



I Isotopes d'un élément

Rappels :

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

X est le symbole chimique de l'atome.



A est le **nombre de masse**. Il représente le nombre de nucléons, c'est-à-dire la somme du nombre de protons et du nombre de neutrons.

Z est le **numéro atomique**. Il représente le nombre de protons.

Le nombre de **neutrons** **N** d'un atome est donné par la relation : $N = A - Z$

Exemples :

1) Donner la composition (nombre de neutrons et de protons) du noyau de l'atome de brome

L'atome de brome contient : 35 protons et $79 - 35 = 44$ neutrons.

2) Donner la composition du noyau de l'atome de mercure de notation symbolique ${}^{200}_{80}\text{Hg}$.

L'atome de mercure contient : 80 protons et $200 - 80 = 120$ neutrons.

79
35Br
brome
79.9

- **Deux isotopes ont le même nombre de protons, ils ont donc le même numéro atomique Z.**
- **Deux isotopes ont en revanche un nombre de neutrons différent. Le nombre de nucléons A (neutrons + protons) est donc différent.**

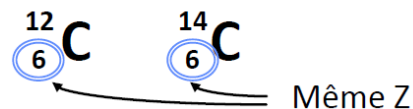
On les représente par le même symbole. Pour les nommer, on donne le nom de l'élément suivi du nombre de masse A (qui est différent pour chaque isotope).



Exemple : Il existe 3 isotopes du carbone : le **carbone 12**, de **carbone 13** et de **carbone 14** (qui sert à la datation des objets anciens).

Le symbole de leur noyau est respectivement : ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_6\text{C}$.

Ces trois atomes ont tous 6 protons ($Z = 6$), mais un nombre de nucléons, donc de neutrons, différent.



Remarque : Isotope est un nom formé à partir de deux termes grecs : *Isos* qui signifie « égal » et *Topos* qui signifie « lieu ».

Deux atomes isotopes appartiennent à un même élément chimique et correspondent donc à la même case du tableau périodique.

Exercice : Le silicium entre dans la composition des panneaux solaires portés par les satellites artificiels. Le noyau de silicium contient 14 protons. Son nombre de neutrons peut varier de 14 à 17.

Ecrire la notation symbolique de tous les noyaux isotopes du silicium de symbole Si.

Isotopes du silicium : ${}^{28}_{14}\text{Si}$ ${}^{29}_{14}\text{Si}$ ${}^{30}_{14}\text{Si}$ ${}^{31}_{14}\text{Si}$

II Les transformations nucléaires

1) écriture symbolique des transformations nucléaires

Exemple de transformation nucléaire : ${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$

On constate que, contrairement à une réaction chimique, des éléments disparaissent et de nouveaux éléments apparaissent. Les éléments chimiques ne sont pas conservés.

Attention : il ne faut pas confondre une transformation nucléaire avec une transformation physique ou chimique. Une **transformation physique** est un changement d'état, comme la fusion de la glace : $\text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$. Dans une **transformation chimique**, les molécules des réactifs se réarrangent pour donner de nouvelles molécules. Dans les deux cas, les noyaux ne sont pas modifiés, les éléments chimiques sont conservés.

Une transformation nucléaire est modélisée par une équation dans laquelle apparaissent les symboles des noyaux des réactifs et des produits.



Lors d'une transformation nucléaire, il y a :

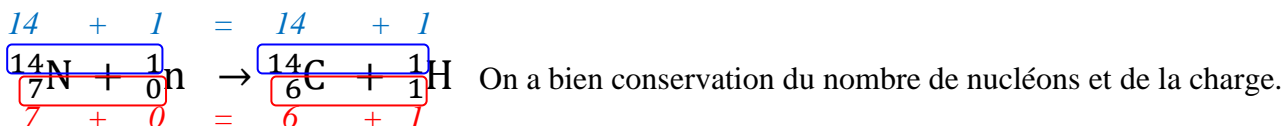
- **conservation du nombre de nucléons (nombre A) :** $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
- **conservation de la charge électrique (nombre Z) :** $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

Certains réactifs ou produits peuvent être des particules libres qui se trouvent en dehors d'un atome.

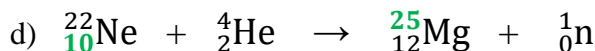
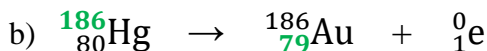
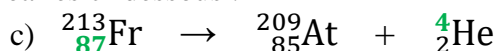
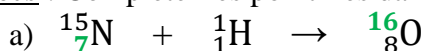
On pourra rencontrer : **neutron** : ${}_0^1\text{n}$ **proton** : ${}_1^1\text{p}$ **électron** : ${}_{-1}^0\text{e}$ **positon** : ${}_{+1}^0\text{e}$
Le positon est l'antiparticule de l'électron (même masse mais charge électrique opposée).

Remarque : L'équation précédente montre la transformation nucléaire de deux noyaux dans les réactifs en deux nouveaux noyaux. Mais cette transformation peut donner des noyaux supplémentaires selon les cas.

