CHAPITRE II   STABILTE DES ISOTOPES ET RADIOACTIVITE

2ème PARTIE (AMPHIS B & C)

II.3 LOIS DE LA DESINTEGRATION RADIOACTIVE

La radioactivité est un phénomène spontané et aléatoire. Elle est indépendante des conditions physico-chimiques c'est-à-dire de la température, de la pression, de l'âge du nucléide... La probabilité qu'un nucléide se désintègre pendant un temps *dt* est une donnée intrinsèque du nucléide. Pour un échantillon donné, le nombre de noyaux radioactifs varie avec le temps.

II.3.1 Le noyau fils est stable

$$\begin{array}{lccc} & X & \longrightarrow & Y\ (\text{stable}) \\ t = 0 & N_0 & & 0 \\ t > 0 & N(t) & & N(t) - N_0 = dN < 0 \end{array}$$

Pour un temps égal à t + dt alors le nombre de noyaux restant est $N(t) = N_0 + dN$

$-\frac{dN}{dt}$ représente le nombre de noyaux qui se désintègre par unité de temps

- Il est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs N(t) présents dans l'échantillon.
- La constante de proportionnalité λ ou constante radioactive (SI s^{-1}) est indépendante des conditions physico-chimiques. Et on a :

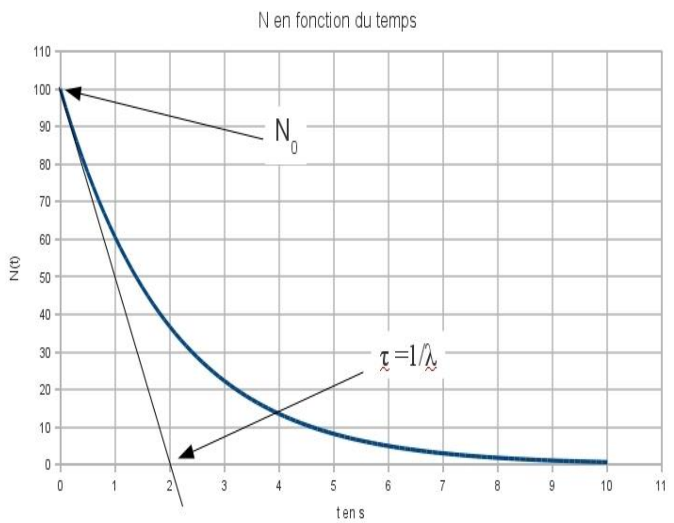
$$-\frac{dN}{dt} = \lambda . N(t)$$

Par intégration, on en déduit la loi de variation du nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon étudié en fonction du temps.

$$\int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN}{dt} = \lambda \int_0^t dt \quad \Longrightarrow \quad \ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t \quad \Longrightarrow \quad \boxed{N(t) = N_0 . e^{-\lambda . t}}$$

N(t) : nombre de noyaux radioactifs à l'instant t

N_0 : nombre de noyaux radioactifs à l'instant initial, t = 0.



Application 2 *: On dispose d'une source radioactive accompagnée d'une fiche technique portant les indications suivantes :*

Césium 137 : $^{137}_{55}Cs$*; M = 136,907g/mol ; constante radioactive* λ *=5,63.10*$^{-}$*anradioactivité* β^{-} *masse initiale de substance radioactive m = 2g*

1. *Écrire l'équation de désintégration de la source.*
2. *Calculer le nombre initial d'atomes de césium N_0 et le nombre restant N(t) dans l'échantillon au bout de 10 ans de césium 137 contenus dans la source.*

II.3.2 Période et vie moyenne

- Période

❖ Le temps au bout duquel la moitié du nombre initial N_o de noyaux se désintègre est appelé période ou demi-vie ou encore temps de demi réaction.

❖ Ce temps, noté T, est caractéristique d'un noyau donné et est indépendant de l'âge du radioélément, de N_0, de la pression, de la température ou de la combinaison chimique.

Donc T est telle que si t =T alors

$$N(t) = \frac{N_0}{2} \quad \Longrightarrow \quad \frac{N_0}{2} = N_0 . . e^{-\lambda . t} \qquad soit \qquad T = \frac{\ln 2}{\lambda} \qquad avec \quad \begin{matrix} T \; en \; s \\ \lambda \; en \; s^{-1} \end{matrix}$$

Application 3 *Calculer la période du ^{137}Cs de l'application 2 en année, minutes et secondes.*

Vie moyenne

❖ La vie moyenne d'un noyau est comprise entre 0 et ∞.

❖ Si on a N_0 noyaux à t = 0 à l'instant t il en reste : $N(t) = N_0 \, e^{-\lambda t}$

❖ Entre t et t + dt , - dN(t) = λ N(t) dt noyaux se sont désintégrés.

La durée de vie de ces dN(t) atomes a été égale à t

La durée de vie totale de l'ensemble est dans ce cas **- dN(t) .t = λ N(t) t dt**

Par définition la vie moyenne τ des N_0 atomes est la somme des durées de vie de tous les atomes divisée par N_0.

$$\tau = -\frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda \, \mathrm{N(t)t \, dt} = -\frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda \; N_0 e^{-\lambda t} \, t \, dt = -\int_0^{\infty} \lambda \, . \, e^{-\lambda t}$$

Par intégration on trouve :

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln 2}$$

Donc :

$$N(\tau) = N_0 \, . \, e^{-\lambda \tau} = N_0 \, . \, e^{-\frac{\lambda}{\lambda}} \qquad \Longrightarrow \qquad \mathbf{N(t)} = \frac{\mathbf{N_0}}{\mathbf{e}}$$

La vie moyenne est le temps au bout duquel le nombre initial décroît d'un facteur $1/e$.

II.3.3 Activité et unité de radioactivité

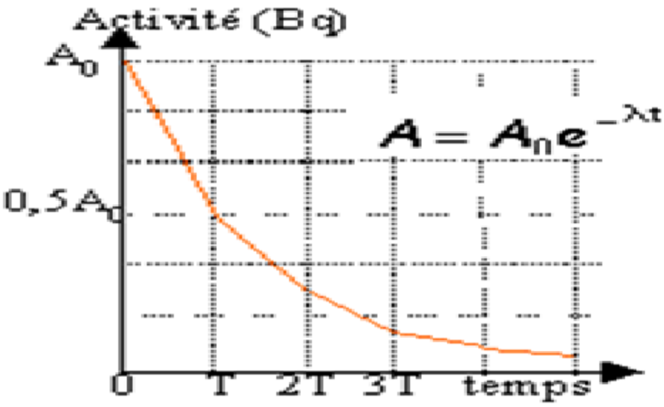
L'activité d'une substance radioactive à l'instant t est le nombre de désintégrations par unité de temps, c'est-à-dire :

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \, . \, \mathrm{N't)} \;\; \mathrm{ou} \;\; \mathrm{A(t)} = \lambda \, . \, \mathrm{N(t)} = \lambda \, . \, \mathrm{N_0} \, . \, \mathrm{e}^{-\lambda . \mathrm{t}} \Longrightarrow$$

$$\mathrm{A(t)} = \mathrm{A_0} . \mathrm{e}^{-\lambda \mathrm{t}} \qquad \mathrm{avec} \qquad A_0 = \lambda \, . \, \mathrm{N_0}$$

L'activité décroît au cours du temps suivant la même loi : $A(t) = A_o \, e^{-\lambda . t}$

- Le becquerel (Bq) est l'unité d'activité dans le système international (SI)
- 1 Bq = 1 dps ≡ une désintégration par seconde
- Le curie (Ci), le millicurie (mCi) et le microcurie (µCi) sont des unités d'activité très usitées.
- 1 Ci = 10^3mCi = 10^6µCi = 3,7.10^{10} Bq



II.3.4 Le noyau fils est radioactif : Filiations radioactives.

