

# LA CHIMIE DES ÉTOILES

## **I. REPARTITION DES ÉTOILES DANS LES GALAXIES**



**M51**

Galaxie un peu différente de la nôtre car elle a un petit bulbe (partie centrale) : c'est une galaxie que l'on qualifie de type Sc (« S » pour spirale & « c » pour le petit bulbe).

Galaxie de type Sc : galaxie avec un petit bulbe et beaucoup de gaz (les tâches roses observables sur la photo ci-dessus traduisent la présence de gaz, le rose caractéristique d'émission d'hydrogène).

Une galaxie de type Sc a 20 à 30 % de sa masse (hors matière noire) sous la forme de gaz, et donc, le reste, 70 à 80 % sous la forme d'étoiles.

### **Autres types de galaxies :**

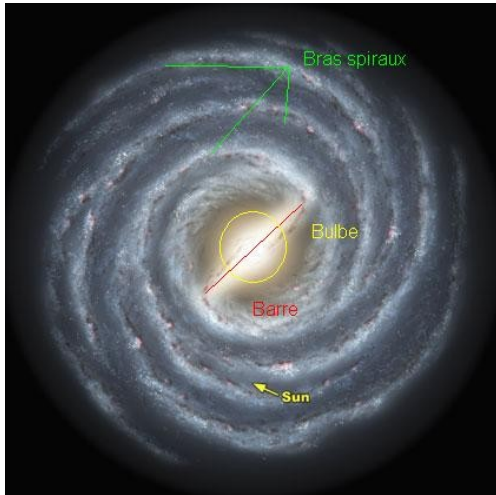
*Galaxie de type Sd* : galaxie sans bulbe

*Galaxie de type Sb* : galaxie avec un plus gros bulbe

*Galaxie de type Sa* : galaxie avec un très gros bulbe (composé de 1% de gaz).

Une galaxie comme la nôtre est de type Sb donc elle a un plus gros bulbe par rapport à une galaxie telle que M51.

Notre voie lactée : à peu près 10 % sous forme de gaz, 90 % sous forme d'étoiles.



### **Eléments d'une galaxie**

Le disque : autre partie de la galaxie.  
 Le bulbe : partie centrale de la galaxie.  
 Les bras : lieu où le gaz est important.  
 Les nébuleuses : lieux de formation des étoiles.

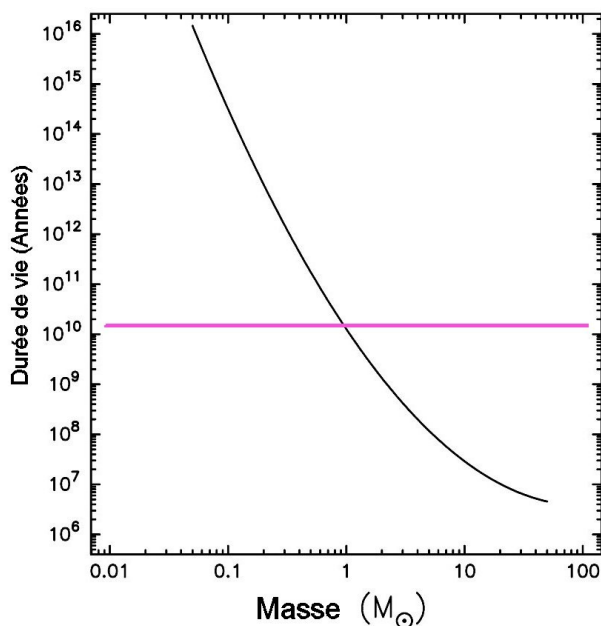
## **II. NOTION DE CHIMIE EN ASTROPHYSIQUE**

En astrophysique, on ne parle de chimie au niveau des noyaux atomiques, c'est-à-dire les particules qui constituent le noyau.

On parle de réactions au niveau des noyaux. Tout se passe au coeur des étoiles et la chimie la plus fréquente que l'on rencontre, c'est l'hydrogène et l'hélium, l'hydrogène étant le noyau majoritaire dans l'espace.

Transformation : l'hélium est plus complexe que l'hydrogène.

En astronomie, en astrophysique, quand on parle de chimie, on parle plus précisément encore de **nucléosynthèse**, car il y a transformation des noyaux, c'est-à-dire qu'il y a synthétisation de nouveaux noyaux.



Il y a donc différentes étoiles (différentes couleurs, tailles, masses...).

Les couleurs définissent la température à la surface de l'étoile, ce qui a des incidences sur les noyaux, sur la chimie des étoiles.

Toutes les étoiles ne forment pas forcément la même chose mais surtout elles n'ont pas toutes la même espérance de vie.

L'univers est un petit peu « fainéant » donc pour lui, c'est plus dur de fabriquer une grosse qu'une petite étoile.

Si on représente le pourcentage d'étoiles qui est formé en fonction de leur masse, on voit que l'univers a tendance à faire une grosse majorité de petites étoiles.

La masse minimale pour la formation d'une étoile est de 8% de la masse du soleil. On ne connaît pas vraiment la masse maximale que peut atteindre une étoile (on pense que ça peut être entre 60 et 100 fois la masse du soleil). En fait, il n'y a pas de limite théorique.

### **A masse différente, espérance de vie différente**

*Grosse étoile* : peu de chance de formation, espérance de vie limitée.

*Masse 60 fois celle du soleil* : espérance de vie de 4 millions d'années.

*Proxima du Centaure* : espérance de vie de presque 100 milliard d'années.

*Etoile de 8% de la masse solaire* : espérance de vie d'environ 10 milliards de milliards d'années.

De plus, les étoiles ne vont pas finir leur vie de la même façon.

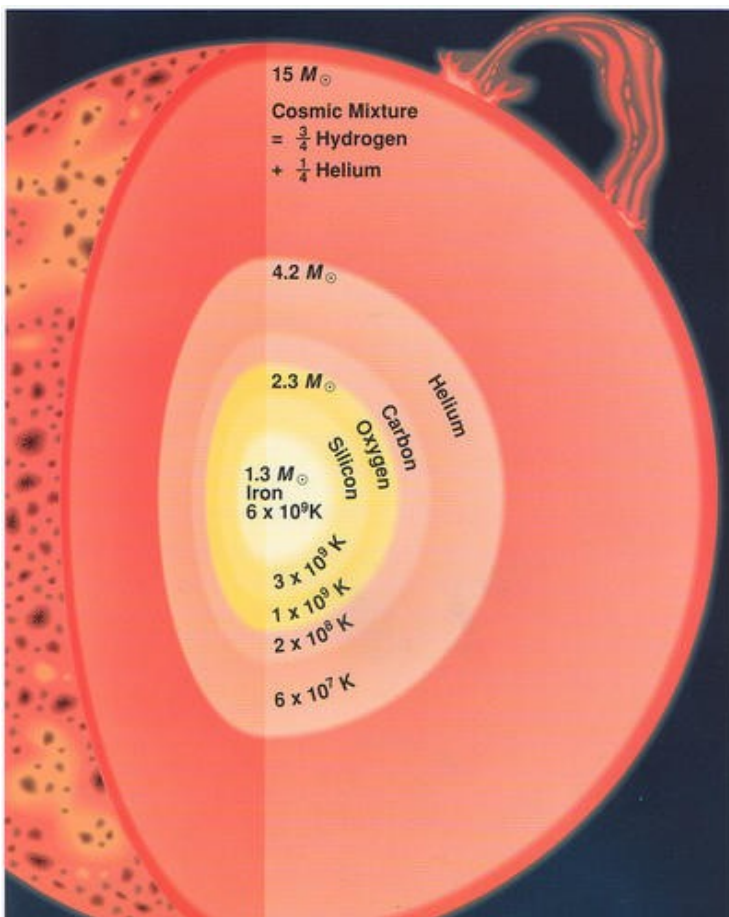
## **III. EVOLUTION DES ETOILES**

Etoiles de 0 à 10 fois la masse du soleil : explosion en nébuleuse planétaire.

