

Introduction aux Images

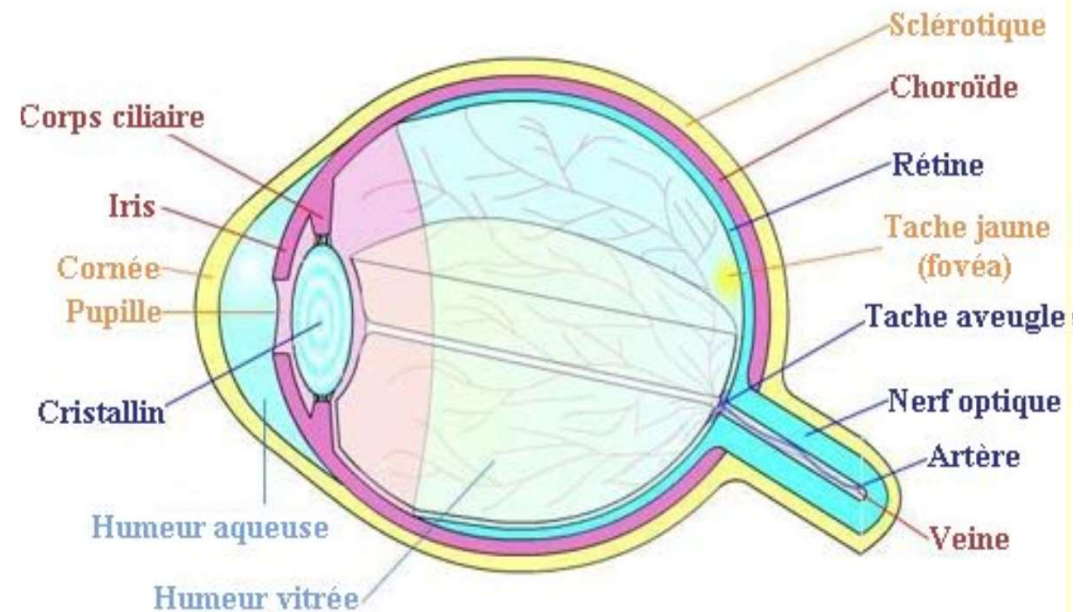
2ÈME PARTIE

PAR MME GHENNAM SOUHAILA

De L'œil aux système de Colorimétrie

Anatomie de l'oeil

- La pupille est le centre de l'iris, de diamètre 2 à 8 mm. **C'est l'objectif.**
- L'iris est le diaphragme de l'œil, il se dilate ou se contracte, (agrandissant ou contractant la pupille) pour laisser pénétrer le flux lumineux nécessaire. **Il sert d'obturateur.**
- La cornée est **la lentille** de l'œil
- Le cristallin sert dans **la mise en forme** (déformable par le corps ciliaire)

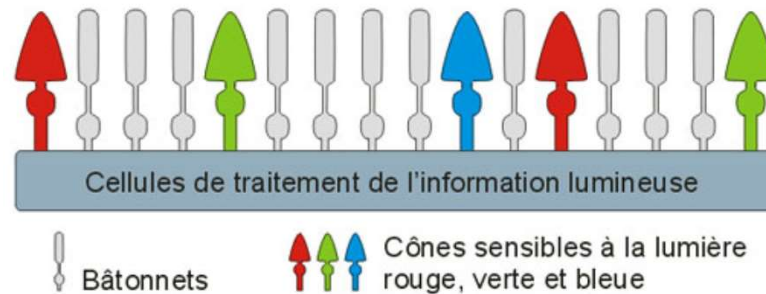
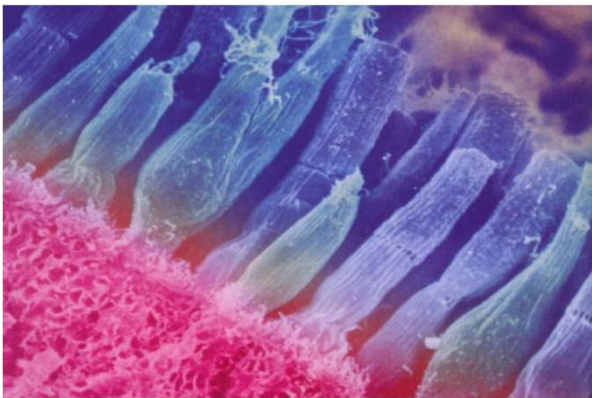


De L'œil aux système de Colorimétrie

La rétine

La rétine est composée des photorécepteurs :

- Cônes : peu nombreux et concentrés dans la fovéa (le centre de la vision)
- Bâtonnets : très nombreux et dispersés dans la fovéa et périphéries



De L'œil aux système de Colorimétrie

Cônes et Bâtonnets

Photorécepteurs dans la rétine				
bâtonnets	cônes			
– Très nombreux	– Peu nombreux			
– Principalement en périphérie de la fovéa	– Concentrés dans la fovéa			
– Vision nocturne et périphérique	– Vision diurne			
– Sensible au mouvement	– Vision haute résolution			
– Un seul type muni de pigment rhodopsine	– 3 types de cônes munis de pigment iodopsine absorbant :	<ul style="list-style-type: none"> • Vert • Rouge • Bleu 	}	c'est la base de la vision des couleurs trichromatiques (la colorimétrie)

