

Niveaux: SM PC SVT | Matière: Physique

PROF: Zakaryae Chriki | Résumé N:6

Noyaux, Masse, Energie



1. Equivalence Masse-Energie (Relation de d'Einstein)

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

Toute particule de masse m , au repos, possède une énergie appelé énergie de masse, notée E .

Energie de masse : énergie potentielle que tout système matériel, de masse m , possède

$E = m \cdot C^2$	avec	E : énergie en joule (J) m : la masse du corps au repos (Kg) C : la célérité de la lumière dans le vide (m/s), $C = 299792458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
-------------------	------	---



2. Des autres unités

a. L'unité de masse atomique

En physique nucléaire, on exprime la masse d'un noyau ou d'un atome en **unité de masse atomique**, de symbole u :

$$1u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

b. Unité d'énergie.

En physique nucléaire l'unité joule est unité mal adaptée à la description des transferts dénergétiques. Pour cela on emploie l'**électronvolt (eV)** et ces multiples.

$$1eV = 1,602177 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1MeV = 1,602177 \times 10^{-13} \text{ J}$$

c. Énergie correspond à la masse atomique.

D'après la relation d'Einstein $E = m \cdot c^2$ pour une masse de $1u$ on a $E = 1,66054 \times 10^{-27} \times (2,9979 \times 10^8)^2 = 1492,42 \times 10^{-15} \text{ J}$

$$E = \frac{1492,42 \times 10^{-15}}{1,602177 \times 10^{-19}} = 931,5 \text{ MeV} \quad \text{Donc} \quad 1u = 931,5/c^2$$

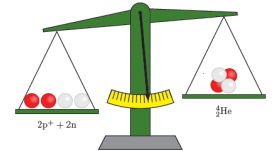
3. Défaut de masse :

Le **défaut de masse d'un noyau Δm** est la différence entre la somme des masses de ses nucléons pris séparément et la masse du noyau.

Plu généralement : pour un noyau ${}^A_Z X$, le défaut de masse Δm est :
$$\Delta m = [Zm_p + Nm_n] - m({}^A_Z X)$$

Où m_p et m_n sont respectivement la masse d'un proton et la masse d'un neutron. Δm est toujours positifs

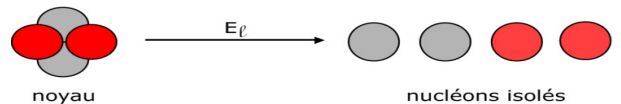
Défaut de masse



4. Energie de liaison d'un noyau :

L'**énergie de liaison E_l** d'un noyau atomique est l'énergie qu'il faut fournir au noyau au repos pour le dissocier en ses **nucléons** constitutifs pris au repos. (E_l est une grandeur positive.)

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



5. Energie de liaison par nucléon

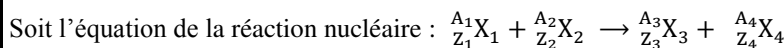
L'énergie de liaison par nucléon : Pour comparer la stabilité de différents noyaux, il faut utiliser les énergies de liaison par nucléon, soit

$$\mathcal{E} = \frac{E_l}{A} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} E_l : \text{Energie de liaison} \\ A : \text{Nombre de nucléons} \end{array}$$

N.B

Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est grande.

6. Réaction nucléaire :



Δm : la variation de masse entre les produits et les réactifs de la transformation nucléaire

$$\Delta m = \sum m_{\text{Produits}} - \sum m_{\text{Réactifs}}$$
$$\Delta m = m(X_3) + m(X_4) - (m(X_1) + m(X_2))$$

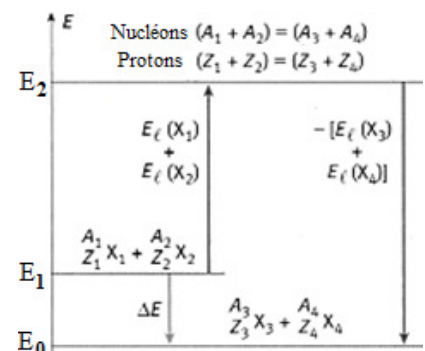
Expression d' énergie de la transformation (désintégration ou de la réaction)

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

Autre expression de E_0 en fonction des énergies de liaisons

$$\Delta E = \sum E_l (\text{Réactifs}) - \sum E_l (\text{Produits})$$

$$\Delta E = [E_l(X_1) + E_l(X_2)] - [E_l(X_3) + E_l(X_4)]$$



Et l'énergie libérée par un noyau au cours de la réaction est $E_{\text{Libérée}} = |E_0|$

