

ASTROPHYSIQUE INSTRUMENTALE
Correction 2008-09 Session Decembre 2008

I CCD

1 $e\sigma_e = C\sigma_V$ où e est la charge de l'électron. Pour σ_V donné, le bruit ramené en électrons est donc proportionnel à C . On a donc intérêt à avoir une capacité de sortie la plus faible possible.

2 On ne doit pas dépasser $40 \mu\text{V}$. Alors $C = 0.02 \text{ pF}$

3 le registre serie debite directement dans l'étage de sortie : $F_S = F$; par contre les registres paralleles sont plus lents : il faut vider le registre serie avant de les re-transférer : $F_P = F/1024$.

4 Apres quelques transferts, la gaussienne est "gauchie" dans la direction inverse au sens du transfert (il y a des electrons a la traine) ; le centroide est donc decalé en sens inverse du transfert.

5 Comme on a $F_S \gg F_P$, la deformation est plus forte en x .

6 $N(n) = N_o(1 - \varepsilon)^n \approx N_o(1 - n\varepsilon)$. $n\varepsilon = 0.1 \rightarrow n = 10^4$ transferts.

7 $n = x + y$. Le pixel (1024,1024) subit le plus de transferts, soit $n_{\text{max}} = 2048$. La proportion max perdue est de 2%.

8 $\Delta N = N_o n\varepsilon$. Le bruit sur ce nombre de charge vaut $\sqrt{\Delta N}$. On obtient $\sqrt{\Delta N} = \sigma = 5$ pour $n_\sigma = \sigma^2 / (\varepsilon N_o)$. Pour n_{max} , on obtient $N_o = 1220 \text{ e}$. C'est tres vite atteint dans un CCD de capacité de stockage 100000.

9 On obtient un cercle legerement ovalise dans la direction x .

10 Au fil du temps en orbite, le rayonnement cosmique (particules) ionise petit a petit le substrat du CCD, creant des sites charges pieges dans le cristal qui retiennent de plus en plus de charges lors des transferts. Lorsque le signal augmente, la proportion de signal utilisee pour "nourrir" les pieges reste plus ou moins constante et proportionnellement, CTI decroit.

11 Pour $N_o = 195$, on obtient $\Delta N = 512 \times 195 \times 1.3 \cdot 10^{-3} = 130$ (au lieu de 45 dans la figure de droite) ; pour $N_o = 130$, on obtient $\Delta N = 512 \times 130 \times 1.9 \cdot 10^{-3} = 126$ (au lieu de 40 dans la figure de droite). L'approximation $(1 - \varepsilon)^n = (1 - n\varepsilon)$ n'est pas tout a fait exacte (facteur 2) pour n important.

12 Dire que la quantite de charge perdue augmente avec le signal revient a dire que $\Delta N \propto N_o^\alpha$ avec $\alpha > 0$. On obtient alors $\Delta N = N_o n\varepsilon \propto N_o^\alpha \rightarrow \varepsilon \propto N_o^{\alpha-1}$. La courbe tracee donne $N_o \varepsilon \propto N_o^{0.4} \rightarrow \varepsilon \propto N_o^{-0.6}$.

13 En pratique ε varie selon une puissance plus forte de $1/N$. Une fois que les pieges du cristal sont remplis, le reste du signal est mieux transmis, et la dependance de CTI en signal est plus forte.

II Perfs

1 signal / pose = 17138 ; bruit de signal source = $\sqrt{17138} \approx 131$; bruit de signal fond = $\sqrt{93 \times 105033} \approx 3125$; bruit de lecture PSF = $10 \times \sqrt{93} \approx 96$. Le bruit de fond de background domine car on effectue des poses assez longues en K pour une source faible.

2- On obtient $\text{SNR}(1 \text{ pose}) = 5.48$. Pour 14 poses, on obtient $5.48 \times \sqrt{14} = 20.5$. Si on additionne 13 poses, on obtient un $\text{SNR} < 20$. Si on veut $\text{SNR} = 20$ exactement il faut couper la derniere pose, ce qui impose un réglage different donc une perte de temps, donc on est content d'avoir un peu plus que 20.

3- A ce niveau de flux de fond, le courant d'obscurite est negligeable. L'approximation est OK.

Le signal du a la source dans le pixel central vaut 503 e .

4- On travaille a peu pres a mi dynamique pour le pixel central (1/1.8) ; cela est correct et permet de travailler juqu'a des seeing de $1.8/\sqrt{2} \approx 0.57''$.

5 seeing 0.8/0.15 par pixel \rightarrow 89 pixels (93) en considerant que la PSF s'etend sur un cercle = 2 fois le seeing. Le seeing indique est bien dans la bande K car sinon on trouve 50 pixels sous la PSF.

6 A partir de $K=13''^2$, $F_o = 620 \text{ Jy}$, $F_\nu = 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ Jy}$; avec $\Delta\nu(K)$ et la surface d'un 8m (50 m^2), on trouve $N_\nu = 4.6 \cdot 10^5 \text{ ph/s/''}^2$; un pixel couvre $2.25 \cdot 10^{-2''^2}$, on trouve $3 \cdot 10^5 \text{ ph/pixel/DIT}$.

7 En tenant compte de la transmission de l'optique et du rendement quantique, on trouve un nombre d'electrons de l'ordre de 100000 a un facteur 2 pres, ce qui est bien le nombre donne par le simulateur.

8 Dans la bande K, le terme dominant commence a etre le fond a 300K ; les raies d'OH ne sont pas dominantes.

9 Si la masse d'air passe a 1.5, cela donne 15% de background en plus, le fond de ciel va passer a 120000 e environ.

10 Pour un seeing double, le signal sera le meme, le bruit de signal aussi ; le terme de bruit sous la racine au denominateur sera multiplie par 4, de meme que le terme de bruit de lecture. Comme le bruit de fond de ciel domine, le SNR sera divise par 2.

III Bolometre

Le composant etant relie a la charge froide, si T augmente, R augmente, donc $P = V^2/R$ diminue et le composant refroidit. Inversement si T diminue, on a l'effet inverse : P augmente et le composant se rechauffe. On obtient donc un effet stabilisateur et le composant se polarise spontanement a $T=T_o$.

Une fois le composant stabilise a R_o , la puissance dissipee est $V^2/R_o = G(T_o - T_C)$ (le composant est forcement plus chaud que la charge froide).

Il faut veiller a ce que T_C soit proche de T_o .