

# Cosmologie- Sciences de l'Univers

## Chapitre I : La nucléosynthèse.

La nucléosynthèse est un ensemble de processus physiques qui conduisent à la formation des noyaux atomiques, par fission ou fusion nucléaire.

Les trois types de base de la nucléosynthèse sont :

1- La nucléosynthèse primordiale : durant les premières secondes de l'univers (Big-Bang), responsable de la formation des noyaux légers, principalement l'hydrogène et l'hélium mais également deutérium, lithium. Aucun élément plus lourd que le lithium n'a été créé durant cette nucléosynthèse.

2- La nucléosynthèse stellaire : dans les étoiles, et se scinde en deux procédés :

a- Au cours de l'existence de l'étoile, ces dernières créent une grande partie des éléments entre le lithium et le fer ;

b- Au moment de l'explosion des étoiles massives, une forme de nucléosynthèse explosive a lieu et produit la plupart des éléments plus lourds que le fer.

3- La spallation cosmique, ou nucléosynthèse interstellaire. Les rayons cosmiques hautement énergétiques brisent les atomes de carbone, azote et oxygène en atomes plus petits (Li, Be, B,...).

Grâce à la combinaison de ces trois modèles de la nucléosynthèse stellaire, de la nucléosynthèse primordiale et de la spallation, les abondances de tous les atomes peuvent être expliquées.

### La formation des étoiles.

Le point de départ de la formation des étoiles est un nuage d'hydrogène. Il se fragmente en ensembles plus petits qui s'effondrent sur eux-mêmes sous l'effet de la gravité. En s'effondrant, chaque petit nuage va subir une forte augmentation de densité et de température. Lorsque le centre du nuage est assez chaud, les atomes se dissocient, ce qui va faciliter les interactions entre protons. La fusion des protons va former des noyaux d'hélium. La transformation d'hydrogène en hélium libère énormément d'énergie et donne naissance à une très forte pression. Le corps est alors capable de résister à la gravité, il se stabilise, se réchauffe et se met à briller, c'est la naissance de l'étoile.

### Les géantes rouges.

Les étoiles qui se trouvent dans la phase de fusion de l'hydrogène, par exemple, notre Soleil, appartiennent à la séquence dite principale. Les réactions nucléaires créent de l'hélium. La concentration en hélium au centre de l'étoile augmente ce qui conduit à une baisse du nombre de

réactions nucléaires. La gravité va reprendre l'avantage et recommence à contracter l'étoile sur elle-même. Cette contraction a comme conséquence l'augmentation de la densité et de la température dans le noyau. Au cours de ce stade, les noyaux d'hélium commencent à fusionner pour former des noyaux de carbone. La phase de fusion de l'hélium conduit à une métamorphose, les couches externes de l'étoile vont être repoussées vers l'extérieur. Le diamètre de l'étoile augmente de façon spectaculaire, sa température de surface baisse, sa couleur vire au rouge. L'étoile va devenir une géante rouge.

### Les supernovæ.

C'est lors de l'effondrement final des étoiles massives à cause de l'épuisement de leur combustible nucléaire (étape de formation des atomes de fer). Cela provoque l'effondrement gravitationnel du cœur de l'étoile. Cet effondrement va aboutir à l'explosion de l'étoile (une supernova). Lors de cette explosion, d'importantes quantités de neutrons balayent les couches de l'étoile. Ces conditions sont idéales pour la mise en place d'un processus appelé l'addition de neutrons. Ces derniers sont absorbés par certains noyaux et donnent naissance à des éléments encore plus lourds que le fer (Co, Ni, Cu,...).

### Les poussières interstellaires.

Après l'apparition des éléments lourds, la complexification de la matière va se faire au niveau atomique ou moléculaire plutôt que nucléaire. Après l'abaissement de la température, les noyaux et les électrons s'associent et forment ensuite, des structures plus complexes (molécules). Ces dernières s'agglomèrent pour former des grains minuscules (poussières interstellaires), qui seront ensuite chassés vers le milieu interstellaire. Ils sont généralement constitués d'un noyau solide formé de carbone, d'oxygène, de silicium, de magnésium et de fer. A leur surface on trouve une chimie relativement complexe, avec des molécules simples comme l'eau ou plus élaborées comme les hydrocarbures polycycliques.