La colorimétrie : Espace de Couleurs utilisé dans les systèmes d'imagerie

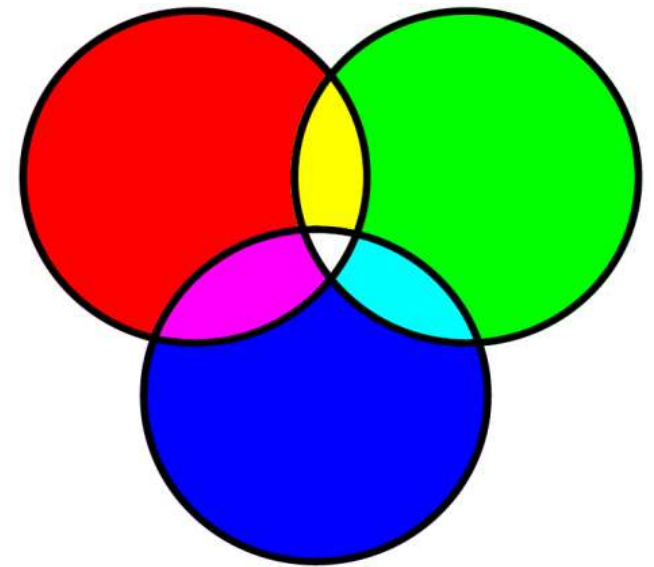
Il existe plusieurs espaces de couleurs qui tous représentent la couleur comme une combinaison linéaires de 3 primaires

1. L'Espace des couleurs primaires RGB, calqué sur notre perception visuelle

- RGB pour Red Green Blue (ou RVB en français), dont les longueurs d'ondes sont respectivement :

$$\lambda_R = 700nm, \lambda_G = 546nm \text{ et } \lambda_B = 435.8nm$$

- c'est un système additif, càd, les autres couleurs sont obtenues par addition de ces couleurs primaires (**synthèse additive**)



La colorimétrie

Espace RGB

On définit, de ce fait, la chrominance (couleur) d'une lumière

$$C = rR + gG + bB$$

Où (r, g, b) sont les composantes chromatiques de cette lumière, c'àd, les proportions avec lesquelles les couleurs primaires sont mélangées afin d'obtenir cette lumière, selon la synthèse additive.

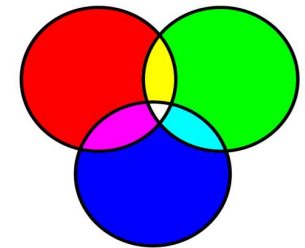
R+V+G=blanc

R+B=Magenta

R+V=Jaune

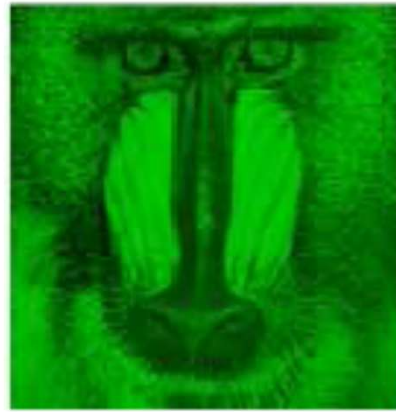
V+B=Cyan

M+V=Blanc



La colorimétrie

Espace RGB

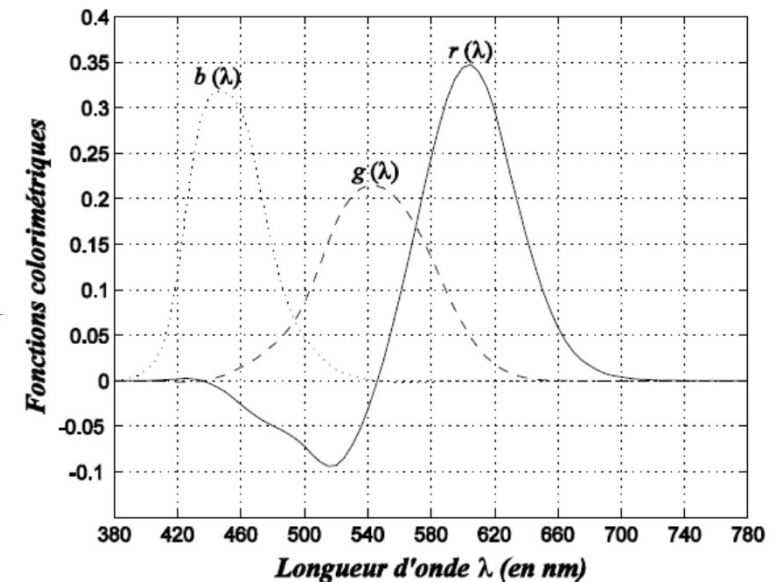


La colorimétrie

Défauts de l'Espace RGB

La représentation RGB a un défaut,

- est que pour avoir certaines couleurs, il faut des composantes chromatiques (r, g, b) parfois négatives, chose impossible (comment soustraire une quantité qui n'est pas là).
- Un compromis consiste à ajouter suffisamment de blanc (donc un mélange de R,G et B) afin de rendre toutes les composantes chromatiques (r, g, b) positives. (déplacer la courbe vers le haut)
- Suite à ce compromis, es couleurs seront fortement corrélées (distance perceptuelle entre deux couleurs n'est pas nulle, car les courbes se chevauchent), et qu'il serait impossible de définir toutes les couleurs saturées (parfaitement séparées).
- D'autres espaces couleurs perceptuels de la vision humaine: HSV, YUV ...

