

► L'Homme et l'Univers





▶ Prologue

L'Homme et l'Univers



- ▶ L'homme, en tant que partie intégrante de l'univers, ne peut pas prétendre à une description objective de sa relation avec lui car :
- ▶ On ne peut pas être objectif quand on est juge et partie.
- ▶ De plus, la perception que nous avons de l'univers est de l'intérieur, ce qui en complique la connaissance.
- ▶ Par exemple la forme de notre galaxie est moins établie que celles des autres galaxies.



Notre galaxie vue de la Terre

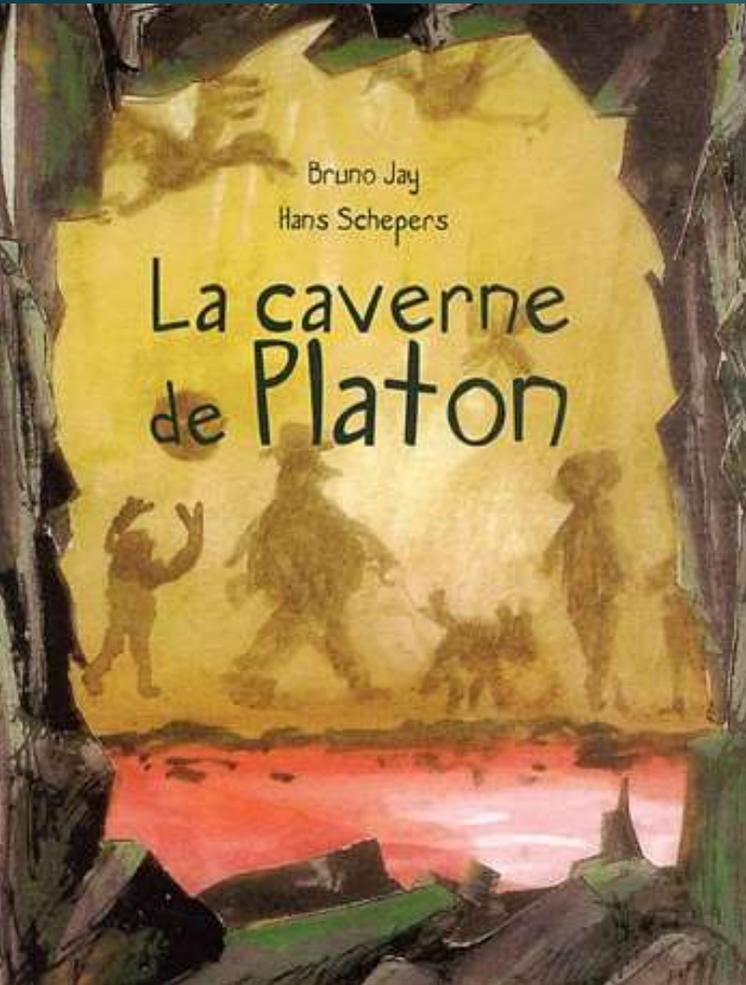


Autres galaxies:
Andromède en haut
Tourbillon en bas

L'Homme et l'Univers

- ▶ Tous ces problèmes nous empêcheraient-ils de connaître quoi que ce soit de la « réalité physique » l'univers? Non, parce que:
- ▶ D'une part, ce n'est pas parce qu'on ne connaît pas tout qu'on ne connaît rien.
- ▶ D'autre part, lorsqu'on est conscient de ces limitations on peut s'attacher à chercher les structures qui y sont compatibles et à les considérer comme essentielles.
- ▶ Un point essentiel, qui a été débattu de tout temps, est de s'interroger sur ce qu'on peut considérer comme la « réalité physique ».

Quelle réalité physique? L'Allégorie de la caverne



Platon dans son livre « La république » se demandait comment des prisonniers, enchaînés dans une caverne, réduits à ne voir que des ombres des objets extérieurs pourraient induire que ce ne sont que des ombres de quelque chose qu'ils ne perçoivent pas.

Si les ombres représentent des objets réels, alors comment peut-on récupérer la réalité de la représentation de la réalité ? En outre, si un prisonnier affirme que les ombres sont eux-mêmes la réalité, peut-on lui prouver qu'il a tort ?

L'Homme et l'Univers

- ▶ Dans son article « Principe de représentation-Auto-Duale théorique », Shahan Majid (1991) propose de représenter les deux points de vue sous l'angle d'une dualité formelle et d'utiliser les formalismes mathématiques appropriés pour déterminer les contraintes propres à concilier les deux points de vue, en préalable, déclare:
- ▶ *La physique théorique est la recherche d'un ensemble complet cohérent de lois fondamentales de la physique. Nous proposons une démarche visant à montrer que la structure ultime, à savoir l'ensemble de lois à prendre en compte par les physiciens, ne fait que refléter les structures autorisées par les contraintes de la pensée du physicien.*
- ▶ Nous concluons ce prologue par Bachelard qui souligne aussi que :

L'Homme et l'Univers

- ▶ « La science est un produit de l'esprit humain, produit conforme aux lois de notre pensée et adapté au monde extérieur. Elle offre donc deux aspects, l'un subjectif, l'autre objectif, tous deux également nécessaires, car il nous est aussi impossible de changer quoi que ce soit aux lois de notre esprit qu'à celles du monde ».
- ▶ Etrange déclaration métaphysique qui peut aussi bien conduire à une sorte de rationalisme redoublé qui retrouverait, dans les lois du monde, les lois de notre esprit, qu'à un réalisme universel imposant l'invariabilité absolue « aux lois de notre esprit » conçues comme une partie des lois du monde! *Bachelard, Le Nouvel esprit Scientifique.*

