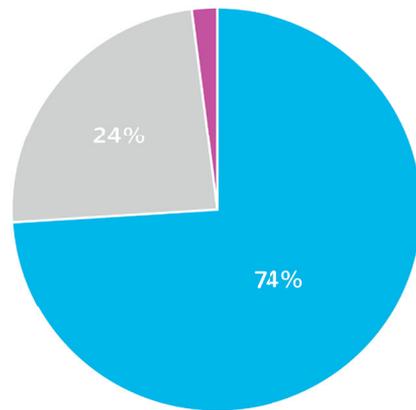
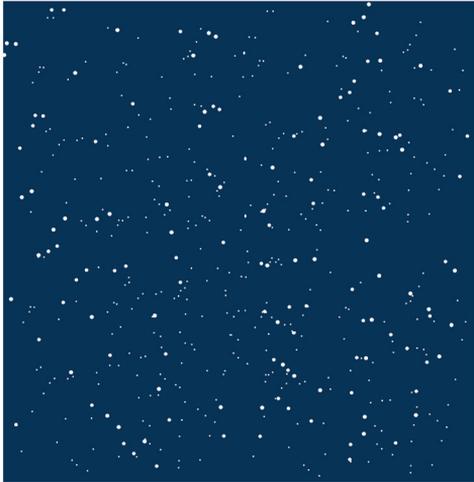


# Les éléments chimiques dans l'univers

## I La diversité des éléments chimiques

Depuis la naissance de l'Univers, les atomes d'hydrogène qui le composent majoritairement se sont organisés en systèmes de plus en plus complexes.

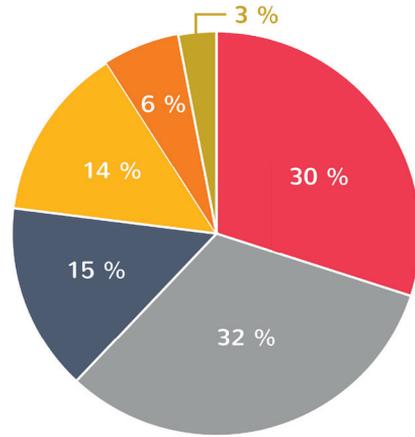
Aujourd'hui, les proportions en éléments chimiques de ces systèmes sont très diverses :



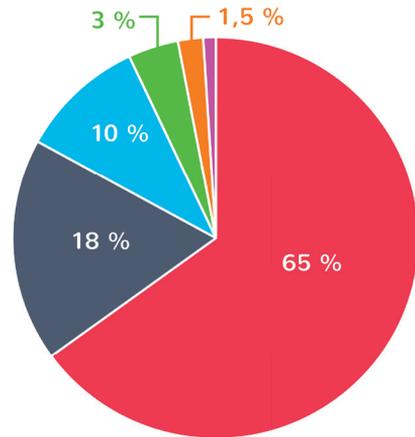
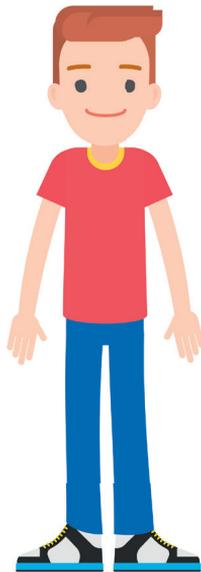
● Hydrogène

● Hélium

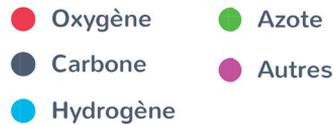
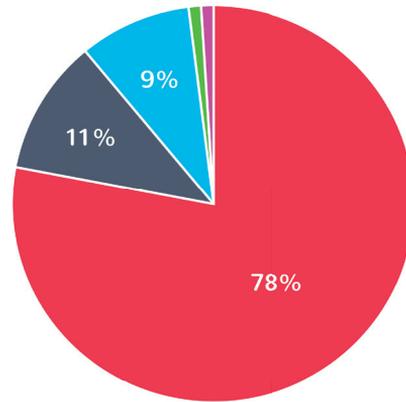
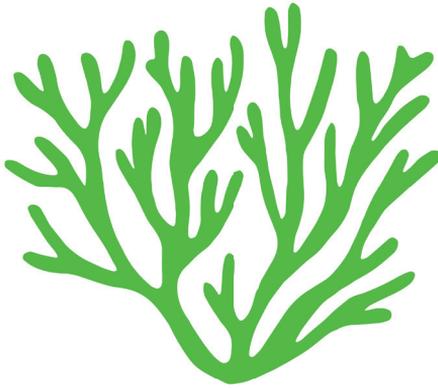
● Autres



