

# Noyau , masse et énergie

## I-Equivalence : masse énergie :

### 1) Relation d'Einstein :

En 1905 Albert Einstein postulat l'équivalence entre la masse et l'énergie suivante :

«Tout corps de masse "m" au repos, possède une énergie égale au produit de sa masse par le carré de la vitesse de la lumière ( $c^2$ ) dans le vide».

$$E = m \cdot c^2$$

C'est la relation d'Einstein  
appelée : relation d'équivalence masse énergie.

**E**: s'appelle l'énergie massique. (J)

**m**: la masse du corps au repos. (kg)

**c**: vitesse de la lumière dans le vide  $c=3 \cdot 10^8$  m/s

Cette relation montre que toute variation de masse  $\Delta m$  d'un système s'accompagne d'une variation d'énergie  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ .

Remarque: En physique nucléaire, on utilise fréquemment, comme unité d'énergie, l'électronvolt (eV).

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

On utilise aussi le méga-électron volt.  $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

### 2) Unité de masse atomique :

Du fait que les particules , en physique nucléaire sont extrêmement petites, on a choisi une unité de masse convenable appelée **unité de masse atomique** symbolisée par "uma" qui par simplification se note "u" tout simplement.

L'unité de masse atomique est égale au douzième de la masse d'un atome de carbone  $^{12}_6\text{C}$  .

La masse molaire du carbone  $^{12}_6\text{C}$  est :  $M(^{12}_6\text{C}) = 12 \text{ g / mol}$

Donc la masse d'une mole du carbone  $^{12}_6\text{C}$  est 12g et chaque mole contient  $N_A$  atomes de carbone 12.

par conséquent: 
$$1 \text{ u} = \frac{m(^{12}_6\text{C})}{12} = \frac{12 \text{ g}}{12 \times N_A} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{12 \times 6,02 \cdot 10^{23}} \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

On utilise aussi comme unité de masse en physique nucléaire l'unité suivante:  $\text{MeV}/c^2$

D'après la relation d'Einstein on a:  $m = \frac{E}{c^2}$  en exprimant E en (MeV), la masse sera en:  $\text{MeV}/c^2$

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

## III-Energie de liaison du noyau :

### 1) Le défaut de masse :

La masse d'un noyau est légèrement inférieure à la somme des masses des protons et des neutrons qui le constituent. La différence est appelée **défaut de masse** et notée  $\Delta m$ , se calcule par la relation suivante :

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m(^A_Z X)$$

Le défaut de masse.  $\Delta m > 0$

### 2) Energie de liaison du noyau :

L'énergie de liaison  $E_L$  d'un noyau  $^A_Z X$  est l'énergie qu'il faut fournir à ce noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons isolés, également au repos.

$$E_L = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m(^A_Z X)] \cdot c^2$$

L'énergie de liaison d'un noyau est toujours positive.

### 3) Energie de liaison par nucléon :

$$\xi = \frac{E_L}{A}$$

Parfois on utilise l'énergie de liaison par nucléon qui est donnée par la relation suivante:

$E_L$  : énergie de liaison du noyau. (MeV)

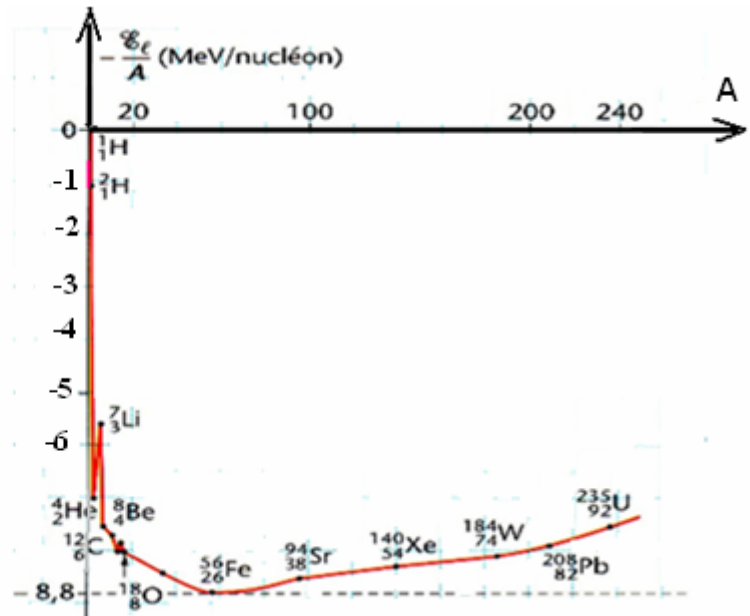
A: le nombre de nucléons.

