Chapitre II
Radioactivité et réactions nucléaires

II.1.Défaut de masse et énergie de liaison nucléaire: comment combiner des protons et des neutrons pour former un noyau stable?

a) Défaut de masse nucléaire :

Si nous supposons que nous allons former un noyau d'un atome particulier à partir de ses constituants (nucléons: protons et neutrons), la masse théorique du noyau formé est égale à la masse de tous ses nucléons (masse des protons + masse des neutrons).

$$Z \text{ protons} + (A\text{-}Z) \text{ neutrons} \longrightarrow \text{noyau}$$

La masse théorique du noyau est égale alors à la masse de protons et de neutrons isolés:

$$m_{\text{théorique}} = \text{nombre de protons} . m_P + \text{nombre de neutrons} . m_N$$

$m_{\text{théorique}} = Z . m_P + (A\text{-}Z) . m_N$

On a trouvé expérimentalement qu'il existe une différence entre la masse du noyau calculée à partir de la masse des protons et des neutrons (masse des nucléons) et la masse obtenue expérimentalement (masse expérimentale ou réelle), cette différence est appelée ''défaut de masse **Δm**'' entre la masse calculée et la masse expérimentale.

$$\boldsymbol{\Delta m = m_{\text{théorique}} - m_{\text{réelle}}}$$

b) énergie de liaison nucléaire: Les nucléons se joignent avec une forte liaison connue sous le nom de la force nucléaire, tandis que l'énergie nécessaire pour rompre cette liaison est connue sous le nom de l'énergie de liaison nucléaire.

Selon *Einstein*, toutevariation de masse**Δm** s'accompagne d'unevariation d'énergie**ΔE**, c'est-à-dire que cette diminution de masse correspond à l'énergie émise lors de la combinaison des particules élémentaires pour former le noyau. L'énergie est donnée par l'expression mathématique suivante:

$$\boldsymbol{\Delta E = \Delta m . C^2}$$

Tel que :

Δm : Défaut de masse.

c : célérité de la lumière dans le vide, c=2.99792458. 108 m/s ≈ 3. 108m/s

Par exemple: noyau d'hélium.
La masse théorique du noyau de l'atome d'hélium est:

$$m_{\text{théorique}} = Z . m_P + (A\text{-}Z) . m_N = (2 . 1.007278 + 2 . 1.008665) \text{ u.m.a}$$

$$= 4.031886 \text{u.m.a}$$

La masse réelle est de : $m_{\text{réelle}}$ = 4,001503u.m.a.

$$\Delta m = m_{\text{théorique}} - m_{\text{réelle}}$$

$$\Delta m = (4.031886 - 4.001503)\ u.m.a$$

$$\Delta m = 0{,}030383 u.m.a$$

En d'autres termes, si on suppose que nous allons former le noyau de l'hélium à partir de ses composants (2 protons + 2 neutrons), c'est-à-dire que la formation du noyau d'hélium libère del'énergie nucléaire:

$$\Delta E = 0.030383 \times 1{,}6605.10^{-27} Kg \times (3.10^{8} m/s)^{2}$$

$$\Delta E = 4.54 \times 10^{-12}\ \text{joules}$$

$$\Delta E = 28.3\ Mev$$

Les énergies sont souvent exprimées en électron-volts (eV). L'électron volt est l'énergie correspondante d'un électron soumis à une différence de tension de 1 volt:

Sachant que:

$$1\ uma = 1.6605401.\ 10^{-27} Kg$$
$$1eV = 1.60218.\ 10^{-19}\ J \approx 1.6.\ 10^{-19}\ J$$
$$1\ MeV = 10^{6} eV = 1.6.\ 10^{-13}\ J$$

Autres unités de l'énergie:

1 cal = 4.18J 1erg = 10^{-7}J

Nous concluons que la formation d'un noyau d'hélium à partir de ses composants libère une énergie de 28.3 MeV.

