Master-2 Astrophysique - INSTRUMENTATION

Examen 2006 - 2007 30 janvier 2006 Durée 3 Heures
CORRECTION

I- 1) D'un observatoire à l'autre, les propriétés de transparence atmosphérique et de transmission de l'instrument (télescope, optique, etc.) peuvent varier et une même étoile peut donner des mesures très légèrement diffŕentes.

2) Le filtre de la bande V est centré autour de $0.55\,\mu$m pour une largeur de bande de $0.1\,\mu$m.

3) Par définition, la magnitude de Vega dans la bande V comme dans toutes les bandes du système, vaut 0.

4) Cela permet de sortir le flux de l'intégrale et de ne plus tenir compte de la forme des filtres. On retrouve la forme simplifiée qui fait seulement intervenir le rapport des flux à une longueur d'onde donnée.

5) Par extrapolation, on trouve que le flux de Vega à $3\,\mu$m vaut $\approx 400 Jy$. la magnitude cherchée vaut donc :

$$-2.5 \log \frac{10^{-3}}{400} = 14$$

6) Toutes les magnitudes seront constantes. Autrement dit l'objet a une couleur "zéro" pour tout le spectre.

7)

$$F = 10^{-48.6/2.5} = 3630\,\mathrm{Jy}$$

8) $m_{\mathrm{Vega}} = 18 \rightarrow F_{3\,\mu\mathrm{m}} = 400\,10^{-18/2.5} \approx 25\,\mu\mathrm{Jy}$; $25\,\mu\mathrm{Jy} = 25\,10^{-29} \times 10^{-3}\,\mathrm{W.m^{-2}.Hz^{-1}} \rightarrow m_{AB} = -2.5\log(25\,10^{-29}) - 48.6 \approx 20.4$

9) $m_{AB} = -2.5 \log F_\nu - 48.6 = m_{Vega} - 2.5 \log F_\nu(Vega) - 48.6 = m_{Vega} + m_{AB}(Vega)$.

10) $F_\nu(Vega, 3\mu m) = 400\,10^{-23} \times 10^{-3}\,\mathrm{W.m^{-2}.Hz^{-1}} \rightarrow m_{AB}(Vega, 3\,\mu m) = 2.4$. On n'avait même pas besoin de faire le calcul puisqu'on savait déjà qu'à $3\,\mu$m le delta de magnitude est de 2.4 (de 18 on passe à 20.4) et la magnitude de Vega est nulle à toutes les longueurs d'onde.

11) Les deux systèmes donnent la même magnitude lorsque $m_{AB}(Vega) = 0$, c'est à dire à la longueur d'onde pour laquelle le flux de Vega vaut 3630 Jy, soit pour $\lambda \approx 0.7\,\mu$m (mesuré sur le graphe).

12) Un corps noir de 9500 K a son maximum d'émission pour $\lambda \approx 0.3\,\mu$m. Il y a donc une autre longueur d'onde $< 0.3\,\mu$m pour laquelle les deux systèmes donneront la même magnitude.

II 1) $N_B = \frac{\lambda}{hc} F_o\, 10^{-m/2.5}$

2) $N_e = N_B \times t\, S\, \eta\, c\, \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \times \tau$

3) t est limité par la limite de saturation du détecteur.

4) Le nombre de pixels sous la PSF est $n = \frac{\pi\varpi^2}{\alpha^2}$; On est limité par le bruit de photon du fond pour $N_e \gg \frac{\pi\varpi^2}{\alpha^2}\sigma_L^2$

5) $\sigma = \sqrt{N_e}$. le NEP correspondant s'écrit :

$$\frac{h\, c\, \lambda}{\eta\, t\, S\, c\, \Delta\lambda}\, \sigma = \frac{\sqrt{h\, \lambda\, F_o}}{\sqrt{\eta\, t\, S\, \Delta\lambda}} 10^{-m/5}$$

6) $m_{lim} = -2.5\log(NEP) = m/2 - 2.5\log(K/F_o)$ où K est le facteur de $10^{-m/5}$ dans l'équation précédente. Le terme 1/2 provient du calcul du bruit en $\sqrt{N}$.

7) Tant qu'on reste limité par le bruit de photon du fond, le rapport S/N varie comme $\sqrt{t}$.

8)

III **1)** $NEP = \sigma\, h\nu_o/\eta\, t$.

2) $D = 1/NEP = \eta\, t/\sigma\, h\nu_o$.

3) $D^\star = D\sqrt{A\,\Delta f}$. Pour un temps de pose t, la bande passante est $\Delta f = 1/2t$, et l'aire des pixels vaut $A = 100\,\mu\text{m}^2$. On a alors :

$$D^\star = \frac{\eta\,\sqrt{t}}{\sigma\, h\nu_o}\,\frac{10^{-3}}{\sqrt{2}} \quad \text{W}^{-1}.\text{cm.Hz}^{1/2}$$

4) On obtient $D^\star = 4.1\,10^{15}\,\text{cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$.

IV- **1) & 2)** Les calculs sont effectués dans le cours et on trouve :

$$\sigma_Q^2 = \frac{16}{9}I_1 + \frac{4}{9}(I_2 + I_3) \tag{1}$$

$$\sigma_U^2 = \frac{4}{3}(I_2 + I_3) \tag{2}$$

$$\sigma_{I_T}^2 = \frac{4}{9}(I_1 + I_2 + I_3) \tag{3}$$

$$\sigma_P^2 = \frac{P^2}{Q^2 + U^2}[Q^2\sigma_Q^2 + U^2\sigma_U^2 + P^4\, I_T^2\sigma_{I_T}^2] \tag{4}$$

$$\sigma_\theta^2 = \frac{1}{4}\frac{Q^2\sigma_U^2 + U^2\sigma_Q^2}{(Q^2 + U^2)^2} \tag{5}$$

3) $2I_1 = I_2 + I_3$

4) En négligeant les termes en σ_{I_T}, on obtient $\sigma_\theta \approx 0.5\,\sigma_P/P$. Exprimé en radian, cette relation donne $\sigma_\theta \approx 28.6^o\sigma_P/P$.

5) Le rapport S/N sur la mesure de I_T est plus élevé que sur la détermination de Q et U.

6) On a : $P = 2\%\pm0.2\%$, $\theta = 30^o\pm3^o$. Cela donne une boite d'incertitude sur la position de l'extrêmité du vecteur de polarisation telle qu'indiqué sur la figure 1

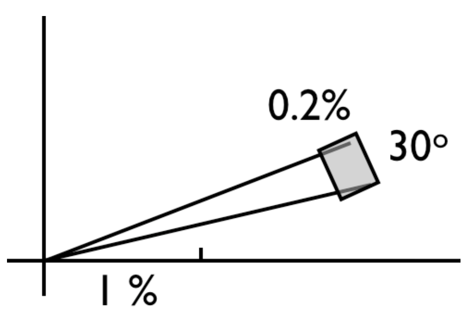

Figure 1: