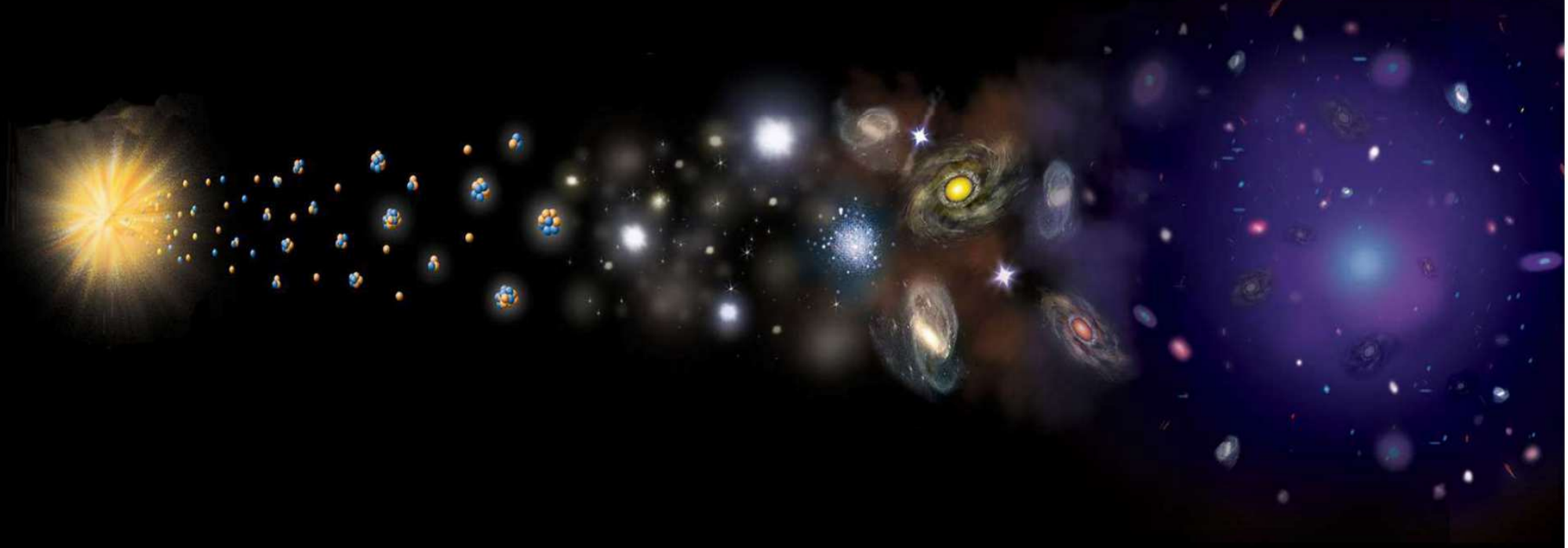
Alain ROBERT

Petite histoire de l'Univers



du Big Bang à l'apparition d'Homo Sapiens

NASA/CXC/M.Weiss

creative commons

Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.0 France

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/

Vous êtes libres :

de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public

de modifier cette création

Selon les conditions suivantes :

Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).

Pas d'Utilisation Commerciale. Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.

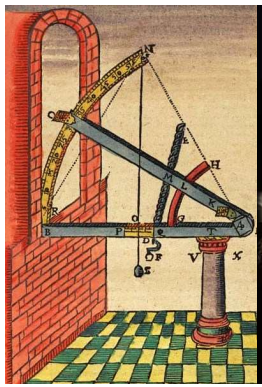
Partage des Conditions Initiales à l'Identique. Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

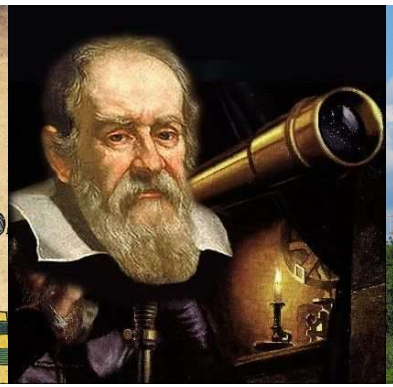
Depuis la nuit des temps, la curiosité a toujours été le moteur de l'évolution de la race humaine.
Partout il s'est trouvé des hommes et de femmes curieux et avides de savoir ce qu'il y a derrière la colline, là-bas à l'horizon.

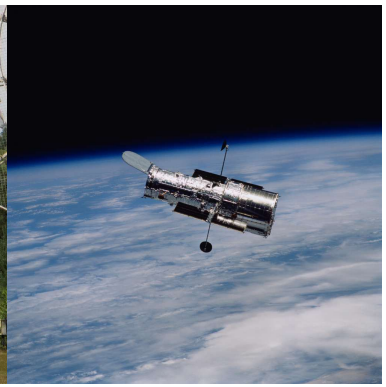
Sans cette soif de savoir, nous aurions disparu depuis longtemps.

Une partie de cette quête du savoir s'est intéressée au spectacle que nous offre le ciel et a permis à nos lointains ancêtres, qui venaient d'inventer l'agriculture, de construire les premiers observatoires astronomiques leur permettant de créer les calendriers indispensables aux travaux des champs (alignements de Carnac, Stonehenge, etc.).

Par la suite, cela a donné l'astronomie, l'astrophysique, l'astrochimie, etc. et permis de construire l'histoire de l'univers que raconte ce dossier.
Si vous souhaitez réaliser une exposition sur le sujet, les fichiers jpg pour impression en format A0 des panneaux correspondants à ces pages sont à votre disposition sur le site Science-Ecole, rubrique « Accès aux dossiers pédagogiques » (bas de page) : https://www.science-ecole.fr/





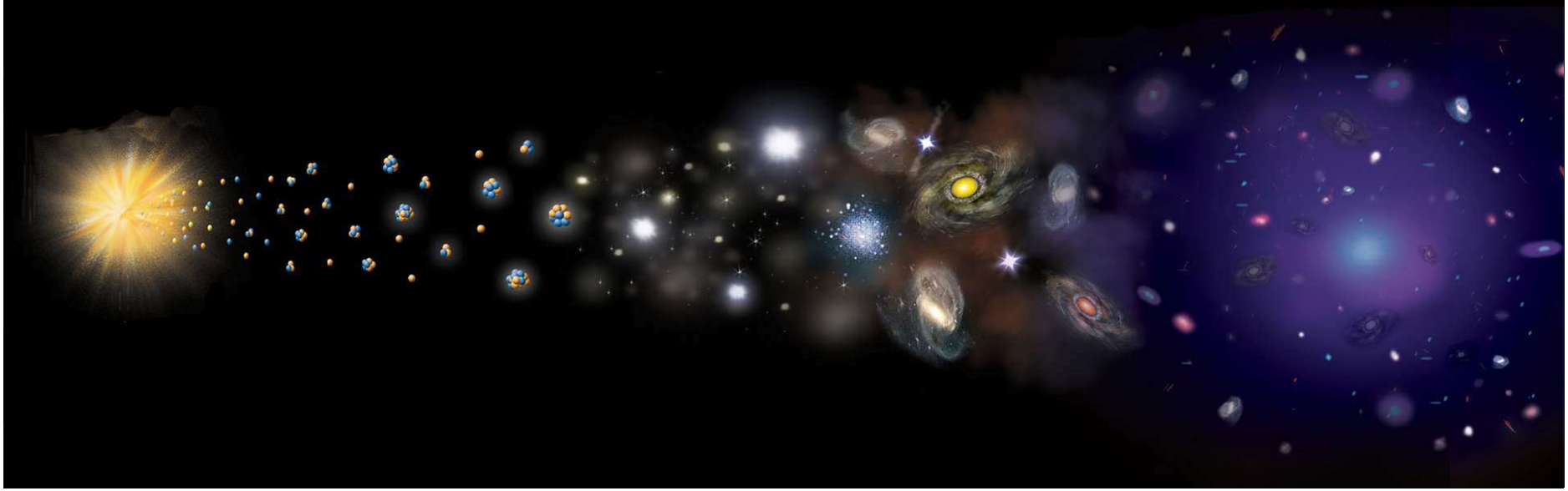


Le Big Bang

L'histoire reconstituée par les scientifiques commence 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 1 secondes (10^{-43} s) après le début de l'Univers.

Avant, on ne sait pas !

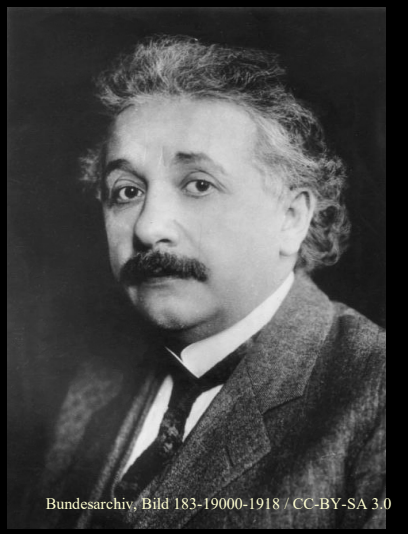
L'histoire racontée commence donc il y a environ 13,8 milliards d'années.