La filiation radioactive est l'enchaînement d'éléments radioactifs se désintégrant les uns après les autres.

$$ {}_{Z}^{A}X \xrightarrow{\lambda_X \ / T_X} {}_{Z_1}^{A_1}Y \xrightarrow{\lambda_Y \ / T_Y} {}_{Z_2}^{A_2}Z \dots\dots\dots\dots\dots \longrightarrow S\ (stable) $$

Le parent X radioactif se désintègre en élément Y (fils) radioactif lui-même et ainsi de suite jusqu'au noyau stable S.

__1er Cas__ : Supposons que Z soit stable, c'est-à-dire

$$ \begin{array}{lcccc} & {}_{Z}^{A}X & \xrightarrow{\lambda_1 \ / T_1} & {}_{Z_1}^{A_1}Y \xrightarrow{\lambda_2 \ / T_2} & {}_{Z_2}^{A_2}Z \\ t = 0 & N_1^0 & & 0 & 0 \\ t \neq 0 & N_1(t) & & N_2(t) & N_3(t) \end{array} $$

- En permanence, une certaine quantité de X se décompose pour donner Y
- Y, au fur et à mesure de sa formation à partir de X, se décompose à son tour pour donner Z...

i) Variation de X par unité de temps :

$$ -\frac{dN_1}{dt} = \lambda_1 . N_1(t) \ \Longrightarrow \ N_1(t) = N_1^0 . e^{-\lambda_1 . t} $$

i*i) Variation de Y par unité de temps*

- Pendant le temps dt il se forme $\lambda_1.N_1$.dt noyaux de Y
- Pendant ce même temps dt il se désintègre $\lambda_2.N_2$.dt noyaux de B
- La variation de B est alors :

$$ dN_2(t) = \lambda_1.\mathrm{N}_1.\mathrm{dt} - \lambda_2.\mathrm{N}_2.\mathrm{dt} = (\lambda_1.\mathrm{N}_1 - \lambda_2.\mathrm{N}_2).\mathrm{dt} $$

$$ \Longrightarrow \frac{dN_2}{dt} + \lambda_2.\mathrm{N}_2(t) = \lambda_1.\mathrm{N}_1(t) \quad (1) $$

(1) : équation différentielle de premier ordre à coefficients constants et avec second membre.

Solution

$$ \boldsymbol{N_2(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 \left(e^{-\lambda_1 . t} - e^{-\lambda_2 . t}\right) $$

L'activité de Y est alors :

$$ A_2(t) = \lambda_2.N_2(t) = \lambda_2 \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 \left(e^{-\lambda_1 . t} - e^{-\lambda_2 . t}\right) $$

On peut écrire :

$$ \boldsymbol{A_2(t)} = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 . e^{-\lambda_1 . t} \left(1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1).t}\right) \Longrightarrow \boldsymbol{A_2(t)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1(t) \left(1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1).t}\right) $$

Pour un temps suffisamment long et $\lambda_2 > \lambda_1$, on a :

$$ \boldsymbol{A_2(t)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1(t) \ \Longrightarrow \frac{\boldsymbol{A_2(t)}}{A_1(t)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} = Constante $$

Le rapport $\frac{\boldsymbol{A_2(t)}}{A_1(t)}$ n'évolue plus on dit que **l'équilibre est idéal**

$N_2(t)$ *passe par un maximum à un temps* t_m *tel que :* $dN_2/_{dt}$ *= 0 c'est-à-*dire

$$t_m = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\, \boldsymbol{ln}\, \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

iii) Variation de Z :

Pour trouver $N_3(t)$, il suffit :

- De remarquer que : $N°_1 = N_1(t) + N_2(t) + N_3(t) \rightarrow N_3(t) = N°_1 - N_1(t) + N_2(t)$

ou

- D'intégrer l'équation différentielle

$$\frac{dN_3(t)}{dt} = \lambda_2 . N_2(t)$$

On obtient :

$$N_3(t) = N_1^0 \left(1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \boldsymbol{e}^{-\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \boldsymbol{e}^{-\lambda_2 t}\right)$$

Application 5 **:** *L'uranium* $^{238}_{92}U$ *est radioactif ainsi que sa descendance; l'ensemble forme la famille de l'uranium, dont la filiation se termine au plomb* $^{206}_{82}Pb$ *qui, lui, est stable. Calculer le nombre de désintégrations α et β au cours de cette filiation de l'uranium 238.*

Le mode de variation de Y en fonction du temps dépend des valeurs relatives de λ_1 et λ_2

a) $\lambda_1 << \lambda_2$ donc $T_1 >> T_2$ « équilibre séculaire »

Le noyau fils se désintègre plus rapidement que le parent, ce qui se traduit par :

$$\boldsymbol{N_2(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 \left(e^{-\lambda_1 .t} - e^{-\lambda_2 .t}\right) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 e^{-\lambda_1 .t} \left(1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1).t}\right)$$

D'où

$$A_2(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot A_1(t) \cdot \left(1 - e^{-\lambda_2 t}\right) \approx A_1(t) \cdot \left(1 - e^{-\lambda_2 t}\right)$$

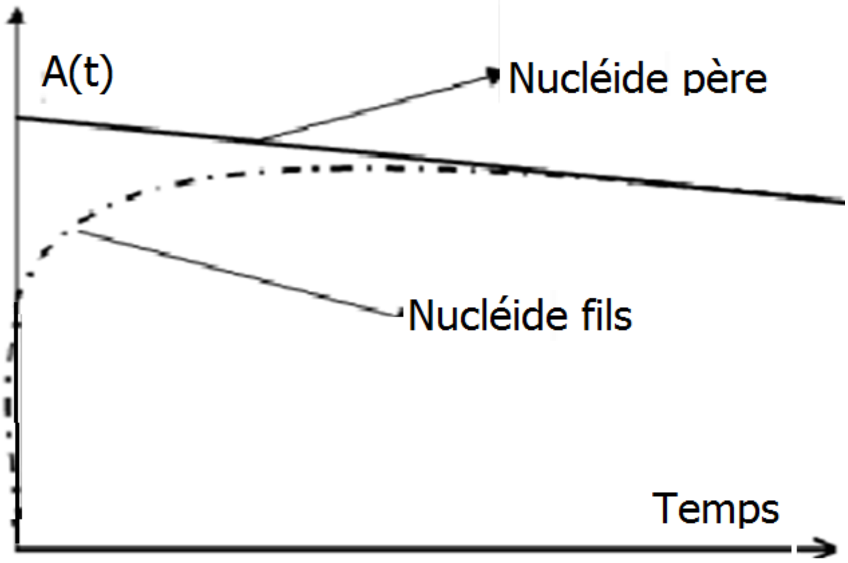
Pour t grand on a $e^{-\lambda_2 t} \rightarrow 0$ et :

$$A_1(t) = A_2(t) \quad c'est à\ dire\ \boldsymbol{\lambda_1} N_1(t) = \boldsymbol{\lambda_2} N_2(t)$$

Au bout d'un temps suffisamment long, les activités des 2 corps sont pratiquement égales, on dit qu'on a atteint **l'équilibre radioactif ou séculaire.**

Ceci peut être étendu à toute la famille radioactive et on aura :

$$\boldsymbol{\lambda_1} N_1(t) = \boldsymbol{\lambda_2} N_2(t) = \boldsymbol{\lambda_3} N_3(t) = \boldsymbol{\lambda_4} N_4(t) \ldots \ldots \ldots \ldots . \boldsymbol{\lambda_1} N_1(t) \ldots \ldots$$



C'est l'exemple de la filiation Césium-Baryum

$$ {}^{137}_{55}Cs \xrightarrow{T_1=30ans\ (\beta^-)} {}^{137\ m}_{56}Ba^* \xrightarrow{T_2=2,5\ mn\ (\gamma)} {}^{137}_{56}Ba $$

b) λ1 >> λ2 donc T1<< T2

Le noyau parent se désintègre plus rapidement que le fils, ce qui se traduit par :

$$ \boldsymbol{N_2(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 \left(e^{-\lambda_1 .t} - e^{-\lambda_2 .t}\right) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 e^{-\lambda_2 .t} \left(e^{-(\lambda_1 - \lambda_2).t} - 1\right) $$

$$ A_2(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot A_1^0(t) \cdot e^{-\lambda_2 .t} \left(e^{-(\lambda_1-\lambda_2).t} - 1\right) \approx \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1^0(t) \cdot e^{-\lambda_2 .t} \cdot \left(e^{-(\lambda_1-\lambda_2).t} - 1\right) $$

Pour λ_2 petit et $\lambda_1 >> \lambda_2$ on obtient :

$$ \begin{cases} \boldsymbol{N_2(t)} = N_1^0 . e^{-\lambda_2 .t} \left(1 - e^{-\lambda_1 t}\right) \\ A_2(t) = \dfrac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot A_1^0 . e^{-\lambda_2 .t} \left(1 - e^{-\lambda_1 t}\right) \end{cases} $$

Pour un temps suffisamment long $e^{-\lambda_1 t} \longrightarrow 0$ *et on a*:

$$ \boldsymbol{N_2(t)} = N_1^0 . e^{-\lambda_2 .t} $$

Tout se passe comme si le phénomène de désintégration se passe en 2 étapes : tous les noyaux de X (parent) se désintègrent en un stock de Y qui se désintègre à son tour.

a) λ1# λ2 donc T1 # T2

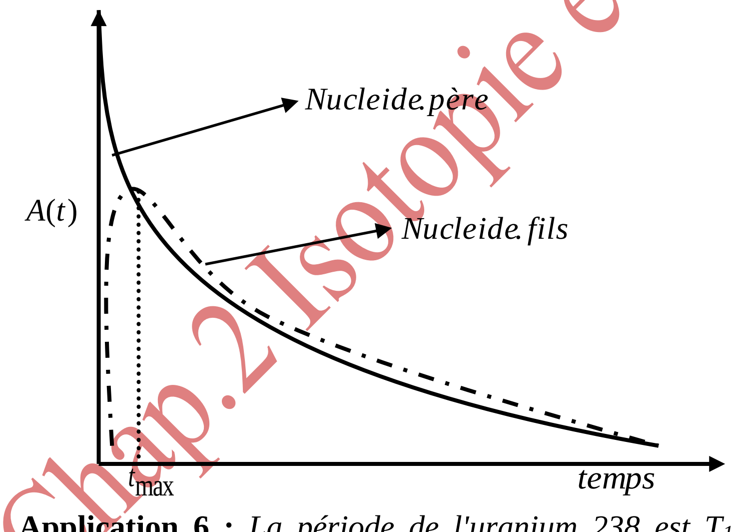
$$ A_2(t) = \lambda_2 . N_2(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1^0 \left(e^{-\lambda_1 .t} - e^{-\lambda_2 .t}\right) $$

L'activité passe par un maximum pour un temps t_{max} tel que $dA_2(t)/_{dt} = 0$ c'est-à-dire :

$$ t_{max} = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 - T_2} \cdot \frac{1}{\ln 2} \cdot \ln \frac{T_1}{T_2} $$

On a alors :

$$ A_2(t_{max}) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1(t_{max}) \left(1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right) \ comme\ \lambda_1 \cong \lambda_2, on\ a:\ A_2(t_{max}) = A_1(t_{max}) $$



Application 6 : *La période de l'uranium 238 est T_1= 4,56 x10^9ans, celle du radium 226, qui appartient à la famille radioactive de l'uranium, est T_2 = 1620 ans. Étant donnée la grande ancienneté des minerais d'uranium, le radium qu'ils renferment a atteint la concentration correspondant à l'équilibre radioactif. En déduire cette concentration (en gramme de radium par gramme d'uranium). Rappel: La masse atomique (en g.mol-1) d'un élément est voisine de son nombre de masse en g.*

II.4 Embranchements radioactifs

- L'embranchement radioactif est la caractéristique des noyaux présentant plusieurs modes de désintégration c'est-à-dire différents types de radioactivité.

- Chaque mode de désintégration est caractérisée par sa probabilité partielle de désintégration par unité de temps λ_i.

