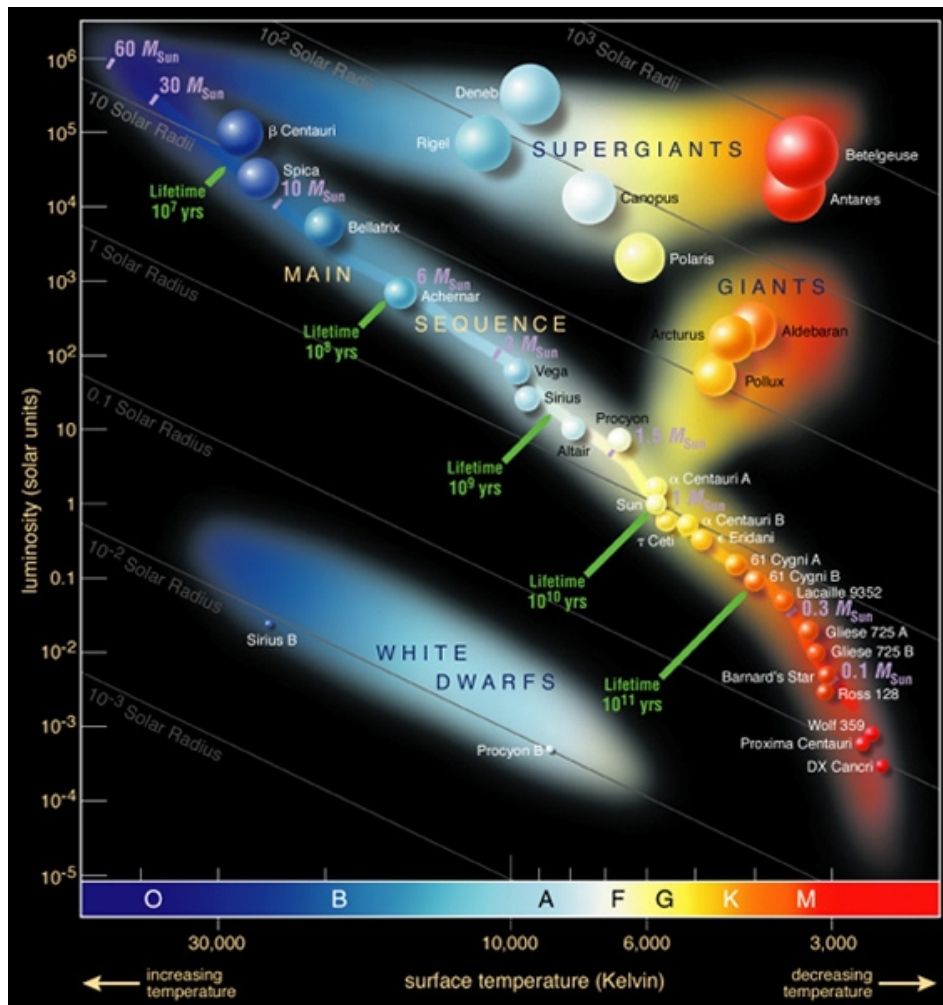


## Lexique pour la bonne compréhension de l'image et du texte d'explications

### LES ÉTOILES : quelques informations complémentaires :

Le **diagramme de Hertzsprung-Russell** ou **diagramme HR** est un graphique dans lequel est indiquée la luminosité d'un ensemble d'étoiles en fonction de leur température effective. Il a permis d'étudier les populations d'étoiles et d'établir la théorie de l'évolution stellaire.



**La séquence principale** : quatre vingt dix pour cent des étoiles d'un tel diagramme se situent le long d'une bande étroite appelée **séquence principale** : c'est le stade principal de l'évolution d'une étoile. Les étoiles de la séquence principale apparaissent sur une bande continue et bien distincte d'étoiles : le coin supérieur gauche du diagramme comprend les étoiles bleues, chaudes et brillantes. Les étoiles les plus froides, beaucoup plus faibles que les étoiles chaudes, se situent en bas à droite. La bande reliant les étoiles chaudes et brillantes en haut à gauche aux étoiles froides et faibles en bas à droite constitue **la séquence principale**. La proportion élevée d'étoiles sur la séquence principale est due au fait qu'elle correspond à la phase de fusion de l'hydrogène en hélium, laquelle dure la majeure partie de la durée de vie totale de l'étoile.

**La branche des géantes rouges** ou la première branche des géantes, elle part de la séquence principale en allant sur la droite, elle correspond à la partie de la branche des géantes correspondant aux étoiles sous-géantes de couleur jaune-orangée avant que la combustion de l'hélium ne démarre, lors de l'évolution stellaire. C'est un stade qui suit la **séquence principale** pour les étoiles de masse faible ou intermédiaire.

**La branche des géantes et supergéantes rouges** : en haut et à droite sur le diagramme, elle correspond aux étoiles dont le stade suit la **séquence principale** : les étoiles de la branche des géantes ont un cœur inerte d'hélium entouré d'une coquille d'hydrogène brûlant selon le cycle CNO. Ce sont des étoiles de types K et M beaucoup plus grosses et beaucoup plus lumineuses que les étoiles de la séquence principale ayant la même température.

Outre les informations données au début de chaque texte d'explications de la « **Série constellations** » sur les différents types spectraux, température et couleur des étoiles, voici quelques précisions complémentaires concernant les différentes classes d'étoiles :

**Binaire à éclipses** : une binaire à éclipses, ou binaire photométrique, est une étoile binaire dans laquelle le plan de révolution des deux astres se trouve sensiblement dans la ligne de vision de l'observateur ; les deux étoiles s'éclipsent ainsi mutuellement de façon périodique.

**Binaire astrométrique** : étoile binaire dont les deux composantes ne sont pas résolues, la duplicité étant révélée par le mouvement orbital du photo-centre, qui décrit une orbite autour du barycentre, sur le ciel. En particulier quand le compagnon est beaucoup plus faible que l'étoile primaire (ou principale), c'est le mouvement réflexe de celle-ci qui est observé. Cette méthode pourrait conduire dans l'avenir à la détection de nombreuses planètes extrasolaires.

**Binaire spectroscopique** : c'est une étoile binaire dont le mouvement orbital est mis en évidence par la variation de la vitesse radiale d'une ou des deux composantes du système. Cette vitesse est mesurée grâce à un **spectrographe** en observant le déplacement par effet **Doppler-Fizeau** des **raies spectrales** de l'étoile, dû à sa vitesse orbitale le long de la ligne de visée. Un exemple de binaire spectroscopique est **Mizar A** composée de deux étoiles, **Mizar B** est également une binaire spectroscopique à deux étoiles, le système **Mizar** contient donc quatre étoiles. Cette méthode a également conduit à la détection de nombreuses planètes extrasolaires.

**BS1** ou **binaires spectroscopiques à raies simples** : seul le mouvement des raies de l'étoile la plus brillante peut être mesuré.

**BS2** ou **binaires spectroscopiques à raies doubles** : le mouvement des raies des deux composantes est vu.

**BS3** : plus rare pour un système triple.

**Étoile de type Algol** ou **Bêta Persei** : ce sont des étoiles binaires à éclipses : quand la composante la plus froide passe devant la plus chaude, la luminosité totale de la binaire décroît temporairement : c'est le minimum principal de la binaire. La luminosité totale peut également décroître, plus faiblement, lorsque la composante la plus chaude passe devant la plus froide : c'est le minimum secondaire.

