ASTROPHYSIQUE INSTRUMENTALE
Examen fev 2003 - CORRECTION

1-2-3 Mesure de la hauteur max de chaque pic ; attention à l'effet d'échantillonnage : il faut visualiser le fit d'une gaussienne (le pic n'est pas forcément le pixel maximum). On trouve ensuite le seeing en mesurant la largeur à mi-hauteur sur la gaussienne. La encore, tacher de raire des mesures sur les "demi" pixels. L'incertiture sur la mesure de seeing est facilement de +/- 0.05". Attention aussi à l'échelle (0.1 arcsec fait *presque* 1 mm sur le dessin mais pas tout à fait). On trouve :
J : max = 130 ; mi-hauteur 65 ; $\varpi_J = 0.605 \pm 0.05\,''$
H : max = 675 ; mi-hauteur 337 ; $\varpi_H = 0.590 \pm 0.05\,''$
K : max = 775 ; mi-hauteur 387 ; $\varpi_K = 0.46 \pm 0.05\,''$
L : max = 725 ; mi-hauteur 363 ; $\varpi_L = 0.46 \pm 0.05\,''$

Avec les barres d'erreur, on arrive à faire passer une droite (log-log) de pente -0.2 par les points de mesure ; le seeing dans le visible ($0.5\,\mu$m) vaut alors $0.85 \pm 0.05\,''$

La loi "normale" de turbulence induit une qualité d'image chromatique où le seeing s'améliore comme $\lambda^{-0.2}$; les mesures valident le modèle.

4-5 On estime le bruit sur la partie "zoomée", en considérant que l'amplitude crète-crète donne 5σ. On trouve :
$\sigma_J = (17+14)/5 = 6.2ADU = 24e$; S/N (pic) = 130 / 6.2 = 21
$\sigma_H = (65+75)/5 = 28ADU = 112e$; S/N (pic) = 675 / 28 = 24
$\sigma_K = (120+80)/5 = 40ADU = 160e$; S/N (pic) = 775 / 40 = 19
$\sigma_L = (80+90)/5 = 34ADU = 136e$; S/N (pic) = 21

Les 4 mesures ont sensiblement le même rapport signal / bruit.

6 On estime le nombre N de pixels dans chaque PSF en prenant rayon = seeing ; le rapport signal/bruit dans la PSF est égal à celui au pic multiplié par $\sqrt{N}$:
$N_{PSF}(J) = \pi \times 6.05^2 = 115pix; S/N_{PSF}(J) = 21 \times \sqrt{115} = 225$
$N_{PSF}(H) = \pi \times 5.9^2 = 110pix; S/N_{PSF}(J) = 24 \times \sqrt{110} = 251$
$N_{PSF}(K) = \pi \times 4.6^2 = 67pix; S/N_{PSF}(J) = 19 \times \sqrt{67} = 154$
$N_{PSF}(L) = \pi \times 4.6^2 = 67pix; S/N_{PSF}(J) = 21 \times \sqrt{67} = 171$

7 Bruit : $\sigma_K = 160e \equiv 2286h\nu \equiv 2\,10^{-16}\,W \rightarrow 1.2\,10^{-5}$ Jy $\times 3$ (3σ) : $m_K(3\sigma, 1\,sec) = 18$. Avec le temps de lecture et les overhead, on ne peut faire que 120 poses par heure. La magnitude à 3σ en une heure passe à $18 + 2.5\log(\sqrt{120}) = 20.6$.

8 Pour chaque image, on calcule le flux intégré sous la gaussienne, qu'on converti en Jy, puis en magnitude :
$F_J = 130 \times 4 \times 6.1^2/0.88 = 2.2\,10^4 e \equiv 3.1\,10^5 h\nu \rightarrow 4.7\,10^{-14}\,W \equiv 8.13\,10^{-3}\,Jy \equiv J = 13$
$F_H = 675 \times 4 \times 5.9^2/0.88 = 1.07\,10^5 e \equiv 1.5\,10^6 h\nu \rightarrow 1.8\,10^{-13}\,W \equiv 3.5\,10^{-2}\,Jy \equiv H = 11.1$
$F_K = 775 \times 4 \times 4.6^2/0.88 = 7.5\,10^4 e \equiv 1.1\,10^6 h\nu \rightarrow 9.6\,10^{-14}\,W \equiv 3.6\,10^{-2}\,Jy \equiv K = 10.6$
$F_L = 725 \times 4 \times 4.6^2/0.88 = 7\,10^4 e \equiv 1\,10^6 h\nu \rightarrow 5.5\,10^{-14}\,W \equiv 3.9\,10^{-2}\,Jy \equiv L = 9.6$
On peut estimer que toutes les mesures sont à 5-10% près, c'est à dire à $\pm 0,05 - 0.1$ magnitude.
Le flux de l'étoile ne présente pas de maximum entre J et L, mais le terme νF_ν passe par un maximum en H ; à partir de la relation $\lambda T_{max} = 3000$ pour un corps noir, on estime grossièrement : $T_{max} \approx 3000/1.5 = 2000\,$K.

9 - 10 On obtient alors $J - H = 13 - 11.1 = 1.9 \pm 0.1$ et $H - K = 11.1 - 10.6 = 0.5 \pm 0.1$. Ce n'est pas complètement incohérent avec les valeurs données dans l'énoncé pour la suite du travail (1.90 et 0.92) ; la différence provient essentiellement des incertitudes de mesure , qui peuvent aller jusqu'à ± 0.2 en différence de magnitude, et encore s'agit-il de 1σ : une différence de 0.4 (2σ) ne serait pas statistiquement impossible.
On prend le premier point sur la SP qui peut être intercepté par le vecteur de rougissement et on trouve $A_V \approx 12$ pour une étoile M0 (Teff = 3840 K). Comme "échelle" des (dé)rougissements, on utilise la "toise" donnée par le vecteur $A_V = 10$ (dont la longueur et l'orientation sont obtenues à partir du tableau des valeurs de A_λ). le point visé tombe plus ou moins sur le type spectral M0. Par ailleurs, $A_V = 12$ donne $A_J = 3.4, A_H = 2.1, A_K = 1.3$. Les couleurs de l'étoile deviennent alors $J - H = 1.9 - 1.3 = 0.6$ et $H - K = 0.92 - 0.8 = 0.12$. Le type spectral de l'étoile est donc dans la fourchette K2-K5 (sur l'"épaule" de la courbe), proche de M0.

11 $T_{eff}(K5) \approx 4500\,$K ;. cela montre à quel point la première estimation était "grossière".

12 Pour $A_V = 12$, on obtient $12\,10^{21}$ atomes de H2 sur la ligne de visée, soit une masse de $7.43\,10^{25}$ g/pix $= 3.7\,10^{-5} M_\odot$ pour des pixels de 10 AU (à 100 pc).