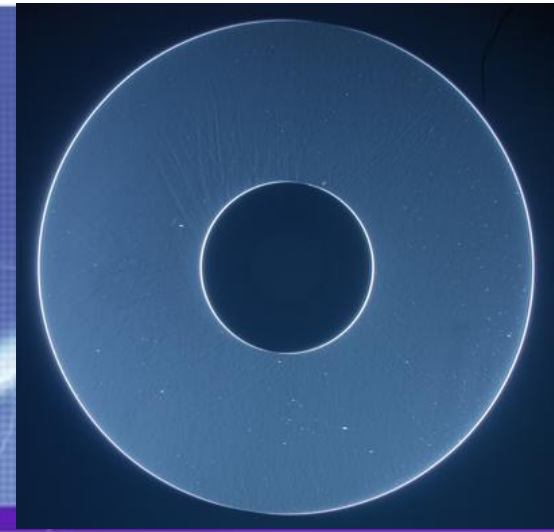


AiryLab



Choisir sa caméra pour l'imagerie
solaire



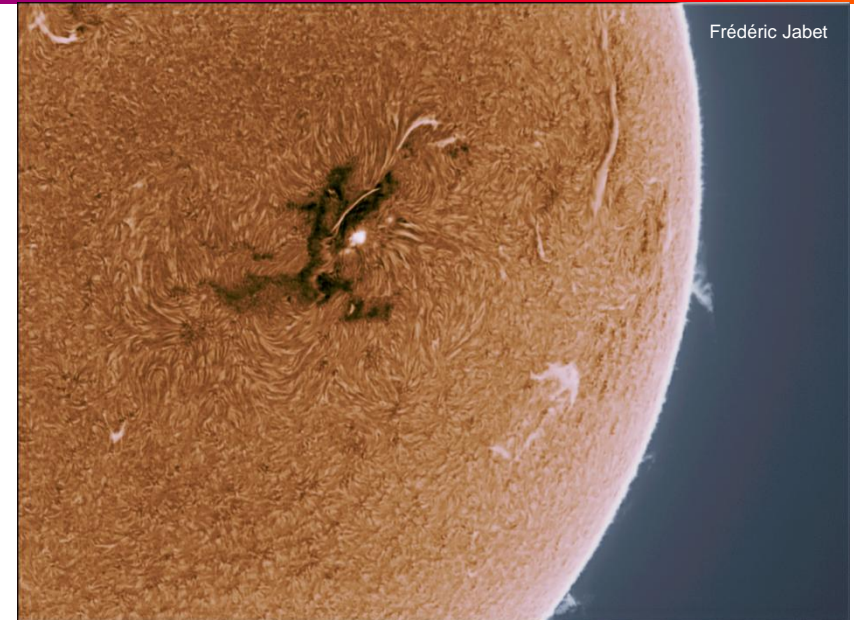
Frédéric Jabet



Solaire \approx planétaire ?



- Planétaire (sauf Lune)
 - + Rendement quantique
 - + Bruit de lecture
 - + Réponse en IR

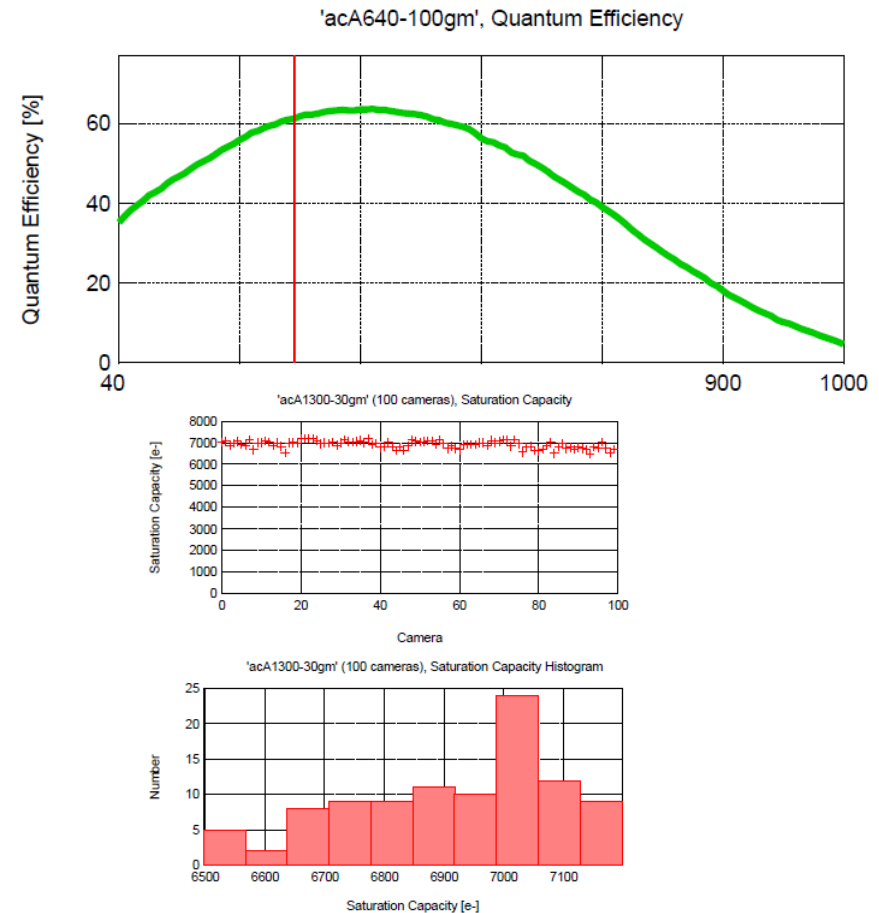


- Solaire / Lunaire
 - + Dynamique
 - + Débit d'image
 - + Bruit de lecture



Les spécifications importantes d'une caméra 1/3

- Rendement quantique
 - Efficacité dans la conversion entre photons et électrons
 - Varie en fonction de la longueur d'onde
 - Dépend du capteur et de sa version
- Capacité en électrons (well depth)
 - Participe à la dynamique
 - Dépend du capteur et de la taille des photosites





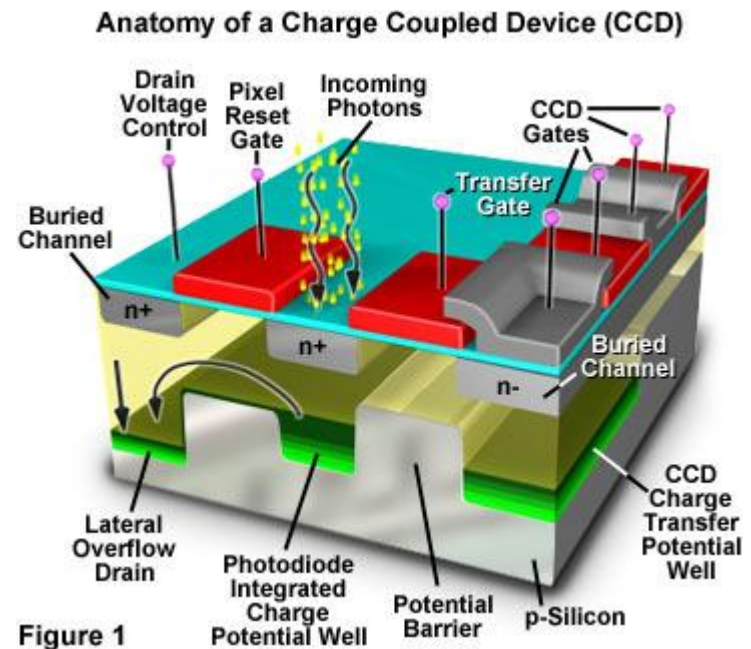
Les spécifications importantes d'une caméra 2/3

- **Shutter mode**

- Méthode de lecture des lignes
- Rolling shutter : pas de cohérence temporelle, moins de bruit de lecture
- Global shutter : cohérence temporelle, demande une meilleure électronique

- **Vitesse de lecture**

- Vitesse à laquelle les charges des photosites sont transférées vers les registres
- Dépend du capteur et de la caméra
- Joue sur le bruit de lecture
- Photosites/s ou (M)Hz





Les spécifications importantes d'une caméra 3/3

- **Bruit de lecture**

- Bruit généré lors de la lecture/amplification/conversion des charges
- Donné en électrons RMS
- Dépend du capteur, de la caméra et du type de shutter (rolling/global)

- **Dynamique**

- Capacité à discriminer hautes et basses lumières
- **Dynamique = capacité en électron / bruit de lecture**
- Dépend du capteur et de la caméra
- Données en bits ou db
 - Ex ICX445 : $6900/9,6 = 718$ niveaux de gris
 - $718 \approx 2^{9,5}$

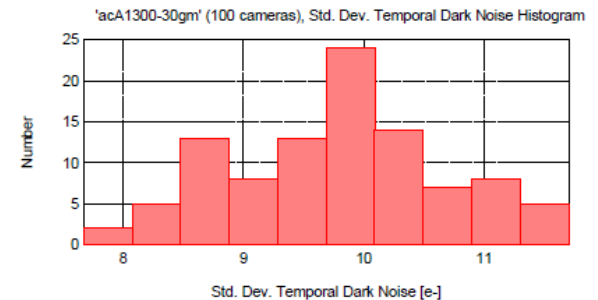
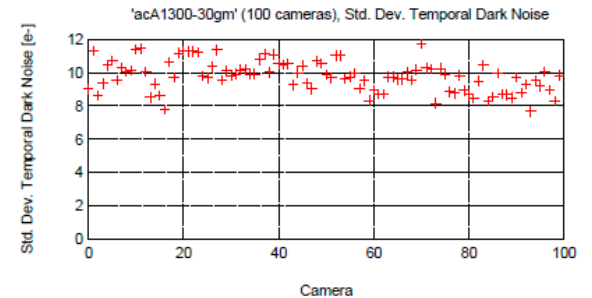


