

DEUXIÈME TD

10 mars 2020

I - Magnitudes, luminosités, températures effectives

1. Rappeler l'expression de la luminosité bolométrique L d'une étoile, en fonction de son rayon R et de sa température effective T . Si elle est située à la distance d , que vaut le flux bolométrique F au niveau du récepteur ?
2. Rappeler la relation entre ce flux bolométrique et la magnitude apparente bolométrique m . Comment celle-ci s'exprime-t-elle en fonction de la luminosité L et de la distance d de l'étoile ? On éliminera la constante C qui intervient en notant que la magnitude apparente bolométrique du Soleil est $m_{\odot} = -26.81$ et en faisant intervenir la luminosité solaire $L_{\odot} = 3.828 \cdot 10^{26}$ W ainsi que la distance entre la Terre et le Soleil $d_{\odot} = 1.5 \cdot 10^{11}$ m.
3. La magnitude bolométrique absolue M est définie comme étant la magnitude qu'aurait l'étoile si elle était placée à la distance $d_0 = 10$ pc, où $1 \text{ pc} = 3 \cdot 10^{16}$ m. Montrer que la différence $m - M$ ne dépend que de la distance. Cette grandeur est appelée *module de distance*.
4. L'étoile Sirius A a une température de surface $T_A = 9900$ K, un rayon $R_A = 1.711 R_{\odot}$ et une magnitude bolométrique $M_A = 1.43$. Son compagnon, l'étoile Sirius B, est une naine blanche de rayon $R_B = 0.008 R_{\odot}$ et de magnitude bolométrique $M_B = 11.33$. Quel est le rapport des luminosités de ces deux étoiles ? Quelle est la température effective de Sirius B ?
5. Pour l'étoile Vega, dans la constellation de la Lyre, on mesure un diamètre angulaire $\theta = 0.00324''$ et un flux bolométrique $F = 2.84 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$. Sa distance est $d = 8.1$ pc. Quel est son diamètre D et quelle est sa température effective T ? On rappelle que la constante de Stefan vaut $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

II - Intensité et flux d'une étoile, effet de la résolution

On considère une étoile de rayon R_{\star} située à la distance r de l'observateur O , et dont la surface émet une intensité spécifique $I(\alpha)$ où α est l'angle entre la direction d'émission et la normale à la surface au point considéré (l'intensité ne dépendant pas de l'angle azimuthal ϕ). On va calculer la densité spectrale de flux $F_{\nu}(r)$ reçue en O de deux manières : d'abord en se plaçant au niveau du détecteur, puis au niveau de la source. Les notations sont celles de la figure 2.1.

1. On suppose tout d'abord que chaque élément de surface de l'étoile suit la loi de Lambert, c'est-à-dire qu'il émet la même intensité spécifique I_0 dans toutes les directions sortantes, indépendamment de α . Donner la valeur de l'intensité spécifique I_{ν} observée par O en fonction de l'angle θ (angle que fait la direction visée avec

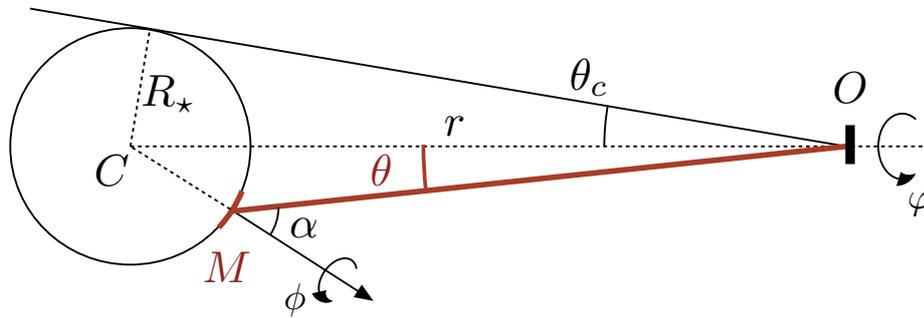


FIGURE 2.1 – Observation d'une étoile résolue angulairement

la droite OC).

2. En déduire la valeur de la densité spectrale de flux $F_\nu(r)$ en O (on vérifiera que l'expression obtenue est correcte en considérant la valeur particulière $r = R_*$).
3. Calculer la puissance émise par l'étoile par intervalle de fréquence (puissance spectrale) et en tirer $F_\nu(r)$. Comparer à l'expression trouvée à la question précédente.
4. Reprendre les deux calculs précédents en supposant maintenant que la surface de l'étoile ne suit plus la loi de Lambert mais émet une intensité $I_\nu(\alpha)$ où α est l'angle entre la direction d'émission et la normale à la surface au point considéré. Vérifier que les deux méthodes aboutissent au même résultat.
5. Discuter la différence de comportement entre l'intensité spécifique (indépendante de r) et la densité spectrale de flux (qui varie en $1/r^2$). À quelle grandeur les récepteurs sont-ils sensibles dans le cas d'une source résolue ? D'une source non résolue ? La Lune apparaît-elle plus brillante vue au travers de jumelles ?