

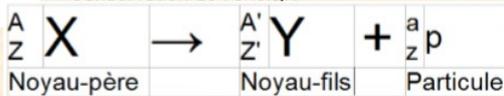
# Le Soleil source d'énergie

## A savoir :

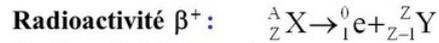
### Les Lois de Soddy

Ce sont les lois qui régissent les réactions nucléaires. Toutes les réactions nucléaires vérifient les lois de conservation suivantes:

- Conservation de la charge électrique.
- Conservation du nombre total de nucléons.
- Conservation de la quantité de mouvement.
- Conservation de l'énergie



### Les différentes radioactivités



**Radioactivité  $\gamma$**  : on obtient un noyau fils dans un état excité, qui émet des rayons  $\gamma$  lors du retour à l'état fondamental.

## Équivalence masse énergie Relation d'Einstein

En 1905, en élaborant la théorie de la relativité restreinte, Einstein postule que la masse est une des formes que peut prendre l'énergie.

Postulat d'Einstein: Un système de masse  $m$  possède lorsqu'il est au repos, une énergie:

$$E = m.c^2$$

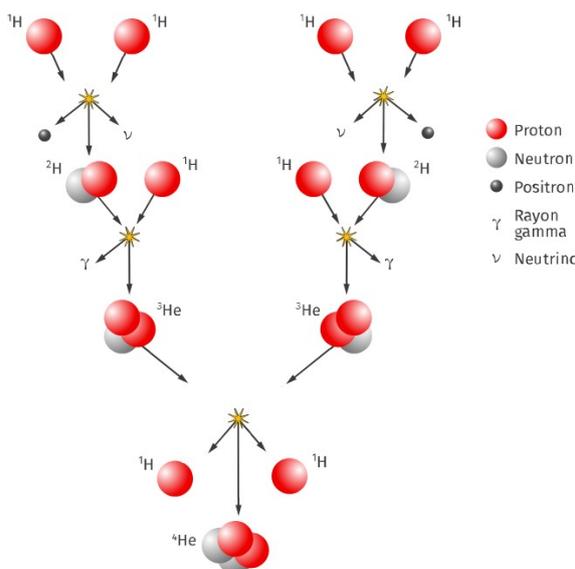
**E**: énergie du système en joules (J)

**m**: masse du système en kilogrammes (kg)

**c**: vitesse de la lumière dans le vide ( $c=3,0.10^8 m.s^{-1}$ )

**Conséquence**: Si le système (au repos) échange de l'énergie avec le milieu extérieur, (par rayonnement ou par transfert thermique par exemple), sa variation d'énergie  $\Delta E$  et sa variation de masse  $\Delta m$  sont liées par la relation:

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



A l'intérieur des étoiles se produit de la fusion nucléaire à partir de l'élément l'hydrogène.

Les énergies nécessaires à la fusion restent très élevées, correspondant à des températures de plusieurs dizaines ou même centaines de millions de degrés Celsius selon la nature des noyaux. Au sein du Soleil, par exemple, la fusion de l'hydrogène, qui aboutit, par étapes, à produire de l'hélium, s'effectue à des températures de l'ordre de quinze millions de kelvin

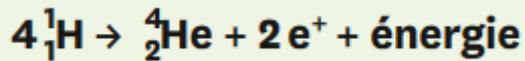
## Document 1

### Formation d'une étoile.

L'effondrement d'un nuage de gaz et de poussière interstellaire s'accompagne d'une augmentation de température d'autant plus importante que la masse du nuage est importante. Le nuage de gaz est formé principalement d'atomes d'hydrogène

### Formation du Soleil

L'augmentation de température a été telle que la matière se présente sous forme de plasma. Les réactions de fusion des noyaux d'hydrogène peuvent commencer dans le noyau de l'étoile



## Document 2

Le cœur du soleil est en fusion perpétuelle. L'échelle de temps de cette réaction est de plusieurs milliards d'années. Les réactions se poursuivent aujourd'hui et le rayonnement solaire est une manifestation de l'énergie qu'elles libèrent.

## Document 3

Support vidéo : <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/physique-chimie/fusions-fusion-au-coeur-des-etoiles.aspx>

[En utilisant vos connaissances et les documents ci-dessus, rappeler en quoi consiste une fusion nucléaire.](#)

**La fusion nucléaire est un processus par lequel des noyaux atomiques légers se combinent pour donner des éléments plus lourds. Cette réaction n'est possible qu'à des températures et des pressions extrêmes**

## Document 4

Relation d'Einstein

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

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

**Document 5:**

**Quelques caractéristique du Soleil**

Température du noyau: **15 millions de K**

Température de surface: **5800K**

Distance moyenne à la Terre:  **$1,5 \times 10^8$  km**

Age estimé: **4,6 milliards d'année**

Diamètre: **1,4 millions de kilomètres =  $1,4 \times 10^9$  m**

Masse:  **$2 \times 10^{30}$  kg**

Puissance moyenne de rayonnement:  **$3,87 \times 10^{26}$  W**

Composition: **73% d'hydrogène, 25% d'hélium, 2% autres**

**Relation entre énergie et puissance**

La puissance peut être assimilée au débit de l'énergie

$$E = P_{\text{moy}} \times \Delta t$$

**E** énergie délivrée par le phénomène en joules (J) ;

**P<sub>moy</sub>**: puissance moyenne du phénomène exprimée en watts (W) ;

**$\Delta t$**  durée du phénomène exprimée en secondes (s)

**Etude de la réaction de fusion :**

La particule notée  ${}^0_1e$  est un positon, antiparticule de l'électron.

