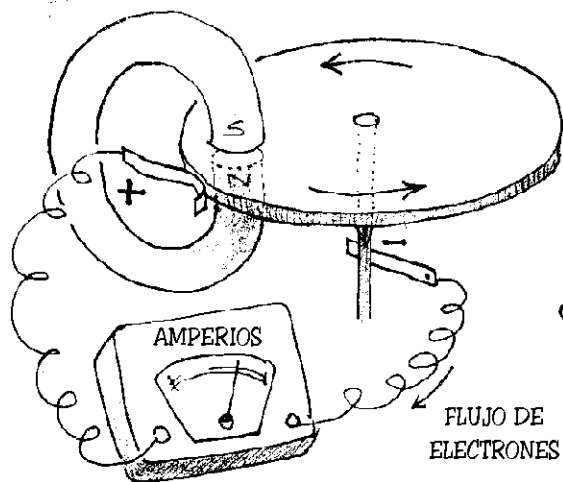
Es que el agua no es el mejor ingrediente para crear un generador eléctrico

¿Entonces qué vamos a usar?
¿Cobre fundido?

¿Pero por qué estás pensando sólo en un líquido?

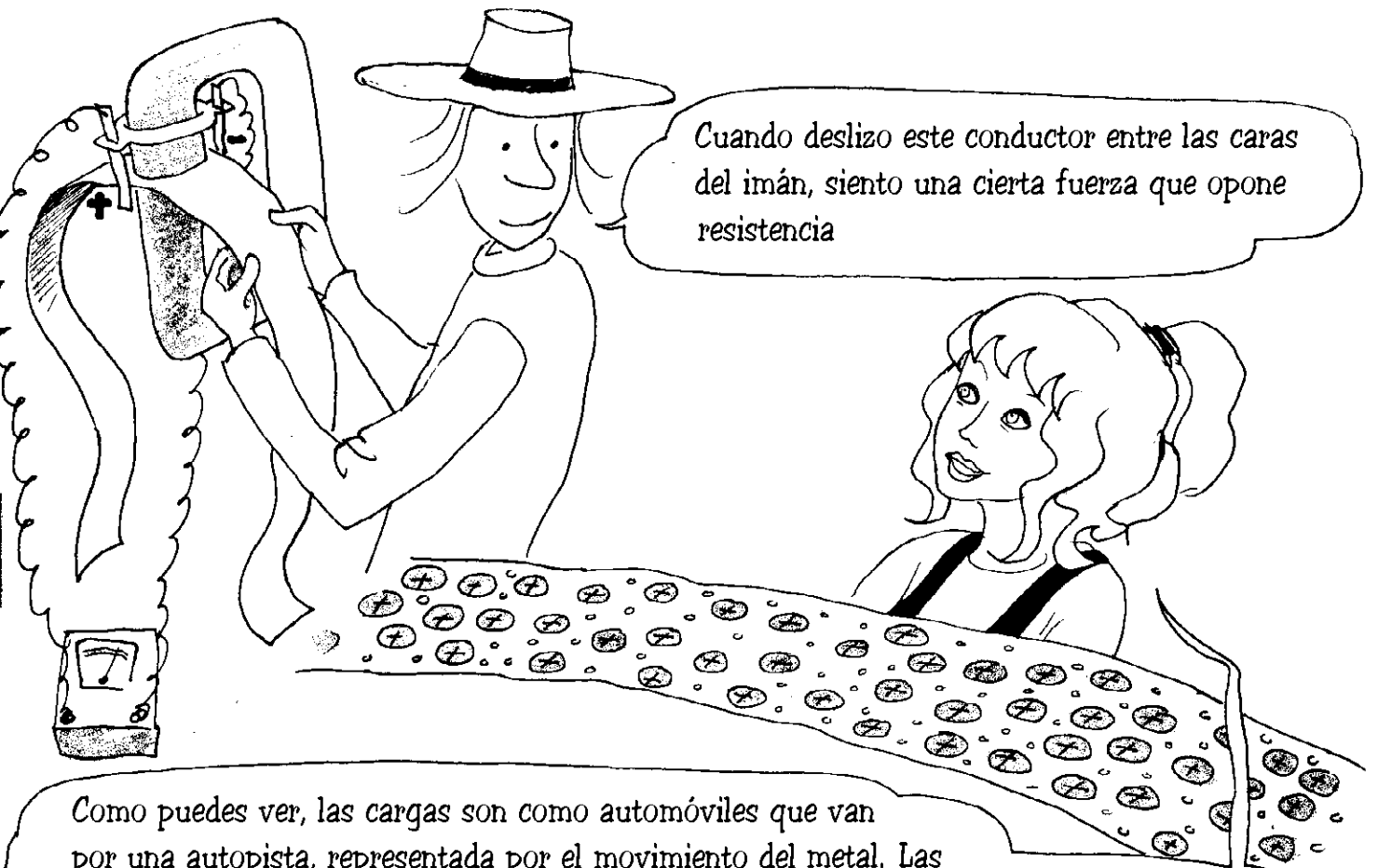
LA RUEDA DE BARLOW

Sofia tiene razón. Si damos vueltas a un disco de metal en el espacio de un imán, se logra una migración de cargas eléctricas, electrones en este caso, dado que las cargas positivas en el metal no se pueden mover dentro de él



Aquí tenemos entonces nuestro primer **GENERADOR ELÉCTRICO**

(*) El imán más pequeño de costurero es de unos cien gauss



Cuando deslizo este conductor entre las caras del imán, siento una cierta fuerza que opone resistencia

Como puedes ver, las cargas son como automóviles que van por una autopista, representada por el movimiento del metal. Las cargas positivas son como camiones pesados incapaces de girar a la derecha o a la izquierda, o de cambiar de velocidad. Están ligados al flujo de vehículos y entre ellos. Los electrones, en cambio, son como pequeños motociclistas que, al comienzo, también siguen el flujo general



¡Ja! ¿Viste cómo se me atravesó?

¡Y esto es lo que pasa!

¡Estos electrones no tienen modales!

¡¡Me hicieron perder el impulso!!

¡Otro que se estresa por nada!

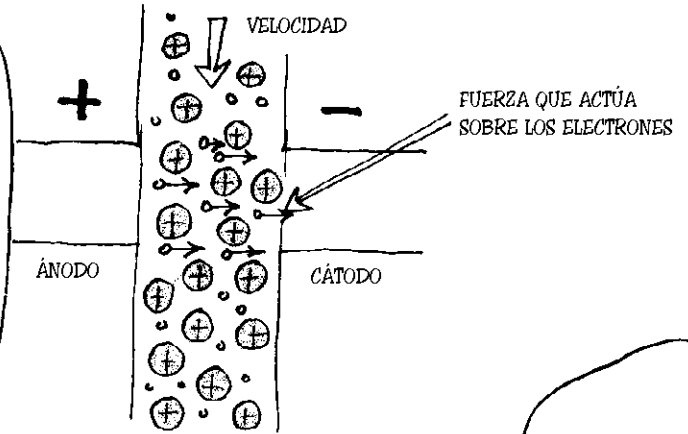
¡Ey, apúrate que no tengo todo el día!

¡Quitate de ahí, idiota!

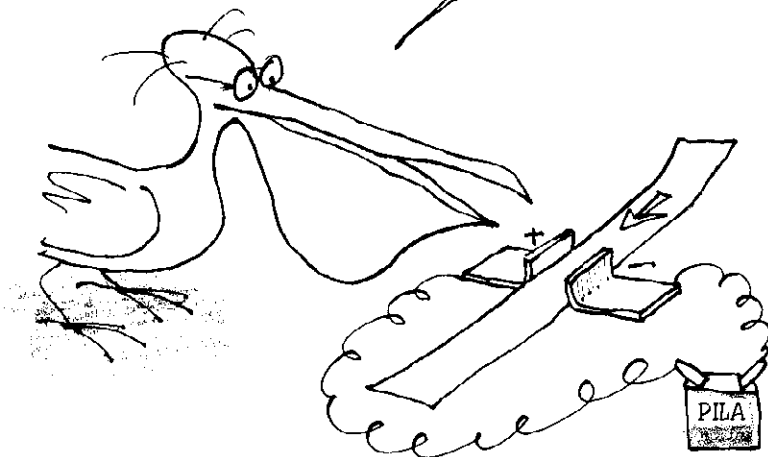
Aquí tienes, en un nivel microscópico, la explicación de por qué es necesario ejercer una fuerza y realizar un TRABAJO para producir energía eléctrica



Sáquenme de una duda. Olvidemos el campo magnético. ¿No podría yo obtener una fuerza de frenado idéntico provocando cierta desviación lateral del flujo de electrones en dirección a los electrodos, con la ayuda esta vez de un campo eléctrico creado por un generador?

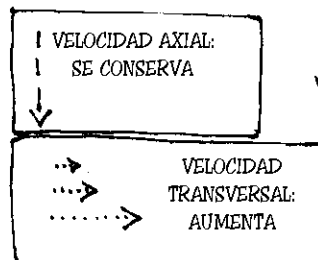


No, León. Eso sería completamente diferente

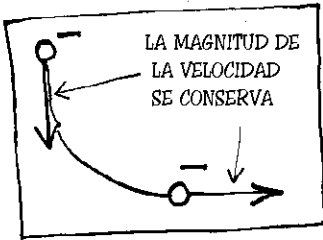


Cuando actúas sobre una carga eléctrica, anclada en medio a un flujo de átomos que se desplazan a una velocidad \vec{V}_0 . con la ayuda de una fuerza eléctrica creada por un generador, le comunicas una componente transversal de velocidad \vec{V}_t . Pero la componente axial \vec{V}_0 no se modifica. Un generador, por lo tanto, comunica energía a las cargas eléctricas

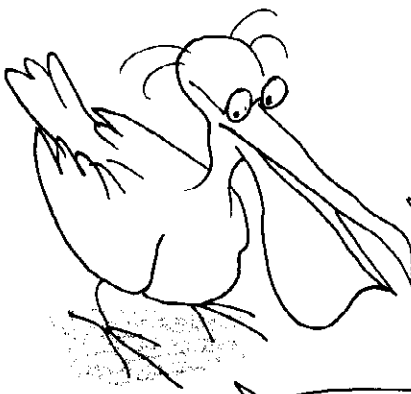
ACCIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO



ACCIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO



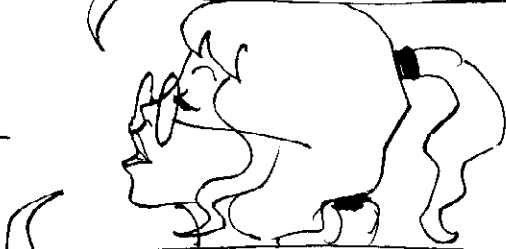
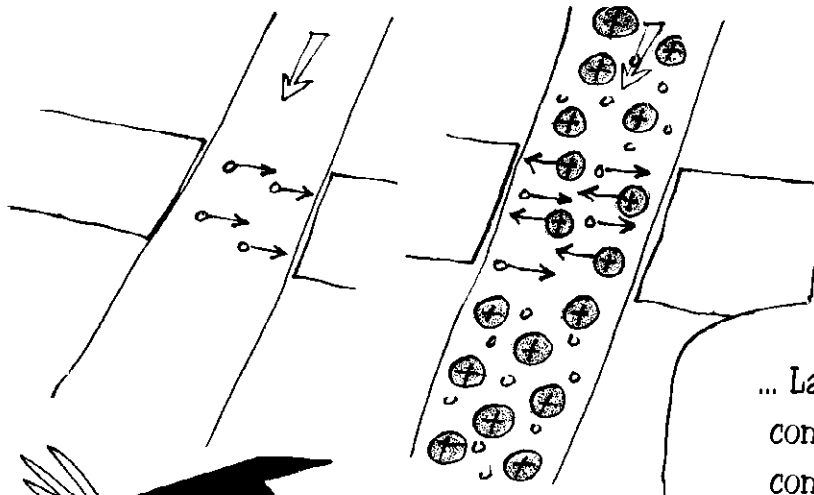
Al contrario, un campo magnético transversal no modifica la energía cinética, $\frac{1}{2} mV^2$, de la partícula cargada. La dirección de la velocidad cambia pero no su magnitud. En este caso, la componente axial de la velocidad, paralela al flujo general, disminuye. Resulta entonces un frenado general en el conductor.



Bien, pero en los dos casos de la figura, estoy haciendo un llamado transversal a la población de electrones libres...

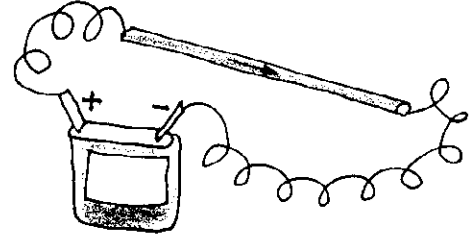
... por lo que debería observar una fuerza transversal

Olvidas, León, que la FUERZA DE LAPLACE actúa también sobre las cargas positivas y que dichas fuerzas se compensan...



... Las cargas eléctricas fuertemente unidas al conductor transmiten esta fuerza de manera continua, y las cargas libres la retransmiten periódicamente por medio de colisiones

Es por esto que cuando la electricidad fluye a través de un cable, no lo empuja

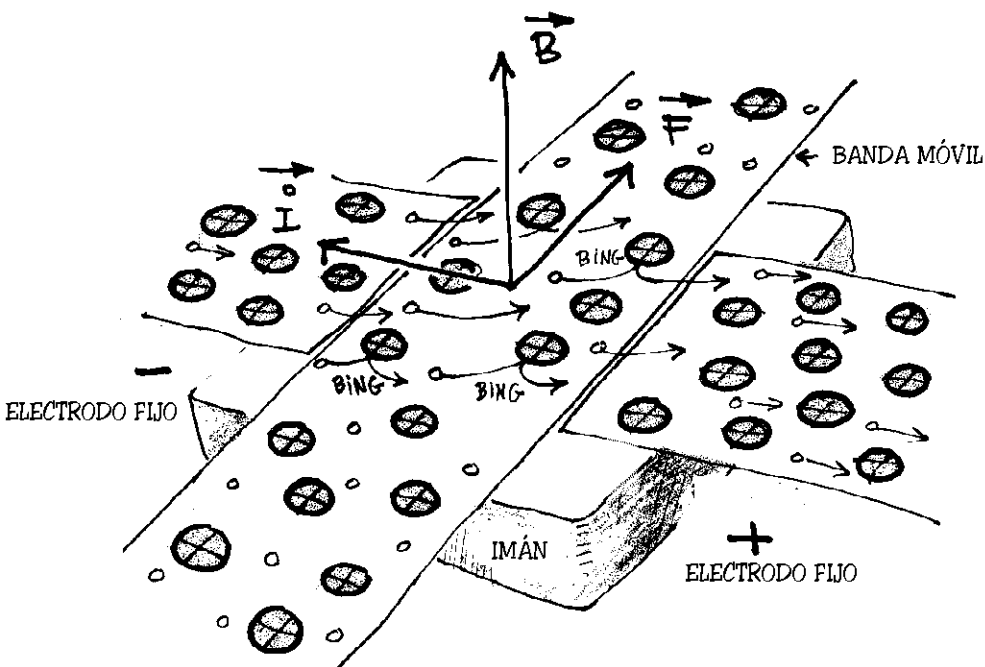


EL MOTOR ELÉCTRICO

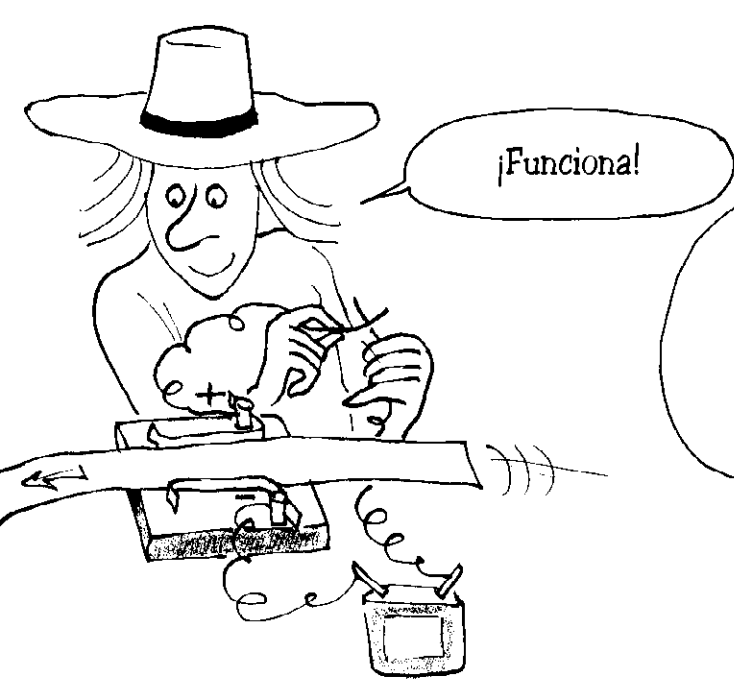


Todo esto me ha dado una idea. Haciendo circular una corriente transversalmente a la banda conductora, no creo una fuerza, como hemos visto. ¿Pero qué ocurre si combino los dos efectos: el paso de una corriente debida a un generador, y la rotación del vector de velocidad debido al efecto de un campo magnético perpendicular a la velocidad de desplazamiento de las cargas?

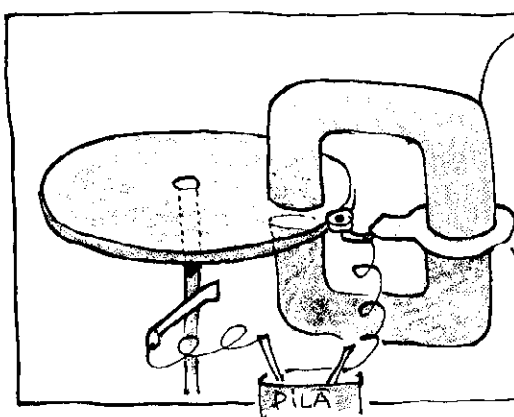
El generador pone en movimiento los electrones, que van a tender a atravesar la cinta al pasar del cátodo al ánodo. Pero el campo magnético, curvando su trayectoria, les transmitirá parte del impulso adquirido de acuerdo con el eje de la banda, la cual experimentará una fuerza



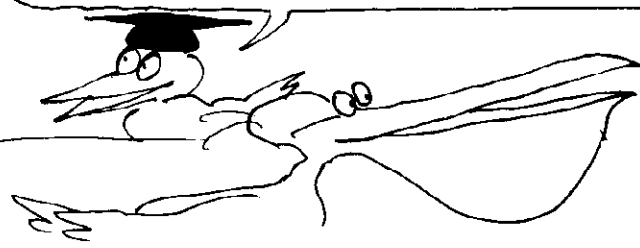
El análisis del comportamiento microscópico, al nivel del átomo, permite deducir el comportamiento macroscópico, al nivel de nuestro experimento



Oye Sofia, ¿podemos hacer lo mismo con un líquido, o con un gas, una especie de MOTOR LINEAL?

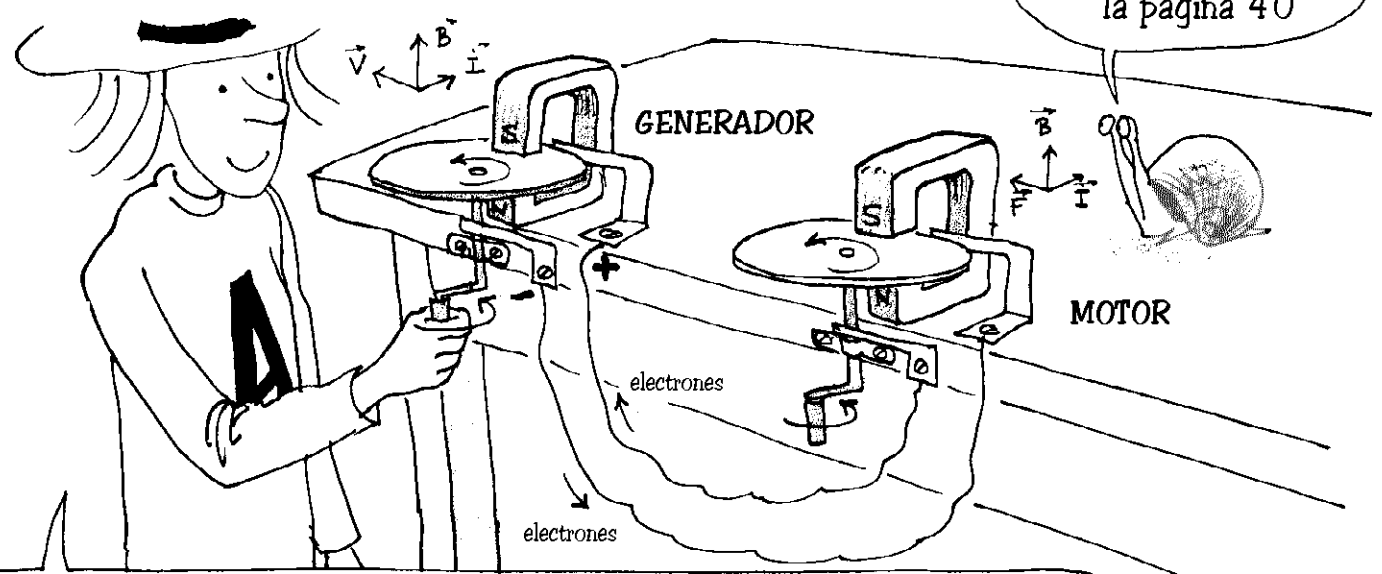


Enrollando el motor lineal, Anselmo ha redescubierto la RUEDA DE BARLOW, funcionando en esta ocasión como un MOTOR, y que se utiliza para medir el flujo de corriente en los contadores



REVERSIBILIDAD

Usando únicamente la ley definida en la página 40

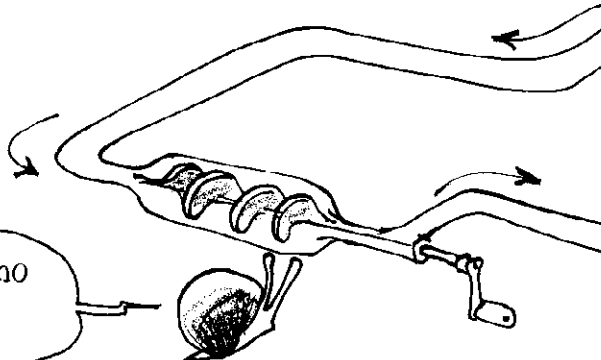


No deja de ser asombroso que la misma máquina pueda ser utilizada como generador de corriente o como motor

Desde este punto de vista, las máquinas electromagnéticas son un medio muy cómodo para transmitir energía



Podríamos hacer lo mismo con una turbina



Veamos... uniendo las manivelas entre si podríamos tener un MOVIMIENTO PERPETUO

Léon, sabes muy bien que la energía se disipa en los conductores debido a la fricción

En los conductores eléctricos, inmóviles o en movimiento, el movimiento de las cargas eléctricas va acompañado de numerosas colisiones con las partículas no cargadas

¡Muévansel!

¡Aún estacionados estamos embotellados!

¡Vas a ver lo que es un átomo nuevo!

¡¿Viste a ese cómo me cerró el camino?!

¡Cálmate, querido!

¡Pon cuidado!
¡Que pongas cuidado!

¡Se atraviesan sin importarles nada!

RELATIVIDAD

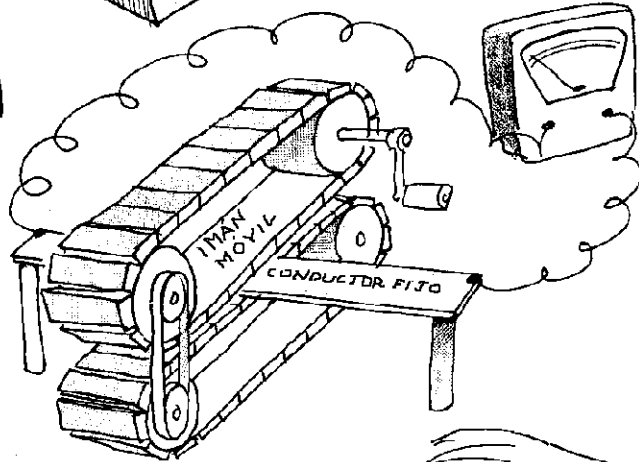
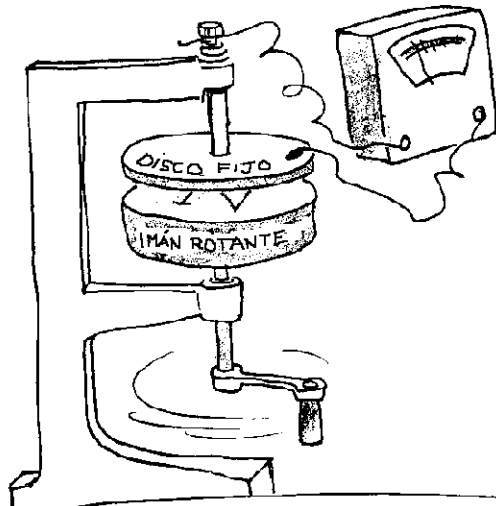
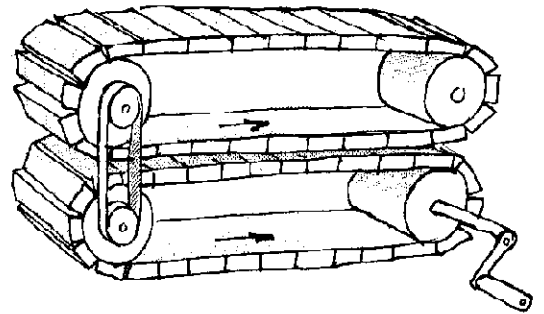
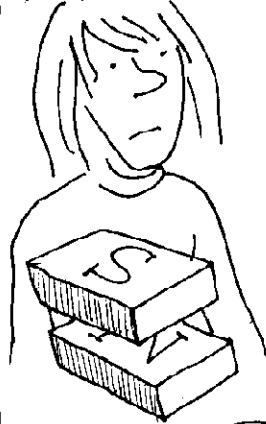
Tiresias, sabes, se me ha ocurrido una buena idea...



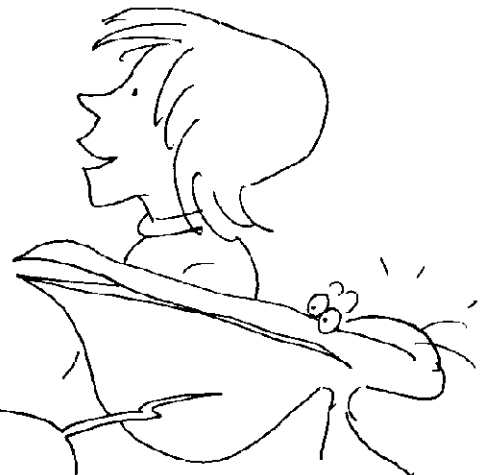
... ¡Necesito estar completamente seguro!



He unido estos imanes en forma de bandas rodantes



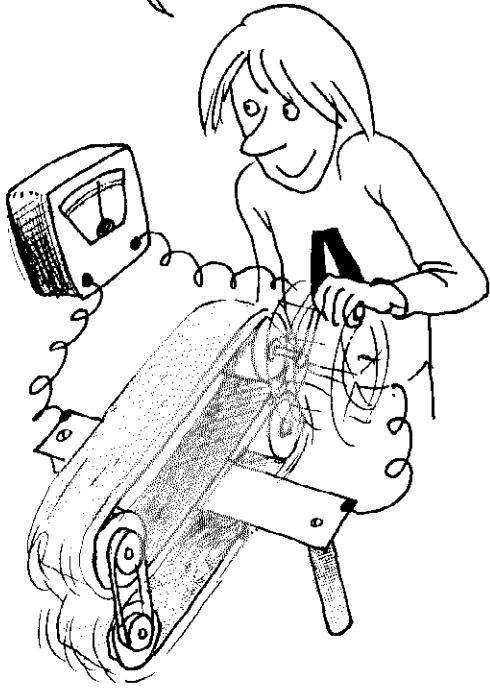
En lugar de mover el conductor a lo largo de las líneas de fuerza del campo magnético (constante en la región de interacción), inmovilizo el conductor y... ¡hago girar el campo!



¡Completamente diabólico!

Sin duda he generado una corriente, mira...

Lo que eso quiere decir es que en cuanto a las FUERZAS DE LAPLACE, lo que cuenta es la relación entre la velocidad de las cargas y la del imán



IMANES

Sofia, ¿qué es un CAMPO MAGNÉTICO?

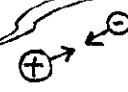
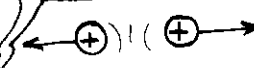
Mejor sería preguntar: ¿PARA QUÉ SIRVE?

¿Qué quieres decir con eso?

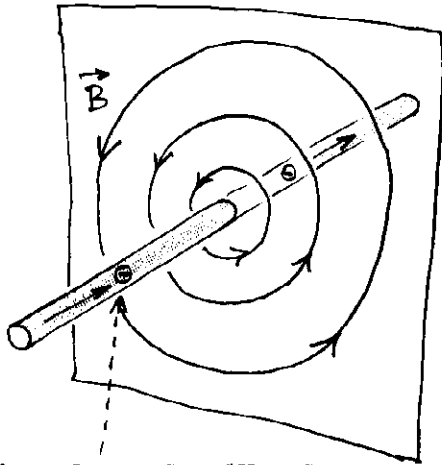
Dos cargas eléctricas en reposo se atraen o se repelen, según si son de signos contrarios o del mismo signo

Y experimentan una fuerza cuando se mueven a través de las líneas de fuerza de un campo magnético

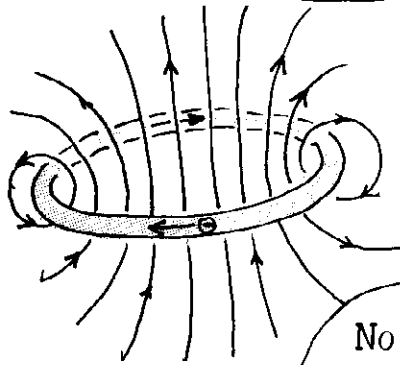
De acuerdo. ¿Pero qué es lo que crea el campo magnético?



La corriente

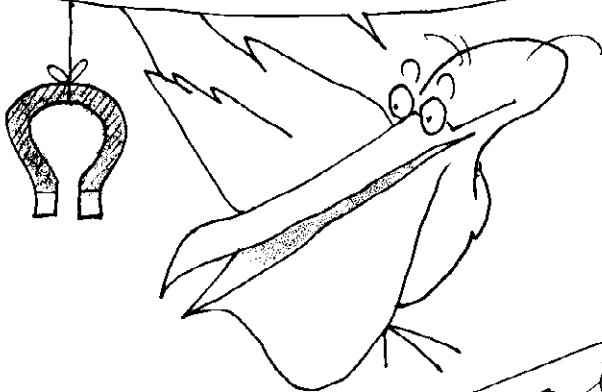


MOVIMIENTO DE LOS ELECTRONES

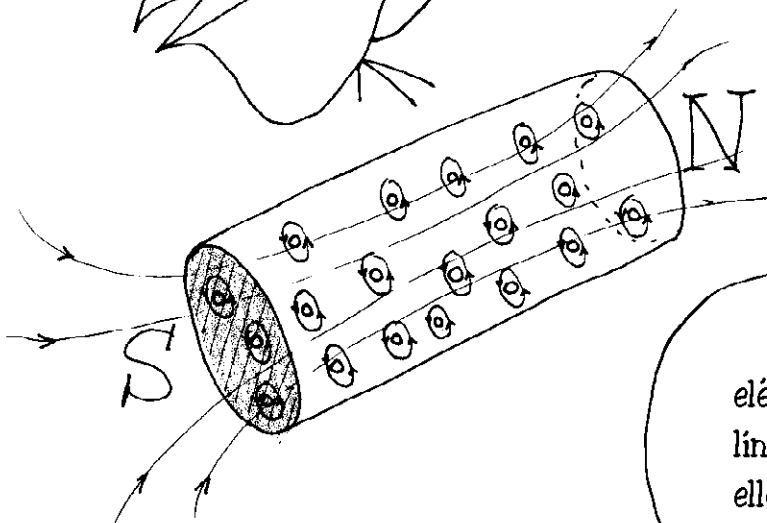


No olvidemos que debido a las rarezas de los científicos, el sentido convencional de la corriente es opuesto al del movimiento de los electrones

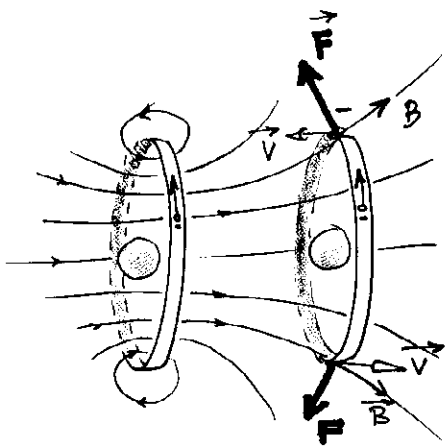
¡Pero no hay corriente en un imán permanente!



Cada átomo puede ser considerado como un imán minúsculo, en el que el campo magnético resulta del movimiento orbital de los electrones alrededor del núcleo. En un imán permanente esos mini-imanés son paralelos entre sí

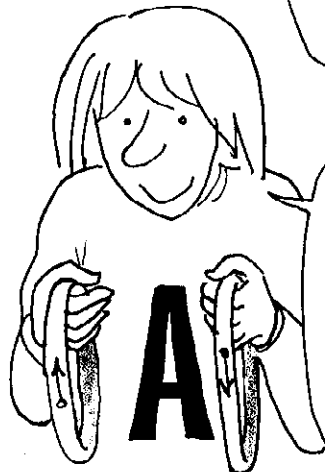
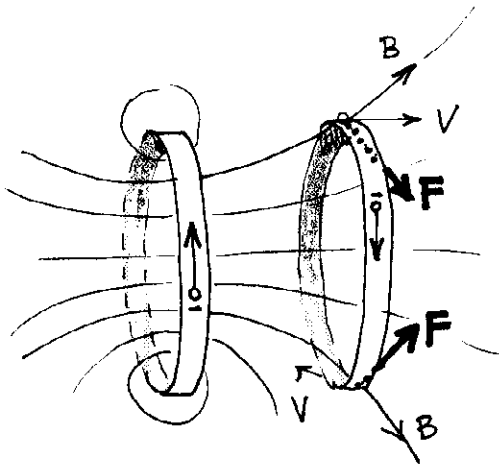


Los imanes actúan sobre las cargas eléctricas en movimiento que cruzan las líneas de fuerza del campo magnético por ellos creado. ¿Pero por qué actúan entre ellos, uno con otro?



Si coloco dos espiras frente a frente, recorridas por corrientes del mismo sentido, los electrones estarán sometidos a una fuerza que tenderá a:

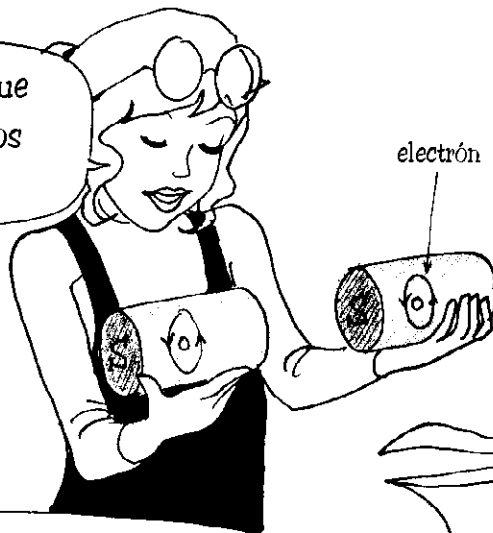
- dilatar cada espira
- acercarlas mutuamente



Pero si invierto el sentido de circulación de los electrones en la segunda espira, la fuerza de Laplace va a tender a:

- contraer cada espira
- alejarlas mutuamente

Es más o menos lo que ocurre con los átomos de dos imanes



electrón

Pero según lo que vimos antes, una espira permanece inafectada por la presencia de un campo magnético uniforme orientado según su eje, ¿no es así?

De la misma forma que una barra imantada es totalmente indiferente a un campo magnético uniforme orientado según su eje



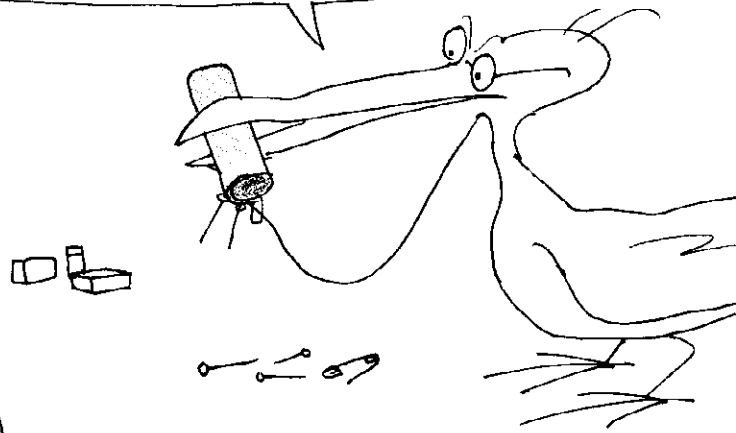
Pues claro, o si no para propulsarse bastaría con proveerse de una buena brújula...



Por el contrario, una espira colocada en un campo magnético tiende a girar de tal forma que su propio campo se alinea con el primero. Este es el principio de funcionamiento del GALVANÓMETRO DE MARCO MÓVIL. Una brújula no es otra cosa que un conjunto de galvanómetros diminutos de este mismo tipo



Bien. ¿Entonces alguien me puede explicar por qué un imán atrae el hierro pero no el plomo o el azúcar?

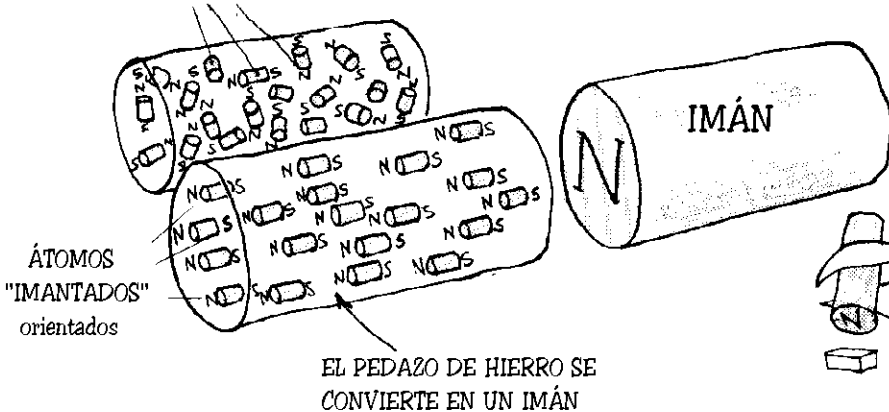


Es sencillo: los átomos de hierro son pequeños imanes. Además, gozan de una relativa movilidad. Cuando se les acerca un imán suficientemente potente, los átomos de hierro se dan vuelta y se alinean, y el hierro se convierte él mismo en un imán cuyo campo se superpone al campo del imán inductor

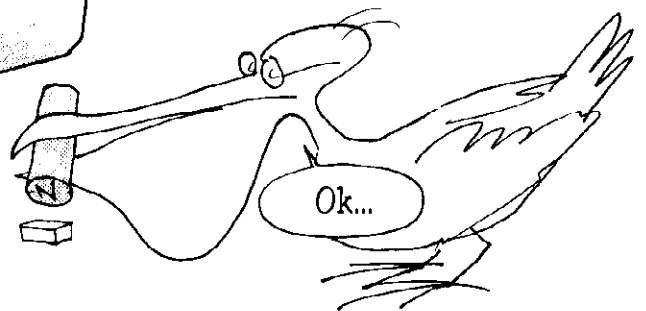


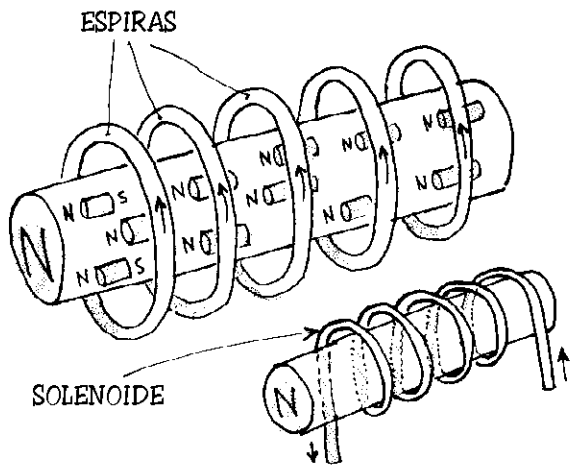
Nada con el azúcar...

ÁTOMOS "IMANTADOS" (orientaciones aleatorias)

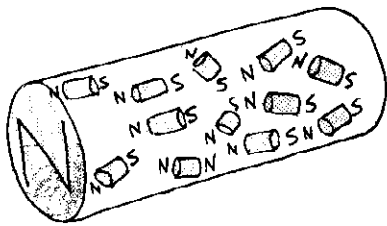


EL PEDAZO DE HIERRO SE CONVIERTE EN UN IMÁN

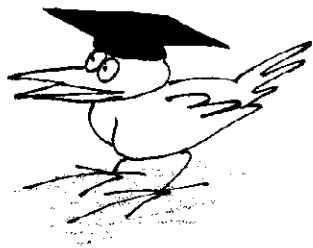




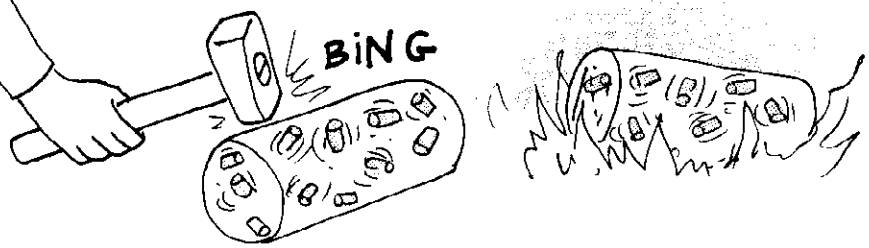
Ahora comprendo por qué se coloca un núcleo de hierro en los **ELECTROIMANES**. Este sirve para reforzar el propio campo creado por el sistema de espiras



Cuando se retira el imán magnetizador o el solenoide, los átomos imantados del hierro conservan hasta cierto punto su orientación. Quiere decir que hay un **MAGNETISMO RESIDUAL...**



... Y que podemos hacer desaparecer devolviéndole la movilidad a los átomos imantados ya sea calentando el hierro, golpéandolo o sometiéndolo a un campo magnético variable, tal como lo hice con la ayuda de un pequeño imán unido a un lápiz con los pigmentos en el tubo de televisión que accidentalmente habían sido magnetizados



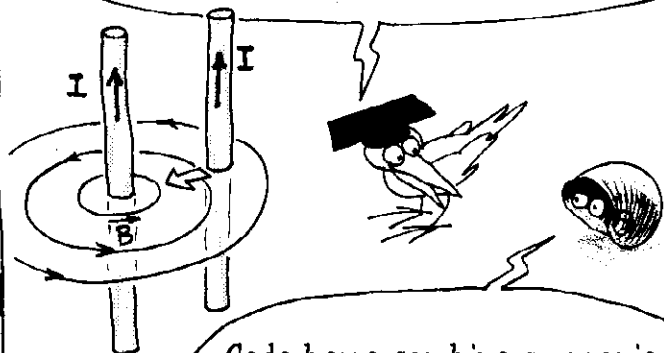
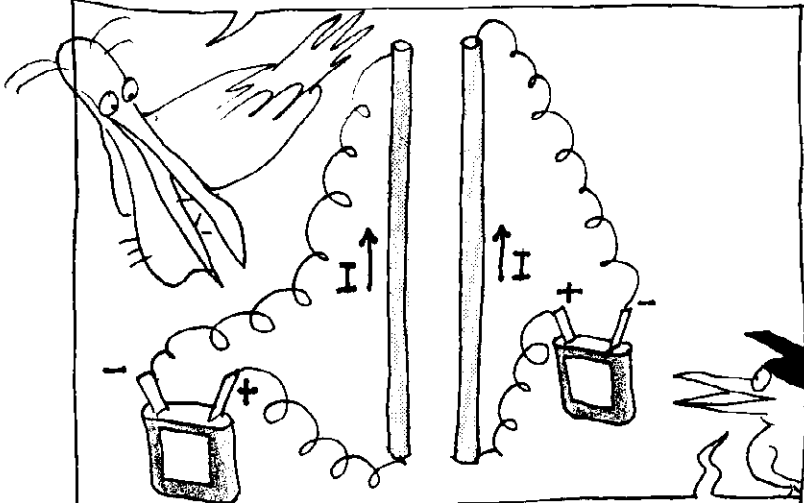
Creo haber comprendido:
 el campo magnético es algo que ha sido inventado
 para traducir el hecho de que las cargas eléctricas
EN MOVIMIENTO interactúan, y que esta nueva
 fuerza electrodinámica, o electromagnética, se suma
 a la fuerza básica electrostática



RELATIVIDAD OTRA VEZ

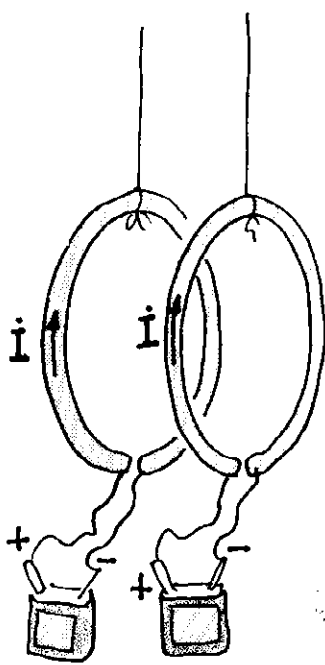
¿Cómo medir un campo magnético de la manera
 más objetiva posible?

Bajo ciertas condiciones, las dos barras
 experimentan una igual atracción mutua



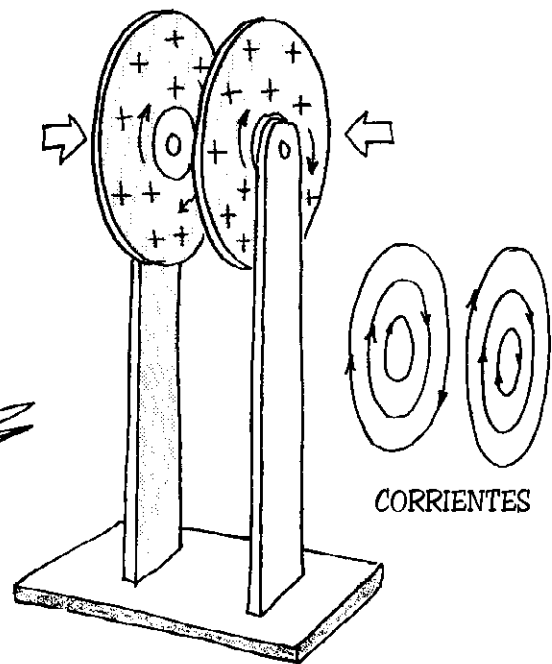
Podemos para eso poner paralelamente dos
 barras con la misma corriente eléctrica I

Cada barra combina su propia
 corriente con el campo
 magnético creado por la otra
 barra



Podemos enrollar las dos barras, lo que hace que las dos espiras recorridas por corrientes paralelas se atraigan

Según vimos en la pág. 51

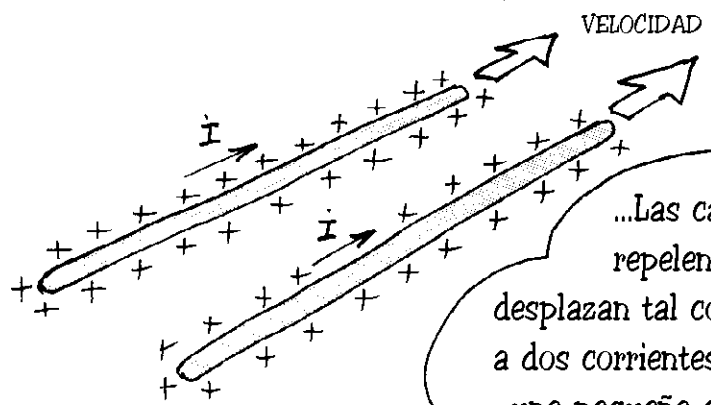
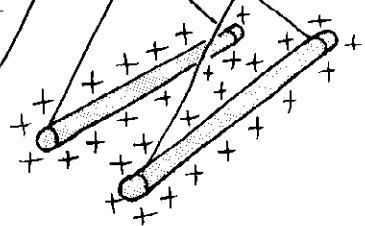


Así mismo, podemos colocar cargas eléctricas del mismo signo en discos enfrentados para hacerlos girar. Esto es equivalente a las corrientes y estará acompañado de una fuerza electromagnética



Miren esto un momento...

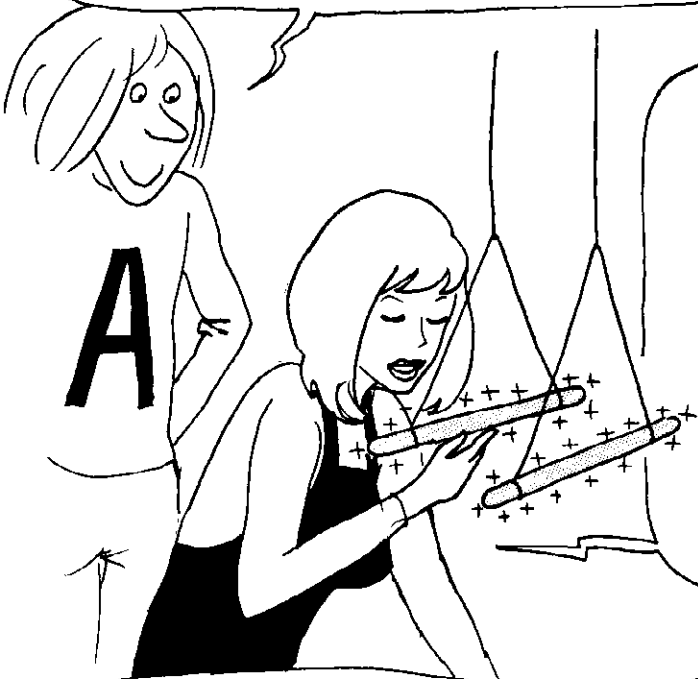
Puedo cargar eléctricamente estas dos barras de vidrio o de baquelita con sólo frotarlas con un paño de lana...



...Las cargas del mismo signo se repelen, pero si las barras se desplazan tal como se muestra, eso será equivalente a dos corrientes paralelas y estará acompañado de una pequeña componente de atracción



La Tierra gira en torno al Sol, que a su vez gira alrededor de nuestra galaxia, la Vía Láctea, a 234 Km/s. La galaxia también puede ser que se desplace en relación al Universo. ¡Es formidable, Sofia: apuntando las dos barras paralelas cargadas eléctricamente en todas las direcciones del cielo y midiendo la fuerza entre ellas, deberíamos poder determinar en qué dirección del Universo nos movemos y con qué velocidad!

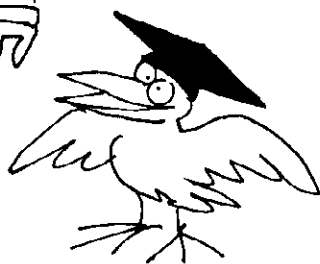


¡No, no vas a poder medir nada! Esta FUERZA ELECTROMAGNÉTICA, ligada al MOVIMIENTO, sólo sería perceptible para un observador que se moviera con respecto a las cargas. Cualquiera sea nuestro movimiento en relación al Sol, a la galaxia o al cosmos, nos movemos a la misma velocidad que las barras

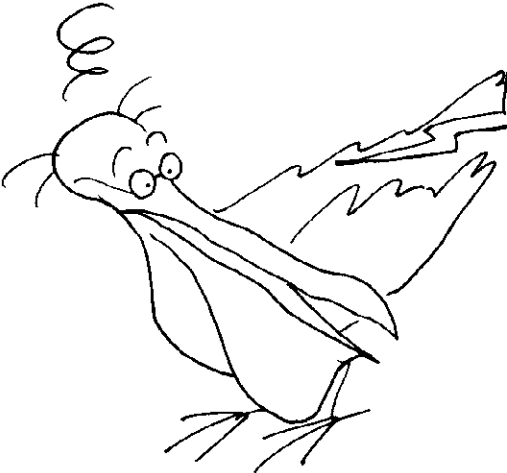
El electromagnetismo es relativista por naturaleza

El experimento sugerido por Anselmo recuerda a aquél realizado por MICHELSON (*) a comienzos del siglo XX, y que consiste en medir la velocidad de la luz en todas las direcciones con el fin de descubrir el movimiento absoluto de la Tierra en el Universo

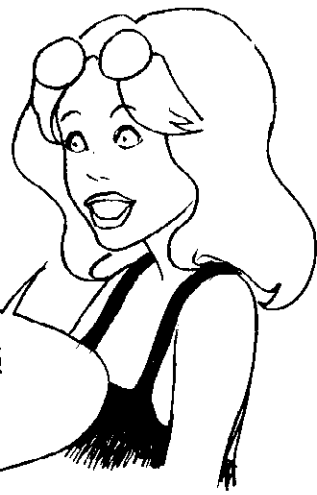
Eso no me sorprende pues alguien ya me había dicho que la luz era una onda electromagnética




(*) Físico norteamericano, ganador del Nobel en 1907



¡Conque una simple casa puede albergar problemas de naturaleza relativista!




Ah, aquí tenemos un objeto que con toda seguridad funciona con electricidad. Pero no hay nada que gire ni electrodos...




¿Para qué servirá?

¡Tiresias, sal de ahí inmediatamente!

¿Por qué...?



Ese sistema permite transmitir energía a distancia. Si lo hubieras prendido habrías quedado cocinado por inducción

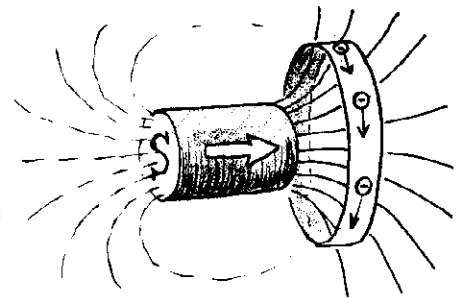
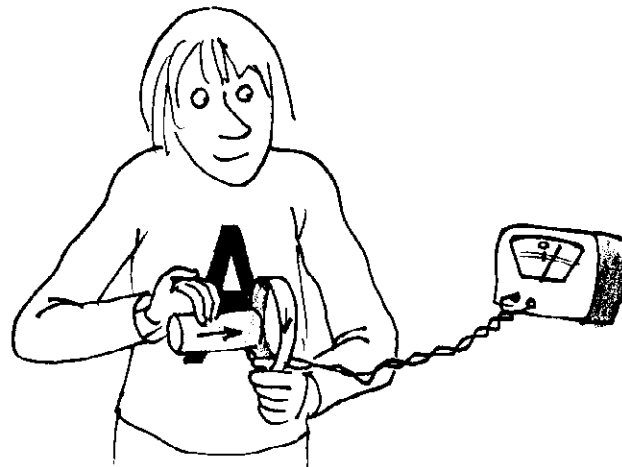
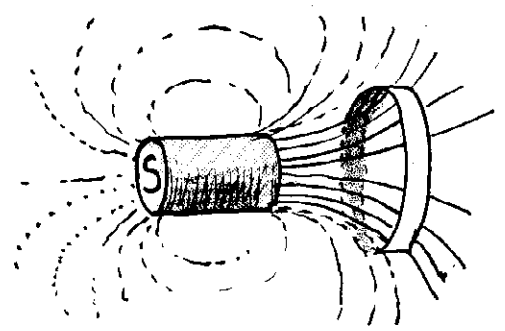


¿Cocinado por inducción...?

INDUCCIÓN

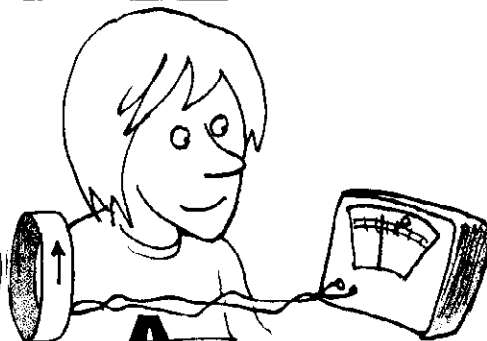


Observa. Anselmo ha colocado una espira de cobre frente a un imán permanente. Un cierto número de líneas de fuerza pasan por su interior y otras por el exterior

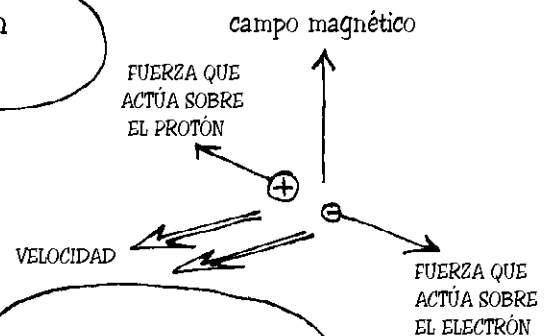


Manteniendo cerca el imán de la espira él logra mover el conjunto de líneas de fuerza en bloque. A medida que éstas cruzan el metal de la espira, resulta una fuerza electromagnética que actuando sobre los electrones da lugar a una corriente INDUCIDA

Si el imán y la espira permanecen inmóviles uno con respecto al otro, la corriente se anula



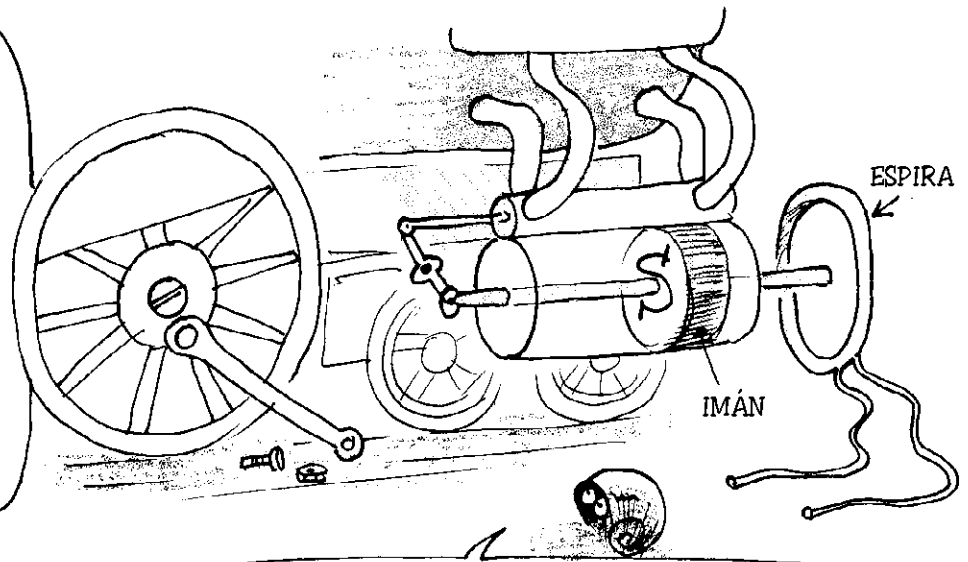
En cambio, si retiras el imán, la corriente se invierte



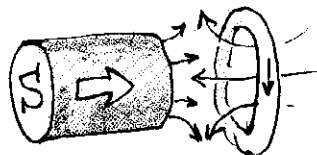
Se trata de una enésima aplicación de la ley única de LAPLACE



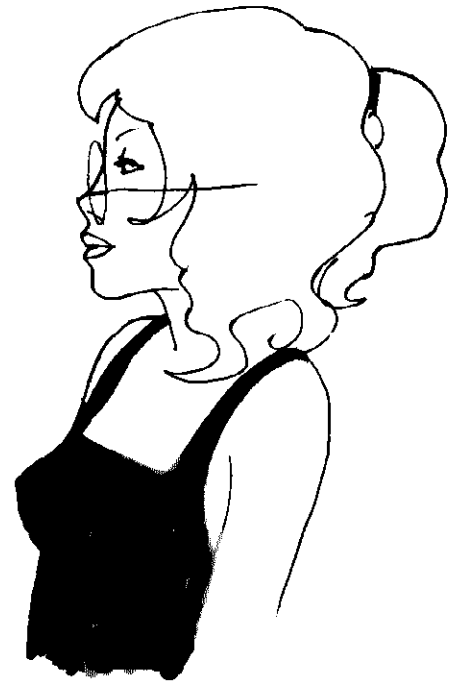
Mira, Tiresias, he modificado esta máquina a vapor reemplazando el pistón por un imán, de manera que pueda hacer un movimiento de va y viene, creando así en la espira una **CORRIENTE ALTERNA**



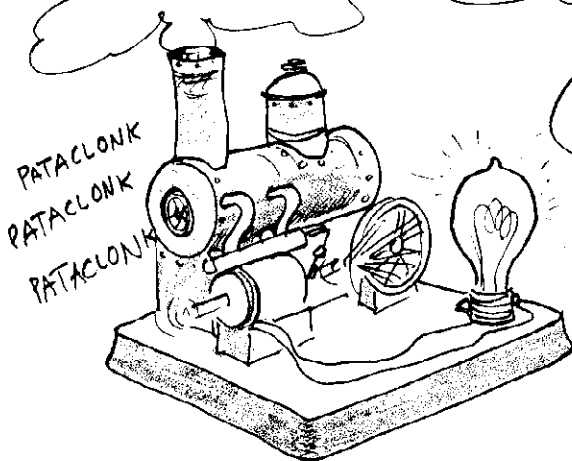
Si el pistón se desliza sin fricción, encontramos una manera de producir gratuitamente energía eléctrica, ignorando, por supuesto, la pequeña pérdida producida por efecto Joule en la espira



Olvidas que el paso de la corriente creará su propio campo magnético, que se opondrá al movimiento del imán-pistón (**LEY DE LENZ**). Así que tienes que realizar **TRABAJO** para poder producir dicha energía



Aquí tenemos un primer generador de corriente alterna



¡Santo cielo!
¿Qué es todo esto!?

Ya conoces a Lanturly.
Simplemente se puso a
aplicar el principio del
generador

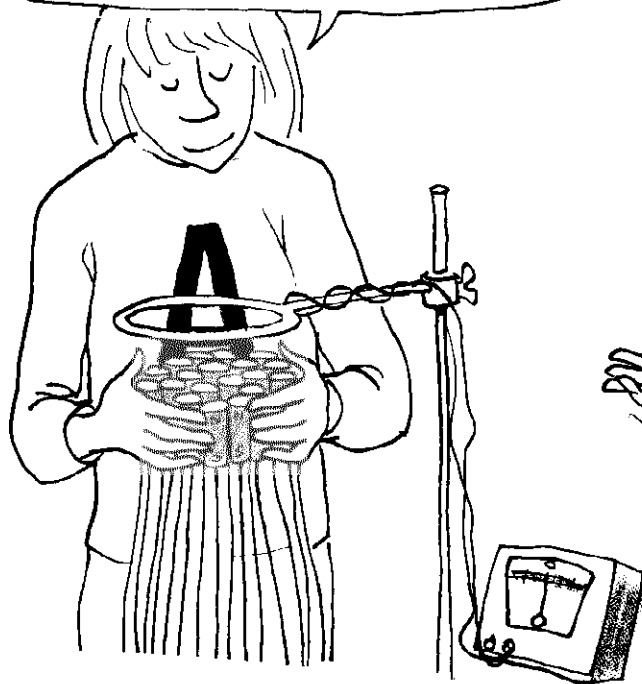
En este caso, en lugar de
mover la espira, hace
mover el imán

BLEB
BLEB
BLEB

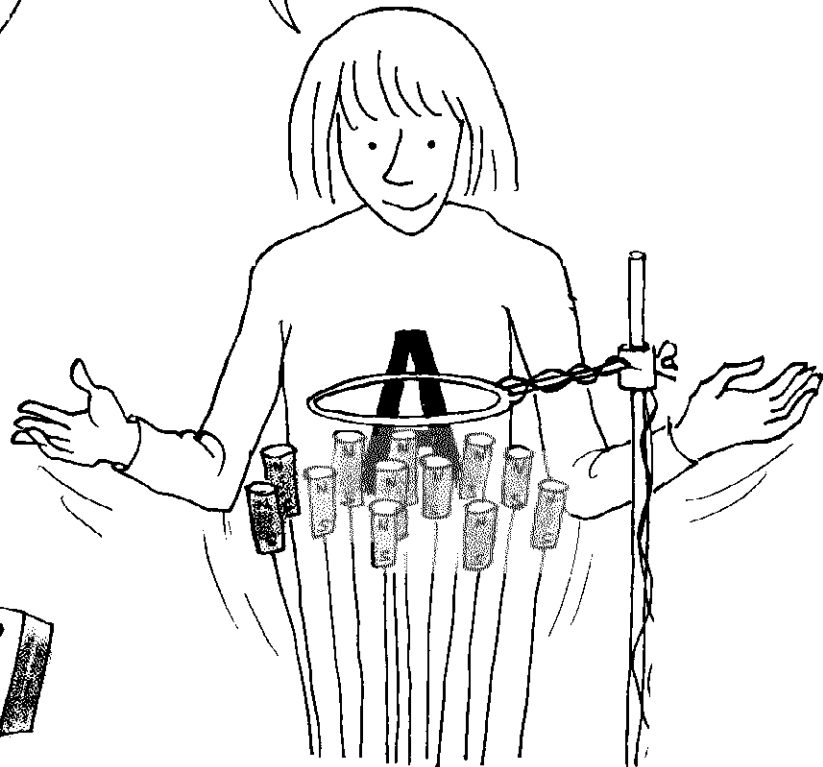
CHTONK



Puesto que estamos produciendo corriente alterna colocando uno o varios imanes frente a una espira, ¿qué opinas de mi GENERADOR EN HAZ? He fijado los imanes a barras flexibles...



...Cuando las suelto, se separan y se acercan alternadamente, produciendo una corriente alterna en la espira

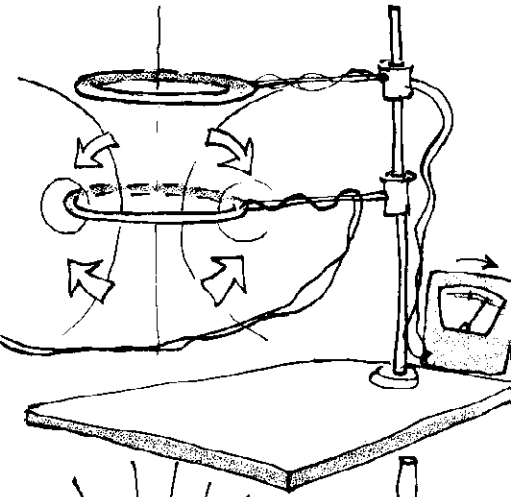


Bien. Esa máquina convierte en energía eléctrica la energía almacenada en las barras. ¿Y...?



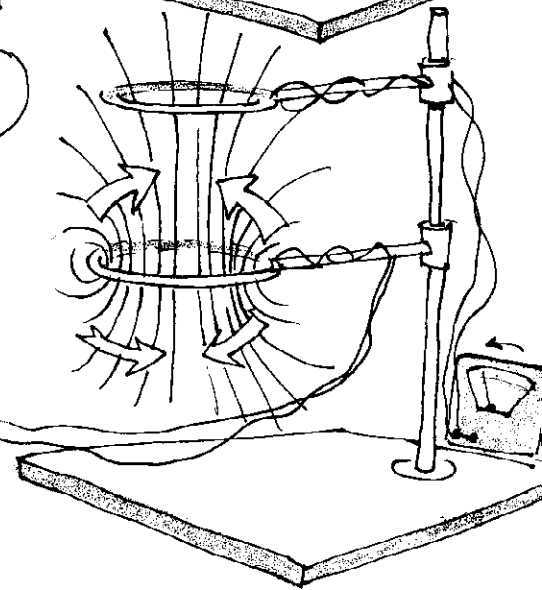
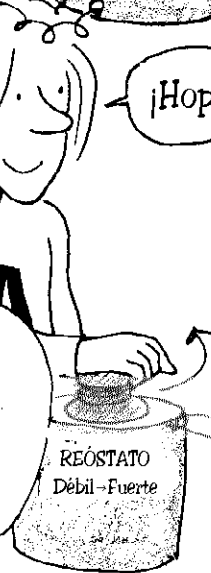
Reproduce lo que sucede cuando aumentas la corriente que pasa por la espira. Todo ocurre como si nuevas líneas de fuerza fueran creadas en su superficie, "comprimiendo" las viejas, como un haz

Y viceversa. Cuando disminuyo la corriente, la espira se "chupa" las líneas de campo unas tras otra, y el haz se pierde



¡Hop!

Eso explica por qué una espira atravesada por una corriente alterna puede transmitir energía a distancia hacia otra espira



CALENTAMIENTO HF

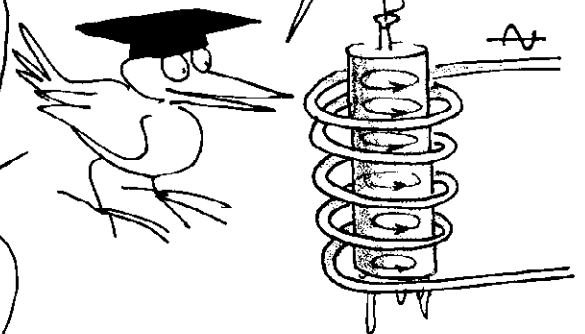
¿Y eso para qué?

Es un sistema para calentar muy eficiente. Podríamos incluso llegar a cocinar completamente un dedo con un anillo si se colocara en un espacio rodeado de un campo magnético variable

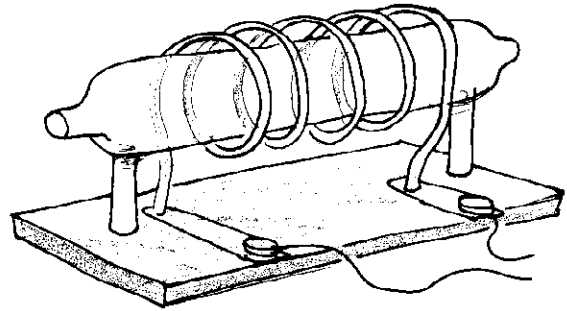
SOLENOIDE

Podríamos también calentar conductores en bloque y crear una infinidad de loops de corriente

Y fundir lingotes de oro...



Y calentar un gas con la ayuda de una bobina por la que se hace pasar una corriente de alta frecuencia...



En resumen, podríamos calentar y cocinar todo aquello que conduzca bien la electricidad...

¿Qué tan misterioso habrá en este aparato vacío?

... ¡Incluyendo los caracoles!



EPÍLOGO

¡Este viaje por el electromagnetismo ha sido apasionante!



Sí. ¡Quién hubiera creído que una casa pudiera guardar tantos problemas científicos dentro de ella!

Pues les propongo otro experimento, tiene que ver con electromagnetismo y mecánica de fluidos...



Ah, muy bien. ¿De qué se trata?



FiN

Savoir sans Frontières

Las aventuras de Anselmo

¿Y SI VOLÁRAMOS?

Jean-Pierre Petit



Traducción: Juan Carlos Anduckia



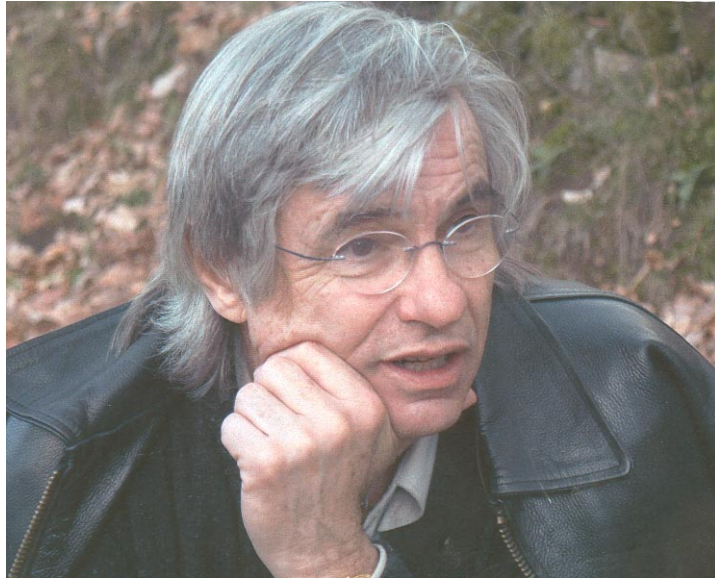
El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.



... Ustedes saben, sin el roce del aire el flujo alrededor del perfil sería totalmente diferente y no aportaría la fuerza de sustentación necesaria...

PRÓLOGO

Una mañana, Anselmo se levanta de muy mal humor



Anselmo se sentía triste y vacío. La Tierra le parecía plana y monótona. Los días se parecían unos a otros como gotas de lluvia ...



Max... ¿Dónde está Max?



Está allá arriba.
¡Qué afortunado que es!



MAX!
¡Yo también quiero
VOLAR !



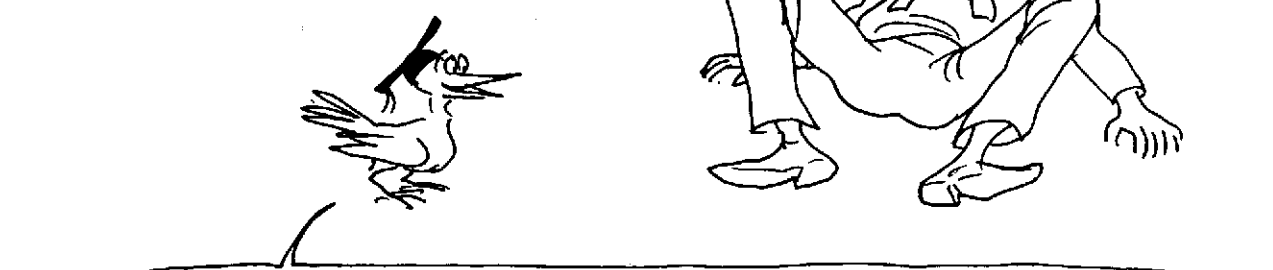
¿Volar? ¿Tú?
¡Santo cielo!

Max, tienes que enseñarme a volar.
Tiene que haber una manera. ¡Estoy
cansado de arrastrarme sobre la Tierra!



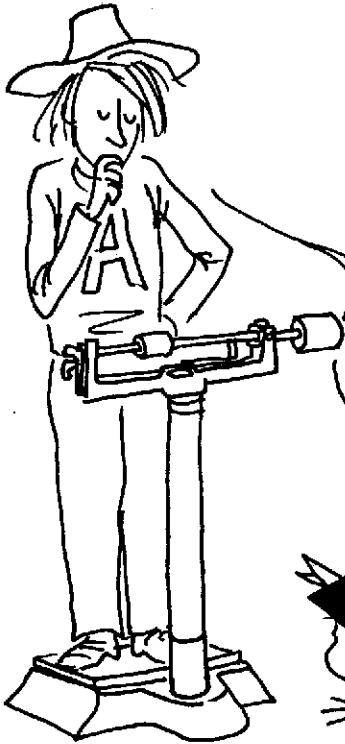
Mira, levanto un pie. Si logro levantar el otro con
suficiente rapidez, puede ser que ...

Tiene que haber sido todo el
aire que pesa sobre mis
espaldas



¡Al contrario! ¡De acuerdo con el principio de Arquímedes,
la presión del aire hace que tu peso disminuya unos ochenta
gramos!

HABÍA UNA VEZ UN HOMBRE LLAMADO ARQUÍMEDES



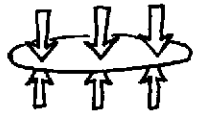
¿Quieres decir que cuando me peso la balanza no indica mi peso verdadero a causa del empuje de Arquímedes?



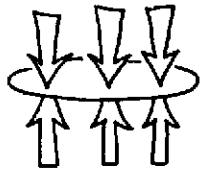
Exacto.
En realidad tú pesas ochenta gramos más



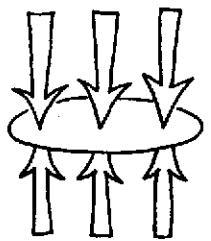
Ah, sí, el principio de Arquímedes...
Me suena conocido...
¿pero de qué se trata exactamente?

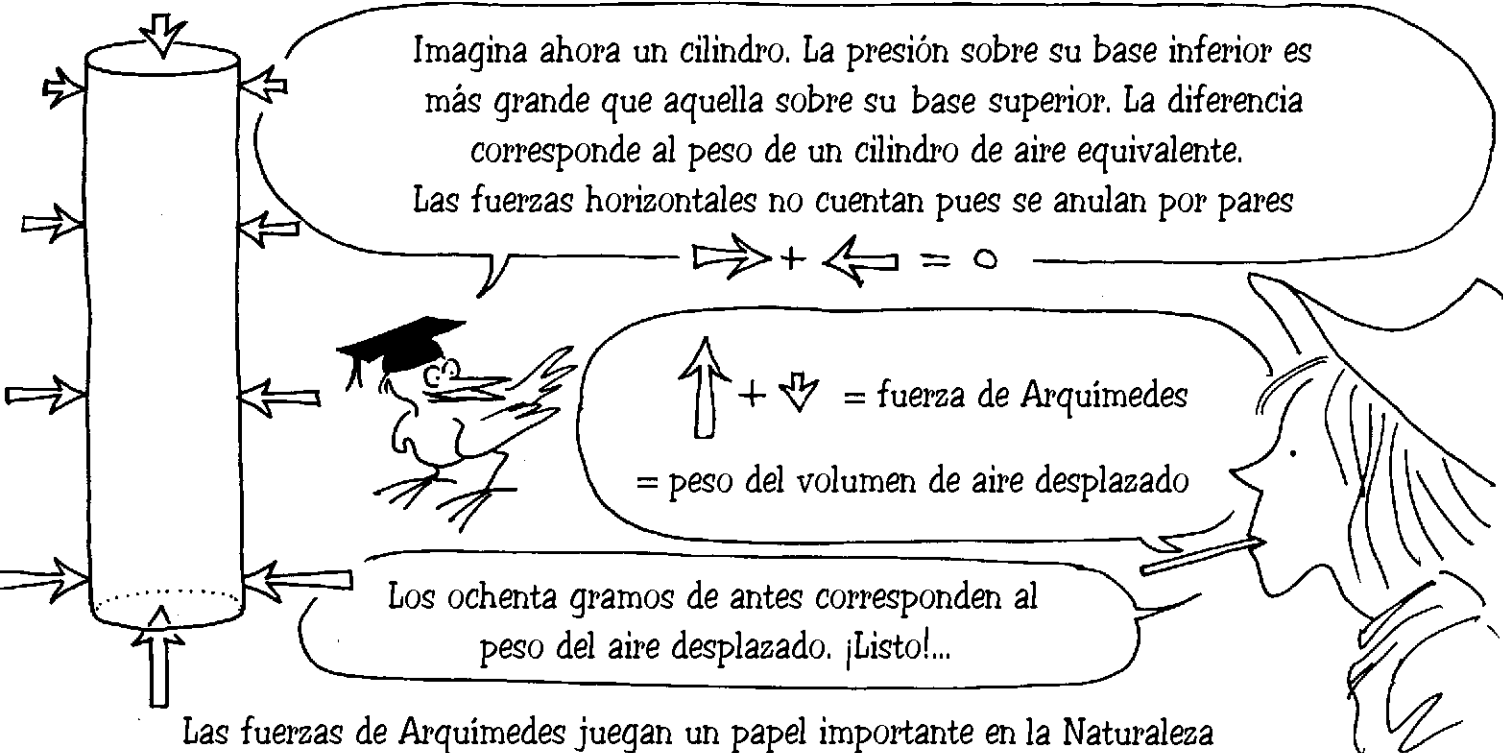


Fuerzas que actúan
sobre un disco
sumergido en un fluido



Imagina un disco inmerso en la atmósfera. La columna de aire encima de él pesa sobre su superficie superior. Entre más alta sea esta columna, más grande es la fuerza. Pero si el disco es muy delgado, una fuerza de presión igual y opuesta se ejerce sobre su superficie inferior, y la suma de las fuerzas se anula.





CORRIENTES DE CONVECCIÓN

Ochenta gramos no son suficientes para alzar vuelo...





Es un sistema algo primitivo pero eficaz. ¡Está hirviendo!



¡Vaya, este té está completamente frío!

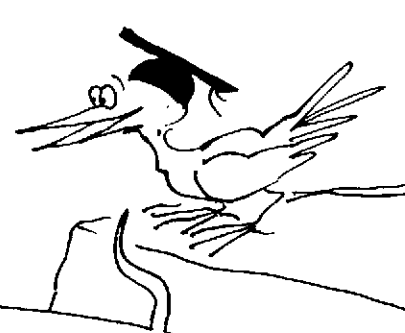
¡Y la olla también!

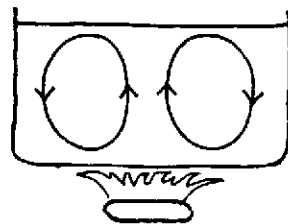
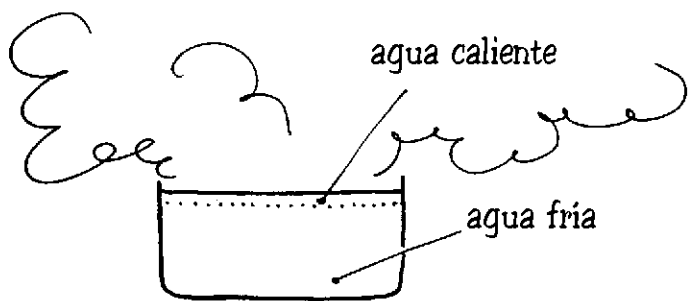


¡No lo puedo creer, hace un minuto estaba hirviendo!



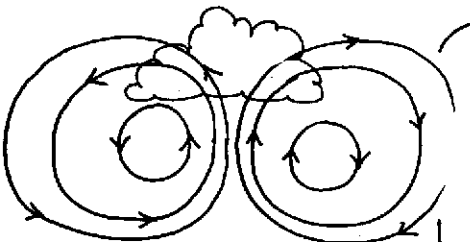
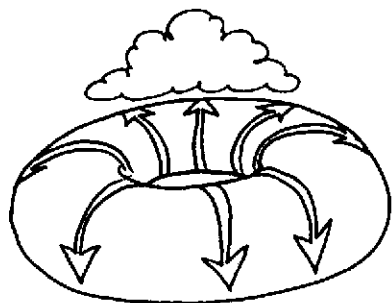
Sólo calentaste la capa superficial, y esta película de agua caliente, dilatada y por lo tanto menos densa, flota. ¡Eso es todo!





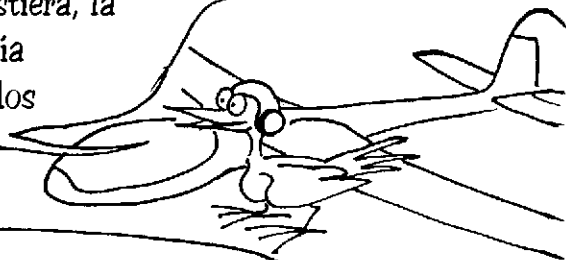
Si, por el contrario, se calienta el agua por debajo, allí el agua, dilatada, por lo tanto menos densa, tenderá a ascender. Se enfriará en la superficie, se contraerá y redescenderá por los lados. Esta es la **CONVECCIÓN NATURAL**.

En la atmósfera tiene lugar este mismo fenómeno. Ciertos puntos del suelo absorben más el calor del sol que otros. En dichos puntos el aire se carga de humedad (entre más caliente, más agua puede contener en estado de vapor), se dilata y tiende a ascender. A una cierta altura, el enfriamiento produce la condensación del vapor de agua en gotitas, dando lugar a un bello **CÚMULO**.



punto caliente

Este fenómeno de mezcla hace más homogénea la temperatura del aire. Si no existiera, la temperatura del suelo alcanzaría centenares de grados centígrados



Si me agarrara a una de esas burbujas de aire caliente, tal vez lograría volar...



¡Atención a dónde pones los pies, santo cielo!



¿Quién dijo eso?

¿No podrias ir a pensar a otra parte?

¡Por poco y me pasas por encima, sopenco!

Oh, disculpa

¿Volar? ¡Ja! ¡Como si la vida no fuera ya bastante complicada!

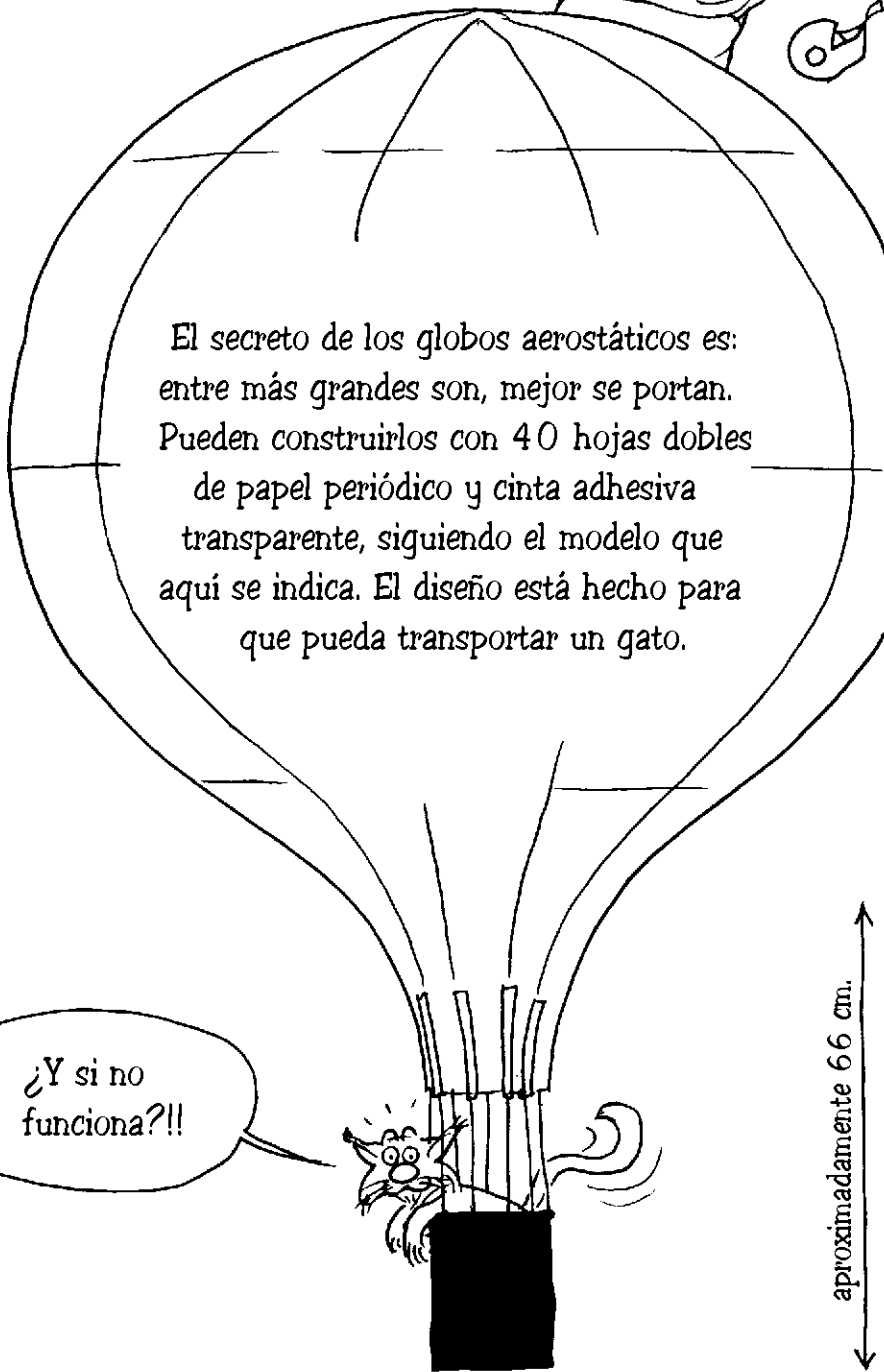
¡Ante todo, nuestros sabios han establecido que eso es matemáticamente imposible!

¿Y, francamente, no creen que hay cosas más serias por hacer que... volar?

¡Figúrate!

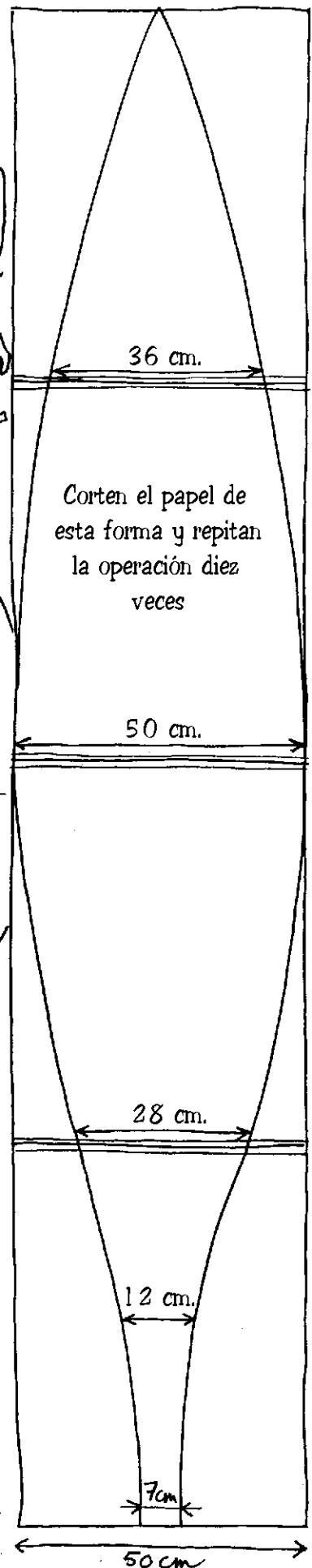
¡Lo tengo!
Pondré una burbuja de agua caliente dentro de una bolsa

MÁS LIGEROS QUE EL AIRE



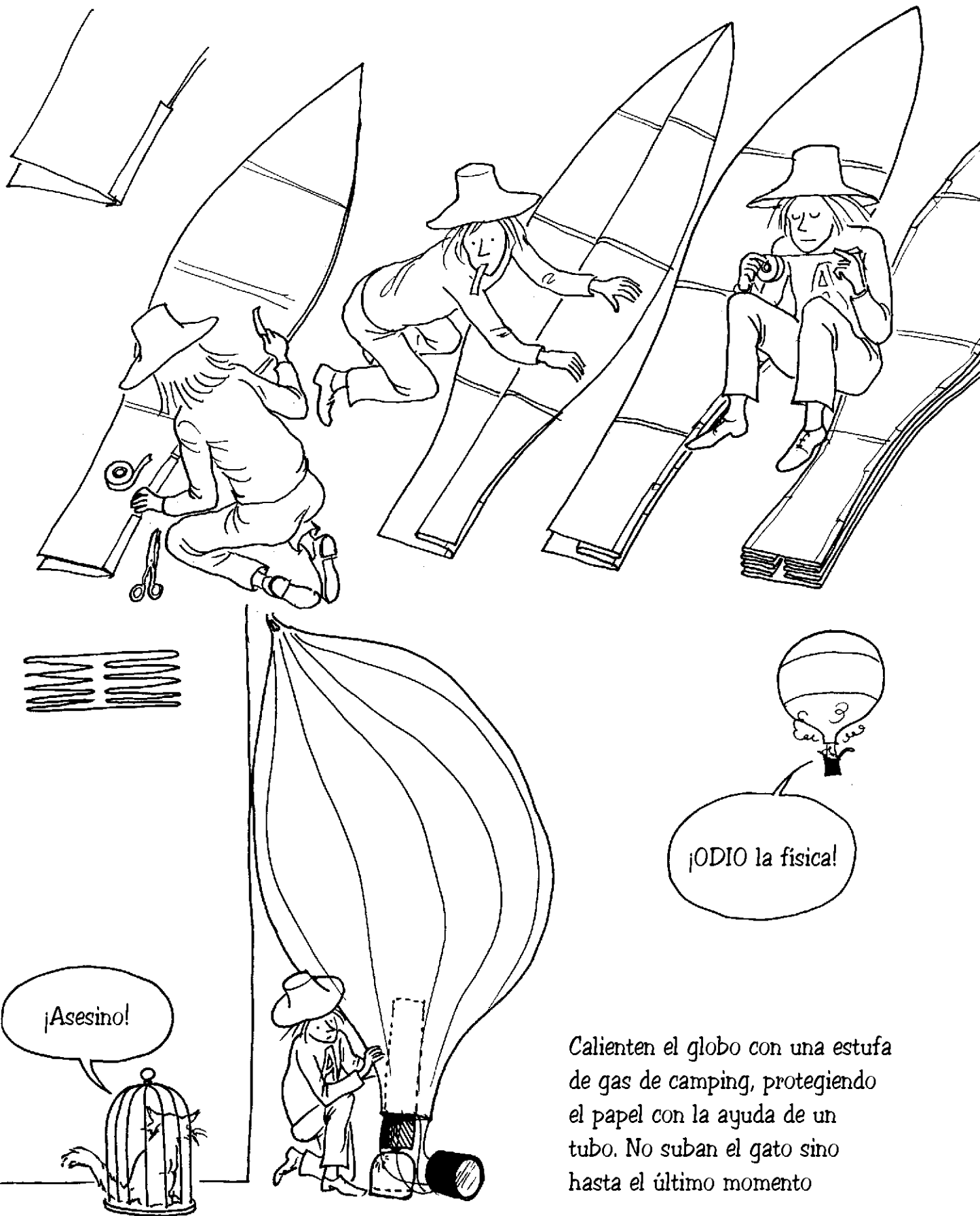
El secreto de los globos aerostáticos es: entre más grandes son, mejor se portan. Pueden construirlos con 40 hojas dobles de papel periódico y cinta adhesiva transparente, siguiendo el modelo que aquí se indica. El diseño está hecho para que pueda transportar un gato.

¿Y si no funciona?!!

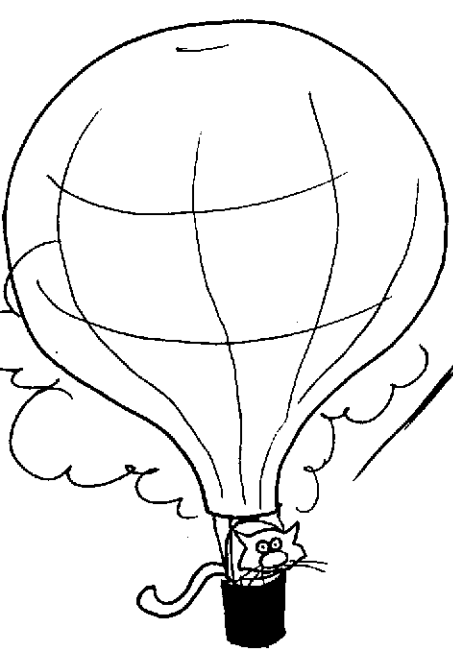


Cuatro hojas dobles de papel periódico, unidas con cinta adhesiva

Miren cómo Anselmo construye su nave, más ligera que el aire :



Calienten el globo con una estufa de gas de camping, protegiendo el papel con la ayuda de un tubo. No suban el gato sino hasta el último momento



¡Ningún gato ha hecho jamás lo que yo estoy haciendo!




Sueños de papel...
Este diseño no me llevará muy alto.
Además, es presa fácil de los vientos y no lo puedo guiar a donde quiero...

¿Cuál es entonces el secreto del vuelo?



¡Date prisa, que estoy cansado!







Nada que hacer, no funciona.
¡Hay algo que se me escapa!



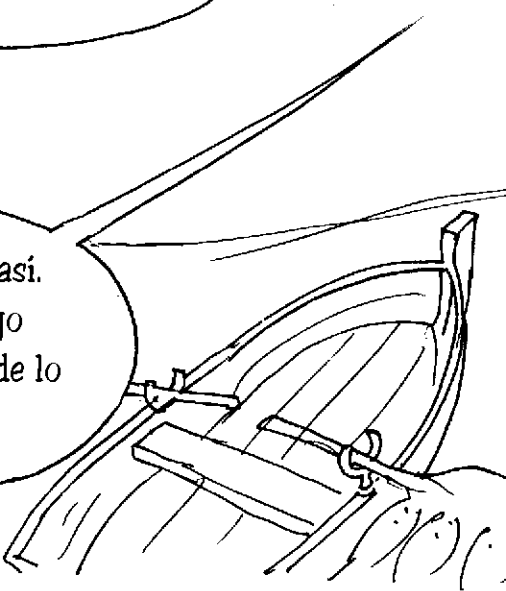
Psss...
Psss...



Anselmo, para volar es necesario que te
familiarices con la MECÁNICA DE
FLUIDOS. ¡Volar no es tan fácil!



¿Qué es exactamente un fluido?
¿Es algo que fluye?




Si, si quieres decirlo así.
Pero es también algo
mucho más complejo de lo
que imaginas



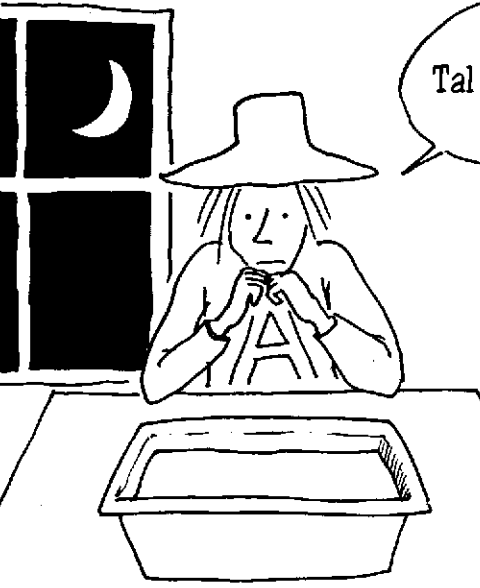
FLUIDOS






Puse la pelota bajo la arena y la moneda en la superficie. Lógicamente, la moneda debería descender y la pelota volver a la superficie

Nada...

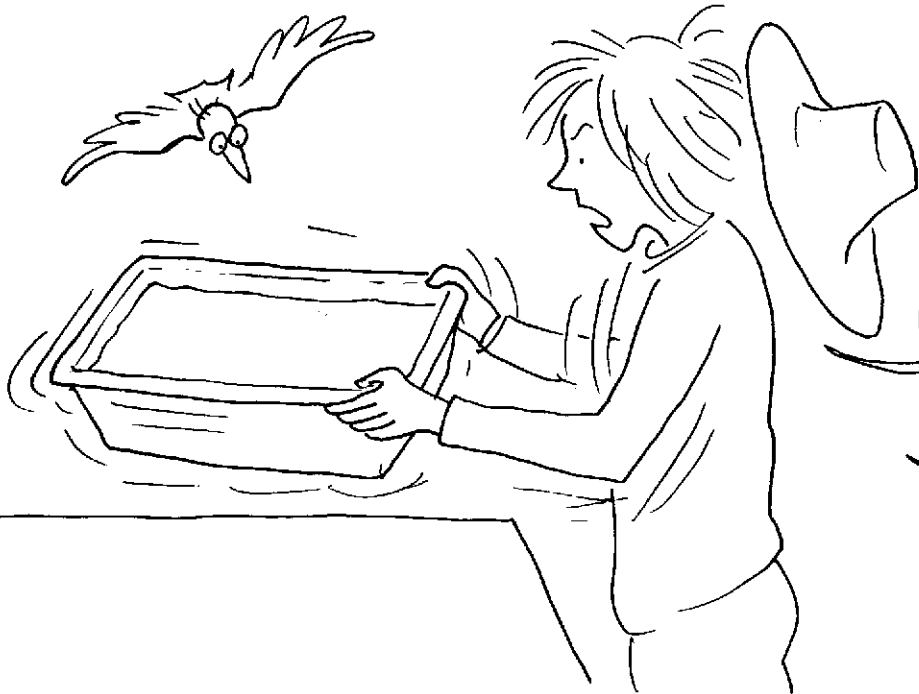


Tal vez si espero un poco más...




¿Se ha vuelto loco tu amigo?

Con la fisica hay que tener mucho cuidado




¡Por todos los demonios con este experimento!


¡Ya basta!



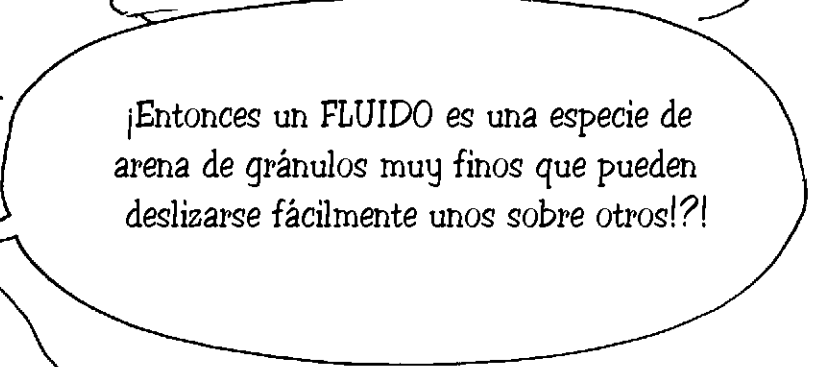
¡Mira, la pelota ha vuelto a la superficie!



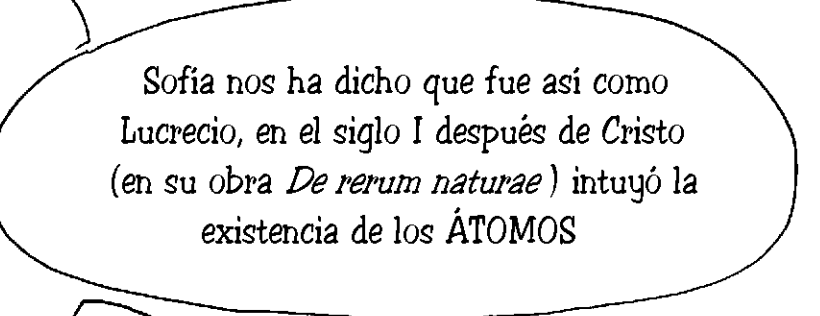
Y la moneda ha ido al fondo. Sacudiendo la arena, Anselmo provocó que sus granos se deslizaran unos sobre otros, y la arena se volvió FLUIDA



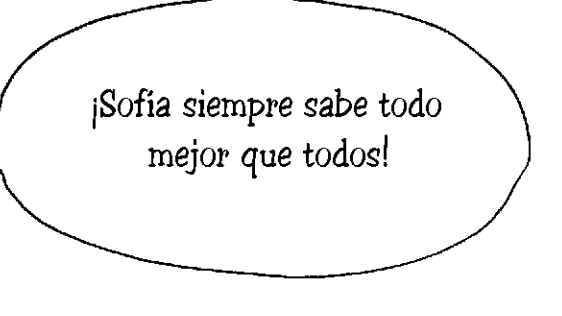
Sofia dice que entre más finos sean los granos, más rápido se produce el fenómeno



¡Entonces un FLUIDO es una especie de arena de gránulos muy finos que pueden deslizarse fácilmente unos sobre otros?!'

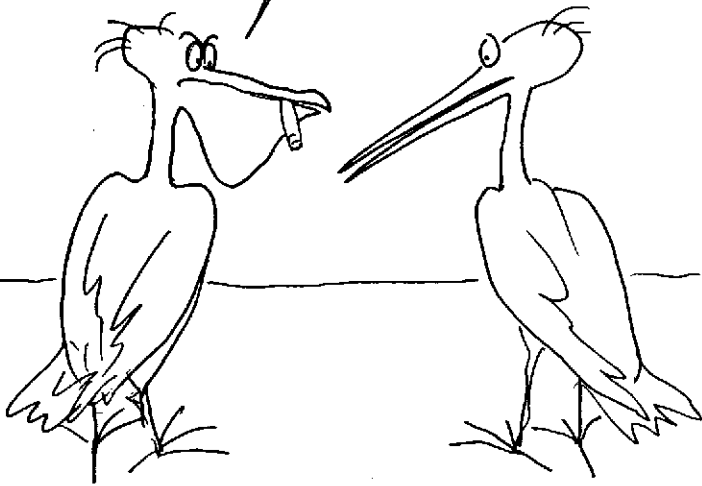


Sofia nos ha dicho que fue así como Lucrecio, en el siglo I después de Cristo (en su obra *De rerum naturae*) intuyó la existencia de los ÁTOMOS

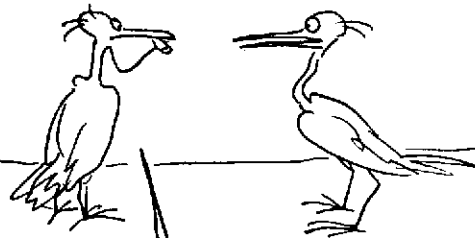


¡Sofia siempre sabe todo mejor que todos!

Así que, mi querido amigo, al parecer los quesos "camembért" son fluidos muy viscosos. Y parece que hasta el mismo vidrio... (*)

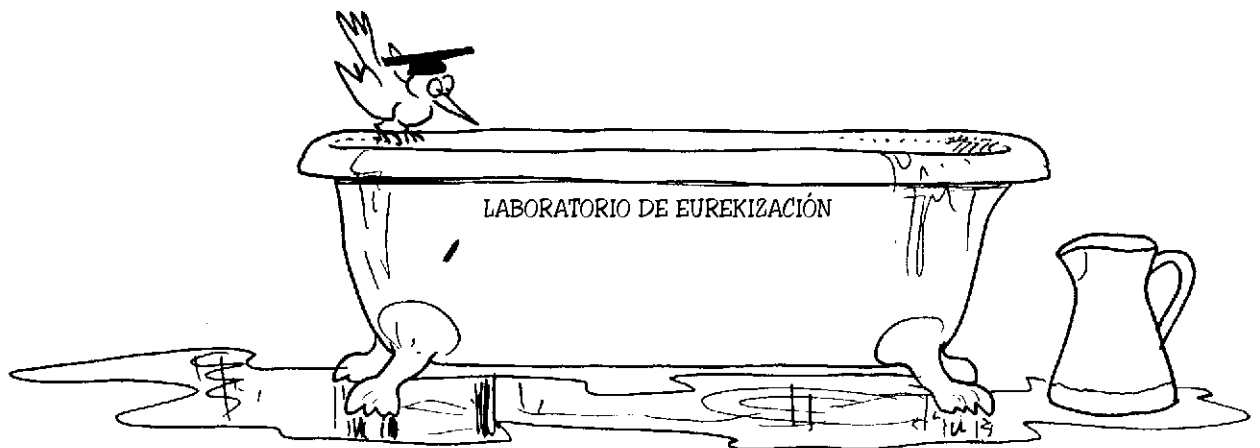


Acaso quieres decir que... el principio de Arquímedes...



¡No me hagas decir cosas que no he dicho!

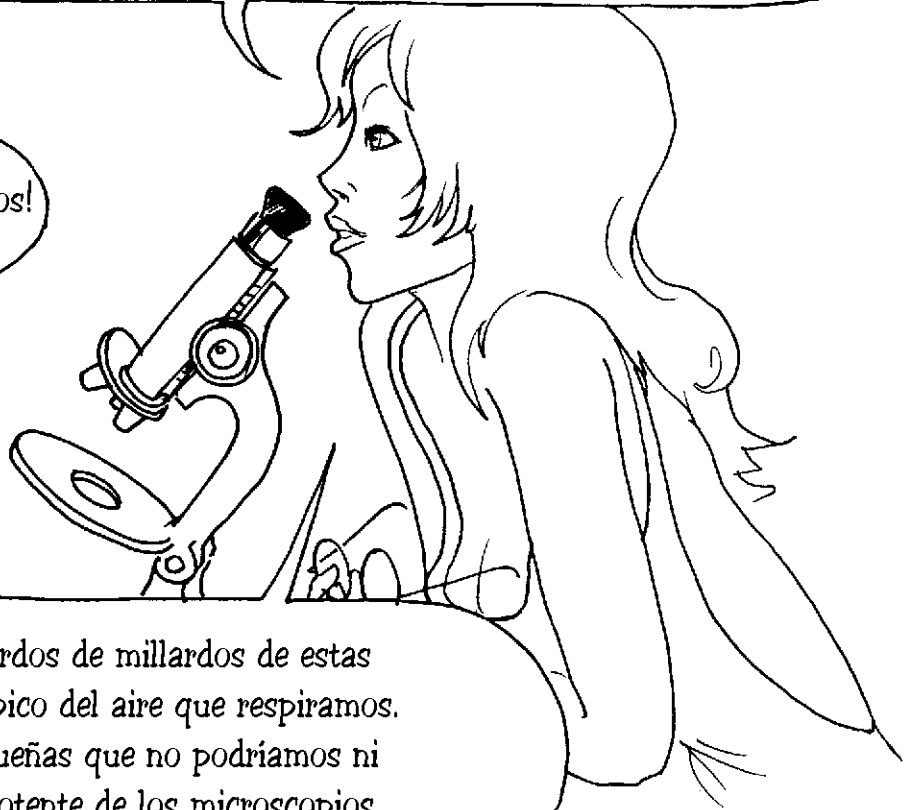
(*) En efecto, el vidrio es un LÍQUIDO extremadamente viscoso.





Ya ves, Anselmo, que para entender bien un fluido es necesario tener presente que se trata de un conjunto de moléculas que, como pequeñas pelotitas, rebotan y se deslizan unas sobre las otras en lo que se denomina **CAOS MOLECULAR**

¡Listo para el caos!



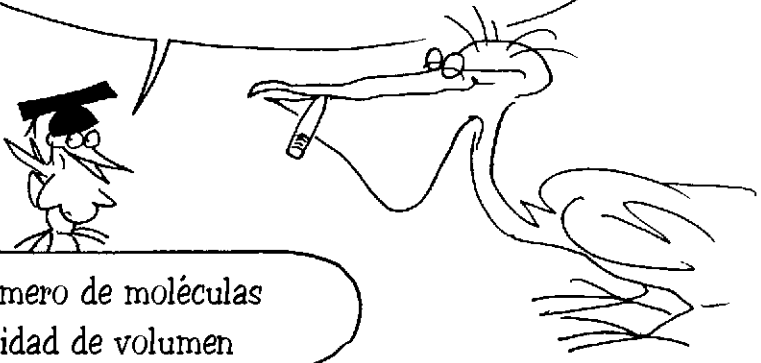
Hay cerca de veinte mil millones de millones de estas pelotitas en un centímetro cúbico del aire que respiramos. Estas moléculas son tan pequeñas que no podríamos ni siquiera verlas con el más potente de los microscopios

DENSIDAD



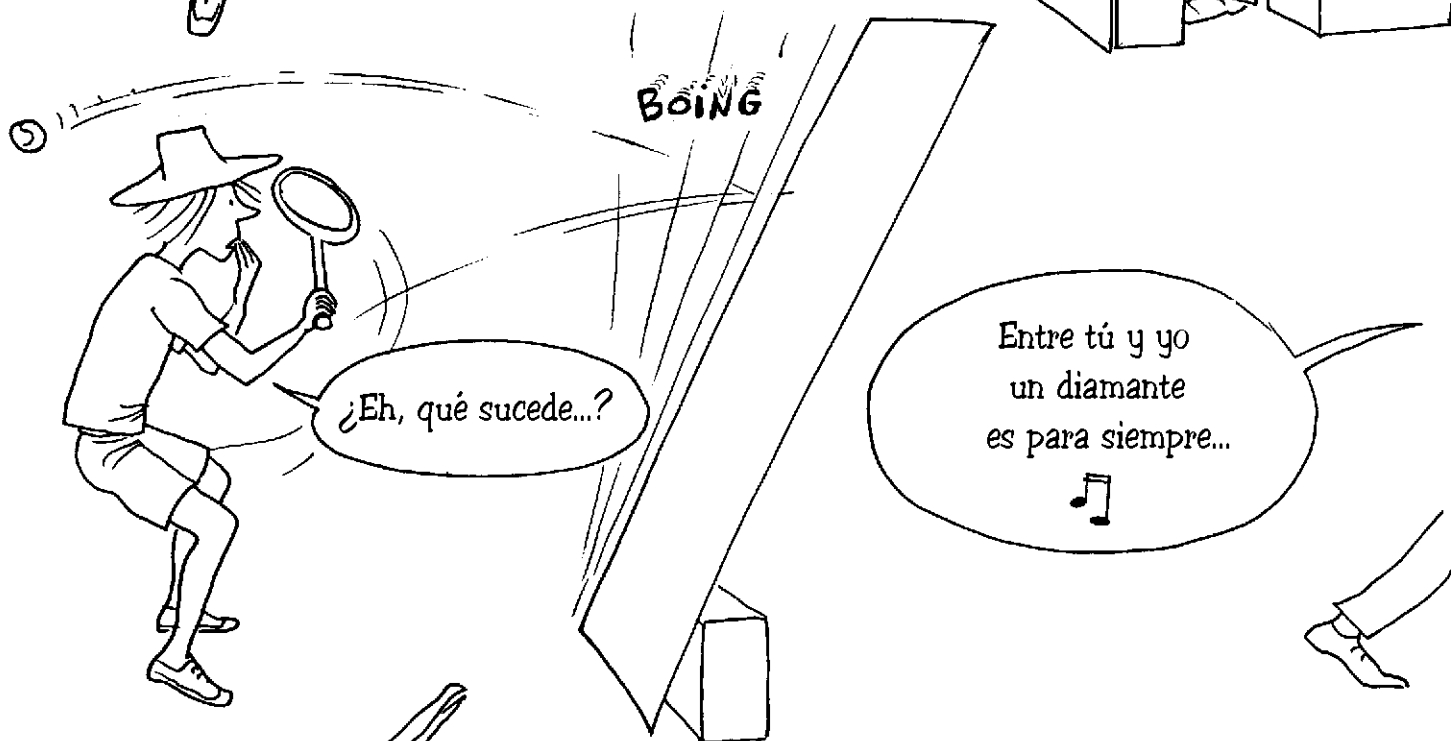
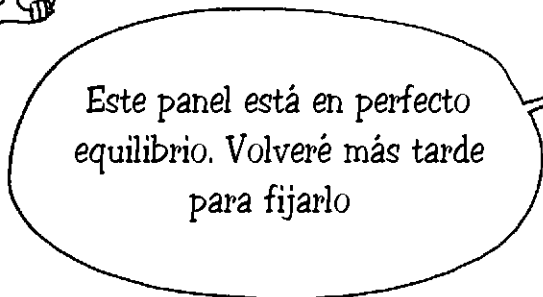
¡Yo no lo entiendo!

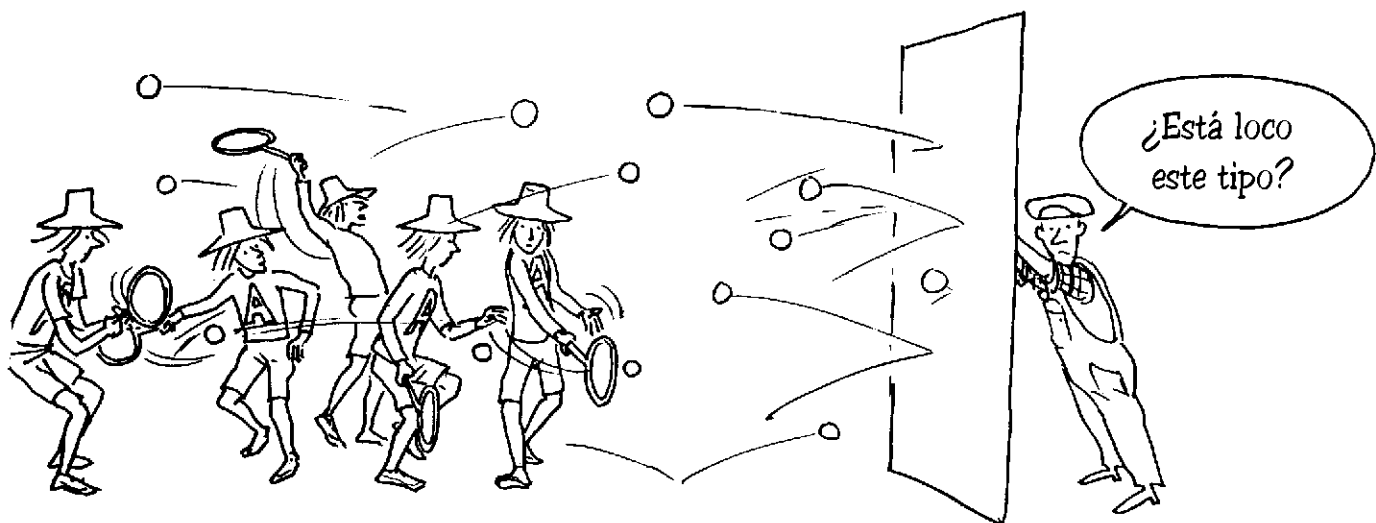
El concepto de densidad es tan intuitivo que mejor no hablemos sobre él



Es el número de moléculas por unidad de volumen

PRESIÓN :

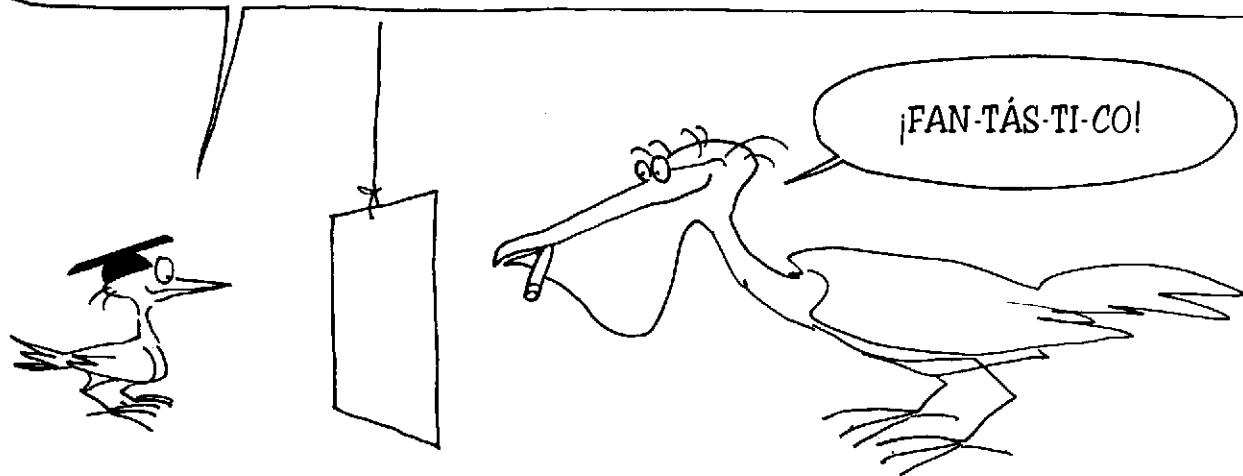




Son los innumerables choques moleculares que se producen contra la pared los que crean el fenómeno que denominamos PRESIÓN.

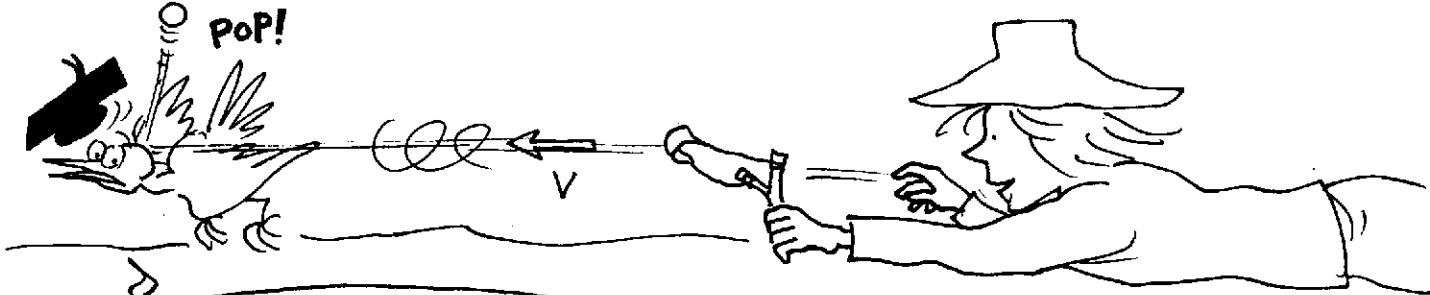
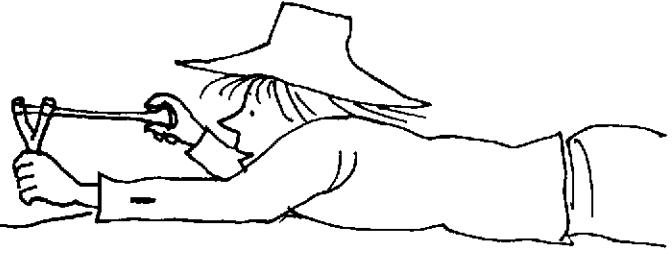


Permanece inmóvil porque los choques que ejercen las moléculas cuando colisionan de lado y lado se equilibran



ENERGÍA CINÉTICA:

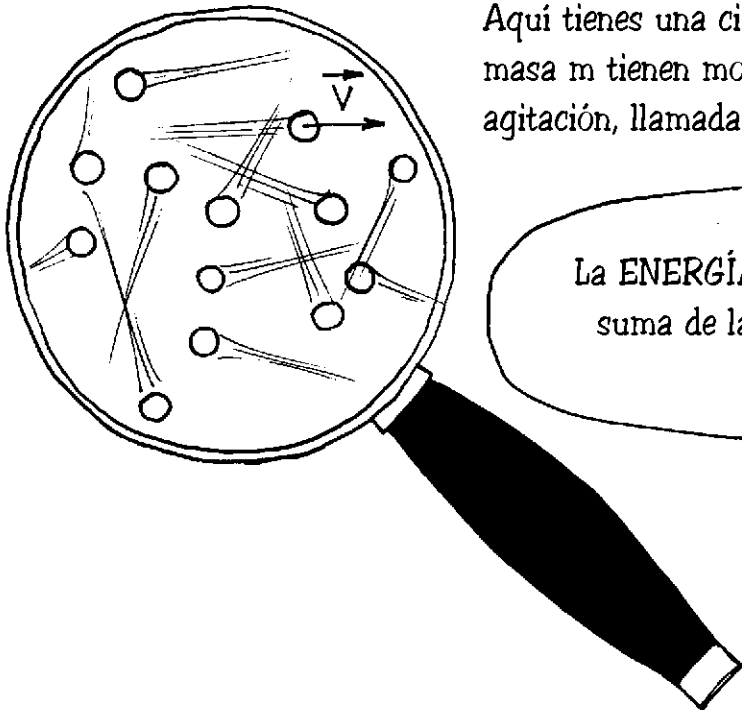
Un objeto de masa m que se mueve con velocidad V ...



... tiene, por definición, una **ENERGÍA CINÉTICA** igual a $\frac{1}{2}mV^2$

ENERGÍA TÉRMICA:

Aquí tienes una cierta cantidad de gas. Sus moléculas de masa m tienen movimientos desordenados. Su velocidad de agitación, llamada velocidad de agitación **TÉRMICA**, es V .



La **ENERGÍA TÉRMICA** del sistema es simplemente la suma de las energías cinéticas $\frac{1}{2}mV^2$ de todas las moléculas que lo componen

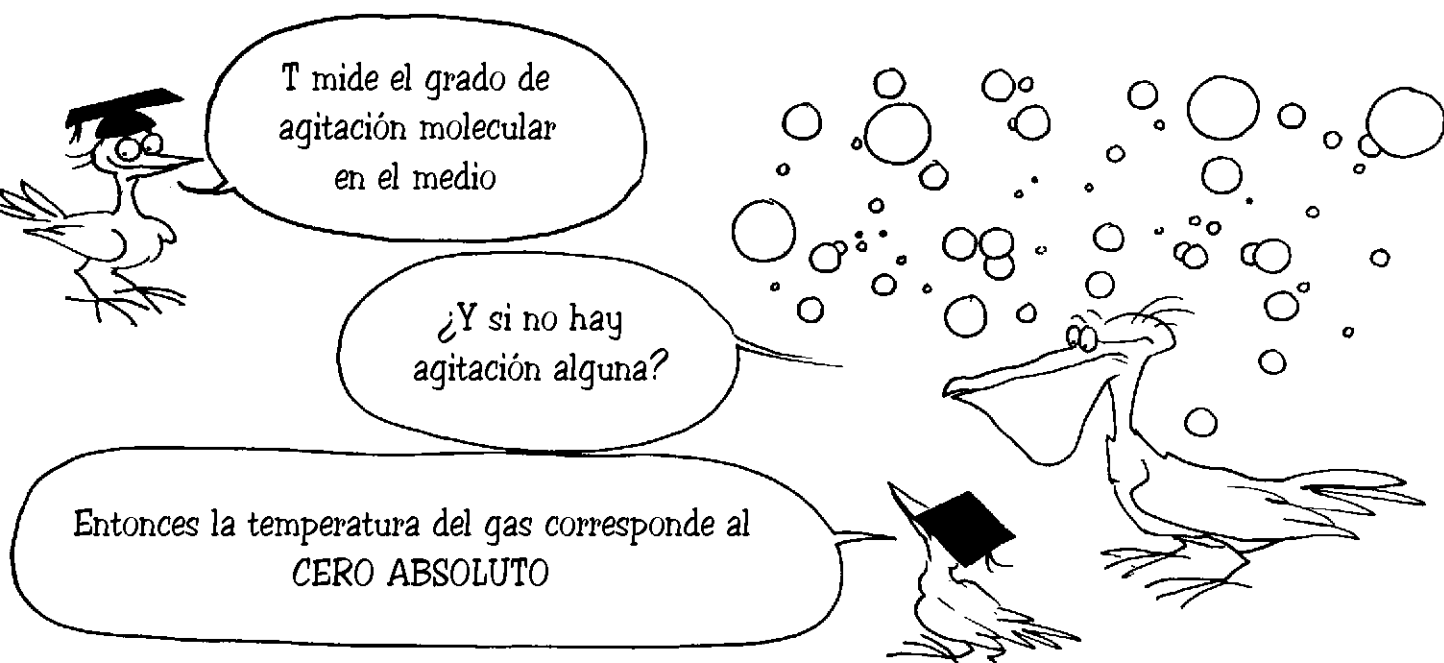


TEMPERATURA :



La **TEMPERATURA ABSOLUTA** de un gas es la medida de la energía cinética de agitación $\frac{1}{2}mV^2$ de UNA MOLÉCULA del gas.

La Dirección



No se puede estar por debajo del cero absoluto pues no se puede estar menos agitado que cuando se está inmóvil, ¿no es así?

¡Sin agitación molecular no hay colisiones sobre las paredes, y por lo tanto no hay presión!

¡Parece que lo entendí!



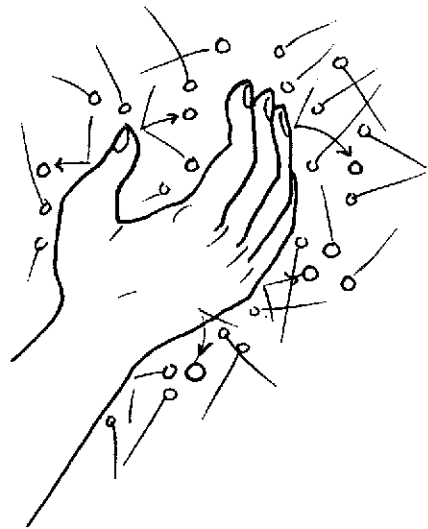
Resumamos: a mayor número de moléculas, más agitadas estarán, por lo tanto calientes, y mayor será la presión del gas

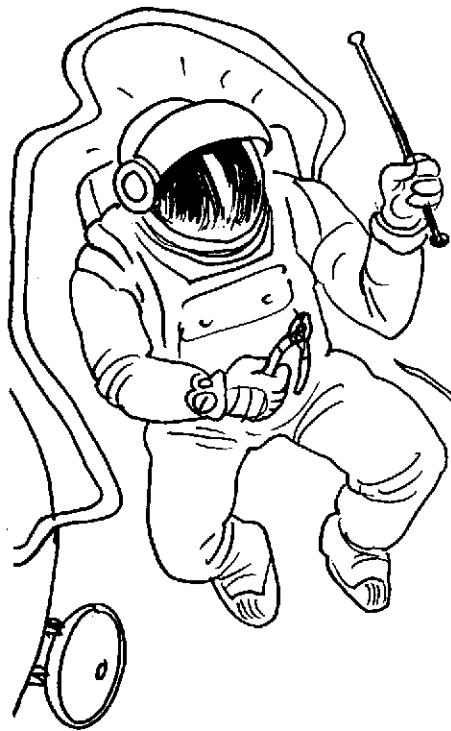


CALOR :

Un objeto inmerso en un fluido está sometido a una infinidad de microchoques moleculares a través de los cuales las moléculas pueden transmitir e intercambiar energía, CALOR. La capacidad para transmitir el calor aumenta con la densidad del fluido.

Por esta razón, el agua es un mejor conductor del calor que el aire.



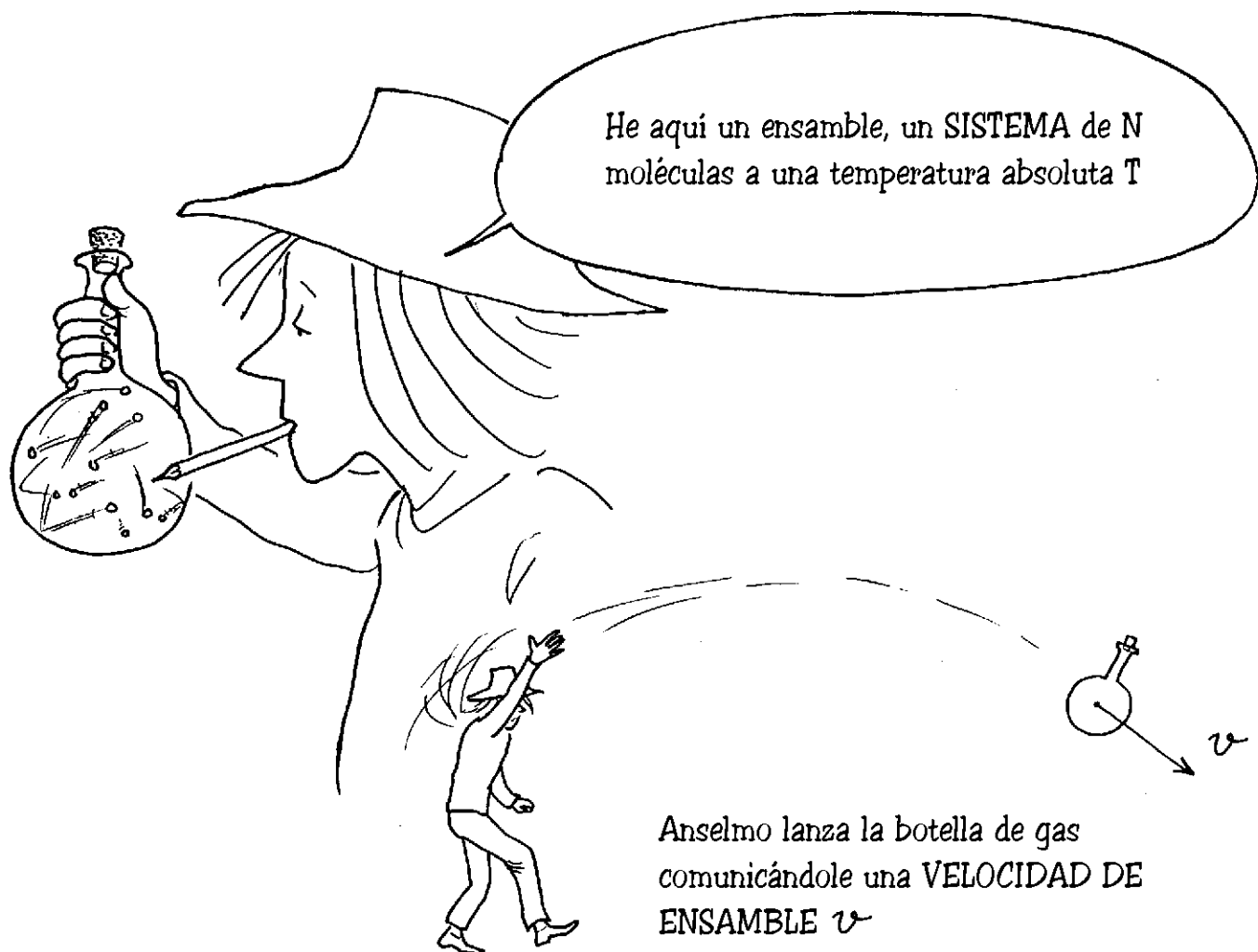


Cuando un astronauta "camina" en el espacio, lo hace a través de un aire muy enrarecido (diez moléculas por centímetro cúbico). El grado de agitación de las moléculas corresponde a una temperatura de 2.500° . Pero este aire no logra quemar al astronauta debido a que es muy poco denso para comunicar de manera eficaz su calor.

¡Brrr... 2.500° y me congeló!

La temperatura es alta pero el flujo de calor es ínfimo.

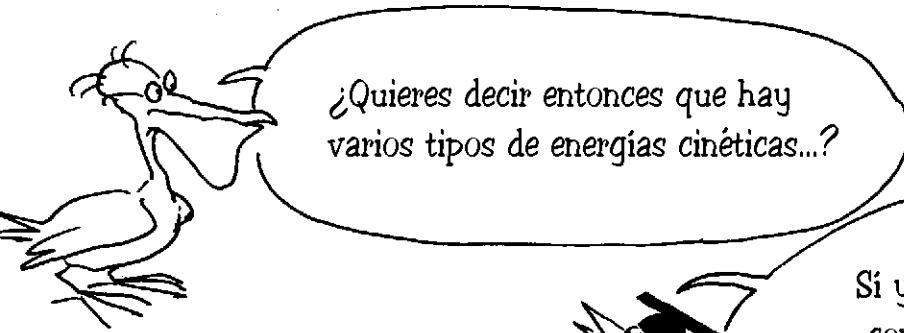
ENERGÍA DE ENSAMBLE :



He aquí un ensamble, un SISTEMA de N moléculas a una temperatura absoluta T

Anselmo lanza la botella de gas comunicándole una VELOCIDAD DE ENSAMBLE v

A esta velocidad de ensamble v le corresponde una **ENERGÍA CINÉTICA DE ENSAMBLE** $\frac{1}{2}Mv^2$, siendo M la masa total del gas contenido en la botella.



¿Quieres decir entonces que hay varios tipos de energías cinéticas...?

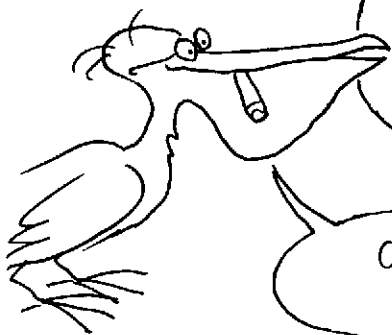


Sí y no... El sistema de moléculas contenido en la botella tiene una **ENERGÍA TOTAL** que es la suma de dicha **ENERGÍA DE ENSAMBLE** y de la energía de agitación térmica



¡Vaya si es complicada la tal mecánica de fluidos!

¿No querías volar?
¡Pues entonces tienes que aprender a volar!



Bien... este libro dice que, en un sistema de moléculas, se puede transformar la energía de agitación térmica en energía de ensamble

O, en otras palabras, transformar **CALOR** en **MOVIMIENTO**

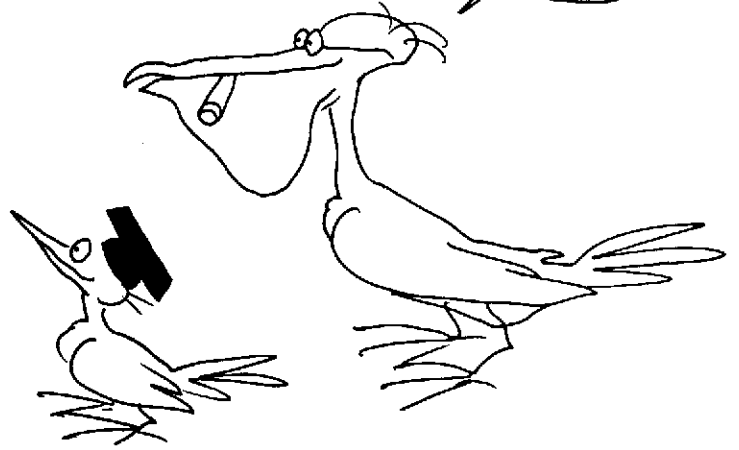




Para hacerlo, basta retirar el tapón

SISTEMA DE N MOLÉCULAS:
ENERGÍA TÉRMICA $N \times \frac{1}{2}mV^2$

Veamos...



CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA:



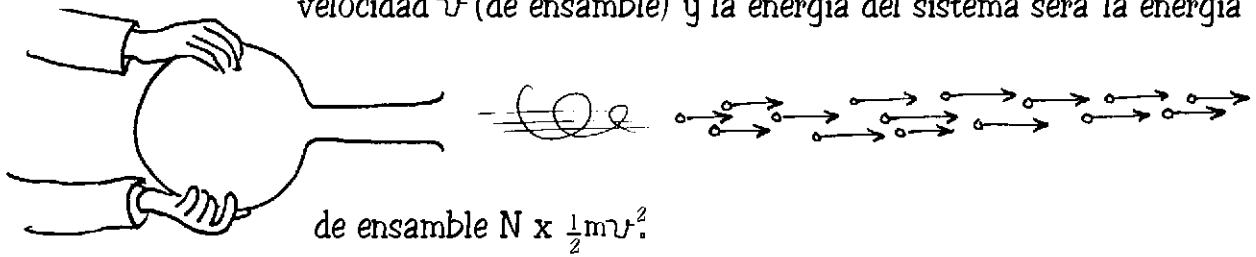
¡Ehi!

Para simplificar, supondremos que esta expansión del gas tiene lugar sin obstáculos internos, en el vacío.

La Dirección

$V =$
velocidad de
agitación de las
N moléculas

Si esta transformación CALOR → MOVIMIENTO es total, las moléculas tendrán todas la misma velocidad v (de ensamble) y la energía del sistema será la energía



Según el PRINCIPIO DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA, la energía total del sistema, es decir la suma de la energía de ensamble y de la energía cinética de agitación (térmica), es **CONSTANTE** durante el proceso.

La Dirección

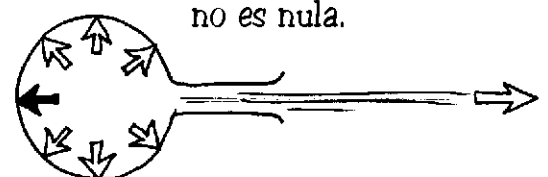
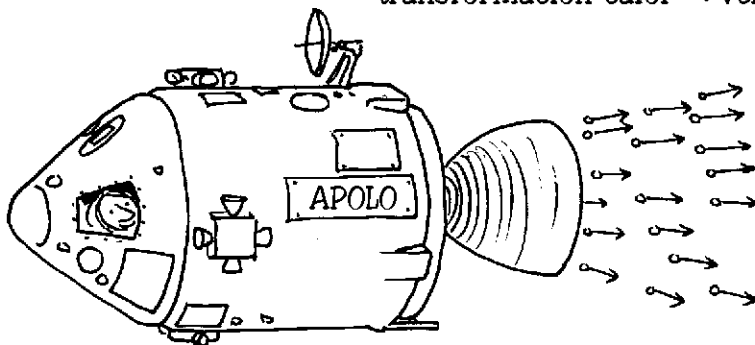
Vamos a ver si entendí bien: en este caso particular de expansión total, la conservación de la energía da $N \times \frac{1}{2} m V^2 = N \times \frac{1}{2} m v^2$, es decir $V = v$. ¿Es así?

¡Correcto!

Aplicación de esta transformación de energía térmica en energía cinética de ensamble :

PROPULSIÓN POR REACCIÓN

El "tubo de escape" de los motores de fusión posee una geometría que permite una mejor transformación calor → velocidad. La fuerza propulsora resulta del hecho que, durante la expansión, la suma de las fuerzas de presión sobre el revestimiento ya



¡Comprendido!

Para volar, aparentemente debería ser suficiente con empujar el aire hacia abajo

Probemos así

No me parece muy eficaz...

PSCHOUF!

¡Observa, Anselmo... las alas de los pájaros no tienen la forma de un paraguas!
Siempre quieres comprenderlo todo rápido.
Tienes que estudiar más...

Mmm...

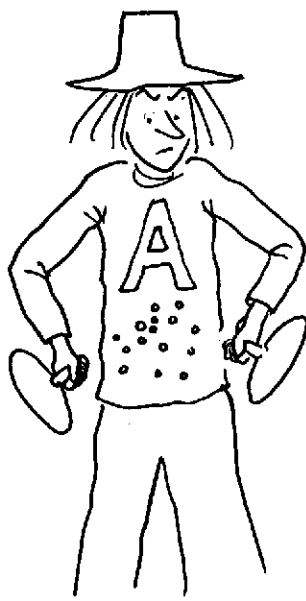
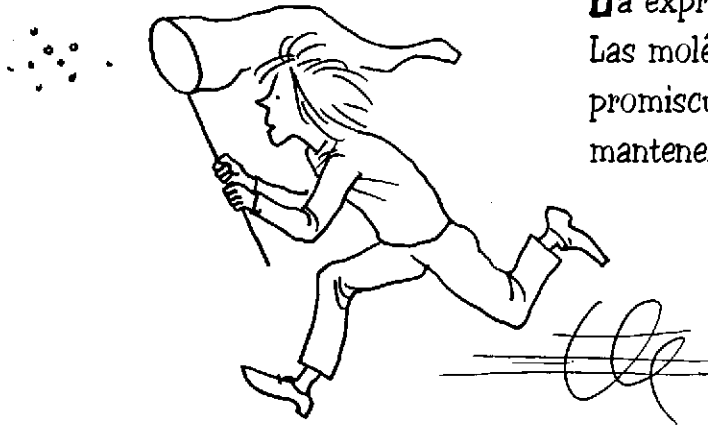
Tienes razón, Sofia

¡Sabe mucho esta chica!

¡Tú tampoco estás tan mal!

FLUJO CON DENSIDAD CONSTANTE

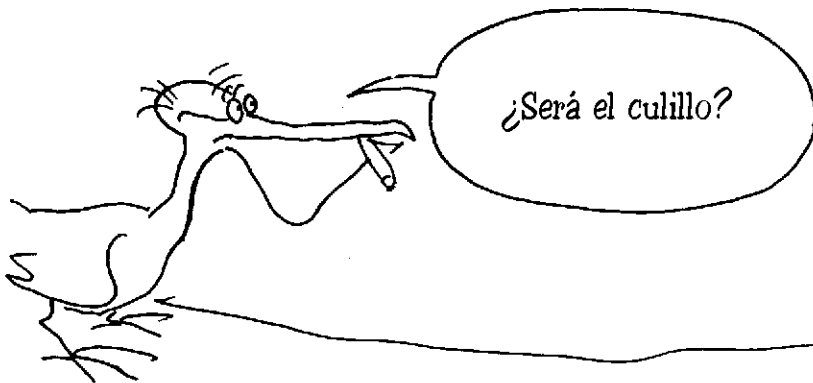
La expresión "libre como el aire" no es casual. Las moléculas de un gas no soportan la promiscuidad, por lo que buscan a toda costa mantener la mayor distancia posible entre ellas.



Así no logro aumentar la densidad del aire

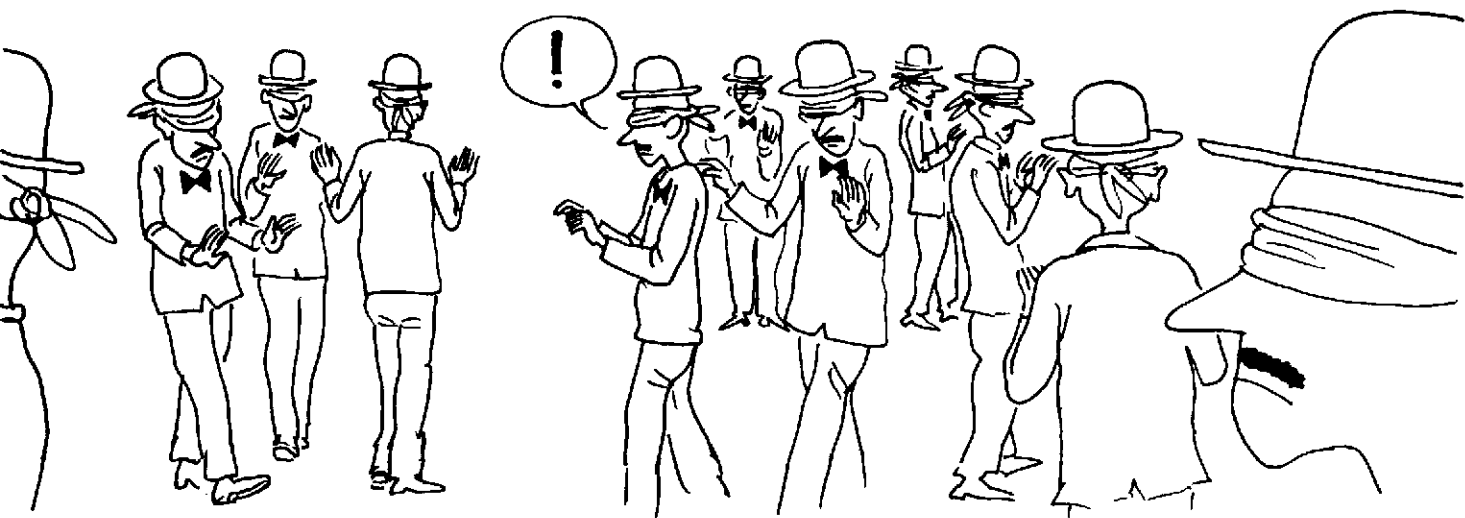
¡Torpe! ¡No eres lo suficientemente rápido!
¡Te vi antes de tiempo!

¿Qué es lo que hace huir a las moléculas en el momento en que las raquetas se acercan?



¿Será el culillo?

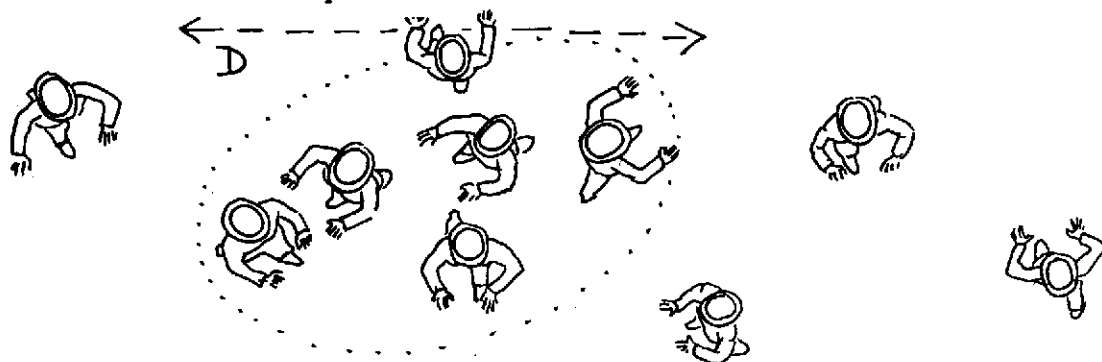
Imaginemos un lugar en el que se mueven personas con los ojos bendados. Ellas juegan el papel de moléculas y la velocidad a la cual se desplazan al azar en todas las direcciones, es una imagen de la velocidad de agitación térmica V .



Estas personas no se dirigen a ninguna parte en particular. Cada t segundos, en promedio, luego de haber recorrido una distancia l , chocan entre ellas. Llamamos a l el CAMINO LIBRE PROMEDIO y a t el TIEMPO DE CAMINO LIBRE PROMEDIO.

En el aire que respiramos, V , la velocidad de agitación térmica, tiene un valor cercano a 340 m/s. El camino libre promedio molecular es aproximadamente de un cienmilésimo de centímetro, mientras que el tiempo que transcurre entre dos colisiones de una molécula con sus moléculas vecinas es sólo de un diezmilésimo de millonésimo de segundo.

Nada incita a estas personas bendadas a agruparse, por el contrario su incesante movimiento de agitación puede provocar que toda agrupación de diámetro D se disperse en un tiempo D/V .



En efecto, este es el tiempo que toman estas personas para recorrer la distancia D , por lo tanto para abandonar el lugar de la reunión.



Estas personas, además mudas para completar, no ven más allá de la punta de sus dedos. Si en la multitud llega a penetrar un objeto con una velocidad v menor que la velocidad de agitación V , podrán estar informadas sobre ello chocando gradualmente y apartándose ANTES de que el objeto las golpee. La información viaja la velocidad de su marcha, es decir a la velocidad de agitación V .

EL SONIDO

es la propagación, a DENSIDAD CONSTANTE, de un

impulso de presión. Es una especie de onda de choque que se propaga a la velocidad V .

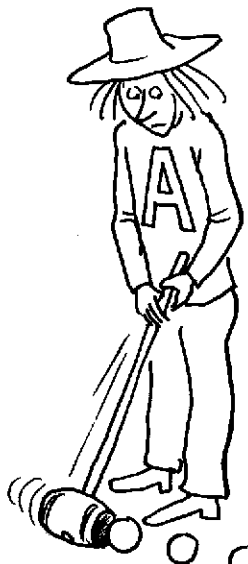


Es necesario tener bien claro que el sonido es la propagación de un impulso y no la propagación de materia

El sonido es una ONDA de PRESIÓN

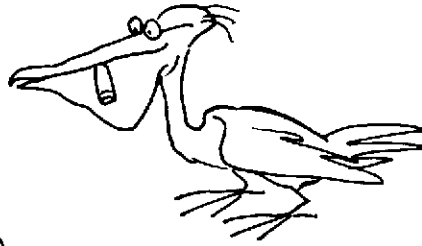


Es a la velocidad del SONIDO que las moléculas son advertidas sobre el más mínimo desplazamiento de las raquetas de Anselmo. Pueden así escapar fácilmente, manteniendo su DENSIDAD CONSTANTE.



Anselmo ha alineado unas bolas de cróquet. El impulso que comunica a la primera, ésta se lo transmite a la segunda, ésta a la tercera, y así sucesivamente. Se trata de una imagen lineal de la propagación del SONIDO.

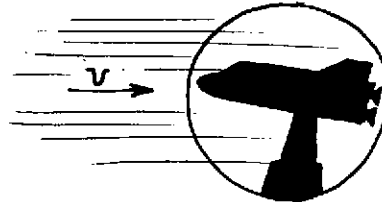
propagación
del impulso



La noción de velocidad es **RELATIVA**. Así, v será para nosotros indistintamente la velocidad de un objeto que penetra dentro de un fluido en reposo:



o la velocidad de ensamble de un gas que llega sobre un objeto **FIJO**:



(túnel
aerodinámico)

El cociente $M = v/V$ se llamará, por definición, **NÚMERO DE MACH**, siendo V la velocidad del sonido.

Si $v < V$, es decir si $M < 1$, el fluido tendrá un régimen **SUBSÓNICO**. El flujo se realizará a densidad constante y lo denominaremos "INCOMPRESIBLE".

La Dirección

LEY DE BERNOULLI

Hay un mal olor por aquí...

¡Es olor a topo!
¿A qué querías acaso que oliera?

Umm... veamos, veamos...
Daniel Bernoulli: físico suizo,
1700-1782...

?

Muy bien,
así debería funcionar

¡¿Qué diablos está haciendo
allá arriba?!

Bueno, está listo

¿Listo qué?

Mi sistema de ventilación automática

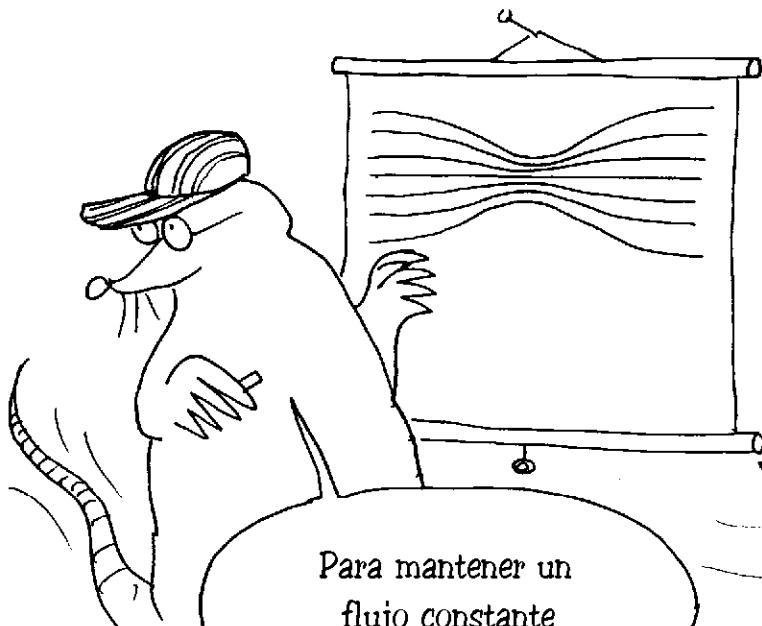
¡El viento sopla, qué bueno!
¿Sientes la aspiración?

?!?

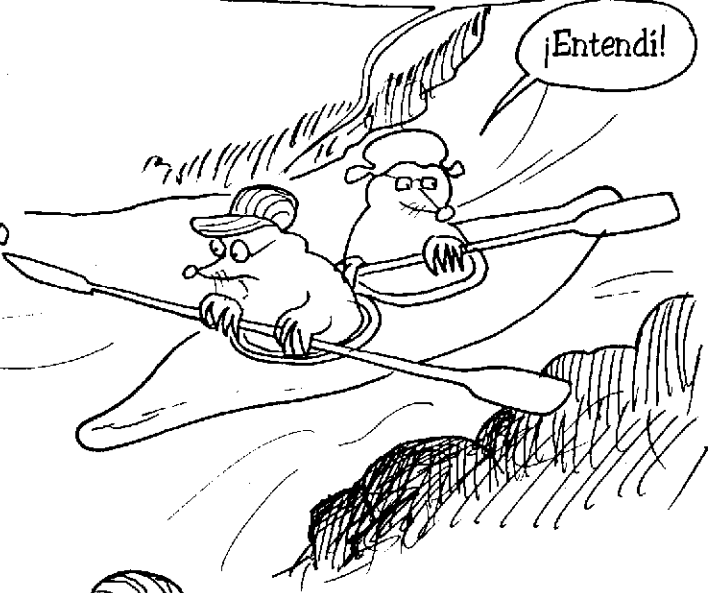
¿Si, pero por qué resulta aspirado el aire de la madriguera?

El túmulo es un obstáculo para el paso del aire. Para superarlo, este debe acelerar

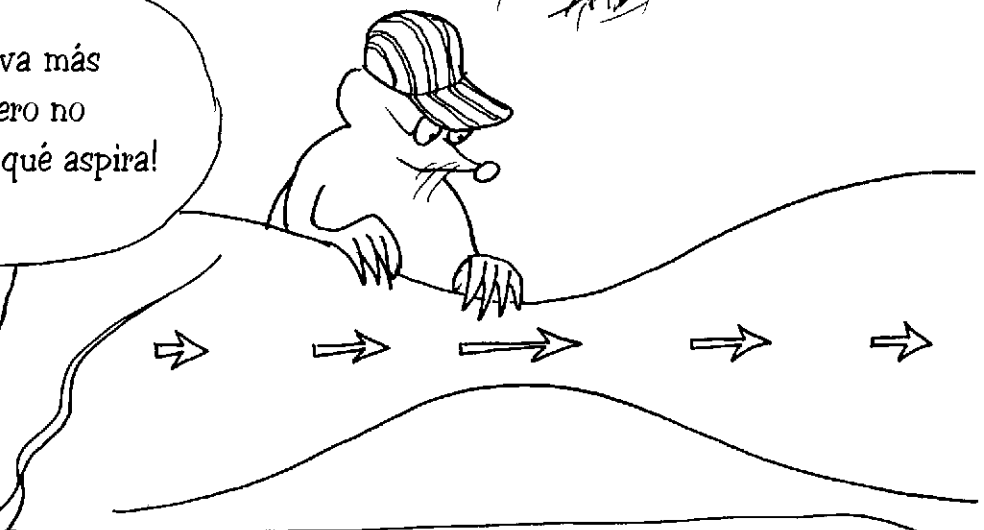
¿Acelerar?
¿Y por qué?



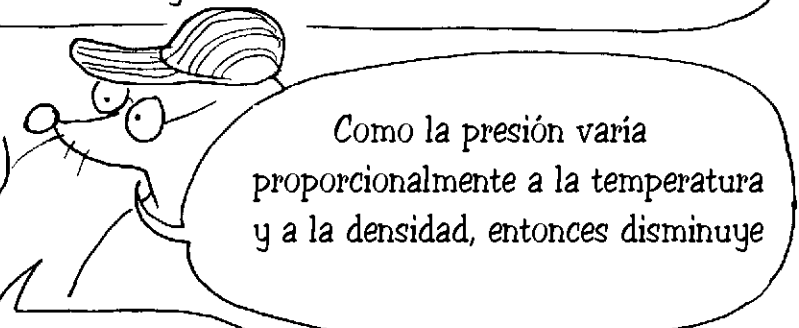
Como en los rápidos de un río



Para mantener un flujo constante



Toma un elemento de fluido (un paquete de moléculas) que pasa por un estrangulamiento. Su energía permanece constante. La aceleración, por lo tanto, se realiza en detrimento de la energía térmica, por lo tanto del movimiento de agitación



Y es por esto que el aire de la madriguera resulta aspirado



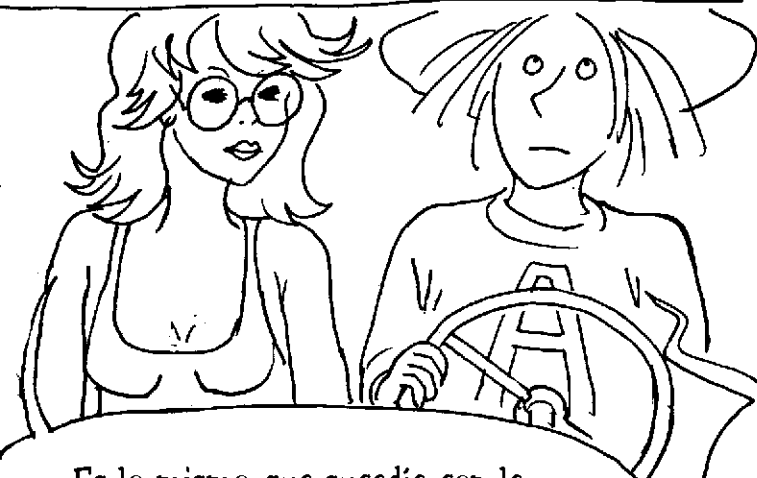
¿Pero cómo haces tú para saber tanto?

En mi tiempo libre soy ratón de biblioteca

¡Qué curioso, mientras estábamos detenidos la capota del auto estaba distendido y apuntaba hacia el interior. Ahora que estamos en marcha, se ha inflado hacia el exterior!




¡Mira, el aire pasa por encima!



Es lo mismo que sucedía con la madriguera de los topos. ¿A propósito, tu auto de dos caballos de fuerza se le asemeja un poco, no crees?

Entonces el aire debe acelerar para rodear el auto a una densidad constante. La temperatura desciende, disminuye la presión y la capota resulta aspirada.
Comprendido



Se trata del mismo fenómeno que hace salir
el perfume de mi vaporizador

... Y que aspira el humo en las chimeneas,
gracias al viento

¿De cuándo acá las
chimeneas hablan?


Qué extraño, yo más bien
habría creído que el aire
tenía que depositarse en
este embudo

Según la

LEY DE BERNOULLI :

presión y velocidad son inversamente proporcionales.

La Dirección



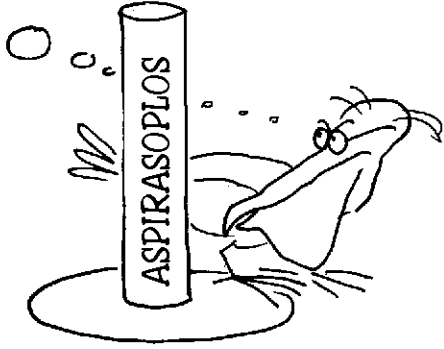
A decir la verdad, la mecánica de fluidos constituye a menudo
un desafío a nuestra intuición y a nuestro sentido común

Ejemplo de

PARADOJA

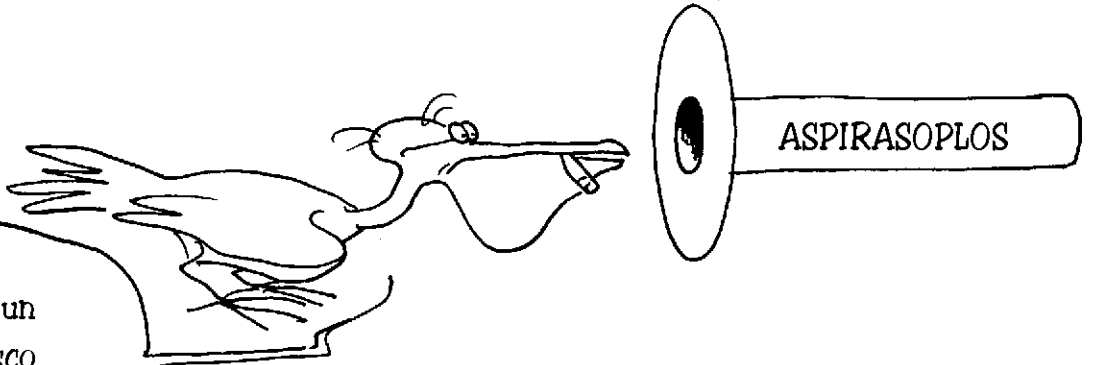
relacionada con la Ley de Bernoulli :

¿Pero de qué intuición habla?
En fin...

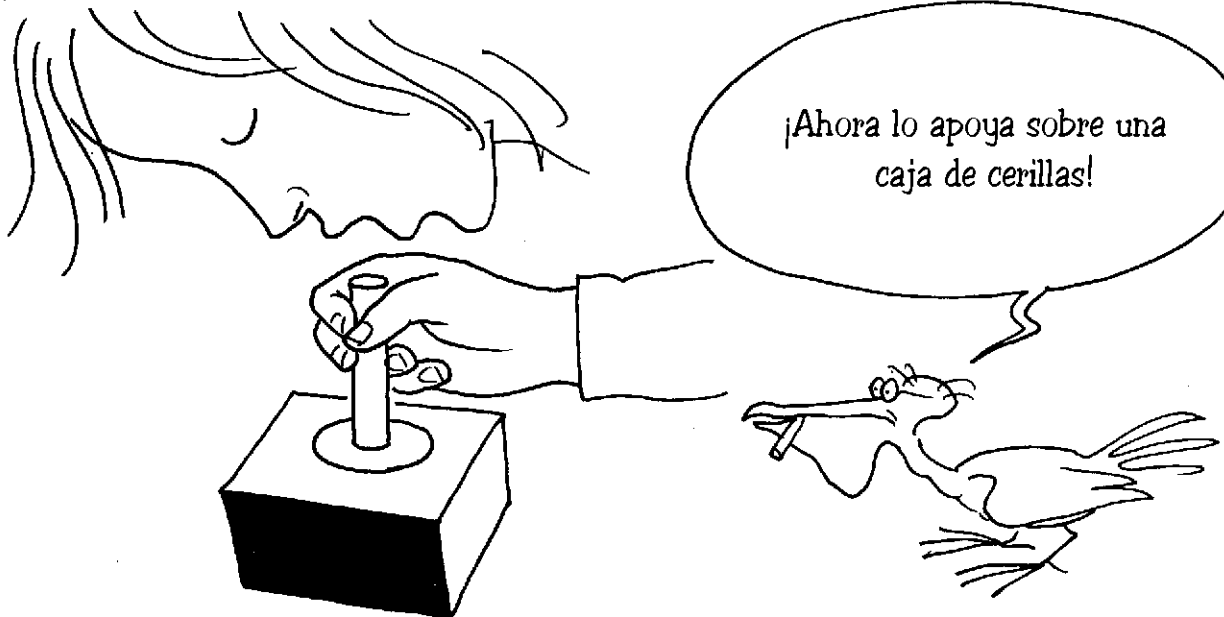


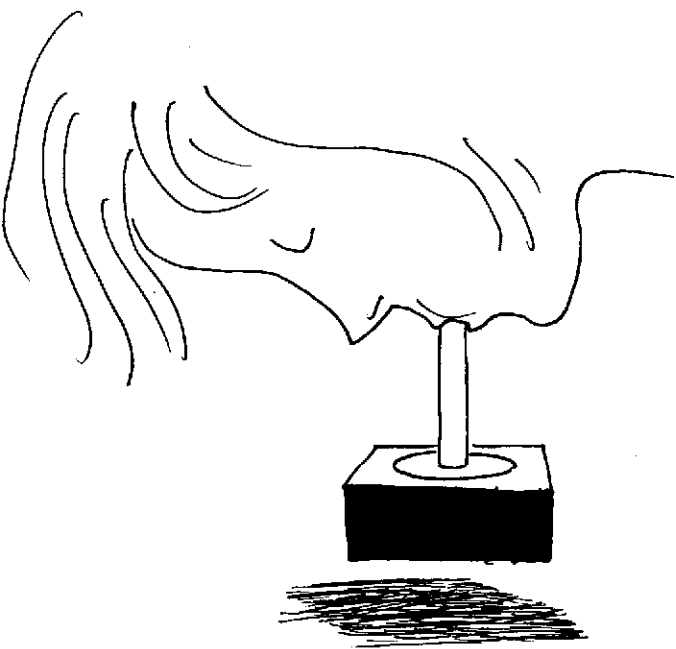
¿Y esto que será?
¿Otro de esos trucos?

Parece simplemente un tubo unido a un disco

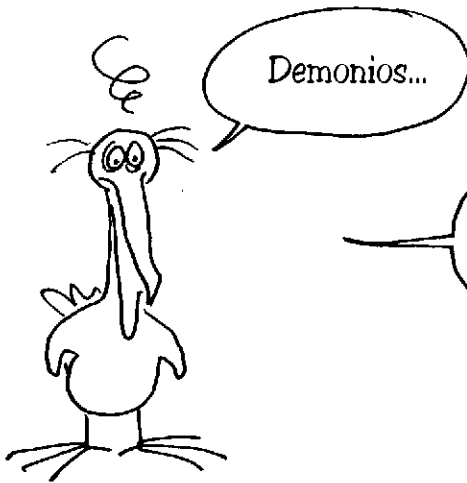
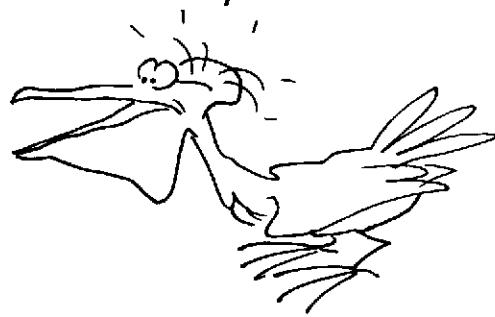


¡Ahora lo apoya sobre una caja de cerillas!



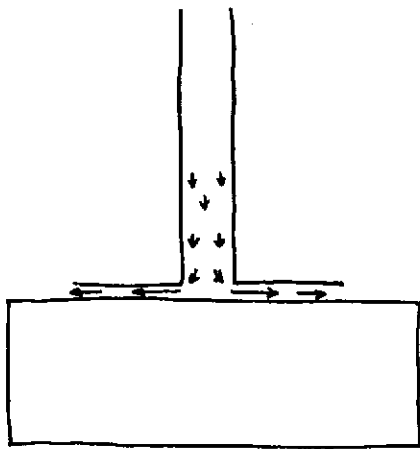


Sopla en su interior... ¡y hace que la caja se eleve!!!

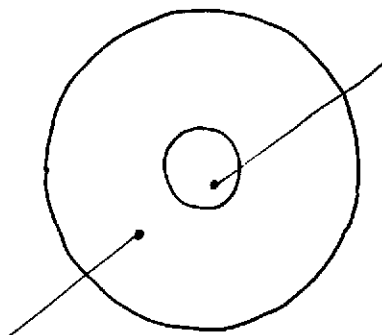


¿Cómo es posible aspirar soplando?

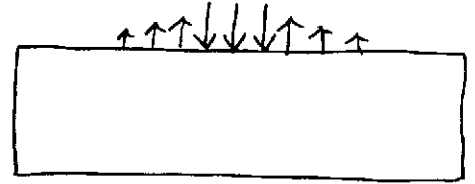
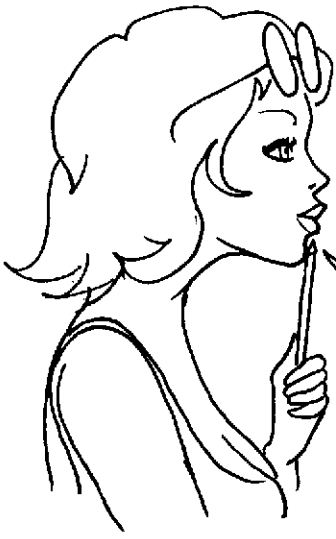
En la unión entre cilindro y disco, la sección de paso del gas disminuye bruscamente y el aire es violentamente acelerado. La presión se vuelve inferior a la presión atmosférica.



La parte periférica, con respecto a la presión atmosférica, se halla en depresión.

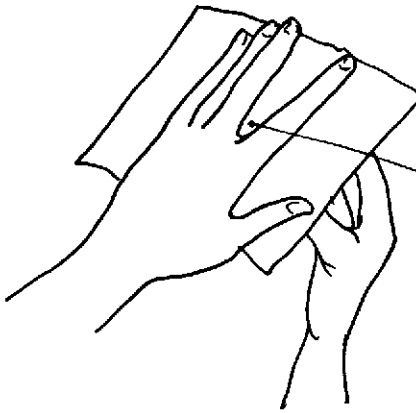


La porción de pared de la caja que se encuentra frente al canal central se encuentra, con respecto a la presión ambiental, en sobrepresión.



El resultado de todo eso es una succión

Pueden realizar un experimento análogo utilizando una simple hoja de papel:



Sujétenla de esta forma

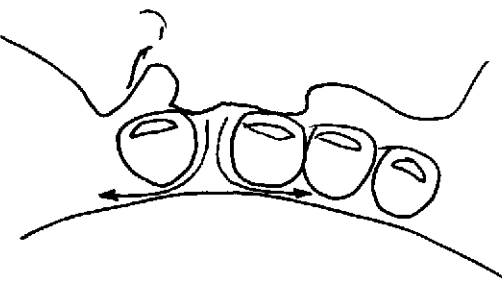
Soplen aquí, muy fuerte.



Apenas comiencen a soplar, suelten la hoja. Verán que permanece pegada aún durante algunos instantes.

Nota bene:

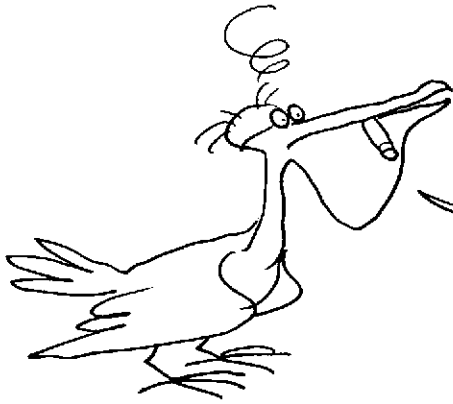
¡Hay que soplar FUERTE!



La Dirección



¿Hacemos un
pequeño vuelo?



¡Jah!
¡Con todo lo que he visto hoy,
prefiero ir a pie!

Fluido, densidad, presión, temperatura,
reacción, Bernoulli.
Tengo todas las palabras claves para
poder volar



DE FLUJOS
PRESION

No, te falta una

¿Cuál?

?

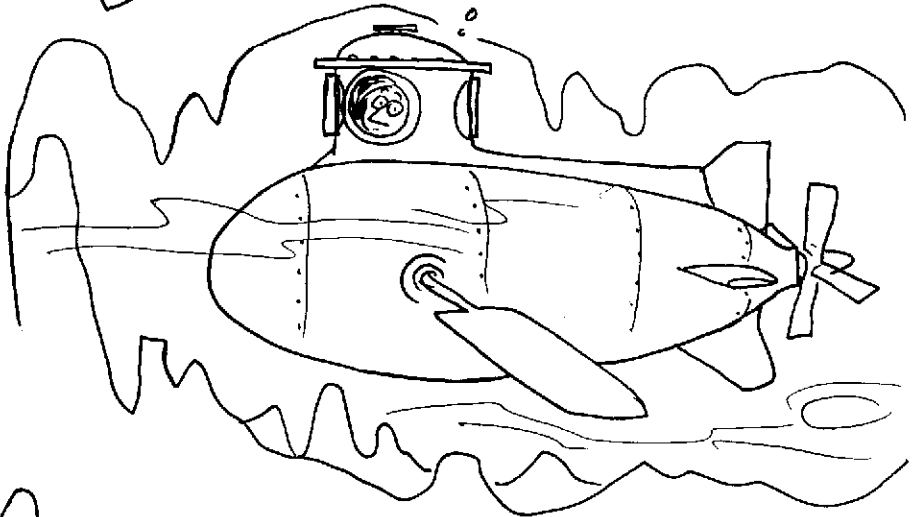
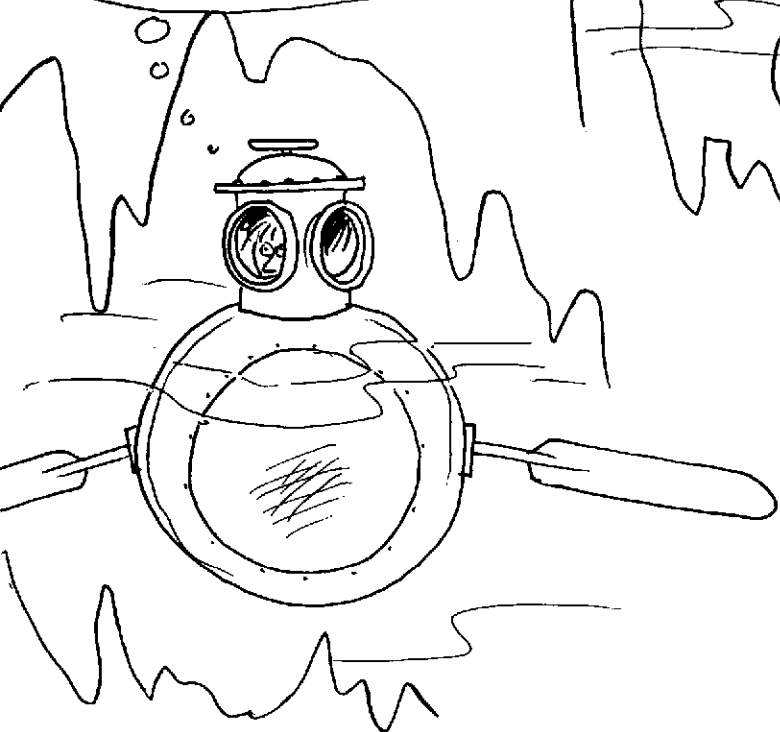
EL SUEÑO DE ANSELMO:



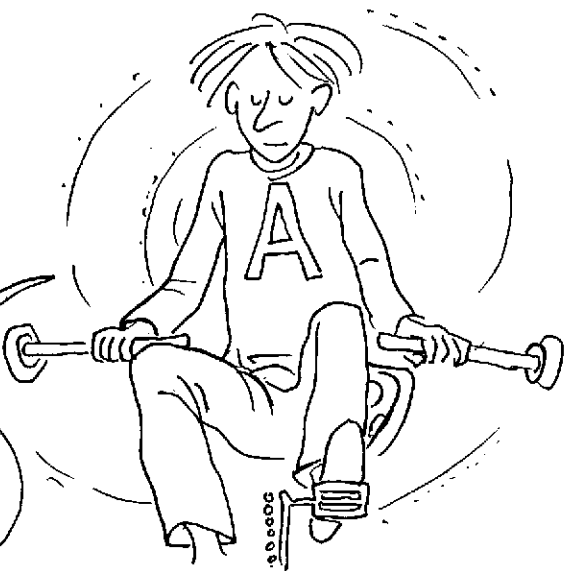
¿En el nombre de un vórtice, dónde estoy?

Al parecer, me encuentro en un sumergible. ¡Qué lugar tan inquietante...!

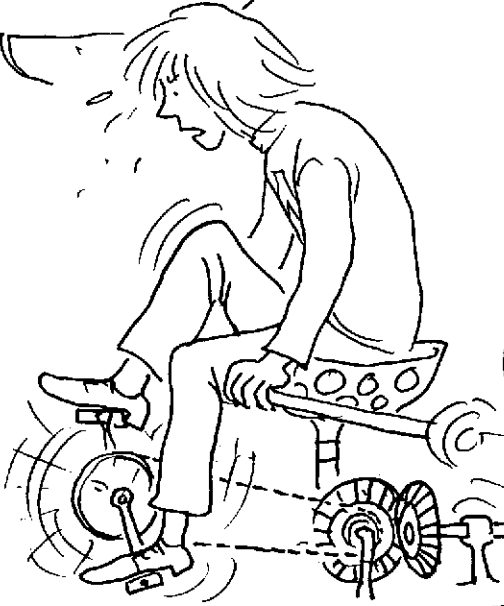
Tengo que salir de aquí lo más rápido posible



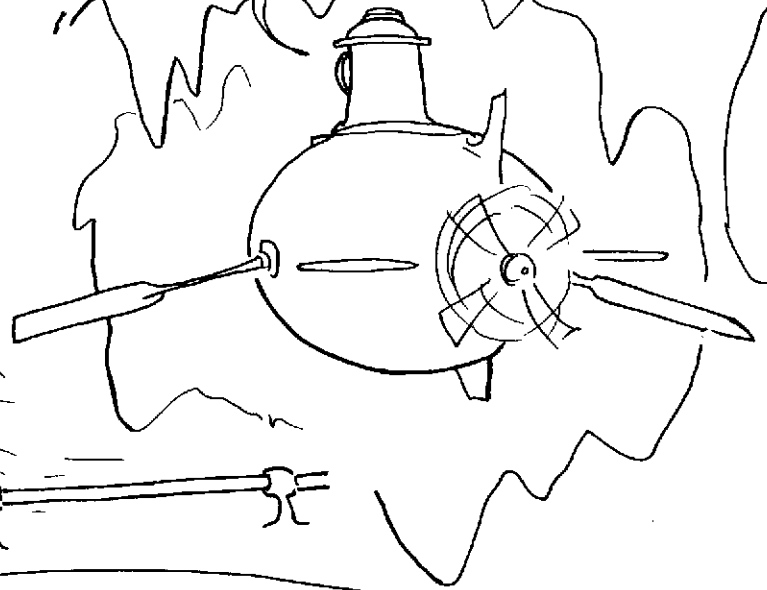
Esta máquina tiene dos modos de propulsión. Los remos y una hélice accionada por pedales



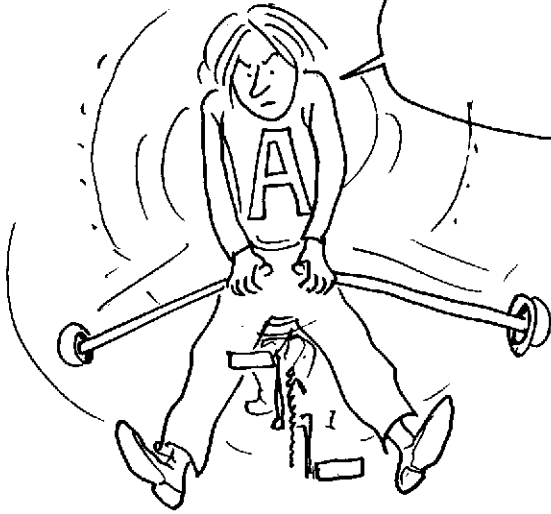
¡Demonios, llevo pedaleando una hora...



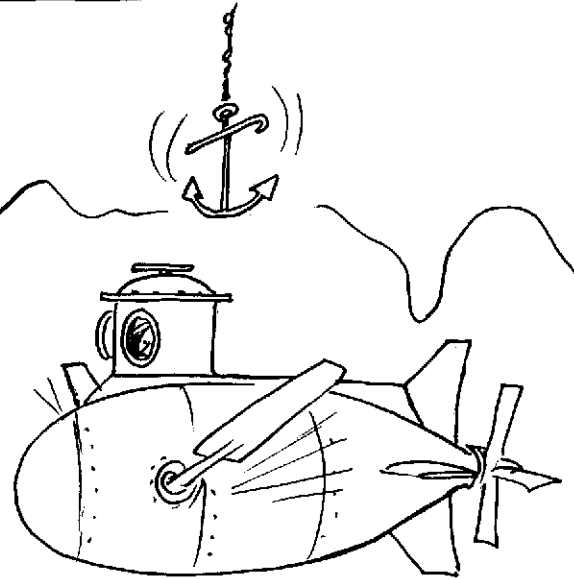
... y no he avanzado un centímetro!



Ensayemos con los remos... No, tampoco así funciona... ¡y además no siento resistencia alguna!

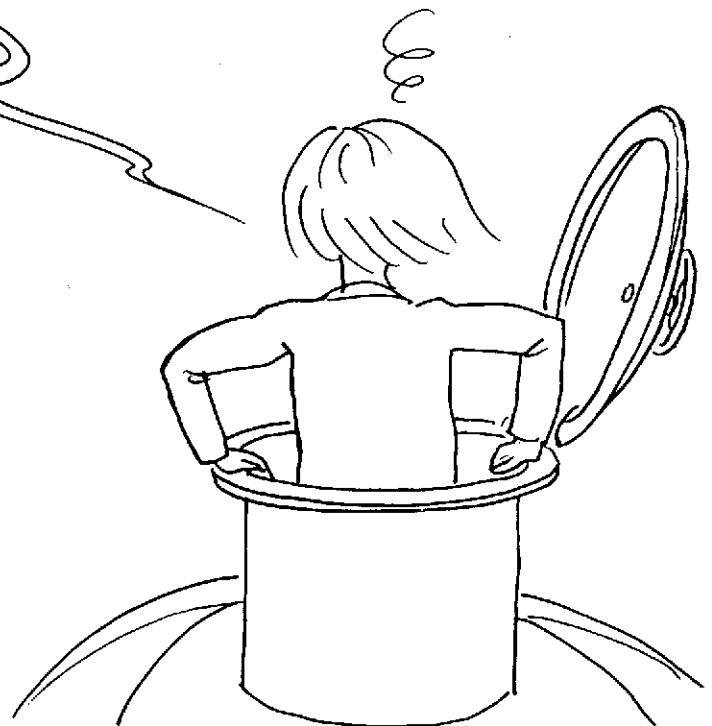


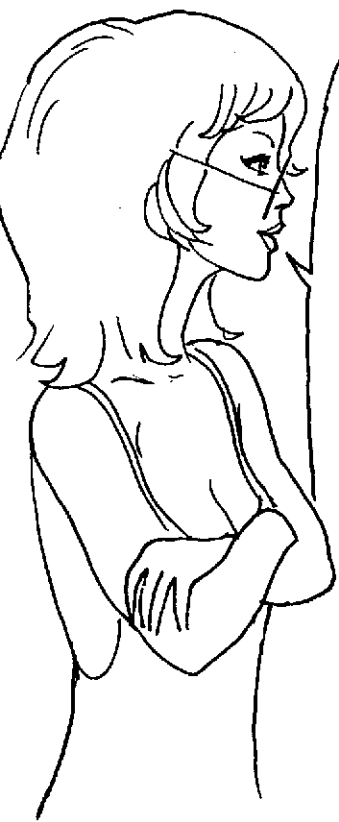
¿Será que estoy en el vacío?
No puede ser. ¡Si me encontrara en el vacío, mi sumergible no flotaría!





¡Por todos los remolinos del infierno, Sofia, explicame qué quiere decir todo esto!

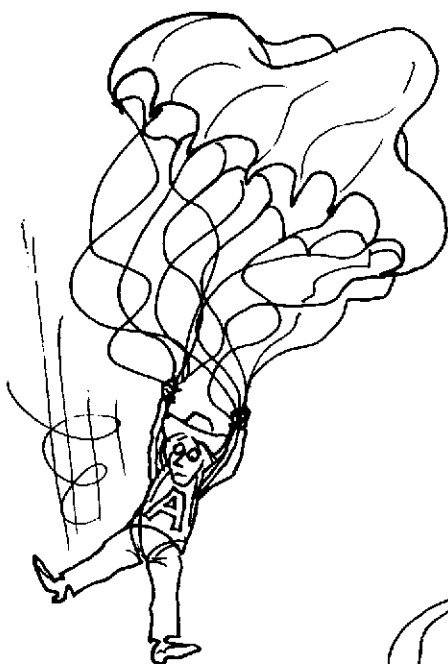




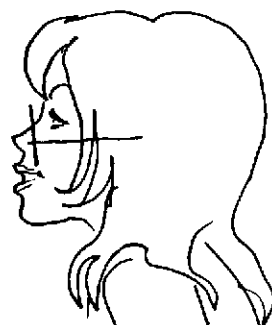
Estabas simplemente inmerso en helio SUPERFLUIDO. Recuerda la historia de la caja con arena, en la que el roce de los granos los unos contra los otros era de tal magnitud que la arena fluía con dificultad. Aquí ocurre lo contrario. Por debajo de una cierta temperatura, bastante baja, la fluidez del helio se vuelve infinita y la fricción se anula



Sí, pero... ¿qué relación hay entre las fricciones y el hecho de remar, de volar, o de propulsarse con la ayuda de una hélice?



No estabas tan equivocado con tu paraguas. Para estar suspendidos en el aire, se requiere hacer presa sobre él



Si el aire fuera SUPERFLUIDO, tu paracaídas no te serviría de nada. ¡Es más, ni siquiera se inflaría y terminarías en caída libre!

El primer animal que intentó una escalada al cielo se dio cuenta muy rápido de que le era necesario tener algún tipo de sostén en la atmósfera.

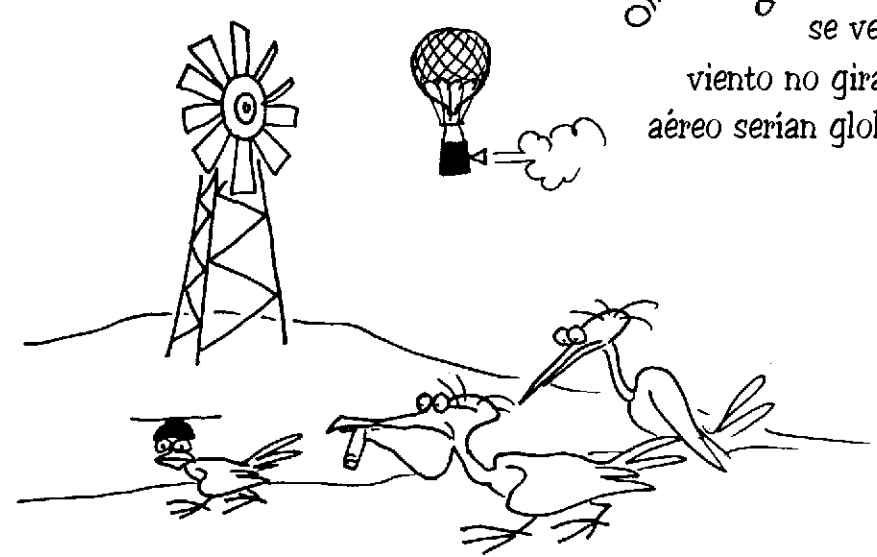
Asi, el vuelo de un objeto más pesado que el aire se asemeja a una carrera sin fin en la que se intenta apoyarse en un medio que, por el contrario, se escapa continuamente.



Es necesario encontrar algún tipo de apoyo en este medio.

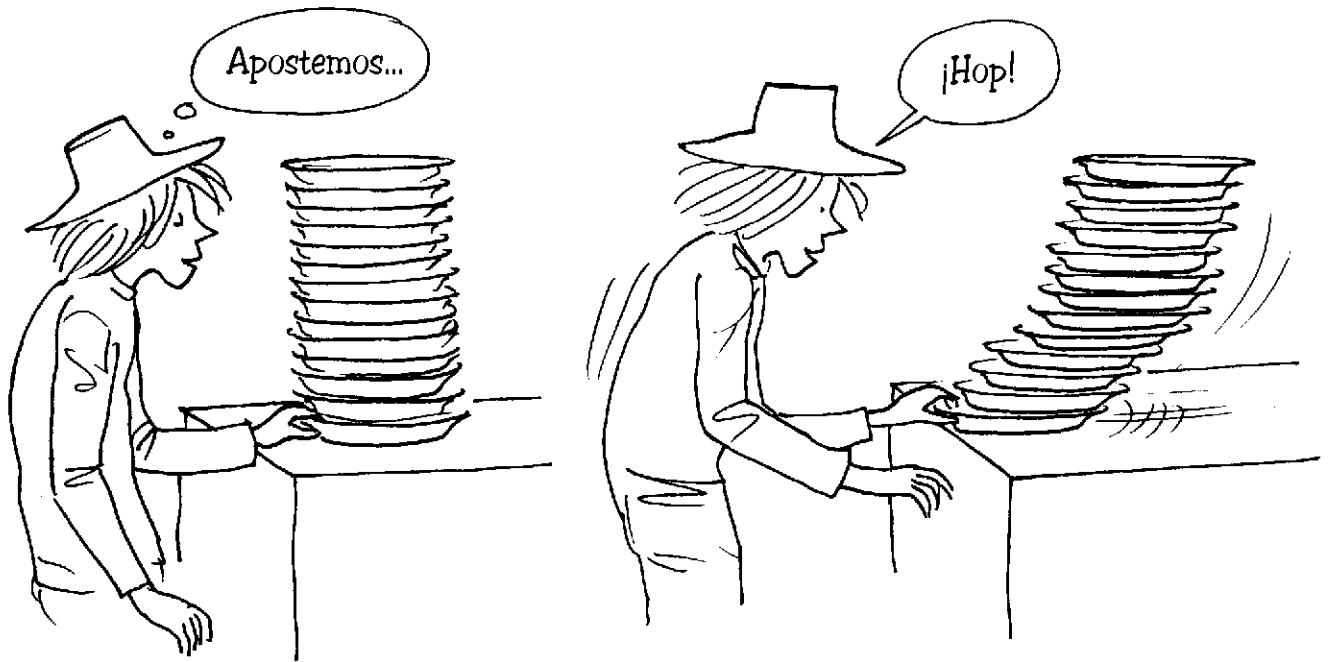


Si este fuera SUPERFLUIDO, las moléculas se deslizarían unas sobre otras y sobre los objetos sin **FRICCIÓN** alguna. En ese caso, los pájaros se verían obligados a ir a pie, los molinos de viento no girarían y los únicos medios de transporte aéreo serían globos propulsados por motores de reacción.

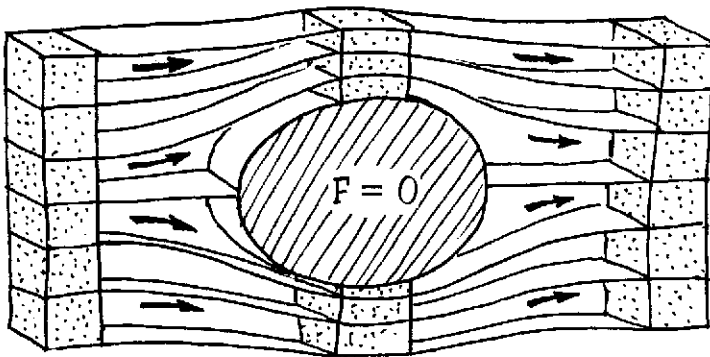


El vuelo está ligado, entonces, a la fricción del medio gaseoso.

FLUIDOS CON FRICCIÓN

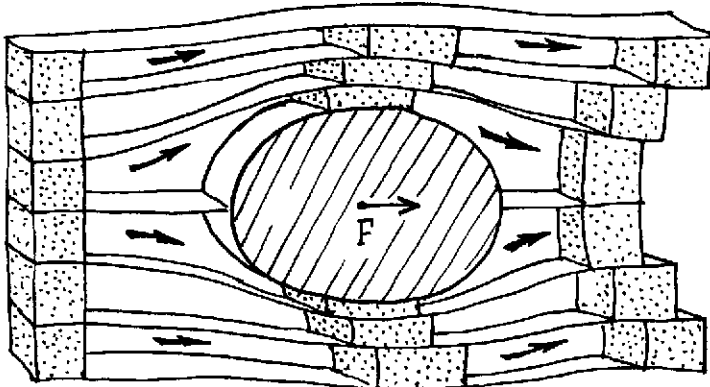


De la misma forma que estos platos, las capas superpuestas de gas se deslizan unas sobre otras con una cierta fricción.

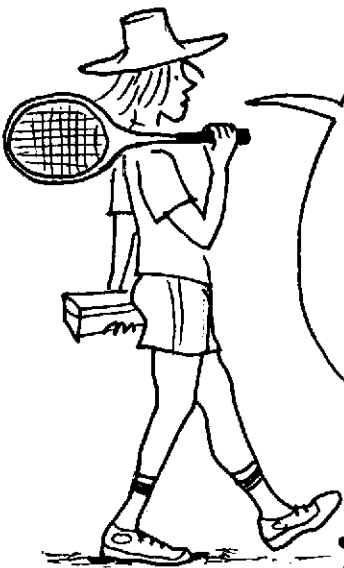


Imaginemos un objeto inmóvil al que llegan moléculas que representamos como si estuvieran dentro de cajas cúbicas.

- En ausencia de fricción, luego de haber rodeado el objeto, las moléculas se encontrarán unas sobre otras como al comienzo.

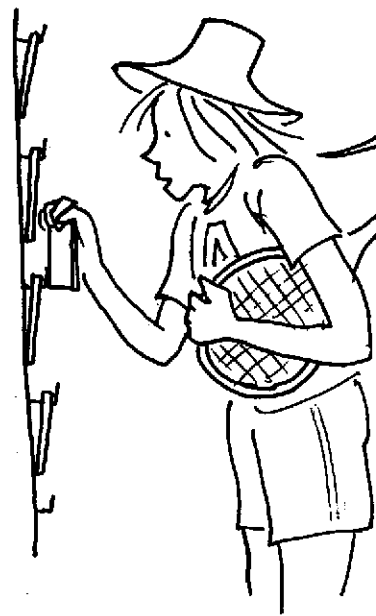


- En presencia de fricción, en cambio, las moléculas cercanas al objeto van a ser frenadas, y llegarán desfasadas al final entre ellas. El objeto frena el gas, y a su vez el gas ejerce una fuerza sobre el objeto, la así llamada RESISTENCIA DE FRICCIÓN.



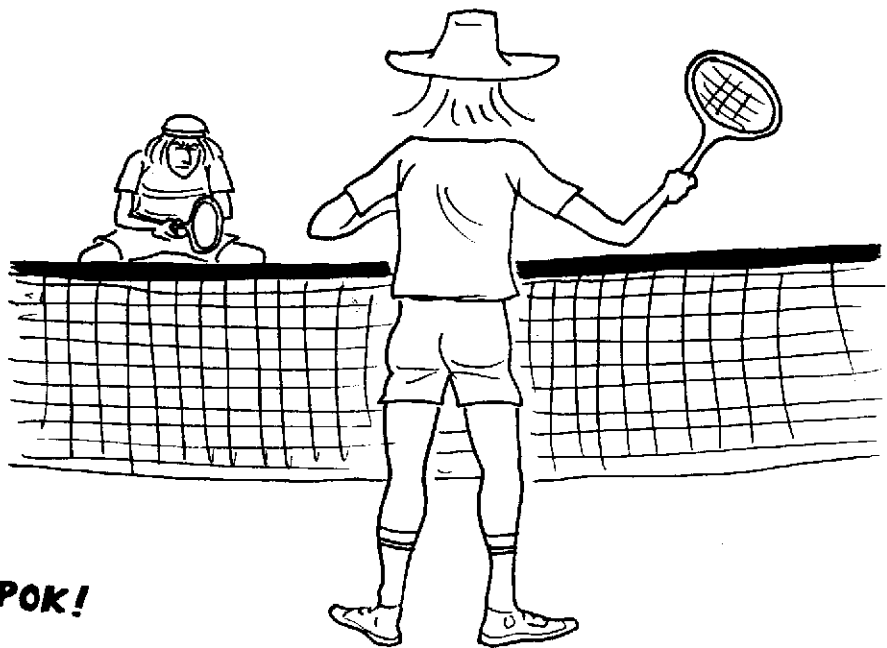
Pues sí, todo eso suena bastante complicado.
Mejor, para relajarme, voy a jugar un poco de tenis,
que al menos se basa en los sencillos principios
mecánicos de la balística:
¡Un golpe a la bola y listos. Si además calculo bien,
esta caerá en el campo del adversario!

LA PELOTA LEVANTADA

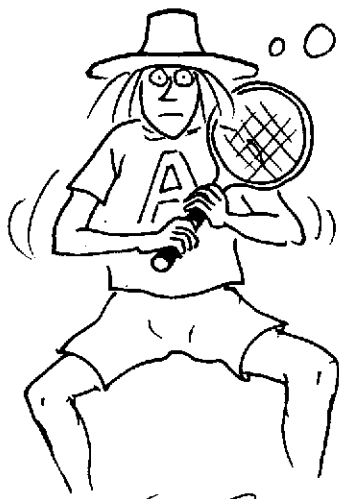


Voy a inscribirme. Veamos, aquí hay un
cupo. Björn Borg... ¿quién será ese?

¿Ready?



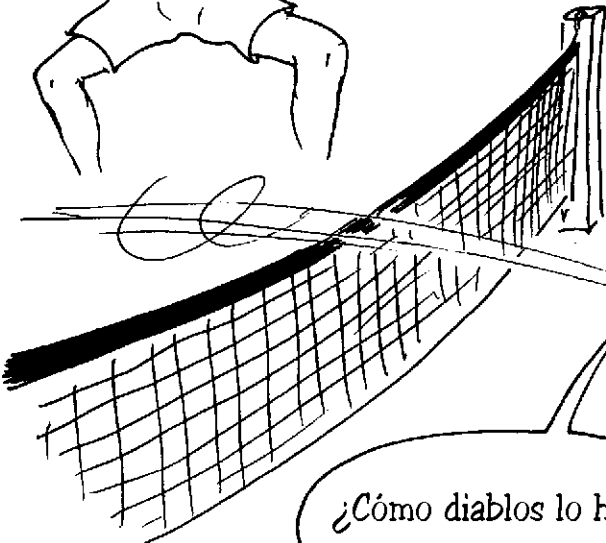
¡ПЛОК!



¡Diablos, no logro contestar ni una! Este tipo tiene una extraña manera de agarrar la raqueta cuando golpea. Parecería que la bola va a venir elevada...



...¡Y en cambio descende!



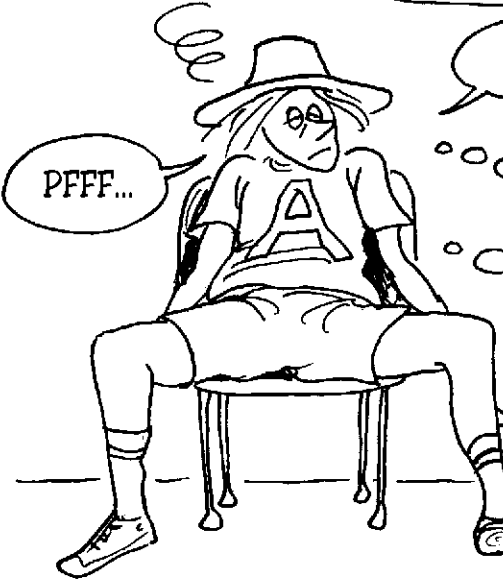
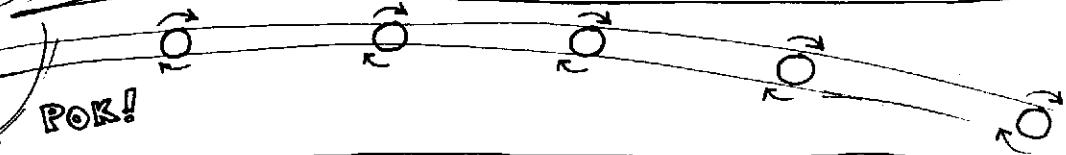
¿Cómo diablos lo hace?

Fácil: hago girar la bola en este sentido



POK!

Así tiende a descender. Eso me permite golpear más fuerte, y colocarla dentro del campo



PFFF...

Sí, sí, claro...

¡6-0, 6-0!

¡Claro como el agua de cañería!



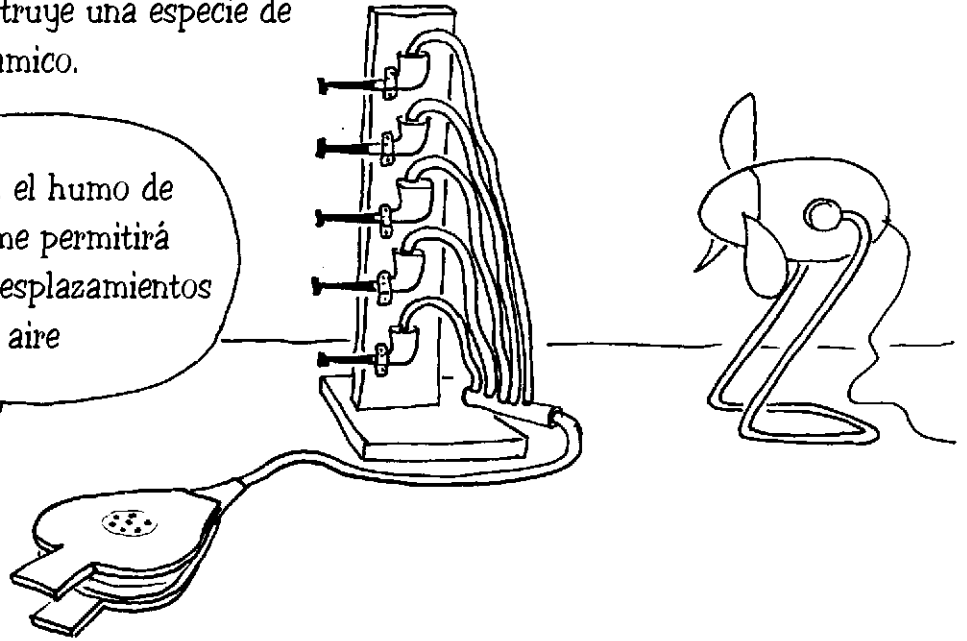


Veamos, en la figura de la página anterior Borg envía la bola de izquierda a derecha. Voy a hacer llegar el aire sobre la bola de derecha a izquierda, el resultado debería ser el mismo

Anselmo construye una especie de túnel aerodinámico.



Mira, Sofia, el humo de las pipas me permitirá captar los desplazamientos del aire

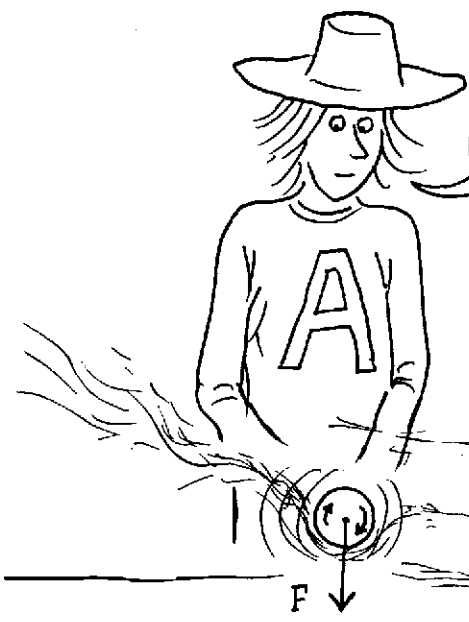


No me queda que hacer girar la bola. Con esto podría funcionar...

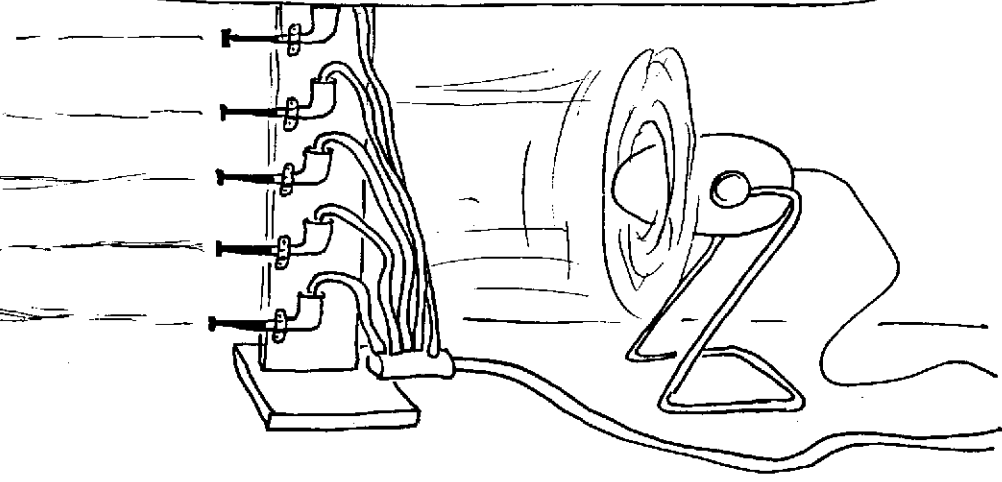


¡Muy bien, funciona de maravilla!

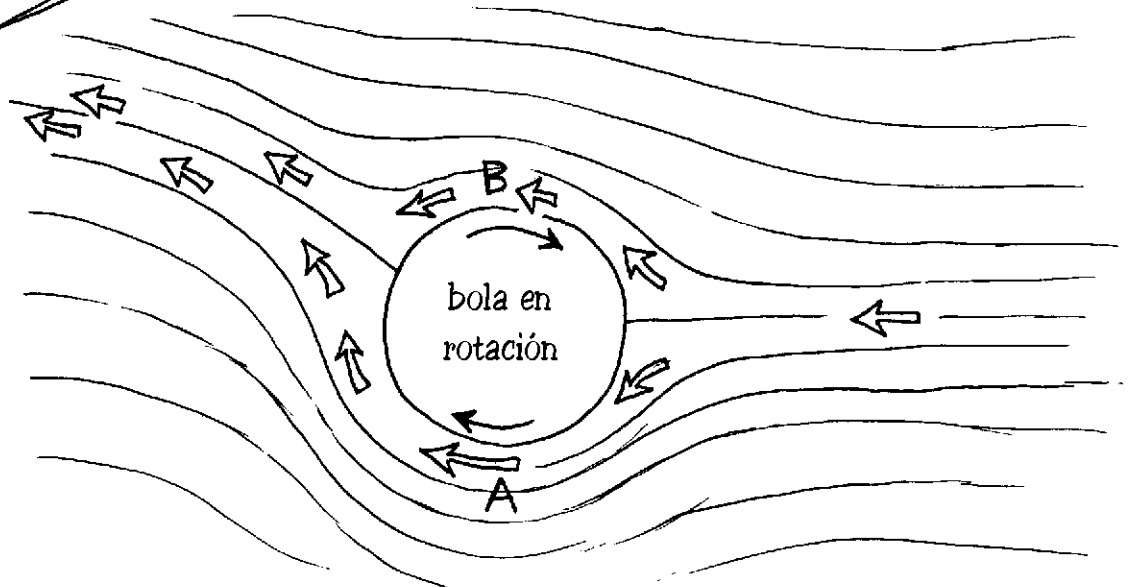




La rotación de la bola proyecta el humo hacia lo alto, y al mismo tiempo percibo una fuerza que hala la bola hacia abajo

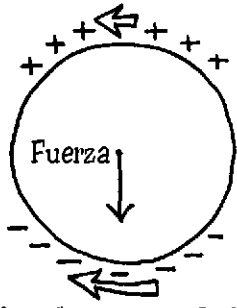


Explicación : gracias a la fricción, la rotación de la bola arrastra el aire, creando así una SUPERVELOCIDAD en A y una SUBVELOCIDAD en B



No nos queda más que aplicar la Ley de Bernoulli

SUBVELOCIDAD · SOBREPRESIÓN



Velocidad del aire



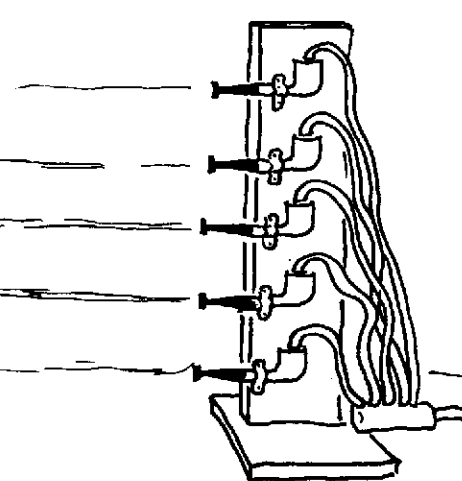
Presión y velocidad varían inversamente. Por lo tanto, por debajo hay una DEPRESIÓN y por encima una SOBREPRESIÓN, de las que resulta el sentido de la fuerza aerodinámica

SUPERVELOCIDAD · DEPRESIÓN



Todo esto es posible sólo a causa de la fricción del aire sobre la bola. En una atmósfera SUPERFLUIDA, exenta de fricción, no podrías realizar el efecto de bola levantada

Invirtiendo el sentido de rotación, el humo es aspirado hacia abajo y la fuerza se invierte. Eso se traduce en una SUSTENTACIÓN

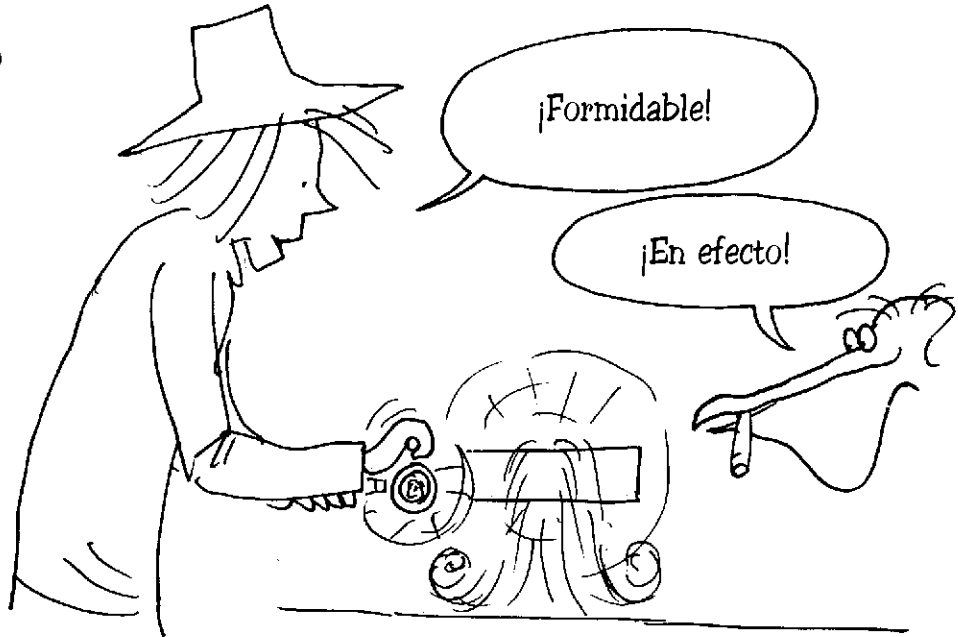


¿Si funciona con una esfera, funcionará también con un cilindro en rotación?

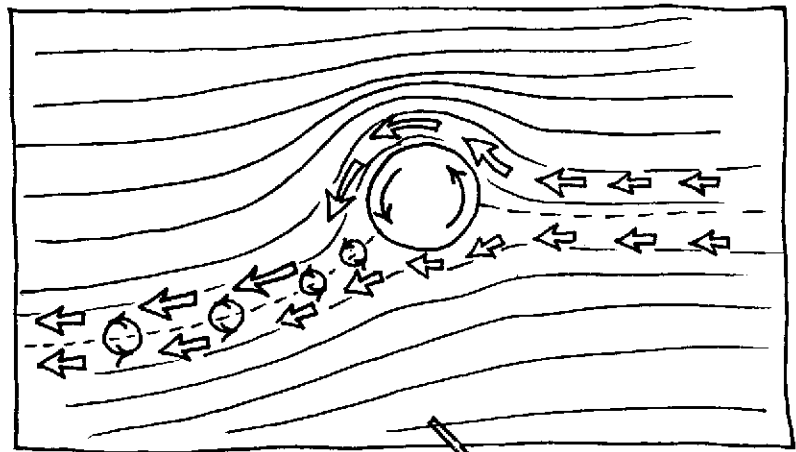


¡Apostemos!

EL ROTOR DE FLETTNER



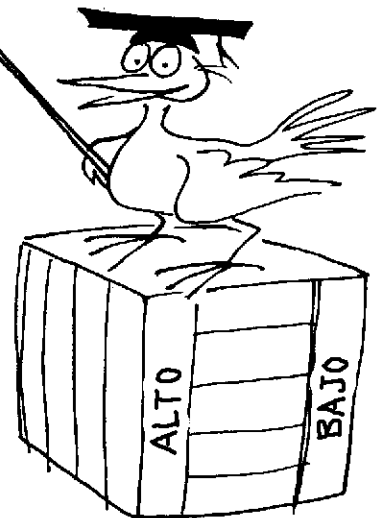
Queridos colegas y amigos, examinemos juntos lo que sucede en la ESTELA. La rotación del cilindro produce velocidades diferentes del flujo en la parte superior y en la parte inferior.



Adelante del cilindro, cuando los dos flujos de aire se reúnen, generan fricción el uno contra el otro, lo cual tiene como efecto:

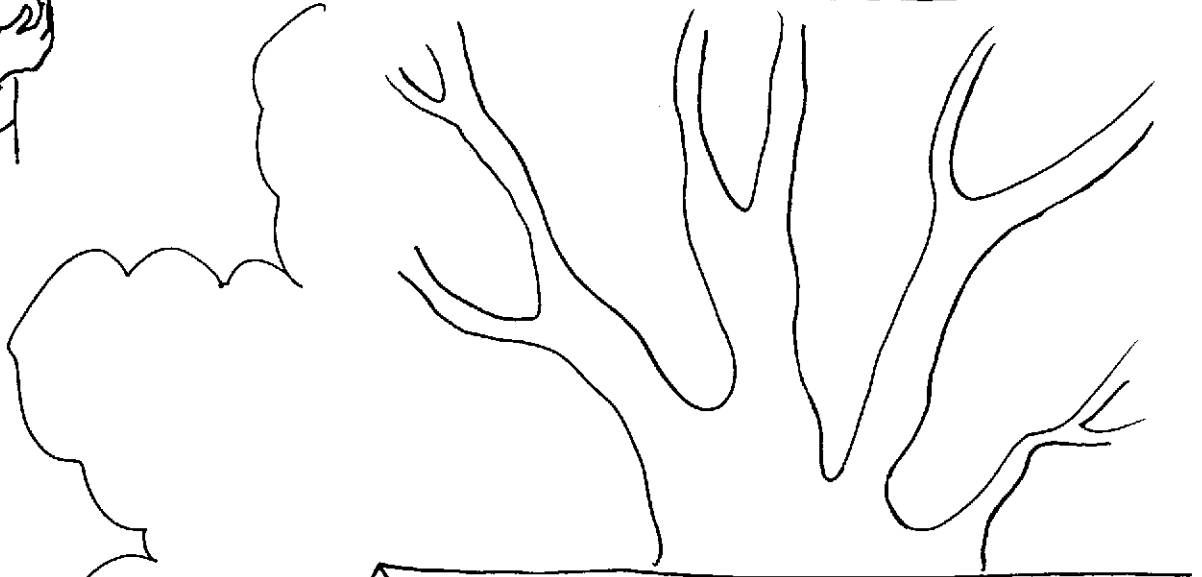
- a) crear microvórtices
- b) suprimir gradualmente la diferencia de velocidades

Entre la parte superior y la parte inferior de la capa de aire existe una diferencia de presión debida a la divergencia de las velocidades (Bernoulli). Esto explica la curvatura de las corrientes de aire adelante del cilindro.





Moviendo en el aire un cilindro en rotación, obtengo una fuerza de SUSTENTACIÓN. Eso me sugiere una idea: ahora si debo ser capaz de construir una máquina para volar



KLONK
" KLONK
SWWWIIII

¿Qué estará fabricando?

Voy a usar una propulsión a reacción

¡Parece que algo complicado!



¿Serías tan amable de encender el cohete ahí atrás?



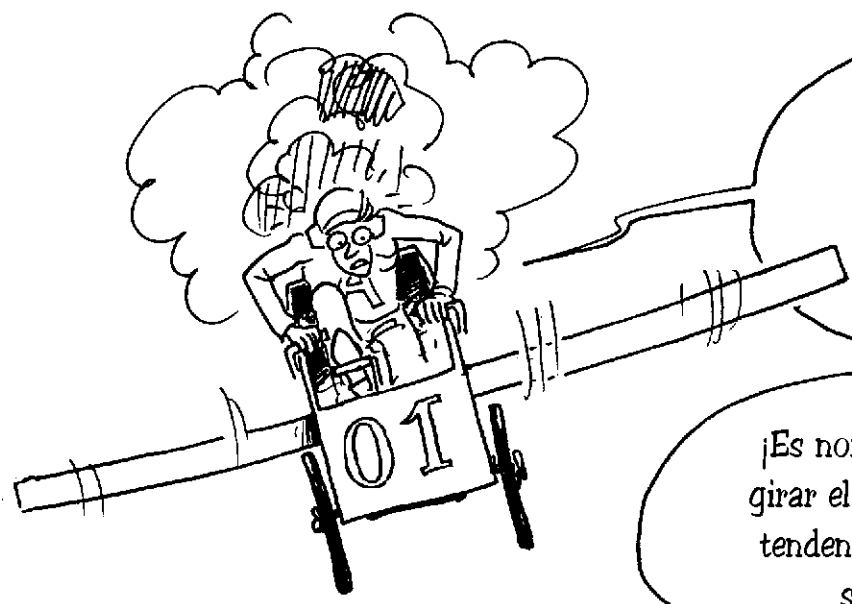
Combinando los dos movimientos y soplando el aire hacia abajo, creo una fuerza de sustentación

¡Funcionaa!
¡Estoy volando! (*)



¡ESTOY VOLANDO!

(*) ¡En efecto, con la potencia adecuada, esta máquina podría volar!

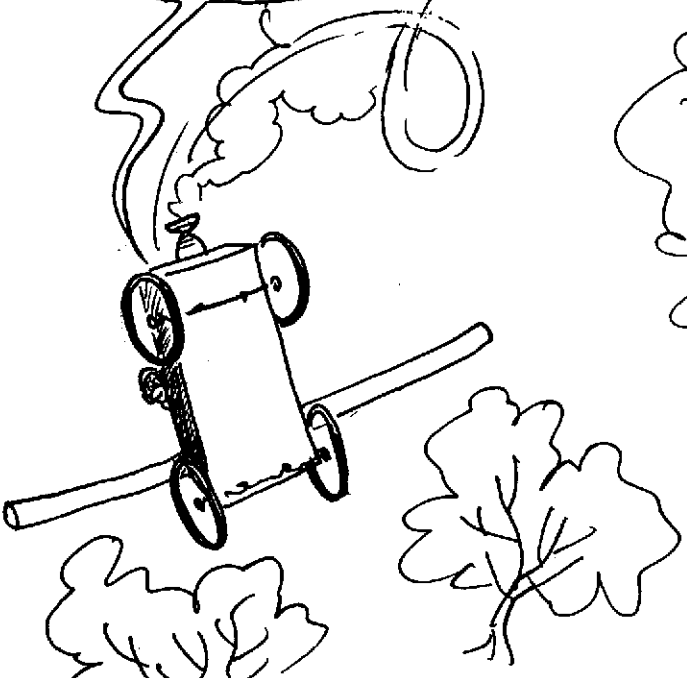


Oh, oh... ¿qué sucede...?!?
¡¡Mi máquina se va a pique!!

¡Es normal! Puesto que haces girar el aire, se desarrolla una tendencia a hacerte girar en sentido contrario

Es el principio de ACCIÓN · REACCIÓN

¿El principio de QUÉE?



¡Ay, Anselmo, si me hubieras preguntado!
Todo sería más fácil si no quisieras hacerlo siempre tú solo.
¡Ven, el café está listo!





¡Vaya con estos aventureros del saber!

¡Es extraño lo que sucede en una taza de café...!



Mira, cuando muevo lentamente la cuchara, siento solamente una pequeña resistencia debida a la fricción



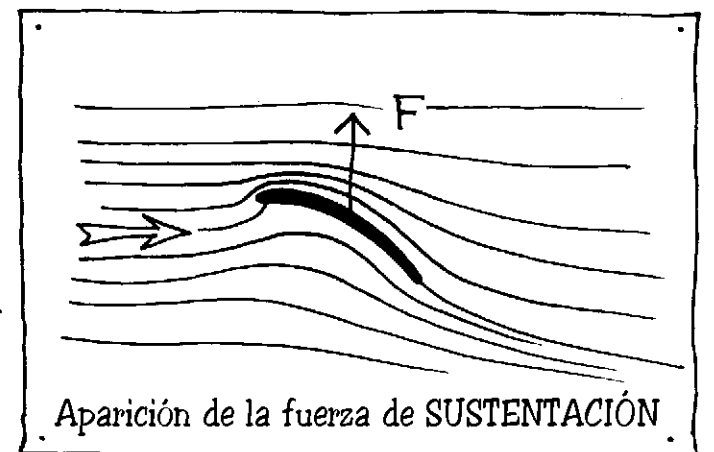
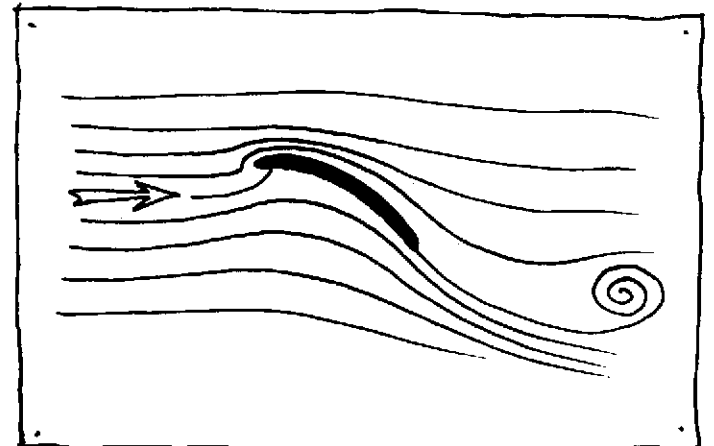
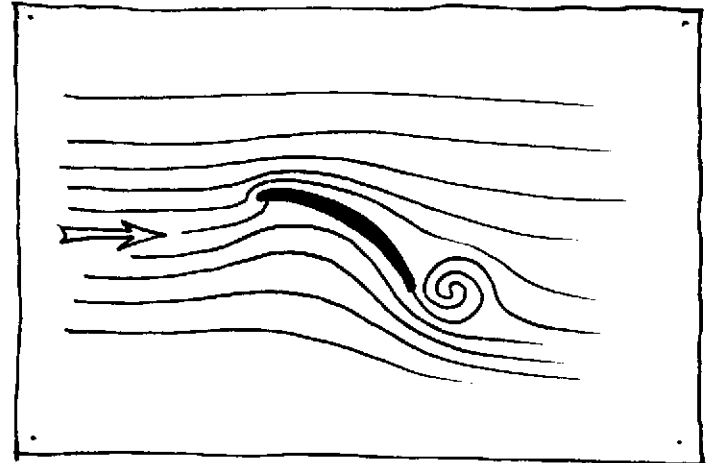
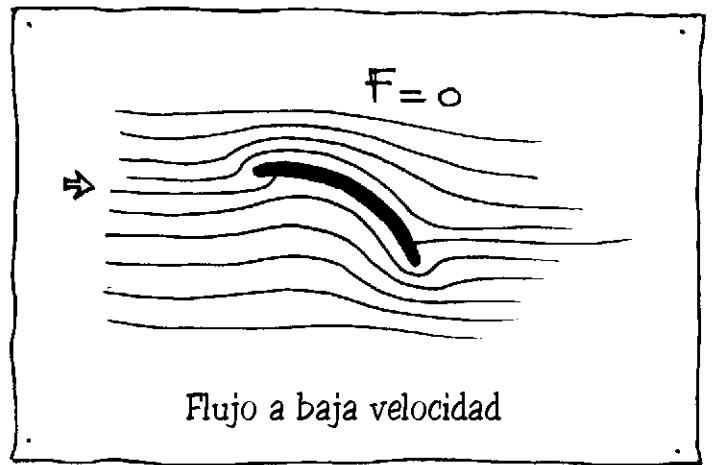
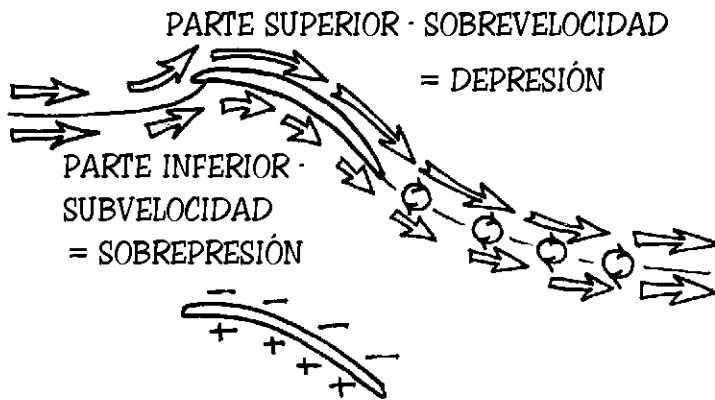
En cambio, si la muevo rápidamente, se crea un vórtice

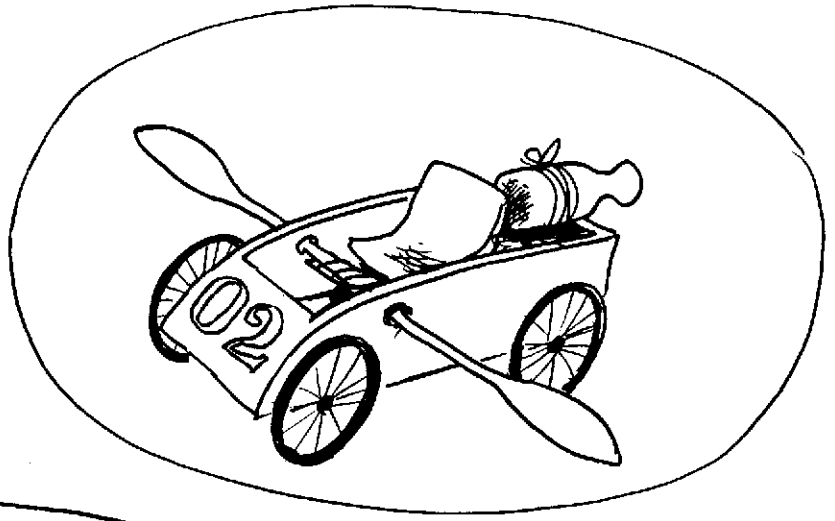




En los dibujos de al lado puedes observar cómo el flujo alrededor de la cuchara se modifica a medida que se aleja del régimen de bajas velocidades.

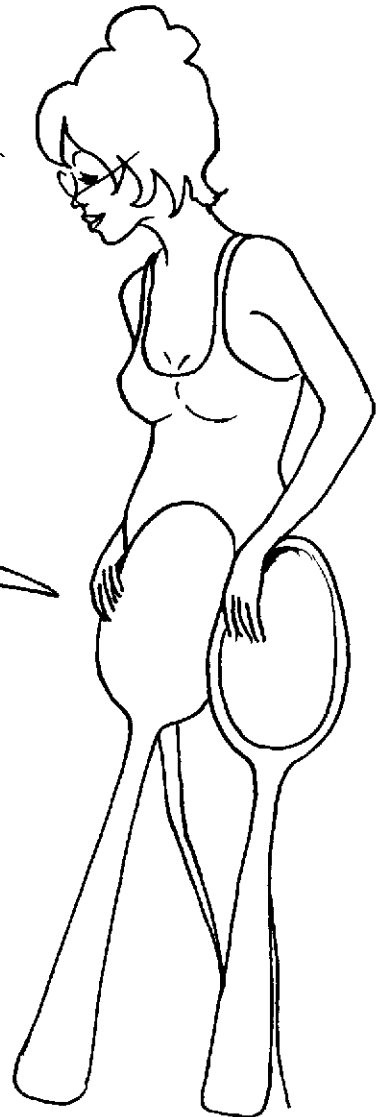
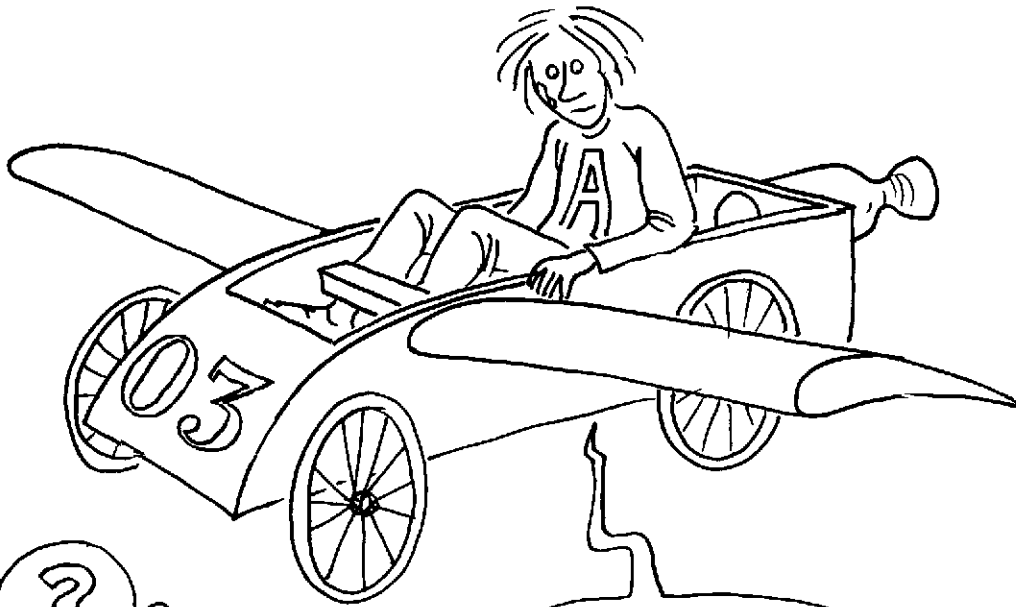
Un vórtice se separa, y esto establece un sistema de SUPERVELOCIDAD en la parte superior (arriba) y de SUBVELOCIDAD en la parte inferior (abajo)



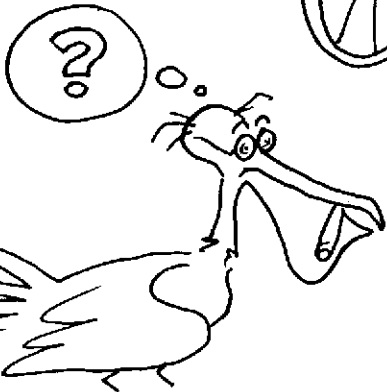


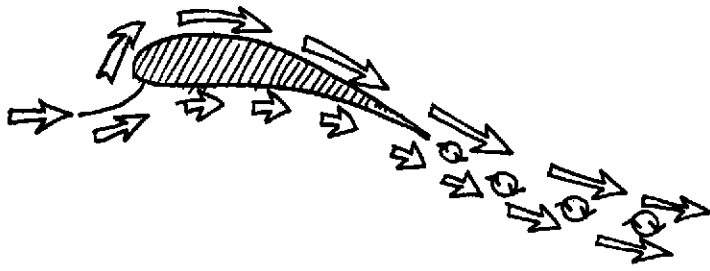
¡Estupendo,
voy a volar con cucharas!

Pues sí, el ALA es una
cuchara perfeccionada

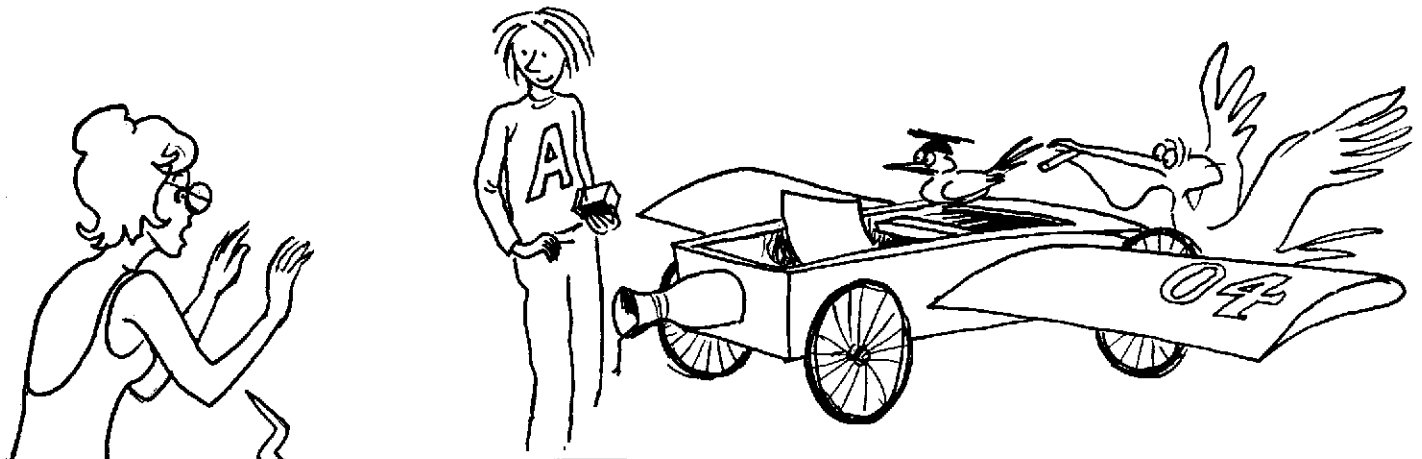
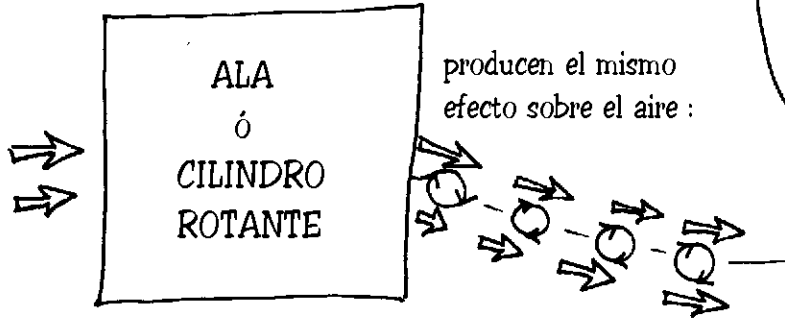


¿De acuerdo, pero
dónde está la rotación?





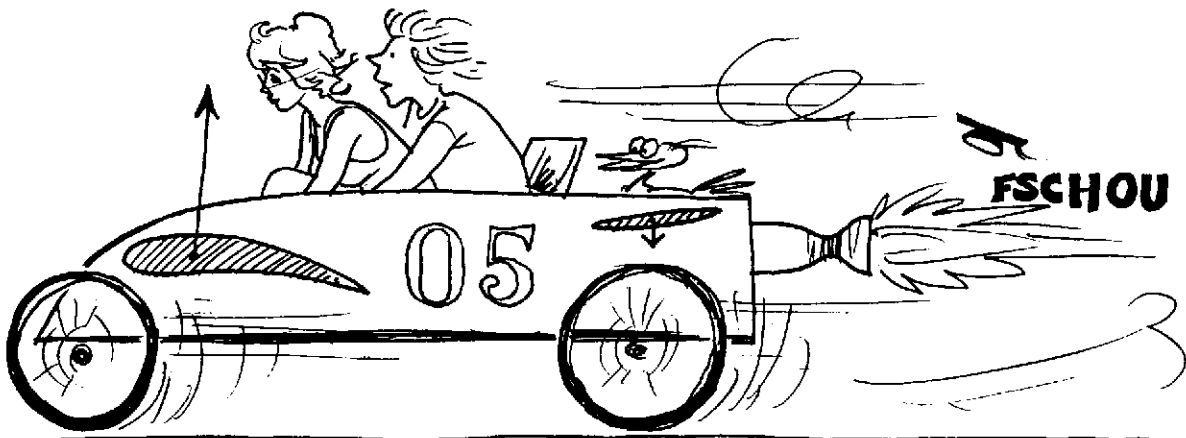
Detrás del ALA encontramos el mismo sistema de microvórtices que habíamos visto detrás del cilindro rotante. Podemos entonces considerar el ala como un ROTOR FIJO.



¡Espera, ten cuidado!
¡Vas a terminar rompiéndote el cuello! ¡Tu máquina, haciendo girar el aire, va a terminar en picada como antes!

Hay que agregarle un estabilizador





El ESTABILIZADOR es una pequeña ala inclinada en el otro sentido que produce, por lo tanto, una sustentación negativa y hace "bajar" la cola del AVIÓN, evitando que se vaya a pique

Mira, Anselmo, ese sistema es autoestable

Sí, ya veo...



Cuando uno tiende a irse a pique, la presión sobre el estabilizador tenderá a recomponer la línea de vuelo

Lo mismo ocurre cuando voy
empinado



¡Anselmo, tú no escuchas
cuando te hablo!

Eh... sí... sí...

¡Es maravilloso sentirse autoestable!



Fue así que Anselmo aprendió a
volar.

Al fin de cuentas, no era tan
difícil.

Y su interés por la ciencia no hizo
sino aumentar con la altura...



FIN



The Adventures of
Archibald Higgins
(Anselme Lanturlu)

THE SILENCE BARRIER

Jean-Pierre
Petit

Now remember don't
make any waves!



The Association Knowledge without Borders, founded and chaired by Professor Jean-Pierre Petit, astrophysicist, aims at spreading scientific and technical knowledge in as many countries as possible and in as many languages as possible. To this end, all his popular scientific works, which cover a period of thirty years, and more particularly the illustrated albums he has created, are now freely accessible. Anyone is now free to duplicate the present file, either in digital form or in the form of printed copies and circulate these copies to libraries, within the context of schools or universities or associations whose aims would be the same as the association, provided that they do not derive any profit from this circulation and that they do not have any political, sectarian or confessional connotations. These pdf files may also be put on line in the computer networks of school and university libraries.



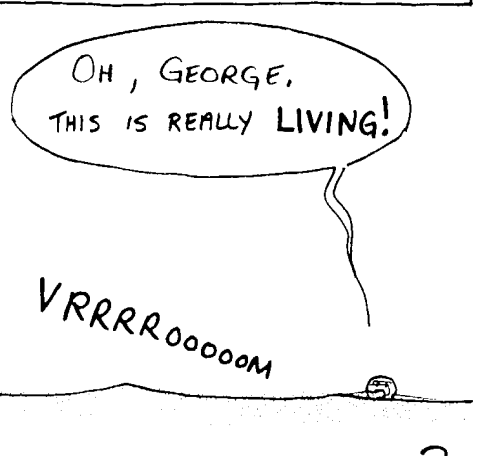
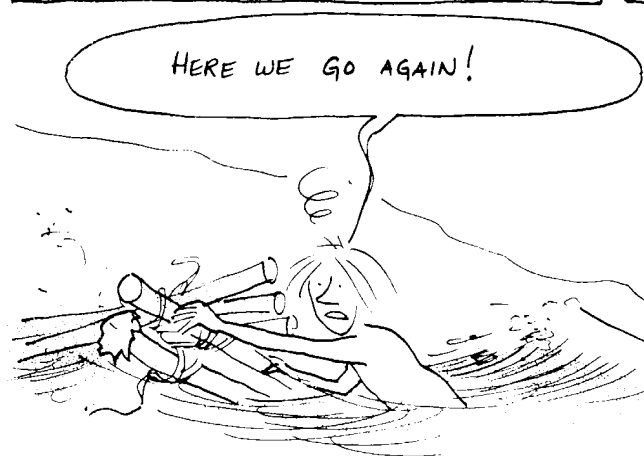
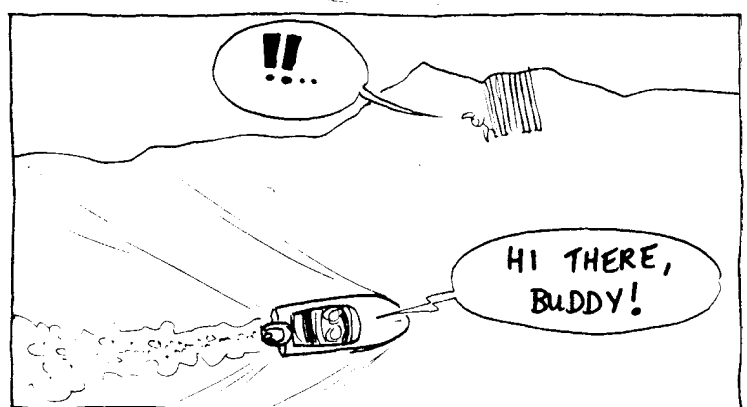
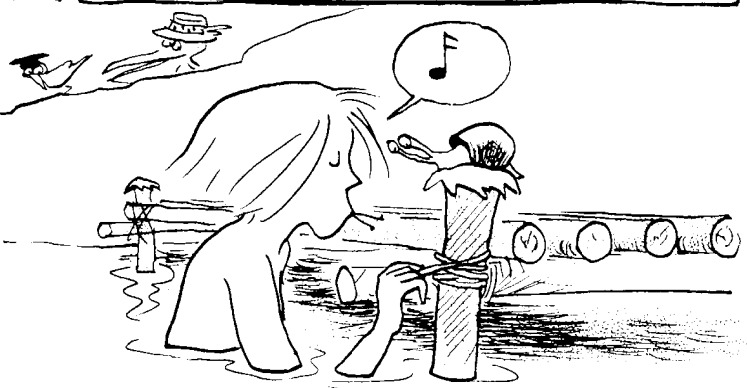
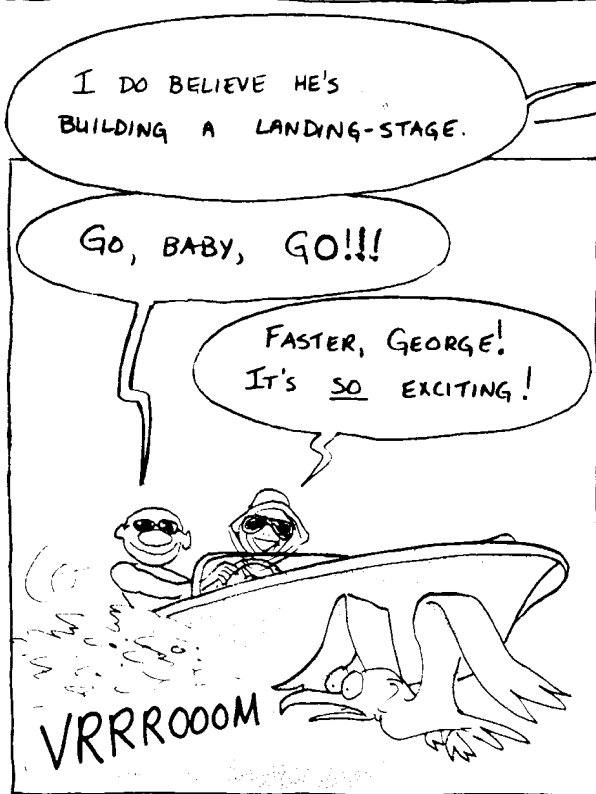
Jean-Pierre Petit intends to create numerous other works which will be accessible to a larger audience. Even illiterate people will be able to read them because the written parts will “speak” when the readers click on them. Thus it will be possible to use these works to support literacy schemes. Other albums will be "bilingual" in so far as it will be possible to switch from one language to another selected language with a mere click. Hence another tool made available to develop language skills.

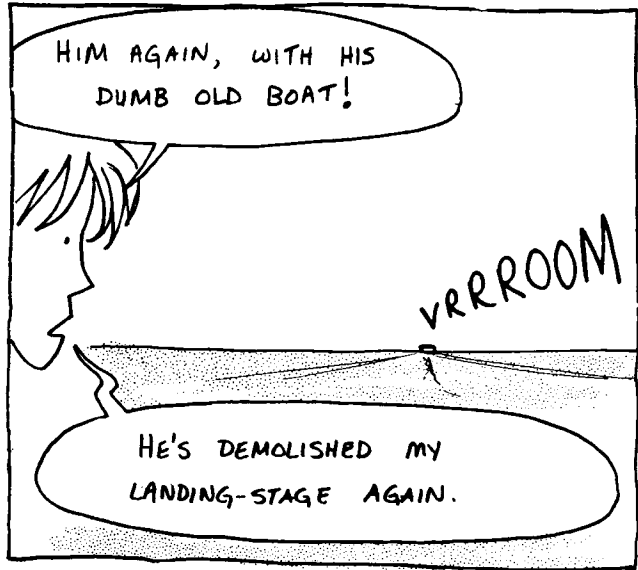
Jean-Pierre Petit was born in 1937. He made his career in French research. He worked as a plasma physicist, he directed a computer science centre, he has created softwares, he has published hundreds of articles in scientific magazines, dealing with subjects ranging from fluid mechanics to theoretical cosmology. He has published about thirty books which have been translated in numerous languages.

The association can be contacted on the following internet site:

<http://savoir-sans-frontieres.com>

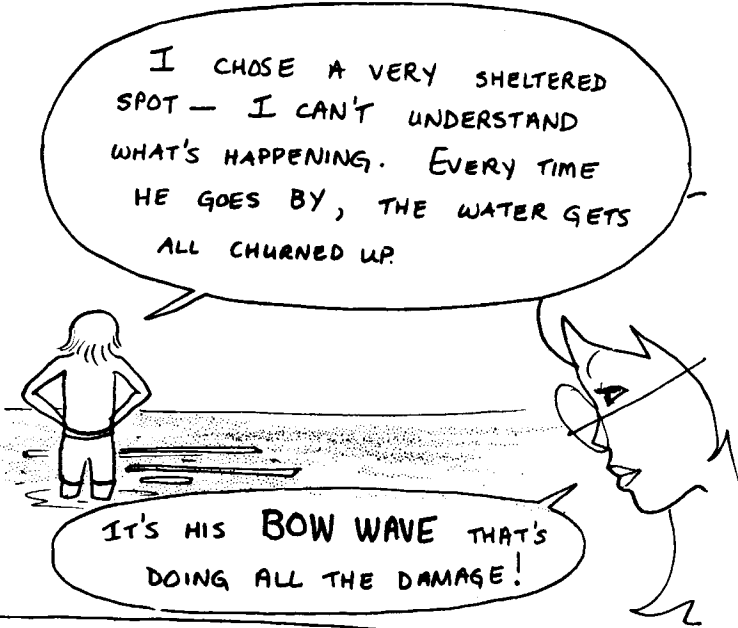
PROLOGUE





HIM AGAIN, WITH HIS DUMB OLD BOAT!

HE'S DEMOLISHED MY LANDING-STAGE AGAIN.

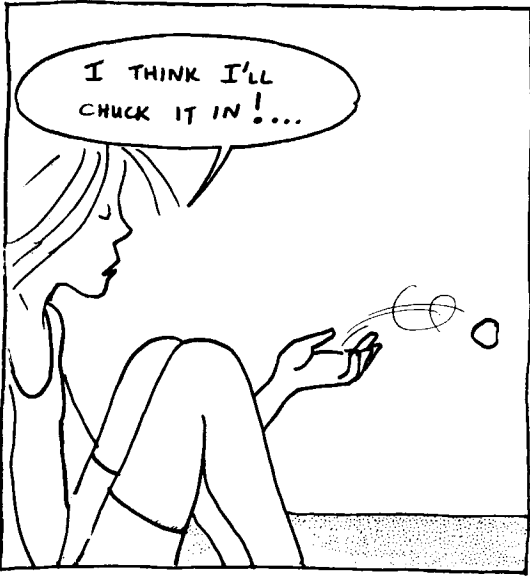


I CHOSE A VERY SHELTERED SPOT - I CAN'T UNDERSTAND WHAT'S HAPPENING. EVERY TIME HE GOES BY, THE WATER GETS ALL CHURNED UP.

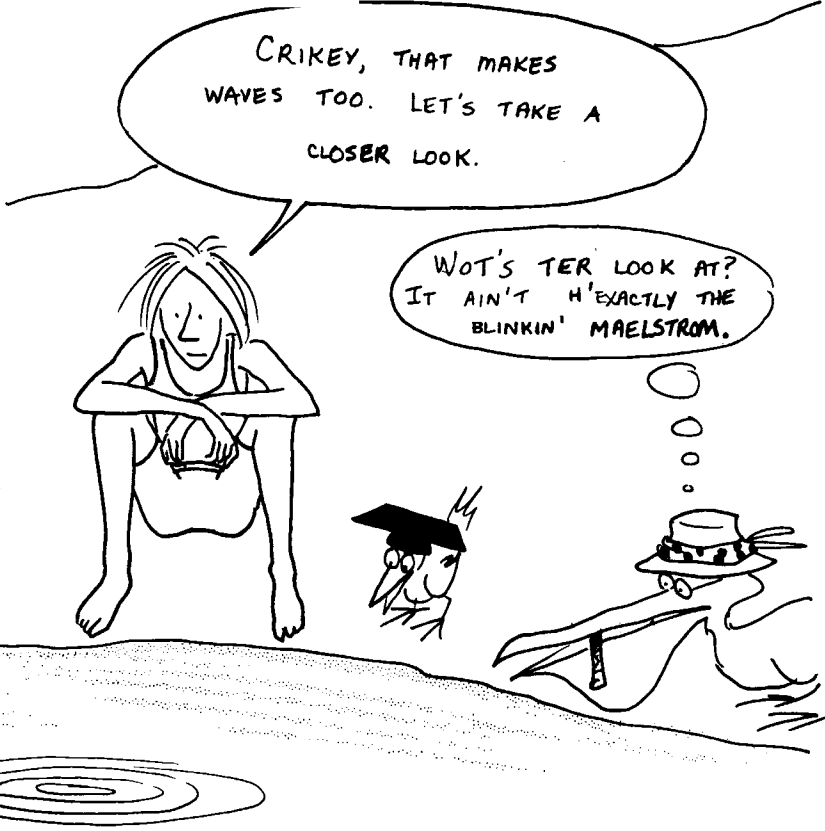
IT'S HIS BOW WAVE THAT'S DOING ALL THE DAMAGE!

OH, THAT'S TEWWIBLE! THE MAN MUST BE A WAVING LUNATIC!

SURFACE WAVES

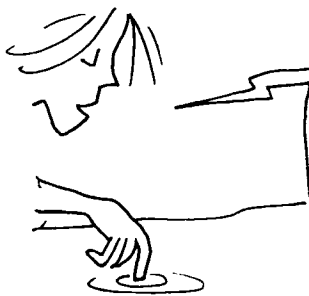


I THINK I'LL CHUCK IT IN!...

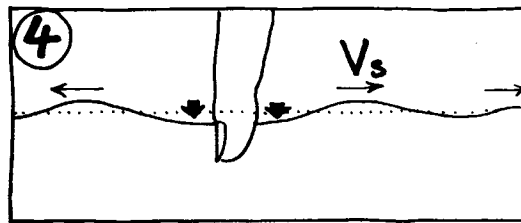
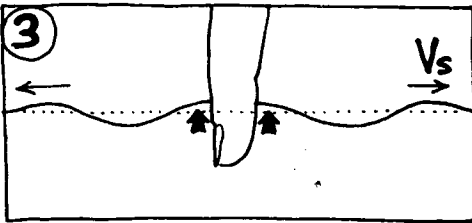
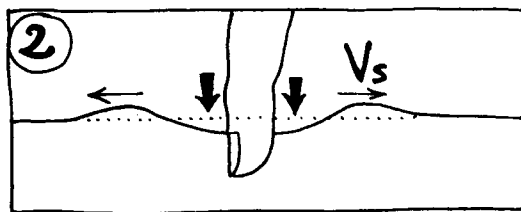
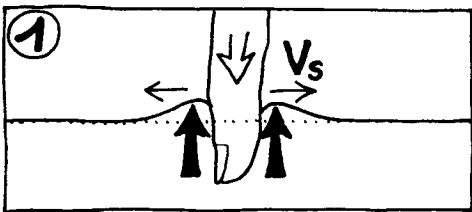


CRIKEY, THAT MAKES WAVES TOO. LET'S TAKE A CLOSER LOOK.

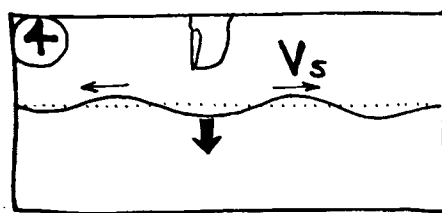
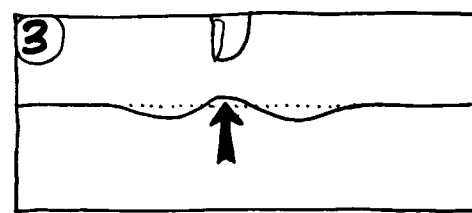
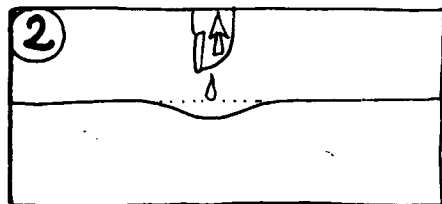
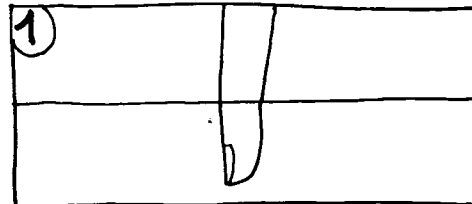
WOT'S TER LOOK AT? IT AIN'T H'EXACTLY THE BLINKIN' MAELSTROM.



IF I STICK MY FINGER IN SUDDENLY, IT MAKES THE WATER NEARBY RISE TO FORM A SORT OF "SPARE TIRE." THE EXTRA THICKNESS LEADS TO OSCILLATIONS, WHICH ELIMINATE IT, FORMING CONCENTRIC SURFACE WAVES. THESE APPEAR TO TRAVEL AT A CONSTANT SPEED, WHICH I'LL CALL V_s ; AND AS THEY MOVE, THEY SLOWLY DIE AWAY.



A SIMILAR EFFECT OCCURS IF, INSTEAD OF STICKING YOUR FINGER INTO THE WATER, YOU PULL IT OUT. AS A RESULT, THE LIQUID TENDS TOWARD A FREE PLANAR SURFACE.



COR! BARFROOM PHYSICS!

AS THE WAVES PROPAGATE, THEY SPREAD THEIR ENERGY OVER AN INCREASING AREA.



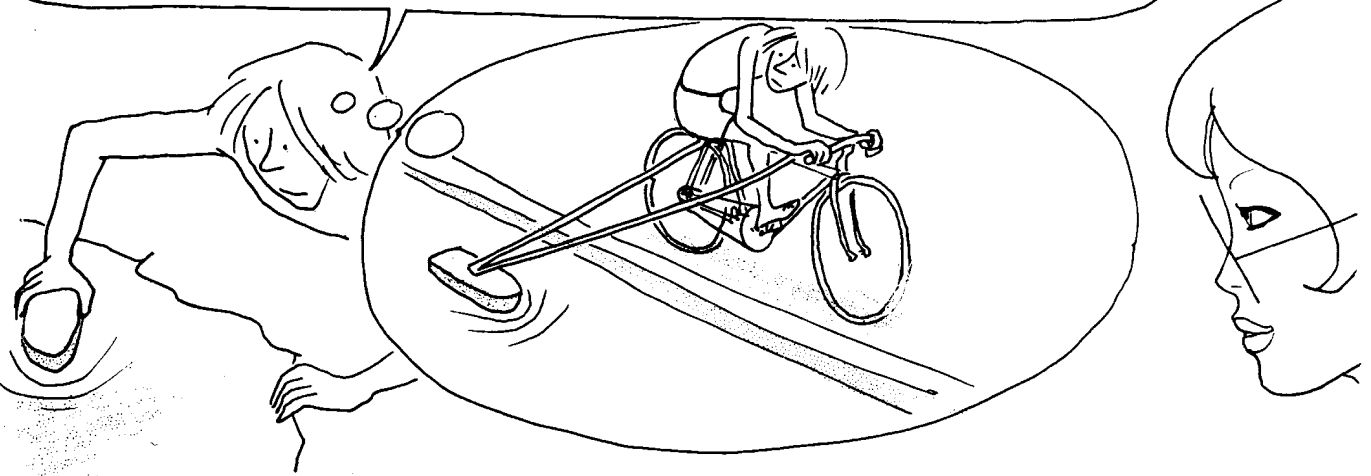
AND SINCE ENERGY IS CONSERVED, THE HEIGHT - OR AMPLITUDE - OF THE WAVES MUST PROGRESSIVELY DECREASE.

IF AN OBJECT MOVES ABOUT IN THE WATER, IT EMITS THIS TYPE OF WAVE, THEREBY ROUGHENING THE SURFACE OF THE WATER.

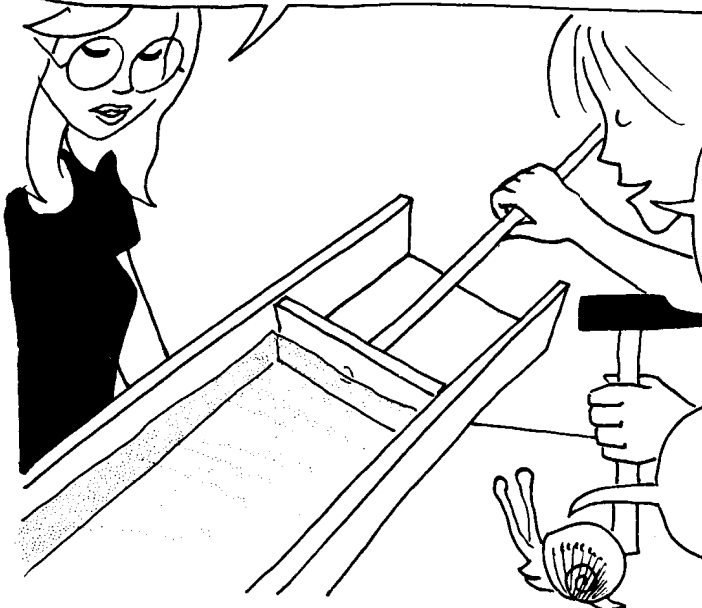


THE WAVES ACT ON THE FLUID. THEY START TO SEPARATE THE MOLECULES UPSTREAM, LETTING THE FLUID THERE MOVE TOWARDS THE OBJECT.

IF I WANT TO TAKE A LOOK AT THAT, I'D BETTER FIND A WAY OF FOLLOWING THE FLUID AS IT MOVES.



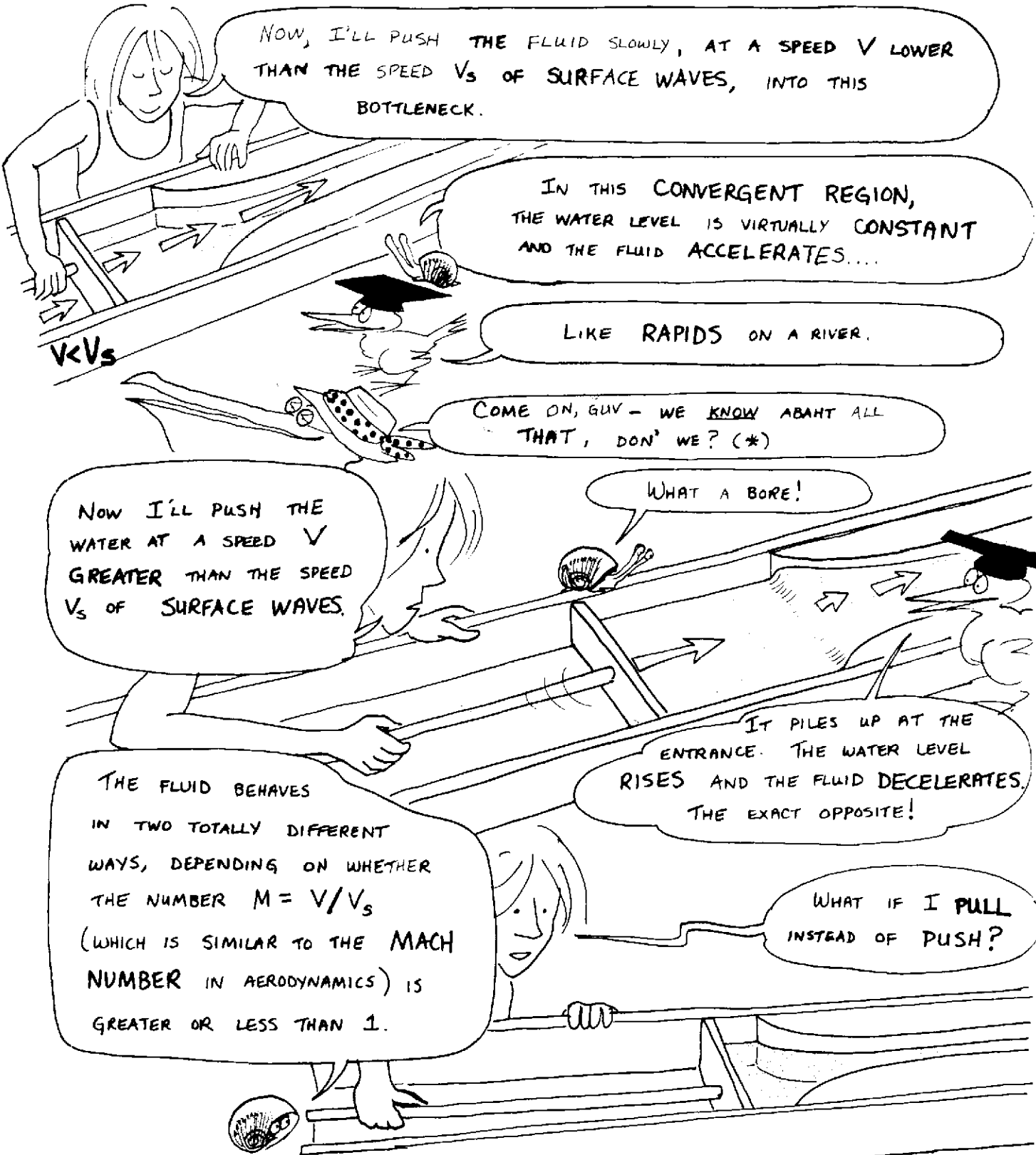
DON'T YOU THINK THAT'S A RATHER COMPLICATED SYSTEM? INSTEAD OF MOVING THE OBJECT, I SUGGEST YOU KEEP IT FIXED AND MOVE THE FLUID.



GOOD IDEA. HOW ABOUT THIS? IT'S A REDUCED-SCALE MODEL OF A CANAL, WITH A PLUNGER IN ONE END TO MOVE THE WATER.

IF YOU MOVE THE PLUNGER AT A SPEED V , THEN THE WATER NEARBY WILL ALSO MOVE AT SPEED V .

HUGONIOT'S RELATION



NOW, I'LL PUSH THE FLUID SLOWLY, AT A SPEED V LOWER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES, INTO THIS BOTTLENECK.

IN THIS CONVERGENT REGION, THE WATER LEVEL IS VIRTUALLY CONSTANT AND THE FLUID ACCELERATES...

LIKE RAPIDS ON A RIVER.

COME ON, GUY - WE KNOW ABOUT ALL THAT, DON' WE? (*)

NOW I'LL PUSH THE WATER AT A SPEED V GREATER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES.

WHAT A BORE!

IT PILES UP AT THE ENTRANCE. THE WATER LEVEL RISES AND THE FLUID DECELERATES. THE EXACT OPPOSITE!

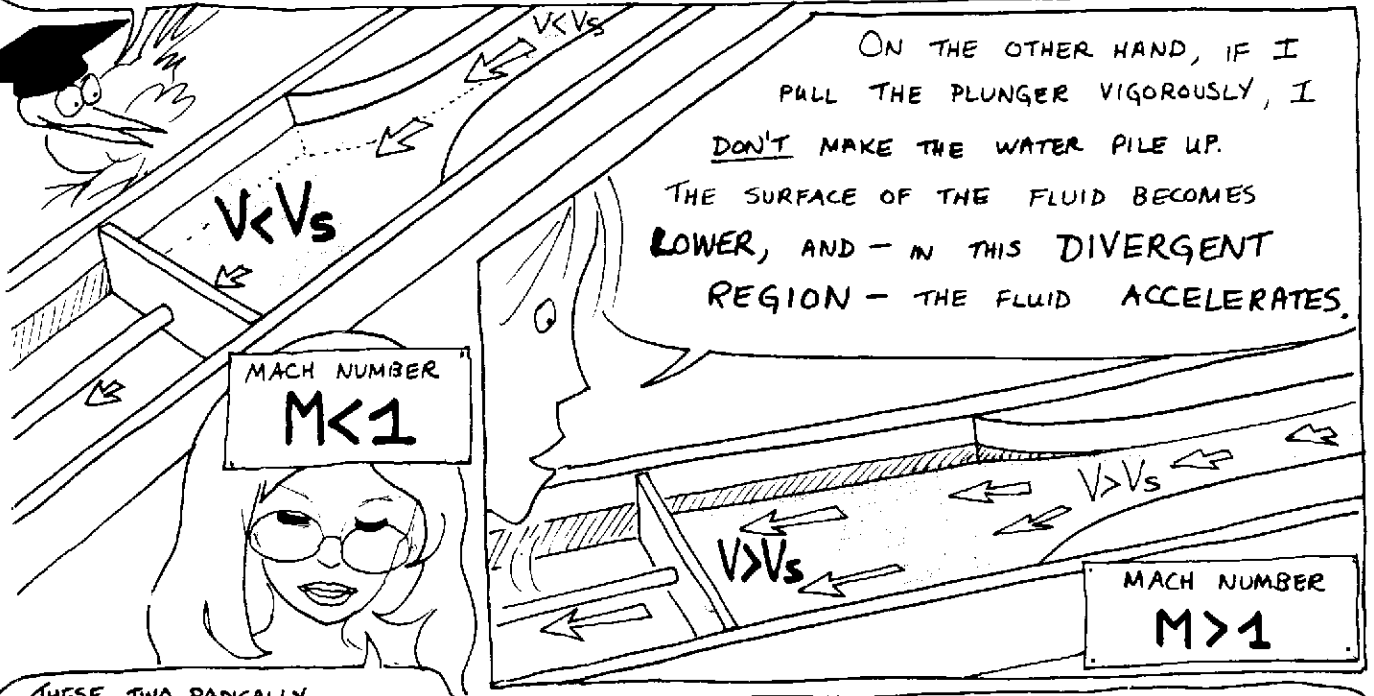
THE FLUID BEHAVES IN TWO TOTALLY DIFFERENT WAYS, DEPENDING ON WHETHER THE NUMBER $M = V/V_s$ (WHICH IS SIMILAR TO THE MACH NUMBER IN AERODYNAMICS) IS GREATER OR LESS THAN 1.

WHAT IF I PULL INSTEAD OF PUSH?

(*) SEE FLIGHT OF FANCY, SAME SERIES.

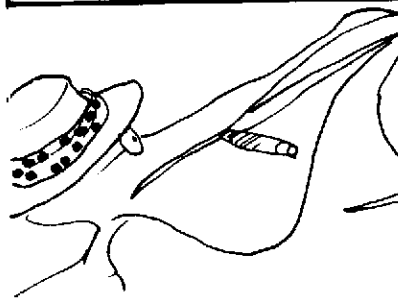
IF YOU PULL GENTLY AND THE SPEED V OF THE FLUID ALWAYS STAYS LESS THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES, THEN THE WATER DECELERATES IN THIS DIVERGENT REGION, AND THE HEIGHT OF THE WATER REMAINS VIRTUALLY CONSTANT.

ON THE OTHER HAND, IF I PULL THE PLUNGER VIGOROUSLY, I DON'T MAKE THE WATER PILE UP. THE SURFACE OF THE FLUID BECOMES LOWER, AND - IN THIS DIVERGENT REGION - THE FLUID ACCELERATES.



THESE TWO RADICALLY DIFFERENT KINDS OF BEHAVIOR ARE SUMMED UP IN THE THEOREM OF THE FRENCH PHYSICIST HUGONIOT:

Hugoniot	SPEED V LESS THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES (MACH NUMBER $M < 1$)	SPEED V GREATER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES (MACH NUMBER $M > 1$)
IN A CONVERGENT REGION THE FLUID: THE LEVEL:	ACCELERATES STAYS CONSTANT	DECELERATES RISES
IN A DIVERGENT REGION THE FLUID: THE LEVEL:	DECELERATES STAYS CONSTANT	ACCELERATES DROPS



LEMME SEE... THE MORE YER GOES LESS QUICKLY, THE LESS THE SPEED GETS BIGGER... AT LEAST, MORE OR LESS... OR IS IT THE UVER WAY ROUND?

HiHiHi...

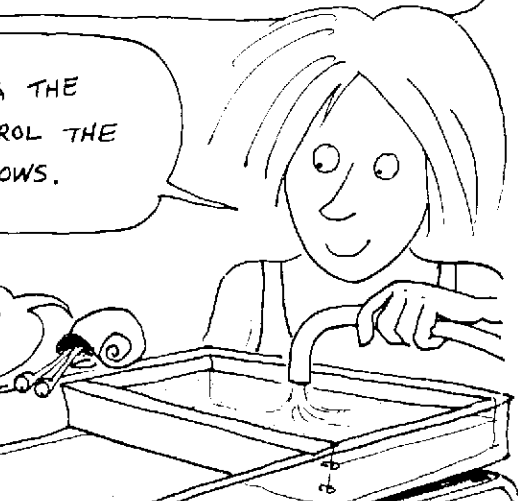
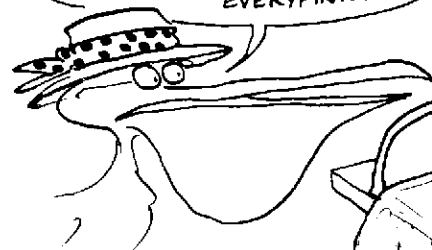


PUFFFFF! ALL THAT WATER'S TOO HEAVY FOR ME TO KEEP SHOVING IT AROUND WITH A PLUNGER. THERE'S GOT TO BE A BETTER WAY...

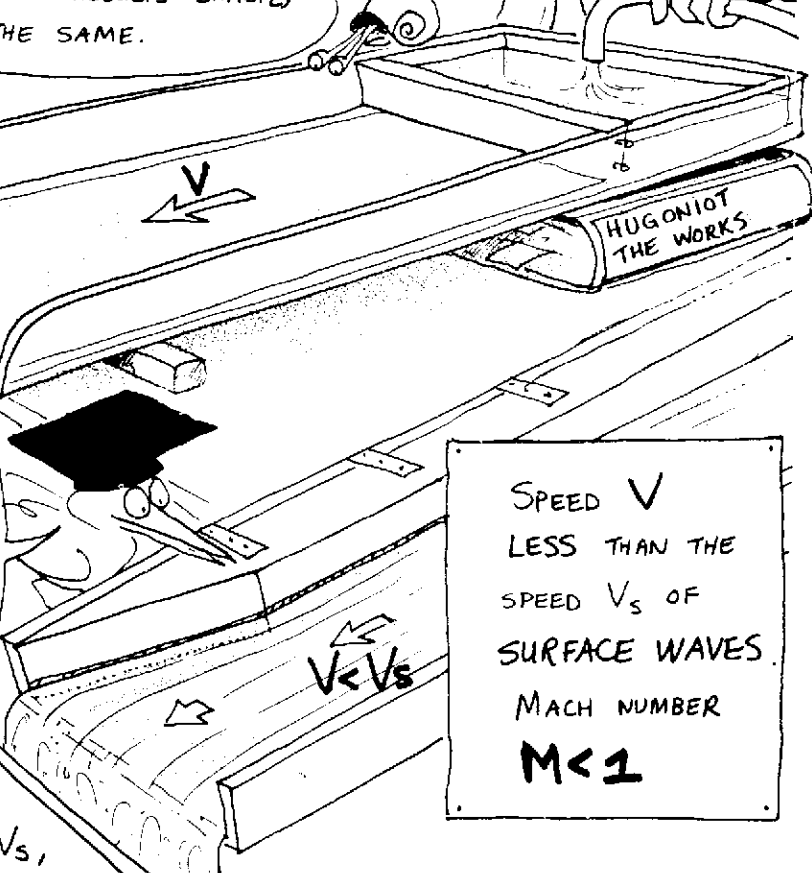
A STROKE OF GENIUS! BY ALTERING THE ANGLE OF THE CHANNEL I CAN CONTROL THE SPEED V AT WHICH THE WATER FLOWS.

'ANG ON, MATE!
YER'V CHANGED
EVERYFINK!

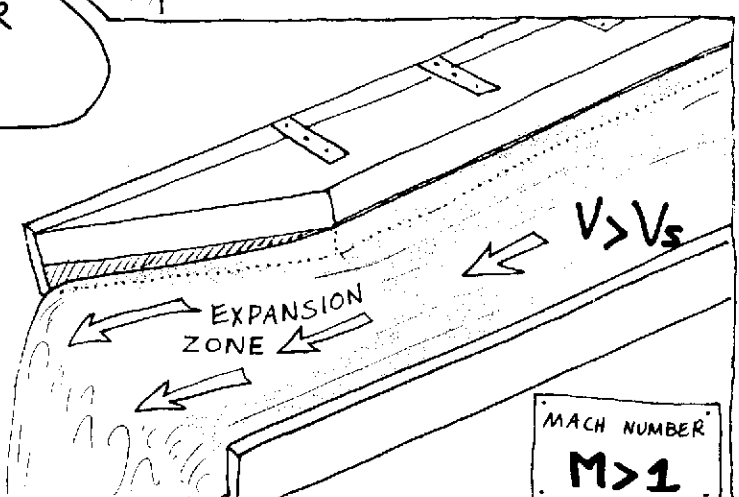
NO, THE RESULT'S EXACTLY
THE SAME.



BACK TO THE
FLOW IN A DIVERGENT
REGION. BELOW THE CRITICAL
SPEED V_s , THE FLUID DECELERATES
AND THE WATER LEVEL IS NEARLY
CONSTANT.



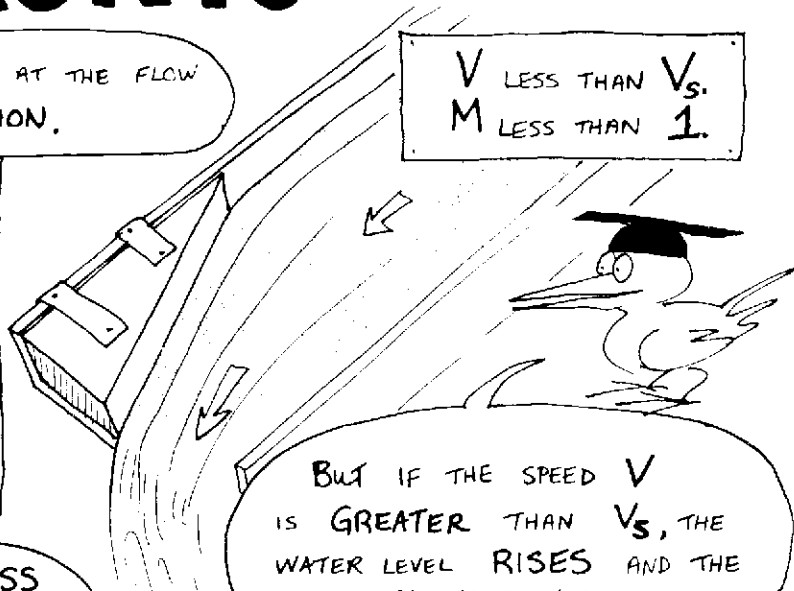
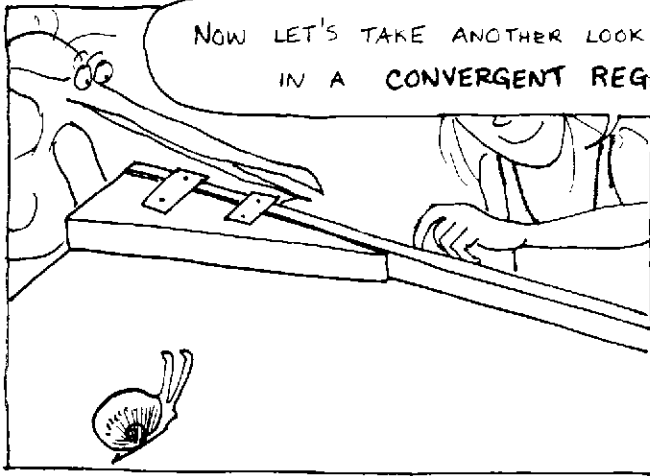
IF THE FLUID ARRIVES
WITH A SPEED V GREATER
THAN THE CRITICAL SPEED V_s ,
THEN THE SURFACE BECOMES LOWER
AND THE WATER ACCELERATES.



WAVE FRONTS

NOW LET'S TAKE ANOTHER LOOK AT THE FLOW IN A CONVERGENT REGION.

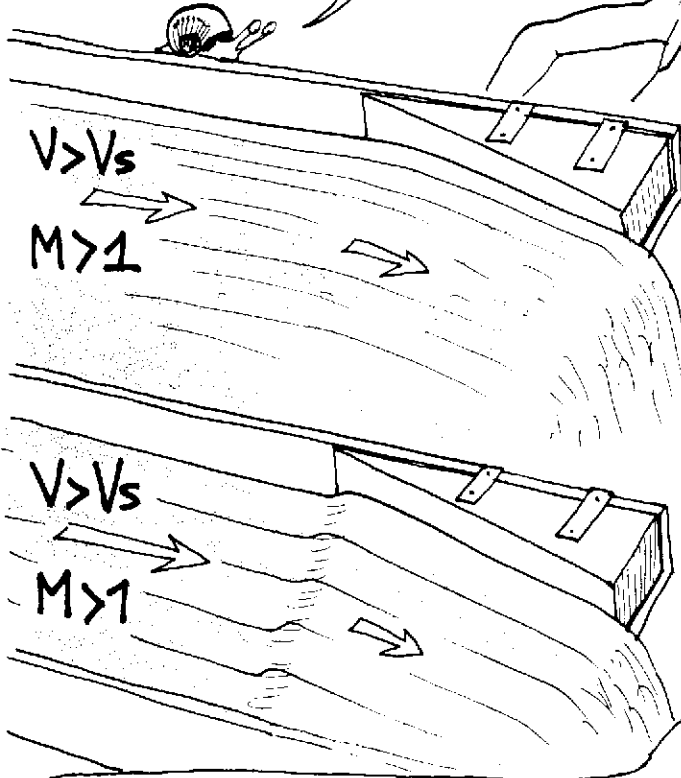
V LESS THAN V_s
 M LESS THAN 1



BUT IF THE SPEED V IS GREATER THAN V_s , THE WATER LEVEL RISES AND THE FLUID SLOWS DOWN.

IF THE SPEED V OF THE FLUID IS LESS THAN THE SPEED V_s (OF SURFACE WAVES), THEN THE SPEED INCREASES AND THE LEVEL STAYS CONSTANT.

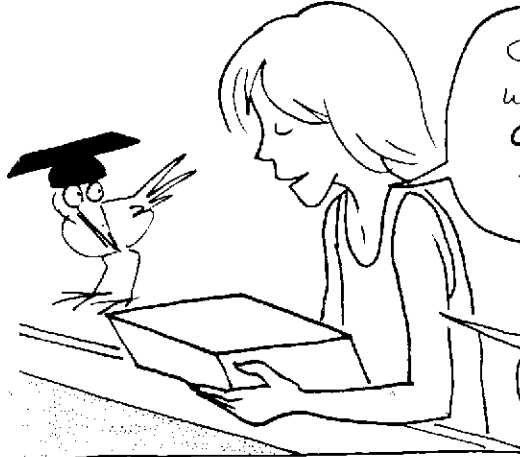
C'MON, ARCHIE—
 TILT IT A BIT
 FURVER!



FORMS A BANK, OR A WAVE FRONT. THE WATER SLOWS DOWN AND THE LEVEL RISES.

THE PARAMETERS DESCRIBING THE FLUID CHANGE DRAMATICALLY WHERE IT FORMS A BANK, OR A WAVE FRONT. THE WATER SLOWS DOWN AND THE LEVEL RISES.

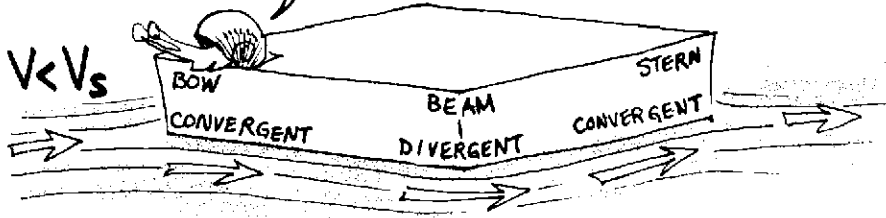
FLOW ROUND A CONTOUR



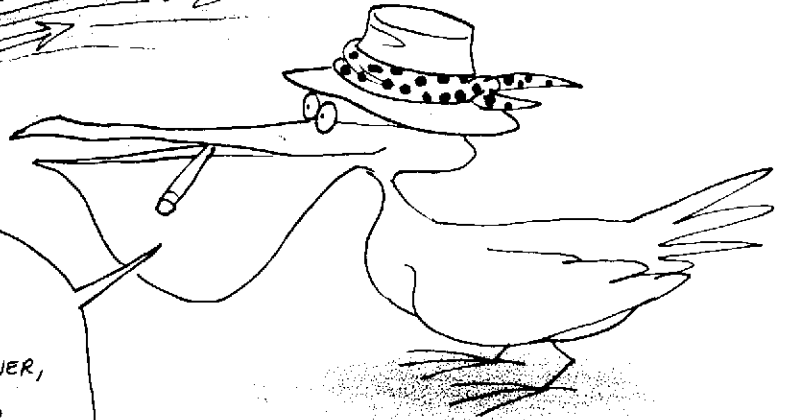
OK, NOW THAT WE'VE SORTED ALL THAT OUT, I WANT TO STUDY THE FLOW OF A FLUID AROUND A CONTOUR. I'LL START IN A REGIME WHERE THE SPEED V OF THE FLUID IS LESS THAN V_s .

I'LL FAKE UP A BOAT SHAPE WITH THREE SUCCESSIVE CORNERS.

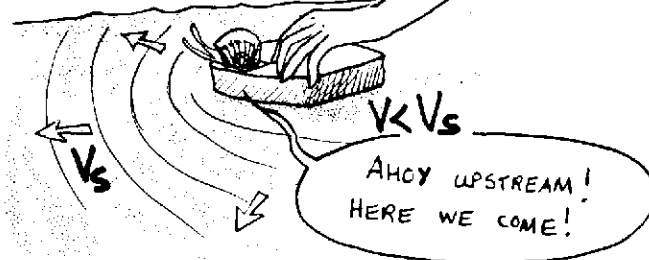
THE FLUID ACCELERATES AT THE BOW, WHICH FORMS A CONVERGENT REGION.



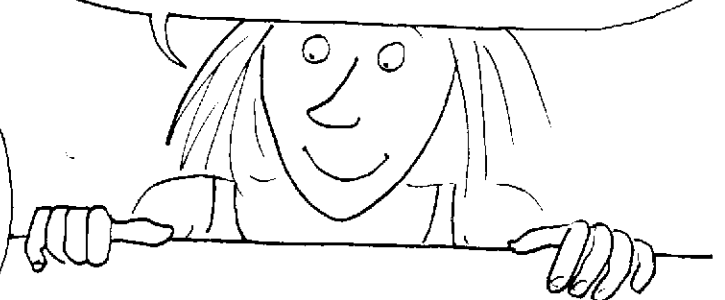
HMMM... YUR, THAT'S WOT IT BOILS DAHN TER. THE SPEED'S FASTEST ARAHND THE SECOND CORNER, THE BEAM. SO THE FLUID SLOWS DAHN UNTIL IT REACHES THE STERN, STAYIN' AT A CONSTANT BLINKIN' LEVEL UNTIL IT GETS BACK TER THE SAME SPEED WOT IT 'AD AT THE BOW.



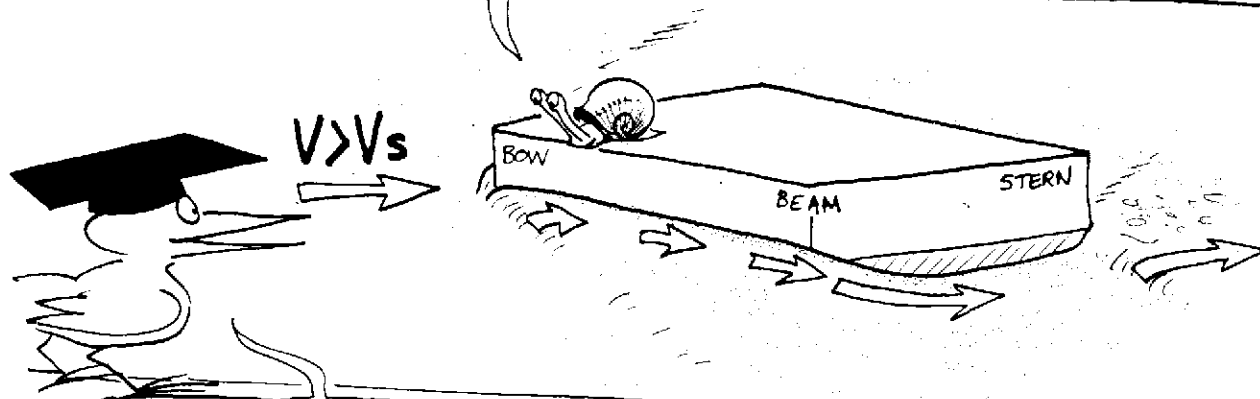
THE SURFACE WAVES, TRAVELING AT A SPEED V_s , CAN MOVE UPSTREAM AND TRANSMIT ENERGY TO THE FLUID. SO THE FLUID "KNOWS" THAT AN OBJECT IS COMING AND HAS TIME TO GET ITSELF READY TO MEET IT. IT BEGINS TO MOVE APART BEFORE THE OBJECT ARRIVES.



NOW I'M GOING TO TILT THE CHANNEL A BIT MORE SO THAT THE SPEED V OF THE FLUID BECOMES GREATER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES.



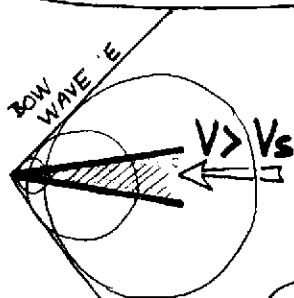
BY HUGONOT'S THEOREM, WE KNOW THAT THE FLUID SLOWS DOWN AT THE BOW, SPEEDS UP AT THE BEAM, AND SLOWS DOWN AGAIN AT THE STERN.



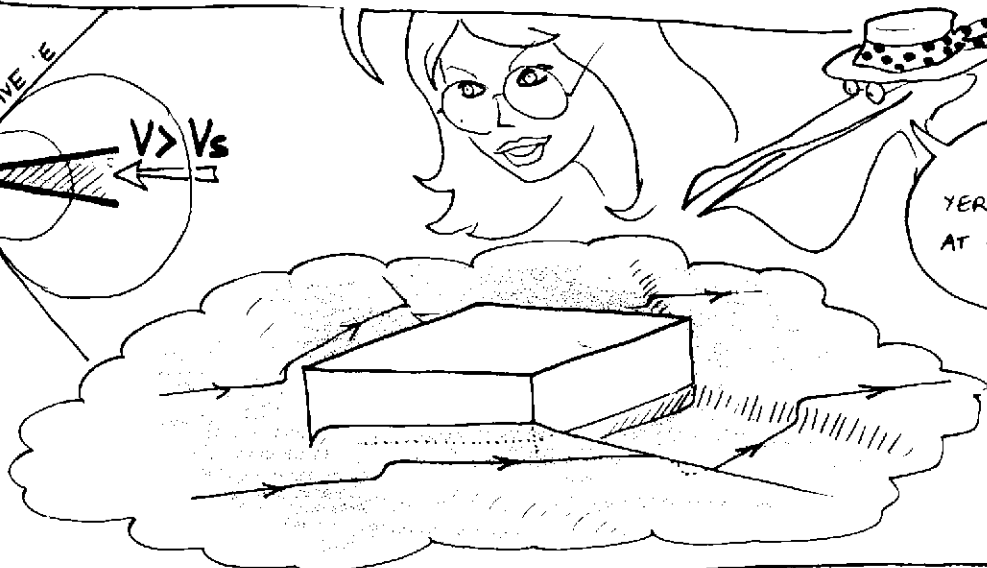
LEVEL WITH THE BOW, THE WATER IS SUDDENLY SLOWED DOWN AND RISES HIGHER THAN THE ORIGINAL WATERLINE. ON PASSING THE SECOND CORNER, THE WATER IS SPEEDED UP AGAIN, EVEN SUPERACCELERATED, THAT IS, INCREASED TO A SPEED GREATER THAN THAT OF "FREE" FLOW. AT THE SAME TIME THE LEVEL DROPS BELOW THE WATERLINE. LEVEL WITH THE STERN, THE SPEED AND LEVEL ARE SUDDENLY READJUSTED TO THEIR ORIGINAL VALUES UPSTREAM.

THE BOW WAVE

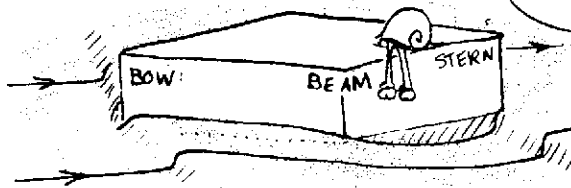
IN THIS REGIME, WHERE THE SPEED V IS GREATER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES, WE FIND WAVEFRONTS. THE BOW, FOR EXAMPLE, EMITS SURFACE WAVES THAT TRAVEL TOO SLOWLY TO MOVE UPSTREAM AND THEREFORE PILE UP AGAINST EACH OTHER TO FORM A MOUND OF LIQUID, THE BOW WAVE.



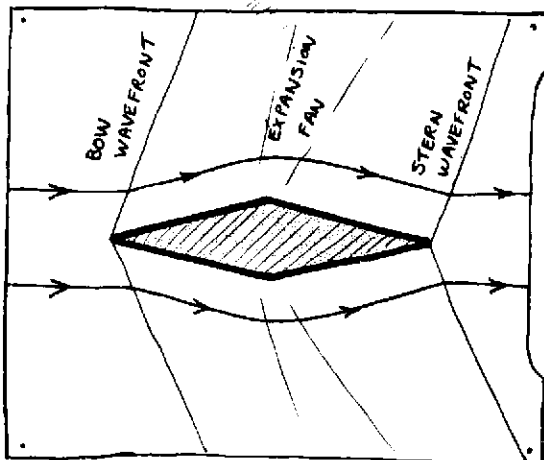
SO THEN YER GETS A BEAM-WAVE AT THE MIDDLE CORNER?



NO, YOU DON'T GET "EXPANSION FRONTS." LOOKS AS IF THEY ONLY HAPPEN GENTLY.



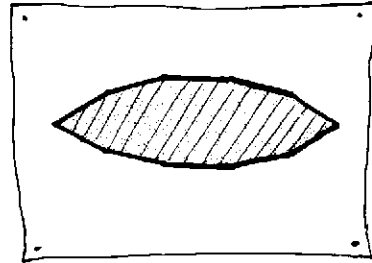
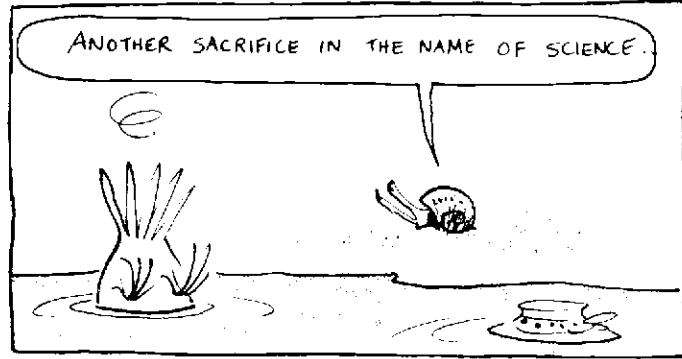
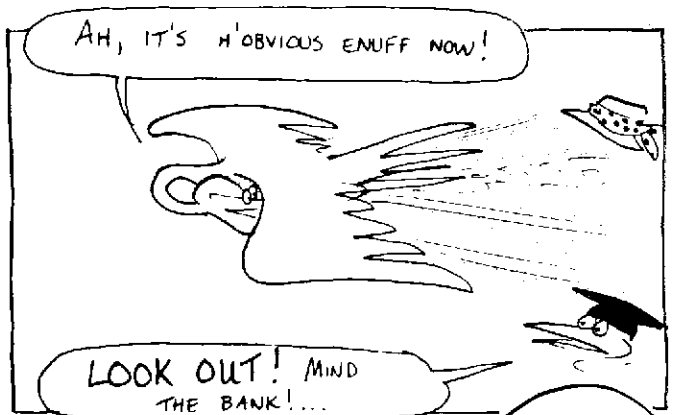
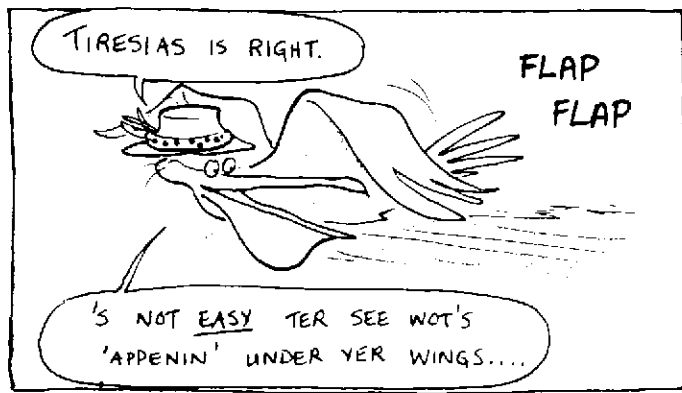
THE ONE TIME I MANAGES TER FINK UP SOMEFINK ORIGINAL, AN' IT'S A FLOP!



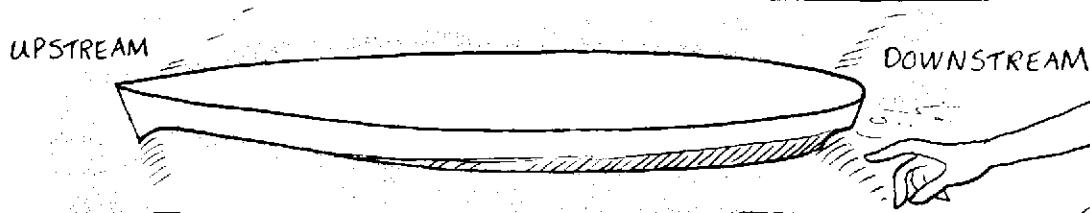
TIRESIAS IS RIGHT, LENNY. THE CHANGES IN SPEED AND LEVEL HAPPEN SUDDENLY AT THE BOW AND STERN, BY MEANS OF WAVEFRONTS. IN CONTRAST, AT THE BEAM, THE SPEED AND LEVEL CHANGE CONTINUOUSLY, ACROSS AN EXPANSION FAN.

OBSERVATION, LENNY. OBSERVATION!

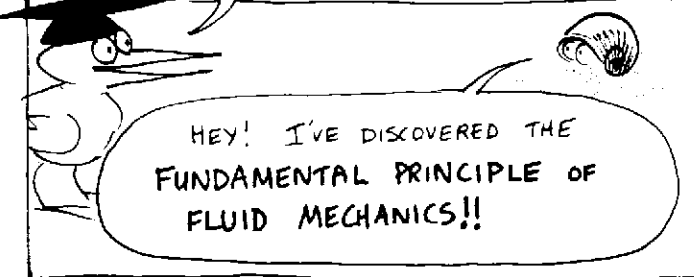




IN A REAL BOAT HULL, THE BEAM IS FORMED BY A SUCCESSION OF VERY MANY TINY CORNERS.



IN THE SAME WAY, THE REMAINING DIFFERENCE IN SPEED, DUE TO WATER BEING CARRIED ALONG WITH THE BOAT BY FRICTION, IS CANCELLED OUT BY THE TURBULENCE OF THE BOAT'S WAKE.



YET AGAIN, TIRESIAS OLD BEAN, YER ASTOUNDS ME. WHAT?



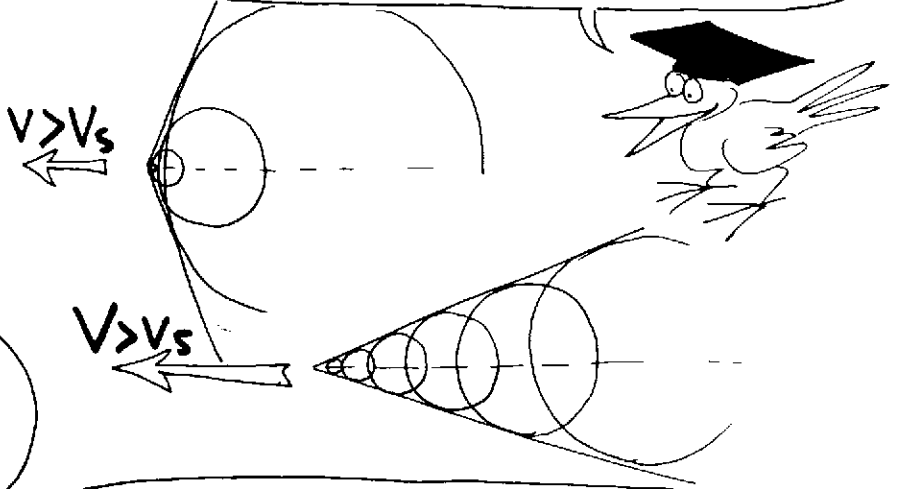
PLEASE LEAVE THE FLUID IN THE STATE IN WHICH YOU WOULD WISH TO FIND IT

MEASUREMENT OF SPEED

TO UNDERSTAND WHAT'S GOING ON, WHAT I NEED IS SOME WAY TO MEASURE SPEED.

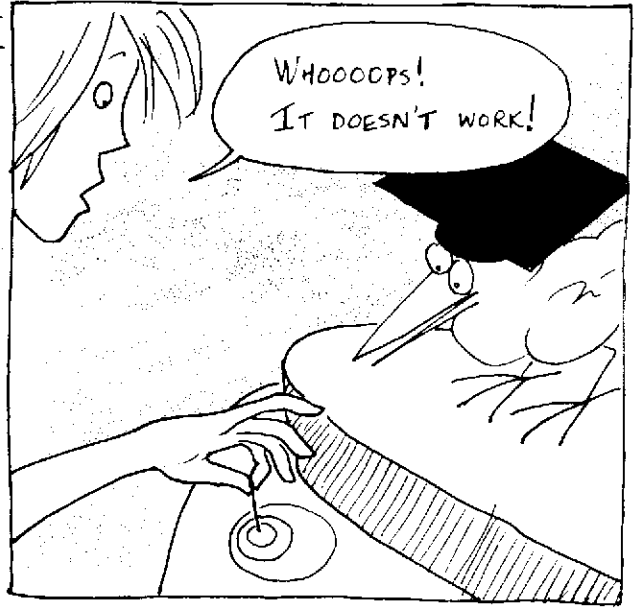
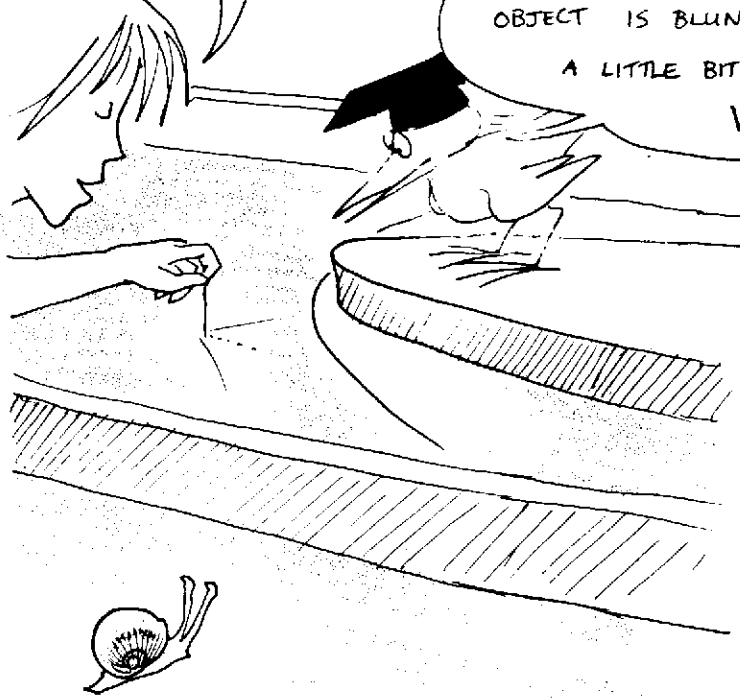


IF YOU PLACE A FINE NEEDLE IN A FLOW WHOSE SPEED V IS GREATER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES, THEN THE GREATER THE SPEED, THE CLOSER THE WAVEFRONTS ARE TO THE DIRECTION OF MOTION.



Wow, Max, you're right! That lets me measure the speed V .(*)

HAVE YOU NOTICED THAT WHEN THE FRONT OF THE OBJECT IS BLUNT, THEN THE WAVEFRONT IS SET UP A LITTLE BIT AHEAD - FORMING A DETACHED WAVE.

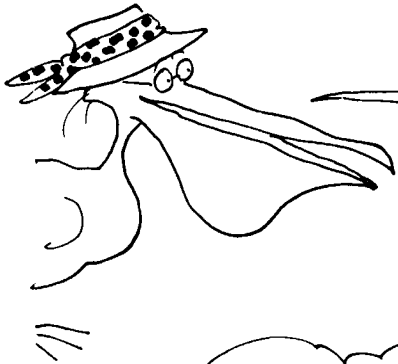
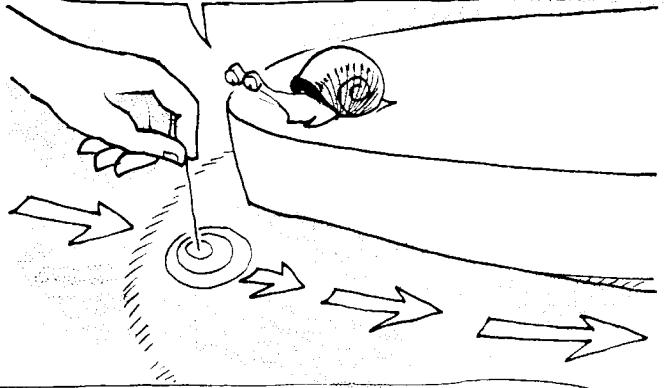


(*) SEE APPENDIX A (PAGE 71).

THAT'S ONLY TO BE EXPECTED. IN THIS REGION, NEAR A BLUNT BOW, THE SPEED V FALLS BELOW THE CRITICAL SPEED V_s .

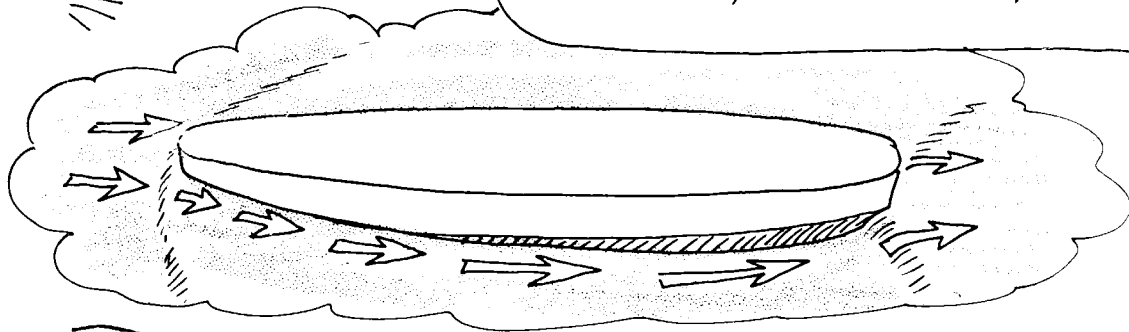


IT'S ALMOST AS IF THE OBJECT USES THE BOW WAVE TO BUILD ITSELF A REGION WHERE V IS LESS THAN V_s TO MAKE IT EASIER TO NAVIGATE.



BUT THEN, 'OW CAN THE WATER GEDDAHT O' THE WAY, WHEN ITS SPEED'S SO BLINKIN' LOW?

ELEMENTARY, MY DEAR PELICAN: WHERE THE FLUID SLOWS DOWN, THE LEVEL RISES, AND VICE VERSA.



IT'S ALL BEGINNING TO MAKE SOME KIND OF SENSE.

COME ALONG, YE SEEKERS AFTER KNOWLEDGE! DINNER TIME!



YOU KNOW, IT WOULDN'T BE A BAD THING IF YOU COULD GET RID OF THOSE WAVES.

THEY WASTE ENERGY, THAT'S FOR SURE!

OH 'ECK!
SUMFINK'S
BREWIN'!

YES, THERE'S ENERGY THERE ALL RIGHT. THE PROOF IS THAT THE GUY IN THE SPEEDBOAT DEMOLISHED OUR LANDING-STAGE.

IF YOU COULD GET ADVANCE WARNING OF THE FLUID AHEAD, THE WAVE WOULDN'T FORM....

SO... TO MOVE FASTER THAN SURFACE WAVES, YOU HAVE TO BE ABLE TO CONTINUE TO ACT ON THE FLUID UPSTREAM.

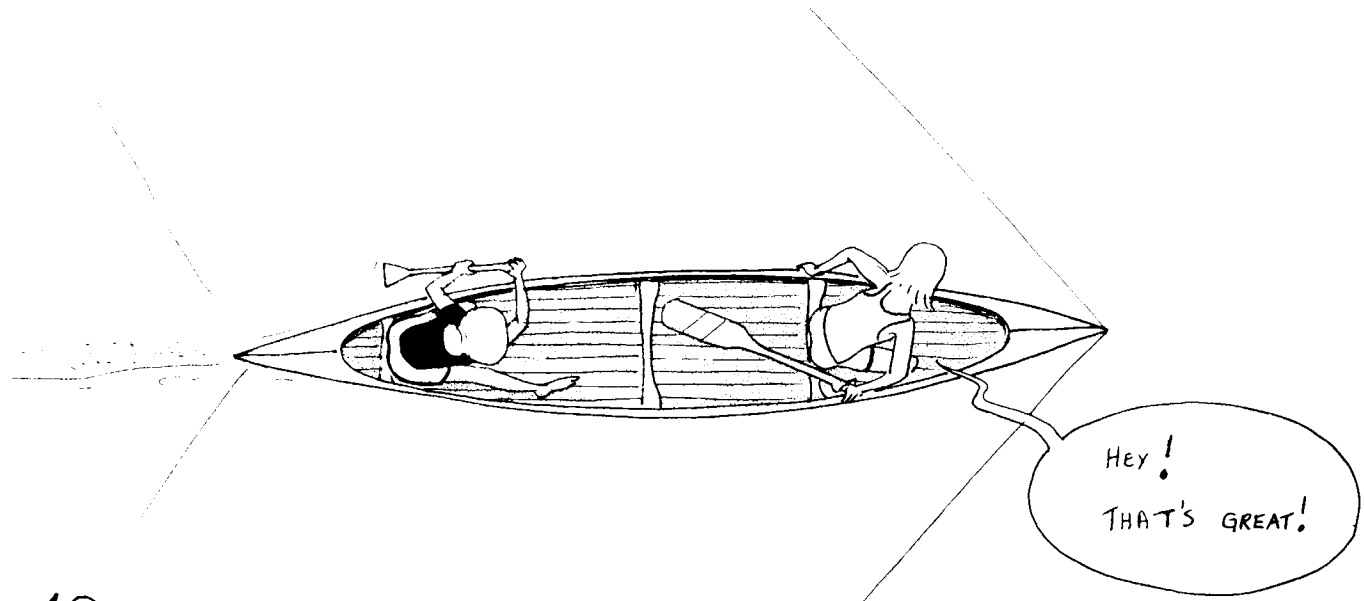
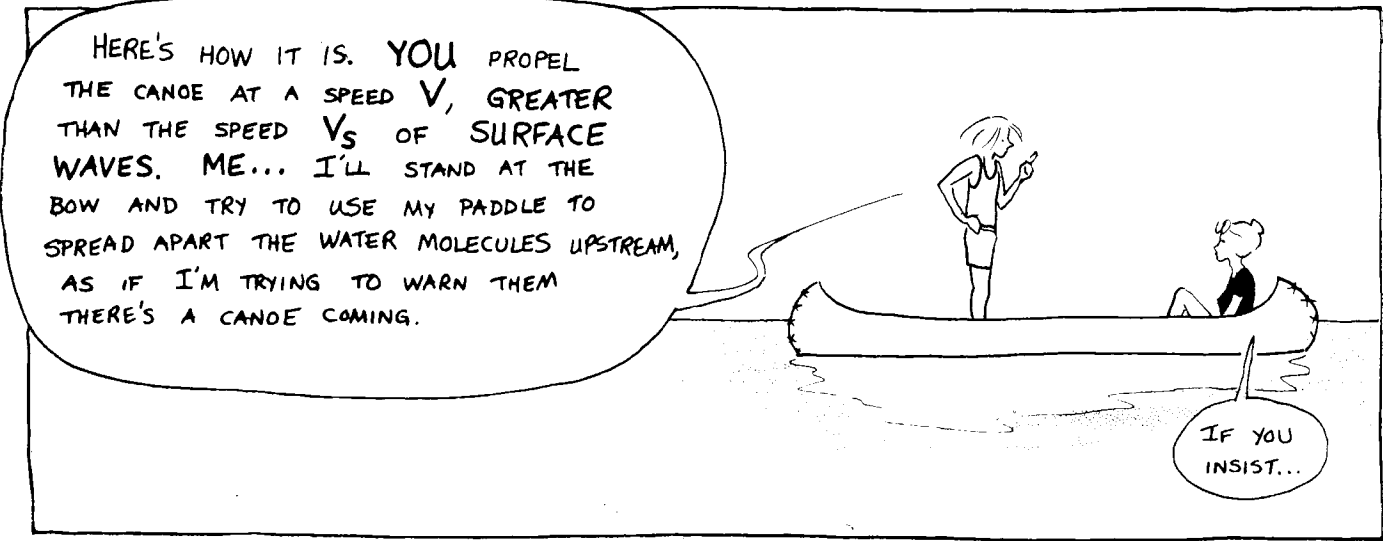
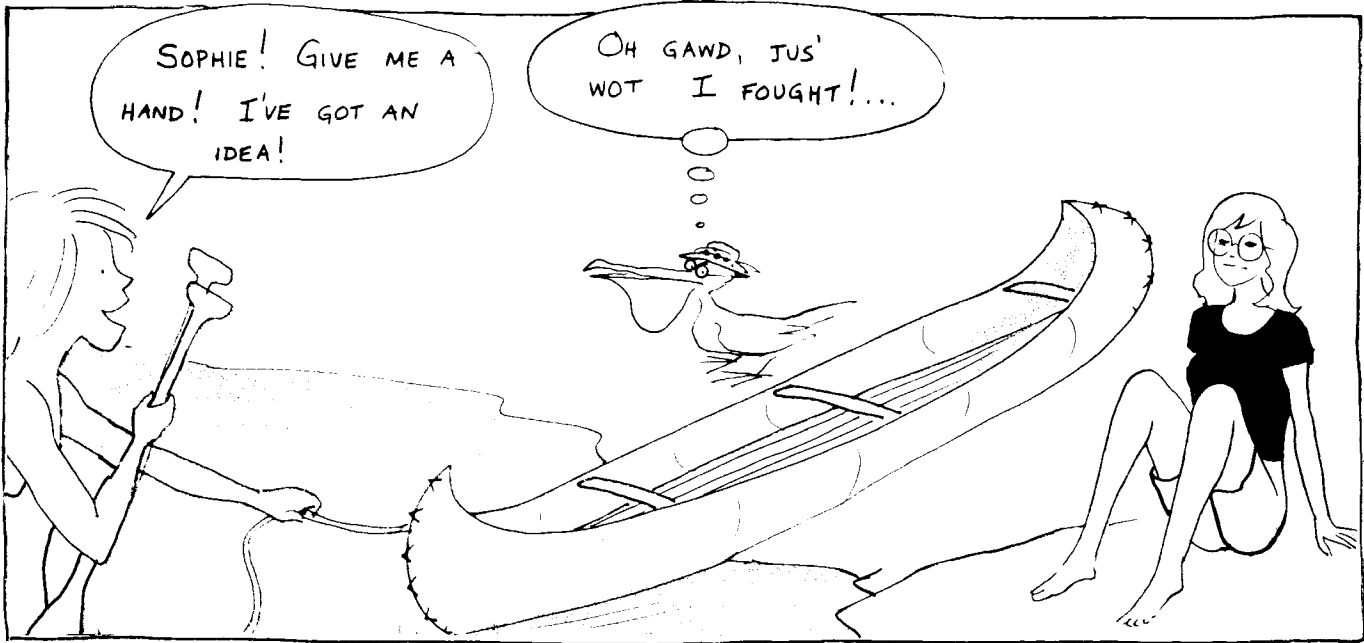
HEY!

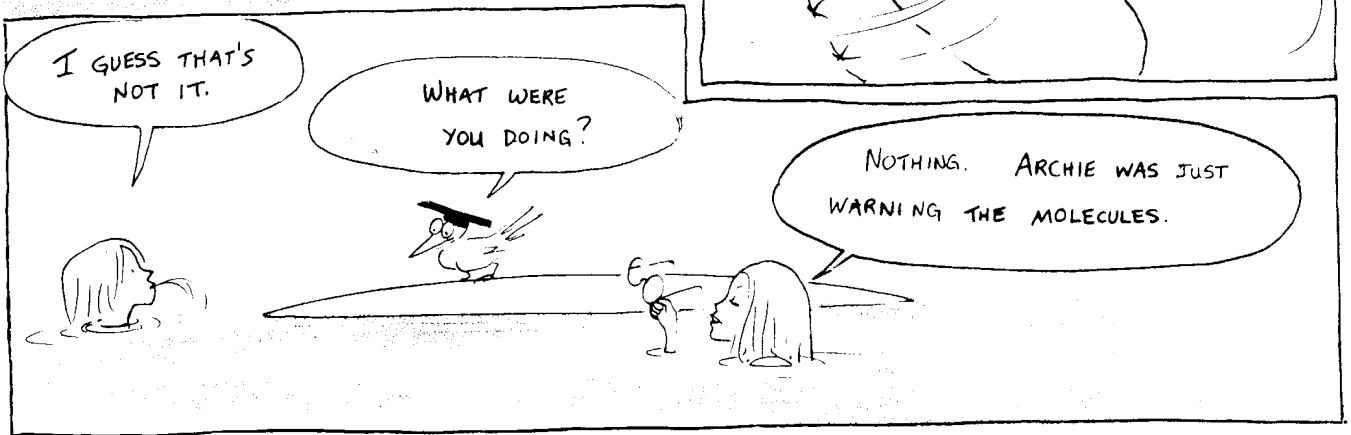
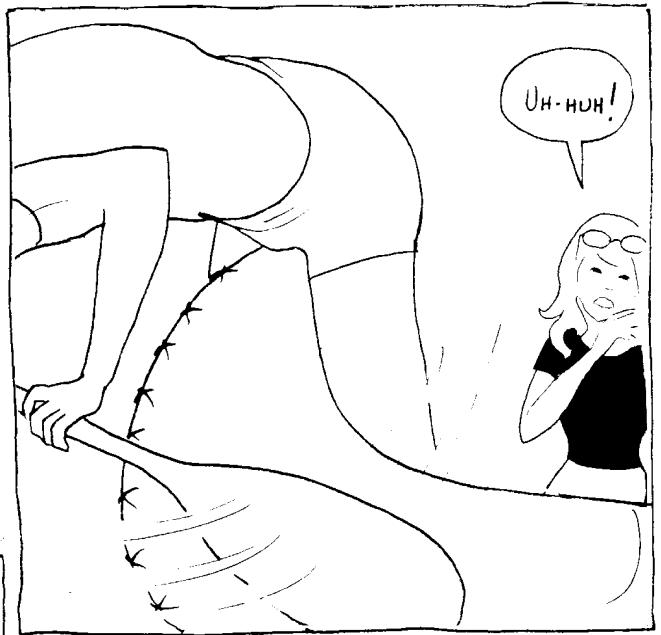
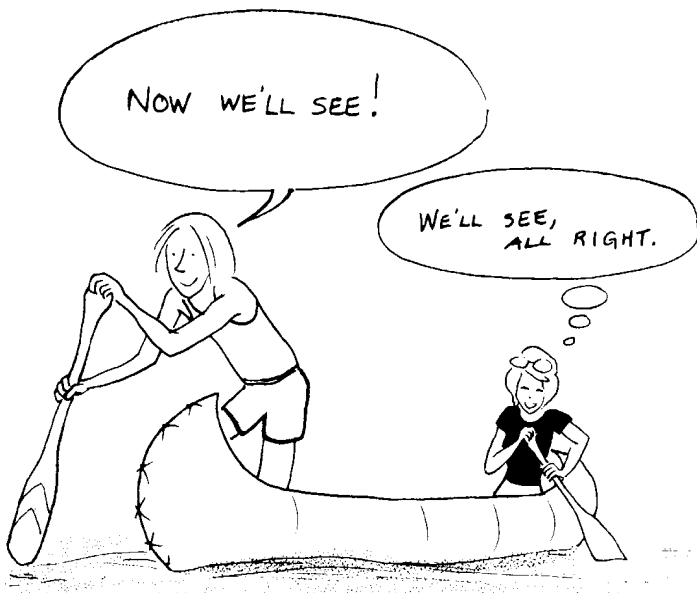
DISHES, ARCHIBALD....

