

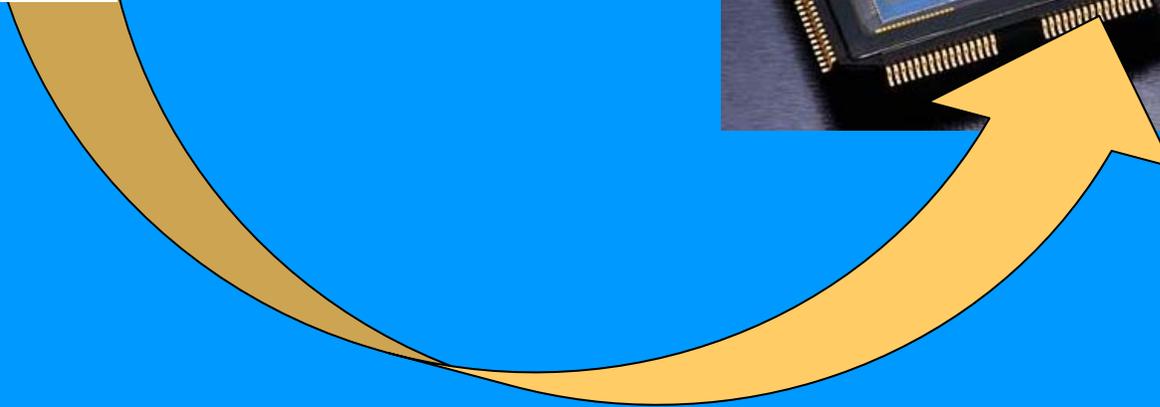
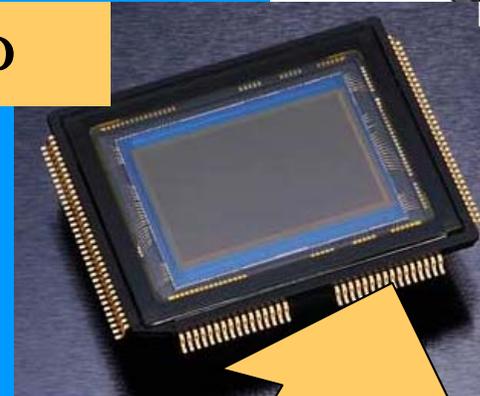
Du 35 mm aux capteurs !

En argentique, un format domine : le 35 mm



CCD

CMOS

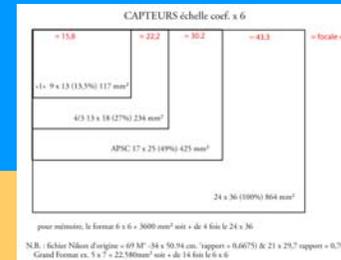


Capteurs



1. Taille des capteurs & conséquences
2. Principes de fonctionnement
3. Différents types de capteurs : avantages - inconvénients
4. Qui fabrique ? pour qui (ex Nikon) ?
5. Glossaire

Taille des capteurs



Commentaires sur tableau page suivante :

La taille est l'élément le plus important, voir le rapport en % des surfaces d'un capteur par rapport au « plein format » (équivalent 24x36)

Ex. : un capteur « 4/3 » ne représente que 27% du capteur « plein format »* .

