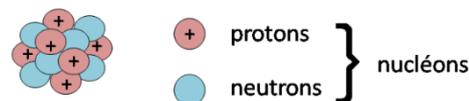


Une longue histoire de la matière

1/ L'abondance des éléments chimiques

a/ Rappel de Seconde : notion d'élément et d'isotope

- Un atome est constitué d'un autour duquel gravitent un certain nombre
Le noyau est constitué de particules élémentaires appelées Il en existe deux types : les et les



Le noyau de l'atome est représenté symboliquement par la notation :

..... est le de l'atome

..... est le Il représente le nombre de nucléons (protons + neutrons).

..... est le Il représente le nombre de protons.

Exemple : noyau de l'atome d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$

Il comporte 92 protons et 235 nucléons, soient $235 - 92 = 143$ neutrons ($A - Z$ neutrons).

- Deux noyaux ayant le même numéro atomique Z mais un nombre de masse A différent sont

Remarque : Ayant le même numéro atomique, ils appartiennent au même élément chimique.

Exemple : Isotopes de l'hydrogène et leur abondance relative

L'atome d'hydrogène a trois isotopes : ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ et ${}^3_1\text{H}$

Symbole	Nombre de protons	Nombre de neutrons	Nom courant	Abondance relative
${}^1_1\text{H}$	1	0	hydrogène	99,985 %
${}^2_1\text{H}$	1	1	deutérium	0,015 %
${}^3_1\text{H}$	1	2	tritium	traces

Actuellement on dénombre 118 éléments chimiques dont certains ne portent pas encore de nom qui se caractérisent par un même numéro atomique. Par contre, il existe plus de 1500 noyaux différents si l'on tient compte des isotopes.

b/ La répartition des éléments chimiques

Les éléments chimiques ne sont pas répartis de manière homogène dans l'Univers.

- Dans l'Univers, les deux éléments les plus abondants sont
- Sur Terre, les éléments les plus abondants sont
- Dans la biosphère (ensemble des organismes vivants), on retrouve les mêmes éléments chimiques, mais dans des proportions différentes, avec quatre éléments majeurs :



2/ L'origine des éléments chimiques

a/ Rappel de Seconde : les transformations nucléaires

Une transformation nucléaire est une transformation au cours de laquelle il y a modification de la structure du noyau atomique.

Lors d'une transformation nucléaire, un ou plusieurs noyaux se transforment en de nouveaux noyaux. Contrairement aux réactions chimiques, les éléments chimiques ne sont pas conservés : des éléments disparaissent et de nouveaux éléments apparaissent.

L'équation d'une réaction nucléaire s'écrit :

.....

Lors d'une transformation nucléaire il y a conservation :

- du nombre de nucléon (A) :
- de la charge électrique (Z) :

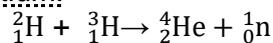
Il existe deux types de transformation nucléaire provoquée : la fusion nucléaire et la fission nucléaire.

❖ La fusion nucléaire

Au cours d'une réaction de fusion nucléaire,

Ces réactions nécessitent de très hautes températures.

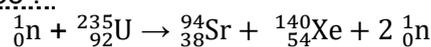
Exemple de la fusion du deutérium et du tritium:



❖ La fission nucléaire: réaction en chaîne

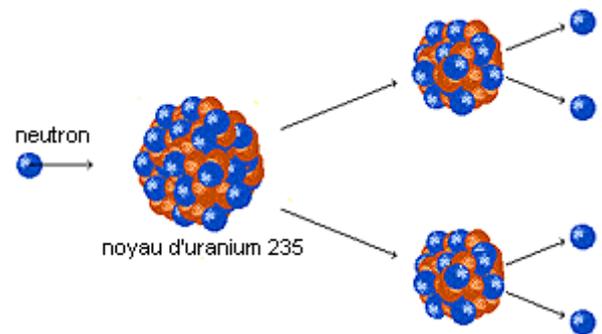
Au cours d'une réaction de fission nucléaire,

Exemple de la fission de l'uranium 235 :



Ce sont les réactions qui se produisent dans les réacteurs des centrales nucléaires actuelles.

