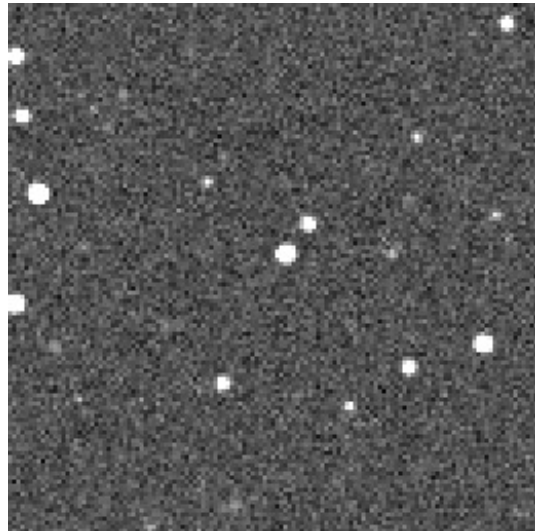


Signal et bruit sur une image CCD

Comment ça marche ?

Par A. Klotz

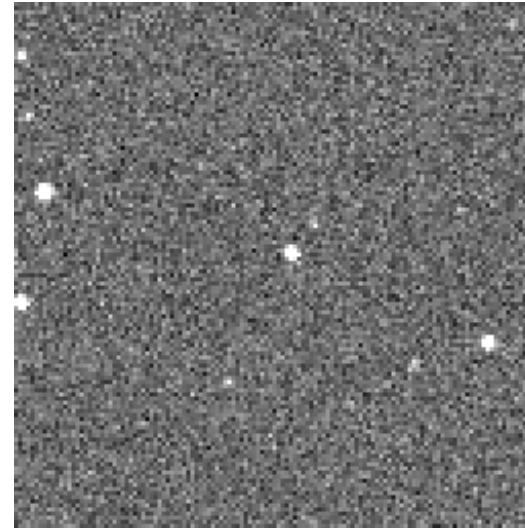
Signal et bruit sur une image CCD – En pratique



