L'origine des différents éléments chimiques de l'Univers

1. L'élément chimique oxygène existe entre autres sous la forme d'oxygène 15 dont le symbole est ${}^{15}_{8}\mathrm{O}$. Que représente le 8 ? Que représente le 15 ?
Plus généralement, dans la notation ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ de l'élément X, que représentent *Z* et *A* ?

2. Dans quel cas les noyaux atomiques ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ et ${}^{A'}_{Z'}\mathrm{Y}$ sont-ils ceux d'un même élément chimique ?

3. Lire attentivement document n°1 (en page 2).
Puis répondre à la question Q1 du QCM.

Q1 - Quels sont les deux premiers noyaux d'éléments chimiques qui se sont formés au début de l'Univers ?
a) Les étoiles et les galaxies.
b) Les protons et les neutrons.
c) Les noyaux d'hydrogène et d'hélium.
d) L'eau et le dioxyde de carbone.
e) Les noyaux de fer et d'oxygène.

4. Lire attentivement document n°2 (en page 2).
Puis répondre aux questions Q2 et Q3 du QCM.

Q2 - Lors de la réaction nucléaire de fusion :
(choisir toutes les bonnes réponses)
a) 1 gros noyau atomique devient 2 noyaux plus petits
b) 2 petits noyaux atomiques deviennent 1 noyau plus gros
c) un noyau se casse (se fissure) en deux et des particules sont généralement émises
d) deux noyaux fusionnent et une particule est généralement émise
e) un noyau se casse (se fissure) en deux mais il n'y a jamais émission d'une particule
f) deux noyaux fusionnent mais il n'y a jamais émission d'une particule

Q3 - Lors de la réaction nucléaire de fission :
(choisir toutes les bonnes réponses)
a) 1 gros noyau atomique devient 2 noyaux plus petits
b) 2 petits noyaux atomiques deviennent 1 noyau plus gros
c) un noyau se casse (se fissure) en deux et des particules sont généralement émises
d) deux noyaux fusionnent et une particule est généralement émise
e) un noyau se casse (se fissure) en deux mais il n'y a jamais émission d'une particule
f) deux noyaux fusionnent mais il n'y a jamais émission d'une particule

5. Lire attentivement document n°3 (en page 2).
Puis répondre à la question Q4 du QCM.

Q4 - Dans les étoiles, à partir des éléments chimiques hydrogène et hélium, il se forme des éléments chimiques plus lourds :
a) par réaction nucléaire de fission
b) par réaction nucléaire de fusion
c) par réaction chimique
d) par gravitation

D'après Enseignement scientifique 1re - Hatier 2019 page 24

Les éléments chimiques dans l'Univers

Objectif : Comprendre la nucléosynthèse stellaire

Planètes, étoiles et galaxies sont toutes constituées des mêmes éléments chimiques. Seule leur abondance varie.

Comment les éléments chimiques se sont-ils formés et comment se répartissent-ils dans l'Univers ?

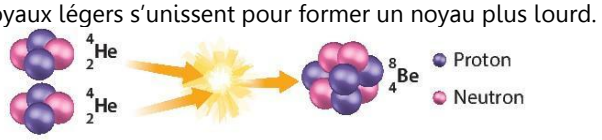
Document 1 : La théorie du Big Bang

Il y a environ 13,7 milliards d'années, l'Univers est un brouillard extrêmement dense et chaud composé de particules élémentaires (électrons, photons, etc.).
Le Big Bang secoue l'Univers, qui libère alors une énorme quantité d'énergie et entre dans une phase d'expansion extrêmement rapide : il passe de la taille d'un point à dix fois la taille de notre galaxie.
Cette dilatation entraîne une baisse de la température, laquelle provoque l'assemblage des particules en neutrons et en protons. Quelques minutes plus tard, ceux-ci se regroupent et forment les noyaux des éléments chimiques les plus légers : l'hydrogène et l'hélium.
Il faut attendre plus de cent millions d'années pour que les forces de gravitation rassemblent ces premiers atomes en étoiles. Composées à 99 % d'hydrogène et d'hélium, celles-ci deviennent le lieu de formation d'éléments chimiques plus lourds (carbone, azote, etc.) au cours de réactions nucléaires.
À la fin de leur vie, certaines étoiles massives explosent en supernova et favorisent l'apparition des éléments chimiques les plus lourds qui se dispersent dans l'Univers.

Document 2 : Deux types de réactions nucléaires

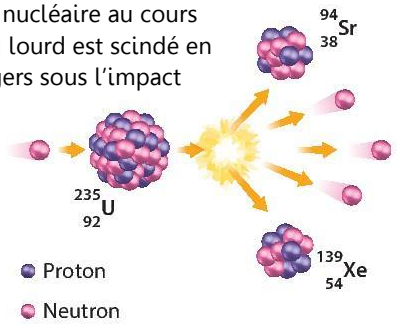
Au cours d'une réaction nucléaire, un ou plusieurs noyaux se transforment. Fusion et fission en sont deux exemples au cours desquels les nombres de neutrons et de protons se conservent. Ces réactions libèrent de grandes quantités d'énergie.

La fusion : Réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

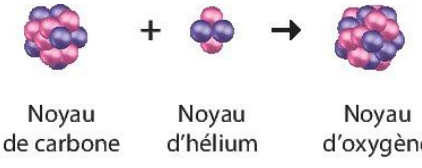


Ce type de réaction a lieu en permanence au sein des étoiles et permet la formation des éléments chimiques.

La fission : Réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd est scindé en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron.



Document 3 : La nucléosynthèse stellaire

Le physicien américain Hans Albrecht Bethe (1906-2005) explique le premier, en 1938, les réactions de fusion nucléaire dans les étoiles, montrant ainsi comment elles produisent leur énergie. L'hydrogène est le principal « carburant » de cette production d'énergie, et la fusion de ses noyaux est la première étape de la formation des éléments de l'Univers.
Au cœur des étoiles, à des températures très élevées, les noyaux des atomes fusionnent pour former de nouveaux noyaux :
– quatre noyaux d'hydrogène s'unissent pour former un noyau d'hélium $^{4}_{2}He$;
– deux noyaux d'hélium s'assemblent pour former un noyau de béryllium $^{8}_{2}Be$;
– et ainsi de suite : les éléments les plus lourds s'obtenant à partir d'éléments plus légers.

Exemple de la réaction de fusion nucléaire stellaire qu'est la formation d'un noyau d'oxygène à partir d'un noyau de carbone et d'un noyau d'hélium :
– Équation de la réaction
$^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{16}_{8}O$
– Modélisation de la réaction