

« L'histoire » tumultueuse de l'Univers de son origine et de son évolution jusqu'à l'homme

De tout temps l'homme s'est interrogé sur le monde dans lequel il vivait, de son environnement immédiat jusqu'au vaste monde et de ce qu'il pouvait entrevoir au-delà, par la contemplation des astres dans le ciel. D'une réponse essentiellement religieuse (cosmogonie) on a évolué vers une réflexion scientifique (cosmologie) qui a vraiment pris corps au début du 20^{ième} siècle avec la relativité générale qui a permis de donner un sens physique à cette quête en montrant que l'univers est modelé par sa substance.

Naissance de la cosmologie scientifique

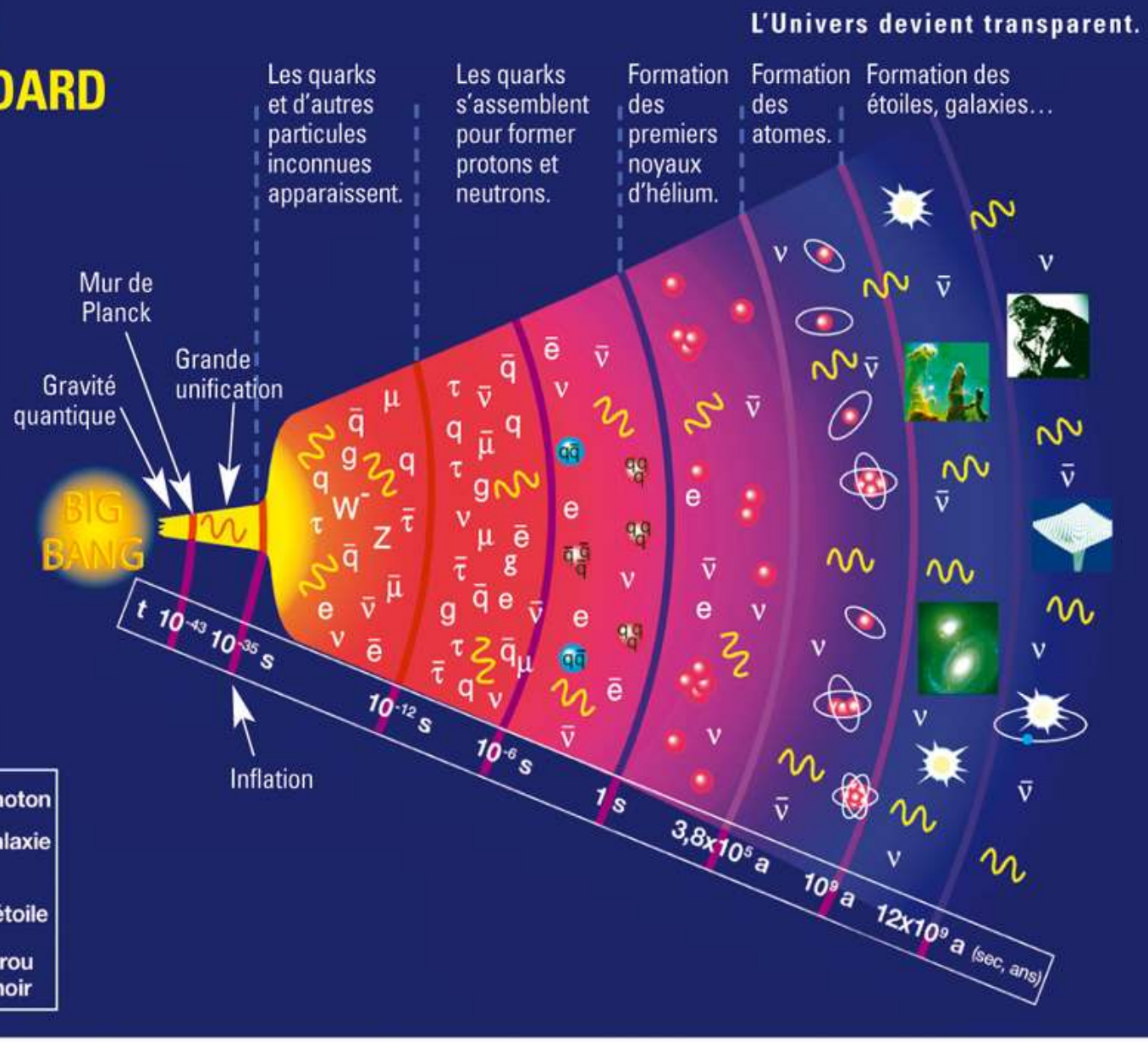
- ▶ Fin 1915, Einstein publie ses équations de la relativité générale.
- ▶ Comme en relativité générale l'espace-temps est « déformé » par les masses et l'énergie, l'univers (l'espace-temps) n'est plus un contenant indépendant de ce qu'il « contient ».
- ▶ Il peut être appréhendé par les objets de constituant: La cosmologie scientifique était née.
- ▶ En 1918, il applique ces équations à la cosmologie avec les hypothèses:
 - ▶ L'Univers est homogène et isotrope (principe Copernicien)
 - ▶ L'Univers est fermé (pour satisfaire au principe de Mach)
 - ▶ L'univers est statique (constat expérimental à l'époque)
- ▶ Déception, aucune solution n'existe: Einstein va introduire un paramètre supplémentaire, la constante cosmologique.

- ▶ En 1922, Friedman montre qu'il y a une solution aux équations de la relativité générale, sans constante cosmologique, si on renonce au caractère statique.
- ▶ Hubble publie ses observations en 1929, montrant un décalage vers le rouge (interprété comme un effet Doppler) des galaxies proportionnel à leur distance.
- ▶ Les valeurs obtenues prédisent un univers trop jeune. Lemaître dans une synthèse magistrale réintroduit la constante cosmologique, dans un univers en expansion, ce qui permet d'augmenter son âge, mais cela reste insuffisant.
- ▶ D'autres théories seront proposées plus tard pour traiter ce problème de l'âge qui reste patent, en particulier la théorie de l'état stationnaire (Hoyle-Bondi-Gold) qui aura son heure de gloire, Hoyle qualifiant ironiquement la théorie de Lemaître de **Big Bang!**