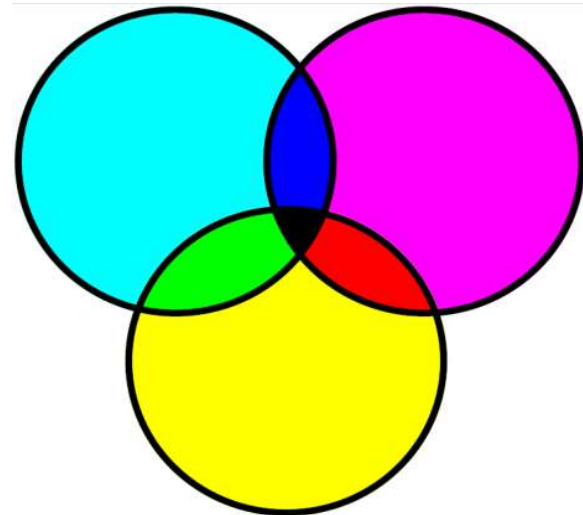


La colorimétrie

Espace YCM

Il existe l'espace des couleurs secondaires YCM,

- pour Yellow Cyan Magenta (ou JCM en français),
- où les autres couleurs sont obtenues par synthèse soustractive ; est utilisée en imprimerie (imprimante)



La colorimétrie

Espace YUV

- On définit la luminance $Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$
- Le modèle YUV est basé sur la séparation des informations chrominance C et luminance Y
- $U = 0.493(B - Y)$
- $V = 0.877(R - Y)$
- Les formats vidéo utilisent le modèle YUV

La colorimétrie

Espace HSV

H pour Hue (teinte), S pour saturation et V pour Value (Luminance)

Avant-propos ; quelques définitions :

Une lumière (de couleur donnée) contient une part de lumière chromatique (de la longueur d'onde de la couleur) et une part de lumière achromatique (contient toutes les longueurs d'ondes de façon approximativement égales= lumière blanche d'une certaine intensité). Autrement dit, une lumière de couleur donnée=lumière chromatique (de la longueur d'onde de la couleur) noyée dans la lumière blanche avec une certaine intensité.

➤ La teinte est le nom de la couleur, càd, la longueur d'onde dominante. C'est une grandeur repérable : on peut aisément déterminer la longueur d'onde dominante sur le spectre. Par contre cette grandeur est non mesurable et non additive : on ne peut pas déterminer la couleur résultant d'une addition de 2 autres teintes.

→ Teinte = perception de la couleur



La colorimétrie

Espace HSV

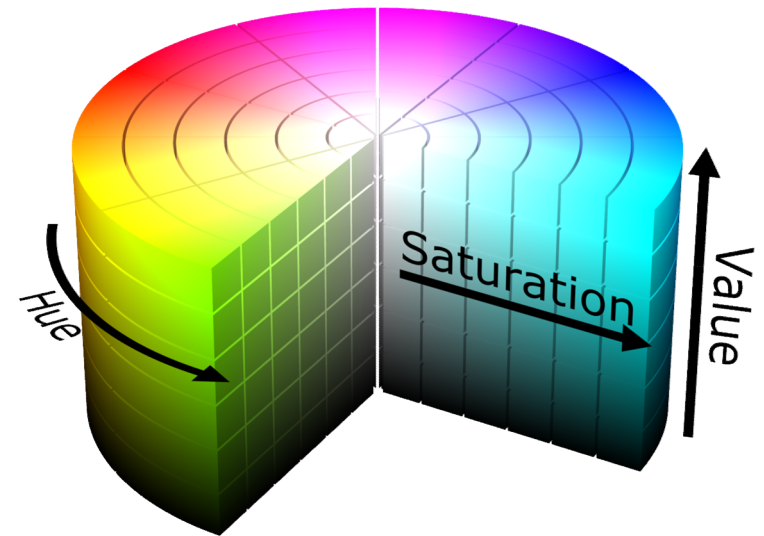
- La saturation représente le degré de dilution de la couleur dans la lumière blanche. Une lumière trop saturée = trop claire, une lumière très peu saturée=foncée
→ Saturation=pureté de la couleur (plus au moins délavée)
- La luminosité est l'intensité de la lumière achromatique (lumière blanche). Elle est mesurable et additive.
→ Luminance=intensité lumineuse

La colorimétrie

Espace HSV

- La luminance : $V = rR + gG + bB,$ $V = 0.3R + 0.59G + 0.11B$
- La teinte : $H =$ la longueur d'onde dominante
- La saturation $S = 1 - \frac{\min(rR, gG, bB)}{V}$

Pour des raisons pratiques, le calcul de la teinte se fait sur des abaques



La colorimétrie

Espace HSV



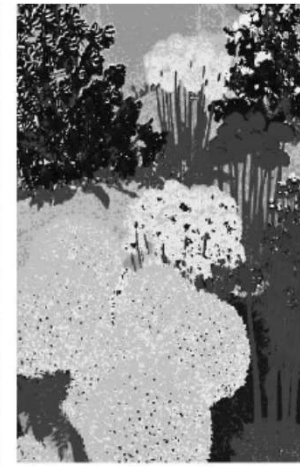
Image couleur



composante valeur



composante saturation



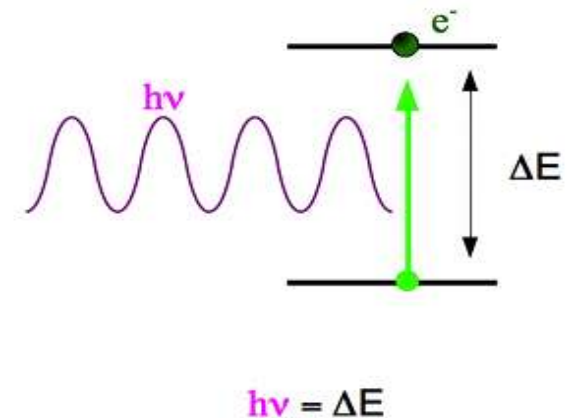
composante Hue

Acquisition de l'image dans le visible

Il existe deux types de capteurs photographiques convertissant une image de départ issue d'un rayonnement électromagnétique en un signal analogique, puis numérique :