THERE'S GOT TO BE A WAY.

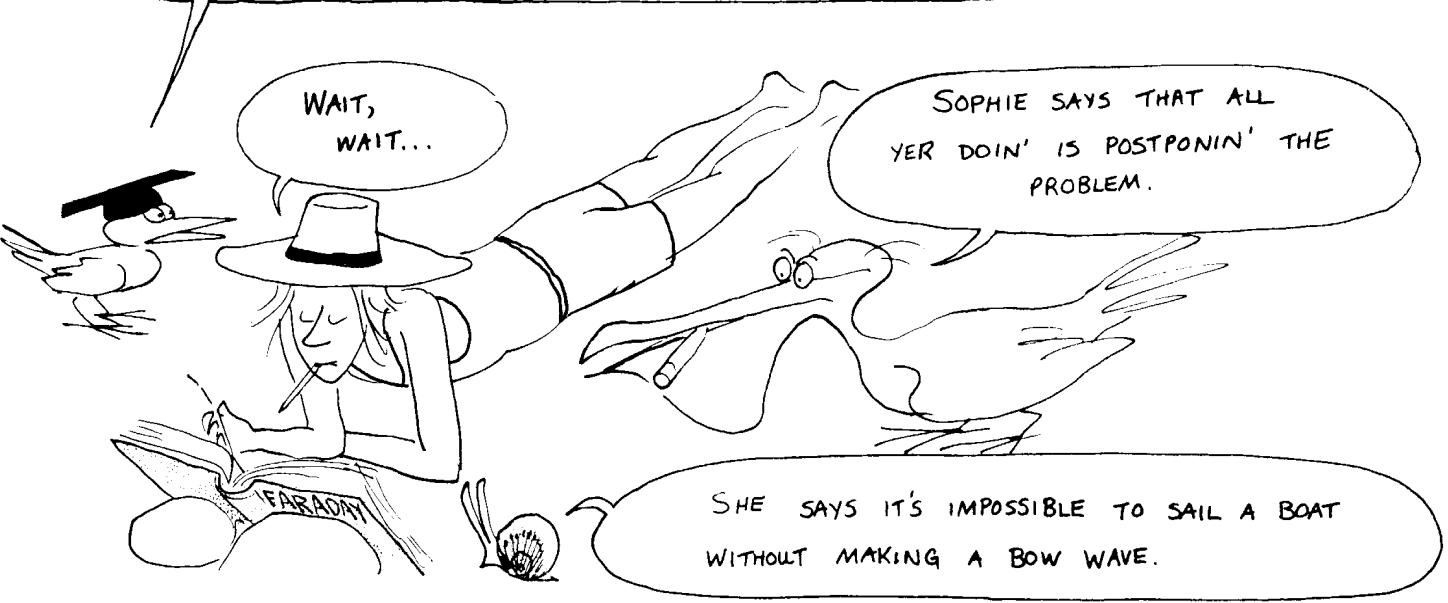
AHA!

SNAP!





IT CAN'T POSSIBLY WORK, YOU KNOW! IF YOU WANT TO "WARN" THE MOLECULES, AS YOU SAID, THEN YOU'VE GOT TO PUT SOME OTHER MATERIAL OBJECTS INTO THE WATER UPSTREAM... AND THOSE WILL JUST CREATE THEIR OWN WAVES. IT'S A VICIOUS CIRCLE.

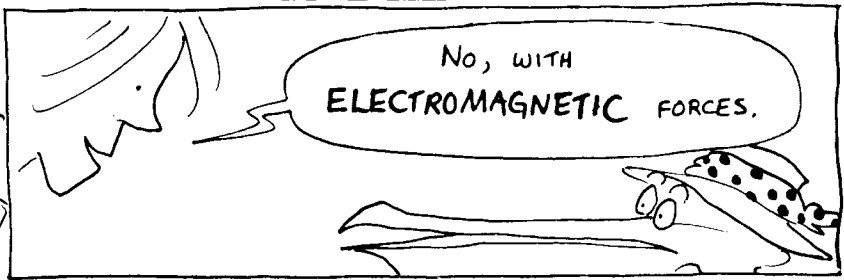


IN WHICH ARCHIE DISCOVERS MAGNETOHYDRODYNAMICS



YOU CAN ACT AT A DISTANCE ON A FLUID BEFORE YOU REACH IT. IT SAYS SO IN THIS BOOK!

BUT WOT WIV, OLD FRUIT? BLINKIN' MAGIC FORCES?

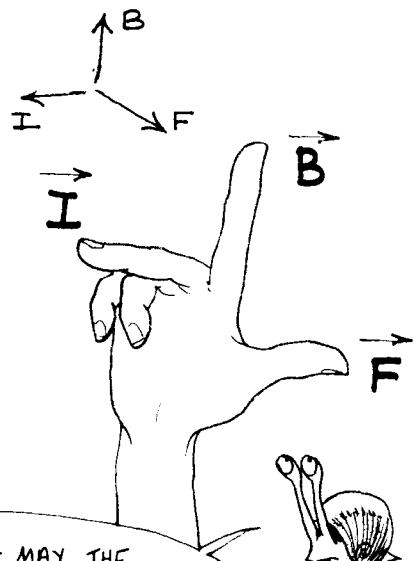


No, WITH ELECTROMAGNETIC FORCES.

IF, IN A FLUID, YOU CREATE A MAGNETIC FIELD \vec{B} AND AN ELECTRIC CURRENT \vec{I} , WHICH IS PERPENDICULAR, THEN THE FLUID EXPERIENCES A LAPLACE FORCE OF INTENSITY IB , WHOSE DIRECTION IS GIVEN BY THE

RIGHT-HAND RULE:

HOLD THE THUMB, INDEX FINGER, AND MIDDLE FINGER OF THE RIGHT HAND AS SHOWN. SUPPOSE THAT THE CURRENT FLOWS IN THE DIRECTION OF THE MIDDLE FINGER AND THE MAGNETIC FIELD, IN THE DIRECTION OF THE INDEX FINGER. THEN THE FORCE ACTS IN THE DIRECTION OF THE THUMB.



The Boss

THUMB— MAY THE FORCE BE WITH YOU!

FLIPPIN' ECK - WOT'S THIS FINGAMAJIG?

I'VE MADE A MAGNETOHYDRODYNAMIC CONVERTER LIKE THE ONE INVENTED IN 1860 BY THE ENGLISH PHYSICIST FARADAY.

CONVERTER? WHY?

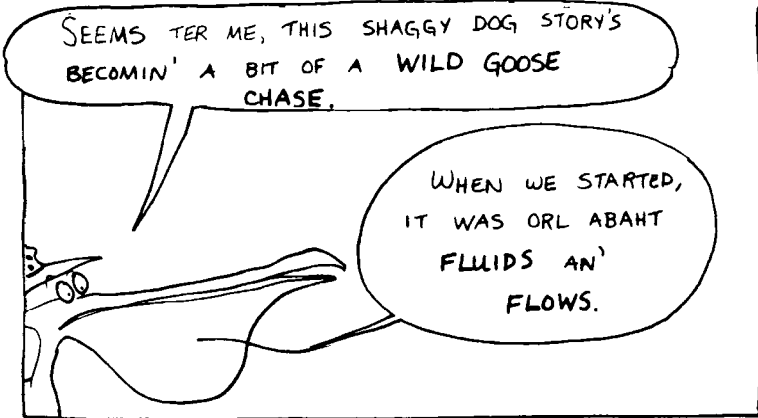
BECAUSE IT CONVERTS ELECTRICAL ENERGY INTO MOTION - OR KINETIC ENERGY.

THE MAGNETIC FIELD VECTOR \vec{B} AND THE CURRENT VECTOR \vec{I} , TOGETHER WITH THE AXIS OF THE CANAL, FORM AN ORTHOGONAL COORDINATE FRAME.

THE COIL PRODUCES A MAGNETIC FIELD, AND I'VE ADDED SALT TO THE WATER TO INCREASE ITS ELECTRICAL CONDUCTIVITY. I CAN USE THIS RHEOSTAT TO ALTER THE AMOUNT OF CURRENT FLOWING THROUGH THE WATER.

BY VARYING THE CURRENT \vec{I} AND THE MAGNETIC FIELD \vec{B} YOU CAN MAKE THE FLUID ACCELERATE OR DECELERATE AT WILL.

INTERACTION CRITERION



SEEMS TER ME, THIS SHAGGY DOG STORY'S BECOMIN' A BIT OF A WILD GOOSE CHASE.

WHEN WE STARTED, IT WAS ORL ABAHT FLLUIDS AN' FLOWS.



NAR, IT'S ORL GETTIN' MIXED UP.

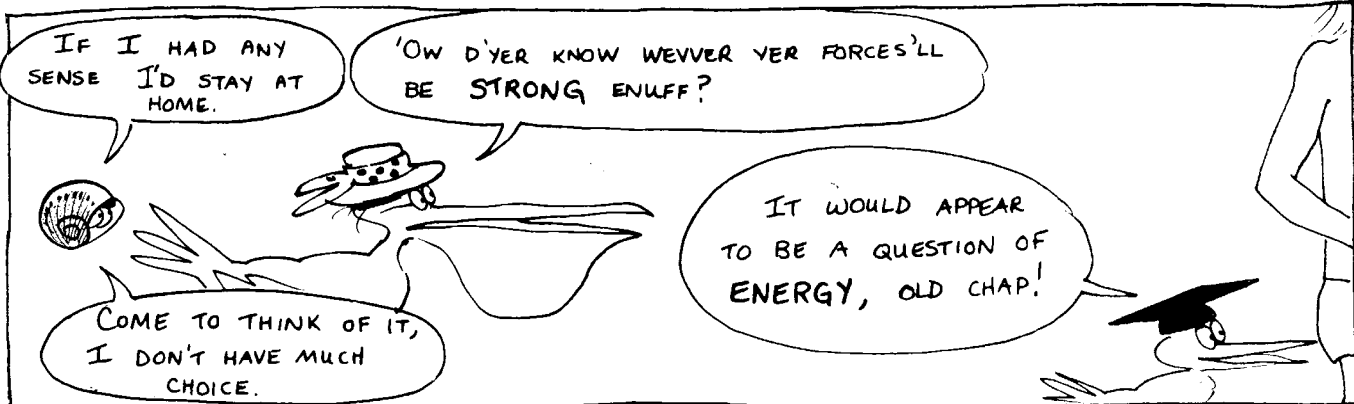
RUDDY 'ECK!



WELL, WELL... AND WHAT ARE WE PLAYING AT TODAY?

I'M TRYING TO CHANGE THE USUAL DATA OF FLUID DYNAMICS BY INTRODUCING EXTRA PARAMETERS: FORCES THAT ACT ON THE FLUID MASS AND DO SO AT A DISTANCE.

DON' ASK ME. I DUNNO NUFFIN'!

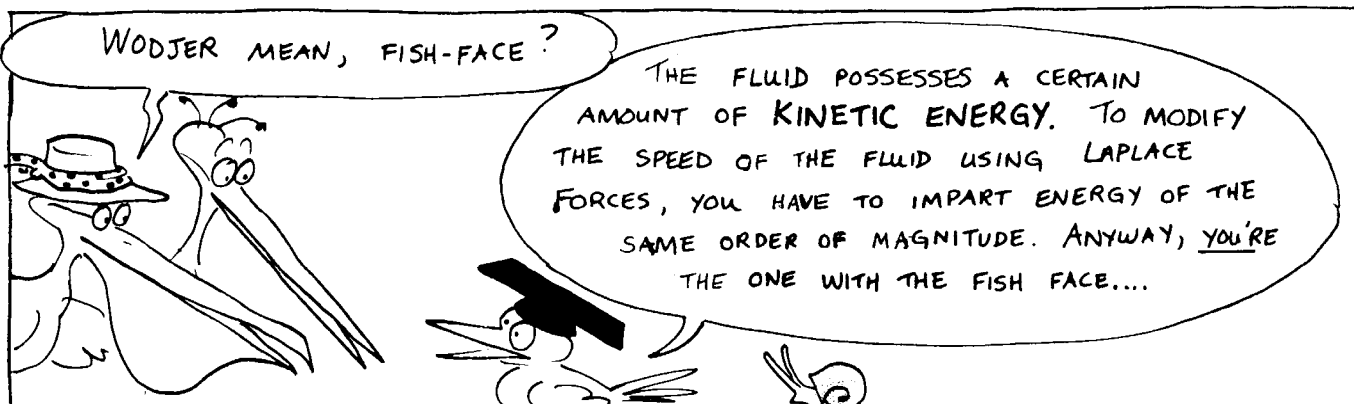


IF I HAD ANY SENSE I'D STAY AT HOME.

'OW D'YER KNOW WEVVER YER FORCES'LL BE STRONG ENUFF?

IT WOULD APPEAR TO BE A QUESTION OF ENERGY, OLD CHAP!

COME TO THINK OF IT, I DON'T HAVE MUCH CHOICE.



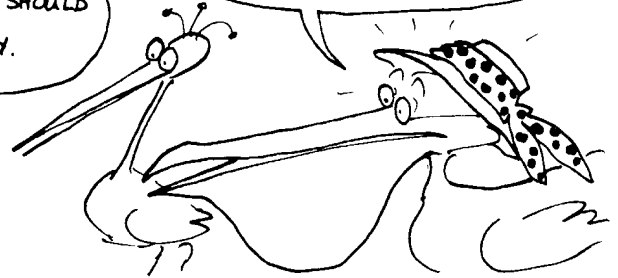
WODJER MEAN, FISH-FACE?

THE FLUID POSSESSES A CERTAIN AMOUNT OF KINETIC ENERGY. TO MODIFY THE SPEED OF THE FLUID USING LAPLACE FORCES, YOU HAVE TO IMPART ENERGY OF THE SAME ORDER OF MAGNITUDE. ANYWAY, YOU'RE THE ONE WITH THE FISH FACE....

... BUT LET'S NOT WORRY ABOUT THAT NOW. LOGICALLY, IF THE ENERGY TRANSMITTED BY THE LAPLACE FORCES IS GREATER THAN THE KINETIC ENERGY OF THE FLUID, WE SHOULD BE ABLE TO CONTROL THE FLOW COMPLETELY.



WHAAT!?!
MAX, YER GORN
BONKERS!!!

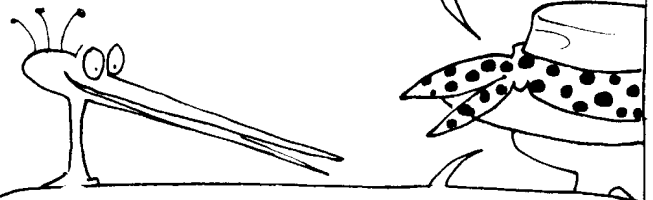


WELL, I MUST SAY, WE REALLY ARE ALL HAVING FUN AND GAMES TODAY, AREN'T WE?



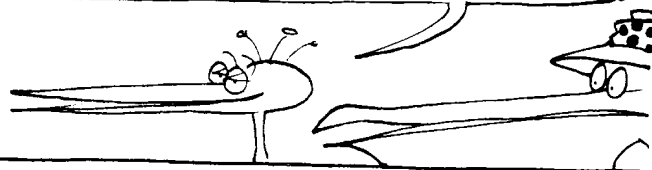
SAY NO MORE, SUNSHINE, SAY NO MORE. YER KNOWS NOT BLINKIN' 'IGGINS IS LIKE. GIVE 'IM AN INCH AN' 'E'LL 'ANG 'IMSELF!

IF ONLY SOPHIE WERE 'ERE! BUT SHE'S SUNNIN' 'ERSELF ON THE BEACH.

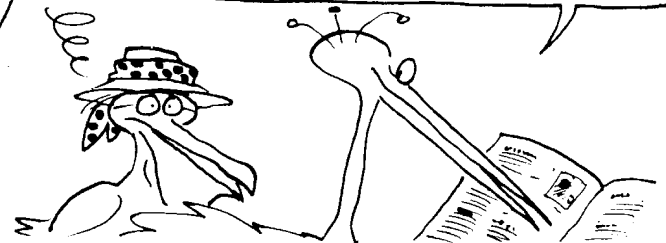


BLEEDIN' NONSENSE ANYWAY, 'IS RUDDY MOSQUITO - 'YDRO - DYNAMO - WOTSIT....

BAH, YOU'RE AFRAID OF YOUR OWN SHADOW! IT'S ALL LOW-VOLTAGE STUFF ANYWAY. THE SKY WON'T FALL IN WITH 40 VOLTS AND 10,000 GAUSS, DAMMIT!

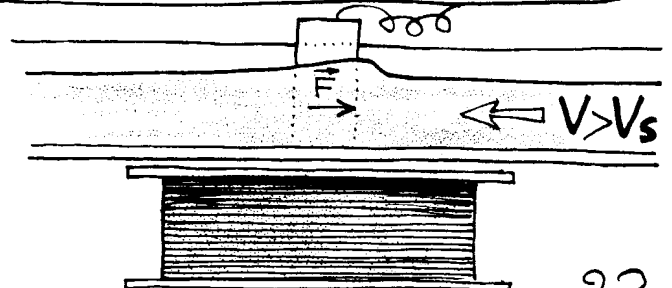
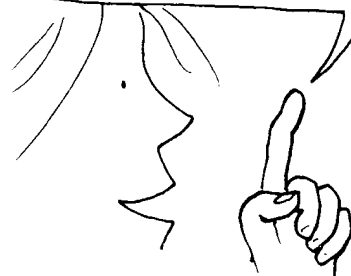
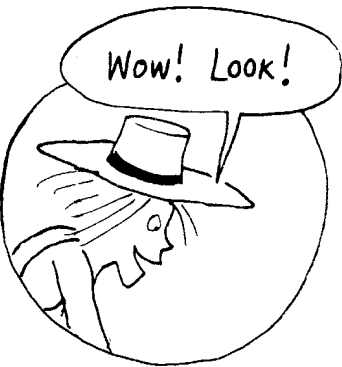


COME ON NOW... MAGNETOHYDRODYNAMICS, ABBREVIATED MHD... YOU'LL EVEN FIND IT IN THE DICTIONARY!



Wow! Look!

BY USING THE SYSTEM AS A DECELERATOR AND USING JUST THE RIGHT AMOUNT OF ENERGY, I'VE MANAGED TO CREATE A STATIONARY WAVE FRONT WITH NO OBSTACLE OTHER THAN THE LAPLACE FORCES IB.





MY WORD, HE HAS TOO!

YUR, GREAT. NOW WOT?

BUT THAT'S CLASSICAL. IT'S BEEN KNOWN FOR YEARS!

BLOCKAGE

IT'S ABSOLUTELY STANDARD, TOTALLY CLASSICAL PHYSICS.



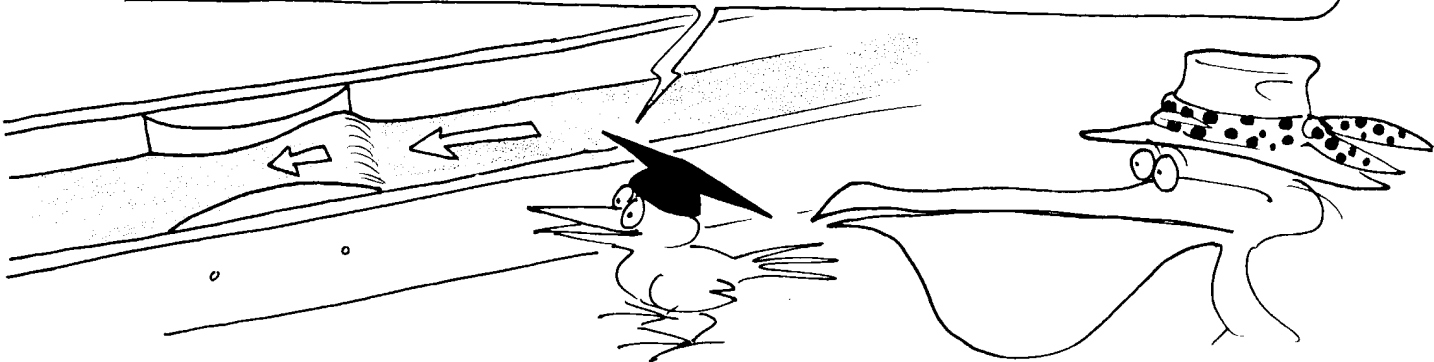
I'LL MAKE ANOTHER CHANNEL, USING THESE TWO BITS OF WOOD TO FORM A CONSTRICTION.

HMMM. NO ELECTRODES, NO MAGNETIC FIELD.

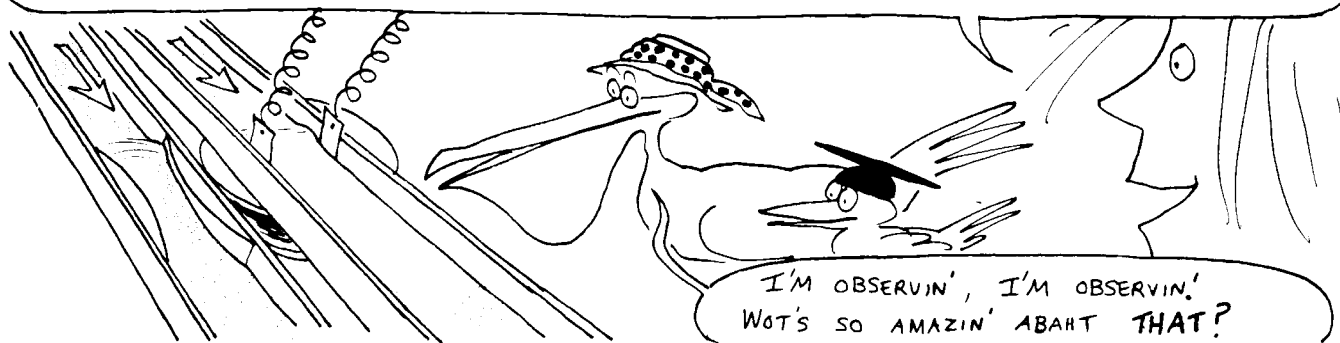
PROVIDED THE CONSTRICTION ISN'T TOO PRONOUNCED, YOU GET WAVEFRONTS ACROSS IT.



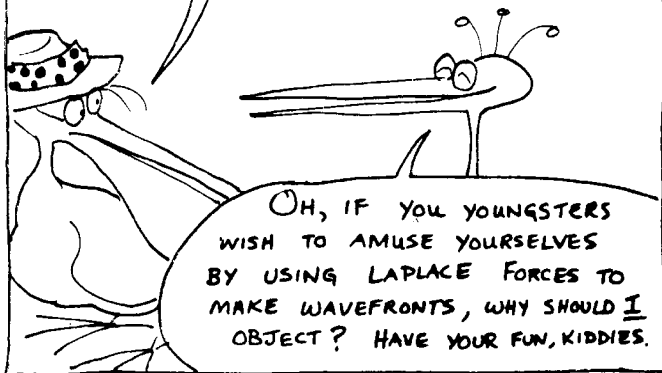
BUT IF THE CONSTRICTION IS SEVERE ENOUGH, THESE FRONTS MIGRATE UPSTREAM, FORMING A FRONTAL WAVE THAT STABILIZES AT THE ENTRANCE OF THE CONSTRICTION. EVEN THOUGH THE FLUID CAN STILL FLOW, WE CALL THIS PHENOMENON A BLOCKAGE.



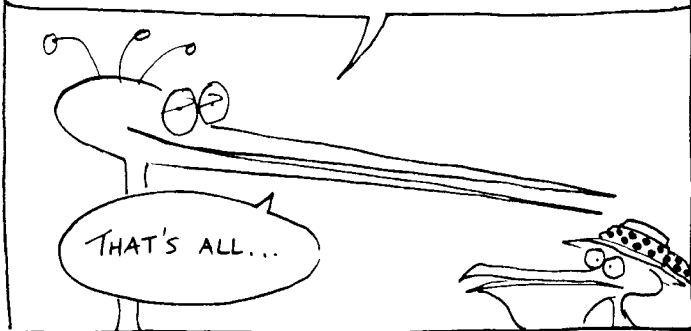
BUT NOW, OBSERVE HOW THE CUNNING EXPERIMENTER HAS USED A MAGNETIC FIELD TO REALIZE THE SAME BLOCKAGE AS THE ONE PRODUCED BY A CONSTRICTION.



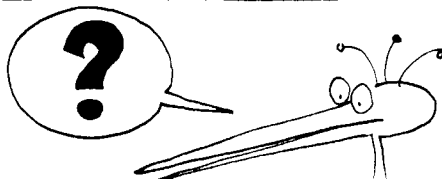
WODDER YOU FINK ABAHT IT?



IF ARCHIBALD ADDS LAPLACE FORCES TO HIS CONSTRICTION, HE'LL GET A MORE SEVERE BLOCKAGE.

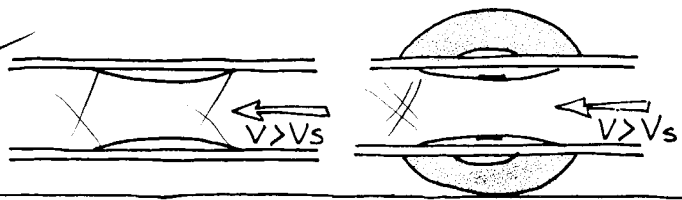
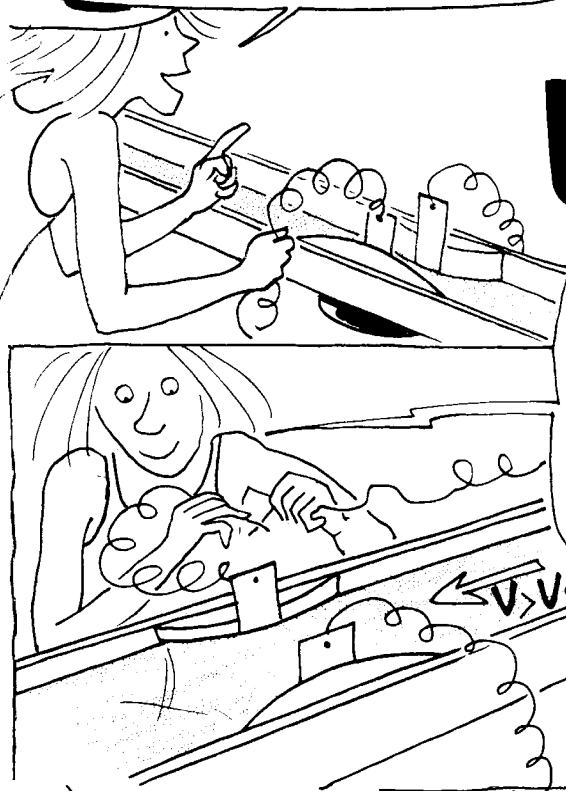


AGREED. BUT... SUPPOSE I INVERT THE LAPLACE FORCE....

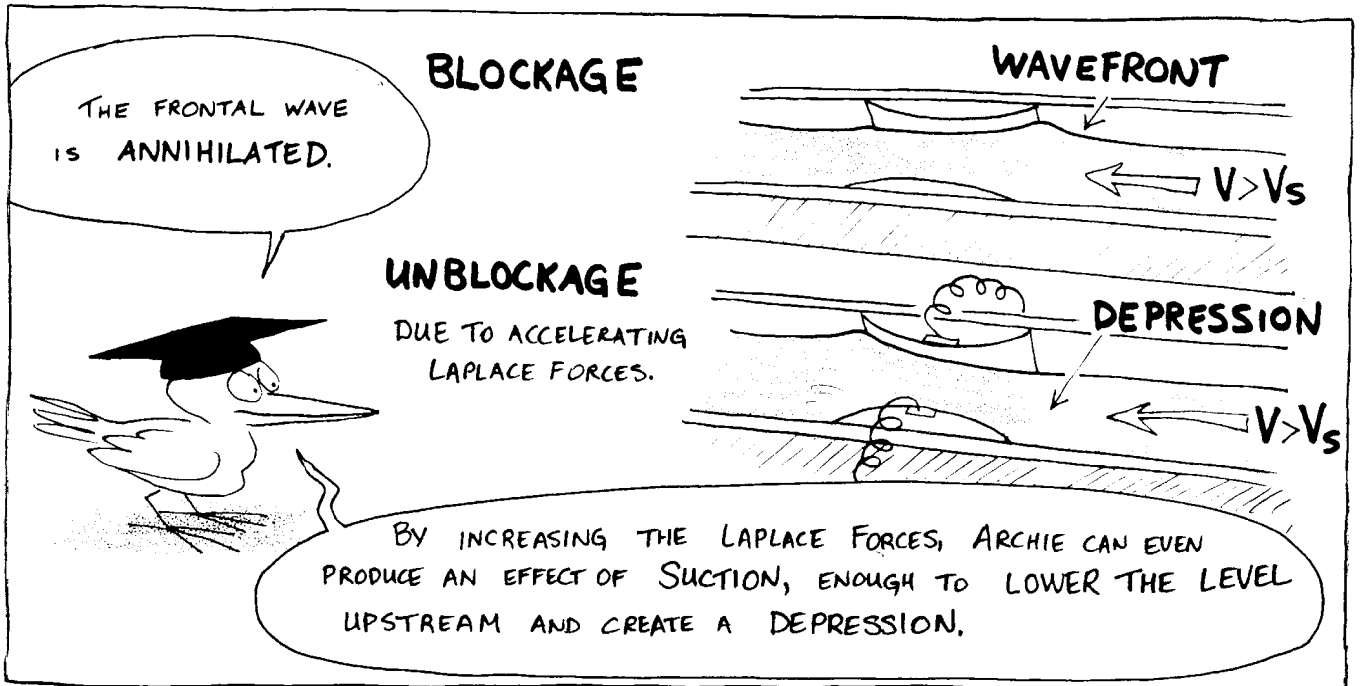
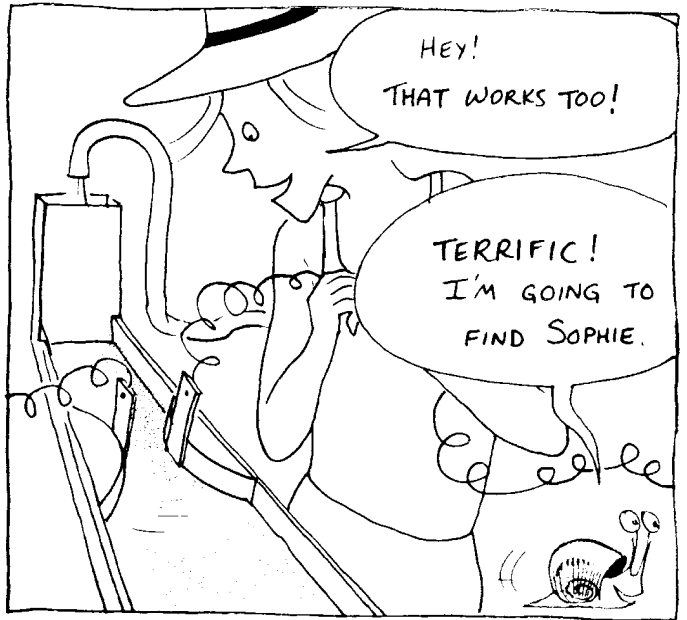
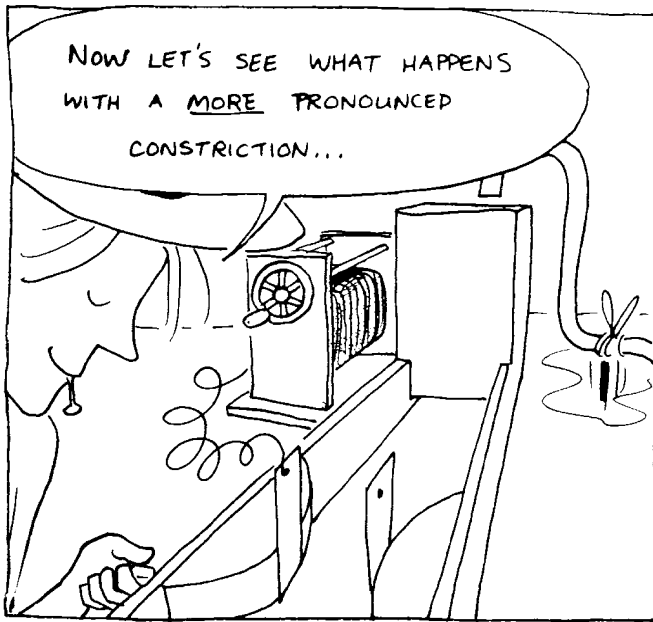


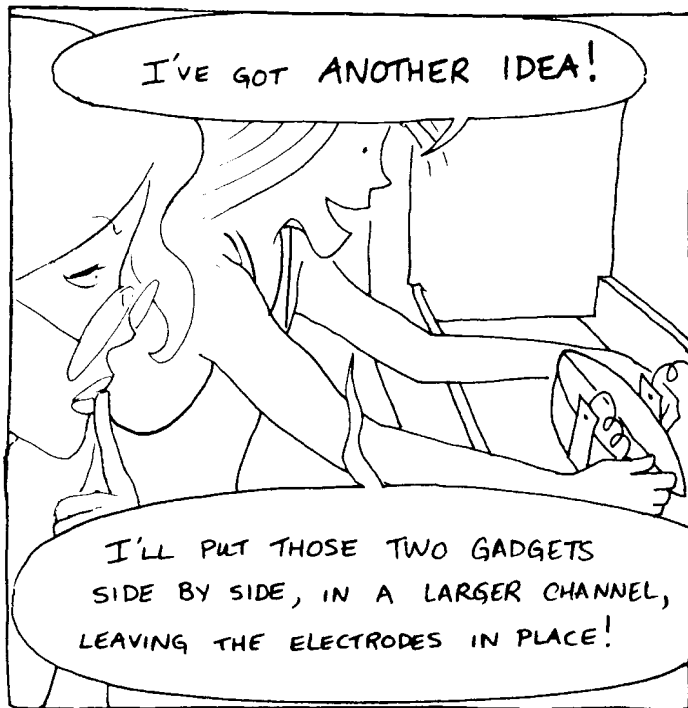
UNBLOCKAGE

I'LL START WITH A LESS PRONOUNCED CONSTRICTION. TO INVERT THE FORCE, I CAN EITHER INVERT THE MAGNETIC FIELD \vec{B} OR INVERT THE CURRENT \vec{I} . HEY PRESTO! IF THE PRODUCT $I\vec{B}$ IS LARGE ENOUGH (*) THEN THIS ACCELERATING LAPLACE FORCE MAKES THE WAVEFRONTS DISAPPEAR UPSTREAM!

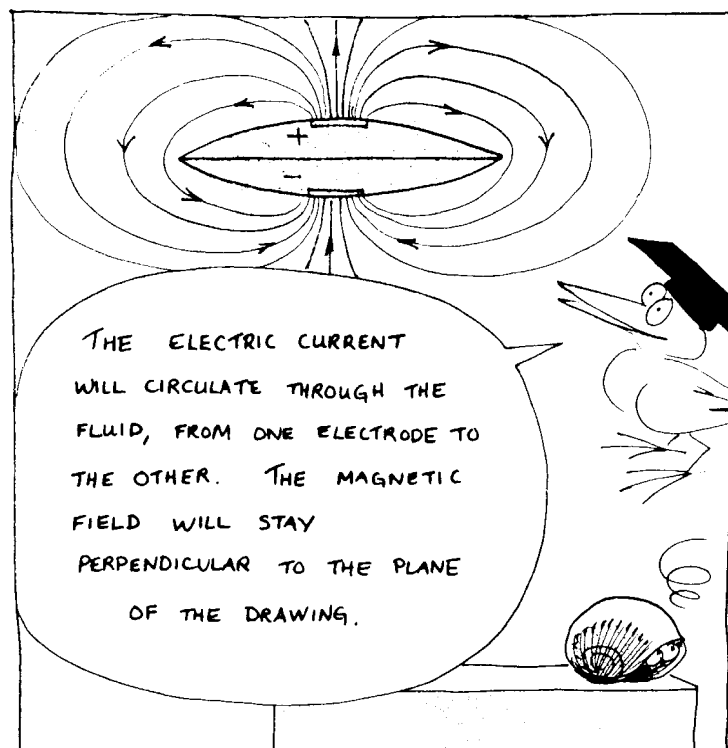


(*) SEE APPENDIX B (PAGE 71)

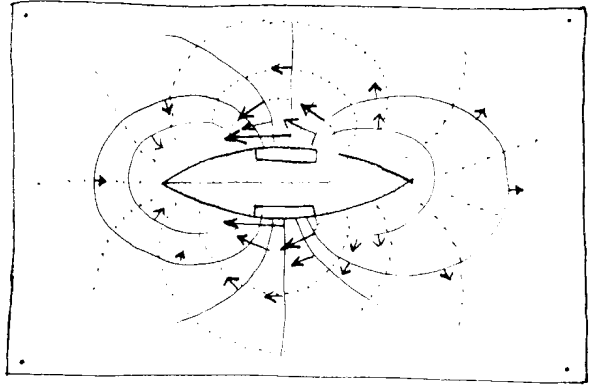




ANNIHILATION OF THE BOW WAVE

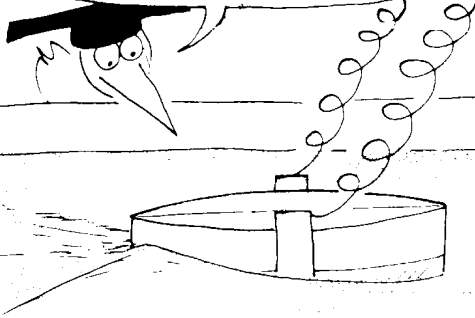


APPLYING THE RIGHT-HAND RULE, I CAN WORK OUT THE FIELD OF FORCES THAT WILL ACT ON THE FLUID.



SHIVER ME TIMBERS!

BY THE SHADES OF MAXWELL'S DEMON!
ARCHIE HAS ANNIHILATED THE
BOW WAVE!



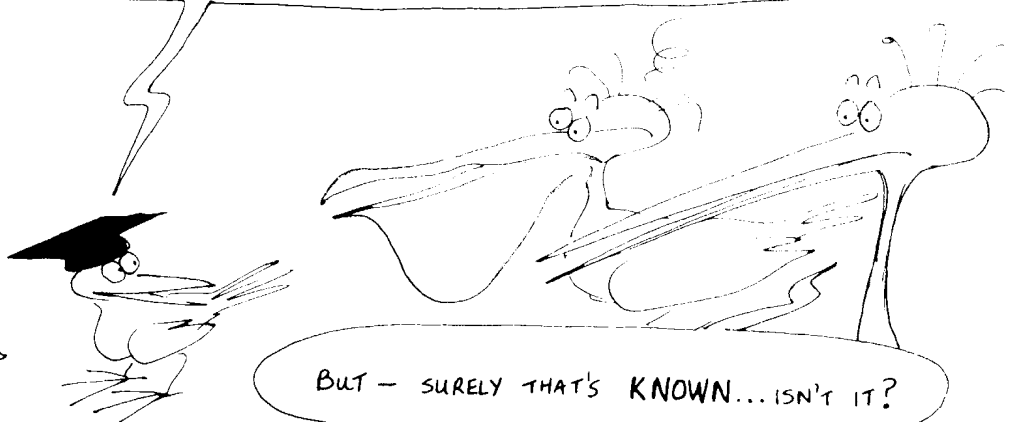
WHAT?

$V > V_s$

WHAT HAS HE
MANAGED TO COME
UP WITH?



NOTICE THAT ALTHOUGH HE'S SUPPRESSED THE BOW WAVE,
THE STERN WAVE STILL PERSISTS....



BUT - SURELY THAT'S KNOWN... ISN'T IT?

NO, IT CERTAINLY ISN'T KNOWN!
WHAT I'D LIKE TO KNOW IS, WHAT
DOES HE THINK HE'S PLAYING AT?

BUT YOU WERE SUPPOSED TO BE ENGAGED
IN SCIENTIFIC POPULARIZATION?

I DON'T UNDERSTAND....

WHEN YOU POPULARIZE THINGS
THAT AREN'T ALREADY KNOWN,
DO YOU REALIZE WHAT THAT'S
CALLED?

IT'S CALLED SCIENTIFIC RESEARCH.

THAT'S REELY TORN IT!

TOO
TRUE.

LET'S SEE... AHEAD OF A
MORE STUBBY OBJECT, THE FRONTAL
WAVE IS DETACHED.

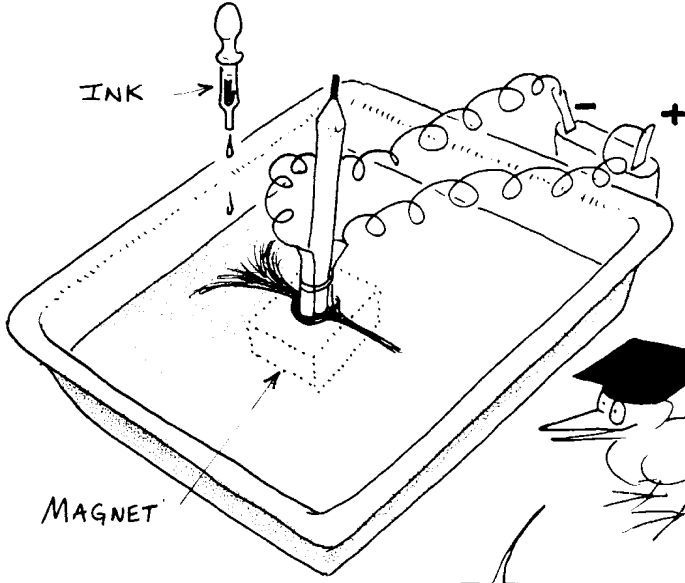
A DO-IT-YOURSELF MHD ACCELERATOR

AS A LIMITING CASE, THE
OBJECT COULD JUST BE A
CYLINDER.

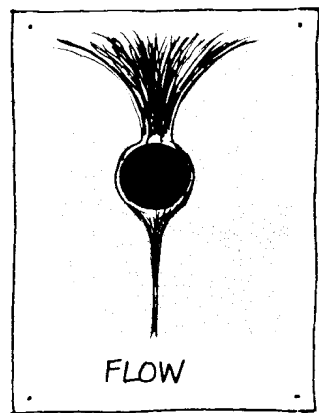
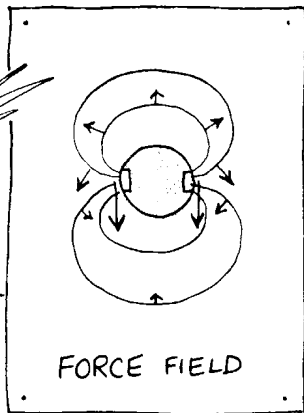
ALL I NEED TO DO IS
FIX TWO COPPER ELECTRODES
ON A PENCIL. (*)

USING A BASIN OF SALTY WATER
AND A MAGNET, YOU CAN MAKE THE
PUMPING EFFECT OF LAPLACE FORCES
BECOME VISIBLE.

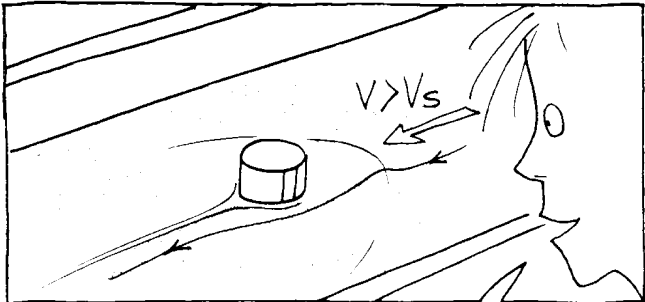
(*) AN ARRANGEMENT DEvised IN 1976 BY MAURICE VITON.



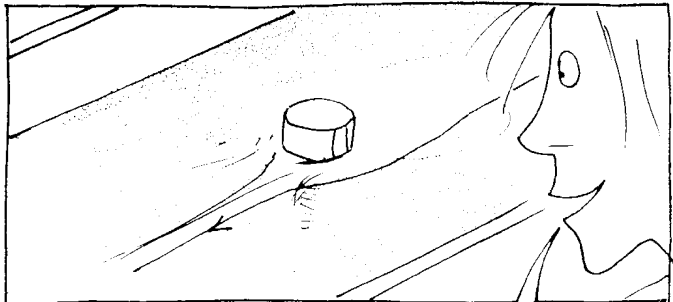
THE MAGNET, UNDERNEATH THE BASIN, PRODUCES A VERTICAL MAGNETIC FIELD \vec{B} . THE PUMPING EFFECT CAN BE SEEN BY USING A DROP OF INK.



WITH A SMALL PERMANENT MAGNET AND A BATTERY, YOU CAN OBSERVE THE PUMPING EFFECT. BUT TO ACT ON THE FLUID STRONGLY ENOUGH TO CHANGE THE STRUCTURE OF THE WAVEFRONTS, THE LAPLACE FORCES MUST BE TEN TIMES LARGER.



I'LL PLACE THIS MODEL IN THE TEST CHANNEL AND INCREASE THE FORCE. TO BEGIN WITH THE WAVE IS NONTURBULENT, AND THE FRONTAL WAVE BENDS.



I'LL INCREASE THE FORCE FURTHER. THE FRONTAL WAVE DISAPPEARS, REPLACED BY A DEPRESSION IN THE LIQUID SURFACE.

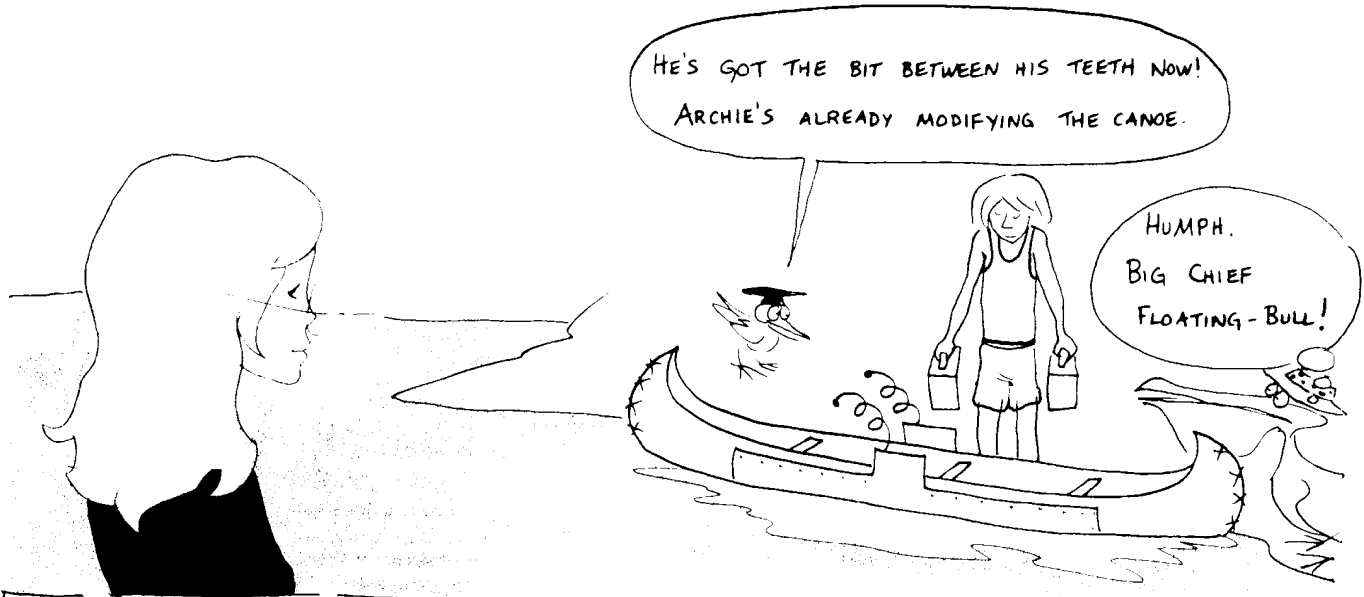
GREAT! NOW FOR THE APPLICATIONS!

WAIT FOR ME, ARCHIE!

WODJER FINK, SOPHIE?

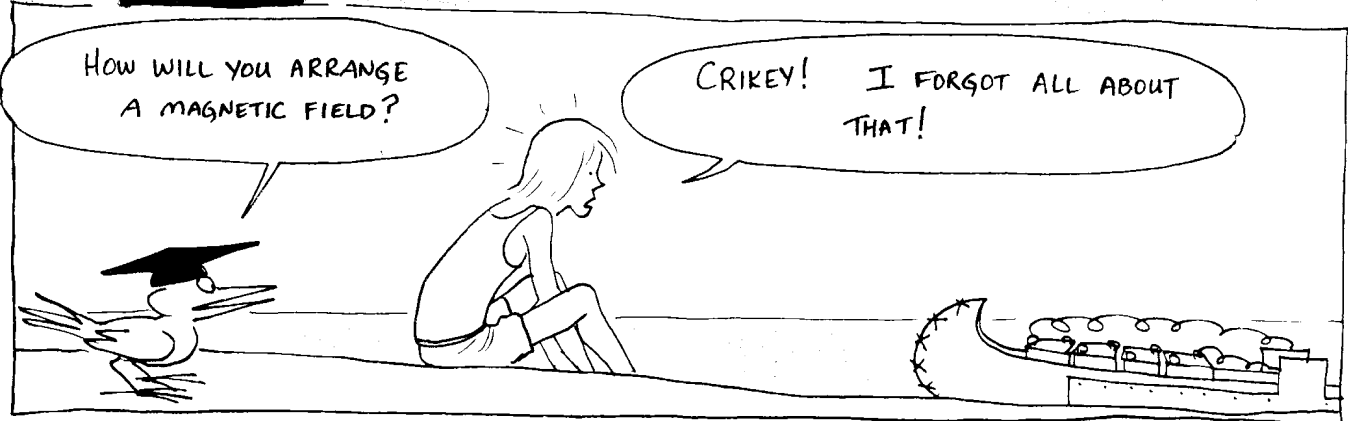


THE LAPLACE FORCES ACT AT A DISTANCE. I THINK ARCHIE HAS DISCOVERED HOW TO "WARN" THE FLUID UPSTREAM.



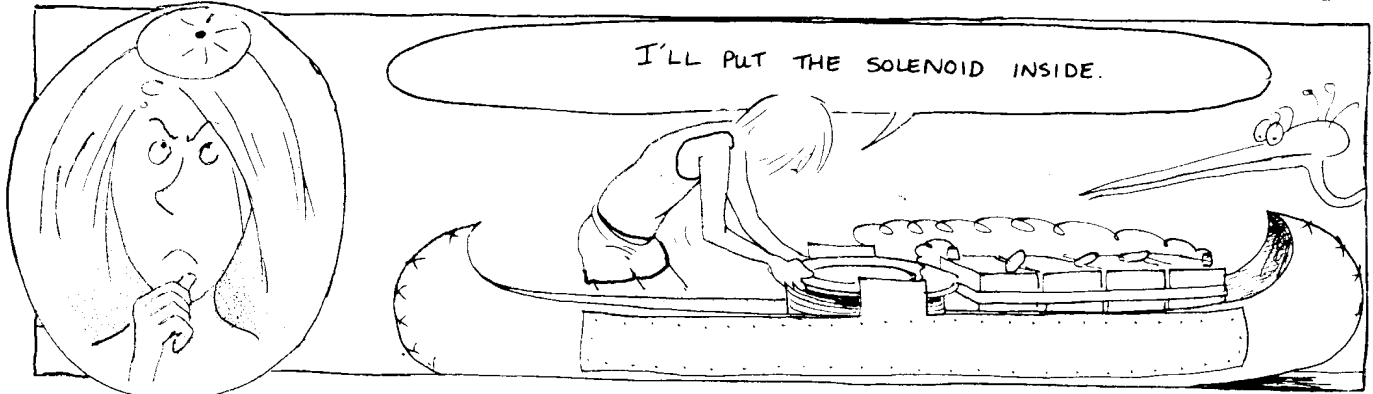
HE'S GOT THE BIT BETWEEN HIS TEETH NOW!
ARCHIE'S ALREADY MODIFYING THE CANOE.

HUMPH.
BIG CHIEF
FLOATING-BULL!

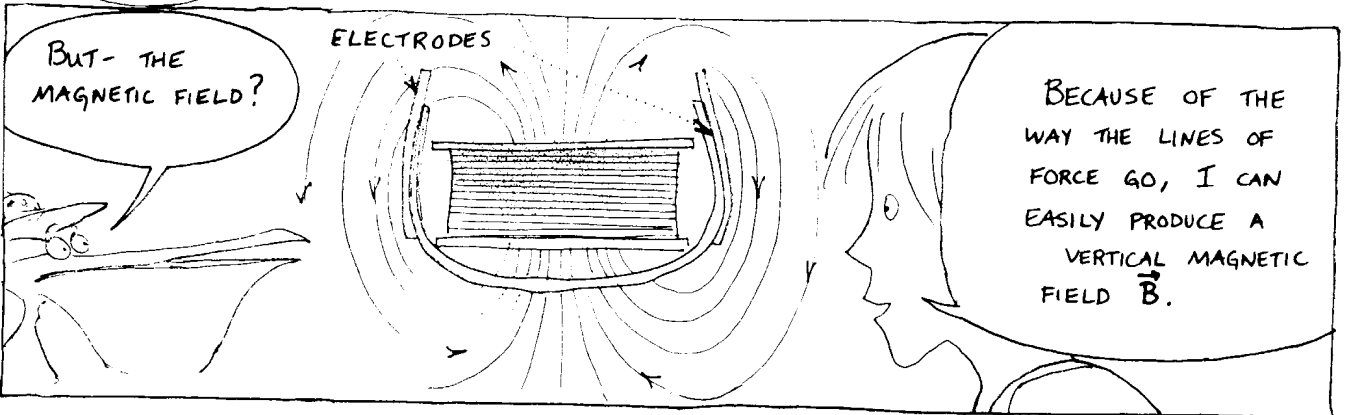


HOW WILL YOU ARRANGE
A MAGNETIC FIELD?

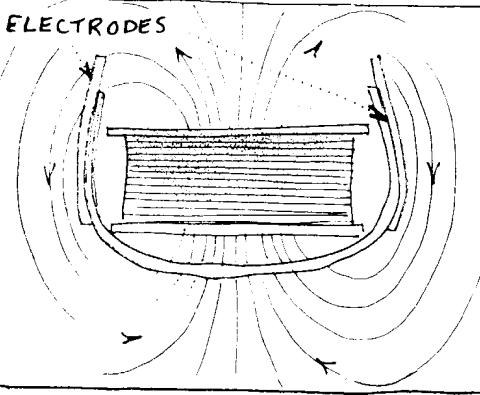
CRUIKEY! I FORGOT ALL ABOUT
THAT!



I'LL PUT THE SOLENOID INSIDE.



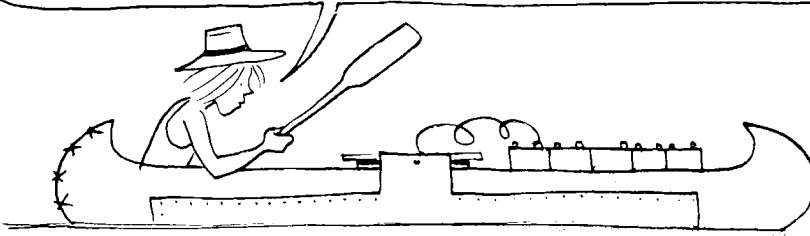
BUT- THE
MAGNETIC FIELD?



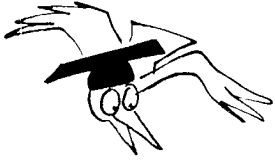
BECAUSE OF THE
WAY THE LINES OF
FORCE GO, I CAN
EASILY PRODUCE A
VERTICAL MAGNETIC
FIELD \vec{B} .

MHD PROPULSION

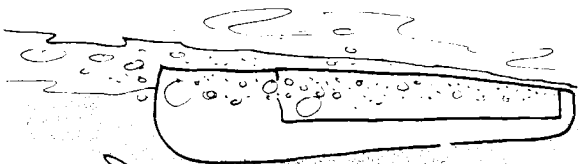
THE CUNNING EXPERIMENTER SETS OFF INTO THE UNKNOWN ABOARD HIS BOW WAVE ANNIHILATOR. ALL HE MUST DO NOW IS TO PADDLE THE CANOE AT A SPEED V GREATER THAN THE SPEED V_s OF SURFACE WAVES.



MY WORD! THE CANOE'S SAILING ALL BY ITSELF!

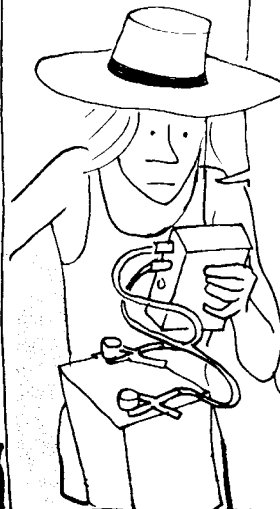


NORMAL ENOUGH. THE MHD SYSTEM PUMPS WATER TOWARD THE BACK, ALTERING THE BALANCE OF PRESSURE ON THE HULL. THE RESULT IS A PUSH.



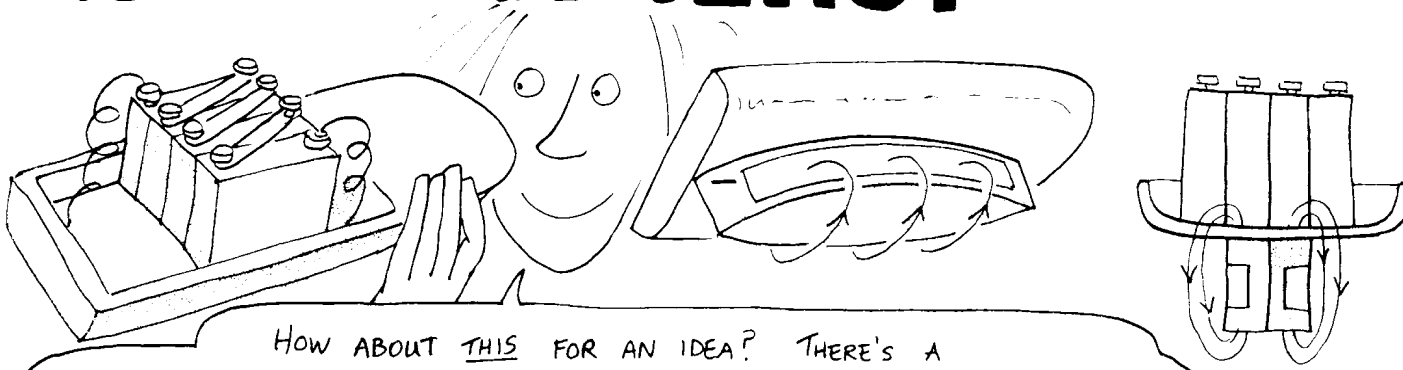
GEE! THAT BABY REALLY MOVES!

ELECTROLYTE CRAFT USUALLY DO.



DARN IT! THE CONFOUNDED BATTERY'S FLAT ALREADY. THAT SOLENOID USES AN AWFUL LOT OF ENERGY. I'LL TRY A SMALL MODEL WITH PERMANENT MAGNETS.

MHD EFFICIENCY



HOW ABOUT THIS FOR AN IDEA? THERE'S A PERMANENT MAGNET UNDER THE HULL, AND THE ELECTRODES ARE CONNECTED TO A BATTERY.



HECK, IT DOESN'T GO VERY FAST!
ONLY ONE GRAM OF PUSH...



WHEEEEEEEEE!

IT TAKES AS MUCH POWER AS A STEAM-IRON. (*)



CONTRARIWISE, SUPPOSE I APPLY THE SAME POWER TO A CONVENTIONAL ELECTRIC MOTOR.

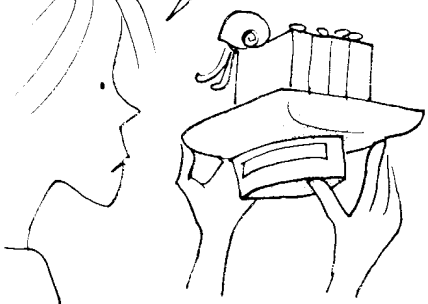


IT GOES LIKE THE WIND!



MAYDAY, MAYDAY!

WHAT HAPPENED?



YOUR MAGNETIC FIELD IS TOO WEAK - THE METHOD OF PROPULSION IS HIGHLY INEFFICIENT.



(*) SEE APPENDIX C (PAGE 71)

HUH? WHAT D'YOU MEAN?

THE BLADES OF THIS PROPELLER ARE INCLINED AT A DEFINITE ANGLE.

WHAT WOULD YOU THINK OF A PROPELLER THAT WAS INCLINED AT AN ANGLE OF A FRACTION OF A DEGREE?

IT WOULD BE INEFFICIENT. ONLY A TINY AMOUNT OF THE POWER WOULD BE USED FOR PROPULSION. MOST OF IT WOULD BE DISSIPATED IN THE FORM OF HEAT, THROUGH FRICTION.

AND THAT'S EXACTLY WHAT HAPPENS WITH YOUR MHD PROPULSION. SUPPOSE THE CURRENT I REPRESENTS THE NUMBER OF TURNS AND THE FIELD B THE ANGLE OF THE BLADES.

YOUR ANGLE IS TOO SMALL! ALL YOU'RE DOING IS HEATING THE WATER...

WITH PERMANENT MAGNETS, THE BEST YOU CAN HOPE FOR IS AN EFFICIENCY OF A FEW MILLIONTHS. (*) IN SEAWATER, BEFORE AN MHD MOTOR BEGINS TO BE INTERESTING, YOU NEED A MAGNETIC FIELD 250 TIMES GREATER: ABOUT 20 TO 25 TESLAS.



BUT WE KNOW HOW TO MAKE STRONG MAGNETIC FIELDS, DON'T WE?

SUPPOSE YOU COULD GET YOUR 25 TESLAS. THEN THE BOAT WOULD HAVE TO BE MUCH BIGGER AND SO WOULD THE DISTANCE BETWEEN THE ELECTRODES. IF IT WERE TEN METERS, THE GENERATOR WOULD HAVE TO PUT OUT 10,000 VOLTS.

YOUR HYDRODYNE OUGHT TO BE RENAMED THE GYMNOTID. (**)

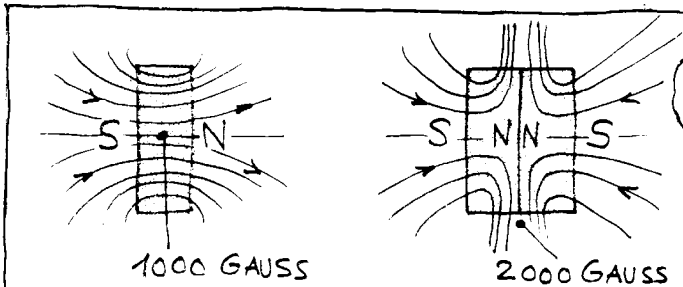
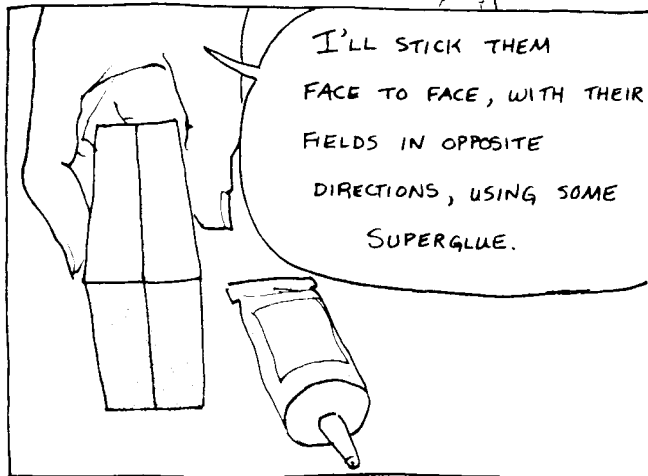
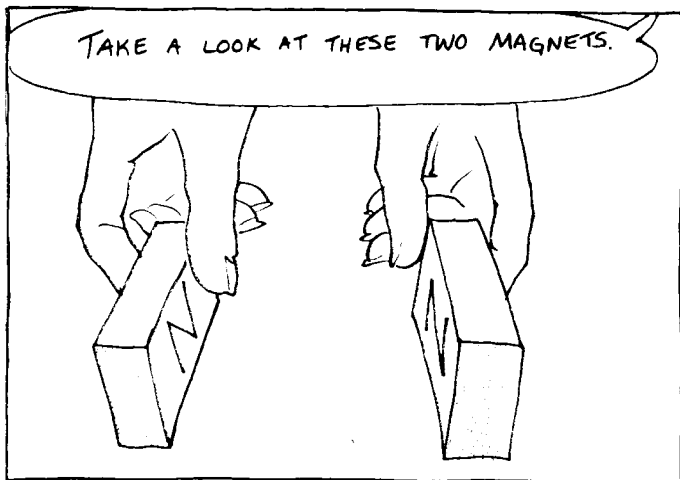
SO NONE O' THAT 'OLDS ANY WATER, RIGHT?

(*) SEE APPENDIX C (PAGE 71)
 (***) A GYMNOTID IS A ABLE TO PRODUCE AN ELECTRICAL DISCHARGE OF 300 VOLTS.

THE PARIETAL ACCELERATOR

SOPHIE, I'VE WORKED OUT HOW TO OPERATE AT LOW VOLTAGE.

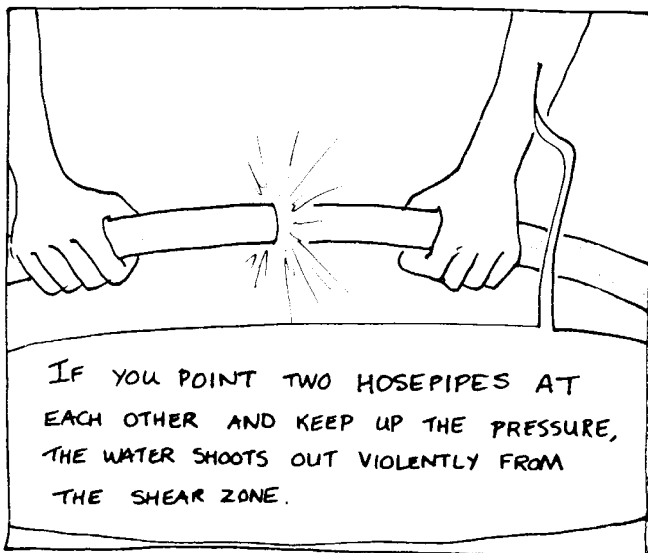
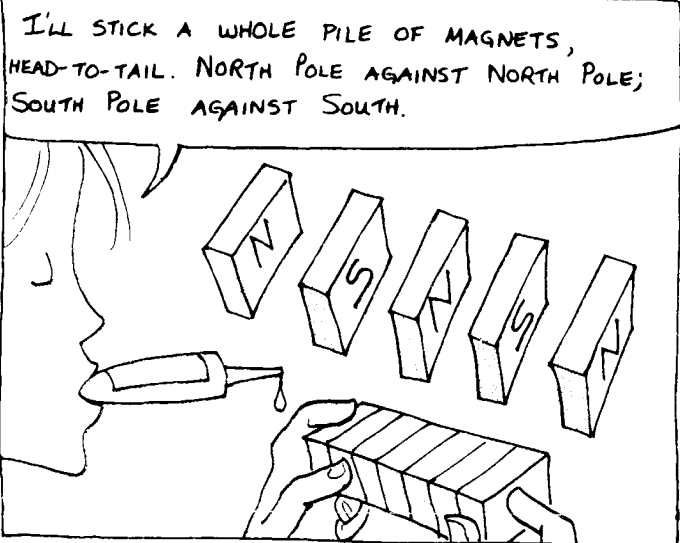
OH, 'ECK...



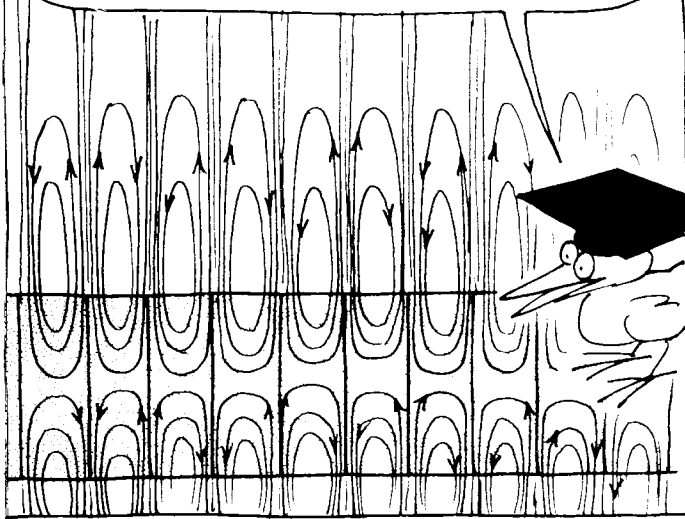
FASCINATING, FASCINATING. BECAUSE IT'S CONCENTRATED IN THE PLANE OF THE JOIN, THE FIELD IS ALMOST DOUBLED.

BUT... WHY?

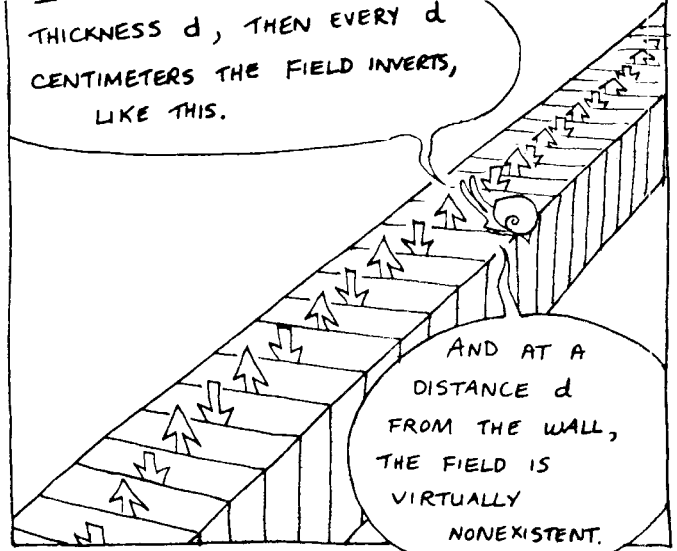
A BAR MAGNET IS LIKE A SORT OF TUBE, SPITTING OUT MAGNETIC FIELD.



HERE'S HOW THE LINES OF FORCE LOOK.

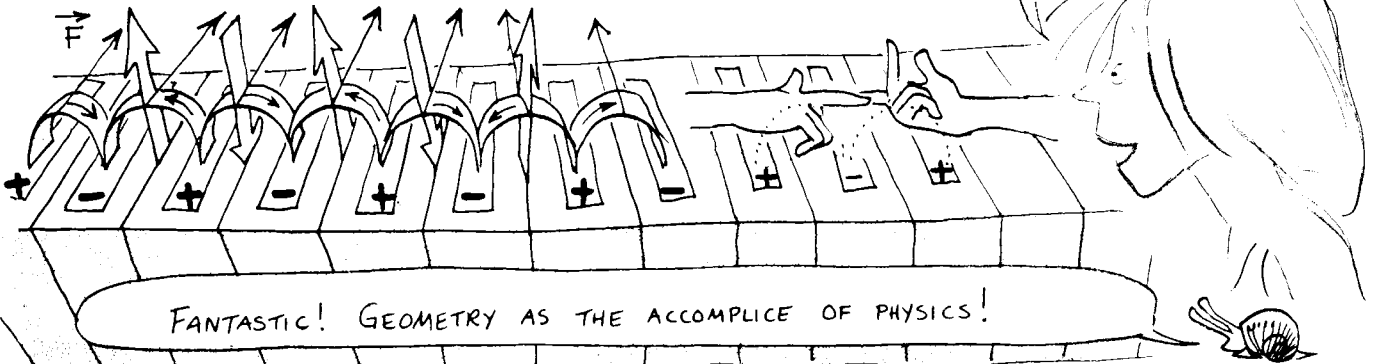


IF THE MAGNETS HAVE THICKNESS d , THEN EVERY d CENTIMETERS THE FIELD INVERTS, LIKE THIS.



AND AT A DISTANCE d FROM THE WALL, THE FIELD IS VIRTUALLY NONEXISTENT.

WATCH, NOW. I'VE ADDED SOME ELECTRODES, LIKE THIS, WITH ALTERNATING POLARITY. NOW, IF I APPLY THE RIGHT-HAND RULE, I SEE THAT I'VE CREATED A FIELD OF FORCES, ALL PARALLEL AND IN THE SAME DIRECTION, NEAR TO THE WALL, OUT TO A DISTANCE d .

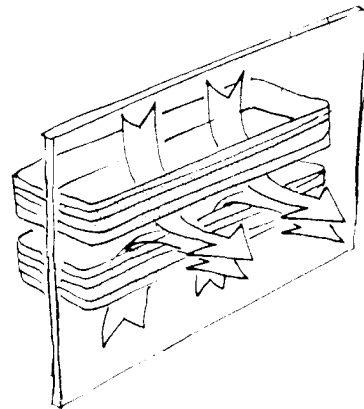
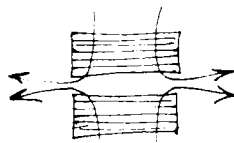


FANTASTIC! GEOMETRY AS THE ACCOMPLICE OF PHYSICS!

TO CREATE A MAGNETIC FIELD, YOU NEED ENERGY. BY ACTING ONLY IN A VERY THIN REGION AROUND THE WALL, YOU REDUCE CONSIDERABLY THE VOLUME TO BE MAGNETIZED, HENCE THE ENERGY REQUIRED, WHICH IS PROPORTIONAL.



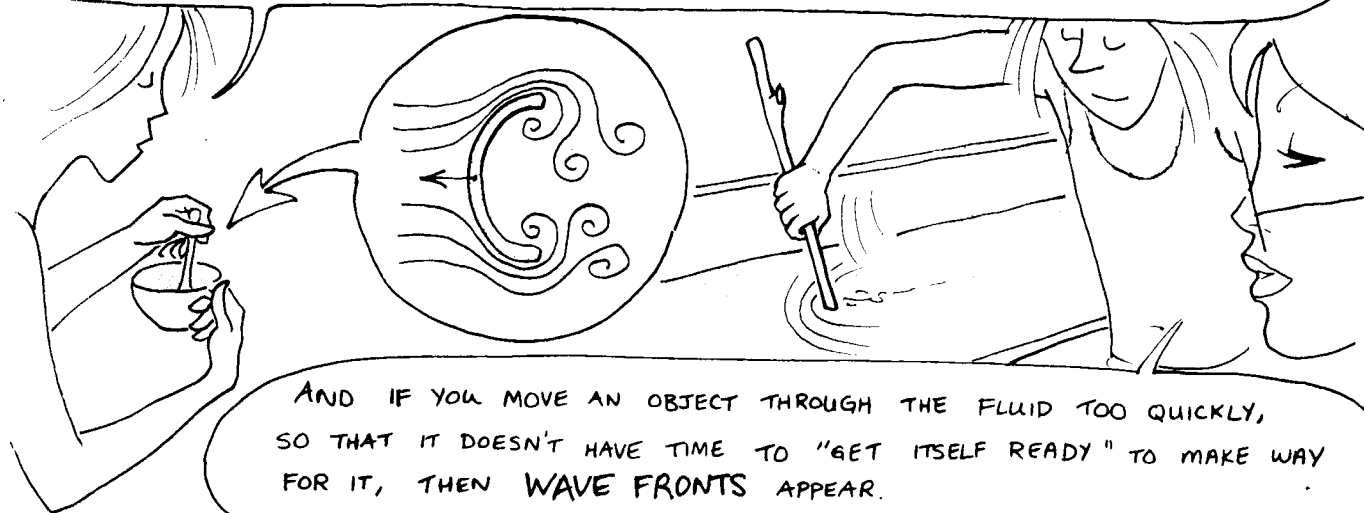
I CAN ALSO REPLACE THE MAGNETS BY COILS.



HERE'S A SIMPLER SYSTEM, USING TWO ELECTRODES.

A NEW KIND OF FLUID MECHANICS

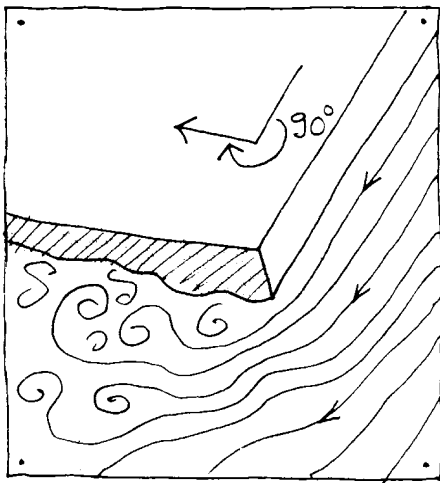
WHENEVER YOU MAKE A FLUID DO SOMETHING THAT MOVES IT, IT REACTS. FOR EXAMPLE, IF YOU TRY TO MAKE IT TWIST TOO ABRUPTLY, IT "COMES UNSTUCK."



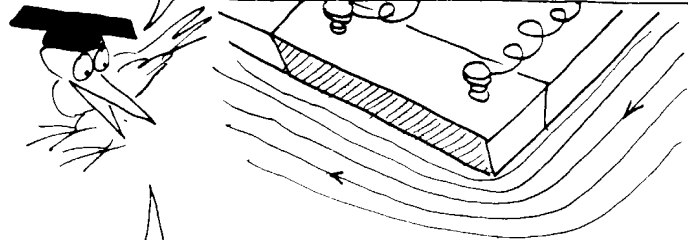
AND IF YOU MOVE AN OBJECT THROUGH THE FLUID TOO QUICKLY, SO THAT IT DOESN'T HAVE TIME TO "GET ITSELF READY" TO MAKE WAY FOR IT, THEN WAVE FRONTS APPEAR.

AND THAT'S HOW IT IS IF YOU LET THE FLUID DO AS IT PLEASES. BUT MHD CHANGES RADICALLY ALL THE PARAMETERS OF THE PROBLEM.



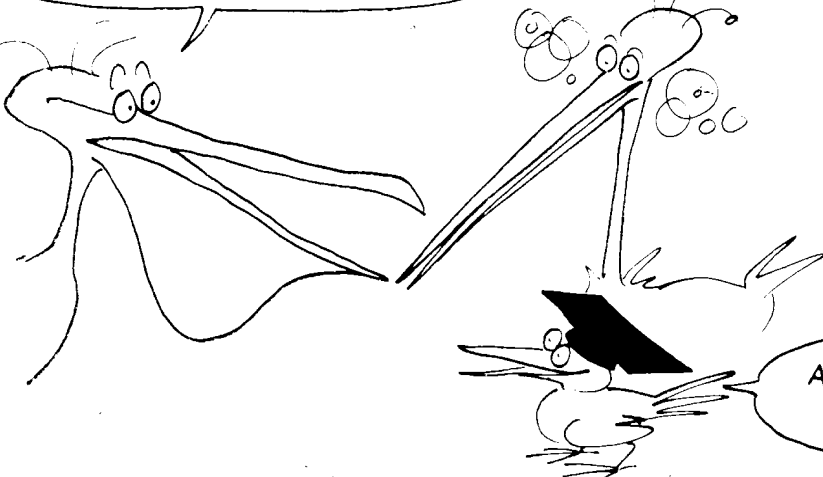


FOR EXAMPLE: IN CLASSICAL FLUID MECHANICS, A SHARP CORNER PRODUCES A LOSS OF ADHESION, GENERATING TURBULENCE.



A LITTLE BIT OF MHD, AND IT'S ALL HUNKY-DORY AGAIN.

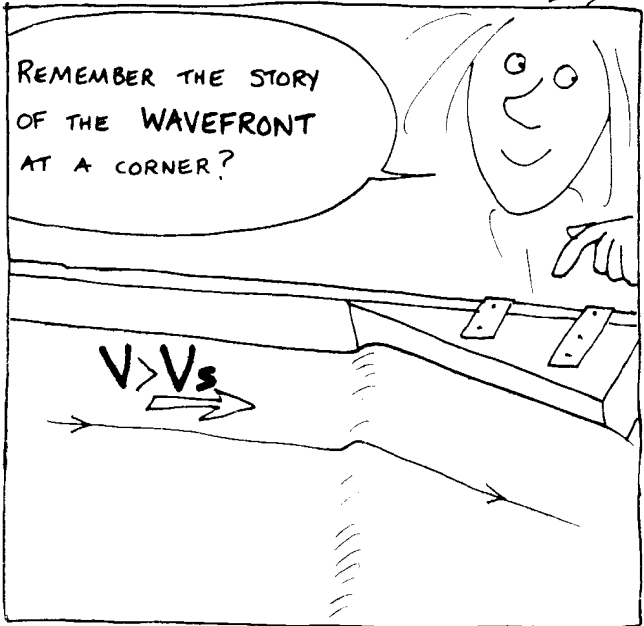
BUT... IT'S CRAZY! IT'S ALL KNOWN, INNIT?



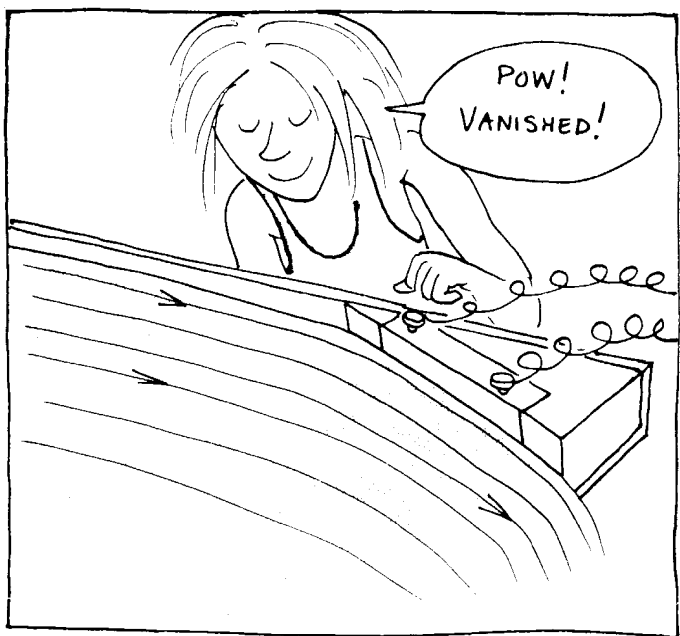
EITHER WAY, YOU WIN!



A WHIFF OF MADNESS WAFTS THROUGH THIS TALE...



REMEMBER THE STORY OF THE WAVEFRONT AT A CORNER?



POW! VANISHED!

YOU SEE, IT'S LOOKING ENTIRELY FEASIBLE TO TAME A FLOW. WHEREVER THE FLUID STARTS TO SLOW DOWN, YOU SPEED IT UP AGAIN; AND WHEN IT RUSHES AHEAD, YOU REIN IT BACK IN.

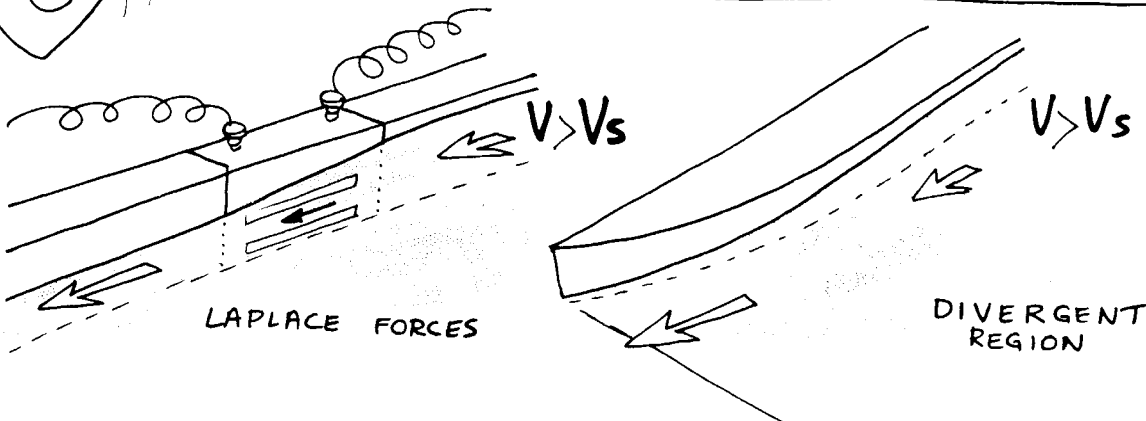
NOTHING ABOUT IT IN HERE....

GASP!

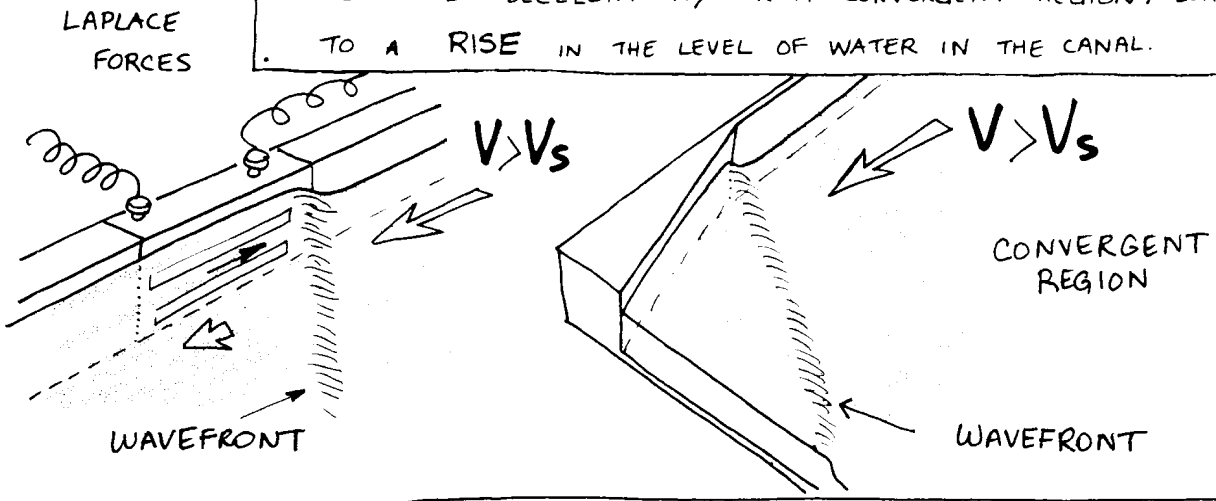
COMPRESSION WAVES EXPANSION WAVES

OH YES, LENNY - YOU'LL SEE. YOU AGREE THAT WHEN $V > V_s$, CHANGES IN DIRECTION OF A WALL CREATE EITHER A COMPRESSION OR AN EXPANSION. NOW, LOOK, THE MAGNETOHYDRODYNAMIC SYSTEM CREATES ABSOLUTELY IDENTICAL EFFECTS!

THE MHD ACCELERATOR, OR A DIVERGENT REGION, LEAD TO A LOWERING OF THE LEVEL OF THE WATER IN THE CANAL.



THE MHD DECELERATOR, OR A CONVERGENT REGION, LEAD TO A RISE IN THE LEVEL OF WATER IN THE CANAL.

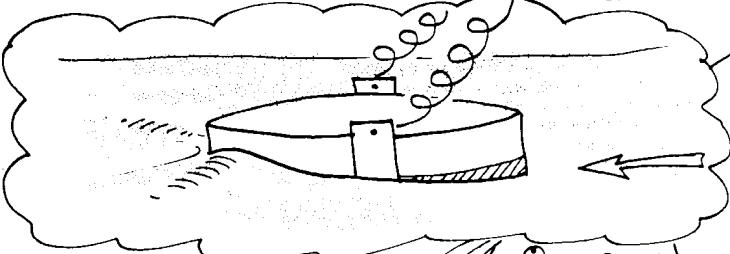


SO IT OUGHT TO BE POSSIBLE TO ARRANGE FOR THE MUTUAL ANNIHILATION OF THE PHENOMENA OF COMPRESSION AND EXPANSION BY CANCELLING THOSE OF "NATURAL" ORIGIN - DUE TO THE WALLS - AGAINST LAPLACE FORCES OF "ARTIFICIAL" ORIGIN.



TO REGULARIZE THE FLOW AROUND THE HULL, YOU MUST SMOOTH OUT, AS FAR AS POSSIBLE, ANY VARIATIONS IN THE WATER LEVEL. WHERE A WAVEFRONT TENDS TO FORM, I ACCELERATE. AND TO AVOID AN OVEREXPANSION, AN OVERACCELERATION, IN SOME REGIONS, I SLOW IT DOWN.

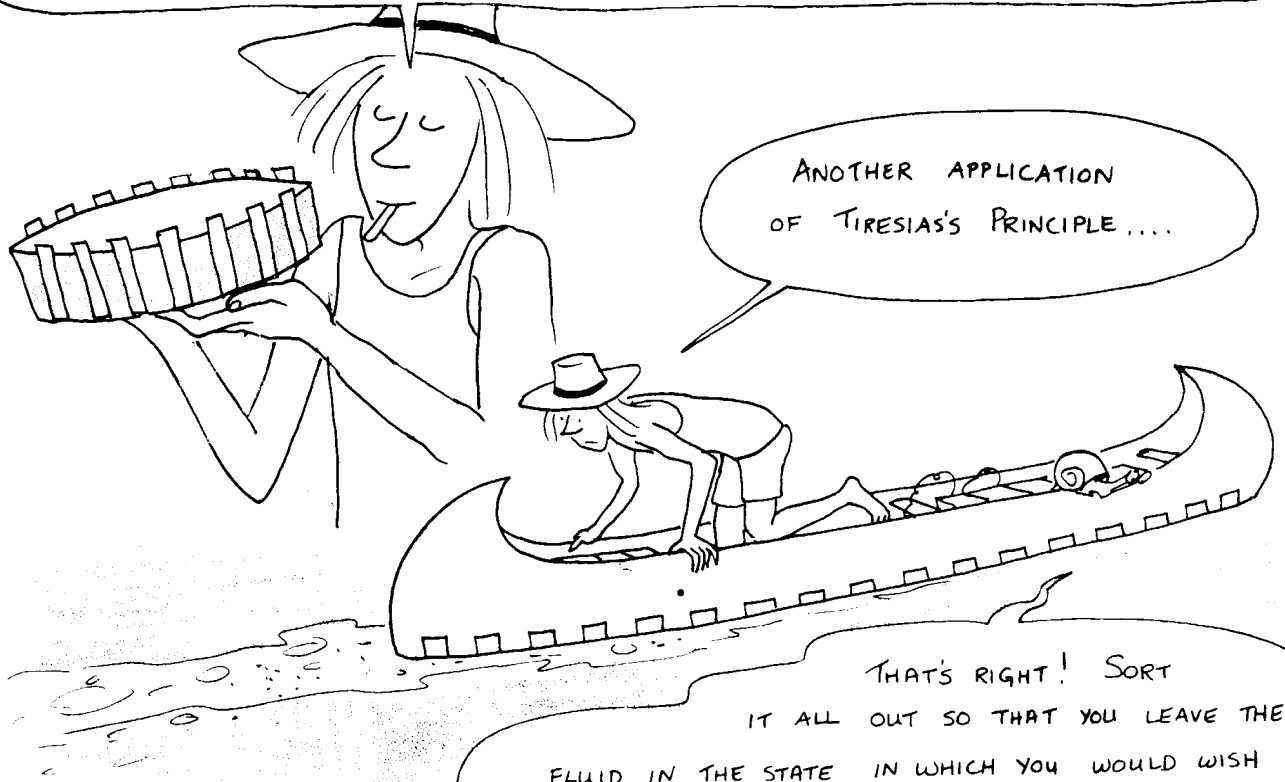
IT'S AN APPLICATION OF MY FUNDAMENTAL PRINCIPLE, PURE AND SIMPLE: PLEASE LEAVE THE FLUID IN THE STATE IN WHICH YOU WOULD WISH TO FIND IT.



IN MY EXPERIMENT ON PAGE 28 I SUCCEEDED IN ANNIHILATING THE BOW WAVE. BUT THE STERN WAVE REMAINED - IN FACT IT WAS REINFORCED.

THE STERN WAVE OCCURRED PRECISELY BECAUSE YOU LOWERED THE WATER LEVEL TOO MUCH WHEN YOU ACCELERATED IT.

YOU'RE RIGHT. THE MAIN OBJECTIVE SHOULD BE TO KEEP THE HEIGHT OF THE WATER CONSTANT, AT THE NATURAL FLOTATION LINE. TO DO THAT, I'LL NEED A WHOLE MASS OF ELECTRODES, SOME ACCELERATING, SOME RETARDING.



ANOTHER APPLICATION OF TIRESIAS'S PRINCIPLE....

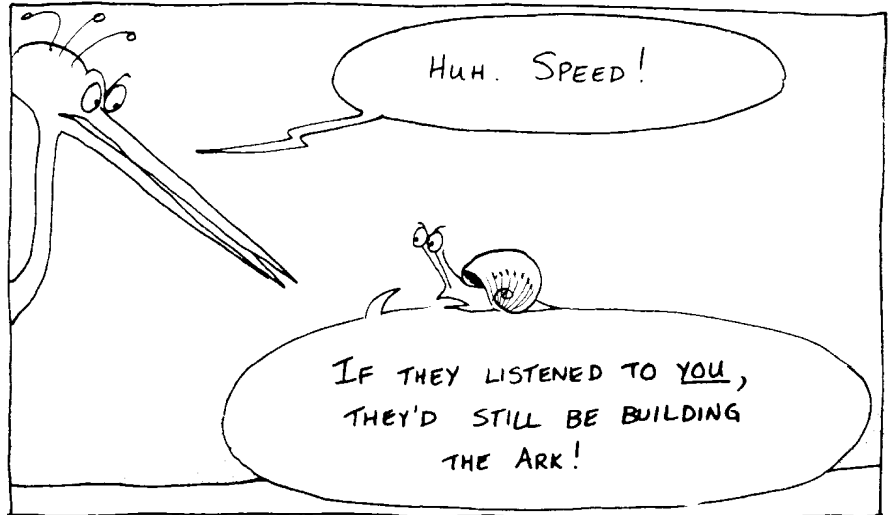
THAT'S RIGHT! SORT IT ALL OUT SO THAT YOU LEAVE THE FLUID IN THE STATE IN WHICH YOU WOULD WISH TO FIND IT... NO STERN WAVE!

BLOOMIN' MARVELOUS. TWENNY TESLAS WOLF O' MAGNETIZATION, AN' ARCHIE'S KERNOO SKIMS FRU THE WATER WIVAHT WAVEFRONTS AN' WIVAHT ANY TURBULENCE. NO DAMAGE TER LANDIN' STAGES. WOT NEXT?

WOULDN'T IT BE EASIER JUST TO STAY FAR ENOUGH OUT TO SEA? DON'T YOU ALL HAVE MORE IMPORTANT THINGS TO DO?



I DON'T AGREE. I THINK WE OUGHT TO TAKE A GOOD LOOK AT ARCHIE'S IDEA, ESPECIALLY THE PARIETAL ACCELERATOR. ALL BOATS SUFFER A LOT FROM HYDRODYNAMIC DRAG - RESISTANCE TO FORWARD MOTION DUE TO FRICTION OF THE WATER AGAINST THE HULL. NOW THE PRESENCE OF WAVEFRONTS ALTERS THE PRESSURE DISTRIBUTION OVER THE CONTOUR OF THE HULL, LEADING TO A WAVE TRAIN IN ITS WAKE, WHICH GROWS RAPIDLY WITH THE SPEED AND THAT MUST BE THE MAIN FACTOR LIMITING THE SPEED AT WHICH THE BOAT CAN TRAVEL.

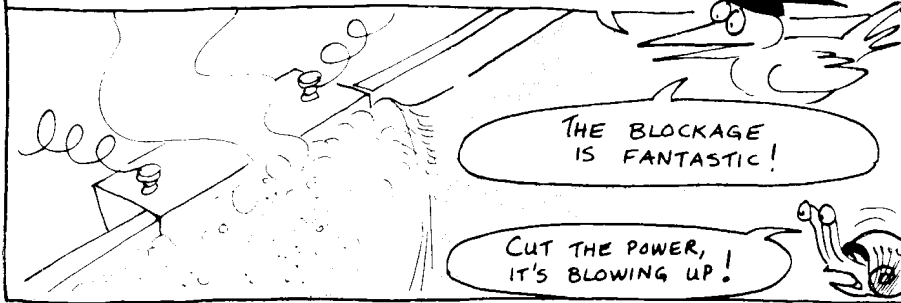


WE KNOW ROUGHLY HOW MUCH ENERGY MUST BE BROUGHT INTO PLAY TO SUPPRESS WAVEFRONTS. (*) THE WORK DONE BY THE LAPLACE FORCES MUST BE AT LEAST THE INCIDENT KINETIC ENERGY OF THE FLUID.

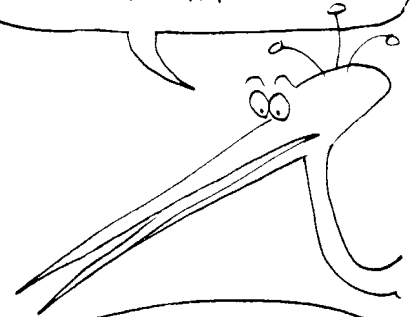
MMMM... SO IF THE BOAT GOES AT A SPEED V , THEN THE LAPLACE FORCE IB MUST EXCEED SOME DEFINITE THRESHOLD. (*)

(*) SEE APPENDIX B (PAGE 71)

IT'S BEST TO MAKE THE MAGNETIC FIELD B AS LARGE AS POSSIBLE. IF YOU HAVE B SMALL AND COMPENSATE BY MAKING I LARGE, THEN FIRST THE EFFICIENCY IS LOW, AND SECOND, ELECTROLYSIS WILL OCCUR, GIVING OFF A LOT OF GASES.

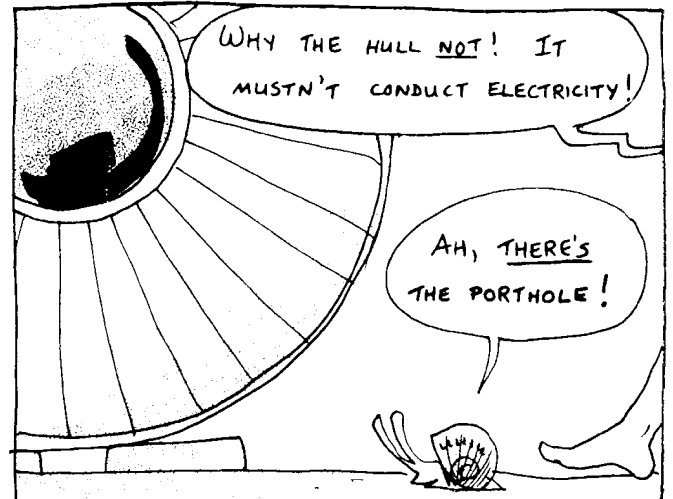
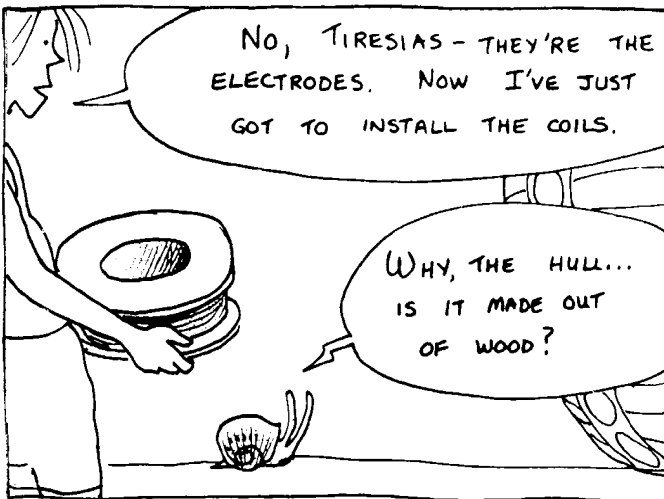
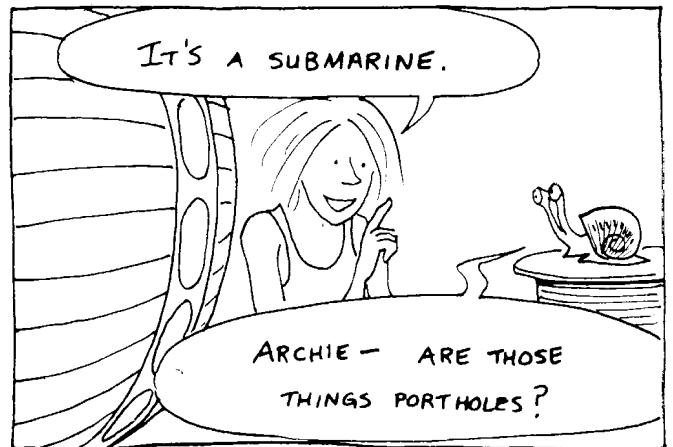


DON'T YOU FEEL THAT ALL THIS... ER... ELECTROMAGNETIC PROPULSION IS JUST A LITTLE BIT ADVANCED FOR THE CURRENT STATE OF TECHNOLOGY?

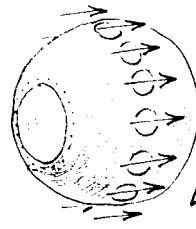
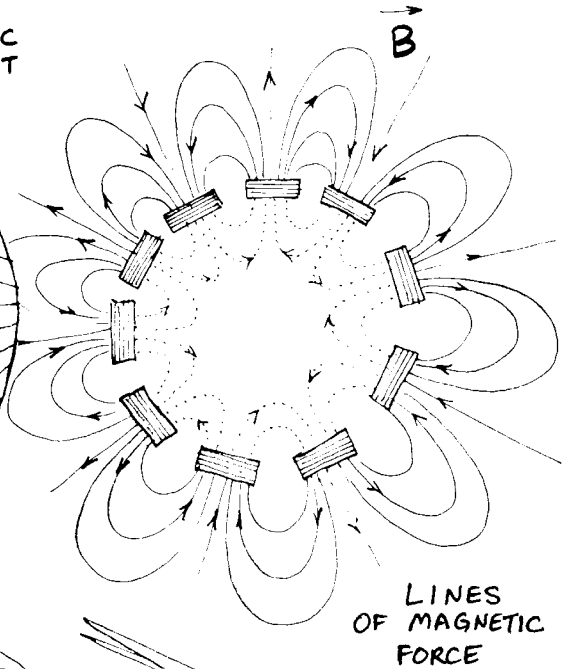
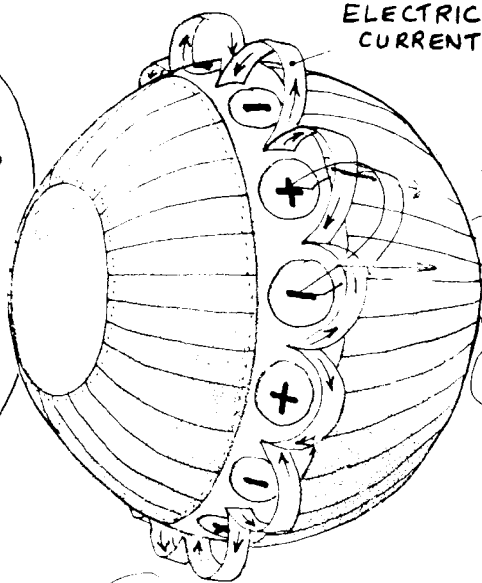


WE JUST NEED TO INNOVATE, THAT'S ALL!

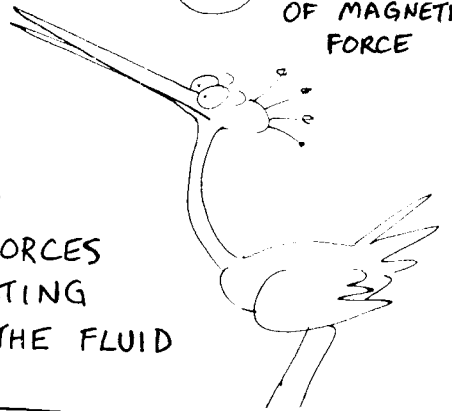
THE SCREWLESS SUBMARINE



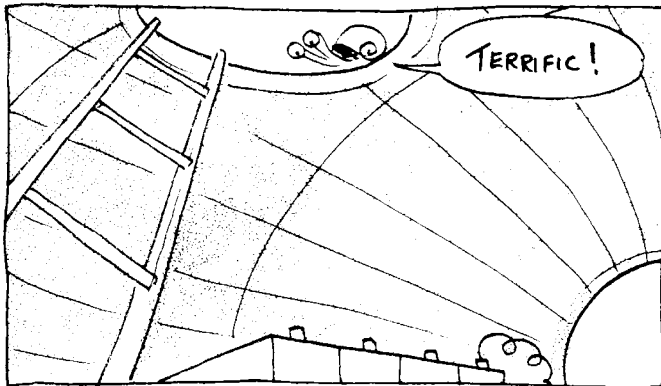
SEE, IF YOU APPLY THE RIGHT-HAND RULE, YOU CAN WORK OUT THAT THE DEVICE PRODUCES A FIELD OF LAPLACE FORCES SUITABLE FOR PROPULSION.



FORCES ACTING ON THE FLUID



YER'LL NEVER GET ME IN ONE O' THEM FINGS!

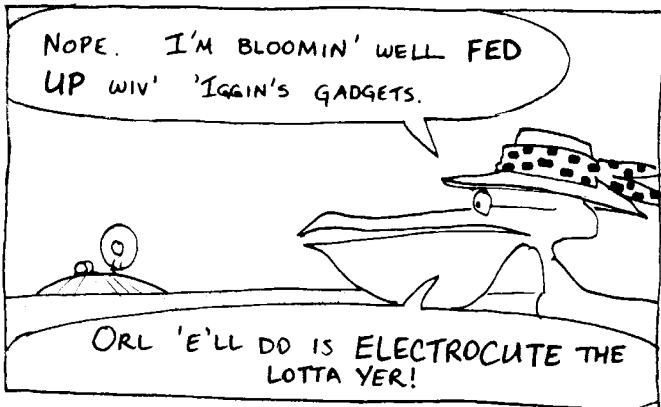


TERRIFIC!



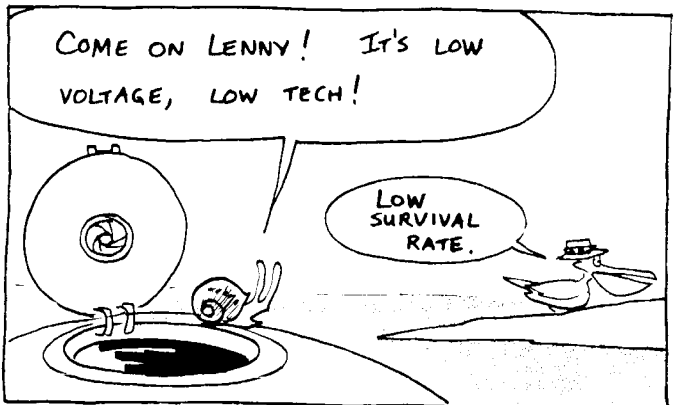
COME ON, LENNY! STOP MAKING FACES!

WE'RE GOING TO TRY OUT THE HYDRODYNE.



NOPE. I'M BLOOMIN' WELL FED UP WIV 'IGGIN'S GADGETS.

ORL 'E'LL DO IS ELECTROCUTE THE LOTTA YER!



COME ON LENNY! IT'S LOW VOLTAGE, LOW TECH!

LOW SURVIVAL RATE.

I DUNNO 'OW YOU FEEL ABAHT IT... BUT TER ME, IT'S ORL JUST A TINY BIT DUBIOUS

ME TOO.

HOW DO YOU STEER IT?

SIMPLE: YOU FIDDLE WITH THE INTENSITIES OF THE ELECTRODES.

TURN...

... STOP...

... OR GO INTO REVERSE.

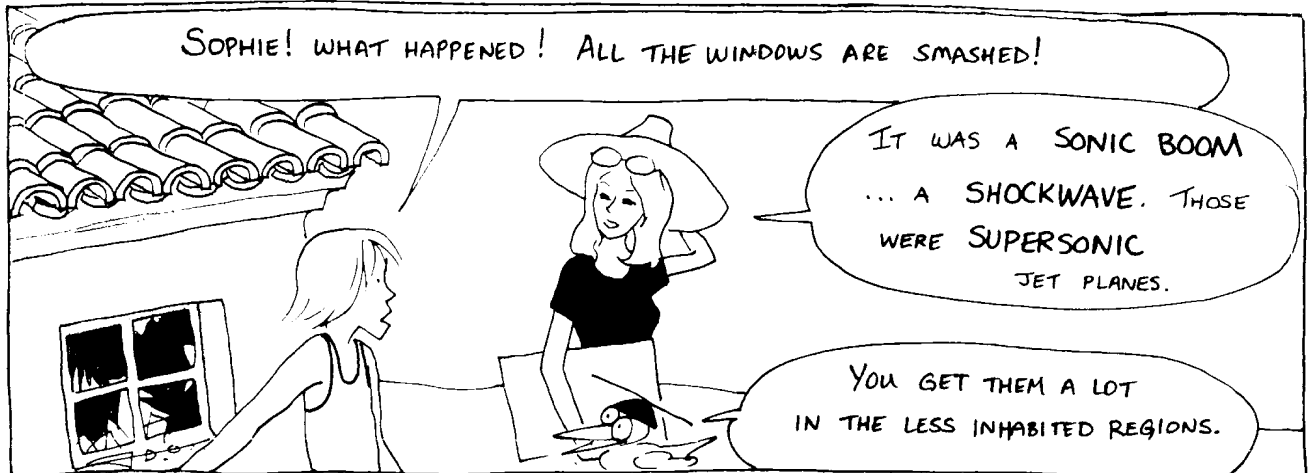
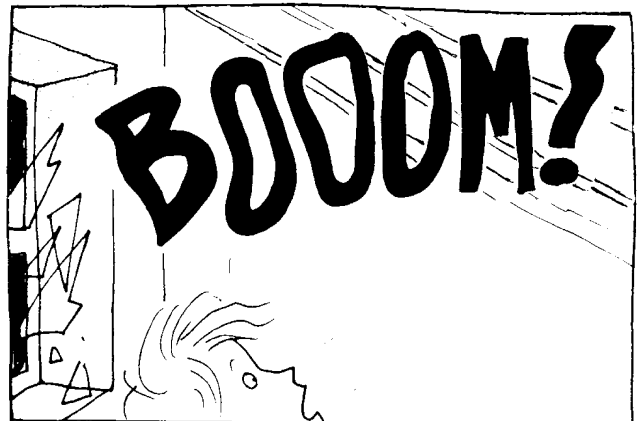
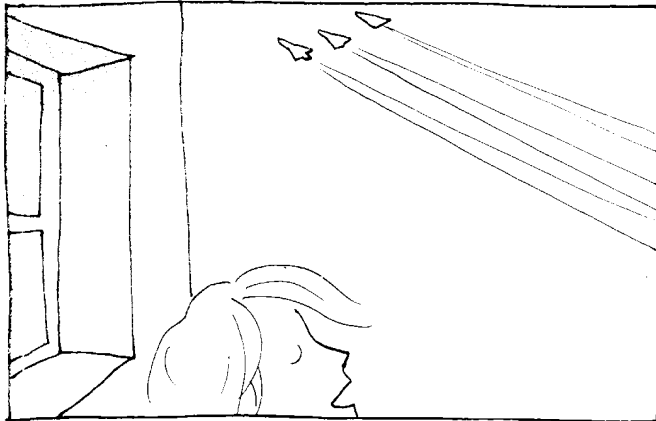
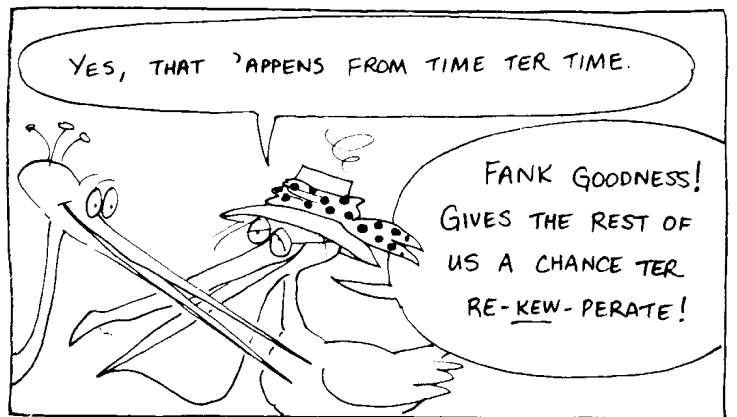
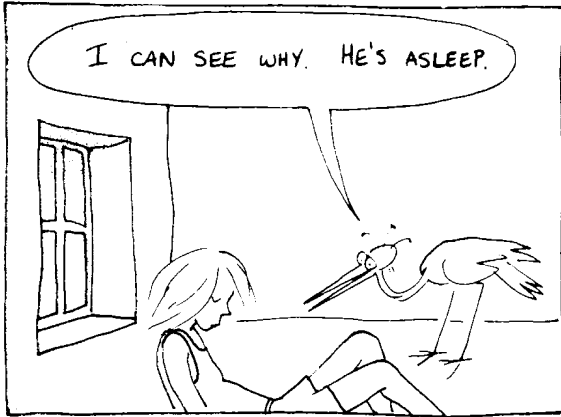
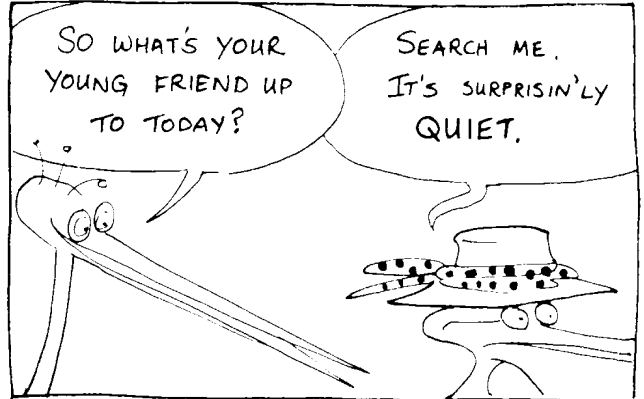
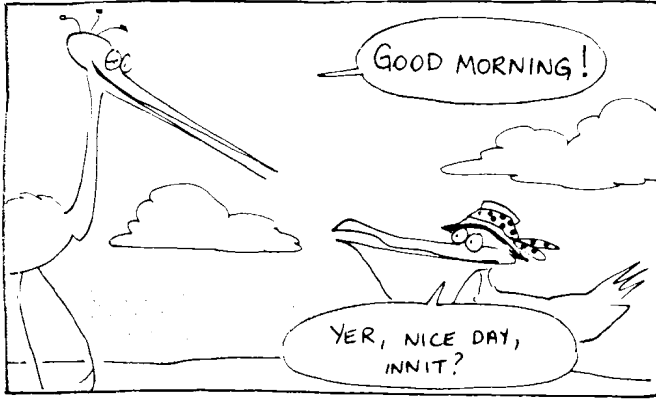
AN MHD SUBMARINE COULD BE VERY QUICK AND COMPLETELY SILENT.

DRAT!

THAT'S HOW IT GOES, MY DEAR LENNY. WHEN WE GET EFFECTIVE SUPERCONDUCTING MAGNETS (*) AND ULTRA-EFFICIENT ELECTRICAL GENERATORS, BOATS WILL STOP MAKING WAVES, AND SUBMARINES WILL BLOW BUBBLES.

(*) A SUPERCONDUCTING MATERIAL, COOLED TO VERY LOW TEMPERATURE (A FEW DEGREES KELVIN) CONDUCTS CURRENT WITHOUT ANY DISSIPATION BY HEATING. NO JOULE EFFECT.

THE FOLLOWING DAY



SUPERSONIC FLOW

- THE SHOCKWAVE THAT BROKE THE WINDOWS IS VERY SIMILAR TO THE BOW WAVE THAT SMASHED UP YOUR LANDING-STAGE.

- YOU MEAN, AIRPLANES MAKE WAVES?

- IN A MANNER OF SPEAKING, YES. BUT THEY DON'T MAKE SURFACE WAVES; THEY EMIT SOUND WAVES, WHICH TRAVEL AT THE SPEED OF SOUND V_s . (*) WHEN A BOAT

TRAVELS AT A SPEED V GREATER THAN V_s IT PRODUCES WAVEFRONTS. BUT WHEN A PLANE TRAVELS FASTER THAN SOUND (GREATER THAN V_s) IT PRODUCES SHOCKWAVES.

- HOW CAN IT, WHEN THERE'S NO FREE SURFACE?

- THE DENSITY OF THE AIR PLAYS THE ROLE OF THE HEIGHT OF THE WATER. SURFACE WAVES TEND TO MAINTAIN A CONSTANT HEIGHT. SIMILARLY, SOUND WAVES TEND TO MAINTAIN A CONSTANT DENSITY. SHOCKWAVES ARE THE FRONTS WHERE DENSITY, PRESSURE, AND TEMPERATURE ARE MUCH HIGHER.



YOU CAN COMPARE THE MOTION OF MOLECULES TO A LOT OF BLINDFOLDED PEDESTRIANS, WANDERING ABOUT AT A SPEED V_s IN A TOTALLY DISORDERED FASHION, IN ONE PLACE, CONTINUALLY BUMPING INTO EACH OTHER (MOLECULAR COLLISIONS). AN OBJECT PENETRATING A GAS IS SIMILAR TO A BUS, RUNNING INTO THE CROWD AT A SPEED V . IF THIS IS LESS THAN V_s , THEN INFORMATION CAN PASS UPSTREAM (FORWARD). THE PEDESTRIANS, WARNED OF THE VEHICLE'S ARRIVAL BEFORE IT REACHES THEM, CAN MAKE WAY FOR IT. THAT'S ONE WAY TO VISUALIZE SUBSONIC FLOW.

(*) SEE FLIGHT OF FANCY, SAME SERIES.

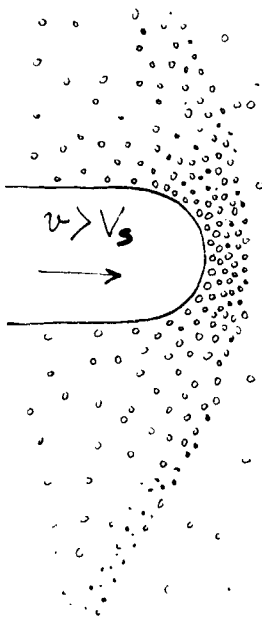
BUT WHAT HAPPENS WHEN V IS GREATER THAN V_s ?



THE PEDESTRIANS - THE MOLECULES - ARE NO LONGER ABLE TO AVOID THE OBJECT BEFORE IT REACHES THEM, SO MAINTAINING A CONSTANT DENSITY. SO THE GAS (CROWD) TENDS TO ACCUMULATE AHEAD OF THE OBJECT, FORMING A SORT OF MOUND - AN ABRUPT INCREASE IN DENSITY.



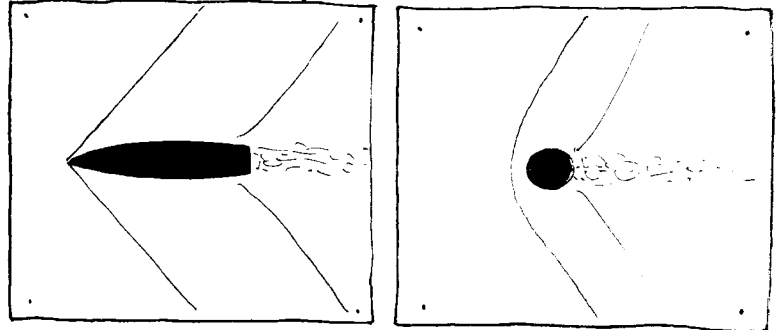
SHOCKWAVES



THIS PHENOMENON IS CALLED A SHOCKWAVE. HERE SOUND WAVES REPLACE SURFACE WAVES, OTHERWISE IT'S JUST THE SAME AS FOR A BOW WAVE. FRONTS OF DENSITY, PRESSURE, AND TEMPERATURE ARE INEVITABLY FORMED. THE SHOCKWAVE OCCURS WHEN THE SPEED V OF THE FLOW IS GREATER THAN THE SPEED OF SOUND V_s .

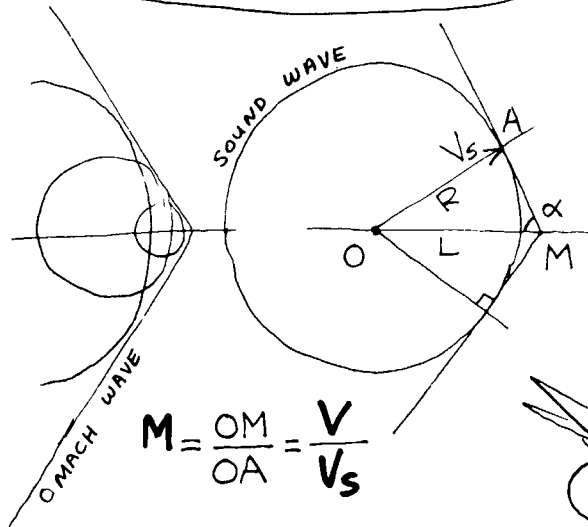
YOU MEAN TO SAY THAT EVERY TIME THOSE HOTSHOTS AT THE AIR FORCE BASE DECIDE TO AMUSE THEMSELVES WITH SOME HIGH-SPEED AEROBATICS, I HAVE TO LUG A HEAP OF REPLACEMENT WINDOWS AROUND THE HOUSE!

YEAH, THAT FIGURES!



SO EVERY OBJECT TRAVELING AT A SUPERSONIC SPEED (FASTER THAN SOUND) WILL HAVE A **FRONTAL** SHOCKWAVE AND A **REAR** SHOCKWAVE. ON THE LEFT IS A BULLET, ON THE RIGHT A SPHERE.

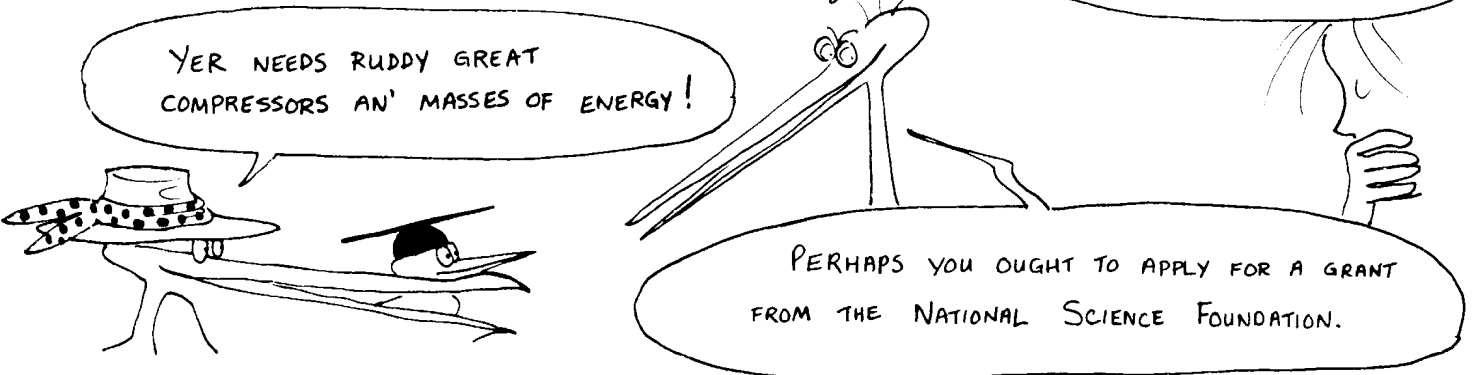
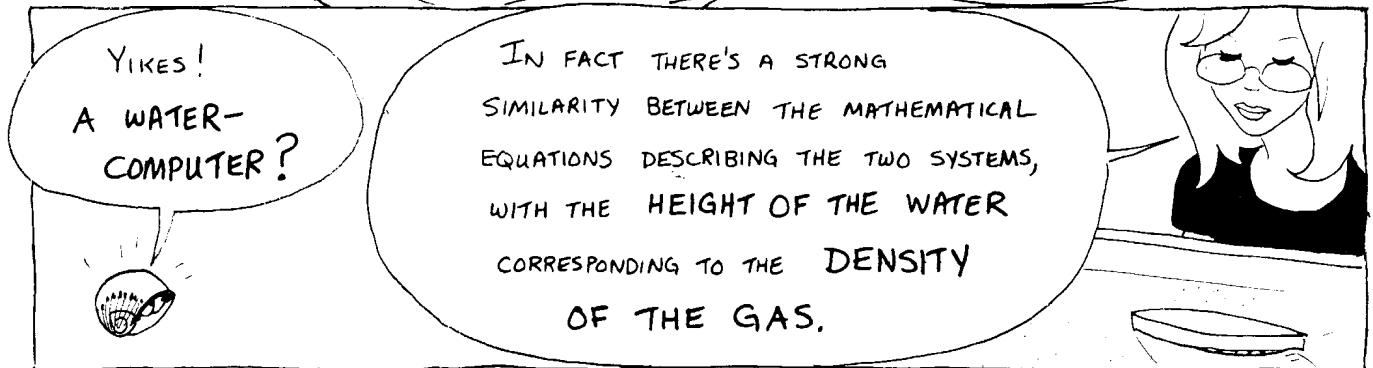
EVERY OBJECT, EVEN A GRAIN OF SAND, PROJECTED AT A SPEED $V > V_s$, CREATES A SHOCK. THE RATIO $M = V/V_s$ IS CALLED THE **MACH NUMBER**. AND IF THE OBJECT IS VERY SMALL, THE SHOCKWAVE IS CALLED A **MACH WAVE**. (*)



$$M = \frac{OM}{OA} = \frac{V}{V_s}$$

(*) SEE APPENDIX A (PAGE 91).

SOPHIE'S RIGHT, YOU KNOW, MAX. THE FLOW OF A LIQUID WITH A FREE SURFACE CLOSELY RESEMBLES THE SUPERSONIC FLOW OF A GAS. I THINK WE'D BETTER TAKE ANOTHER LOOK AT PAGE 15 TO REMIND OURSELVES ABOUT THE EFFECT OF SLOWER OR FASTER MOTION ON THE SHAPE OF THE SHOCK.



THE SOUND BARRIER

THE HEAT BARRIER

WITH A SUPERSONIC WIND-TUNNEL, IT'S POSSIBLE TO OBSERVE A NUMBER OF DIFFERENT PHENOMENA. PRIMARILY, THE PASSAGE THROUGH THE SOUND BARRIER ($V = V_s$), ACCOMPANIED BY THE APPEARANCE OF A WAVE TRAIN WHICH IS SUPERIMPOSED ON THE TRAIN DUE TO FRICTIONAL DRAG.

WHAT'S THAT IN CONCRETE TERMS?

COMPRESSION

EXPANSION

$V > V_s$

IN HYDRODYNAMICS, THE APPEARANCE OF WAVEFRONTS AFFECTS THE BALANCE OF PRESSURES ON THE HULL, REDUCING THE EFFICIENCY. IT'S THE SAME IN SUPERSONIC AERODYNAMICS.

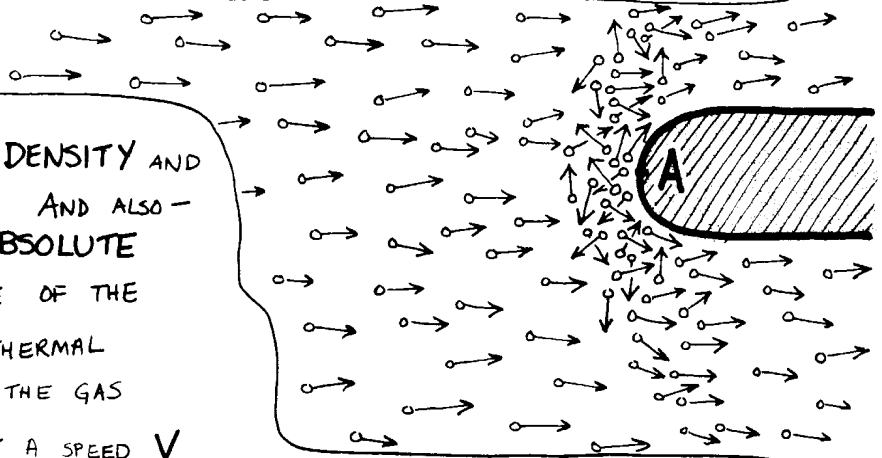
IT'S NOISY, IT'S USELESS, AND IT WASTES ENERGY.

DESPITE ITS SLIM SHAPE, DESIGNED TO REDUCE THIS WAKE, THE CONCORDE SPENDS 40% OF ITS ENERGY CREATING SHOCKWAVES.

IF YOU WANTED TO OVERFLY AN INHABITED REGION AT LOW ALTITUDE AT MACH 5 OR 6, EVERYBODY'S ROOF WOULD FALL IN.



LIKE THE BOW WAVE DEMOLISHED THE LANDING-STAGE!



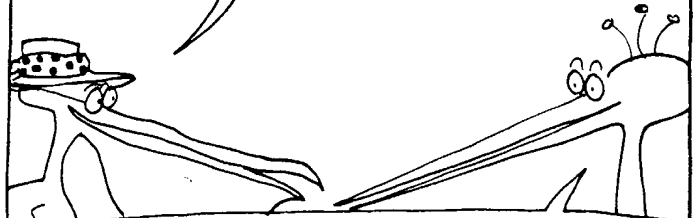
ACROSS A SHOCKWAVE, THE DENSITY AND PRESSURE INCREASE DRAMMATICALLY. AND ALSO - THE TEMPERATURE. THE ABSOLUTE TEMPERATURE IS A MEASURE OF THE KINETIC ENERGY $\frac{1}{2}mv^2$ OF THERMAL AGITATION OF MOLECULES. IF THE GAS "COLLIDES" WITH AN OBJECT AT A SPEED V , THEN AT THE STATIONARY POINT A (WHERE THE GAS STOPS COMPLETELY) ALL OF THIS ENERGY IS CONVERTED INTO THERMAL AGITATION. SO AT THE POINT A THE STOPPING TEMPERATURE VARIES AS THE SQUARE OF THE SPEED V .

IS A WARM NOSE A SIGN OF HEALTH?



THIS PHENOMENON, WHICH ONLY BECOMES NOTICEABLE ABOVE MACH 2, IMPOSES A SERIOUS CONSTRAINT ON AIRCRAFT, KNOWN AS THE HEAT BARRIER.

FER A GIVEN SPEED, THE FICKER THE AIR, THE 'OTTER EVERYFINK GETS.



WHICH MEANS THAT HYPERSONIC SPEEDS AT LOW ALTITUDES ARE AN IMPOSSIBILITY!



YEAH, SURE. BUT LOW-ALTITUDE SUPERSONIC FLIGHT IS ALL TOO POSSIBLE! ISN'T THERE SOME WAY TO INVENT SUPERSONIC AIRCRAFT THAT DON'T SMASH WINDOWS?...



TO DO THAT, ARCHIE, YOU NEED TO DEVELOP MACHINES THAT DON'T MAKE SHOCKWAVES AT SUPERSOONIC SPEEDS.

AND THAT, MY DEAR CHAP, IS UTTERLY IMPOSSIBLE. IF NOT, THEY'D HAVE DONE IT LONG AGO!

MAYBE, MAYBE... IF A SHOCK FORMS, IT'S LIKE A BOW WAVE, BECAUSE YOU CAN'T AFFECT THE MOLECULES UPSTREAM BY WAY OF COLLISIONS DUE TO SOUND WAVES FAST ENOUGH FOR THEM TO MAKE WAY. SO THEY CLUMP TOGETHER INTO A KIND OF MOUND, THE SHOCKWAVE.

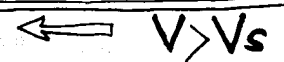
LOGICALLY SPEAKING, THE POSSIBILITY OF ACTING IN ADVANCE BY LAPLACE FORCES SHEDS A NEW LIGHT ON THE PROBLEM OF SHOCKWAVES.

TIRESIAS, TAKE A LOOK AT THIS PHOTO OF THE MHD FLOW ON PAGE 30, ROUND A CYLINDER. WOULDN'T YOU SAY IT'S RATHER SIMILAR TO A SUCTION EFFECT? HMMM...?

BOGGLE BOGGLE.

THAT'S TRUE - IN THE HYDRAULIC EXPERIMENTS YOU MANAGED TO SUCK IN THE WATER UPSTREAM, ENOUGH TO CREATE A DEPRESSION.

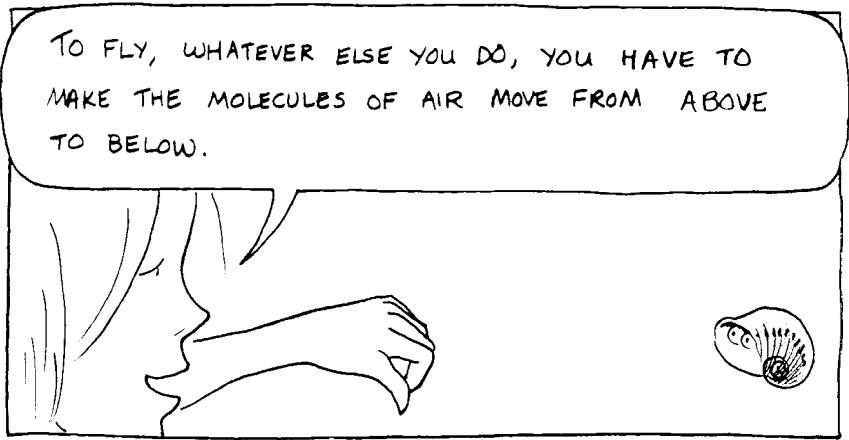
THE PROBLEM IS - HOW DO WE EXTEND THE ANALOGY?



IF THE HYDRAULIC ANALOGY IS ANYTHING TO GO BY, IT LOOKS AS IF THERE ARE THREE METHODS OF FLYING.

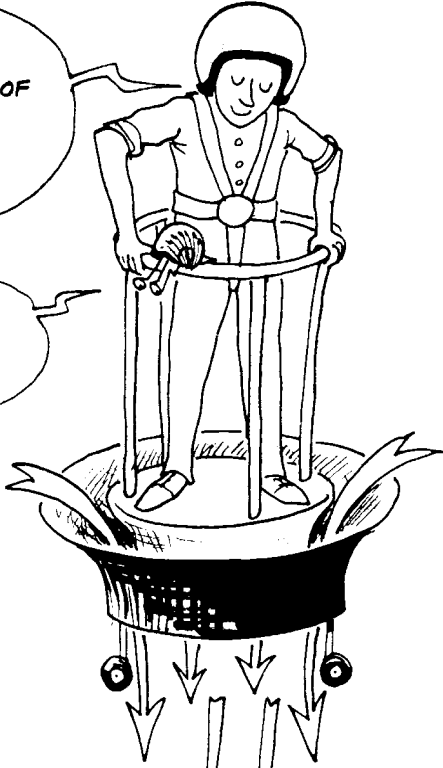
WHICH ARE?

TO FLY, WHATEVER ELSE YOU DO, YOU HAVE TO MAKE THE MOLECULES OF AIR MOVE FROM ABOVE TO BELOW.

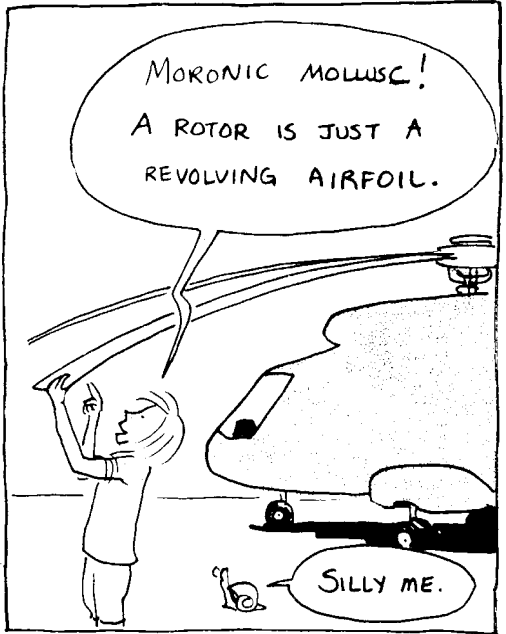


FIRST SYSTEM:
I CREATE A MOVEMENT OF
THE GAS USING AN
AIRFOIL.

WHAT AIRFOIL? ALL I
CAN SEE ARE TWO
COUNTERROTATING
ROTORS.



MORONIC MOLLUSC!
A ROTOR IS JUST A
REVOLVING AIRFOIL.

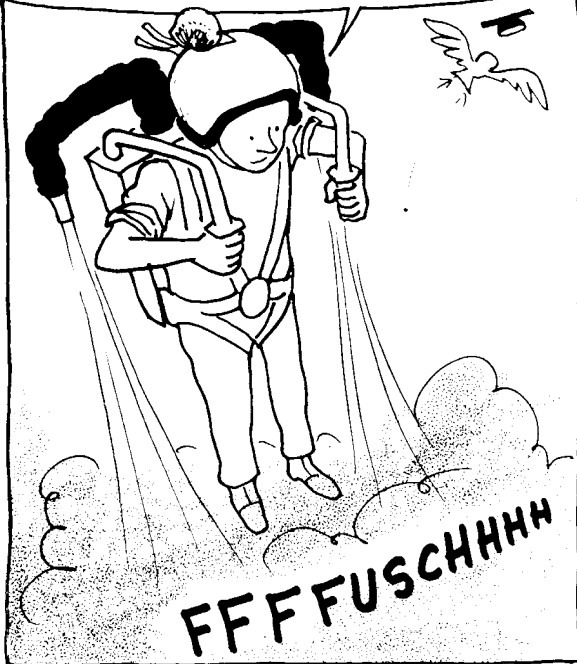


SILLY ME.

HERE'S HOW TO
OBSERVE THE
INDUCED VELOCITY.

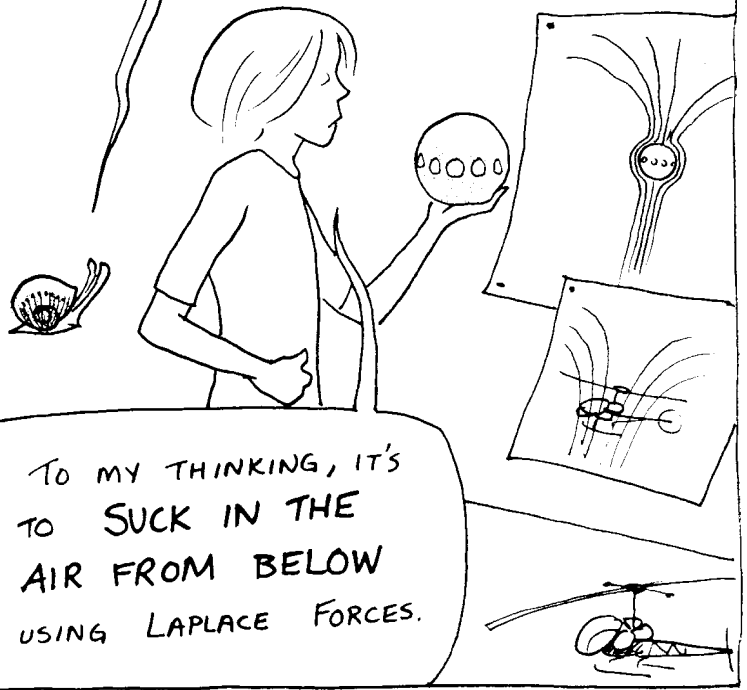


SECOND SYSTEM: ACCELERATE A GAS THAT YOU PRODUCE YOURSELF.



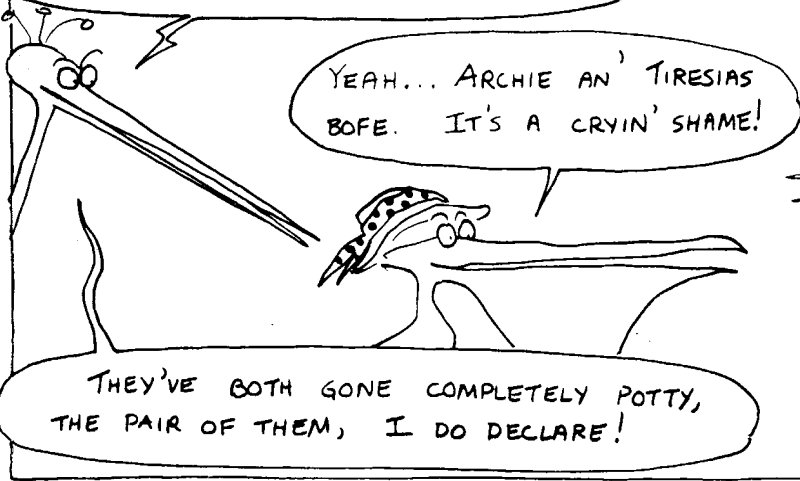
FFFUSCHHHH

BUT WHAT'S THE THIRD SYSTEM?



TO MY THINKING, IT'S TO SUCK IN THE AIR FROM BELOW USING LAPLACE FORCES.

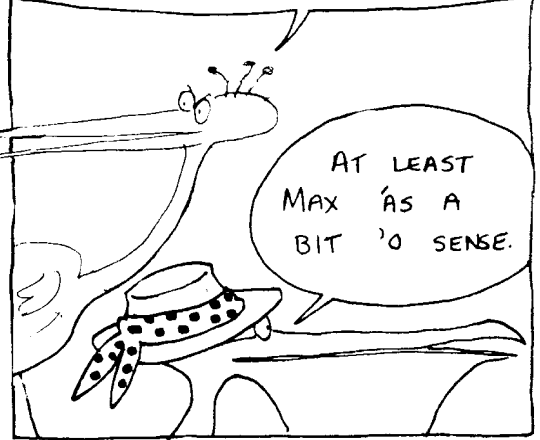
DID YOU HEAR WHAT I HEARD?



YEAH... ARCHIE AN' TIRESIAS BOFE. IT'S A CRYIN' SHAME!

THEY'VE BOTH GONE COMPLETELY POTTY, THE PAIR OF THEM, I DO DECLARE!

AND SOPHIE, NO DOUBT, AT THE BEACH....

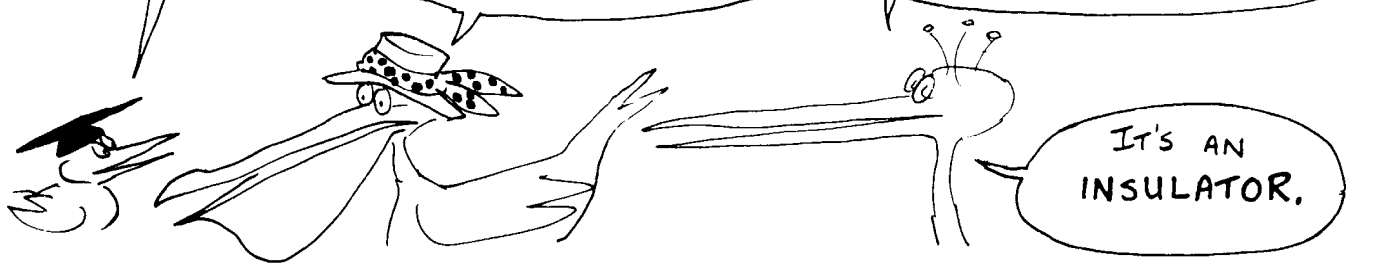


AT LEAST MAX 'AS A BIT 'O SENSE.

WHAT'S UP WITH YOU?

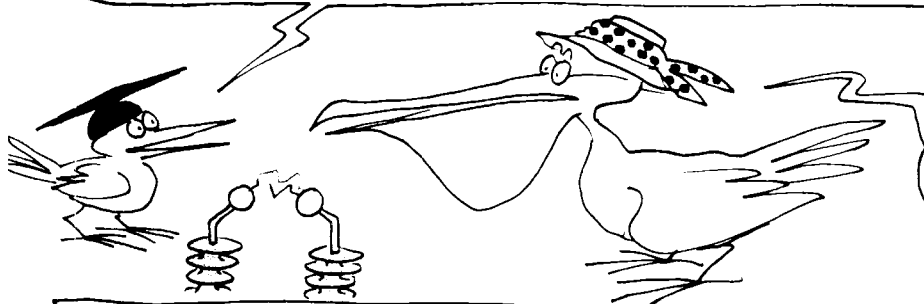
ARCHIE'S GOT SOME CRAZY IDEA IN 'IS 'EAD... ABAHT FLYIN' WIV H'ELECTRICITY.

I POINTED OUT TO LENNY MYSELF, JUST NOW, THAT IT'S IMPOSSIBLE, BECAUSE AIR WON'T CONDUCT ELECTRICITY.

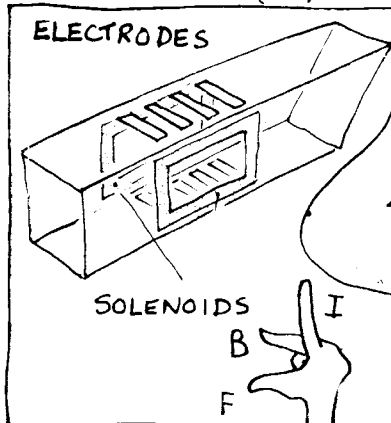


IT'S AN INSULATOR.

HOLD YOUR HORSES! THAT DEPENDS ON THE SIZE OF THE ELECTRIC FIELD YOU APPLY. THAT IS, THE RATIO BETWEEN THE TENSION AT THE ELECTRODES AND THE DISTANCE BETWEEN THEM!! IF YOU USE THREE THOUSAND VOLTS PER MILLIMETER, IT CRACKLES AWAY LIKE MAD!



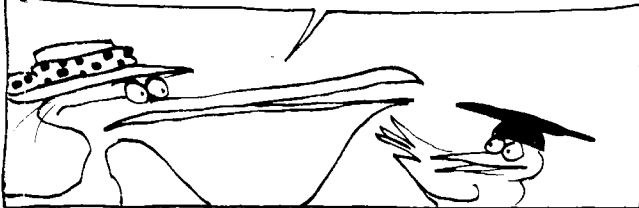
SO WHEN'S THE ELECTRIC CONCORDE COMIN', EH?



YOU SEE, WITH A MAGNETIC FIELD B OF 4 TESLAS (40,000 GAUSS) (*) AND A CURRENT DENSITY OF ONE AMPERE PER SQUARE CENTIMETER (TEN THOUSAND AMPERES PER SQUARE METER) YOU GET A LAPLACE FORCE OF 40,000 NEWTONS PER CUBIC METER. ABOUT FOUR TONS PER CUBIC METER. IF THE MOTOR HAS A USEFUL VOLUME OF ONE CUBIC METER, IT PROVIDES FOUR TONS OF THRUST.

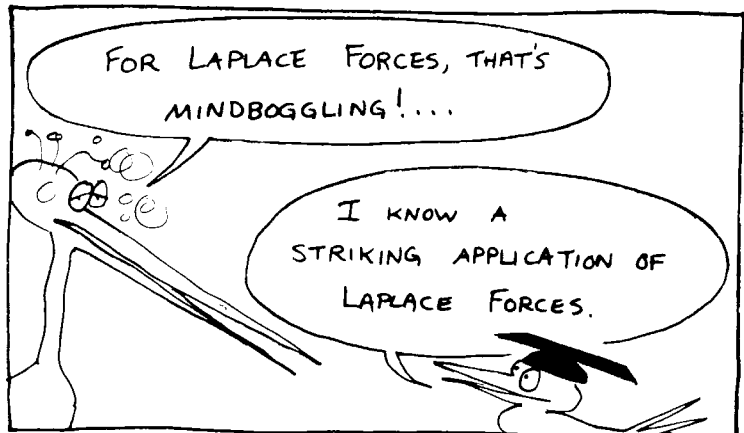
FOUR TONS!

'ANG ON! YER BUNKIN' DREAMIN' AGAIN! THREE THOUSAND VOLTS PER MILLIMETER... THAT'S GETTIN' ON FER A COOL MILLYON VOLTS PER METER!...



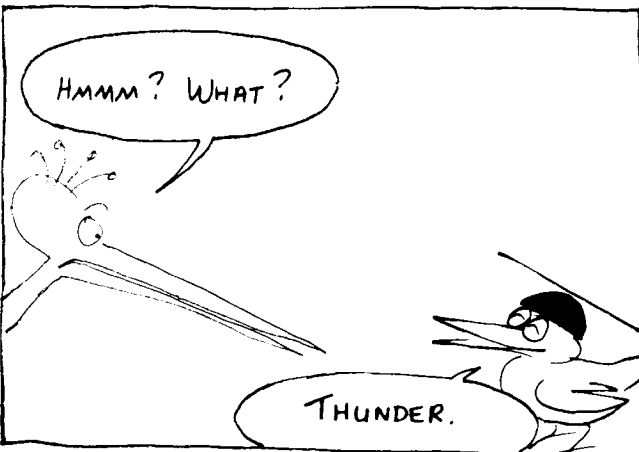
FOR LAPLACE FORCES, THAT'S MINDBOGGLING!...

I KNOW A STRIKING APPLICATION OF LAPLACE FORCES.



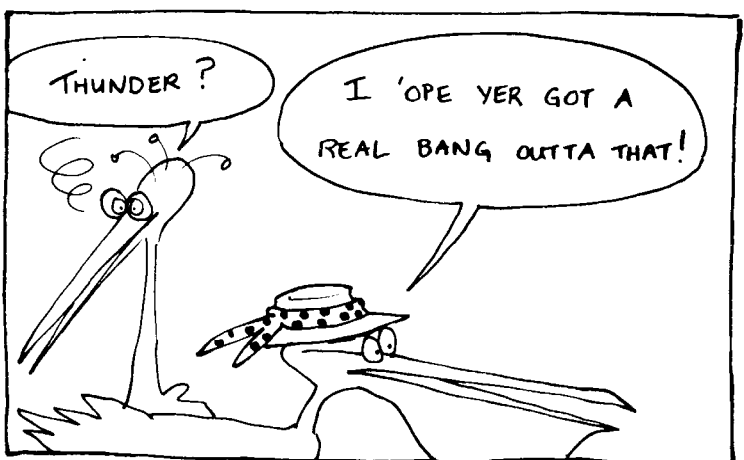
HMMM? WHAT?

THUNDER.



THUNDER?

I 'OPE YER GOT A REAL BANG OUTTA THAT!



SOPHIE, SOPHIE, COME AND SEE!
ARCHIE'S INVENTING SOMETHING REALLY WAY
OUT! HE'S GOING TO FLY BY ELECTRICITY!

MY GOODNESS,
I'M ON
MY WAY!

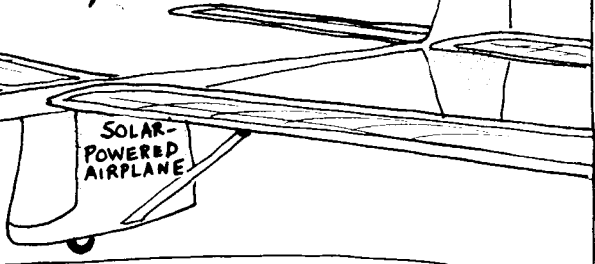
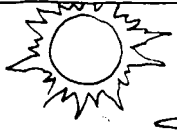
PROCEEDINGS
OF THE
NATIONAL
ACADEMY
OF
SCIENCES

D'YER REALIZE 'OW COMPLICATED IT'D 'AVE TER BE? YER'D 'AVE
TER 'AVE A COOLIN' SYSTEM FER THE SOOPA CONDUCTORS, AT ULTRALOW TEMPRACHERS
AND A 'LECTRICAL GENNYRATER WOT PUT AHT 'UNDREDS O' MEGAWOTS. H'IMAGINE
THE WEIGHT OF IT ORL!

YOU MIGHT AS WELL TRY
TO FLY A BLINKIN'
NOOKLYER POWER
STATION!

FLYING BY MEANS OF ELECTRICITY IS OBVIOUSLY
IMPOSSIBLE.

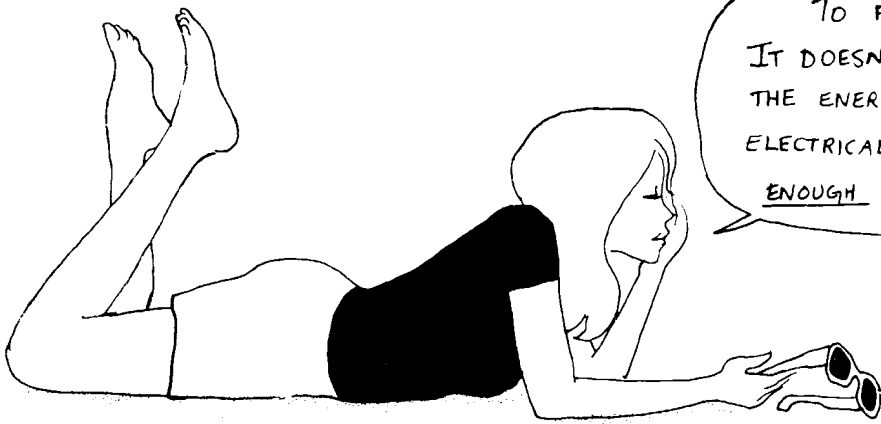
OH YEAH? SO WHAT
MAKES THAT FLY?



BUT THAT'S DIFF'RENT-
IT'S GOTTA H'AIRSCREW...

AND SOLAR CELLS TOO!...

YES, BUT WHAT'S AN MHD PROPULSION UNIT OTHER
THAN A KIND OF ELECTROMAGNETIC AIRSCREW?



To FLY, YOU NEED ENERGY.
 IT DOESN'T MATTER MUCH WHAT FORM
 THE ENERGY TAKES - CHEMICAL,
 ELECTRICAL - AS LONG AS THERE'S
ENOUGH OF IT.



WHEN YOU LOOK AT THE BASICS, FLYING IS REALLY JUST A MATTER
 OF THE **POWER-TO-WEIGHT RATIO** FOR A GIVEN SPEED.

40 KM/HR MAN-POWERED PLANE
 (OR ELECTRIC)

10 WATTS PER KILOGRAM

60 KM/HR THE WRIGHT BIPLANE
 (LOW-TECH)

100 WATTS PER KILOGRAM

250 KM/HR LIGHT AIRCRAFT

300 WATTS PER KILOGRAM

700 KM/HR WORLD WAR II FIGHTER PLANE

800 WATTS PER KILOGRAM

2700 KM/HR FIGHTER PLANE OF THE
 NEXT (AND LAST) WORLD WAR

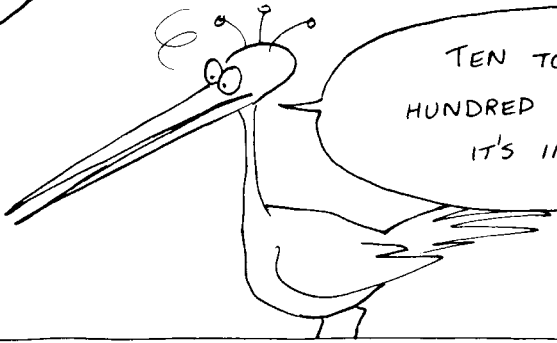
5000 WATTS PER KILOGRAM

20,000 WATTS PER KILOGRAM

THE SPACE SHUTTLE!



'ANG ON, 'ANG ON, 'OLD YER 'ORSES. DON'T A NOOKLYER POWER STATION PRODUCE A KILLERWOT O' H'ELECTRICKLE H'ENERGY PER KILLERGRAM? BY YOUR ARGUMENT H'IT OUGHTA TAKE OFF OF ITS OWN ACCORD!

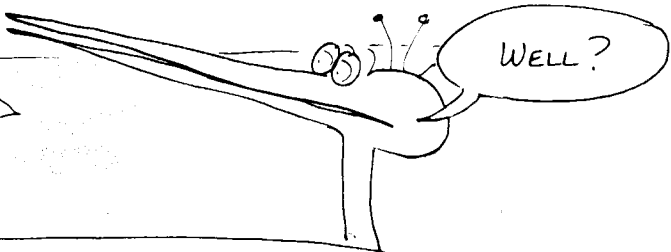


TEN TONS FOR A HUNDRED MEGAWATTS - IT'S IMPOSSIBLE!

Well?
Sophie?

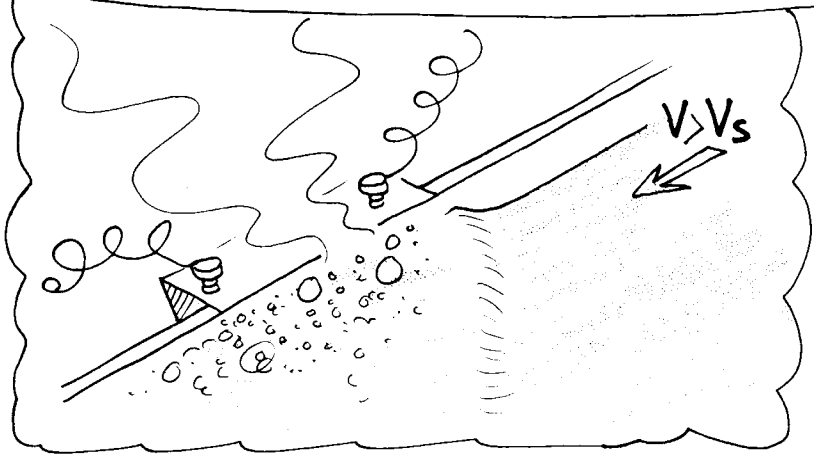


CONFOUND THAT HIGGINS! IT'S FINALLY BEGINNING TO LOOK AS IF YOU'VE GOT TO EXTEND TO GASES THE IDEA WE REACHED FOR FLOWS OF A LIQUID WITH A FREE SURFACE: THE INTERACTION CRITERION AND ITS EFFECTS ON MHD EFFICIENCY. THERE MUST BE A SNAG SOMEWHERE - I WONDER WHAT IT IS?



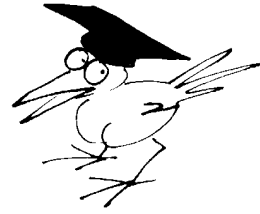
Well?

IN THE EXPERIMENT ON PAGE 43, TOO STRONG AN APPLICATION OF ENERGY PRODUCED A BLOCKAGE.

