ASTROPHYSIQUE INSTRUMENTALE Examen 2012-2013

CORRECTION

1- Observations dans la bande L [10]

1.1 L'émission du fond de ciel à 300K commence à devenir importante à 3.6 microns et la modulation devient nécessaire pour soustraire rapidement le fond de ciel. 3.9/arcsec2 est une magnitude importante.

1.2 Ti/NDIT = 0.11 seconde. 0.8/0.07 = 11.4 px ; la surface sous un cercle de seeing est de 103 px ; sous le double (4 fois plus de px) : 410px. Si on adopte la loi de variation du seeing en $\lambda^{-0.2}$, on trouve des tailles de 47 ou 186 px. Donc le modèle considère que le seeing est de l'ordre de 0.8" en bande L.

1.3 Soit N_C le nb d'e sur le pixel central. $N_C = I_1 - N_{BG,1} = 149484 - 149455 = 29\,\mathrm{e}$; le bruit est donc de $\sqrt{29} \approx 5$.

1.4

$$N_e = 300\,10^{-\frac{3.9}{2.5}}\,[Jy/''^2] \times 10^{-26} \times 50_{m^2} \times 10^{13}{}_{Hz} \times 0.11_{sec} \times 0.07^2_{arcsec^2} \times \frac{1}{5\,10^{-20}_J} = 4.45\,10^5 e/DIT/px$$

L'estimation donne ≈ 3 fois plus d'e que dans la simulation ; C'est raisonnable car on n'a pas pris en compte la transmission du système.

1.5 $\tau \approx 0.3$

1.6 $SNR(N) = \sqrt{N} SNR(1)$

1.7

$$SNR_{\mathrm{PSF}}(1) = \frac{N_1}{\sqrt{N_1 + N_{BG,1} \times N_{PSF} + RON^2 \times N_{PSF} + N_{dark}}}$$

Le terme dominant est le terme de bruit statistique sur le signal de fond de ciel sous la PSF. Du coup on néglige le terme de RON et on n'a meme pas besoin de l'estimation du dark.

1.8 Pour que RON soit dominant, il faut avoir :

$$RON^2 > N_{BG,1}$$

ce qui donne un bruit de lecture > 300 electrons.

1.9 Calcul numérique de l'expression ci-dessus ; on trouve SNR 0.4. C'est normal d'avoir un très faible SNR avec un fond de ciel pareil. On montre plus bas que la source est faible. On ne voit pas forcement la source sur les images individuelles car le SNR est < 1, sauf coup de chance.

1.10 Par addition de 2664 poses on parvient au $SNR = 0.4 \times \sqrt{2664} \approx 20$.

1.11

$$SNR_{\mathrm{PIC}}(1) = \frac{I_1 - N_{BG,1}}{\sqrt{I_1}}$$

en négligeant tout de suite les termes de RON et dark ; on obtient 0.075 ; $\times\sqrt{2664} \to 3.6$. Avec une magnitude 3.9/arcsec carrée, si les pixels font 0.07", on a 0.07^2 fois moins de flux de fond de ciel sur UN pixel, soit en magnitude, un écart de $-2.5 \log 0.07^2 = 5.77 + 3.9 = 9.7$. Par ailleurs le ratio $I_1/N_{BG,1} = 1.9\,10^{-4} \to \Delta m = 9.3$. Au total cette estimation donne une magnitude de la source $m \approx 9.7 + 9.3 = 19$.

1.12 Cette fois ci on compare les signaux sous la PSF, soit 397 pixels. Ciel : $N_{BG,1} \times N_{PSF} = 5.93\,10^7$ e. Source : $N_1 = 4238$ e, ratio (sur une meme surface) $= 7\,10^{-5} \to \Delta m = 10.4 + 3.9 = 14.3$. En pratique la simulation est faite pour une magnitude m=13, donc les résultats sont cohérents.

1.13 On ne peut pas augmenter le DIT de p lus d'un facteur $N_{SAT}/I_1 = 1.93$ car sinon on sature le détecteur. En pratique on ne peut quasiment pas l'augmenter car il faut fonctionner dans la zone linéaire du détecteur. Donc pour augmenter le temps de pose global, il faut faire plus de poses. Pour passer à 600, il faut un peu plus de 2664 poses supplémentaires $(2664 \times 600/293 = poses)$.

1.14 On a toujours le meme SNR pour une pose : 0.4 et $\times\sqrt{5455} \rightarrow 29.5$. On obtient donc un SNR de 30 en doublant le temps de pose.

1.15 Le meme flux de la source est reparti sur 4 fois plus de pixels. Le fond de ciel reste identique.

On suppose que le seeing double. Quels paramètres varient ? Quels paramètres restent constants ? Que devient $N_{\rm PSF}$? Que deviennent N_o et N_1 ?

1.16 Calculer le SNR obtenu sous la PSF pour un seeing de $1.6''$

2- Observations Radio Télescope [2]

2.1 Les canaux ont la meme résolution en vitesse, donc une largeur (referencee a la fréquence centrale) double a 230 GHz.

2.2 En P-switch, il faut déplacer le télescope pour mesurer le fond de ciel a cote de la source. En F-switch, on change simplement de zone de fréquence pour mesurer la reference, toutes les observations comptent et on perd moins de temps. Mais dans tous les cas, on pose le meme temps sur la source.

2.3 $\sigma = T_{sis}/\sqrt{\Delta\nu \times T_i} \rightarrow = 11mK$ dans les 2 cas avec les valeurs impliquées (92 kHz et 3.4 min a 110 GHz, 192 kHz et 6 min a 230 GHz). On atteint donc bien les 3 sigma voulus (et meme un peu mieux).

2.4 A 230 GHz, l'atmosphère est moins transparente qu'a 110 GHz. les détecteurs sont également moins performants.

3- Bolomètre [7]

3.1 G est en W/K.

3.2 $P_B = \Delta\nu \times A \times \Omega \times B(\nu, T_{BG})$

3.3 $P_S << P_B \approx P_P$

3.4

$$\frac{d\ln R}{d\ln T} = \frac{d\ln R}{dT}\frac{dT}{d\ln T} = T\sqrt{T_g}T^{-3/2} = \sqrt{T_g/T}$$

3.5 $P_P = G\Delta T = 5\,10^{-12} \times 10^{-3} = 5\,10^{-15}\,\mathrm{W}$.

3.6 Dans le cas du TES, le terme de mérite peut être > 100. On trouve $98 \rightarrow 50; 99 \rightarrow 150; 100 \rightarrow 80; 101 \rightarrow 15$... Il faut garder T proche de T_C, un peu en dessous pour avoir une réponse maximum.

3.7 Il ne faut pas depasser $\Delta T \approx 2\,\mathrm{K}$

3.8 $E_max < C \times 2K = 2\,10^{-12}$ J. Au dela, meme une arrivee de nouveaux photons ne fera plus varier R.

3.9 Si P augmente, T donc R va augmenter. Seule P=U/R permet alors de diminuer la puissance de polarisation (et diminuer T, donc R, de nouveau). Avec une polarisation en RI^2, on a l'effet inverse et le système est instable.

3.10 En considerant toutes les puissances en jeu pendant dt (y compris celle correspondant a E, avec $\delta(t)$ de dimension 1/t), on aboutit a l'ED fournie.

3.11 l'ED homogene est $CdT/dt + GT = 0$, dont la solution est une exponentielle de constante de temps $\tau = C/G$.

3.12 Pour avoir une réponse la plus rapide possible, il faut $C/G << 1$