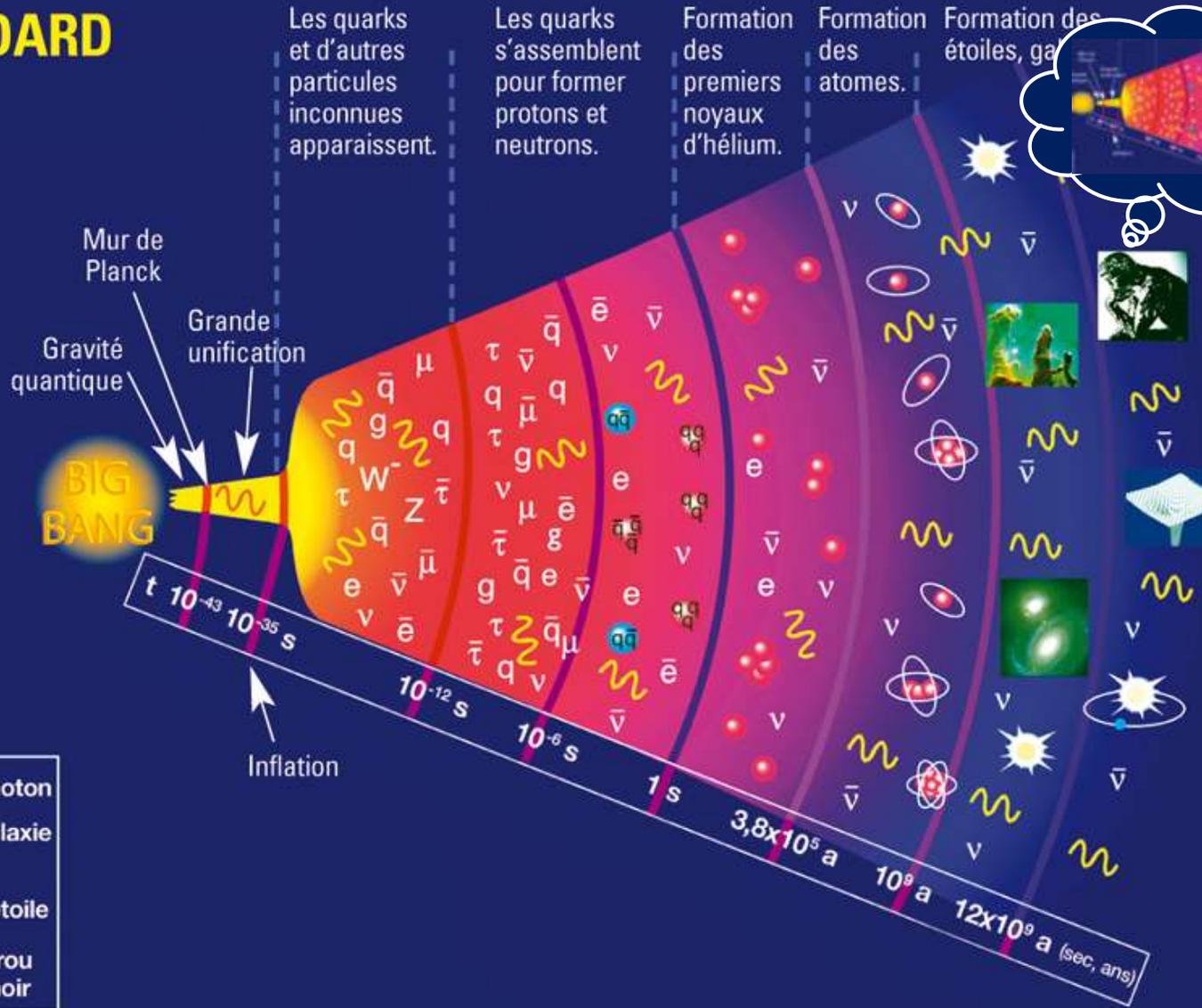


▶ Le modèle standard de la cosmologie

L'UNIVERS SELON LE MODÈLE STANDARD

Depuis le Big Bang, l'Univers primordial a franchi de nombreuses étapes durant lesquelles les particules puis les atomes et la lumière ont peu à peu émergé avant qu'étoiles et galaxies ne prennent corps. C'est cette histoire que raconte la théorie du « modèle standard » en vigueur aujourd'hui.

L'Univers devient transparent.



Légendes		W, Z bosons	photon
q quark	meson	galaxie	
g gluon	baryons	étoile	
e électron	ions	trou noir	
μ muon τ tau	atome		
ν neutrino			

Modèle actuel de l'évolution de l'univers



▶ Histoire de l'univers

L'univers a-t-il ou est-il une histoire?

- ▶ Nous verrons que cette évolution est passée par des points critiques (comme par exemple la nucléosynthèse primordiale) où tout aurait pu basculer et rendre l'évolution stérile (pour nous).
- ▶ Paradoxalement ces points critiques se révèlent d'une importance primordiale, ainsi si la nucléosynthèse s'était trop bien passée, tout l'hydrogène se serait transformé en hélium et éléments plus lourds et l'histoire se serait arrêtée là !

La flèche du temps

- ▶ Qui dit histoire, dit orientation du temps (qui ordonne les évènements). La nature du temps et son orientation est un des problèmes conceptuels qui a fait couler le plus d'encre.
- ▶ Concernant le temps propre son orientation est structurelle puisque c'est le paramètre dynamique de notre ligne d'univers.
- ▶ Pour la cosmologie on invoque, entre autres, la thermodynamique pour justifier cette orientation (variation de l'entropie).

Le schéma cosmologique usuel :

Un univers en expansion ?

La phénoménologie d'un espace en expansion, décrite par une description particulière du modèle cosmologique, n'est que le point de vue d'observateurs parcourant des géodésiques divergentes orientées par leur temps propre, voyant les autres observateurs géodésiques s'éloigner.

Si elle est pratique, (nous l'utiliserons) elle doit être prise pour ce qu'elle est : Une présentation parmi une infinité d'autres.

Mais elle masque une propriété essentielle de la description relativiste covariante: L'équation d'Einstein définit un espace-temps, qui évidemment n'est pas en expansion (ce qui élude le problème de son origine: l'univers est une histoire), mais dont les géodésiques qui y sont définies caractérisent la phénoménologie d'expansion!

- 
- ▶ L'univers primordial
 - ▶ Des champs aux particules

Le Modèle cosmologique standard (Big-Bang).

L'univers du temps de Planck jusqu'à $t = 10^{-35}\text{s}$

A partir d'un état incroyablement chaud et très homogène, où au temps de Planck l'immense univers observable (environ 40 milliards d'années-lumière aujourd'hui) était confiné dans un volume inférieur à celui, immensément petit, d'un proton, et où seuls existaient des champs (avec leurs caractéristiques propres) que la température masque, cet univers entre en expansion.

Avant on ne peut rien dire !



Comment cette fournaise infernale peut-elle posséder déjà son « ADN » qui va engendrer son devenir : Sa géométrie, ses champs, ses lois fondamentales.

Notons que dans cet état à très haute énergie, (à l'échelle de Planck), tout est à l'échelle de Planck et que la résolution spatio-temporelle est très grande (conservée dans l'expansion ?).

Notons également que du fait de la mécanique quantique et des lois de la physique cette expansion ne va pas être « parfaite » mais qu'il va y avoir des grumeaux qui vont jouer un rôle essentiel.

Le Modèle cosmologique standard (Big-Bang).

L'inflation

Très tôt dans l'histoire de l'univers, entre 10^{-34} s et 10^{-32} s, une phase d'inflation très courte ($\approx 10^{-32}$ s) mais de durée égale à 100 fois l'âge de l'univers, (expansion exponentielle: e^{100}) va jouer un rôle important notamment en dilatant les fluctuations quantiques qui vont être les germes des grandes structures et va permettre, en refroidissant l'univers, à ces champs de manifester leurs particularités.

Cette inflation va également résoudre le problème de l'horizon et la courbure quasi nulle de l'espace

L'imperfection comme principe créateur

Sans l'incertitude de la mécanique quantique l'univers, trop symétrique, trop parfait aurait été stérile.

