

Transformations nucléaires

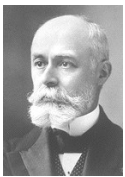
I. Isotopes.

Des noyaux isotopes ont le même numéro atomique Z mais des nombres de masse A différents. Ils diffèrent par leur nombre de neutrons.

Exemple : ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ et ${}_{17}^{37}\text{Cl}$ sont des isotopes du chlore.
 ${}_{6}^{12}\text{C}$ et ${}_{6}^{13}\text{C}$ et ${}_{6}^{14}\text{C}$ sont des isotopes du carbone.

II. Radioactivité

1. Une surprise pour un physicien de la fin de XIX^{ème} siècle



En 1896, le physicien français Henri Becquerel (1852-1908) avait rangé sa plaque photographique près de sels d'uranium qu'il était en train d'étudier. Quelle ne fut pas sa surprise quand il s'aperçut que le film photographique avait été impressionné sans avoir été exposé à la lumière. Il en déduit que l'uranium émettait des rayonnements invisibles ressemblant aux rayons X découverts, l'année précédente, par Wilhelm Roentgen, physicien allemand, et découvre ainsi la radioactivité.



Marie Curie (1867-1934) et Pierre Curie (1859-1906) se consacrent à l'étude de la radioactivité et découvrent deux corps radioactifs : le radium et le polonium. Ces travaux leur valent la prix Nobel de physique en 1903, qu'ils partagent avec Henri Becquerel. Marie Curie obtient encore le prix Nobel de chimie en 1911.

2. Réactions nucléaires spontanées

Lorsqu'un noyau ${}^A_Z\text{X}$ est instable, il subit une transformation spontanée conduisant à la formation d'un nouveau noyau ${}^A_Z\text{Y}$ plus stable. Ce phénomène porte le nom de **radioactivité** car cette transformation radioactive s'accompagne de l'émission de particules et de rayonnements électromagnétiques.

${}^A_Z\text{X}$ est appelé le noyau **père** et ${}^A_Z\text{Y}$ est appelé le noyau **fil**.

Pour un élément radioactif, la désintégration est un phénomène :

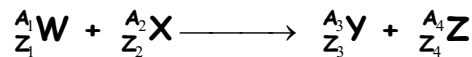
- **NUCLEAIRE** : c'est-à-dire ne concernant que le noyau de l'atome,
- **UNIQUE** : chaque noyau ne peut se désintégrer qu'une fois,
- **SPONTANE** : la désintégration ne nécessite aucune intervention extérieure,
- **INCONTROLABLE** : il est impossible d'arrêter une désintégration,
- **ALEATOIRE** : le moment où débute la désintégration d'un noyau est indéterminé.

La radioactivité est dite **naturelle** lorsque les noyaux instables existent dans la nature et **artificielle** lorsqu'ils sont créés en laboratoire.



III. Les équations nucléaires.

Une transformation nucléaire sera modélisée par une réaction nucléaire dont l'écriture est une équation nucléaire du type :



1. Les Lois de conservation : Loi de Soddy.

Toutes les réactions nucléaires vérifient les lois de conservation suivantes :

- Conservation de la charge électrique (nombre de charges).
- Conservation du nombre total de nucléons.
- Conservation de l'énergie.
- Conservation de la quantité de mouvement (grandeur que vous verrez plus tard).

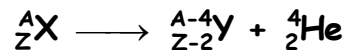
Lois de Soddy :

- Conservation du nombre de nucléons : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
- Conservation du nombre de charge : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

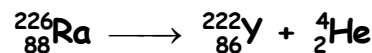
2. Les désintégrations naturels

a. Radioactivité α

Un noyau lourd instable éjecte une particule alpha (α), qui correspond à un noyau de l'isotope 4 de hélium ${}^4_2\text{He}$ et donne un noyau fils plus léger, généralement dans un état excité :

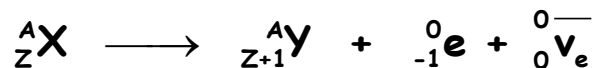


Exemple : Le radium 226 est émetteur α :



c. Radioactivité β^-

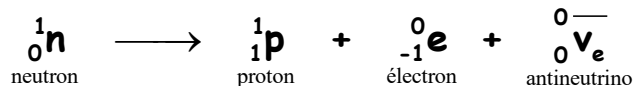
Cette radioactivité se manifeste lorsque le noyau présente un excès de neutrons. Au cours de la désintégration, il y a émission d'un électron noté ${}^0_{-1}\text{e}$ et d'un antineutrino.



