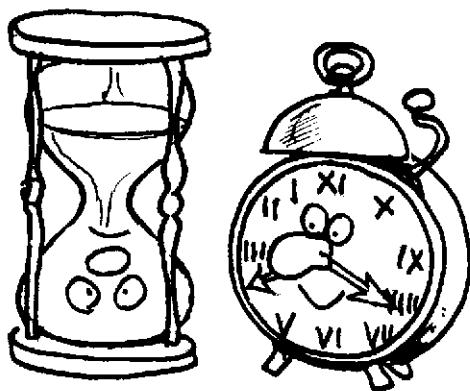


Savoir sans Frontieres

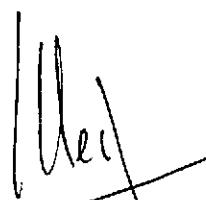
<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

**LE
CHRONOLOGICON**

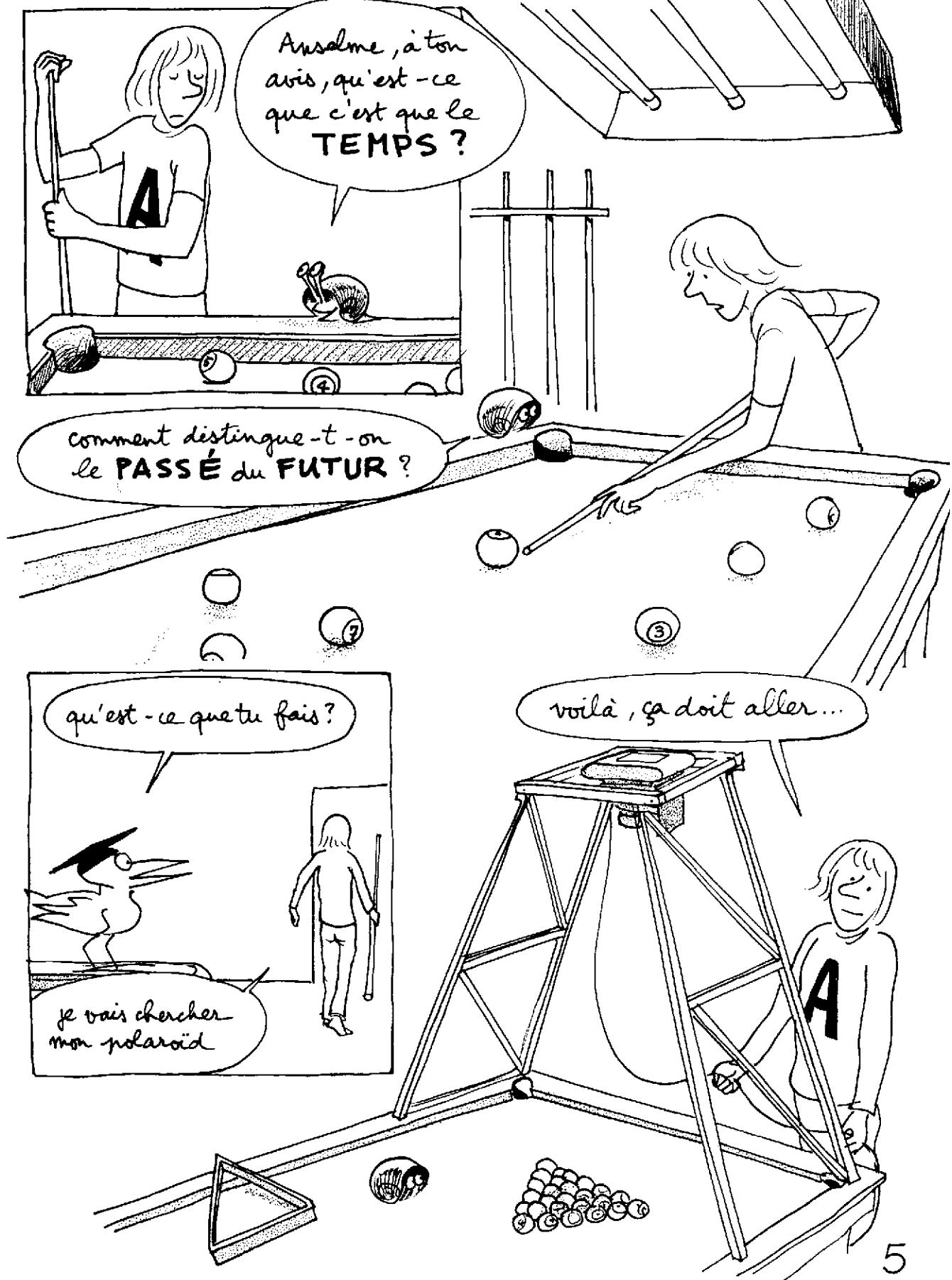
Jean-Pierre Petit

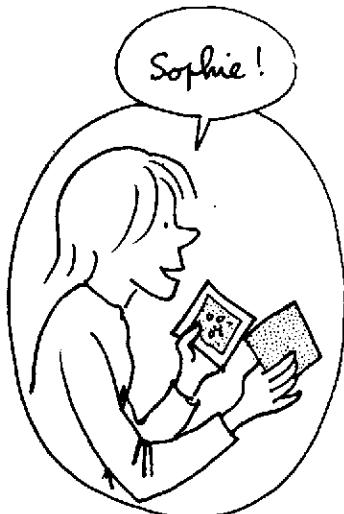


Lantulu rime avec hurluberlu... Sott ! Mais Kepler, Newton, Darwin , et même Einstein n'étaient ils pas , eux aussi, un peu , des hurluberlus ? Si la science n'avancait que sur les sentiers battus, elle n'avancerait guère !

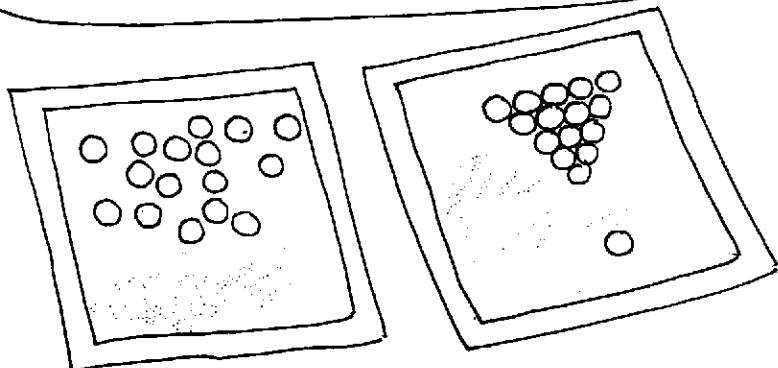

Jean-Claude Pecker

PROLOGUE

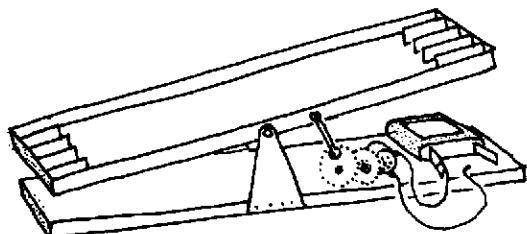




Regarde ces deux clichés. L'un est **POSTÉRIEUR** à l'autre. Il doit bien y avoir un moyen de classer ces deux prises de vue dans le temps de déterminer leur **CHRONOLOGIE**

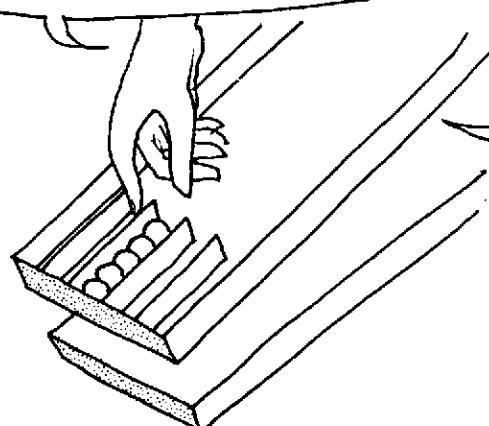


PROBABILITÉ



l'idée est bonne mais voici une machine qui va permettre d'illustrer tout cela plus clairement

il s'agit d'un plateau oscillant autour d'un axe et qui porte des casiers disposés symétriquement

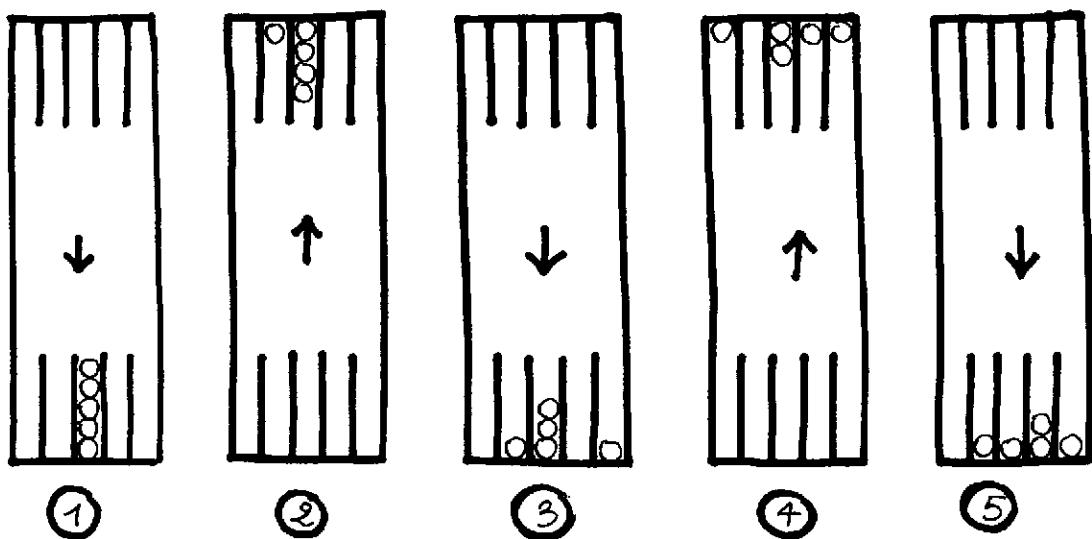


avant de mettre cette machine en marche j'ai placé cinq billes dans l'un des casiers, par exemple celui qui se trouve au centre

Voilà, c'est parti. Le plateau, dont l'axe est bien horizontal, oscille doucement, ce qui provoque un mouvement de va-et-vient des billes d'un bord à l'autre

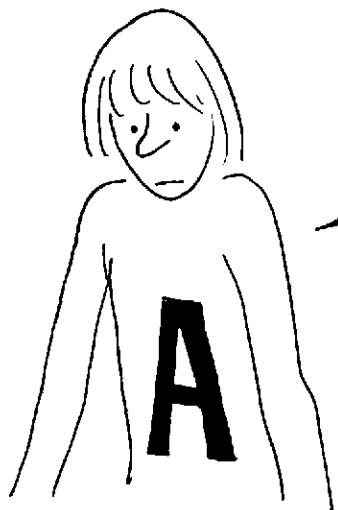


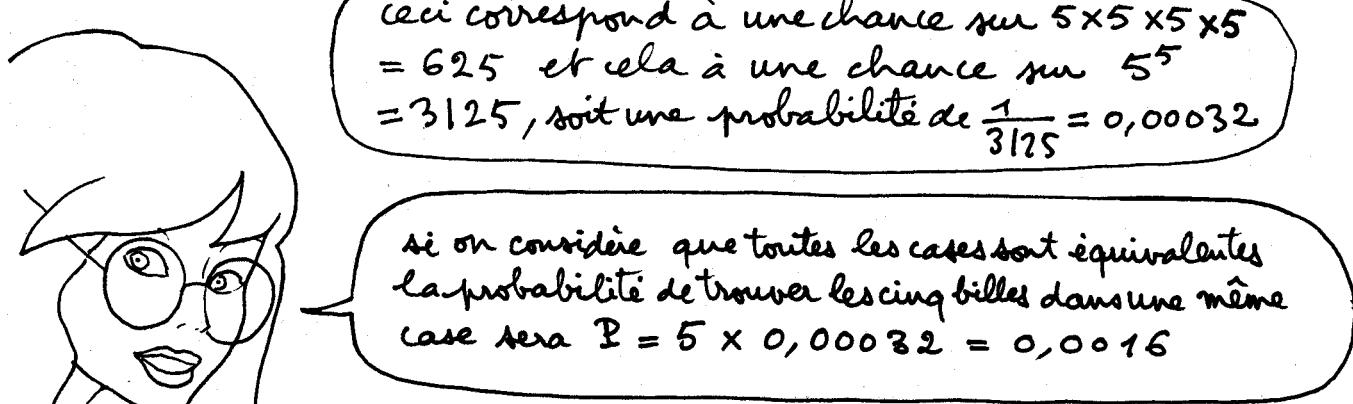
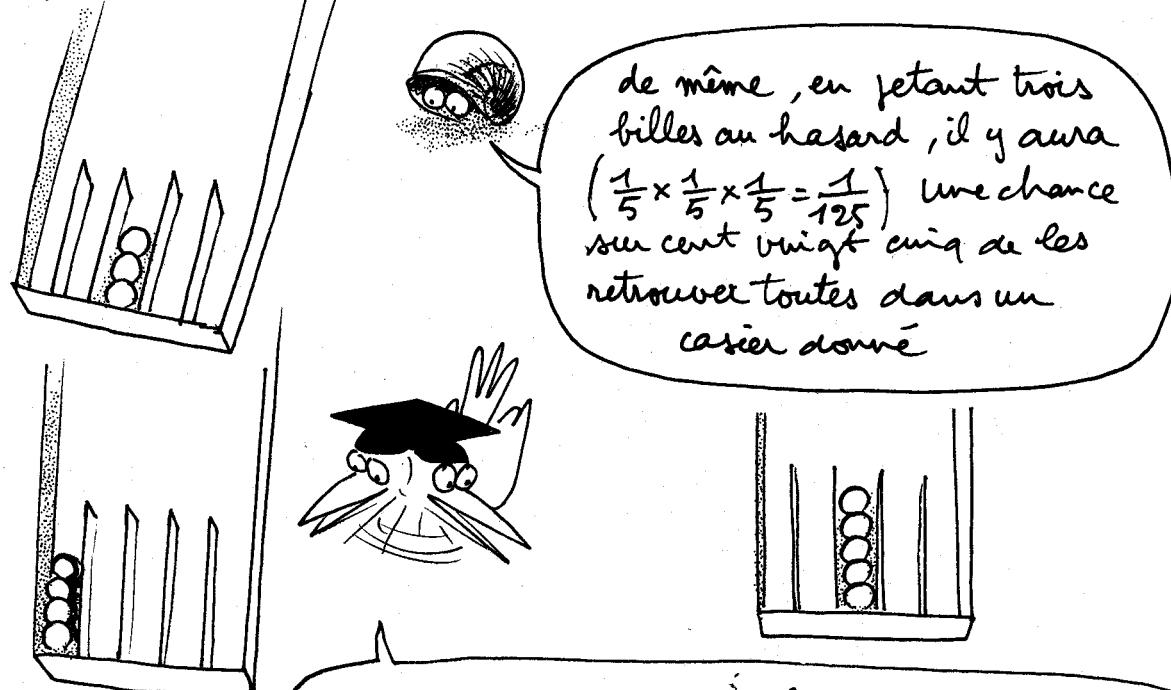
regardez : les minuscules irrégularités de la machine et les turbulences de l'air font que les billes ne restent pas dans le casier initial, mais ont au contraire tendance à migrer vers les casiers adjacents



les billes vont et viennent, mais n'ont pas l'air d'avoir la moindre envie de se retrouver dans le même casier

parce que cette situation est beaucoup trop **IMPROBABLE**







si on ne fait aucune différence entre les cases, voici les probabilités attachées à chacune des configurations :

$$0 + 0 + 0 + 0 + 0 \rightarrow P = 0,0016$$

$$0 + 0 + 0 + 0 + 0 \rightarrow P = 0,032$$

$$0 + 0 + 0 + 0 + 0 \rightarrow P = 0,0384$$

$$8 + 8 \rightarrow P = 0,064$$

$$8 + 0 + 0 \rightarrow P = 0,192$$

$$8 + 8 + 0 \rightarrow P = 0,288$$

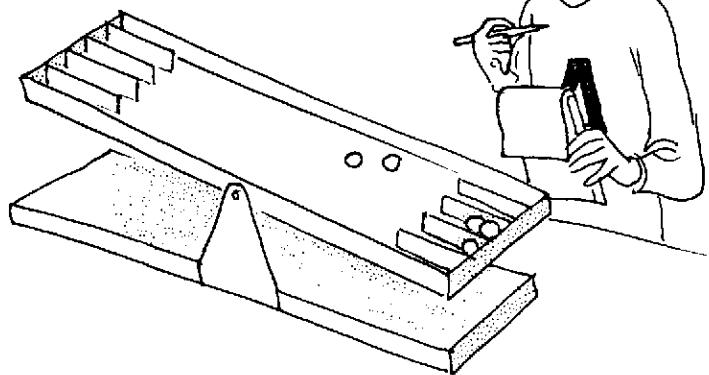
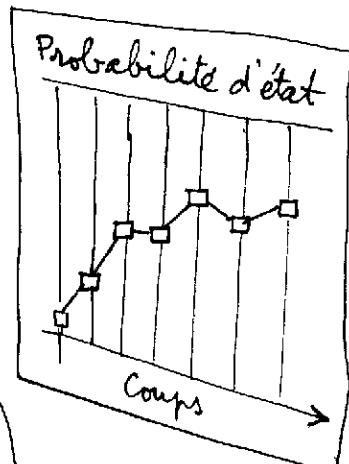
$$8 + 0 + 0 + 0 \rightarrow P = 0,384$$

drôle : le cas où il y a une bille dans chaque case n'est pas le plus probable

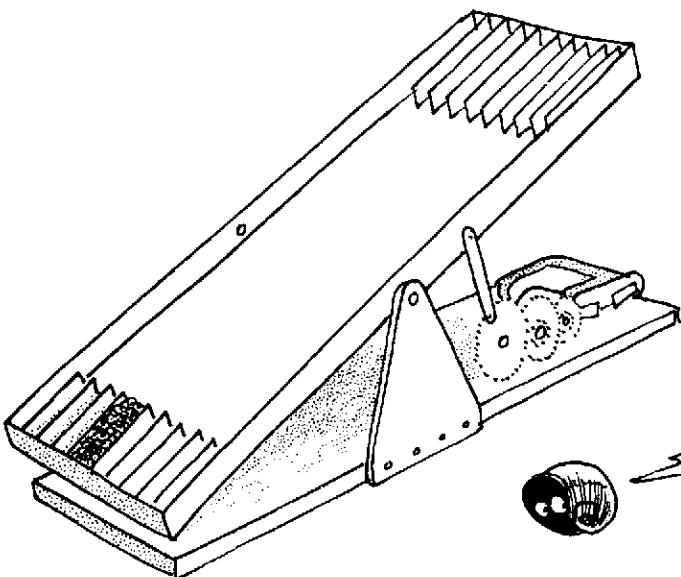
SECOND PRINCIPE

notons les probabilités liées aux configurations successives, dans notre expérience

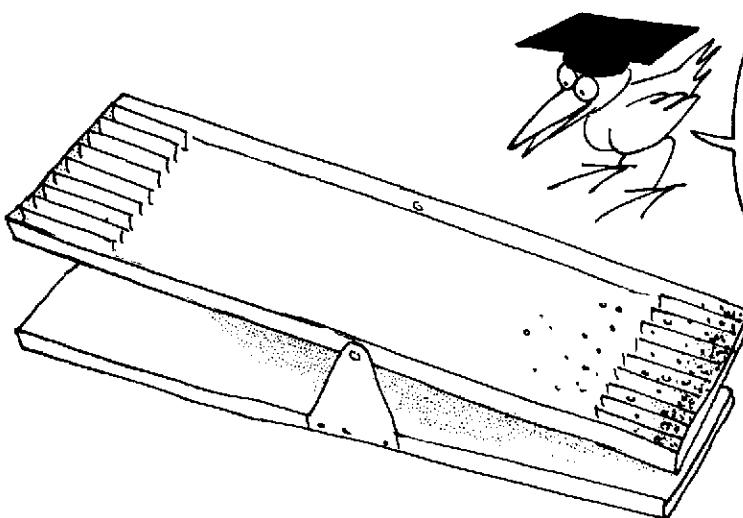
Sophie, c'est très net.
La probabilité de l'état augmente très vite, puis se succèdent des états ayant les probabilités les plus fortes



essaye avec
10 casiers et
1000 billes

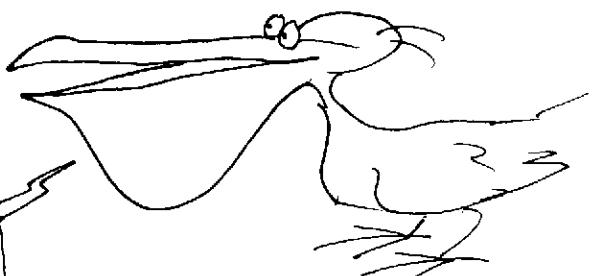


Anselme a utilisé des plombs de chasse. La probabilité de retrouver les mille plombs dans une même case est $(\frac{1}{10})^{1000} \times 10$
Soit $P = 0,000\dots0001$
(998 zéros !)
Elle est extrêmement faible



quand la machine se met en marche, les billes tendent à se distribuer dans les différentes cases en quantités pratiquement égales

tous les états que l'on observe alors sont très voisins d'un état moyen où toutes les cases contiendraient le même nombre de billes(*)

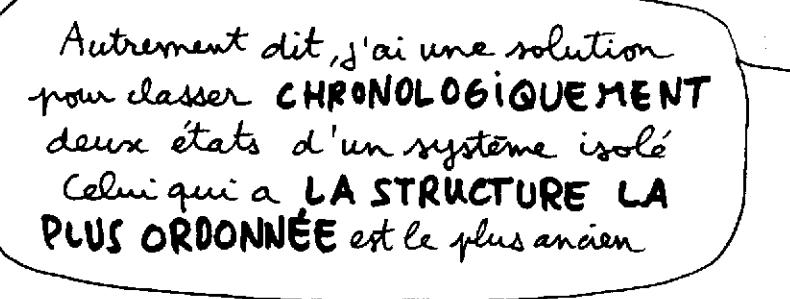
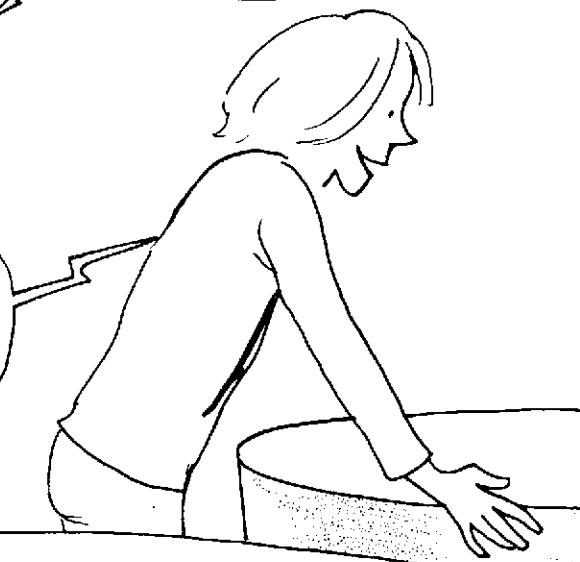
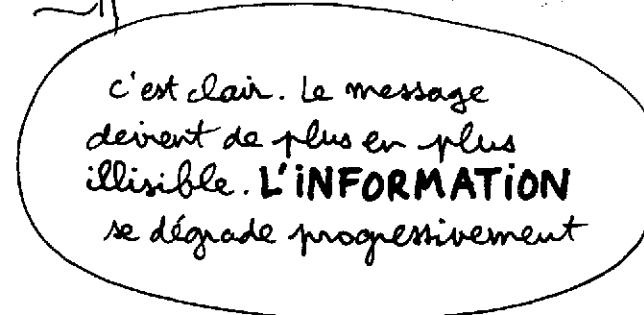
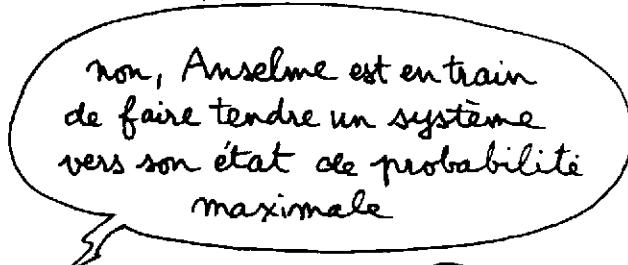
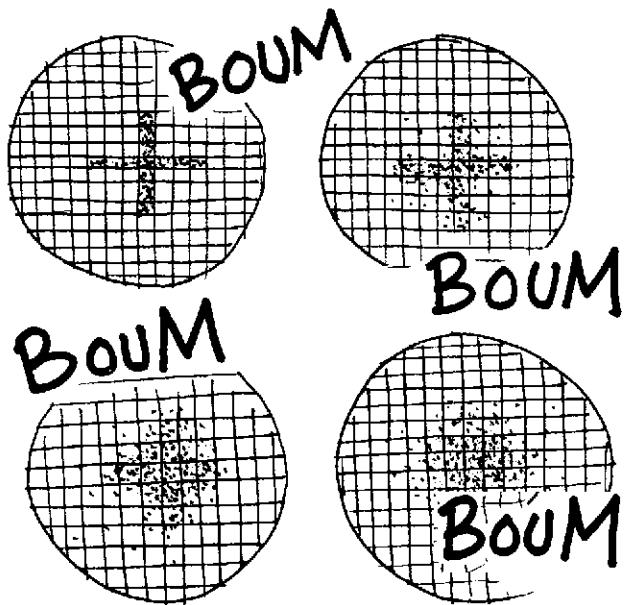


on schématisse ce résultat sous la forme du **SECOND PRINCIPE** en disant que **TOUT SYSTÈME ISOLÉ TEND VERS SON ÉTAT LE PLUS PROBABLE**



un système possédant une telle stabilité statistique est appelé **ERGODIQUE**

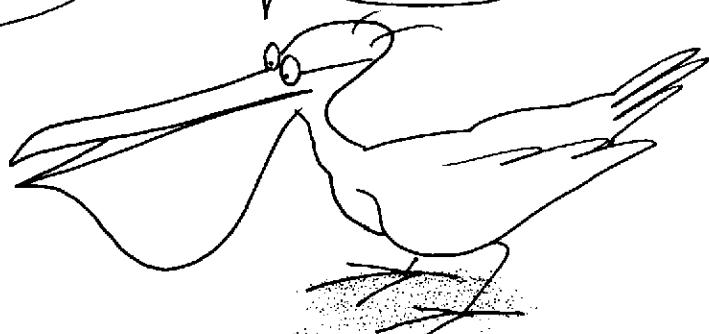




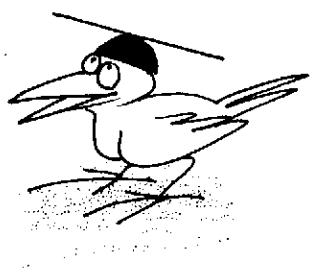


alors l'Univers court
irrémediablement au **CHAOS**.
Les glaces à la vanille fondent,
les montagnes s'écroulent

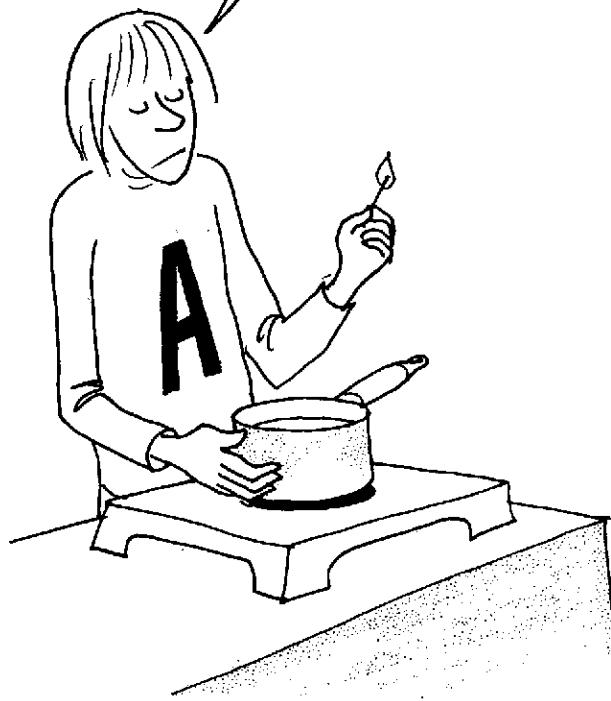
bref **TOUT
FOUT LE CAMP**



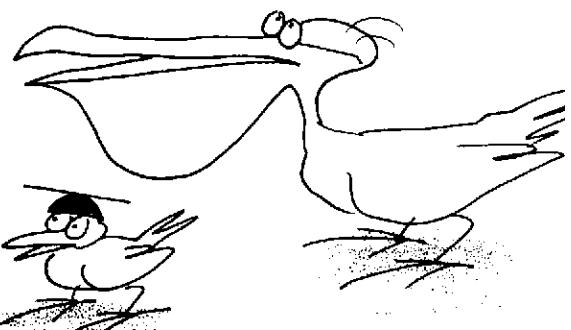
on lie communément ce phénomène
à la croissance irrémédiable d'une
grandeur appelée **ENTROPIE** (*)



tout cela est positivement
bouleversant. Je vais me préparer
un peu de thé

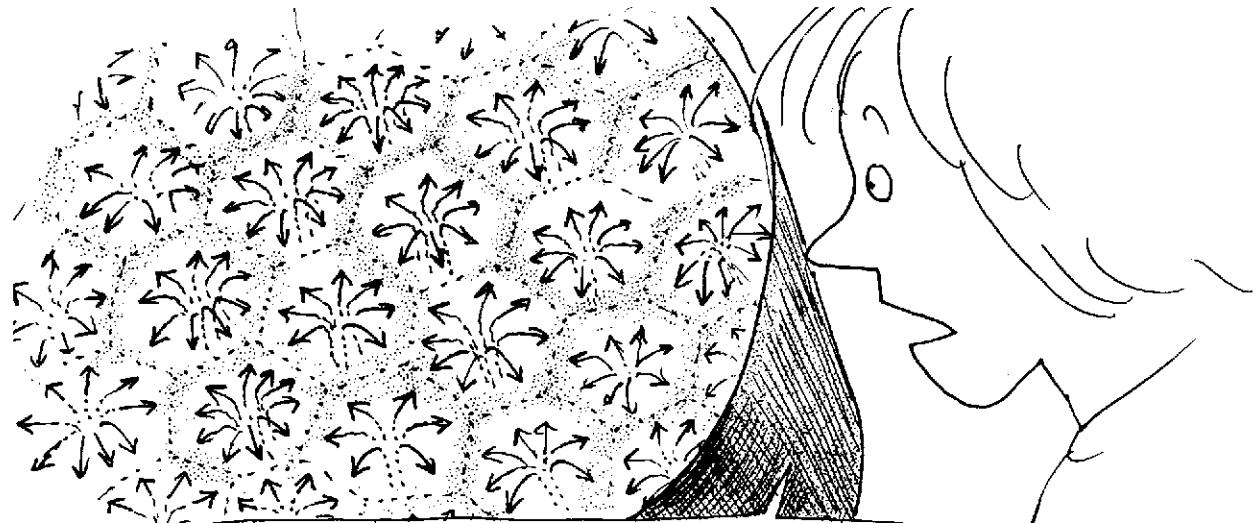


mais cela semble
apporter la réponse.
Comme l'**ENTROPIE** se
MESURE, cela permettrait
de classer CHRONOLOGIQUEMENT
les états d'un système



(*) Si P est la probabilité d'un état, l'entropie
est $S = P \log P$, où \log signifie logarithme

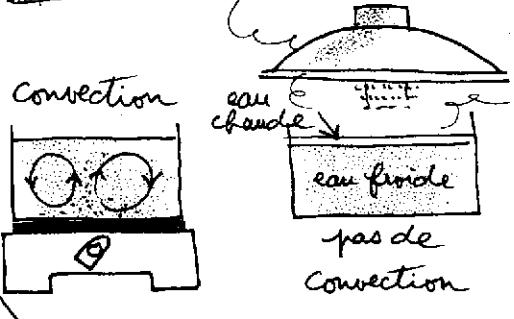
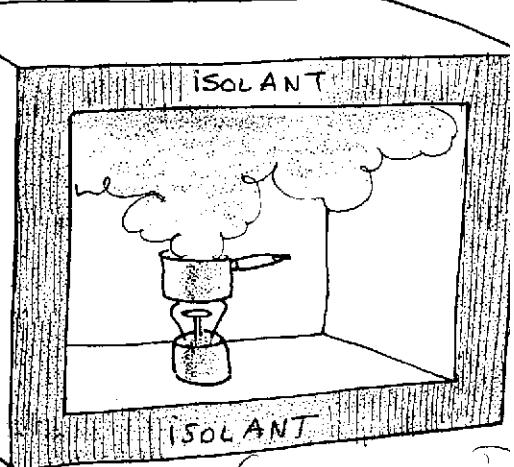
CELLULES DISSIPATIVES



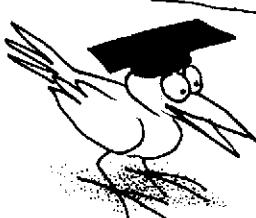
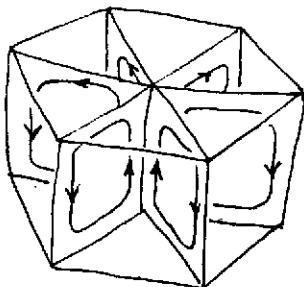
Ça alors ! Quand je chauffe l'eau, un système tourbillonnaire à maille hexagonale apparaît, là où avant il n'y avait rien et alors que ma plaque chauffante assure un chauffage très homogène



cela signifie simplement que cette notion d'**ENTROPIE** ne vaut que pour l'**ENSEMBLE DU SYSTÈME ISOLÉ**, c'est à dire ici l'ensemble réchaud - casseroles - eau - atmosphère



il est d'ailleurs tout à fait possible de faire s'évaporer toute cette eau sans tourbillons, sans mouvements convectifs, en la chauffant par rayonnement, par le dessus, à l'aide d'un simple radiateur parabolique

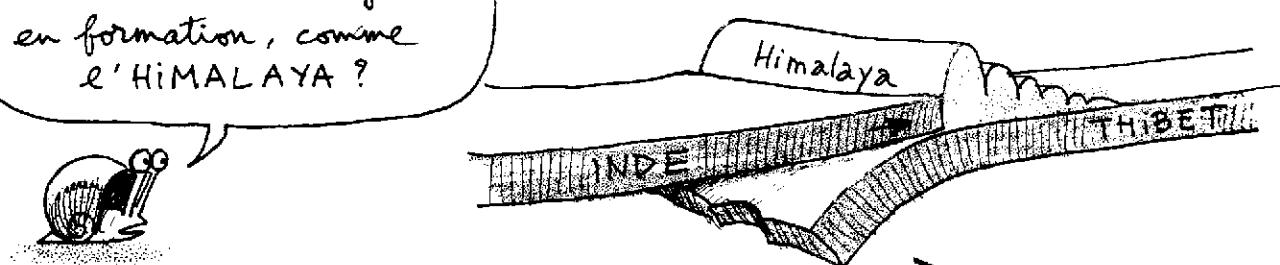


Le retour vers l'**AMORPHE** n'est pas ce qui caractérise l'accroissement d'entropie d'un système. Les **CELLULES DISSIPATIVES**, quand elles apparaissent, ont pour effet d'accélérer l'évaporation, l'accroissement entropique global



les montagnes s'écroulent d'elles-mêmes, mais l'eau transportée par les nuages accélère cette érosion

mais... n'y-a-t-il pas sur Terre des montagnes en formation, comme l'HIMALAYA ?



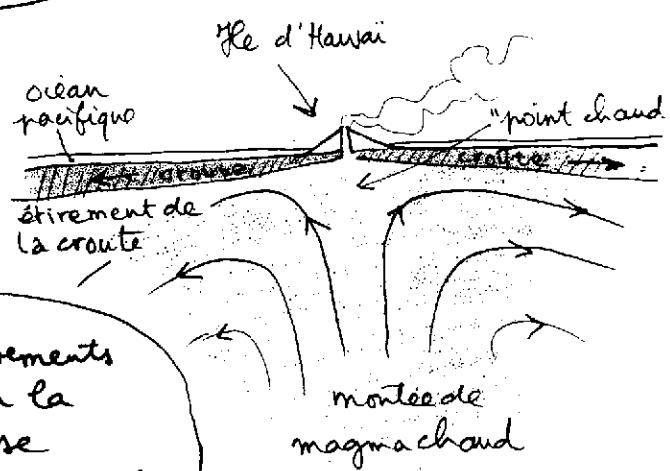
effectivement, on dit que la "plaque indienne", en télescopant le THIBET, a créé ce relief

Tout cela n'est que le résultat des courants convectifs qui animent le MAGMA et qui aident celui-ci à évacuer sa chaleur centrale, laquelle est entretenue par la désintégration de l'Uranium 235 primitif



tu veux dire qu'il y a des cellules convectives dans le magma ?

bien sûr, et ces mouvements du magma tirent sur la croûte terrestre, qui se fracture et cela crée par exemple un volcanisme de type hawaïen

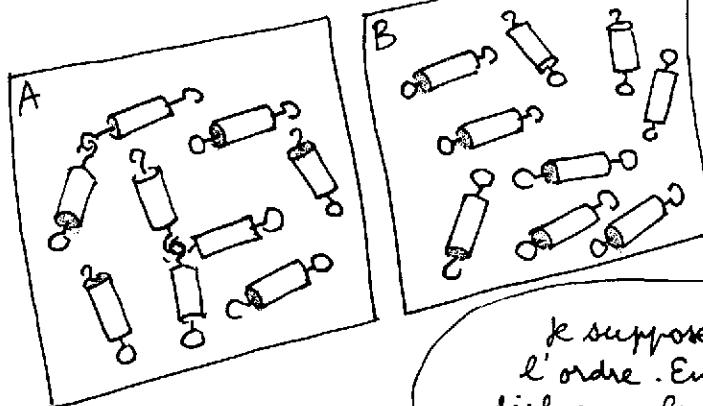




la casserole, la Terre, l'étoile solaire, fonctionnent à l'aide d'un réseau de CELLULES DISSIPATIVES

MORPHOGÉNÈSE

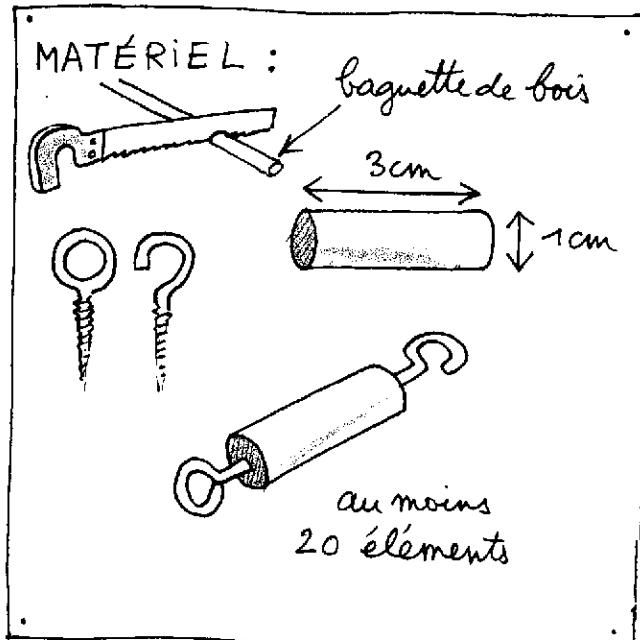
Anselme, ces objets étaient dans une boîte que l'on a secouée. Peux-tu classer chronologiquement ces deux clichés du contenu ?

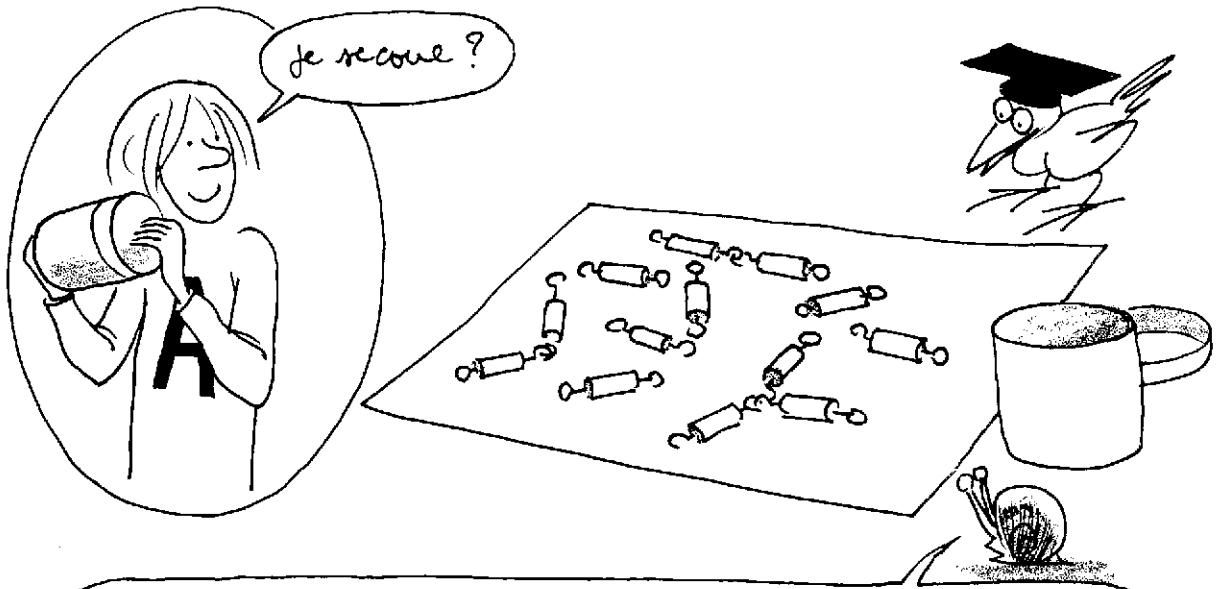


je suppose qui ils sont dans l'ordre. En secouant, on a dû disloquer les structures constituées de deux ou trois éléments ...

qui est-ce que tu fais ?

il paraît que je me suis encore planté. Alors, la seule solution c'est le retour à l'expérience





« Alors ! Anselme a beau multiplier les essais, à chaque fois on tombe sur des assemblages de 2, voire de 3 éléments !

Cela signifie simplement que, pour ce système particulier, c'est la configuration **LA PLUS PROBABLE**

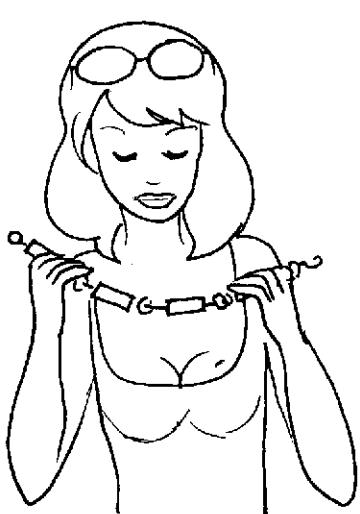
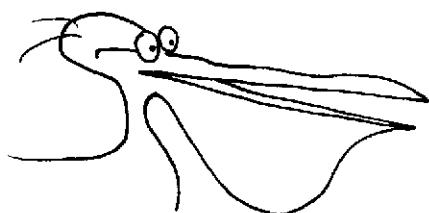


Par contre, impossible de créer une chaîne avec 5 éléments mis bout à bout



et si j'introduis cette structure dans la boîte, en recouvrant, elle disparaît !!!

Si tu n'arrives pas à synthétiser ce "polymère mécanique" c'est qui il est tout simplement très improbable



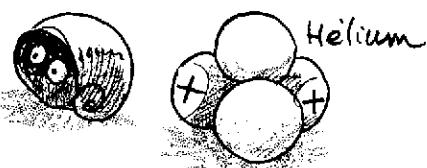
tu sais, la Nature est ainsi faite que lorsqu'une chose, à un instant donné, est HAUTEMENT PROBABLE elle se produira inmanquablement



et je suppose qu'à l'inverse, si une chose est très improbable elle ne se produira pas

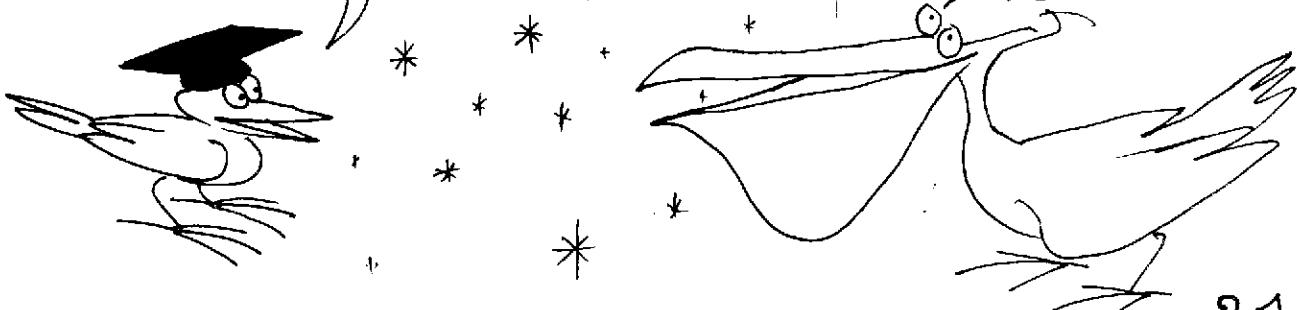
et quand une chose a une chance extrêmement faible de se produire durant toute la durée de vie de l'Univers, on la considérera comme IMPOSSIBLE. Vu...

la formation de l'hélium, au cours du BIG BANG était extrêmement probable. Donc l'Univers en contient !



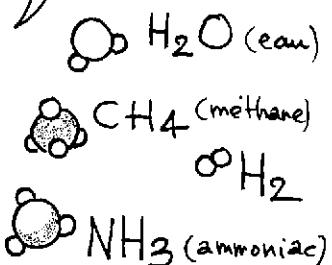
par contre, du fait de l'extrême dilution du milieu galactique on a calculé que le soleil avait une chance sur dix millions de rencontrer une autre étoile au cours des dix milliards d'années à venir

on considérera donc cet ÉVÉNEMENT comme une IMPOSSIBILITÉ



compris...

la vapeur d'eau, le méthane, l'ammoniac, l'hydrogène, sont des molécules très simples, très symétriques, comparables à ces assemblages de tout à l'heure

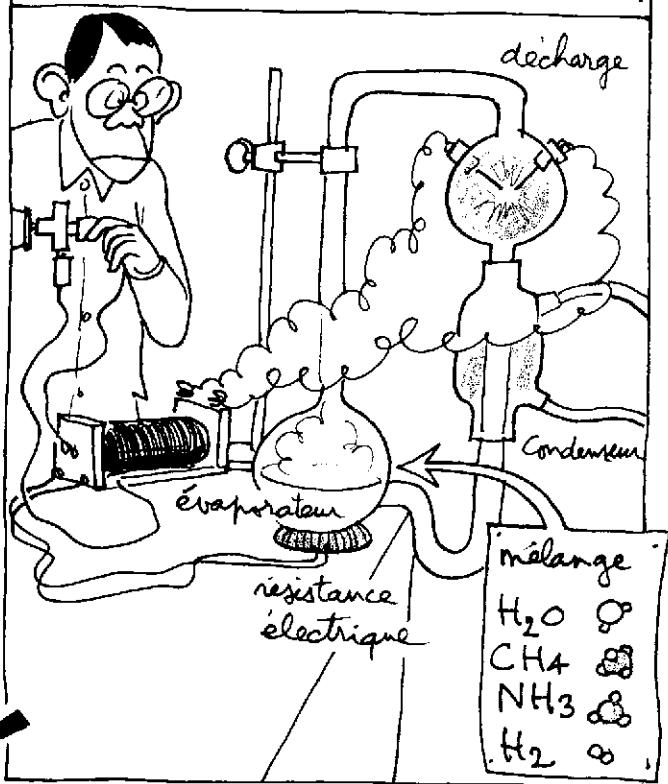


elles furent donc présentes dans l'atmosphère primitive de notre planète

Au bout d'une semaine ce mélange incolore était devenu orange, à cause de la présence d'acides aminés, molécules constituées d'une quinzaine d'atomes.



en 1950 Miller, jeune étudiant, eut l'idée d'introduire ces éléments dans un enclos et de les "secouer" en utilisant une simple décharge électrique

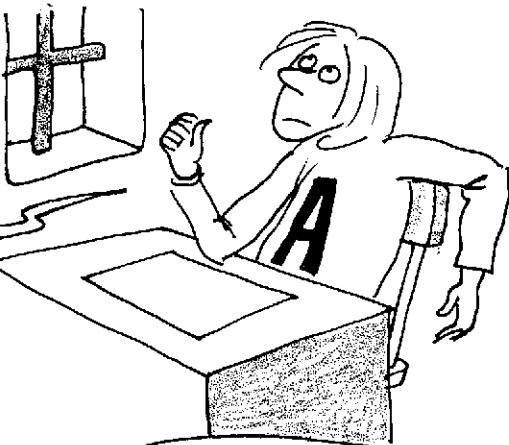


ces molécules étant à leur tour les éléments constitutifs des PROTEINES, on commença à se faire à l'idée que la **VIÉ** devrait être un phénomène non seulement probable, mais peut-être même **INÉVITABLE** sur une planète comme la Terre

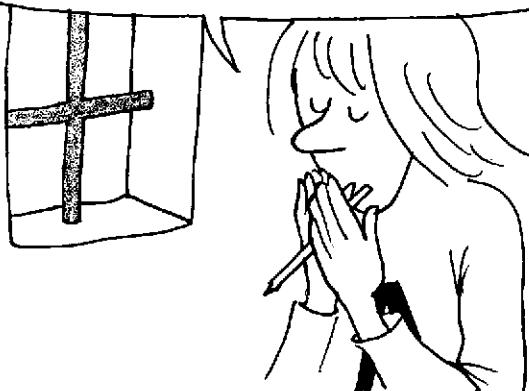


NÉGENTROPIE ?

