Magnitudes des étoiles

24/03/15

Observatoire de Lyon

Magnitude apparente d'une étoile

Avant la physique...

Hipparque, mathématicien et astronome grec du IIème siècle av J.C., avait proposé de classer les étoiles en fonction de leur éclat.

Sur une échelle de 1 à 6, les étoiles les plus brillantes, sont de magnitude 1 et les moins lumineuses de magnitude 6.

//serge.mehl.free.fr/chrono/Hipparque.html

Magnitude apparente d'une étoile

Loi de Pogson...

Au XIX siècle, Fechner montre que si on double la puissance reçue, que ce soit pour un son ou un rayonnement, on ne perçoit pas une puissance double, mais une variation logarithmique.

Pogson, astronome anglais adapte cette loi aux magnitudes des astres.

La magnitude m en fonction de l'éclat perçu E est de la forme :

$$m = k \log(E) + k'.$$

Magnitude apparente d'une étoile

Précisons...

Pour rester en accord avec la classification, ancienne, on a décidé qu'entre une étoile de magnitude 1 et une étoile de magnitude 6, le rapport des éclats apparents est 100.

Soit E_1 l'éclat d'une l'étoile S_1 de magnitude 1 .
Soit E_2 l'éclat d'une l'étoile S_2 de magnitude 6.

Calculons k.

On a :

$$\begin{cases} k\log(E_1)+k' = & 1 \\ k\log(E_2)+k' = & 6 \end{cases} \Longrightarrow k\log(E_1)-k\log(E_2) = -5 \Longrightarrow k\log\left(\frac{E_1}{E_2}\right) = -5$$

Mais $\dfrac{E_1}{E_2} = 100$ et $\log\left(\dfrac{E_1}{E_2}\right) = -2$.
On en déduit $k = -2,5$ et :

$$m = -2,5\log(E)+k'.$$

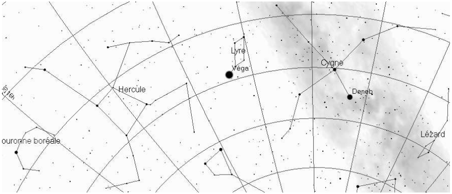
Magnitude apparente d'une étoile

A l'épreuve des données...

L'étoile Véga, de la constellation de la Lyre, est très brillante.

On a fixé sa magnitude apparente à 0.

On notera E_0 l'éclat apparent de Vega.



Carte d'identité de l'étoile Véga
source :Stellarium
Véga (α Lyr -3 Lyr) $-HIP91262$
Type : étoile variable pulsante
Magnitude : 0.00
Magnitude absolue : 0.57
Type spectral : A0Vvar
Distance : 25.04 années-lumière
Parallaxe : $0.13023''$
Période : 0.19 days

Magnitude apparente d'une étoile

A l'épreuve des données...

Calculons k'.

- On a $-2,5\log(E_0)+k'=0 \iff k'=2,5\log(E_0)$.
  C'est à dire que pour une étoile de magnitude apparente m et d'éclat apparent E :
- $m=-2,5\log(E)+2,5\log(E_0) \iff m=-2,5\log\left(\frac{E}{E_0}\right)$.

Autrement dit la magnitude apparente d'une étoile traduit le rapport d'éclat entre cette étoile et l'étoile Véga.

Magnitude apparente d’une étoile

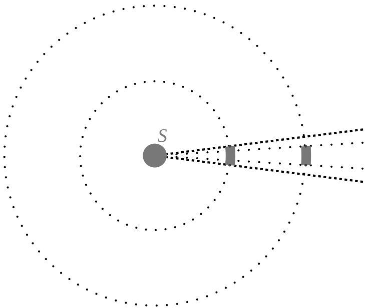
A l’épreuve des données...

- Que peut-on dire d’une étoile qui a une magnitude apparente négative ?
- L’étoile la plus brillante, après le Soleil, est Sirius, dans la constellation du grand Chien. Son éclat est 3,9 fois celui de Vega. Calculer sa magnitude apparente.
- La magnitude apparente du soleil est -26,7. Calculer le rapport entre l’éclat apparent du Soleil, E_S, et celui de Vega, E_0.
- Montrer que si m et m' sont les magnitudes apparentes de deux étoiles d’éclat respectifs E et E', on a : $m < m' \Leftrightarrow E > E'$.

Entre deux étoiles d’éclats différents, la plus brillante est celle qui a la plus petite magnitude.