Exemple : le carbone 14 est émetteur β^- :

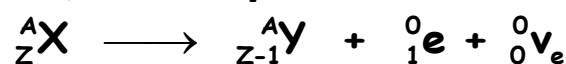


Le noyau père possède trop de neutrons, un neutron se transforme alors en proton :



d. Radioactivité β^+

Cette radioactivité se manifeste lorsque le noyau d'un atome possède trop de protons. Au cours de la désintégration, il y a émission d'un positon noté ${}^0_1\text{e}$ et d'un neutrino



Exemple : l'oxygène 14 est émetteur β^+ , l'équation de la réaction :

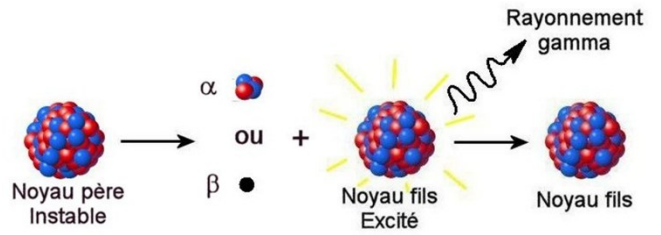
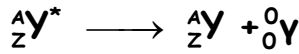


Le noyau père possède trop de protons, un proton se transforme en neutron et un positon est émis



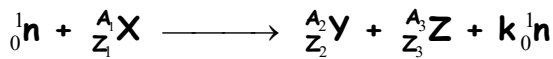
e. La radioactivité γ .

Le noyau fils est le plus souvent dans un état instable, il libère son excédant d'énergie sous forme de rayonnement γ . On dit qu'il se désexcite. IL y a 2 étapes :

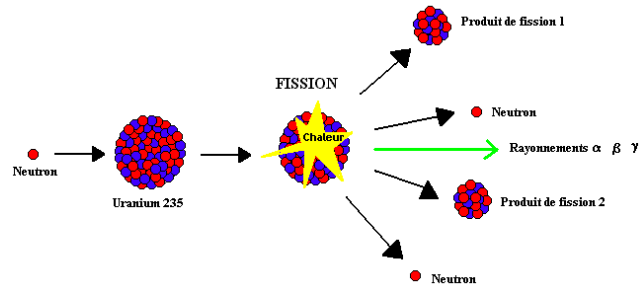
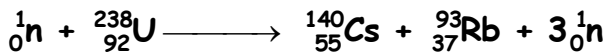


3. La fission nucléaire : réaction en chaîne provoquée

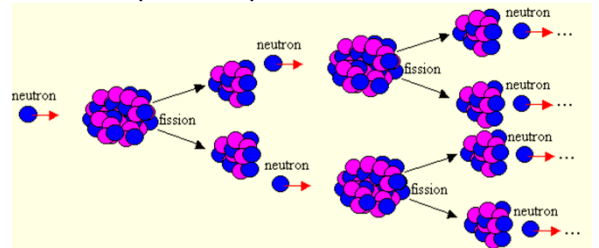
Réaction au cours de laquelle un noyau lourd "fissile" (de numéro atomique élevé) donne naissance à deux noyaux plus légers.



Par exemple la fission provoquée d'un noyau d'uranium 238 :



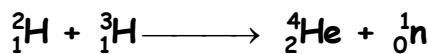
Les neutrons émis lors de la fission peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux. Si le nombre de neutrons émis lors de chaque fission est supérieur à 1, il peut se produire une **réaction en chaîne**.



Dans les centrales nucléaires, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres qui absorbent une partie du flux de neutrons.

4. La fusion nucléaire

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



- ✚ Pour que la fusion soit possible, les deux noyaux doivent posséder une grande énergie cinétique de façon à vaincre les forces de répulsion électriques. Pour cela le milieu doit être porté à très haute température et se trouve alors sous forme de plasma.
- ✚ L'énergie libérée au cours d'une fusion est considérable. Ce sont des réactions de fusion qui produisent **l'énergie des étoiles**.
- ✚ Ce type de réaction présenterait un grand intérêt pour la production d'énergie sur Terre, mais malheureusement, on ne sait pour l'instant pas la contrôler pour produire de l'électricité.

IV. Quelques valeurs d'énergies libérées

Type de réaction	Fusion	Fission	Désintégration α	Combustion du pétrole
Énergie libérée	2.10^{11} J par gramme d'hydrogène	8.10^{10} J par gramme d'uranium 235	2.10^9 J par gramme de radon 222	4.10^4 J par gramme de pétrole