

Activité 1 : Les éléments chimiques de l’Univers

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.

Animation
L’Univers, l’inimaginable naissance
hatier-clic.fr/es1024a

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 ${}_1^1\text{H}$ s’unissent pour former un noyau d’hélium ${}_2^4\text{He}$;
- deux noyaux d’hélium s’assemblent pour former un noyau de beryllium ${}_4^8\text{Be}$;

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

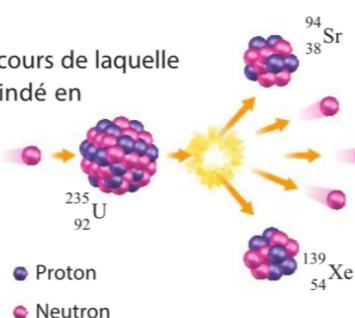
Réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s’unissent pour former un noyau plus lourd.



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.



– et ainsi de suite : les éléments les plus lourds s’obtenant à partir d’éléments plus légers.

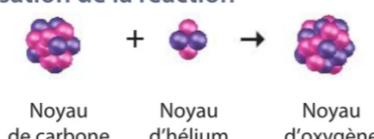
Exemple d’une réaction de fusion nucléaire stellaire

La formation d’un noyau d’oxygène à partir d’un noyau de carbone et d’un noyau d’hélium.

• Équation de la réaction



• Modélisation de la réaction



Animation
La fusion des étoiles

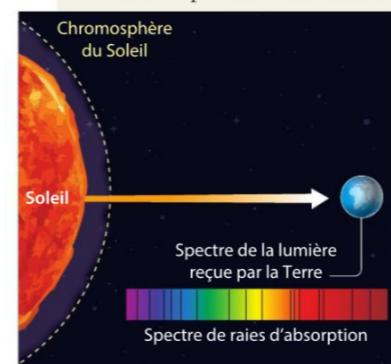
4 Analyse spectrale et composition chimique du Soleil



Bien avant les découvertes sur la fusion nucléaire stellaire, de nombreux scientifiques ont cherché à étudier la composition de la lumière du Soleil. L’un d’entre eux, le physicien allemand Joseph von Fraunhofer (1787-1826) dénombre ainsi la présence de plus de 570 raies noires dans le spectre de la lumière visible du Soleil, raies dites « de Fraunhofer ».

Durant le XIX^e siècle, les améliorations des techniques de l’analyse des spectres permettent de construire, pas à pas, de nouvelles connaissances. En 1860, les scientifiques allemands Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), chimiste, et Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), physicien, découvrent ainsi que les raies spectrales sont caractéristiques d’un élément chimique.

En comparant la position des raies de Fraunhofer avec celles des spectres d’éléments chimiques présents sur Terre, ils mettent alors en évidence que ces mêmes éléments sont présents dans le Soleil.



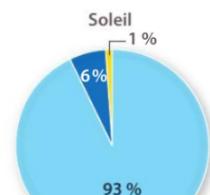
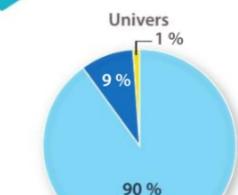
Animations
Spectres et composition chimique du Soleil
hatier-clic.fr/es1025a
hatier-clic.fr/es1025b

QUESTIONS

- Tous les éléments chimiques sont-ils apparus en même temps dans l’Univers ? Quels ont été les deux premiers éléments à apparaître ?
- Quel phénomène conduit à la formation des éléments chimiques dans les étoiles ? Quel est élément chimique initial ?
- L’équation de réaction nucléaire stellaire modélisée (doc. 3) est-elle une réaction de fusion ou de fission ? Justifier votre réponse.
- Quelle interprétation ont donné Bunsen et Kirchhoff aux raies noires observées dans le spectre du Soleil par Fraunhofer ?
- Les éléments chimiques les plus abondants sont-ils les mêmes chez tous les êtres vivants ? Réaliser un histogramme représentant la proportion des éléments chimiques présents dans le corps humain et dans le blé. Un logiciel tableur peut être utilisé.
- Après avoir indiqué les éléments les plus abondants dans l’Univers, sur Terre et dans les êtres vivants, résumer en quelques lignes la façon dont ces différents éléments se sont formés.

Fiche tableur p. 250
Pour approfondir : ex. 7 et 8 p. 34

5 L’abondance des éléments chimiques



	H	O	C	N	Autres
Corps humain	61,1 %	24,1 %	12,5 %	1,4 %	0,9 %
Blé	58,3 %	31,4 %	12,0 %	0,3 %	2,9 %
Champignon	60,1 %	30,5 %	7,2 %	1,9 %	0,3 %
Bactérie	63,0 %	29,1 %	6,3 %	1,3 %	0,3 %



Femme de science

En 1924, Cecilia Payne (1900-1970) montre que si les étoiles ont une composition similaire à celle de la Terre en éléments lourds, l’hélium et l’hydrogène y sont beaucoup plus abondants. Mais son supérieur ne souhaite pas publier sa découverte, trop révolutionnaire pour l’époque : la Terre et les étoiles doivent avoir des proportions semblables d’éléments. Ses découvertes seront pourtant confirmées ultérieurement.

Penser la science

Exercer son esprit critique

Depuis l’Antiquité, la plupart des découvertes ont été rapportées comme ayant été réalisées par des scientifiques masculins.

- Comment expliquer la relative absence des femmes dans l’histoire des découvertes scientifiques avant le XIX^e siècle ?