

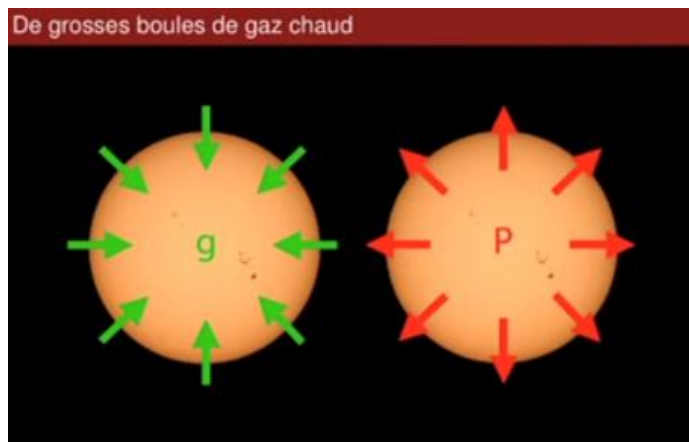
La nucléosynthèse et l'évolution chimique de l'univers¹ (~1930 à aujourd'hui)



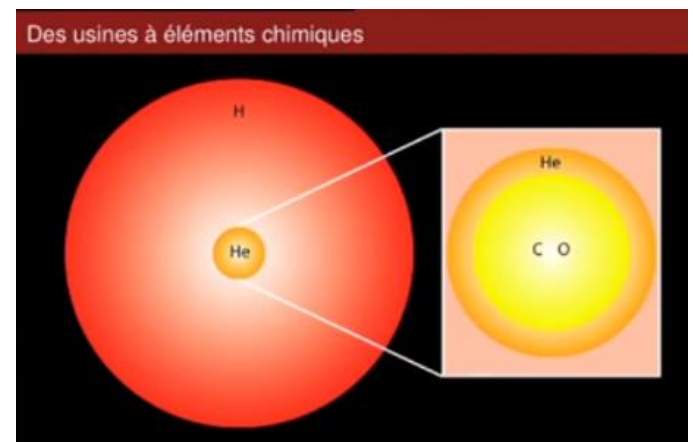
1- À partir des acteurs du début de l'univers, les photons, la gravitation, les forces électromagnétiques, l'expansion et le temps, petit à petit, la matière s'est condensée et structurée. Des zones plus denses se sont formées et des étoiles se sont allumées!



2- On se retrouve avec des galaxies formées d'étoiles qui sont des grosses boules de gaz chaud... Pour former les atomes, nous avons besoin de beaucoup de chaleur.



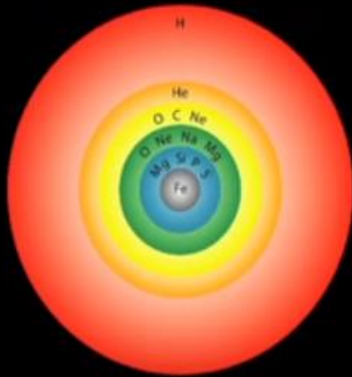
3- Les étoiles sont des grosses boules de gaz chaud très denses constituées principalement d'H et d'He. La concentration de matière au centre libère beaucoup de chaleur à cause de la pression engendrée. Cette dernière reste en équilibre hydrostatique. On retrouve des conditions propices à la fusion nucléaire.



4- L'hydrogène (1 proton) fusionne en hélium (2 protons) pour former un cœur très dense ($\frac{1}{4}$ He pour $\frac{1}{4}$ H) jusqu'à ce qu'il soit saturé. Le cœur va s'effondrer et s'échauffer et fournir les conditions propices pour que l'He se fusionne et forme du C (6 protons) et de l'O (8 protons).

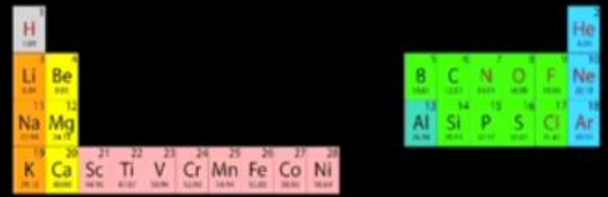
¹ Ekström, Sylvia, « Évolution stellaire et nucléosynthèse (Partie 1) », sur la chaîne de la Société française d'Exobiologie, publié le 23 mars 2016, [https://www.youtube.com/channel/UCAdvOFo8AkWq3tp_UeReZ3w]

Des usines à éléments chimiques



5-Par la suite, les étoiles vont faire une succession de contraction/fusion et terminer avec une structure en pelure d'oignons avec des zones de plus en plus petites qui forment le cœur. Les éléments les plus lourds apparaissent. Par analogie, les éléments sont les cendres de ceux précédents. Les étoiles sont d'énormes usines à élément chimique! Elles sont aussi capables de recycler : avec la cendre précédente, elles en font de nouveaux éléments.