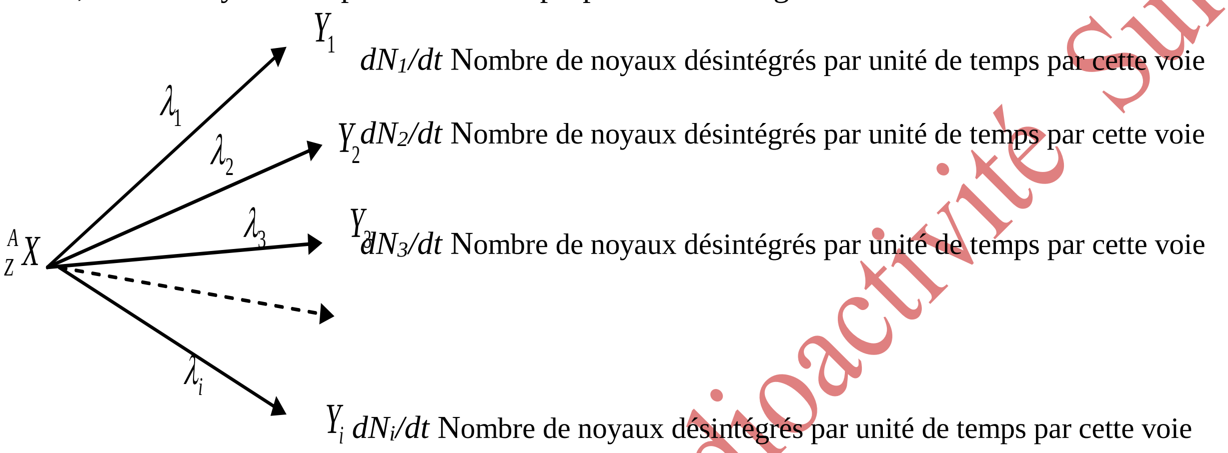
- Ces probabilités sont indépendantes les unes des autres.

- La constante de désintégration totale est : $\lambda = \sum_i \lambda_i$

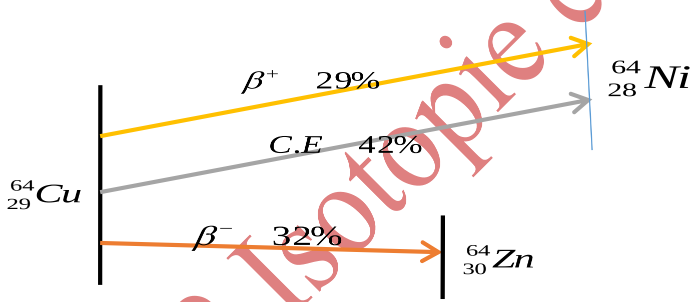
- La période totale ou période effective est :

$$\frac{1}{T_{eff}} = \sum_i \frac{1}{T_i}$$

En effet, soit un noyau avec plusieurs voies propres de désintégration :



$$\begin{cases} \lambda = \dfrac{\ln 2}{T} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 \ldots \ldots \ldots \lambda_i \\ \dfrac{\ln 2}{T} = \dfrac{\ln 2}{T_1} + \dfrac{\ln 2}{T_2} + \dfrac{\ln 2}{T_3} + \dfrac{\ln 2}{T_4} \ldots\ldots + \dfrac{\ln 2}{T_i} \end{cases} \Longrightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_3} + \frac{1}{T_4} \ldots\ldots + \frac{1}{T_i}$$



Exemple : Le cuivre ${}^{64}_{29}Cu$

❖ On appelle rapport d'embranchement les quantités

$$R_i = \frac{\lambda_i}{\lambda} \quad \Longrightarrow \begin{cases} R_i = \dfrac{\lambda_1}{\lambda} \\ R_1 = \dfrac{\lambda_2}{\lambda} \\ R_1 = \dfrac{\lambda_3}{\lambda} \end{cases}$$

Application : Ces résultats s'appliquent généralement dans la recherche (biologie, médecine, géologie...). Dans ces cas on incorpore un radioélément dans un système biologique qui élimine le radioélément avec une période propre ($T_{biol.}$) indépendante de la décroissance radioactive ($T_{phys.}$), on a alors : $\frac{1}{T_{eff.}} = \frac{1}{T_{biol.}} + \frac{1}{T_{phys.}}$ $\frac{1}{T_{eff.}} = \frac{1}{T_{biol.}} + \frac{1}{T_{Phys.}}$

