

RÉACTIONS NUCLÉAIRES

Source: <http://www.web-sciences.com/fichests/fiche6/fiche6.php>

Webmestres: Philippe Campion et Jacques Parra.



Web-Sciences- Les sciences physiques au lycée



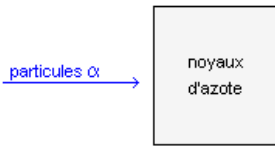
Réactions nucléaires

1. Fission et fusion nucléaire

1.1 Réactions nucléaires provoquées

Expérience de Rutherford: En 1919, Rutherford réalisa l'expérience suivante (la description donnée ci-dessous est simplifiée).

Une enceinte contenant des noyaux d'azote est bombardée à l'aide de particules α . Après éloignement de la source radioactive α , l'enceinte contient des noyaux d'oxygène $^{16}_8\text{O}$. La transformation ainsi réalisée des noyaux d'azote en noyaux d'oxygène est appelée **transmutation**.



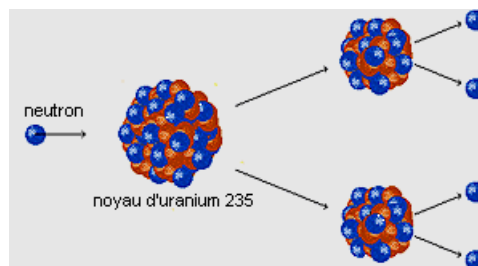
équation de cette transmutation s'écrit: $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{16}_8\text{O} + ^1_1\text{p}$

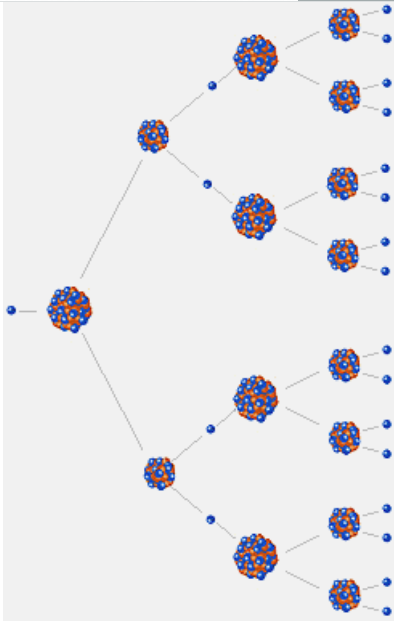
Remarque: Au cours d'une transformation provoquée, les lois de Soddy sont évidemment vérifiées.

Définition: Une réaction nucléaire est dite provoquée lorsqu'un noyau cible est frappé par un noyau projectile et donne naissance à de nouveaux noyaux.

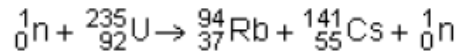
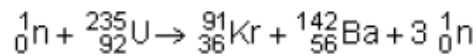
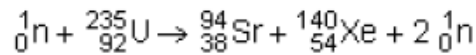
1,2 La fission nucléaire : réaction en chaîne

Définition: La fission est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle un noyau lourd "fissile" donne naissance à deux noyaux plus légers.





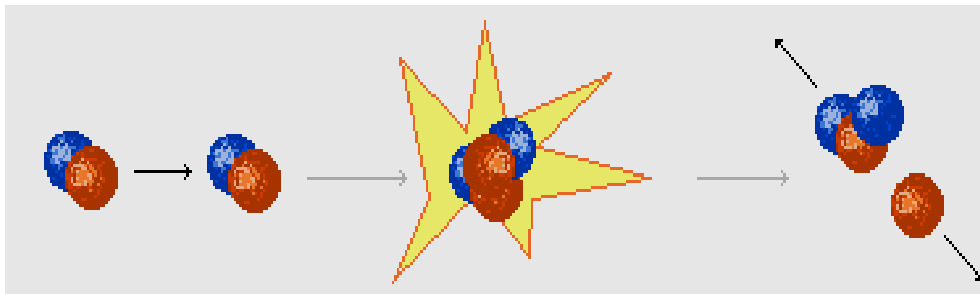
Exemple: Plusieurs réactions de fission de l'uranium 235 sont possibles



Remarque: Les neutrons émis lors de la fission peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux. Si le nombre de neutrons émis lors de chaque fission est supérieur à 1, il peut se produire une réaction en chaîne qui devient rapidement incontrôlable (principe de la bombe à fission). Dans les centrales nucléaires, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres qui absorbent une partie du flux de neutrons.

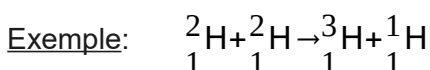
1,3 La fusion nucléaire

Définition: La fusion nucléaire est une réaction au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.



Pour que la fusion soit possible, les deux noyaux doivent posséder une grande énergie cinétique de façon à vaincre les forces de répulsion électriques. Pour cela le milieu doit être porté à très haute température et se trouve alors sous forme de plasma.

L'énergie libérée au cours d'une fusion est considérable. Ce sont des réactions de fusion qui produisent l'énergie des étoiles. Dans la bombe thermonucléaire (appelée bombe H), la fusion nucléaire est incontrôlée et explosive. La très haute température nécessaire au déclenchement de la réaction est obtenue grâce à une bombe à fission (bombe A) portant le nom d'"allumette". Ce type de réaction présenterait un grand intérêt pour la production d'énergie sur Terre, mais malheureusement, on ne sait pour l'instant pas la contrôler pour produire de l'électricité.



2. Bilan d'énergie

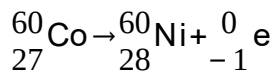
2.1 Cas des réactions nucléaires spontanées

Si la réaction se produit avec perte de masse, le milieu extérieur reçoit de l'énergie (généralement sous forme d'énergie cinétique des particules émises).

Dans le cas d'une émission α par exemple: ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4} X + {}_2^4 \text{He}$, l'énergie fournie au milieu extérieur est:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \rightarrow \Delta E = [m({}_{Z-2}^{A-4} X) + m({}_2^4 \text{He}) - m({}_Z^A X)] \cdot c^2$$

Autre exemple: désintégration β^- du cobalt 60



Masses des particules: $m({}_{27}^{60} \text{Co}) = 59,9190 \text{ u}$; $m({}_{28}^{60} \text{Ni}) = 59,9154 \text{ u}$; $m({}_{-1}^0 \text{e}) = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ u}$

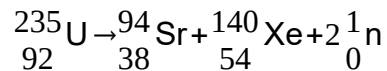
$$\Delta m = m({}_{28}^{60} \text{Ni}) + m({}_{-1}^0 \text{e}) - m({}_{27}^{60} \text{Co}) \rightarrow \Delta m = 59,9154 + 5,49 \cdot 10^{-4} - 59,9190 = -3,05 \cdot 10^{-3} \text{ u}$$

On remarquera que $\Delta m < 0$. La masse du système diminue et le système fournit de l'énergie au milieu extérieur. Cette énergie s'écrit:

$$E = |\Delta m| \cdot c^2 \rightarrow E = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6749 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 4,60 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 2,87 \cdot 10^6 \text{ eV} = 2,87 \text{ MeV}$$

2.2 Cas des réactions de fission

Nous traiterons ce paragraphe sur un exemple, la fission de l'uranium 235.



Masses des particules:

$$m({}_{92}^{235} \text{U}) = 234,9935 \text{ u}; m({}_{38}^{94} \text{Sr}) = 93,8945 \text{ u}; m_n = 1,0087 \text{ u}; m({}_{54}^{140} \text{Xe}) = 139,8920 \text{ u}$$

$$\Delta m = m({}_{38}^{94} \text{Sr}) + m({}_{54}^{140} \text{Xe}) + 2 \cdot m_n - m({}_{92}^{235} \text{U}) + m_n$$

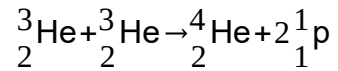
$$\Delta m = m({}_{38}^{94} \text{Sr}) + m({}_{54}^{140} \text{Xe}) + m_n - m({}_{92}^{235} \text{U}) = 93,8945 + 139,8920 + 1,0087 - 234,9935 = -0,1983 \text{ u}$$

On remarquera que $\Delta m < 0$. La masse du système diminue et le système fournit de l'énergie au milieu extérieur. Cette énergie s'écrit:

$$E = |\Delta m| \cdot c^2 \rightarrow E = 0,1983 \cdot 1,6749 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,99 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 186,8 \text{ MeV}$$

2.3 Cas des réactions de fusion

Ce paragraphe sera lui aussi traité à l'aide d'un exemple.



Masses des particules:

$$m({}^3_2\text{He}) = 3,0149 \text{ u}; m({}^4_2\text{He}) = 4,0015 \text{ u}; m_p = 1,0073 \text{ u}$$

$$\Delta m = m({}^4_2\text{He}) + 2 \cdot m_p - 2 \cdot m({}^3_2\text{He}) = 4,0015 + 2 \cdot 1,0073 - 2 \cdot 3,0149 = -0,0137 \text{ u}$$

On remarquera que $\Delta m < 0$. La masse du système diminue et le système fournit de l'énergie au milieu extérieur. Cette énergie s'écrit:

$$E = |\Delta m| \cdot c^2 \rightarrow E = 0,0137 \cdot 1,6749 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,07 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 12,9 \text{ MeV}$$