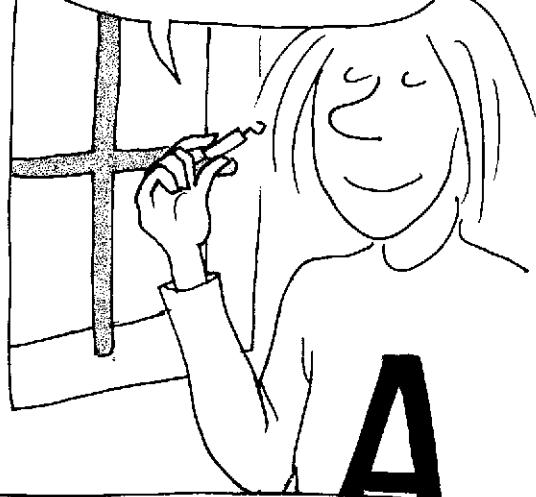
bon, récapitulons. Il y a des systèmes qui tendent tout simplement vers le **DÉSORDRE**. Puis il y a ceux qui secrètent des **STRUCTURES DISSIPATIVES**, mais qui, au bout du compte, parviennent au même résultat



et puis il y a les systèmes qui tendent vers l'**ORDRE**, qui font diminuer l'entropie. Ils sont alors **NÉGENTROPIQUES**...



...comme ce jeu, ou le jeu de la **VIE**



il a bien fallu brûler
du pétrole, laisser de l'eau
descendre le long d'une
conduite ou "brûler" quelques
molécules de sucre ...



et la **VIE**, crois-tu
qu'elle est gratuite ?
Qu'est-ce qui fait pousser
les arbres, mûrir les pommes ?



c'est... le soleil qui
fournit l'énergie.
c'est lui le **MOTEUR
DE LA VIE**

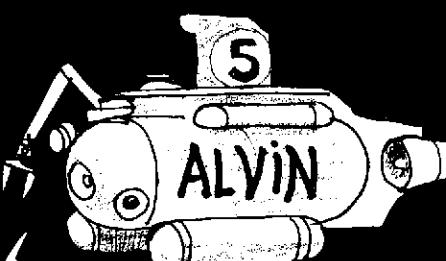
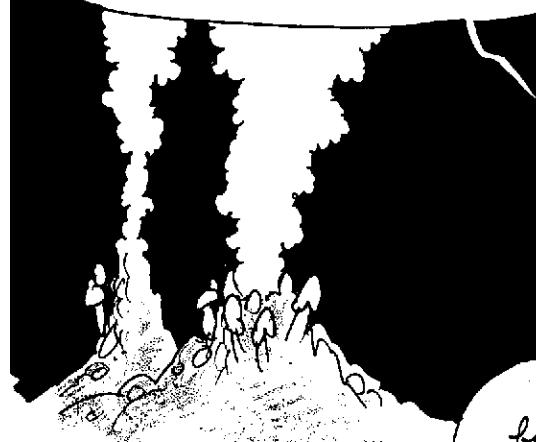


très bien,
Tirésias

c'est vrai. Il faut considérer
l'**ENSEMBLE DU SYSTÈME**,
c'est à dire la **BIOSPHÈRE**,
son support, le **BIOTOPE**, plus
la source d'énergie, le soleil.
Et alors l'entropie globale
de ce système croît



mais le soleil n'est pas
toujours la source d'énergie
du monde du vivant



la vie, dans les fosses océaniques,
fonctionne grâce à l'énergie des
sources d'eau chaude sous-marines

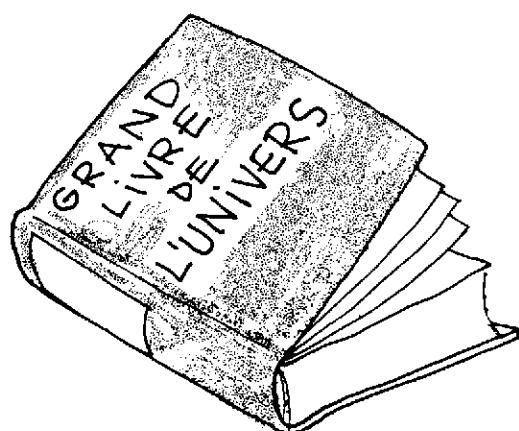


ENTROPIE



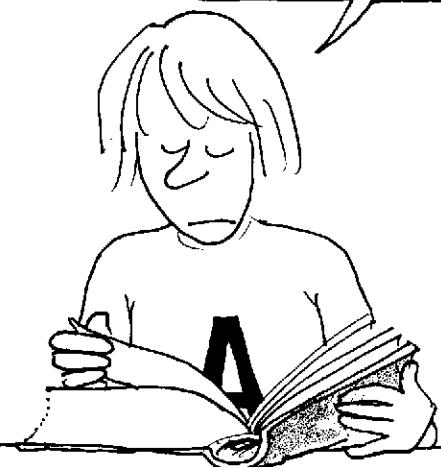
(*) On trouvera tout cela dans le BIOLOGICON

la vie, les planètes, les étoiles,
tout ceci est trop compliqué !
Est-ce qu'il n'y a pas eu dans
le passé une époque où l'Univers
était plus simple à comprendre ?



consultons l'histoire
de l'Univers telle que
l'ont écrite les hommes

Voyons... $t =$ cent
millions d'années. Voilà
qui correspond à la naissance
des galaxies. Non... c'est
encore trop compliqué...



essayons $t = 100\cdot000$ ans

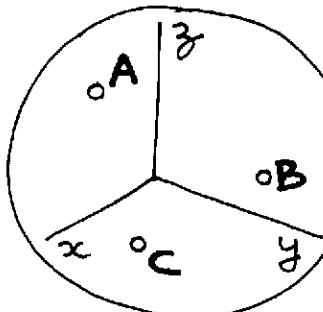
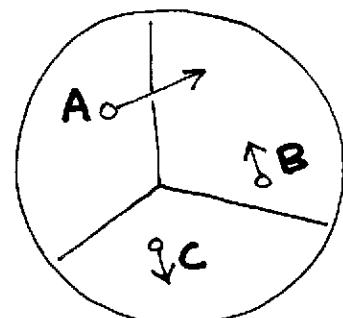


ça alors !? l'Univers est
alors parfaitement homogène ! (*)

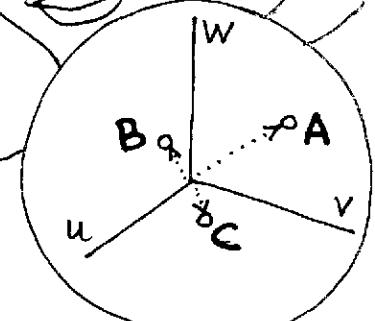
(*) Voir MILLE MILLIARDS DE SOLEILS



au lieu de mettre ces flèches
on peut représenter les particules
dans deux espaces à 3 dimensions
L'ESPACE DES POSITIONS et
L'ESPACE DES VITESSES



POSITION

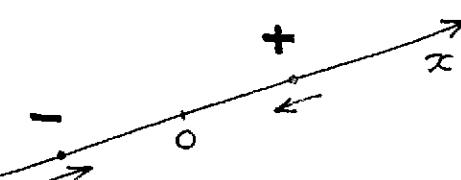


VITESSE

cette description complète à l'aide
de ces six coordonnées peut être
associée à un espace à 6 dimensions
dit **ESPACE DES PHASES**



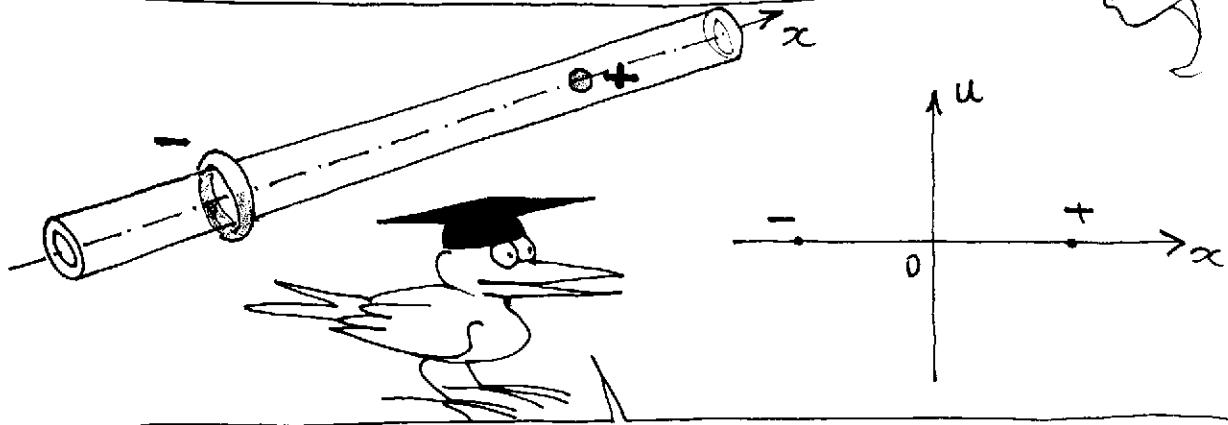
simplifions la situation à l'extrême.
Considérons un univers à une seule
dimension d'espace (une simple droite)
où deux objets ponctuels, censés représenter
des particules de charges opposées
s'attirent mutuellement



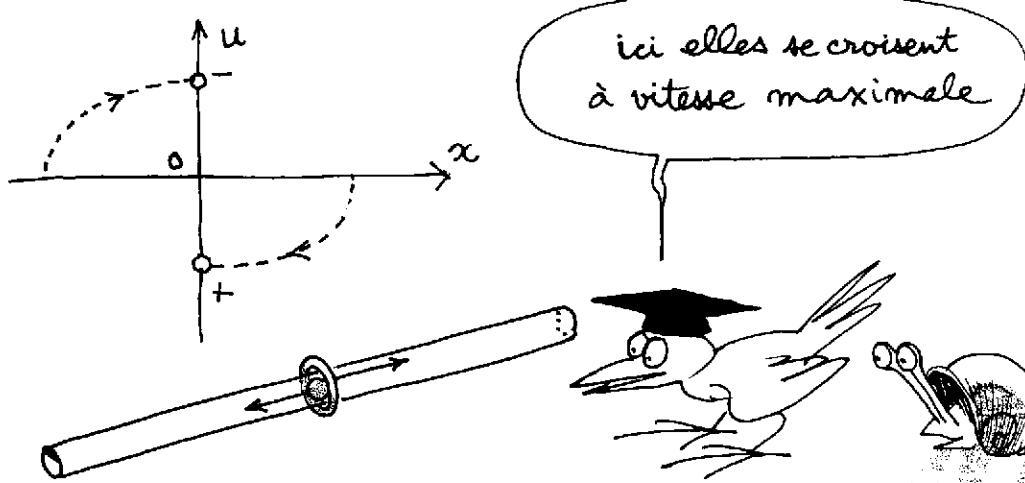
mais comment vont-
elles faire pour
pouvoir se croiser ?

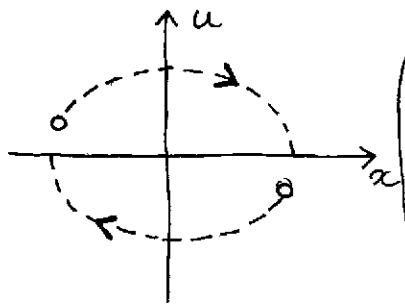


Juste ! On n'aura qu'à charger positivement une petite bille courant dans un tube et négativement un anneau, pour lequel le tube servira également de guide

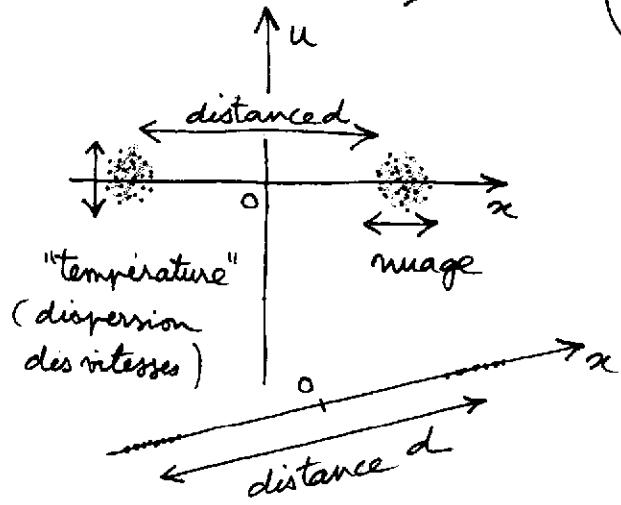


Si on représente ce système dans un ESPACE DES PHASES (x, u) où x est la coordonnée de POSITION et u la coordonnée VITESSE, en donnant aux particules une vitesse initiale nulle, on obtient le schéma ci-dessus

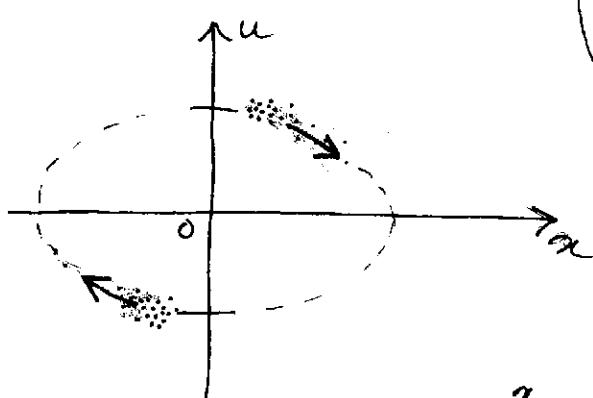




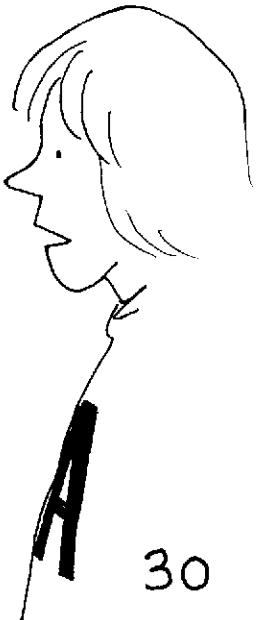
le mouvement de va-et-vient, d'oscillation des charges autour de leur centre de gravité commun donnera, dans l'espace des phases, des trajectoires de type elliptique

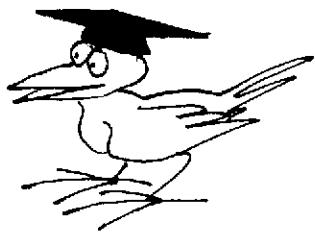
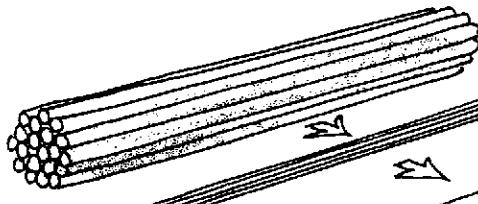


ce schéma décrit deux ensembles de particules situées à une certaine distance, à vitesse globalement nulle (elles sont tout près de l'axe Ox), mais présentant des vitesses aléatoires
D'AGITATION THERMIQUE

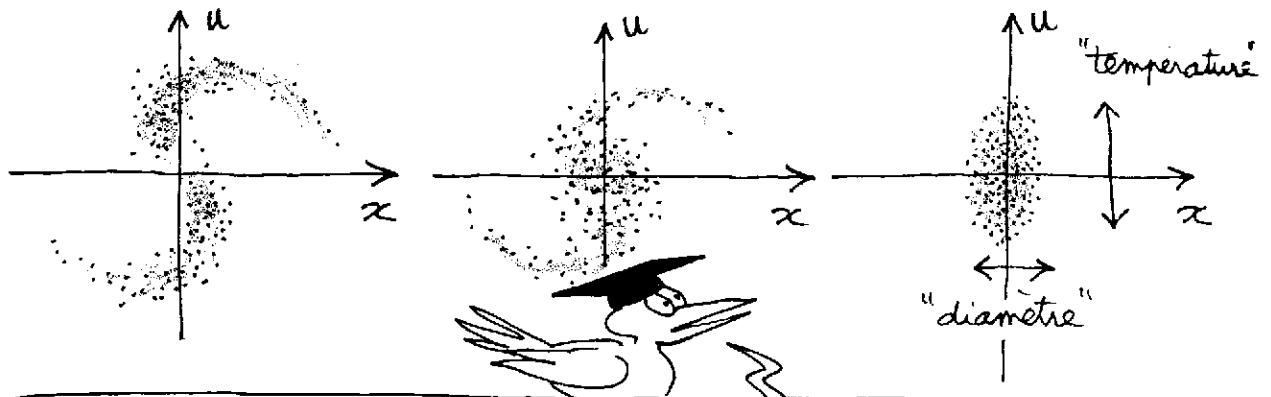


ces ensembles vont "tomber" l'un vers l'autre, sous l'effet de leur attraction mutuelle



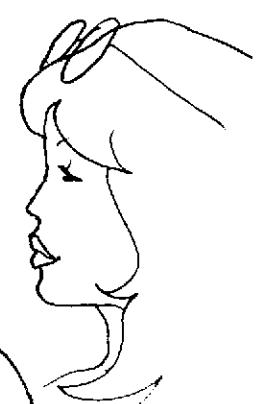
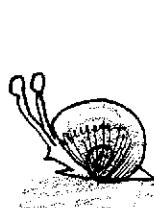
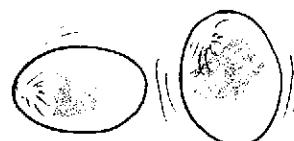
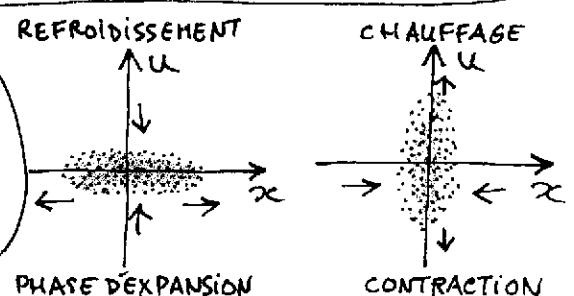


Techniquement on pourrait permettre aux particules de se croiser sans se télescoper en les logeant dans des tubes extrêmement fins



les deux nuages s'amalgament en un nuage unique. L'ÉNERGIE CINÉTIQUE acquise se redistribue aléatoirement et le résultat est un "échauffement", un étalement selon la dimension vitesse u . Globalement la surface occupée par toutes ces particules aura augmenté. Or cette surface EST précisément L'ENTROPIE

le système va osciller, le mouvement d'EXPANSION étant synonyme de diminution de la vitesse (d'agitation thermique), de la TEMPÉRATURE. Processus inverse lors de la contraction



on dirait une bulle de savon à deux dimensions

Mais alors les oscillations de cette étrange amibe, habitante de l'ESPACE DES PHASES, se feront à aire constante, à ENTROPIE CONSTANTE (*)

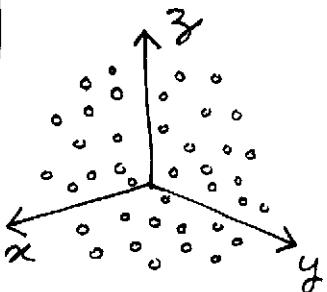
(*) Dans l'exemple choisi les particules ne se rencontrent pas.

PREMIER PARADOXE COSMOLOGIQUE

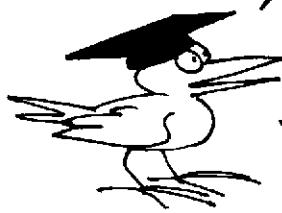
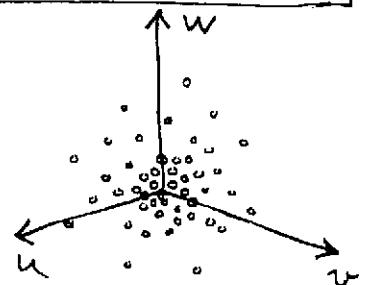


pour se représenter cet **ESPACE DES PHASES** à 6 dimensions (3 pour la position et 3 pour la vitesse) il suffit de "déplier" celui-ci selon deux représentations tridimensionnelles

ESPACE DES POSITIONS



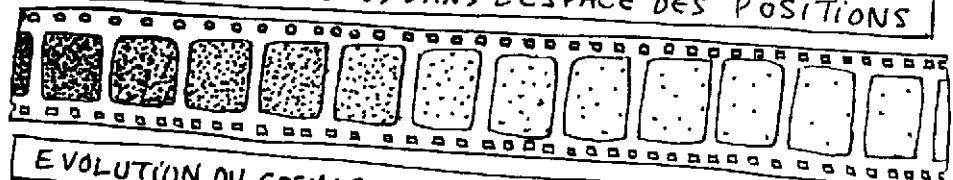
ESPACE DES VITESSES



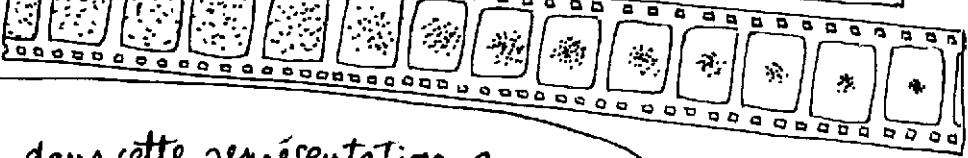
dans l'**ESPACE DES POSITIONS** l'Univers se dilue et cette dispersion est synonyme de **DÉSORDRE**. Inversement les vitesses d'agitation diminuent. Dans sa représentation dans l'**ESPACE DES VITESSES** l'Univers au contraire se condense, ce qui traduit une tendance vers **L'ORDRE**.



ÉVOLUTION DU COSMOS DANS L'ESPACE DES POSITIONS



ÉVOLUTION DU COSMOS DANS L'ESPACE DES VITESSES

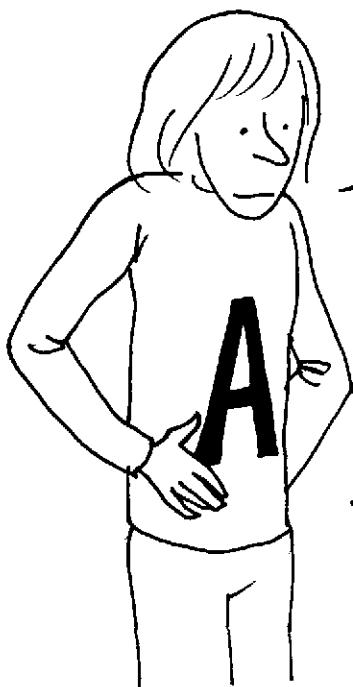


globalement, dans cette représentation à 6 dimensions (*) la **STRUCTURE D'ORDRE** de l'Univers reste inchangée. **L'ENTROPIE** qui est son **HYPERVOLUME**, ou produit de son volume dans l'espace des positions par son volume dans l'espace des vitesses ne varie pas^(*)

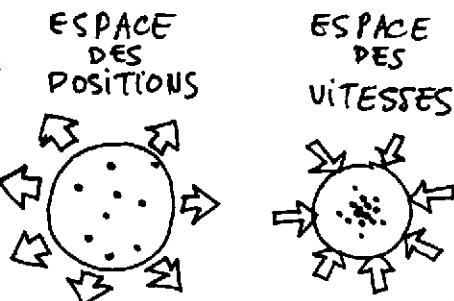


autrement dit, dans sa représentation à 6 dimensions le Cosmos est un fluide incompressible!

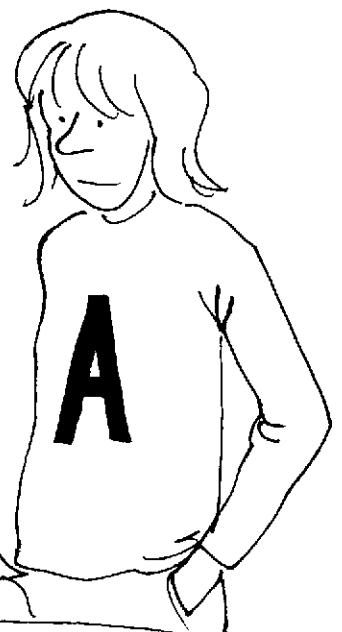
(*) Théorème de **LIOUVILLE**, mathématicien français (1802-1882)



autrement dit il se dilate
du côté **POSITIONS** alors
qu'il maigrit du côté **VITESSES**



mais, attends voir, comme le
SECOND PRINCIPE dit aussi
que **L'ENTROPIE CROît AVEC**
LE TEMPS comment peut-il y
avoir une **ÉVOLUTION DU**
COSMOS À ENTROPIE CONSTANTE?



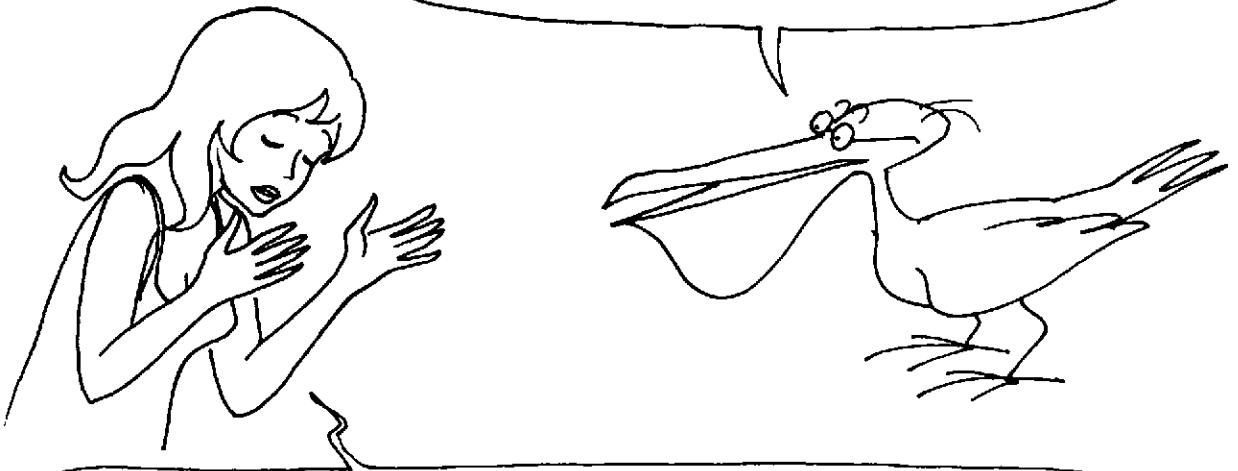
effectivement, ce paradoxe est
une des faiblesses des modèles
cosmologiques classiques

c'est du plus
haut cosmique
Hi ! Hi !



bref, ça n'est pas parce qu'un modèle
découle de calculs très savants, comme
le MODÈLE COSMOLOGIQUE STANDARD
qui il est automatiquement cohérent





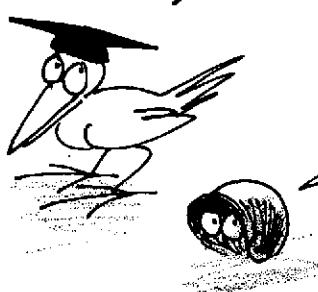
mais, est-ce que la Science n'a pas
un élément de réponse à apporter,
un bout de théorie, n'importe quoi ?

Hélas ces immenses plaines temporales parcourues à entropie
constante sont une des faiblesses de notre vision de l'Univers



alors le temps avance
et on ne sait pas pourquoi.
C'est un monde !

et on ne me
ditait rien



je ne connaissais pas
non plus ce paradoxe.
Il est vrai que ce sont
des choses que les
scientifiques ne crient
pas sur tous les toits



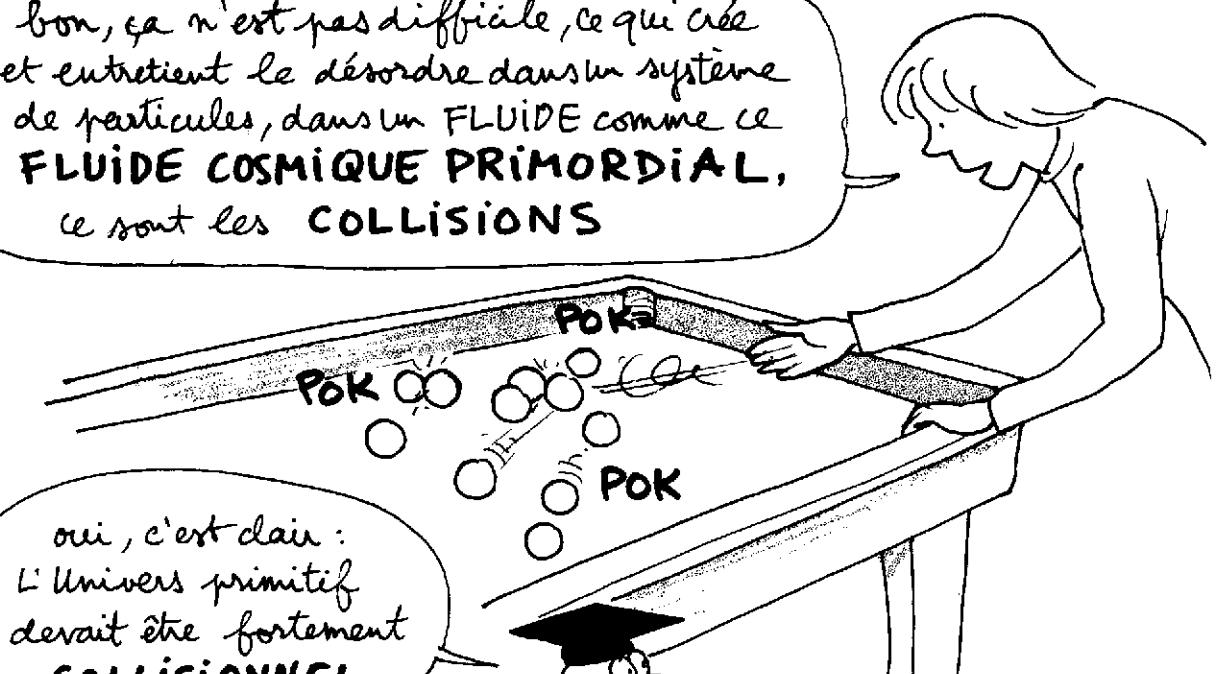
quand même...
ça la fait mal



de plus, non seulement cette ENTROPIE
se conserve au fil du temps, mais elle
est de plus MAXIMALE, le DÉSORDRE
était à son comble lors du BIG BANG

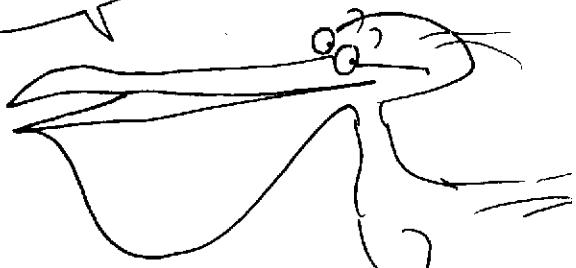
SECOND PARADOXE COSMOLOGIQUE

bon, ça n'est pas difficile, ce qui crée et entretient le désordre dans un système de particules, dans un FLUIDE comme ce FLUIDE COSMIQUE PRIMORDIAL, ce sont les COLLISIONS



oui, c'est clair :
L'Univers primitif
devrait être fortement
COLLISIONNEL

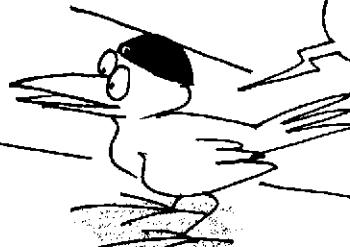
d'où « DÉSORDRE ORIGINAL »
crée et entretenu, que l'on observe
encore actuellement (*)



(*) L'Univers est effectivement extrêmement HOMOGENE dans toutes les directions de l'espace



malheureusement on trouve exactement
l'INVERSE : l'Univers primitif aurait
du être parfaitement NON COLLISIONNEL



que veux-tu dire ?



eh bien l'Univers primitif est
un billard qui se dilate, mais
il se dilate si vite que les
particules ne peuvent même pas
se rencontrer^(*), même quand elles
vont à la VITESSE DE LA LUMIÈRE

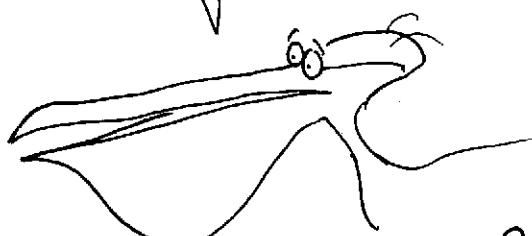


tu veux dire que dans l'Univers primitif les particules
s'éloignent les unes des autres à une vitesse SUPÉRIEURE
A LA VITESSE DE LA LUMIÈRE ! c'est absurde ...



je sais ...

laisse, Tirésias, dans ces
cas-là, il vaut mieux
ne pas insister



(*) Voir Annexe B



plus on remonte dans le passé et plus l'Univers était chaud, donc plus les vitesses d'agitation des particules étaient élevées (*)



d'après le **MODÈLE STANDARD** avant le premier centième de seconde, toutes les particules allaient pratiquement à la vitesse de la lumière

mais dis-moi, selon la théorie de la **RELATIVITÉ RESTREINTE**, lorsque on se rapproche de la vitesse de la lumière, le temps se trouve altéré, non ?... (**)



plus précisément, une particule cheminant à la vitesse de la lumière peut vivre une infinité d'événements dans un laps de temps... nul !



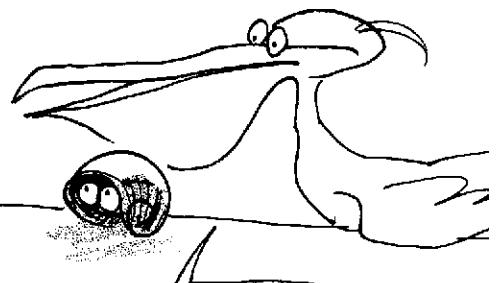
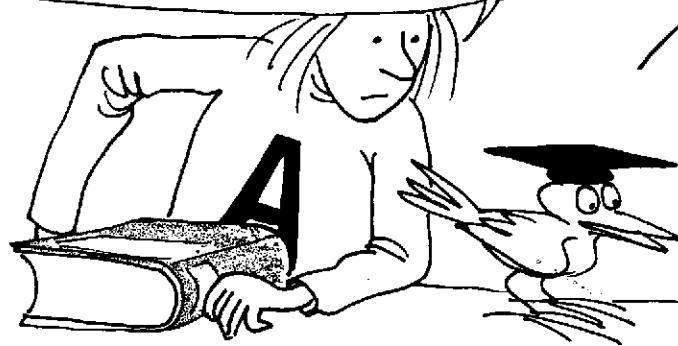
(*) La **TEMPÉRATURE** d'un gaz n'est autre que la mesure de l'énergie moyenne d'agitation thermique $\frac{1}{2}mV^2$
Voir **SI ON VOLAIT ?**

(**) Voir **TOUT EST RELATIF**



eh oui, pour croiser au voisinage de ces sargasses spatio-temporels, il faudrait un véhicule (et un observateur) faits de matière ordinaire

or au voisinage de $t = 0$ tout ce qui existe va à la vitesse de la lumière !



mais... qui est-ce que c'est qu'une chose qui on a imaginé et qui on ne peut pas physiquement réaliser ?

je crois que ce BIG BANG est un fantasme de scientifiques



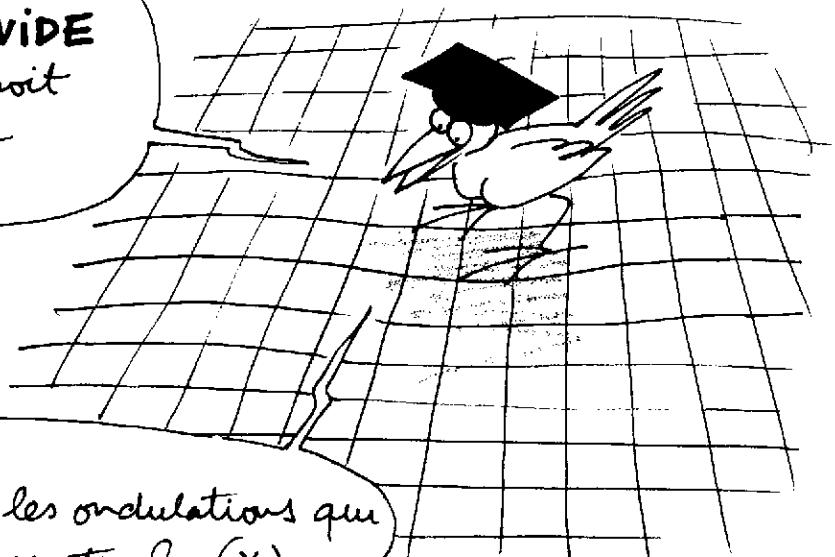
Bref, selon les modèles actuels l'univers serait né d'un instant **DÉNUÉ DE SENS**. On ne sait pas pourquoi il était dans un tel **CHAOS**, ni pourquoi cet état a perduré. Comme son évolution s'est alors effectuée de manière isentropique le fait que le temps ait pu s'écouler reste un mystère complet

copie à refaire

TROISIÈME PARADOXE COSMOLOGIQUE



d'après l'anglais DIRAC
ce que nous appelons VIDÉ
serait en réalité un étroit
assemblage de matière
et d'anti-matière

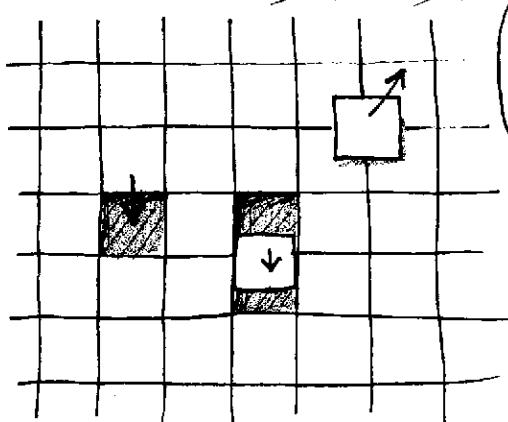


les PHOTONS étant les ondulations qui
agitent ce tissus spatial (*)

quand deux ondulations suffisamment
prononcées se rencontrent, un carreau
se desselle. Le carreau libéré devenant
synonyme de matière et le vide
qu'il laisse d'antimatière



le carreau libre peut se déplacer
mais le trou aussi, par mouvement
des carreaux adjacents, comme
dans le jeu du TAQUIN

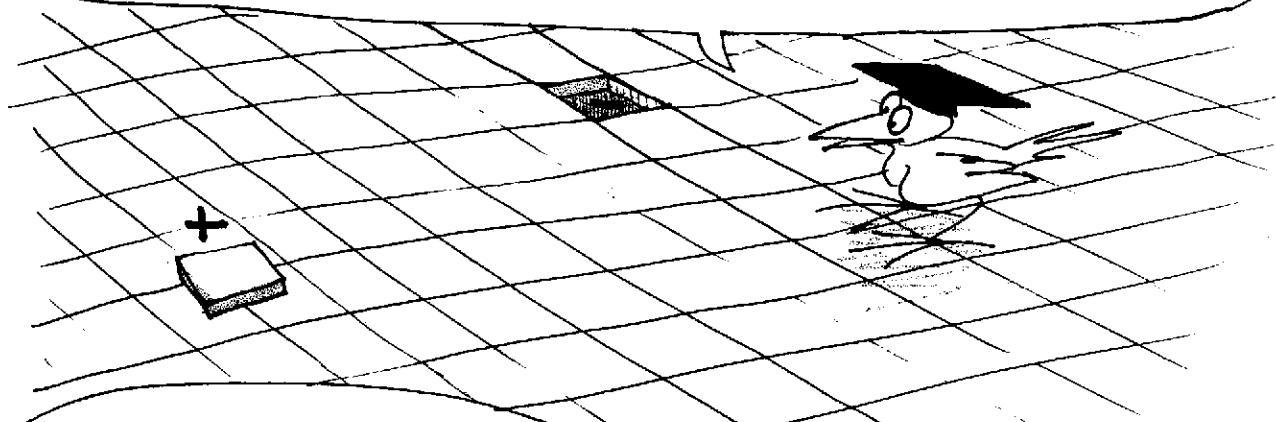


(*) Voir BIG BANG

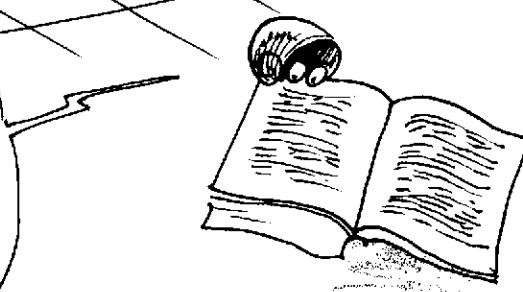
au moment du **BIG BANG** la turbulence du tissu cosmique, (la température) était considérable. les carreaux ne tenaient pas en place. Ils se dessellaient et se rejoignaient sans cesse, dans un fantastique tohu-bohu.



Quand la température eut baissé suffisamment^(*) presque tous les carreaux retournèrent dans les emplacements libres. Tous... sauf un sur un milliard et les plus qui agitaient désormais le tissu cosmique devinrent si faibles qu'ils étaient alors incapables de desserrer de nouveaux carreaux

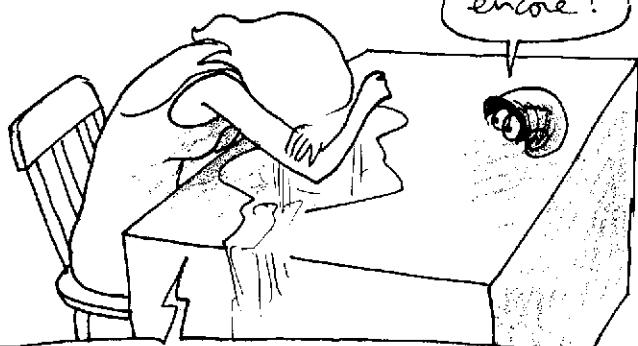


mais le risque de complète annihilation restait grand. Comme matière et antimatière possédaient des charges électriques opposées elles étaient de ce fait fortement attirées l'une par l'autre



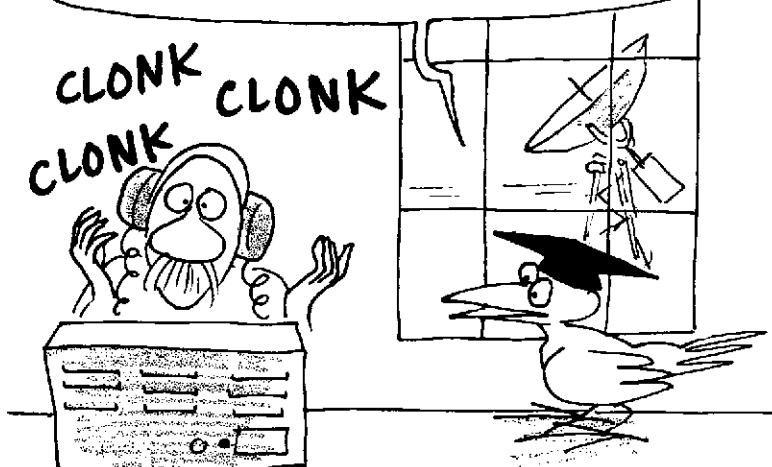
(*) au bout de 13 secondes. La température de l'Univers n'était plus que de trois milliards de degrés 44

Eh bien c'est très simple. Comme le disait Sophie tout à l'heure le phénomène très brutal de l'expansion a séparé ces deux soeurs ennemis en les empêchant ainsi de s'entre détruire

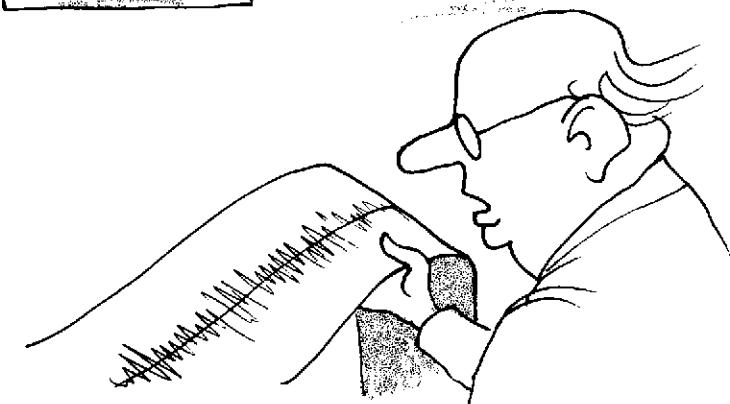
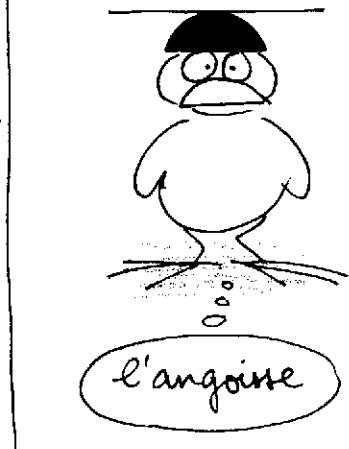


oui, mais entre temps l'univers est devenu collisionnel. S'il y avait des galaxies de matière et d'autres d'antimatière, elles se rencontreraient de temps en temps

et cela ferait un tel barouf radio
qu'on l'entendrait d'un bout à
l'autre de l'Univers



or on ne décèle pas
cette annihilation
matière-antimatière

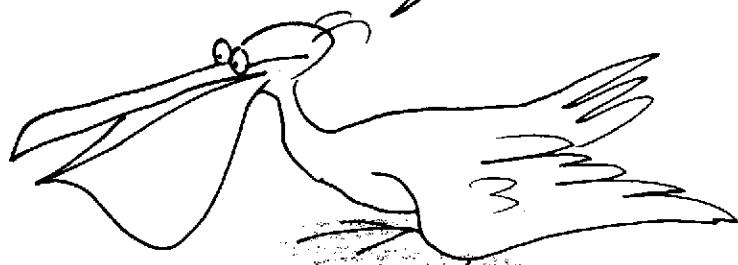


si je comprends bien
c'est un miracle
que nous existions

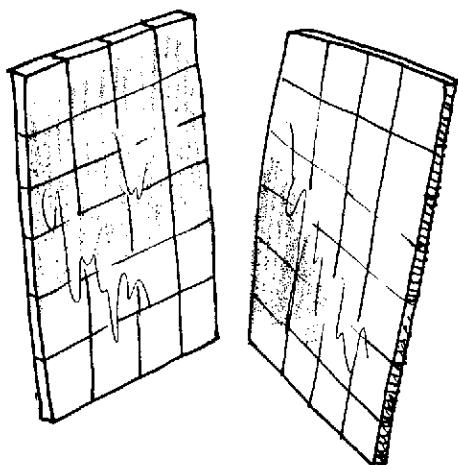
Tirésias, je vous en prie,
n'abusez pas de cette
situation !



