

Niveaux: SM PC SVT

Matière: Physique

PROF: Zakaryae Chriki

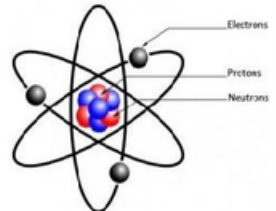
Résumé N:5

Décroissance radioactive



1. Composition du noyau d'un atome.

- Le noyau de l'atome est 100 000 fois plus petit que l'atome.
- De plus, il rassemble pratiquement toute la masse de l'atome.
- Le noyau est constitué de particules appelées nucléons (les protons et les neutrons).
- Le noyau est représenté par A_ZX avec
 - A : Le nombre de nucléons aussi le nombre de masse
 - Z : Le nombre de protons aussi le nombre de charges
 - N : Le nombre de neutrons, $N = A - Z$



2. Nucléides :

- **Nucléide** : ensemble d'atomes de noyaux identiques
- L'ensemble des noyaux ayant le même nombre Z de protons et le même nombre de neutrons N et de symbole A_ZX

3. Isotopie.

Isotopes : des noyaux possédant le même symbole chimique, le même nombre de protons, mais des nombres de neutrons différents (des nombres de nucléons A différents).

4. Noyau radioactif (ou noyau instable)

Un noyau radioactif (appelé noyau-père) est un noyau instable qui se désintègre spontanément en donnant un noyau différent plus stable (appelé noyau-fils) avec émission d'une ou plusieurs particules

5. Stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N, Z) (Diagramme de Segré)

Diagramme de Segré, permet de distinguer deux familles de noyaux :

a - Noyaux stables :

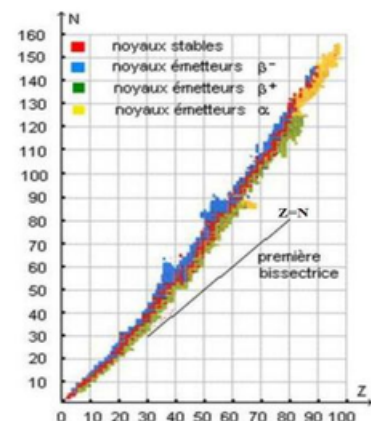
Certains noyaux gardent indéfiniment la même composition : ce sont des noyaux stables.

- Pour $Z < 20$, les noyaux stables se situent au voisinage de la droite d'équation $N = Z$. Ils comportent à peu près autant de protons que de neutrons.
- Pour $Z > 20$, le nombre de neutrons augmente plus vite que le nombre de protons ; les points se répartissent au-dessus de la droite $N=Z$

b - Noyaux instables :

L'instabilité du noyau a lieu si :

- Le noyau-père possède trop de neutrons par rapport au nombre de protons.
- Le noyau-père possède trop de protons par rapport au nombre de neutrons.
- Le noyau-père possède un grand nombre de nucléons ($A > 208$).



6. LA RADIOACTIVITÉ

1° Définition.

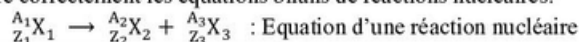
La radioactivité est une transformation naturelle, spontanée et imprévisible d'un noyau A_ZX instable en un noyau A_ZY plus stable avec l'émission d'une ou de plusieurs particules (α et β et souvent d'un rayonnement γ)

NB : Les désintégrations radioactives sont :

- **Aléatoires** (impossible d'en prévoir l'instant) ; - **Spontanées** (sans intervention extérieure) ;
- **Inéluctables** (impossible d'empêcher le processus) ; - Indépendantes des paramètres de pression et de température.

2° Lois de conservation (Lois de SODDY).

- Les réactions nucléaires obéissent à deux lois de conservation :
 - * conservation de la charge électrique (Conservation de Z nombre de proton) ;
 - * conservation du nombre de nucléons (Conservation de A nombre de nucléon).
- Elles permettent d'écrire correctement les équations bilans de réactions nucléaires.



a - Loi de conservation du nombre de charge .

La somme des nombres de charge du noyau-fils et de la particule qui sont formés est égale au nombre de charge du noyau désintégré (noyau-père).

$$Z_1 = Z_2 + Z_3$$

b - Loi de conservation du nombre de nucléons.

