

Master-2 Astrophysique - INSTRUMENTATION

Examen 2004 - 2005 Durée 2 Heures

Polycopié et notes de cours autorisés

Les Différentes parties et les questions sont très largement indépendantes les unes des autres

Rappels :

Flux de référence des magnitudes à $1.25 \mu\text{m}$ $F_J^o = 1520 \text{ Jy}$; à $1.65 \mu\text{m}$ $F_H^o = 980 \text{ Jy}$; à $2.2 \mu\text{m}$ $F_K^o = 620 \text{ Jy}$.

Sauf précision supplémentaire dans le texte, on considère qu'on observe avec un système (instrument + télescope) dont les caractéristiques sont : transmission télescope + atmosphère $\tau = 0.2$; bande passante du filtre J : $\lambda_o = 1.25 \mu\text{m}$, $\Delta\lambda = 0.24 \mu\text{m}$; Surface du télescope $S = 10 \text{ m}^2$; seeing $\varpi = 0.8''$; échelle focale $\alpha = 0.2 \text{ arcsec/pixel}$; rendement quantique $\eta = 60\%$

-I- Magnitude limite et bruit de lecture

On observe dans la bande J avec un instrument de magnitude limite (à 1 sigma) $m_{1\sigma} = 25$ par pixel.

1) En utilisant les paramètres donnés ci-dessus, calculer à quel nombre de photons $N_{1\sigma}$ la magnitude $m_{1\sigma}$ correspond si on fait des poses de 1 mn ?

2) En déduire le bruit de lecture σ_L en électrons par pixel et par pose si on fait des poses de 1 mn. On négligera l'influence du fond de ciel et du courant d'obscurité (est-ce raisonnable ?).

3) Les observations sont-elles limitées par le "bruit de signal" (fond ou étoile) ou par le bruit du détecteur σ ?

Dans la suite, on fera l'hypothèse que le bruit du détecteur est égal au signal correspondant à $m_{1\sigma}$.

4) En fonction de votre réponse à la question précédente, calculer le rapport Signal/bruit atteint si on fait des poses de 5 mn.

-II- Magnitude limite par pixel et par PSF

En pratique l'image d'une étoile (source ponctuelle) ne tombe jamais sur un seul pixel. On considèrera que l'image d'une source ponctuelle (la PSF) est une gaussienne de largeur à mi-hauteur fonction du seeing et d'amplitude A fixée par la magnitude m de la source.

1) Indiquer rapidement comment établir la valeur de A à partir de m .

On considère que la PSF s'étale sur un diamètre égal à 2 fois le seeing.

2) Discuter cette approximation.

3) A partir de $m_{1\sigma}$ par pixel et σ_L , calculer la magnitude limite effective $m_{1\sigma}^{\text{PSF}}$ de l'instrument atteinte pour 1 mn de temps de pose. Pourquoi a-t-on $m_{1\sigma}^{\text{PSF}} < m_{1\sigma}$?

-III- Magnitude limite et complétude

On considère qu'on observe un amas stellaire situé à une distance de 100 pc. L'amas en question est constitué d'étoiles de magnitudes absolues uniformément réparties entre $M = 10$ et $M = 25$. Pour fixer les idées, on considère qu'il y a cent étoiles par intervalle de magnitude.

1) Quel est le rapport de flux reçu entre les étoiles les plus faibles et les plus brillantes de l'amas ?

2) Tracer l'histogramme des magnitudes observées m correspondantes.

En pratique lorsqu'on observe des étoiles de magnitudes de plus en plus grandes, les étoiles de magnitude proches de la limite de détection ne sont pas toutes détectées ; c'est le problème de la complétude des observations.

On souhaite maintenant tracer l'histogramme des magnitudes réellement observées par l'instrument considéré à la partie 1. Pour simplifier, on considère que les probabilités de détection sont les suivantes :

$$m = m_{1\sigma} : P_1 = 10\%$$

$$m = m_{2\sigma} : P_2 = 60\%$$

$$m = m_{3\sigma} : P_3 = 95\%$$

3) En déduire l'histogramme des magnitudes observées par l'instrument (on le tracera sur le même diagramme que précédemment). Pour quelle magnitude est-on complet à 99% ?

4) Que pensez-vous de l'approche simplifiée ci-dessus ? Proposer une méthode plus réaliste de détermination de l'histogramme des magnitudes observées par l'instrument.

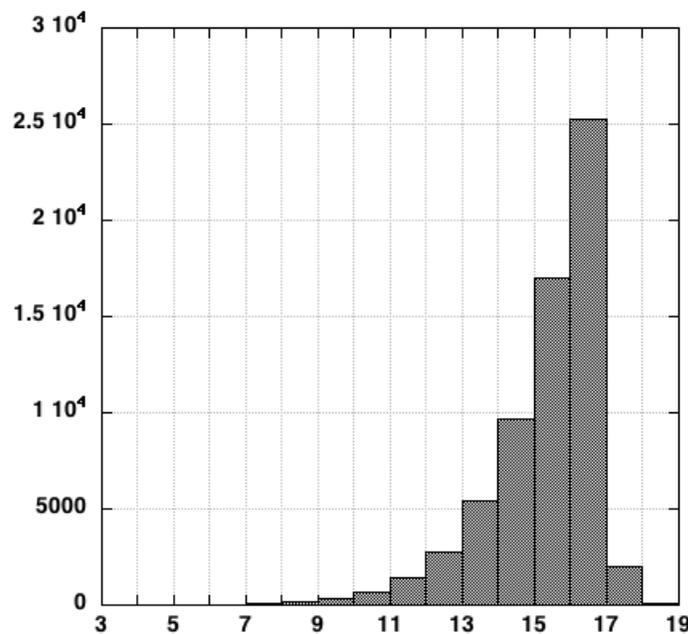


Figure 1: Histogramme des sources détectées en J par 2MASS sur une fraction du nuage moléculaire du Taureau.

La figure 1 montre l'histogramme des sources détectées par 2MASS dans la bande J sur une

fraction du nuage moléculaire du Taureau.

5) Expliquez la forme de cet histogramme

6) Indiquez où vous situez la magnitude de complétude à 99% de 2MASS ; la magnitude limite de 2MASS.

-IV- Bruit de lecture et bruit de fond

On reprend le calcul effectué à la partie 1 (bruit de lecture σ_L).

1) Que devient le bruit total sur la mesure (poses de 1 mn) si on prend cette fois en compte un fond de ciel de 16 magnitude par arcsec² (dans la bande J) et un courant d'obscurité de 5 électrons par seconde ?