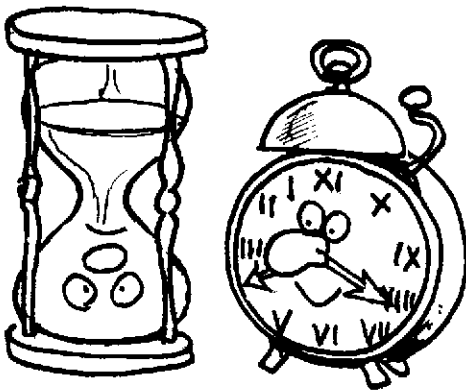


Savoir sans Frontières

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

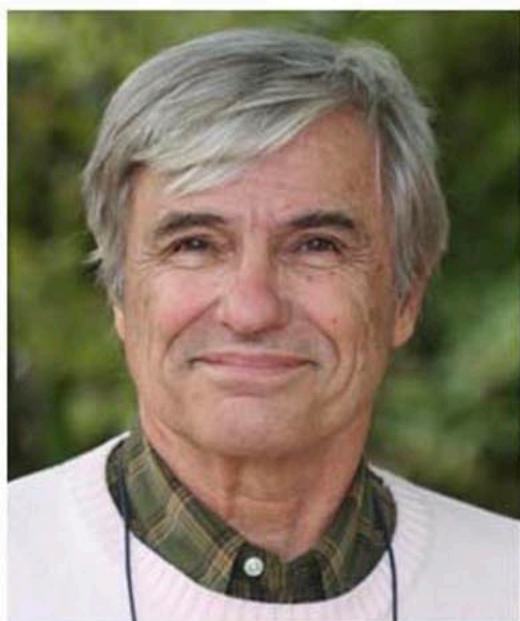
LE CHRONOLOGICON

Jean-Pierre Petit



Savoir sans Frontières

Association à but non lucratif créée en 2005 et gérée par deux scientifiques français. But : diffuser des connaissances scientifiques en utilisant la bande dessinée à travers des pdf gratuitement téléchargeables. En 2020 : 565 traductions en 40 langues avaient ainsi été réalisées. avec plus de 500.000 téléchargements.



Jean-Pierre Petit

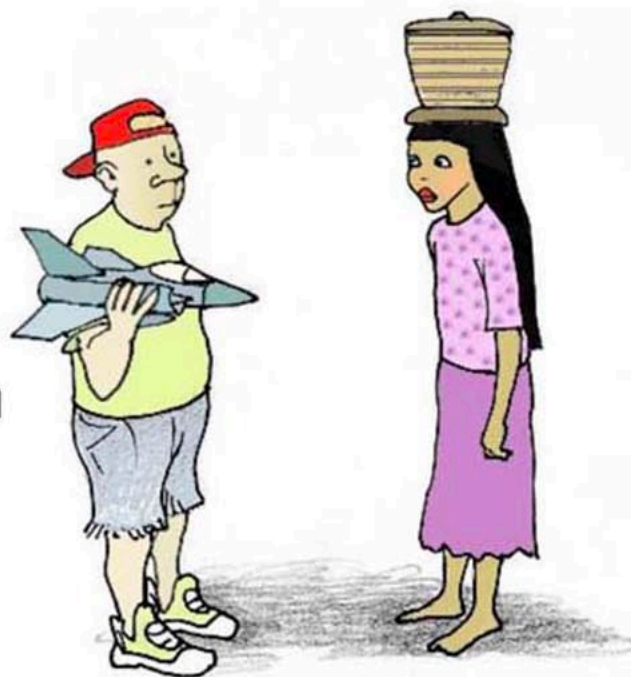


Gilles d'Agostini

L'association est totalement bénévole. L'argent des dons est intégralement reversé aux traducteurs.

Pour faire un don, utilisez le bouton Paypal sur la page d'accueil du site Internet

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



Coordonnées bancaires France → Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :

Etablissement	Quichet	N° de Compte	Cle RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

For other countries → International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

and → Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

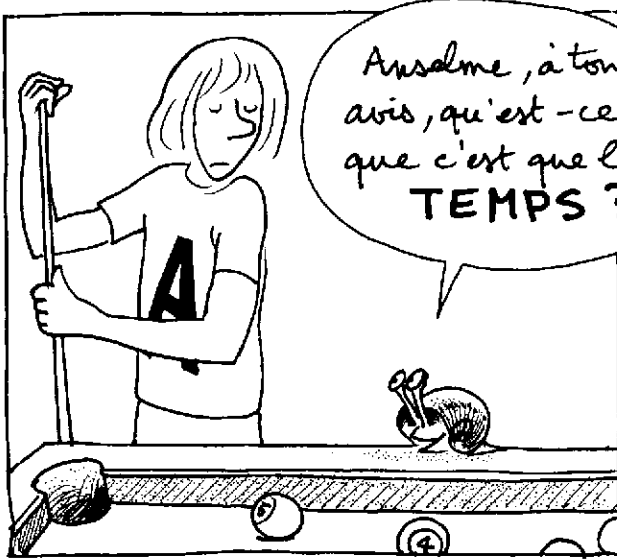
Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.

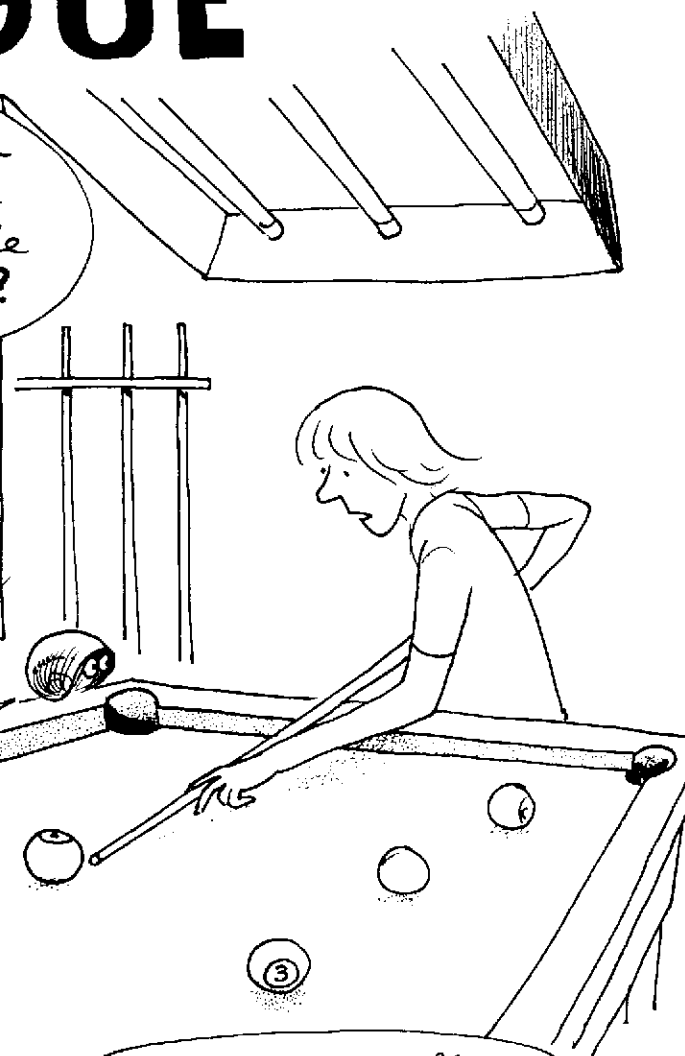
Lanturlu rime avec hurluberlu... Sôt! Mais Kepler, Newton, Darwin, et même Einstein n'étaient-ils pas, eux aussi, un peu, des hurluberlus? Si la science n'avancôit que sur les sentiers battus, elle n'avancerait guère!

~~Ueli~~
Jean-Claude Pecker

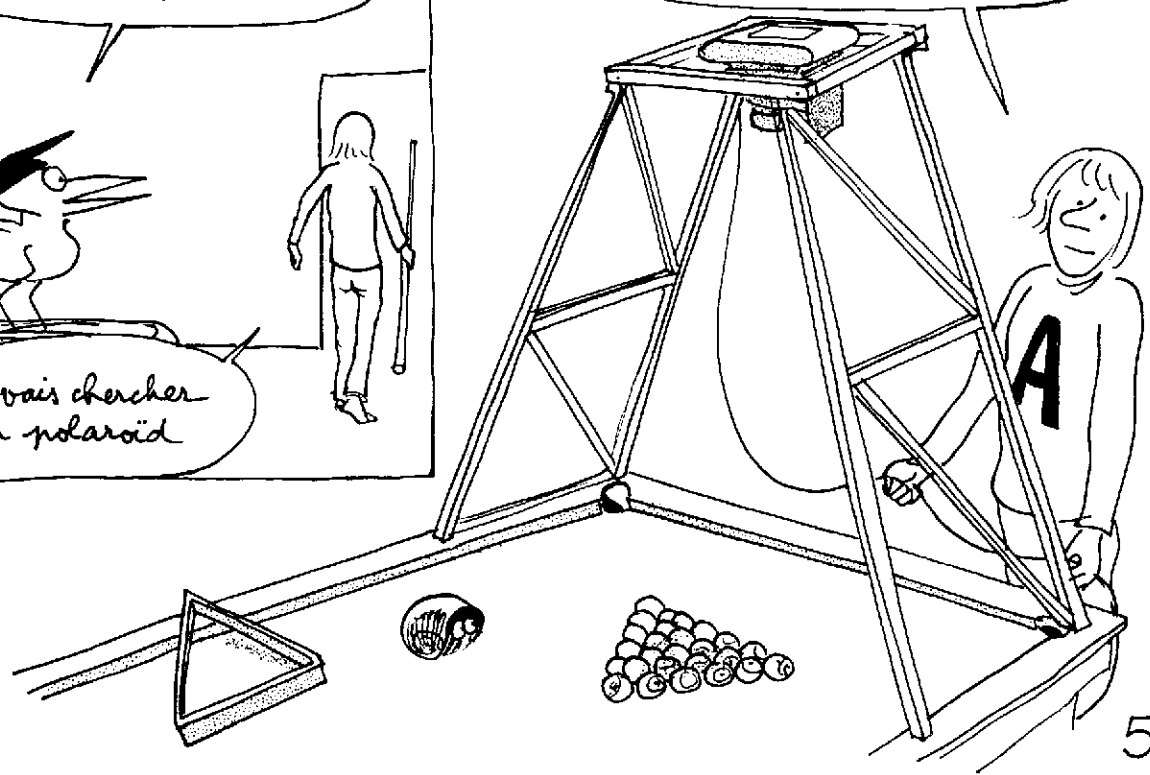
PROLOGUE



Comment distingue-t-on le **PASSÉ** du **FUTUR** ?

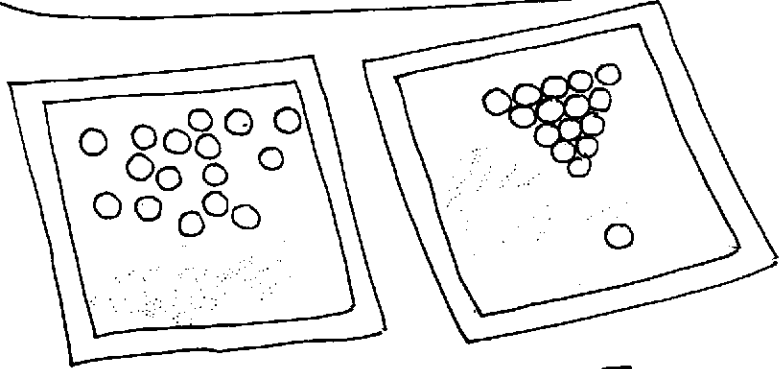


voilà, ça doit aller...

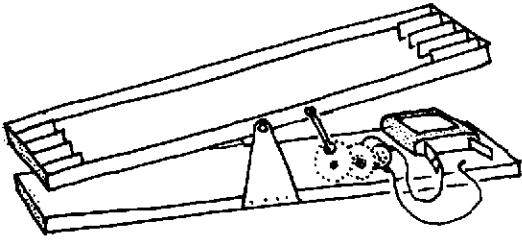


Sophie!

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**



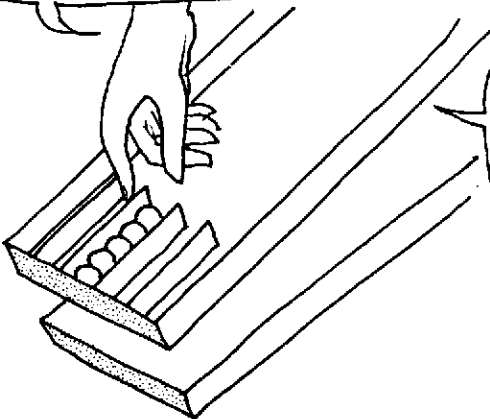
PROBABILITÉ



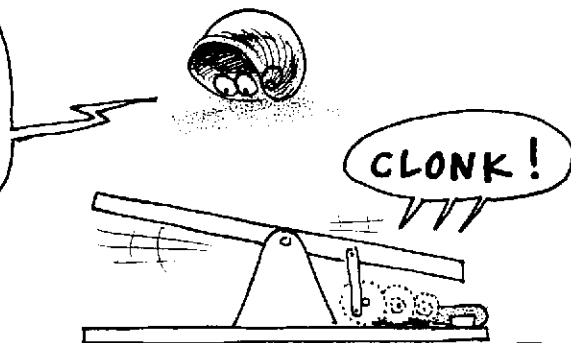
l'idée est bonne mais voici une machine qui va permettre d'illustrer tout cela plus clairement

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

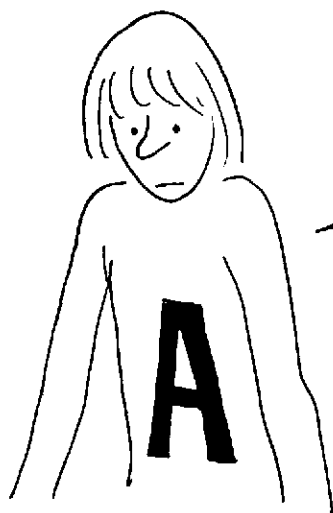
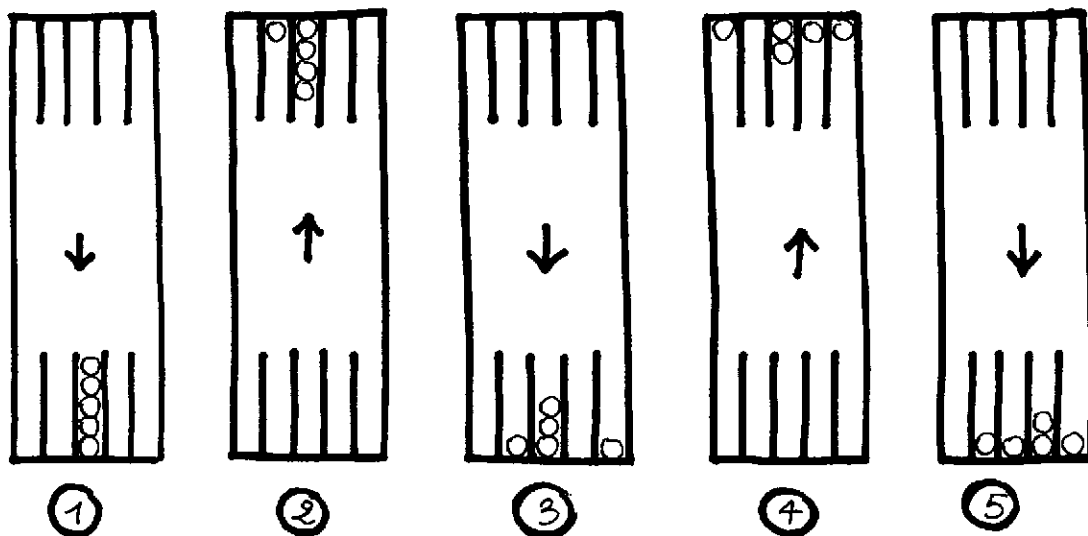
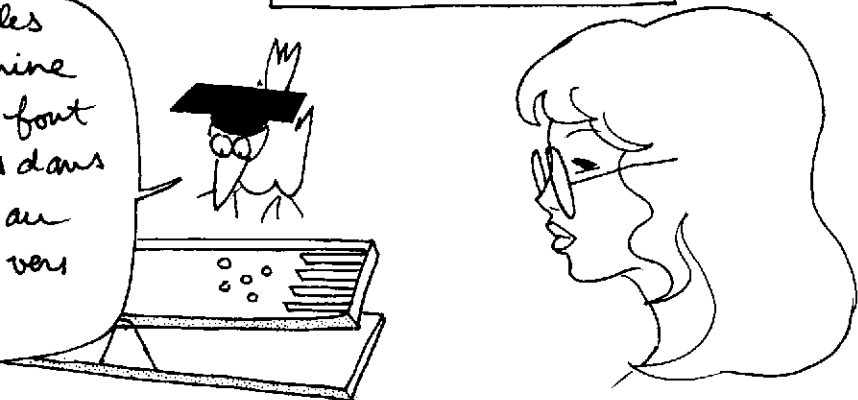
avant de mettre cette machine en marche j'ai placé cinq billes dans l'un des casiers, par exemple celui qui se trouve au centre



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**



que veux-tu dire ?

réfléchis. Il y a une chance sur cinq qu'une bille se retrouve dans un casier donné, par exemple le n° 2. Et il y avait également une chance sur cinq pour qu'une autre bille s'y trouve déjà. Donc il y a une chance sur vingt cinq que deux billes se retrouvent dans le même casier

les **PROBABILITÉS** se multiplient et cela fait $\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{25}$

de même, en jetant trois billes au hasard, il y aura $(\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{125})$ une chance sur cent vingt cinq de les retrouver toutes dans un casier donné

ceci correspond à une chance sur $5 \times 5 \times 5 \times 5 = 625$ et cela à une chance sur $5^5 = 3125$, soit une probabilité de $\frac{1}{3125} = 0,00032$

si on considère que toutes les cases sont équivalentes la probabilité de trouver les cinq billes dans une même case sera $P = 5 \times 0,00032 = 0,0016$

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

$$\begin{array}{|c|} \hline \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \hline \end{array} \longrightarrow P = 0,0016$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \hline \end{array} + 0 \longrightarrow P = 0,032$$

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

$$\begin{array}{|c|} \hline \bullet \\ \bullet \\ \hline \end{array} + 8 \longrightarrow P = 0,064$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \bullet \\ \bullet \\ \hline \end{array} + 0 + 0 \longrightarrow P = 0,192$$

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

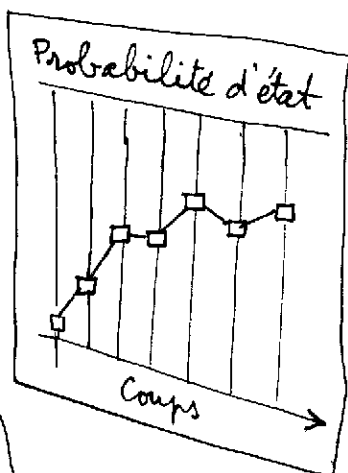
$$8 + 0 + 0 + 0 \longrightarrow P = 0,384$$

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

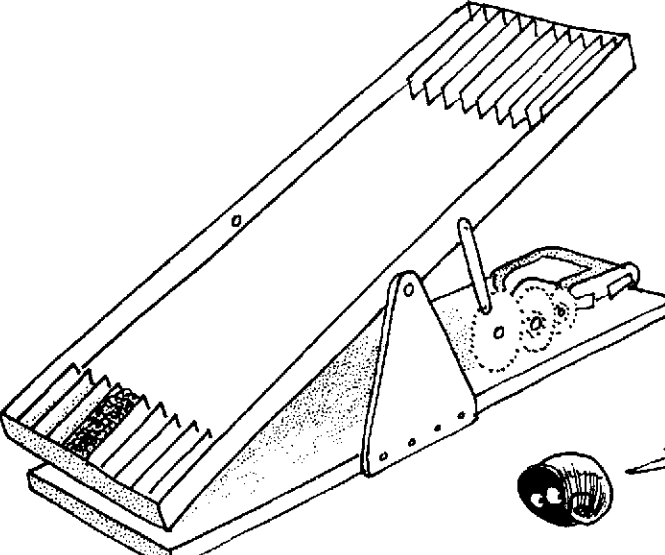
notons les probabilités liées aux configurations successives, dans notre expérience

SECOND PRINCİPE

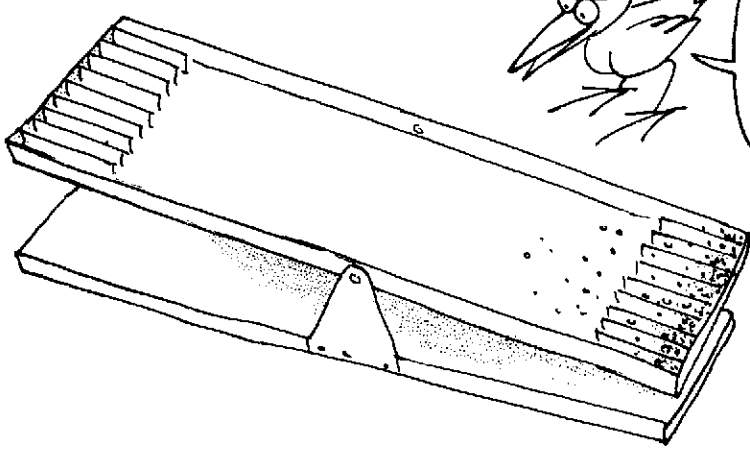
Sophie, c'est très net. La probabilité de l'état augmente très vite, puis se succèdent des états ayant les probabilités les plus fortes



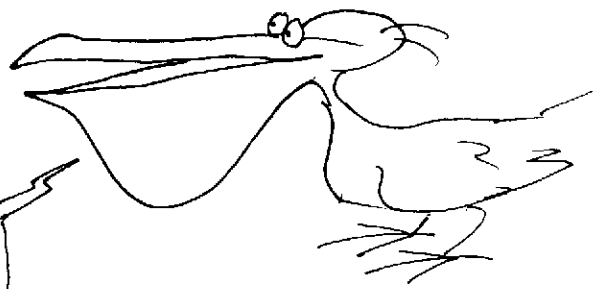
essai avec 10 casiers et 1000 billes



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 $P = 0,0000 \dots 0001$
 (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



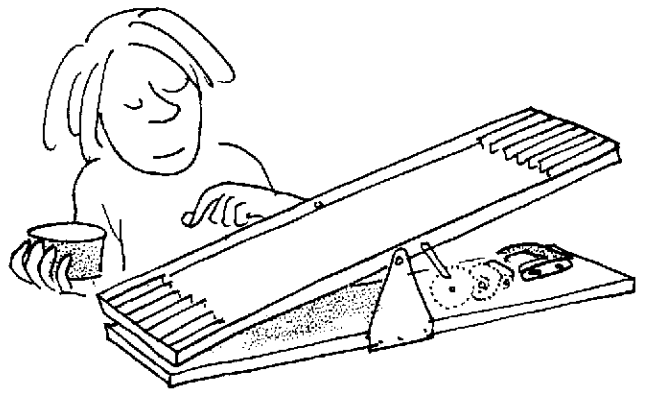
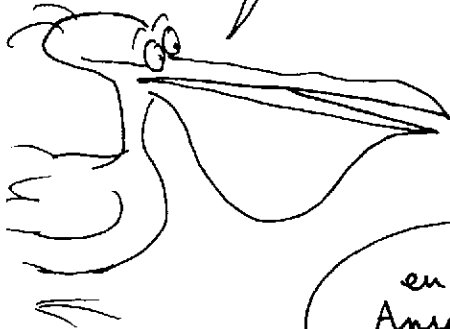
tous les états que l'on observe alors sont très voisins d'un état moyen où toutes les cases contiendraient le même nombre de billes (*)

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



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

qu'est-ce qu'un système qui n'est pas isolé ?