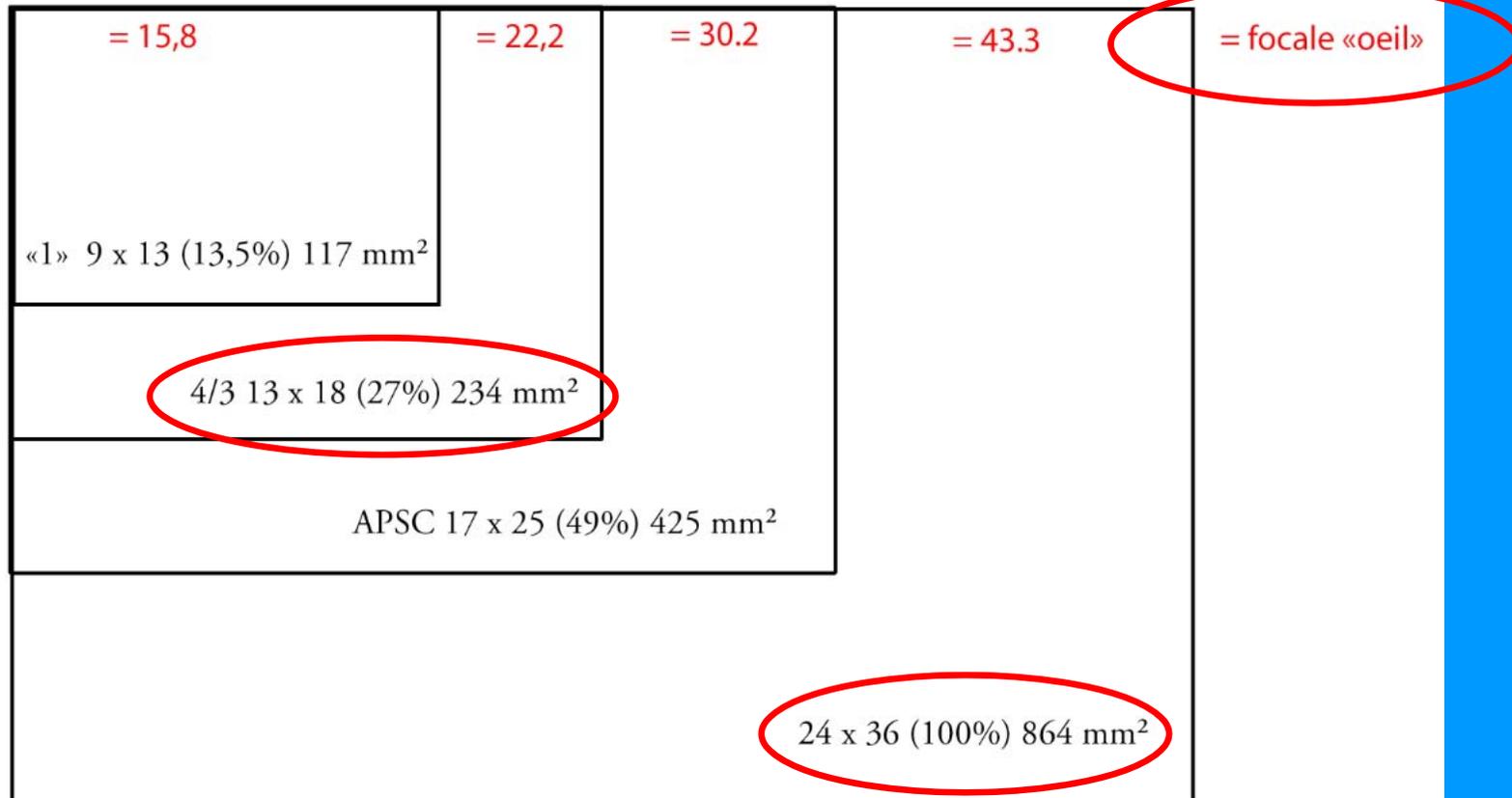
A chaque capteur correspond une focale égale à la vision humaine.

Ex. : focale de 30 mm pour un capteur APSC (voir sur tableau texte en rouge).

* = Le format moyen (6x6) et le grand format (50x70) sont hors normes, par rapport au « plein format », surfaces respectivement 6 fois plus et 56 fois plus !

Taille des capteurs

CAPTEURS échelle coef. x 6



pour mémoire, le format 6 x 6 = 3600 mm² soit + de 4 fois le 24 x 36

N.B. : fichier Nikon d'origine = 69 M° -34 x 50.94 cm. 'rapport = 0,6675) & 21 x 29,7 rapport = 0,707
Grand Format ex. 5 x 7 = 22.580mm² soit + de 14 fois le 6 x 6

Taille des capteurs

Conséquences sur le rendu de l'image : pourquoi un grand capteur traite mieux les basses lumières sans augmenter le bruit avec la montée des Iso ?

Plus un capteur est grand, plus les photosites peuvent être grands & donc capter plus d'intensité de lumière

Ex. : 12 M° de photosites sur capteur de « 1 » et un capteur de « 24x36, différence ?

= sur le capteur 24x36, chaque photosite reçoit 7,4 fois plus de lumière (à conditions identiques) donc un courant électrique 7 fois plus puissant.