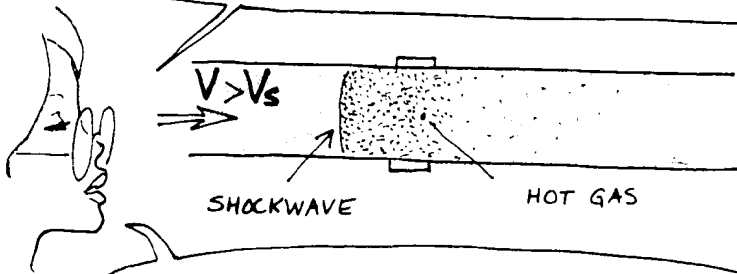


THERMAL BLOCKAGE

IS IT POSSIBLE THAT A SIMILAR PHENOMENON IN A GAS MIGHT PREVENT THE MHD ACTION?



IN FACT, YOU CAN BLOCK A SUPERSONIC FLOW OF A GAS BY WAY OF HEAT, VIA THE JOULE EFFECT. IN A PURELY ELECTRICAL DISCHARGE (NO MAGNETIC FIELD) THE BUBBLE OF HOT GAS BEHAVES LIKE A TRAFFIC JAM, AND A SHOCKWAVE FORMS.

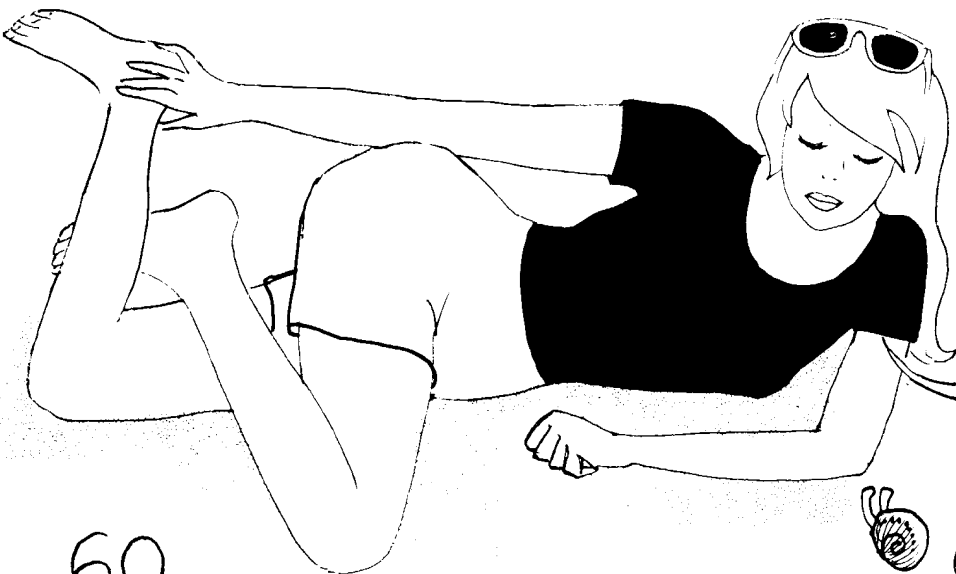


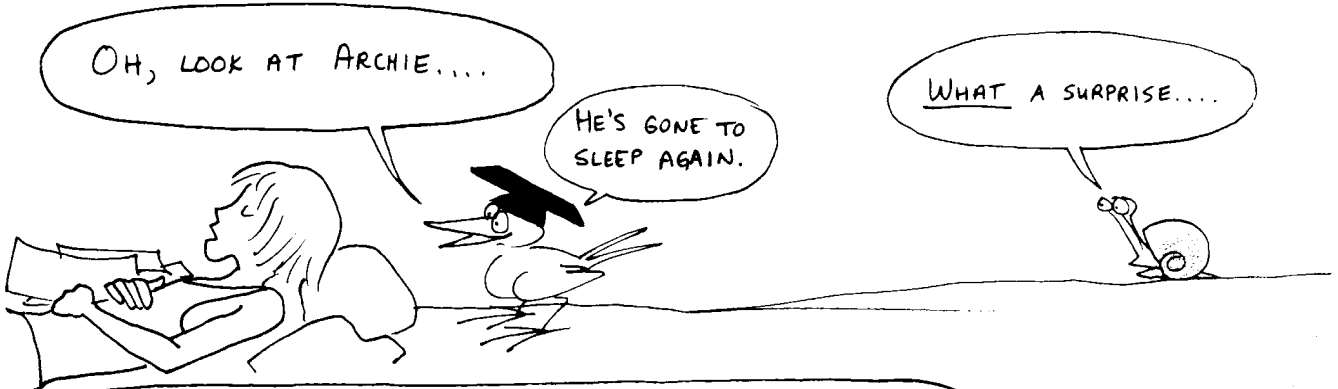
IT'S A THERMAL BLOCKAGE.

SO ARCHIE'S EXPERIMENT IS DOOMED TO FAILURE?



THAT'S NOT SO CLEAR. IT ALL DEPENDS ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE AIR (AND THE VARIOUS WAYS OF AFFECTING IT). IF IT'S HIGH ENOUGH(*) THEN THE PRODUCTION OF HEAT WILL STAY MODERATE, AND THERE WON'T BE ANY BLOCKAGE.



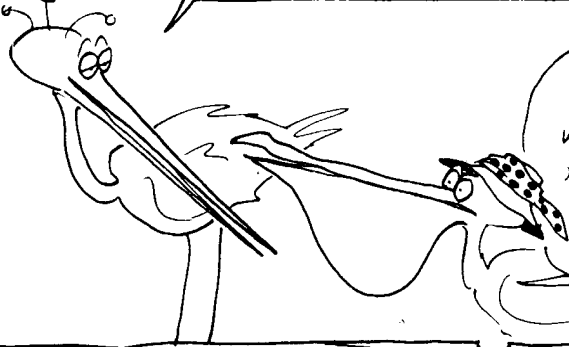


OH, LOOK AT ARCHIE....

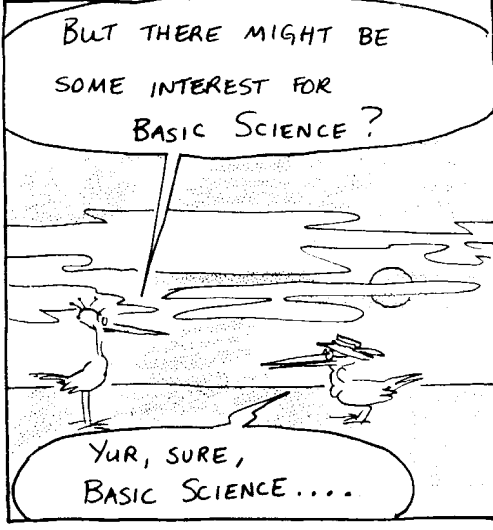
HE'S GONE TO SLEEP AGAIN.

WHAT A SURPRISE....

WHAT DO YOU MAKE OF ALL THAT?

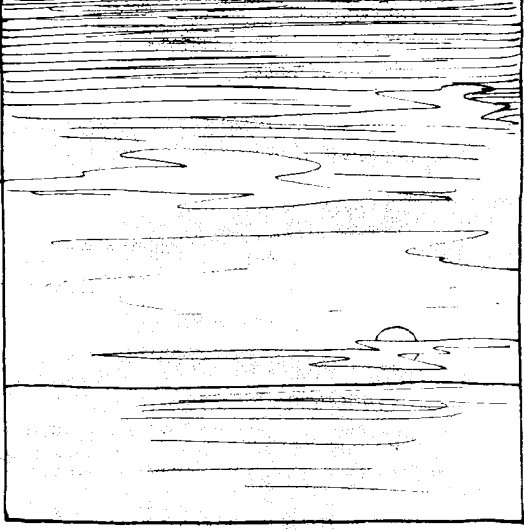


H' INASMUCH AS THESE 'ERE MHD H'AERODYNE WOTSITS CORRESPOND TO TECHNOLOGY WOT MIGHT 'APPEN IN THE NEX' CENCHERY - IT'S QUESTIONABLE WEVVER IT'S WORF THE BLEEDIN' CANDLE, INNIT.



BUT THERE MIGHT BE SOME INTEREST FOR BASIC SCIENCE?

YUR, SURE, BASIC SCIENCE....



HEAVENS... WHAT A DAY!



SLEEP, PRINCIPLE INVESTIGATOR OF MY HEART.

ARCHIBALD'S DREAM

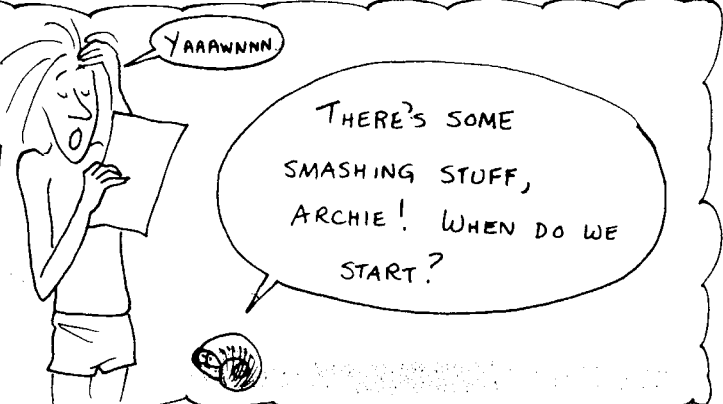
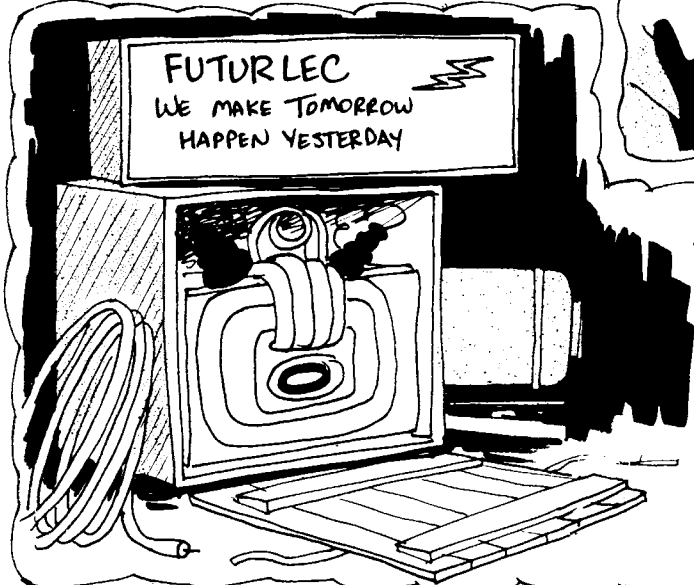


UMPPH... ER... YEAH....

MR. HIGGINS? YOU ORDERED
A TWO-HUNDRED-MEGAWATT ELECTRICAL
GENERATOR, A TEN-MEGAWATT MICROWAVE
SOURCE, A REEL OF SUPERCONDUCTING WIRE,
TOTAL WEIGHT TWENTY TONS...?



SIGN HERE,
PLEASE!



YAAAWNNN

THERE'S SOME
SMASHING STUFF,
ARCHIE! WHEN DO WE
START?

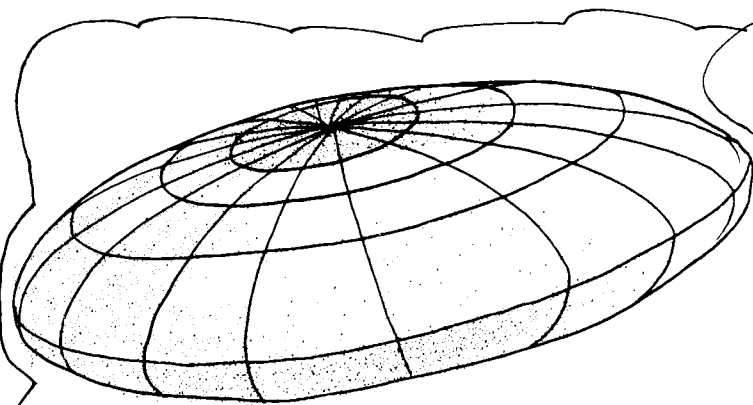


THAT WAS A WEIRD TRUCK HE HAD,
TIRESIAS. DID YOU SEE IT?



NEVER SEEN ANYTHING
LIKE IT! OH, WELL....

WE GO FOR IT?
WE GO FOR IT?



WHY IS YOUR AERODYNE SO SQUASHED?



IT'S A BETTER SHAPE FOR EXPLOITING THE DECOMPRESSION I'M GOING TO PRODUCE ON THE TOP AND THE COMPRESSION UNDERNEATH.

FIRST LET'S DEAL WITH THE MAGNETIC FIELD. USING THE SUPERCONDUCTING WIRE, I CAN MAKE THE CURRENT FLOW IN ALTERNATE DIRECTIONS, LIKE THIS.

IN THESE PARALLEL WIRES, THE CURRENT REVERSES FROM ONE TO THE NEXT.

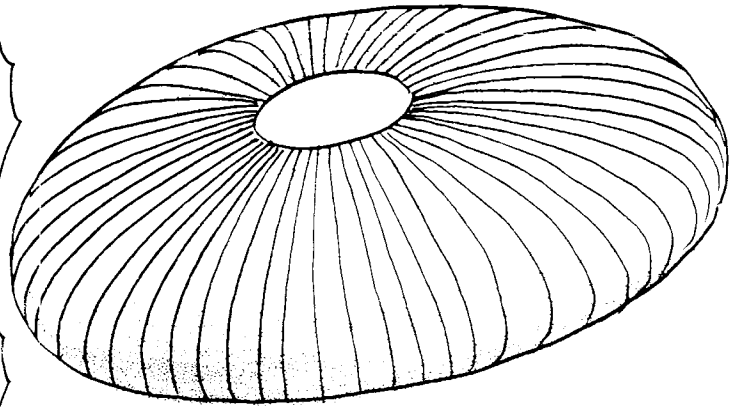
THE WIRES WILL BE COOLED TO VERY LOW TEMPERATURE WITH LIQUID HELIUM.

⊙ AND ⊗ ARE VECTORS PERPENDICULAR TO THE PLANE OF THE DRAWING; ⊙ POINTING TOWARD THE READER, ⊗ AWAY FROM THE READER.

YOU GET A MAGNETIC FIELD WHICH REVERSES EVERY 2 MILLIMETERS.

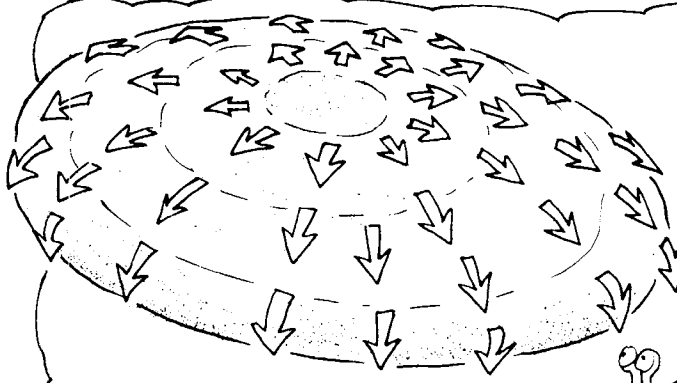
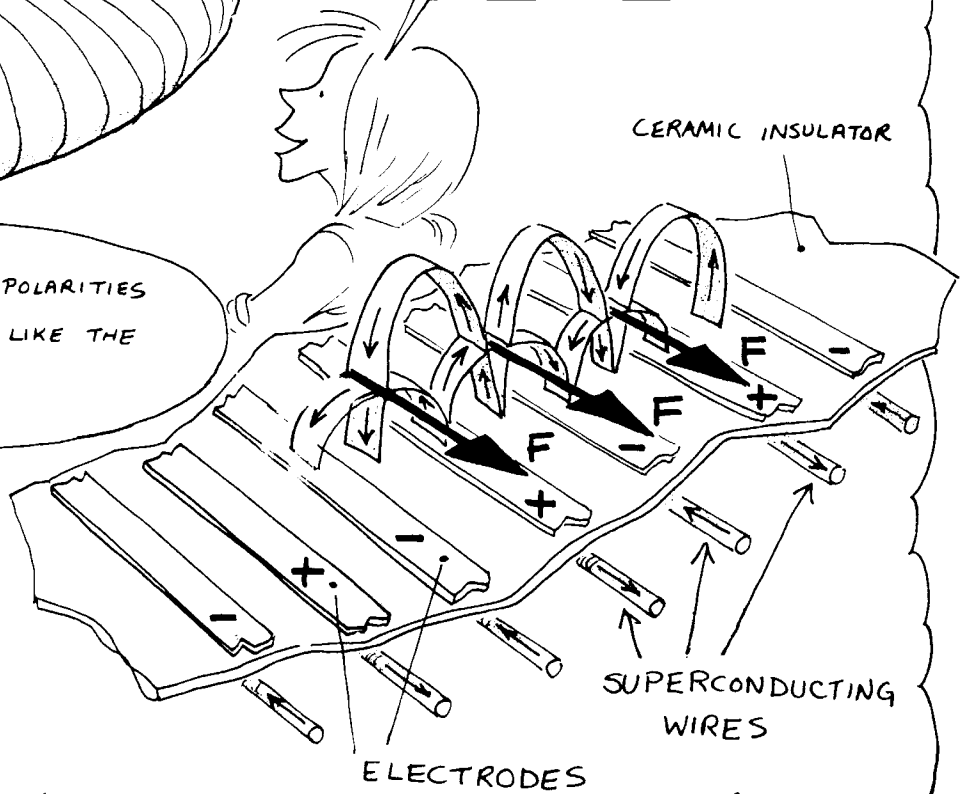
THE WIRES WILL FOLLOW THE MERIDIANS OF THE VEHICLE.

AND I'LL COVER THEM WITH THIN CERAMIC TILES.



OVER THE TOP OF THE TILES I'LL PUT THE ELECTRODES, ALSO ALIGNED WITH THE MERIDIANS.

AND YOU ALTERNATE THE POLARITIES OF THE ELECTRODES — JUST LIKE THE PARIETAL ACCELERATOR



THAT WILL CREATE THIS KIND OF FORCE FIELD AROUND THE APPARATUS.

I CAN PUT THE WIRES AND THE ELECTRODES VERY CLOSE TOGETHER, WHICH HAS SEVERAL ADVANTAGES.



FIRST, IT KEEPS DOWN THE VOLTAGE I NEED TO APPLY TO THE ELECTRODES.

SECOND, IT KEEPS DOWN THE VOLUME IN WHICH THE MAGNETIC FIELD IS CREATED. IN PRACTICAL TERMS, THAT'S THE AREA OF THE SURFACE OF THE MACHINE, MULTIPLIED BY THE SPACING BETWEEN THE WIRES.

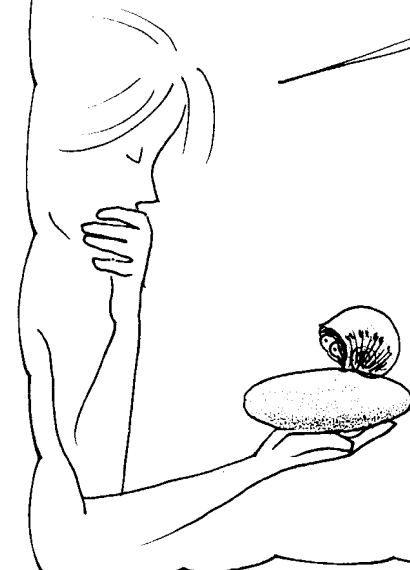
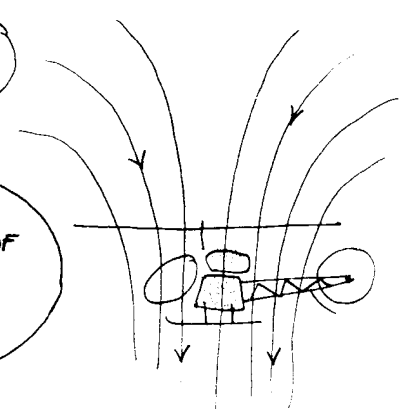
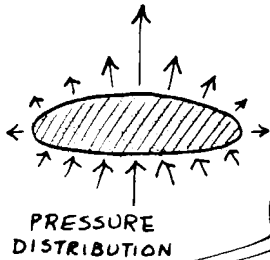
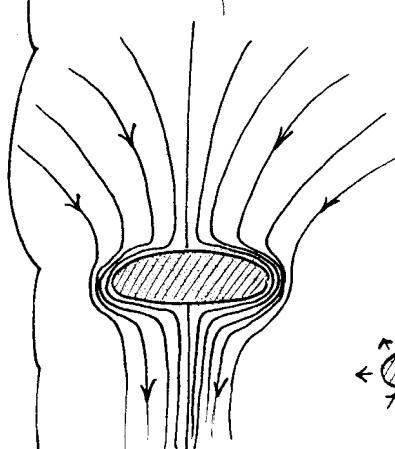
THIRD, THE ACTION TAKES PLACE IN A THIN LAYER, CONCENTRATING THE IONIZATION, THE FORCE.

AND HERE'S THE GASEOUS FLOW THAT RESULTS.

IT'S LIKE A SORT OF ELECTROMAGNETIC HELICOPTER.

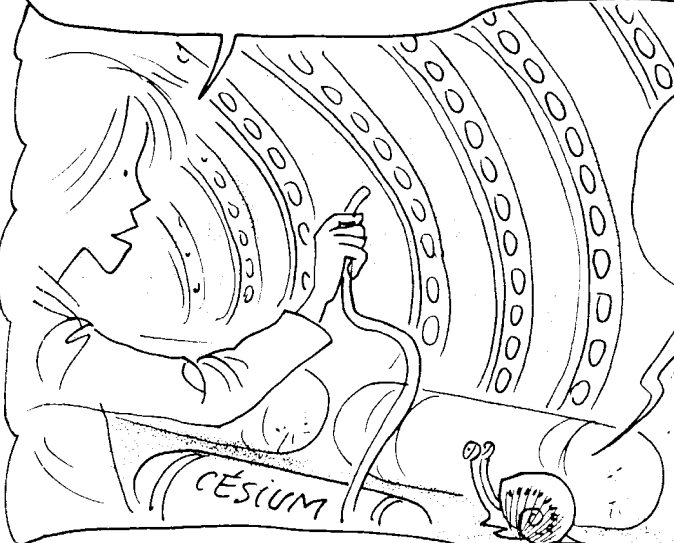
IT JUST REMAINS TO PRODUCE ENOUGH IONIZATION, THAT IS, ENOUGH FREE ELECTRONS IN THE LAYER OF GAS.

IF YOU PUT THE ELECTRODES A MILLIMETER APART AND USE A THOUSAND VOLTS, THAT SHOULD BE ENOUGH TO STRIP ELECTRONS FROM THE ATOMS, FREEING THEM FOR A CURRENT TO PASS.

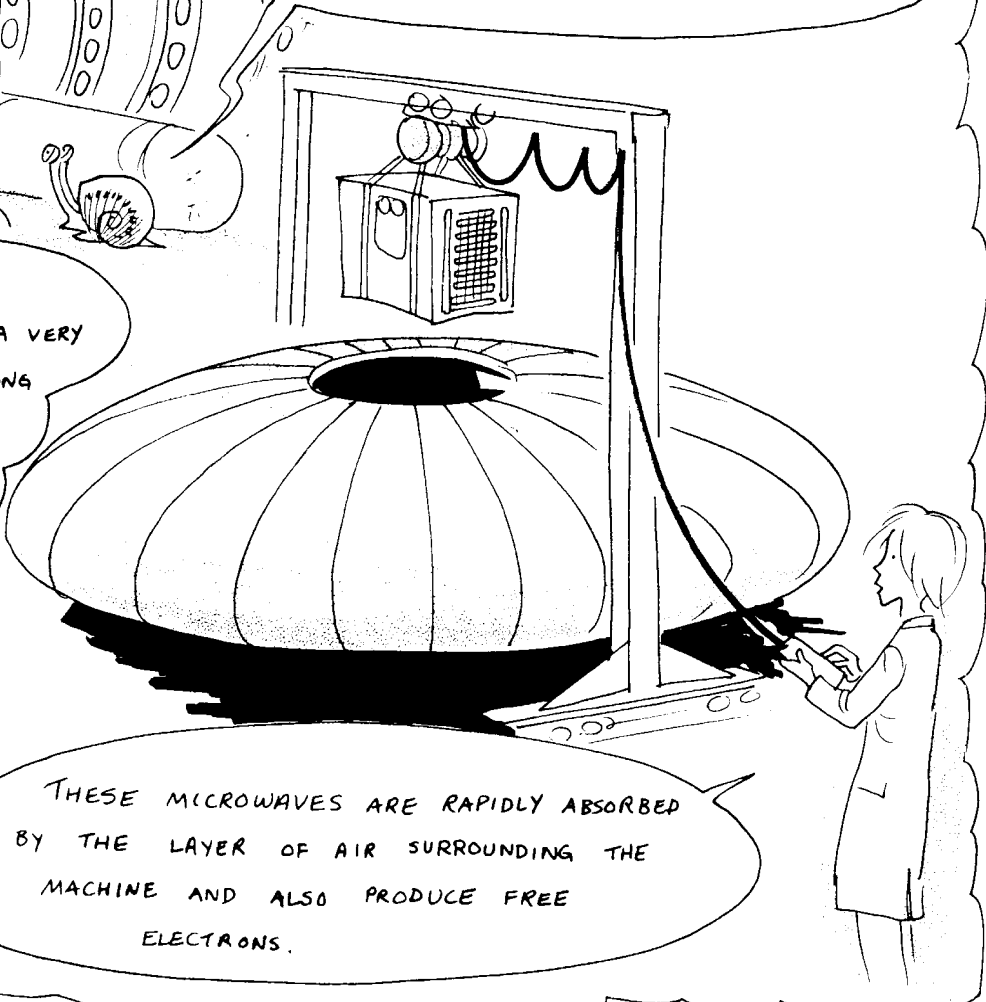


THE IONIZATION PROBLEM


THE COMPONENT OF THE AIR THAT PROVIDES FREE ELECTRONS ISN'T OXYGEN OR NITROGEN, BUT NITROUS OXIDE (NO). BUT THE SIMPLEST SOLUTION IS TO ENRICH THE AIR WITH A SUBSTANCE THAT GIVES OFF PLENTY OF FREE ELECTRONS, SUCH AS CESIUM OR SODIUM.



SO WE BORE PORES THROUGH THE CERAMIC COVERING, AND EMIT SMALL QUANTITIES OF CESIUM VAPOR THROUGH THEM DURING FLIGHT.



ON BOARD, ARCHIE'S GOT A GENERATOR PRODUCING A VERY HIGH FREQUENCY ALTERNATING ELECTRIC FIELD IN THE SURROUNDING AIR (THREE THOUSAND MEGAHERTZ).



THESE MICROWAVES ARE RAPIDLY ABSORBED BY THE LAYER OF AIR SURROUNDING THE MACHINE AND ALSO PRODUCE FREE ELECTRONS.

LAYER OF PLASMA

PATH OF A MOLECULE OF GAS

IONIZATION

DEIONIZATION ACCOMPANIED BY LIGHT EMISSION

RIGHT, I RECKON THAT'S THE LOT. AN INTERNAL TELEVISION CIRCUIT, USING MICROCAMERAS DISTRIBUTED OVER THE SURFACE, WILL GIVE AS GOOD A VIEW OF THE OUTSIDE.

T MINUS TEN AND COUNTING...

WHAT'S THAT GADGET?

IONIZATION!

IT'S LUMINOUS... REDDISH....

STRIKE ME PINK! LENNY AND HIS FRIEND, OVER THERE....

THEY'D BETTER LOOK OUT FOR THE MICROWAVES!

WE'D BETTER MOVE AS FAST AS WE CAN!

RAISE THE LANDING-GEAR!

CRAZY... IT FLIES
JUST LIKE A HELICOPTER.

!?

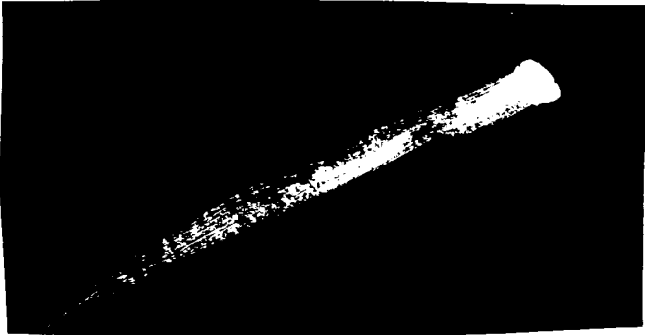
SOPHIE!

EXCEPT THAT INSTEAD OF
CHANGING THE ANGLE OF THE ROTOR
BLADES, YOU ALTER THE CURRENTS.

LOOK AT THESE TWO! WHAT'S HAPPENED TO THEM?
THEY LOOK LIKE THEY'VE SEEN THE DEVIL.

IT'S WEIRD.
THEY'RE TOTALLY ZONKED OUT...

THE MHD AERODYNE CONTINUES ON ITS WAY, LEAVING BEHIND A LONG, BRIGHT TRAIL OF CESIUM VAPOR.



PILE ON THE COALS!

THE POWER INCREASES, AND THE MACHINE ASSUMES THE ASPECT OF A SHOOTING STAR...

OH GOSH, WOW, GOLLY! WE'RE GOING AT LEAST FOUR OR FIVE TIMES FASTER THAN SOUND!

HEY, ARCHIE... SINCE WE'RE CONTROLLING THE GAS FLOW COMPLETELY, WE'RE FLYING WITHOUT ANY TURBULENCE OR SHOCKWAVES, RIGHT?

I GUESS.

ERGO... NO NOISE.

FIRST THERE'S THE SOUND BARRIER... THEN THE HEAT BARRIER... AND NOW, I GET THE FEELING WE'VE BROKEN...

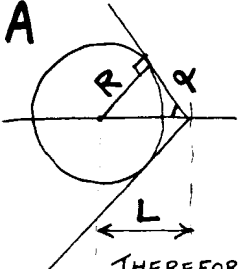


THE SILENCE BARRIER

THE
END

SCIENTIFIC APPENDIXES

A DURING A TIME t , AN EMITTED WAVE PROPAGATES RADIALLY TO A DISTANCE $R = V_s t$, WHILE THE OBJECT MOVES $L = Vt$.



THEREFORE $\frac{V}{V_s} = \frac{L}{R}$ $\sin \alpha = \frac{V_s}{V} = \frac{R}{L}$

B IT IS POSSIBLE TO ACT ON THE WAVE SYSTEM IF THE ENERGY RECEIVED BY THE VOLUME ELEMENT **JBL** (WORK DONE BY THE LAPLACE FORCE ALONG THE INTERACTION LENGTH) IS GREATER THAN THE KINETIC ENERGY $\frac{1}{2} \rho V^2$. IN SALT WATER ELECTROLYSIS LIMITS **J** TO 1 A/CM² (10⁴ A/M²). SUPPOSE $V = 8$ CM/SEC. $\phi = 2$ MM ASSUME THE CYLINDER GOES 8MM (8 x 10⁻³ M), WITH AN INTERACTION LENGTH EQUAL TO THE SIZE OF THE ELECTRODE: 2 x 10⁻³ M; AND $\rho = 10^3$ KG/M³. IF $B = 1$ TESLA (10,000 GAUSS) THE INTERACTION PARAMETER IS $S = \frac{2JBL}{V^2} = 10$. THE BOW WAVE IS ANNIHILATED...

C THE BOAT HAS A THRUST OF 1 GRAM. OR 10⁻³ KG OR 10⁻² NEWTONS. IT TRAVELS AT 0.1 M/SEC, CORRESPONDING TO A POWER OF 10⁻³ WATTS. THE GENERATOR SUPPLIES 25 VOLTS, 20 AMPERES, THAT IS, 500 WATTS. THE EFFICIENCY IS THUS $\eta = \frac{10^{-3}}{500} = 2 \times 10^{-6}$. FLUID PASSES THROUGH THE ACCELERATOR IN TIME t . SO THE PROPULSIVE POWER IS $\frac{JBL}{t}$. BUT $\frac{1}{t}$ IS THE SPEED V . MOREOVER, THE POWER DISSIPATED BY THE JOULE EFFECT IS J^2/σ , WHERE σ IS THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY. SO THE EFFICIENCY IS $\eta = \frac{JBV}{JBV + J^2/\sigma}$ WITH $\sigma = 10$ MHOS/M
 $B = 25$ TESLAS
 $V = 20$ M/SEC
 $J = 10^4$ A/M² WE GET $\eta = 0.33$ THE EFFICIENCY INCREASES WITH V .

D THE EXCESS PRESSURE AT THE STATIONARY POINT WILL BE, IN ALL, $\frac{1}{2} \rho V^2$, WHERE ρ IS THE DENSITY OF THE AIR (1.3 KG/M³) AND V IS THE SPEED OF THE OBJECT. FOR A FRONTAL AREA OF 1 M², THE POWER **P** LOST IN THE WAVE TRAIN WILL BE $\frac{1}{2} \rho V^3$.

IF $V = 600$ M/S $P = 200$ MW
 IF $V = 1500$ M/S $P = 2000$ MW

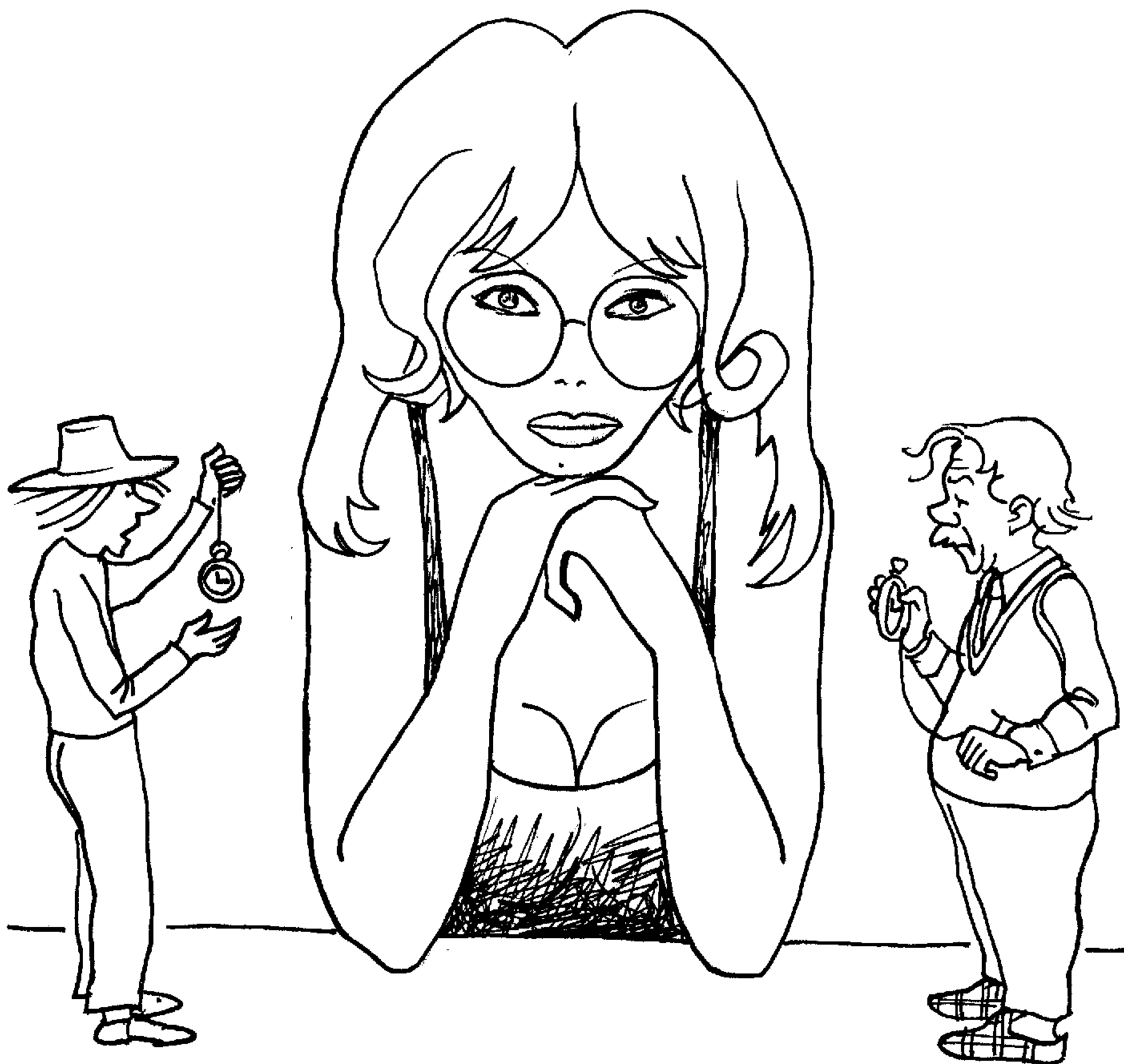
E THE POWER ASSOCIATED WITH MHD ACCELERATION IS **JBV**. WITH $J = 10^4$ A/M², $B = 4$ TESLAS, $V = 1000$ M/SEC, WE HAVE $JBV = 40$ MW/M³. IF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE AIR (AWAY FROM EQUILIBRIUM) REACHES 10 MHOS/M, THAT OF SALT WATER, THEN THE HEAT J^2/σ PRODUCED BY THE JOULE EFFECT, CORRESPONDS TO A POWER OF 10 MW/M³. IT'S ATTAINABLE. IT WOULD BE BEST TO WORK WITH **B** LARGE (20 TESLAS) AND TO INCREASE ARTIFICIALLY THE CONDUCTIVITY σ (BY EMITTING ALKALI THROUGH A POROUS WALL OR VIA THE ACTION OF MICROWAVES).



Las aventuras de Anselmo Chirigota

TODO ES RELATIVO

de **Jean-Pierre Petit**



Traducción castellana de F. Xavier Safont J.



El autor: Jean-Pierre Petit


Jean-Pierre Petit, aunque retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más, puede visitar su página web en Internet:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos. Su finalidad es alcanzar la mayor difusión posible.

Y además
¡es verdad!

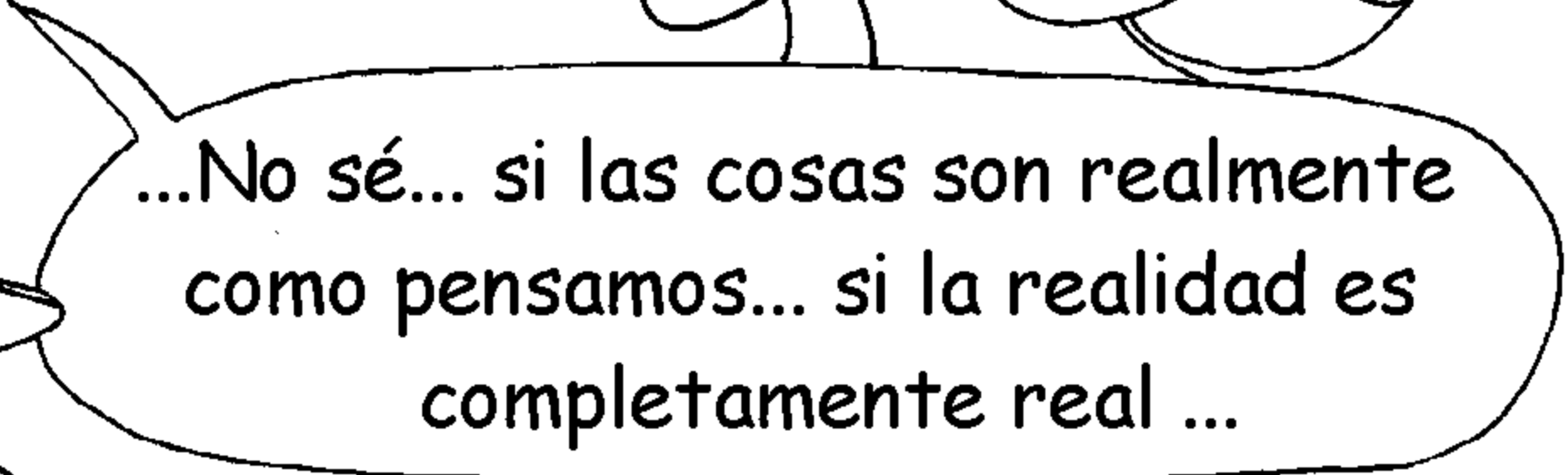





Sofía, a veces me pregunto ...




¿Qué? Querido mío



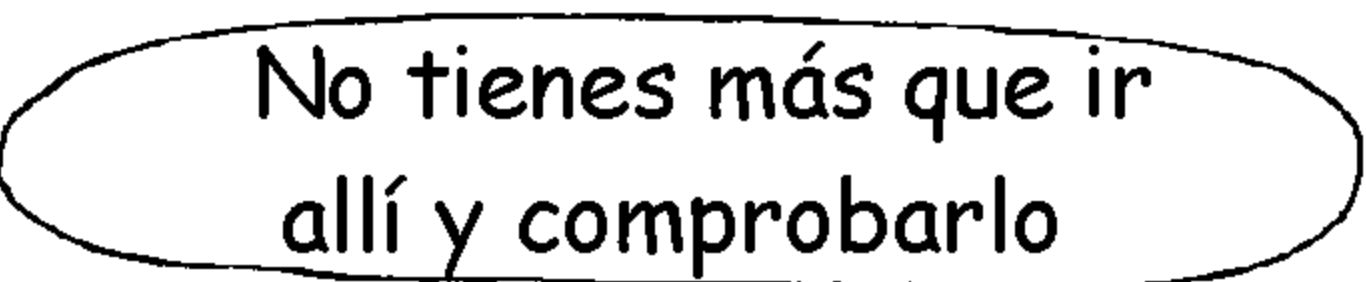
...No sé... si las cosas son realmente como pensamos... si la realidad es completamente real ...



Si no habrá otras cosas detrás de las cosas




¡Cuidado! Un universo puede esconder otro

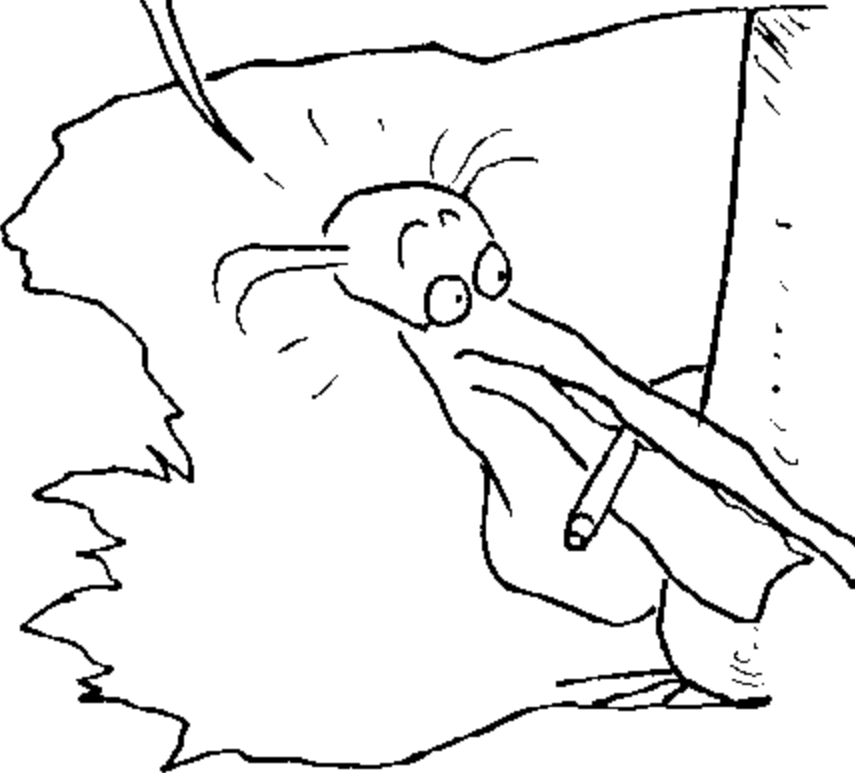


No tienes más que ir allí y comprobarlo

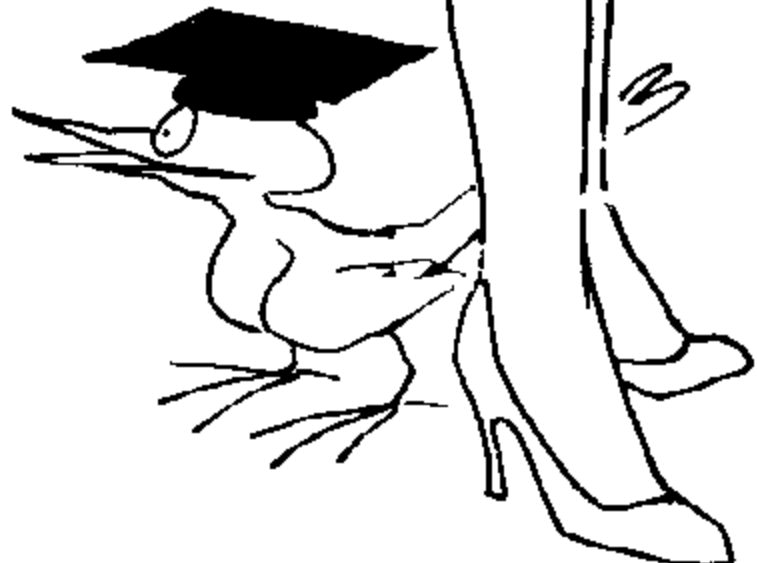




Alguien está
tocando el violín



Allá vamos, a las
catacumbas de la física



¡Venga vámonos!
aprenderemos trucos

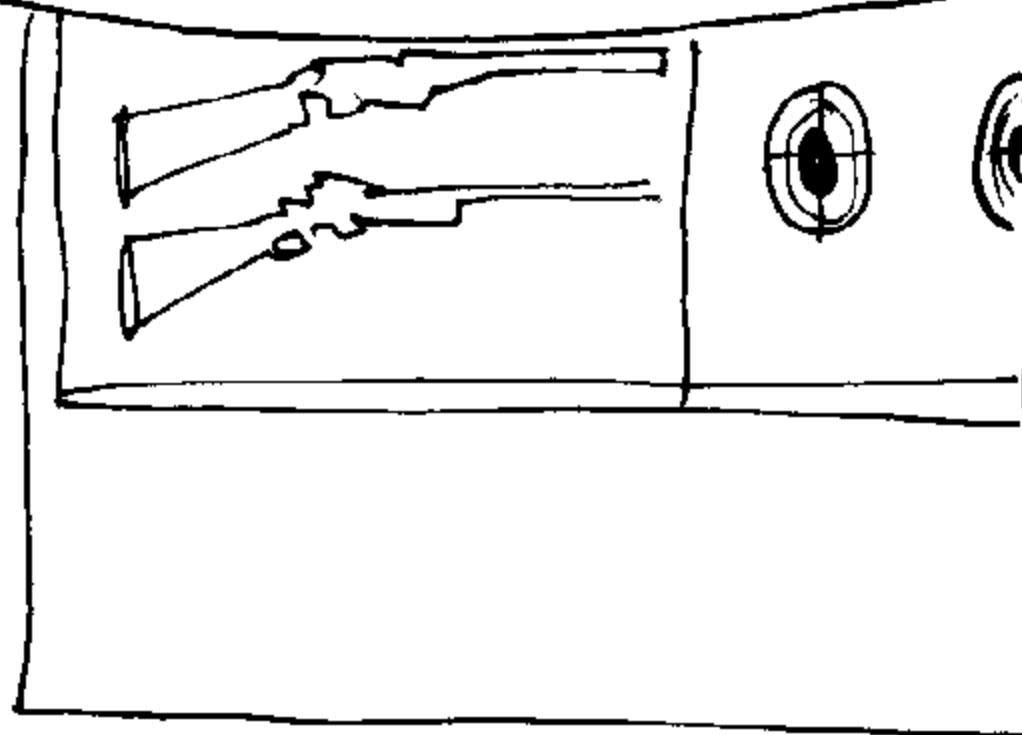
PARQUE CÓSMICO

SEÑOR ALBERT

propietario -- fundador



el sonido
viene de allá

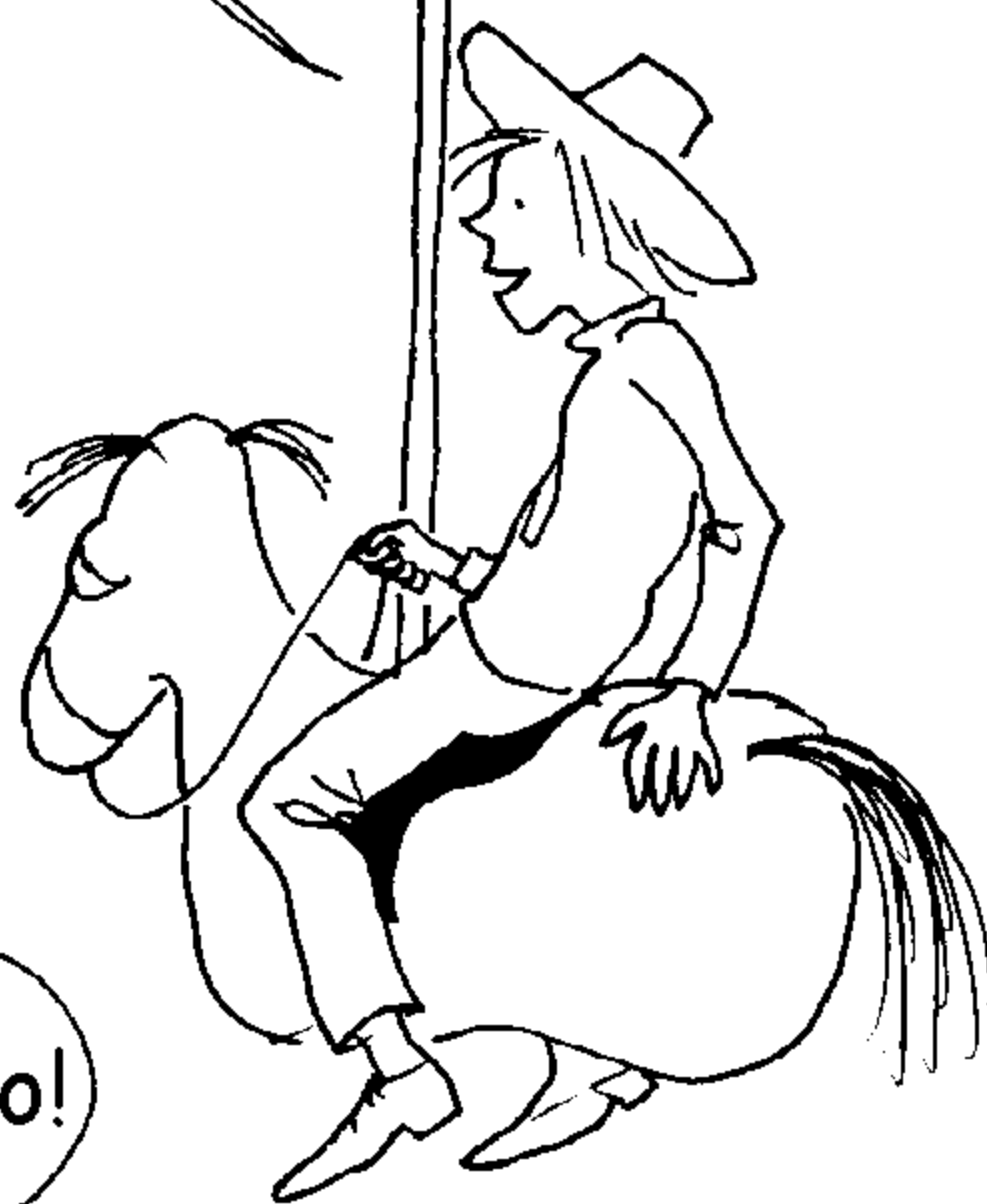




un billete para un minuto



¡De acuerdo!



¡Alto!

su reloj cuenta un minuto cada cincuenta y nueve segundos

¡En absoluto!
¡Es un minuto exacto!

Y es un **CRONOPERFECTO**,
que mide el tiempo
con absoluta
precisión

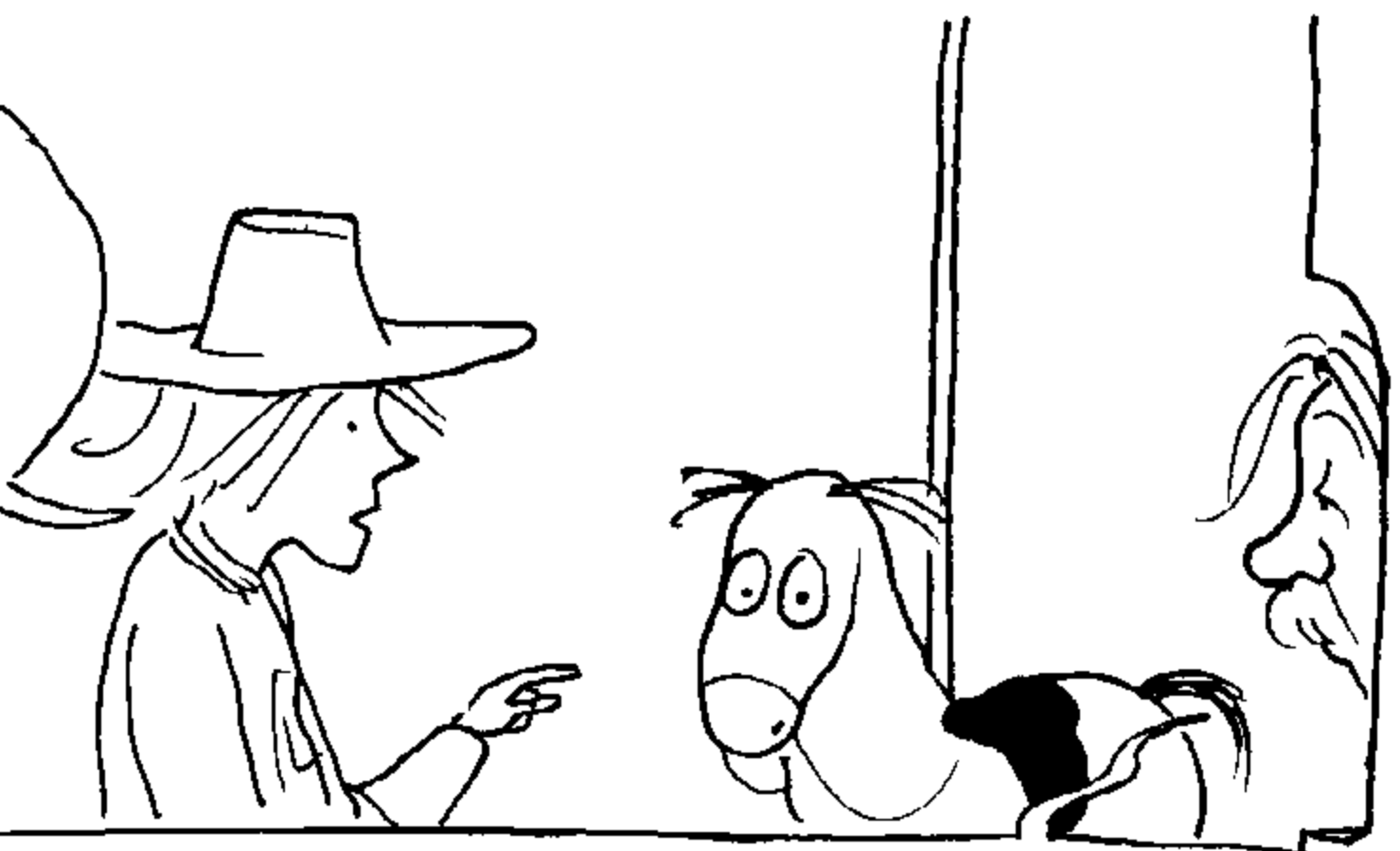
Yo también, tengo
un **CRONOPERFECTO**.
Extraordinario... ¡Un reloj
nuevo! Como no sea de una
serie defectuosa...

En fin ...
todavía está
en garantía...

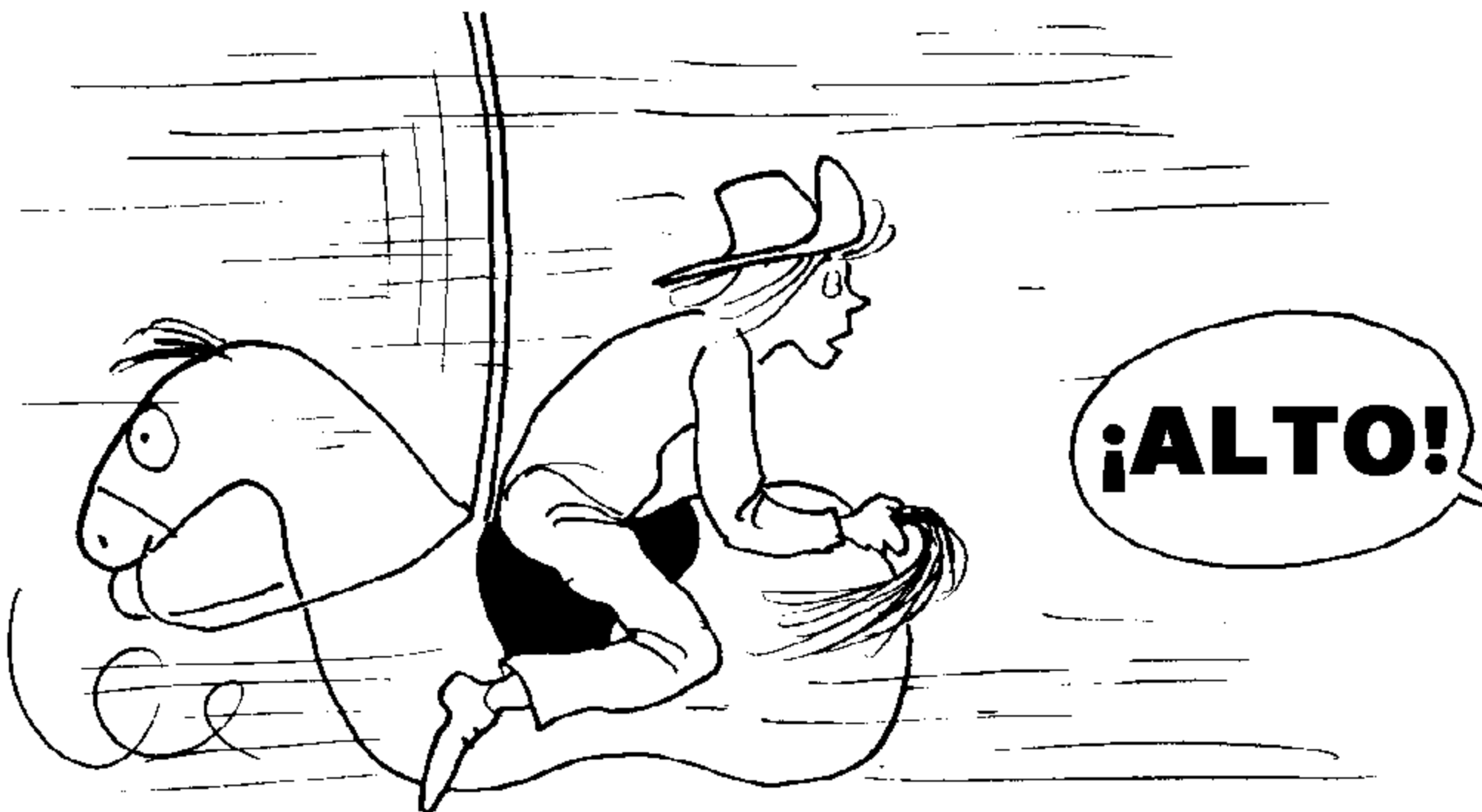
tu reloj funciona
perfectamente, Anselmo.
Los **CRONOPERFECTO**
son indegradables.

Luego, ¡lo
provoca el tiovivo!...

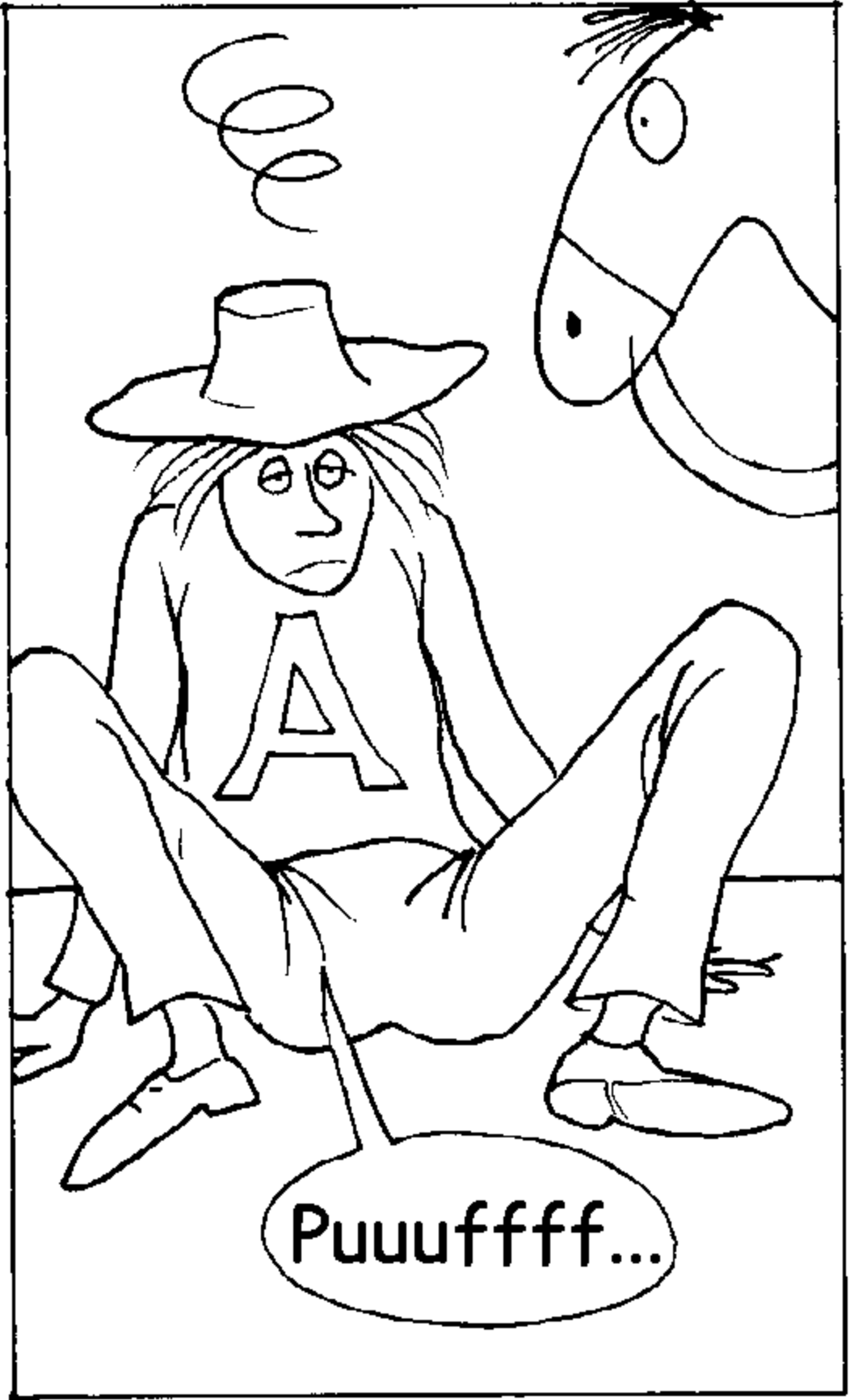
Oiga, señor Albert,
¿es posible hacer girar
el tiovivo al revés?



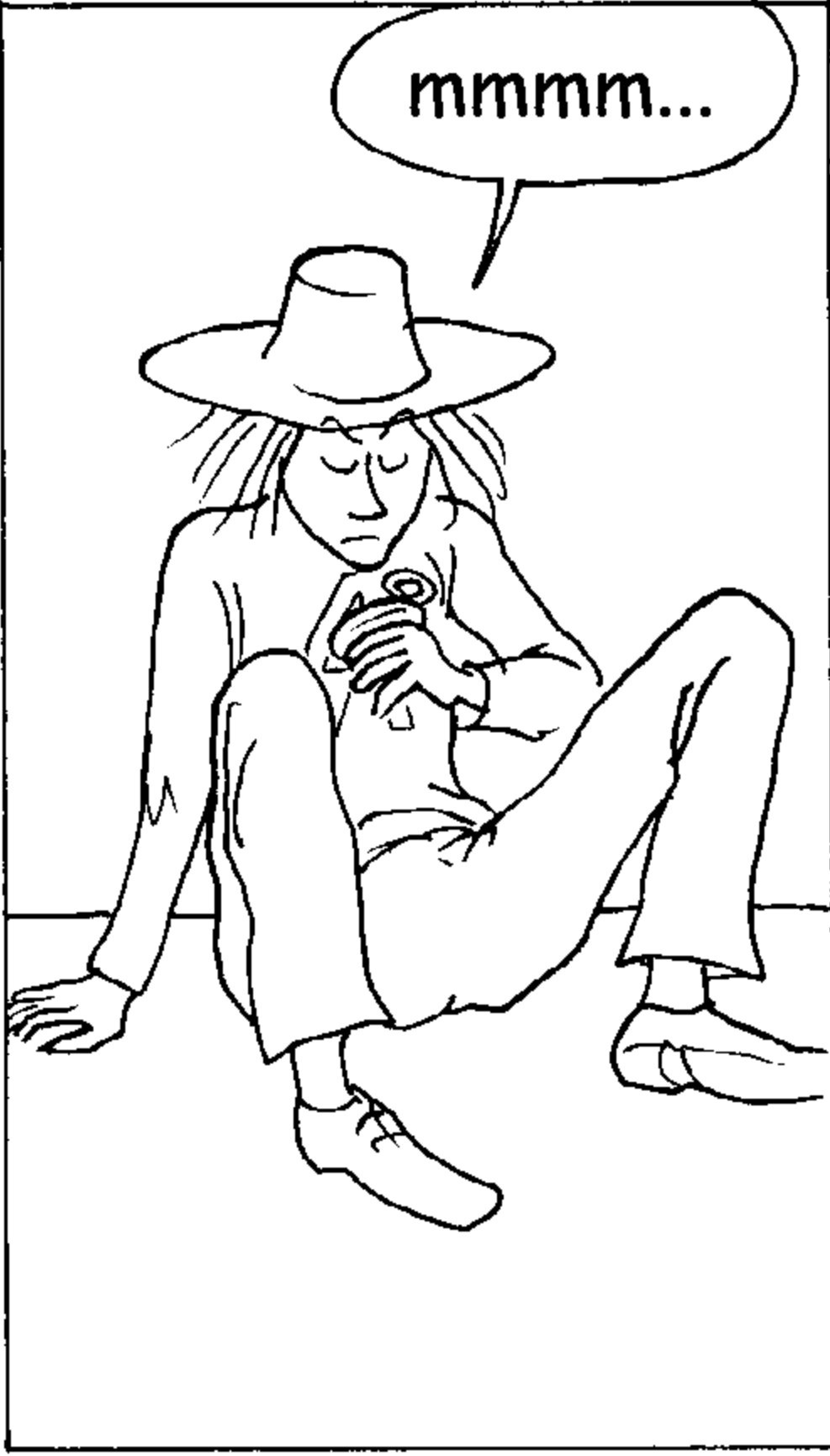
Ningún problema. Cuesta también un euro el minuto.



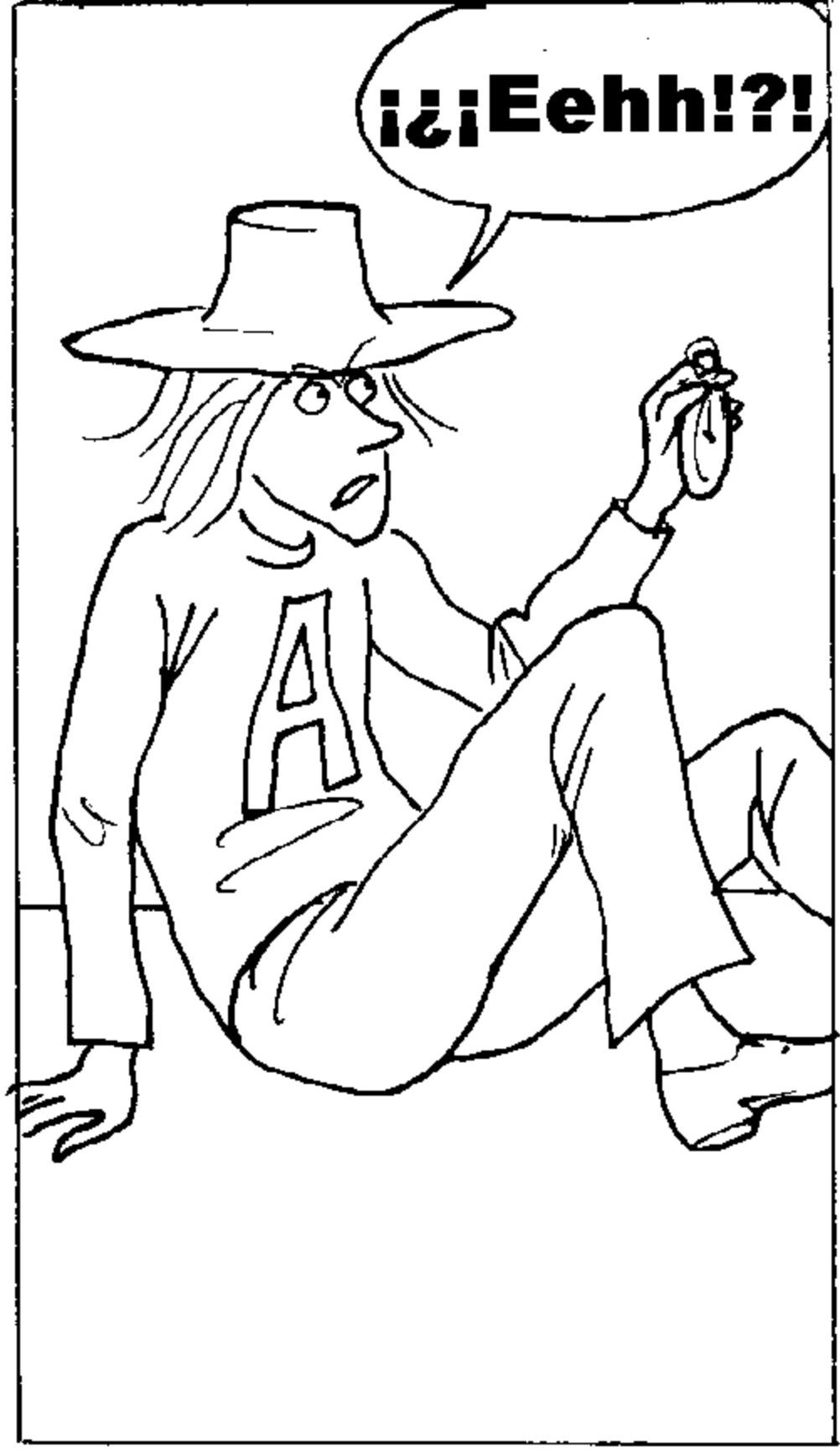
¡ALTO!



Puuuffff...



mmmm...



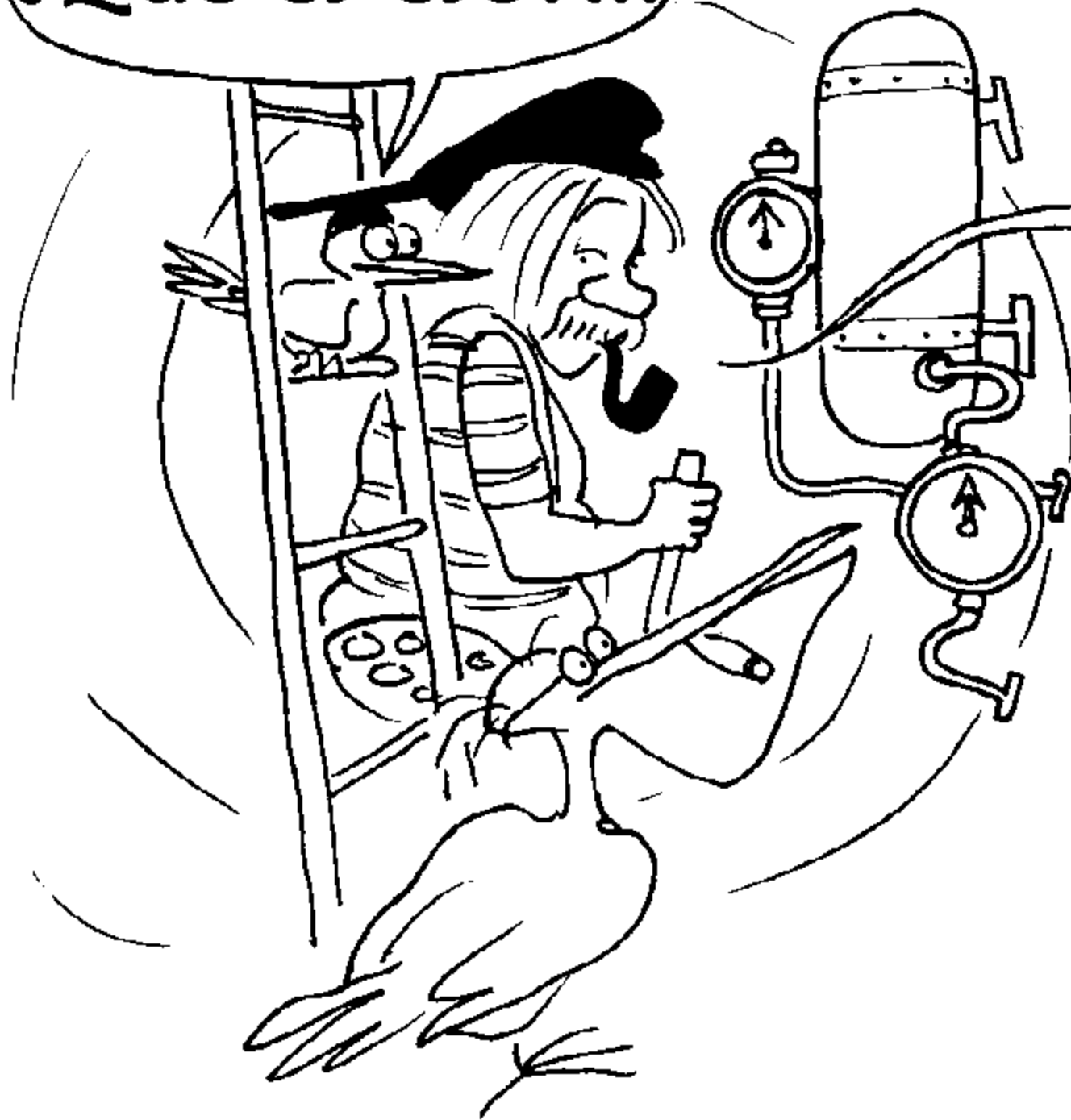
¿¡Eehh!?!



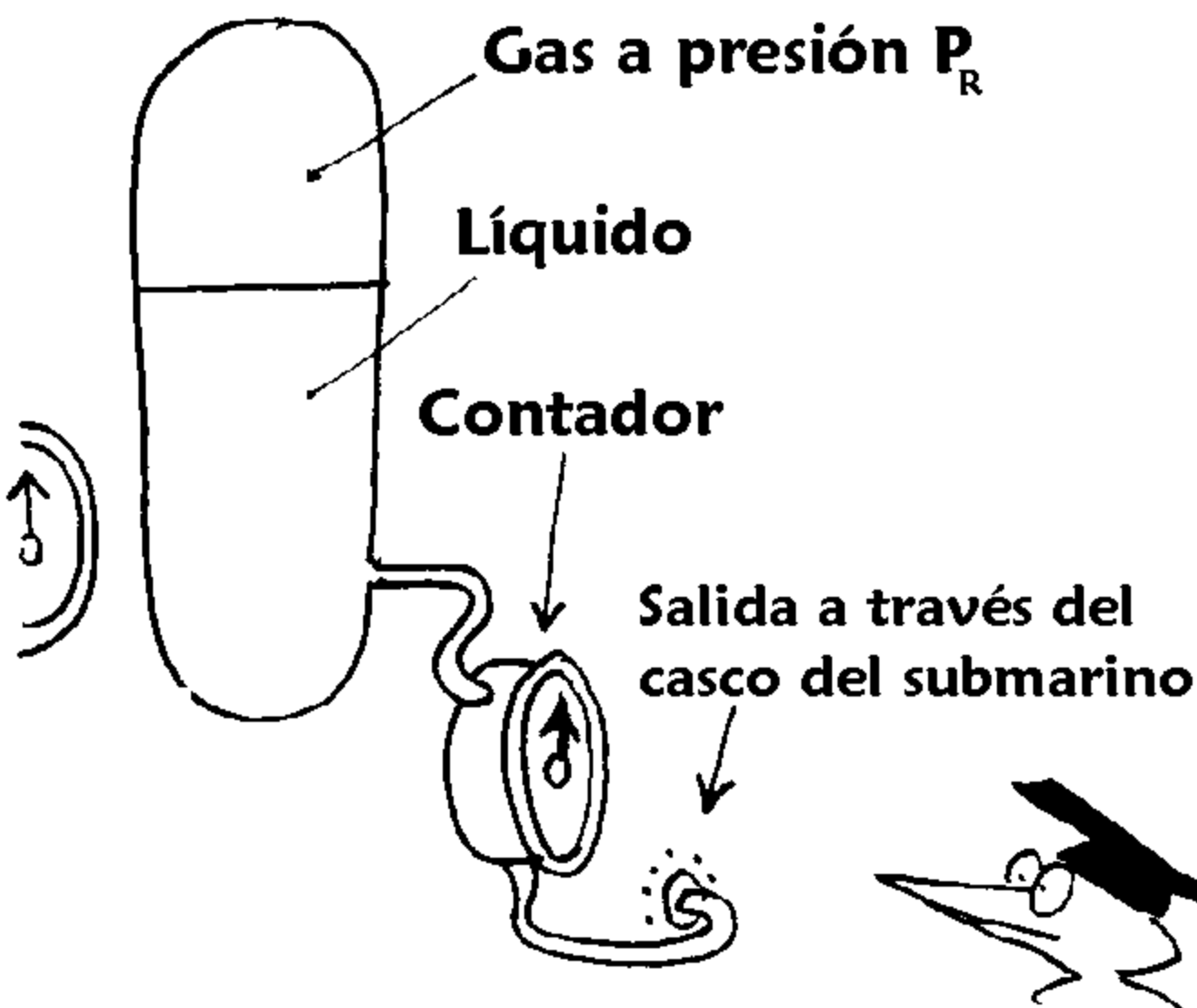
MIENTRAS TANTO...



¿Qué es eso?...



Es un reloj hidráulico. Un líquido, contenido en el depósito, tiene por encima un gas a presión P_R . El gas empuja al líquido hacia el exterior del submarino a través del contador.



El tiempo es el que fluye,
¿no es así? El viejo principio
de la clepsidra

¡Ah sí! Y el flujo es proporcional
a la diferencia entre la presión del
depósito y la presión exterior.

Mi submarino está equipado con
barras de lastre para posibilitar que
cuanto más deprisa vaya más
se sumerja.

Por ese motivo, para
medir la velocidad, nos basta
con un manómetro para medir
la presión exterior

¡Ya está,
lo comprendo!

Claro, ¡por eso
esta máquina va
muy rápido!

Bueno, subamos,
el minuto casi
ha pasado

¡Oh, mirad, es increíble!
Estamos en la página 25

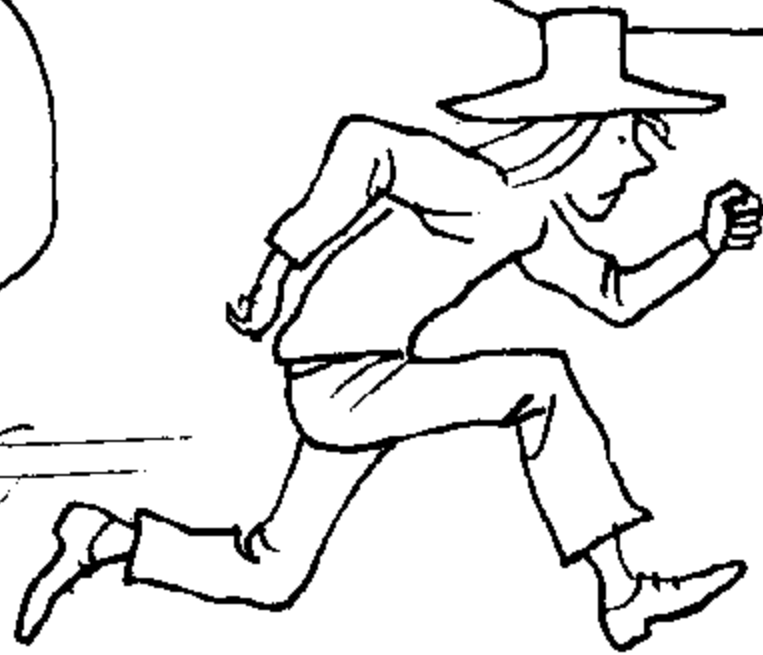
DEJEMOS A MAX Y LEÓN SUPERAR LAS CONSECUENCIAS DE SU AVENTURA SUBACUÁTICA Y VOLVAMOS CON ANSELMO:



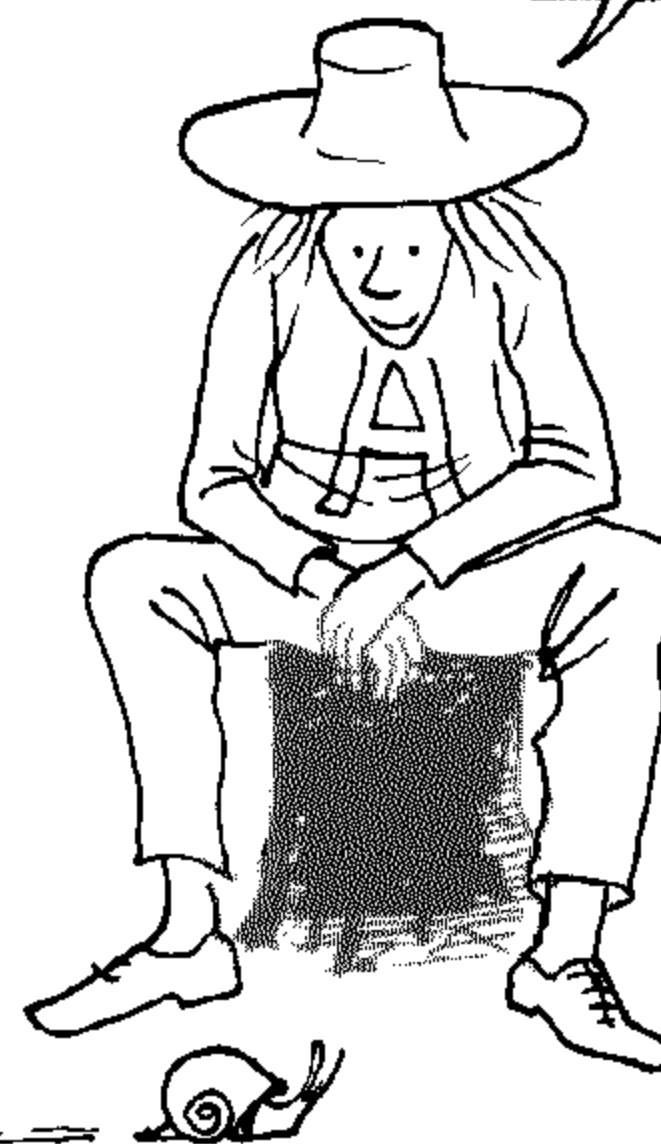
Es divertido cuando lo pienso. En el espacio, parece que siempre se pueda volver, sea cual sea la dirección elegida, parece que podremos ir en sentido opuesto

¡Vana
agitación!

Puedo ir mucho más
deprisa que Tiresio, el caracol,
y adelantarle

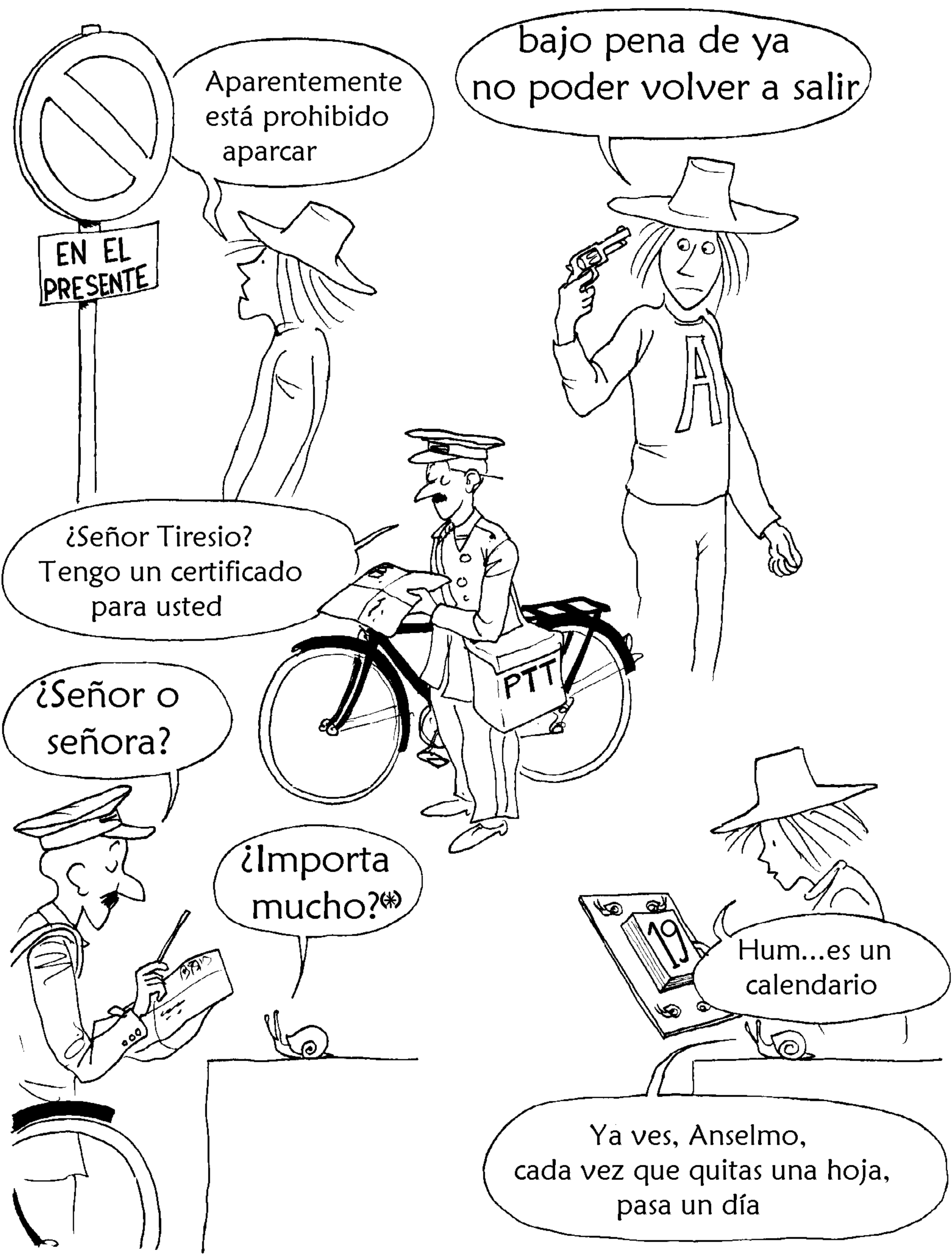


o pararme entonces y
dejar que me adelante



Pero cuando
se trata del tiempo
todo parece
distinto





Aparentemente
está prohibido
aparcar

bajo pena de ya
no poder volver a salir

¿Señor Tiresio?
Tengo un certificado
para usted

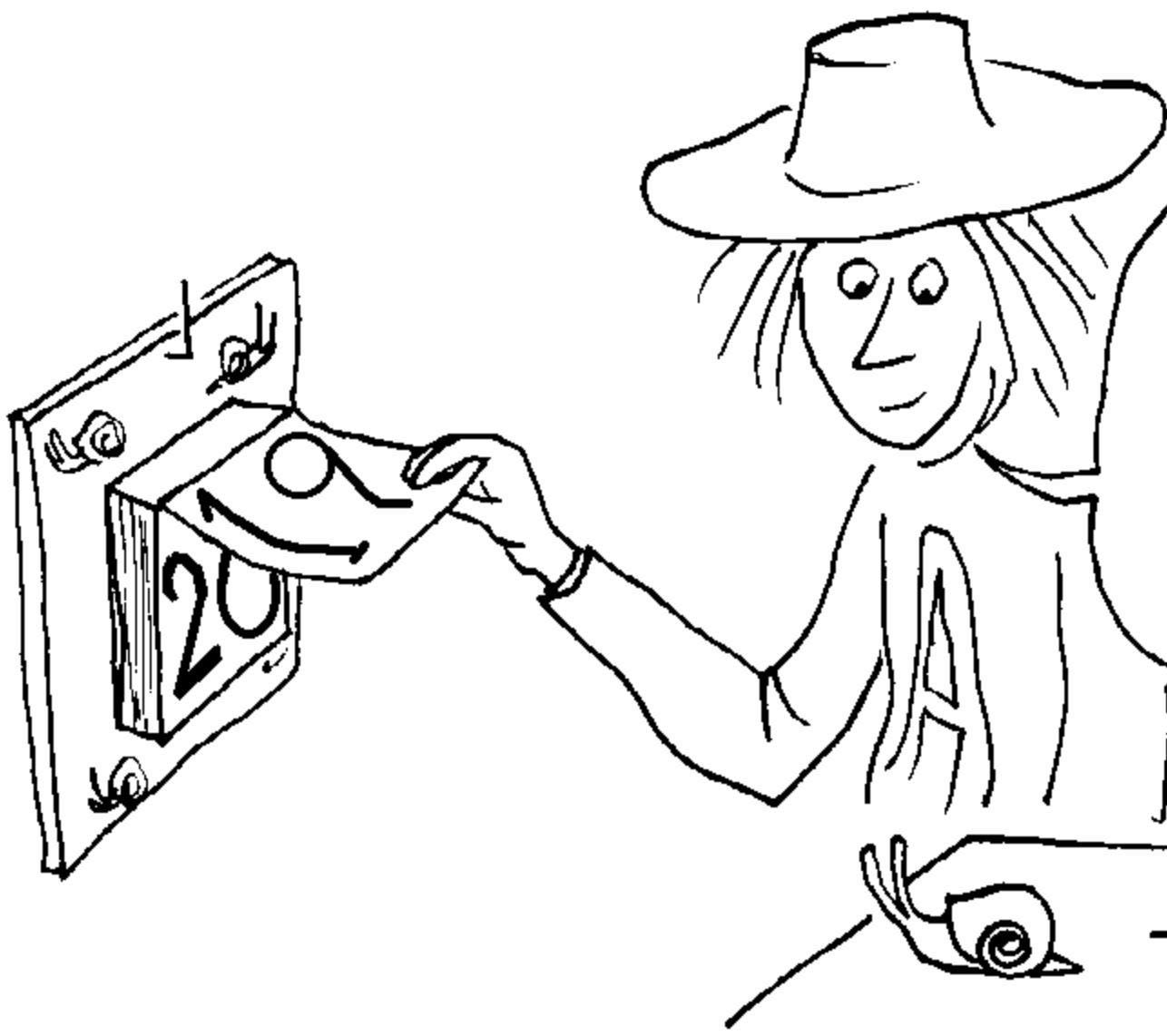
¿Señor o
señora?

¿Importa
mucho? (*)

Hum...es un
calendario

Ya ves, Anselmo,
cada vez que quitas una hoja,
pasa un día

(*) Como es bien sabido los caracoles son HERMAFRODITAS, es decir, cada individuo posee los dos sexos a la vez.



Pues no, Tiresio, no podemos actuar en el transcurso del tiempo. Para quitar esta hoja, tendrás que esperarte hasta mañana.

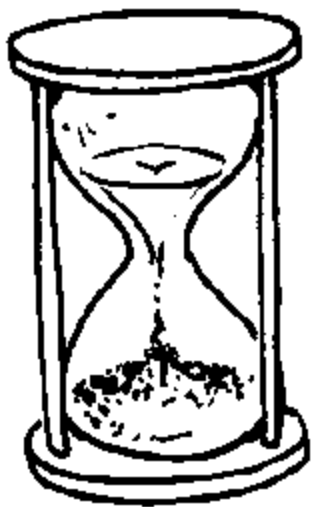
Ah...

EL ESPACIO-TIEMPO




Sofía, ¿Qué es el TIEMPO?

es una dimensión como las demás. Sube al columpio, te lo explicaré.



¡Ellos van a buscar trucos como siempre!





Dime, por ejemplo, por qué el tiempo discurre hacia el futuro y no hacia el pasado?

Espera que te filmo

¿Por qué entonces?

Pásame las tijeras

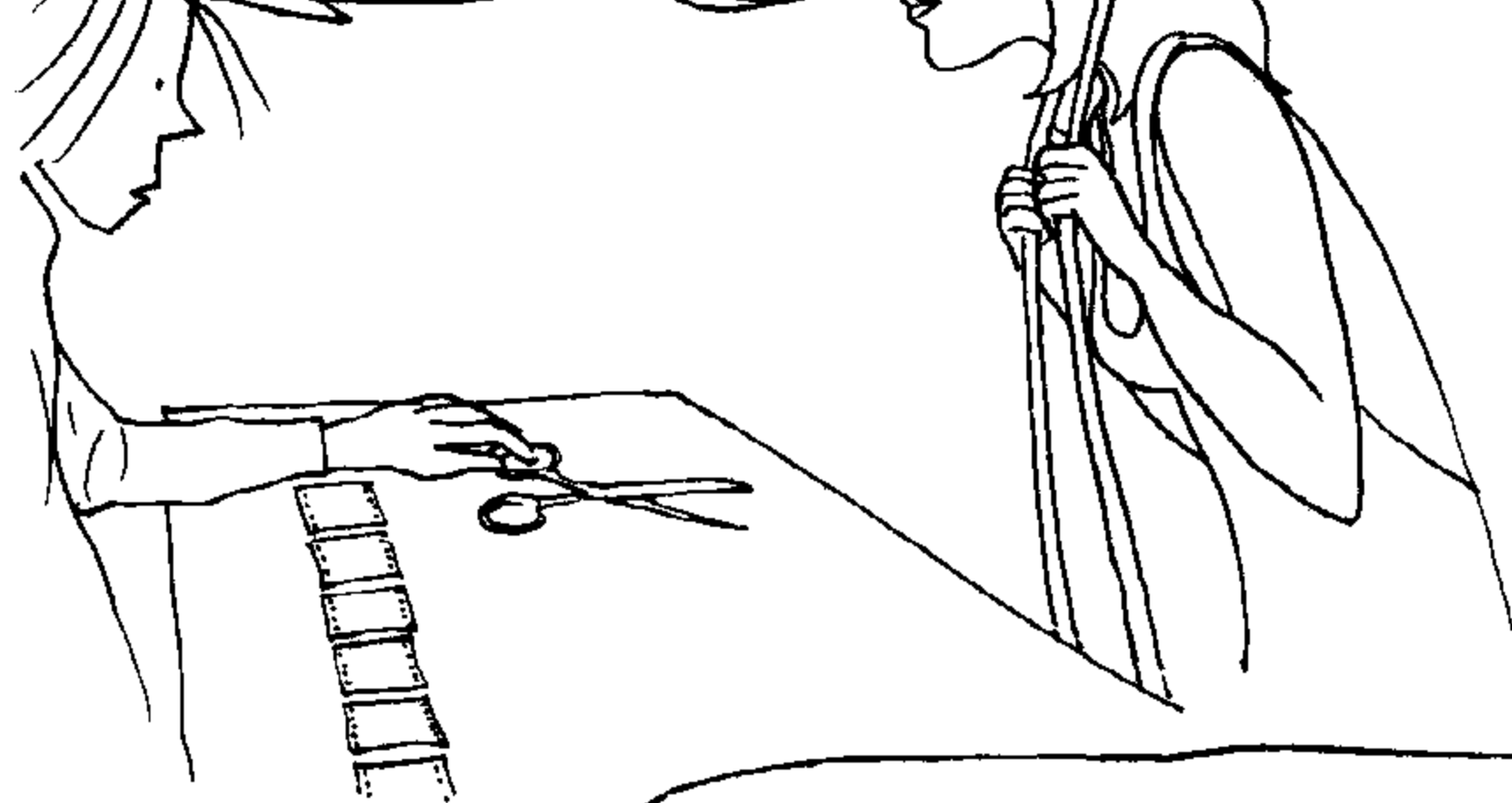


Verdaderamente tiene unos ojos arrebatadores

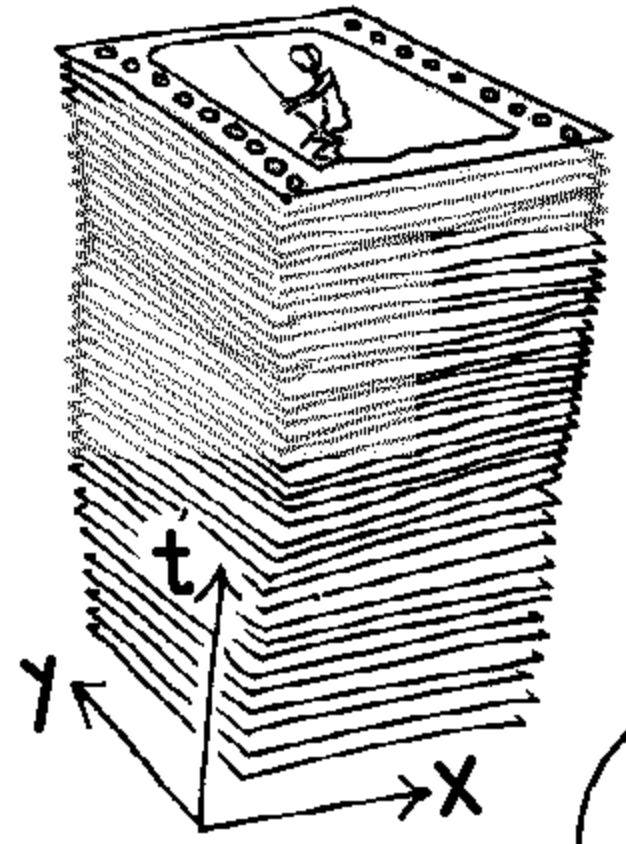


cada imagen de esta película se considera que fija un INSTANTE PRESENTE. Cada segundo de la película representa veinticuatro imágenes. Se trata pues de una sucesión discontinua de sucesos.

Ahora te voy a mostrar un truco: Apila esta sucesión de imágenes, de sucesos.



obtienes un espacio-tiempo

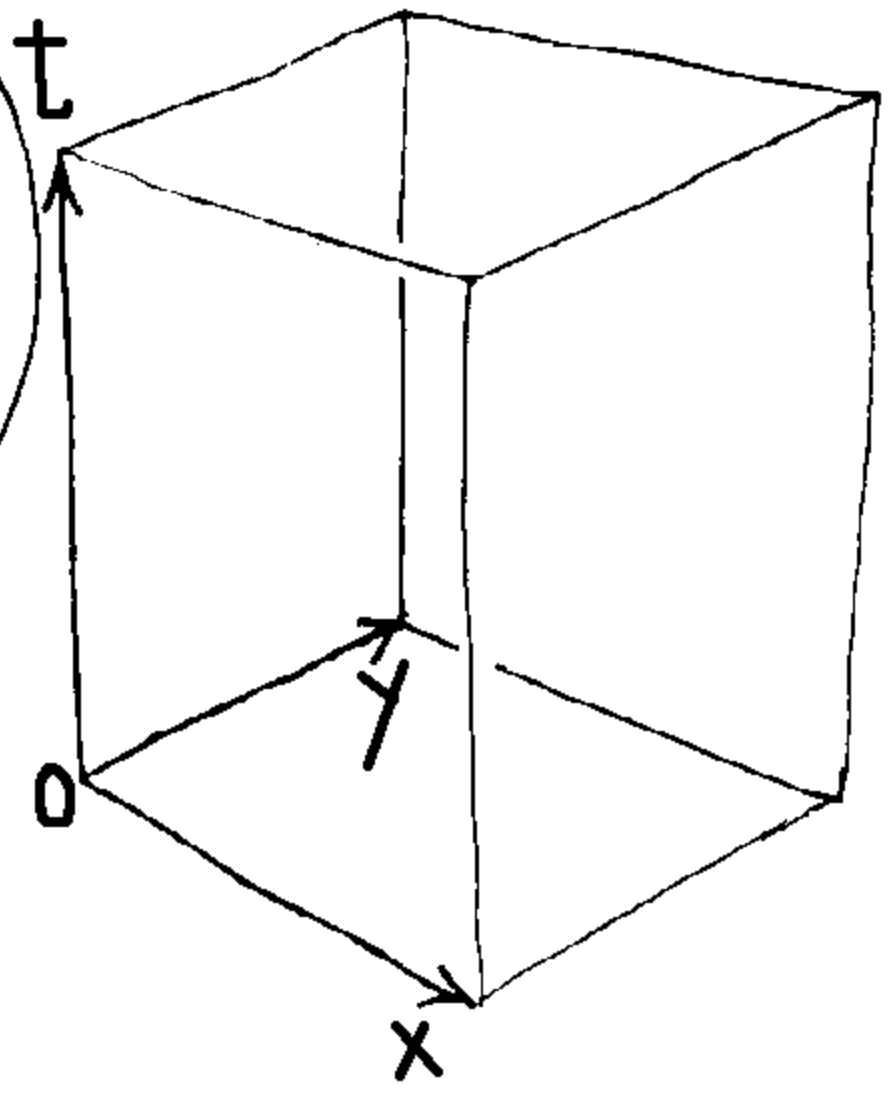


¿un espacio-tiempo?

Si aumentara el número de imágenes hasta el infinito, obtendría un espacio-tiempo CONTINUO tridimensional



Dos espaciales y una temporal





Recordemos que el número de DIMENSIONES de un ESPACIO es, simplemente, el número de valores que hay que especificar para determinar la posición de un PUNTO de este espacio.

Vivimos en un espacio-tiempo TETRADIMENSIONAL (de 4 dimensiones). En efecto, se necesitan cuatro cantidades, cuatro datos para tener una cita con alguien, para tener un encuentro en un mismo punto del espacio-tiempo.

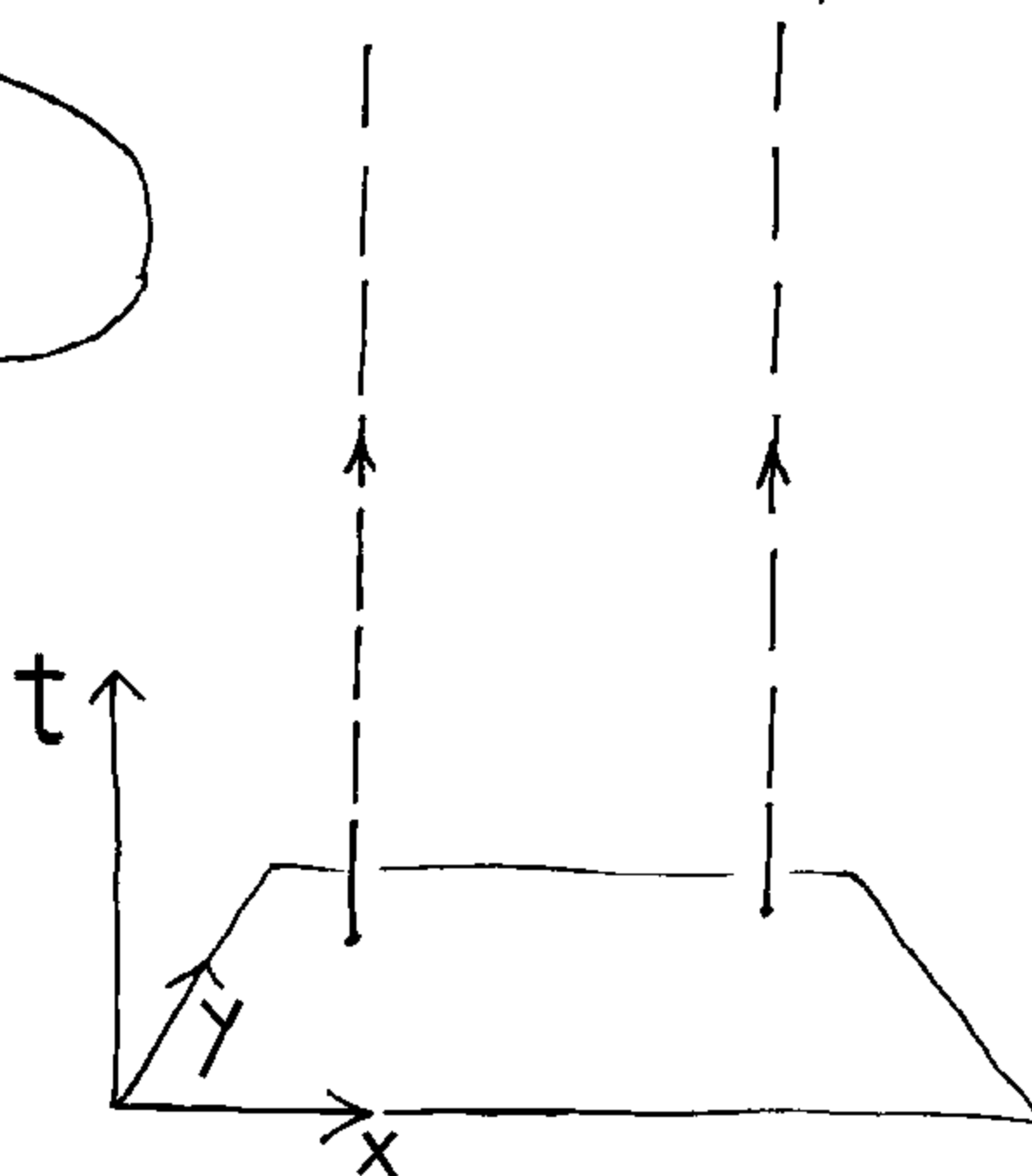
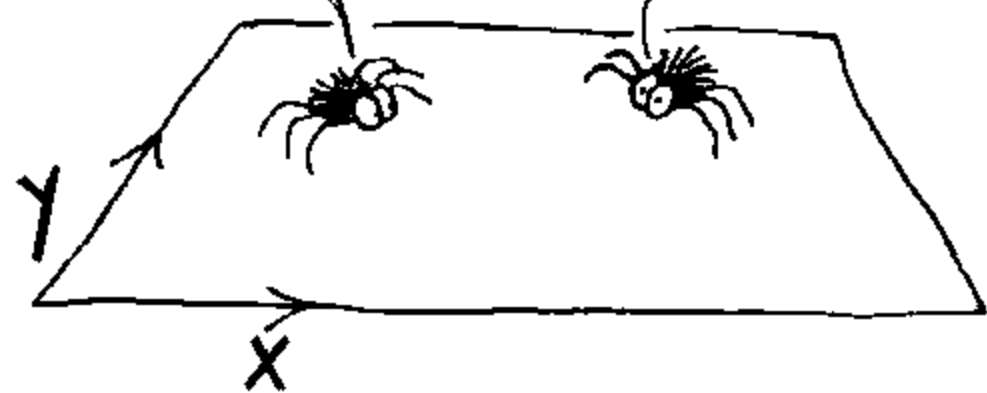
Tiresio me ha citado al número DOCE de la CUARTA calle, al TERCER piso. Pero este tonto ha olvidado precisarme la hora. ¡No tengo más que tres datos!



Volvemos, por comodidad de dibujo, al espacio-tiempo de tres dimensiones (dos espaciales y una temporal)

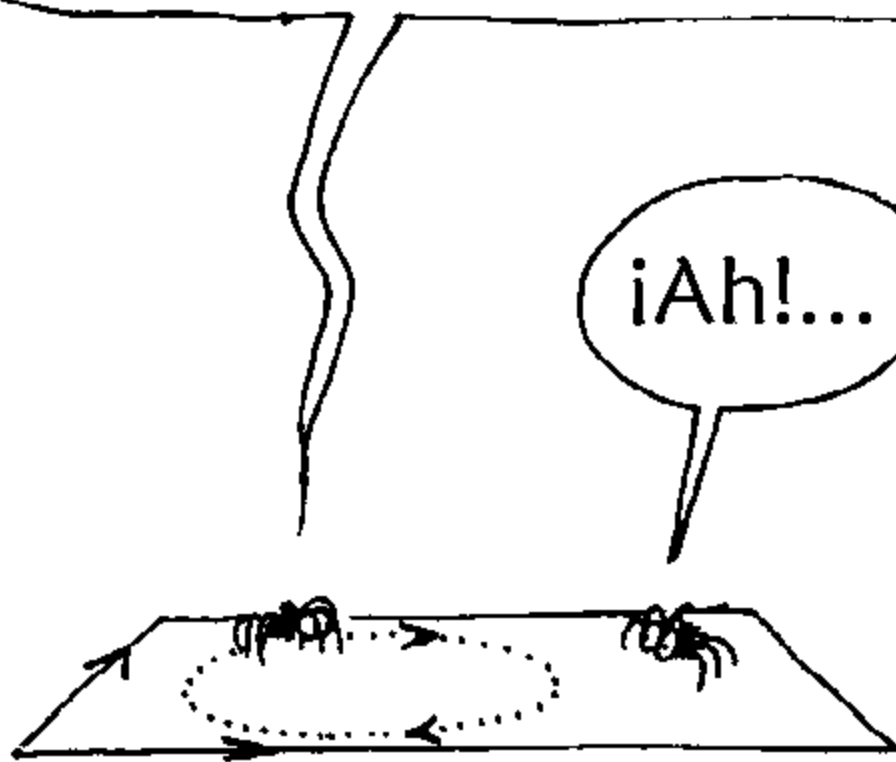
¿Sabes, querida amiga, que nos desplazamos por el tiempo?

Pero... ¡si estamos inmóviles!

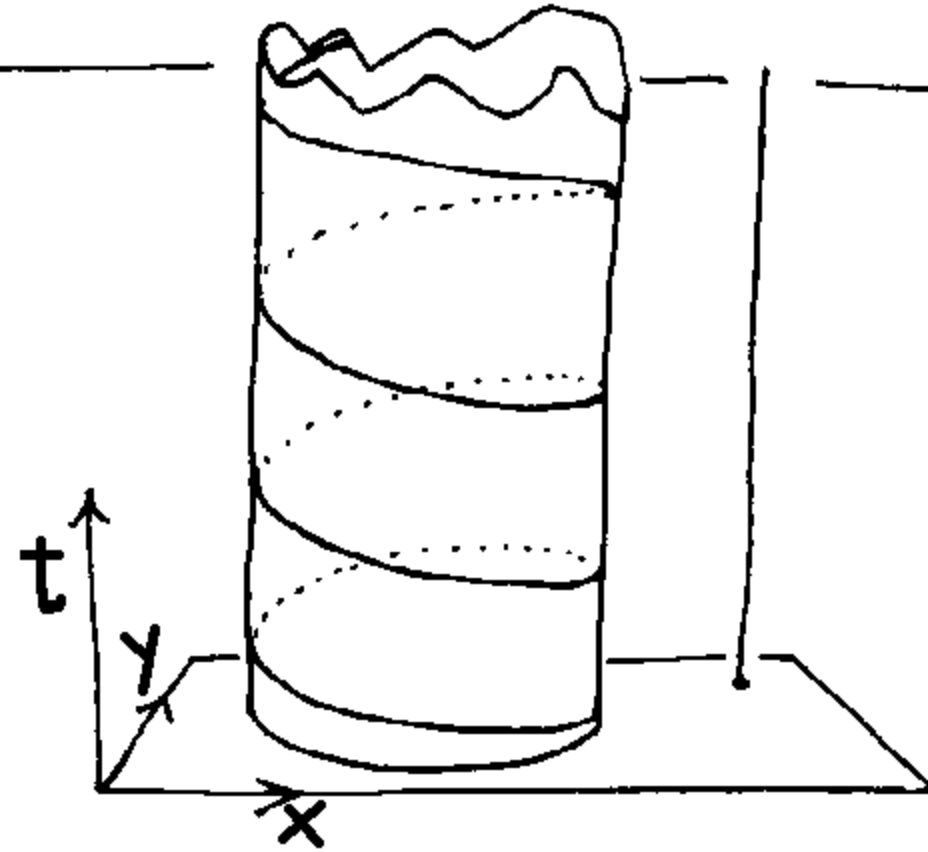


El desplazamiento de las dos arañas en este espacio-tiempo viene representado en la figura de la derecha.

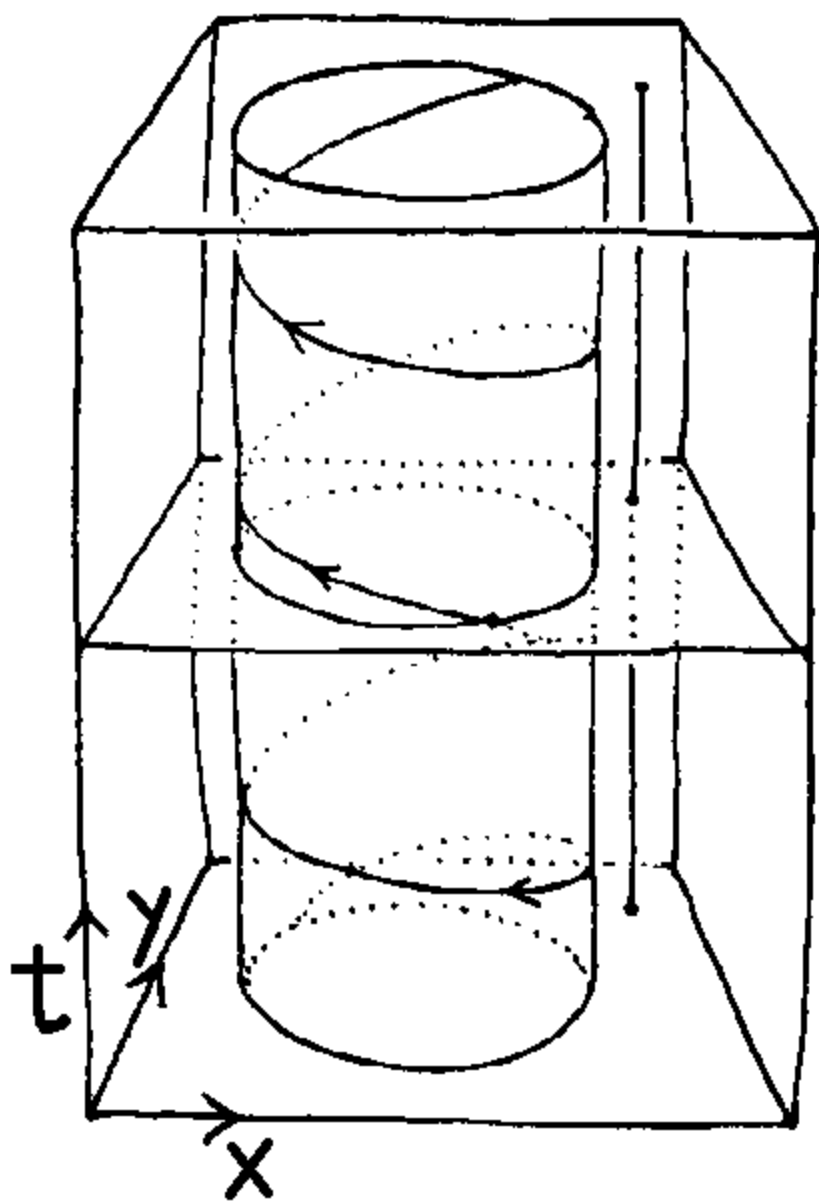
Si por ejemplo me desplazo siguiendo una circunferencia, mi trayectoria en este espacio tridimensional, tendrá forma de un muelle en espiral:



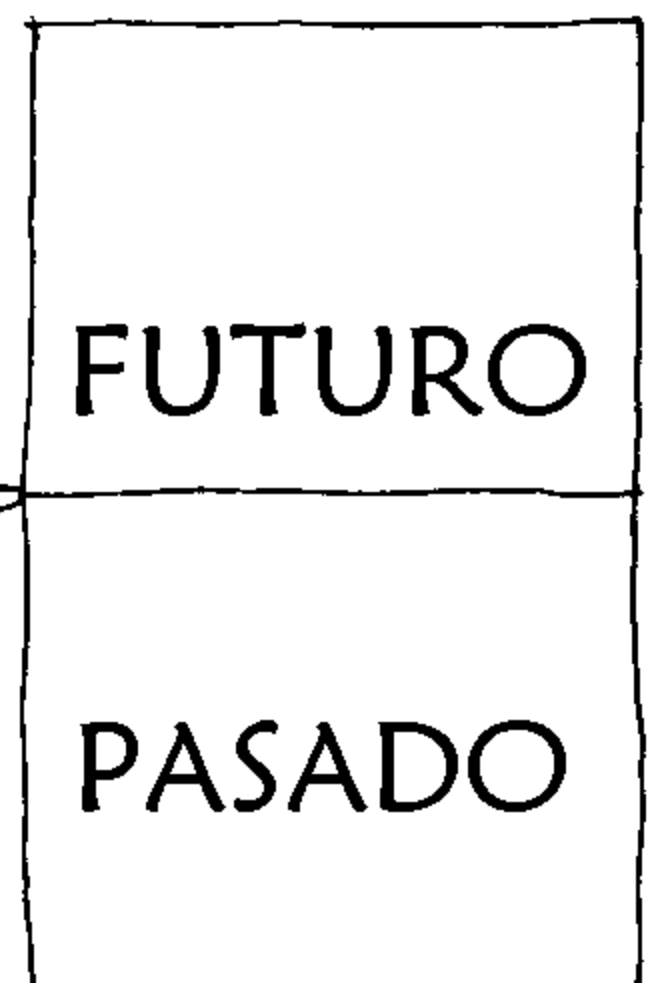
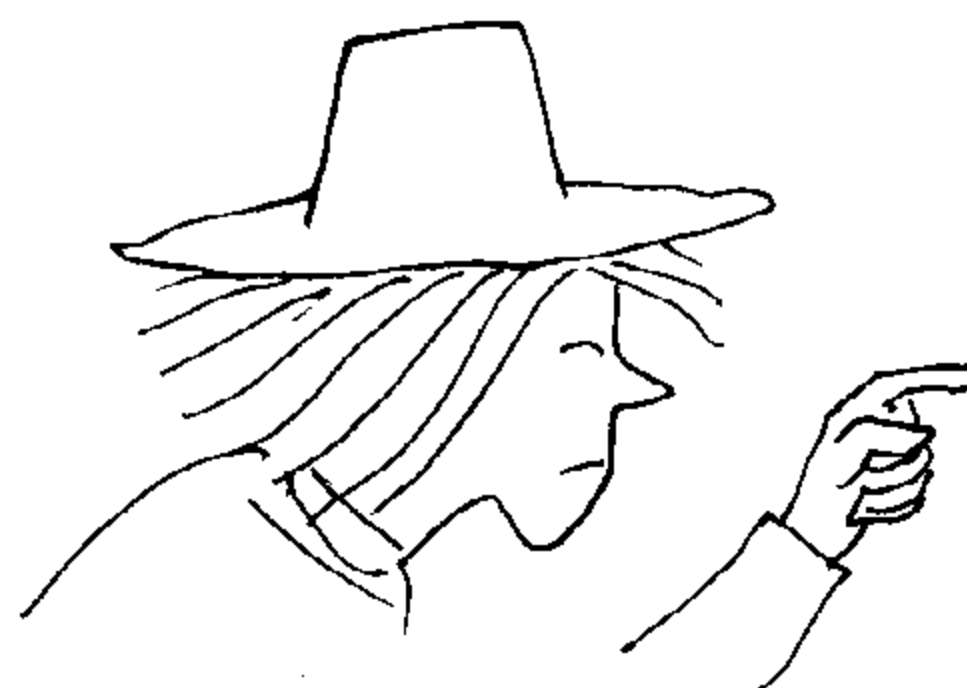
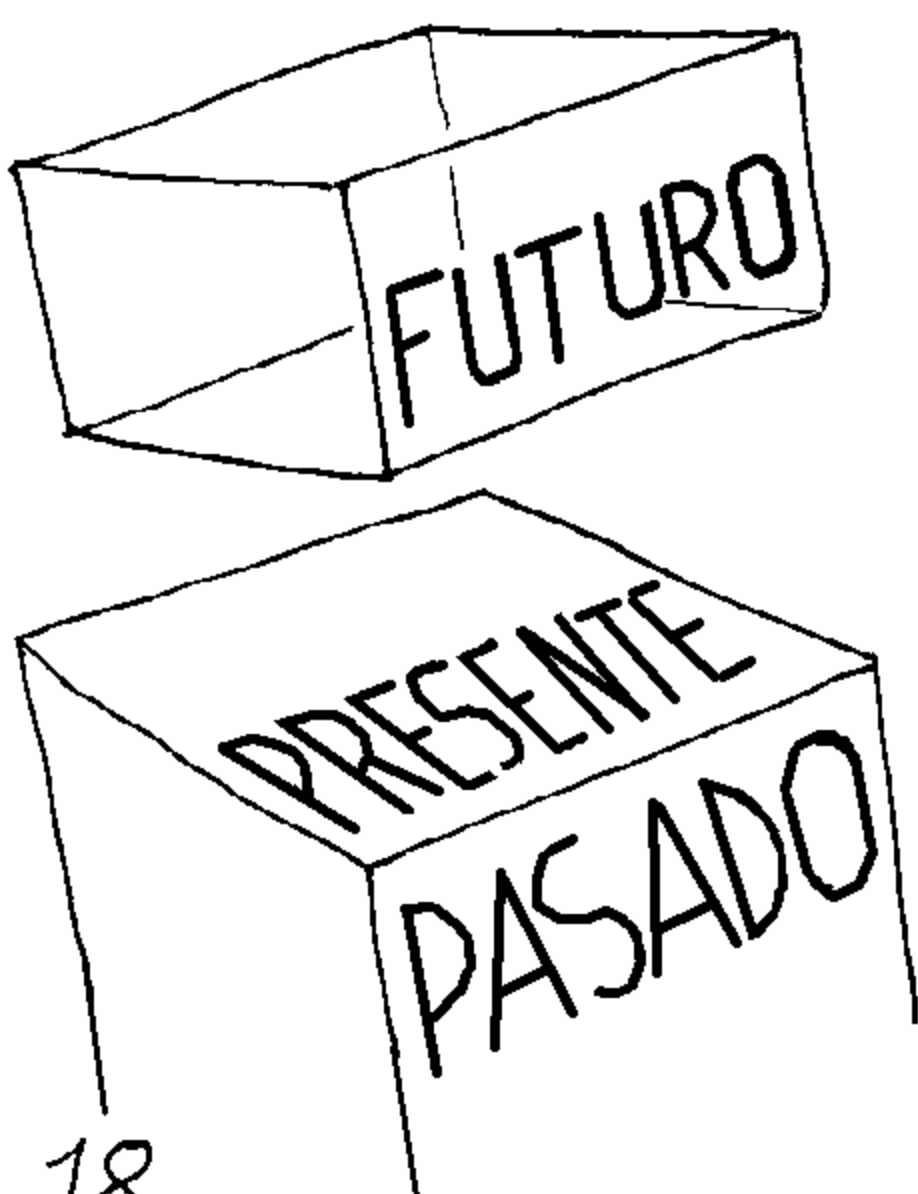
¡Ah!...



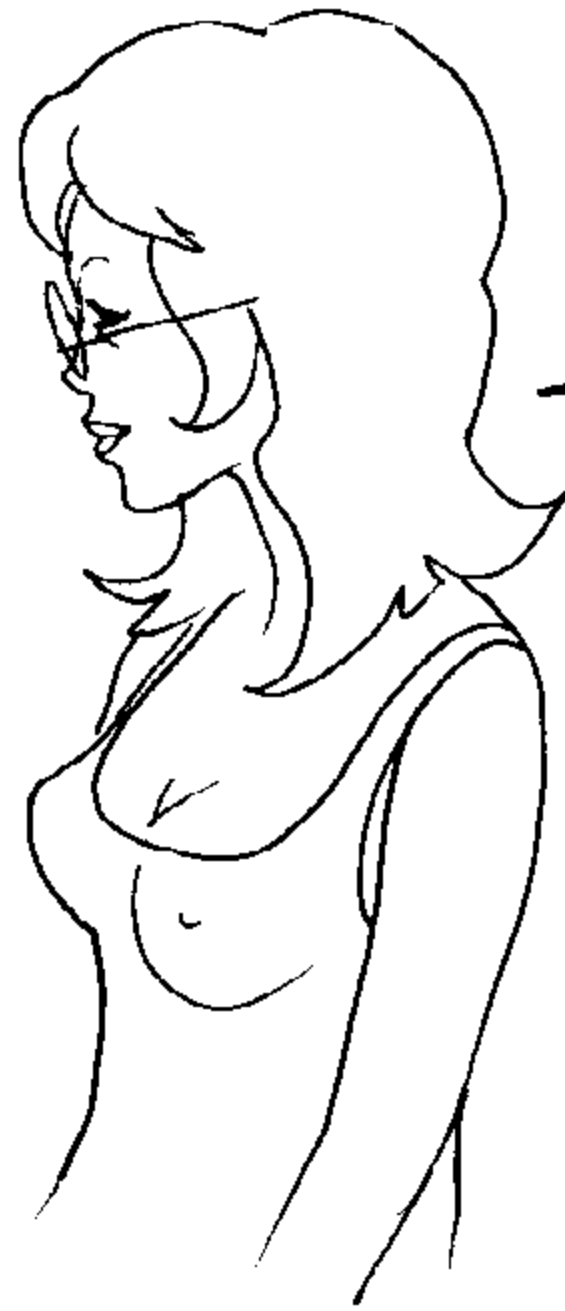
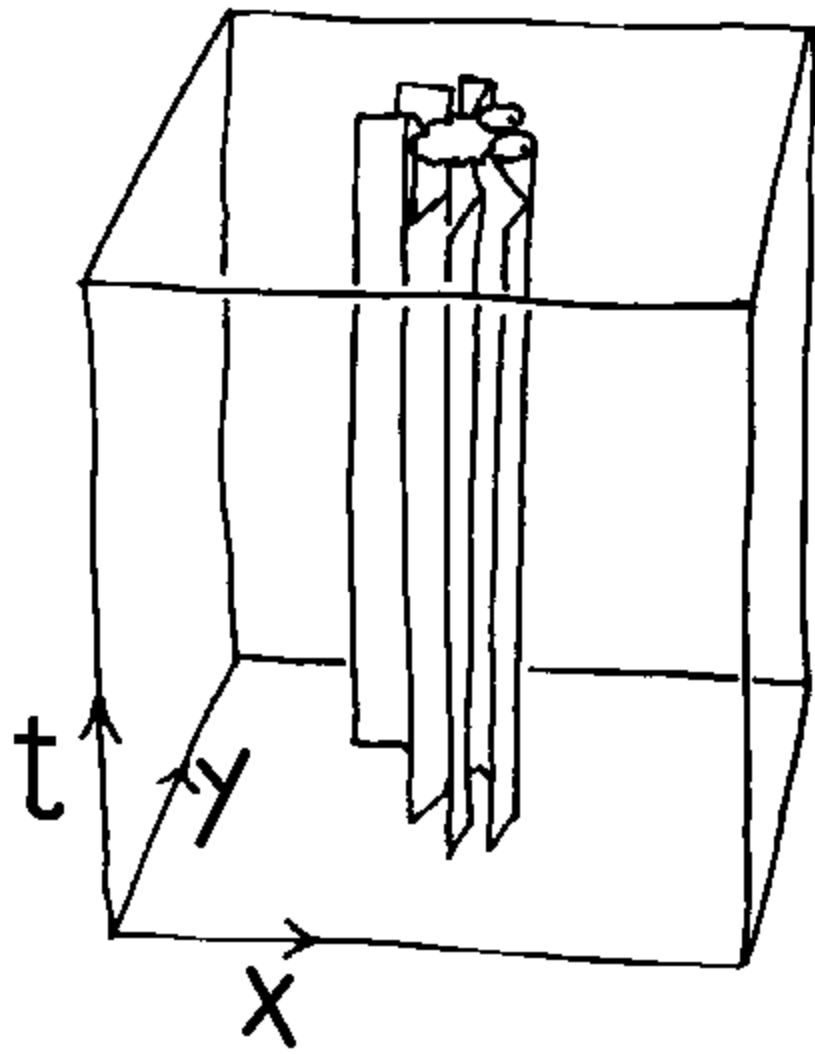
En suma, el PRESENTE ABSOLUTO es un corte plano efectuado en este espacio-tiempo.



Lo que hay por encima se llama el FUTURO.
Lo que está por debajo se llama el PASADO.

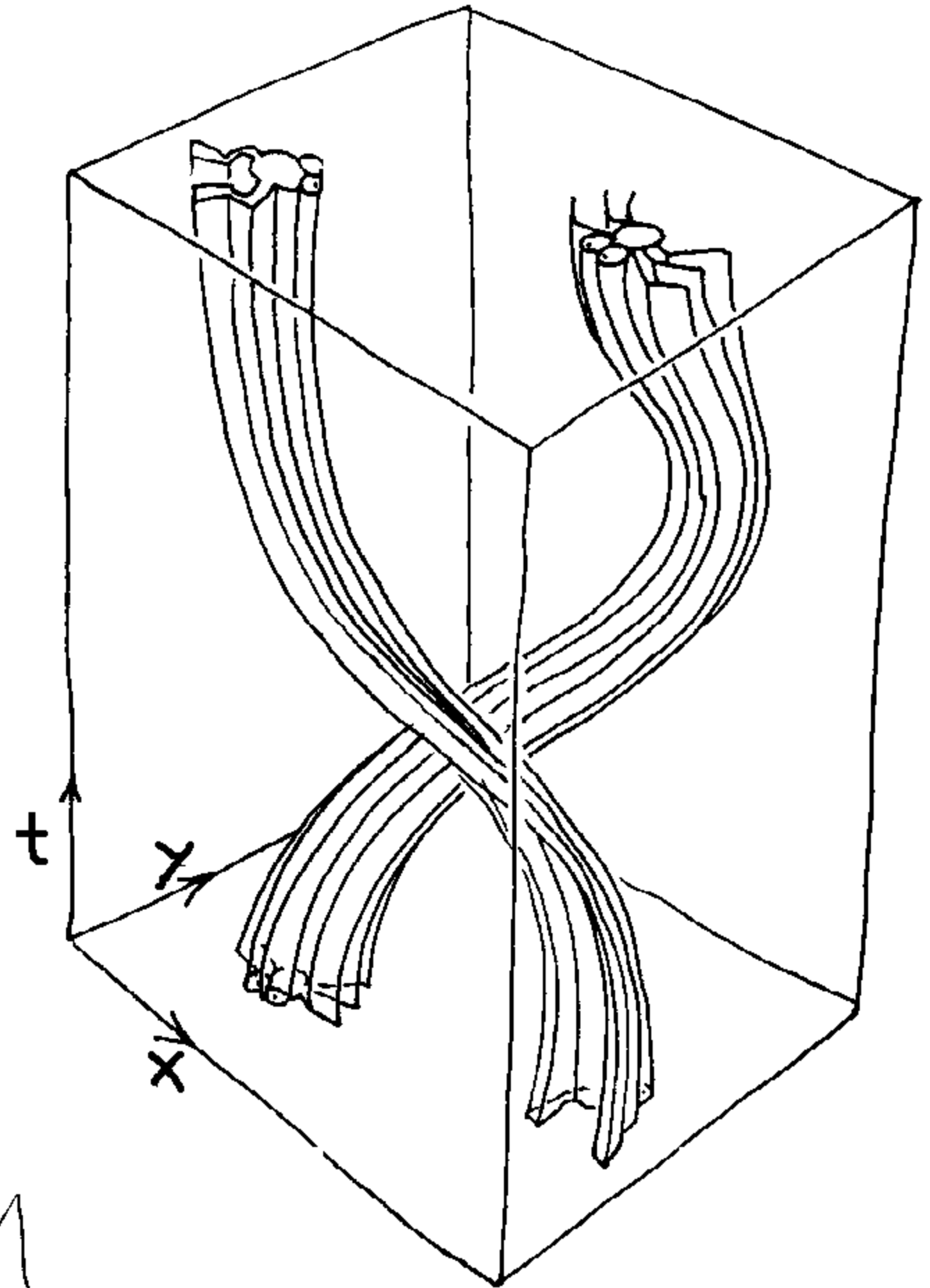


Aristóteles formuló por primera vez la idea que el PRESENTE pueda tener un espesor nulo.

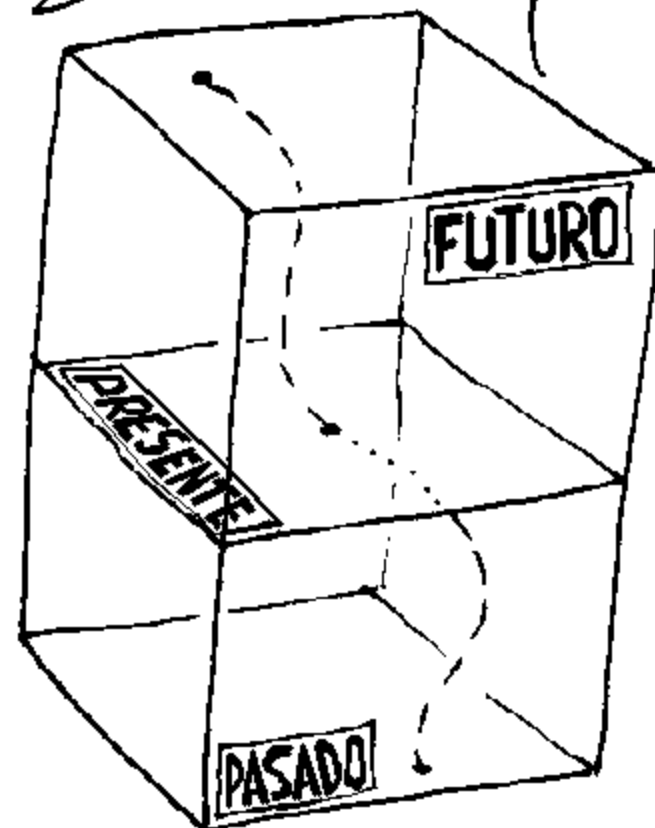


Con todo rigor, así deberíamos representar la araña en este espacio-tiempo tridimensional

La supervivencia de la araña está ligada a la no intersección, en el espacio-tiempo, de su trayectoria con la de la rana



Breve encuentro en el espacio-tiempo

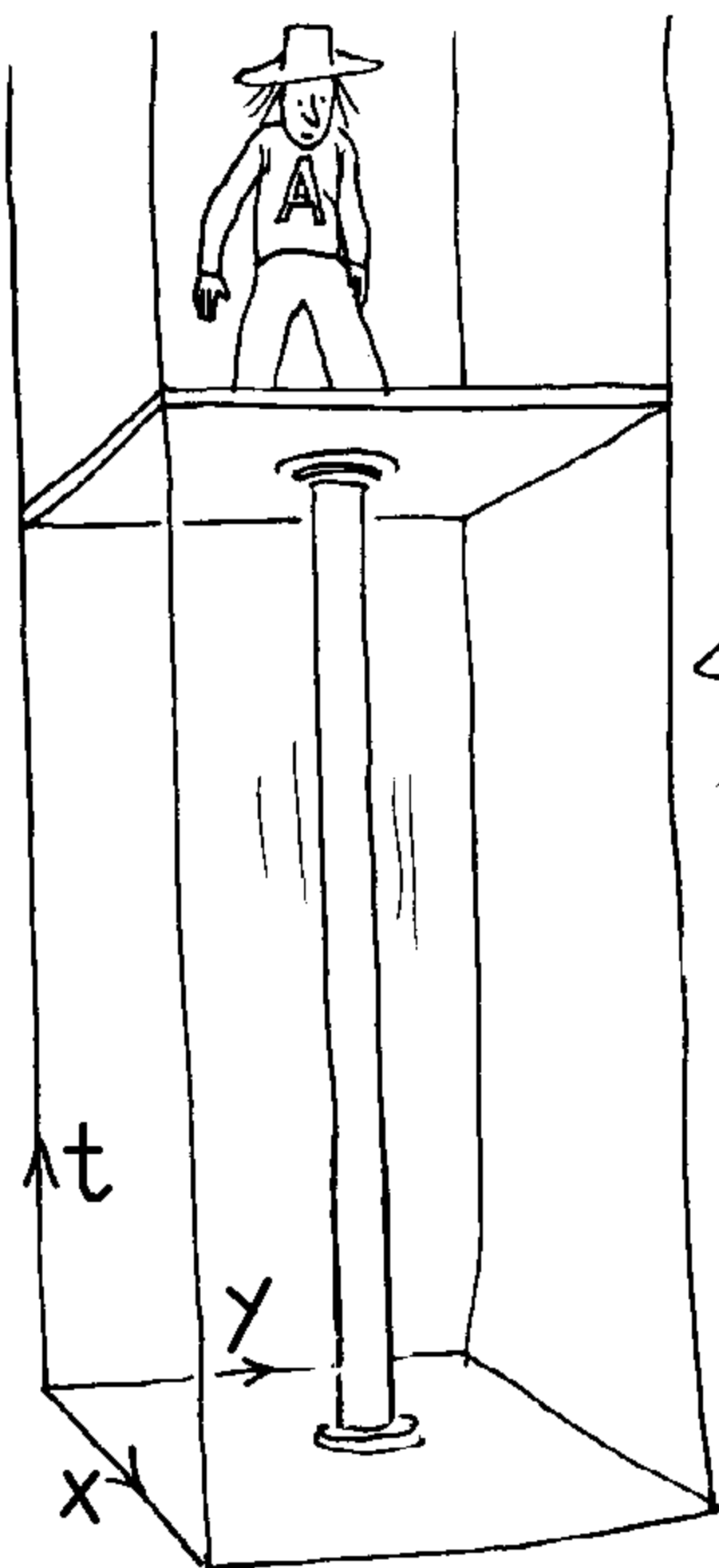


Pero, ¿por qué no percibimos las trayectorias del espacio-tiempo?



Sencillamente, iporque no percibimos más que el PRESENTE!

Somos inexorablemente arrastrados por el ascensor del tiempo. No se para nunca ni vuelve a descender.



Lu Ma Mi Ju Vi Sa Do

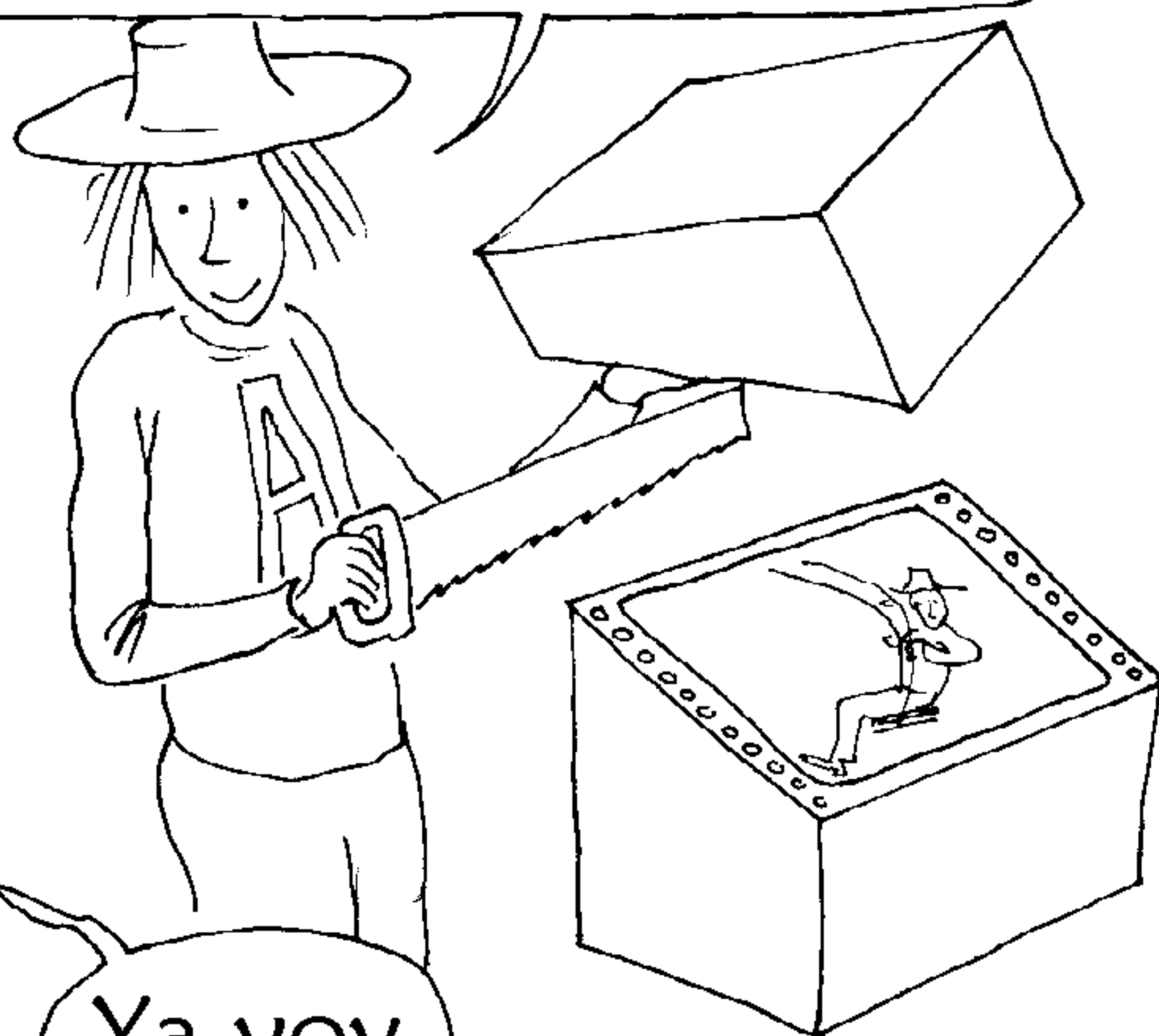
Un ascensor sin puerta...

...sin botones...
..¡qué angustia!..

Felizmente está Sofía



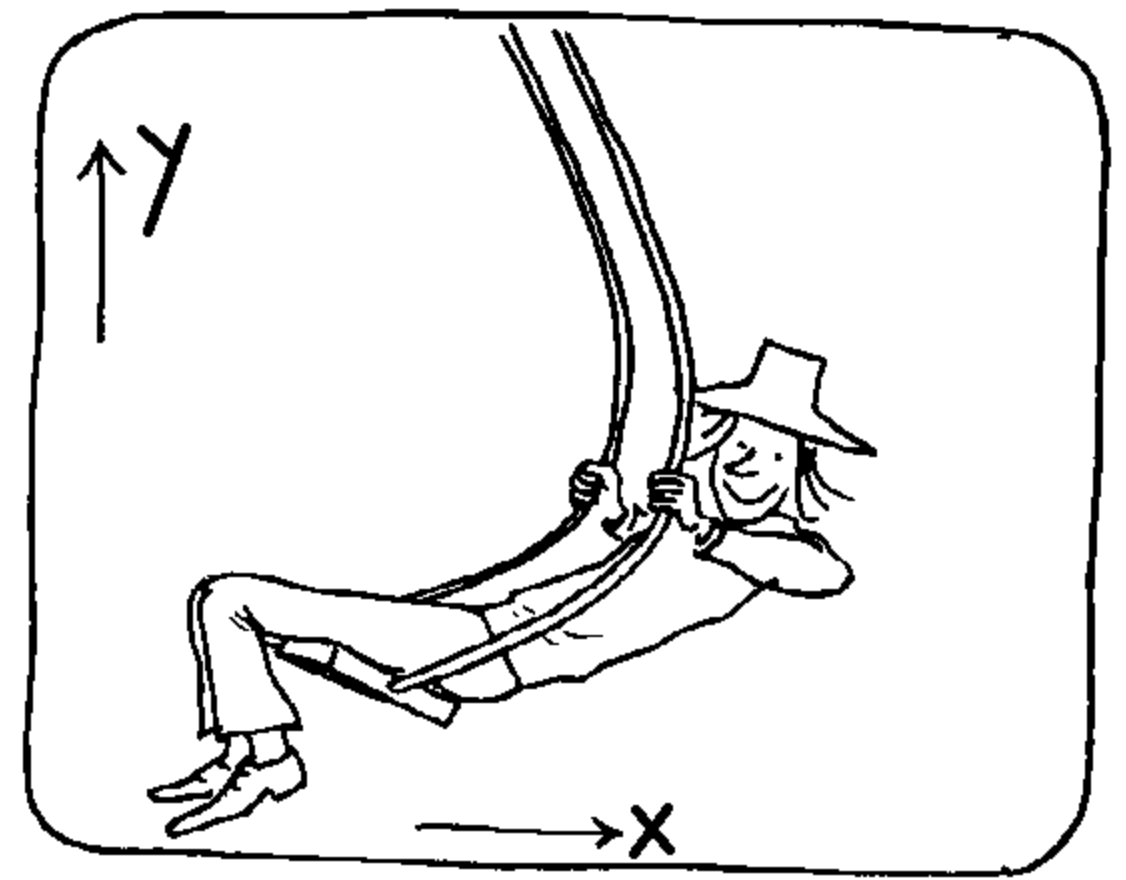
Sofía, mira, ¡he hecho un corte oblicuo en el espacio-tiempo!



Ya voy



es un truco
habitualmente
utilizado en los
dibujos animados



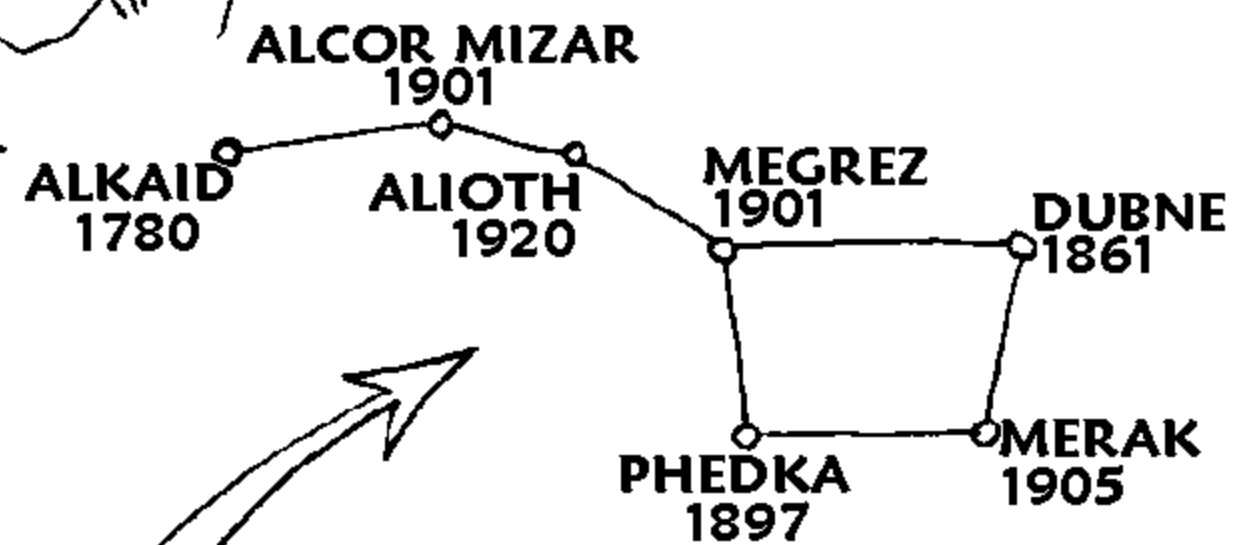
EL CONO DE LUZ



De hecho, todos nosotros lanzamos
una mirada oblicua sobre la realidad.



¿qué quieres
decir con éso?



La luz tarda cierto tiempo en llegar a nosotros
proveniente de los objetos. Aquí hemos indicado el año
en que fue emitida la luz proveniente de las estrellas
de la Osa Mayor.



Resumiendo, las estrellas vecinas se podrían haber volatilizado y ino me enteraría hasta de aquí unos años!

no estamos informados

Captamos en las placas de los telescopios la imagen de Andrómeda tal y como era hace dos millones de años.

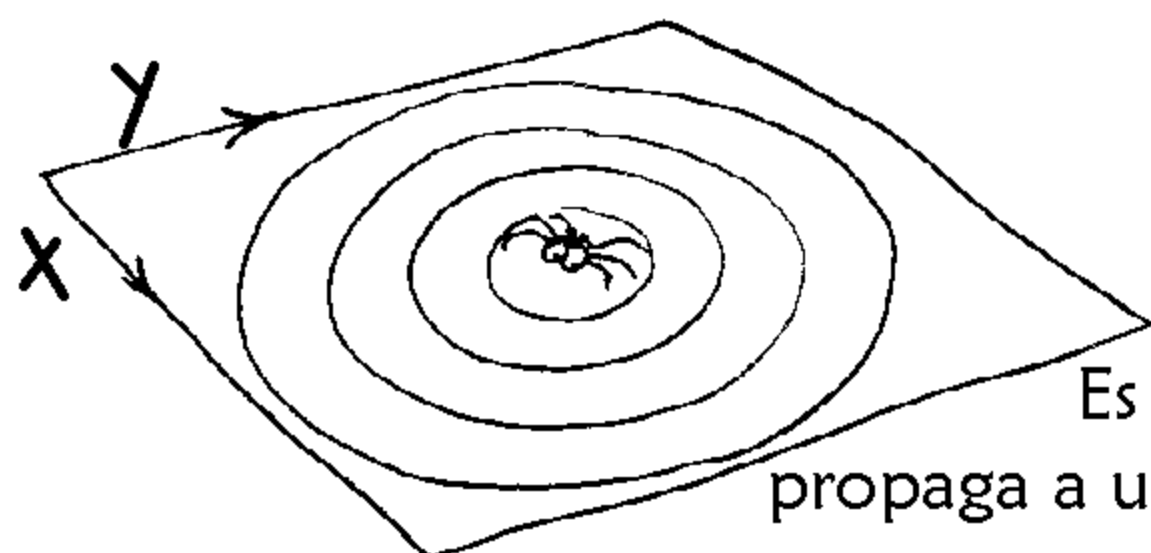
Vemos el Sol como era hace ocho minutos

iy mis pies son más viejos que mi nariz!

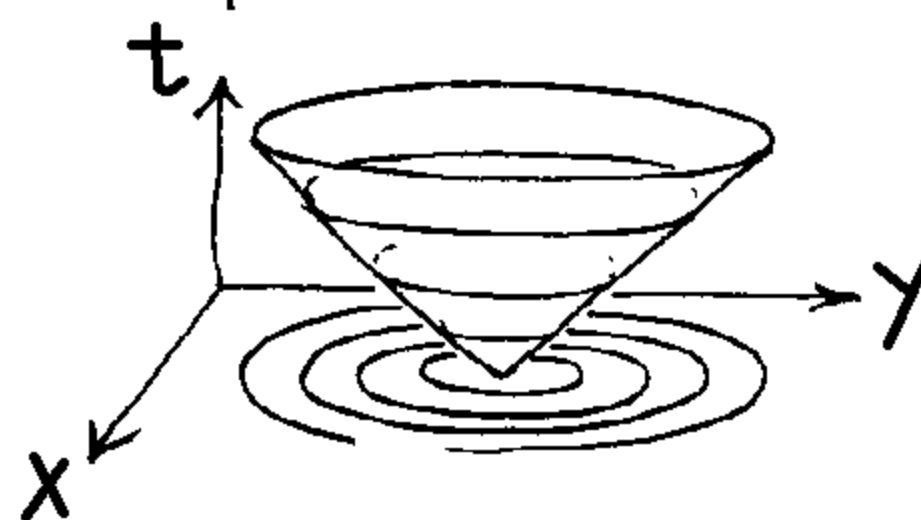
En suma, nada es más difícil de percibir que el PRESENTE. Puede que si un objeto estuviera contra mi retina ...

No, Anselmo, no se puede ver nada más que desde el pasado. Esta percepción se llama el PRESENTE RELATIVO; hasta hace poco hablábamos del PRESENTE ABSOLUTO. Ahora sabemos que el presente es algo estrictamente personal, que no se puede compartir con nadie.

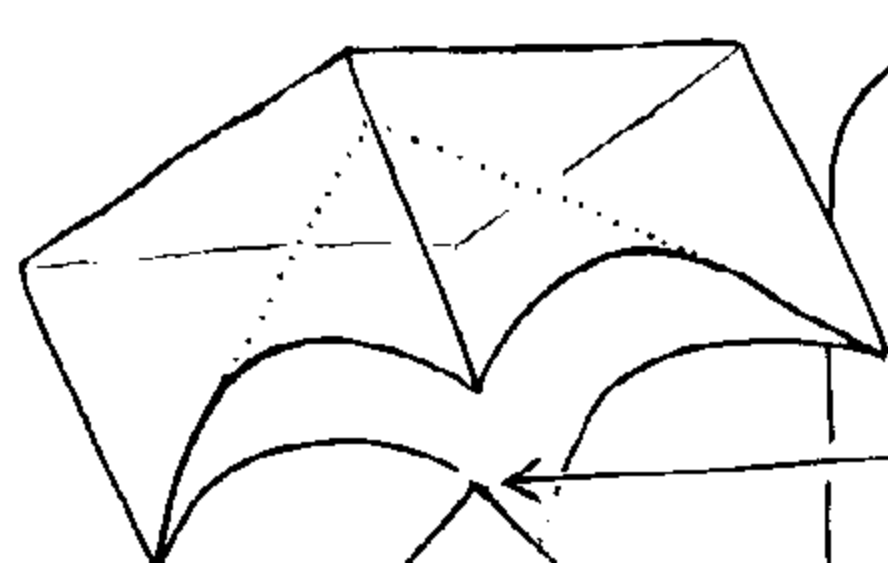
Las ondas se propagan por la superficie del agua con velocidad constante. Aquí hemos dibujado una araña sobre el agua, que emite ondas concéntricas.



En el espacio-tiempo, este mensaje se expande en forma de cono

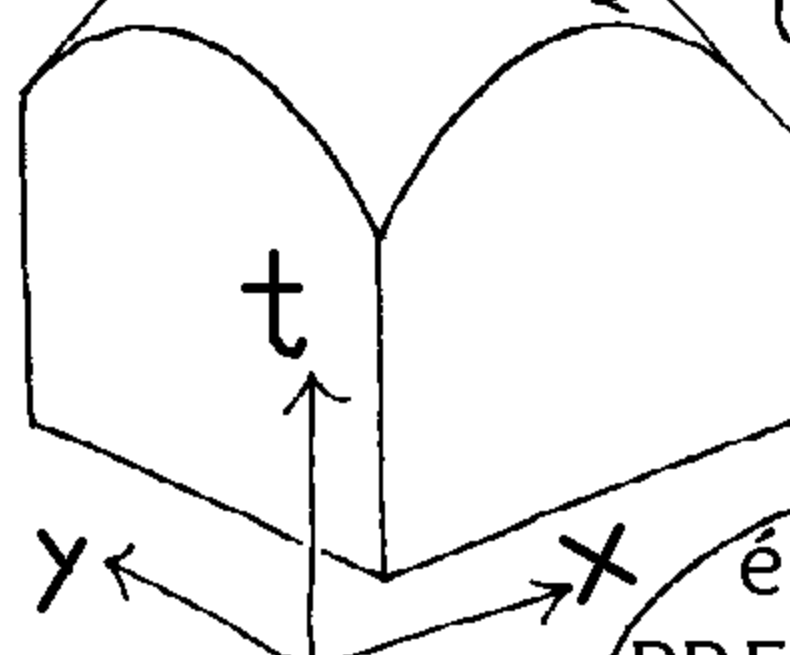


Es exactamente igual para la luz, que se propaga a una velocidad constante de 300 000 km/s .



Y a la inversa: las señales luminosas recibidas por un **OBSERVADOR** provienen de puntos situados sobre un cono del espacio-tiempo:

el CONO DE LUZ



éste constituye el **PRESENTE RELATIVO** de dicho **OBSERVADOR**



Entonces... ¿el cielo es un cono?



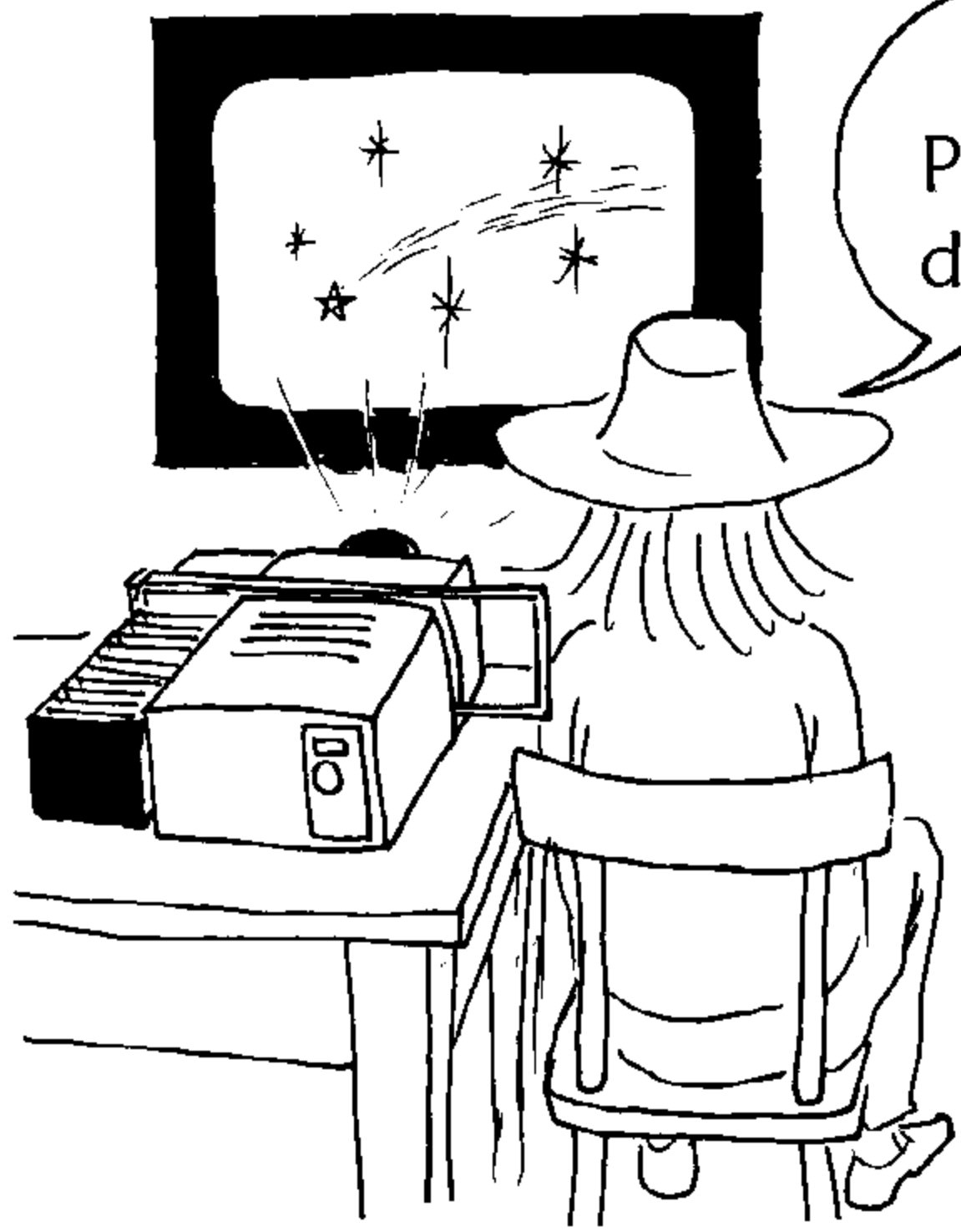
Sí, Anselmo es una sección cónica tridimensional de nuestro espacio-tiempo tetradimensional.