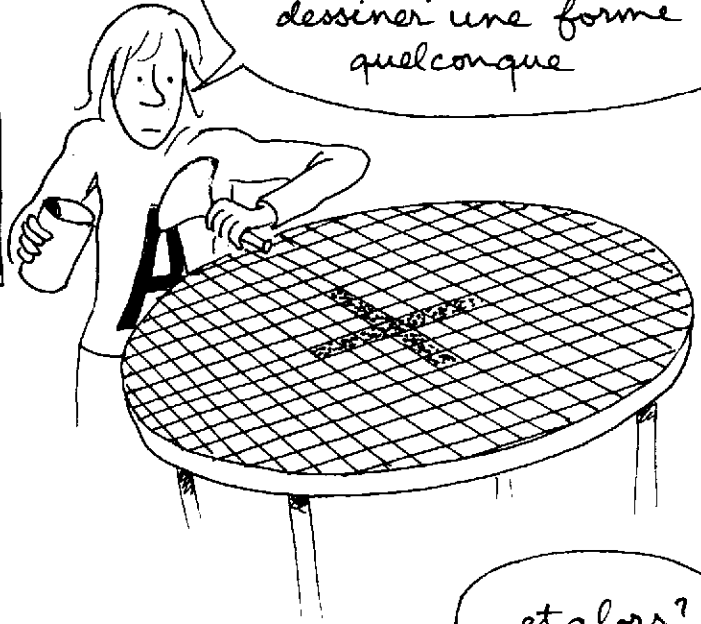
en voilà un : lorsqu'Anselme intervient pour ranger les billes



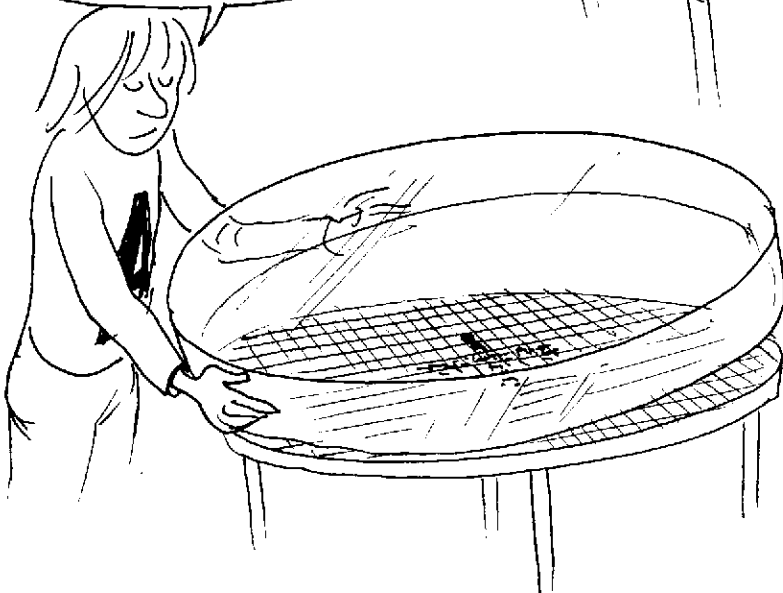
à moins qu'il ne soit végétarien

regarde, Sophie, j'ai amélioré le système. Sur ce plateau j'ai disposé des cases et des petits plombs avec lesquels je peux dessiner une forme quelconque

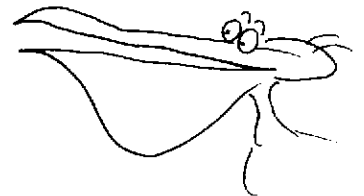
système isolé prêt à converger vers un état de probabilité max



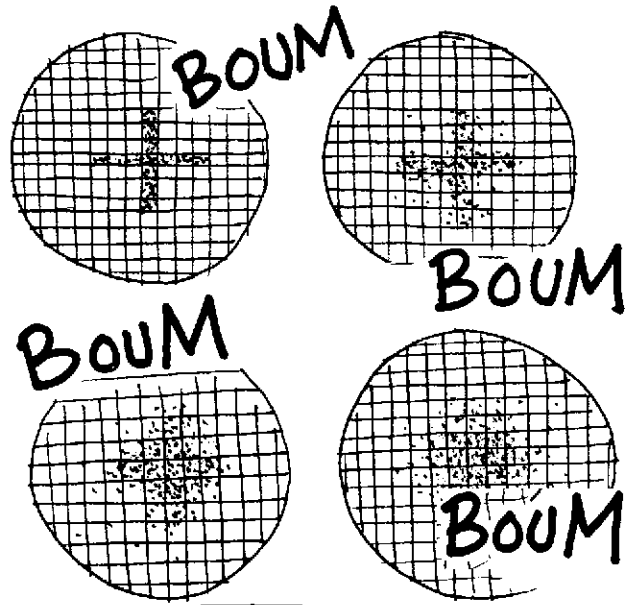
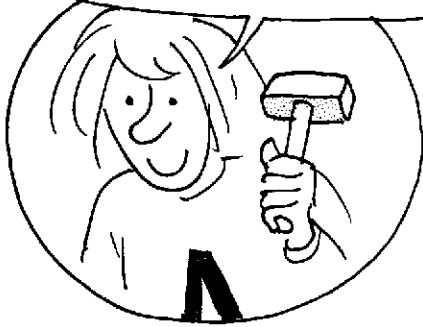
on recouvre le tout avec une cloche transparente



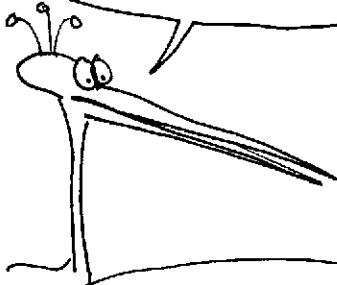
et alors ?



il ne reste plus qu'à donner des coups de marteau par en dessous

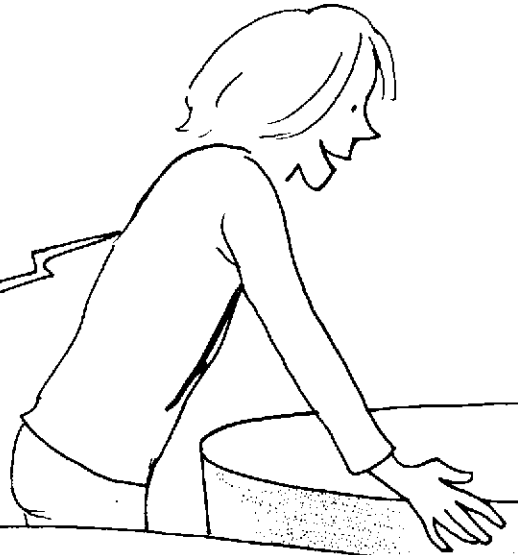


qu'est-ce qui se passe ?
Vous êtes en train de tuer quelqu'un ?



non, Anselme est en train de faire tendre un système vers son état de probabilité maximale

c'est clair. le message devient de plus en plus illisible. **L'INFORMATION** se dégrade progressivement



Autrement dit, j'ai une solution pour classer **CHRONOLOGIQUEMENT** deux états d'un système isolé
Celui qui a **LA STRUCTURE LA PLUS ORDONNÉE** est le plus ancien

invention

tu vois, Anselme, la diffusion naturelle va détruire progressivement ce message que nous avons inscrit dans le ciel

ça va ?

Beurk !

mais on ne peut pas exclure à priori la possibilité que ces molécules de colorant puissent se regrouper d'elles-mêmes en reconstituant le message

comme on ne peut pas exclure non plus totalement qu'un coup de marteau particulièrement heureux ne reconstitue ta croix de tout à l'heure

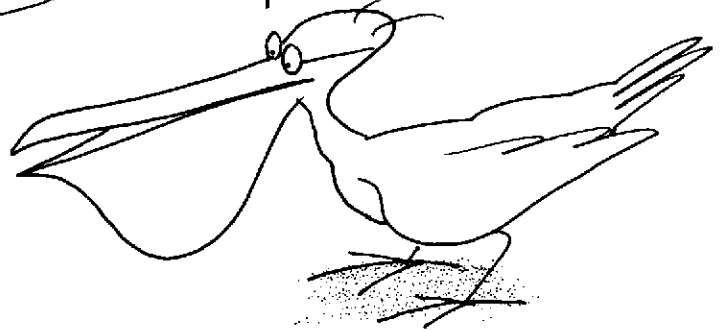
ou que les molécules d'un colorant de même densité que l'eau ne reforment d'elles-mêmes la goutte initiale

mais comme les probabilités attachées à ces éventualités sont infimes, on les considère comme négligeables

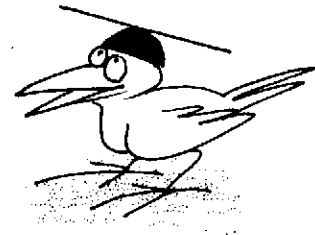
alors l'univers court
irremédiablement au **CHAOS**.
Les glaces à la vanille fondent,
les montagnes s'écroulent



bref **TOUT**
FOUT LE CAMP



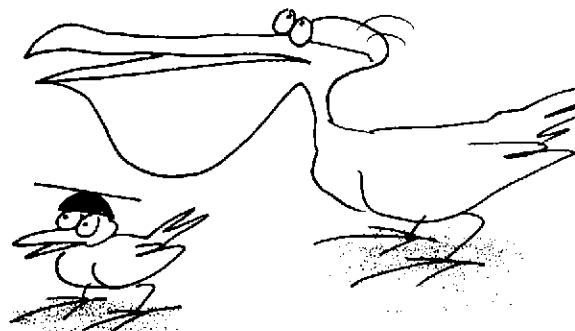
on lie communément ce phénomène
à la croissance irrémédiable d'une
grandeur appelée **ENTROPIE** (*)



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

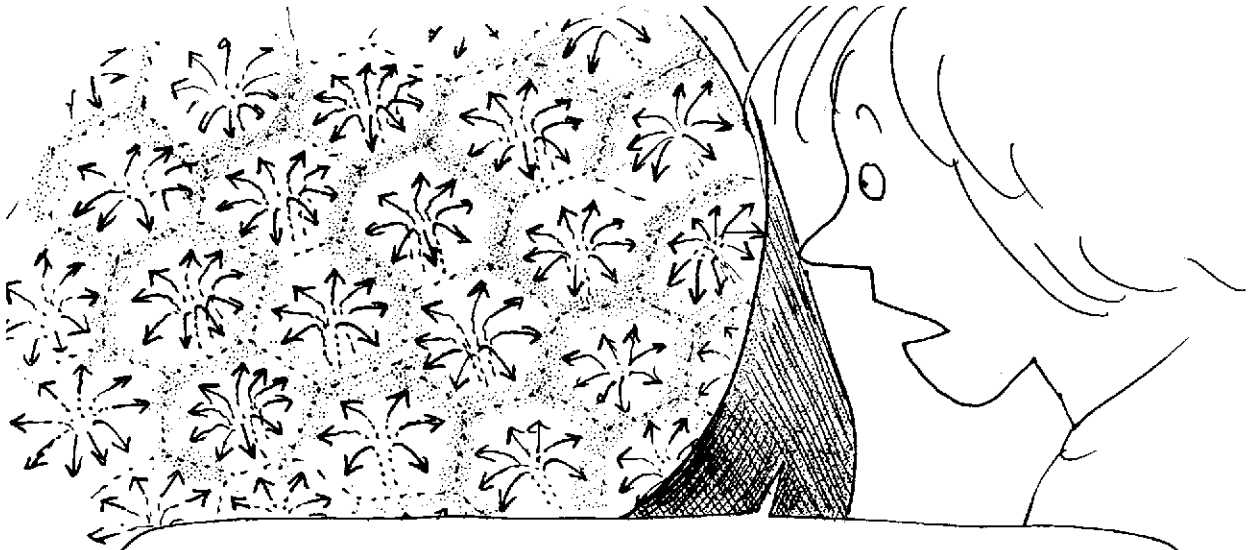


mais cela semble
apporter la réponse.
Comme l'**ENTROPIE** se
MESURE, cela permettrait
de classer **CHRONOLOGIQUEMENT**
les états d'un système

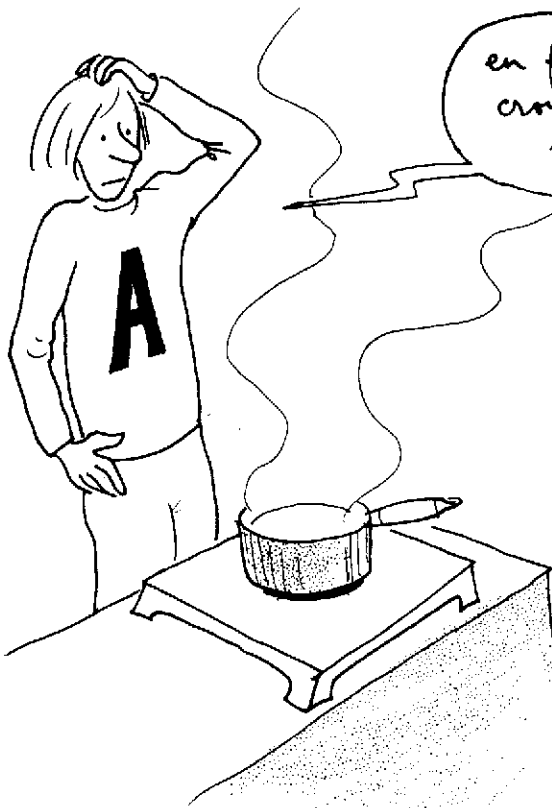


(*) Si **P** est la probabilité d'un état, l'entropie
est **$S = -P \log P$** , où **log** signifie logarithme

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

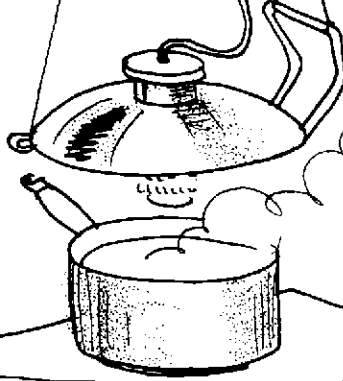
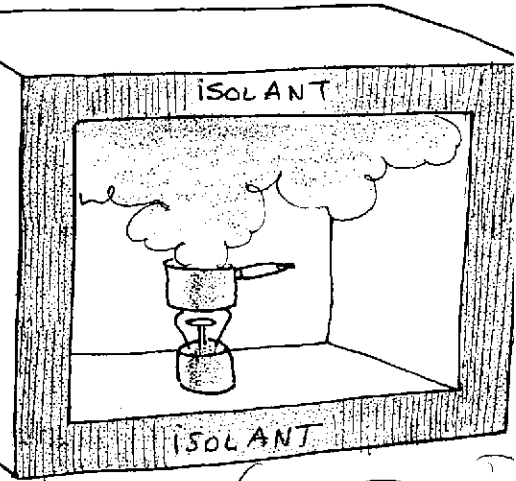


en faisant s'évaporer cette eau je croyais créer du désordre et voilà que je crée de l'ordre !?!

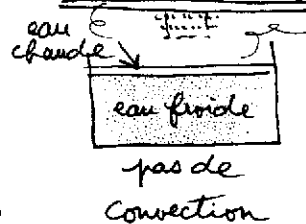
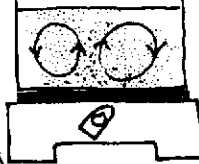
ce qui signifierait que l'eau bouillante a le pouvoir de faire décroître l'entropie ?



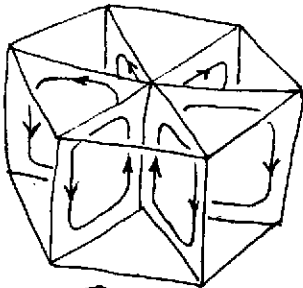
cela signifie simplement que cette notion d'**ENTROPIE** ne vaut que pour l'**ENSEMBLE DU SYSTÈME ISOLÉ**, c'est à dire ici l'ensemble réchaud-casserole-eau-atmosphère



Convection



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

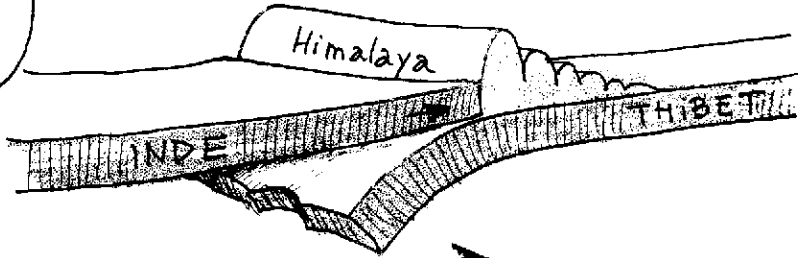


Le retour vers l'**AMORPHE** n'est pas ce qui caractérise l'accroissement d'entropie d'un système. Les **CELLULES DISSIPATIVES**, quand elles apparaissent, ont pour effet d'accélérer l'évaporation, l'accroissement entropique global



les montagnes s'éboulent 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 ?



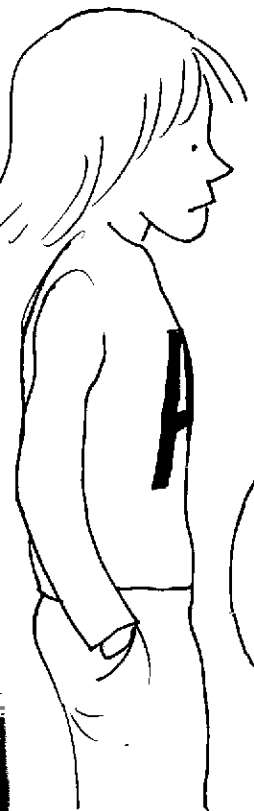
effectivement, on dit que la "plaque indienne", en télescopant le THIBET, a créé ce relief



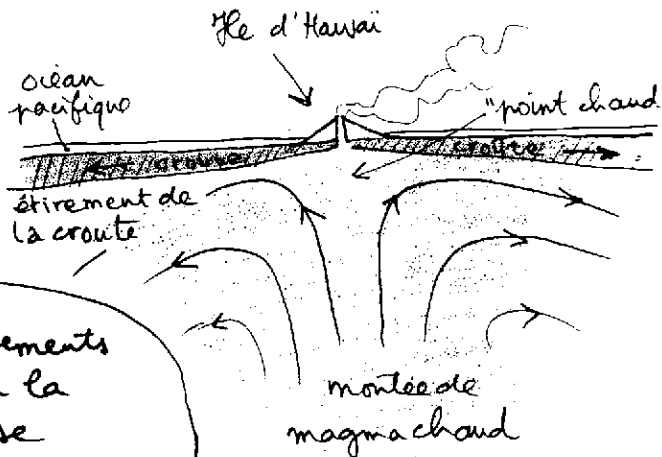
Tout cela n'est que le résultat des courants convectifs qui animent le **MAGMA** et qui aident celui-ci à évacuer sa chaleur centrale, laquelle est entretenue par la désintégration de l'Uranium 253 primitif



tu veux dire qu'il ya 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



hum, bien sûr, quand on tire sur des croûtes, on n'arrive jamais à cicatriser

nous vivons sur l'écume d'une marmite à trois dimensions que l'on appelle Terre

quoi!?!

attends... tout cela est bien beau, mais qui a fabriqué l'uranium?

une étoile, lors de sa fin explosive, lorsqu'elle se transforme en SUPERNOVA(*)

ÉTOILE

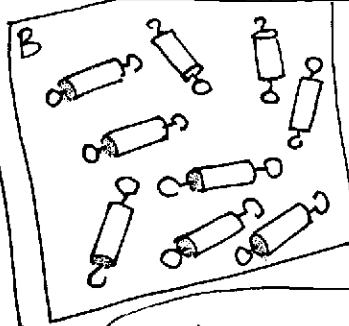
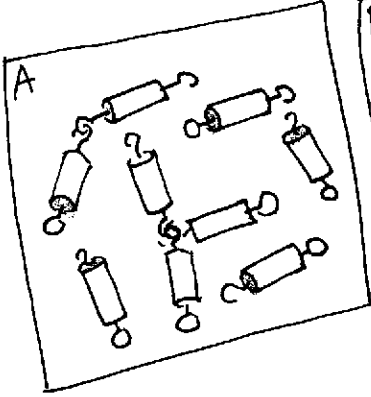
CHAUDIÈRE CENTRALE

les étoiles sont aussi le siège de puissants courants convectifs, qui transportent vers la périphérie la chaleur créée au centre par la fusion de l'hydrogène

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

MORPHOGENÈSE

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



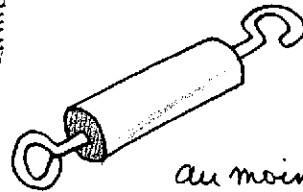
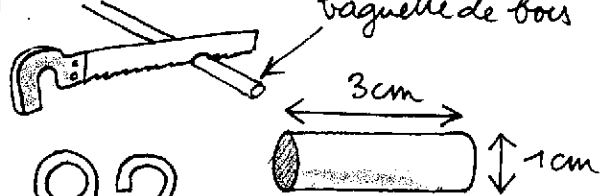
Je suppose qu'ils sont dans l'ordre. En secouant, on a dû disloquer les structures constituées de deux ou trois éléments...

qui est-ce que tu fais ?

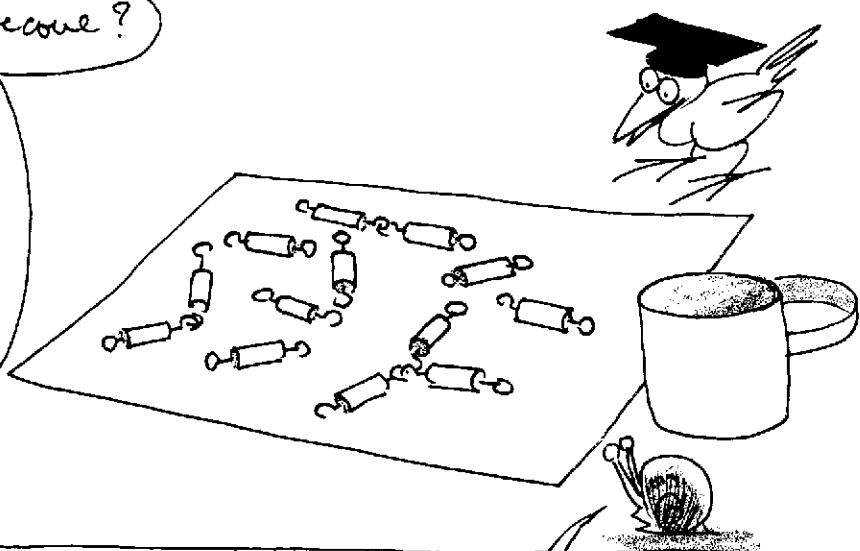
il paraît que je me suis encore planté. Alors, la seule solution c'est le retour à l'expérience



MATÉRIEL :



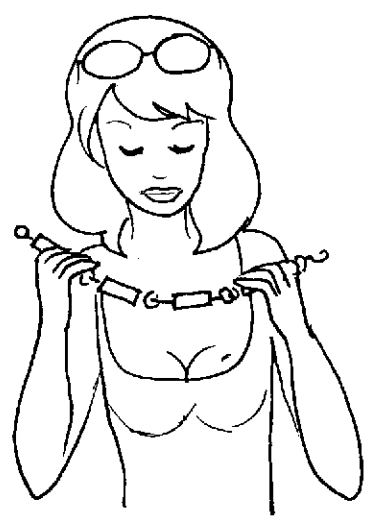
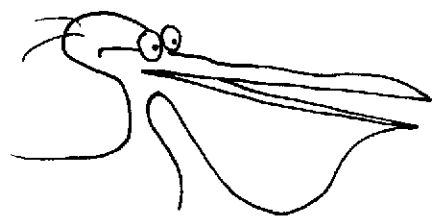
au moins
20 éléments



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



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

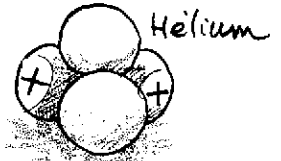


tu sais, la Nature est ainsi faite
que lorsqu'une chose, à un instant
donné, est **HAUTEMENT PROBABLE**
elle se produira inmanquablement

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 considéra
comme **IMPOSSIBLE**. Vu...

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



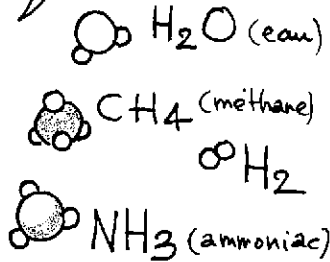
par contre, du fait de
l'extrême dilution du milieu
galactique on a calculé que
le soleil avait une chance
sur dix millions de rencontrer
une autre étoile au cours des
dix milliards d'années
à venir

on considéra donc
cet **ÉVÈNEMENT** comme
une **IMPOSSIBILITÉ**

compris...

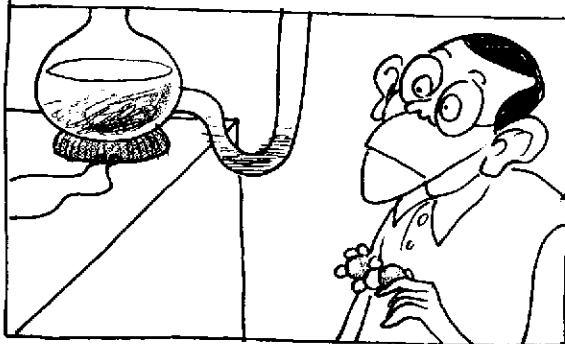


la vapeur d'eau, le méthane, l'ammoniac, l'hydrogène, sont des molécules très simples, très symétriques, comparables à tes assemblages de tout à l'heure

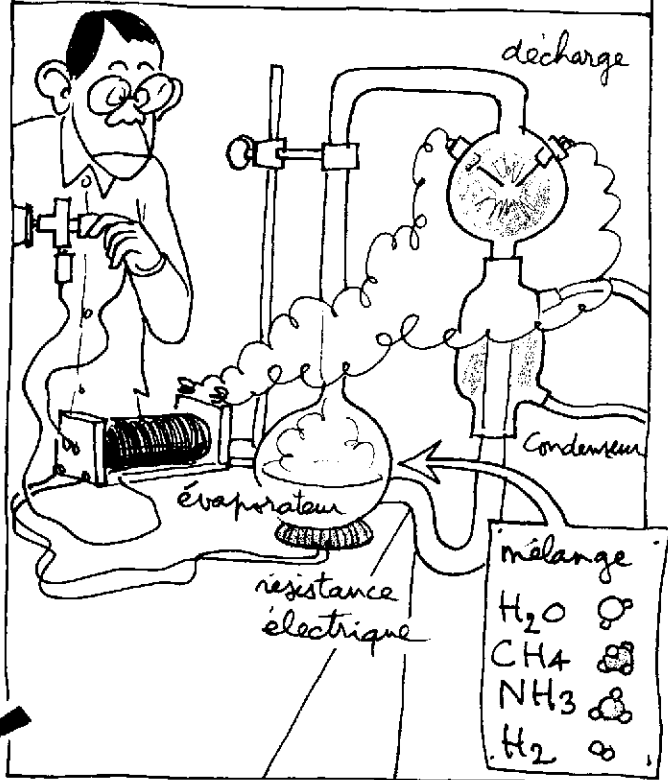


elles furent donc présentées dans l'atmosphère primitive de notre planète

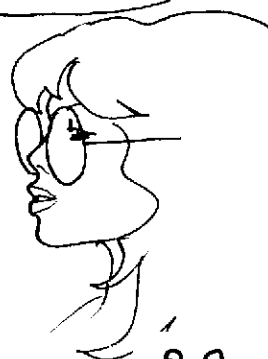
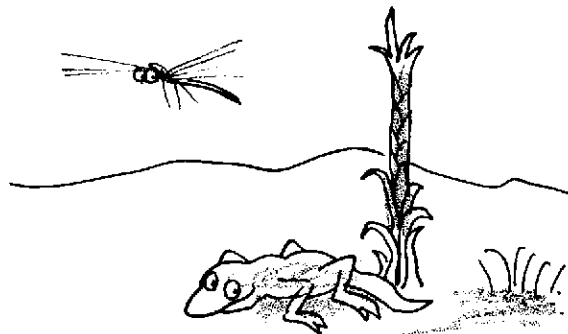
Au bout d'une semaine ce mélange incolore était devenu orange, à cause de la présence d'acides aminés, molécules constituées d'une quinzaine d'atomes



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

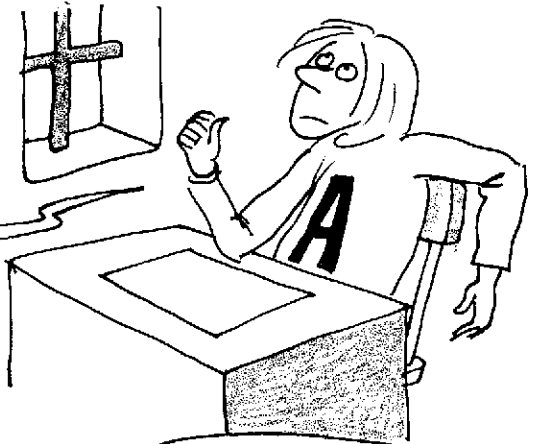


ces molécules étant à leur tour les éléments constitutifs des **PROTÉINES**, on commença à se faire à l'idée que la **VIE** devrait être un phénomène non seulement probable, mais peut-être même **INÉVITABLE** sur une planète comme la Terre

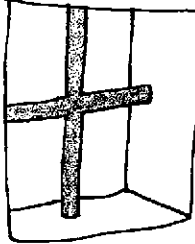


NÉGENTROPIE?

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**...



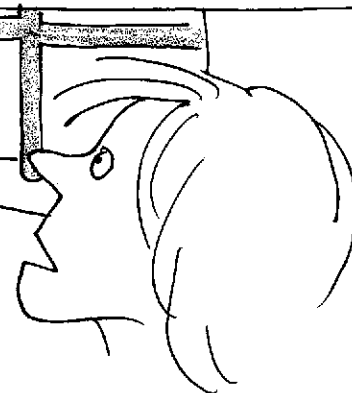
...comme ce jeu, ou le jeu de la **VIE**



SNAP!

comme tu y vas ! Et comment as-tu fait pour produire l'énergie grâce à laquelle tu as secoué la boîte, ou fourni l'étincelle qui a provoqué les synthèses moléculaires ?

comme ça ?



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?



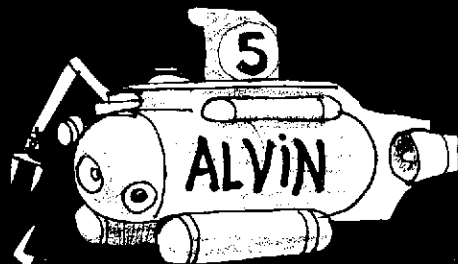
c'est... le soleil qui
fournit l'énergie.
C'est lui le **MOTEUR
DE LA VIE**



très bien,
Tiréias

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

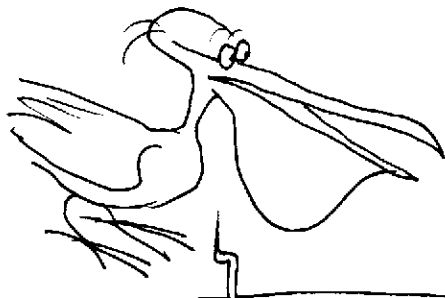
c'est vrai. Il faut considérer
l'**ENSEMBLE DU SYSTÈME**,
c'est à dire la **BIOSPHERE**,
son support, le **BIOTOPE**, plus
la source d'énergie, le soleil.
Et alors l'entropie globale
de ce système croît



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

peu importe(*)

fichtre, est-ce que la **VIE**
ne serait qu'une cellule
dissipative de plus?



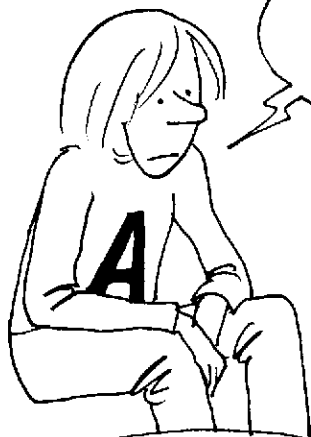
mais enfin, quand même, la
finalité du vivant n'est pas
QUE de dissiper de l'énergie

n'a
pour tout te dire, on a pas
encore de réponse claire
à cette question là



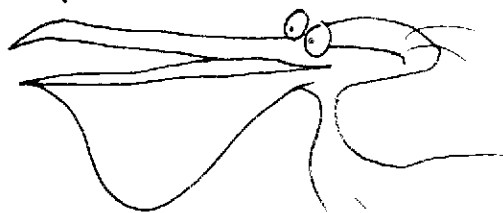
ENTROPIE

entropie, temps, probabilité,
tout cela se mélange un
peu dans ma tête

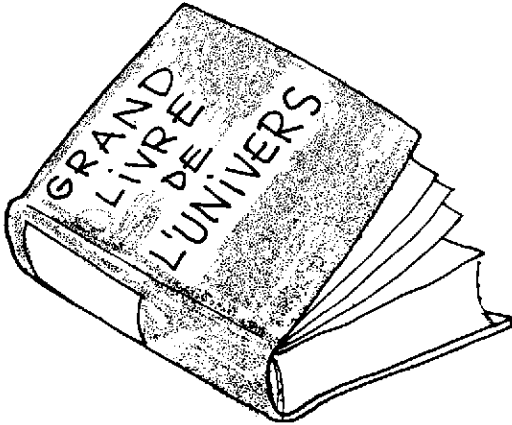


peut-être qu'en retournant
aux origines de l'Univers
quand **TOUT A COMMENCÉ**

TOUT cela n'a
AUCUN SENS



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...



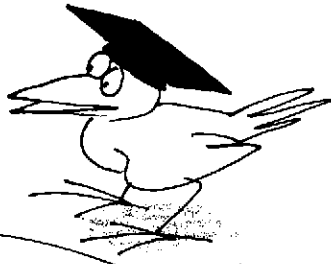
essayons $t = 100.000$ ans



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

Comment un Univers parfaitement homogène peut-il évoluer, puisqu'il ne s'y passe RIEN ?

les populations homogènes n'ont pas d'histoire



Comment le temps peut-il s'écouler puisqu'il n'y a plus la moindre tendance vers le désordre, nulle part, ou que ce désordre est MAXIMAL !

attends, il se passe bien quelque chose puisque cet Univers **SE REFROIDIT**

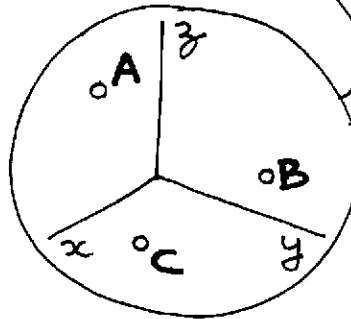
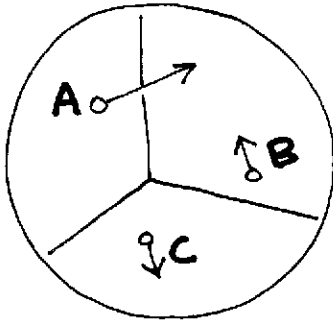
pour décrire totalement un système de particules à un instant donné il n'y a pas que la donnée de leurs positions, il y a aussi celle de leurs vitesses



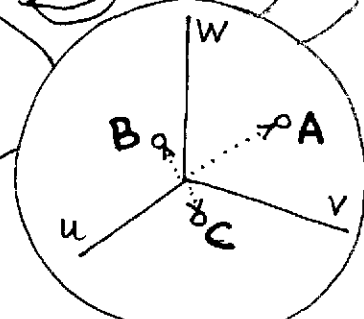
Eh oui, la **VITESSE** est aussi une **INFORMATION**



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

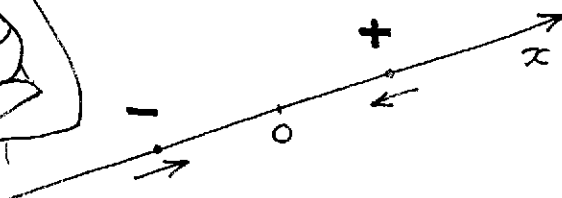


VITESSE

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



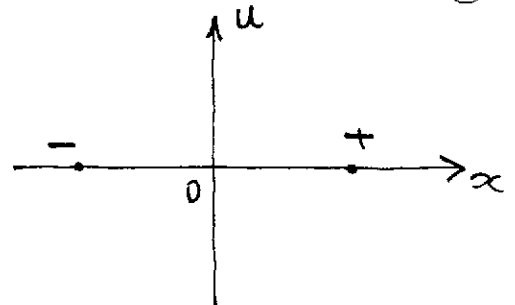
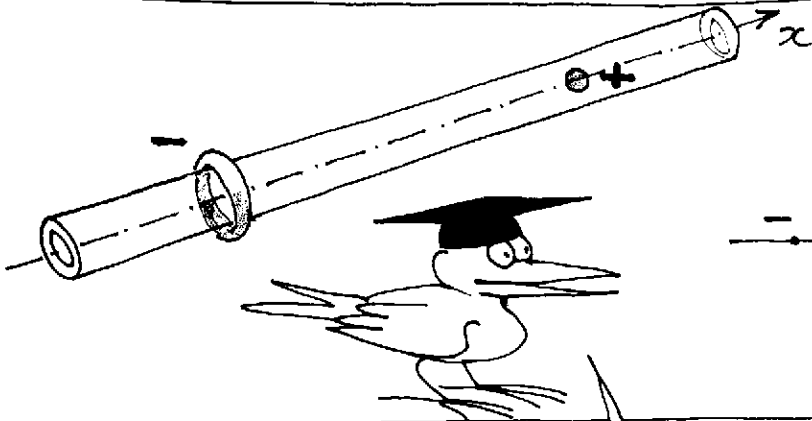
simplicifions la situation à l'extrême.
Considérons un univers à une seule
dimension d'espace (une simple droite)
où deux objets ponctuels, censés représenter
des particules de charges opposées
s'attirent mutuellement



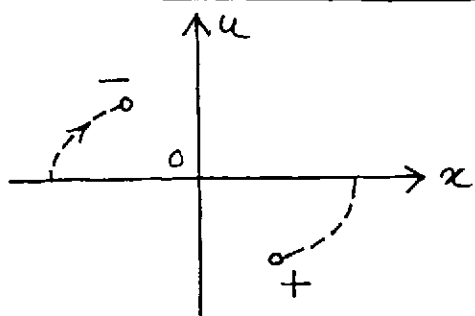
mais comment vont-elles
faire pour
pouvoir se croiser?