**Perte de masse durant la fusion :**

$$|\Delta m| = |m(\text{He}) + 2m(e) - 4m(\text{H})| = |4,00260 + 2 \times 0,00055 - 4 \times 1,00728| = 4,22 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

	Hydrogène	Hélium	Positon
Masse unitaire	$1,67262 \cdot 10^{-27}$	$6,64648 \cdot 10^{-27}$	$0,00091 \cdot 10^{-27}$
	4	1	2
Masse	$6,69048 \cdot 10^{-27}$	$6,64648 \cdot 10^{-27}$	$1,82 \cdot 10^{-30}$
	Différence de masse :		$4,218 \cdot 10^{-29}$

La perte de masse lors de la fusion est minime pourtant étant donné le nombre de particules, l'énergie totale libérée est considérable

**Energie libérée :**

$$E = |\Delta m| \cdot c^2 \quad \text{A.N. : } E = 4,2 \cdot 10^{-29} \times 9,0 \cdot 10^{16} = 3,80 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

**Perte de masse du Soleil par seconde :**

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad \text{et } E = |\Delta m| \cdot c^2 \quad \text{donc } P = \frac{\Delta m \cdot c^2}{\Delta t}$$

$$\text{A.N. : } \Delta m = \frac{1 \times 3,9 \cdot 10^{26}}{(3,0 \cdot 10^8)^2} = 4,3 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Le soleil a donc perdu 4,3 milliards de kg par seconde à cause des réactions nucléaires de fusion.

### Exercice 1

#### Proxima Centauri

Situé à 4aL de la terre Proxima du centaure est actuellement le système stellaire le plus proche de la terre. Il s'agit d'un système ternaire (composé de 3 étoiles en interaction) qui dispose d'au moins une planète. Proxima est popularisé dans la littérature de Science fiction par Liu Cixin (le problème à trois corps) et par Philippe K Dick.

Proxima Centauri C est l'étoile la plus petite de ce système. Cette étoile, beaucoup plus petite et plus froide que notre Soleil, rayonne une puissance d'environ  $6,9 \times 10^{23}$  W.

Calculer l'énergie rayonnée chaque seconde par Proxima Centauri (en joule).

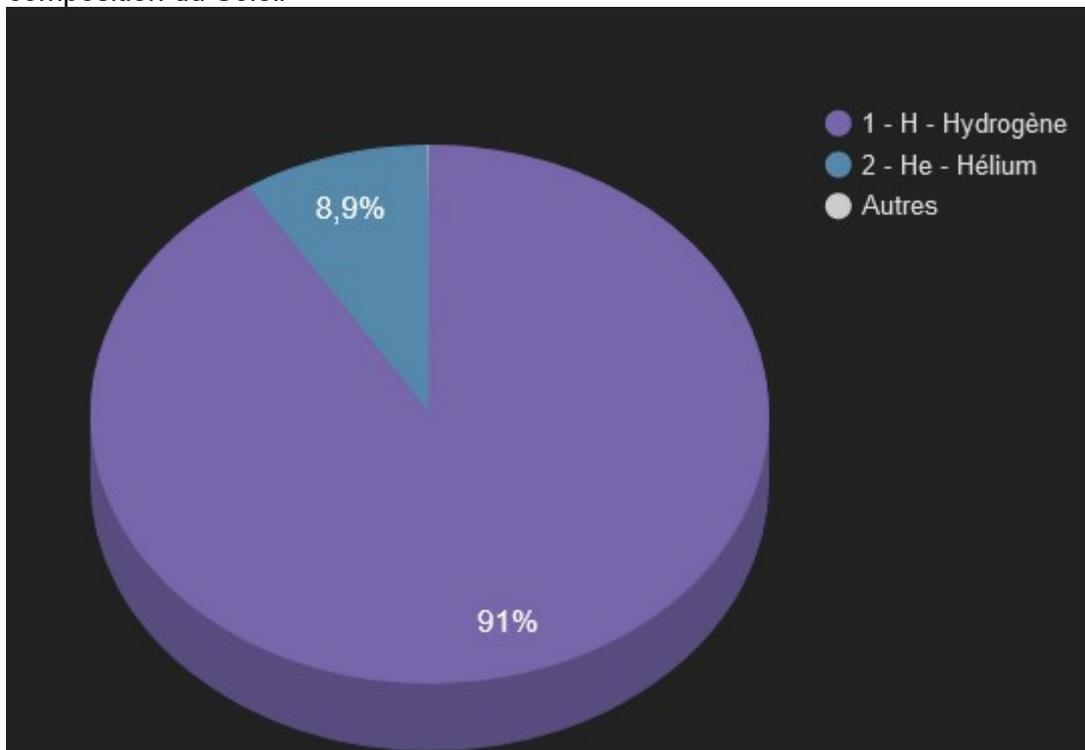
$$E = P \times t = 6,9 \times 10^{23} \text{ J.}$$

A l'aide de la relation d'Einstein, calculez la masse équivalente perdue chaque seconde par Proxima Centauri.

$$m = E/c^2 = 7,67 \times 10^6 \text{ kg} = 7670 \text{ tonnes}$$

### Exercice 2

Retour sur un diagramme circulaire Construire, ci-dessous, le diagramme circulaire de la composition du Soleil



Fiche N°2-1  
Le Soleil

## Le Soleil source d'énergie

### Durée pour que la lumière du Soleil arrive sur Terre

Calculer la durée (en s puis en min et s) pour que la lumière émise par le Soleil arrive sur Terre.

Le soleil se situe à  $150 \times 10^6$  km de la terre. La lumière se propage à  $3 \times 10^5$  km/s.  
Le temps mis par la lumière pour arriver sur terre est donc  $t = d/v$  donc  $500 \text{ s} = 8 \text{ min } 20 \text{ s}$