

TD 16 – Reproduire l'énergie du Soleil

L'objectif du projet ITER est de reproduire, à l'échelle des centrales nucléaires, une énergie semblable à celle créée naturellement au cœur du Soleil.

Étude de documents

Le projet ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), qui rassemble de nombreux scientifiques à travers le monde, a pour objectif de reproduire les réactions de fusion se déroulant au cœur du Soleil, afin de remplacer la fission de l'uranium dans les centrales nucléaires.

A. La fusion nucléaire

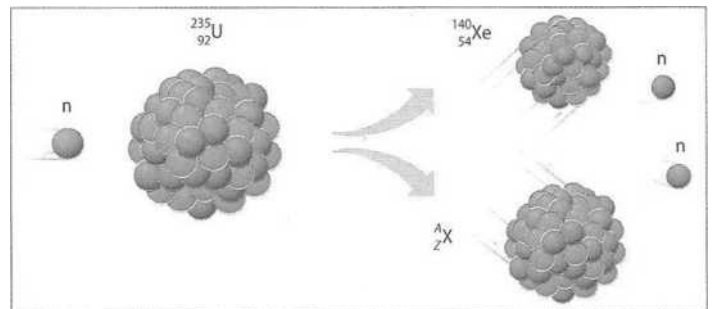
La fusion nucléaire est l'union de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd. Par exemple, un noyau de deutérium (isotope de l'hydrogène de représentation symbolique ${}^2_1\text{H}$) et de tritium isotope de l'hydrogène de représentation symbolique ${}^3_1\text{H}$) peuvent fusionner pour donner un noyau d'hélium, de représentation symbolique ${}^4_2\text{He}$, et un neutron ${}^1_0\text{n}$.

Cette transformation nucléaire s'accompagne d'une perte de masse Δm (en kg), donc d'une libération d'énergie ΔE (en J), selon l'équivalence masse-énergie : $E_{\text{libérée}} = |\Delta E| = |\Delta m|.c^2$

B. La fission nucléaire

Lorsqu'un noyau lourd se scinde pour former deux noyaux plus légers, on parle de fission nucléaire.

Dans le cas de l'uranium 235 (${}^{235}_{92}\text{U}$), utilisé comme combustible dans les centrales nucléaires, le noyau se scinde en deux autres noyaux sous l'impact d'un neutron : un noyau de xénon (${}^{140}_{54}\text{Xe}$) et un autre noyau, en émettant deux neutrons (Fig. 1).



Schématisme de la fission.

Pistes de réflexion

A. La fusion nucléaire

- a. En utilisant les représentations schématisées du proton et du neutron, schématiser la fusion des noyaux de deutérium et de tritium.
- b. Qu'est-ce qui reste inchangé, et donc se conserve, lors de cette transformation nucléaire ?
- 2) a. Calculer la masse des « produits » de la fusion.
- b. Calculer la masse des « réactifs » de la fusion.
- c. Calculer la variation de masse lors de la fusion.
- 3) En utilisant l'équivalence masse-énergie, déterminer l'énergie libérée par la fusion, en J puis en eV.
- 4) a. Quelle est la charge des deux noyaux qui fusionnent ?
- b. La fusion nécessite un apport d'énergie pour rapprocher les noyaux. Pourquoi ?

Données : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$m({}^2_1\text{H}) = 3,344 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m({}^3_1\text{H}) = 5,007 \times 10^{-27} \text{ kg}$;

$m({}^4_2\text{He}) = 6,645 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m_{\text{neutron}} = 1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

B. La fission nucléaire

On peut représenter la fission de l'uranium 235 par une équation ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^A_Z\text{X} + 2{}^1_0\text{n}$.

5) En utilisant les lois de conservation mises en évidence à la question 1) b., identifier le second noyau formé ${}^A_Z\text{X}$.

6) À l'aide des données, calculer la variation de masse lors de la fission.

7) À partir de l'équivalence masse-énergie, déterminer l'énergie libérée lors de la fission, en J puis en eV.

Données : $m({}^{235}_{92}\text{U}) = 390,220 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m({}^{140}_{54}\text{Xe}) = 232,298 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Masse du noyau formé : $m({}^A_Z\text{X}) = 155,917 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Pour conclure

8) Déterminer l'énergie libérée par nucléon lors de la réaction de fission et de la réaction de fusion. Comparer ces valeurs, puis conclure.

9) (B2i) En effectuant éventuellement une recherche sur Internet, donner au moins un avantage et un inconvénient de l'utilisation de la fusion nucléaire pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires, comme le projet international ITER souhaite le développer.