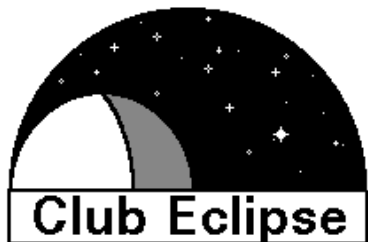


Etat de l' Art des détecteurs et Rapport Signal sur Bruit

Thierry Midavaine

WETO 2012

10 juin 2012 Observatoire de Paris

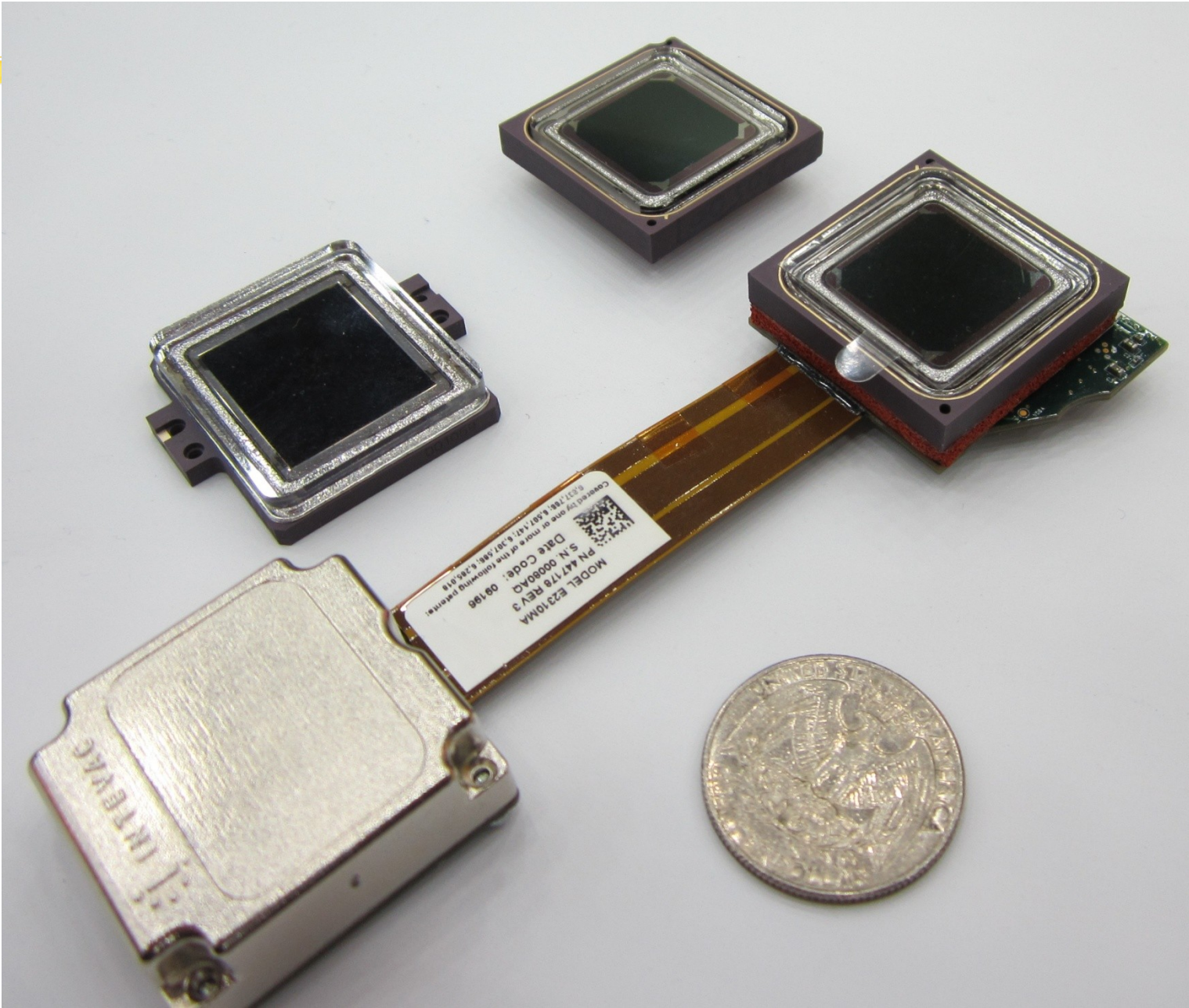


Les tubes Intensificateurs d images

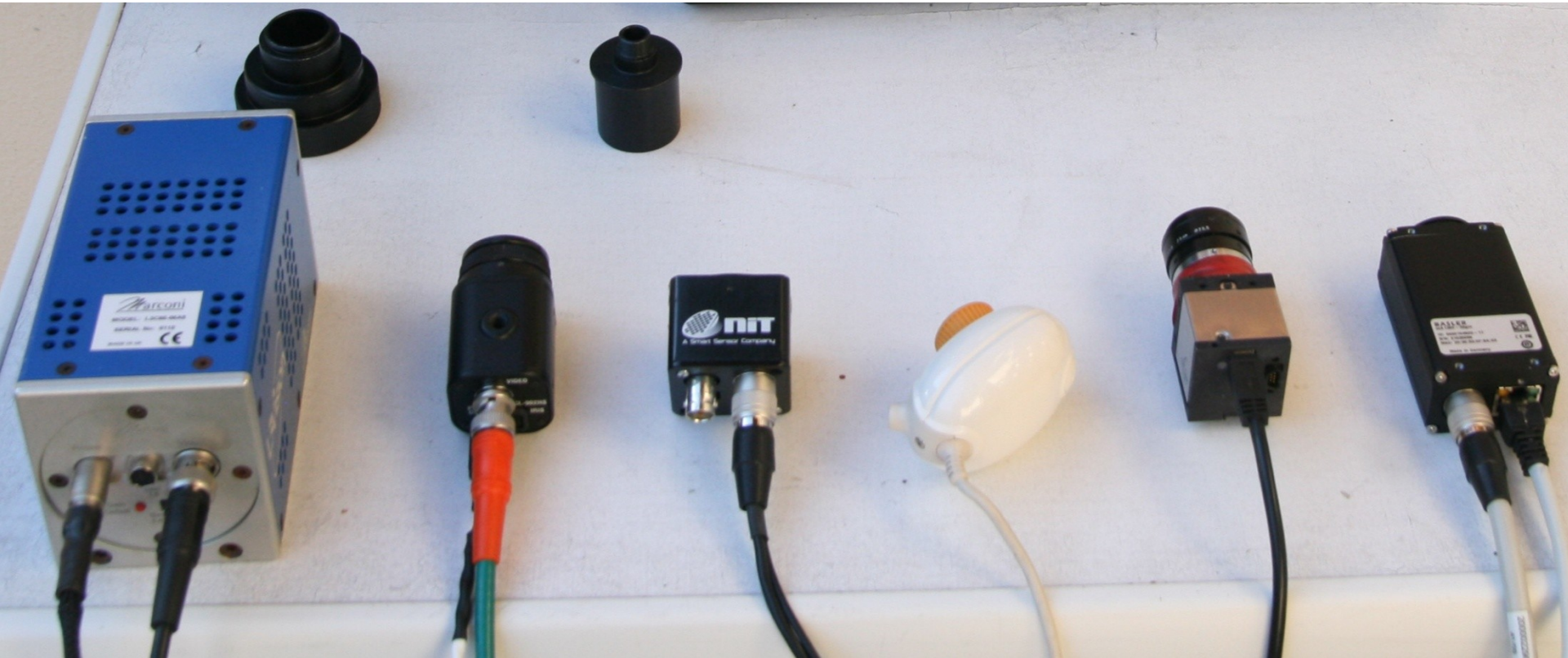
- Toujours la meilleure solution pour les sensibilités ultimes a faible niveau et haute cadence
- Mode comptage de photon
- Classe 1000 2000 euro et nécessite une camera



EBCMOS



Modules cameras

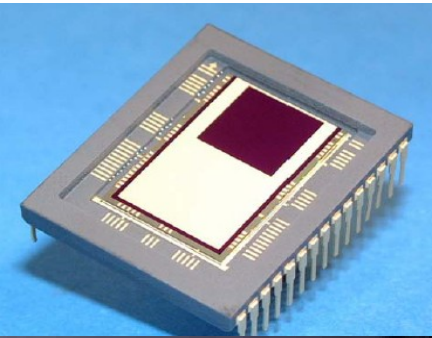
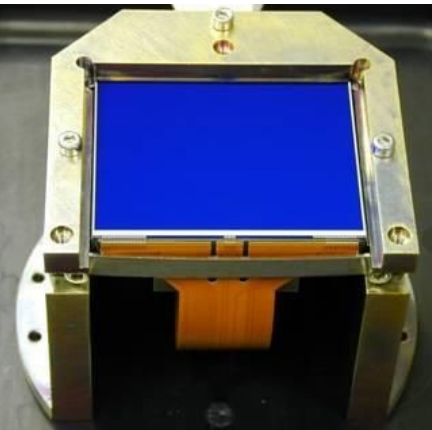


- Alternatives CCD, EMCCD, CMOS
- Sorties analogiques ou numeriques

Les matrices CCD

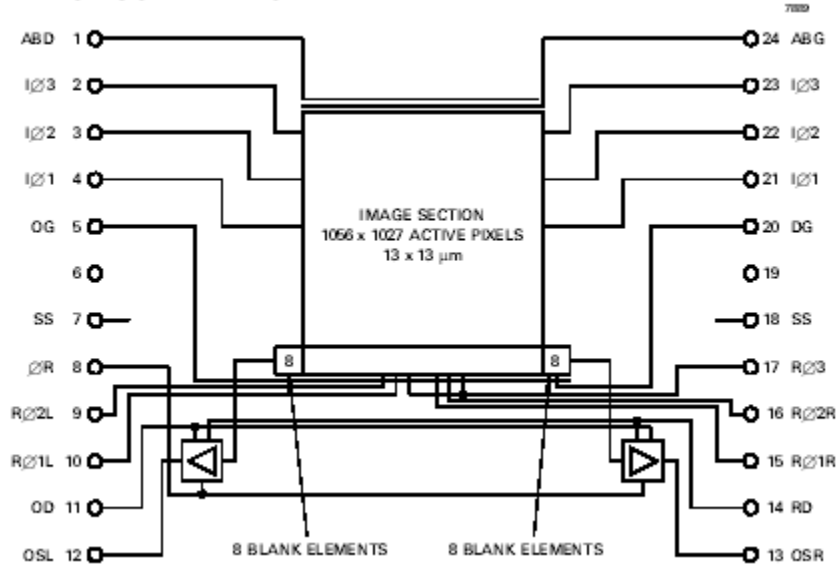
Il existe 4 types de matrices CCD :

- Les CCD pleine trame (full frame)
- Les CCD à transfert de trame (intégrant une zone mémoire)
- Les CCD à transfert interligne.
- Les CCD FIT (Field and Interline Transfert) qui combinent les deux précédentes architectures.

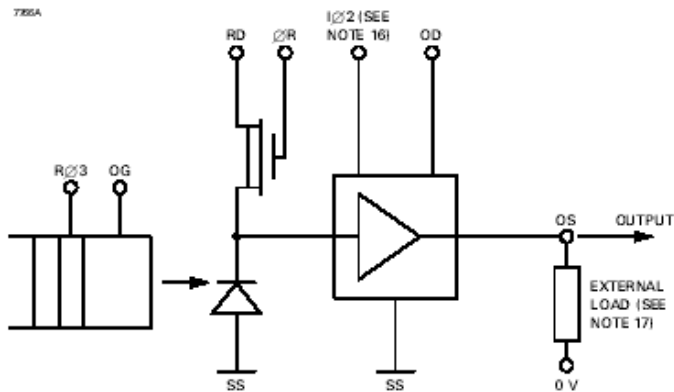


Bruit de lecture des CCD

DEVICE SCHEMATIC



OUTPUT CIRCUIT

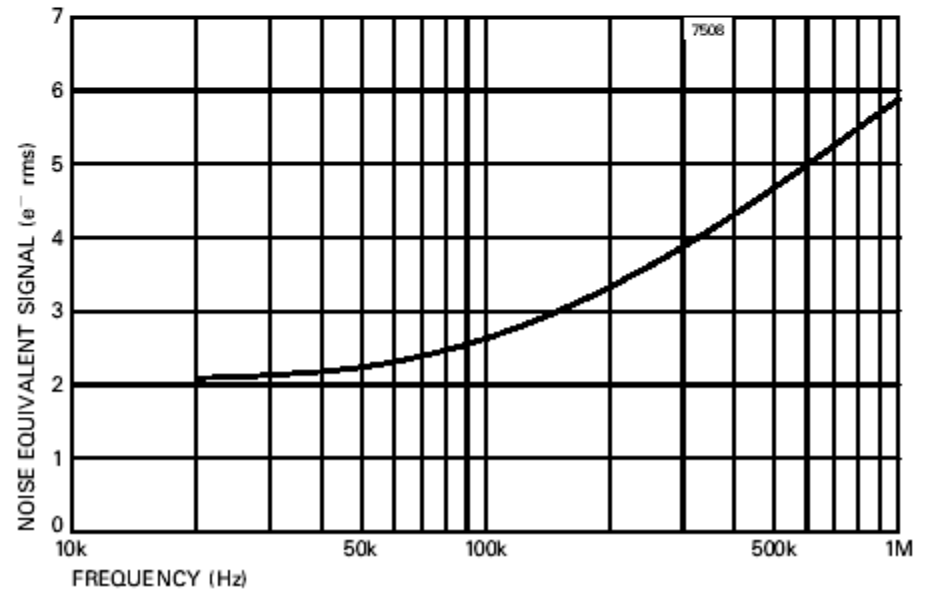


NOTES

16. The amplifier has a DC restoration circuit which is internally activated whenever IQ2 is high.
17. Not critical; can be a 3 to 5 mA constant current supply or an appropriate load resistor.

TYPICAL OUTPUT CIRCUIT NOISE (Measured using clamp and sample)

$$V_{SS} = 9.5 \text{ V} \quad V_{RD} = 17 \text{ V} \quad V_{OD} = 29 \text{ V}$$



EMCCD



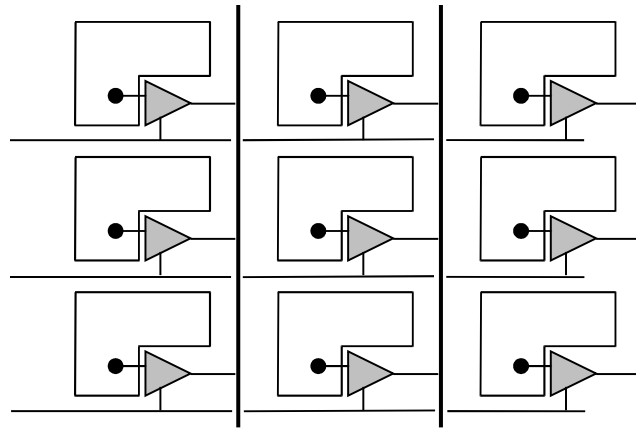
➤ Composants

- Arrêt de la production de Texas Instrument fin 2011
- E2v technologies continue la production
- Classe de bruit 1 electron et un facteur de bruit d amplification

➤ Cameras

- Réalisation de 12 modules à Meudon
- Production des modules Merlin et Hawk chez Raptor
- Cameras scientifiques Princeton
- Différentes alternatives de cameras analogiques, numeriques et scientifiques
- Module qui restera cher du fait des obsolescences et des marchés

Les matrices CMOS



C est une technologie ancienne des années 70 qui émerge dans les années 80 pour l'imagerie scientifique et les circuits de lecture des détecteurs IR et se diversifie fin des années 90 tirée par les applications grand public grâce à la diminution des tailles de motif dans les fonderies CMOS et la possibilité de faire une camera on chip :

- " Webcam
- " Photographie numérique
- " Caméscopes
- " Téléphonie portable (Marché de 1 milliard d'unités par an à partir de 2010)

Les marchés : professionnel, scientifique, spatial et militaire ouvrent de nouveaux débouchés à de nouvelles évolutions de ce type de capteur.

Camera video CCD analogique

➤ Watec

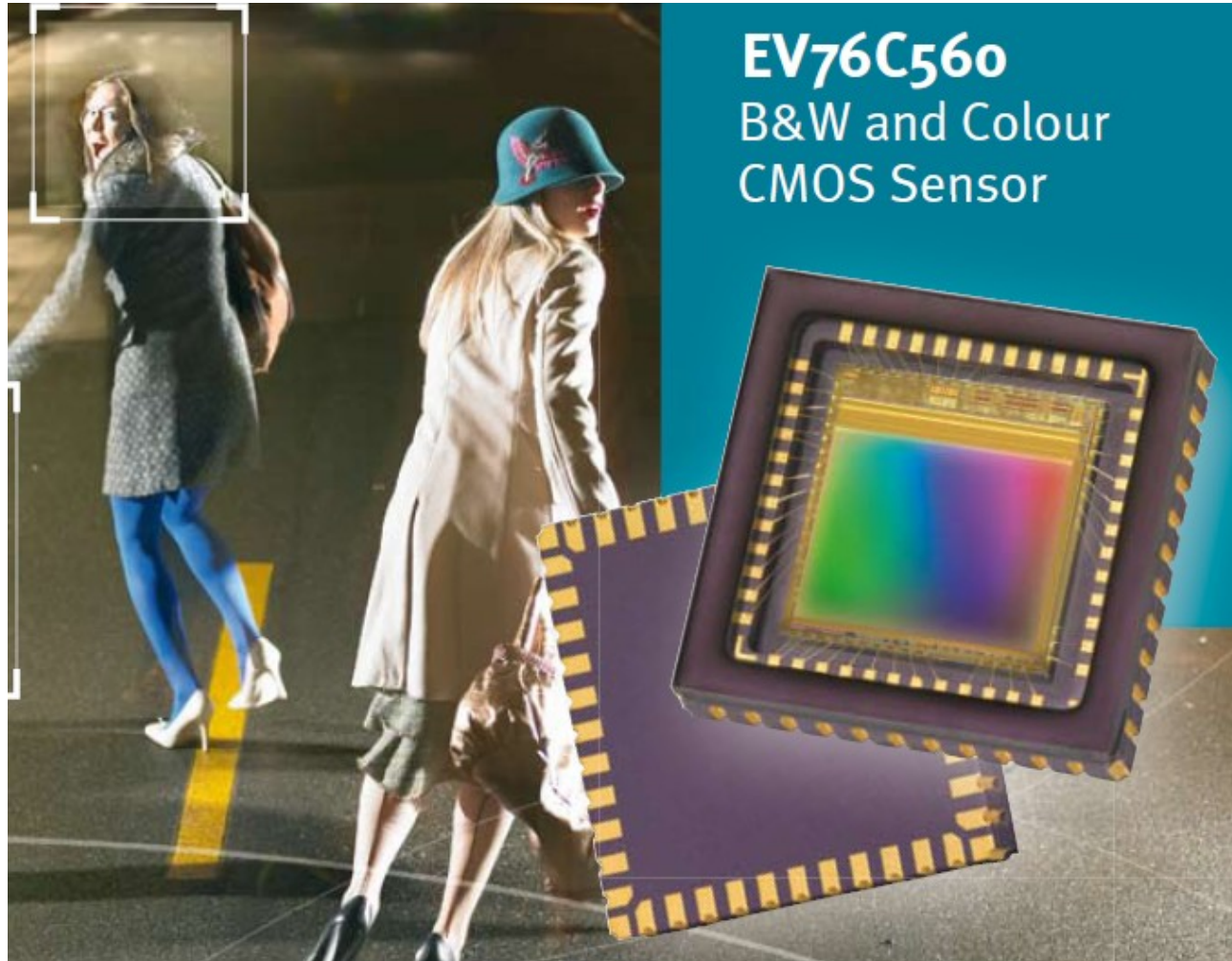
- 902H2 Ultimate 752x582 8,6 μ m, balayage entrelacé, 1/50 à 1/100000s, AGC et gain manuel
- 120N+ accumulation de 1 à 256 trames
- Une nouvelle camera 4/3 2Megapixel
- Niveau de bruit de la classe 10 electrons

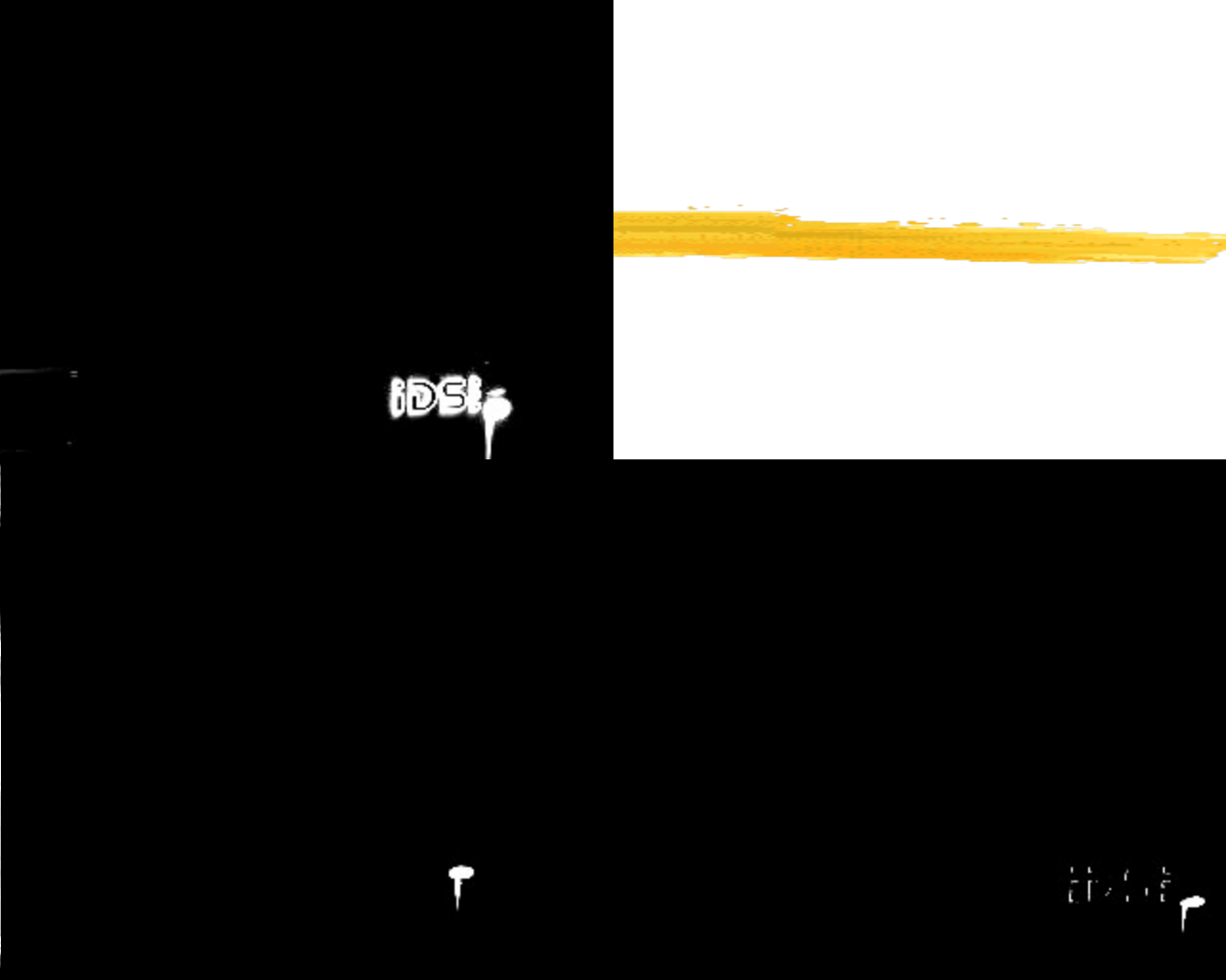
Capteurs CMOS faible bruit



- Domaine en pleine effervescence industrielle
 - Canon
 - BAE systems Imaging Solutions (Fairchild Imaging)
 - E2v technologies France
 - Sony
 - &

