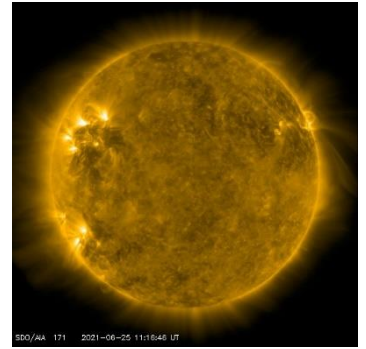


ACTIVITÉ 2.1.1. – CONVERSION D'ÉNERGIE DANS LE SOLEIL 

Depuis sa naissance il y a plus de 4 milliards d'années, le Soleil émet un rayonnement très puissant grâce aux réactions nucléaires qui s'y produisent.

Quel est l'origine du rayonnement solaire ?



Photographie du Soleil
Prise par le satellite SDO

I. Énergie dégagée par le Soleil**Doc. 1** Des images du Soleil

<https://www.youtube.com/watch?v=SLcL7Uuz7VE>

Le Solar Dynamics Observatory (SDO) est un satellite de l'agence spatiale américaine, la NASA, lancé en 2010. Son but est de développer notre connaissance du Soleil et d'effectuer des mesures, comme par exemple celle de la puissance moyenne du rayonnement solaire.

Doc. 2 Carte d'identité du Soleil

Âge	4,6 milliards d'années
Espérance de vie	Environ 10 milliards d'années
Rayon	0,70 million de km 109 fois celui de la Terre
Masse	2×10^{30} kg 335 000 fois celle de la Terre
Composition en masse	73 % d'hydrogène H 25 % d'hélium He 2 % d'autres éléments
Température	5 800 °C à la surface 15 millions de °C dans le noyau
Distance Terre-Soleil	150 millions de km
Puissance rayonnée à la surface	$3,87 \times 10^{26}$ W

Doc. 3 Relation puissance et énergie

La puissance P est une grandeur qui correspond à l'énergie produite (ou consommée) par un système par unité de temps. Elle se calcule avec l'expression :

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

où P est la puissance moyenne du phénomène (en watts, W), E l'énergie libérée (ou consommée) par le phénomène (en joules, J) et Δt la durée du phénomène (en secondes, s).

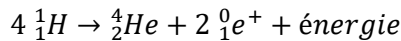
- Calculer l'énergie dégagée chaque seconde par le Soleil.
- La bombe d'Hiroshima a libéré une énergie $E_B = 8 \times 10^{13}$ J. À combien de bombes d'Hiroshima correspond l'énergie dissipée par le Soleil chaque seconde ?

II. Équivalence masse-énergie

Doc. 4 Réaction de fusion de l'hydrogène, d'après Belin.

Lors de la formation d'une étoile, l'effondrement du nuage de gaz et de poussières s'accompagne d'une augmentation de température. Celle-ci est d'autant plus importante que la masse du nuage est importante.

Dans le Soleil, les conditions de température et de pression permettent les réactions de fusion de l'hydrogène de se produire, suivant l'équation :



Ces réactions de fusion libèrent une grande quantité d'énergie.

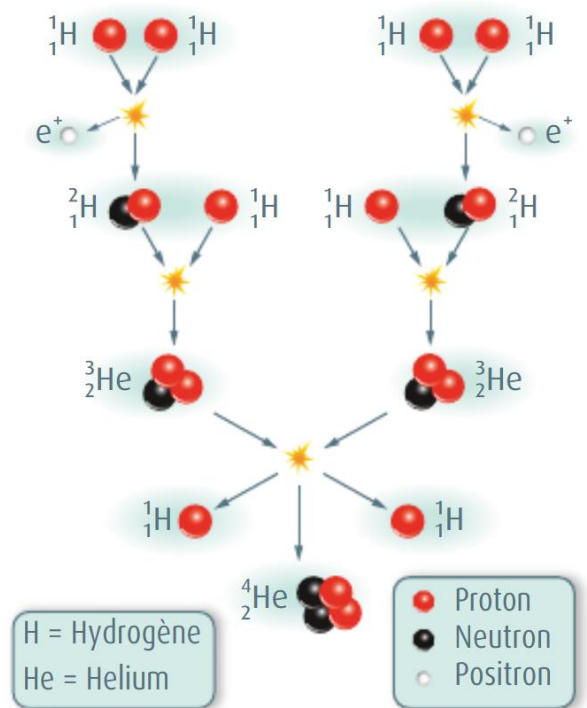


Schéma récapitulatif des étapes de la fusion de noyaux d'hydrogène au sein du Soleil