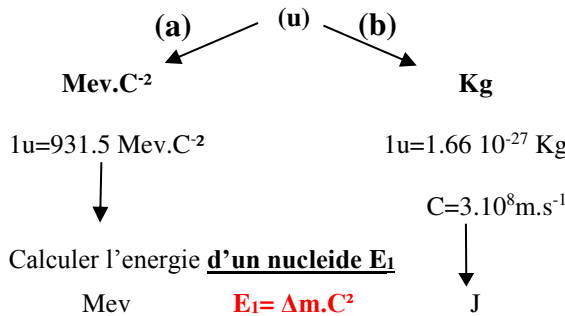
Au cours d'une transformation nucléaire, une variation de masse Δm , correspond à une variation d'énergie ΔE telle que : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

☞ Premier cas : la variation de la masse est négative $\Delta m < 0$ donc $\Delta E < 0$ négative aussi i.e par convention, le système libère une énergie au milieu extérieur. $E_{\text{libérée}} = |\Delta E|$ (réaction exothermique)

☞ Deuxième cas : la variation de masse est positive $\Delta m > 0$ donc ΔE est positive aussi, i.e que le système reçoit de l'énergie du milieu extérieur $E_{\text{consommée}} = |\Delta E|$ (réaction endothermique)

** Comment calculer $E_1 = m \cdot C^2$ l'énergie d'un noyau

- (1) Déterminer l'expression de Δm
- (2) Calculer Δm en unité de masse atomique (u)
 $\Delta m = \dots \dots \dots$ (u)
- (3) Convertir (u) à l'unité adéquate



- (a) Inutile de remplacer C par sa valeur vu qu'elle se simplifie et numériquement $E_1 = \Delta m$ mais avec des unités différentes
 (b) Obligation de remplacer C par sa valeur $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

** Comment calculer E_T l'énergie totale d'une masse m

Il faut déterminer N le nombre de noyau dans la masse m et $E_T = N \cdot E_1$

On détermine N par

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \text{ et } N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

M : masse molaire (g/mol)
 m : masse d'un échantillon (g)
 N_A : Nombre d'Avogadro (mol^{-1})

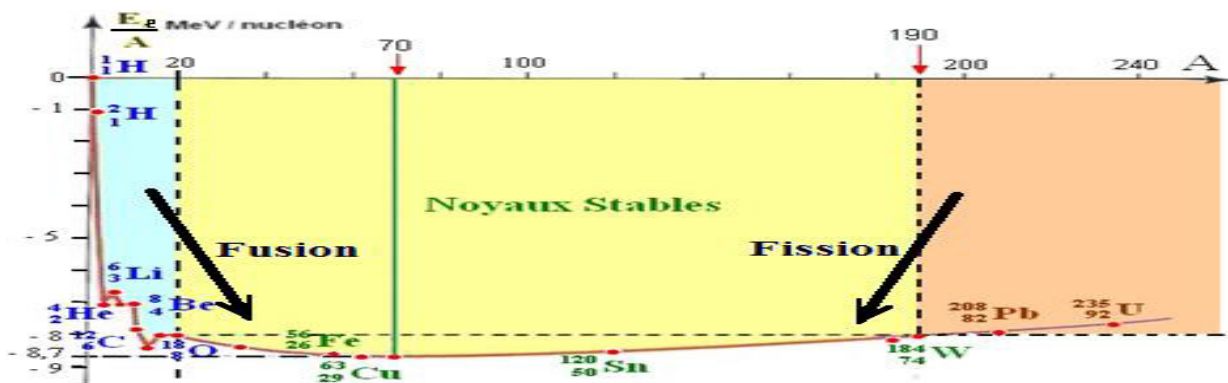
$$N = \frac{m}{m_1}$$

m : masse d'un échantillon (g)
 m_1 : masse d'un noyau (u)

NB :
 Les deux masses m et m_1 à convertir en Kg
 $1 \text{ u} = 1.666 \cdot 10^{-19} \text{ Kg}$

7. Stabilité des noyaux et Courbe d'Aston.

- Un noyau atomique est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est grande.
- La courbe d'Aston est la représentation des variations de $-\frac{E_\ell}{A}$ en fonction de A.
- Les noyaux stables $20 < A < 190$ sont ceux qui ont une énergie de liaison par nucléon d'environ 8 MeV / nucléon.



- Les noyaux instables peuvent évoluer de deux manières :
 - Les noyaux lourds ($A > 195$) peuvent se briser en deux noyaux plus légers appartenant au domaine de stabilité.
 - Ils subissent une réaction nucléaire de fission.

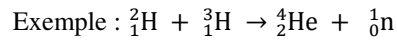
Certains noyaux légers $1 < A < 20$

(${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$) peuvent fusionner pour donner un noyau placé plus bas dans le diagramme.

- Ce sont les réactions nucléaires de fusion

8. La fusion nucléaire.

- La fusion est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau lourd.
- **La fusion est une réaction nucléaire provoquée** qui libère de l'énergie.



9. La fission nucléaire.

- La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle un neutron lent (neutron thermique) brise un noyau lourd pour former deux noyaux plus légers.
- **La fission est généralement une réaction nucléaire provoquée** qui libère de l'énergie.
- La réaction peut ainsi continuer et même s'accélérer, on est en présence d'une réaction en chaîne.