- ▶ Les tests effectués donnent l'avantage au modèle en expansion en particulier par sa prédiction (60's) d'une phase chaude au début de l'univers qui permettra une première nucléosynthèse ($t = 100-300s$) des éléments (He, De, Li, ..) préservant les neutrons (abondance conforme)
- ▶ La découverte du rayonnement de fond cosmologique (1964) confortera le modèle de l'univers en expansion au détriment du modèle stationnaire. On appellera alors ce modèle en expansion « Modèle Standard ».
- ▶ Dans les années 80's, un paradigme complémentaire sera introduit et développé pour justifier certaines caractéristiques de l'Univers: L'inflation primordiale (Starobinski et Guth amélioré par A. Linde en 1982).
- ▶ Puis vers la fin du 20^{ième} siècle l'observation de supernovas lointaines conduira à l'hypothèse d'un univers dont l'expansion s'accélère et les observations de plus en plus performantes montreront que la matière connue de l'univers n'explique qu'une petite partie de la dynamique de l'univers, régie principalement par une mystérieuse matière noire et une encore plus mystérieuse énergie noire

L'UNIVERS SELON LE MODÈLE STANDARD

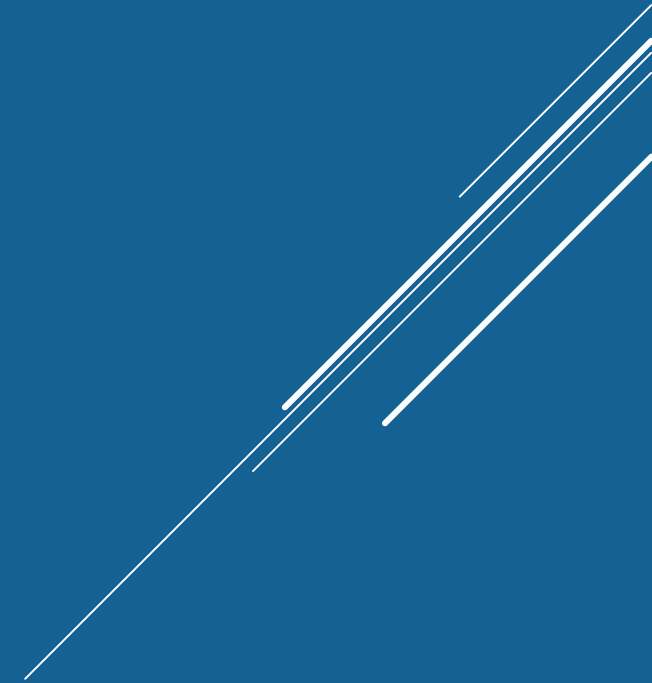
Depuis le Big Bang, l'Univers primordial a franchi de nombreuses étapes durant lesquelles les particules puis les atomes et la lumière ont peu à peu émergé avant qu'étoiles et galaxies ne prennent corps. C'est cette histoire que raconte la théorie du « modèle standard » en vigueur aujourd'hui.



© Particle Data Group, LBNL 2008

Modèle actuel de l'évolution de l'univers

Aujourd'hui, 13,6 milliards d'années après le big bang, alors que l'univers s'est considérablement étendu et refroidit, tout paraît paisible et serein



Pourtant, comme le montrent les télescopes terrestres et spatiaux



L'immense univers est le siège de phénomènes cataclysmiques dont la puissance dévastatrice n'a d'égale que sa puissance créatrice. **C'est un jeu de vie et de mort sans merci qui se déroule à nos portes!**

L'univers observé est 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).

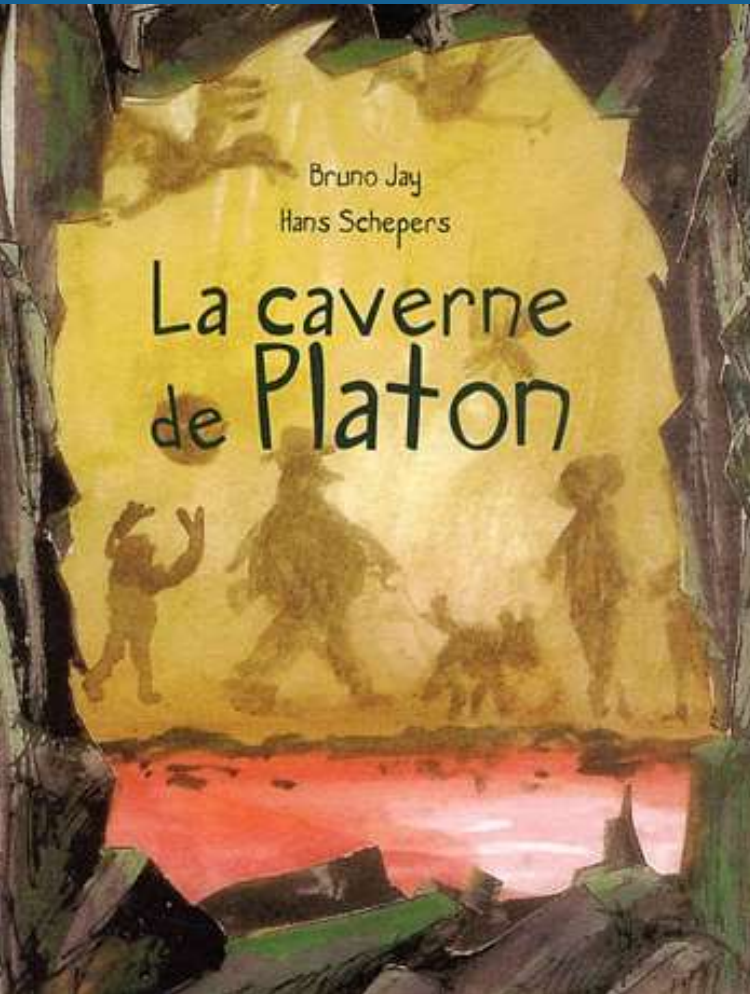
Ajoutons que en tant que partie intégrante de cet univers nous n'en avons qu'une vision de l'intérieur (allégorie de la caverne de Platon) et très probablement partielle conformément à sa structure dont nous avons, au moins partiellement, hérité. Ceci habilite une relation structurelle entre les concepts que nous utilisons et les attributs de cet univers mais qui aussi corrélativement limite la portée de la connaissance que nous pouvons avoir de cet univers.

G. Bachelard déclarait en substance:

« Lorsque l'homme a tenté de connaître la nature dans ses retranchements ultimes, il a découvert d'étranges empreintes:

C'était les siennes! »: **En fait celles ont nous avons hérité de l'univers!**

Quelle réalité physique? L'Allégorie de la caverne



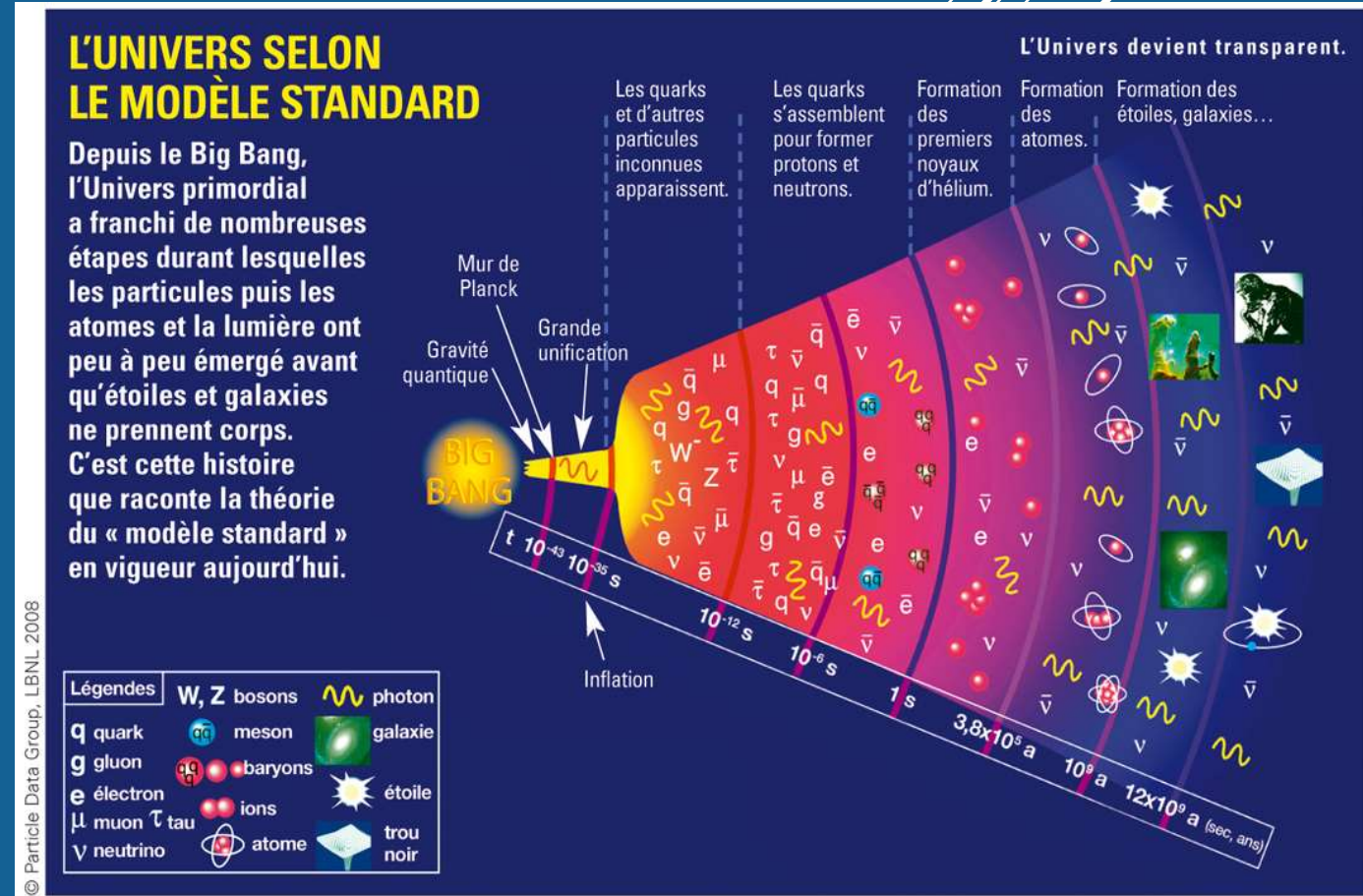
Platon dans son livre « La république » se demandait comment des prisonniers, enchaînés dans une caverne, réduits à ne voir que des ombres des objets extérieurs pourraient induire que ce ne sont que des ombres de quelque chose qu'ils ne perçoivent pas.

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 ?

Le schéma cosmologique usuel :

Un univers en expansion ?

Cette présentation d'un espace en expansion en fonction du temps résulte d'un feuilletage temps-espace (1D+3D) particulier de l'espace-temps de la relativité générale. Si elle est pratique, elle doit être prise pour ce qu'elle est : Une présentation parmi une infinité d'autres de l'espace-temps considéré.



Echelle des Temps

Le modèle standard attribue 13,7 milliards d'année à notre univers. Représentons cela sur un an :

1^{er} janvier, 0H : Big Bang

1^{er} septembre: le Système Solaire se forme

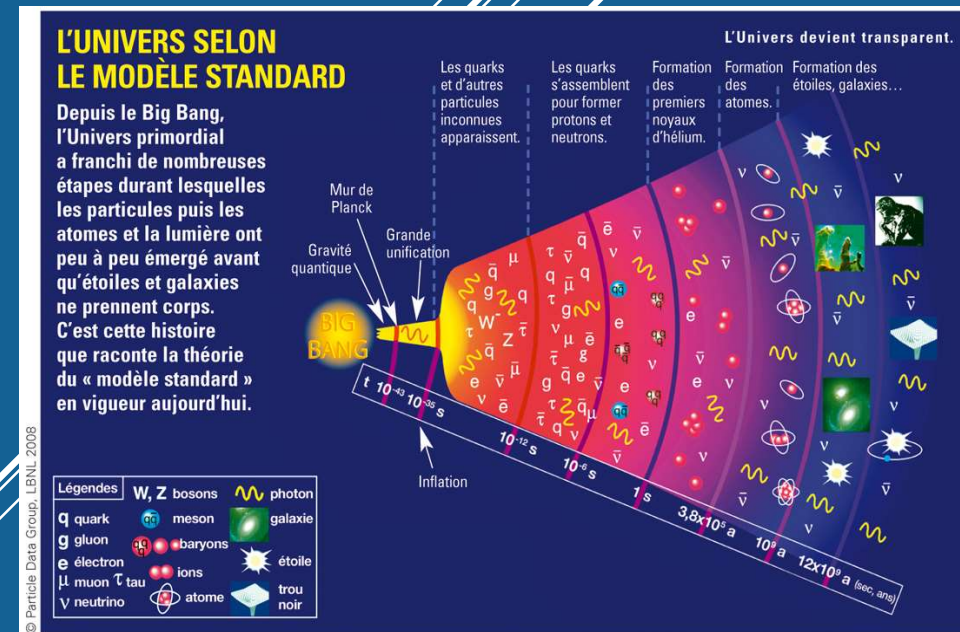
29 décembre: extinction des dinosaures

31 décembre 23H 59' 30'' : l'homme sort des cavernes: début de l'histoire de l'humanité.

Le Modèle cosmologique standard (Big-Bang).