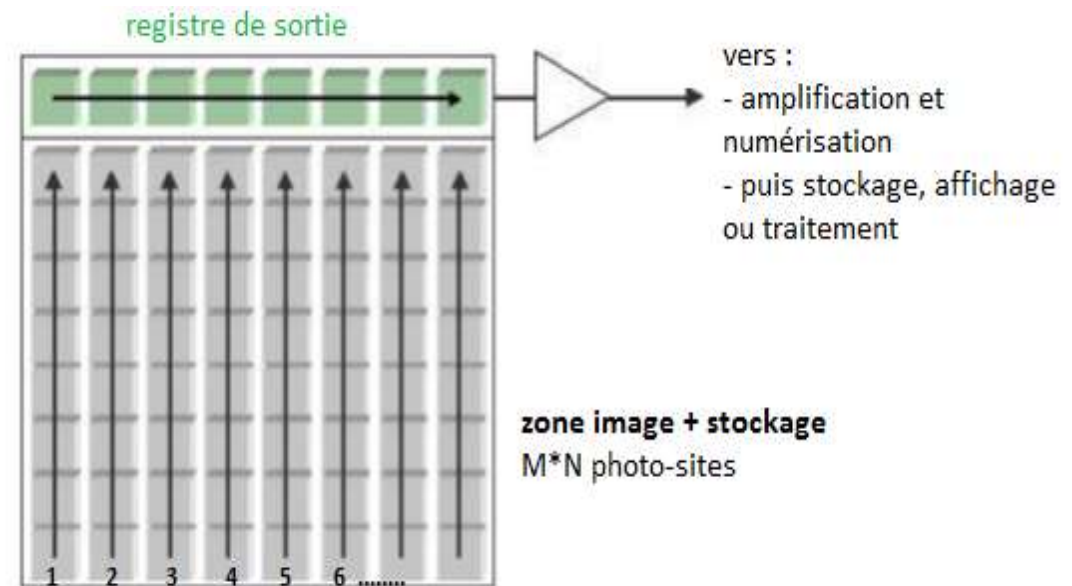
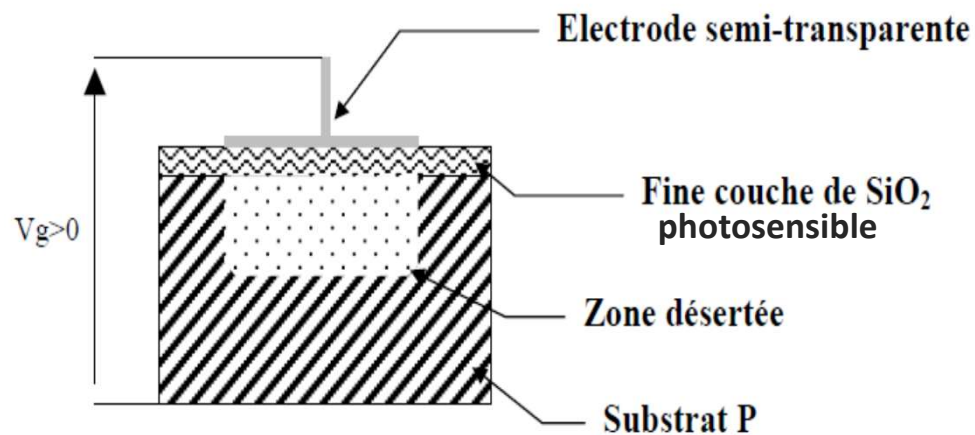
- Capteurs CCD : Coupled Charge Device (Dispositif à Transfert de Charge)
- Capteurs CMOS : Complementary Metal Oxide Semi-Conductor (Semi-Conducteur à Oxyde de Métal Complémentaire)

Quel que soit le capteur, le principe de base utilisé est l'effet photoélectrique



