

# **Le système des MAGNITUDES**

**Société Astronomique de Lyon**

I - Magnitude apparente

II - Magnitude absolue

III - Le Module de distance

IV - Indice de couleurs

I - Magnitude apparente

## Historique :

### le système des **GRANDEURS**

- utilisé depuis plusieurs siècles
- système à 6 niveaux :

chaque niveau est défini en fonction du délai d'apparition des étoiles après le coucher du Soleil

\* *étoiles de 1ère grandeur* : celles qui apparaissent dès le coucher du Soleil.

\* ...

\* *étoiles de 6ème grandeur* : celles qui apparaissent en dernier.

A noter qu'il s'agit d'une **échelle inverse** !

Ce système, établi il y a plus de 2000 ans, est toujours utilisé.

En l'an 150 de notre ère Ptolémée publie l'Almageste ; dans cet ouvrage il donne les coordonnées et la grandeur de 1025 étoiles (il a vraisemblablement repris les travaux du grec Hipparque -190 -120 av JC).

Cette classification ne prend en compte que les étoiles (quid du Soleil et des planètes ?)

Elle a du poser des problèmes à Galilée qui aurait, pour certains, créé une 7<sup>ème</sup> grandeur pour les astres vus uniquement avec la lunette.

Vers le milieu du XIX<sup>ième</sup> siècle, deux éléments vont faire évoluer cette notation :

1 - le développement de l'instrumentation astronomique qui va permettre la mesure de l'énergie reçue sur terre en provenance d'une étoile.

Cette énergie est mesurée en  $W / m^2$

C'est l'***éclat apparent de l'étoile (E)***

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

L Luminosité  
d distance

Si on applique cette mesure à des étoiles de 1<sup>ère</sup> grandeur et de 6<sup>ème</sup> grandeur, on note que :

$$E1 / E6 = 100$$

## 2 - les connaissances en physiologie de la vision :



mais  **$S2 \neq 2 S1$**

En effet, la sensation lumineuse n'est pas linéaire mais dépend du logarithme décimal de l'intensité lumineuse :

$$S \sim \log I$$

On démontre également que l'œil ne perçoit pas l'intensité de l'éclat d'une étoile mais est seulement sensible aux différences relatives.



On dispose alors de tous les éléments pour établir une nouvelle échelle : l'échelle des *magnitudes*.

Cette échelle sera construite « sous contrainte »

Cette échelle devra :

1) être basée sur une mesure instrumentale

⇒ basée sur E

2) donner une réponse équivalente à celle de l'œil

⇒ échelle logarithmique (log)

3) respecter les écarts entre valeurs

⇒  $\left\{ \begin{array}{l} \text{différence de } x \text{ en grandeur} \\ = \\ \text{différence de } x \text{ en magnitude} \end{array} \right.$

4) l'écart entre les deux échelles doit être minimal

⇒ constante d'ajustement

D'où la formule :

$$m = a \log E + C$$

## Calculs :

appliquons à des étoiles de 1<sup>ère</sup> et 6<sup>ème</sup> grandeur :

$$m_1 = a \log E_1 + C$$

$$m_6 = a \log E_6 + C$$

si on fait la différence  $m_1 - m_6$  :

$$m_1 - m_6 = a \log E_1 - a \log E_6$$

$$m_1 - m_6 = a (\log E_1 - \log E_6)$$

$$m_1 - m_6 = a \log (E_1 / E_6)$$

$$- 5 = a \log 100 = a \log 10^2$$

$$- 5 = 2 a \log 10 \quad (\log 10 = 1)$$

$$2a = - 5$$

$$\mathbf{a = - 2,5}$$



d'où la formule de POGSON

pour deux étoiles x et y :

$$m_x - m_y = - 2,5 \log (E_x / E_y)$$

( avec  $m = - 2,5 \log E + C$  )

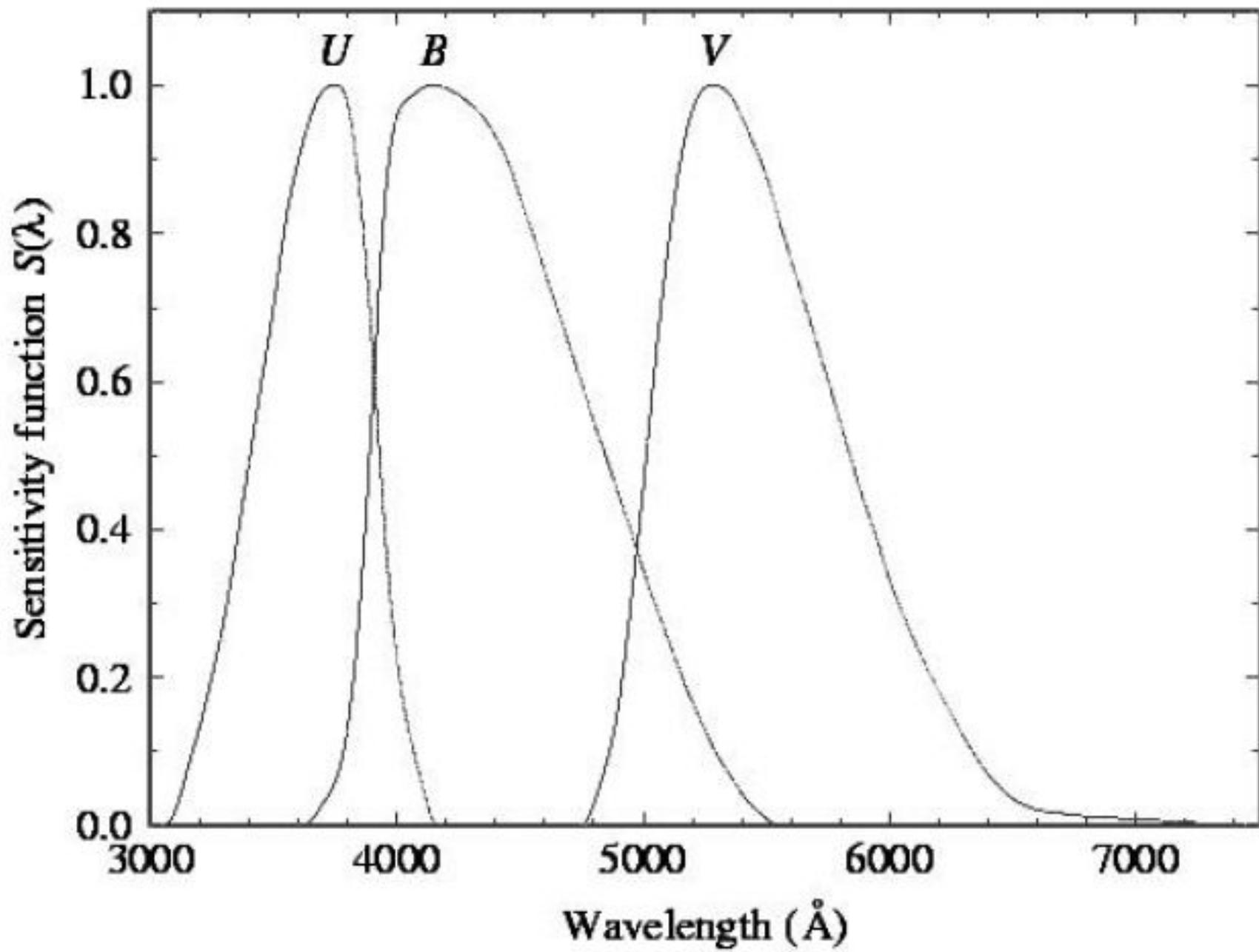
Il y a autant d'échelles de magnitude que l'on veut :

