

1. Isotopie

1.a - Deux noyaux sont isotopes s'ils possèdent le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons.

1.b - Le deutérium D, dont le noyau contient 1 proton et 1 neutron ; soit $Z = 1$ et $A = 2$, est noté ${}^2_1\text{D}$.

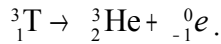
Le tritium T, dont le noyau contient 1 proton et 2 neutrons ; soit $Z = 1$ et $A = 3$, est noté ${}^3_1\text{T}$

Ces noyaux possèdent un seul proton, ils appartiennent à l'élément hydrogène. On peut aussi les noter ${}^2_1\text{H}$ et ${}^3_1\text{H}$.

2 Radioactivité

2.a - Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément.

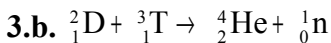
2.b - Le tritium T est radioactif β^- , sa désintégration s'accompagne de la libération d'un électron.



2.c - La demie-vie est la durée au bout de laquelle la moitié de la quantité initiale de noyaux radioactifs présents dans un échantillon s'est désintégrée. Au bout de 12 ans, la moitié des noyaux de tritium initialement présents a disparu.

3. Fusion de noyaux

3.a - La fusion est la réunion de deux petits noyaux en un seul avec éventuellement émission de particules (neutron, proton, ...). Elle concerne essentiellement les noyaux légers.



$$\Delta E = [m({}^1_0\text{n}) + m({}^4_2\text{He}) - m({}^2_1\text{D}) - m({}^3_1\text{T})].c^2$$

alors $\Delta E < 0$ en considérant le système $\{DT\}$ qui cède de l'énergie.

3.c. Exprimons la masse $m({}^A_Z\text{X})$ du noyau ${}^A_Z\text{X}$ en fonction de m_p , m_n , Z , A et de l'énergie de liaison $E_L({}^A_Z\text{X})$:

$$E_L({}^A_Z\text{X}) = \Delta m.c^2 \text{ où } \Delta m \text{ représente le défaut de masse } (> 0 \text{ par définition})$$

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

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

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

Expression de ΔE en fonction des énergies de liaison.

$$\text{D'après le 3.b. } \Delta E = [m({}^1_0\text{n}) + m({}^4_2\text{He}) - m({}^2_1\text{D}) - m({}^3_1\text{T})].c^2$$

$$\text{avec } m({}^2_1\text{D}) = m_p + m_n - \frac{E_L({}^2_1\text{D})}{c^2},$$

$$m({}^3_1\text{T}) = m_p + 2m_n - \frac{E_L({}^3_1\text{T})}{c^2}$$

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

il vient en remplaçant dans l'expression du 3.b.

$$\Delta E = [m_n + 2m_p + 2m_n - \frac{E_L({}^4_2\text{He})}{c^2} - (m_p + m_n - \frac{E_L({}^2_1\text{D})}{c^2}) - (m_p + 2m_n - \frac{E_L({}^3_1\text{T})}{c^2})].c^2$$

$$\Delta E = [m_n + 2m_p + 2m_n - m_p - m_n - m_p - 2m_n - \frac{E_L({}^4_2\text{He})}{c^2} + \frac{E_L({}^2_1\text{D})}{c^2} + \frac{E_L({}^3_1\text{T})}{c^2}].c^2$$

$$\Delta E = [-\frac{E_L({}^4_2\text{He})}{c^2} + \frac{E_L({}^2_1\text{D})}{c^2} + \frac{E_L({}^3_1\text{T})}{c^2}].c^2$$

$$\Delta E = -E_L({}^4_2\text{He}) + E_L({}^2_1\text{D}) + E_L({}^3_1\text{T})$$

3.d. $\Delta E = -E_L(^4\text{He}) + E_L(^2\text{D}) + E_L(^3\text{T})$

$$\Delta E = -28,29 + 2,224 + 8,481$$

$$\Delta E = -17,59 \text{ MeV}$$

$\Delta E < 0$ le système $\{DT\}$ cède de l'énergie au milieu extérieur

4 Conditions de la fusion DT

4.a. Les noyaux D et T se repoussent car ils sont tous les deux chargés positivement et sont en interaction électrique répulsive (répulsion coulombienne).

4.b. La température absolue T (en kelvins) des noyaux est proportionnelle à leur énergie cinétique, donc $T = k \cdot E_c$

$$E_{c1} = 1 \text{ eV correspond à } T_1 = 7700 \text{ K}$$

$$E_{c2} = 0,35 \text{ MeV} = 0,35 \cdot 10^6 \text{ eV pour une température } T_2$$

$$k = \frac{T_1}{E_{c1}} = \frac{T_2}{E_{c2}}$$

$$\text{soit } T_2 = \frac{E_{c2}}{E_{c1}} \cdot T_1$$

$$T_2 = \frac{0,35 \cdot 10^6}{1} \times 7700 = \mathbf{2,7 \times 10^9 \text{ K}}$$
 température minimale pour que la fusion DT ait lieu.

4.c - La température interne du Soleil n'est que de $15 \times 10^6 \text{ K}$, soit 540 fois plus faible.

On peut penser que dans le Soleil, la fusion DT n'a pas lieu. Le Soleil est le siège d'autres réactions de fusion qui nécessitent moins d'énergie pour avoir lieu.

Pour en savoir plus sur ce sujet, lire le n°49 du magazine Clefs du CEA:

<http://www.cea.fr/Fr/Publications/clefs2.asp?id=49>

particulièrement l'article <http://www.cea.fr/Fr/Publications/clefs49/006a013casse.pdf>