N.B. : sur un capteur de 24M° c'est pire, c'est ce qui explique que certains boîtiers pro sont restés à 16M° pendant plusieurs années en dépit la taille du capteur (la course aux M° n'est donc pas la panacée)

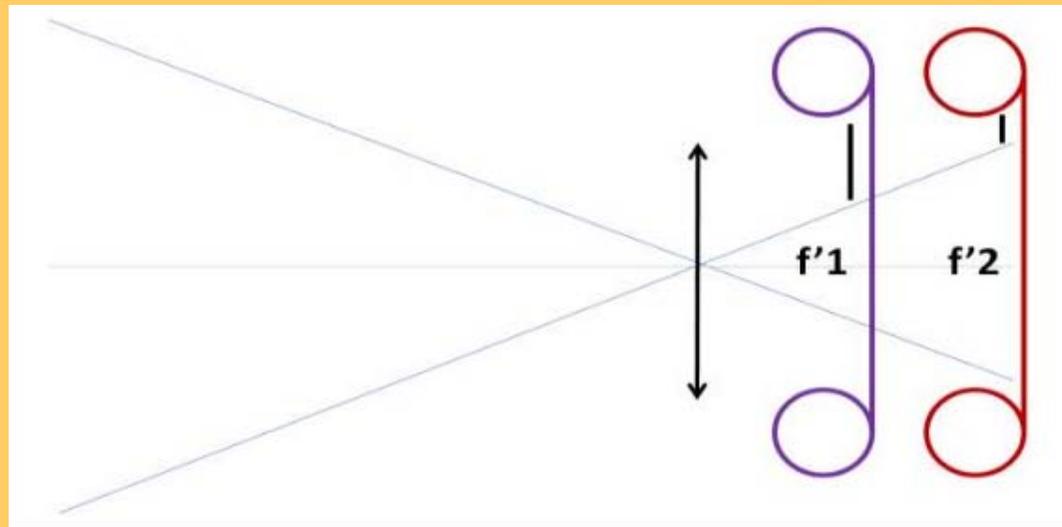
Conséquence : sur un petit capteur le courant plus faible doit être amplifié donc avec création de bruit ...

Conclusion : préférer un grand capteur avec moins de pixels que l'inverse

Taille des capteurs

Conséquences sur le rendu de l'image : pourquoi un grand capteur influe-t-il sur la profondeur de champ ? Pourquoi restitue-t-il mieux les flous de fond d'image ?

A un angle de champ constant correspond une distance focale d'autant plus courte que le format est petit.



Considérons les formats 1 et 2 et leurs focales associées $f'1$ et $f'2$. En conservant le même point de vue, donc le même rapport de grandissement, les deux images seront rigoureusement identiques en ce qui concerne le cadre et la perspective. En revanche, en ce qui concerne la PdC, elle sera plus importante sur l'image réalisée avec la distance focale plus courte, donc correspondant au format le plus petit. Ce raisonnement explique donc que pour les petits capteurs la PdC semble plus grande.

Taille des capteurs

Incidence sur la dynamique, c'est-à-dire la qualité du rendu des valeurs entre les parties les plus claires et les plus sombres de l'image (voir glossaire).

La dynamique d'une image, c'est la capacité d'une image numérique à redonner les vraies échelles d'intensité lumineuses du monde réel.

Principes de fonctionnement

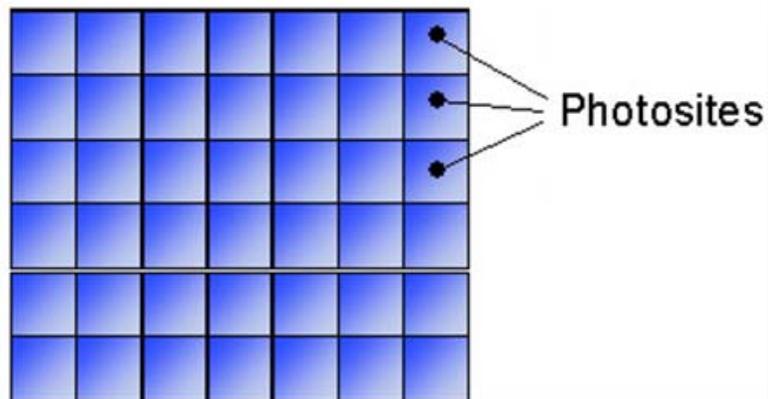
Le diaphragme s'ouvre et laisse rentrer une certaine quantité de lumière constituée de photons. Chaque photon transporte une énergie qui, absorbée par un atome de silicium, libère au niveau de cet atome un électron.

