

LE FONCTIONNEMENT D'UNE ÉTOILE

But

Découvrir et comprendre d'où provient l'énergie dégagée par une étoile.

Documents

(s'approprier)



Doc.1 : La naissance et la stabilité d'une étoile

Les étoiles se forment par **effondrement gravitationnel** de nuages de gaz interstellaire composés principalement d'hydrogène (70-75 % de la masse) et d'hélium (25-30 %).

Une étoile passe sa vie à s'opposer à l'effondrement gravitationnel. Au fur et à mesure qu'une étoile se contracte, sa densité augmente. Ceci entraîne une augmentation de la pression jusqu'à ce que celle-ci équilibre la contraction gravitationnelle.

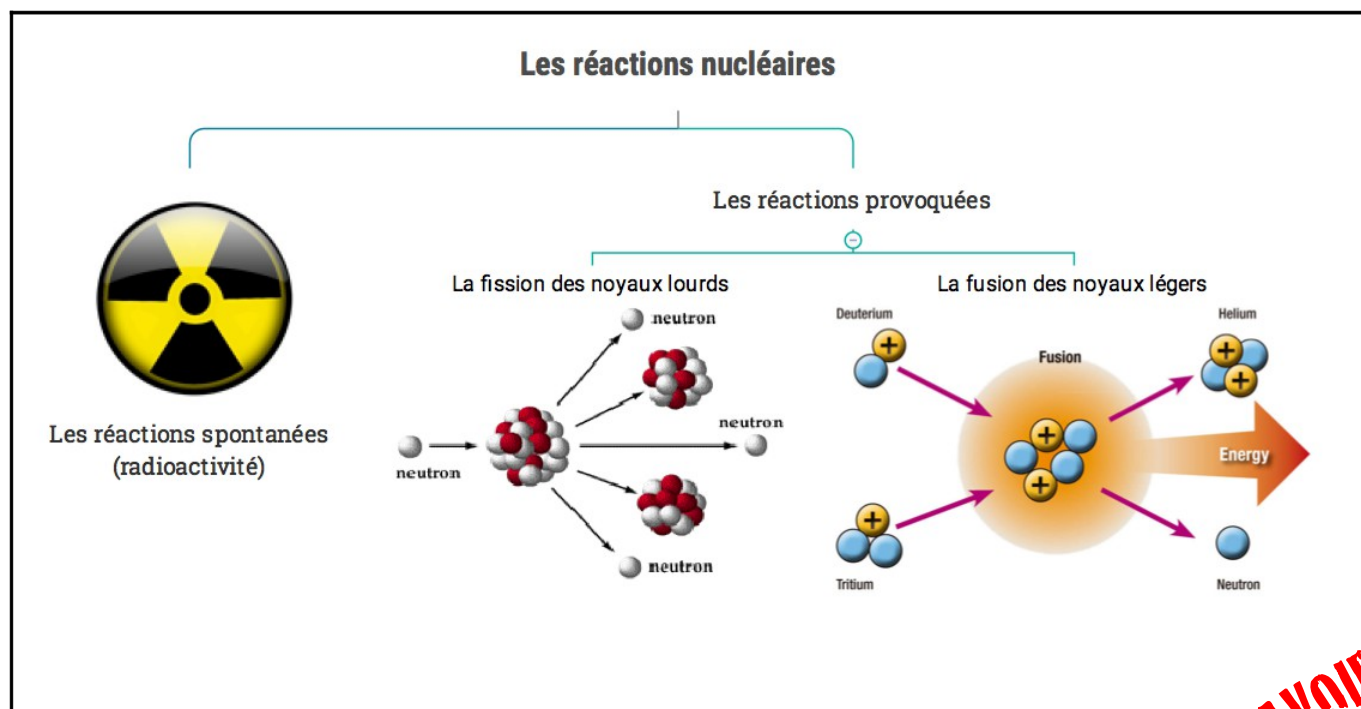
L'augmentation de la pression s'accompagne d'une augmentation de la température qui peut alors atteindre les quelques millions de degrés nécessaires à la fusion de l'hydrogène. Au cœur d'une étoile ont donc lieu des **réactions de fusion nucléaire** qui transforment des noyaux légers en noyaux plus lourds et produisent de l'énergie sous forme de photons et de neutrinos selon la fameuse formule d'Einstein $E = mc^2$. Les réactions nucléaires permettent de maintenir la température élevée et donc la pression nécessaire à la stabilité de l'étoile. Les réactions nucléaires créent de l'énergie qui a tendance à augmenter la température. Or, le taux de réactions nucléaires croît avec la température. Les réactions devraient donc s'emballer. Ce n'est pas le cas car la pression augmente avec la température. Si la température augmentait, les forces de pression deviendraient supérieures aux forces de contraction gravitationnelle. Le milieu se dilaterait et la densité diminuerait. La pression et donc la température suivraient cette diminution ce qui calmerait les réactions nucléaires. La température et le taux de réactions nucléaires sont ainsi autorégulés et l'intérieur d'une étoile est donc en équilibre.

Les étoiles ainsi formées peuvent avoir des masses allant de quelques centièmes à quelques dizaines de masses solaires. Plus l'étoile est massive, plus la pression et la température au centre sont fortes.

Vidéo

<https://www.youtube.com/watch?v=CU-xsDckAGI>

Doc.2 : Les réactions nucléaires



A SAVOIR

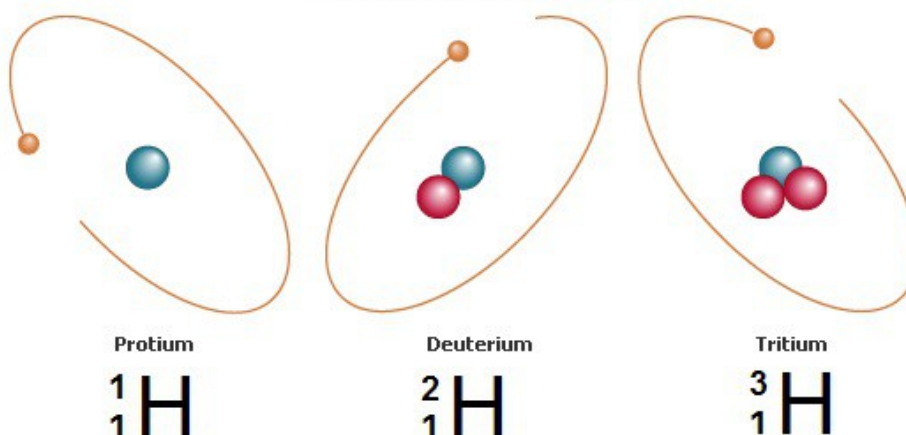
Doc.3 : Les isotopes et la représentation symbolique d'un noyau

On appelle isotopes tous les nucléides partageant le **même nombre de protons**, mais qui ont un **nombre de neutrons différent**.

Proton
Electron
Neutron

Nombre de nucléons (protons + neutrons) A
Nombre de protons Z X Symbole de l'élément

Les isotopes de l'hydrogène



A SAVOIR

Doc.4 : Les équations des réactions nucléaires

Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation :

- du **nombre de masse** entre les réactifs et les produits ;
- du **nombre de charge** entre les réactifs et les produits.

Ces lois de conservation sont appelées **lois de Soddy**.



Lors d'une réaction nucléaire, il n'y a pas conservation des éléments chimiques.

Une réaction nucléaire n'est pas une réaction chimique.



Conservation du nombre de charge : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

Conservation du nombre de masse : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

A SAVOIR

Doc.5 : L'énergie libérée par une réaction nucléaire

En 1905, en élaborant la théorie de la relativité restreinte, Einstein postule que la masse est une des formes de l'énergie : « Tout corps au repos possède du seul fait de sa masse, une énergie E appelée énergie de masse ».

C'est la fameuse formule : **$E = mc^2$**

Toute réaction nucléaire s'accompagne d'une perte de masse, donc d'énergie de masse.

Cette perte se traduit par l'apparition d'énergie cinétique emportée par les noyaux ou particules formés (énergie thermique) d'une part, et d'énergie emportée par le rayonnement gamma (énergie électromagnétique) d'autre part.

Energie libérée en joule (J)

Vitesse de la lumière dans le vide en
mètre par seconde ($m.s^{-1}$)

$$E_{libérée} = |\Delta m| c^2 = |m_{produits} - m_{réactifs}| \cdot c^2$$

Déficit de masse en kilogramme (kg)

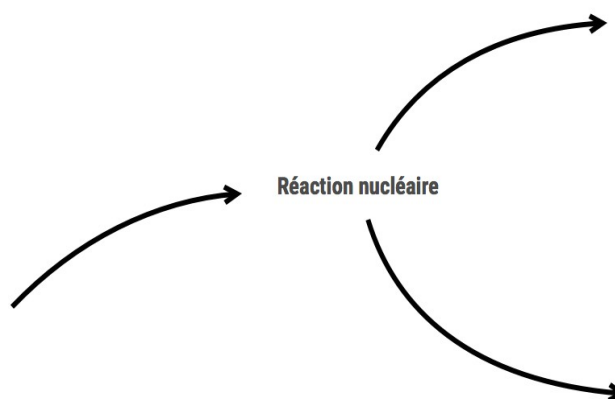
A SAVOIR

Quelques questions :

(analyser, réaliser)



1. Quel type de réaction nucléaire a lieu au cœur des étoiles ?
2. Compléter le bilan énergétique suivant modélisant les transformations d'énergie ayant lieu au cours d'une réaction nucléaire.



3. Ecrire les différentes équations de réaction nucléaire ayant lieu au cœur d'une étoile sachant que pour la plupart se produit successivement :
 - la fusion de 2 protons pour former un noyau de deutérium ;
 - la fusion d'un proton avec le noyau de deutérium précédent pour former un noyau d'hélium 3 ;
 - la fusion de 2 noyaux d'hélium 3 précédents pour former un noyau d'hélium 4.
4. En déduire l'équation de réaction nucléaire globale ayant lieu au cœur de la plupart des étoiles.
5. A l'aide de l'animation suivante, déterminer l'énergie libérée par la réaction nucléaire précédente.

Animation

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/masses_noyaux.swf

Conclusion :

(valider)



Quelle est l'origine de l'énergie dégagée par une étoile ?