

LE DIAGRAMME HR

Une étoile est une boule de gaz dont la masse est telle que la région centrale atteint la température nécessaire pour la **fusion nucléaire** de l'hydrogène. Une étoile génère alors un rayonnement visible, contrairement à la plupart des planètes qui réfléchissent principalement la lumière des étoiles autour desquelles elles gravitent. Dans cet exercice, nous allons nous intéresser à la température de surface d'une étoile et à sa luminosité.



Au début du XX^{ème} siècle, après avoir observé et étudié les effets de la température d'un objet sur sa couleur, les scientifiques ont commencé à rechercher des relations entre la température d'une étoile et sa luminosité.

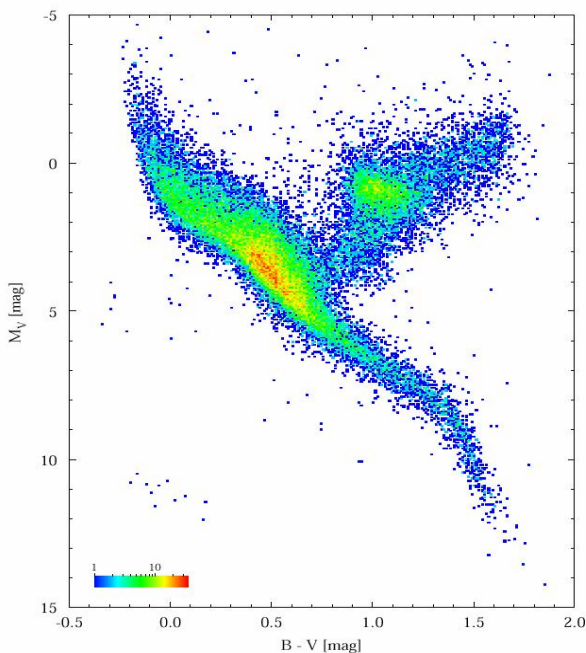
En 1911, **Ejnar Hertzsprung** (à gauche) construisit un diagramme représentant la magnitude (luminosité) des étoiles en fonction de leur couleur. Indépendamment, en 1913, **Henry Russell** (à droite) représenta quant à lui la magnitude des étoiles en fonction de leur classe spectrale (reliée à la température de surface de l'étoile). Ces deux diagrammes firent apparaître différents groupes d'étoiles et confirmèrent qu'il y avait effectivement une relation entre la luminosité d'une étoile et sa température.



Le **diagramme de Hertzsprung-Russell (HR)** devint rapidement un élément incontournable dans l'étude de l'évolution et de la physique stellaire.

I Le diagramme HR en lui même

En astronomie, un diagramme de Hertzsprung-Russell est un graphe montrant **la luminosité d'un ensemble d'étoiles en fonction de leur température de surface.**