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

A partir d'un état incroyablement chaud et très homogène, où au temps de Planck l'immense univers (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 ?).

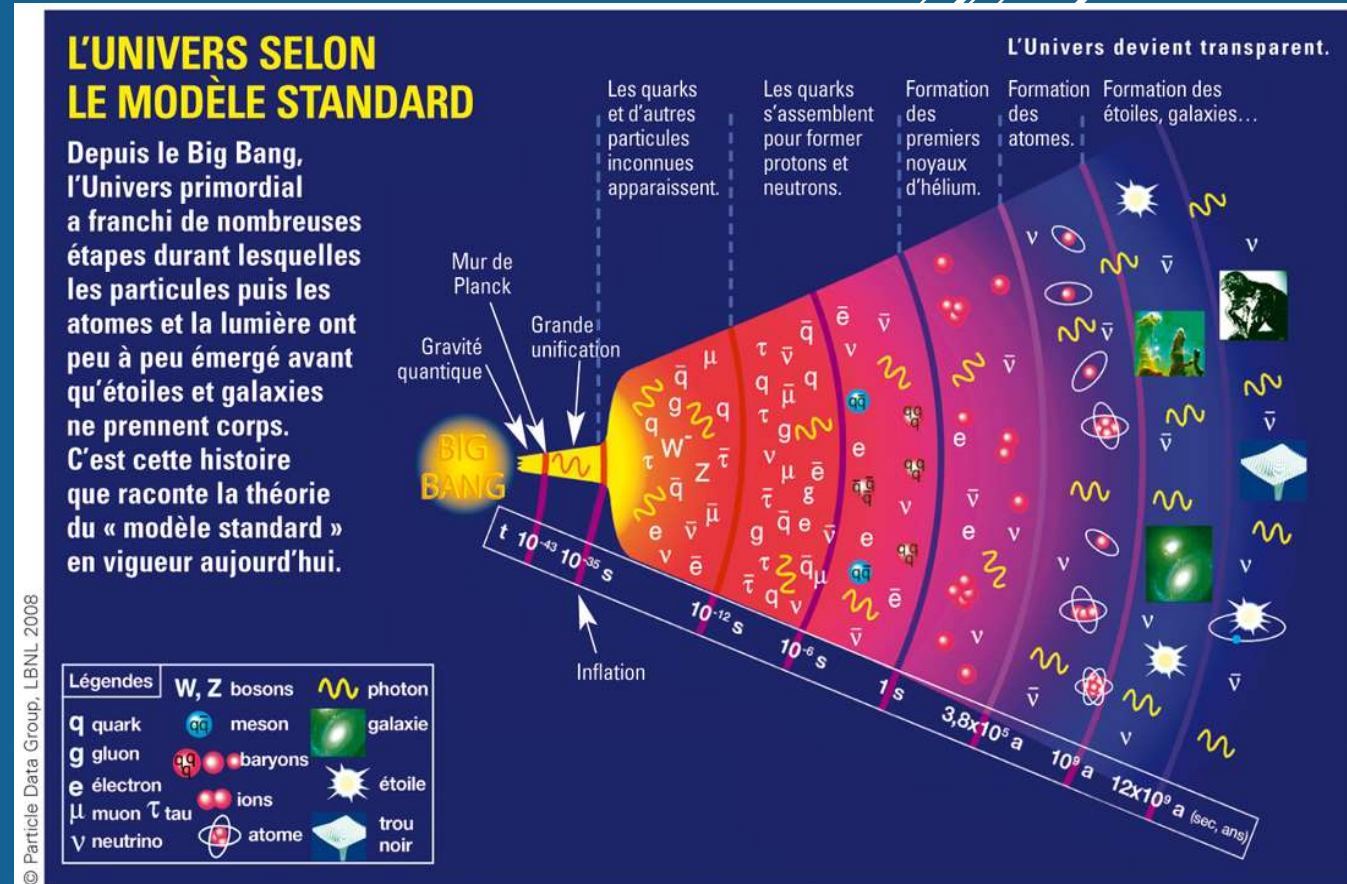
Notons également que du fait de la mécanique quantique et des lois de la physique cette expansion ne va pas être « parfaite » mais qu'il va y avoir des grumeaux qui vont jouer un rôle essentiel.

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 nécessaire

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

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 !

Sans ce principe, l'univers n'aurait pas pu évoluer...

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.

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.

$t = 10^{-4}$ 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!

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.

$t = 1 \text{ s}$, 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.

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 (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. 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 $t = 200$ s.

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.

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.

