

La photographie numérique

Introduction : Les technologies de la photographie argentique ont eu une évolution très lente, liée aux progrès en optique, mécanique et chimie. Ce n'est plus du tout le cas de l'évolution actuelle, davantage due aux algorithmes qu'à la physique: algorithmes de développement et d'amélioration de l'image brute, algorithmes d'aide à la prise de vue. Cet exemple est caractéristique des façons de procéder de la révolution informatique par rapport aux approches traditionnelles. La photographie numérique présente un coût marginal très faible et une diffusion par internet facile et immédiate: chaque jour, des milliards de photos sont prises et partagées.



Repères historiques :

1826: naissance de la photographie argentique

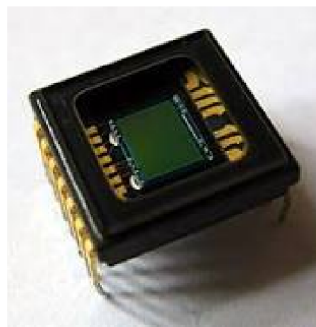


1900: photographie en couleurs. Après la seconde guerre mondiale, généralisation du format 24x36 et de la visée reflex



Première photographie couleur prise par Thomas Sutton en 1861 en utilisant la méthode des trois couleurs primaires, mise au point par [James Clerk Maxwell](#) en 1855. Le sujet de la photo est un ruban de [Tartan](#).

1969: arrivée des premiers capteurs CCD (ChargeCoupledDevice)



1975: apparition des premiers appareils numériques : Steven Sasson, un ingénieur américain travaillant chez Kodak, met au point le premier appareil photo électronique

2007: arrivée du smartphone.

Source images : Wikipédia

Les données et l'information :

En entrée : le capteur est formé de **photosites** en matrice de petits carrés de **quatre photosites, deux verts, un bleu et un rouge**, correspondant à la répartition des cônes de la rétine.

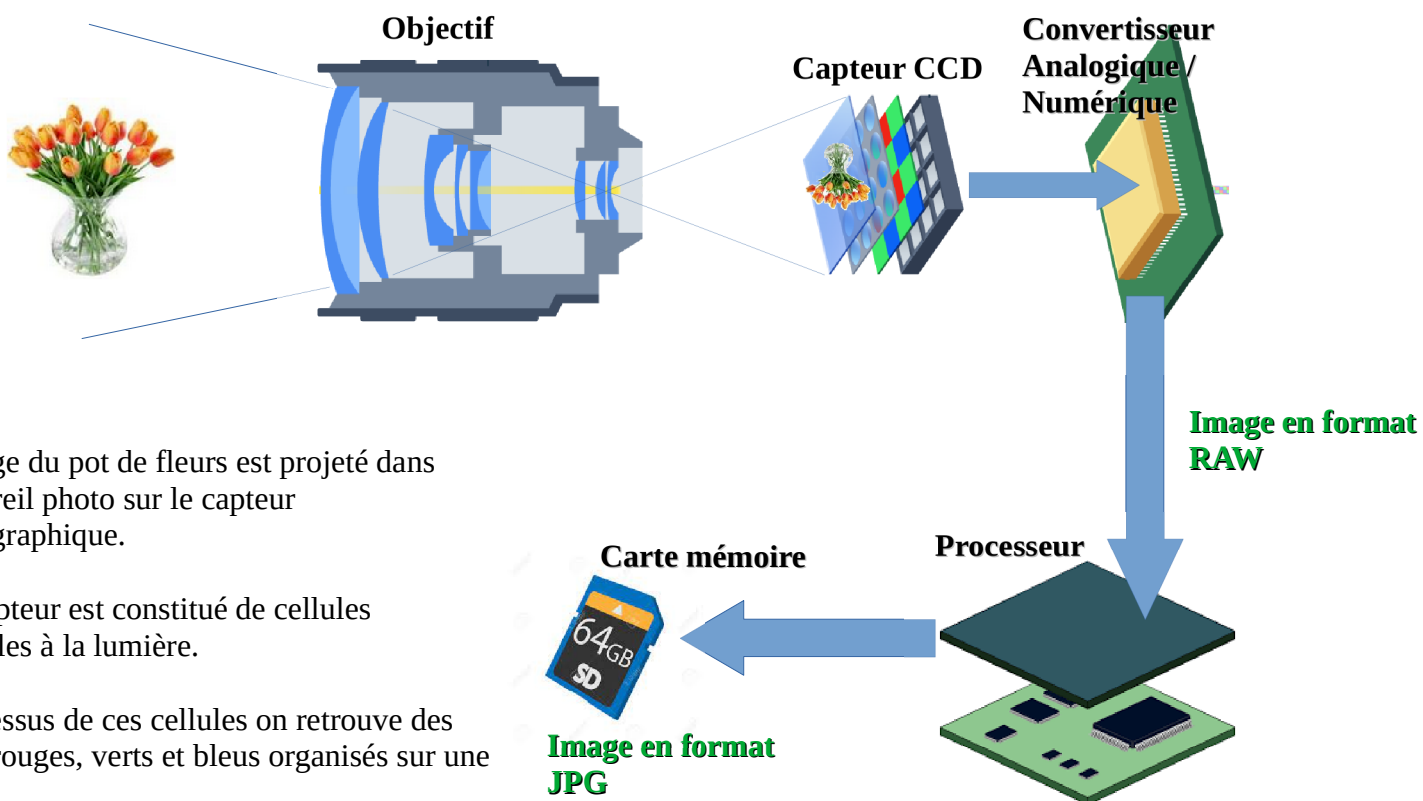
La résolution du capteur se mesure en **millions de photosites**.