Premiers instants

Une inimaginable quantité d'énergie apparaît, dans un tout petit volume.
L'univers est très, très, très chaud : 10^{32} degrés au départ, c'est-à-dire cent mille milliards de milliards de milliards de degrés !

A 10^{-32} secondes, l'univers naissant enfle prodigieusement : c'est la phase d'inflation.
La taille de l'Univers est multipliée par un facteur 10^{26}
(sa taille est multipliée par 100 000 000 000 000 000 000 000).
Vers 1 seconde, les premières particules se forment.
(depuis les travaux d'Albert Einstein, on sait que matière et énergie sont deux aspects d'une même réalité : $E = M C^2$).
Dans cette « soupe » hyper chaude, les particules de matière (protons, neutrons, électrons) interagissent continuellement avec les photons (lumière).


Bundesarchiv, Bild 183-19000-1918 / CC-BY-SA 3.0

Ces derniers, sans arrêt absorbés et re-émis ne peuvent s'échapper : l'univers ne peut émettre de lumière. Il est opaque.

Cela va durer un peu… l'univers se dilate et se refroidit.

380 000 ans : La température baisse progressivement et atteint environ 3000 degrés

380 000 ans

(après le Big Bang)

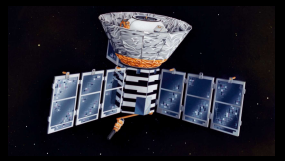
La température est suffisamment basse pour que les électrons se lient durablement aux noyaux pour former des atomes d'hydrogène et d'hélium. Les photons (grains de lumière) peuvent maintenant circuler librement

L'Univers devient

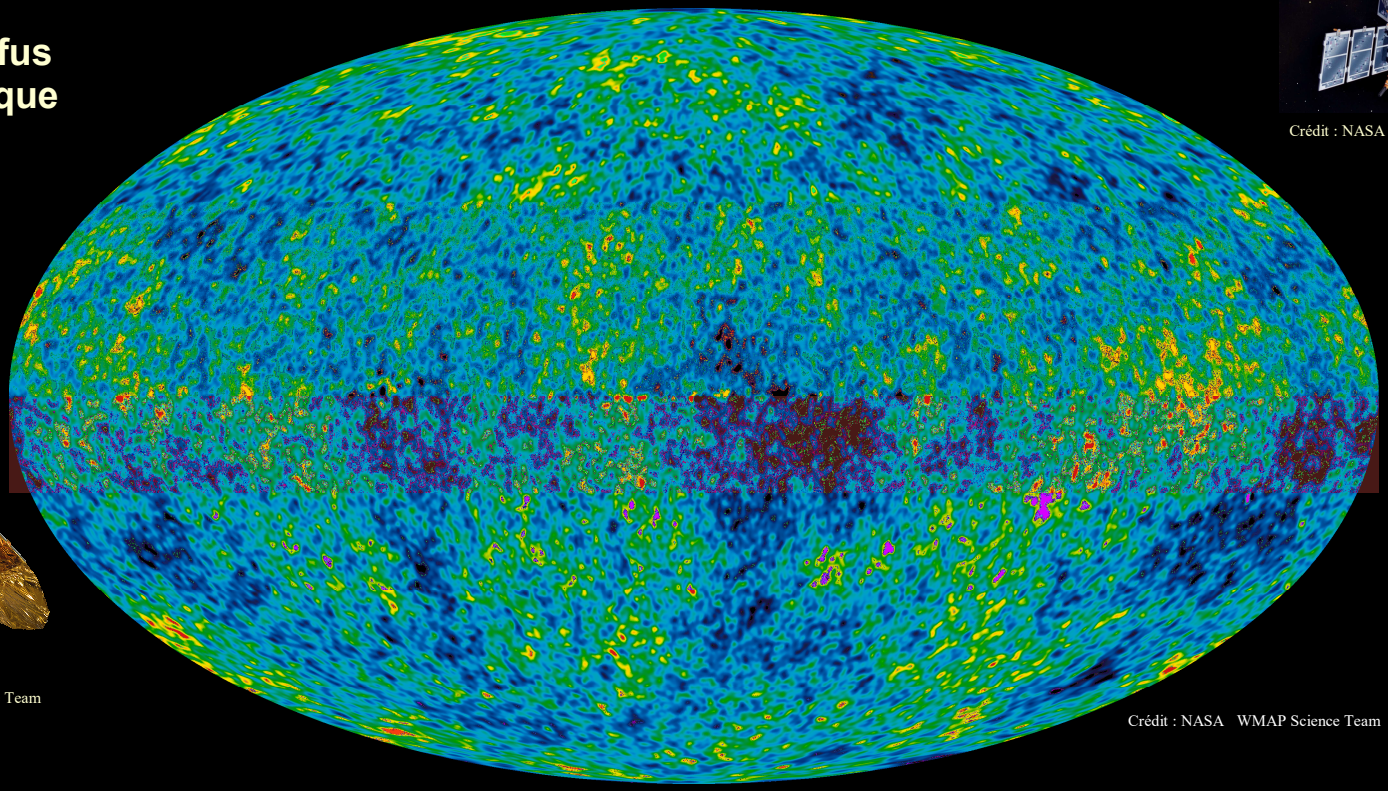
transparent

380 000 ans (après le Big Bang)

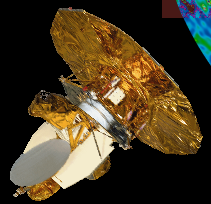
Le fond diffus cosmologique



Crédit : NASA / COBE Science Team



Crédit : NASA WMAP Science Team



Crédit : NASA / WMAP Science Team

C'est cette lumière primordiale, émise il y a 13.7 milliards d'années, que les satellites COBE (NASA 1992), WMAP (NASA 2001) et PLANK (ESA 2009) ont « photographiée ».
Aujourd'hui, cette lumière s'est refroidie à 2,725 K (soit environ –270 °C) et demande donc les techniques d'enregistrement très sophistiquées de la radio-astronomie. Les fluctuations de température (indiquées par les différences de couleur) de quelques millièmes de degré correspondent aux zones qui deviendront des galaxies.

Entre 380 000 ans et 200 millions d'années
(après le Big Bang)

Les âges sombres

L'univers est alors un nuage d'hydrogène et d'hélium en expansion continue.
La température est de plus en plus basse, aucune lumière n'est émise.

Sous l'effet de la gravitation (tout objet ayant une masse attire et est attiré par tout autre objet massif), le nuage de départ se fragmente peu à peu en « petits » nuages : il fait des « grumeaux » comme dans une sauce béchamel ratée !

Chacun de ces « grumeaux » deviendra une galaxie.

A leur tour, les nuages-galaxie se fragmentent
en micro-nuages qui deviendront des étoiles.

Vers 200 millions d'années après le Big Bang, quelques micro-nuages s'effondrent sous l'effet de la gravitation.

En se comprimant, la température de ces nuages remonte jusqu'à 15 millions de degrés.

Cette température est suffisante pour que se déclenchent des réactions thermonucléaires :

les premières étoiles sont nées !

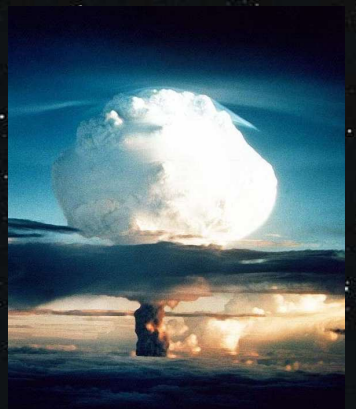
En scannant ce QR Code avec votre portable, vous accéderez à une superbe vidéo réalisée par le CEA : Histoire de l'UNIVERS Selon le modèle du Big Bang,

À déguster sans modération !

https://www.youtube.com/watch?v=OVDzf qxUm54

200 millions d'années après le Big Bang, les premières étoiles

Dans ces étoiles, les réactions thermonucléaires transforment l'hydrogène en hélium, avec une forte production d'énergie (c'est ce qui se passe sur Terre lors de l'explosion d'une bombe H).



Première bombe H - 1 novembre 1952
National Nuclear Security Administration
Domaine public

C'est cette production d'énergie qui permet à l'étoile d'avoir une forme stable, de résister à l'effondrement gravitationnel (sous l'effet de son propre poids) et de déverser dans l'espace une grande quantité de lumière.

Il y a aussi, au cœur de l'étoile, des réactions nucléaires qui produisent des éléments plus lourds que l'hélium, jusqu'au fer (N° 26).

