physique Nucléaire

* **Définition :**

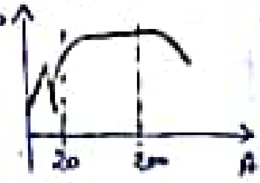
- Nucléide : c'est un élément du symbole ${}^{A}_{Z}X_{N}$
  - . Z : nbr de masse = nbr de proton
  - . N : nbr de neutrons $N = A - Z$
  - . A : nbre de masse.
- isotope : qui ont m̂ Z
- isotone : qui ont m̂ N
- isobare : qui ont m̂ A
- Noyaux pair-pair : N et Z pair $\Rightarrow$ A pair
- Noyaux pair-impair : N pair et Z imp $\Rightarrow$ A impair
- Noyaux imp-impair : N et Z impair $\Rightarrow$ A pair.
- Noyaux Miroires : $Z_1 = N_2$ et $Z_2 = N_1$, ${}_{Z_1}X_{N_1}$, ${}_{Z_2}X_{N_2}$
- Abondance isotopique : c'est le pourcentage d'un isotope dans un élément stable
- Rayon atomique et rayon Nucléaire : $\boxed{R_N = a_0 A^{\frac{1}{3}}}$
- Volume d'un noyaux depend de A : $\boxed{V_{noy} = \frac{4\pi}{3} R_N^3 = \frac{4\pi}{3} a_0^3 A}$
- La densité Nucléaire ne dépend de A : $\boxed{\rho = \frac{\text{nbr nucléons}}{V_{noyaux}} = \frac{1}{\frac{4\pi a_0^3}{3}}}$

$a_0 = cts = 0,12 \text{ fm}$

- Equivalence energie-masse : $\boxed{E = mc^2}$
- La relativité : $\boxed{m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} = \gamma m_0}$
- La Masse atomique : $\boxed{M(A,Z)c^2 = m(A,Z)c^2 + Z_e m_e c^2 - E(Z_e)}$
- La Masse atomique d'hydrogène : $M_H c^2 = M_p c^2 = m_p c^2 + m_e c^2$

- L'excès de masse : $[\Delta M = M - A]$
  - $* \Delta M > 0 \Rightarrow M > A \Rightarrow \bar{m}$ (nucléons) > 1 uma
  - $* \Delta M < 0 \Rightarrow M < A \Rightarrow \bar{m}$ (nucléons) < 1 uma
- Le défaut de masse : $[\Delta m = Z m_p + N m_n - m(A,Z)]$
  - $*$ Δm est tj ≥ 0
- Energie de liaison : $[B(A,Z) = \Delta m \times C^2]$
  - $*$ c'est l'énergie perdue par les nucléons lorsqu'il est regroupé pour formé des liaison

  ou c'est l'energie qu'il faut fournir à un noyau pour le dissocier en ses Constituants séparés.
- Energie de liaison moyenne : $\left[\bar{B}(A,Z) = \frac{B(A,Z)}{A}\right]$



- Les noyaux Légers : sont des noyaux dont $A < 20$ et $1 < \bar{B} < 8$ MeV
- Les noyaux intermédiaires : sont des noyaux dont $20 < A < 200$, $\bar{B} \simeq 8$ MeV
- Les noyaux Lourds : sont des noyaux dont $A > 200$, $\bar{B}$ diminue
- Les noyaux magique : sont des noyaux ayant des nbr magique çad "N ou Z magique", et le nbr magique sont : 2 - 8 - 20 - 50 - 82 - 126 qui ont plus liés que les autres.
- Energie de séparation α : $[S_\alpha = M_\alpha C^2 + M(A-4, Z-2)C^2 - M(A,Z)C^2]$

  $[S_\alpha = B(A,Z) - B(A-4, Z-2) - B_\alpha]$
- Energie de séparation de proton : $[S_p = M_H C^2 + M(A-1, Z-1)C^2 - M(A,Z)C^2]$

  $[S_p = B(A,Z) - B(A-1, Z-1)]$
- Energie de séparat° de neutron : $[S_n = m_n C^2 + M(A-1,Z)C^2 - M(A,Z)$

  $[S_n = B(A,Z) - B(A-1,Z)]$

* Modèle de goutte liquide :

- formules de Bethe et Weizsäcker :

$$\left[B(A,Z) = a_v . A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_a \frac{(Z-N)^2}{A} \pm \delta(A) \right]$$

- $B_v = a_v A$: Energie liaison du volume ($V = \frac{4}{3}\pi r^3 \propto A$)
- $B_s = -a_s A^{2/3}$: Energie liaison du surface ($S = 4\pi r^2 \propto A^{2/3}$)
- $B_c = -a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}}$: Energie liaison Coulombienne ($E_c = \frac{3}{5} \frac{Z(Z-1)^2}{r} \propto \frac{Z^2}{A^{1/3}}$)
- $B_a = -a_a \frac{(Z-N)^2}{A}$: Energie liaison asymétrie
- $\delta(A) = \pm \frac{33,5}{A^{3/4}}$: Energie liaison due appariement du nucléons.

* Parabole de masse :

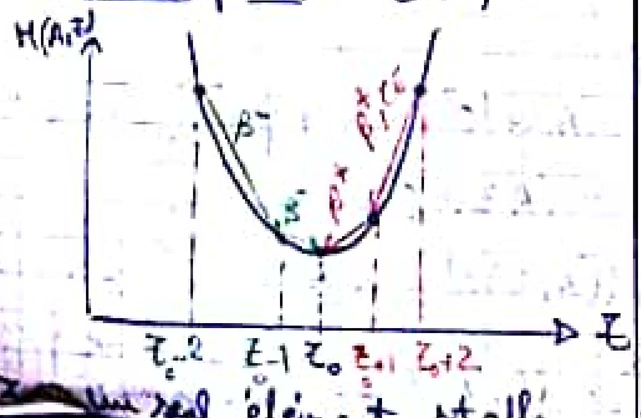
- formules de Bethe et Weizsäcker au Masse atomique :

$$\left[M(A,Z)c^2 = Z M_p c^2 + N M_n c^2 - B(A,Z) \right]$$ c'est une equation parabolique.

$$\left[M(A,Z)c^2 = \alpha + \beta Z + \gamma Z^2 + E_{app} \right]$$

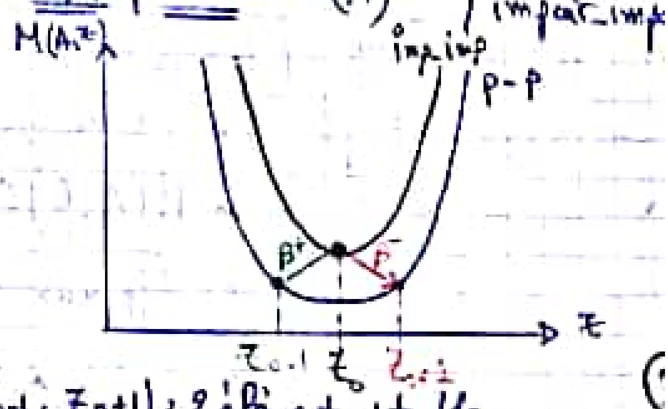
- $\alpha(A) = A M_n c^2 - a_v A + a_s A^{2/3} + a_a A$
- $\beta = M_p c^2 - M_n c^2 - 4 a_a$
- $\gamma = \frac{a_c}{A^{1/3}} - 4 \frac{a_a}{A}$
- $E_{app} = \pm \delta(A) = \pm \frac{33,5}{A^{3/4}}$

* A impair : $\delta(A) = 0$



- Un seul élément stable

* A pair $\delta(A) = \begin{cases} \text{pair-pair} \\ \text{impair-impair} \end{cases}$



- (Z_0-1, Z_0+1), 2 élément stable

- le minimum de parabole : $\frac{dM}{dZ}\Big/_{Z_0} = 0 \Rightarrow Z_0 = -\beta/2\gamma$.

* **Les modes des excitation des noyaux :**

- les noyaux instable retourne vers la stabilités soit :
  - En emettant d'Energie sous forme photon γ
  - En emettant des particules (β^+, β^-, α ...) ou soit les deux en mt
- Transition Gamma : $^A_Z X^* \longrightarrow {}^A_Z X + \gamma$

$$\boxed{E_\gamma = E_i - E_f}$$

- la Conversion interne : est en Compétition avec l'émission γ

$$\boxed{T_{e^-} = E_i - B(e)}$$

* **Processus de désintégration par émission de particules.**

- Désintégration α : $^A_Z X \longrightarrow {}^4_2\alpha + {}^{A-4}_{Z-2}Y$
- Désintégration β^- : $^A_Z X \longrightarrow \beta^- + {}^A_{Z+1}Y + \bar{\nu}$
- Désintégration β^+ : $^A_Z X \longrightarrow \beta^+ + {}^A_{Z-1}Y + \nu$

$$^A_Z X + e^- \xrightarrow{CE} {}^A_{Z-1}Y + \nu$$

* **Système métique des noyaux stables :**

- La processus β^+ : lorsque les noyaux qui ont un proton va se transformer en neutrons (Z diminue de 1 et N augment de 1)
- La processus β^- : si Z augment de 1 cad N diminue de 1
- la processus α : on aura dans ce cas pour les noyaux lourds comme il peut y'avoir émission de photon γ.