En sortie : l'image est formée de pixels colorés homogènes, représentés par trois nombres **RVB** (rouge, vert, bleu).

La **résolution de l'image se compte en mégapixels** et n'est pas forcément égale à celle du capteur.

La **profondeur de couleur** est en général de 8 bits par pixel et par couleur pour l'image finale.

Des **métadonnées** sont stockées dans les fichiers images sous format **EXIF** (Exchangeable Image File Format): modèle de l'appareil, objectif, vitesse, diaphragme, distance de mise au point, auteur, copyright, localisation, etc. Les couleurs peuvent être représentées dans différents systèmes: RVB, TSL (teinte, saturation, lumière), avec des formules empiriques de passage d'un modèle à l'autre. On distingue différents formats des fichiers images, compressés ou non, avec ou sans perte: RAW, BMP, TIFF, JPEG.



L'image du pot de fleurs est projeté dans l'appareil photo sur le capteur photographique.

Le capteur est constitué de cellules sensibles à la lumière.

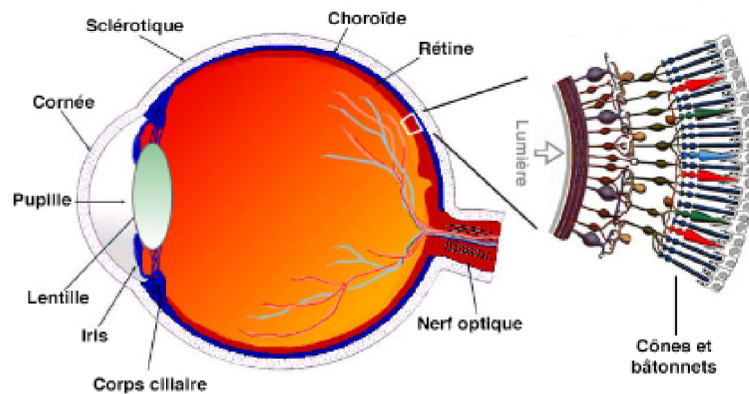
Au dessus de ces cellules on retrouve des filtres rouges, verts et bleus organisés sur une grille.

L'intensité lumineuse de chaque photosite est convertie en données numériques qui sont traités par le convertisseur.

Les données sont transmises au processeur et enfin stockées dans la mémoire de l'appareil.

Source images : production personnelle

L'œil humain



Dans la rétine, les récepteurs de l'œil servent à décomposer les informations lumineuses en signaux électriques qui seront envoyés au nerf optique.

Chez l'être humain, il existe :

- **trois types de cônes** (rouge, vert, bleu) servant à **décomposer** la lumière en couleurs.

- des bâtonnets, qui ne **captent que la luminosité**, plus rapides et plus sensibles que les cônes.

Les bâtonnets se trouvent à l'extérieur de la partie centrale de la rétine et sont surtout responsables de notre vision périphérique.

Nous en possédons environ 120 millions.

Très sensibles à la lumière, **ils nous permettent ainsi la vision nocturne**.

En revanche, en présence d'une forte lumière, les bâtonnets deviennent complètement « aveugles ».

Et les bâtonnets ne décomposent pas la lumière en couleurs (la nuit, tous les chats sont gris, ...).

Ce sont les autres cellules de la rétine, **les cônes, dont le nombre varie entre 6 et 7 millions**, qui assurent à l'œil humain la vision des couleurs et une bonne acuité visuelle.

Ils sont concentrés au centre de la rétine (la macula).

Chaque œil est capable de discerner 300 000 couleurs, plus facilement dans les nuances de verts ou de rouges que les nuances de bleus.

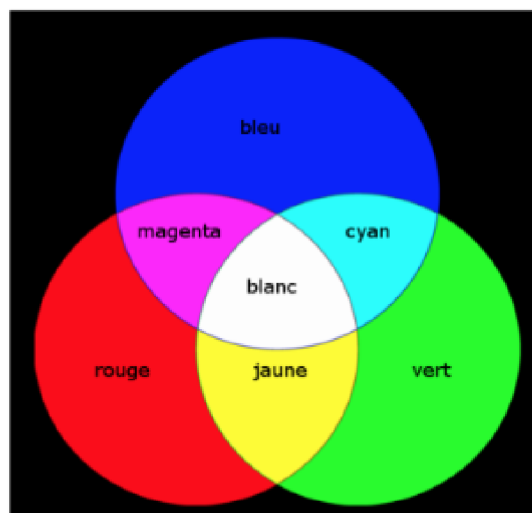
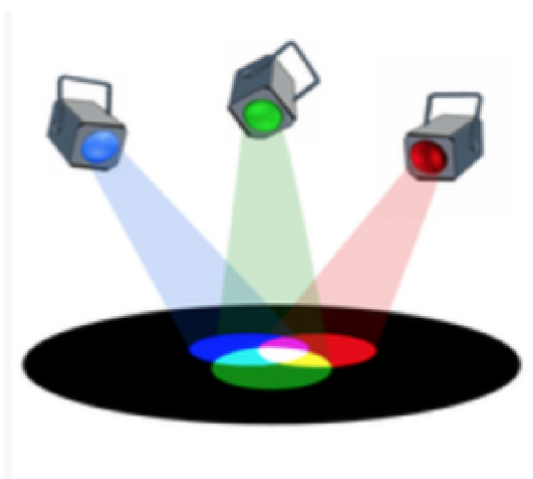
La synthèse additive de la couleur :

La synthèse additive consiste à utiliser trois lumières colorées : une rouge, une verte et une bleue (RVB ou RGB en anglais pour red, green, blue).

Ce sont les couleurs primaires.

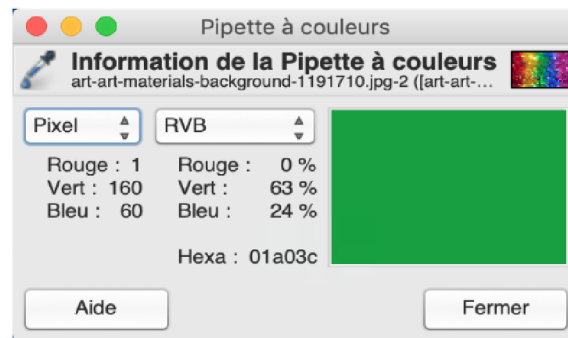
L'addition de ces trois lumières colorées en proportions convenables produit la lumière blanche.

L'absence de lumière produit du noir.