- Oxygène
- Fer
- Silicium
- Magnésium
- Soufre
- Autres



- Oxygène
- Carbone
- Hydrogène
- Azote
- Calcium
- Autres



## II L'origine des éléments chimiques

### A Le Big-Bang

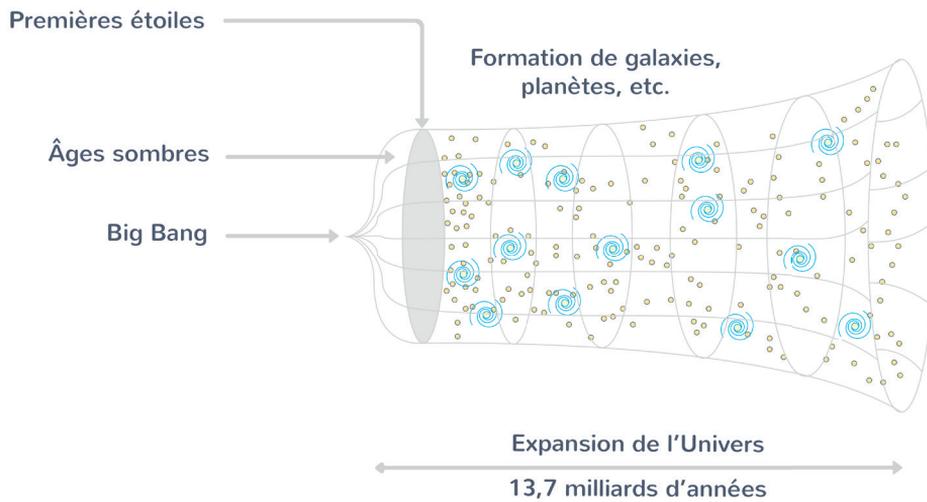
L'Univers n'a pas toujours été tel que nous le connaissons. Le modèle du Big Bang décrit sa naissance et son évolution.

#### Définition ▶ Big Bang

**Le Big Bang** est une théorie qui, à partir de preuves contemporaines, décrit la naissance de l'Univers, il y a environ 13,7 milliards d'années.

Dans le modèle du Big Bang, l'Univers originel, qui se résumait à un point très dense et chaud, est rentré en expansion. La matière s'est alors organisée au fur et à mesure du refroidissement de l'Univers :

- Les premiers noyaux, principalement d'hydrogène et d'hélium, se sont formés pendant les 300 000 premières années.
- Les plus anciennes étoiles et galaxies se sont formées quelques centaines de millions d'années après le Big Bang, par accréation des poussières.
- Il y a environ 13 milliards d'années, notre galaxie, la Voie Lactée, s'est formée.
- Il y a un peu moins de 5 milliards d'années, le Soleil s'est formé à son tour et le système solaire avec lui.



## **B** Les réactions nucléaires au sein des étoiles

C'est dans le cœur des étoiles que des réactions nucléaires vont créer de nouveaux éléments chimiques.