Exemple : Formation du carbone 14 dans la haute atmosphère : ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_6^{14}\text{C} + {}_1^1\text{H}$



Exercices : Compléter les pointillés dans les réactions nucléaires ci-dessous :



2) La fission nucléaire

Certains noyaux atomiques sont très volumineux, et leur taille approche du maximum pour un noyau stable.

Ils en deviennent très instables et « cassent » dès qu'un neutron vient les frapper. Ils subissent une fission nucléaire.

On dit que ces noyaux sont **fissiles**.



La fission nucléaire est une transformation nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd se fragmente (se casse) en deux noyaux plus légers, sous l'impact d'un neutron.

La fission s'accompagne de l'émission d'un ou plusieurs neutrons. Ces neutrons sont susceptibles à leur tour de provoquer de nouvelles fissions : c'est la réaction en chaîne.

En plus des neutrons, cette réaction dégage des rayonnements ionisants (dangereux) et beaucoup d'énergie sous forme de chaleur. C'est ce dégagement de chaleur qui est utilisé pour produire de l'électricité dans les **centrales nucléaires**, dans lesquelles la réaction en chaîne est contrôlée.

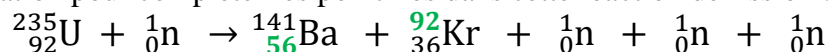


Les réactions en chaîne de fission sont également utilisées dans les **bombes A** (atomiques) comme celles ayant explosé à Hiroshima et Nagasaki en août 1945.



Exercice : dans un réacteur nucléaire, la fission d'un noyau d'uranium 235 sous l'impact d'un neutron peut donner lieu à la formation d'un noyau de Baryum 141, d'un noyau de Krypton 92 et de trois neutrons ^1_0n .

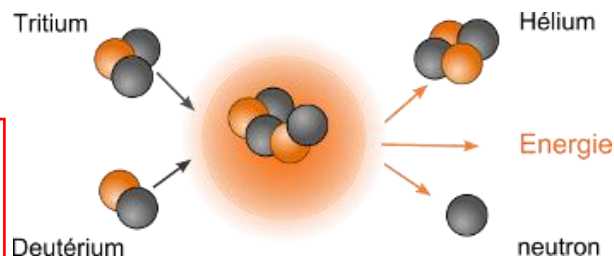
Utiliser les lois de conservation pour compléter les pointillés dans cette réaction de fission :



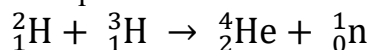
3) La fusion nucléaire

Deux noyaux légers peuvent fusionner quand la température est très élevée.

La **fusion nucléaire** est une transformation nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd.



Exemple : Deux isotopes de l'hydrogène, nommés deutérium et tritium, peuvent fusionner pour donner un noyau d'hélium 4 ainsi qu'un neutron selon l'équation :



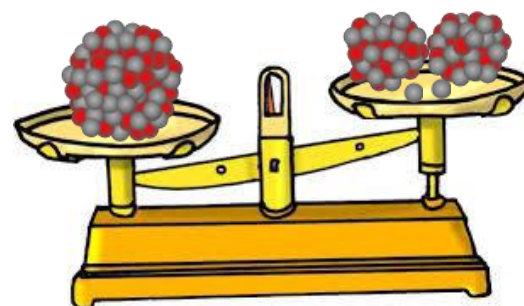
Le rapprochement de deux noyaux positifs est très difficile car ils se repoussent. Il faut beaucoup d'énergie pour réussir à les rapprocher pour qu'ils fusionnent. C'est pour cela que les fusions se produisent à des températures très élevées, comme celles régnant dans le **cœur des étoiles** (15 millions de degré pour le Soleil !).

Les fusions nucléaires sont également utilisées dans les **bombes H** (à hydrogène). On espère un jour pouvoir maîtriser la fusion nucléaire pour l'utiliser comme source d'énergie (projet ITER).

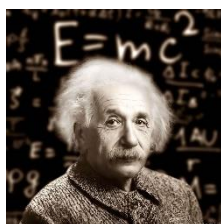
Attention : ne pas confondre la fusion nucléaire et la fusion de la glace (passage de l'état solide à l'état liquide).

III Energie des transformations nucléaires

La fusion et la fission s'accompagnent toutes les deux d'une perte de masse. Cela signifie que la masse totale des produits est inférieure à la masse totale des réactifs (les produits sont plus légers que les réactifs). Tout se passe comme si de la matière avait « disparu » pendant la transformation nucléaire.



Or, en 1905, le physicien allemand Albert Einstein affirme que la masse peut être convertie en énergie.



Cette matière « disparue » a en fait été convertie en énergie qui est libérée lors de la transformation nucléaire.

La fusion et la fission sont des transformations nucléaires qui libèrent de l'énergie, que ce soit dans le Soleil ou dans les centrales nucléaires. On dit que ce sont des **transformations exothermiques**.

À masse égale, la fusion d'atomes légers libère une énergie près de quatre millions de fois supérieure à celle de la combustion du pétrole, et quatre fois supérieure à celle des réactions de fission nucléaire.