

La couleur

▸ Question 1 mn : Qu'est-ce-que c'est ???



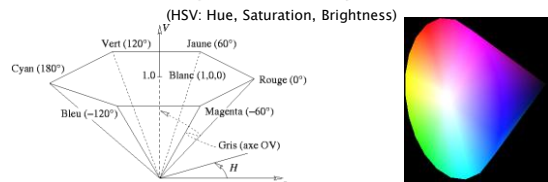
Modèles de couleur



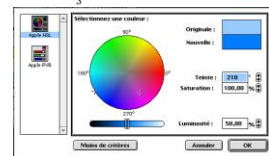
La couleur – Définitions

- **Art**
 - Teinte, saturation, luminance/clarté
- **Physique**
 - Spectre, stimulus
- **Biologie**
 - Espaces perceptuellement uniformes
- **Mathématiques**
 - Fonctions de base universelles
- **Informatique**
 - RGB, CMYK, HSV...

Modèle du peintre : TLS = Teinte, Luminance, Saturation

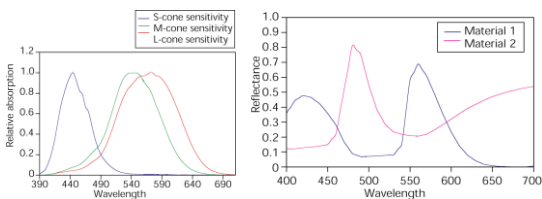


Pratique pour les interfaces graphiques



Représentation spectrale

Spectre = fonction de la longueur d'onde dans le domaine visible.
Des spectres différents donnent la même couleur car l'oeil n'a que 3 types de capteurs : les cônes.

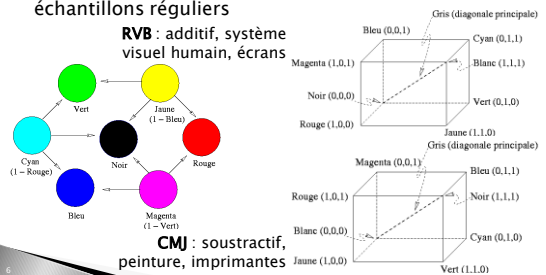


Cônes

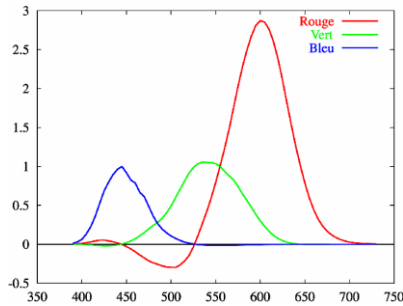
2 couleurs identiques pour l'œil

Echantillonnage spectral

▸ Risque de perte d'information si on ne choisit pas un bon jeu d'échantillon
▸ Très bons résultats avec 4 échantillons choisis ou 9 échantillons réguliers



RVB : Un léger défaut



Une nouvelle fonction de base

- Les couleurs primaires ont un défaut :
 - L'ensemble des couleurs visibles ne peut pas être représenté avec des coordonnées positives
- Besoin de nouvelles fonctions de base
 - Couvrant tout le visible
 - Avec des coordonnées positives
 - Linéaires par rapport à RVB
- Commission Internationale de l'Éclairage
 - www.cie.co.at
 - 1931

Modèle de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)

- 3 primaires standard X, Y, Z sans coeff. négatifs
- La couleur est donnée par x, y, z :

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad \therefore x+y+z=1$$

Diagramme de chromaticité de la CIE (1931)

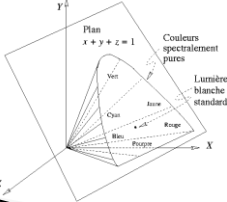
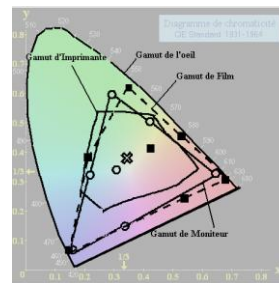
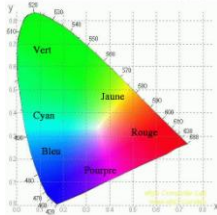


Diagramme de chromaticité de la CIE (1931)



Gamme de couleurs d'une imprimante plus petite que celle du moniteur
 ⇒ Les couleurs vues à l'écran ne peuvent pas toutes être rendues en impression
 ⇒ Il faut réduire la gamme du moniteur

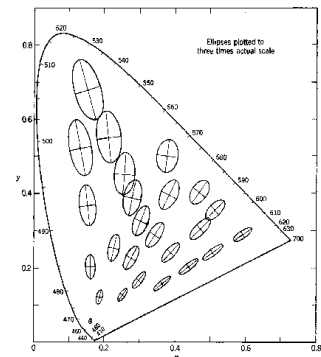
Il n'existe pas de base trichromique de couleurs visibles qui permette de couvrir l'ensemble des couleurs visibles

Perception des couleurs

- Distance entre deux couleurs
 - Dans l'espace de base : facile
 - Pour la vision humaine : utile
- Idéalement, il y a un lien entre les deux
- Espace des couleurs *perceptuellement uniforme*
 - Lien constant, indépendant de la couleur
- Différences juste perceptibles
 - Plus petite distance entre deux couleurs perçues comme différentes

Perception des couleurs

Différences juste perceptibles dans l'espace xy



Espaces perceptuellement uniformes

L*a*b* et L*u*v*

Non linéaire par rapport à RVB

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \text{ pour } \frac{Y}{Y_n} > 0,008856$$

$$L^* = 903,3 \frac{Y}{Y_n} \text{ autrement}$$

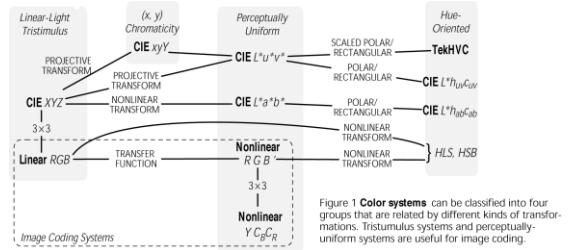
$$a^* = 500 \left(f \left(\frac{X}{X_n} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \right)$$

$$b^* = 200 \left(f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - f \left(\frac{Z}{Z_n} \right) \right)$$

où $f(t) = t^{1/3}$ pour $t > 0,008856$
 $f(t) = 7,787 t + 16/116$ autrement

En pratique, pas parfaitement conforme à la perception
 ⇒ Il y a encore de la recherche...

Résumé : Espaces de couleur



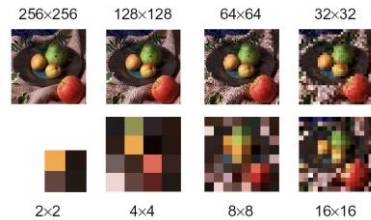
Plus d'infos sur Wikipedia

Du réel au numérique

- Image réelle vers tableau de pixels
- Intensité réelle vers valeurs discrètes et finies
- Couleur physique vers couleur discrète RVB

On perd quelque chose !

Echantillonnage : résolution



Et dans l'autre sens ?

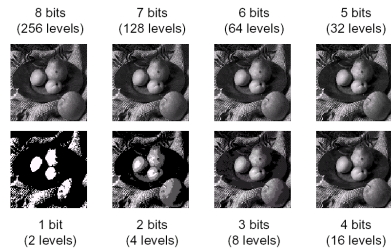
- **Résolution** : dpi (dots per inch)
 - 100 pour un moniteur
 - 300-1200 pour une imprimante

▸ Diverses méthodes d'affichage



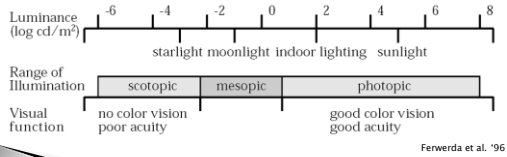
Echantillonnage : intensité

- 8 bits pour le niveau d'intensité (niveau de gris)
- donc $8 \times 3 = 24$ bit pour les couleurs (RVB)



Intensité lumineuse

- ▶ Avec 8 bits par couleur, 16m couleurs mais seulement 768 niveaux de luminosité possibles
- ▶ Dans la réalité, rapport de luminosité de $1:10^{10}$ entre la nuit et le jour
- ▶ Sensibilité de l'œil logarithmique



19

HDR (High Dynamic Range)

- ▶ Image contenant une plus large gamme d'intensité
 - 96 bits par pixel = 1 flottant
- ▶ Comment les acquérir et les voir ?
 - Capteurs et écrans standards sur 24 bits...



20

HDR (High Dynamic Range)

- ▶ Acquisition
 - Appareils spécialisés
 - Fuji FinePix S3 Pro et Fuji FinePix F700
 - Plusieurs images avec un appareil standard



21

HDR (High Dynamic Range)

- ▶ Affichage
 - Ecrans spécialisés
 - BrightSide DR37-P
 - Tone mapping sur un écran standard



22

Des questions ?

23