

L'éclat des étoiles

# Eclat des étoiles

- Hipparque était un astronome grec du deuxième siècle avant notre ère.
- Lorsqu'il a réalisé son catalogue d'étoiles, il a classé celles-ci selon six « grandeurs ».
- Les étoiles les plus brillantes étaient de 1<sup>ère</sup> grandeur.
- Les étoiles les plus faibles visibles à l'œil nu étaient de 6<sup>ème</sup> grandeur.
- Les éclats intermédiaires étaient estimés selon une progression « naturelle ».
- Ainsi, plus l'éclat d'une étoile est faible et plus le numéro de sa "grandeur" est élevé.

# Eclat des étoiles

C'est Gustav Fechner (1801–1887) a défini cette loi "La sensation varie comme le logarithme de l'excitation " que l'on peut aussi exprimer avec l'équation suivante :

$$S = k \cdot \log(I)$$

avec :

S = sensation perçue

I = intensité de la stimulation

k = constante

# Eclat des étoiles

Tout cela signifie que l'échelle d'éclat des anciens était basée sur une suite logarithmique.

Un astronome britannique du nom de Norman Robert Pogson (23 mars 1829 – 23 juin 1891) a formalisé cette remarque en définissant l'échelle des éclats stellaires employée aujourd'hui et dans laquelle le mot "magnitude" succède au mot "grandeur" qui était trop ambigu. Il est parti du constat que les étoiles de sixième magnitude ont un éclat cent fois plus faible que celles de première magnitude.

# Eclat des étoiles

La loi de Pogson relie la différence des magnitudes apparentes de deux étoiles au rapport de leurs éclats apparents. Elle indique qu'une différence d'éclat dans un rapport de 1 à 100 correspond à un écart de 5 magnitudes :

$$m_2 - m_1 = -2,5 \cdot \log\left(\frac{e_2}{e_1}\right)$$

avec :

$m_1$  et  $m_2$  = magnitudes des deux étoiles

$e_1$  et  $e_2$  = éclats apparents des deux étoiles

# Eclat des étoiles

Le tableau suivant donne la correspondance entre les différences de magnitudes et les différences d'éclats.

Ecart en magnitude	0	1	2	2,5	3	4	5	10	15	20
Rapport des éclats	1/1	1/2,52	1/6,32	1/10	1/15,85	1/39,81	1/100	1/10.000	1/1.000.000	1/100.000.000

# Eclat des étoiles

Jusque-là nous avons évoqué les différences d'éclat.

Une autre façon d'écrire la précédente relation, en considérant cette fois une seule étoile :

$$m = -2,5 \cdot \log(e) + k$$

avec :

m = magnitude de l'étoile

e = éclat apparent de l'étoile

k = constante

Pendant longtemps, cette dernière constante était choisie de façon à ce qu'on obtienne une magnitude apparente de l'étoile Véga ( $\alpha$  Lyrae) égale à zéro. Aujourd'hui, on utilise une référence photométrique plus rigoureuse mais qui fournit des résultats très voisins.

# Eclat des étoiles

Les astres qui sont plus brillants que la magnitude zéro ont une magnitude négative.

Exemple :

le 29 janvier 2024 l'éclat de Vénus avait la magnitude -3,9



# Eclat des étoiles

La magnitude d'un astre dépend du capteur utilisé pour la mesurer. C'est pour cela qu'on peut parler de **magnitude visuelle**, de **magnitude photographique** ou même de **magnitude bolométrique**. Dans ce dernier cas, on considère que le capteur perçoit l'ensemble du spectre électromagnétique sans en favoriser une partie.

Lorsqu'on ne précise rien, c'est qu'on cite la magnitude visuelle.

- On parle de **magnitude apparente** quand on évoque l'éclat des étoiles vues depuis la Terre.
- La **magnitude absolue** d'une étoile correspond à l'éclat apparent qu'elle aurait si elle était observée à une distance de 10 parsecs (32,6 années-lumière) sans absorption interstellaire.

