

# RADIOACTIVITÉ SPONTANÉE

Les **protons** ont été découverts en 1910 par Rutherford.

Les **neutrons** ont été découverts par Chadwick en 1932.

**Caractéristiques d'un noyau d'atome :**

La représentation symbolique du noyau d'un atome est :  ${}^A_Z X$

X est le symbole de l'élément chimique. \* Z est le nombre de protons, appelé numéro atomique et aussi nombre de charge. \* A est le nombre de nucléons, aussi appelé nombre de masse \* N = A - Z est le nombre de neutrons .

**Charge élémentaire :**  $+e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

**Éléments isotopes :** même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différent

**Lois de conservation ou loi de Soddy :** au cours d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons A et du nombre de protons Z.

**Radioactivité  $\alpha$  :** La particule  $\alpha$  est un noyau d'hélium  ${}^A_Z X \xrightarrow{\alpha} {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$

**Radioactivité  $\beta^-$  :** émission d'électrons  ${}^A_Z X \xrightarrow{\beta^-} {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$

**Radioactivité  $\beta^+$  :** émission de positons  ${}^A_Z X \xrightarrow{\beta^+} {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e$

**Rayonnement  $\gamma$  :**  $Y^* \longrightarrow Y + \gamma$

**Loi de décroissance radioactive :**  $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$

$\lambda$  : constante radioactive caractéristique du noyau considéré (en  $\text{s}^{-1}$ )

$\tau$  : constante de temps  $\left( \tau = \frac{1}{\lambda} \right)$  en s

Il faut bien comprendre que: N représente le nombre de noyaux radioactifs **encore présents** (non désintégrés) à l'instant t dans l'échantillon.

$N_0$  représente le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à l'instant initial  $t=0$ .  $\lambda$  est la constante radioactive du radioélément considéré.  $t$  est le temps écoulé depuis l'instant initial.

**Demi-vie radioactive :** on appelle temps de demi-vie d'un échantillon radioactif noté la durée correspondant à la désintégration de la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon.

$$\text{à } t = t_{1/2}, N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

La demi-vie radioactive est caractéristique de chaque noyau.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Elle ne dépend que de la constante radioactive  $\lambda$  :

Chaque fois qu'il s'écoule un temps  $t_{1/2}$ , le nombre de noyau restant est divisé par 2. Ainsi, au bout de  $n$  demi-vies, le nombre de noyaux restant est :  $N = \frac{N_0}{2^n}$ .

**Activité d'une source :** l'activité  $A$  d'une source est égale au nombre de désintégrations de noyau radioactifs présents dans l'échantillon en une seconde.

A s'exprime en Becquerels (Bq)

**1 Bq = 1 désintégration / seconde**

$$A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right|$$

A un instant donné, **l'activité d'une source** dépend du temps de demi-vie et du nombre de noyau radioactifs présents en cet instant :

$$A(t) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times N(t)$$

### **L'unité de masse atomique**

La masse du proton est  $1,67252 \cdot 10^{-27}$  kg. Cette valeur très faible nous conduirait à travailler avec des puissances de 10, aussi une nouvelle échelle de masse a-t-elle été définie : l'unité de masse atomique ou u.m.a.

Par définition,

$$1u = \frac{1}{12} \times m(^{12}_6\text{C}) = \frac{M(^{12}_6\text{C})}{12 \times N_A} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

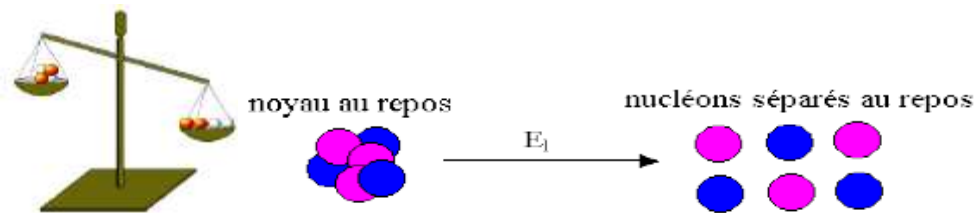
✓ La relation d'équivalence entre la masse et l'énergie

## 1 Défaut de masse du noyau

On a constaté en mesurant les masses que la masse du noyau atomique est inférieure à la somme des masses des protons  $m_p$  et des neutrons  $m_n$  qui le constituent :  $m(\text{noyau}) < Z.m_p + (A-Z).m_n$

