

D.E.A. Sciences de l'Univers

Instrumentation en astrophysique, domaine optique

Examen du mercredi 26 février 2003

Le train optique du VLT

1. Au VLT, le système optique de reprise du faisceau lui fait subir 17 réflexions successives sur des miroirs : le primaire et 16 autres à la suite. On veut des images limitées par la diffraction dans l'infrarouge à $\lambda = 2,2 \mu\text{m}$. Pour que le front d'onde satisfasse au critère de Rayleigh à la sortie du train optique, en supposant qu'il soit sans défaut à l'entrée du télescope, quelle est en nanomètres l'amplitude maximale des défauts acceptable sur chacun des différents miroirs du système ? On supposera la même tolérance pour tous les miroirs.

2. Un détecteur d'efficacité quantique 0,3 est au foyer du système optique de reprise du faisceau qui lui fait subir les 17 réflexions précédentes, plus une sur un réseau de diffraction. Le réseau a un rendement de 0,5 en intensité. Quelle doit être le coefficient de réflexion minimum sur chacun des miroirs pour que l'efficacité quantique de l'ensemble : miroirs + réseau + détecteur soit supérieure ou égale à 10% ?

Optique adaptative

3. On veut mesurer la photométrie d'une source ponctuelle avec une précision de 1%. Quelle est la dynamique nécessaire et la quantité d'information associée à une mesure ?

4. Cette source ponctuelle est en fait sur un fond diffus (par exemple une céphéïde dans une galaxie lointaine). L'étoile à mesurer contribue pour seulement 10% à l'éclairement du resel où elle se trouve. Les 90% restants sont dus aux étoiles de la séquence principale non résolues dans son voisinage, que l'on retrouve en quantité égale dans les resels voisins. Quelle est maintenant la dynamique nécessaire et la quantité d'information associée sur un resel ?

5. On dispose d'un instrument équipé d'optique adaptative donnant un rapport de Strehl de 0,2. On néglige la contribution au halo de la lumière diffusée hors du pic central par l'optique adaptative. Que devient la dynamique nécessaire et la quantité d'information associée sur un resel ?

6. Le détecteur est un CCD 2000*2000. Donner la quantité d'information totale.

Corrigé

1. Pour $\lambda = 2,2 \mu\text{m}$, le critère de Raleigh à $\lambda/4$ donne $0,55 \mu\text{m}$.

Le défaut sur l'onde correspond à un défaut deux fois plus petit sur le miroir. donc la tolérance d par miroir est de :

$$d = \lambda/4 \cdot 2^{1/17} = 16 \text{ nm}$$

2. Le rendement quantique total est donné par :

$$Q_f = Q_d Q_r Q_m^{17} \Rightarrow Q_m = (Q_f / Q_d Q_r)^{1/17}$$

$$Q_m = (0.1 / 0.3 \cdot 0.5)^{1/17} = 0,976$$

3. $H_1 = \text{lb}(100) = 6,64$ (donc il faut 7 bits)

4. $H_2 = H_1 + \text{lb}(1/0,1) = \text{lb}(1000) = 9,96$ (donc 10 bits)

5. $H_3 = H_2 + \text{lb}(1/0,2) = \text{lb}(5000) = 12,28$ (donc 13 bits)

6. $H_4 = 2000 \cdot 2000 \cdot \text{lb}(5000) = 49,15 \text{ Mbits}$,

et sans compression 52 Mbits si on prend 13 bits par pixel.