

# La naissance des éléments chimiques

## Exercice 1 : Le big-bang

D'après le modèle standard de la cosmologie, l'Univers a connu il y a 13,7 milliards d'années un moment où sa densité et sa température étaient excessivement élevées : c'est le Big Bang. Il n'y avait alors aucune particule de matière.

Comme l'Univers est alors en expansion rapide, il se refroidit et, au bout de quelques fractions de seconde, les premières particules élémentaires se forment à partir des grains d'énergie emplissant l'Univers (les photons).

D'environ 1 seconde à 3 minutes après le Big Bang, l'Univers s'est suffisamment refroidi pour permettre à ces particules de s'agglomérer de manière stable et de former les premiers noyaux d'atomes légers par fusion : l'hydrogène 1 ( $^1\text{H}$ ), l'hélium 3 ( $^3\text{He}$ ), l'hélium 4 ( $^4\text{He}$ ) et le lithium 7 ( $^7\text{Li}$ ). C'est la nucléosynthèse primordiale.

1. Pour quelle raison les atomes présents dans l'univers se rassemblent-ils pour former les étoiles ?
2. Quels sont les éléments chimiques qui composent ces étoiles de première génération ? Pourquoi ?
3. Pour quelle raison la température au coeur d'une étoile est-elle très élevée (lien avec le thème 1 Soleil) ?

## Exercice 2 : Les étoiles

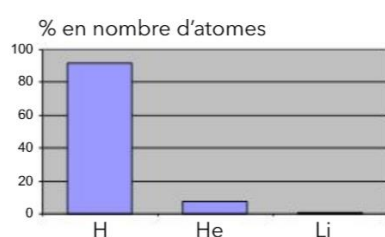
380 000 ans après le Big Bang, la nucléosynthèse primordiale n'a créé que trois éléments dont principalement de l'hydrogène (92%).

De 380 000 ans à 400 millions d'années après le Big Bang, l'Univers traverse un âge sombre. En perpétuelle dilatation, il continue à se refroidir. Il ne contient pas encore d'étoile et sa composition chimique ne varie donc pas.

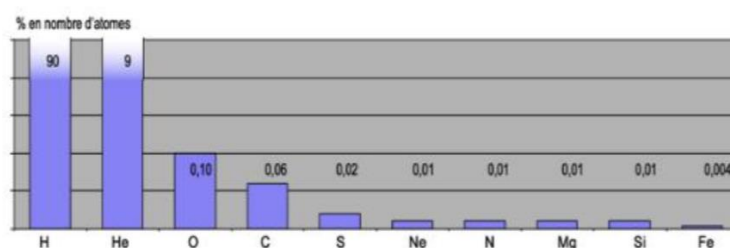
Vers 400 millions d'années après le Big Bang commence l'ère de la re-ionisation. Les premières étoiles dites de population III apparaissent. Ces étoiles très chaudes (100 000°C en surface), très massives et de durée de vie relativement courte (quelques centaines de millions d'années) commencent à modifier la composition chimique de l'Univers en créant de nouveaux éléments chimiques par le processus de la fusion thermonucléaire.

Ces étoiles de population III connaissent toutes une mort apocalyptique en explosant en hypernovae. Des cendres disséminées naissent ensuite les étoiles de population II, moins massives et composées d'une très faible proportion de métaux. Ces étoiles continuent à enrichir l'Univers en éléments chimiques lourds.

Finalement apparaissent dès 4 milliards d'années après le Big Bang et encore aujourd'hui, les étoiles de population I. Elles représentent la quasi-totalité des étoiles observées aujourd'hui. Ces étoiles, relativement plus petites et moins chaudes, poursuivent les nucléosynthèses stellaire et explosive modifiant encore légèrement la composition chimique de l'Univers.

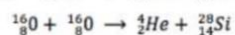
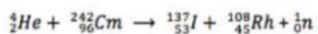
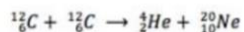


Composition des étoiles de population III

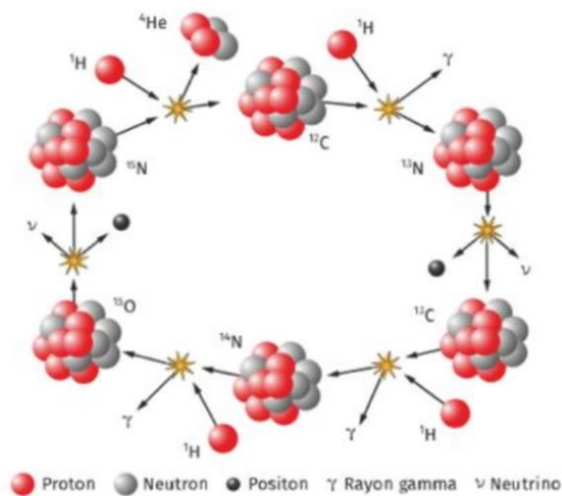


Composition des étoiles de population I

1. Pourquoi la période s'étalant de 380 000 ans à 400 millions d'années après le big-bang a-t-elle été qualifiée d'âge sombre ?
2. Pourquoi, lors de l'âge sombre, la composition chimique de l'Univers reste-t-elle stable ?
3. Quel est approximativement l'âge du Soleil ? A quelle population d'étoiles appartient-il ?
4. Expliquer la hausse de l'abondance relative de l'hélium entre les étoiles de population III et I.
5. Sur 1000 atomes pris au hasard dans l'Univers actuel, combien ne sont ni de l'hydrogène ni de l'hélium ?

**Exercice 3 : cycle CNO****Document 1****Document 2 : cycle CNO**

Le cycle carbone-azote-oxygène (ou cycle CNO avec les symboles chimiques) explique comment les étoiles convertissent de l'hydrogène en hélium.



1. Classer les transformations du document 1 selon le type de processus : fusion nucléaire ou fission nucléaire
2. Entourer les 4 réactions de fusion nucléaires dans le cycle CNO du document 2.