

Les aventures
**D'ANSELME
LANTURLU**



MILLE MILLIARDS DE SOLEILS!

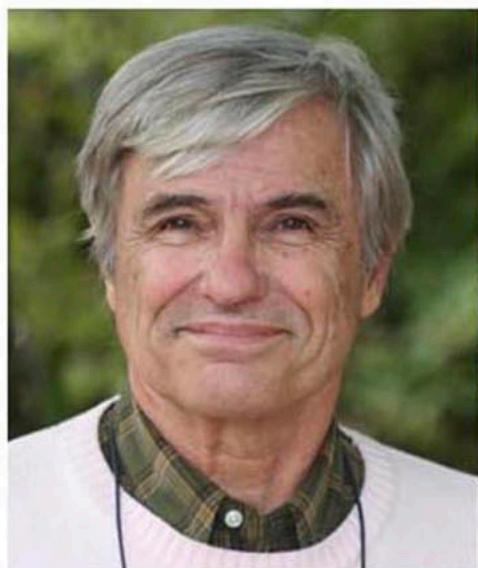
par Jean-Pierre Petit

*un jour, Dieu se versa une
tasse de chaos. Et, en
tournant sa cuillère...*



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

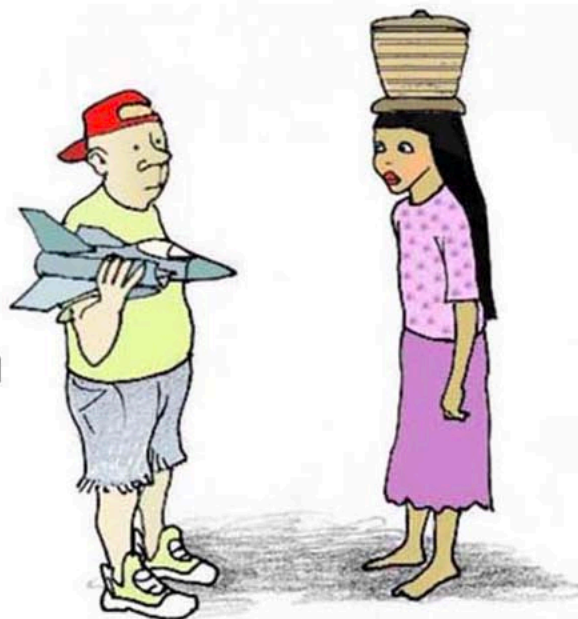


Gilles d'Agostini

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.

AVERTISSEMENT

L'**ASTROPHYSIQUE** est une science **RÉCENTE**. Jusqu'à ces dernières années l'homme recevait encore ses informations à travers LA VITRE SALE DE L'ATMOSPHÈRE.



La **DYNAMIQUE GALACTIQUE** attend toujours son KEPLER ou son LAPLACE. On ne sait toujours pas construire de solution mathématiquement satisfaisante du système d'équations décrivant l'objet appelé **GALAXIE**.

Dans ce domaine, les théoriciens pédalent dans le yaourt depuis plus d'un siècle !

Paradoxalement, l'enfance de l'Univers (**BIG BANG**) est mieux comprise que son adolescence, qui reste ... nébuleuse.

On est loin d'un consensus, et des théories parfaitement contradictoires existent, concernant la naissance et l'évolution des galaxies.

Les informations recueillies grâce au télescope spatial, traitées par les plus puissants ordinateurs, permettront peut-être d'aboutir à un tout cohérent dans un avenir ... plus ou moins proche.

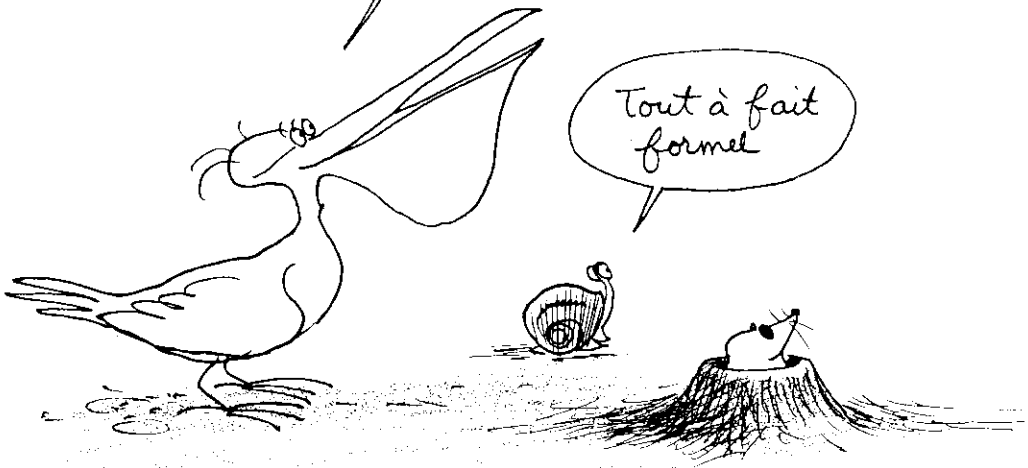
L'auteur a donc fait des choix personnels. Un jour, l'histoire qui va suivre apparaîtra soit comme une synthèse clairvoyante ...


... soit comme un tissu de sottises !

NOËL 1985

vous êtes bien sûr, Tirésias,
que c'est la comète de Halley ?

Tout à fait
formel





La comédie que nous vous
présentons ce soir est la suite
de **BIG BANG**. L'histoire
débute quand l'Univers est
âgé de 100 000 ans. Pour
des raisons techniques le
décor a été modifié.

LA PLANÈTE UNIVERS



cette soupe, jeune homme, c'est la **MATIÈRE**

Ah, vous
revoilà, vous!

Au début l'esprit de
Dieu planait au
dessus des eaux...

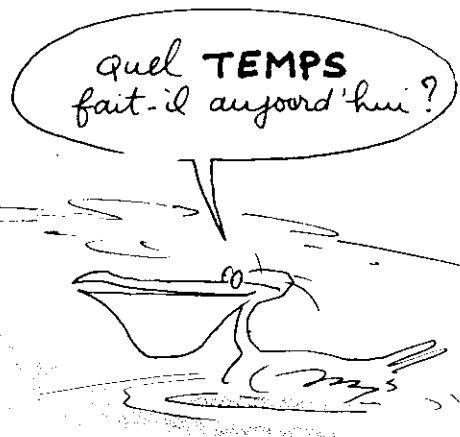
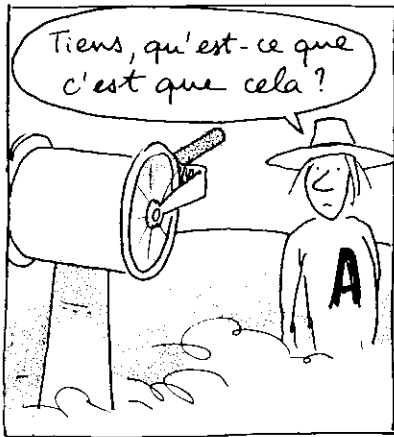
vite...

Arrête!
iconoclaste!

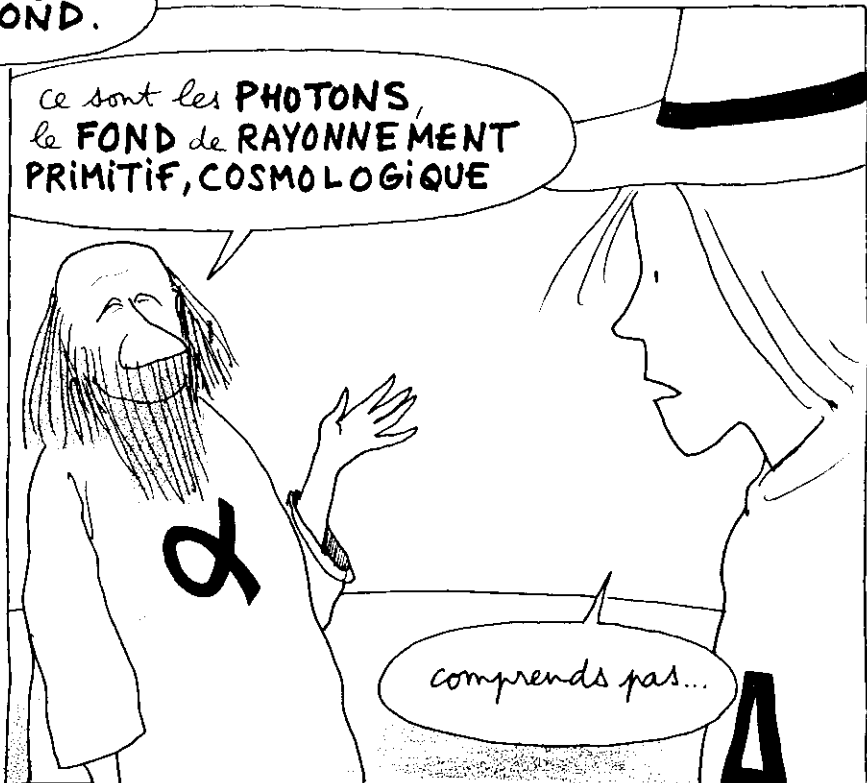
oh, regardez, c'est un miracle!

mais non, il a pied, c'est tout...

tiens, c'est vrai.



Le **FLUIDE-MATIÈRE** est bizarre. On dirait qu'il adhère au **FOND**.





à première vue, le monde est rond ?

Oui, c'est une sorte de soufflé sphérique qui gonfle, gonfle...

Quelle cuisine!..

À la surface, la **MATIÈRE** se comporte comme un **FLUIDE**

mais, en dessous c'est **QUOI** ?

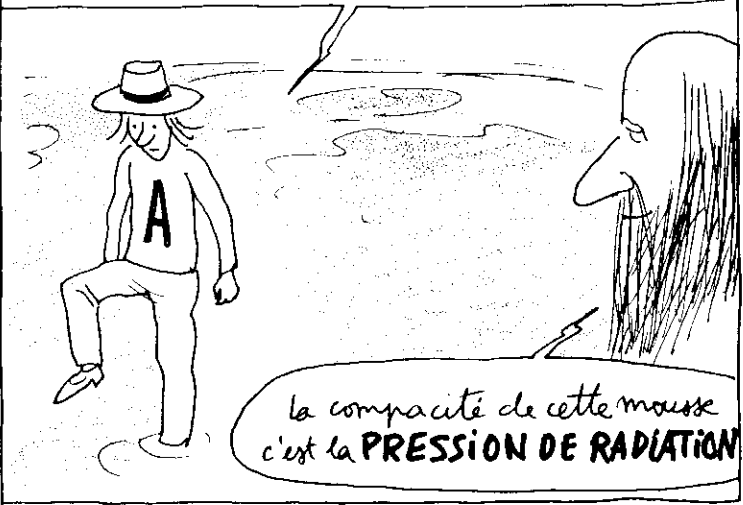
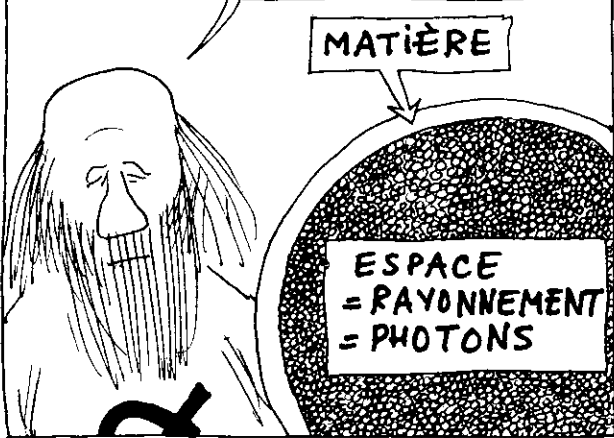
En dessous, c'est l'**ESPACE**. Il y a beaucoup plus d'espace que de matière.

Vous voulez dire que cette **PLANÈTE-UNIVERS** est creuse ?

chère petite mademoiselle, vous savez bien que le **VIDE**, ça n'existe pas. le "vide cosmique", c'est en fait un ensemble, un grouillement de **PHOTONS** serrés les uns contre les autres. Ce sont les **PHOTONS ORIGINELS** créés lors du **BIG BANG**. Depuis, il y a un milliard de ces photons pour chaque particule de matière.

Autrement dit, ce soufflé sphérique est fait d'une sorte de mousse **ÉLASTIQUE**, dont chacune des alvéoles représente un photon (*)

ÉLASTIQUE ? vous trouvez cela élastique ? c'est un vrai béton, cette mousse !



la compacité de cette mousse c'est la **PRESSION DE RADIATION**

(*) le diamètre de l'alvéole correspond à la **LONGUEUR D'ONDE** du photon. 7

La **PRESSION**, c'est quelque chose qui est lié aux **FLUIDES**, non ?

Oui, mais un ensemble de photons, c'est aussi un gaz, qui a sa pression...

Mais, le **VIDE**, c'est un ensemble de photons. Alors, le **VIDE** est un **GAZ** ! Ça alors ?...

Dans la réalité, la **MATIÈRE** et le "**VIDE**", c'est-à-dire ce gaz de photons originels, forment un **MÉLANGE HOMOGÈNE**. Mais, dans ce modèle, si je comprends bien, vous avez séparé ces deux milieux. L'**EXPANSION** de cette **PLANÈTE-UNIVERS**, qui fonctionne comme un soufflé, fait décroître la **PRESSION DE RADIATION**. Par ailleurs l'épaisseur du "fluide-matière" simule la **MASSE VOLUMIQUE**, qui diminue, elle aussi.

Comment ces deux milieux interagissent-ils ?

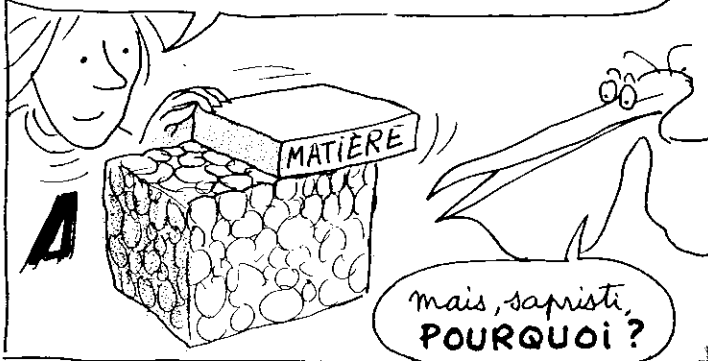
INTERACTION MATIÈRE RAYONNEMENT

Quand l'univers a une température supérieure à **3000°**, la matière est étroitement **COUPLÉE** au fond de rayonnement, aux photons originels.

Au fond, c'est comme si la matière était "collée" sur le vide...

QUOI ?

Au dessous de 3000° , la **MATIÈRE** glisse librement sur le **FOND DE RAYONNEMENT COSMOLOGIQUE**



mais, sapristi, **POURQUOI?**

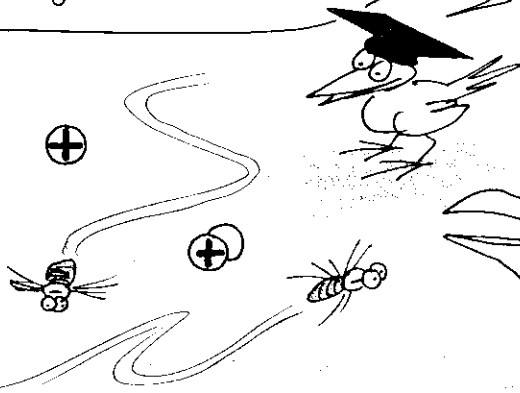
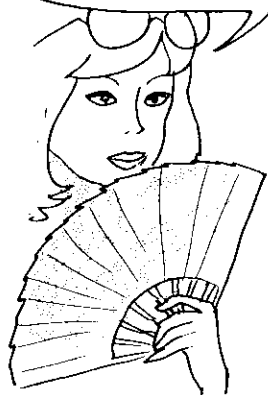
les atomes, leon, sont faits de noyaux, chargés positivement, et d'électrons, chargés négativement.



Hydrogène

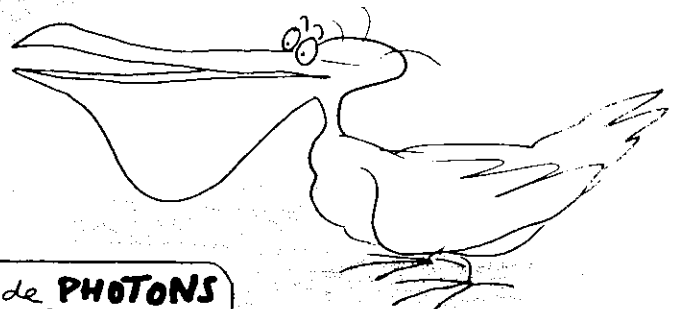
Hélium

Au-dessus de 3000° , l'**AGITATION THERMIQUE** devient intense, et les **COLLISIONS** entre atomes empêchent les électrons d'orbiter tranquillement autour des noyaux...

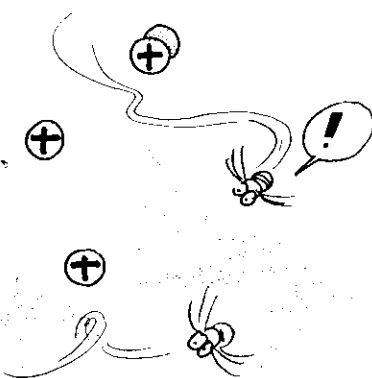
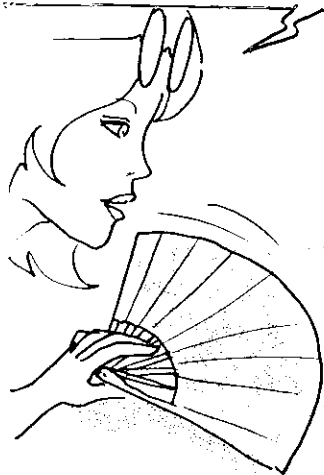


les électrons sont alors **LIBRES** et on dit que la **MATIÈRE** est **IONISÉE**.

Bon, et alors?



la **LUMIÈRE** correspond à un mouvement de **PHOTONS** mais c'est **AUSSI** une **ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE**, une oscillation de l'espace

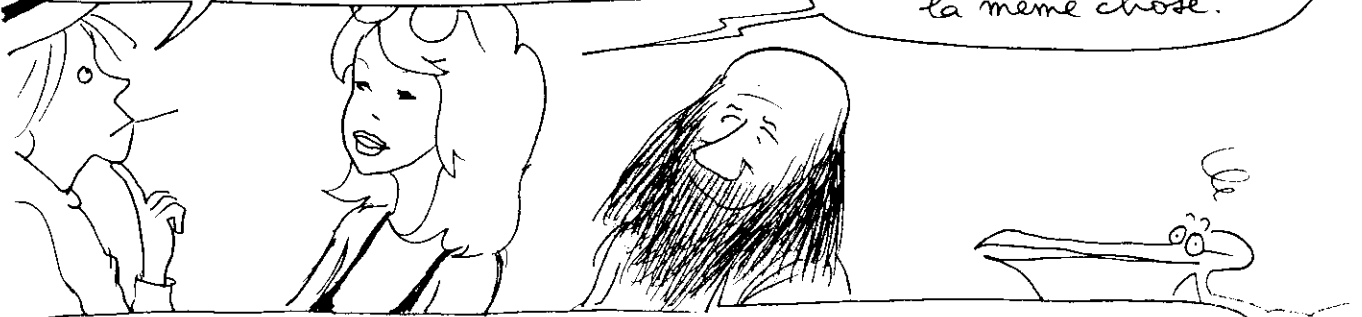


Et cette oscillation est plus fortement ressentie par les légers électrons que par les lourds noyaux



Dans un gaz, une oscillation qui se propage, c'est une onde de pression, (*) une onde sonore. la lumière serait alors une onde de ... pression de radiation, se propageant à **300 000 km/s**.

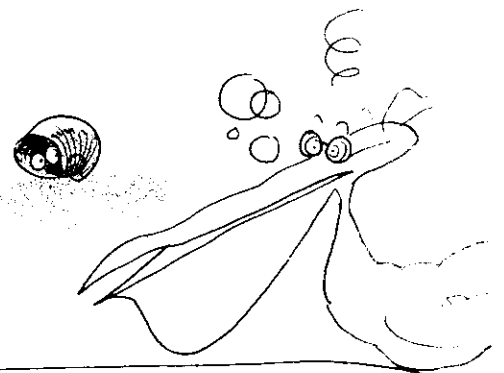
Dans un gaz, la vitesse d'agitation des éléments est sensiblement égale à la vitesse du son. Dans le "gaz de photons", c'est la même chose.



J'avoue que ce gaz de photons est une de mes meilleures inventions. Dans ce cas, les ondes et les particules **NE FONT QU'UN**.

Bon, admettons :

- 1) un **GAZ IONISÉ** interagit fortement avec un "gaz de photons".
- 2) le "**VIDE**" est en fait un "gaz de photons"
- 3) Donc la matière ionisée "colle" au vide.



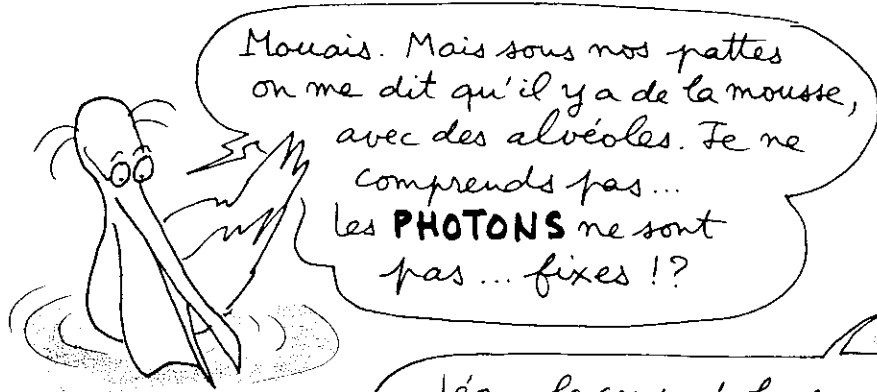
Quand la température de la matière, dans l'Univers, descend au-dessous de **3000°**, les électrons se lient aux atomes et deviennent alors beaucoup moins sensibles aux oscillations électromagnétiques.

Le lien entre la **MATIÈRE** et le **FOND DE RAYONNEMENT** se relâche et les atomes peuvent glisser librement dans le **VIDE**.



Ils sont "tenus" par les noyaux.





Léon, le coup de la mousse, ça n'est qu'un moyen commode pour représenter l'espace et le **RAYONNEMENT PRIMITIF** qu'il contient



DÉCOUPLAGE



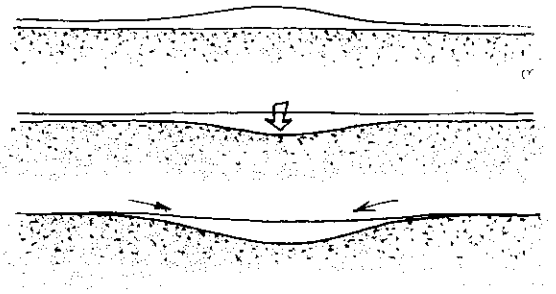
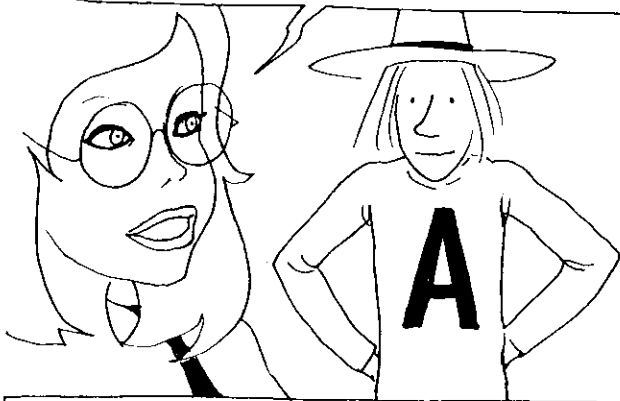
Et ça n'est pas tout. Voilà la matière qui se rassemble en flaques.

Le fond devient plus souple. Il a l'air de se creuser par endroits et la matière s'y loge.

Le fluide-matière est lourd. Il pèse sur le support, qui s'enfonce

L'INSTABILITÉ GRAVITATIONNELLE

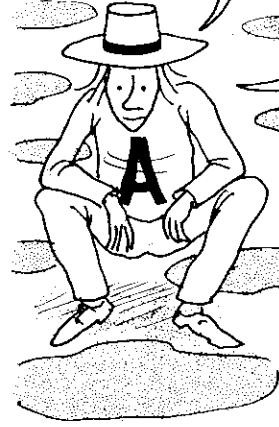
C'est normal. Quand une concentration de matière apparaît, elle **COURBE L'ESPACE**, et la matière avoisinante est attirée (*)



Il se forme donc un système de flaques de **CONDENSATIONS DE MATIÈRE**.

