



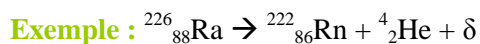
Fiche 5 – Réactions nucléaires – Masse et énergie

INTRODUCTION

Lors de toute réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de masse A , et du nombre de charge Z .

I. Réaction nucléaire et énergie1) Energie libérée lors d'une désintégration radioactive

Cette réaction libère de l'énergie sous deux formes : cinétique et rayonnante.

2) Perte de masse

Unité de masse atomique

C'est une unité mieux adaptée à l'échelle atomique. Elle est égale au $12^{\text{ème}}$ de la masse d'un atome de carbone 12.

On a : $1\text{u} = 1/12 \times 12 \cdot 10^{-3} / N_A = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Perte de masse

Par la réaction étudiée, on s'aperçoit que :

$$M_{226\text{Ra}} = 225,9770 \text{ u}$$

$$M_{222\text{Rn}} = 221,9703 \text{ u}$$

$$M_{4\text{He}} = 4,0026 \text{ u}$$

Avant la réaction, $M_{226\text{Ra}} = 225,9770 \text{ u}$

Et après la réaction, $M_{222\text{Rn}} + M_{4\text{He}} = 221,9703 + 4,0026 = 225,9729 \text{ u}$

On a donc une perte de masse $|\Delta m| = 0,0041 \text{ u}$

3) Formule d'Einstein

Toute particule de masse m possède au repos une énergie de masse $E = mc^2$, où E est l'énergie en Joules (J), m la masse en kilogrammes (Kg) et c la célérité de la lumière dans le vide ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

4) Une autre unité d'énergie : l'électron-volt (eV)

On a : $|qe| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \rightarrow 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Pour convertir une énergie en coulomb en électron-volt, il suffit de faire $E = C / 1 \text{ eV}$.



II- Stabilité des noyaux

1) Défaut de masse d'un noyau

La formation d'un noyau à partir de ses nucléons pris séparément s'accompagne toujours d'une perte de masse.

Exemple: noyau d'Hélium $M_{4\text{He}} = 4,0026 \text{ u}$

$$M_p = 1,0073 \text{ u} \rightarrow$$

$$\rightarrow 2M_p + 2M_n = 4,0320 \text{ u} \rightarrow M_{4\text{He}} < 2M_p + 2M_n$$

$$M_n = 1,0087 \text{ u} \rightarrow$$

Généralisation : pour un noyau ${}^A_Z\text{X}$, il y a un défaut de masse $|\Delta m| = ZM_p + (A-Z)M_n - M_{AZX}$

2) Énergie de liaison d'un noyau

C'est l'énergie libérée lors de la formation du noyau à partir de ses nucléons séparés.

On a la formule : $E = [ZM_p + (A-Z)M_n - M_{AZX}] \cdot c^2$

3) Énergie de liaison par nucléons

Par définition, c'est le quotient de l'énergie de liaison par le nombre de nucléons du noyau.

On a la formule : E_l / A

4) Courbe d'Aston - Voir TP

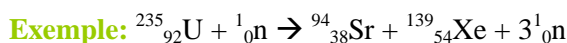
C'est la courbe qui représente $-E_l / A$ en fonction de $A \rightarrow -E_l / A = f(A)$. Un noyau est d'autant plus stable, que son énergie de liaison par nucléon est grande.

III- Réaction nucléaire provoquée

1) Réaction de fission

Définition

La fission est une réaction nucléaire provoquée dans laquelle un noyau lourd donne naissance à deux noyaux plus légers, sous l'impact d'un neutron.



Remarque: l'écriture de l'équation bilan doit respecter les lois de conservation de A et Z (loi de Soddy). Les neutrons produits par la réaction peuvent à leur tour provoquer d'autres fissions. On a donc une réaction en chaîne.

Bilan d'énergie



En supposant que l'énergie cinétique des noyaux, ainsi que celle du neutron incident soit négligeables, calculer en Joules, puis en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium.

On calcule la perte de masse :

$$|\Delta m| = (m_u + m_n) - (m_{Sr} + m_{Xe} + 3m_n)$$

$$|\Delta m| = 0,1902 \text{ u}$$

Puis l'énergie libérée associée à un noyau :

$$E = |\Delta m|.c^2 = 2,9.10^{-11} \text{ Joules}$$

$$E = 2,9.10^{-11} / 1,6.10^{-13} = 178,7 \text{ MeV}$$

Puis l'énergie libérée associée à une mole : on utilise le nombre d'Avogadro.

$$E = 2,9.10^{-11} \times 6,02.10^{23}$$

$$E = 1,7.10^3 \text{ Joules}$$

Sachant qu'une tonne équivalent pétrole égal à $4,2.10^{12}$ Joules, calculons la masse de pétrole nécessaire pour produire la même énergie :

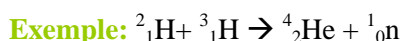
$$E = 1,7.10^3 / 4,2.10^{12} = 400 \text{ T.E.P}$$

Application

La fission nucléaire est réalisée de façon contrôlée dans les réacteurs des centrales nucléaires, et de façon non-contrôlées, dans les bombes atomiques.

2) Réaction de fusion

La fusion nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers fusionnent pour donner un noyau plus lourd et plus stable.



Cette réaction de fusion libère de l'énergie.

La fusion nucléaire libère beaucoup d'énergie, mais pour la réaliser, il faut des températures de l'ordre de 108 Kelvin, d'où le nom de réaction thermonucléaire. Ce type de réaction se fait naturellement dans les étoiles. Dans la bombe H, ou bombe thermonucléaire, la fusion est incontrôlée. On essaie de contrôler cette réaction autrement avec le programme ITER, entre autre.