

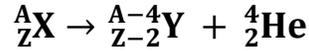
## II. Radioactivité

### II.1. Radioactivité naturelle :

On appelle radioactivité la transformation de noyaux atomiques au cours desquelles un rayonnement est émis.

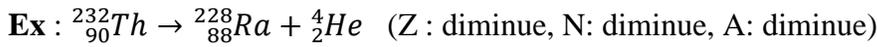
Un noyau radioactif est un noyau instable dont la désintégration (destruction) aléatoire s'accompagne l'apparition d'un nouveau noyau. Les noyaux plus légers émettent des électrons ou particule  $\beta$  et les plus lourds peuvent émettre des électrons ou noyaux d'hélium (particule  $\alpha$ ).

#### II.1.1. Radioactivité $\alpha$ : émission d'un noyau d'hélium ( ${}^4_2\text{He}$ ).



Le nucléide X est appelé "noyau père", le nucléide Y "noyau fils". La radioactivité  $\alpha$  concerne les noyaux lourds ( $A > 200$ ).

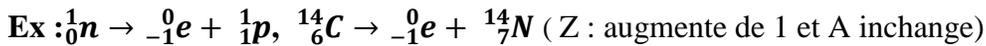
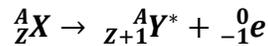
nucléides lourds  $\longrightarrow$  nucléides plus légers (avec des énergies moyennes)



#### II.1.2. Radioactivité $\beta$ : (ou transformation isobarique)

Elle résulte d'un déséquilibre trop important entre les neutrons et protons dans le noyau. Ce sont des transformations sans changement du nombre de masse A. On distingue :

**L'émission  $\beta^-$**  : concerne les noyaux riches en neutron  $N > Z$ . lorsque le rapport  $N/Z$  est trop élevé les nucléides émettent des électrons, comme le noyau ne contient pas d'électrons (ou particule  $\beta^-$ ), il faut admettre qu'un processus interne crée l'électron. Ce processus est la conversion d'un neutron en proton.

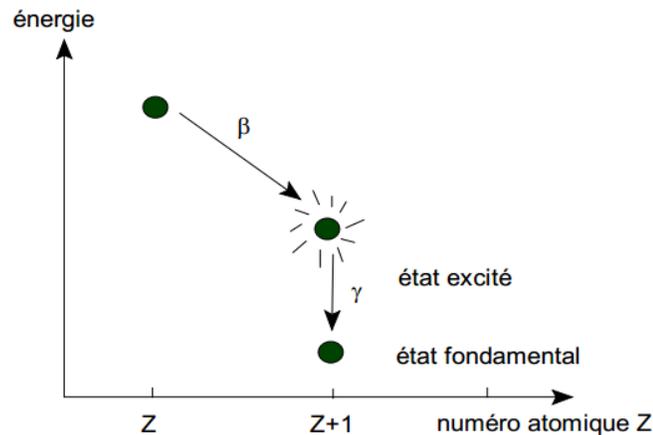


**Ex :**  ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si}^* + {}^0_{+1}\text{e}$  (Z : diminue de 1 et A inchangé) ne concerne que des noyaux artificiels qui possèdent trop de protons. Ce positon ne peut provenir que de la transformation d'un proton excédentaire suivant le bilan :  ${}^1_1\text{p} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + {}^1_0\text{n}$ .

**II.1.3. Rayonnement  $\gamma$**  : Lors d'une désintégration  $\alpha$  ou  $\beta$ , le noyau fils formé n'atteint pas immédiatement son état fondamental, il se trouve dans un état excité. La désexcitation de ce noyau libère une grande énergie sous forme de rayonnement électromagnétique, correspondant à l'émission de photons de très haute fréquence.



L'émission  $\gamma$  ne modifie ni le numéro atomique, ni le nombre de masse, seule la masse atomique diminue d'une quantité équivalente à l'énergie  $h\nu$  du rayonnement émis.



*Figure II.1 : Emission  $\gamma$  après un processus de désintégration  $\beta$*

C'est un dégagement d'énergie qui accompagne les réactions internes du noyau, c-à-d passage d'un état excité à un état moins excité.

#### ❖ Energie et perte de masse :

La réaction nucléaire s'accompagne d'une perte de masse  $\Delta m$  qui se transforme en énergie  $\Delta E$  (conservation de la matière) selon la relation d'Einstein:  $\Delta E = \Delta m C^2 = h \nu$

Avec  $\Delta m = m_f - m_i$  et C : vitesse de la lumière =  $3.10^8$  m/s.

- On définit l'énergie de cohésion ( $-\Delta E$ ) comme étant l'énergie nécessaire pour détruire un noyau en neutrons et en protons (elle est toujours positive).

- l'énergie est généralement exprimée en joules (J) mais en pratique on utilise aussi l'électronvolt (eV).