L'ensemble des électrons ainsi dégagés au niveau de la photodiode constitue une charge qui va être brièvement isolée puis acheminée (grâce à un champ électrique) vers un **amplificateur** de sortie qui réalise alors la conversion charge/tension. Ce transport des charges s'effectue le long de pistes de transfert qui diffèrent selon le type de capteurs :

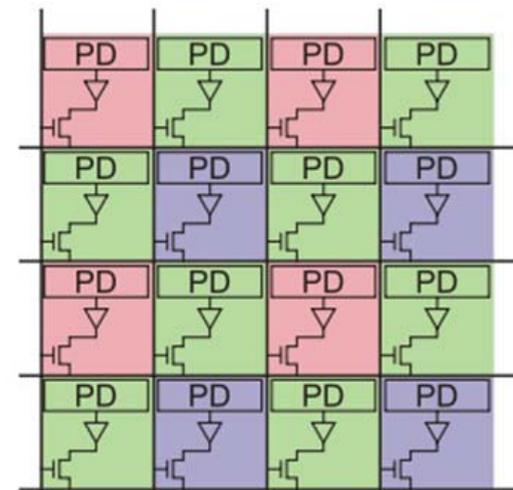
CCD = un amplificateur en bout de ligne de photodiodes récupère les charges

CMOS = un amplificateur par photodiode

SURFACE D'UN CAPTEUR CCD

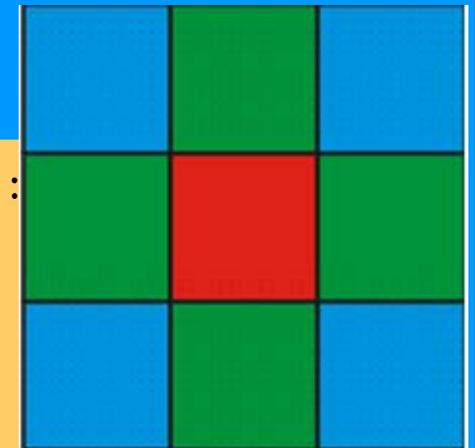
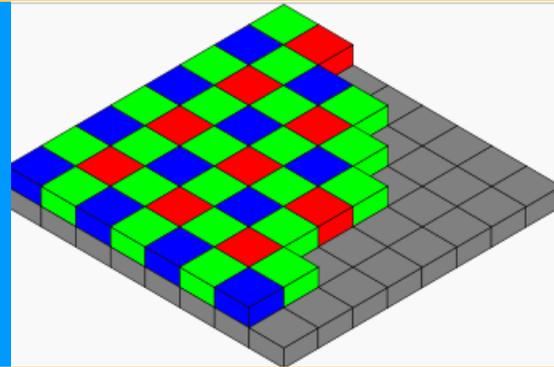


SURFACE D'UN CAPTEUR CMOS



Principes de fonctionnement (suite)

La mise en couleur : Pour restituer la couleur, chaque cellule photosensible possède 3 filtres : un rouge, un bleu et un vert : **la matrice de Bayer**. Par définition, le capteur est constitué de pixels et est monochrome. Dans le système RVB, chaque pixel est recouvert d'un filtre coloré rouge, vert ou bleu selon l'agencement suivant :



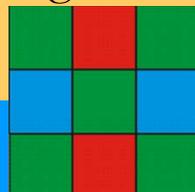
Pour un point de l'image qui correspond à un pixel rouge du capteur :

R = Signal du pixel rouge.

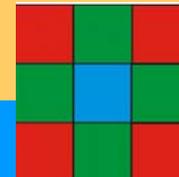
V = Moyenne des signaux des 4 pixels verts voisins.

B = Moyenne des signaux des 4 pixels bleus voisins.

Un pixel vert =



un pixel bleu =



Ce principe permet de fournir 3 valeurs à chaque pixel correspondant aux 3 filtres RVB

Principes de fonctionnement (suite)



50 % des photosites reconnaissent le vert, les deux autres couleurs se partagent 25 % respectivement.

Ce **choix de surévaluer le vert par rapport au bleu et au rouge** est dû au fait que la vision humaine est pratiquement deux fois plus sensible au vert. Pour tenter de reproduire ce phénomène en photographie numérique et sur l'image résultante, on augmente la proportion de vert grâce à la répartition supplémentaire de filtres verts dans la mosaïque de Bayer, en vue d'obtenir des images qui paraissent naturelles à l'œil humain, en termes de couleurs...

