

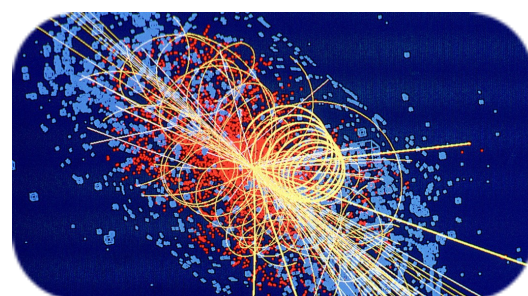
## Doc 1

## L'équivalence masse-énergie

Avant qu'Albert Einstein ne développe la physique relativiste, on considérait que la matière et l'énergie constituaient deux domaines bien séparés. Aujourd'hui, on sait que la matière peut se transformer en énergie et réciproquement !

C'est ce que dévoile l'équation  **$E = mc^2$** . Par cette célèbre formule, Einstein a montré que la masse est le résultat des interactions entre les constituants de la matière. Masse et énergie sont liées : on parle d'**équivalence masse-énergie**.

Dans cette formule la constante  $c$  correspond à la vitesse de la lumière dans le vide, qui est très élevée. On voit donc qu'une très faible quantité de matière peut potentiellement libérer une quantité d'énergie énorme !



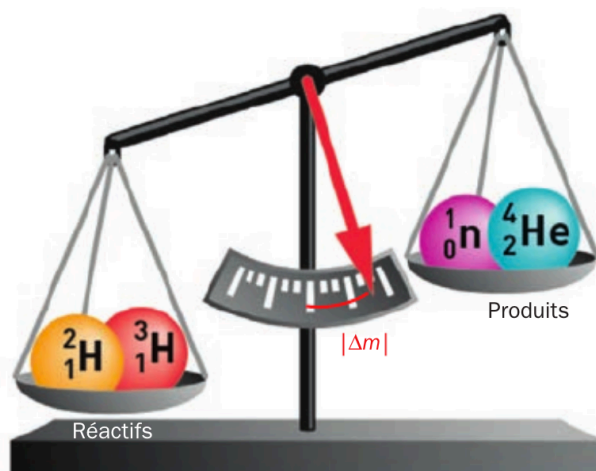
## Doc 2

## Libération d'énergie au cours d'une réaction nucléaire

► La « transformation » de masse en énergie se manifeste notamment au cours des réactions nucléaires. Au cours d'une réaction nucléaire, le nombre de nucléons se conserve (voir thème 1), mais la masse des produits obtenus est inférieure à la masse des réactifs. La masse manquante  $|\Delta m|$  est appelée « **défaut de masse** ». Elle est liée à l'énergie libérée par l'égalité suivante.

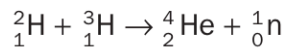
$$|\Delta m| = \frac{E_{\text{libérée}}}{c^2}$$

où l'énergie libérée s'exprime en joule (J) ; la perte de masse en kg ; et la vitesse de la lumière dans le vide  $c$  en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

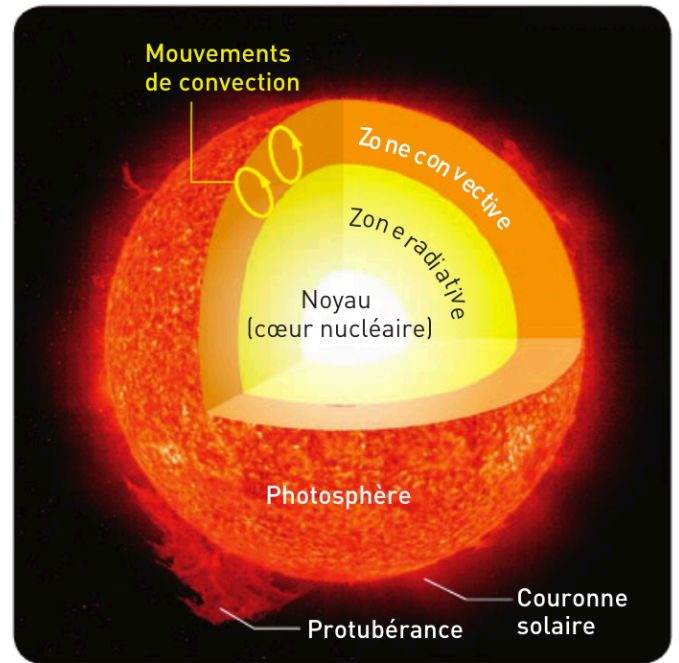


► Les scientifiques s'interrogèrent pendant plusieurs siècles sur la source d'énergie qui permettait aux étoiles de briller si longtemps. La solution fut trouvée au début des années 1930 : notre étoile est le siège de réactions de **fusion nucléaire** qui consomment de l'hydrogène pour former de l'hélium.

► C'est l'astronome américain Charles Critchfield qui proposa le détail du processus, qui met en jeu une succession de plusieurs réactions nucléaires. On peut les résumer selon le bilan :



Ces réactions de fusion, qui se déroulent dans le cœur de l'étoile, s'accompagnent de l'émission de photons. Du fait de l'extrême densité du Soleil, ces derniers mettent plusieurs millions d'années pour atteindre la surface du Soleil, appelée photosphère. C'est la photosphère qui est la partie « visible » de l'étoile. La température du cœur, occupant environ un quart du rayon de l'étoile, est de l'ordre de 15 millions de degrés.



Structure interne du Soleil, en coupe

► Quelle est la puissance totale rayonnée par le Soleil ? Pour l'estimer, les scientifiques ont effectué des mesures.

Ils ont ainsi déterminé que la puissance reçue par une surface de  $1 \text{ m}^2$  placée perpendiculairement au rayonnement solaire, au-dessus de l'atmosphère terrestre, est à peu près constante : c'est la « **constante solaire** », notée  $K$ , qui vaut  $1\,361 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

► À partir de cette dernière, on calcule la **puissance totale rayonnée** par le Soleil en considérant une gigantesque sphère imaginaire centrée sur le Soleil, et dont le rayon correspond à la distance moyenne Terre-Soleil. En notant  $S$  la surface totale de cette sphère, on trouve :

$$P = K \cdot S$$

soit  $P =$  W.

En réalité, la constante solaire varie légèrement au cours du temps. Des satellites surveillent donc son évolution afin de mieux comprendre les relations entre l'activité solaire et le climat terrestre.



## Questions

1. En calculant la surface  $S$  de la sphère imaginaire centrée sur le Soleil évoquée dans le document 4, déterminer la valeur de la puissance totale rayonnée par le Soleil.  
*Donnée: distance Soleil-Terre = 150 millions de km*
2. En déduire la valeur de la masse perdue par le Soleil chaque seconde.
3. Expliquer d'où le soleil tire son énergie, et comment ce phénomène induit une perte de masse quantifiable.

## Vocabulaire

**Photon** « Quantum » d'énergie associé aux ondes électromagnétiques.  
**Puissance** Cette grandeur en watts (W), représente l'énergie reçue en joules (J) chaque seconde.  
**Zone radiative** Zone située autour du noyau du Soleil dans laquelle les photons se propagent du cœur vers la surface.  
**Zone convective** Dernière couche, située à l'intérieur du Soleil, où la matière chaude monte vers la surface et la matière froide descend.