# Eclat des étoiles

Magnitude apparente du Soleil = -26,7

Magnitude apparente des plus faibles étoiles visibles à l'œil nu = 6  
(environ)

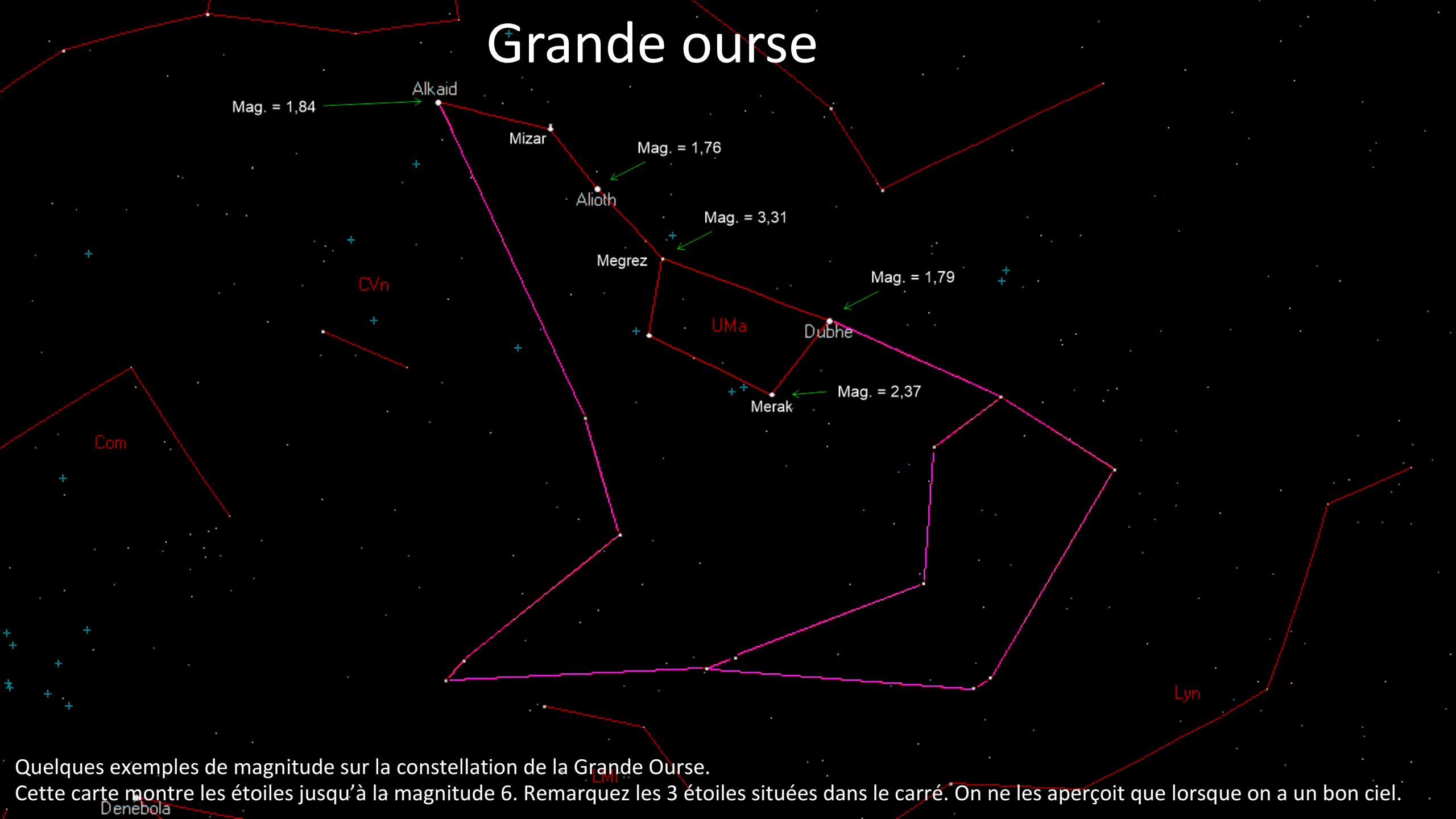
Magnitude absolue du Soleil = 4,8

Magnitude absolue de Rigel = -7,84

Donc Rigel a une magnitude absolue inférieure de 12,64 à celle du Soleil, elle est donc 114.000 fois plus lumineuse que le Soleil.

De plus il faut savoir que l'éclat de certaines étoiles est variable.