Figure 4: Temporal Dark Noise

Figure 15: Output Dynamic Range

Item	Symbol	Typ.	Std. Dev.	Unit	Remarks
Output Dynamic Range	DYN _{out.bit}	9.5	0.11	bit	

Table 13: Output Dynamic Range



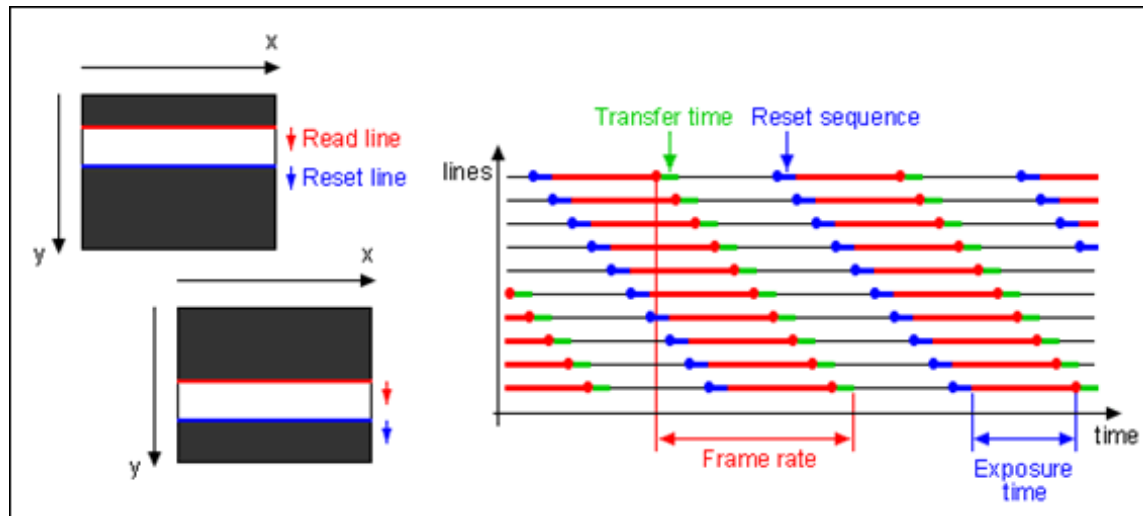
Focus sur le rolling shutter 1/3

- Absence de cohérence temporelle

- Les lignes ne sont pas acquises en même temps
- Deux images N et N+1 exposées en même temps

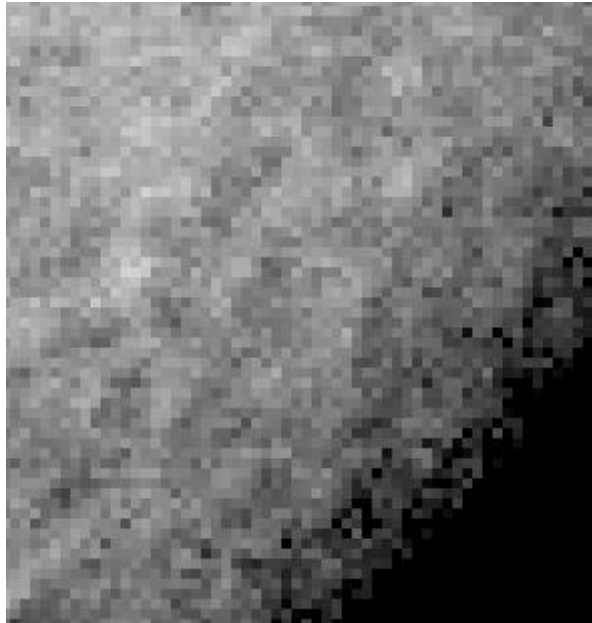
- Exposition \approx cohérence turbulence

- $T_0 = R_0 / \text{Vitesse vent}$
- R_0 faible de jour : T_0 de l'ordre de la ms
- **Absence de cohérence entre les lignes d'une même image**

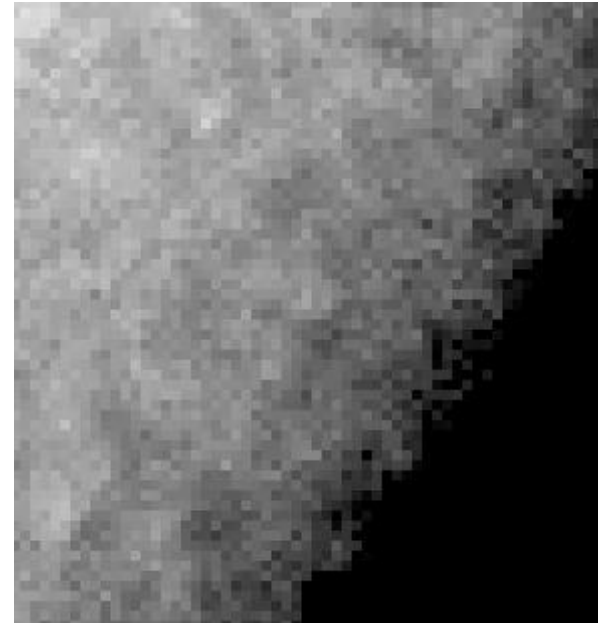




Focus sur le rolling shutter 2/3



Capteur rolling shutter 2ms
Sony IMX035

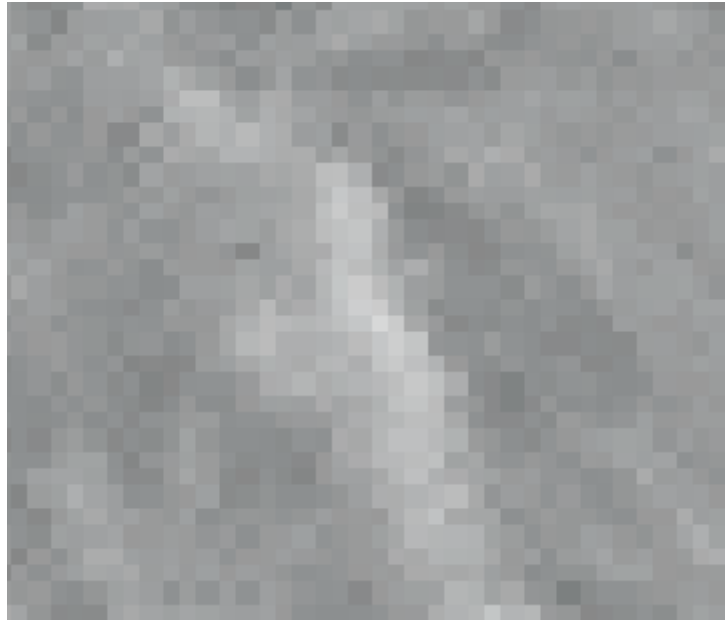


Capteur global shutter 2ms
Sony ICX445

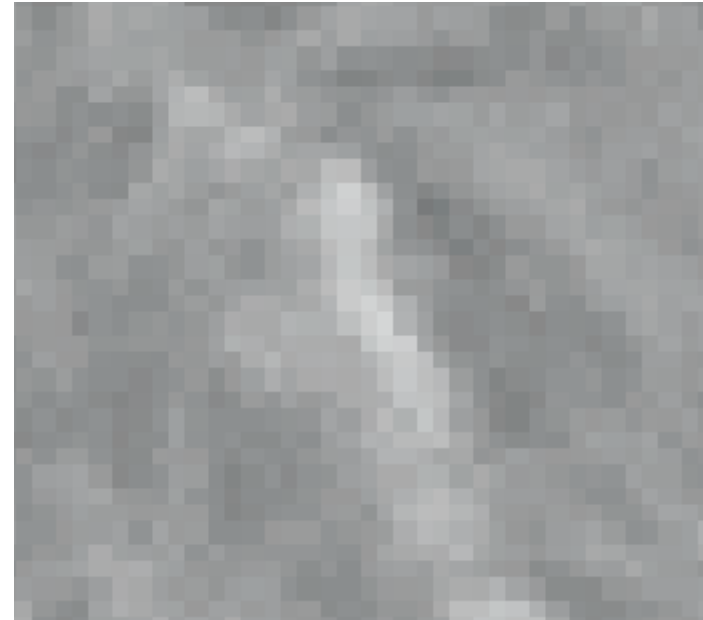
Images brutes



Focus sur le rolling shutter 3/3



Capteur rolling shutter 4ms
E2V 76C560



Capteur global shutter 4ms
E2V 76C560

Images traitées (stacking / ondelettes)



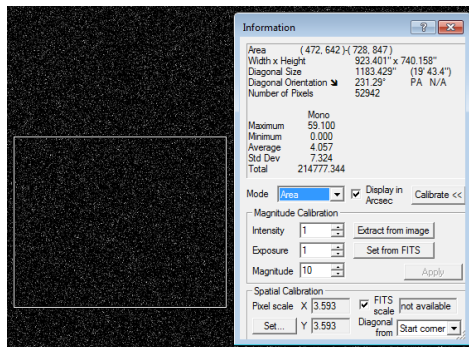
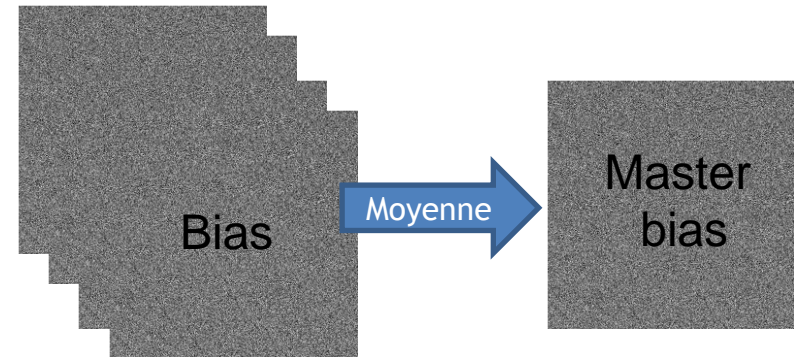
En résumé

- **Dynamique**
 - Acquisition des faibles contrastes (granulation)
 - Modelé (surtout sur la lune)
 - Dépend de la capacité en e- et du bruit de lecture
 - Présence d'un mode 12/16 bits
- **Vitesse de lecture**
 - Figurer la turbulence
 - Plus d'images = meilleur S/B
- **Sensibilité**
 - Exposition plus courte
 - Plus d'images
- **Qualité de l'électronique**
 - Eviter les bruits de haute fréquence

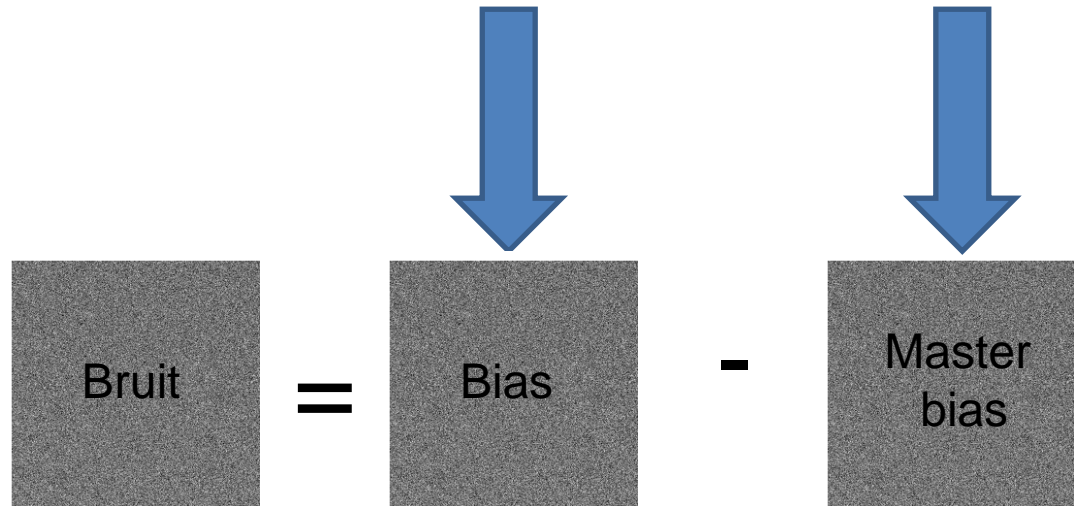


Déterminer le bruit de lecture

1. Faire une centaine de bias (offset)
2. Stacker les bias (moyenne)
3. Soustraire à une bias la moyenne faite en 2
4. Bruit de lecture : écart type de l'image obtenue en 3, convertir en électrons
5. Faire les étapes 2 à 4 sur plusieurs bias et moyenner.



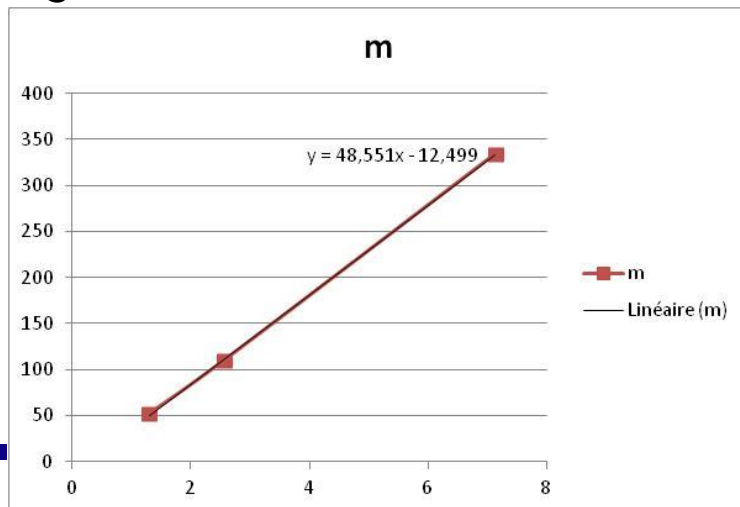
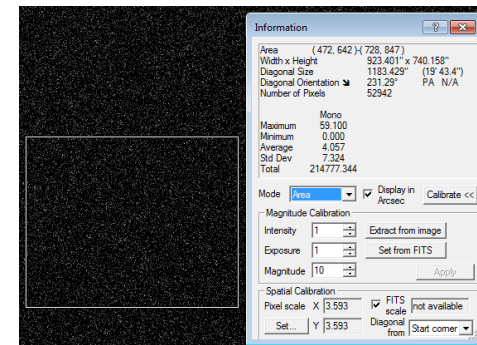
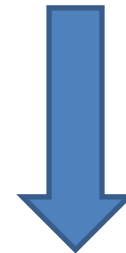
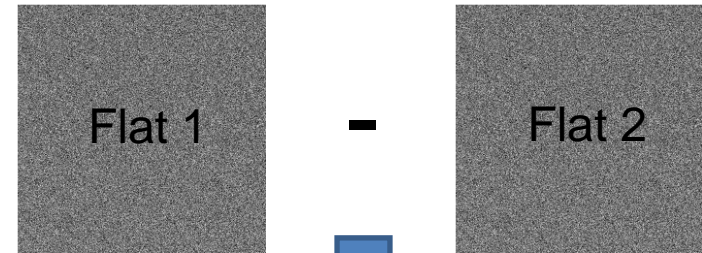
Extraire écart type sur une zone
Convertir en e⁻ avec la valeur de gain





Déterminer le gain

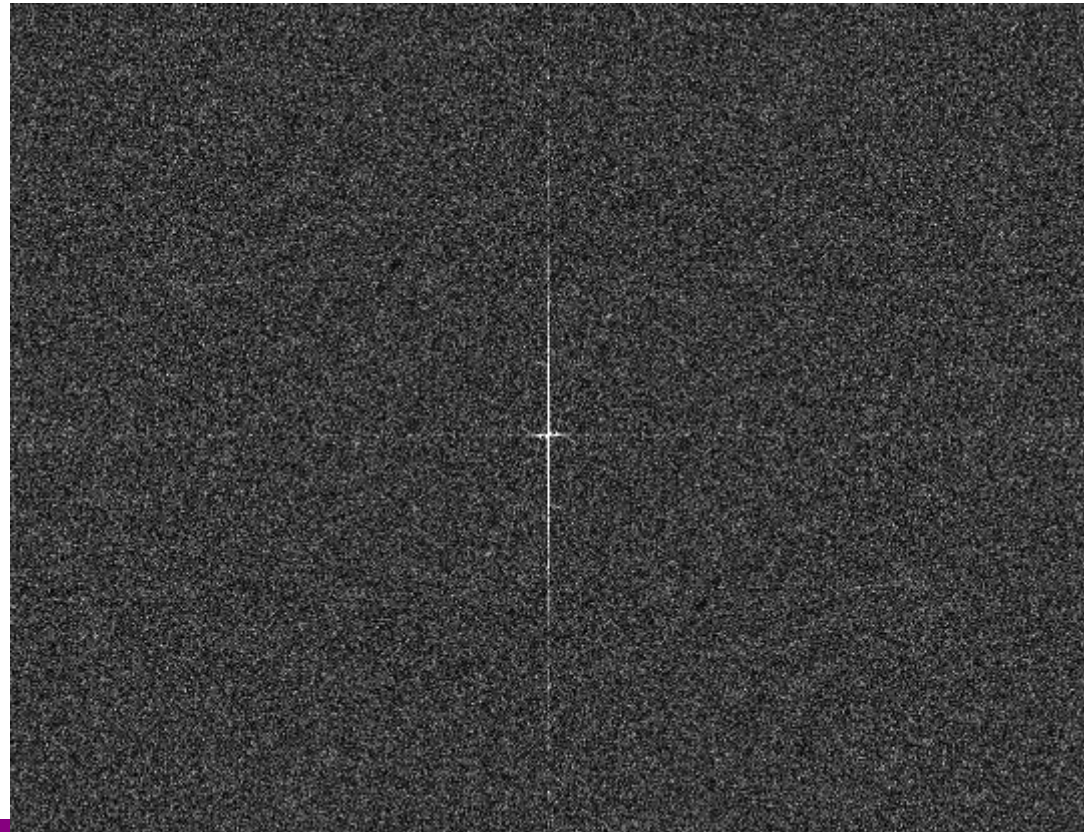
1. Faire une série de paire de flat à différents niveau de lumière (ou temps de pose)
2. Pour chaque paire faire la différence des deux images
3. Relever moyenne d'une image et l'écart type de la différence
4. Tracer le graphe moyenne en fonction de $(\text{écart type})^2 = \text{variance}$
5. Faire une régression linéaire : la pente est le gain.





Vérifier le bruit périodique

1. Faire un bias
2. Rogner le bias pour obtenir un carré d'un côté qui est une puissance de 2 (512, 1024, 2048...)
3. Charger le crop sous Iris
4. Passer en espace des fréquences (fftd x y)





Importance du logiciel...