* **Conservation d'energie totale :**

- Cas de β^- :
  - $m(A,Z)c^2 = m(A,Z+1)c^2 + m_e c^2 + T_{\beta^-} + T_{rec} + T_{\bar{\nu}} + W_e$
  - $M(A,Z)c^2 = M(A,Z+1)c^2 + E_{\beta^- max}$
  - $E_{\beta max} = M(A,Z)c^2 - M(A,Z+1)c^2 \geq 0$
  - $M(A,Z) \geq M(A,Z+1)$ (Condit° de transforme β^-)

physique Nucléaire

- Cas de β^+ :
  - $m(A,Z)c^2 = m_e c^2 + m(A,Z-1)c^2 + T_{\beta^+} + T_\nu + W_{ex}$
  - $M(A,Z)c^2 = M(A,Z-1)c^2 + 2m_e c^2 + E_{\beta^+ max}$
  - $E_{\beta^+ max} = T_{\beta^+} + T_\nu$
  - $M(A,Z)c^2 - M(A,Z-1)c^2 \geq 2m_e c^2$

  ↳ Condition pour se transforme β^+

* **Loi de Conservation d'energie totale dans le cas de α :**

- Désintégration α : $^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{A-4}_{Z-2}Y$
  - $M_X c^2 = M_\alpha c^2 + M_Y c^2 + T_\alpha + T_Y + W_{ex}$
- la chaleur d'une reaction : $Q = (\Sigma M_{int} - \Sigma M_{fin})\, c^2$
- Conservation d'impulsion : $\vec{P} = M.\vec{V}$
  - $T_Y = \dfrac{M_\alpha}{M_Y} T_\alpha$
  - $T_\alpha = \dfrac{A-4}{A}(Q_\alpha - W_{ex})$

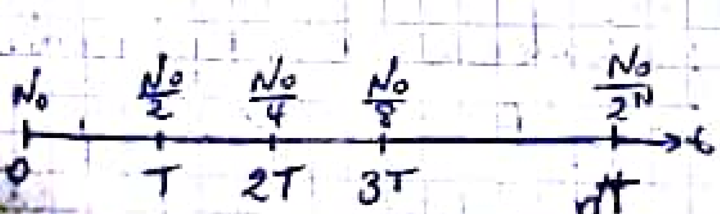
* **Loi de désintégration radioactive :**

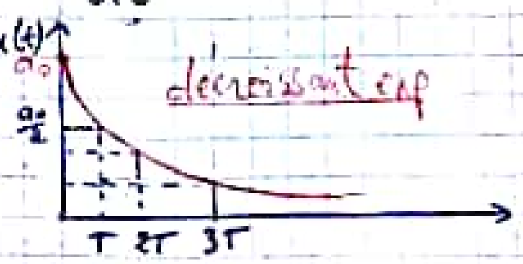
- Loi de désintégration : $[N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}]$
- La période radioactive : c'est le temp au bout duquel la moitié du nbre de noyause initial disparraisan

$$\left[T = \frac{\ln 2}{\lambda}\right], \quad \left[N(T) = \frac{N_0}{2}\right]$$

- L'activité radioactive : c'est le nbr de désintégration peu Unité du temp.

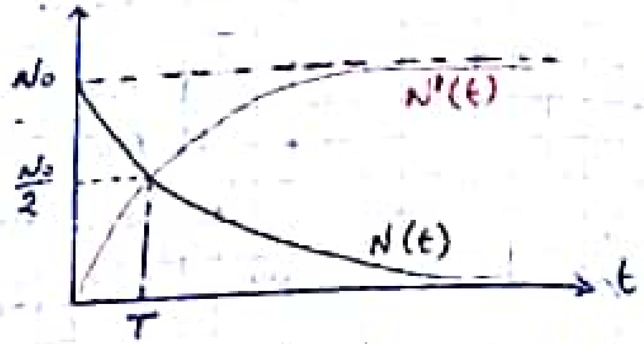
$$\left[a(t) = \frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = a_0 e^{-\lambda t}\right]$$





- L'expression de $N'(t)$: c'est le nbr de désintegration = nbr de noyaux produits.

$$\left[N'(t) = N_0(1 - e^{-\lambda t})\right]$$



- Filiation : c'est une chaine composé de plus d'un élément radioactif et que se termine par un élément stable

- Équilibre parfait : $\left[t_m = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \log\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)\right]$

- La vie moyenne : $\left[\tau = \frac{1}{\lambda}\right]$

* Généralité sur les réaction Nucléaire :

- Diffusion élastique : $a + A \longrightarrow a + A$
  - élastique çad l'élément A reste ds son état fondamental (Il n'y a pas d'énergie d'excitation $W_{ex} = 0$)

- Diffusion inélastique : $a + A \longrightarrow a + A^*$
  - après diffusion inélastique le noyau résiduel A va se trouve ds l'état d'excité (ds ce cas on a l'energie d'excitation)