***Application 7** : : L'iode 131 est radioactif (période T = 8 jours). Une solution d'iodure de sodium NaI contenant de l'iode 131 (^{131}I) et ayant une activité de 0,1 Ci a, ainsi, été administrée à un patient. Dans les faits, l'organisme du patient élimine aussi le radioélément avec une période biologique propre **T_b** indépendante de la décroissance radioactive **T** de l'iode. Et il reste, **$1{,}457.10^{-5}$ µg** d'iode dans le corps du patient au bout de 6 semaines. Calculer la période biologique **T_b** (en jours).*

II.5 Radioactivité naturelle : Familles radioactives

La radioactivité est la transformation d'un nucléide en un autre par désintégration. Lorsque le noyau formé est radioactif, il se désintègre à son tour et ainsi de suite jusqu'à ce que le noyau formé soit stable. Cet ensemble de nucléides issus d'un même noyau père est appelé ***famille radioactive***.

On a : A → B → C → D → E ······· → S (stable).

Il existe 4 radioéléments naturels générateurs de 3 familles radioactives naturelles et une artificielle. Tous les radioéléments existant sont issus de ces quatre familles sauf ^{40}K et ^{14}C.

Nom de la famille	Forme du nombre de masse (A)	1er élément de la série et Période	Dernier Elément stable
Thorium	4n (n=58 à n= 52)	$^{232}_{9}Th$ (1,4.10^{10} ans)	$^{208}_{82}Pb$
Uranium	4n + 2 (n=59 à n= 51)	$^{238}_{92}U$ (4,5.10^{9} ans)	$^{206}_{82}Pb$
Actinium	4n + 3 (n = 58 à n = 51)	$^{235}_{92}U$ (7,2.10^{8} ans)	$^{207}_{82}Pb$
Neptunium	**4n + 1 (n = 59 à n = 52)**	$^{237}_{93}U$ **(2,2.10^{6} ans)**	$^{209}_{83}Bi$

Exemple : Famille de l'Uranium

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{92}U \rightarrow \dots\dots\dots.. \longrightarrow {}^{210}_{84}Po \xrightarrow{\alpha} {}^{206}_{82}Pb \;\; (8\alpha \; et \; 6\beta^-)$$

Remarques :

a) Dans une famille, les parents ont des périodes plus longues que celles des fils.

b) Les périodes des radioéléments naturels sont très longues ($^{238}_{92}U$; T = 4,5.10^{9} années), ce qui explique qu'ils aient survécu au cours des âges géologiques. Les radioéléments artificiels ont des périodes courtes. On pense qu'ils ont été formés dans les mêmes époques que les radioéléments naturels mais qu'ils se sont totalement désintégrés.

II.6 Réactions de transmutation

Lorsque l'on bombarde des noyaux cibles par des projectiles (protons, deutons, hélions neutrons, photons…), on peut créer des réactions nucléaires. De telles réactions nucléaires provoquées, donc artificielles sont appelées réaction de transmutation.

La première réaction de transmutation fut l'œuvre de Rutherford en 1919 en bombardant des noyaux d'azote par des particules α :. $^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$

Remarques :

- Les nucléides issus d'une réaction de transmutation ont des nombres de masse égaux ou très voisins du nucléide cible et peuvent être stables ou radioactifs :. $^{23}_{11}Na + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{23}_{12}Mg + {}^{1}_{0}n$
- Les éléments situés après l'Uranium 92 (les transuraniens) ont généralement été obtenus par transmutations en utilisant des neutrons lents (neutrons thermiques) comme projectiles.

$$^{1}_{0}n + {}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{239}_{92}U^* \xrightarrow{\beta^-} {}^{239}_{93}Np^* \xrightarrow{\beta^-/\gamma} {}^{239}_{94}Pu$$

II.7 Datations par la radioactivité

Après la découverte de la radioactivité, les méthodes de datation radiométriques ont été rapidement mises au point. Avec ces nouvelles méthodes, les géologues ont pu calibrer l'échelle relative des temps géologiques et mettre en place une échelle absolue[1].