plus grand
bruit de lecture



On diminue la
défectivité

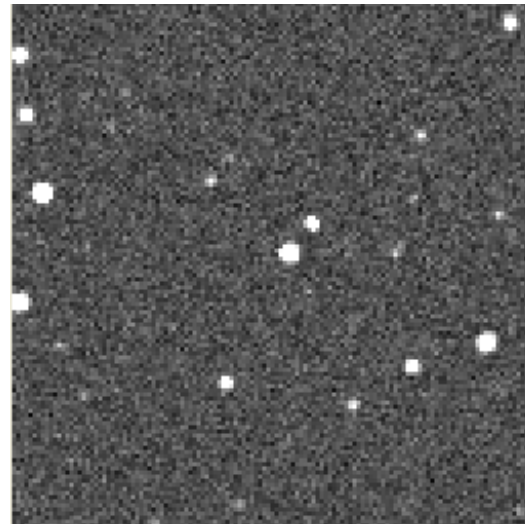


Lecture rapide (vidéo)
Electronique bas coût

plus grand
gain

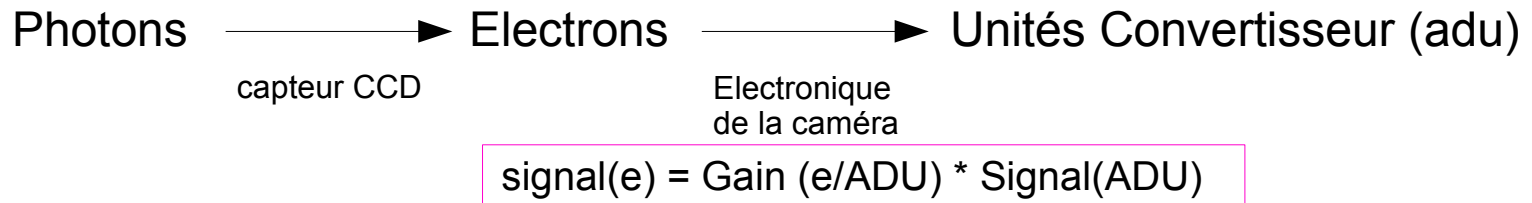


On augmente la
sensibilité

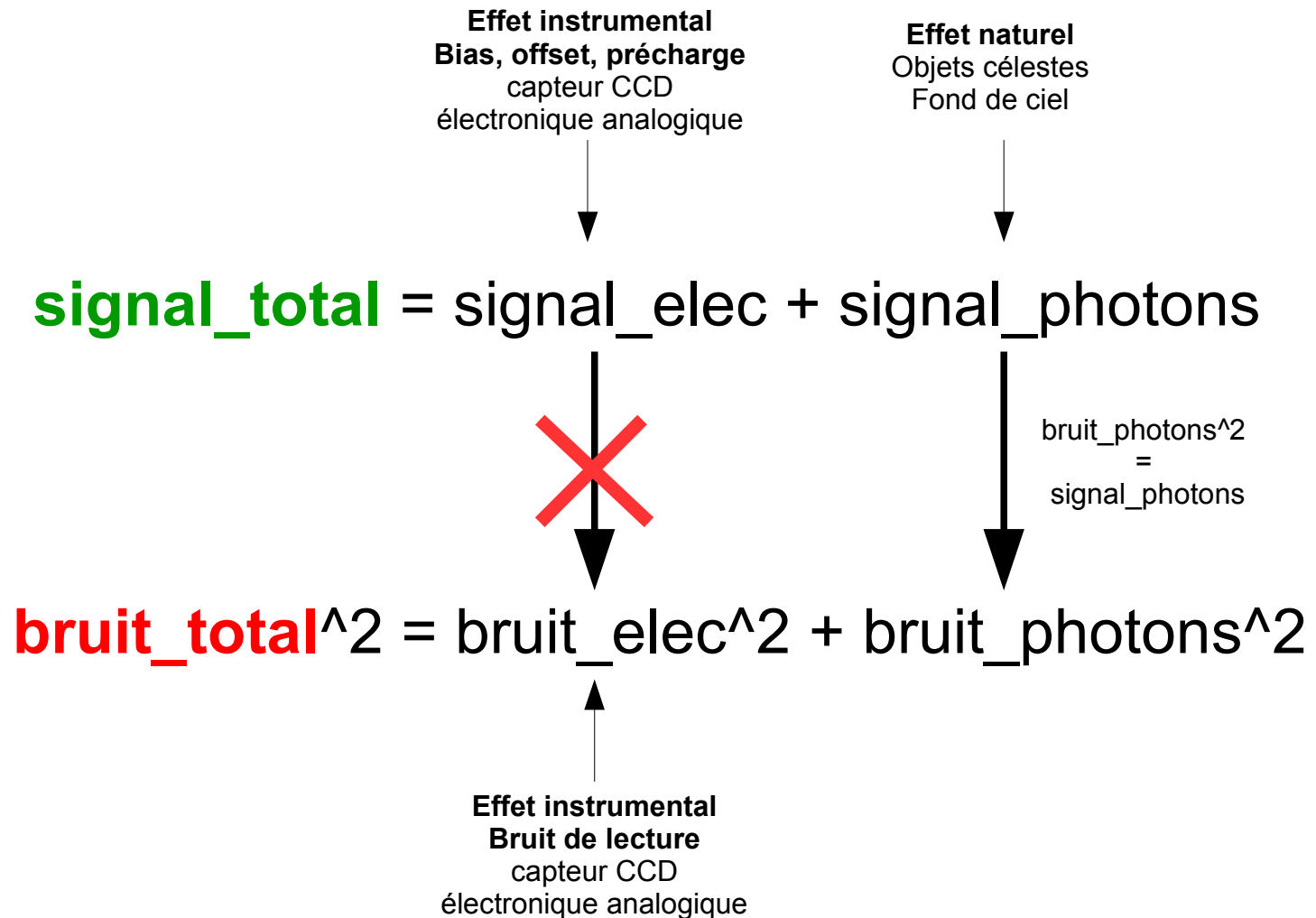


Saturation rapide
Faible dynamique

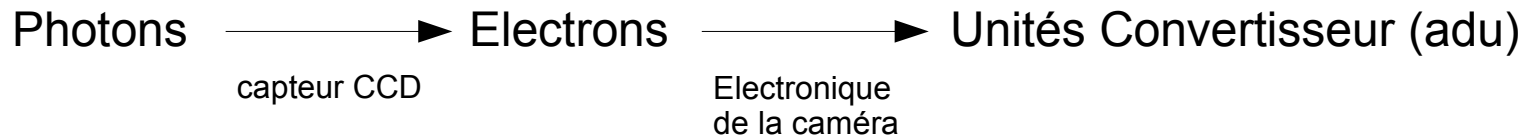
Signal et bruit sur une image CCD – Théorie



Formules sur le comptage des électrons



Signal et bruit sur une image CCD – Théorie



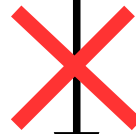
$$\text{signal}(e) = \text{Gain (e/ADU)} * \text{Signal(ADU)}$$

Formules sur le comptage des ADU

Effet instrumental
Bias, offset, précharge
capteur CCD
électronique analogique

Effet naturel
Objets célestes
Fond de ciel

$$G * \text{Signal}_{\text{total}} = G * \text{Signal}_{\text{elec}} + G * \text{Signal}_{\text{photons}}$$

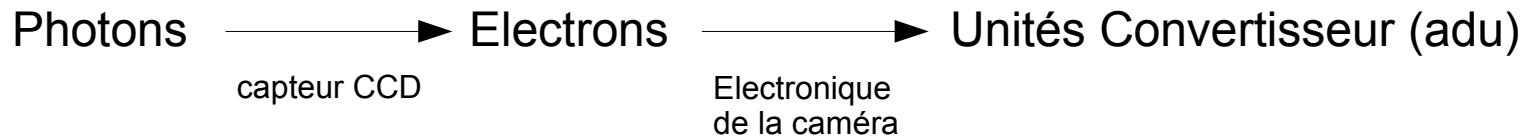


$\text{bruit}_{\text{photons}}^2 = \text{signal}_{\text{photons}}$

$$G^2 * \text{Bruit}_{\text{total}}^2 = G^2 * \text{Bruit}_{\text{elec}}^2 + G * \text{Signal}_{\text{photons}}$$

Effet instrumental
Bias, offset, précharge
capteur CCD
électronique analogique

Signal et bruit sur une image CCD – Théorie



$$\text{signal}(e) = \text{Gain (e/ADU)} * \text{Signal(ADU)}$$

Formules sur le comptage des ADU

$$G^2 * \text{Bruit_total}^2 = G^2 * \text{Bruit_elec}^2 + G * \text{Signal_photons}$$

Cas 1 : On éclaire le CCD fortement. On néglige alors de bruit de lecture :

$$G^2 * \text{Bruit_total}^2 = G * \text{Signal_photons}$$

=> on peut déterminer G : $G = \frac{\text{Signal_photons}}{\text{Bruit_total}^2}$

(signal de flat) (bruit sur le flat)

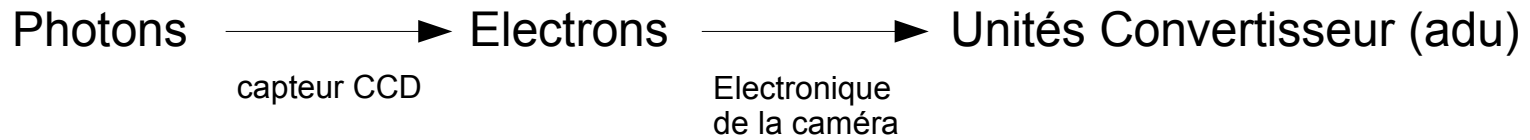
Cas 2 : On n'éclaire pas le CCD. On néglige alors le signal de photons :

$$G^2 * \text{Bruit_total}^2 = G^2 * \text{Bruit_elec}^2 = \text{bruit_elec}^2$$

=> on peut déterminer le bruit de lecture $\text{bruit_elec} = G * \text{Bruit_total}$

(bruit sur le bias)

Signal et bruit sur une image CCD – En pratique



$$\text{signal}(e) = \text{Gain (e/ADU)} * \text{Signal(ADU)}$$

Passage des formules à une méthode de mesure

=> on peut déterminer G : $G = \frac{\text{Signal_photons}}{\text{Bruit_total}^2}$

(signal de flat) (bruit sur le flat)

=> on peut déterminer le bruit de lecture $\text{bruit_elec} = G * \text{Bruit_total}$

