

Chap 2 : Le Soleil, notre source d'énergie - corrigé

1. Rappels du chapitre 1

1. Nommer la réaction nucléaire qui se produit au sein des étoiles.

Au sein des étoiles, il se produit des réactions de fusion nucléaire

2. La définir en quelques mots.

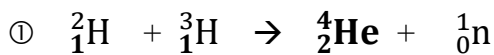
Une fusion nucléaire est une réaction nucléaire qui fabrique des noyaux plus gros par l'union de noyaux plus petits.

3. La réaction de fusion nucléaire obéit aux lois de Soddy. Rappeler ces deux lois.

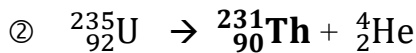
Au cours d'une réaction nucléaire il y a

- **Conservation du nombre total de nucléons (la ligne du haut)**
- **Conservation de la charge électrique (la ligne du bas)**

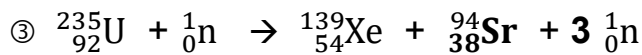
4. Compléter les équations nucléaires en remplissant correctement les pointillés. Remarque : La particule notée ${}^1_0\text{n}$ est un neutron (non intégré à un noyau)



Réaction de fusion nucléaire : deux petits noyaux forment un plus gros



Radioactivité : le noyau à gauche est seul, il évolue spontanément, c'est signe qu'il était instable, c'est de la radioactivité. Il y a formation d'un noyau fils et d'une particule



Réaction de fission nucléaire : sous l'impact d'une particule un gros noyau se coupe en deux noyaux plus petits



Réaction de fusion nucléaire : deux petits noyaux forment un plus gros

5. Indiquer comment on procède pour différencier l'écriture d'une réaction de fusion nucléaire, de fission nucléaire ou de radioactivité

En radioactivité, il n'y a qu'un noyau du côté des réactifs, il est instable et évolue seul, sans l'action de personne.

Pour les réactions de fusion et fission, il y a deux éléments au moins du côté des réactifs.

Pour distinguer fusion et fission, il faut regarder les noyaux avant et après, s'il se forme un noyau plus gros que les réactifs, c'est une fusion, s'il se forme deux noyaux plus petits que le réactif, c'est une fission.

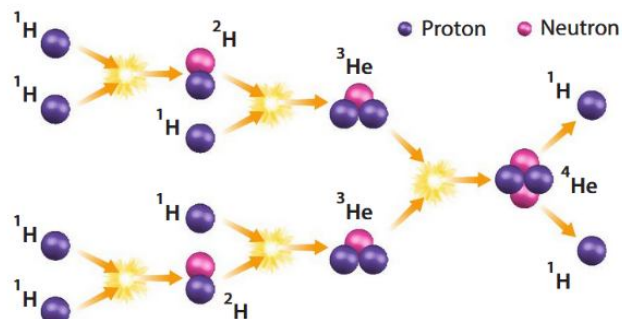
6. Pour chaque réaction de $\textcircled{1}$ à $\textcircled{4}$, indiquer s'il s'agit de fusion, de fission nucléaire ou de radioactivité.

Voir question 4

2. Energie de fusion nucléaire

1 Les réactions nucléaires au sein du Soleil

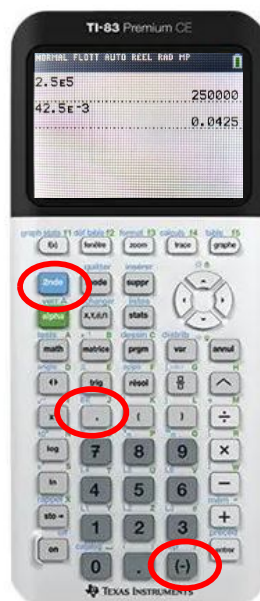
Dans le Soleil, constitué essentiellement d'hydrogène, se produisent différentes réactions nucléaires. Du deutérium ${}^2\text{H}$ et de l'hélium ${}^3\text{He}$ se forment aux étapes intermédiaires, ces derniers réagissant pour aboutir à la formation d'hélium ${}^4\text{He}$.