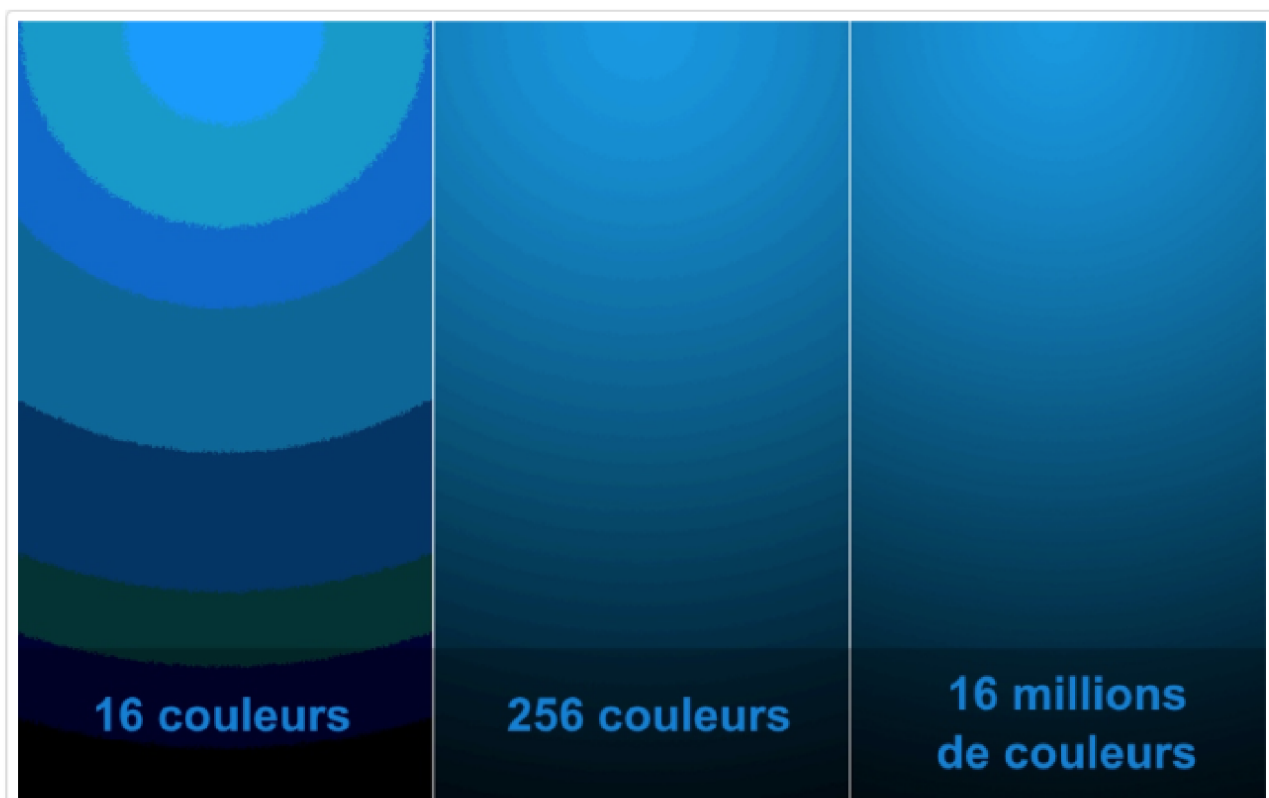


La Définition : La profondeur de couleurs, dont l'unité est le nombre de bits par pixel (bpp) est un terme utilisé en informatique pour décrire le nombre de bits utilisés pour représenter la couleur d'un pixel de l'image.

chaque pixel de l'écran étant composé de trois sous-pixels rouge, vert et bleu. La couleur d'un pixel d'une image est alors définie par trois valeurs, chacune associée à l'intensité d'une des trois couleurs primaires.



Une plus grande profondeur de couleurs, ce qui nécessite un plus grand nombre de bits, permet une plus grande échelle de nuances dans les couleurs. L'illustration suivante montre l'effet produit sur l'échelle de bleu en utilisant une profondeur de plus en plus grande (on obtient 16 couleurs avec 4 bits, 256 couleurs avec 8 bits).



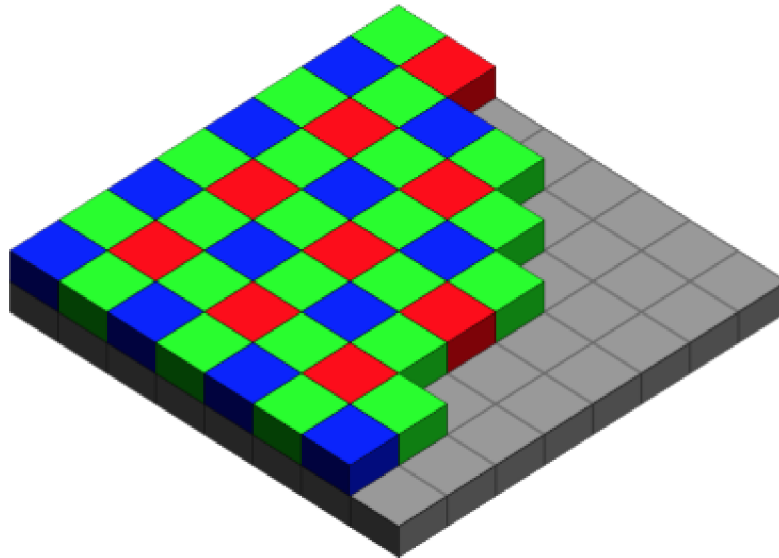
La norme aujourd'hui est de coder la couleur avec 24 bits (8 bits par couleur primaire soit valeurs ce qui donne environ 16 millions de couleurs).

Les capteurs et photosites : La plupart des téléphones portables sont équipés d'un appareil photographique numérique doté d'un capteur de lumière. Ce capteur se présente sous forme d'un quadrillage de cellules photosensibles appelées photosites.

Les photosites sont uniquement sensibles à l'intensité et non à la couleur.

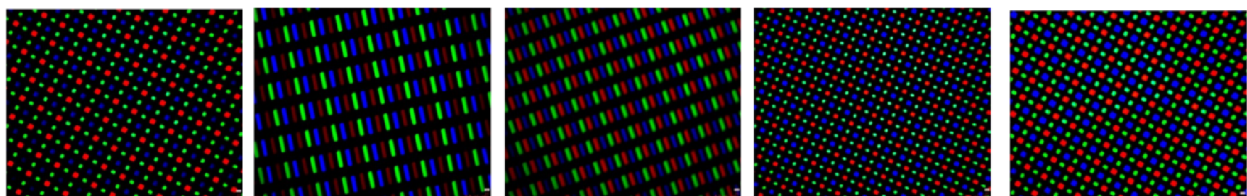
Une solution pour enregistrer les couleurs est alors de mettre des filtres devant chaque photosite, chacun ne laissant passer qu'une seule des composantes RVB (rouge, vert, bleu) du signal. La matrice de Bayer est l'ensemble de ces filtres.

Remarque : La matrice de Bayer est composée de petits carrés de 4 photosites (deux verts, un bleu et un rouge) correspondants à la répartition des cônes de la rétine.



Photosites recouverts d'une matrice de Bayer

Définition et résolution : Lors de l'observation des écrans, vous avez peut-être constaté des différences dans l'agencement ou la forme des pixels (des trois sous-pixels), suivant le modèle de smartphone observé.



Samsung Galaxy A5

Samsung Galaxy J1

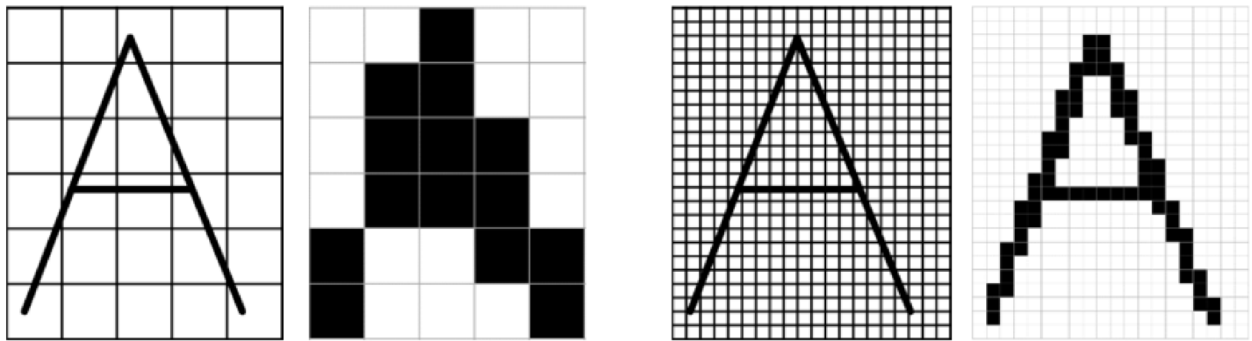
Echo Horizon

Galaxy Note 9

iPhone X

source : B. Castagnetto, académie de Strasbourg

L'illustration suivante montre que selon le nombre de pixels utilisés l'image obtenue n'a pas la même qualité.



La définition d'un écran (ou d'une image) est le **nombre de pixels qui le composent**, donné sous la forme où désigne le nombre de pixels en largeur et le nombre de pixels en hauteur. *Wikipédia*

Par exemple, un écran de définition 1 920 x 1 080 est composé de 2 073 600 pixels répartis uniformément sur toute sa surface. Dans les réglages de l'ordinateur, on peut changer cette définition, si on la baisse, la qualité de l'image affichée sera dégradée (plusieurs pixels se « regroupent » pour former un pixel plus grand).

La résolution d'un écran (ou d'une image) généralement exprimée en **dpi** (dot per inch) ou **ppi** (pixel per inch) est le **nombre de pixels disponibles sur une longueur d'un pouce** (environ 2,54cm).

Les algorithmes et les programmes : **Des algorithmes** permettent de traiter toutes les lumières, d'effectuer une retouche facile, avec une qualité maintenant bien supérieure à l'argentique. Avec l'arrivée du téléphone mobile, des algorithmes de fusion d'images permettent de concilier une excellente qualité avec un capteur et un objectif minuscules. De nombreux algorithmes sophistiqués sont utilisés dans les appareils de photographie numérique:

Lors de la **prise de vue**: calcul de l'exposition, mise au point, stabilisation par le capteur et/ou l'objectif, le tout en automatique ou manuel assisté, **focus-peaking** (scintillement des contours nets), prise en rafales rapides d'images multiples avant et après appui sur le déclencheur.

Lors du **développement de l'image** issue du capteur en une image pixellisée: gestion de la lumière et du contraste, balance des blancs, netteté, débouchage des ombres, **correction automatique** des distorsions ou des aberrations optiques.

Après le développement: **compression du fichier** (TIFF sans perte, JPEG avec perte).

En utilisant la fusion d'images: **réduction du bruit et amélioration de la netteté**, panoramas, HDR (High Dynamic Range), super-résolution par micro-décalages du capteur, **focus stacking** pour étendre **la netteté** avec plusieurs mises au point successives, **réduction du bruit** et amélioration de la netteté.

Certains appareils peuvent augmenter leurs fonctionnalités par téléchargement de nouveaux logiciels.

Les machines comme les algorithmes de prise de vue et de développement demandent beaucoup de calcul, les appareils embarquent **plusieurs processeurs**, généraux ou spécialisés. Les algorithmes prennent le relais des capteurs physiques en **calculant les pixels de l'image finale**: ils compensent par exemple les **distorsions des lentilles**. Des algorithmes permettent également de commander la mise au point et l'exposition automatique, ainsi que de **compenser** le bougé de l'utilisateur (stabilisation).

Impacts sur les pratiques humaines : La gratuité et l'immédiateté de la réplique des images introduisent de nouveaux usages de la photographie: à la photographie archive (histoire de famille) s'ajoutent la photographie à partager et la photographie utilitaire, prothèse de la mémoire(photo d'un ticket de caisse, d'une présentation lors d'une réunion de travail, d'une place de parking, etc.).

Les images s'intègrent à tous les dispositifs de communication et de partage, téléphones, Web et réseaux sociaux.

De nouveaux problèmes apparaissent, liés à la diffusion de photos qui ne disparaîtront jamais(notion de droit à l'oubli), au truchage difficile à détecter des images, au pistage des individus ou à l'obsolescence des supports. Est ainsi posée la question de l'archivage de photographies historiques, scientifiques ou culturelles.

Sources : éducol



Source : Wikimedia