

Master-2 Astrophysique - INSTRUMENTATION

Examen 2003 - 2004 Durée 2 Heures

Les questions sont très largement indépendantes les unes des autres

On considère les résultats suivants qui résultent d'une interrogation du simulateur de performances de l'instrument FORS à l'ESO, pour une étoile de magnitude $V=20$ observée dans les conditions suivantes :

Type spectral	:	K7
Ecart à la nouvelle lune	:	3 jours
Brillance de fond de ciel	:	21.7 mag/arcsec ²
Seeing	:	$w=0.8$ arcsec
Exposure time	:	$t=0.701$ seconds
Filtre	:	V

Signal to Noise over the PSF area	:	$S/N(\text{PSF})=20.000$
Number of pixels for PSF area	:	$N_p=51.000$ pixels
Plate scale	:	$ps=0.200$ arcsecs/pixel
Electrons in the PSF area (object only)	:	$n(\text{PSF})=1034.764$ e-
Sky background value	:	$bg=10.108$ e-/pixel
Read-out noise level	:	$ron=4.700$ e-/pixel
Peak pixel value (object+sky)	:	$pic=65.568$ e-
Detector dark current	:	$dc=5.000$ e-/pixel/hour
Detector saturation level	:	$sat=98000.000$ e-
Signal to noise at central pixel	:	$S/N(pic)=5.924$

L'ensemble de l'exercice va consister à vérifier que l'on comprend bien les résultats annoncés et qu'ils sont conformes à ce que l'on connaît de la statistique des divers bruits intervenants dans une observation dans le visible. On aura donc intérêt à *bien expliciter les expressions physiques et statistiques utilisées et à ne pas mélanger les expressions littérales et numériques.*

On considère que la PSF est une gaussienne de sigma égal à la moitié du seeing.

1) Discuter les 2 approximations effectuées dans l'hypothèse sur la PSF adoptée ci-dessus. Ces deux approximations sont-elles indépendantes ? Laquelle vous semble la plus contraignante ?

2) Le simulateur considère que la PSF couvre une surface utile de 51 pixels. Jusqu'à quelle distance (en pixels) du centre de la PSF cette surface s'étend-elle ? Quelle fraction du signal au pic de la PSF a-t-on par pixel à cette distance ? Pensez-vous que cette approximation devrait dépendre de la magnitude de la source ?

3) Combien d'électrons sous la PSF sont dus au courant d'obscurité ? A quel incertitude statistique correspondent-ils ? Conclusion.

On cherche maintenant à vérifier l'expression et la valeur des rapports signal/bruit impliqués dans l'observation. On rappelle que l'écart-type σ_Σ de la somme de N variables aléatoires identiques (σ) est égal à $\sqrt{N}\sigma$.

4) Calculer la participation au bruit total sous la PSF du bruit de lecture donné en e-/pixel. Montrer que cette participation vaut $\sigma_{\Sigma L}^2 \approx 1127$ e.

5) Calculer de même la participation du fond de ciel (background) dans le bruit total. Montrer que cette participation vaut $\sigma_B^2 \approx 515$ e.

6) Donner l'expression littérale du bruit total sous la PSF. Laquelle des 3 contributions principales ("signal", lecture, background) domine ? Est-ce normal étant données les conditions d'observation ?

6.5) En déduire le rapport $S/N(\text{PSF})$ et vérifier que l'on obtient bien $S/N=20$ souhaité.

7) Vérifier que la valeur au pic (65.6 e) est bien cohérente avec le signal total obtenu sous la PSF. Vérifier de même que le rapport signal/bruit au pic est bien celui annoncé. Pourquoi est-il plus faible que celui obtenu sous la PSF ?

8) Lequel des deux rapports S/N (PSF ou pic) faut-il prendre en compte si on cherche à détecter une source ponctuelle ? La réponse est-elle la même pour une source étendue ?

La figure 1 donne la variation du rapport S/N obtenu sous la PSF lorsque le seeing varie.

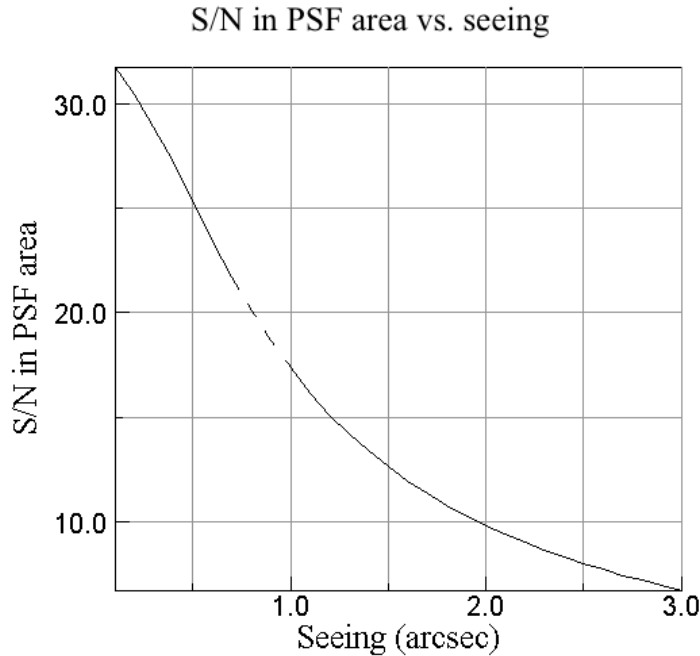


Figure 1: Variation du rapport $S/N(\text{PSF})$ avec le seeing.

9) Expliquer pourquoi, alors que le flux de l'étoile reste identique ($V=20$, même s'il est étalé sur plus de pixels), le rapport S/N dépend du seeing. Quels sont les deux termes parasites en cause ? Montrer que plus le seeing se dégrade, plus on est dominé par le bruit de lecture.

10) Quelle est la surface de la PSF pour un seeing $\varpi = 2$ arcsec ? Recalculer le rapport S/N pour un seeing de 2 arcsec et montrer que l'on obtient bien une valeur de l'ordre de 10.

11) Est-ce que le signal sous la PSF peut dépasser 98000 e ? Pourquoi ?

12) Quel signal maximum pourra-t-on intégrer sous la PSF avant saturation ? Montrer qu'une étoile de magnitude $V=12$ saturera le détecteur dans les conditions d'observations adoptées pour la simulation. Est-ce que le terme de background varie ?

13) Calculer le rapport $S/N(\text{PSF})$ obtenu sur une étoile de magnitude $V=14$ observée dans les mêmes conditions que précédemment. Quel est le terme de bruit dominant ?

14) En comparant le signal obtenu sous la PSF pour une étoile de magnitude $V=20$ et la brillance de fond de ciel égale à $21.7 \text{ mag/arcsec}^2$, montrer que le signal parasite dû au background est bien de l'ordre d'une dizaine d'électrons par pixel dans les conditions d'observations adoptées.