e2v technologies Saphir et Ruby





- IDS camera
- e2v ruby compare to Aptina 5MP

Canon

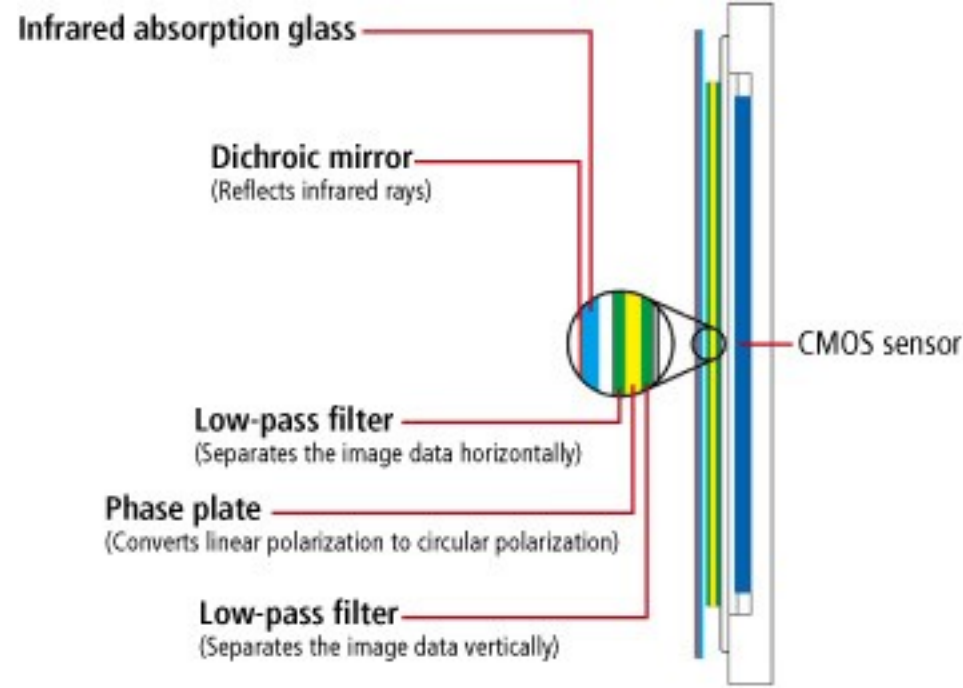
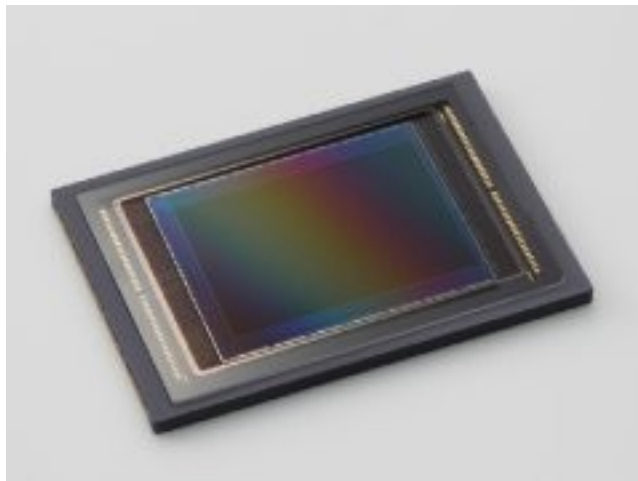
- 40 millions de boîtiers EOS en matrices CMOS 4T

CMOS Sensors

Like CCDs, CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) sensors are semiconductor image sensors that convert light into electrical signals



Canon Show 2010



Canon

➤ Boitiers :

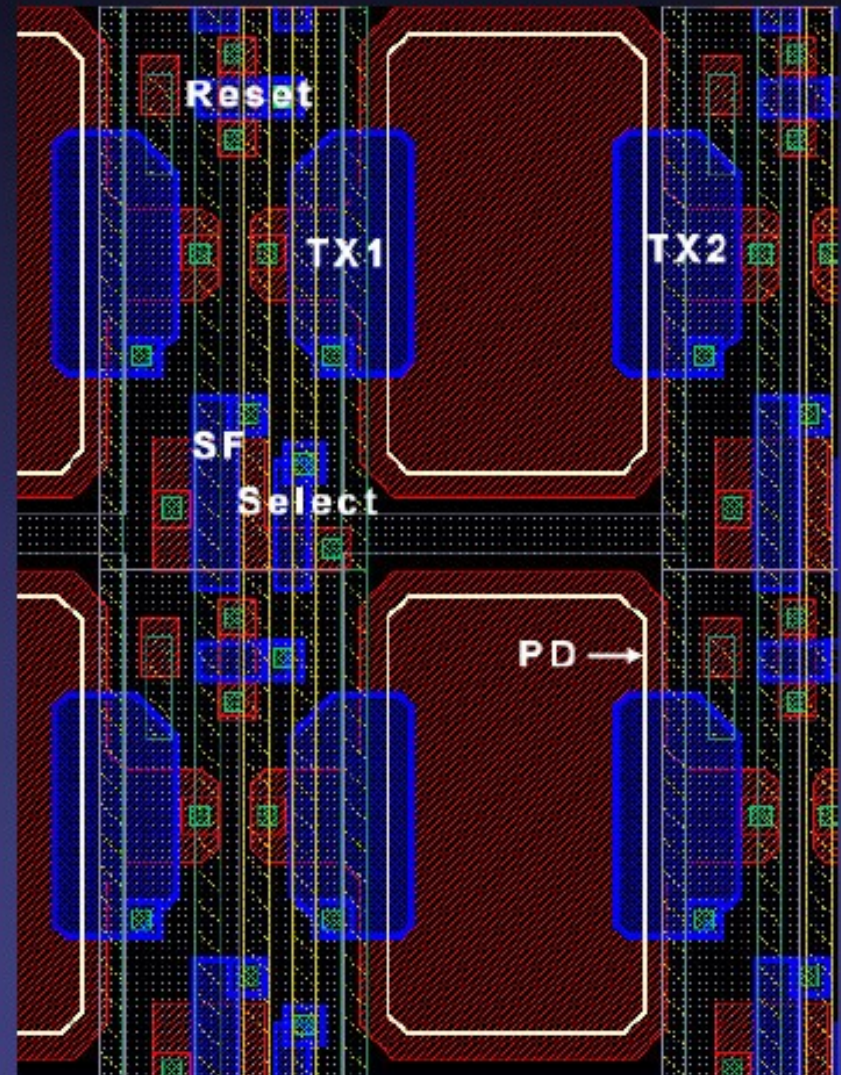
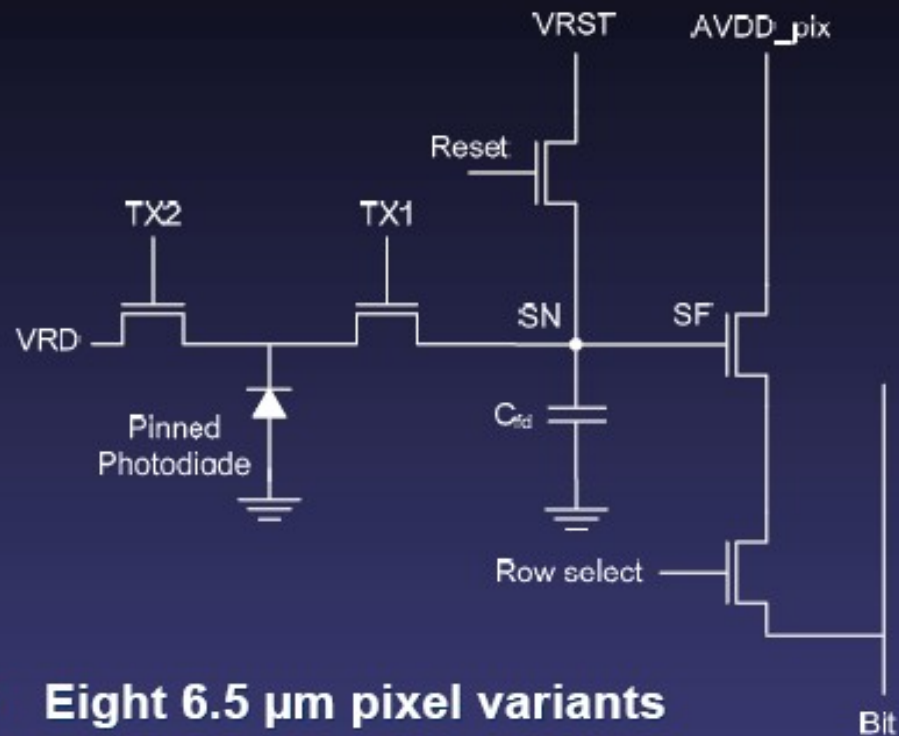
- 1Dx : 18.1Mpixels 24x26 14 im/ s
- 5DMkII : 21.1Mpixels 24x36 10 im/ s