Sans la dissymétrie matière-antimatière, aucune matière ne serait restée, sans la faiblesse de cette dissymétrie (10^{-9}), la nucléosynthèse aurait été trop importante et rien de significatif n'aurait pu se passer.

Ce principe, qui indique qu'un système ne peut pas être dans un état parfaitement déterminé (précision infinie), apparaît comme un principe fondateur et nécessaire de la physique qui a permis notre apparition !

Sans ce principe, l'univers n'aurait pas pu évoluer suffisamment longtemps pour permettre notre apparition...

Création de la matière



A 10^{-32} s, après le réchauffement post inflationniste l'univers est rempli d'une matière de densité énorme 10^{73} kg/m³

La température est si élevée que ni les protons, ni les neutrons ne peuvent exister, ils sont dissociés en quarks.

On a donc une «soupe» ultra-dense de quarks, d'électrons, de photons et neutrinos.

Création de la matière



Lorsque l'univers se refroidit les particules et antiparticules commencent d'abord par être à l'équilibre puis vont s'annihiler en générant des photons.

Selon la masse des particules ceci ne se produit pas au même moment.

Par ailleurs certaines particules vont se découpler, à entropie conservée, entraînant des changements de phase (réchauffement).

$t = 10^{-4}$ s, l'excès de matière, la domination écrasante des photons à l'œuvre

L'imperfection, à l'œuvre, fait qu'il y a un léger excès de matière (10^{-9}). Les protons et neutrons restants après annihilation avec les antiprotons et antineutrons seront stables vers $t = 0,0001$ s.

L'annihilation massive matière-antimatière fait qu'il y a un milliard de photons par nucléon, tous contribuant à l'équilibre thermique!

$t = 10^{-4}$ s, l'excès de matière, la domination écrasante des photons à l'œuvre.

Mais l'équilibre entre protons et neutrons qui résultait des réactions symétriques à haute température ($p \leftrightarrow n$) va se briser car le neutron est handicapé par sa masse légèrement supérieure à celle du proton et à $t = 0,01$ s il ne reste plus que 9 neutrons pour 10 protons.

- 
- ▶ La nucléosynthèse primordiale
 - ▶ Les premiers noyaux atomiques

t = 1 s, la nucléosynthèse primordiale

La température est de dix milliards de degrés Kelvin (1 Mev) soit de l'ordre de grandeur de l'énergie de liaison des nucléons dans le noyau.

Il ne reste plus qu'un seul neutron pour trois protons!

La seule façon de les sauver serait de s'incorporer avec des protons dans des noyaux stables.

$t = 1 \text{ s}$, la nucléosynthèse primordiale

Cela passe par le deutérium, cette température est suffisamment basse pour le permettre, mais il a un noyau fragile (chicane du deutérium).

L'expansion encore rapide de l'espace ne favorise pas cette réaction mais surtout, le bain de photons en surnombre écrasant détruit systématiquement les noyaux formés.

t = 100 s, la nucléosynthèse devient efficace

La température est tombée à un milliard de degrés Kelvin (0,1 MeV) (environ 100 fois la température du centre du Soleil).

Le deutérium devient stable.

L'univers entier entre en fusion nucléaire et en quelques dizaines de secondes les neutrons survivants (1 neutron pour 7 protons) sont incorporés dans les noyaux de deutérium qui eux-mêmes fusionnent en hélium 4.

t = 100 s, la nucléosynthèse devient efficace

Il était temps, car déjà décimés par les réactions $p \leftrightarrow n$ qui le pénalisaient, le neutron libre est instable et se désintègre en proton avec une période de 15 mn environ. Cette fusion tardive fait que la température est trop basse pour générer des quantités significatives d'autres éléments elle va s'arrêter à $t = 200s$.

- 
- ▶ Les premiers atomes, l'univers devient transparent au rayonnement électromagnétique

t= 380 000 ans, découplage matière-rayonnement

Le plasma électrons-noyaux dans l'espace continue de se dilater en se refroidissant et lorsqu'il atteint environ 3000 K, les électrons vont pouvoir être associés de façon stable aux noyaux pour constituer des atomes « neutres »:

L'univers devient transparent à la lumière.

t= 380 000 ans, découplage matière-rayonnement

C'est cette « surface » de « dernière » diffusion (RFC) que les satellites comme Planck analysent car c'est le témoignage observable par le rayonnement le plus ancien de l'histoire de l'univers.

Remarquons que c'est en analysant les motifs des fluctuations de température (des empreintes laissées par les événements antérieurs) qu'on induit, de façon concomitante avec d'autres observations, cette histoire antérieure.

