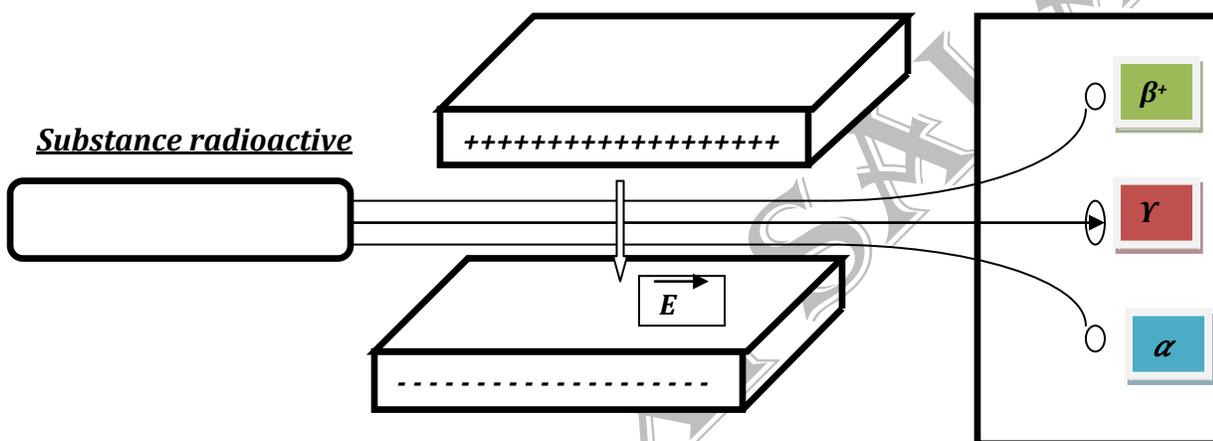


**Chapitre : réactions nucléaires spontanées – la radioactivité**

**I) Etude expérimentale**

**1) Expérience**



**2) Interprétation**

Un rayonnement radioactif peut être formé par des particules chargées positivement ( $\alpha$ ), des particules chargées négativement ( $\beta^-$ ) ou des particules neutres ( $\gamma$ ).

**II) Identification des rayonnements radioactifs**

particule	Masse en u	charge	Vitesse	symbole
$\alpha$	4,0015	$2e$	$\approx 2.10^7$	${}^2_4\text{He}$
$\beta^-$	$5,4466.10^{-4}$	$-e$	$\approx 2,7.10^7$	${}_{-1}^0 e$
$\beta^+$	$5,4466.10^{-4}$	$e$	$\approx 2,7.10^7$	${}_{1}^0 e$
$\gamma$	0	0	$3.10^8$	$\gamma$

Remarque

On symbolise :

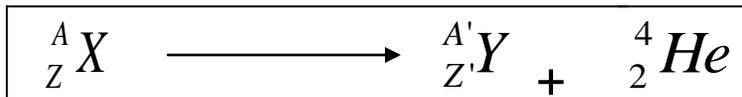
un proton par :  ${}^1_1P$  et un neutron par :  ${}^1_0n$

### III) Origine des rayonnement radioactifs

#### 1) La radioactivité $\alpha$

##### Définition

C'est la désintégration d'un noyau  ${}^A_Z X$  en un noyau  ${}^{A'}_{Z'} Y$  avec émission d'une particule  $\alpha ({}^4_2 He)$ .



Pour équilibrer une réaction nucléaire on doit appliquer deux lois :

- Loi de conservation du nombre de masse .
- Loi de conservation du nombre de charge .

Qui se traduisent par :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = A' + 4 \\ Z = Z' + 2 \end{array} \right. \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} A' = A - 4 \\ Z' = Z - 2 \end{array} \right.$$

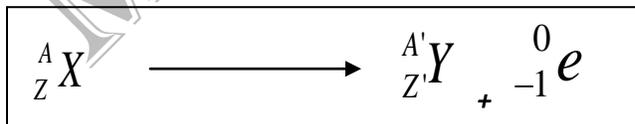
Finalement on aura :



#### 2) La radioactivité $\beta$

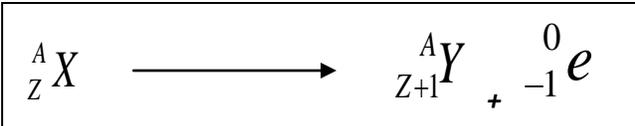
##### Définition

C'est la désintégration d'un noyau  ${}^A_Z X$  en un noyau  ${}^{A'}_{Z'} Y$  avec émission d'une particule  $\beta ({}^0_{-1} e)$ .



D'après les lois de conservation on a :

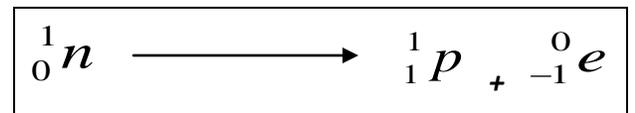
$$\left\{ \begin{array}{l} A' = A \\ Z' = Z + 1 \end{array} \right. \quad \text{on aura finalement :}$$



### Origine de la radioactivité $\beta^-$

Au cours d'une désintégration de type  $\beta^-$  remarquons que :  $A = \text{constante}$  et  $Z$  augmente d'une unité  $\longrightarrow$   $N$  diminue d'une unité .

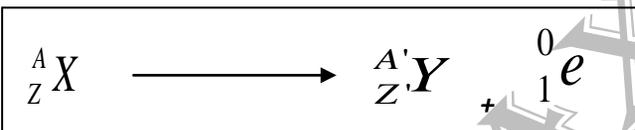
Donc  $\beta^-$  se traduit par la transformation d'un neutron en un proton et un électron .



### 3) La radioactivité $\beta^+$

#### Définition

C'est la désintégration d'un noyau  ${}^A_Z X$  en un noyau  ${}^{A'}_{Z'} Y$  avec émission d'une particule  $\beta^+ ({}^0_1 e)$  .



D'après les lois de conservation on a :

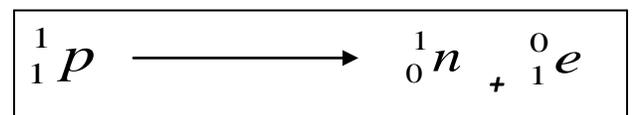
$$\begin{cases} A' = A \\ Z = Z - 1 \end{cases} \text{ on aura finalement :}$$



### Origine de la radioactivité $\beta^+$

Au cours d'une désintégration de type  $\beta^+$  remarquons que :  $A = \text{constante}$  et  $Z$  diminue d'une unité  $\longrightarrow$   $N$  augmente d'une unité .

Donc  $\beta^+$  se traduit par la transformation d'un proton en un neutron et un positon .



#### 4) La radioactivité $\gamma$

Dans certaines désintégrations, la particule émise se trouve dans un état excité, pour laquelle se stabilise elle perd de l'énergie sous forme d'un rayonnement  $\gamma$ .

Cette énergie peut être calculée à partir des énergies cinétiques :

$$W = Ec(\text{particule})_{\text{calculée}} - Ec(\text{particule})_{\text{réelle}} = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

#### IV) Loi de décroissance radioactive

##### 1) Énoncé de la loi

Des expériences faites par les savants physiciens ont montré que le nombre des particules émises par une substance radioactive diminue au cours du temps selon une loi appelée loi de décroissance radioactive et qui se traduit par :

$$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$$

avec :  $\lambda$  est la constante radioactive du radioélément.

$N$  est le nombre des noyaux qui persistent à la date  $t$ .

##### Exploitation de la loi

$$dN/dt = -\lambda \cdot dt$$

$$\int dN/dt = \int -\lambda \cdot dt \longrightarrow \ln N = -\lambda \cdot t + cte$$

Or : à  $t = 0s$  on a :  $N = N_0$  ce qui donne  $cte = \ln N_0$

$$\ln N = -\lambda \cdot t + \ln N_0$$

$$\ln(N/N_0) = -\lambda \cdot t$$

$$N/N_0 = e^{-\lambda \cdot t}$$

Donc on aura :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

##### Remarque

On peut déterminer le nombre des noyaux désintégrés :  $N' = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t})$ .

## 2) Activité d'une source radioactive

L'activité d'une source radioactive notée  $A$  est le nombre de désintégrations produites par unité de temps.

$$A = -dN/dt = \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

On pose :  $A_0 = \lambda \cdot N_0$  on aura :

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

### Unité de $A$ :

L'activité d'une source s'exprime en becquerel (Bq), il faut que  $t$  soit exprimé en seconde (s).

## 3) Période radioactive ( $T$ )

### Définition

On appelle période radioactive  $T$  le temps au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se désintègre.

Donc : pour  $t = T$  on a  $N = N_0/2$

$$\longrightarrow N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0/2 \longrightarrow e^{-\lambda \cdot t} = 1/2$$

$$\longrightarrow -\lambda \cdot T = \ln(1/2) = -\ln 2$$

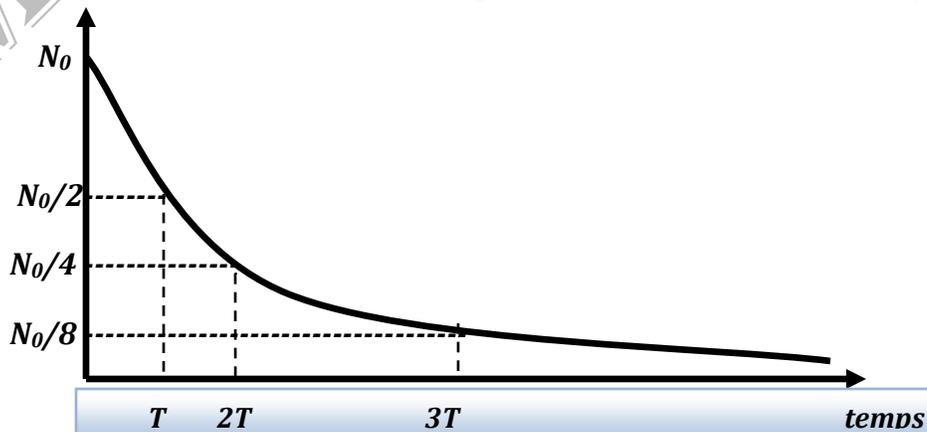
$$\longrightarrow T = \ln 2 / \lambda$$

### Remarque

Si on pose  $t = n \cdot T$  avec  $n \in \mathbb{R}^{*+}$  on aura dans ce cas :

$$N = N_0 \cdot e^{-(\ln 2 / T) \cdot nt} = N_0 \cdot e^{-n \ln 2} = N_0 / 2^n$$

Donc on a :  $N = N_0 / 2^n$  cette relation nous permet de tracer la courbe  $N = f(t)$



## V) Réactions nucléaires provoquées ( fission et fusion)

### 1) Définition d'une réaction provoquée

Une réaction nucléaire est dite provoquée lorsqu'un noyau cible est frappé par un noyau projectile et donne naissance à de nouveaux noyaux.

**Exemples :**

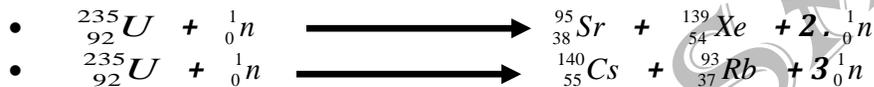
La fission et la fusion sont deux réactions provoquées .

### 2) La fission

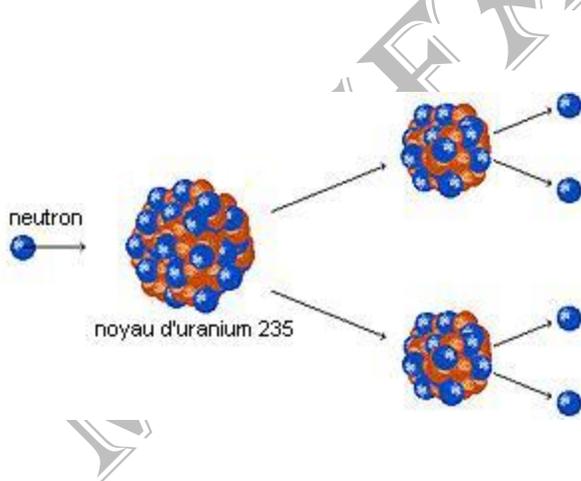
#### Définition

La fission est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle un noyau lourd "fissile" donne naissance à deux noyaux plus légers.

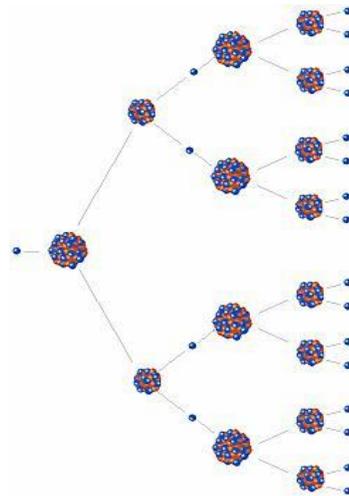
**Exemple:** Plusieurs réactions de fission de l'uranium 235 sont possibles :



**Remarque:** 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 qui devient rapidement incontrôlable (principe de la bombe à fission). Dans les centrales nucléaires, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres qui absorbent une partie du flux de neutrons.



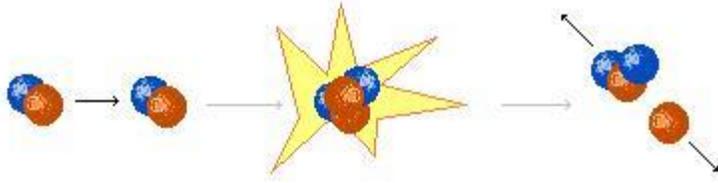
Modélisation d'une fission



Modélisation d'une réaction de chaîne

### 3) La fusion nucléaire

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



**Exemples :**



**Remarque**

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. Dans la bombe thermonucléaire (appelée bombe hydrogène H).

la fusion nucléaire est incontrôlée et explosive La très haute température nécessaire au déclenchement de la réaction est obtenue grâce à une bombe à fission (bombe A) portant le nom d'"allumette". 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.

**FIN CHAPITRE**