



nucléaire leçon n:2

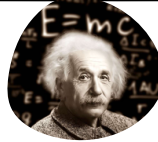
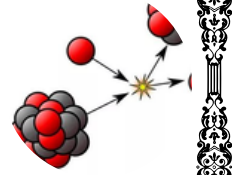
Noyaux, masse, et énergie

2 bac

PC

SVT

SM



I - Equivalence : Masse – Energie.

1) La relation Albert Einstein:

☛ Toute particule de masse **m** possède une énergie **E** donnée par la relation

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

Unités: m en kg, c en m/s, E en J

c : est la célérité de la lumière : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

2) Unités de masse et d'énergie:

a - Unité de masse atomique :

➤ L'unité de masse atomique de symbole « u », est une **unité de mesure** standard, utilisée pour exprimer la **masse** des **atomes** et des **molécules**

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

b - Unité d'énergie : eV

☛ En physique nucléaire, l'unité convenable de l'énergie est électronvolt et ces multiples comme mégaélectronvolt MeV :

$$1\text{eV} = 1,602177.10^{-19} \text{ J}$$

$$1\text{MeV} = 10^6\text{eV} = 1,602177.10^{-13} \text{ J.}$$

prof
elzaar

c. Énergie correspond à la masse atomique .

☛ En physique nucléaire, l'unité convenable de l'énergie est électronvolt et ces multiples comme mégaélectronvolt MeV :

➤ Déterminer l'énergie de masse **E** pour une masse de **1u**, en J et en MeV ($m_p = 1,66054.10^{-27} \text{ kg}$).
 $E = m_p \cdot c^2 = 1u \cdot c^2 = 1,66054.10^{-27} \times (2,9979.10^8)^2$

Alors $E = 1,49239.10^{-10} \text{ J} = 931,5 \text{ MeV}$

donc

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

II - Énergie de liaison d'un noyau El

1 - Défaut de masse :

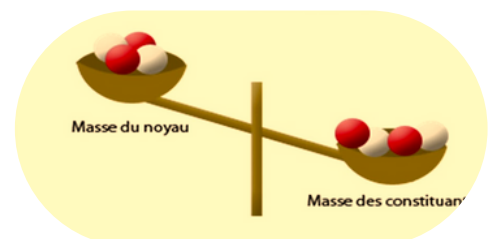
☛ Le défaut de masse d'un noyau Δm est la différence entre la somme des masses de ses nucléons pris séparément et la masse du noyau.

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + (A - Z)m_n) - m_{\text{noyau}} \quad (\Delta m > 0)$$

☛ Où m_p et m_n sont respectivement la masse d'un proton et la masse d'un neutron .

$$m_p = \text{masse p} = 1.672621898 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = \text{masse n} = 1.674927351 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$



Prof
ELZAAR

Exemple

Calculer Δm pour un noyau d'hélium : ${}^4_2\text{He}$

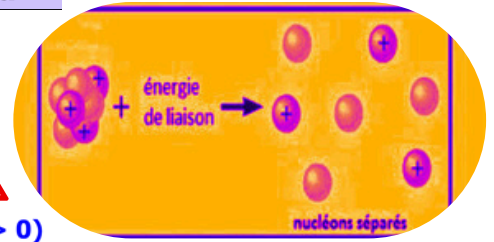
données : $m_n = 1,0087u$, $m_p = 1,0073u$ et $m({}^4_2\text{He}) = 4,0015u$

$$\Delta m = (2.m_p + 2.m_n) - m({}^4_2\text{He}) = 3,05 \cdot 10^{-2} u$$

2-Énergie de liaison d'un noyau E_l

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.)

$$E_l = \Delta m \cdot c^2 = [(Z.m_p + (A-Z)m_n) - m_{\text{noyau}}] \cdot c^2 \quad (E_l > 0)$$



3 - Énergie de liaison par nucléon

Pour comparer la stabilité de différents noyaux, il faut utiliser les énergies de liaison par nucléon

Elle est définie par la relation $\mathcal{E} = \frac{E_l}{A}$ Avec E_l : Énergie de liaison
 A : Nombre de nucléons

✓ Son l'unité est **MeV/nucléon**.

