

Aurélie 16/04/09

L'énergie du futur : (ITER), fusion, loi de décroissance radioactive (bac S Inde 2009).

En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation de Cookies vous proposant des publicités adaptées à vos centres d'intérêts.

L'énergie du rayonnement émis par le soleil a pour origine la fusion nucléaire de l'hydrogène. Les physiciens essaient de réaliser la même réaction en la contrôlant. Les physiciens essaient de réaliser la même réaction en la contrôlant. Maîtriser sur Terre la fusion des noyaux légers à des fins de production d'énergie mettrait à disposition de l'Homme des ressources quasiment illimitées, ce qui pourrait résoudre les problèmes à venir que provoquera la baisse inéluctable des réserves pétrolières. Tel est l'objectif des recherches engagées par les grandes nations industrielles avec le projet ITER, réacteur expérimental de fusion nucléaire.

Données :

Le neutron ${}^1_0\text{n}$ est noté n.

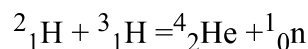
Suivant la tradition, on appelle deutérium d le noyau ${}^2_1\text{H}$ et tritium t le noyau ${}^3_1\text{H}$.

On rappelle la valeur de l'unité de masse atomique u : $1\text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$.

On donne : $m(d) = 2,01355 \text{ u}$; $m(t) = 3,01550 \text{ u}$; $m(^4_2\text{He}) = 4,00150 \text{ u}$; $m(n) = 1,00866 \text{ u}$.

Réaction deutérium tritium.

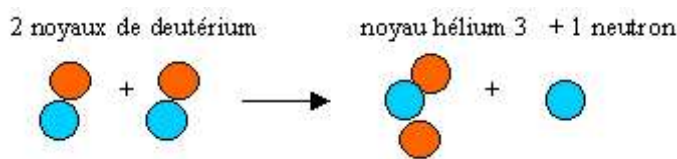
C'est la réaction la plus facile à déclencher. Elle fait l'objet d'importantes recherches. L'équation nucléaire en est :



Quelle est la composition des noyaux de deutérium et de tritium ? Comment qualifie-t-on de tels noyaux ?

Deutérium : 1 proton et 1 neutron ; tritium : 1 proton et 2 neutrons ; ce sont des isotopes.

D'une façon générale, qu'appelle-t-on fusion nucléaire ?



La fusion nucléaire est une réaction au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd. La réaction se fait avec perte de masse et dégagement d'énergie.

Avant la fusion, le système est constitué d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium. Après transformation, il est constitué des produits de la réaction nucléaire.

Calculer en unités de masse atomique la masse du système avant et après la fusion. Que peut-on déduire de la comparaison de ces deux valeurs ?

Variation de masse au cours de la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium :

$$\text{Après fusion : } m(^4_2\text{He}) + m(^1_0\text{n}) = 4,00150 + 1,00866 = 5,01016 \text{ u}$$

$$\text{Avant fusion : } m(^3_1\text{H}) + m(^2_1\text{H}) = 3,01550 + 2,01355 = 5,02905 \text{ u}$$

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

$$\Delta m = 4,00150 + 1,00866 - 3,01550 - 2,01355 = -1,889 \cdot 10^{-2} \text{ u}$$

$$-1,889 \cdot 10^{-2} \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = \underline{\underline{-3,13676 \cdot 10^{-29} \text{ kg}}}$$

La masse des produits est inférieure à celle des réactifs ; la masse est une forme de l'énergie : le signe négatif traduit la libération d'énergie dans le milieu extérieur.

Calculer, en joules puis en MeV, l'énergie libérée par la fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.

$$\text{On donne : } c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1} \text{ et } 1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

$$E = \Delta m c^2 = -3,13676 \cdot 10^{-29} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 = -2,823 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$-2,823 \cdot 10^{-12} / 1,60 \cdot 10^{-19} = -1,76 \cdot 10^7 \text{ eV} = \underline{\underline{-17,6 \text{ MeV}}}$$

Rechercher

La constante d'Avogadro vaut $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. La masse molaire atomique du deutérium est d'environ $2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Sachant qu'il est possible d'extraire 33 mg de deutérium d'un litre d'eau de mer,

calculer en joules l'énergie obtenue à partir du deutérium extrait d'un mètre-cube d'eau de mer.

Quantité de matière de deutérium : $n = m/M = 0,033/2 = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ dans 1 L

$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$; soit $n = 16,5 \text{ mol}$ de deutérium extrait par m^3 d'eau de mer.

Nombre d'atomes de deutérium : $N = n N_A = 16,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 9,933 \cdot 10^{24}$ atomes.

Energie libérée par $9,933 \cdot 10^{24}$ fusions : $2,823 \cdot 10^{-12} \cdot 9,933 \cdot 10^{24} = \mathbf{2,8 \cdot 10^{13} \text{ J}}$.