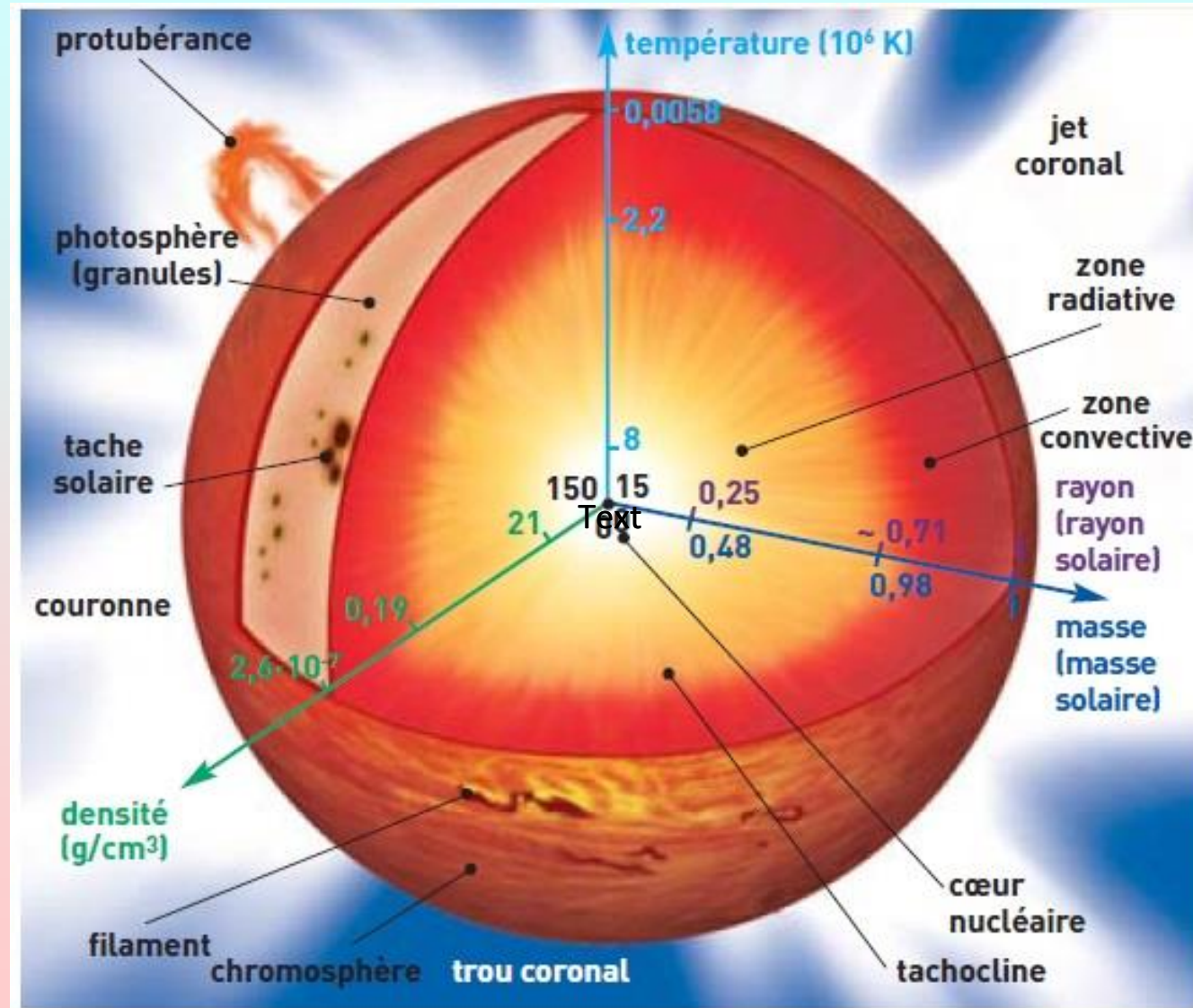
# Grande ourse



Quelques exemples de magnitude sur la constellation de la Grande Ourse.  
Cette carte montre les étoiles jusqu'à la magnitude 6. Remarquez les 3 étoiles situées dans le carré. On ne les aperçoit que lorsque on a un bon ciel.

Denebola

# Pourquoi brillent les étoiles ?



A l'origine les étoiles sont formées par la contraction d'un nuage de gaz et de poussière interstellaire (très majoritairement constitué d'hydrogène).

La contraction sous l'effet de la gravitation le réchauffe. Quand le cœur atteint une température suffisante (plusieurs millions de degrés), des réactions de fusion nucléaire débutent et un équilibre s'installe entre la contraction gravitationnelle et la dilatation thermique.

La fusion c'est ce processus que l'on cherche à imiter à ITER à Cadarache en transformant de l'hydrogène en hélium.

Il permettrait d'obtenir une source d'énergie peu coûteuse, propre et durable.

# Eclat et nom des étoiles

Selon la classification définie par Johann Bayer (1572-1625), les étoiles les plus brillantes d'une constellation sont désignées par une lettre de l'alphabet grec suivi du génitif du nom latin de la constellation.

$\alpha \beta \gamma \delta \epsilon \zeta \eta \theta \iota \kappa \lambda \mu \nu \xi \omicron \pi \rho \sigma \tau \upsilon \phi \chi \psi \omega$

$\alpha$  (alpha) est l'étoile la plus brillante de la constellation suivie de  $\beta$  (bêta) etc.

Mais cet ordonnancement n'est pas toujours respecté.

Exemples :

- Dans la Grande Ourse l'étoile la plus brillante est  $\epsilon$  (ou Alioth) et non  $\alpha$  (ou Dubhe). Ainsi l'étoile  **$\epsilon$  Ursae Majoris** de magnitude 1,76 est plus brillante que  **$\alpha$  Ursae Majoris** de magnitude 1,79.
- Quatre constellations n'ont aucune étoile désignée par alpha (Le petit Lion, La Poupe, Les Voiles, La Règle).

Certaines étoiles ont un éclat variable.

# Eclat et nom des étoiles

Pour dénommer une étoile, il faut faire suivre la lettre grecque par l'abréviation en trois lettres du génitif du nom latin de la constellation. De plus, certaines étoiles possèdent un nom propre.

Exemples :

$\alpha$  Ori = alpha Orionis = alpha de la constellation Orion = Bételgeuse

$\zeta$  Uma = zêta Ursae Majoris = zêta de la Grande Ourse = Mizar

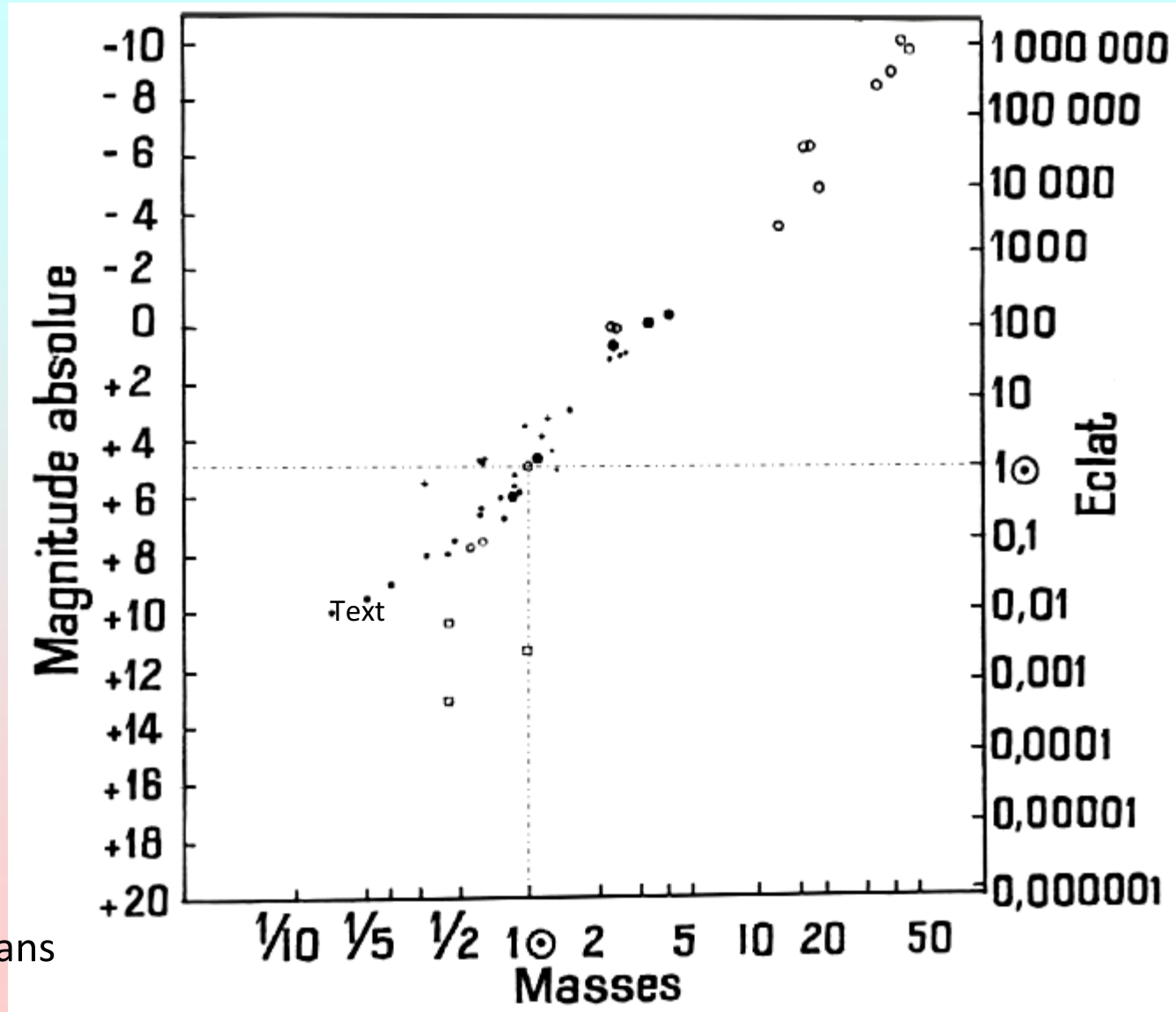
$\alpha$  UMi = alpha Ursae Minoris = alpha de la Petite Ourse = étoile polaire