Des étoiles se forment encore aujourd'hui :

La pépinière d'étoiles LH 95 dans le Grand Nuage de Magellan observée par Hubble le 14 août 2006 (distance : 150 000 Années Lumière)

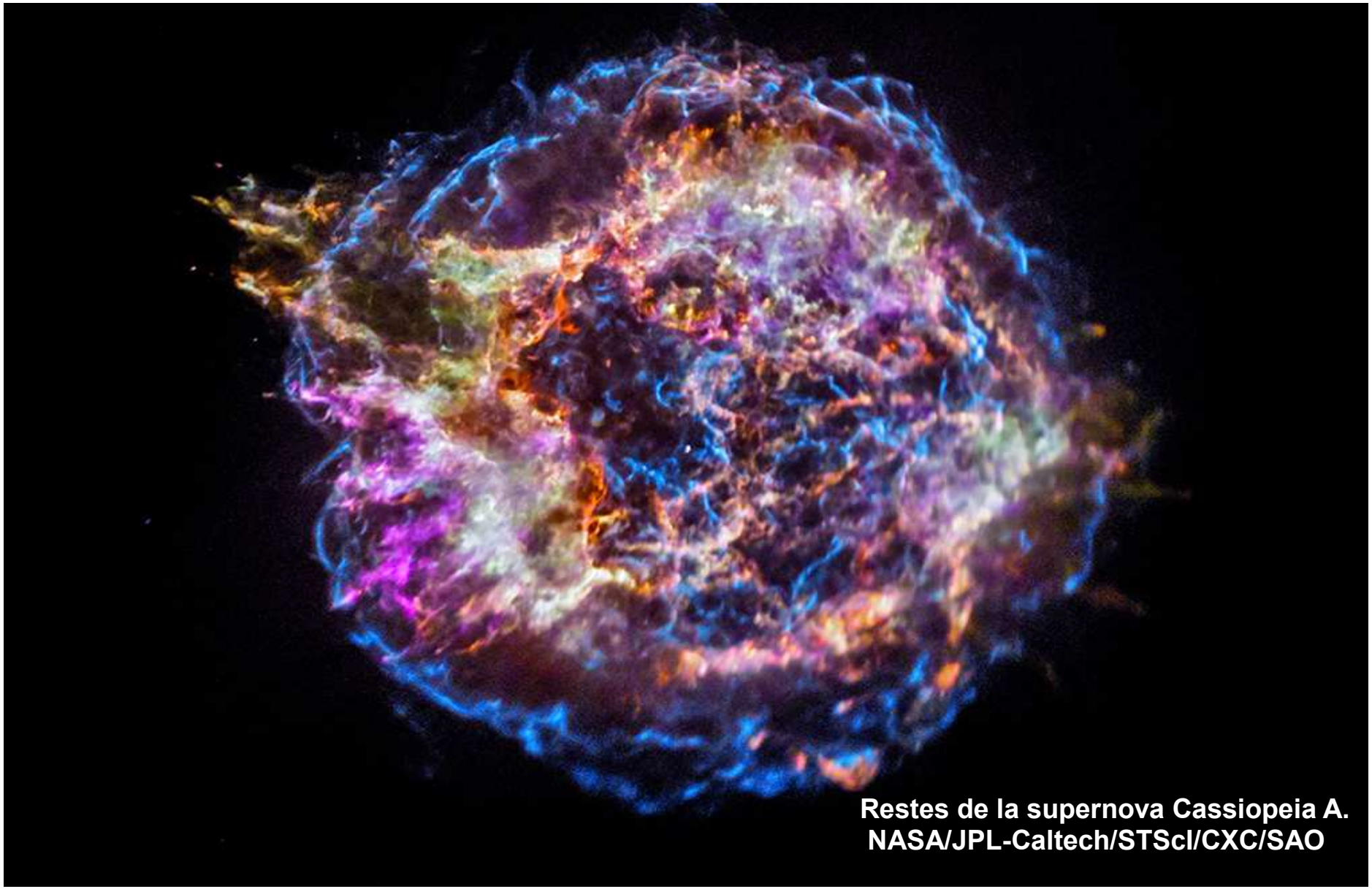
Premières étoiles et supernovaes

Lorsque l'étoile aura consommé tout son hydrogène, son évolution dépendra de sa masse :

Petite étoile (comme notre Soleil), elle passera par une phase d'expansion puis s'effondrera sur elle-même avant de refroidir lentement et de devenir une « naine brune ».

Plus grosse, lors de l'effondrement gravitationnel, la température atteindra 200 000 000 de degrés et, en un très bref instant (l'équivalent de quelques jours terrestres), des réactions nucléaires fabriqueront les éléments de N° supérieur à 26 (le fer) et l'étoile, devenue supernovae, explosera et disséminera la moitié de sa matière dans l'espace.

Ces « poussières d'étoile » se retrouveront ensuite dans des petits nuages de gaz qui ne se sont pas encore effondrés et qui, plus tard, donneront d'autres étoiles avec pour certaines un cortège planétaire.



Restes de la supernova Cassiopeia A.
NASA/JPL-Caltech/STScI/CXC/SAO

Les fabriques d'atomes

Du Carbone au Fer
Au cœur des premières étoiles
Température
15 000 000 degrés

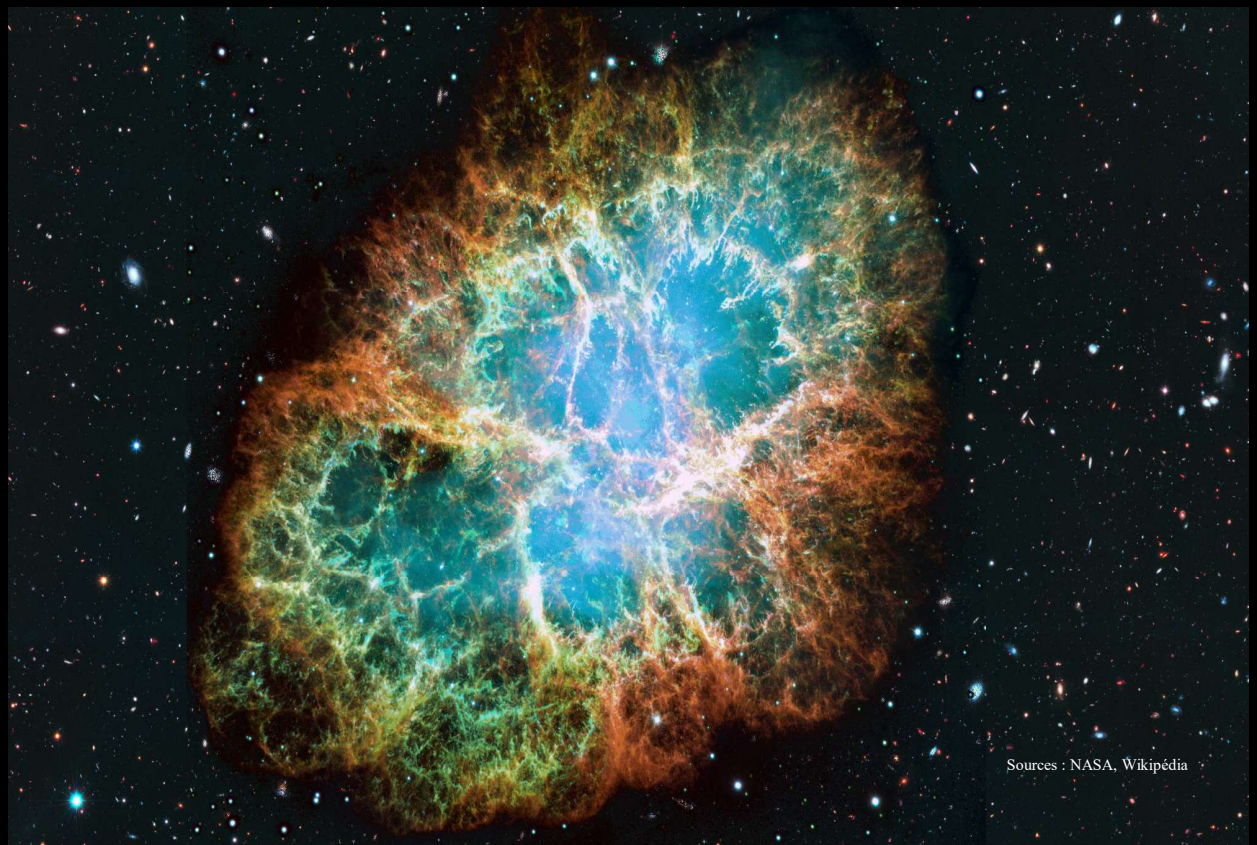
Les atomes d'hydrogène et d'hélium se sont formés dans les premiers instants de l'Univers.

Les atomes plus gros ont été fabriqués par la suite dans les étoiles (jusqu'au fer) puis lors des explosions des supernovaes pour les atomes plus lourds.

Du Fer à l'Uranium
Au cœur des premières supernovaes
Température
200 000 000 degrés

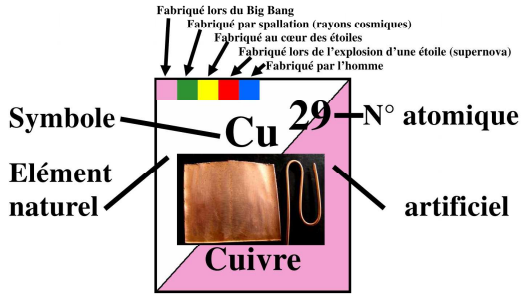
La nébuleuse du Crabe

Ce sont les restes d'une supernovae observée par les astronomes chinois en 1054



L'analyse des textes historiques a montré que la supernova à l'origine de la nébuleuse du Crabe apparut probablement en avril ou début mai 1054, atteignant une magnitude apparente maximale (c'est-à-dire sa luminosité) comprise entre -5 et -3 en juillet 1054.
Elle était alors plus lumineuse que tous les autres objets du ciel nocturne à l'exception de la Lune.
L'évènement est noté dans les recueils chinois où l'étoile a été nommée 天關客星 (Tianguan Guest Star, SN 1054).
Pendant 23 jours, elle resta suffisamment lumineuse pour être visible en plein jour.
Située à environ 6 000 années-lumière de la Terre, elle contient en son centre un pulsar, le pulsar du Crabe (ou PSR B0531+21), reste de l'étoile d'origine, qui tourne sur lui-même environ trente fois par seconde.