Inversement, pour briser le noyau en protons et neutrons séparés, cette énorme quantité d'énergie, l'énergie de la liaison nucléique (énergie de la liaison nucléique du noyau), devrait être fournie. Cela montre que les protons et les neutrons sont étroitement liés dans le noyau, de sorte que le défaut de la masse assure la stabilité du noyau.

c) Énergie de liaison nucléaire par nucléon:*f*

L'énergie libérée en formant un noyau dépend bien entendu du nombre de ses constituants. L'énergie nucléaire par nucléon est donnée par la relation suivante:

$$\boldsymbol{f = \Delta E / A}$$

A est le nombre de masse.

Exemple : Pour un seul nucléon du noyau d'hélium (A=4) :

$$f = \Delta E / A$$

$$f = 28.3\ MeV / 4$$

$$f = 7.075\ MeV/\text{nucléon}$$

d) Energie de liaison nucléaire pour une mole de noyaux: ΔE_T

$$\boldsymbol{\Delta E_T(mol) = \Delta E\ .\ N_A}$$

N_A :Nombre d'Avogadro.

ΔE :Energie de liaison pour un (1) noyau.

Exemple : Pour une mole de noyaux d'hélium, on a :

$$\Delta m = 0.030383g = 0.030383.10^{-3}Kg.$$

$$\Delta E = \Delta m.\ c^2$$

$$\Delta E = 0.030383.10^{-3}Kg.(3.10^8 m/s)^2 = 2{,}7.10^{12}\ J/mol \text{ de noyaux de } {}^4He$$

e) L'équivalent énergétique (ΔE) de l'unité des masses atomiques (Δm=1uma) en Joules et en MeV :

En employant la relation d'Einstein:

$$\Delta E = \Delta m\ .\ C^2$$

On a:

$$\Delta m = 1\ uma = (1/12).(12/\ \mathbf{N_A}).\ 10^{-3}\ Kg = 1.6605401.10^{-27}\ Kg$$

$$\text{Avec} : C = 2.99792458.\ 10^8\ m/s = 3.\ 10^8\ m/s$$

$$\Rightarrow \Delta E = 1.6605401.10^{-27}\ Kg\ .\ (2.99792458.10^8 m/s)^2$$

$$\Rightarrow \Delta E = 1.492419.\ 10^{-10} Joules$$

Conversion :

$$1eV = 1.60218.\ 10^{-19}\ J$$

$$\Rightarrow \Delta E = 1.492419.\ 10^{-10}\ joules = 931.5\ 10^6 ev = 931.5 Mev$$

Nous concluons qu'un défaut de masse de 1u.m.a, soit une masse de 1.66.10-27 Kg, correspond à une variation d'énergie estimée à931.5Mev

Alors, nous pouvons écrire la relation d'Einstein par deux manières:

$$\begin{cases} \Delta E\ (Joule) = \Delta m\ (Kg)\ .\ C^2 \\ \Delta E\ (Mev) = \Delta m\ (uma)\ .\ 931.5 \end{cases}$$

Exemple: noyau d'atome de lithium:

✓ **Calcul de la masse théorique du noyau de lithium:**

En supposant que l'on forme le noyau du lithium à partir de ses composants (3 protons + 4 neutrons), la masse théorique du noyau formé est égale à la somme de ses nucléons (3 protons et 4 neutrons) :

$m_{théorique} = 3.m_P + 4.m_N$

$m_{théorique}$ = 3. 1.007278 + 4. 1.008665

$m_{théorique}$ = 7.056494 u.m.a

- ✓ **Calcul du défaut dans la masse:**

Sachant que la masse réelle du noyau de lithium : $m_{réelle}$= 7.01001uma.

Alors, le défaut de masse est donné par la relation suivante :

$$\Delta m = m_{\text{ théorique}} - m_{\text{ réelle}}$$

Δm = 7.056494 -7.01001 = 0.046484 uma

Donc : Δm = 0.046484 uma

- ✓ **Calcul de l'énergie de liaison nucléaire ΔE**: On sait que l'énergie qui correspond à un défaut de masse égale à 1 u.m.a est de :ΔE = 931.5Mev

Alors on peut écrire :

$$\begin{cases} 1 \text{ uma} \longrightarrow 931.5\text{Mev} \\ \Delta m \text{ (uma)} \longrightarrow \Delta E \text{ (Mev)} \end{cases}$$

