

La radioactivité

Noyaux atomiques

La représentation symbolique du noyau d'un atome est: ${}^A_Z X$.

- X est le **symbole de l'élément chimique** de numéro atomique Z .
- Z est le **nombre de protons** ou **nombre de charge** ou **numéro atomique**.
- A est le **nombre de nucléons** ou **nombre de masse**.
- $N = A - Z$ est le **nombre de neutrons** présents dans le noyau.

Un **nucléide** est l'ensemble des noyaux ayant le même nombre de nucléons A et le même nombre de protons Z .

Un **élément chimique** est l'ensemble des particules (atomes ou ions) ayant le même nombre de charges Z .

Des noyaux sont appelés **isotopes** s'ils ont même nombre de charge Z mais des nombres de masse A différents. Par exemple : ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ et ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ sont des isotopes du chlore.

Stabilité et instabilité des noyaux

Au sein du noyau s'affrontent principalement deux types d'interactions:

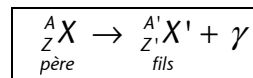
- Des **répulsions électriques** qui ont tendance à détruire le noyau,
- Des **interactions nucléaires fortes** qui ont tendance à assurer la cohésion du noyau.

Sous l'action des différentes forces en présence, certains noyaux sont **stables** et d'autres sont **instables**. Sont instables les noyaux contenant un grand nombre de nucléons et les nucléides qui possèdent trop de particules (protons ou neutrons) du même type.

Radioactivité

La radioactivité est une réaction nucléaire spontanée, au cours de laquelle un noyau radioactif instable (père) se désintègre en donnant un autre noyau plus stable (fils) et

émet une particule caractéristique du type de radioactivité.

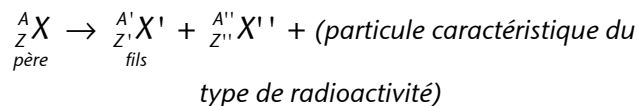


La désintégration radioactive est:

- **aléatoire**: Il est impossible de prévoir l'instant où va se produire la désintégration d'un noyau radioactif,
- **spontanée**: La désintégration se produit sans aucune intervention extérieure,
- **inéluçtable**: Un noyau radioactif se désintégrera tôt ou tard,
- **indépendante de la combinaison chimique** dont le noyau radioactif fait partie,
- **indépendante des paramètres extérieurs** tels que la pression ou la température.

Lois de conservation ou de Soddy

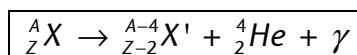
Lors d'une désintégration radioactive α ou β il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A .



Lois de Soddy : $Z = Z' + Z''$ et $A = A' + A''$.

Radioactivité α

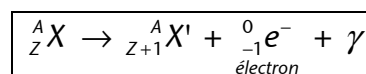
Des noyaux sont dits radioactifs α s'ils expulsent des noyaux d'hélium ${}^4_2\text{He}$.



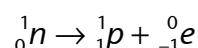
Les particules α sont peu pénétrantes, mais sont très ionisantes donc dangereuses.

Radioactivité β^-

Des noyaux sont dits radioactifs β^- s'ils émettent des électrons notés ${}^0_{-1}e^-$.



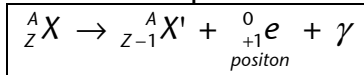
Dans cette radioactivité, les électrons éjectés proviennent du noyau de l'atome et non du cortège électronique :



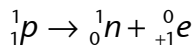
Les particules β^- sont assez peu pénétrantes. Elles sont arrêtées par quelques millimètres d'aluminium.

Radioactivité β^+

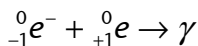
Il y a émission d'un positon noté ${}^0_{+1}e$. Elle ne concerne que des noyaux artificiels instables à cause d'un excès de protons.



Les radionucléides β^+ sont des radionucléides qui possèdent trop de protons par rapport aux nucléides stables de même nombre de masse A. La transformation de ce proton excédentaire produit un positon suivant le bilan:

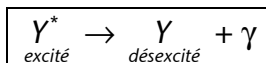


Les particules β^+ ont une durée de vie très courte. Lorsqu'elles rencontrent un électron, les deux particules s'annihilent pour donner de l'énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique γ suivant le bilan:



Émission γ

Lors d'une désintégration α ou β , le noyau fils est émis le plus souvent dans un état instable appelé état excité. Il devient stable en libérant son excès d'énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique de très faible longueur d'onde : les rayons γ .



Décroissance radioactive

Loi de décroissance radioactive

Le **nombre moyen de désintégrations** dans un échantillon est proportionnel au nombre de noyaux dans l'échantillon et à la durée du comptage :

$$-\Delta N = \lambda N \Delta t$$

(où λ est la **constante radioactive** en s^{-1} et τ est la **constante de temps** en s, avec $\tau = \frac{1}{\lambda}$).

La désintégration des noyaux radioactifs au niveau microscopique est aléatoire mais au

niveau macroscopique le **nombre moyen N de noyaux restants dans l'échantillon** suit une loi déterminée : la **décroissance radioactive est exponentielle**.

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

Demi-vie radioactive

La demi-vie est la **durée nécessaire** pour que, statistiquement, la **moitié de l'échantillon soit désintégrée**. La demi-vie radioactive est un temps caractéristique de chaque noyau radioactif. Elle ne dépend que de la constante radioactive λ :

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

Activité d'une source radioactive

L'**activité A** d'un échantillon est égale au **nombre moyen de désintégrations par seconde** et se mesure en becquerels (Bq). Elle est proportionnelle au nombre de noyaux et inversement proportionnelle à la demi-vie :

$$A(t) = \frac{-\Delta N(t)}{\Delta t} = \lambda N(t) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot N(t)$$

$$\text{Si } \Delta t \rightarrow 0, \text{ alors } A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t)$$

L'activité A suit la même loi de décroissance exponentielle que le nombre de noyaux radioactifs. Elle est divisée par deux au bout d'une demi-vie.

Datation

La datation nécessite :

- de connaître la constante radioactive de l'échantillon radioactif utilisé ;
- d'avoir un moyen de détermination du nombre de noyaux radioactifs à la date t ;
- de connaître la valeur N_0 de la population initiale à $t = 0$.

La date est donnée mathématiquement par :

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{N}{N_0}$$