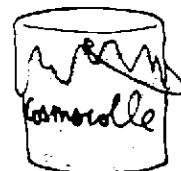
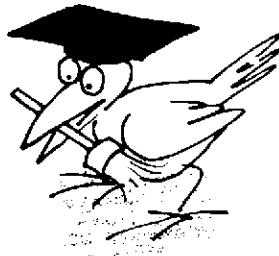
en toute logique, si
l'antimatière n'est pas
dans notre Univers, c'est
qu'elle est ailleurs



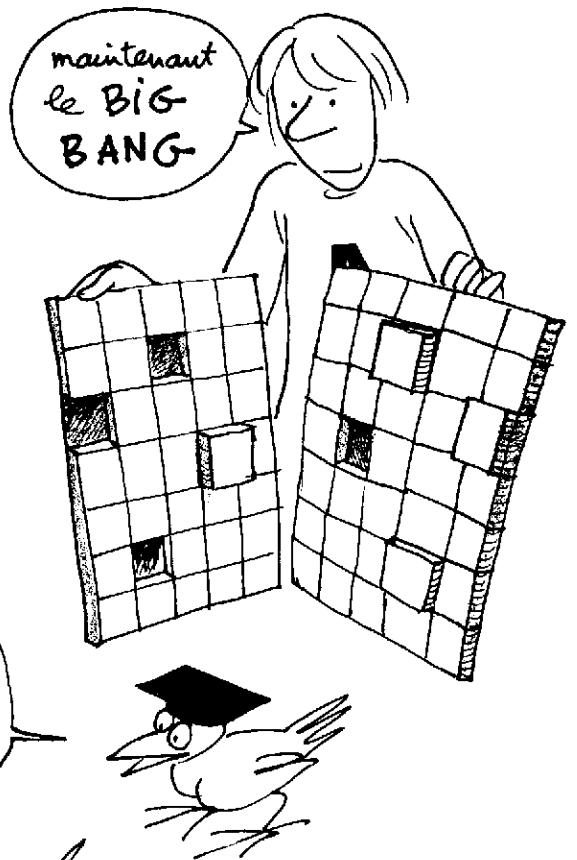
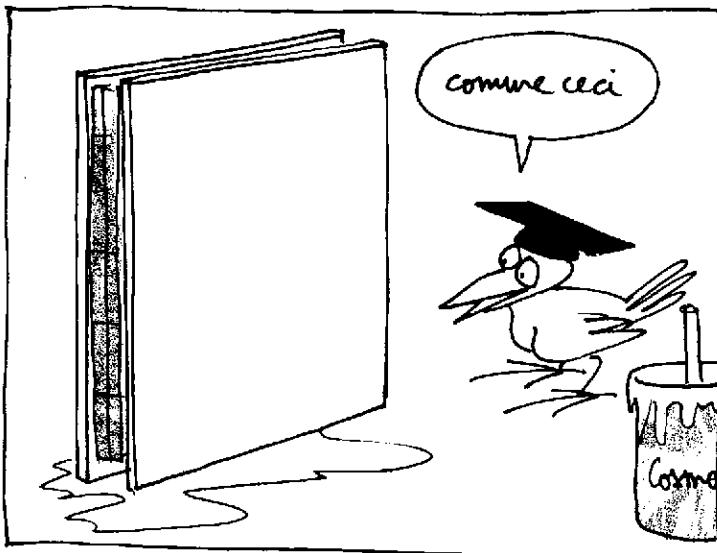
THÉORIES D'A.SAKHAROV ET DE J.P. PETIT*



Supposons deux univers
réunis, colés ensemble
à l'instant initial

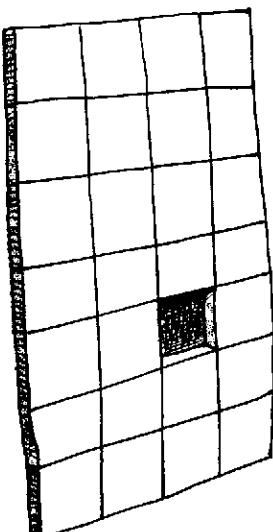


(*) J.P. PETIT: UNIVERS ÉNANTIOMORPHES À TEMPS PROPRES OPPOSÉS &
UNIVERS EN INTERACTION AVEC LEUR IMAGE DANS LE MIROIR DU TEMPS. Comptes Rendus
de l'Académie des Sciences de Paris Tome 284 (23 mai 77) suivie Ap. 1315 et tome 284 (6 juin 77) p. 1413

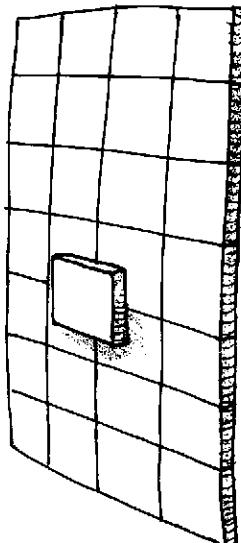


en séparant ces feuillets
il pourra se trouver que sur
chaque pavage d'univers certains
carreaux se trouvent arrachés et
que d'autres se retrouvent
en surépaisseur

dans chacun de ces univers les carreaux en surépaisseur vont
se loger dans les emplacements libres. Si la situation est
parfaitement symétrique on retrouvera la planète initiale

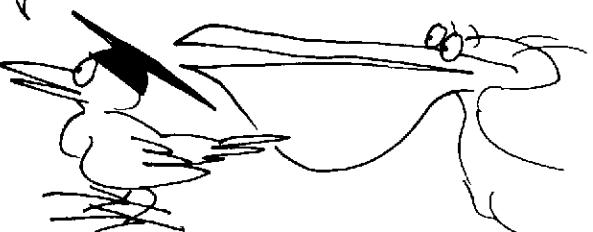


ANTI-UNIVERS
(antimatière)

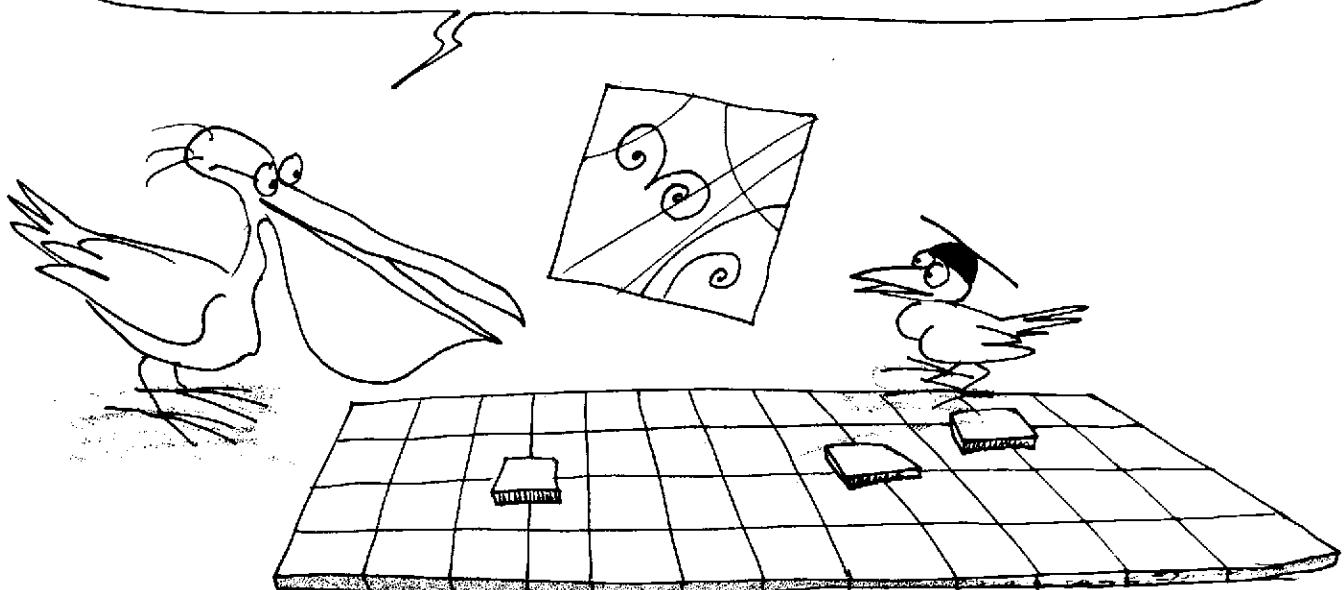


UNIVERS
(matière)

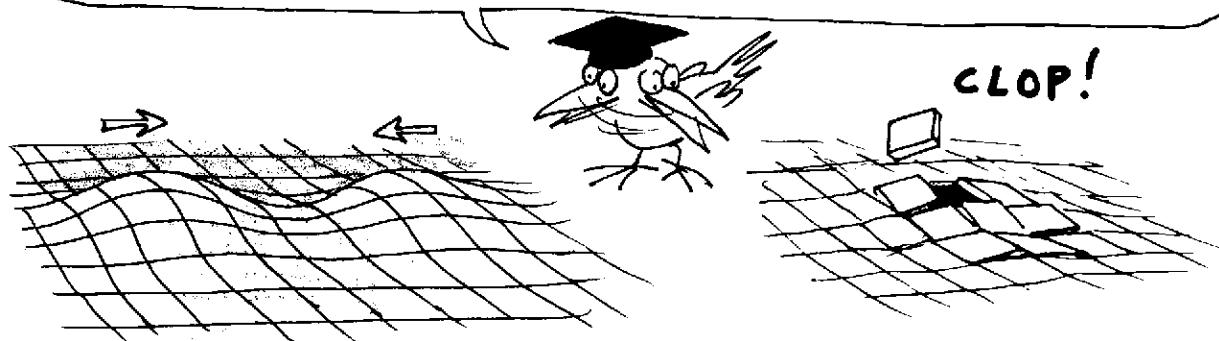
par contre, s'il se produit une
BRISURE DE SYMÉTRIE il y
aura un excès de matière dans
l'un de ces univers et un excès
d'antimatière dans l'autre,
qui ne pourront plus s'annihiler



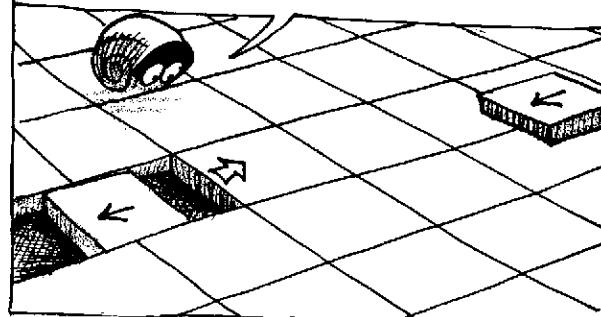
mais... à quoi correspond l'antimatière qui fut découverte dans les rayons cosmiques, peu de temps après la découverte de DIRAC, ou elle qu'on fabrique en laboratoire ?



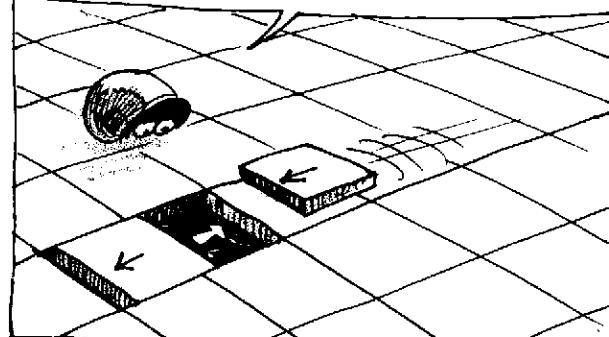
rien ne nous empêche ici-bas de créer de très fortes concentrations d'énergie dans les accélérateurs de particules géants, au point de desseller un nouveau carreau c'est à dire de créer une PAIRE matière - anti-matière



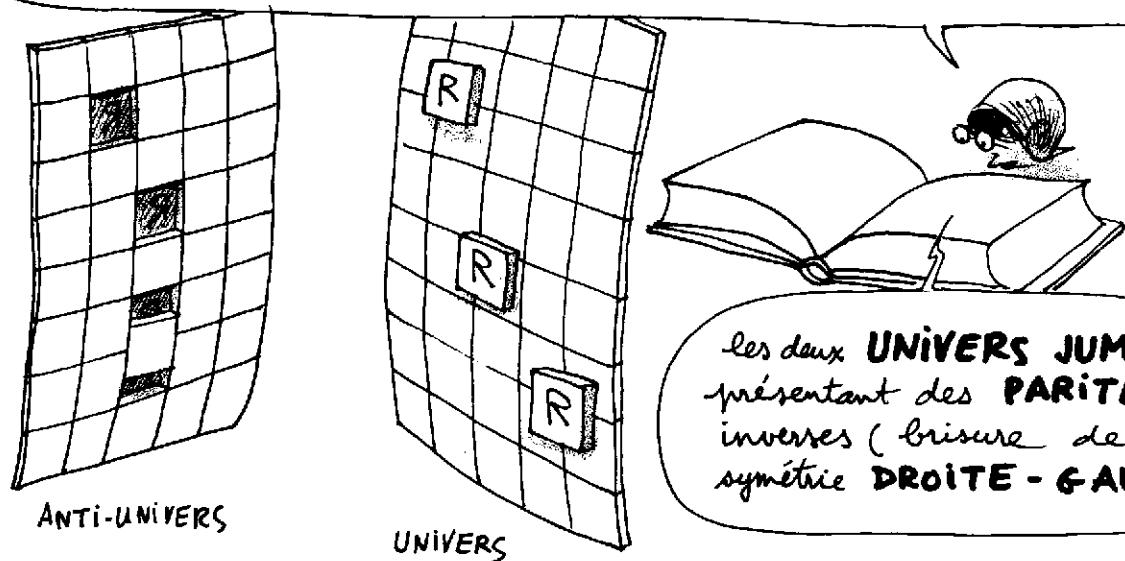
mais, si tu ne prends pas des précautions pour tenir cette anti-matière loin de toute matière



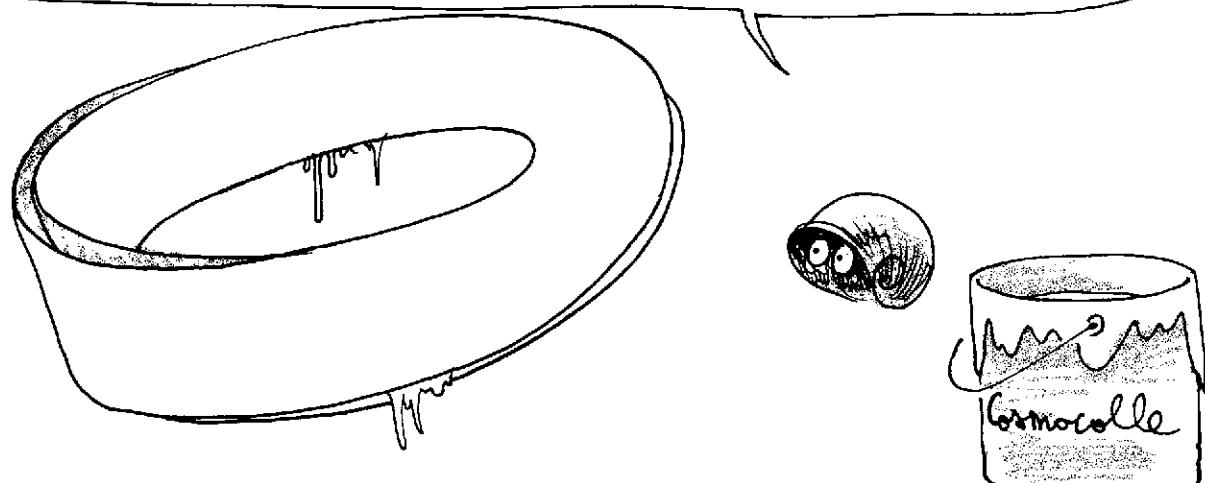
elle s'annihilera avec elle immédiatement

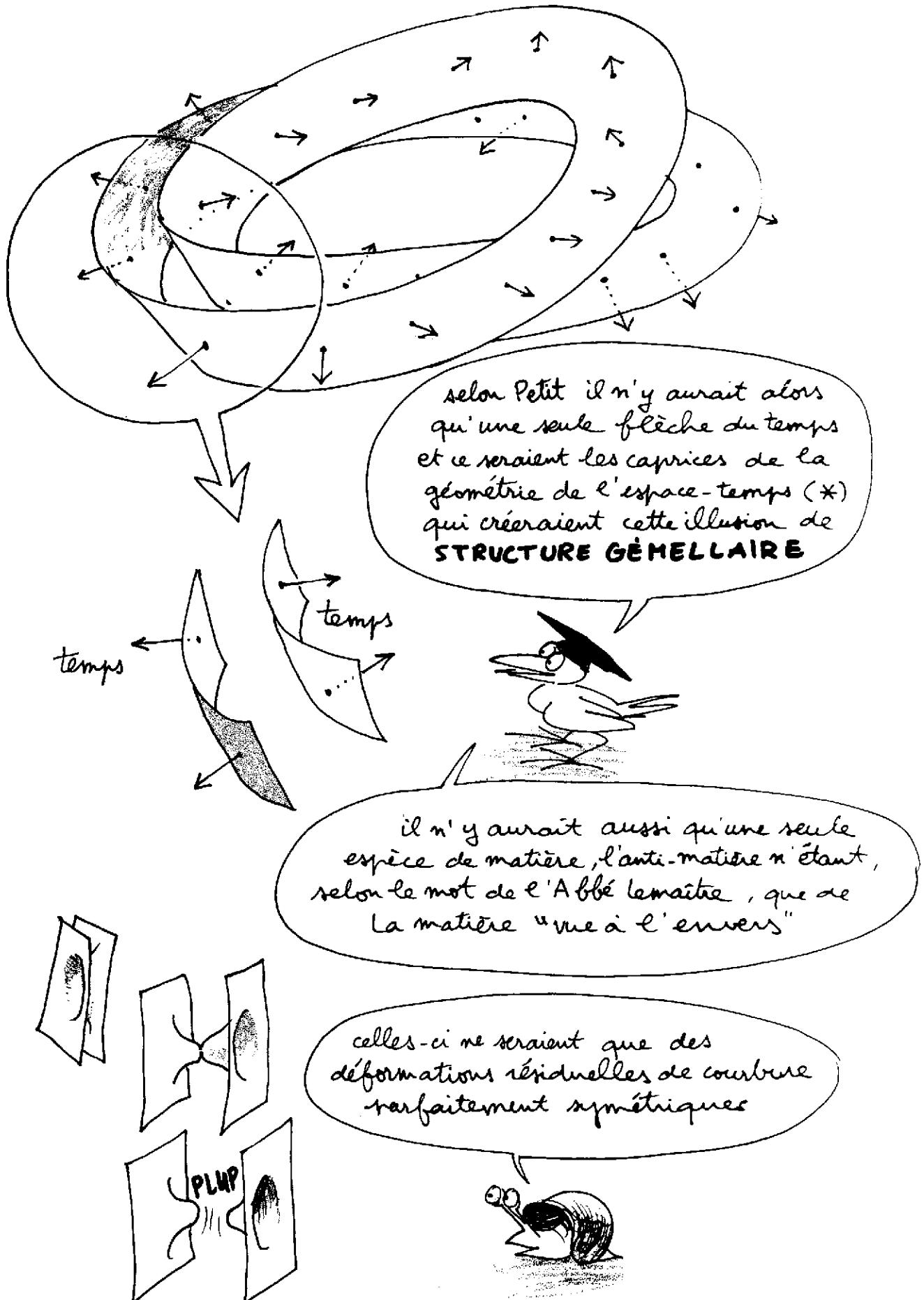


Andrei Sakharov utilisera cette vision géométrique pour expliquer l'apparente absence d'antimatière dans notre "versant" d'Univers



même démarche effectuée indépendamment en 1977 par Jean-Pierre Petit qui pense, lui, qu'il n'y avait qu'un seul univers initialement collé sur lui-même le long d'un "ruban de Möbius à trois dimensions"





(*) voir LE TOPOLOGICON



DIACHRONE ET RÉTROCHRONE

Si un jour nous rencontrions des rétrochroniens, que faudrait-il leur dire ?



"au revoir", je suppose, puisque dans leur **TEMPS PROPRE** ils s'en vont

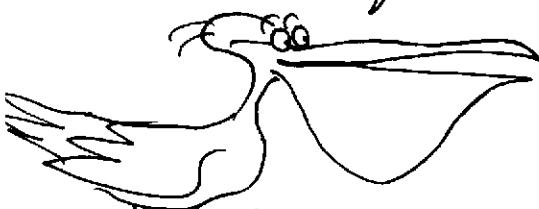
tu parles d'une conversation ! Ils sauraient tout ce qui on va leur dire, alors qu'ils ignorent tout de nos phrases précédentes



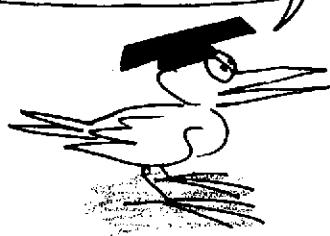
Bonjour l'angoisse

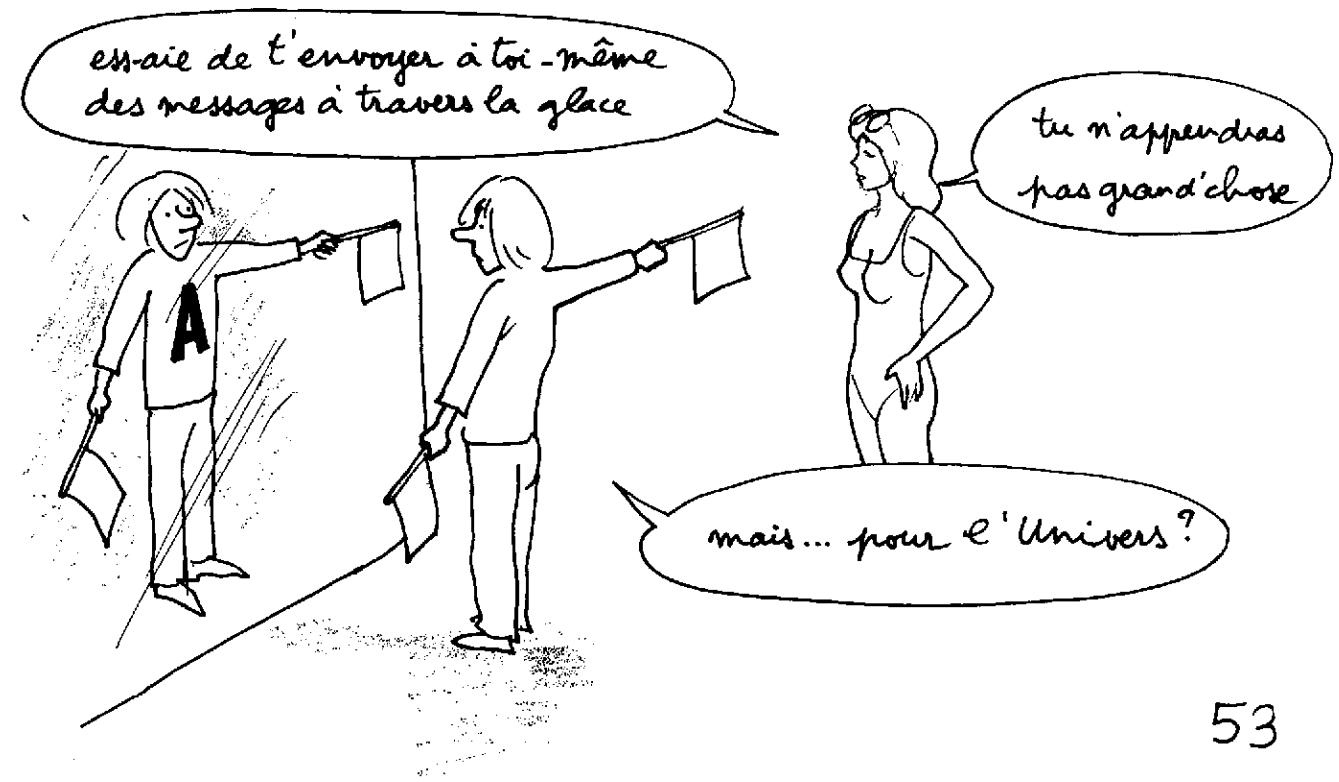
économiquement ça serait quand même intéressant. Ils seraient avides de nos déchets pour les transformer en matières premières

excusez-moi... j'ai un peu perdu le fil... où en étions-nous ?



