

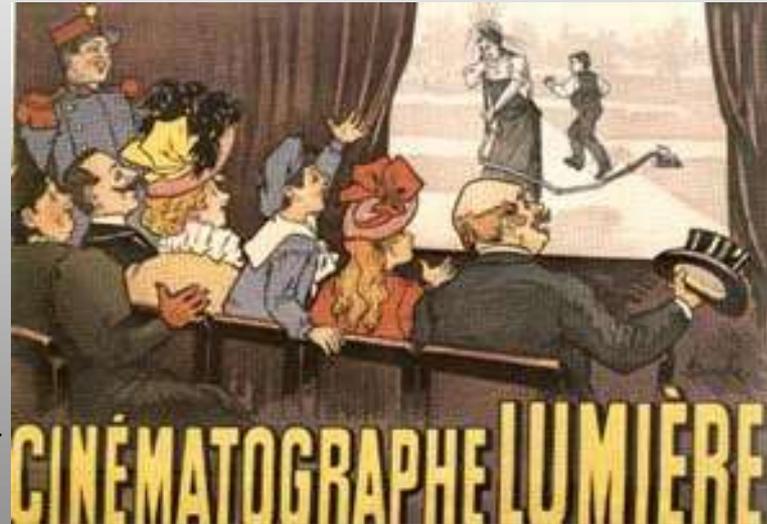
RECEPTEUR L'ŒIL

Classification des couleurs

« Si vous pouvez, sans le savoir, créer des chefs-d'œuvre de couleur, votre voie est de ne pas savoir. »

Mais si, de votre absence de science, vous ne pouvez tirer de chefs-d'œuvre vous devez essayer de vous instruire. »

Johannes Itten



EXTRAITS DU COURS

« LA PRISE DE VUES CINÉMATOGRAPHIQUE ET VIDEO MONOCAMERA »

L'OEIL

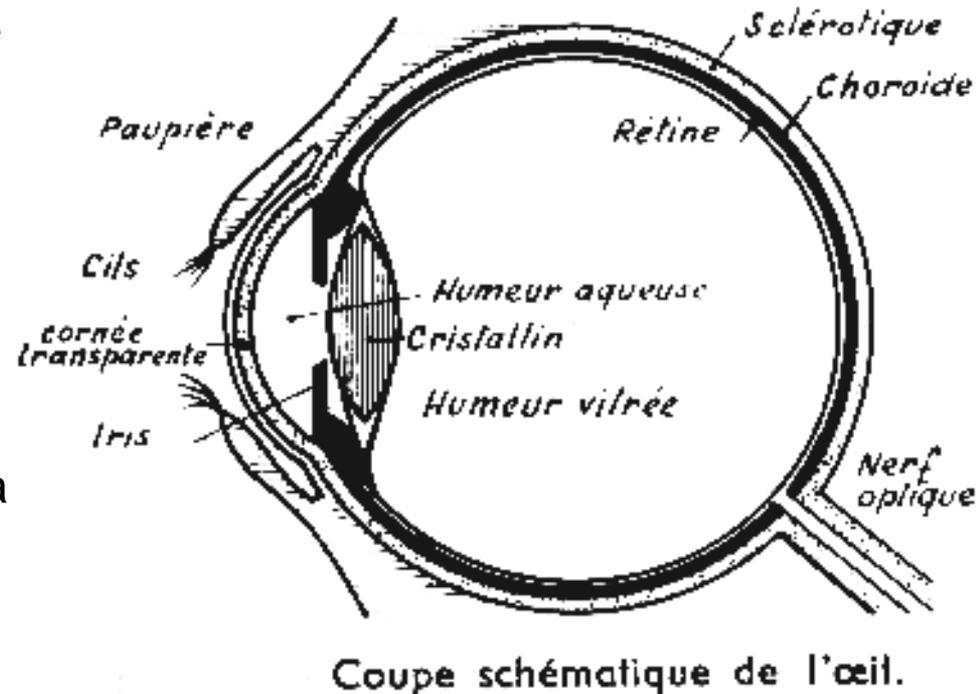


Extrait du DVD EDF
« Que la lumière fuse »

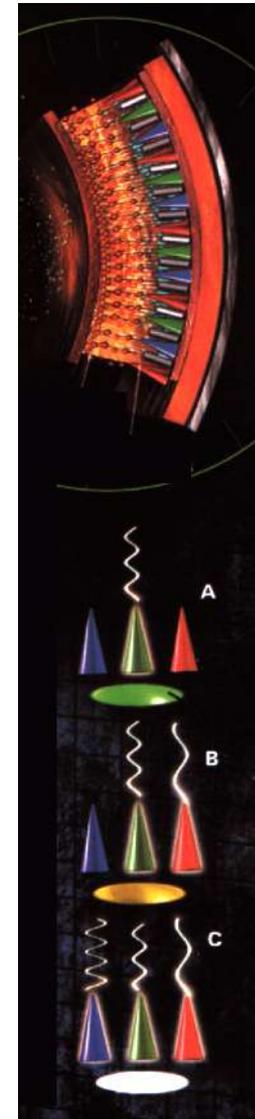
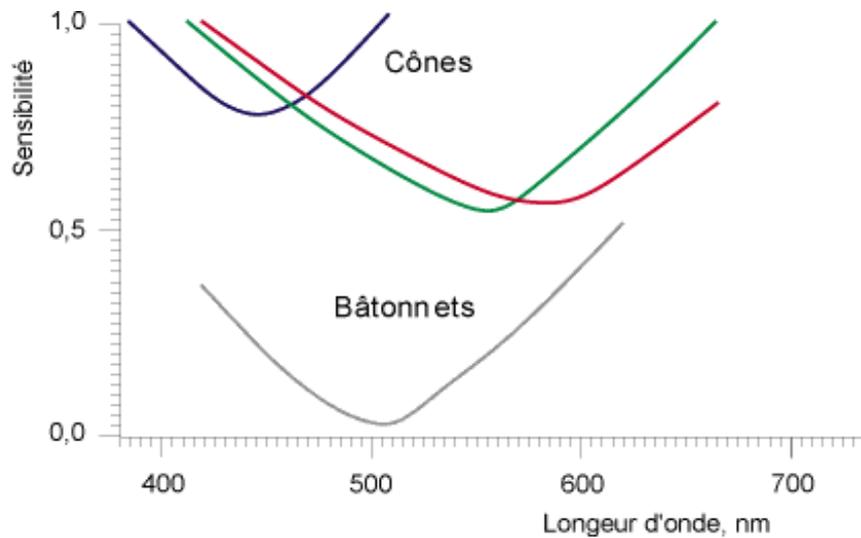
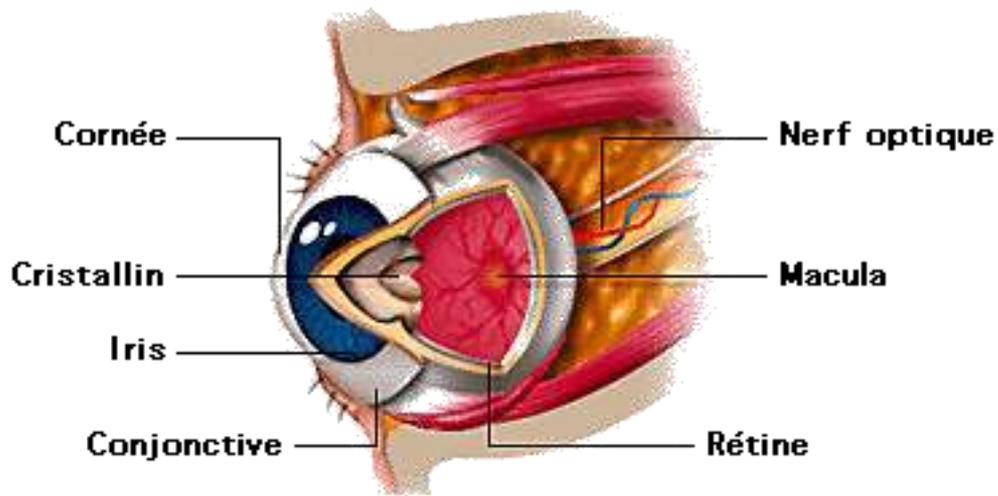
L'ŒIL

Les bâtonnets sont des récepteurs de la rétine dédiés aux conditions de faibles éclaircements : vision nocturne ou vision scotopique (crépusculaire). Leur sensibilité maximale se situe vers les 510 nanomètres. Ces photorécepteurs seraient au nombre de 100 millions dans la rétine.