ΔE= Δm (uma) . 931.5= 0.046484 . 931.5 = 43.276 Mev

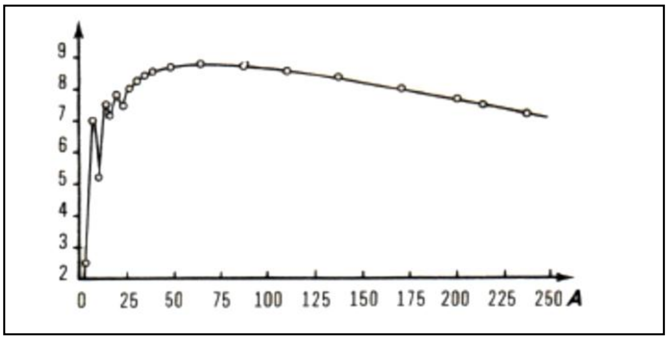
- ✓ **Calcul de l'énergie de liaison nucléaire par nucléon f**:

$$f = \Delta E/A = 43.276 \text{ MeV}/ 7 = 6.18 \text{ MeV}/_{\text{nucléon}}$$

II.2. Stabilité des noyaux:

Sur les 331 nucléides naturels, 284 sont stables, les autres se désintègrentnaturellement (c'est-à-dire radioactifs). D'autre part, les réactions nucléaires ont permis la préparation de plus de 1000 nucléides artificiels, tous radioactifs.
Existe-t-il une relation entre la stabilité du noyau et l'énergie de la liaison nucléaire d'une part et le nombre de nucléons d'autre part?

a. Stabilité des noyaux et l'énergie de liaison nucléaire :



Courbe d'Aston

Sur la courbe ci-dessus, on a représenté l'énergie de liaison nucléaire par nucléon en fonction de nombre de masse A. Pour certains noyaux légers, l'énergie de liaison moyenne pour chaque nucléon est de 6 à 7 MeV.
La courbe est régulière et offre une valeur maximale à 8,7 MeV pour les noyaux voisins au noyau de fer (A = 56).
La valeur de *f* diminue progressivement pour les noyaux lourds (l'énergie de liaison nucléaire est près de 7Mev).
Pour les noyaux les plus légers de l'élément fer, la valeur de l'énergie de la liaison par nucléon décroît plus rapidement. Pour les noyaux très légers, on note la succession de valeurs maximales et minimales indiquant que ces noyaux sont instables. Les pics correspondent aux noyaux appelés pair-pair de sorte que Z = N = 2n (n entier) p*ar* exemple : ${}_{2}^{4}He$, ${}_{6}^{12}C$ et ${}_{8}^{16}O$.

✓ La stabilité augmente généralement lorsque l'énergie de liaison moyenne parnucléon *f* augmente
(1 <A <56).

✓ Plus l'énergie de cohésion moyenne *f* est petite, plus le noyau est instable ou radioactif (A> 56).

Remarque: Les noyaux stables sont sur la courbe tandis que les instables sont en dessous (conduisant à la fusion des noyaux légers ou la fission des noyaux lourds pour atteindre la stabilité).

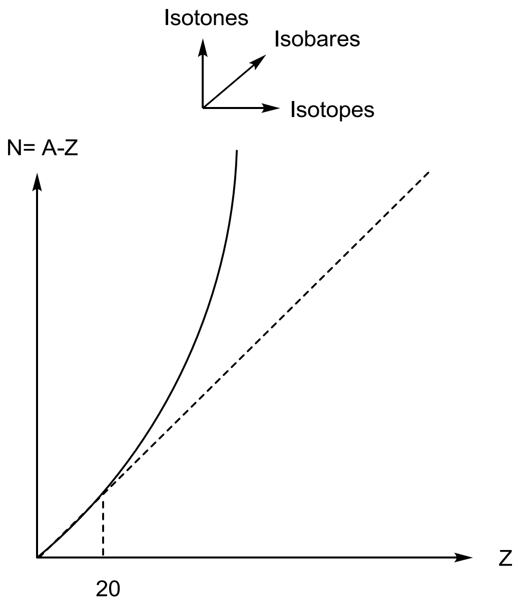
Généralement, la stabilité accroît lorsque l'énergie de liaison moyenne *f* augmente.

b. stabilité des noyaux et nucléons: On peut le connaître la stabilité des noyaux par rapport au nombre de protons (Z):

- 1< Z < 20 : Noyaux stables.

- 20 < Z < 84 : Noyaux moyennement stables.

- Z > 84 : Noyaux instables ou radioactifs.



II.3. Réactions nucléaires induites (ou artificielles):

Les réactions nucléaires induites résultent du bombardement de quelques noyaux par des particules appropriées. Il existe actuellement plus de 1000 réactions nucléaires artificielles. Les particules élémentaires peuvent être des particules α, des protons p, des deutons d ou des neutrons n.

Convention d'écriture: Nous pouvons symboliser les différentes réactions nucléaires par une écriture intensive en indiquant la particule émise.

Exemple:

$$^{23}_{11}Na + ^{4}_{2}\alpha \longrightarrow ^{26}_{12}Mg + ^{1}_{1}H$$

L'écriture intensive est : $^{23}_{11}Na\,(\alpha, P)\,^{26}_{12}Mg$

a) Transmutation par hélions: entraînant la libération de protons ou de neutrons.

- Réactions de type (α, p)

$^{4}_{2}He + ^{10}_{5}B \longrightarrow ^{1}_{1}H + ^{13}_{6}C^*$ ou $^{10}_{5}B\,(\alpha, P)\,^{13}_{6}C^*$

- Réactions de type (α, n)

$^{4}_{2}He + ^{10}_{5}B \longrightarrow ^{13}_{7}N^* + ^{1}_{0}n$ ou $^{10}_{5}B\,(\alpha, n)\,^{13}_{7}N^*$

Les réactions sans capture (les particules α sont utilisées comme transporteurs d'énergie et participentà la libération de protons sans qu'elles s'additionnent au noyau)

$$^{4}_{2}He + ^{10}_{5}B \longrightarrow ^{9}_{4}Be + ^{1}_{1}H + ^{4}_{2}He$$

b) Transmutation par protons: Il en résulte la libération d'hélions, de neutrons ou de deutons (deutérons).

- Réactions de type (p, α)

$^{1}_{1}H + ^{14}_{7}N \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{11}_{6}C^*$ ou $^{14}_{7}N\,(p, \alpha)\,^{11}_{6}C^*$

$^{1}_{1}H + ^{7}_{3}Li \longrightarrow 2\,^{4}_{2}He$ ou $^{7}_{3}Li\,(p, 2\alpha)$

- Réactions de type (p, n)

$^{1}_{1}H + ^{63}_{29}Cu \longrightarrow ^{63}_{30}Zn + ^{1}_{0}n$ ou $^{63}_{29}Cu\,(p, n)\,^{63}_{30}Zn$

Plusieurs neutrons peuvent être émis par type de réactionsavec une grande vitesse.

$^{1}_{1}H + ^{209}_{83}Bi \longrightarrow ^{202}_{84}Po + 8\,^{1}_{0}n$ ou $^{209}_{83}Bi\,(p, 8n)\,^{202}_{84}Po$

$^{1}_{1}H + ^{9}_{4}Be \longrightarrow ^{10}_{5}B$

- Réactions de type (p, d): elles sont rares.

$^{1}_{1}H + ^{9}_{4}Be \longrightarrow ^{9}_{4}Be + ^{2}_{1}H$

c) Transmutation par neutrons: Il en résulte la libération de protons, ou la fission du noyau bombardé (réaction de fission nucléaire : qui est le résultat du bombardement d'un noyau lourd tel que le noyau d'uranium ou de plutonium par des neutrons accélérés, conduisant à la production de noyaux avec Z entre 35 et 60 en plus d'autres neutrons).

Exemples :

- Les réactions avec capture de neutrons:

$$ {}^{79}_{35}Br + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{80}_{35}[Br]^{*} \longrightarrow {}^{80}_{36}Kr + {}^{0}_{-1}\beta $$

$$ {}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{239}_{92}[U]^{*} \longrightarrow {}^{239}_{93}Np^{*} + {}^{0}_{-1}\beta $$

Les réactions avec capture de neutrons ont permis la synthèse d'une multitude de nucléides avec un numéro atomique Z>92.

- Les reactions (n, p):

$$ {}^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{32}_{16}\mathrm{S} \longrightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{32}_{15}\mathrm{P} $$

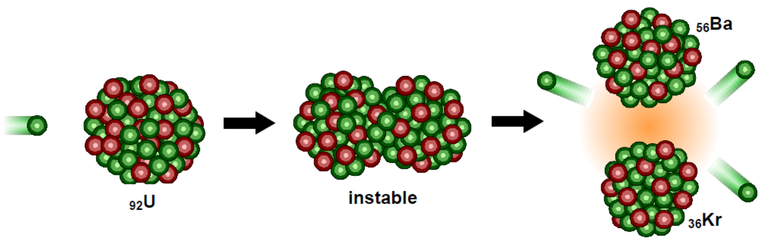
- Les reactions (n, kn)

Il s'agit de la décomposition (ou la fission) d'un noyau lourd en deux ou plusieurs noyaux (avec Z moyens) en libérant une énorme énergie nucléaire.

En 1938, Otto Hahn, Liese Meitner et Fritz Stassmann découvrent que le bombardement de l'uranium avec des neutrons peut induire la fission (rupture) du noyau d'uranium en deux noyaux plus légers, comme par exemple le baryum (Ba) et le krypton (Kr).

En 1939, Frédéric Joliot démontre que cette fission du noyau d'uranium s'accompagne de la libération de 2 ou 3 neutrons.

$$ {}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{143}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{83}_{36}\mathrm{Kr} + 10\ {}^{1}_{0}\mathrm{n} $$



Comme les neutrons libérés peuvent induire la fission d'autres noyaux d'uranium, il en résulte que la fission de l'uranium peut conduire à une réaction en chaîne.

Puisque les produits de la fission ont une masse légèrement inférieure à celle du noyau initial, la fission s'accompagne d'un défaut de masse qui, en vertu de la relation d'Einstein E = mc2, est transformé en énergie.

L'uranium naturel est constitué d'un mélange formé essentiellement des 2 isotopes suivants:

• U-238 (99,27 %), non fissile. (Par bombardement avec des neutrons rapides, il peut se transformer en , Pu-239 un isotope fissile de l'élément plutonium)

• U-235 (0,72 %), fissile

d) Transmutation par deutons: d

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{5}^{10}B \longrightarrow {}_{0}^{1}n + {}_{6}^{11}C^{*} $$

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{5}^{10}B \longrightarrow {}_{5}^{11}B + {}_{1}^{1}H $$

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{5}^{10}B \longrightarrow 3\,{}_{2}^{4}He $$

Les réactions de fusion sont également possibles :

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \longrightarrow {}_{1}^{1}H + {}_{1}^{3}H $$

e) Fusion nucléaire: dans laquelle deux noyaux légers se fusionnent pour former un noyau plus stable.

Exemple:

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \longrightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n + \textit{Energie}=17.6MeV $$

II.4. Les familles radioactives: Il existe 3 familles naturellement radioactives principales en plus d'une quatrième famille artificielle:

a. La famille de l'uranium-238

b - Famille du thorium-232

c - famille de l'uranium-235

d - La famille du plutonium-241 : C'est une famille artificielle.

II.5. La radioactivité naturelle :

Depuis la découverte de la radioactivité, on sait que les transformations portant sur le noyau, donc sur la nature des éléments, sont possibles. Ces transformations sont liées à l'émission de radiations. C'est le domaine de la **transmutation radioactive**.

a) Historique

- 1896 Henri Becquerel découvre la radioactivité naturelle ; il observe que les minerais d'uranium émettent un rayonnement capable de noircir les plaques photographiques
- 1898 Pierre et Marie Curie isolent à partir de la pechblende (un minerai d'uranium) deux éléments hautement radioactifs : le radium (Ra) et le polonium (Po)
- 1899 Ernest Rutherford découvre les rayonnements αet β
- 1902 Ernest Rutherford et Frederick Soddy découvrent que la décomposition radioactive transforme un élément chimique en un autre (transmutation)
- 1903 Ernest Rutherford découvre les rayons γ
- 1910 Frederick Soddy découvre l'existence des isotopes

