

DEA Astrophysique - INSTRUMENTATION

Examen 2002 - 2003

Tous documents autorisés. Les pages 3 et 4 comportent des données et des rappels utiles pour répondre aux questions posées dans l'exercice.

Les questions sont assez largement indépendantes les unes des autres

On considère les données de la figure jointe (pages 5 et 6) concernant les observations d'une étoile de la séquence principale (considérée comme une source ponctuelle) dans les bandes JHKL du proche infrarouge. L'échelle focale est la même pour toutes les images et vaut **0.1 arcsec / pixel** et toutes les images sont obtenues avec un **temps de pose de 1 seconde**. Les images sont en ADU/pixel.

Une feuille supplémentaire (page 7) est fournie pour tracer les résultats de certaines mesures à effectuer sur les documents fournis, et doit être rendue avec la copie.

PARTIE 1 : Qualité d'image

1- A partir de ces données, déterminer la valeur ϖ du seeing pour chacune des bandes de 1 à 4 μm . Pour chacune de ces mesures, on tâchera d'estimer l'incertitude.

2- Tracer le graphe $\varpi(\lambda)$ (page 6) et indiquer si le comportement de la turbulence en fonction de la longueur d'onde vous paraît normal.

3- Quel est le seeing dans le visible ?

PARTIE 2 : RAPPORT SIGNAL / BRUIT

4- A partir des coupes effectuées sur les observations, estimer le bruit en électrons sur les mesures de J à L, en prenant un gain du système de 4e/ADU.

On considèrera que dans une distribution aléatoire d'écart-type σ , la probabilité de tirer une valeur à plus de 2.5σ de la moyenne, est négligeable (extension crête à crête $\approx 5\sigma$).

5- Quel est le rapport signal/bruit au pic de chacune des images ? Conclusion sur la caractéristique commune de toutes ces images ?

6- Quel est le rapport signal/bruit sur la PSF de chacune des images ? (on considèrera que la PSF s'étend sur un cercle de rayon égal au diamètre du seeing).

PARTIE 3 : CALIBRATIONS ET MESURES

Les observations sont effectuées sur un télescope de 4 m. Pour simplifier, on considèrera que le rendement quantique de l'instrument est constant ($\eta = 0.7$) dans les 4 bandes, et que la transmission atmosphère + télescope $\tau = 0.1$ est également constante.

• Quelle est la distance focale équivalente du montage sur télescope si les pixels du CCD font 10 μm de côté ?

7- Calculer la sensibilité des observations (magnitude limite à 3σ) dans la bande K. En déduire la magnitude à 3σ en une heure si chaque pose est limitée par 30 secondes de temps de lecture et de gestion de l'instrument.

8- Calibrer les 4 observations ci-dessus et donner les flux (en Jy) et les magnitudes JHK de l'objet observé. Donner une estimation grossière de la température effective de cette étoile.

PARTIE 4 : PARAMETRES ASTRO-PHYSIQUES

A partir de ce point, on prendra $J - H = 1.90$ et $H - K = 0.92$.

• Ces valeurs sont-elles cohérentes avec vos mesures effectuées dans les questions précédentes ? Si non, à quelle cause principale attribuez vous cette différence ? Pour la suite du problème, vous utiliserez de toute façon les valeurs données ci-dessus.

9- Placer le point mesuré sur le diagramme couleur-couleur J-H/H-K fourni page 6. Sur ce diagramme, on a porté d'une part le tracé des étoiles de la séquence principale, avec quelques types spectraux et d'autre part un vecteur de rougissement correspondant à $A_V = 10$ pour une absorption interstellaire normale (voir tableau 1) ; utiliser cette information pour dérougir l'objet jusqu'à la séquence principale et estimer 1) l'absorption visuelle A_V sur la ligne de visée et 2) son type spectral.

10- Le point dérougi sur la séquence principale fournit les couleurs J-H/H-K intrinsèques de l'objet. À partir des indications fournies dans la table 4, en déduire une estimation plus précise du type spectral de l'objet observé. Cette estimation est-elle cohérente avec votre estimation précédente ?

11- Quelle est la température effective d'une étoile ayant un tel type spectral ? Cette valeur est-elle cohérente avec votre estimation rapide de la question 8 ? Pourquoi ?

12- Estimer la densité de colonne (en g/cm^2) sur la ligne de visée. Si la distance à l'étoile est de 100 pc, quelle est la masse de gaz par pixel sur la ligne de visée ?

DEA Astrophysique - INSTRUMENTATION

Rappels et Données

On rappelle que la relation entre la valeur au pic A et l'intégrale sous la courbe F d'une gaussienne de largeur à mi hauteur ϖ est :

$$A \approx 0.88 \frac{F}{\varpi^2}$$

A est exprimé en électrons/pixel (ou ADU/pixel) ; F en électrons (ou ADU) ; ϖ^2 est en (surface de) pixel.

Relation absorption visuelle / densité de colonne :

$$N(H_2) \approx 10^{21} \times A_V \text{ cm}^{-2}$$

Masse du proton : $m_p = 1.7 \cdot 10^{-27}$ kg ; Masse solaire : $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ g.

1 arcsec à 1 pc \equiv 1 AU

1AU = 150 10⁶ km

Table 1: Conditions d'observation standard ($\lambda/r_o \propto \lambda^{-1/5}$) du point de vue de la turbulence

λ (μm)	0.5	2.2	3.6	5	10
r_o (m)	0.1	0.6	1.1	1.6	4
N_c 4m	1600	45	13	6	1
N_c 8m	6400	180	52	24	4
τ_c (ms)	10	60	110	160	360
θ_{iso} (")	3	20	40	60	120
λ/D (") 4m	0.025	0.11	0.18	0.25	0.5
Seeing (")	1	0.73	0.65	0.62	0.56

Table 2: Bandes photométriques standards et flux de références pour le visible et le proche infrarouge.

Bande	λ_o (μm)	$\Delta\lambda$ (μm)	$\Delta\nu$ (10^{12} Hz)	ν_o ($\times 10^{12}$ Hz)	$h\nu_o$ (10^{-20} J)	F_ν (Jy) / $m_\lambda = 0$
U	0.36	0.068	157.4	830	52.17	1880
B	0.44	0.098	151.9	700	42.68	4440
V	0.55	0.098	97.19	560	34.14	3810
R	0.70	0.089	54.49	430	26.83	2880
I	0.90	0.22	81.48	330	20.87	2240
J	1.25	0.24	46.08	240	15	1520
H	1.65	0.38	41.87	180	12	980
K	2.20	0.34	21.07	136	9	620
L	3.60	0.48	11.1	86	5.5	280
M	4.80	0.55	7.16	63	3.91	153
N	10	0.80	2.4	30	1.88	37
Q	20	5	3.75	15	0.94	10

Table 3: . Variation de A_V/A_λ avec λ .

λ (μm)	Bande	A_V/A_λ
0.14		2.73
0.20		2.80
0.32		1.74
0.364	(U)	1.531
0.40	(B)	1.524
0.548	(V)	1.00
0.60		0.88
0.71	(R)	0.748
0.871	(I)	0.482
0.97		0.47
1.06		0.40
1.25	(J)	0.282
1.65	(H)	0.175
2.20	(K)	0.112
3.4	(L)	0.058
4.9	(M)	0.023
10.0	(N)	0.01

Table 4: Couleurs intrinsèques des étoiles de la séquence principale (d'après Bessel & Brett, 1988, PASP 100, 1134).

Type spectral	T_{eff}	V-K	J-K	H-K	K-L
G0	5950	1.41	0.36	0.05	0.05
G2	5790	1.46	0.37	0.052	0.05
G5	5560	1.58	0.41	0.06	0.05
K0	5150	1.96	0.53	0.08	0.06
K2	4830	2.22	0.59	0.09	0.07
K5	4410	2.85	0.72	0.11	0.10
M0	3840	3.65	0.86	0.17	0.14
M2	3520	4.11	0.86	0.21	0.16
M5	3170	6.12	0.94	0.32	0.29