

REACTIONS NUCLEAIRES SPONTANEEES

I. RAPPELS

1° Structure de l'atome

A la suite des constats de ses expériences en 1909, Ernest RUTHERFORD tire les conclusions suivantes :

- La charge positive (+) d'un atome est concentrée dans son noyau de dimension infiniment petite.
- Entre les électrons et le noyau, il existe un vide : l'atome a une **structure lacunaire**.



2° Quelques définitions

2.1° Composition du noyau

$A = Z + N$, avec A : nombre de nucléons ou de masse ; Z : nombre de protons ou de charge ou numéro atomique ; N : nombre de neutrons.

2.2° Dimension et forme du noyau

Le noyau de forme sphérique a pour rayon $R = R_0 \cdot (A)^{1/3}$, avec $R_0 = 1,2 \cdot 10^{-15}$ m et son volume $V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot A \cdot (R_0)^3$.

2.3° Elément chimique

Un élément chimique est caractérisé par le numéro atomique Z . Avant 1994, il existait **109 éléments chimiques (90 éléments naturels et 19 éléments artificiels)**. De 1994–2003, il y'a eu **7 nouveaux éléments découverts**, portant le nombre à **116 éléments chimiques**.

Exemples :

Hydrogène ($Z = 1$) ; Carbone ($Z = 6$) ; Oxygène ($Z = 8$).

2.4° Nucléides

Un nucléide est l'ensemble des noyaux possédant le même couple (Z, A). On le note : ${}^A_Z X$.

Exemples :

${}^{12}_6 C \Rightarrow A = 12 ; Z = 6$ et $N = 6$; ${}^{238}_{92} U \Rightarrow A = 238 ; Z = 92$ et $N = A - Z = 146$.

2.5° Isotopes

Pour un élément chimique X quelconque, il peut exister plusieurs nucléides. On appelle **isotopes**, l'ensemble des nucléides ayant les mêmes Z et des A différents ; A_ZX et ${}^{A'}_ZX$ sont des **isotopes** de l'élément X.

Exemples :

1_1H (99,985%) ; 2_1H (0,014%) et 3_1H (traces) sont les 3 isotopes de l'élément H.
 ${}^{16}_8O$ (99,76%) ; ${}^{17}_8O$ (0,04%) et ${}^{18}_8O$ (0,03%) sont les 3 isotopes de l'élément O.

2.6° Unité de masse atomique (u.m.a.)

C'est le $\frac{1}{12}$ ème de la masse de l'atome de carbone 12, notée **u.m.a** ou **u**.

$$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad \text{et} \quad 1 \text{ u} = 931,5 \text{ Mev}/c^2.$$

II. LES EMISSIONS RADIOACTIVES : α , β (β^+ ou β^-) et γ .

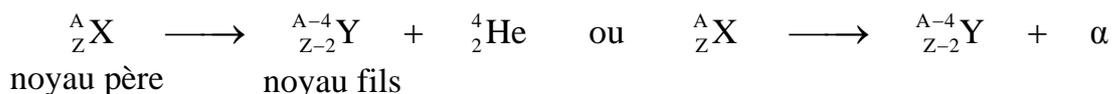
Ces émissions, produites, proviennent de la **décomposition** ou la **désintégration spontanée** des noyaux de certains atomes **naturels** ou **artificiels** : c'est le phénomène de la **radioactivité**. Ces noyaux sont appelés **noyaux** ou **nucléides radioactifs**.



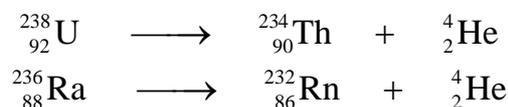
1° Radioactivité ou émissions α

Pour **A > 200** (atomes lourds), il ya émission de particules α ou 4_2He . Elles sont facilement arrêtées par une feuille de papier.

Equation-bilan



Exemples :

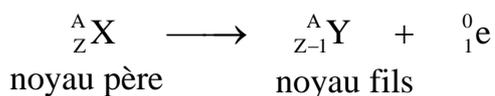


N.B. : Le noyau fils est déterminé à partir du numéro atomique Z, dans le tableau de la classification périodique des éléments chimiques.

2° Radioactivité ou émissions β^+

Les particules β^+ sont des **positons** notés 0_1e (particules ayant la même masse qu'un électron mais de charge positive (+)). Elles sont émises par des nucléides ayant plus de protons que de neutrons (**Z > N**).