Etoiles de masse supérieure : explosion en supernovae.

En fonction de leur façon d'exploser, cela va avoir des conséquences sur la chimie des étoiles, et plus précisément sur les émissions chimiques.

Les étoiles à petites masses ne chauffent pas beaucoup au centre : formation seule et peu abondante de carbone, d'oxygène (comme le soleil).



L'explication peut se faire par le biais des étoiles explosant en supernovae.

Au centre des étoiles très lourdes se forment beaucoup de choses intéressantes (carbone, oxygène...) et, comme la température, au cœur, est plus élevée, ça va permettre de former des éléments plus complexes comme le silicium, ... jusqu'à la formation de fer.

Une étoile très massive s'arrêtera forcément à la fabrication du fer. L'étoile va « tomber en panne » au moment où elle va commencer à fabriquer du fer, et c'est à ce moment là que l'étoile va exploser en supernova et va conduire à la formation d'une nébuleuse.\*

Il n'y a pas de source d'énergie suffisante pour former quelque chose de plus sophistiqué que le fer.

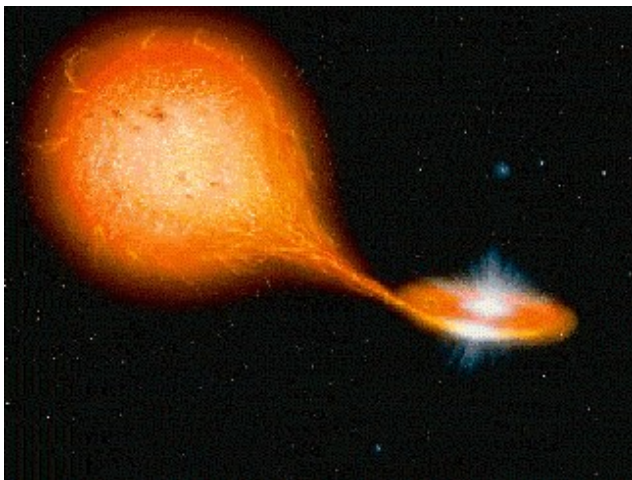
Pour expliquer la formation de tous ces éléments plus complexes que le fer, il faut faire appel à un phénomène un peu plus puissant qu'une étoile : l'explosion de l'étoile.

L'énergie dégagée au moment de la supernova va être tellement forte qu'elle va prendre notamment des petits noyaux de fer, les imbriquer les uns aux autres et fabriquer ainsi des éléments compliqués (or, plomb, nickel, jusqu'à l'uranium voire des éléments radioactifs non présents sur Terre).

### **Deux types de supernovae :**

Historiquement, c'est-à-dire à l'époque où l'on n'avait que des observations et pas réellement d'idées sur la nature précise du phénomène, on a fait **deux classes** car certaines supernovae présentaient des traces d'hydrogène (*type II*), d'autres non (*type I*).

Depuis, on sait que les supernovae de type II sont des étoiles massives de plus de 10 fois la masse du soleil...



*Supernova type Ia* : on a une naine blanche qui dépasse une certaine masse qui explose (1,4 fois la masse solaire). Grossissement de la naine par « aspiration » d'une étoile voisine, dépassant ainsi la masse critique.

## **IV. CYCLE DU GAZ**

*Au début, on a du gaz => formation des étoiles plutôt au niveau des bras de la galaxie => formation d'éléments chimiques au coeur des étoiles.  
A la fin de vie de l'étoile : explosion => éjection des éléments constitués => retour sous forme de nébuleuse pour reformation éventuelle d'étoiles.*

Au fil du temps, il y a formation d'étoiles aux éléments de plus en plus riches. L'étude de la chimie des étoiles peut permettre de donner une **chronologie de l'évolution des galaxies**.

Les galaxies avec peu de métaux sont jeunes.