$\omicron$  Cet = omicron Ceti = Mira dans la constellation de la baleine

$\gamma$  Cyg = gamma Cygni = Sadr dans la constellation du Cygne

# Eclat et masse des étoiles

Plus une étoile est massive et plus elle est brillante.



Plus une étoile est massive et plus elle est brillante.

Ce graphique nous indique qu'une étoile 50 fois plus massive que le Soleil est 1 million de fois plus lumineuse elle vivra donc 20.000 fois moins longtemps.

10 milliards d'années / 20.000 = 500.000 ans

Relation entre masse et luminosité des étoiles.

# Classification spectrale des étoiles

Type Spectral	Couleur	Température	Masse(en masses solaires)	Luminosité(en luminosités solaires)	Abondance
O	Bleue	25 000 K à 35 000 K	50	100 000	0.00001%
B	Bleue-Blanche	10 000K à 25 000K	10	1000	0.05%
A	Blanche	7500 à 10 000K	2	20	0.3%
F	Jaune-blanche	6 000 à 7 500 K	1.5	4	1.5%
G	Jaune	5 000 à 6 000 K	1	1	4%
K	Jaune-orange	3 500 à 5 000 K	0.7	0.2	9%
M	Rouge	< 3 500 K	0.2	0.01	80%

Tableau résumant les caractéristiques des principales classes spectrales.

Le Soleil est de catégorie G, sa température de surface = 5500 °C = 5772 °K



# Diagramme de Hertzsprung-Russell ou diagramme H-R

Il montre la relation entre température et luminosité pour un groupe d'étoiles.

Ejnar Hertzsprung (1873 – 1967) était un astronome danois.

Henry Norris Russell (1877 – 1957) était un astronome américain.

