

# De la lumière au signal vidéo : le capteur CCD

*La tête caméra*

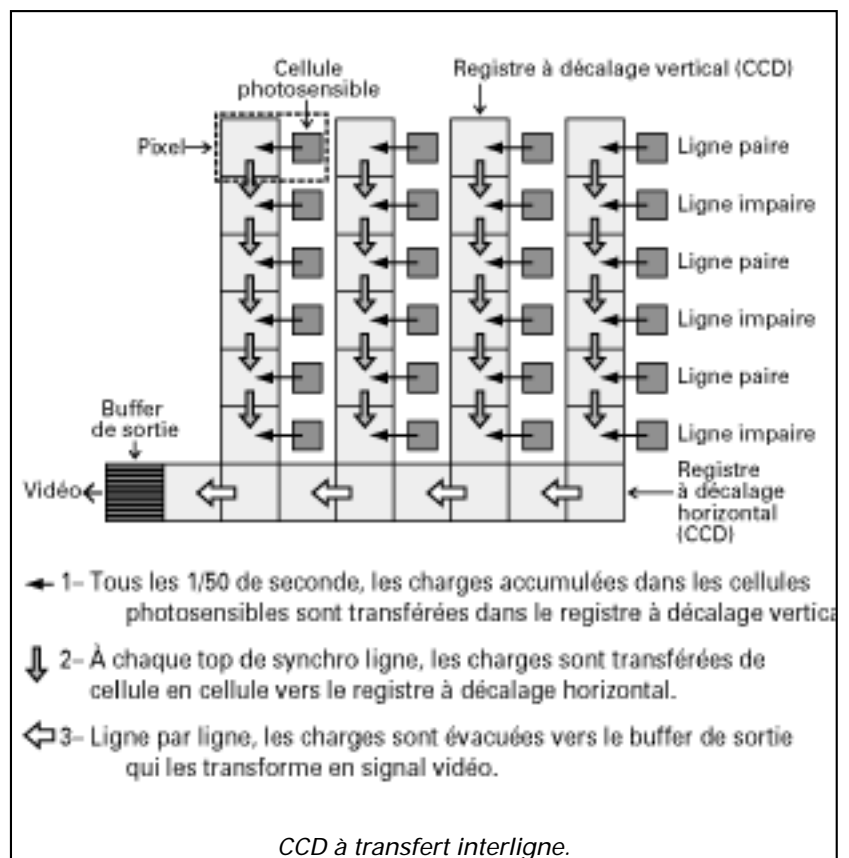
*Les informations lumineuses frappent chacun des éléments du capteur qui constitue la surface sensible du caméscope pour être transformées en courant électrique variable, le signal vidéo.*

*Ce sont des photodiodes qui assurent aujourd'hui cette conversion. La qualité de l'image restituée dépend de la résolution du capteur et du traitement coloré du filtre qui lui est associé.*

## LA SURFACE SENSIBLE EN VIDÉO : UNE MÉMOIRE ANALOGIQUE

Le capteur CCD est une mémoire analogique qui accumule des charges proportionnellement à son temps d'exposition.

Le sigle de trois lettres CCD signifie *Charged Coupled Device* et se traduit en français par DTC, c'est-à-dire "dispositif à transfert de charges" qui produit un signal vidéo à partir des charges accumulées dans les éléments du capteur. Par extension, ce dispositif a donné son nom au capteur lui-même. Le CCD à transfert interligne, système le plus utilisé actuellement, illustre ce principe de fonctionnement.



### LA DÉFINITION, PREMIER ÉLÉMENT D'APPRÉCIATION

La définition d'une caméra CCD est d'abord limitée par le nombre d'éléments d'image qui composent son ou ses capteurs. Plus le capteur est riche en éléments, meilleure est la définition. Dans les produits grand public, on trouve principalement deux types de capteurs : ceux qui comptent 320 000 pixels et équipent les formats 8 mm et VHS, et ceux qui comptent 470 000 pixels et équipent les formats Hi 8 et S-VHS.

Ces deux types de capteurs permettent respectivement d'obtenir une bande passante en luminance de 3,4 à 3,9 MHz environ – 350 à 410 points par ligne – et de 4,5 à 5,8 MHz – 470 à 600 points par ligne – selon les produits.

