**Pondichéry 2006 Exercice III. FUSION DEUTERIUM TRITIUM ( 4 points )**

*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 ${}^{A}_{Z}X$ : ${}^{1}_{1}H$ , ${}^{3}_{2}He$ , ${}^{4}_{2}He$ , ${}^{0}_{-1}e$ , ${}^{1}_{0}n$ , ${}^{1}_{1}p$ .
- Masse de la particule ou du noyau ${}^{A}_{Z}X$ : $m({}^{A}_{Z}X)$.
- Energie de liaison du noyau ${}^{A}_{Z}X$ : $E_L({}^{A}_{Z}X)$.

## 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 ${}^{A}_{Z}X$) 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 $\beta^-$. Ecrire l'équation de la désintégration de T (en utilisant la notation ${}^{A}_{Z}X$).

**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 ${}^{A}_{Z}X$, 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 ${}^{4}_{2}He$.

Exprimer l'énergie $\Delta E$ qui peut être libérée par cette réaction en fonction des énergies de masse $E_m({}^{A}_{Z}X)$ des particules (ou des noyaux) qui interviennent.

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

Pour la réaction de fusion envisagée, en déduire l'expression de $\Delta E$ 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 MeV ;
- $E_L$ (T) = 8,481 MeV ;
- $E_L$ ($^{4}_{2}He$) = 28,29 MeV.

Calculer numériquement la valeur de $\Delta E$.

### 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 $15 \times 10^6$ K.
Quelle conclusion vous inspire la comparaison de ces deux températures ?