Le bilan final est la transformation de quatre noyaux d'hydrogène ${}^1\text{H}$ en un noyau d'hélium ${}^4\text{He}$.

2 Masses et écriture symbolique de différents noyaux et particules

Noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$: $m_{\text{He}} = 6,6446 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Noyau d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$: $m_{\text{H}} = 1,67356 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Neutron 1_0n : $m_n =$
Électron ${}^0_{-1}e$: $m_e = 9,1094 \times 10^{-31}$
Positon 0_1e : $m_e = 9,1094 \times 10^{-31}$



Entrer un nombre
en écriture scientifique :

$$2,5 \quad \text{2nd} \quad \text{EE} \quad 5 \quad \quad 2,5 \times 10^5$$

$$42,5 \quad \text{2nd} \quad \text{EE} \quad (-) \quad 3 \quad \quad 42,5 \times 10^{-3}$$

1. Écrire la première étape de l'enchainement de réactions nucléaires du document 1



2. Écrire la réaction nucléaire globale du document 1 en respectant les lois de Soddy. Faire vérifier votre écriture par la professeure.



3. Calculer, à l'aide d'une calculatrice et des données du document 2, la masse m_1 des réactifs de la réaction de fusion de la question 2. qui se produit dans le soleil.

$$m_1 = m_{\text{réactifs}} = 4 \times m_{\text{H}} = 4 \times 1,67356 \times 10^{-27}$$

$$m_1 = 6,69424 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

4. Calculer, à l'aide d'une calculatrice et des données, la masse m_2 des produits de cette réaction.

$$m_2 = m_{\text{produits}} = m_{\text{He}} + 2 \times m_e = 6,6446 \cdot 10^{-27} + 2 \times 9,1094 \times 10^{-31}$$

$$m_2 = 6,64642188 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

5. Que remarque-t-on ?

On remarque que $m_2 < m_1$. La masse totale des produits est plus faible que la masse totale des réactifs. Au cours de la réaction de fusion, il y a une perte de masse

Cette observation est générale à toutes les réactions nucléaires :

À retenir : Contrairement aux réactions chimiques pour lesquelles il y a conservation de la masse, au cours d'une réaction nucléaire, il y a modification de la masse entre les réactifs et les produits.

3 Équivalence masse-énergie

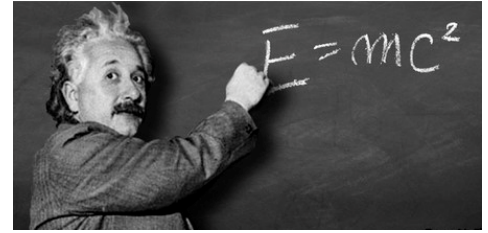
La célèbre formule d'Albert Einstein $E = mc^2$ s'écrit en réalité de la façon suivante :

$$E = \Delta m \times c^2$$

On note Δm la différence de masse entre les réactifs et les produits d'une réaction nucléaire. m est exprimée en kg.

c : la vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Avec ces unités on trouve E l'énergie libérée par la réaction nucléaire en joules J



6. En utilisant vos précédents calculs et la relation d'Einstein, calculer (en J) l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire de la question 2.

Calcul de la perte de masse en kg au cours d'une réaction de fusion

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 6,69424 \times 10^{-27} - 6,64642188 \times 10^{-27}$$

$$\Delta m = 4,7818 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

Calcul de l'énergie libérée par une réaction de fusion

$$E = m_{\text{perdue}} \times c^2 = 1,67356 \times 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 4,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

4 Le Soleil

Au sein du Soleil, il se produit chaque seconde de très nombreuses réactions de fusion nucléaire. Ces réactions libèrent simultanément beaucoup d'énergie. Le Soleil devient extrêmement chaud et évacue cette énergie sous forme de rayonnement c'est-à-dire de lumière.

La puissance rayonnée par le soleil est égale à

$$P_{\text{soleil}} = 3,87 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

5 Puissance et énergie

La puissance P (en Watt W) représente l'énergie E libérée ou reçue (en Joule) par unité de temps.

Relations à connaître :

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{E}{t}$$

Ou encore :

$$E = P \times \Delta t = E \times t$$

Avec t ou Δt : la durée en s

7. Indiquer comment évolue la masse du Soleil. Expliquer pourquoi cette évolution.

La masse du Soleil diminue au cours du temps.