Classification périodique des éléments



Métal | Non-métal

1 Hydrogène																	2 Hélium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Bore	6 C Carbone	7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Néon
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium											13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane	23 V Vanadium	24 Cr Chrome	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Sélénium	35 Br Brome	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène	43 Tc Technétium	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Étain	51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xc Xénon
55 Cs Césium	56 Ba Baryum	57-71 L	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantale	74 W Tungstène	75 Re Rhénium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platine	79 Au Or	80 Hg Mercure	81 Tl Thallium	82 Pb Plomb	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astate	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103 A	104 Rf Rutherfordium	105 Ha Hahnium	106 Sg Seaborgium	107 Ns Nielsbohrium	108 Hs Hessium	109 Mt Meitneirium	110 Ds Darmstatium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson

L Lanthanides

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Lanthane	Cérium	Praséodyme	Néodyme	Prométhium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutétium

A Actinides

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Américium	Curium	Berkélium	Californium	Einsteinium	Fermium	Mendélévium	Nobélium	Lawrencium

Élément radioactif

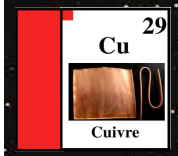
Solide Liquide Gaz à la température ordinaire

Licence Creative Commons

Origine des éléments : la nucléosynthèse

Age de l'univers : 1 seconde - **Nucléosynthèse primordiale**
Les atomes d'Hydrogène et l'hélium (N° 1 et 2) sont formés (**Température 10 000 000 000 degrés**)

Age de l'univers : 100 000 000 années - **La nucléosynthèse stellaire**
Les premières étoiles apparaissent. Les atomes du carbone au fer (N° 6 à 26) sont formés au cœur des étoiles.
(**Température interne : 15 000 000 degrés**).



Age de l'univers : 200 000 000 années - Les premières supernovas, **la nucléosynthèse explosive**.
Les atomes du cobalt à l'uranium (N° 27 à 92) sont formés (**Température 200 000 000 degrés**).
Lors de l'explosion, la moitié de la matière de l'étoile est expulsée dans l'espace.

Cas particulier 1 : les atomes de lithium, de béryllium et de bore (N° 3 à 5) ne peuvent avoir été formés durablement par les processus précédents. Plus tard, des particules (des neutrons ou des protons) ou des ondes électromagnétiques de grande énergie (des rayons cosmiques) frappant des noyaux atomiques de N° supérieur à 5 provoquent leur désintégration en noyaux plus petits (N° 3 à 5).
Ce mécanisme est nommé **la nucléosynthèse interstellaire ou Spallation cosmique.**

Cas particulier 2 : Les atomes de N° supérieur à 92 (uranium) se désintègrent spontanément par des réactions de fission nucléaire. Même s'ils ont pu être formés lors de la nucléosynthèse explosive, il n'en reste pas de trace dans la nature, sauf le plutonium et le neptunium (N° 93 et 94). Les autres ont été fabriqués par l'homme (centrales electro-nucléaires, accélérateurs de particules).

Les atomes présents dans notre corps, à part l'hydrogène qui a été formé au tout début de l'univers, viennent d'étoiles ayant explosé avant la formation du système solaire.

Nous sommes donc, suivant la belle expression d'Hubert REEVES, des poussières d'étoiles !

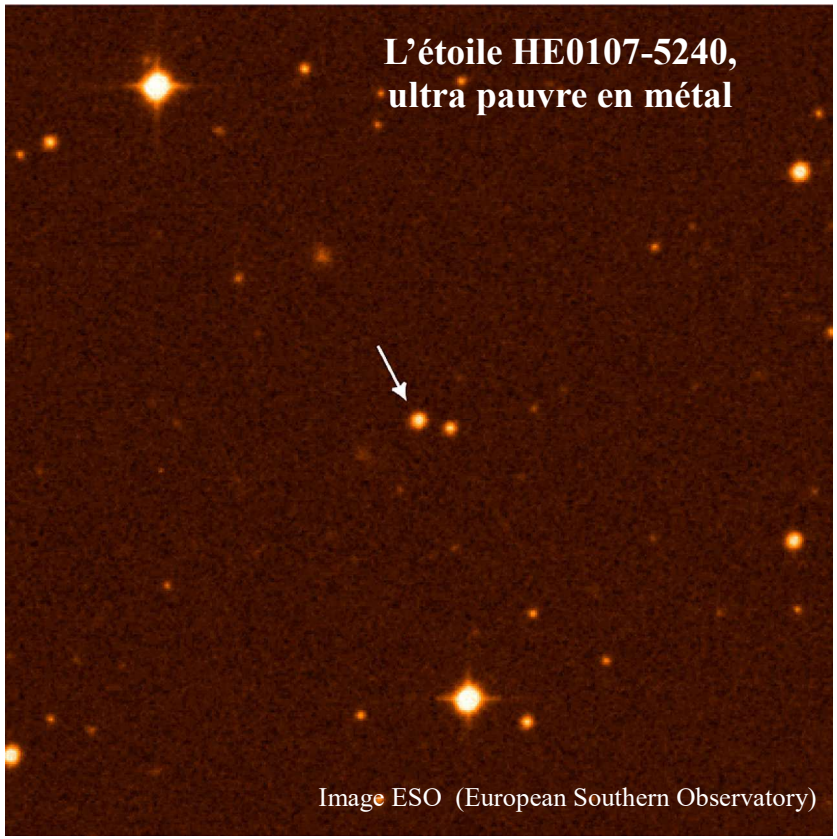
Les populations d'étoiles

En Astrophysique, on parle de populations d'étoiles suivant leur date de formation et leur métallicité, c'est à dire selon leur richesse en éléments autres que l'hydrogène et l'hélium.

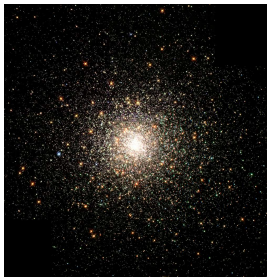
Les plus anciennes, dites de population III dont la métallicité serait nulle ou très très faible. Ces étoiles seraient donc des étoiles nées juste après le Big Bang, à une époque ou n'existaient que des atomes d'hydrogène et d'hélium.

La découverte de l'étoile HE 0107-5240, située à 36.000 années lumière dans le halo de la Voie lactée semble valider cette hypothèse. Cette très vieille étoile, entre 13 et 15 milliards d'années, est presque uniquement composée d'hélium et d'hydrogène, les deux éléments principaux de l'univers en formation.
Ces premières étoiles, très massives, auraient été formées d'éléments ''légers'', essentiellement l'hélium et l'hydrogène. Après une courte vie, ces étoiles auraient explosé, libérant des éléments plus lourds comme le fer, le carbone, l'oxygène ou l'azote qu'elles ont fabriqués durant leur fonctionnement.

C'est à partir de nuages d'hydrogène et d'hélium enrichis de ces éléments que les étoiles des générations suivantes se seraient formées.



Les étoiles de population II sont moins pauvres en métaux, mais en contiennent beaucoup moins que, par exemple, notre Soleil. On en trouve beaucoup dans les amas globulaires.



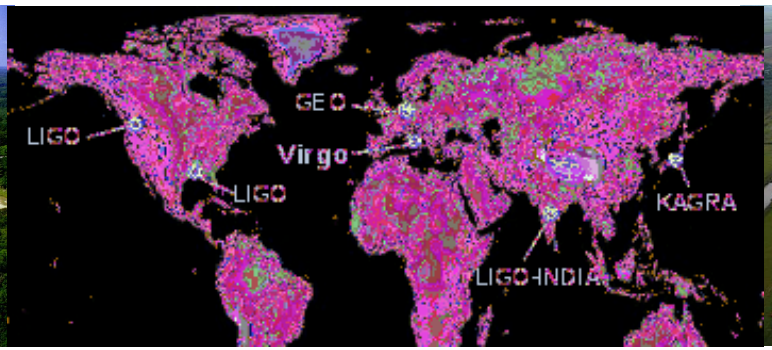
L'amas globulaire M80
Photo NASA

Les étoiles de population I, sont celles de type solaire, c'est à dire, qui ont été formées à partir de nuages de gaz chargés d'éléments lourds (autres que l'hydrogène et l'hélium) issus d'explosions de supernovae antérieures.

Notre Soleil est de cette population I. On peut penser que des événements cataclysmiques comme la fusion de deux « trous noirs » émettant ce que l'on appelle des ondes gravitationnelles (une onde qui déforme l'espace-temps) ont pu déclancher la contraction du petit nuage de gaz qui deviendra notre système solaire.