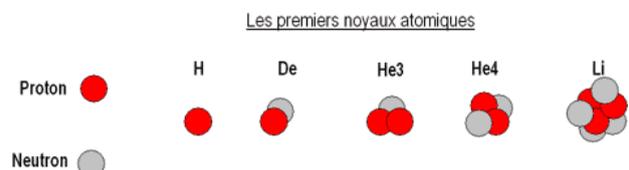
Réaction en chaîne: Les neutrons émis lors de la fission nucléaire peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux. Si le nombre de neutrons émis lors de chaque fission est supérieur à 1, il peut se produire une réaction en chaîne qui devient rapidement incontrôlable (principe de la bombe à fission dite A). Dans les centrales nucléaires, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres qui absorbent une partie du flux de neutrons.



b/ Formation des éléments chimiques dans l'univers

❖ Le Big Bang et la nucléosynthèse primordiale

Durant les premières minutes après le Big Bang, les particules élémentaires s'agglomèrent de manière stable et forment les premiers noyaux d'atomes légers : l'hydrogène, l'hélium et le lithium. C'est la



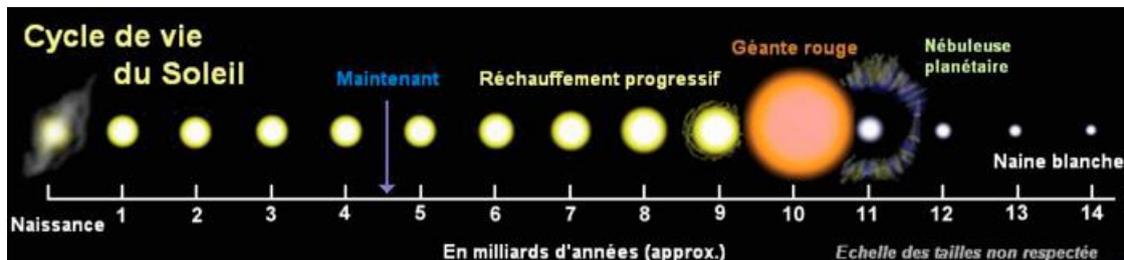
❖ La nucléosynthèse stellaire

Au cœur des étoiles, les noyaux légers sont écrasés les uns contre les autres et finissent par fusionner pour former de nouveaux noyaux plus lourds. C'est la

La plupart des étoiles peu massives, comme le Soleil, sont constituées essentiellement d'hydrogène et d'hélium. Leurs noyaux d'hydrogène fusionnent pour produire de l'hélium. Lorsque l'étoile a épuisé tout son hydrogène, elle évolue en géante rouge : son cœur est riche en noyaux d'hélium, qui fusionnent en donnant des noyaux plus lourds de carbone et d'oxygène. Si l'étoile est suffisamment massive (masse supérieure à 8 fois celle du Soleil), elle pourra produire des noyaux encore plus lourds, comme des noyaux de fer.

❖ La nucléosynthèse explosive

En fin de vie, les étoiles massives implosent, puis explosent. Cette explosion appelée supernova crée des noyaux encore plus lourds comme le platine et l'or et les diffuse dans l'espace autour de l'étoile. On parle de Ces éléments dispersés participent à la formation des planètes.



3/ Les noyaux radioactifs

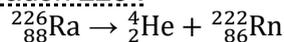
a/ La radioactivité naturelle : réactions de désintégration

La plupart des éléments chimiques ont des noyaux stables, c'est-à-dire qu'ils restent identiques à eux-mêmes au cours du temps. Certains noyaux sont instables. Ils sont dits « » et se désintègrent spontanément.

.....
.....
Le noyau radioactif, appelé, se transforme en un ou plusieurs autres noyaux, appelé(s)

Le processus de désintégration a pour but de conduire le(s) noyau(x) fils vers davantage de stabilité que le noyau père.

Exemple de la désintégration naturelle du radon 226 :



La désintégration est un phénomène : il est impossible de prévoir quand se désintégrera un noyau radioactif. Or, du fait de la désintégration régulière des noyaux, la quantité d'éléments radioactifs présents dans un échantillon diminue avec le temps.

b/ Temps de demi-vie et évolution du nombre de noyaux

Chaque élément radioactif est caractérisé par sa notée

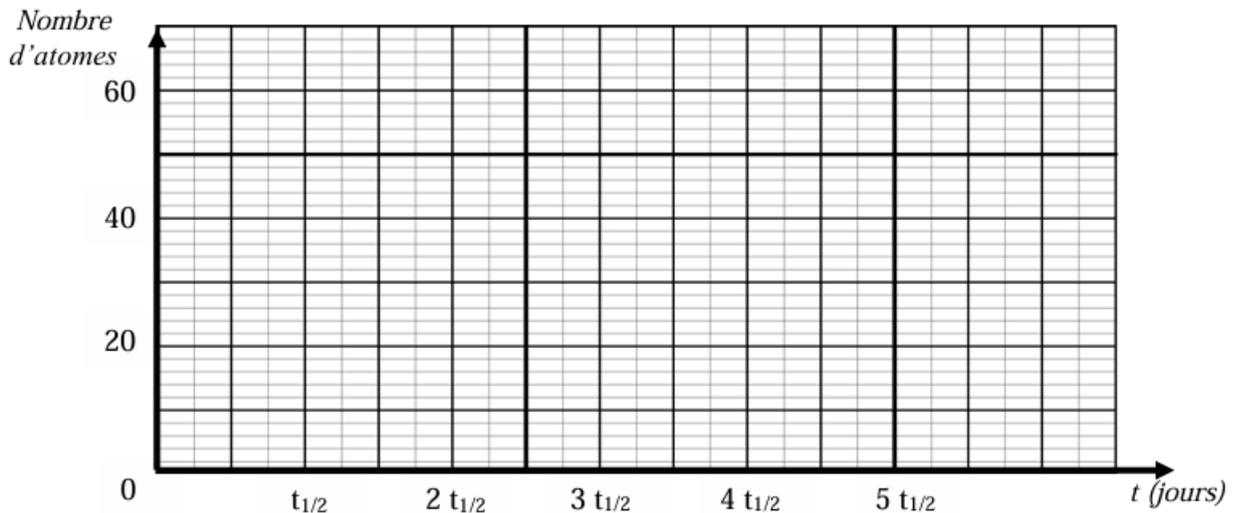
La demi-vie d'un élément est

Radionucléides		$t_{1/2}$
Iode 131	^{131}I	8 jours
Cobalt 60	^{60}Co	5,2 ans
Strontium 90	^{90}Sr	28,1 ans
Césium 137	^{137}Cs	30 ans
Plutonium 239	^{239}Pu	24 100 ans
Iode 129	^{129}I	16×10^6 ans
Uranium 238	^{238}U	$4,5 \times 10^9$ ans

À chaque fois que l'on compte le temps $t = t_{1/2}$, le nombre de noyaux radioactifs est divisé par deux. La demi-vie est très variable selon les éléments : de quelques millisecondes à des milliards d'années.

Exemple : Prenons un échantillon de 64 atomes d'iode 131 (demi-vie : $t_{1/2} = 8$ j)

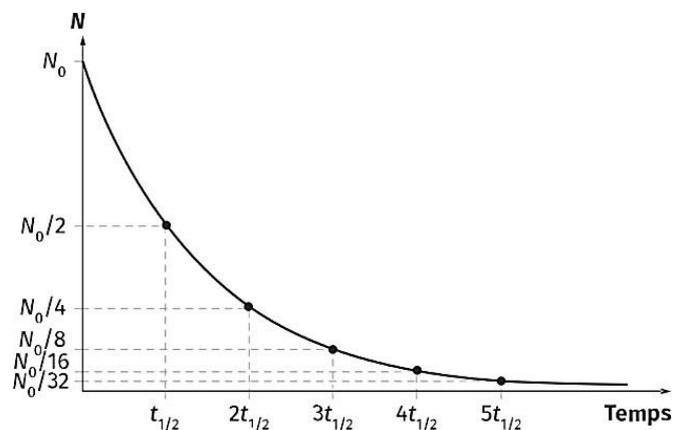
Temps	$t = 0$	Au bout de 8 j	Au bout de 2×8 j	Au bout de 3×8 j	Au bout de 4×8 j	Au bout de 5×8 j	Au bout de $n \times 8$ j
Nombre d'atomes restant	64						
% restant	100 %						



La courbe représentant le nombre de noyaux radioactifs restant en fonction du temps est appelée

On constate que le nombre d'atomes restant ne suit pas une droite en fonction du temps. Ce n'est pas parce que la moitié des atomes radioactifs ont disparu au bout d'une demi-vie qu'ils auront tous disparu au bout de deux demi-vies !