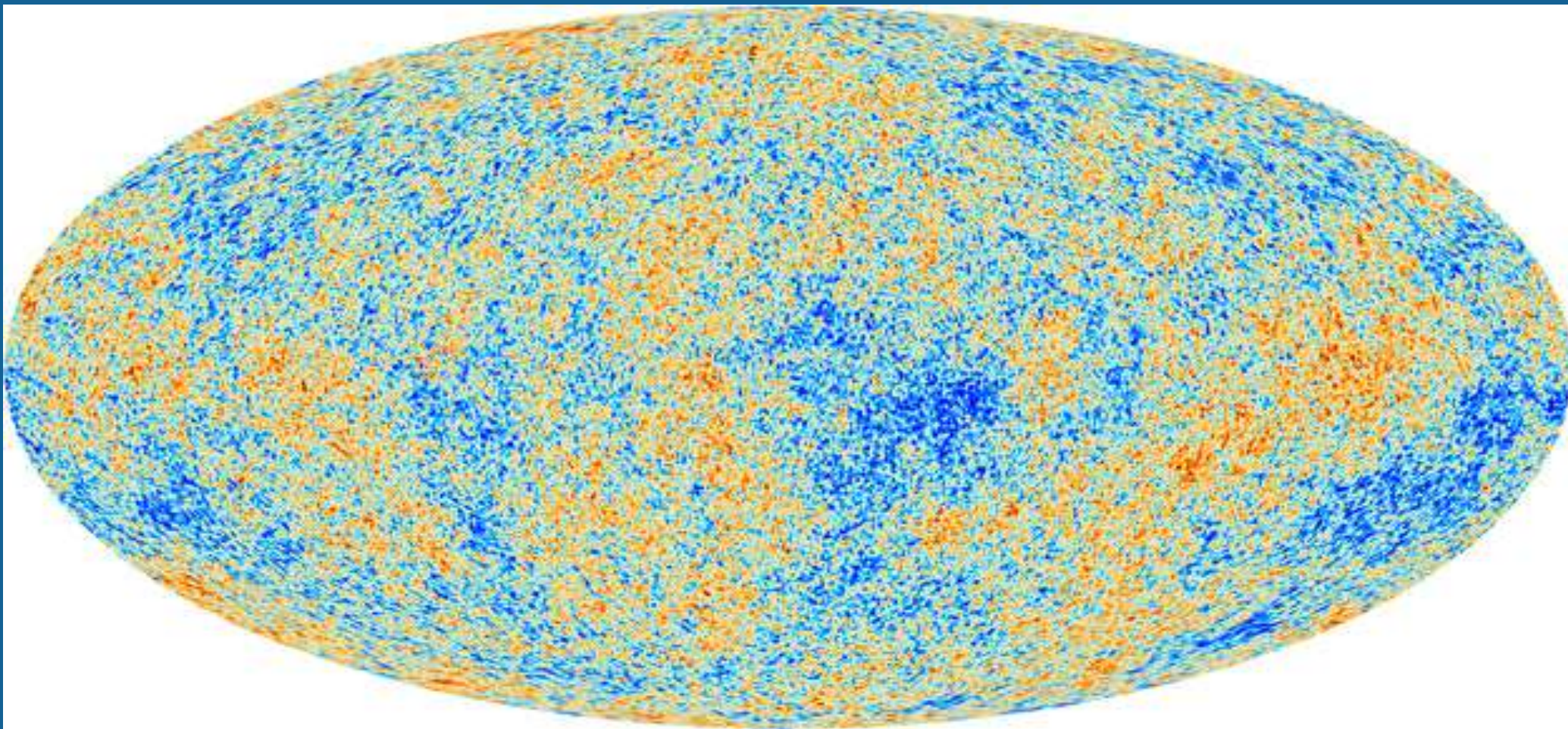


Image du RFC observée par le satellite Planck (température en fausses couleurs) L'information, les empreintes de l'histoire, est contenue dans l'image. On est exactement dans le schéma de la caverne de Platon: On voit l'ombre d'une supposée réalité physique!

Les 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) avec tous (moments monopolaires, quadripolaire et plus) :

Compte tenu de son extrême faiblesse ne va régir que l'univers à grande échelle et les très grosses masses (galaxies, étoiles, planètes et leurs satellites, comètes, etc): Régit les grandes structures

Fournit un cadre pour permettre à la vie de se développer.

Médiateur quantique : Graviton (hypothétique) de masse nulle.

Electromagnétisme: Se couple avec les moments monopolaires, dipolaires et plus des particules ou systèmes chargés ou ayant un moment magnétique (10^{40} fois plus forte que la gravitation).

Assure la cohésion des atomes, des molécules, de matière à l'échelle micro (10^{-10} m) et macroscopique (solides, liquides).

Médiateur quantique : Photon de masse nulle

Interaction forte : Concerne les quarks (confinés) constituants du noyau.

Assure la cohésion du noyau et particules le constituant (protons, neutrons). Niveau $<10^{-15}$ m (femto-scopique)

Médiateur quantique : Gluon.

Interaction faible : Permet aux quarks de changer de nature et ainsi la désintégration d'un noyau (exemple, neutron → proton) : Niveau $< 10^{-15}$ m (femtoscopique)

Cette interaction « reconnaît » la droite et la gauche (violation de parité!)

Cette différence permet de distinguer matière et antimatière!

Médiateurs : Bosons de jauge massifs W, Z

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

Rôle des interactions dans la chaîne de la vie

On voit que ces interactions vont permettre aux constituants de s'organiser au niveau des grandes masses en structures stables à des échelles de milliards d'années, de constituer des entités complexes (minéraux, végétaux, animaux) dont la stabilité est variable mais adaptée, de permettre des changements de nature de ces entités.

La matière-espace-temps

Et la matière dans tout cela puisque, selon la relativité générale sans matière dans l'univers rien de fécond n'existe.

La matière est représentée par des « particules » appelées « fermions » (qui sont les quanta de l'excitation des degrés de libertés des champs de matière) qui ont la particularité de « matérialiser » l'espace (deux particules identiques avec les mêmes nombres quantiques s'excluent) ce qui fait qu'ils obéissent 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).

La matière-espace-temps

Mais le rayonnement a la propriété d'être un marqueur de l'étendue de l'espace (distance entre objets matériels) , puisqu'il est « dilaté » par son expansion.

Par ailleurs, une matière qui n'interagirait pas avec son environnement n'existerait pas: «*quod non agit, non existit*», Leibnitz.

L'interaction supposant une énergie, grandeur physique associée au temps, ceci scelle la relation nécessaire entre espace et temps.

Associé au champs de matière, il y a des champs bosoniques comme par exemple la charge électrique qui est associée au champ électromagnétique, celui-ci étant contraint par une symétrie de jauge (théories modernes).

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.

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

GROUPE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PERIODE																		
<u>1</u>	Hydrogène 1 H																	Hélium 2 He
<u>2</u>	Lithium 3 Li	Béryllium 4 Be											Bore 5 B	Carbone 6 C	Azote 7 N	Oxygène 8 O	Fluor 9 F	Néon 10 Ne
<u>3</u>	Sodium 11 Na	Magnésium 12 Mg											Aluminium 13 Al	Silicium 14 Si	Phosphore 15 P	Soufre 16 S	Chlore 17 Cl	Argon 18 Ar
<u>4</u>	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
<u>5</u>	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
<u>6</u>	Césium 55 Cs	Baryum 56 Ba		Hafnium 72 Hf	Tantale 73 Ta	Tungstène 74 W	Rhénium 75 Re	Osmium 76 Os	Iridium 77 Ir	Platine 78 Pt	Or 79 Au	Mercur 80 Hg	Thallium 81 Tl	Plomb 82 Pb	Bismuth 83 Bi	Polonium 84 Po	Astate 85 At	Radon 86 Rn
<u>7</u>	Francium 87 Fr	Radium 88 Ra		Rutherfordium 104 Rf	Dubnium 105 Db	Seaborgium 106 Sg	Bohrium 107 Bh	Hassium 108 Hs	Meitnerium 109 Mt	Darmstadtium 110 Ds	Roentgenium 111 Rg	Copernicium 112 Cn	Ununtrium 113 Uut	Ununquadium 114 Uuq	Ununpentium 115 Uup	Ununhexium 116 Uuh	Ununseptium 117 Uus	Ununoctium 118 Uuo
			Lanthane 57 La	Cérium 58 Ce	Praséodyme 59 Pr	Néodyme 60 Nd	Prométhium 61 Pm	Samarium 62 Sm	Europium 63 Eu	Gadolinium 64 Gd	Terbium 65 Tb	Dysprosium 66 Dy	Holmium 67 Ho	Erbium 68 Er	Thulium 69 Tm	Ytterbium 70 Yb	Lutécium 71 Lu	
			Actinium 89 Ac	Thorium 90 Th	Protactinium 91 Pa	Uranium 92 U	Neptunium 93 Np	Plutonium 94 Pu	Américium 95 Am	Curium 96 Cm	Berkélium 97 Bk	Californium 98 Cf	Einsteinium 99 Es	Fermium 100 Fm	Mendélévium 101 Md	Nobélium 102 No	Lawrencium 103 Lr	

La gravitation à l'oeuvre

La matière noire à l'oeuvre

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.