**Étoile à baryum** : c'est une géante rouge de type spectral G ou K dont le spectre indique une surabondance d'éléments chimiques issus du processus à travers la présence de la raie Ba II du baryum ionisé une fois (Ba<sup>+</sup>). Ce sont toujours des étoiles binaires, avec la présence de naines blanches dans certains systèmes. Les étoiles à baryum sont le résultat d'un transfert de masse au sein d'un système binaire d'une étoile de la branche asymptotique des géantes (**AGB**) vers une étoile de la séquence principale qui se trouve enrichie en carbone et autres éléments : l'étoile carbonée devient une naine blanche tandis que l'étoile de la séquence principale devient la géante rouge enrichie en carbone : cette dernière quitte alors la séquence principale pour se situer sur la branche des géantes rouges.

**Étoile de type Delta Scuti** : c'est une étoile variable dont les variations de luminosité sont causées par des pulsations radiales et non-radiales de la surface de l'étoile. Les fluctuations de brillance ont des périodes allant de quelques dizaines de minutes à quelques heures, ce sont des géantes ou sous-géantes dont le type spectral se situe entre A0 et F5. Voici quelques exemples de variables de type **Delta Scuti** : **Véga, Denebola, Bêta Caph.**

**Les Céphéides** : ce sont des étoiles géantes variables qui pulsent selon un rythme régulier, comme l'étoile **Delta Cephei** dans la constellation de **Céphée**. La pulsation des **Céphéides** est le résultat d'un mouvement régulier de dilatation et de contraction lié à la gravité. Ces changements de taille s'accompagnent de variation de température, donc de luminosité.

**Étoiles du red clump** : le **red clump** (en français **grumeau rouge**) désigne une zone du **diagramme de Hertzsprung-Russel** correspondant aux **géantes rouges de population I** – dont la métallicité est du même ordre que celle du Soleil – tirant leur énergie de la fusion de l'hélium en carbone 12 ainsi que de la fusion de l'hydrogène autour du cœur de l'étoile. Les étoiles du **red clump** se situent sur la branche horizontale du **diagramme de Hertzsprung-Russel**, qui concerne quant à elle les étoiles de **population II**. **Red clump** et branche horizontale regroupent les étoiles qui tirent leur énergie de la fusion de l'hélium en leur cœur, alors que la séquence principale regroupe des étoiles tirant leur énergie de la fusion de l'hydrogène en leur cœur.

## COSMOLOGIE :

**CMB (Cosmic Microwave Background)** ou **Fond Diffus Cosmologique** est un rayonnement électromagnétique très homogène observé dans toutes les directions du ciel et dont le pic d'émission est situé dans le domaine des micro-ondes. Découvert par hasard en 1964, il donne la priorité aux modèles basés sur l'idée du **Big Bang**, qui prédisent l'émission d'un rayonnement thermique à l'époque de l'Univers primordial, 380 000 après le **Big Bang**.

**La Voie Lactée** et ses compagnes proches dont la **galaxie d'Andromède** se déplacent, poussées par un vide, à la vitesse de 630 km/s vers une région de l'espace nommée **Le Grand Attracteur**, située à 150 millions d'années-lumière de nous. Une entité plus importante, est directement située derrière **Le Grand Attracteur**, à 600 millions d'années-lumière de nous, elle est nommée **Concentration d'amas de galaxies de Shapley**.

**La loi de Hubble-Lemaître** énonce que les galaxies s'éloignent les unes des autres à une vitesse approximativement proportionnelle à leur distance. Autrement dit, plus une galaxie est loin de nous, plus elle semble s'éloigner rapidement.

**La constante de Hubble** est la constante de proportionnalité existant aujourd'hui entre la distance et la vitesse de récession apparente des galaxies de l'Univers observable. Elle permet d'explicitier la **loi de Hubble-Lemaître** décrivant l'expansion de l'Univers. **La constante de Hubble** est généralement exprimée en km/s/Mpc (mégaparsec), fournissant ainsi la vitesse en kilomètres par seconde (km/s) d'une galaxie, en fonction de sa distance en mégaparsecs (Mpc). Sa valeur déduite des observations est d'environ 70 km/s/Mpc, ce paramètre cosmologique décrit donc le taux d'expansion de l'Univers à un instant donné.