Anselme se demandait comment on pourrait échanger des messages avec des rétrochroniens

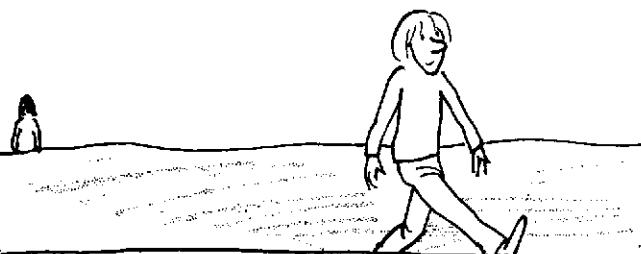




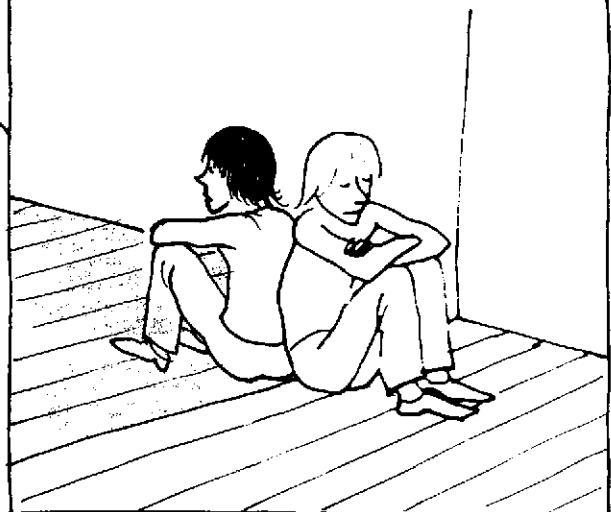
vous aimez les contes?
Je vais vous en raconter un



ils habitaient la même maison
et étaient voisins de palier.
Un jour ils partirent droit devant
eux, le brun vers l'ouest,
le blond en direction de l'est



il était une fois deux
jeunes garçons qui passaient
leur temps adossés l'un
à l'autre, comme un presse-livre



le blond se dit "si le monde
est rond, en marchant tout
droit nous devrions en
faire le tour et nous
croiser à mi-parcours



le voyage fut d'une longueur inimaginable. Le blond
craignit de ne pas vivre assez vieux pour en voir le terme

c'est fou ce que ma vue a baissé
et j'ai perdu presque tout mes cheveux

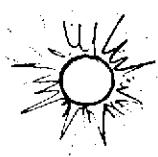




quand il se trouva à mi-parcours, au bout du monde,
il faisait un froid intense et il en souffrit, car il avait
perdu tous ses cheveux. Il attendit en vain son compagnon



mais les choses s'arrangèrent.
Le soleil se mit à briller



Ah... bien.

incroyable ! Mes cheveux repoussent
et je peux pratiquement
me passer de lunettes !

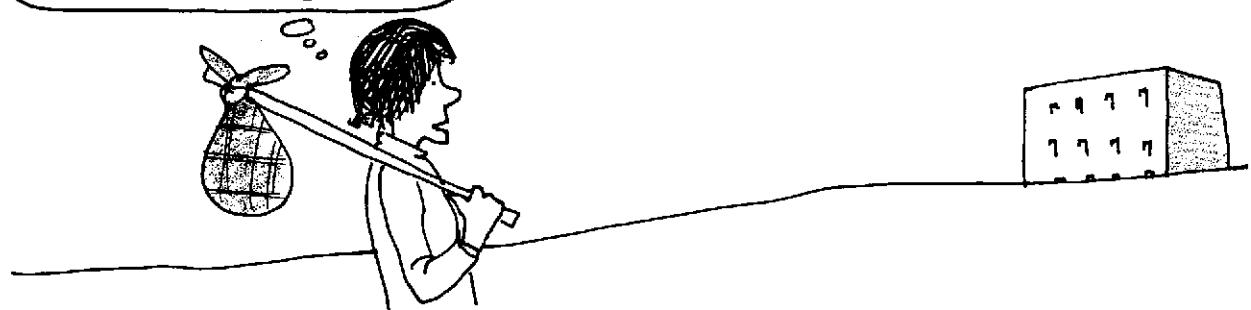
le temps passa



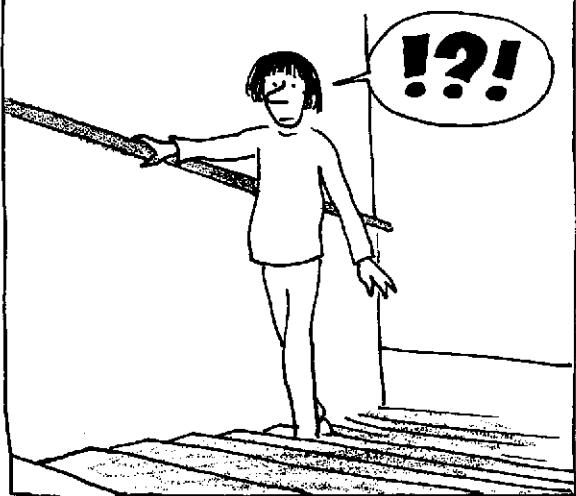
la perte de son tire-bouchon l'ennuyait beaucoup. Or un jour où il se restaurait au bord d'un puits, un tire-bouchon en jaillit



le bouchon est bouchée



il monta l'escalier et se retrouva nez à nez...

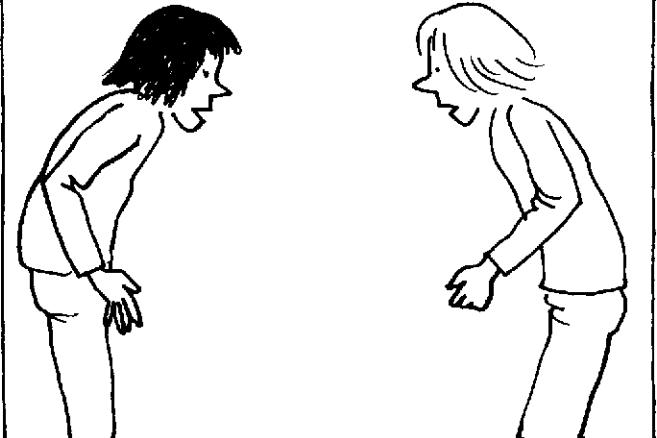


mais, malgré ses efforts, il ne parvint pas à l'utiliser

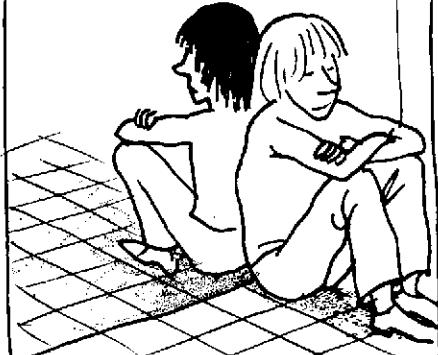


en fin du compte il aperçut au loin l'immeuble qui il avait quitté il y a si longtemps !

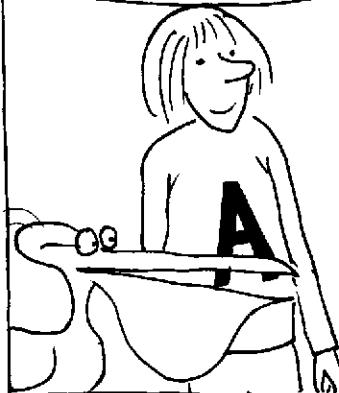
... avec un jeune garçon blond ...



alors ils s'adossèrent
l'un contre l'autre



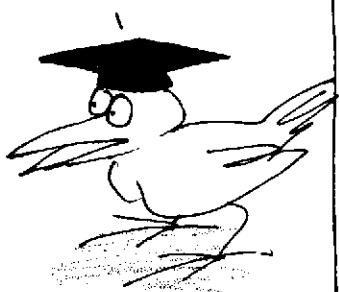
et c'est la fin
de mon histoire



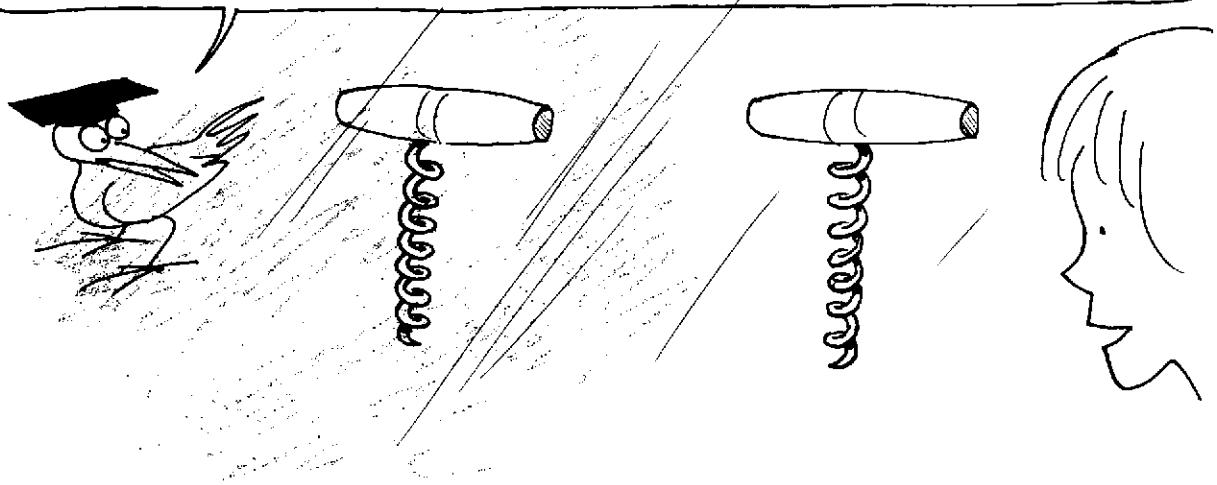
je crois que j'ai compris.
Ils ne sont pas adossés
l'un contre l'autre. Il y a
une sorte de miroir, un
miroir SPATIO-TEMPOREL



mais... l'histoire du tire-bouchon
... et des puits ?



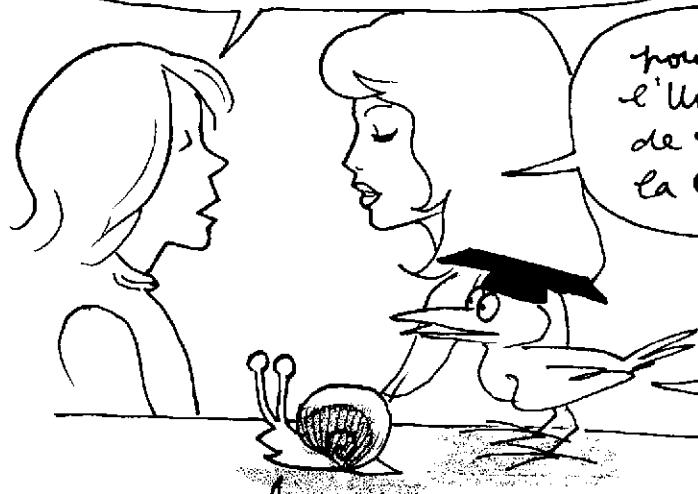
je crois que le premier puits était un **TROU NOIR** et
l'autre une **FONTAINE BLANCHE**. Je crois que si il
n'arrivait pas à ouvrir sa bouteille, c'est que le tire-bouchon
était devenu **ÉNANTIOMORPHE**, en miroir (*)



(*) Voir **LE TROU NOIR**, page 61

TEMPS ET MÉCANIQUE QUANTIQUE

et le temps, qu'en pensent
les mécaniciens quanticiens ?



pour les physiciens des quanta
l'Univers se réduit à l'équation
de SCHRÖDINGER, où intervient
la CONSTANTE DE PLANCK \hbar

tous les **ÉVÈNEMENTS**
de l'Univers sont censés
être des solutions de
cette équation maîtresse

voilà au moins une théorie qui a réponse à tout



à cette équation est associé un temps
caractéristique t_p , le **TEMPS DE PLANCK (*)**
qui vaut $0,53 \cdot 10^{-43}$ seconde. Il est
fondamentalement impossible, à l'aide de
l'équation de Schrödinger de décrire un
phénomène ayant une durée inférieure
à ce temps de Planck t_p .



v'là autre chose ...

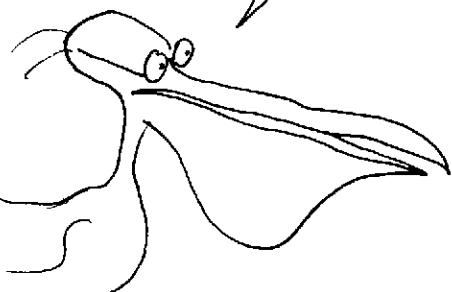
(*) Voir Annexe D

ça voudrait dire que le présent a une épaisseur finie

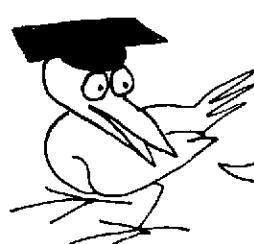
cela veut aussi dire que pour les quanticiens le passé s'arrête à 10^{-43} sec. Eux non plus ne peuvent atteindre conceptuellement le temps $t = 0$

décidément...

Bon, de quoi parlons-nous exactement ? Si l'Univers est une machine, quels sont ses rouages essentiels ?

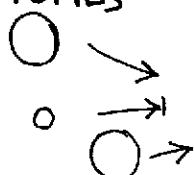


Schématiquement l'Univers comme se présente comme un mélange de photons et de particules de matière, dans le rapport un milliard pour un. La gravitation crée des assemblages de matière où la **FUSION** convertit en permanence de la matière en rayonnement. les produits de ces réactions sont appelées "atomes" (*)



ces produits de la **NUCLEOSYNTHÈSE** peuvent réagir entre eux soit spontanément, soit en réabsorbant des photons (**PHOTOSYNTHÈSE**), en produisant des assemblages appelés molécules. Les atomes peuvent aussi se décomposer en réemettant des photons (**FISSION NUCLEAIRE**)

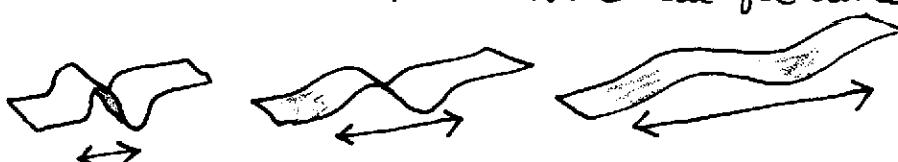
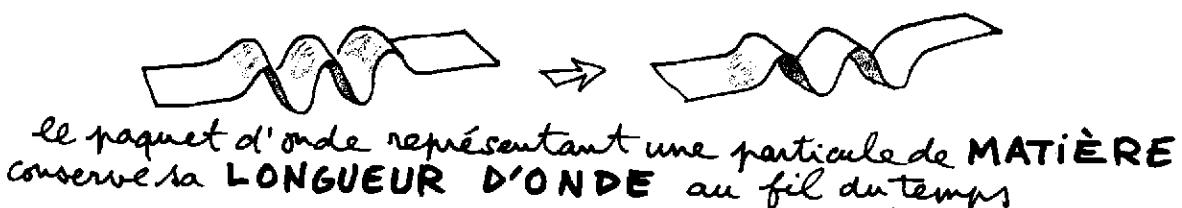
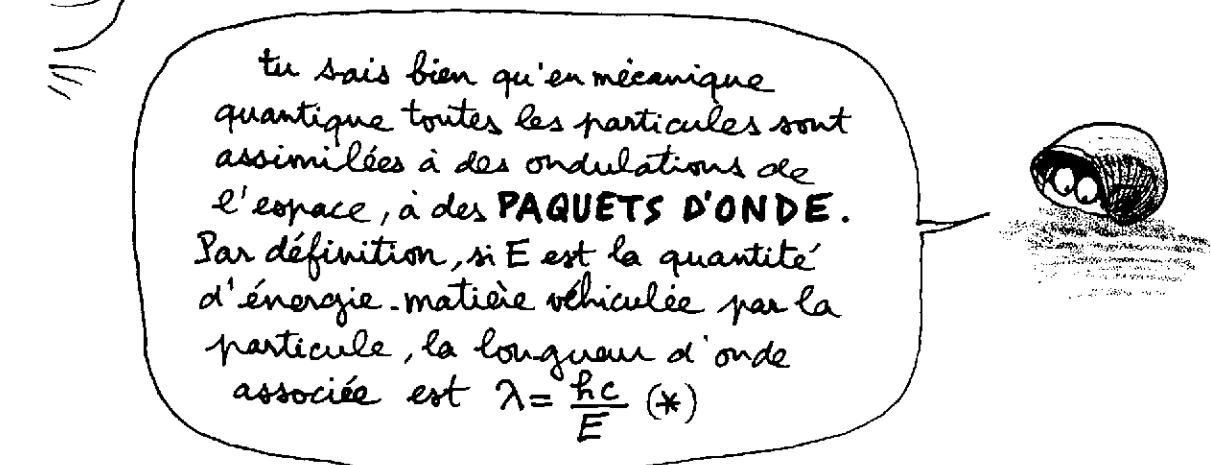
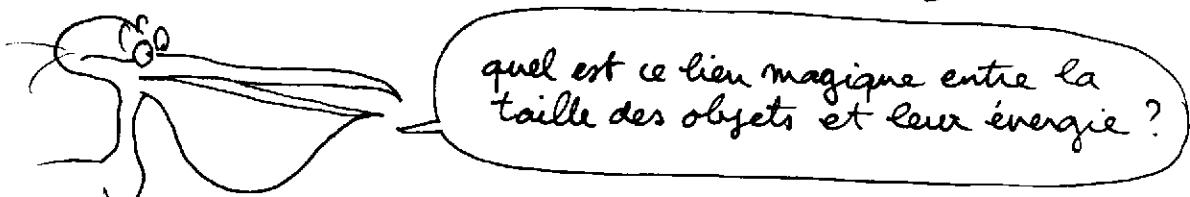
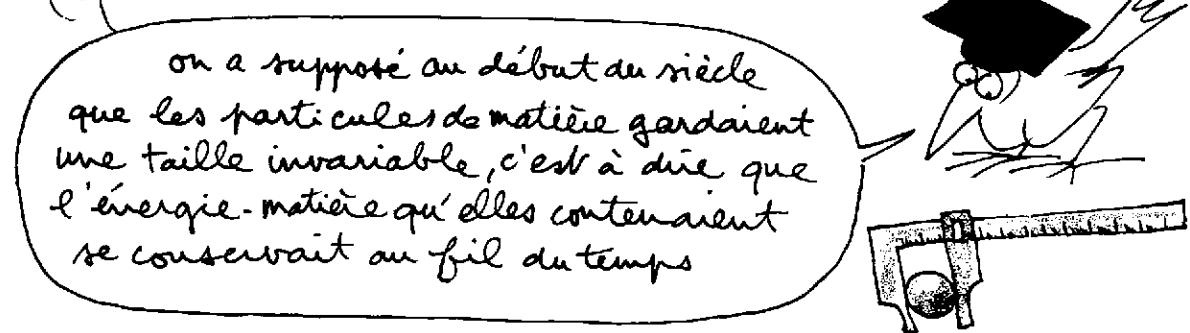
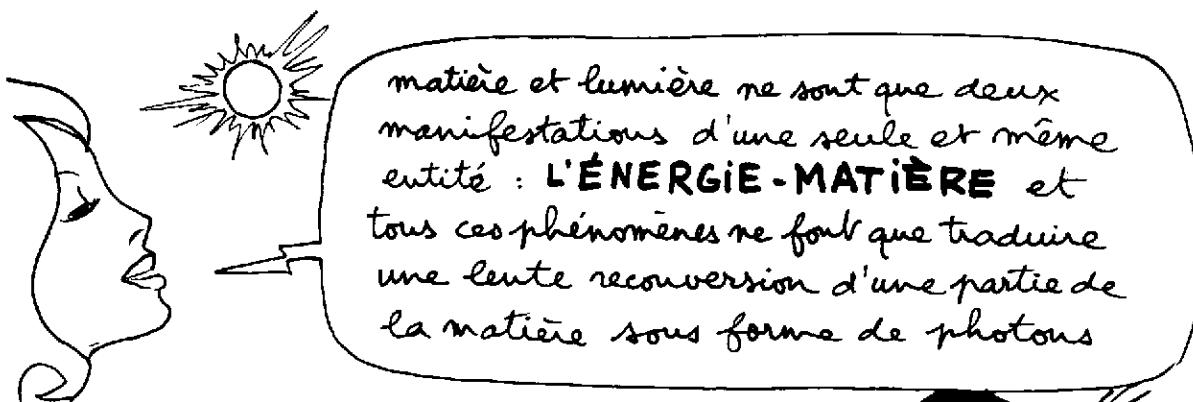
ATOMES



MOLÉCULES réémettant

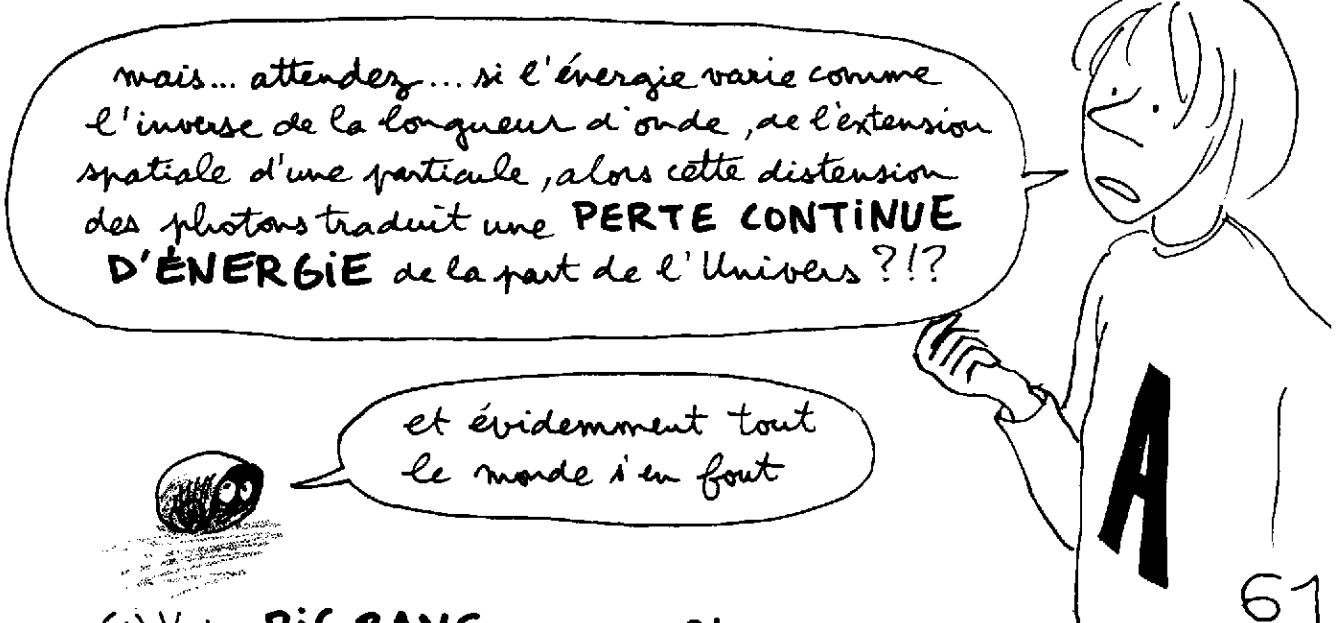
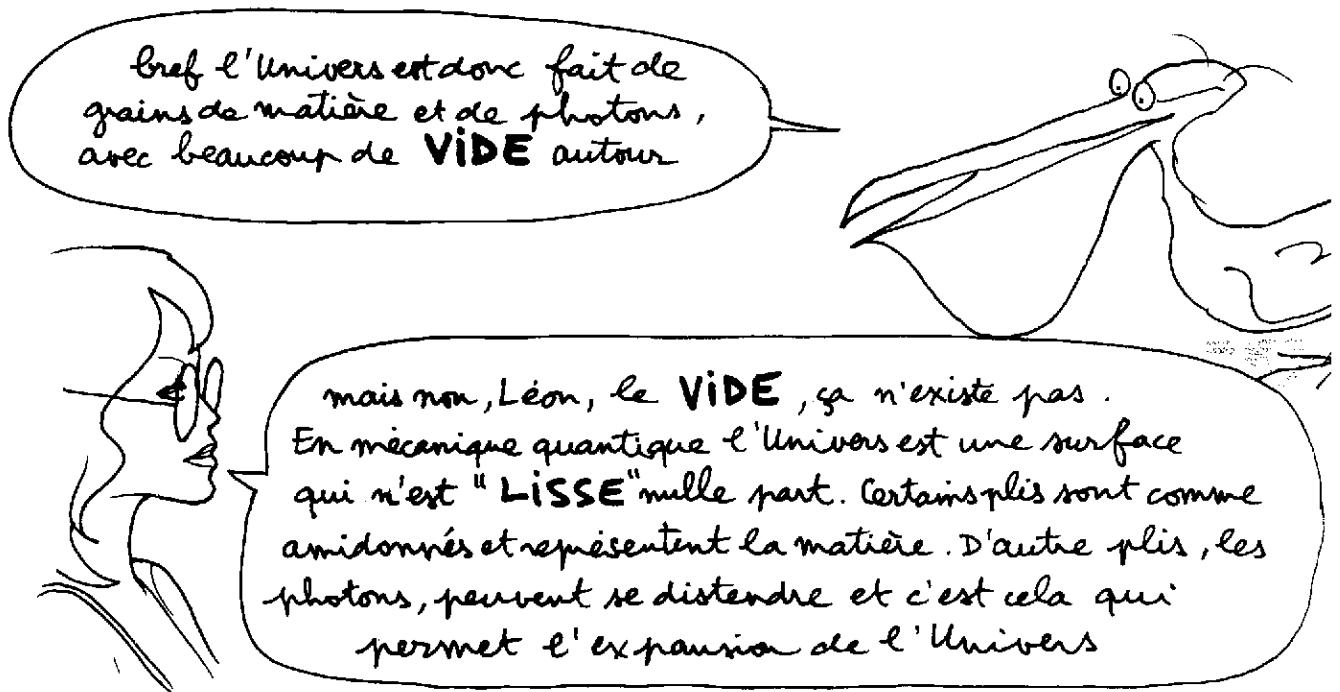
FISSION

(*) Voir **MILLE MILLIARDS DE SOLEILS**



le **PHOTON** suit l'expansion de l'Univers

(*) h : constante de Planck, c : vitesse de la lumière

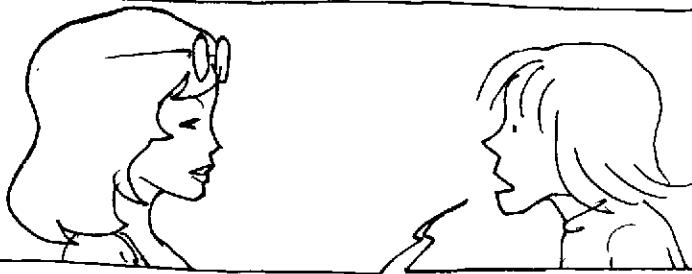


(*) Voir **BIG BANG** page 34

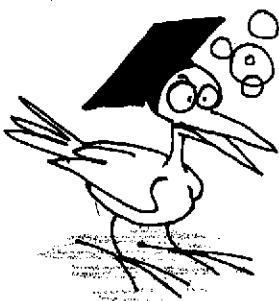
L'EXPANSION COSMIQUE



au lieu d'avoir un Univers à entropie constante et à énergie variable il aurait été évidemment plus agréable d'avoir l'inverse. Enfin...