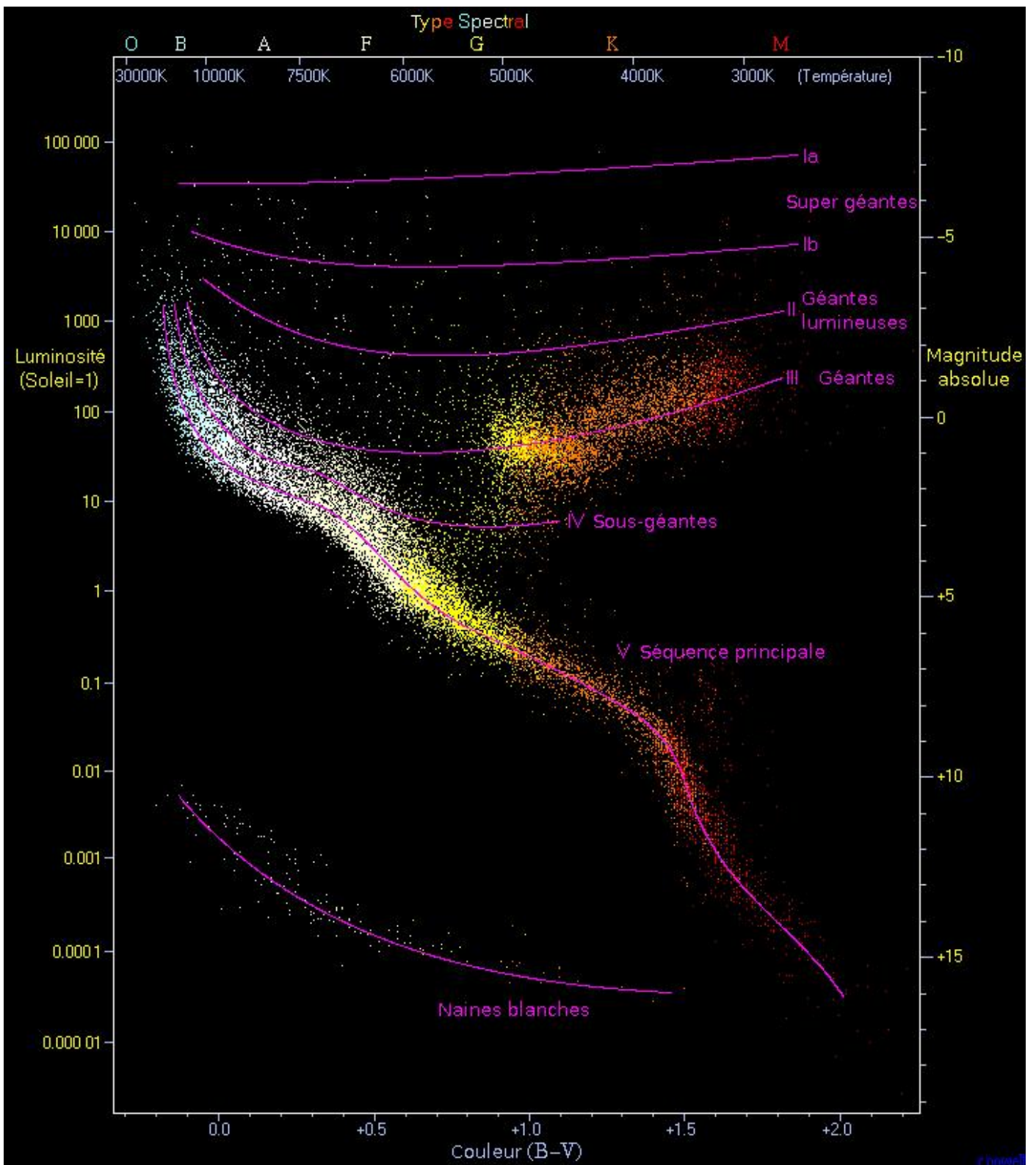
Un diagramme de Hertzsprung-Russell est toujours présenté de la manière suivante :

- la luminosité est en ordonnée, **les étoiles les plus brillantes étant en haut**. Pour rendre compte de la luminosité, les astronomes utilisent la plupart du temps un outil appelé la « **magnitude absolue** » (voir le complément 2 pour plus d'informations).
- la température de surface est en abscisse, **les étoiles les plus chaudes étant à gauche**. Pour rendre compte de la température de surface, on utilise communément l'**indice de couleur**. Pour le déterminer, on mesure la quantité de lumière provenant de l'étoile à travers un filtre puis à travers un autre. Le système le plus habituel pour l'indice de couleur est B-V, il indique la différence entre la magnitude relative de l'étoile à travers un filtre «B» (c'est-à-dire bleu, autour de 436 nm) et à travers un filtre «V» (c'est-à-dire visible, autour de 545 nm).

On obtient alors, si on considère un très grand nombre d'étoiles, un graphique comme celui ci-dessus à gauche.

II Les différentes classes d'étoiles

Le diagramme obtenu nous permet de délimiter des zones remarquables.



On remarque une énorme concentration d'étoiles le long d'une diagonale ainsi qu'une concentration significative quelques magnitudes au-dessus de la diagonale. D'autres zones du diagramme sont complètement vides d'étoiles, ou très peu peuplées.