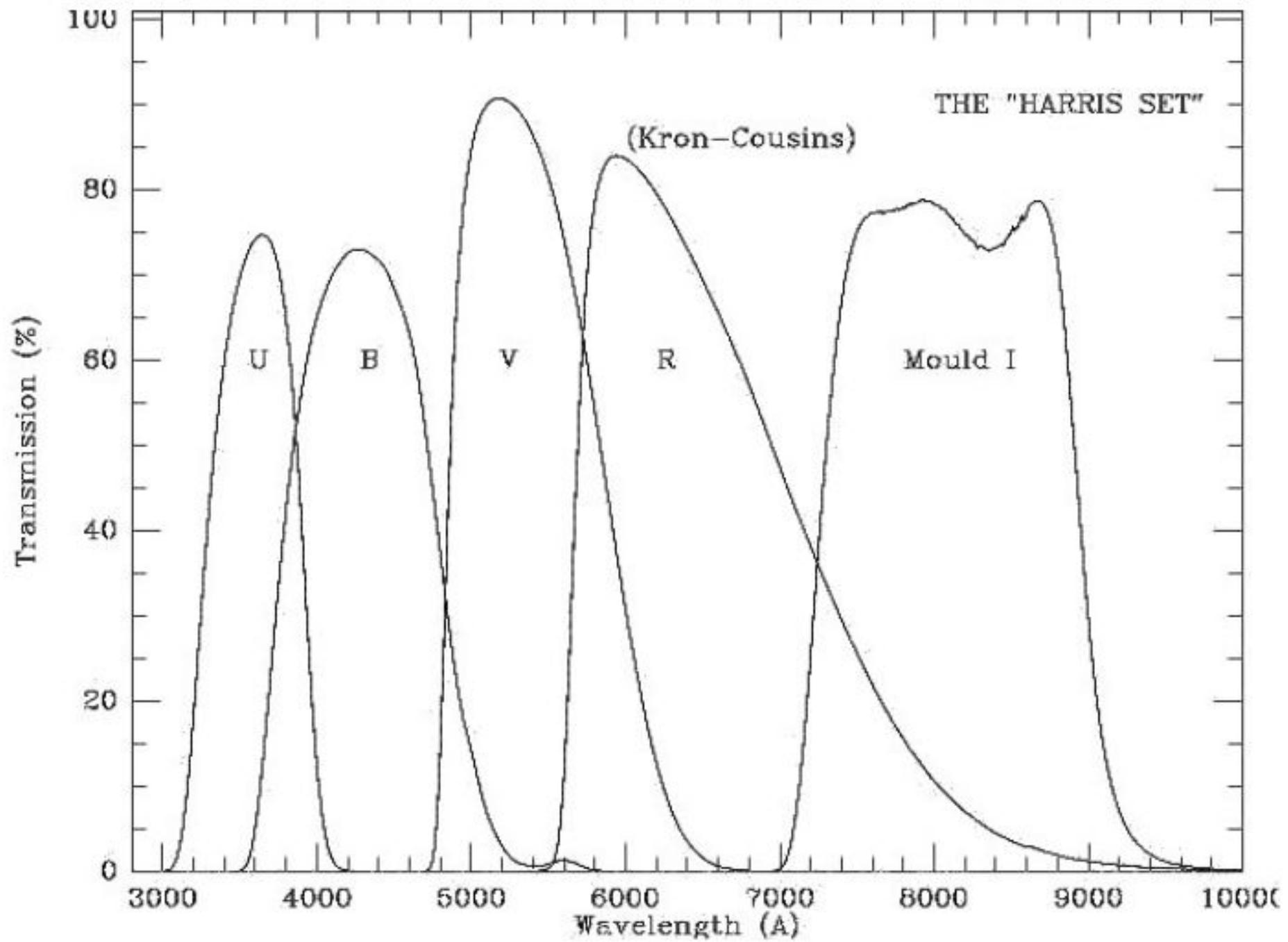
il faut simplement préciser le domaine spectral que l'on prend pour mesurer E.

\* Si ce domaine est centré sur 550 nm (sensibilité de l'œil), on parle de magnitude visuelle ( $m_{\text{vis}}$  ou  $m_{\text{v}}$ ).