### 1. La fusion nucléaire

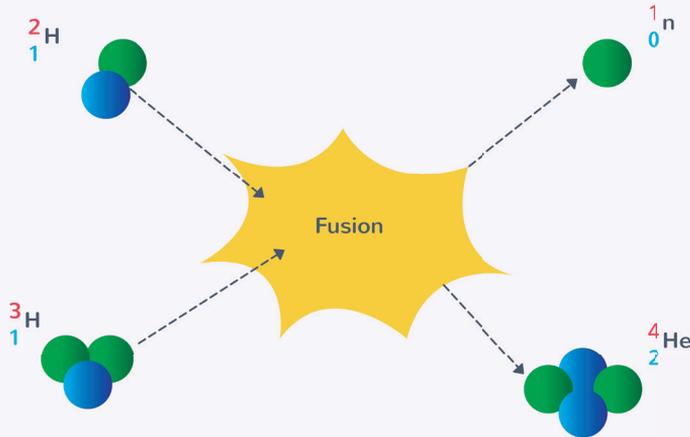
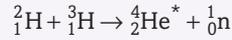
Au sein des étoiles, la pression et la température sont assez élevées pour que des réactions de fusion entre des atomes aient lieu. Elles créent de nouveaux éléments chimiques.

#### Définition **Fusion**

**La fusion** est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux atomiques s'assemblent pour former un noyau plus lourd.

### ■ Exemple

Chaque seconde, le Soleil transforme 600 millions de tonnes d'hydrogène, ou de ses isotopes, en hélium. Le deutérium  ${}^2_1\text{H}$  et le tritium  ${}^3_1\text{H}$  peuvent notamment fusionner ensemble :



### Propriété

Les fusions nucléaires qui ont lieu dans les étoiles produisent, à partir de l'hydrogène et de l'hélium, les éléments chimiques de numéro atomique  $Z$  inférieur ou égal à 26 (le numéro atomique du fer, trop stable pour être le résultat d'une fusion nucléaire).

On désigne ce phénomène par l'expression « nucléosynthèse stellaire ».

Au moment de la mort d'une étoile, les noyaux de numéro atomique supérieur à 26 (donc plus lourds que le fer) sont formés. L'ensemble de ces éléments chimiques sont alors dispersés, enrichissant l'Univers.

### ■ Exemple

- Le carbone  $Z = 6$ , l'azote  $Z = 7$  et l'oxygène  $Z = 8$ , qui sont les composants majoritaires des êtres humains, sont formés au sein des étoiles.
- L'uranium  $Z = 92$  est formé lors de l'effondrement de l'étoile.

## 2. La fission nucléaire

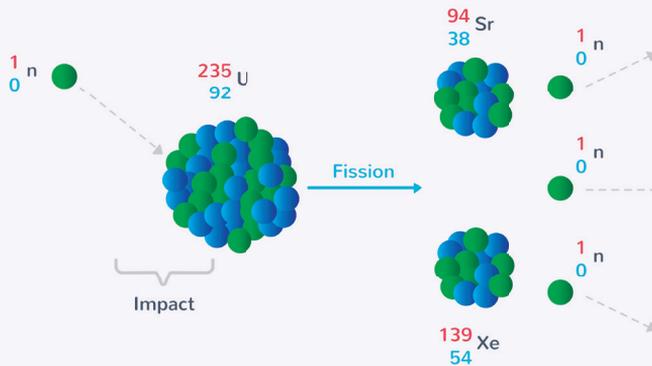
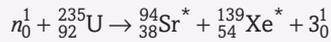
Avec la fission nucléaire, les hommes produisent de l'énergie et forment des éléments chimiques à partir de noyaux.

### Définition Fission

La **fission** est une réaction nucléaire au cours de laquelle l'impact d'un neutron sur un noyau lourd provoque son éclatement en deux noyaux plus légers.

#### Exemple

La réaction nucléaire de fission de l'uranium 235 provoquée par l'impact d'un neutron et qui peut se dérouler dans le cœur d'une centrale nucléaire est :



### III Utiliser une décroissance radioactive pour dater la mort d'un organisme vivant

Les noyaux possèdent des isotopes dont certains ne sont pas stables et se désintègrent spontanément avec le temps. Ces noyaux radioactifs sont utilisés dans de nombreux cas, comme par exemple la datation d'objets anciens.

## A La désintégration des noyaux radioactifs

Parmi les isotopes d'un élément chimique, seuls certains sont stables. Les autres se désintègrent spontanément : ils sont radioactifs.

