

2011

# Le remplacement progressif des capteurs CCD par des CMOS.

TAI - De l'atome à la puce.



## Sommaire

Le fonctionnement des capteurs d'images.....	5
De la photodiode à la formation de l'image.....	5
Illustration du fonctionnement. ....	6
Comparaison des deux technologies.....	6
Quel capteur pour quelle application? .....	6
Conclusion.....	6
Bibliographie .....	7

# Introduction

---

Avant l'avènement du numérique, l'utilisateur mettait une pellicule dans le boîtier de son appareil, puis la déposait dans un laboratoire afin de recevoir ses images. Aujourd'hui, avec la présence incontournable du numérique, le capteur de ces appareils photo a remplacé la pellicule photosensible. Ce dossier s'intéressera donc particulièrement à ceux-ci.

Un capteur photosensible ressemble à une petite plaque solaire dont la surface irisée mesure tout au plus quelques cm<sup>2</sup>. Le tout est encapsulé dans un circuit électronique.

Pendant longtemps, le marché de ces imageurs pour la vision industrielle a été dominé par la technologie CCD (Charge Coupled Device). Celle-ci, inventée en 1975, a connu au cours de ces tentes dernières années d'importantes évolutions, avec par exemple en 2000 l'apparition des super CCD. Elle constitue aujourd'hui la technologie de référence.

Dans les années 90, une alternative est apparue: le CMOS (complementary Metal Oxyde Semiconductor). Cette technologie fut jugée moins performante que le CCD et est restée cantonnée aux applications bas de gamme. Malgré tout, ces dernières années de nombreux avantages du capteur CMOS, lui ont permis de devenir une réelle alternative au CCD.

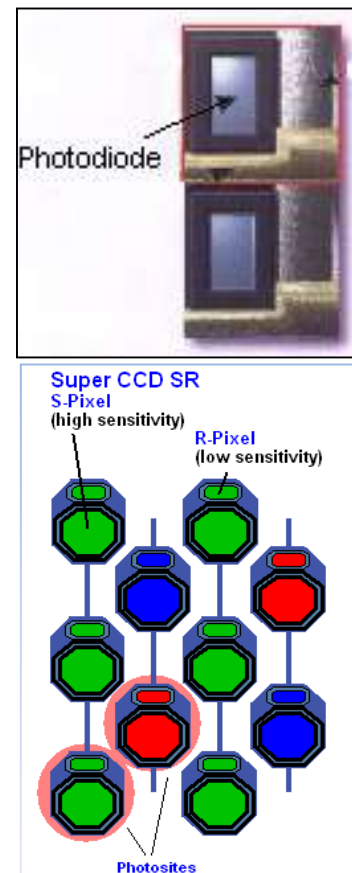
## TAI - De l'atome à la puce.

### Le fonctionnement des capteurs d'images.

Le capteur est composé de millions d'éléments très petits que l'on appelle vulgairement des pixels. Mais c'est là une appellation qui prête à confusion.

Au départ et avant que les appareils photo numériques fassent leur apparition, ce que l'on appelait et qui s'appelle toujours un pixel correspond au plus petit points uniforme qui compose une image numérique. Lorsqu'on vous parle de pixels on vous parle en fait de la résolution de l'appareil, pas du nombre de cellules sensibles.

On préférera donc appeler «photodiode» (ou photosite) les plus petits composants d'un capteur qui sont sensibles à la lumière. Une photodiode est équipée d'un filtre (filtre de Bayer) Rouge, Vert ou Bleu laissant passer ou arrêtant la lumière pour la couleur qu'il doit traiter, cela veut donc dire que 1 photodiode = 1 nuance de couleur Rouge, Verte ou Bleue et que le pixel est une composante de photodiodes.



### De la photodiode à la formation de l'image.

La photodiode est un semi-conducteur constitué d'une jonction P-N (positive et négative) qui convertit les photons bombardant la jonction en une proportion équivalente d'électrons. Ces photodiodes sont organisées en matrice (rangées et

## TAI - De l'atome à la puce.

colonnes) avec un passage vertical entre chacune d'entre elles pour que les charges électriques puissent être transférées.

Dans un capteur CCD la charge de chaque photodiode est transférée vers une broche de sortie puis, le signal est converti en tension, bufferisé et transmis au système comme n'importe quel signal analogique. Une fois lu et mesuré, le signal est amplifié puis converti en signal numérique. Il peut alors être manipulé par le processeur d'image afin de former une image qui puisse être enregistrée et stockée sur la carte mémoire de l'appareil. Plus le rayonnement pénétrant dans la photodiode est intense (plus il y a de photons) plus il y a d'électrons générés et une haute tension en sortie du capteur. Puisque tous les éléments photosensibles capturent ce

rayonnement, le signal de sortie est très uniforme, ce qui fait la qualité de cette technologie et son point fort.

En revanche, dans un CMOS chaque photodiode est reliée à plusieurs transistors. Chaque pixel assure ainsi directement sa propre conversion de charge en tension, le capteur contenant généralement un dispositif complexe réalisant l'amplification, la réduction du bruit et des circuits numériques annexes. On retrouve en sortie non plus un signal analogique mais digital, des bits.

*À noter qu'un certain nombre de ces photodiodes restent inactives. Ce nombre dépend du nombre de photodiodes qu'il y a sur le capteur. Prenons l'exemple le plus simple d'un capteur constitué de 1,3 millions de photodiodes. Il donnera une image de 1,2 millions de pixels. En fait, 100 000 photodiodes sont placées derrière un masque noir et servent de référence pour les autres. C'est la différence entre « pixel » réel et « pixel » effectif.*

## Illustration du fonctionnement.

Faire un schéma:

Ces photodiodes accumulent une certaine charge électrique en fonction de la quantité de lumière qu'ils reçoivent. Ces charges électriques sont ensuite transférées suivant des méthodes différentes selon le type de capteur vers un circuit électronique qui va les amplifier puis les interpréter en données numériques. Enfin, ces informations seront reconstituées pour former une image qui sera stockée sur la carte mémoire de l'appareil.

### Comparaison des deux technologies.

- La technologie CMOS a de nombreux avantages par rapport à la technologie CCD :  
Le CMOS a un coût de fabrication moins élevé que celui du CCD. L'image captée est convertie numériquement directement sur la puce CMOS (la puce CCD ne peut pas contenir de convertisseur). La consommation électrique des puces CMOS est plus faible que celle des puces CCD. Les capteurs CMOS peuvent être extrêmement miniaturisés. On peut facilement ajouter à une puce CMOS d'autres fonctions, leur vitesse de lecture sont accrue (par rapport au capteur CCD) et les capteurs CMOS sont bien moins sensible à la poussière car ils produisent moins d'électricité statique.

- Maintenant voyons les avantages du capteur CCD :  
Il y a moins de dispersion dans les convertisseurs analogique/numérique car il ne sont pas présent dans les capteurs CCD, chez les capteurs CMOS, plus les composants sont miniaturisé, plus la dispersion sera importante dans ces convertisseurs. La surface de capture est plus élevée avec les capteurs CCD car les capteurs CMOS sont encombrés par des transistors, les « pixels » sont plus gros et capte mieux la lumière, les capteurs CCD sont donc les meilleurs pour la capture des noirs et les prises de vue avec une faible lumière, les capteurs CMOS étant moins transparents que les CCD (à cause de l'effet de masque) les CCD peuvent être utilisé en astrocam (astrophotographie)  
Malheureusement, le CCD possède aussi des inconvénients, il est très sensible à la poussière car il produit beaucoup d'électricité statique et sont électronique associé est très complexe et utilise des horloges multiples pour le transfert de charge.

### Quel capteur pour quelle application?

### Conclusion.

Tout d'abord on voit mal aujourd'hui comment la technologie des capteurs pourrait connaître une révolution radicale. Il semble plutôt que l'évolution se fera par une optimisation des techniques existantes, ce qui a déjà permis des améliorations très substantielles. Par exemple la technologie CMOS, très critiquée au début en raison de ses limites, se révèle en pratique meilleure que la technologie CCD dans ses dernières déclinaisons. Signe de cette évolution le fait que Canon a décidé de construire une nouvelle usine pour produire des capteurs CMOS en remplacement des capteurs CCD de ses compacts.

## **TAI - De l'atome à la puce.**

### **Bibliographie**

Scott. (2007). *Jupiter*. Hawaï.

[http://www.erenumerique.fr/technologie\\_apn\\_le\\_capteur\\_c\\_est\\_quoi\\_-art-672-1.html](http://www.erenumerique.fr/technologie_apn_le_capteur_c_est_quoi_-art-672-1.html)

[http://laphotonumerique.free.fr/precision\\_techn1.htm](http://laphotonumerique.free.fr/precision_techn1.htm)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur\\_photographique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur_photographique)

[http://www.erenumerique.fr/canon\\_eos\\_300d\\_le\\_rebel\\_bouleverse\\_l\\_ordre\\_etabli-art-464-16.html](http://www.erenumerique.fr/canon_eos_300d_le_rebel_bouleverse_l_ordre_etabli-art-464-16.html)

<http://astrosurf.com/luxorion/photo-numerique3.htm>

[http://www.pointdujouraviation.ca/portail/documents/comment\\_choisir.pdf](http://www.pointdujouraviation.ca/portail/documents/comment_choisir.pdf)