### LA COULEUR, DEUXIÈME ÉLÉMENT D'APPRÉCIATION

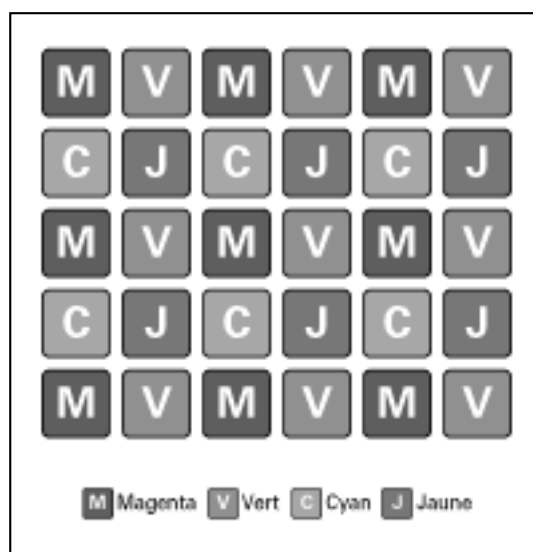
Seule la séparation trichrome sur les caméscopes mono-CCD est évoquée ici étant donné la rareté des systèmes tri-CCD proposés au grand public. La séparation trichrome sur trois capteurs est effectuée par l'intermédiaire d'un séparateur à prisme dichroïque. Pour une question de coût, ce procédé n'est pas généralisé sur les appareils grand public. Néanmoins, on commence à voir apparaître les premiers produits équipés de ce système, mais à un prix encore élevé. En mono-CCD, on procède donc par un filtrage coloré sur le capteur lui-même par un système de filtre mosaïque.

Le choix des couleurs de filtrage est optimisé de façon à perdre le moins de lumière possible afin de ne pas limiter la sensibilité des caméscopes. Après récupération des charges de chaque pixel, il y a matricage pour retrouver les trois composantes couleur du signal vidéo, le rouge, le vert et le bleu.

La séparation trichrome sur un système mono-capteur comparée au système du tri-capteur, se fait au détriment de la définition de l'image, mais le rendu coloré et la définition obtenue sont aujourd'hui satisfaisants et ont un coût adapté à une utilisation grand public.

### LE CCD EN REMPLACEMENT DU TUBE

Le capteur CCD est une surface sensible bien adaptée à un produit de prise de vues qui remplace avantageusement les anciens tubes à vide plus fragiles et plus gourmands en batterie. Après avoir fait ses classes sur le marché des caméscopes grand public, le CCD a occupé à mesure de ses améliorations le domaine de la vidéo professionnelle, offrant plusieurs avantages par rapport aux tubes, en regard de peu d'imperfections. ■



### Points forts du CCD

- meilleure sensibilité en basse lumière ;
- dynamique beaucoup plus étendue, supérieure au reste de la chaîne vidéo ;
- absence de traînage et de rémanence, appelé aussi "queue de comète" ;
- aucun risque de marquage ou de brûlage de la surface sensible ;
- consommation électrique plus faible ;
- encombrement réduit ;
- insensibilité aux chocs et aux vibrations ;
- durée de vie illimitée.

### Points faibles du CCD

- *aliasing* dans les détails fins : interaction entre ces détails et la structure en points du capteur ;
- *smearing*, ligne verticale blanche qui barre l'écran de haut en bas ;
- *blooming*, tache circulaire blanche, comme le précédent, ce phénomène étant lié à un surclairement très violent ;
- pixels parfois manquants en raison de la sélection en fin de chaîne de fabrication moins sévère que pour les composants professionnels.

### Conseils pratiques

#### COMMENT CHOISIR UN CAMÉSCOPE POUR FAIRE DE LA SAISIE D'IMAGES POUR LA NUMÉRISATION ?

Il faut distinguer deux cas de figure : la saisie directe en sortie de caméra et la saisie à partir d'une image enregistrée.

Dans le cas de la saisie directe, le caméscope est utilisé uniquement comme une caméra. On choisira le matériel donnant la meilleure qualité d'image en sortie de capteur. On fera attention à la définition, au rapport signal sur bruit, au standard couleur et au type de sorties disponibles, Y/C, vidéo composite PAL ou SECAM.

#### *Quelles machines choisir pour la saisie directe ?*

- Sony VX1
- Canon UC 2 Hi
- Hitachi VMH 38 E
- JVC GR SZ1
- Panasonic NV S7

*(Pour la saisie à partir d'une image enregistrée, voir page 48.)*

Pour en savoir plus ... Pour en savoir plus ... Pour en savoir plus

## LA DÉFINITION DE LA DÉFINITION

Lorsque l'on parle de définition horizontale trois mesures sont prises en compte : la réponse en fréquence exprimée en MHz, la résolution horizontale en lignes ou en points par ligne dans la largeur de l'image, et la résolution horizontale en lignes TV. Ces deux dernières permettent toutes les confusions suivant leur emploi. Il existe entre elles un rapport de 4/3. Par exemple, 400 points sont équivalents à 300 lignes TV.

