

**CARRENO José**  
**FALLET Laurent**  
**LEOVEANU Adrian**  
**PERRIN Guillaume**

# **CAPTEURS CCD**

**Différence entre caméras CMOS et CCD**

**Exemple de caméras - caractéristiques**

**TT n° 11**



*Architecture des Systèmes d'Information*

**Décembre 2002**

## QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE LES CAPTEURS CMOS ET CCD DANS LES CAMÉRA NUMÉRIQUES?

Les caméras numériques sont devenues extrêmement communes depuis que les prix ont baissé. Les capteurs CMOS sont beaucoup moins chers à produire que les capteurs CCD.

Le point commun entre les capteurs CCD (charge-coupled device) et les CMOS (complimentary metal-oxide semiconductor) est qu'ils convertissent la lumière en électrons. Cela est fait grâce à une plaque de cellules photosensibles.

L'étape suivante est de récupérer la charge accumulée dans chaque cellule de l'image. Dans un capteur CCD, la charge est transportée puis lue à un coin de la plaque de cellules. Un convertisseur analogique-numérique transforme la valeur de chaque cellule en une valeur numérique.

Dans les capteurs CMOS, à chaque pixel divers transistors amplifient et transportent la charge par le biais de fils traditionnels. L'approche CMOS est plus flexible car chaque pixel peut être lu individuellement.

Le transport de la charge sur les capteurs CCD s'effectue sans parasite ni distortion grâce à des capteurs de très haute qualité en terme de fiabilité et sensibilité à la lumière.

Les chips CMOS, quand à elles, sont créées de la même manière que les microprocesseurs.

A cause de ces différences de fabrication, il y a des différences notables entre les 2 technologies:

- Les capteurs CCD, comme mentionné ci dessus, ont un rendu d'image haute-qualité sans bruit. Les capteurs CMOS, traditionnellement, sont plus susceptibles au bruit.
- Du fait que chaque pixel d'un capteur CMOS a plusieurs transistors autour de lui, la sensibilité lumineuse est plus faible. Beaucoup de photons percutent les transistors au lieu des photodiodes.
- Les CMOS consomment traditionnellement moins de courant. Les CCD sont très consommateurs de puissance, d'un ordre de 100 fois plus.
- Les puces CMOS peuvent être fabriquées juste à partir de silicium, donc elles tendent à être très bon marché comparé aux CCD.
- Les capteurs CCD sont produits industriellement depuis très longtemps, donc ils sont plus fiables. Ils ont en général une meilleure qualité et une résolution plus grande.

A partir de ces observations, on peut en déduire que les CCD sont plus fréquemment utilisés dans les caméras recherchant une haute résolution d'image (beaucoup de pixels et une bonne luminosité).

Les CMOS ont une moins bonne qualité, une résolution et une sensibilité plus basse. Cependant, ils sont moins chers et leurs batteries durent plus longtemps. Au cours du temps les caméras CMOS s'améliorent jusqu'au point où elles égaleront les appareils CCD dans la plupart des usages, mais pas pour le moment.

### La résolution réelle des tri CCD

Chaque capteur CCD d'une caméra Tri CCD est plus simple qu'un capteur mono CCD. Chaque capteur a un seul filtre. Quand on a des capteurs 400 000 pixels on génère en final une véritable image 400 000 pixels et pas 3 x 400 000 pixels. Si on fait une comparaison avec un capteur mono CCD 1.2 millions de pixels, on se retrouve face à un paradoxe amusant. Le mono CCD serait théoriquement meilleur que le Tri CCD. Pour compenser cela les fabricants appliquent un léger décalage des capteurs, en reproduisant ni plus ni moins le fonctionnement réel de l'oeil humain qui décale les bâtonnets et les cônes. Ce qui apporte un minimum de stéréoscopie à l'oeil.

**Note :** Ce qui est coûteux sur une caméra tri CCD n'est pas les capteurs CCD - moins chers que les mono CCD - mais l'électronique qu'il y a derrière : synchronisation des capteurs, débit d'information 3 fois plus importants, etc...

## Qu'est ce qu'un "pixel" sur un capteur ?

Un pixel sur un capteur est une association entre une partie photodiode qui convertit la lumière en courant un filtre de couleur ROUGE VERT ou BLEU, et une partie amplification qui amplifie le signal obtenu.

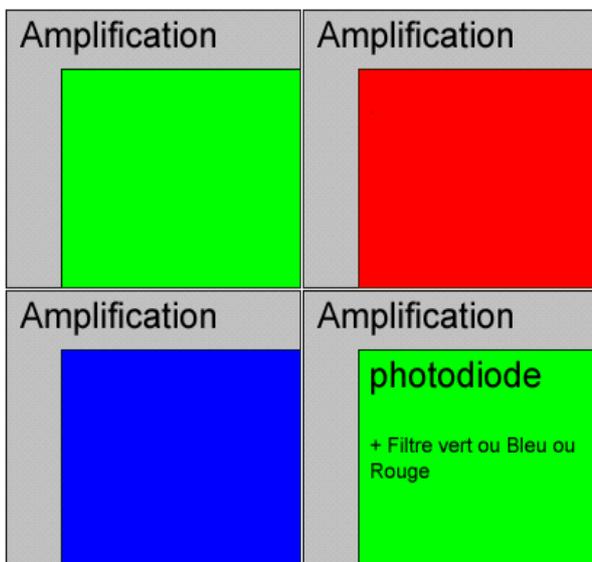
Qu'est-ce que le Fill Factor ? Le fill factor définit le ratio entre la surface du pixel et la surface réellement utilisée pour produire l'image soit la partie photodiode. Plus ce ration est proche de un plus le pixel (donc le capteur) est sensible.

**Note:** Le Fill Factor est un des éléments clé de la sensibilité d'un capteur. Pour améliorer la qualité des capteurs, les fabricants ont développé différentes stratégies. Sony a mis en place des microlentilles qui récupèrent la lumière sur toute la surface du point pour la focaliser sur la partie photodiode. C'est un des éléments de la solution 0 lux de Sony. D'autres fabricants de capteurs CMOS haut de gamme utilise une gravure multicouche (plus coûteuse) avec la partie photodiode au dessus et la partie ampli en dessous.



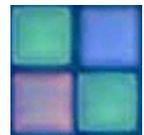
## Le paradoxe du mono CDD, ou comment 5 millions de pixels = 2.5 millions de pixels :

Un pixel ne convertit qu'un vecteur couleur (vert, rouge, ou bleu). Pourtant chaque pixel génère une information complète RVB (rouge/vert/bleu). Pour cela les pixels sont répartis selon un procédé particulier: le bayer pattern.



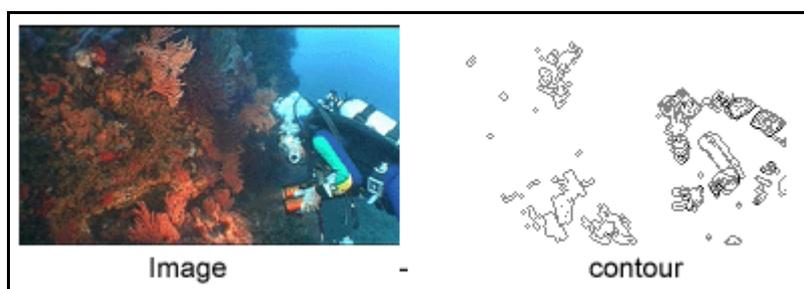
Comment un pixel n'ayant qu'un seul vecteur couleur peut générer une information RGB ? En reprenant les valeurs des points qui l'entourent. Le problème est que sur un contour net et fin on peut avoir une information bruitée. Pour une valeur juste (celle de la couleur du filtre) nous avons deux valeurs estimées, pour générer un point RGB. En terme de qualité de signal sur une sortie YUV 4:2:2 on peut estimer que pour 5 millions de pixels on a une qualité réelle équivalente à 2.5 millions de pixels.

Ci-contre, un exemple de Pattern (organisation des pixels).



**Note :** Pour améliorer cela, certains fabricants sur des capteurs hauts de gamme appliquent un filtre EDGE pour extraire les contours. Et sur les contours (on dit "front"), on ne transfère que

l'information luminance. L'oeil est en effet plus sensible à la finesse du point pour les contours.



## Imagerie CCD sous Linux

Pour pouvoir acquérir des photos ou vidéos, le noyau de votre distribution Linux doit être supérieur au 2.2.x . Les drivers sont inclus dans la classe nommée « ccd ». Il existe une application pouvant contrôler les caméras sous l'interface Gnome, elle se nomme « gccd ». (Gccd utilise également la librairie GDK-PIXBUF, donc veillez à l'installer). Ce programme permet d'avoir un accès simple mais complet à toutes les options de la caméra. Il réalise également la décomposition en couleurs primaires. Les caméras "One Shot" sont supportées. Toutes les informations concernant ce logiciel sont disponibles à l'adresse suivante: <http://home.earthlink.net/%7Edschmenk/>

## Caméras CCD :

DFW-V500

Fiche technique

<http://www.1394imaging.com/products/cameras/dfwv500/docs/specs.htm>

## DBK 21F04

Fiche technique

	DBK 21F04
<b>Comportement générale (sortie):</b>	
Les formats vidéo	640 x 480
Fréquence d'images	3.75, 7.5, 15, 30 Images/s
Sensibilité minimum	2 lx en cas de 1/30s, Gain 0 dB
Gamma	0.45, 1
Gamme dynamique	ADC:10 bit, sortie:8 bit
Rapport signal/bruit	ADC:9 bit en cas de 25°C, Gain 0 dB
<b>Interface (optique):</b>	
Spécification du capteur	<a href="#">ICX098BQ</a>
Type	CCD à transfert interligne, balayage progressif
Format	1/4"
Résolution	H:640, V:480
Taille de la cellule	H:5.6 µm, V:5.6 µm
Monture d'objectif	Monture C/CS
<b>Interface (électrique):</b>	
Environnement électrique	8 à 40 VDC
Consommation	environ 90 mA (en cas de 12 VDC)
Sync (entrée)	IEEE 1394a
Com. à dist. (entrée)	IEEE 1394a
Sortie vidéo	IEEE 1394a
Sync (sortie)	IEEE 1394a
<b>Interface (mécanique):</b>	
Dimensions	H:50 mm, L:50 mm, L:50 mm
Poids	environ 165g
<b>Ajustage (man):</b>	
Obturbateur normal (cad)	1/3.300 à 1/30 s

Gain (cad)	0 à 36 dB
Offset (cad)	0 à 511
Netteté (cad)	0 à 255
Gamma (cad)	0.45, 1
Correction de contre-jour (cad)	éteind, disque, disque moyen, tête et épaules, tiers supérieur, tiers inférieur, tiers intermédiaire
Correction de pixels (cad)	éteind, median, interpolation non-linéaire
<b>Ajustage (auto):</b>	
Obturbateur normal (cad)	1/3.300 à 1/30 s
Gain (cad)	0 à 36 dB
Offset (cad)	0 à 511
<b>Environnement:</b>	
Température d'utilisation	-5°C à 45°C
Température de stockage	-20°C à 60°C
Humidité de fonctionnement maximum	90% non condensant
Humidité de stockage maximum	90% non condensant
<b>Attention: Je ne suis pas certain que cette caméra soit compatible Linux.</b>	
<p style="text-align: center;">ext:extérieurement, int:intérieurement, cad:guidé à distance  D:diamètre, H:horizontale/hauteur, L:longueur, V:Vertical, L:largeur</p>	

De nombreux modèles identiques sont consultables à l'adresse:  
<http://www.1394imaging.com/products/cameras/>

## EXEMPLES DE MODELES DE CCD

Scécifications	<b>Retiga 1300C Q-imaging</b>	<b>Retiga EX Q-Imaging</b>	<b>Série 7700 COHU</b>	<b>C640 MicroPix</b>
Type	Scan CCD progressif par interligne 2/3" monochrome ou couleur	Scan CCD ICX-285 progressif par interligne 2/3" monochrome	Scan CCD progressif par interligne 1/2"	1/3" HAD couleur bayer tiled SONY ICX-084AK
Résolutions (pixels)	1360 x 1036	1360 x 1036	1004 x 1004	640 x 480
Taille du pixel	6.7 $\mu m$ x 6.7 $\mu m$	6.45 $\mu m$ x 6.45 $\mu m$	7.4 $\mu m$ x 7.4 $\mu m$	6.4 $\mu m$ x 6.4 $\mu m$
Efficacité du quantum	30% à 400nm 43% à 500nm 30% à 600nm	45% à 400nm 70% à 500nm 68% à 600nm	Aucune information.	Aucune information
Interface	IEEE1394	IEEE1394	IEEE1394 (dès automne 2002)	IEEE1394 (DCAM v1.3)
Sortie digitale	10 ou 12-bits	10 bits	10 bits	8 ou 10 bits (selectionnable)
Fréquence de lecture en sortie	20Mhz	20 Mhz	Aucune information	Aucune information
Taux de rafraichissement	12 fps en pleine résolution 40 fps en mode binning 100 fps en mode ROI	11 fps en pleine résolution 40 fps en mode binning 100 fps en mode ROI	30 fps en pleine résolution.	3.75,7.5,15,30 fps en pleine résolution.
Temp d'intégration	40 $\mu s$ à 15 minutes en 1 $\mu s$ d'incrément	40 $\mu s$ à 15 minutes en 1 $\mu s$ d'incrément	Aucune information	Acune information
Contrôles déclencheur (shutter)	Déclencheur électronique, pas de partie mobile.	Déclencheur électronique, pas de partie mobile.	Déclencheur électronique avec un mode au et basse vitesse.	Automatique (AES) ou manuel (contôle par logiciel).
Trigger	externe, entrée TTL	Externe, entrée TTL	Externe	Externe TTL (63ys)
Synchronisation	Externe, sortie TTL	Externe, sortie TTL	Interne et externe (H&V)	Automatique (20ys ou mieux)
Contrôle du gain et de l'offset	0 à 10x gain maximum	0 à 10x gain maximum	AGC de 20dB. Pas d'information sur l'offset.	Gain : 0-34dB automatique ou manuel (par logiciel)
Alimentation	Dans le cable Firewire	Externe	Externe 12VDC	8-30V cable Firewire
Lentille	C/CS ajustable	C/CS ajustable	C	C/CS ajustable
Taille	2.5 x 3 x 4.67 pouces	2.5 x 3 x 5.78 pouces	3.10 x 2.06 x 2.05 pouces	7.1 x 5.8 x 3.8 pouces
Poids	865g	865g	340g sans lentille	250g
Garantie	2 ans	2 ans	Aucune information	Acune information

Scécifications	<b>ORCA1394L HAMAMATSU</b>	<b>DFW-V500 SONY</b>	<b>Bumblebee Point Grey</b>	<b>Triclops Point Grey</b>
Type	Scan progressif CCD interligne	Scan progressif CCD interligne	Scan progressif CCD interligne	Scan progressif CCD interligne
Résolutions (pixels)	1284 x 1024	640x480	640x480	640x480
Taille du pixel	6.7 $\mu m$ x 6.7 $\mu m$	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Efficacité du quantum	Aucune information	H:7.4 $\mu m$ , V:7.4 $\mu m$	Aucune information	Aucune information
Interface	IEEE1394-1995 (v1.3)		IEEE1394-1995 (v1.3)	IEEE1394-1995 (v1.3)
Sortie digitale	12 bits	10 bits	8bits	8bits
Fréquence de lecture en sortie	Aucune information	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Taux de rafraichissement	De 9.4Hz à 50Hz (selon le mode selectionné)	Aucune information	Aucune information	15hz
Temp d'intégration	Aucune information	30 fps	30 fps	15 fps
Contrôles déclencheur (shutter)	Electronique très rapide (10ys). Capture des évènement rapides.	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Trigger	Externe.	Par le firewire	Automatique	Automatique
Synchronisation	Aucune information	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Contrôle du gain et de l'offset	Aucune information	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Alimentation	Aucune information	Par le firewire	Aucune information	Aucune information
Lentille	C.	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Taille	8.58 x 6.86 x ... ? mm	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Poids	Aucune information	Aucune information	Aucune information	Aucune information
Garantie	Aucune information	Aucune information	Aucune information	Aucune information

Il est à noter que les deux dernières caméras sont des solutions : le Bumblebee a deux capteurs et le triclops en a 3. pour plus d'information : [www.ptgrey.com](http://www.ptgrey.com) .