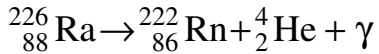


I L'EQUIVALENCE MASSE ENERGIE

1) Le défaut de masse :

- Désintégration spontanée du radium $^{226}_{88}\text{Ra}$:



Cette réaction libère de l'énergie sous deux formes :

- Energie cinétique : les particules sont émises avec une certaine vitesse.
- Energie électromagnétique : rayonnement γ .

D'où provient cette énergie ?

D'autre part, la somme des masses du noyau de radon et du noyau d'hélium est inférieure à la masse du noyau de radium.

- Le noyau d'un atome a une masse inférieure à la somme des masses des nucléons pris séparément. C'est ce que l'on appelle le défaut de masse.

2) La relation d'Einstein :

En 1905, Einstein introduit le principe de l'équivalence entre masse et énergie.

- Toute particule possède au repos une énergie E telle que $E=mc^2$.

c : vitesse de la lumière dans le vide : $c=3,00.10^8\text{m.s}^{-1}$

m : masse de la particule en kg.

E : énergie en joule. En physique nucléaire, on utilise l'électronvolt, qui correspond à l'énergie d'un électron soumis à une différence de potentiel de 1 Volt. $1\text{eV}=1,6.10^{-19}\text{J}$.

3) Application de la relation d'Einstein pour l'interprétation du défaut de masse :

- Défaut de masse d'un noyau :

$$\Delta m = [Zm_p.c^2 + (A-Z)m_n.c^2] - M(A,Z).c^2 = E_l(A,Z)$$

Où $E_l(A,Z)$ représente l'énergie de liaison du noyau.

- L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie qu'il faudrait fournir au noyau pour en séparer tous les nucléons.

4) Application de la relation d'Einstein à la désintégration du radium :

- Pour la désintégration du radium :

Energie avant la désintégration : $m(^{226}_{88}\text{Ra})c^2$.

Energie après la désintégration : $m(^{222}_{86}\text{Rn})c^2 + m(^4_2\text{He})c^2 + E_c + E_E$

Où E_E est l'énergie électromagnétique libérée.

Conservation de l'énergie : $m(^{226}_{88}\text{Ra})c^2 = m(^{222}_{86}\text{Rn})c^2 + m(^4_2\text{He})c^2 + E_c + E_E$

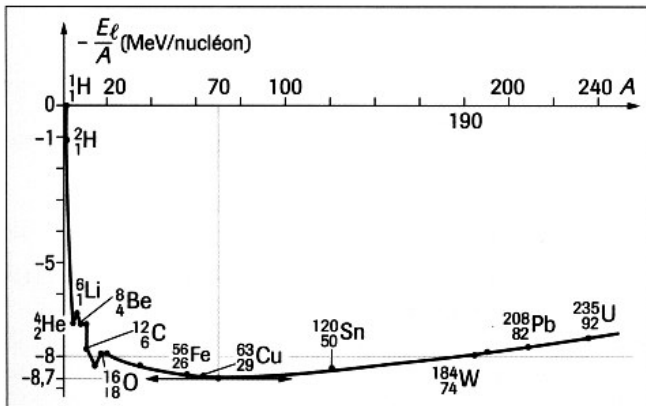
$$\text{Perte de masse : } m\left({}^{226}_{88}\text{Ra}\right) - \left[m\left({}^{222}_{86}\text{Rn}\right) + m\left({}^4_2\text{He}\right) \right] = \frac{E_c + E_E}{c^2}$$

II LA COURBE D'ASTON

1) Présentation :

- La courbe d'Aston représente l'opposée de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de nucléons.

Doc 6 p115 du livre.



Courbe d'Aston. Valeurs de $-\frac{E_l}{A}$ en fonction de A pour l'ensemble des noyaux. Le minimum se situe à $-8,7$ MeV par nucléon pour $A \approx 70$. Les noyaux stables sont dans la partie basse de la courbe.

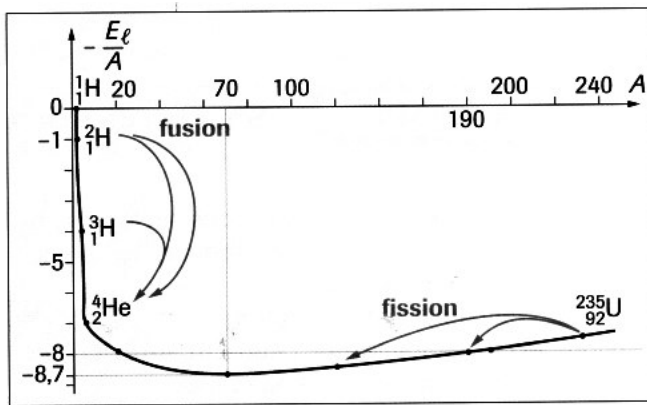
Ordre de grandeur de l'énergie de liaison par nucléons : $E_l(A,Z)/A$ aux environs de 8 MeV.