La réponse en fréquence exprimée en MHz concerne ici la bande passante en luminance (uniquement les valeurs des blancs et des noirs). La largeur de la bande passante luminance détermine la résolution horizontale, c'est-à-dire la finesse des détails.

Les détails les plus fins d'une image engendrant des fréquences élevées, plus la bande passante sera élevée, meilleur sera le rendu de l'image. Les performances de bande passante des systèmes de restitution sont généralement représentées sur un repère comprenant en abscisses les fréquences (MHz) et en ordonnées l'amplitude (dB) du phénomène observé. Le gabarit de la courbe amplitude/fréquence est plus ou moins sévère : les atténuations admises sont de -3 dB chez les professionnels, jusqu'à -15 dB en grand public. Une limite fixée à -10 dB correspond à la limite de visibilité du contraste sur un moniteur noir et blanc étalonné.

Lorsque l'on analyse les performances des caméscopes il faut entre autres examiner :

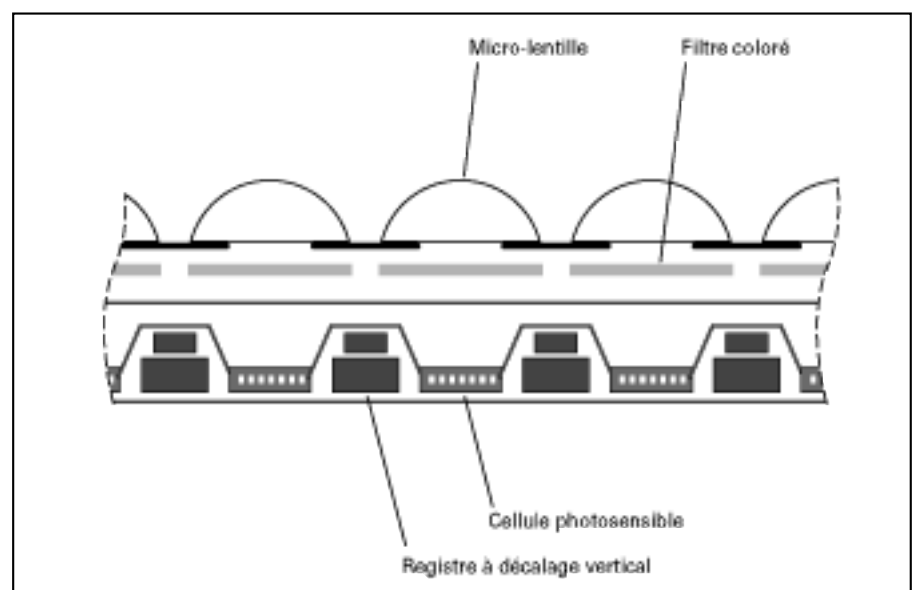
- le rapport signal/bruit exprimant en dB le fourmillement venant perturber l'image ;
- le rendu chromatique, représenté par la fidélité des couleurs étalons analysées par le vectroscope (vecamscope en SECAM).

## LES ÉVOLUTIONS DE LA TECHNOLOGIE CCD

La compacité des caméscopes amène les industriels à concevoir des capteurs de plus en plus petits, ceci avant même que le procédé industriel ne permette de produire des CCD "zéro défaut".

En 1985, la dimension des capteurs était de 2/3 de pouce, puis progressivement de 1/2". Aujourd'hui, la quasi totalité des caméscopes grand public est équipée de capteurs 1/3", soit 8,5 mm (le pouce étant égal à 2,54 cm). On voit déjà apparaître des capteurs 1/4" à 470 000 pixels sur le caméscope SC5 de Sony. Cette diminution très importante de la taille des capteurs a permis de répondre à la demande du marché en fabriquant des caméscopes de plus en plus petits, les *Ultra-compact* et les *Voyageurs*. Cela entraîne une diminution de la taille des optiques, et de la quantité de lumière arrivant sur les cellules photosensibles du capteur, que l'on compense par l'adjonction de micro-lentilles qui concentrent l'énergie lumineuse sur chaque micro-cellule.

La fabrication des CCD se fait à grande échelle et c'est *a posteriori* que l'on sélectionne les éléments produits. En fin de chaîne, les capteurs les plus performants vont équiper les caméscopes professionnels, les autres les produits grand public, ce qui justifie sans doute les écarts de prix. Les défauts au pixel près sont corrigés par un circuit spécifique qui repère à la lecture l'absence de charge et la compense par celle du point précédent. Dans le cas d'un capteur ayant des "trous" trop importants pour être corrigés électroniquement à la lecture, la garantie constructeur prend le relais.



Capteur CCD (vue en coupe).