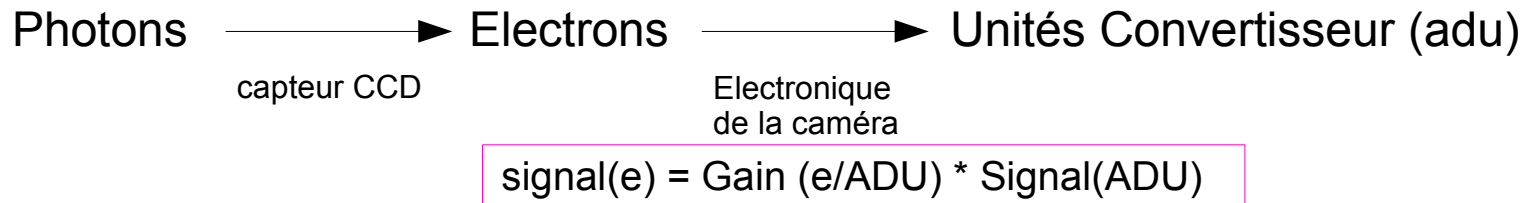
(bruit sur le bias)

Bruit sur le flat : Prendre deux images de flat éclairées identiquement => soustraction => écart type

Bruit sur le bias : Prendre deux images de bias => soustraction => écart type

Signal de flat : Prendre une image de flat => soustraire une image de bias => moyenne

Signal et bruit sur une image CCD – EMCCD kézako ?



Tuer l'idée d'un capteur sans bruit de lecture

EMCCD = gain g qui ne s'applique qu'au signal de photons

$$\text{signal_total} = \text{signal_elec} + g * \text{signal_photons}$$



$$\begin{aligned} \text{bruit_photons}^2 \\ = \\ \text{signal_photons} \end{aligned}$$

$$\text{bruit_total}^2 = \text{bruit_elec}^2 + g * \text{bruit_photons}^2$$

Adapter g pour avoir
 $g * \text{bruit_photons}^2 \gg \text{bruit_elec}^2$

Le bruit de lecture devient négligeable dans le bruit de photons
On perd en dynamique d'un facteur g
On a toujours le même bruit de lecture initial sans EMCCD ($g=1$)

Test Alain Lopez

Pour déterminer le gain et le bruit de lecture dans la console de Aud'ACE
Penser d'abord à placer la configuration des dossiers images dans le dossier de vos images

electronic_chip gainnoise bias1 bias2 flat1 flat2

----- window 522 390 868 648

gain = 0.27 e/ADU readout noise = 4.37 e

flat variation = -0.14 %

----- window 174 650 520 908

gain = 0.27 e/ADU readout noise = 4.41 e

flat variation = -0.23 %

----- window 174 130 520 388

gain = 0.27 e/ADU readout noise = 4.32 e

flat variation = -0.24 %

----- window 870 650 1216 908

gain = 0.27 e/ADU readout noise = 4.42 e

flat variation = 0.00 %

----- window 870 130 1216 388

gain = 0.27 e/ADU readout noise = 4.37 e

flat variation = -0.02 %

----- Final result

gain = 0.27 e/ADU (+/- 0.00)

readout noise = 4.38 e (+/- 0.04)

0.271590482134 4.37952821491 0.0016934983297 0.0385790523364

Test Pierre Dubreuil (série de darks d1 à d4)

Pour déterminer le signal thermique, dans la console de Aud'ACE
Penser d'abord à placer la configuration des dossiers images dans le dossier de vos images
Il faut d'abord déterminer le gain (ici 0.27 e/ADU) et le bruit de lecture (ici 4.70 e) :

electronic_chip lintherm d 4 0.27 4.70 65535

----- window 522 390 868 648

bias = 264.21 ADU thermic = 0.01 ADU/sec

----- window 174 650 520 908

bias = 264.47 ADU thermic = 0.00 ADU/sec

----- window 174 130 520 388

bias = 263.28 ADU thermic = 0.00 ADU/sec

----- window 870 650 1216 908

bias = 265.66 ADU thermic = 0.00 ADU/sec

----- window 870 130 1216 388

bias = 264.43 ADU thermic = 0.00 ADU/sec

----- Final result

thermic signal = 0.0046 ADU/sec (+/- 0.0021)

thermic signal = 0.0012 e/sec (+/- 0.0006)

bias signal = 264.41 ADU (+/- 0.85)

exposures < 17765.6 sec are dominated by readout noise (therm is negligible against readout noise)

exposures > 17765.6 sec are dominated by thermic noise (you must cool stronger the chip)

(65535-264.40960096)/0.00460524647619

exposure max = 14173093.8 seconds to saturate with dark