(1 eV =  $1,6.10^{-19}$  J). L'électron volt est l'énergie d'un électron soumis à une différence de potentiel (ddp) de 1 volt

## II.2. Radioactivité artificielle et réactions nucléaires :

La radioactivité artificielle est créée artificiellement en bombardant des éléments stables avec divers faisceaux de particules : neutron, proton, particule  $\alpha$ , électron. On distingue trois types de réactions nucléaires

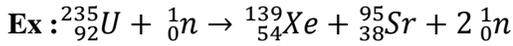
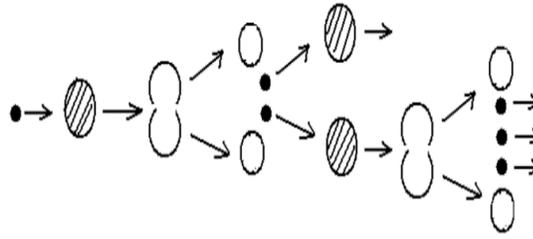
### II.2.1. Transmutation nucléaire :

Ces réactions produisent des nucléides de nombre de masse égal ou très voisin de celui du nucléide initial. Les nucléides formés sont stables ou radioactifs.



### II.2.2. Fission nucléaire :

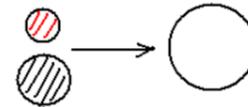
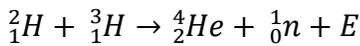
C'est la rupture de certains noyaux en deux fragments sous l'impact d'un projectile (neutron en général) et libération d'une grande énergie E. Les noyaux produits ( $72 < A < 162$ ) sont beaucoup plus légers que le noyau initial qui est un nombre de masse élevé ( $A > 200$ ).



**III.2.3. Fusion nucléaire :**

C'est la réunion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd avec expulsion d'un neutron ou d'un proton et libération d'une très grande énergie.

Ex : fusion d'un noyau de deutérium (deuton) et d'un noyau de tritium (triton)



**NB :** la réaction de fusion n'est pas contrôlable alors que la fission est contrôlée dans les réacteurs nucléaires et pas dans une bombe atomique.

**II.3. Loi de désintégration radioactive :**

Soit la désintégration radioactive :  $A \longrightarrow B$  où B est stable.

Expérimentalement, on peut compter le nombre de particules émises par unité de temps.  $\frac{-dn}{dt} = \lambda n$

$\frac{-dn}{dt}$  : variation du nombre de noyaux radioactifs pendant le temps dt (vitesse de désintégration)

n : le nombre de noyaux instables présents dans l'échantillon à l'instant (t)

λ: est la constante radioactive

$\frac{-dn}{dt} = \lambda n \rightarrow \frac{-dn}{n} = \lambda dt$  d'où :  $\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = \lambda \int_0^t dt$

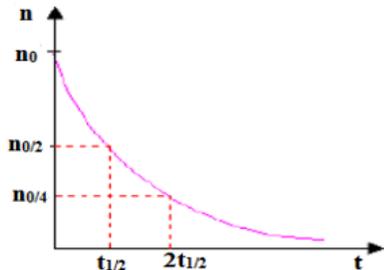
L'intégration de cette équation entre t = 0 jusqu'à un temps t donné donne :  $n = n_0 e^{-\lambda t}$

Lorsque t = 0, n = n<sub>0</sub> avec n<sub>0</sub> : nombre initiale de noyaux instables.

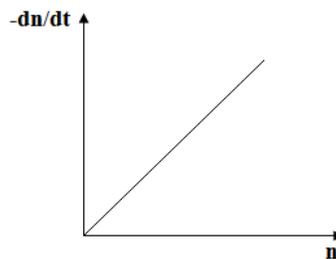
**Activité ou intensité ou vitesse radioactive (A) :** c'est le nombre de désintégrations par unité de temps

$A = \frac{-dn}{dt} = \lambda n \rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t}$ : exprimée en dpm (désintégration par minute), dps (désintégration par seconde), ou Ci (Curie).

$1\text{Curie} = 3.7 \cdot 10^{10}\text{dps}$ ,  $1\text{mCi} = 10^{-3} \text{ Ci}$ ,  $1\mu\text{Ci} = 10^{-6} \text{ Ci}$



Courbe de désintégration radioactive



**Période radioactive :**

La période est le temps au bout duquel la moitié des noyaux, existant à l'origine, a subi la désintégration.

On a : :  $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\text{à } t = t_{1/2} \rightarrow N = \frac{N_0}{2} \quad \text{donc } \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$\Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

**Quelque valeurs de périodes**

nucléide	$^{14}\text{C}$	$^{115}\text{In}$	$^{235}\text{U}$	$^{13}\text{N} (*)$	$^{132}\text{I} (*)$
période	$5.7 \cdot 10^3$ ans	$5.0 \cdot 10^{14}$ ans	$7.1 \cdot 10^8$ ans	9.9 mn	2.3 h

**Le système MKSA (ou système international SI) : mètre- Kilogramme- Seconde-Ampère**

$$\text{N} \equiv \text{Kg m S}^{-2}, \quad \text{J} \equiv \text{Nm} \equiv \text{Kg m}^2 \text{S}^{-2}$$

**Le système CGS : Centimètre-Gramme- Seconde**

$$\text{erg} \equiv \text{g cm}^2 \text{S}^{-2} \quad \text{et } 1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$$

$$e = 4.8 \cdot 10^{-10} \sqrt{\text{g cm}^3/\text{S}}$$