12 (*) on dit qu'il se crée un **CHAMP D'ATTRACTION GRAVITATIONNELLE**

Les creuses sont très peu accusés, en fait.



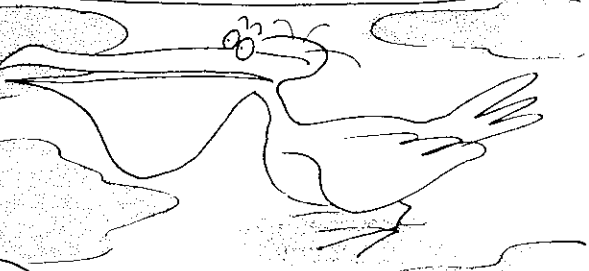
c'est très stagnant, tout cela



La mousse est encore trop **COMPACTE** pour que des cuvettes profondes puissent se former. Même des flaques de grandes dimensions ne créent que d'infimes courbures. Il faudra attendre que l'Univers se détende pour que le support ait une souplesse suffisante ..

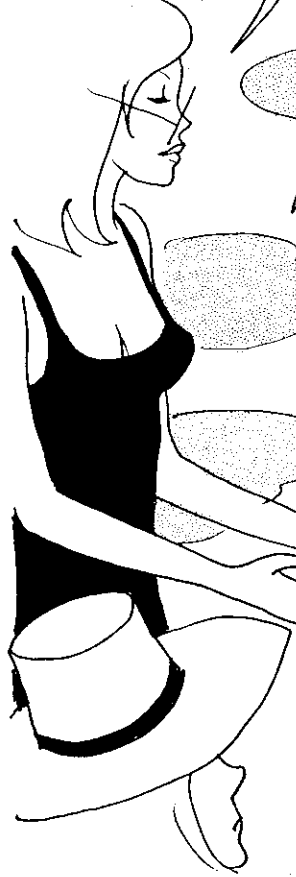
...la **PRESSION DE RADIATION** est encore de trois dix millièmes d'atmosphère

Trois dix millièmes d'atmosphère !.. Vous appelez cela une pression excessive ?



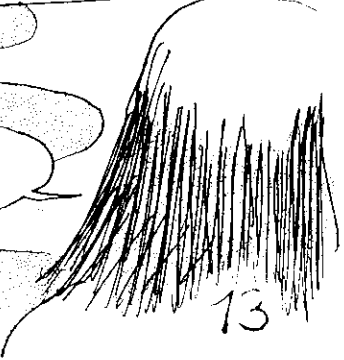
La **FORCE GRAVITATIONNELLE** est tellement faible que cette pression suffit à contrarier ses effets

Ah, c'est vrai ... cette force est la plus faible de toutes celles qui animent l'Univers



La compacité de la mousse (la pression de radiation) empêche donc le support de se creuser et la matière de se condenser. La dilatation de l'Univers diminue cette compacité, cette pression. Mais combien de temps faudra-t-il attendre pour que la force de gravité l'emporte ?

Environ **4,5** milliards d'années



En attendant ce moment, moi j'aimerais savoir pourquoi les flaques ont, grosso modo, le même diamètre, et pourquoi celui-ci plutôt qu'un autre...

Ces condensations, ça représente quoi ?

de dix à cent mille masses solaires

LA LONGUEUR DE JEANS

D'ailleurs, pourquoi ces flaques ? Pourquoi l'Univers ne reste-t-il pas uniforme ? J'aimerais connaître la raison suffisante de ce phénomène

Absolument. Rien ne vaut une bonne expérience

Je vais d'abord voir comment se comporte une concentration de matière sur un support **RIGIDE**

Elle met un certain temps à s'étaler, à se disperser.

La force qui provoque l'étalement de cette matière, c'est la **PRESSION**, qui l'incite à occuper le plus de place possible

Apparemment, le temps que met la flaque à s'étaler, à doubler de dimension, est proportionnel à son rayon initial

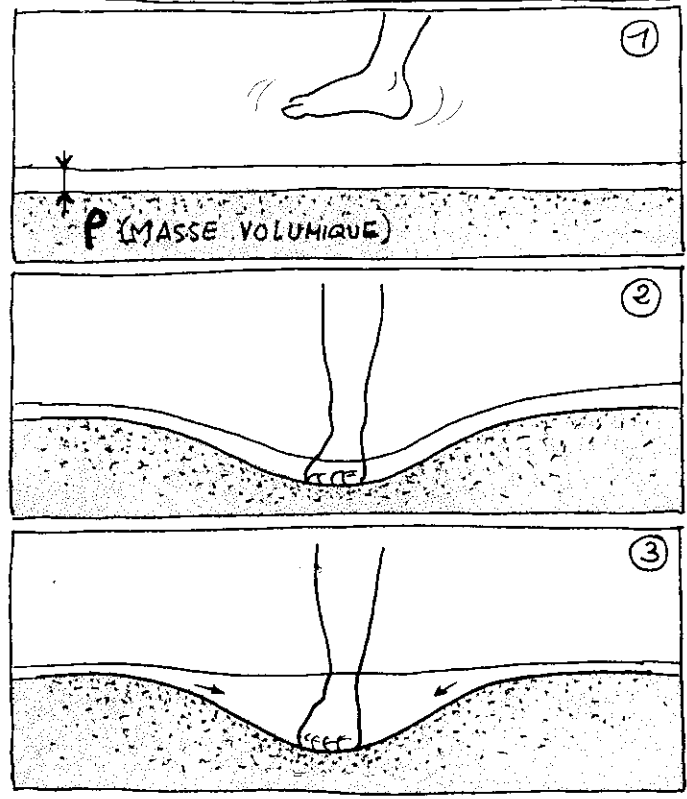
Secondo, plus la matière est **CHAUDE** plus elle se disperse **VITE**

C'est normal :
Température égale Pression :
plus le milieu est chaud et plus les forces qui tendent à le disperser, les forces de pression, sont intenses.



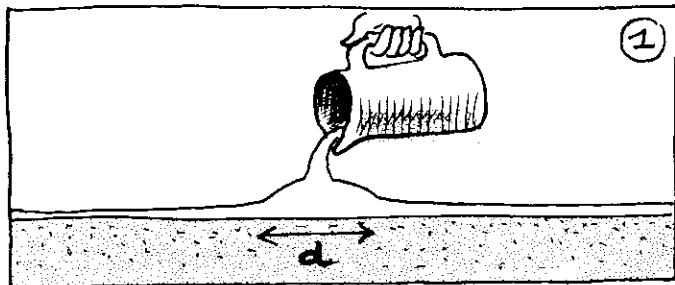
Mon Dieu... quel chantier !

J'en sais donc plus sur la façon dont une flaque de matière tend à se disperser. Bien, phase numéro deux : Je ne crée pas de **SURDENSITÉ**, mais j'accentue artificiellement la courbure du support élastique

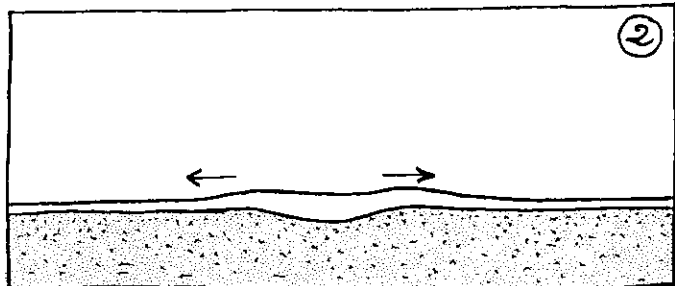


Cette dépression, créée artificiellement, se remplit en un temps qu'on appelle **TEMPS D'ACCRÉTION**, qui est d'autant plus bref que l'épaisseur du fluide (qui simule la masse volumique) est grande.

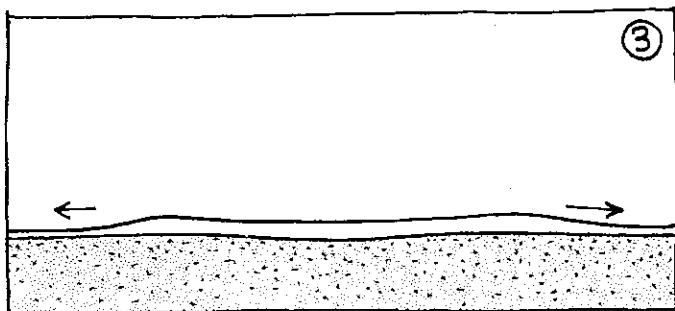
Maintenant, il reste à conjuguer les deux effets...



①

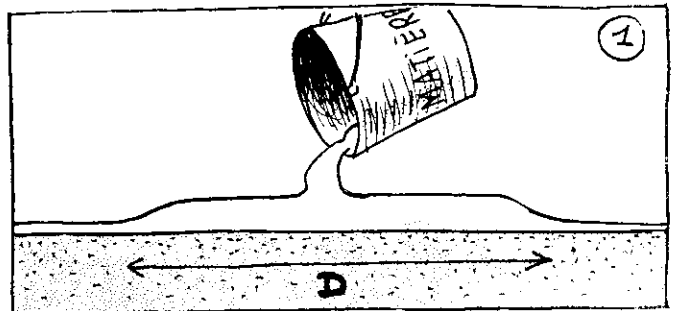


②

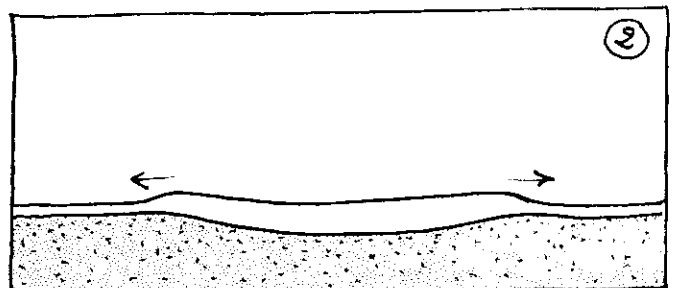


③

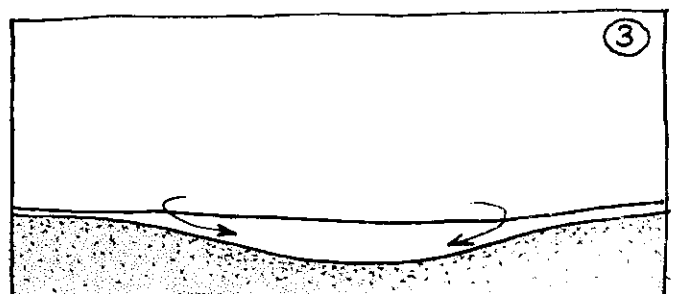
Une perturbation de petite dimension aura un temps de dispersion bref. Elle n'aura pas le temps de s'amplifier et la cuvette se videra plus vite qu'elle ne se remplira.



①

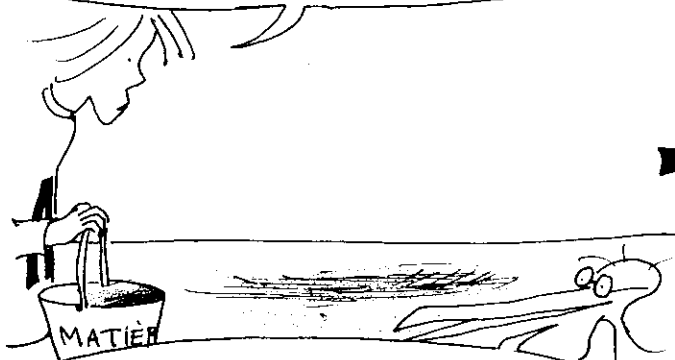


②



③

Par contre une perturbation **LARGE** aura un temps de dispersion **LONG**. Elle se remplira plus vite qu'elle ne se videra et aura donc tendance à s'amplifier.



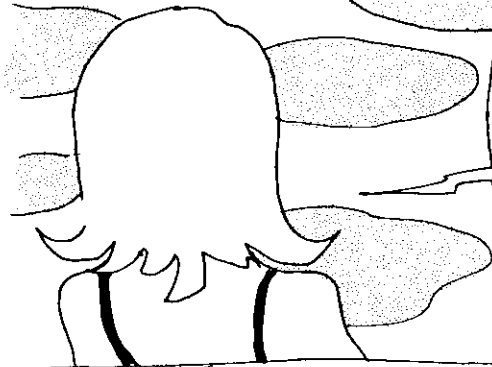
Et je suppose qu'il existe un rayon critique au-delà duquel ça s'amplifie ?



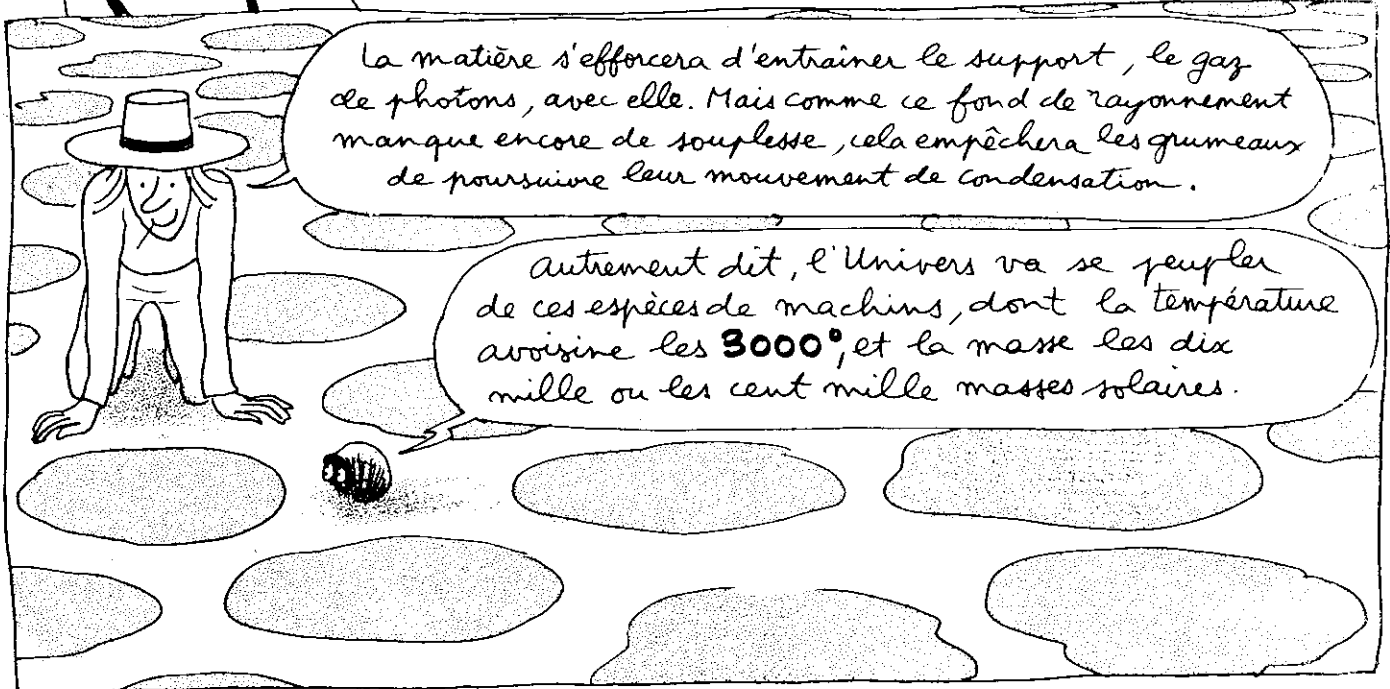
Exact, c'est le **RAYON** (ou la distance) de **JEANS**(*)
Et les flaques qui se sont formées ont toutes
un rayon assez voisin de ce rayon critique.



Bon, d'accord. Ce phénomène
d'**INSTABILITÉ
GRAVITATIONNELLE**
provoque la fragmentation
de la matière en ces sortes
de grumeaux ayant un
rayon de l'ordre de celui
de Jeans. Et alors ?



Dans ces grumeaux, la matière est
comprimée et échauffée. Sa température
remonte à **3000°**. Résultat : elle s'ionise
et se retrouve riche en électrons libres.
Le couplage entre matière et **FOND DE
RAYONNEMENT** réapparaît. La matière
"adhère" de nouveau au "vide".

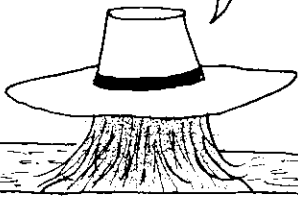


La matière s'efforcera d'entraîner le support, le gaz
de photons, avec elle. Mais comme ce fond de rayonnement
manque encore de souplesse, cela empêchera les grumeaux
de poursuivre leur mouvement de condensation.

Autrement dit, l'Univers va se peupler
de ces espèces de machins, dont la température
avoisine les **3000°**, et la masse les dix
mille ou les cent mille masses solaires.

(*) Sir James JEANS, astronome anglais - (1877 - 1946).

Bon, il ne passe plus grand'chose. L'expansion écarte seulement progressivement ces grumeaux les uns des autres. Avant, l'Univers était un mélange d'atomes d'hydrogène et d'hélium; maintenant on dirait une émulsion qui s'étend à perte de vue.

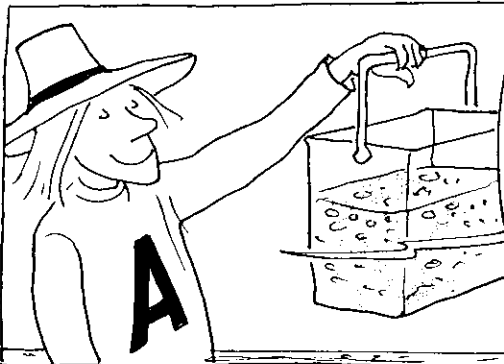
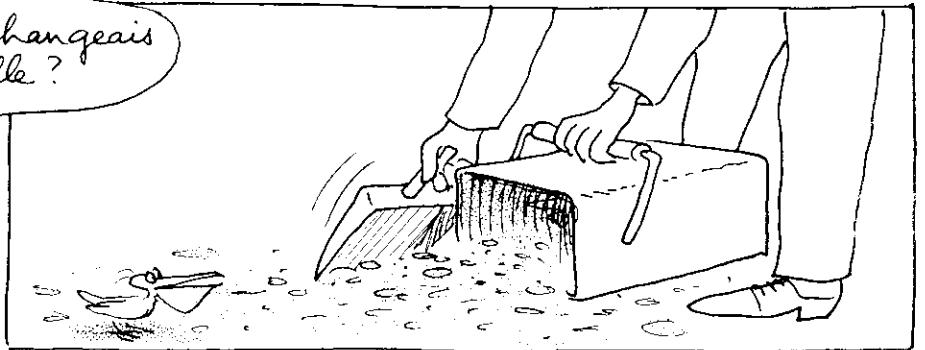
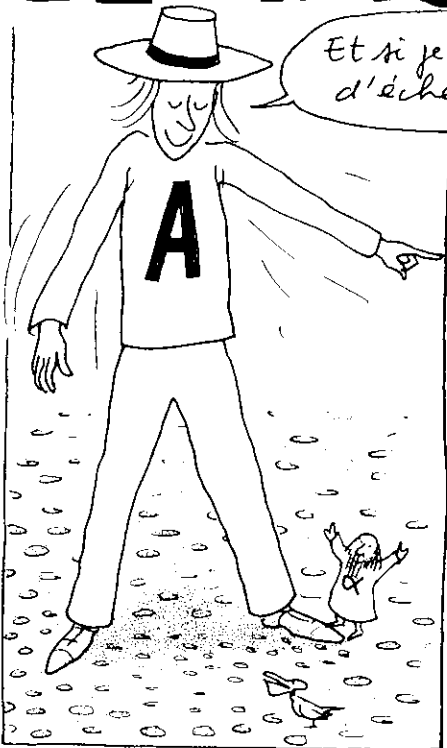


Univers morne plaine..



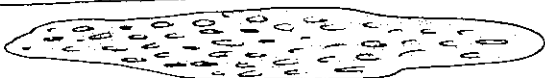
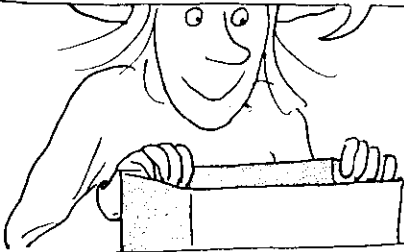
LE MACROCOSME

Et si je changeais d'échelle ?



A cette échelle, la matière est cette sorte d'émulsion de grumeaux.

Je vais verser celle-ci sur un support rigide, et voir quel temps elle met pour se disperser. Puis je recommencerai sur le support souple...



Autrement dit, tu refais, à plus grande échelle, les mêmes expériences que tout à l'heure.



Le nouveau milieu a aussi sa température, qui se déduit, dans l'émulsion, de la vitesse d'agitation des grumeaux (*)

Autrement dit, tu as une nouvelle tendance à la fragmentation, à plus grande échelle

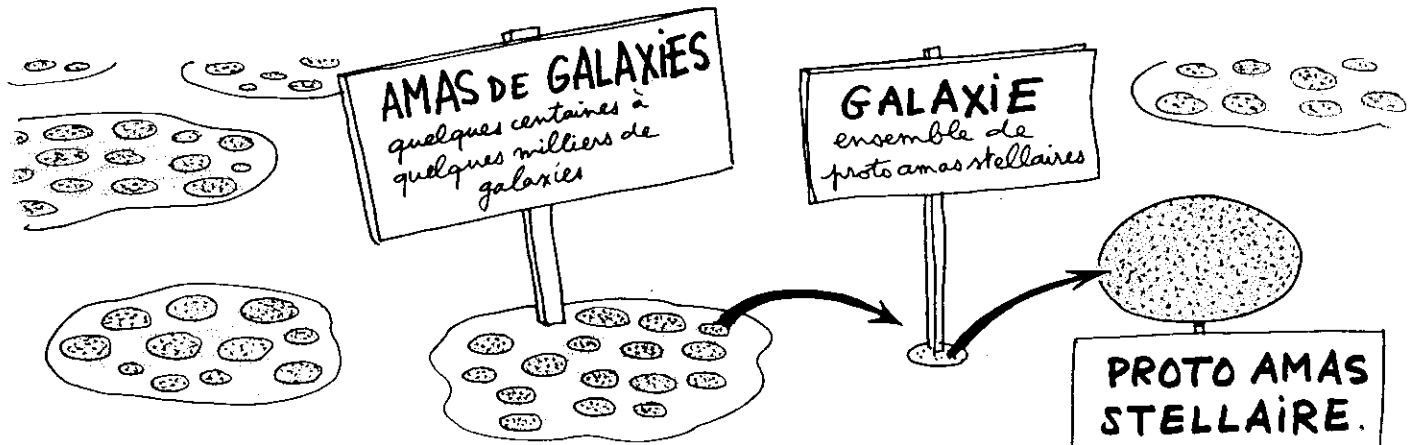
Et voilà comment se forment les **GALAXIES**. Toli, non ?

Changeons d'échelle une fois de plus

Simple, ce fluide, considéré comme une émulsion de galaxies, donnera lieu à un nouveau phénomène de **FRAGMENTATION** à une échelle encore plus grande.

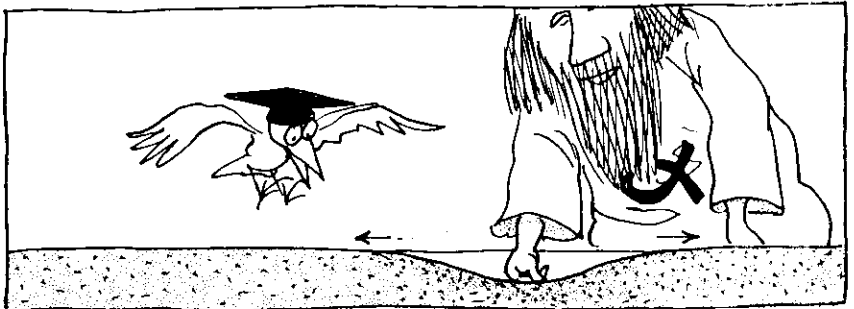
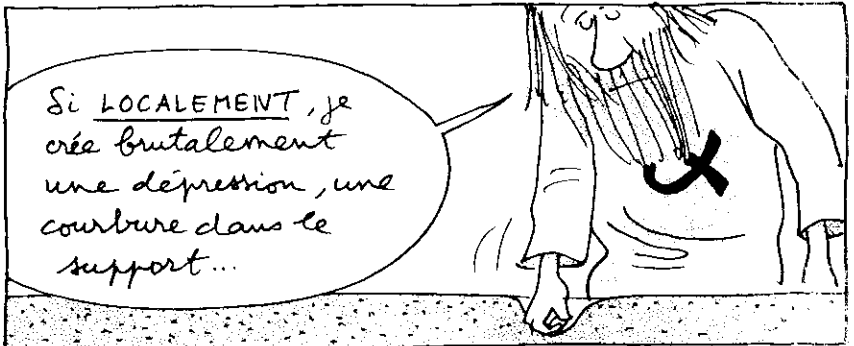
cette fragmentation produira les **AMAS DE GALAXIES**.