Acquisition de l'image dans le visible

Capteur CCD



Acquisition de l'image dans le visible

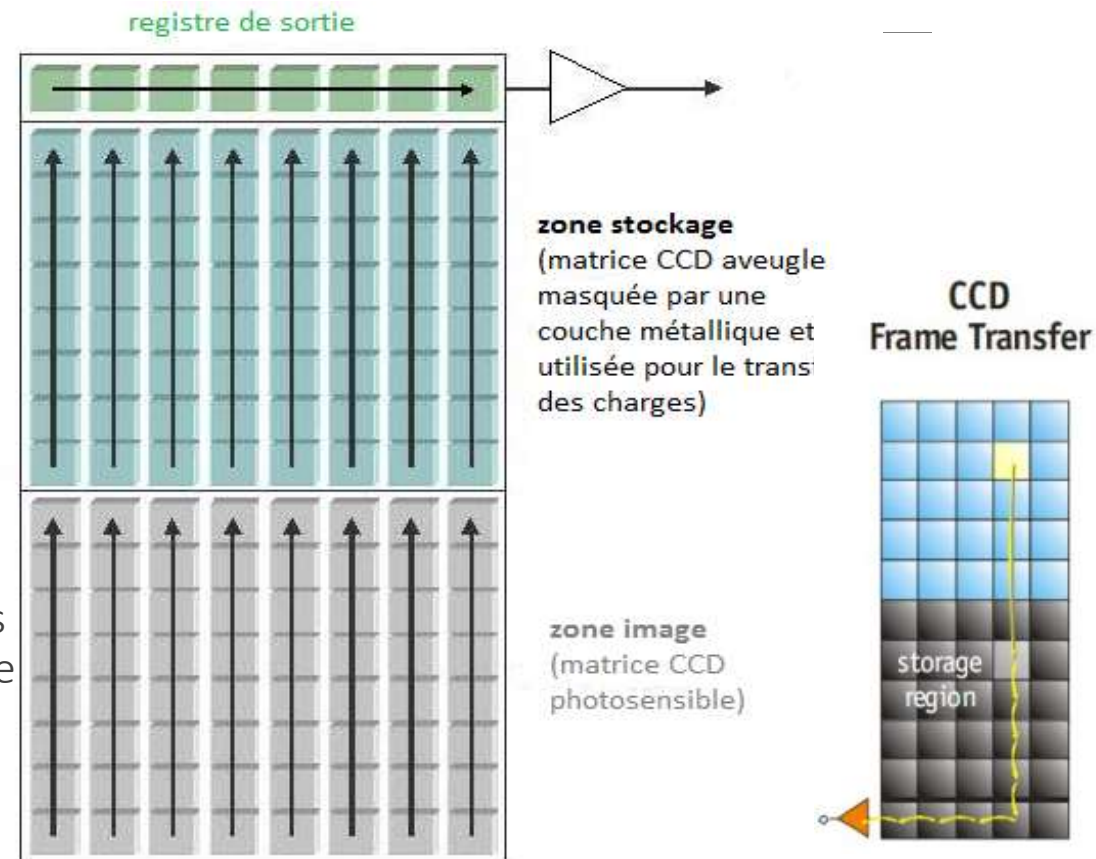
Capteur CCD, Principe

1. L'obturateur s'ouvre, la lumière rentre, et est convertie par effet photoélectrique
 - Les e^- (charges) proportionnelles à la quantité de lumière incidente sur chaque photo-site, sont piégés dans la zone déserte
2. L'obturateur se ferme, l'exposition est finie, puis les charges sont transférés colonne par colonne vers un registre externe, par un jeu de variation cyclique de potentiel aux niveaux des électrodes. Cette variation se fait au moyen d'une horloge externe.
 - Colonne 1, puis colonne 2, puis 3 : chaque photo-site stocke à chaque top d'horloge, les charges du photo-site qui le précède.
3. Enfin, les charges sont transférées en tension proportionnelle au potentiel des charges (e^-). Ce signal est ensuite amplifié et numérisé à l'extérieur du capteur CCD.

Acquisition de l'image dans le visible

Capteur CCD, Familles

- CCD full frame (plein cadre). C'est le schéma de conversion qui a été vu.
 - Les photo-sites jouent à la fois le rôle de capteur et de moyen de stockage et de transmission
- CCD full-frame transfer (à transfert de trame).
 - Toutes les charges des photo-sites sont transférées au même temps vers la zone de stockage.
 - Cela permet de faire une autre acquisition pendant le transfert des charges vers le registre externe puis vers l'extérieur. Au lieu d'attendre d'effectuer tout le transfert pour pouvoir réaliser une nouvelle acquisition.

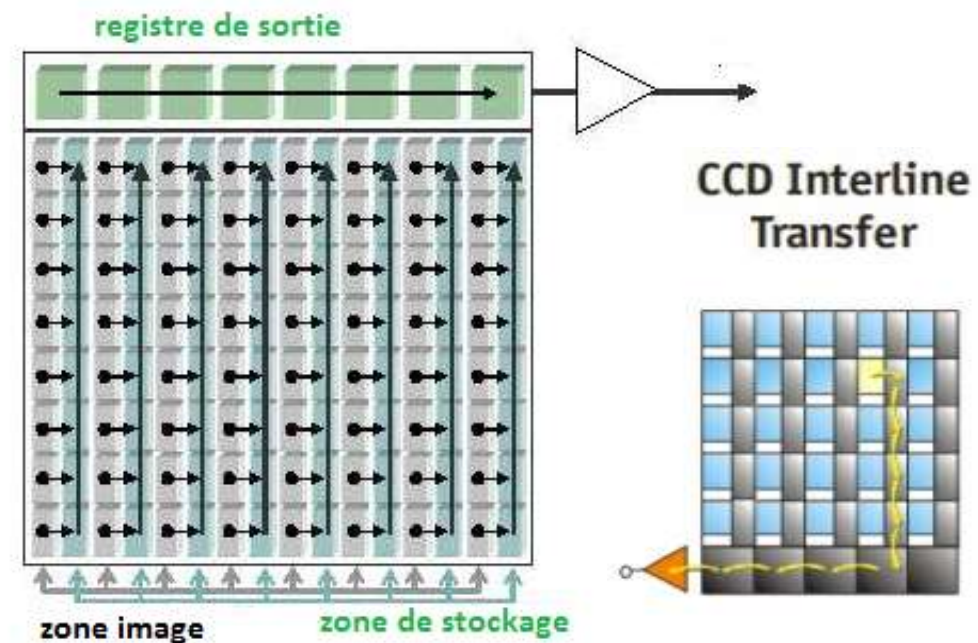


Acquisition de l'image dans le visible

Capteur CCD, Familles

CCD interligne (plus complexe)

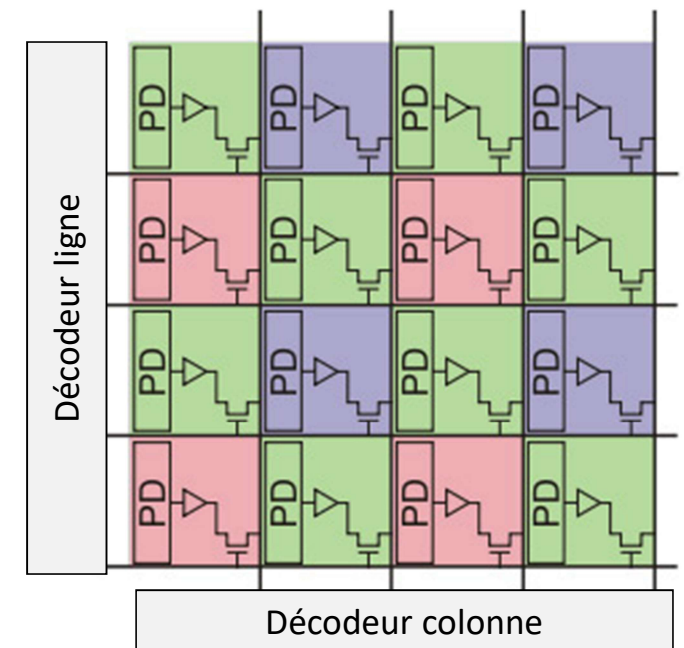
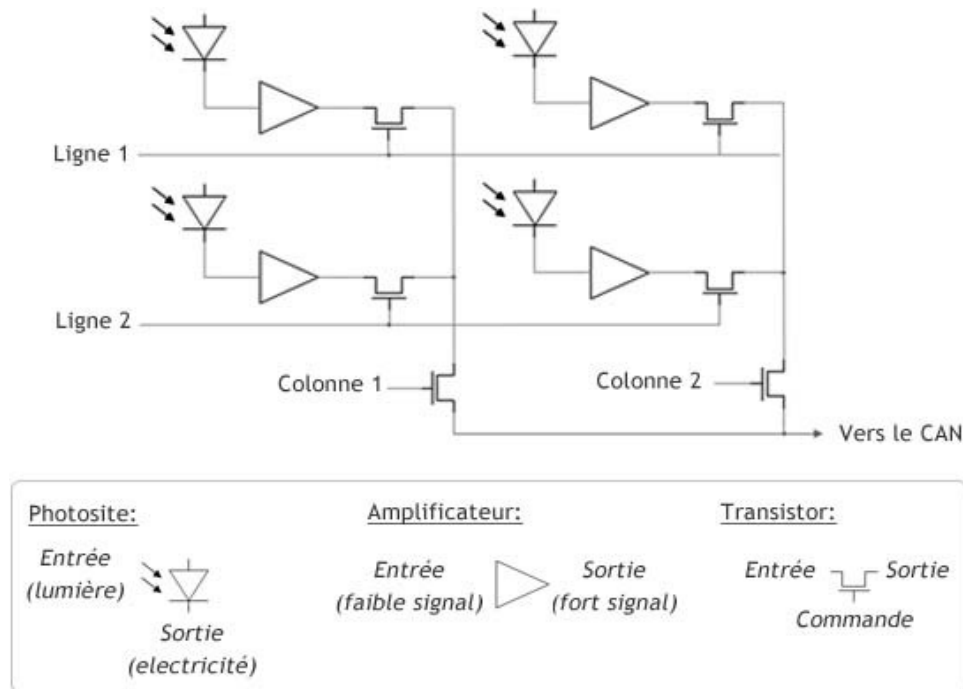
- Un photo-site est éclairé sur une moitié et aveugle sur l'autre moitié. L'ensemble des moitiés éclairées constitue la zone image, alors que l'ensemble des moitiés aveugle constituent la zone de stockage.
- Les parties éclairées, photosensibles, convertissent les photons en charges (é)
- Les parties aveugles, reçoivent les charges et les transfèrent, grâce à un jeu de variation de potentiel, vers le registre externe.



Acquisition de l'image dans le visible

Capteur CMOS

Une cellule CMOS est composée d'un photo-site (conversion photon-charge) et d'un convertisseur intrinsèque charge-tension.



Acquisition de l'image dans le visible

Comparaison entre CCD et CMOS

CCD	CMOS
+ qualité d'image élevée (car facteur de remplissage peut atteindre 1)	+ Acquisition d'image à grandes vitesses (vol de papillon)
+ bruit très faible (car pas de composants électriques dans le capteur)	+ Compacité (capteur + électronique sur le même composant, ce qui permet de réaliser des appareils compacts)
+ haute sensibilité (peut être utilisé quand il y'a peu de lumière)	+ Fenêtrage : possibilité de lire que certaines zones de la matrice (grâce à la commande des lignes) + Faible consommation
- Saturation du capteur aux fortes luminosités (apparition de tâches circulaires blanches, dites, blooming, qu'on peut retoucher avec un logiciel)	- bruit, faute à l'électronique intrinsèque au capteur
- Nécessité d'horloges pour piloter les transferts des charges	- facteur de remplissage faible (il faut un fort éclairage pour une bonne qualité d'image)