Les galaxies plus riches en métaux sont alors relativement vieilles.

La masse et la composition chimique d'une étoile déterminera sa durée de vie.

### **Comparaison de supernovae de type I et II**

Les supernovae de type I et II forment notamment du fer et du magnésium mais dans des proportions différentes.

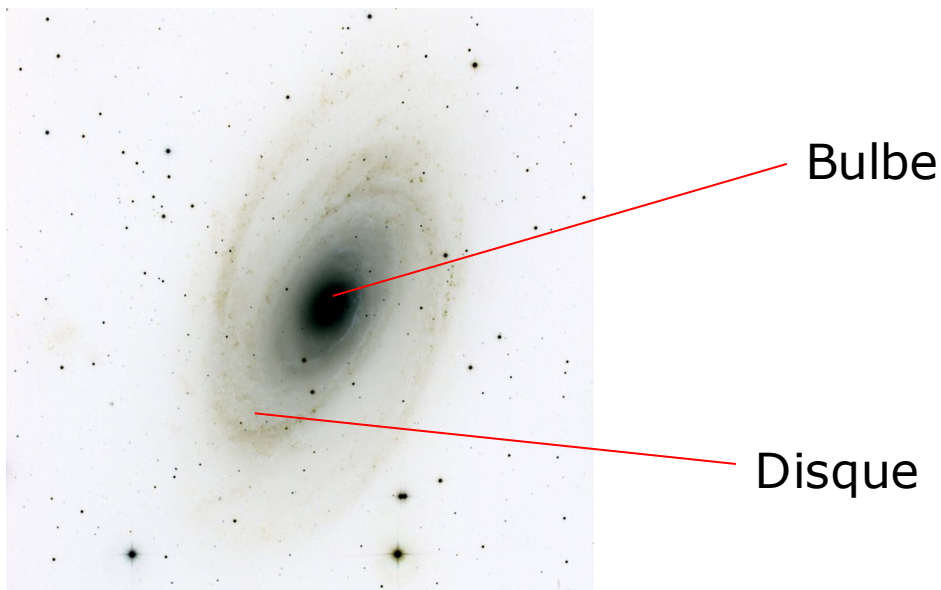
L'étude dans une galaxie du rapport entre le fer et le magnésium permet de voir si les explosions proviennent davantage de supernovae de type I ou de type II.

- Galaxie n'ayant que des supernovae de type II : rapport fer/magnésium à peu près égal.
- Galaxie ayant des supernovae de type I : le rapport chute, avec plus de fer que de magnésium.

Dans une galaxie, cela permet donc d'étudier différentes régions :

- Bulbe : la composition chimique des étoiles ne montre pas l'influence de supernovae de type I. Cela signifie que les étoiles du bulbe se sont formées avant qu'il n'y ait des supernovae de type I. Il n'y a pas plus de supernovae de type II dans le bulbe car les étoiles du bulbe sont plutôt âgées, et, celles qui explosent en supernovae de type II ont une espérance de vie courte et ont donc déjà eu le temps d'exploser...
- Disque : la composition chimique des étoiles montre l'influence de supernovae de type I. Cela signifie que des étoiles du disque se sont formées à une époque où il y avait déjà eu des supernovae de type I. Le disque étant une zone de formation d'étoiles, c'est aussi là que l'on trouve les supernovae de II. La raison est que les supernovae de type II sont associées à des étoiles massives et les étoiles massives ne vivent pas longtemps.

Le bulbe et le disque sont 2 régions aux formes différentes mais également 2 régions ayant une chimie différente du fait d'une histoire différente.



# IMAGE DE LA FIN

*La Galaxie d'Andromède.*



Andromeda Galaxy  
GALEX



Andromeda Galaxy  
Visible light image (John Gleason)

***Sandrine GARDON d'après la conférence de Sébastien POIRIER (Docteur en Astrophysique)***

© 02/2007 – Sandrine GARDON / VOYAGER 3 Astronomie