Remarque

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

Exercice d'application

- 1-Préciser la composition d'un noyau de l'isotope 235 de l'uranium ayant pour symbole ${}^{235}_{92}\text{U}$
- 2-Calculer le défaut de masse de ce noyau, en unité de masse atomique puis en kilogramme.
- 3-Calculer, en joule puis en MeV, l'énergie de liaison de ce noyau.
- 4- Calculer l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
- 5- Comparer la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle du noyau de radium 226 dont l'énergie de liaison est de 7,66 MeV par nucléon.

Données :

- ✓ Constante d'Avogadro $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 - ✓ Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 - ✓ Masse d'un neutron : $1,00866 u$
 - ✓ La masse du proton : $1,00728 u$
- $1 \text{ eV} = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 $1 u = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$

4 - Courbe d'Aston :

La courbe d'Aston représente l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon $-E_l/A$ en fonction du nombre de nucléon A , il permet de comparer la stabilité des différents noyaux

Les noyaux stables se situent dans la région

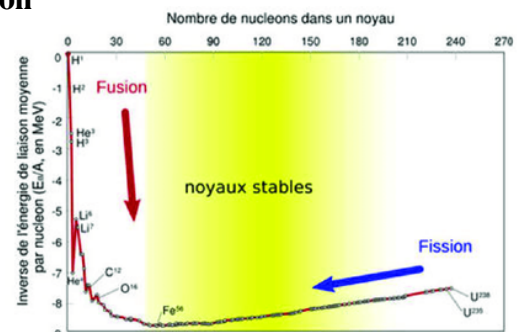
$$\text{où } 40 < A < 195$$

Les réactions de fusion nucléaire affecteront les noyaux les plus légers

$$\text{où } 40 < A < 195$$

Les réaction de fission nucléaire affecteront les noyaux les plus lourds

$$(A < 40).$$



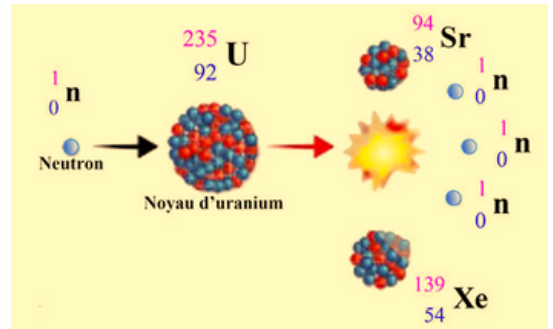
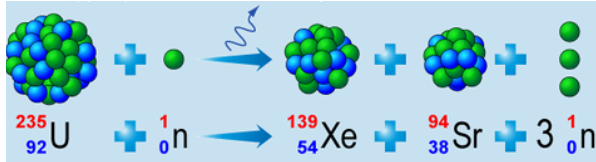
prof
elzaar

1-La 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.

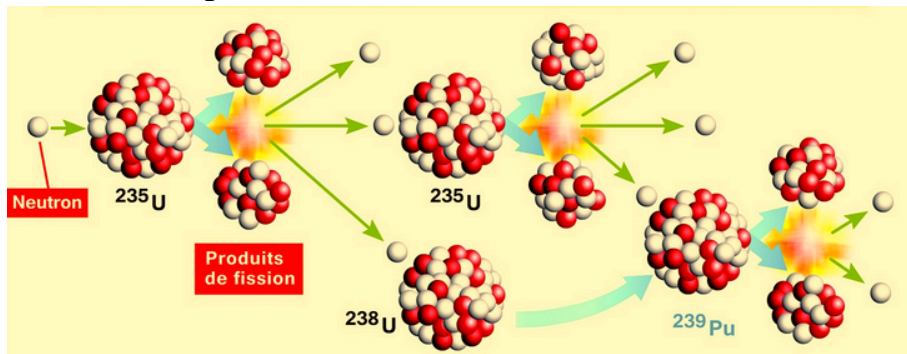
Exemple



prof
elzaar

Remarque

- ☑ Chacun des 3 neutrons libérés va provoquer, à son tour, la fission d'un atome d'uranium et ainsi de suite : on parle de réaction en chaîne.



- ☑ La réaction en chaîne doit être contrôlée pour qu'elle ne soit pas explosive (le cas de la bombe A). lorsque la fission est contrôlée c'est le cas des réacteur nucléaire.