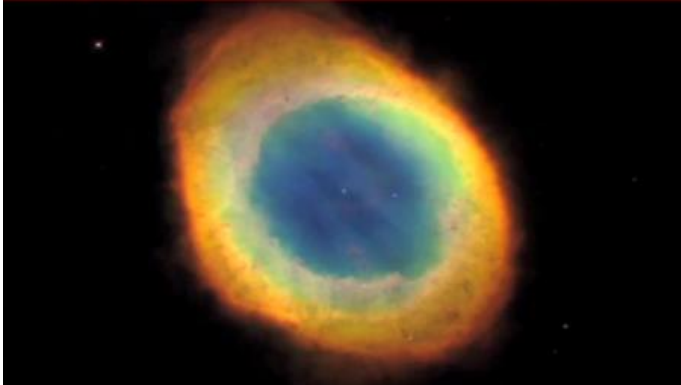
Nucléosynthèse stellaire



Le tableau périodique se remplit

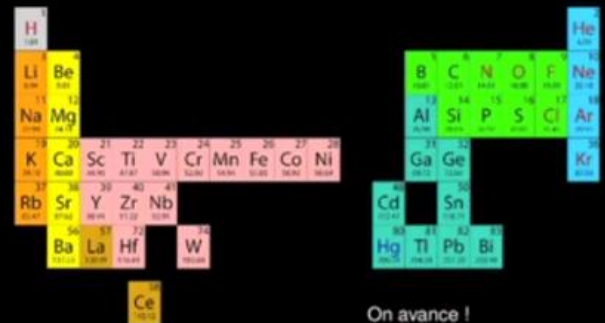
6-Petit à petit, le tableau périodique se remplit jusqu'au fer, élément le plus stable. C'est ce qui se fabrique dans le cœur des plus petites étoiles.

Nucléosynthèse stellaire



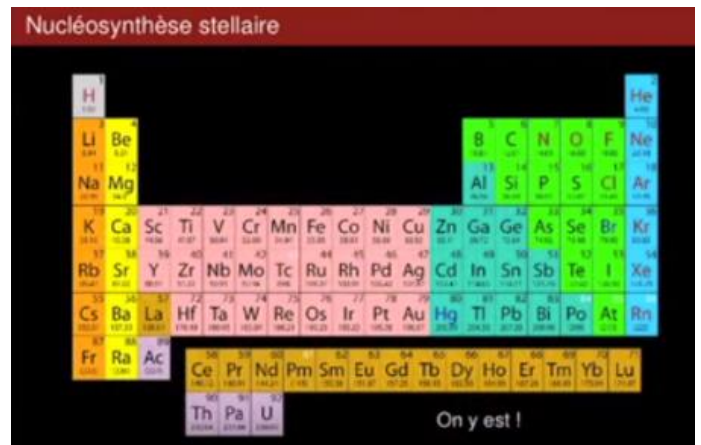
7- D'autres éléments sont formés dans les couches externes de l'étoile suite à des captures de neutrons

Nucléosynthèse stellaire



On avance !

8- Nous avançons dans le tableau périodique.



9- Pour former les autres éléments, nous devons faire appel à des étoiles plus grosses telles que les supernovas. Une fois qu'elle a fusionné le fer, le cœur s'effondre et devient une étoile à neutrons qui rebondissent et engendrent des phénomènes de fusions dans les couches externes pour compléter le tableau périodique.

10- Le tableau périodique est complété!

11-En résumé.....Origine des atomes

Selon la théorie du Bing Bang...

- L'univers est en expansion
- Dans le passé, il a été beaucoup plus chaud, plus dense et plus lumineux
- À des températures de quelques millions de degrés, l'hydrogène initial a fusionné l'hélium et ect...

Ainsi, les atomes proviennent de différentes étoiles. Chacune d'elles a une couleur, une luminosité et une température propre à elle-même et a produit les différents éléments chimiques que nous connaissons.

Ex : Soleil : 6000K ~5726°C (composition : 73,46% H,

Tableau périodique selon le classement selon Mendeleïev (1869)

Tableau périodique des éléments

Éléments des groupes principaux

Éléments des groupes principaux

1 IA 2 II A 13 III A 14 IV A 15 V A 16 VI A 17 VII A 18 VIII A

1 H 1,00794 2 He 4,00260

3 Li 6,941 4 Be 9,01218

5 B 10,811 6 C 12,011 7 N 14,0067 8 O 15,9994 9 F 18,9984 10 Ne 20,1797

11 Na 22,9898 12 Mg 24,3050

13 Al 26,9815 14 Si 28,0855 15 P 30,9738 16 S 32,066 17 Cl 35,4527 18 Ar 39,948

19 K 39,0983 20 Ca 40,078 21 Sc 44,9559 22 Ti 47,88 23 V 50,9415 24 Cr 51,9961 25 Mn 54,9381 26 Fe 55,847 27 Co 58,9332 28 Ni 58,693 29 Cu 63,546 30 Zn 65,39 31 Ga 69,723 32 Ge 72,61 33 As 74,9216 34 Se 78,96 35 Br 79,904 36 Kr 83,80

37 Rb 85,4678 38 Sr 87,62 39 Y 88,9059 40 Zr 91,224 41 Nb 92,9064 42 Mo 95,94 (98) 43 Tc (98) 44 Ru 101,07 45 Rh 102,906 46 Pd 106,42 47 Ag 107,868 48 Cd 112,411 49 In 114,818 50 Sn 118,710 51 Sb 121,76 52 Te 127,60 53 I 126,904 54 Xe 131,29

55 Cs 132,905 56 Ba 137,327 57 *La 138,906 58 Ce 140,115 59 Pr 140,908 60 Nd 144,24 (145) 61 Pm (145) 62 Sm 150,36 63 Eu 151,965 64 Gd 157,25 65 Tb 158,925 66 Dy 162,50 67 Ho 164,930 68 Er 167,26 69 Tm 168,934 70 Yb 173,04 71 Lu 174,967

81 Tl 204,383 82 Pb 207,2 83 Bi 208,980 84 Po (209) 85 At (210) 86 Rn (222)

87 Fr (223) 88 Ra 226,025 89 † Ac 227,028 104 Rf (261) 105 Db (262) 106 Sg (263) 107 Bh (262) 108 Hs (265) 109 Mt (266) 110 ** (269) 111 ** (272) 112 ** (277)

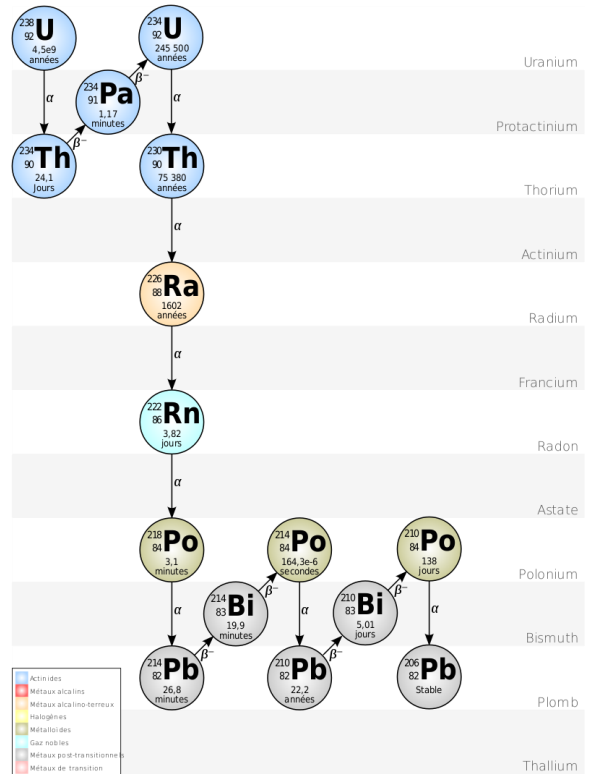
Éléments de transition

Métaux Non-métaux Semi-métaux Gaz nobles

*Lanthanides	58 Ce 140,115	59 Pr 140,908	60 Nd 144,24 (145)	61 Pm (145)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,965	64 Gd 157,25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
† Actinides	90 Th 232,038	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np 237,048 (244)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

** Le nom n'a pas encore été attribué.

- Parmi les 118 éléments chimiques connus, 83 sont dits primordiaux parce qu'ils possèdent au moins un isotope stable ou suffisamment stable pour être plus ancien que la Terre. Parmi eux, trois sont radioactifs: l'uranium ${}_{92}\text{U}$, le thorium ${}_{90}\text{Th}$ et le bismuth ${}_{83}\text{Bi}$; la radioactivité de ce dernier est cependant si faible qu'elle n'a été mise en évidence qu'en 2003.²**
- 11 éléments existent naturellement dans l'environnement terrestre mais sont trop radioactifs pour que leurs isotopes présents lors de la formation du Système solaire aient pu subsister jusqu'à nos jours : ils sont formés continuellement par désintégration radioactive d'autres éléments chimiques, principalement de l'uranium et du thorium. C'est par exemple le cas du technétium ${}_{43}\text{Tc}$, le plus léger d'entre eux, qui est un produit de fission de l'uranium, ou encore du plutonium ${}_{94}\text{Pu}$, le plus lourd d'entre eux, qui est considéré comme un radioisotope naturel présent à l'état de traces dans la pechblende, principal minerai d'uranium. La chaîne de désintégration de l'uranium 238, principal isotope naturel d'uranium, produit ainsi continuellement du protactinium ${}^{234}\text{Pa}$, du thorium ${}^{234}\text{Th}$ et ${}^{230}\text{Th}$, du radium ${}^{226}\text{Ra}$, du radon ${}^{222}\text{Rn}$, du polonium ${}^{218}\text{Po}$, ${}^{214}\text{Po}$ et ${}^{210}\text{Po}$, du bismuth ${}^{214}\text{Bi}$ et ${}^{210}\text{Bi}$, et du plomb ${}^{214}\text{Pb}$, ${}^{210}\text{Pb}$ et ${}^{206}\text{Pb}$, ce dernier étant stable.²**