Prédites par Albert Einstein, ces ondes ont été détectées pour la première fois en 2015 par les appareils Ligo (États-Unis) et Virgo (Europe).

Caltech/MIT/LIGO Lab



The Virgo collaboration

Le système solaire

Il y a environ 5 000 000 000 d'années, dans notre morceau d'univers, notre galaxie, un petit nuage de gaz commence à s'effondrer sous l'influence des forces de gravitation.

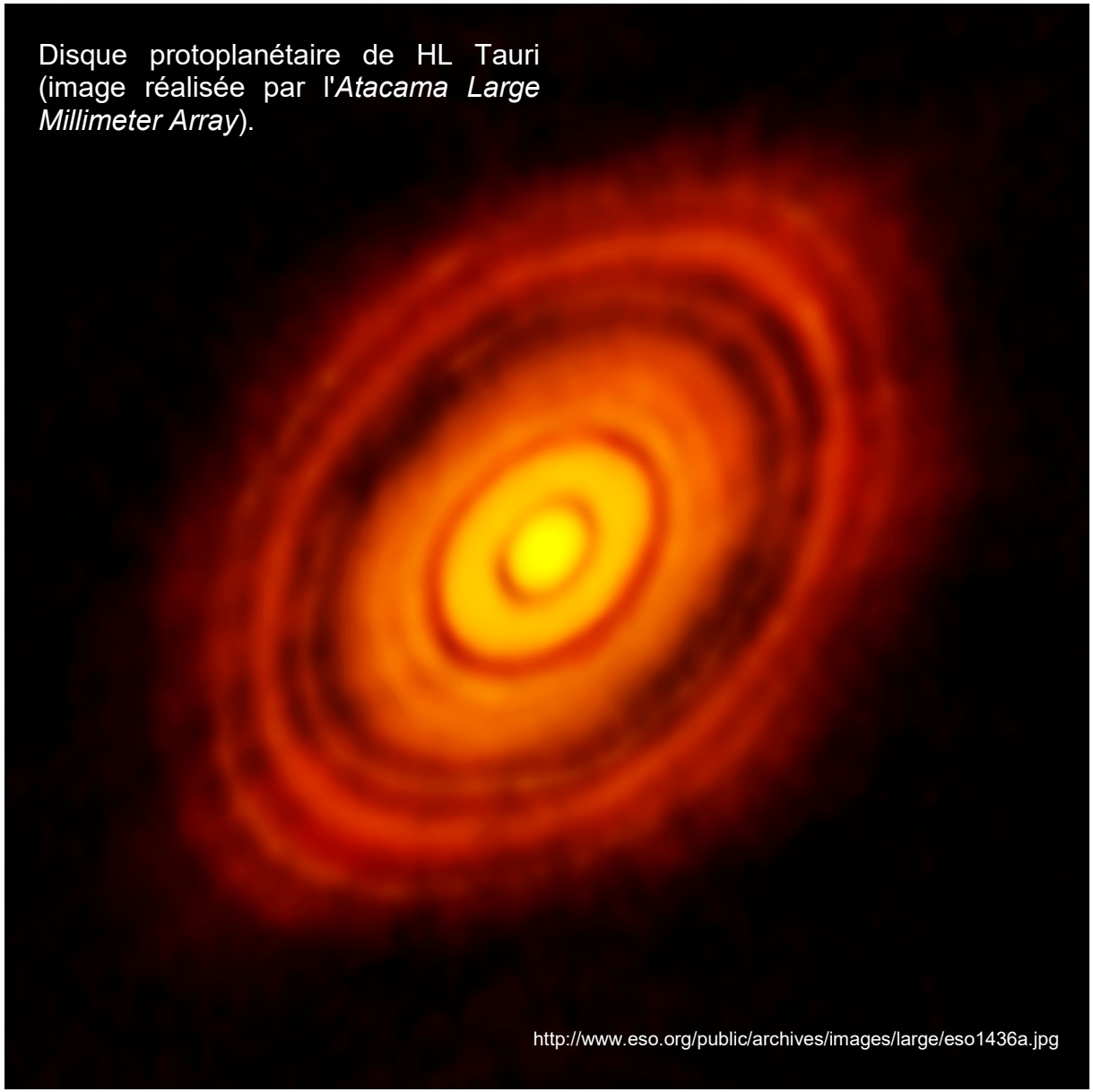
Photo ESO

Il contient un mélange d'hydrogène et d'hélium formés lors du Big Bang et d'autres éléments fabriqués dans les étoiles et supernovas qui ont précédé.

Au centre, la plus grande partie de ce nuage se comprime et s'échauffe jusqu'à 15 000 000 de degrés. Les réactions thermonucléaires s'amorcent.

Une étoile, notre étoile, le Soleil, s'allume.

Autour, des petites boules se forment, composées en grande partie des éléments divers expulsés par les supernovas lors de leur explosion : au final, ces boules deviendront les planètes et leurs satellites.



Disque protoplanétaire de HL Tauri (image réalisée par l'*Atacama Large Millimeter Array*).

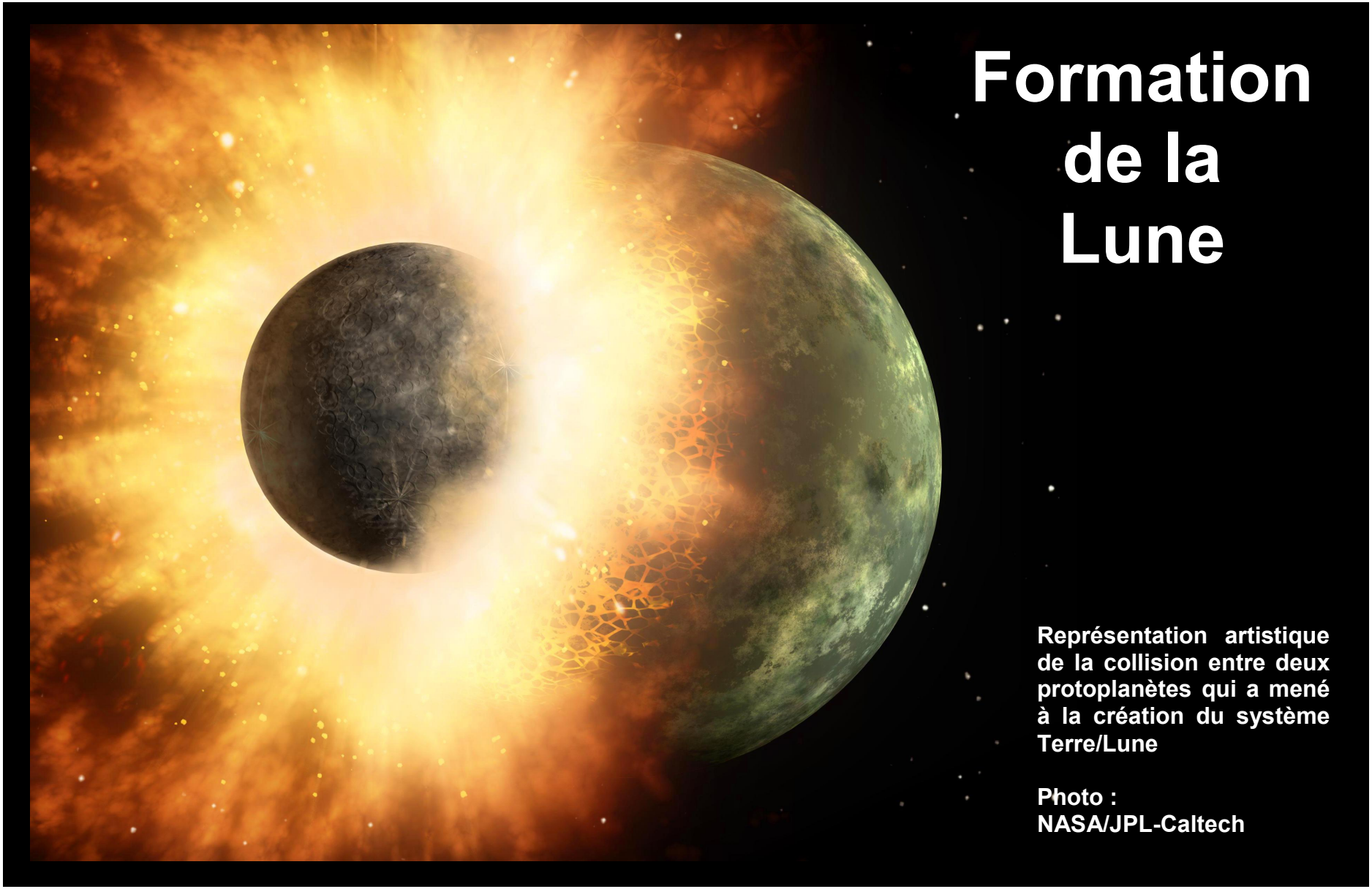
http://www.eso.org/public/archives/images/large/eso1436a.jpg

Aujourd'hui encore, des étoiles naissent avec leur cortège de planètes.

La photographie ci-contre, prise le 6 novembre 2014 par l'observtoire ALMA montre le disque protoplanétaire HL TAURI, situé dans notre galaxie à environ 450 années lumière.

ALMA (Atacama Large Millimeter/ submillimeter Array, en français « grand réseau d'antennes millimétrique/ submillimétrique de l'Atacama) est un radiotélescope géant observant les ondes millimétriques installé dans le désert d'Atacama dans le nord du Chili. Il est composé de 66 antennes d'un diamètre compris entre 7 et 12 mètres qui peuvent être écartées de 150 m à 16 km et qui fonctionnent en interférométrie. Pour obtenir les meilleures conditions d'observation, les antennes du radiotélescope sont installées sur le haut plateau de Chajnantor à environ 5 100 m d'altitude près de la ville de San Pedro de Atacama

L'Atacama Large Millimeter Array (ALMA) de nuit, sous les nuages de Magellan
CC BY 4.0



Formation de la Lune

Représentation artistique de la collision entre deux protoplanètes qui a mené à la création du système Terre/Lune

Photo :
NASA/JPL-Caltech

Très tôt dans l'histoire du système solaire, une collision se serait produite entre la Terre et un autre objet de la taille de Mars, objet que les chercheurs ont baptisé Théia.

Cet objet, déjà solide, aurait impacté une proto-Terre couverte, quant à elle, d'un océan de magma chaud, comme c'était effectivement le cas quelque 50 millions d'années après la formation du Soleil.

Cette collision aurait entraîné l'éjection d'une énorme quantité de matière qui se serait agglomérée pour donner naissance à la Lune. A l'époque de l'impact, la plus grande partie du fer de la Terre s'était déjà rassemblée dans le noyau. La matière éjectée provenait principalement du manteau, plus pauvre en fer, ce qui explique que la Lune contient une faible proportion de cet élément.

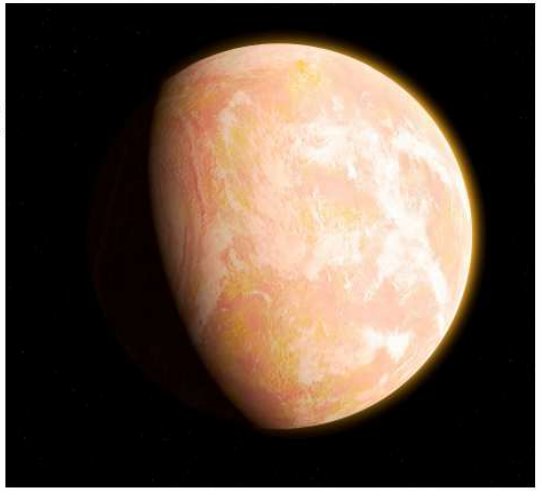
La similarité dans la proportion de différents noyaux atomiques entre la Lune et le manteau terrestre, confirmée après l'analyse des roches lunaires rapportées par les missions Apollo, est due au fait que les deux corps ont une origine commune.

Enfin, la nature très aléatoire d'un impact de cette importance explique pourquoi la Terre est la seule planète interne du système solaire à posséder un satellite de si grande taille qui stabilise l'orientation de l'axe de rotation de la Terre (responsable des saisons).

La Lune présente toujours le même hémisphère à la Terre (sa rotation étant synchrone, c'est-à-dire sa période de révolution étant égale à sa période de rotation). Cette rotation synchrone résulte des frottements qu'ont entraînées les marées causées par la Terre sur la Lune, et qui ont progressivement amené la Lune à ralentir sa rotation sur elle-même, jusqu'à ce que la période de ce mouvement coïncide avec celle de la révolution de la Lune autour de la Terre.
Actuellement les effets de marée de la Lune sur la Terre ralentissent la rotation de cette dernière et provoquent un léger éloignement des deux astres d'environ 3,8 cm par année. Cet éloignement et ce ralentissement font que la durée du jour terrestre augmente de 15 µs par an. La Lune à sa naissance orbitait à une distance 2 fois moindre qu'aujourd'hui et la Terre tournait alors sur elle-même en 6 heures.

Les premiers océans

- 4 400 000 000 ans



NASA-EarlyEarth-PaleOrangeDot-20190802.jpg

Il y a environ 4 400 000 000 ans, la terre est suffisamment refroidie pour que l'eau dégagée par le volcanisme et celle apportée par les météorites se condense et forme les océans.

La pluie ruisselle sur les roches de surface, dissout certains éléments et les emporte dans les océans.

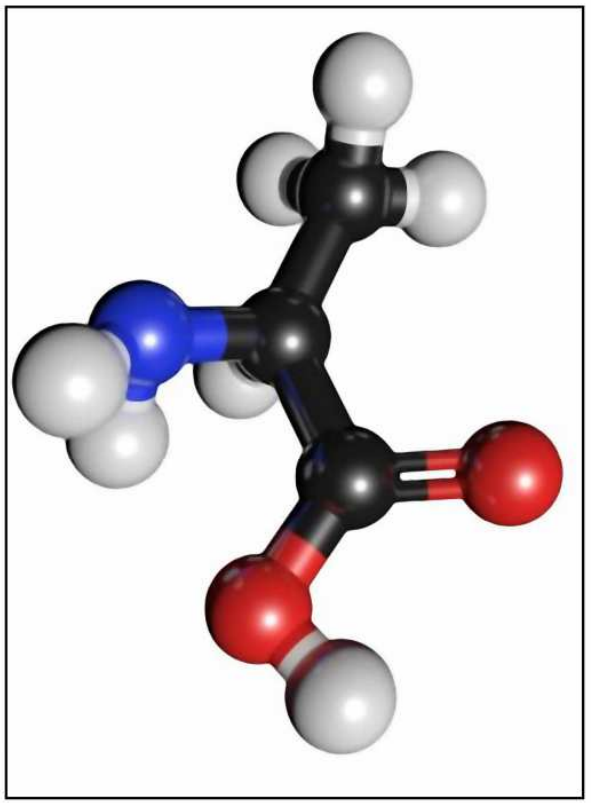
Le volcanisme intense dégage, en plus de l'eau, une grande quantité de dioxyde de carbone (CO_2).
L'atmosphère primitive, composée de gaz très légers (Hydrogène et Hélium) s'échappe dans l'espace et est remplacée par un mélange essentiellement composé de dioxyde de carbone, d'eau et d'azote.

- Public Domain File:Volcano q.jpg Uploaded: 24 November 2004

Petit à petit, l'eau s'accumule dans les océans, l'atmosphère est moins nuageuse et la lumière solaire arrive en plus grande quantité au sol.

Grand Bombardement Tardif - Photo NASA/JPL-Caltech/R.Hurt

Au cours du milliard d'années qui va suivre, l'eau des mares, des lacs ou des océans va s'enrichir de molécules et d'ions de plus en plus complexes apportés par le volcanisme, les météorites ou les comètes qui continuent à percuter la Terre ou produits par des réactions chimiques dans l'air ou dans l'eau.



Par exemple, on y trouvera de l'alanine qui sera une des briques carbonées du vivant : l'alanine alias acide 2-aminopropanoïque, l'un des acides aminés (éléments de base constituant les protéines).

L’apparition de la vie

- 3 500 000 000 ans

La vie apparaît probablement à cette époque, mais beaucoup d’incertitudes demeurent.

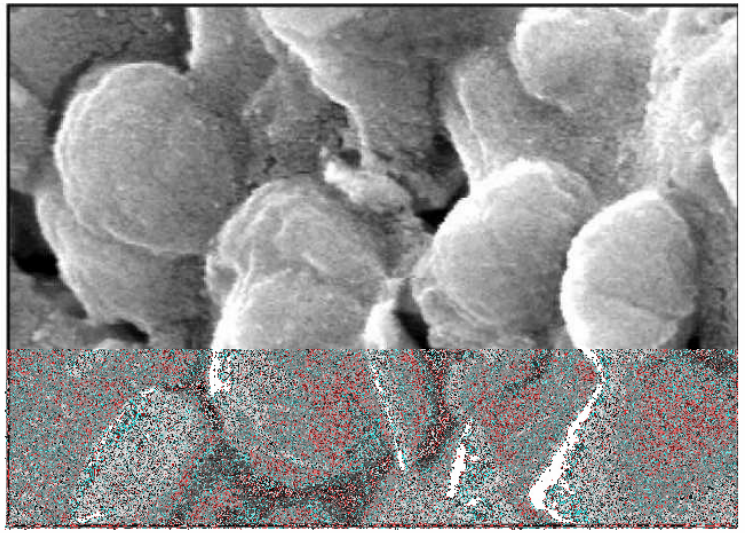
« D'une manière ou d'une autre, la vie a finalement pris la forme d'une « cellule », capable de maintenir l'intégrité d'un « individu » par rapport à l'environnement, capable de maintenir un métabolisme cohérent par des échanges chimiques avec le milieu environnant, et capable de se répliquer en produisant d'autres « individus » semblables.

Ces trois fonctions de base sont essentielles à la vie. » (Wikipédia)

P. Carrara, NPS — National Park Service

Stromatolithes du Précambrien, dans la formation de Siyeh.