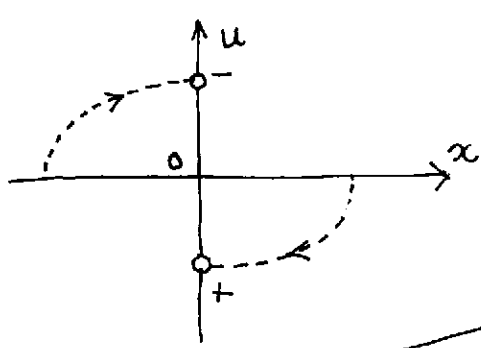
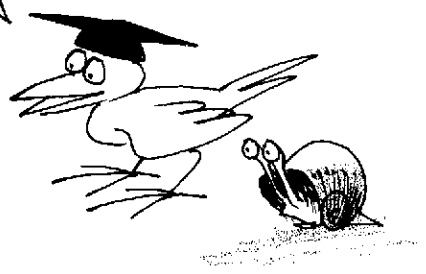
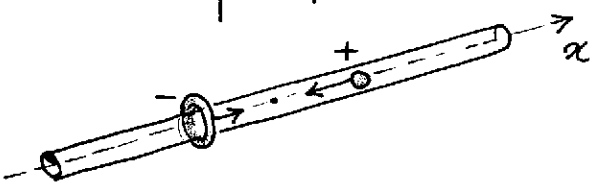
Juste ! on n'aura qu'à charger, positivement une petite bille courant dans un tube et négativement un anneau, pour lequel le tube servira également de guide



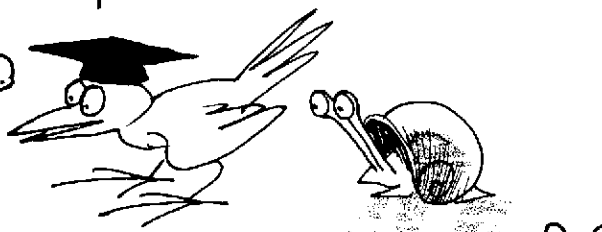
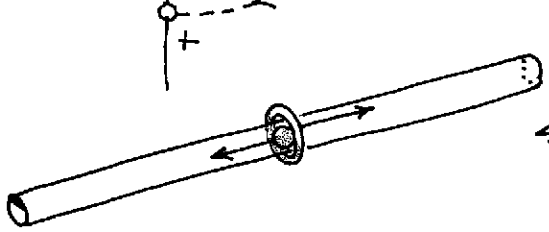
si on représente ce système dans un ESPACE DES PHASES (x, u) où x est la coordonnée de POSITION et u la coordonnée VITESSE, en donnant aux particules une vitesse initiale nulle, on obtient le schéma ci-dessus

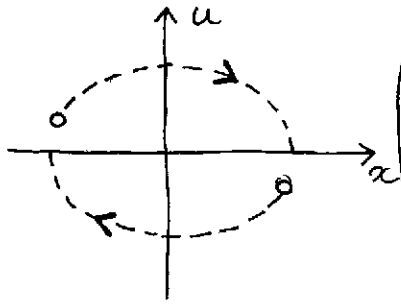


les particules, qui s'attirent, commencent à tomber l'une vers l'autre

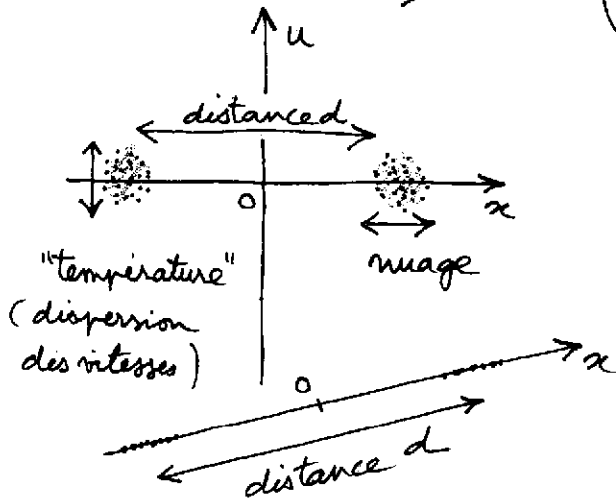


ici elles se croisent à vitesse maximale



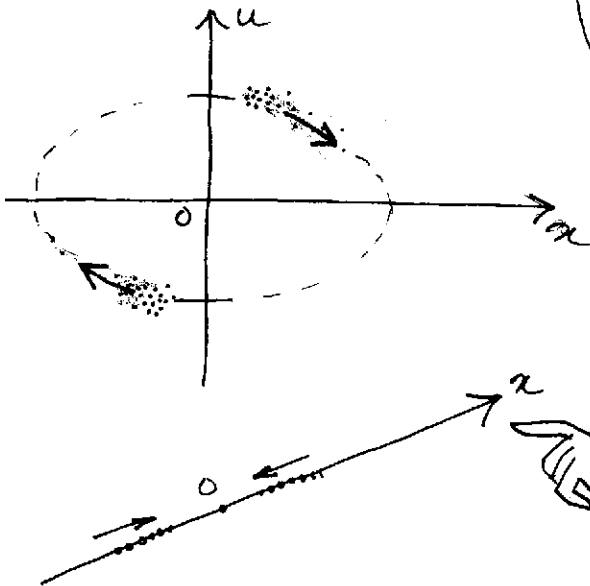


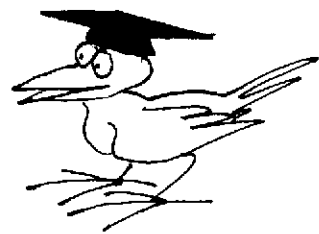
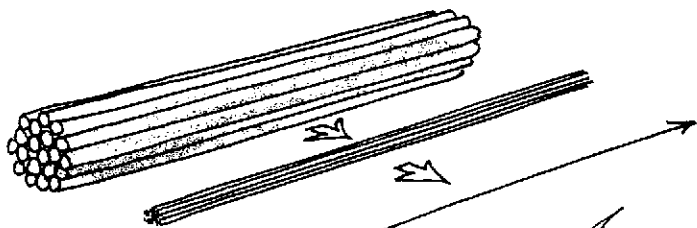
le mouvement de va-et-vient, d'oscillation des charges autour de leur centre de gravité commun donnera, dans l'espace des phases, des trajectoires de type elliptique



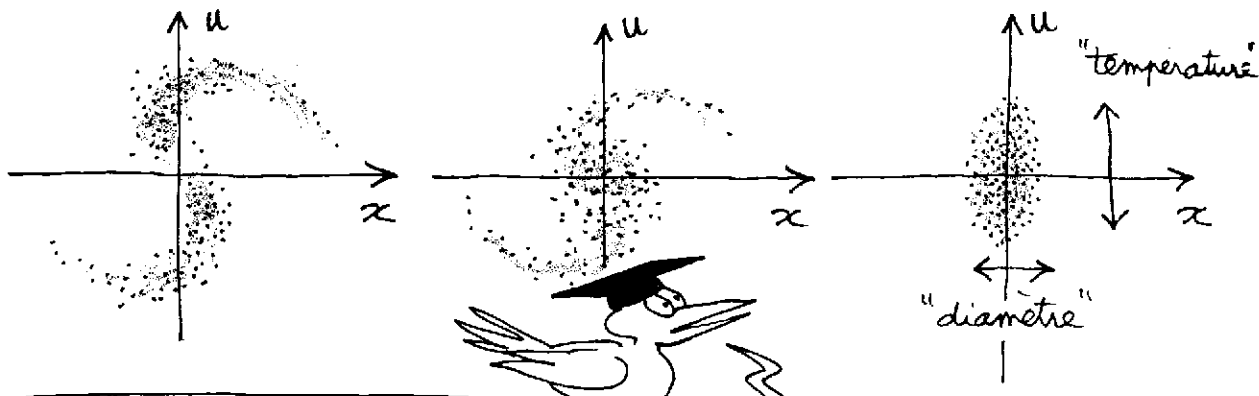
ce schéma décrit deux ensembles de particules situées à une certaine distance, à vitesse globalement nulle (elles sont tout près de l'axe OX), mais présentant des vitesses aléatoires **D'AGITATION THERMIQUE**

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



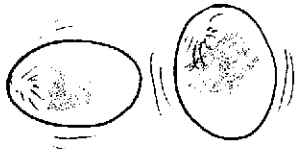
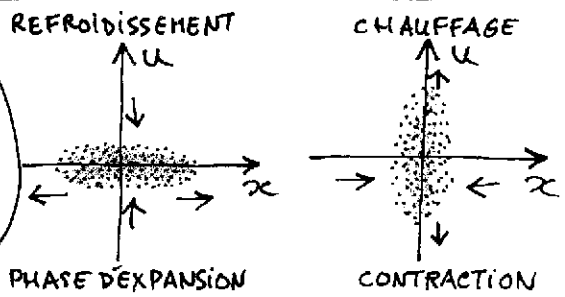


techniquement on pourrait permettre aux particules de se croiser sans se télescoper en les logeant dans des tubes extrêmement fins



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.

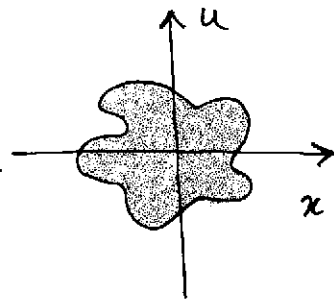
PREMIER PARADOXE COSMOLOGIQUE

et l'Univers dans tout cela ?

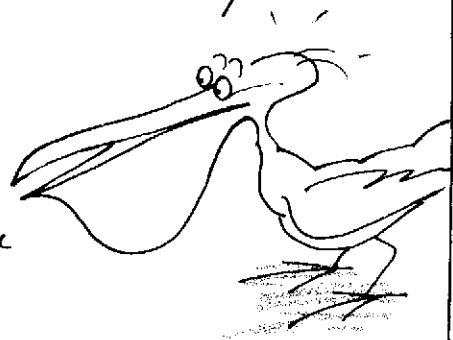
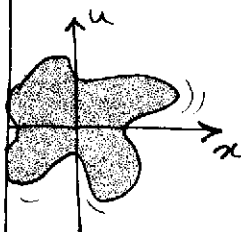
et Dieu
dans tout cela ?

enfin, Tirésias ! ne trouvez-
vous pas que la situation
n'est pas déjà assez embrouillée ?

l'Univers est une espèce
d'amibe à 6 dimensions



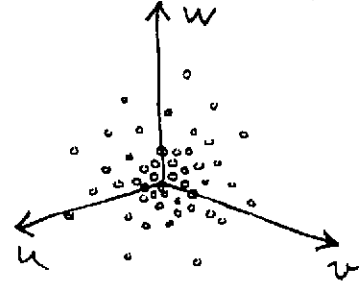
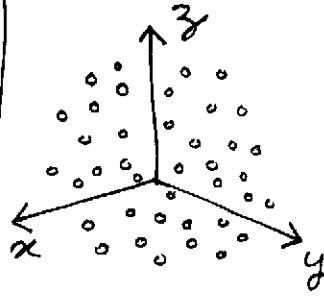
J'avoue que je ne vois pas très bien...



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

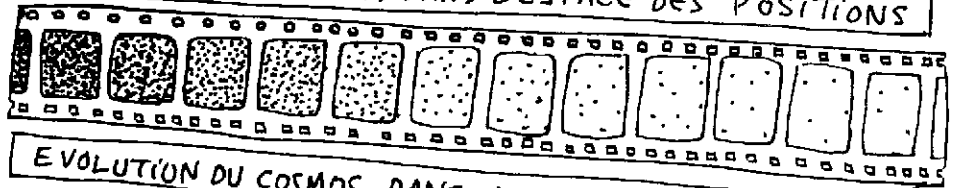
ESPACE DES VITESSES



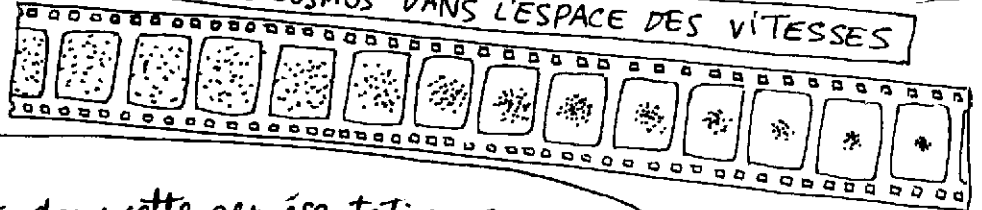
dans **L'ESPACE DES POSITIONS** l'univers se dilue et cette dispersion est synonyme de **DÉSORDRE**. Inversement les vitesses d'agitation diminuent. Dans sa représentation dans **L'ESPACE DES VITESSES** l'univers au contraire se condense, ce qui traduit une tendance vers **L'ORDRE**.



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 invariante. **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!

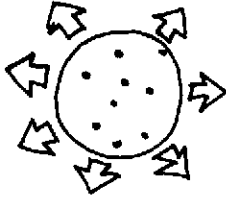


(*) Théorème de **LIUVILLE**, mathématicien français (1802-1882)

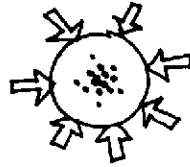


autrement dit il se dilate
du côté **POSITIONS** alors
qu'il maigrit du côté **VITESSES**

ESPACE
DES
POSITIONS



ESPACE
DES
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 A ENTROPIE CONSTANTE?**

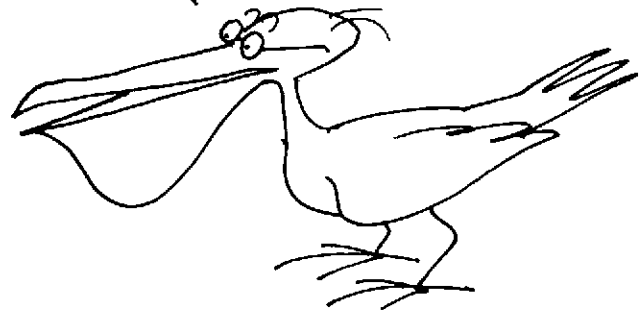
effectivement, ce paradoxe est
une des faiblesses des modèles
cosmologiques classiques

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**
qu'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 temporelles 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 disait 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 fout 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**

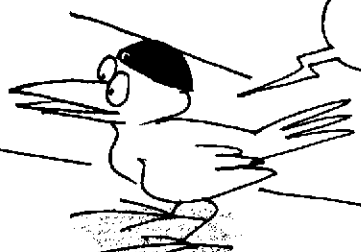
oui, c'est clair :
L'Univers primitif
devait être fortement
COLLISIONNEL

d'où ce **DÉSORDRE ORIGINEL**
créé et entretenu, que l'on observe
encore actuellement (*)


(*) l'Univers est effectivement extrêmement
HOMOGÈNE 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 ?

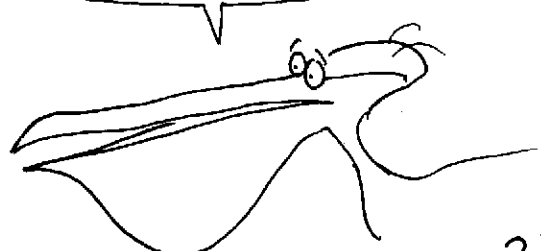


eh bien l'Univers primitif est
un billard qui se dilate, mais
il se dilate si vite que les
particules ne peuvent même pas
se rencontrer^(*), même quand elles
vont à la **VITESSE DE LA LUMIÈRE**

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 ...



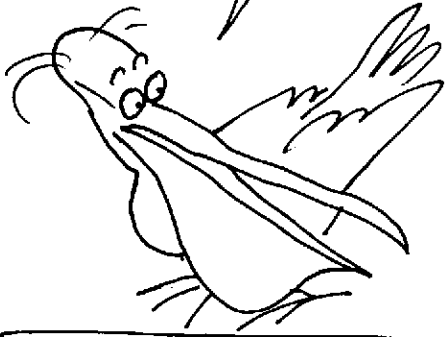
je sais ...



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

(*) Voir Annexe B

Dieu a peut-être
créé l'Univers homogène,
après tout, non ?

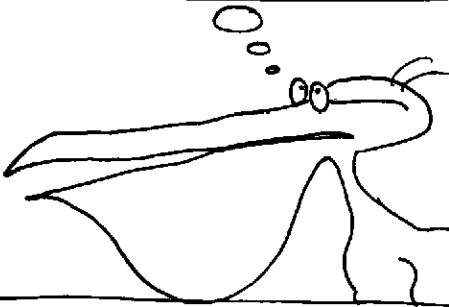


Hou là là, quand, en Science,
on commence à appeler Dieu
à la rescousse, c'est que ça
va vraiment très mal !...



c'est curieux. Dans ces bandes
dessinées, jusqu'ici, tout se
passait plutôt bien. Et ici
tout semble aller de travers

il semble indiqué d'aller
fouiller carrément du côté
de l'**ORIGINE DE L'UNIVERS**



la clef du
mystère se trouve
peut-être là ?



il suffit de lire à rebours le
GRAND LIVRE DE L'UNIVERS
en essayant de remonter
jusqu'à la première page

tu veux dire à la préface,
là où l'auteur explique
où il veut en venir ?



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**, lorsqu'on se rapproche de la vitesse de la lumière, le temps se trouve altéré, non ?... (**)



ce temps se met à "geler" comme le mercure dans un thermomètre ?

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 $\frac{1}{2} m V^2$
Voir **SI ON VOLAIT ?**

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

c'est bien ce qui me semblait:
au fur et à mesure que je
feuillette ce livre pour
remonter au **DÉBUT**, ses
pages deviennent de plus
en plus **FINES**

en fait il faut
feuilletter une infinité de
pages pour remonter au
début du commencement

je sais.....



mais alors, que signifie
cette ultime épaisseur de
temps d'un centième de
seconde qui nous
séparerait de $t=0$?

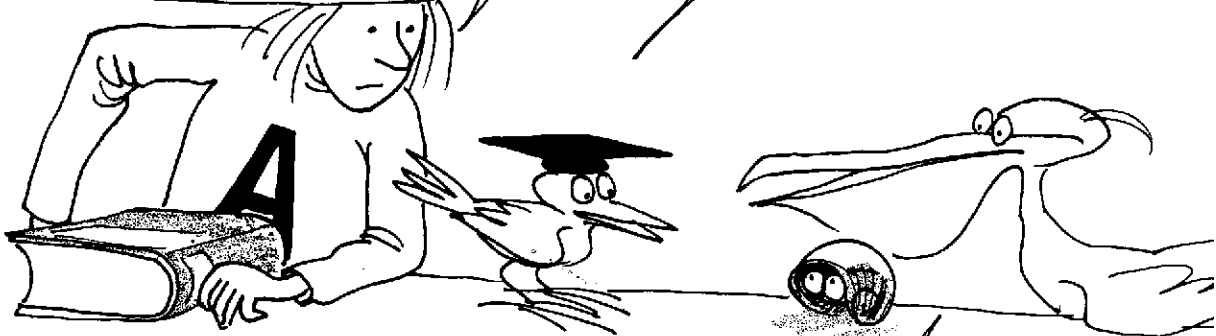
je crois qu'en fait cela
ne signifie pas grand chose
et que cela serait plutôt
UNE VUE DE L'ESPRIT



Vous voulez dire qu'il serait **PHYSIQUEMENT** impossible de remonter
vers cette **ORIGINE DU TEMPS** et, plus encore, de la franchir ?

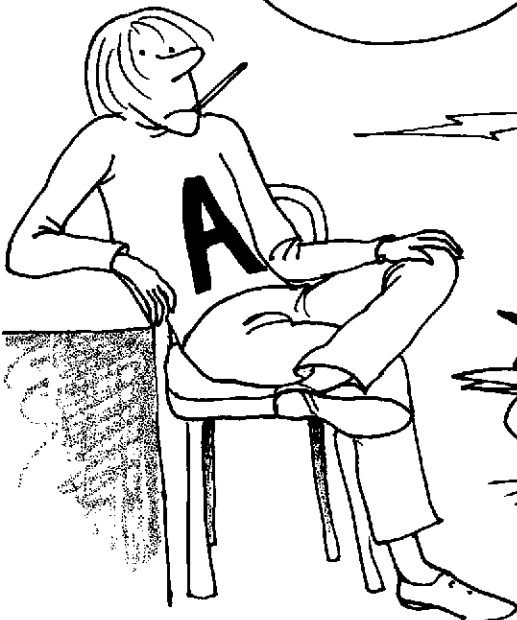
eh oui, pour croiser au voisinage de ces sargasses spatio-temporels, il faudrait un véhicule (et un observateur) faits de matière ordinaire

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



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

je crois que ce **BIG BANG** est un fantôme de scientifiques



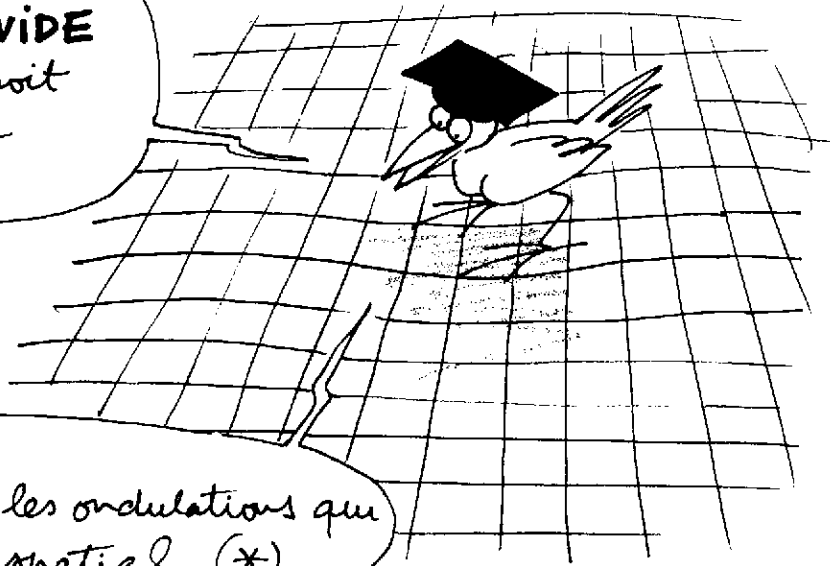
Bref, selon les modèles actuels l'univers serait né d'un instant **DÉNUÉ DE SENS**. On ne sait pas pourquoi il était dans un tel **CHAOS**, ni pourquoi cet état a perduré. Comme son évolution s'est alors effectuée de manière isentropique le fait que le temps ait pu s'écouler reste un mystère complet

copie à refaire

TROISIÈME PARADOXE COSMOLOGIQUE



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

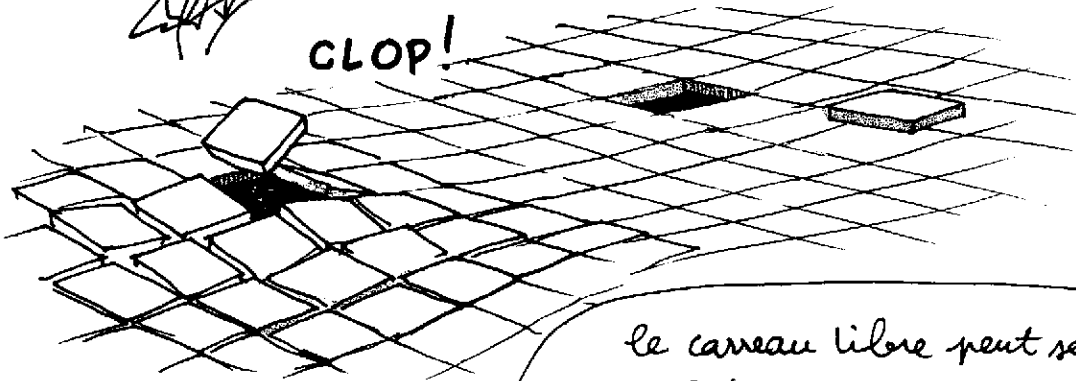


les **PHOTONS** étant les ondulations qui
agitent ce tissu spatial (*)

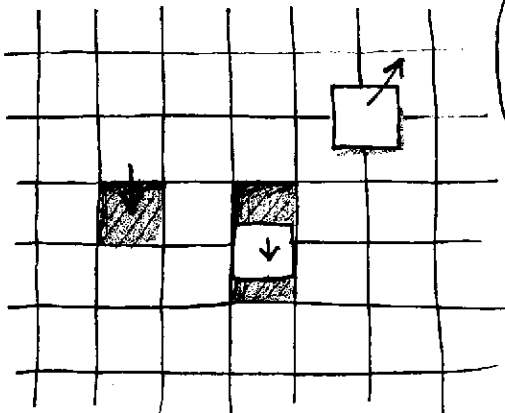
quand deux ondulations suffisamment
prononcées se rencontrent, un carreau
se descelle. Le carreau libéré devenant
synonyme de matière et le vide
qu'il laisse d'antimatière



CLOP!