Différents types de capteurs

CCD

CMOS

FOVEON

XTRANS

CCD : matrice de cellules photosensibles qui transfère la charge vers un collecteur qui transfère à son tour l'ensemble des charges vers le convertisseur.

Présence d'un filtre passe-bas (circulation des valeurs de pixels à pixels)

Inconvénient = perte de détail

Moins d'amplificateurs => comportement plus homogène = image homogène

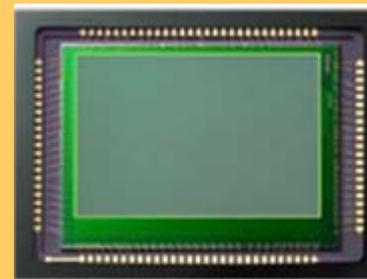
Consommation électrique élevée =>

génère électricité statique sur capteur

augmentation du bruit

Technologie complexe & coûteuse

donc de moins en moins employée



Taille des capteurs

CMOS : matrice de cellules photosensibles également, mais au lieu de transférer la charge vers un collecteur, il la conserve et la transfère au convertisseur directement.

Faible consommation

Meilleur rendu des hautes lumières et des détails

Bonne résistance à la montée en ISO

Plus lent que CCD (incidence sur mode rafale)

Bruit plus important (que CCD)

Technologie plus simple & moins coûteuse

Chaque photodiode peut réagir différemment (amplificateur) => hétérogénéité à un signal lumineux identique



Taille des capteurs

FOVEON (Sigma)

Capture des 3 couleurs par un seul photosite (3 couches superposées)

=> 1 photosite recueille une composante RVB (et non intégrés plusieurs phot.)

Coût de fabrication moindre

Pas de traitement électronique *

Meilleure qualité « images propres » **très grande qualité d'image**

Pas de moirage, plus de détail

Rapidité de prises de vues

Inconvénient : **pas de montée en Iso possible** : fournit un excellent résultat à 100 ISO

=> Utilisation en environnement lumineux

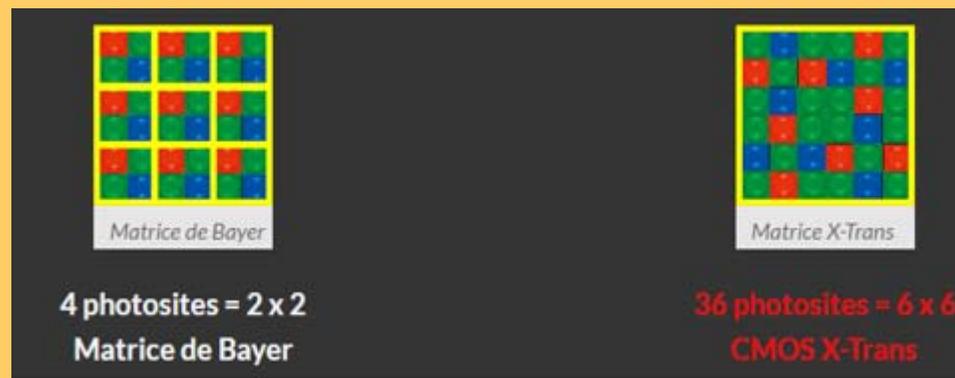
* = un capteur conventionnel de 24 millions de pixels n'enregistre que le tiers de l'image finale, avec 6 millions d'informations en bleu, 12 millions en vert et 6 millions en rouge et calcule donc les 2/3 de l'image qui lui manquent lors de la capture

Taille des capteurs

X Trans (Fuji) :

Le capteur X Trans intègre une matrice de filtres colorés originale * bénéficiant d'une répartition plus aléatoire éliminant la nécessité de recourir à un filtre passe-bas optique (OLPF).

Ce type de filtre est utilisé sur les appareils conventionnels pour éviter les effets de moiré au détriment de la résolution. La matrice du capteur X-Trans est traversée par une lumière non filtrée issue directement de l'objectif pour proposer un niveau de résolution sans précédent.