$\xi$  : l'énergie de liaison par nucléon exprimée en : **(MeV/nucléon)**.

**Remarque** : Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon  $\frac{E_L}{A}$  est grande.

### 4) Diagramme d'Aston :

La courbe d'Aston est la courbe qui représente  $\frac{-E_L}{A}$  en fonction de A.



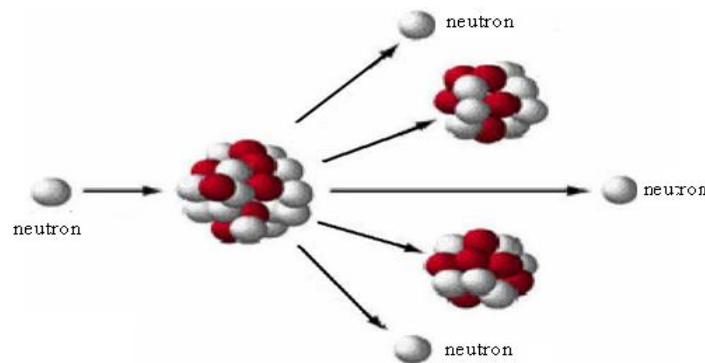
Cette courbe permet de comparer la stabilité des différents noyaux atomiques.

Les noyaux les plus stables se trouvent en bas, alors que les noyaux instables s'ils sont lourds ils subissent une fission et s'ils sont légers ils subissent une fusion pour se transformer en des noyaux plus stables.

### III) Fusion et fission nucléaire : (pour sc. mathématique sc. physique)

#### 1) Fission nucléaire:

La fission est une transformation nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd bombardé par un neutron se divise en deux noyaux plus petits.



On utilise le neutron dans le bombardement car c'est une particule neutre qui arrive facilement au noyau sans entrer en répulsion avec lui.



#### 2) Fusion nucléaire:

La fusion nucléaire est un processus au cours duquel deux noyaux atomiques légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd.

**D'après l'équivalence masse-énergie**

-La variation d'énergie  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$  de la réaction correspond à la variation de masse  $\Delta m = m_f - m_i$ ,  $\Delta E < 0$  car le système

perd l'énergie.

-L'énergie libérée :  $E_{libérée} = |\Delta E| > 0$  car elle est reçue par le milieu extérieur.

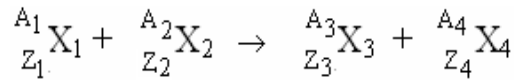
Ex 1:  ${}^2_1H + {}^1_1H \longrightarrow {}^3_2He$  énergie libérée :  $E_{libérée} = |\Delta E| = [m({}^3_2He) - m({}^1_1H) - m({}^2_1H)]c^2$

Ex 2:  ${}^3_2He + {}^3_2He \longrightarrow {}^4_2He + 2{}^1_1H$  énergie libérée :  $E_{libérée} = |\Delta E| = [2m({}^1_1H) + m({}^4_2He) - 2m({}^3_2He)]c^2$

## IV) Bilan énergétique d'une transformation nucléaire :

### 1) Généralisation:

On considère une transformation nucléaire dont l'équation s'écrit :



L'énergie de cette transformation est donnée par la relation suivante:

$$\Delta E = E_L(X_1) + E_L(X_2) - E_L(X_3) - E_L(X_4)$$

Qui selon les expressions des énergies de liaisons devient:

$$\Delta E = [m(X_4) + m(X_3) - m(X_1) - m(X_2)] \times c^2$$

$\Delta E$  est négative car elle est perdue par la transformation.