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

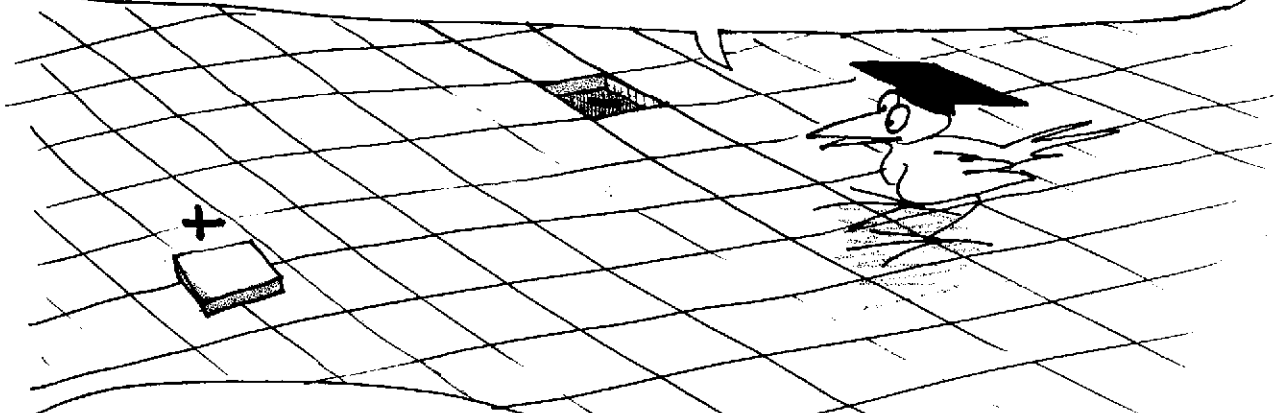


(*) Voir **BIG BANG**

au moment du **BIG BANG** la turbulence du tissu cosmique, (la température) était considérable. Les carreaux ne tenaient pas en place. Ils se descellaient 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 desceller de nouveaux carreaux

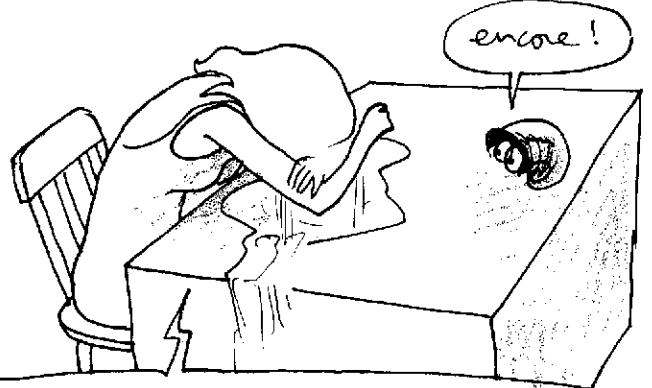


mais le risque de complète annihilation restait grand. Comme matière et antimatière possédaient des charges électriques opposées elles étaient de ce fait fortement attirées l'une par l'autre



(*) au bout de 13 secondes. la température de l'univers n'était plus que de trois milliards de degrés

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 sœurs ennemies 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



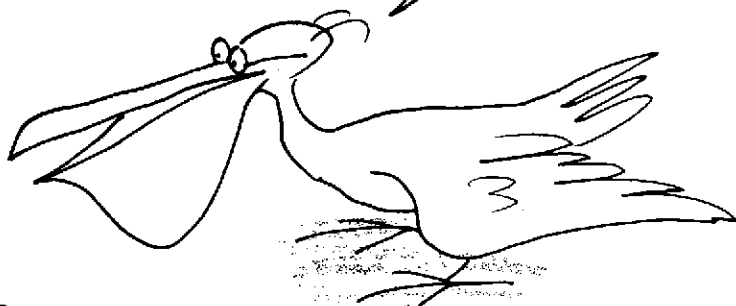
or on ne décèle pas cette annihilation matière-antimatière



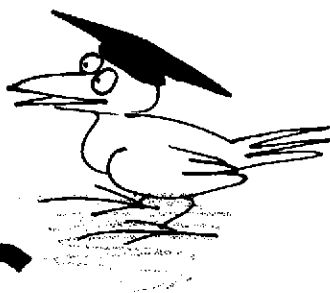
l'angoisse

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

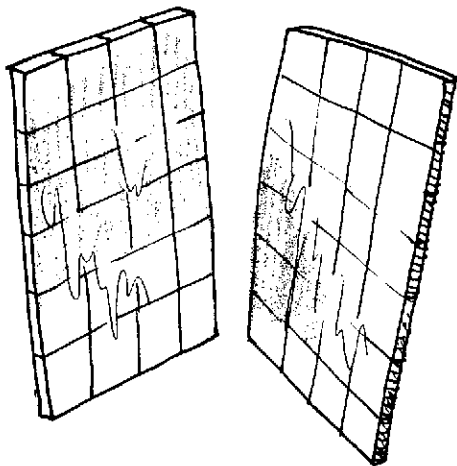
Tirénias, je vous en prie,
n'abusez pas de cette
situation !



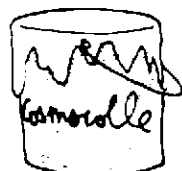
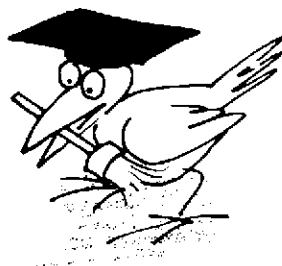
en toute logique, si
l'antimatière n'est pas
dans notre Univers, c'est
qu'elle est ailleurs



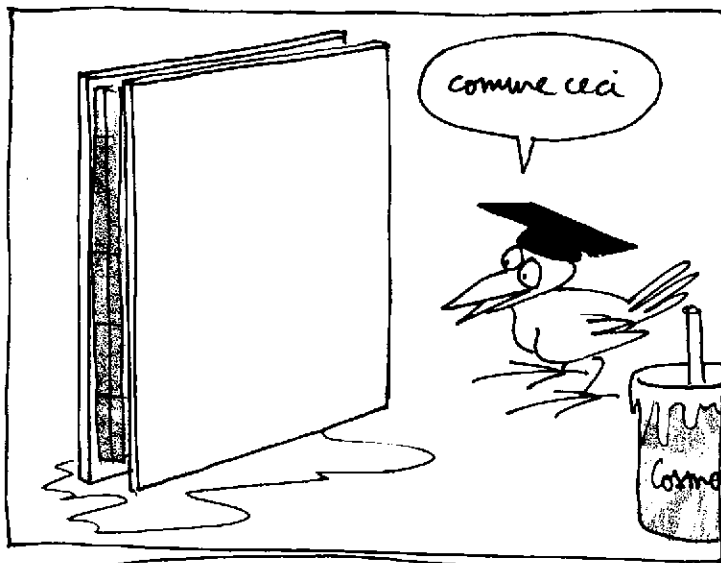
THÉORIES D'A.SAKHAROV ET DE J.P. PETIT*



supposons deux univers
réunis, collés ensemble
à l'instant initial

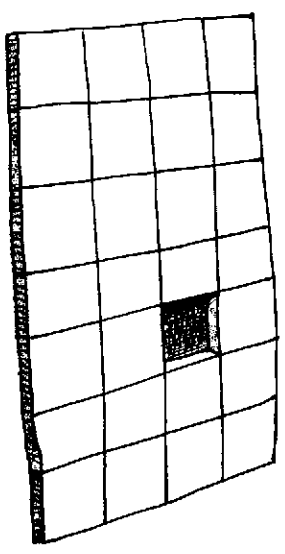


(*) J.P. PETIT: UNIVERS ÉNANTIOMORPHES À TEMPS PROPRES OPPOSÉS &
UNIVERS EN INTERACTION AVEC LEUR IMAGE DANS LE MIROIR DU TEMPS. Comptes Rendus
de l'Académie des Sciences de Paris Tome 284 (23 mai 77) série A p.1315 et tome 284 (6 juin 77) p.1413

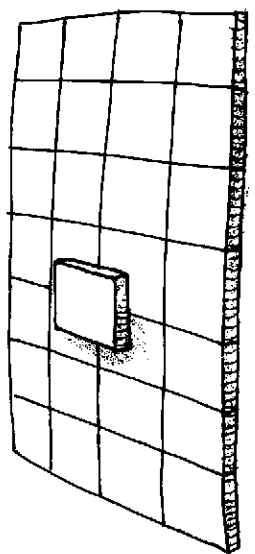


en séparant ces feuillets il pourra se trouver que sur chaque passage d'univers certains carreaux se trouvent arrachés et que d'autres se retrouvent en surépaisseur

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

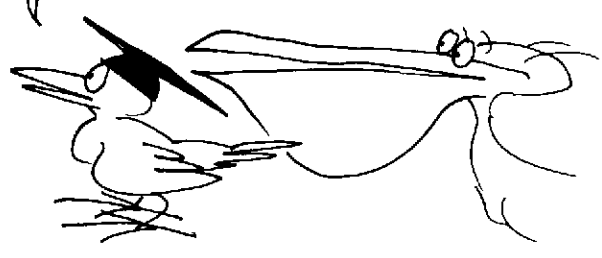


ANTI-UNIVERS (antimatière)

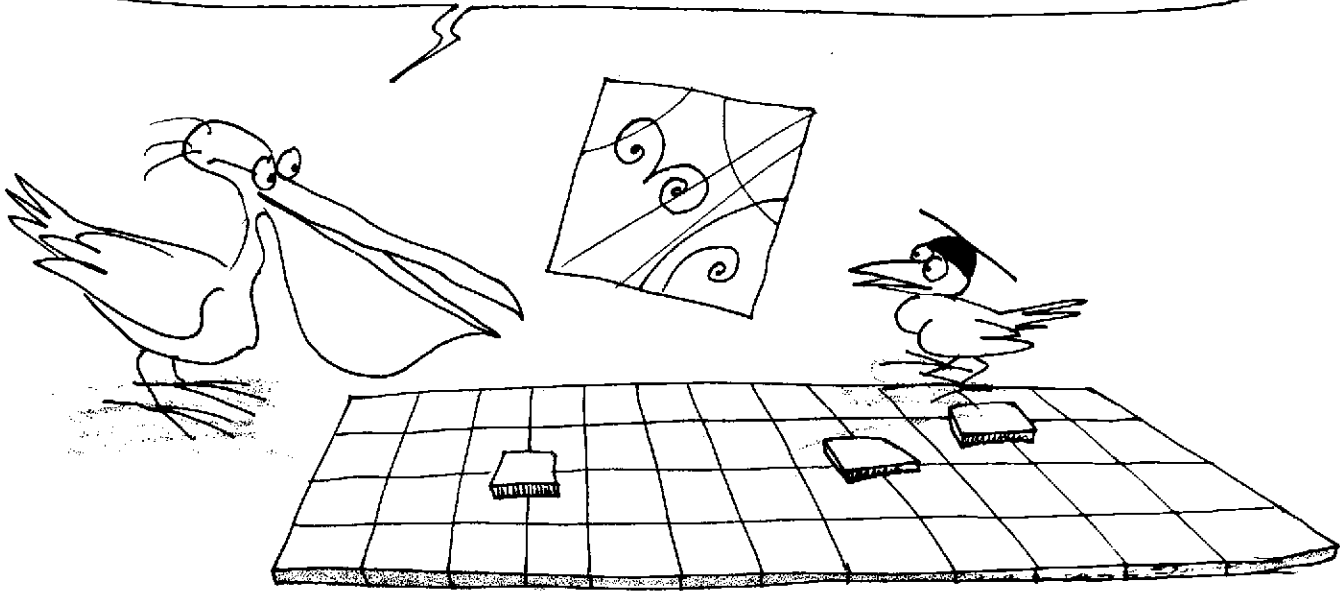


UNIVERS (matière)

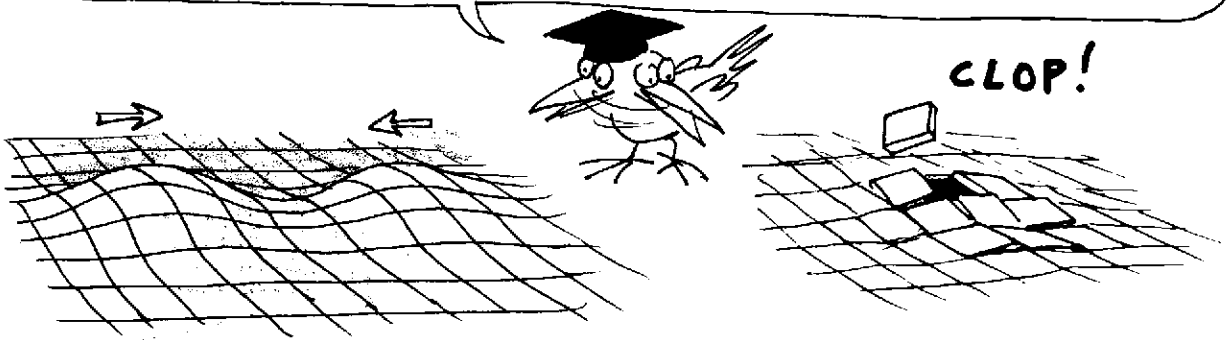
par contre, s'il se produit une **BRISURE DE SYMÉTRIE** il y aura un excès de matière dans l'un de ces univers et un excès d'antimatière dans l'autre, qui ne pourront plus s'annihiler



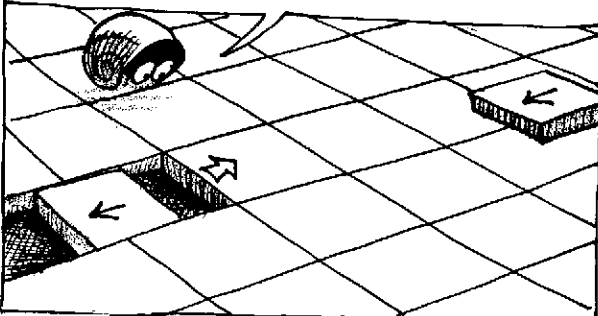
mais... à quoi correspond l'antimatière qui fut découverte dans les rayons cosmiques, peu de temps après la découverte de DIRAC, ou celle qu'on fabrique en laboratoire ?



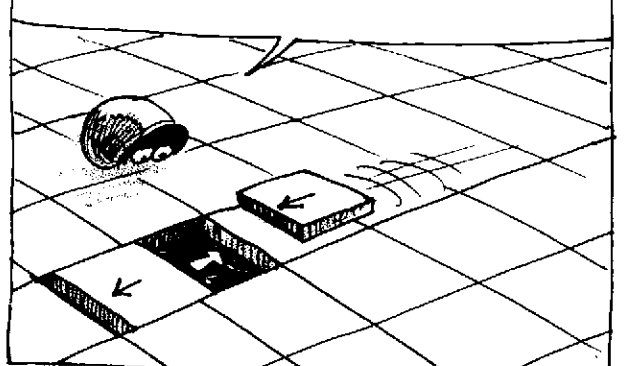
rien ne nous empêche ici-bas de créer de très fortes concentrations d'énergie dans les accélérateurs de particules géants, au point de désceller un nouveau carreau c'est à dire de créer une **PAIRE** matière - anti-matière



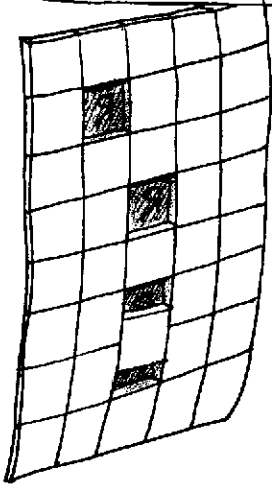
mais, si tu ne prends pas des précautions pour tenir cette anti-matière loin de toute matière



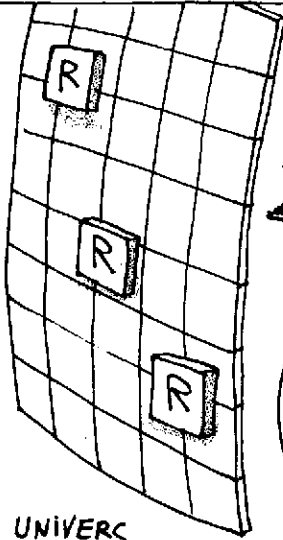
elle s'annihilera avec elle immédiatement



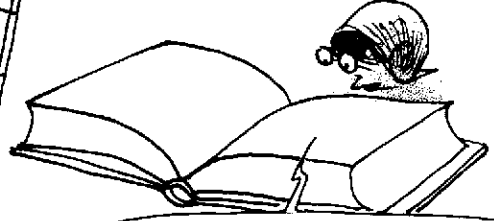
Andrei Sakharov utilisera cette vision gémellaire pour expliquer l'apparente absence d'antimatière dans notre "versant" d'univers



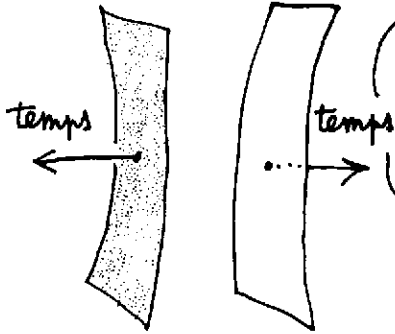
ANTI-UNIVERS



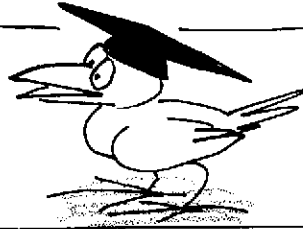
UNIVERS



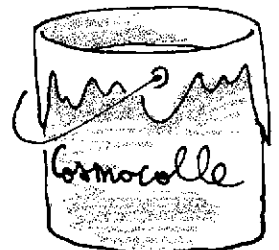
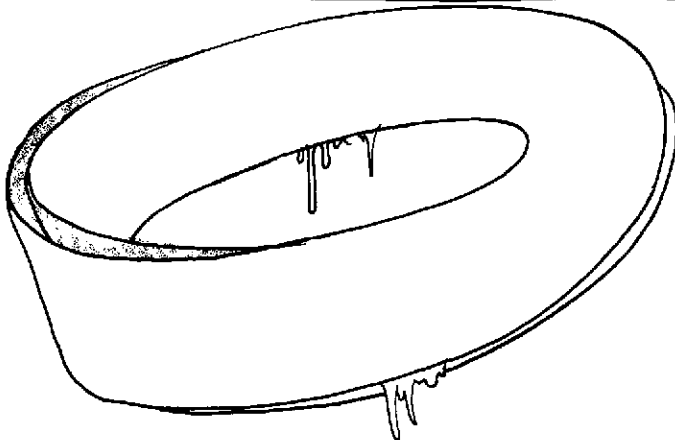
les deux **UNIVERS JUMEAUX** présentant des **PARITÉS** inversées (brisure de symétrie **DROITE - GAUCHE**)

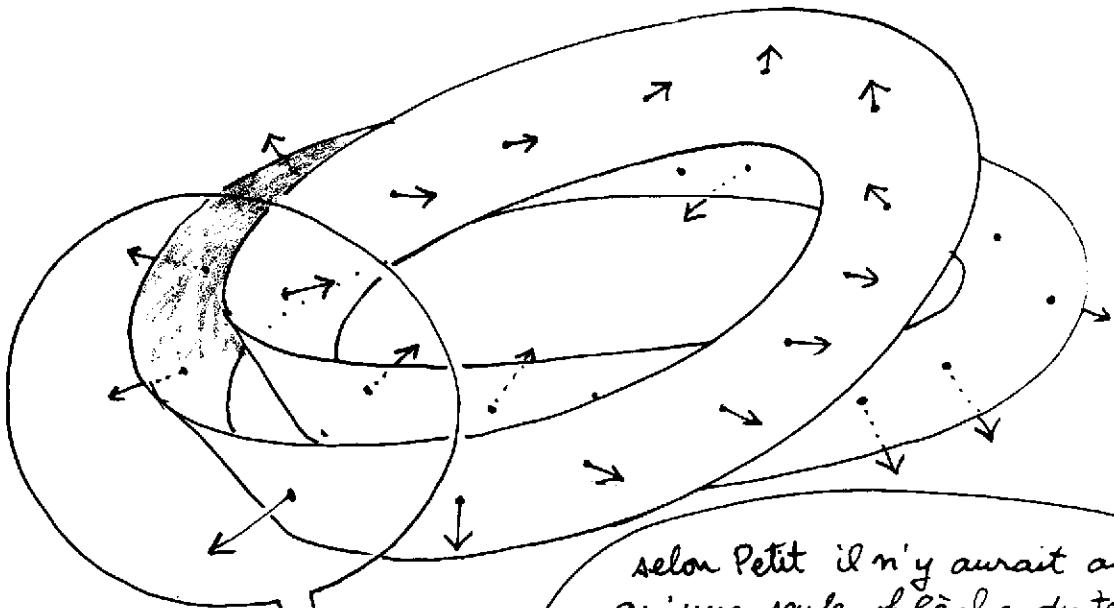


de plus les **FLÈCHES DU TEMPS** seraient en opposition, le futur d'un des univers étant dans le passé de l'autre

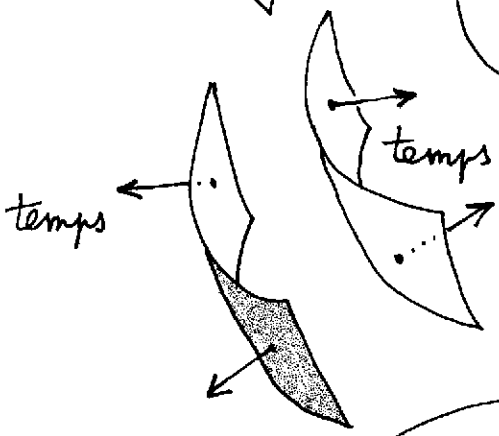


même démarche effectuée indépendamment en 1977 par Jean-Pierre Petit qui pense, lui, qu'il n'y avait qu'un seul univers initialement collé sur lui-même le long d'un "ruban de Moebius à trois dimensions"

