

Chapitre N°13 : Radioactivité naturelle et artificielle

Un peu d'histoire :

1896 : Henri Becquerel (physicien français) découvre que des sels d'uranium entreposés dans un tiroir fermé impressionnent des plaques photographiques placées au voisinage. Il en déduit que ces sels produisent un rayonnement, c'est la naissance de la radioactivité.

1898 : Pierre et Marie Curie découvrent deux autres corps ayant les mêmes propriétés (radioactives) : Le polonium et le radium (Prix Nobel de Physique en 1903 partagé avec Henri Becquerel pour la découverte de la radioactivité).

1910 : Rutherford (G.B) découvre la nature de ces rayonnements.

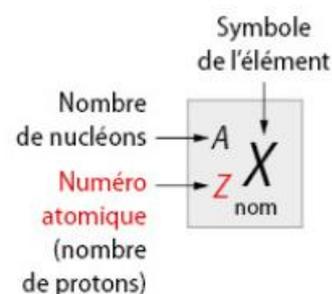
1934 : Irène (fille de Pierre et Marie Curie) et Frédéric Joliot-Curie découvre la radioactivité artificielle, encore appelée radioactivité provoquée, ce qui leur valut le prix Nobel de chimie en 1935.

1/ Noyaux radioactifs

a/ Rappels

Un noyau atomique est représenté par le symbole A_ZX

- A est
- Z est
-



Le noyau comportera donc neutrons.

Des noyaux sont s'ils ont le même nombre de protons (Z) mais pas le même nombre de nucléons (A).

Dans la nature, il existe une centaine d'éléments chimiques. Cependant on connaît environ 1500 noyaux différents dont environ 350 existent à l'état naturel.

Un noyau radioactif est

b/ Lois de conservation des transformations nucléaires

La radioactivité correspond à une dans laquelle un noyau radioactif, appelé «.....», se désintègre en un noyau différent, appelé « », avec émission d'une particule.

On peut modéliser cette transformation nucléaire par une équation de la forme :



Exemples :

${}^{211}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{207}_{81}\text{Tl} + {}^4_2\text{He}$ où ${}^{211}_{83}\text{Bi}$ est le noyau père, ${}^{207}_{81}\text{Tl}$ est le noyau fils, ${}^4_2\text{He}$ est la particule.

${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}e$ où ${}^{14}_6\text{C}$ est le noyau père, ${}^{14}_7\text{N}$ est le noyau fils, ${}^0_{-1}e$ est la particule (électron).

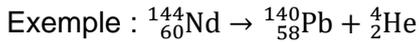
Les réactions nucléaires (naturelles ou forcées) obéissent à des lois de conservation, appelées lois de conservation de Soddy. Lors des réactions nucléaires il y a conservation :

-
-

c/ Les différents types de radioactivité

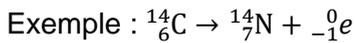
• **La radioactivité α**

Les noyaux très lourds (N et Z grands) ont tendance à se désintégrer en émettant des noyaux d'hélium ${}^4_2\text{He}$ appelés



• **La radioactivité β⁻**

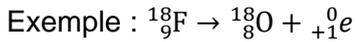
Elle affecte les noyaux qui ont trop de neutrons par rapport aux protons. La radioactivité β⁻ est une transformation nucléaire au cours de laquelle le noyau père radioactif se scinde en un noyau fils et une particule appelée



• **La radioactivité β⁺**

Elle affecte les noyaux qui ont trop de protons par rapport aux neutrons. La radioactivité β⁺ est une transformation nucléaire au cours de laquelle le noyau père radioactif se scinde en un noyau fils et une particule

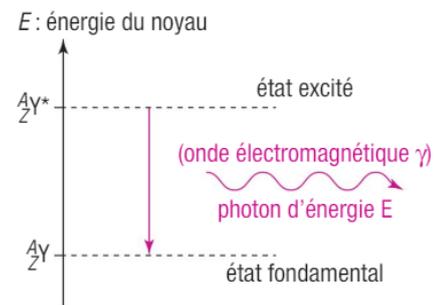
Un positon a une masse égale à celle de l'électron et une charge électrique égale à la charge élémentaire +e.



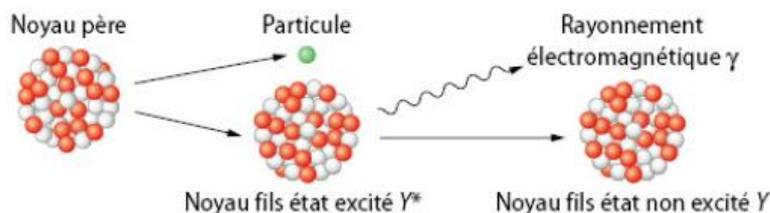
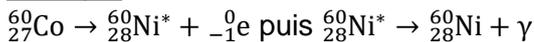
• **L'émission γ**

Après une désintégration α ou β, le noyau fils produit peut être dans un état plus énergétique que son état fondamental (état le plus stable). On dit que le noyau fils est dans un état excité. Il est noté ${}^{A_1}_{Z_1}\text{Y}^*$.

Le noyau fils revient alors rapidement dans son état fondamental en émettant un rayonnement électromagnétique très énergétique : le rayonnement γ.



Exemple :



2/ Evolution de la radioactivité

a/ Activité d'un échantillon radioactif

Soit un échantillon de N noyaux radioactifs amenés à se désintégrer spontanément au cours du temps, on a donc N qui est une fonction du temps: N(t).