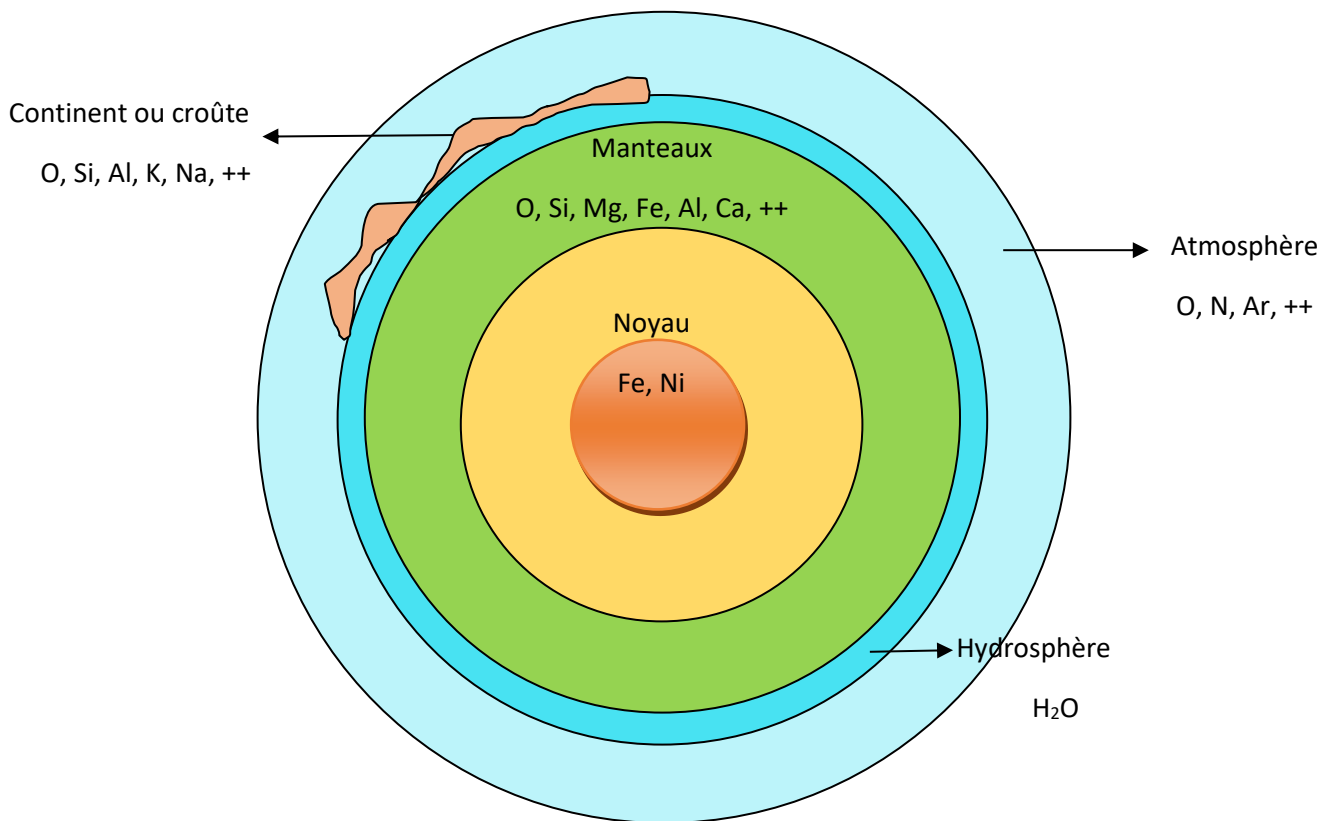


- Les 24 derniers éléments sont dits synthétiques car ils n'existent pas naturellement dans l'environnement terrestre et sont produits artificiellement dans les réacteurs nucléaires ou expérimentalement en laboratoire. On peut cependant trouver certains d'entre eux dans la nature à la suite d'essais nucléaires atmosphériques ou d'accidents nucléaires, comme c'est le cas, dans certaines zones contaminées, pour l'américium ${}_{95}\text{Am}$, le curium ${}_{96}\text{Cm}$, le berkélium ${}_{97}\text{Bk}$ et le californium ${}_{98}\text{Cf}$. Hors de notre planète, ces éléments, ainsi que l'einsteinium ${}_{99}\text{Es}$, sont peut-être produits naturellement par processus r^3 lors d'explosions de supernovae.²**

² Texte tiré du site : https://fr.wikipedia.org/wiki/Tableau_p%C3%A9riodique_des_%C3%A9l%C3%A9ments

- *Parmi les 103 éléments dont l'état standard est connu aux conditions normales de température et de pression (0 °C et 1 atm), 90 sont solides, 11 sont gazeux, et seulement deux sont liquides : le brome ^{35}Br , fondant à $-7,2\text{ °C}$, et le mercure ^{80}Hg , fondant à $-38,8\text{ °C}$; plusieurs éléments solides ont cependant un point de fusion voisin de la température ambiante, par exemple le francium ^{87}Fr , à 27 °C , le césium ^{55}Cs , à $28,5\text{ °C}$, le gallium ^{31}Ga , à $29,8\text{ °C}$, le rubidium ^{37}Rb , à $39,3\text{ °C}$, ou encore le phosphore blanc ^{15}P , à $44,2\text{ °C}$.²*

Composition chimique de la terre



La terre (4,55 milliards d'années) est structurée en enveloppes ou couches concentriques: le noyau, le manteau, la croûte (continentale ou océanique), l'océan et l'atmosphère. Ces enveloppes représentent des réservoirs chimiques de compositions chimiques différentes. L'estimation des compositions chimiques est basée sur des données (ex. des analyses chimiques et radiochronologiques de roches terrestres et extraterrestres), des hypothèses (ex. les météorites non différenciées les plus primitives ont un lien de parenté avec le matériel qui a formé la Terre) et des bilans de masse élémentaires des éléments chimiques.

- La terre, c'est 6 milliards de milliards de milliards de kilogrammes d'éléments chimiques
- Noyau : 90% Fe, 6%Ni + 5% autres
- Manteau : O, Si, Mg, Fe, Al, Ca + autres
- Croûte : O, Si, Al, K, Na + autres
- Si + O = silicates qui permettent de conserver les autres éléments sous forme d'alliages
- Sol ou terre cultivable : infime partie de la croûte : 50% solide (minéral, argile, 5% matières organiques) et 50% gaz (O, N, CO₂)

- Senteur de la terre : **la géosmine** qui est produite par les microorganismes. Cette molécule lui donne son goût, son arôme et son odeur. C'est une molécule qui est problématique pour l'industrie viticole qui lui donne un goût désagréable. Son seuil de perception est de 20 à 60 ng/L (une cuillère à thé dans une piscine olympique). À cause de son seuil de perception, il permet au chameau de trouver les oasis dans le désert et de s'orienter, car ils peuvent le détecter à des kilomètres de distance.
- Il sert aussi de standard pour l'industrie viticole. Il coûte : 547\$/5mg soit ~100 000\$ pour 1 gramme.

