Radioactivité

Composition du noyau : $^{A}_{Z}X \Rightarrow$ Z protons ; A – Z neutrons ; A nucléons (nombre de masses)

$1u = 1{,}660540 10^{-27}$ Kg (unité de masse atomique)

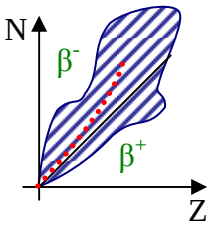
atome → 10^{-10}m ; noyau → 10^{-15}m = 1 fm

Isotope, nucléide : isotope : Même Z, même élément, même propriétés, même nombre d'électrons, mais A différent et nombre de neutrons différent.

nucléide : Atome caractérisé par son A et son Z.

- Les isotopes ont les mêmes propriétés chimiques, mais des propriétés physiques différentes.
- Il y a une centaine d'élément chimiques (92 naturels), mais plusieurs milliers de nucléides.

Stabilité : Forces :
- forte → cohésion des noyaux, attractive, $d < 10^{-15}$m
- électromagnétique → cohésion de l'atome, 100 fois plus faible, attractive/répulsive, d ∞
- faible → radioactivité, dans les nucléons, 10^5 à 10^6 fois plus faible
- gravitation → planètes, 10^{40} fois plus faible, attractive, d ∞



2 conditions :
- rapport entre Z et N adéquat → Vallée de la stabilité.
- noyau pas trop gros.

Radioactivité : Quand une succession de désintégrations se produit, on parle de famille radioactive.

$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A'}_{Z'}Y$

noyau père instable noyau fils

Lois :
- Conservation du nombre de nucléons
- Conservation de la charge électrique globale
- Conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement

Radioactivité α : Quand les noyaux sont trop lourds.

$$\boxed{^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He}$$

Radioactivité β^- : Noyaux en excès de neutrons (Neutron → Proton + Electron)

$$\boxed{^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e} \qquad \boxed{^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e}$$ (éjection d'un électron)

Radioactivité β^+ : Noyaux en excès de protons (Proton → Neutron + Positon)

$$\boxed{^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e} \qquad \boxed{^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e}$$ (éjection d'un positon)

N.B. : Lors de la radioactivité β^- et β^+, il y aurait aussi émission d'un neutrino ou d'un antineutrino, particule qui toute seule est instable et dont la masse est très faible ou nulle.

Radioactivité γ : Accompagne la radioactivité α et β. C'est un rayonnement électromagnétique de même nature que la lumière mais de longueur d'onde beaucoup plus courte. Le rayonnement correspond à une libération d'énergie par le noyau fils qui vient d'être produit. Il passe de l'état excité à l'état stable.

$$\boxed{^{A}_{Z}Y^{\times} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma}$$

Risques : Les rayonnements radioactifs sont pénétrants et peuvent casser les liaisons chimiques des molécules, par ex de l'ADN.

α ⇒ dangereux mais peu pénétrant (Problème si dans l'organisme) [arrêté par du papier]
β ⇒ plus pénétrant [arrêté par de l'aluminium]
γ ⇒ très dangereux et très pénétrant [arrêté par du béton]

Loi de décroissance radioactive :

Caractère aléatoire : Le nombre de désintégrations par seconde, mesuré en Bequerel (Bq), varie autour d'une moyenne.

Activité radioactive : Notée A $A(t) = \frac{\text{nombre de désintégrations}}{\text{temps}} = \frac{\Delta N}{\Delta t}$ ex : 1g de ^{226}Ra → $3{,}7.10^{10}$ Bq

Constante radioactive λ :

Le nombre de désintégrations est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs et à la durée considérée.

à t → $N(t)$

à $t + \Delta t$ → $N'(t) = N(t) + dN$ $(dN < 0)$

dN proportionnel à $N(t)$ et à Δt

$$\boxed{\tau = \frac{1}{\lambda}}$$

$dN = -\lambda N(t)dt \Leftrightarrow \boxed{dN = -\lambda N dt}$

λ : s^{-1}

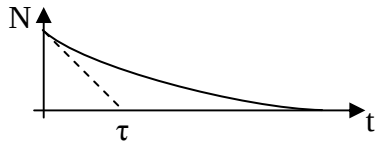
Loi de décroissance radioactive :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N(t) \Leftrightarrow \boxed{\frac{dN}{dt} + \lambda N(t) = 0} \Rightarrow \boxed{N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}}$$

Demi-vie (ou période) radiaoctive :

C'est la temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs se sont désintégrés.

$$\boxed{\text{à } t = n\, t_{1/2} \quad \text{on a} \quad N(n) = \frac{N_0}{2^n}}$$



Relation entre $t_{1/2}$ et λ :

$$N = N_0\, e^{-\lambda t} \text{ d'où } \frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}} \Leftrightarrow e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow -\lambda\, t_{1/2} = -\ln 2 \Leftrightarrow \boxed{t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}}$$

$t_{1/2}$ (et λ) dépend de la nature de l'échantillon. Elle varie de quelques µs ou ns à plusieurs milliards d'années. On les classe selon qu'ils ont une durée de vie courte, moyenne, ou longue.

⚠ Ne pas confondre λ et $t_{1/2}$

Proportionnalités : Il faut les utiliser pour rendre les exos plus simples.

ex 1 : A est proportionnel à N : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ et $A(t) = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$

ex 2 : m est proportionnel à N : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ et $m(t) = N \,.\, N_A \,.\, M = N_0 \,.\, N_A \,.\, M \,.\, e^{-\lambda t} = m_0 e^{-\lambda t}$