

Master-2 Astrophysique - INSTRUMENTATION

Examen1997/1998

On se propose d'étudier comment varient les performances d'un instrument en fonction des conditions d'observation. Dans tout l'exercice, on suppose que l'on observe à travers une atmosphère plan-parallèle.

Le rayonnement de l'étoile à l'entrée de l'atmosphère est caractérisé par son intensité spécifique I_* . On note τ_o la profondeur optique intégrée de toute l'atmosphère lorsqu'on observe au zénith.

1) Justifier l'emploi de l'intensité spécifique (et pas du flux par exemple) pour caractériser le signal reçu d'une source.

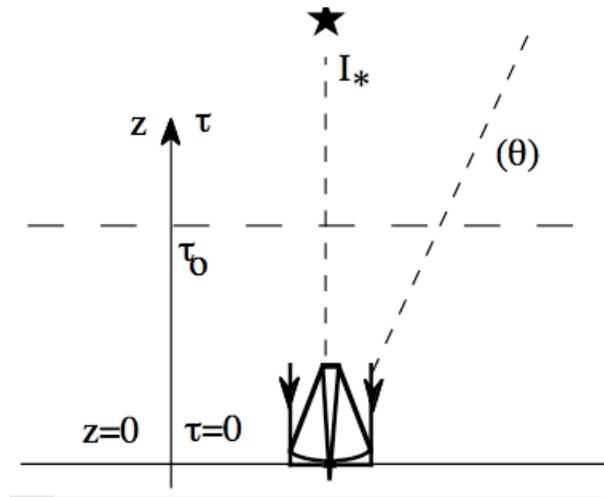


Figure 1:

2) Résoudre l'équation de transfert du rayonnement à travers l'atmosphère avec les notations et les origines utilisées dans la figure 1, et montrer qu'on observe au sol :

$$I_o = I_* \exp(-\tau(\theta)) + S(1 - \exp(-\tau(\theta))) \quad (1)$$

où S est la fonction source de l'atmosphère.

3) Donner l'expression de $\tau(\theta)$, profondeur optique de l'atmosphère traversée pour une observation à un angle zénithal θ , en fonction de τ_o .

4) Etablir l'équation donnant τ pour obtenir une émission parasite double de celle obtenue au zénith. Calculer une solution approchée de cette équation lorsque l'atmosphère est optiquement mince.

La figure 2 plus loin donne la brillance au zénith du fond de ciel en photons par seconde, mètre carré seconde d'arc carrée et micron, à l'altitude du Mauna Kea sur l'île d'Hawaii.

La courbe de la partie droite de la figure est celle d'un corps noir de température $T_{atm}=230K$, et d'émissivité $\epsilon = 0.18$.

5) Dans quelle bande photométrique du proche infrarouge l'émission thermique de l'atmosphère commence t-elle à dominer ?

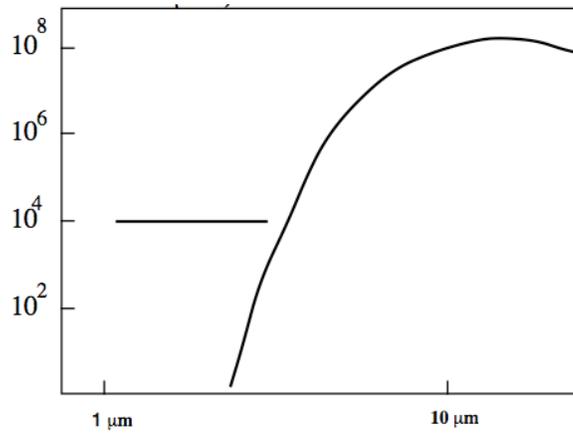


Figure 2:

6) A quoi est due l'émission (qu'on supposera indépendante de la longueur d'onde) sur la partie gauche de la figure ? Lorsque l'émission thermique domine, identifiez la fonction de corps noir et l'émissivité dans l'équation 1.

7) En déduire quelle est la profondeur optique de l'atmosphère au zénith au sommet du Mauna Kea, dans l'infrarouge thermique.

8) Déduire de la courbe ci-dessus l'émissivité du fond de ciel en magnitude par seconde d'arc carrée dans les bande J, H, K, L et M du proche infrarouge.

On observe avec un détecteur sur un télescope avec les caractéristiques suivantes (tableaux ci-dessous). On utilise le détecteur à mi-dynamique.

9) Justifier l'utilisation à mi-dynamique.

Caractéristiques du télescope utilisé :

Diamètre 4m
 Transmission optique 0.1
 Emissivité négligeable.

Caractéristiques du détecteur utilisé :

Taille 512 x 512
 Capacité 400.000 électrons
 Rendement quantique 60 % (quelque soit λ) Bruit de lecture 100 électrons
 Courant d'obscurité 10 électron/sec
 Echelle(s) focale(s) 0.05 & 0.2 arcsec/pixel.

10) Calculer le temps de pose maximum imposé par le signal de fond en L pour les deux échelles focales disponibles.

11) Expliquer la notion de bruit de signal de fond de ciel.

12) Quel est le temps de pose pour lequel on passe d'une limitation par le bruit de lecture à une limitation par le bruit de signal du fond de ciel ? Quelle différence de stratégie observationnelle existe entre ces 2 domaines ?

13) Le courant d'obscurité est-il un paramètre dominant du problème ?

On observe sous un seeing de $0.7''$ avec l'échelle focale la plus grande.

14) En faisant l'approximation que l'énergie reçue de l'étoile (ponctuelle) est répartie uniformément dans une tache circulaire de diamètre donné par le seeing, calculer la magnitude limite de l'étoile détectable à 3σ en une minute de temps de pose. Combien de poses individuelles faut-il stocker ? Quelle place occuperont-elles sur disque ? (vous justifierez le dimensionnement du système informatique d'acquisition et de stockage).

15) Que devient cette magnitude limite si le seeing passe à $0.4''$? Conclure sur le mode de dépouillement de données à adopter.

On utilise ce détecteur derrière un système d'optique adaptative offrant une résolution après correction de $0.1''$.

16) Quelle sera votre stratégie d'observation selon que vous privilégiez - la résolution maximale ? - la sensibilité maximale ?

17) Quelle sera la sensibilité obtenue à la résolution maximum ? La résolution obtenue à sensibilité maximum ?

On observe maintenant un objet étendu sur plusieurs secondes d'arc (une galaxie).

18) Quelle est la limite de détection atteinte et dans quelle unité s'exprime t-elle, pour un seeing de $0.7''$? Comment évolue cette limite si le seeing passe à $0.4''$? Conclure.