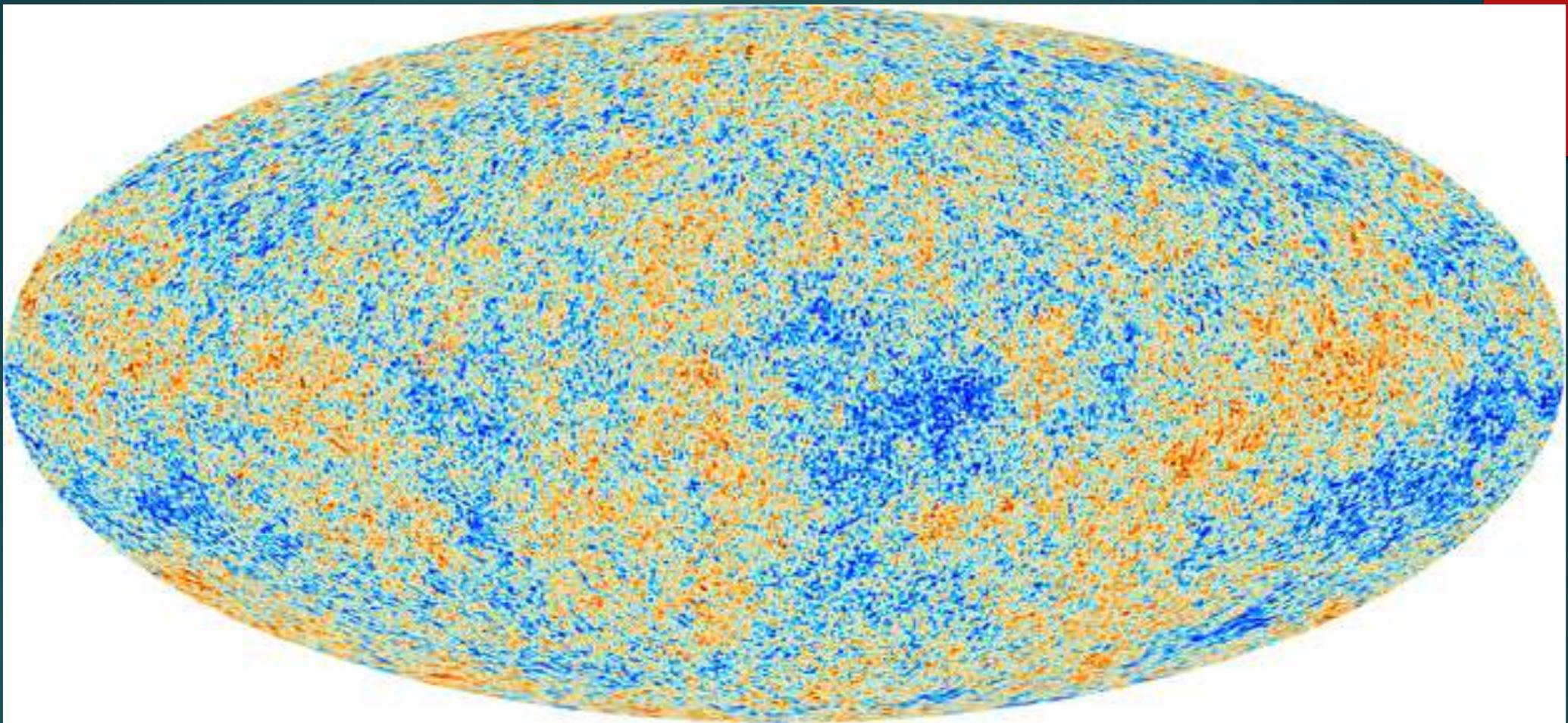


Image du RFC observée par le satellite Planck (température en fausses couleurs) L'information, les empreintes de l'histoire, est contenue dans l'image. On est exactement dans le schéma de la caverne de Platon: On voit l'ombre d'une supposée réalité physique!



▶ Les acteurs de la dynamique de
l'univers à l'œuvre

Les interactions

A ce stade, il est utile de faire un point sur les interactions à l'œuvre dans la poursuite de l'évolution de l'univers.

Gravitation: (très faible) en courbant l'espace-temps interagit avec toute matière-énergie :

Compte tenu de son extrême faiblesse ne va régir l'univers qu'à grande échelle - Très grosses masses (galaxies, étoiles, planètes et leurs satellites, comètes, etc):

Régit les grandes structures, un cadre pour permettre à la vie de se développer.



Electromagnétisme: concerne les particules ou systèmes chargés (charge + ou -) et/ou ayant un moment magnétique (10^{40} fois plus forte que la gravitation).

Assure la cohésion des atomes (entre le noyau et les électrons autour), des molécules (entre atomes), de la matière à l'échelle micro (10^{-10} m à l'échelle de l'atome) et macroscopique (solides, liquides).



Interaction forte : Concerne les quarks (confinés) constituants du noyau. Charge de couleur (3 couleurs).

Assure la cohésion du noyau et particules le constituant (protons, neutrons).

Niveau $<10^{-15}$ m



Interaction faible : Permet aux quarks de changer de nature et ainsi la désintégration d'un noyau (exemple, neutron \rightarrow proton) : Niveau $< 10^{-15}$ m. Caractérisée par la charge, hypercharge, isospin. Cette interaction « reconnaît » la droite et la gauche (violation de parité!). Cette différence permet de distinguer matière et antimatière!

L'interaction électromagnétique et faible sont unifiées dans le formalisme « électrofaible ».

A titre d'exemple l'interaction forte change la couleur des quarks et l'interaction faible leur saveur .

La matière-espace-temps



La matière qui est un marqueur de l'espace (principe d'exclusion de Fermi) obéit à une statistique particulière (Fermi-Dirac) à la différence des bosons, autres « particules », qui sont les quanta des degrés de libertés des champs décrivant les interactions qui obéissent à la statistique de Bose-Einstein (il n'y pas cette contrainte).

Le rayonnement possède un caractère temporel, (fréquence - célérité constante) a la propriété d'être un marqueur de « l'échelle » de l'espace (distance entre objets matériels) , puisqu'il est « dilaté » par son « expansion ».

L'importance critique des neutrons



Au niveau des éléments « chimiques », briques de la matière (92 éléments « stables » à différents degrés) cette diversité est permise par les neutrons qui assurent la cohésion du noyau. Les protons qui sont chargés positivement se repoussent et l'interaction forte serait rapidement vaincue si les neutrons qui ne sont pas chargés ne venaient pas la renforcer.

L'importance critique des neutrons



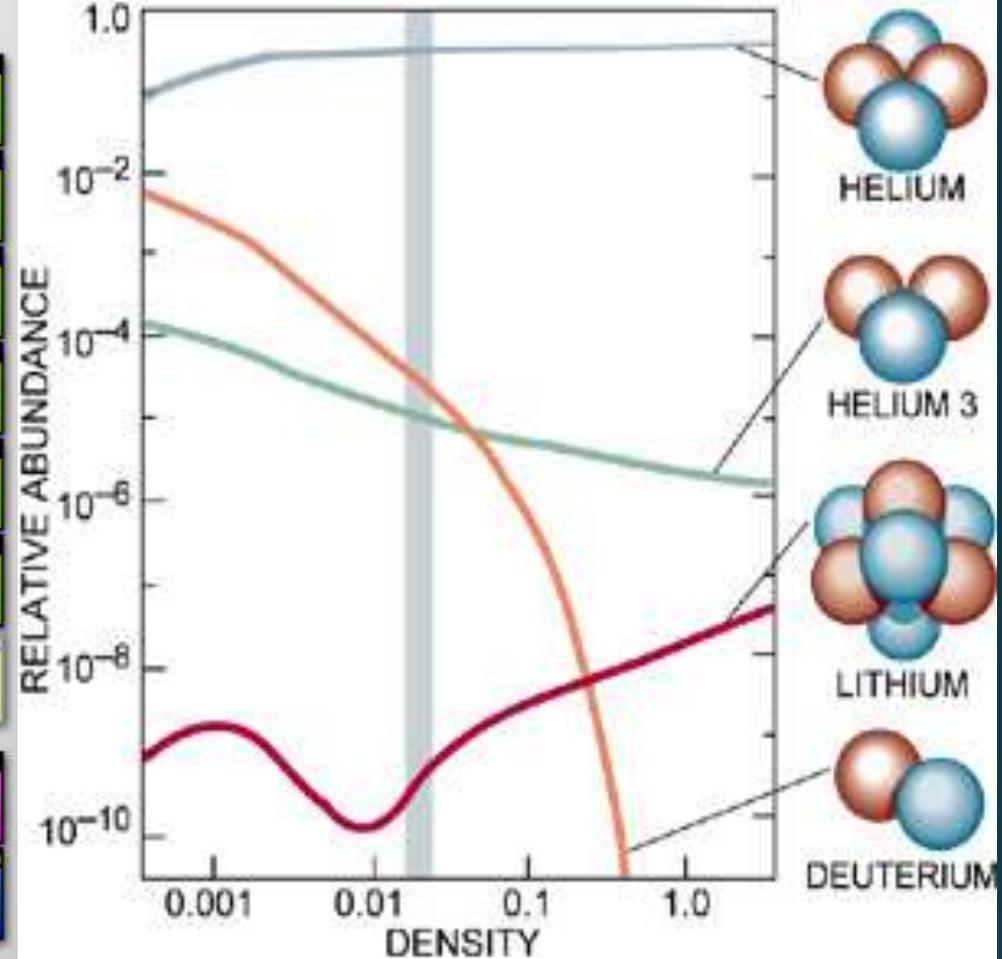
Sans neutrons le nombre d'éléments stables seraient très réduit et une chimie permettant la vie telle qu'on la connaît qu'on appellera désormais la vie, fondée principalement sur des éléments comme le carbone, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène entre autres ne serait pas possible

tableau-periodique.fr

Légende:

- Non-métaux
- Métaux alcalins
- Métaux alcalino-terreux
- Métaux de transition
- Métaux pauvres
- Métalloïdes
- Halogènes
- Gaz nobles
- Lanthanides
- Actinides

PERIODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	Hydrogène 1 H																		Hélium 2 He	
2	Lithium 3 Li	Béryllium 4 Be											Bore 5 B	Carbone 6 C	Azote 7 N	Oxygène 8 O	Fluor 9 F	Néon 10 Ne		
3	Sodium 11 Na	Magnésium 12 Mg											Aluminium 13 Al	Silicium 14 Si	Phosphore 15 P	Soufre 16 S	Chlore 17 Cl	Argon 18 Ar		
4	Potassium 19 K	Calcium 20 Ca	Scandium 21 Sc	Titane 22 Ti	Vanadium 23 V	Chrome 24 Cr	Manganèse 25 Mn	Fer 26 Fe	Cobalt 27 Co	Nickel 28 Ni	Cuivre 29 Cu	Zinc 30 Zn	Gallium 31 Ga	Germanium 32 Ge	Arsenic 33 As	Sélénium 34 Se	Brome 35 Br	Krypton 36 Kr		
5	Rubidium 37 Rb	Strontium 38 Sr	Yttrium 39 Y	Zirconium 40 Zr	Niobium 41 Nb	Molybdène 42 Mo	Technétium 43 Tc	Ruthénium 44 Ru	Rhodium 45 Rh	Palladium 46 Pd	Argent 47 Ag	Cadmium 48 Cd	Indium 49 In	Étain 50 Sn	Antimoine 51 Sb	Tellure 52 Te	Iode 53 I	Xénon 54 Xe		
6	Césium 55 Cs	Baryum 56 Ba	Lanthanides		Hafnium 72 Hf	Tantale 73 Ta	Tungstène 74 W	Rhénium 75 Re	Osmium 76 Os	Iridium 77 Ir	Platine 78 Pt	Or 79 Au	Mercury 80 Hg	Thallium 81 Tl	Plomb 82 Pb	Bismuth 83 Bi	Polonium 84 Po	Astatoïde 85 At	Radon 86 Rn	
7	Francium 87 Fr	Radium 88 Ra	Actinides		Rutherfordium 104 Rf	Dubnium 105 Db	Seaborgium 106 Sg	Bohrium 107 Bh	Hassium 108 Hs	Méltérium 109 Mt	Darmstadtium 110 Ds	Roentgenium 111 Rg	Copernicium 112 Cn	Uut 113	Uuq 114	Uup 115	Uuh 116	Uus 117	Uuo 118	
			Lanthanides																	
			Actinides																	



La nucléosynthèse primordiale (univers entier en fusion) n'a généré pratiquement que de l'hélium, (la composition de l'univers étant alors d'environ 90% d'hydrogène de 10% d'hélium) et de traces de deutérium et de lithium. Piètre résultat au vu du phénomène cosmique à l'œuvre.

Mais c'est heureux, car si elle avait été totale l'histoire s'arrêterait là! En effet, elle a préservé le « carburant » essentiel de la fusion (l'hydrogène) pour la suite des évènements et a sauvé les neutrons ce qui autorisera la chimie complexe et variée que nous connaissons.

- 
- ▶ Ces mêmes acteurs de la dynamique de l'univers vont aussi permettre l'apparition de la vie

Rôle des interactions dans la chaîne de la vie

Ces interactions vont permettre de constituer des noyaux atomiques (interaction forte et faible) de grande diversité et aux constituants de s'organiser au niveau des grandes masses (gravitation) en structures stables, à des échelles de milliards d'années, fournissant des structures d'accueil (planètes) et l'énergie (étoiles) pour l'évolution des hôtes.

L'interaction électromagnétique va permettre la construction d'atomes et de molécules agents d'une chimie complexe et variée produisant des entités complexes (minéraux, végétaux, animaux) dont la stabilité est variable mais adaptée afin de permettre des changements de nature de ces entités pour s'adapter aux changements de l'environnement.

La gravitation à l'œuvre

La matière noire à l'œuvre

L'interaction du rayonnement avec la matière ordinaire a pour effet de niveler les inhomogénéités, mais la matière noire qui ne se couple pas avec le rayonnement permet de préserver ces défauts rendant la phase suivante possible.

Le schéma de formation des galaxies

Ces grumeaux de matière (constitué essentiellement de gaz) vont s'effondrer par un mécanisme complexe puis à un niveau plus local ce gaz va donner des étoiles avec leurs cortèges de planètes.

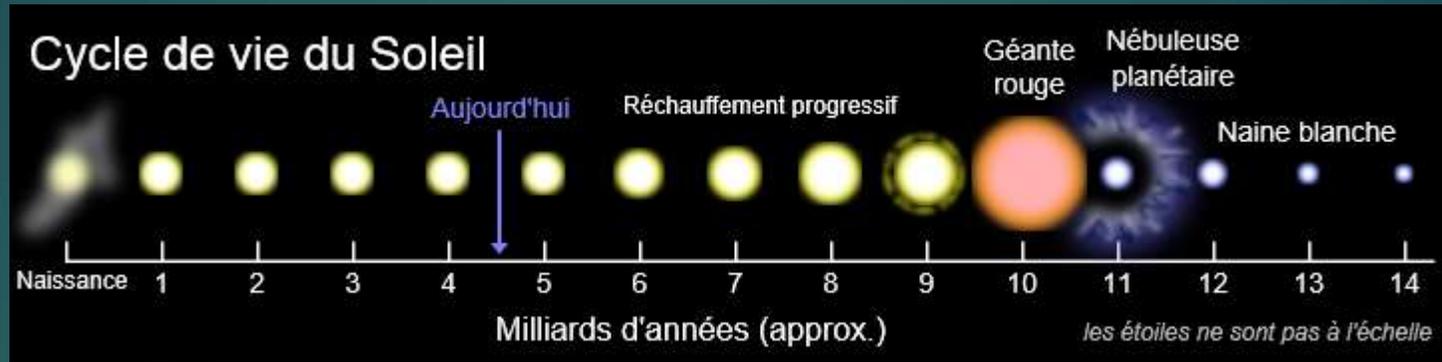
Les étoiles finissent le travail

Ensuite les étoiles qui sont les usines à atomes vont produire d'autres éléments et en particulier les supernovæ qui, en plus de l'hydrogène représentant 90% des atomes de l'univers et de l'Helium (presque 10%) tout le reste étant inférieur à 0,001%, dans une fusion explosive synthétisent de nombreux éléments en particulier du carbone, de l'oxygène de l'azote etc... et les dispersent dans l'espace ce qui donnera une autre génération d'étoiles (et de planètes) avec plus d'éléments chimiques.



► Formation et évolution du système solaire

Naissance et vie du Soleil



Il y a quatre milliards et demi d'années une étoile a explosé au voisinage (au sens cosmologique : $d < 100$ al) de la région où le Soleil (notre étoile) allait se former.

Elle aensemencé cette région en éléments chimiques variés (qu'on va retrouver dans le soleil et les planètes) et l'onde de choc de l'explosion va provoquer un effondrement (sur des centaines de millions d'années) du gaz conduisant à la formation du système solaire.

Le Soleil



Le résultat de cet effondrement est une étoile de masse telle que les réactions nucléaires ont du mal à se produire (le cœur est à 15 millions de degrés Kelvin bien loin du milliard de degrés de la nucléosynthèse primordiale). L'effet tunnel joue un rôle important (pic de Gamow).

Chaque kilogramme de Soleil ne produit que 1 mW, mille fois moins que notre corps!

Ce rendement poussif est une aubaine, car brûlant mal il brûle longtemps et satisfait à une des exigences pour l'apparition de la vie, processus qui demande du temps.

Le système solaire primordial



D'un côté le nuage d'hydrogène s'effondre en tourbillonnant, par un processus complexe, et pour cela il doit se débarrasser de son moment angulaire, d'où les proto-planètes (tas de cailloux où les plus gros attirent les plus petits, jusqu'à s'échauffer pour allumer les réactions de fusion.

C'est un scénario cataclysmique où les plus gros corps encore brûlants, subissent des bombardements incessants de météorites de toutes tailles déchirant la croûte provoquant l'apparition de volcans :

Le système solaire primordial





▶ Formation et évolution de la Terre

Le système solaire primordial

C'est l'enfer. Cela ne va se calmer qu'au bout de quelques centaines de millions d'années. Mais la température élevée du centre de la Terre (plusieurs milliers de degrés) est la relique de cette formation dont le refroidissement est ralenti par la radioactivité naturelle (10^{13}W), à comparer au 3.10^{17}W solaire. Mais dans ces conditions inutile de dire qu'aucune vie ne peut se développer.

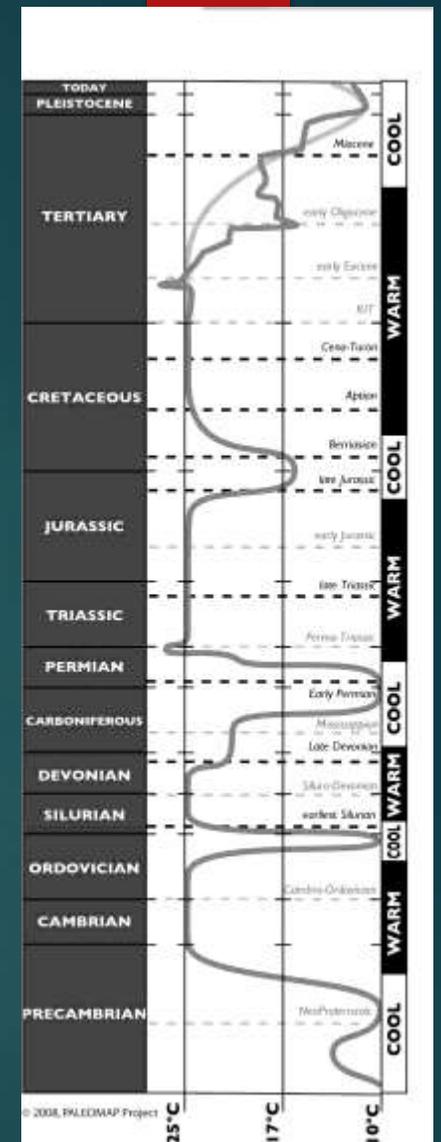
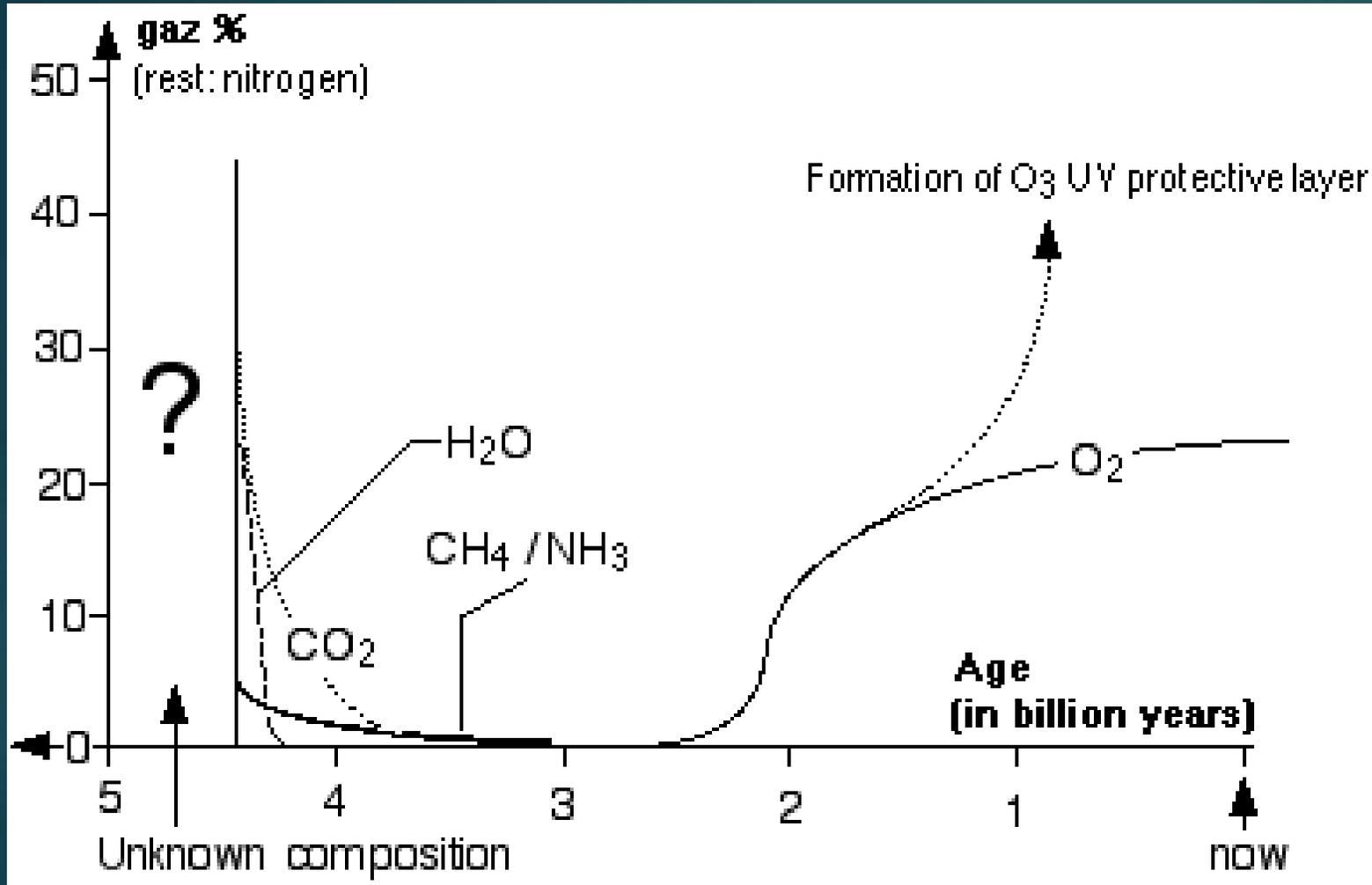