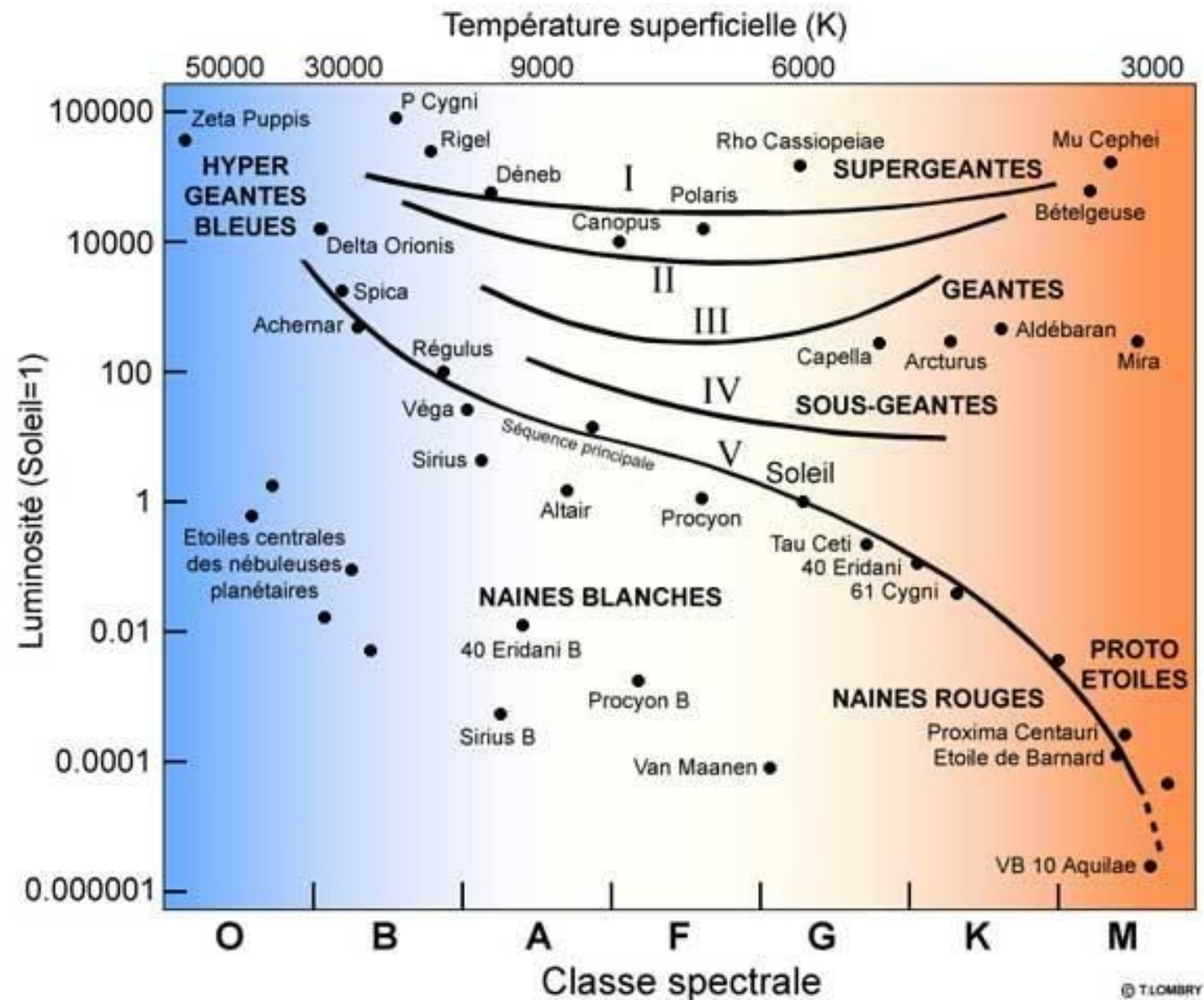
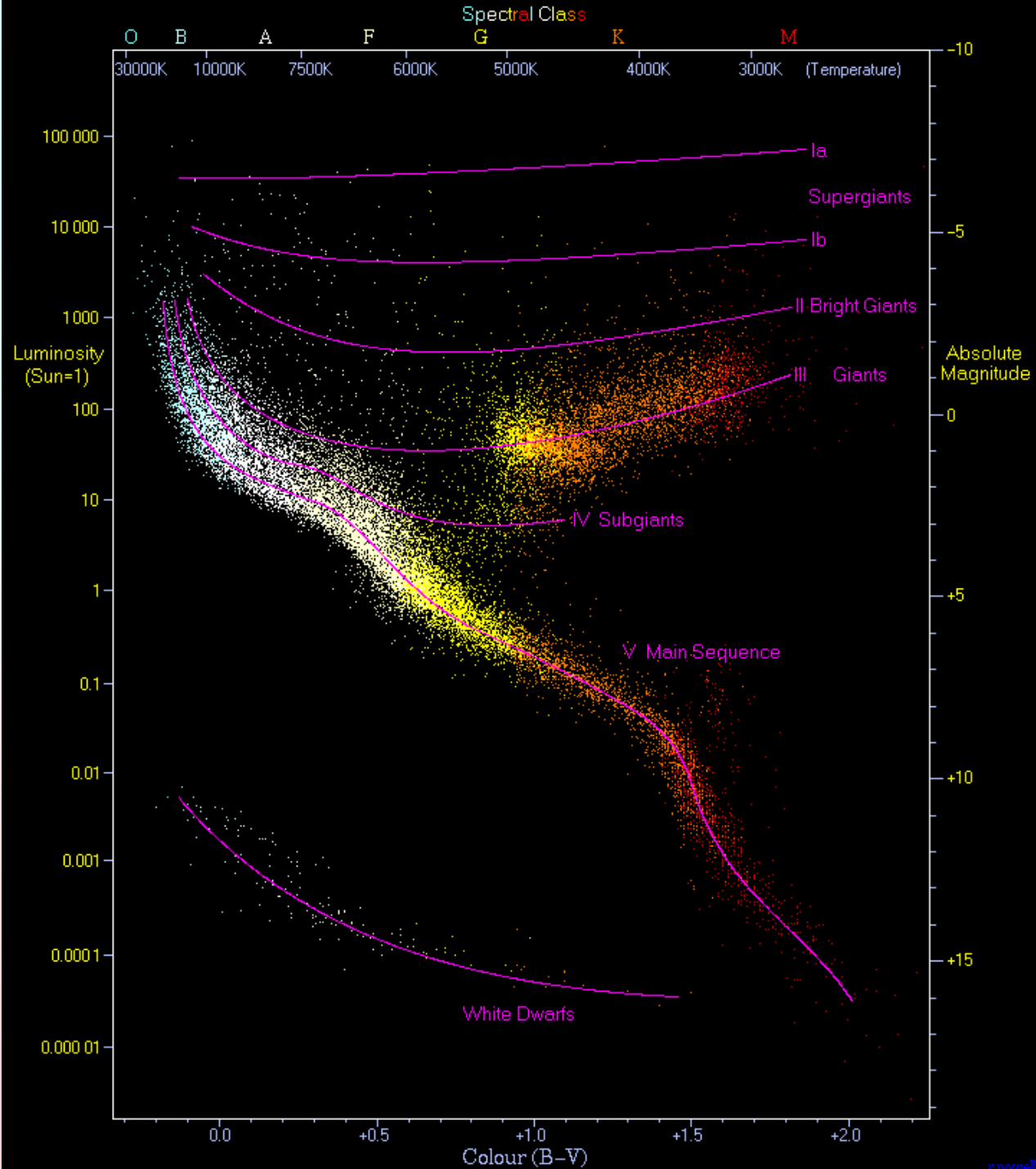