(*) la **TEMPÉRATURE** est la mesure de l'énergie cinétique moyenne d'agitation des éléments, dans un milieu fluide.

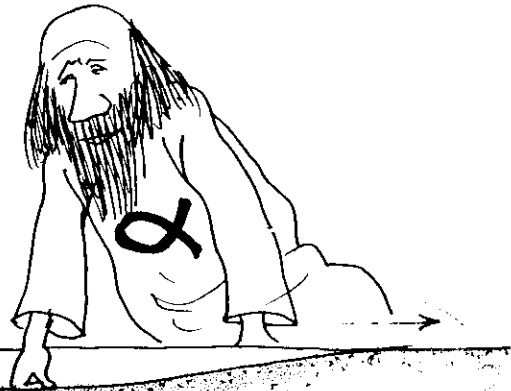


l'Univers est le siège d'un phénomène de **FRAGMENTATION HIÉRARCHIQUE**

Je suppose que ceci se poursuit indéfiniment

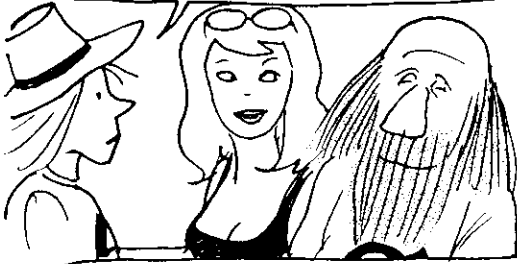


... cette déformation, cette **COURBURE** du support, va se propager tout autour à la vitesse de $300\,000\text{ km/s}$



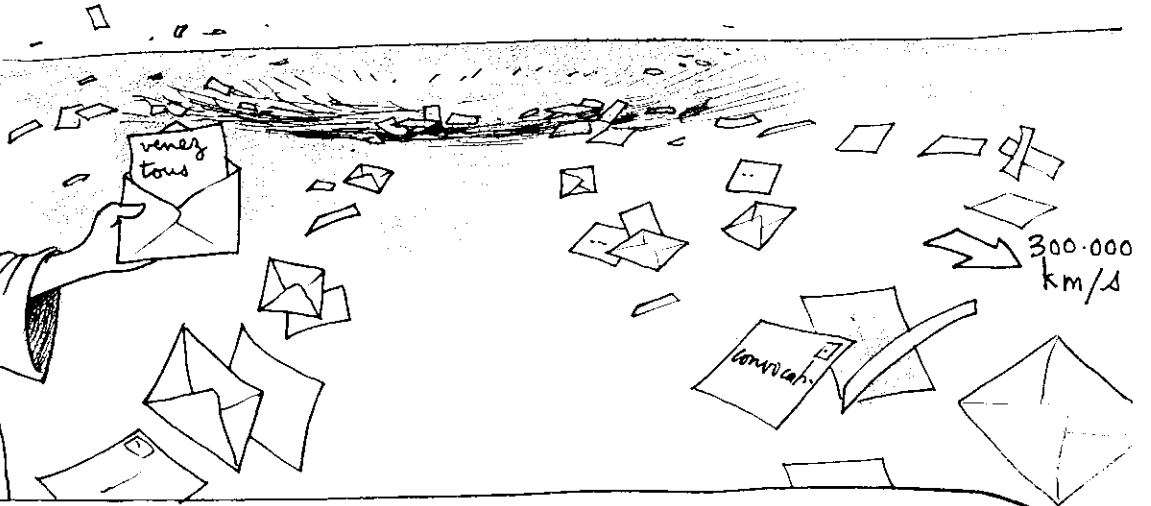
Mais alors, ce qui se propage, c'est de la ... lumière ?

Non, c'est une onde de courbure, une onde de gravité

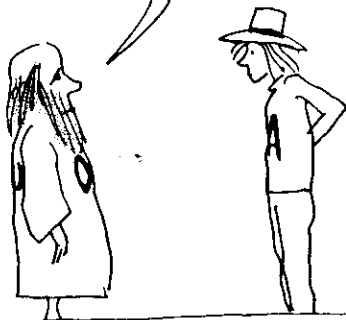


le **CHAMP DE GRAVITATION** se propage à la même vitesse que la lumière

A travers cette propagation de la courbure, toute condensation de matière "invite" la matière environnante à la rejoindre.

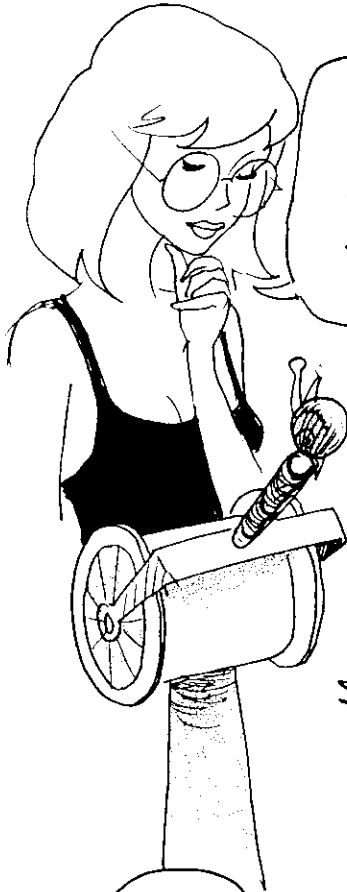


Si un phénomène d'instabilité gravitationnelle se produit, intéressant une région de l'espace de diamètre D , celui-ci sera nécessairement inférieur à ct , où c est la vitesse de la lumière et t l'âge de l'Univers.



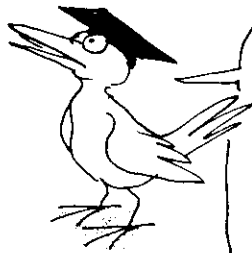
Et, pourquoi cette contrainte ?





Moi j'ai compris. Suppose que tu veuilles, par courrier, convoquer des gens à une réunion qui se tiendra dans **4** jours. Tu pourras à la limite inviter ceux qui résident sur le territoire français. Mais, au-delà, cela sera impossible à cause du temps

Mais c'est bien sûr ! On ne peut envisager de convoquer des gens à une réunion dans un délai plus court que le temps de propagation du courrier.



Le **CHRONOTRON** indique cent millions d'années. **DONC** les structures les plus vastes qui peuvent exister présentement doivent faire moins de cent millions d'années-lumière de diamètre. Ce qui nous limite aux **AMAS DE GALAXIES**



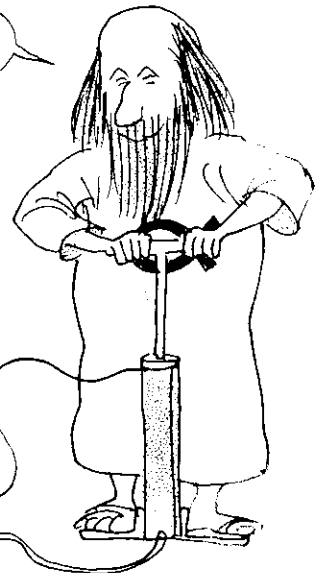
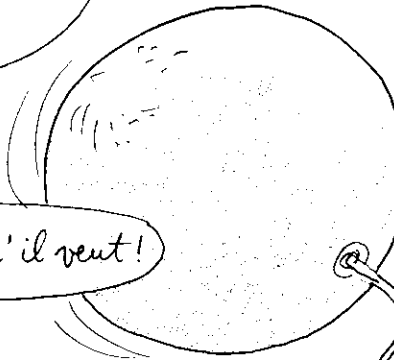
Ceux qui auront la patience d'attendre une dizaine de milliards d'années pourront voir se constituer les **SUPERAMAS** (amas d'amas de galaxies) -

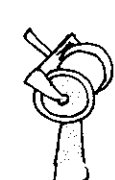
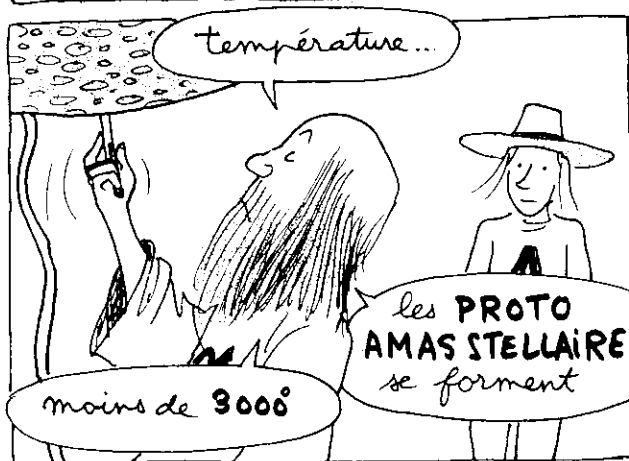
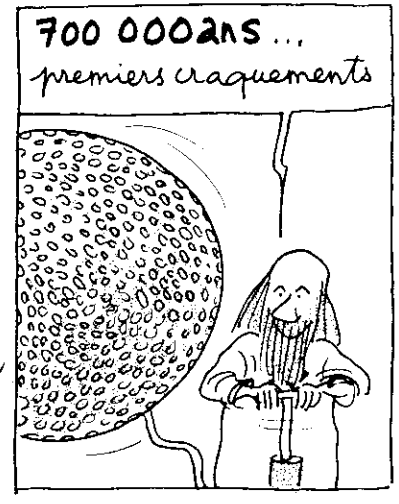
Mais l'Univers est en **EXPANSION**. Globalement, il se dilate et localement il se contracte

vous allez voir ...



Il ne sait pas ce qu'il veut !

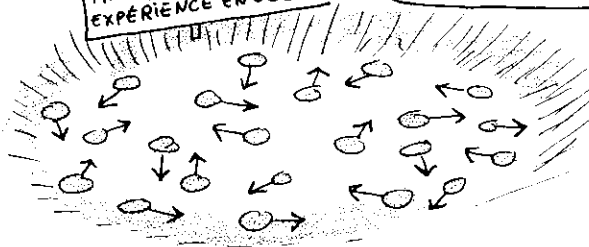






AMAS DE GALAXIES
EXPERIENCE EN COURS

Nous sommes à $t = 500$ millions d'années. Les galaxies sont ainsi formées, bien qu'elles soient toujours constituées de grumeaux de gaz à 3000° , les proto amas stellaires. Elles sont rassemblées dans des dépressions : les amas de galaxies. Là elles se comportent un peu comme les molécules d'un gaz et sont animées de mouvements erratiques



L'univers est encore très tassé, et les galaxies vont interagir, subir des **COLLISIONS**

EFFETS DES COLLISIONS



La même chose se produirait dans un **GAZ**.
Les mêmes lois jouent, à l'échelle de l'infiniment grand et à celle de l'infiniment petit.
Les **COLLISIONS** mettent les **GALAXIES - MOLECULES** en **ROTATION**. L'énergie individuelle des galaxies tendra ainsi à se distribuer en parts égales en **ÉNERGIE DE TRANSLATION** ($\frac{1}{2} m v^2$) et en **ÉNERGIE DE ROTATION**. Cette situation d'équipartition des énergies ou d'**ÉQUILIBRE THERMODYNAMIQUE**, est celle vers laquelle tend tout fluide, naturellement (*)

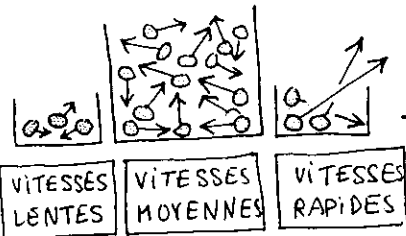
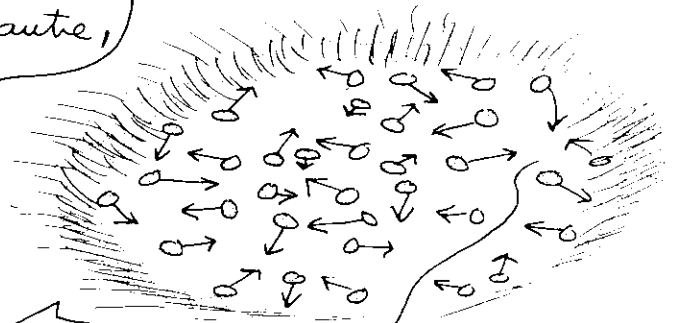
autrement dit, ce sont les rencontres entre galaxies qui **CRÉENT** leur mouvement de rotation?

Au début seulement. Les jeunes galaxies subissent des collisions fréquentes. Mais, très vite, l'**EXPANSION COSMIQUE** va les éloigner les unes des autres et ces rencontres deviendront rarissimes.

Autrement dit, le mouvement de rotation observé de nos jours n'est que le souvenir d'une époque où l'Univers, **PLUS DENSE**, formait un **ENSEMBLE COLLISIONNEL**.

(*) Second Principe de la Thermodynamique

Les éléments ont des **VITESSES D'AGITATION** proches d'une valeur moyenne. Mais le hasard des collisions crée, de temps à autre, des éléments très rapides et des éléments très lents



TCHAÛ!

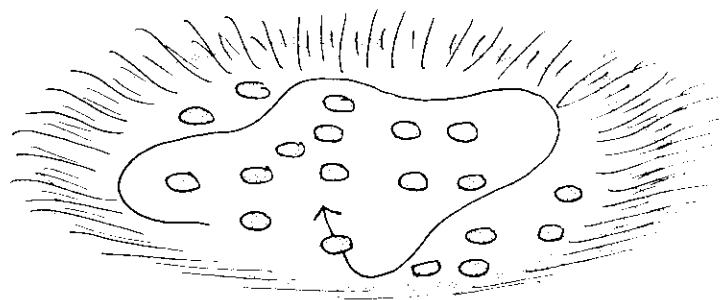
Les éléments ayant acquis une vitesse super-rapide, parviennent à sortir de la cuvette et à quitter l'amas. Ceci se produira si leur vitesse dépasse la **VITESSE DE LIBÉRATION DE L'AMAS**



Comme il se crée sans cesse, du fait de collisions successives, ce type d'éléments super-rapides, un tel **SYSTÈME AUTO-GRAVITANT** aura une tendance naturelle à perdre plus ou moins vite ses éléments (*)

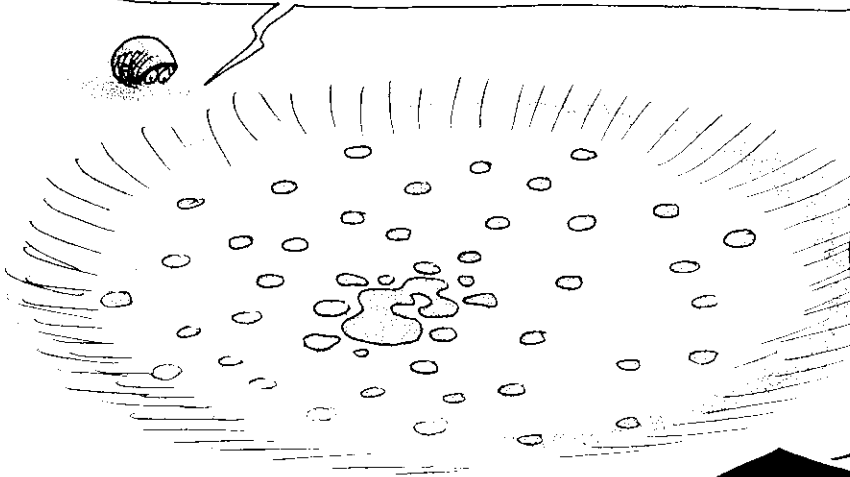


la grosse majorité des éléments se contentera de faire le va-et-vient dans la cuvette.

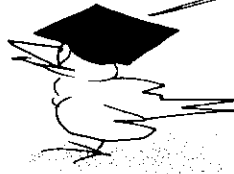


26 (*) le **TEMPS D'ÉVAPORATION** étant proportionnel à la masse de l'amas.

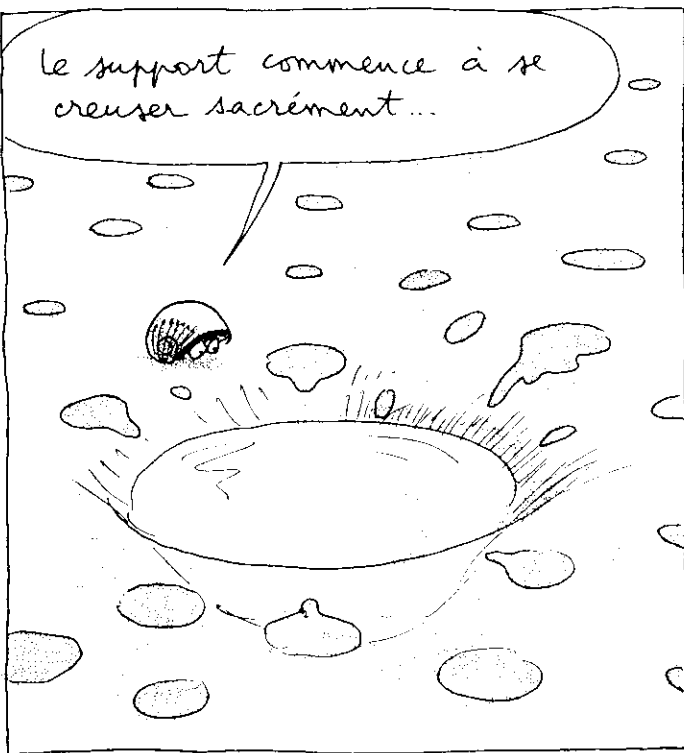
Inversement, ce même hasard des collisions va créer des **ÉLÉMENTS SUPER-LENTS**, qui auront tendance à "tomber" au centre de ce **SYSTÈME AUTO-GRAVITANT COLLISIONNEL** et à s'y agglutiner. Le centre des **AMAS COLLISIONNELS** (où se produisent des rencontres entre éléments) aura donc tendance à s'enrichir en éléments de plus en plus **MASSIFS**.



Regardez ce qui se passe au centre de cet **AMAS DE GALAXIES**, par exemple. Les galaxies **LENTES** s'agglutinent pour donner une **GALAXIE CARNIVORE** !



Le support commence à se creuser sacrément...



Oh là là, on dirait que le support cède !...

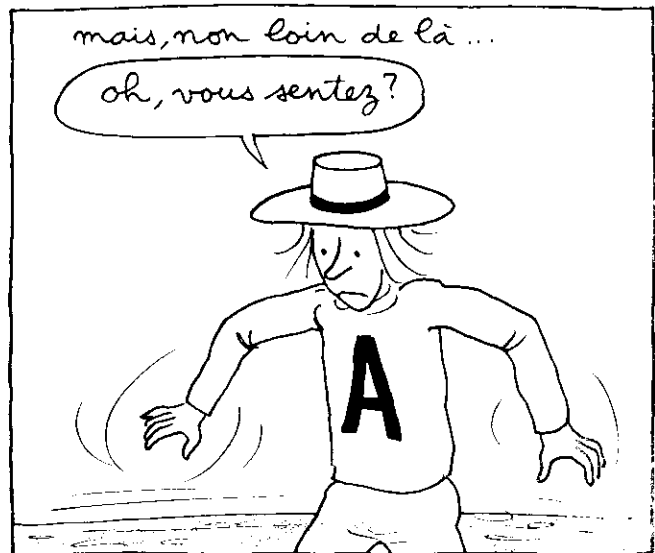
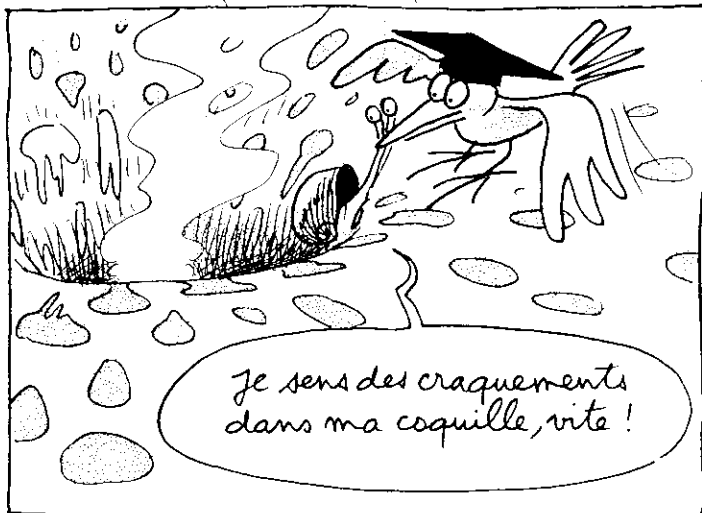


TROUS NOIRS

Max, au secours, ça S'EFFONDRE!

Sapristi!
Tirésias
Tiens bon!

KRAÂÂK



Ce SONT des ondes de courbure, autrement dit des ONDES GRAVITATIONNELLES



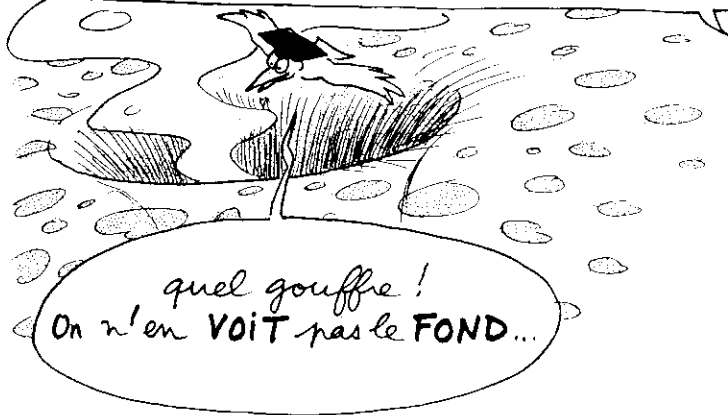
ça a l'air de se calmer

Voilà Max et Tirésias qui reviennent



Il semble que notre ami a échappé de justesse à un **TROU NOIR**

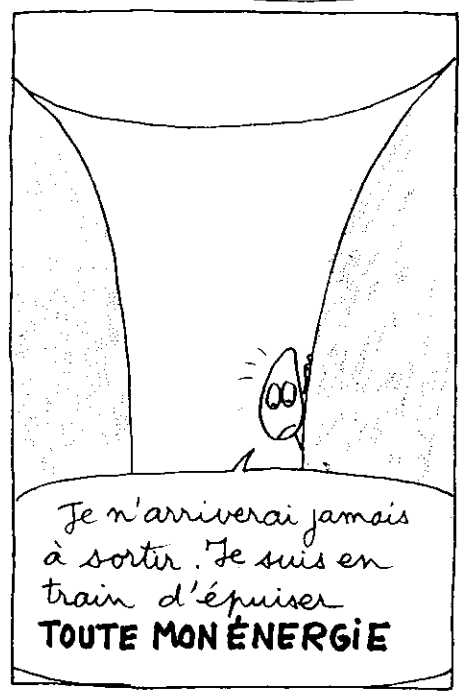
Le support de la planète. Univers n'est pas, hélas, d'une solidité à toute épreuve. Si on le charge trop, il cède...



quel gouffre !
On n'en VOIT pas le **FOND**...



C'est normal, même les photons ne peuvent s'en extraire...



Je n'arriverai jamais à sortir. Je suis en train d'épuiser **TOUTE MON ÉNERGIE**

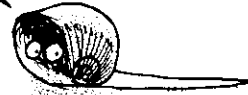


C'est cet **EFFONDREMENT** qui a créé ces **ONDES GRAVITATIONNELLES**, tout à l'heure ...

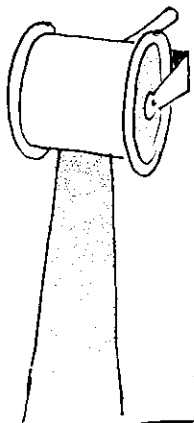
drôle de truc

t'approche pas !

En conclusion, non seulement cet Univers ne demande qu'à s'effondrer. Mais, en plus, côté étanchéité, zéro !



LE GRAND FEU D'ARTIFICE



Le **CHRONOTRON** indique que des milliards d'années se sont écoulés. L'Univers s'est fragmenté. Les **COLLISIONS** ont mis les **GALAXIES** en **ROTATION**.

L'**EXPANSION** a éloigné tous ces objets les uns des autres, au point qu'ils s'ignorent maintenant totalement.