* =Une matrice de 6x6 a été développée par Fujifilm pour le X-Pro1 afin de casser le caractère cyclique de la matrice 2x2 (CMOS classique). Elle dispose de 36 photosites (6x6),

Taille des capteurs

X Trans (Fuji) : suite Avantages

une grande finesse des images (jpeg impeccables)

une grande justesse des couleurs et des contrastes,

mais surtout par une montée en sensibilité remarquable. Un Fujifilm X-T1 rivalise avec des appareils tels que le Nikon D610 doté d'un capteur plein format 24x36 dans les hautes sensibilités,

Inconvénients :

boîtiers et objectifs coûteux (petite production par rapport à Nikon ou Canon etc.)

Peu de produits compatibles, ex. objectifs Sigma, Tamron etc.

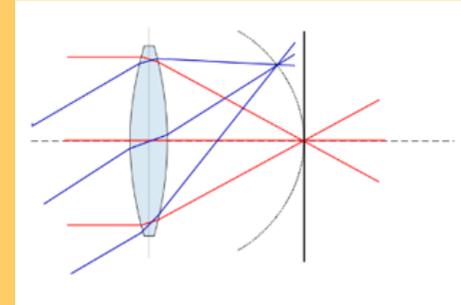
Traitements des fichiers RAW pas toujours supportés par les logiciels de retouche (il est parfois nécessaire de convertir les Raw « Fuji » en RAW « DNG » !)

Capteurs avenir ? Rêvons ...

Des capteurs courbes ?

Les capteurs photos sont plans donc les lentilles de l'objectif vont avoir tendance à former une image sur une surface courbe :

Pour pallier : ajouts de lentilles



Idée : s'inspirer de la structure de l'œil humain

qui utilise des capteurs disposés sur une surface courbe (cellules à cônes et à bâtonnets organisées sur la rétine)

Intérêts :

objectifs plus simples, de meilleure qualité, plus légers, pour coût moindre
réductions de l'aberration sphérique et plus lumineux

Appareils plus compacts

Expérimentation en cours : **Sony**

Capteurs, qui fabrique ?

CCD (4)

Toshiba

Sony

E2V

Teledyne

CMOS (65)

Toshiba

Sony (40%)

Samsung

E2V

Teledyne

Photonis

CMOS IS

Fovéon (1)

Sigma

X Trans (1)

FujiFilm

Ex. Fabricant pour Nikon ?

Sony – Toshiba – Nikon

D7000 => Sony

D7100 & 7200 => Toshiba

D750 => Sony

D810 => Sony

D4 => Nikon

Certains constructeurs sont dans les domaines hors photographie classique : professionnel ou médical

Glossaire :

APS C : Le sigle APS-C (Advanced Photo System type-C) désigne un format de capteur photographique de taille approximativement égale à celle des négatifs APS argentiques. Ces négatifs mesurent $25,1 \times 16,7$ mm et ont un rapport de forme de 3:2.

Le format APS, ou Advanced Photo System (Système Photographique Avancé), est un format de pellicule photographique introduit en 1996 par Kodak, Fujifilm, Minolta, Nikon, Canon

CCD : Un dispositif à transfert de charge (CCD « *Charge Coupled Device* ») est un registre à décalage électrostatique. Il comprend une série d'éléments semi-conducteurs identiques, qui chacun peuvent emmagasiner une charge électrique. Sur une impulsion du signal de commande, tous les éléments transfèrent en même temps leur charge sur l'élément adjacent. Le dispositif à transfert de charge est inventé en 1969 à AT&T Bell Labs.

CMOS : On appelle CMOS, ou *Complementary Metal Oxide Semiconductor*, une technologie de fabrication de composants électroniques et, par extension, les composants fabriqués selon cette technologie. En 1930 JE Lolienfeld, de l'université de Leipzig, a déposé un brevet dans lequel il a décrit un élément assez proche du transistor MOS et qui aurait pu constituer le premier transistor de l'histoire. Il fallut cependant attendre le début des années 1960 pour voir apparaître les premiers dispositifs MOS puis CMOS industriels, développement rendu possible par les progrès enregistrés dans le domaine des transistors bipolaires.

Dynamique : La prise de vue, c'est la conversion d'intensité lumineuse du monde réel (pour une étoile, les valeurs seront autour 0.001, pour le soleil, c'est autour de 100000 !) vers des valeurs numériques (de 0 à 255) par couche de couleur. Elle est donc limitée et ne mesure correctement qu'une faible partie du spectre. La dynamique d'une image, c'est la capacité d'une image numérique à redonner les vraies échelles d'intensité lumineuses du monde réel. Le rapport de la valeur la plus claire mesurable sur la valeur la plus sombre mesurable s'exprime en « stops ». Exemples : monde réel = 26 stops ; film négatif standard = 7 ; caméra vidéo = 5,5 ; fichier Jpeg = 8 ; fichier Raw = 10,

Glossaire (suite) :

Electron : L'électron est un composant élémentaire de la matière. Il a été découvert en 1897. L'électron porte une charge électrique négative. (Le proton porte une charge identique mais positive).

Filtre passe-bas : Un filtre passe-bas est un filtre qui laisse passer les basses fréquences et qui atténue les hautes fréquences. Il est placé juste devant le capteur numérique de l'appareil. Aussi appelée filtre anti crènelage, il sert principalement à éviter les phénomènes de moiré (Il apporte du flou sur les verticales d'où son utilisation pour réduire le moiré) et la détérioration des couleurs dues aux ondes hautes fréquences.

Filtre de passe-haut : Un filtre passe-haut est un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et qui atténue les basses fréquences. En traitement d'image (qui n'est rien d'autre qu'un signal), le principe en est le même. On sait que dans toute image les basses fréquences sont au centre de l'image du domaine fréquentiel et les hautes fréquences vers l'extérieur. Passer un filtre passe-haut revient à supprimer ces basses fréquences "centrales". Seulement, les détails d'une image sont des hautes fréquences du signal. En appliquant alors le filtre, on va faire apparaître ces détails. TOUS ces détails, de celui qui nous intéresse à celui qui nous incommode, comme le bruit. C'est pour cela que le filtre passe-haut a, en général, une utilité réduite car il fait largement ressortir le bruit, d'autant plus que le prétraitement de l'image n'a pas été effectué soigneusement.

Glossaire (suite) :

Matrice de Bayer : Une matrice de Bayer, également appelé filtre de Bayer ou encore mosaïque de Bayer, une matrice de filtres de couleur placée entre une lentille et un capteur photographique numérique afin de pouvoir enregistrer des photographies en couleur. Les capteurs photographiques étant des photodiodes, ils sont uniquement sensibles à l'intensité et non à la couleur. Une solution pour enregistrer les couleurs est alors de mettre des filtres devant chaque photodiode, chacun ne laissant passer qu'une seule des composantes RVB (rouge, vert, bleu) du signal. La matrice de Bayer est l'ensemble de ces filtres. Une matrice de Bayer est constituée à 50 % de filtres verts, à 25 % de filtres rouges et à 25 % de filtres bleus de sorte à imiter la physiologie de l'œil humain.

Moiré (effet de) : Le moiré est un effet de contraste changeant avec la déformation d'un objet, indépendamment des effets d'ombre. On parle souvent du moiré d'une étoffe. D'une manière générale, le moiré est une figure composée de lignes sombres et claires résultant de la superposition de deux réseaux (ensemble de lignes globalement parallèles). Il permet aussi d'expliquer le phénomène de tramage que l'on a lorsque l'on numérise «scanne» une image composée de points (comme une photo de quotidien), ou bien l'effet étrange produit par une chemise à rayures à la télévision (superposition de la trame de la chemise et de la trame de l'écran). Les matrices de Bayer provoquant ce phénomène, un filtre passe-bas est ajouté pour corriger le moiré (capteurs CCD & CMOS)

Photodiode : la photodiode est un composant à semiconducteur, il est sensible à la lumière. On met à profit cette propriété pour construire un capteur de lumière. La photodiode, soumise à une différence de potentiel d'une part et à un rayonnement lumineux d'autre part, se comporte comme un générateur de courant.

Glossaire (suite) :

Photon : Particule élémentaire (quantum) de la lumière. Le nom photon vient du grec et signifie "lumière". En effet, le photon transmet l'interaction électromagnétique, la lumière étant un exemple d'onde électromagnétique.

Photosite : Nom des cellules photoélectriques qui composent le capteur. Elles correspondent au plus petit élément qui réagit à l'intensité lumineuse. Il faut quatre photo sites pour créer un pixel.

Pixels : Le pixel (Px) est l'unité minimale adressable par un contrôleur vidéo. C'est aussi l'unité utilisée pour spécifier les définitions d'affichages (largeur × hauteur). À chaque pixel est associée une couleur, usuellement décomposée en trois composantes primaires par synthèse additive : rouge, vert, bleu (RVB).