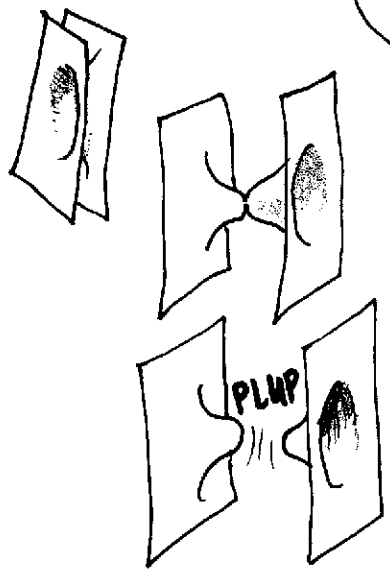




selon Petit il n'y aurait alors qu'une seule flèche du temps et ce seraient les caprices de la géométrie de l'espace-temps (*) qui créeraient cette illusion de **STRUCTURE GÉMELLAIRE**



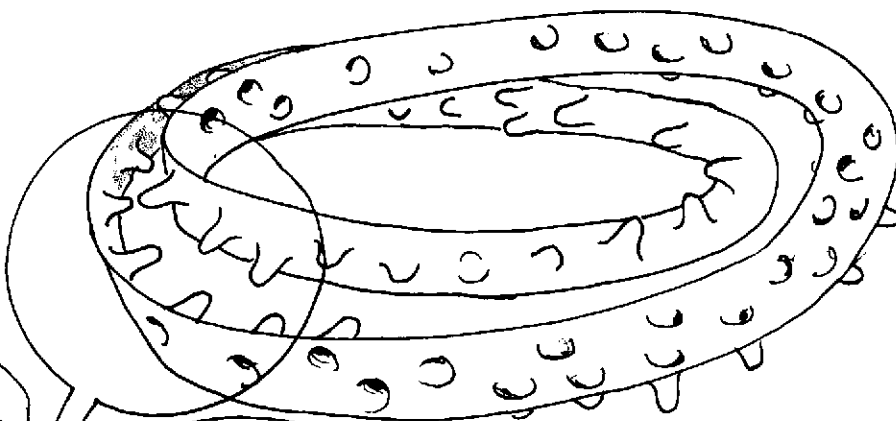
il n'y aurait aussi qu'une seule espèce de matière, l'anti-matière n'étant, selon le mot de l'Abbé Lemaître, que de la matière "vue à l'envers"



celles-ci ne seraient que des déformations résiduelles de courbure parfaitement symétriques



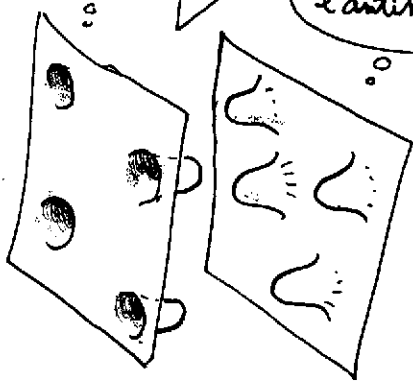
(*) voir **LE TOPOLOGICON**



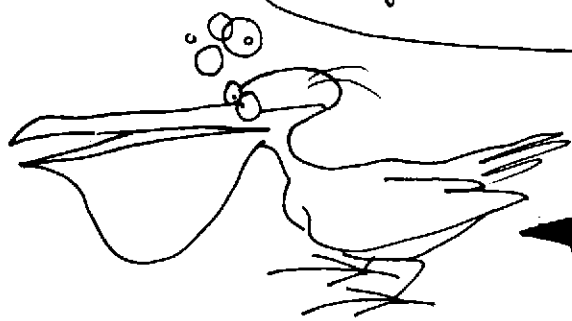
tiens, de l'antimatière

tiens, de l'antimatière

configuration géométrique donnant l'apparence d'une dualité matière antimatière

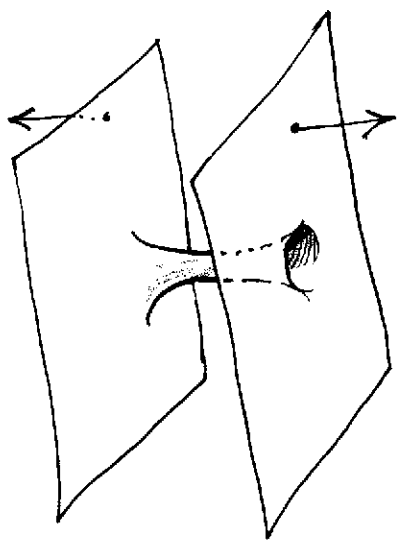


si je comprends bien, primo il est impossible de franchir le **BIG BANG** car alors le temps gèle dans les réservoirs. Mais de toute façon, de l'autre côté, les gens vivent à rebrousse-temps



et Sophie, ça va mieux?

oui

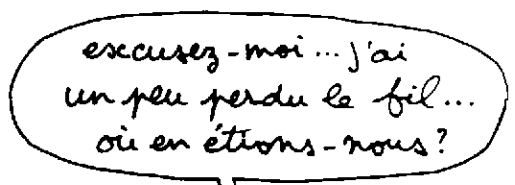
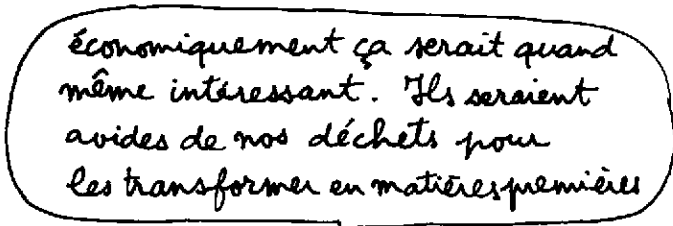


est-ce qu'on pourrait passer de l'autre côté à l'aide de trous noirs et se retrouver chez les **RÉTROCHRONIENS**?

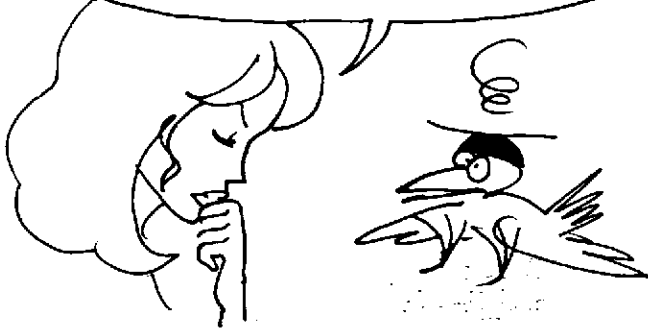
bigre!...



DIACHRONONE ET RÉTROCHRONONE



Hum, ça me paraît difficile.
En effet, si on leur envoie un message, quand ils le reçoivent, dans leur temps à eux, ils l'émettent



avec ces gens, tout dialogue serait impossible ?



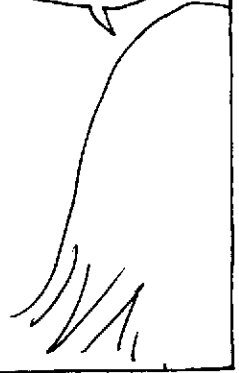
ou alors il existe une personne avec laquelle on ne peut pas échanger d'information



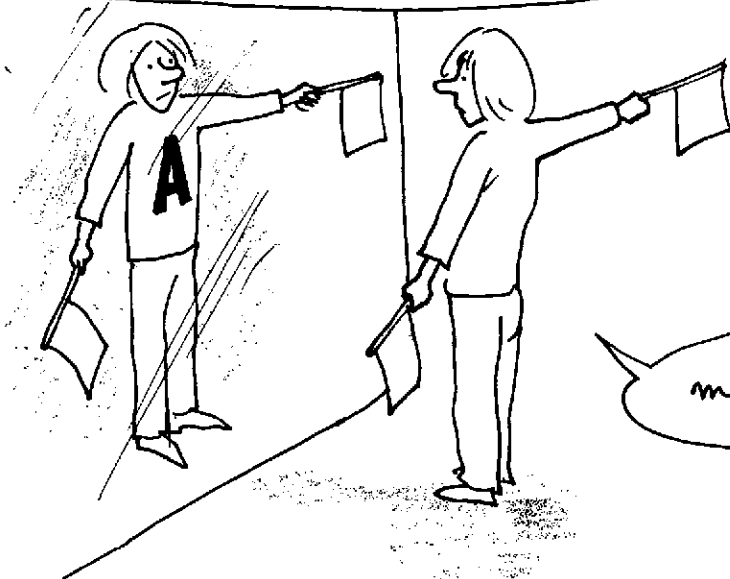
soi-même



!!!



essaie de t'envoyer à toi-même des messages à travers la glace



tu n'apprendras pas grand chose



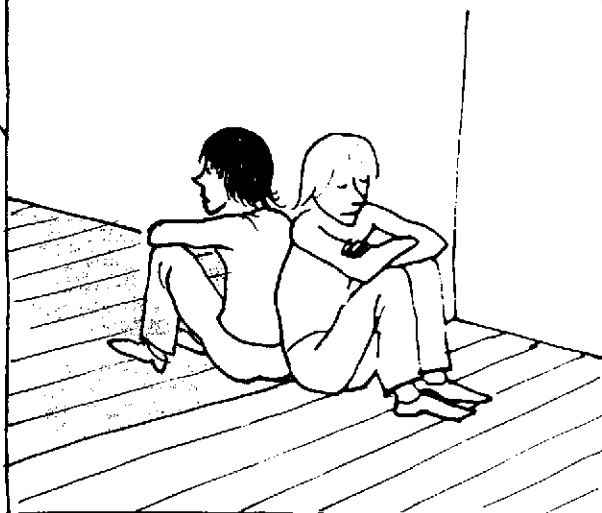
mais... pour e'Univers ?

vous aimez les contes?
Je vais vous en raconter un

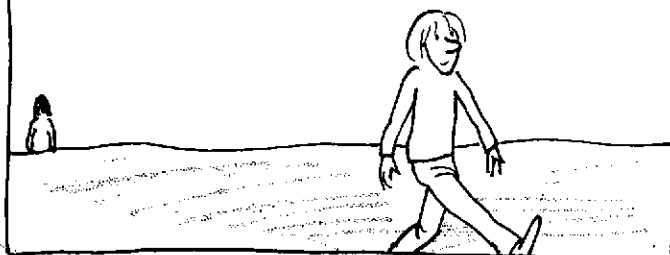


oh oui
oh oui..

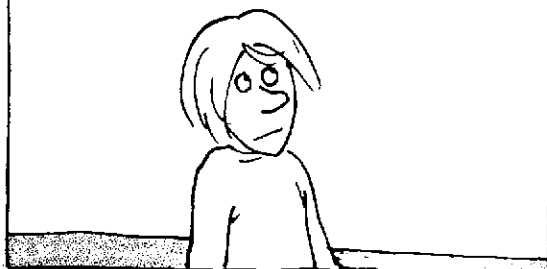
il était une fois deux
jeunes garçons qui passaient
leur temps adossés l'un
à l'autre, comme un presse-livre



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



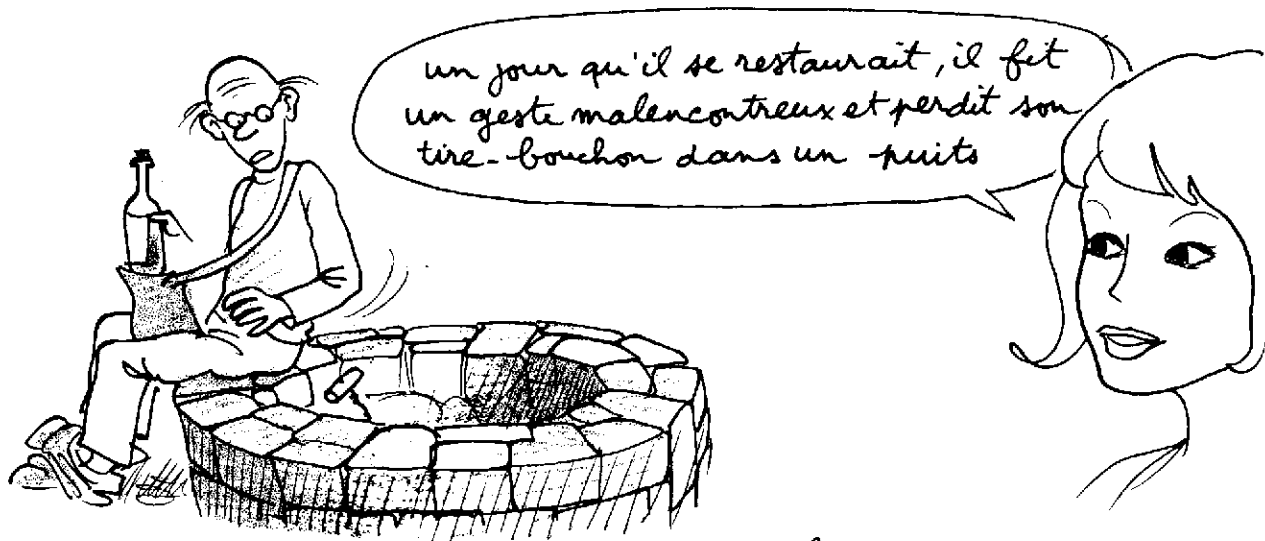
le blond se dit "si le monde
est rond, en marchant tout
droit nous devrions en
faire le tour et nous
croiser à mi-parcours



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



un jour qu'il se restaurait, il fit un geste malencontreux et perdit son tire-bouchon dans un puits

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

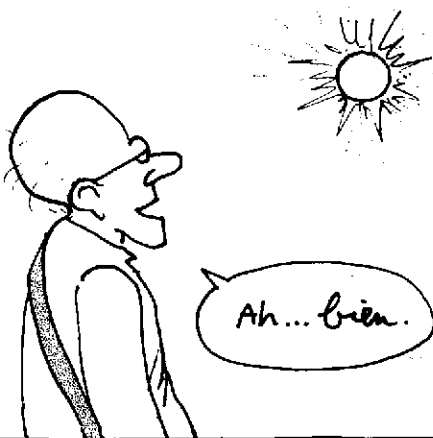


il a dû se perdre en route, ou alors il est mort pendant le voyage...



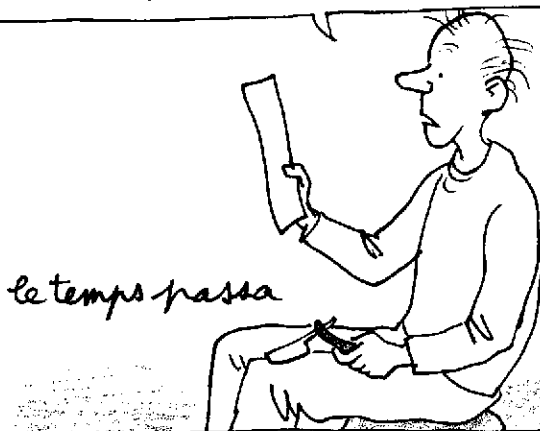
il prit tristement la route du retour
tout ce chemin
pour RIEN

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

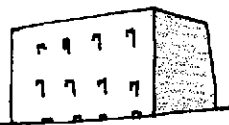
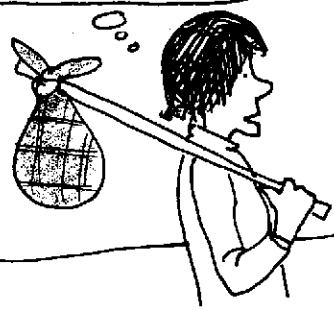


mais, malgré ses efforts, il ne parvint pas à l'utiliser

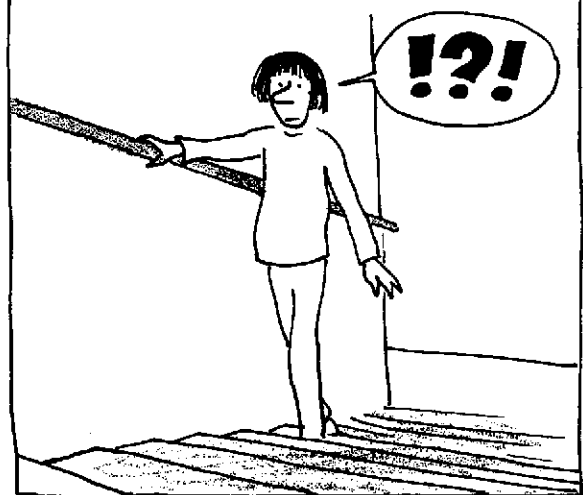


en fin du compte il aperçut au loin l'immeuble qu'il avait quitté il ya si longtemps !

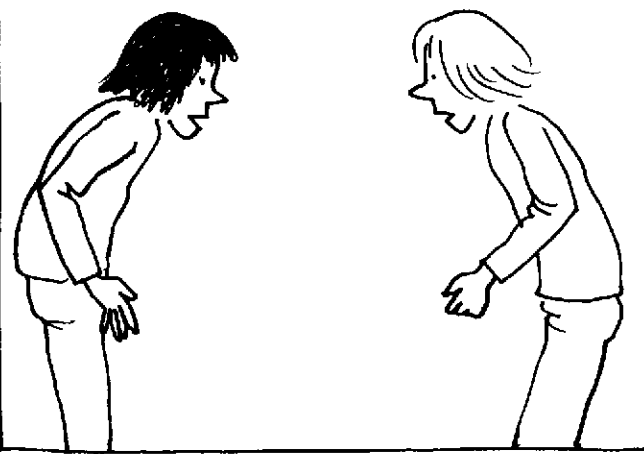
le boucle est bouclée



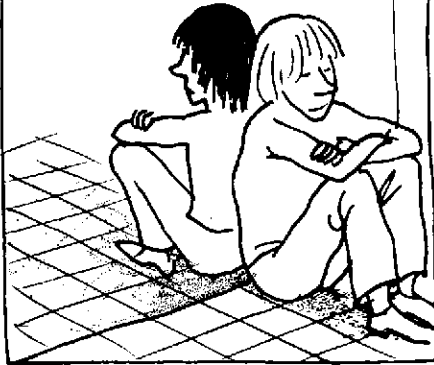
il monta l'escalier et se retrouva nez à nez...



... avec un jeune garçon blond...



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



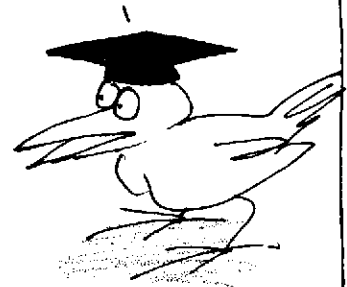
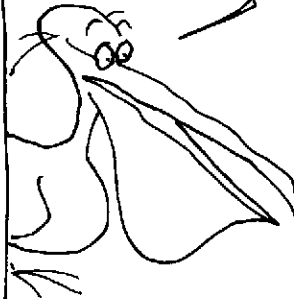
et c'est la fin
de mon histoire



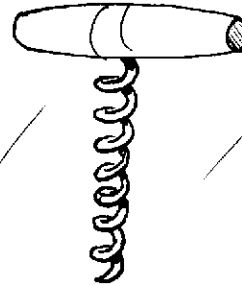
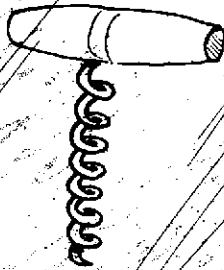
je crois que j'ai compris.
Ils ne sont pas adossés
l'un contre l'autre. Il y a
une sorte de miroir, un
miroir **SPATIO-TEMPOREL**



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



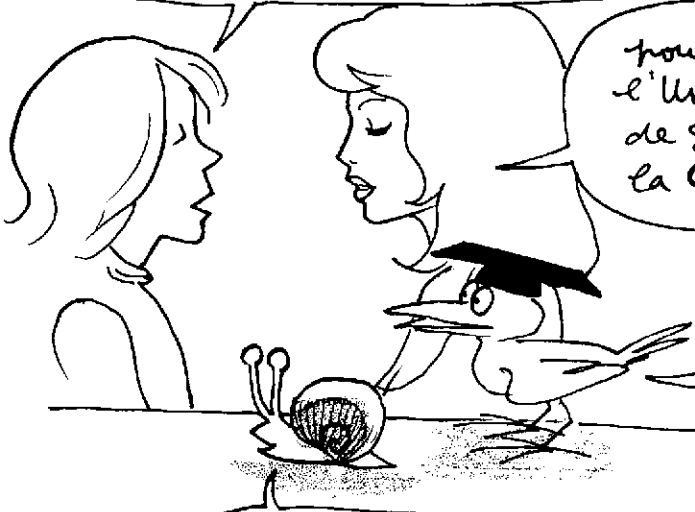
je crois que le premier puits était un **TROU NOIR** et
l'autre une **FONTAINE BLANCHE**. Je crois que s'il
n'arrivait pas à ouvrir sa bouteille, c'est que le tire-bouchon
était devenu **ÉNANTIOMORPHE**, en miroir (*)



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

TEMPS ET MÉCANIQUE QUANTIQUE

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



pour les physiciens des quanta l'univers se réduit à l'équation de SCHRÖDINGER, où intervient la **CONSTANTE DE PLANCK h**

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 ...

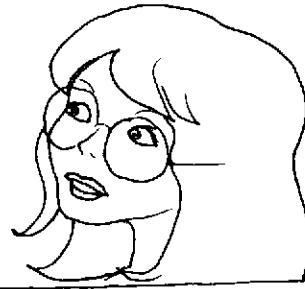
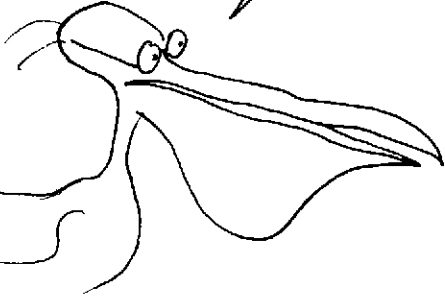
(*) Voir Annexe D

ça voudrait dire que le présent a une épaisseur fine

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?

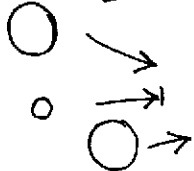


Schématiquement l'Univers connu se présente comme un mélange de photons et de particules de matière, dans le rapport un milliard pour un. La gravitation crée des assemblages de matière où la **FUSION** convertit en permanence de la matière en rayonnement. Les produits de ces réactions sont appelées "atomes"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



ces produits de la **NUCLÉOSYNTHÈSE** 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 réémettant des photons (**FISSION NUCLÉAIRE**)

ATOMES



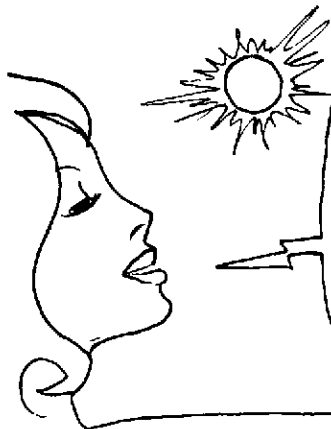
MOLECULES réémettant



FISSION

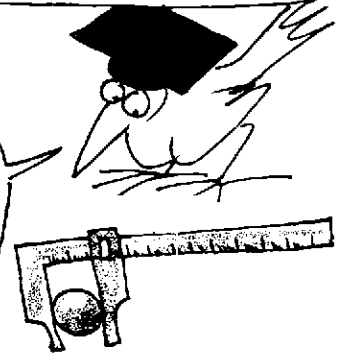


(*). Voir MILLE MILLIARDS DE SOLEILS



matière et lumière ne sont que deux manifestations d'une seule et même entité : **L'ÉNERGIE-MATIÈRE** et tous ces phénomènes ne font que traduire une lente reconversion d'une partie de la matière sous forme de photons

on a supposé au début du siècle que les particules de matière gardaient une taille invariable, c'est à dire que l'énergie-matière qu'elles contenaient se conservait au fil du temps



quel est ce lien magique entre la taille des objets et leur énergie ?

tu sais bien qu'en mécanique quantique toutes les particules sont assimilées à des ondulations de l'espace, à des **PAQUETS D'ONDE**. Par définition, si E est la quantité d'énergie-matière véhiculée par la particule, la longueur d'onde associée est $\lambda = \frac{hc}{E}$ (*)

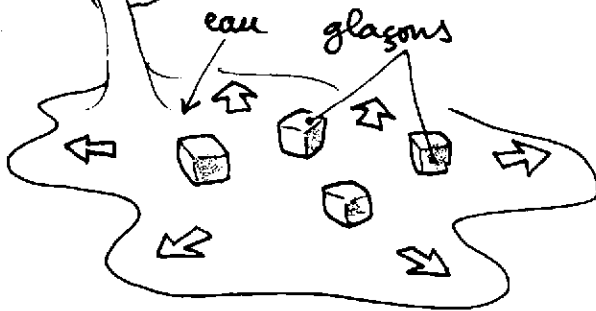
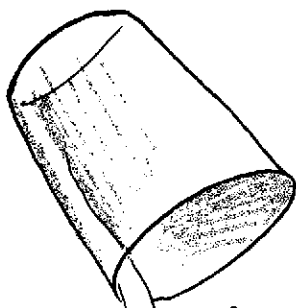


le paquet d'onde représentant une particule de **MATIÈRE** conserve sa **LONGUEUR D'ONDE** au fil du temps



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

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

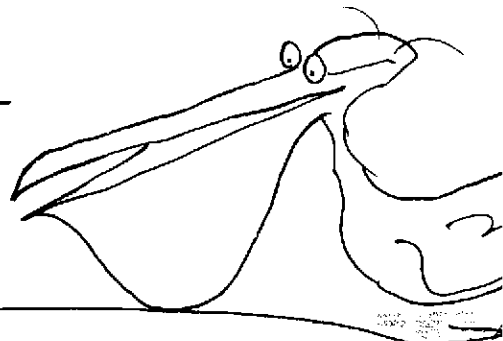


matière et photons, ces deux formes de l'**ENERGIE-MATIÈRE** ne vivent pas l'expansion cosmique de la même manière



ah oui, la matière, c'est de l'énergie-matière **GELÉE** (*)

Bref l'univers est donc fait de grains de matière et de photons, avec beaucoup de **VIDE** autour



mais non, Léon, le **VIDE**, ça n'existe pas. En mécanique quantique l'univers est une surface qui n'est "**LISSE**" nulle part. Certains plis sont comme amidonnés et représentent la matière. D'autres plis, les photons, peuvent se distendre et c'est cela qui permet l'expansion de l'univers

mais... attendez... si l'énergie varie comme l'inverse de la longueur d'onde, de l'extension spatiale d'une particule, alors cette distension des photons traduit une **PERTE CONTINUE D'ÉNERGIE** de la part de l'univers?!?

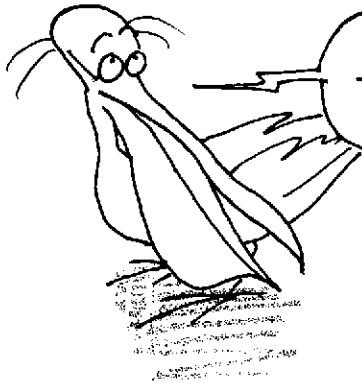


et évidemment tout le monde s'en fout

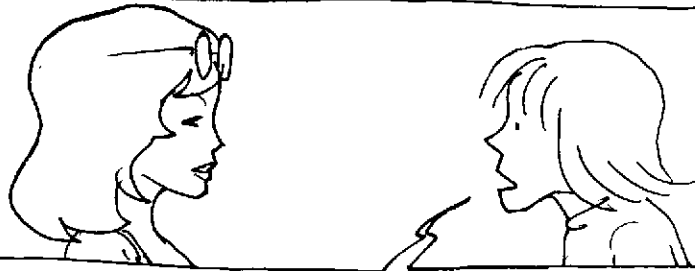


(*) Voir **BIG BANG** page 34

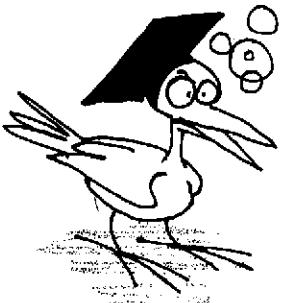
L'EXPANSION COSMIQUE



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 originaux, 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, **Tirésias**, 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 mesure, 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
raisonnement 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 bâtir un **SYSTÈME DE REPRÉSENTATIONS**
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 (*)



voilà, quand on veut s'imaginer un univers en expansion on prend en général l'image du ballon que l'on gonfle, avec des petites taches dessinées dessus, figurant les amas de galaxies



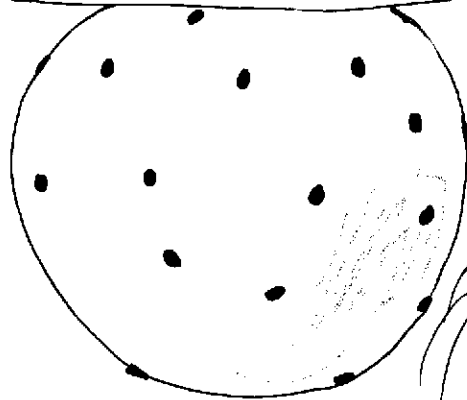
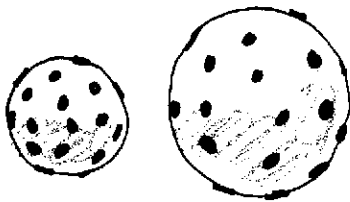
non, le modèle classique ça n'est pas comme cela



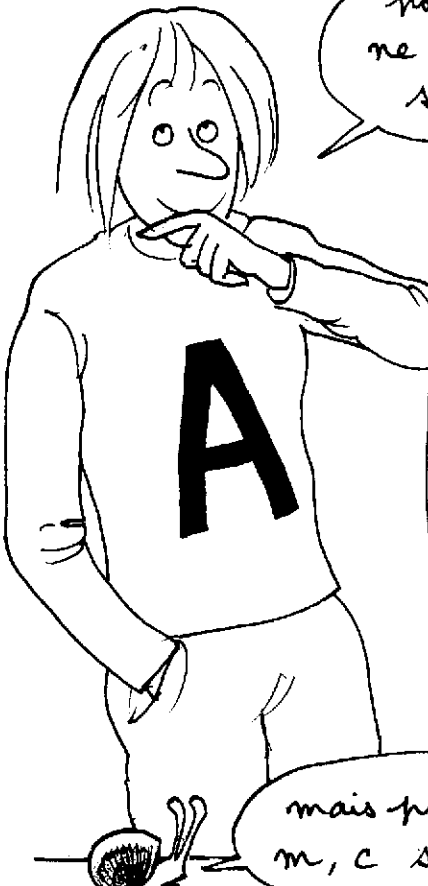
il te faut fixer sur ton ballon des petites pastilles autocollantes, car les amas de galaxies ne sont pas censés se dilater au cours du temps



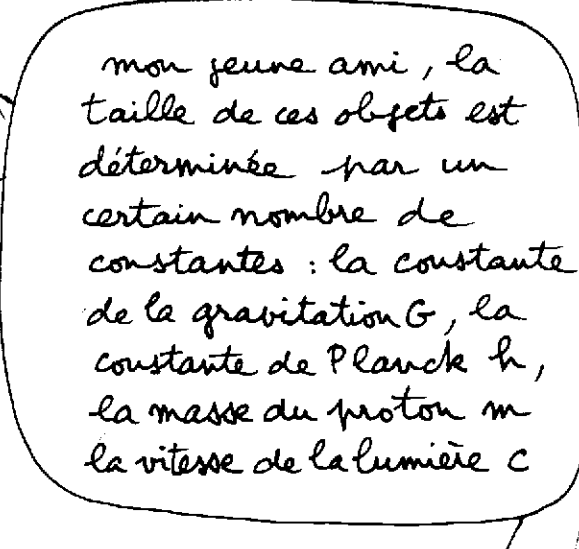
dans ce cas l'expansion cosmique correspond aux dessins ci-après




(*) 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) pp1733-1744




pourquoi est-ce que tous les objets de l'Univers ne grandiraient pas avec lui : les galaxies, le système solaire, les particules élémentaires ?




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 h , la masse du proton m la vitesse de la lumière c




tout cela est bien connu, vous pensez...




mais pourquoi ces quantités G , h , 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 n'est écrit absolument nulle part...



Ah bon?...



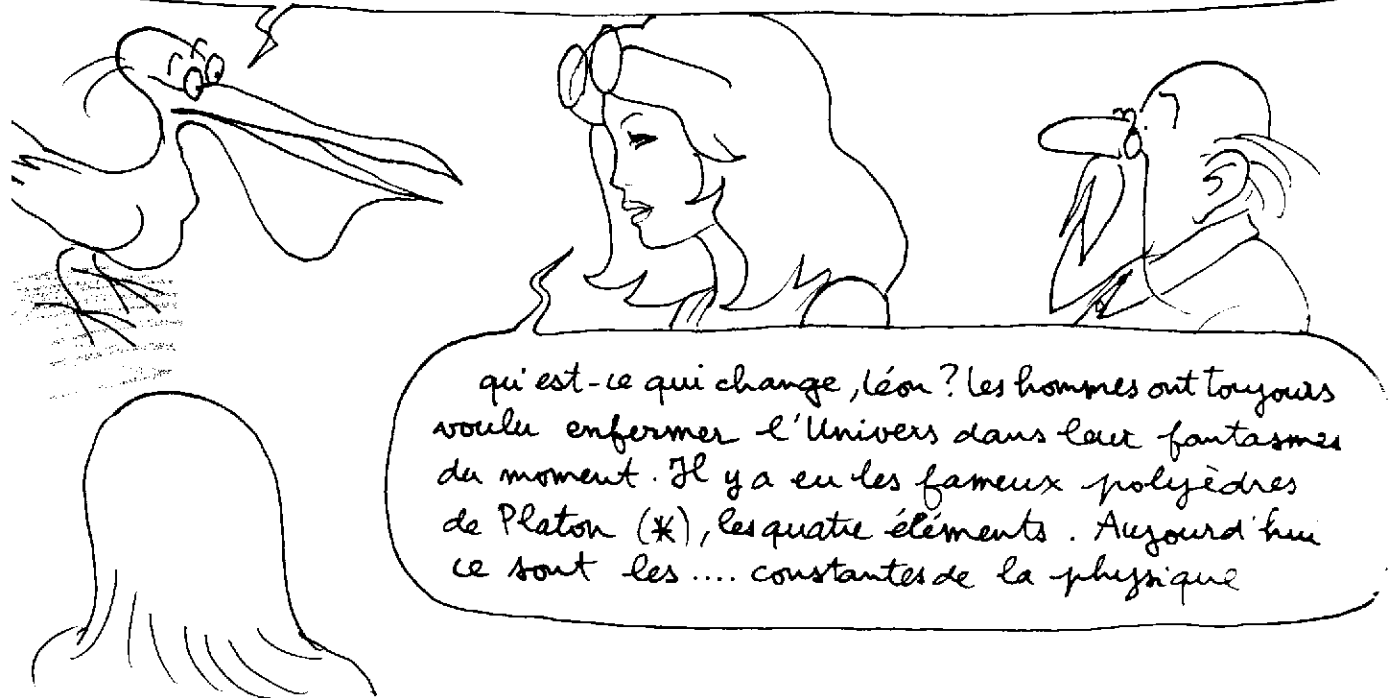
et la constante de Planck h ?
Elle ne peut varier ... à cause
de la mécanique quantique?

cela aussi n'est qu'une
autre hypothèse liée
à ce **SYSTÈME DE
REPRÉSENTATIONS**

mais... ce sont
des **AXIOMES** !?!

un axiome n'est jamais qu'une
croyance avec un col dur et une cravate

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**?



qu'est-ce qui change, Léon? les hommes ont toujours
voulu enfermer l'Univers dans leur fantasmes
du moment. Il y a eu les fameux polyèdres
de Platon (*), les quatre éléments. Aujourd'hui
ce sont les constantes de la physique



attention, pas si vite ! On a montré que si on touchait à certaines constantes de la physique, cela entraînerait des choses qui contrediraient les observations !

oui, mais si on considère que **TOUTES** ces constantes varient dans le temps, y compris la **VITESSE DE LA LUMIÈRE** ?



la vitesse de la lumière

si tu permets aux constantes de varier dans le temps, si tu les "libères", il te faudra aussi créer autant de nouvelles lois physiques pour redonner à l'édifice des connaissances sa solidité

SUPER-RELATIVITÉ



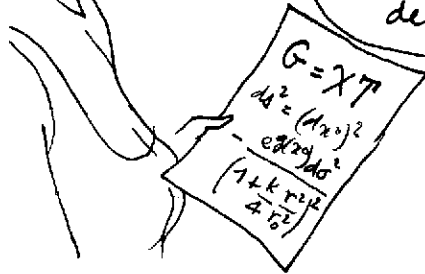
j'ai trouvé, on a qu'à postuler la **CONSERVATION DE L'ÉNERGIE**, et non plus de la masse, et à supposer que les objets de l'univers **SE DILATENT AVEC LUI**

TOUS les objets, c'est à dire les galaxies, le système solaire, les trous noirs et aussi les protons, les neutrons

les objets sont dessinés sur le ballon

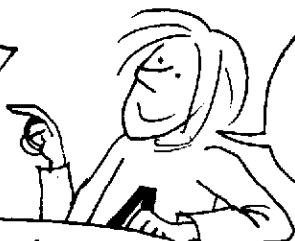


Effectivement, cela te donne une vitesse de la lumière infinie à $t = 0$, qui décroît ensuite en continu (*). La masse croît, mais l'énergie mc^2 reste constante. La constante de gravité varie comme l'inverse de la masse... et tout cela est solution de l'équation de la RELATIVITÉ GÉNÉRALE, de la fameuse EQUATION D'EINSTEIN



ça alors !?!

ce modèle d'Univers est un monstre, une chimère. Que faites-vous du RED SHIFT (glissement vers le rouge)?



regardez, ça y est ! On trouve que la constante de Planck varie comme t donc on retrouve l'idée de Milne (p.65)

c'est diabolique !

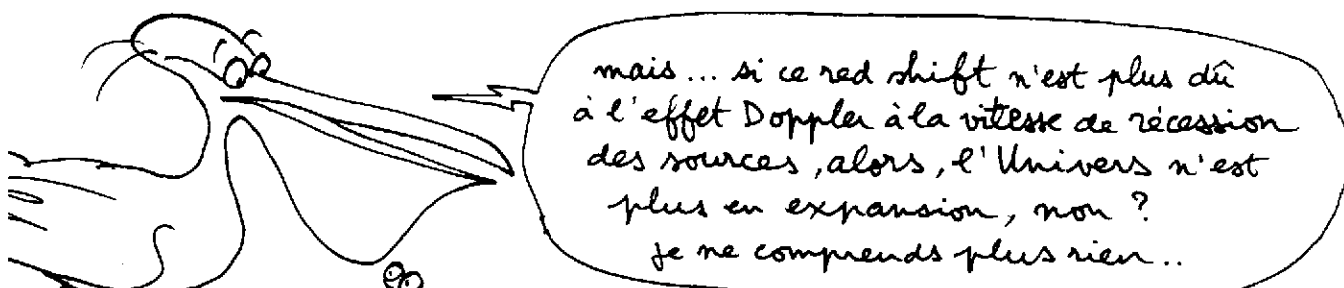
voilà... le photon est émis avec une certaine ENERGIE $h\nu$, qu'il conserve. Durant son trajet la constante de Planck h croît, donc la fréquence ν , telle qu'elle sera mesurée à la réception, sera différente (**). Hum..... curieux !...



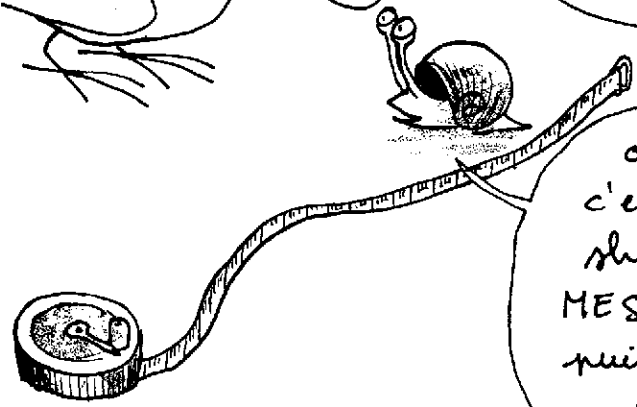
Couak!



(*) 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

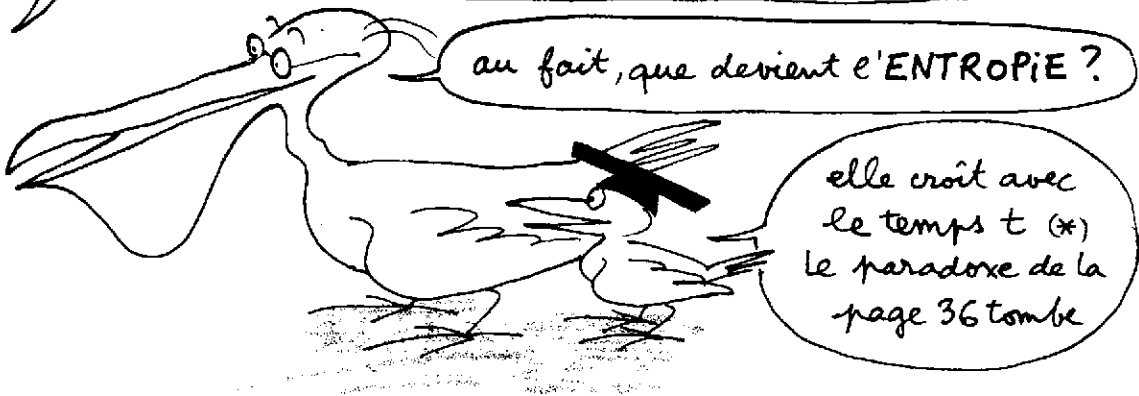


mais ... si ce red shift n'est plus dû à l'effet Doppler à la vitesse de récession des sources, alors, l'Univers n'est plus en expansion, non ?
je ne comprends plus rien ..