\* en utilisant des filtres, on peut mesurer des magnitudes dans d'autres domaines du spectre (système  $m_{\text{U}}$ ,  $m_{\text{B}}$ ,  $m_{\text{V}}$  ou UBV).

(U : 364 nm ; B : 442 nm ; V : 540 nm)





\* Les premières évaluations ont été réalisées avec des plaques photographiques dont la sensibilité est très différente de celle de l'œil :

⇒ des magnitudes photographiques ( $m_{pg}$ ).

\* Si la plaque photographique à une sensibilité qui se rapproche de celle de l'œil (maximum vers 550 nm)

⇒ magnitude photovisuelle ( $m_{pv}$ ).

\* Si la mesure de E se fait sur la totalité du spectre :

⇒ magnitude bolométrique ( $m_{\text{bol}}$ )

On ne mesure pas toujours la magnitude bolométrique ; celle-ci est alors calculée, à partir de la magnitude visuelle, en appliquant la *correction bolométrique*.

Cette dernière est définie par :

$$m_{\text{bol}} = m_{\text{v}} - \text{BC}$$

BC correspond à l'énergie rayonnée en dehors du domaine spectral visible.

La mesure de E nécessite la prise en compte de l'atténuation du rayonnement par l'atmosphère (les valeurs sont donc corrigées).

## II - Magnitude absolue

La magnitude apparente ( même bolométrique ) d'une étoile ne nous apprend rien quant à la luminosité puisque la mesure de la magnitude est fonction de la distance de l'étoile.

C'est pourquoi on a défini une magnitude qui correspond à la luminosité : c'est la *magnitude absolue* notée  $M$ .

C'est la magnitude apparente qu'aurait l'étoile si elle était placée à une distance fixée de 10 parsecs.

Ces magnitudes sont exprimées dans les mêmes systèmes que les magnitudes apparentes (visuel, photographique, UBV).

# III - le Module de distance

Relation entre m et M :

$$E(d) = \frac{L}{4\pi d^2} \qquad E(10) = \frac{L}{4\pi 10^2}$$

La relation de définition des magnitudes permet d'écrire :

$$m - M = -2,5 \log [ E(d) / E(10) ]$$

$$m - M = -2,5 \log (10 / d)^2$$

$$\mathbf{m - M = 5 \log d - 5} \quad (\text{d en parsecs})$$

C'est le module de distance .

Application : si on peut attribuer une magnitude absolue à une étoile ( par étude spectroscopique ) on peut déterminer sa distance par mesure de sa magnitude apparente.

# IV - l'indice de couleur

Dès le début de la photographie astronomique, il est apparu que des étoiles de même magnitude visuelle, mais de couleurs différentes, avaient des magnitudes photographiques différentes (la distribution d'énergie est fonction de la couleur).

⇒ définition de *l'indice de couleur*  $IC = m_{pg} - m_{pv}$

Les zéros de ces échelle étaient tels que  $IC = 0$  pour des étoiles de type spectral A0 et de classe de luminosité V.

On utilise très fréquemment les indices U-B et B-V.

L'indice de couleur a la propriété intrinsèque d'être indépendant de la distance de l'étoile

(il est seulement fonction de la distribution d'énergie)

Pour le système UBV, on a par définition  $U-B = B-V = 0$  pour des étoiles de type A0.

- les étoiles de type spectral O et B (antérieur à A0) ont un indice de couleur (B-V) négatif.

- les étoiles de type spectrale postérieur à A0 (A1, A2, ..., F, G, K, M) ont un indice de couleur (B-V) positif

( lire B-V comme  $m_B - m_V$  )

Quelques exemples :

\* les 2 étoiles les plus brillantes sont

Sirius ( $m_V = -1,46$ ) et Canopus ( $m_V = -0,80$ ).

\* l'étoile polaire est à  $m_V = 2,02$ .

\* le Soleil est à  $m_V = -26,78$  et  $M_{bol} = 4,72$ .

Source :

CNED Astronomie - Astrophysique Tome3

Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim