

La naissance des éléments chimiques

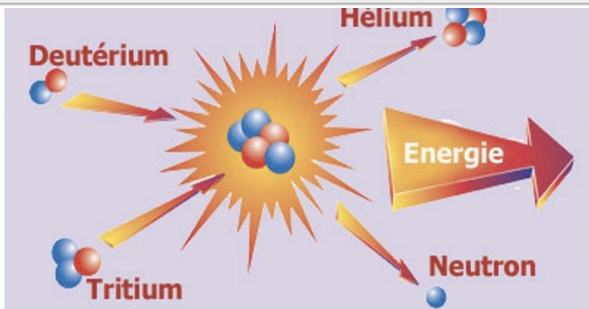
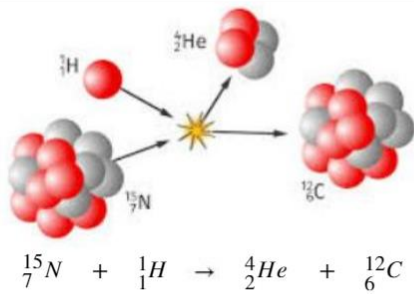
1. La formation des éléments chimiques

Actuellement, les scientifiques recensent une **centaine d'éléments chimiques** tous constitués de particules élémentaires (proton, neutron, électron). Ces particules sont apparues une microseconde après le **Big-Bang**, une gigantesque explosion de matière qui serait à l'origine de l'expansion de l'univers il y a 13,8 milliards d'années.

Remarque : le Big-Bang est un modèle utilisé pour décrire l'origine et l'évolution de l'Univers.

- La **fusion** des particules a produit les premiers noyaux d'hydrogène.
- Par interaction gravitationnelle, les premières étoiles se sont alors formées. Les réactions de fusion dans les étoiles ont permis de former d'autres éléments chimiques : l'hélium, le carbone, l'azote,... jusqu'au fer.
- Après la production de fer dans le cœur de l'étoile (là où la température est la plus élevée), l'étoile devient trop lourde et s'effondre sur elle-même puis explose en supernova. Les éléments plus lourds que le fer sont alors produits par **fission** nucléaire.

La fusion et la fission sont des transformations nucléaires (nucléaire vient de nucléus qui veut dire noyau).

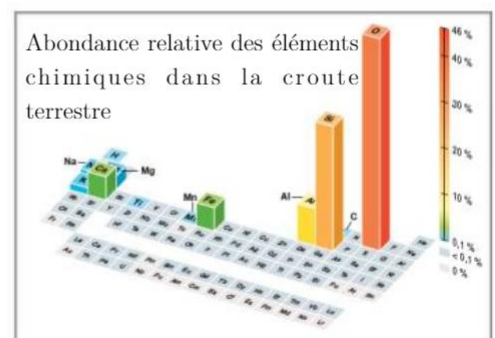
Fusion	Fission
La fusion nucléaire transforme 2 noyaux légers en 1 noyau plus lourd (nombre de nucléons plus élevé). Elle nécessite des températures très élevées et a donc lieu dans les étoiles.	La fission nucléaire transforme 1 noyau en 2 noyaux plus légers (nombre de nucléons plus petit).
	 ${}^1_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{12}_6\text{C}$
Exemple : La fusion de deux atomes d'hydrogène (deutérium et tritium) à des températures de plusieurs millions de degrés, comme au cœur des étoiles. Lorsque ces noyaux légers fusionnent, le noyau créé se retrouve dans un état instable. Il tente de retrouver un état stable en éjectant un atome d'hélium et un neutron.	Exemple : La fission de l'azote par un hydrogène forme un noyau d'hélium et un noyau de carbone.

Remarque : la fission nucléaire stellaire (dans les étoiles) permet de produire à nouveau les éléments qui ont été consommés lors de fusions nucléaires. Elle permet donc d'expliquer pourquoi certains éléments n'ont pas disparu.

2. Composition de l'univers, de la Terre, des êtres vivants

La répartition des éléments chimiques dans l'univers est inégale. Elle dépend des systèmes considérés :

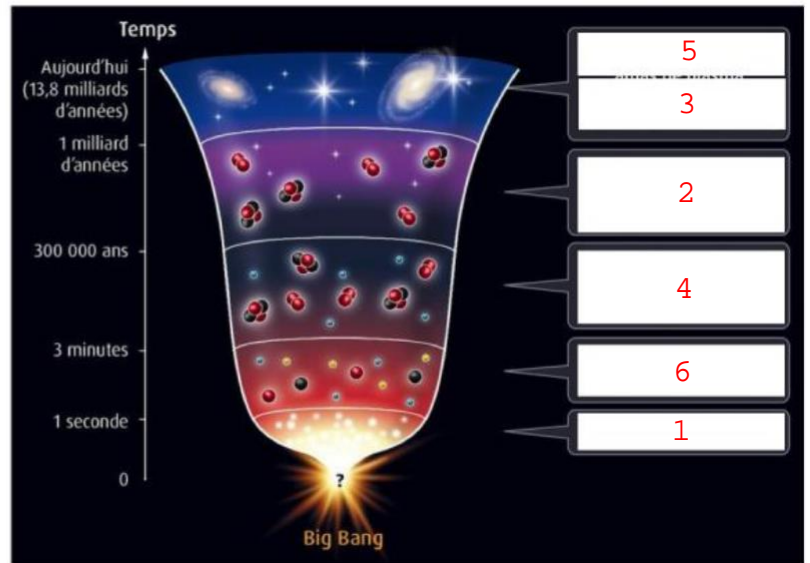
- l'**hydrogène** et l'**hélium** sont les éléments les plus abondants de l'Univers,
- la **Terre** minérale est constituée principalement de **fer**, **oxygène**, de **silicium**, de **magnésium**,
- les **êtres vivants** sont constitués en grande majorité d'**hydrogène**, d'**oxygène**, de **carbone** et d'**azote**.



Application 1 :

Replacer les numéros de la légende ci-dessous sur le schéma ci-contre.

- 1 Particules élémentaires
- 2 Formation des atomes d'hydrogène et d'Helium
- 3 Formation des autres atomes (Li, C, Fe,...) par fusion dans les étoiles
- 4 Fusion des noyaux d'hydrogène pour former les noyaux d'Helium
- 5 Explosion des étoiles et formation par fusion des atomes lourds et formation de nouveaux atomes par fission
- 6 Formation des protons, neutrons, électrons



Application 2 :

Document 1 : Le tableau périodique simplifié des éléments

Tableau périodique simplifié des éléments

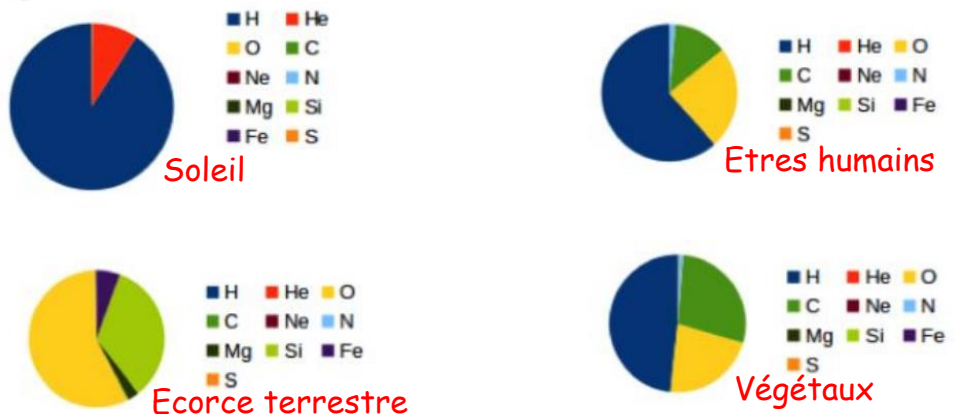
1 H 1 Hydrogène	2 He 2 Hélium						
3 Li 3 Lithium	4 Be 4 Béryllium	5 B 5 Bore	6 C 6 Carbone	7 N 7 Azote	8 O 8 Oxygène	9 F 9 Fluor	10 Ne 10 Néon
11 Na 11 Sodium	12 Mg 12 Magnésium	13 Al 13 Aluminium	14 Si 14 Silicium	15 P 15 Phosphore	16 S 16 Soufre	17 Cl 17 Chlore	18 Ar 18 Argon
19 K 19 Potassium	20 Ca 20 Calcium	...					