### Définition Isotopes

Deux atomes sont **isotopes** s'ils ont :

- le même numéro atomique  $Z$  : ils correspondent donc au même élément chimique et ont les mêmes propriétés chimiques ;
- un nombre de masse  $A$  différent : leur noyau ne contient pas le même nombre de neutrons et leur masse est différente.

### Définition Radioactivité

La **radioactivité** est le phénomène associé à la désintégration spontanée des noyaux instables.

#### ■ Exemple

Parmi les isotopes du carbone, seul le carbone  ${}^{12}_6\text{C}$  est stable alors que les carbone  ${}^{13}_6\text{C}$  et carbone  ${}^{14}_6\text{C}$  sont radioactifs.

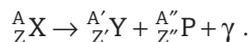
### Définition Désintégration radioactive

La **désintégration radioactive** est une réaction nucléaire spontanée au cours de laquelle un noyau radioactif donne naissance à un noyau plus stable.

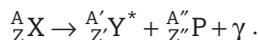
**Propriété** La désintégration radioactive du noyau instable, appelé noyau père et noté  ${}^A_Z\text{X}$ , s'accompagne de l'émission :

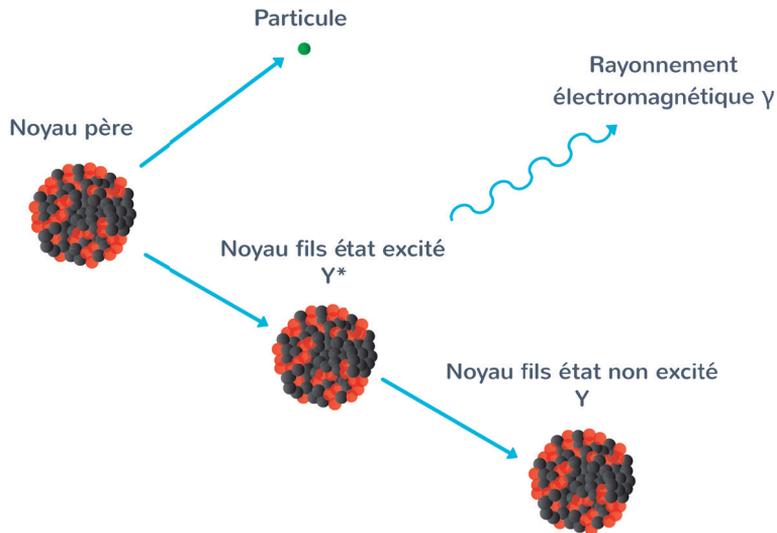
- d'un noyau fils,  ${}^{A'}_{Z'}\text{Y}$ , généralement obtenu dans un état excité et alors noté  ${}^{A'}_{Z'}\text{Y}^*$  ;
- d'une particule,  ${}^{A''}_{Z''}\text{P}$  ;
- d'un rayonnement électromagnétique  $\gamma$ , émis lors de la désexcitation du noyau fils.

Le bilan de la désintégration peut donc s'écrire :



Ou en indiquant que le noyau fils est formé dans un état excité, sachant qu'en se désexcitant il émettra un rayonnement  $\gamma$  :





Lors d'une désintégration nucléaire, il y a conservation du nombre de charge  $Z$  et du nombre de masse (de nucléons)  $A$ .

### Loi Loys de Soddy

Les lois de Soddy permettent d'écrire :

- D'après la loi de conservation du nombre de masse :  $A = A' + A''$ .
- D'après la loi de conservation du nombre de charge :  $Z = Z' + Z''$ .

Types de désintégration	Particules émises	Exemples
$\beta^-$	Un électron, noté ${}^0_{-1}e$	${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_6\text{N}^* + {}^0_{-1}e$
$\beta^+$	Un positon (antiparticule de l'électron), noté ${}^0_1e$	${}^{19}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{19}_9\text{F}^* + {}^0_1e$
$\alpha$	Un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$	${}^{238}_{92}\text{Na} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th}^* + {}^4_2\text{He}$