Doc. 5 La relation d'Einstein

C'est en 1905 qu'Einstein énonce la célèbre loi d'équivalence masse-énergie, décrite par la relation :

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

avec E l'énergie exprimée en joules (J), m la masse exprimée en kilogramme (kg) et c est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide : $c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Ainsi, d'après cette loi, la variation de masse observée lors d'une transformation nucléaire est proportionnelle à l'énergie libérée (ou absorbée). Réciproquement, l'émission d'énergie par un système peut se traduire comme une diminution de la masse de ce système.

Doc. 6 Données – Masse des noyaux d'hydrogène, d'hélium et du positron

Noyau d'hydrogène	Noyau d'hélium	Positron e^+
$1,67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$6,64648 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$0,00091 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- Calculer la masse perdue lors d'une réaction de fusion de noyaux d'hydrogène.
- À l'aide de la relation d'Einstein, calculer l'énergie dégagée par cette réaction.
- À partir du résultat de la question 1., montrer que la masse du Soleil diminue d'environ 4,3 millions de tonnes chaque seconde.

CORRECTION ET BILAN**2.1.1. – CONVERSION D'ÉNERGIE DANS LE SOLEIL** **Correction**

I.1. D'après le document 4, on sait que : $P = \frac{E}{\Delta t}$ avec $P = 3,87 \times 10^{26}$ W

Ainsi, l'énergie dégagée chaque seconde par le Soleil vaut :

$$E_{\text{Soleil}} = P_{\text{Soleil}} \times \Delta t = 3,87 \times 10^{26} \times 1 = 3,87 \times 10^{26} \text{ J}$$

I.2. Soit N le nombre de bombes. On a :

$$N = \frac{E_{\text{Soleil}}}{E_B} = \frac{3,87 \times 10^{26}}{8 \times 10^{13}} \approx 5 \times 10^{12}$$

L'énergie dissipée par le Soleil par seconde correspond à l'énergie d'environ 5 000 milliards de bombes !

II.1. **Somme de la masse des « réactifs » :**

$$m_1 = 4 \times m({}_1^1\text{H}) = 4 \times 1,67262 \times 10^{-27} = 6,69048 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Somme de la masse des « produits » :

$$m_2 = m({}_2^4\text{He}) + 2 \times m(e^+) = 6,64648 \times 10^{-27} + 2 \times 0,00091 \times 10^{-27} = 6,64830 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Masse perdue lors d'une réaction de fusion de noyaux d'hydrogène :

$$m = |m_2 - m_1| = 0,04218 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

II.2. D'après la loi d'équivalence masse-énergie, l'énergie dégagée par cette réaction vaut :

$$E_{\text{fusion}} = m \times c^2 = 0,04218 \times 10^{-27} \times (2,99792458 \times 10^8)^2 = 3,791 \times 10^{-12} \text{ J}$$

II.3. On sait que $E_{\text{Soleil}} = m_{\text{Soleil}} \times c^2$, où m_{Soleil} est la perte de masse du Soleil chaque seconde. On en déduit donc que :

$$m_{\text{Soleil}} = \frac{E_{\text{Soleil}}}{c^2} = \frac{3,87 \times 10^{26}}{(2,99792458 \times 10^8)^2} = 4,3 \times 10^9 \text{ kg}$$

La masse du Soleil diminue donc d'environ 4,3 milliards de kg chaque seconde, soit 4,3 millions de tonnes.

Bilan :

Le Soleil est le siège de réactions de fusion entre noyaux d'hydrogène. L'énergie dégagée par ces réactions maintient le Soleil à une température très élevée (plusieurs millions de degrés en son centre).

Lors de la fusion de noyaux d'hydrogène, la masse du système diminue. Cette perte de masse est à l'origine de l'énergie libérée par le Soleil. Celle-ci peut se calculer grâce à la relation d'Einstein :

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

avec E l'énergie en J, m la masse en kg et c la vitesse de propagation de la lumière dans le vide.

Ainsi, la masse du Soleil diminue au cours du temps.

Puissance P et énergie E sont liées par l'expression : $E = P \times \Delta t$ avec P en W, E en J et Δt en s.