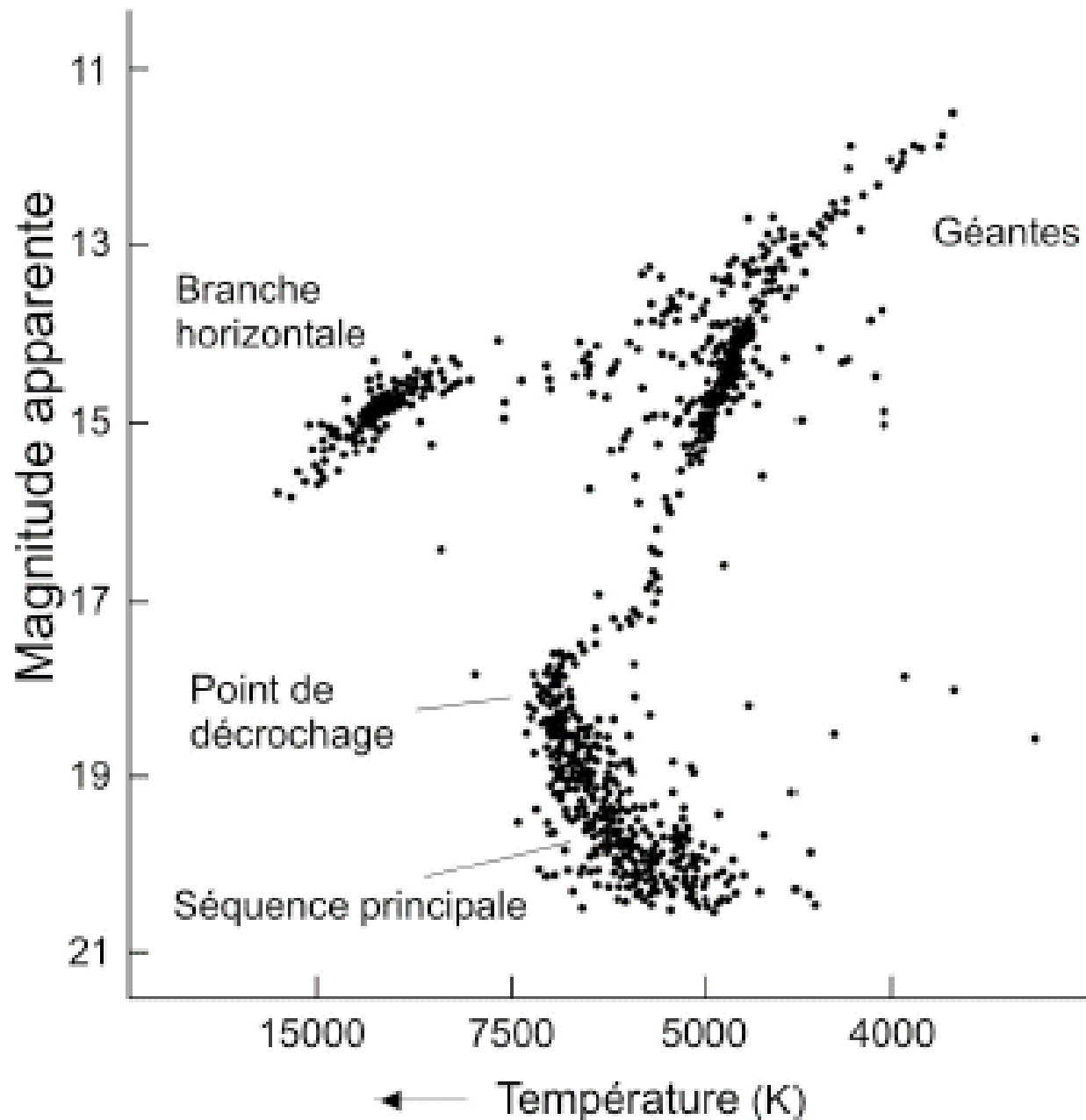