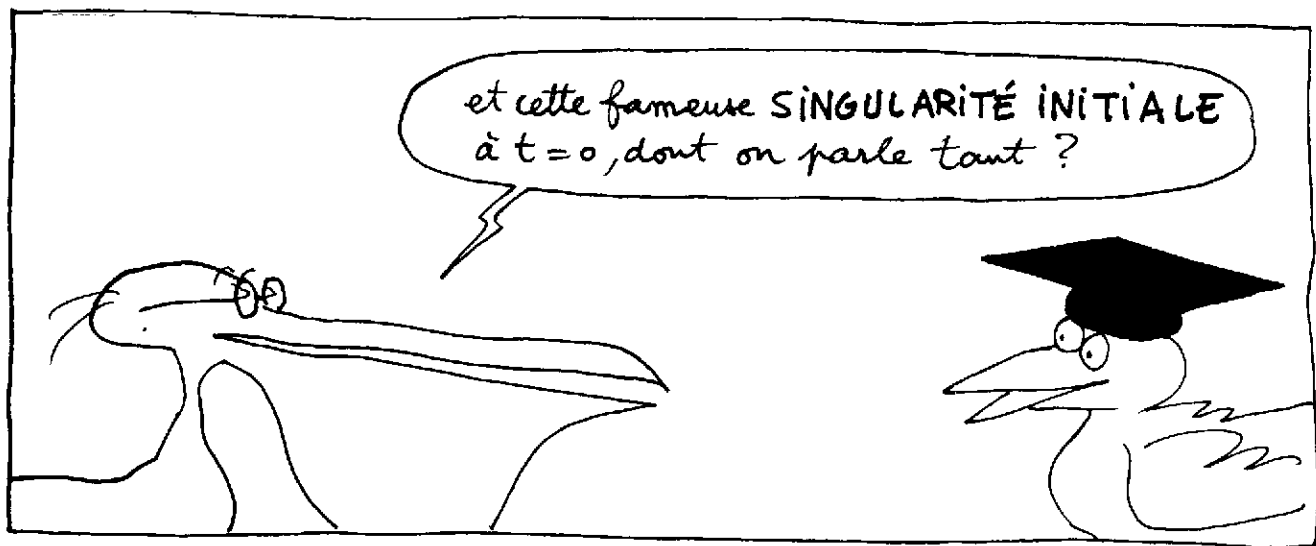
on s'en fout ! Tout ce qui compte c'est de retrouver l'observable, le red shift. Dans ce modèle tu ne peux plus MESURER une quelconque expansion puisqu'alors ton mètre à ruban se dilaterait en même temps que l'Univers

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



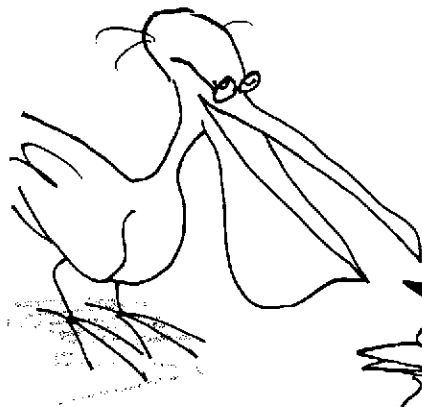
au fait, que devient l'ENTROPIE ?

elle croît avec le temps t (*)
le paradoxe de la page 36 tombe



et cette fameuse **SINGULARITÉ INITIALE** à $t=0$, dont on parle tout ?

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



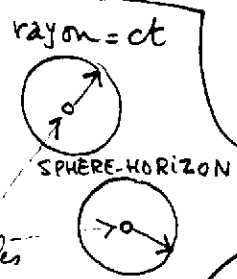
si on troque la **VARIABLE CHRONOLOGIQUE t** contre **L'ENTROPIE S** , la singularité n'existe plus, puisque ce soit disant "INSTANT INITIAL" correspond alors à $S = -\infty$ (*). La question de l'état de l'univers **AVANT** le big bang n'a plus de sens



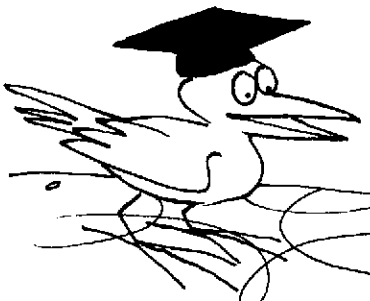
ce qui voudrait dire que le **TEMPS** ne serait pas la bonne **VARIABLE** pour décrire les **ÉVÈNEMENTS**, mais une sorte de mirage un peu illusoire



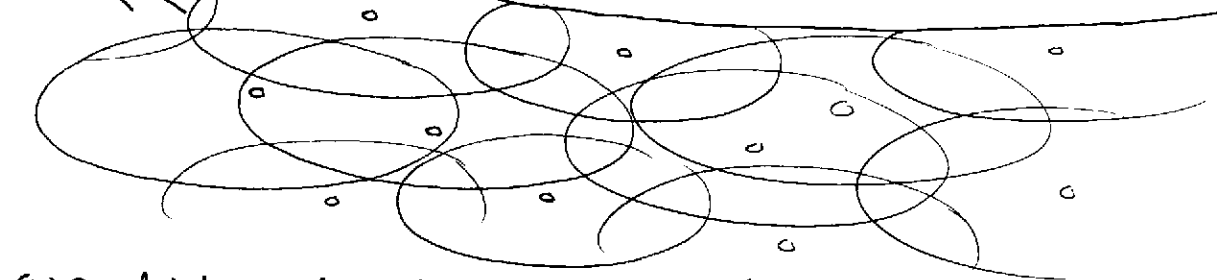
puisqu'on en est à s'attaquer aux paradoxes, on avait vu page 36 qu'on ne savait pas comment expliquer le désordre apparent et l'homogénéité remarquable de l'univers puisque, dans son jeune âge, les particules s'ignoraient royalement



ces particules ont émis une onde lumineuse, à vitesse c , au temps $t=0$, mais elles s'éloignent si rapidement les unes des autres que leurs "**SPHÈRES HORIZON**" ne s'interpénètrent pas. Elles sont dans un état d'**AUTISME** parfait (*).



par contre, dans la **SUPER-RELATIVITÉ** les sphères-horizon s'interpénètrent à toutes les époques (elles grandissent à la même vitesse que l'univers lui-même. les particules interagissent. **DÉSORDRE** et **HOMOGÈNÉITÉ** s'en trouvent justifiés



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

et le temps de Planck, ça reste quand même un problème ! Vous ne pouvez pas vous débarrasser de tous les paradoxes ?!?

voilà, ce temps vaut $\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$
une seconde, je regarde ...

le temps de Planck varie comme ... t !
La barrière de Planck disparaît (*)

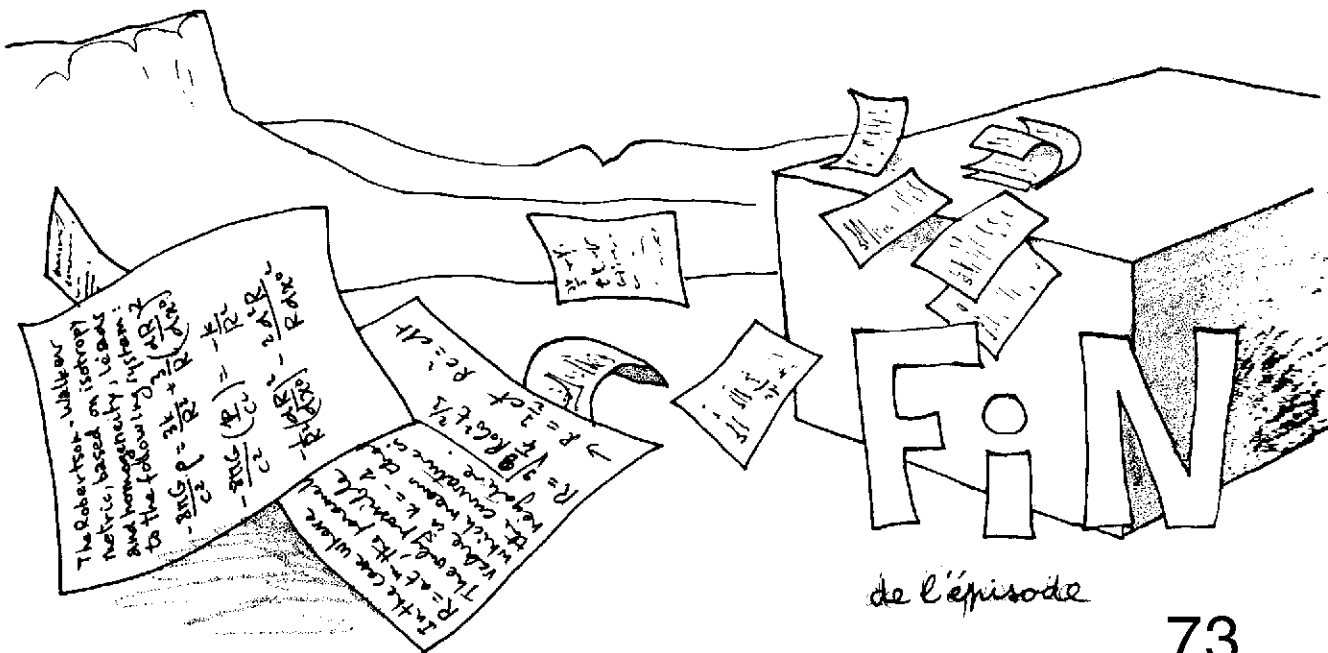
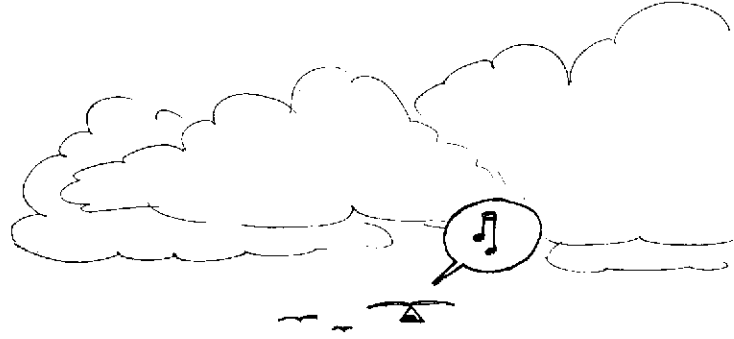
autre chose ?

ARGN...

Tirésias, où est Anselme ?

je crois qu'il est là-haut

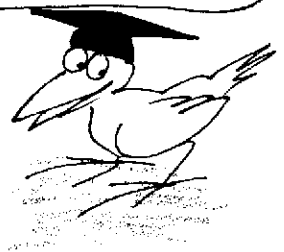
(*) Voir Annexe F





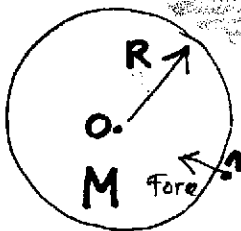
La science moderne a la réputation de se construire à partir d'équations affreusement compliquées, que ne peuvent comprendre qu'un nombre très restreint de "Grosses têtes". Mais les idées fondamentales sont toujours très simples et il est fréquent que l'on puisse les illustrer de manière parfaitement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

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 , situé 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 ,

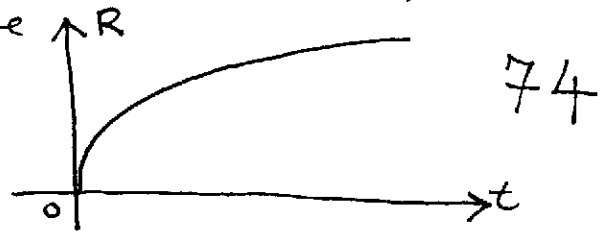
c'est à dire $F = -\frac{GMm}{R^2}$. Appliquons le $\vec{F} = m\vec{\gamma}$ de la mécanique.

Il vient: $-mR'' = \frac{GMm}{R^2}$ 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 $a t^b$ où a et b sont deux constantes à déterminer.

$R = at^b \Rightarrow R' = ab t^{b-1} \Rightarrow R'' = ab(b-1)t^{b-2}$. On met alors dans l'équation et on obtient: $b(b-1)a^3 t^{3b-2} + GM = 0$ qui doit "fonctionner" quel que soit t . Seule solution: l'exposant de t doit être nul, donc $b = \frac{2}{3}$ ce qui donne $a = \sqrt[3]{\frac{9}{2}GM}$ et $R = \sqrt[3]{\frac{9}{2}GM} t^{2/3}$

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

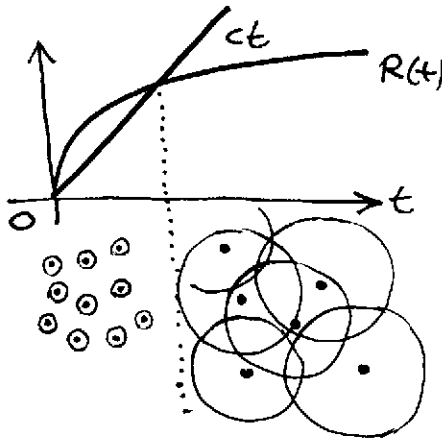


ANNEXE B

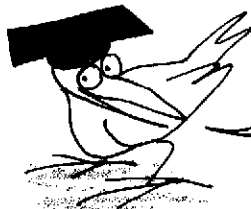


l'univers autistique

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 de connaissance restera pendant un certain temps inférieure à la distance moyenne entre les particules, lesquelles s'ignoreraient totalement pendant cette période



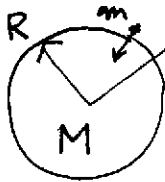
ANNEXE C



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 qu'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.



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 $m_{\varphi} = \frac{h\nu}{c^2}$ grâce à laquelle on peut calculer son énergie d'extraction: $-\int_R^{\infty} \frac{GMm_{\varphi} dr}{r^2} = \frac{GM}{Rc^2} h\nu$. L'énergie d'un photon réussissant à quitter l'étoile 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'étoile 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 $\frac{h}{mc} = \frac{h}{c} \sqrt{\frac{G}{hc}}$.

soit $L_p = \sqrt{\frac{hc}{G}}$

c'est la LONGUEUR DE PLANCK. $1,6 \cdot 10^{-33}$ cm
Rien de plus petit ne peut exister dans l'univers

c'est la maille élémentaire du pull over spatial

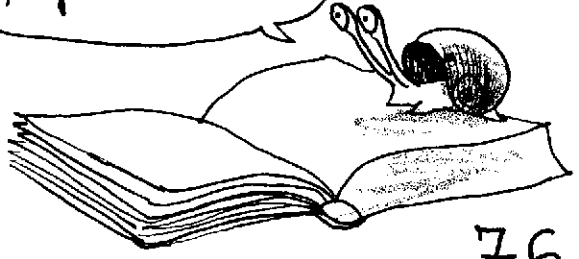


Soit un photon de longueur d'onde $\lambda = \frac{c}{\nu}$. Son énergie est $E = \frac{hc}{\lambda}$ et sa masse équivalente $m_{\varphi} = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$. Son rayon de Schwarzschild est $R_s = \frac{Gm_{\varphi}}{c^2} = \frac{Gh}{\lambda c^3}$, qui égalera sa longueur d'onde si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

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. A cette longueur on associe le temps $t_p = \frac{L_p}{c} = 0,54 \cdot 10^{-43}$ seconde.

c'est l'ÉPAISSEUR DU PRÉSENT

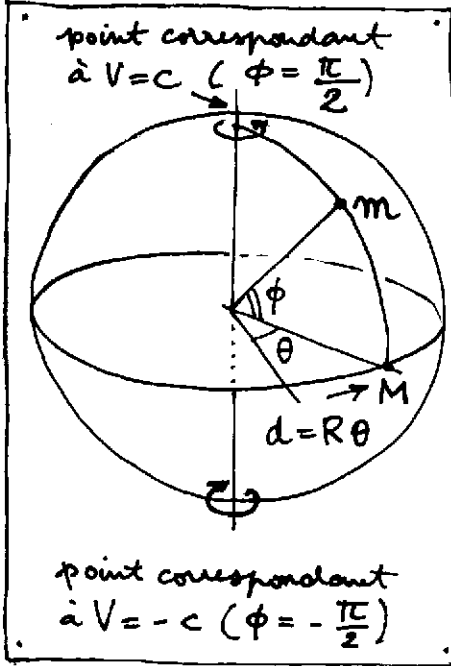
l'épaisseur des pages du livre



ANNEXE E

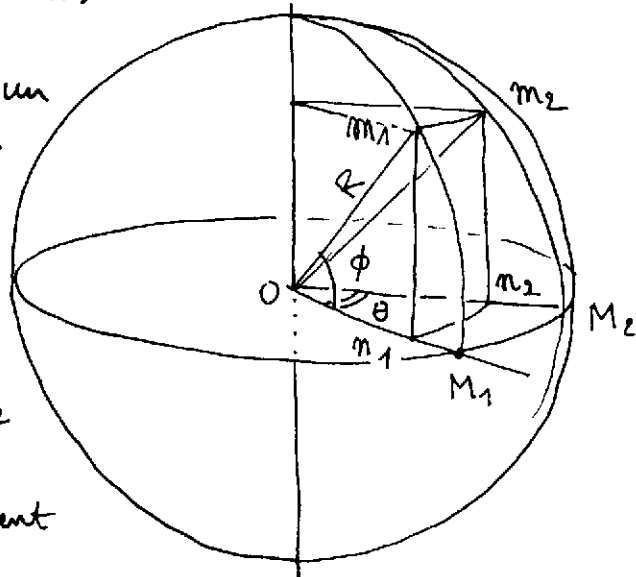
L'ESPACE DES PHASES RELATIVISTE

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 .



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 $\widehat{M_1 M_2} = R\theta$ un déplacement, perçu par un observateur au repos. Dans



l'espace des phases le déplacement réel est correspond à l'arc $\widehat{m_1 m_2}$ qui se projette selon l'arc $\widehat{n_1 n_2}$ dans le plan équatorial. Le segment $\overline{Om_1} = R \cos \phi$. L'arc $\widehat{n_1 n_2} = \overline{On_1} \theta$

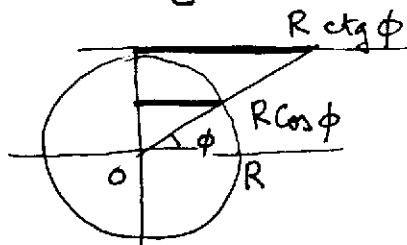
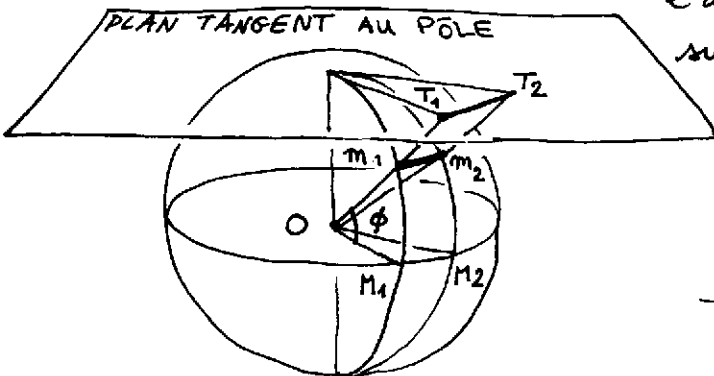
Comme $\cos^2 \phi + \sin^2 \phi = 1$ et $\sin \phi = \frac{V}{c}$ on obtient :

$$\widehat{m_1 m_2} = \widehat{M_1 M_2} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \quad \text{qui n'est autre que la célèbre CONTRACTION DE LORENTZ}$$

Dans l'espace des phases le temps n'est pas une variable libre. Le **TEMPS PROPRE** se calcule. Il est proportionnel à

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

$$t = \frac{\widehat{T_1 T_2}}{c} = \frac{\theta R \cotg \phi}{c}$$



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

$$v = c \frac{R \cos \phi}{R \cotg \phi} = c \sin \phi$$

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 $\chi = -\frac{8\pi G}{c^2}$ est une CONSTANTE ABSOLUE. Donc $G \approx c^2$
 (\approx veut dire "varie comme")

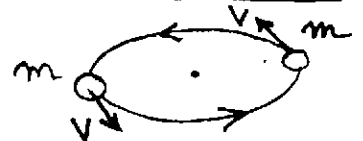
* On suppose que l'énergie mc^2 se conserve au fil du temps, m étant la masse de la particule au repos.

* 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 $R \Rightarrow \frac{Gm}{c^2} \approx R$, comme $\frac{G}{c^2} = cte \Rightarrow \boxed{m \approx R}$

Comme par ailleurs $mc^2 = cte$:

$$Rc^2 = cte \text{ ou } \boxed{c \approx \frac{1}{\sqrt{R}}} \text{ et } \boxed{G \approx \frac{1}{R}}$$



Prendons 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 $\frac{Gm^2}{R^2} \approx \frac{mV^2}{R}$

d'où $\boxed{V \approx \frac{1}{\sqrt{R}}}$ Le rapport $\beta = \frac{V}{c}$ se conserve au fil du temps, tout comme l'énergie $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. L'extension spatiale du

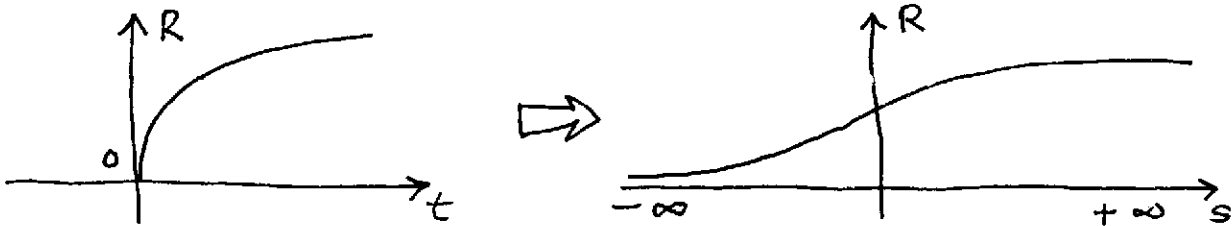
proton étant donnée par sa longueur de Compton $\frac{h}{mc} \approx R$ on a $\boxed{h \approx R^{3/2}}$

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 $R \approx t^{2/3}$. 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 $S \approx \log t$. 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 obtemperées. 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 $h \approx t \Rightarrow \nu \approx \frac{1}{t}$ le red shift n'est plus la conséquence de l'effet Doppler mais découle de la dérive séculaire 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, patateas !

il doit se faire un
de ces soucis ...

tu crois ?...

Pourquoi l'entropie (par particule) varie comme le logarithme de l'hypervolume Ω 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

$\rightarrow \begin{cases} u \\ v \\ w \end{cases}$

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

distribution de Maxwell
Boltzmann à l'équilibre thermodynamique

définition de l'entropie par particule s

$$s = -k \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f \log f = -k \langle \log f \rangle$$

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

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

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

$$s = k \left[\underbrace{\frac{3}{2} \log \left(\frac{2\pi k}{m} \right) + 1}_{\text{constante}} + k \log \frac{T^{3/2}}{n} \right] \sim \log \frac{T^{3/2}}{n}$$

$\langle V \rangle \sim \sqrt{\langle V^2 \rangle}$
vitesse moyenne d'agitation thermique

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

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

La Direction