- **Peu de logiciels orientés « astro » disponibles**
 - Choix d'un SDK ouvert : choix du logiciel !
 - Ex Basler : Genika, Felopaul, Firecapture, Sharpcap...
 - Mode DirectShow largement supporté mais limité à 8 bits
 - Inutile en solaire
- **Fonctions de base**
 - Expo, gain, gamma, back, Binning, Aol, histogramme, SER...
 - Exposition courte en μs
- **Fonctions avancées**
 - Séquenceur multifiltre / intervalomètre
 - Ephémérides
 - Calcul d'échantillonnage
 - Aide à la MAP (FWHM, microcontraste, entropie...)
 - Exposition automatique (mode projection)
- **Fonctions « expert » / Science**
 - Analyse du seing
 - Analyse du bruit
 - Datation des images
 - Triggers

The screenshot displays the Genika software interface. The main window is titled 'Genika' and has a menu bar with 'Fichier', 'Affichage', 'Options', and 'Aide'. It features several tabs: 'Paramètres de capture', 'Sauvegarde', and 'Sequence'. The 'Paramètres de capture' tab is active, showing fields for 'Répertoire' (C:\Capture\Jupiter 5 Aout), 'Nom de fichiers' (Animation_Jupiter), and 'Définition de la séquence' with settings for 'Pause entre chaque filtre (s)' (4), 'Pause entre chaque séquence (s)' (120), and 'Nombre de répétitions de la séquence' (20). Below this is a table for filter settings:

Filtre	Exp(ms)	Gain	Black	Gamma	Durée (s)	Binning
R	32	754	64	1	30	1*1
G	54	754	64	1	20	1*1
B	32	566	64	1	20	2*2
L	21	500	64	1	30	1*1

At the bottom of the main window are 'Start', 'Pause', and 'Stop' buttons. To the right, a 'Resolution' window is open, showing 'Corps Céleste' (Lune), 'Matériel Optique' (Nom: F5-60, Rapport F/D: 6, Diamètre (mm): 60, Barlow: Pas_de_barlow), and 'Résultats' (Pouvoir séparateur: 2 arcs, Taille des pixels de la caméra: 3.75 * 1 = 3.75 μm , Echantillonnage: 2.15 arcs/pixel, Diamètre apparent de l'objet: 1937.84 arcs, Diamètre de l'objet en pixels: 903). Below the main window, a large circular image of a star field is shown, with a 'Focus' window overlaid on it. The 'Focus' window includes a 'Sensitivity' slider, checkboxes for 'Micro-contrast display' and 'Enlarged analysis', and a 'Reset Focus' button.



... Et de l'interface

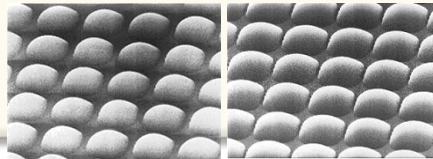
Interface	Débit réel Mo/s	Distance	Charge CPU	Coût
USB 2	30 -40	5m	***	€
USB 3	Max 200	3m	**	€€
IEEE1394	100	5m	*	€€
GigEthernet	125	100m / ∞ (FO)	*	€
Camera link	680	10m/ ∞ (FO)	*	€€€
10 GigE	1250	100m / ∞ (FO)	*	€€ coté PC A venir coté caméra...



Les générations de capteurs

Sony ICX HAD/super HAD « legacy »

- **Génération DMK, Skynyx...**
 - ICX 098, 414, 424, 204, 205, 267, 274...
- Pic à 500nm à 45% environ
- Optimisation des microlentilles sur Super HAD



Sony ICX Exview & Exview II

- **Génération actuelle** Basler 640/1300, DMK618, PGR Flea3 : ICX618, 445, 285...
- Réponse étendue R/IR
- **Exview HAD II en cours de déploiement** : plus sensibles : ICX672, 674, 694.
- Techno « quad tap » dans ICX674 : 50fps (€€€)



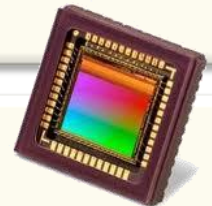
CMOS IMX Exmor

- ADC par colonne
- Sensibilité comparable à HAD
- IMX035/036
- Implémentation en rolling shutter et petits pixels !
- **Exmor R back illuminated ?**



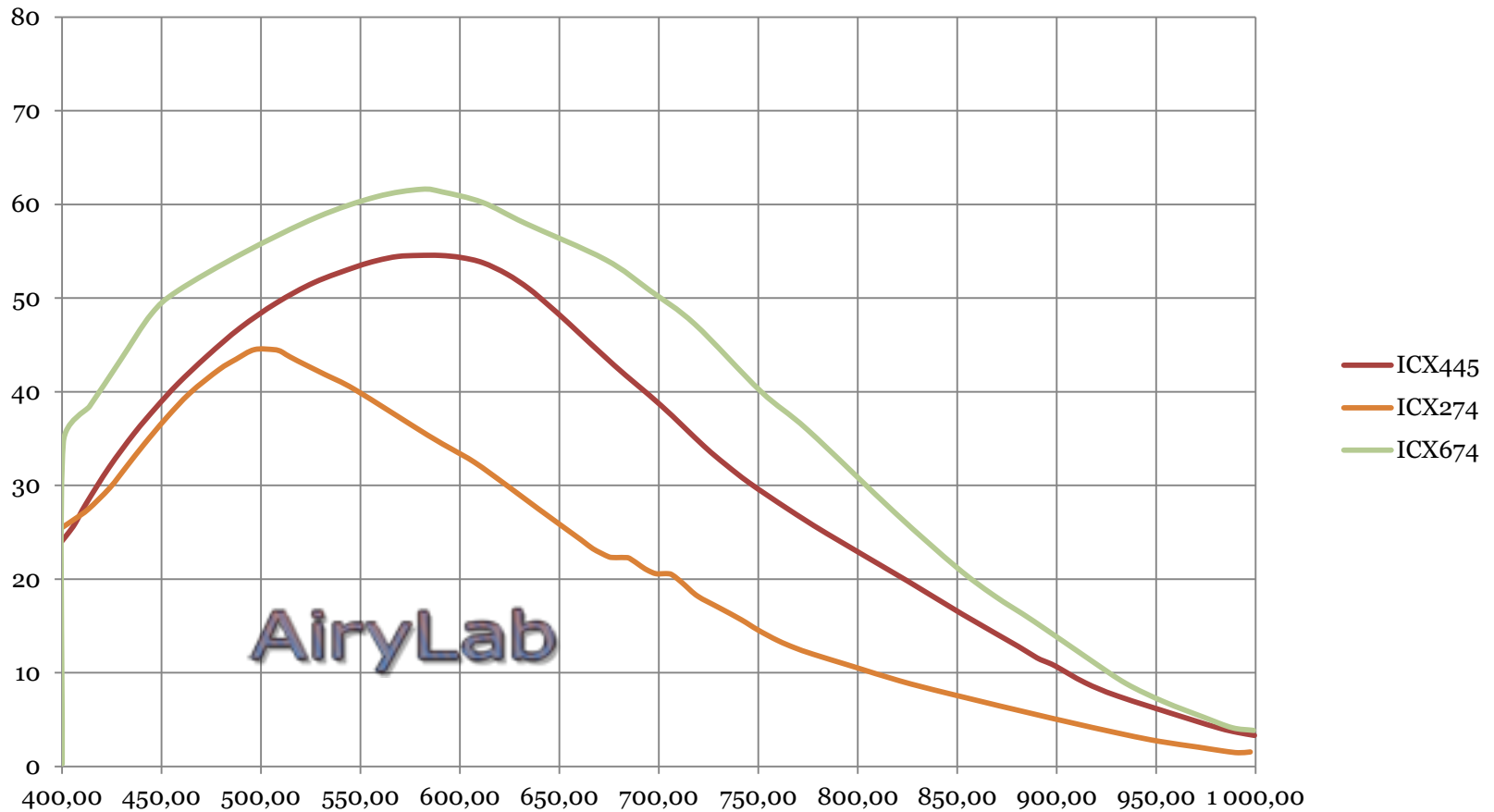
E2V et CMOSIS

- E2V : multi Aol, 1280x1024 60fps
 - Global shutter, 70% QE
- CMOSIS : 2000x2000 180 fps
 - Global shutter !
 - Bruit de lecture $13e-$
 - 360 fps en 2000×1000 !