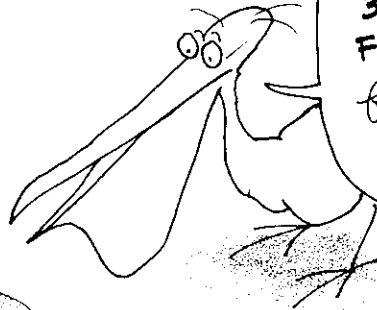


Dans ces "**PROTOGALAXIES**" l'élément de base reste cette concentration d'atomes ionisés, le **PROTO-AMAS STELLAIRE**, dont la température avoisine les **3000°**, et qui ne peut s'effondrer sur lui-même à cause de cette "adhérence" sur le **FOND DE RAYONNEMENT**

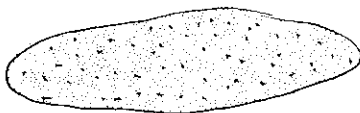
quelqu'un qui pourrait contempler l'Univers à cette époque verrait des nébulosités floues, émettant une lumière diffuse ...



Le support est devenu plus souple. L'expansion de l'univers a considérablement réduit la **PRESSION DE RADIATION**



Comment la **CONDENSATION** de la **MATIÈRE** pourra-t-elle reprendre un jour ?
Si les grumeaux se condensent, leur température remontera automatiquement au dessus de **3000°**, donc l'adhérence sur le **FOND** ne cessera jamais, et ce fond sera toujours entraîné dans ce mouvement de condensation, non ?

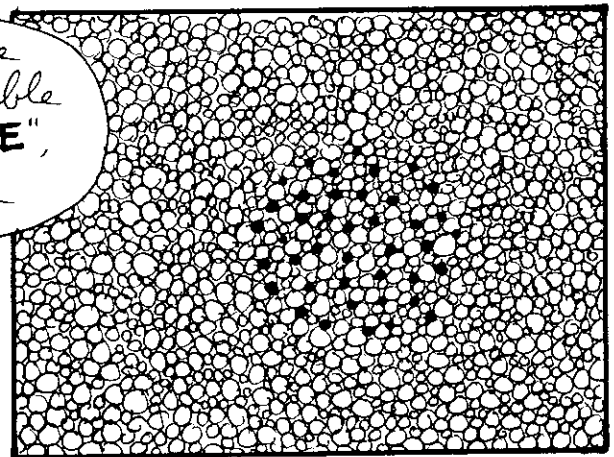


PROTO-AMAS STELLAIRE

Exact, Léon, mais maintenant les forces de gravité, dans le proto-amas vont pouvoir "compresser le **VIDE**", constitué de photons très peu énergétiques



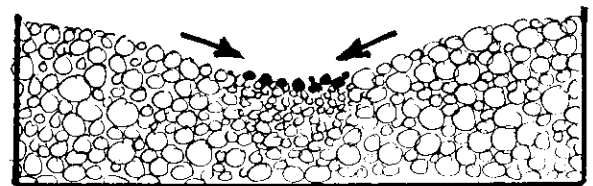
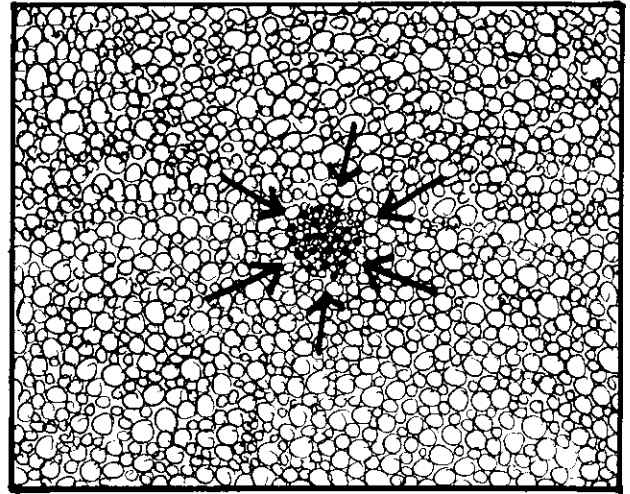
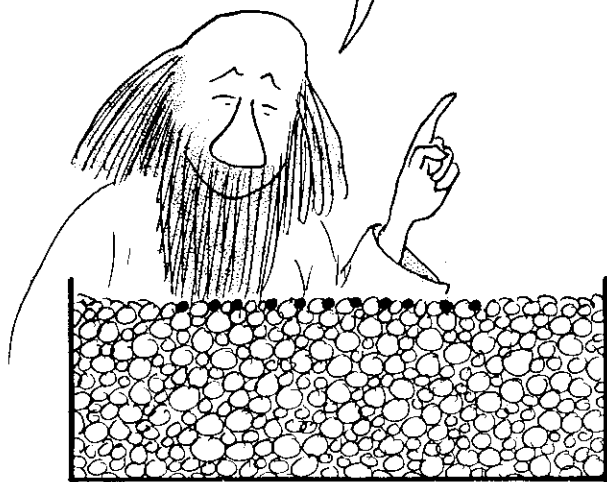
La région où se situe le grumeau, le **PROTO-AMAS STELLAIRE**, est assimilable à un mélange de **MATIÈRE**, et de "**VIDE**", c'est-à-dire de photons originels, le tout étant à **3000°**



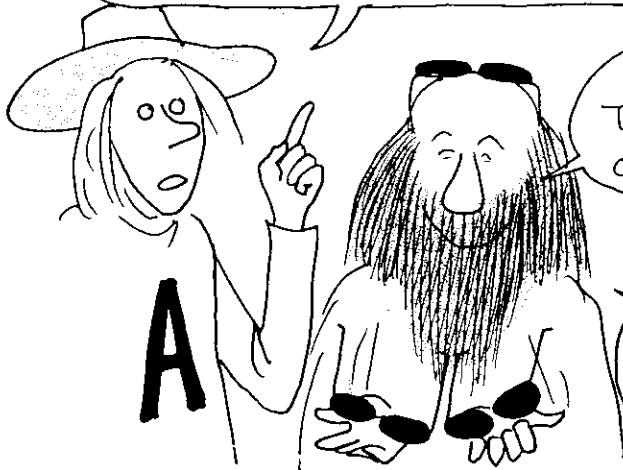
Et quand ça se condense ?



La matière ne va pas glisser sur l'espace, le fond de rayonnement cosmologique, mais carrément l'entraîner avec elle, comme ceci.

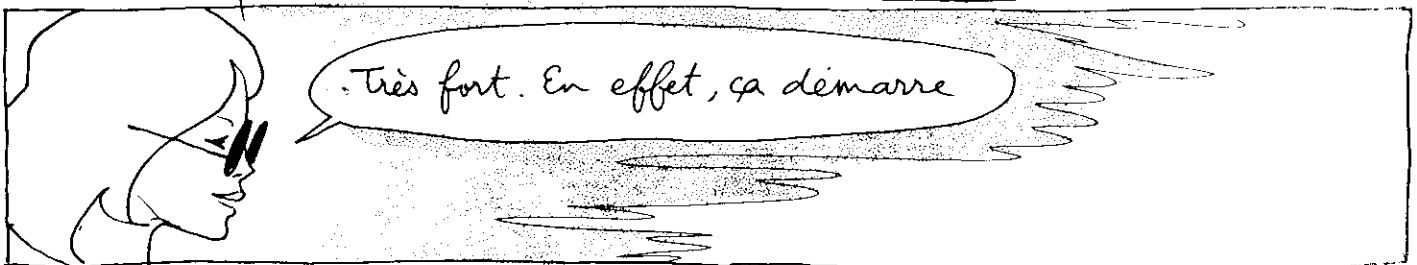


Attendez, ceci se produira précisément quand la pression de radiation sera descendue au-dessous d'une certaine valeur critique. Si je ne me trompe, quand cela aura lieu, ça sera au **MÊME MOMENT** aux quatre coins de l'Univers.



ça sera le **FIAT LUX**(*)
Tenez, prenez ces lunettes,
ça ne va plus tarder...

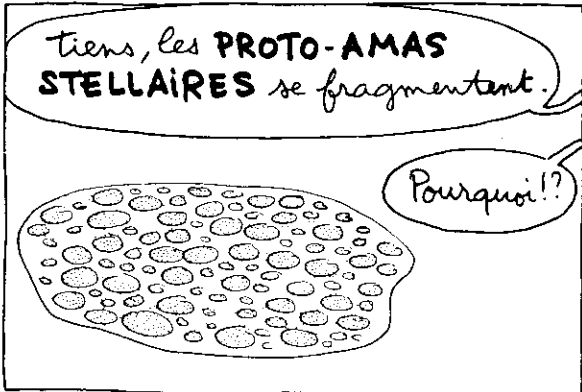
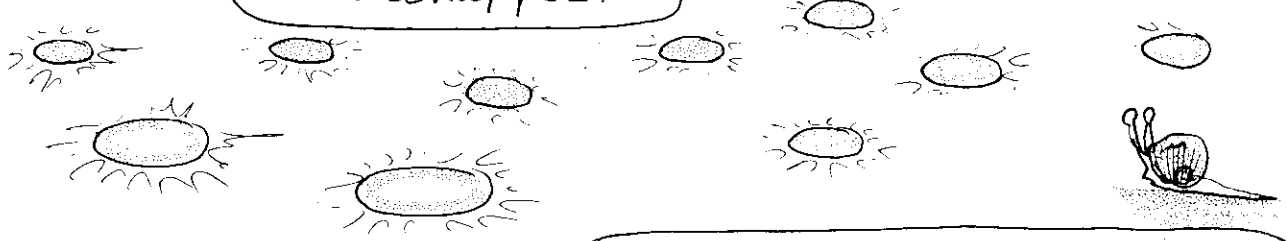
J'avoue que je suis assez content
de ce gadget qui permet de donner
le top départ au même instant
dans tout l'Univers



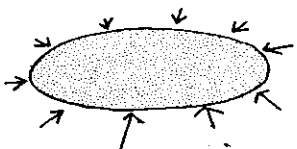
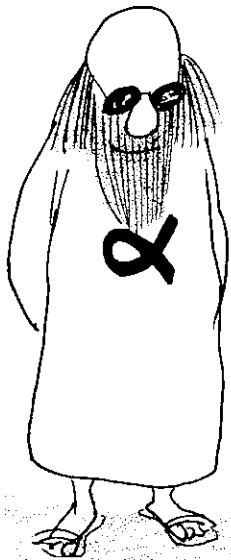
Très fort. En effet, ça démarre



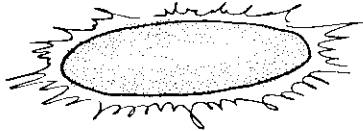
Les **PROTO AMAS SE CONTRACTENT**. Leur température grimpe. les atomes émettent beaucoup d'énergie en ultra-violet et celle-ci parvient à s'échapper.



Sous l'effet des forces de gravité la matière a naturellement tendance à se **FRAGMENTER** en "cellules" ayant un rayon égal au **RAYON DE JEANS**. Celui-ci est d'autant plus grand que la température est élevée. S'il y a une chute brutale de cette température, le rayon de Jeans diminue, et devient inférieur au rayon de l'objet. Il y a donc fragmentation immédiate.



Le grumeau se contracte et chauffe.



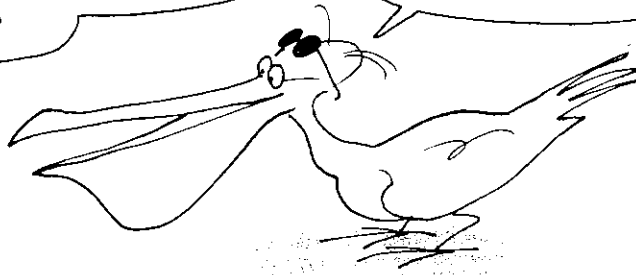
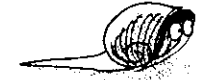
Il émet brutalement du rayonnement UV.



Ceci le refroidit et il se fragmente.

Nous assistons donc à un phénomène de **FRAGMENTATION HIÉRARCHIQUE**, mais dans l'autre sens

Et où cela s'arrêtera-t-il ?



LA FUSION

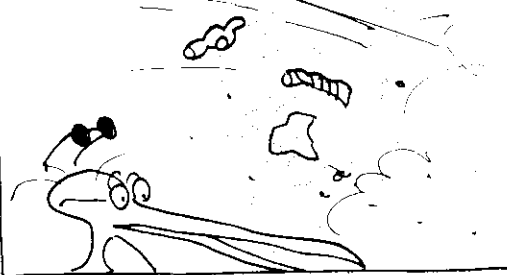


le plus simple, c'est de faire l'expérience. Dans ce cylindre, je vais compresser de la matière on verra bien...



c'est tout vu

BAOUM



que s'est-il passé ?



la **FUSION**, mon chéri, la fusion. Si tu compresses de l'hydrogène, les noyaux fusionnent et ça dégage de l'énergie. Si tu m'avais demandé, aussi...

Regardez, ça crache méchamment

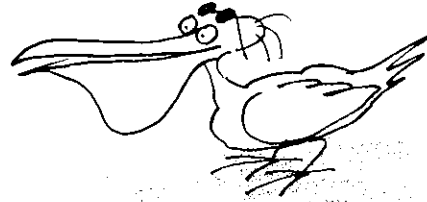
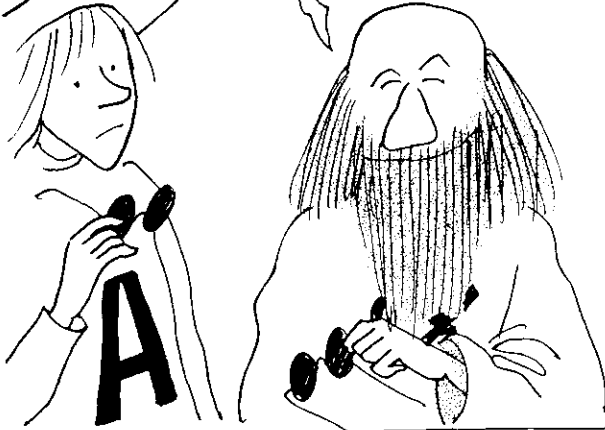


les étoiles s'allument

ça va durer longtemps ?

A ce train d'enfer, nos jeunes seraient vite à court d'hydrogène, mais cela ne va pas tarder à se calmer.

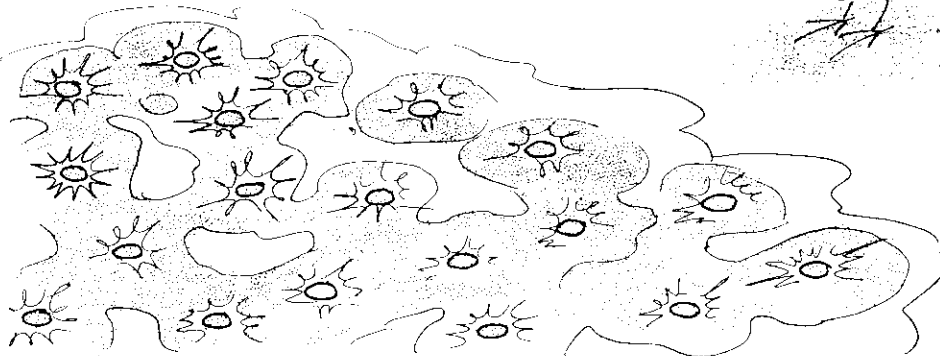
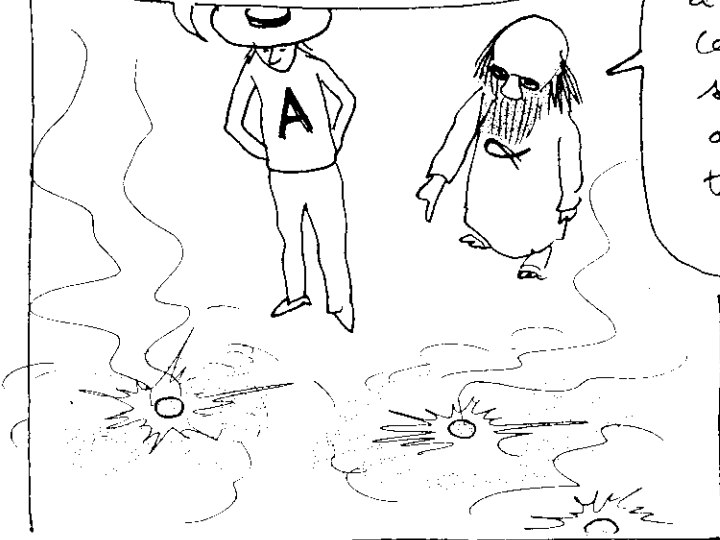
vous me rassurez!



Toute la matière se transforme ainsi en étoiles?

Pas exactement. Quand une étoile naît, elle émet du rayonnement à tout va, et aussi de la matière. Ce que faisant, elle chauffe (donc stabilise) la matière environnante ou disloque ce qui était en train de se former péniblement tout autour.

Autrement dit, à ce stade, la **GALAXIE** est un mélange d'étoiles très émissives et de **GAZ RÉSIDUEL**.



les étoiles rayonnent de l'énergie et chauffent le gaz. Elles accroissent ainsi sa **PRESSION**...

GALAXIE



et ces **FORCES DE PRESSION** dilatent le halo gazeux.



GAZ

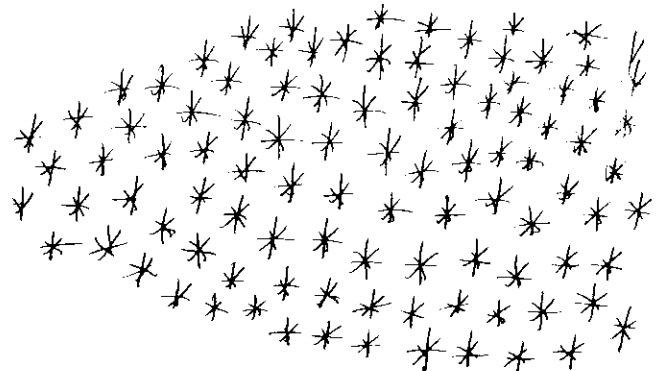
GALAXIE D'ÉTOILES

Cette "**ATMOSPHÈRE GALACTIQUE**" déborde bien au-delà de la frontière de la "**GALAXIE D'ÉTOILES**"

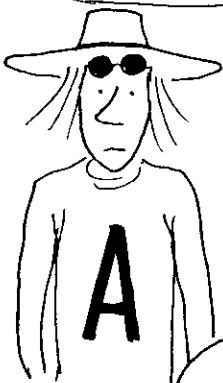
GAZ RÉSIDUEL



Cette galaxie très massive (mille milliards d'étoiles) semble avoir totalement perdu son gaz. Pourquoi?

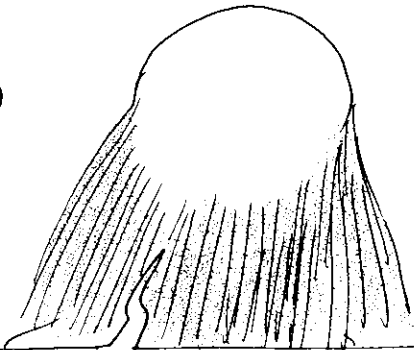
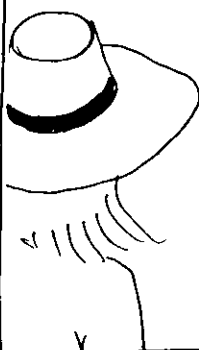


c'est vrai! Où est passé son **GAZ RÉSIDUEL**?



Il n'y en avait peut-être pas ...

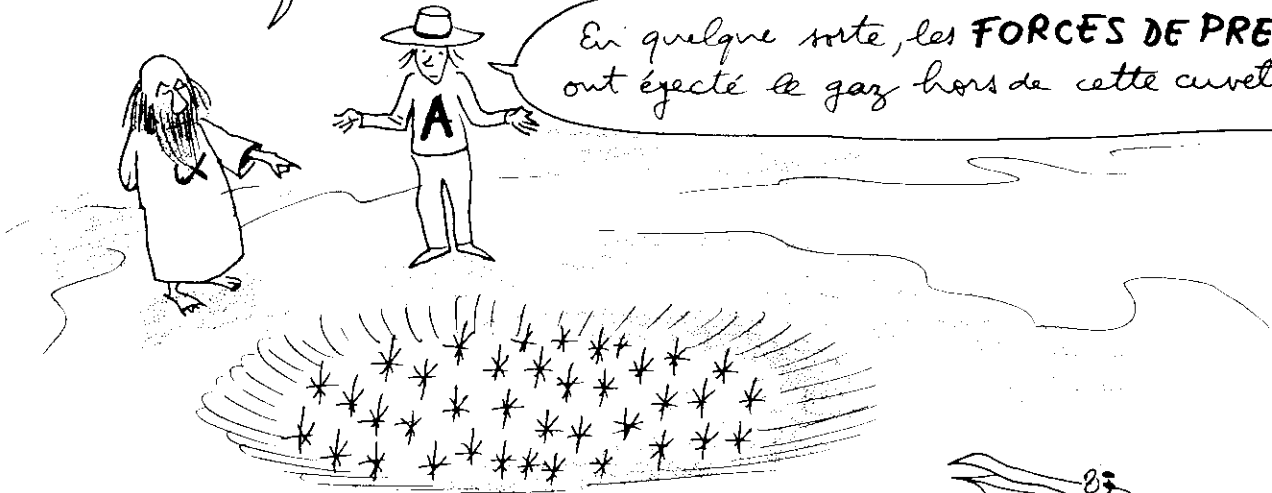
36



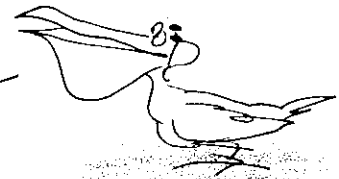
Ça s'est calmé maintenant. Mais lorsque les mille milliards d'étoiles de cette galaxie se sont allumées d'un coup, c'était un véritable **FOUR**.

Ainsi la **VITESSE D'AGITATION THERMIQUE** (*) a atteint plusieurs centaines de kilomètres par seconde, valeur supérieure à la **VITESSE DE LIBÉRATION**. Tous les atomes du gaz résiduel ont alors quitté cette vaste cuvette qu'est cette galaxie.

En quelque sorte, les **FORCES DE PRESSION** ont éjecté le gaz hors de cette cuvette.



Je suppose qu'il va bien un jour retomber dans la cuvette ?



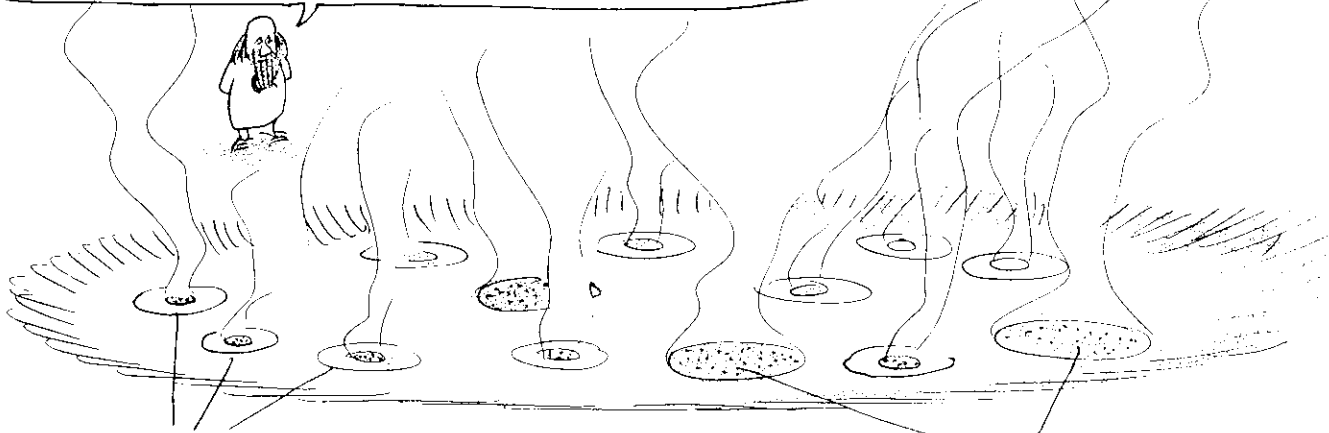
Les particules du gaz résiduel, dans ce cas, ont acquis trop de vitesse et sont parties trop loin. Elles ne reviendront jamais. De plus, en se détendant, ce gaz est devenu extrêmement raréfié.

Ce qui veut dire que les atomes ne se rencontrent plus et qu'ils conserveront... .. éternellement leur vitesse.



(*) Voir aussi **SI ON VOLAIT ?** BELIN

L'ensemble des galaxies d'un **AMAS** va donc baigner dans ce milieu diffus, porté à des millions de degrés, mais très raréfié, émis par les galaxies lourdes.



GALAXIES LÉGÈRES

GALAXIES LOURDES

Les galaxies légères sont des fous moins violents. Elles conserveront leur gaz.

