

Fusion deutérium-tritium

(Bac - Pondichéry – avril 2006)

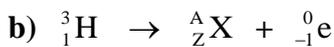
Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© <http://b.louchart.free.fr>

1. Isotopie

- a) 2 noyaux sont isotopes s'ils ont le même nombre de protons, mais des nombres différents de neutrons.
- b) Le noyau de deutérium comporte 2 nucléons dont 1 proton \Rightarrow il doit être noté ${}^2_1\text{H}$
Le noyau de tritium comporte 3 nucléons dont 1 proton \Rightarrow il doit être noté ${}^3_1\text{H}$
Ils appartiennent tous les deux à l'élément hydrogène.

2. Radioactivité

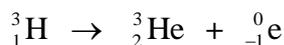
- a) Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément en un noyau fils, avec émission de particule.



Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation :

- du nombre total de nucléons $\Rightarrow 3 = A + 0 \Rightarrow A = 3$
- de la charge électrique totale $\Rightarrow 1 = Z - 1 \Rightarrow Z = 2$

\Rightarrow le noyau ${}^A_Z\text{X}$ formé est donc un noyau d'hélium ${}^3_2\text{He}$:



- c) La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se sont désintégrés.

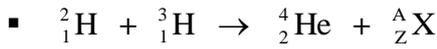
$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

\Rightarrow au bout de 12 ans, la moitié des noyaux de tritium initialement présents se seront désintégrés.

3. Fusion de noyaux

- a) La fusion nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle 2 noyaux légers se regroupent pour former un noyau plus lourd (avec éventuellement éjection de particules (neutron, proton...)).

b)



Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation :

- du nombre total de nucléons $\Rightarrow 2 + 3 = 4 + A \Rightarrow A = 1$
- de la charge électrique totale $\Rightarrow 1 + 1 = 2 + Z \Rightarrow Z = 0$

\Rightarrow la fusion s'accompagne de la formation d'un neutron ${}^1_0\text{n}$:



- On considère la fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium :



La variation d'énergie du système est :

$$E_1 = E_m({}^4_2\text{He}) + E_m({}^1_0\text{n}) - E_m({}^2_1\text{H}) - E_m({}^3_1\text{H})$$

\Rightarrow l'énergie libérée est : $E_2 = -E_1 = E_m({}^2_1\text{H}) + E_m({}^3_1\text{H}) - E_m({}^4_2\text{He}) - E_m({}^1_0\text{n})$

c)

- Pour le noyau ${}^A_Z\text{X}$, le défaut de masse est :

$$\Delta m = (Z.m_p + (A-Z).m_n) - m({}^A_Z\text{X})$$

L'énergie de liaison du noyau ${}^A_Z\text{X}$ est donc :

$$E_L({}^A_Z\text{X}) = \Delta m.c^2 = [(Z.m_p + (A-Z).m_n) - m({}^A_Z\text{X})] \times c^2$$

On en déduit que : $\frac{E_L({}^A_Z\text{X})}{c^2} = (Z.m_p + (A-Z).m_n) - m({}^A_Z\text{X})$

$$\Rightarrow m({}^A_Z\text{X}) = Z.m_p + (A-Z).m_n - \frac{E_L({}^A_Z\text{X})}{c^2}$$

- D'après la question 3.b), l'énergie libérée est : $E_2 = E_m({}^2_1\text{H}) + E_m({}^3_1\text{H}) - E_m({}^4_2\text{He}) - E_m({}^1_0\text{n})$

$$\text{Or : } E_m({}^2_1\text{H}) = m({}^2_1\text{H}) \times c^2 = (m_p + m_n) \times c^2 - E_L({}^2_1\text{H})$$

$$E_m({}^3_1\text{H}) = m({}^3_1\text{H}) \times c^2 = (m_p + 2 m_n) \times c^2 - E_L({}^3_1\text{H})$$

$$E_m({}^4_2\text{He}) = m({}^4_2\text{He}) \times c^2 = (2 m_p + 2 m_n) \times c^2 - E_L({}^4_2\text{He})$$

$$E_m({}^1_0\text{n}) = m_n \times c^2$$

$$\Rightarrow E_2 = (m_p + m_n) \times c^2 - E_L({}^2_1\text{H}) + (m_p + 2 m_n) \times c^2 - E_L({}^3_1\text{H}) - [(2 m_p + 2 m_n) \times c^2 - E_L({}^4_2\text{He})] - m_n \times c^2$$

$$\Rightarrow E_2 = E_L({}^4_2\text{He}) - E_L({}^2_1\text{H}) - E_L({}^3_1\text{H})$$

d) L'énergie libérée vaut donc : $E_2 = 28,29 - 2,224 - 8,481 = 17,58 \text{ MeV}$

4. Conditions de la fusion DT

- a) Les 2 noyaux sont chargés positivement \Rightarrow il y a une interaction électrique répulsive
- b) D'après le texte, la température absolue des noyaux est proportionnelle à leur énergie cinétique.
De plus, il est indiqué qu'à une température $T_1 = 7700 \text{ K}$ correspond une énergie cinétique de 1 eV .
On note T_{minimale} la température à laquelle l'énergie cinétique du noyau atteint la valeur de $0,35 \text{ MeV}$.

Déterminons cette température à l'aide d'un tableau de proportionnalité :

température	énergie cinétique (en eV)
T_1	1
$T_{\text{minimale}} = ?$	$0,35 \times 10^6$

$$\Rightarrow T_{\text{minimale}} = \frac{T_1 \times 0,35 \times 10^6}{1} = \frac{7700 \times 0,35 \times 10^6}{1} = 2,7 \times 10^9 \text{ K}$$

c) $\frac{T_{\text{minimale}}}{T_{\text{interne du Soleil}}} = \frac{2,7 \times 10^9}{15 \times 10^6} = 180 \Rightarrow T_{\text{minimale}} = 180 \times T_{\text{interne du Soleil}}$

La température interne du Soleil est environ 180 fois plus faible que la température minimale pour que la fusion deutérium-tritium ait lieu.

\Rightarrow on en déduit que la fusion deutérium-tritium n'a pas lieu dans le Soleil.