- Réaction nucléaire : $\overset{(1)}{a} + \overset{(2)}{A} \longrightarrow \overset{(3)}{b} + \overset{(4)}{B}$
  - a : projectil A : cible
    b : particule emis B : noyau résiduelo

$$A(a,b)B \equiv 2(1,3)4$$

- réaction photonucléaire : $A + \gamma \longrightarrow 1n + B$

$A(\gamma, n)B$

Loi de Conservation lors d'un réaction nucléaire :

- La charge : $\sum Z_{int} = \sum Z_{fin}$
- nbr de masse : $\sum A_{int} = \sum A_{fin}$
- l'impulsion : $\sum \vec{P}_{int} = \sum \vec{P}_{fin}$
- l'énergie tot : $\sum E_{int} = \sum E_{fin}$

- La chaleur de réaction : $Q = \sum m_{int} c^2 - \sum m_{fin} c^2$.
  - $Q = 0 \Rightarrow$ Conservation des masses (cas de diffusion)
  - $Q > 0 \Rightarrow$ réaction excoénergitique (Production d'energie)
  - $Q < 0 \Rightarrow$ réaction endoénergitique (Production de la masse)

La section efficace d'une réaction : c'est la probabilité d'avoir une réaction donné, on là note σ (barn)

Intéraction des rayonnements avec la matière :

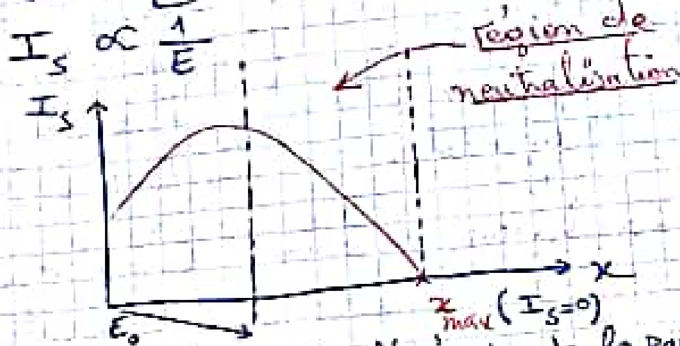
- interaction rayonnements avec la matière, il dépend du milieu traversé et de type de rayonnements (photon - particule chargé
- Pouvoir d'arrêt (ou de ralentissement) : çad pert d'energie par unité de longeur $\left[S(E) = - \frac{dE}{dx}\right]$
  - x = la distance parcourue par le rayonnement ds le milieu
  - $S(E) \propto \frac{Z^2}{V^2}$: S dépend de Z : le nbr de charge de la particules.
    V : sa vitesse
  - $S(E) \propto \frac{1}{E}$: Varie inversement à E.

$$\boxed{S(E) = \overline{w} \times I_s}$$

* **Loi de Bragg :**

Ionisation spécifique : c'est le nbr d'ionisation par unité de parcours. $\boxed{I_s = \frac{-dE/dx}{\overline{w}} = \frac{S(E)}{\overline{w}}}$

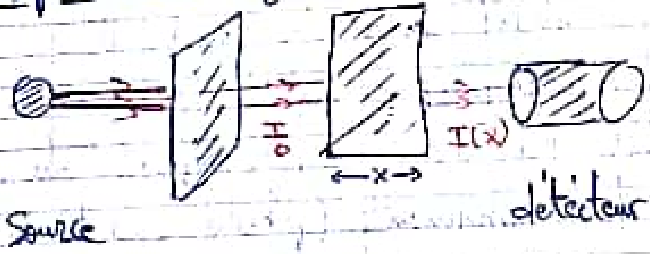
• $I_s \propto \frac{1}{E}$

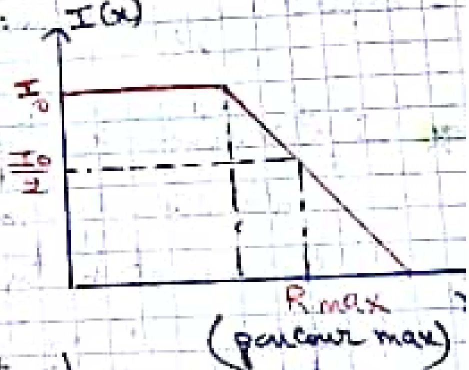


• Lorsque $x \uparrow \Rightarrow E \downarrow$, l'énergie de la particule ionisante devient faible et elle s'associe avec des e^- du milieu pour donner des particules neutre qui ne provoquent plus d'ionisation

* **Le parcour d'une particule ds un milieux :**

- **Les particules chargées lourdes monocinétique :**





- **Cas des particules chargées légères (β^-, β^+ ...)**

• **Monocinétique :** dans ce cas on prolonge la droit linéaire pour trouver le parcour Re par extrapolation