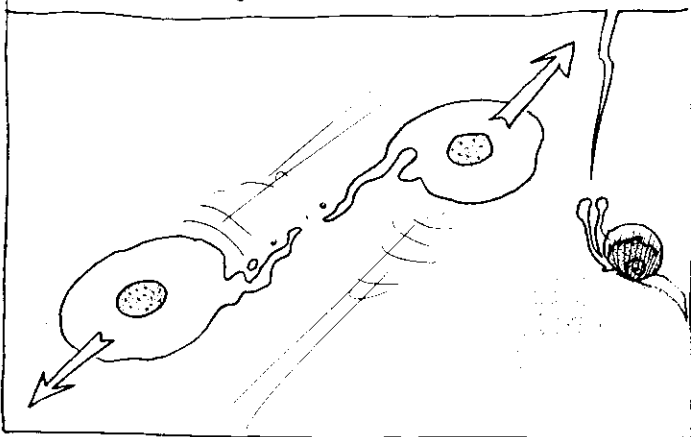
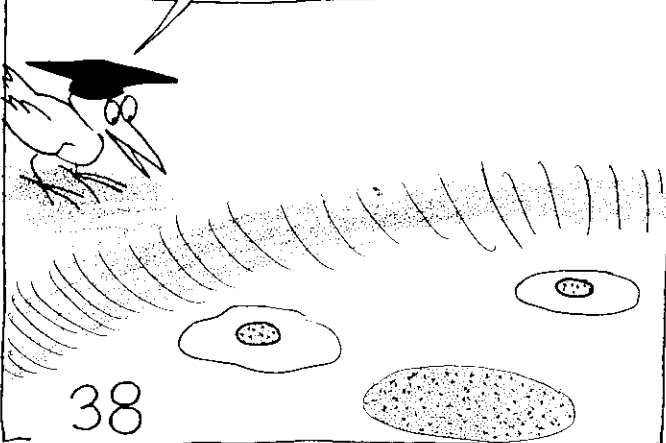


Elles évoluent dans la dépression-amas comme des oeufs dans une poêle chaude.

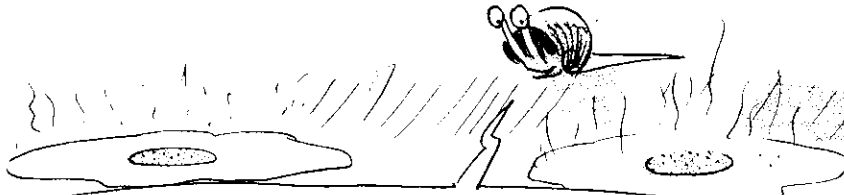


Les galaxies légères ont un "blanc" et un "jaune", alors que les galaxies lourdes, dites **ELLIPTIQUES**, n'ont qu'un gros jaune.

Les halos de gaz résiduel des galaxies légères accroissent les chances de ces objets d'interagir. Le mouvement de rotation des halos de gaz est accentué.



les étoiles se sont sacrément calmées.
A côté de ce qu'elles étaient à leur
naissance, ce sont devenues de simples braises



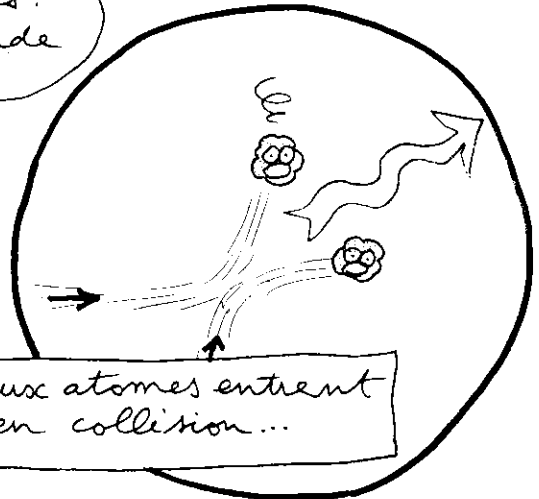
Si elles avaient continué à ce train-là
elles n'auraient pas fait long feu.

Le gaz résiduel des
galaxies légères
émet du rayonnement



D'où vient ce rayonnement ?

des atomes.
tiens, regarde



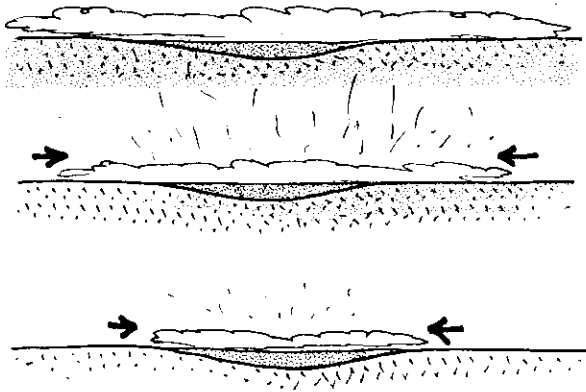
Deux atomes entrent
en collision...

...ce qui s'accompagne d'émission
de rayonnement. Dans cette
opération, une partie de l'énergie
cinétique des atomes est convertie
en énergie radiative.

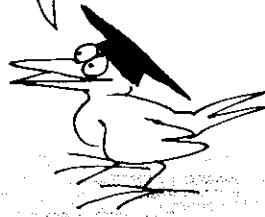
la vitesse d'agitation
thermique des atomes diminue.
Cet état gazeux se **REFROIDIT**
et qui dit **TEMPÉRATURE** dit **PRESSION**



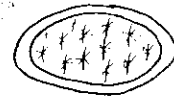
REFROIDISSEMENT RADIATIF DU GAZ



la force de pression faiblissant, le gaz résiduel, **INTERSTELLAIRE**, va reprendre sagement sa place dans la "cuvette-galaxie".

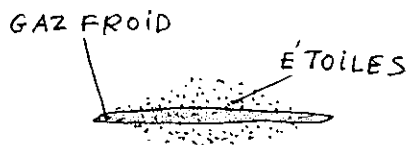
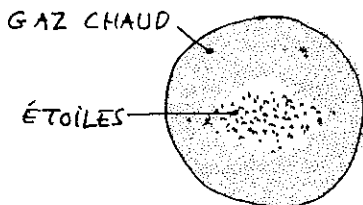


le "blanc" est retourné sur le "jaune"



Le **MODÈLE** présenté ici est une description à **2 DIMENSIONS** (la troisième dimension étant utilisée pour figurer la courbure, le champ gravitationnel, etc...). Les **GALAXIES** sont des objets tridimensionnels. Les galaxies, qui ne tournent pas, ou très peu, auront une forme voisine de la **SPHÈRE**. Les galaxies en rotation rapide seront, en revanche, aplaties comme des crêpes. La nôtre, la **VOIE LACTÉE**, fait un tour sur elle-même en **200 millions d'années**.

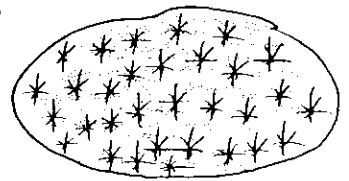
Lorsque le gaz résiduel retombe sur sa galaxie, la force centrifuge empêche la contraction dans un sens radial. Par contre, rien ne s'opposera à la contraction selon l'axe de rotation. Le gaz interstellaire, dans les galaxies, aura la forme d'un **DISQUE TRÈS APLATI** :



La Direction

Si j'ai bien compris, dans l'Univers, il y a essentiellement deux types de galaxies :

- Des galaxies lourdes, elliptiques, pratiquement dépourvues de gaz
- Des galaxies plus légères, de dix à cent milliards d'étoiles, qui se présentent comme un **MÉLANGE** de deux gaz : le **GAZ D'ÉTOILES** et le **GAZ INTERSTELLAIRE**.



la **SOUPE STELLAIRE** contient en effet tellement d'étoiles qu'elles sont assimilables aux **MOLECULES D'UN "GAZ D'ÉTOILES"**

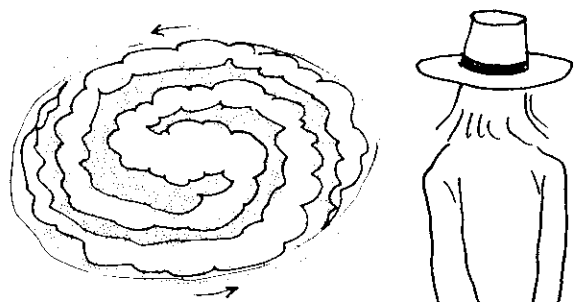
LA STRUCTURE SPIRALE

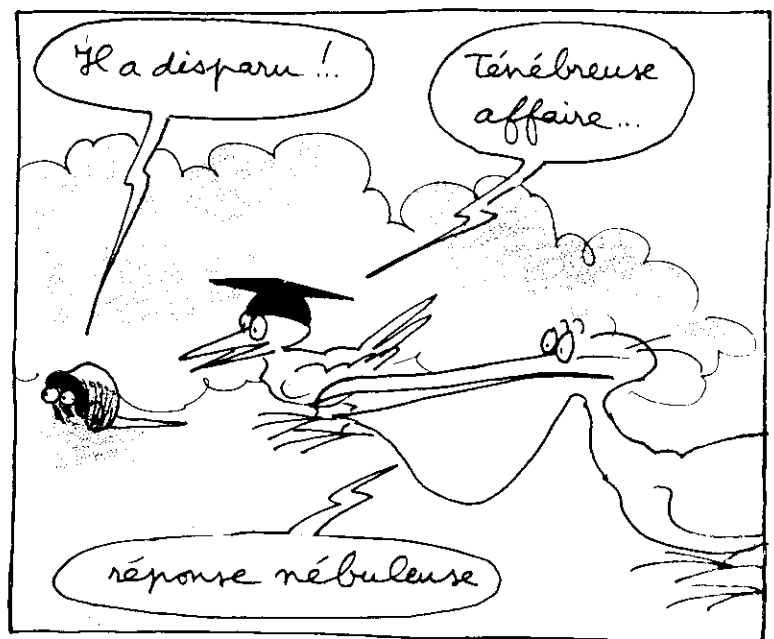
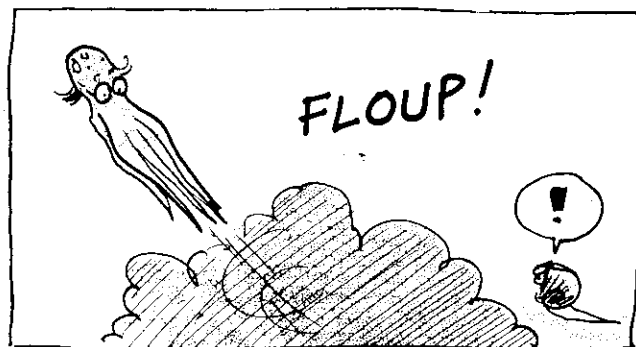
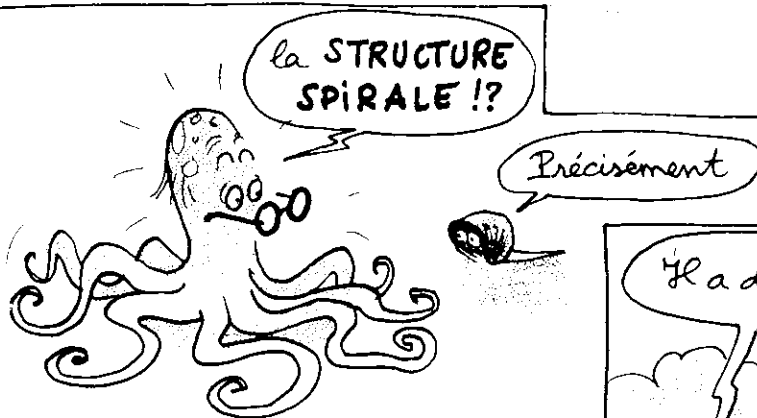
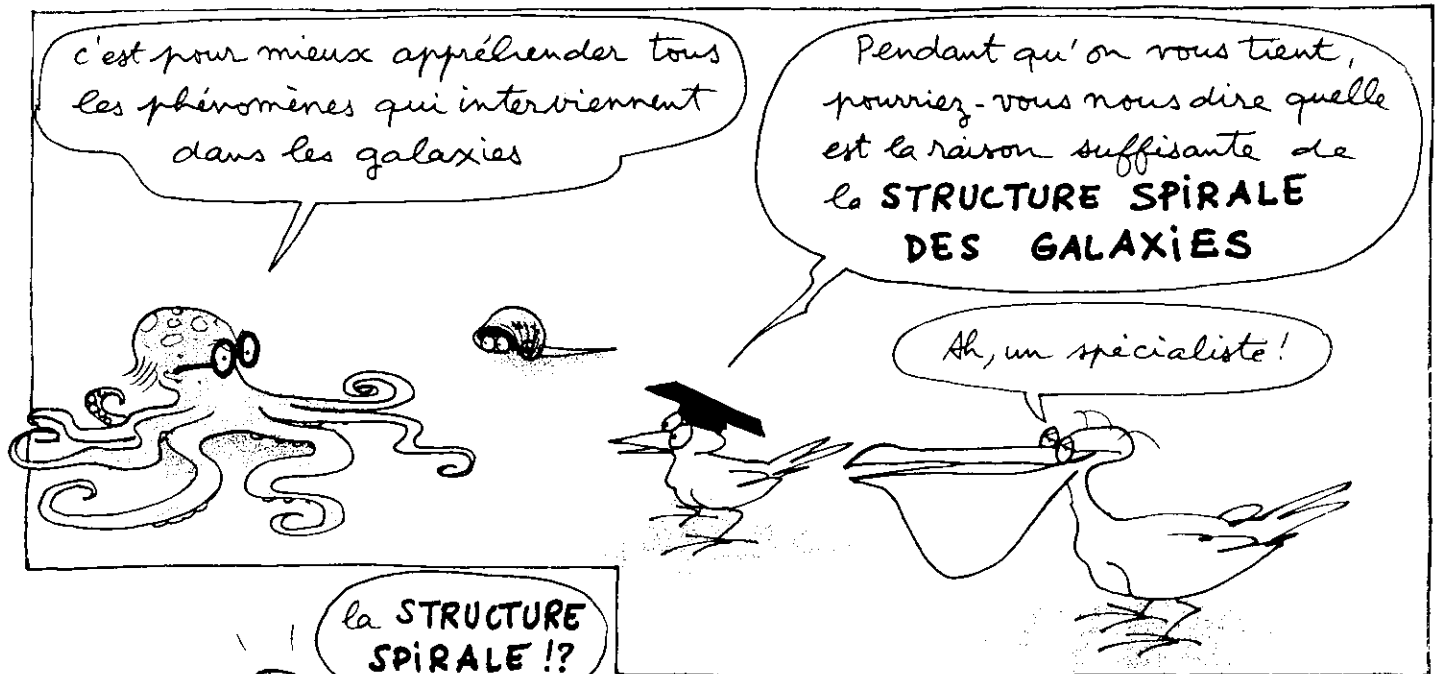
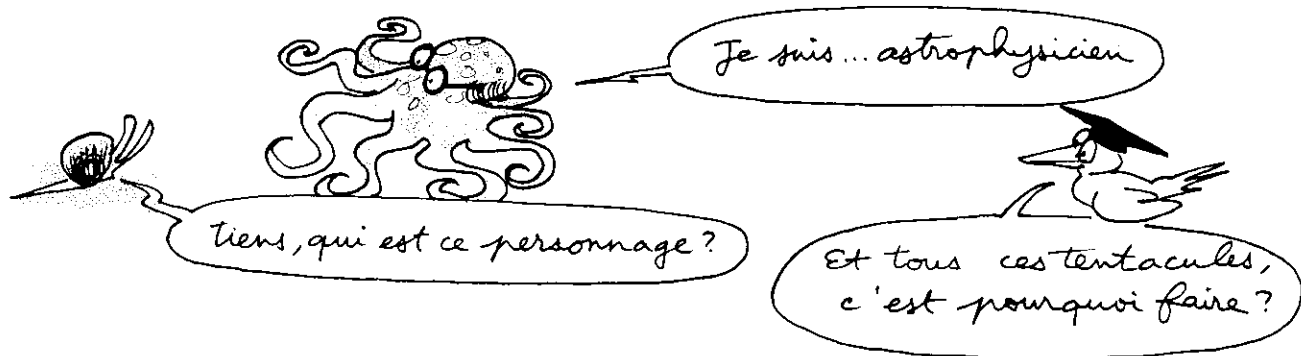


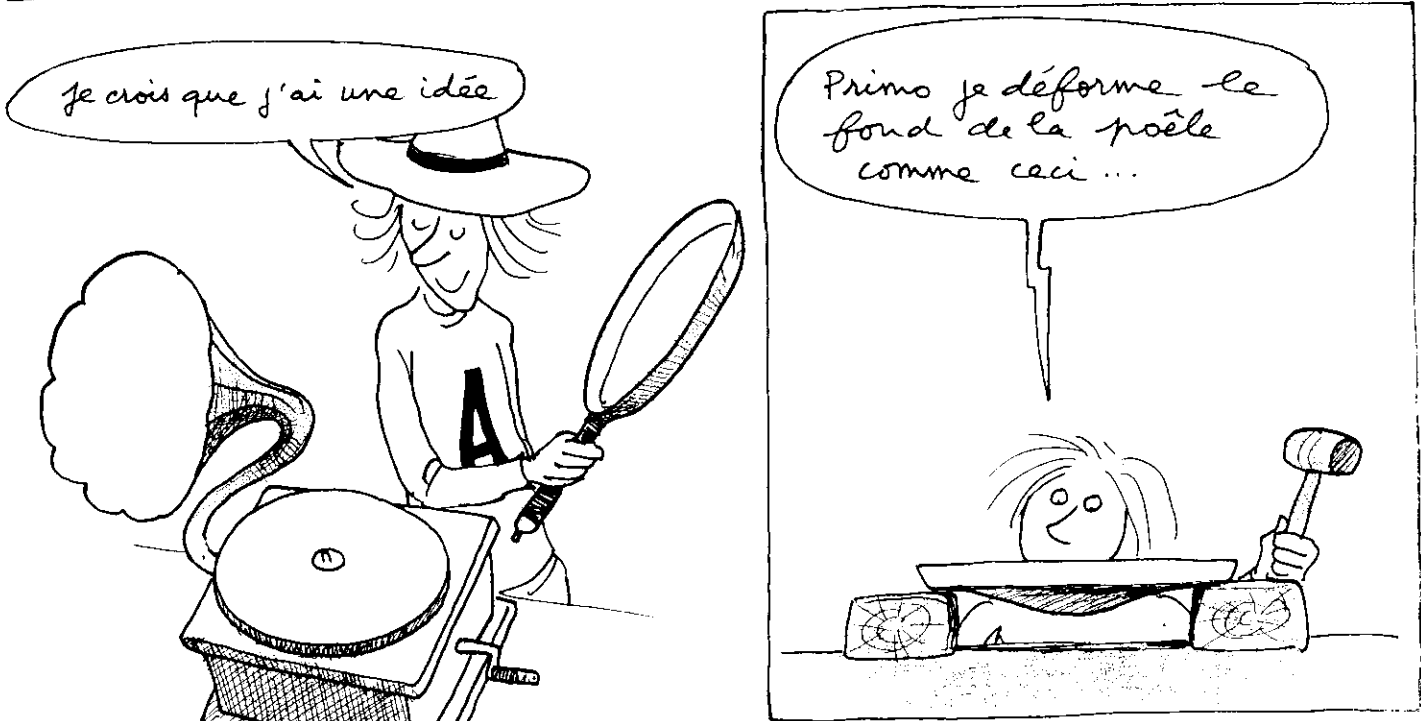
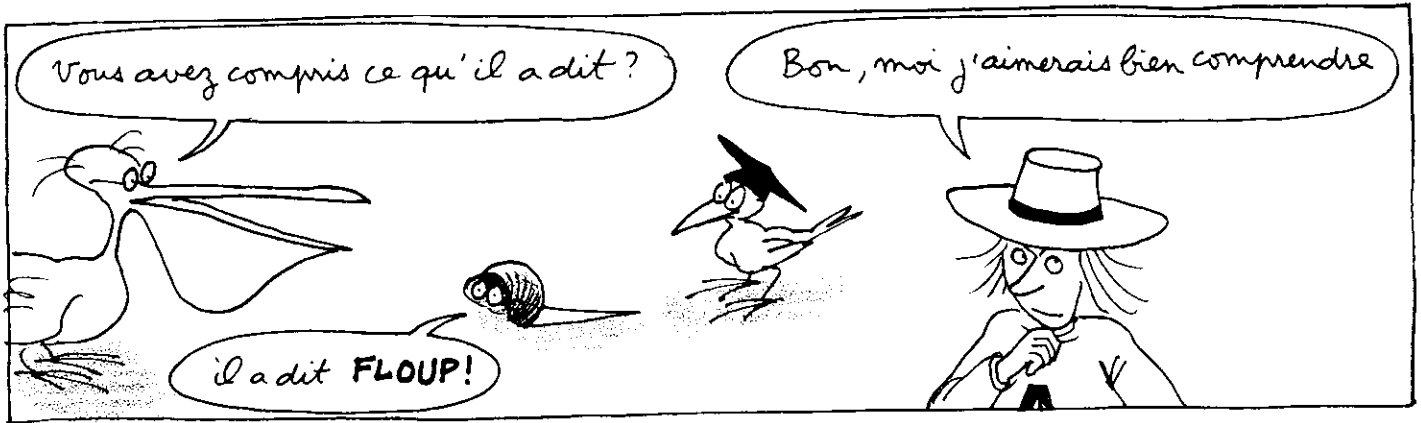
Regardez, il se passe quelque chose de tout à fait singulier : le gaz interstellaire et le "gaz d'étoiles" ne tournent pas à la même vitesse. Alors le milieu interstellaire devient **HÉTÉROGÈNE**.

le gaz résiduel tourne plus vite!!

Il se distribue en filaments de forme **SPIRALE**

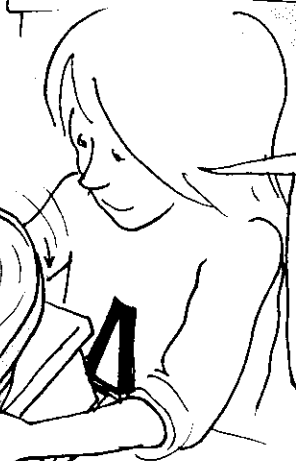
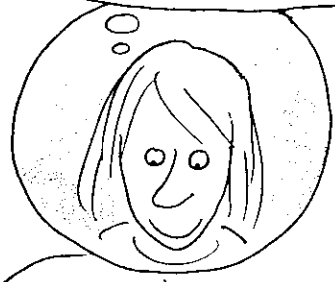
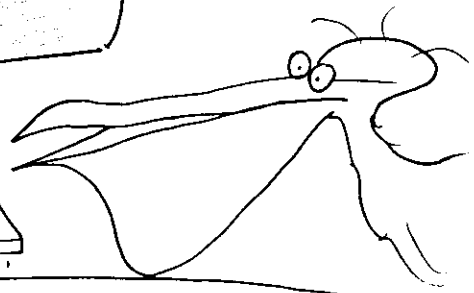




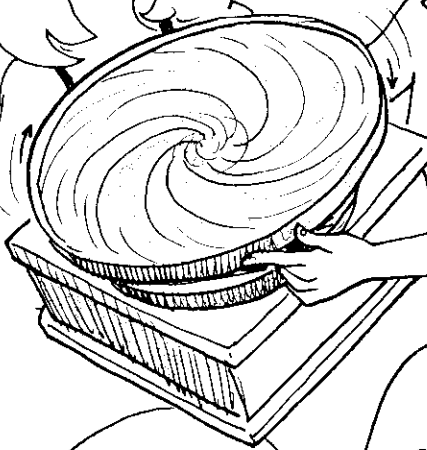


Je remplis le plateau de liquide et je mets le tout en rotation

voilà !



La poêle figure le milieu stellaire, et le café le gaz interstellaire résiduel. Si je freine le plateau, le café tournera **PLUS VITE** que la poêle et apparaîtront des **ONDES SPIRALES**.



La **STRUCTURE SPIRALE** des galaxies possédant du gaz résiduel serait donc due à un phénomène de **FRICTION DYNAMIQUE** deux ensembles fluides : le **GAZ INTERSTELLAIRE** et le "**GAZ D'ÉTOILES**", tournant à des vitesses différentes, "**FROTTENT**" l'un sur l'autre, de même que le liquide frotte sur le fond de la poêle ...

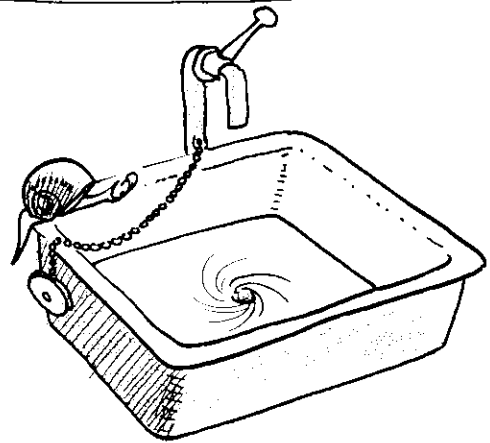
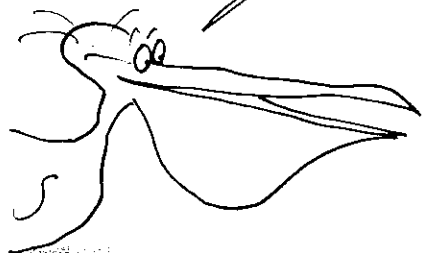


... de même que le café frotte sur le fond de la tasse.



Mais, pourquoi les galaxies **ELLIPTIQUES** n'ont-elles pas de structure spirale ?

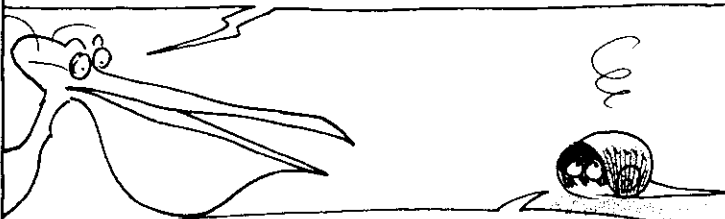
Tout simplement parce qu'elles n'ont pas de **GAZ RÉSIDUEL**. Elles l'ont perdu lors de l'allumage de leurs **ÉTOILES PRIMAIRES**.



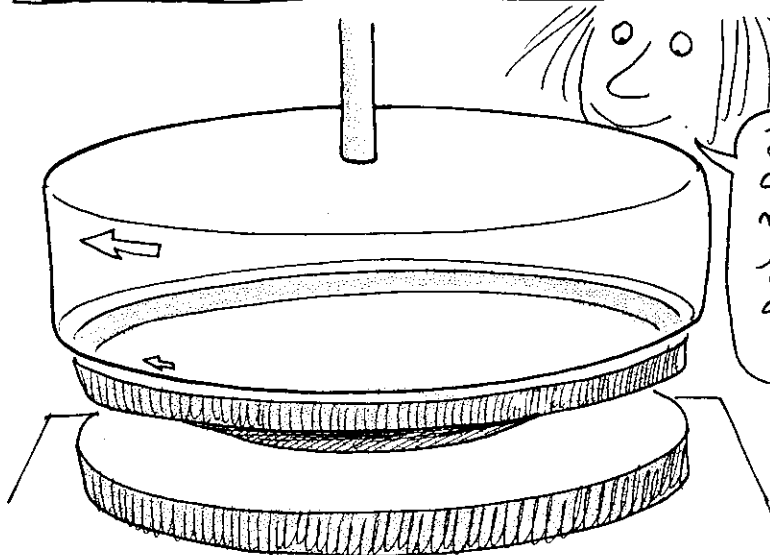
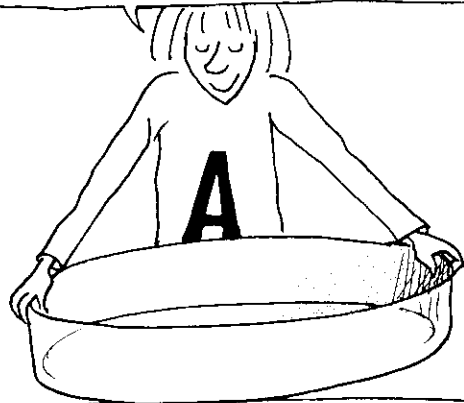
C'est également un phénomène de **FRICION DYNAMIQUE** qui crée la structure spirale lors de la vidange d'un évier.

Dites, c'est grave, ce que vous dites. Ainsi la clef du mystère des galaxies spirales pourrait se trouver au fond des tasses de café, ou des éviers ?!?

Là, on faisait interagir un fluide et une paroi solide. Essayons avec un système où deux masses fluides interagissent



Les galaxies seraient-elles les orifices de vidange du Cosmos ?



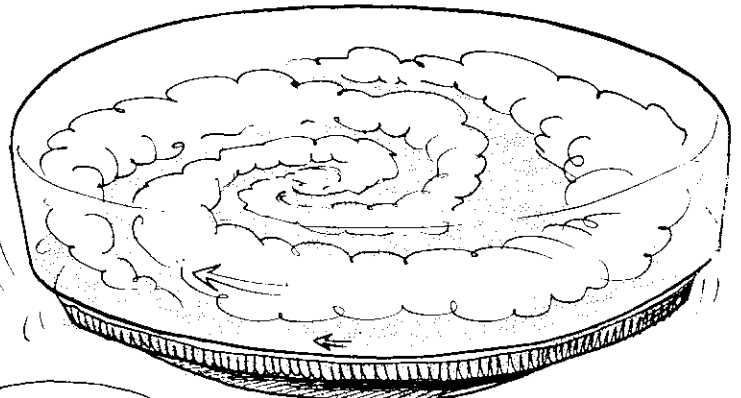
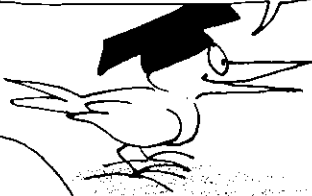
J'ai emprisonné du gaz sous cette cloche et placé un liquide dans ma poêle. Grâce à ce système, je peux étudier ce qui se passe quand une masse gazeuse interagit avec une autre masse fluide.

Ce frottement liquide-gaz est relativement faible. Tu vas créer des fluctuations locales de la température et de la pression, très modérées: quelques pour cent tout au plus...

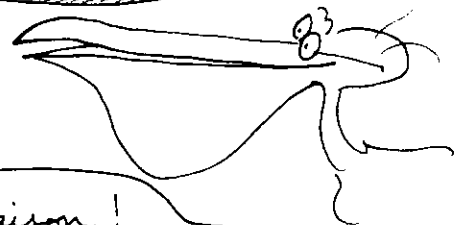


Mais mon gaz est surchargé de vapeur d'eau. Elle ne demande qu'à se **CONDENSER** à la moindre perturbation de température (*)

Regardez! Anselme a fabriqué un superbe **CYCLONE ARTIFICIEL**

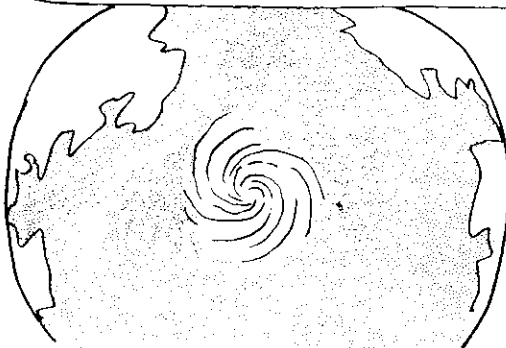


très joli!



Ma parole, Max, tu as raison!

Dans un cyclone, une masse d'air surchargée d'humidité "frotte" sur son support fluide, ce qui crée des perturbations de **PRESSION**, de **TEMPÉRATURE**, qui **DÉCLENCHENT** la condensation de la vapeur d'eau. Et ce phénomène **SECONDAIRE** révèle très violemment le phénomène spiral **PRIMAIRE**(**)



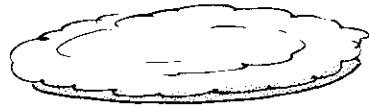
Bon, mais quel rapport avec les galaxies? la structure spirale n'est quand même pas un nuage de vapeur d'eau?



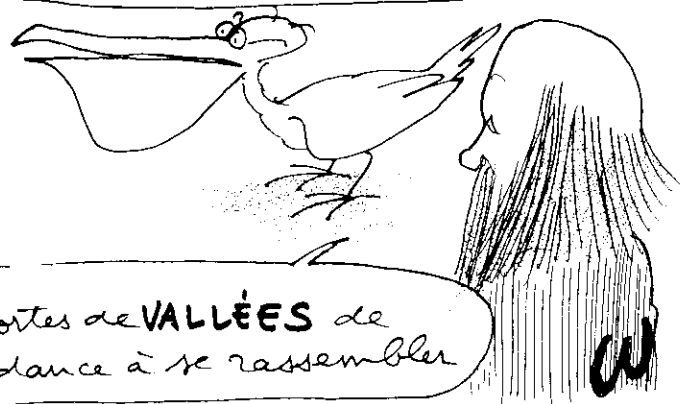
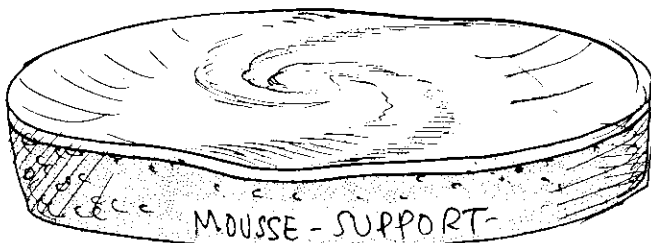
46 (*) Vapeur **SURCRITIQUE**

(**) Phénomène qui dégage par ailleurs de la chaleur et alimente le cyclone en énergie (mais ceci est une autre histoire).

Revenons à notre **MODÈLE** de galaxie. Une masse fluide représentant le "**GAZ D'ÉTOILES**" tourne dans sa "**CUVETTE**". Elle est surmontée par une masse de **GAZ RÉSIDUEL** qui tourne un peu plus vite. Il s'en suit un phénomène de **FRICTION DYNAMIQUE** et la distribution de **MASSE** varie, la perturbation ayant une géométrie **SPIRALE**.

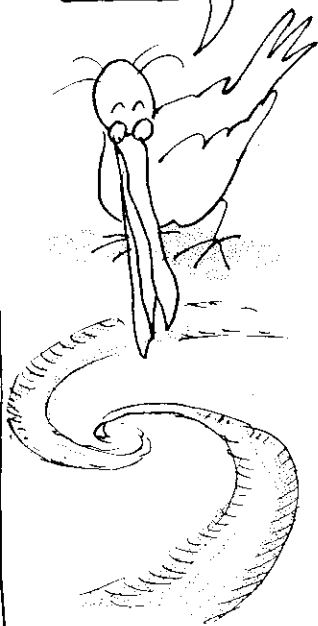


Toute concentration de **MATIÈRE** (étoiles ou gaz) creuse aussitôt la mousse-support. Là où il y a **MASSE**, il y a **COURBURE**



Autrement dit, il apparaîtra des sortes de **VALLÉES** de forme spirale, où le gaz aura tendance à se rassembler

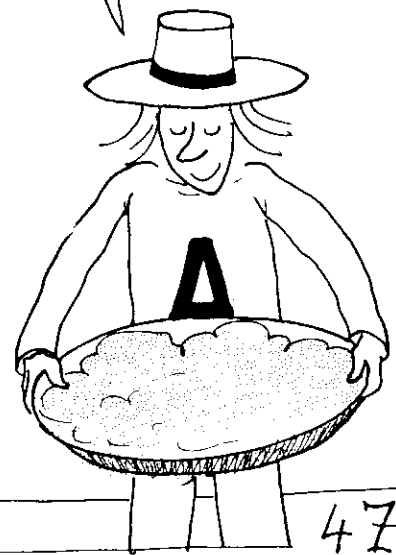
Mais je ne vois toujours pas de concentration de vapeur d'eau



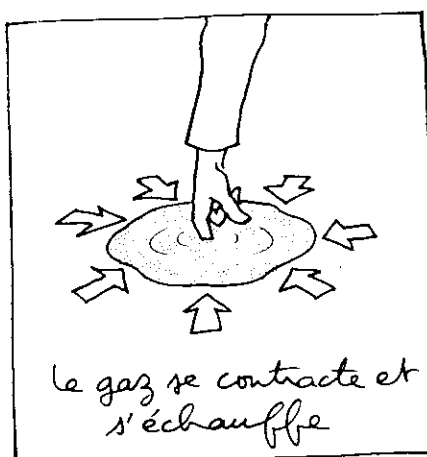
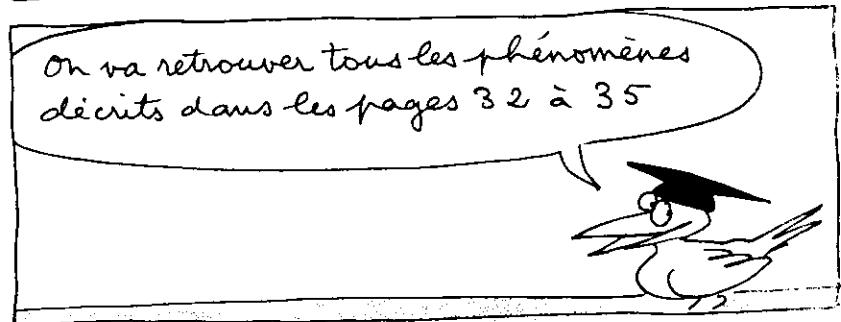
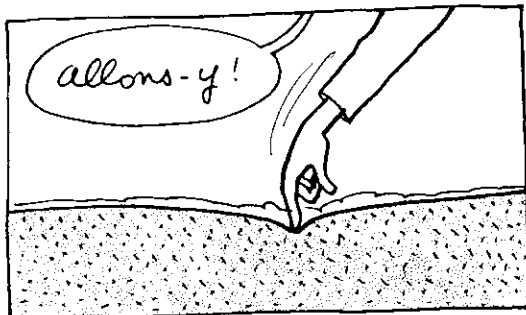
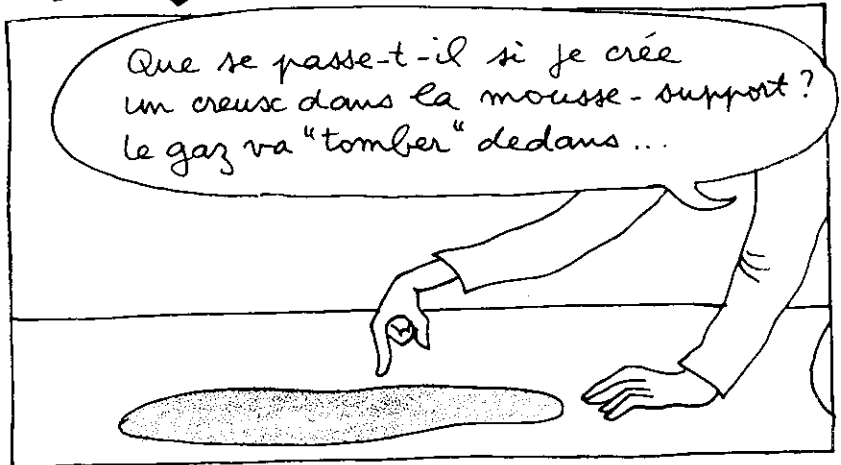
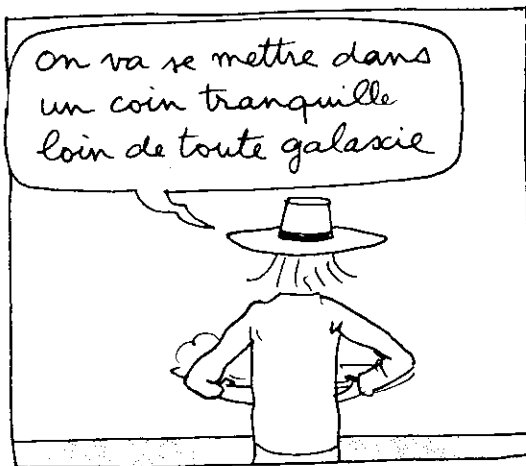
Ramassons un peu de gaz interstellaire



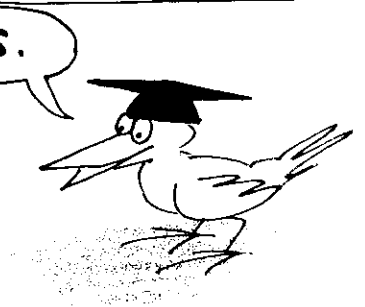
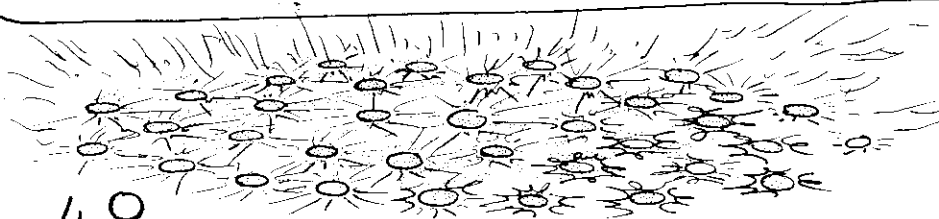
Regardons ce qui arrive au gaz interstellaire lorsqu'il "tombe" dans ces sortes de vallées...



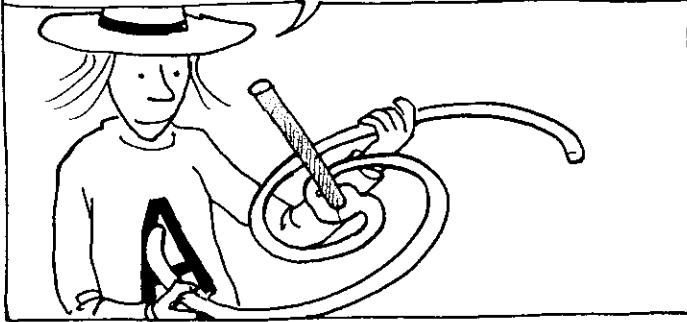
LE MÉTABOLISME GALACTIQUE



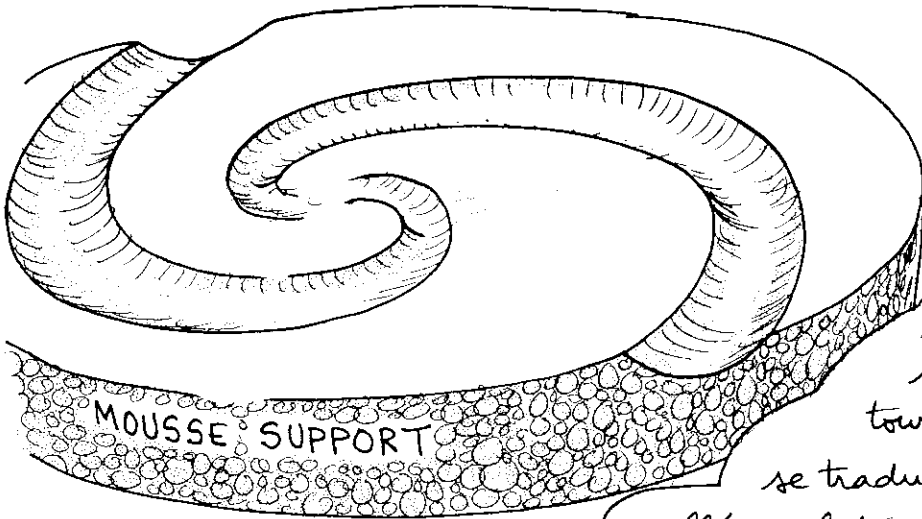
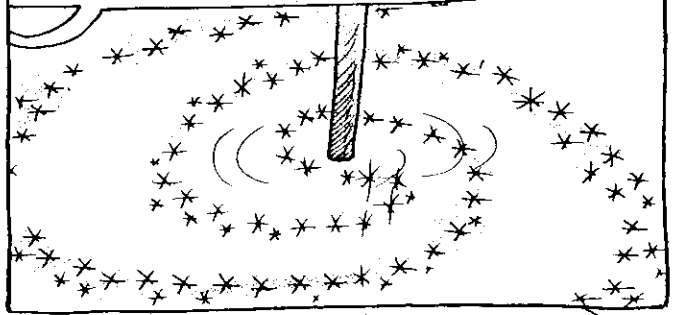
... s'allumer en donnant des ÉTOILES SECONDAIRES.



Avec cette sorte de règlette, je vais cette fois créer une **VALLÉE**.

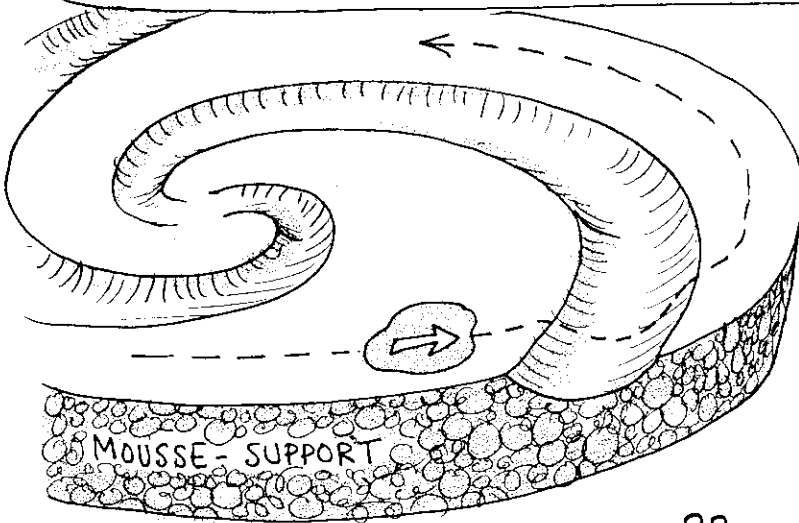


même chose: les étoiles naissent dans ces creux, dans cette vallée,



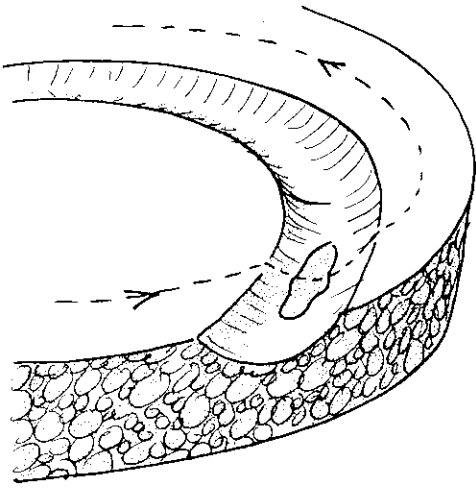
Anselme a raison: la perturbation spirale, qui tourne, elle, très lentement, se traduit par ces sortes de vallées relativement peu accusées

(quelque pour cent du creux général de la "cuvette-galaxie")



Le gaz interstellaire tourne plus vite que la perturbation spirale. Nous voyons ici un élément de gaz qui s'appête à entrer dans cette sorte de "Vallée"





Lorsqu'il arrive au fond de ce rallon il se trouve comprimé et donne, au passage, naissance à quelques **ÉTOILES DE SECONDE GÉNÉRATION**. Puis il ressort tranquillement. Ces **BRAS SPIRAUX** sont donc des lieux de naissance de nouvelles étoiles.



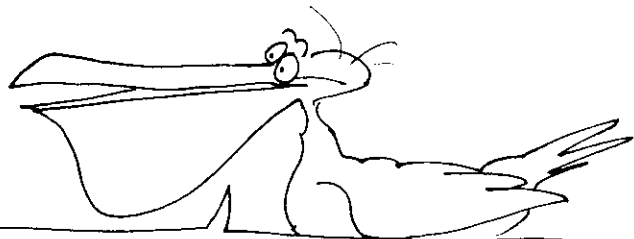
Hum...

LES CYCLONES DE L'UNIVERS

Dans les cyclones terrestres, la perturbation initiale est faible, mais l'atmosphère, chargée d'humidité, et donc **INSTABLE**, révèle le phénomène par condensation de la vapeur d'eau

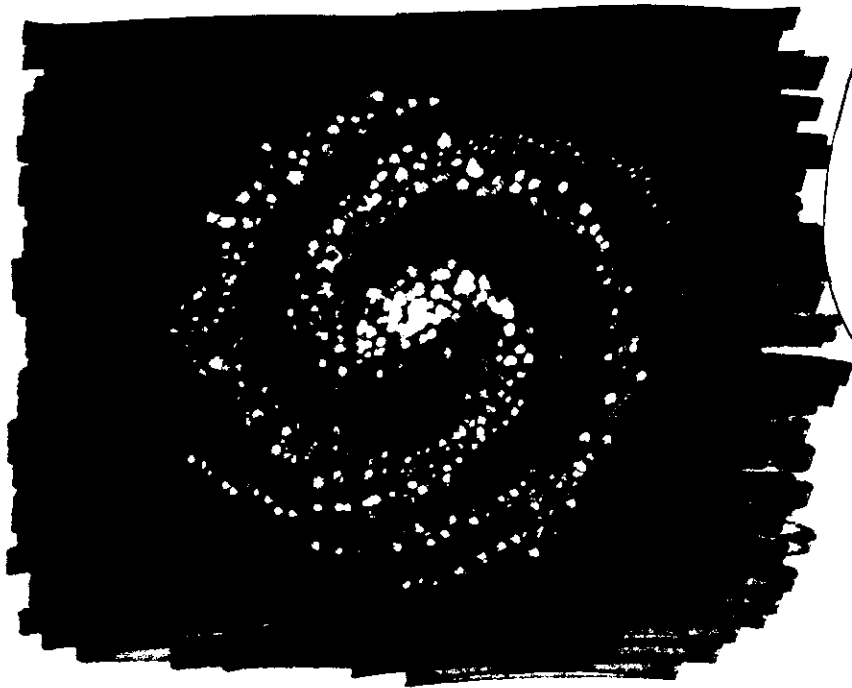


Dans les galaxies, la perturbation spirale primitive est également faible, mais le gaz interstellaire, **INSTABLE**, révèle le phénomène par déclenchement de la condensation de matière

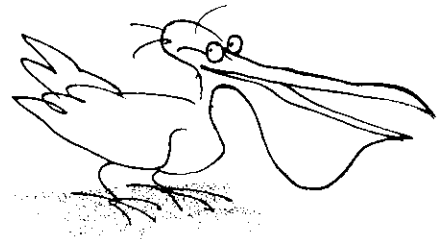


50

Très joli, votre théorie. Mais, ces étoiles de la deuxième génération, on devrait en trouver plein la galaxie !