Cette différence est appelée défaut de masse  $\Delta m$  :

$$\Delta m = Z.m_p + (A - Z).m_n - m_{\text{noyau}} \quad (\Delta m > 0)$$



### 2) Energie de liaison du noyau :

Définition: On appelle énergie de liaison d'un noyau, notée  $E_l$ , l'énergie que le milieu extérieur doit fournir à un noyau au repos pour le dissocier en nucléons séparés au repos. Lorsque le noyau se dissocie, la masse augmente de  $\Delta m$ . L'énergie de liaison d'un noyau a pour expression :

$$E_l = \Delta m . c^2$$

$E$ : énergie de liaison du noyau (en J)       $\Delta m$  (Kg)       $c$  ( $m.s^{-1}$ )

✓ Energie de liaison par nucléon

**Définition:** L'énergie de liaison par nucléon d'un noyau notée  $E_{l/A}$  est le quotient de son énergie de liaison par le nombre de ses nucléons ( $A$ ) .

$$E_{l/A} = \frac{E_l}{A}$$

L'énergie de liaison par nucléon  $E_{l/A}$  permet de comparer la stabilité des noyaux entre eux. Plus l'énergie de liaison par nucléon est grande, plus le noyau est stable.

### Unités :

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} / c^2$$

Exemple : L'énergie de masse d'un proton de masse  $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

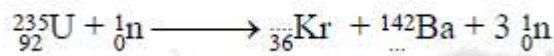
$$E = 1,673 \cdot 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

$$E = \frac{1,5 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 937,5 \text{ MeV}$$

➤ **Fission et fusion nucléaires :**

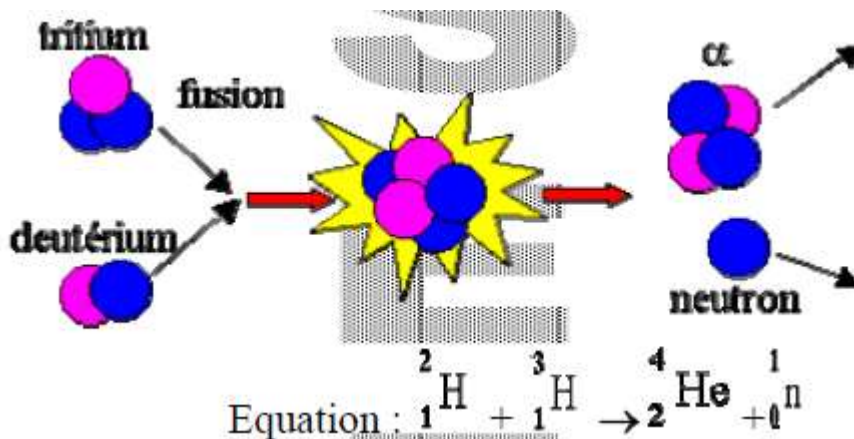
**1 La fission nucléaire: réaction en chaîne :**

**Définition :** La fission est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle un noyau lourd "fissile" (bombardé par un neutron) donne naissance à deux noyaux plus légers et d'autres neutrons.



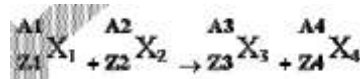
**2 La fusion nucléaire**

**Définition:** La fusion nucléaire est une réunion de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd.



**Bilan énergétique : Energie libérée par une réaction nucléaire**

Equation d'une réaction nucléaire



D'après l'équivalence masse-énergie, la variation d'énergie  $\Delta E$  de la réaction correspond à la variation de masse  $\Delta m$  :

$$\Delta m = (m_{X3} + m_{X4}) - (m_{X1} + m_{X2})$$

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

## Autres expression

$$\Delta E = [E_{\ell}(X_1) + E_{\ell}(X_2)] - [E_{\ell}(X_3) + E_{\ell}(X_4)]$$

## La datation au C<sup>14</sup>

La proportion de carbone 14 par rapport à l'isotope 12 abondant est de l'ordre de  $10^{-12}$ , elle est à peu près constante car il est régénéré dans l'atmosphère. Il en est de même dans le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Or tous les organismes vivants échangent du  $\text{CO}_2$  avec l'atmosphère soit par photosynthèse, soit par l'alimentation. Les tissus fixent l'élément carbone. La proportion de carbone 14 dans les tissus est donc identique à celle de l'atmosphère tant que l'organisme est en vie.

A leur mort, la quantité de carbone 14 diminue (par désintégration) selon la loi de décroissance radioactive, d'où il suffit de comparer l'activité du carbone 14 dans l'atmosphère (ou dans un objet vivant à celle de l'objet à dater.

$$t = \frac{\text{Ln} \frac{a_0}{a}}{\text{Ln} 2} \cdot t_{1/2}$$