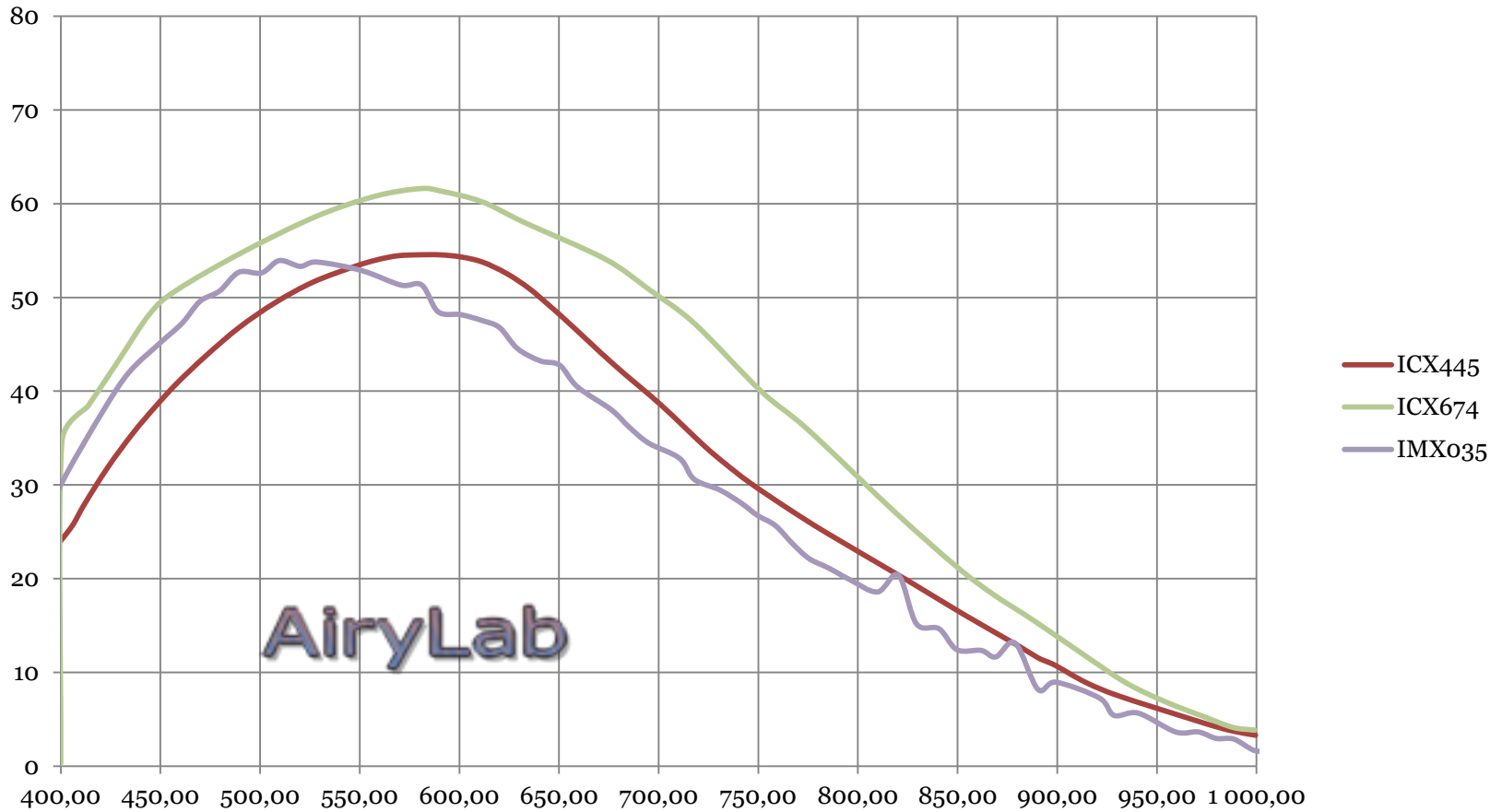


Sony ICX Super HAD, Exview, Exview HAD II



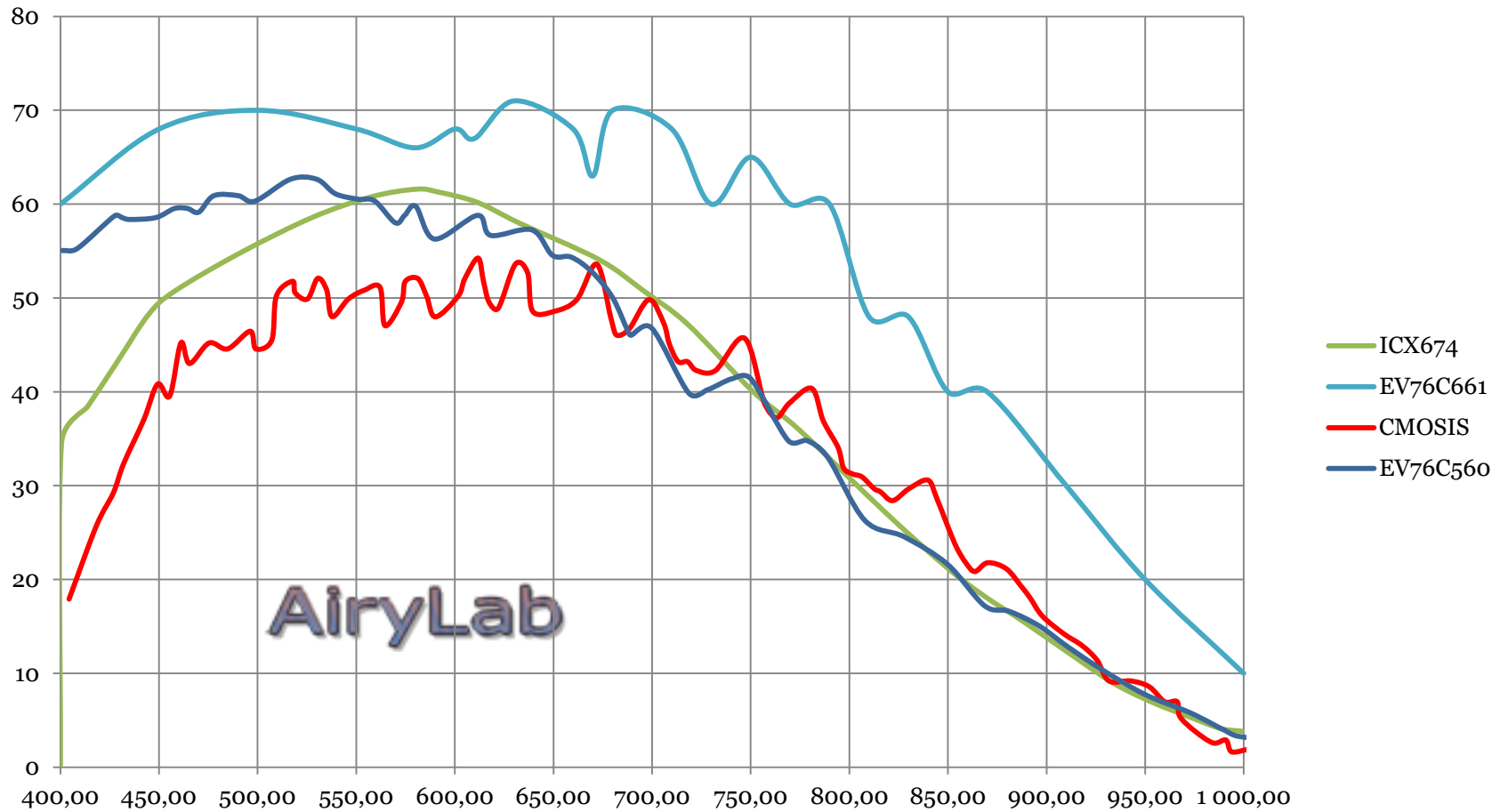


ICX vs IMX (IMX035)