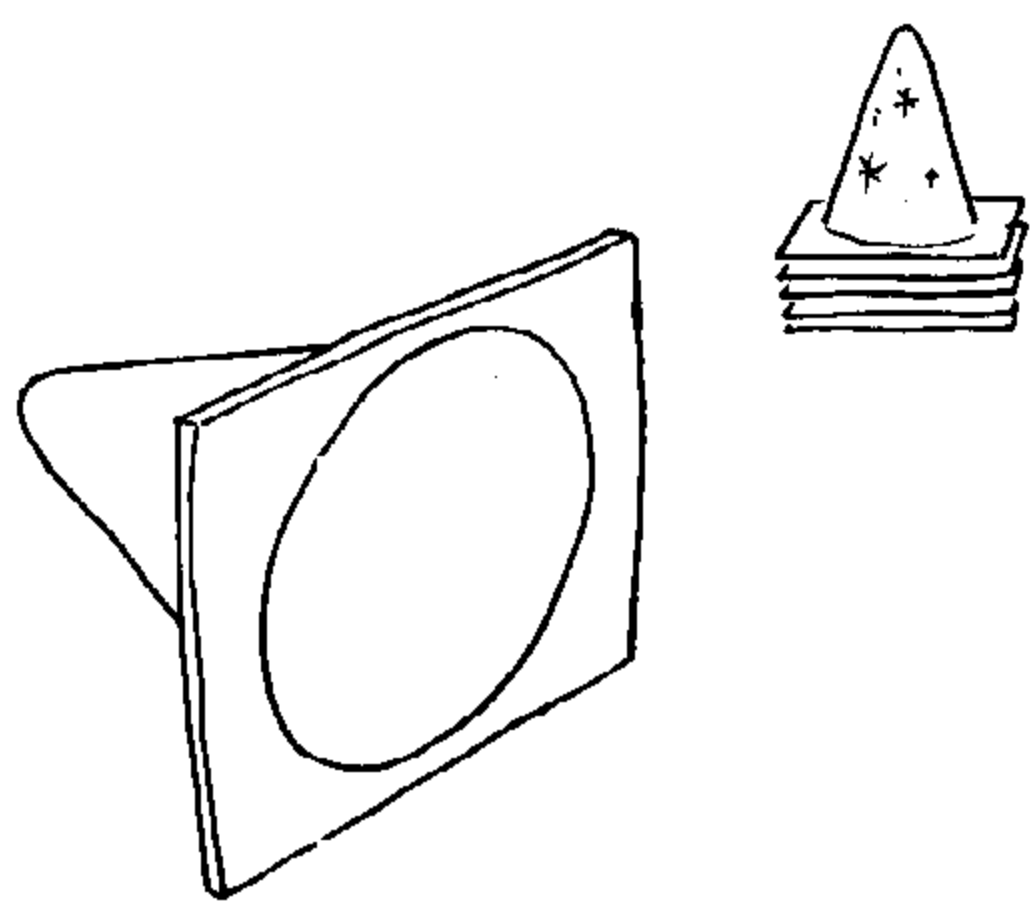
¿un cono tridimensional?...

Hum...

Concepto que al cerebro humano le cuesta entender. Percibimos y también PENSAMOS en tres dimensiones y no en 4. Por ello volvemos rápidamente a nuestra imagen del espacio-tiempo de tres dimensiones.



Es interesante observar el espacio-tiempo. Pero para hacerlo bien, hay que utilizar diapositivas cónicas, patentadas por Anselmo



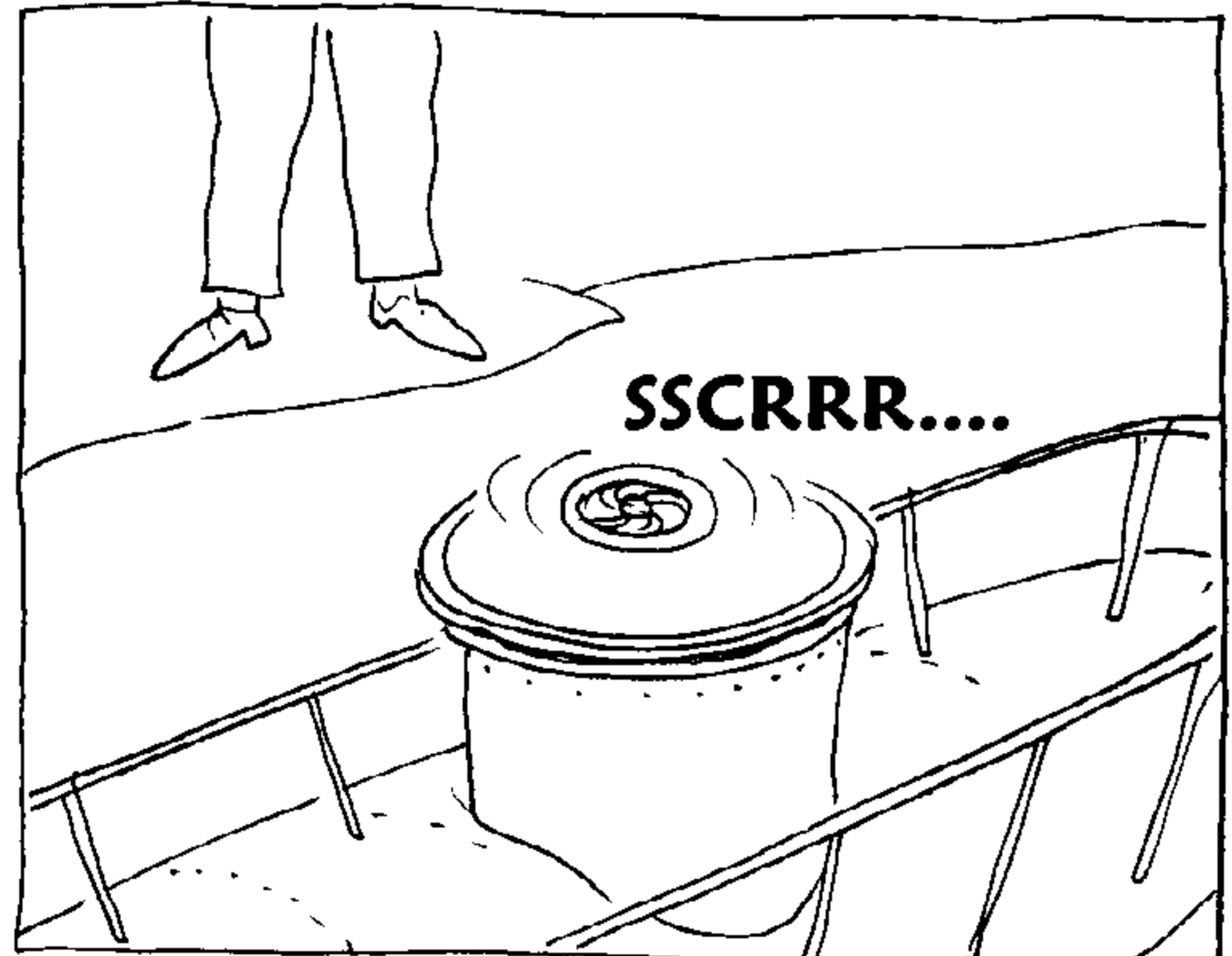
Pero, ahora que pienso, ¿qué están haciendo León y Max? Hace quince páginas que no les veo.



Les he visto embarcarse hace un instante en el submarino, para realizar una inmersión de un minuto. Pero ¡hace mucho más de un minuto que partiéron!



¡Ah!, ahí están emergiendo.
¡Eso les ha costado cierto tiempo!





Y ya está,
¡un minuto exacto!

¿¿QUÉÉ!?!

Es lo mismo que ha
sucedido, hace un
momento, en el tiovivo.

Anselmo el tiempo no
es algo **ABSOLUTO**.

¿¿ Ya tenemos
otro lío!?!



La jóven tiene razón,
Anselmo. Cuanto más deprisa
se va menos se envejece

Se suele decir: partir es morir un poco.
pero según ésto, ¿no será al revés?



Esperad un momento, consideremos ahora la clepsidra del señor Albert, ¿esa máquina hidráulica mide REALMENTE el tiempo que transcurre en el submarino?



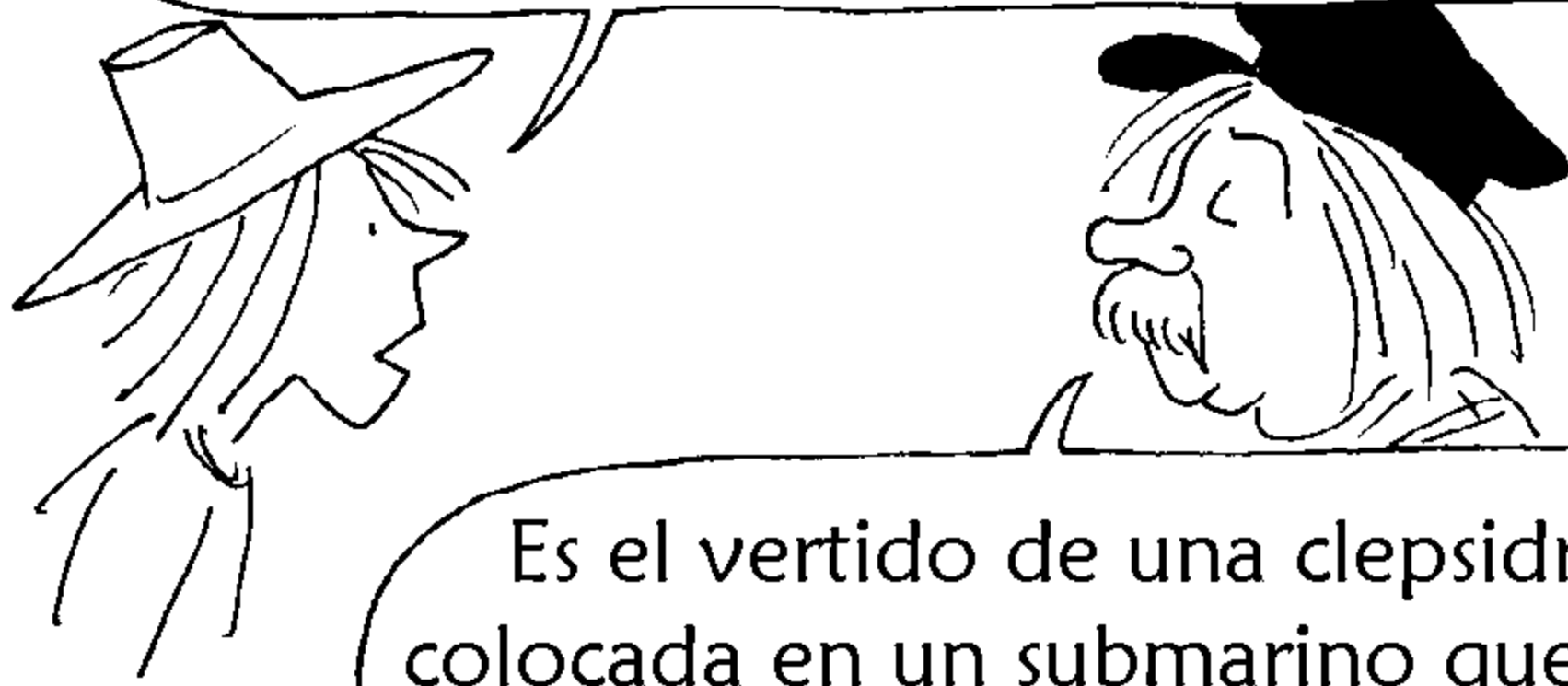
¡Pues claro! Como os he dicho, esta clepsidra está alimentada por un depósito a presión constante P_R . Ella vierte al exterior del submarino, donde hay una presión P_E . La cantidad vertida es proporcional a la variación de presión ($P_R - P_E$)



Cuanto más deprisa va el submarino más se hunde, con lo que crece la presión P_E , entonces la clepsidra vierte menos. Por tanto cuanto más deprisa se va menos rápido transcurre el tiempo



¡Esperad! ¿qué significan esas trampas?
¿Cómo transcurre el tiempo cuando se está inmóvil?

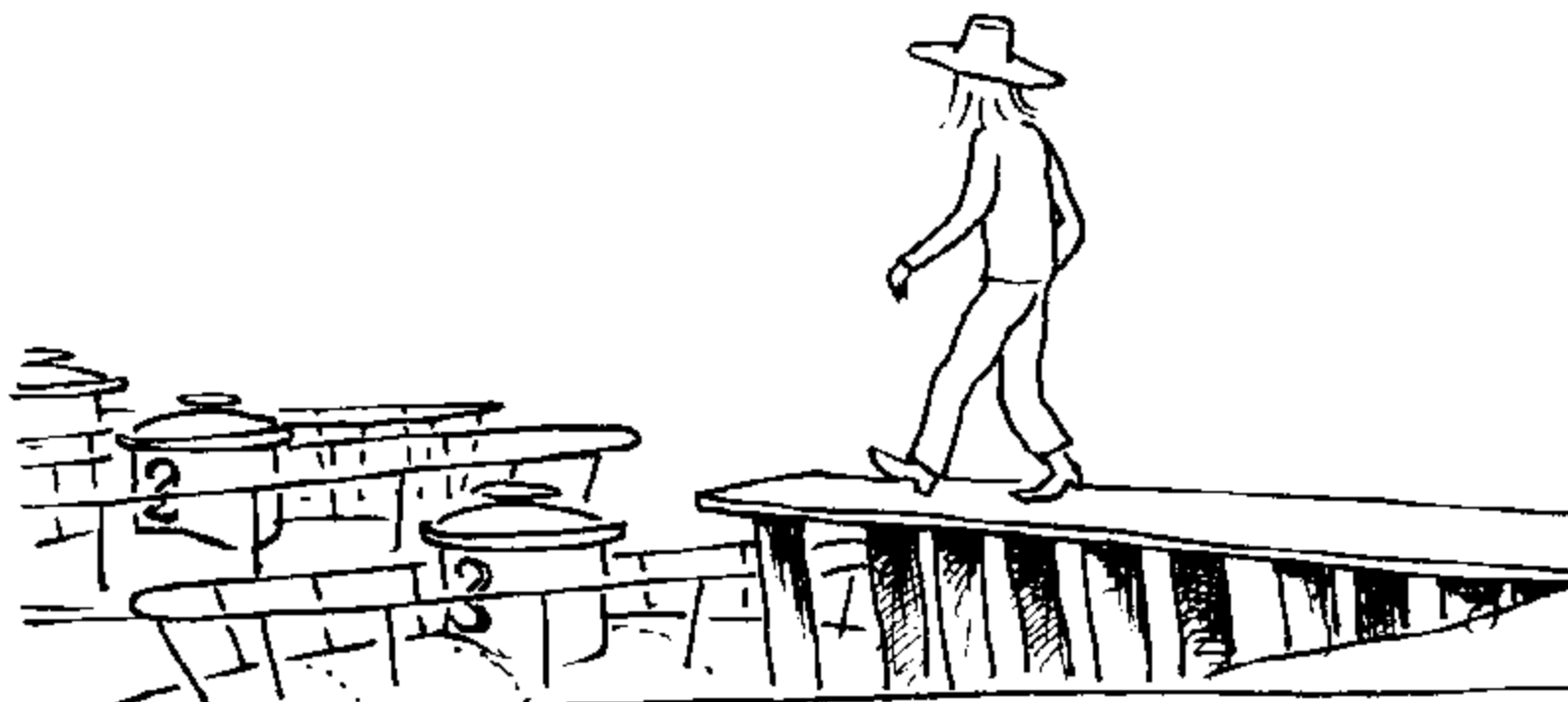


¿Inmóvil con respecto a QUÉ?!

Es el vertido de una clepsidra testigo colocada en un submarino que queda anclado, inmóvil y por tanto en la superficie



¡quiero aclarar todo esto!

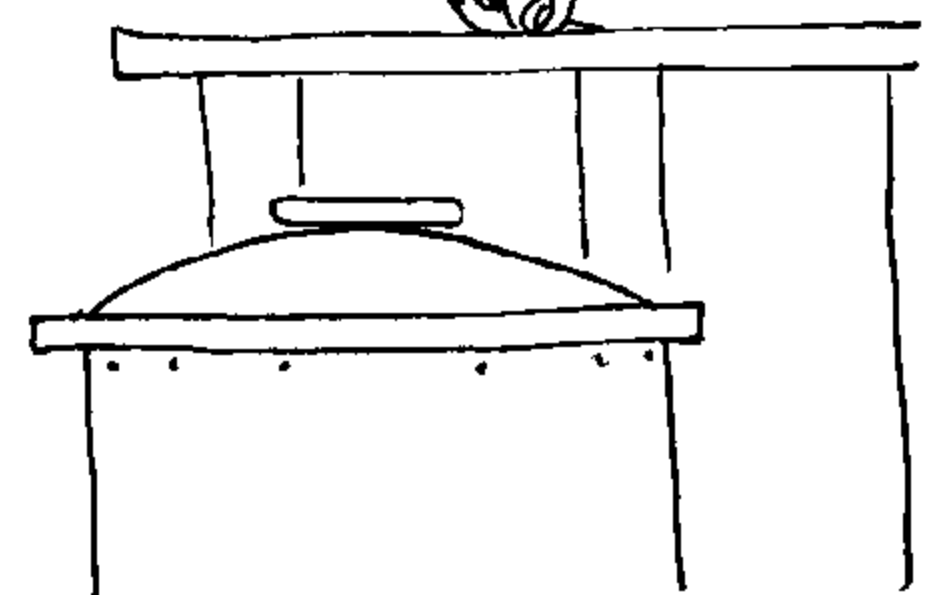
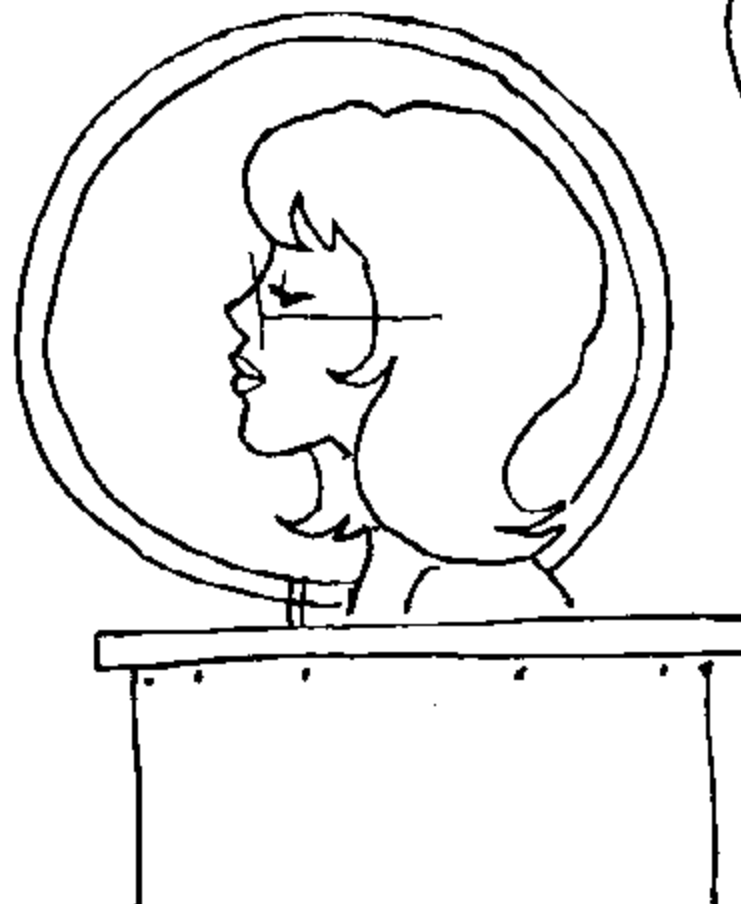


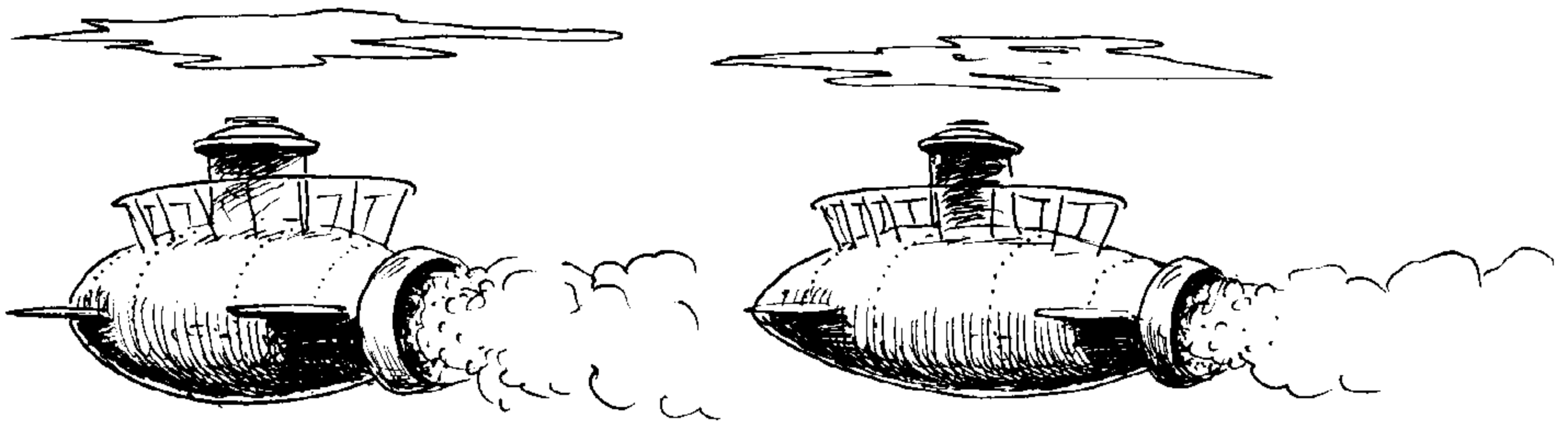
¿Qué es estar INMÓVIL?



Sofía, tú vas en el número 2, yo en el número 1. navegaremos los dos a la misma velocidad \vec{V} y el número 3 se quedará en el puerto.

Por tanto, ¿¿il os moveréis!?!



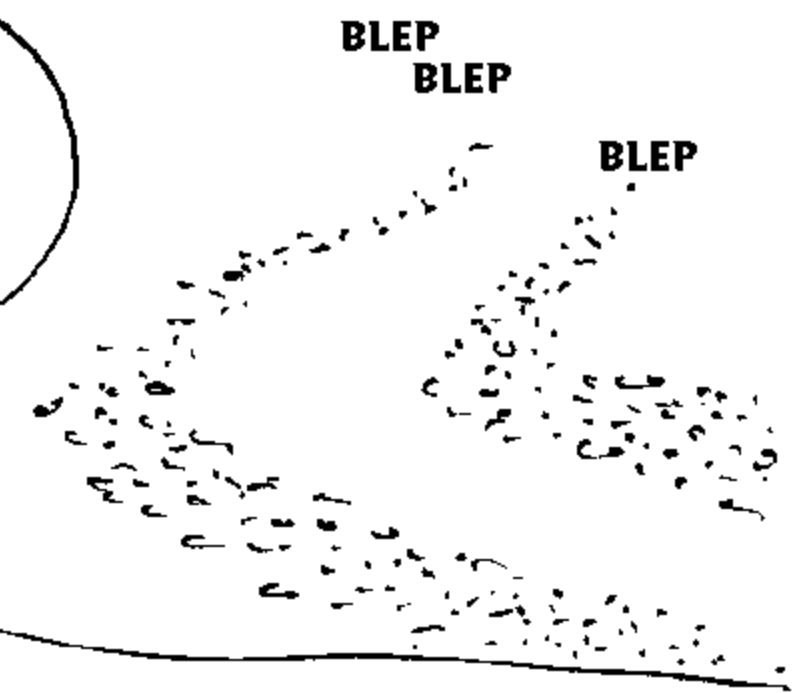


Navegan en formación: la misma velocidad V , la misma dirección y la misma profundidad.

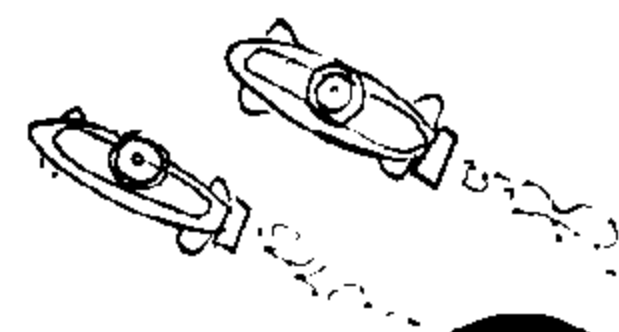


Cuando se realizan experimentos es cuando uno está verdaderamente seguro de si mismo

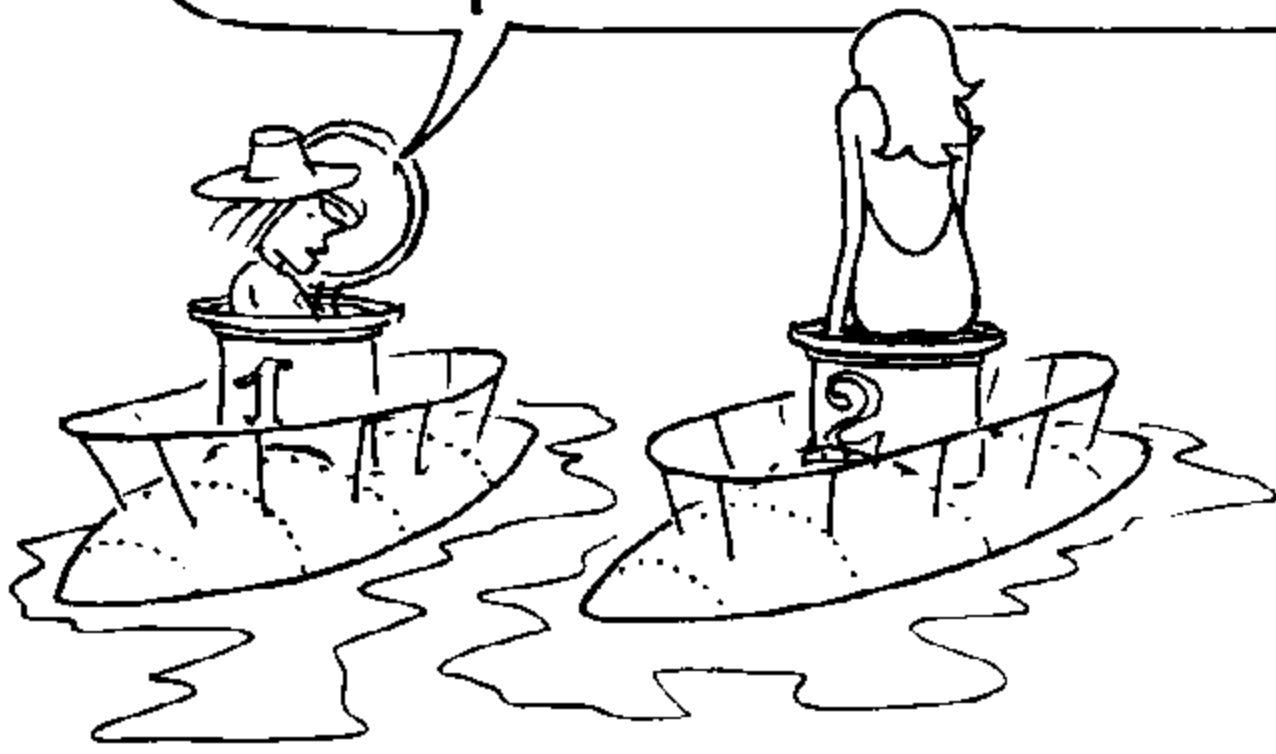
Diga, señor Albert, ¿qué es el movimiento?



Buena pregunta, Tiresio. Lo que sí existen son las **VELOCIDADES RELATIVAS** de unos objetos respecto a otros. Y es totalmente arbitrario que decidamos si un objeto, o un grupo de objetos: tú, yo, el apartamento, están en reposo, inmóviles. Cualquier movimiento es **RELATIVO**. Así, por ejemplo, en este momento Sofía y Anselmo que se desplazan **RESPECTO A NOSOTROS** y permanecen **"INMÓVILES"** uno respecto al otro.



Hemos vuelto al punto de partida y nuestras clepsidras han vertido la misma cantidad de agua, por tanto miden el mismo tiempo t' .



Dos sistemas que están inmóviles uno respecto al otro son **SINCRÓNICOS**



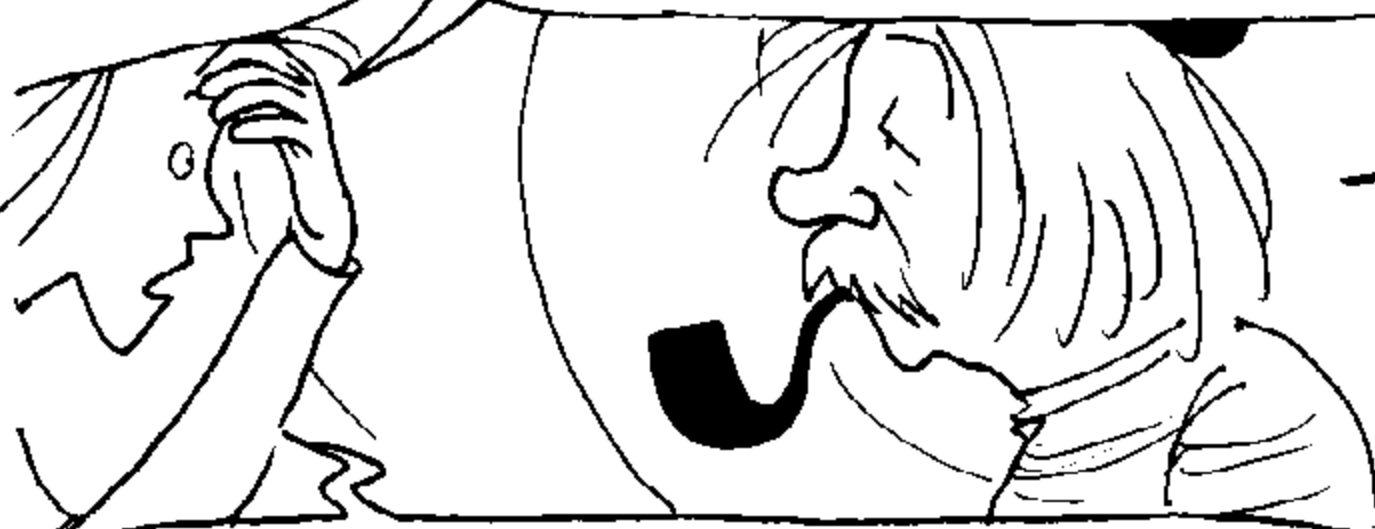
No le sucede lo mismo a la clepsidra testigo, la del número 3, que ha quedado inmóvil, por lo tanto en la superficie. Ésta indica un lapso de tiempo más largo t .



Aguarde un momento, señor Albert, hay algo que chirría en su razonamiento

Hum...

¿Qué, chaval?



Desde la superficie habéis medido nuestro desplazamiento D y nuestro tiempo de inmersión t , con la ayuda de la clepsidra del submarino número 3. Ello os ha proporcionado una velocidad $v = \frac{D}{t}$

Estas MEDIDAS han sido realizadas por un observador en reposo

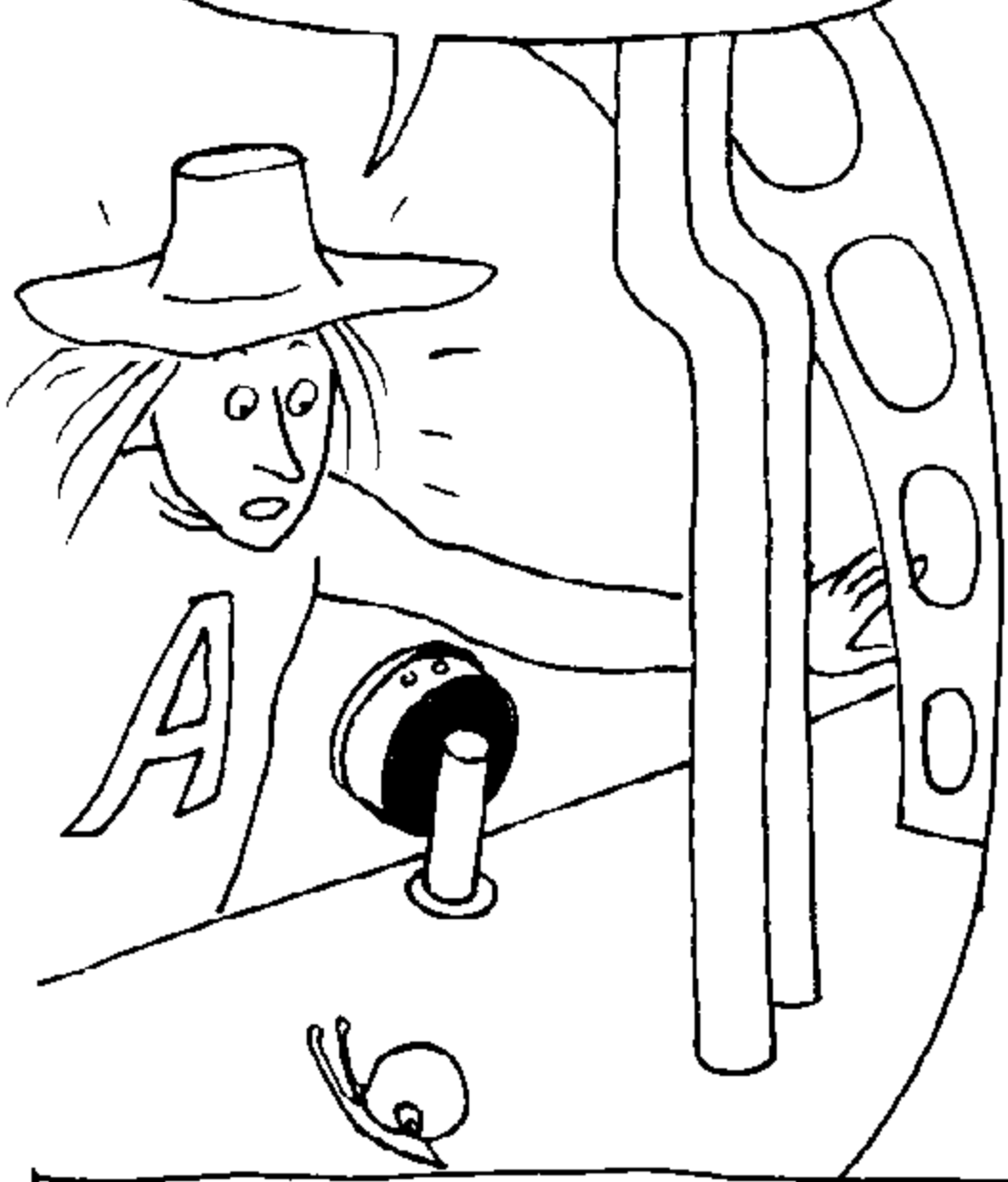


En los submarinos 1 y 2, el tiempo ha transcurrido más lentamente. Si hubiéramos hecho una medida de la velocidad, hubiésemos debido encontrar una velocidad $v' = \frac{D}{t'}$ más elevada que $v = \frac{D}{t}$



Tan sólo tienes que consultar el LOCH (*) de tu submarino. Él te proporcionará la medida de la distancia D' que has recorrido.

¡¿Entonces?!
 $D' < D$



¡¡¡Ésto parece
cosa de locos!!!



(*) El LOCH es un instrumento de navegación que proporciona la distancia que se recorre.

LA CONTRACCIÓN DE LAS LONGITUDES



$\frac{D}{t} = \frac{D'}{t'}$ ¡me sale la misma velocidad v !

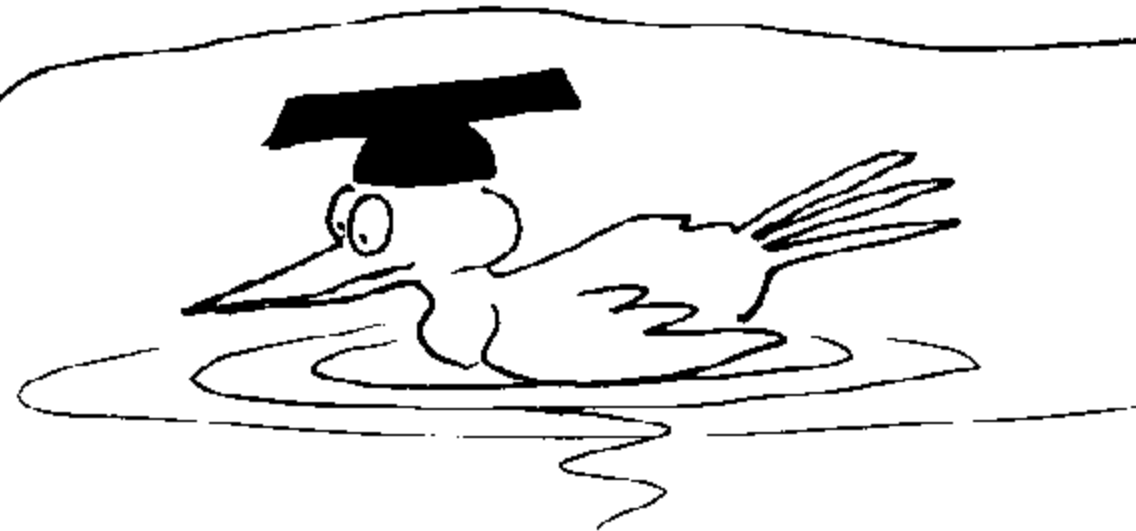
¡Pero... ésto quiere decir que el espacio se ha contraído como un acordeón!, ¿ino?!?

Los tiempos, las longitudes no son más que APARIENCIAS. Como no hay TIEMPO ABSOLUTO tampoco hay ESPACIO ABSOLUTO

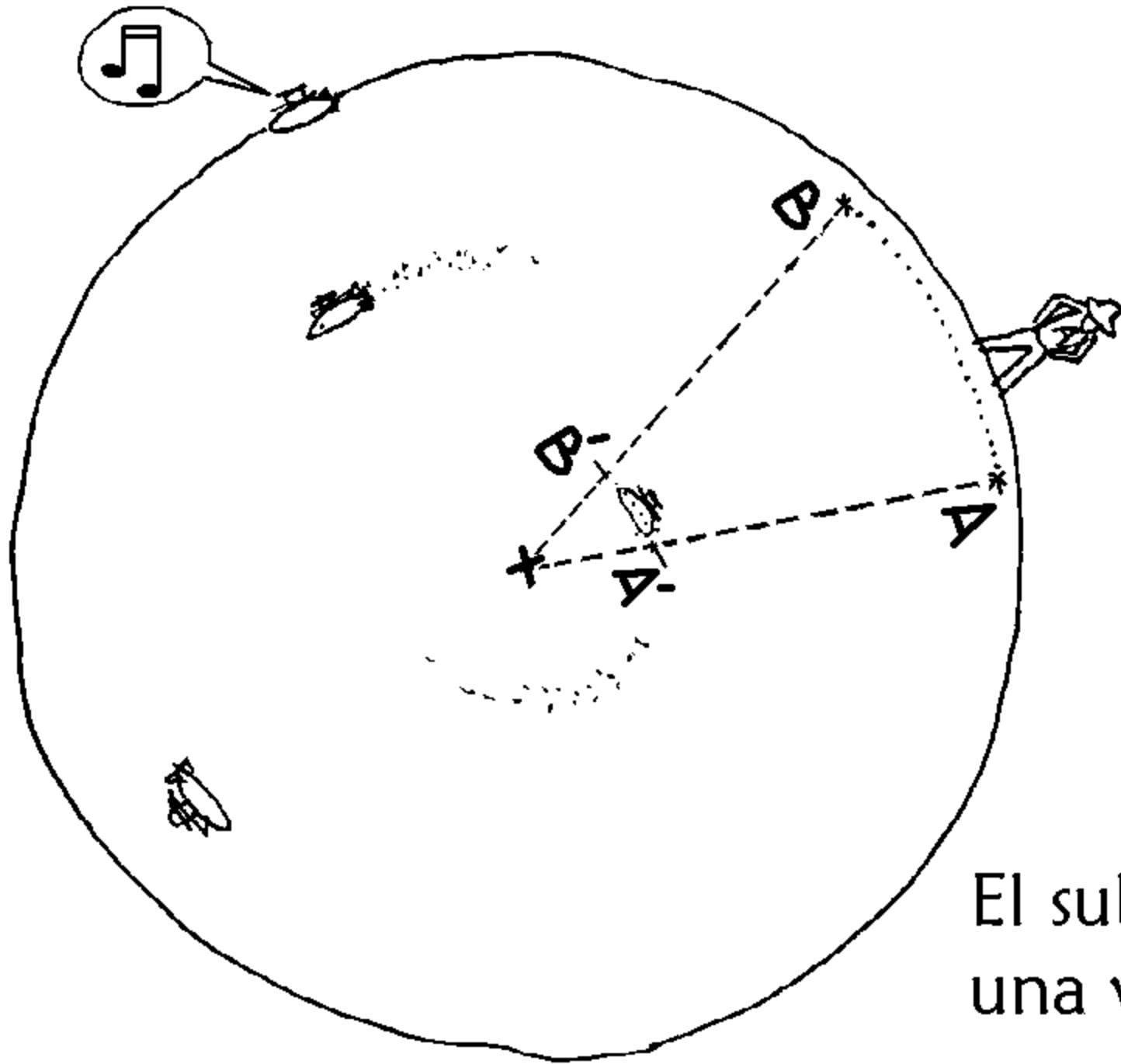
la angustia otra vez...



volvamos al PARQUE CÓSMICO y a su océano, el CRONOS, bien entendido que no son más que MODELOS, destinados a hacer comprensible la extraña estructura del espacio-tiempo



Para explicar esta contracción de las longitudes, llamada **CONTRACCIÓN DE LORENTZ** el Parque Cómico debe tener forma como de una esfera líquida



El submarino de Anselmo, dotado de una velocidad v , navega sumergido y recorre el arco $\widehat{A'B'}=D'$ en un TIEMPO PROPIO, medido a bordo, igual a t' . Para un observador en la superficie, este desplazamiento se percibe como el arco $\widehat{AB}=D$, durante un tiempo t . Y tenemos que:

$$\frac{D'}{t'} = \frac{D}{t} = v$$

Es curioso, siguiendo este modelo, el desplazamiento es ANGULAR y la PERCEPCIÓN es la que lo transforma en DISTANCIA.



Pero ¿por qué imaginar algo tan complicado? ¡¡¡Tiempos que se estiran, distancias que se encogen!!!

Es por la velocidad de la luz, hijo. Pronto lo verás.



Entonces, supongo que todo se volverá... ¿luminoso?

Bien, todo esto es muy bonito, estas historias de esfera de agua, de submarino, de contracción de longitudes. Pero, FÍSICAMENTE, ¿en qué se traducen?

¡Cabalga sobre el tiovivo, sabio caballero de mi corazón!

¿...?

estoy listo...

¡VERÁS LO QUE VAS A VER!

¡ Sofía !

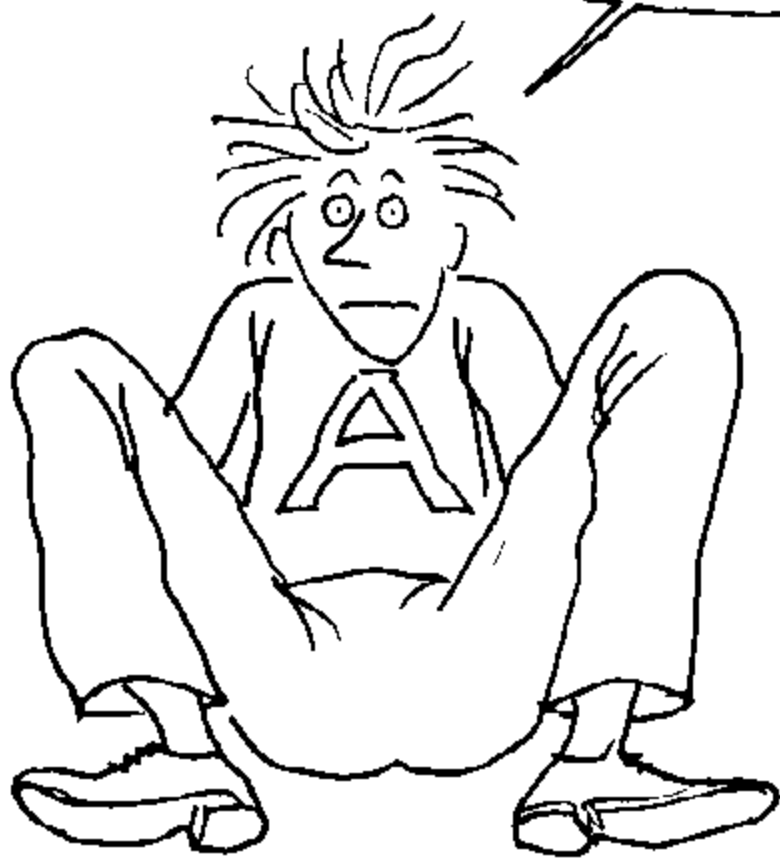


¡ qué horror!

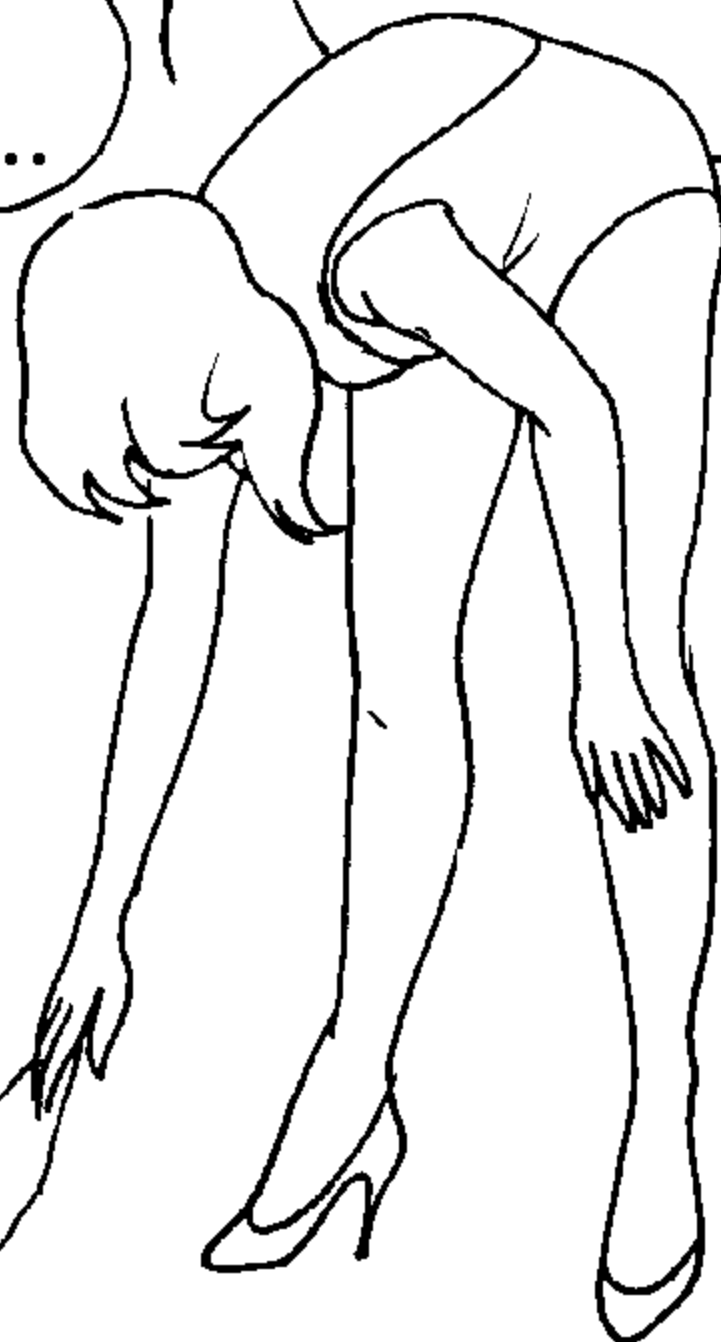


venga querido,
reponte,
ya se ha acabado...

la física
es terrible...



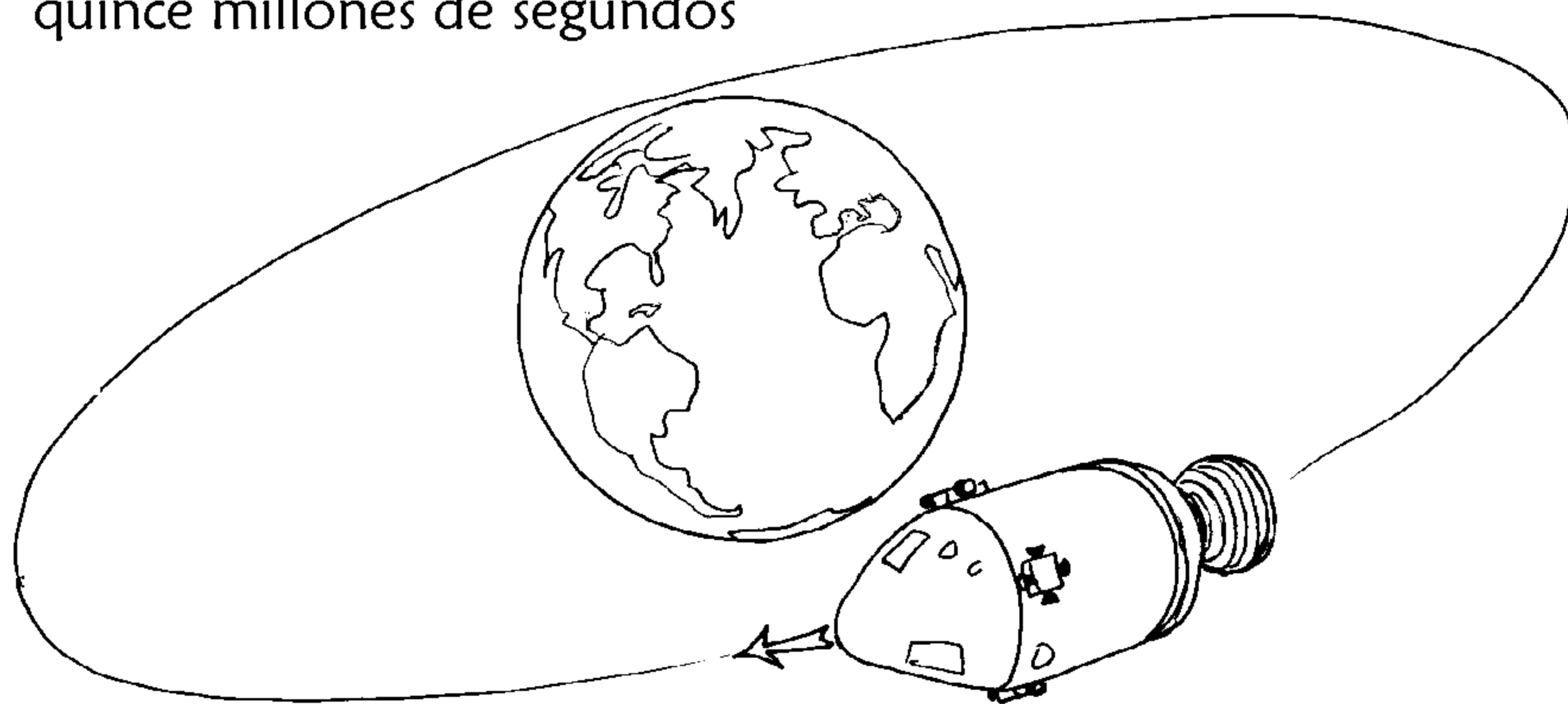
Felizmente para nosotros, estos
fenómenos sólo aparecen cuando la
velocidad se aproxima sustancialmente
a la de la luz,
que es de 300 000 km/s



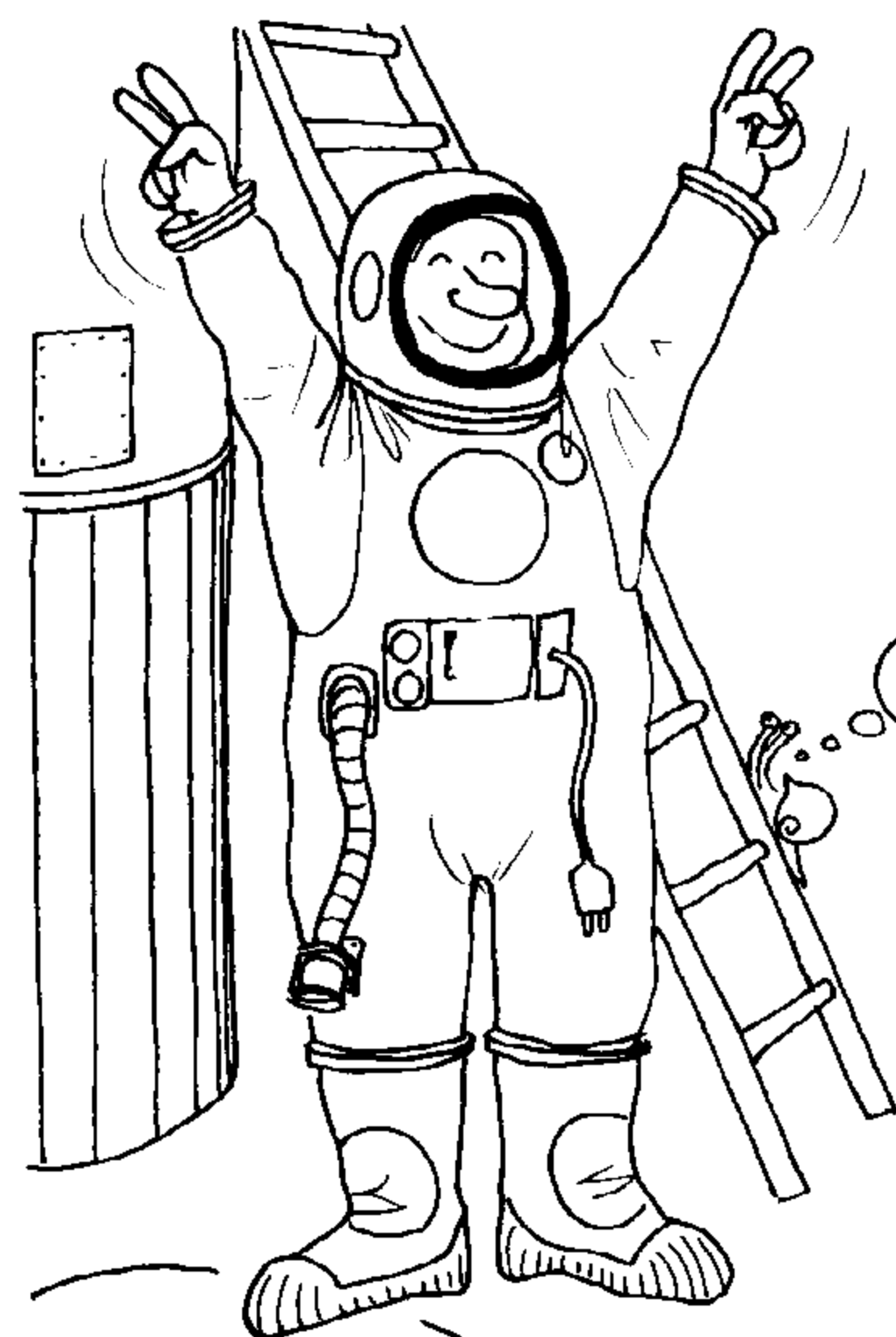
Si ésta fuera de tan sólo unos pocos metros
por segundo, la vida sería absolutamente
imposible... ¡ Ji, ji ji !



Cuando los cosmonautas se quedan 6 meses en órbita, ésto es, más de quince millones de segundos



su envejecimiento se ralentiza en 1,4 centésimas de segundo.



cuando vuelven no se les nota nada en su aspecto

La aventura...



Hum...



El mundo de la relatividad nos parece muy lejos de nuestra vida cotidiana

De momento sólo interesa a los especialistas en física de altas energías (*)



(*) También llamada PLUTOFÍSICA porque se trata de una física cara...

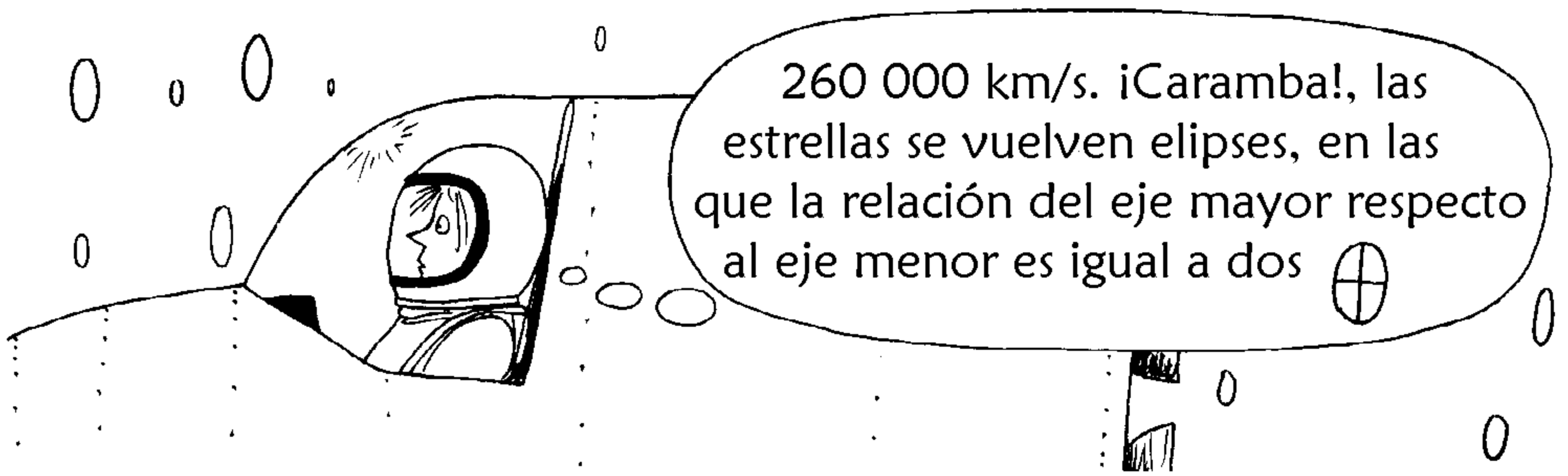
cuando aumento mi velocidad,
¿el Universo se encoge realmente?

¡bobadas! ...

¡BANZAI!

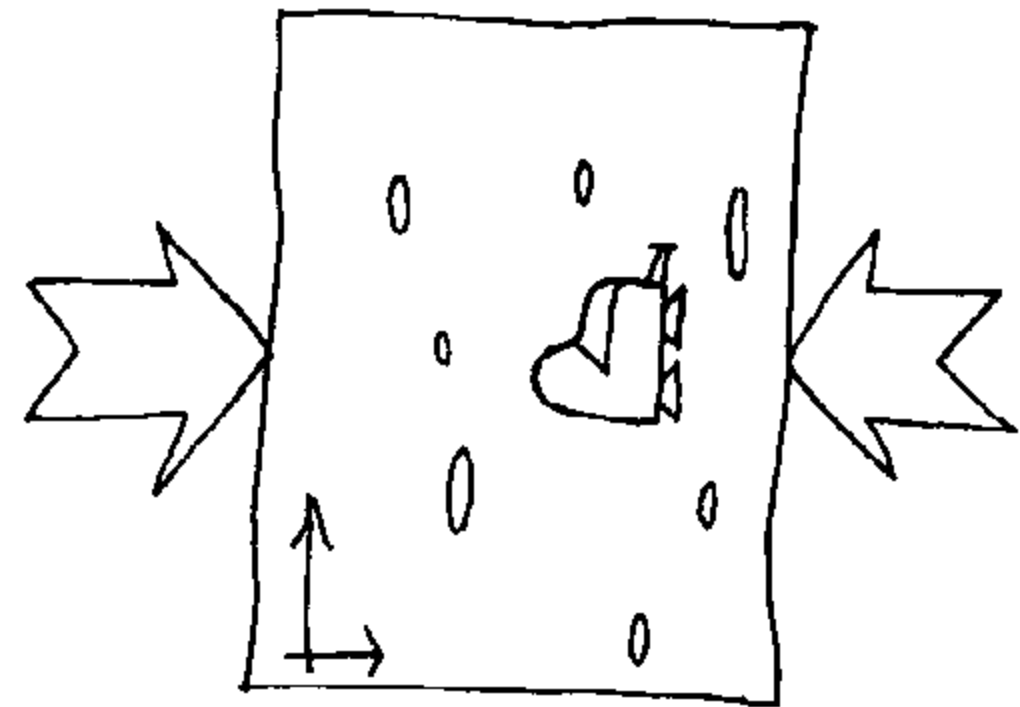
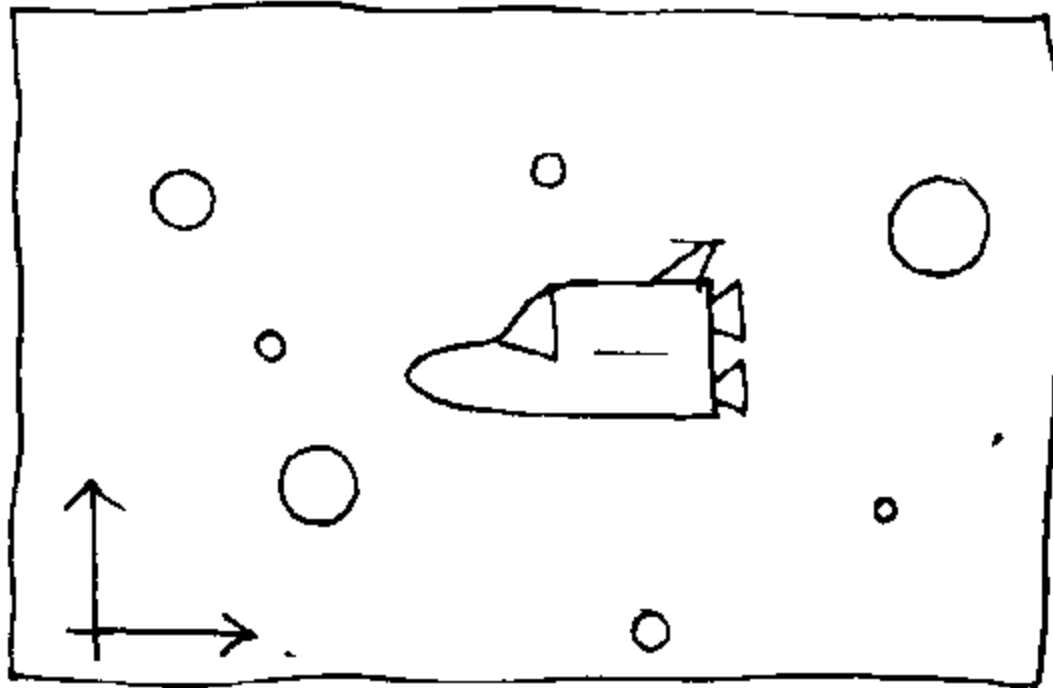
¿esto
gasta mucho?

Diez mil kilómetros
por segundo. Todo
parece normal
¡acelero! ...



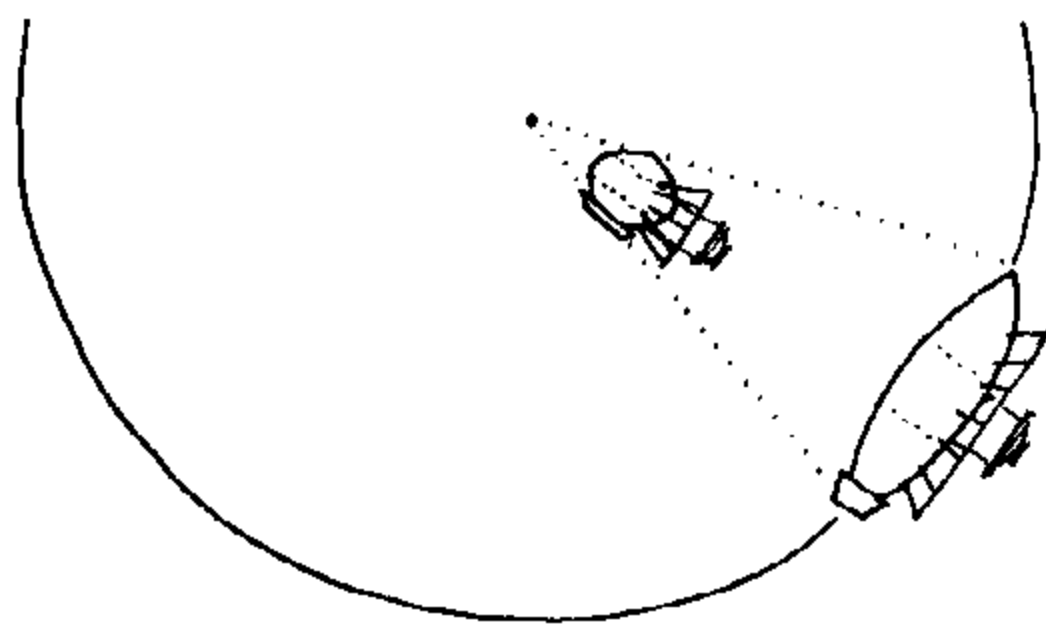
NOTA:

De hecho Anselmo Chirigota no podría observar esta **CONTRACCIÓN DE LORENTZ**, por un buen motivo, ya que **TODO SE CONTRAE**: ¡el Universo, Anselmo y su nave!



Incluso los pasajeros del submarino del Parque Cómico no perciben su encogimiento.


La Dirección



De ese modo, si acelero contraigo, como un acordeón, todo el Universo en la dirección de mi desplazamiento.



¡qué poderío!



¡Eso es absurdo! ¡Un caracol no puede contraer todo el Universo!

¡ jope !

No se trata de contraer el Universo ni de frenar el transcurso del tiempo. Distancias y tiempos no son mas que apariencias. Todo es ilusión, nada es absoluto. Es el mundo de la RELATIVIDAD

Pero este Universo ¿a QUÉ se parece?

Todo dependerá de la velocidad de quien lo observe

Velocidad ¿respecto a QUÉ?

La idea fundamental es que dos personas que vayan a la misma velocidad v , en la misma dirección y sentido, ven y viven el Universo del mismo modo.

Pero, volviendo al modelo del Parque Cósmico. Viste que, para algunos seres, el Universo puede presentar un aspecto singular.

CUANDO EL TIEMPO SUSPENDE SU VUELO

O LOS ESTADOS DE ÁNIMO DEL FOTÓN



Claramente debería haber una velocidad que condujera al submarino a una profundidad donde la presión exterior sea la misma que la presión dentro del depósito

¿¿¿¿qué ocurriría entonces?!?!??

Lógicamente, ¡¿el tiempo debería pararse?!!



Está en pleno galimatías matemático

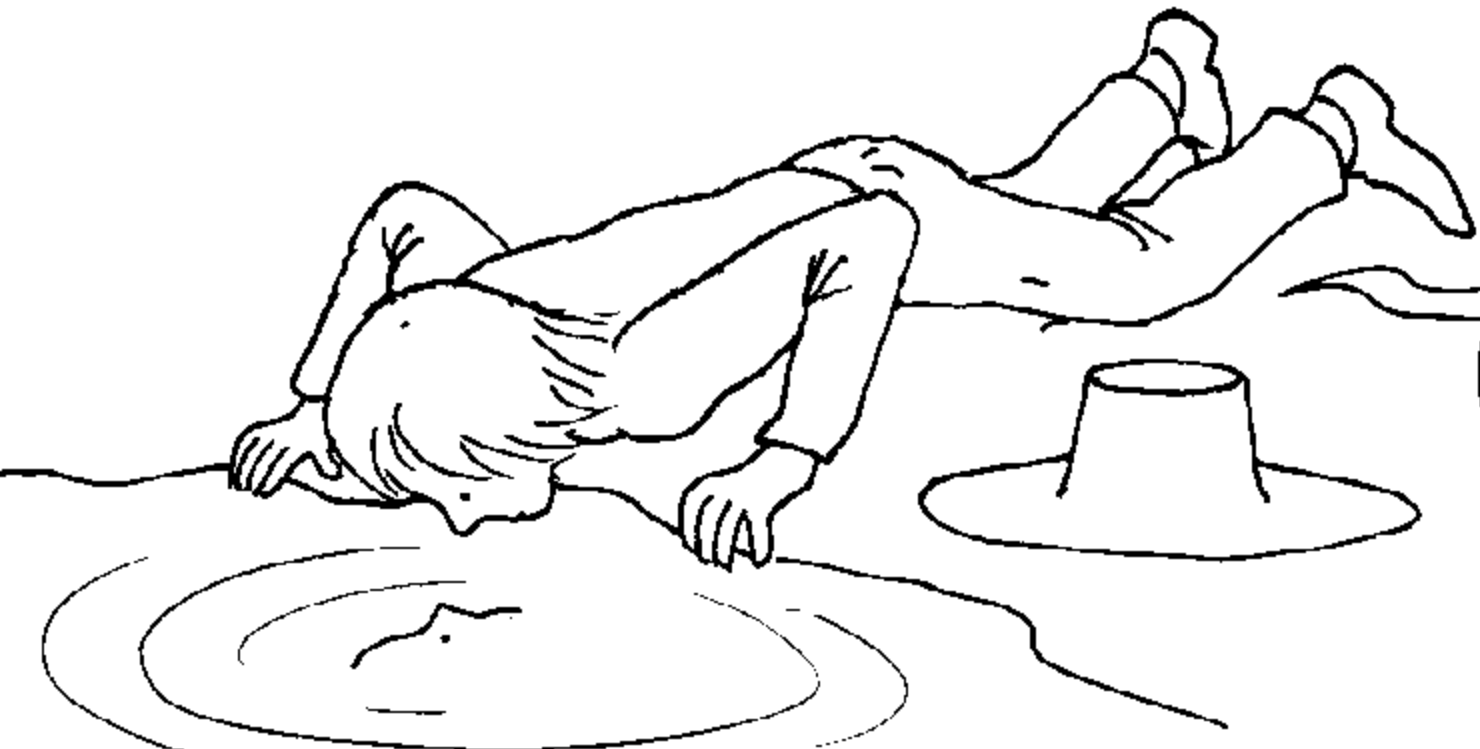
Pero en el Parque Cósmico del señor Albert, ésto se producirá mientras se esté en el centro del planeta de la gota de agua.



Profundidad que se alcanzará mientras la velocidad sea igual a 300 000 km por segundo

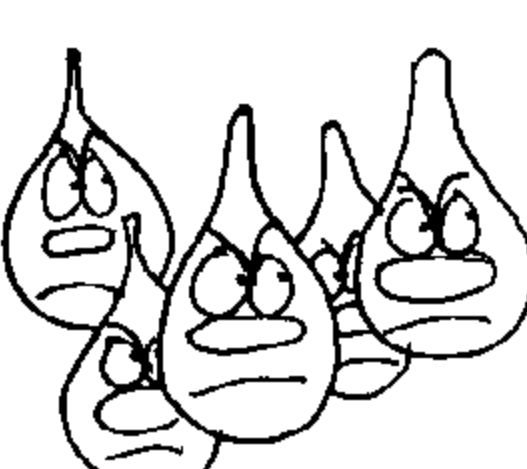
Y es el fondo de las cosas. no se puede profundizar más





Pero, ¿qué hay en el fondo de este Cronos, en el centro de todo, allá donde reina el cero absoluto de tiempo?


los FOTONES



El tiempo es un asunto de lo demás

Para nosotros, esto no es más que una vida!


que son los elementos diminutos que constituyen la luz



Puedo medir la velocidad de estos fotones. Se desplazan una distancia D , durante un tiempo t y su velocidad es $\frac{D}{t} = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$!

¡Caramba! Los fotones nacen y mueren

BLEP
BLEP



Anselmo, ya sabes que el tiempo se conjuga en plural

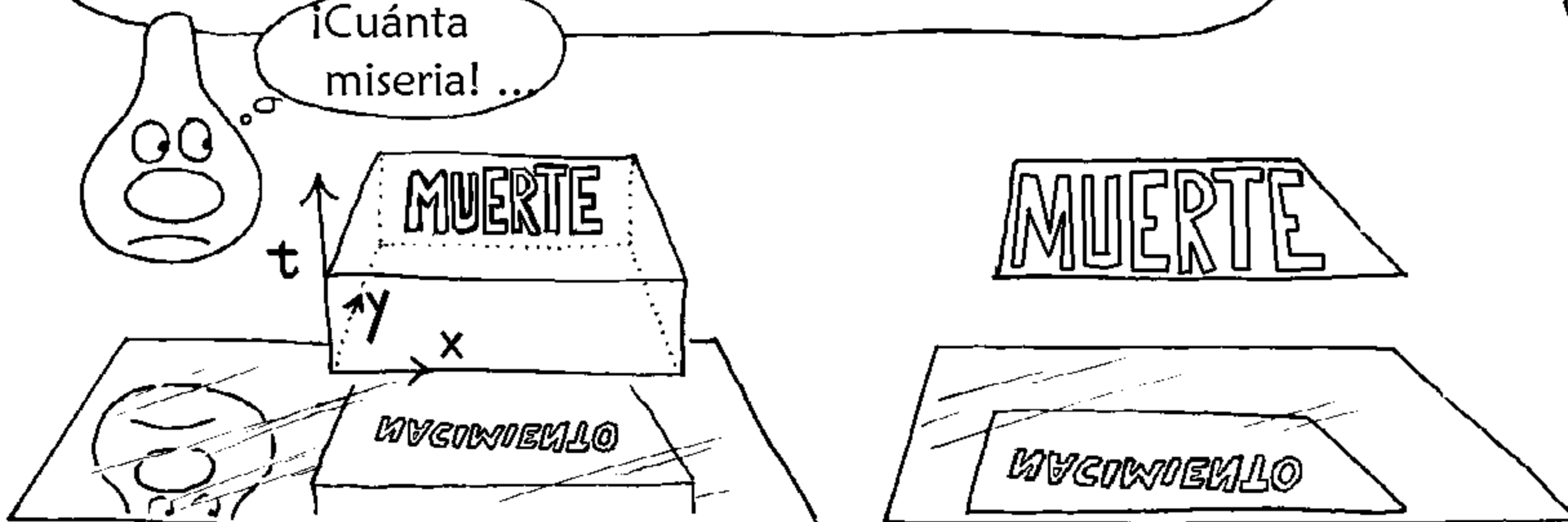
Es TU modo de vivir el tiempo. Para el fotón todo esto es muy diferente. En su propio sistema, el nacimiento y la muerte son dos sucesos que están uno junto al otro.



¿Quieres decir que, para él, el tiempo no tiene SIGNIFICADO alguno?

El TIEMPO PROPIO del fotón se resume en un presente infinitamente pequeño, encajado entre el instante de su nacimiento y el de su muerte. Tomemos un espacio-tiempo de 3 dimensiones (x, y, t). Si lo aplastas en la dirección del tiempo queda una superficie con anverso y reverso. Es esta distinción entre las dos caras lo que orienta el tiempo del fotón.

¡Cuánta miseria! ...



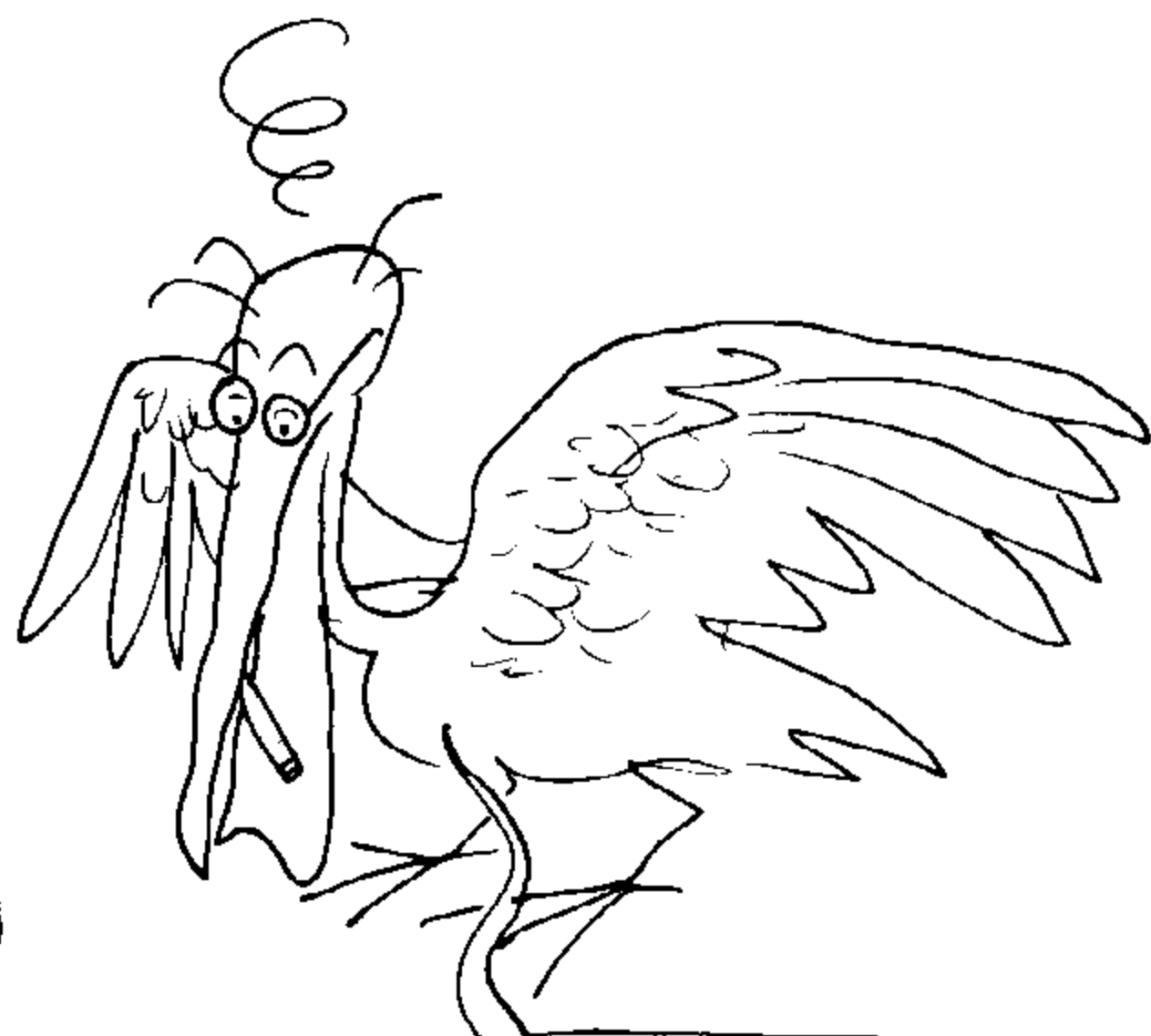
Anselmo, ya ves como todo es relativo. Al ver estas criaturas correr, se podría pensar que están vivas. De hecho, ino lo están!



Yo quisiera que alguien me dijera, de una vez por todas, por qué el tiempo transcurre desde el pasado hacia el futuro y ino al revés!



BLEP
BLEP



¿Eso importa?
En el tren del tiempo, siempre estamos sentados en sentido de la marcha .

¡Oye! ¿Vosotros habéis tocado fondo o qué?

Yo he oído decir que si se invirtiera instantáneamente el sentido del tiempo, inadie se daría cuenta!



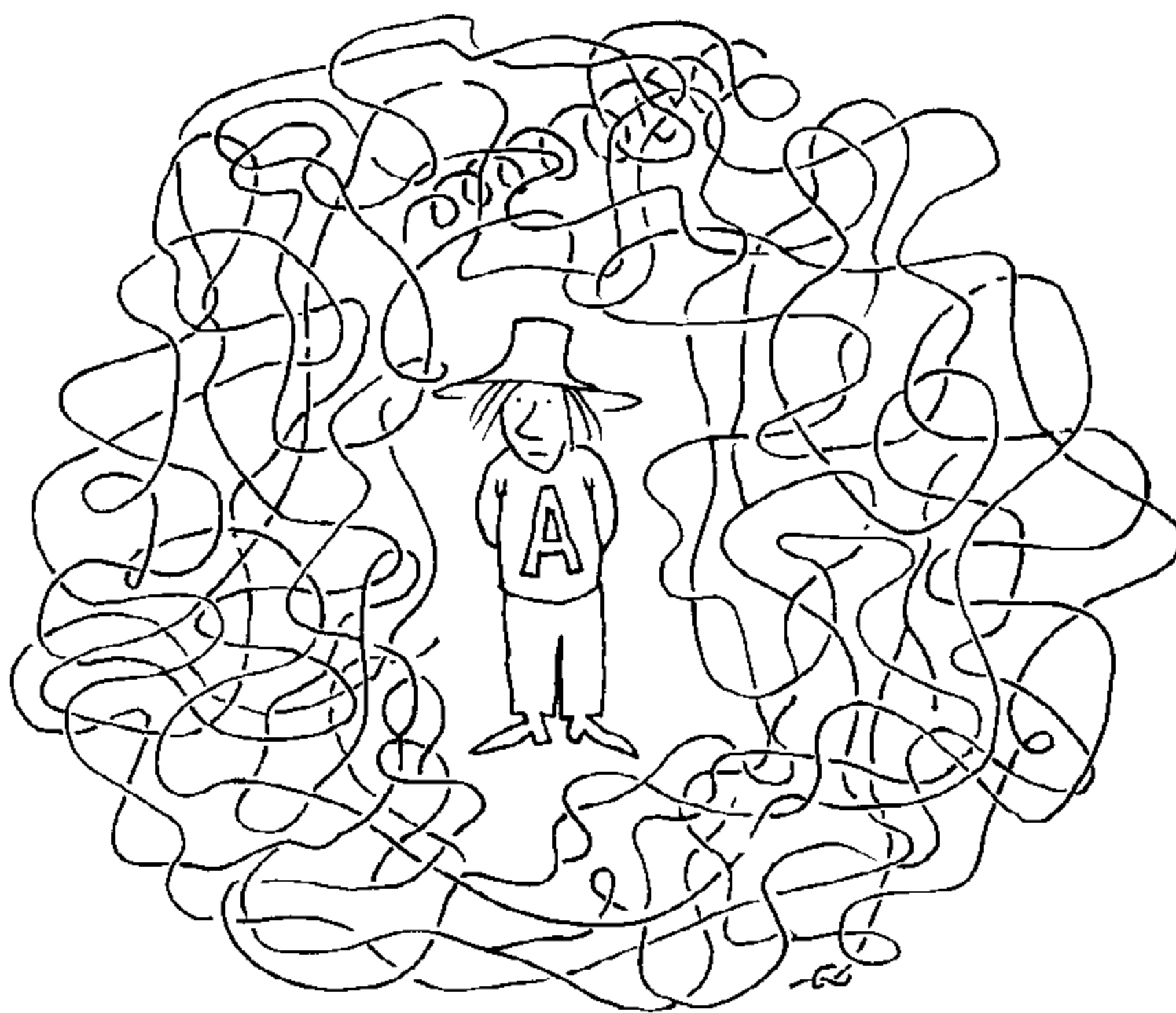
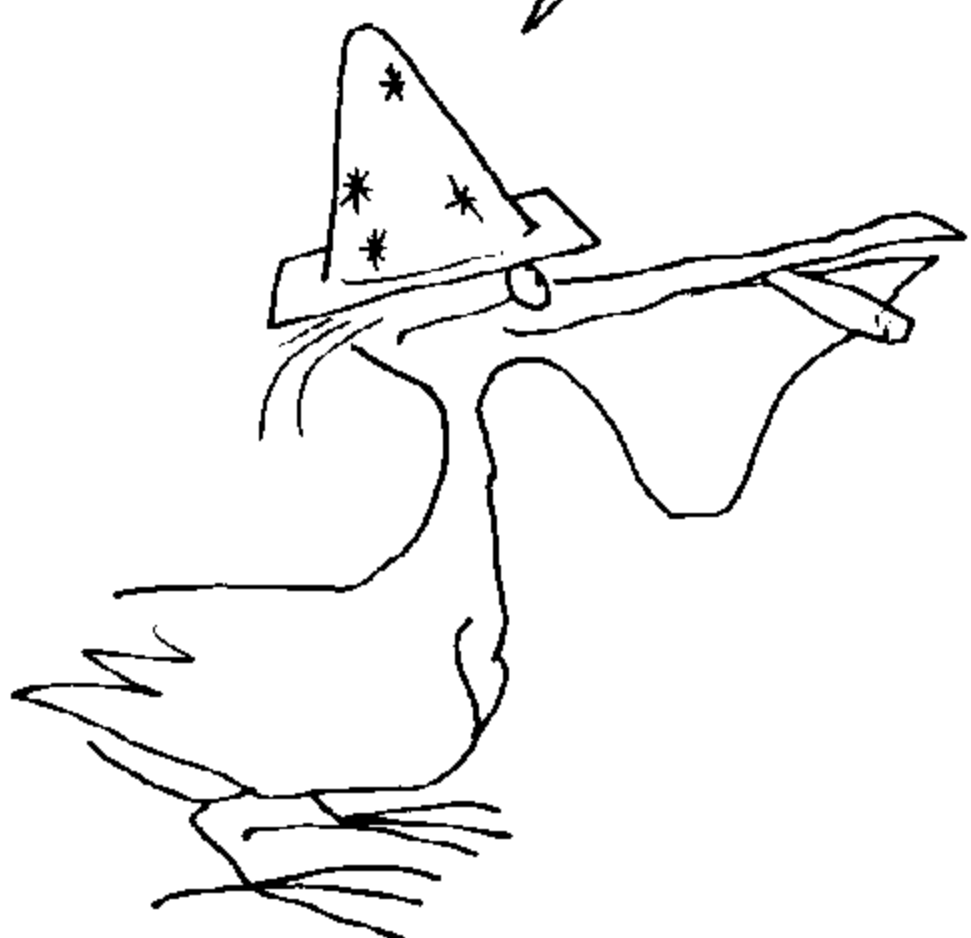


Lo que más me gustaría es poder ponerme, tan sólo un instante, en el lugar de un fotón; para poder averiguar la visión que él pueda hacerse del universo.



No se puede dibujar un espacio-tiempo de cuatro dimensiones. Pero sí es posible dibujar, en un espacio-tiempo de tres dimensiones, las trayectorias entrelazadas de todos los objetos del Universo, de todas las partículas. De modo que un observador supuestamente inmóvil las podría estudiar, dedicándole toda su vida a este empeño:

Una especie de retrato en tres dimensiones...



¡un gran montón de fideos!



Se puede obtener una imagen pensando en un estropajo metálico o en un lío de cables.

Desde el punto de vista de las LONGITUDES el Universo es elástico. Si otro observador se desplaza a una velocidad \vec{v} , en cualquier dirección, todo sucede como si hubiera un acortamiento del Universo (y del observador) en esa dirección.

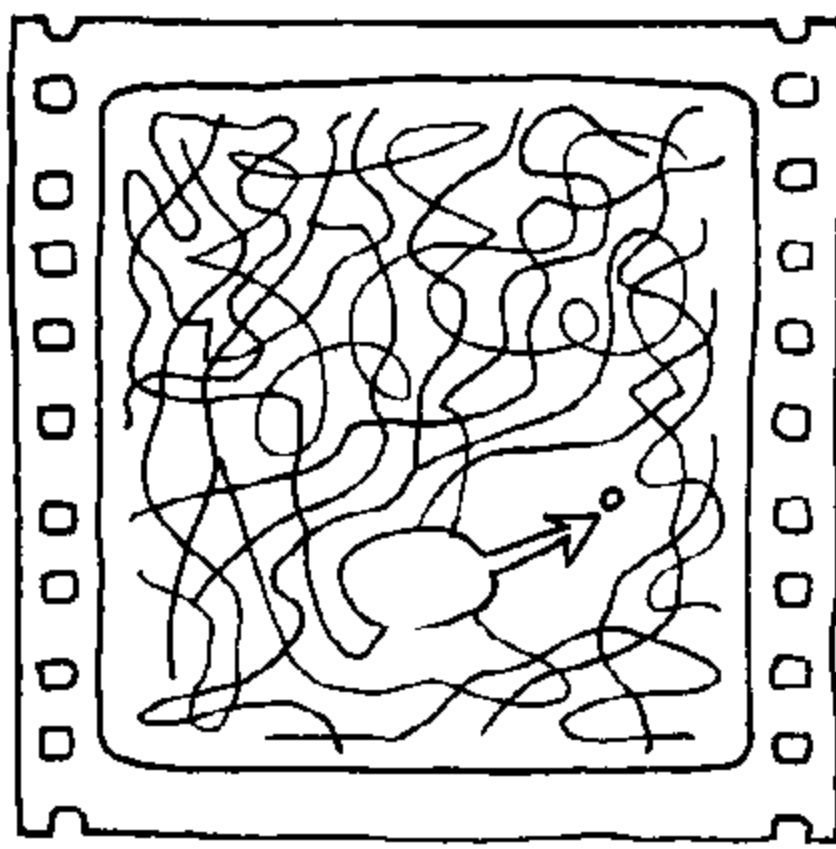


El fotón lleva este efecto de contracción al extremo.

Se ha visto que su TIEMPO PROPIO ha sido completamente aplastado. Si dicho fotón pudiera representarse el Universo, éste se vería completamente aplanado según su dirección de propagación. Así el mundo del fotón es BIDIMENSIONAL. Y él mismo se situaría en este extraño mundo como un pequeño confeti plano.



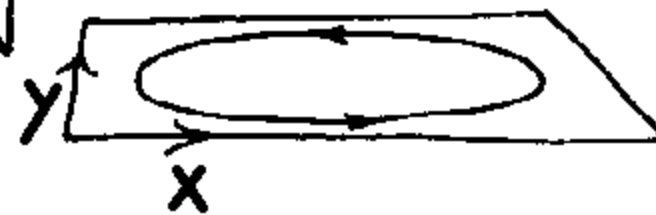
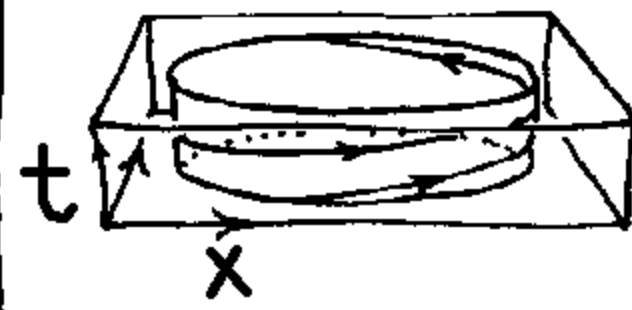
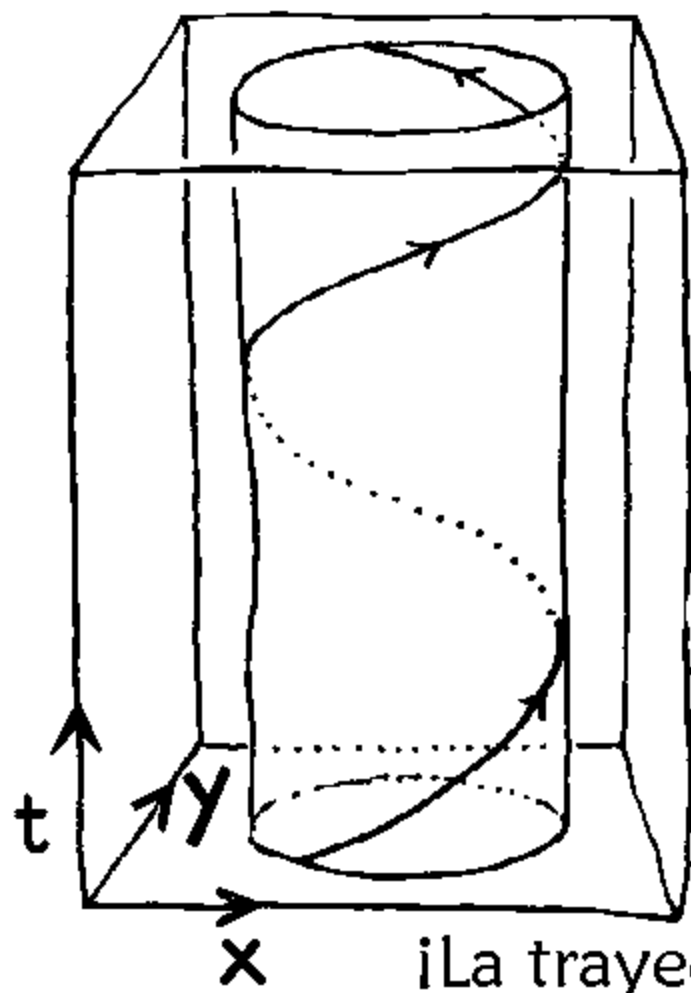
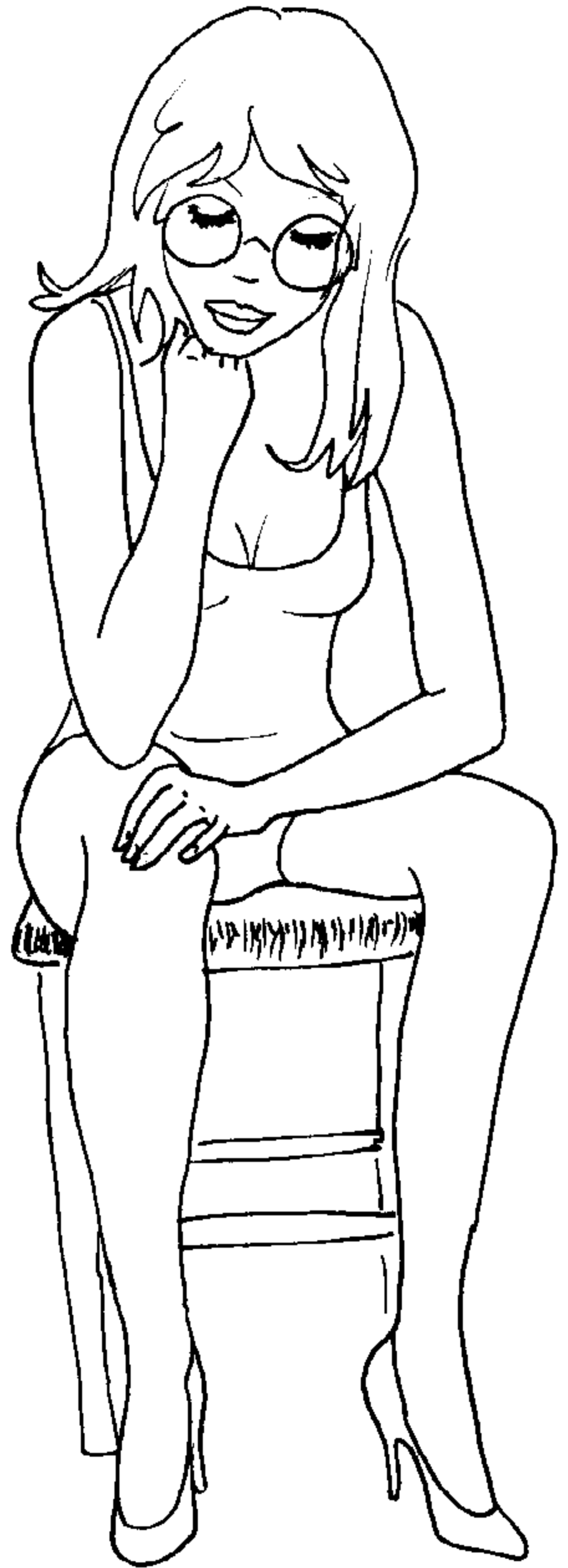
Esta imagen es, aproximadamente, la que se obtendría proyectando sobre una pantalla, la imagen de un estropajo metálico (observador inmóvil) con la ayuda de un foco cuyo eje se orientase siguiendo la dirección de propagación del fotón.



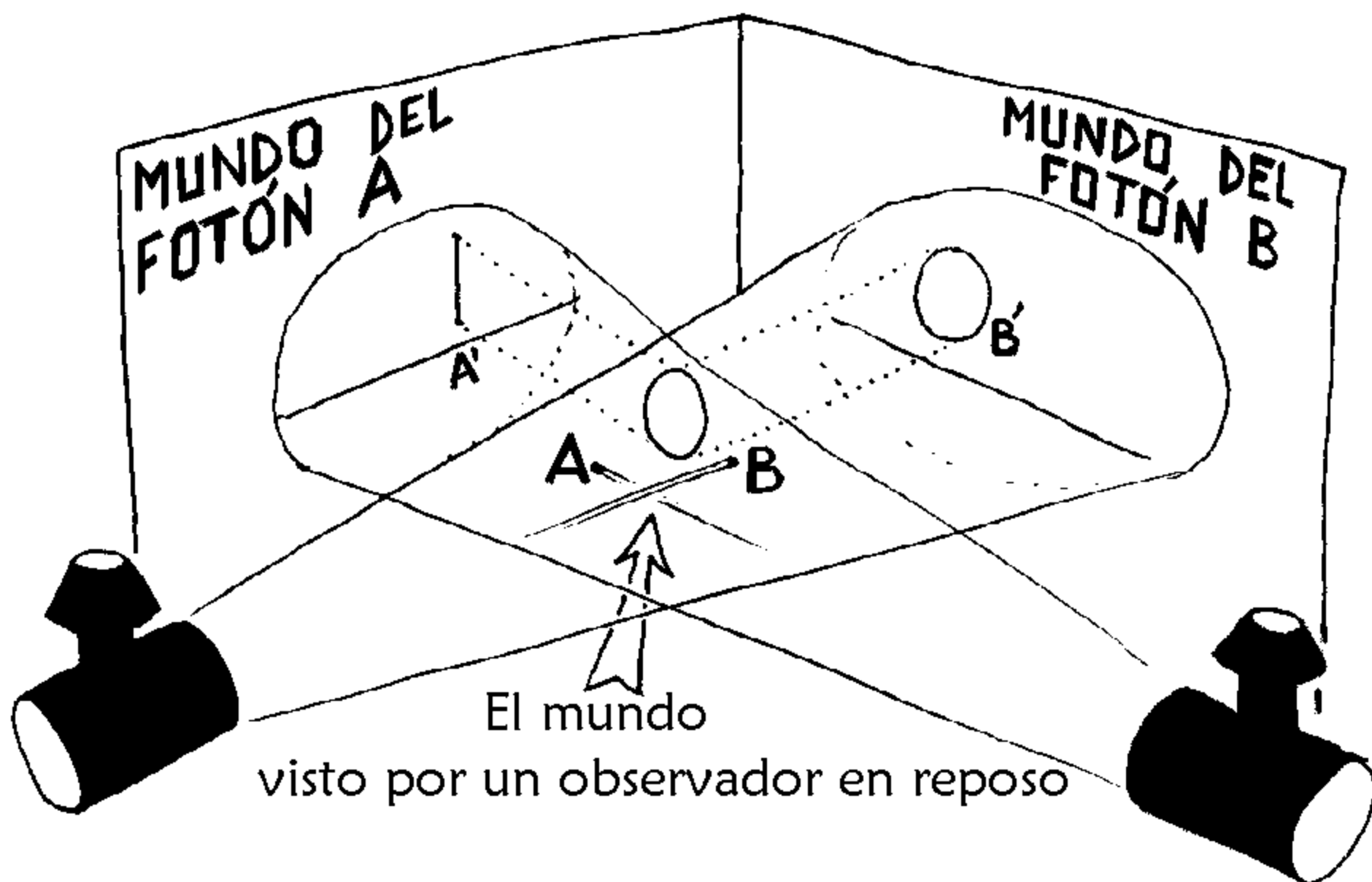
Para entender el mundo del fotón habría que filmar dirigiendo la cámara en la dirección de su movimiento y superponiendo todas las imágenes de la película.

Estreno mundial en exclusiva:
"El mundo de un fotón"

De este modo



¡La trayectoria de la araña se convierte en una circunferencia al verse aplastada según el eje del tiempo!

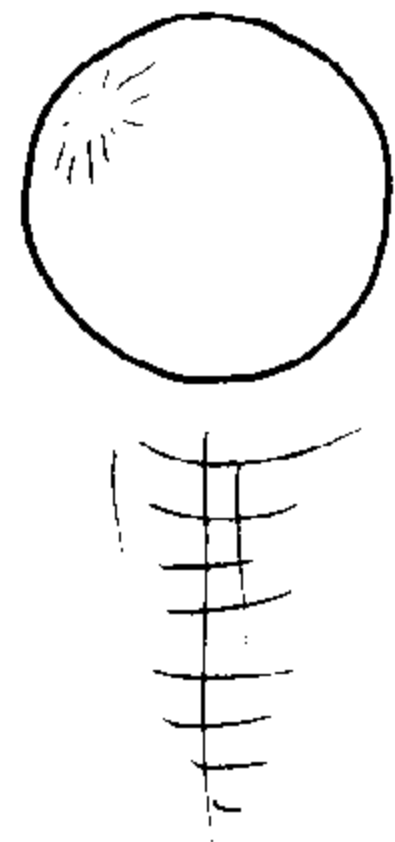


Dos fotones con diferentes direcciones de propagación tendrían "concepciones del mundo" distintas

¡Vaya!



Entonces ¿qué es el Universo?



Es todo y nada a la vez. Hay mil y un modos distintos de observarlo, de vivirlo.



las x, las y, las t. itodo esto son tonterías!

Pero en la vida diaria pueden ser útiles...

¡Qué impulsivo es este muchacho!



INVARIANZA DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ VARIACIÓN DE LA MASA





¡Veo los fotones!

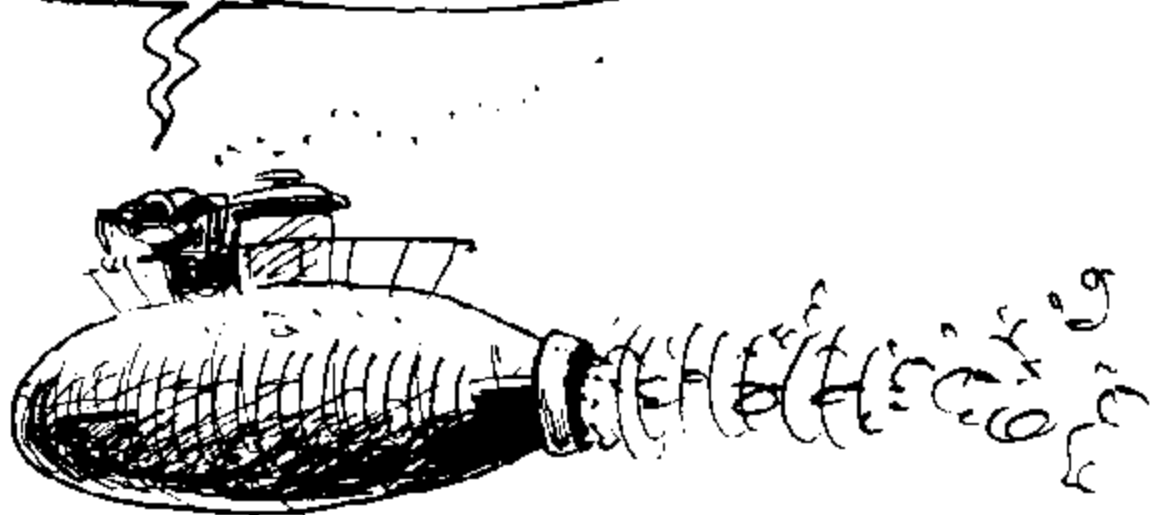
¡Qué profundo es el CRONOS!

Mi profundímetro indica una velocidad v_1

Ese fotón recorre una Distancia D_1 en un tiempo t_1

Divido D_1 por t_1 y obtengo 300 000 km/s

¡Acelere, señor Albert, acelere!



Ahí hay un fotón con una velocidad v_2 , superior a v_1 , voy a volver a medir.

este fotón recorre D_2 en un tiempo t_2

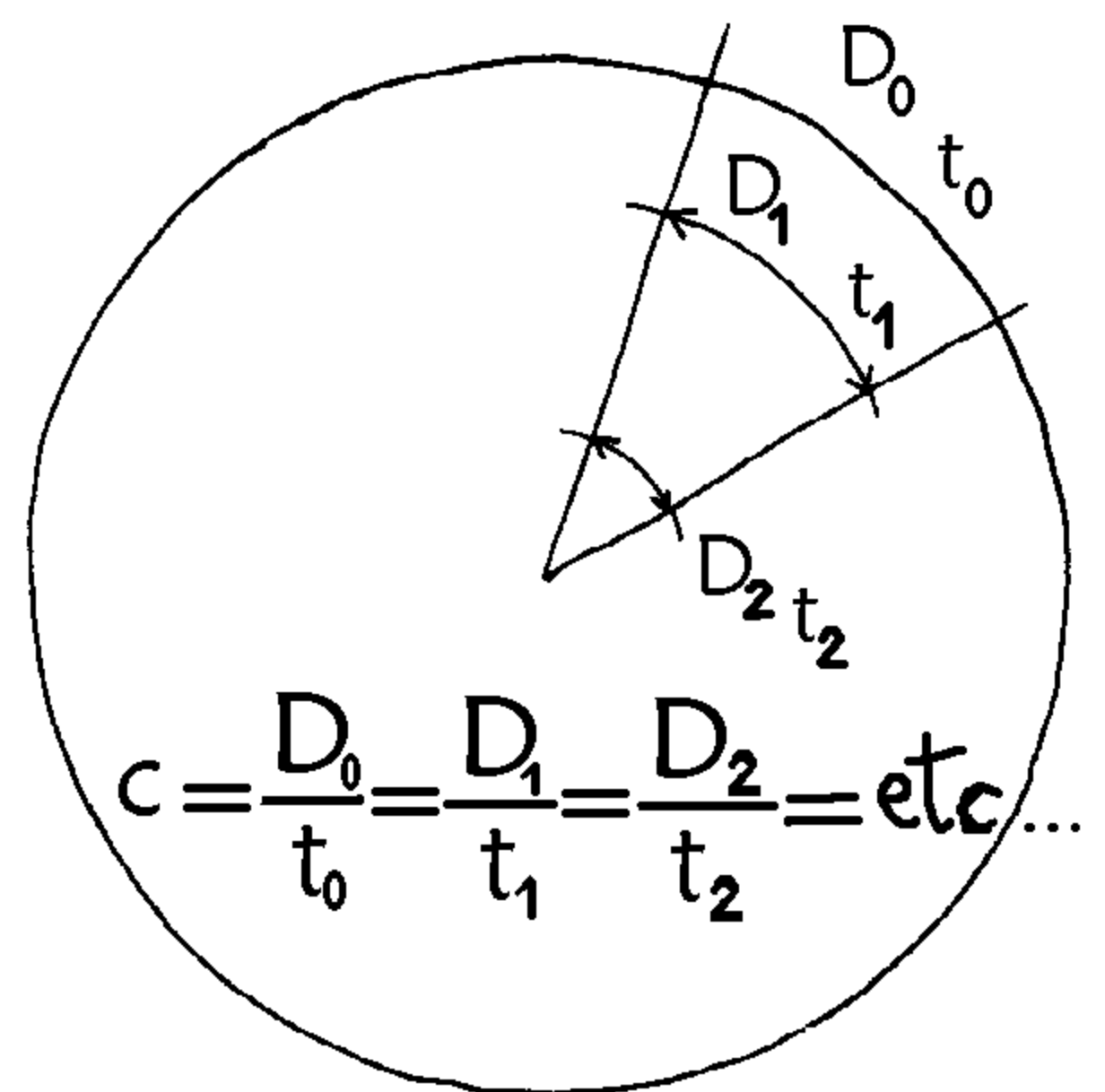
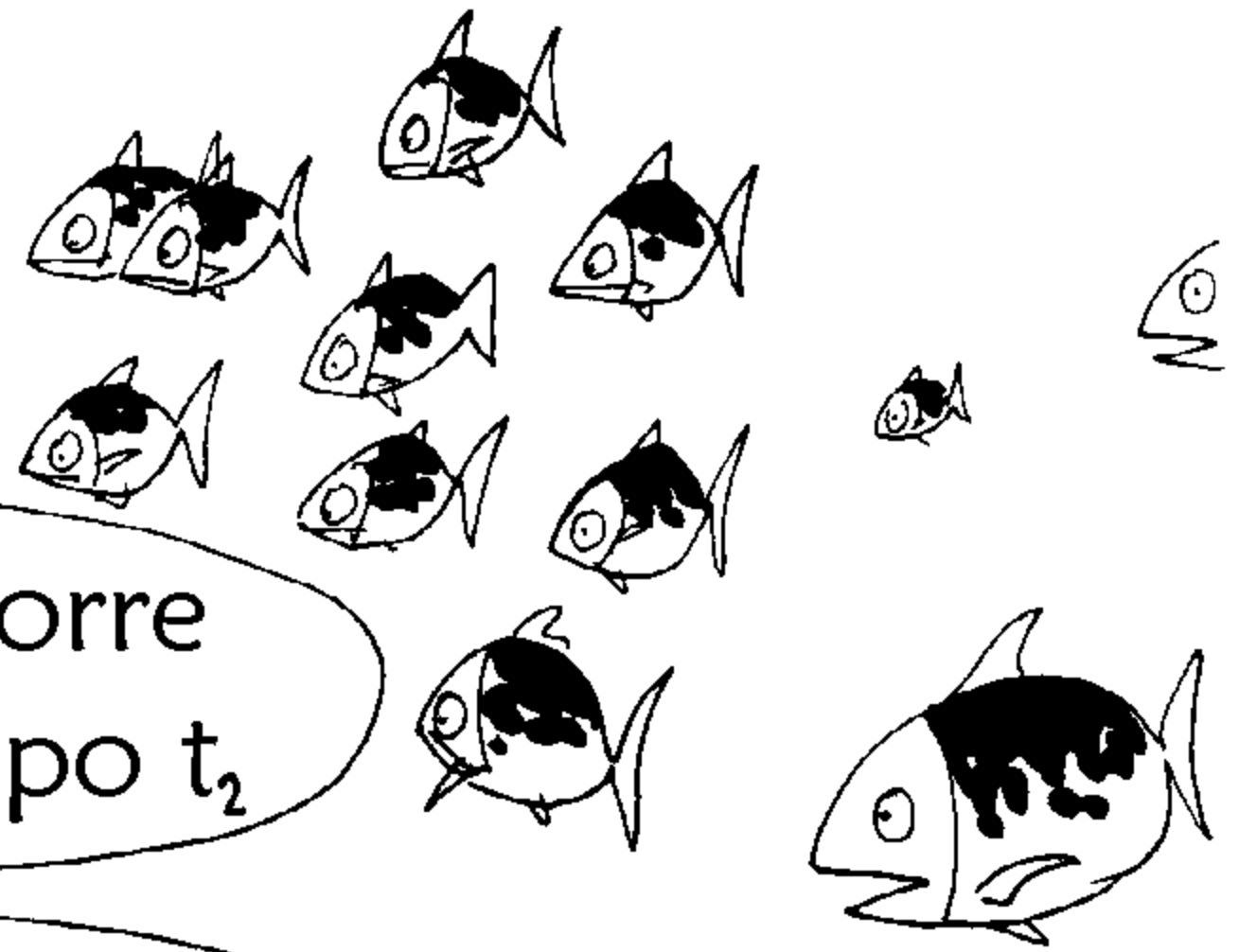
Su velocidad es $\frac{D_2}{t_2} = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

¡Qué extraño. Sale lo mismo!

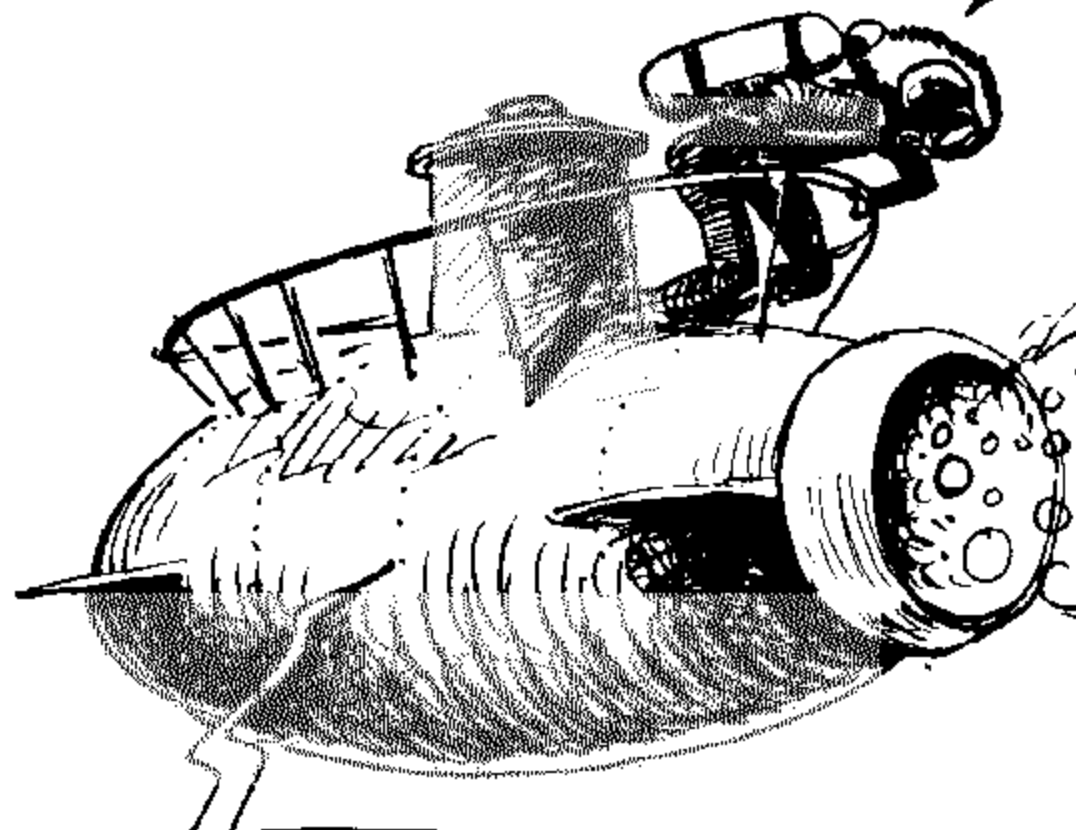
Todos los observadores, sea cual sea su velocidad, miden la misma velocidad c para los fotones, los átomos de la luz. Éstos gozan de una situación particular en el Parque Cósmico. Todo sucede como si fueran pequeños faros cuyo "rayo de luz" girase a velocidad angular constante, proyectando de ese modo su imagen sobre todas las esferas concéntricas que constituyen el CRONOS. A causa de la variación de la distancia y el tiempo propio, los observadores obtienen invariablemente $c = \frac{D}{t} = 300\,000 \text{ km/s}$.

Esta constancia absoluta de la velocidad de la luz, de la velocidad de los fotones, fue mostrada experimentalmente en 1881 por Michelson y Morley.

Treinta y cuatro años más tarde, en 1915, EINSTEIN desechó el modelo clásico del espacio-tiempo, incapaz de explicar esta invarianza y empezó a crear un nuevo espacio-tiempo, que ha mostrado el Parque Cósmico: el espacio-tiempo de la RELATIVIDAD.



¡Les volvemos a coger! Acelere, señor Albert, ¡acelere de nuevo!

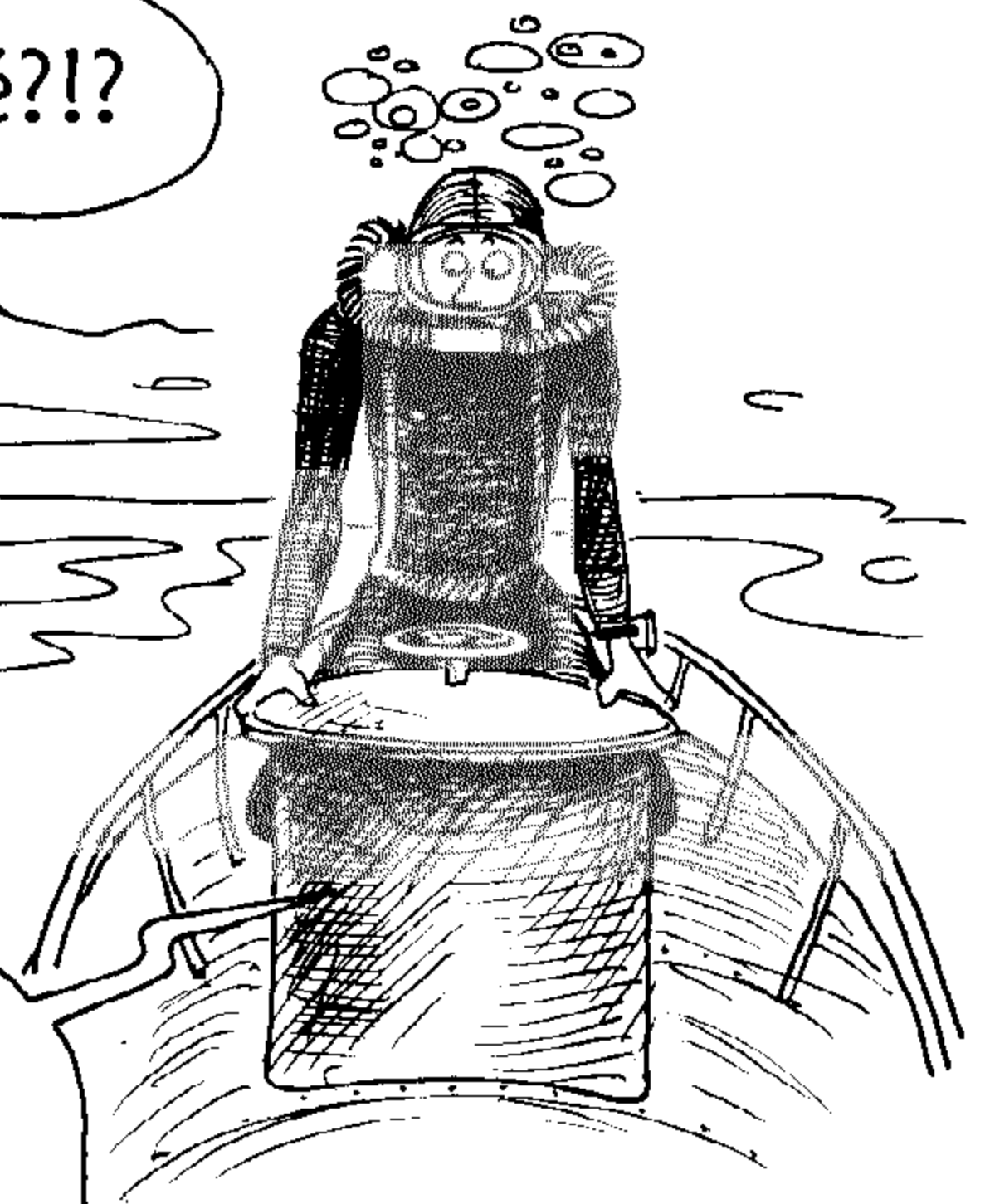
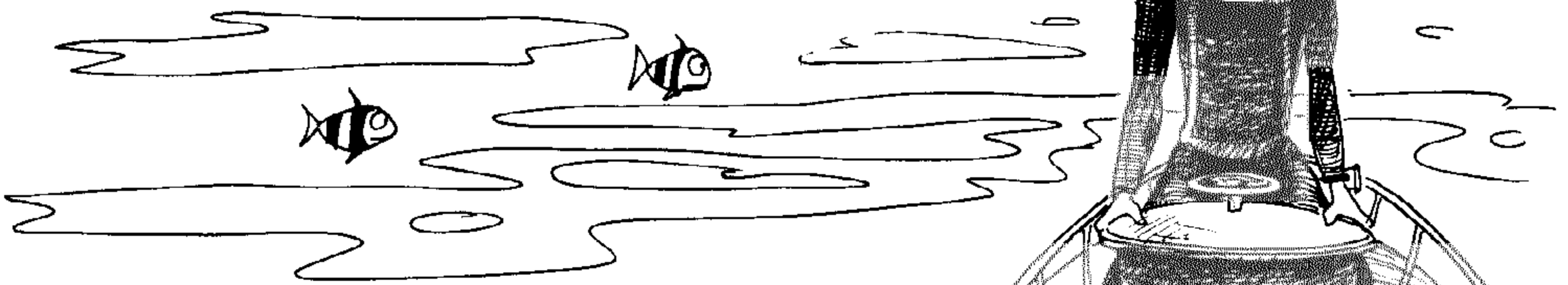


BLEP BLEP

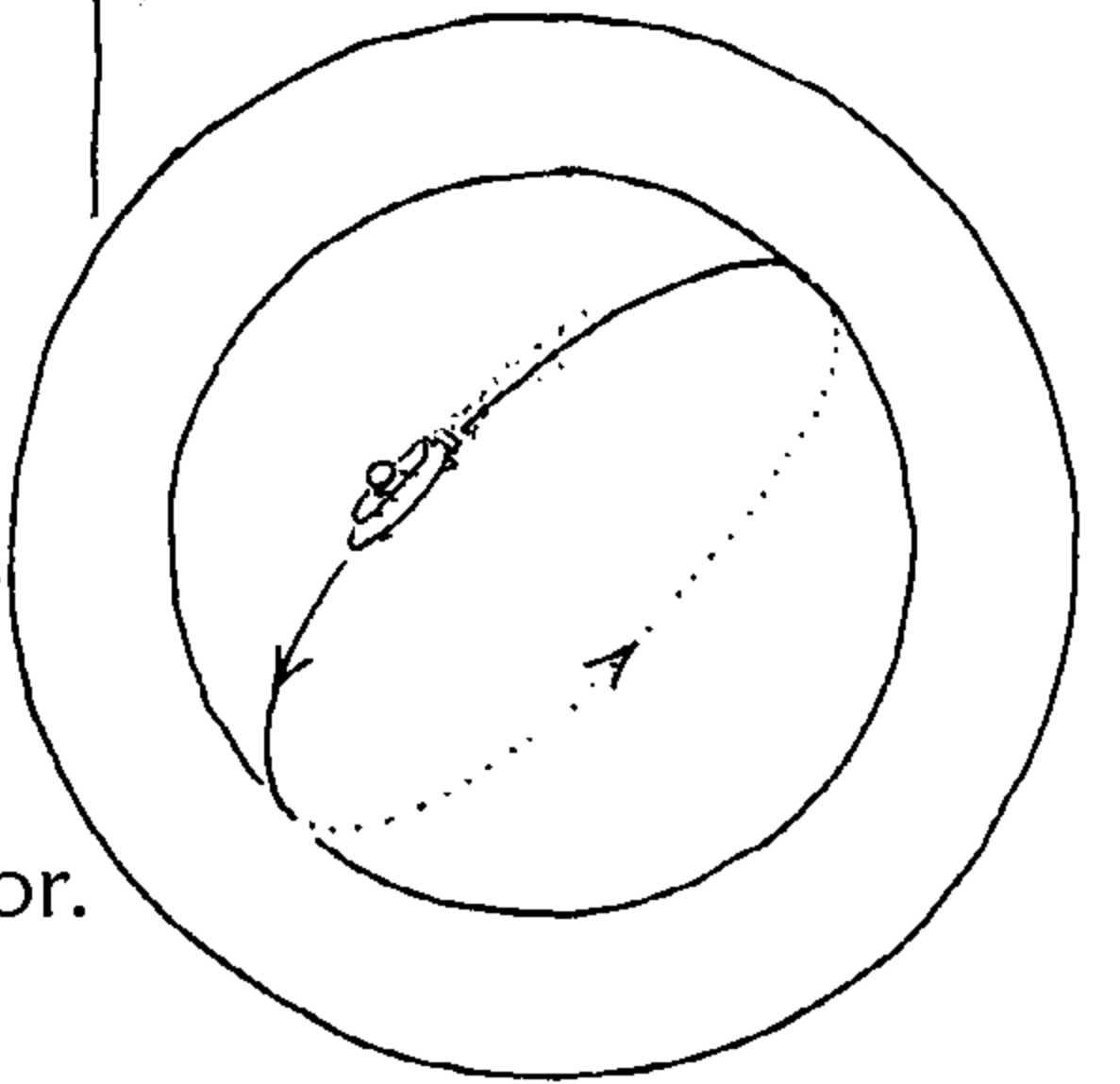
BLEP

Imposible muchacho

¿¿Por qué??

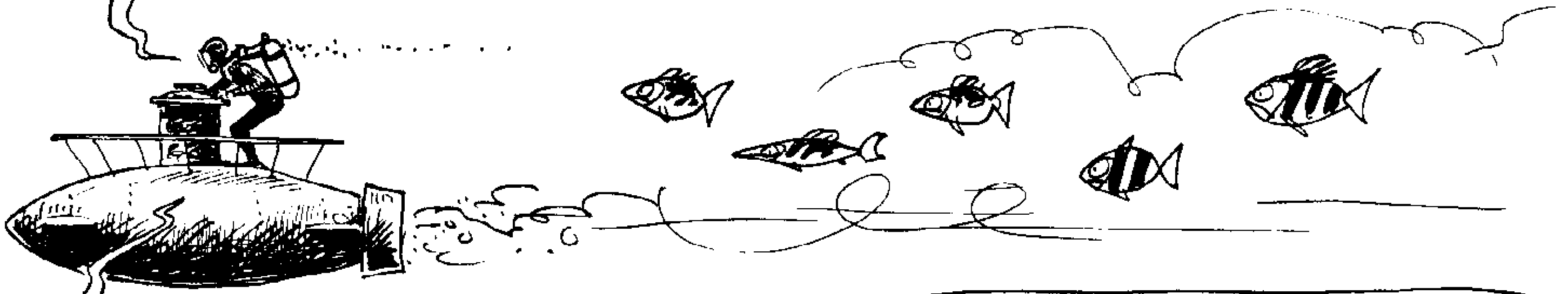


Mi submarino se propulsa a reacción. El CRONOS no opone resistencia alguna a su avance. Sólo debo vencer la INERCIA. Cuando he alcanzado una velocidad v y paro el motor, el submarino sigue un CÍRCUNFERENCIA MÁXIMA de la esfera que corresponde a esa profundidad (*)



(*) es decir, una GEODÉSICA de esta esfera. Ved "LE GÉOMÉTRICON", del mismo autor.

¿Dónde está el problema? Vuelva a poner el motor en marcha y acelere, así volveremos a aproximarnos todavía más a esos malditos fotones.



¡Ay!, Cuanto más profundo nos sumerjamos el CRONOS se vuelve más denso. A medida que descendemos, llena nuestros depósitos de lastre y nos volvemos terriblemente pesados. Nuestra masa crece.

NOTA

Quisiéramos disipar una falsa idea: se dice que marchar hace adelgazar. De hecho, ¡es al revés! El simple hecho de abandonar el estado de reposo (masa m_0) incrementa la masa según $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$. Por supuesto,

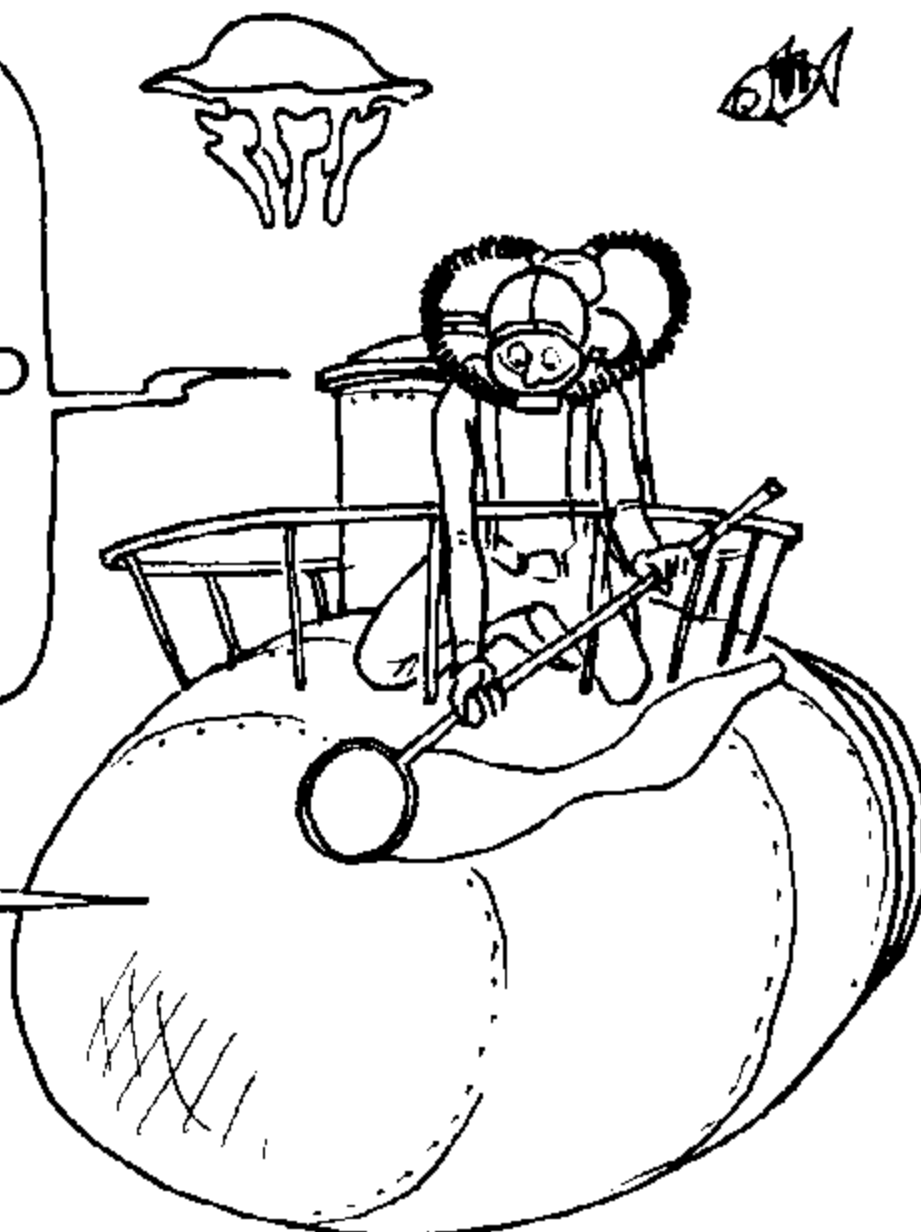
desde el momento en que nos paramos volvemos a tener la masa inicial m_0 .

La Dirección

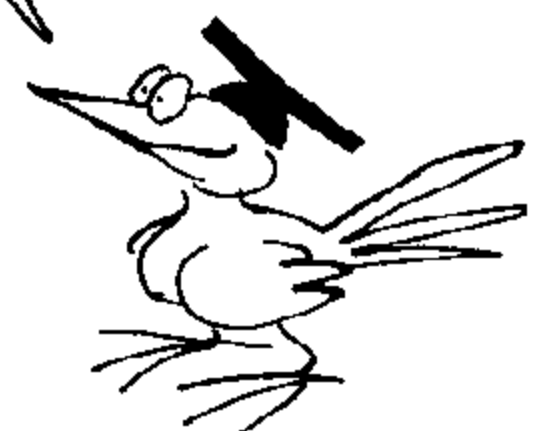


Pero...¡qué insensatez! Casi ya estamos... Vamos a $0,995c$ y tengo la impresión de que ya podría tocarlos

Nuestra masa ya es diez veces mayor. ¡Aceleramos todavía más!



Para una $v = 0,99999 c$ la masa sería 224 veces más elevada. Y así continuamente...

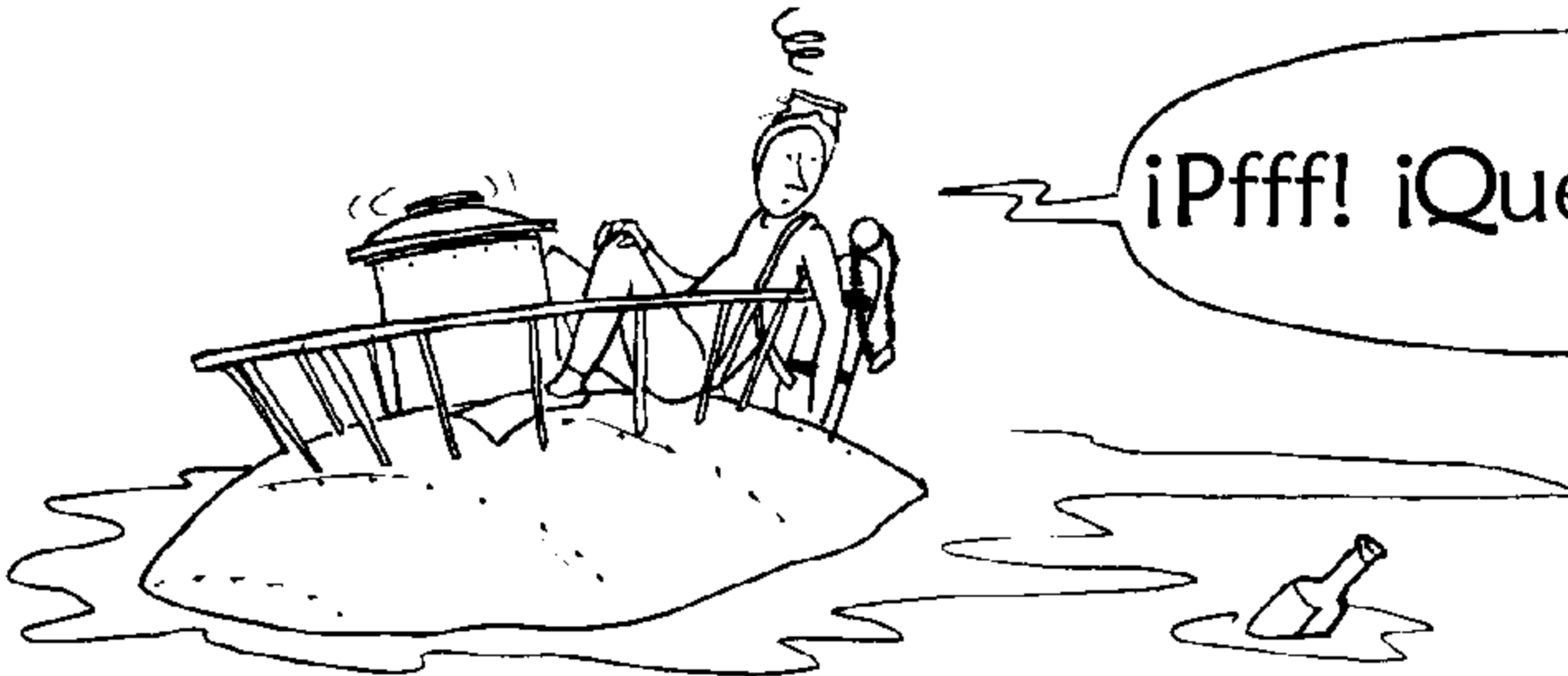


Es inútil insistir. Consumiríamos una cantidad infinita de energía si quisiéramos capturar esos fotones. ¡Atención, disminuyo la velocidad!

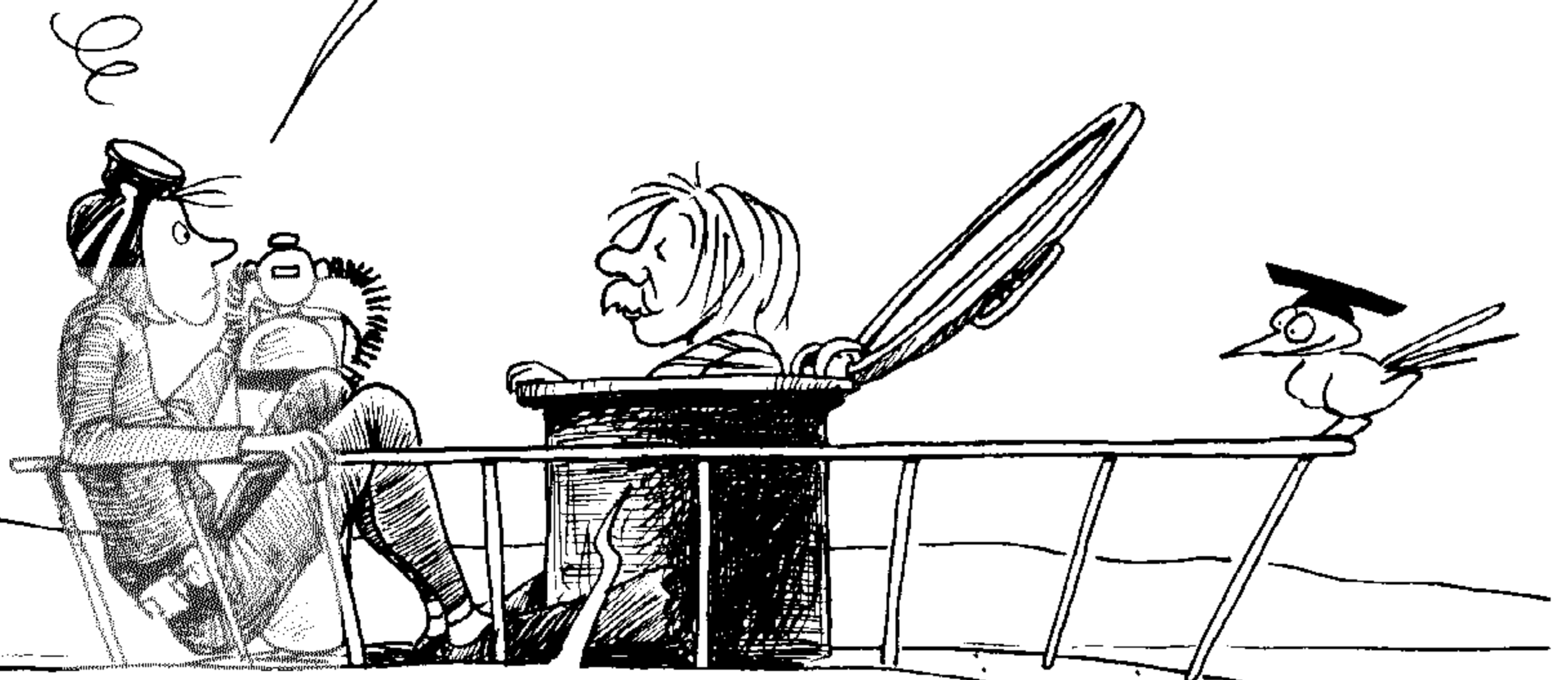
¡Vaya
vaya!



¡Pfff! ¡Qué aventura!



Si lo he comprendido bien: cuanto más energía se le comunica a un cuerpo más se acrecenta su masa.



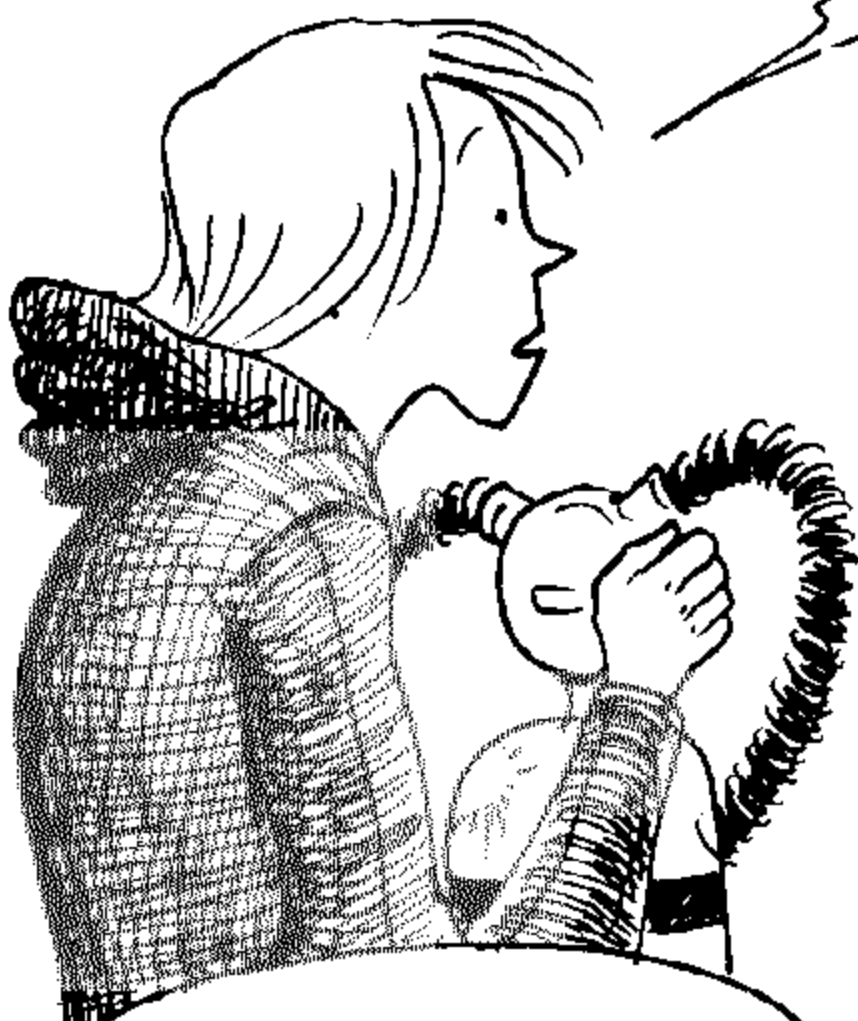
Es normal puesto que la energía y la masa son la misma cosa: **$E=m$**



Bueno, se diferencian en una constante...que es el cuadrado de c . Así escribiremos: $E=mc^2$. Humm..., es una simple cuestión de unidades. Si nuestra unidad de longitud fuera igual a trescientos millones de metros, entonces escribiríamos:

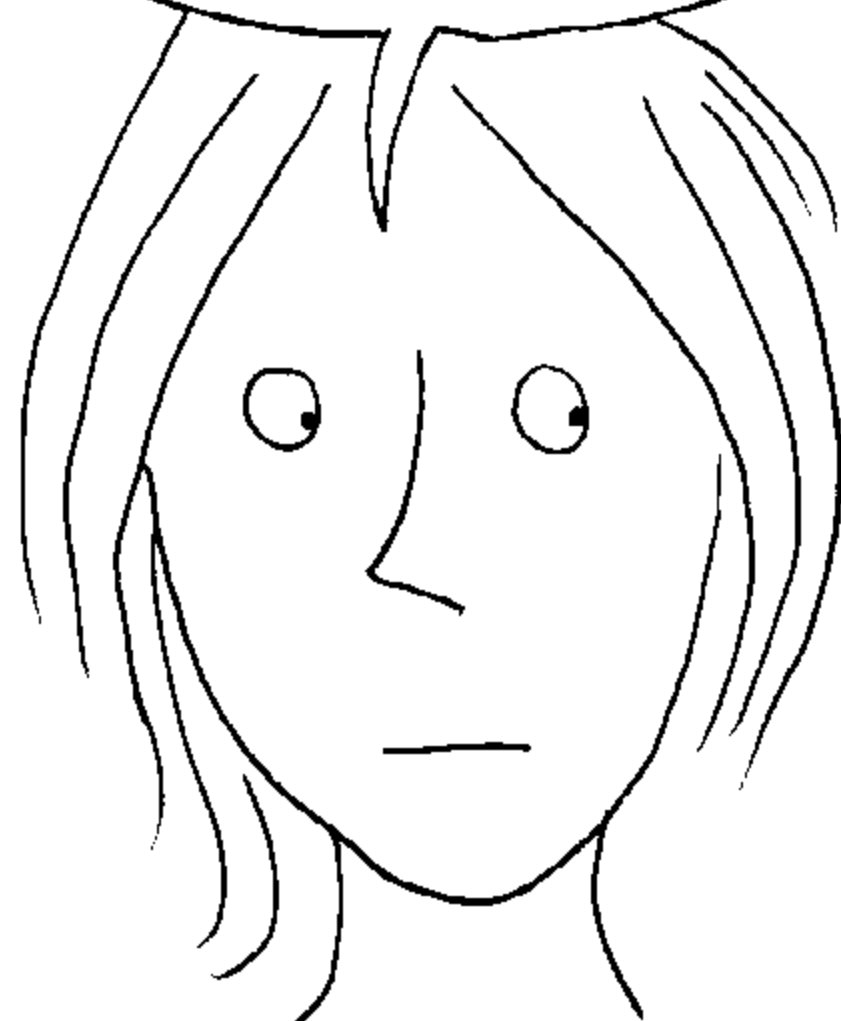
$$E=m$$

Pero, ¿de dónde viene ese valor de trescientos millones de metros por segundo?

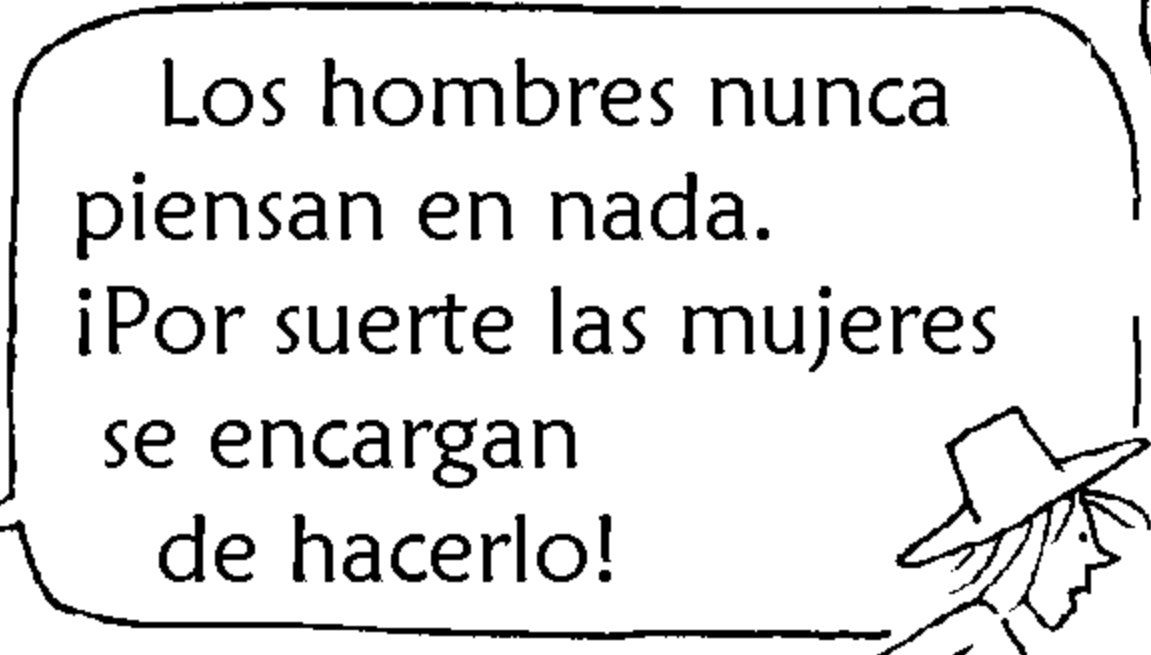
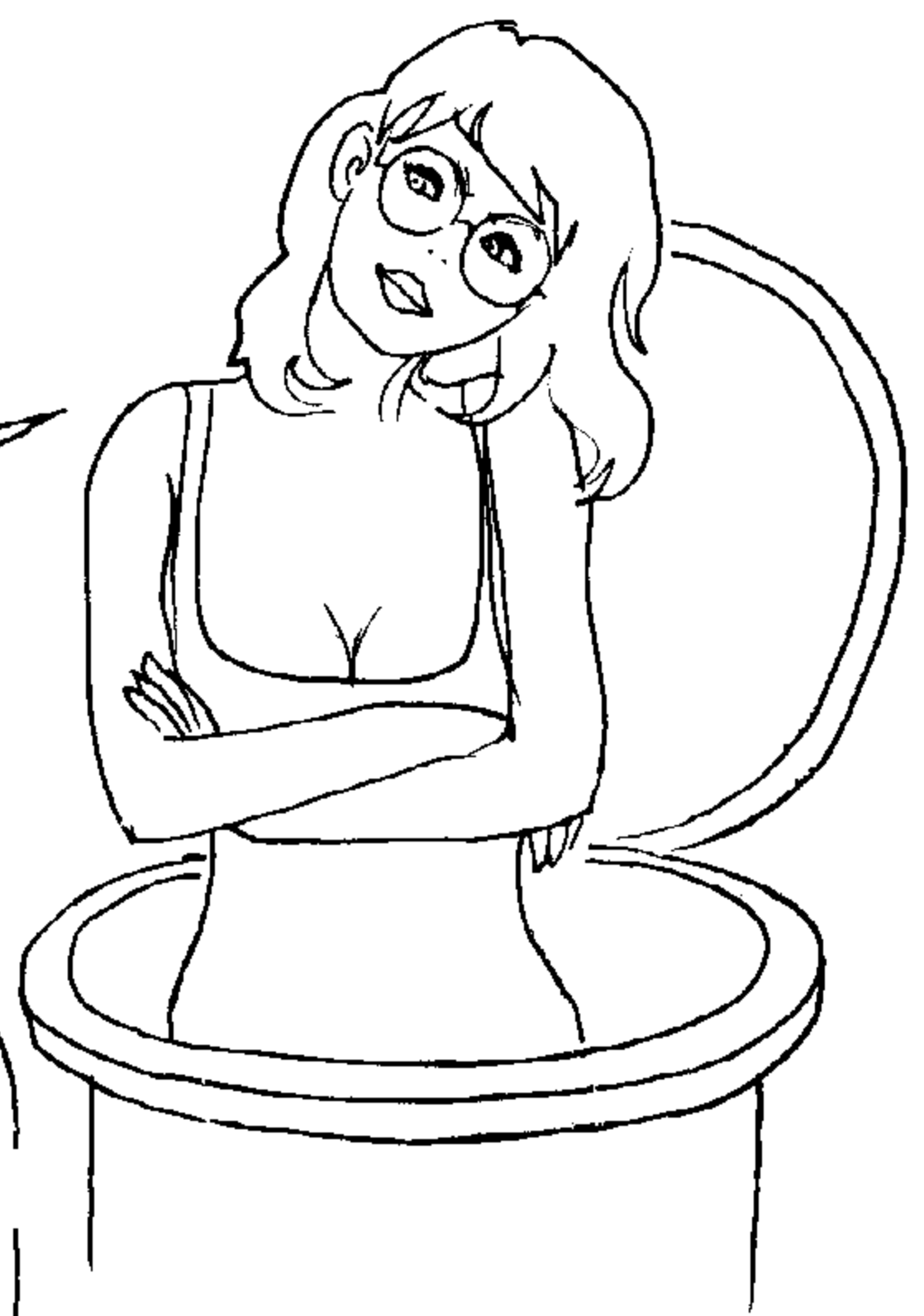


En tu lugar, yo invertiría la pregunta: ¿de dónde viene el metro por segundo?

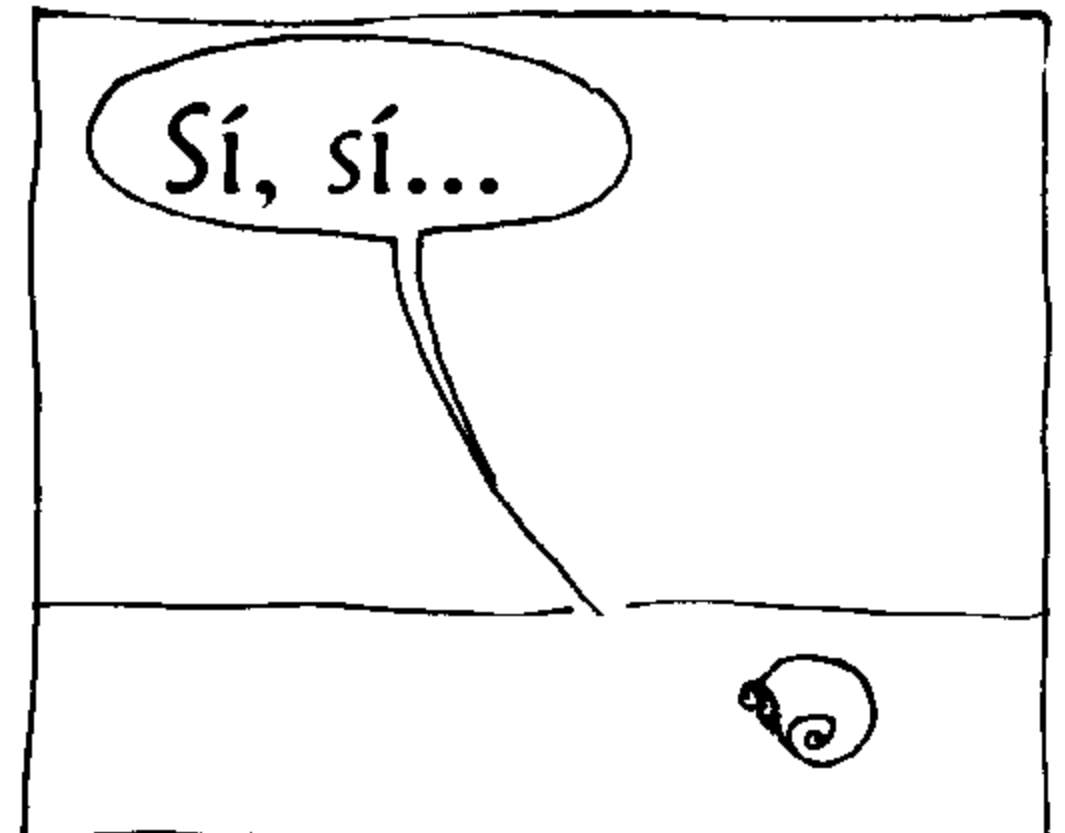
Yo...eh...¿si?



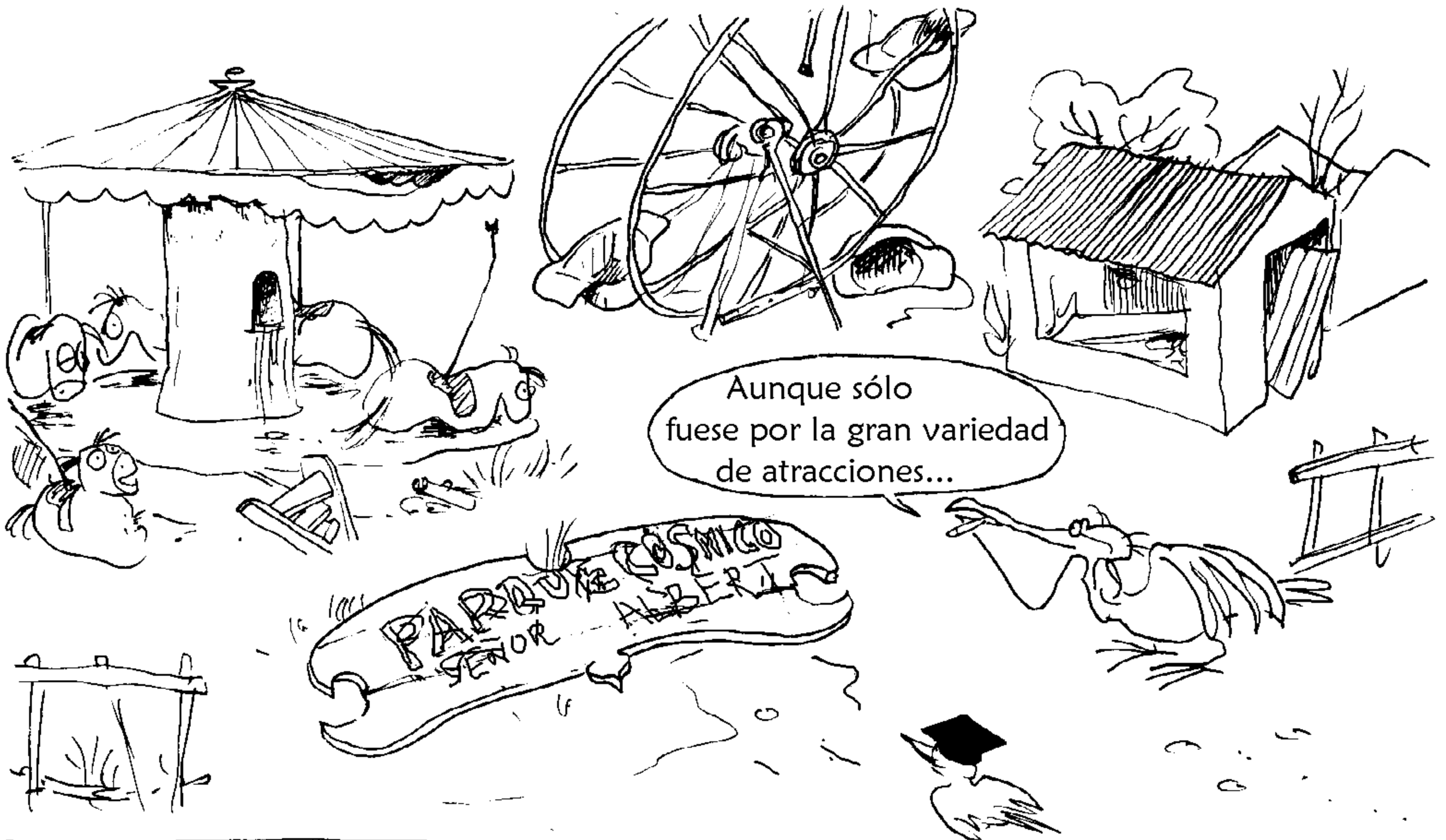
c es la unidad de velocidad por excelencia, el patrón cósmico universal. Y el metro por segundo no es más que un miserable submúltiplo.



(*) La EPISTEMOLOGÍA, grosso modo, es la disciplina filosófica que estudia los principios fundamentales del conocimiento humano.



La Epistemología es el edificio de la Ciencia. Continuamente se resquebraja y se derrumba para, posteriormente, renacer de sus ruinas.