Diagramme H-R : température - luminosité.

# Diagramme H-R de la Voie lactée





Le diagramme H-R typique d'un amas globulaire (amas M12)

La vie d'un amas est déterminée par les différentes étoiles qui le composent. Dans un amas globulaire, les observations ont montré que très peu de gaz et de poussières subsistent ; les étoiles y naissent donc rarement.

Les étoiles que nous voyons dans un amas globulaire sont toutes 'adultes' et ont évolué différemment suivant leur masse.

La plupart des étoiles de faible masse sont situées sur la séquence principale. En effet, elles brûlent très progressivement leurs réserves en hydrogène, et ceci pendant des milliards d'années. Quant aux étoiles les plus massives de l'amas, elles ont déjà converti leur hydrogène pour devenir des géantes rouges. Tout ceci s'est déroulé il y a longtemps, il ne reste donc aucune étoile chaude de masse importante pour remplir la partie supérieure de la séquence principale. Ces étoiles se situent maintenant dans une diagonale qui part de la séquence principale vers la branche des géantes rouges.

Le point où la séquence principale et la branche des géantes rouges se rencontrent — nommé point de décrochage est capital pour déterminer l'âge de l'amas.

### **Diagramme Hertzsprung-Russell typique d'un amas globulaire**

*Après des milliards d'années d'évolution, un amas globulaire montre un diagramme H-R à la séquence principale courte dans sa partie inférieure. Une autre zone appelée branche des géantes rouges quitte la séquence principale pour aller vers le coin supérieur droit du diagramme. Le point de jonction entre ces deux zones est nommé point de décrochage.*

FIN

Je vous remercie pour votre attention.