Secondes Journées Francophones
sur la Programmation Graphique pour la Mesure et l'Instrumentation
avec le logiciel LabVIEW™

FuturVIEW 2008

COLORVIEW
Interfaçage d'un spectrocolorimètre 45-0°

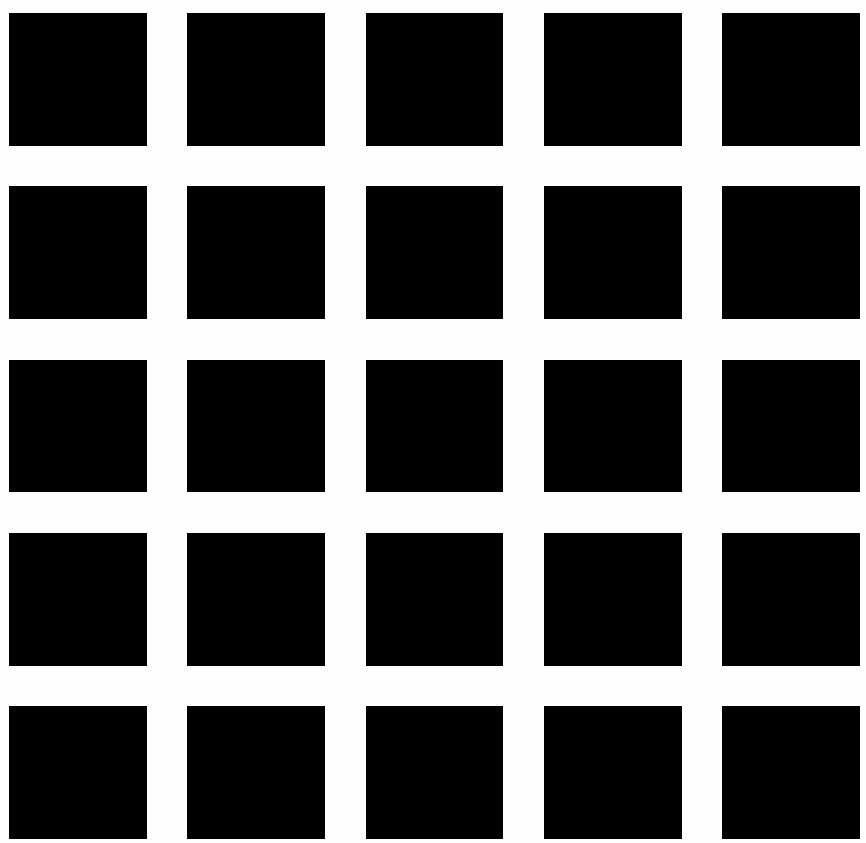
Serge Odof, Pascal Vasseur, Jean-Baptiste Nolot, Damien Erre

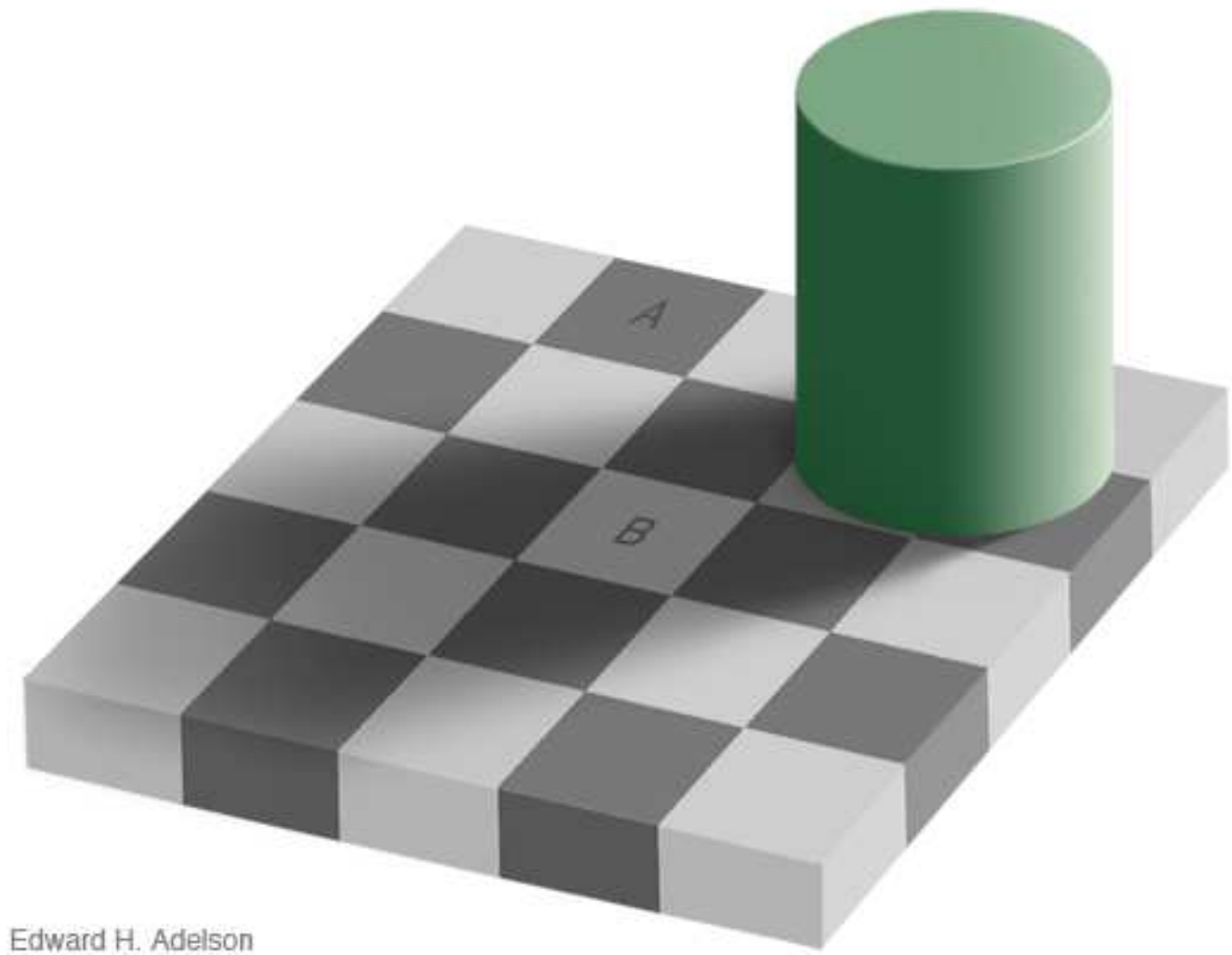
ESIEC
Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Emballage et Conditionnement

Couleur et colorimétrie

Ce que vous voyez n'est pas toujours ce que vous pensez voir,

par contre, ce que vous pensez voir peut être mesuré …





Edward H. Adelson

Pourquoi la colorimétrie ?

- <u>Importance de la couleur</u>
  - Identité d'une société (rouge : coca, orange : Clicquot…)
  - Signalisation
  - Esthétique
  - Marketing (Forme, Couleur, Nom)

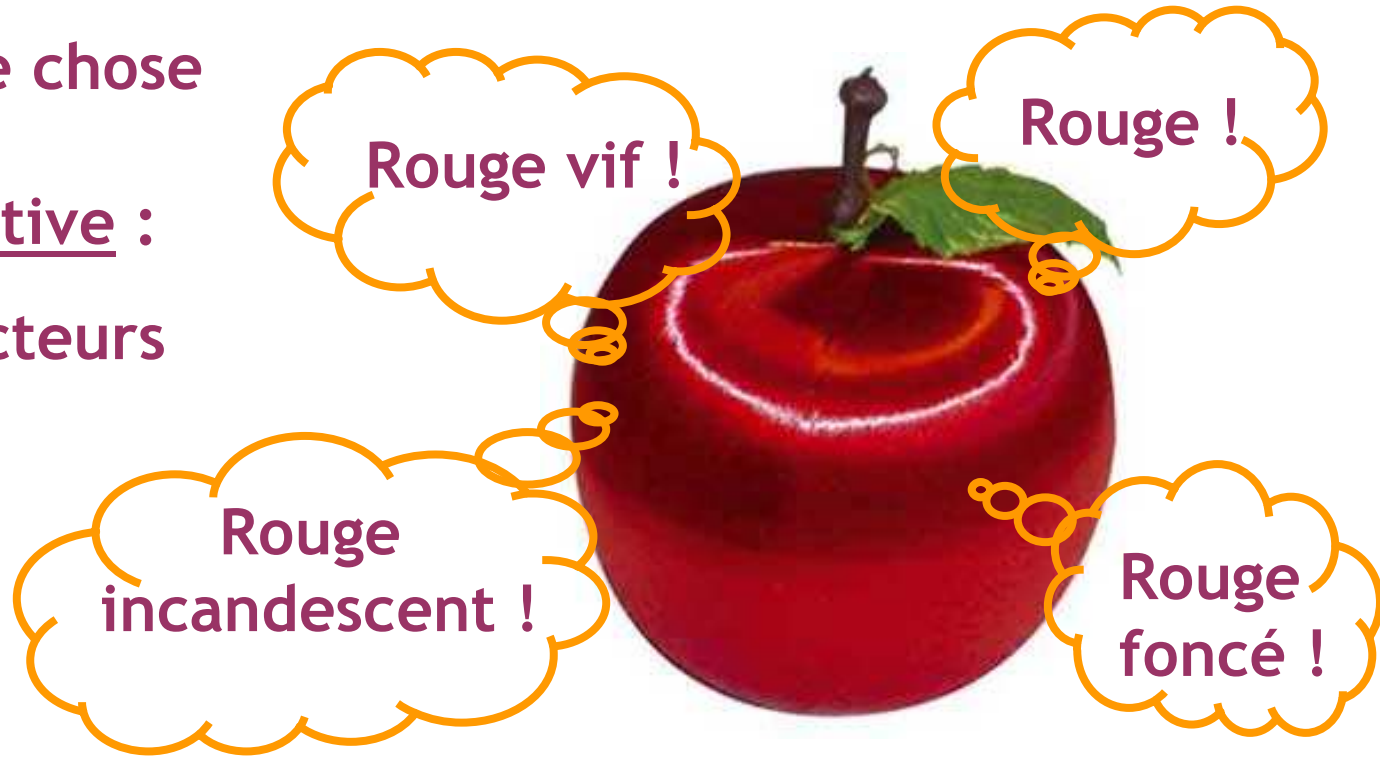
- <u>La couleur est une sensation non objective</u> : liée à l'observateur (personne)

  on ne voit pas tous la même chose

- <u>Nécessité de communication objective</u> :

  Chaîne graphique : multi-acteurs

  Contrôle qualité



Les problèmes de la colorimétrie:

- La couleur est une sensation et pas une réalité physique

  Nécessité de prendre en compte:

  Le facteur humain (l'observateur)

  Les conditions d'observation (l'illuminant)

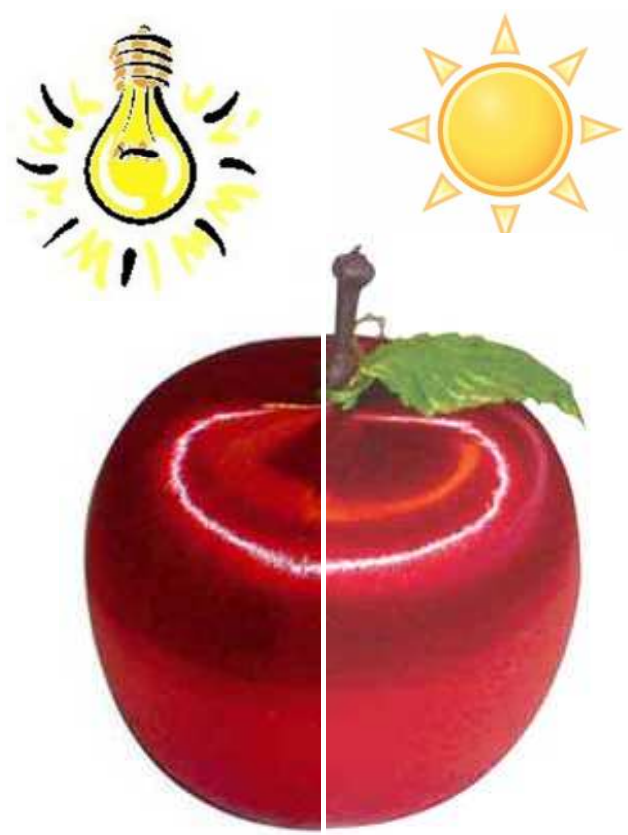
  L'objet lui-même

Pb : comment décrire la couleur de la pomme ?

Quelle est son intensité ?

Vive ? Terne ?

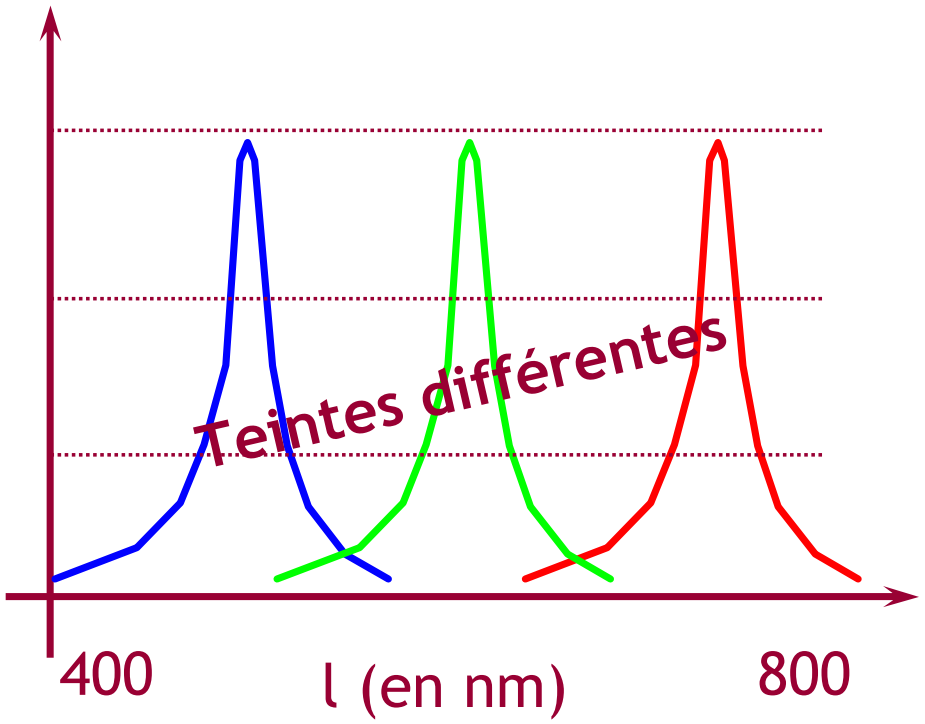
Quelle est sa teinte ?



Quelle est sa luminosité ?

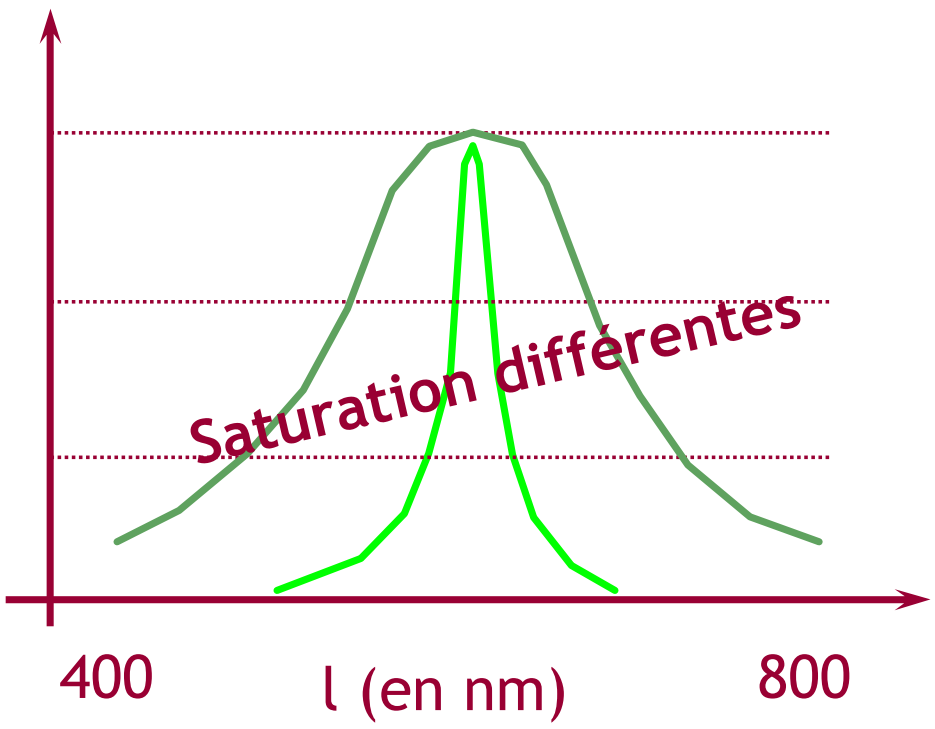
Claire ? Sombre ?

Classification des couleurs : 3 critères



Teinte Luminosité Saturation

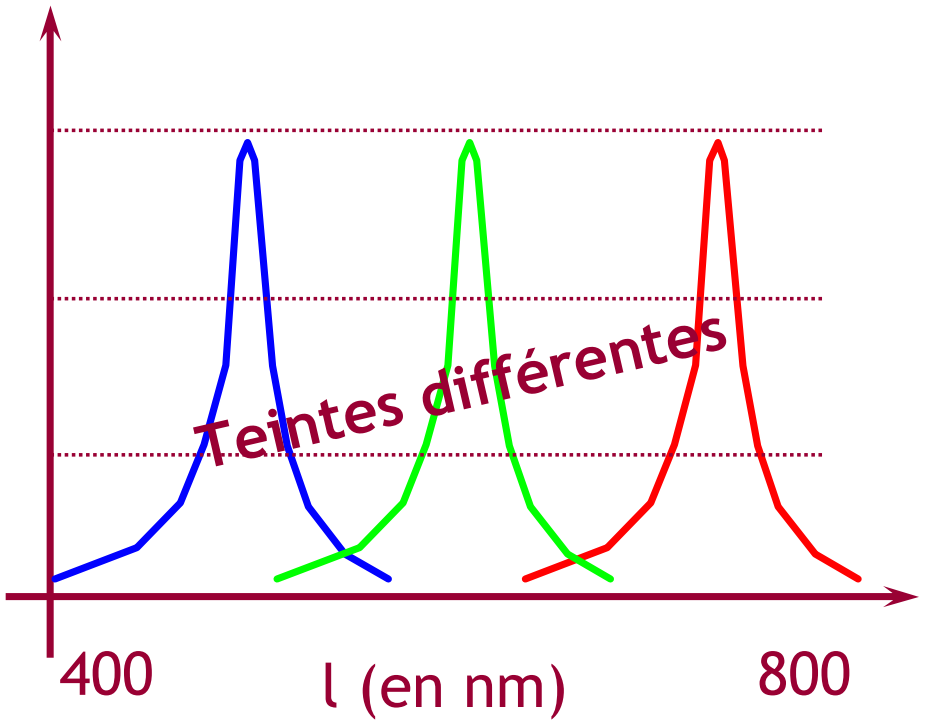
Teinte : Nuance

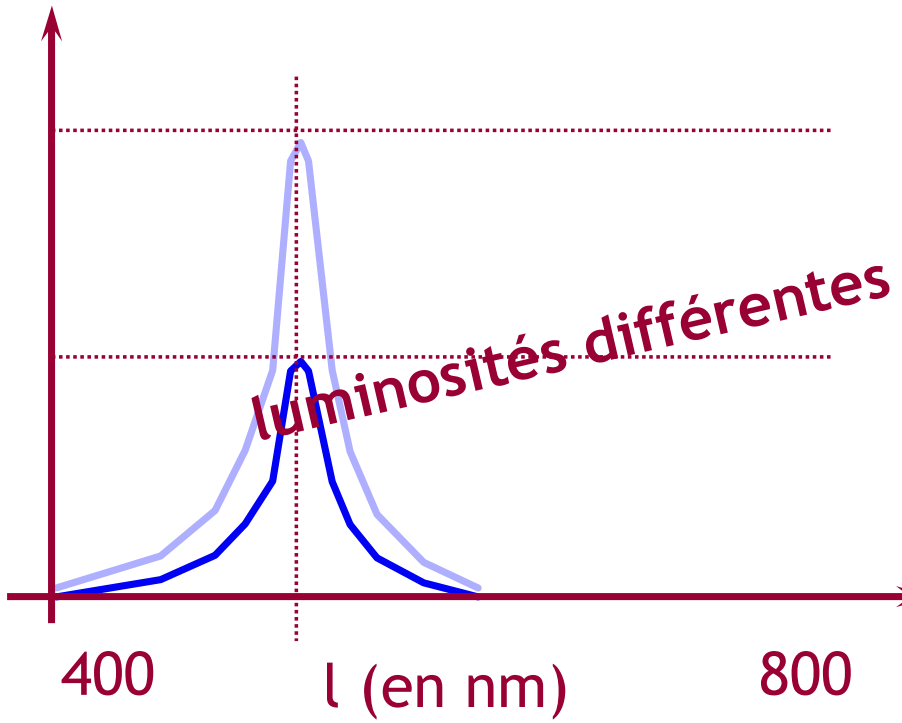


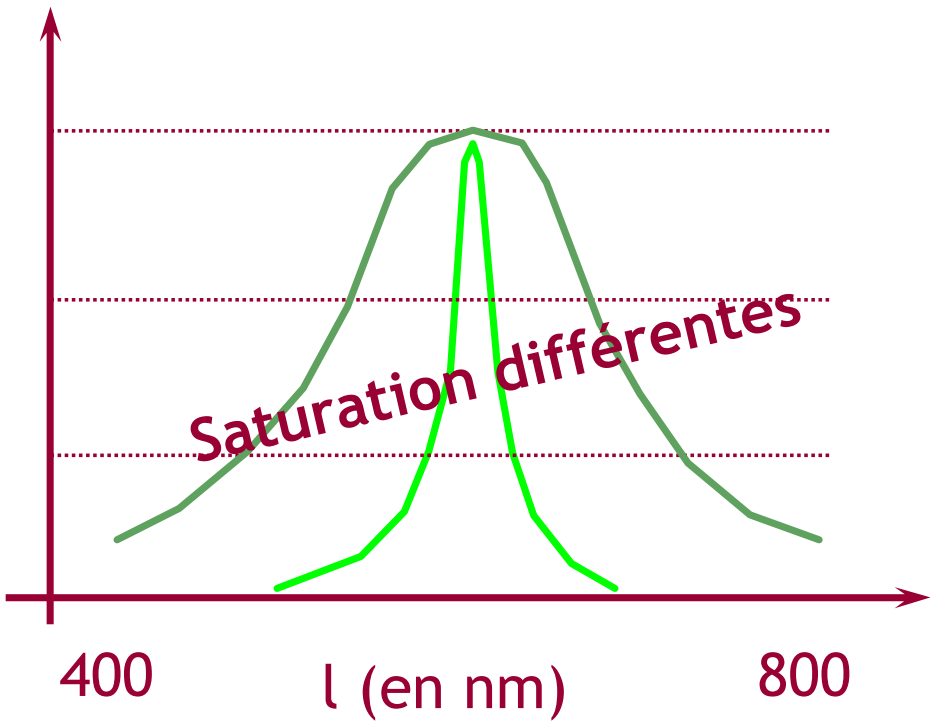
Saturation : pureté de la teinte (chromacité) :
Plus la couleur est saturée, moins il y a de gris

plus la couleur est vive (intensité)

Teinte Luminosité Saturation



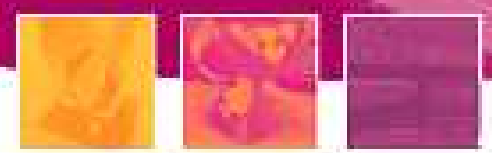




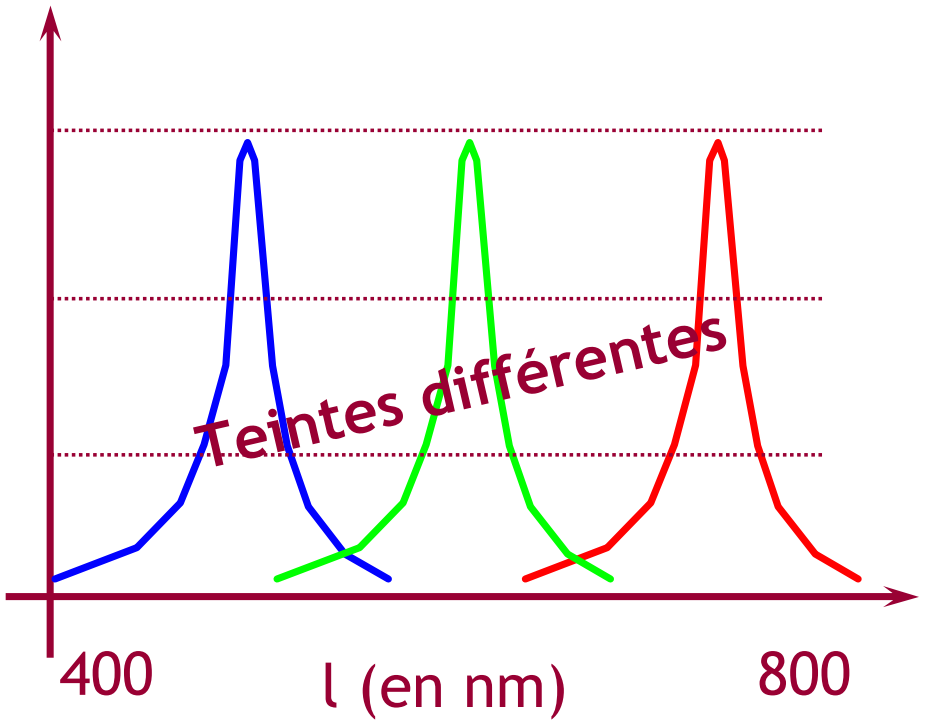
Luminosité, clarté

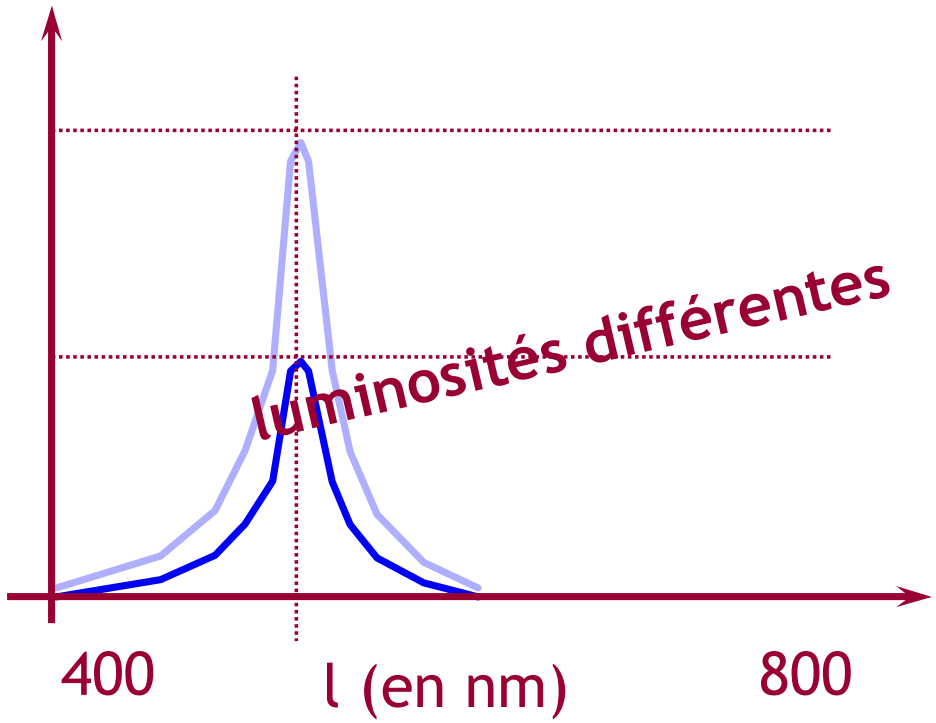
Noir ⇨ Blanc

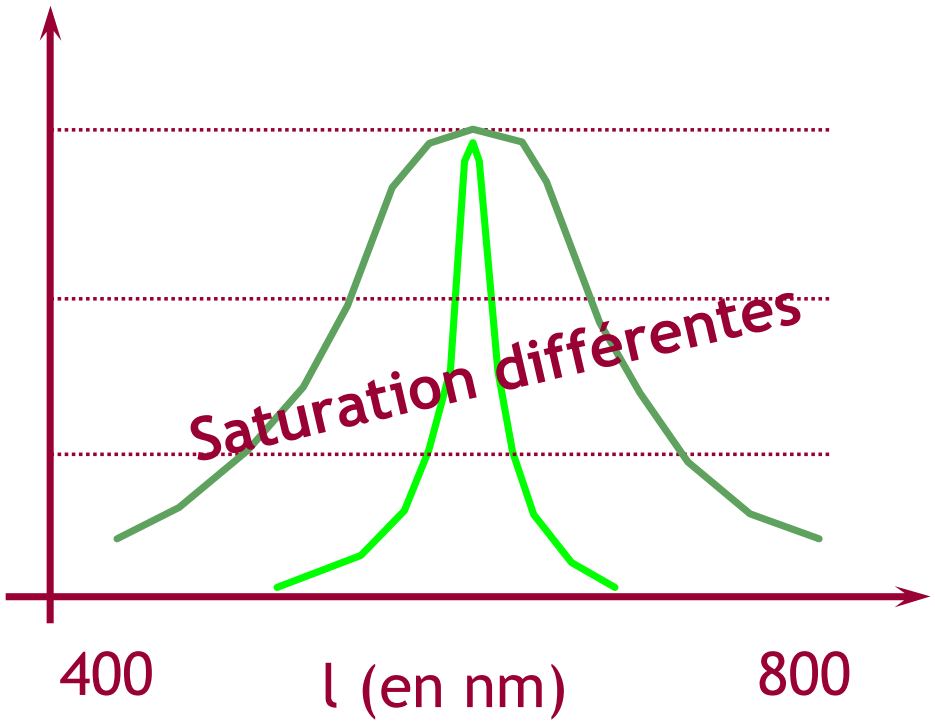
0% 100%

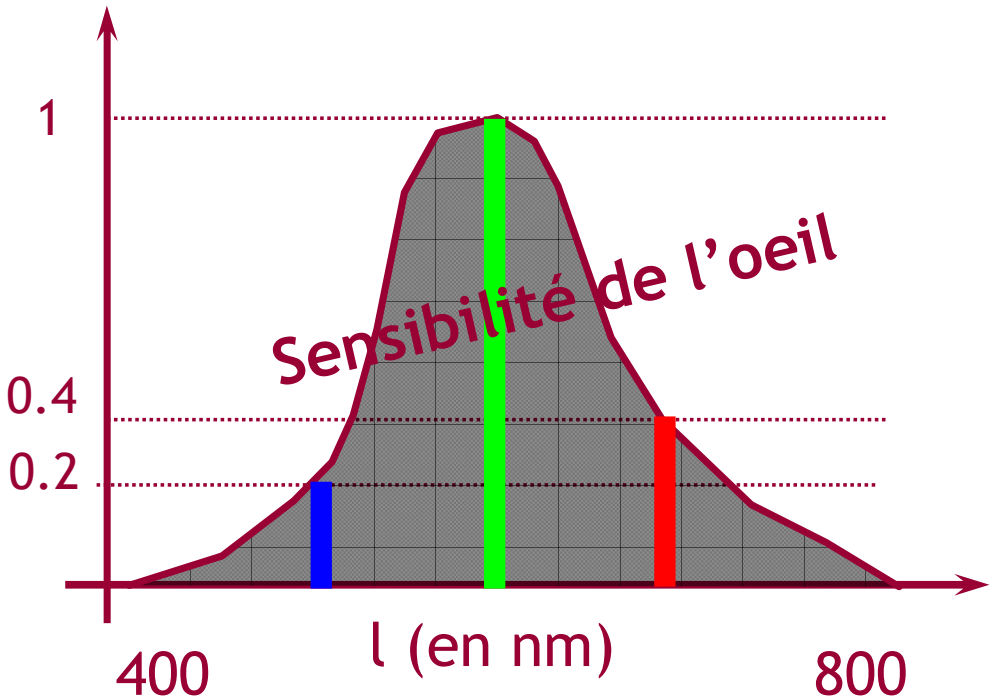


Teinte Luminosité Saturation







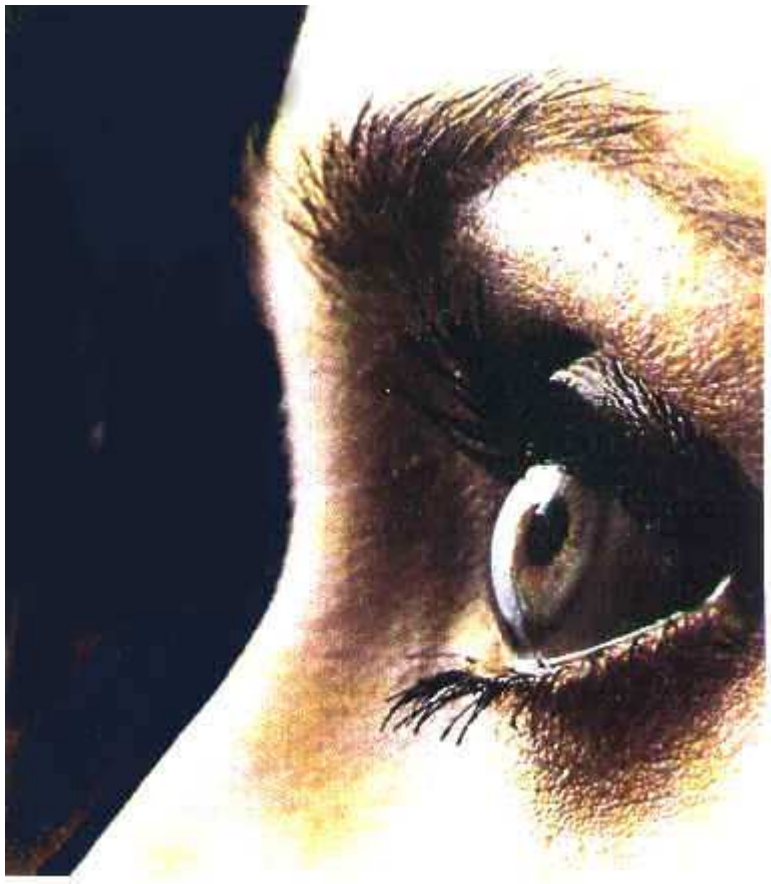


Les trois acteurs de la colorimétrie:

La lumière

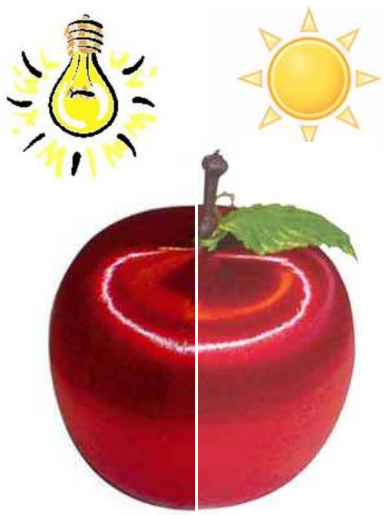
L'objet

L'observateur

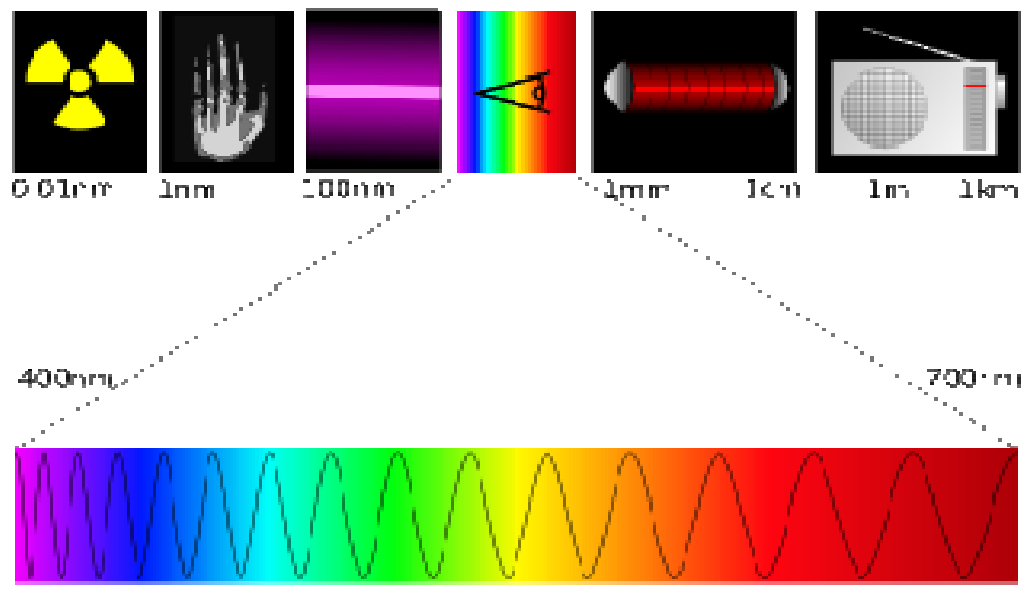


Les trois acteurs de la colorimétrie:

La lumière



Onde électromagnétique



Pb : comment définir une couleur sous un éclairage de façon objective ?

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a définit : Illuminants

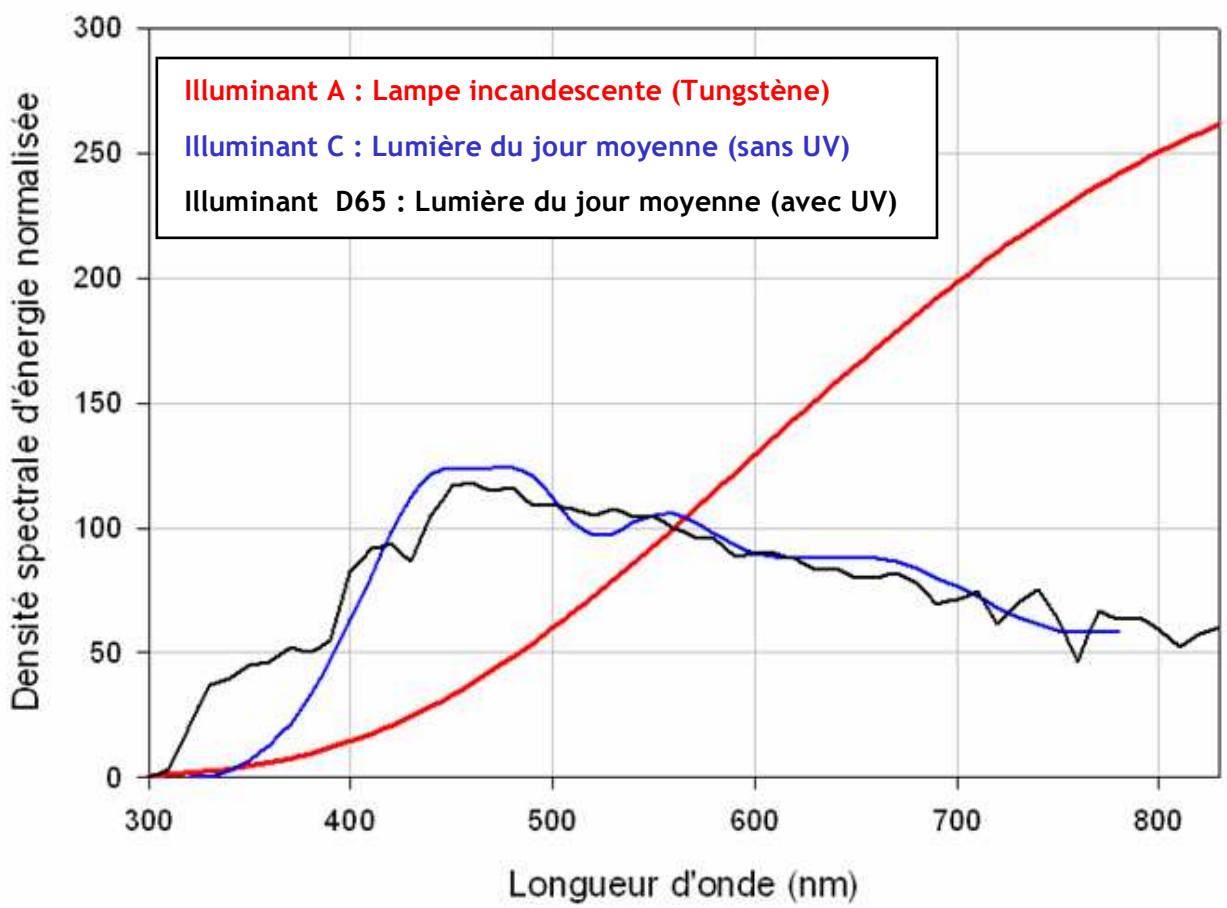
Un illuminant n'est pas une source physique : un spectre théorique

Tableau de chiffres : il sert aux appareils de mesure pour les calculs

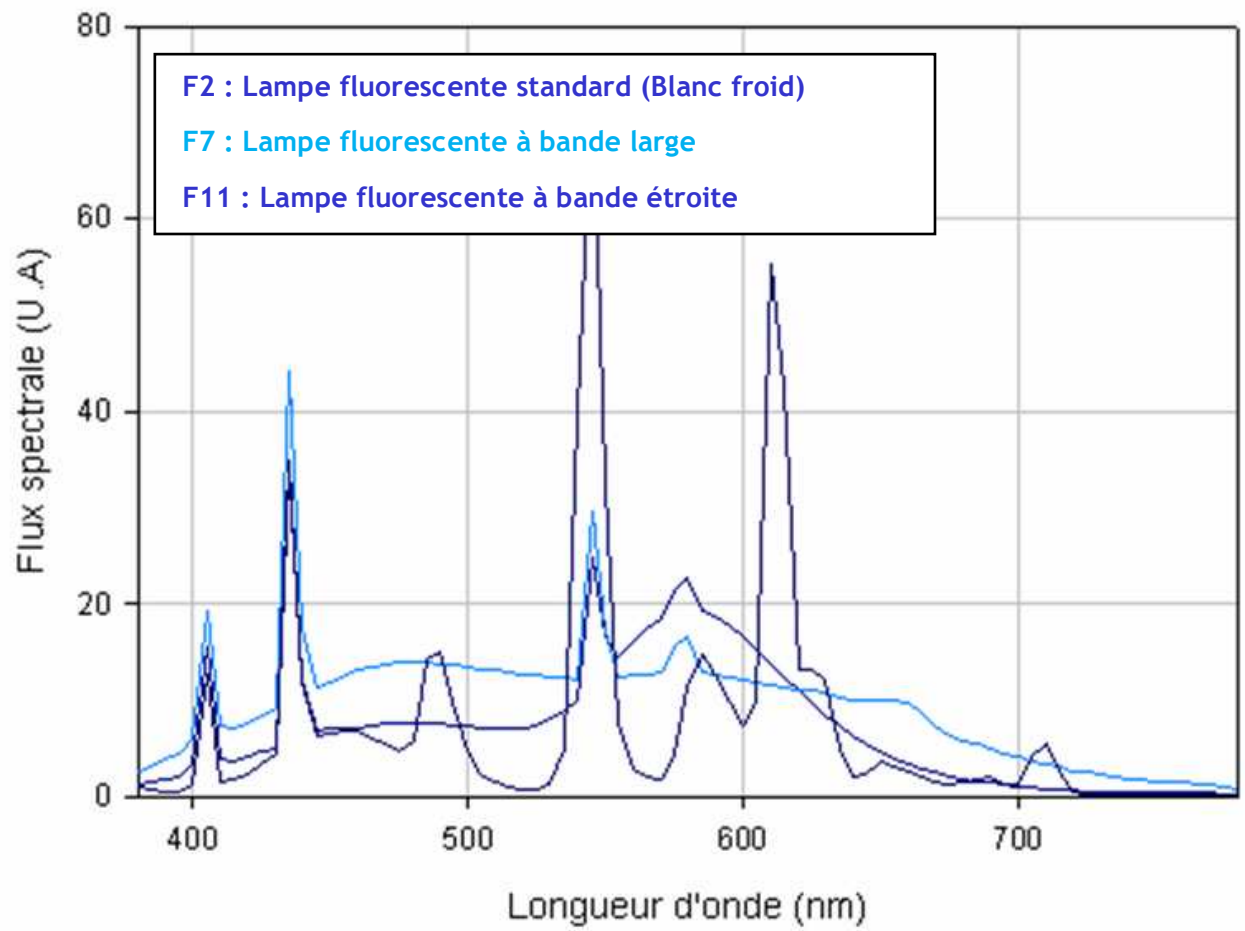
→ Reproductible en cabine d'éclairement

La lumière: 2 types d'illuminants : standards et fluorescents

Illuminants standards



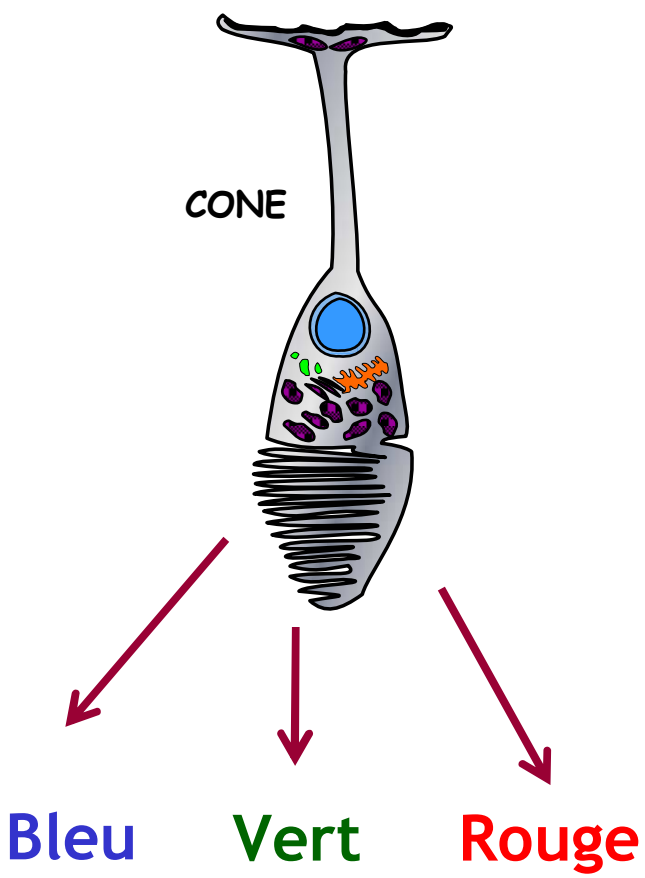
Illuminants fluorescents



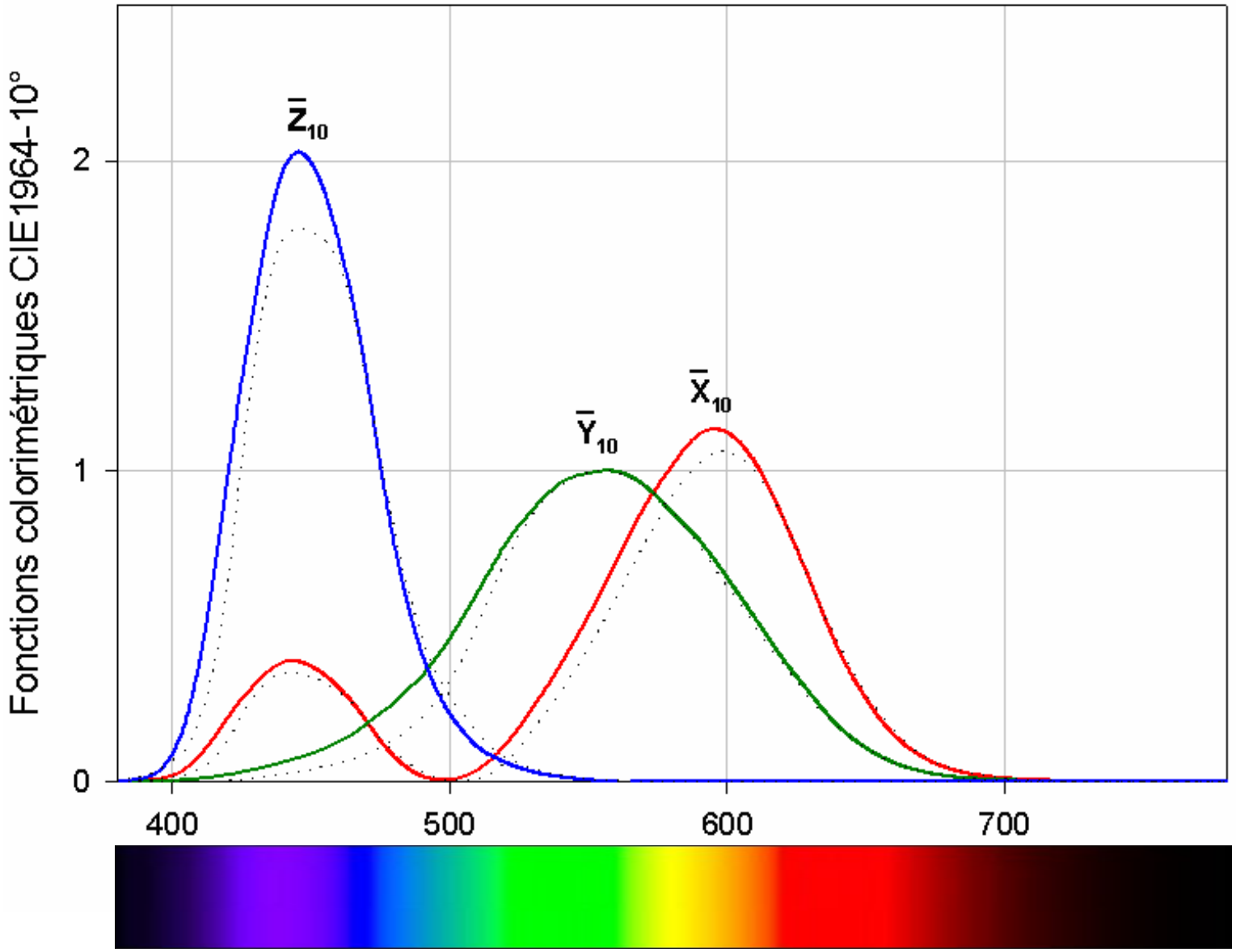
Pris en compte dans Colorview …

L'observateur :

Œil :

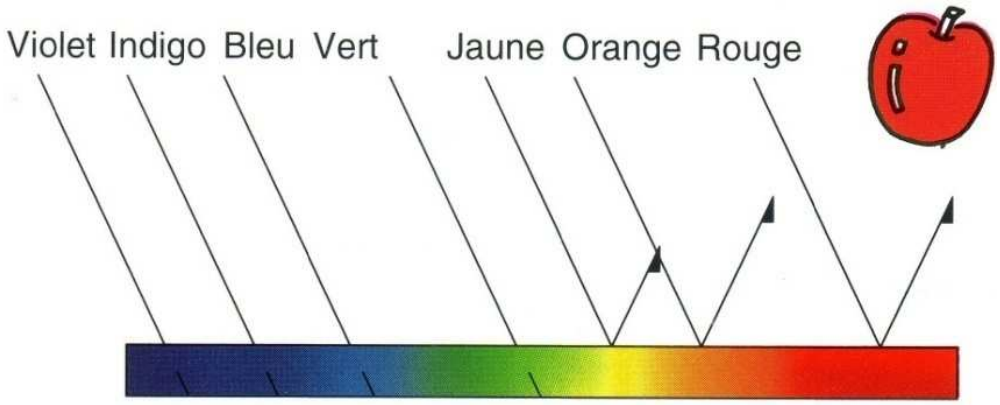


Sensibilité spectrale de l'œil humain



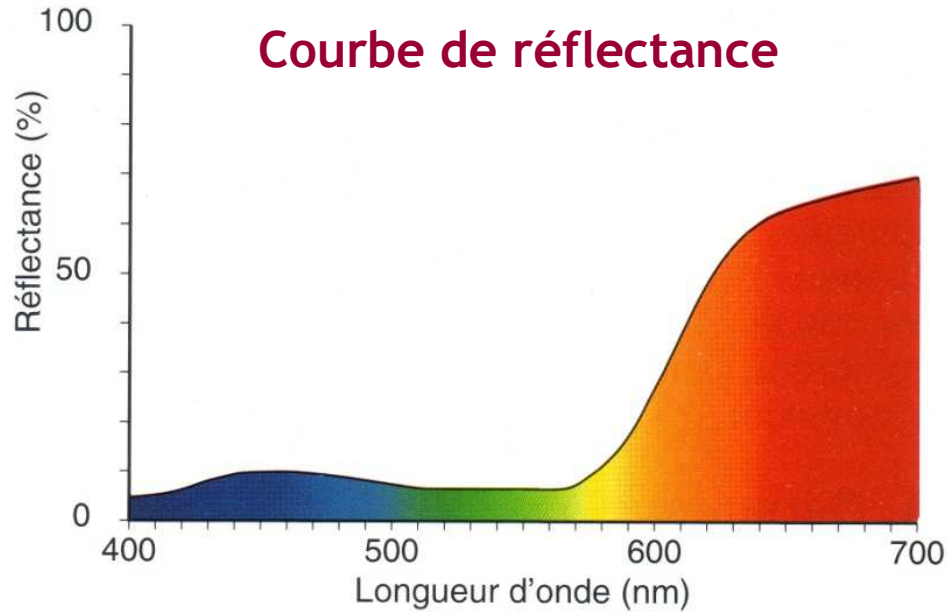
$\bar{X}_{10}$, $\bar{Y}_{10}$, $\bar{Z}_{10}$: Fonctions de mélanges

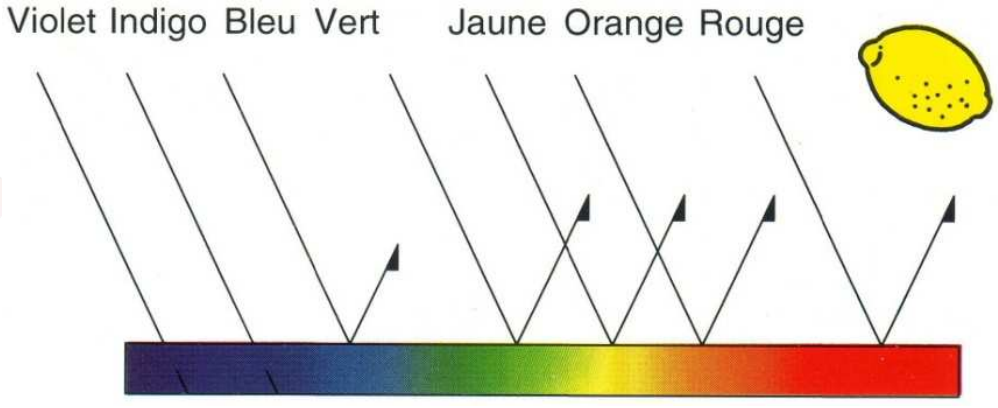
L’objet :



Ondes absorbées

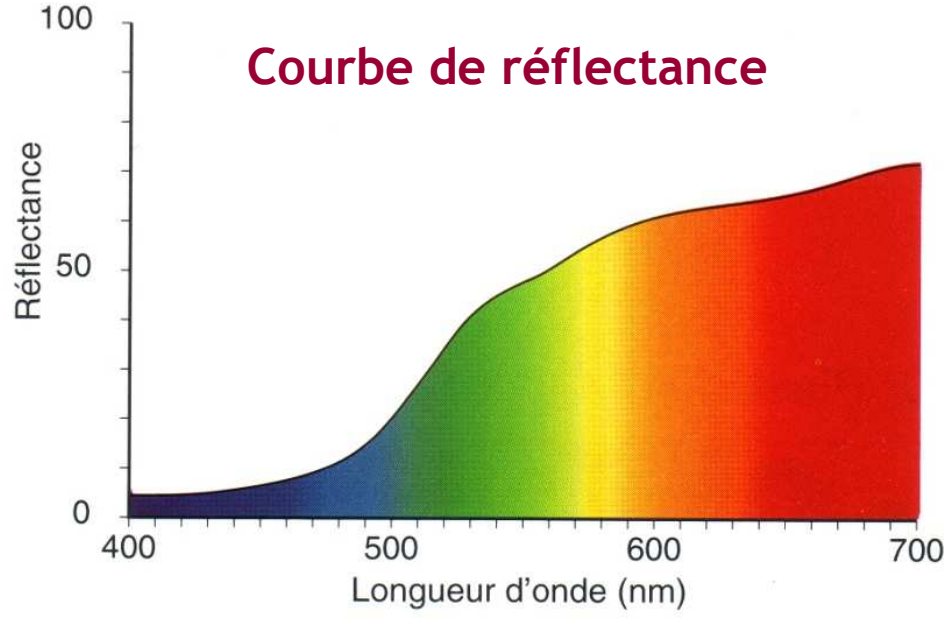
Ondes re-émises : Réflectance





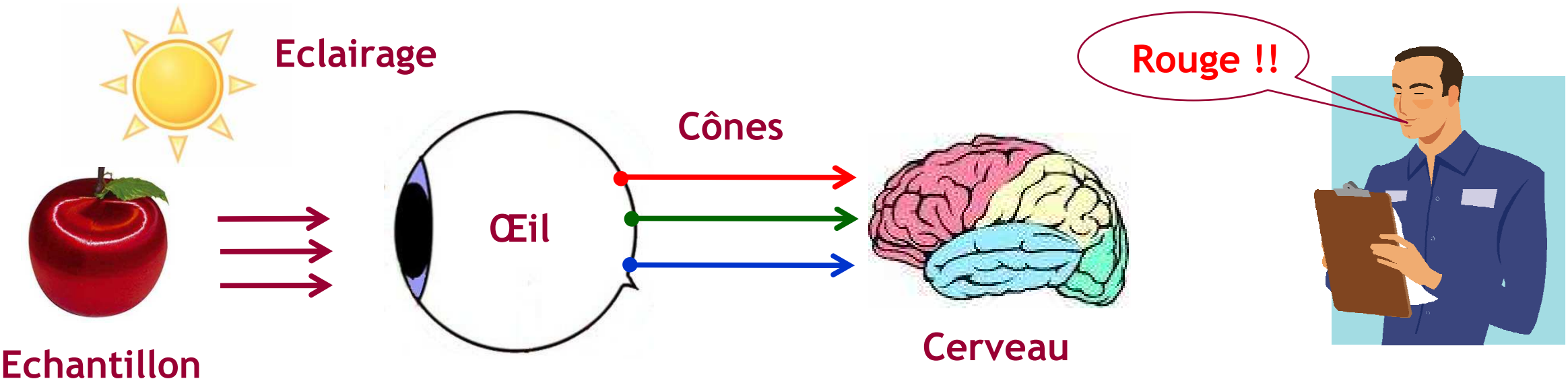
Ondes absorbées

Ondes re-émises : Réflectance

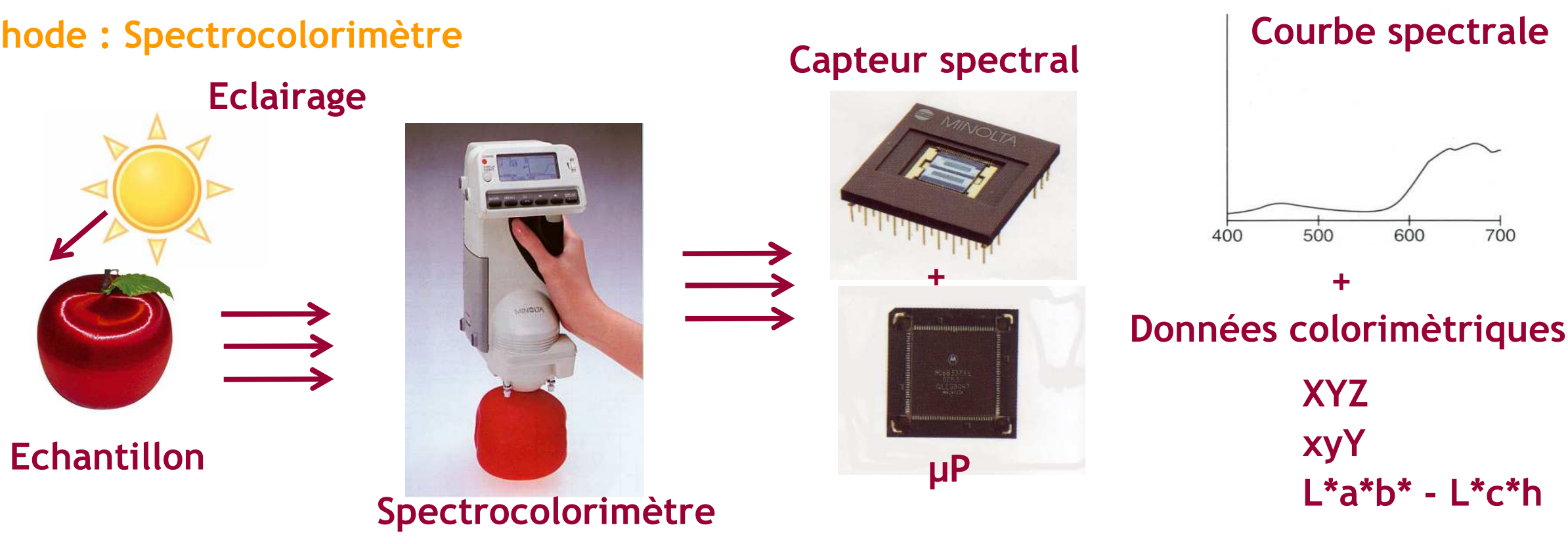


Méthodes de détection des couleurs

Méthode : Œil humain



Méthode : Spectrocolorimètre



Comment définir une couleur :

Théorie de la mesure colorimétrique : 3 chiffres pour la couleur

Valeurs tri-stimulus : X, Y, Z

Fonction du triplet : lumière, objet, observateur

$$X = k \int_{360nm}^{800nm} \text{illuminant}(\lambda) * \text{reflectance}(\lambda) * \bar{x}_{10}(\lambda).d\lambda$$

$$Y = k \int_{360nm}^{800nm} \text{illuminant}(\lambda) * \text{reflectance}(\lambda) * \bar{y}_{10}(\lambda).d\lambda$$

$$Z = k \int_{360nm}^{800nm} \text{illuminant}(\lambda) * \text{reflectance}(\lambda) * \bar{z}_{10}(\lambda).d\lambda$$

$$\text{avec} \quad k = \frac{100}{\int_{360nm}^{800nm} \text{illuminant}(\lambda) * \bar{y}_{10}(\lambda).d\lambda}$$

Programmées dans colorview…

Utilisation d'un spectrocolorimètre :

Choix illuminant

X

Objet

X

Œil

Densité spectrale d'énergie de l'illuminant (A ou D65)

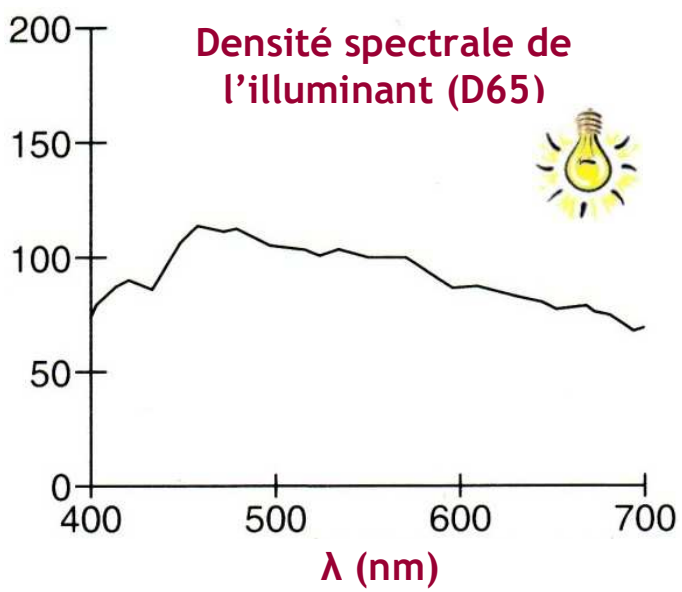
Réflectance de l'échantillon

Fonctions de mélanges

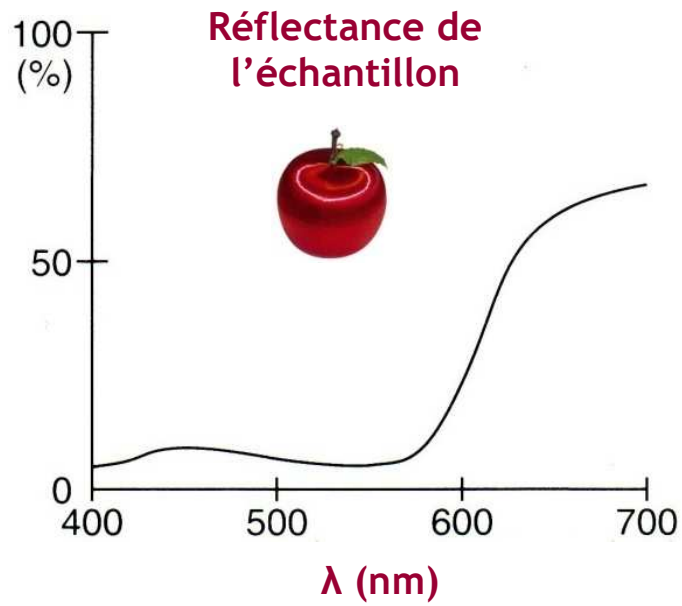
Valeurs tri-stimulus X, Y, Z

Dépendent de l'illuminant

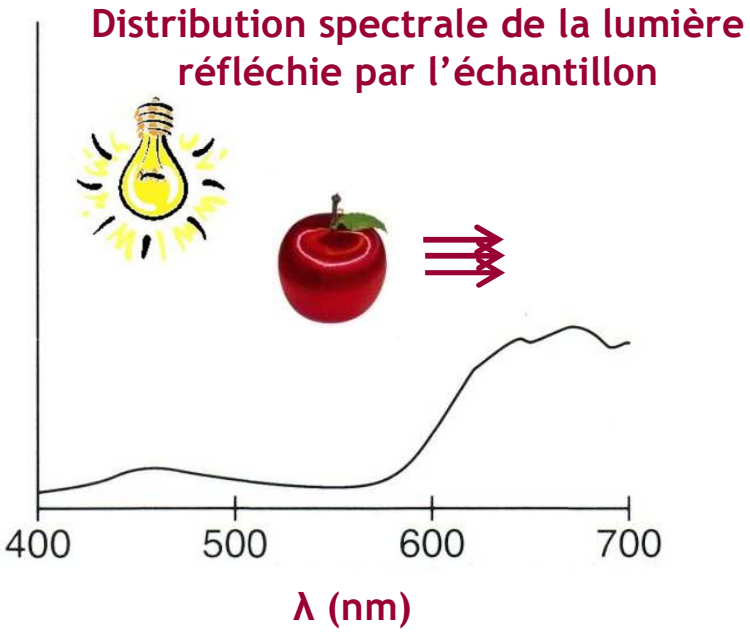
Exemple :

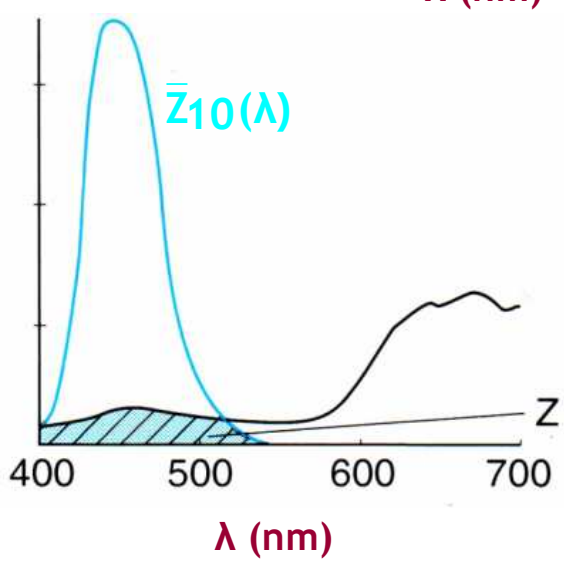


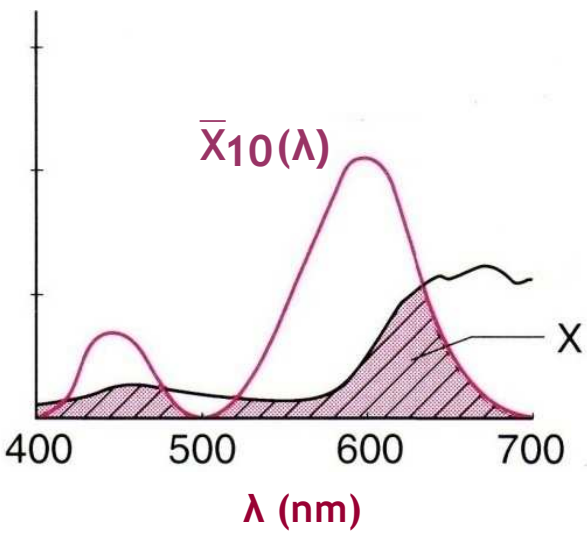
X

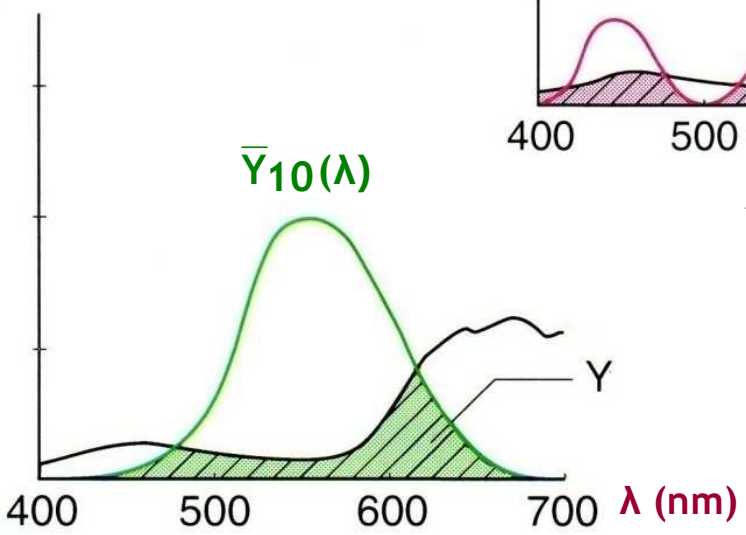


=

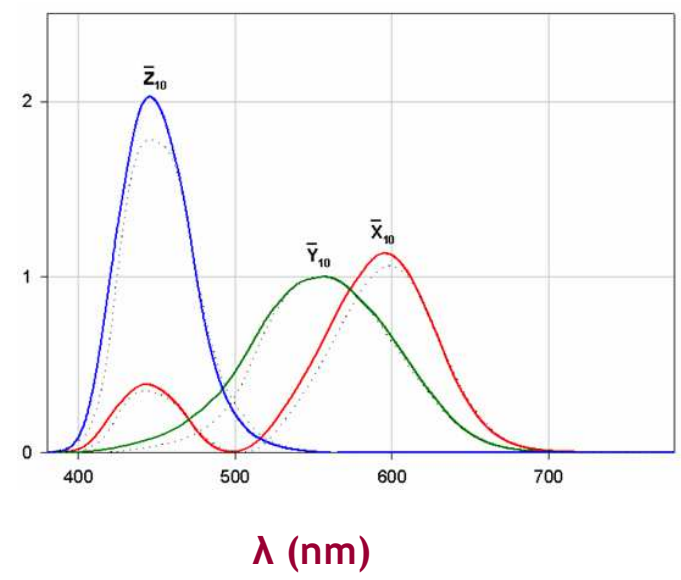








X



Valeurs tri-stimulus : X, Y, Z

Espace des couleurs xyY:

Représentation graphique à 2 dimensions : fixée par la CIE en 1931

A partir des 3 valeurs tri-stimulus X, Y, Z

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}\ ; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}\ ;$$

Saturation (intensité)

Y **Réflectance**

X=21.21

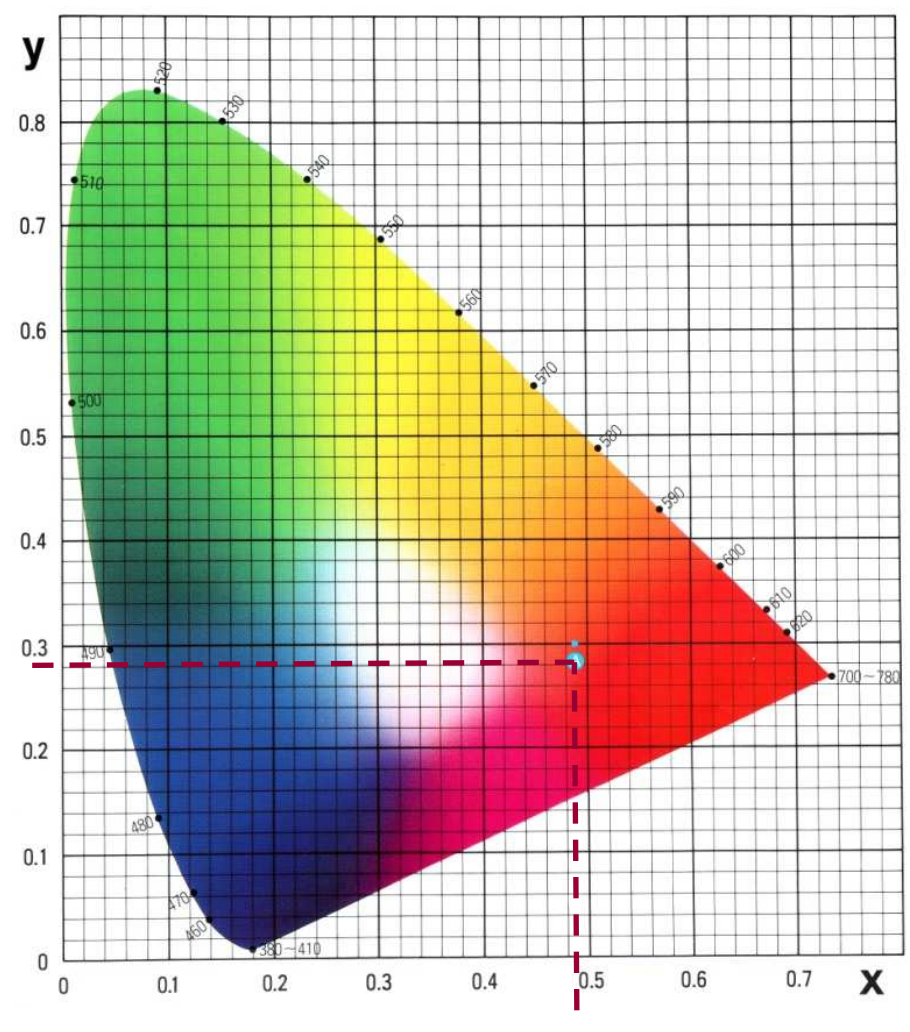
Y=13.37

Z=9.32

x=0.4832

y=0.3045

Y=13.37



Espace des couleurs xyY : Pb : système non uniforme

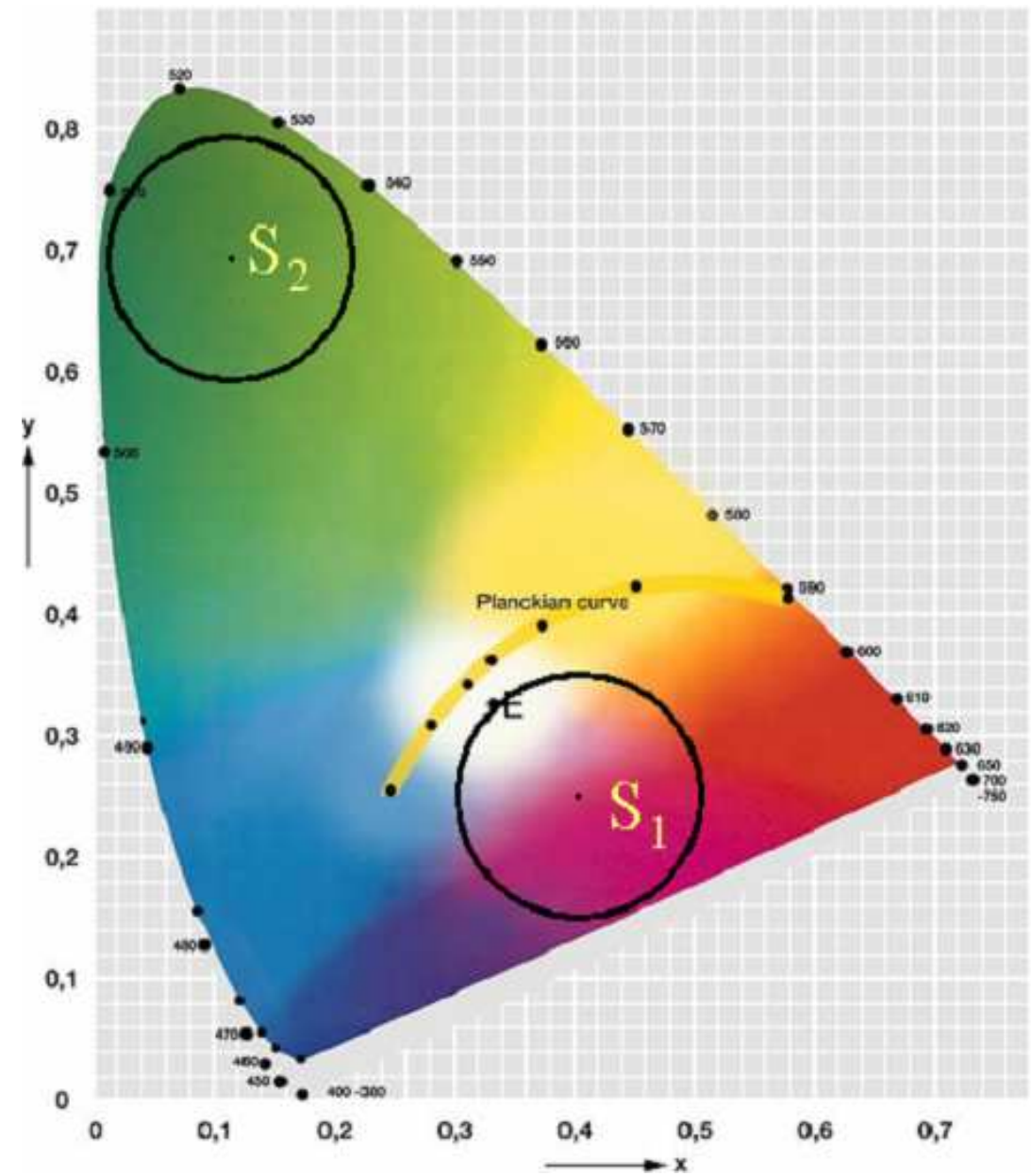
Distance entre 2 points non proportionnelle à la différence perçue par un observateur

Si même écart entre S1 et S2 (même rayons),

autour de S2 on reste dans les verts

autour de S1 on passe du pourpre au blanc !

La différence perçue est plus grande dans S1 que dans S2 !



Espace des couleurs L*a*b* (CIELAB):

Représentation graphique à 2 dimensions : fixée par la CIE en 1976

Espace de couleur quasi uniforme !

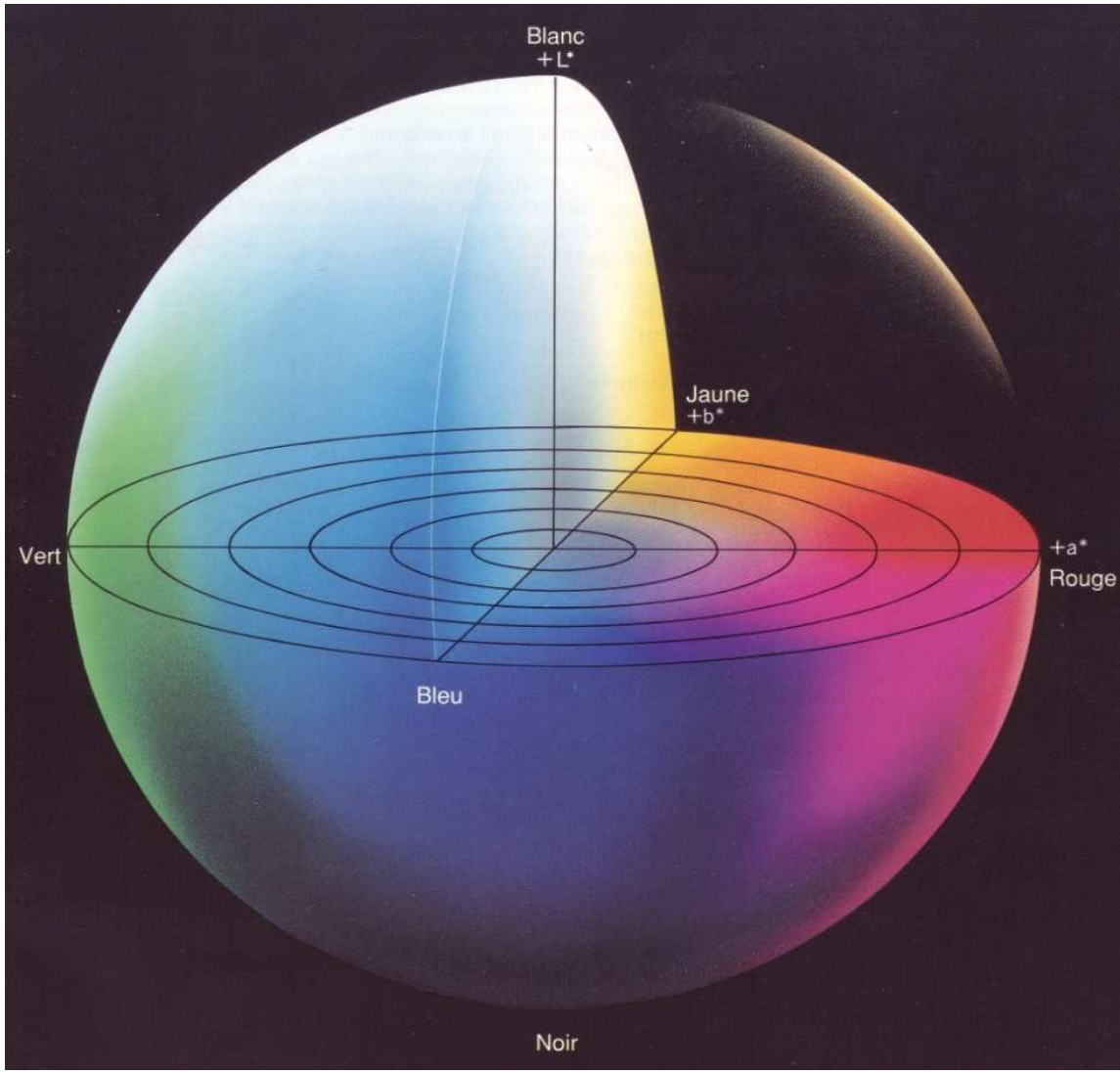
$$L^*=116\left[\frac{Y}{Y_n}\right]^{\frac{1}{3}}-16 \longrightarrow \text{Luminosité (Clarté)}$$

$$\underbrace{a^*=500\left[\left[\frac{X}{X_n}\right]^{\frac{1}{3}}-\left[\frac{Y}{Y_n}\right]^{\frac{1}{3}}\right] \quad b^*=200\left[\left[\frac{Y}{Y_n}\right]^{\frac{1}{3}}-\left[\frac{Z}{Z_n}\right]^{\frac{1}{3}}\right]}_{\text{Saturation (intensité)}}$$

X_n, Y_n et Z_n dependent de l'illuminant

D65 : $X_n=95.040$ $Y_n=100$ $Z_n=108.89$

$L^*=43.31$ $a^*=+47.63$ $b^*=+14.12$



Espace le plus utilisé actuellement

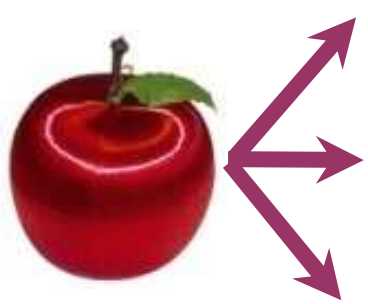
Espace des couleurs L*C*h :

Même espace que Lab, mais en coordonnées polaires

L* : Luminosité (Clarté)

$C^*=\sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2}$ **Saturation** (intensité)

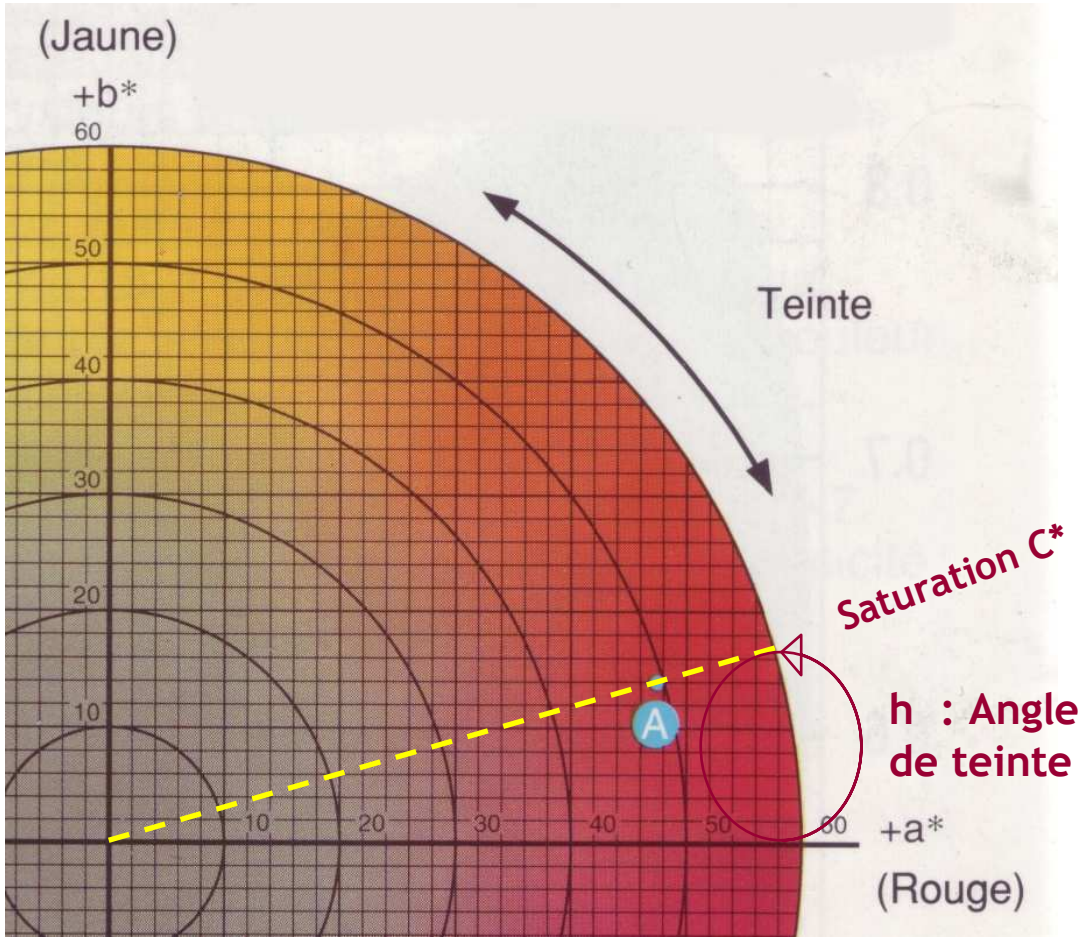
$h=\mathrm{arctg}(b^*/a^*)$ **Angle de teinte**



L*=43.31

C*=49.68

h=16.5



Mesure des différences de couleur :

Grande importance pour l'industrie au niveau qualité

Si différence couleur : souvent imperceptible à l'œil nu

NATIONAL INSTRUMENTS™

$L^*=46.48$

$a^*=-8.64$

$b^*=-32.31$

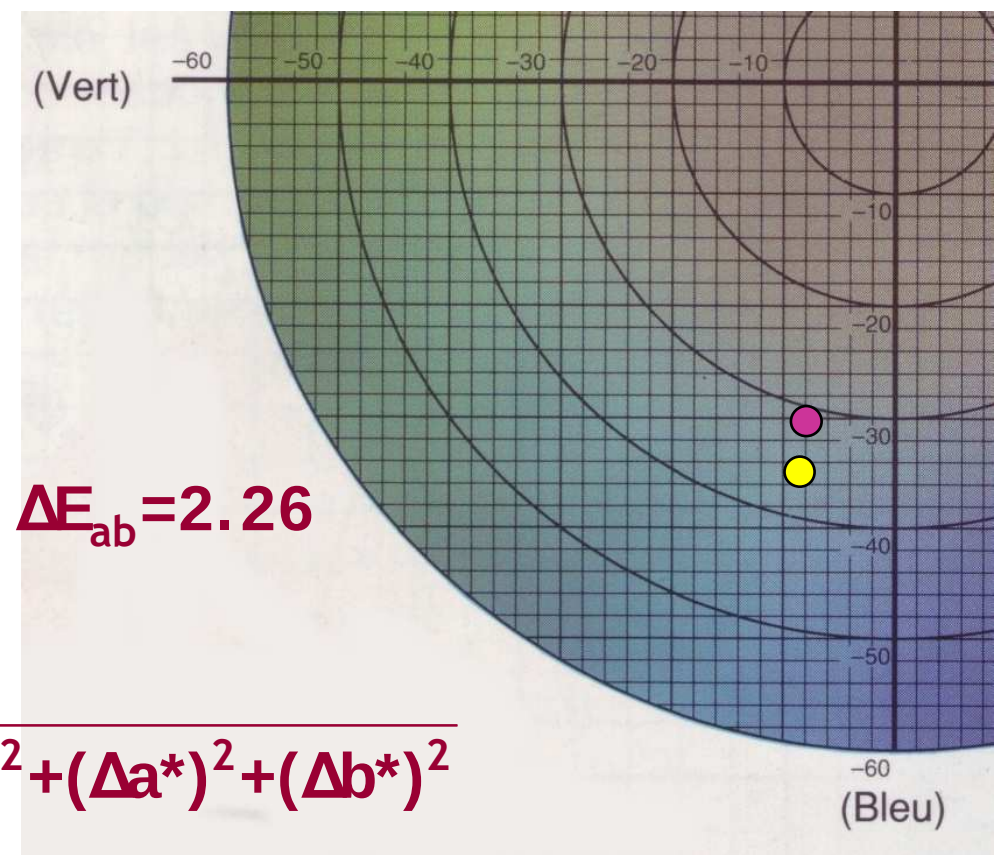
NATIONAL INSTRUMENTS™

$L^*=46.95$

$a^*=-8.45$

$b^*=-30.11$

$\Delta E_{ab}=2.26$



On caractérise la différence par : $\Delta E_{ab}=\sqrt{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2}$

Espace de couleur L*C*h pas exactement uniforme !!

$\Delta E_{94}=\sqrt{(k_L \Delta L^*)^2+(k_C \Delta C^*)^2+(k_H \Delta h^*)^2}$ k_i : coefficients de pondération

COLORVIEW : LabVIEW 6.1

Grande partie programmée par des élèves ingénieurs de 2ème Année de l'ESIEC

6 séances de 2h d'apprentissage de LabVIEW
6 séances de TP de 3h de projets répartis en 3 mois
} en binômes

Ce qu'ils ont réalisé :

- Acquisition de la réflectance par liaison RS232
- Visualisation courbe de réflectance par 1 graphe.
- Choix des illuminants : D65, A, F… par table.
- Choix de l'observateur : 2°ou 10° (table).
- Calcul des différents paramètres colorimétriques : XYZ, xyY, Lab, LCH, …
- Calcul des différences de couleur : ΔE_{ab}, ΔE_{94}
- Sauvegarde fichiers + Gestion d'un rapport HTML .

Enseignants :

Gestion graphique + Utilisation pratique du logiciel (Gestion Evénements)

Application :

Mesure et caractérisation du vieillissement d'une encre d'imprimerie (stage)

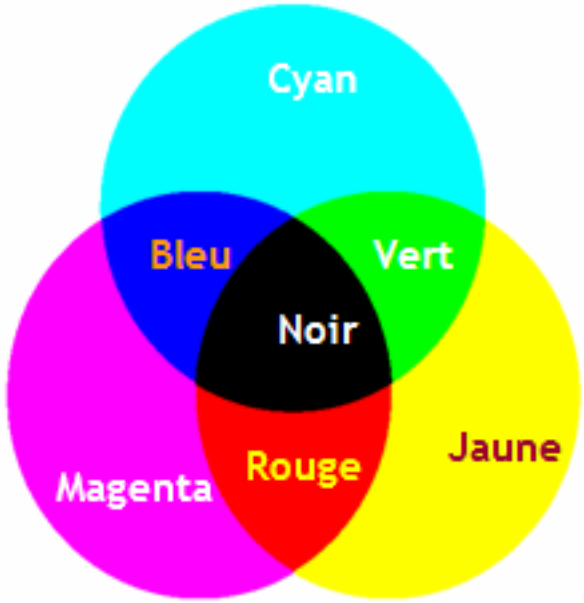
Les produits imprimés sont soumis à des conditions d'éclairage très variables qui modifient l'apparence colorée d'un produit.

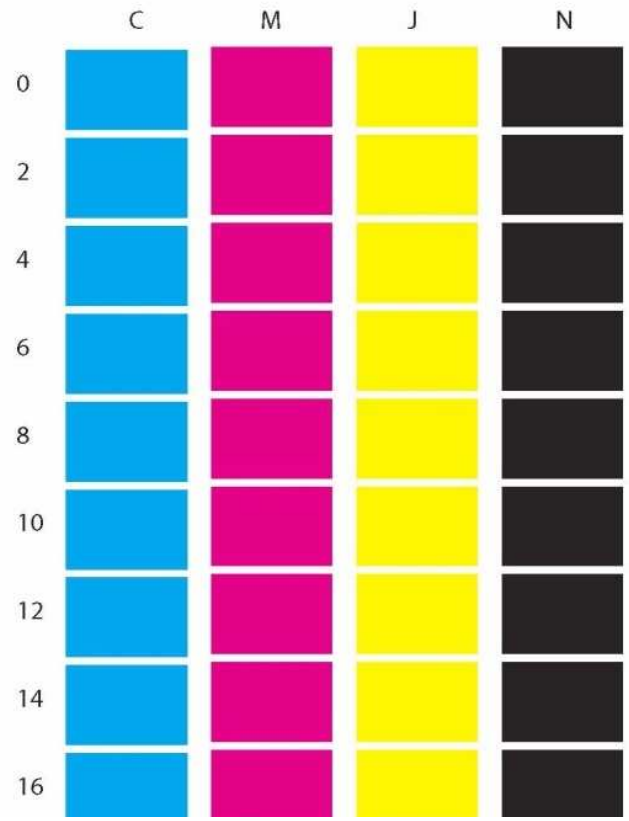
Application :

Protocole : On vieillit artificiellement par un Suntest en f(temps)

un échantillon de couleur imprimé en Offset

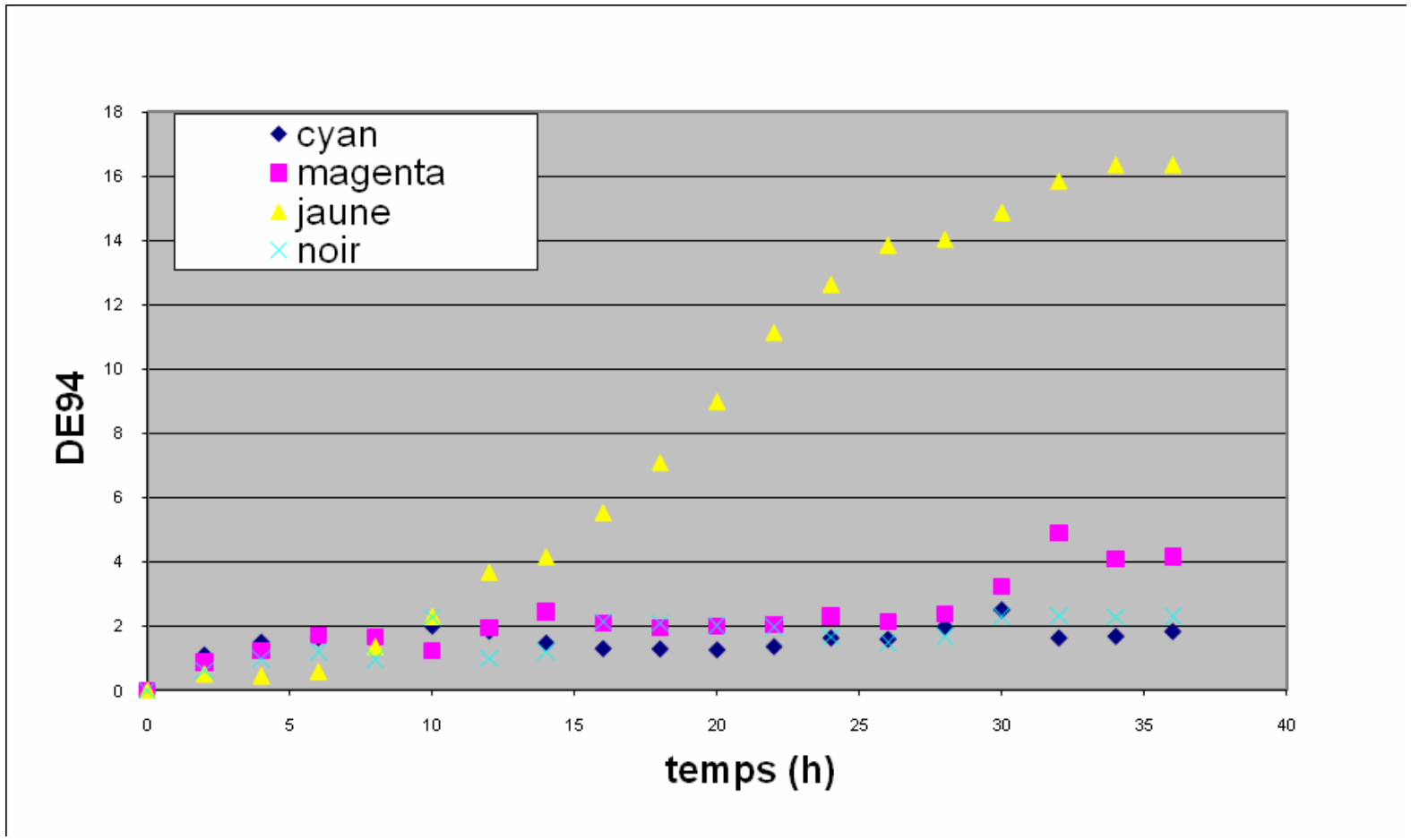
Imprimerie :
Synthèse soustractive

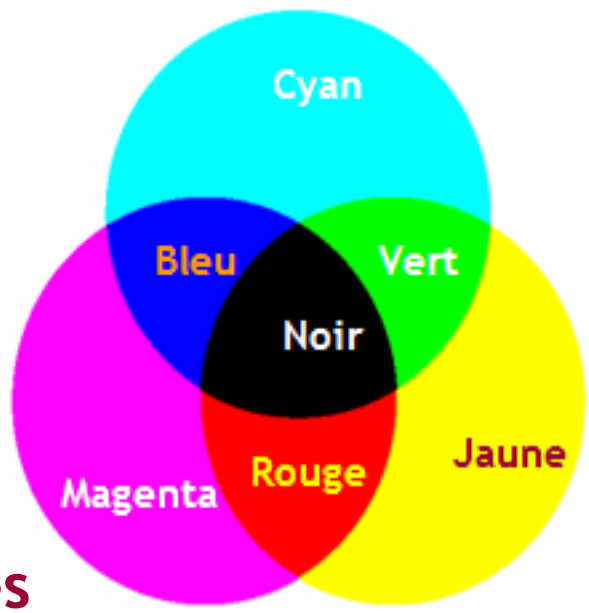




On mesure les différences de couleurs (ΔE_{94})
- **COLORVIEW**
- **Spectrocolorimètre**

Résultats :





- L'encre Jaune vieillit beaucoup plus que les autres
- Le vieillissement sature au cours du temps
  - Les pigments des encres sont entièrement dégradés

Démonstration de Colorview