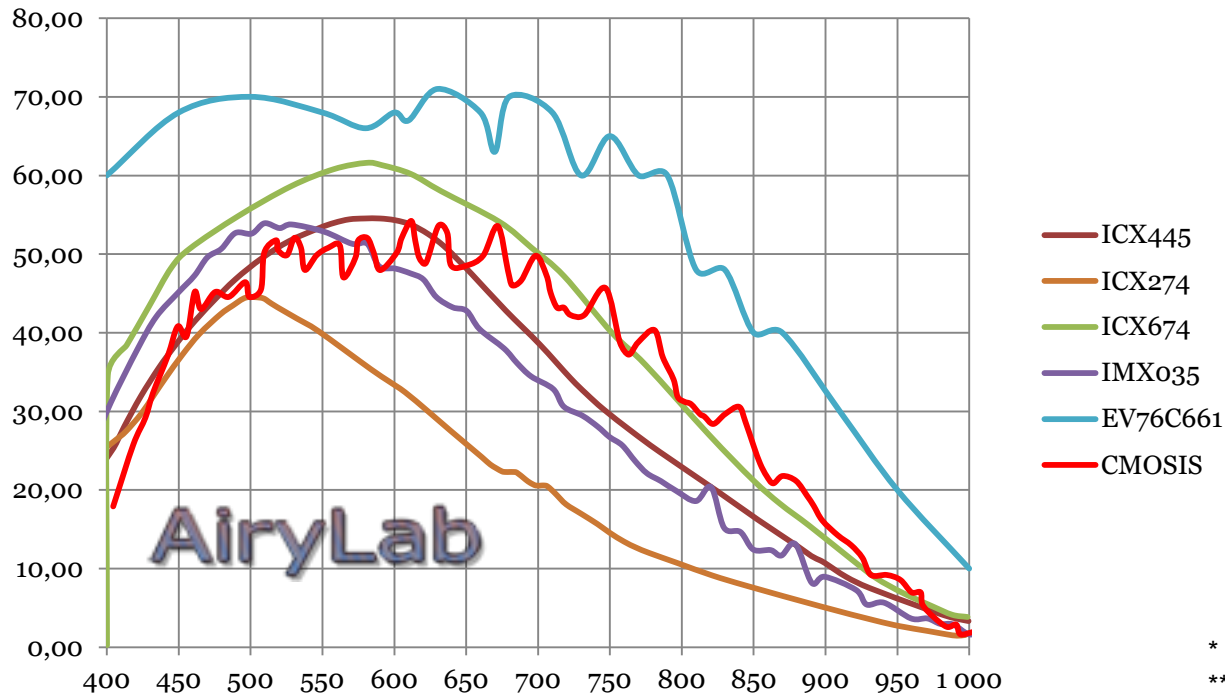


CCD vs CMOS





Résumé



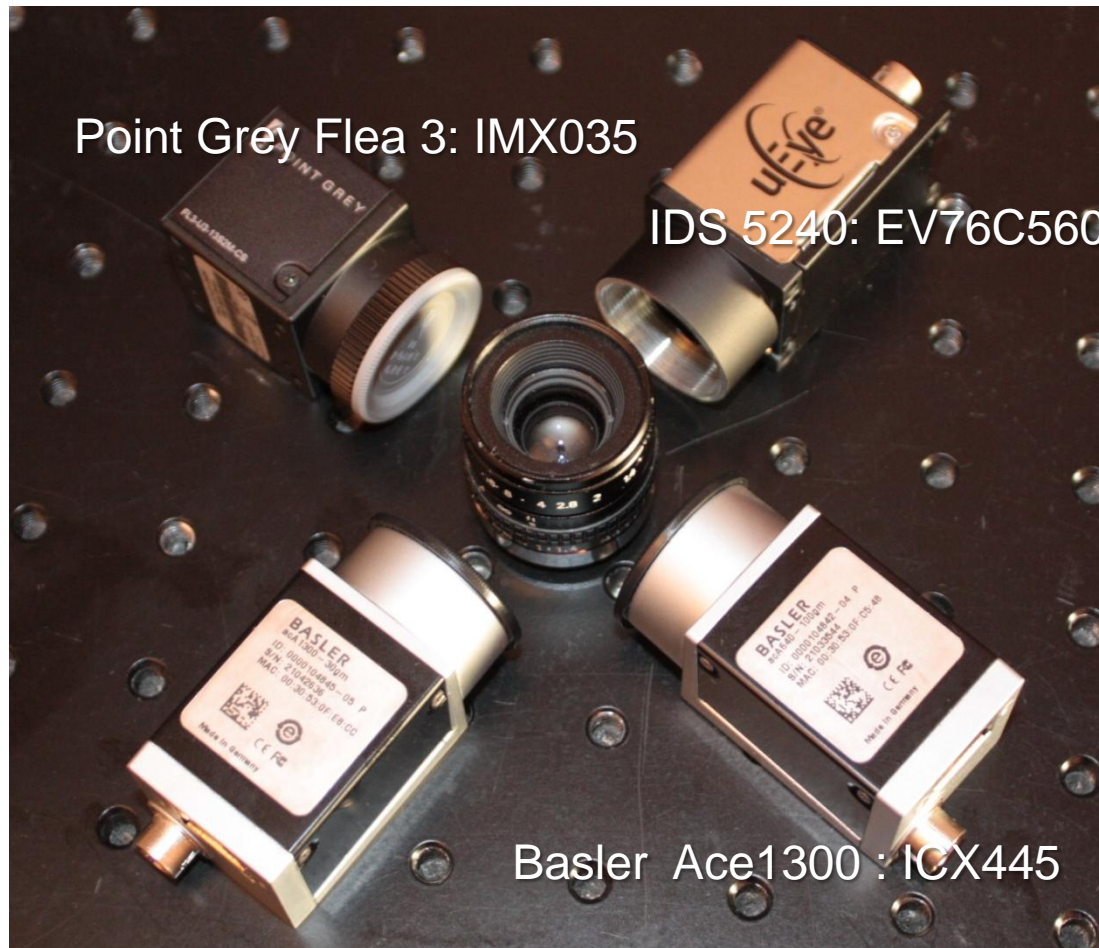
* : LAG 2 x GigE

** : mode 10 Bits

	Bruit lecture	Capacité e-	Dynamique	Débit fps en 12 bits	Débit Mo/s	Global shutter	Nb Pixels	Taille photosite
ICX274	10	9000	59	20	76,8	Oui	2 MP	4,4
ICX445	9,5	6900	57	32	78,6	Oui	1,3 MP	3,75
ICX674	9,5	15000	64	40	224*	Oui	3 MP	4,54
IMX035	2,6	17800	60 / 72	60 (120 8b)	147	Non	1,3 MP	3,63
EV76C560	11	20000	64	60	157**	Oui + Rolling	1,3 MP	5,3
CMOSIS	<13	12500	>60	340 / 50	560 / 125	Oui	2/4 MP	5,5

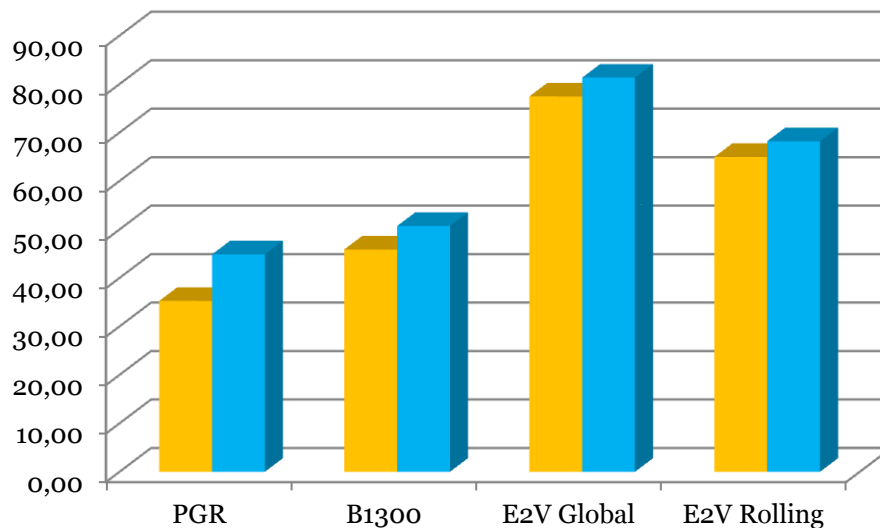


CMOS vs CCD





Mesures sur source contrôlée



Protocole de mesure :

- Mire lumineuse avec filtres gélatines
 - Jaune
 - Turquoise
- Pas d'objectif
- Normalisation de la surface des photosites
- Temps de pose identique
- calcul du nb d'électrons par puits de potentiel

Donnée de sortie :

Comparaison directe de la sensibilité

Conclusions :

- IMX035 en deçà de la sensibilité annoncée
- E2V notablement plus sensible que Sony



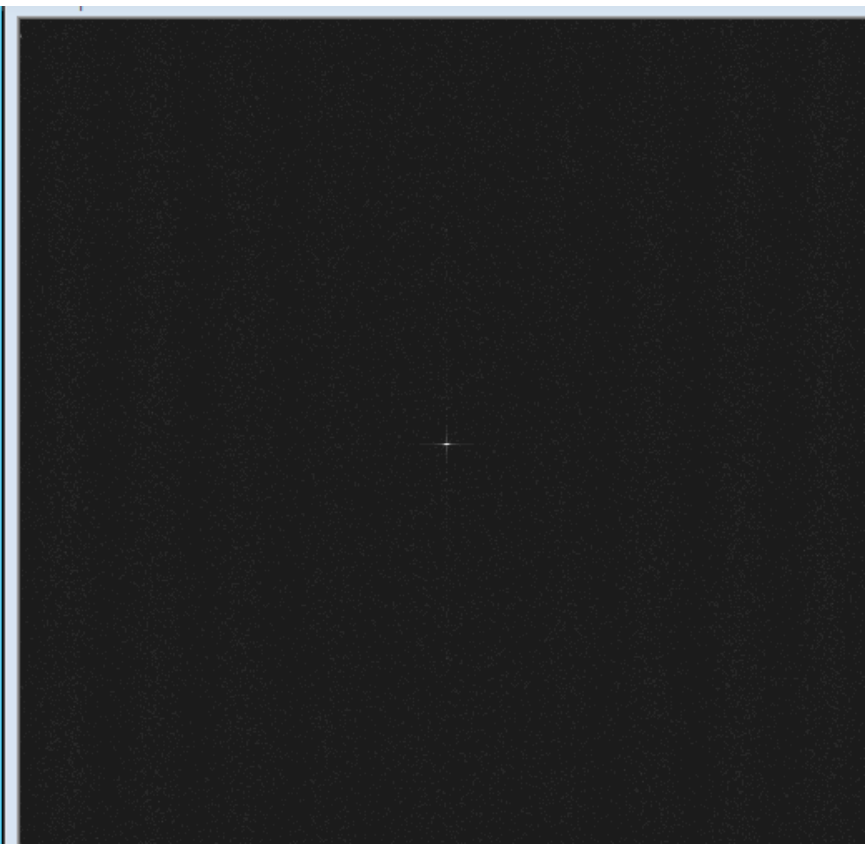
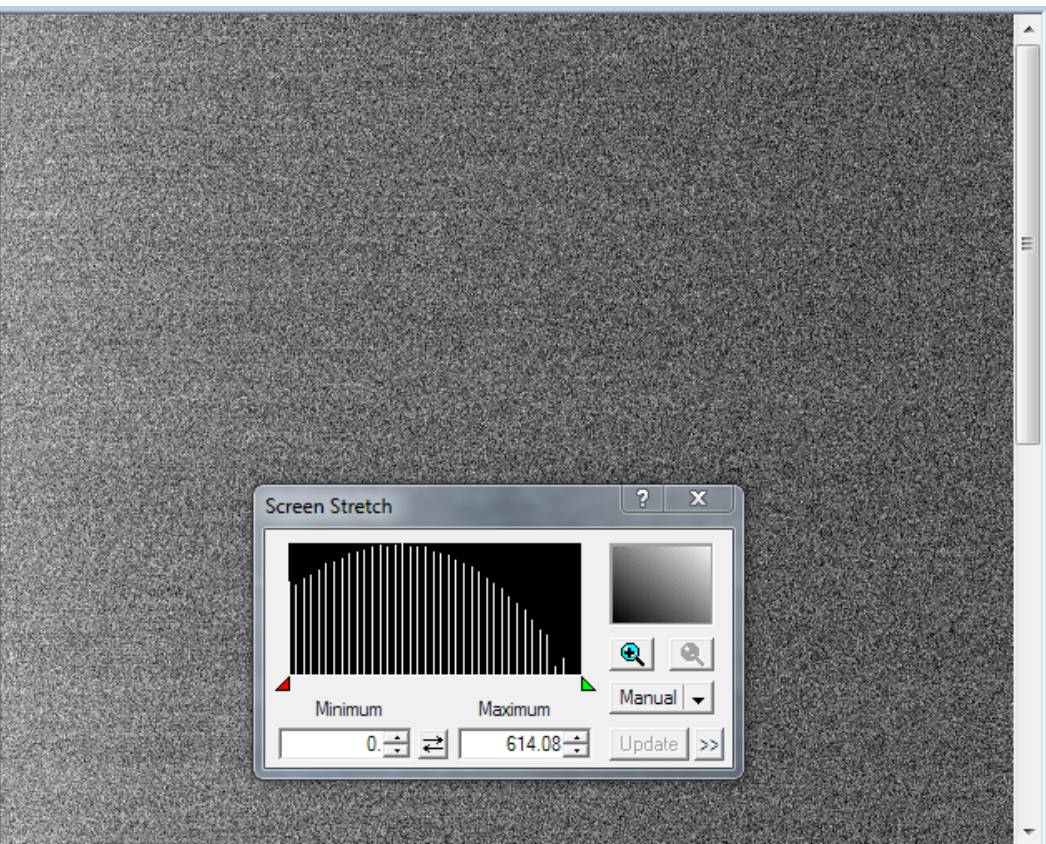
Mesures Basler Ace 1300 ICX445