Magnitude absolue d’une étoile

Quelques définitions...



Soit L la luminosité intrinsèque d’une étoile.

$$L = 4\pi R^2 \times \sigma \times T^4,$$

où
R est le rayon de l’étoile, T sa température en Kelvin, σ la constante de Boltzmann.

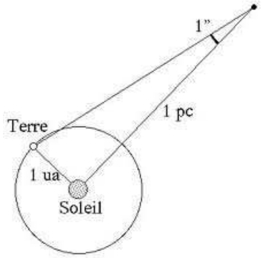
Pour une étoile située à une distance d de l’observateur, l’éclat de l’ étoile est la quantité d’énergie qui arrive à la distance d par unité de temps et par unité de surface perpendiculaire à son rayonnement.

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}.$$

Magnitude absolue d’une étoile

Quelques définitions...

Une unité astronomique : le parsec.
C’est la distance à laquelle on verrait l’unité astronomique sous un angle de 1 seconde d’arc.



$$\tan(1'') = \frac{1UA}{1pc}$$

$$1'' = \frac{1}{3600}^{\circ} = \frac{1}{3600} \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{648000} \simeq \frac{1}{206265}.$$

Et en faisant l’approximation des petits angles :

$$\begin{aligned} 1 \text{ pc} &= 206\,265 UA \\ &= 3,1 \times 10^{16} m \\ &= 3,26 \text{ al} \end{aligned}$$

Magnitude absolue d'une étoile

Pour comparer des luminosités intrinsèques d'étoiles : la magnitude absolue...

Pour comparer la luminosité intrinsèque des étoiles, les astronomes utilisent *la magnitude absolue.*

La magnitude absolue M d'une étoile serait sa magnitude apparente si elle était à une distance de 10 pc.

Considérons une étoile de luminosité intrinsèque L.

L'éclat qu'on percevrait à 10 pc est : $\dfrac{L}{4\pi \times 10^2}$

Autrement dit : $M = -2,5 \log\left(\dfrac{L}{4\pi \times 10^2}\right) + k'$.

Son éclat apparent donc sa magnitude apparente est liée à sa distance

Son éclat apparent, si sa distance est d exprimée en parsec, vaut : $\dfrac{L}{4\pi d^2}$.

Sa magnitude apparente vaut : $m = -2,5 \log\left(\dfrac{L}{4\pi d^2}\right) + k'$

Magnitude absolue d'une étoile

le module de distance

Le module de distance est la différence $m - M$.

Un peu de calcul encore :

$$\begin{aligned} m - M &= -2,5\log\left(\frac{L}{4\pi d^2}\right) + 2,5\log\left(\frac{L}{4\pi \times 10^2}\right) \\ &= 2,5\log\left(\frac{d^2}{10^2}\right) \\ &= 5\log\left(\frac{d}{10}\right) = 5log(d) - 5. \end{aligned}$$

On appelle module de distance la différence :

$m - M = 5log(d) - 5$ où d est la distance de l'étoile en pc.

Magnitude absolue d'une étoile

Calcul de distances...

- Vérifier que les données fournies sur Véga vérifient la formule du module de distance .
- Exprimer d en fonction de μ.
- On donne (données Stellarium) :

magnitude	absolue	apparente
Aldebaran	-0.70	0.85
Betelgeuse	-5.47	0.45
Capella	-0.54	0.05

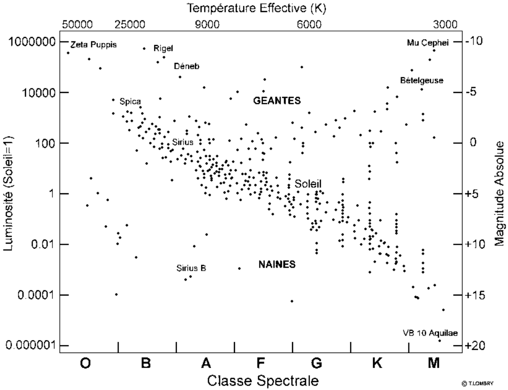
A partir de ces données, calculer les distances de ces étoiles en parsec.

Magnitude absolue d'une étoile

Le diagramme HR...

Hertzsprung ,astronome danois (1873-1976) classe les étoiles d'un même type spectral en fonction de leur luminosité.

Russell, astronome américain (1877- 1957), améliore cette classification des étoiles en fonction de leur luminosité et de leur type spectral.



On place les étoiles dans le diagramme précédent