

## Les réactions nucléaires

### 1 Définitions

Le **noyau de l'atome** est composé de nucléons : les neutrons et les protons. Leur nombre est amené à varier d'un atome à l'autre.

Le **nombre de protons** est unique pour un seul et même élément. C'est au nombre de protons que l'on détermine de quel atome il s'agit. En temps normal, (lorsque l'on est face à un atome et non un ion), le nombre de protons est égal au nombre d'électrons.

Le **nombre de neutrons** peut varier pour un même nombre de protons.

On appelle **isotope** un atome contenant le même nombre de protons ( même élément de la table) mais un nombre de neutrons différents. Par exemple, le tritium contient un proton et deux neutrons. Il est un isotope de l'hydrogène ( qui ne contient qu'un proton et aucun neutron).

Les protons portent **une charge**  $q = -e$  où  $e$  représente la charge portée par un électron. Leur **masse** est de  $1,672 \cdot 10^{-27}$  kg.

Les neutrons ne portent **pas de charge** électrique. Leur **masse** est de  $1,674 \cdot 10^{-27}$  kg.

On distingue le nombre de masses et le nombre de charges :

le **nombre de masses** est le nombre de nucléons contenus par le noyau : il est noté  $A$  et se compose de la somme du nombre de protons ( $Z$ , le numéro atomique) et du nombre de neutrons.

le **nombre de charges** est égal au nombre noté  $Z$ , le numéro atomique de l'élément qui traduit aussi bien le nombre d'électrons que le nombre de protons puisqu'il y a électroneutralité des atomes.

La notation d'un nucléide ( c'est à dire d'un noyau ayant un nombre de protons et un nombre de neutrons donnés) se note de la façon suivante:  ${}^A_Z X$  avec les conventions établies plus haut.

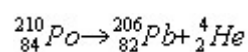
On appelle **radioactivité** la propriété qu'ont certains corps de se désintégrer spontanément pour en devenir d'autres en libérant de l'énergie et en expulsant des neutrons. Il y a à cette occasion émission de rayons.

### 2 Les lois de conservation

De même que Lavoisier pouvait dire qu'en chimie, 'rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ', certaines lois de conservation peuvent être observée lors d'une réaction nucléaire : il y a en effet **conservation du nombre de masses et du nombre de charges**.

Ceci signifie que les sommes du nombre de masses dans chacun des membres de l'équation-bilan de la réaction nucléaire doivent être les mêmes. Il en va de même pour le nombre de charges.

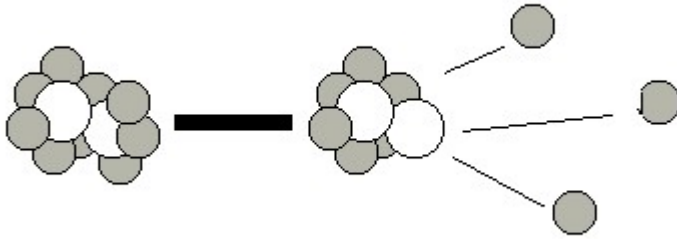
Observons l'équation bilan ci-dessous :



On note bien que :  $84 = 82 + 2$  ( conservation du nombre de charges)

et  $210 = 206 + 4$  ( conservation du nombre de masses)

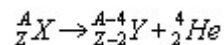
Par ailleurs, il faut noter qu'il y a **conservation de l'énergie**. En effet, lors de la désintégration, il y a transformation de l'énergie de liaison des nucléons en énergie d'une autre forme : de l'énergie rayonnante puisqu'il y a émission de rayons et de l'énergie cinétique qui se manifeste par la vitesse des neutrons expulsés.



### 3 Les différents types de désintégration radioactive

#### La désintégration alpha $\alpha$ :

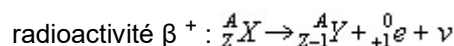
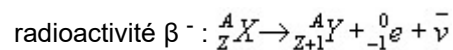
un noyau dit " père " se désintègre en un noyau " fils " par émission d'une particule  $\alpha$ . On appelle particule  $\alpha$  un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  :



#### La désintégration bêta $\beta$ :

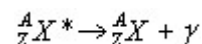
un noyau père se transforme en un noyau fils en émettant une particule  $\beta$ . On distingue radioactivité  $\beta^-$  et radioactivité  $\beta^+$  selon que la particule libérée est une particule  $\beta^-$  ( l'électron  ${}^{-1}_0 e$  ) ou une particule  $\beta^+$ , appelée positron notée  ${}^{+1}_0 e$ ). Les lois de conservation permettent de voir qu'il y a aussi émission d'une particule de masse nulle et de charge nulle, le neutrino ou l'anti-neutrino.

En équation-bilans, ces désintégrations se constatent de la façon suivante:



#### Le rayonnement gamma $\gamma$ :

Lors d'un désintégration  $\alpha$  ou  $\beta$ , le noyau fils peut être créé dans un état excité. Il retrouve son état fondamental (c'est à dire son niveau d'énergie la plus basse) en émettant un rayon  $\gamma$ , rayon similaire à un photon de très haute fréquence. On appelle cette émission une désexcitation  $\gamma$ .



### 4 La période d'activité d'une source radioactive

La **période radioactive d'un nucléide** est le temps nécessaire pour que la moitié de ses noyaux ait subi la désintégration. On l'appelle aussi **demi-vie**.