Au sein du Soleil, il se produit de très nombreuses réactions de fusion chaque seconde. Or chaque réaction de fusion engendre une perte de masse.

Cette perte de masse se traduit par une libération d'énergie

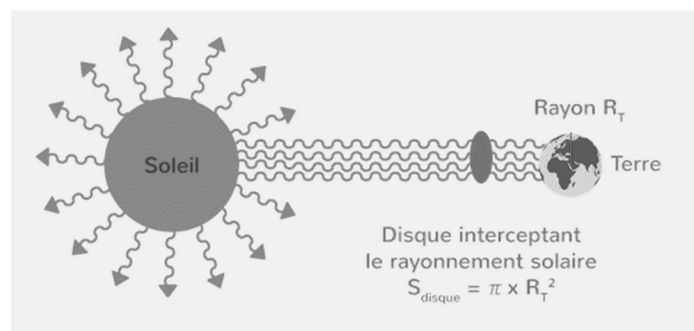
8. Déterminer l'énergie perdue par le Soleil chaque seconde.

Calcul de l'énergie libérée en $\Delta t = 1\text{s}$:

$$E = P \times \Delta t = 3,87 \cdot 10^{26} \times 1 = 3,87 \cdot 10^{26} \text{ J}$$

Remarque Rappel SVT : pour déterminer la puissance rayonnée par le Soleil, on raisonne sur la puissance reçue sur Terre, en se plaçant bien perpendiculairement aux rayons incidents.

Puis, connaissant la distance Terre/Soleil, on en déduit la puissance totale rayonnée par le Soleil dans toutes les directions.



9. Calculer la masse perdue par le Soleil chaque seconde.

$$\text{Masse perdue par le Soleil : } m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,87 \cdot 10^{26}}{(3 \cdot 10^8)^2} = 4,3 \cdot 10^9 \text{ kg} = 4,3 \text{ millions de tonnes}$$

Remarque : la masse du Soleil est environ $M_{\text{Soleil}} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$

Cette perte de masse ne représente qu'un infime pourcentage de sa masse ($2 \times 10^{-19} \% = 0,0000000000000000002 \%$)

10. En déduire le nombre de réactions de fusions nucléaire ayant lieu chaque seconde dans le Soleil.

On peut soit raisonner avec la masse, en comparant la masse perdue par le Soleil et la masse perdue par une fusion, ou raisonner avec l'énergie en comparant l'énergie perdue par le Soleil et l'énergie libérée par une fusion

$$N = \frac{\text{Masse perdue par le Soleil}}{\text{Masse perdue par 1 fusion}} = \frac{4,3 \cdot 10^9}{4,78 \cdot 10^{-29}} = 9 \cdot 10^{37} \text{ fusions nucléaires par seconde}$$

Ou

$$N = \frac{\text{Energie perdue par le Soleil}}{\text{Energie libérée par 1 fusion}} = \frac{3,87 \cdot 10^{26}}{4,3 \cdot 10^{-12}} = 9 \cdot 10^{37} \text{ fusions nucléaires par seconde}$$

11. Calculer la masse perdue et l'énergie libérée par le Soleil en une année.

Calcul du nombre de seconde dans 1 an

$$\Delta t = 1 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 3,1536 \times 10^7 \text{ s}$$

Energie perdue en 1 an : il faut multiplier l'énergie perdue en 1 s avec le nombre de secondes

$$E_{\text{an}} = E \times \Delta t = 3,87 \cdot 10^{26} \times 3,1536 \times 10^7 = 1,22 \times 10^{34} \text{ J}$$

Masse perdue en 1 an : il faut multiplier la masse perdue en 1s par le nombre de secondes

$$M_{\text{an}} = m \times \Delta t = 4,3 \cdot 10^9 \times 3,1536 \times 10^7 = 1,37 \times 10^{17} \text{ kg}$$

Là aussi si on ramène à la masse totale du Soleil, c'est un infime pourcentage :

$$7 \times 10^{-14} \% = 0,000000000000007 \%$$