Si on note N_0 le nombre initial de noyaux radioactifs d'un échantillon, après n demi-vies, l'échantillon contient noyaux radioactifs.



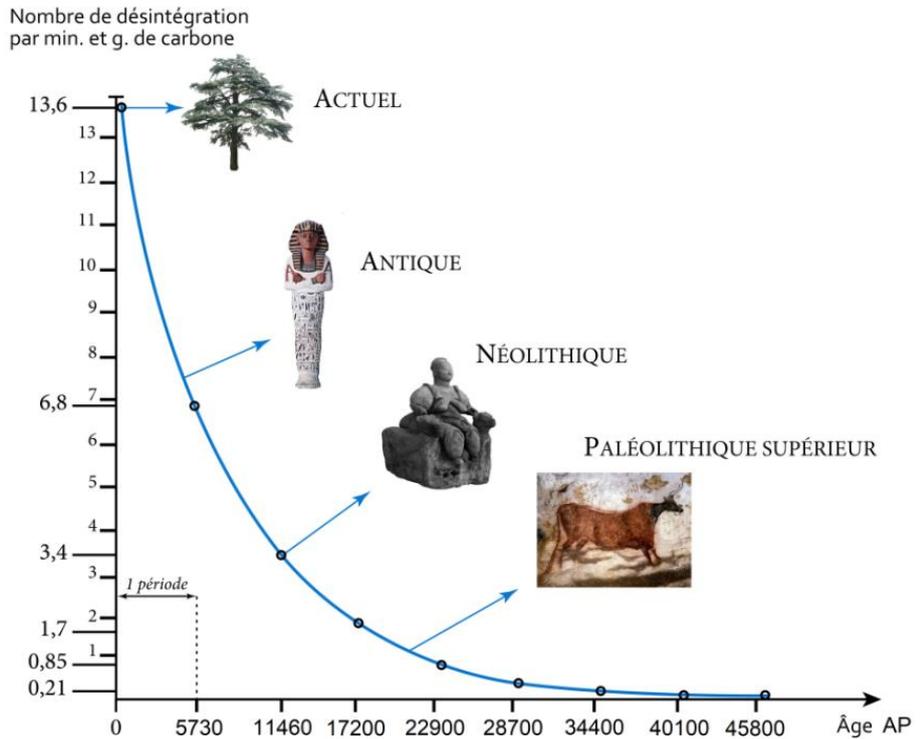
c/ Application à la datation radioactive

Une datation radiométrique ou radiochronologie est une méthode de datation qui utilise la décroissance radioactive et les demi-vies d'éléments radioactifs.

Un isotope du carbone $^{14}_6\text{C}$ est radioactif. Son temps de demi-vie est de 5730 ans. La proportion de carbone 14 est la même dans les êtres vivants que dans l'atmosphère car il est intégré dans l'organisme via la chaîne alimentaire. Lorsque l'organisme meurt cette assimilation cesse et la quantité de carbone 14 baisse par désintégration en azote ($^{14}_7\text{N}$).

Il suffit donc de doser la quantité de carbone 14 restant dans un organisme pour estimer le temps écoulé depuis sa mort.

On peut ainsi remonter jusqu'à 50 000 ans, soit environ 8 demi-vies. Au-delà, la technique n'est pas assez précise car la quantité de carbone 14 devient trop petite pour être mesurée.



JE DOIS SAVOIR :



- Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques (proportions) dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants.
- L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.
- Calculer le nombre de noyaux restants au bout de n demi-vies
- Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants.
- Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie.
- Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).