**Un parsec** ou **pc** est une unité de distance utilisée en astronomie équivalent à 3,26 années-lumière ou 206 265 unités astronomiques ou 30 900 milliards de km environ.

**Un mégaparsec** ou **Mpc** est une unité de mesure de distance égale à un million de parsecs, soit 3,26 millions d'années-lumière.

**LES GALAXIES : une galaxie** est une vaste structure cosmique formée d'étoiles, de planètes, de gaz, de poussière interstellaire, sans doute essentiellement de matière noire, le tout rassemblé par l'effet de gravitation de l'ensemble de ces composantes. En leur centre se trouve souvent un trou noir supermassif. Elles comprennent trois classes principales : **elliptiques, spiralées et irrégulières**, elles même divisées en plusieurs sous-classes.

**La Voie Lactée**, notre galaxie, est une spirale barrée, dont le diamètre est estimé de 100 000 à 120 000 années-lumière, elle fait partie du **Groupe Local** qui contient un cortège de galaxies satellites.

**Les galaxies spirales** : elles sont essentiellement constituées de deux éléments : un noyau sphérique entouré d'un disque de matière dans lequel apparaît une **structure spirale**. Elles présentent une grande diversité de formes, certaines ont un noyau énorme entouré de petits bras spiraux, d'autres ont un noyau minuscule avec des bras très longs.

Cette classe de galaxies se subdivise en deux groupes : **les spirales normales**, dans lesquelles les bras se développent directement à partir du noyau, et **les spirales barrées**, comme **La Voie Lactée**, qui présentent une grande barre centrale dont les extrémités sont le point de départ des bras. Chaque étoile tourne en rond autour du noyau, ce mouvement orbital donne naissance à une force centrifuge. **Les spirales** possèdent des étoiles de tous les âges et de toutes les masses, ainsi qu'une grande quantité de gaz et de poussière.

**Galaxie spirale de grand style** : ce sont des galaxies spirales avec des bras spiraux importants et bien définis. Elle se distinguent ainsi des **galaxies spirales cotonneuses**, qui possèdent des caractéristiques structurales plus subtiles. **M81, M51, M74, M100** et **M101** sont des galaxies spirales de grand style.

**Les galaxies elliptiques** : elles présentent une forme sphérique ou ovale sans structure interne et de brillance à peu près uniforme. Elles sont principalement composées d'étoiles vieilles et rouges et sont plus ou moins dépourvues d'astres jeunes et massifs. Elles regroupent des concentrations sphéroïdales de milliards d'étoiles qui ressemblent à des amas globulaires à grande échelle ; la densité des étoiles diminue doucement du centre très lumineux vers des bords diffus. Le mouvement des étoiles est aléatoire contrairement aux galaxies spirales. Les elliptiques sont maintenant connues comme étant des objets complexes, elles sont supposées être le produit final

de la fusion de deux galaxies spirales. Outre les elliptiques normales, elles se divisent en plusieurs autres groupes : les **galaxies cD** immenses et brillantes, les **galaxies elliptiques naines** d'une apparence diffuse, les **galaxies naines sphéroïdales** d'une luminosité extrêmement basse, les **galaxies naines compactes bleues (BCD pour Blue Compact Dwarf Galaxies)** : ces **BCD** sont des zones actives de formation d'étoiles, de type spectral A, typique des étoiles relativement jeunes.

**Les galaxies lenticulaires** : elles représentent un cas intermédiaire entre les **spirales** et les **elliptiques**. Ce sont des galaxies à disque, avec un bulbe central proéminent et sans bras spiraux bien définis, ainsi qu'une absence de gaz et la présence de poussière. Leur composition se rapproche plus de celle des **galaxies elliptiques** que de celle des **galaxies spirales**, elles comprennent des étoiles âgées de plus d'un milliard d'années et contiennent plus d'**amas globulaires** que les galaxies spirales de masse comparable. On pense qu'elles pourraient résulter d'une fusion galactique.