Si je comprends bien l'**EXPANSION DE L'UNIVERS** va de pair avec l'accroissement de l'espace occupé par les photons originels, qui constituent le **FOND DE RAYONNEMENT COSMOLOGIQUE**. Dans ces conditions l'Univers devrait se dilater **PARTOUT**



or, d'après les astrophysiciens, ni le système solaire, ni les galaxies, ni les amas de galaxies ne se dilatent. Alors **QUI PAYE LE PRIX DE L'EXPANSION ?!**

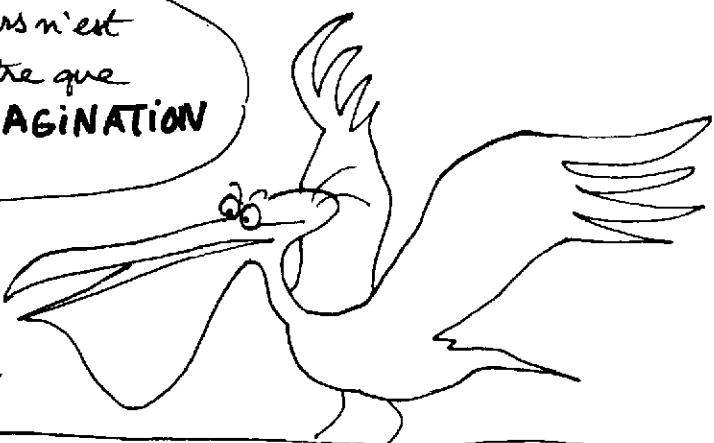
alors, Sophie?

hum...

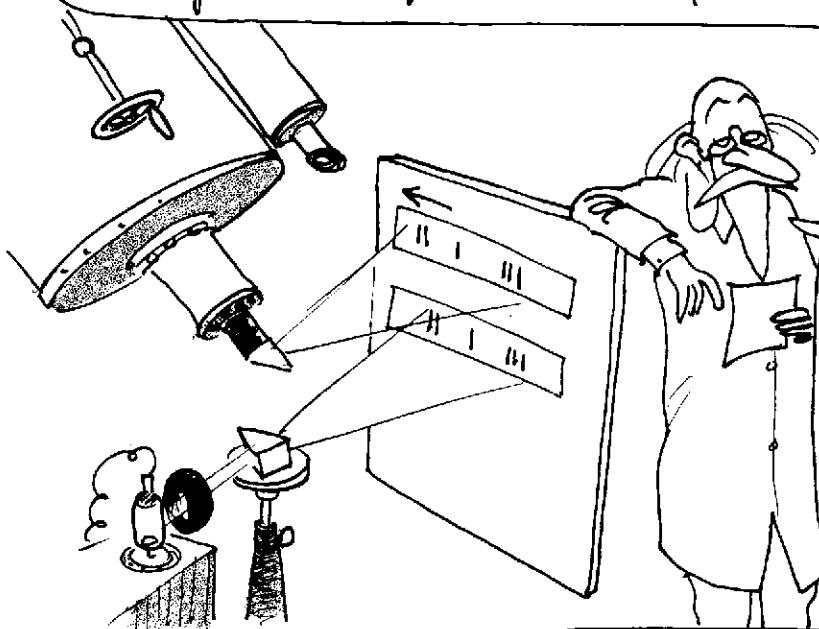


dites, la cosmologie théorique c'est un truc sérieux, ou quoi ?

après tout, l'Univers n'est peut-être rien d'autre que le fruit de notre **IMAGINATION**



enfin, Tiresias, ne dites pas de sottises. Que faites-vous des **FAITS EXPÉRIMENTAUX**, des **OBSERVATIONS** ?!? Si nous croyons à l'expansion cosmique c'est à cause du **RED SHIFT**



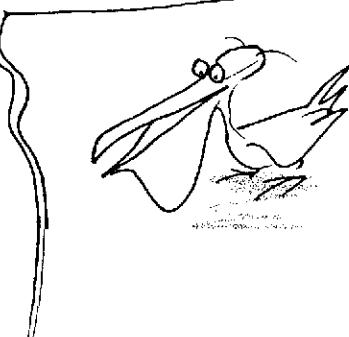
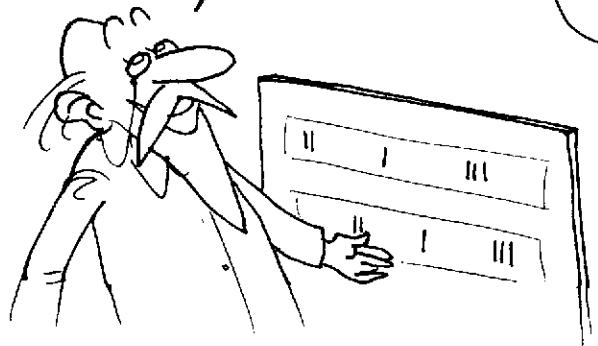
regardez ces deux spectres. L'un est produit en labo par de l'hydrogène porté à haute température. L'autre décompose la lumière envoyée par une galaxie lointaine et présente un décalage vers le rouge important. A partir de ces **DONNÉES** nous en déduisons sa **VITESSE DE RÉCESSION**. Où est l'imagination là-dedans?

comment êtes-vous sûr que ce glissement vers le rouge est imputable à l'effet **DOPPLER -FIZEAU**?

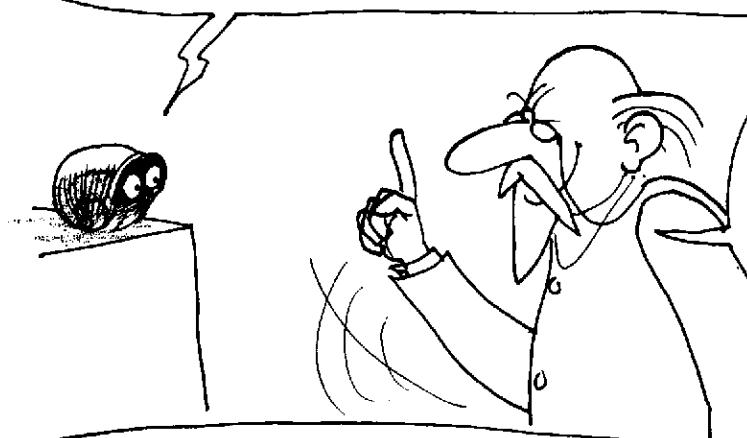


à quoi voulez-vous que cela soit dû ? A la fatigue de la lumière ?...

le cosmologiste et philosophe **MILNE**, qui refusait cette idée d'expansion de l'univers, donnait à cette baisse de la fréquence des photons une toute autre signification



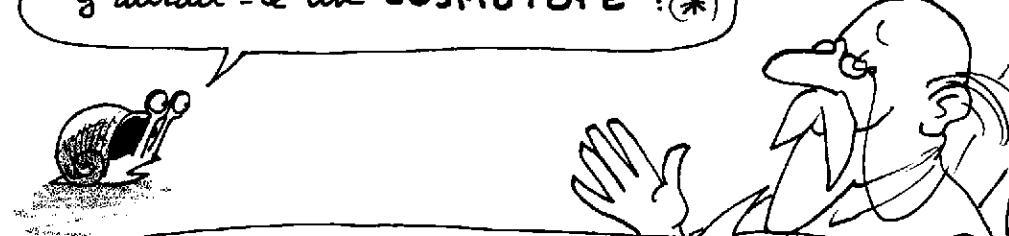
l'énergie d'un photon est $h\nu$, où h est la constante de Planck et ν la fréquence. MILNE disait : "supposons que l'énergie d'un photon se conserve, mais que h croisse proportionnellement au temps. Alors on mesurerà, à la réception du message, une fréquence ν plus faible, sans effet Doppler, sans expansion



un univers STATIQUE !
Mon cher, ça ne tient pas.
Que faites-vous du
rayonnement fossile,
trace de l'EXPLOSION
PRIMORDIALE

Bon, alors revenons à un univers en expansion, mais par rapport à QUOI ?

y aurait-il un COSMOTOPE ? (*)



non-sens ! Le contenant et le contenu de l'univers ne sont qu'un seul et même objet.
Seul compte la mesure du glissement vers le rouge.

de toute manière il n'est pas question d'aller faire des mesures sur place pour des objets qui sont à des milliards d'années-lumière. Le tout est de bâtrir un SYSTÈME DE PRÉSENTATIONS qui rende acceptablement compte des observations
En Science on ne fait jamais que SAUVER
LES APPARENCES

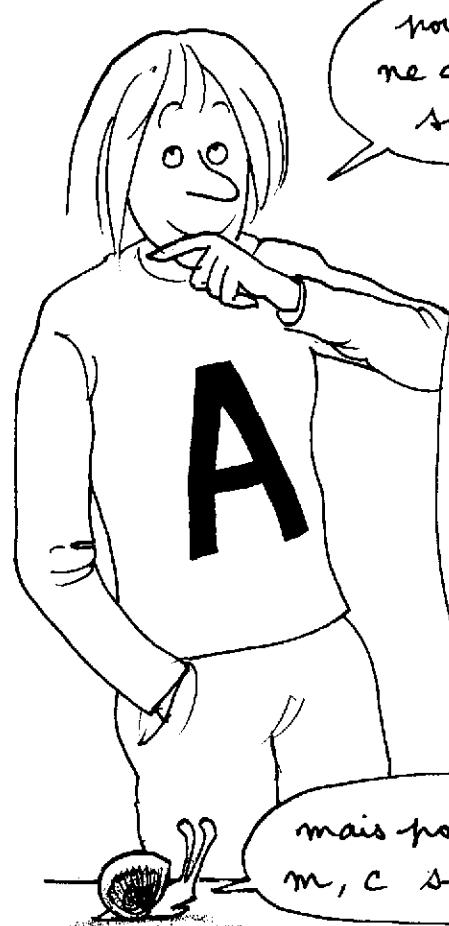


(*) littéralement : "l'endroit où se trouve l'Univers"

MODÈLE DE JAUGE (*)



(*) AN INTERPRETATION OF COSMOLOGICAL MODEL WITH VARIABLE LIGHT VELOCITY
J.P.PETIT: Modern Physics Letters A Vol.3 N°16 (1988) pp. 1527-1532
COSMOLOGICAL MODEL WITH VARIABLE LIGHT VELOCITY. THE INTERPRETATION OF RED SHIFTS : J.P.PETIT, Modern Physics Letters A. Vol.3 n°18(1988) pp 1733-1744



mon jeune ami, la taille de ces objets est déterminée par un certain nombre de constantes : la constante de la gravitation G , la constante de Planck \hbar , la masse du proton m , la vitesse de la lumière c



tout cela est bien connu, vous pensez...

mais pourquoi ces quantités G , \hbar , m , c sont-elles invariables ?



mais parce qu'elles ne varient pas...

d'un jour à l'autre, d'un bout de la Terre à l'autre, certes, mais pourquoi ces grandeurs n'auraient-elles pas varié depuis des milliards d'années ?

je suppose que la vitesse de la lumière c doit être constante à cause de la Relativité Générale ...



ça m'est écrit absolument nulle part...



Ah bon?..



vous voulez dire qu'au début de ce siècle on a pu faire les premières mesures précises de ces quantités, qui intervenaient dans les équations, certaines ayant même carrément été découvertes à cette époque. Et puis un **CONSENSUS tacite** se serait établi, postulant leur **CONSTANCE ABSOLUE**?

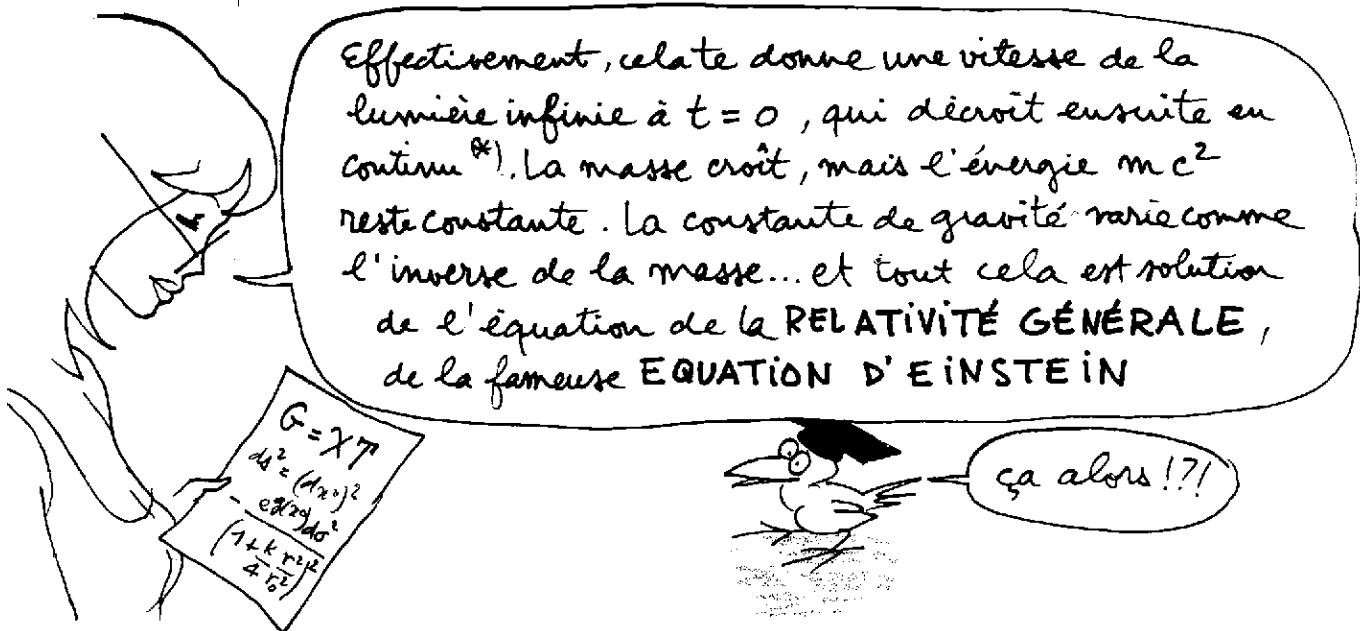


(*) Voir COSMIC STORY page 26



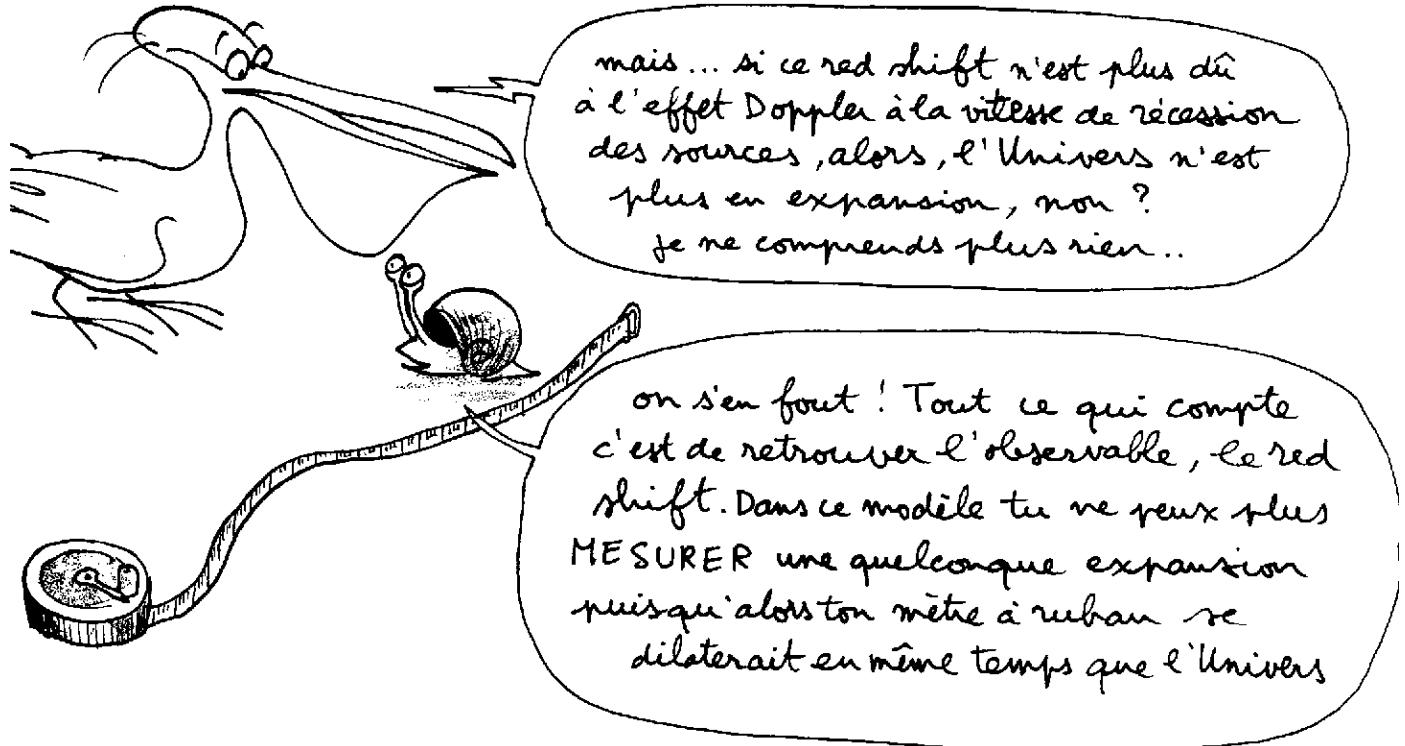
SUPER-RELATIVITÉ



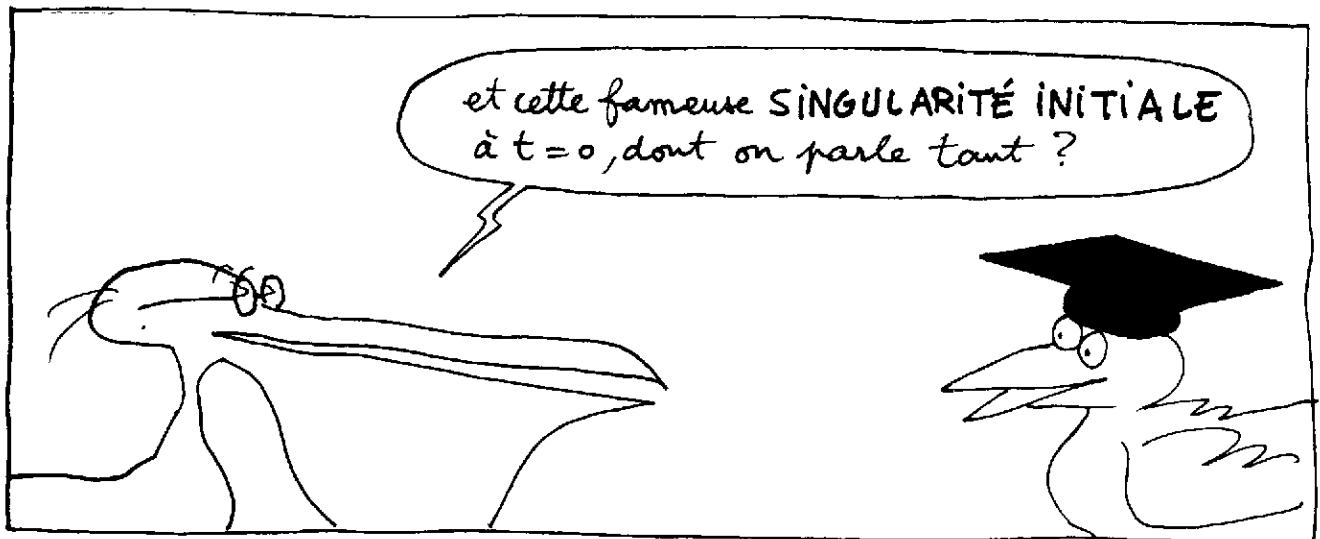
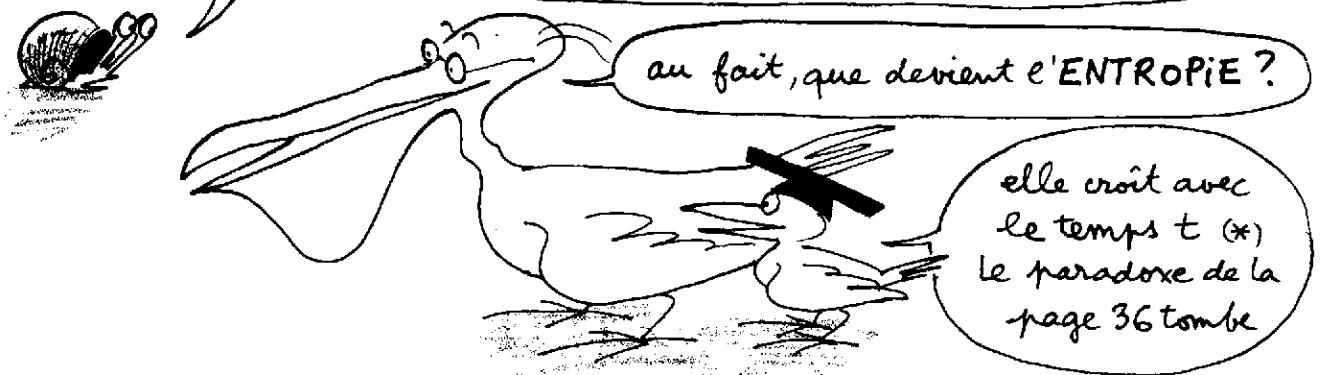


(*) dans ce modèle la vitesse de la lumière c varie comme $\frac{1}{\sqrt[3]{t}}$

(**) le glissement $\Delta\nu$ de la fréquence est proportionnel à la distance à la source. On retrouve la LOI DE HUBBLE



de même tu ne peux pas mettre en évidence LOCALEMENT les variations de \hbar , c , G , m , etc... car les instruments de mesure, basés sur ces mêmes constantes, dérivent "parallèlement"

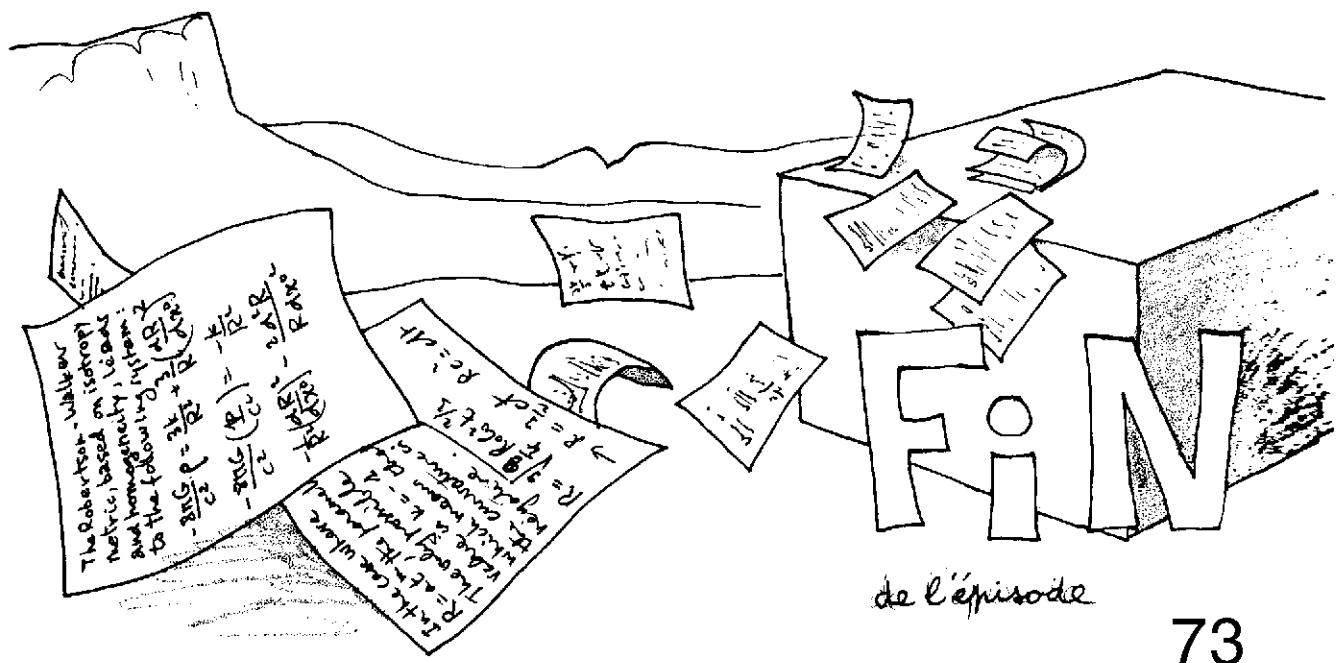
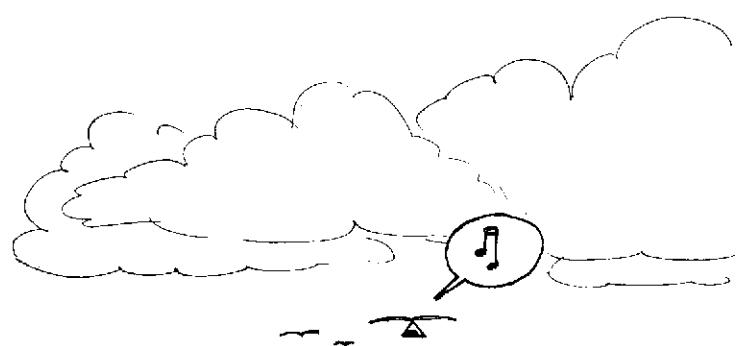
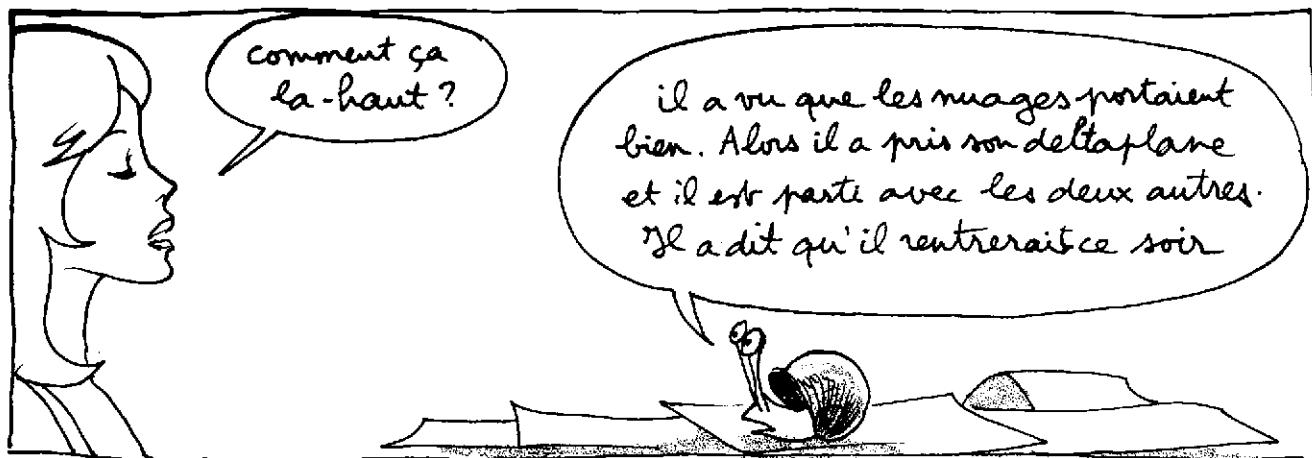


(*) dans ce modèle l'entropie S varie comme $\log t$ (Annexe F) 70



(*) Psychiatrie : absence totale de communication avec autrui.

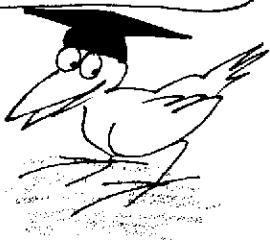






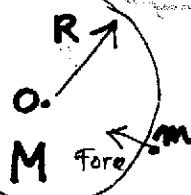
La science moderne a la réputation de se construire à partir d'équations affreusement compliquées, que ne peuvent comprendre qu'un nombre très restreint de "Grosses têtes". Mais les idées fondamentales sont toujours très simples et il est fréquent que l'on puisse les illustrer de manière parfaitement valable à l'aide de calculs qui ressemblent à des calculs d'épicier.

Les notes qui suivent en sont des exemples



ANNEXE A

ou comment retrouver
la loi d'évolution de l'Univers
en trois lignes de calcul



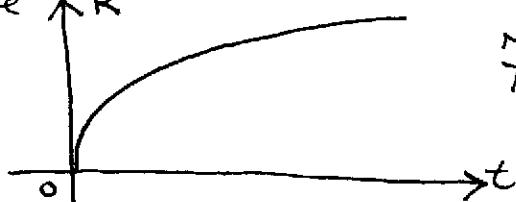
Assimilons l'Univers à un grumeau homogène de poussière, de rayon R et de masse M . Considérons un grain de poussière de masse m , rattaché à sa surface. On peut montrer que la force qui s'exerce sur cette masse est la même que celle que produirait toute la masse M concentrée au centre O , c'est à dire $F = -\frac{GMm}{R^2}$. Appliquons le $\vec{F} = m\vec{f}$ de la mécanique.

Il vient: $-m\vec{R}'' = \frac{GMm}{R^2}$ ou: $R^2R'' + GM = 0$ autrement dit la fameuse

ÉQUATION DE FRIEDMAN. Construisons l'une des trois solutions de cette équation différentielle. Donnons pour ce faire à la fonction $R(t)$ la forme at^b où a et b sont deux constantes à déterminer.

$R = at^b \Rightarrow R' = abt^{b-1} \Rightarrow R'' = ab(b-1)t^{b-2}$. On met alors dans l'équation et on obtient: $b(b-1)a^2t^{3b-2} + GM = 0$ qui doit "fonctionner" quel que soit t . Seule solution: l'exposant de t doit être nul, donc $b = \frac{2}{3}$ ce qui donne $a = \sqrt[3]{\frac{GM}{2}}$ et $R = \sqrt[3]{\frac{GM}{2}}t^{2/3}$

$R(t)$ est la longueur caractéristique de cet univers, qui peut être assimilée soit à son rayon de courbure R , soit à la distance moyenne entre deux particules.



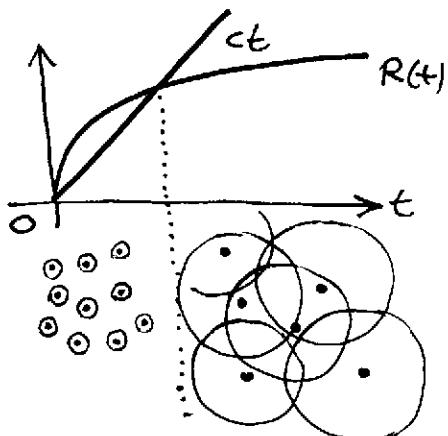
74

ANNEXE B

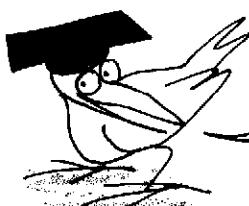


l'univers autistique

un simple coup d'œil à la courbe $R(t)$ montre que l'expansion de l'Univers a commencé par une explosion, la vitesse d'expansion allant ensuite en se ralentissant. Si on assimile $R(t)$ à la distance moyenne entre deux particules, ct représente le rayon d'une onde électromagnétique émise à l'instant $t = 0$. Avec une vitesse de la lumière constante on voit que le rayon de cette "sphère-horizon", ou sphère du connaissable restera pendant un certain temps inférieur à la distance moyenne entre les particules, lesquelles s'ignoreront totalement pendant cette période



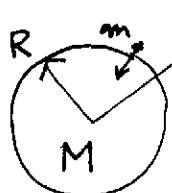
ANNEXE C



comment calculer le rayon d'un TROU NOIR

Soit un astre de rayon R et de masse M et une masse m à sa surface. Supposons que celle-ci soit une fusée. L'énergie qui elle pourra mettre en œuvre ne pourra pas excéder mC^2 , qui représente son équivalent en énergie. Calculons l'énergie à dépenser pour extraire cette masse m du champ de gravité de l'astre. La force est $F = -\frac{GMm}{r^2}$

le travail est $-\frac{GMm}{r^2} dr$ où dr est un petit déplacement.



$$\text{L'énergie à fournir est } E = - \int_R^\infty \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{R}$$

Cette énergie excédera l'énergie maximale disponible si : $\frac{GMm}{R} > mC^2 \Rightarrow R < \frac{GM}{C^2}$ (Rayon de Schwarzschild)

Un calcul plus fin, tenant compte de la diminution de la masse aurait conduit à la valeur exacte $R_S = \frac{2GM}{C^2}$. Si une masse M est contenue à l'intérieur de son rayon de SCHWARZSCHILD, aucun objet ne peut en sortir, car l'énergie nécessaire est supérieure à mC^2 . Le rayon de Schwarzschild du Soleil est de 3,7 km

le photon a une énergie $h\nu$. Il représente une quantité équivalente de matière $m_\phi = \frac{h\nu}{c^2}$ grâce à laquelle on peut calculer son énergie d'extraction : $-\int_R^\infty \frac{GMm_\phi dr}{r^2} = \frac{GM}{Rc^2} h\nu$. L'énergie d'un photon réussissant à quitter l'astre est : $E = h\nu \left(1 - \frac{GM}{Rc^2}\right) < h\nu$ (Phénomène de red shift gravitationnel). Si $R < \frac{GM}{c^2}$ l'astre ne peut plus émettre de lumière. C'est un trou noir.

ANNEXE D

et maintenant passons aux conditions de Planck

L'extension spatiale d'une particule de masse m est donnée par la longueur de COMPTON $\lambda_c = \frac{h}{mc}$. Supposons que la particule soit un trou noir. Alors cette longueur λ_c devra être identique au rayon de Schwarzschild, c'est à dire : $\frac{h}{mc} = \frac{GM}{c^2}$ ce qui donne $m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}}$, qui vaut 10^{-5} gramme. Il ne peut exister de particule plus lourde. Son rayon est alors $\frac{h}{mc} = \frac{h}{c} \sqrt{\frac{G}{hc}}$

$$\text{soit } L_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}}$$

c'est la LONGUEUR DE PLANCK. $1,610^{-33}$ cm

Rien de plus petit ne peut exister dans l'univers

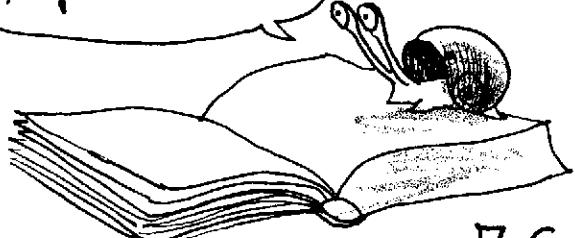
c'est la maille élémentaire
du null over spatial

Soit un photon de longueur d'onde $\lambda = \frac{c}{\nu}$. Son énergie est $E = \frac{hc}{\lambda}$ et sa masse équivalente $m_\phi = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$. Son rayon de Schwarzschild est $R_S = \frac{GM_\phi}{c^2} = \frac{Gh}{\lambda c^3}$, qui égalera sa longueur d'onde si $\lambda = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = L_p$

Quand la longueur d'onde d'un photon égale son rayon de Schwarzschild il se met à tourner en rond comme un chien qui cherche à attraper sa queue et l'information ne peut même plus circuler. Acette longueur on associe le temps $t_p = \frac{L_p}{c} = 0,54 \cdot 10^{-43}$ seconde.

c'est l'ÉPAISSEUR
DU PRÉSENT

l'épaisseur des
pages du livre

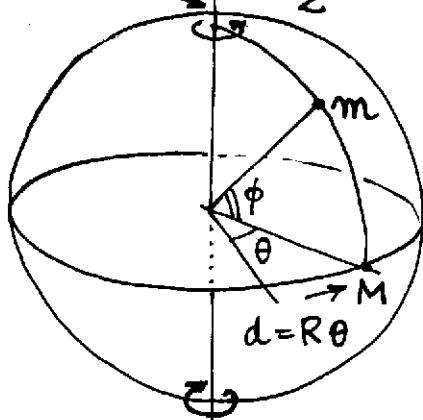


ANNEXE E

L'ESPACE DES PHASES RELATIVISTE

Il sera courbe, à la fois en position et en vitesse. On se limitera à une dimension de position et à une dimension de vitesse. La position sera repérée par le marqueur θ et la vitesse par le marqueur ϕ .

point correspondant à $V=c$ ($\phi = \frac{\pi}{2}$)



point correspondant à $V = -c$ ($\phi = -\frac{\pi}{2}$)

Pour un observateur immobile le déplacement d'un objet à vitesse V sera $d = R\theta$ et la vitesse sera liée à l'angle ϕ par la relation $V = c \sin \phi$. Pour cet observateur les photons circuleront autour des pôles en suivant des trajectoires de longueur nulle (voir TOUT EST RELATIF).

Soit $M_1 M_2 = R\theta$ un déplacement perçu par un observateur au repos. Dans

l'espace des phases le déplacement réel est correspond à l'arc $m_1 m_2$ qui se projette selon l'arc $m_1 m_2$ dans le plan équatorial. Le segment $o m_1 = R \cos \phi$. L'arc $m_1 m_2 = o m_1 \theta$

Comme $\cos^2 \phi + \sin^2 \phi = 1$ et $\sin \phi = \frac{V}{c}$ on obtient :

$$m_1 m_2 = \sqrt{M_1 M_2} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

qui n'est autre que la célèbre

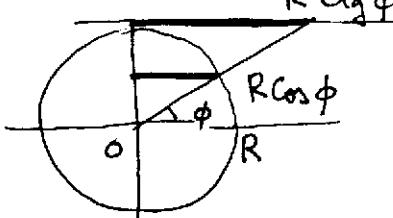
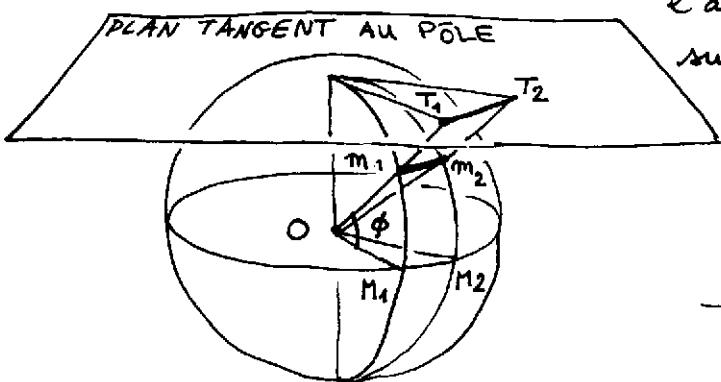
CONTRACTION DE LORENTZ

Dans l'espace des phases le temps n'est pas une variable libre.

Le TEMPS PROPRE se calcule. Il est proportionnel à

l'arc $T_1 T_2$, projection de l'arc $m_1 m_2$ sur le plan tangent au pôle.

$$t = \frac{T_1 T_2}{c} = \frac{\theta R \operatorname{ctg} \phi}{c}$$



La vitesse V est le rapport déplacement / durée = $\frac{m_1 m_2}{T_1 T_2} c$

$$V = c \frac{R \cos \phi \theta}{R \cot \phi \theta} = c \sin \phi$$

ANNEXE F LA SUPER-RELATIVITÉ

- * On "rend leur liberté" à toutes les "constantes" de la physique. Par exemple : G , constante de la gravitation, la constante de Planck, c vitesse de la lumière, m masse du proton ou du neutron.
- * Dans l'équation de la Relativité Générale la constante d'EINSTEIN $X = -\frac{8\pi G}{c^2}$ est une CONSTANTE ABSOLUE. Donc $G \approx c^2$ (\approx veut dire "varie comme")
- * On suppose que l'énergie mc^2 se conserve au fil du temps, m étant la masse de la particule au repos.
- * On suppose que les galaxies, le système solaire, les trous noirs, les protons et les neutrons "grandissent" en même temps que l'Univers, dont le périmètre est pris égal à $2\pi R$.

Ecrivons que le rayon du Trou Noir (Rayon de Schwarzschild) grandit comme $R \Rightarrow \frac{Gm}{c^2} \propto R$, comme $\frac{G}{c^2} = \text{cte} \Rightarrow m \propto R$
Comme par ailleurs $mc^2 = \text{cte}$:

$$Rc^2 = \text{cte} \text{ ou } C \approx \frac{1}{VR} \text{ et } G \approx \frac{1}{R}$$



Prenons deux étoiles de même masse, orbitant autour de leur centre de gravité selon une trajectoire circulaire de rayon r . La force centrifuge est $\frac{mv^2}{r}$, l'attraction gravitationnelle mutuelle est $\frac{Gm^2}{4r^2}$. Si r varie comme R alors $\frac{Gm^2}{R^2} \propto \frac{mv^2}{R}$

d'où $V \approx \frac{1}{\sqrt{VR}}$ Le rapport $\beta = \frac{v}{c}$ se conserve au fil du temps,

tout comme l'énergie $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$. L'extension spatiale du

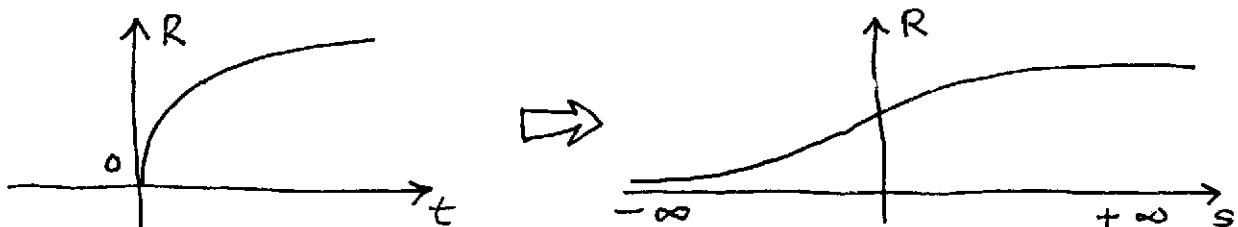
proton étant donnée par sa longueur de Compton $\frac{h}{mc} \approx R$ on a $h \approx R^{3/2}$

la résolution de l'équation d'EINSTEIN, en supposant l'univers homogène et isotrope (métrique de Robertson-Walker) conduit à l'équation différentielle :

$$\frac{2R''}{R} + \frac{R'^2}{R^2} (2+\beta^2) + \frac{kC^2}{R^2} (1+\beta^2) = 0$$



où $V = \beta C$ est la vitesse d'agitation des galaxies dans ce "fluide cosmologique". En cherchant une solution du type $R = at^b$ on voit que β s'élimine et que $k = -1$ donne une solution $R \propto t^{2/3}$. k est l'indice de courbure. Donc cet univers a une courbure négative (*). L'horizon cosmologique se définit par l'intégrale $H = \int_0^t c(\tau) d\tau$ on trouve $H \equiv R(t)$. Donc l'homogénéité de l'univers se trouve justifiée à toute époque. L'entropie devient $S \propto \log t$. Dans une description où l'entropie remplace la variable temps la singularité initiale disparaît, purement et simplement :



Toutes les équations de la physique (Schrödinger, Maxwell, Boltzmann) sont invariantes par les transformations obtenues. On trouve que le RED SHIFT est proportionnel à la distance (Loi de Hubble). Jusqu'à quelques milliards d'années lumière les distances calculées pour les sources sont quasiment identiques aux distances issues du modèle classique. L'énergie des photons $h\nu$ étant supposée se conserver (comme toutes les énergies) comme $h \propto t \Rightarrow \nu \propto \frac{1}{t}$ le red shift n'est plus la conséquence de l'effet Doppler mais découle de la dérive réculaire de la constante de Planck.

En 1988 BARTHEL ET MILEY (Nature vol. 333, may 1988) ont montré que plus les quasars étaient loin, plus ils étaient petits. Ceci cadre avec le modèle, où les Quasars "grandissent" avec l'univers lui-même.

(*) Voir le GÉOMÉTRICON ET LE TROU NOIR (Editions Belin)

Pour le moment le modèle d'Anselme ne contredit aucun fait d'observation

et ça marche plutôt mieux que le modèle classique pour les quasars

et vous, Sophie, votre opinion?

Le modèle d'Anselme n'est pas complet. Il reste d'autres constantes liées aux processus nucléaires et il va falloir qu'il invente une manière de les faire varier pour pouvoir rendre compte de ces phénomènes qui font aussi partie de la Cosmologie

ou alors quelque contradiction surgira. Et alors, patatas!

il doit se faire un de ces soucis ...

tu crois?...

Pourquoi l'entropie (par particule) varie comme le logarithme de l'hypervolume 6d du système dans l'espace des phases

n = nombre de particules par unité de volume

m = masse d'une particule

T = température absolue

V = module de la vitesse d'agitation thermique

$$f = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{m(u^2+v^2+w^2)}{2kT}} = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mV^2}{2kT}}$$

definition de l'entropie par particule

$$S = -k \int_{-\infty}^{+\infty} du \int_{-\infty}^{+\infty} dv \int_{-\infty}^{+\infty} dw f \log f = -k \langle \log f \rangle$$

$\langle A \rangle$ = moyenne "stochastique"

$$\langle \log f \rangle = \log \left(\frac{m}{2\pi k} \right)^{3/2} + \log \frac{n}{T^{3/2}} - \frac{m}{2kT} \langle V^2 \rangle$$

$$\langle V^2 \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} du \int_{-\infty}^{+\infty} dv \int_{-\infty}^{+\infty} dw (u^2 + v^2 + w^2) \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{m(u^2+v^2+w^2)}{2kT}} = \frac{2kT}{m}$$

$$S = k \underbrace{\left[\frac{3}{2} \log \left(\frac{2\pi k}{m} \right) + 1 \right]}_{\text{constante}} + k \log \frac{T^{3/2}}{n} \sim \log \frac{T^{3/2}}{n} \quad \langle V \rangle \approx \sqrt{\langle V^2 \rangle}$$

$n \sim \frac{1}{L^3}$ où L est la dimension caractéristique de l'extension spatiale

$$T \sim \langle V^2 \rangle \sim \frac{T^{3/2}}{n} \sim \langle V \rangle^3 L^3$$

volume caractéristique du système dans l'espace des phases. D'où =

L'entropie par particule varie comme le

logarithme du volume du système dans l'espace des phases, son hypervolume 6d

1/2 Directions