➤ Démonstrateurs

- 50 Mpixels en 24x36 (5792x8633)
- 120 Mpixel 13280 x 9184 APS- H

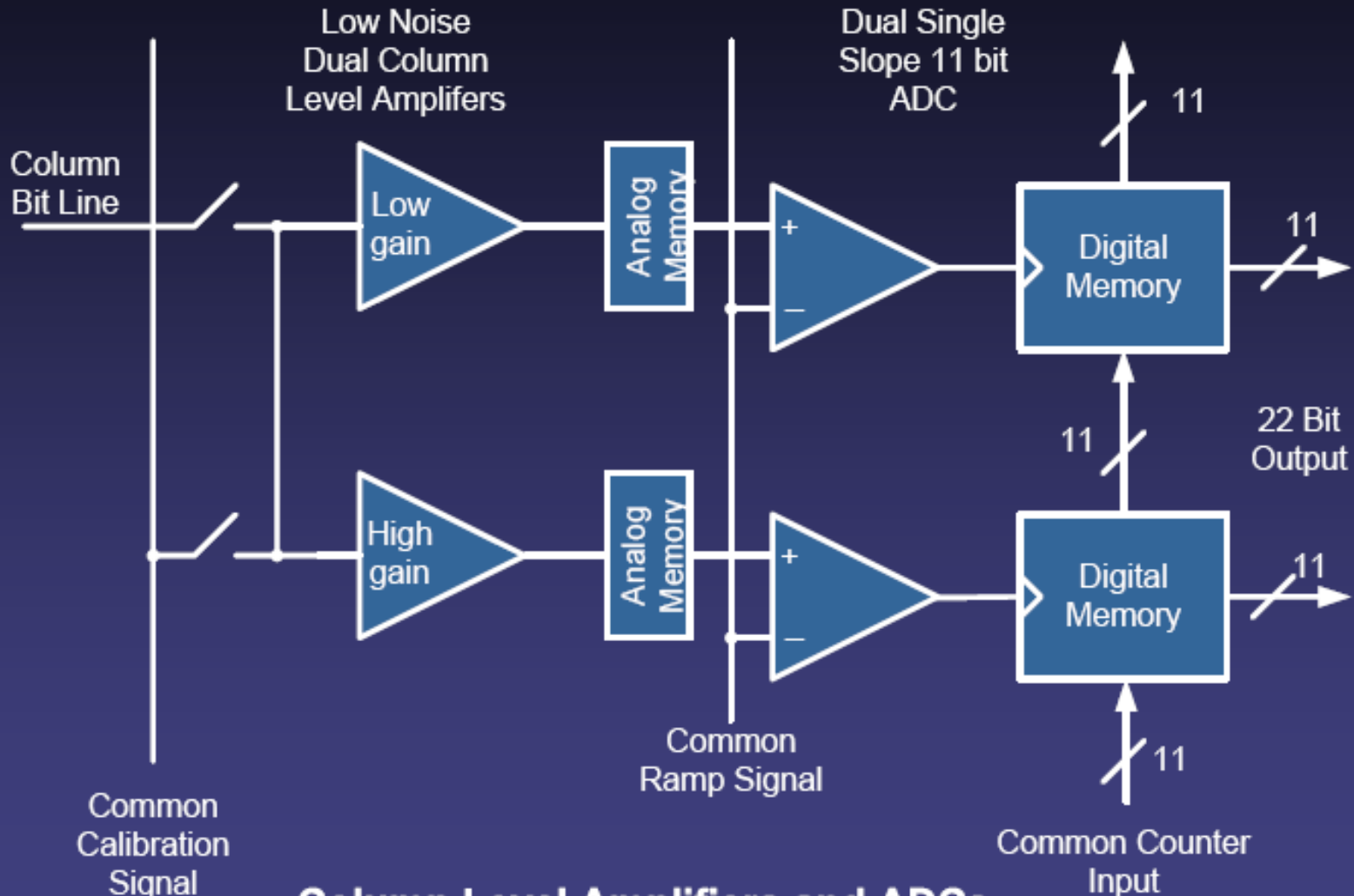
Sensor size	Installed products	Imaging screen size	Effective number of pixels
35mm full-frame	EOS- 1Ds Mark III/ EOS 5D Mark II	Approx. 36 x 24 mm	Approx. 21.1 million
APS- H	EOS- 1D Mark III	Approx. 28.1 x 18.7 mm	Approx. 10.1 million
	EOS 7D, 550D, 60D	Approx. 22.3 x 14.9 mm	Approx. 18 million
APS- C	EOS 50D/ EOS Digital Rebel T1i (EOS 500D)	Approx. 22.3 x 14.9 mm	Approx. 15.1 million
	EOS Digital Rebel XS (EOS 1000D)	Approx. 22.2 x 14.8 mm	Approx. 10.1 million

Pixel Design



- Eight 6.5 μm pixel variants
- 5T pinned photodiode (PPD) pixel
- High conversion gain ($\mu\text{V}/\text{e}^-$), low dark current, and low lag
- Low readout noise with true CDS
- TX2 transfer gate functions as anti-blooming drain and global reset

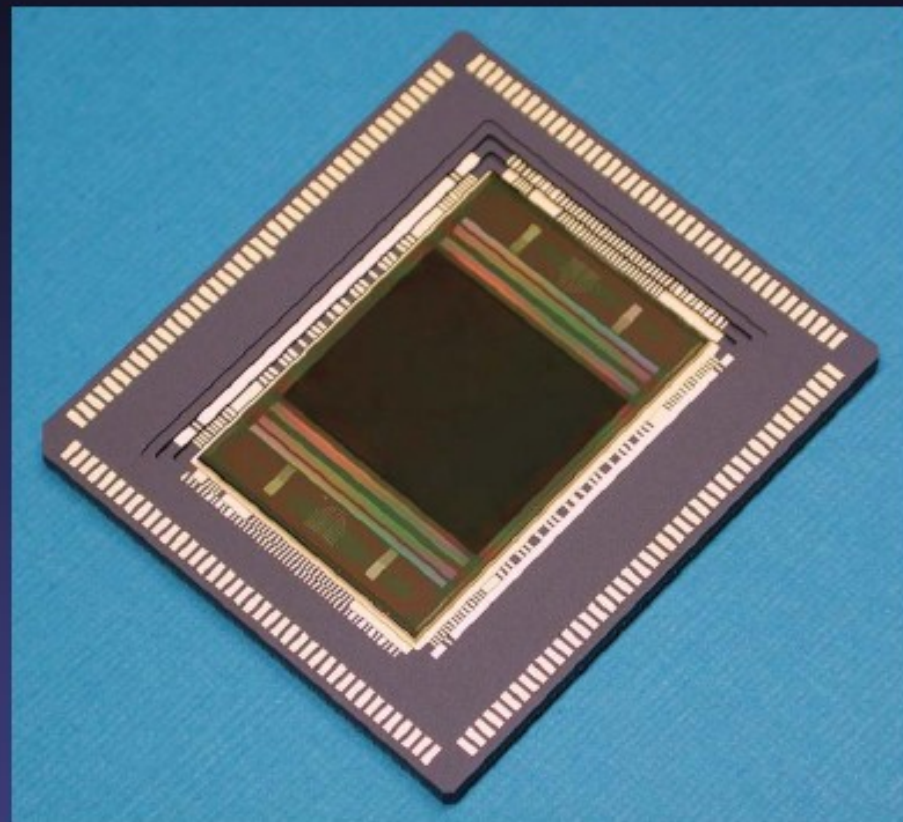
Wide Dynamic Range Architecture

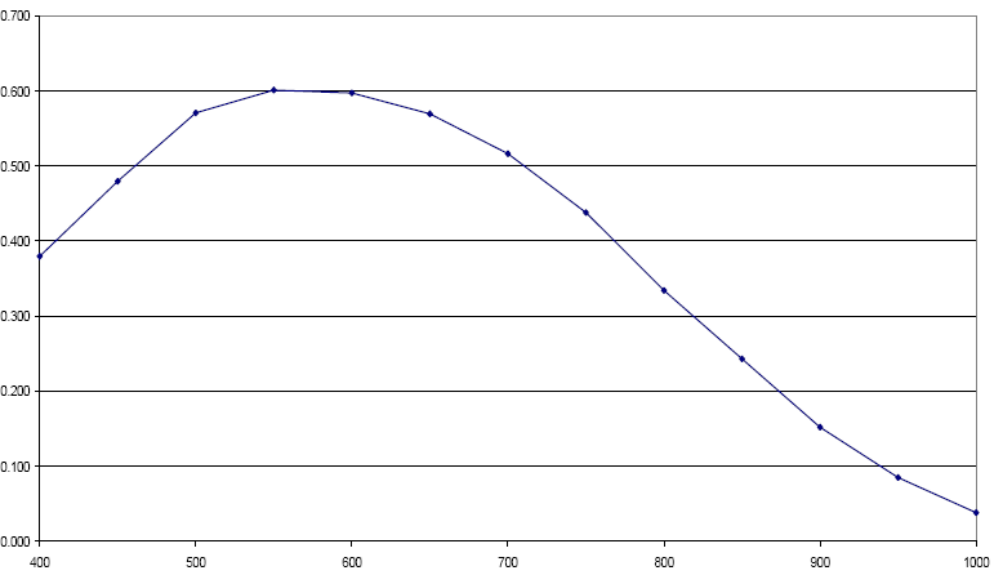


Column Level Amplifiers and ADCs

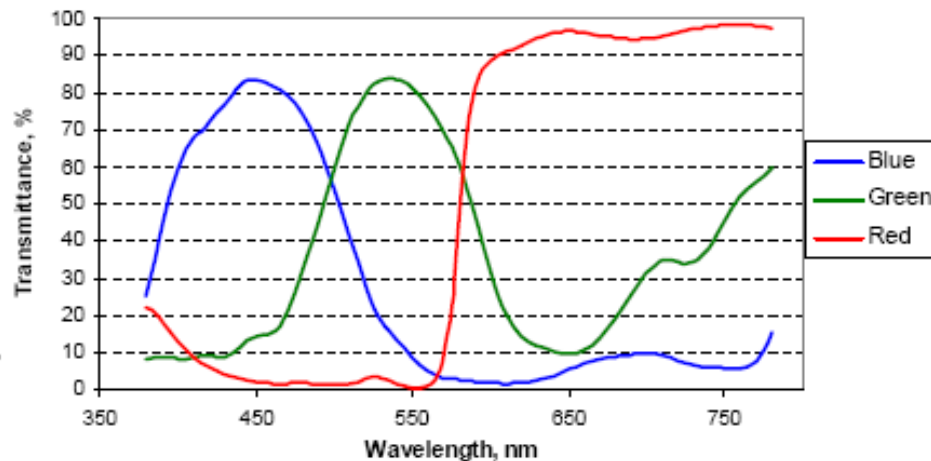
CIS2051 5.5 Mpixel Image Sensor

- 6.5 μm^2 5T pixel architecture
- 2560(H) x 2160(V) imaging array
- Dual gain 11-bit output channels
- 100 fps in rolling shutter readout
- 50 fps in global shutter readout
- Read noise < 2e- rms at 30 fps RS
- Dynamic range > 83 dB (15000:1)
- QE > 55% at 600 nm
- Dark current at 20°C 3 pA/cm²

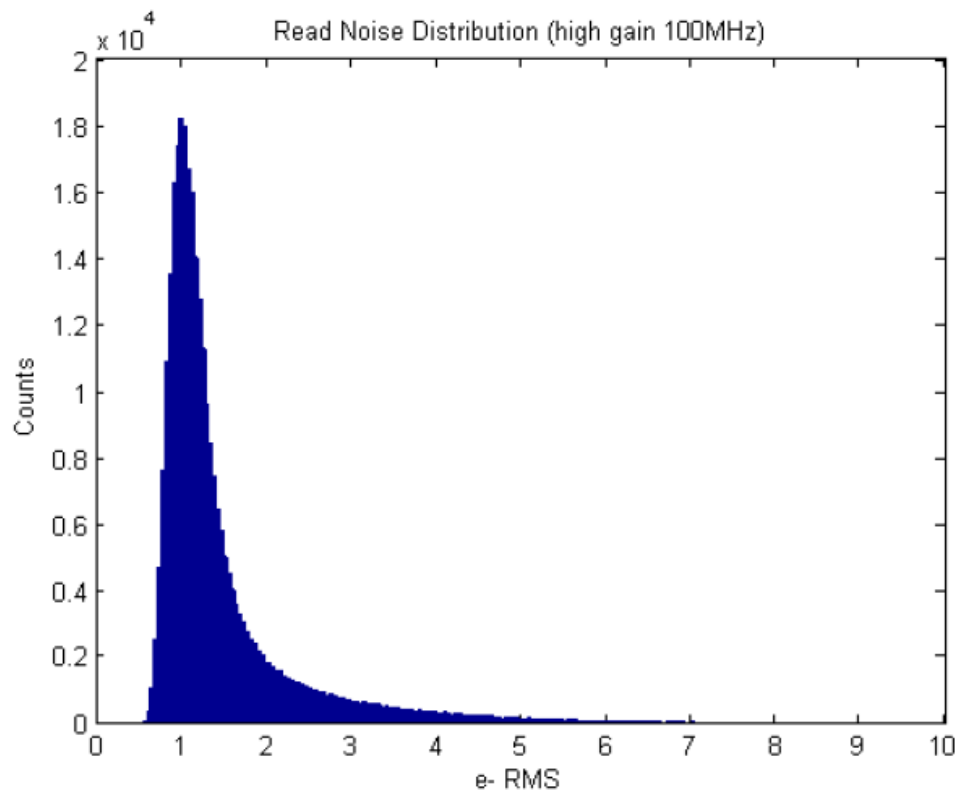




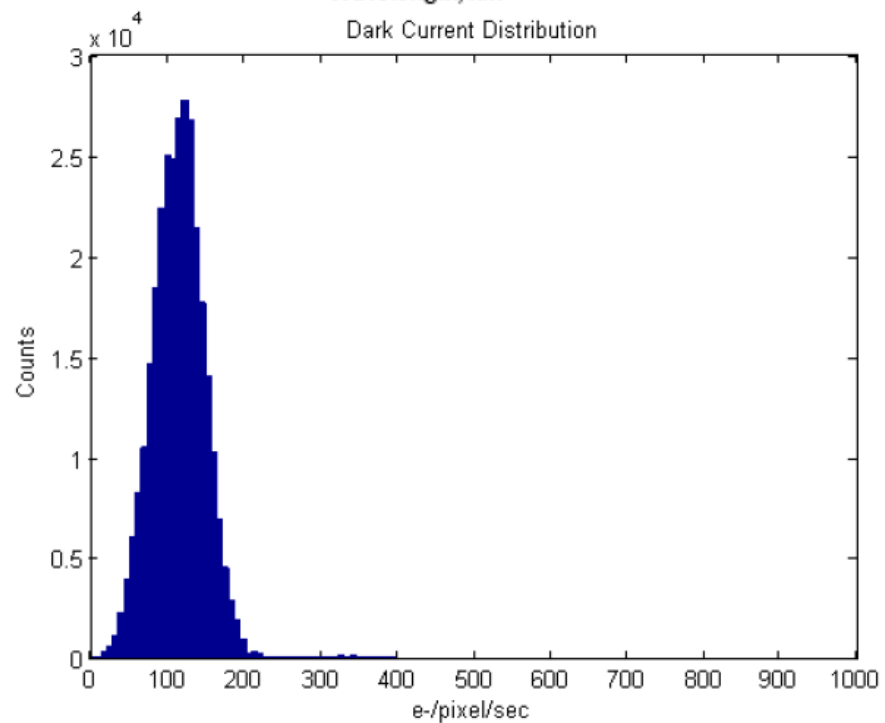
CF Spectral Transmittance



Read Noise Distribution (high gain 100MHz)



Dark Current Distribution



Intégration sur le chip

- Sur le chip on peut intégrer :
 - La surface sensible (génération des photoélectrons)
 - L'accumulation du signal
 - La fonction obturation pour le pixel et pour toute la matrice
 - La conversion courant tension avec des lois linéaires ou non linéaires
 - Des éventuelles fonctions de détection ou de traitement local dans le pixel ou avec les pixels adjacents
 - les fonctions de pilotage du capteur et de lecture (avec des tensions plus faibles que sur un CCD) avec des fonctions fenêtrage, accès aléatoire&
 - L'amplification du signal et la conversion analogique numérique : jusqu'à un ou deux CAN par colonne
 - Des fonctions de mémoire
 - Des fonctions de traitement d'image
 - La correction de non uniformité

➤ Vers la camera mono puce&

CCD

CMOS

➤ **Avantages**

TDI drift scan
Binning NxN
Bruit stationnaire

réponse

➤ **Inconvénients**

Limite pixel/ s de la sortie série
Fonderies spécifiques

Faibles tensions
Faible consommation
Faible bruit (4T)
Conversion charges/ tension pixel
Linéarité ou non linéarité de

CAN intégré sur le chip
Camera on chip
Accès aléatoire fenêtrage (ROI)
Faible coût
Fonderies CMOS

Maitrise de la diode pn
Process spécifiques

	Unités	IL gen 2+	IL gen 3-4	CCD interline	ICCD	EBAPS	EMCCD	CMOS 4-5T
Bande spectrale	µm	0.4-0,9	0,48-0,9	0,35-1,1	0,4-0,9	0,6-0,9	0,35-1,1	0,35-1,1
Rendement Quantique	%	15	40	60 90	20	25	50-90	57-85
Courant d obscurité	A/m ²				1.9 10 ⁻¹⁰		1 10 ⁻⁷	5 10 ⁻⁸ 20°C
Gain		>1000	>1000	1	1000	150	40	1
Facteur de bruit		1,6	2	1	1,6	1,1	1.4	1
Bruit de lecture	e ⁻	<1	<1	10	50	2	1	1,2
Saturation	e ⁻							30000
Pas	µm	7	7	6	11	6,7	8	6,5
FTM à Nyquist	%	4	4	50	10	3	75	42
Pixels par ligne		2500	2500	1920	1280	1600	1000	2560
Puissance	W	0,1	0,1	1,7	2	1,2	5	2
Fabricant		Photonis	ITT	e2v	Photonis	Intevac	Texas Instrument	Fairchild Imaging

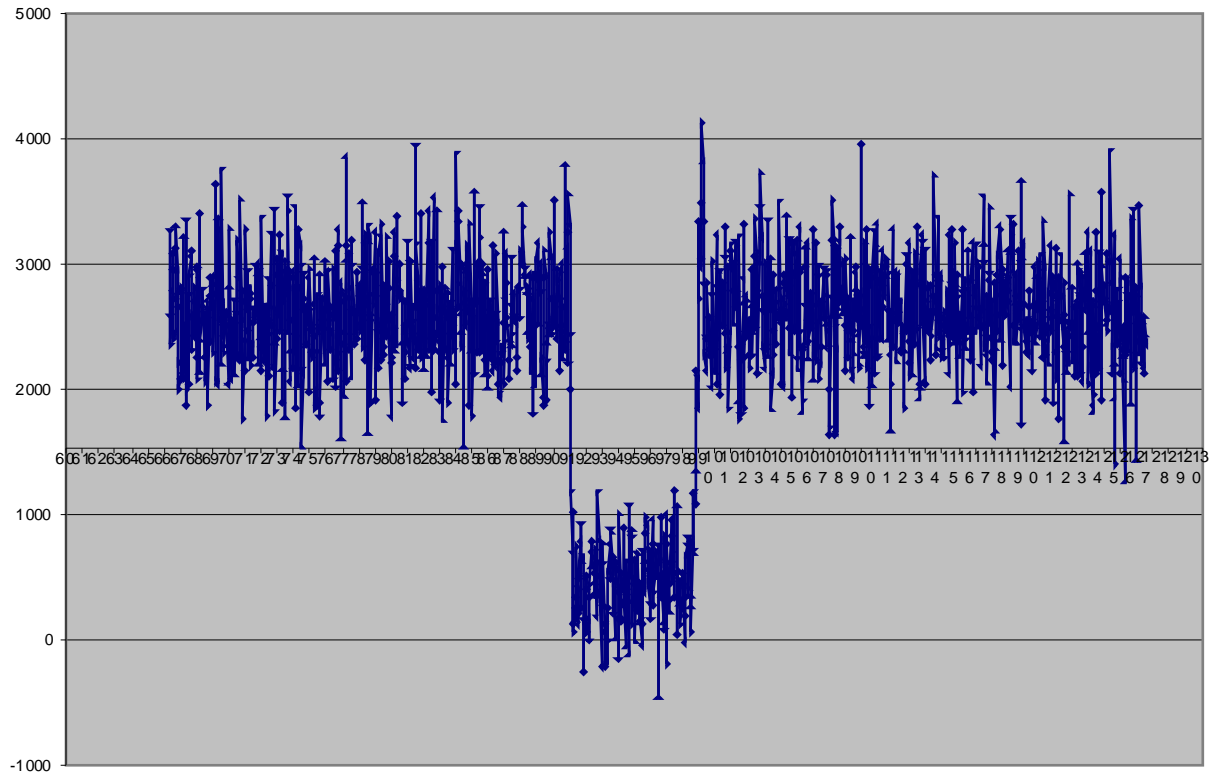
Modelisation du rapport Signal sur Bruit



- Réalisation d'une feuille de calcul Excel :
- SNROccultationV1.xls

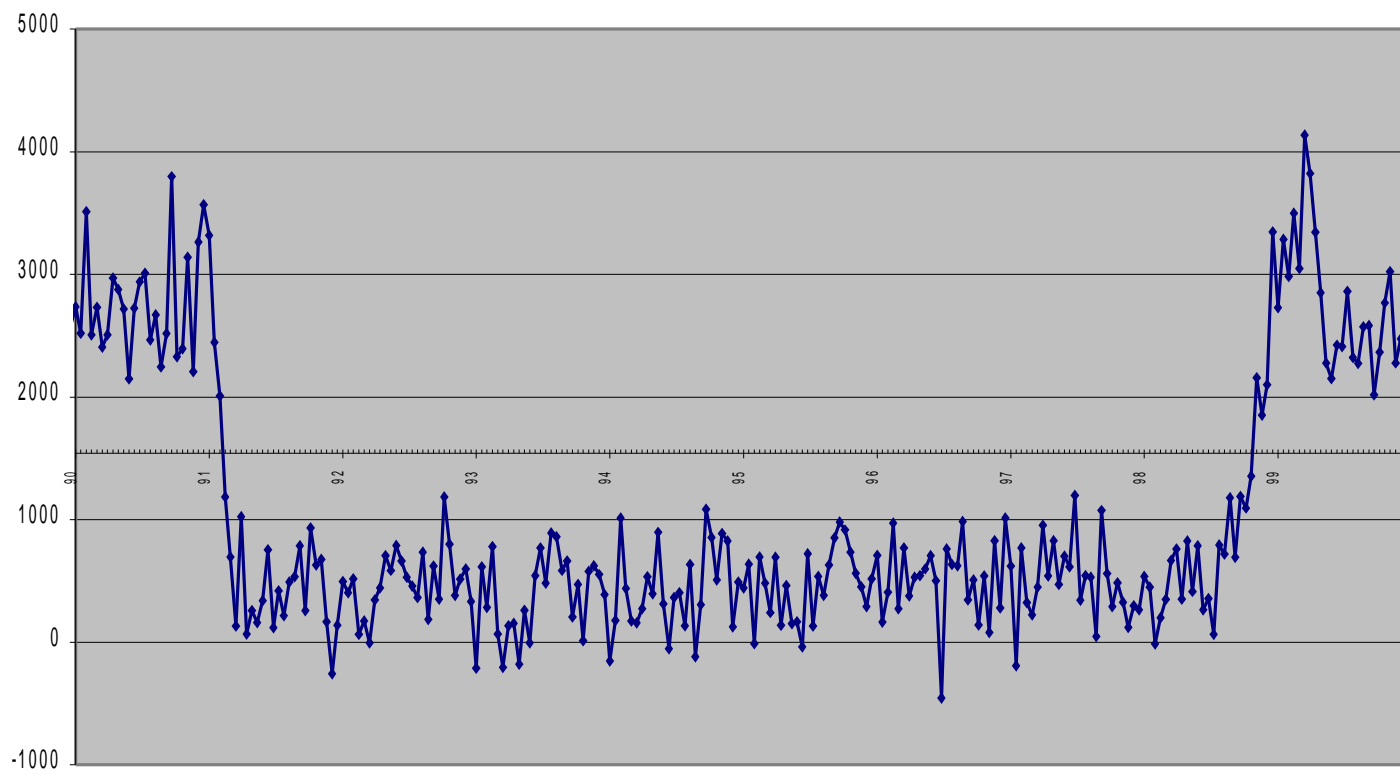
Precision de datation et S/B

Occultation par Sirona 2 Video





Occultation par Sirona 2 Video



Etape 1 : Température de l'étoile

Temperature Etoile de classe

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
O	3000		2090			1520			1140	0
B	0		0			0			0	
A	9790		9000			8180				
F	7300		7000			6650			6250	
G	5940		5790			5560			5310	
K	5150		4830			4410				
M	3840		3520			3170				