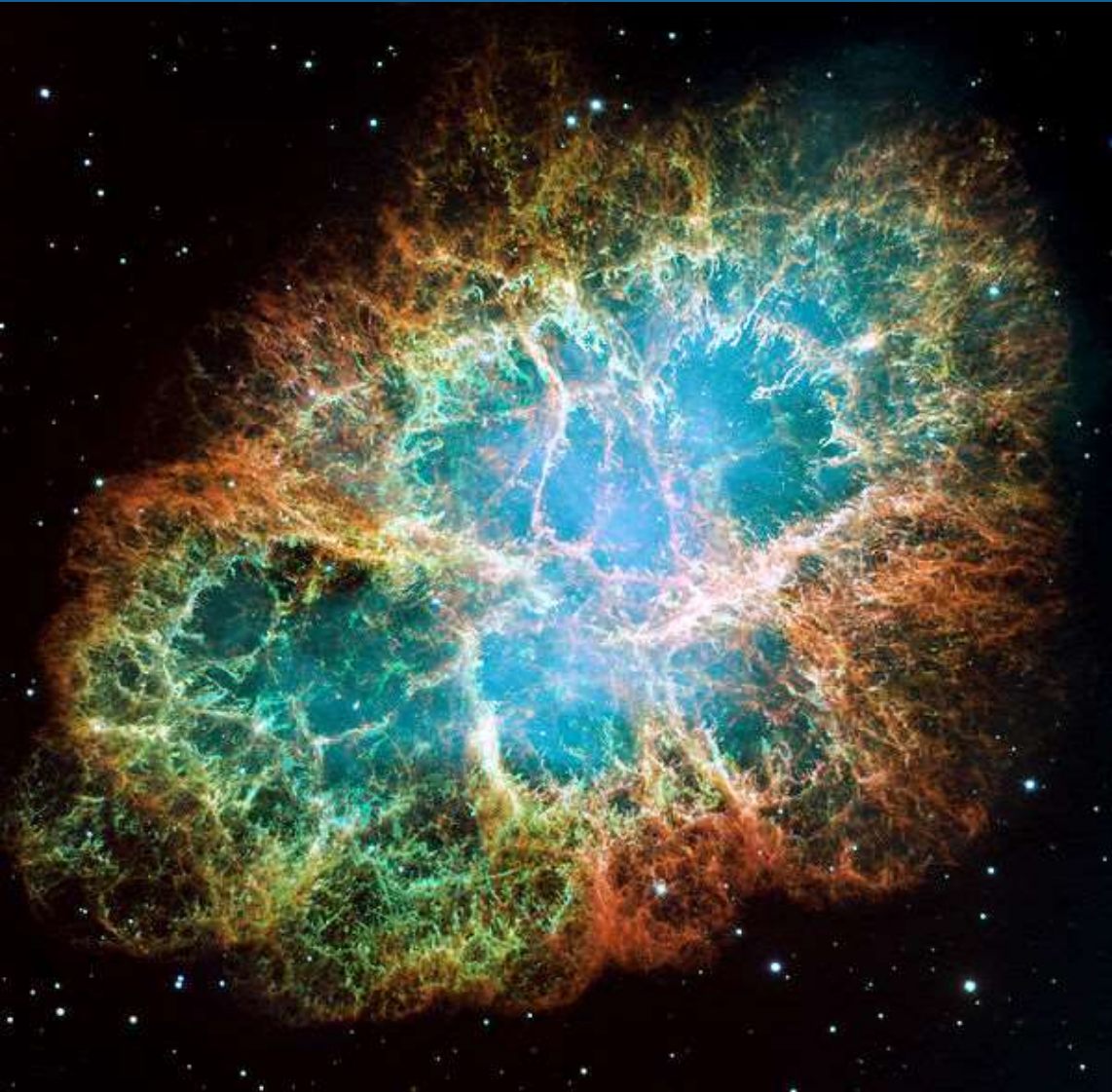
Le schéma de formation des galaxies etc..

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

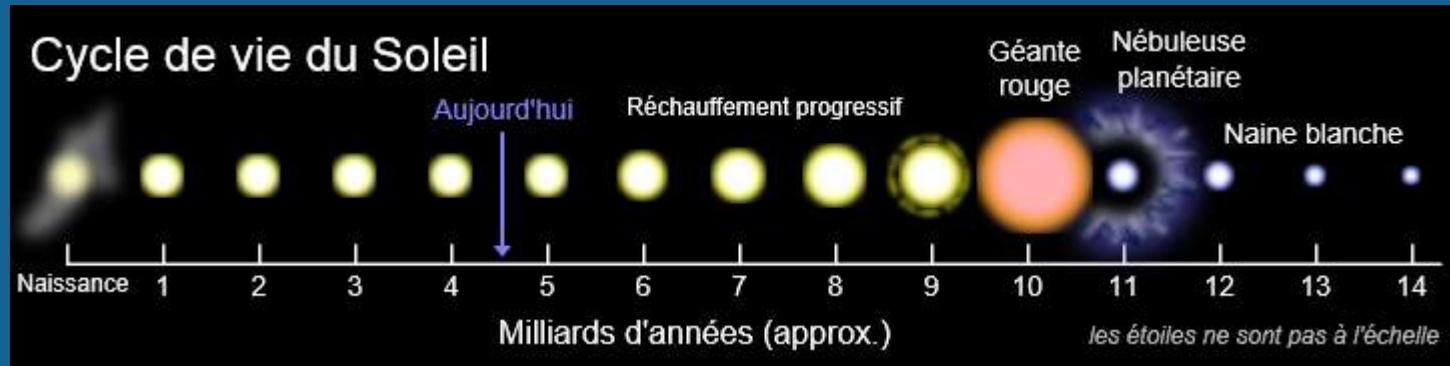
Ensuite les étoiles qui sont les usines à atomes vont produire d'autres éléments et en particulier les supernovæ qui, en plus de l'hydrogène représentant 90% des atomes de l'univers et de l'Helium (presque 10%) tout le reste étant inférieur à 0,001%, dans une fusion explosive synthétisent de nombreux 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.