Acquisition de l'image dans le visible

Domaines d'utilisation CCD et CMOS

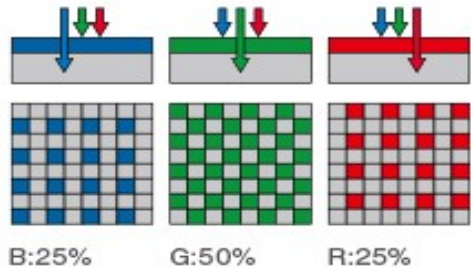
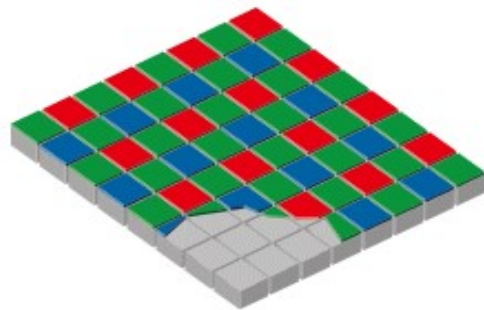
CCD	CMOS
<p>Dans les applications nécessitant un haut niveau de précision de l'image avec un faible niveau d'éclairage</p> <p>→ Images complexes : application scientifiques</p>	<ul style="list-style-type: none">– Contrôle industriel ne nécessitant pas une qualité élevée de l'image– Acquisition des objets en mouvement et à grande vitesse
<p>Aujourd'hui le capteur CMOS s'est amélioré, et il peut obtenir les même performances que le CCD</p>	

Acquisition de l'image dans le visible

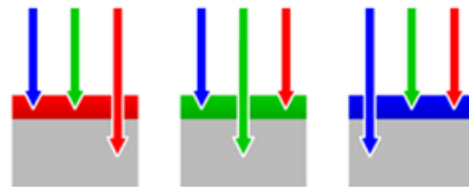
Les couleurs dans les capteurs

3 Technologies existent :

1. Séparation de couleur par absorption. Filtre Bayer.



Trois photosites côte-à-côte, vue en coupe. Chaque photosite ne peut détecter qu'une seule des trois composantes RVB de la lumière. Les deux autres sont ignorées.



Capteur vu du dessus : chaque pixel n'a enregistré qu'une couleur primaire (50% de vert, 25% de rouge et 25% de bleu). L'appareil va donc devoir dématricer, c'est-à-dire créer l'image en estimant pour chaque pixel les deux couleurs primaires manquantes en se basant sur les pixels voisins.

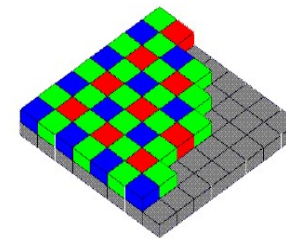
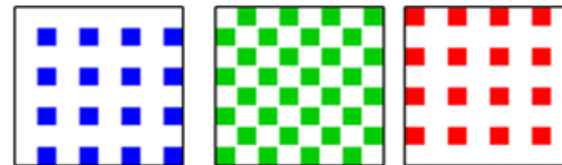
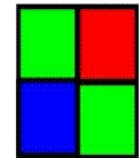


Schéma représentant le filtre de Bayer sur un capteur électronique



Pixel

Acquisition de l'image dans le visible

Les couleurs dans les capteurs

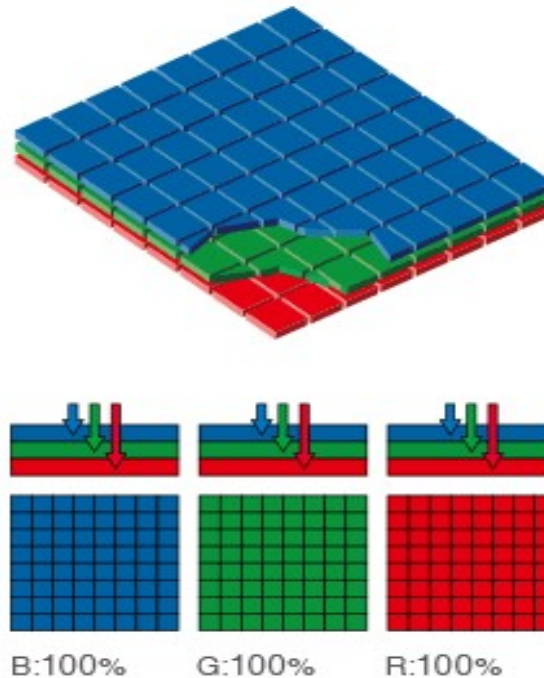
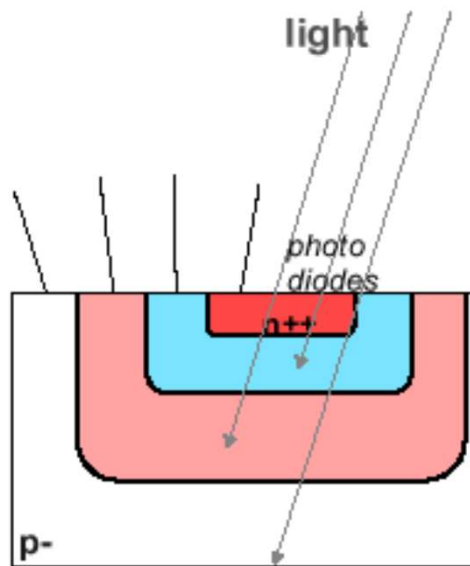
Séparation de couleur par absorption. Filtre Bayer.