Le pouvoir énergétique du pétrole vaut $42,0 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Calculer la masse de pétrole qui produirait par combustion la même énergie. Conclure.

$42,0 \text{ MJ} = 4,2 \cdot 10^7 \text{ J}$;

$2,8 \cdot 10^{13} / 4,2 \cdot 10^7 = 6,7 \cdot 10^5 \text{ kg} \sim \mathbf{7 \cdot 10^5 \text{ kg}}$.

Radioactivité.

Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

Un noyau radioactif est un noyau instable dont la désintégration (destruction) aléatoire s'accompagne:

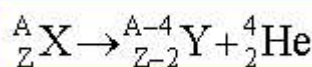
- L'apparition d'un nouveau noyau
- L'émission d'une particule notée α , β^- ou β^+
- L'émission d'un rayonnement électromagnétique noté γ .

La radioactivité est une réaction dite nucléaire car elle concerne le noyau de l'atome alors que les réactions chimiques ne concernent que le cortège électronique sans modifier le noyau.

Définir les trois types de radioactivité.

radioactivité α

Un noyau expulse un noyau d'hélium. (le noyau de l'atome d'hélium porte deux charges positives)

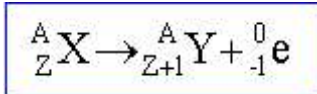


Les particules α sont expulsées avec des vitesses relativement faibles et sont arrêtées par quelques centimètres d'air ou par une feuille de papier, mais elles sont très ionisantes et donc dangereuses.

radioactivité β^-

Un noyau émet un électron noté : ${}_{-1}^0\text{e}$.

un neutron du noyau se transforme en proton

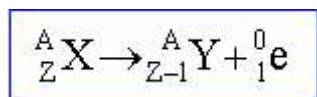


Les particules β^- sont assez peu pénétrantes. Elles sont arrêtées par quelques millimètres d'aluminium

radioactivité β^+

Un noyau artificiel (obtenu dans un réacteur nucléaire par exemple) émet un positon noté : ${}_1^0\text{e}$.

un proton du noyau se transforme en neutron

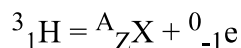
désexcitation γ

Le noyau fils est souvent obtenu dans un état excité (niveau d'énergie élevé). Ce noyau dans cet état excité est en général noté Y^* . Le noyau fils ne reste pas dans cet état instable. Il libère cette énergie excédentaire en émettant un rayonnement électromagnétique γ .



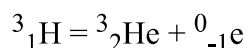
Le tritium est radioactif β^- ; sa demi-vie vaut $t_{1/2} = 12,3$ ans.

Ecrire l'équation de la désintégration du noyau de tritium ${}^3_1\text{H}$ en rappelant les lois utilisées.



Conservation de la charge : $1 = Z - 1$; $Z = 2$. (élément hélium)

Conservation du nombre de nucléons : $3 = A$

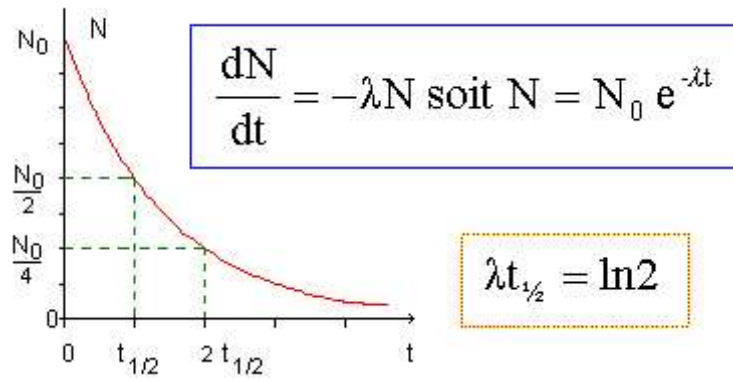


Quelle est la signification du terme demi-vie ?

La demi-vie radioactive, (ou période) notée $t_{1/2}$, d'un échantillon de noyaux radioactifs est égale à la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initiaux se sont désintégrés.

A un instant pris comme origine des temps, le nombre de noyaux de tritium vaut N_0 .

Quelle est l'expression du nombre N de noyaux à l'instant t en fonction de N_0 , $t_{1/2}$ et t ?



$$\ln(N_0/N) = \lambda t = t/t_{1/2} \ln 2 = \ln(2^{t/t_{1/2}}); N_0/N = 2^{t/t_{1/2}}; \mathbf{N = N_0 * 2^{-t/t_{1/2}}}.$$

Au bout de combien de temps N vaut-il le dixième de sa valeur initiale N_0 ?

$$N/N_0 = 0,1 = 2^{-t/t_{1/2}}; \ln 10 = t/t_{1/2} \ln 2; t = t_{1/2} \ln 10 / \ln 2 = 3,322 t_{1/2} = 3,322 * 12,3 = \mathbf{40,9 \text{ ans.}}$$

[retour](#) - [menu](#)