

Lumière et couleurs

1. Combien existe-t-il de couleurs ?

Voilà une question qui quand elle est posée en classe donne généralement une multitude de réponses. « Trois » répondent certains, les trois couleurs fondamentales disent-ils. Mais quand on leur demande quelles sont ces couleurs fondamentales, certains citent le rouge, le jaune et le bleu (c'est ce qu'enseignent parfois les professeurs de dessin) d'autres énoncent le rouge, le vert et le bleu (ce sont en effet les trois couleurs fondamentales en télévision et pour tous les écrans). On pourrait tout aussi bien dire le magenta, le jaune et le cyan : les couleurs des cartouches de nos imprimantes. Bref, il est difficile de trouver un accord sur ces trois couleurs fondamentales.

D'autres encore évoquent les sept couleurs de l'arc en ciel. Cette explication est l'occasion de rappeler que cette théorie vient d'Isaac Newton l'un des premiers scientifiques à s'être penché sur la question de la nature des couleurs. Il aimait croire qu'il y avait une analogie entre les couleurs et le son, et pour prouver sa théorie, a quelque peu triché pour démontrer l'existence des soi-disant sept couleurs fondamentales (rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo et violet) correspondant chacune à une note de la gamme (La, Si, Do, Ré, Mi, Fa, Sol)

D'autres rétorquent que **l'arc-en-ciel ne possède pas non pas sept couleurs, mais six : trois couleurs fondamentales ou primaires (rouge, bleu, jaune) et trois couleurs composées ou complémentaires (vert, orange, violet).**

Enfin il y a ceux qui disent qu'il existe une infinité de couleurs. Et ce sont ces derniers qui ont raison. Il n'y a pas de couleurs plus fondamentales que d'autres mais les observations précédentes ne sont pour autant pas dénuées de fondements, tâchons de faire la lumière sur ce sujet.

2. Qu'est-ce que la lumière ?

La page fr.wikipedia.org/wiki/Couleur nous explique ceci :

La lumière visible est la partie du spectre électromagnétique qui est visible pour l'œil humain. Il n'y a pas de limite exacte au spectre visible : l'œil humain adapté à la lumière possède généralement une sensibilité maximale à la lumière de longueur d'onde d'environ 550 nm, ce qui correspond à une couleur jaune-verte. Généralement, on considère que la réponse de l'œil couvre les longueurs d'ondes de 380 nm à 780 nm.



Figure 1 – Spectre visible (les couleurs de l'arc en ciel)

La lumière est une onde électromagnétique et la couleur est la perception que nous avons des différentes longueurs d'onde ou inversement des fréquences qui caractérisent ces ondes. Ces deux grandeurs fréquences et longueur d'onde sont étroitement liés.

La longueur d'onde, généralement représentée par la lettre λ (*lambda*) multipliée par la fréquence de l'onde correspondante donne la vitesse de la lumière dont la valeur approximative est de 300.000 km/s soit $3 \cdot 10^8$ m/s.

Le tableau qui suit donne des longueurs d'onde et les fréquences pour les prétendues sept couleurs de l'arc en ciel selon Newton

Couleur	Longueur d'onde γ	Fréquence f
Violet	0,400 nm	750 nm
Indigo	0,430 nm	698 nm
Bleu	0,470 nm	638 nm
Vert	0,530 nm	566 nm
Jaune	0,580 nm	517 nm
Orange	0,600 nm	500 nm
Rouge	0,650 nm	462 nm

Longueurs d'onde et fréquences associées aux soi-disant 7 couleurs de l'arc en ciel

L'œil humain est sensible qu'à une certaine fourchette de longueurs d'onde. En deçà de 380 nm (nanomètres = 10^{-9} m), les ondes sont infrarouges. Elles sont invisibles à nos yeux mais perçues pour certaines longueurs d'onde comme un rayonnement de chaleur. Au-delà de 780 nm, ce sont les ultra-violets (UV) eux aussi imperceptibles visuellement mais qui font brunir notre peau.

3. Perception des couleurs

Comment se fait-il que les couleurs ne soient pas perçues de manière identique par chacun ? Qu'elles semblent varier selon l'éclairage ambiant, en pleine lumière ou dans la pénombre ? Comment se peut-il qu'un mélange de couleurs apparaisse comme une troisième couleur pas toujours intuitivement intermédiaire ? Il faut, pour tirer tout cela au clair, comprendre comment notre œil synthétise les teintes que nous percevons.

Les cellules photosensibles de l'œil se classent en deux catégories : les bâtonnets et les cônes.

Les 120 millions de bâtonnets qui tapissent le fond de la rétine, nous renseignent sur la quantité de lumière perçue, contre +/- 6 millions de cônes sensibles aux couleurs.

Dans le schéma ci-dessous, la courbe en pointillés représente la sensibilité des bâtonnets par rapport à la longueur d'onde. Les bâtonnets sont beaucoup plus sensibles que les cônes. Ces derniers ne réagissent plus lorsque la lumière est insuffisante. « *La nuit tous les chats sont gris* »

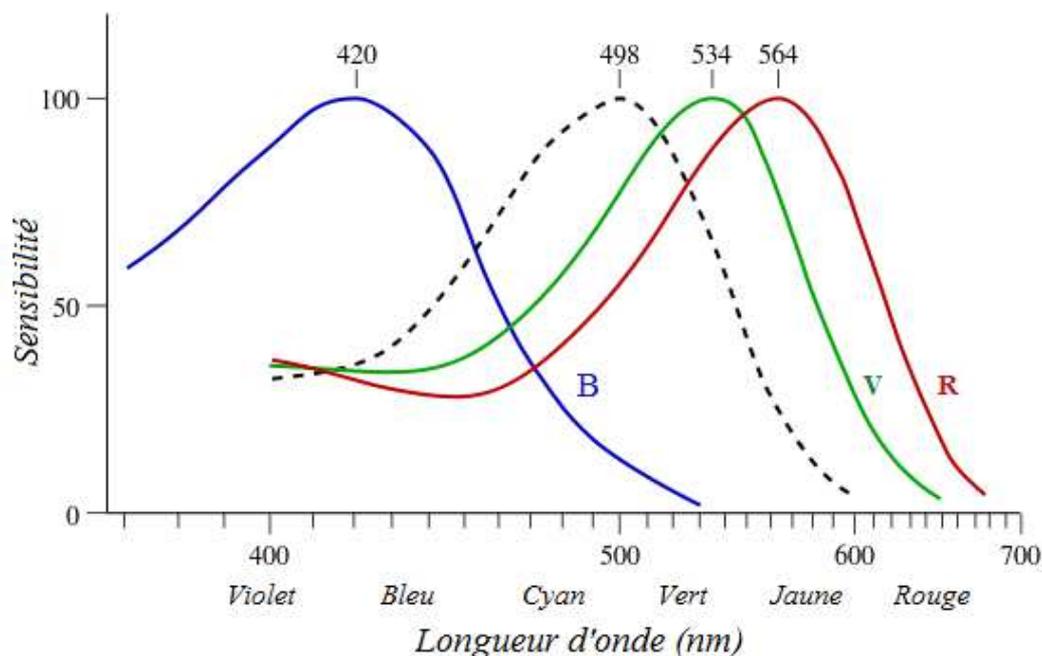


Figure 2 – Sensibilité relative des cônes et des bâtonnets par rapport aux longueurs d'onde

Les courbes R, V et B concernent les cônes et représentent les sensibilités au rouge, au vert et au bleu. Notre cerveau synthétise ces différents signaux. Il mélange tout et ne nous permet pas de faire la différence entre des couleurs monochromatique et polychromatique. Rien ne nous permet de faire la différence entre un éclairage orange et un mélange de rouge et de jaune. Et c'est tant mieux, car sans cela les écrans et les imprimantes pour restituer des millions de couleurs devraient être bien plus sophistiqués. Il suffit d'un assemblage de trois couleurs de base pour recomposer l'ensemble des couleurs.

Il faut remarquer aussi que toutes les couleurs obtenues par ces mélanges ne font pas partie de celles qui composent le spectre visible. Les gris, la couleur marron, le magenta, le doré etc. sont des mélanges polychromatiques de plusieurs couleurs. Il n'existe pas de rayonnements monochromatiques qui correspondent à ces couleurs.

4. Synthèse additive

Imaginez un écran blanc dans une salle obscure. Il reflète parfaitement et à l'identique toutes les couleurs qui y sont projetées. C'est ce qui rend le cinéma possible.

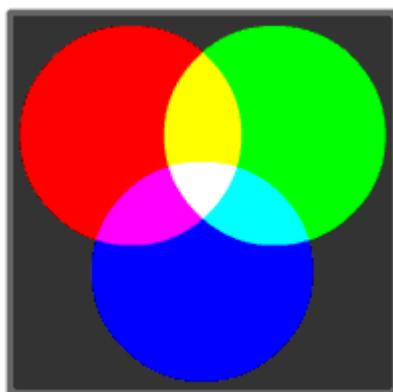


Figure 3
Mélange de trois faisceaux de lumières rouge, verte et bleue.
RVB

Lorsque l'écran est éclairé par un projecteur de lumière verte, il ne reflète que cette teinte. Là où l'écran est éclairé par un spot bleu, il reflète cette même couleur. Mais la partie d'écran qui est éclairée à la fois par le vert et par le bleu reflète ces deux couleurs simultanément. Les cônes sensibles au vert et ceux réceptifs au bleu perçoivent ces deux couleurs ensemble et, dans cette zone de l'écran, notre œil est incapable de distinguer les deux couleurs d'origine. Il additionne leurs luminosités. La combinaison du vert et du bleu est donc plus claire. Elle est perçue comme une coloration différente que nous appelons cyan. Ce cyan est, si l'on se réfère à la suite des couleurs de l'arc en ciel une longueur d'onde intermédiaire située entre le bleu et le vert.

De même, pour l'intersection des zones éclairées en vert et en rouge, notre œil synthétise ce mélange, vert plus rouge, comme s'il s'agissait d'une longueur d'onde intermédiaire : le jaune. Le jaune est une sorte de moyenne entre la longueur d'onde du rouge et celle du vert. L'intersection éclairée par les deux projecteurs, vert et bleu, a une plus forte luminosité. Le jaune nous paraît plus clair que le rouge ou le vert superposés.

Enfin, le rouge et le bleu s'additionnent pour donner une couleur une nouvelle fois plus claire que l'on appelle magenta. Notez que ce magenta n'existe pas à l'état monochromatique. Cette couleur n'existe pas dans l'arc en ciel. C'est un mélange, une couleur polychromatique.

Idem pour le mélange des trois couleurs qui donne du blanc. Cette couleur plus lumineuse encore, n'existe pas non plus dans l'arc en ciel.

Le rouge, le vert et le bleu (RVB) (ou RGB Red - Green - Blue) sont les trois couleurs fondamentales pour les écrans, les projecteurs et tous les appareils qui produisent de la lumière colorée.

Expérience : Vous pouvez obtenir facilement la décomposition d'une couleur quelconque en ces 3 couleurs fondamentales à l'aide du programme PAINT. Après avoir prélevé une couleur avec l'outil pipette, actionnez l'outil Modifier les couleurs. Les composantes RVB de la couleur choisie sont affichées en bas à droite de la boîte de dialogue.

Les valeurs données à chacune des composantes, rouge, verte et bleue peuvent aller de 0 à 255. C'est en jouant sur ces valeurs que l'on pourra créer les nuances de couleurs.

Exemple : Beaucoup de rouge (255) avec une valeur moindre pour le vert (128) donne non pas du jaune mais de l'orange/

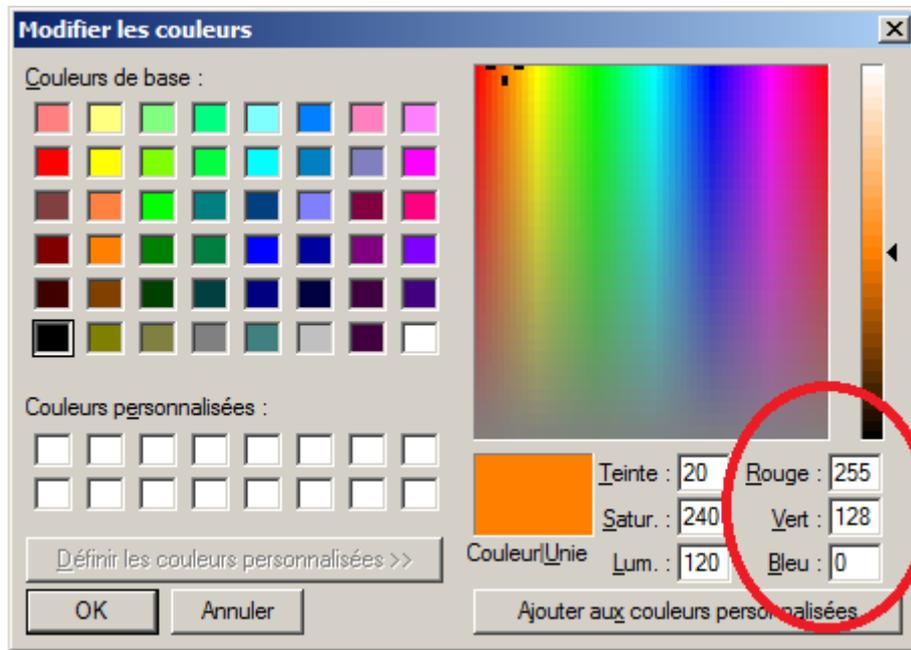


Figure 4 – Utilisation de la commande Modifier les couleurs de Paint pour tester les composantes rouge, verte et bleue d'un couleur.

5. Synthèse soustractive

La synthèse soustractive s'applique lors de mélange d'encres de couleurs sur un support blanc comme dans le cas des imprimantes. L'encre colorée agit comme un filtre qui absorbe une partie de la lumière. Les filtres superposés donnent une couleur de plus en plus sombre.

Partons des trois couleurs claires utilisées dans les imprimantes : le cyan, le magenta et le jaune.

La superposition d'une encre jaune et du magenta donne du rouge.

Celle du jaune et du cyan donne du vert,

tandis que du cyan et du magenta donne du bleu.

Le mélange de ces trois couleurs donne en principe la plus foncée des couleurs, le noir. En principe, car en pratique une cartouche d'encre noire sera nécessaire pour obtenir un noir plus "profond".

Au lieu d'être codée en RVB, les couleurs peuvent tout aussi bien être codées à partir d'autres couleurs primaires : le cyan, le magenta, le jaune et le noir. C'est le codage CMJN.

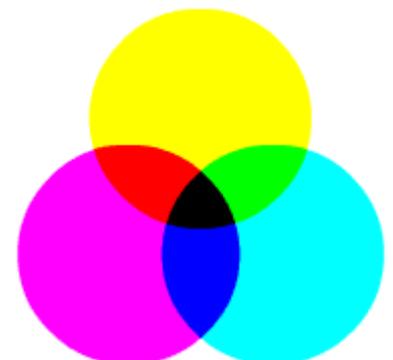


Figure 5 - CMJN

6. Bibliographie

<http://pourpre.com/> Les mondes de la couleur / les couleurs du monde

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Couleur>