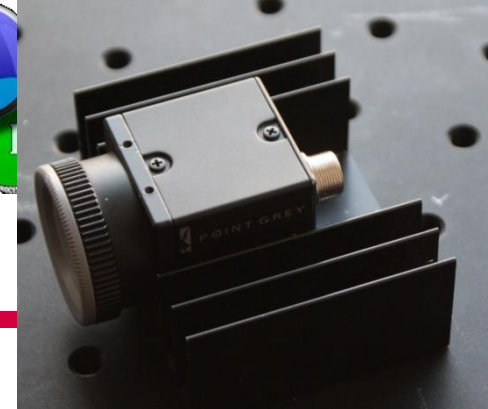
Gain réel pour gain 300/11,8dB (12bits) : 0,11 e-/ADU

Bruit de lecture : 8,8 e⁻

Well Depth : 7200 e⁻

Dynamique : 818 niveaux / 9,6 bits / 58 dB

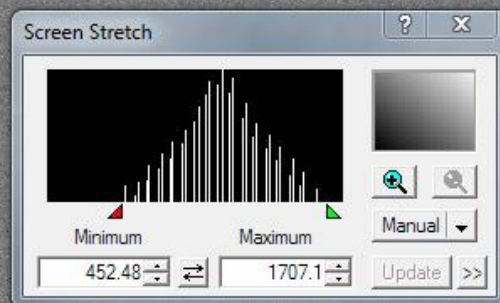




Mesures Pointgrey Flea3 IMX035

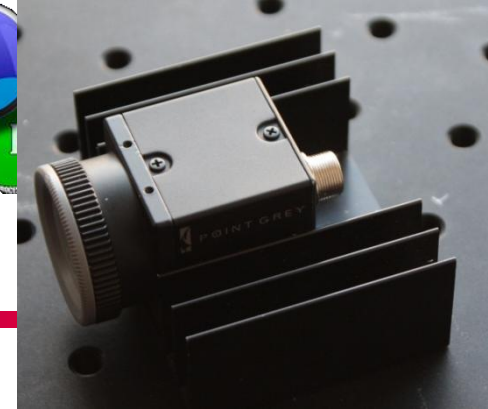
Gain réel pour gain 11,8dB (12bits) : 0,0464 e-/ADU
Bruit de lecture : 2,6 e-
Well Depth : 3037 e- (dépend du gain, 17800 à gain nul)
Dynamique : 1168 niveaux / 10,2 bits / 61,4 dB

Gain réel pour gain 7,8dB (12bits) : 0,13 e-/ADU = Basler 1300/ICX445
Bruit de lecture : 6,1 e-
Well Depth : 8600 e-
Dynamique : 1420 niveaux / 10,5 bits / 63 dB

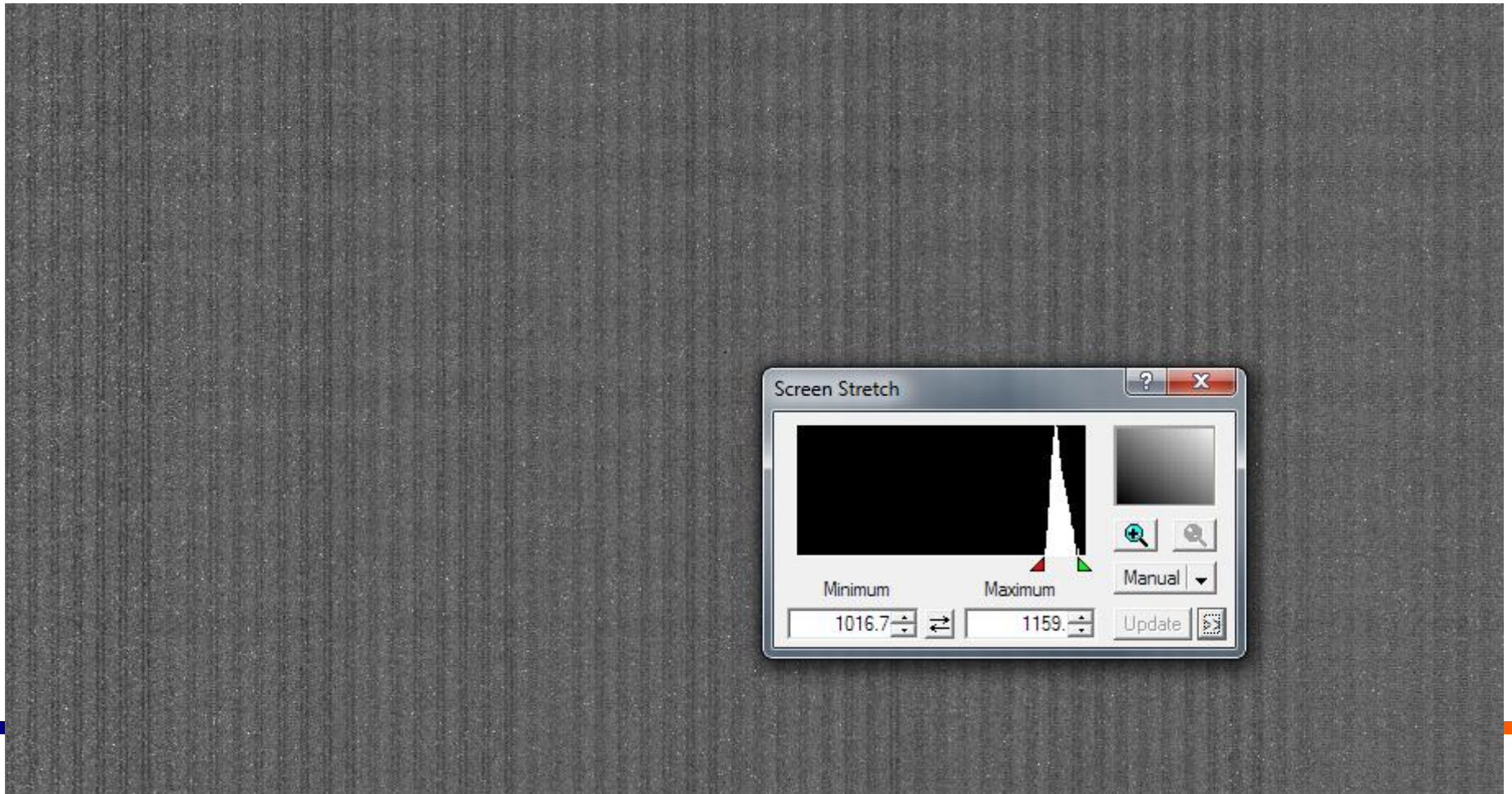




Bias stack Pointgrey Flea3 IMX035



100 bias moyennés à 7,8dB 12 bits / 60 FPS : Bruit de lecture stochastique important !