	U-B	B-V	V-R	V-I	V-J
O0	-1,33	-0,46			
O5		-0,33			
B0	-1,08	-0,3	-0,13	-0,42	
B5		-0,17			
A0	-0,02	-0,02	0,02	0	0
A5		0,15			
F0	0,03	0,3	0,3	0,47	0,55
F5		0,44			
G0		0,58	0,52	0,93	1,02
G5		0,68			
K0		0,81	0,74	1,4	1,5
K5		1,15			
M0		1,4	1,1	2,2	2,3
M5		1,65		2,8	

Etape 2 : Paramètres de l'Occultation

Objets	Unités	
Etoile		
Temperature	K	2045
Magnitude		12
Astéroïde		
Temperature		5800
Magnitude		14
Fond de ciel		
Magnitude	as- 2	20
Site d'observation		
Altitude	m	0
Conditions d'observation		
Hauteur visée	°	30
Pression atmosphérique		
Seeing	arc sec	2

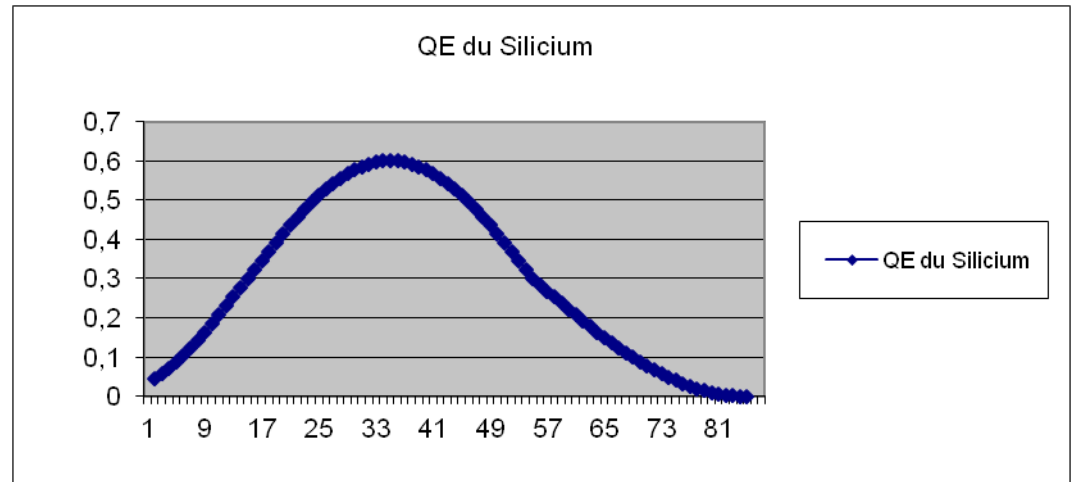
Etape 3 : Caractéristiques des moyens d observations

Optique

Diamètre	m	0,2
Focale	m	2
transmission optique		0,75

Capteur

pas pixel	m	8,50E-06
Rendement Quantique max		0,6
Lambda pic QE	m	6,00E-07
Lambda min50%	m	4,00E-07
Lambda max50%	m	8,00E-07
Bruit de lecture	electrons	1,00E+01
Densité de courant d'obsc	s	2,00E-02



Calcul Spectral du Bilan Optoelectronique

Lambda	LCN	LCN	R II efficacite	L photopic	Trans Atmos	Trans atm	Trans	QE du	els-1.m-2.s
m	r-1.m-1	Wm-2.sr-1.m-1		Lm-2.sr-1.m-1	Zenithale	visée	Optique	Silicium	r-1.m-1
2.70E-07	5.44E-23	4.00E-05		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.50E-01	4.42E-02	0.00E+00
2.80E-07	1.19E-24	8.46E-05		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.50E-01	5.73E-02	0.00E+00
2.90E-07	2.47E-24	1.69E-06		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.50E-01	7.19E-02	0.00E+00
3.00E-07	4.83E-24	3.20E-06		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.50E-01	8.79E-02	0.00E+00
3.10E-07	9.03E-24	5.79E-06		0.00E+00	8.00E-02	6.40E-03	7.50E-01	1.05E-01	4.96E-21
3.20E-07	1.62E-25	1.00E-07		0.00E+00	1.60E-01	2.56E-02	7.50E-01	1.24E-01	3.84E-22
3.30E-07	2.78E-25	1.68E-07		0.00E+00	2.40E-01	5.76E-02	7.50E-01	1.43E-01	1.72E-23
3.40E-07	4.63E-25	2.70E-07		0.00E+00	2.80E-01	7.84E-02	7.50E-01	1.64E-01	4.45E-23
3.50E-07	7.44E-25	4.22E-07		0.00E+00	3.20E-01	1.02E-01	7.50E-01	1.85E-01	1.06E-24
3.60E-07	1.16E-26	6.41E-07		0.00E+00	3.50E-01	1.23E-01	7.50E-01	2.07E-01	2.21E-24
3.70E-07	1.77E-26	9.49E-07		0.00E+00	3.70E-01	1.37E-01	7.50E-01	2.30E-01	4.17E-24
3.80E-07	2.65E-26	1.37E-08	0.00004	3.88E-06	3.90E-01	1.52E-01	7.50E-01	2.53E-01	2.56E-24
3.90E-07	3.79E-26	1.93E-08	0.00012	1.56E-07	4.10E-01	1.68E-01	7.50E-01	2.76E-01	1.32E-25
4.00E-07	5.38E-26	2.67E-08	0.0004	7.19E-07	4.30E-01	1.85E-01	7.50E-01	3.00E-01	2.24E-25
4.10E-07	7.40E-26	3.63E-08	0.0012	2.93E-08	4.50E-01	2.03E-01	7.50E-01	3.24E-01	3.68E-26
4.20E-07	1.02E-27	4.84E-08	0.004	1.30E-09	4.70E-01	2.21E-01	7.50E-01	3.47E-01	5.88E-26
4.30E-07	1.37E-27	6.35E-08	0.0116	4.96E-09	4.90E-01	2.40E-01	7.50E-01	3.70E-01	9.16E-25
4.40E-07	1.82E-27	8.21E-08	0.023	1.27E-10	5.10E-01	2.60E-01	7.50E-01	3.93E-01	1.39E-26
4.50E-07	2.37E-27	1.05E-09	0.038	2.88E-10	5.25E-01	2.76E-01	7.50E-01	4.15E-01	2.03E-26
4.60E-07	3.05E-27	1.32E-09	0.06	5.32E-10	5.40E-01	2.92E-01	7.50E-01	4.36E-01	2.91E-26
4.70E-07	3.88E-27	1.64E-09	0.091	1.00E-11	5.55E-01	3.08E-01	7.50E-01	4.57E-01	4.09E-26
4.80E-07	4.97E-27	2.07E-09	0.139	1.86E-11	5.68E-01	3.20E-01	7.50E-01	4.76E-01	5.66E-26
4.90E-07	6.04E-27	2.45E-09	0.208	3.43E-11	5.75E-01	3.31E-01	7.50E-01	4.95E-01	7.42E-26
5.00E-07	7.43E-27	2.95E-09	0.323	6.42E-11	5.85E-01	3.42E-01	7.50E-01	5.12E-01	9.77E-26
5.10E-07	9.04E-27	3.62E-09	0.503	1.19E-12	5.90E-01	3.50E-01	7.50E-01	5.28E-01	1.20E-27
5.20E-07	1.09E-28	4.17E-09	0.71	1.99E-12	6.10E-01	3.72E-01	7.50E-01	5.43E-01	1.65E-27
5.30E-07	1.31E-28	4.89E-09	0.862	2.84E-12	6.20E-01	3.84E-01	7.50E-01	5.56E-01	2.09E-27
5.40E-07	1.55E-28	5.70E-09	0.954	3.86E-12	6.28E-01	3.94E-01	7.50E-01	5.67E-01	2.60E-27
5.50E-07	1.80E-28	6.60E-09	0.995	4.15E-12	6.35E-01	4.03E-01	7.50E-01	5.77E-01	3.14E-27
5.60E-07	2.13E-28	7.56E-09	0.995	5.06E-12	6.40E-01	4.10E-01	7.50E-01	5.85E-01	3.83E-27
5.70E-07	2.48E-28	8.63E-09	0.952	5.93E-12	6.45E-01	4.16E-01	7.50E-01	5.92E-01	4.57E-27
5.80E-07	2.85E-28	9.79E-09	0.87	7.05E-12	6.50E-01	4.23E-01	7.50E-01	5.96E-01	5.40E-27
5.90E-07	3.28E-28	1.10E-10	0.757	5.62E-12	6.55E-01	4.29E-01	7.50E-01	5.99E-01	6.32E-27
6.00E-07	3.74E-28	1.24E-10	0.631	5.26E-12	6.60E-01	4.36E-01	7.50E-01	6.00E-01	7.33E-27
6.10E-07	4.24E-28	1.39E-10	0.503	4.88E-12	6.70E-01	4.49E-01	7.50E-01	5.99E-01	8.55E-27
6.20E-07	4.79E-28	1.53E-10	0.381	3.93E-12	6.80E-01	4.62E-01	7.50E-01	5.96E-01	9.90E-27
6.30E-07	5.38E-28	1.70E-10	0.265	3.02E-12	6.90E-01	4.76E-01	7.50E-01	5.92E-01	1.14E-28
6.40E-07	6.01E-28	1.87E-10	0.175	2.20E-12	7.00E-01	4.90E-01	7.50E-01	5.85E-01	1.29E-28
6.50E-07	6.68E-28	2.04E-10	0.107	1.47E-12	7.10E-01	5.04E-01	7.50E-01	5.77E-01	1.46E-28
6.60E-07	7.42E-28	2.23E-10	0.061	9.16E-11	7.20E-01	5.18E-01	7.50E-01	5.67E-01	1.64E-28
6.70E-07	8.19E-28	2.43E-10	0.032	5.23E-11	7.30E-01	5.33E-01	7.50E-01	5.56E-01	1.82E-28
6.80E-07	9.00E-28	2.63E-10	0.017	3.01E-11	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	5.43E-01	2.01E-28
6.90E-07	9.87E-28	2.84E-10	0.0082	1.57E-11	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	5.28E-01	2.14E-28
7.00E-07	1.08E-29	3.06E-10	0.0041	8.44E-10	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	5.12E-01	2.27E-28
7.10E-07	1.17E-29	3.28E-10	0.0021	4.44E-10	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	4.95E-01	2.38E-28
7.20E-07	1.27E-29	3.51E-10	0.00105	2.48E-10	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	4.76E-01	2.49E-28
7.30E-07	1.38E-29	3.75E-10	0.00052	1.31E-10	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	4.57E-01	2.58E-28
7.40E-07	1.49E-29	3.99E-10	0.00012	3.22E-09	7.40E-01	5.48E-01	7.50E-01	4.36E-01	2.66E-28
7.50E-07	1.60E-29	4.23E-10	0.00006	1.71E-09	7.60E-01	5.78E-01	7.50E-01	4.15E-01	2.87E-28
7.60E-07	1.71E-29	4.48E-10		0.00E+00	7.70E-01	5.93E-01	7.50E-01	3.93E-01	2.99E-28
7.70E-07	1.84E-29	4.74E-10		0.00E+00	7.75E-01	6.01E-01	7.50E-01	3.70E-01	3.06E-28
7.80E-07	1.96E-29	4.99E-10		0.00E+00	7.75E-01	6.01E-01	7.50E-01	3.47E-01	3.06E-28
7.90E-07	2.09E-29	5.25E-10		0.00E+00	7.80E-01	6.08E-01	7.50E-01	3.24E-01	3.06E-28
8.00E-07	2.22E-29	5.51E-10		0.00E+00	7.80E-01	6.08E-01	7.50E-01	3.00E-01	3.04E-28
8.10E-07	2.35E-29	5.77E-10		0.00E+00	7.70E-01	5.93E-01	7.50E-01	2.84E-01	2.98E-28
8.20E-07	2.48E-29	6.04E-10		0.00E+00	7.60E-01	5.78E-01	7.50E-01	2.69E-01	2.90E-28
8.30E-07	2.63E-29	6.30E-10		0.00E+00	7.50E-01	5.63E-01	7.50E-01	2.53E-01	2.81E-28
8.40E-07	2.78E-29	6.56E-10		0.00E+00	7.80E-01	6.08E-01	7.50E-01	2.38E-01	3.01E-28
8.50E-07	2.93E-29	6.83E-10		0.00E+00	7.80E-01	6.08E-01	7.50E-01	2.22E-01	2.96E-28
8.60E-07	3.07E-29	7.09E-10		0.00E+00	7.90E-01	6.24E-01	7.50E-01	2.07E-01	2.98E-28
8.70E-07	3.22E-29	7.35E-10		0.00E+00	8.00E-01	6.40E-01	7.50E-01	1.92E-01	2.97E-28
8.80E-07	3.37E-29	7.61E-10		0.00E+00	8.10E-01	6.56E-01	7.50E-01	1.78E-01	2.95E-28
8.90E-07	3.53E-29	7.87E-10		0.00E+00	8.10E-01	6.56E-01	7.50E-01	1.64E-01	2.98E-28
9.00E-07	3.68E-29	8.13E-10		0.00E+00	8.20E-01	6.72E-01	7.50E-01	1.50E-01	2.78E-28
9.10E-07	3.84E-29	8.38E-10		0.00E+00	7.80E-01	6.08E-01	7.50E-01	1.37E-01	2.39E-28
9.20E-07	4.00E-29	8.63E-10		0.00E+00	7.90E-01	6.20E-01	7.50E-01	1.24E-01	2.19E-28
9.30E-07	4.16E-29	8.88E-10		0.00E+00	4.00E-01	1.60E-01	7.50E-01	1.11E-01	5.55E-27
9.40E-07	4.32E-29	9.12E-10		0.00E+00	3.00E-01	9.00E-02	7.50E-01	9.93E-02	2.89E-27
9.50E-07	4.48E-29	9.36E-10		0.00E+00	4.00E-01	1.60E-01	7.50E-01	8.79E-02	4.72E-27
9.60E-07	4.64E-29	9.59E-10		0.00E+00	5.00E-01	2.50E-01	7.50E-01	7.71E-02	7.60E-27
9.70E-07	4.80E-29	9.83E-10		0.00E+00	6.00E-01	3.60E-01	7.50E-01	6.69E-02	8.66E-27
9.80E-07	4.96E-29	1.01E-11		0.00E+00	7.00E-01	4.90E-01	7.50E-01	5.73E-02	1.04E-28
9.90E-07	5.12E-29	1.03E-11		0.00E+00	8.00E-01	6.40E-01	7.50E-01	4.84E-02	5.19E-28
1.00E-06	5.28E-29	1.05E-11		0.00E+00	8.40E-01	7.06E-01	7.50E-01	4.02E-02	1.12E-28
1.01E-06	5.44E-29	1.07E-11		0.00E+00	8.40E-01	7.06E-01	7.50E-01	3.27E-02	9.42E-27
1.02E-06	5.60E-29	1.09E-11		0.00E+00	8.40E-01	7.06E-01	7.50E-01	2.59E-02	7.89E-27
1.03E-06	5.76E-29	1.11E-11		0.00E+00	8.40E-01	7.06E-01	7.50E-01	1.99E-02	6.07E-27
1.04E-06	5.92E-29	1.13E-11		0.00E+00	8.60E-01	7.40E-01	7.50E-01	1.47E-02	4.82E-27
1.05E-06	6.08E-29	1.15E-11		0.00E+00	8.60E-01	7.40E-01	7.50E-01	1.02E-02	3.45E-27
1.06E-06	6.23E-29	1.17E-11		0.00E+00	8.60E-01	7.40E-01	7.50E-01	6.56E-03	2.27E-27
1.07E-06	6.39E-29	1.19E-11		0.00E+00	8.60E-01	7.40E-01	7.50E-01	3.89E-03	1.31E-27
1.08E-06	6.54E-29	1.20E-11		0.00E+00	8.60E-01	7.40E-01	7.50E-01	1.64E-03	8.96E-26
1.09E-06	6.69E-29	1.22E-11		0.00E+00	8.60E-01	7.40E-01	7.50E-01	4.11E-04	5.32E-26
1.10E-06	6.84E-29	1.24E-11		0.00E+00	7.50E-01	5.63E-01	7.50E-01	0.00E+00	0.00E+00

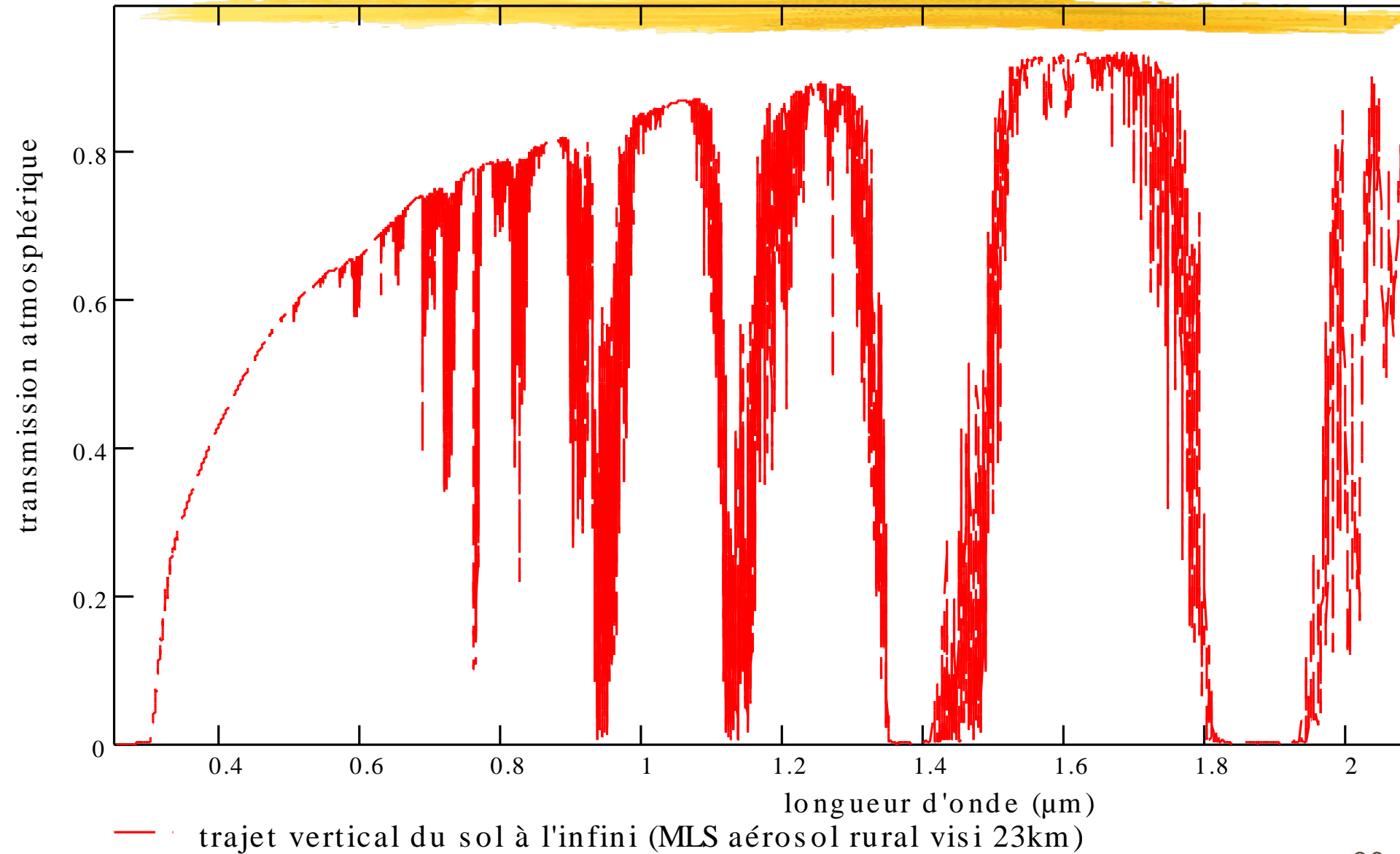
892_0776629 6.00E+05Lm.m-2.sr-1

60E4cd/m2= 892_0776629Wm-2.sr-1

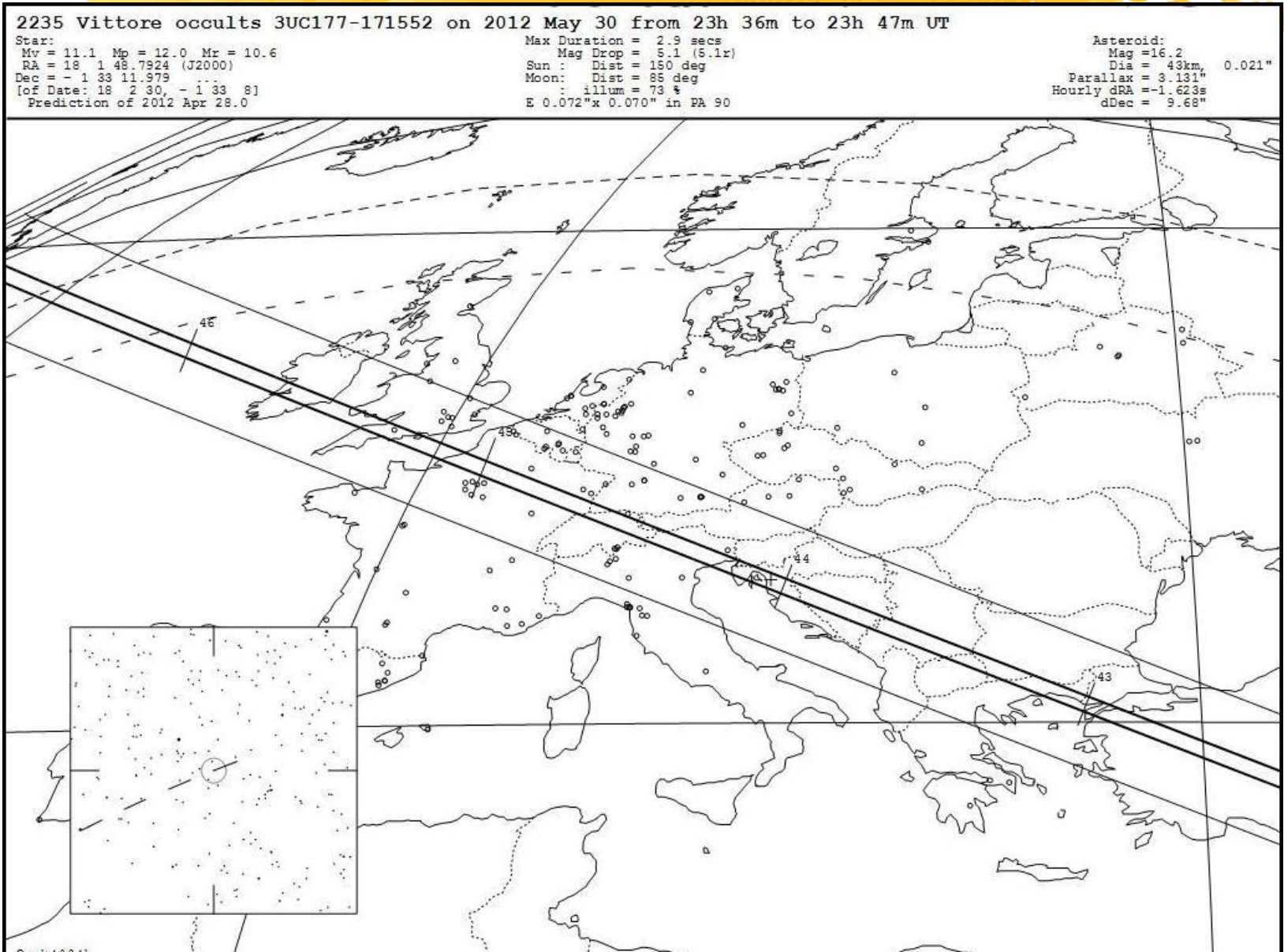
els-1.m-2.sr

1

Transmission atmosphérique



Calcul de la masse d'air

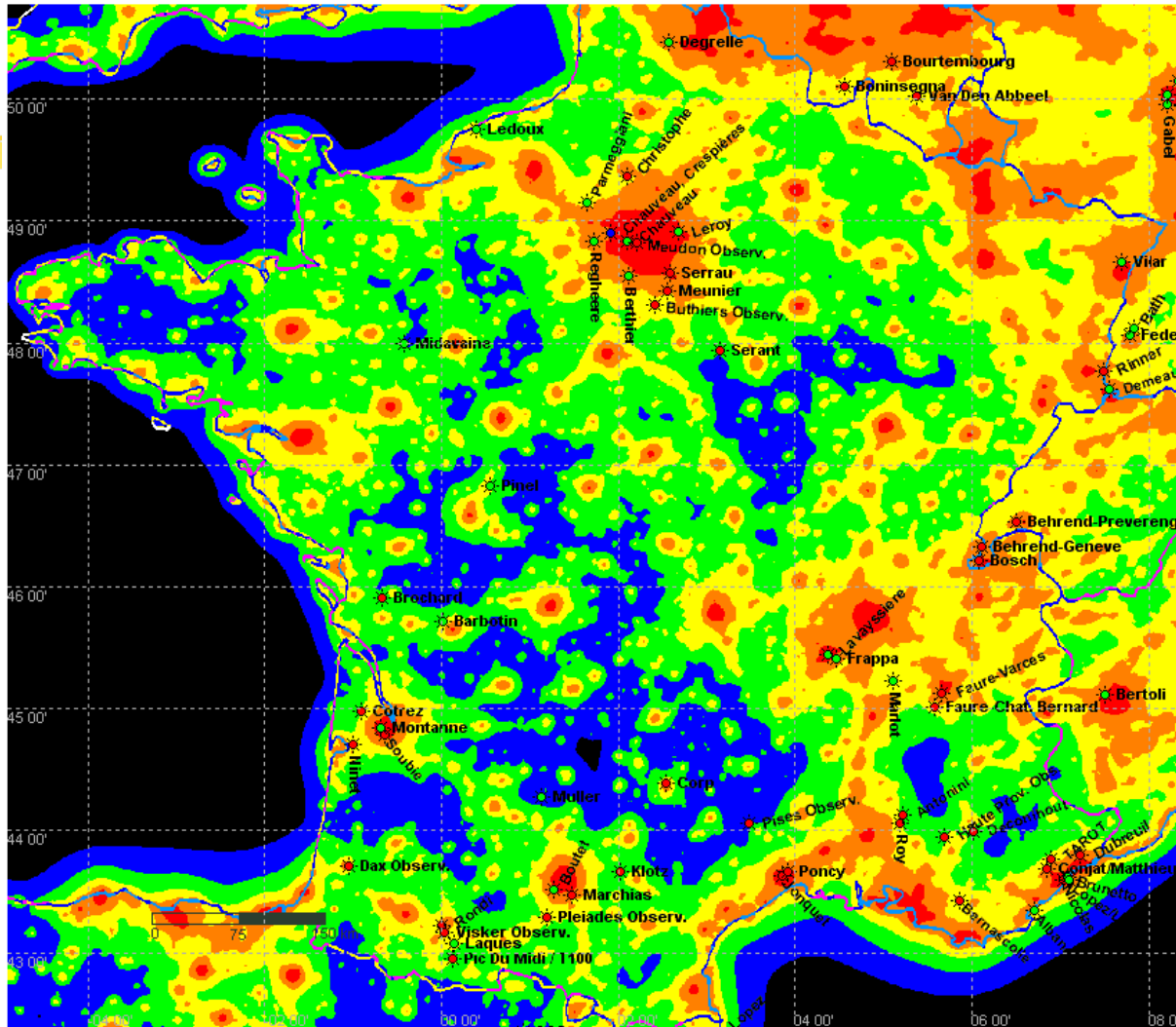


Le fond de ciel



Artificial Night Sky Brightness at Occultation Observing Stations in Europe

FRANCE



Colours correspond to ratios between the artificial sky brightness and the natural sky brightness of:
<0.11 (black), 0.11-0.33 (blue), 0.33-1 (green), 1-3 (yellow), 3-9 (orange), >9 (red)

Map data:
P. Cinzano, F. Falchi (University of Padova)
C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder)
Copyright Royal Astronomical Society. Reproduced from the Monthly Notices of the RAS
by permission of Blackwell Science.

Station data: Oliver Klös, IOTA-ES

Code couleur et mag V. as⁻² du fond de ciel au niveau de la mer

		ph.cm-2.s-1.sr-1		μcd.m-2		V mag.as-2	
Contribution à la luminance du fond de ciel de la pollution lumineuse	Gris	8,61E+05	9,47E+06	2,5	27,7	26,6	24,0
	Bleu	9,47E+06	2,84E+07	27,7	83,2	24,0	22,8
	Vert	2,84E+07	8,61E+07	83,2	252	22,8	21,6
	Jaune	8,61E+07	2,58E+08	252	756	21,6	20,4
	Orange	2,58E+08	7,75E+08	756	2268	20,4	19,2
	Rouge	7,75E+08	2,32E+09	2268	6804	19,2	18,0
Lumineuse	Blanc	2,32E+09		6804		18,0	
Luminance naturelle du fond de ciel			8,61E+07		252		21,6
Luminance totale du fond de ciel (naturelle + pollution)	Gris	8,70E+07	9,56E+07	254,5	279,7	21,6	21,5
	Bleu	9,56E+07	1,15E+08	279,7	335,2	21,5	21,3
	Vert	1,15E+08	1,72E+08	335,2	504	21,3	20,9
	Jaune	1,72E+08	3,44E+08	504	1008	20,9	20,1
	Orange	3,44E+08	8,61E+08	1008	2520	20,1	19,1
	Rouge	8,61E+08	2,41E+09	2520	7056	19,1	18,0
	Blanc	2,41E+09	8,61E+07	7056	252	18,0	

Résultats

Résultats Géométriques

Diametre tache	3,40E-05 m
Diametre nbre de pixel	5
Nombre de pixels sondée	25
ref	100

Résultats Photométriques s	Magnitude	Eclairement Photopique Lux	diametre apparent rd	Signal electrons / trame	Bruit photo-elec	Bruit elec	S/B photonique	S/B total
Eclairement de l'étoile	12	1,9997E-1	1,06E-08	5,11E+02	22,6	50	22,6	9,31E+00
Eclairement de l'astéroïde	14	6,6565E-12	7,62E-11	1,60E+01	4,0	50	4,0	3,19E-01
Eclairement fond de ciel	16,65			1,39E+00	1,2	100		
ref	15,14	4,86562E-1				200		
Eclairement total	11,84	4,19997E-1		5,28E+02	23,0		23,0	
Différence d'eclairement	12,00		1	5,11E+02	22,9	122	22,3	4,10E+00

Conclusion



- La fin des CCD est annoncée ou tout au moins ils vont se limiter à des niches
- Explosion des capteurs CMOS tirés par la téléphonie mobile
- La télévision HD et le cinéma numérique 4K tirent la fabrication des matrices CMOS Broadcast
- Emergence de capteurs sCMOS de classes scientifiques
- Le marché des cameras astro amateurs va être bouleversé&
- De nouvelles performances et fonctionnalités en perspective&
- L'emploi astro à très faible bruit est en chantier et va progresser
- Une action AUDE ? Vers une CMOSdine ?

Bibliographie



- Th. Midavaine, S. Pelliard, E. Belhaire : Apport des bandes spectrales du proche ultraviolet à l'infrarouge et les technologies pouvant répondre aux besoins de vision nocturne. 3eme Séminaire Vision Nocturne CEAT Toulouse 26- 27 Novembre 2008
- Boyd Fowler, Paul Vu Fairchild Imaging, CNES workshop dec 2009 Toulouse
- Th. Midavaine, E. Belhaire, S. Pelliard Solid state low light level imaging, from UV to IR, needs and solutions. Optro 2010, OECD CONFERENCE CENTER, PARIS, FRANCE / 3 - 5 FEBRUARY 2010
- Th. Midavaine : La révolution CMOS. Les Rencontres du Ciel et de l'Espace 11 - 14 novembre 2010 Cité des Sciences Paris
- Th. Midavaine : La révolution CMOS (mise à jour) WETAL novembre 2011, Ecole Normale Supérieure Lyon
- Imagerie à Bas Niveau de Lumière- fondamentaux et perspectives, Thierry Midavaine. Les Techniques de l'Ingénieur (à paraître en 2012)