En 2002, William Schopf a affirmé que ces formations étaient âgées de 3,5 milliards d'années, elles seraient alors les plus anciennes traces de vie sur Terre



Les plus anciens fossiles de micro-organismes ont été trouvés à Pilbara en Australie.
Ils sont vieux de 3,45 milliards d'années.
Crédit Frances Westall, CNRS, Orléans.

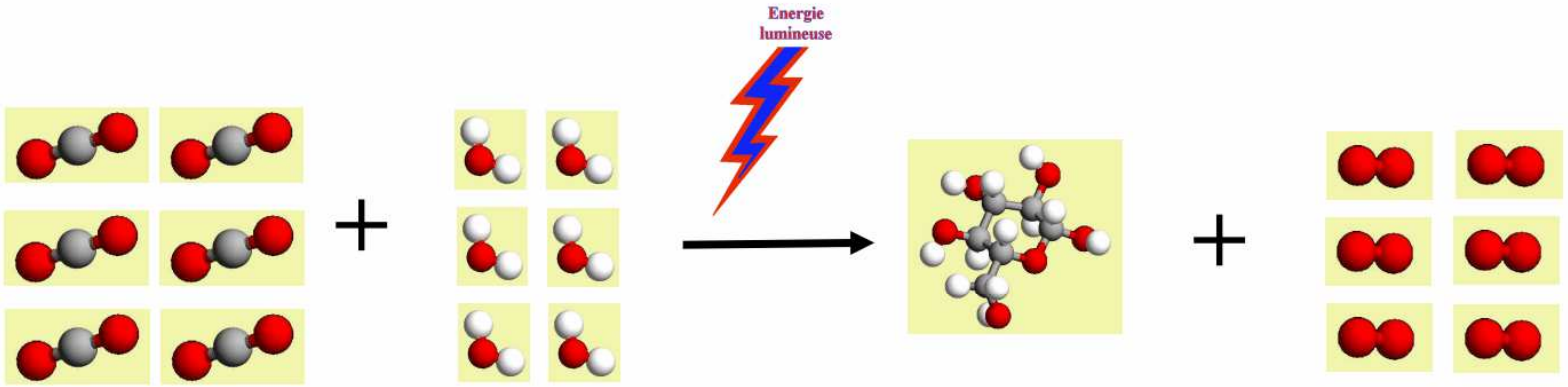
Une partie du dioxyde de carbone de l'atmosphère est piégé sous forme de calcaire qui se dépose au fond de l'eau.

La photosynthèse

- 3 000 000 000 ans

Anabaena sperica
Patrioter6 at
en.wikibooks,
CC BY-SA 3.0

Les formes de vie précédentes ont consommé une grande partie des sources d'énergie présentes dans les océans.
La continuation de la vie impose une diversification :
Au cours de l'évolution apparaissent des organismes capables d'utiliser l'énergie solaire : les cyanobactéries inventent **la photosynthèse**.



Dioxyde de carbone + Eau ----------> Glucose + Dioxygène

Résultat : l'atmosphère s'appauvrit en dioxyde de carbone, l'effet de serre de l'atmosphère diminue, la température baisse et la Terre connaît ses premières glaciations.

Les cyanobactéries comptent parmi les plus anciennes formes de vie en colonie capables de construire des récifs. Les stromatolithes construits par certaines espèces existaient il y a plus de 3,5 milliards d'années. On en trouve encore quelques formations, dont ici dans l'ouest de l'Australie, à Shark Bay.

Photo Luca.gigandet CC BY-SA 4.0

Du dioxygène se dégage. C'est un poison pour les formes de vie existantes.
Au début, ce dioxygène réagit avec le fer présent dans l'environnement (ions Fe^{2+} provenant de l'altération des roches).
Le fer est oxydé à l'état de Fe^{3+} par l'oxygène de l'air. Il précipite et reste bloqué dans le sol. La concentration du dioxygène dans l'atmosphère reste faible durant un temps, puis augmente lentement.

Il y a environ 2 700 000 000 ans, les premiers eucariotes (cellules avec noyau) apparaissent. Certains deviennent capables de vivre dans un milieu aérobie (contenant de l'oxygène).

La photosynthèse, suite

- 2 400 000 000 ans

Les minéraux sont oxydés et ne peuvent plus fixer le dioxygène qui se répand dans l'atmosphère.
Problème : c'est un poison pour nombre de formes de vie existantes.

De nouvelles formes de vie apparaissent, résistantes au dioxygène, puis d'autres qui, comme nous, vont utiliser le dioxygène.

- 1 500 000 000 ans

Les premières algues (d'abord monocellulaires, puis pluricellulaires) apparaissent en milieu aquatique.

L'évolution continue : d'autres organismes apparaissent, qui utilisent les plantes comme source d'énergie : les ancêtres des animaux.

L'évolution invente la reproduction sexuée.

1 000 000 000 ans

Premiers organismes multicellulaires

- 700 000 000 ans

Animaux à corps mou (vers, méduses)

Traces fossiles de terriers de vers marins Presqu-ile-de-crozon

Domaine public Rhistozoma pulmo.jpg

La teneur de l'atmosphère en dioxygène est proche de la teneur actuelle (21 %).

Formation de la couche d'Ozone O_3 qui filtre les rayons UV

Invention du squelette

- 540 000 000 ans

Coquilles, carapaces, squelettes apparaissent.

Ammonite - Eduard Solà
CC BY-SA 3.0

Tortue fossile - Musée d'histoire naturelle du Havre

Photo National Park Service - Domaine public

A la mort de ces animaux, certains seront fossilisés, et donc conservés dans le temps.

L'étude de ces fossiles nous permet aujourd'hui de décrire et de comprendre les formes de vie pour beaucoup disparues.

Sortie de l'eau

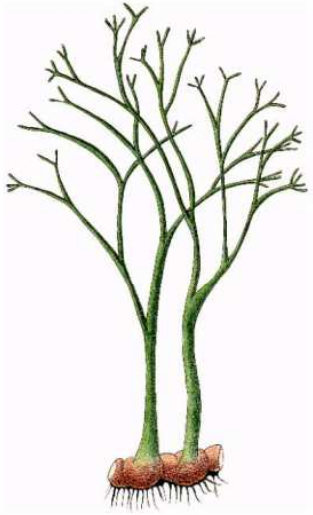
- 440 000 000 ans

Les algues partent à la conquête des terres, donnant naissance aux premières plantes terrestres

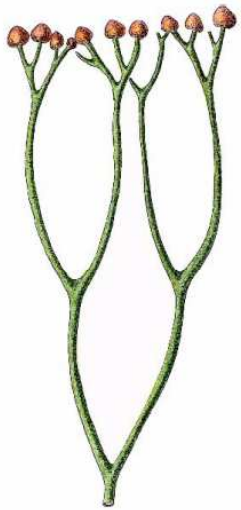
Ces végétaux transforment la roche en sol, modifiant profondément le fonctionnement de notre planète

Devonianscene.jpg: Eduard Riou - Domaine public

Prêle - Walter Siegmund
CC BY-SA 3.0



Horneophyton lignieri

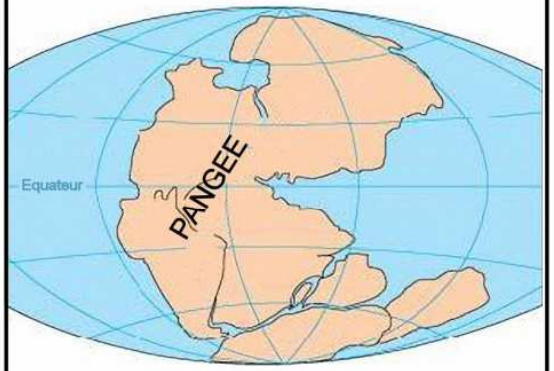


Cooksonia caledonica

L'évolution du monde vivant

Au cours du temps, les plaques continentales dérivent lentement (quelques centimètres par an).

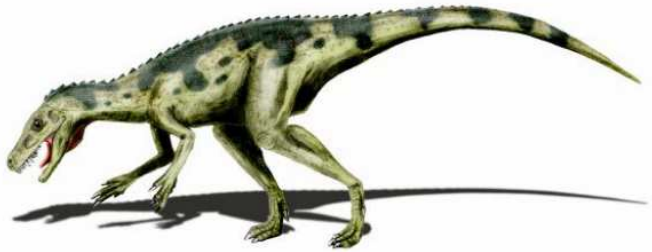
Ces illustrations montrent les positions à différentes époques.



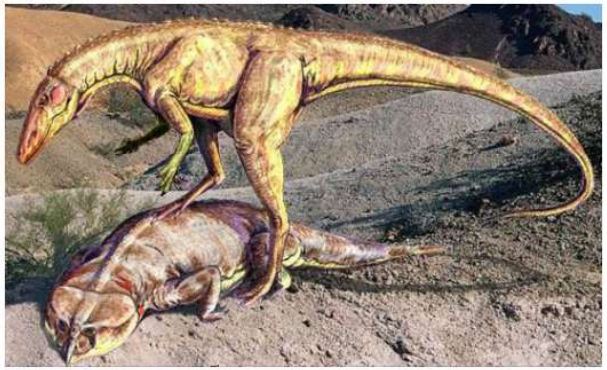
- 225 000 000 ans
PERMIEN

Le plus ancien reptile connu est **Hylonomus lyelli**. C'est également le premier animal connu à s'être adapté complètement à une vie terrestre. L'**Hylonomus** vécut il y a environ 315 millions d'années durant la période que nous appelons le Carbonifère tardif. Il mesurait 20 centimètres et il devait être insectivore.