Élément chimique	univers	soleil	Croûte terrestre	atmosphère terrestre	Eau de mer	Corps humain	végétaux
H	90	93	0,22		66	61	47,9
He	9	6					
O	0,10	0,06	47	21	33	24,1	21,9
C	0,06	0,04	0,19	0,0015	0,0014	12,6	27,9
Ne	0,012	0,004					
N	0,01	0,007		78		1,4	1,1
Mg	0,005	0,004	2,2		0,033	0,008	0,13
Si	0,005	0,005	28				
Fe	0,004	0,003	4,5				
S	0,002	0,001			0,017	0,05	0,1

Document 2 : Abondance des éléments

Le tableau ci-contre fait apparaître l'abondance relative des principaux éléments chimiques (en % d'atomes) dans certains « objets » de notre environnement :

Attribuer, à partir du document 2, les diagrammes circulaires représentant la composition : de l'Univers, de l'écorce terrestre, des êtres humains et des végétaux.



- ☛ Utiliser les diagrammes pour repérer les éléments les plus abondants dans :
 - dans le soleil (2 éléments) : **H (93%) et He (6%)**
 - dans la terre (4 éléments) : **O (47%), Si(28%), Fe(4,5%) et Mg(2,2%)**
 - dans les êtres vivants (4 éléments) : **H (61%), O (24,1%), C (12,6%) et N (1,1%)**

☛ A partir du tableau des éléments, déterminer si les éléments présents dans le soleil sont qualifiés de « légers » ou « lourds » ?

Dans le soleil il y a essentiellement de l'hydrogène et de l'hélium qui sont les deux éléments les plus légers.

Document 3 : Les travaux de Hans Bethe

Hans Albrecht Bethe (1906 - 2005) est un physicien américain d'origine allemande. Il s'exila d'Allemagne en 1933 pour s'installer définitivement aux États-Unis en 1935. Il fut lauréat du prix Nobel de physique de 1967 pour sa contribution à la compréhension de la **nucléosynthèse stellaire**.
 En 1939, il expliqua : « Comme toute étoile, le Soleil est un gigantesque réacteur nucléaire : en son cœur, des réactions nucléaires ont lieu, au cours desquelles l'hydrogène est transformé en hélium en libérant de l'énergie.
 [...] L'hydrogène se transforme en hélium jusqu'à épuisement, puis l'hélium devient combustible à son tour. Il se transformera ainsi en carbone. En suivant ce processus, appelé "nucléosynthèse", une série d'éléments – carbone, néon, oxygène, silicium – est ainsi créée jusqu'à l'obtention du fer. »
 D'après wikipedia.org et cea.fr

Document 4 : Rappel de la composition du noyau d'un atome



- ☛ Compléter les définitions des réactions de fission et de fusion nucléaire avec les mots : *léger et lourd*
 - Fusion : Réaction nucléaire au cours de laquelle 2 noyaux **légers** s'unissent pour former un noyau plus **lourd**
 - Fission : Réaction nucléaire au cours de laquelle 1 noyau **lourd** est scindé en 2 noyaux plus **légers** (sous l'impact d'une particule ou pas, dans ce cas on parle alors de fission spontanée).
- ☛ Parmi les réactions proposées ci-dessous, préciser si ce sont des réactions de fusion ou de fission nucléaire.

Fusion ou fission ?	Equation de la réaction
Fission	${}^1_0n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0n$
Fusion	${}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^7_3\text{Li}$

Fusion ou fission ?	Equation de la réaction
Fusion	${}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{16}_8\text{O}$
Fission	${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{103}_{38}\text{Sr} + {}^{133}_{56}\text{Ba} + 3 {}^1_0n$

☛ A partir de quel élément initial, tous les autres éléments connus ont-ils été créés. Quel nom donne-t-on à ce phénomène ?

L'élément initial permettant la création de tous les autres éléments est l'hydrogène H. Le phénomène conduisant à cette formation est la nucléosynthèse stellaire.

☛ Les réactions nucléaires évoquées par Hans Bethe lorsqu'il explique la nucléosynthèse sont-elles des réactions de fission ou de fusion nucléaire ? Expliquer.

La nucléosynthèse stellaire se produit à partir de l'hydrogène H. Cet hydrogène va se transformer en hélium. Ensuite, les éléments légers vont fusionner pour donner des éléments plus lourds jusqu'à l'obtention du fer Fe.