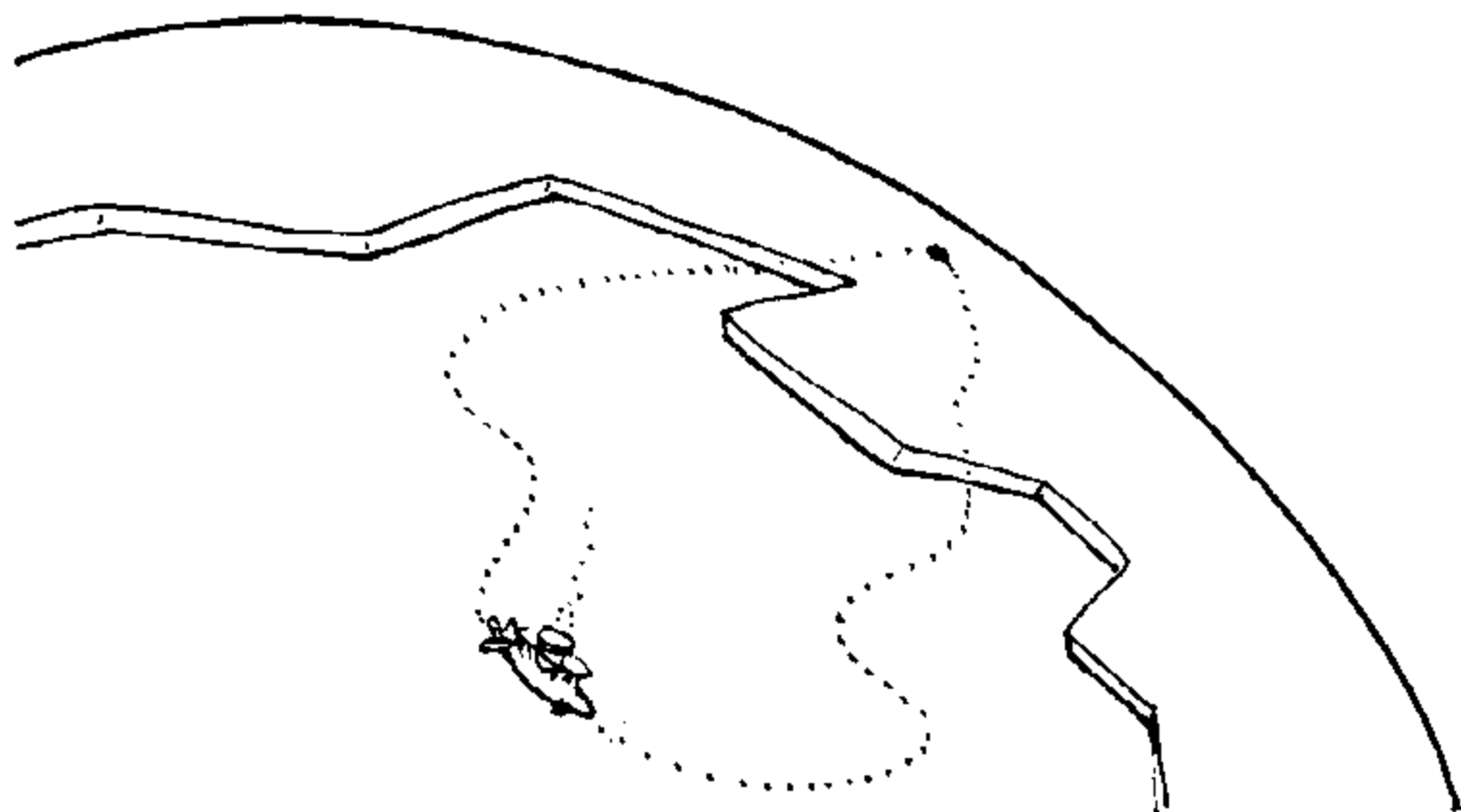
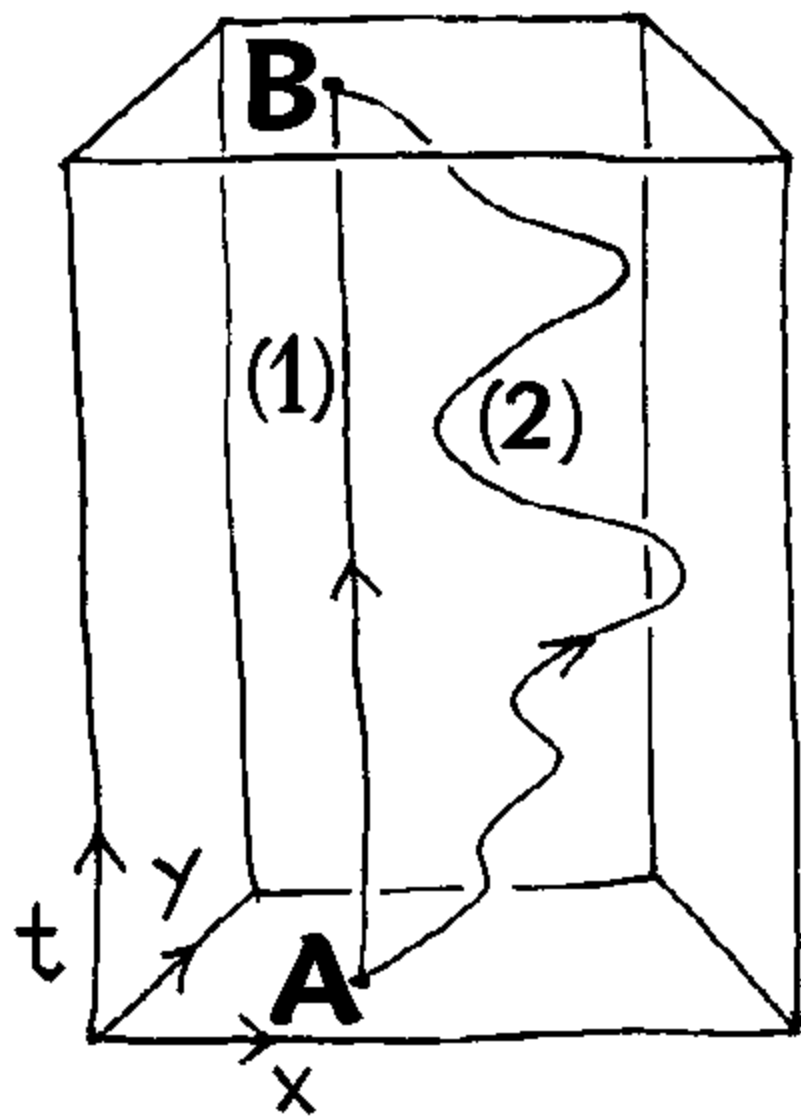


¿Qué ha querido decir con eso?

Simplemente que, en nuestro espacio-tiempo, la línea recta es el camino más largo de un punto a otro.

Por ejemplo, el trayecto rectilíneo \overline{AB} es el que se recorre quedando inmóvil. El trayecto curvilíneo (2) involucra una VELOCIDAD. Se dice que, en esas condiciones, el TIEMPO PROPIO, el del viajero (por oposición al del observador inmóvil), transcurrirá más lentamente.

La verdadera distancia, en nuestro espacio-tiempo, es el tiempo propio transcurrido. Desde ese punto de vista el trayecto curvilíneo sería "más corto" que el trayecto rectilíneo.



¡Anselmo!

¡es completamente cierto!

Hay que estar loco para seguir un camino y quedarse en el mismo sitio!



EL VIAJE IMPOSIBLE

Ha caído la noche sobre el Parque Cómico


Sofía, ¿qué son las estrellas?

Son soles como el nuestro

Entonces la Tierra gira alrededor de la ESTRELLA SOLAR. ¿Crees que los otros soles también tienen planetas que sean como otras tierras?

Sí, Anselmo





Y la estrella más próxima está a...

La luz tarda cuatro años en venir desde nuestra vecina más cercana que es Alfa Centauri

Es decir a ...
icuatenta mil billardos
de kilómetros! (*)

Mientras que Plutón,
en el límite del sistema solar,
está a cinco billardos de
kilómetros, algo menos de
cinco horas-luz

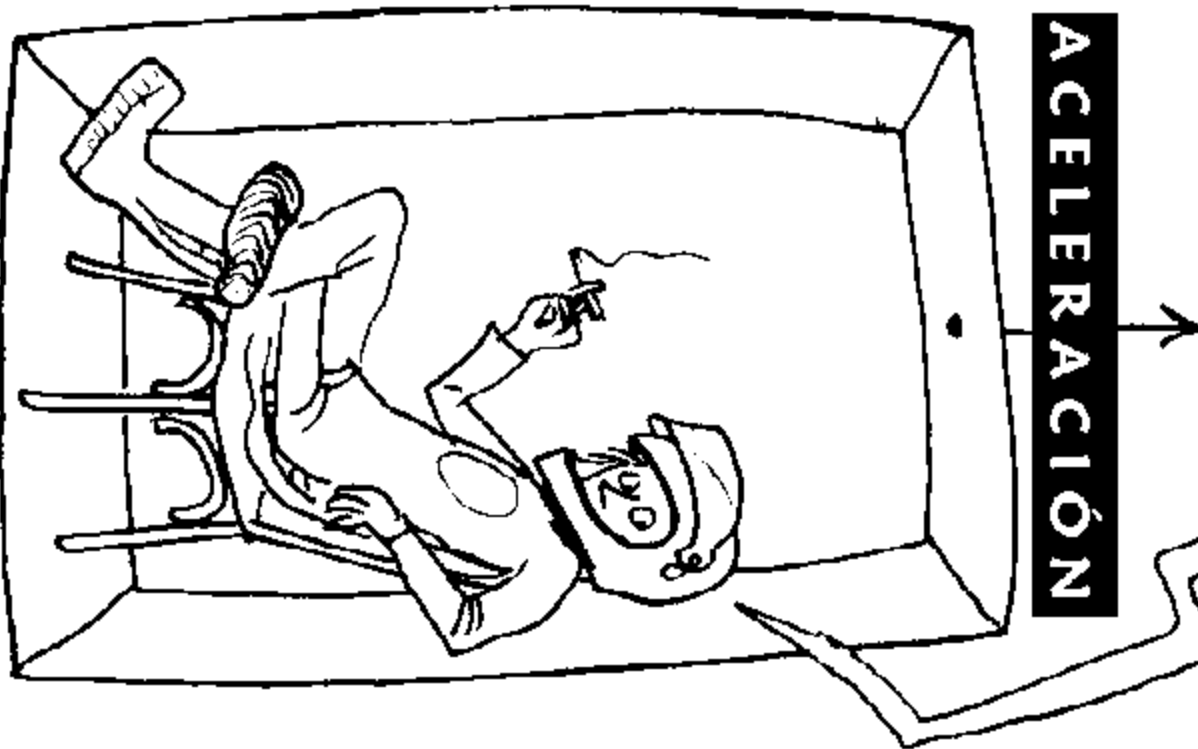
O sea, aproximadamente diez mil veces
más lejos. ¡Cuán grande es el Universo!

el señor Albert me ha explicado que se necesitarían cantidades ingentes de energía para aproximarse a la velocidad de la luz. Por ejemplo, para ir más allá de 100 000 km/s

Supongamos que tenga un motor de fusión que le proporcione a mi vehículo una aceleración de 1 "g" ; es decir, que mi velocidad crezca cada segundo diez metros por segundo.



Aquí el apartamento de dos habitaciones de Anselmo

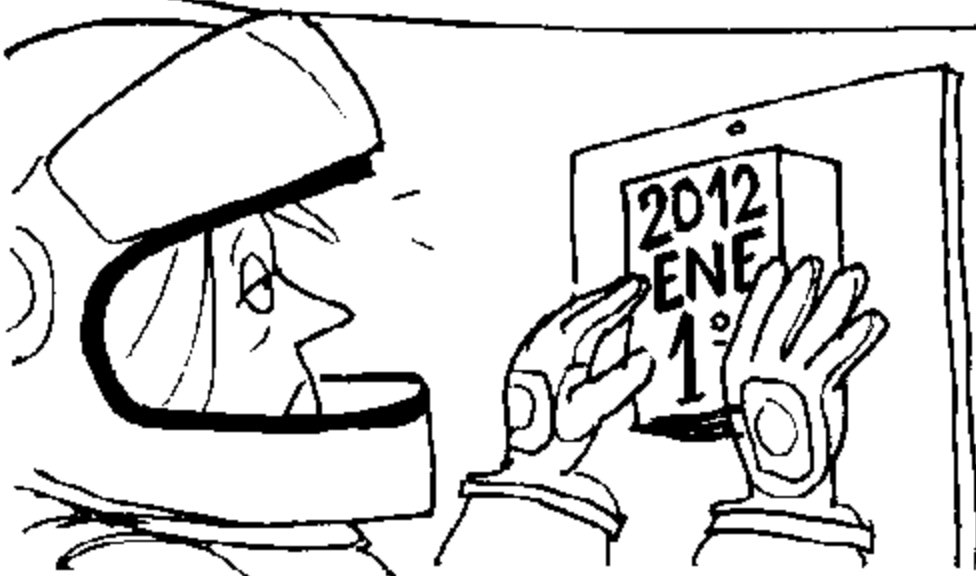


La gravedad aparente es igual a mi peso en la Tierra, así podría soportarla durante tanto tiempo como hiciera falta.

A este ritmo necesitaré cuatro meses para alcanzar mi velocidad de crucero de 100 000 km/s. Y durante este tiempo recorreré una centésima parte del camino



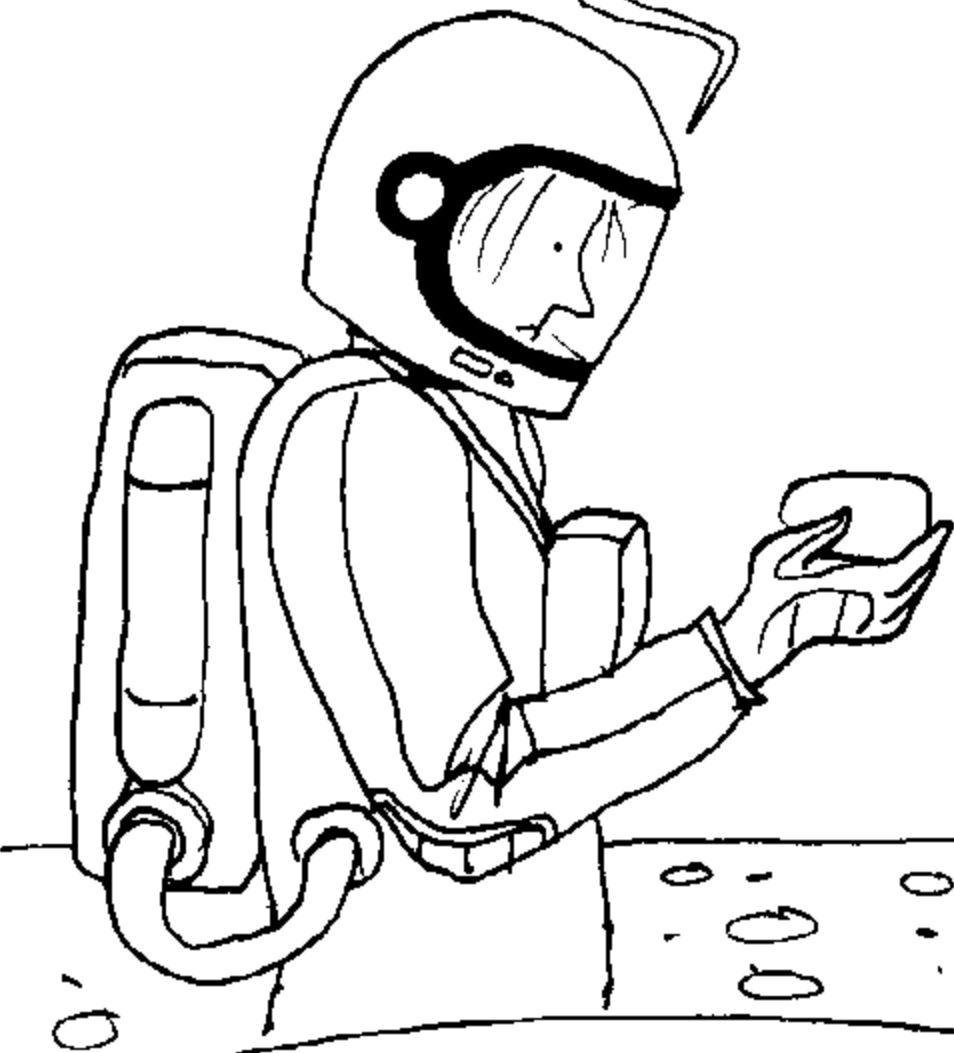
Entonces me quedarán doce años de viaje, sin contar los cuatro meses para frenar



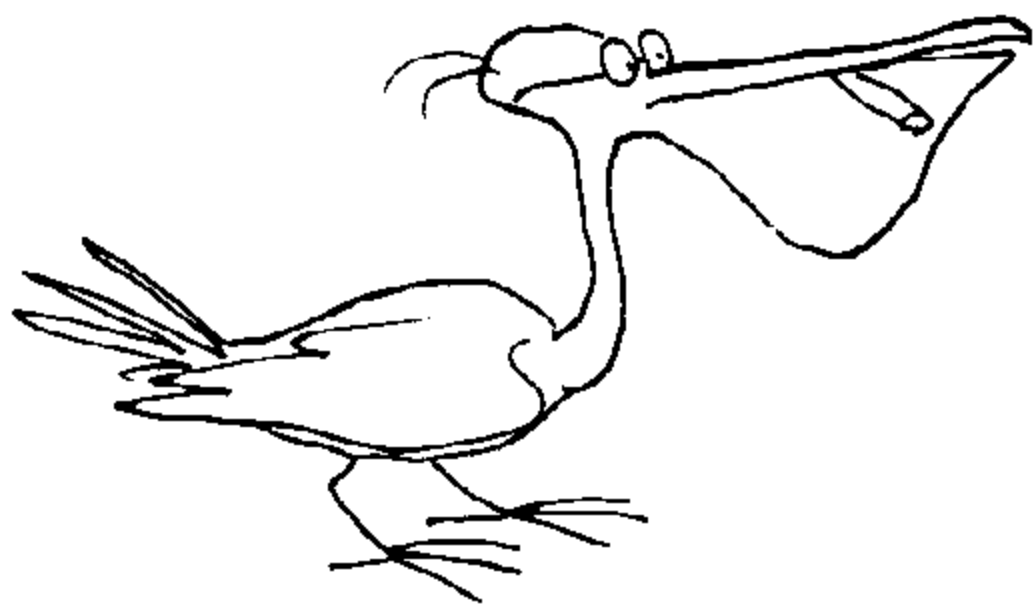
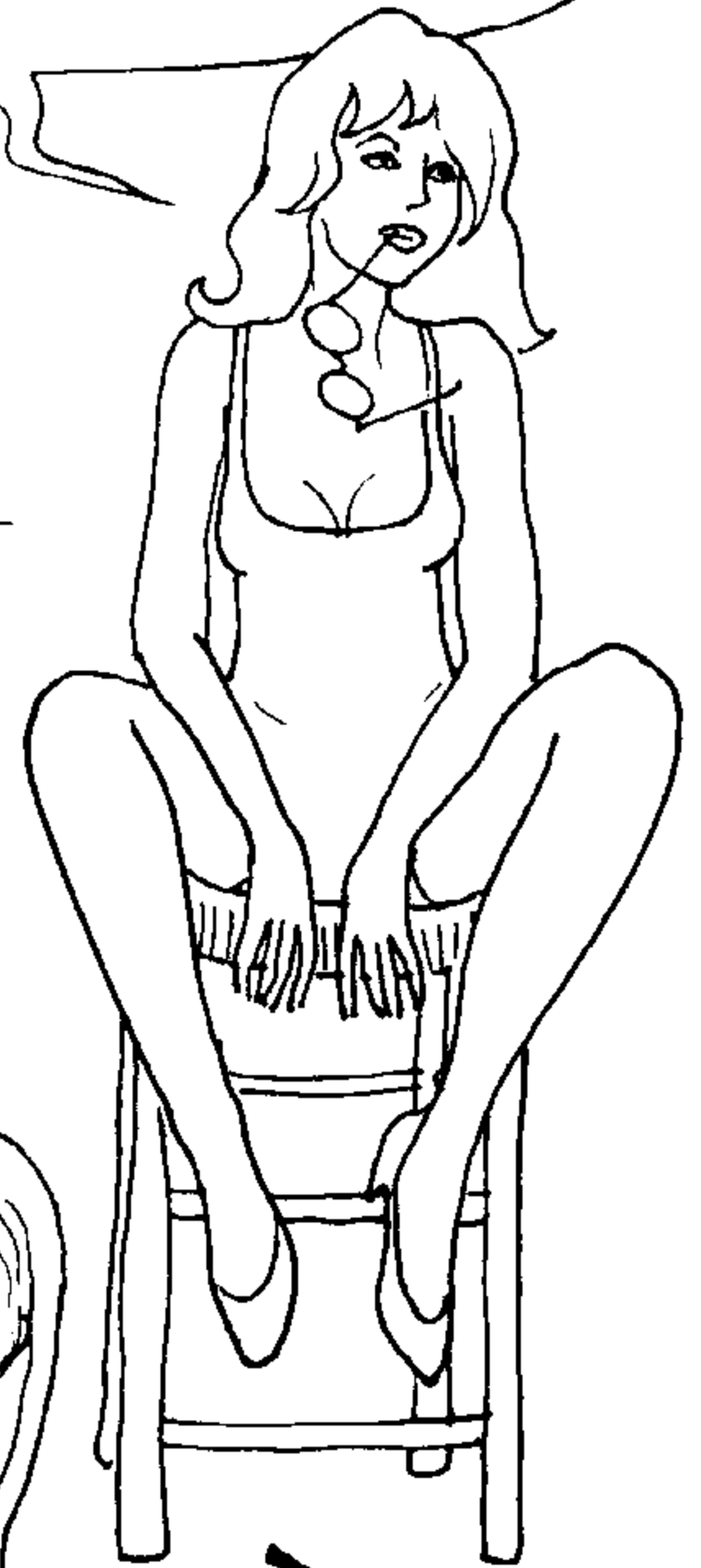
Y el mismo tiempo si quiero volver para contar lo que he visto allá abajo

(*)

Hay pocas posibilidades se que seamos los únicos seres vivos del Universo. Pero si hay planetas habitados, el primero seguramente, jestará más allá de los cuatro años luz!



Dicho de otro modo, para viajar según las leyes del Parque Cósmico ¡habría que dedicarle toda la vida!



Entonces, ¿qué podemos hacer?

¿Este muchacho no se para nunca?

¿Es imposible este viaje?



(*) Lo más importante del viaje siempre consiste en "castigar" a los amigos contándoles lo maravilloso que ha sido el viaje y enseñarles las fotos.

Ir más deprisa que la velocidad de la luz no tiene sentido. Es como querer ¡sumergirse más profundo que el centro del Parque Cómico!

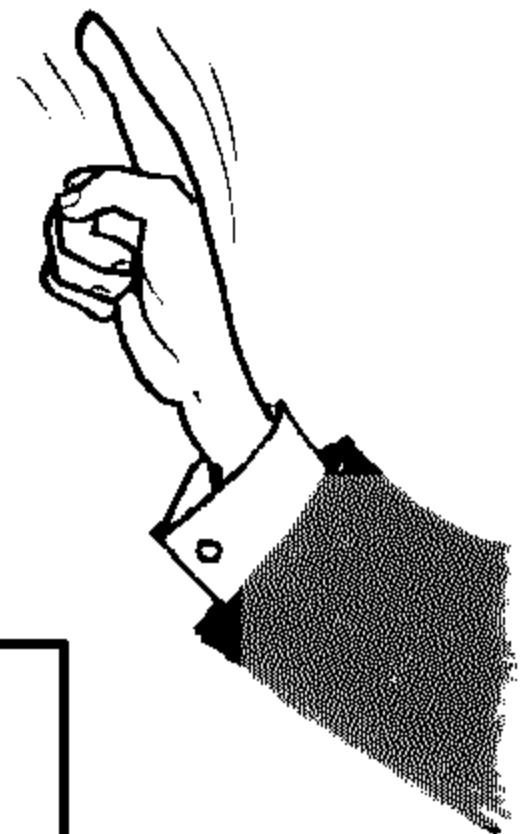
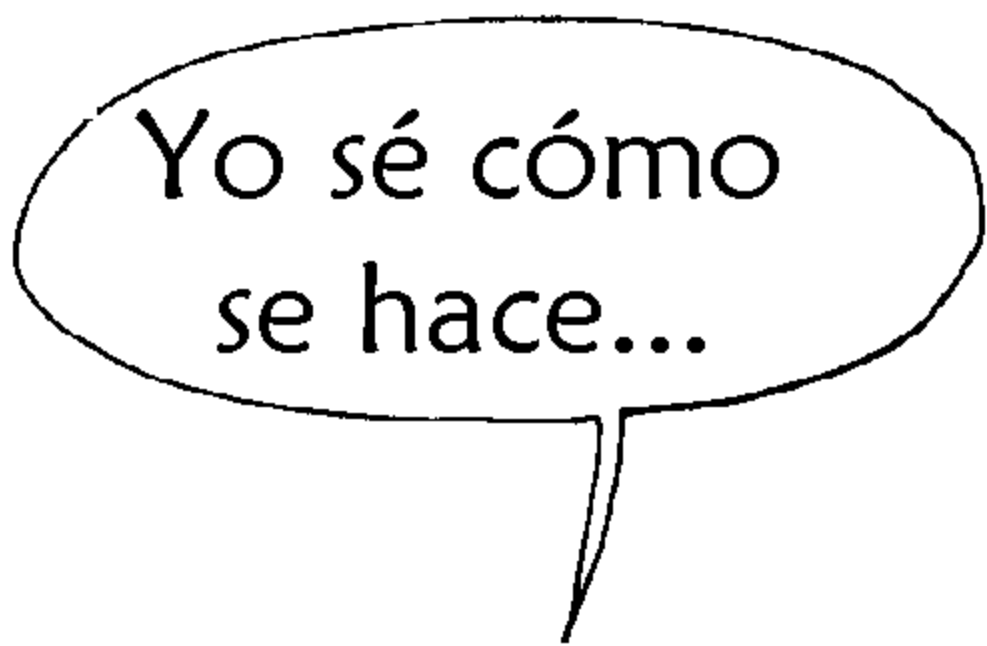
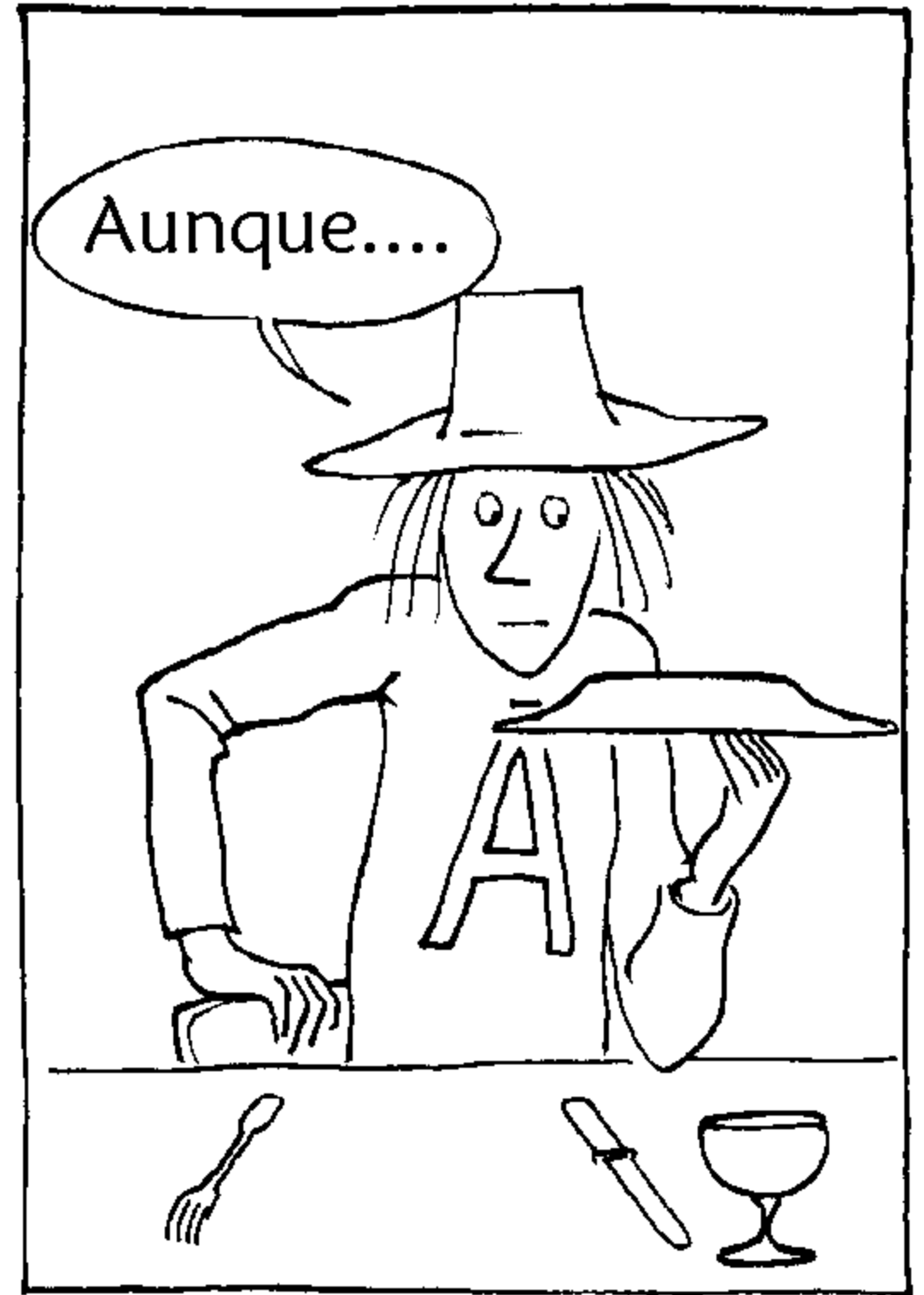


Puede que el Parque Cómico no sea el último modelo



¡No me basta! Pues no me dice nada sobre cómo ir hacia las estrellas en un tiempo razonable





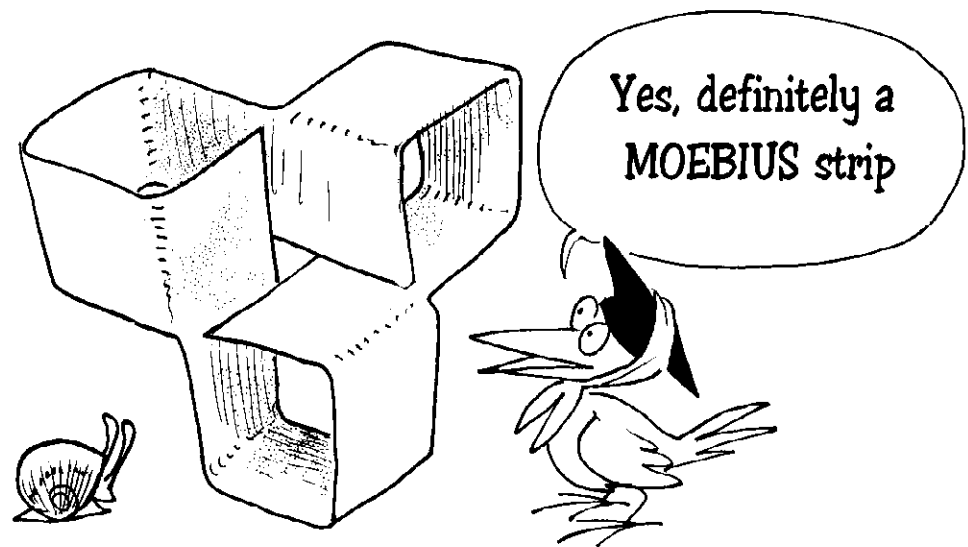
FIN

Knowledge without Border (Ssavoir sans Frontières)

The Adventures of Archibald Higgins

TOPO THE WORLD

Jean-Pierre Petit



Translated by John Murphy

The Association Knowledge without Borders, founded and chaired by Professor Jean-Pierre Petit, astrophysicist, aims at spreading scientific and technical knowledge in as many countries as possible and in as many languages as possible. To this end, all his popular scientific works, which cover a period of thirty years, and more particularly the illustrated albums he has created, are now freely accessible. Anyone is now free to duplicate the present file, either in digital form or in the form of printed copies and circulate these copies to libraries, within the context of schools or universities or associations whose aims would be the same as the association, provided that they do not derive any profit from this circulation and that they do not have any political, sectarian or confessional connotations. These pdf files may also be put on line in the computer networks of school and university libraries.



Jean-Pierre Petit intends to create numerous other works which will be accessible to a larger audience. Even illiterate people will be able to read them because the written parts will “speak” when the readers click on them. Thus it will be possible to use these works to support literacy schemes. Other albums will be "bilingual" in so far as it will be possible to switch from one language to another selected language with a mere click. Hence another tool made available to develop language skills.

Jean-Pierre Petit was born in 1937. He made his career in French research. He worked as a plasma physicist, he directed a computer science centre, he has created softwares, he has published hundreds of articles in scientific magazines, dealing with subjects ranging from fluid mechanics to theoretical cosmology. He has published about thirty books which have been translated in numerous languages.

The association can be contacted on the following internet site:

<http://savoir-sans-frontieres.com>

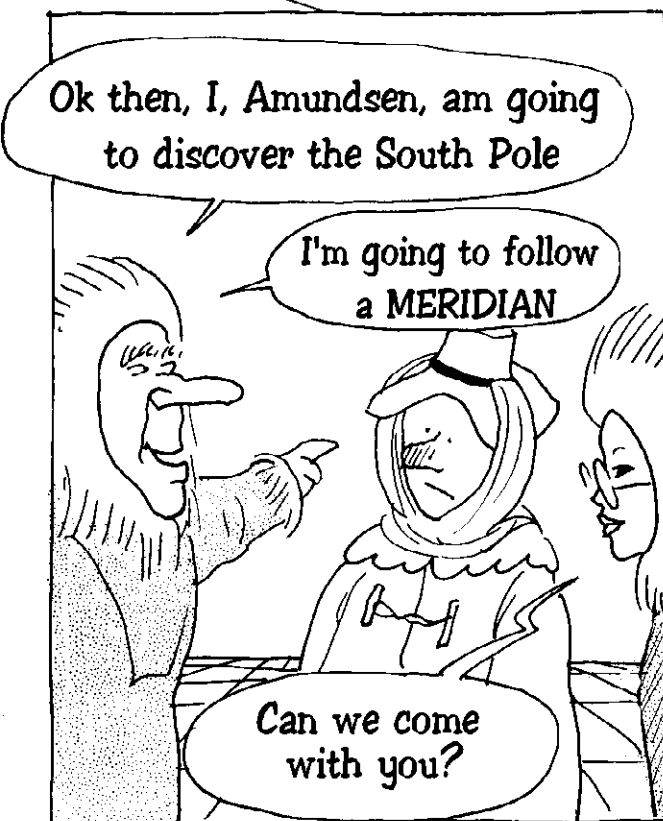
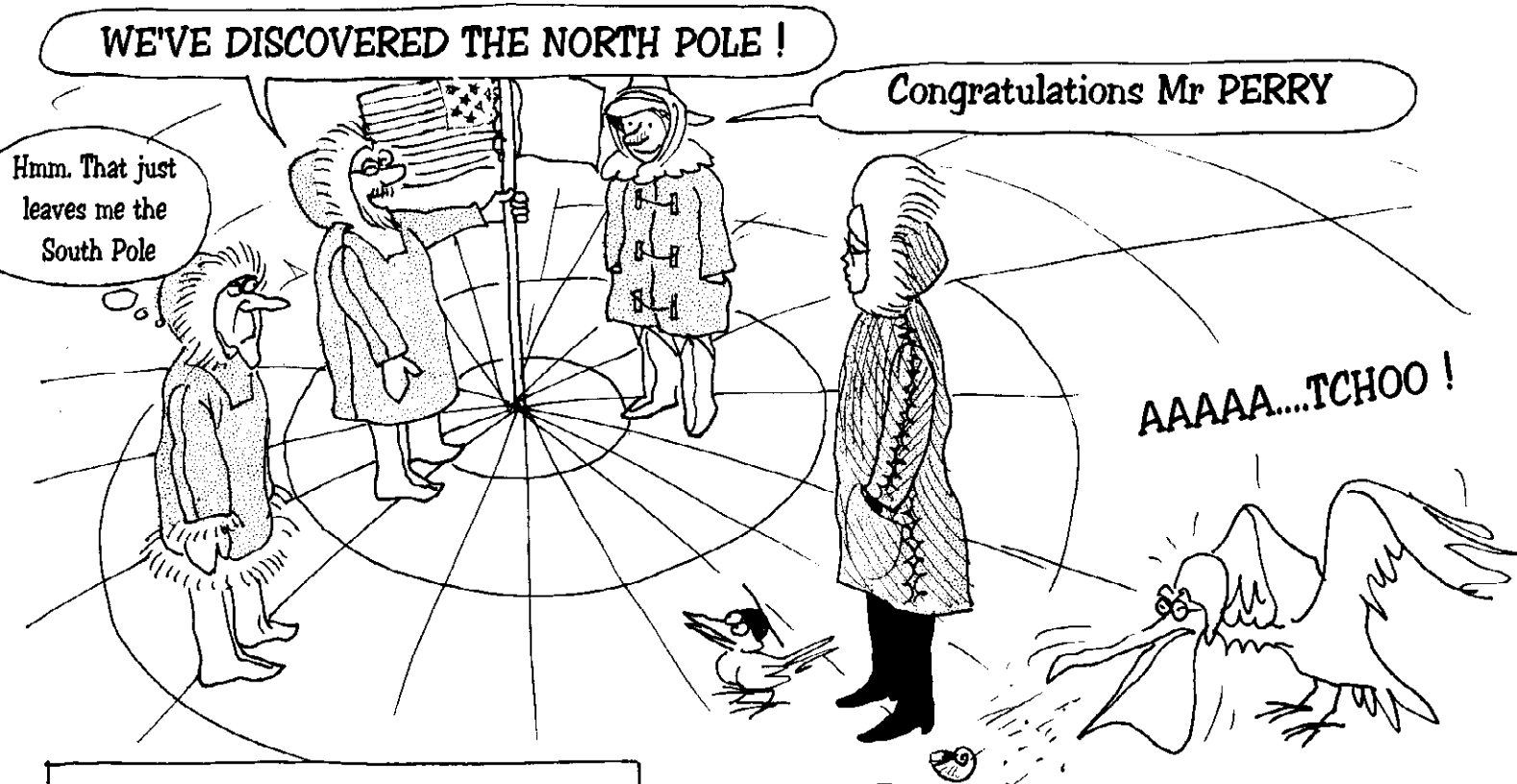
Warning to the reader

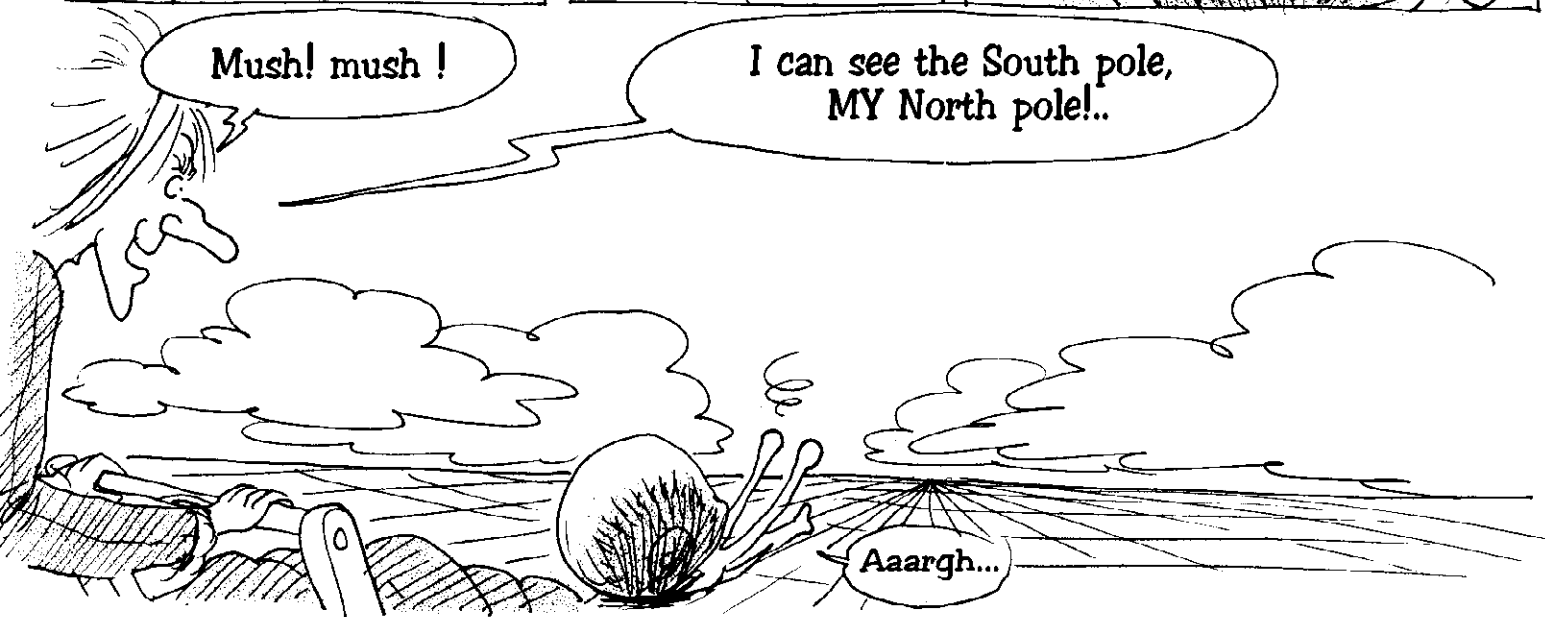
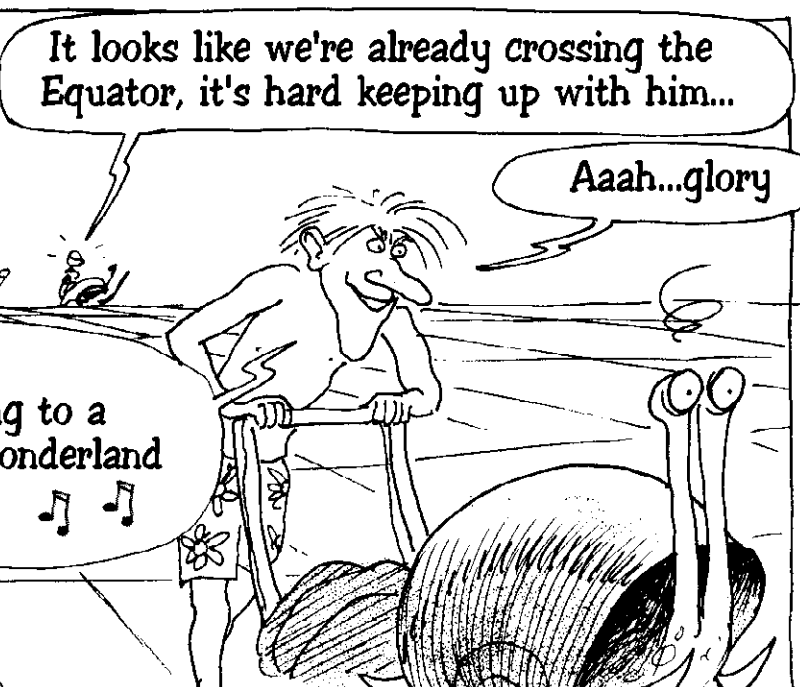
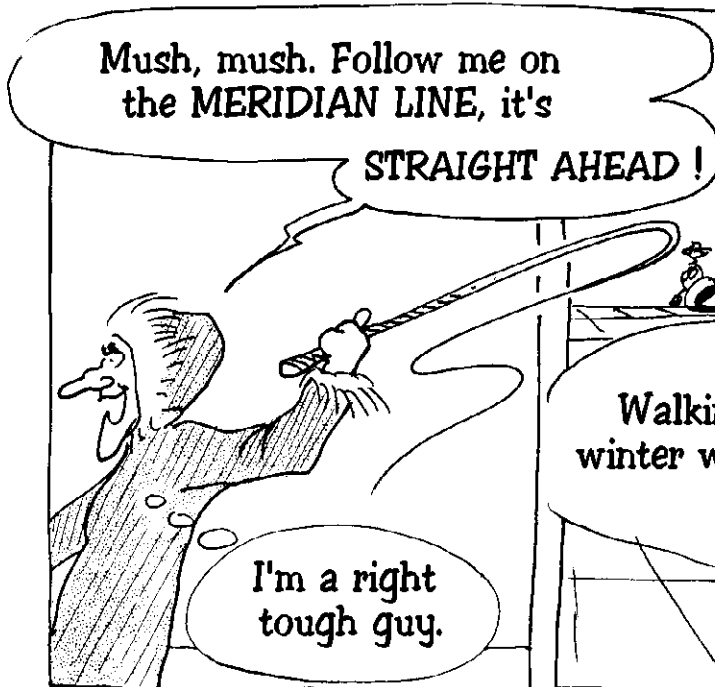
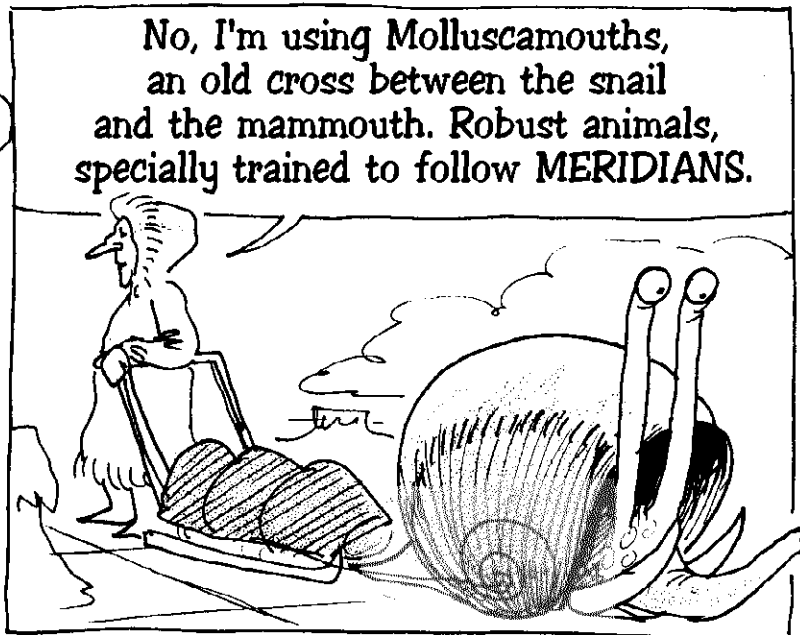
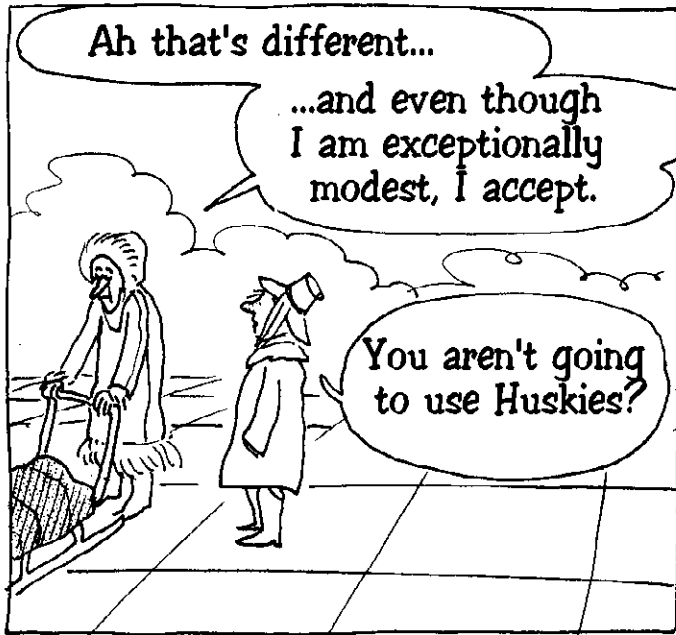
It is best to avoid reading this album :

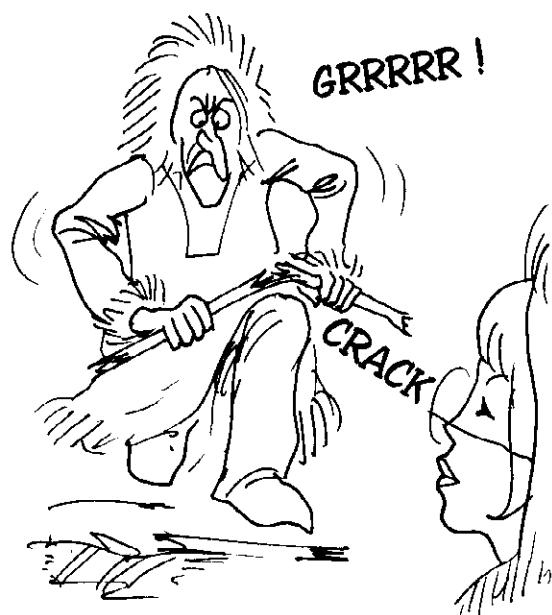
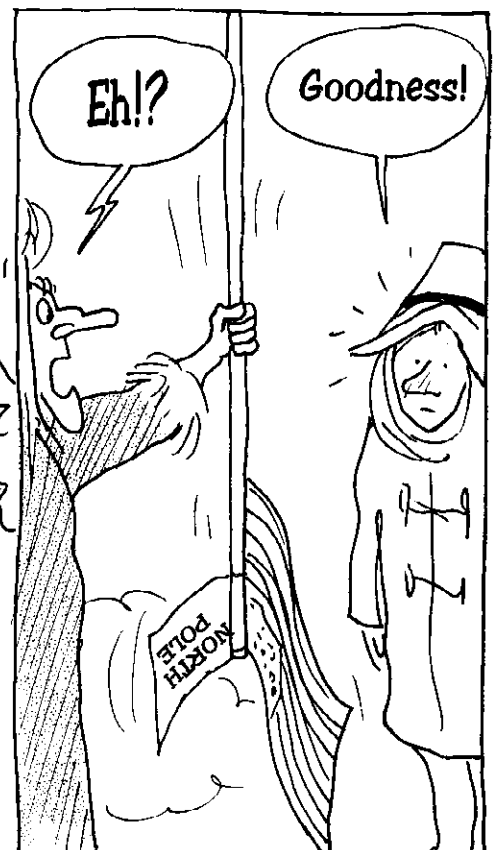
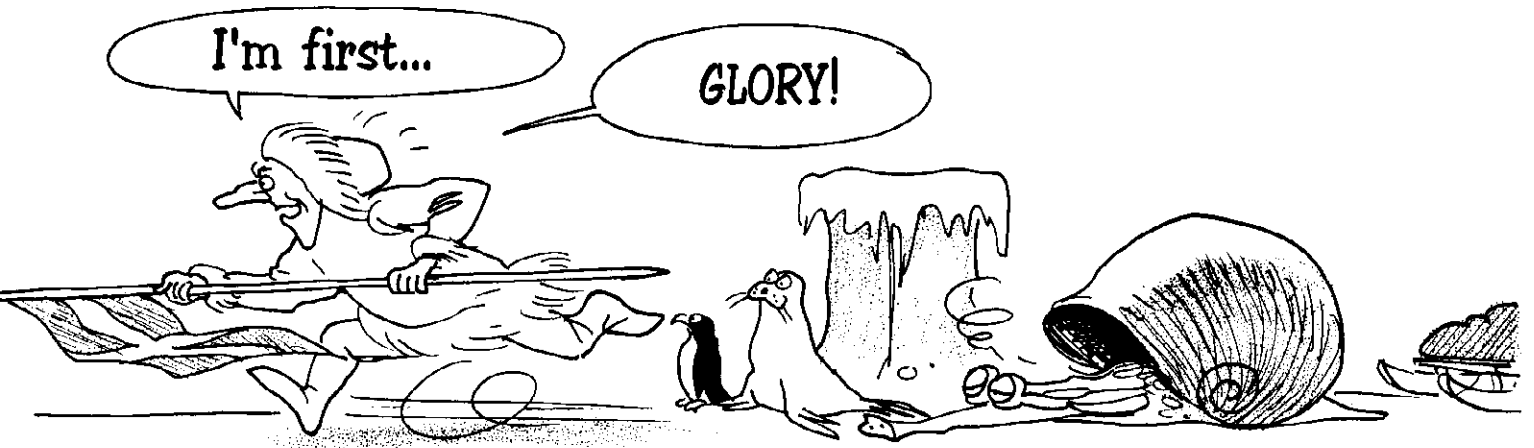
- In the evening before going to bed
- after a heavy meal
- or when you're certain about nothing, because this will only make it worse

The author

THE PLANET WITHOUT A SOUTH POLE







And not a word to anyone about this OK!

Hey, look!

My flag!
It's disappearing!!!

What!?!?

Calm down Mr Amundsen

Hey, have you finished mucking about you lot?

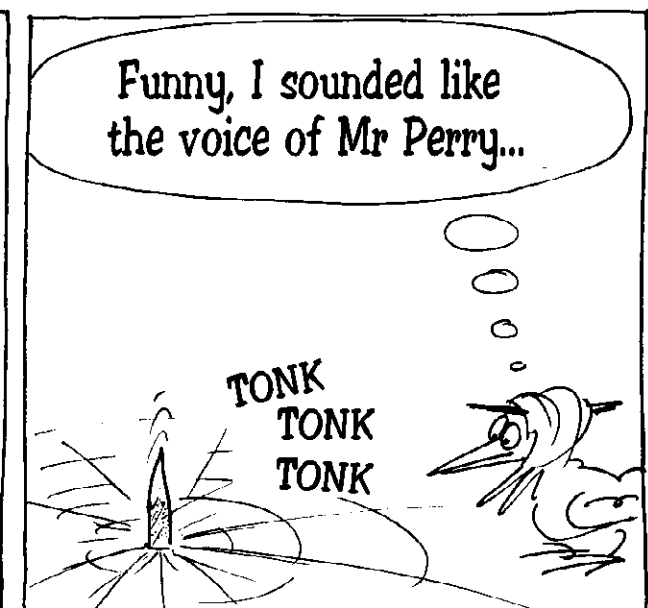
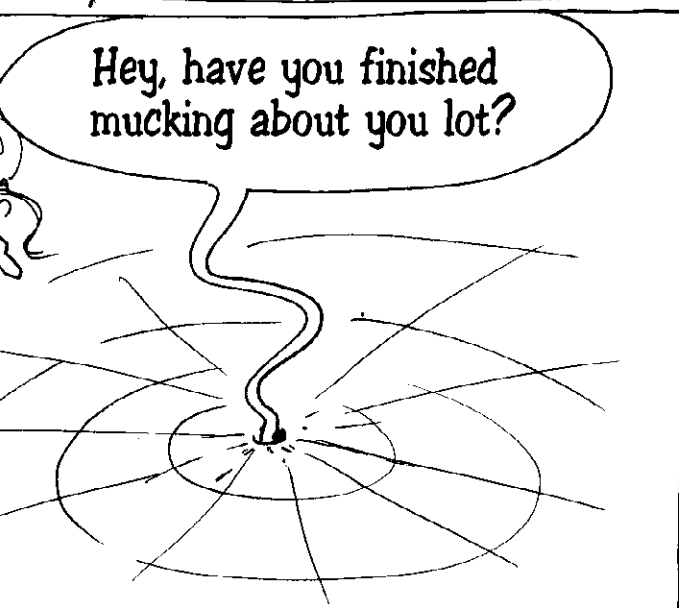
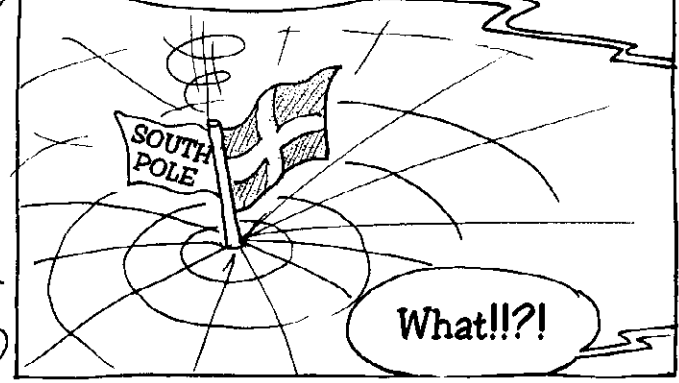
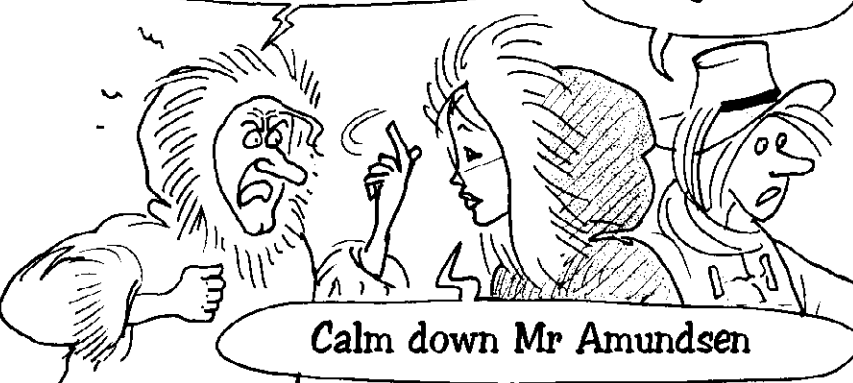
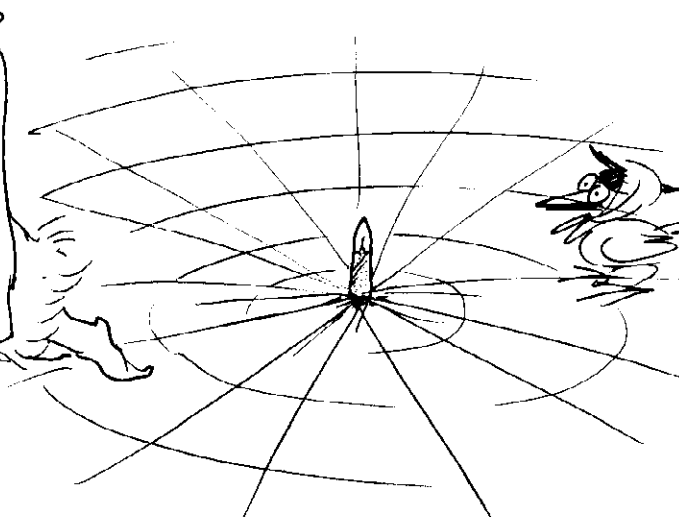
Funny, I sounded like the voice of Mr Perry...

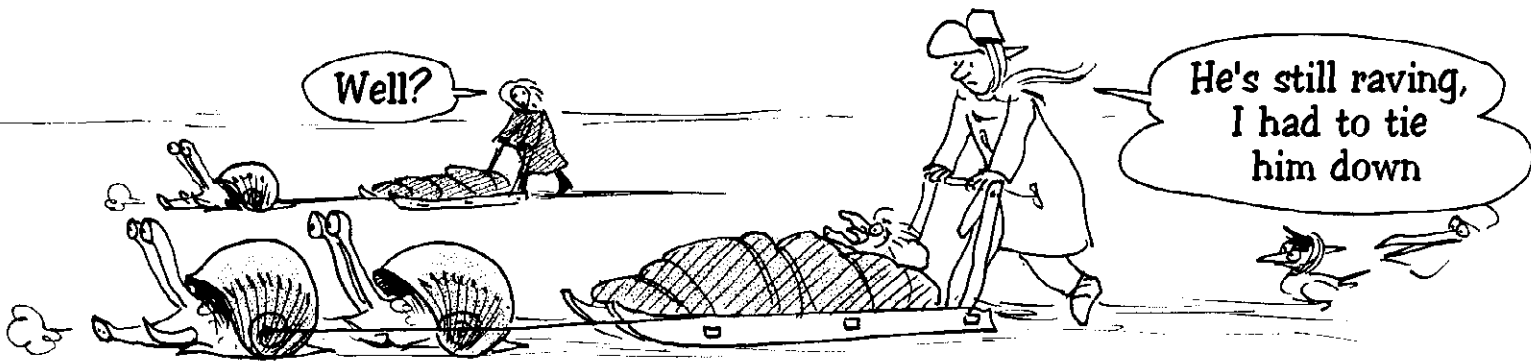
Come on Mr Amundsen,
let's go home

He's in shock

We'll try to find out what this is all about

GLGBL..

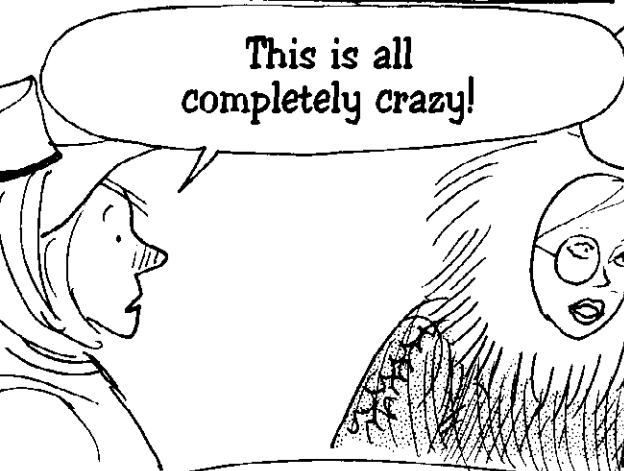
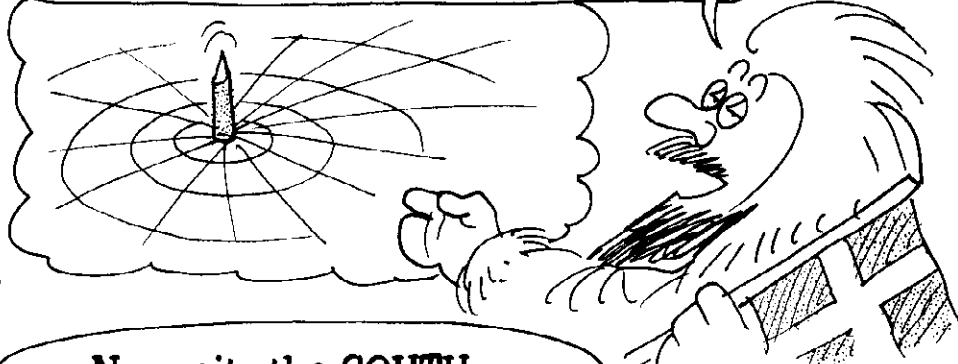




The Molluscamouths slid along without a sound on the frozen meridians



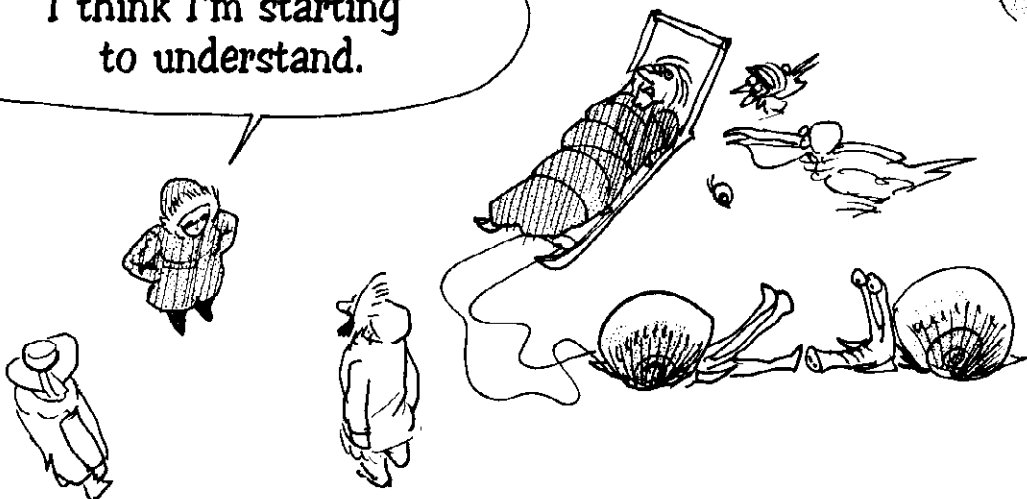
Something amazing happened while you were gone. My flag suddenly disappeared and another one marked "SOUTH POLE" took its place!!



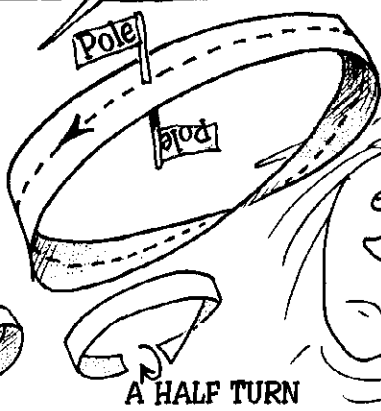
No wait...the SOUTH POLE flag, does it appear point first?

Yes, why do you ask that?

I think I'm starting to understand.



It's obvious if we consider the NEIGHBOURHOOD of the meridian we followed to be a UNILATERAL SURFACE (*), a MOEBIUS STRIP, with a single side (see "Here's Looking at Euclid", p54)



You mean that the south pole where we were earlier was only the north pole upside down?

So where is the REAL south pole?

It's rather strange

So what's happening ?

Apparently we've lost the south pole

Let's think.

Oh, nice one !

What are they saying ?

Well according to Sophie we are on a sort of sphere with only one side !..

That's NUTS !

Hi, how are things where you live ?

(*) A strip that is twisted a half turn before the two ends are stuck, it then has only one side.

Oh, much like here really

Well if we want to get Mr Amundsen out of his difficult situation, first of all we have to understand the **SHAPE** of this strange planet. Let's use some basic principles of **TOPOLOGY**. For that, we'll decompose all objects into:

CONTRACTILE CELLS



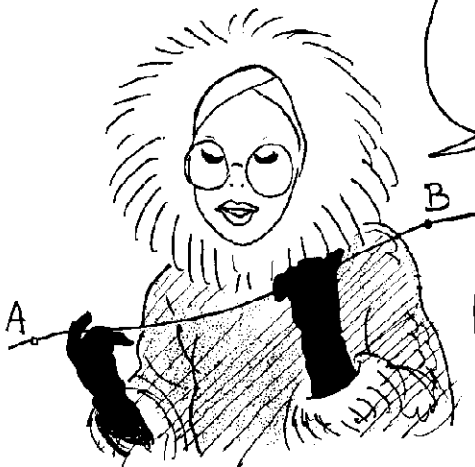
This indecomposable object seems to be a **POINT**...

What can you do with a point ?

An object, considered as an ensemble of points, occupies a certain place in space. It would be contractile if it could shrink and become a single point, but by **RUNNING THROUGH ITSELF**

Take this element of a curve for example. It's an **OBJECT WITH ONE SPATIAL DIMENSION**

Ah yes, the position of a point on this curve can be pinpointed using just one quantity, the curvilinear abscissus, or the length of the line separating one point from another taken as the origin.



I can put a piece of the curve inside a bit of hollow pasta, and inside it can shrink, shrink...

Just like mercury in a thermometer.

Is every curve **CONTRACTILE** then ?

No, **CLOSED** curves aren't

Yes but you just need to cut it !

OK, but then the **CURVE** becomes a **SEGMENT**. It is no longer **CLOSED**.

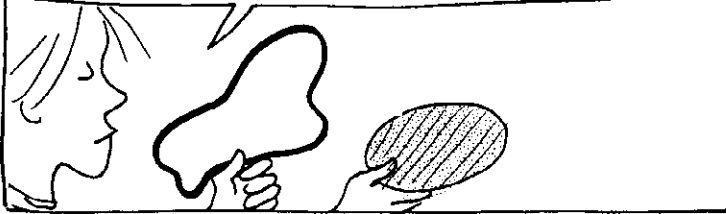
If I take a circle for instance, I can shrink it according to a point like this no?

A **CIRCLE** is therefore not **CONTRACTILE** and the same goes for any a closed curve, whether it's planar or not.

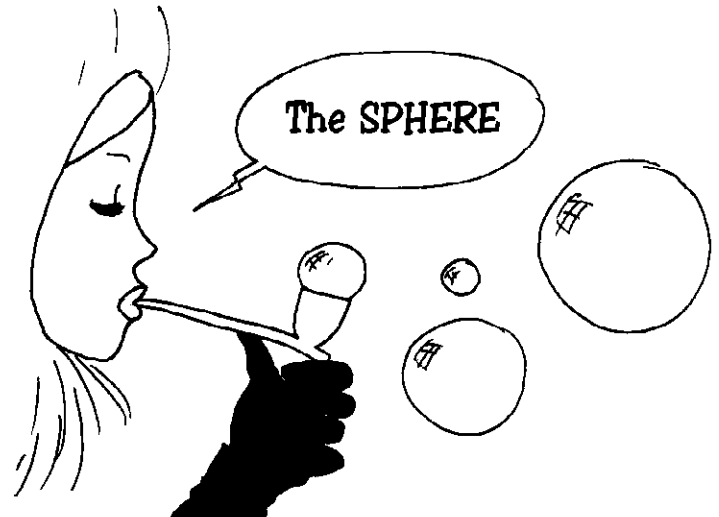
No, that doesn't work because it no longer runs through itself, it develops outside the space that it occupied in the beginning.

However a **DISC**, a **SURFACE** element, IS contractile.

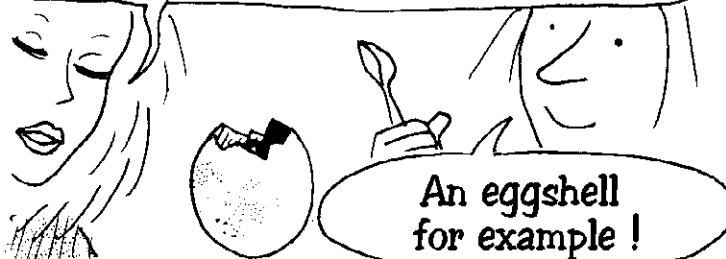
This disc is a SURFACE element, so is a TWO DIMENSIONAL object. OK. So what TWO DIMENSIONAL object is to a disc as a circle is to a segment ?



The SPHERE

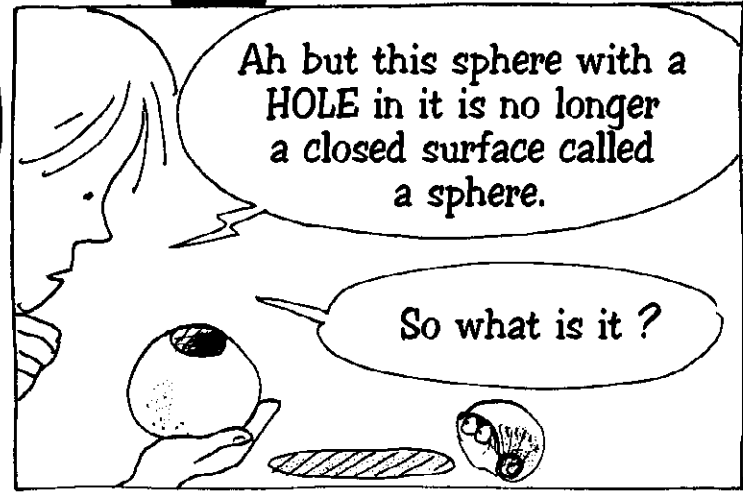


To contract a closed curve you have to break it. Same thing for a sphere or an object of the TYPE sphere.

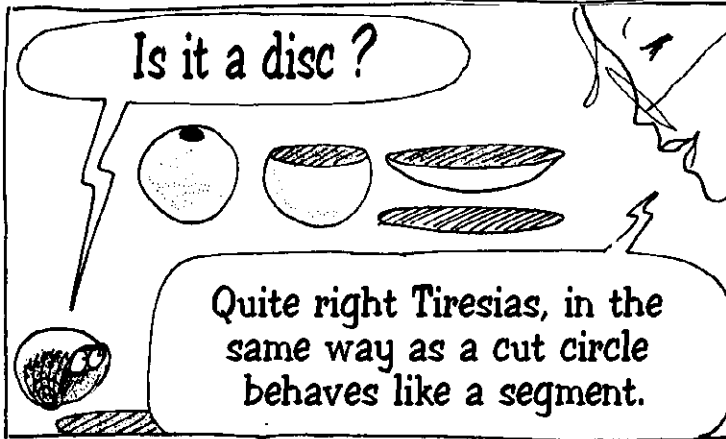


Ah but this sphere with a HOLE in it is no longer a closed surface called a sphere.

So what is it ?

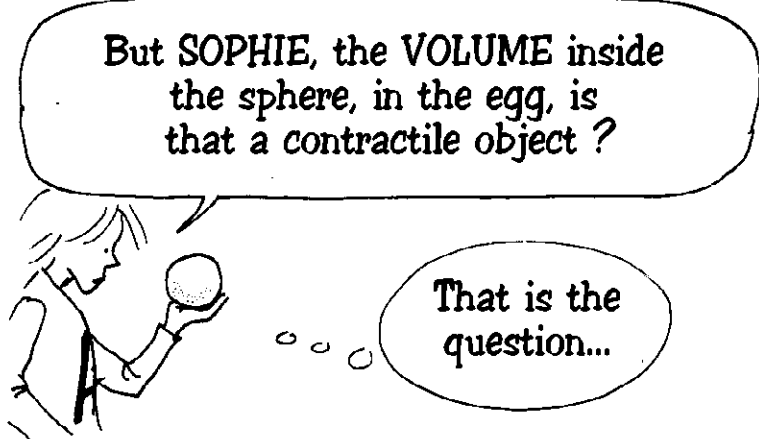


Is it a disc ?



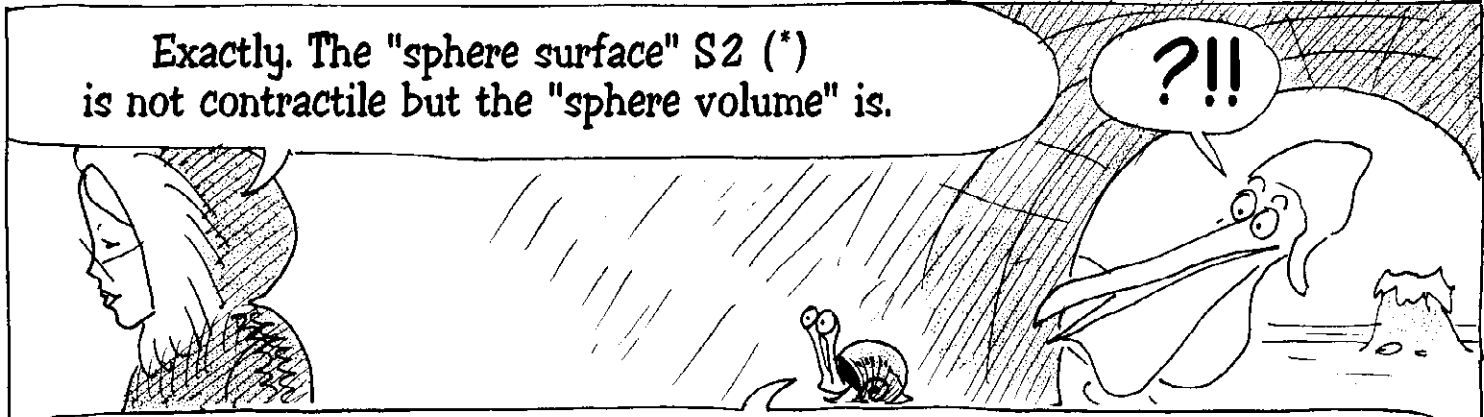
But SOPHIE, the VOLUME inside the sphere, in the egg, is that a contractile object ?

That is the question...



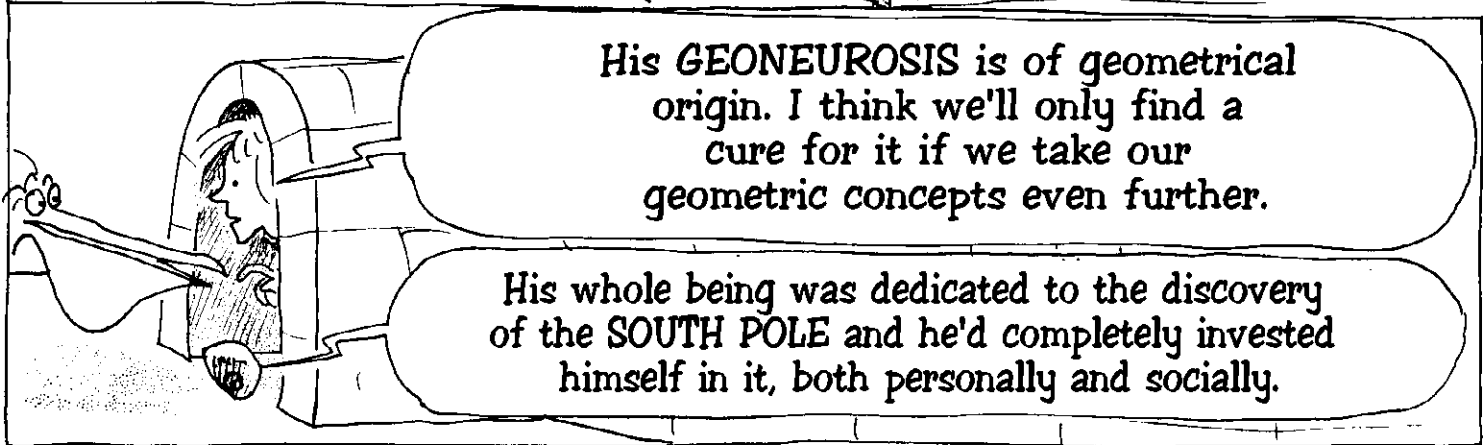
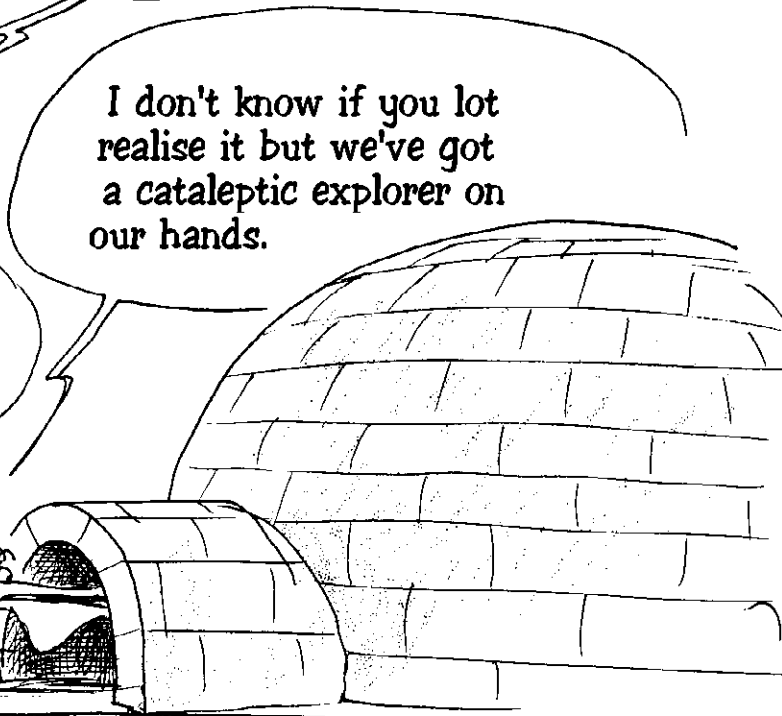
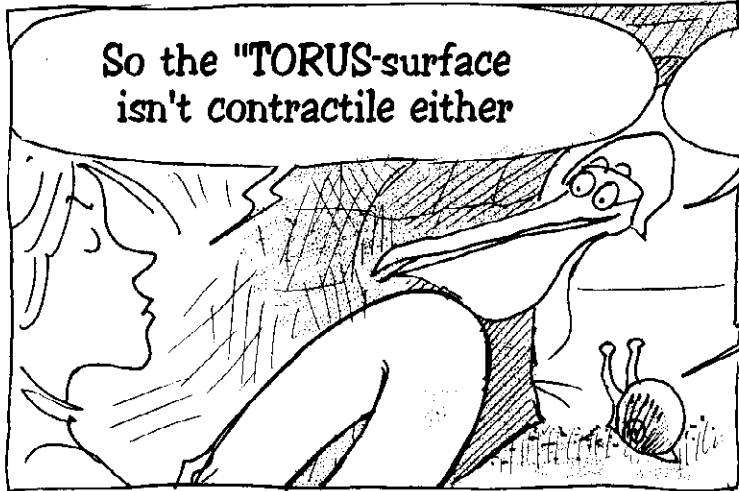
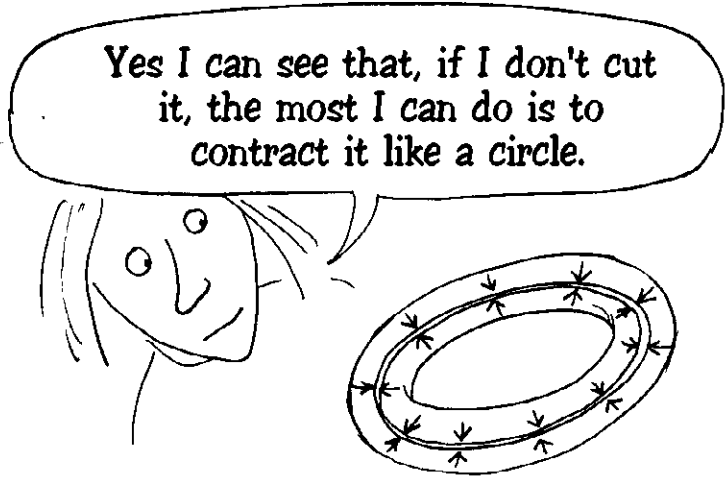
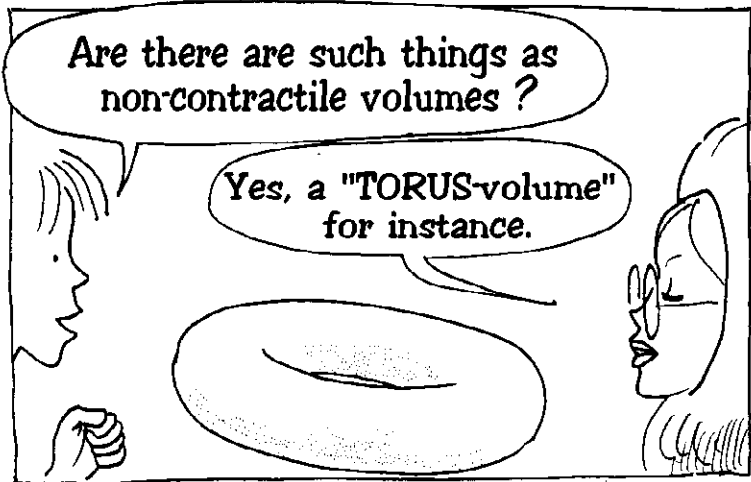
Exactly. The "sphere surface" S^2 (*) is not contractile but the "sphere volume" is.

?!!



In other words, an eggshell is not contractile but the yolk is.

(*) See: HERE'S LOOKING AT EUCLID.



Alas yes, his misadventure has brought him face to face with a situation he can't handle

Very nice, but the only real solution is to find out where the blinkin' South Pole has gone.

An sudden, brutal calling into question of his Self !

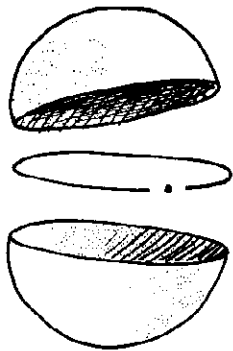
CELLULAR DECOMPOSITION

Every geometrical object will be decomposed into elements, CONTRACTILE cells of all dimensions: POINTS, SEGMENTS, SURFACES, VOLUMES etc.

So what dimension does a POINT have?

By extension we can say that a POINT has ZERO dimension.

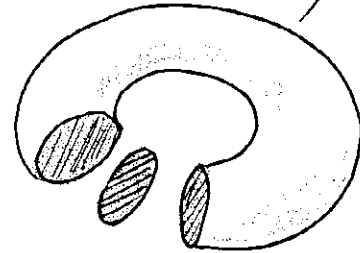
And to decompose a circle you just have to consider it to be a segment closed on itself by a POINT. If I remove the point, the segment remains.



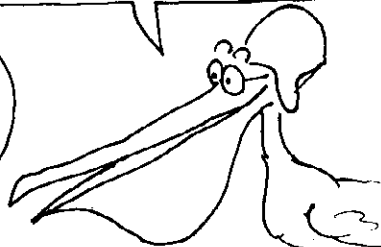
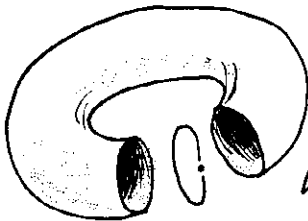
A "SPHERE SURFACE" S^2 can be decomposed into two caps and a segment closed by a point.



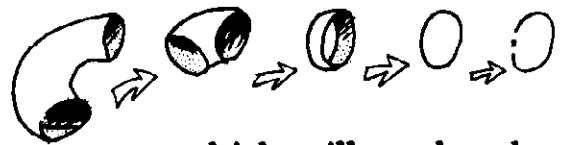
A "TORUS VOLUME"? Well I just need to cut it with a disc



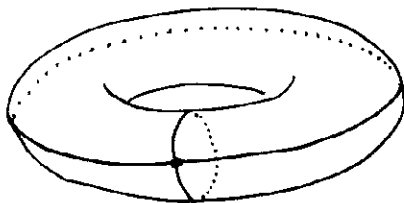
And for a "TORUS SURFACE"... I cut it with a circle which itself is cut at a point



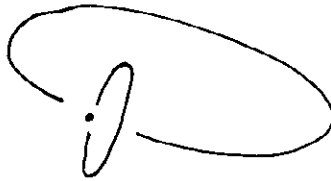
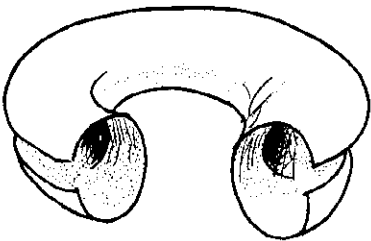
The torus cut in this way will contract as a circle:



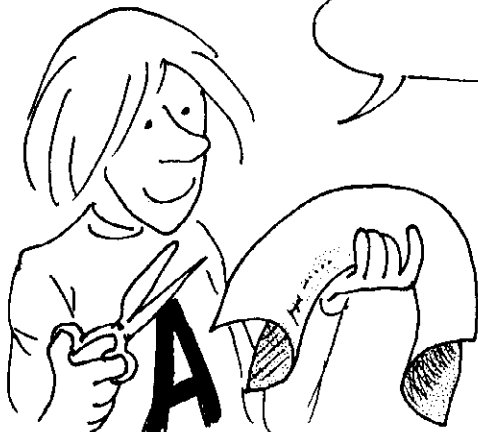
which will need to be decomposed into a segment and a point in its turn



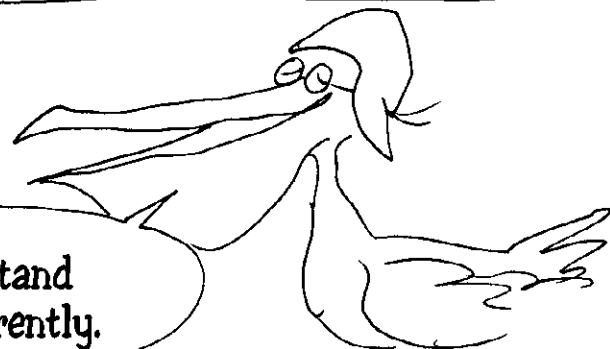
Here is another solution with one point, two segments and one face, where all the elements are contractible.



Ok, but what good is all that to us?



To help understand the world apparently.



THE EULER-POINCARÉ CHARACTERISTIC



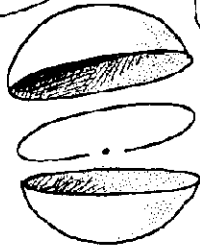
With the object decomposed in this way, we will create a number X , equal to the number of points, less the number of segments, plus the number of contractile surface elements, less the number of contractile volumes (*), and we'll call this number X , the EULER-POINCARÉ CHARACTERISTIC

So for the circle $X=1-1=0$

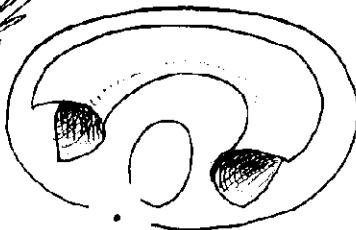
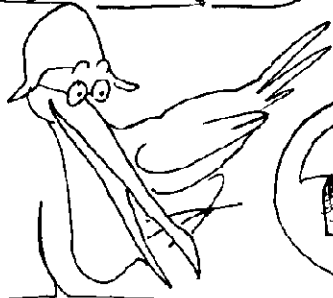


1 point, 1 segment

For the SPHERE SURFACE
 $X = 1-1+2 = 2$



One point, one segment, two caps

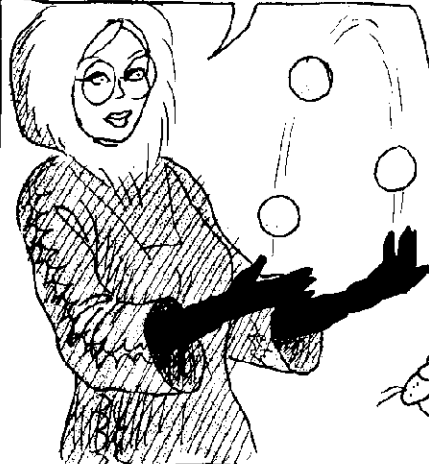


Let's see, for the torus-surface, one point, two segments, one surface element
 $X = 1-2+1 = 0$

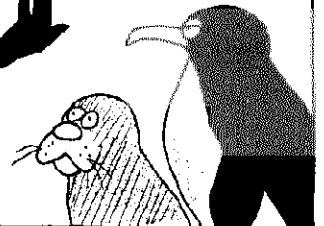
That is to say 1 point, 2 segments and 1 contractile surface element.



The characteristic of the SPHERE-VOLUME is obviously -1 , whereas that of the TORUS-VOLUME is $1-1=0$ (see the drawing on the top right of page 14)

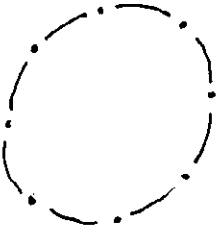


top right of page 14)



(*)Which immediately extends to a number of dimensions superior to three (it's an alternate sum)

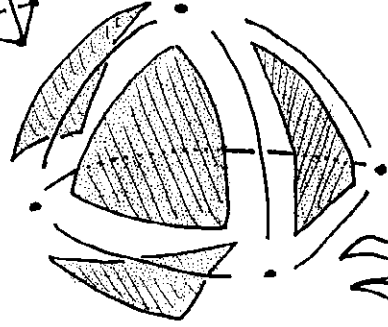
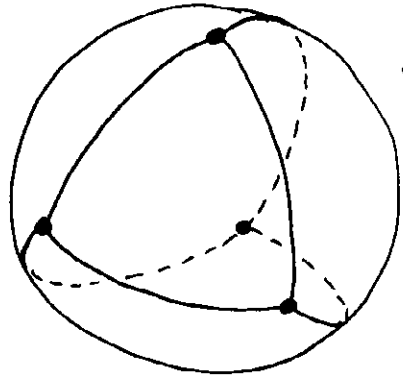
Now listen carefully: the characteristic X is **INDEPENDENT OF THE DECOMPOSITION MODE** (in contractile cells)!!



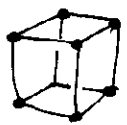
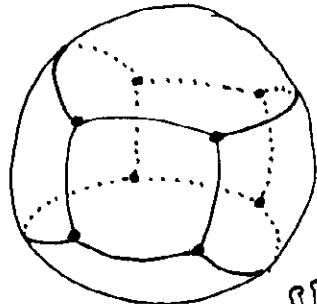
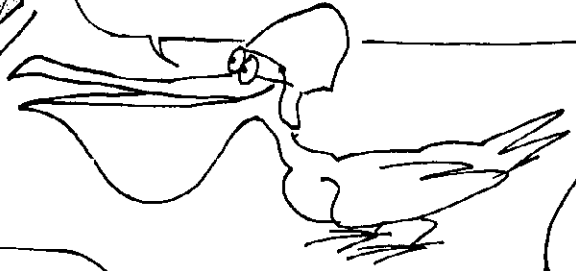
For example, this closed curve has been cut into eight segments linked by eight points but its characteristic is still nil.



It certainly is.

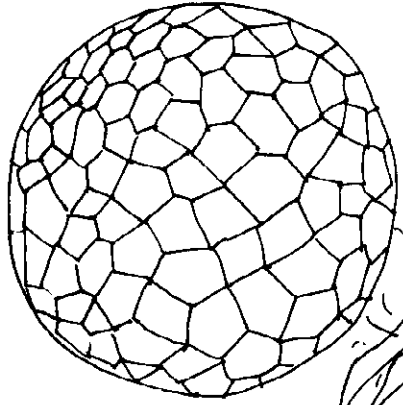


Let's look at this decomposition of a sphere: 4 summits, 6 segments, 4 faces, so I've got $X = 4 - 6 + 4 = 2$



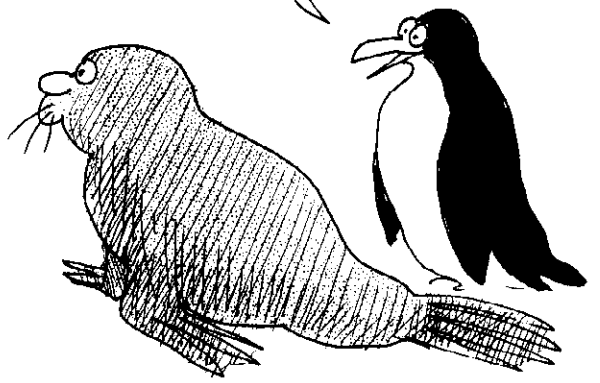
And here, 8 summits, 12 segments, 6 faces so $X = 8 - 12 + 6 = 2$

You can try in any way you want, you'll still end up with 2



Well doggone!

Astonishing!



Here's a useful theorem: if an object is the union of two objects, its characteristic is the sum of the two objects that compose it.

The Management

The Torus-Volume has a characteristic nil

If a handle is added, a unit is being added to the characteristic.


By extension the FOUASSE-VOLUME (*) will have a characteristic equal to the number of holes less one unit.

I suppose that it's the same for a FOUASSE-SURFACE ?

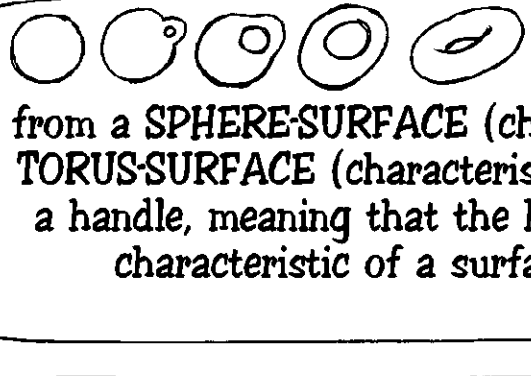
* Fougasse: An olive oil based bread made in southern France



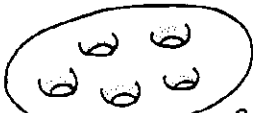
Not at all ! A FOUGASSE-SURFACE can't contract like a disc with N holes, be serious !



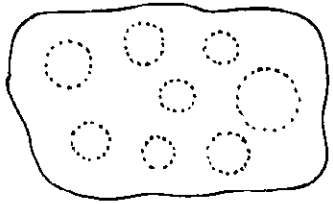
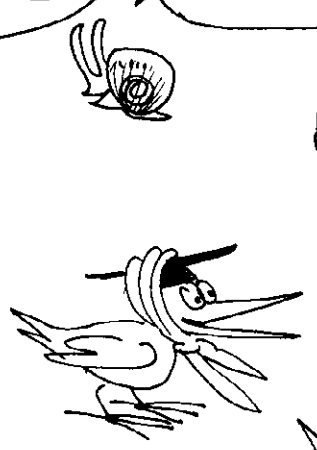
Oops. I blew it.



We can go from a SPHERE-SURFACE (characteristic 2) to a TORUS-SURFACE (characteristic zero) by adding a handle, meaning that the handle reduces the characteristic of a surface by 2 units.



So the characteristic of the FOUGASSE-SURFACE is equal to 2 less twice the number of holes !

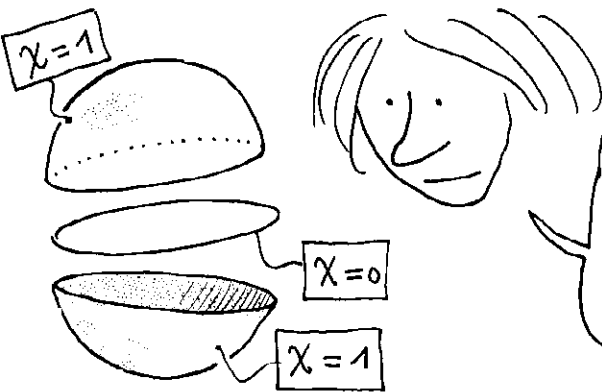


The surface of a piece of Gruyère cheese with N holes is made up of N sphere-surfaces plus the exterior of the sphere. So its characteristic is $X = 2(1+N)$

So to build a GRUYERE-VOLUME, we start with a full sphere ($x=1$) and we remove N ensembles SPHERE-VOLUME + SPHERE-SURFACE ($X+2-1=1$). So the characteristic of the GRUYERE-VOLUME is equal to $(1+N)$

Yeah but surely you don't think that you're going to cure poor old Amundsen of his geoneurosis with this sort of nonsense !

THE WORLD IN WHICH WE LIVE



We can calculate the characteristic of a sphere S^2 by considering it to be the union of two hemispheres and an equator, which gives $\chi = 1+1+0 = 2$

In "HERE'S LOOKING AT EUCLID" we presented the concept of a **HYPERSPHERE S^3** , with three dimensions, a three dimensional space completely **CLOSED ON ITSELF**

Let's calculate the characteristic of this **Hypersphere S^3** . As we saw in "HERE'S LOOKING AT EUCLID" the equator (*) is a sphere S^2 whose characteristic has a value of 2.

So our hypersphere S^3 is therefore made up of two contractile volumes, each counting for -1.

Are you nuts?

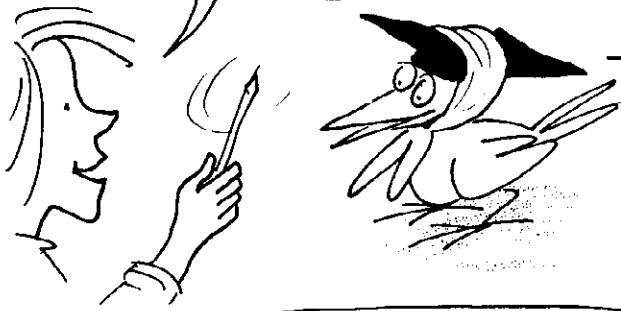
$$\chi = -1 - 1 + 2 = 0$$

SNAP!

*Which separates the object into two similar elements

So the characteristic of a hypersphere S^3 is nil !

Right, let's move on to a hypersphere S_4 , with four dimensions



That is, a hyperspheric space S_3 evolving cyclically in time (*). This hypersphere S_4 will have as equator a hypersphere S_3 , and the two hemispheres, both counting for 1

So the characteristic X in this space-time, of the hypersphere S_4 , will once again be $1+1+0 = 2$

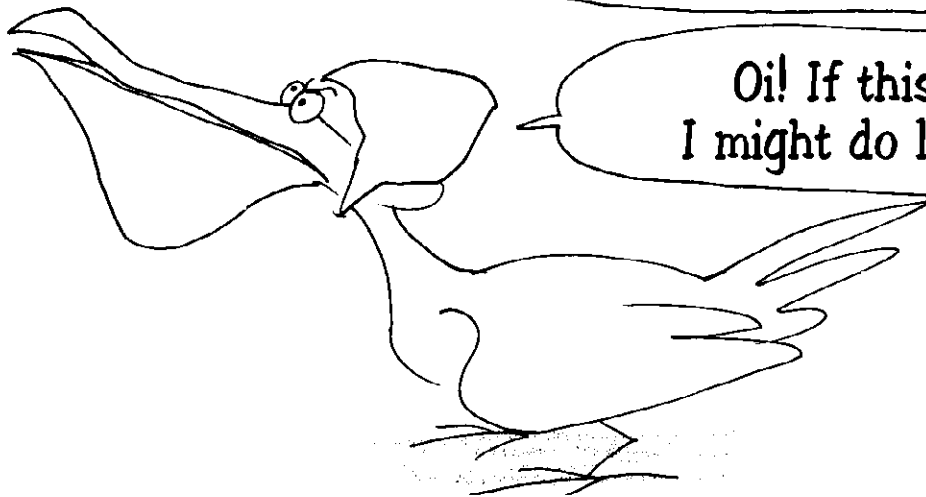
If you take an S_5 hypersphere with five dimensions, its characteristic will again be nil and its equator will be an S_4 hypersphere.



And so on...The Euler-Poincaré characteristic of a hypersphere S_n is 2 if N is EVEN, and 0 if it is ODD.



Oi! If this carries on I might do like Amundsen.

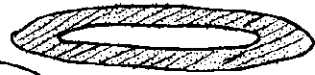


(*) See BIG BANG and FRIEDMANN's models on page 64

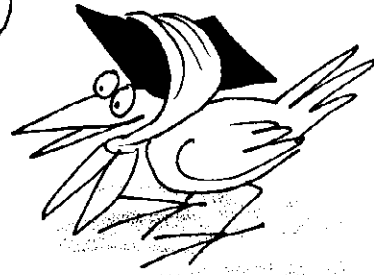
So this Euler-Poincaré characteristic has helped us put a bit of order into the jungle of geometrical objects



So the end of a cylinder is topologically identical to a disc with a hole in it, and its characteristic is nil.

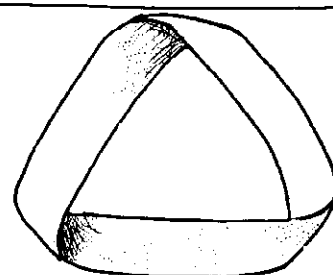
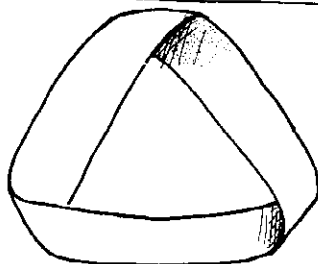


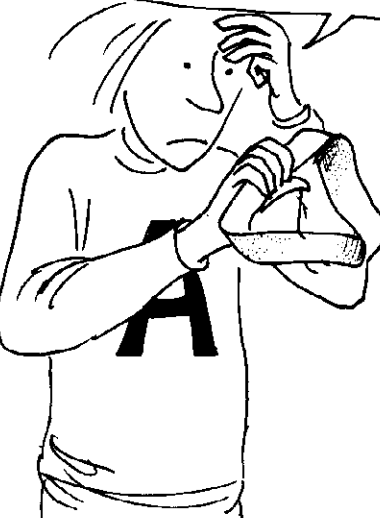
But what do you think of this object ?



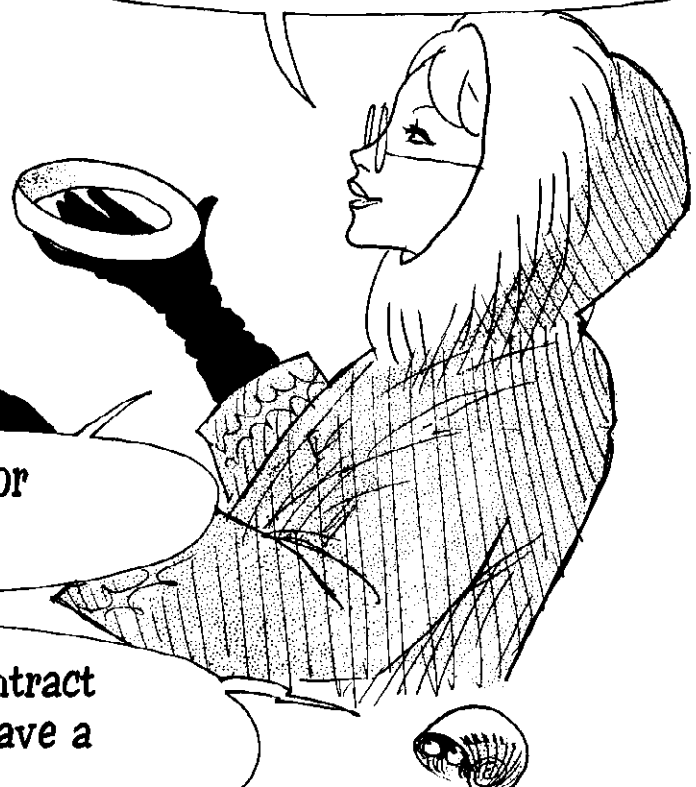
A MOEBIUS STRIP, which has only one side. As we can't give it a BACK or a FRONT we say that it is INORIENTABLE.

In fact any strip that has an ODD number of HALF-TURNS are Moebius strips and INORIENTABLE. But these two strips seem different somehow...






It doesn't matter how I turn them, I can never get them to be the same



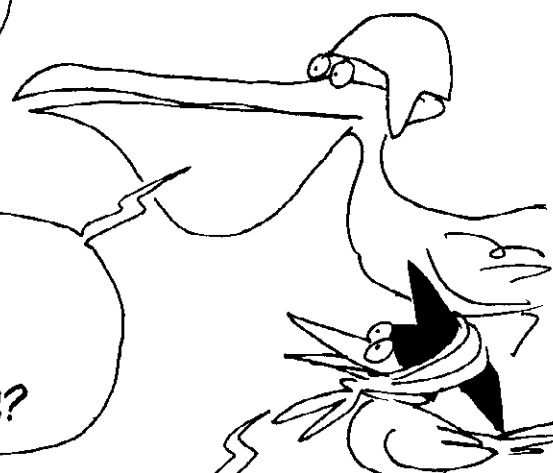
They're not **TURNE**D in the same **DIRECTION**. In fact one is the mirror of the other; we say they are **ENANTIOMORPHIC**.

Just as my left hand is a mirror image of my right hand.

All these bands, which can contract according to a closed curve, have a characteristic equal to 0.



Of course, **INORIENTABLE SPACES** with N dimensions (*) exist too.

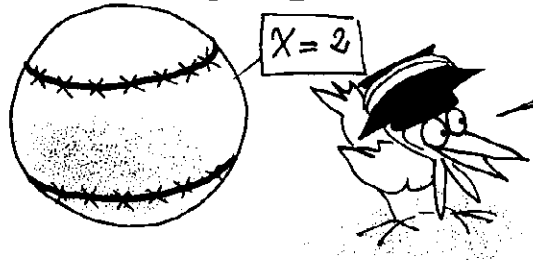
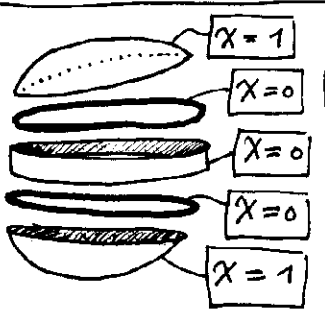


A **MOEBIUS STRIP** is an **INORIENTABLE** surface which has an **EDGE**. Are there such things as **INORIENTABLE SURFACES WITHOUT AN EDGE, CLOSED ON THEMSELVES?**

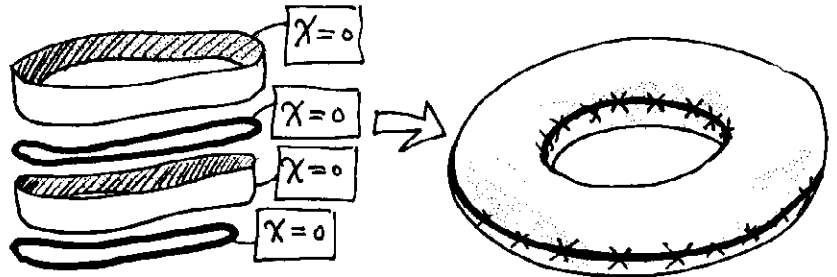
Answer in the next chapter

EDGE ON EDGE

A CLOSED CURVE (decomposable into a segment and a point) has a characteristic nil. The same for a STRIP, bilateral or unilateral, which can be contracted according to a closed curve (see theorem, page 17) When a bilateral strip is closed with two discs along two closed curves, we have made a SPHERE-SURFACE S^2 (with two dimensions)



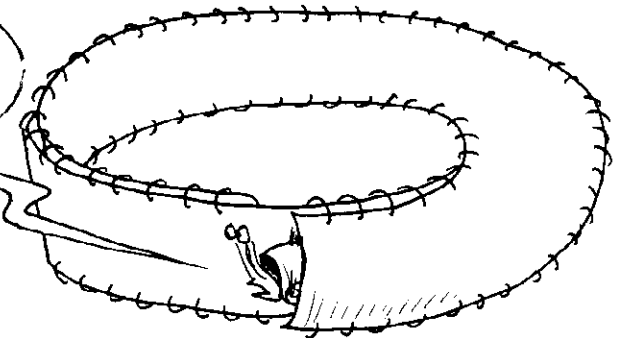
We could also stitch two bilateral strips one on the other, along two closed curves and we'll get a TORUS-SURFACE T^2



So normally I should be able to stitch two Moebius strips along just ONE CLOSED CURVE



Hey!! That's tight



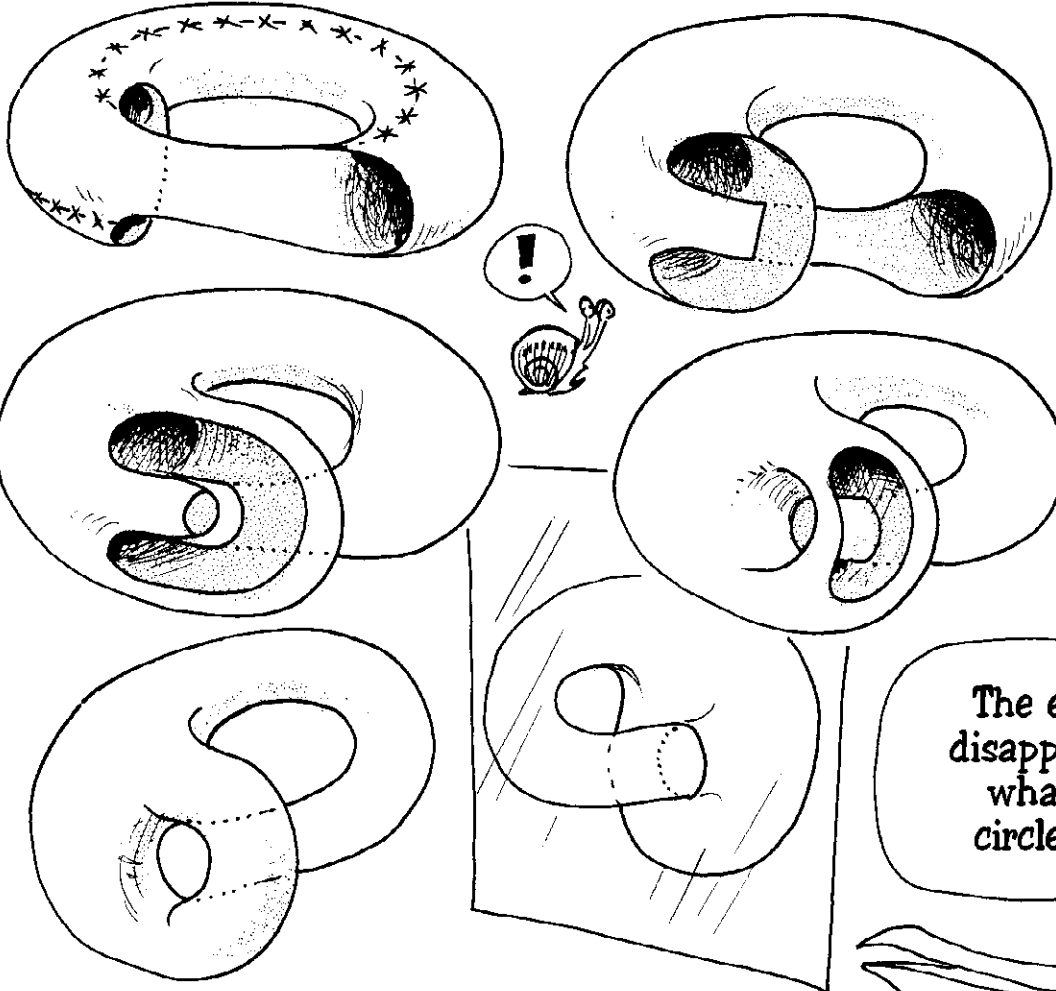
We'll have to use some TRANSVERSINE (*)

TRANSVERSINE !?



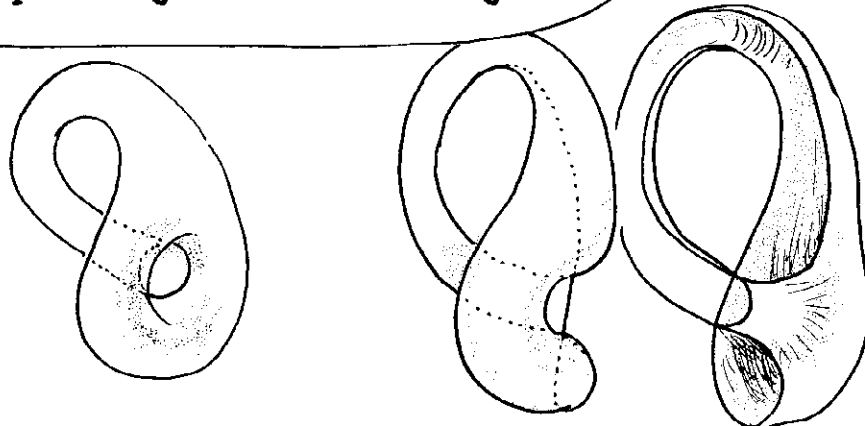
(*) TRANSVERSINE is extracted from the shells of HOMOMOLES

If we smear **TRANSVERSINE** on a shell, it starts to grow, according to its edge, tending to form a closed surface but allowing that surface to **GO THROUGH ITSELF!**



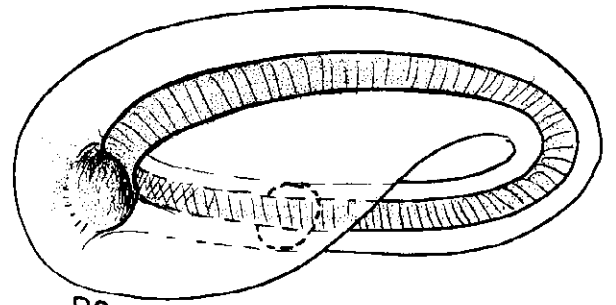
The edge has disappeared but what's that circle thingy?

It's the **AUTO-INTERSECTING CURVE**, which isn't an **EDGE**. You can verify this with this **KLEIN BOTTLE**, where the surface develops everywhere continually.

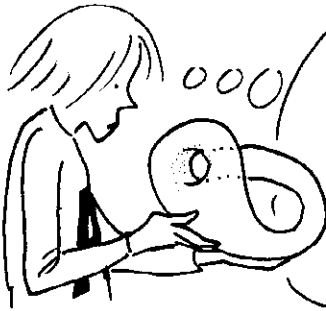


Two cross sections

Its characteristic is nil because it's made up of two Moebius strips ($x=0$) and a closed curve ($x=0$). It isn't easy to find your way round one of these.



Of course, if you find a Moebius strip on a surface it means it only has one side.



Tell me Tiresias, couldn't we find a Moebius strip on your shell somewhere?

Don't start you two.

er..!

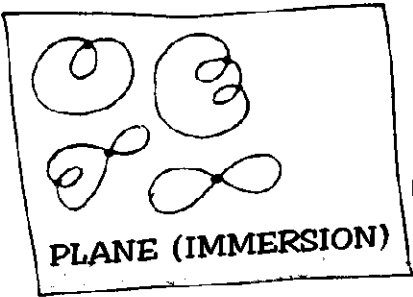
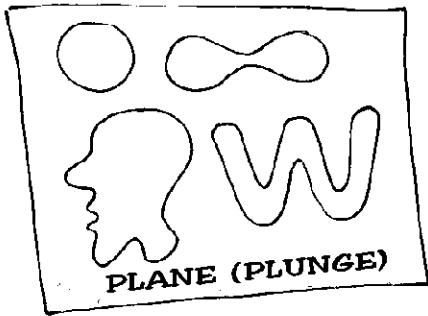
It's a pretty strange surface all the same.

Up to now we've only touched on surfaces that don't cut each other in their normal form, such as a SPHERE. Surfaces that cut each other in our space are called IMMERSIONS

Immersion's ?

PLUNGES AND IMMERSIONS

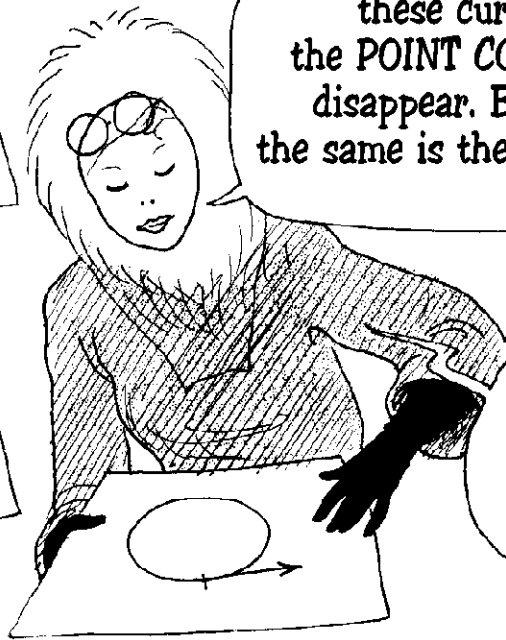
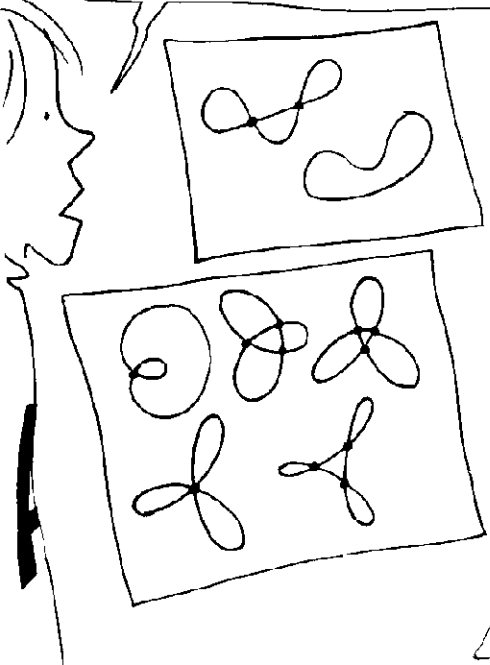
A closed curve, that is to say a unidimensional geometric, with no accidents on the way and whose only characteristic is to neither have a beginning nor an end, can be situated in an infinity of ways on a plan.



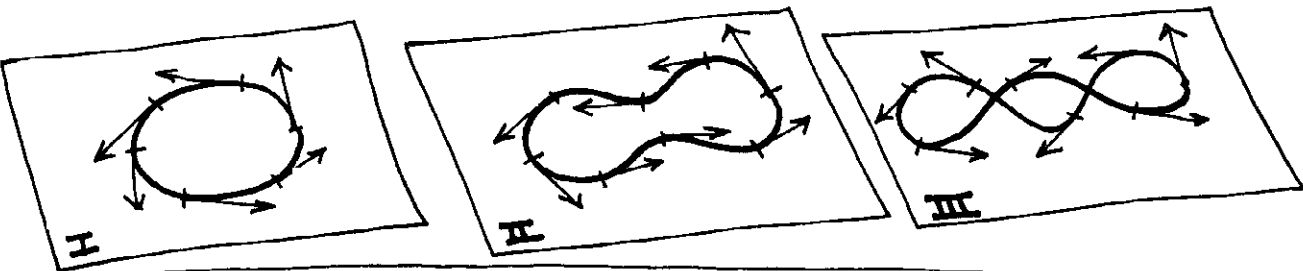
When it doesn't cut itself, I would say that it has **PLUNGED INTO THE PLANE**, otherwise I would say that it is **IMMERSED (*)**

I suppose they're characterised by the number of intersecting points

No, because if I continually deform these curves I can make the **POINT COUPLES** appear and disappear. But what will stay the same is the **NUMBER OF TURNS**.



Look, I'm making a vector remain tangent to the curve



By regular deformation (without broken lines) in the PLANE, I can go from curve I to curve III. In doing this we have the total rotation of the arrow (360°) when crossing each curve

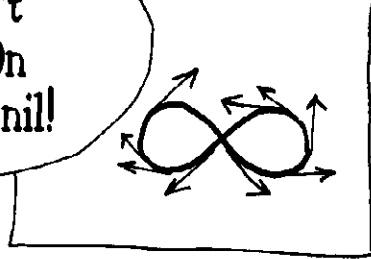
It is **REGULAR HOMOTOPIA** in a PLANE. It keeps the number of turns of the arrow tangent to the curve.



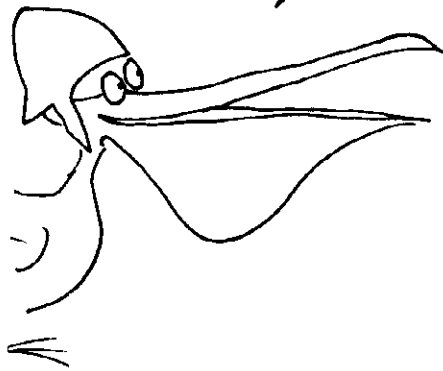
Well I've tried everything and I can't change this **EIGHT** into a **CIRCLE** !..



That's normal. The arrow doesn't do the same number of turns. On the **EIGHT**, the algebraic sum is nil!



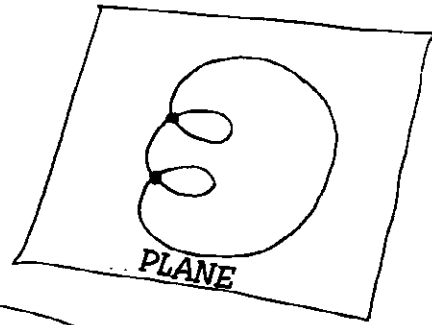
Given this rule of closed curve deformation (continuity, regularity), in a surface, some things are **POSSIBLE** and others are always **IMPOSSIBLE**



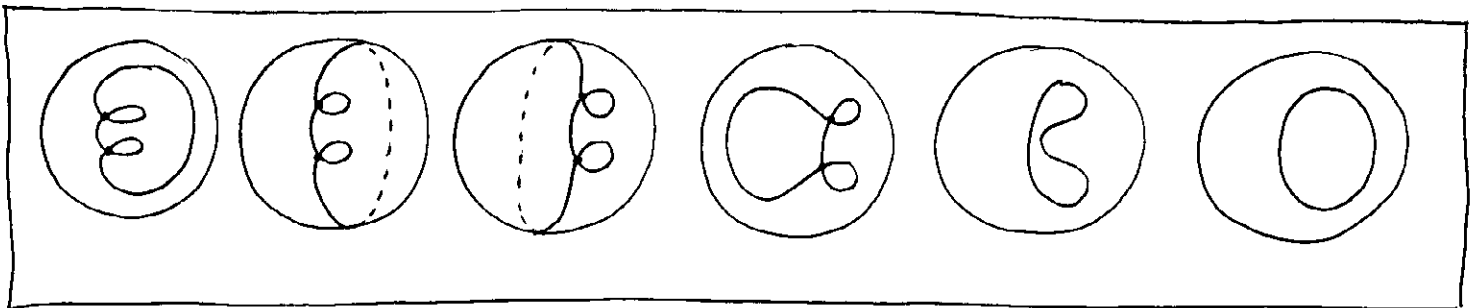
It's not so simple !



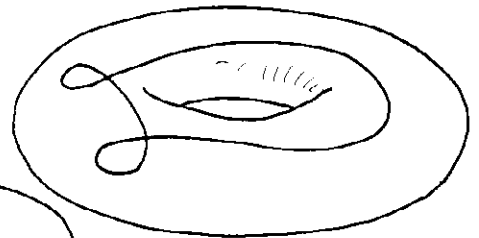
It depends on the space used to represent the object. Look at this curve for instance. On a PLANE there is no way to get rid of the two double points.



But on a SPHERE...

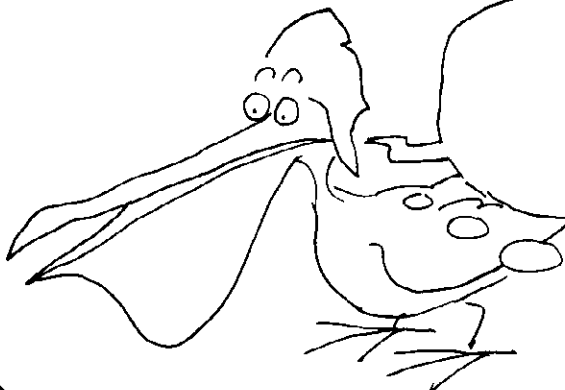


So some things that seem impossible in such a REPRESENTATIONAL SPACE (here the PLANE) become possible by changing this space, with a different topology. And vice-versa.



In this plane, the curve is easily undone but you can't do it if it is represented on a torus

But Tiresias, in our SPACE-TIME there are things that are definitely possible or definitely impossible aren't there?



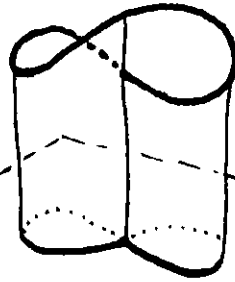
that's worrying...

Do you know the topology of our spacetime ?

Er...no...

We just live appearances... and even...

The closed curve's intersection points only hold up through their mode of representation on a surface. A bidimensional image is only a projection.



Fundamentally there is only one object in all this: **THE CLOSED UNIDIMENSIONAL CURVE**

In a space represented by 4 dimensions, the **KLEIN** bottle no longer cuts through itself !

So by changing the representational space I can do anything. Change a Klein bottle into a sphere for instance ?

No, there are characteristics that remain **INDEPENDENT OF THE REPRESENTATIONAL SPACE**

TOPOLOGY

Such as the Euler-Poincaré characteristic, orientability, closedness.

For objects of one dimension it all comes down to: A CURVE MUST BE OPEN OR CLOSED

So how's Amundsen ?

Nothing, still the same...

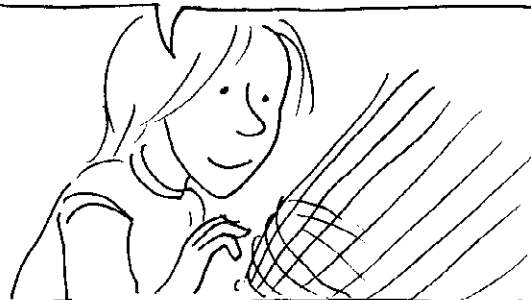
GEONEUROSIS? No, I diagnose a TOPONEUROSIS

Our mental structures, our LOGIC, our perception of the world, rest on geometrical foundations, which could give way at any moment.

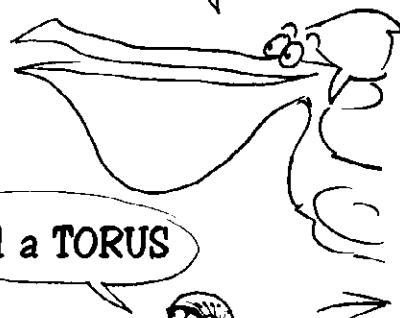
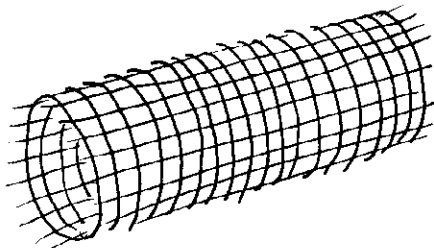
I we can't bring back a minimum of coherence to our friend's view of things he'll continue to refuse the sensorial world.

BASKET WEAVING

I've found another good way of representing surfaces: **BASKET WEAVING**

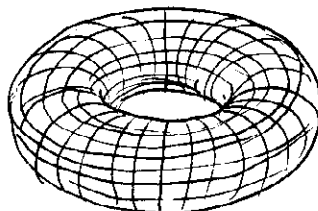


Well that is obviously a cylinder.

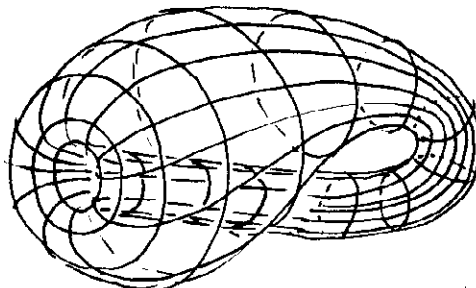


Hmm, it isn't so easy to make a sphere

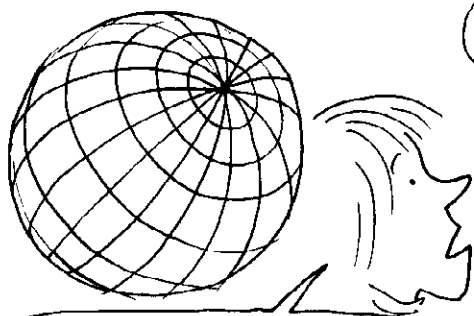
And a **TORUS**



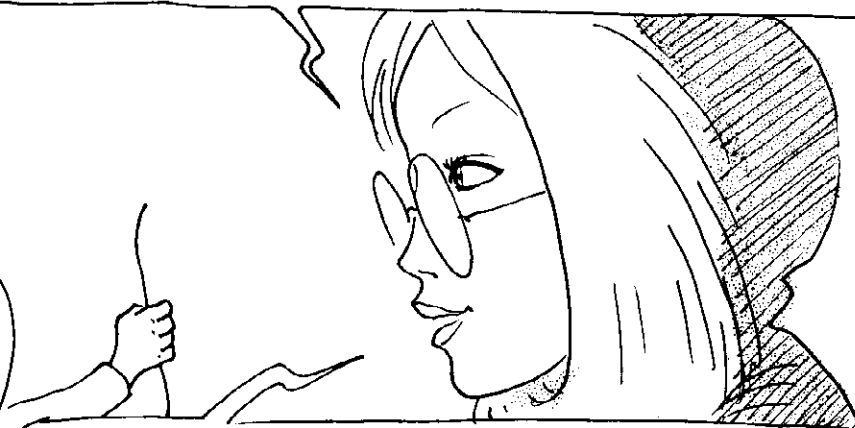
A **KLEIN** bottle



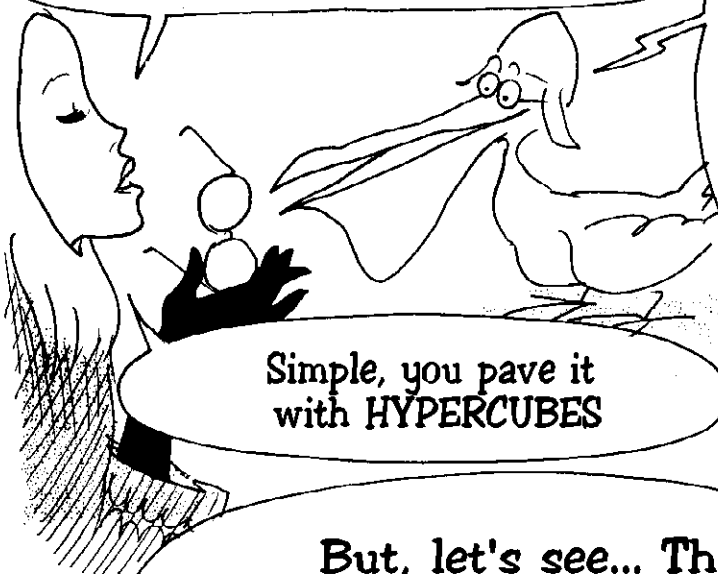
For the sphere you have to introduce 2 **POLES**.



But I don't get it, I didn't need them for the torus or the Klein bottle...



The Euler-Poincaré characteristic gives you the number of poles you need to **WEAVE** your surface. For the **TORUS** or the **KLEIN** bottle it's zero. For the sphere it's 2.



This concept can be extended to **HYPERSURFACES** of course, space with 3,4..N dimensions.

Unless we're mistaken the universe, according to the **FRIEDMANN (*)** cyclic model, is an **S4** hypersphere. So I can see that we can **PAVE** a three dimensional space using cubic structures. But what about one with 4 dimensions?

Simple, you pave it with **HYPERCUBES**


But, let's see... The characteristic of an **S4** hypersphere is 2. So our space-time, should show at least one sort of singularity then, a pole?



Hypercubes? Really...



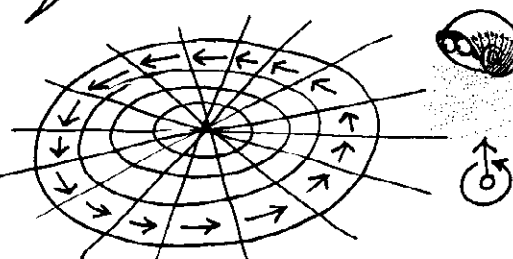
And the **BIG BANG(*)**, what's that then !?!



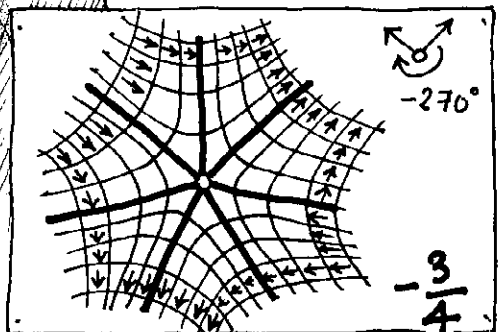
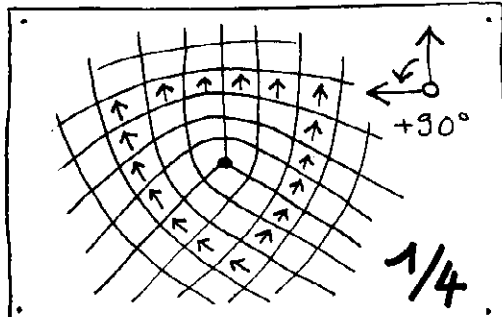
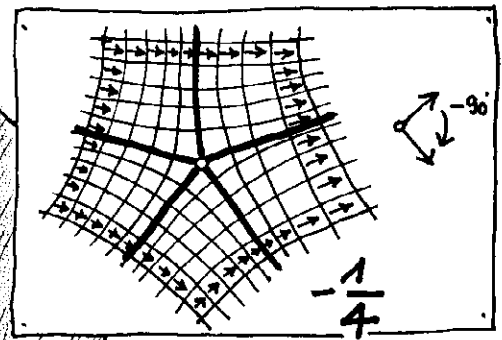
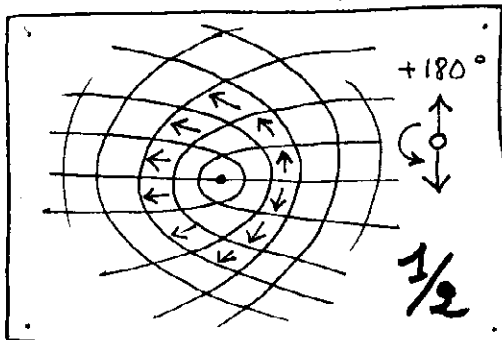
So purely geometric considerations have allowed us to perceive one of the most fantastic aspects of the history of the world, discovered at the same time as the expansion of the Universe

SINGULARITIES

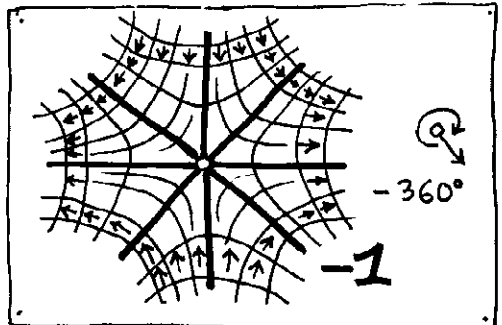
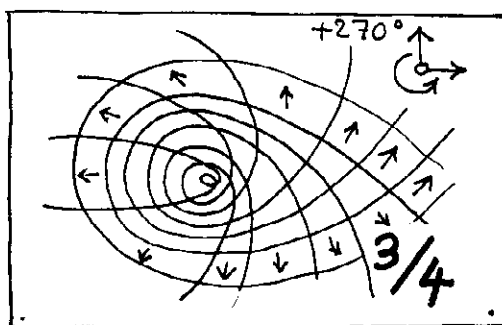
THE ORDER OF SINGULARITY OF A WEAVE is equal to the angle of the arrow's direction, positive or negative, divided by 360° (2π)



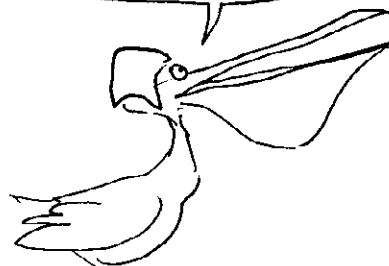
The POLE is 1.



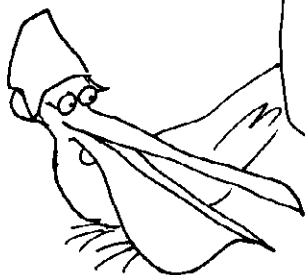
Here, on the left are singularities of a positive order and on the right, of negative order

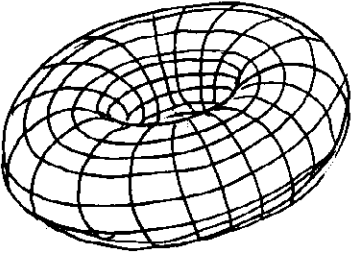


What's the point?

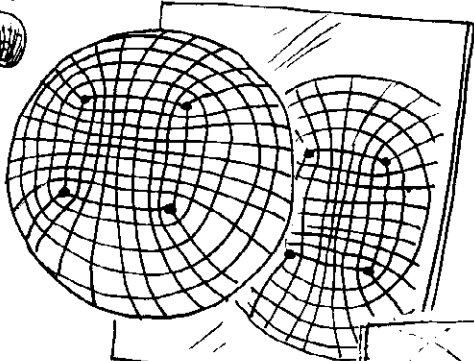


If you weave a closed surface, eventually you will have singularities. The Euler-Poincaré characteristic will be equal to the algebraic sum of the orders of singularities.

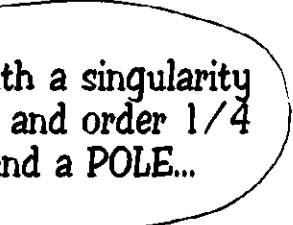




I could weave a TORUS without singularity. That's normal, its Euler-Poincaré characteristic is nil.



And here's a sphere with a grid using eight singularities of order $1/4$...



or with a singularity $3/4$, and order $1/4$ and a POLE...



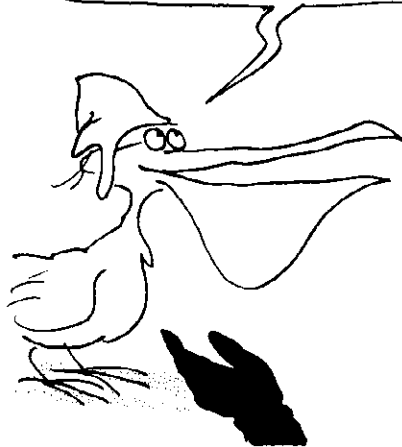
Or with four singularities of order $1/2$



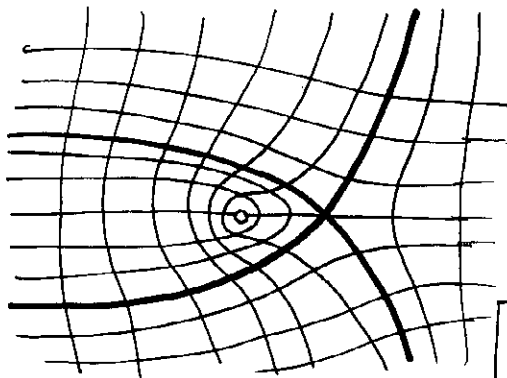
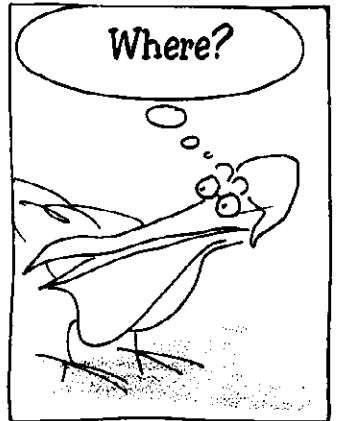
Note :

Those who have read *BLACK HOLE*, pages 14 to 36 will no doubt have noticed the similarity between the drawings of mesh singularities and those concerning POSICONES, NEGACONES and the curve. All these ideas, essentially ANGULAR, are closely linked to the TOTAL CURVATURE of a surface, represented in our space of three dimensions, which is exactly equal to the Euler-Poincaré characteristic multiplied by 360° (or by 2π)

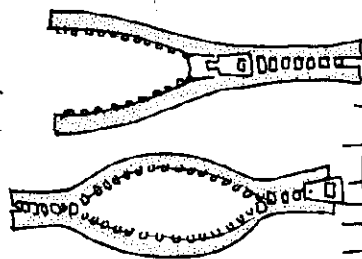
It's a pity that such things are totally useless,
like Greek and Latin.



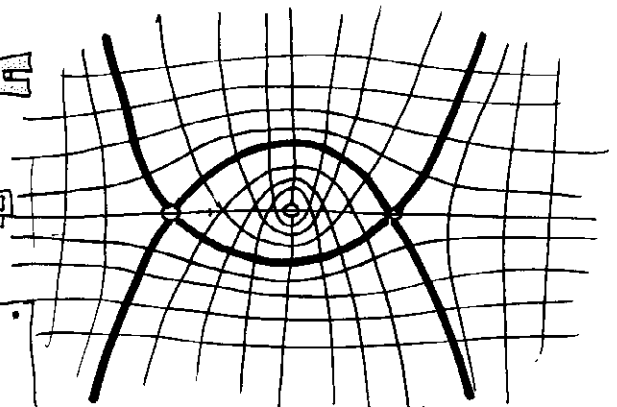
Not at all Leon!
There are lots of
singularities
in nature !



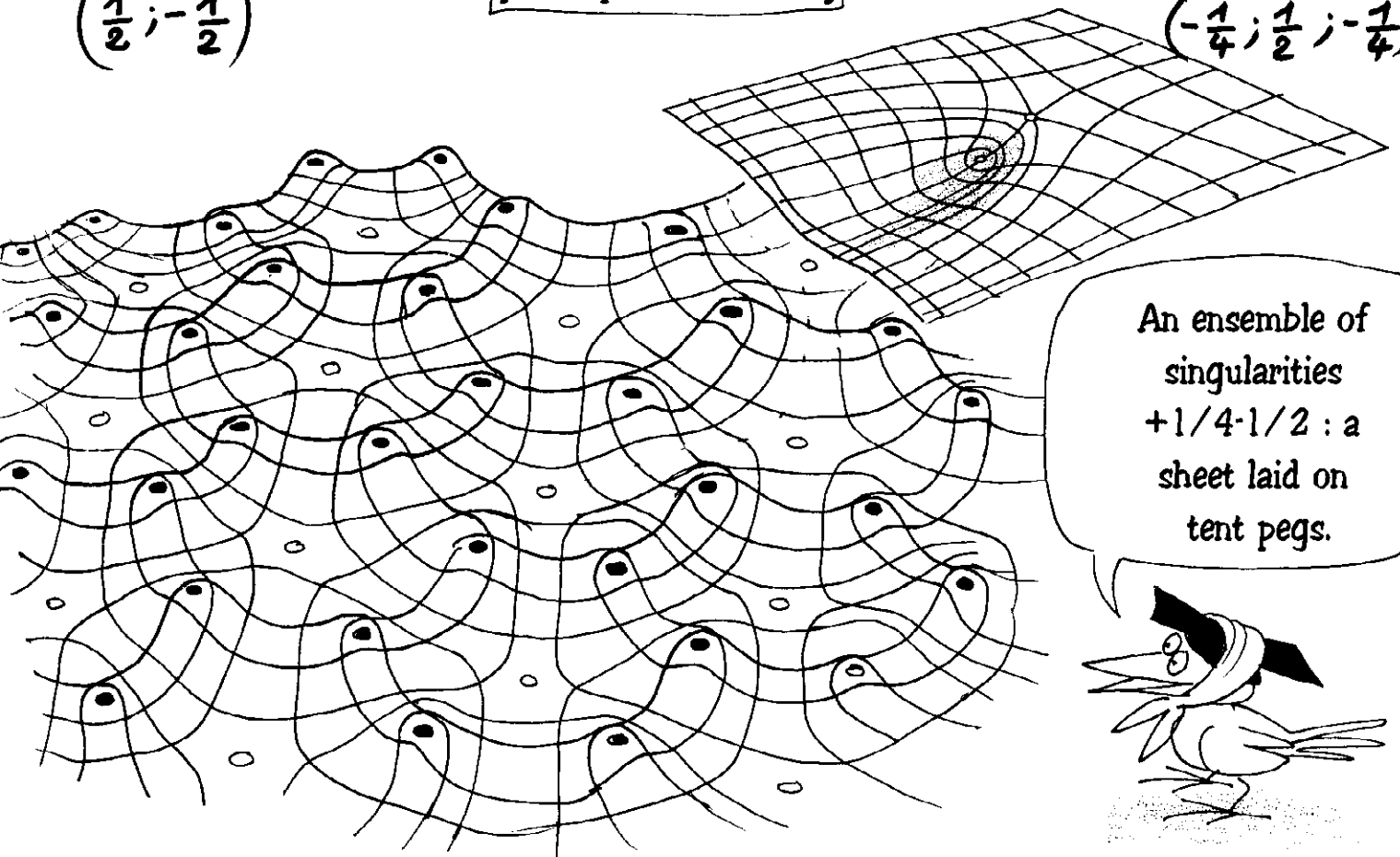
$$\left(\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}\right)$$



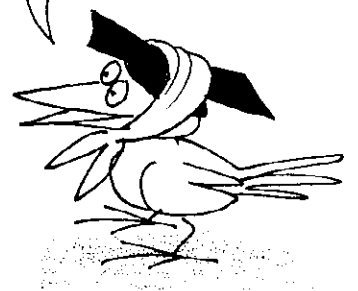
Pull apart a
zip fastener



$$\left(-\frac{1}{4}; \frac{1}{2}; -\frac{1}{4}\right)$$



An ensemble of
singularities
 $+1/4 - 1/2$: a
sheet laid on
tent pegs.

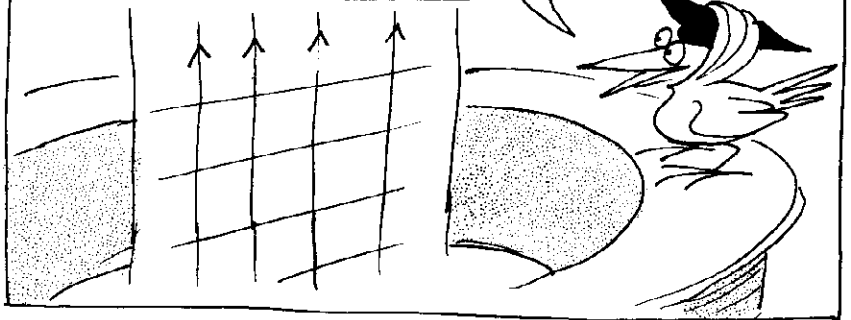


Now what are you making?

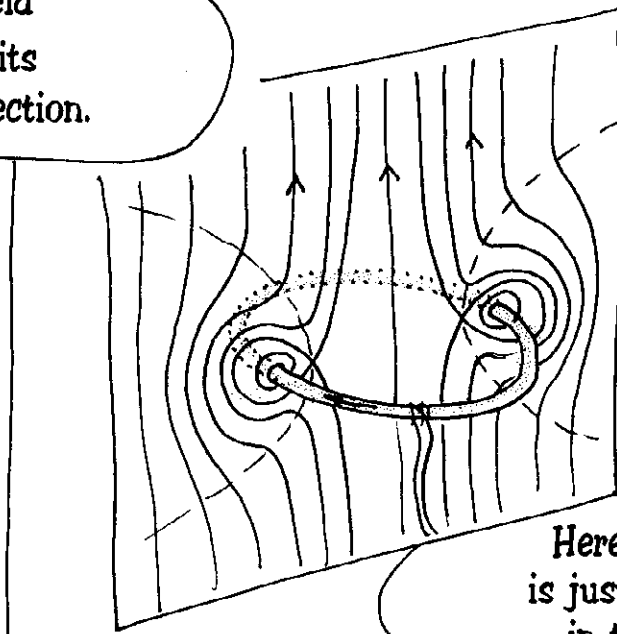
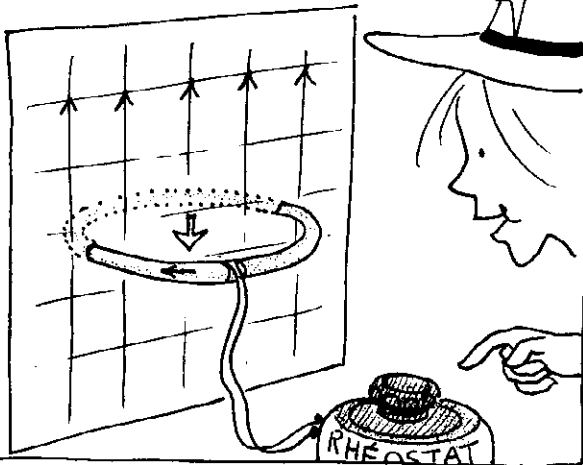


MAGNETIC FIELDS

This system produces a **UNIFORM** magnetic field, its lines and fields are simple parallel straight lines.

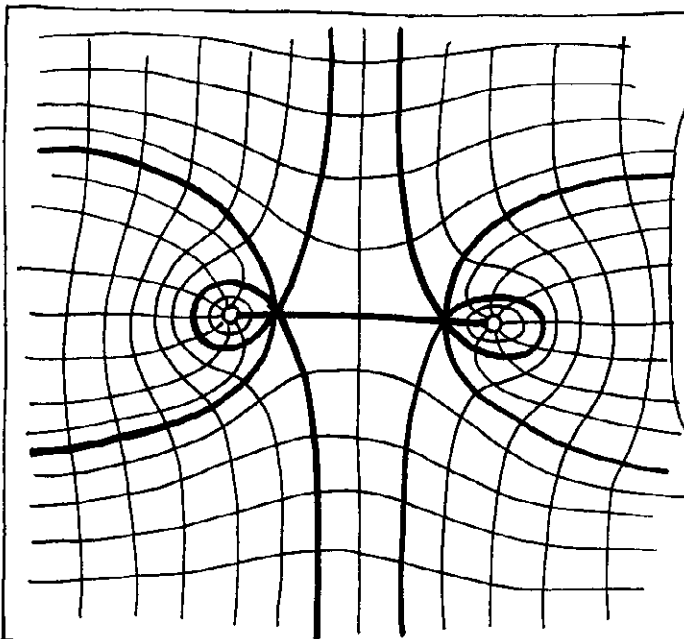


But if I put a coil into the field it will create another field in its centre going in the opposite direction.

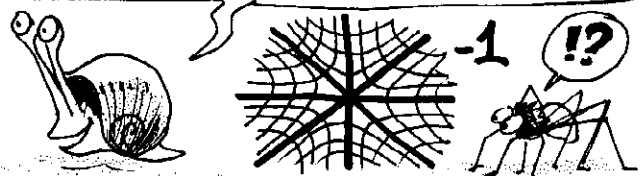


Contact!

Here the field is just weakened in the centre

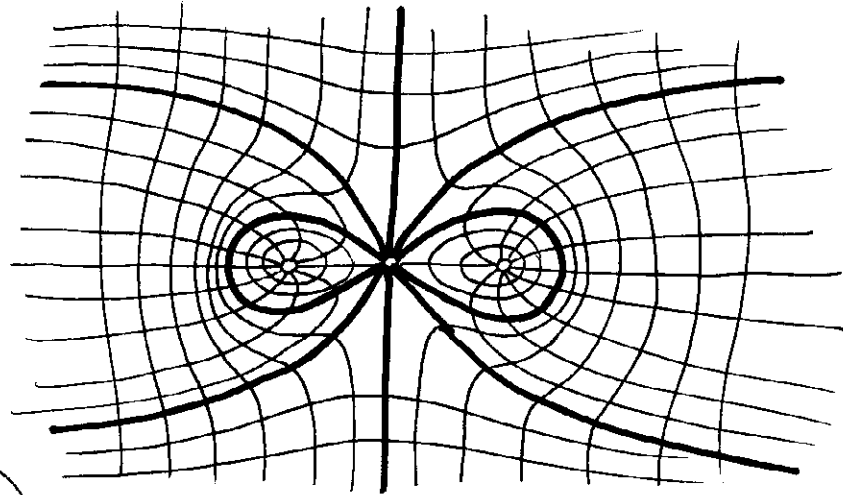
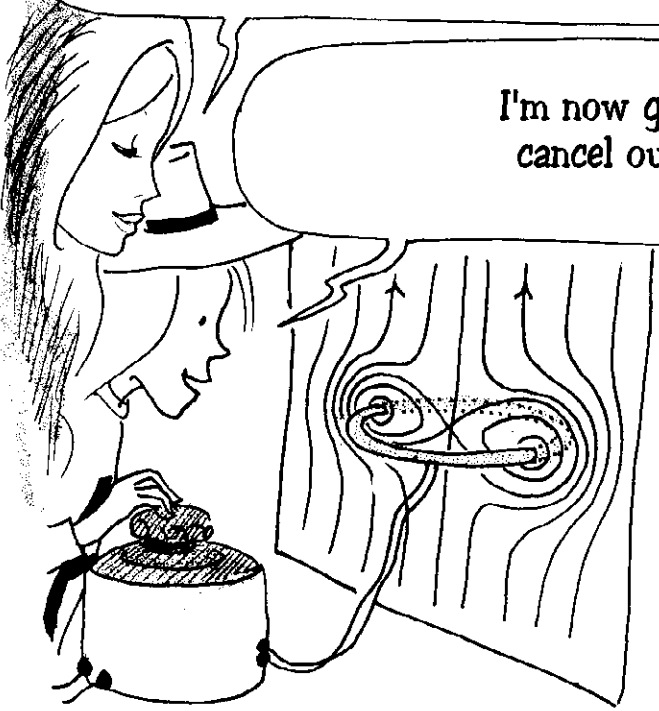


Oh! You've made two poles appear (the traces of the solenoid seen from the front in Figure 1) and two singularities of order -1 . The sum making zero. The negative singularities appear where the **B** field is cancelled out.

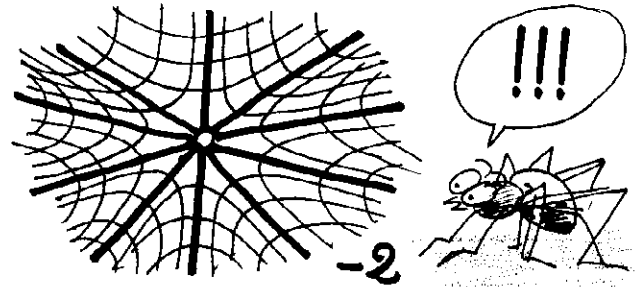


In fact the system has a symmetry of revolution and we've got an example of a mesh with lines of singularity.

I'm now going to increase the current so as to cancel out the value of the magnetic field in the centre of the solenoid.



The two points of the nil field, seen from the front in the drawing, have now joined into one, of the order -2 (an example of CONFLUENCES OF SINGULARITY)



Yes this is fun. Shall we push the field further?

It might be risky and become dangerous.

What are you afraid of Leon ?
That we create irreversible changes
in spacetime? It's only 100 Gauss
after all old fellow.

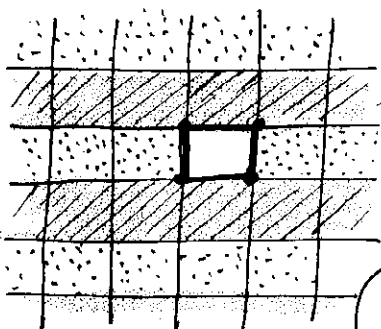
Since **THE SILENCE
BARRIER**, he's had
a real fixation on
magnetic fields.

Superb !

The magnetic field **B** has
inverted in the centre of
the coil. Its singularity
is doubled into two
singularities of order -1 .
We've created a magnetic
VORTEX with toric geometry

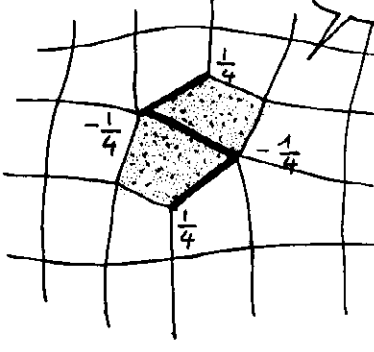
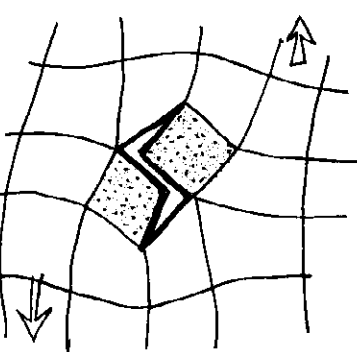
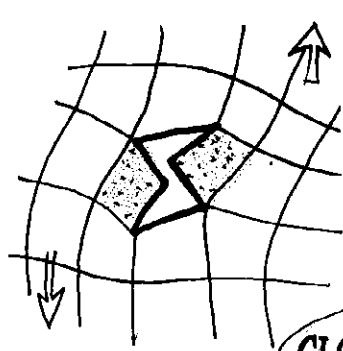
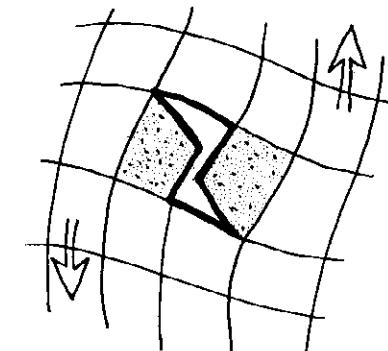
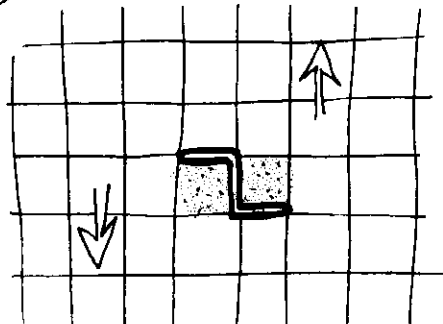
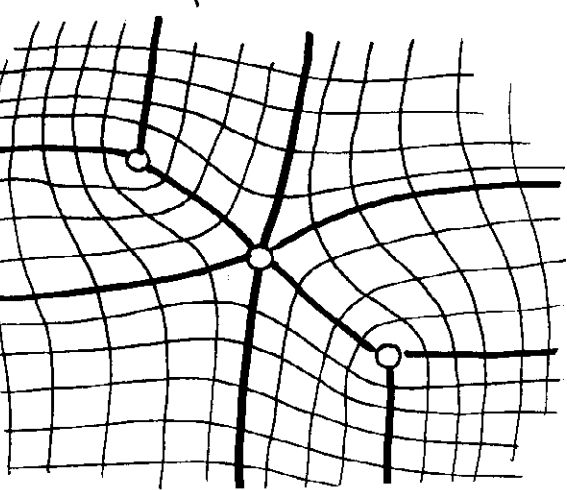
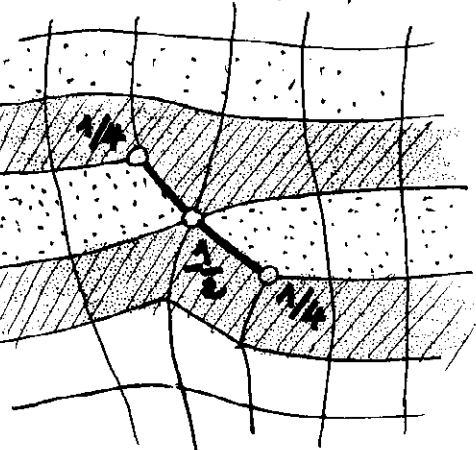
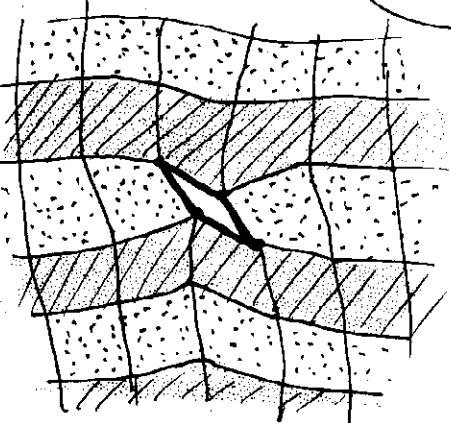
You find meshes and
singularities at all
the crossroads of physics...