Pendant une durée Δt, la variation du nombre de noyaux radioactifs de l'échantillon vaut :

$$\Delta N = N(t + \Delta t) - N(t) \leq 0$$

On appelle

A activité en becquerel Bq (ou s⁻¹)
 ΔN variation du nombre de noyaux radioactifs
 durant Δt
 Nombre de désintégrations radioactives durant Δt
 (en s)

Il existe des sources de radioactivité naturelles ou artificielles. Certains radioéléments artificiels proviennent de la fission de l'uranium dans les centrales nucléaires.

Sources radioactives naturelles			
Eau de pluie	0,5 Bq/L	Eau de mer	14 Bq/L
Lait	70 Bq/L	Poisson	100 Bq/L
Pommes de terre	150 Bq/kg	Corps humain	120 Bq/L
Terre sédimentaire	400 Bq/kg	Engrais phosphatés	3 000 Bq/kg
Terre granitique	8 000 Bq/kg	Uranium 238 (t _{1/2} ≈ 4,5 milliards d'années)	37,2 MBq/kg

Sources radioactives artificielles	
Radium 226 (t _{1/2} ≈ 1 600 ans)	330 TBq/kg
Césium 137 (t _{1/2} ≈ 30 ans)	3 200 TBq/kg
Plutonium 239 (t _{1/2} ≈ environ 24 000 ans)	2,3 TBq/kg

L'activité radioactive A d'un échantillon radioactif est proportionnelle au nombre N de noyaux présents dans cet échantillon.

A(t) activité en becquerel Bq à l'instant t
 N(t) nombre de noyaux radioactifs à l'instant t
 λ constante de radioactivité (en s⁻¹)

λ est appelée constante de radioactivité, elle est positive, exprimée en s⁻¹ et c'est une caractéristique du noyau considéré.

Lorsque Δt → 0, $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{dN(t)}{dt}$ dérivée temporelle de N. D'où

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

or A(t) = λ . N(t)

d'où

$$- \frac{dN(t)}{dt} = \lambda . N(t)$$

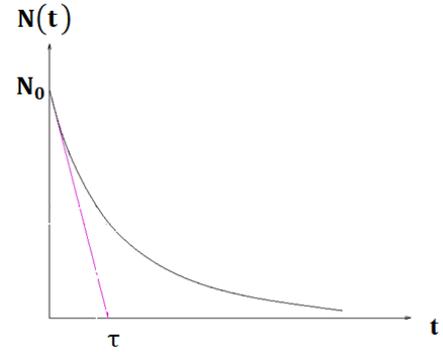
$$\frac{dN(t)}{dt} + \lambda . N(t) = 0$$

C'est une équation différentielle. Sa résolution permet d'obtenir la
 qui décrit l'évolution temporelle du nombre de noyaux radioactifs de l'échantillon.

b/ Loi de décroissance radioactive

Le nombre de noyaux radioactifs évolue au cours du temps selon une fonction exponentielle du type :

$N(t)$: nombre de noyaux radioactifs à l'instant t .
 N_0 : nombre de noyaux radioactifs de l'échantillon à l'instant $t = 0$.
 λ : en s^{-1} , constante de radioactivité.



On peut exprimer cette loi de décroissance exponentielle grâce à la constante de temps τ (en s) telle que :

.....

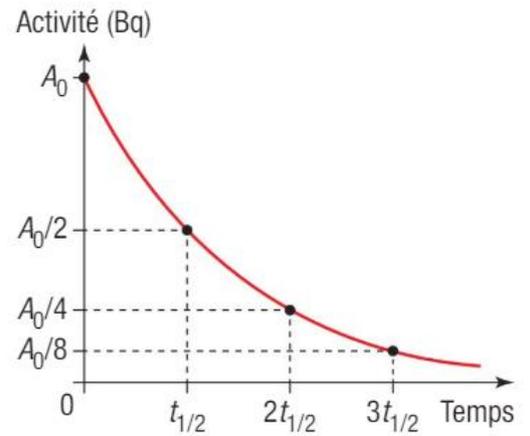
c/ Temps de demi-vie d'un échantillon radioactif

Le temps de demi-vie (également appelé période radioactive), noté $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif est

.....

.....

Ainsi à $t_{1/2}$ on a $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$ et $A(t_{1/2}) = \frac{A_0}{2}$



et on a :

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}},$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -\frac{t_{1/2}}{\tau}$$

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

et donc :

.....

Pour $t = 2 \cdot t_{1/2}$ alors il reste $\frac{N_0}{4}$ noyaux radioactifs dans l'échantillon

Pour $t = 3 \cdot t_{1/2}$ alors il reste $\frac{N_0}{8}$ noyaux radioactifs dans l'échantillon

Pour $t = n \cdot t_{1/2}$ ($n \in \mathbb{N}$) alors il reste $\frac{N_0}{2^n}$ noyaux radioactifs dans l'échantillon

JE DOIS SAVOIR :



- Distinguer la radioactivité naturelle de la radioactivité artificielle.
- Citer les différents types de rayonnement radioactif et préciser la nature des particules émises.
- Citer la définition de l'activité d'une source radioactive et indiquer son unité.
- Exploiter la définition de la demi-vie d'une espèce radioactive.
- Comparer la décroissance radioactive de deux espèces connaissant leurs demi-vies respectives.