II.7.1 Datation au carbone 14

À travers l'activité métabolique, le taux de carbone-14 dans un organisme vivant est constamment en équilibre avec le taux de carbone-14 dans l'atmosphère et / ou dans l'océan. À la mort d'un organisme, les divers échanges avec le milieu extérieur s’estompent et le carbone-14 qui se désintègre n'est plus remplacé par le carbone atmosphérique.

Application : Si N_0 est le nombre de noyaux de ^{14}C dans un organisme vivant, et N(t) le nombres de noyaux t années après sa mort, on a : $N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$ ou $A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$ d’où :

$$t = \frac{T}{\ln 2}.\ln\frac{Ao}{A(t)} = \frac{T}{\ln 2}\ \ln\frac{No}{N(t)}$$

La période relativement courte du carbone-14 limite généralement la période de datation approximativement entre 30 et 40.000 ans. L'incertitude sur la mesure augmente avec l’âge de l’échantillon.

Application 8 *: Dans une fouille archéologique on a trouvé des restes de bois. L'analyse isotopique a montré qu'ils contenaient 16 fois moins de carbone 14 que la teneur actuelle du bois. Quel est l'âge approximatif de la couche, sachant que la période de 14C est 5700 ans?*

II.7.2 Datation au plomb

La datation au plomb, est estimée par spectrographie en déterminant le contenu total de plomb et celui d’uranium de certaines roches (zircone, monazite, xénolite). Elle est appliquée aux roches formées après le Précambrien**[1]**.

Dans la méthode uranium-plomb, l'âge d'un matériau géologique est calculé d'après les taux de désintégration radioactive connus de l'uranium-238 en plomb-206 et de l'uranium-235 en plomb-207 en supposant la quantité initiale de Pb négligeable.

Résolution pratique : $^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + 8\alpha + 6\beta^-$

Soit No le nombre initial du noyau de ^{238}U ; à t le nombre de noyaux restants $N(t) = N_o\ e^{-\lambda.t}$

Le nombre de noyaux désintégrés $N_{des} = N_o(1- e^{-\lambda.t})$ or $N_{des} = N_{Pb}(t)$

$$\frac{N_{Pb}}{N_U} = \frac{No(1-e^{-\lambda.t})}{No(e^{-\lambda.t})} = \frac{1-e^{-\lambda.t}}{e^{-\lambda.t}} = e^{+\lambda.t} - 1$$

Or $m_i = \frac{N_i}{\aleph} Mi$; $\frac{N_{Pb}}{N_U} = \frac{m_{Pb}.\aleph.M_U}{M_{Pb}.m_U.\aleph} = e^{+\lambda.t} - 1$ ==> $\frac{m_{Pb}}{m_U} = \frac{M_{Pb}}{M_U}(e^{+\lambda.t} - 1)$

Et $t = \frac{T}{\ln 2}\ln\left(1 + \frac{M_U}{M_{Pb}}\cdot\frac{m_{Pb}}{m_U}\right)$; la détermination du rapport m_{Pb}/m_U permet de connaître t (âge de la roche) (Âge de la terre $4,5.10^9$ années).

Application 9 : 1) *Écrire la réaction de désintégration de l’uranium 238* ($^{238}_{92}U$) *, sachant que celle-ci produit des hélions (particules α) , des négatons (β⁻) et du plomb 206* ($^{206}_{82}Pb$).

2) L’analyse d’une roche, très ancienne, contenant de l’uranium 238 a permis d’obtenir 5 g de plomb 206. En supposant la quantité initiale de plomb 206 dans la roche très négligeable, déterminez la masse d’uranium 238 qui s’est désintégrée dans cette roche.

[1]première division des temps géologiques correspondant à l'énorme intervalle écoulé entre la naissance de la Terre, voici 4,5 milliards d'années, et le début du Paléozoïque, voici 540 millions d'années. Ce laps de temps correspond à quelque 4 milliards d'années, soit à peu près les 8/9 de l'histoire de la Terre).

[1]Encyclopédie Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.).