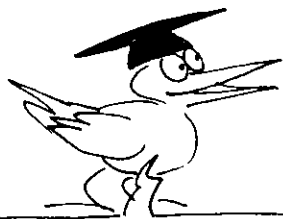
Or ces étoiles jeunes, très chaudes, on ne les trouve que dans les bras spiraux où elles signalent leur présence en illuminant fortement le gaz interstellaire ...



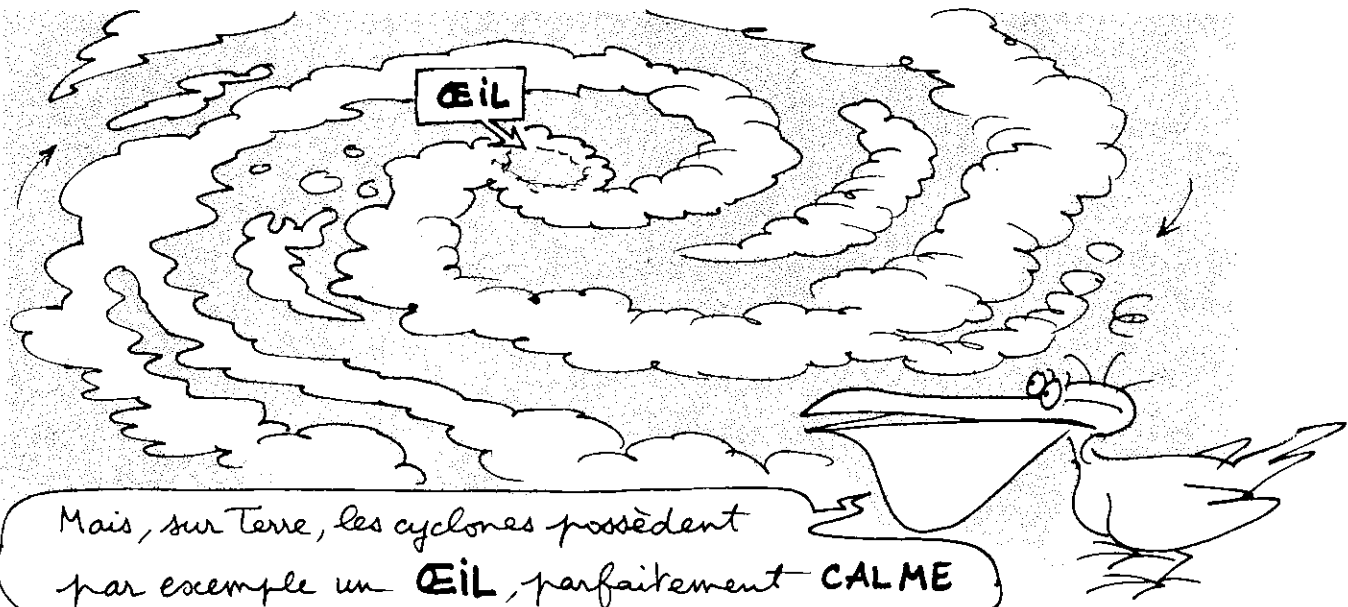
Tu oublies, Léon, que ces étoiles ne restent pas jeunes très longtemps. Dix mille ans tout au plus. Le temps de brûler un maximum d'hydrogène. Quand elles quittent les bras, elles sont déjà **MOURANTES**, ce ne sont plus que des braises.



et on ne les détecte plus



Le **GAZ INTERSTELLAIRE** n'est également bien visible que dans les bras, où il est violemment éclairé par ces étoiles jeunes. Après, sorti des bras, il redevient sombre.



Mais, sur Terre, les cyclones possèdent par exemple un **ŒIL**, parfaitement **CALME**

Eh bien, figure-toi que les galaxies spirales, ces cyclones de la **PLANÈTE-UNIVERS**, possèdent également un **ŒIL CENTRAL**!



LA ROTATION DIFFÉRENTIELLE

Revenons à la tasse de café

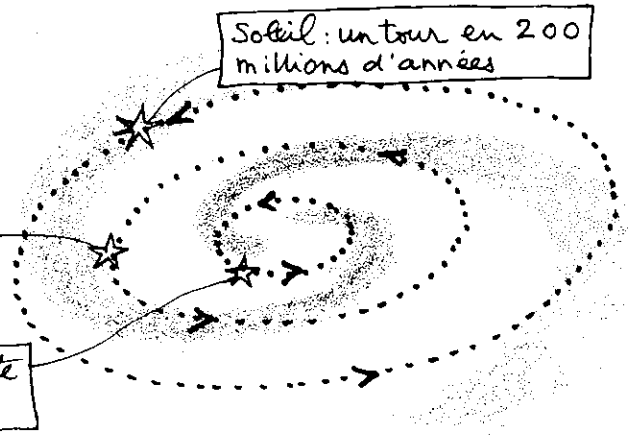


Comme dans la tasse de café, les objets, dans une galaxie, ne tournent pas à la même **VITESSE ANGULAIRE**. Le Soleil, qui est à la périphérie galactique, fait le tour de notre galaxie en **200 millions d'années**



un tour en cent millions d'années

un tour en cinquante millions d'années



Bref la partie centrale d'une galaxie tourne plus vite que sa périphérie

ce sont des éviens, vous le voyez bien !

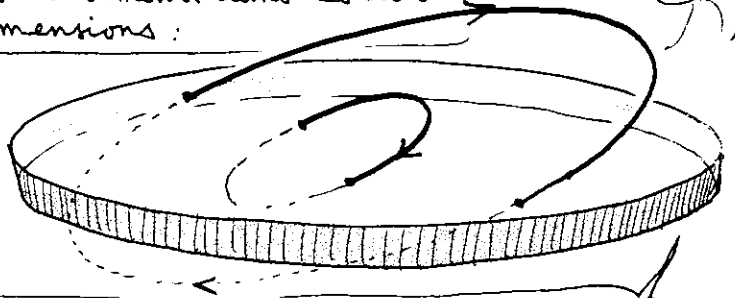


Depuis que Tiresias a failli disparaître dans un trou noir, c'est devenu son idée fixe !



Ça n'est pas idiot. Il y a des tas de gens très bien qui pensent qu'il y a un gros trou noir au centre des galaxies ...

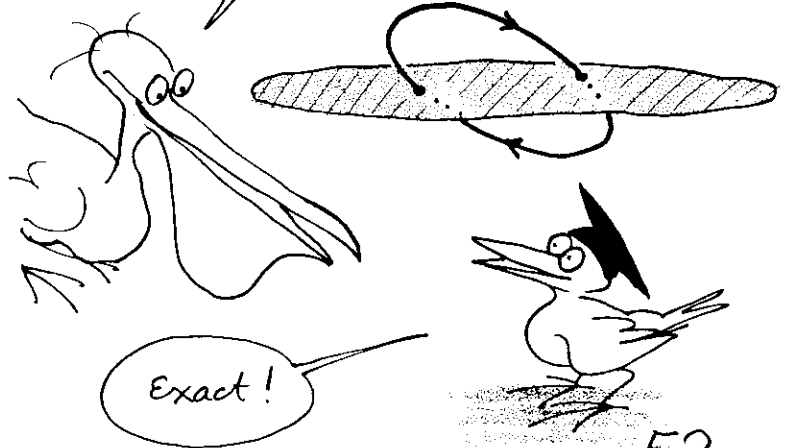
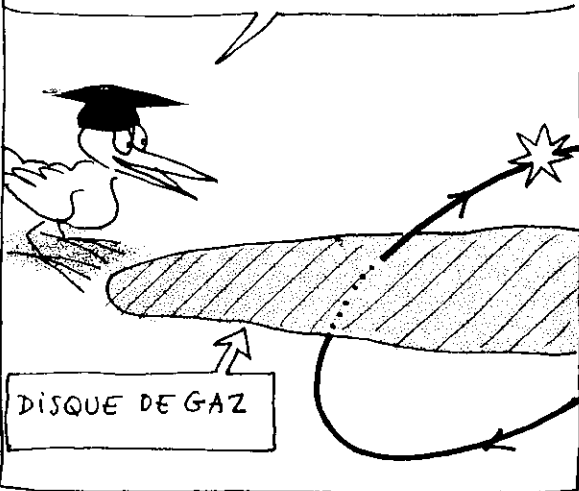
Voici une "VRAIE" galaxie, avec des mouvements dans les trois dimensions :



Schématiquement, les étoiles, qui sont des éléments du "gaz d'étoiles" (donc assimilables à des "molécules") traversent à chaque tour le **DISQUE DE GAZ**, ultra-plat.

Ceci explique pourquoi l'interaction milieu stellaire - milieu interstellaire est relativement faible

Je suppose que c'est parce qu'elles n'interagissent avec le gaz que lorsqu'elles traversent ce disque plat ?



au centre des galaxies, primo il y a plus d'étoiles
secondo leur période de rotation est plus brève.



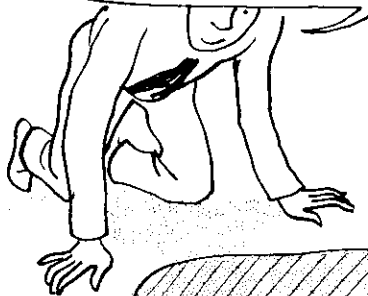
un tour en 50 millions d'années

En conséquence cette structure
sera plus marquée dans la région
centrale, qui pourra même se
transformer en **BARRE**



Donc, dans cette région
l'interaction, le frottement
milieu stellaire sur milieu
interstellaire est plus important.

Revenons au gaz. Que se passe-t-il
si j'abandonne à lui-même un grumeau
de **GAZ INTERSTELLAIRE** ?

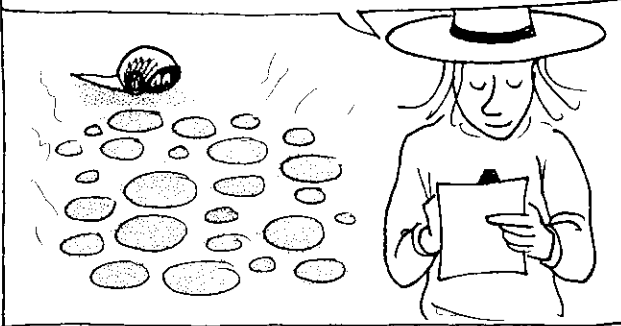


cette fois-ci on
n'intervient pas!

on regarde
juste.

Le gaz se refroidit naturellement
par rayonnement. Sa distance de
Jeans diminue et il se fragmente.

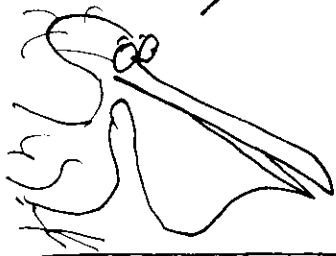
Dans les bras de galaxies, le gaz a
aussi tendance à se rassembler en gros
grumeaux dont le rayon est égal au
RAYON DE JEANS (*)



(*) Dans les "voies" galaxies, l'épaisseur du disque est aussi voisine de ce rayon.

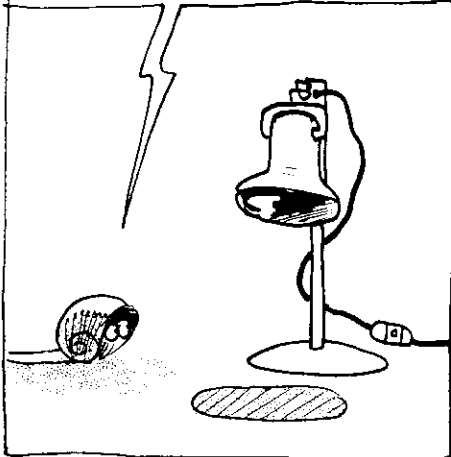
mais ces grumeaux de gaz vont continuer à se refroidir en émettant du rayonnement ?

Oui, mais les étoiles jeunes qui naissent dans ces nuages y réinjectent de l'énergie en continu

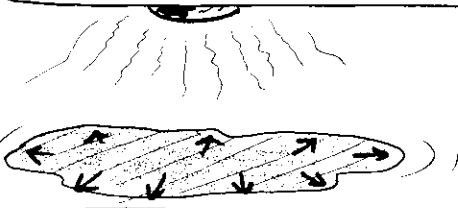


Tu vas voir. On va faire l'expérience. Je prends une lampe à ultra-violet

Tu vas faire bronzer un grumeau de matière interstellaire ?



Avec ce type de rayonnement, qui simule celui émis par les jeunes étoiles, très chaudes, je chauffe le grumeau. Qui dit **CHALEUR** dit **PRESSION**, et l'accroissement de sa pression interne dilate le grumeau de gaz



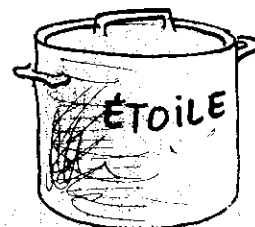
Si l'injection d'énergie est trop violente, je peux même disperser la matière du grumeau en le disloquant

Une question subite : une **ÉTOILE**, c'est QUOI ?

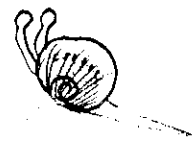


PHÉNOMÈNE STELLAIRE

Au centre d'un grumeau de gaz, les conditions de température et de pression deviennent telles que l'hydrogène **FUSIONNE** en dégageant beaucoup d'énergie

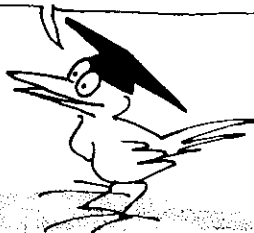
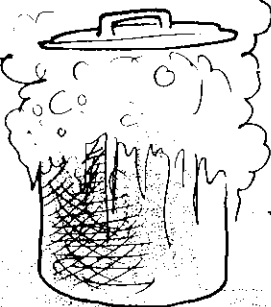


Ce qui accroît la **PRESSION** au centre de l'étoile. Il ne faut pas oublier que la pression n'est que la mesure d'une quantité d'énergie par unité de volume



En somme, une **ÉTOILE** est une sorte de marmite à auto-allumage, qui se chauffe toute seule.

Le **DIAMÈTRE** de l'étoile dépend de la quantité d'énergie dégagée. Immédiatement après sa naissance, l'étoile est très riche en hydrogène. Elle "carbure" alors comme une folle et se dilate un grand coup.

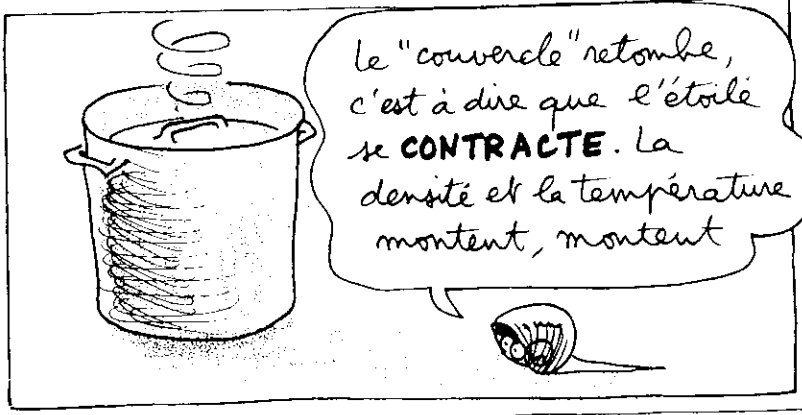
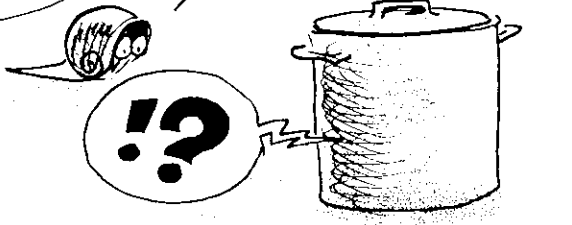




Puis ça se calme et l'étoile connaît une longue phase relativement tranquille

elle mitonne gentiment

un jour l'hydrogène vient à manquer

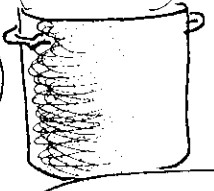


le "couvercle" retombe, c'est à dire que l'étoile se **CONTRACTE**. La densité et la température montent, montent

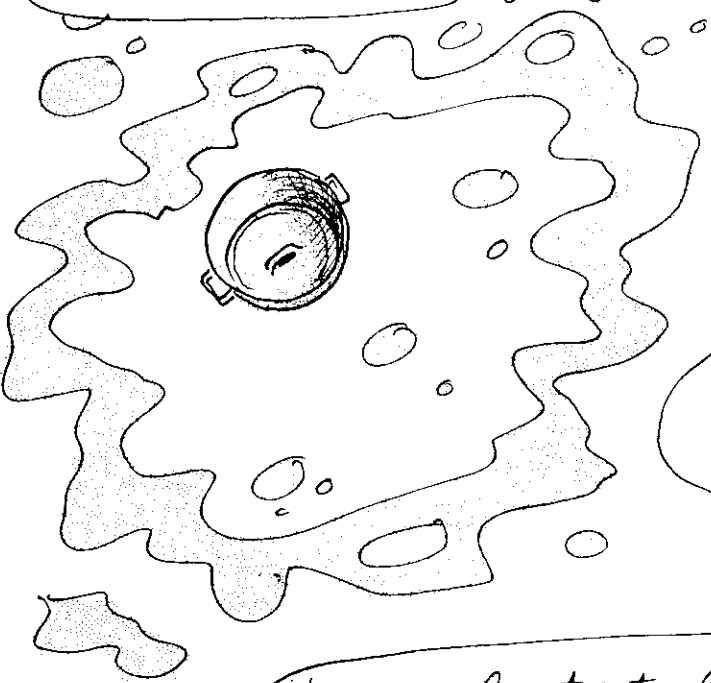


BLOUTCH

Bien souvent, l'étoile explose, car des réactions de fusion, consommant l'hélium formé, puis le carbone et le silicium, démarrent très brutalement

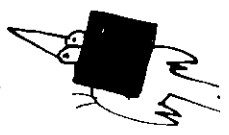


L'étoile devient une **SUPERNOVA**



Heureusement, ce genre de chose ne se produit qu'une fois par siècle dans une galaxie!

le couvercle est retombé au fond de la marmite. Il ne reste qu'un objet assez minable. Triste fin.



Mais, une fois par siècle, Léon, c'est un rythme TRÈS rapide. Pense qu'une galaxie tourne sur elle-même en 200 millions d'années

Diab!e, cela fait deux millions de **SUPERNOVÆ** par ... tour!?

les **SUPERNOVÆ** projettent leurs débris à des centaines d'années-lumière (*)

Explosant n'importe où et n'importe quand, les supernovæ entretiennent un solide désordre dans le milieu interstellaire ...

Et ces supernovæ réa!imentent-elles aussi le gaz interstellaire en énergie?

CHPAF!

Encore une qui a pé!é

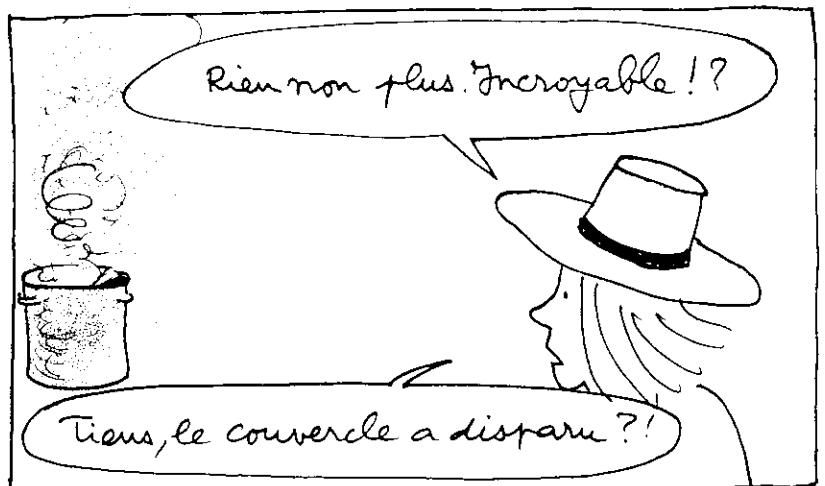
CHPAF!

allons chercher un endroit plus calme

58

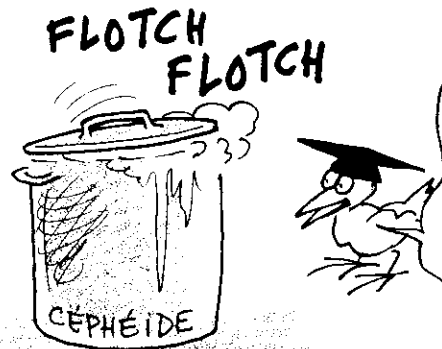
(*) une galaxie a un diamètre de cent mille années-lumière.

TYPES D'ÉTOILES





CÉPHÉIDES

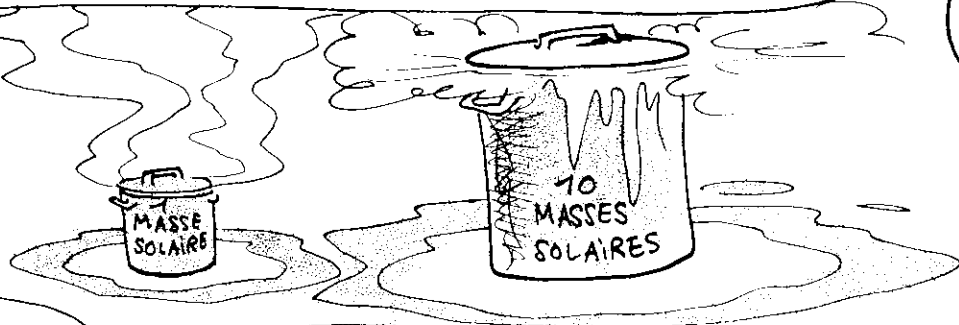


tu as fabriqué une
ÉTOILE VARIABLE.
Son diamètre oscille et,
à chaque contraction,
elle émet une bouffée
de rayonnement

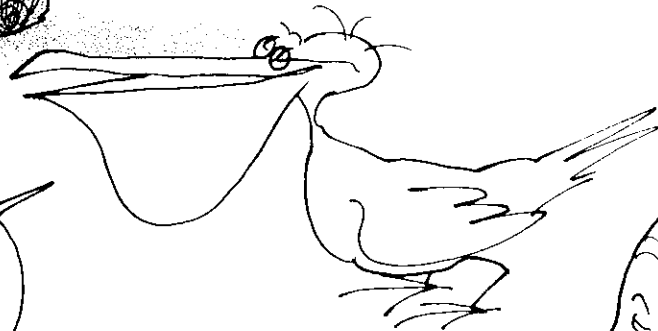
Plus la masse d'une **CÉPHÉIDE** est forte et plus sa période est longue. Un étalonnage (parallaxe) en distance a permis d'utiliser ces étoiles pour mesurer la distance qui nous sépareit de la galaxie d'Andromède

la Direction

Plus une étoile est **MASSIVE**, plus elle évolue **VITE**.
Une étoile de type solaire peut carburer paisiblement
des milliards d'années, alors qu'une étoile jeune, massive,
consomme son hydrogène en un million d'années.
Elle connaît alors une fin explosive.



les étoiles massives
sont des étoiles à risque



Je vais poser une
question à la Tiréias:
**A QUOI SERVENT
LES ÉTOILES ?**



EXCELLENTE QUESTION !

Dans le cœur des étoiles
les noyaux d'atomes sont
soumis à de très fortes pressions.
La **FUSION** de quatre noyaux
d'hydrogène donne...