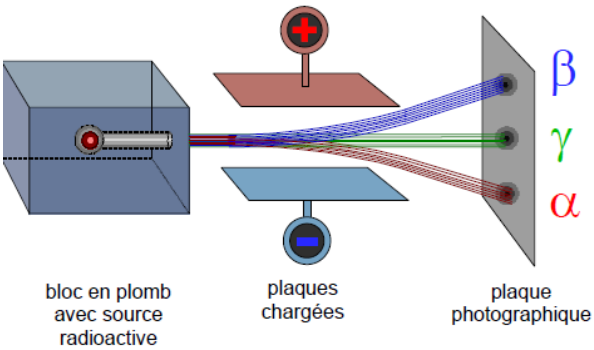
b) Types de radiations

Si on fait passer dans le vide un faisceau de radiations émis par une source radioactive par le champ électrique existant entre 2 plaques d'un condensateur, le noircissement d'une plaque photographique placée sur la trajectoire des radiations révèle 3 points d'impact. On en conclut que:

- Les rayons **α**, attirés par la plaque chargée (-), sont constitués de particules porteuses de charges positives

- Les rayons **β-**, attirés par la plaque chargée (+), sont constitués de particules chargées **-**

- Les rayons **γ**, non déviés, ne sont pas constitués de particules chargées



c) Propriétés des radiations : Les deux propriétés principales sont:

- **Le pouvoir de pénétration de la matière:** les radiations ont une tendance plus ou moins grande à traverser les obstacles placés sur leur chemin

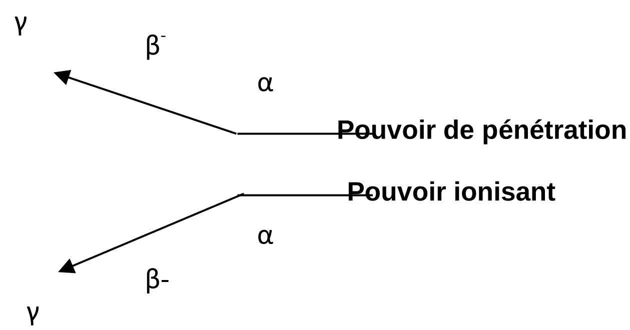
- Le pouvoir ionisant: la matière traversée est plus ou moins fortement ionisée le long de la trajectoire des radiations.

Grâce à leur pouvoir ionisant, les radiations rendent les gaz conducteurs de l'électricité. Ainsi un électroscope chargé, exposé à une source radioactive, se décharge.

	Rayons α	**Rayons** β-	**Rayons** γ
Pouvoir de pénétration	très faible Les rayons αsont arrêtés par une dizaine de centimètres d'air ou par une mince feuille de papier.	assez grand Les rayons β-peuvent traverser une plaque en aluminium d'une épaisseur de l'ordre du centimètre.	très grand Les rayons γpeuvent traverser un blindage en plomb épais de 20 centimètres.
Pouvoir ionisant	Trè sélevé	nettement inférieur à celui des rayons α	faible par rapport à celui des rayons α

d) Nature et origine des rayons α, βet γ

	Rayons α	**Rayons β-**	**Rayons γ**
Nature	noyaux d'hélium He vitesse jusqu'à 20 000 km/s	électrons e- vitesse jusqu'à 290 000 km/s	ondes électromagnétiques de très petite longueur d'onde
Origine	expulsion de noyau d'He (formé de 2 protons et 2 neutrons)	décomposition d'un neutron en proton et électron.	suite à une décomposition αou β, un noyau excité se stabilise par émission d'un photon γ



Remarque: Il existe un quatrième rayonnement qui est le « Positron β^+ » mais ce rayonnement est le résultat de réactions artificielles seulement.

$${}^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}\beta$$

II.5. Loi de désintégration radioactive (cinétique des réactions nucléaires spontanées):

L'intensité des radiations émises par un échantillon constitué d'un type déterminé de radio-nucléide diminue au cours du temps, puisque chaque émission de radiation provient de la désintégration d'un noyau.