Mesures uEYE 5340 EV76C560

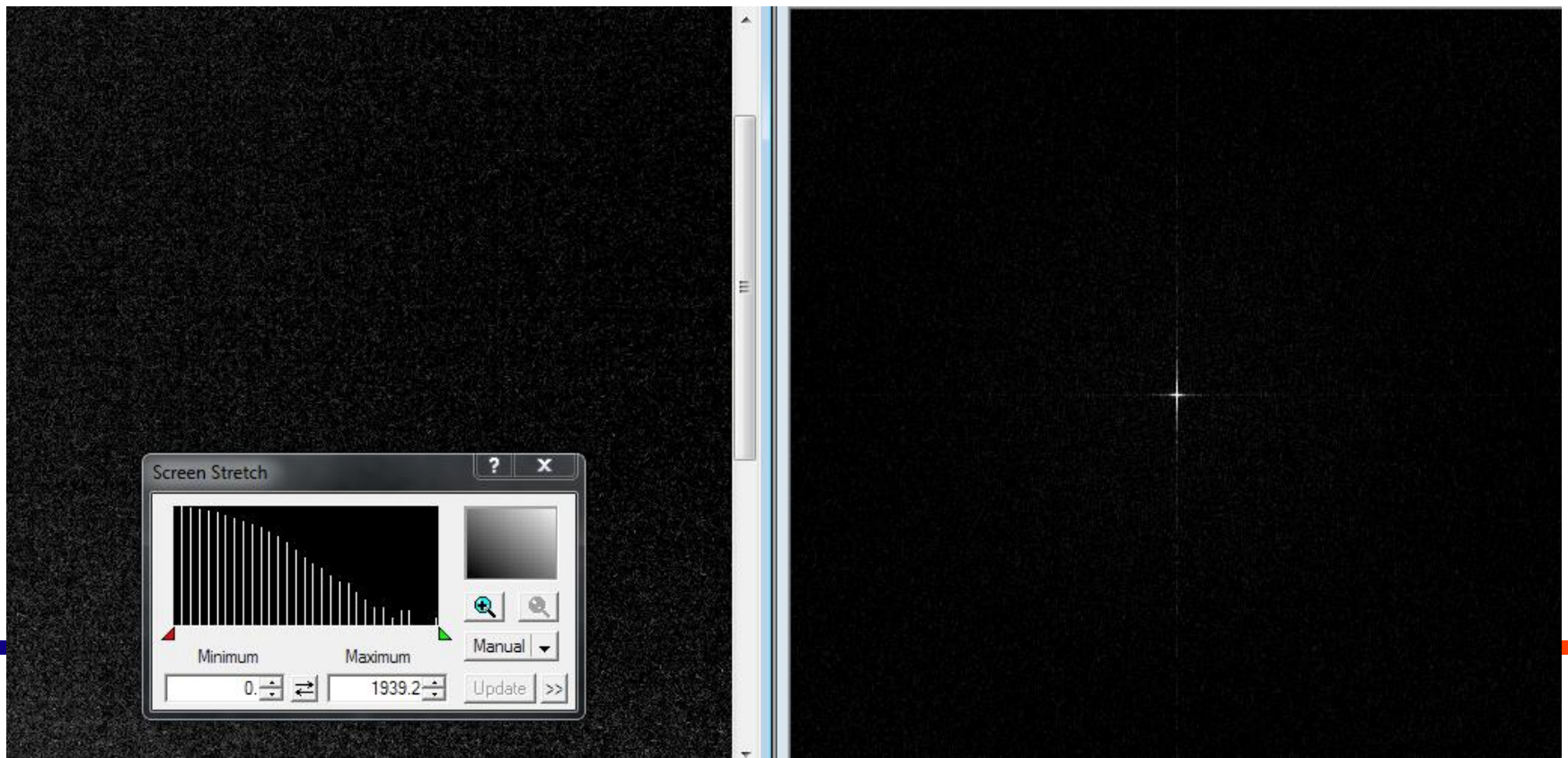
Global shutter mode

Gain réel pour gain 0 (12bits) : 0,31 e-/ADU

Bruit de lecture : 27 e⁻

Well Depth : 20200 e⁻

Dynamique : 748 niveaux / 9,5 bits / 57,2 dB





Mesures uEYE 5340 EV76C560

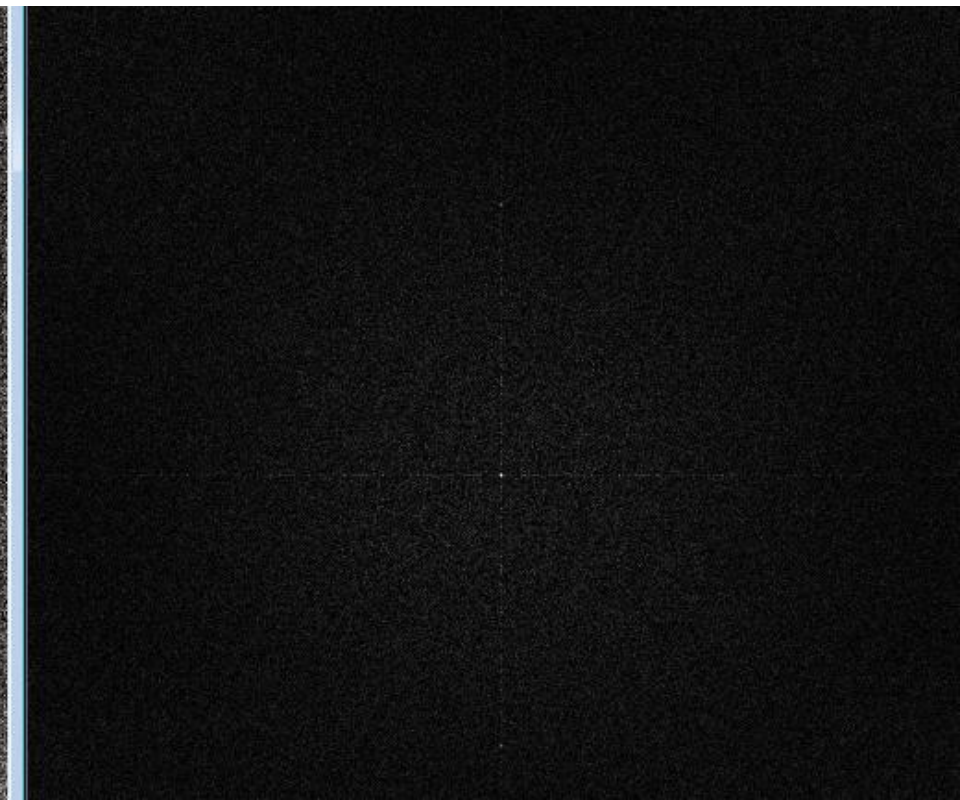
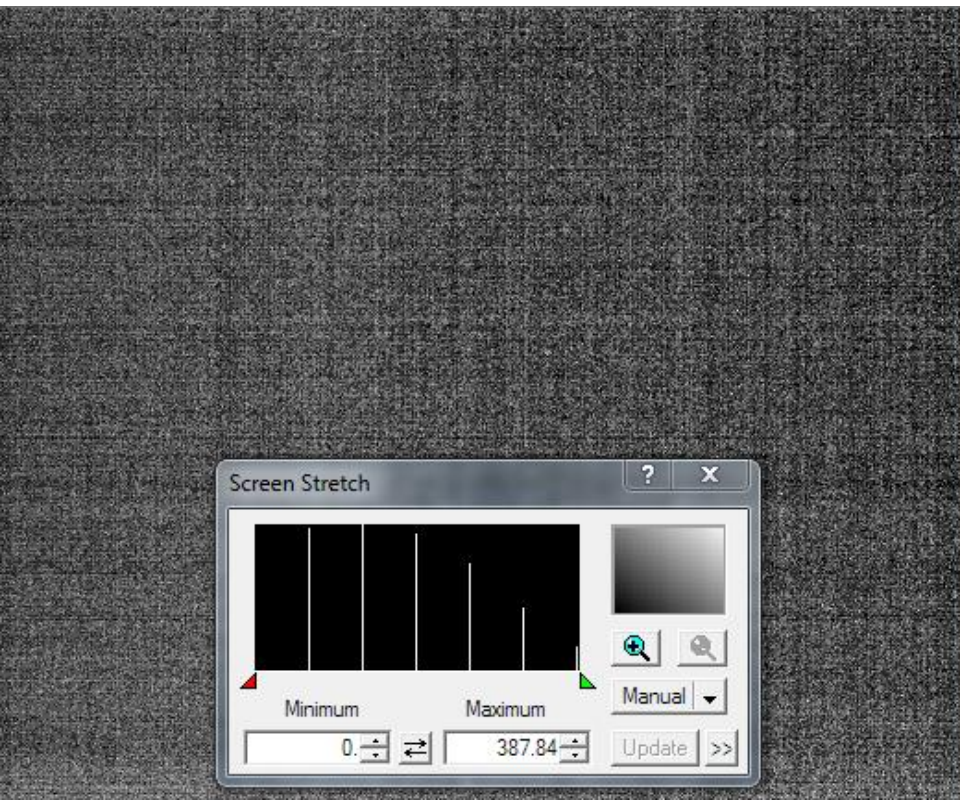
Rolling shutter mode

Gain réel pour gain 0 (12bits) : 0,27 e-/ADU

Bruit de lecture : 10,9 e⁻

Well Depth : 17440 e⁻

Dynamique : 1600 niveaux / 10,7 bits / 64,4 dB





Test en solaire HA : inadéquation du rolling shutter

Top-Left Panel:
2000msgamma1-1000_2012_03_11_122208_HALPHAtoto.png
Basler 1300 ICX445 Gain 300 Gamma 1
2ms; 1000/700 images
0,11 e-/ADU
Readout noise 8,8e-

Top-Right Panel:
TIFF_Image_2012-03-11-12h32m03s181-w.png
IDS uEye EV76C560 Gain 0 Gamma 1
Rolling shutter mode
4ms; 1000/700 images (Barlow x2)
0,27 e-/ADU
Readout noise 10,9 e-

Bottom-Left Panel:
PRG Flea 3 IMX035 Gain 8,6dB Gamma 1
2ms; 1000/700 images
0,17 e-/ADU
Readout noise 6,5e-

Bottom-Right Panel:
TIFF_Image_2012-03-11-12h30m58s279-w.png
IDS uEye EV76C560 Gain 0 Gamma 1
Global shutter mode
4ms; 1000/700 images (Barlow x2)
0,31e-/ADU
Readout noise 27e-

Wavelet Processing Panel (Right):
 Use Linked Wavelets
Layer Denoise Sharpen Preview
1 0,00 0,100 29,4
2 0,00 0,100 66,2
3 0,00 0,100 1,1
4 0,00 0,100 1,0
5 0,00 0,100 1,0
6 0,00 0,100 1,0



AiryLab