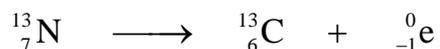
Equation-bilan



N.B. : l'émission β^+ s'observe généralement avec les **nucléides artificiels**.

Exemples :

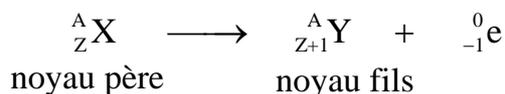
$${}^{13}_7 \text{N} : Z = 7 \text{ et } N = 13 - 7 = 6 \Rightarrow Z > N$$



3° Radioactivité ou émissions β^-

Les particules β^- sont des électrons notés ${}^0_{-1} e$. Elles sont émises par des nucléides tels que $N > Z$.

Equation-bilan



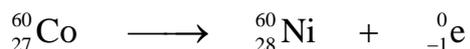
N.B. : l'émission β^- s'observe généralement avec les **nucléides naturels**.

Exemples :

$${}^{210}_{83} \text{Bi} : Z = 83 \text{ et } N = 210 - 83 = 127 \Rightarrow N > Z$$



$${}^{60}_{27} \text{Co} : Z = 27 \text{ et } N = 60 - 27 = 33 \Rightarrow N > Z$$

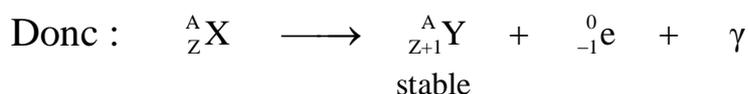
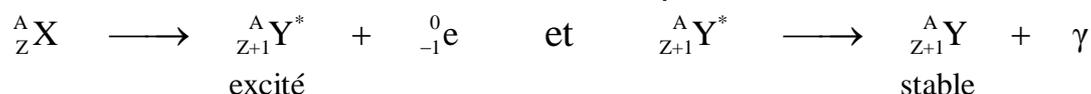


4° Radioactivité ou émission γ

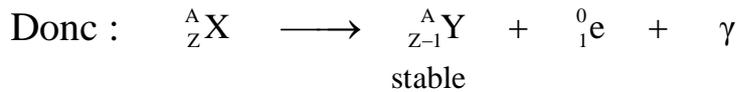
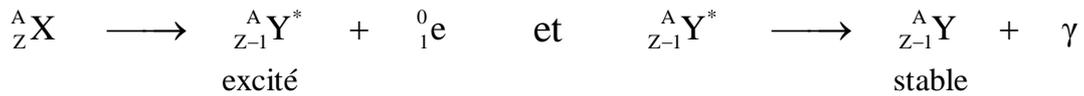
Lors des émissions α et β , la désintégration du nucléide produit en général un **noyau excité (*)** qui est **non stable**. Le retour de ce noyau à l'état fondamental (**plus stable**) s'accompagne de l'émission d'un rayonnement électromagnétique γ très énergétique.

Equations-bilan

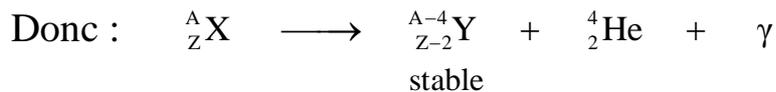
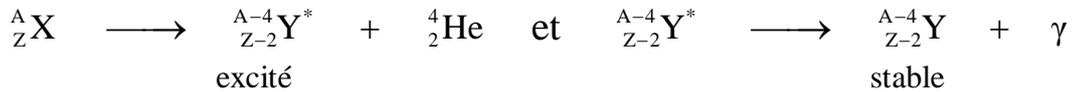
* Emission β^-



* Emission β^+



* Emission α



Remarques : lois de conservation dans les équations-bilan

1. La somme des Z des nucléides formés est égale à la somme des Z des nucléides détruits (ou de départ).
2. La somme des A des nucléides formés est égale à la somme des A des nucléides détruits (ou de départ).
3. La somme des énergies des nucléides formés est égale à la somme des énergies des nucléides détruits (ou de départ).