L'atmosphère

Une planète de la taille de la Terre peut retenir durablement une atmosphère de gaz pas trop légers. Si elle va perdre rapidement son hydrogène (abondant) et sans doute aussi l'hélium plus rare, la Terre peut retenir durablement les molécules de gaz tels que l'azote N^2 (d'origine volcanique), ce que Mars, plus petit, ne peut pas faire.

Il n'y a pas d'oxygène libre (gazeux O^2) à cette époque, les premières formes de vie vont être anaérobiques.

Atmosphère et température



L'effet de serre de l'atmosphère, élève de 35°C la température à la surface de la Terre (15°C au lieu de -20°C). Notons l'évènement majeur de « grande oxygénation », il y a environ 2 milliards d'années.

Le problème de l'eau liquide

Lorsque le bombardement météorique s'est calmé la température peut se stabiliser. L'eau liquide est indispensable au développement de la vie telle qu'on la connaît. En fait la molécule d'eau est relativement assez abondante dans l'univers (Les comètes faites de glace en attestent).

Différentes hypothèses existent sur la formation des océans :

Certains pensent que c'est la pluie consécutive aux orages très violents qui en est la cause, d'autres préfèrent l'attribuer au passage proche de la queue d'une comète. Cette dernière hypothèse avait le vent en poupe est remise en cause.

Le problème de l'eau liquide



- 
- ▶ Conditions pour l'apparition et le développement de la vie (telle que nous la connaissons)

Cela suffit-il pour la vie?

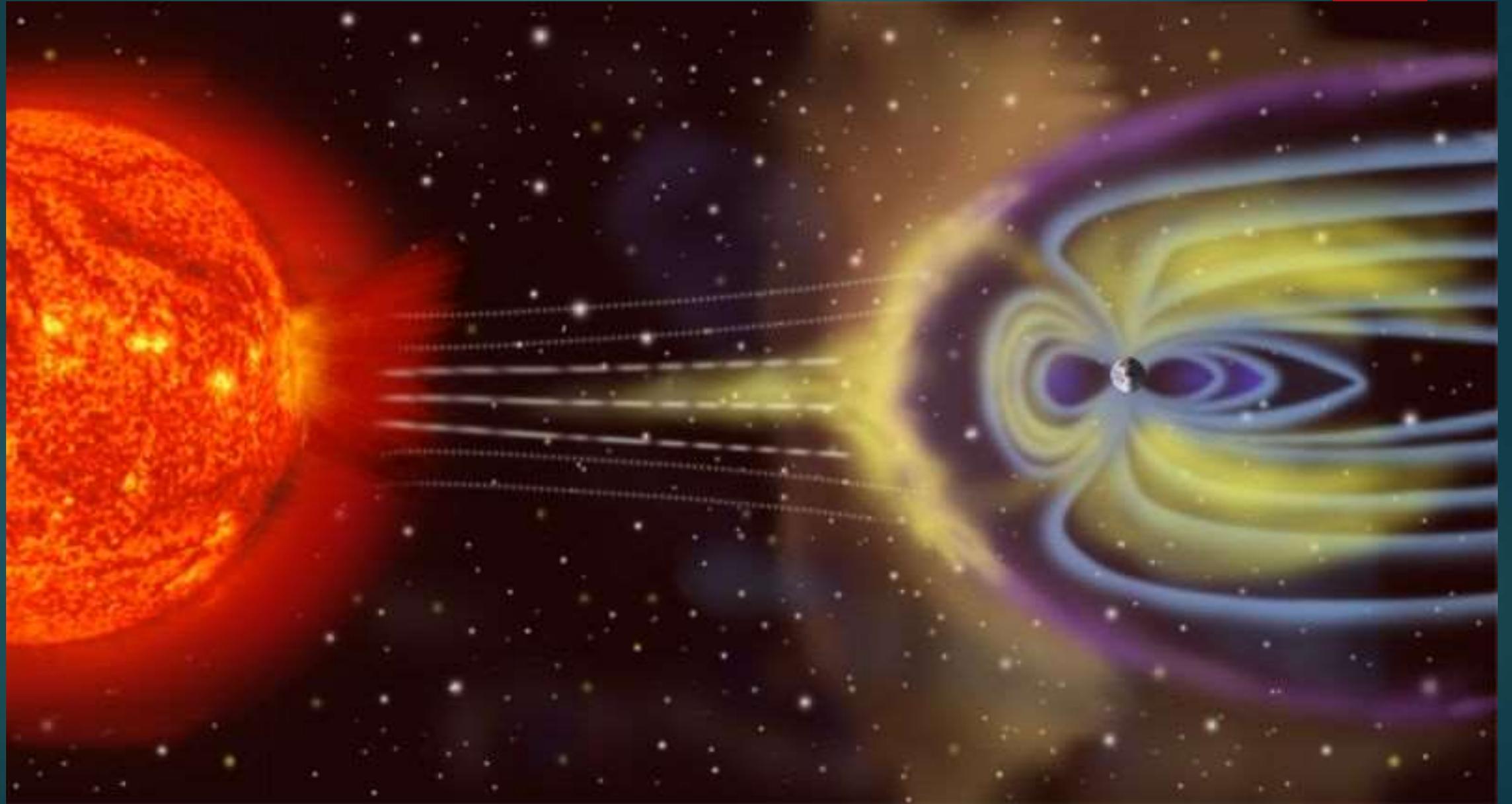
Il faut des conditions supplémentaires très contraignantes.