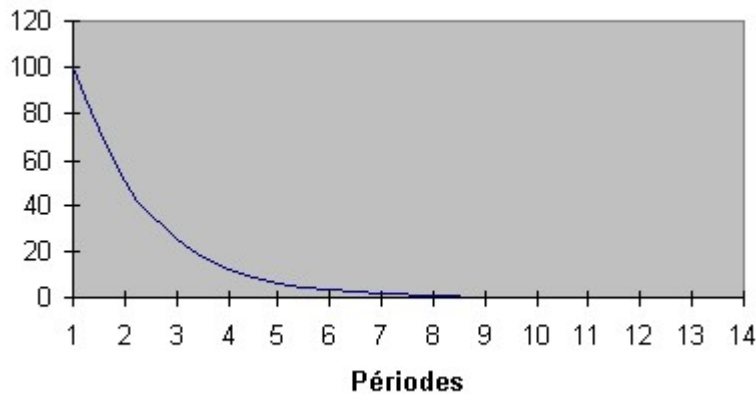
Chaque nucléide a une demi-vie propre. les valeurs de cette demi-vie peuvent varier de quelques nanosecondes à plusieurs milliards d'années.

On peut estimer à tout moment la quantité restant dans l'échantillon dès lors que l'on connaît la quantité originellement disponible, le temps écoulé depuis et la période du nucléide concerné.

au bout d'une période, on a un quantité restante égale à la moitié de celle disponible. Au bout de n périodes, on a donc :

$$Q_r = \frac{Q_d}{2^n}$$

La représentation graphique de la quantité de matière radioactive est donnée par la courbe ci-dessous.



On peut aussi définir  $\lambda$ , la constante radioactive avec.

L'activité d'une source de radioactivité est mesurée dans le système international en Becquerels. Un becquerel ( Bq) correspond à une désintégration en une seconde. On obtient la valeur de l'activité de la source radioactive A en calculant le ratio :

$$A = \text{nombre de désintégration observées} / \text{durée d'observation en seconde}$$

### **5 Les réactions nucléaires provoquées**

Elles sont provoquées parce qu'elles nécessitent l'intervention d'une autre particule ou d'un noyau. On distingue trois grands types de réaction : la transmutation, la fission et la fusion.

#### **La transmutation :**

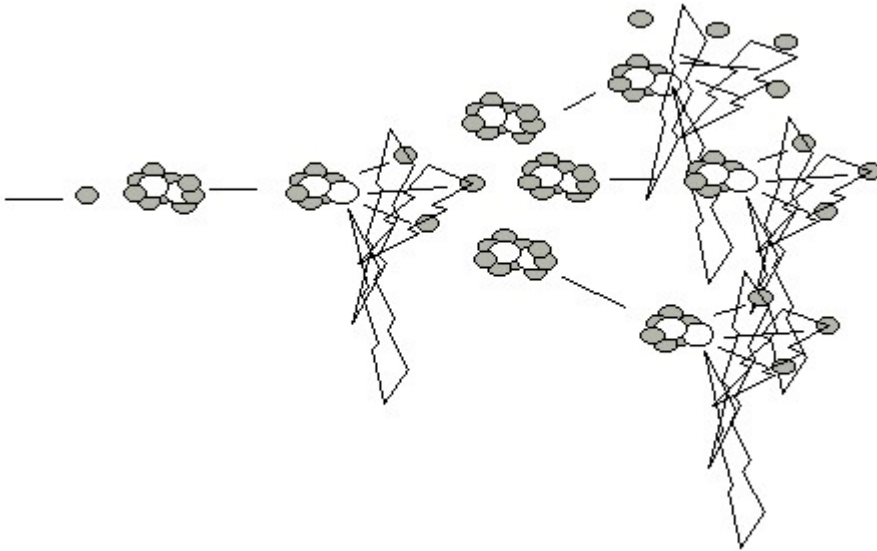
Un noyau précédemment stable devient radioactif par l'action d'un rayonnement radioactif dû à un autre noyau radioactif: dans un premier temps, un noyau radioactif se désintègre pour devenir stable. il émet un rayonnement qui rend l'autre noyau radioactif :  ${}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A+3}_{Z+1}\text{X}_2 + {}^0_1\text{n}$ , puis cet autre noyau va se

désintégrer pour redevenir stable :  ${}^{A+3}_{Z+1}\text{X}_2 \rightarrow {}^{A+3}_{Z+2}\text{X}_3 + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\text{v}$ .

**La fission :**

La rencontre d'un neutron " lent " et d'un noyau lourd donne naissance à un noyau extrêmement lourd et instable qui se scinde en deux et qui libère de nouveaux neutrons lents qui pourront à leur tour donner lieu à de nouvelles fissions .:

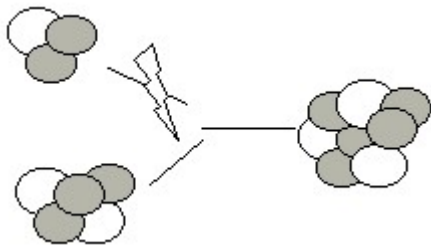
*La réaction en chaîne :*



**La fusion :**

A très haute température, deux noyaux légers peuvent fusionner pour en donner un seul et en émettant

un rayon g.  ${}^A_1X_1 + {}^A_2X_2 \rightarrow {}^{A_1+A_2}_{Z_1+Z_2}X_3$



On appelle capture neutronique la capture par un noyau d'un neutron rapide qui augmente d'une masse le noyau qui le capture.