**Les galaxies irrégulières** : elles présentent un aspect difforme et sont très riches en gaz et en poussière. Elles sont classées en deux groupes :

Les galaxies ayant un aspect irrégulier mais dont la distribution de matière est en fait très régulière, comme par exemple **Les Nuages de Magellan**. On les considère comme des spirales qui n'ont pas pu achever leur formation. Le deuxième type est celui des galaxies véritablement irrégulières : leur irrégularité peut avoir diverses origines comme une forte activité du noyau ou bien une collision passée avec un autre galaxie.

**Galaxies actives de type Seyfert** : ce sont des galaxies spirales caractérisées par un noyau extrêmement brillant et compact. Leur noyau représente une des plus grandes sources de rayonnement électromagnétique connues de l'Univers, en lien avec un trou noir supermassif en leur centre ; voici quelques exemples de **galaxies de Seyfert** : M106, L51, M77, Galaxie du Compas, NGC 4151, NGC 4725, NGC 788, NGC 5548, Markarian 231...

**Galaxies de LINER (Low-Ionization Nuclear Emission-line Region)** : ces galaxies possèdent un noyau dont le spectre d'émission est caractérisé par de larges raies d'atomes faiblement ionisés.

**LES AMAS STELLAIRES** : il existe deux groupe principaux : **les amas ouverts et les amas globulaires**.

**Les amas ouverts** sont des ensembles d'étoiles présents à l'intérieur même d'une galaxie et qui commencent à s'éloigner progressivement les unes des autres. Un amas ouvert est un amas stellaire groupant environ de 100 à 10 000 étoiles de même âge liées entre elles par la gravitation. Quelques exemples d'amas ouverts : **Les Pléiades** ou **M45**, et le plus lointain **double amas de Persée**.

**Les amas globulaires**, avec le plus lumineux d'entre eux **Oméga Centauri**, ne se trouvent pas dans le plan des galaxies, mais plutôt à la périphérie de celles-ci. Bon nombre d'entre eux sont probablement les noyaux de galaxies qui ont depuis longtemps fusionné avec la nôtre : seules les étoiles les plus denses au cœur de chaque amas subsistent. Les amas globulaires sont très denses, contenant quelques dizaines de milliers d'étoiles à quelques millions, distribuées dans une sphère de 20 à quelques centaines d'années-lumière. **Oméga Centauri** possède une masse de plusieurs millions de masses solaires. La plupart des amas globulaires sont très anciens et leurs étoiles sont en majorité des géantes rouges, néanmoins certains amas globulaires de couleur bleue ont été récemment observés, leur couleur étant représentative d'étoiles chaudes et jeunes.

**LES NÉBULEUSES PLANÉTAIRES** : une nébuleuse planétaire est un corps céleste qui ressemble à un disque d'aspect nébuleux lorsqu'il est observé à basse résolution. Ressemblant à la planète **Uranus** quand elle a été découverte, l'adjectif « planétaire » lui a été attaché, on sait maintenant que les nébuleuses planétaires n'ont en fait aucun rapport avec les planètes.

Il s'agit d'une nébuleuse en émission constituée d'une coquille de gaz en expansion éjectée d'une étoile en fin de vie, en transition de l'état de géante rouge à l'état de naine blanche pendant la branche asymptotique des géantes. Les gaz forment un nuage de matière qui s'étend autour de l'étoile à une vitesse d'expansion de 20 à 30 kilomètres par seconde (70 000 à 100 000 km/h) ; le nuage est ionisé par des photons ultraviolets émis par l'étoile qui est devenue très chaude (50 000 à 100 000 K°).

La première nébuleuse planétaire observée est la **Nébuleuse de l'Haltère** ou **M27** : **Charles Messier** la découvrit dans la nuit du 12 juillet 1764, il la décrivit comme une nébuleuse ovale sans étoile, et il l'enregistra dans son catalogue d'objets diffus.

