PHYSIQUE-CHIMIE · ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE 1RE / COURS

Les éléments chimiques, de l'étoile à la matière

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

Le fer de ton sang, le calcium de tes os, l'oxygène que tu respires : aucun de ces atomes n'existait au début de l'Univers. Juste après le Big Bang, il n'y avait presque que de l'hydrogène et de l'hélium. D'où viennent tous les autres ?

01 L'idée : la cuisine des étoiles

Une étoile est une cuisine où l'on assemble des briques. Au départ, on n'a que des petites briques (les noyaux d'hydrogène). En les collant deux par deux, puis par trois, on fabrique des briques plus grosses : hélium, puis carbone, oxygène, jusqu'au fer. Pour coller, il faut un four très chaud : plus la brique visée est grosse, plus le four doit chauffer. Les briques encore plus lourdes que le fer, comme l'or, se fabriquent dans les explosions d'étoiles et les collisions d'étoiles à neutrons.

01 Noyaux et éléments

Un noyau se note ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$: Z protons (le **numéro atomique**) et A nucléons (protons + neutrons).

Un **élément chimique** est défini par Z seul. Deux noyaux de même Z mais de A différents sont des **isotopes** du même élément, comme ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ et ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$.

01 La fusion dans les étoiles

Au cœur du Soleil, à environ 15 millions de degrés, des noyaux d'hydrogène fusionnent pour donner de l'hélium. Le bilan s'écrit :

$$4\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{0}_{1}\mathrm{e}$$

Lois de conservation dans une réaction nucléaire : le nombre total de nucléons A et la charge totale Z sont les mêmes avant et après.

Ici : $4 \times 1 = 4 + 2 \times 0$ pour A, et $4 \times 1 = 2 + 2 \times 1$ pour Z. L'élément, lui, a changé : une réaction nucléaire transforme un élément en un autre, ce qu'aucune réaction chimique ne sait faire.

Les étoiles plus massives que le Soleil vont plus loin : carbone, oxygène, néon, silicium, jusqu'au fer, qui est la brique la plus stable. En explosant, elles dispersent ces noyaux dans l'espace, où ils finissent dans de nouvelles étoiles et dans des planètes. On est fait de poussière d'étoiles, au sens propre.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/les-elements-chimiques/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

L'abondance des éléments

Où	Éléments les plus abondants (en nombre d'atomes)
Univers	hydrogène (environ 92 %), hélium (environ 8 %)
Croûte terrestre	oxygène, silicium, aluminium, fer
Corps humain	hydrogène, oxygène, carbone, azote

La matière minérale est surtout faite de cristaux (silicates, carbonates) ; la matière vivante, de molécules organiques construites autour du carbone, avec de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

Exemple guidé

Dans une étoile âgée, trois noyaux d'hélium 4 fusionnent pour donner un seul noyau. Lequel ? On écrit l'hélium 4 $^{4}_{2}\mathrm{He}$.

1. **Conservation du nombre de nucléons** : $3 \times 4 = 12$.
2. **Conservation du nombre de protons** : $3 \times 2 = 6$.
3. **Le noyau obtenu** a $Z = 6$: c'est du carbone, plus précisément du carbone 12, $^{12}_{6}\mathrm{C}$.
4. **Une étape de plus** : un carbone 12 qui fusionne avec un hélium 4 donne $A = 16$ et $Z = 8$, c'est-à-dire de l'oxygène 16.

Ces réactions demandent des températures d'environ 100 millions de degrés, bien plus que la fusion de l'hydrogène.

Retour au problème

Le carbone, l'oxygène et le calcium ont été fabriqués dans des étoiles, par fusions successives jusqu'au fer. Les étoiles ont dispersé ces noyaux en mourant, et ils se sont retrouvés dans la nébuleuse qui a donné le Soleil, la Terre et ton corps.

Les pièges

- L'élément est fixé par Z, pas par A : un isotope reste le même élément.
- On conserve A et Z, pas les éléments.
- Les éléments plus lourds que le fer ne sortent pas de la fusion tranquille d'une étoile : il faut des explosions ou des collisions.
- Abondance dans l'Univers et abondance sur Terre n'ont rien à voir : la Terre a perdu l'essentiel de son hydrogène et de son hélium, trop légers.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/les-elements-chimiques/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits