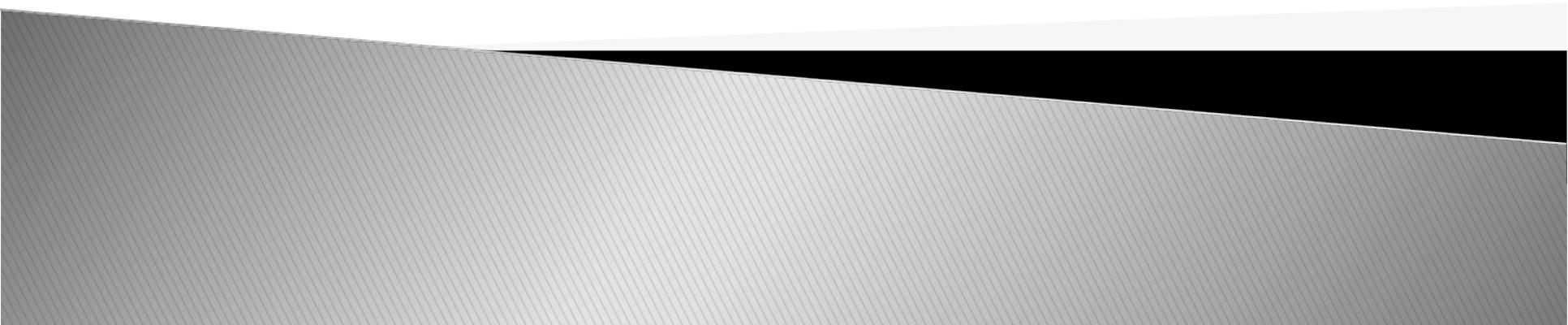


# Modèles de couleur



# 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

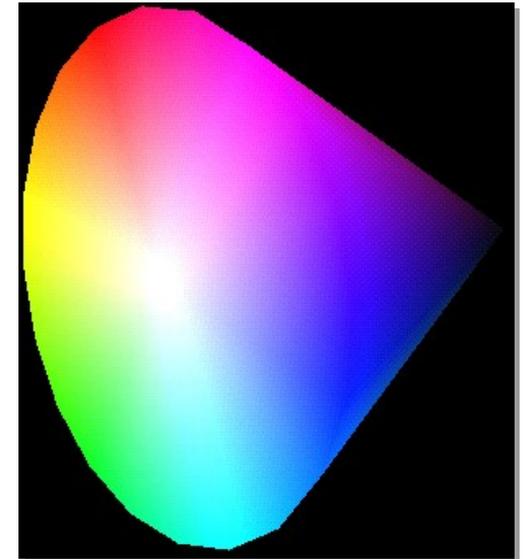
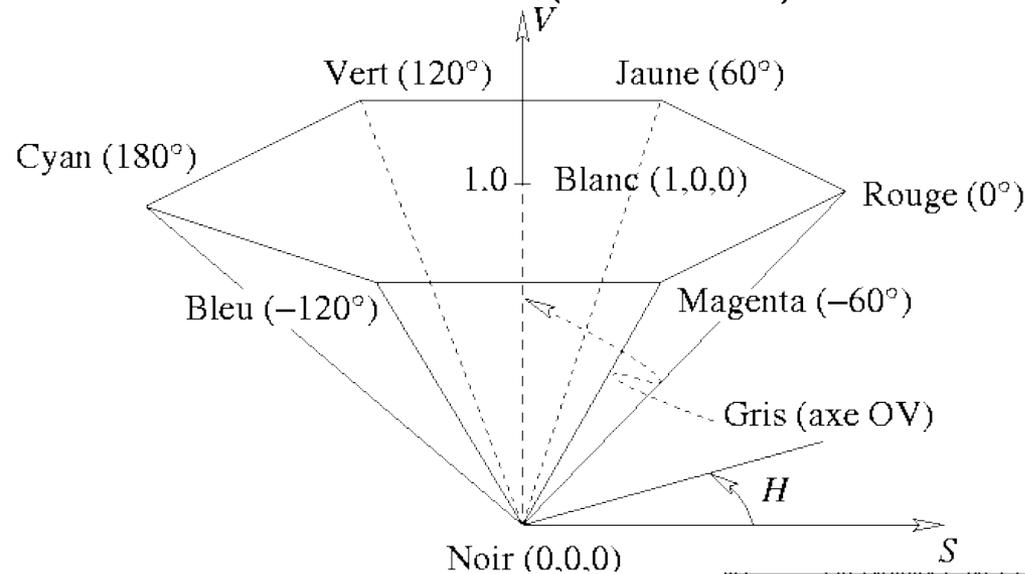
## ▶ **Informatique**

- RGB, CMYK, HSV...

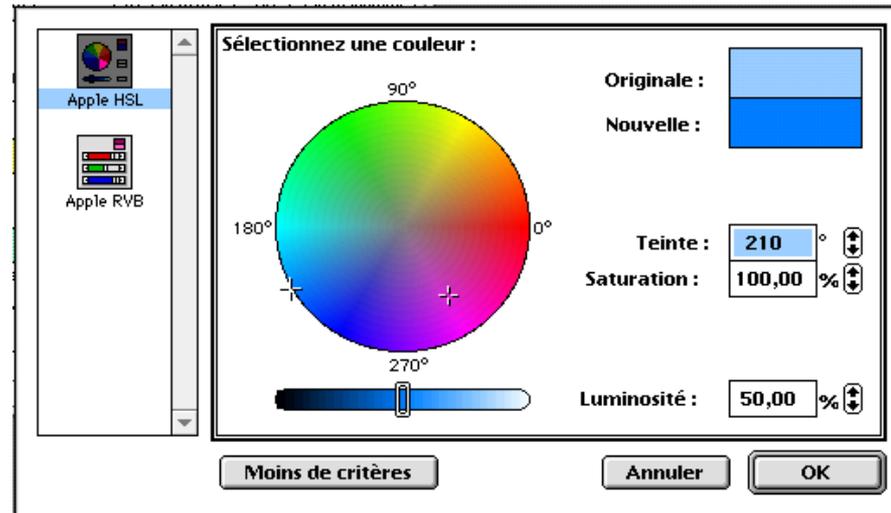
# Modèle du peintre :

## TLS = Teinte, Luminance, Saturation

(HSV: Hue, Saturation, Brightness)



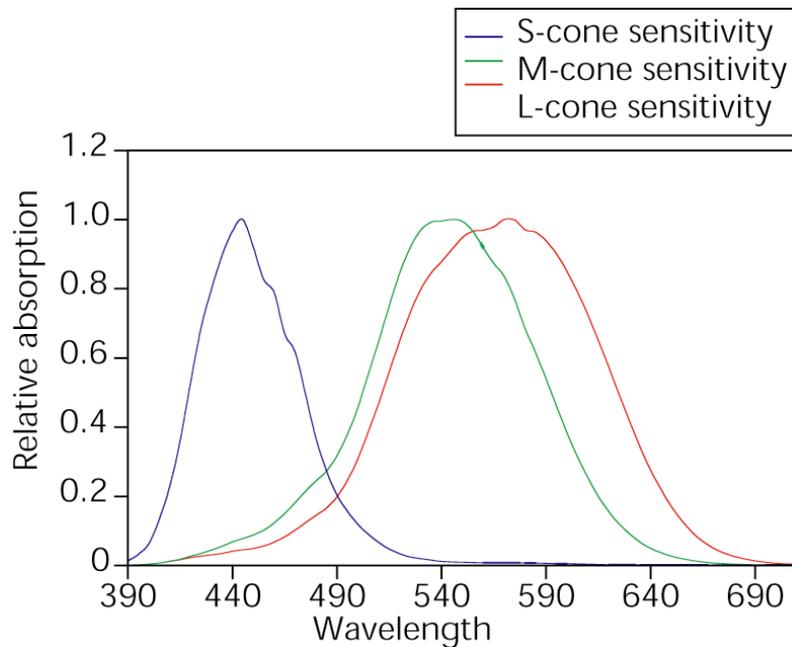
Pratique pour  
les interfaces  
graphiques



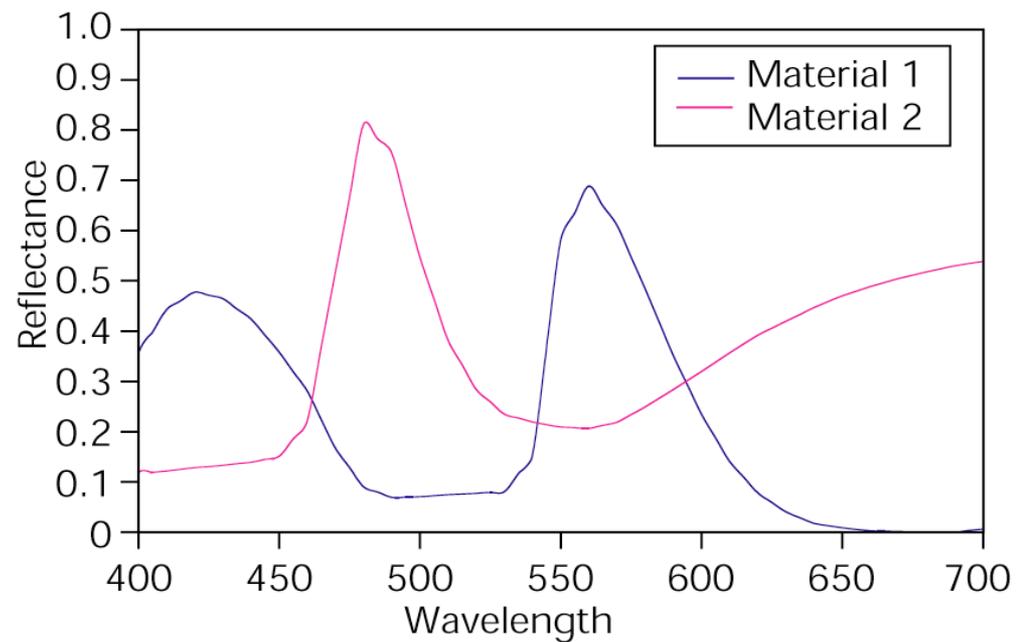
# Représentation spectrale

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

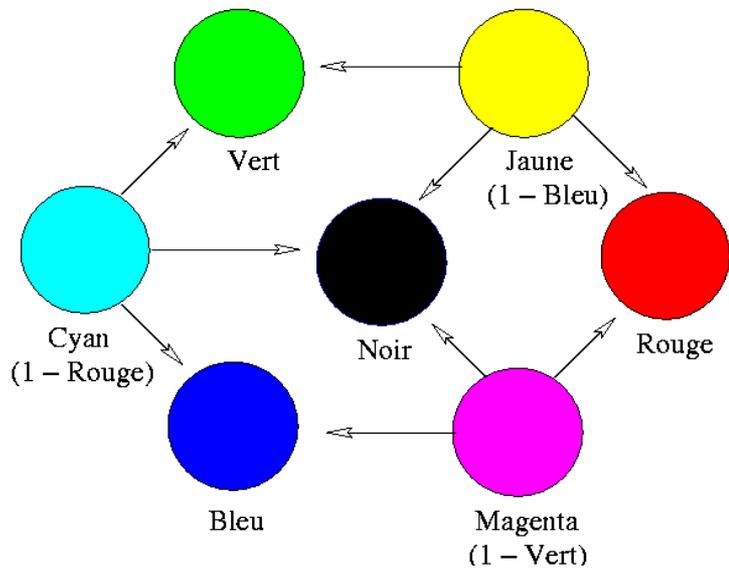


2 couleurs identiques pour l'œil

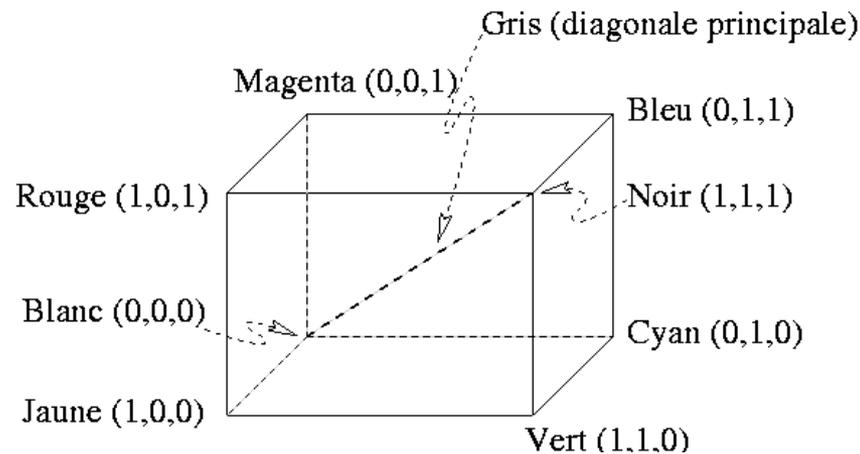
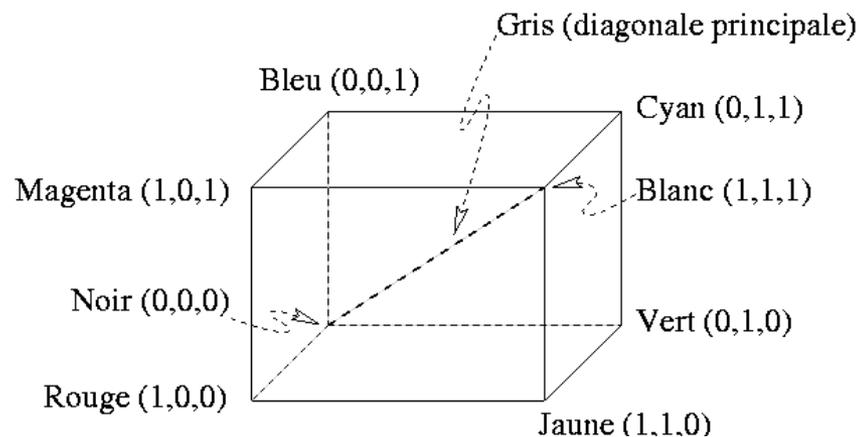
# Echantillonnage spectral

- ▶ 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

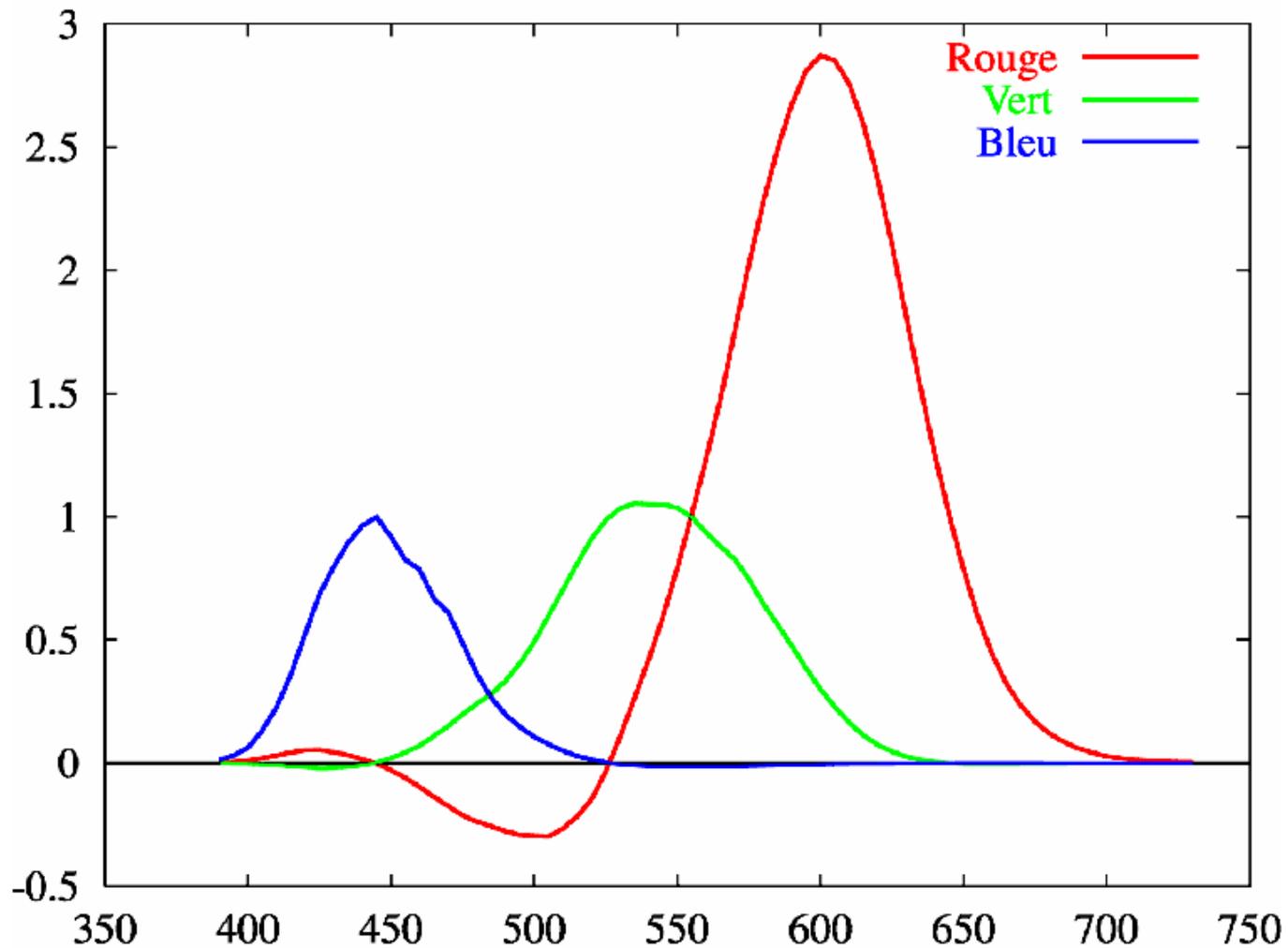
**RVB** : additif, système visuel humain, écrans



**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](http://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)

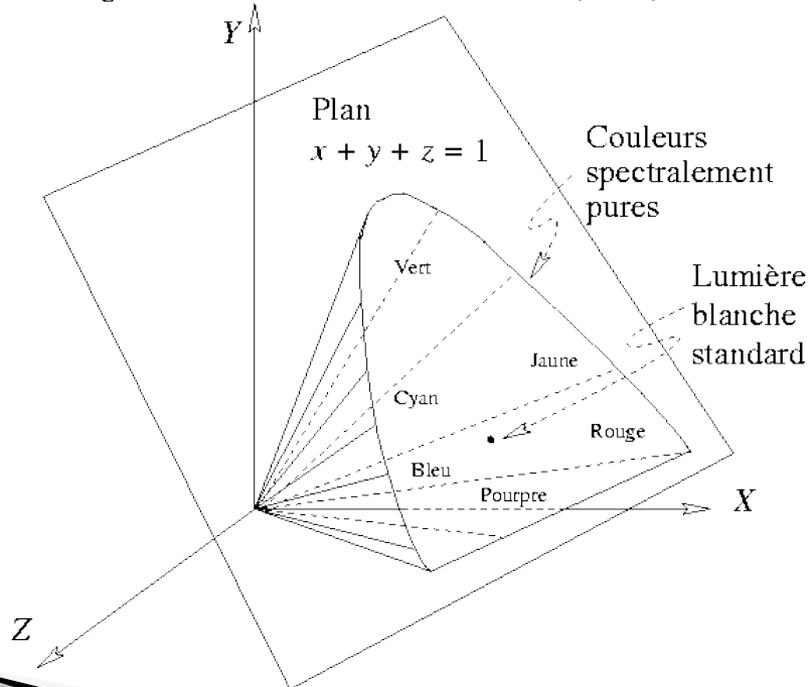
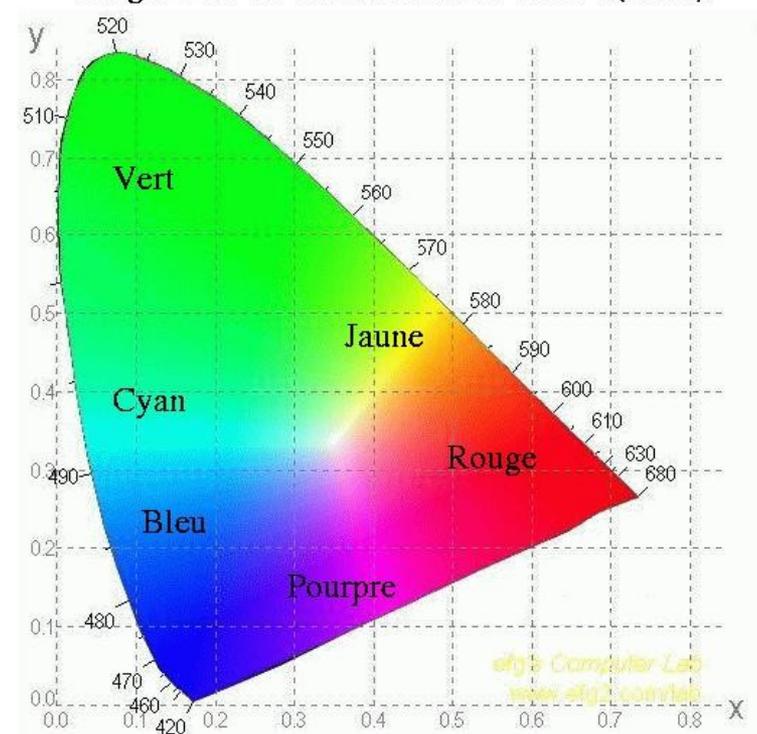
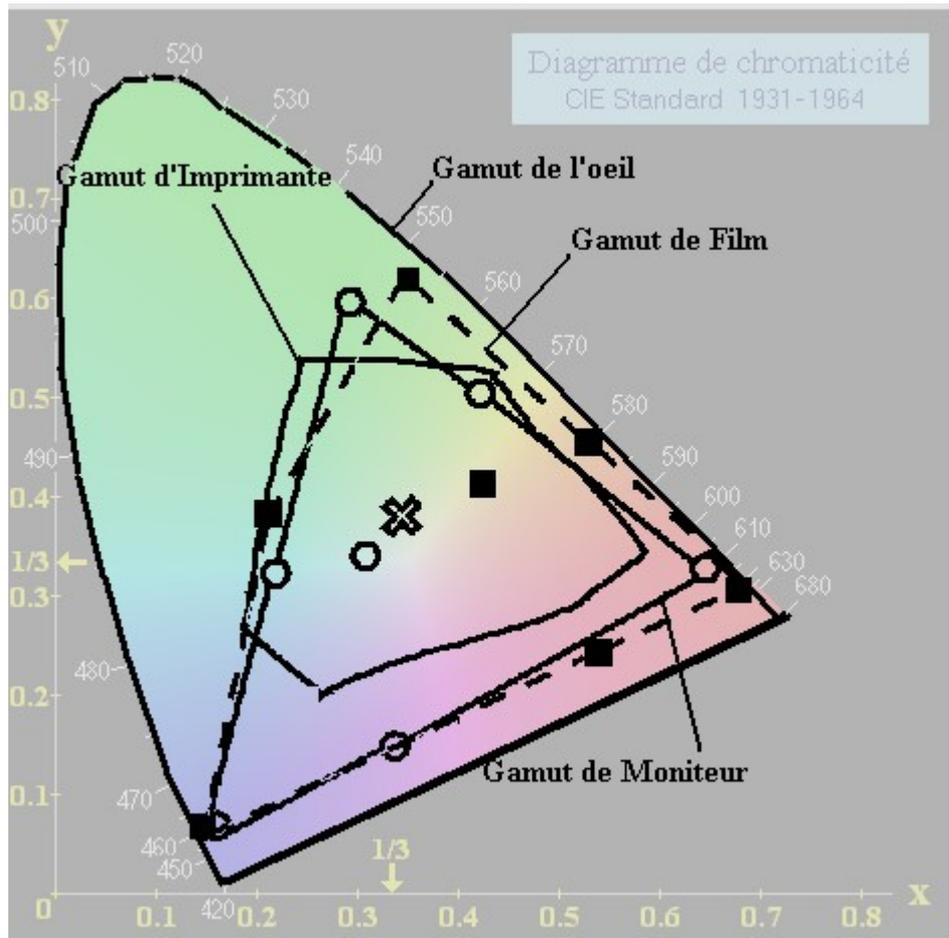


Diagramme de chromaticité de la CIE (1931)





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

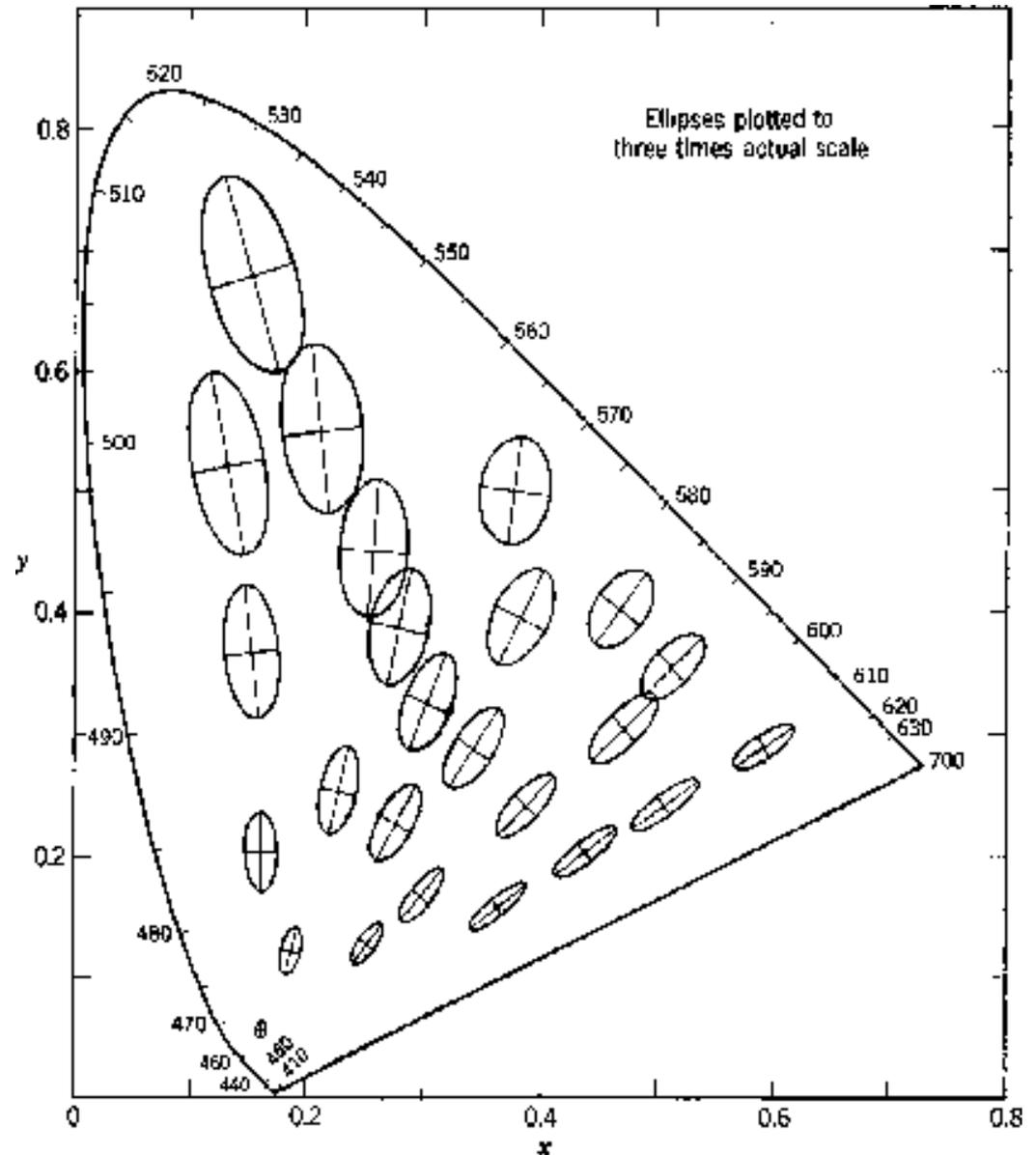
**Il n'existe pas de base trichromique de  
couleurs visibles qui permette de couvrir  
l'ensemble des couleurs visibles**

# 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

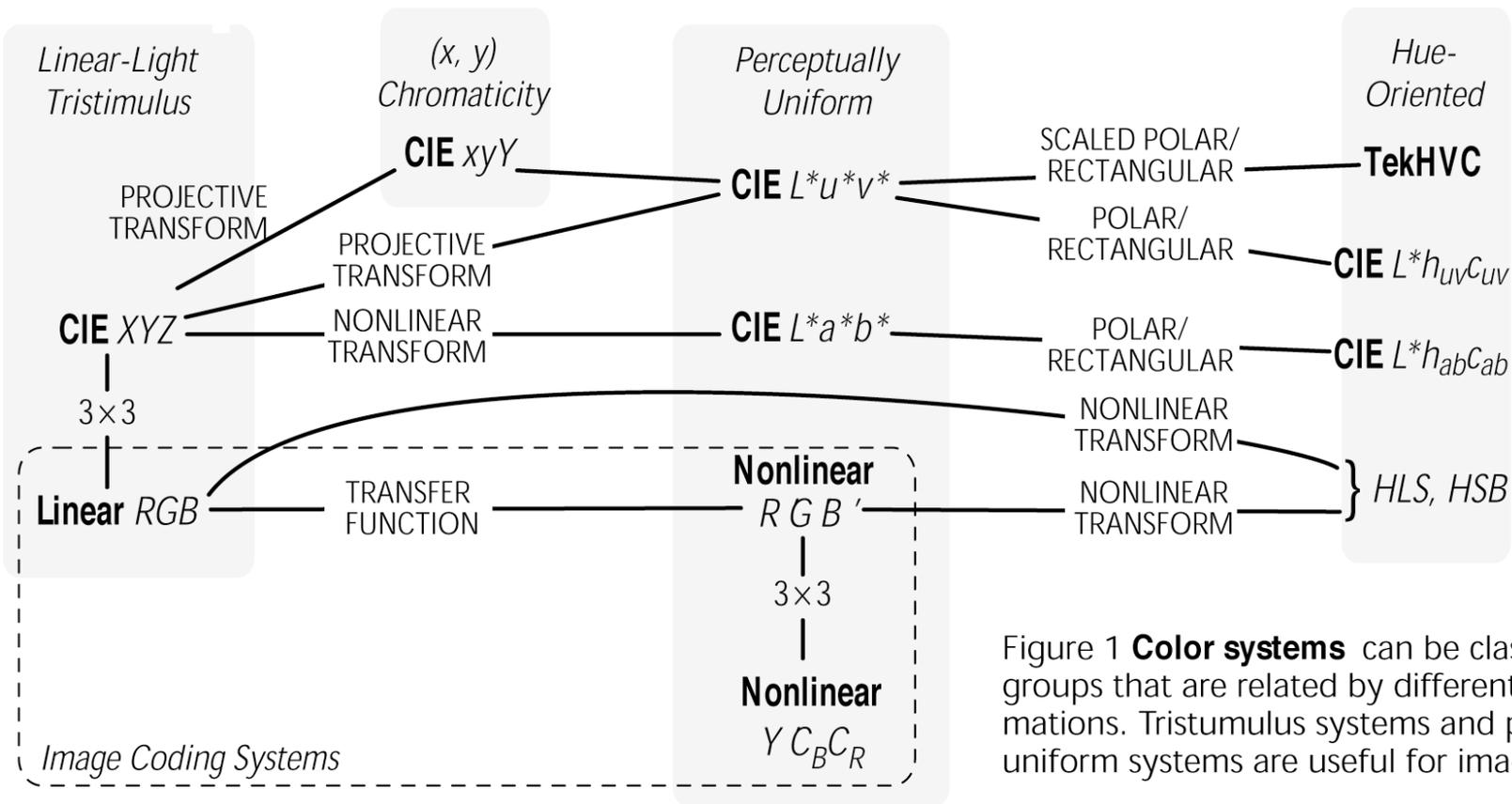


Figure 1 **Color systems** can be classified into four groups that are related by different kinds of transformations. Tristimulus systems and perceptually-uniform systems are useful for image coding.

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



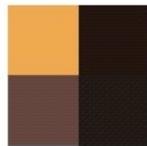
128×128



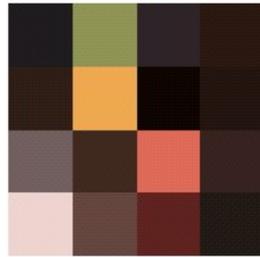
64×64



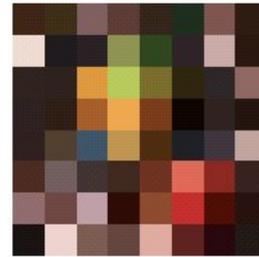
32×32



2×2



4×4



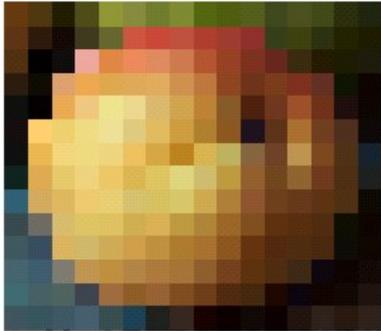
8×8



16×16

# Et dans l'autre sens ?

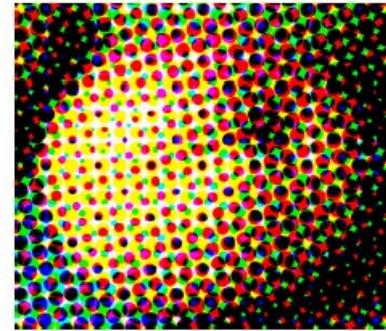
- ▶ **Résolution** : dpi (dots per inch)
  - 100 pour un moniteur
  - 300–1200 pour une imprimante
- ▶ **Diverses méthodes d'affichage**



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)



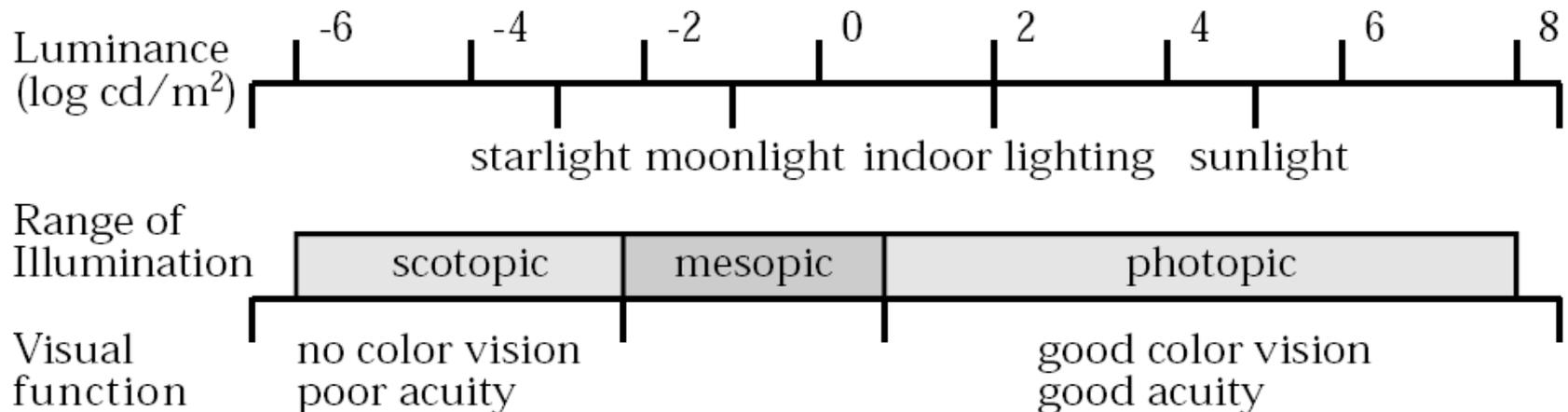
3 bits  
(8 levels)



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)

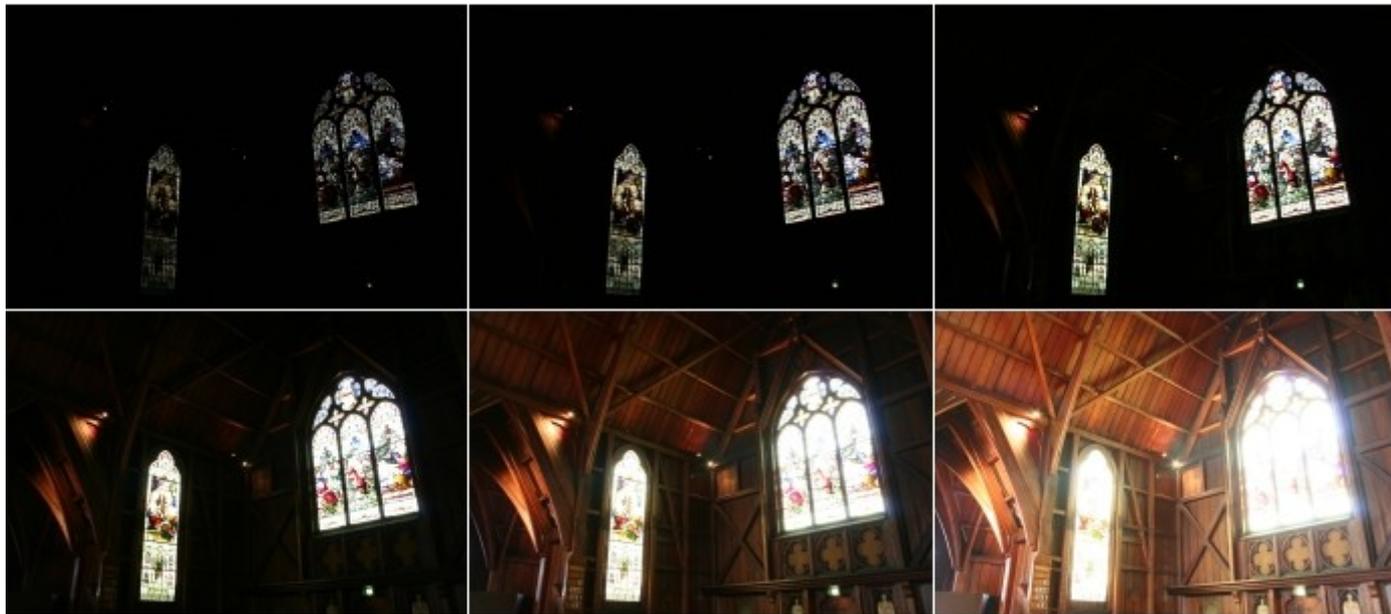
- ▶ Image contenant une plus large gamme d'intensité
  - 96 bits par pixel = 1 flottant
- ▶ Comment les acquérir et les voir ?
  - Capteurs et écrans standards sur 24 bits...



# 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 ?**