

La fusion nucléaire, c'est le Diable et le Bon Dieu !

Le Bon Dieu dans les étoiles où elle fait naître tous les atomes, jusqu'à ceux de la vie. Mais le Diable sur Terre où elle fut utilisée à fabriquer des bombes qui pourraient tout anéantir, à commencer par la vie.

Mais alors que le diable de la destruction thermonucléaire semble rentrer dans sa boîte, la fusion nucléaire contrôlée dans les réacteurs civils ouvre des perspectives de développement économique durable à très long terme.

Paul-Henri Rebut,
L'énergie des étoiles - la fusion nucléaire contrôlée
Editions Odile Jacob 1999 (dos de couverture).

Notations utilisées:

- Particules ou noyaux A_ZX : ${}^1_1\text{H}$, ${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^0_{-1}\text{e}$, ${}^1_0\text{n}$, ${}^1_1\text{p}$.
- Masse de la particule ou du noyau A_ZX : $m({}^A_ZX)$.
- Energie de liaison du noyau A_ZX : $E_L({}^A_ZX)$.

III.1. Isotopie

III.1.a - Qu'appelle-t-on isotopes ?

III.1.b - Dans la littérature scientifique, on mentionne souvent :

- le deutérium D dont le noyau contient 1 proton et 1 neutron ;
- le tritium T dont le noyau contient 1 proton et 2 neutrons.

Comment doit-on noter (dans la notation A_ZX) les noyaux D et T ? A quel élément chimique appartiennent-ils ?

III.2 Radioactivité

III.2.a - Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

III.2.b - Le tritium T est radioactif β^- . Ecrire l'équation de la désintégration de T (en utilisant la notation A_ZX).

III.2.c - Le tritium T a une demie-vie $t_{1/2} = 12$ ans. Que signifie cette affirmation ?

III.3 Fusion de noyaux

III.3.a. - Qu'appelle-t-on réaction nucléaire de fusion ?

III.3.b - En utilisant la notation A_ZX , écrire l'équation nucléaire de la fusion DT, c'est-à-dire de la fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium, au cours de laquelle se forme un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$.

Exprimer l'énergie ΔE qui peut être libérée par cette réaction en fonction des énergies de masse $E_m({}^A_ZX)$ des particules (ou des noyaux) qui interviennent.

III.3.c - Exprimer la masse $m(\frac{A}{Z}X)$ du noyau $\frac{A}{Z}X$ en fonction de m_p , m_n , Z , A et de l'énergie de liaison $E_L(\frac{A}{Z}X)$.

Pour la réaction de fusion envisagée, en déduire l'expression de ΔE en fonction des énergies de liaison.

III.3.d - On donne les valeurs des énergies de liaison des noyaux suivants :

- $E_L(D) = 2,224 \text{ MeV}$;
- $E_L(T) = 8,481 \text{ MeV}$;
- $E_L(\frac{4}{2}\text{He}) = 28,29 \text{ MeV}$.

Calculer numériquement la valeur de ΔE .

III.4 Conditions de la fusion DT

La fusion n'a lieu que si les deux noyaux sont en contact.

III.4.a - Les noyaux D et T se repoussent. Pourquoi ?

III.4.b - Pour que la fusion ait lieu, il faut que les noyaux D et T entrent en contact. Celui-ci n'est possible que si l'agitation thermique, c'est-à-dire l'énergie cinétique E_C des noyaux, est suffisamment importante :

$$E_C > 0,35 \text{ MeV}$$

Quantitativement, la température absolue T (en kelvins) des noyaux est proportionnelle à leur énergie cinétique: on admet qu'à une énergie cinétique de 1 eV correspond une température de 7700 K.

Quelle doit être la température minimale des noyaux pour que la fusion ait lieu ?

III.4.c - La température interne du Soleil n'est que de $15 \times 10^6 \text{ K}$.

Quelle conclusion vous inspire la comparaison de ces deux températures ?