

Série 6: Enoncé

Laboratoire d'Astrophysique <http://lastro.epfl.ch>
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Semestre de printemps 2025

Exercice 1 : Résolution angulaire

Le rayon du Soleil vaut $R_{\odot} = 6.955 \times 10^8$ m. Si vous observez une étoile semblable au Soleil avec un télescope de 8 m de diamètre (p. ex. le Very Large Telescope), en négligeant les effets de l'atmosphère terrestre, dans le domaine des longueurs d'onde visibles ($\lambda \simeq 5'000$ Å), jusqu'à quelle distance serez-vous capable de résoudre l'étoile ? Même question pour une étoile supergéante rouge (type spectral K ou M, voir la table à la fin du polycopié) ?

Rappel théorique

Un modèle stellaire très simple considère l'atmosphère d'une étoile comme un corps noir sphérique de température T_{eff} . Il est évident que de telles approximations doivent être utilisées avec précaution. En général, si les étoiles chaudes correspondent bien à ce modèle, c'est moins le cas pour les étoiles froides, du fait que leur spectre est riche en raies d'absorption.

D'après la loi de Stefan-Boltzmann, le flux émis par un corps noir est :

$$F = \sigma T_{\text{eff}}^4 \quad (1)$$

où $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ est la constante de Stefan-Boltzmann. La luminosité L d'une étoile de rayon R est donné par le flux F rayonné sur toute la surface de l'étoile :

$$L = 4\pi R^2 F = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4 \quad (2)$$

La loi du déplacement de Wien décrit la relation liant la longueur d'onde λ_{max} , correspondant au pic d'émission lumineuse du corps noir, et la température T_{eff} selon :

$$\lambda_{\text{max}} T_{\text{eff}} = 2.90 \times 10^{-3} \text{ m K} \quad (3)$$

Relation masse-luminosité

Pour les étoiles de la séquence principale de masse $M > 0.2 M_{\odot}$, on observe la relation suivante entre la masse et la luminosité :

$$\log \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right) = 3.8 \log \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right) + 0.08 \quad (4)$$

Magnitude bolométrique

La magnitude bolométrique est la magnitude intégrée sur tout le spectre électromagnétique. L'atmosphère terrestre absorbe une très grande partie du rayonnement. De ce fait, il est impossible de mesurer directement la magnitude bolométrique depuis le sol. Pour obtenir la magnitude bolométrique à partir des observations dans le visible, nous devons corriger la magnitude visuelle par une correction bolométrique BC (*bolometric correction* en anglais). Cette correction est définie comme la différence entre la magnitude bolométrique et la magnitude visuelle :

$$BC = M_{\text{bol}} - M_V. \quad (5)$$

Exercice 2 : Paramètres stellaires de δ Scorpis

Dans cet exercice, nous allons étudier l'étoile δ de la constellation du Scorpion. Dans la table ci-dessous, on donne quelques caractéristiques de cette étoile.

ascension droite	16 h 00 m 20.01 s
déclinaison	$-22^\circ 37' 18.2''$
distance	180 pc
température	28 000 K
type spectral	B0 IV
correction bolométrique	-2.93 mag
rayon	$5.16 \times 10^9 \text{ m}$

Déterminez les grandeurs suivantes :

- le flux radiatif F à la surface de l'étoile,
- le flux radiatif f reçu à la surface de la Terre et comparez-le avec la constante solaire $S = 1.37 \text{ kW m}^{-2} = 1.37 \times 10^{10} \text{ erg s}^{-1} \text{ m}^{-2}$,
- la luminosité L en unité de luminosité solaire $L_\odot = 3.826 \times 10^{26} \text{ W}$,
- la magnitude bolométrique absolue M_{bol} à partir de celle du Soleil $M_{\text{bol},\odot} = 4.64 \text{ mag}$,
- la magnitude visuelle absolue M_V ,
- le module de distance,
- la magnitude visuelle apparente m_V ,
- la longueur d'onde λ_{max} du pic du rayonnement de corps noir.

Exercice 3 : Classification Spectrale

Soit une étoile observée avec un indice de couleur $(B - V) = 1.64 \text{ mag}$ et avec un rougissement interstellaire négligeable. La parallaxe de l'étoile est $p = 0.25''$ et sa magnitude visuelle $m_V = 9.80 \text{ mag}$. Une étude spectroscopique révèle que cet astre a toutes les caractéristiques d'une étoile de la séquence principale.

- a) En vous basant sur les tables données à la fin du polycopié, estimez la classe spectrale et la correction bolométrique BC de l'étoile.
- b) Calculez la distance d de l'étoile en parsec, sa magnitude visuelle absolue M_V (en négligeant tout rougissement), sa magnitude bolométrique absolue M_{bol} et sa luminosité L en unité de luminosité solaire $L_{\odot} = 3.826 \times 10^{26}$ W. On rappelle que pour le Soleil $M_{\text{bol},\odot} = 4.64$ mag.
- c) Quels sont la température effective T_{eff} et le rayon R de l'étoile? Comparez ce rayon à celui du Soleil $R_{\odot} = 6.96 \times 10^8$ m.
- d) Estimez la masse M de l'étoile en unité de masse solaire $M_{\odot}$.