Les cônes sont des cellules photosensible de la rétine dédiés à la perception des couleurs en vision diurne ou photopique. L'œil utilise trois sortes de cônes qui sont respectivement dédiés à la vision du rouge, du vert et du bleu. La vision colorée est donc trichromatique



L'ŒIL



L'ŒIL

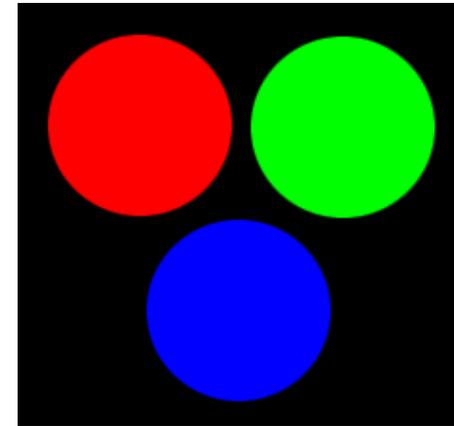
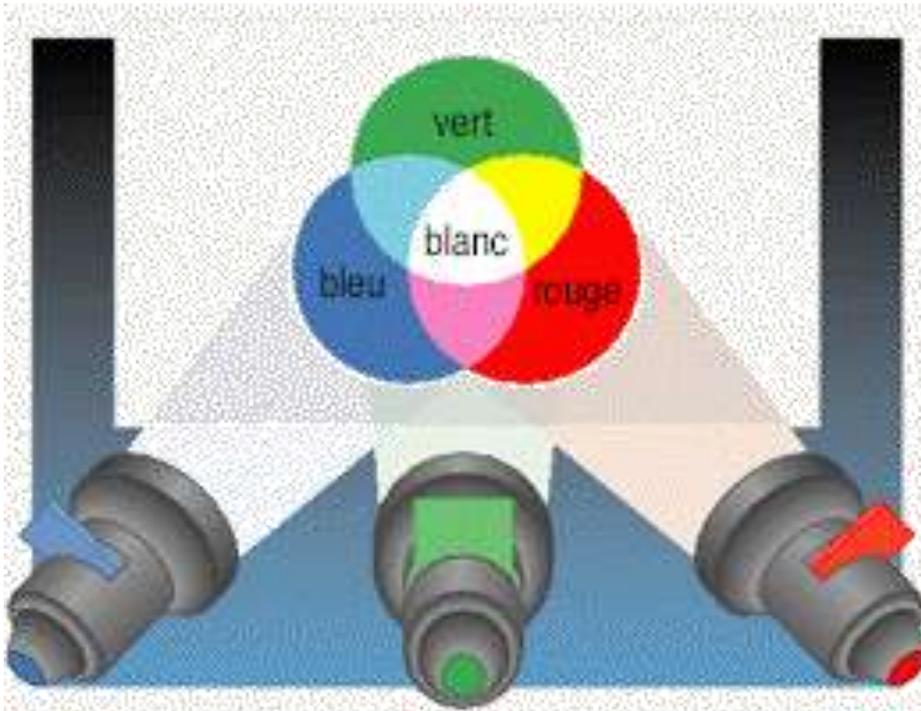
Synthèse additive



Extrait du DVD EDF « Que la lumière fuse »

L'ŒIL

Synthèse additive



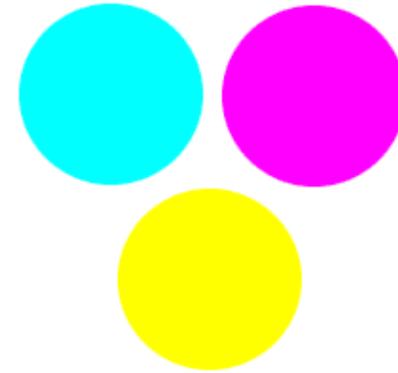
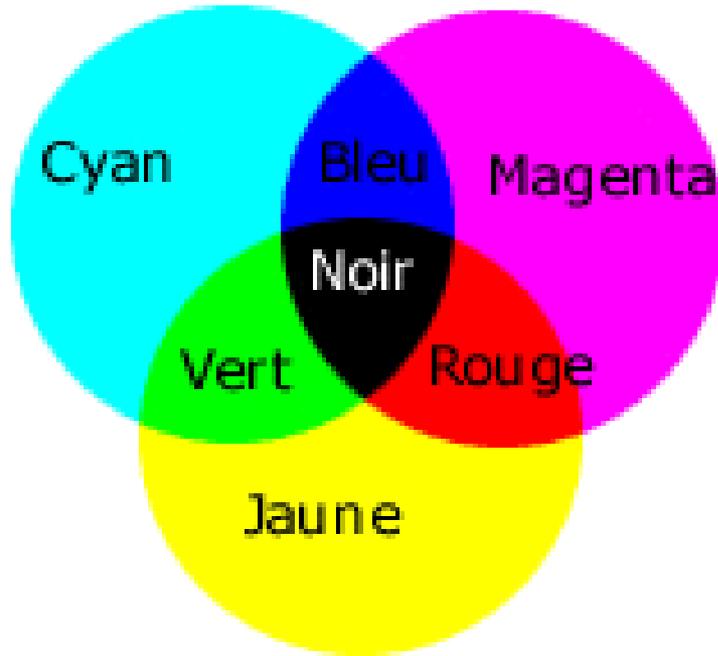
La synthèse additive correspond à l'addition de lumières colorées, dites **primaires**.

La synthèse additive peut être réalisée aussi :

- par juxtaposition : intégration spatiale (moniteurs),
- dans des temps différents : intégration temporelle (Nipkov).

L'ŒIL

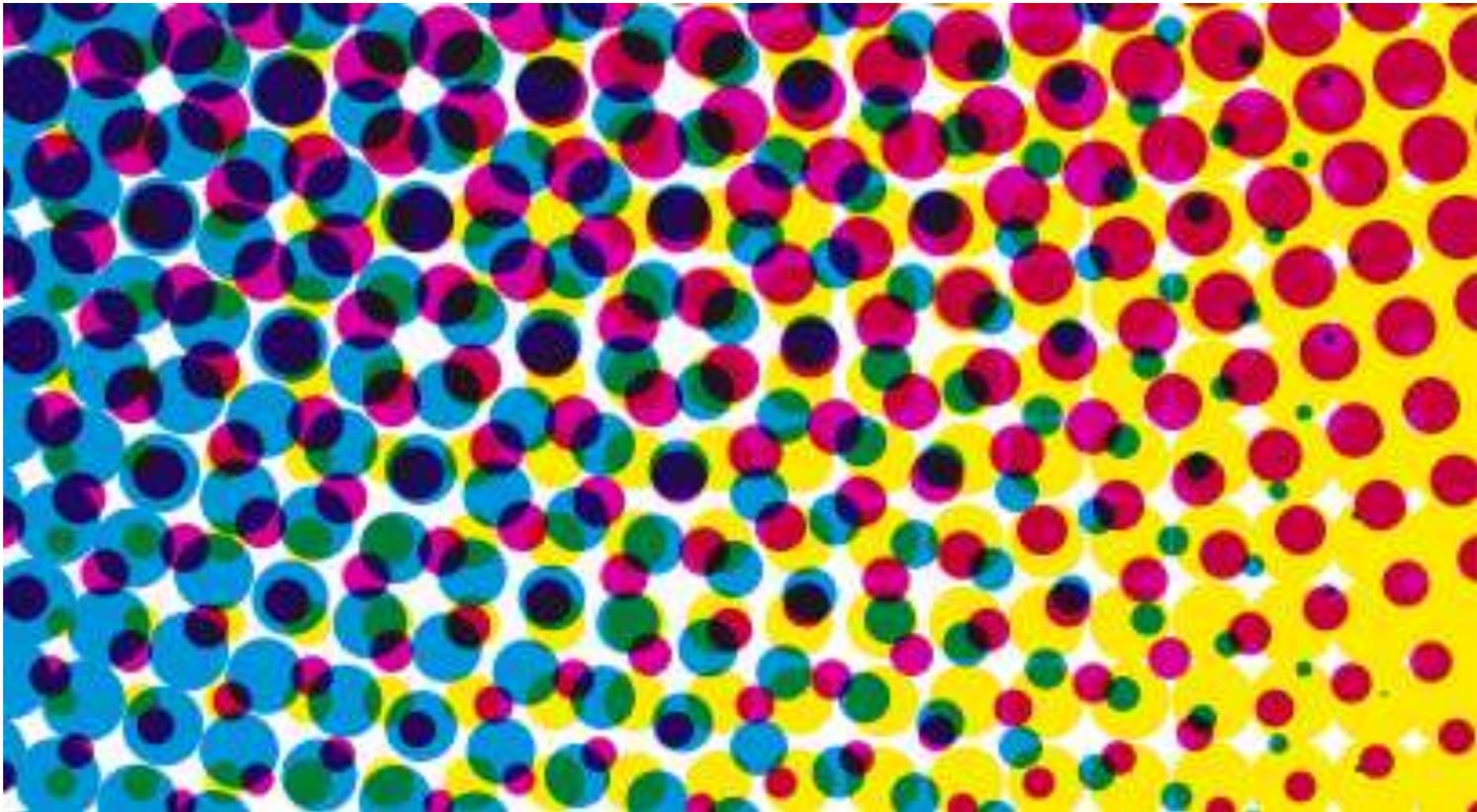
Synthèse soustractive



La synthèse soustractive résulte du principe d'absorption sélective de la lumière par un matériau en fonction des différentes longueurs d'onde. Ainsi, de l'encre jaune déposée sur une feuille blanche soustrait la composante bleue à une lumière blanche. Dans ce cas, le bleu est dit complémentaire du jaune : le jaune est lui-même obtenu par mélange additif du rouge et du vert.

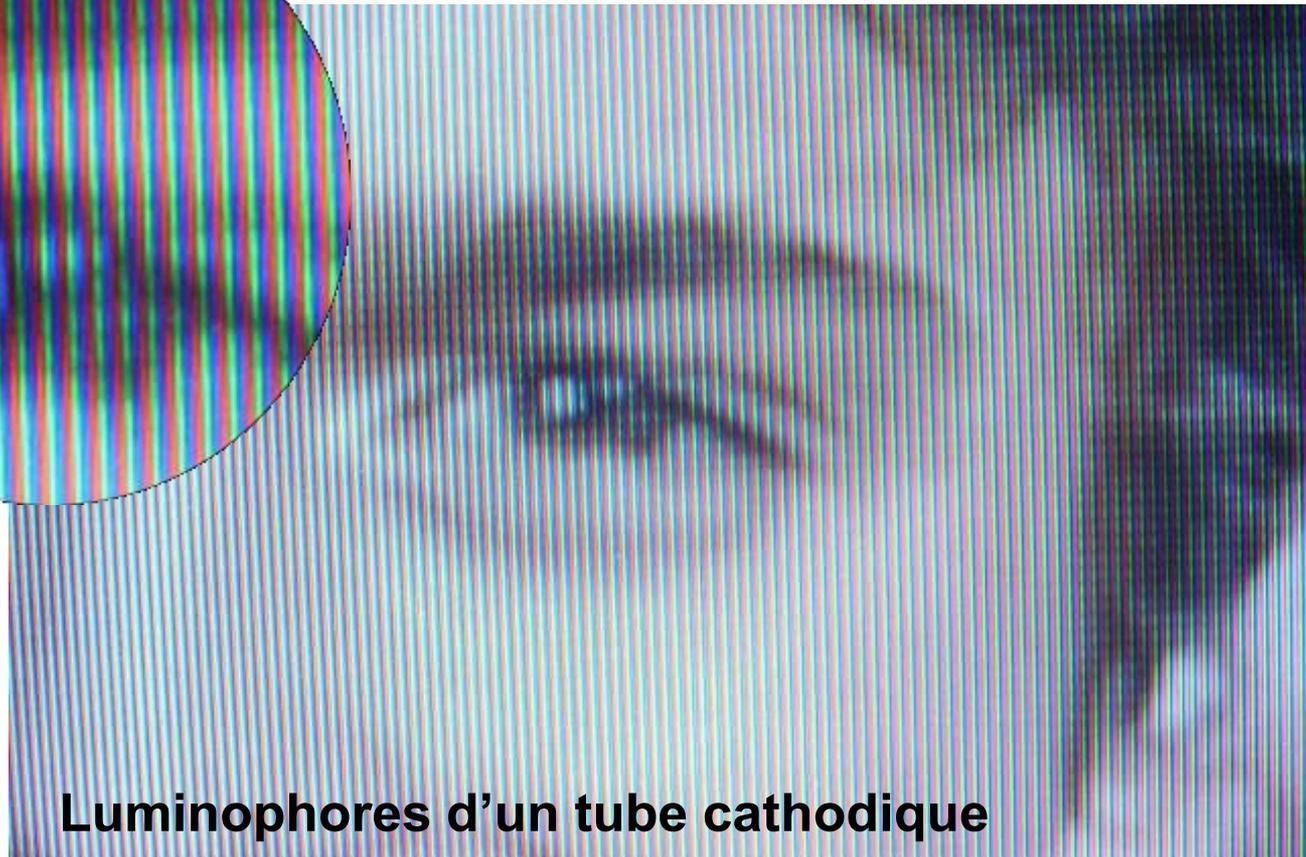
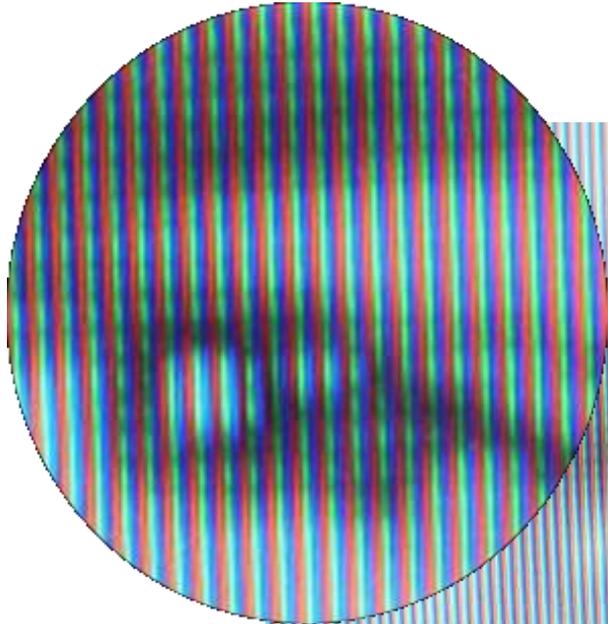
L'OEIL

Mélange des couleurs par juxtaposition



L'OEIL

Mélange des couleurs par juxtaposition



Luminophores d'un tube cathodique

L'ŒIL

Composantes d'une impression colorée

	Termes photométriques et colorimétriques	Termes d'usage courant		Termes utilisés par les psychophy-siologistes
(Source)	Intensité lumineuse (lux)	Intense faible	Luminosité	Phanie
(Objet)	Luminance (candela /m²)	Clair foncé	Clarté	Leucie
	Chromaticité	Violet bleu vert jaune orange rouge pourpre	<i>vive</i> <i>pâle</i> <i>profonde</i> <i>rabattue</i>	Teinte Tonalité Chromie
		Facteur de pureté	Pur (saturé) Lavé de blanc (lavé)	Pureté

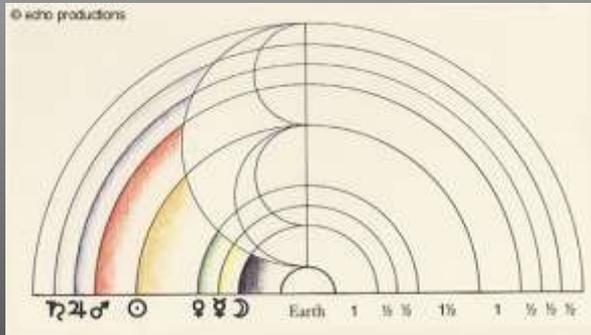
L'OEIL

La colorimétrie : lorsque la répartition spectrale de la lumière est déséquilibrée au profit d'une ou plusieurs régions du spectre, la sensation lumineuse s'accompagne généralement d'une sensation de couleur. La couleur est donc le résultat de la perception de la lumière dans la région visible du spectre.

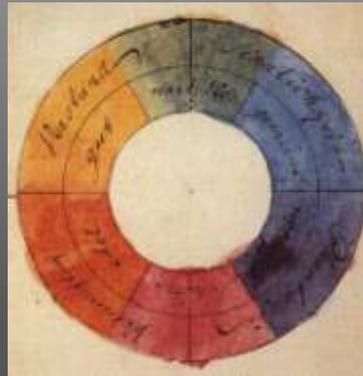
La colorimétrie est la science de la mesure et de l'évaluation des couleurs.

L'ŒIL

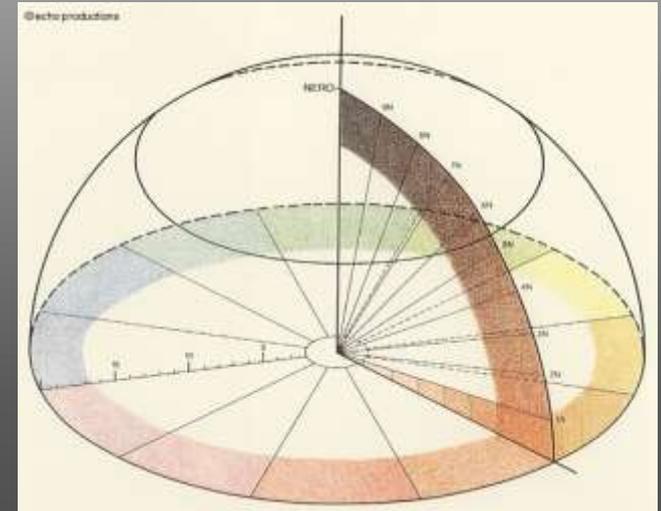
Classification des couleurs



Pythagore



Goethe



Chevreur

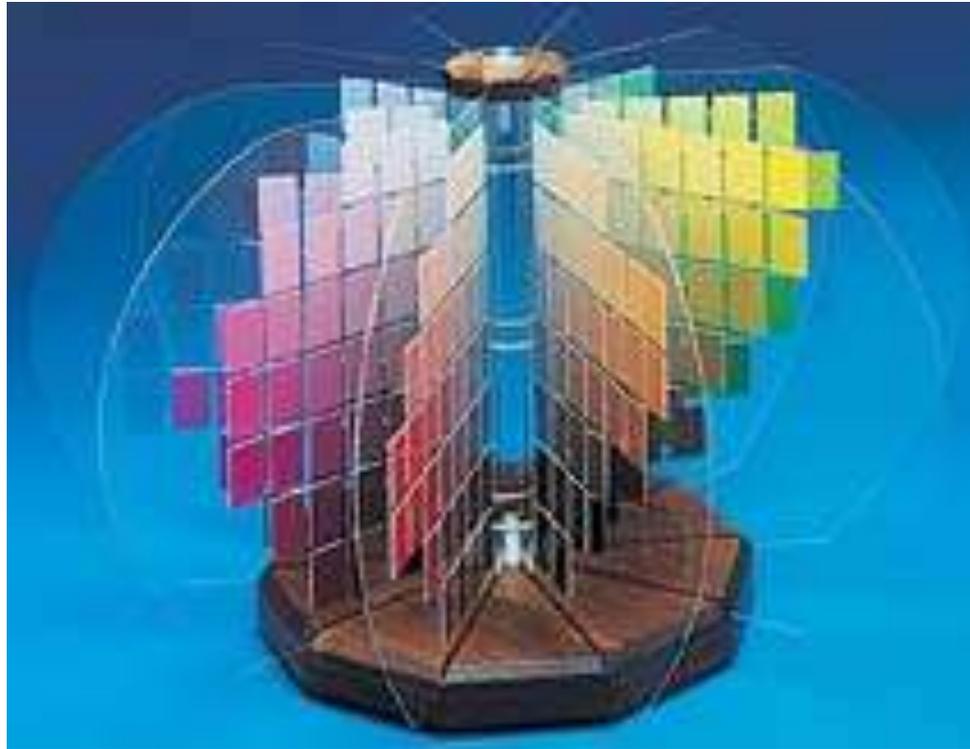
Avant l'avènement de la colorimétrie, bien des chercheurs (NEWTON, YOUNG, HELMOLTZ, MAXWELL, CHEVREUL, etc.) avaient cherché à établir une méthode de caractérisation des couleurs et de leurs combinaisons en les installant dans des figures géométriques : cercle, triangle, carré.

Sans pouvoir les mesurer, la plupart d'entre eux avaient pris conscience de la différence entre la couleur physique spectrale et les couleurs perçues.

L'ŒIL

Classification des couleurs

Espace **Munsell**



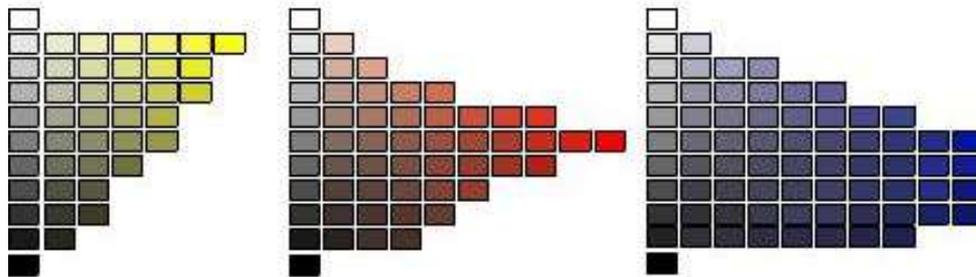
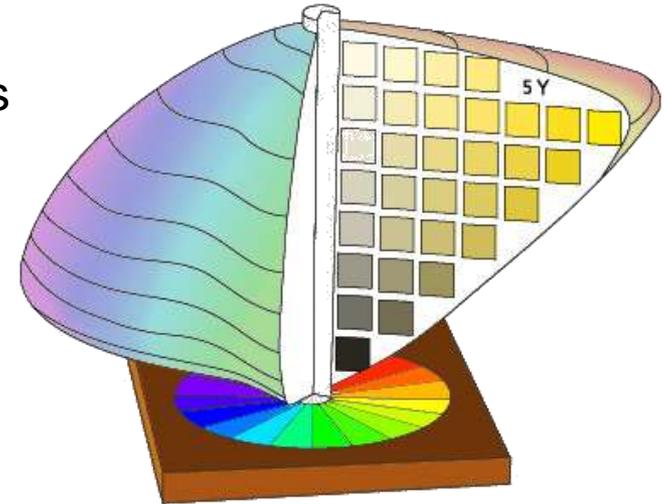
Entre 1905 et 1916, un artiste peintre américain Albert Henry MUNSELL créa un système de classement des couleurs fondé sur la perception visuelle en se basant sur **la teinte, la luminosité et la saturation**.

L'OEIL

Classification des couleurs

Espace Munsell

Munsell répartit les couleurs en dix teintes de base et les échantillons adjacents représentent les intervalles censément équivalents de perception visuelle. L'axe vertical indique les luminosités croissantes de bas en haut, tandis que la saturation augmente horizontalement de l'intérieur vers l'extérieur.

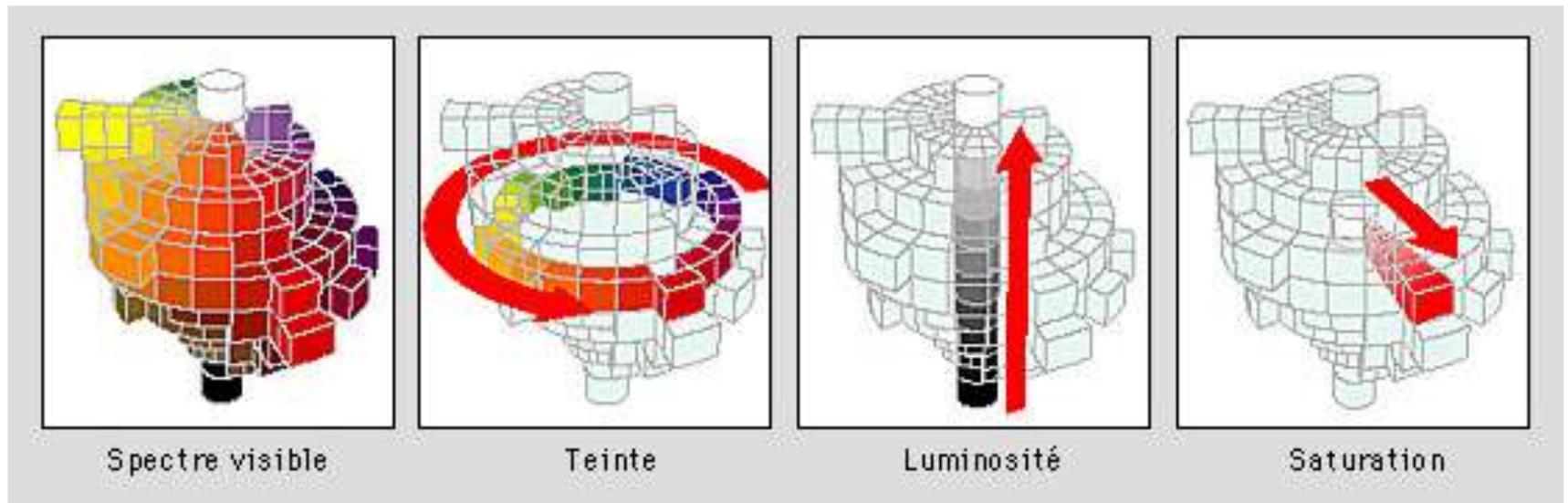


Atlas de Munsell

L'ŒIL

Classification des couleurs

Représentation TSL



C'est une représentation qui tient compte de trois paramètres auxquels l'œil est sensible.

La représentation TSL s'appelle HLS, en anglais, de hue (teinte), lightness (luminosité) et saturation.

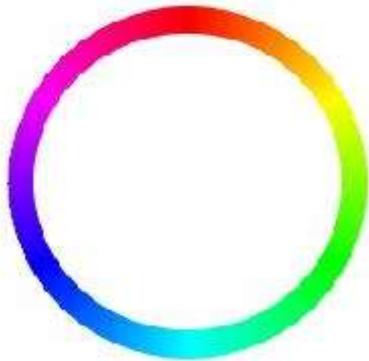
L'OEIL

Classification des couleurs

Représentation **TSL**

Teinte
(hue)

h modulo 1 ou 360



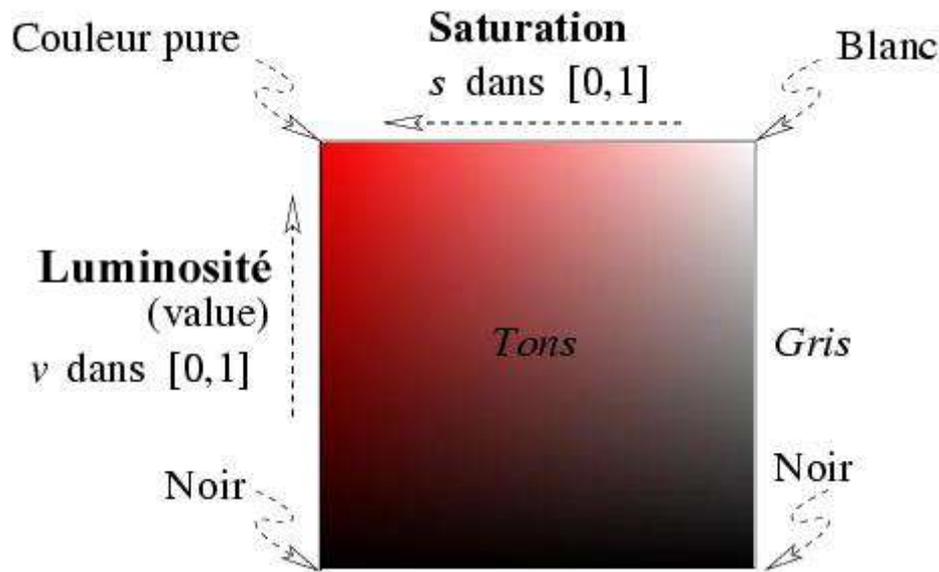
La teinte (Hue) correspond dans le langage courant à la couleur

Le cercle des teintes

L'OEIL

Classification des couleurs

Représentation TSL



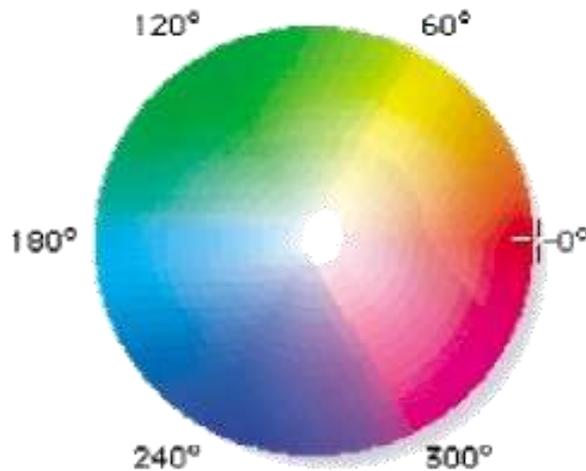
La saturation mesure la pureté de la couleur, elle permet de déterminer si une couleur est vive ou délavée.

Enfin **la luminosité** (Brightness) indique si une couleur est claire ou sombre.

L'OEIL

Classification des couleurs

Représentation **TSL**, cercle de chromaticité



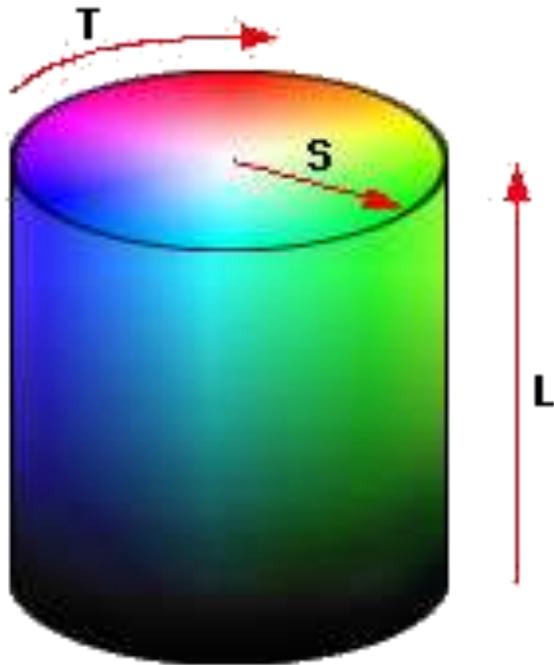
Les couleurs du spectre sont réparties sur un cercle chromatique et repérées par un angle. Ainsi le rouge est repéré par l'angle $\varphi = 0^\circ$; le vert par l'angle 120° et le bleu par l'angle 240° .

Sur le pourtour de ce disque sont représentées les couleurs saturées. En se rapprochant du centre, les couleurs sont de plus en plus délavées, elles perdent leur couleur, elles deviennent achromatiques, d'un gris plus ou moins foncé suivant la luminosité.

L'OEIL

Classification des couleurs

Représentation **TSL**, cercle de chromaticité

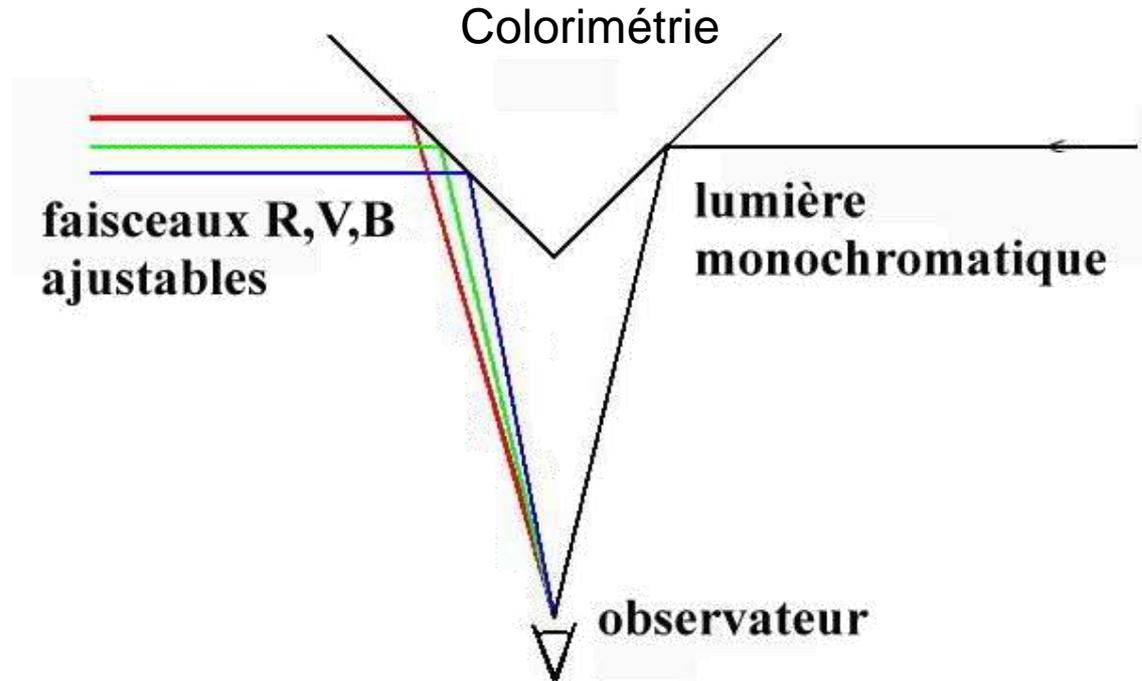


Suivant une verticale toutes les nuances ont la même saturation mais diffèrent par leur luminosité.

Suivant une horizontale, les nuances ont la même luminosité mais une saturation différente.

L'OEIL

Classification des couleurs



En colorimétrie, on cherche à caractériser une couleur en tant que mélange de trois couleurs, par exemple rouge vert bleu. On ne s'attache pas à la distribution spectrale mais à la sensation psychologique.

Dans un colorimètre, l'observateur cherche à avoir la même sensation de couleur en observant deux plages dont l'une est éclairée par la source inconnue et l'autre par les trois sources primaires.

L'OEIL

Classification des couleurs

Système RVB

Grâce aux lois de Grassman, il est possible de représenter un stimulus de couleur $S(\lambda)$ avec les fonctions colorimétriques des trois primaires $R(\lambda)$, $G(\lambda)$ et $B(\lambda)$.

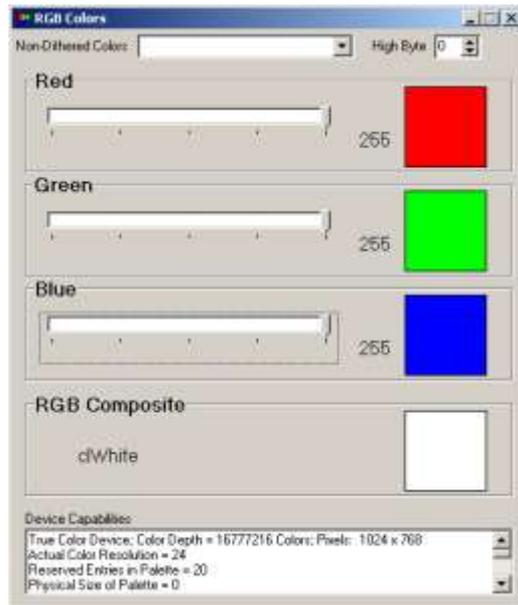
Les lois de Grassman stipulent que :

- Toute couleur peut être réalisée à partir d'une combinaison binaire des trois autres couleurs (primaires);
- Le mélange de deux couleurs (c_1 et c_2) peut être obtenu en additionnant les combinaisons linéaires correspondants aux deux couleurs sources ;
- Une couleur correspond toujours à une combinaison ou à un mélange quelle que soit la luminance (cette loi n'est pas toujours vérifiée surtout, dans le cas de très faible éclairage).

L'OEIL

Classification des couleurs

Systeme RVB



Jouez avec les curseurs
Red, Green et Blue
Et observez le résultat
en RGB Composite

Une couleur quelconque peut être décrite
comme la combinaison linéaire de trois
couleurs primaires [R], [V], [B].

*Les longueurs d'ondes associées à chacune
des primaires sont les suivantes :*
700.0 nm pour le rouge,
546.1 nm pour le vert,
435.8 nm pour le bleu.

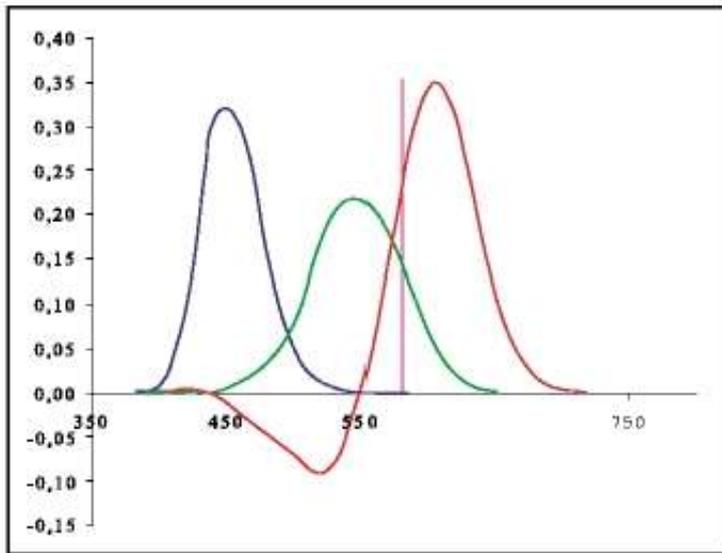
$$C = R[R] + V[V] + B[B]$$

Les trois coefficients R, V, B sont appelés
les composantes trichromatiques.
Chaque couleur est caractérisée par ses
composantes trichromatiques.

L'ŒIL

Classification des couleurs

Système RVB



Voici les trois fonctions \bar{r} , \bar{v} , \bar{b} qui donnent la valeur des coefficients R, V, B pour reproduire une couleur de longueur d'onde donnée.

Ainsi pour reproduire la longueur correspondant à la longueur d'onde de 580 nm on a sensiblement :

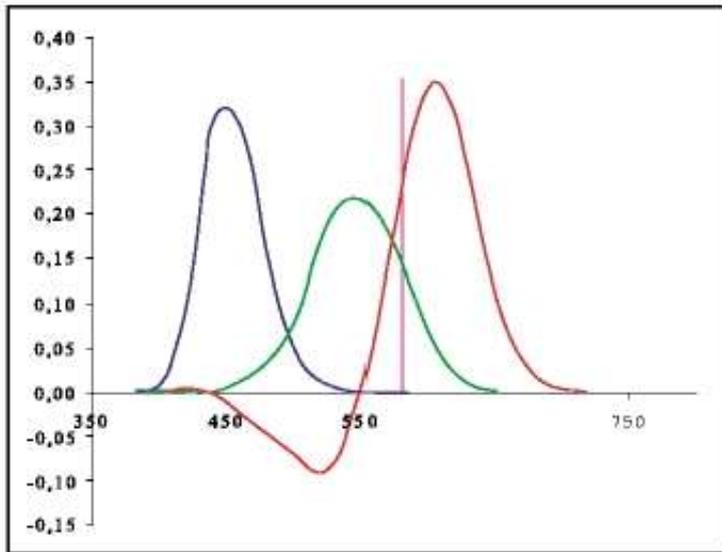
$$C_{580} = 0,24[R] + 0,14[V] + 0[B].$$

Les trois fonctions $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{v}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$ sont appelées les **fonctions colorimétriques**.

L'OEIL

Classification des couleurs

Système RVB



Cependant ce système présente un inconvénient majeur. On remarque en effet qu'il n'est pas possible de reconstituer par synthèse additive une couleur correspondant à la longueur d'onde de 500 nm par exemple, car dans ce cas le coefficient correspondant à la couleur rouge est négatif :

$$C_{500} = -0,07[R] + 0,08[V] + 0,04[B]$$

Ce terme négatif signifie que l'égalité des couleurs des deux plages d'un colorimètre éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde 500 nm ne pourra être obtenue que si une source rouge supplémentaire est ajoutée du côté de la source lumineuse étudiée. $C_{500} + 0,07[R] = 0,08[V] + 0,04[B]$

L'OEIL

Classification des couleurs

Base XYZ

Pour remédier à l'inconvénient d'utiliser des valeurs négatives, la CIE (**Commission Internationale de l'Éclairage**) a défini en 1931 un autre espace de représentation de la couleur basée sur trois primaires non visibles X, Y et Z. Cette base permet de décrire toutes les couleurs perçues avec des coefficients positifs.

Le système XYZ se déduit du système RVB par une transformation linéaire de coordonnées :

$$X = 2,77 R + 1,75 V + 1,13 B$$

$$Y = R + 4,59 V + 0,06 B$$

$$Z = 0 R + 0,05 V + 5,59 B$$

Les primaires X,Y,Z sont dites irréelles puisqu'elles ne correspondent pas à une lumière que l'on puisse générer.

L'ŒIL

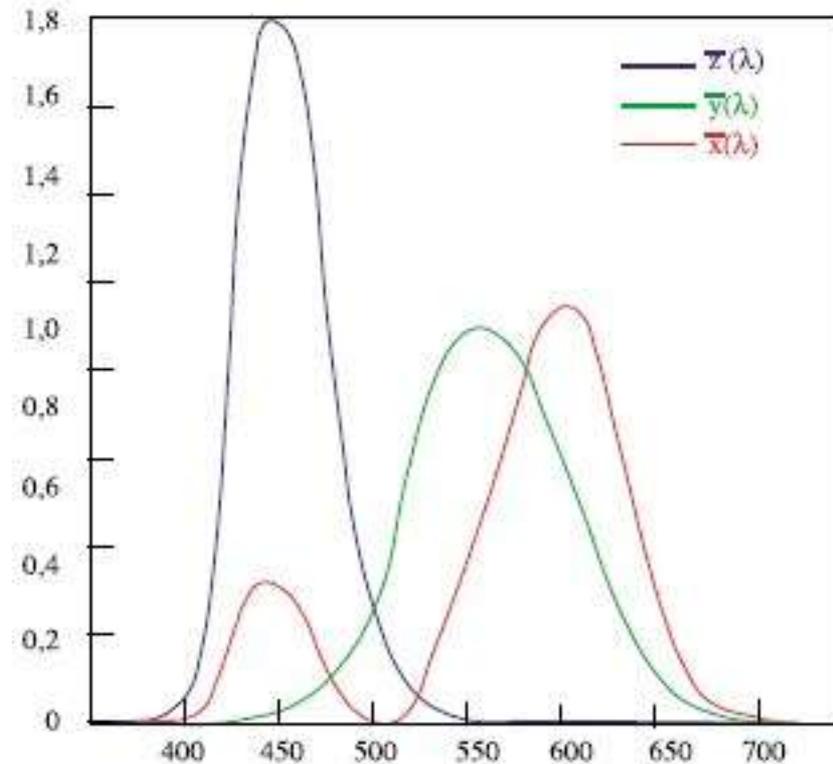
Classification des couleurs

Base XYZ

Pour ne pas avoir de réponse négative :
Modèle basé sur 3 primaires standard
X, Y, Z

Les trois nouvelles fonctions
colorimétriques $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ sont
représentées sur le schéma ci-contre :

Coefficients de distribution pour les primaires X, Y et Z



L'OEIL

Classification des couleurs

Base XYZ

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,489 & 0,311 & 0,201 \\ 0,176 & 0,813 & 0,011 \\ 0,000 & 0,010 & 0,900 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ V \\ B \end{pmatrix}$$

L'OEIL

Classification des couleurs

Base xyY

Il est difficile de manipuler les vecteurs dans un espace 3D. Afin de résoudre ce problème, il est devenu courant d'utiliser une projection des vecteurs 3D sur un plan unitaire où la somme des composantes est égale à 1.

Cette somme des trois composantes représente l'intensité de la couleur et non la proportion de chacune des primaires.

Ainsi, nous obtenons un *diagramme de chromaticité* où les projections sont appelées : « *coordonnées chromatiques* ».

$$\begin{cases} x = \frac{X}{X+Y+Z}, \\ y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \\ z = \frac{Z}{X+Y+Z}, \end{cases}$$

où grâce au plan unitaire, nous avons $x+y+z=1$.

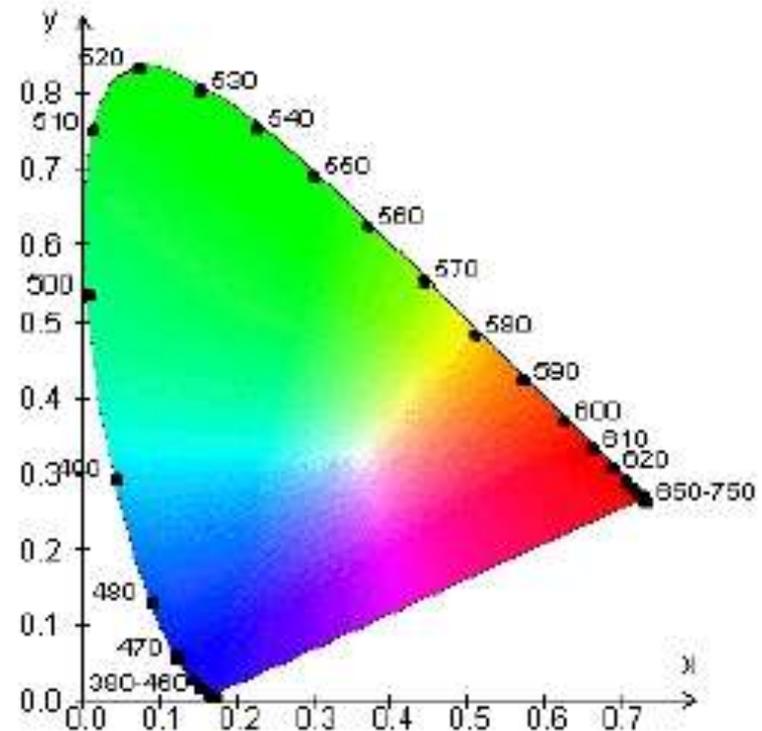
L'OEIL

Classification des couleurs

Base xyY

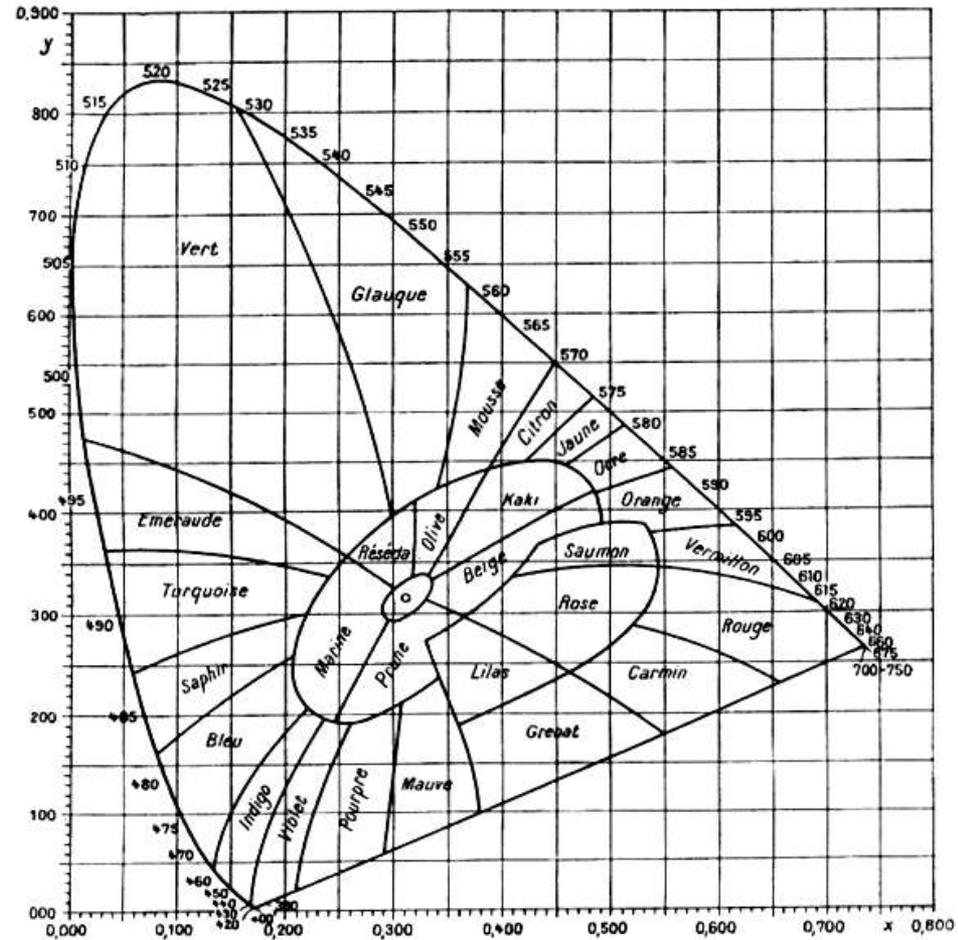
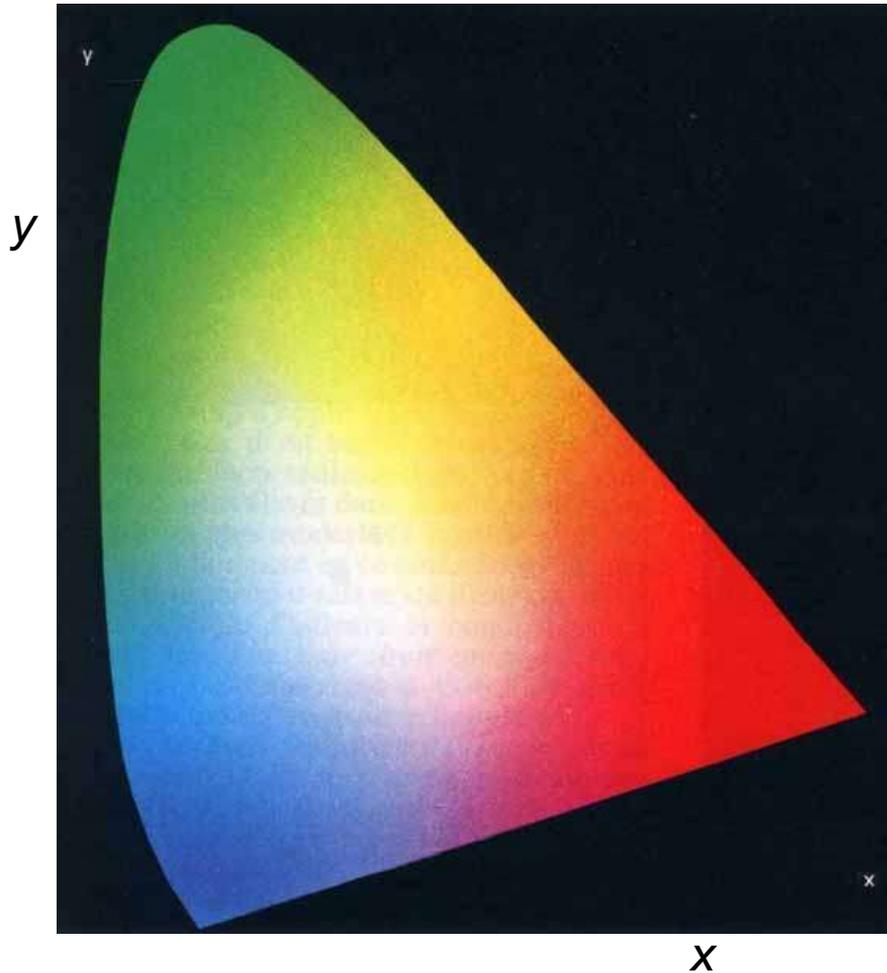
À partir de cela, l'idée de ne représenter l'ensemble des couleurs qu'en utilisant deux coordonnées surgit. Elle est justifiée par le fait de pouvoir déduire les valeurs de la troisième composante à tout moment en calculant la valeur manquante pour atteindre 1.

La représentation la plus fréquente et celle du diagramme de chromaticité xy. Dans ce diagramme appelé «spectrum locus», toutes les couleurs sont contenues dans l'aire délimitée par le lieu du spectre et la droite des pourpres.



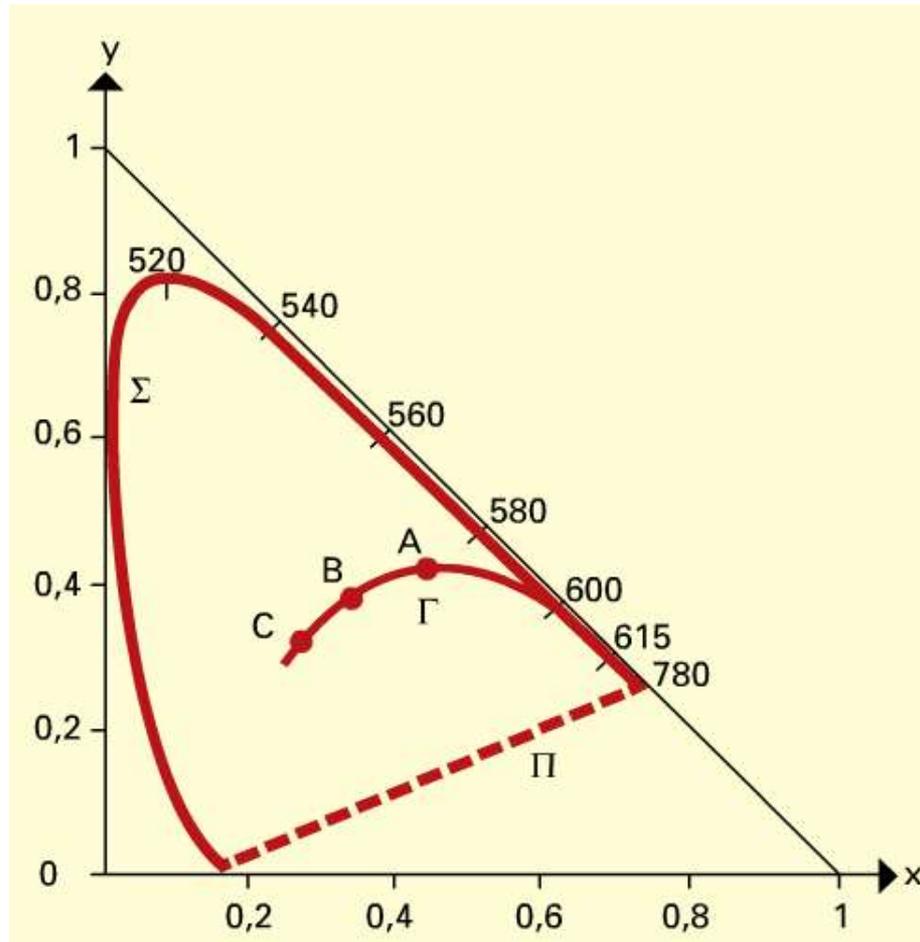
L'ŒIL

Diagramme de chromaticité CIE xyY



L'ŒIL

Diagramme colorimétrique en x, y . La courbe Γ représente les couleurs du corps noir à diverses températures : les points A, B, C correspondent aux étalons conventionnels de lumière blanche



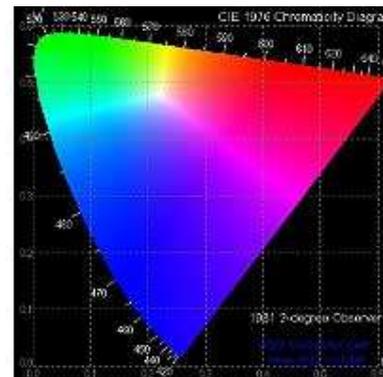
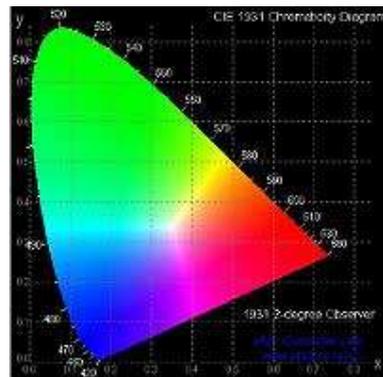
L'ŒIL

Les diagrammes de chromaticité (x, y) et (u', v')

Bien que très souvent utilisé, le diagramme de chromaticité (x, y) possède un inconvénient majeur de non-uniformité car les distances géométriques dans le diagramme de chromaticité (x, y) ne correspondent pas aux écarts de couleurs perçus. Ainsi, en 1976 le CIE définit le diagramme d'échelle de chromaticité uniforme (**uniform (u', v') chromaticity scale (UCS) diagram**,) avec ses coordonnées définies par:

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

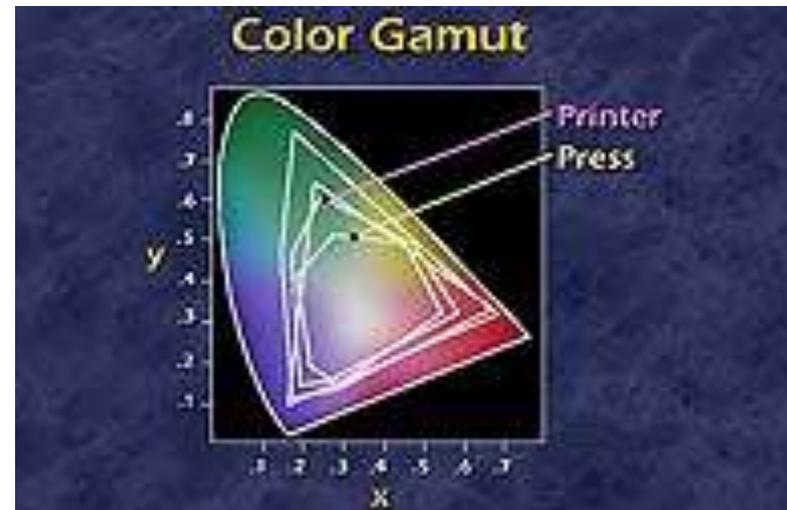
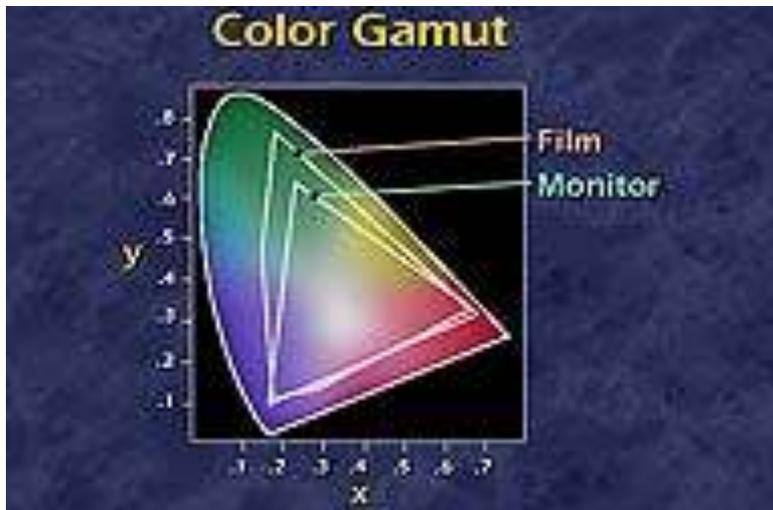
Bien que cette définition des coordonnées u' et v' ne donne pas une stricte correspondance entre les distances géométriques et les écarts de couleurs perçus, l'erreur est nettement plus faible que dans le diagramme de chromaticité CIE (x, y).



Le diagramme de chromaticité CIE 1931 (x,y) et le diagramme de chromaticité CIE 1976 (u', v')

Gamut de couleurs

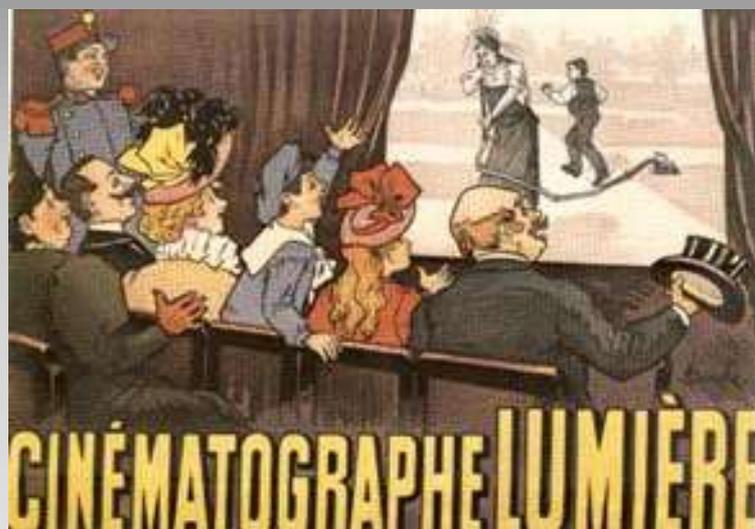
Gamut : gamme des couleurs qu'un périphérique est capable de reproduire
Il est donc impossible de produire toutes les couleurs visibles à partir de trois couleurs visibles



Le terme est un mot anglais issu du vocabulaire musical médiéval : les notes étaient notées par des lettres puis furent notées par des noms dans la notation italienne ; la lettre grecque gamma (Γ) désignait le sol le plus grave, et ut le do le plus aigu. « Gamma-ut » était donc l'étendue des notes jouables, ce qui donna « gamut ».

RECEPTEUR L'ŒIL

Classification des couleurs



EXTRAITS DU COURS

« LA PRISE DE VUES CINÉMATOGRAPHIQUE ET VIDEO MONOCAMERA »