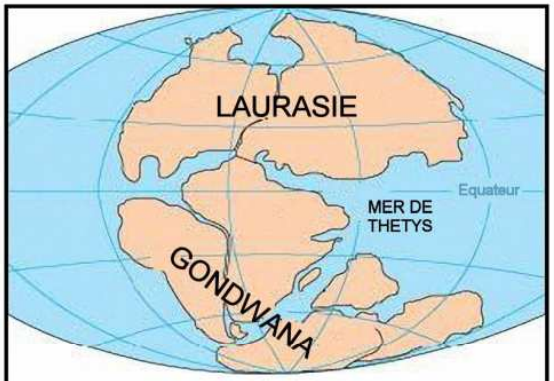
- 230 000 000 ans - Les dinausaures



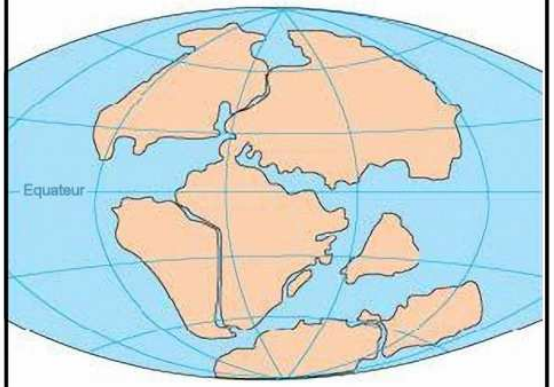
Une reconstitution d'Herrerasaurus, l'un des plus anciens dinosaures connus, vers -230 millions d'années au trias supérieur (vue d'artiste par Nobu Tamura). CC BY 2.5



Domaine public Staurikosaurus dévorant un Rhynchosaurus, par le paléoartiste Dimitri Bogdanov.

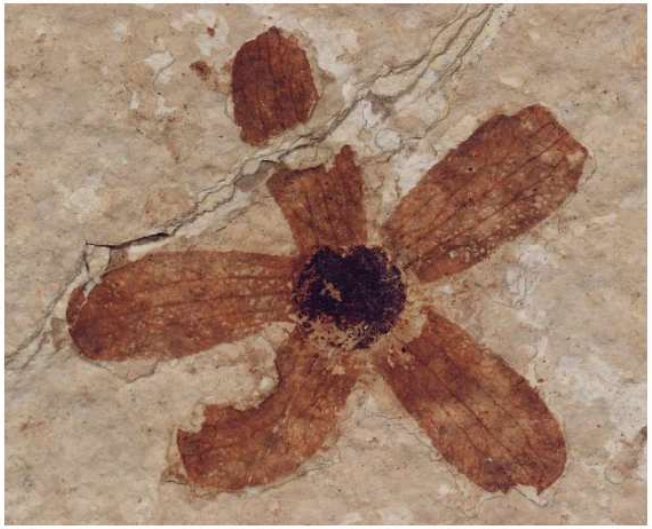


- 200 000 000 ans
TRIAS



- 155 000 000 ans
JURASSIQUE

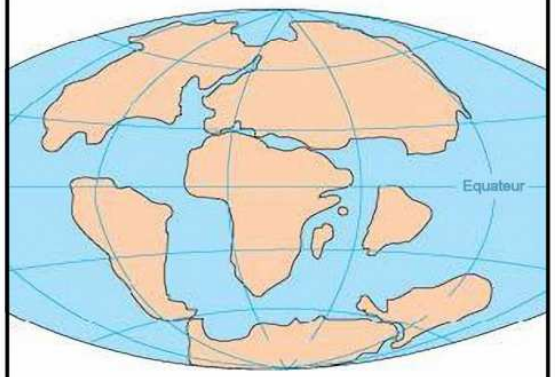
- 200 000 000 ans - Les plantes à fleur



- 150 000 000 ans - Les oiseaux

Travail personnel Bjoertvedt Creative Commons

Un fossile de Gansus, au musée d'histoire naturelle de Pékin. Ce genre est considéré aujourd'hui comme le plus ancien de la famille des oiseaux.



- 65 000 000 ans
CRETACE

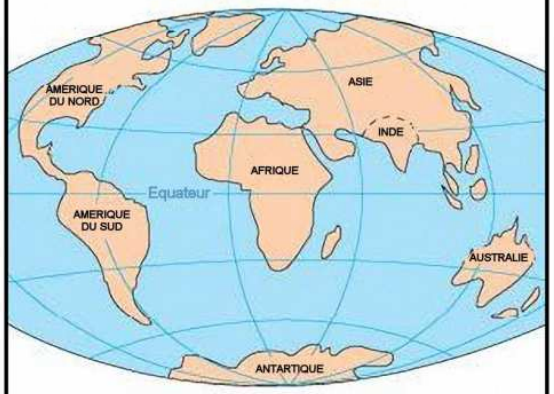
- 66 000 000 ans
Extinction Crétacé-Paléogène
Disparition des dinosaures, des ammonites et de beaucoup d'autres espèces.

Ammonite fossile

Eduard Solà — Travail personnel CC BY-SA 3.0

Apparition des premiers mammifères

- 40 000 000 ans
Les graminées



Aujourd'hui
Images US Geological Survey

- 20 000 000 ans
Les homminidés, ancêtres des hommes et des grands singes

- 7 000 000 ans
Toumaï - Invention de la bipédie

Moulage du crâne de Toumaï, 7 millions d'années. Exemplaire du Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse de Toulouse. CC BY-SA 4.0

- 2 000 000 ans
Homo habilis

Homo habilis trouvé en 1968 dans les gorges d'Olduvaï, en Tanzanie, daté de 1,8 millions d'années.

Nachosan — Travail personnel CC BY-SA 3.0

La suite de l’évolution humaine : homme de néanderthal, homo sapiens, vous et moi...

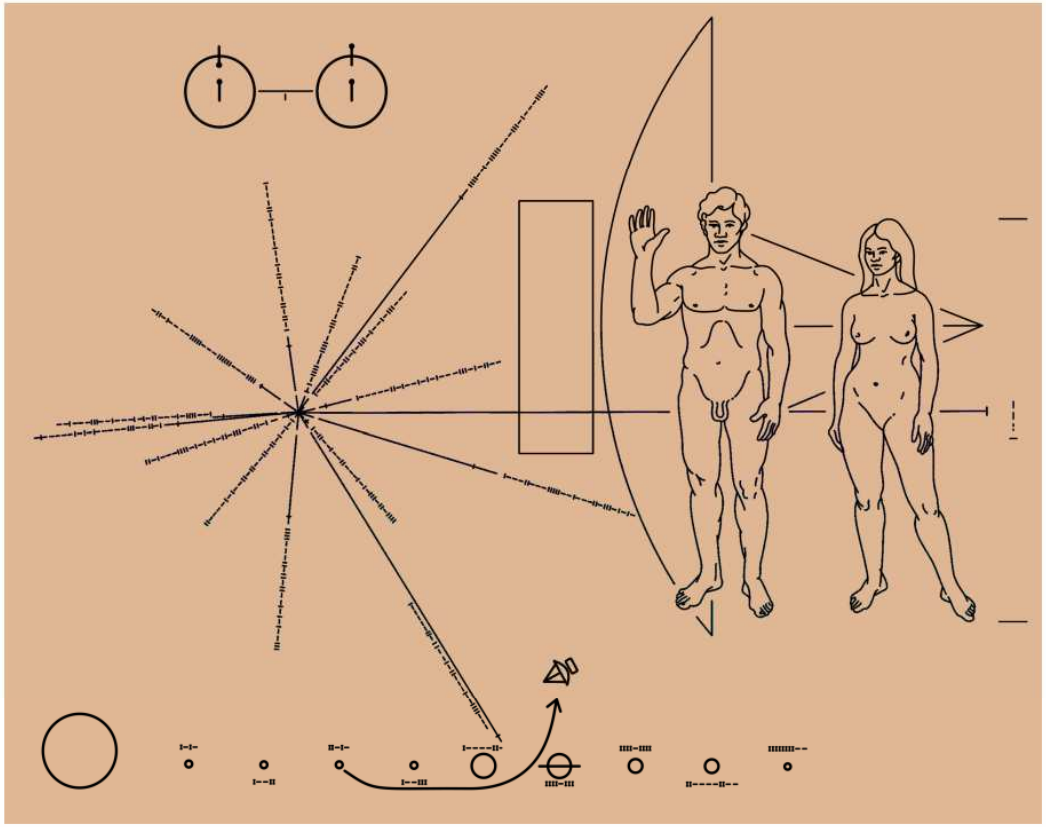


Image de la plaque attachée à la sonde Pioneer 10 lancée en 1972.
Image créée par la NASA.

NASA/ESA Hubble Space Telescope