

LA GESTION DE LA COULEUR

LES COULEURS

L'œil est un organe extrêmement complexe, fruit d'une très longue évolution. C'est lui qui nous permet de voir le monde en couleur. Mais comment le fait-il ? Qu'est-ce que la couleur ? Pourquoi et quand parle-t-on de gamma ? Comment la représenter numériquement ? Autant de questions auxquelles je vais tenter de répondre maintenant.

L'oeil et la vision de la lumière

Propriétés de la lumière

La couleur est une propriété de la lumière qui est une onde électromagnétique. Comme toutes les ondes, elle peut avoir des fréquences différentes qui lui donnent justement sa "couleur". Quand les longueurs d'ondes sont courtes - vers 380 nm - elles sont perçues comme du bleu-violet par un œil humain "standard" et quand elles sont plus longues - vers 700 nm - elles sont perçues comme rouge. L'ensemble des ondes visibles s'appelle le spectre de la lumière visible. Au-delà du spectre visible pour l'homme se trouvent les ultraviolets et les infrarouges, entre autres. On obtient traditionnellement un spectre de la lumière du soleil si on la fait passer à travers un prisme ou encore à travers des gouttelettes d'eau. Ce qui peut créer un arc-en-ciel dans certaines conditions.

Spectre de la lumière visible : de l'ultraviolet à l'infrarouge.



L'œil

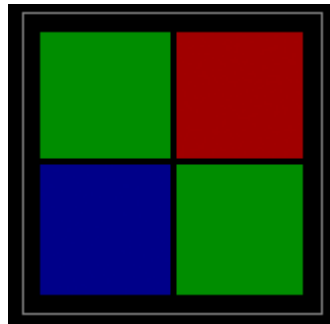
Une image est formée par la cornée et projetée au fond de l'œil, sur la rétine. Celle-ci est littéralement tapissée de cellules nerveuses - les photorécepteurs - sensibles à la lumière en quantité - la luminosité - grâce aux bâtonnets, mais aussi en qualité - les couleurs - grâce aux cônes. Les cônes (sensibles donc aux couleurs) ne sont pas tous

sensibles à la couleur de la lumière de la même façon. Certains sont surtout sensibles dans le rouge, d'autres dans le vert et enfin les derniers dans le bleu.

Pourtant l'oeil voit bien toutes les couleurs du violet au rouge de manière continu donc c'est par le mélange de ces trois couleurs que le cerveau est capable de "fabriquer", de reconstituer, toutes les autres couleurs. Voilà pourquoi les écrans ou les capteurs des APN possèdent des luminophores RVB ! Ils simulent grâce à trois types de luminophores ou de pixels le comportement de l'oeil.

Remarques amusantes !

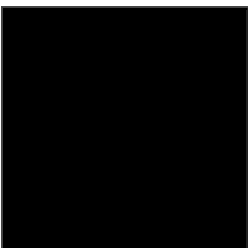
L'oeil n'est pas sensible à toutes les couleurs de la même façon, de même d'ailleurs qu'il est plus sensible à de petits écarts de luminosité dans les basses lumières que dans les hautes; Les scientifiques ont remarqué que l'oeil avait une sensibilité plus étendue dans le vert que dans les deux autres couleurs primaires (RB). Voilà tout simplement pourquoi les capteurs des APN possèdent deux pixels verts pour un pixel rouge et un bleu quand on le regarde de près avec une loupe très grossissante. Il en va de même avec les écrans.

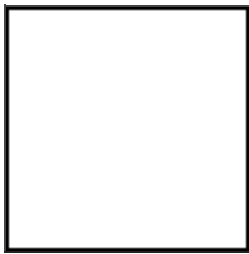


Des millions de couleurs avec trois ou quatre !

Un moniteur ou une imprimante ne travaillent pas avec les couleurs de la même manière : l'écran, comme l'œil, travaille avec des couleurs dites additives - Rouge, Verte, Bleue ou RVB pour donner du blanc par addition - alors qu'une imprimante travaille en mode soustractif - Cyan, Magenta, Jaune, Noir ou CMJN pour donner du noir par soustraction -.

Concrètement, avec un écran qui travaille donc en mode additif, si





En haut : Les trois couleurs additives - RVB - ;
En bas : les trois couleurs + une, soustractives - CMJ et N -

Merci à Ivan Lammerant - [site](#).

l'on n'envoie aucun signal RVB aux canons à électrons (0, 0, 0), l'écran reste noir. Il est noir par défaut. Pour obtenir du blanc (255, 255, 255) il faut envoyer autant d'électrons sur les phosphores Rouge, Vert et Bleu, comme le montre la *figure ci-contre, en haut*. Les autres couleurs sont obtenues en changeant le pourcentage de chaque couleur primaire. Pour afficher du jaune par exemple (255, 255, 0), il faut arrêter d'exciter les phosphores bleus (l'écran est bien jaune à l'intersection entre le vert et le rouge car les luminophores bleus sont éteints). Seules trois couleurs ne nécessitent qu'un seul luminophore. Les trois couleurs primaires et leurs déclinaisons en luminosité (de 0 à 255). *Toutes* les autres, c'est-à-dire les millions d'autres, seront un pourcentage d'au moins deux luminophores primaires plus ou moins lumineux.

Avec une imprimante, on part d'une feuille de papier déjà blanche par défaut car elle réfléchit à parts égales toutes les longueurs d'onde de la lumière visible. Donc là, c'est le contraire, si l'on veut du noir il va falloir projeter sur cette feuille de l'encre aux couleurs complémentaires, c'est-à-dire Cyan, Magenta et Jaune qui ont la particularité d'absorber à chaque fois une partie de la lumière visible. Dans la pratique il faudra aussi rajouter de l'encre Noire car 100% des trois autres couleurs ne permettent pas d'obtenir un noir profond à cause des impuretés contenues dans les encres mais un brun très foncé. Ces encres projetées au même endroit vont avoir la propriété d'absorber *toutes* les radiations lumineuses. Cet endroit apparaîtra donc noir maintenant. Si l'on veut que le papier paraisse bleu, il faut projeter dessus, au même endroit, du magenta et du cyan. Toutes les radiations lumineuses, sauf le bleu, seront absorbées. Seules les longueurs d'ondes bleues de la lumière seront réfléchies à cet endroit.

Par convention, il a été décidé par la Commission Internationale de l'Éclairage - La CIE - que la couleur rouge primaire est une lumière d'une longueur d'onde de 700 nm, le vert de 546 nm et le bleu de 436 nm. Sur un bon écran, les phosphores RVB excités par le canon à électron devront émettre des couleurs primaires les plus proches possible de ces trois longueurs d'ondes.

Enfin, il est important de savoir comment on décrit "informatiquement" une couleur. Typiquement, les couleurs sont décrites grâce à trois ou quatre chiffres selon que l'on travaille en RVB ou en CMJN. Ainsi telle couleur sera notée - 158, 128, 84 - en RVB et - 80%, 64%, 21%, 12% - en CMJN. Mais pourquoi ces chiffres et à quelle couleur perçue par un œil cela correspond-il ?



Les couleurs et l'informatique

Les couleurs et l'informatique

Des chercheurs ont réussi à modéliser numériquement la complexité des couleurs. Ils ont dû partir du fonctionnement de base des ordinateurs, c'est-à-dire des 0 et des 1 (on appelle cela un bit). Il leur

BIT ou OCTET : un 0 ou un 1 forme un bit. Un octet est constitué de 8 bits, c'est-à-dire une séquence de huit 0 ou 1. Cela représente 2 possibilités (0 ou 1) puissance 8 cad $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 256$ combinaisons !

a fallu inventer des modèles basés sur ces 0 et 1 pour afficher, par exemple, telle ou telle couleur sur un écran. Ces modèles mathématiques sont le bit et l'octet (Un octet est égal à 8 bits). Je vais prendre comme exemple un luminophore rouge de mon écran et admettre que je n'aie que ces deux chiffres à ma disposition car je possède un ordinateur vraiment très rudimentaire! Soit j'envoie un 1 (un courant électrique) et je l'allume, soit j'envoie un 0 (aucun signal électrique) et il reste donc éteint. Je dis que mon signal possède 1 bit. J'ai donc deux possibilités : 0 ou 1. 0 pour dire au signal : éteint ou 1 pour dire au signal : allumé ! Cependant, je sais que mon écran aujourd'hui est capable d'afficher ce luminophore rouge plus ou moins clair, avec des différences subtiles. Il en est de même pour les deux autres couleurs V et B. Le but, ne l'oublions pas, est d'afficher une infinité de couleurs ! J'ai donc besoin de plus d'un bit mais alors de combien de chiffres pour coder mon signal ?

- Avec un chiffre : 0 ou 1 me donne 2 possibilités. Mon signal est codé sur 1 bit qui s'écrit 2 puissance 1 - 2^1 -
- Avec deux chiffres : 00 ou 01 ou 10 ou 11 me donne 4 possibilités de niveaux de luminosité : éteint, foncé, clair, très clair. Mon signal est codé sur 2 bits - 2^2 -.
- Avec trois chiffres : 000 ou 001 etc. me donne 8 possibilités. Mon signal est codé sur 3 bits - 2^3 - soit $2 \times 2 \times 2$.
- Et ainsi de suite... mais jusqu'à combien ?

Après avoir réalisé des tests sur de nombreux êtres humains, d'autres chercheurs de la CIE, vers 1930, ont constaté qu'il fallait, dans le meilleur des cas, 200 nuances dans un dégradé d'une couleur pour qu'il soit perçu comme continu, comme dans l'exemple ci-dessous. Il y a au moins deux cents nuances d'orange dans le dégradé ci-dessous.



Donc sur combien de bits - combien de chiffres - dois-je coder mon signal pour avoir à ma disposition au moins 200 combinaisons ? Le résultat est 2 puissance 8 (2^8) = 256 niveaux possibles de 0 à 255 (avec 7 chiffres - 2^7 - je n'aurais eu que 128 combinaisons possibles). Et cela pour chaque couleur. J'ai donc $256 \times 256 \times 256$ combinaisons possibles soit plus de 16,7 millions !!! Pour bien faire, j'en ai réellement besoin de : $200 \times 200 \times 200 = 8$ millions donc j'ai même de la marge. Je possède donc 16,7 millions de définitions informatiques RVB différentes pour décrire en fait 8 millions de couleurs.

Note à propos des définitions de couleurs

Il va sans dire que comme l'oeil ne peut percevoir que 200 nuances par couleur dans le meilleur des cas, il percevra la même couleur,

que l'écran affiche 200,200,200 ou 200, 200, 201 ou encore 199, 200, 200 donc trois définitions différentes de couleur, dans cet exemple sachant que j'aurais pu continuer encore un peu. C'est pour cela que l'on parle de définition de couleur et non de couleur quand on décrit une couleur par un signal RVB. Un signal RVB décrit numériquement une couleur mais n'est pas une seule couleur.

On dit que le signal est codé en 24 bits - 3×8 bits - donc sur trois octets puisque un octet = 8 bits. Chaque signal est donc une succession de huit 0 ou 1 et cela trois ou quatre fois, pour chaque couleur RVB ou CMJN. Un signal RVB s'écrira donc sous la forme - 255, 112, 44 par exemple (Le rouge complètement allumé, le vert à 112 et le bleu à 44 soit relativement sombre).

Les chiffres et les couleurs !

Maintenant que l'on sait comment se représenter une couleur numériquement, envoyons un signal RVB donné, toujours le même - 255, 112, 44 - vers plusieurs écrans différents (comme sur les murs d'écrans des magasins d'électroménager). Que se passe-t-il ? Aucun n'affiche la même couleur !!!

Très important !

A un signal numérique donné - donc à un couple RVB donné - peut donc correspondre plusieurs sensations colorées pour une personne douée d'une vue "normale" si on l'envoie vers plusieurs écrans, par exemple ! Il est fondamental en gestion des couleurs d'avoir toujours cette notion à l'esprit et donc dans ce qui va suivre.

Un signal RVB ne représente pas réellement une couleur mais une donnée numérique (une définition de couleur) qui, envoyé vers un appareil donné est traduit par une couleur donnée (une couleur LAB).

Si je veux afficher une même couleur sur plusieurs écrans, je devrai donc leur envoyer un signal RVB différent ! Si je veux afficher un gris neutre moyen (normalement 100, 100, 100) sur des écrans différents, je vais donc devoir leur envoyer des signaux RVB x, y, z différents et non x, x, x . Cette information sera contenue dans leur profil ICC une fois que je les aurai calibrés.

Comment alors se représenter une seule couleur perçue par un œil standard pour un couple numérique si, pour un écran donné, je dois lui envoyer un signal RVB xyz et non xxx pour qu'il affiche pourtant une couleur neutre ? Il revient encore une fois à la CIE le mérite de répondre à cette question. C'est ce que nous allons voir avec les espaces et Modèles colorimétriques, sur la page suivante. Mais avant cela, je souhaite apporter encore une précision de taille puisqu'il s'agit de la notion de gamma.