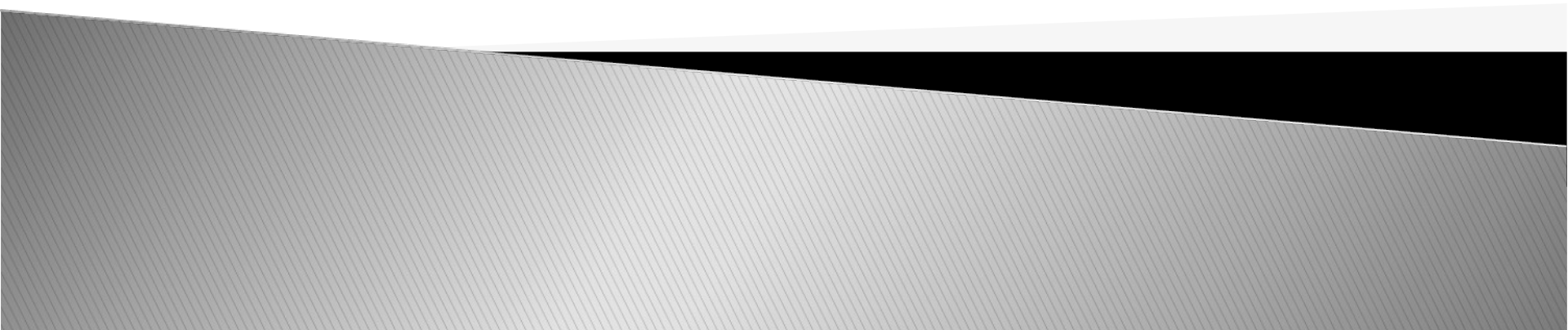


Modèles de couleur



La couleur

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



La couleur – Définitions

▶ **Art**

- Teinte, saturation, luminance/clarté

▶ **Physique**

- Spectre, stimulus

▶ **Biologie**

- Espaces perceptuellement uniformes

▶ **Mathématiques**

- Fonctions de base universelles

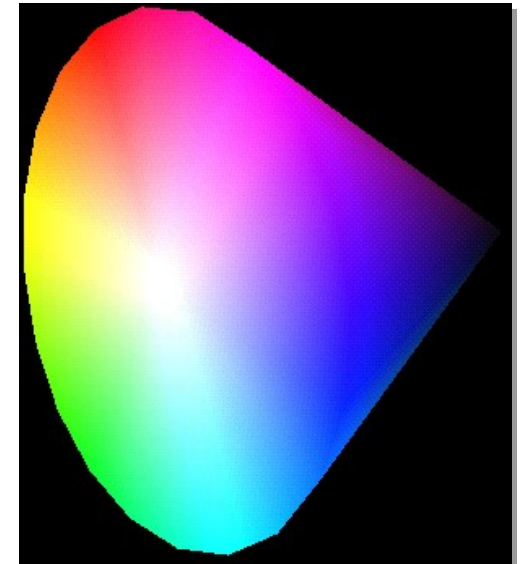
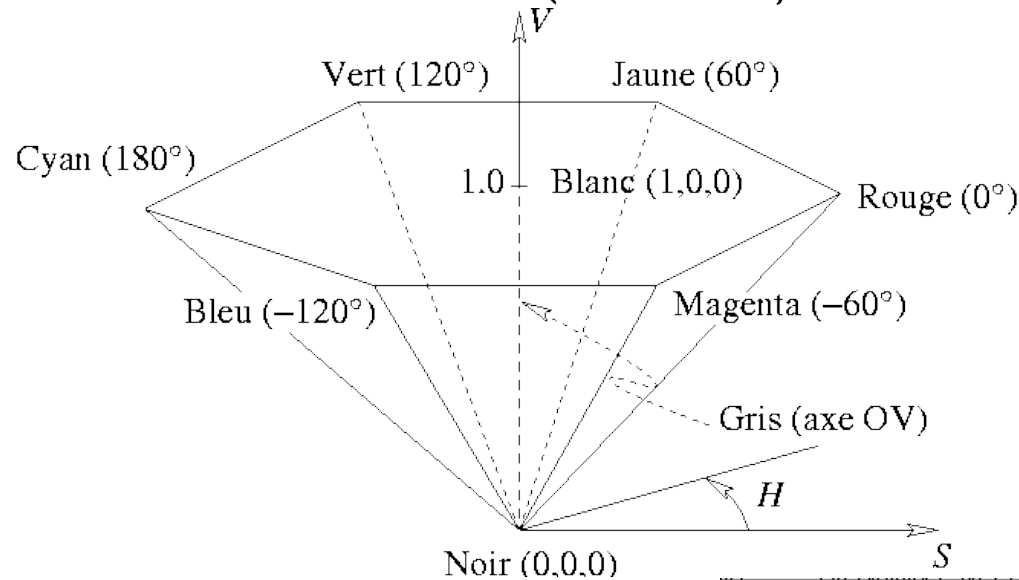
▶ **Informatique**

- RGB, CMYK, HSV...

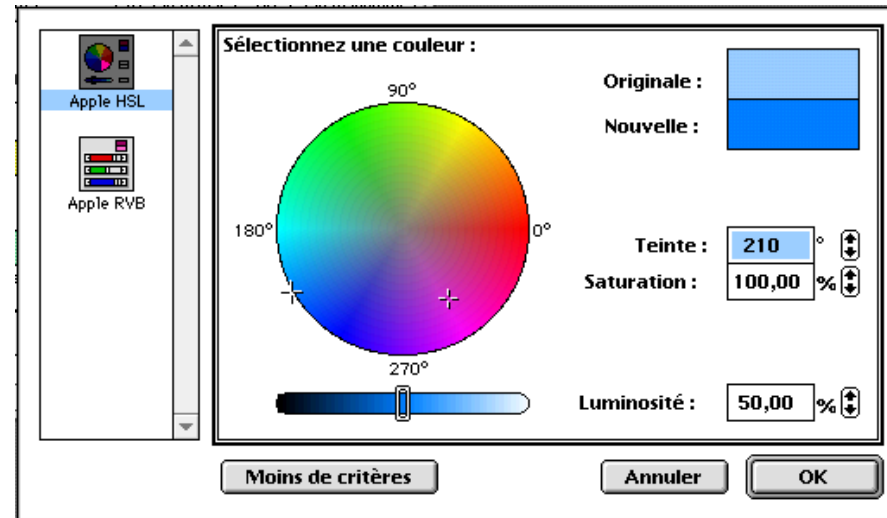
Modèle du peintre :

TLS = Teinte, Luminance, Saturation

(HSV: Hue, Saturation, Brightness)



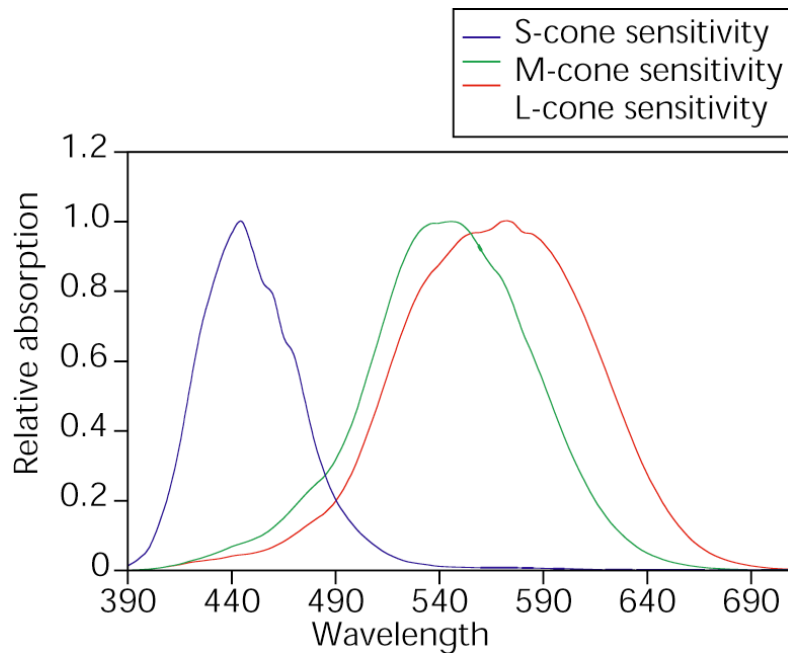
Pratique pour
les interfaces
graphiques



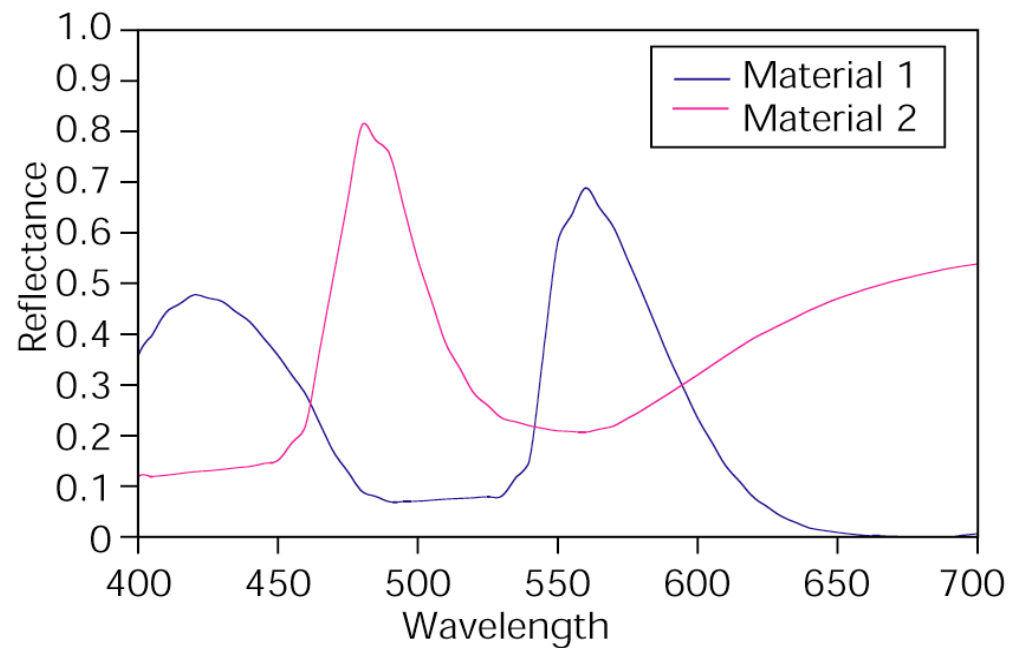
Représentation spectrale

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

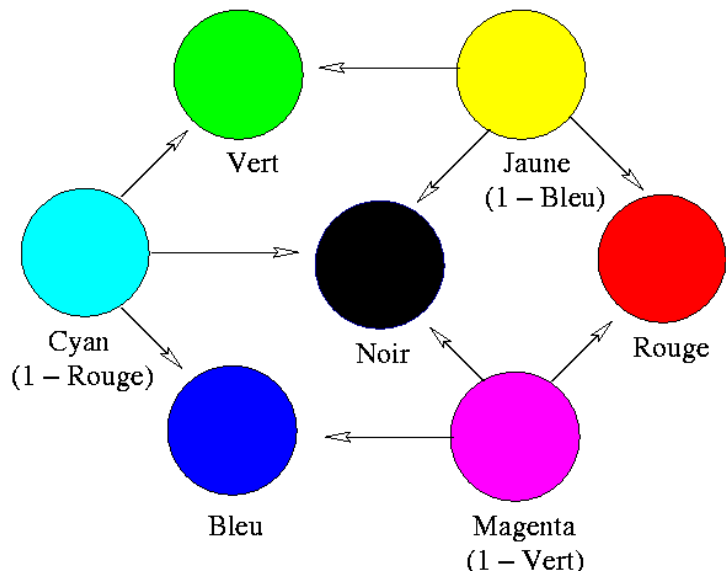


2 couleurs identiques pour l'œil

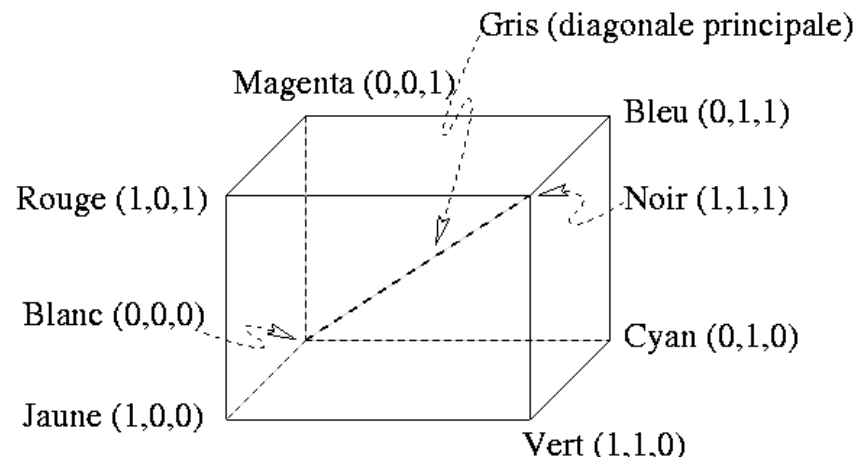
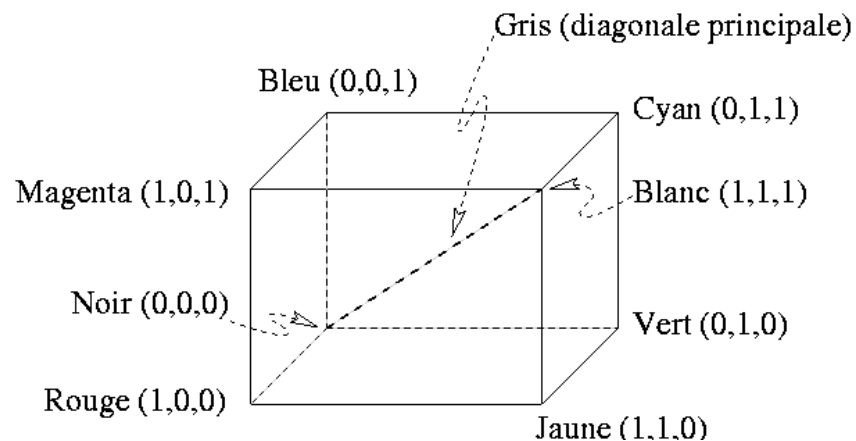
Echantillonnage spectral

- ▶ 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

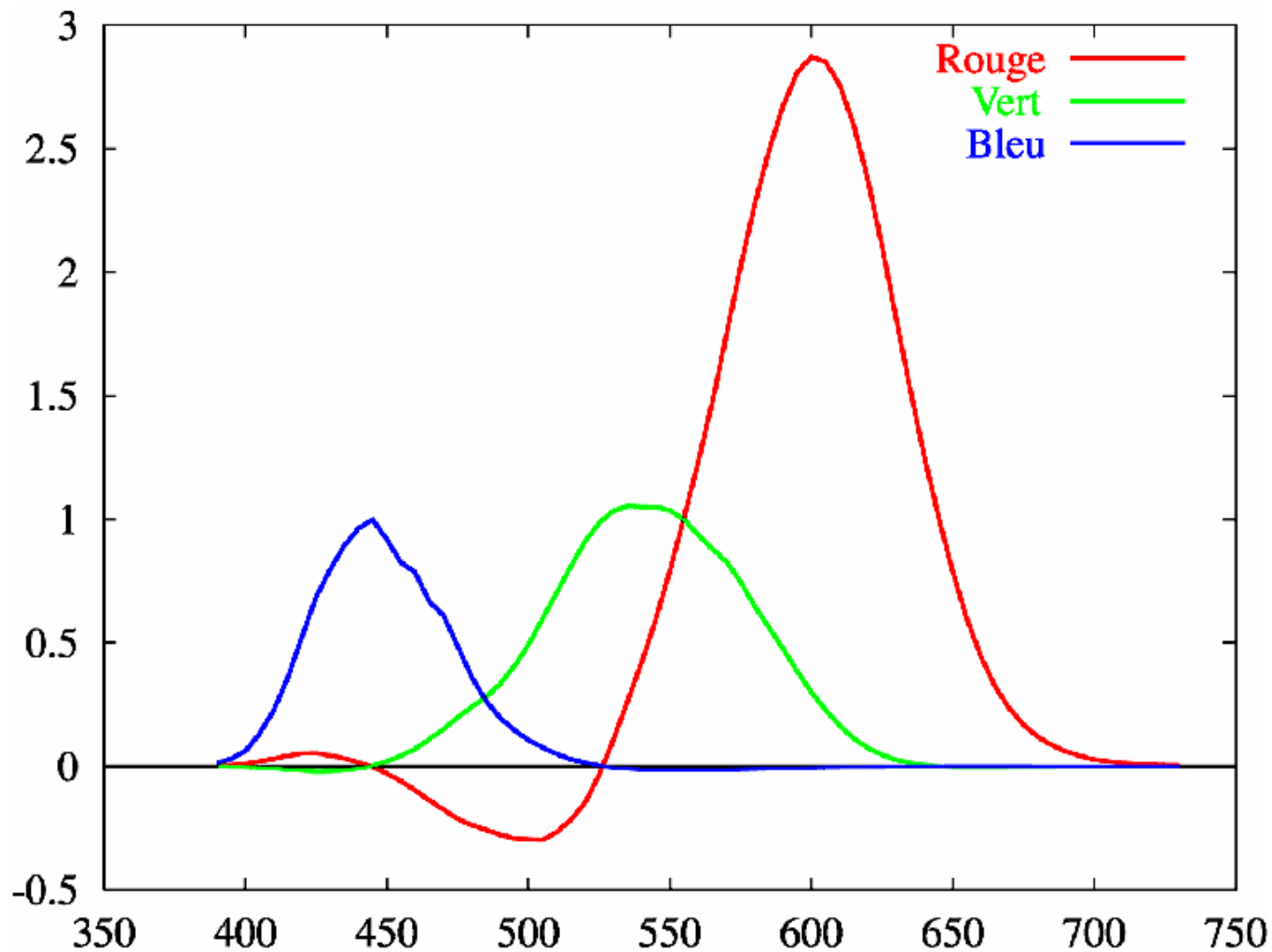
RVB : additif, système visuel humain, écrans



CMJ : soustractif, peinture, imprimantes



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 :

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

Diagramme de chromaticité de la CIE (1931)

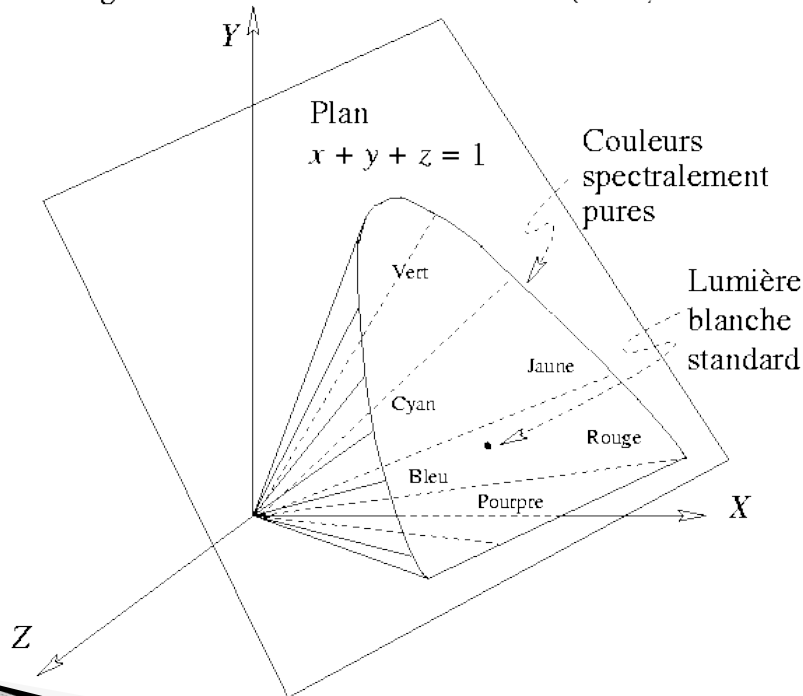
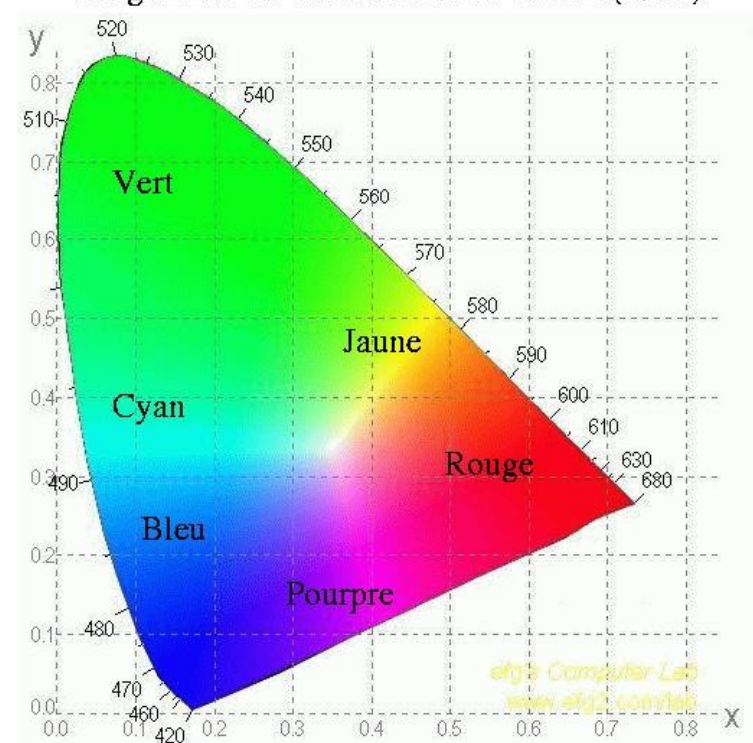
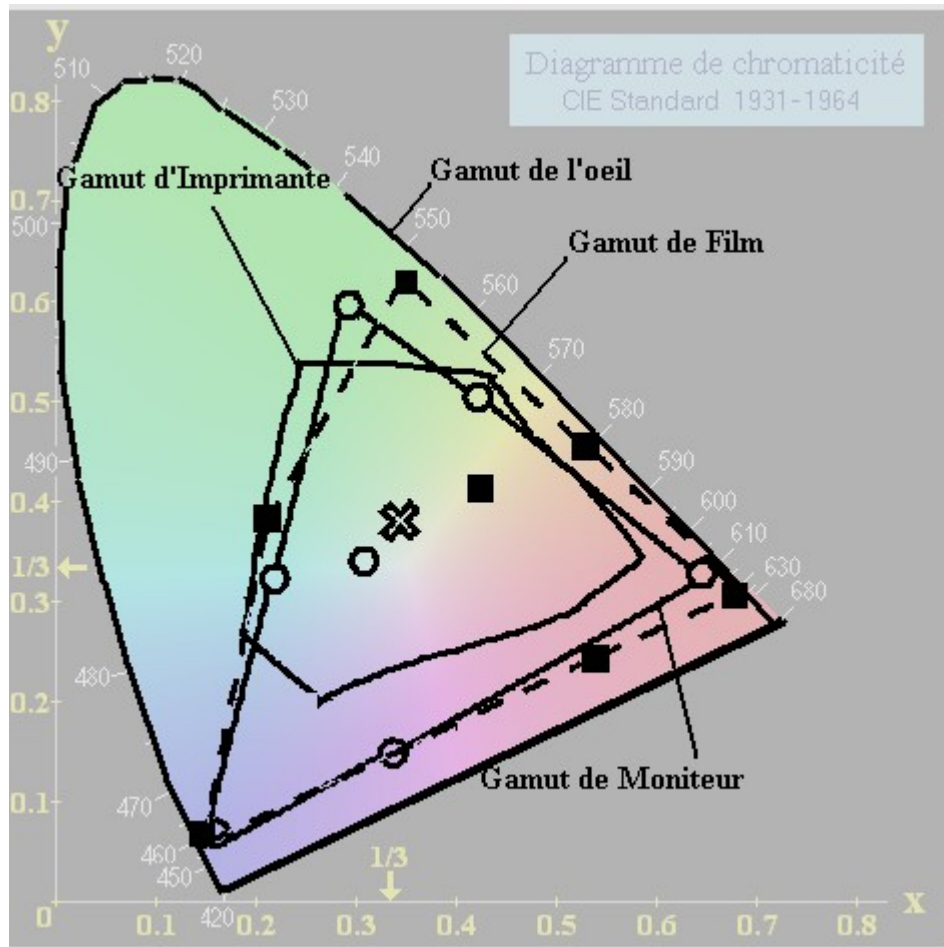


Diagramme de chromaticité de la CIE (1931)





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

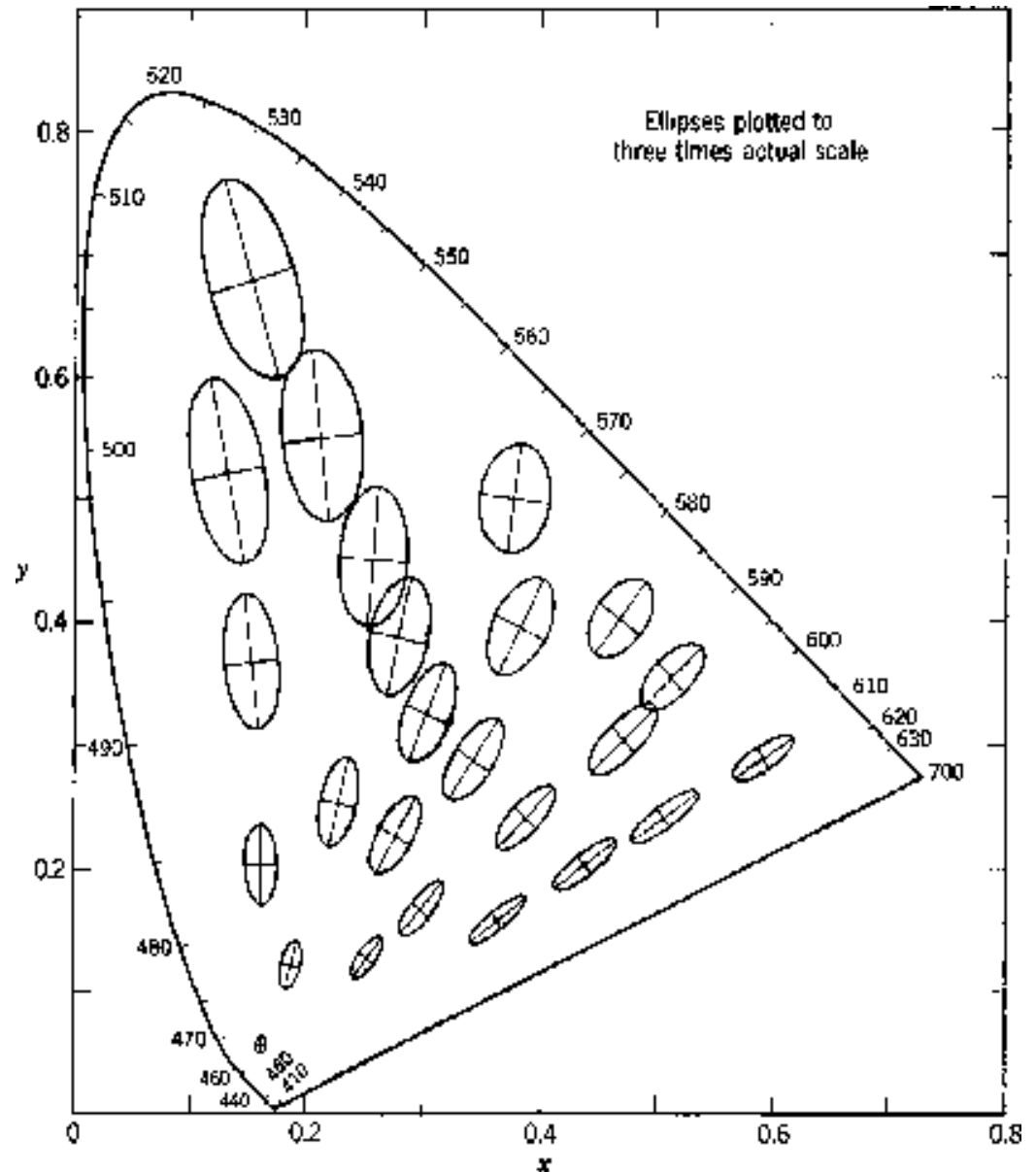
**Il n'existe pas de base trichromique de
couleurs visibles qui permette de couvrir
l'ensemble des couleurs visibles**

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

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

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

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

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

où $f(t) = t^{1/3}$ pour $t > 0,008856$

$$f(t) = 7,787 t + 16/116 \quad \text{autrement}$$

En pratique, pas parfaitement conforme à la perception

⇒ Il y a encore de la recherche...

Résumé : Espaces de couleur

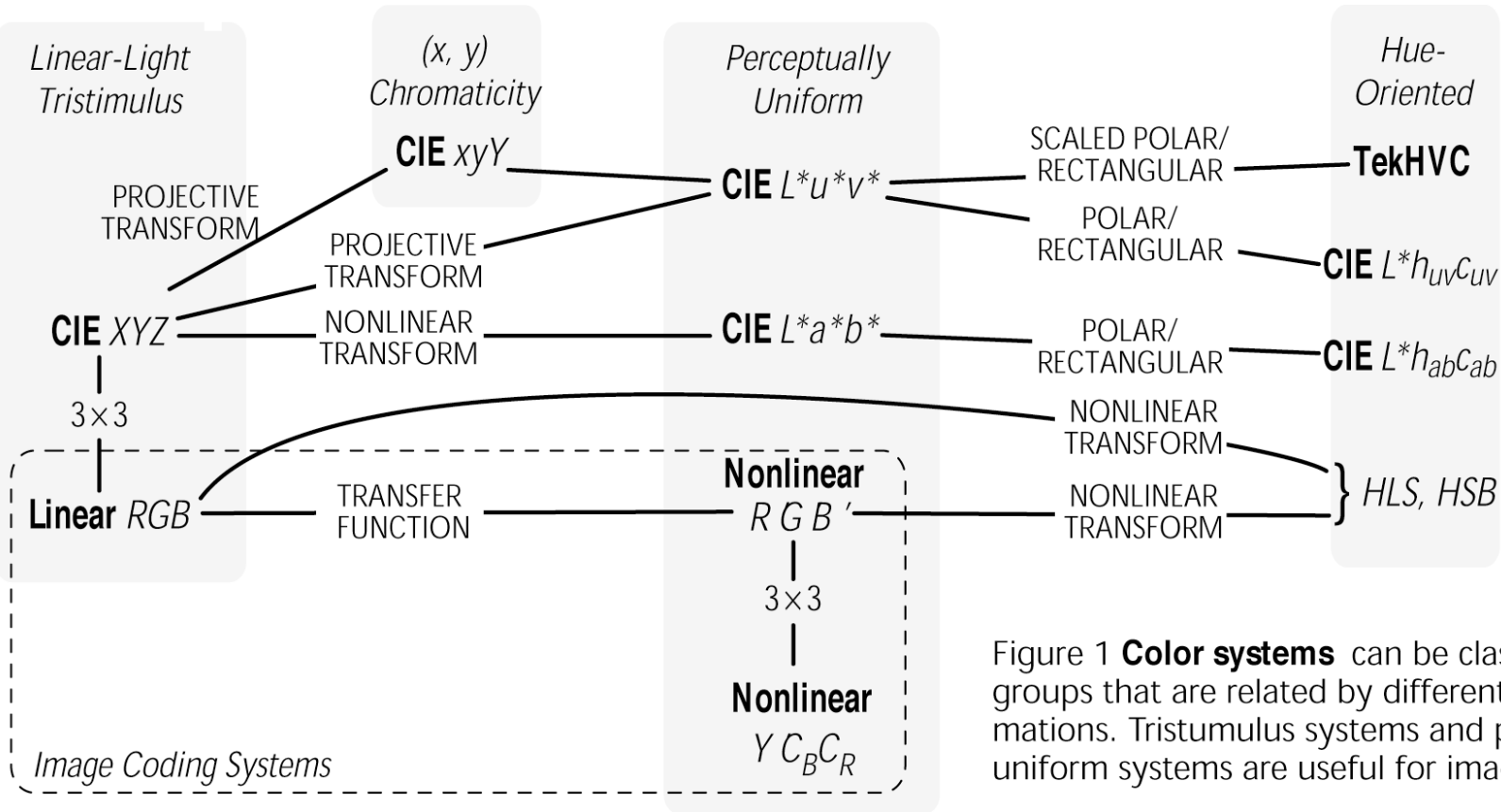


Figure 1 **Color systems** can be classified into four groups that are related by different kinds of transformations. Tristimulus systems and perceptually-uniform systems are useful for image coding.

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

256×256



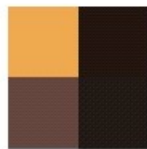
128×128



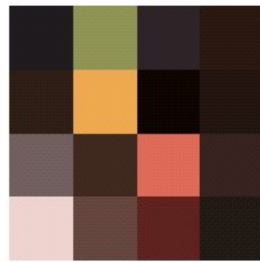
64×64



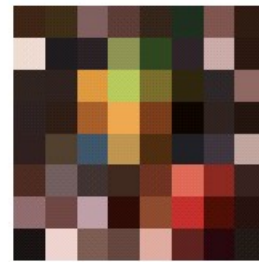
32×32



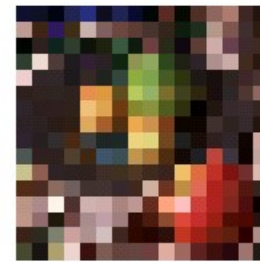
2×2



4×4



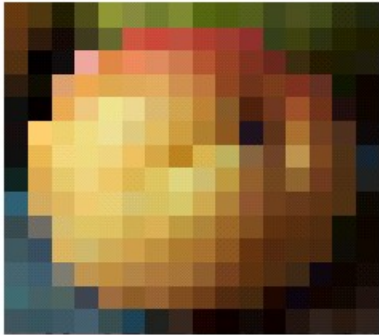
8×8



16×16

Et dans l'autre sens ?

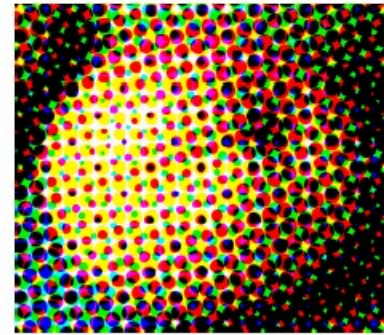
- ▶ **Résolution** : dpi (dots per inch)
 - 100 pour un moniteur
 - 300–1200 pour une imprimante
- ▶ **Diverses méthodes d'affichage**



Nearest-neighbour



Gaussian



Half-toning

Echantillonnage : intensité

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

8 bits
(256 levels)



7 bits
(128 levels)



6 bits
(64 levels)



5 bits
(32 levels)



1 bit
(2 levels)



2 bits
(4 levels)



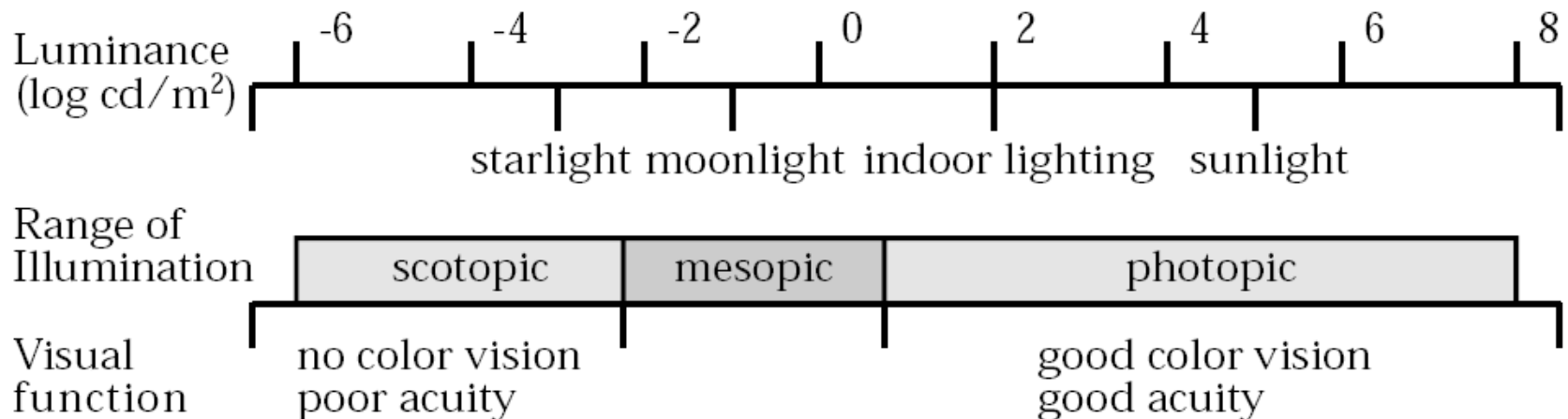
3 bits
(8 levels)



4 bits
(16 levels)

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



HDR (High Dynamic Range)

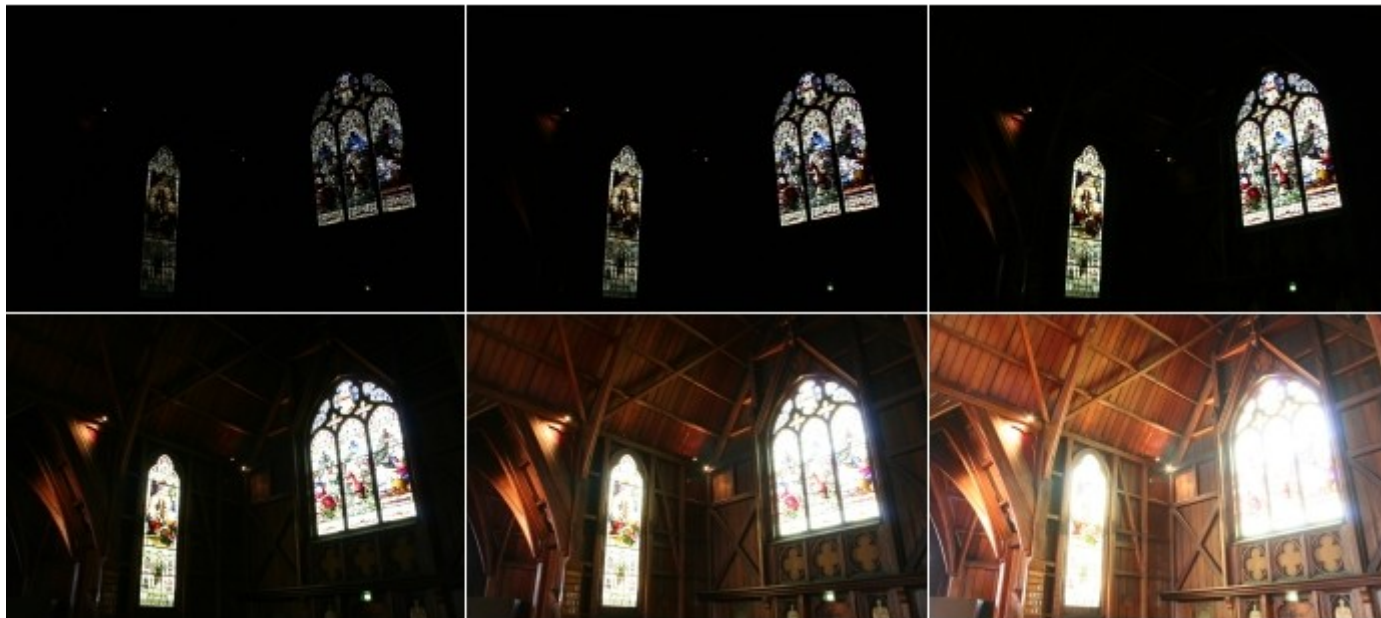
- ▶ Image contenant une plus large gamme d'intensité
 - 96 bits par pixel = 1 flottant
- ▶ Comment les acquérir et les voir ?
 - Capteurs et écrans standards sur 24 bits...



HDR (High Dynamic Range)

► Acquisition

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



HDR (High Dynamic Range)

► Affichage

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



Des questions ?