

ASTROPHYSIQUE INSTRUMENTALE Examen 2009-2010 Session Décembre 2009

CORRECTION

I 0) Pour un  $r_o$  de 50 cm en bande K, on obtient bien un seeing  $\varpi = \lambda/r_o \approx 0.8$ . Donc le seeing est bien donné pour la bande K.

1)  $F_K = F_o 10^{-m_K/2.5}$ , ce qui donne  $F_K \approx 0.1$  mJy ( $= 10^{-30} W/m^2/Hz$ ).

2)

$$N_e = F_K \times \Delta\nu \times S \times \eta \times \tau \times T_{int}/h\nu$$

3) A.N.  $N_e = 10^{-30} \times 21 \cdot 10^{12} \times 50 \times 0.1 \times 0.8 \times 10 / (8.5 \cdot 10^{-20}) \approx 9700$  electrons

4) Le simulateur donne 36000 electrons pour 10 sec. On peut supposer que la transmission est meilleure que les 10% estimés. la transmission est plus proche de 30-40% que 10%. De même, le rendement quantique est peut-etre  $> 0.8$ .

5) En considérant la bande passante à mi hauteur, on mesure :  $\Delta\lambda \approx 2.300 - 2.025 \mu m = 0.275 \mu m$ , et  $\lambda_o \approx 2.16 \mu m$ . On en déduit  $\Delta\nu = c\Delta\lambda/\lambda_o^2 \approx 17 \cdot 10^{12}$  Hz. Avec cette bande passante, le nombre d'electrons théorique sous la PSF pour une transmission de 10% devient 7800. Si on obtient 36000, cela signifie que la transmission devrait plutot etre de 46% (règle de trois) ; l'estimation est donc excellente puisque l'ESO utilise une efficacité globale de 40%.

6)

$$SNR = \frac{N_S}{\sqrt{N_S + N_B + N_D + n_{pix} \times RON^2}}$$

Pour une pose de 10 sec, on a  $N_S = 36378$  ;  $N_B = 35011 \times 93 = 3.26 \cdot 10^6$  ;  $n_{pix} \times RON^2 \approx 9300$ .  $N_D$  n'est pas disponible mais ce nombre est souvent négligeable (surtout avec un temps de pose de 10 sec). On obtient alors  $SNR \approx 20$ . C'est le bruit statistique (sur le signal de fond de ciel) qui domine.

7) Sur le pixel central, le signal est la superposition du fond de ciel par pixel ( $N_B$ ) et du signal  $A$  du à la source. on obtient  $A \approx N_S/\varpi^2$ , avec  $\varpi = 0.8/0.15 = 5.33$ , et  $N_S = 35378$ , d'où  $A = N_B + N_S/5.33^2 = 35011 + 1280 = 36291$ . Si on double le temps de pose,  $N_S$  et  $N_B$  sont doublés tous les deux et le signal passe à  $A = 2 \times N_B + 2 \times N_S/5.33^2 = 70022 + 2560 = 72582$ .

8) Le temps de pose max est solution de :  $T_{max} \times (N_B + N_S/5.33^2) = 10 \times SAT$  car les calculs precedent sont faits pour  $T_{int} = 10$  sec ; Pour  $SAT = 180000$  e,  $T_{max} = 49.6$  sec. Cette limitation est due au flux de fond de ciel.

9) Le nombre d'electrons sous la PSF est solution de :

$$3 = \frac{N_S}{\sqrt{N_S + N_B + 9300}}$$

En un temps de 25 s, le nb d'e de fond atteint  $N_B = 35011.25/10 = 96000$ . En approximant  $9 = 10$  et  $96000 = 100000$ , on obtient :  $N_S^2 - 10N_S - 10^6 = 0$ . La solution positive donne  $N_S = 1000$ . On pouvait donc encore negliger  $10N_S$  devant  $N_S^2$  et trouver le meme resultat. A partir des questions 1 et 2, et pour  $\tau = 0.4$ , on obtient une magnitude limite à  $3\sigma$  :  $m_3 \approx 22$ , soit une magnitude 100 fois plus faible (moins brillante) qu'au départ (17).

On pose la question pour Tmax/2 car sinon le detecteur est sature et ne detectera rien.

II 1) Le photon incident provoque une serie d'ionisations et il n'est pas absurde de supposer que plus le photon est energetique, plus on ionise d'electrons

2) En moyenne, a partir de 2 photons / sec / pixel, on obtient des situations ou un pixel recoit 2 photons avant lecture. Pour des photons de 1 keV, ce flux correspond à  $2 \times 1.6 \cdot 10^{-16} / 1500 \approx 2 \cdot 10^{-19} W/cm^2$ .

3) L'influence du pile-up tend a "durcir" le spectre observé de la source (les photons lus semblent avoir une énergie plus importante)

4) Le pile-up diminue le nombre de photons mesures puisqu'on en compte un pour 2 ou 3, ou +. Si la source est brillante le centre de la source apparaitra relativement plus aplati, voire creusé par rapport aux ailes qui, moins brillantes, sont mieux mesures.

5) Cet effet est visible sur la figure 3 ou la PSF la plus brillante (en bas a gauche) est "creusee" au centre.

6)  $f_p < 1$  car le phénomène n'arrive pas a tous les coups (c'est le cas de le dire). C'est l'instrument ACIS qui est le plus lent a reagir puisque le phenomene de pile-up intervient pour un flux plus faible.

7) Pour 5%, ACIS est penalise à partir de 0.25 coups par seconde, soit un flux  $F = 0.25 \times 1.6 \cdot 10^{-16} \times 10^7 / 400 = 10^{-12} \text{ erg/cm}^2/\text{s}$ . Pour EPIC, le pile-up commence à 10 coups/sec, soit un flux  $F = 10 \times 1.6 \cdot 10^{-16} \times 10^7 / 1500 = 10^{-11} \text{ erg/cm}^2/\text{s}$ .