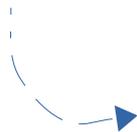




manuel utilisé et mentionné dans cette fiche →

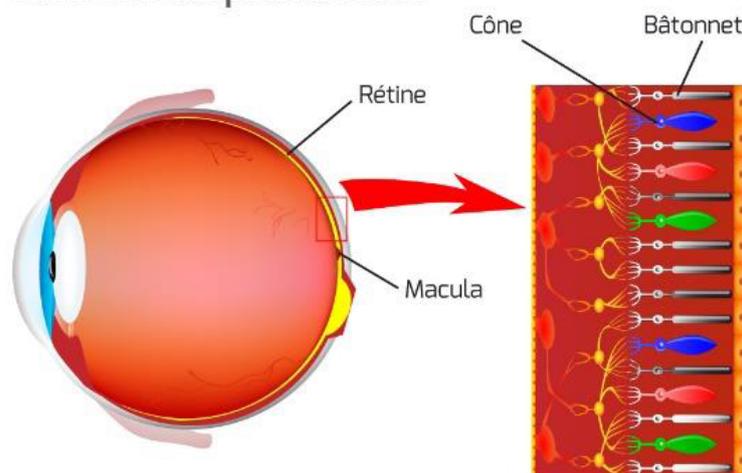
Regarder la vidéo suivante, vous y découvrirez le matériel et les logiciels que renferme le smartphone *Google Pixel 2*, présentés par l'équipe de conception (< 9 min ; activez les sous-titres, c'est passionnant !). Regardez attentivement, nous reviendrons sur certains points dans cette fiche.

https://youtu.be/PIbeiddq_CQ



PERCEPTION DES COULEURS PAR L'ŒIL

Schéma en coupe de la rétine



La lumière arrive et pénètre dans l'œil par la cornée, la pupille et le cristallin.

La lumière atteignant la rétine active des photorécepteurs (cellules en cônes et en bâtonnets).

Les cônes (sensibles au rouge, vert et bleu) captent les couleurs et les bâtonnets seulement la luminosité (en particulier les faibles luminosités).

Le signal capté par les photorécepteurs circule vers le nerf optique par des cellules nerveuses.

Les différentes informations sont transmises au cerveau qui les traite pour reformer une image complète.

Le cerveau réalise la **synthèse additive** des trois couleurs primaires perçues (Rouge Vert Bleu = **RVB** ; **RGB** en anglais) par les cônes et crée ainsi l'ensemble des couleurs observables.

C'est l'intensité de chaque couleur qui permet de créer une palette plus ou moins étendue.

CODE RVB/RGB

Chaque photosite capte une couleur (R, V ou B). L'intensité de cette couleur est codée en langage binaire par le capteur (vu à l'activité précédente) : on la code sur 1 octet (8 bits).

Donc **chaque couleur primaire prend une valeur comprise entre 0 et 255** (rappel : $2^8 = 256$).

Les 3 valeurs RVB permettent donc de coder (sur 3 octets) $2^8 \times 2^8 \times 2^8$ couleurs, c'est-à-dire 16 777 216 teintes (trente fois le nombre de couleurs différenciables par l'humain dans de bonnes conditions) !

Une couleur codée en RVB peut être notée RVB(q_r, q_v, q_b) où q_r est la quantité de rouge, q_v celle de vert et q_b celle de bleu, chaque quantité étant comprise entre 0 et 255.

Exemples : – la couleur de **ce mot** est RVB(153, 50, 204).

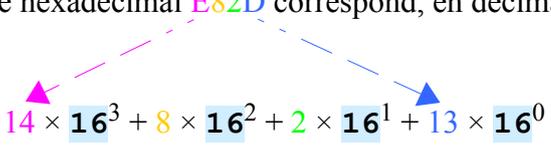
– la couleur correspondant au codage RVB(110, 164, 215) est ce bleu : .

Le plus souvent, on utilise un **codage hexadécimal** (base 16) pour coder ces couleurs. Celui-ci utilise 16 symboles (0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; A ; B ; C ; D ; E ; F) et permet de coder en un « mot » court un nombre très grand.

On code alors une couleur RVB avec un code du type **#******* :

- les deux premières étoiles ****** correspondent à q_r que l'on a codé en hexadécimal
- les deux étoiles ****** correspondent à q_v que l'on a codé en hexadécimal
- les deux dernières étoiles ****** correspondent à q_b que l'on a codé en hexadécimal.

→ Comment convertir de l'hexadécimal en décimal ? ←

BINAIRE (= BASE 2)	HEXADÉCIMAL (= BASE 16)
Utilise deux symboles : 0 et 1.	Utilise seize symboles : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.
	Avec la correspondance suivante des lettres : A ↔ 10 B ↔ 11 C ↔ 12 D ↔ 13 E ↔ 14 F ↔ 15
Le nombre binaire 11010 correspond, en décimal, à $1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ autrement dit 26.	Le code hexadécimal E82D correspond, en décimal, à  $14 \times 16^3 + 8 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 13 \times 16^0$ autrement dit 59437.

→ Exemple détaillé ←

La couleur (en hexadécimal) **#98E2CF** correspond donc à :

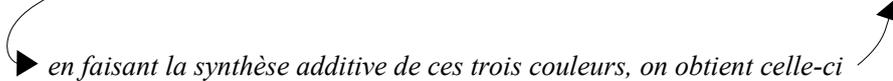
- une teinte de **rouge** (en hexadécimal) de **98**
- une teinte de **vert** (en hexadécimal) de **E2**
- une teinte de **bleu** (en hexadécimal) de **CF**.

Convertissons 98 en décimal : $9 \times 16^1 + 8 \times 16^0 = 152$.

Convertissons E2 en décimal : $14 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = 226$.

Convertissons CF en décimal : $12 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = 207$.

Conclusion : #98E2CF correspond à RVB(152, 226, 207), qui est la couleur de ce mot.

 en faisant la synthèse additive de ces trois couleurs, on obtient celle-ci

Finalement, en hexadécimal, les couleurs R, V ou B (rappel : codées sur 1 octet chacune) varient de 00, qui est la plus faible intensité d'une couleur, à FF qui représente l'intensité la plus élevée (FF correspond à $15 \times 16^0 + 15 \times 16^1 = 255$ en décimal).

Pour vous entraîner à convertir en décimal les 256 nombres hexadécimaux à deux symboles, voir sur le site : [conversion décimale des 256 nombres hexadécimaux à 2 symboles, en 13 séries d'exercices](#).

Série n°1 de 20 conversions

Convertir en décimal les nombres hexadécimaux suivants :

F0 ; E0 ; F6 ; 22 ; BC ; B9 ; C2 ; DD ; 3A ; BA ; 1D ; 98 ; 09 ; 74 ; 23 ; 00 ; 40 ; 99 ; 66 ; 01.

CORRECTION

F0 correspond, en décimal, à $15 \times 16^1 + 0 \times 16^0$ c'est-à-dire 240.

E0 correspond, en décimal, à $14 \times 16^1 + 0 \times 16^0$ c'est-à-dire 224.

Bien utile : allez sur <http://colorizer.org>, et trouvez¹ la couleur correspondant au codage RVB(215, 110, 164). Vous aurez le codage hexadécimal directement (très utilisé pour coder des pages Web en HTML par exemple).

On observe sur ce site qu'il existe d'autres façons de coder des couleurs :

- HSL (Hue, Saturation, Lightness/Luminance)
- CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black) noté CMJN en français (Cyan Magenta Jaune Noir)
- HSB (Hue, Saturation, Brightness), HSV (Hue, Saturation, Value)
- YUV² (Y = luminance = l'intensité de l'échelle de gris de l'image, U = chrominance [= quantité de coloration] de bleu, V = chrominance de rouge), etc.
- Etc.

Vous trouverez des schémas assez clairs en bas du site.

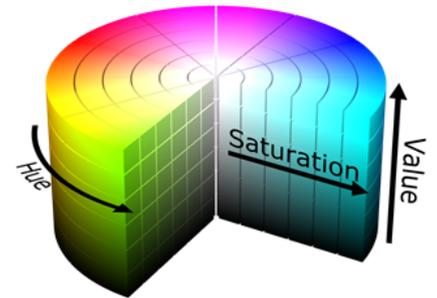
¹ Réponse : #D76EA4

² Pour information, ce système YUV, parfois noté YcbCr, est utilisé pour convertir une image en JPEG. En effet, cette compression se base sur la constatation suivante : l'œil humain est plus sensible à la luminance qu'à la chrominance. Il est par conséquent possible de dégrader la chrominance d'une image tout en gardant une bonne qualité. Une compression en JPEG convertit donc les valeurs RGB en YUV, puis applique une compression (modèle mathématique intéressant). Si ça vous intéresse, voir [Wikipédia](#) mais aussi [cet excellent article](#) de la revue Accromath (volume n°7, 2012). Accromath est une revue canadienne (en français) semi-annuelle produite par l'Institut des sciences mathématiques et le Centre de recherches mathématiques. Toutes les publications sont gratuitement disponibles sur leur site que je vous conseille de visiter, c'est juste passionnant : <http://accromath.uqam.ca/>

CODE HSL

Le code **HSL** (*Hue, Saturation, Luminance*, ou en français TSL) est un modèle de représentation dit "naturel", c'est-à-dire proche de la perception physiologique de la couleur par l'œil humain.

En effet, le modèle RGB aussi adapté soit-il pour la représentation informatique de la couleur ou bien l'affichage sur les périphériques de sortie, ne permet pas de sélectionner facilement une couleur : cela se fait généralement à l'aide de trois glisseurs ou bien de trois cases avec les valeurs relatives de chacune des composantes primaires. Or, l'éclaircissement d'une couleur demande d'augmenter proportionnellement les valeurs respectives de chacune des composantes.



HSL a donc été mis au point afin de pallier cette lacune du modèle RGB.

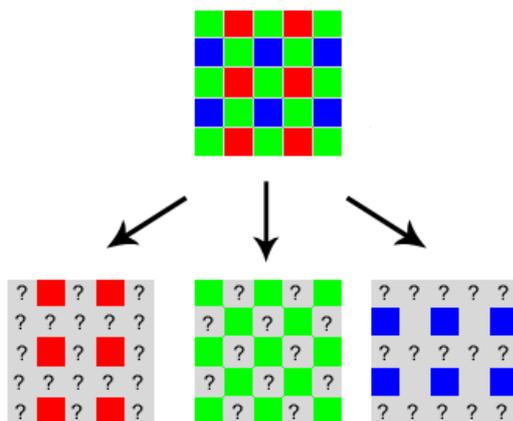
Le modèle HSL consiste à décomposer la couleur selon des critères physiologiques :

- la **teinte** (en anglais Hue), correspondant à la perception de la couleur
exemple : T-shirt mauve ou orange
- la **saturation**, décrivant la pureté de la couleur, c'est-à-dire son caractère vif ou terne
exemple : T-shirt neuf ou délavé
- la **luminance**, indiquant la quantité de lumière de la couleur, c'est-à-dire son aspect clair ou sombre
exemple : T-shirt au soleil ou à l'ombre.

DÉMATRIÇAGE

À [3:25](#) de la vidéo d'introduction, on parle de dématricage (*demosaicing*) mais il n'est pas expliqué le traitement appliqué pour passer des intensités (R, V, ou B) captées par les photosites à une couleur « vraie ».

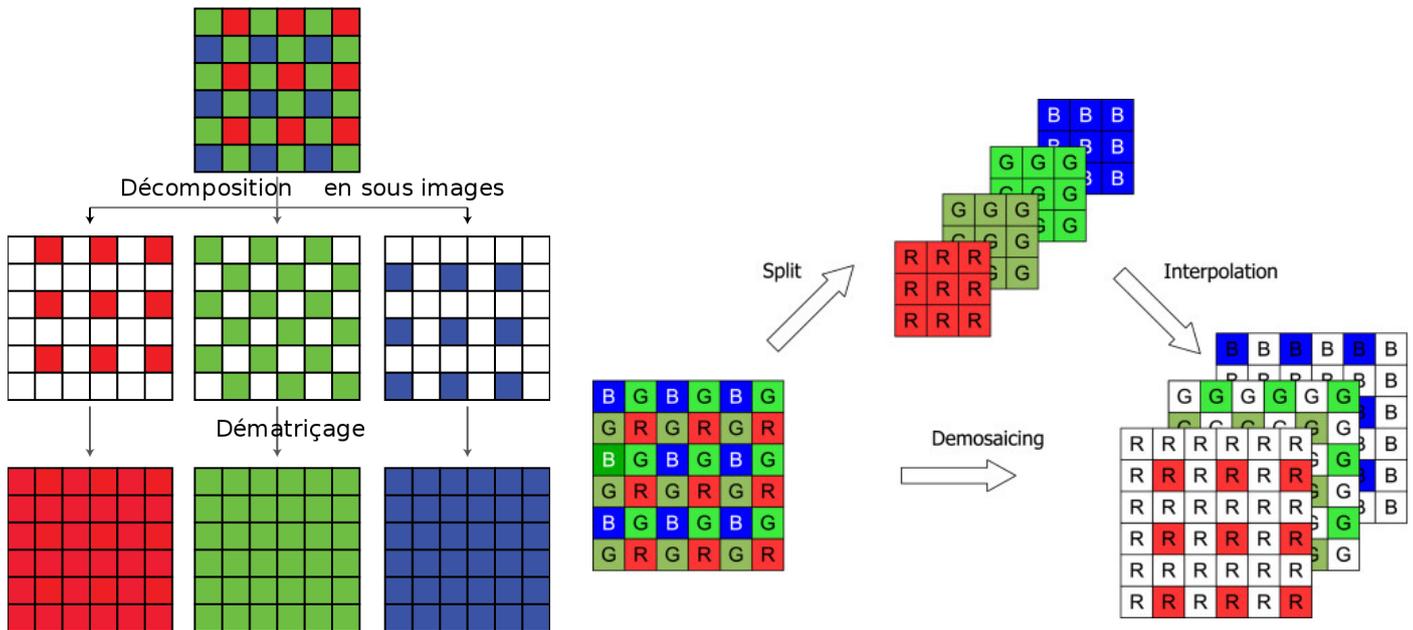
La couleur associée à chaque pixel est calculée à partir de photosites R, V et B (généralement dans des proportions respectives de 25 %, 50 %, 25 %) et les intensités captées par ces capteurs sont codées en langage binaire dans un fichier au format **RAW** (*raw* signifiant « brut » en anglais). Mais si l'on affiche ainsi les intensités captées, on obtient un fichier de ce type →



Il va falloir « remplir » les informations manquantes pour chaque photosite, car on veut associer à chaque photosite une couleur RVB et non pas seulement du R, du V ou du B.

Le **dématriçage** correspond à une interprétation des données transmises par le capteur et traitées par le processeur de votre appareil photo numérique ou par votre logiciel de retouche en vue de générer une image.

Tout appareil qui affiche une image a donc appliqué des algorithmes sur ce fichier RAW : c'est le **dématriçage** ! Dans cette opération, on va faire ce qu'on appelle une **interpolation**, c'est-à-dire appliquer des algorithmes mathématiques (il en existe des milliers !).

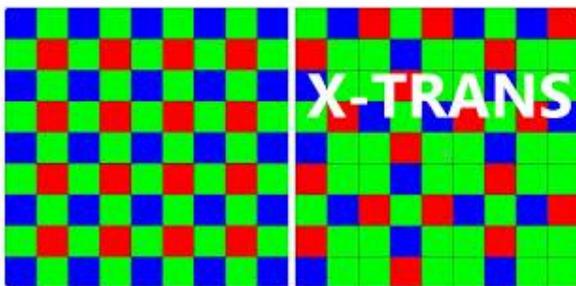


Un fichier RAW contient donc les données brutes du capteur : le fichier est plus volumineux que celui au format JPEG par exemple, mais il n'a pas subi de transformations irréversibles, ce qui permet de retravailler sans dommage.

Chaque fabricant d'appareil photo numérique ou éditeur de logiciel de traitement RAW a son propre algorithme pour dématriçer. Il existe des milliers de fichiers RAW différents (un par appareil) et donc un nombre colossal d'algorithmes de développement qui existent pour interpréter ces types de fichiers !

Pour conclure, approfondir et faire un bilan sur ce qui a été vu jusqu'à présent :

[lire cet excellent article](#) (≈ 4 min)



<https://youtu.be/1bHaUI1yGGA?t=113>
(≈ 2 min)

Regarder l'extrait de la vidéo suivante (à partir de 1:53, cliquer sur le lien ou l'image) qui vous montrera rapidement l'utilisation du logiciel **darktable** pour afficher un fichier RAW et faire le dématriçage de son choix sur ce fichier !

[darktable](#) est un logiciel libre de traitement d'image non-destructif et sans perte, principalement axé sur le traitement de photographies numériques brutes de capteur (RAW), mais il supporte aussi les fichiers compressés comme JPEG.

→ Pour voir de magnifiques exemples d'images « RAW », « JPG » et travaillées en « post-RAW » ←
→ → → [cliquer ici](#) ← ← ←