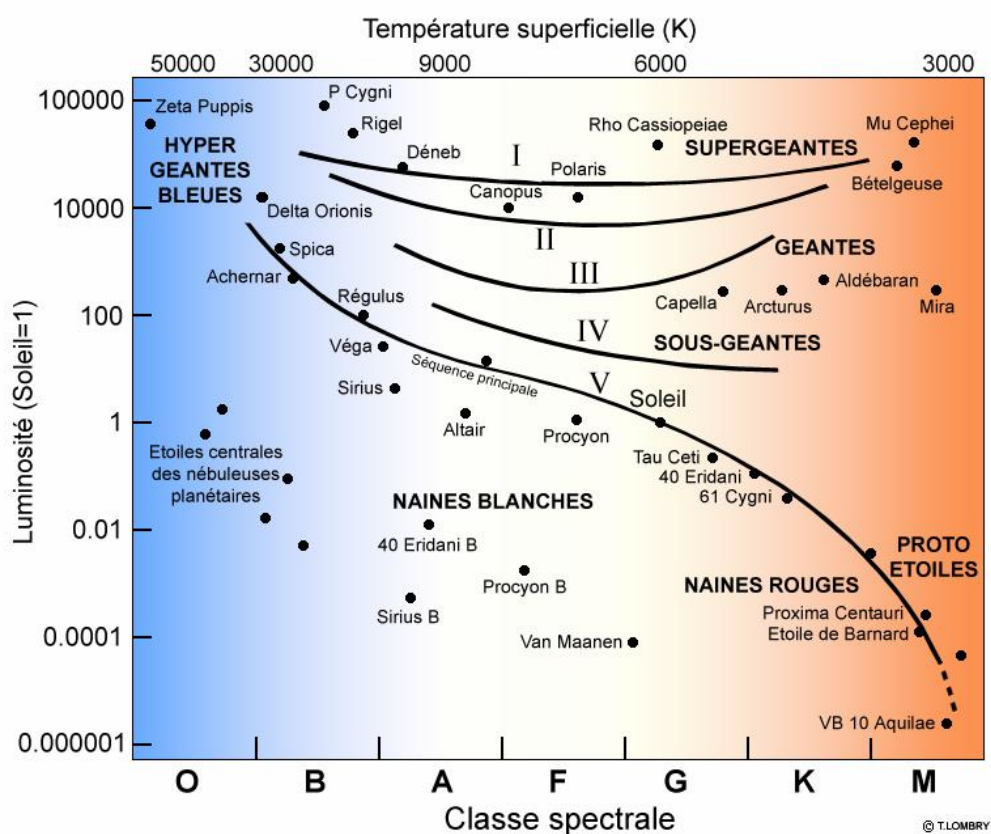
- La **séquence principale** est la région du diagramme HR où la majorité des étoiles résident, elle correspond à la diagonale allant du coin supérieur gauche (chaud et lumineux) au coin inférieur droit (froid et peu lumineux). Dans cette séquence, on trouve en haut de la diagonale les **supergéantes bleues**, très chaudes et très volumineuses. En bas de la diagonale, on

trouve les **naines rouges**. Le Soleil quant à lui est situé au milieu de cette diagonale, au centre du diagramme, c'est une étoile moyenne de la séquence principale.

- Au dessus de cette séquence, on trouve une importante concentration d'étoiles : ce sont les **sous géantes** et, un peu plus haut, les **géantes rouges**, relativement froides et très lumineuses. On peut prendre comme exemple Antarès, bien plus brillante que le Soleil.

- Les **supergéantes** occupent le haut du diagramme HR. Elles peuvent être de classe Ia (supergéantes très lumineuses) ou Ib (supergéantes moins lumineuses). Bellatrix est un exemple de supergéante bleue.

- Les **naines blanches**, comme Sirius B, sont des étoiles très petites (de la taille de la Terre pour certaines), peu lumineuses, et extrêmement chaudes en surface ; d'où cette position si particulière en bas à gauche du diagramme HR.



Les plus fans se rendront vite compte que JK Rowling s'est grandement inspiré des étoiles pour nommer ces personnages d'Harry Potter : de Bellatrix (Lestrange), supergéante bleue de la constellation d'Orion, à Sirius B (Black), naine blanche de la constellation du Grand Chien, en passant par Régulus (Black), dans la constellation du Lion!

En conclusion, il faut bien comprendre qu'un tel diagramme n'est pas seulement un outil de classement des étoiles : grâce à des théories et des outils pour la plupart relativement simples (voir **complément 2**), il a apporté (et apporte encore) aux astronomes des informations considérables ! En effet, de tels diagrammes nous éclairent sur l'âge des astres qui nous entourent, et, en partie grâce à eux, nous avons pu retracer la vie passée de notre Soleil ! Nous, terriens, pouvons, simplement en regardant notre ciel, nous vanter de pouvoir découvrir le passé et même de pouvoir prédire l'avenir ... Pour en savoir plus, vous pouvez lire le **complément 1**, et vous verrez comment prédire simplement, par exemple, la date d'extinction de notre Soleil (rassurez vous, vos enfants et vos petits enfants auront encore le temps de profiter de la vie !)...