CRYSTALS are a mine of singularities. In this top view of a crystal with a square mesh, if we create a FAULT, by removing an element, the hole will be made at a cost one singularity of $-1/2$ and two singularities $1/4$

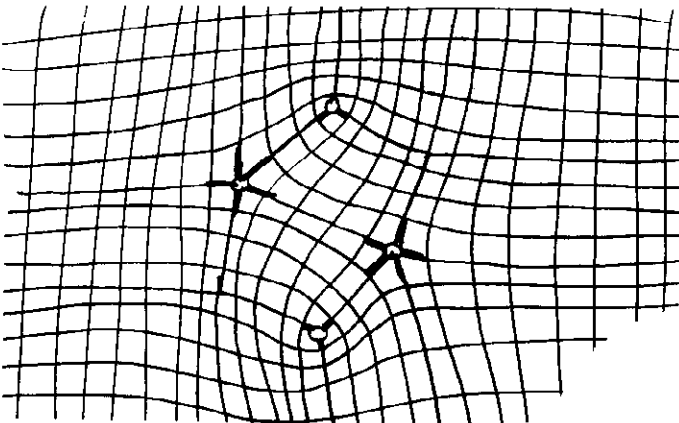



I've removed a tile

A shearing movement will cause a rearrangement of the grid, which requires two singularities of order $1/4$ and two singularities of order $-1/4$



CLOMP!





That reminds me
of something

And what would
that be Tiresias ?

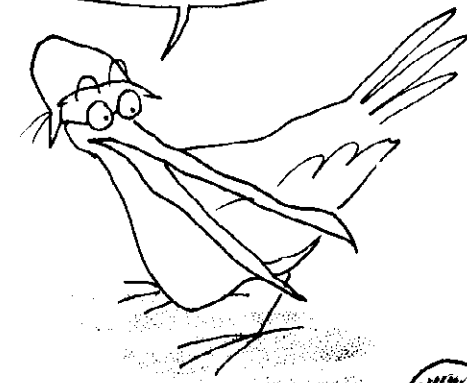
Suppose that the
Universe was a sort of...

...a sort of crystal ?

What if the universe was made up of sorts of slots, **ELEMENTARY PARTICLES** could be the faults or dislocations, combinations of **PAVING (*)** singularities - The movement, or the interactions would correspond to the rearrangements of the whole thing...

For a good idea
that's a good idea !

I...er...



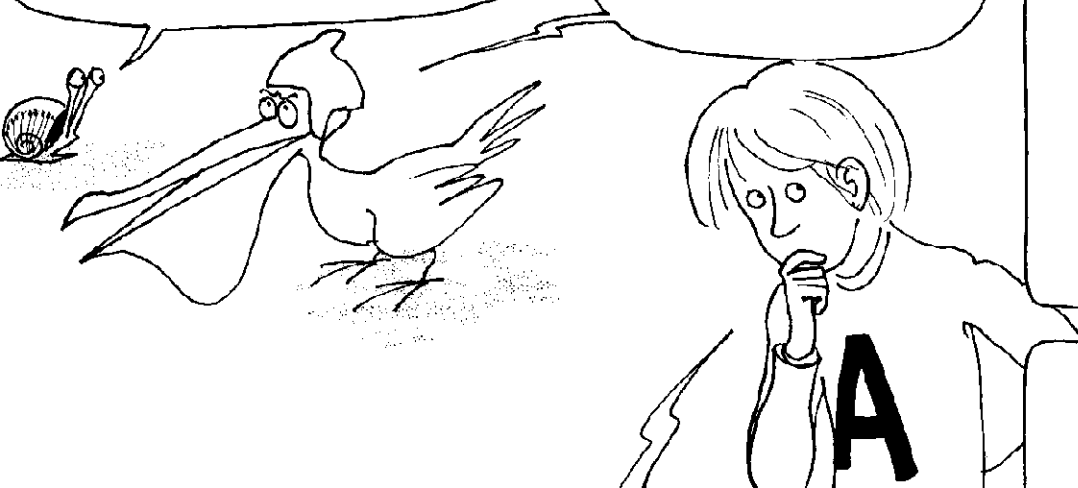
All that follows will be illustrated using LEAFING ANIMATED CARTOONS, sorted by the letters A,B,C and D

The Management

THE BOY SURFACE

Right we've had fun but in the meantime poor Amundsen is still in the soup...

And we still don't know anything about this mad planet with no South Pole



But wait...for there to be only one pole, the Euler-Poincaré characteristic must be equal to 1. It seems to be unilateral...

A

TRANSFORMATION OF A MOEBIUS STRIP INTO A BOY SURFACE

B

DITTO: CURVE-EDGE AND AUTO-INTERSECTION ENSEMBLE

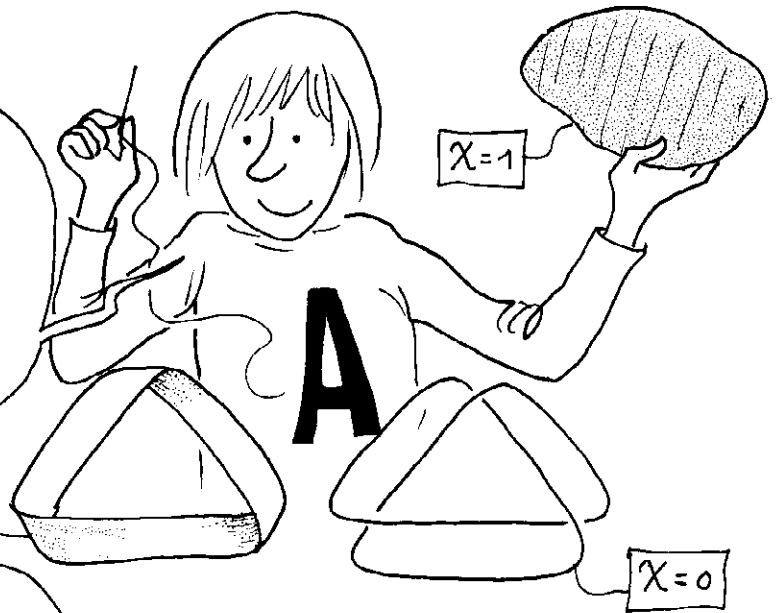
C

MAKING A CONJUNCTION OF ANTIPODAL POINTS

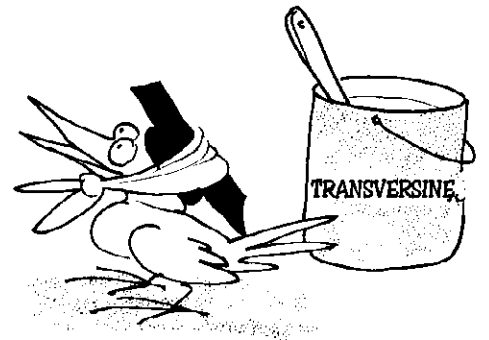
D

APPARENT INVERSION OF TIME

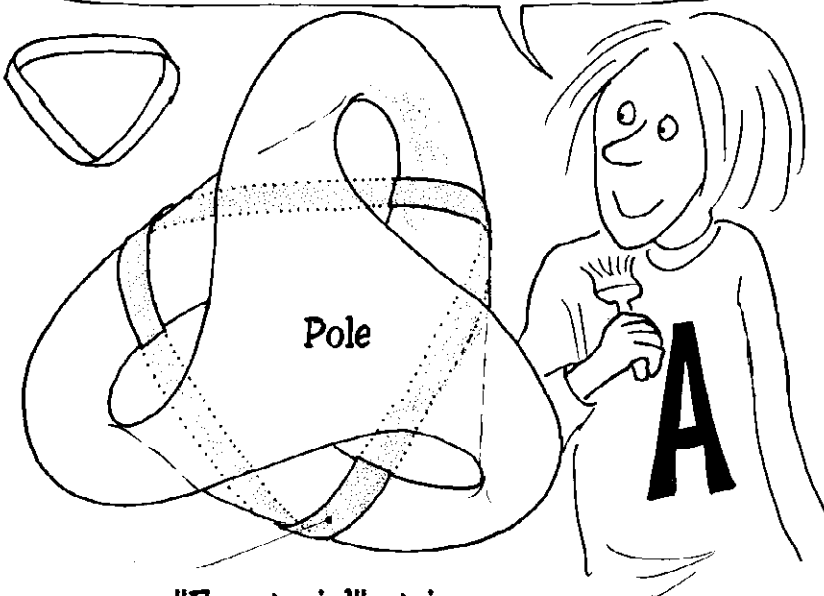
A Moebius strip has a nil characteristic. I could sew it along a closed curve, which also has a zero characteristic, a simple disc for example...



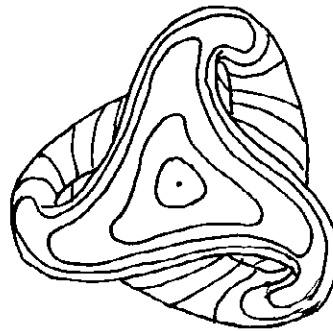
The ensemble will have a unitary characteristic and will be a closed unilateral surface. But instead of stitching it, why not use some **TRANSVERSINE**



The sequence of turning a Moebius strip into a BOY surface can be seen on the drawings A and B. Here's the final object:



"Equatorial" strip

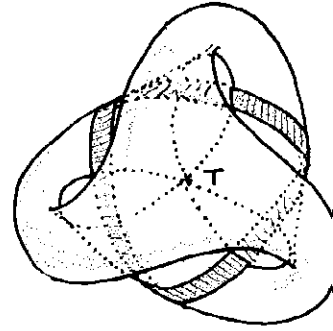


Here are the "PARALLELS" of the BOY surface. It's also the development of the edge of the Moebius strip corresponding to the sequence A.

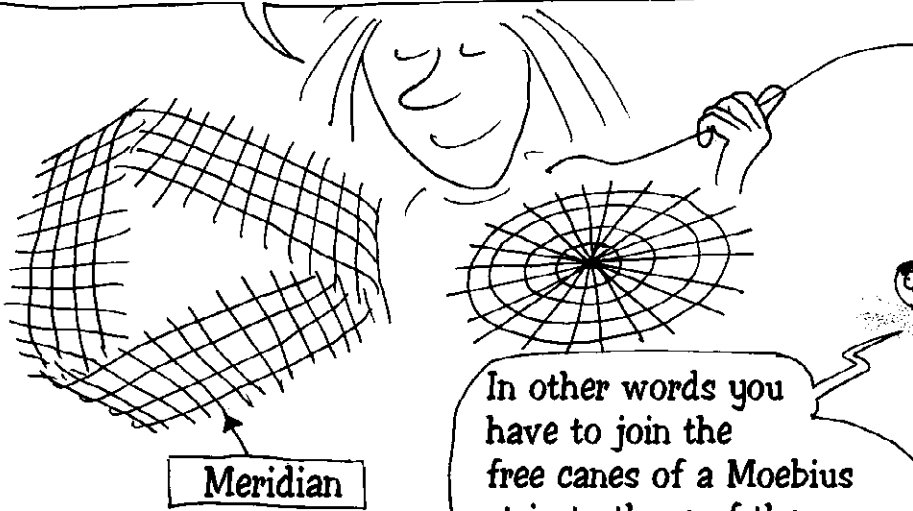


Funny sort of parallels..

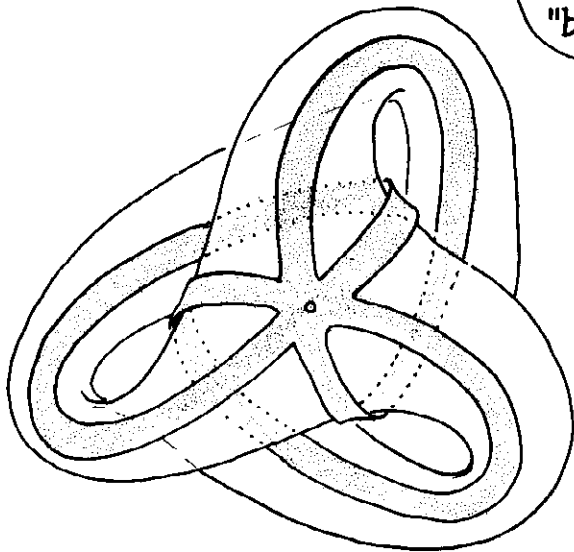
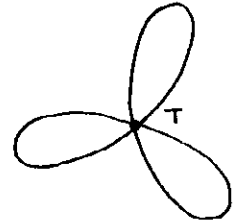
It's weaving work Leon. We just have to prolong the "meridians" of the Moebius strip to bring them to the bottom of the basket, the pole.



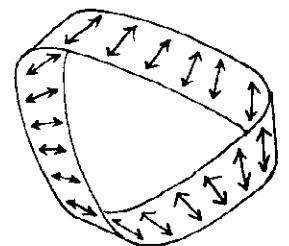
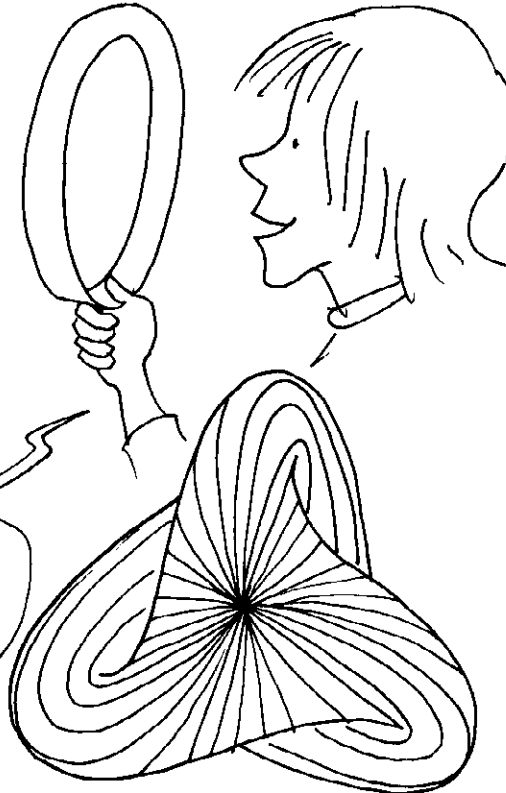
BOY SURFACE WITH INITIAL MOEBIUS STRIP



In other words you have to join the free canes of a Moebius strip to those of the "bottom of the basket".



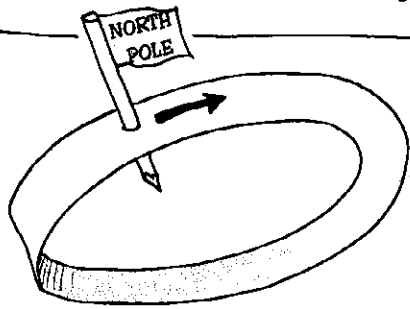
The NEIGHBOURHOODS of the "meridians" are Moebius strips with one half turn.



THE FIRST MODEL OF THE BOY SURFACE WITH ITS ENSEMBLE "MERIDIANS"+"PARALLELS", WAS IMAGINED BY THE AUTHOR. A FINE MODEL WAS THEN MADE BY THE SCULPTOR MAX SAUZE WHICH IS VISIBLE IN THE "TROOM" OF THE PALACE OF DISCOVERY in PARIS, FRANCE.

The Management

We've moved along one of these strips, leaving the "NORTH POLE" to look for the "SOUTH POLE"



And of course we came back to Perry's flagpole!



But if we moved along a Boy surface, how come we didn't detect the auto-intersection regions?

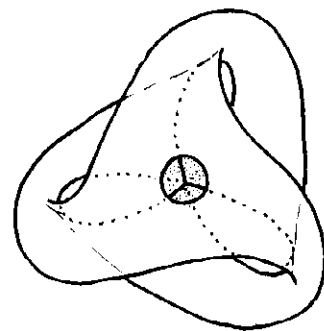
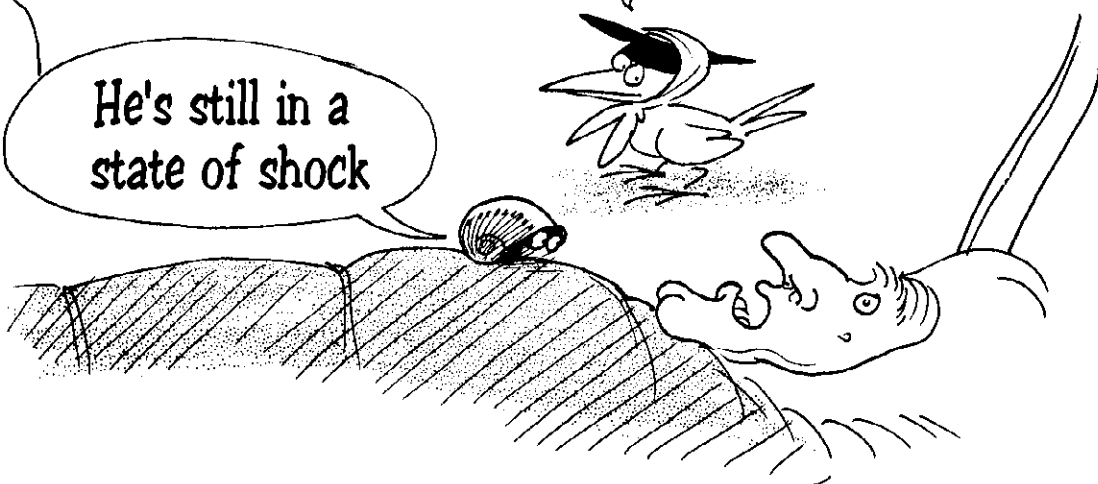
Remember, this IMAGE of auto-intersection is just an effect of immersion of the BOY SURFACE into the REPRESENTATIONAL THREE-DIMENSIONAL SPACE. In fact, the Boy surface and the KLEIN bottle exist as TWO DIMENSIONAL OBJECTS INDEPENDENTLY OF THE SPACE IN WHICH THEY ARE REPRESENTED.

Here's a good method to forget about the idea of auto-intersection.

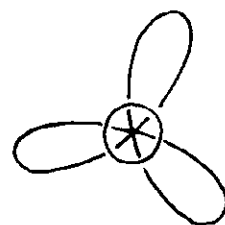
One thing is certain : The planet is a Boy surface and only has one pole.

Well I'm certainly not going to announce that to poor old Amundsen

He's still in a state of shock

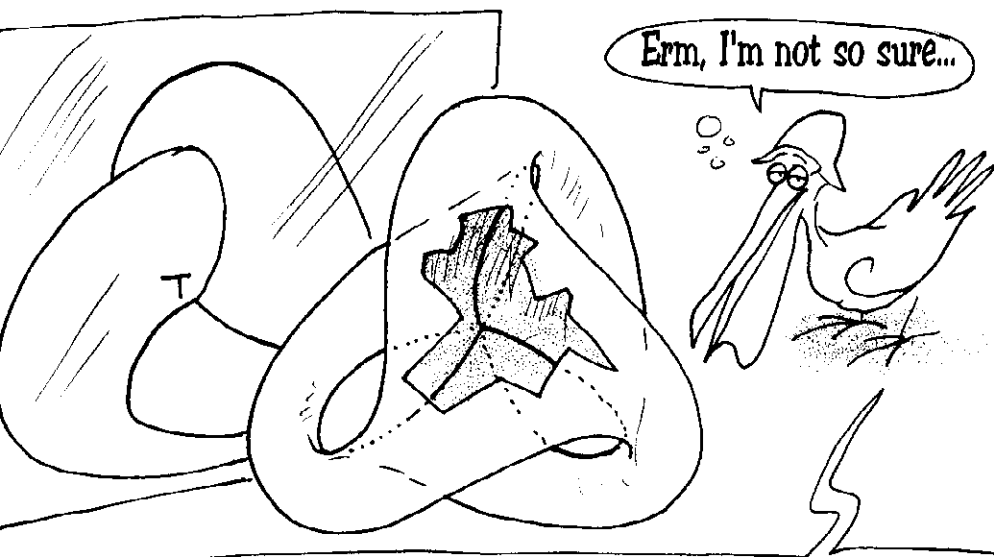


MOEBIUS STRIP WITH A CIRCULAR EDGE

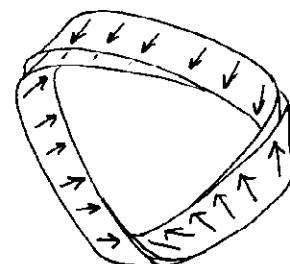
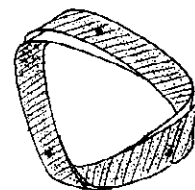


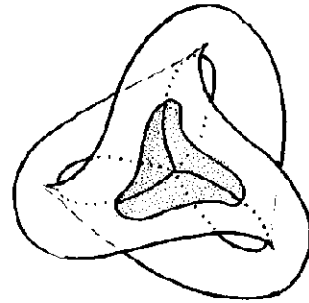
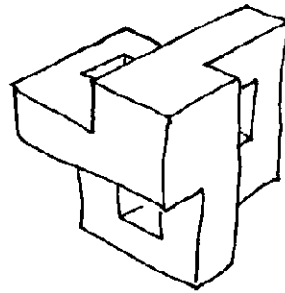
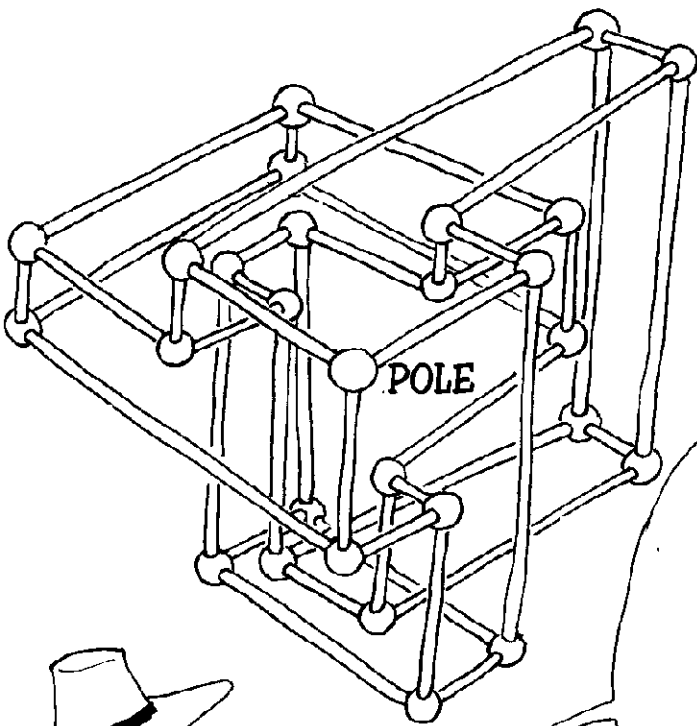
THE BOY CUBE

Erm, I'm not so sure...

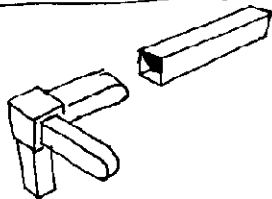
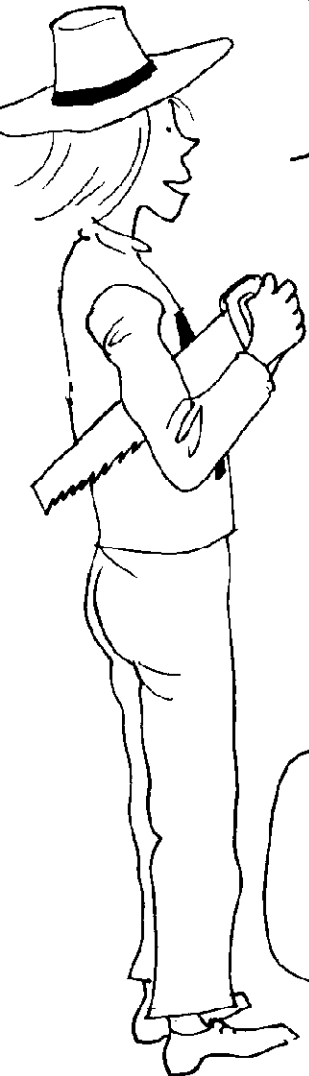
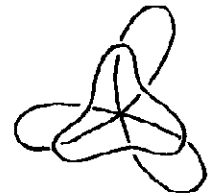


I might seem a bit nuts to you but I must admit, even with the drawings, the cross sections, various views, I still haven't understood the Boy surface...

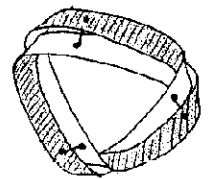
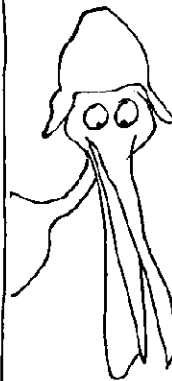




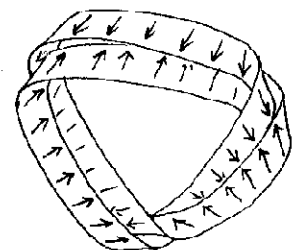
And here's a
BOY-CUBE patented
 by Archibald.
 28 summits
 43 edges
 16 faces
 $X=28-43+16 = 1$

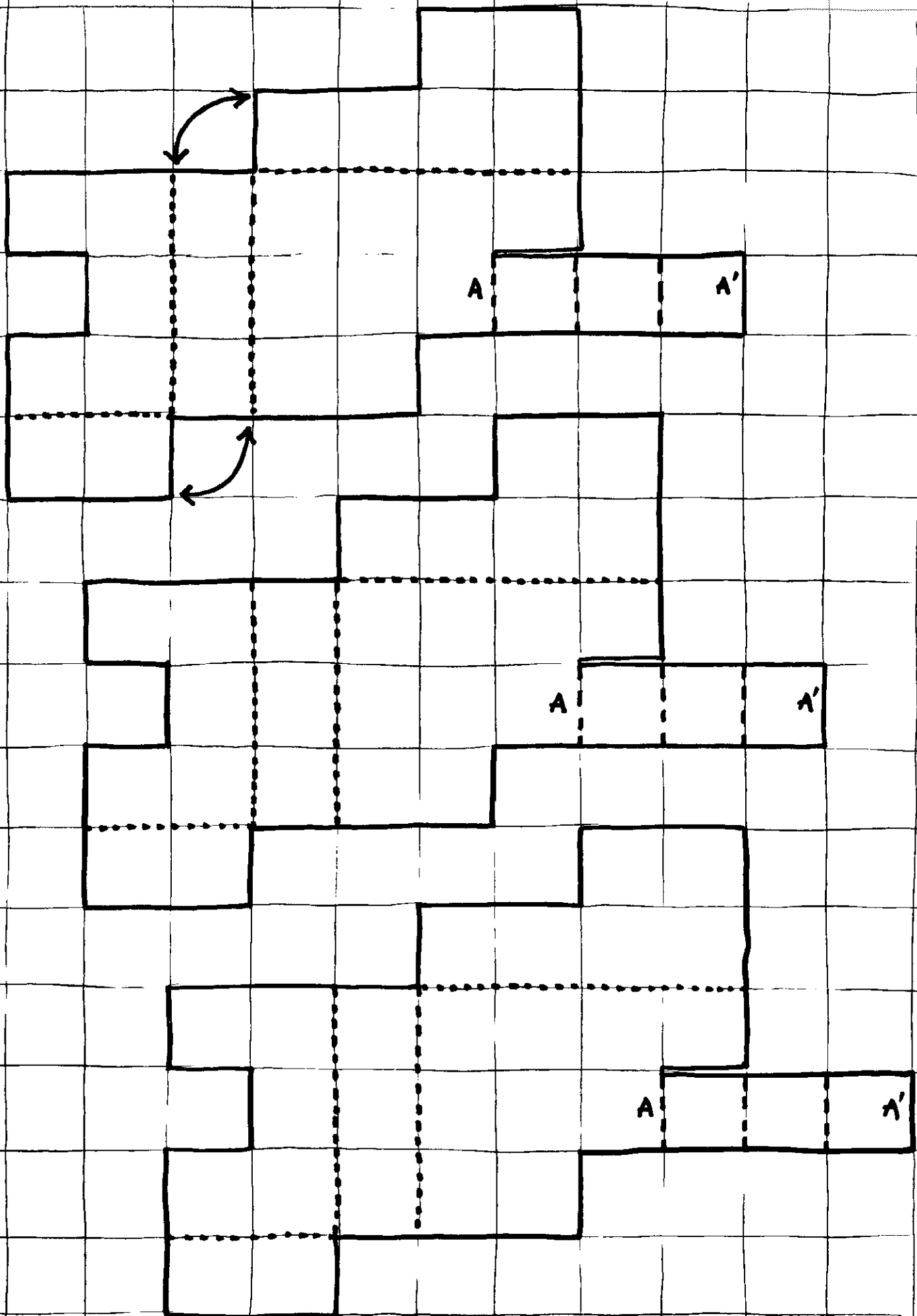


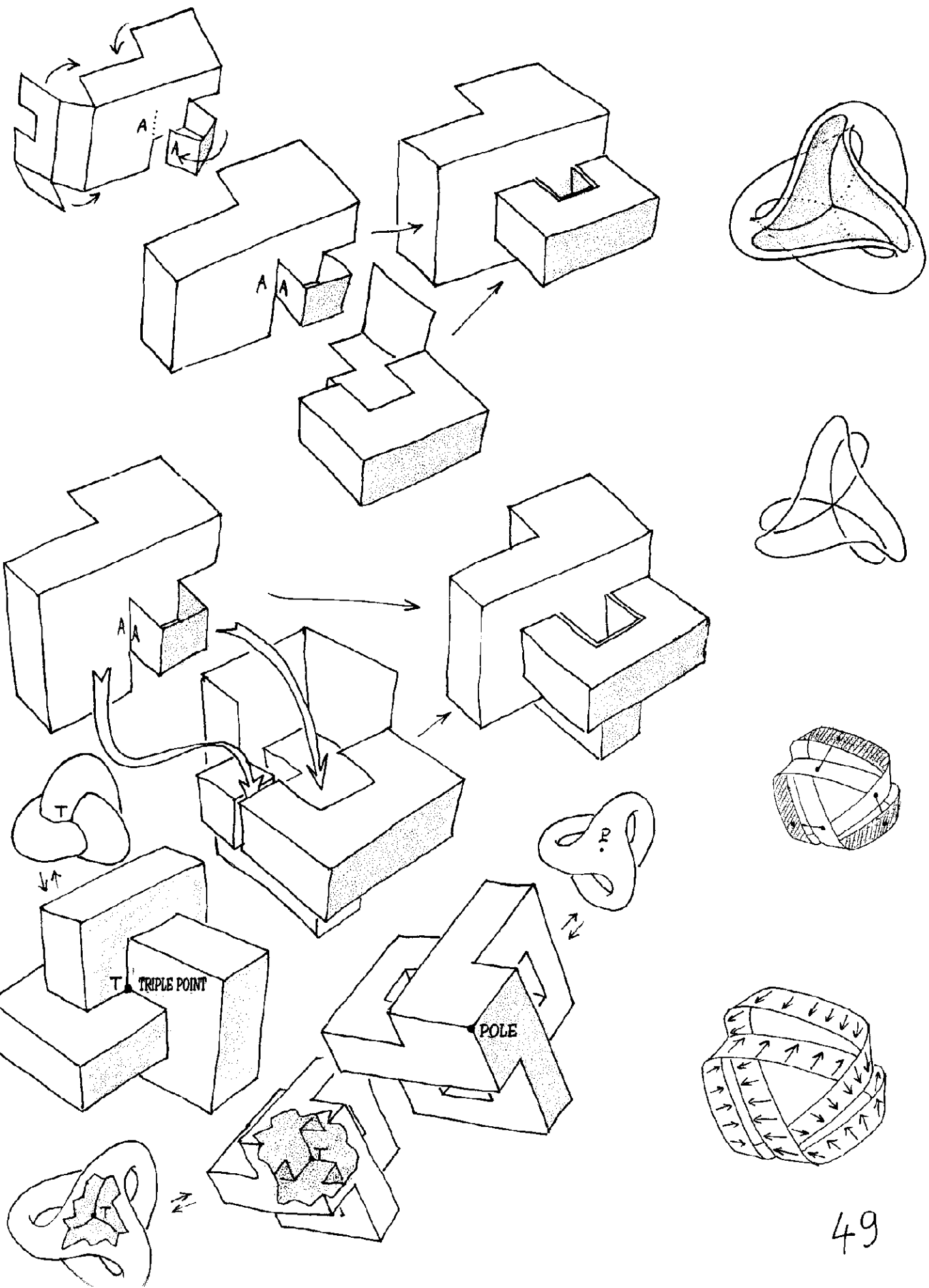
Nice models can be
 made using **REYNOLDS**
 shelves (square
 Dural tubes and
 angle pieces
 in plastic).



On the following
 page there are
 drawings to cut
 out and make your
 own **BOY-CUBE**



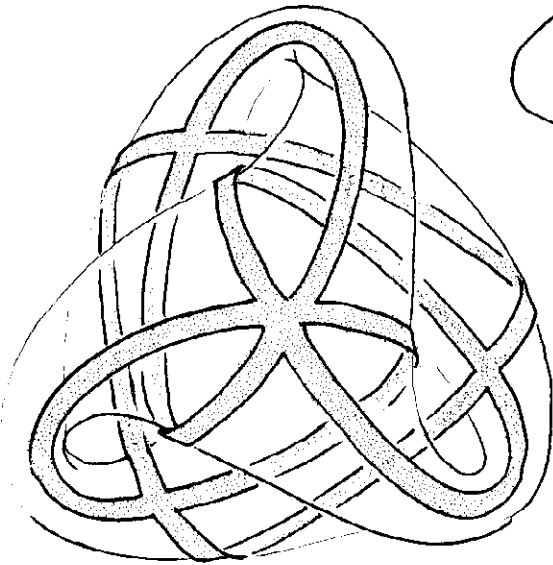




COVERINGS

So that's the end of the story then?

No, there's a sudden surprise...

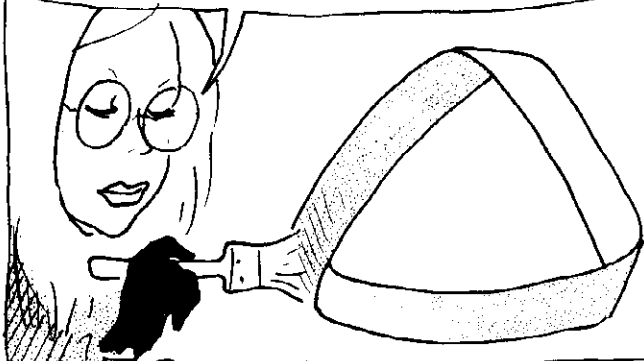


The TWO-LEAFED COVERING of a UNILATERAL, NON ORIENTABLE OBJECT is BILATERAL, ORIENTABLE and has a double characteristic.

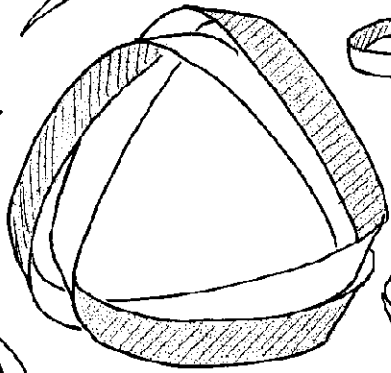
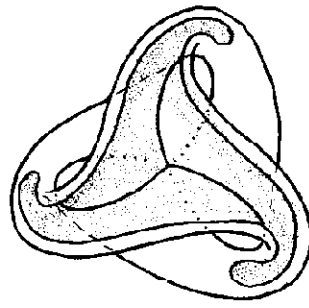
What is all this nonsense ?

It's simple. Take a Moebius strip and cover it with paint on its **UNIQUE** side, then take the strip away...

...and just keep the paint !



This new strip, closed on itself, has two faces because it was in contact with the Moebius strip. You can see the sequence in the images

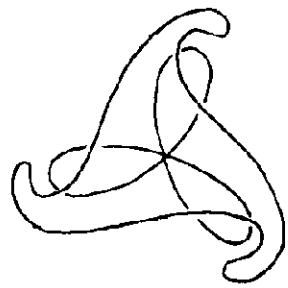


$$\text{Ring} = \text{Strip} + \text{Segment}$$

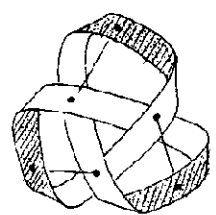
$$\text{Triangle} = \text{Strip} + \text{Segment}$$

$$\text{Circle} = \text{Strip} + \text{Segment}$$

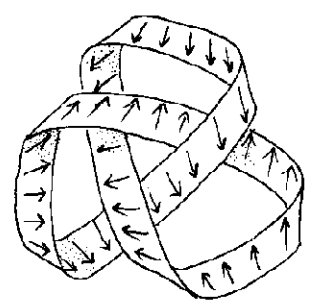
Both its characteristic and that of the Moebius strip are nil.



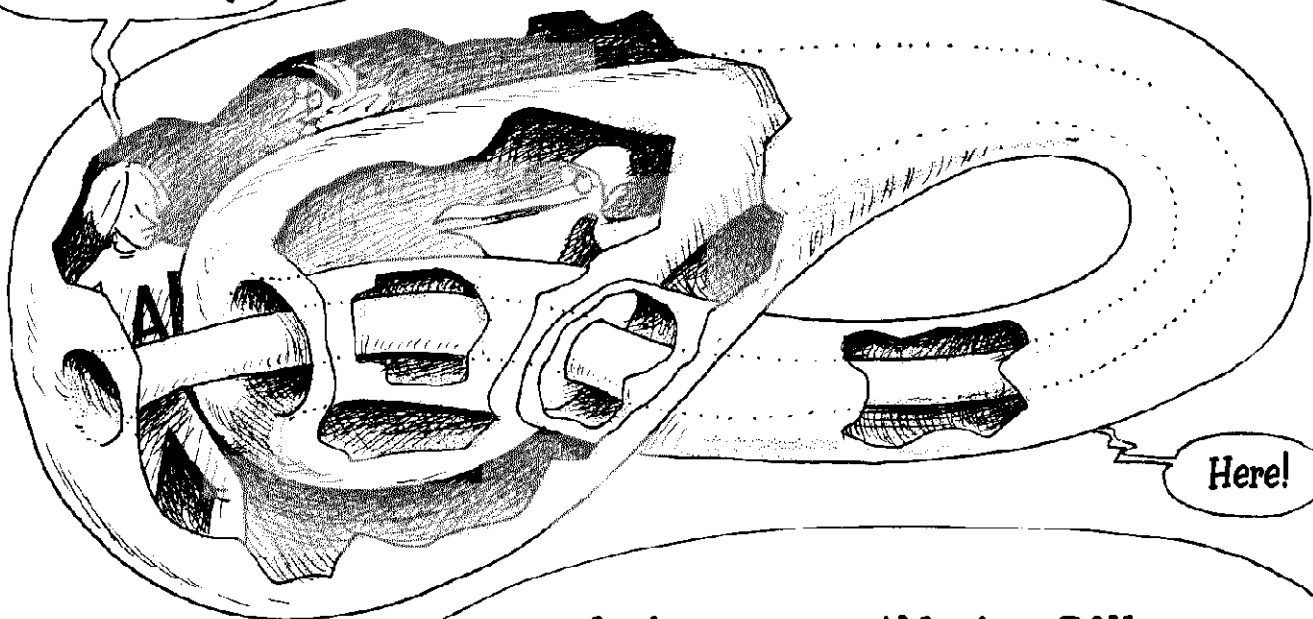
Look...If I paint a **KLEIN BOTTLE** on its unique face then take away the bottle to just leave the paint, I will obtain a **CLOSED, REGULAR SURFACE**, with **TWO FACES** and possessing a Euler-Poincaré characteristic of $2 \times 0 = \text{ZERO}$



That is to say an immersion of a **TORUS!**

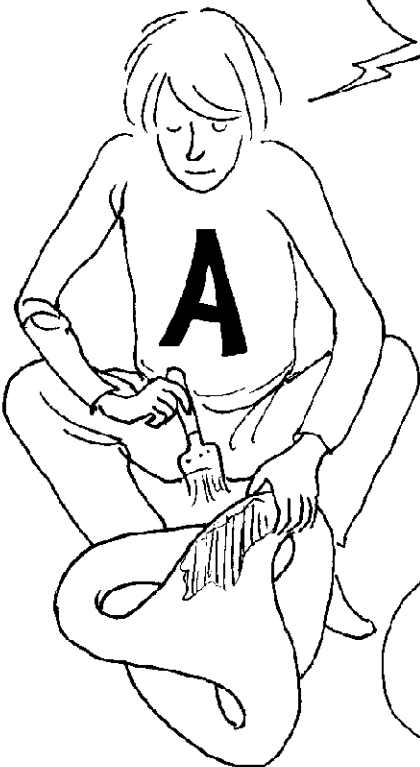


Tiresias, where are you?

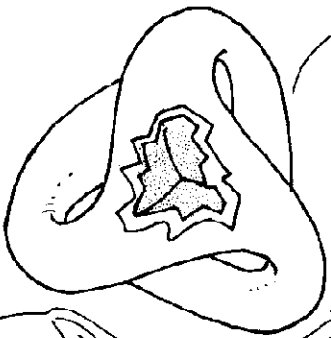


Here!


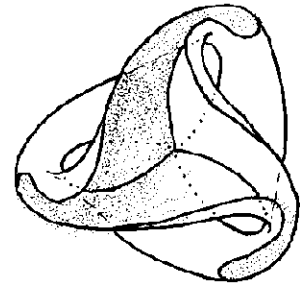
In the same way if I take a **BOY** surface and cover it with paint then remove the **BOY** and keep the paint I will obtain a **CLOSED, REGULAR** surface **WITH 2 FACES** and having a Euler-Poincaré characteristic of $2 \times 1 = 2...$




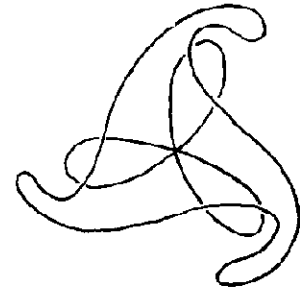
...in other words,
an **IMMERSION OF
THE SPHERE !**



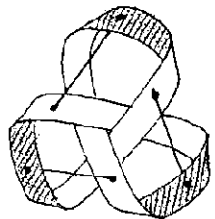
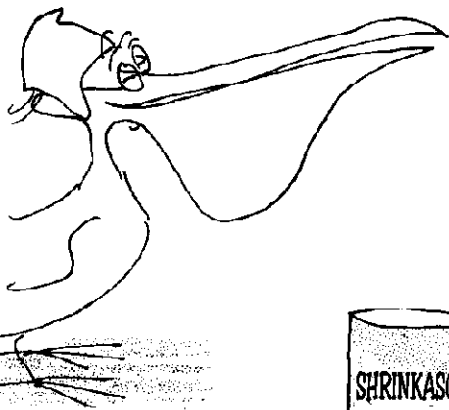
Can I REALLY "unfold"
this weird sphere and
turn it into an
"ordinary" sphere?



With **TRANSVERSINE**,
no problem, the
same for a **TORUS**



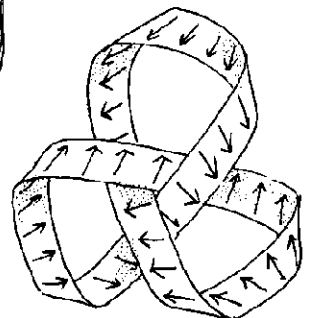
Lets go in the opposite
direction...suppose that
I want to "refold" a
sphere without any folds !

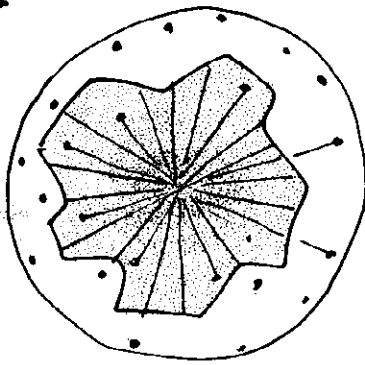


**CROSSED
STRIPS
RESULT**



You need some
SHRINKASOL





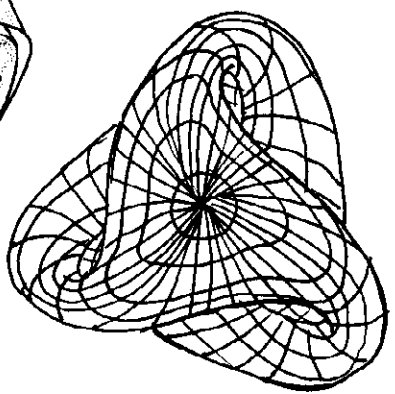
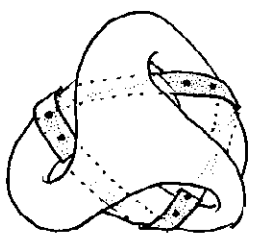
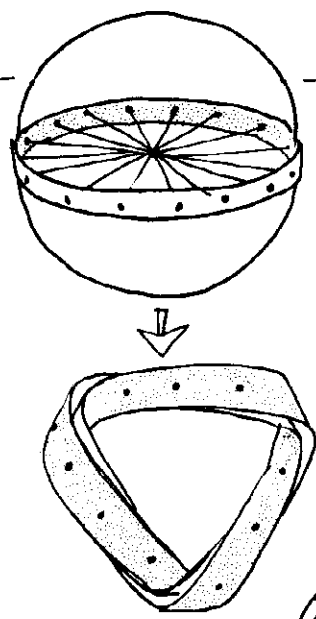
We begin by joining each point of the sphere to its antipode using strings soaked in SHRINKASOL



These strings contract to the point where they have zero length, while the surface of the sphere remains constant. We bring each point into CONJUNCTION with its ANTIPODAL.

But as you'll see all that in another album, dedicated to turning a SPHERE inside out. In the meantime, the series of images in the 'filmstrip' G show how the EQUATOR of the SPHERE folds in on itself, becoming the EQUATOR of the BOY. The NORTH pole then, obviously, sticks itself next to the SOUTH pole.

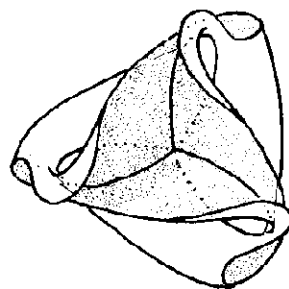
The Management



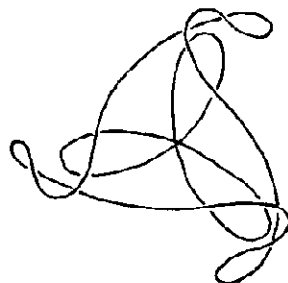
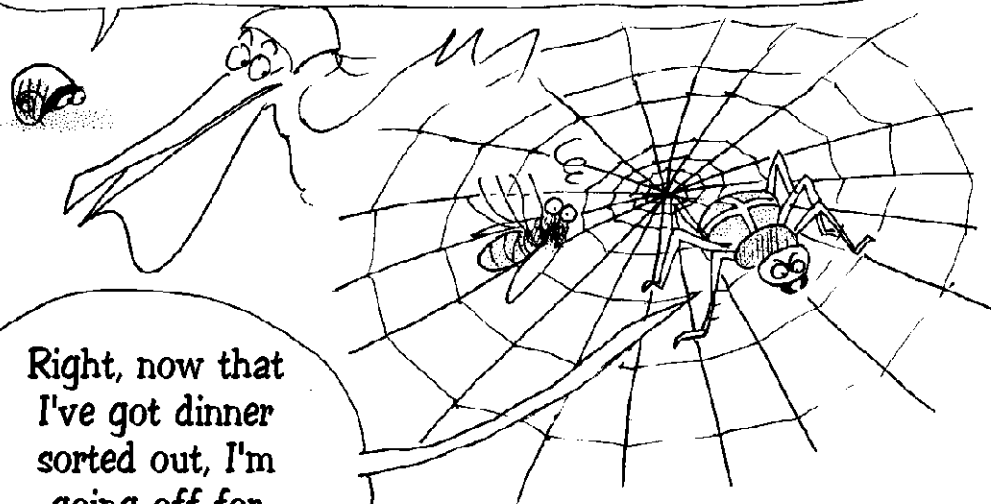
All the meridians and parallels of the sphere cover each other.



Imagine a spider living on a BOY surface whose mesh is made of its parallels and meridians. It would think it lived...on a sphere!

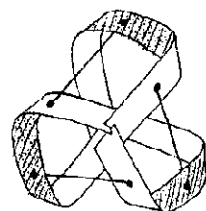


Closure of the three "tympani"

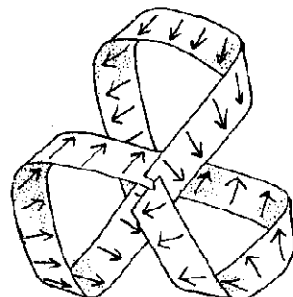


THE SPIDER'S ROUTE

Right, now that I've got dinner sorted out, I'm going off for a walk.



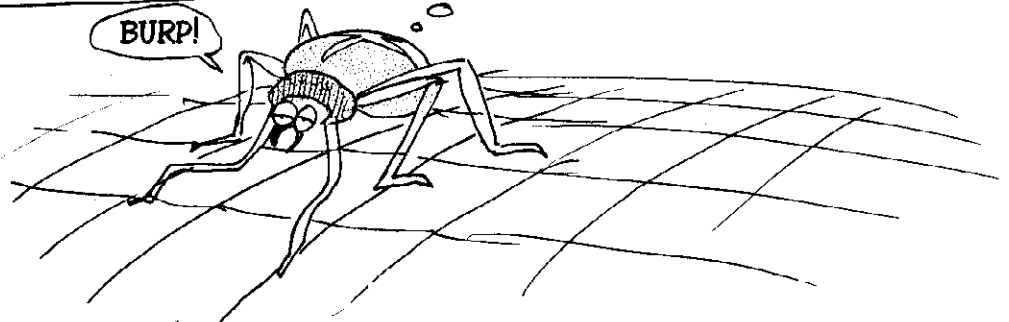
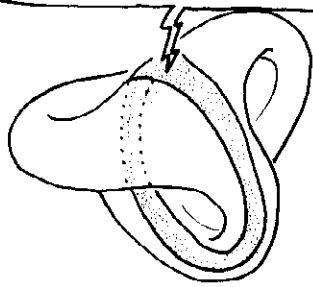
Oh, another web. A colleague must live on the other side and he's caught a fly too. That's nice.



Ah, nobody looking,
I'm going to eat its fly.

Mmm, let's go home.

BURP!



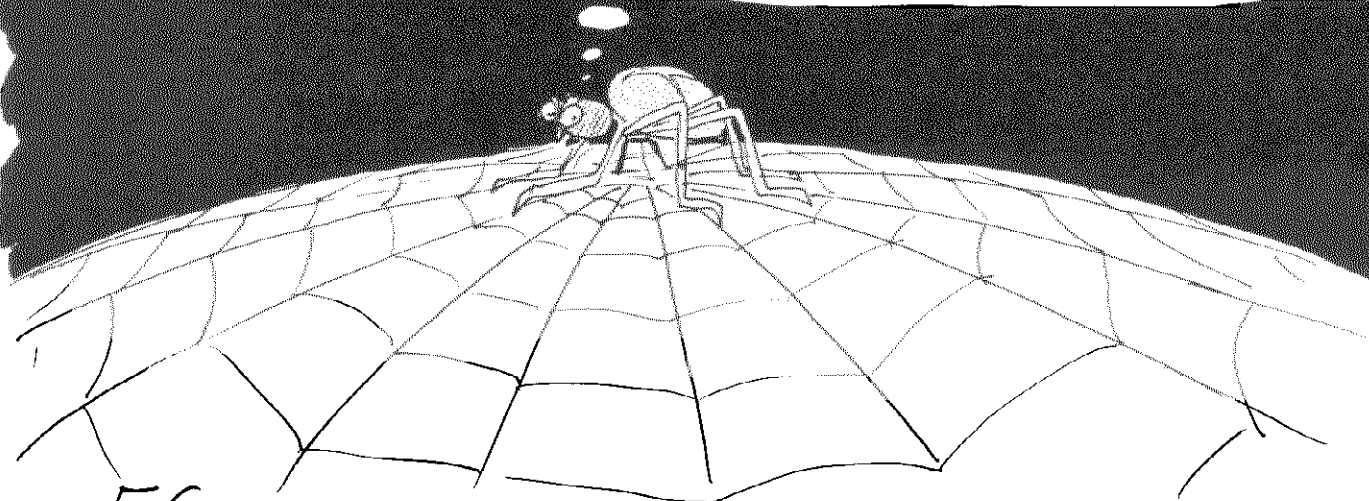
Oi! While I was away
the other spider has
been here and eaten
MY fly!

Ha Ha Ha



In fact, there was only
one fly and one spider.

I'll get you even if I wait all night,
and you'll see when I catch you...



But the spider story...
that makes me think of
something. We've got a
solution for Amundsen.

Mr Amundsen, we've
sorted everything out,
we've found your
south pole.

How's that?

Ah...

You can go but take
this with you...

They gave the same
thing to Perry

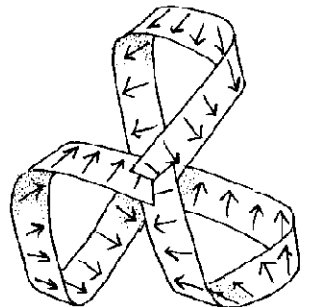
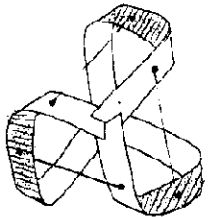
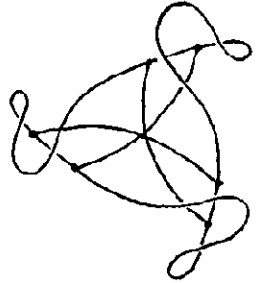
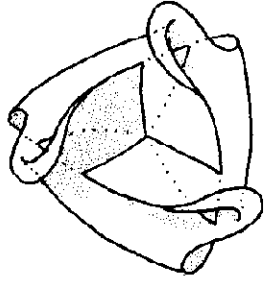
...and you just
PUT IT DOWN

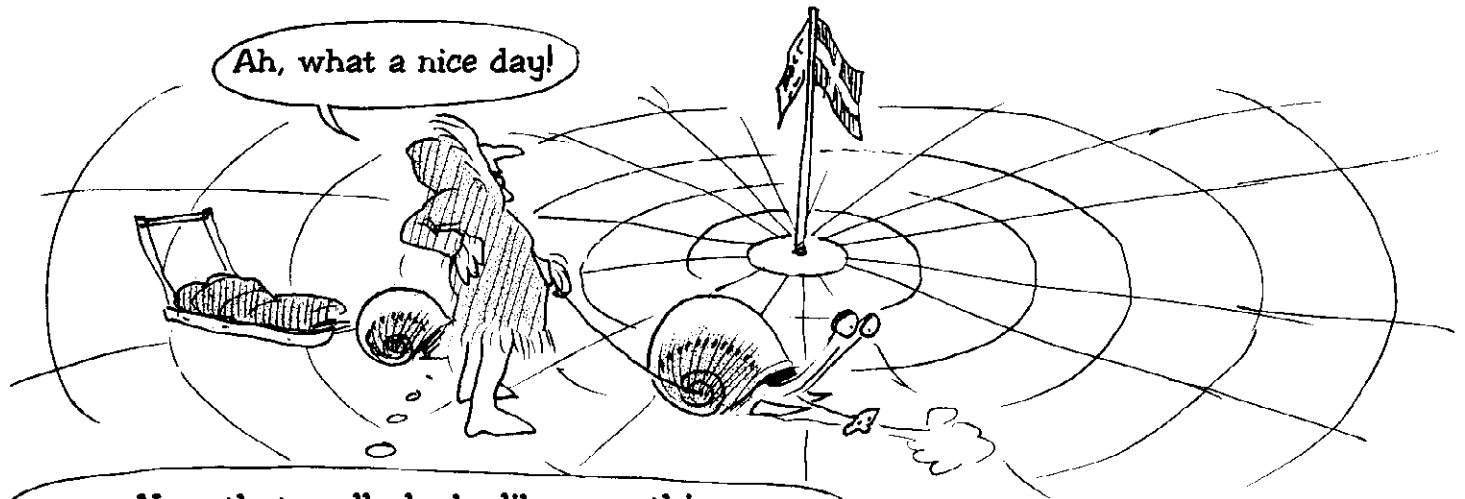
APPEARANCE
OF "EARS"

AND EVERYTHING
SORTED ITSELF OUT

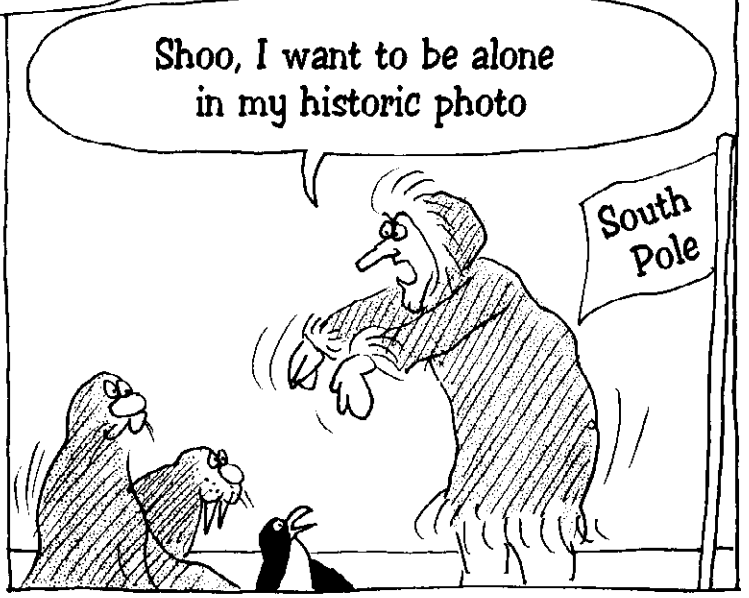
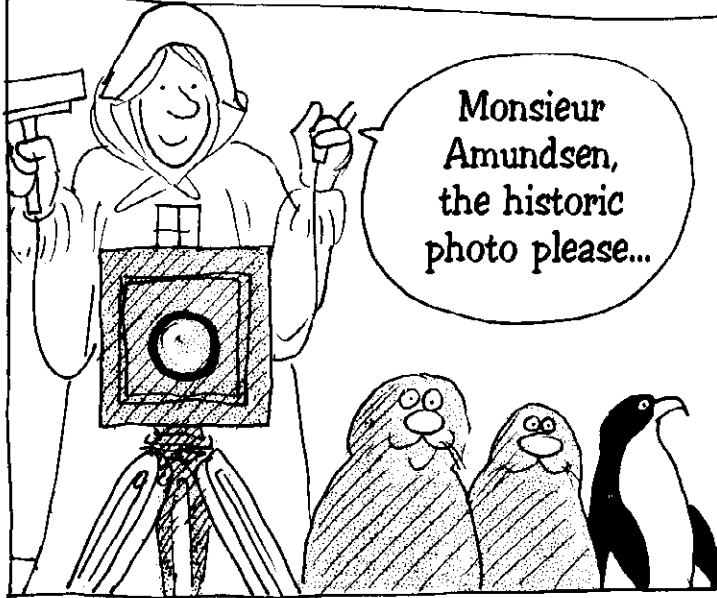
NORTH
POLE

SOUTH
POLE





Now that really looks like something



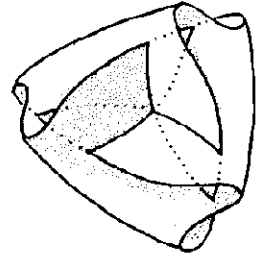
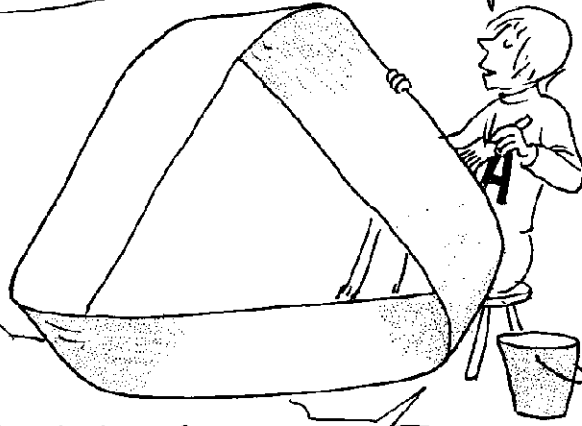
In science it's like in anything else, sometimes you shouldn't dig too far...

...each pole has its place and the stable doors are properly bolted.

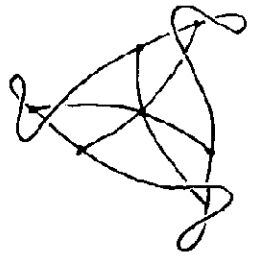
Not only that but if we dug under the North pole we might get some nasty surprises.

And someone here might get very upset about that.

Right, that's one thing done then. What's Archie up to?

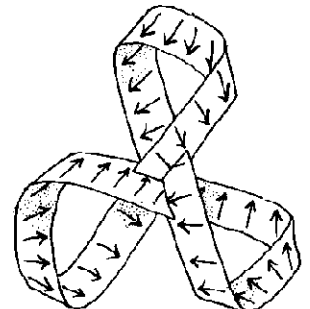
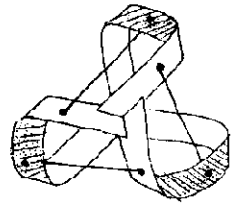
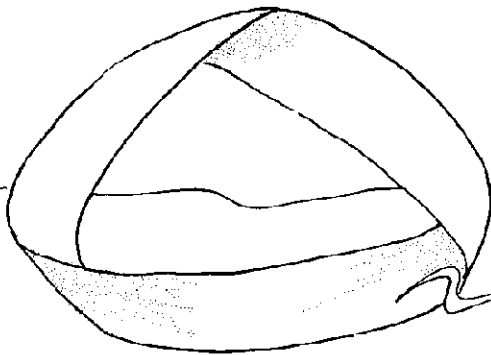


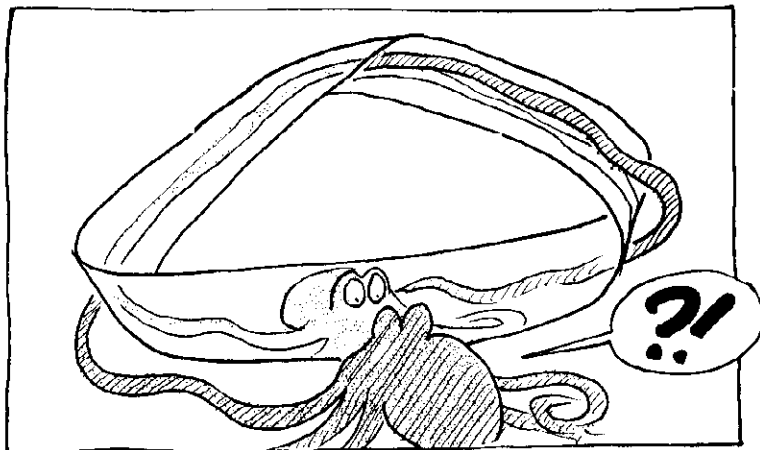
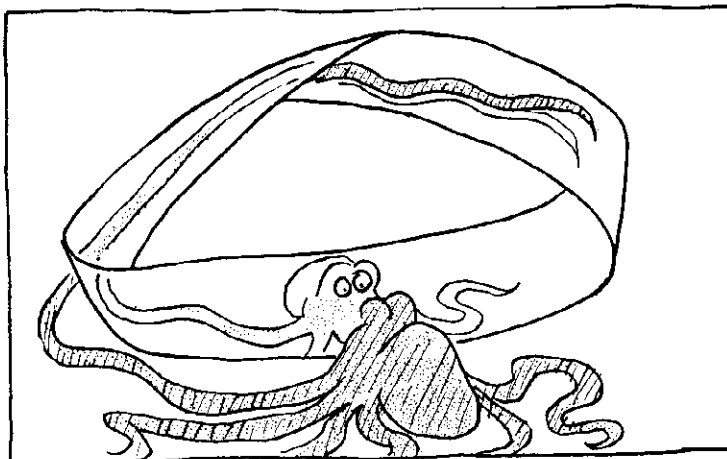
Do you know what a two-way mirror is? You can see a reflection in it and look through it at the same time. Well I'm changing a Moebius strip into a two-way mirror.



THE MIRROR STAGE

To catch squid.



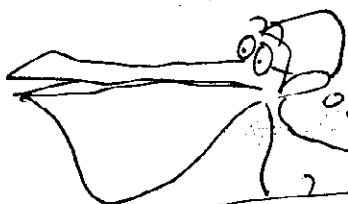


What's happening !?! The squid seems to be stupefied

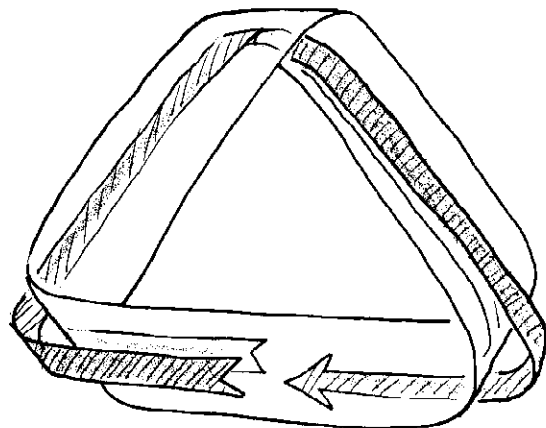
And it isn't feeling anything because its real arm is scratching the image of its head while its "image arm" is scratching its real head.



It's scratching its head desperately



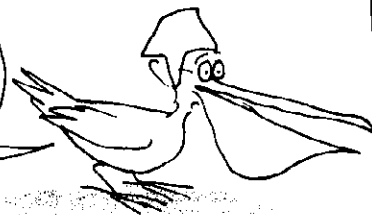
Poor thing..



As the mirror is unilateral, by going round it, its arm has "passed to the other side"

And as the mirror is perfectly semitransparent it can't manage to work it out !!!

It's looking pretty freaked out !



Put yourself in its place!

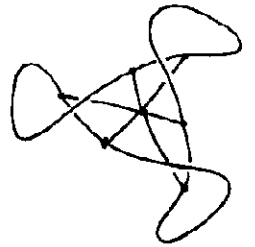
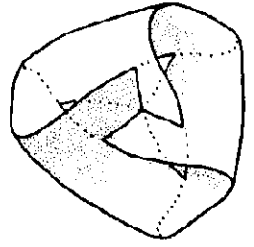


You see, if one day you scratch your ear in front of a mirror and feel nothing, it means that the mirror is unilateral (*)



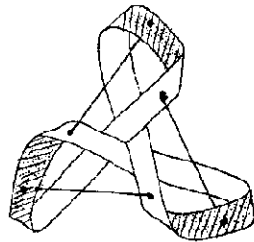
If we transformed a BOY surface into a seethrough mirror the universe would be indisassociable from its own image.

Wouldn't that be dangerous?
I don't know...the universe seized by a sort of logical contradiction, it might make it disappear (*)



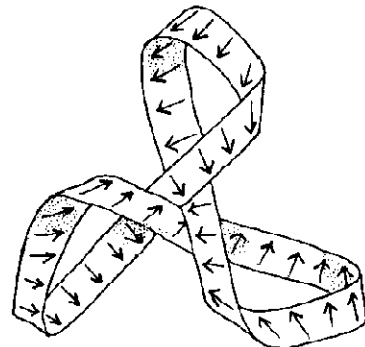
SPACE-TIME GONE MAD

We can study the topology of spacetime using twordimensional models, one for space and one for time



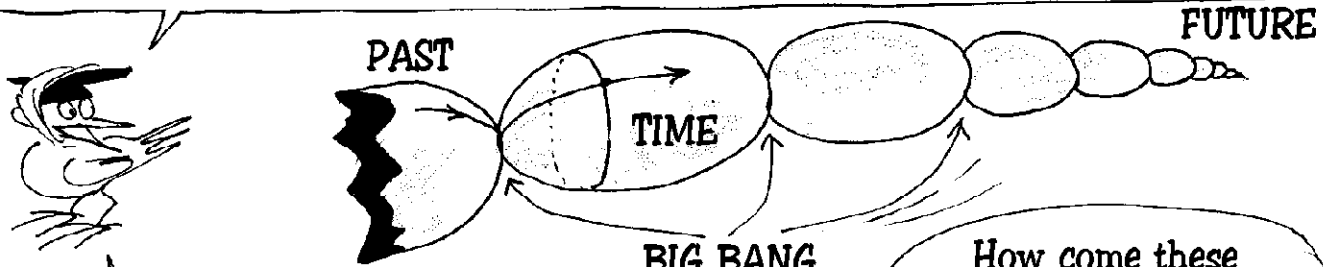
CREATION OF A TRIPLE POINT

That makes a grid or mesh



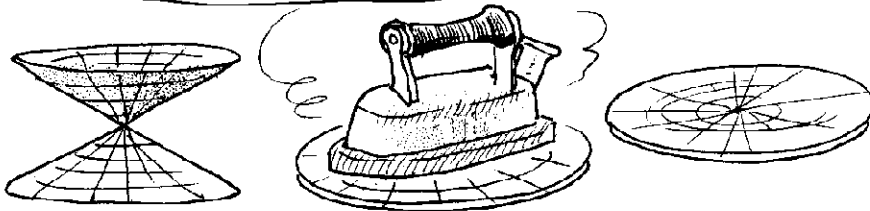
(*) NO ONE HAS EVER TRIED THIS

We saw in the **BIG BANG** that **FRIEDMANN's CYCLIC** universe model could be represented by an image of an infinite string of sausages, each tied point a new **BIG BANG**

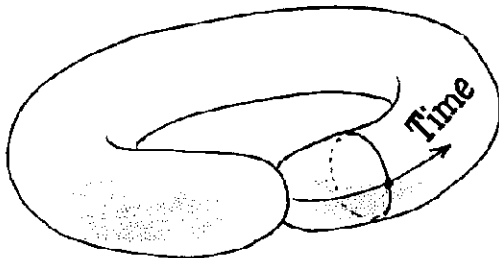


Each **BIG BANG** being a **POLAR** type singularity

How come these singularities are **CONNECTED** ?



Take a cone and flatten it.



Would could also imagine that these events could repeat themselves infinitely, in which case we'd have this...

Or we can suppose that **TIME** is simple a **BEGINNING** and an **END**, like this



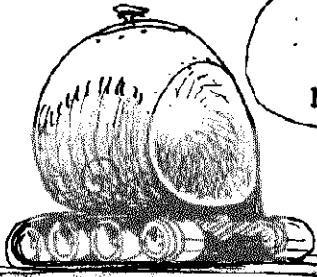
BIG BANG

YOU ARE HERE

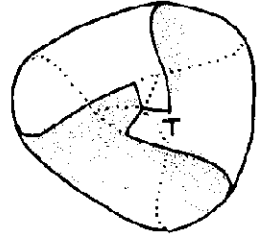
SPACE **TIME**

In this classic model of **SPHERICAL SPACETIME**, one of the poles is the **BIG BANG** and the other the **ANTI BIG BANG**. Space can be considered to be parallel curves, the equator being the maximum extension of the "time lines" corresponding to the meridians.



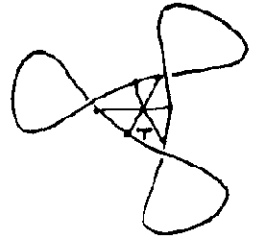
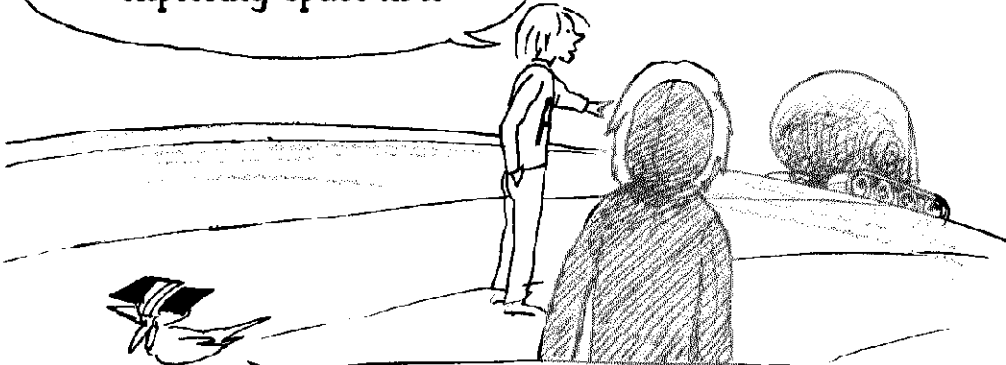


To travel along these meridians, these **UNIVERSE LINES**, there's nothing better than a **CHRONOSCAPE**

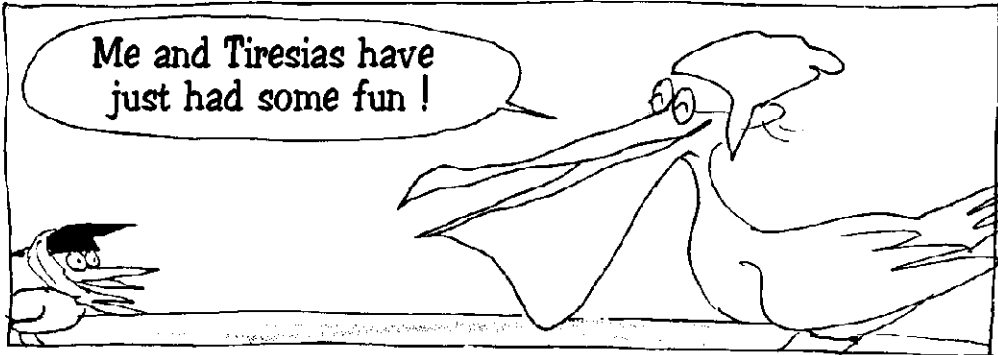


CREATION OF A TRIPLE POINT

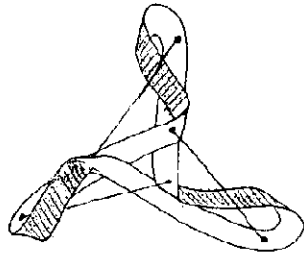
We could borrow one of these machines. I wouldn't mind exploring spacetime



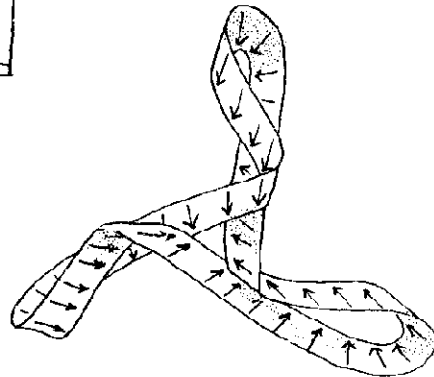
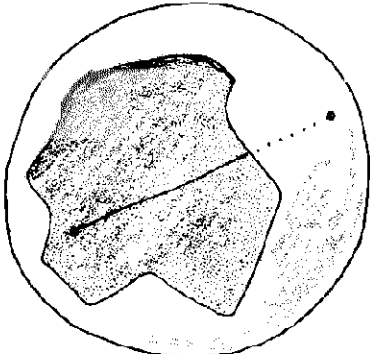
Where are Leon and Tiresias?



Me and Tiresias have just had some fun!



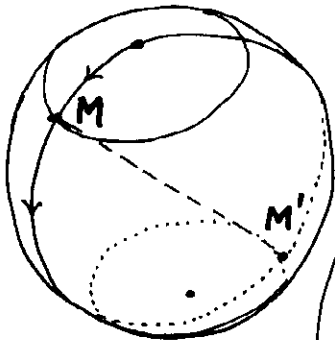
We took all the points of this spacetime and joined them to the **ANTIPODALS** with strings...



Then we soaked the strings in SHRINKASOL. Tiresias reckoned that it would be an interesting spatio-temporal experiment

You're completely mad, both of you. You can't imagine the consequences !!!

Why, what will happen ?



Because of of what Tiresias did, SPACE-TIME is now collapsing on itself. All EVENTS corresponding to its EXPANSION phase, that is to say since the BIG BANG and to the point of MAXIMUM

EXTENSION, will find themselves in conjunction with the corresponding events of the CONTRACTION phase, because of the coincidence of the ANTIPODAL REGIONS.

You mean the BIG BANG and the ANTI BIG Bang are going to get mixed together ?

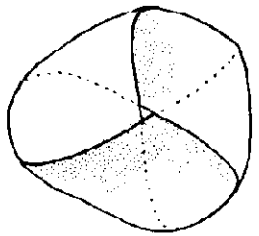
It strange, weird and a real coincidence

I suppose someone has already thought about this ? (*)

I should never have listened to Tiresias



The conjunction phenomenon will bring spacetime regions face to face with their antipodes and so in **TEMPORAL OPPOSITION** to them.

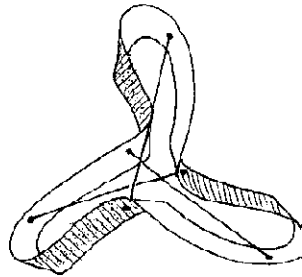
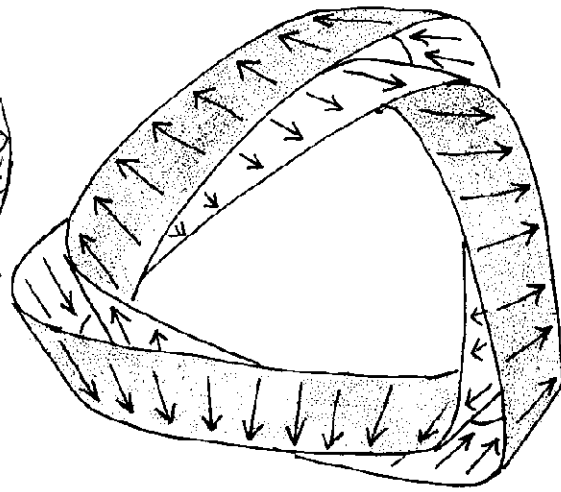
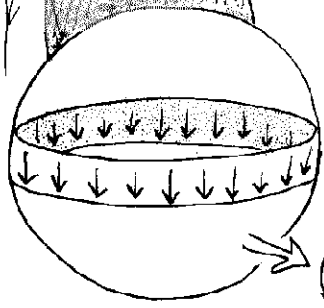
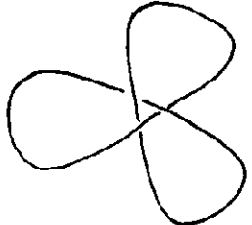


Impossible !

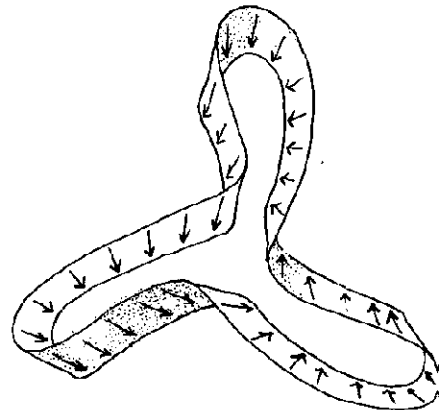
Not at all. Take the region near the equator of this spherical spacetime for example, which corresponds to the state of maximum extension. We can see clearly how it folds in on itself in the filmstrip D.



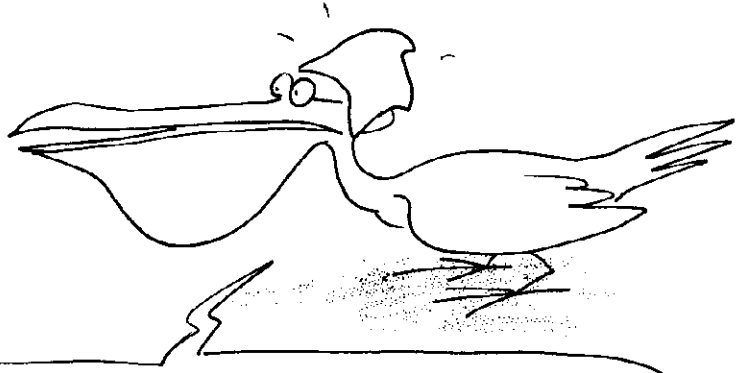
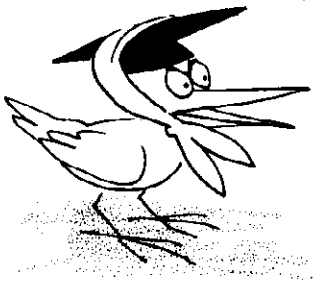
The time arrows put themselves in **OPPOSITION**.



You mean that what is the **PAST** for some, is the **FUTURE** for their **ANTIPODEANS** ?

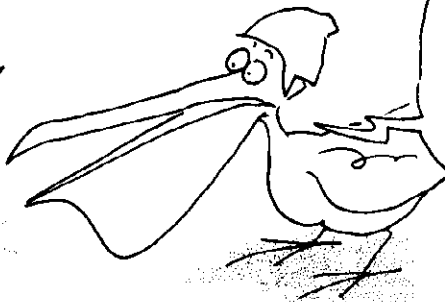


Well done Leon,
good work



You mean that this will probably plunge the universe
into a situation of unsupportable contradiction ?

A sort of logical dead end.

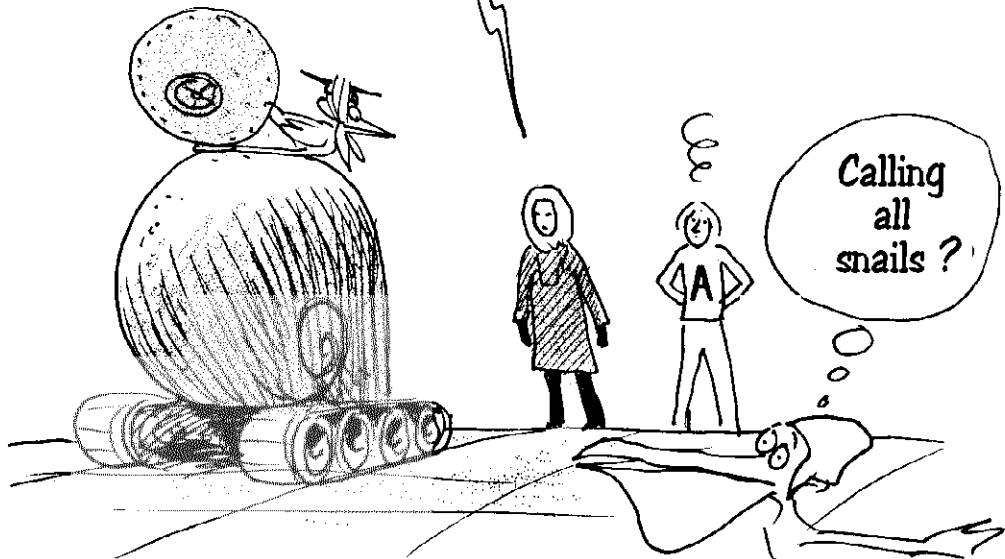


When the SHRINKASOL has had
its effect, the universe will
telescope in on itself and
we'll find time going
backwards very fast.

Where's Tiresias
by the way ?



Lets get into the Chronoscape.
We can try and call him.



Hello, Tiresias,
can you hear me ?

But wait, if Tiresias has
become **RETROCHRONIC** for us
and if we manage to get in
contact with him he'll know
already what we are going to say.

Even worse, he'll be the
one transmitting this
message in his **PROPER TIME!!**

Good heavens!...

Anyway, if we do come
across him it'll be
even worse still !

Feynmann thought
that antimatter
lived in inverted time !

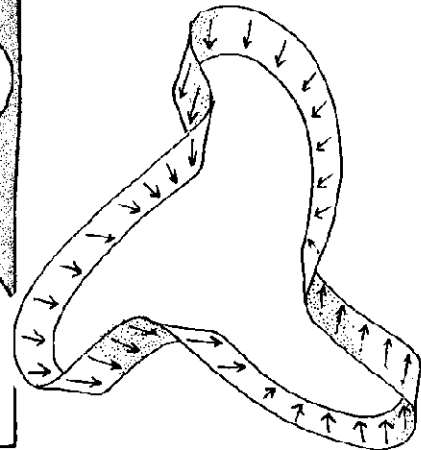
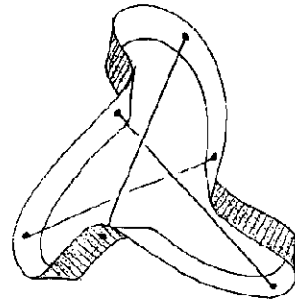
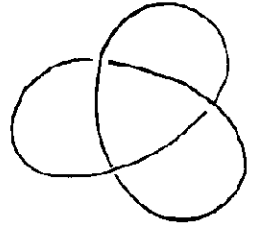
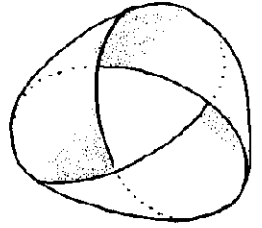
Why ?

And the Abbé **LEMÂITRE (*)**
thought that antimatter
was matter seen **BACK
TO FRONT (*)**

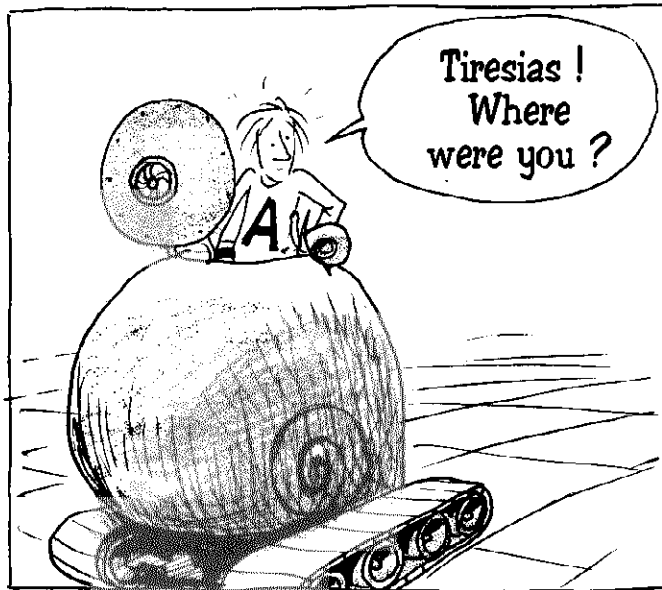
If we had the bad luck
to come across Tiresias
he would have become
an **ANTI-TIRESIAS**

What do you
mean, **BOOM ?**

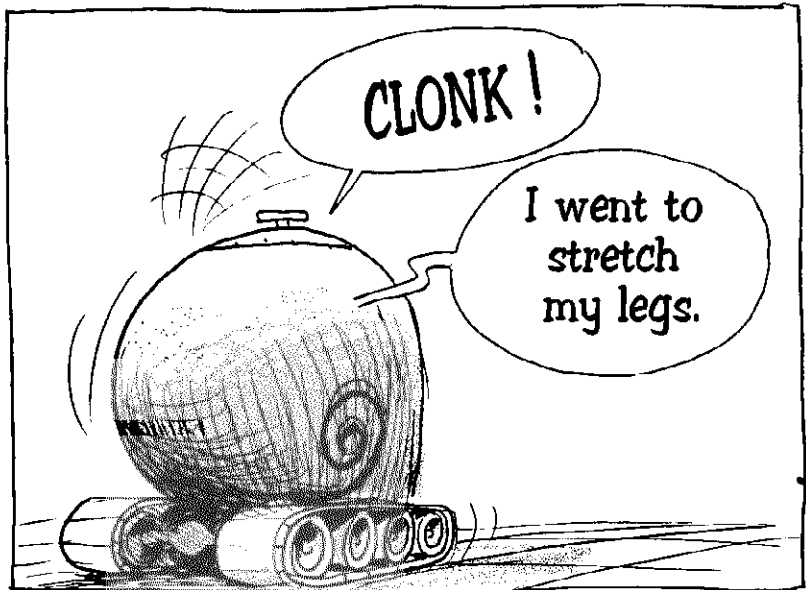
And so,
BOOM !



(*) See the **BIG BANG**

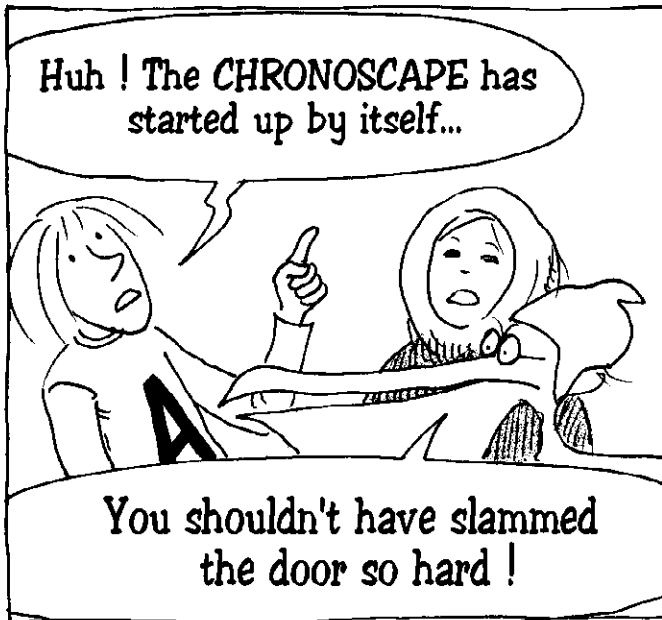


Tiresias!
Where were you?



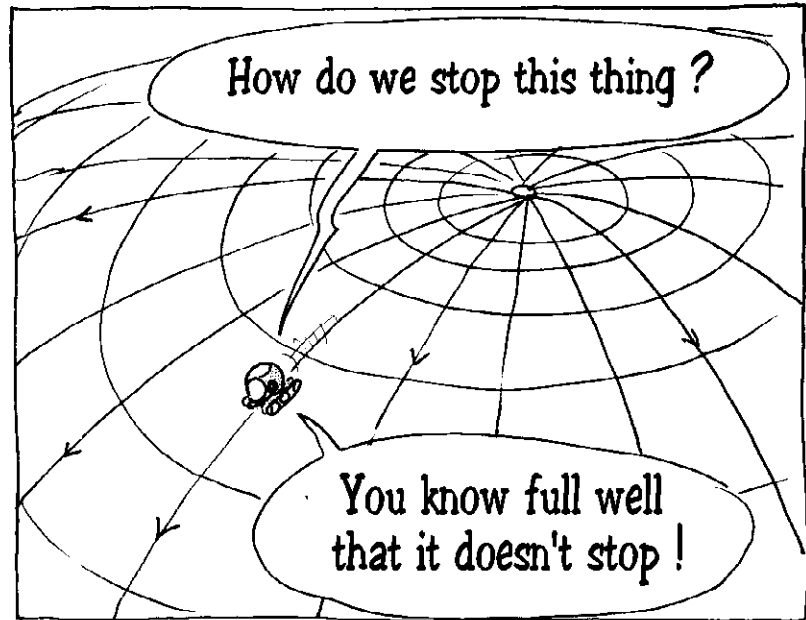
CLONK!

I went to stretch my legs.



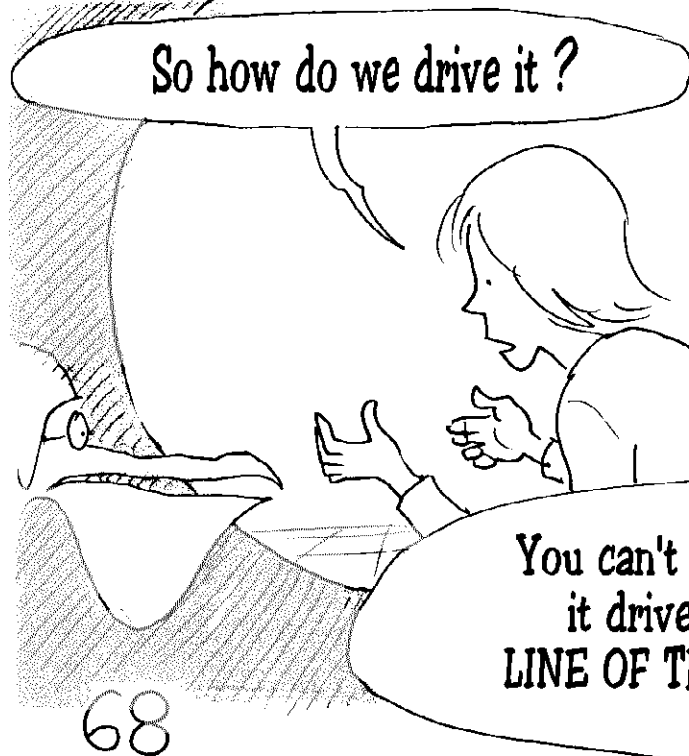
Huh! The CHRONOSCAPE has started up by itself...

You shouldn't have slammed the door so hard!

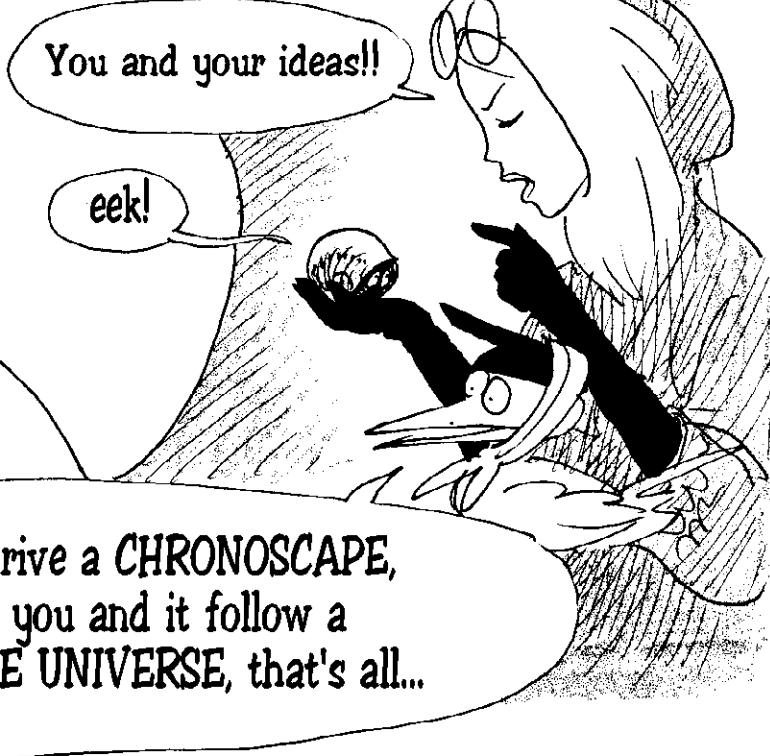


How do we stop this thing?

You know full well that it doesn't stop!



So how do we drive it?

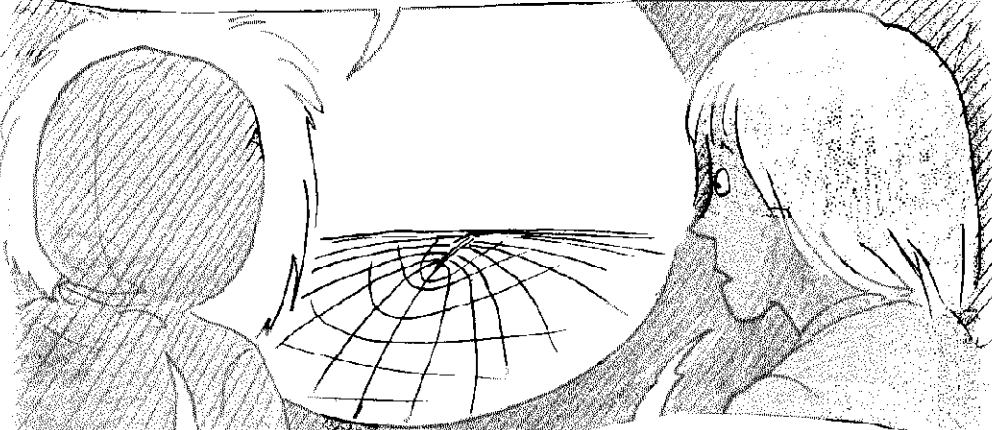


You and your ideas!!

eek!

You can't drive a CHRONOSCAPE, it drives you and it follow a LINE OF THE UNIVERSE, that's all...

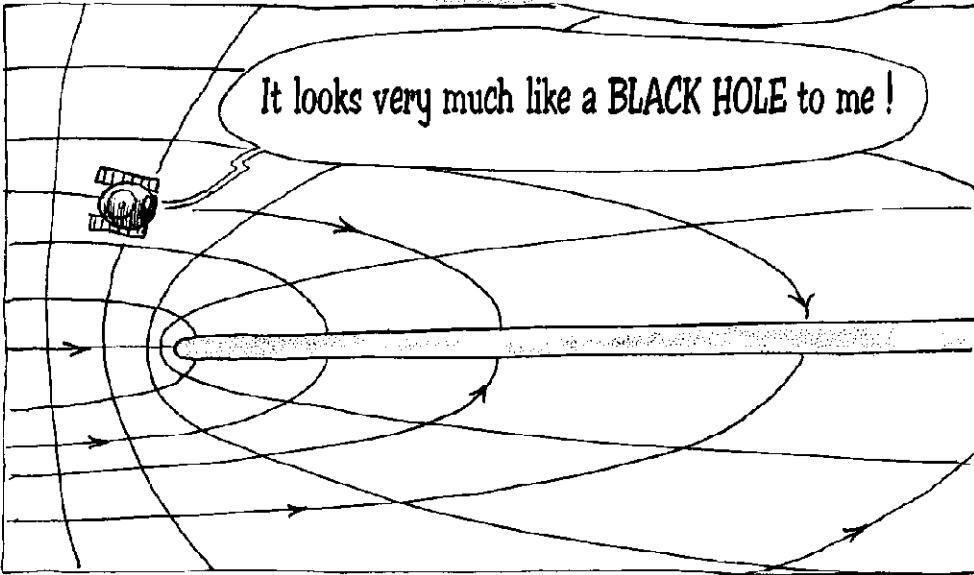
Hey, look at that ! Straight ahead !



It looks like a navel

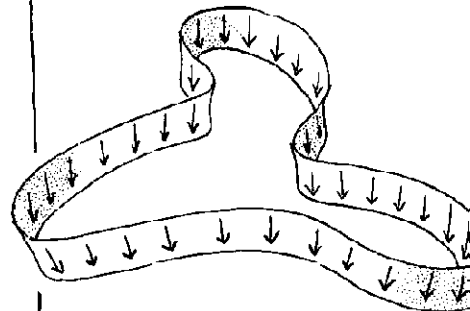
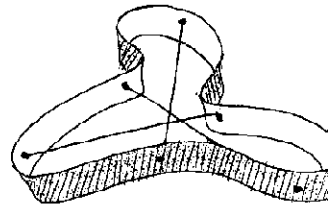
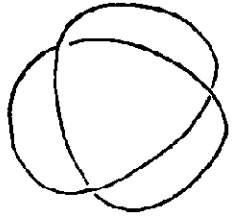
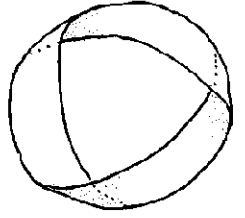
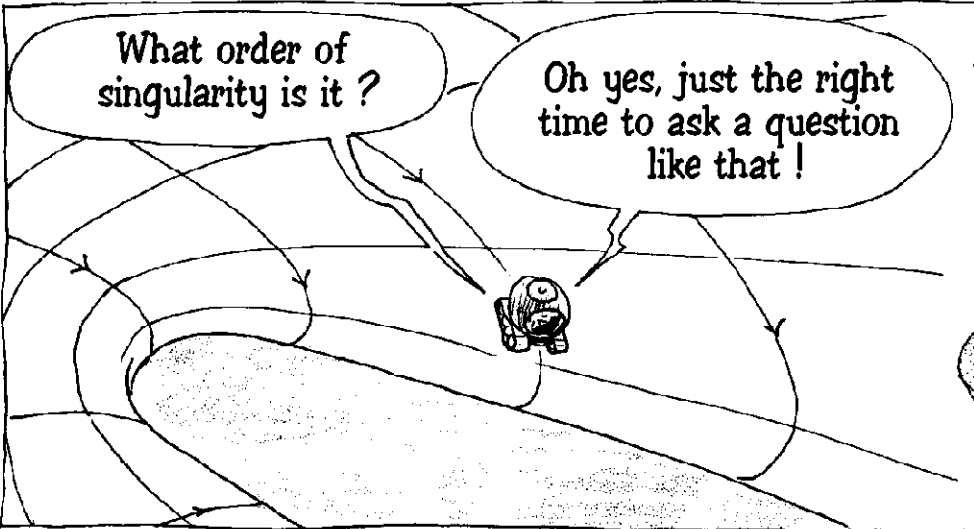
Our Universe line is going straight towards it !

It looks very much like a BLACK HOLE to me !

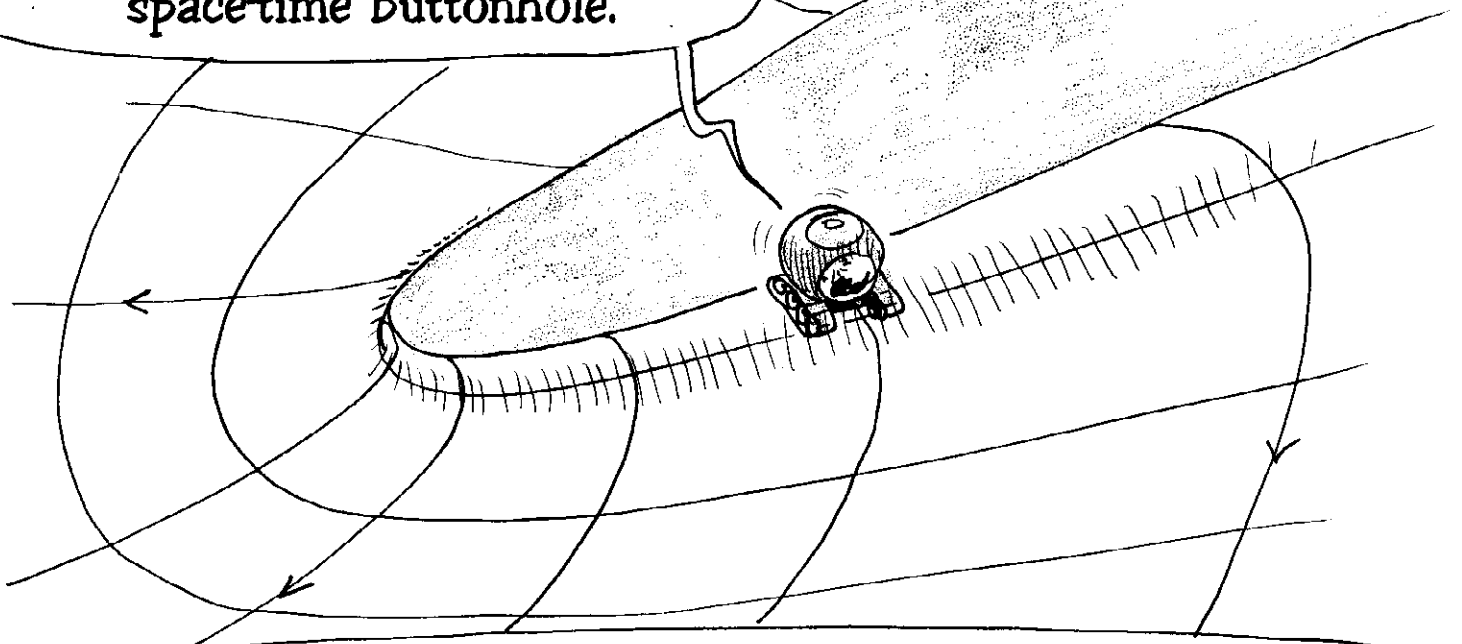


What order of singularity is it ?

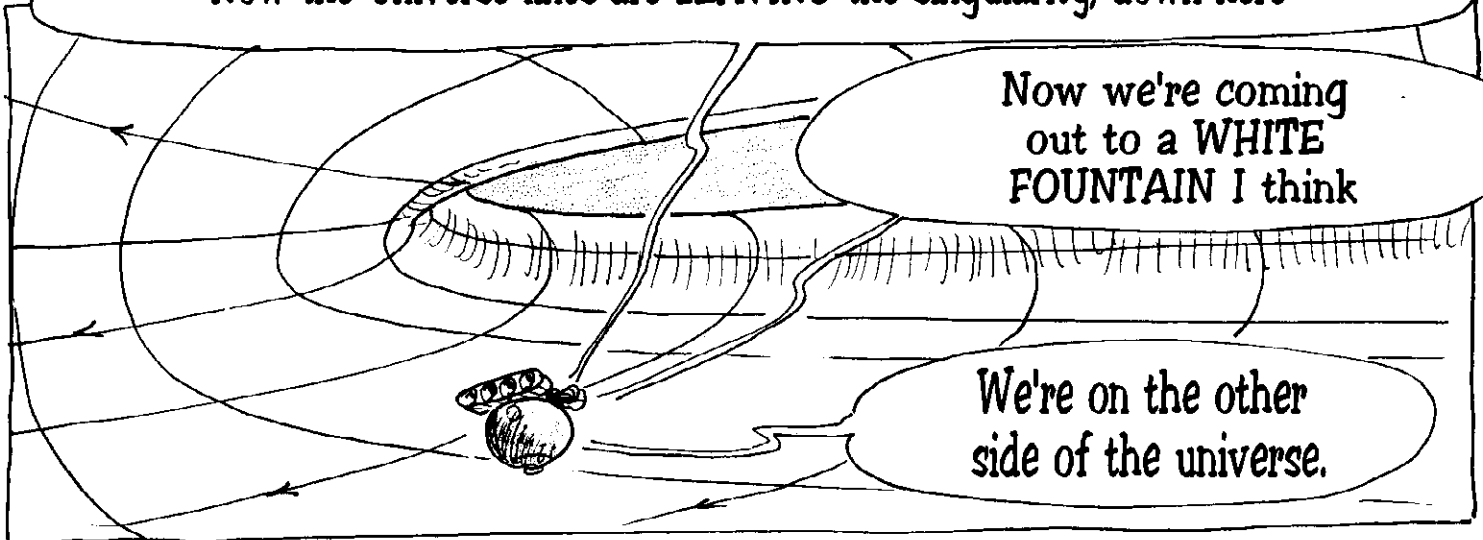
Oh yes, just the right time to ask a question like that !



It looks like a sort of spacetime buttonhole.



Now the Universe lines are LEAVING the singularity, down here



Now we're coming out to a WHITE FOUNTAIN I think

We're on the other side of the universe.

It looks very much like the other side except that it goes the opposite way. And I have a distinct impression of 'déjà vu' don't you ?

Ah, I'm getting it,
the MIRROR !...

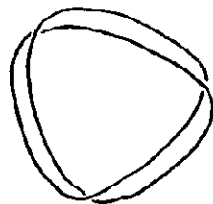
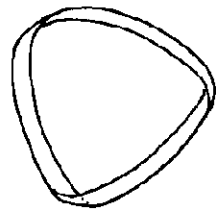
What mirror ?

The two halves of the universe are mirrored
in relation to each other but it's a
SPATIO-TEMPORAL mirror. On the other side of
the black hole everything is inverted in
relation to time, the laws of physics:
singularity repels matter instead of
attracting it !!(*)

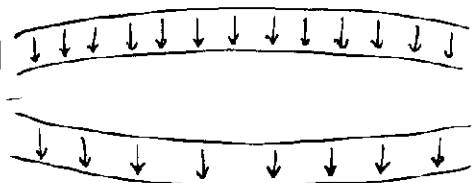
Does that mean that we're
going to relive this book
in the other direction ?

Yes. The CHRONOSCAPE will stop,
then Archie will open the door,
then Tiresias will go out for
a crawl, then...

FIN



BILATERAL STRIP
ANTIPODAL POINTS JOINED



(*) THE SAME STRUCTURE CAN EXIST IN 4 DIMENSIONS.

SCIENTIFIC ANNEX

BOY, a pupil of Hilbert, discovered his surface in 1902. The first analytical representation of it was given in 1981 by Jérôme Souriau, son of the mathematician J.M. SOURIAU, and the author of this book. The semiempirical method used assimilates the meridians of the surface to ellipses which are then given parameters. The current point is given by :

$$\begin{cases} x = X_1 \cos \mu - Z_1 \sin \alpha \sin \mu \\ y = X_1 \sin \mu + Z_1 \sin \alpha \cos \mu \\ z = Z_1 \cos \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} X_1 = \frac{A^2 - B^2}{\sqrt{A^2 + B^2}} + A \cos \theta - B \sin \theta \\ Z_1 = \sqrt{A^2 + B^2} + A \cos \theta + B \sin \theta \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{8} \sin 3\mu \quad \begin{cases} A(\mu) = 10 + 1,41 \sin(6\mu - \pi/3) + 1,98 \sin(3\mu - \pi/6) \\ B(\mu) = 10 + 1,41 \sin(6\mu - \pi/3) - 1,98 \sin(3\mu - \pi/6) \end{cases}$$

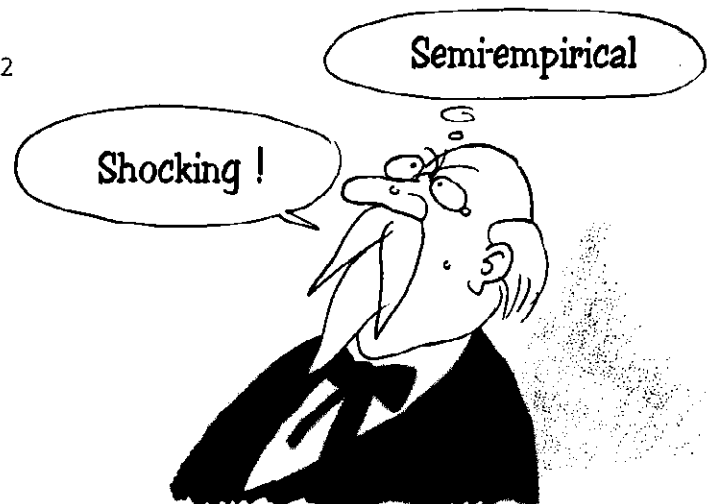
Meridians: curves $\mu = cte$, θ variant of 0 to 2π , μ variant of 0 to π

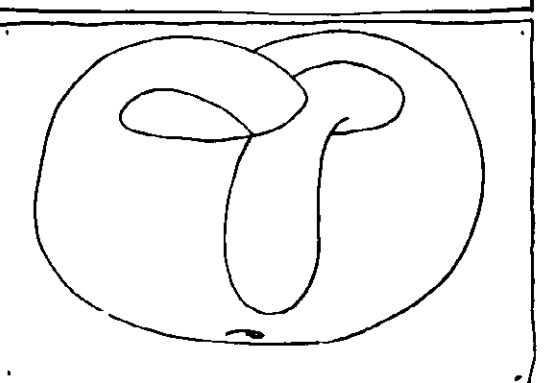
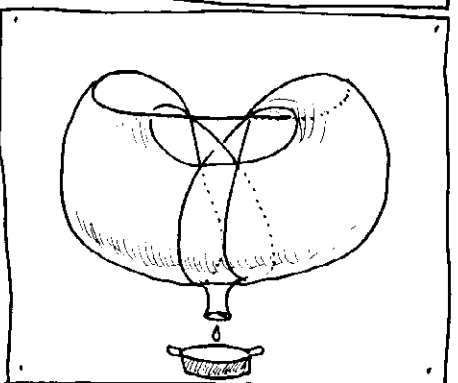
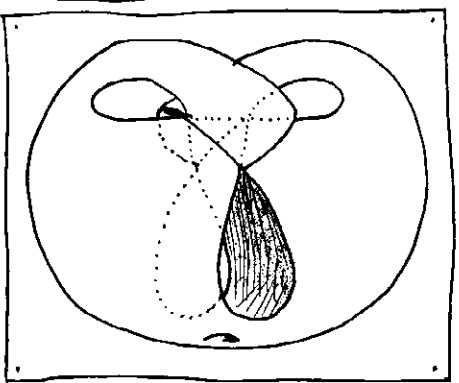
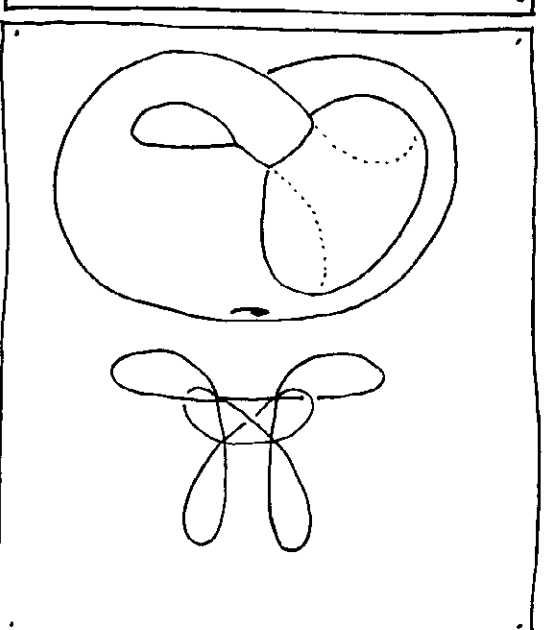
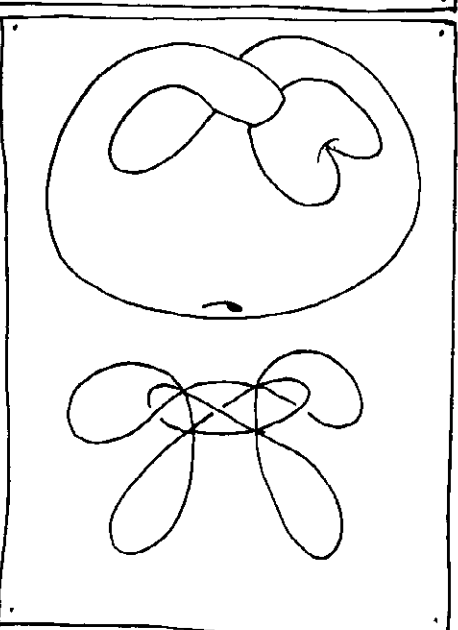
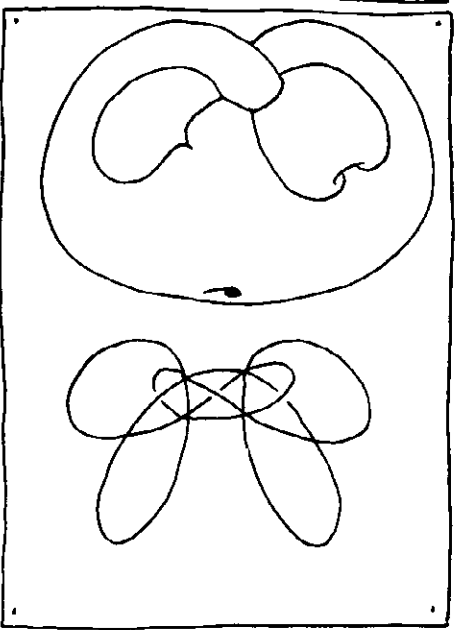
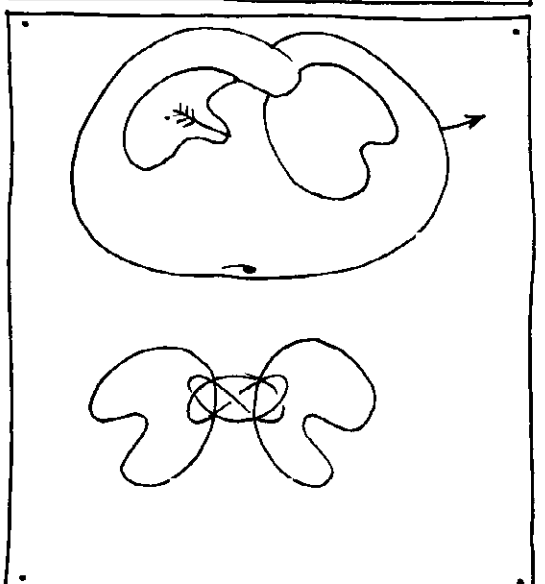
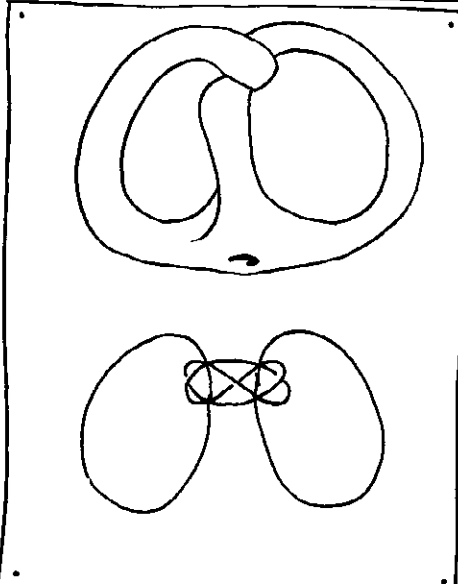
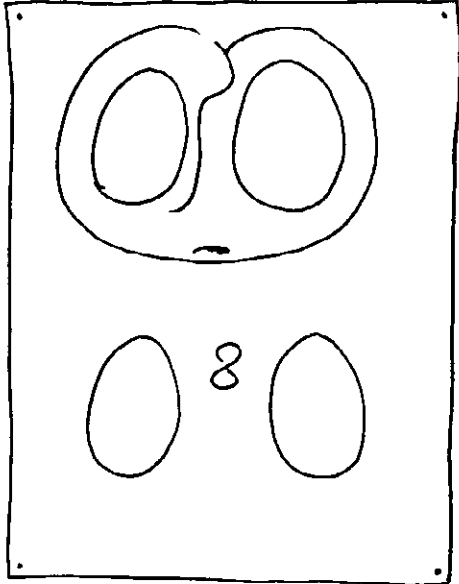
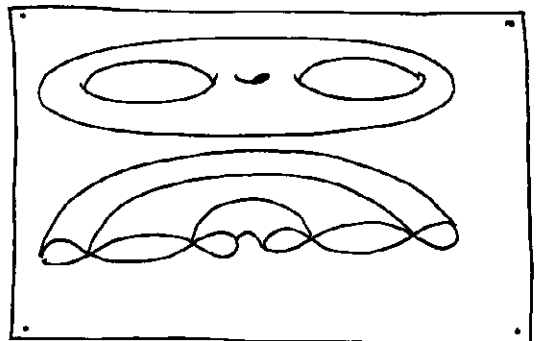
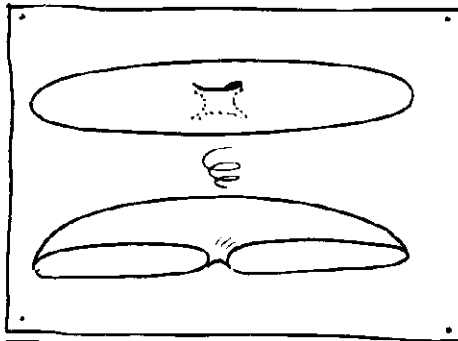
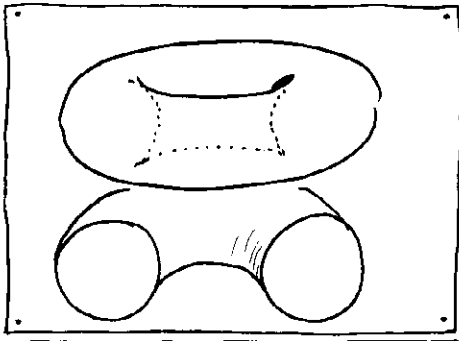
The following programme in BASIC traces the drawing on the cover pages

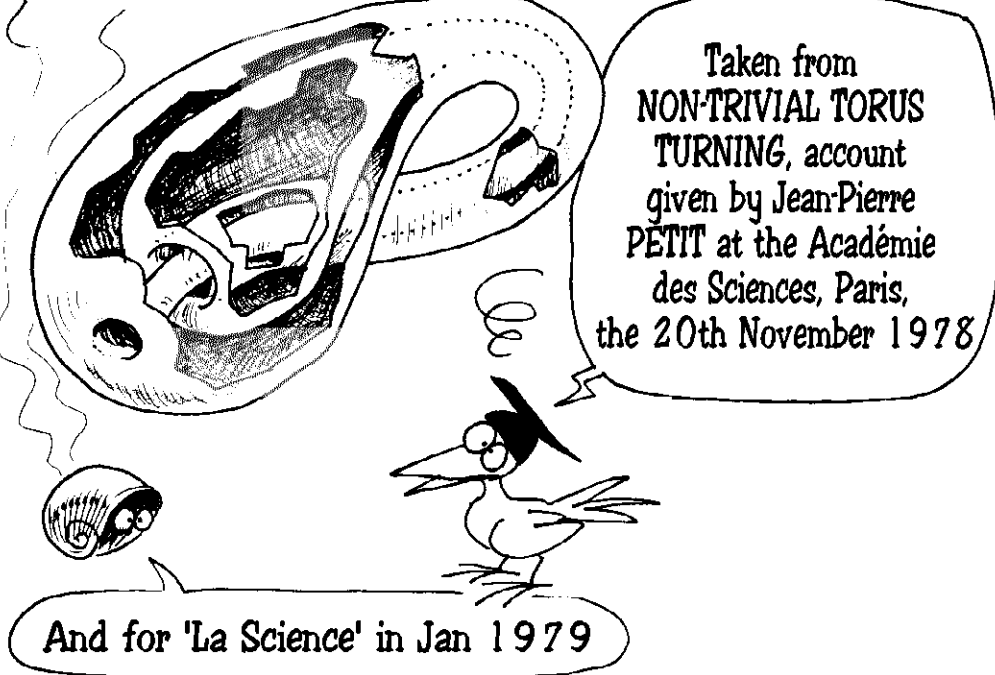
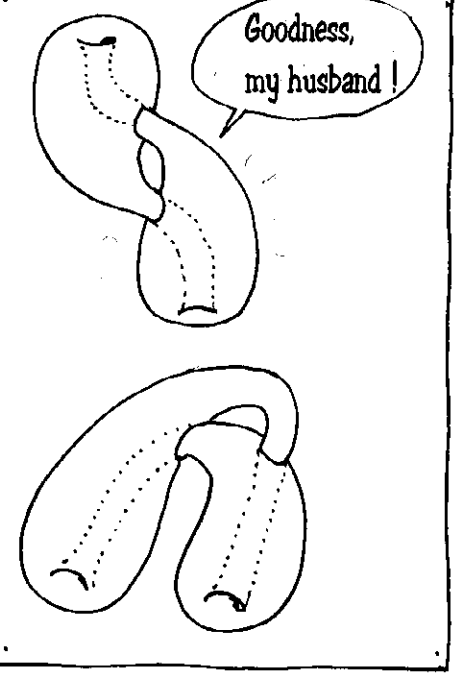
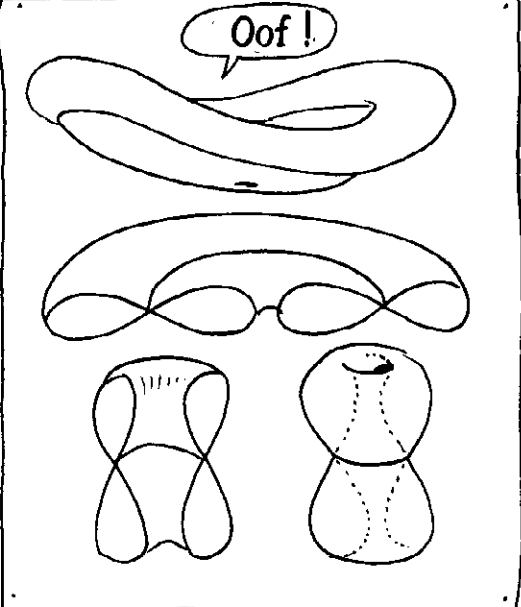
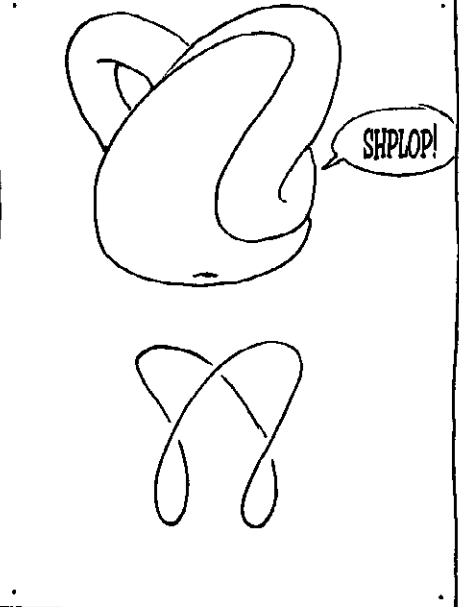
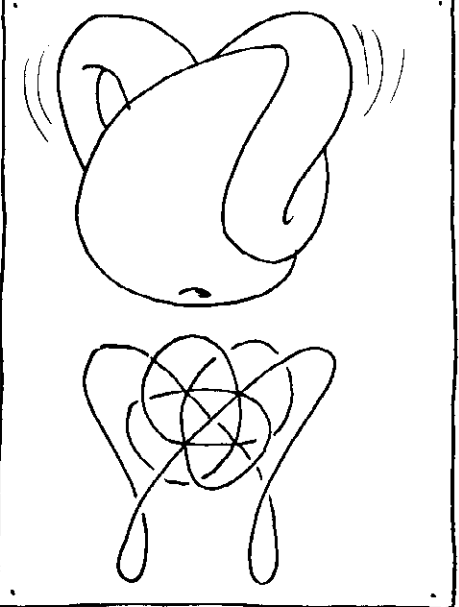
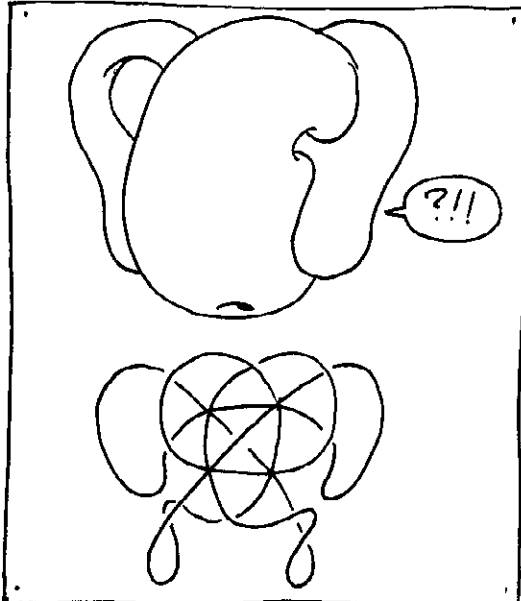
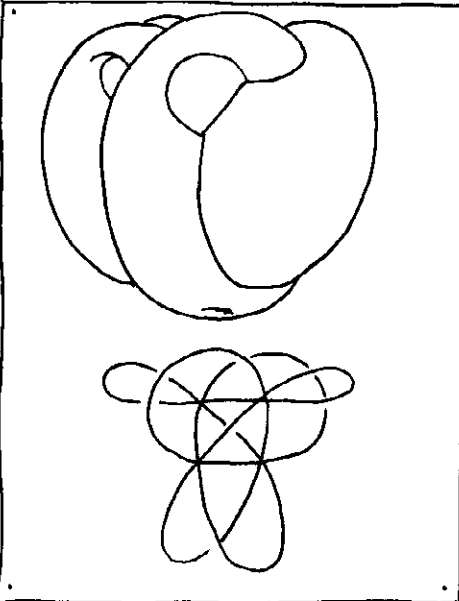
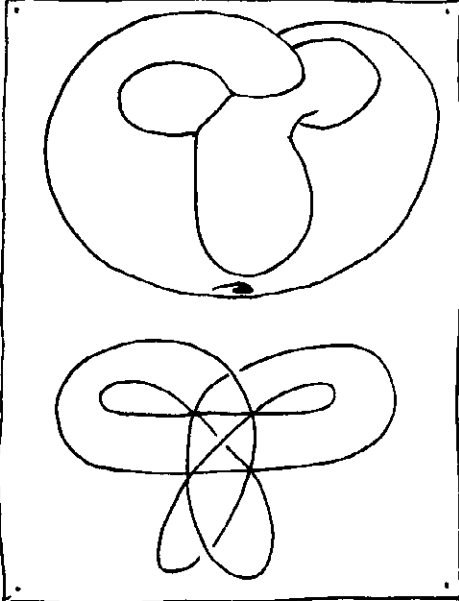
```

1 REM TRACE MERIDIENS DE LA SURFACE DE BOY
3 HOME : TEXT
50 PI = 3.141592:P3 = PI / 3:P6 = PI / 6:P8 = PI / 8
60 HGR : HCOLOR= 3
90 FOR MU = 0 TO PI STEP 0.1
95 P = P + 1
100 D = 34 + 4.794 * SIN (6 * MU - P3)
110 E = 6.732 * SIN (3 * MU - P6)
120 A = D + E:B = D - E
130 SA = SIN (P8 * SIN (3 * MU))
140 C2 = SQR (A * A + B * B):C3 = (4 * D * E) / C2
160 CM = COS (MU):SM = SIN (MU)
180 FOR TE = 0 TO 6.288 STEP .06
190 TC = A * COS (TE):TS = B * SIN (TE)
200 X1 = C3 + TC - TS
210 Z1 = C2 + TC + TS
250 REM VOICI LES 3 COORDONNEES
300 X = X1 * CM - Z1 * SA * SM
310 Y = X1 * SM + Z1 * SA * CM
350 REM PROGRAMME DE DESSIN
360 HPLOT 130 + X,80 + Y
400 NEXT TE: NEXT MU

```





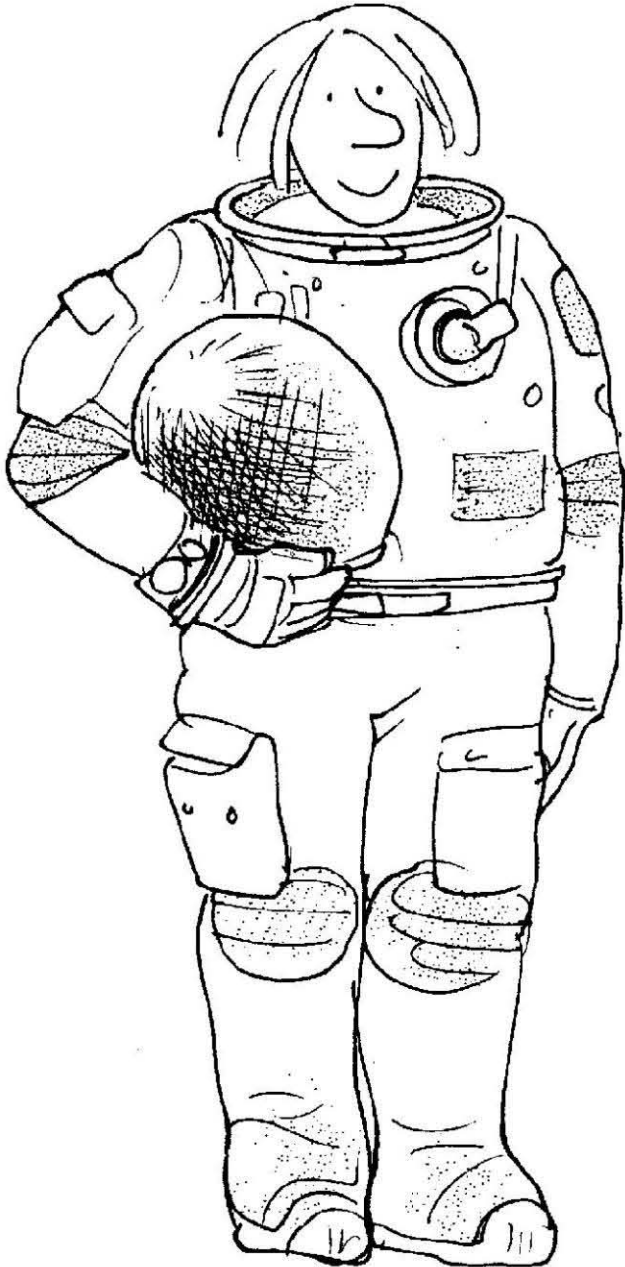


And for 'La Science' in Jan 1979

SAVOIR SANS FRONTIÈRES

LA VUELTA AL MUNDO EN OCHENTA MINUTOS

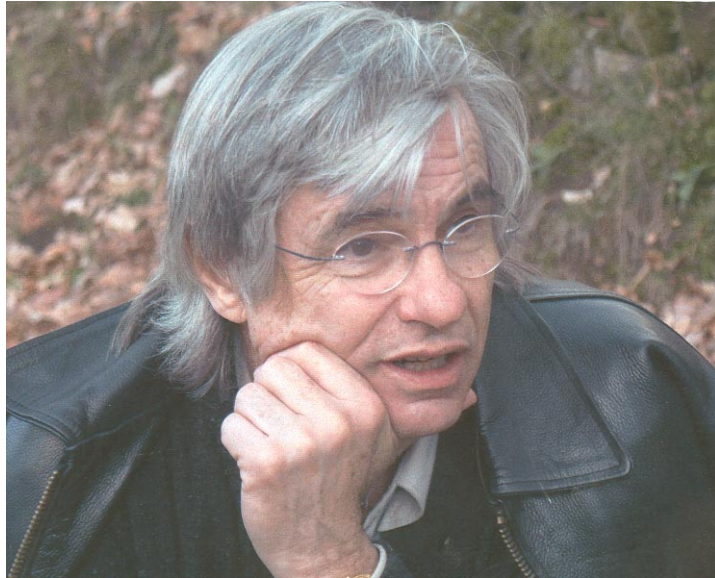
Jean-Pierre Petit



Traducción:
Juan Carlos Anduckia



<http://www.jp-petit.com>



El autor

Jean-Pierre Petit, 68 años, retirado, en el plano científico aún se mantiene activo en numerosos campos: la mecánica de fluidos, la magnetohidrodinámica, la astrofísica, la cosmología teórica, la física teórica, la geometría y la informática. Ha escrito 32 libros, algunos de ellos traducidos a 8 idiomas. Si desea saber más puede visitar su sitio en Internet:

<http://www.jp-petit.com>

El presente archivo pdf puede ser copiado o distribuido sin restricciones. Puede ser incluido en su sitio web y utilizado con fines pedagógicos.

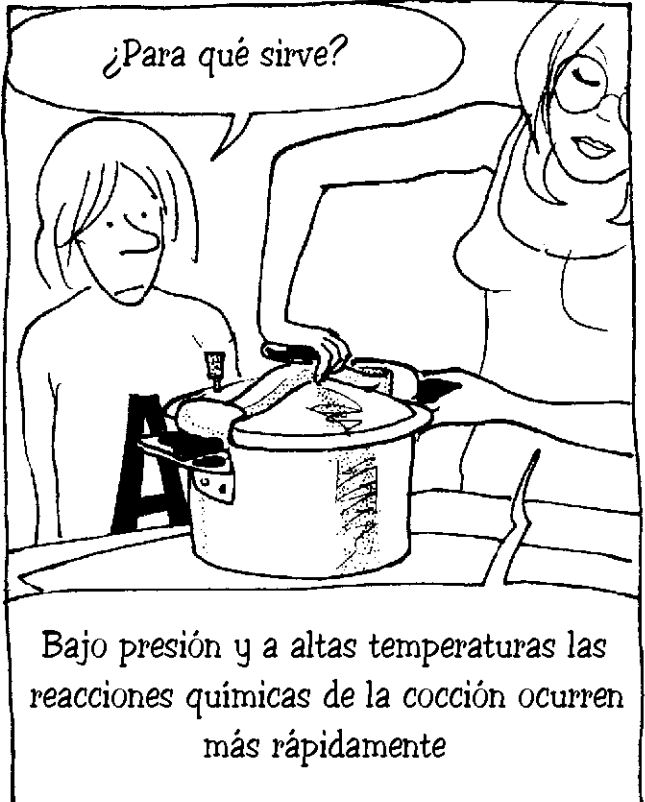
La finalidad es que el mayor número posible de personas tenga acceso a él.



El traductor

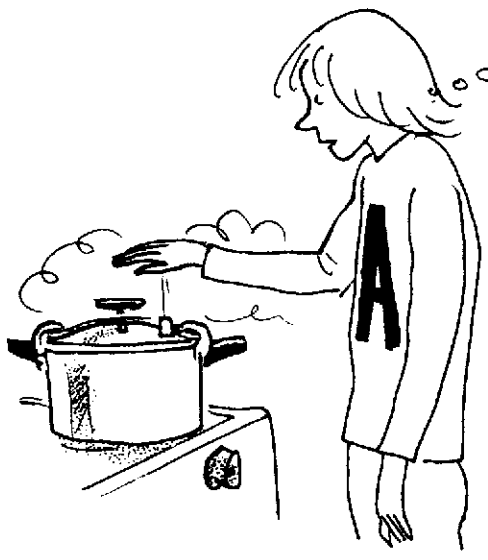
Juan Carlos Anduckia, 36 años, reside actualmente en Cartagena, Colombia. Es traductor independiente y mantiene interés en temas relacionados con la actividad científica y su divulgación.

LA PROPULSIÓN A REACCIÓN



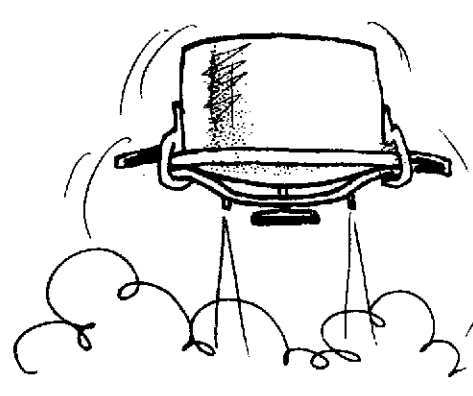
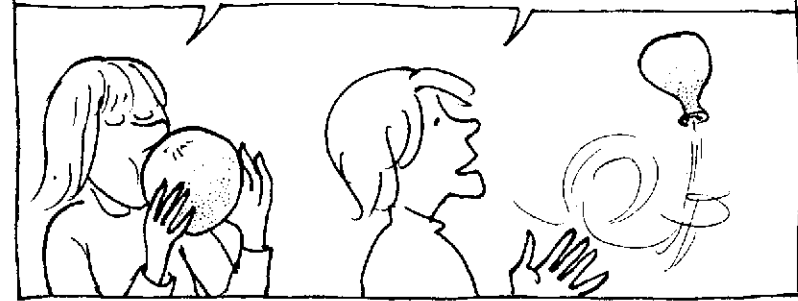
Unos minutos más tarde...





Qué fuerza más divertida

Se parece a la del globo cuando lo inflo y lo suelto en esta habitación, aunque la presión en la olla dura más tiempo



¿Una olla a presión voladora?
No. Sería demasiado pesada...



Me parece que la solución es acumular energía en un recipiente y dejarla escapar a través de un orificio





PAF!

Rayos, se levantó por lo menos unos veinte metros



Ha sido todo un éxito, pero algo brutal

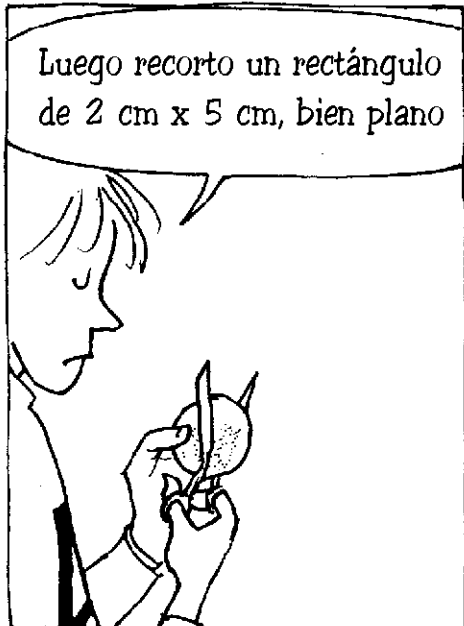


Así que puedo utilizar la energía contenida en un simple cerillo

¿Pero en qué lo vas a encerrar?



Voy a utilizar el metal de la tapa de un yogurt después de haberlo alisado bien con la uña



Luego recorto un rectángulo de 2 cm x 5 cm, bien plano

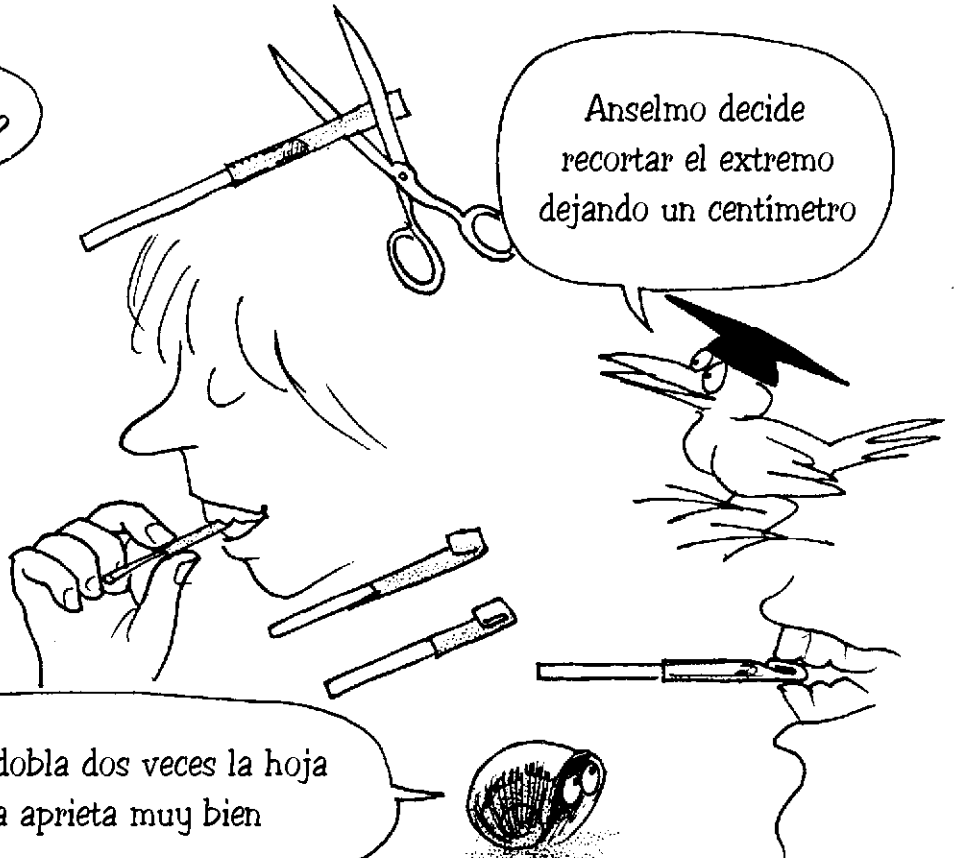


Anselmo enrolla el rectángulo metálico sobre el cerillo, apretándolo fuerte.

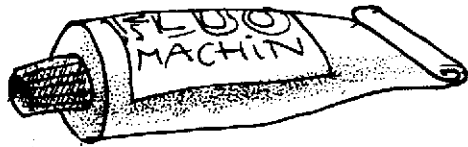
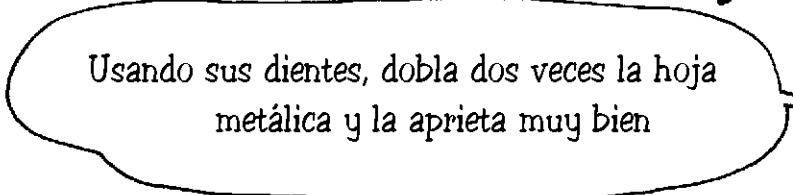
Si, ¿pero cómo hago para envolver la punta?



Anselmo decide recortar el extremo dejando un centímetro



Usando sus dientes, dobla dos veces la hoja metálica y la aprieta muy bien



Como el extremo de un tubo de crema dental



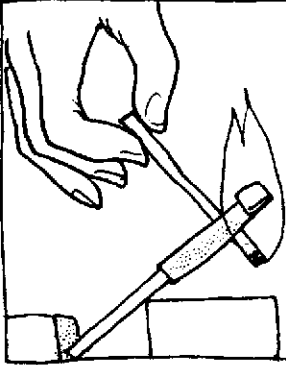
Muy bien. ¿Pero cómo vas a hacer ahora para encender tu cohete?



Encender quiere decir simplemente calentar un objeto a una temperatura suficiente



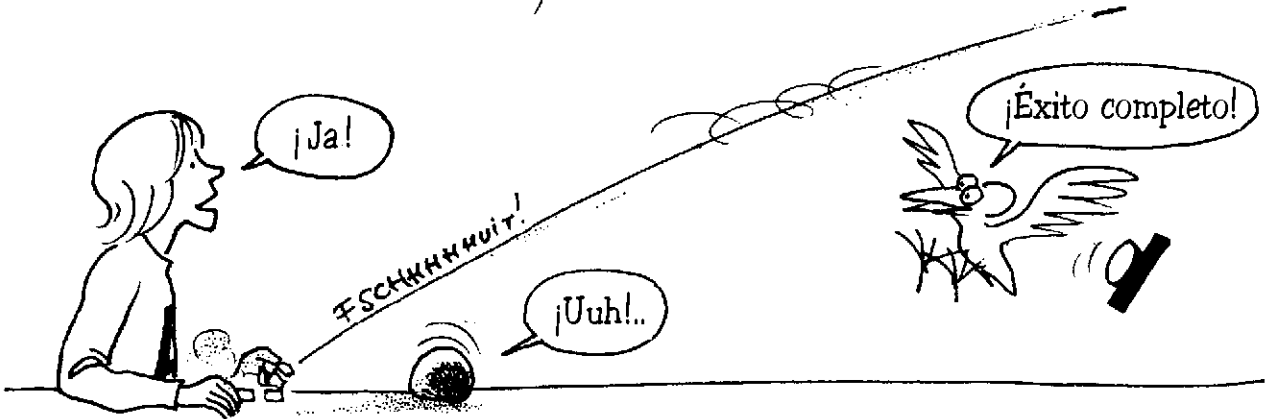
Sofia tiene razón. Voy a calentar la punta del cerillo a través de la envoltura metálica, así.



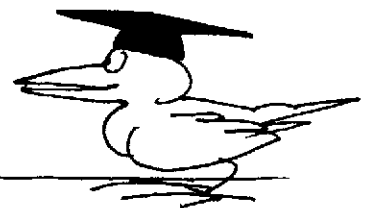
Ah, se enciende. Pero la combustión parece muy lenta y el cohete no logra despegar



Anselmo repite la operación apretando un poco más fuerte la hoja metálica y... (*)



Ya ves, Tiresias, la presión se obtiene cuando se le impide al calor salir

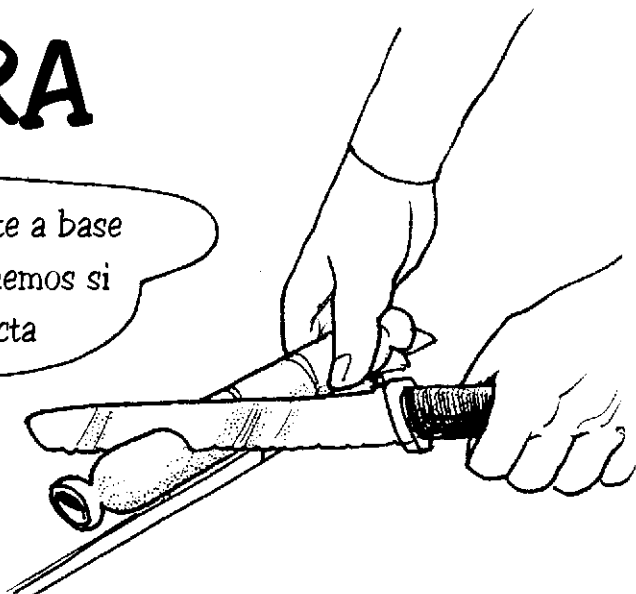


(*) El récord es de ocho metros.

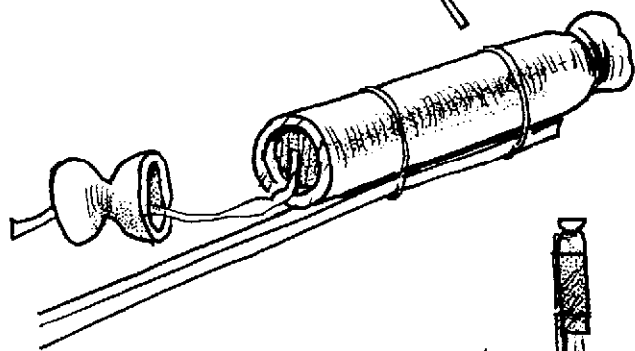
COHETES DE PÓLVORA



Aquí tenemos un cohete a base de pólvora (*). Verifiquemos si mi teoría es correcta



Con suavidad, Lanturly corta uno de los extremos del cohete

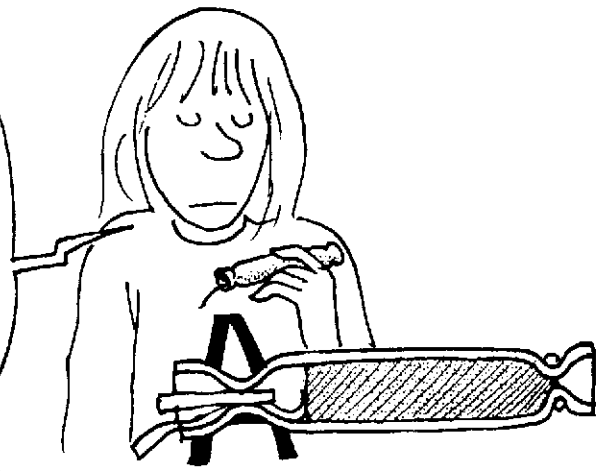


Mira, Max, tenía razón. ¡He quitado el pequeño agujero por donde escapaban los gases y el cohete ya no despeg!



La presión y la temperatura son más bajas, por lo tanto la combustión es más lenta y la descarga de gas mucho menor. Por eso hay esa pérdida de potencia.

Supongo que si obturo totalmente este canal, la presión y la temperatura aumentarían de tal forma que la combustión se "embalaría" y el volador explotaría

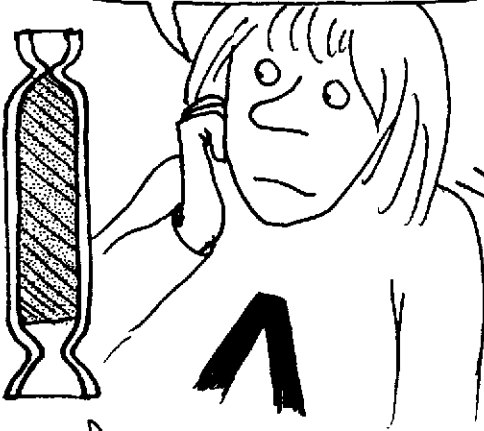


BOUM!

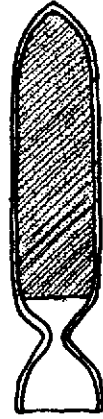


En efecto

Este cohete sube a 300 metros. Pero me parece bastante pesado: el cartón es muy grueso

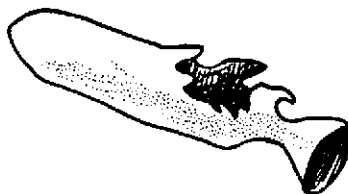
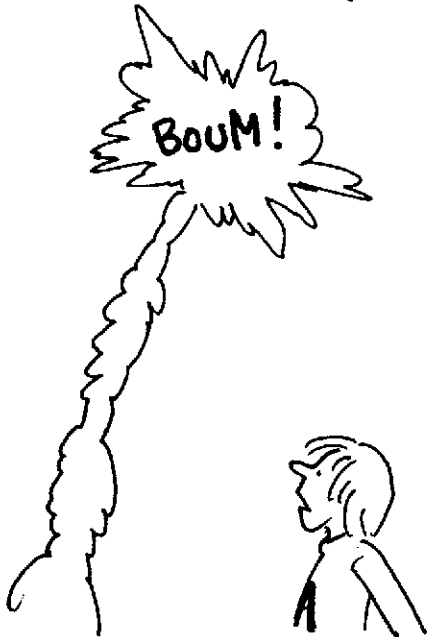


Pónle paredes más delgadas

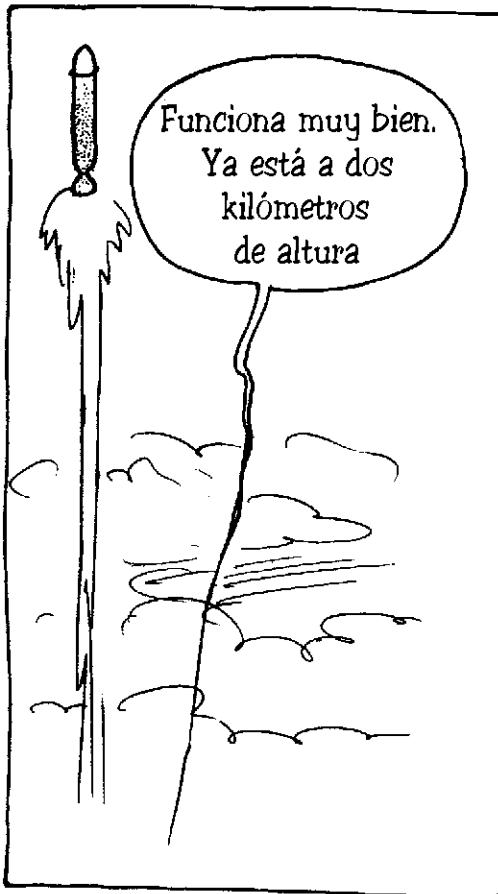
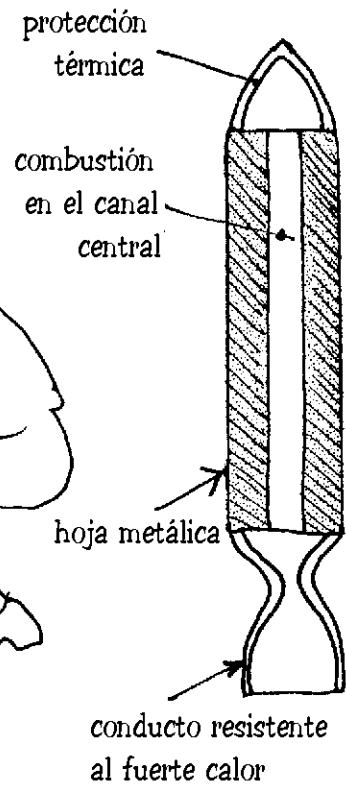
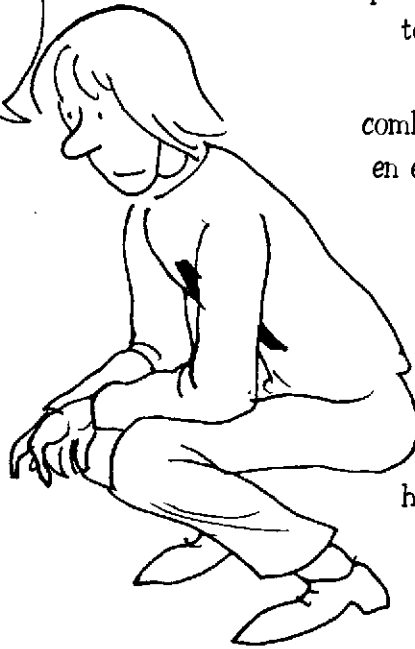
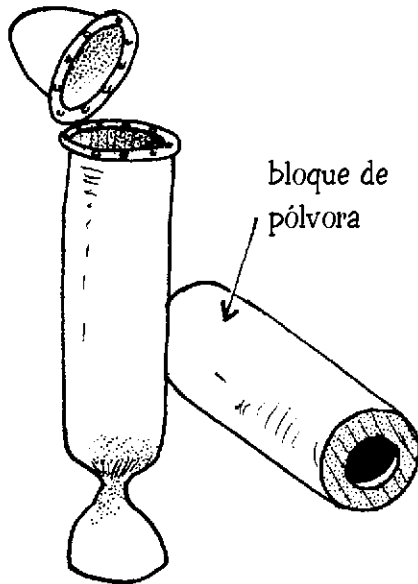


BOUM!

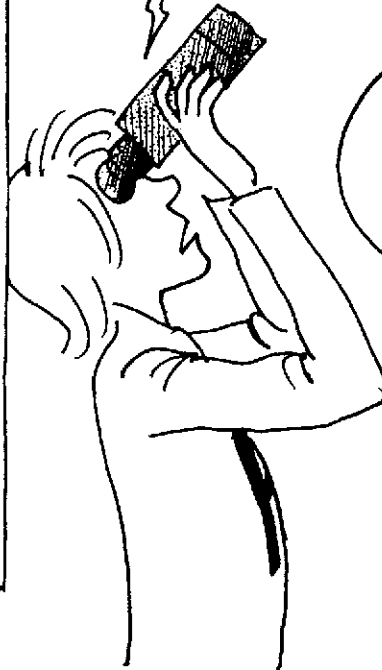
El recubrimiento era bastante sólido, pero el calor desarrollado por la combustión lo hizo quemar



¡Es simple! Sólo tengo que usar la misma pólvora para proteger las paredes de la VIROLA



No, volvió a explotar antes de haber quemado toda la pólvora

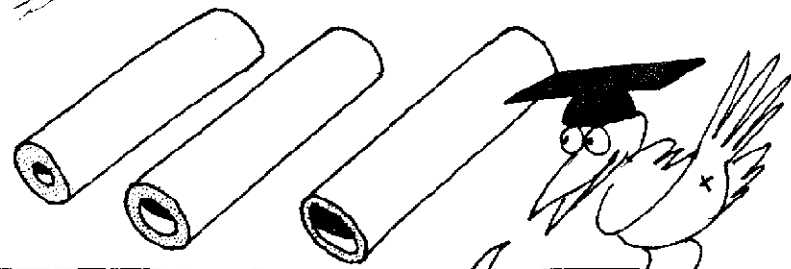
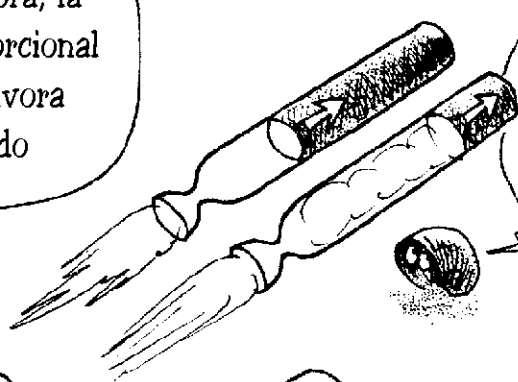
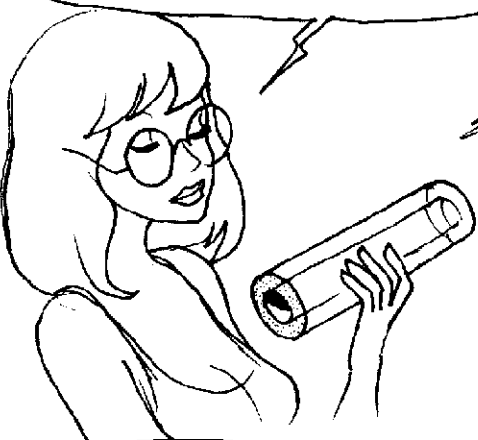


¡Eeh?! Pero si todo iba muy bien. ¿Qué fue lo que pasó?



En un propulsor de pólvora, la presión reinante es proporcional a la superficie de la pólvora que se está quemando

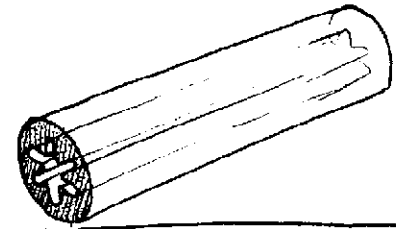
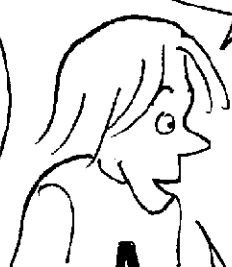
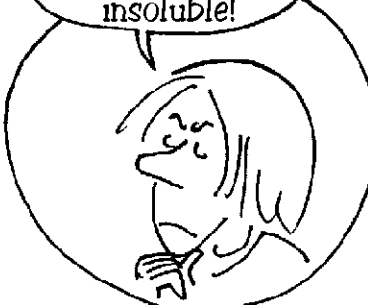
En la combustión de "cigarro" esta superficie es constante



En el sistema de canal central, la superficie de combustión crece con el radio, que a su vez aumenta con el paso del tiempo, y de ahí la explosión final

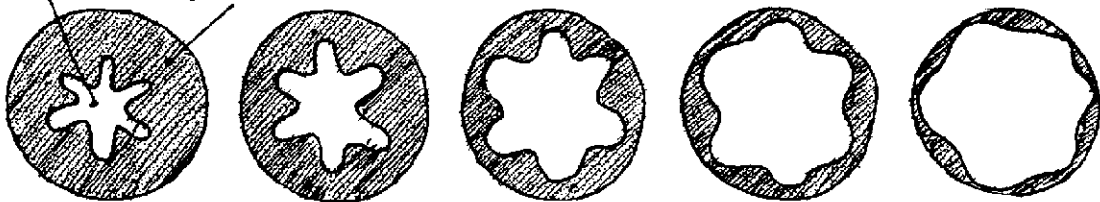
¡Entonces es un problema insoluble!

¡No...! ¡Tengo una idea!



Sólo tengo que construir un canal en forma de ESTRELLA

canal central pólvora

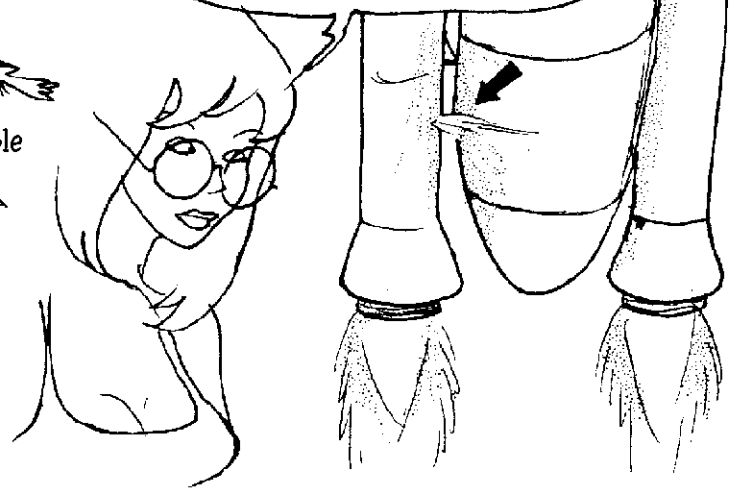
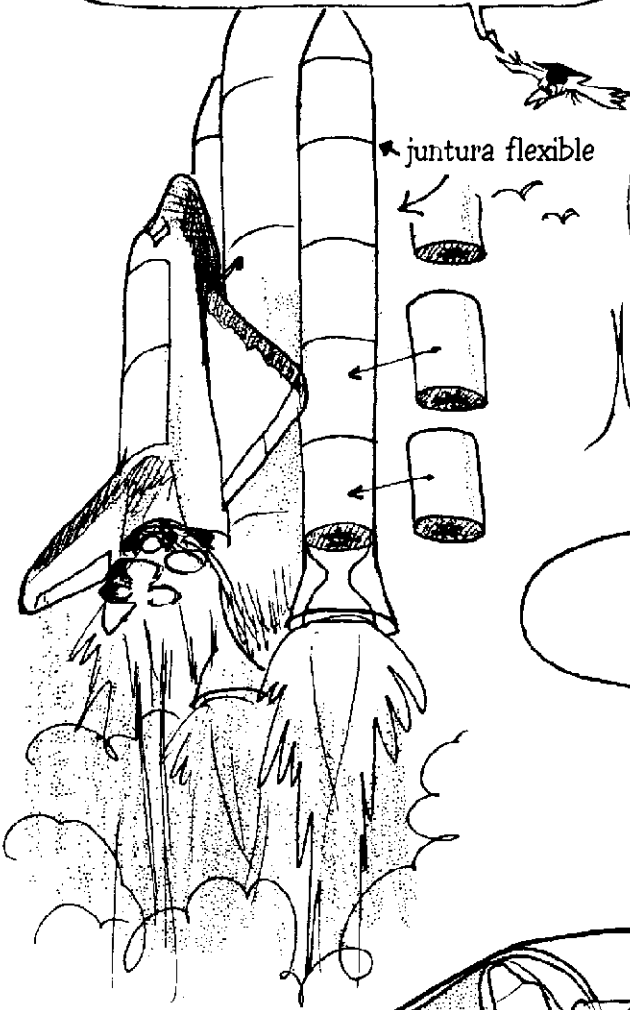


De esta forma se conserva la superficie, y por lo tanto existe una PRESIÓN DE COMBUSTIÓN prácticamente constante a lo largo del tiempo

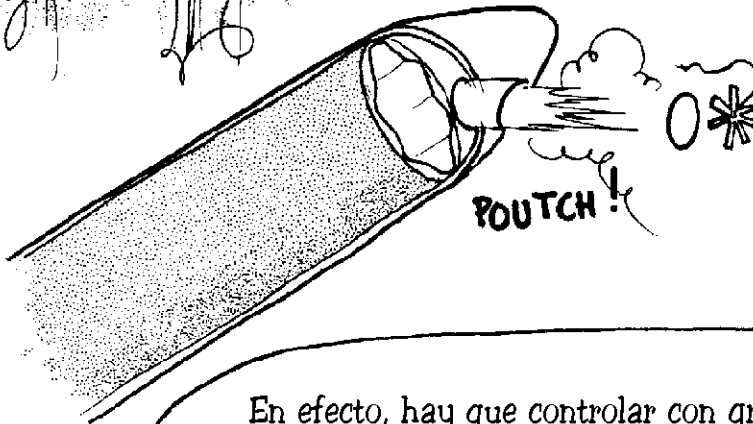


En los grandes propulsores la pólvora no puede ir en un solo bloque. Por esto hay que unir varios elementos

El accidente de uno de los transbordadores de los EU fue causado por un principio de incendio debido a un defecto en una de las juntas



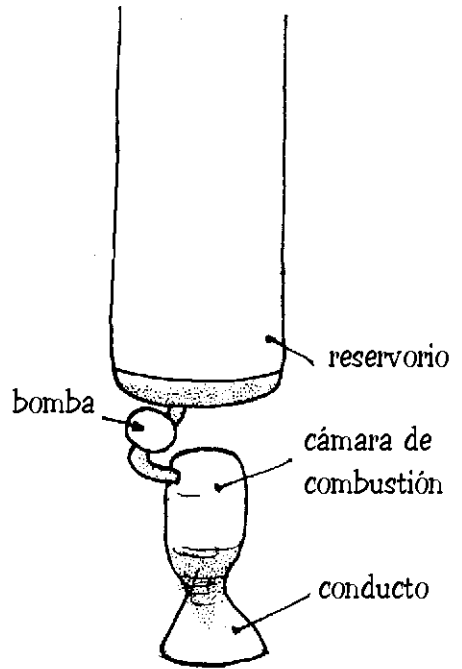
Una vez encendidos los cohetes propulsores, ¿cómo se apagan?



En efecto, hay que controlar con gran precisión los tiempos de combustión de los propulsores. En términos clásicos, se expulsa un opérculo que crea una fuga de gas que disminuye la presión en la cámara y determina su extinción

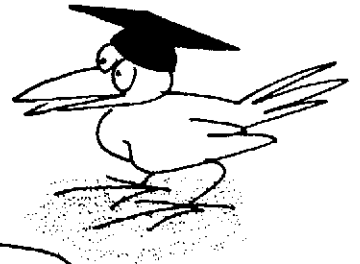
COHETES LÍQUIDOS

Utilizando un IMPELENTE en estado líquido se eliminarían estos problemas. Bastaría con bombearlo dentro de una CÁMARA DE COMBUSTIÓN, protegiendo a esta última del terrible calor



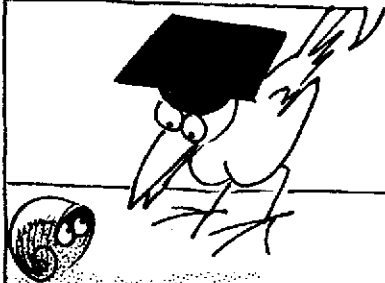
Pero cómo hacer para quemar el COMBUSTIBLE... Al ascender hay cada vez menos aire, y en el VACÍO ESPACIAL no hay nada

¡Lleva el aire contigo!



¿Qué quieres decir?

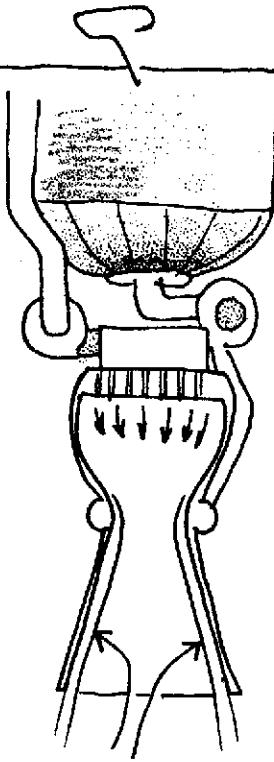
Del aire conserva sólo el oxígeno, lo puedes volver líquido a -193 grados centígrados, de manera que llévate también el CONGELADOR



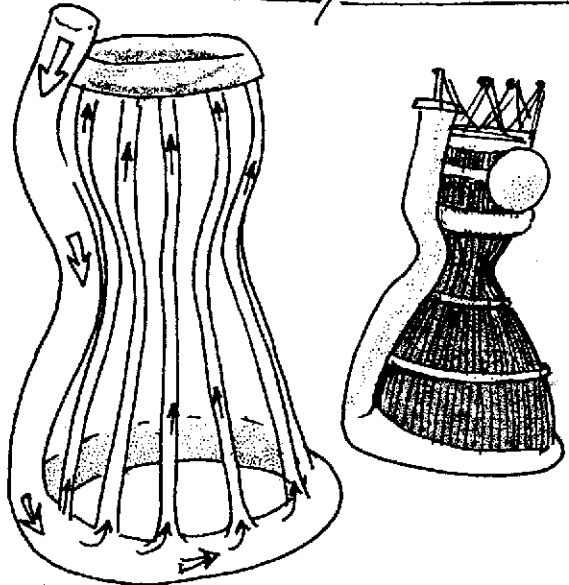
Pues sí, es lo que hicimos en 1942 en Peppemünde, con el V2



Un asunto... delicado, ¿me explico?



Enfriamiento de las paredes con una película de oxígeno líquido (transpiración) (FRANCIA)

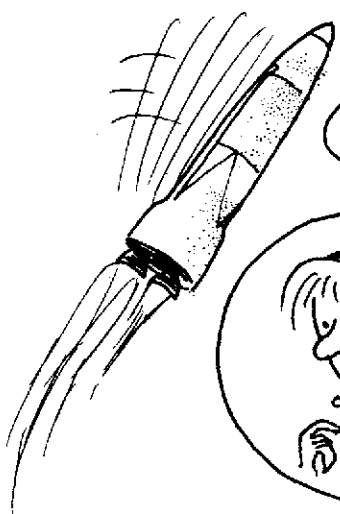


Enfriamiento total del conjunto "portahuevo"-cámara (EU)



Anillo inoxidable cónico (URSS)

He aquí varios tipos de dispositivos, más o menos sofisticados

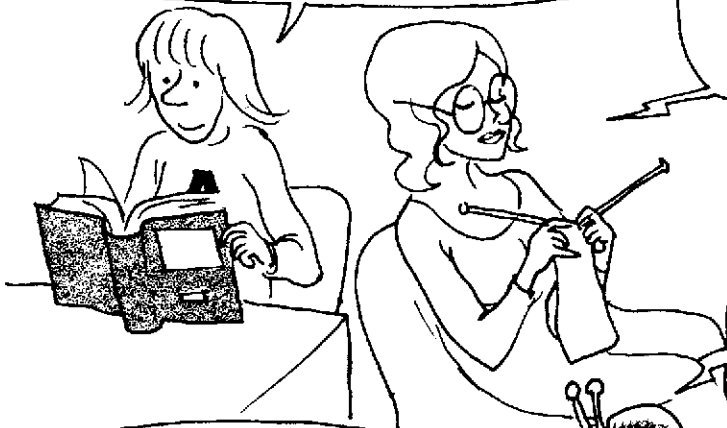


Cuyas puestas a punto fueron en todas partes... dispendiosas



Al final final es la mezcla de hidrógeno y oxígeno la que dá el mejor rendimiento

Si, pero el hidrógeno se vuelve líquido sólo a menos doscientos sesenta grados. Bombear un líquido así de frío no es tan fácil

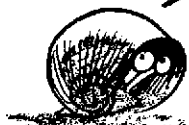


¿No hallan todo eso algo contaminante? Todos esos cohetes que despegan dejando tras de sí esos enormes penachos de humo...

Si, pero cuando se trata de una mezcla de oxígeno e hidrógeno, ¿sabes lo que sucede?

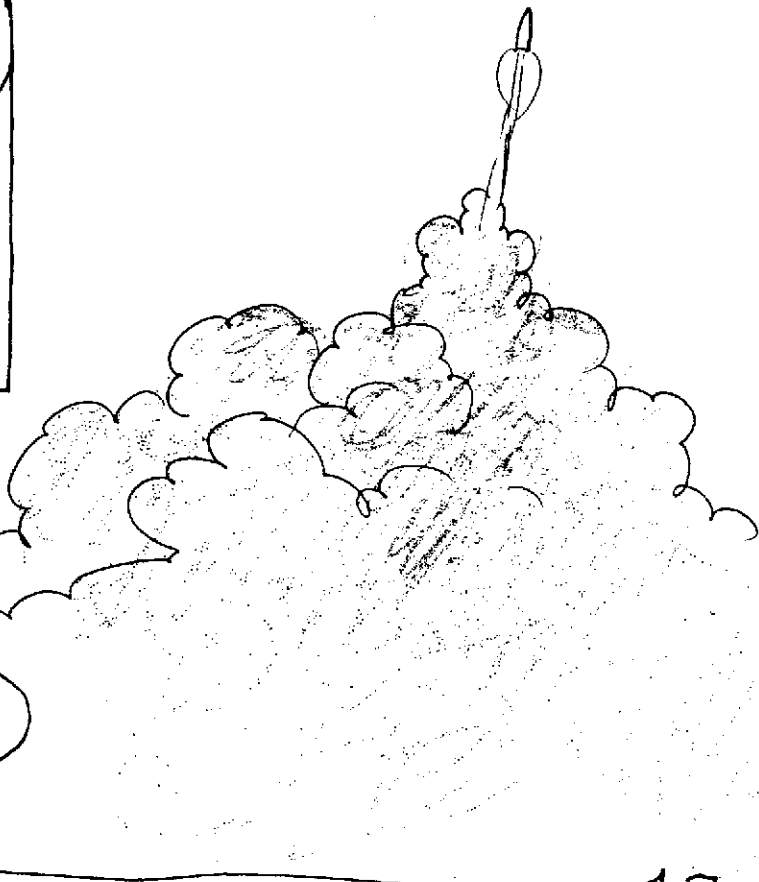


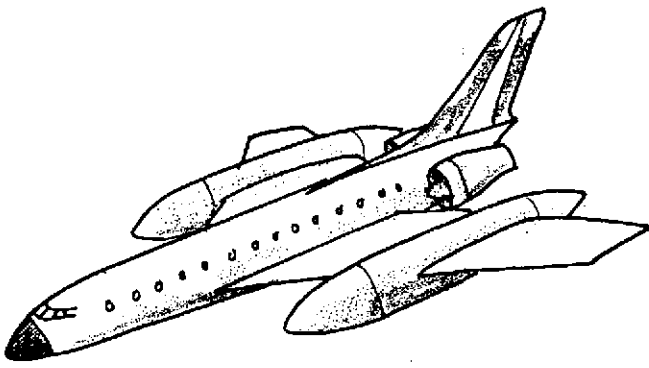
Veamos... lógicamente... eso debería dar... óxido de hidrógeno



Dicho de otra forma: H_2O ... ¡AGUA!

?!?



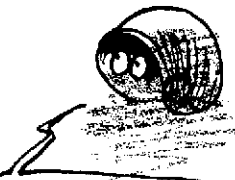
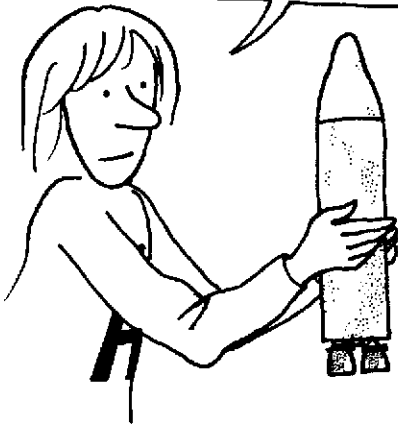


El carácter no contaminante de la mezcla de hidrógeno y oxígeno podría ser en el futuro una fórmula ideal para... ¡los aviones!

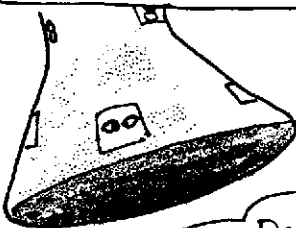


Los cohetes a base de pólvora ofrecen la ventaja de un almacenamiento y de una puesta en obra fáciles. Son la simplicidad misma

Es por eso que estos cohetes gozan del favor de los militares, que prefieren prenderlos prudentemente en el EXTERIOR de sus submarinos nucleares



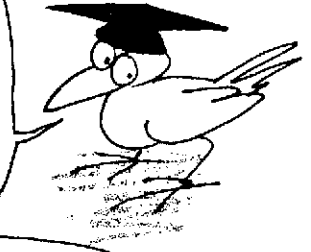
En cambio, los cohetes líquidos son los únicos que pueden ser apagados y reencendidos a voluntad. Mientras que una vez que se ha dado fuego a un cohete de pólvora, se acabó...



De ahí la existencia de toda una gama de cohetes de pilotaje para el control del comportamiento de los artefactos

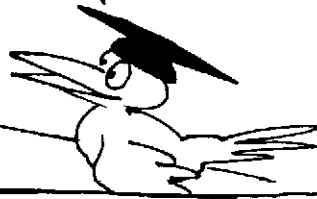
ESTRUCTURAS

Las virolas de los cohetes de pólvora deben ser resistentes para poder soportar la presión de la combustión. En los cohetes líquidos esta presión sólo existe en la cámara de combustión. Por lo que se debe tratar de hacer que sus tanques sean lo más ligeros que sea posible



Para respetar la escala tuve que fabricar esta maqueta de tanque de cohete en papel de chocolate

El espesor de la pared de los tanques del cohete Ariane es de 1,4 milímetros



Pongamos esta virola sobre la mesa

Coloco la parte superior

¡Cuidado!
¡El tanque se pliega!

La virola se pliega siempre bajo el efecto de su propio peso. La construimos muy delgada





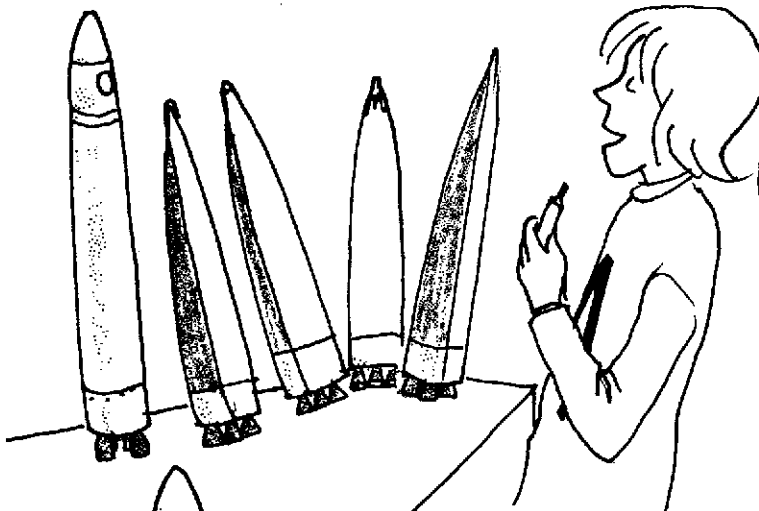
No, Tiresias.
A escala real tenemos que presurizar o inflar
estos reservorios de manera que no colapsen
bajo el efecto de su propio peso



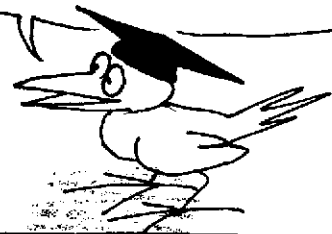
Ah, bien...

La conquista del espacio ha generado una multitud de problemas técnicos
originales sobre los cuales a menudo no tenemos ni la más remota idea

SIMPLICIDAD...

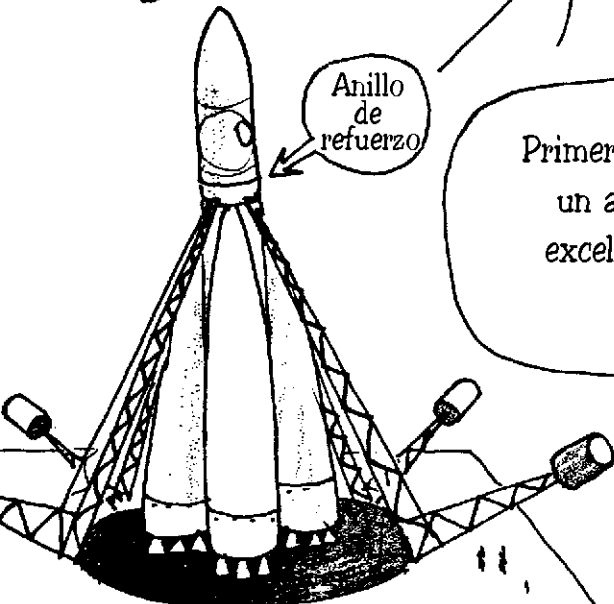


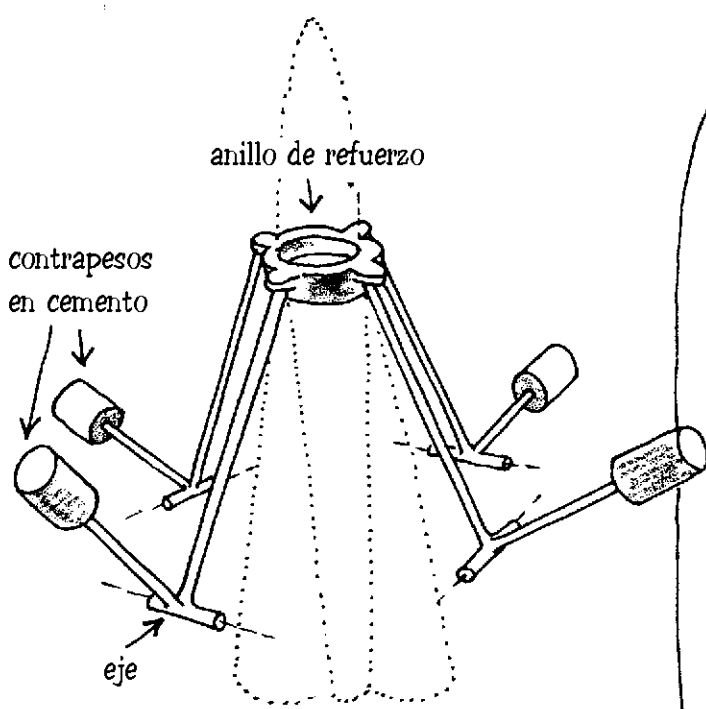
El premio a la simplicidad es
sin lugar a dudas para el
SEMIORKA, cohete todo
terreno inventado por el
soviético KOROLEV



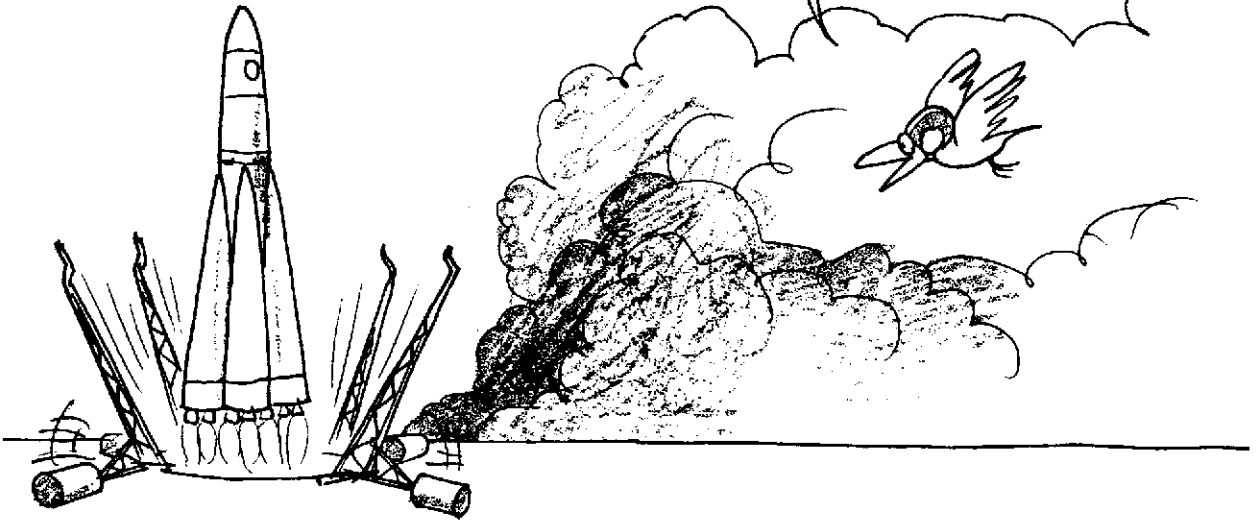
Anillo
de
refuerzo

Primero: la distribución de sus cuatro BOOSTERS le da
un accionar totalmente compacto y le confiere una
excelente resistencia a las vibraciones y a los vientos
de costado en la fase crítica: el despegue





Un anillo reforzado acomoda todo el esfuerzo del empuje, y es también el que permite, en las PLATAFORMAS DE LANZAMIENTO, mantener suspendido el cohete como un jamón gracias a 4 garfios. En el momento en que entran en juego los 24 cohetes, los brazos articulados descienden automáticamente gracias a contrapesos, rotando sobre sus ejes



Con todo, los soviéticos perdieron tres cosmonautas a causa de la apertura accidental de una válvula. Llegaron al suelo muertos; entumecidos por la descompresión explosiva, su sangre había comenzado a hervir



...¿O SOFISTICACIÓN?

Por el contrario, los norteamericanos multiplican los sistemas de comando y de control. El transbordador espacial norteamericano está controlado por cuatro computadores. Tres son del mismo tipo y el cuarto, de diferente tipo, controla las fallas de los otros tres. En una ocasión este cuarto computador bloqueó todas las operaciones de despegue...



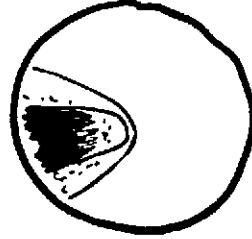
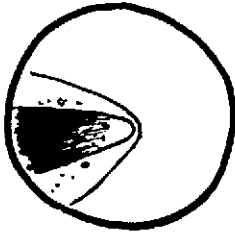
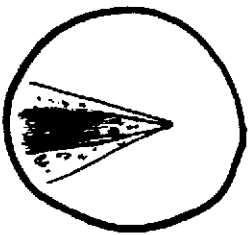
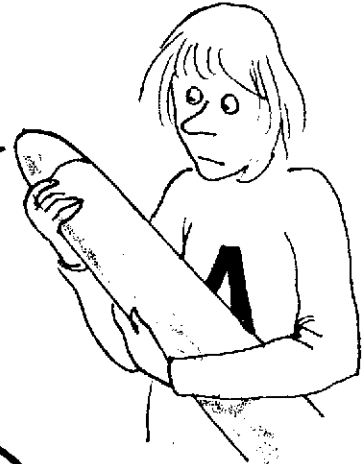
Una diferencia de unas milésimas de segundo entre los relojes de este computador y los de los otros tres hizo que aquél, al recibir los datos que los otros tres le transmitían, confundiera el FUTURO y el PASADO (*)



Y pensar que los escudos defensivos de las GUERRAS ESTELARES tendrán que ser manejados por completo por supercomputadores...
¡Brrr... me dá escalofrío...!

REINGRESO A LA ATMÓSFERA

Todos estos artefactos permiten escapar de la atmósfera terrestre. Pero si se quisiera recuperar algo de lo que se envió allá arriba, hay que tener en cuenta que reingresaría a la atmósfera a 28.000 km/h



La considerable velocidad de reingreso es sinónimo de fricción y de calentamiento. Un objeto puntudo no los resistiría

La solución más sencilla es utilizar un **ESCUDO TÉRMICO** que absorba todo el calor a medida que se evapora (*)



Se puede utilizar un objeto de forma esférica para el reingreso



centro de gravedad

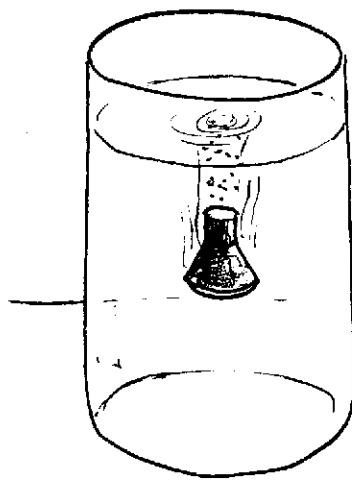


(*) Cuando un material pasa directamente del estado sólido al gaseoso, se dice que se **SUBLIMA**.

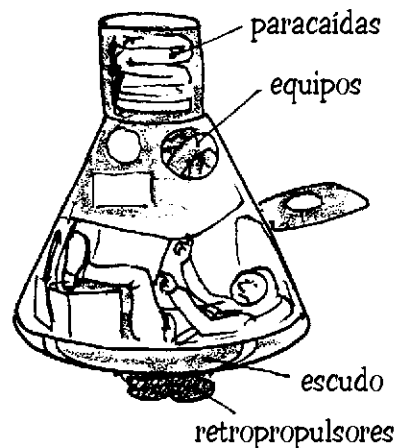


Es necesario que en la fase de REINGRESO los objetos permanezcan estables. Si giraran, eso sería absolutamente catastrófico

En el caso de la esfera, la solución soviética, no hay ningún problema de estabilidad



Este tipo de objeto (módulo Mercury, Géminis, Apolo) también es apropiado, a condición de colocar el centro de gravedad suficientemente bajo



El pequeño módulo Mercury

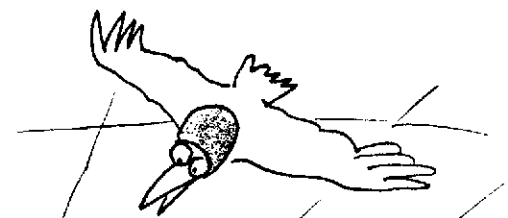
Bien, pero a pesar de eso no veo qué podría mantener los cohetes en el aire e impedirles caer a tierra una vez agotado su combustible



Voy a jugar un poco de bolos para aclarar mis ideas



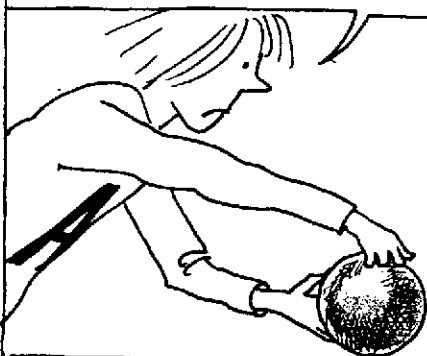
PUESTA EN ÓRBITA



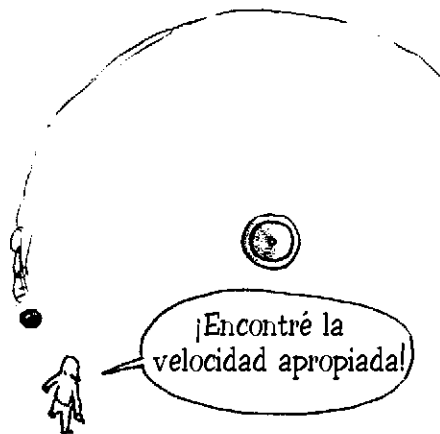
¡Vaya, qué divertido...! La extraña fuente de la plaza de la municipalidad no funciona. Sería muy curioso jugar bolos en una superficie curva



Dada la forma de la superficie, voy a tratar de hacer que la bola regrese a su punto de partida

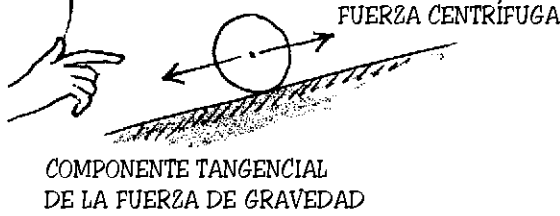


Luego de varios intentos fallidos...

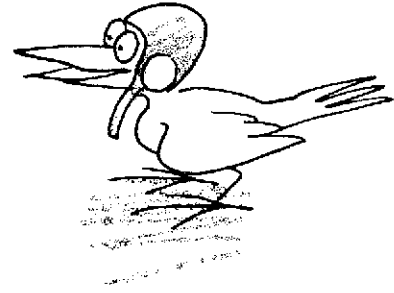


Tu bola orbita en torno al agujero,
lo que significa que la fuerza
centrífuga equilibra la atracción
de la gravedad

¿Quieres decir que lo
que impide que los
satélites caigan es la
FUERZA CENTRÍFUGA?



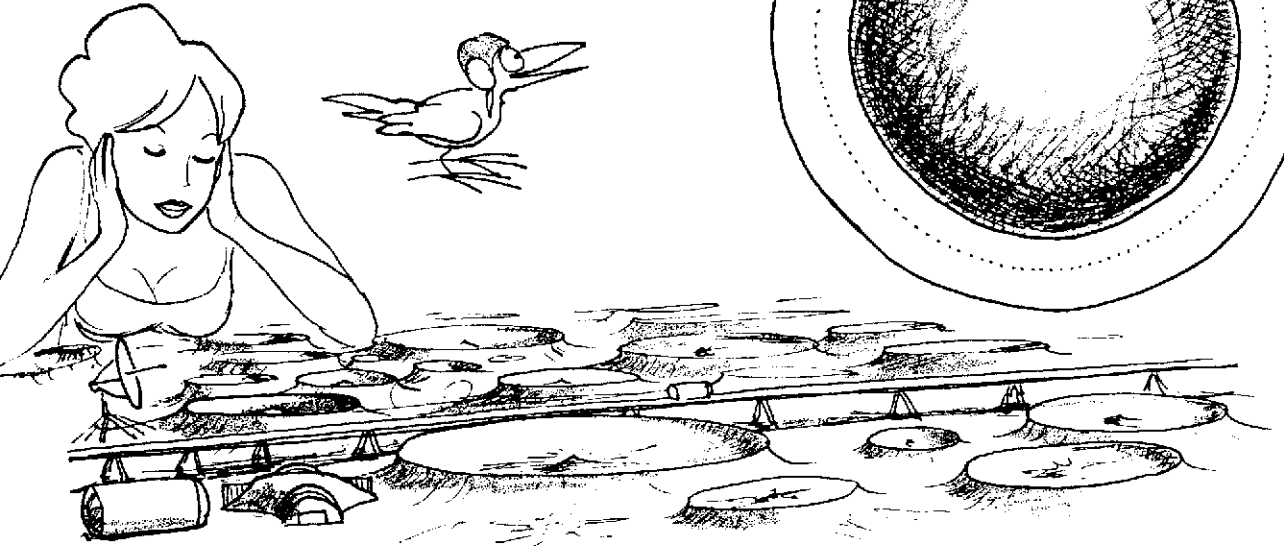
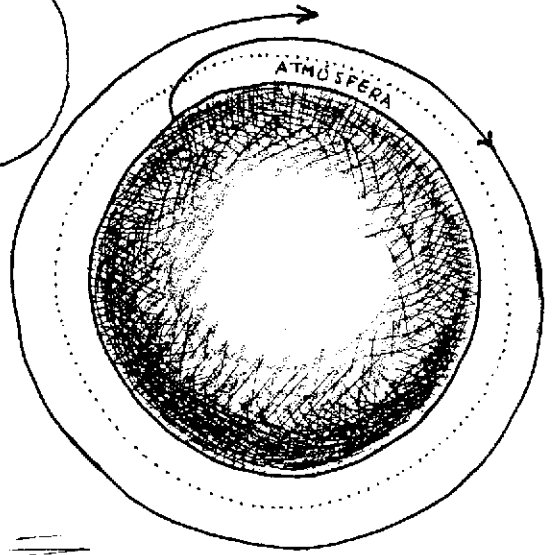
Exacto



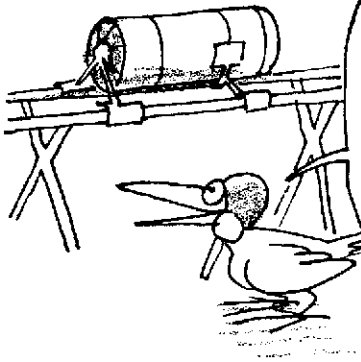
¿Pero por qué cuando los cohetes despegan
tienen una trayectoria perpendicular y no
tangente a la superficie terrestre?

Lo hacen para poder escapar de la atmósfera,
pero rápidamente inclinan su trayectoria.
Observa el despegue de este transbordador espacial

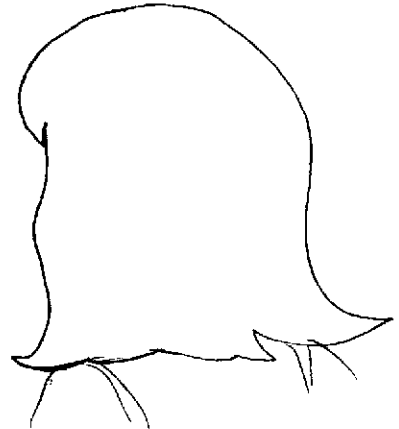
Aquí tienes una puesta en órbita esquemática.
(En realidad, la atmósfera es cien veces más delgada). Se ve cómo el cohete tuerce su trayectoria después del despegue



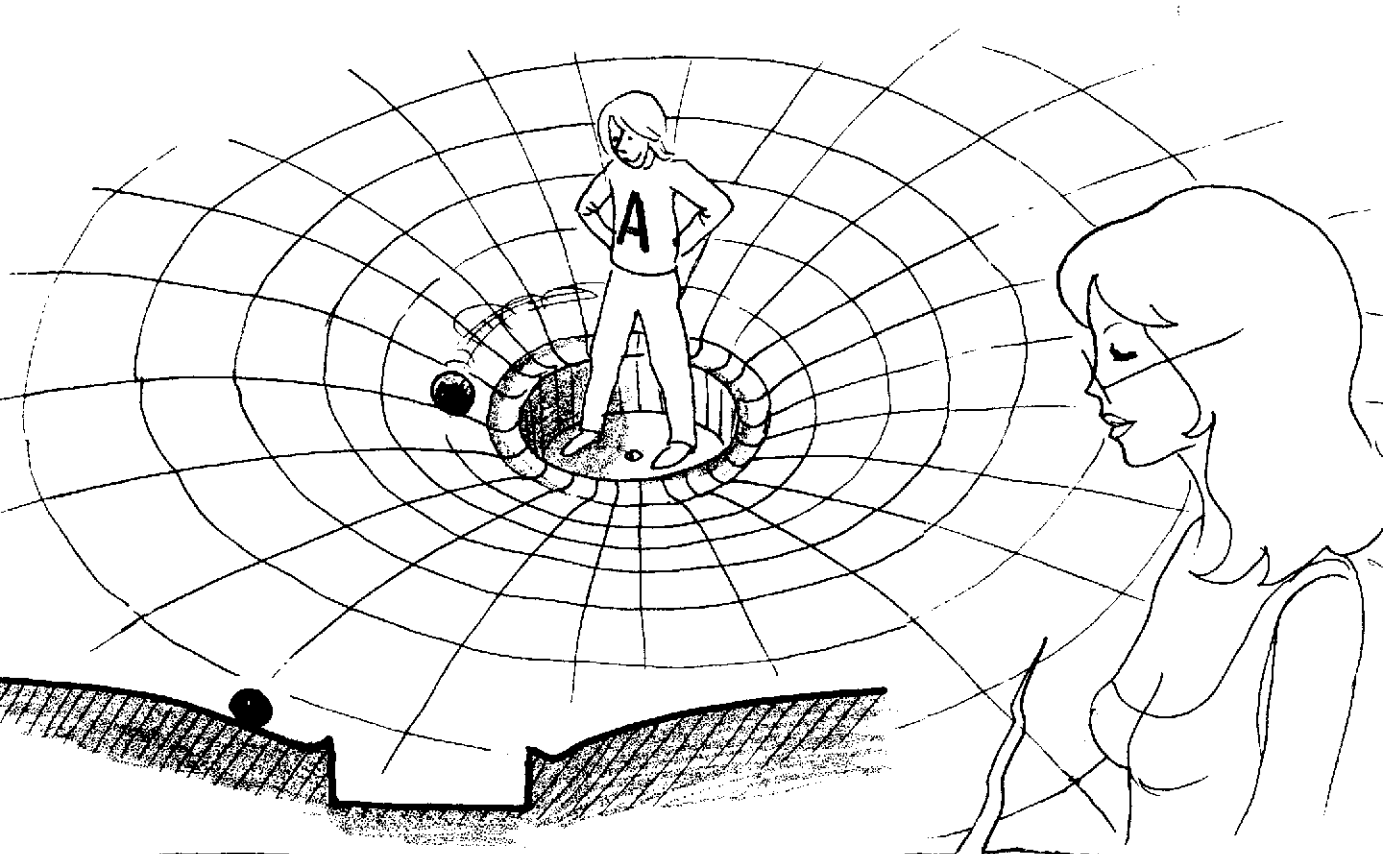
Si un día se llega a construir una base en la Luna, como ésta no tiene atmósfera, se podrían poner en órbita los objetos acelerándolos directamente mediante rampas dispuestas paralelamente al suelo (*)



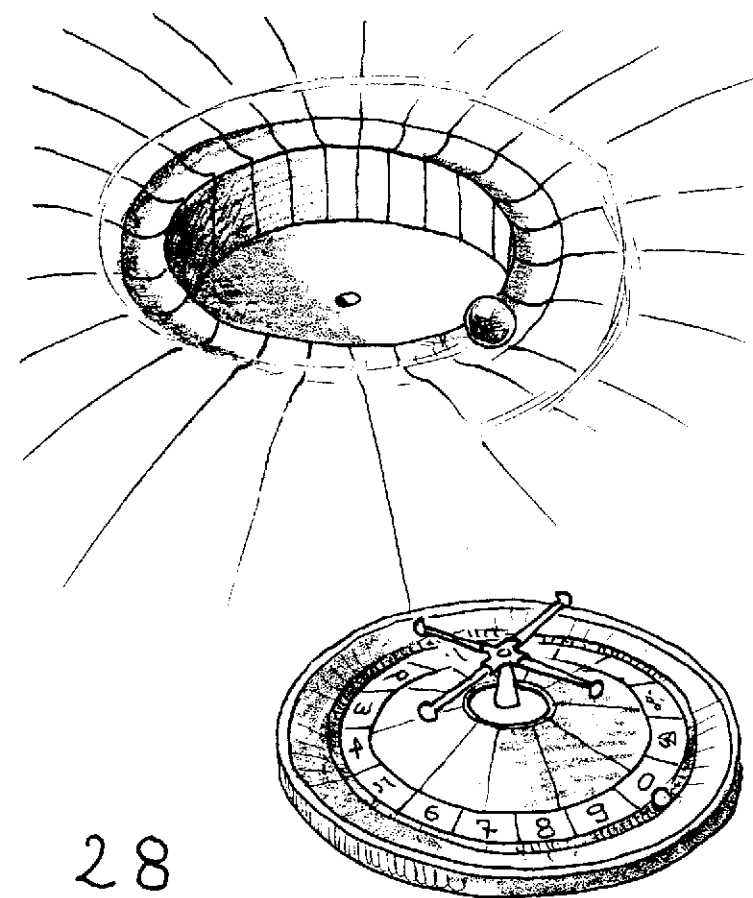
Para hacer que mi bola pueda orbitar en un círculo en torno al punto central de la fuente, tengo que comunicarle una velocidad mínima de ochenta centímetros por segundo



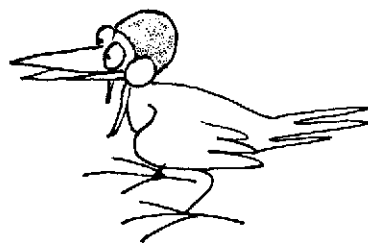
(*) La velocidad de escape de la Luna es de 2,36 km/s.



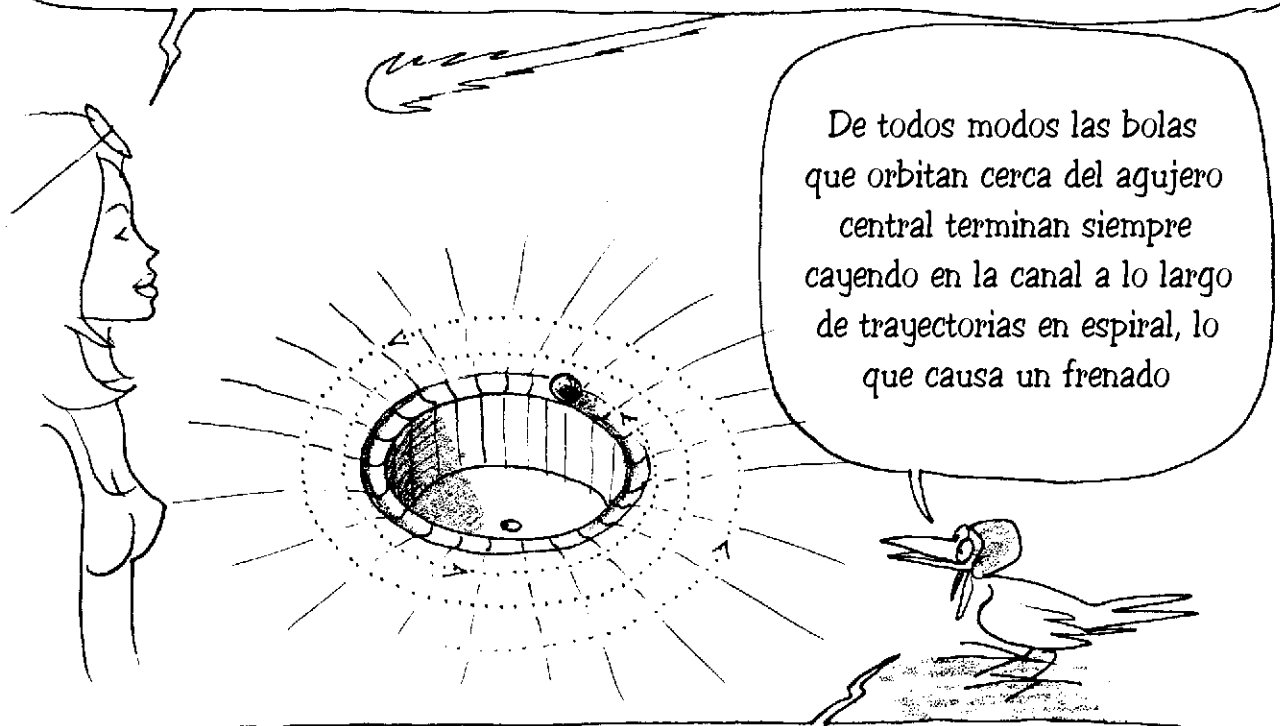
Esa velocidad es el equivalente de la VELOCIDAD ORBITAL CIRCULAR o PRIMERA VELOCIDAD CÓSMICA, la cual es unas diez mil veces más elevada: 7,8 kilómetros por segundo



Si la velocidad llega a ser menor, la bola caerá en la canal de la fuente como la bolita de una ruleta, y frenada por las asperezas, se detendrá



De la misma forma, si a causa de un defecto en el funcionamiento de la fase final un cohete despegara con una velocidad menor que $7,8 \text{ km/s}$, éste se inclinaría hacia las capas atmosféricas terrestres inferiores y sería frenado por ellas rápidamente



Y eso corresponde al tiempo de VIDA ÚTIL de los satélites

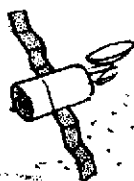
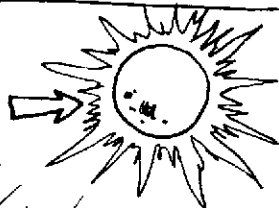
Hace veinte años este frenado fue subestimado sobre la base del ESTADO ESTÁNDAR de la alta atmósfera



(* Puesta en órbita a 435 km de altitud en 1973, la estación espacial SKYLAB cayó sobre la Tierra el 11 de julio de 1979.

La alta atmósfera no es estática. Podría compararse a una extensión de vapor cuyo espesor vertical depende de la actividad solar. Cuando ocurre una erupción solar esta atmósfera comienza a "hervir"...

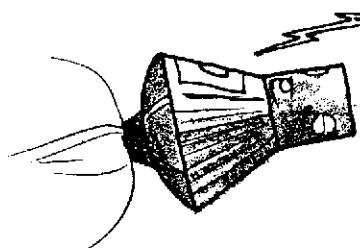
manchas solares
indicadoras de una
intensa actividad eruptiva



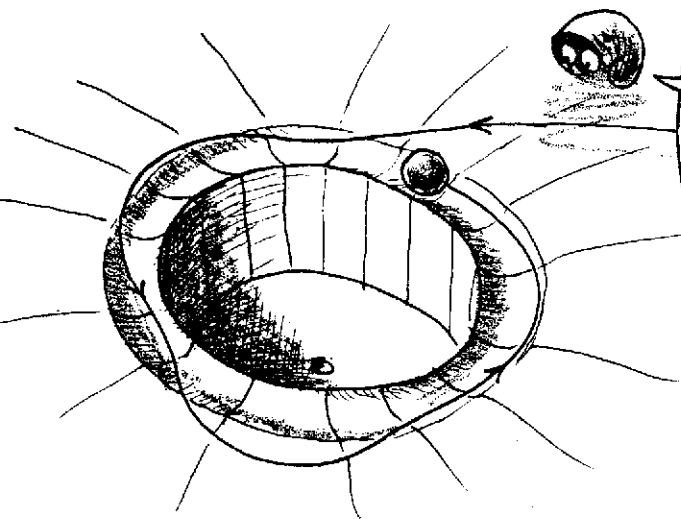
...bajo el efecto del impacto de miríadas de partículas altamente energéticas emitidas por el Sol, que hacen que el frenado de los satélites en las capas altas aumente considerablemente

La atmósfera terrestre permite un reingreso a tierra sin gasto de energía (de otra forma, para regresar el objeto al suelo se requeriría emplear una cantidad de energía igual a la usada para ponerlo en órbita). El reingreso, sin embargo, debe realizarse siguiendo un ángulo bastante preciso

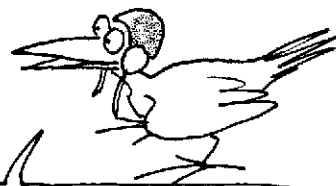
Activo mis
retropropulsores



VENTANA DE REINGRESO



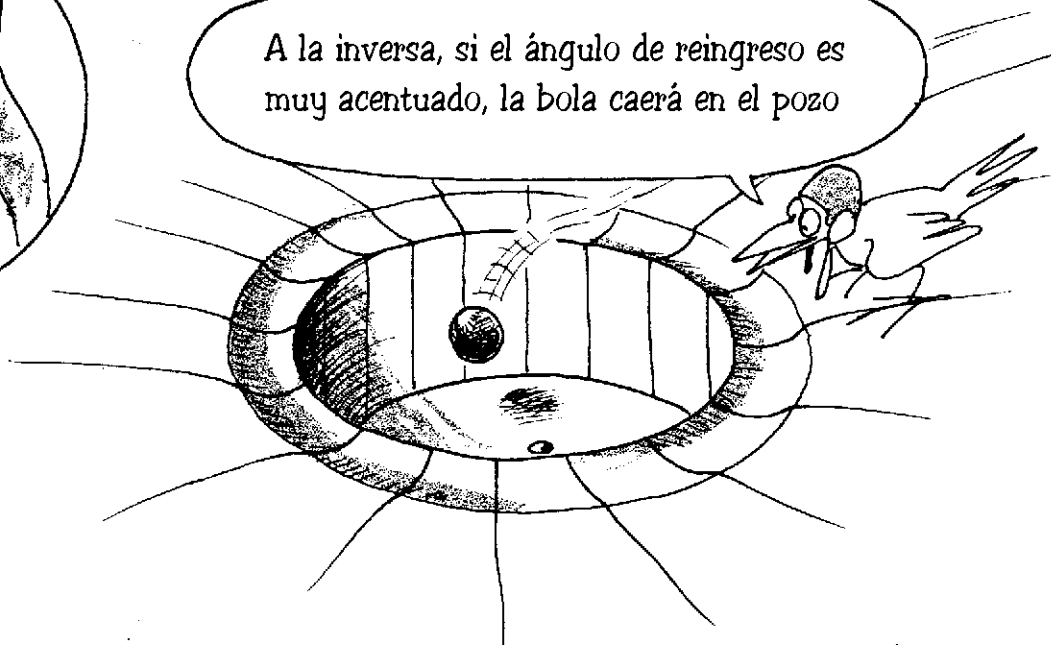
Si el reingreso se hace demasiado tangente, la bola oscilará en la canal. El frenado será insuficiente y terminará por dar varias vueltas antes de detenerse



Eso quiere decir que la nave espacial caerá a las capas altas de la atmósfera como un guijarro. El frenado será estable pero luego de varias vueltas alrededor de la Tierra la nave recibirá mucho calor y tenderá a calentarse



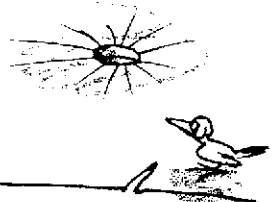
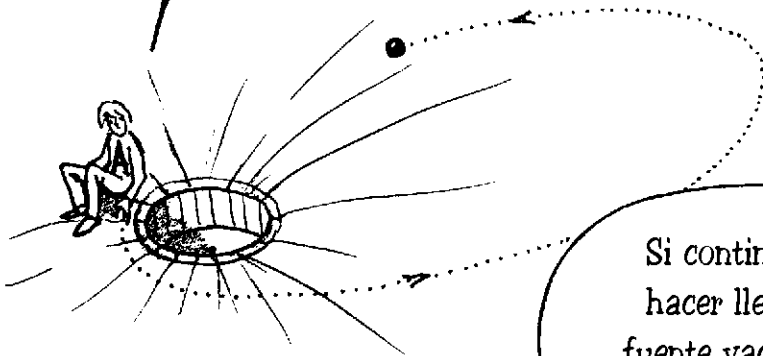
A la inversa, si el ángulo de reingreso es muy acentuado, la bola caerá en el pozo



Traducción: se tendría un reingreso demasiado brusco, acompañado de una desaceleración que podría resultar en la destrucción de la nave

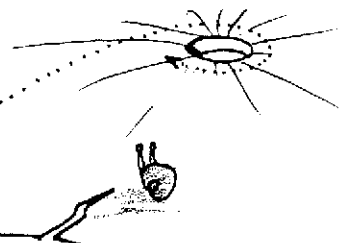
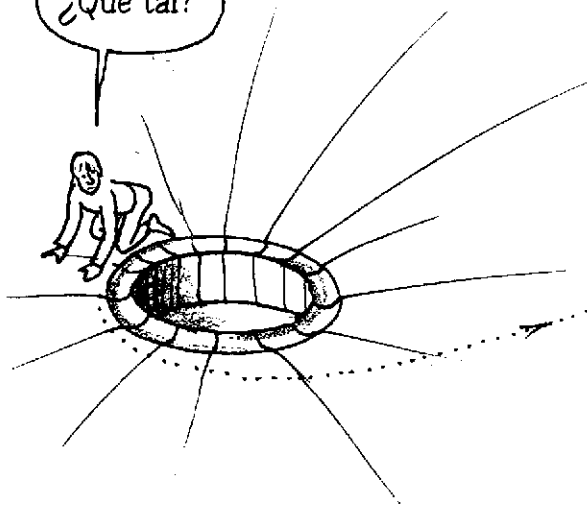


Si comunico a mi bola una velocidad superior a 80 cm/s puedo hacer que recorra regiones cada vez más elongadas, siguiendo trayectorias en forma de elipses



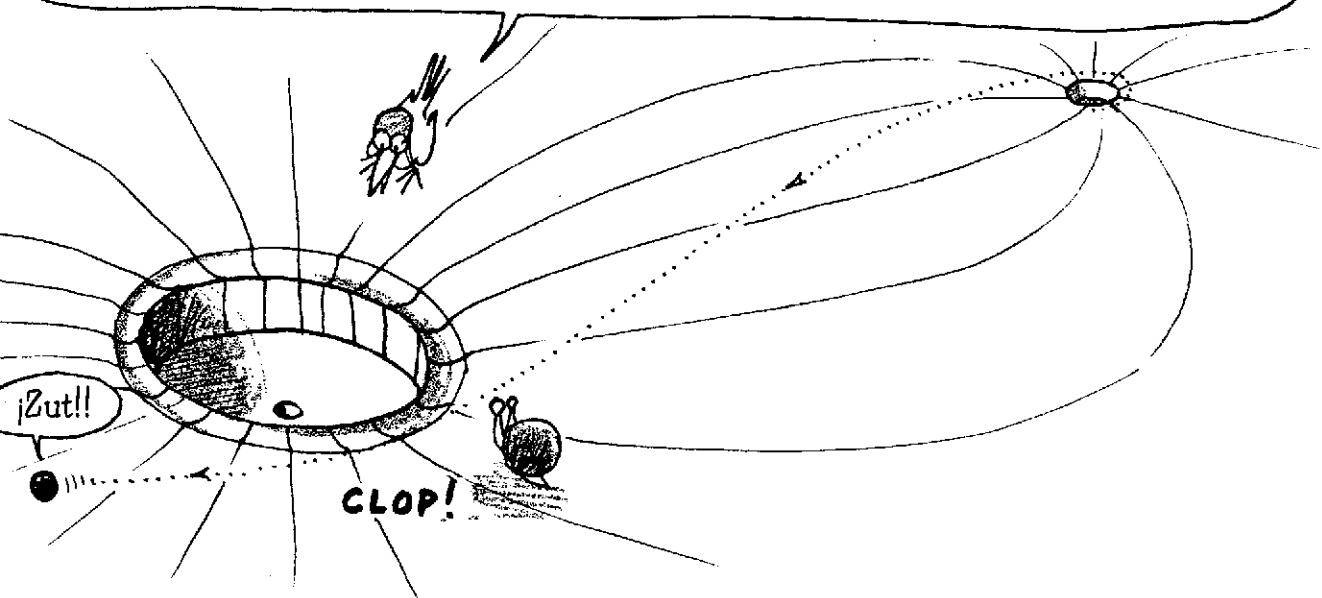
Si continúas insistiendo, puedes incluso hacer llegar tu bola hasta esta segunda fuente vacía, sin canal, con un pozo central más pequeño y contornos más suaves

¿Qué tal?

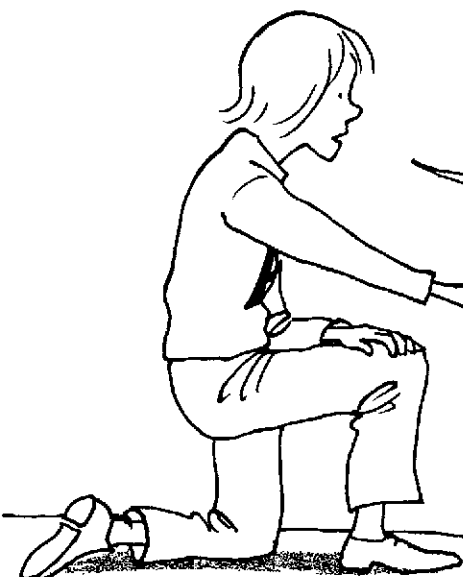


Perfecto, has logrado completar tu MISIÓN LUNAR

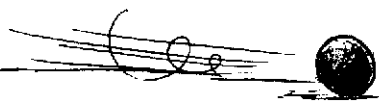
Es el retorno el que es especialmente delicado puesto que la nave se acerca a la Tierra a 11 kilómetros por segundo en lugar de a 7,8. Al menor error, o los astronautas serían aplastados como arepas, o el módulo de reingreso podría volver a la atmósfera y se perdería para siempre en el cosmos



VELOCIDAD DE ESCAPE

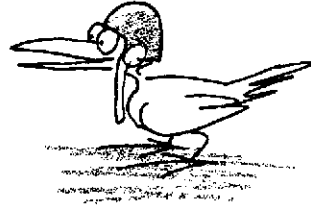


Si ahora evito el acercamiento "lunar", constato que si mi bola adquiere una velocidad menor que 110 cm por segundo, cualquiera sea su dirección siempre regresa. De lo contrario se aleja indefinidamente



Ese es el equivalente de la VELOCIDAD DE ESCAPE de la atracción terrestre, o SEGUNDA VELOCIDAD CÓSMICA, cercana a los 11 km/s

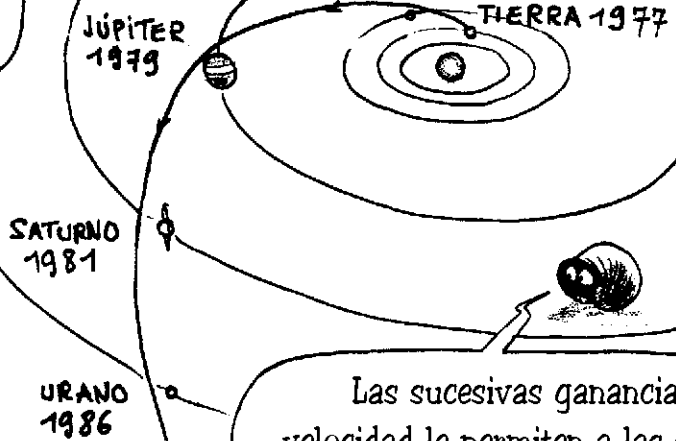
Eso quiere decir que se deberá suministrar a una sonda espacial una energía dos veces mayor



La sonda espacial Voyager II pudo economizar esta energía aprovechando una excepcional alineación de los planetas del sistema solar

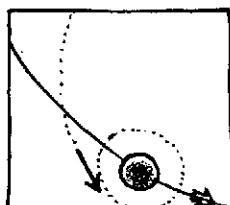
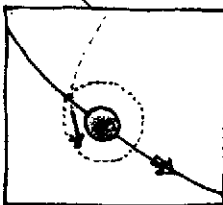
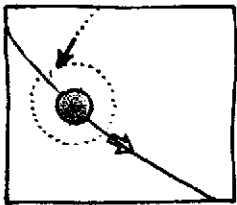


En efecto, cuando un objeto pasa cerca de la vecindad de un planeta, éste tiende a "remolcarlo" y le comunica un excedente de velocidad



Las sucesivas ganancias de velocidad le permiten a las sondas ir más allá del sistema solar

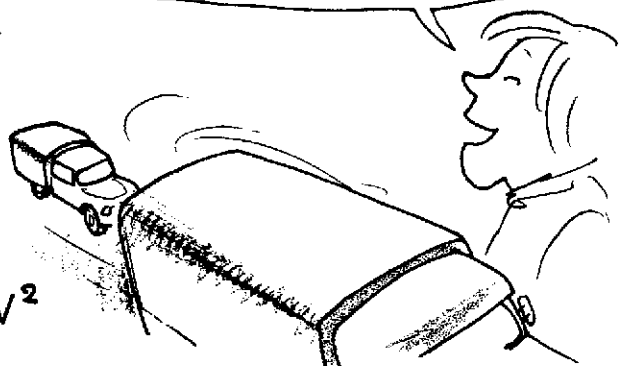
Eso me hace pensar en mi tío Adolfo cuando con su pequeño vehículo se hace detrás de los camiones para ganar unos kilómetros por hora de más




La sonda penetra en la zona de atracción del planeta.

La velocidad aumenta.


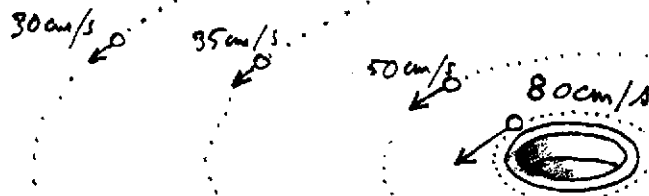
Luego deja la zona de atracción y sigue su ruta.



SATÉLITES GEOESTACIONARIOS

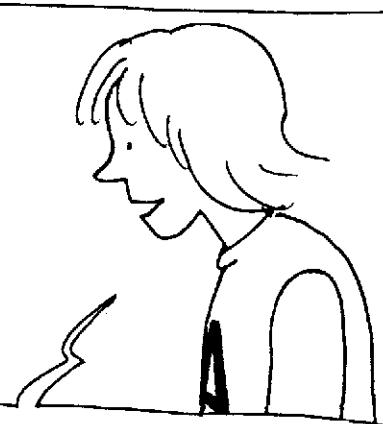
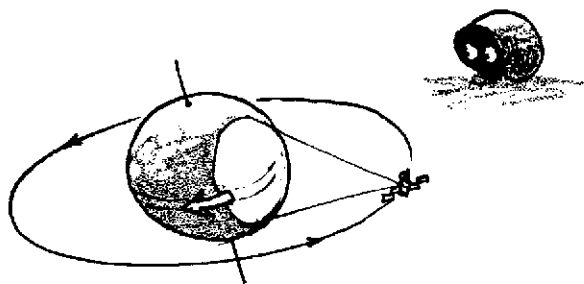


A cada distancia del pozo central le corresponde una velocidad orbital bien definida



Los PERIODOS DE REVOLUCIÓN aumentan a medida que se alejan de la Tierra (*). A baja altitud un satélite orbita en torno a la Tierra en poco más de una hora. La LUNA se tarda un mes

Por lo tanto, debe existir una distancia intermedia en la que el periodo de revolución sea de 24 horas



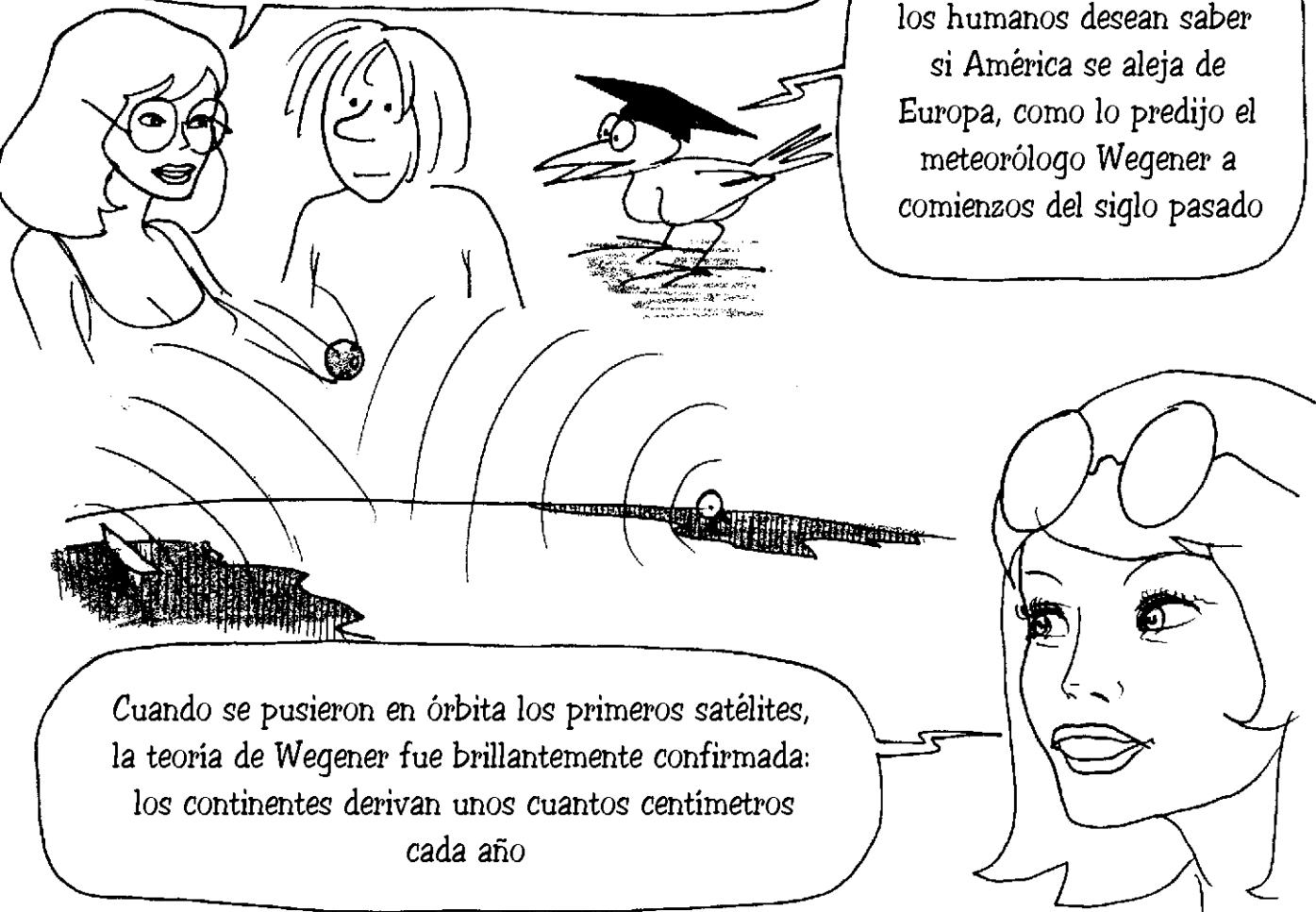
En estas condiciones el satélite debe hallarse siempre en la vertical del mismo punto sobre la superficie terrestre

(*) Es la LEY de KEPLER: el cuadrado del periodo de revolución varía como el cubo del radio de la órbita.

VISTA DESDE EL ESPACIO

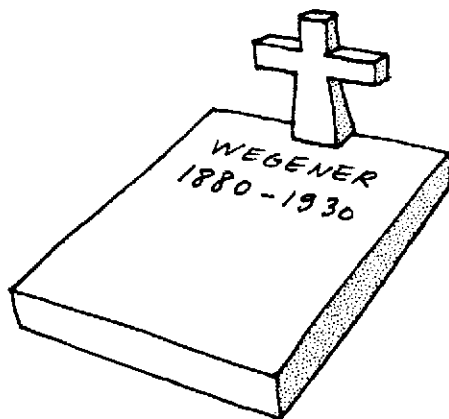
Desde hace mucho tiempo se sabe cómo medir la velocidad de acercamiento o de alejamiento de un objeto con gran precisión, cuando está a una gran distancia, por medio del efecto DOPPLER-FIZEAU (*)

Desde hace mucho tiempo los humanos desean saber si América se aleja de Europa, como lo predijo el meteorólogo Wegener a comienzos del siglo pasado



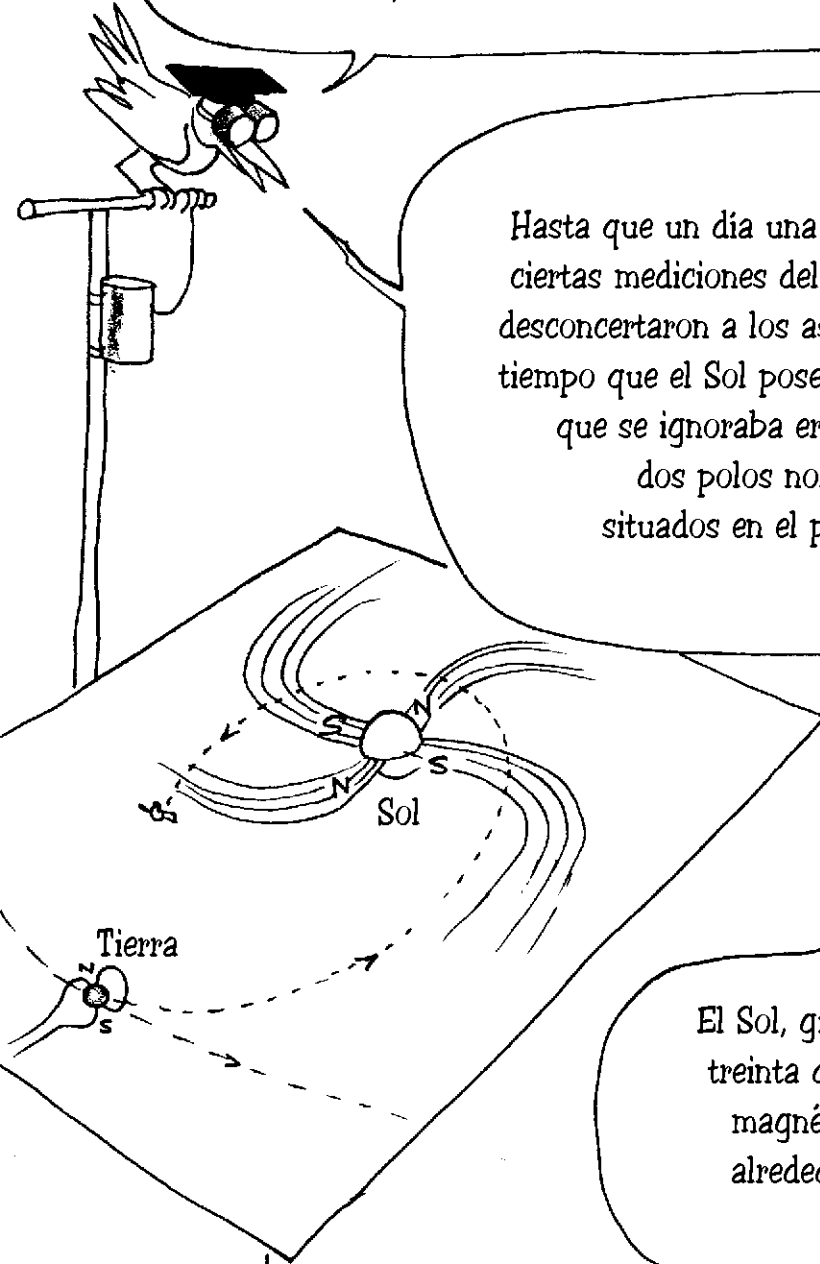
Cuando se pusieron en órbita los primeros satélites, la teoría de Wegener fue brillantemente confirmada: los continentes derivan unos cuantos centímetros cada año

Aprovechando que Wegener había fallecido, los geólogos que siempre lo habían denigrado rebautizaron su teoría como la TECTÓNICA DE PLACAS



Después de los geofísicos, los meteorólogos también aprovecharon las imágenes enviadas por los satélites para afinar notablemente sus predicciones. En cuanto a los militares, encontraron una manera de espiarse mutuamente

Hasta que un día una sonda circumsolar transmitió ciertas mediciones del campo magnético del Sol que desconcertaron a los astrofísicos. Se sabía desde hacía tiempo que el Sol poseía un campo magnético, pero lo que se ignoraba era que ese campo tuviera dos polos norte y dos polos sur, situados en el plano del ecuador solar



El Sol, girando sobre mí mismo en unos treinta días, arrastra consigo efluvios magnéticos que se despliegan a su alrededor como los chorros de una manguera de irrigación

Viendo este conjunto en un plano transversal, se ve como en este dibujo



¿Pero cómo se ha podido conocer la forma del campo magnético del Sol a una distancia tan grande?


La Luna, durante los eclipses, enmascara con precisión el disco solar, permitiendo apreciar bien la CORONA SOLAR y sus "protuberancias"

Estas exhalaciones están constituidas por gas ionizado a alta temperatura, y con la propiedad de que siguen las líneas de fuerza del campo magnético

Pero entonces... si estos chorros de gas ionizado, de PLASMA, siguen las líneas del campo magnético, entonces la corona solar, vista según su eje de simetría, se debe parecer a esto

¡Eso es... la ESVÁSTICA, el símbolo solar de los textos védicos! (*)

Los vedas son los libros sagrados de una muy antigua tradición hindú, que inspiraron a científicos como Heisenberg, Niels Bohr y Oppenheimer, pero de ahí a...



El campo magnético terrestre experimentó en el pasado una especie de rotación. ¿No habrá podido suceder lo mismo con el Sol?

Supongamos que la corona solar haya tenido este aspecto durante un eclipse hace unos cuantos miles de años. El misterio continúa puesto que esta corona, a esta distancia del Sol, habría resultado muy poco luminosa como para poder ser observada a simple vista. Habría sido necesario disponer de un sistema de exposición prolongada. A menos que se haya tratado de una coincidencia...

¡Vaya historia!

Las sondas espaciales enviadas a los cuatro rincones del sistema solar han encontrado cosas del todo inesperadas

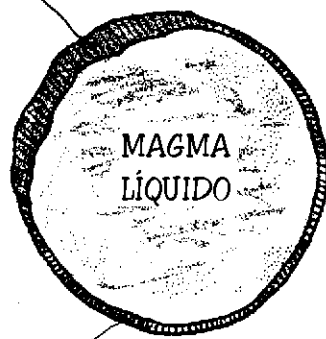
Así, por ejemplo, las ondas de radar emitidas por una sonda norteamericana, pasando a través de la cobertura nubosa de Venus, suministraron las primeras informaciones sobre su relieve

En la superficie de todos los planetas telúricos, es decir aquellos que no son masas totalmente fluidas como Júpiter y Saturno, el magma solidificado en la superficie forma, sin que se sepa explicar por qué, un "continente y un "mar"

¿De qué estás hablando?
¡Marte no tiene agua y Venus es un horno, con una temperatura en la superficie de 500 grados!



CONTINENTE (estrato con espesor)

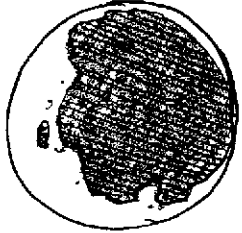


(Dibujo no a escala)

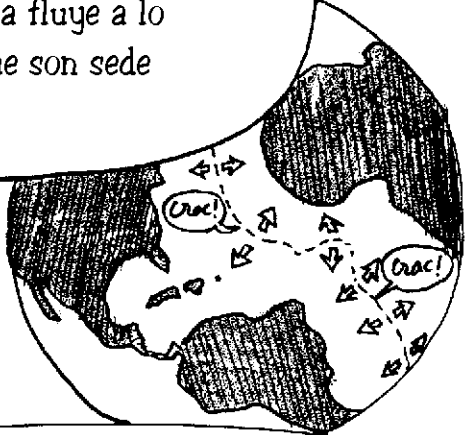
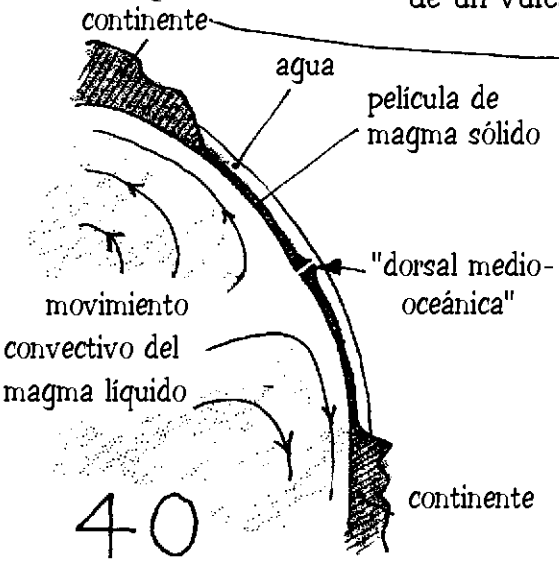
MAR (película sutil de magma solidificado)

En la Tierra, el agua en estado líquido no hace sino ocupar las regiones de baja altitud y un "continente" no es más que una masa de magma solidificado que flota en la superficie de una masa de magma líquido

Bien, Marte, Venus y Mercurio tienen un continente. ¿Y entonces?



En la Tierra los movimientos internos del magma tiran fuertemente de la corteza solidificada y la fracturan, creando una **DERIVA DE LOS CONTINENTES**. Incesantemente esta película se rompe y el magma fluye a lo largo de las **DORSALES MEDIO-OCEÁNICAS**, que son sede de un vulcanismo bastante activo



Miren por ejemplo esta especie de cadena montañosa submarina, situada a mitad de camino entre Africa y América del Sur, las cuales se alejan la una de la otra

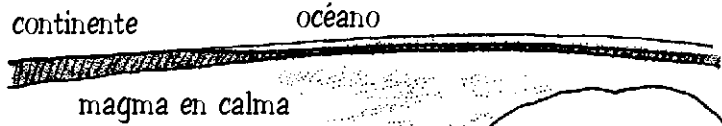
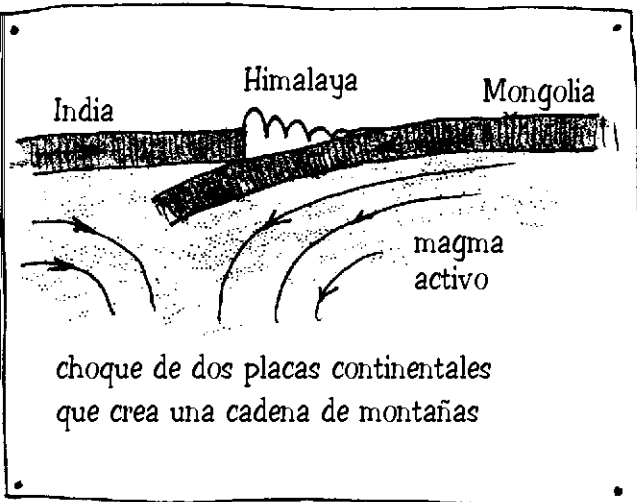
La cartografía mediante radar de los otros planetas reveló que no existían en ellos dorsales medio oceánicas, y no descubrió fragmentación alguna de sus continentes primitivos



Eso quiere decir sencillamente que los magmas de Marte, Venus y Mercurio están en "calma", a diferencia del magma terrestre



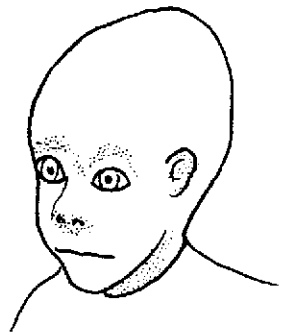
Supón que existiera en otra parte, alrededor de alguna otra estrella, un planeta con agua en estado líquido. Las lluvias erosionarían rápidamente los relieves primitivos debidos al impacto de los meteoros. Y puesto que no habría deslizamiento de placas que llevaran a la formación de montañas, dicho planeta sería... plano como la palma de la mano



Si se desarrollara la VIDA en un planeta "liso", la ausencia de fronteras naturales se opondría a evoluciones separadas



Habría menos especies animales y si se desarrollara una cepa humanoide, no existiría más que una sola raza y una sola lengua

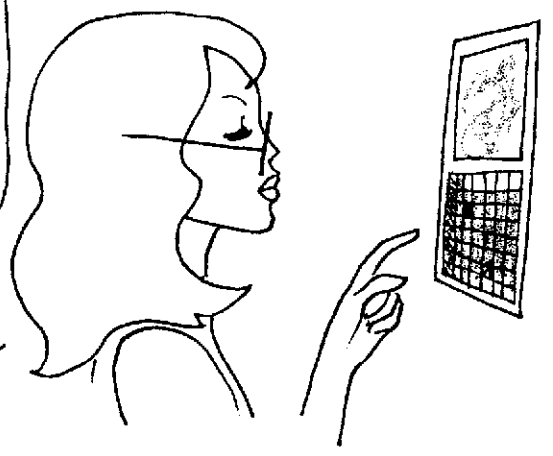


A escala de nuestro sistema solar la deriva de los continentes es, por lo tanto, un fenómeno raro, puesto que sólo se da en la Tierra. Si esto es cierto, los extraterrestres que vinieran a visitarnos se llevarían una sorpresa



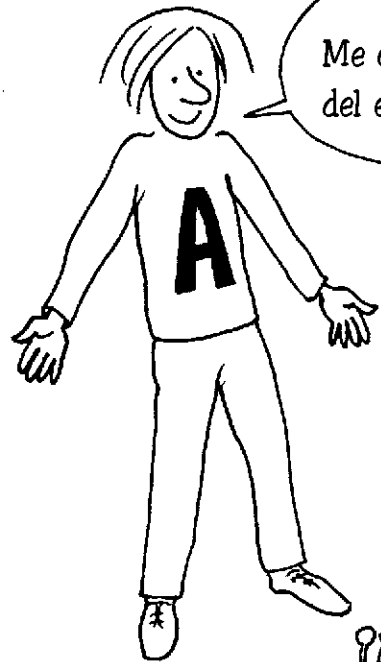
Jefe, aparentemente se pintan con colores diferentes según la región

Se podrían realizar descubrimientos aún mayores a partir del espacio.
¡Ah, cómo me gustaría participar de esa aventura!



Tengo una misión HERMES el día 15. Si quieres, te llevo...

¡Formidable!
Me convertiré en un hombre del espacio, en un **ESPACIAL**



Un momento, primero hace falta que entrenes seriamente

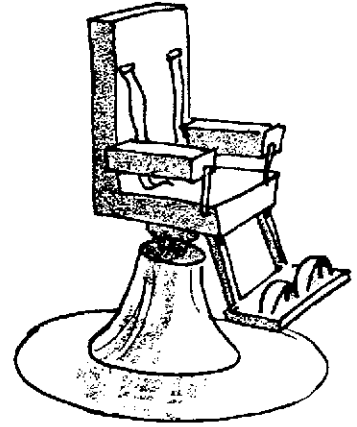


EL ENTRENAMIENTO DEL ASTRONAUTA

¡Pero... si estoy en perfectas condiciones físicas!?!

Ven acá un momento

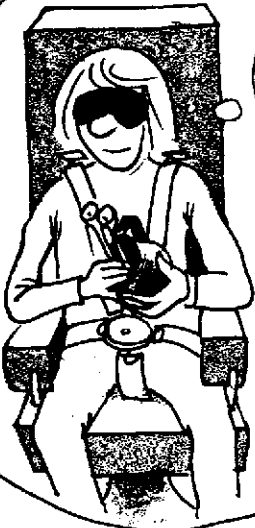
¿Y eso qué es?
¿Una silla eléctrica?



Bah... es sólo una simple silla que gira sobre su eje

¿Estás listo?

¿Epa... qué sucede?

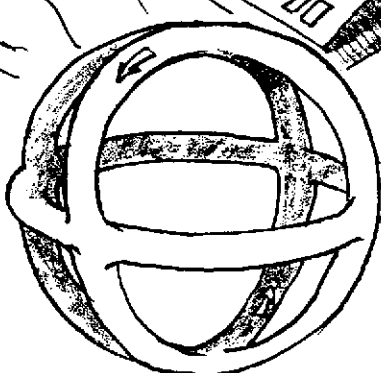
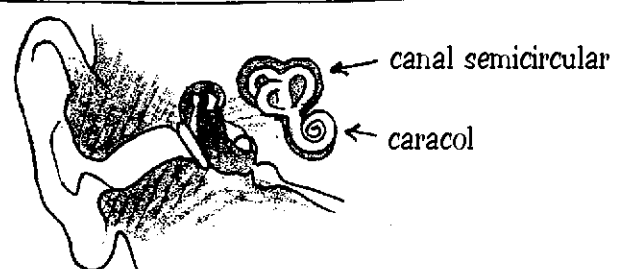
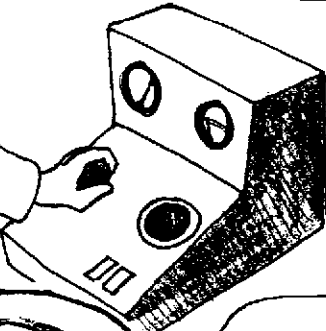




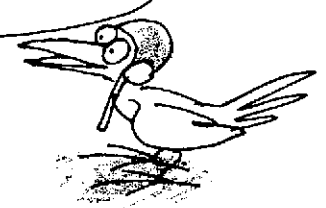
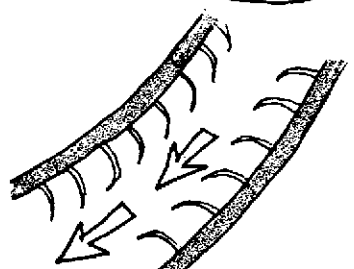
¡Sofía! ¿Qué le han hecho a esta silla?!
 ¡¡Tengo la sensación de estar en una montaña rusa!!



Quando tienes los ojos cerrados, para evaluar la posición que ocupas en el espacio utilizas tu SISTEMA AURICULAR, tu OÍDO INTERNO



Imaginen una central inercial compuesta por tres tubos llenos de líquido, situados en tres planos perpendiculares, con su interior revestido de pelos que hacen el papel de receptores. Cuando este sistema gira sobre sí mismo, el líquido se desplaza y el flujo hace plegar los pelos, lo que permite detectar cualquier tipo de ACELERACIÓN ANGULAR





Cuando se experimenta una aceleración angular durante cierto tiempo, se evalúa la velocidad angular adquirida, y en el momento en que hay desaceleración, se tiene una idea algo vaga de la amplitud del desplazamiento angular realizado. Este sistema de medición resulta, sin embargo, bastante impreciso

Este condenado movimiento de rotación fue suficiente para mezclar el líquido en mis conductos, hasta el punto de que ya no sé dónde está arriba y dónde está abajo



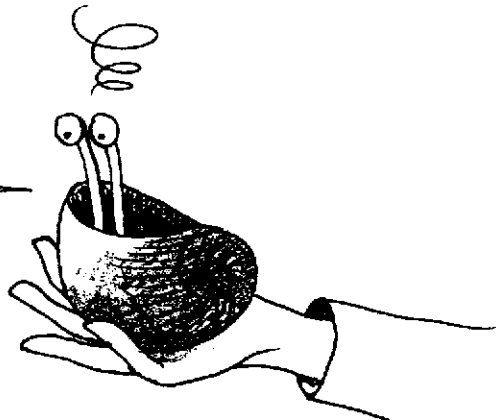
¡Tiresias, responde!

Parece estar completamente refugiado en el fondo de su concha

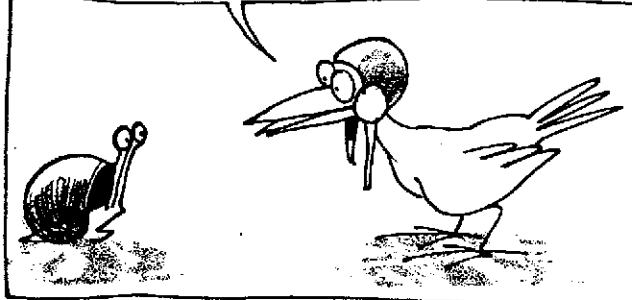
Ya puedes salir, se acabó...

¿Están seguros?

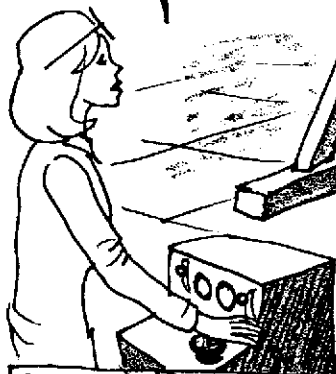
¿Por qué pusieron el centro de entrenamiento al revés?



Imagina que un día te encuentras en una cápsula espacial accidentalmente desequilibrada.
En un caso así no es fácil mantener cabeza fría

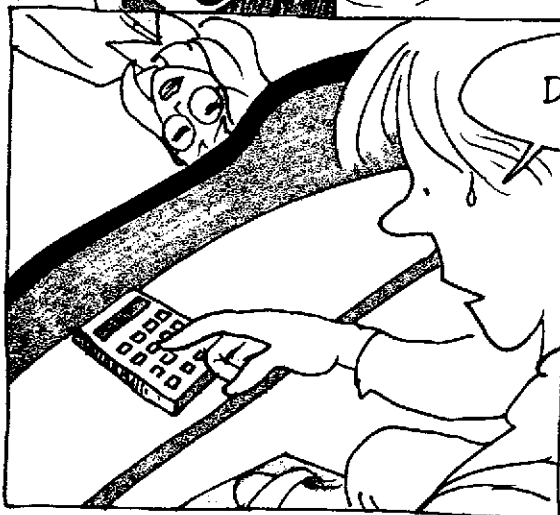


Anselmo,
¿cuánto es 47
por 38?



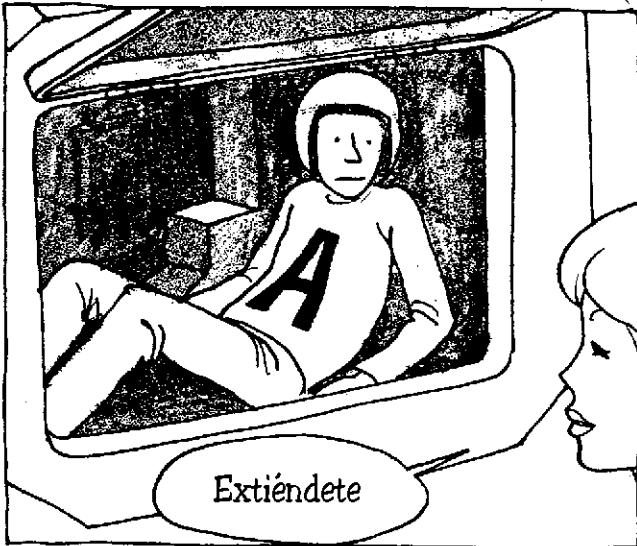
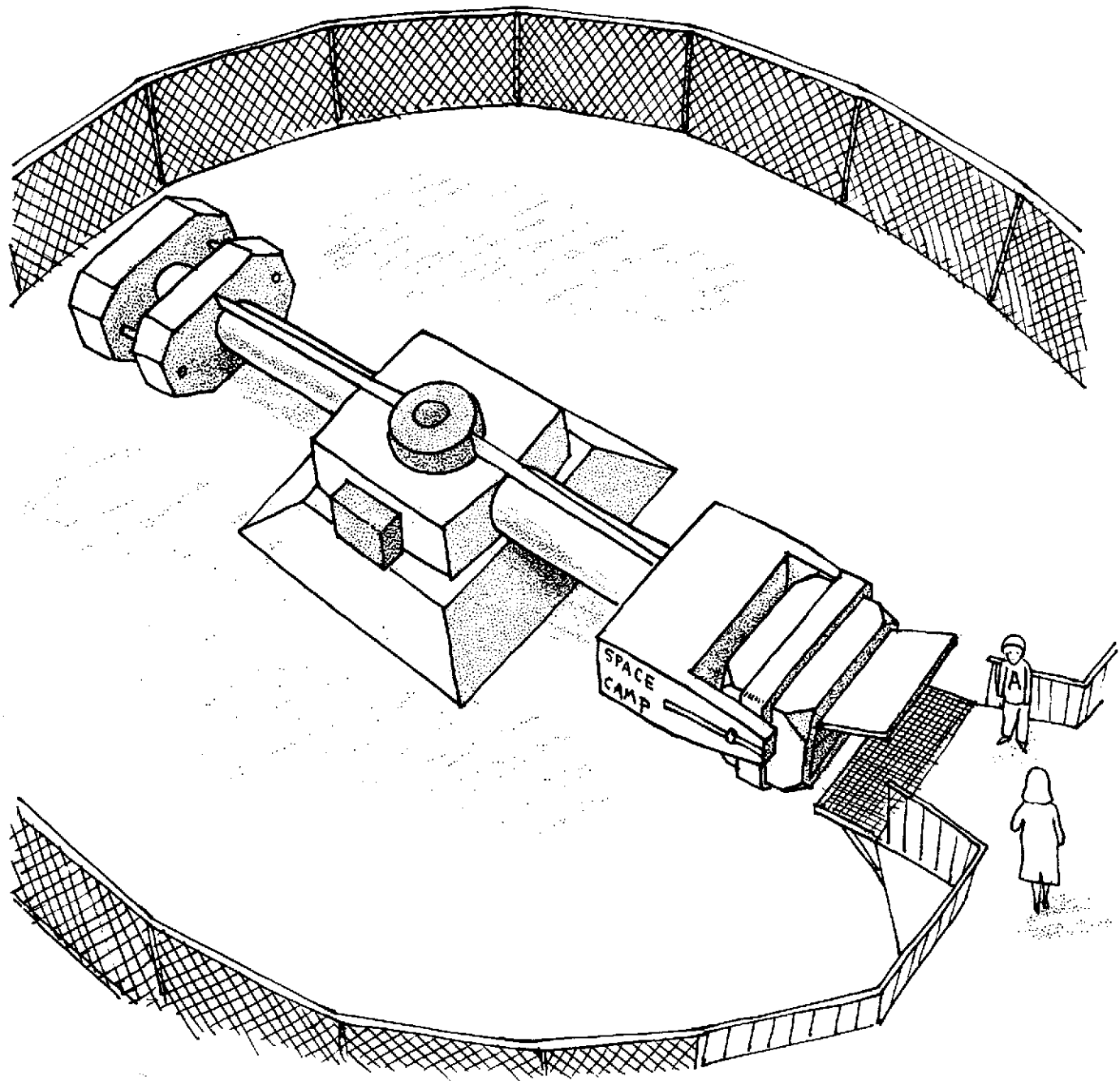
Un momento
y te lo calculo

Diablos, no es fácil...



Pasemos ahora a la centrifugadora





Extiéndete



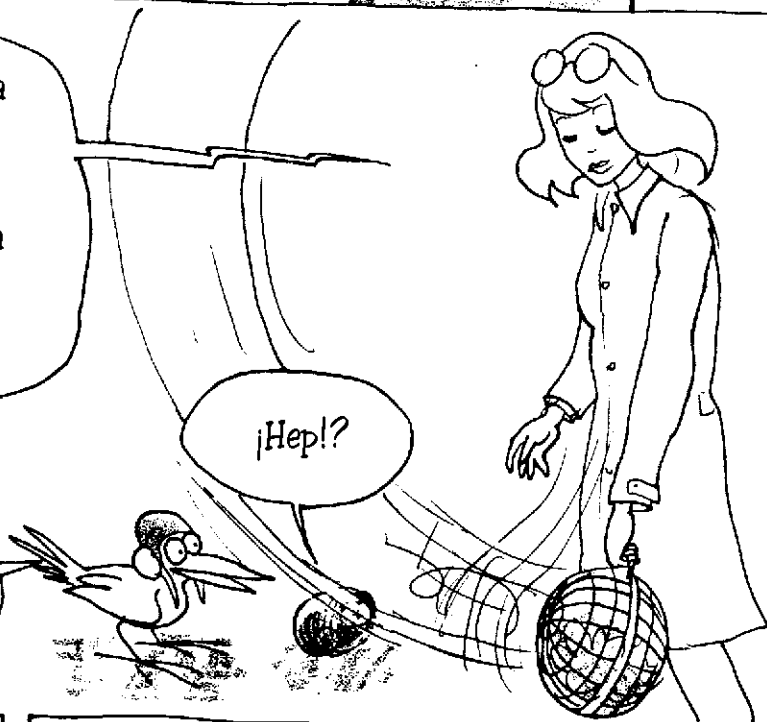
Bueno, aquí vamos...



¿Sofía,
qué quiere decir 3g?

En este momento, Anselmo pesa tres veces su propio peso. Si quieres verlo así, 3g es la aceleración que experimenta la ensalada cuando hago girar la coladora de esta forma

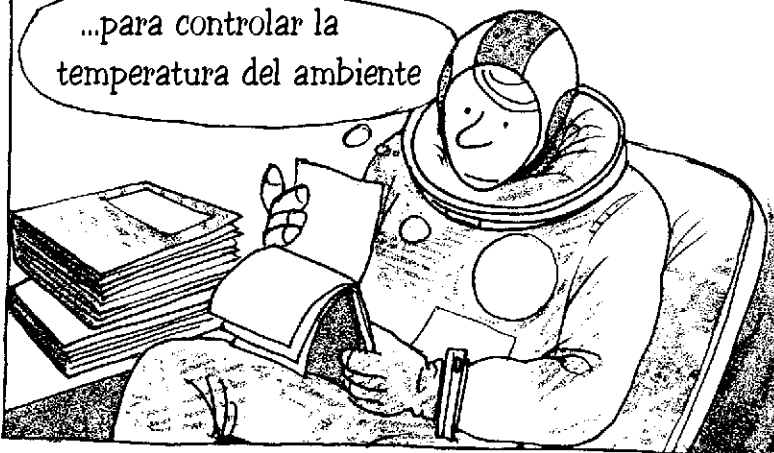
¿Te imaginas a Tiresias en una coladora a 3g?

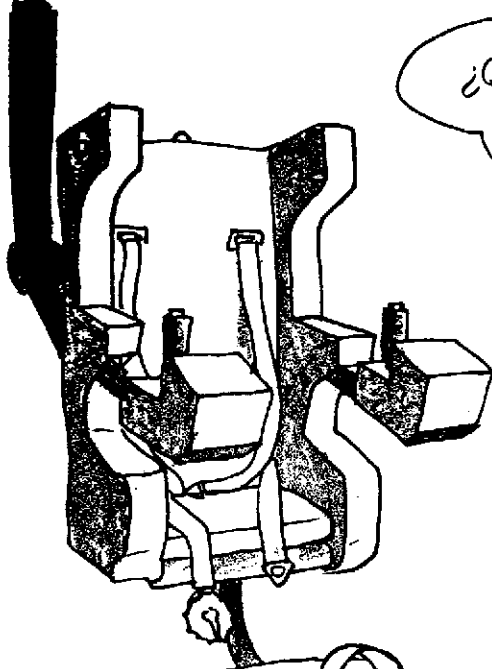


Es el valor máximo de aceleración que se ha tenido en una misión

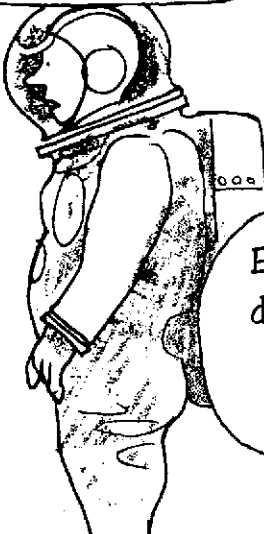
En las semanas siguientes Anselmo se familiarizó con todas las fases de la misión, todos los procedimientos y todas las medidas de seguridad.

...para controlar la temperatura del ambiente





¿Qué es este aparato?



Es una maqueta a escala 1/1 del SCOOTER ESPACIAL que deberás maniobrar durante la misión

¿Lo llevamos a la nave?

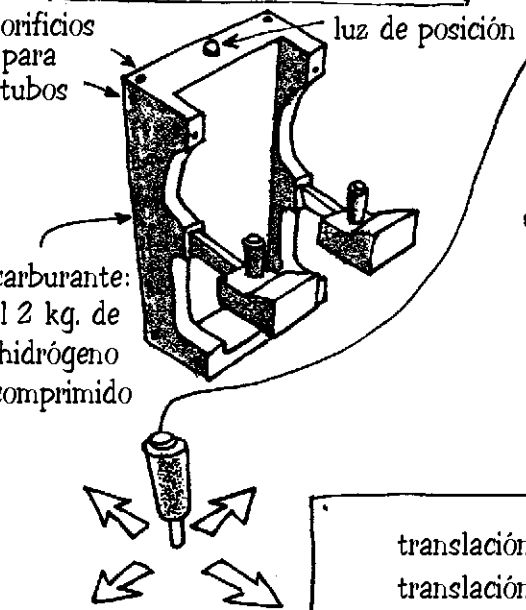


No, ya hay uno allá arriba. Nos contentaremos con ponerle carburante (*)



Aquí hay dos palancas. ¿Para qué sirven?

COMANDOS DEL SCOOTER



botones

movimiento de balanceo

movimiento de zig-zag

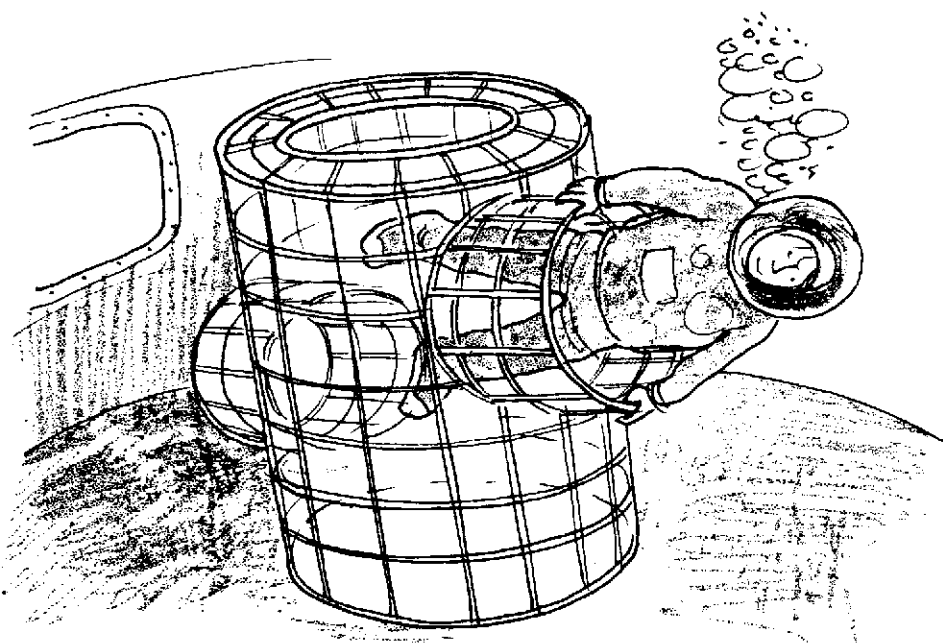
movimiento de translación vertical

movimiento de la palanca

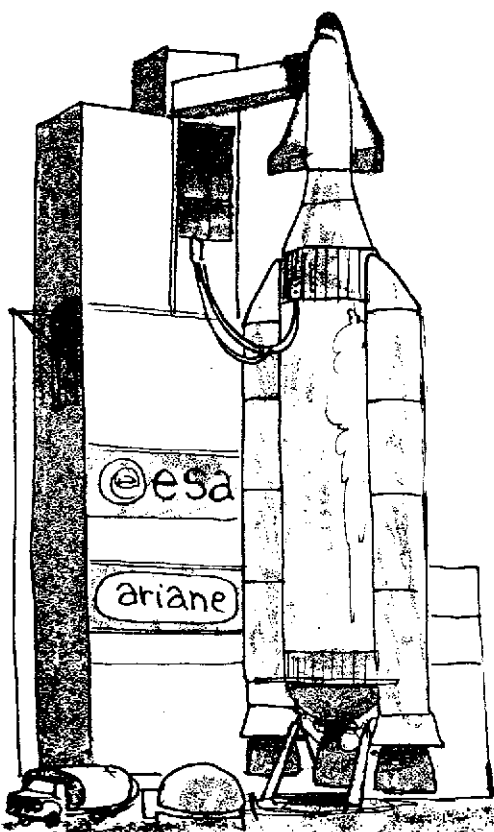
translación adelante-atrás
translación izquierda-derecha

(*) Hidrógeno a presión.

Anselmo completa su entrenamiento pasando muchas horas en la cápsula de simulación de INGRAVIDEZ, repitiendo los movimientos de su futura misión en el espacio.



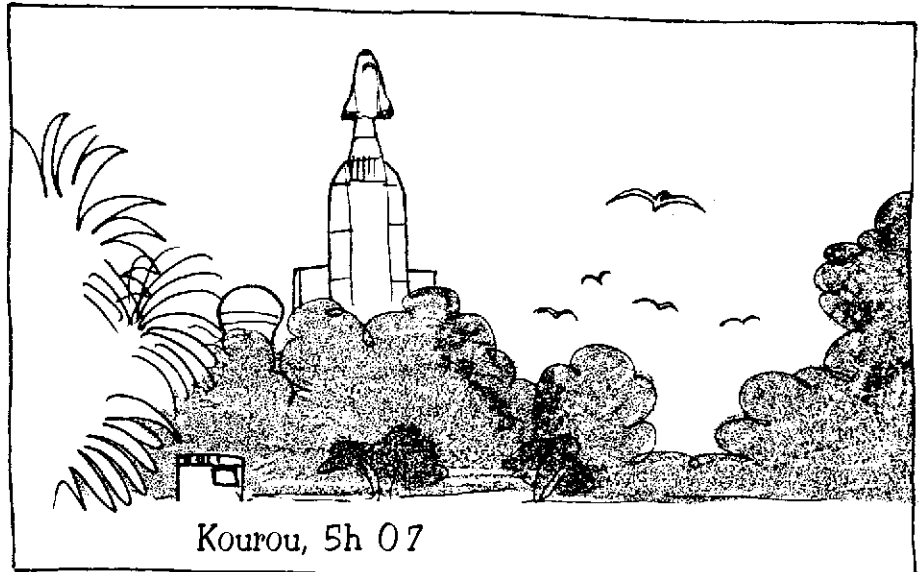
LA NAVE



Aquí está la nave, ubicada en la plataforma de lanzamiento Ariane 5. Todo el conjunto alcanza una altura de cincuenta metros. El propulsor está formado por dos BOOSTERS (*) de pólvora, cada uno de los cuales desarrolla un empuje de 600 toneladas. Están al lado de un propulsor de hidrógeno y oxígeno líquidos, dotado de un anillo orientable que permite pilotear todo el conjunto. Se desarrolla así un empuje de 110 toneladas, para un total de 1310 toneladas. El conjunto de propulsor y nave espacial pesa 750 toneladas.



Adiós,
vieja Tierra



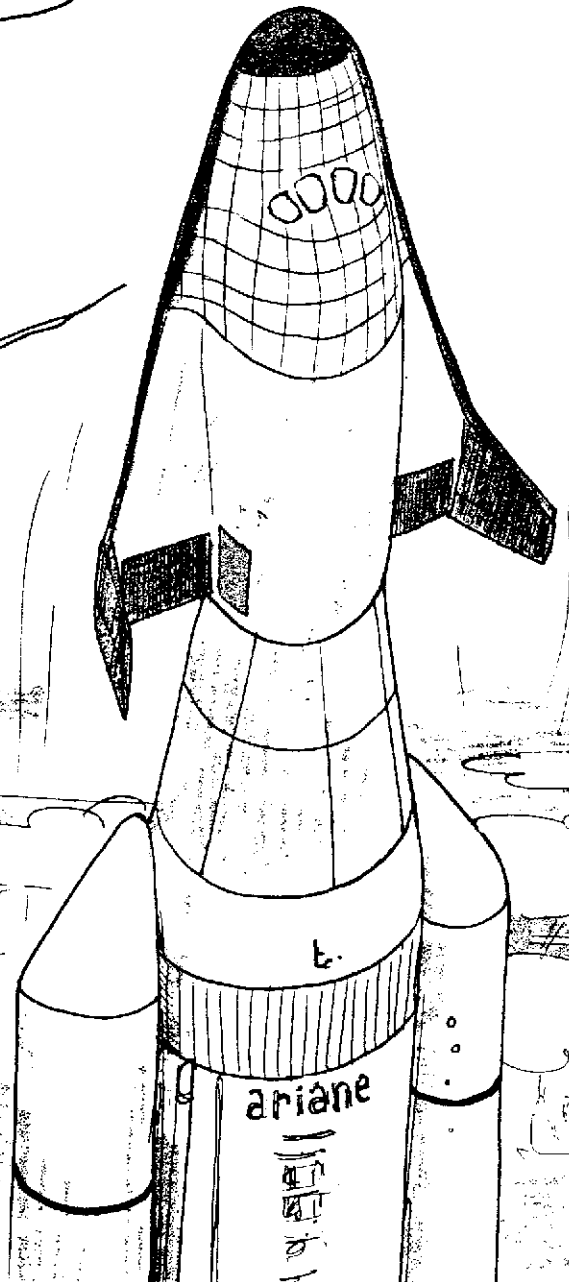
Kourou, 5h 07



¿Todo bien,
Anselmo?

Si, es menos duro
que la centrifugadora

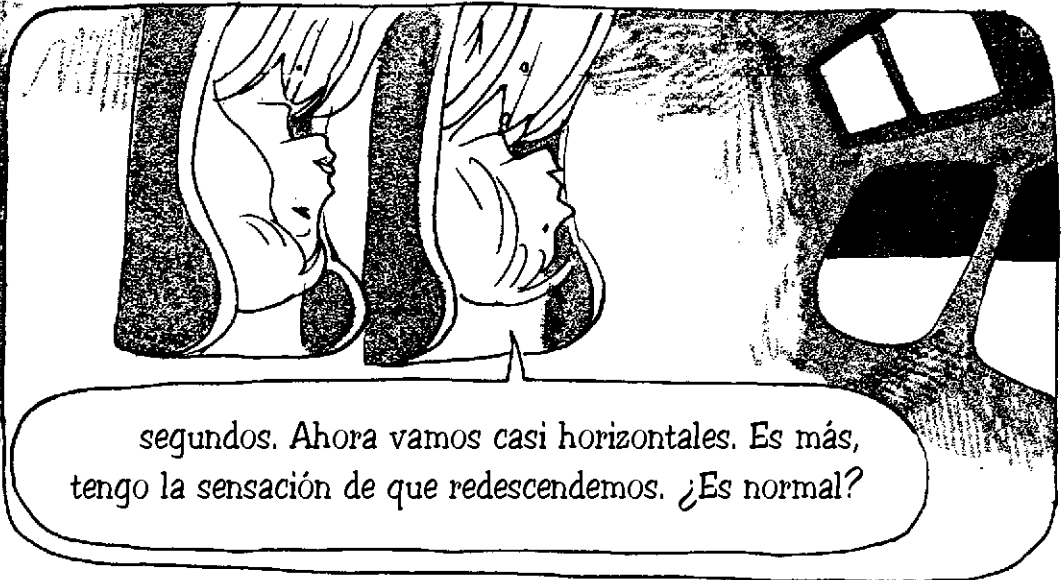
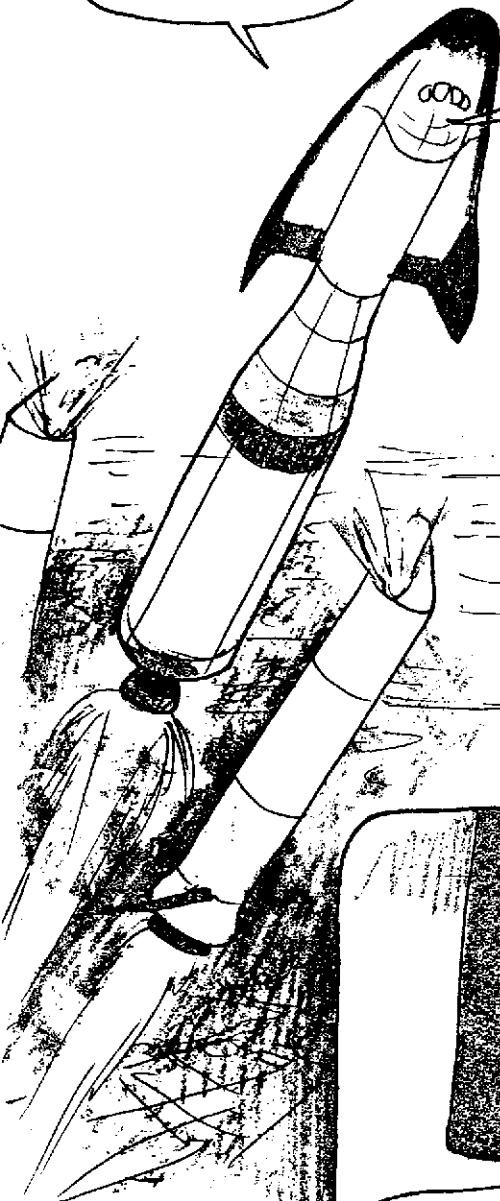
Durante nuestra PUESTA EN
ÓRBITA, la aceleración no
sobrepasará 3g



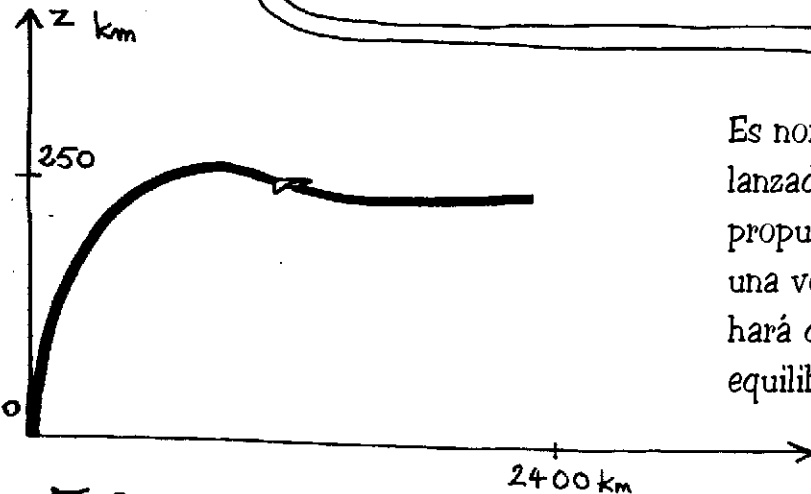
La velocidad del sonido (340 m/s) se alcanza en cincuenta segundos.

120 segundos

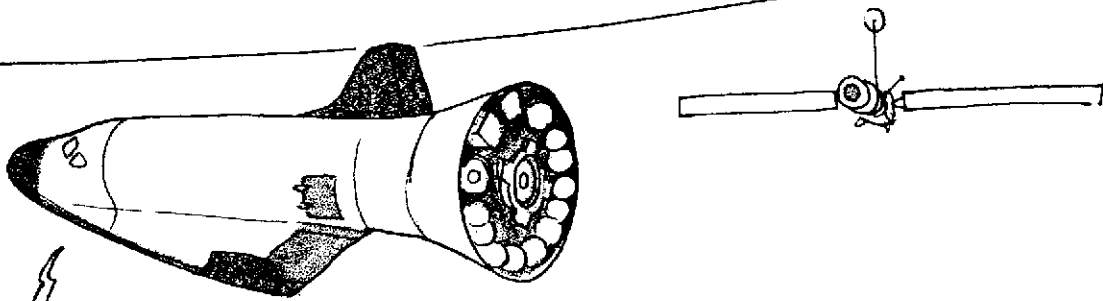
Altitud: 40 km.
Abandonamos los dos
boosters que nos
ayudaron a salir de la
zona densa de la
atmósfera



segundos. Ahora vamos casi horizontales. Es más,
tengo la sensación de que redescendemos. ¿Es normal?



Es normal. En unos segundos el lanzador va a desprenderse y el propulsor de la nave la llevará a una velocidad de 7,8 km/s, lo que hará que la fuerza centrífuga equilibre nuestro peso.



Hemos llegado al laboratorio orbital, a 250 km de altitud



Y ahora a trabajar



Caray, la sangre se me baja a la cabeza

Es uno de los efectos de la INGRAVIDEZ. No te preocupes, ya te pasará

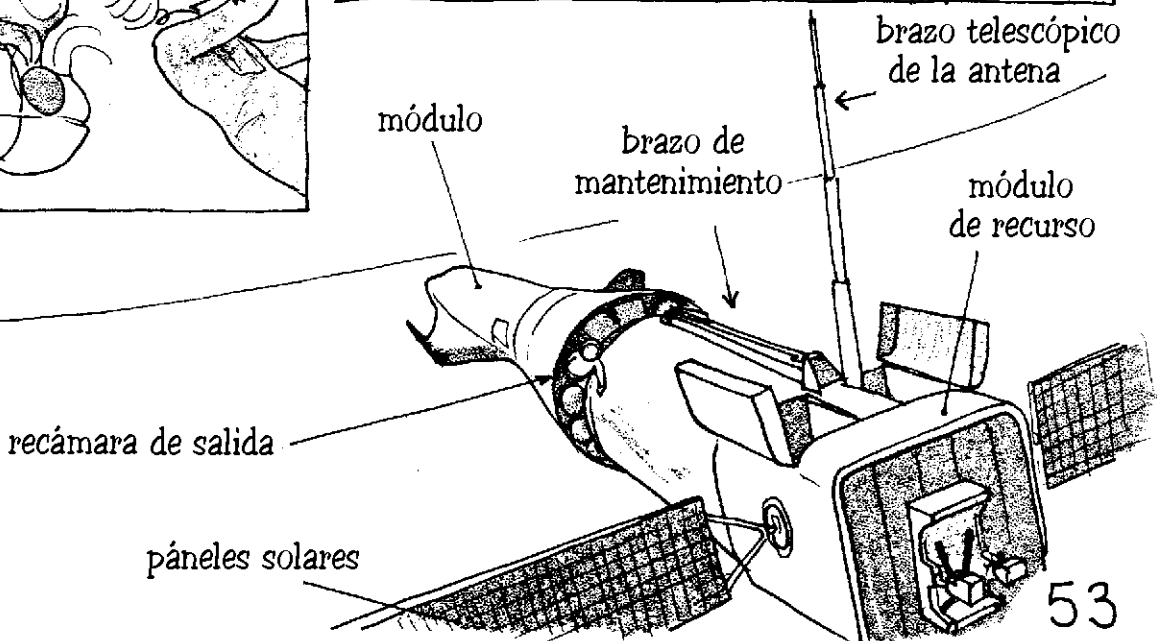


Bueno, tenemos un montón de cosas por hacer antes de salir al espacio



Puedes cambiarte

CUATRO HORAS DESPUÉS...



brazo telescópico de la antena

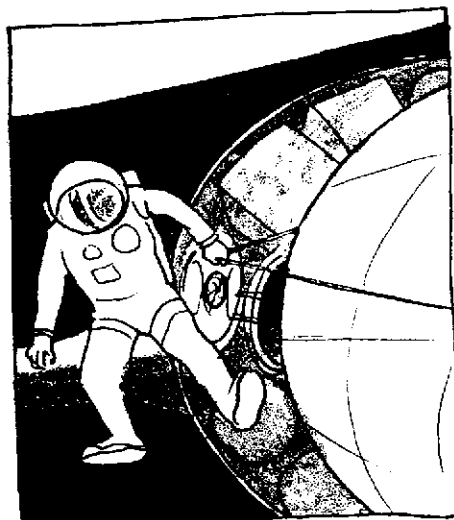
módulo

brazo de mantenimiento

módulo de recurso

recámara de salida

páneles solares



Conectar el tubo 24
al tanque de freón...

Mientras Anselmo realiza sus labores afuera en
el espacio, Sofia termina de tomar datos
de los diferentes
experimentos instalados
a bordo de la estación

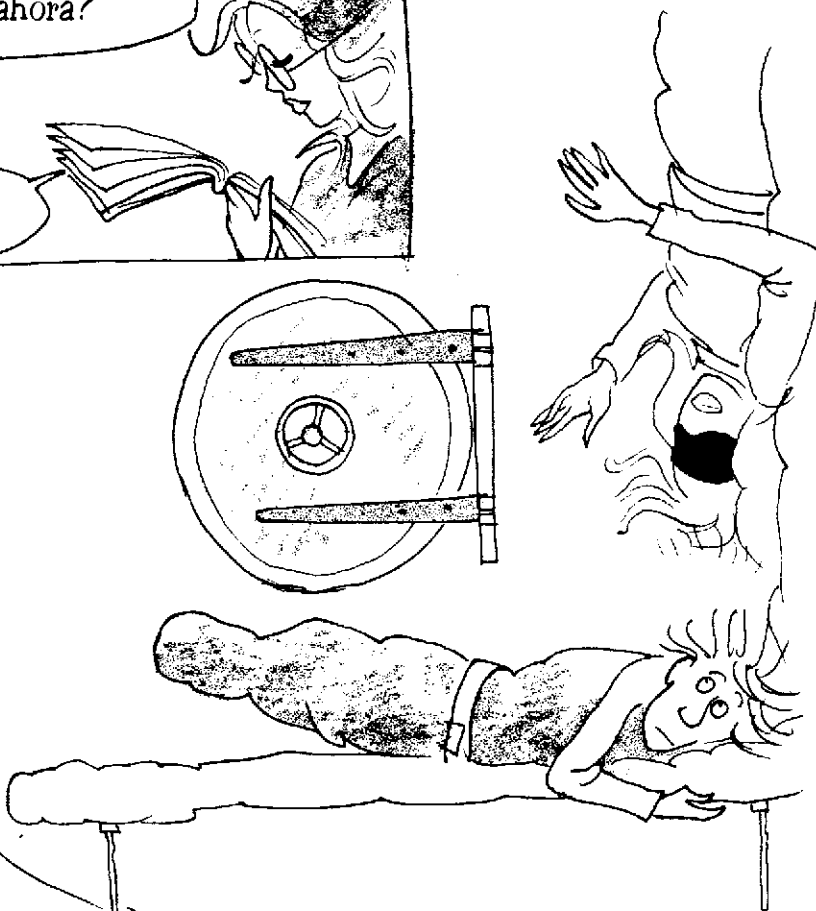
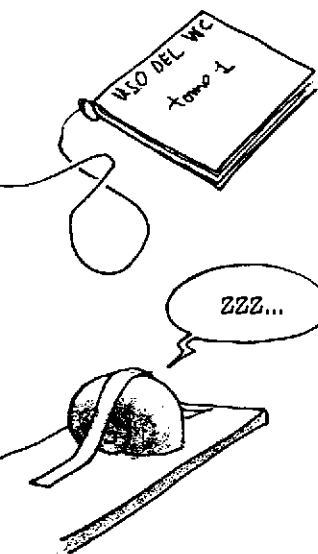
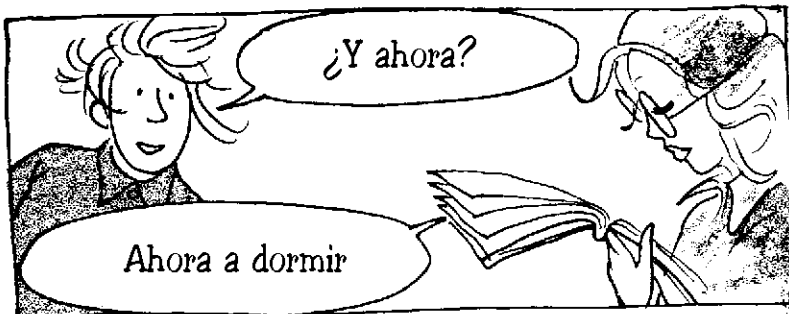


¡En una estación espacial
uno pasa su tiempo
trabajando!



¿Y ahora?

Ahora a dormir



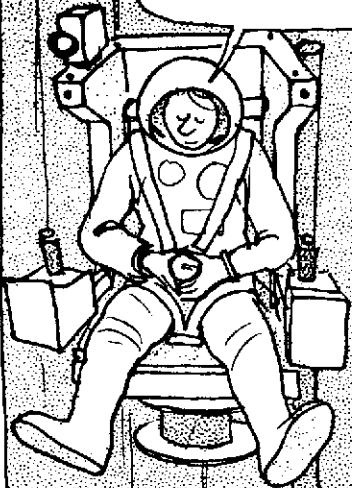


¡Arriba, grumete!
Hay que tomar datos sobre polución espacial
a mil metros de la estación

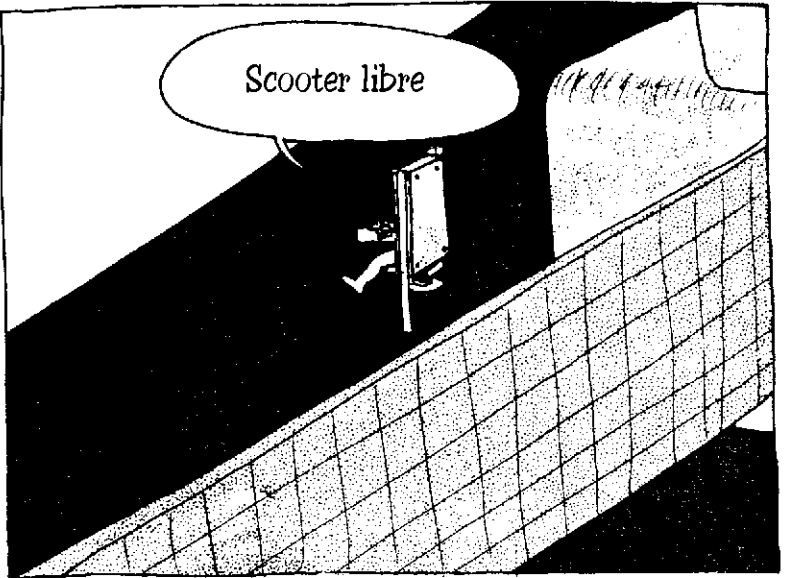
¿Arriba? ¿Cómo puedes ponerte
de pie en un mundo en el que no
hay ni arriba ni abajo?

Voy a la parte trasera de la
estación para desenganchar
el scooter

Cinturones abrochados



Scooter libre

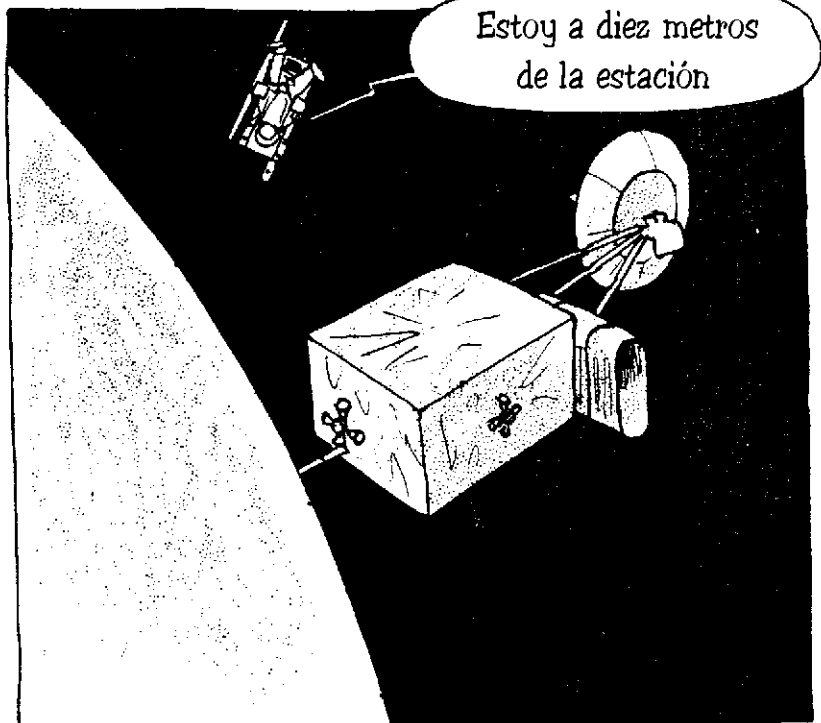


¿Lo ves?



Si, ahí está. Veo su vela
brillando al sol y me dirijo
en esa dirección

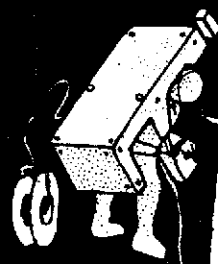
Estoy a diez metros
de la estación



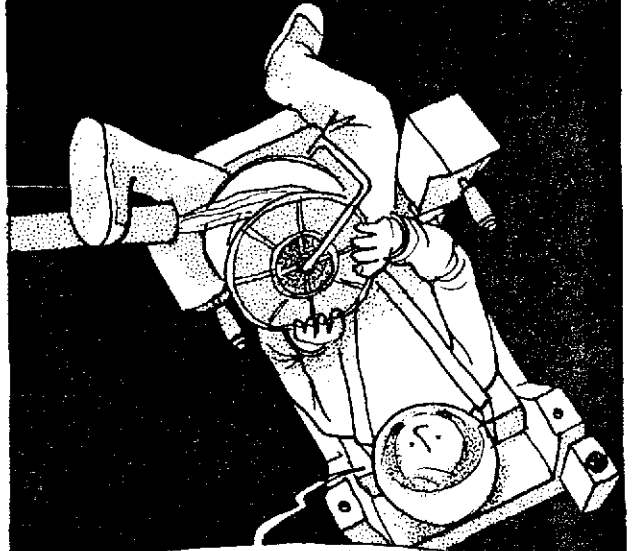
Estoy justo encima.
¡Santo cielo, qué coladera! (*)

La fase delicada será
replegar esta vela de mylar
destinada a coleccionar las
moléculas y partículas que
constituyen el medio
ambiente terrestre

Esta liviana
sombriilla se
mantiene
desplegada
gracias a un leve
movimiento
de rotación

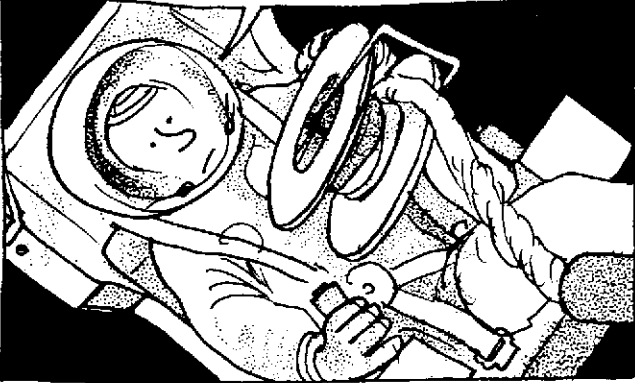


Sofia, estoy comenzando a replegar la sombrilla con la ayuda del tubo-guia



Ups... ¿qué sucede?!

Estoy comenzando a girar como un trompo. ¡Rápido, tengo que estabilizarme!



¡Rayos!.. ¿me habré equivocado de comando?

¿Anselmo, qué sucede? La imagen ha desaparecido...



Verifica la cámara instalada en la parte superior de tu scooter



A causa de una maniobra errada he quedado completamente envuelto en la vela de mylar



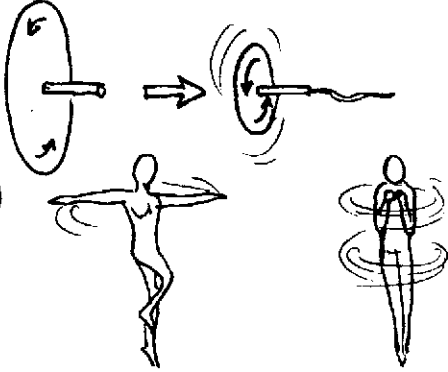
Estoy girando sobre mí mismo como un verdadero trompo. Y encima no logro safarme de este bendito mylar que se adhiere a mí como un pulpo



Tal vez se deba a un fenómeno de naturaleza electrostática

¿Pero por qué gira como un trompo?

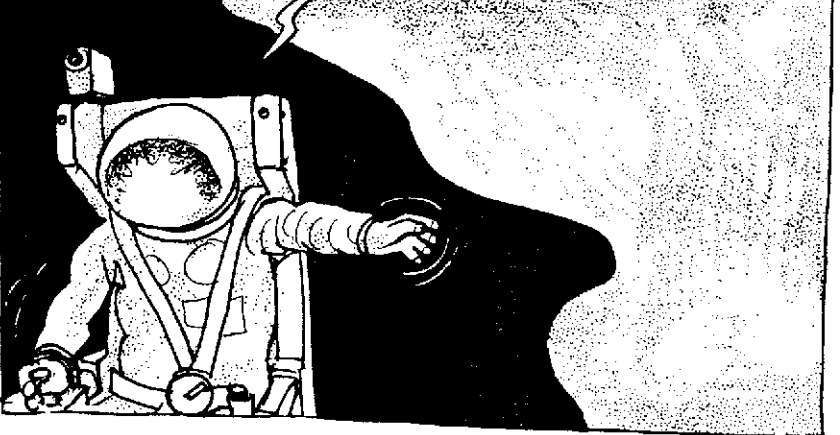
Al recoger la vela de mylar Anselmo ha recuperado el **MOMENTO CINÉTICO** de las masas, como una patinadora que recoge los brazos hacia su cuerpo

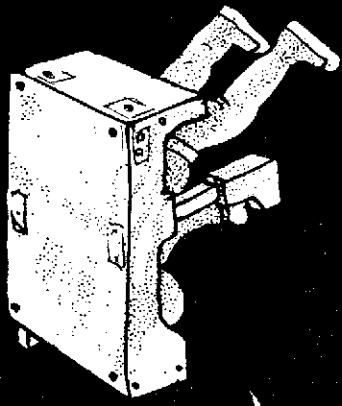


Anselmo, trata de tranquilizarte. Te siento resoplar como un caballo. Vas a consumir todo tu oxígeno...



Por fin. Parece que logré liberarme de la abominable trampa. Pero mi visera se ha empañado y no veo prácticamente nada...





Logré anular mi movimiento de rotación. Claro que a ciegas no es nada fácil

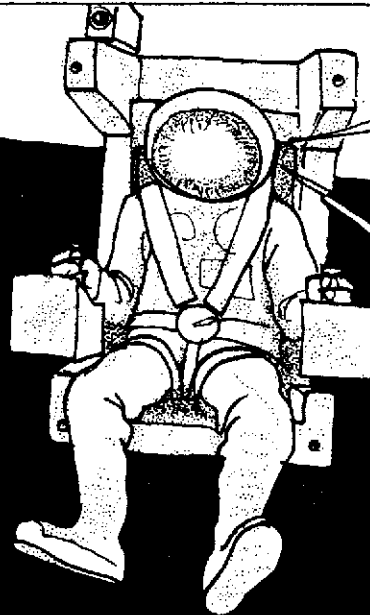
Está a punto de agotar todas sus reservas. Si continúa así, no logrará regresar jamás a la estación



Pegándose a tu escafandra, la vela de mylar tuvo que afectar el sistema de acondicionamiento de aire. Cálmate, todo va a salir bien

¡Sofía, regrésame a la estación...!
No logro ver nada...

Veré yo por tí. Tengo de nuevo la imagen de video del scooter y te veo en el radar de a bordo



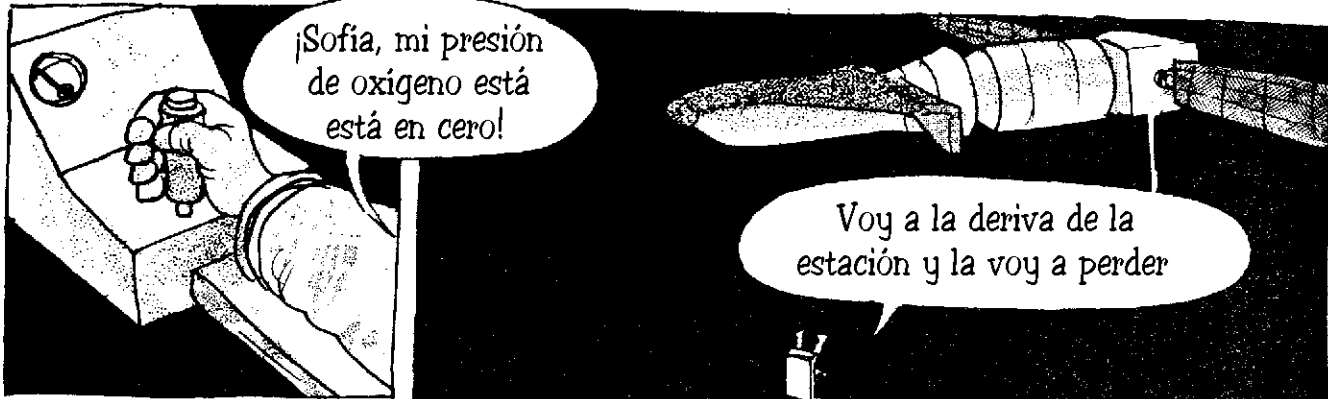
¡No logro ver la palanca!..

Yo sí la veo. Continúa así

Estás en la trayectoria correcta. Corrige un poco...

El vaho se ha ido. Empiezo a distinguir la estación





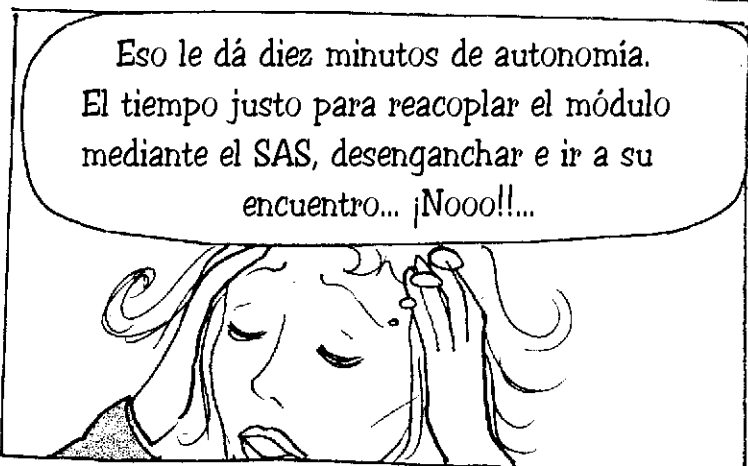
¡Sofía, mi presión de oxígeno está está en cero!

Voy a la deriva de la estación y la voy a perder

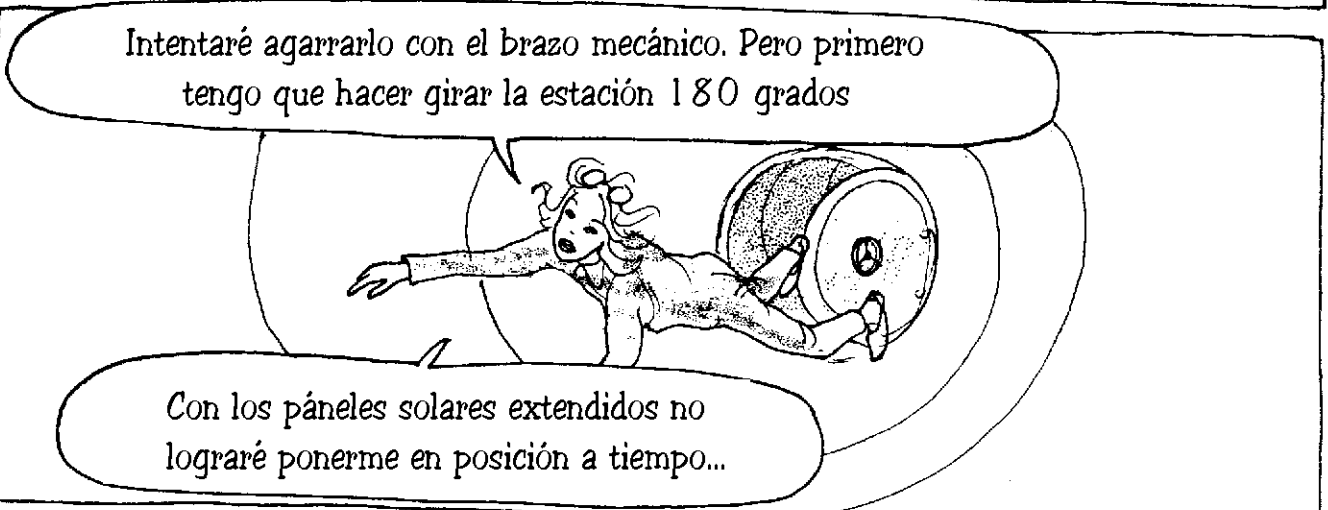


No te preocupes. Voy a recogerte con el módulo

Sofía, mi presión de oxígeno es menor que 10 kg...



Eso le dá diez minutos de autonomía. El tiempo justo para reacoplar el módulo mediante el SAS, desenganchar e ir a su encuentro... ¡Noooo!!...



Intentaré agarrarlo con el brazo mecánico. Pero primero tengo que hacer girar la estación 180 grados

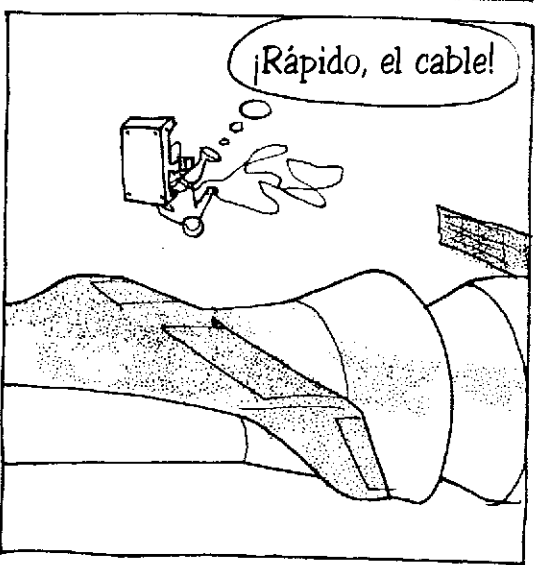
Con los pánels solares extendidos no lograré ponerme en posición a tiempo...



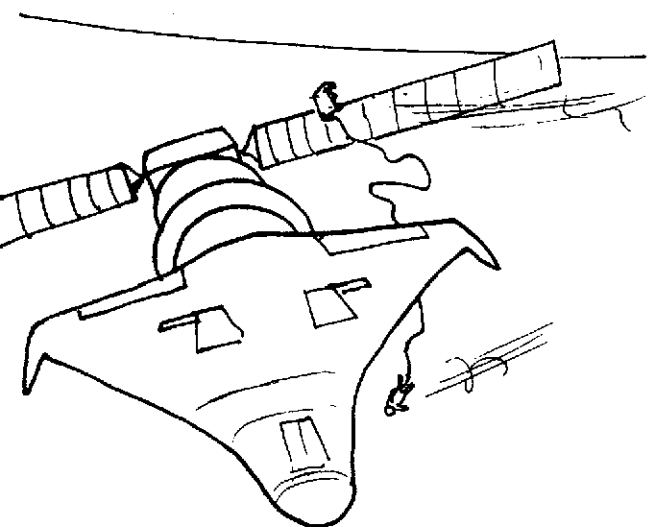
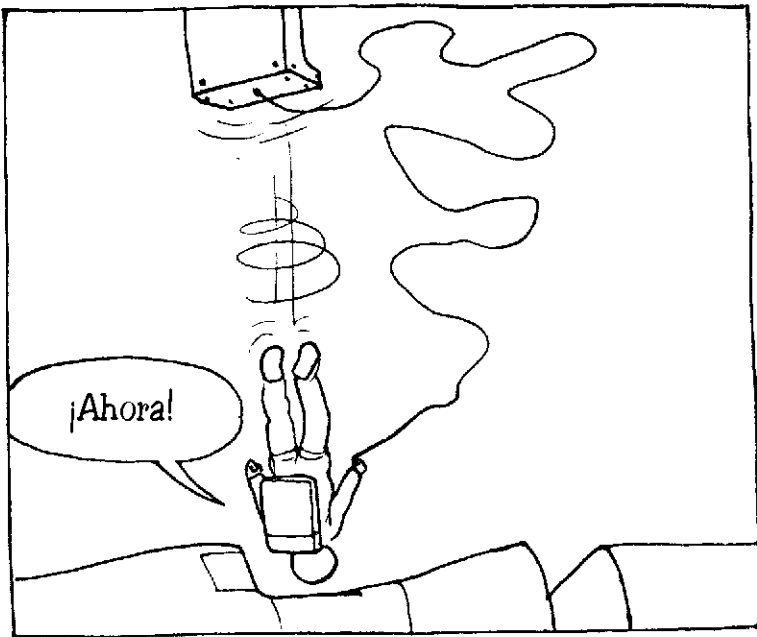
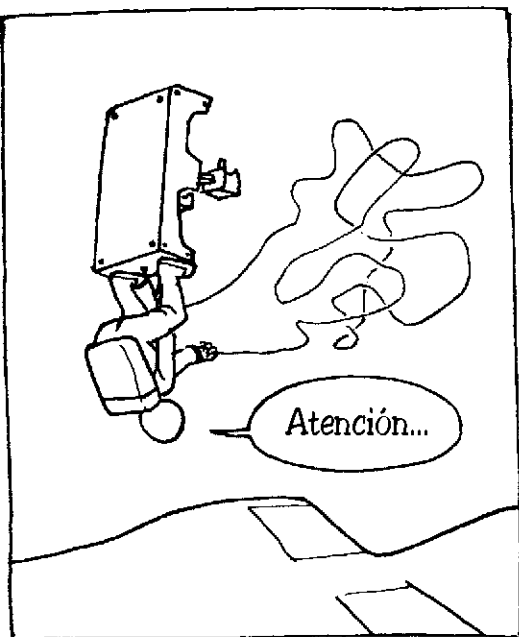
¿Lo ves?

Sí, se ha separado del scooter

¿Eh!?! ¿Pero qué está haciendo?!



¡Rápido, el cable!



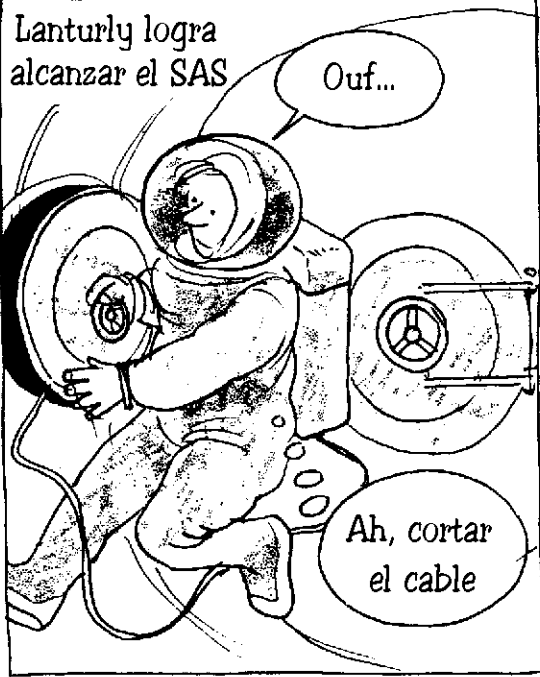
Utilizando el PRINCIPIO DE ACCIÓN-REACCIÓN, Anselmo, apoyándose en el scooter, lo empuja a un lado de la estación, lanzándose al mismo tiempo en la dirección opuesta.



Lanturly logra alcanzar el SAS

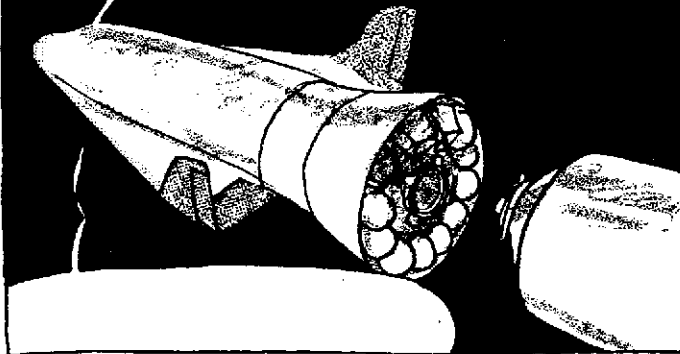
Ouf...

Ah, cortar el cable

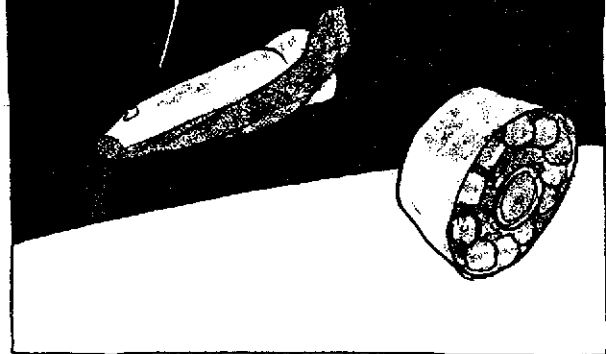


¡Anselmo, tuve tanto miedo...!

Aquí la Tierra, cambio. Está listo el procedimiento de reingreso



SAS desenganchado



Maniobra de frenado

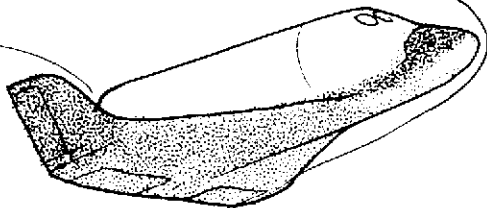


Una modesta pérdida de velocidad, de unos cien metros por segundo, es suficiente para hacer inclinar la nave

Encendido del motor de inversión

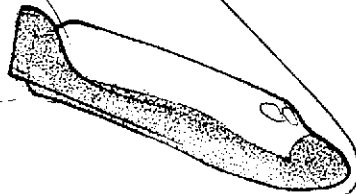


La nave



Hermes enfrenta con un gran ángulo la atmósfera terrestre a 80 km de altitud y a 2770 km/h. Es en este momento que los efectos térmicos adquieren mayor importancia.

Luego, cuando su velocidad ha bajado lo suficiente, a unos 30 km de altitud, la nave se inclina hacia el suelo a Mach 3.

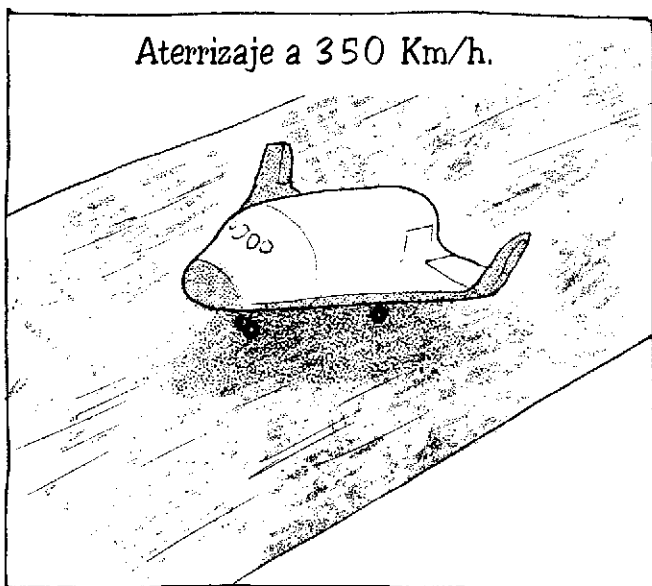


Treinta minutos más tarde...

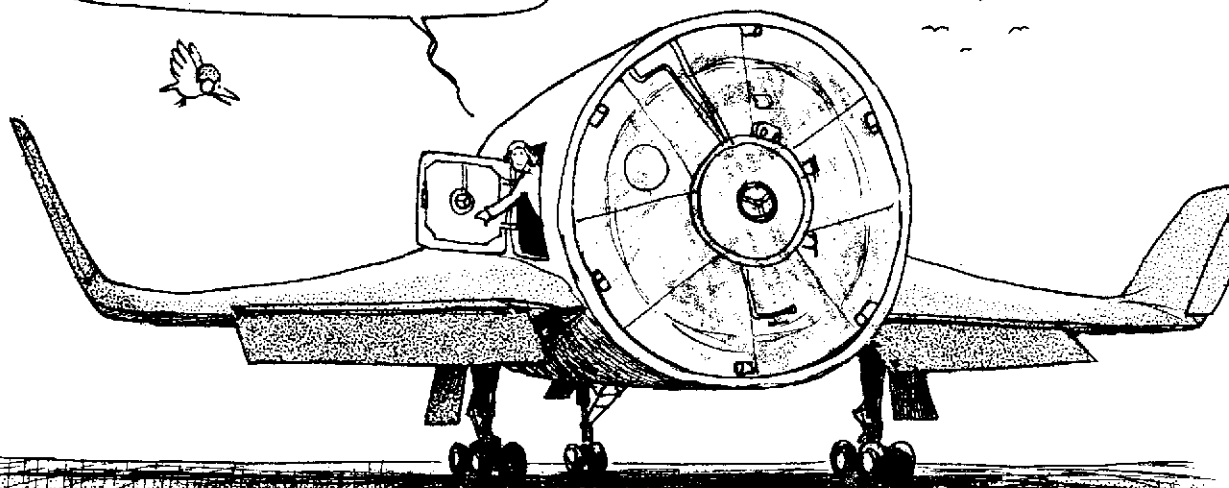


Aquí la Tierra, cambio. Corrijan en dos grados y estarán justo frente al eje de la pista

Aterrizaje a 350 Km/h.



¡Max! ¡Qué bueno volver a verte!



FIN