La vitesse de décomposition suit le principe fondamental:

Le nombre de désintégrations par unité de temps est à tout moment proportionnel au nombre de noyaux instables présent dans l'échantillon du radio-nucléide.

Les réactions de désintégration radioactives spontanées suivent une cinétique de premier degré où le nombre de noyaux radioactifs désintégrés durant une période donnée est proportionnel au nombre de noyaux restants.

Soit un cas simple: ${}^{A}_{Z}X^{*}$ (Radioactif) $\longrightarrow$ X (Stable)

t = 0 : N_o 0

t : N_t $N_o - N_t$

• N_0 est le nombre de noyaux instables initiaux au moment t = 0.

• N_t est le nombre de noyaux instables restant à l'instant t.

• N_0 - N_t est le nombre de noyaux stables formés ou le nombre de noyaux instables décomposés.

A l'instant t + dt le nombre de noyaux instables N_t diminue de la quantité de dN, le nombre de noyaux instables qui ont désintégrés (ou le nombre de noyaux stables formés) au moment dt.

La vitesse de disparition des noyaux radioactifs est donnée par:

$$\frac{-dN}{dt} = \lambda\ N$$

(Le signe – indique la diminution de nombre de noyaux instables)

Autrement dit, la vitesse de désintégration de ces noyaux est proportionnelle au nombre de noyaux instables ou radioactifs :

$$\frac{-dN}{dt}\ \alpha\ \lambda\ N$$

λ :Constante radioactive $[temps]^{-1}$

$$\frac{-dN}{dt} = \lambda\ N$$

$$\Rightarrow \int_{N_o}^{N_t} \frac{dN}{N} = -\lambda . \int_{o}^{t} dt$$

$$\Rightarrow LnN_t - LnN_o = -\lambda\ t$$

$$\Rightarrow Ln\frac{N_t}{N_o} = -\lambda\ t$$

$$\Rightarrow \frac{N_t}{N_o} = e^{-\lambda\ t}$$

$$\boxed{N_t = N_o\ e^{-\lambda t} \quad ou \quad N_o = N_t\ e^{+\lambda t}}$$

C'est la loi de la désintégration radioactive. Cette loi s'applique à tous types d'activité ou de rayonnement radioactif, qu'ils soient naturels ou artificiels, ce qui montre que le nombre de noyaux instables ou radioactifs diminue exponentiellement avec le temps.

Remarque: La loi de désintégration radioactive peut être exprimée en fonction de masses:

$$\begin{cases} M \longrightarrow & NA \\ m_0 \longrightarrow & N_0 \end{cases}$$

$$N_0 = \frac{m_0 \times NA}{M}$$

$$et\ N_t = \frac{m_t \times NA}{M}$$

$$N_t = N_o\ e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{m_t \times NA}{M} = \frac{m_0 \times NA}{M}\ e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \quad m_t = m_o\ e^{-\lambda t}$$

Il est plus commode d'utiliser la période T au lieu de la constante radiative pour exprimer la vitesse de désintégration.

a. La période T ou *$t_{1/2}$* : C'est le temps requis par la moitié de l'échantillon (la moitié du nombre de noyaux instables initiaux) pour se désintégrer.

$$t = T \Rightarrow N_t = \frac{N_o}{2}$$

$$N_t = N_o\ e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} \quad ,$$

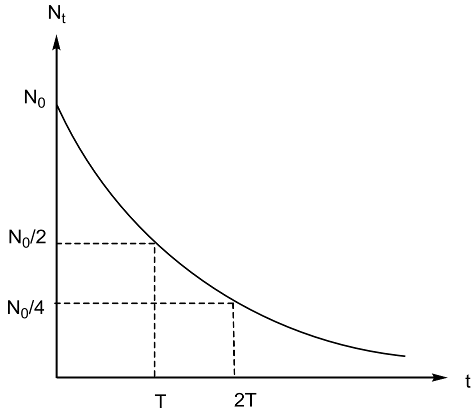
$$\Rightarrow \frac{N_0}{N_t} = e^{\lambda t}$$