- Les noyaux les plus stables sont ceux pour lesquels cette énergie est la plus élevée.

2) Exploitation de la courbe :

La courbe d'Aston montre que les noyaux contenant un faible nombre de nucléons sont les moins stables.

Pour $50 < A < 75$, la courbe présente un minimum qui correspond aux nucléides les plus stables.



Les noyaux instables vont évoluer soit par fission (pour les noyaux lourds) soit par fusion (pour les noyaux légers).

Lorsque deux noyaux légers fusionnent pour donner un noyau plus lourd, ce dernier est plus stable que le système formé par les deux noyaux légers car il y a augmentation de l'énergie de liaison par nucléon.

Lorsqu'un noyau lourd évolue par fission pour donner deux noyaux plus légers, le système formé par les deux noyaux plus légers est plus stable.

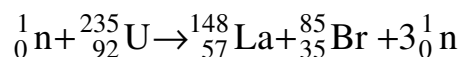
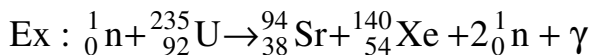
Dans les deux cas, l'augmentation de l'énergie de liaison par nucléon se traduit par une diminution de l'énergie de masse et l'apparition d'énergie exploitable.

III LA FISSION NUCLEAIRE

1) Principe :

- Elle consiste en la coupure d'un noyau lourd en deux noyaux.

En général, la fission est provoquée en bombardant un noyau avec des neutrons.



Ce genre de réaction libère une grande quantité d'énergie.

Ces réactions libèrent de nouveau des neutrons qui pourront eux même provoquer d'autres fissions \Rightarrow réactions en chaîne.

Utilisation dans les centrales nucléaires.

2) Comparaison avec l'énergie libérée par combustion :

La fission complète de 1g d'uranium 235 libère une énergie de $0,78 \cdot 10^{11}$ Joules.

La combustion de 1kg de charbon libère une énergie de 33520 kJ.

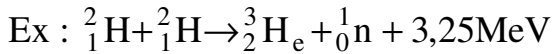
$$\frac{0,78 \cdot 10^{11}}{33520} = 2,3 \cdot 10^6$$

1g d'uranium peut libérer autant d'énergie que la combustion de 2 tonnes de charbon.

III LA FUSION NUCLEAIRE

- La fusion nucléaire est la réunion de deux noyaux en un seul, avec éventuellement une éjection de particules (neutron, proton.....).

La fusion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd est un processus qui libère de l'énergie.



On trouve le deutérium dans l'eau de mer à hauteur de 0,015 %. On peut donc disposer de grandes quantités de deutérium.

Pb : Pour que les noyaux puissent rentrer en collision, il faut vaincre la répulsion électrostatique. Ceci nécessite une énergie importante et les réactions de fusion nécessitent des températures de l'ordre de 10^8°C .

La matière doit être confinée dans un champ magnétique, car même s'il existait des matériaux pouvant supporter de telles températures, leur contact refroidirait l'ensemble.

Des réactions de fusion contrôlée ont été réalisées pendant quelques minutes dans des Tokamaks, mais le procédé est encore loin d'être parfaitement maîtrisé.

IV LES ARMES NUCLEAIRES

Dans les bombes à fission (bombe A), il s'agit de réaliser une réaction de fission non contrôlée.

L'énergie d'une bombe s'exprime en kilotonnes d'équivalent T.N.T (trinitrotoluène).

1kt correspond à une énergie de $4,18 \cdot 10^9 \text{J}$.

La fission complète d'un kilogramme de matière fissile (soit un volume d'environ 50cm^3) libérerait une énergie correspondant à 17kt. A titre de comparaison : Hiroshima : 14kt, Nagasaki : 21kt.

Dans les bombes à fusion (Bombe H), il s'agit de réaliser une réaction de fusion non contrôlée.

La fusion totale d'un kg de matière fusible dégagerait une énergie équivalente à 50kt.

Record de puissance : URSS avec 100méga-tonnes. Point de vue stratégique : 1 Mt reste plus intéressant.