...de l'hélium

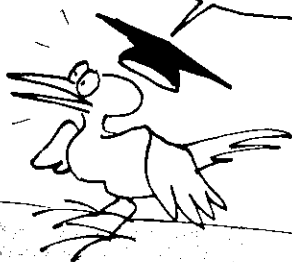
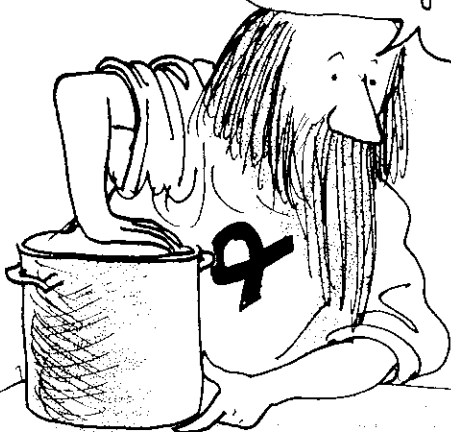


61

LES SPORES DE L'UNIVERS

Cette étoile est très près de son point d'instabilité. Elle a consommé tout son hydrogène. Ecartez-vous, je vais la déclencher

Eh, Attention !!!



Joli n'est-ce pas?

Nom de Dieu!

Voilà. Plus qu'à ramasser oxygène, fer, silicium, tous les atomes de la **TABLE DE MENDELÉIEV**

mais, cette **NUCLÉOSYNTÈSE**, c'est pourquoi faire?

Pour faire la **VIE**



les atomes lourds s'agglomèrent pour donner
des **POUSSIÈRES** microscopiques...



...qui serviront de **CATALYSEUR NATUREL** pour synthétiser les **PREMIÈRES MOLECULES**.

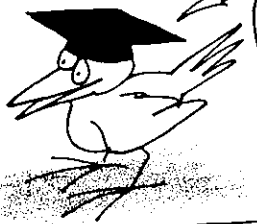


NUAGES & PLUIE

Cette matière rejetée par les étoiles, soit dans une lente exhalaison, soit à travers une mort violente, réenrichit la masse du gaz interstellaire.



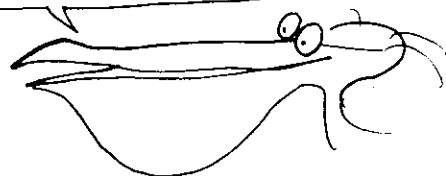
En somme, un atome, pris au hasard, peut très bien avoir habité dans de nombreuses étoiles différentes, surtout si son noyau est lourd.



Le cycle de passage des atomes dans les étoiles s'accompagne d'un enrichissement constant en **ÉLÉMENTS LOURDS** par exemple en métaux : Fer, Nickel, Cuivre.



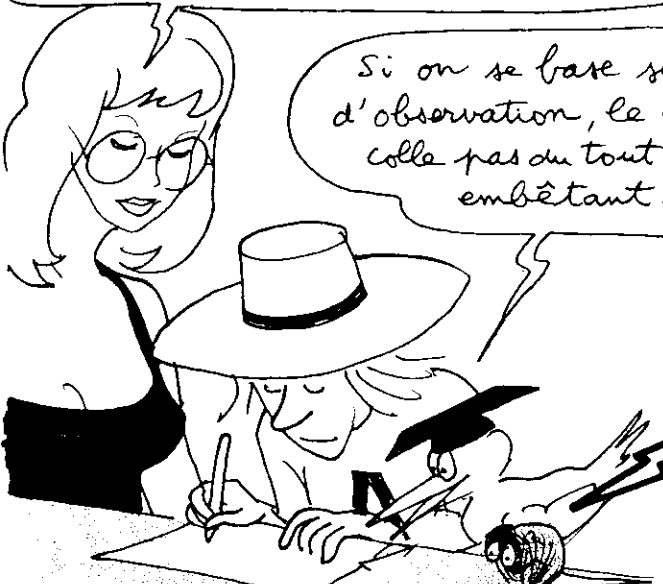
Ah, plus les étoiles sont **JEUNES** et plus elles sont riches en **MÉTAUX** !





LA MASSE MANQUANTE


Dans cette représentation, la force centrifuge est plus forte que la force d'attraction gravitationnelle. La **MASSE** mise en jeu est **2 FOIS TROP FAIBLE**.




Si on se base sur les données d'observation, le modèle ne colle pas du tout. c'est embêtant...

Autrement dit :
PERDU 200 MILLIARDS D'ÉTOILES.
TOUTE INFORMATION PERMETTANT
DE RETROUVER CETTE **MASSE
MANQUANTE** SERAIT TRÈS
BIENVENUE.

on ne comptabilise que
ce que l'on **VOIT**



Sur la fin de sa vie,
lorsqu'elle expulse une partie de
sa masse, l'étoile ne subsistera que
sous la forme d'un résidu appelé
NAINE BLANCHE ou **NAINE NOIRE**,
en général trop peu émissif pour
être détecté



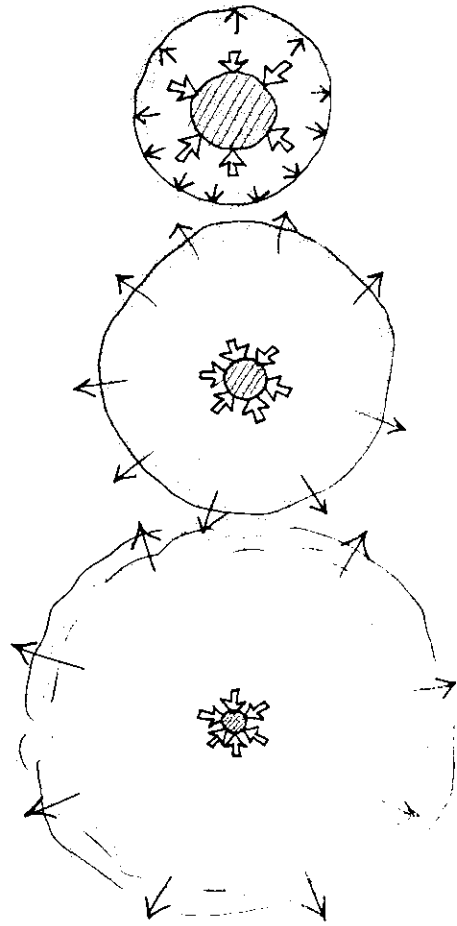
ce qui voudrait dire qu'on serait incapable de détecter
la **MASSE INVISIBLE** représentée par ces cendres d'étoiles primitives,
qui se seraient formées en même temps que la galaxie.

Dans une fin de type **SUPERNOVA**
la couche externe de l'étoile explose.
La rétrocompression qui en résulte
peut comprimer le noyau central
au point de le muer en **TROU NOIR**



Encore des objets
qui échapperont
à l'observation...

Reste-t-il des étoiles primitives,
nées en même temps que la galaxie
et cependant détectables ?



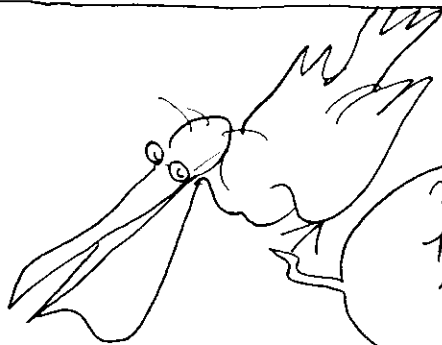
Il existe effectivement dans les galaxies
de très vieilles étoiles regroupées dans
des **AMAS GLOBULAIRES**, et qui
brûlent depuis une quinzaine de
milliards d'années. Et cela dans
toutes les galaxies, qui sont toutes
nées en même temps.

quant aux autres, elles ont été dispersées aux quatre vents de la galaxie, ou sont devenues des naines, blanches ou noires, ou des trous noirs indétectables

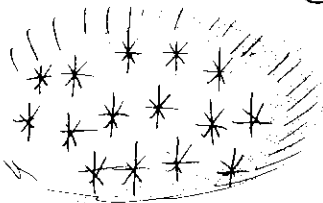


AMAS STELLAIRES

Un amas globulaire est une structure de cent mille étoiles, qui a persisté depuis la naissance des galaxies (*)

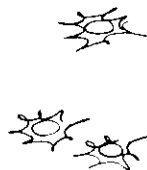


mais les galaxies sont parsemées de petits amas récents, en cours de dispersion relativement rapide.

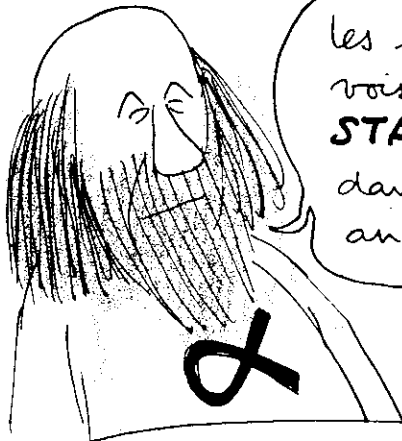


Ces mini-amas représentent des cuvettes aux bords peu accusés d'où les étoiles, accélérées au jeu du hasard des collisions, pourront s'évader relativement facilement

quand l'amas s'est disloqué, les étoiles partent au hasard à travers la galaxie, seules ou par couples (**ÉTOILES DOUBLES**)



(*) le temps d'évaporation d'un amas collisionnel est proportionnel à sa masse



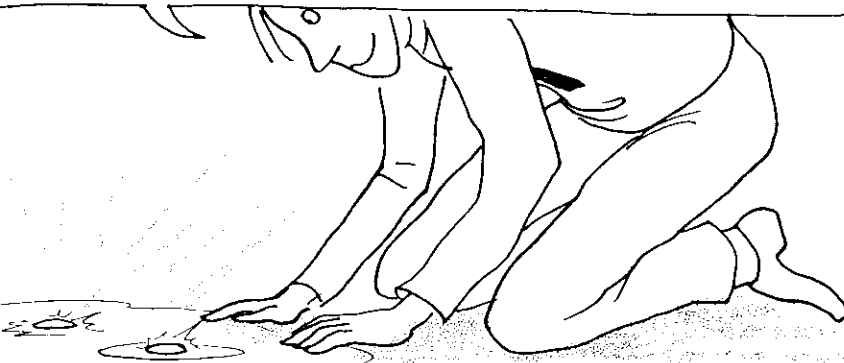
les formations de deux étoiles, de masses voisines ou dissemblables, sont des systèmes **STABLES**. Ces systèmes binaires, très nombreux dans les galaxies, ne sont que le signe d'une ancienne appartenance à un amas d'étoiles

Je suppose que les galaxies doivent aussi perdre lentement leurs étoiles ?

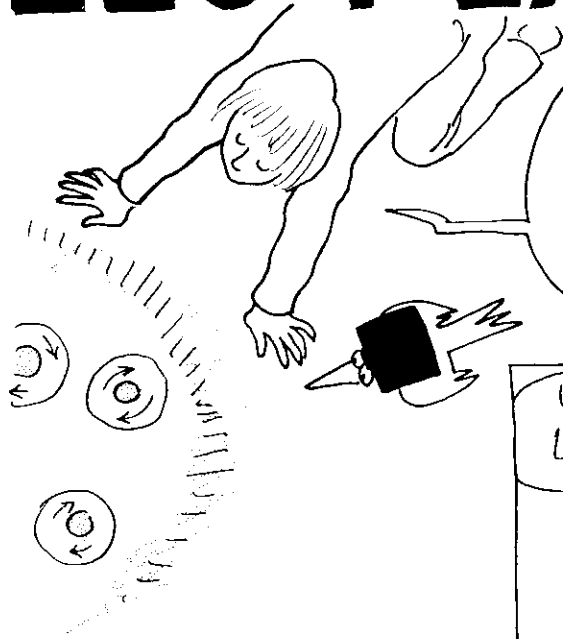
Pour ce faire, il faudrait que des étoiles acquièrent des supervitesses, supérieures à la vitesse d'évasion, par le jeu des **COLLISIONS**. Mais, dispersées à travers la galaxie, les étoiles forment un ensemble totalement **NON-COLLISIONNEL**. Elles ne se rencontrent pratiquement plus. Donc les galaxies ne perdent pas d'étoiles

A tout prendre, je préfère cela...

J'observe ce petit amas d'étoiles qui viennent de naître. Au fond, elles se comportent comme nos jeunes galaxies. Elles sont chaudes, entourées d'un petit halo de gaz et de poussière : leur atmosphère, en quelque sorte...

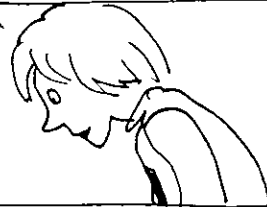


LES PLANÈTES



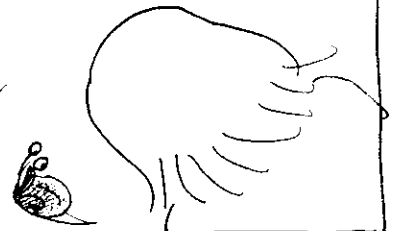
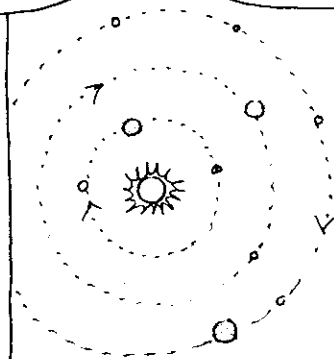
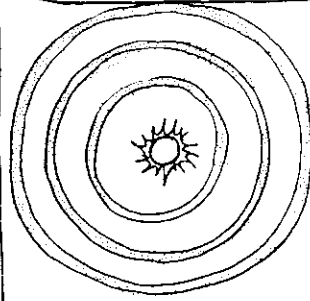
Nos jeunes étoiles font le va-et-vient dans leur mini-amas, comme des oeufs sur le plat dans une poêle bien huilée. Les collisions mettent leurs petits halos en rotation.

L'amas s'est disloqué comme un spore. Les étoiles se sont calmées. J'en suis une.

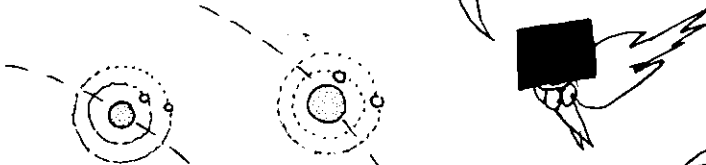


La force centrifuge empêche les poussières du halo de retomber sur l'étoile. Elles se rassemblent en anneaux concentriques.

Sur chaque cercle, chaque orbite, se forment des **PLANÈTES**

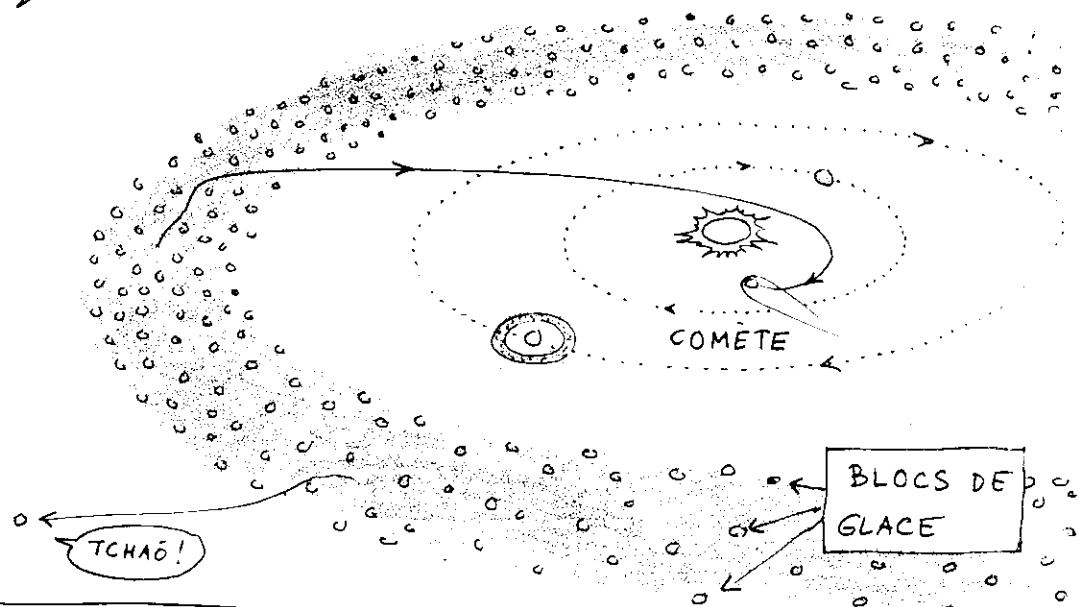


Sur une même orbite, la plus grosse planète capturera les planètes plus légères pour en faire ses satellites.

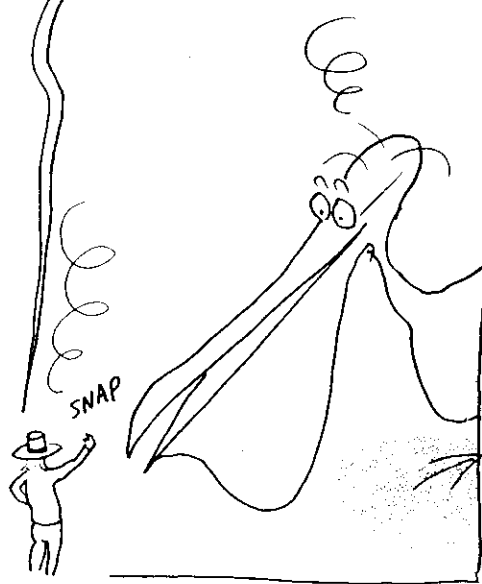


Et voilà. la boucle est bouclée.

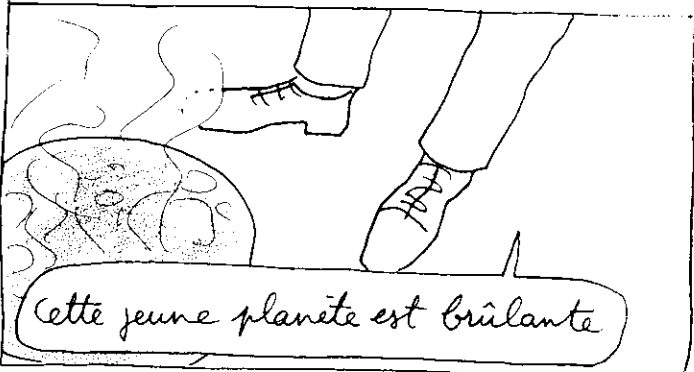
La partie **GAZEUSE** de cette **ATMOSPHÈRE STELLAIRE PRIMITIVE** va se condenser en un espèce de **HALO DE NEIGE SALE**. De temps en temps, une collision survient, entre deux éléments de cette ceinture. Soit le bloc est accéléré, et alors il quitte le **SYSTÈME SOLAIRE**, soit il est ralenti et, en "tombeant" vers le centre du système, devient une **COMÈTE**.



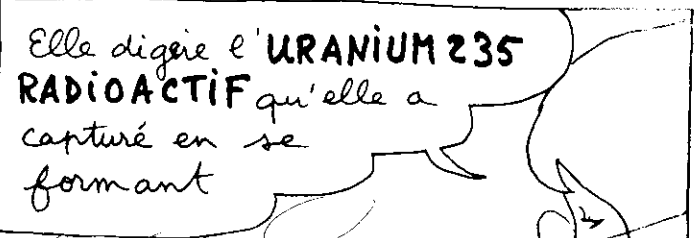
Si on allait voir ces **PLANÈTES** de plus près?



70



Cette jeune planète est brûlante



Elle digère l'**URANIUM 235** **RADIOACTIF** qu'elle a capturé en se formant



ça alors !? au moment de leur formation, les planètes étaient des **RÉACTEURS NUCLÉAIRES !?**

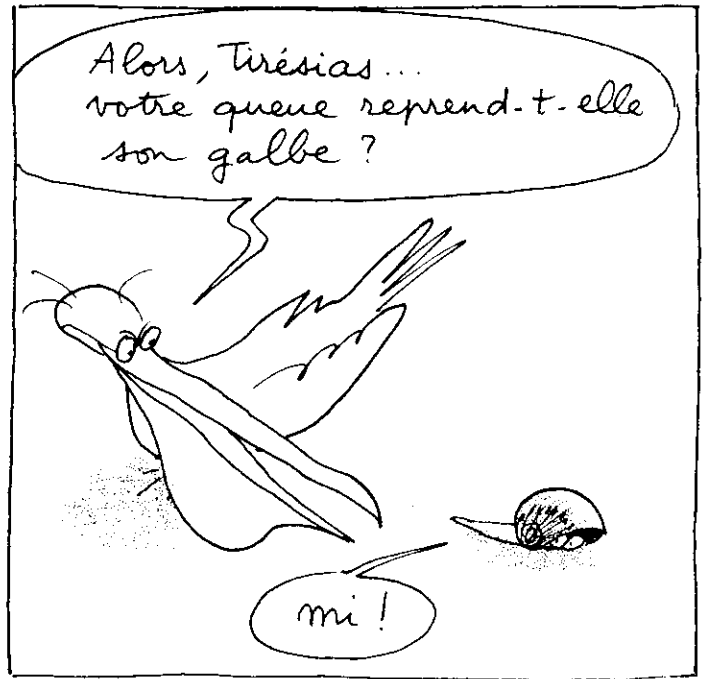
Pourquoi **ÉTAIENT**? elles le sont toujours! Comment crois-tu que la Terre maintient son noyau en fusion?

PLOTCH!

Héla!

Elle est aussi chauffée par tous ces météorites qui la percutent quand elle "**FAIT LE MÉNAGE**"

allons voir d'encore plus près

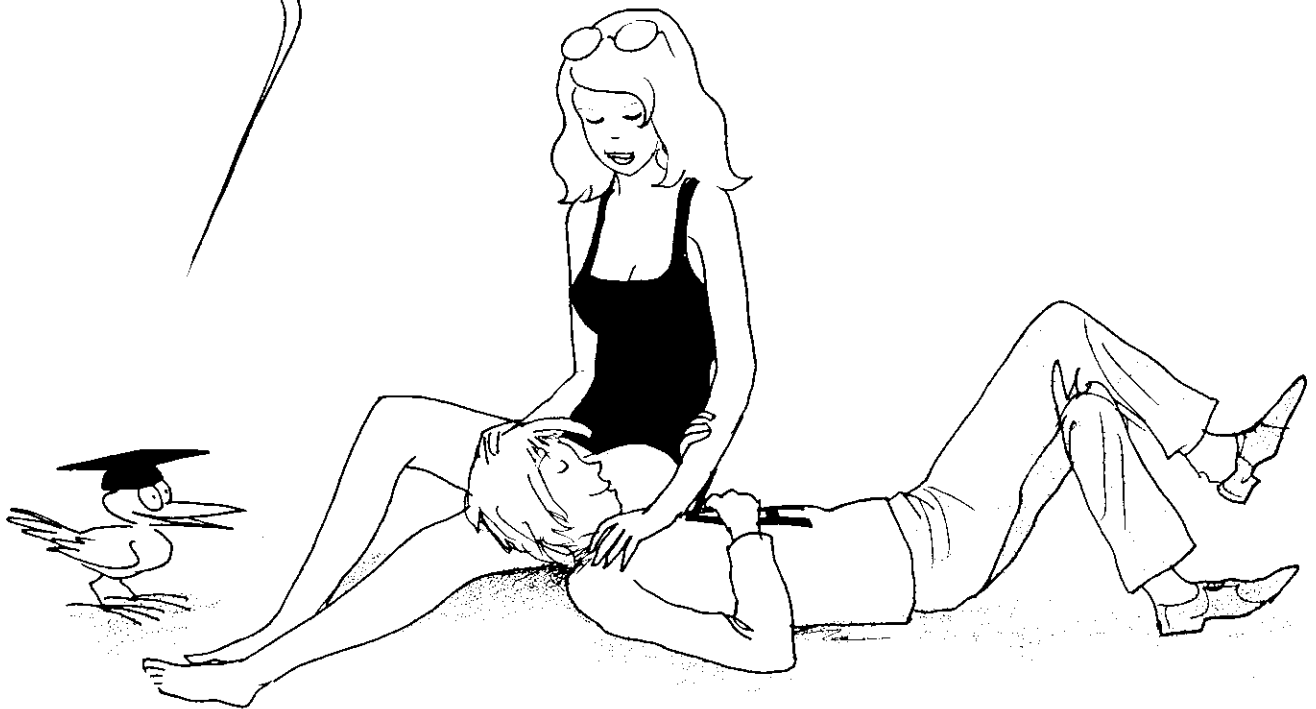


Nous voici donc sur une **PLANÈTE**. Des pluies torrentielles effacent peu à peu les cicatrices laissées par les météorites. Nous sommes à $t =$ dix milliards d'années et la température du rayonnement cosmologique est tombé à **4** degrés Kelvin

Nous allons pouvoir embrayer sur une nouvelle histoire : **LE BIOLOGICON**. Ici Sophie, qui vous parle en direct du Cosmos

FIN

Il est possible que l'Univers ne
soit qu'une vaste opération de vulgarisation
scientifique : Dieu essayant de nous
faire comprendre quelque chose...



Les aventures
**d'ANSELME
LANTURLU**



MILLE MILLIARDS DE SOLEILS!

par Jean-Pierre Petit

*La Science n'est peut-être
que la forme la plus élaborée
de la Littérature Fantastique*