III. LA DESINTEGRATION RADIOACTIVE

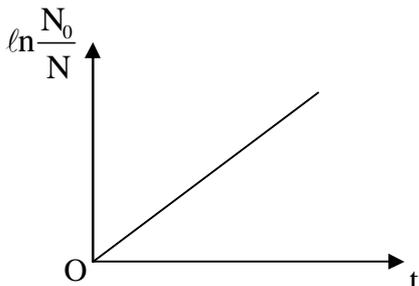
1° **Loi de désintégration radioactive**

Les noyaux radioactifs se désintègrent selon l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dN}{N} + \lambda N = 0$$

La solution de cette équation est : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$. C'est la loi de désintégration ou de décroissance radioactive.

La courbe $\ln \frac{N_0}{N} = \lambda t$ est une droite passant par l'origine des axes.



λ est la pente de cette droite. On a :

$$\lambda = \frac{\Delta \ln \frac{N_0}{N}}{\Delta t}$$

Avec : λ : constante radioactive (s^{-1} , h^{-1} , jour^{-1} , mois^{-1} , etc....).

N_0 : nombre de noyaux (atomes) radioactifs dans un échantillon à $t = 0$.

$N(t)$: nombre de noyaux radioactifs existant dans l'échantillon à l'instant t .

N.B. : λ caractérise le nucléide ou noyau radioactif considéré. λ dépend de la période T .

2° Activité d'un échantillon de noyaux radioactifs

L'activité notée $A(t)$ est définie comme étant le nombre moyen désintégrations par seconde ou nombre de noyaux désintégrés/s.

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

$$\text{A } t = 0, \text{ l'activité initiale est : } A_0 = \lambda N_0$$

$$\text{Donc } A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

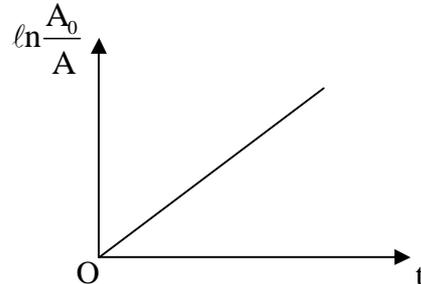
Unité internationale de l'activité : le **Becquerel (Bq)** ; Ancienne unité : le **Curie (Ci)**.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration/s} \quad \text{et} \quad 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ désintégrations/s}$$

N.B.: * 1 Ci correspond à l'activité de 1 g de Radium (Ra).

* Pour un échantillon constitué de différents types de radionucléides, l'activité totale est égale à la somme des activités spécifiques à chaque type de radionucléide : $A = \sum A_i = \sum \lambda_i N_i$

* $\ln \frac{A_0}{A} = \lambda t$: droite de pente λ passant par l'origine des axes



3° Période ou demi-vie d'un noyau radioactif

On appelle **période**, la durée T nécessaire pour qu'un échantillon contenant N_0 ou $N(t)$ noyaux (ou atomes) radioactifs n'en contiennent $N_0/2$ ou $N(t)/2$.

$$N(T) = N_0 - \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T} = \frac{N_0}{2} ; \text{ soit } e^{\lambda T} = 2 \text{ et } \lambda T = \ln 2$$

$$\text{Donc } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

T s'exprime en s, mn, h, jours, mois, etc....

Exemples :

Polonium 210 : $T = 138$ jours ; Thorium 232 : $T = 1,41 \cdot 10^{10}$ années

Bismuth 210 : $T = 5$ jours ; Thorium 224 : $T = 1$ s

N.B.: Quelque soit le nucléide considéré, la désintégration d'un échantillon s'accomplie totalement pour une durée t très grande devant T ($t \gg T$).

4° Une application de la radioactivité : datation au carbone 14

C'est une méthode très efficace permettant de mesurer les âges des objets anciens (tombes anciennes, fossiles, etc....).



5° Notion de famille radioactive

Lors de la transformation ou désintégration radioactive, un nucléide donne naissance à un autre nucléide ; si ce dernier est lui-même radioactif, il se désintègre à son tour et ainsi de suite jusqu'à ce que le nucléide obtenu ne soit plus radioactif mais stable. Cette filiation radioactive donne ainsi un ensemble de nucléides issus d'un même noyau père. Cet ensemble constitue une **famille radioactive**.

Ainsi, on classe les radionucléides (noyaux radioactifs) naturels en **4 grandes familles** :

- * **NEPTIUM ;**
- * **URANIUM – RADIUM ;**
- * **ACTINIUM ;**
- * **THORIUM.**