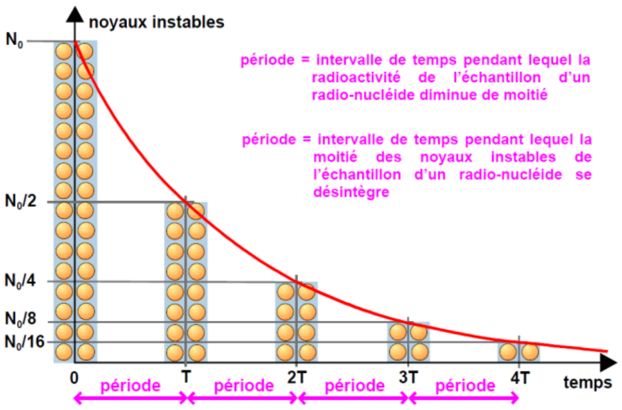
$$\Rightarrow \ln \frac{N_o}{N_o/2} = \lambda\ T$$

$$\Rightarrow \ln 2 = \lambda\ T$$

$$\Rightarrow \ln 2 = \lambda\ T$$

$$\Rightarrow \boxed{T = \frac{\ln 2}{\lambda}}$$





La valeur de la période est une grandeur caractéristique et non influençable de chaque type de radio-nucléide. Selon le type de radio-nucléide considéré, elle se situe entre plusieurs milliards d'années comme pour le Thorium Th-232 ($T = 1{,}39.10^{10}\ ans$) et des fractions de seconde comme pour le polonium Po-214 ($T = 1{,}5.10^{-4}\ \sec$).

- La période radioactive n'est pas lié au nombre de noyaux initiaux.

- La période radioactive n'est pas affectée par les facteurs naturels de pression et de température.

- Chaque matière radioactive a une période radioactivespécifique et une constante radiative spécifique.

b. Activité radioactive

C'est le nombre de noyaux radioactifs ou instables qui ont désintégrés par unité de temps. L'activité radioactive est la vitesse instantanée de la disparition des noyaux instables, elle est proportionnelle au nombre de noyaux instables.

$$A_t = \frac{-dN}{dt} = \lambda\ N_t$$

t = 0 : $N_t = N_o \Rightarrow A_0 = \lambda\ N_0$

A_0: Activité initiale

A_t: Activité finale

$$\frac{-dN}{N} = \lambda\ dt \longrightarrow A_t = A_o\ e^{-\lambda t}$$

$$[A] : d.p.temps$$

- Désintégration par seconde : dps *ou Becquerel (Bq)*
- Désintégration par minute : *dpmn*
- Désintégration par an : dpan

L'activité peut être exprimée en Curie (Ci), qui est l'activité correspondante à la désintégration de 1g de Radium Ra pendant 1 seconde selon la réaction:

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\alpha + {}^{0}_{0}\gamma$$

Exemple:

Calculer l'activité qui correspond à la décomposition de 1 gramme de radium Ra-226 sachant que la constante radioactive de cet élément est de 1580 ans.

$$\mathrm{T} = 1580 \text{ ans} = 1580 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ sec}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = 1{,}385.10^{-11} \sec^{-1}$$

$$N = \frac{NA}{226} = 2{,}665.10^{21} noyaux$$

Activité de 1g de Ra :

$$\mathrm{A} = \lambda \mathrm{N} = 1{,}385.10^{-11} \times 2{,}665.10^{21} = 3{,}69.10^{10} \text{ dps}$$

$$\boxed{1\,Ci = 3{,}7.10^{10}\ dps}$$

II.6. Énergie de réaction nucléaire:

Les réactions nucléaires libèrent une énergie considérable, cette d'énergie est soumis à la relation d'Einstein : $E = \Delta m \cdot C^2$

Avec : $\Delta m = \sum m_{produits} - \sum m_{réactifs}$

Exemple:

1. L'activité initialed'un gramme d'uranium enrichi (uranium U-238) est égale à $3{,}88.10^{11}$ dpan, qui a une période estimée à $4{,}52.10^{9}$ ans, calculer la constante d'Avogadro.

2. L'activité du Cérium radioactif au moment t est de $3\,\mu\mathrm{Ci}$ et après 8 jours elle diminue de $1\,\mu\mathrm{Ci}$, calculer la constante radioactive λ, puis la période T.