La somme des nombres de nucléons du noyau-fils et de la particule qui sont formés est égale au nombre de nucléons du noyau désintégré (noyau-père).

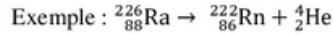
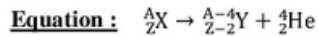
$$A_1 = A_2 + A_3$$

3° Les différentes désintégrations nucléaires :

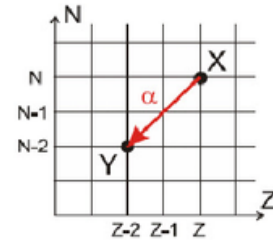
3.1. Radioactivité a :

Définition :

La radioactivité α est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau A_ZX instable en un noyau A_ZY plus stable avec émission d'un noyau d'Hélium 4_2He

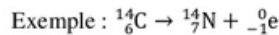
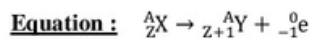


La radioactivité α concerne les noyaux lourds instables à cause d'un excès de nucléons. Elle se traduit par l'émission d'une particule α (noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$).

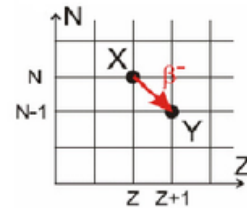


3.2. Radioactivité β^-

La radioactivité β^- est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau A_ZX instable en un noyau ${}^A_{Z'}Y$ plus stable avec émission d'un électron ${}^0_{-1}e$



La radioactivité β^- concerne les noyaux instables à cause d'un excès de neutrons. Elle se traduit par l'émission d'un électron.



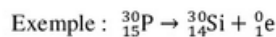
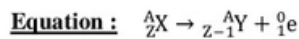
Mécanisme (ou Explication) :

Au cours de la transformation β^- , et dans le noyau :

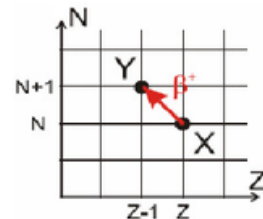
- Le nombre de nucléon A reste constante par contre le nombre de proton augmente d'une unité et le nombre de neutron diminue d'une unité
- **Un neutron s'est transformé en un proton avec émission d'un électron :** ${}_0^1\text{n} \rightarrow {}_1^1\text{p} + {}_{-1}^0\text{e}$ ou ${}_0^1\text{n} \rightarrow {}_1^1\text{H} + {}_{-1}^0\text{e}$

3.3. Radioactivité β^+

La radioactivité β^+ est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau A_ZX instable en un noyau A_ZY plus stable avec émission d'un positron 0_1e



La radioactivité β^+ concerne les noyaux instables à cause d'un excès de protons. Elle se traduit par l'émission d'un positon



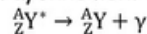
Mécanisme (ou Explication) :

Au cours de la transformation β^+ , et dans le noyau :

- Le nombre de nucléon A reste constante par contre le nombre de proton diminue d'une unité et le nombre de neutron augmente d'une unité
- **Un proton s'est transformé en un neutron avec émission d'un positron :** ${}^1_1\text{p} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_{+1}\text{e}$ ou ${}^1_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_{+1}\text{e}$

3.4. Emission y

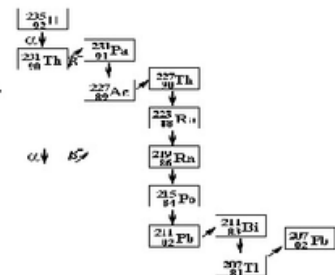
Le noyau issu d'une désintégration α ou β est souvent dans un état instable (état excité). Il devient stable en libérant l'excédent d'énergie sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, le rayonnement γ .



4° Famille radioactive :

Une famille radioactive est une suite de nucléides descendant d'un même noyau, le noyau père, par une suite de désintégrations successives jusqu'à l'obtention d'un noyau stable.

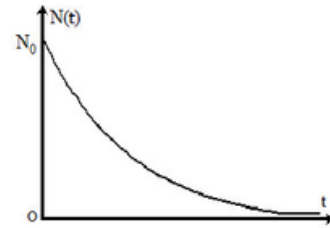
Exemple : La famille de l'Uranium ^{235}U



7. LOI DE DECROISSANCE RADIOACTIVE

- La loi d'évolution du nombre N de noyaux radioactifs présents en fonction du temps
- La loi de décroissance radioactive est : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ Avec N_0 est le nombre de noyaux présents à la date $t=0$
 $N(t)$ le nombre de noyaux encore présents à l'instant t .
 λ (s^{-1}) une constante radioactive



❖ Autres expressions de la loi de décroissance radioactive

$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ avec m_0 : masse de l'échantillon présents à la date $t=0$
 m : masse de l'échantillon présents à l'instant t

$n = n_0 \cdot e^{-\lambda t}$ avec n_0 : Quantité de matière de l'échantillon présents à la date $t=0$
 n : Quantité de matière de l'échantillon présents à l'instant t

❖ La constante radioactive.

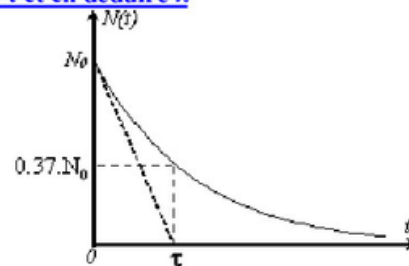
- Chaque nucléide radioactif est caractérisé par une constante radioactive λ , qui est la probabilité de désintégration d'un noyau par unité de temps.
- Elle s'exprime en s^{-1} .
- La constante λ ne dépend que du nucléide et est indépendante du temps, des conditions physiques et chimiques.
- $\tau = \frac{1}{\lambda}$: la constante de temps, s'exprime en (s)

*** Comment déterminer graphiquement τ et en déduire λ

$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
 À l'instant $t = \tau$ on a $N(\tau) = N_0 \cdot e^{-1}$ donc $N(\tau) = 0.37 \cdot N_0$

$$\text{Ou } \frac{N(\tau)}{N_0} = 0.37 = 37\%$$

On repère sur l'axe $N(t)$ le point $N(\tau)$ et après projections sur l'axe des temps on détermine τ et on peut en déduire $\lambda = \frac{1}{\tau}$



❖ Demi-vie.

La demi-vie ($t_{1/2}$) ou période radioactive :

- Est une caractéristique d'un nucléide
- C'est la durée correspondant à la désintégration de la moitié des noyaux radioactifs présents dans l'échantillon.
- Elle s'exprime en seconde (s).

$$\text{A } t_{1/2}, \text{ on a : } N\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{N_0}{2} \text{ d'où } \frac{t_1}{2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

❖ Activité d'un échantillon.

$$a = a(t) = -\frac{dN}{dt}$$

$a(t) = A(t)$: L'activité d'un échantillon radioactif, est le nombre de désintégration de noyau radioactifs présents dans l'échantillon en une seconde.

L'unité de l'activité est le becquerel (Bq). Un becquerel correspond à une désintégration par seconde

$$1\text{Bq} = 1\text{désintégration/seconde}$$

$$a(t) = -\frac{dN}{dt} = -\frac{dN_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t)$$

avec $a_0 = \lambda \cdot N_0$: L'activité d'un échantillon radioactif à l'instant $t=0$

d'où $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

❖ Equation différentielle

On a $a(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$ alors $\frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N = 0$: équation différentielle vérifiée par N

❖ La datation au carbone 14.

- La datation de matériaux organiques (végétaux ou animaux) est possible en mesurant l'activité du carbone 14 dans l'échantillon (l'isotope naturel du carbone 14 est le carbone 12). Pour le carbone 14, $t_{1/2} = 5568$ ans.
- Dès qu'un être vivant meurt, le carbone 14 n'est plus renouvelé : sa proportion se met à décroître.
- Pour déterminer l'âge du matériau mort, on mesure l'activité $a(t)$ du carbone 14 d'un échantillon de matériau mort et on applique la formule : $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

**

Comment Calculer l'activité a

$$a = \lambda \cdot N$$

Remplacer N par :

Remplacer λ par $t_{1/2}$

$$\ln(2) = \lambda \cdot t_{1/2}$$

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

$$\frac{N}{N_0}$$

Un quotient ou un pourcentage et
en déduire N

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

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

$$m = N \cdot m_1$$