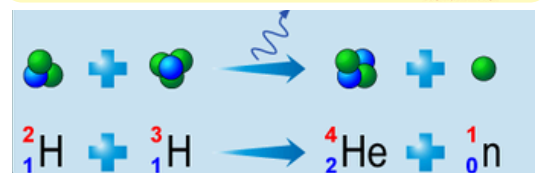
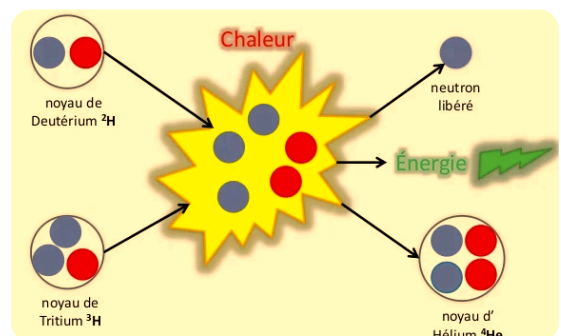
2 - Fusion nucléaire:

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

Exemple



- ☛ Cette réaction libère une énorme quantité d'énergie
- ☛ Ces types de réaction se produisent dans le soleil et les étoiles où ils se forment des noyaux d'hélium à partir de l'hydrogène



prof
elzaar

IV-Bilan énergétique d'une réaction nucléaire.

1) Généralisation:

On considère la réaction nucléaire suivante : ${}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4$

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

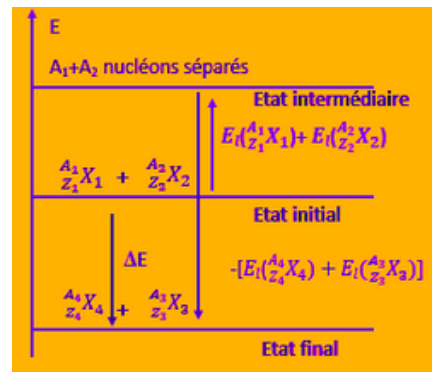
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \quad \Delta E = (m_{\text{(produits)}} - m_{\text{(réactifs)}}) \cdot c^2$$

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

Remarque

- ✓ Si $\Delta E < 0$ la réaction est exothermique.
- ✓ Si $\Delta E > 0$ la réaction est endothermique.
- ✓ L'énergie libérée par cette transformation : $E = |\Delta E|$
- ✓ On peut calculer l'énergie de réaction à partir des énergies de liaisons grâce à la formule suivante

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



2) Bilan énergétique des transformations nucléaires spontanées:

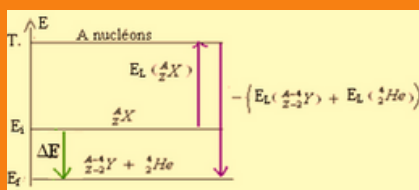
cas d'une désintégration radioactive α

L'équation de cette désintégration est la suivante



L'énergie libérée au cours de cette réaction est

$$E = [m({}_{Z-2}^{A-4}Y) + m({}_{2}^{4}\text{He}) - m({}_{Z}^{A}X)] \cdot c^2$$



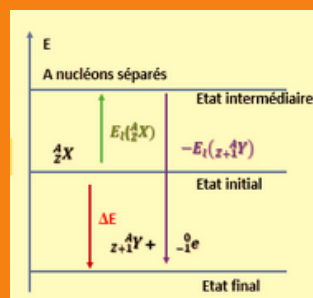
Cas d'une désintégration radioactive β-

L'équation de cette désintégration est la suivante



L'énergie libérée au cours de cette réaction est

$$E = [m({}_{Z+1}^{A}Y) + m({}_{-1}^{0}e) - m({}_{Z}^{A}X)] \cdot c^2$$



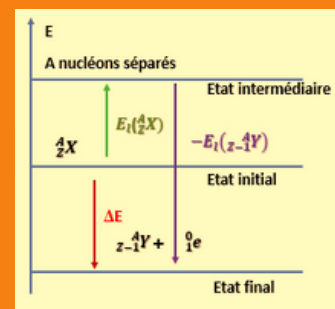
Cas d'une désintégration radioactive β+

L'équation de cette désintégration est la suivante

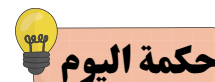


L'énergie libérée au cours de cette réaction est

$$E = [m({}_{Z-1}^{A}Y) + m({}_{+1}^{0}e) - m({}_{Z}^{A}X)] \cdot c^2$$



prof elzaar



• قل لي وسوف أنسى، علمني وسوف أتذكر،
أشركني وسوف أتعلم. - بنجامين فرانكلين