Une planète dont la température présente des régions dans une fenêtre étroite autour de 15°C, autrement dit, en général une étoile proche stable qui la baigne dans son rayonnement, le volcanisme peut fournir une autre source, pas d'étoiles instables à « proximité ».

De l'eau à l'état liquide.

Une atmosphère gazeuse appropriée pour les réactions chimiques avec les êtres vivants, qui protège (O³) des rayonnements nocifs et des météorites de petites tailles.

► Un bouclier magnétique pour dévier les particules chargées nocives..



- 
- ▶ Et que tout cela soit relativement stable, car le processus de l'évolution vers des êtres complexes a pris des milliards d'année sur Terre, mais avec des catastrophes (exemple extinction des dinosaures) de temps en temps pour sortir « d'états stables ».
 - ▶ Des mutations et un mécanisme de « sélection-évolution » naturelle.
 - ▶ Autrement dit un monde non figé où ce sont les erreurs qui conduisent et permettent l'évolution.

- 
- ▶ Si on admet que la distribution des étoiles et de leurs cortèges de planètes est « statistique », il faut un grand nombre d'étoiles pour que ces conditions soient réunies.
 - ▶ Par ailleurs, nous nous considérons comme l'aboutissement ultime de l'évolution, mais modestie oblige, rien n'exclut que des êtres encore plus « performants » puissent exister ailleurs.
 - ▶ La grande distance entre les étoiles et la rareté de ces conditions fait que des communications entre civilisations est peu probable. Ceci est peut être une « protection » car l'histoire nous a montré que la rencontre de civilisations de niveau d'évolution différent a rarement profité à celle qui l'était le moins !



► Emergence et évolution de la
vie

L'émergence mystérieuse de la vie

- ▶ Les interactions, en particulier l'interaction forte régissant le nombre de protons et par conséquent d'électrons avec l'électromagnétisme intervenant dans la constitution de molécules complexes via ces couches d'électrons permettent potentiellement l'émergence de la vie mais n'impliquent pas systématiquement le mécanisme complexe et progressif de son émergence.
- ▶ Le plus plausible est de suivre une approche darwiniste en admettant que statistiquement tout ce qui peut se produire, finit par se produire et que ce la sélection se fait en fonction de l'adéquation au milieu et à sa capacité d'adaptation? Ceci pouvant aussi s'appliquer à l'univers!

L'émergence mystérieuse de la vie

- ▶ N. Wiener signale dans «cybernétique et société» que, a contrario de la matière «inerte», l'entropie des systèmes vivants diminue (localement), dans le respect du 2^{ième} principe de la thermodynamique: l'entropie de l'univers ne peut pas décroître.
- ▶ Rappelons que l'entropie caractérise le degré de désordre.
- ▶ Comment à partir des êtres élémentaires (bactéries,..) des êtres complexes ont pu se constituer (théorie darwinistes). Comment la compétition et la symbiose entre espèces s'organise.

- 
- ▶ Pourquoi les individus d'une espèce, sont-t-ils « mortels » (facilite les mutations?). Cycle Naissance-croissance-reproduction -mort.
 - ▶ Pourquoi au-delà des fonctions essentielles: nourriture-reproduction, une intelligence permettant une appropriation du milieu et un spiritualisme émerge, alors que cela ne semble , a priori d'aucune utilité?
 - ▶ La réponse est peut-être que cela fait partie du « destin » de l'univers, la complexité de la vie intelligente pouvant rivaliser avec l'immensité inerte de l'univers!



▶ Quel avenir pour l'humanité?



Quid du progrès technologique dans le devenir de l'humanité?

Il est difficile de prédire l'avenir, il suffit de lire les prédictions faites il y a 100 ans pour s'en convaincre.

Mais une chose est certaine la consommation d'énergie augmente avec le degré d'évolution d'une civilisation.

Ainsi on distingue 4 niveaux de 0 à 3

Quid du progrès technologique dans le devenir de l'humanité?

0: On n'est pas capable de maîtriser les phénomènes de sa planète.

1: On est capable de maîtriser les phénomènes de sa planète, ceci requiert une énergie considérable qu'il faut puiser dans son étoile.

2: On maîtrise les phénomènes de son système planétaire, on peut y voyager aisément. Une faut puiser l'énergie dans la galaxie!

3: On maîtrise les phénomènes de sa galaxie: Il faut puiser l'énergie de l'univers. La civilisation est invulnérable! On estime à quelques millions d'années le temps pour atteindre ce niveau. D'ici là.....



▶ L'avenir commence au présent...

La préservation de la vie



Quel destin pour l'humanité?



- ▶ Nous avons montré comment, et à travers quel scénario invraisemblable, l'univers a pu accoucher de l'humanité.
- ▶ Sommes-nous un cas exceptionnel voire unique ou simplement le croyons nous, du fait de notre isolement lié aux distances considérables qui séparent les étoiles et les galaxies?
- ▶ Quoi qu'il en soit, notre destin est, au moins partiellement, entre nos mains.
- ▶ Pour prendre conscience de la valeur de ce que l'univers nous a apporté, rien de tel que prendre un peu de recul.

La Terre, notre vaisseau spatial dans un espace hostile



- 
- ▶ Les missions spatiales habitées nous ont montré que l'espace était un milieu très inhospitalier du fait qu'il ne contient pas les éléments indispensables à notre vie et qu'il faut les emporter.
 - ▶ Il est de plus hostile, car on y est exposé aux météorites et à des rayonnements nocifs d'une violence inouïe.
 - ▶ La Terre avec toutes les ressources et protections qu'elle nous offre (qui ont permis le développement de vie) fonçant à 1 million de km/h dans l'univers est notre vaisseau spatial, sachons le maintenir en état.

Conclusion ?

C'est un enchaînement complexe de phénomènes qui a permis notre apparition suite à une évolution de type darwinien. L'ADN de l'univers est caractérisé par les interactions qui encadrent les possibilités et par les défauts qui permettent la diversité.

Une caractéristique de ces phénomènes est qu'ils n'ont traité qu'un aspect partiel du problème qui lui-même résulte de conditions précédentes qui avaient partiellement fonctionné.

Le rôle des erreurs permettant d'échapper à une situation localement stable au bénéfice d'une autre solution qui peut se révéler plus intéressante a été également souligné.

Conclusion ?



La cosmologie, à travers le récit de l'univers, invoquant un scénario abracadabrant, ne permet de décrire que les conditions propres à rendre la vie (que nous connaissons) possible et ne justifie son émergence et son évolution vers la vie intelligente que par une approche darwiniste. Une caractéristique originale de nos sociétés et que nous ne sommes pas purement passifs et tenons, au moins en partie, notre avenir. Nous avons décrit une phénoménologie, mais comme le prologue l'induit, lorsque notre esprit cherche à appréhender la nature dans ses retranchements ultimes, il risque d'y découvrir d'étranges empreintes: Les nôtres!