Explosion de supernova



La supernova SN1054 qui a explosé il y a 1000 ans environ dont les « débris » s'étendent actuellement sur des centaines de milliards de km, ensemence le milieu d'éléments lourds synthétisés pendant la vie de l'étoile et pendant son explosion. Ces éléments lourds sont les constituants des planètes telluriques comme la Terre et sont nécessaires à la vie.

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



Le système solaire primordial

C'est l'enfer. Cela ne va se calmer qu'au 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.

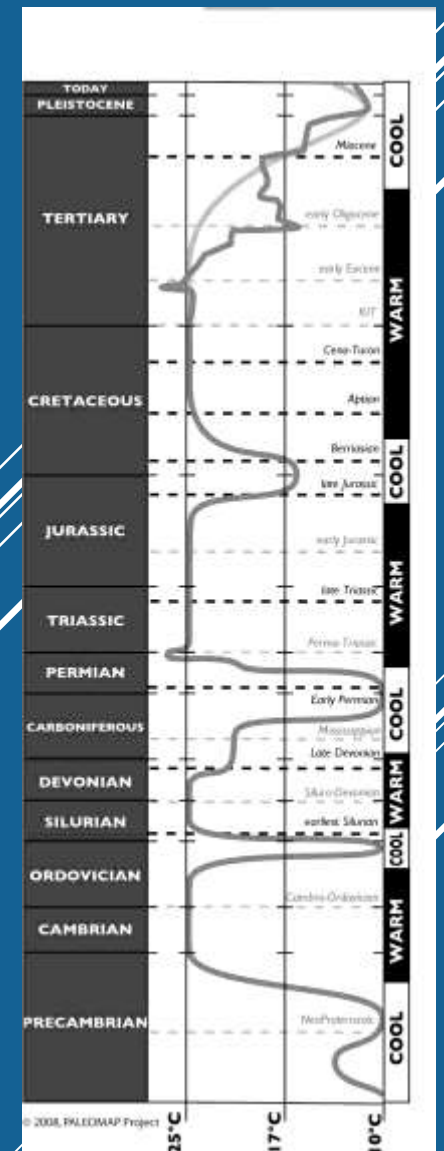
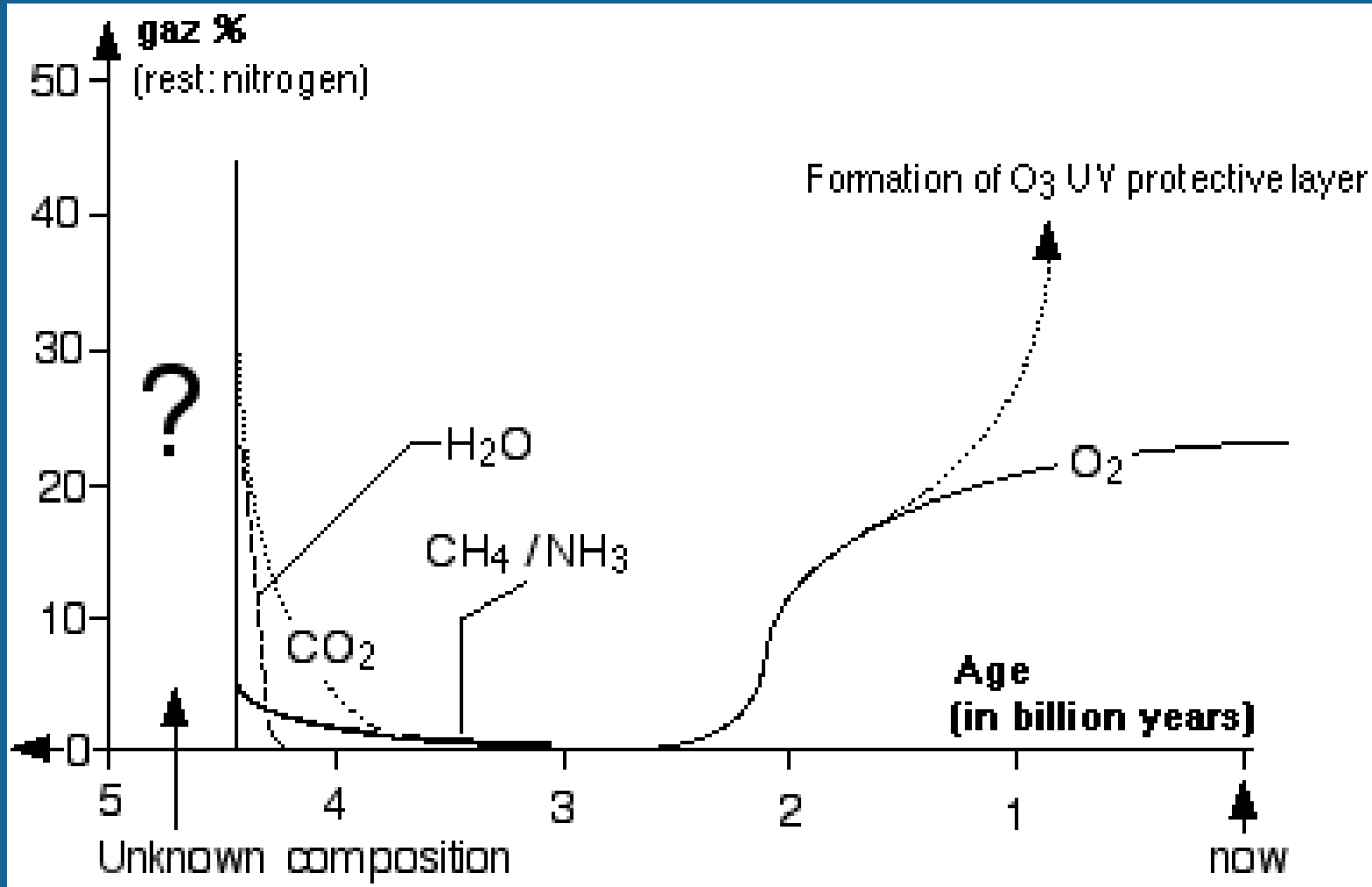


L'atmosphère

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 a le vent en poupe actuellement.

Le problème de l'eau liquide



Cela suffit-il pour la vie?