Et d'une façon générale:

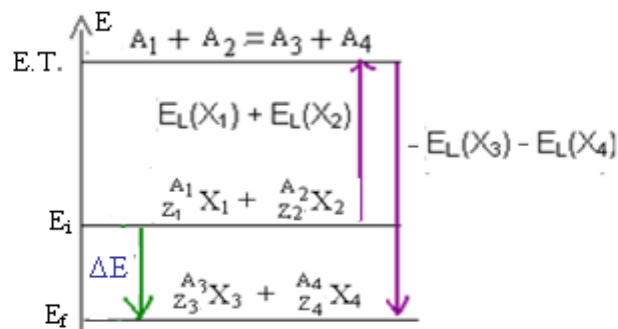
$$\Delta E = [\sum m_{(réactifs)} - \sum m_{(produits)}] \cdot c^2$$

-L'énergie libérée au cours de cette réaction est :  $E_{libérée} = |\Delta E|$  Elle est positive car elle est reçue par le milieu extérieur.

**N.B.** l'énergie libérée veut dire l'énergie fournie par le système au milieu extérieur.

Pour un système donné, lorsqu'il perd une énergie  $\Delta E < 0$ , le milieu extérieur récupère l'énergie libérée  $E_{libérée} = |\Delta E| > 0$ .

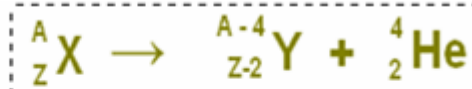
**Diagramme énergétique:** Le diagramme énergétique représente les étapes à effectuer pour faire un bilan énergétique.



## 2) Bilan énergétique des transformations nucléaires spontanées:

### a) Bilan énergétique de la transformation $\alpha$ :

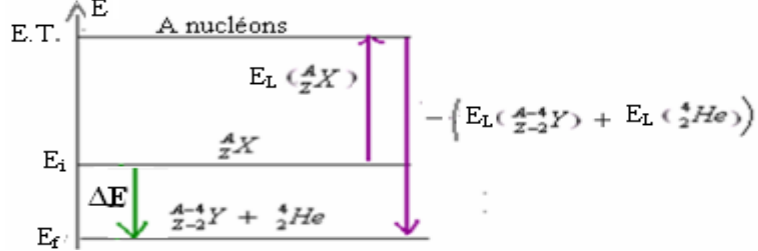
Equation de désintégration  $\alpha$  :



Bilan énergétique:  $\Delta E = [m({}_{Z-2}^{A-4}Y) + m({}_2^4He) - m({}_Z^AX)] < 0$  C'est l'énergie de la réaction.

-L'énergie libérée au cours de cette réaction est :  $E_{libérée} = |\Delta E|$

**Diagramme énergétique:**



**b) Bilan énergétique de la transformation  $\beta^-$  :**

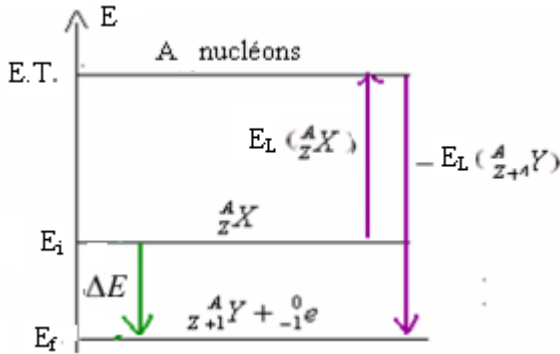
Equation de désintégration  $\beta^-$  :



Bilan énergétique :  $\Delta E = [m({}^A_{Z+1} Y) + m({}^0_{-1} e) - m({}^A_Z X)] < 0$

-L'énergie libérée au cours de cette réaction est :  $E_{\text{libérée}} = |\Delta E|$

**Diagramme énergétique:**



**c) Bilan énergétique de la transformation  $\beta^+$  :** elle ressemble à celle de la transformation  $\beta^-$

**V) Les effets biologiques de la radioactivité :**

Les rayonnements alpha, bêta et gamma constituent un danger pour l'homme car ce sont des rayonnements ionisants. La gravité des effets biologiques de la radioactivité dépend du type de radiation et de la dose absorbée par l'organe touché. Cependant la radioactivité est présente partout et elle trouve des applications dans de nombreux domaines aujourd'hui, notamment dans le domaine médical mais en faibles doses.

pr. SBIRO Abdelkrim  
sbiabdou@yahoo.fr

vendredi 2 novembre 2018