- Sur la matrice image est disposé un filtre mosaïque de la sorte :
- Chaque filtre (rouge, vert ou bleu) est associé à un photo-site, et chacun absorbera une seule couleur
- Chaque photo-site est associé à un pixel, qui n'enregistre qu'une seule couleur
- La valeur de chaque pixel est estimée en fonction de sa couleur et celles des photo-sites l'avoisants
- la qualité d'image dépend du nombre de cellules, sinon, elle serait médiocre.
- Ce type de filtre est utilisé des caméras CCD ou CMOS à grand public

Acquisition de l'image dans le visible

Les couleurs dans les capteurs

2. Séparation des couleurs par absorption. Par profondeur. On utilise la propriété que la profondeur (dans le silicium) à laquelle la transition photon-électron se crée dépend de la longueur d'onde du photon



Acquisition de l'image dans le visible

Les couleurs dans les capteurs

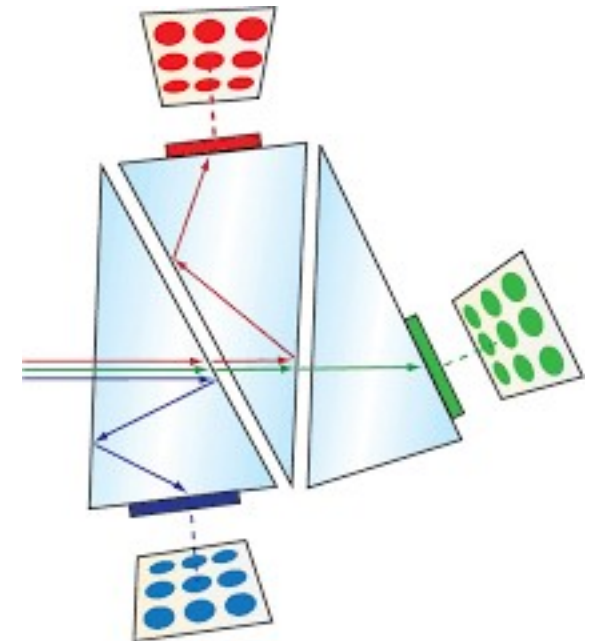
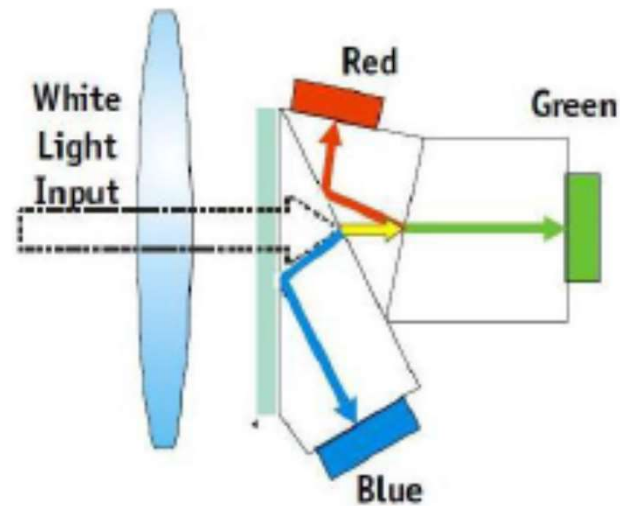
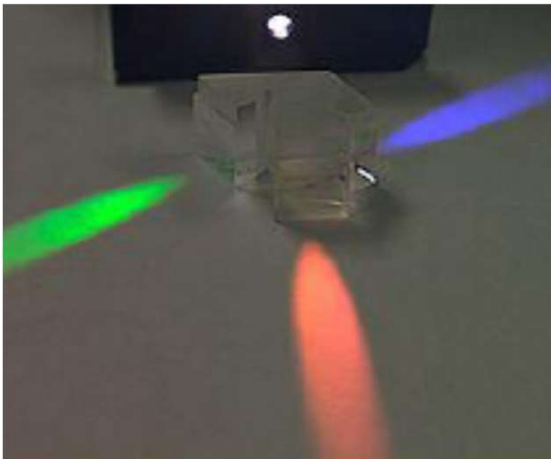
Séparation des couleurs par absorption. Par profondeur.

- Les charges associées à la couleur bleu se localiseront en haut de la zone désertée, alors que les charges associées à la couleur verte se déposeront au milieu, et ceux de la couleur rouge se déposeront plus bas. (Plus la longueur d'onde est longue, plus hf est grande)
- On trouvera dans la zone désertée: de manière superposée, les charges du bleu, puis du vert et enfin du rouge
- Puis par un jeu délicat de variation de potentiel, on récupère les charges de chaque couleur,
- On obtient 3 images R, V et B. leur superposition donne l'image couleur RVB
- Compliqué mais de plus en plus maîtrisé
 - il n'y a pas de filtre rouge, bleu ou vert

Acquisition de l'image dans le visible

Les couleurs dans les capteurs

3. Séparation des couleurs par diffraction.



Acquisition de l'image dans le visible

Les couleurs dans les capteurs

Séparation des couleurs par diffraction.

- Chaque pixel est associé à 3 photo-sites
- Une matrice de prisme est placée sur la matrice image
- Un prisme diffracte la lumière en trois chromatiques RVB, chacune est dirigée vers un photo-site
- Pas besoin de filtres
- Très couteuse

Formats numériques des images

Pour stocker dans un fichier toutes les informations de l'image : taille de l'image, format du pixel (bits codage), valeurs des pixels, il existe une multitude de formats :

1. Les formats simples : fichier binaire comportant

- un entête contenant les dimensions de l'image ainsi que le format des pixels
- puis la liste des valeurs des pixels
- exemple : BMP (BitMaP), PBM (Portable BitMap), PGM (Portable Gray Map), PPM (Portable PixMap)
 - Le BMP : matrice de bits codés en couleurs, jusqu'à 24 bits/pixel

Formats numériques des images

2. **Les formats compressés** : Les valeurs des pixels sont codées de manière à réduire la taille du fichier image.
 - Exemple : GIF, PNG, JPEG
 - GIF : format compressé avec codage 8 bits/pixel
 - JPG : format de compression pour photographies, utilise la transformation DCT (Discret Cosinus Transform)
3. **Données bruts** : exemple DAT (DATA), sous forme de tableau et non fichier
4. **Standards médicaux** : DICOM