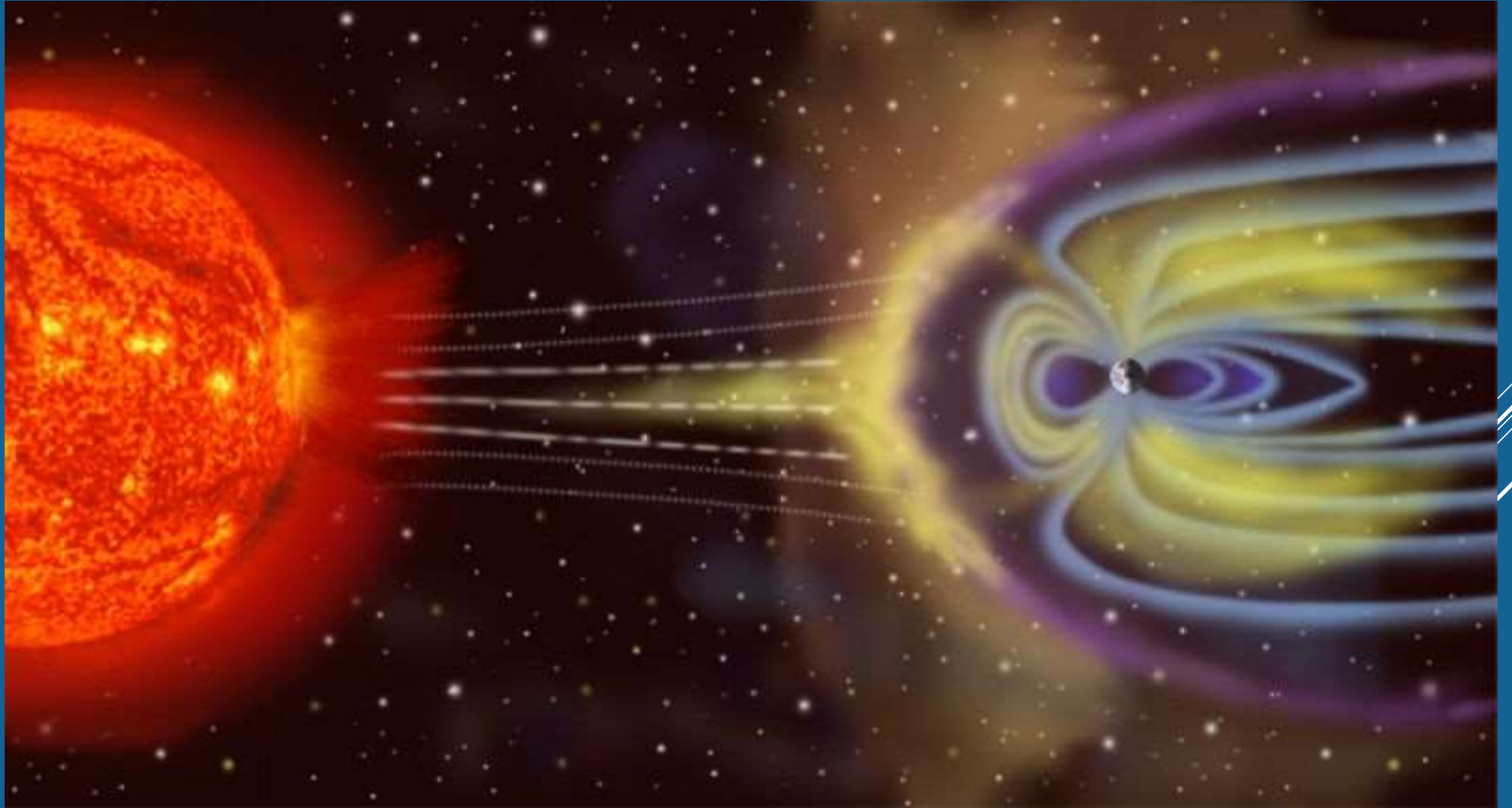
Il faut des conditions supplémentaires très contraignantes.

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 (O^3) des rayonnements nocifs et des météorites de petites tailles.

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



Des planètes géantes qui « font le ménage » dans le système solaire: Jupiter et Saturne de capturent et confinent la majorité des astéroïdes!



- ▶ 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 !

Le cas de l'exoplanète Kepler 186f

La découverte de cette exoplanète (constellation du cygne à 492 a.l de la Terre) dans la « zone habitable » a fait grand bruit.

La température paraît convenable, si l'étoile est une naine rouge (évolution finale d'une étoile peu massive température de surface 2000-3500 K) comme la planète, de taille comparable à la Terre mais de masse inconnue, est plus près (période 130 jours) cela compense.

Mais d'autres facteurs ne sont pas nécessairement réalisés:

- Son atmosphère n'a-t-elle pas été soufflée par l'étoile dans son évolution
- Un champ magnétique (bouclier magnétique) existe-t-il?
-

Ces raisons appellent à être prudent sur les conclusions à tirer

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'expliquent pas le mécanisme complexe et progressif de son émergence sauf à admettre que tout ce qui peut se produire, se produit!
- ▶ 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?

- ▶ L'émergence nous dit que des propriétés nouvelles peuvent apparaître au cours du passage de la particule élémentaire aux galaxies et du virus à l'homme. Ceci peut expliquer aussi bien la création de l'univers que l'apparition de l'homme. Cette apparition de l'univers (qui fait intervenir soit la notion de temps soit des multivers) a pu émerger de « champs » qui étaient « stériles » pour l'apparition de la vie et qui en se développant sont devenu féconds.
- ▶ Pourquoi quelque chose existe et non pas rien? S'il n'y avait rien, la question ne serait pas posée, donc la bonne question est: Quelle est notre relation avec l'univers?
- ▶ La réponse est peut-être que cela fait partie du « destin » de l'univers, la complexité croissante de la vie intelligente étant une « réaction » à la désorganisation croissante de l'univers!

Conclusion ?

C'est un enchaînement complexe de phénomènes qui a permis notre apparition.

Une caractéristique de ces phénomènes est qu'ils n'ont traité qu'un aspect partiel du problème qui lui-même résultait 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 été également souligné.

La cosmologie elle-même, à travers le récit de l'univers, ne permet de décrire que les conditions propres à rendre la vie (telle que nous la connaissons) possible et n'explique pas son émergence et son évolution vers la vie intelligente.

L'émergence de la vie peut résulter du fait que ce qui est possible par les caractéristiques de l'univers, tel que nous l'avons décrit, se produit.

Mais sa description usuelle relève d'un autre récit invoquant d'autres disciplines comme la biologie par exemple. Elle montre qu'une grande diversité en compétition pour les ressources en résulte. Les espèces les plus évoluées doivent coopérer pour lutter contre des ennemis, qui bien que plus simples qu'elles n'en sont pas moins redoutables et également contre leur pire ennemi, elles mêmes!

L'humanité telle que nous la connaissons est-elle un développement unique dans l'univers et est-elle un développement ultime, il est raisonnablement permis d'en douter.

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

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.....