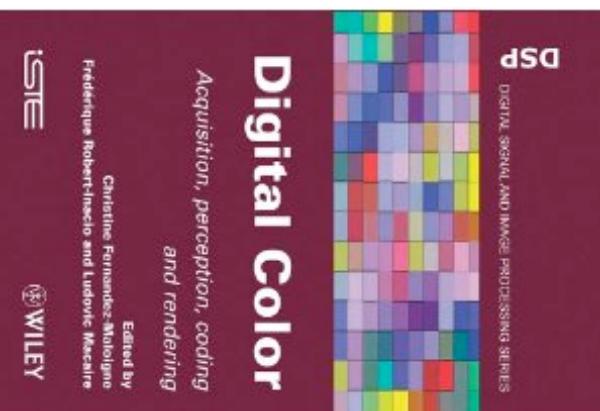
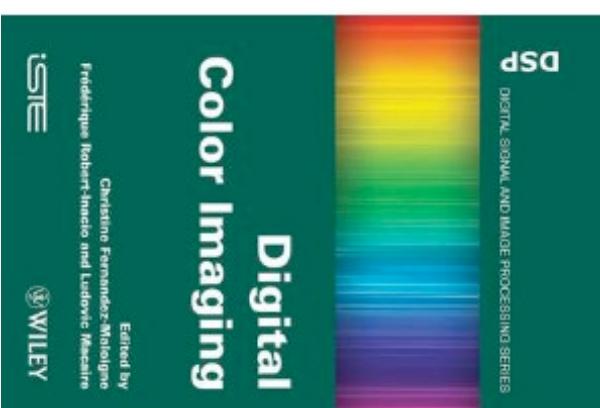


Image couleur

- Formation de la couleur
- Perception de la couleur
- Elements de colorimétrie
- Représentation de la couleur
- Acquisition d'une image couleur



 Lavoisier

sous la direction de
Christine Fernandez-Maloigne
Frédérique Robert-Inancio
Ludovic Macaire

Couleur numérique
*acquisition, perception,
codage et rendu*

Traité Signal et Image



Imagerie numérique
avancées et perspectives pour la couleur

Traité Signal et Image

sous la direction de
Christine Fernandez-Maloigne
Frédérique Robert-Inancio
Ludovic Macaire

Digital
Color Imaging

Acquisition, perception, coding
and rendering

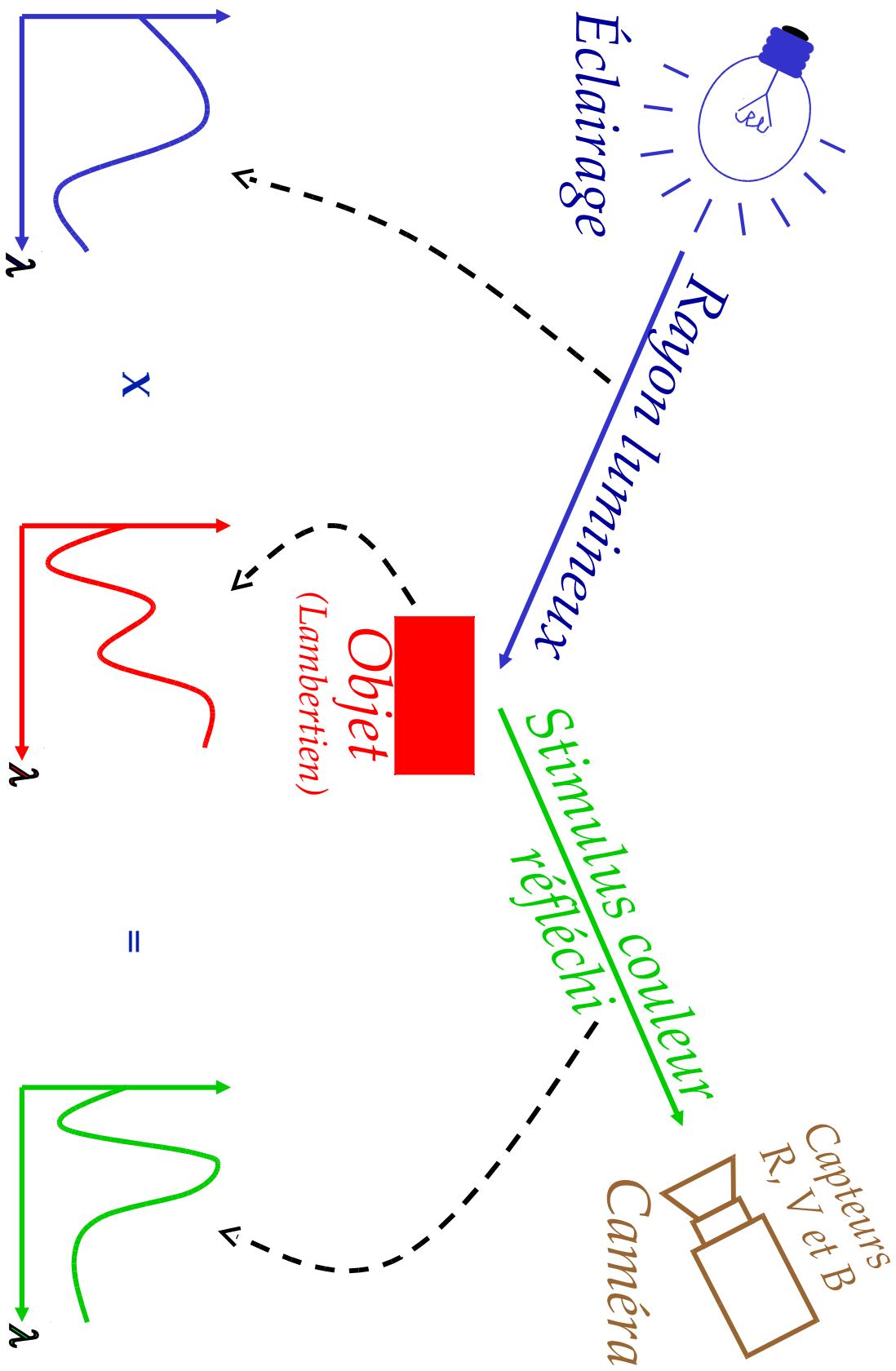
Edited by

Christine Fernandez-Maloigne
Frédérique Robert-Inancio and Ludovic Macaire

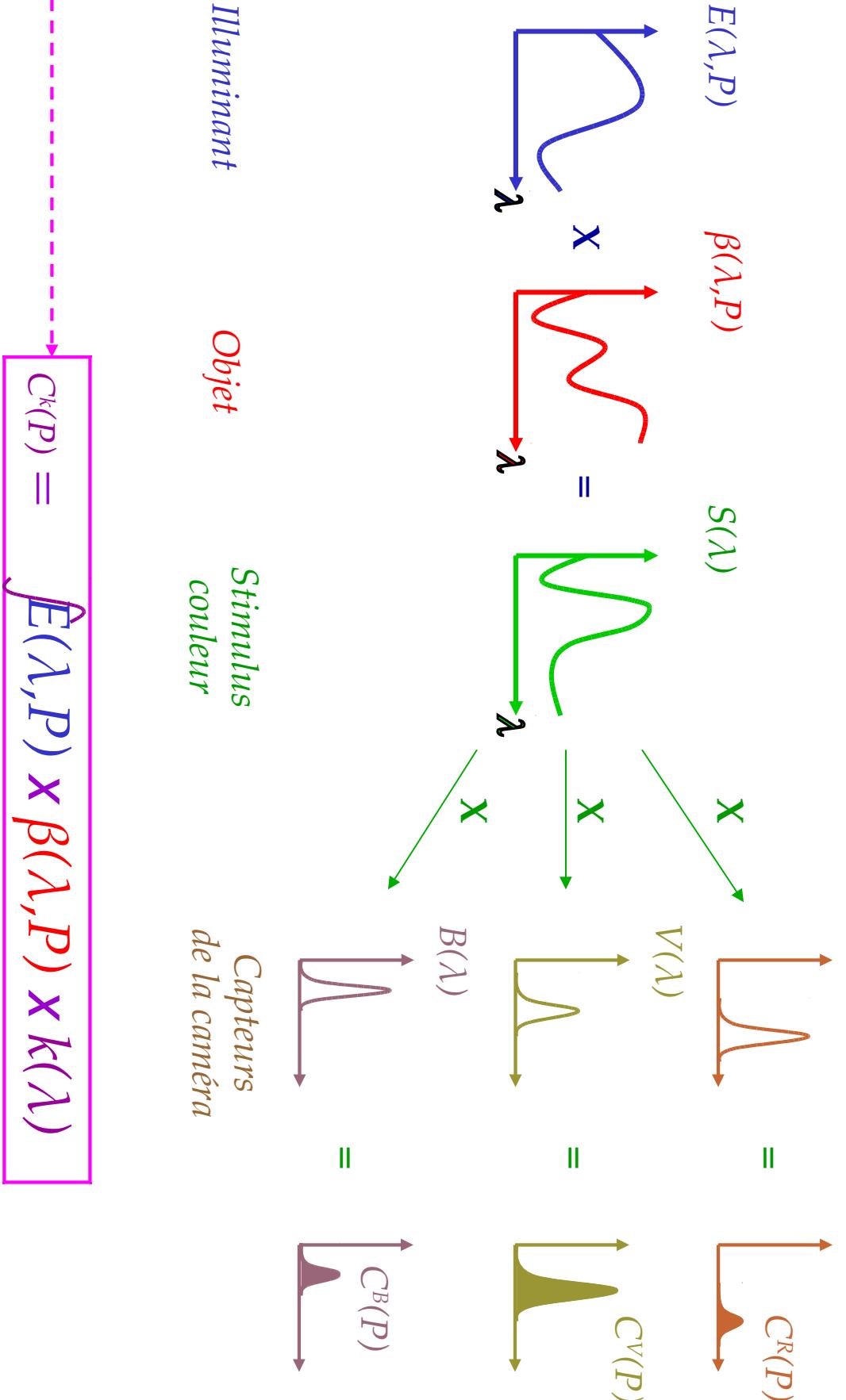
 ISTE

 WILEY

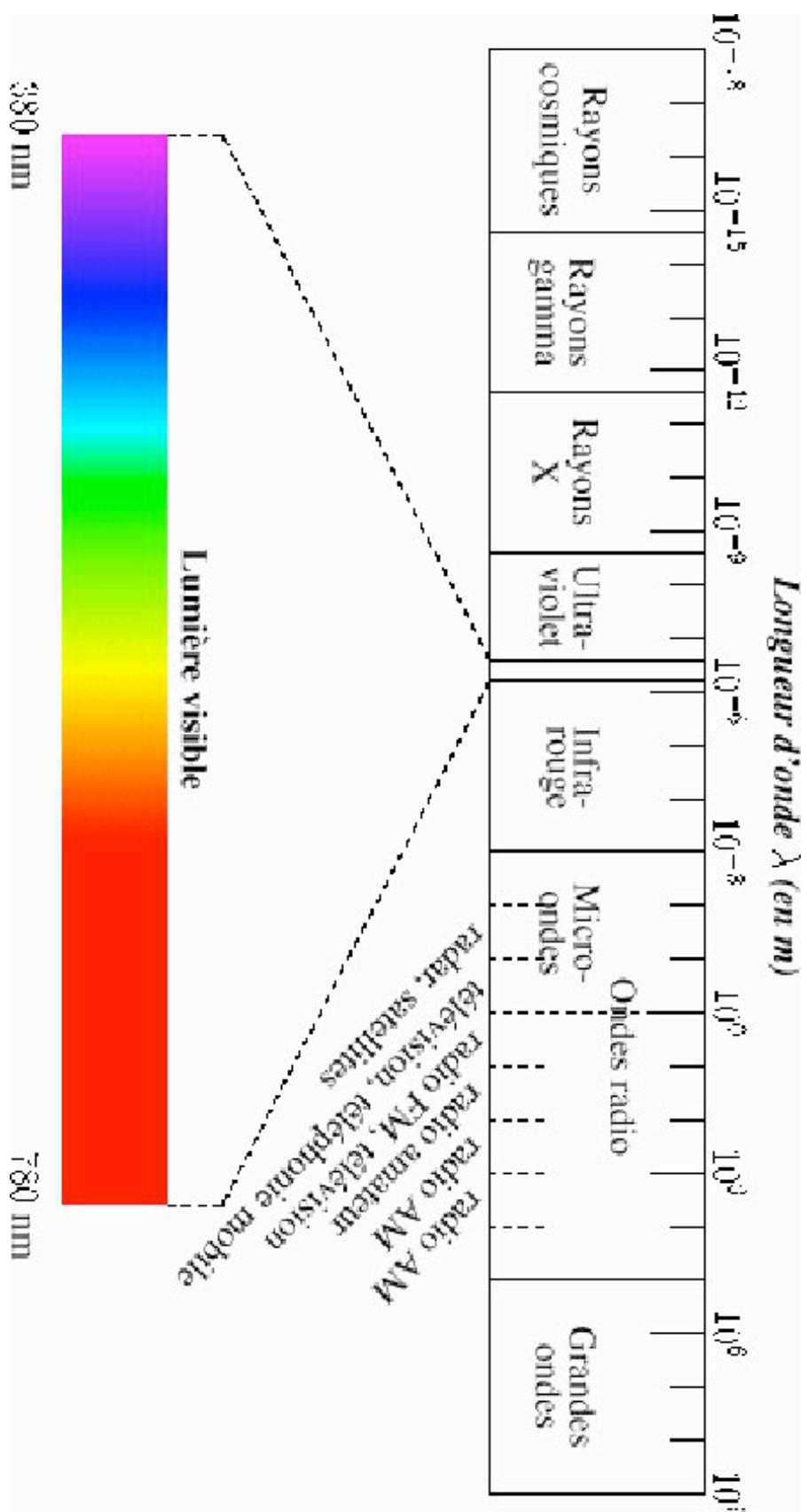
Processus de formation de la couleur d'un pixel



Processus de formation de la couleur d'un pixel

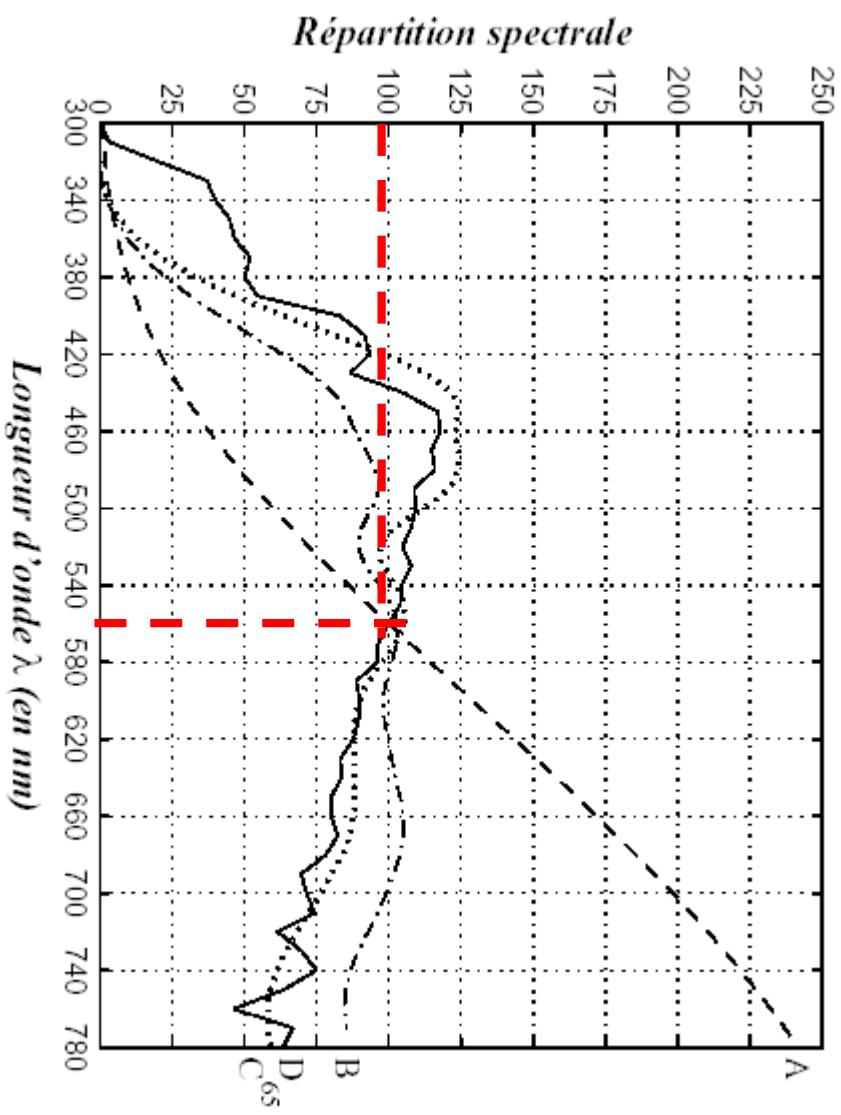


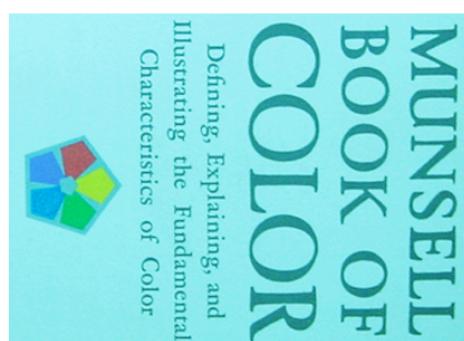
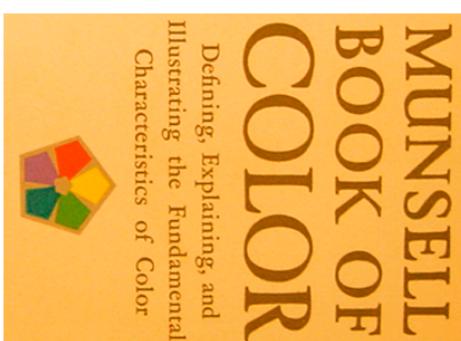
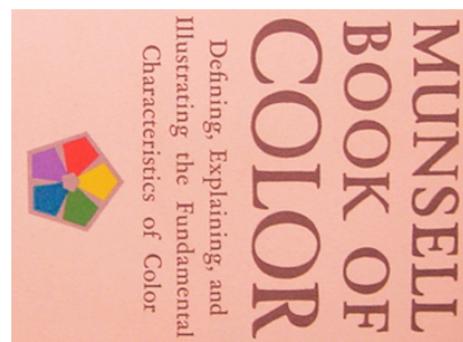
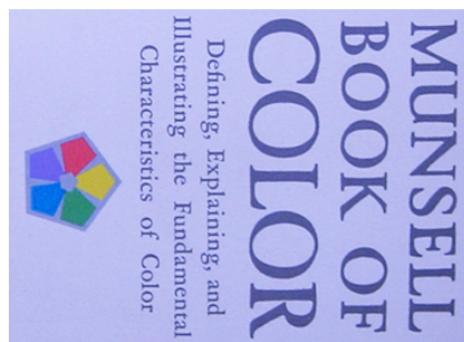
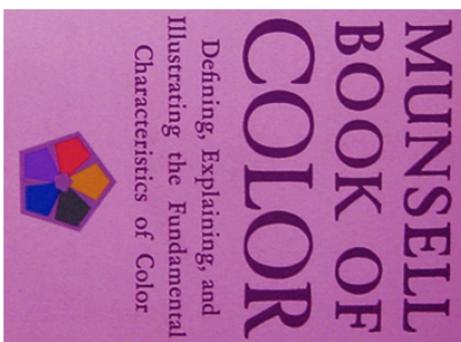
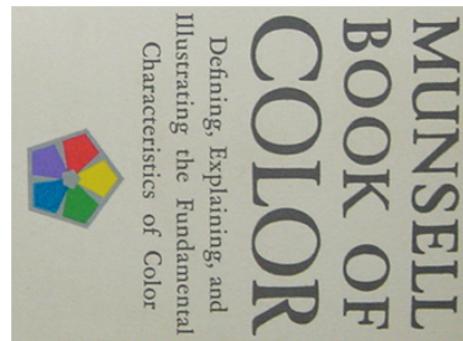
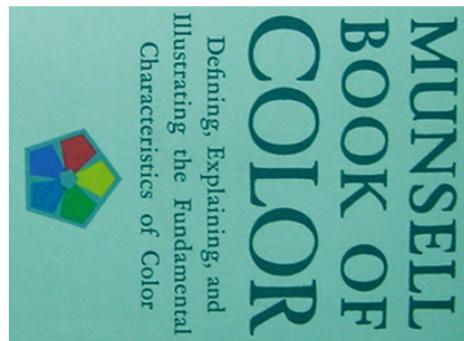
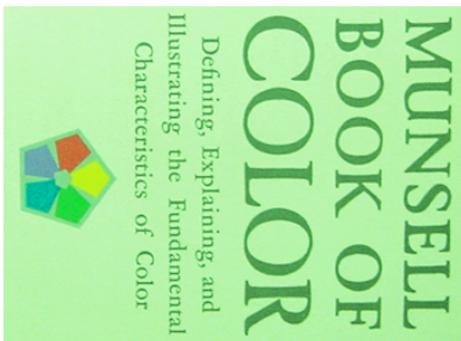
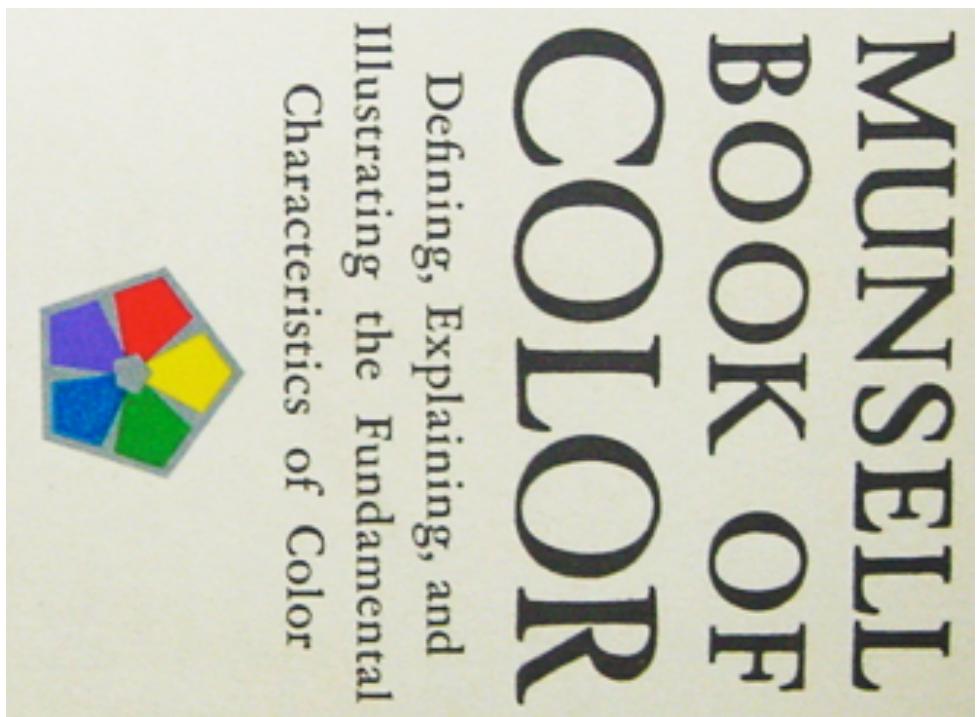
La lumière



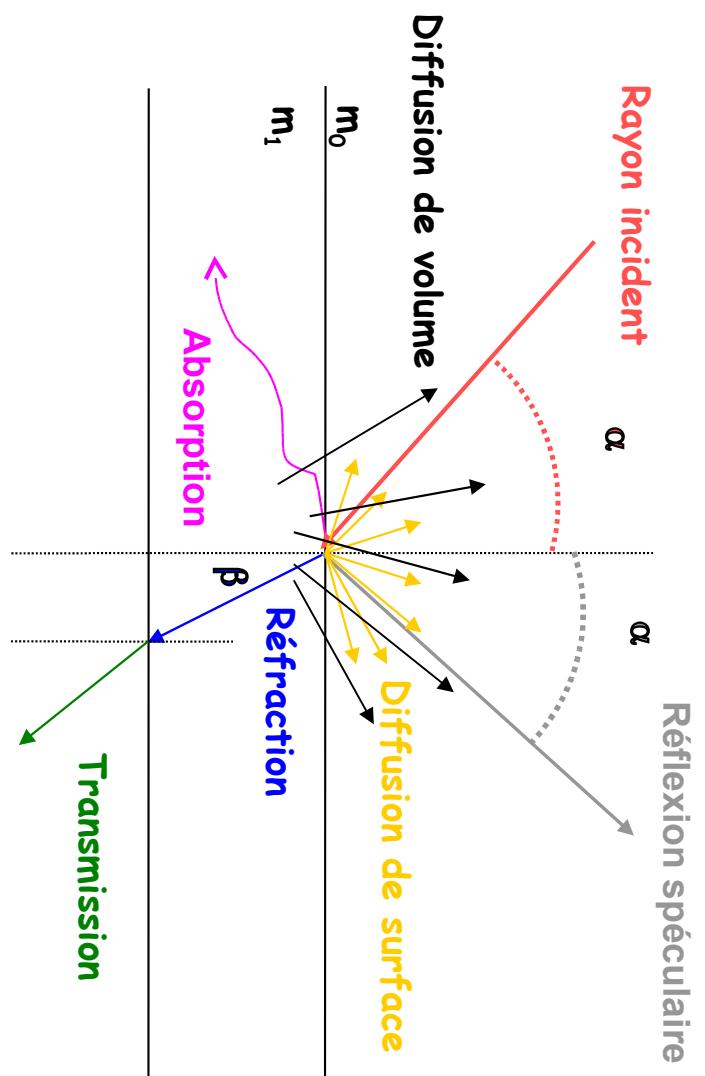
Formation des images (suite)

Illuminants
Multitude de sources de lumière (lumière du jour, lumière du soleil,
éclairages artificiels)
La CIE a normalisé plusieurs illuminants et familles d'illuminants



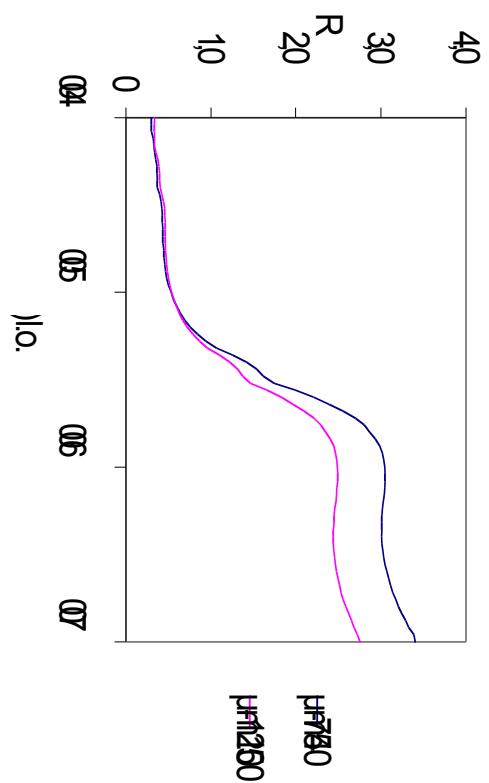


Interaction lumière-matière

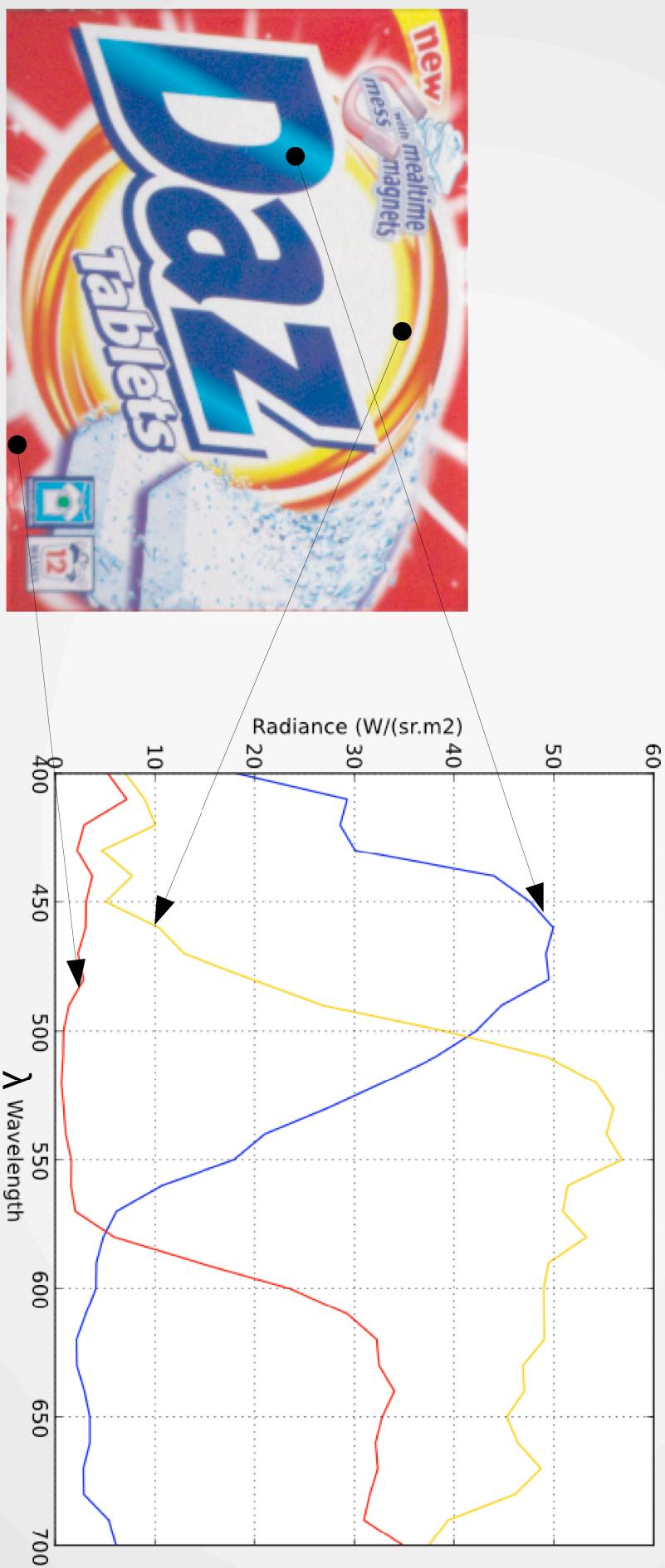


Réflectance spectrale

Même produit – broyage différent

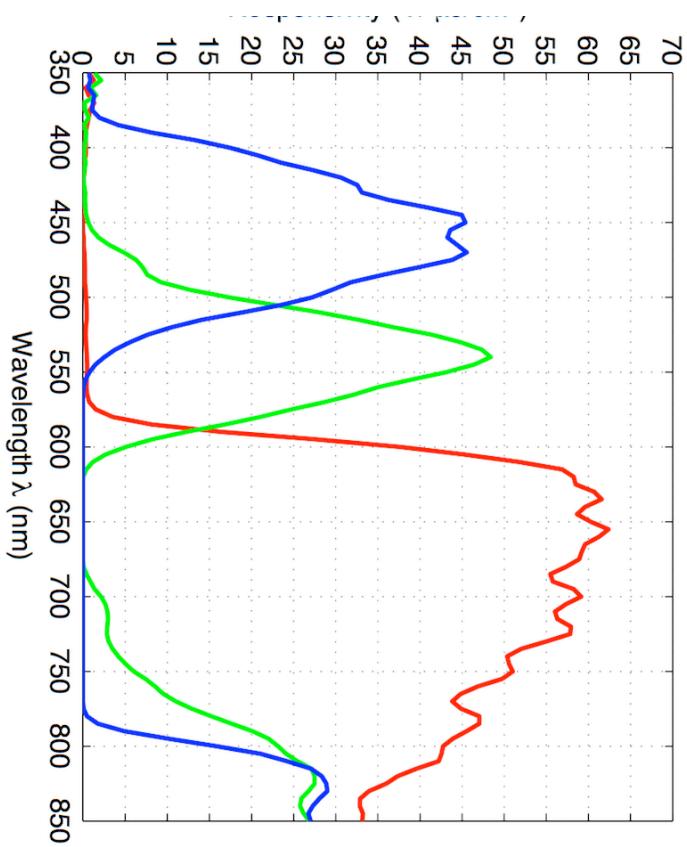


Reflectance spectrale et couleur



Sensibilités spectrales

Caméra couleur



Sensibilité spectrale des photo-récepteurs

Image numérique et contrôle de l'aspect visuel

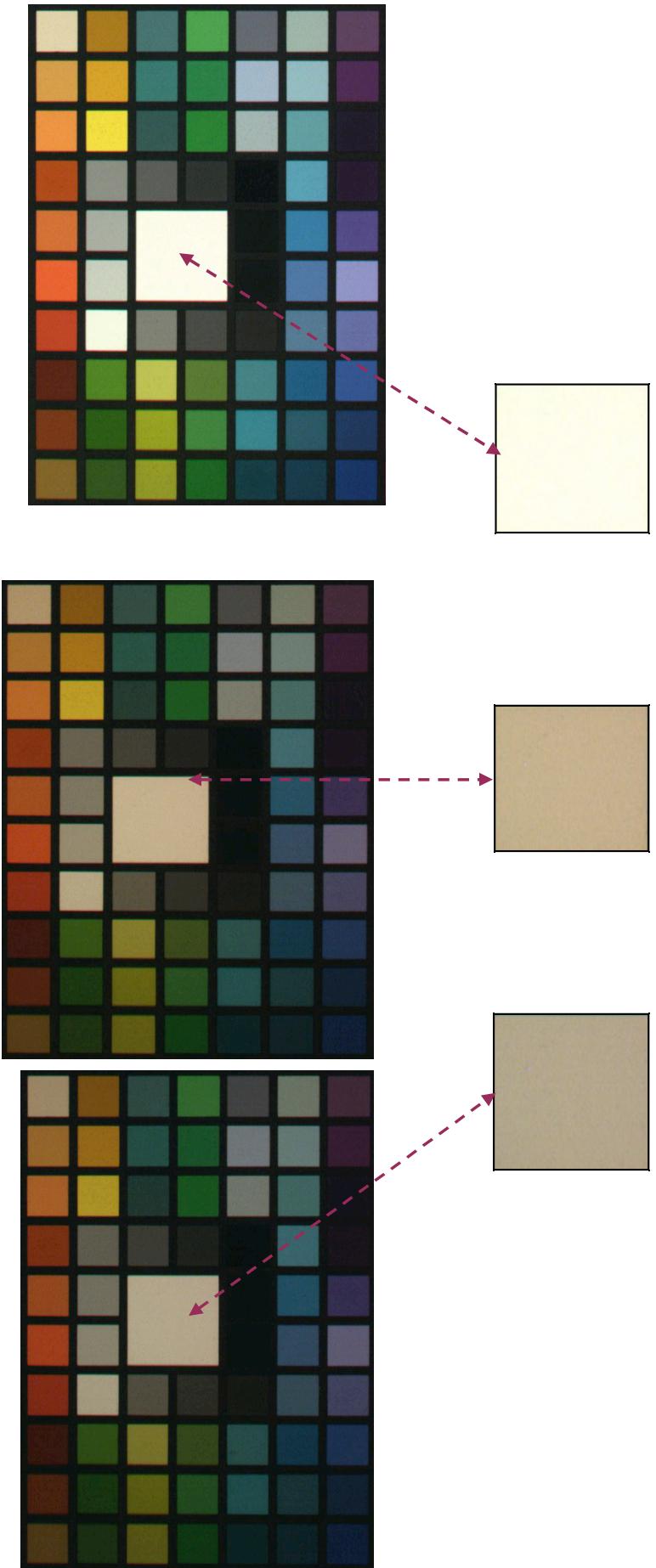


Image partielle de la mire de référence pour photo numérique de GretagMacbeth

Un même objet a été photographié dans trois conditions d'éclairage différentes

Formation des images

Perception des couleurs

Image originale



Sodium
Basse
pression



Sodium
Haute
Pression



Mercure
Haute
Pression



Source : Georges Zisis, CPAT - U. Toulouse III

Formation des images (suite)

Influence de la géométrie d'éclairage



(a)

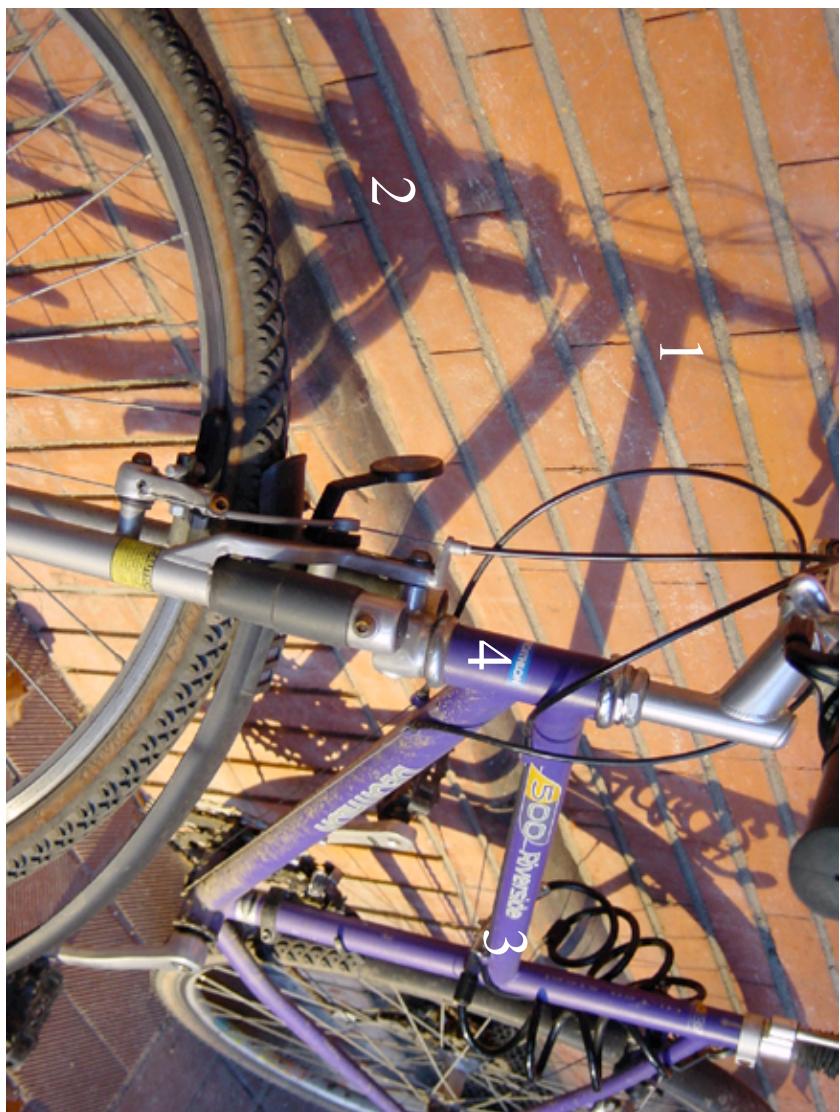


(b)

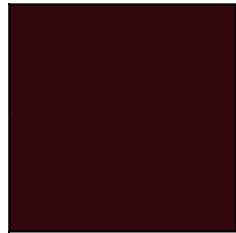
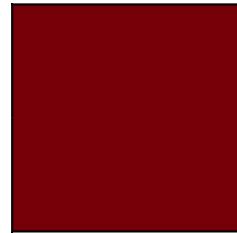
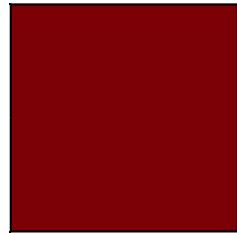
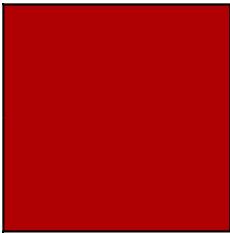
- (a) Eclairage direct, non homogène, générant des surbrillances (par réflexion spéculaire) et des ombres.
- (b) Eclairage indirect, plus uniforme, mais de moins bon rendu, générant une perte de saturation pour certaines couleurs (par absorption d'énergie).

Valeurs RGB Constance des couleurs?

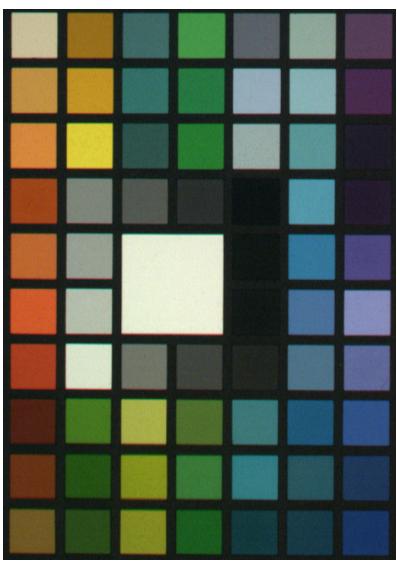
107	58	61		1	Ombre du vélo
70	46	62		2	Cadre du vélo
122	92	190		3	Cadre du vélo
63	50	122		4	Cadre du vélo



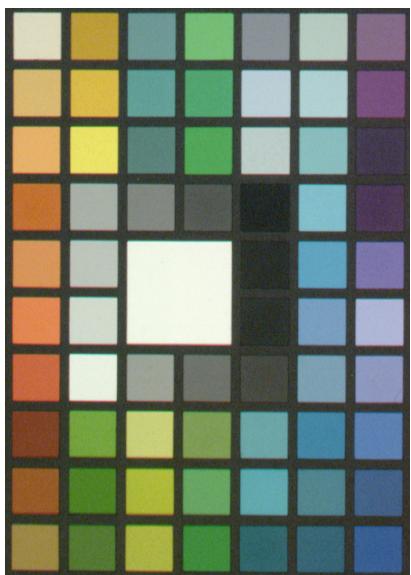
Constance des couleurs?



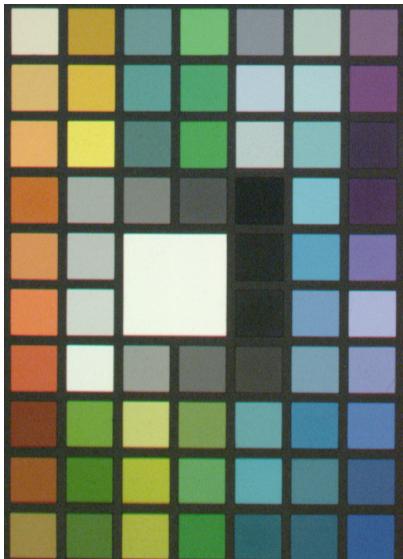
Post-Traitements de l'image numérique



Correction gamma activée



Balance automatique des blancs



Changement du gain caméra

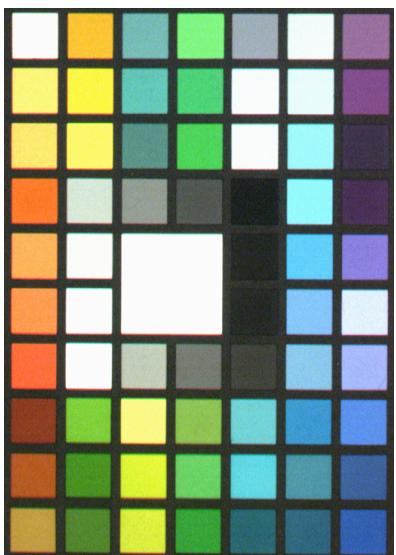
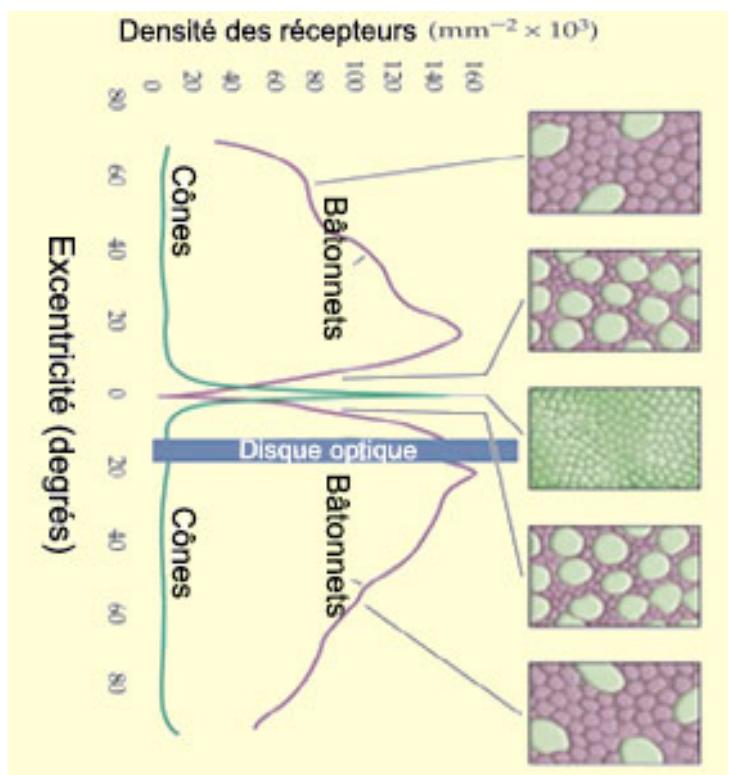
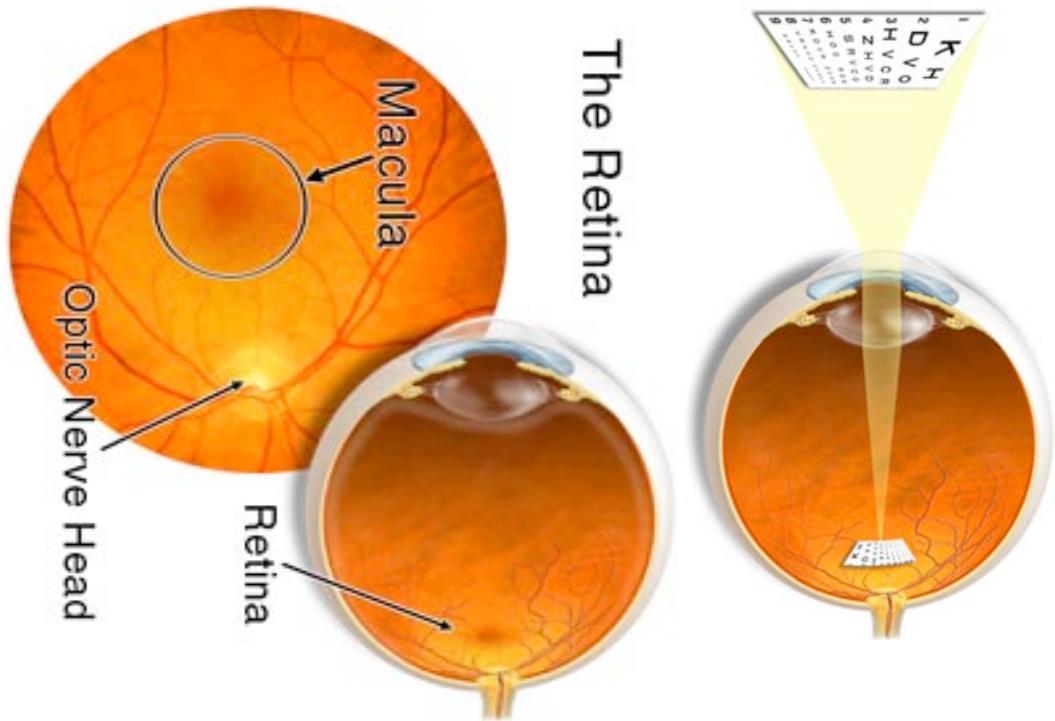


Image numérique et contrôle de l'aspect visuel (6)



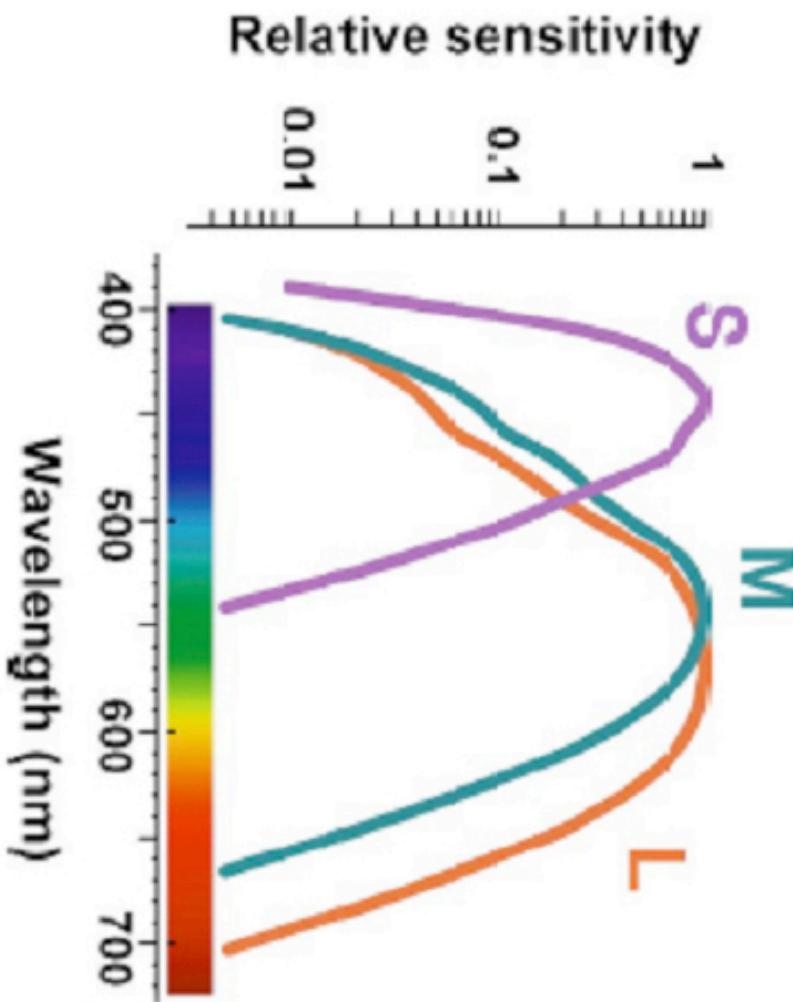
Perception de la couleur

Le fonctionnement de l'œil



Perception des couleurs – les cones

Sensibilité maximale
S : 440 nm
M : 535 nm
L : 565 nm



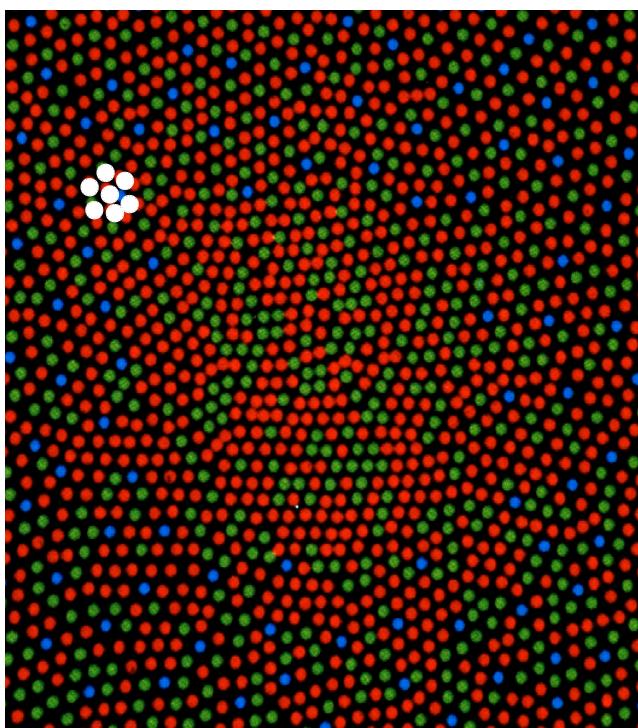
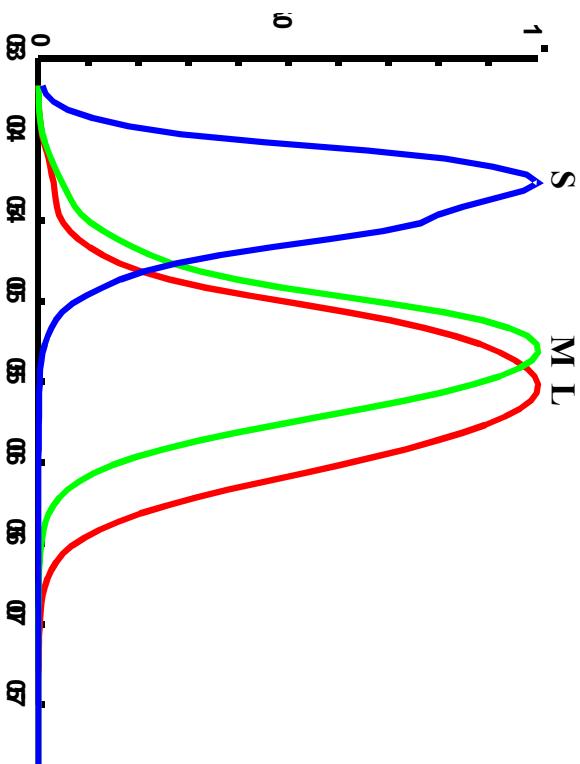
- Trois familles de cônes L, M, S (et non R, G, B)
- Large recouvrement des sensibilités des cônes L et M (30 nm)

• Proportions relatives L:M très variables $\sim 0.25:01$ à $9:1$
(Roorda & Williams, 1999)

- Variation importante de la taille, de la densité optique des cônes entre fovea et périphérie
 - Cônes S absents des 20° centrales, disposition selon un maillage parcimonieux (~10 %) et régulier

The relative sensitivities of the Short- (S), Middle- (M), and Long- (L) wavelength sensitive cones as a function of wavelength. Each curve was normalized to its maximum. The curves show the cones sensitivity profiles derived by Stockman & Sharpe (2000).

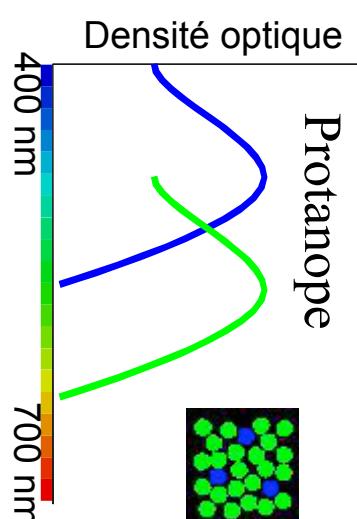
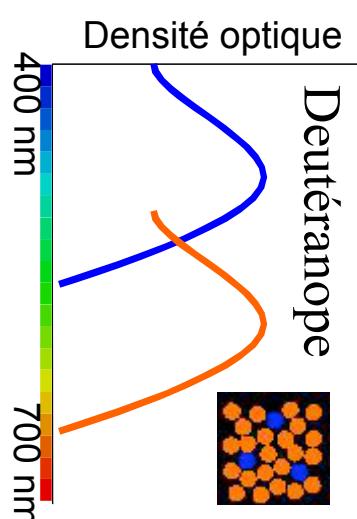
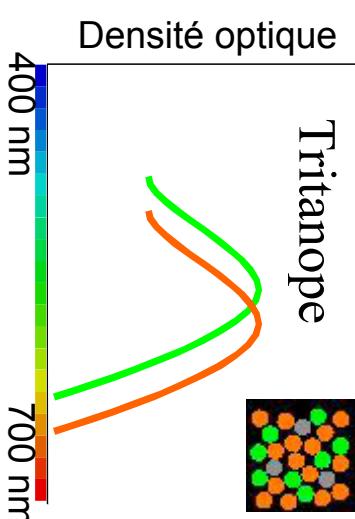
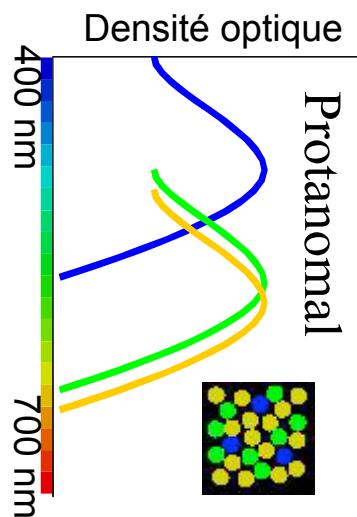
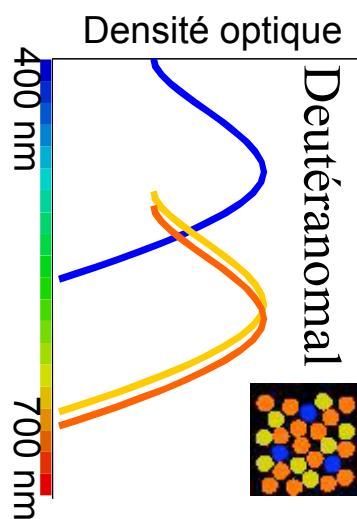
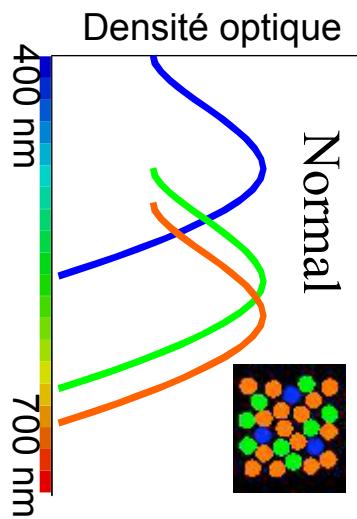
Mosaïque de cônes



Vision normale

et

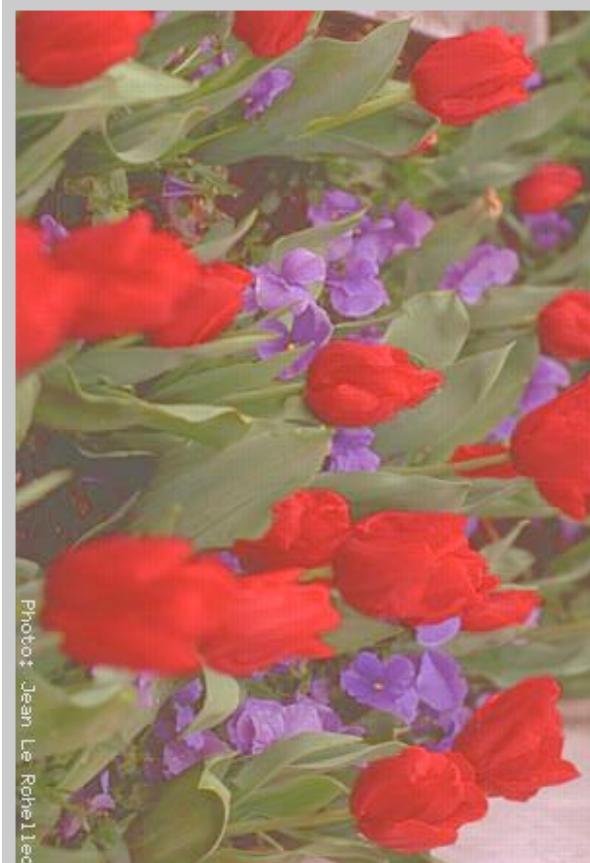
dyschromatopsies



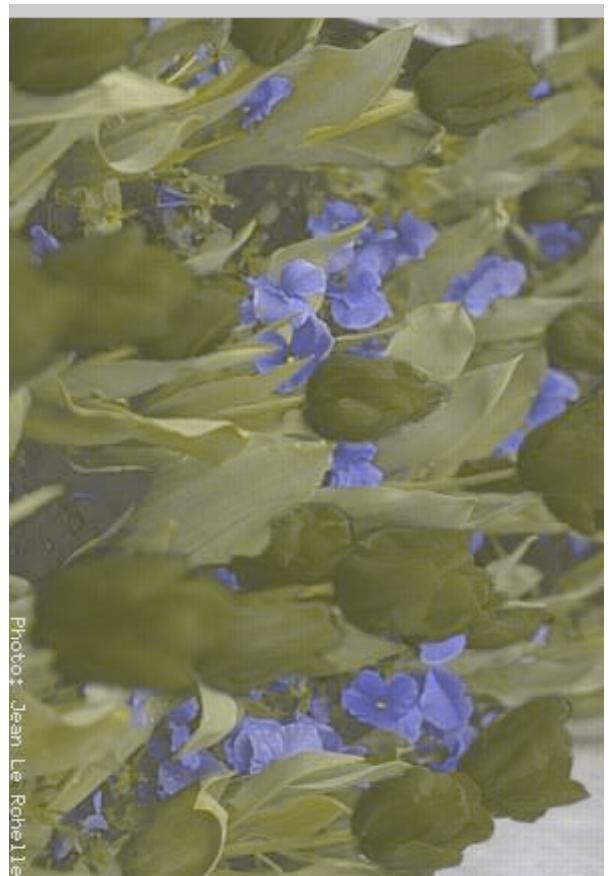
Protanope

Que voient les daltoniens ?

Normal

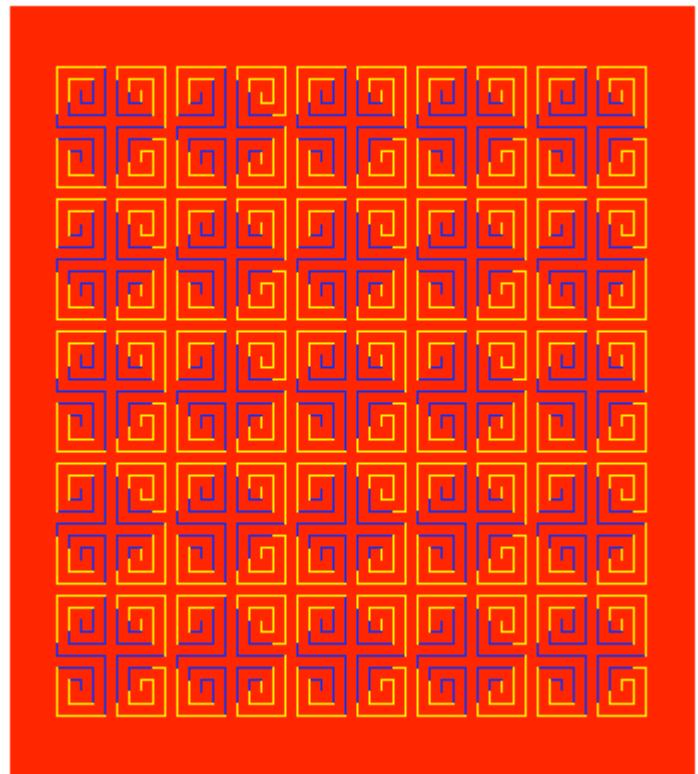


Deutéranope

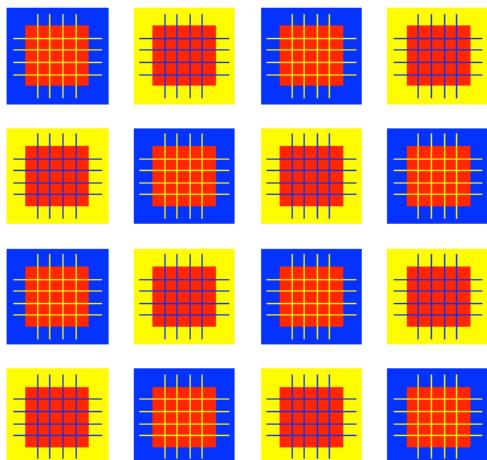


Viénot, Brettel, Ott, Ben MBarek, Mollon (1995)
www.tst.enst.fr/~brettel/

Perception – Illusion

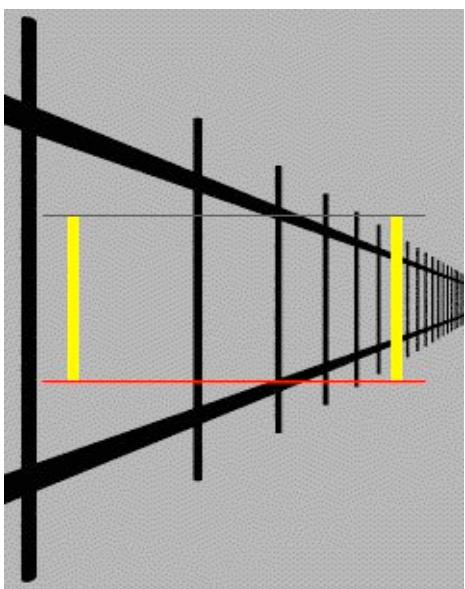


Assimilation chromatique



Le rouge est le même partout

Perception – Illusion (1)



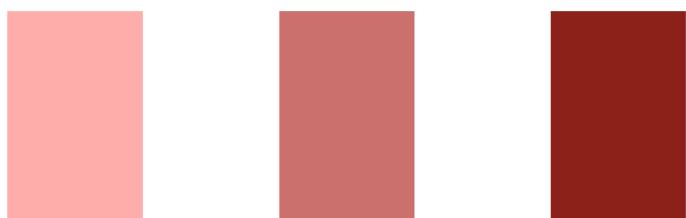
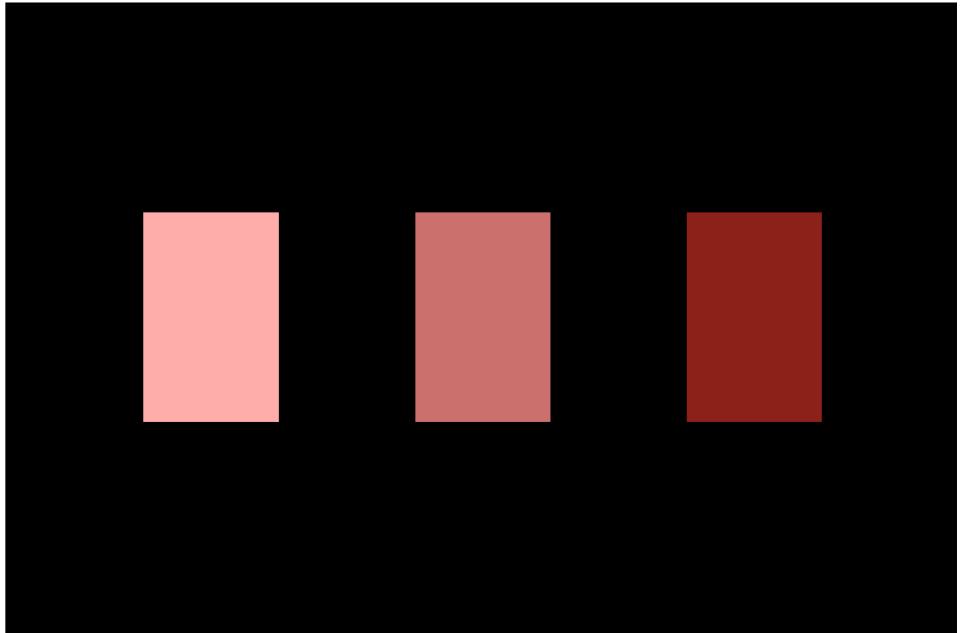
Perception – Illusion

Effet d'induction



Ces carrés ont les mêmes valeurs de pixels à droite et à gauche . Mais ils apparaissent différents.

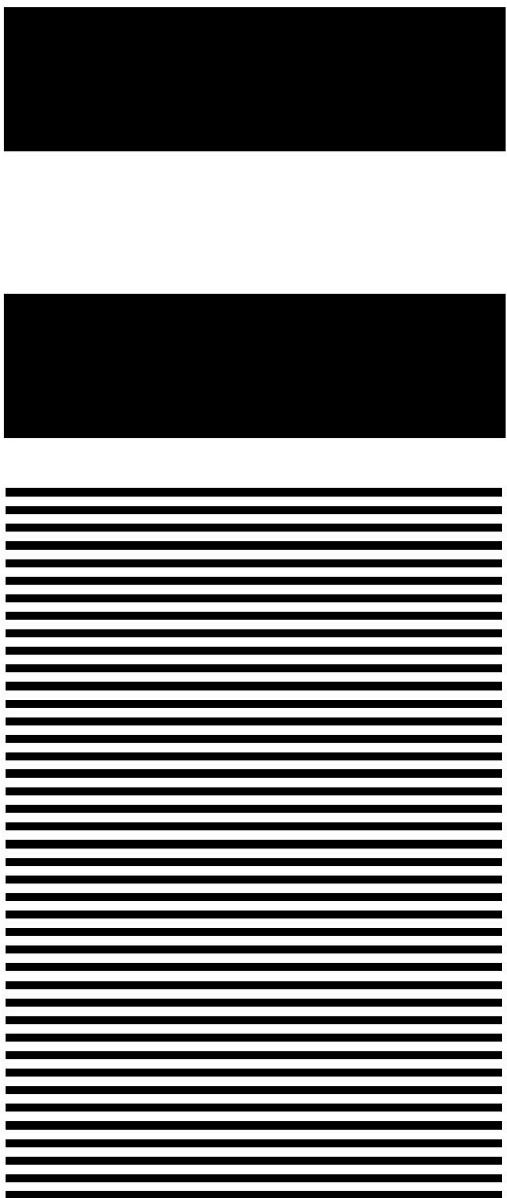
Ces carrés ont les mêmes valeurs de pixels à droite et à gauche. Mais ils apparaissent différents.



Sensibilité au contraste

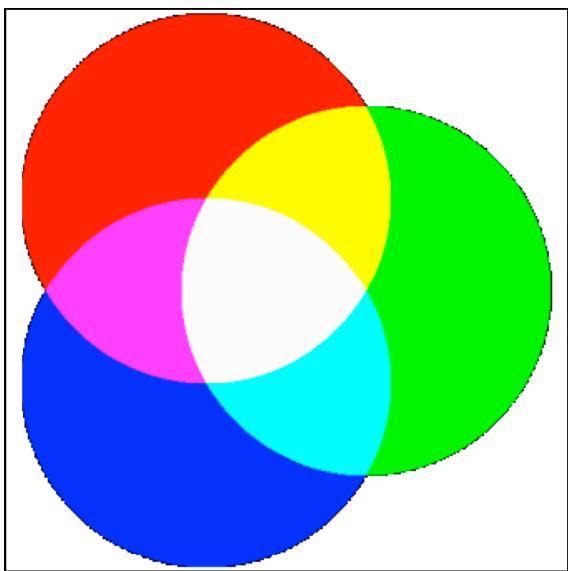
spatio-temporel

- La sensibilité au contraste diminue avec les hautes fréquences.

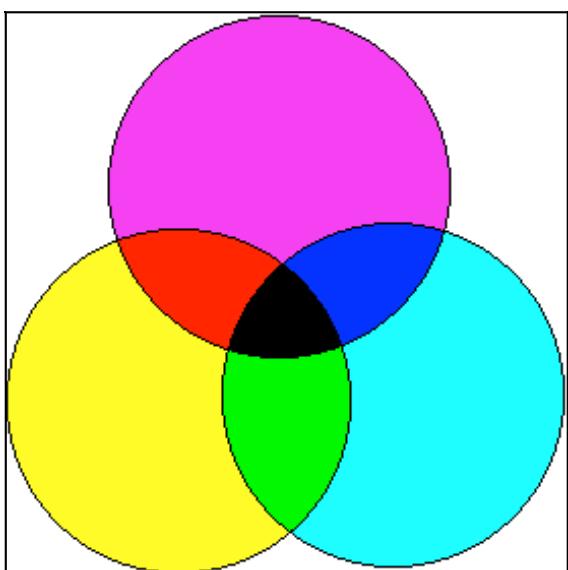


Elements de colorimétrie

Mélanges additifs et soustractifs



Combinaison de rayons lumineux
(émission)



Combinaison de pigments
(absorption)

mélange additif

$$\Sigma \lambda = \text{blanc}$$

mélange soustractif

$$\Sigma \lambda = \text{noir}$$



Télévision
rouge - vert - bleu

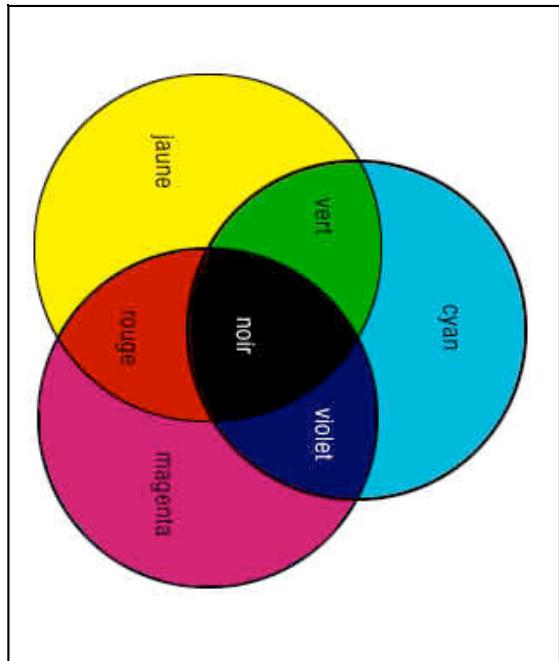


Imprimerie
cyan - magenta - jaune

J.C. Le Blon

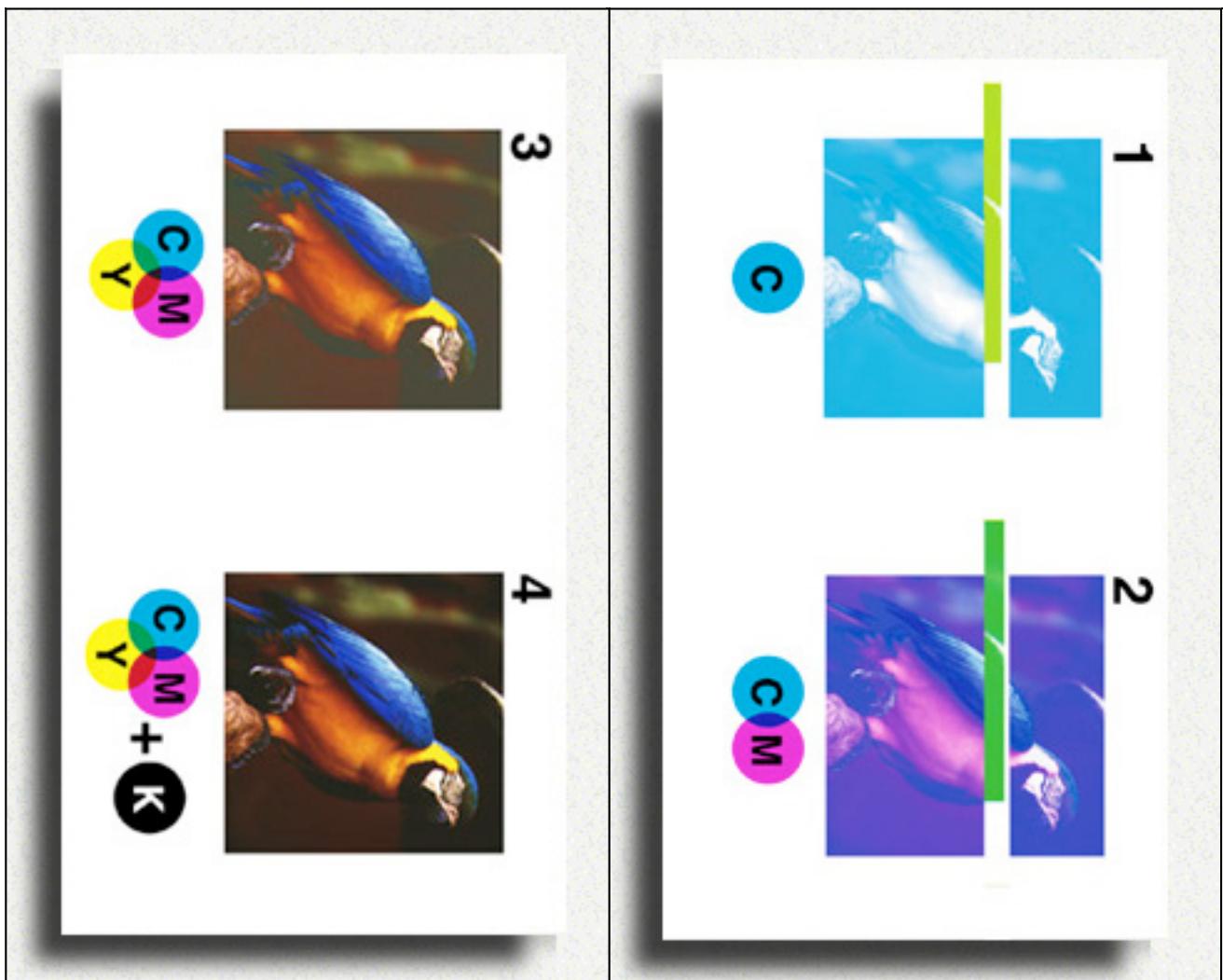
3 couleurs

(rouge, jaune, bleu)



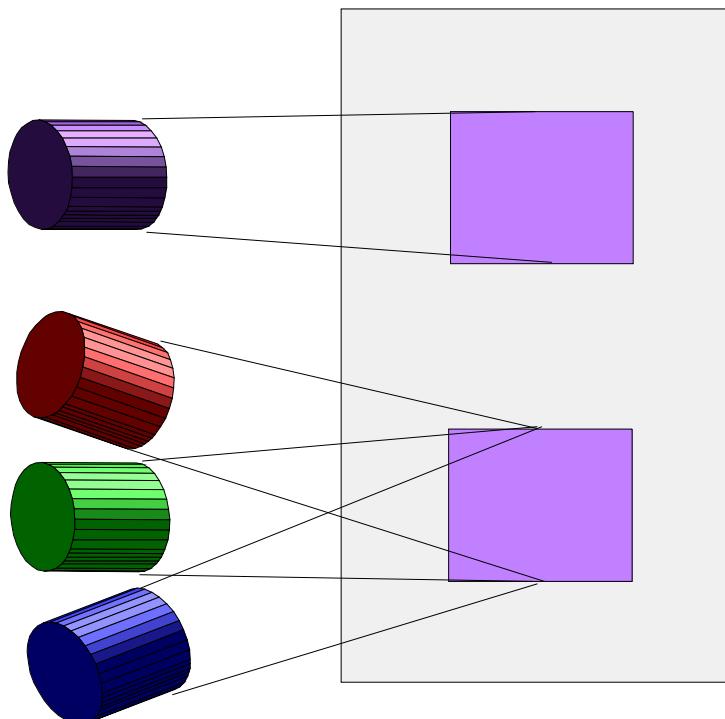
Imprimerie moderne

cyan - magenta - jaune
+
noir



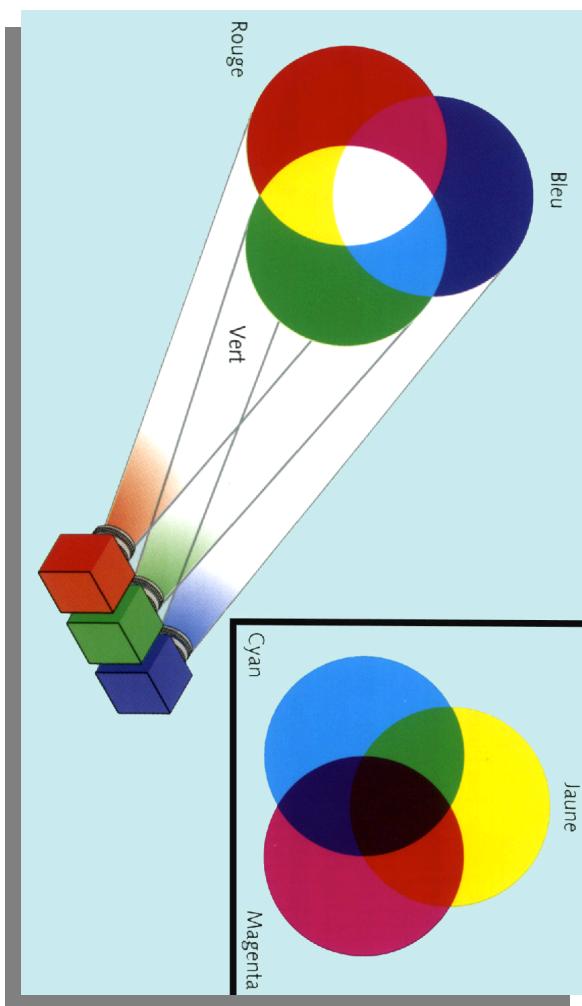
- Trivalance de la perception des couleurs chez l'homme.

Expérience d'égalisation visuelle



$W = R + G + B$

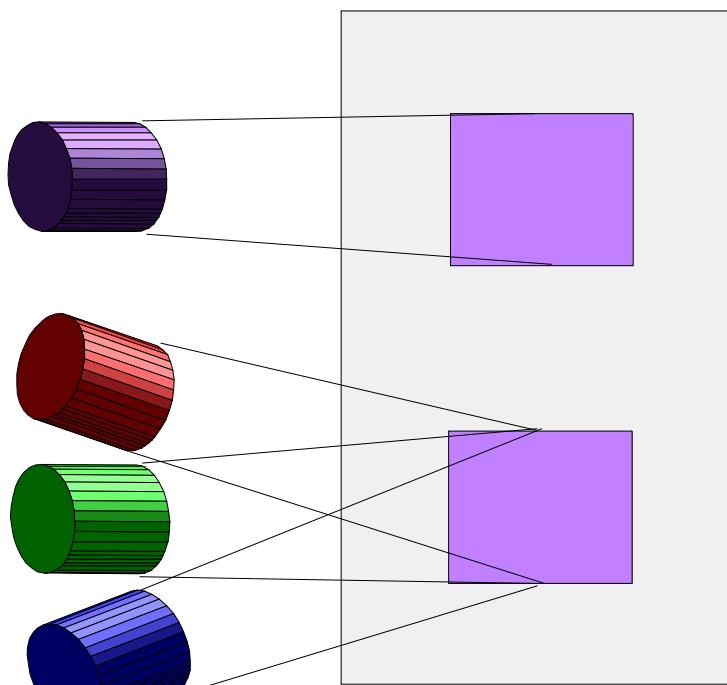
Équivalence $[W] = r[R] + g[G] + b[B]$



- Trivalance de la perception des couleurs chez l'homme.

Expérience d'égalisation visuelle

Loi de Grassman



Symétrie

$$[A]=[B] \Rightarrow [B]=[A]$$

Transitivité

$$[A]=[B], [B]=[C] \Rightarrow [A]=[C]$$

Proportionnalité

$$[A]=[B] \Rightarrow k[A]=k[B]$$

Additivité

$$[A]=[B], [C]=[D] \Rightarrow [A]+[C]=[B]+[D]$$

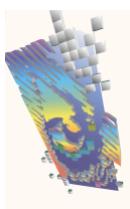
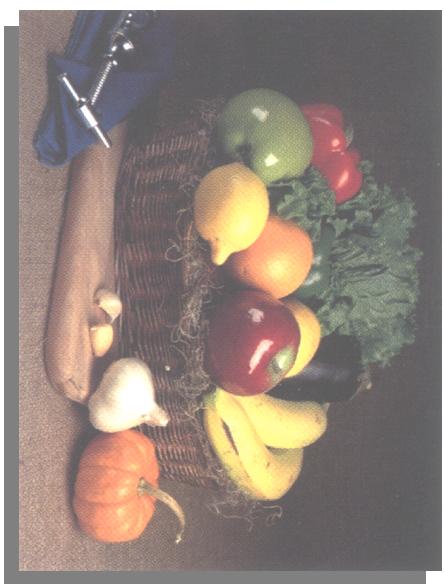
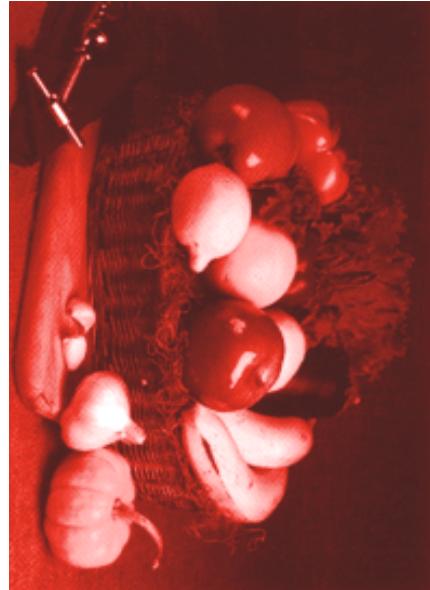
W R G B

→ Espace Vectoriel

Équivalence $[W] = r[R] + g[G] + b[B]$

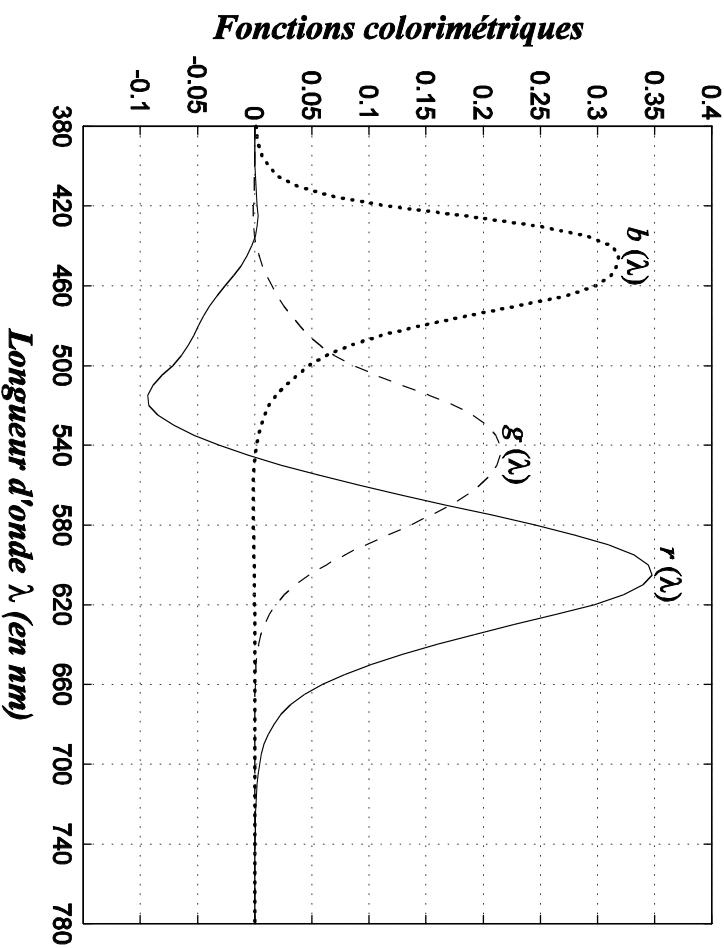
La trivariance visuelle

Simulation de la réponse des cônes : L (440 nm), M (545 nm) et S (580 nm)



Les différents systèmes de primaire

Le système RGB CIE 1931 est défini à partir de trois primaires monochromatiques : 700 nm, 546.1 nm et 435.8 nm (**Guild et Wright**). Il traduit le comportement de l'observateur de référence CIE 1931 à 2°.



$$\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \bar{r}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \bar{g}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

Les quantités unitaires ont été normalisées de
que leur mélange unitaire soit
équi-énergétique. Ces

1,0000 pour R,

$$E(\lambda) = 1 = \bar{r}(\lambda).R + \bar{g}(\lambda).G + \bar{b}(\lambda).B$$

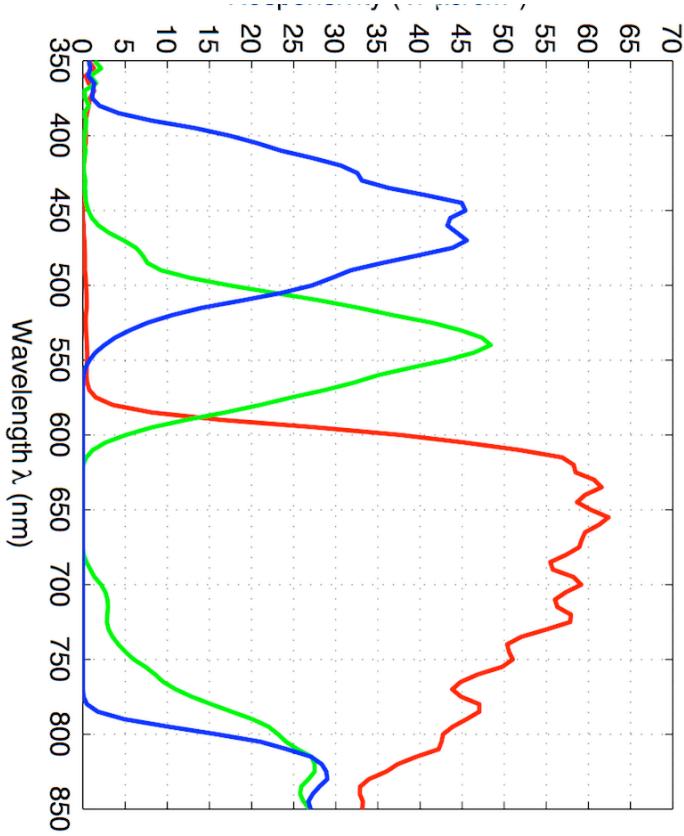
Fonctions colorimétriques du système de primaires RGB de l'observateur de référence CIE 1931 à 2°.

Nb. La courbe $r(\lambda)$ présente une partie négative, ce qui contredit le principe de la synthèse additive,
d'où :

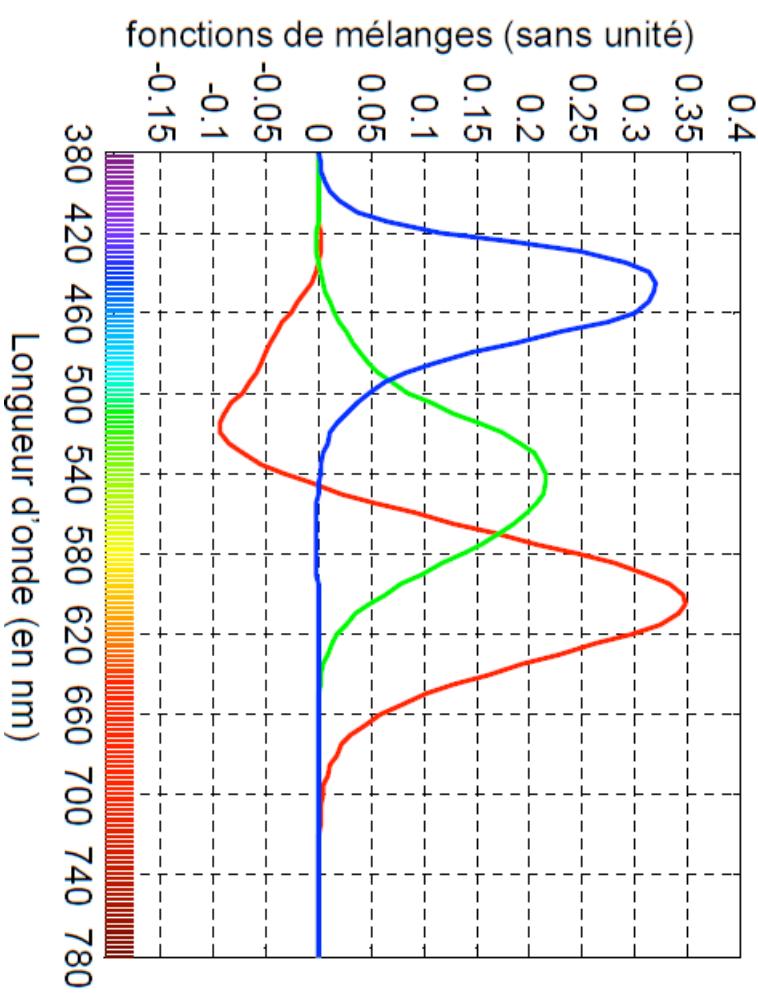
$$S(\lambda_i) + r(\lambda_i) R \equiv g(\lambda_i) G + b(\lambda_i) B \quad \Rightarrow \quad S(\lambda_i) \equiv -r(\lambda_i) R + g(\lambda_i) G + b(\lambda_i) B$$

Sensibilités spectrales

Caméra couleur



Observateur moyen

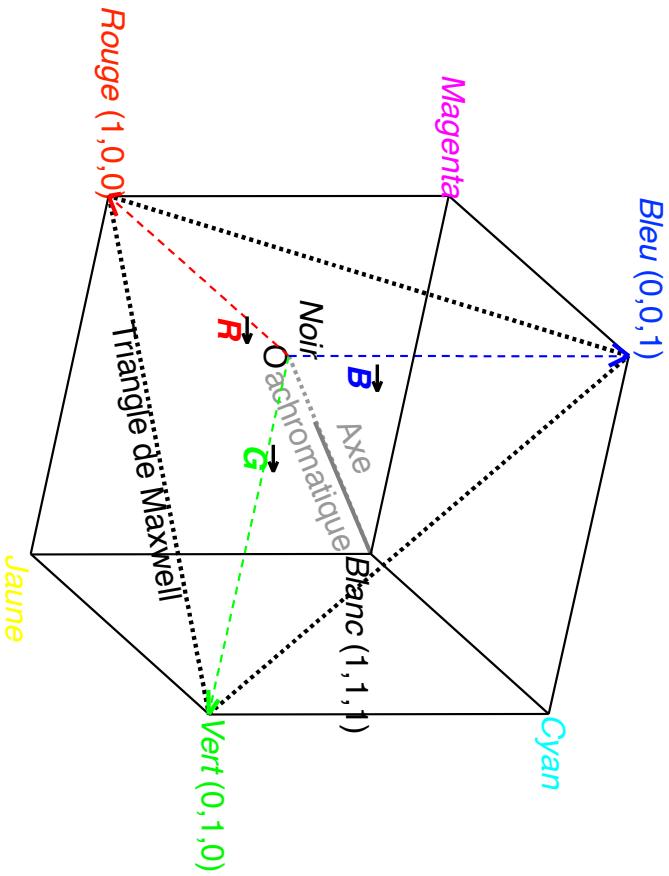


Sensibilité spectrale des photo-récepteurs

Fonction colorimétrique RVB

Systèmes (R, G, B)

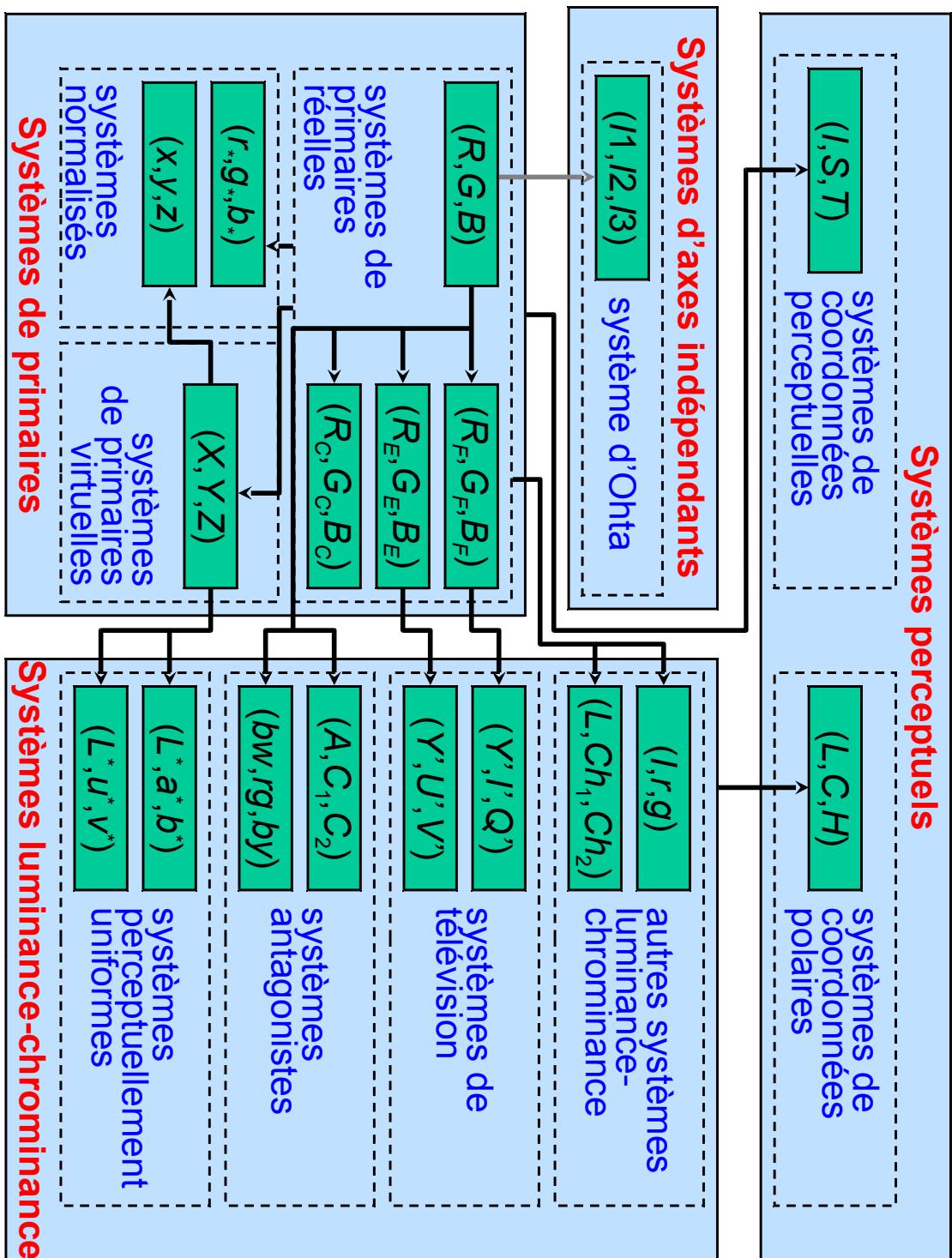
- Cube des couleurs
 - Les primaires correspondent à des vecteurs
 - Les composantes trichromatiques sont les coordonnées d'un point



Systèmes (R, G, B)

- Inconvénients des systèmes (R, G, B)
 - Valeurs négatives des composantes trichromatiques
 - Valeurs des composantes trichromatiques liées à la luminance et corrélées
 - Multitude de systèmes (R, G, B)
 - Pour les écrans à tubes cathodiques ou LCD
 - Pour la colorimétrie (observateur de référence)
 - Pour les caméras
 - Pour les scanners
 - Pour les imprimantes (modèle CMYK)

Espaces couleur et Classification



Les coordonnées trichromatiques RGB

Aux trois primaires R, G, B on peut faire correspondre trois vecteurs directeurs normés, lesquels vecteurs forment alors un espace vectoriel à trois dimensions, appelé l'espace RGB, d'origine O.

Toute couleur peut alors être décrite par :

$$\vec{C} = R.\vec{R} + G.\vec{G} + B.\vec{B}$$

Les coordonnées trichromatiques RGB s'expriment alors de la façon suivante :

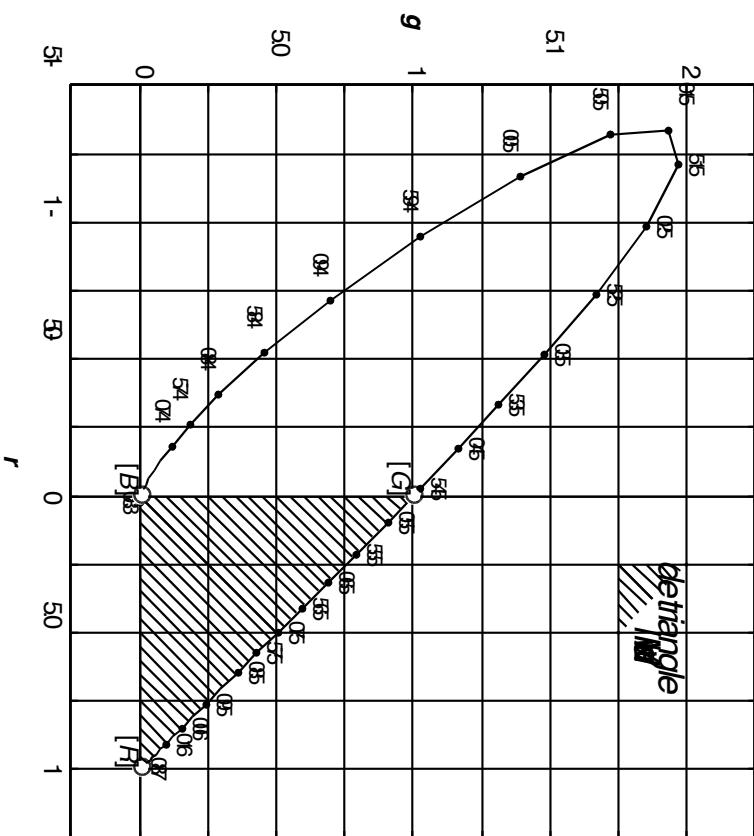
$$R = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda, \quad G = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

$$B = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

Systèmes (R, G, B)

- Diagramme de chromaticité
 - Composantes normalisées ou coordonnées trichromatiques (ou réduites)

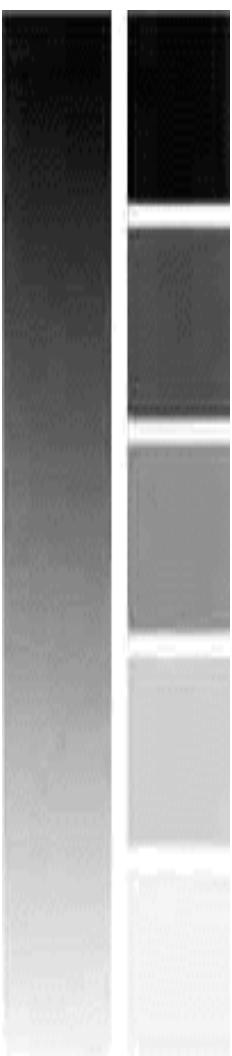
$$\begin{cases} r = \frac{R}{R+G+B}, \\ g = \frac{G}{R+G+B}, \\ b = \frac{B}{R+G+B}. \end{cases}$$



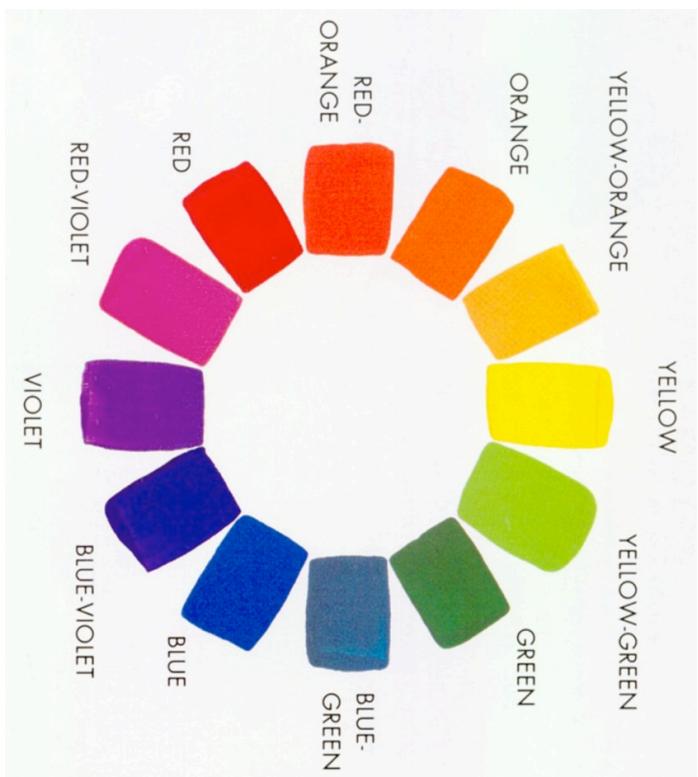
Deux stimuli de même chrominance, mais de luminances différentes, peuvent avoir des coordonnées trichromatiques différentes.

La couleur, c'est quoi ?

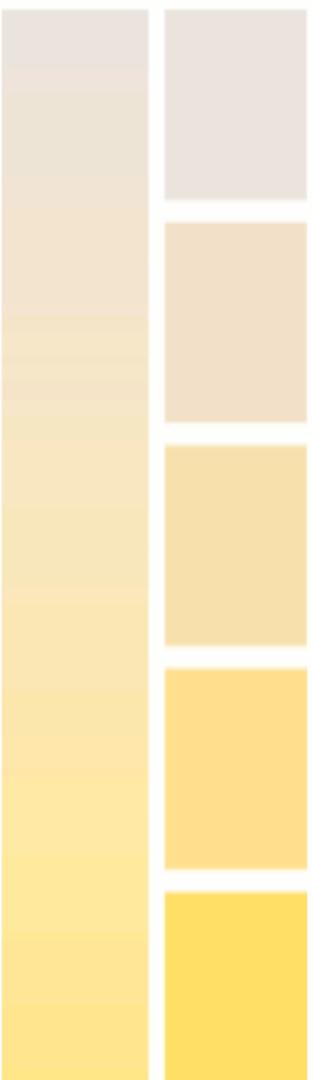
- Clarté



- Teinte

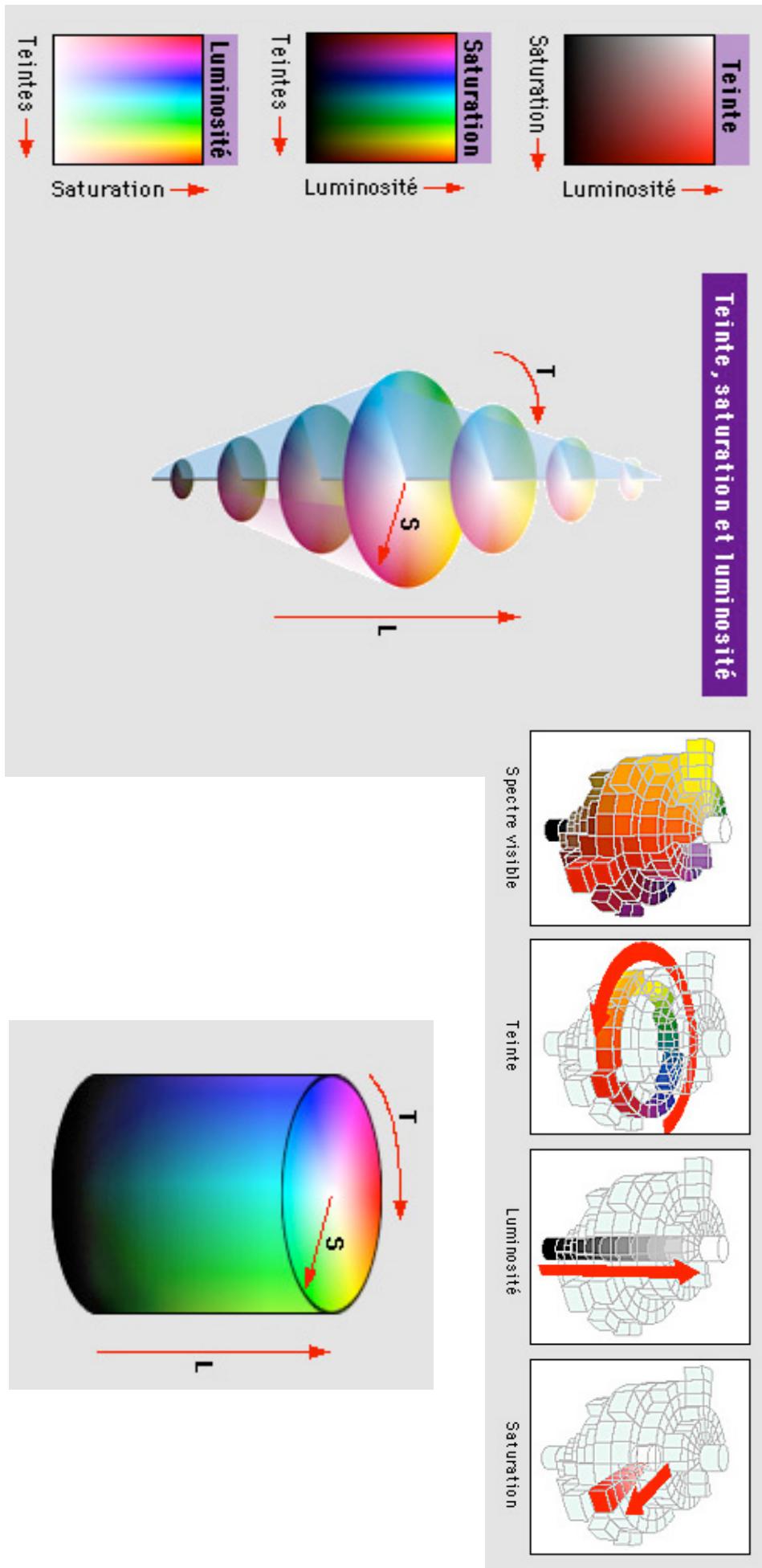


- Saturación



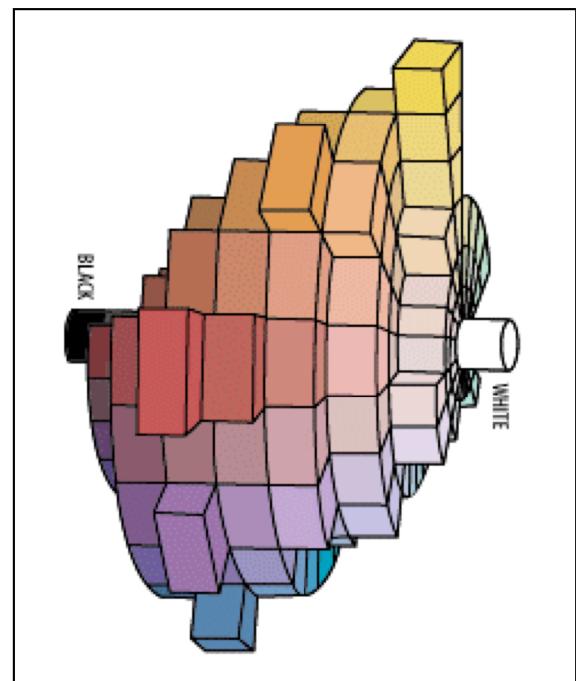
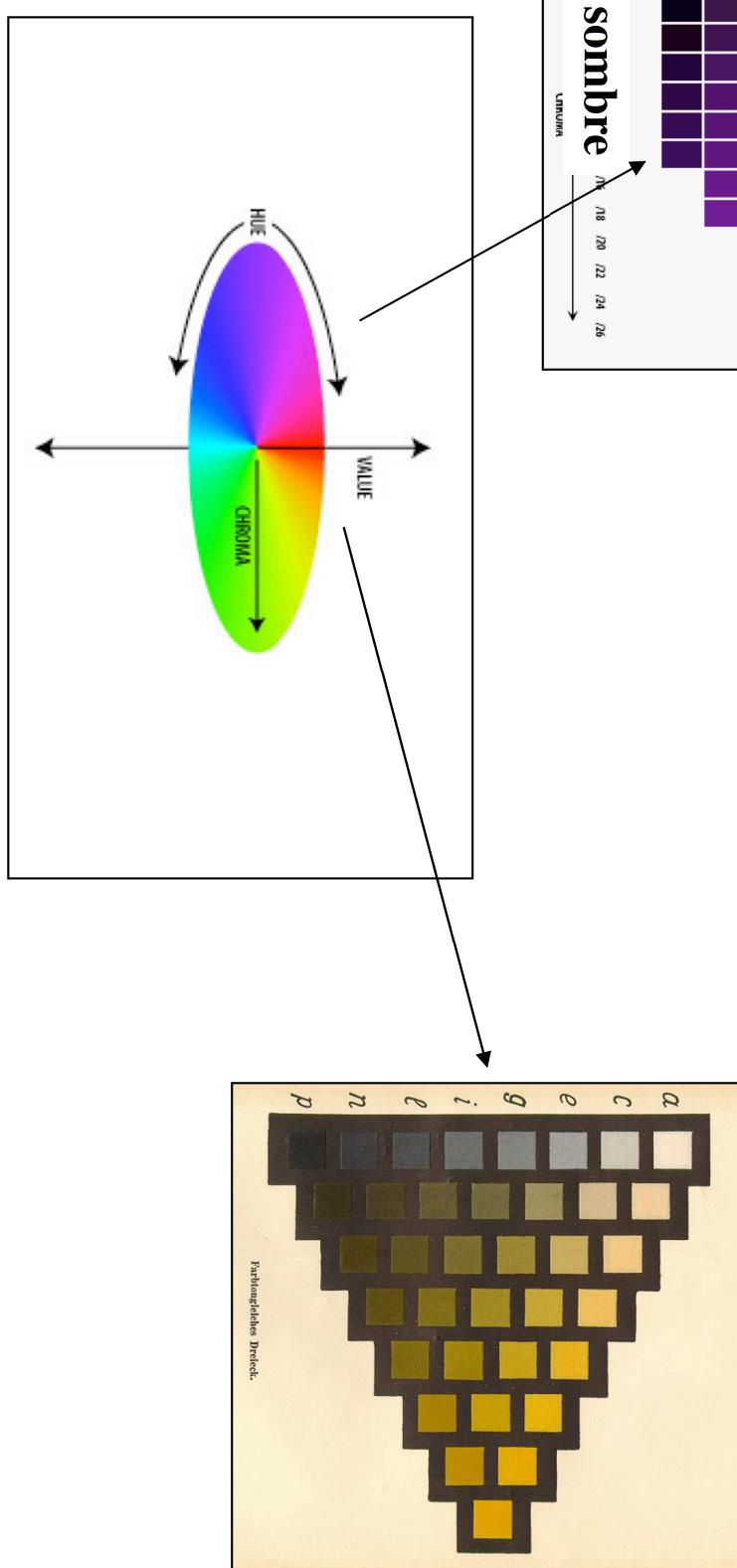
- Il faut trois quantités pour caractériser complètement une couleur !
- Dans la pratique, ces paramètres sont liés, et il n'est pas toujours facile de les distinguer.

La couleur des objets



Atlas de Munsell (1915)

ensemble de planches 2D obtenues
par coupe 3D



Atlas de Munsell

- A partir d'estimations « d'équidistance perceptive », subdivision fine de la roue des couleurs donnant les pages de l'atlas :

Une page = 1 teinte ou « Hue »

Actuellement : environ 1500 échantillons dans l'atlas

Un coloriste expérimenté distingue environ 10^6 couleurs !!

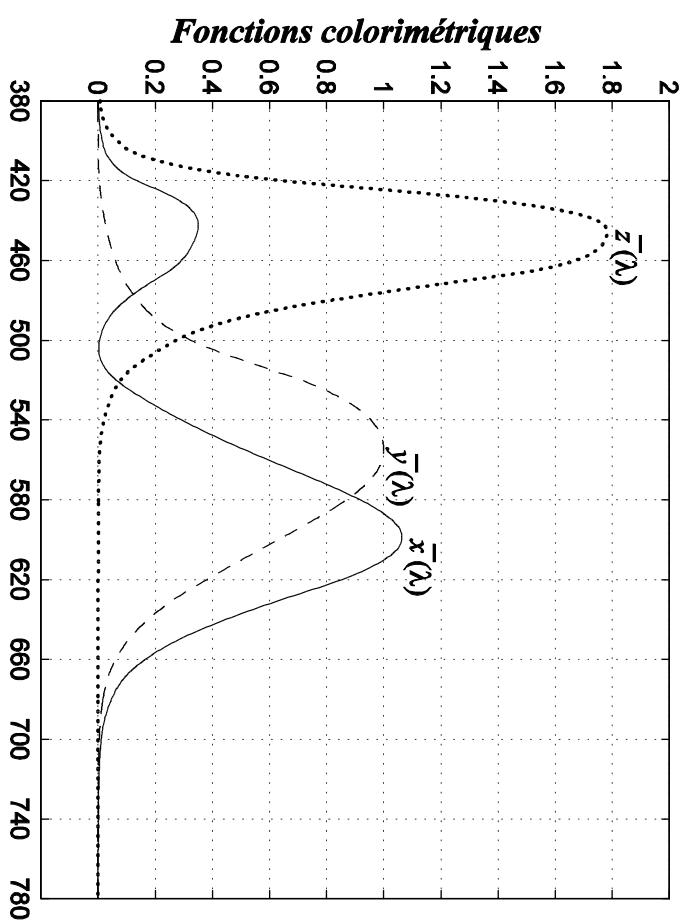
Clarté ou « Value »



Saturation ou « Chroma »

Les différents systèmes de primaire

Les systèmes de primaire XYZ CIE 1931 (à 2°) et XYZ CIE 1964 (à 10°)



$$\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \bar{x}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \bar{y}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7690 & 1.7518 & 1.1300 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Fonctions colorimétriques du système de primaire XYZ de l'observateur de référence CIE 1931 à 2°.

Nb. Y représente explicitement la luminance de la couleur.

Les coordonnées trichromatiques XYZ

Aux trois primaires X, Y, Z on peut faire correspondre trois vecteurs directeurs normés, lesquels vecteurs forment alors un espace vectoriel à trois dimensions, appelé l'espace XYZ, d'origine O.

Toute couleur peut alors être décrite par :

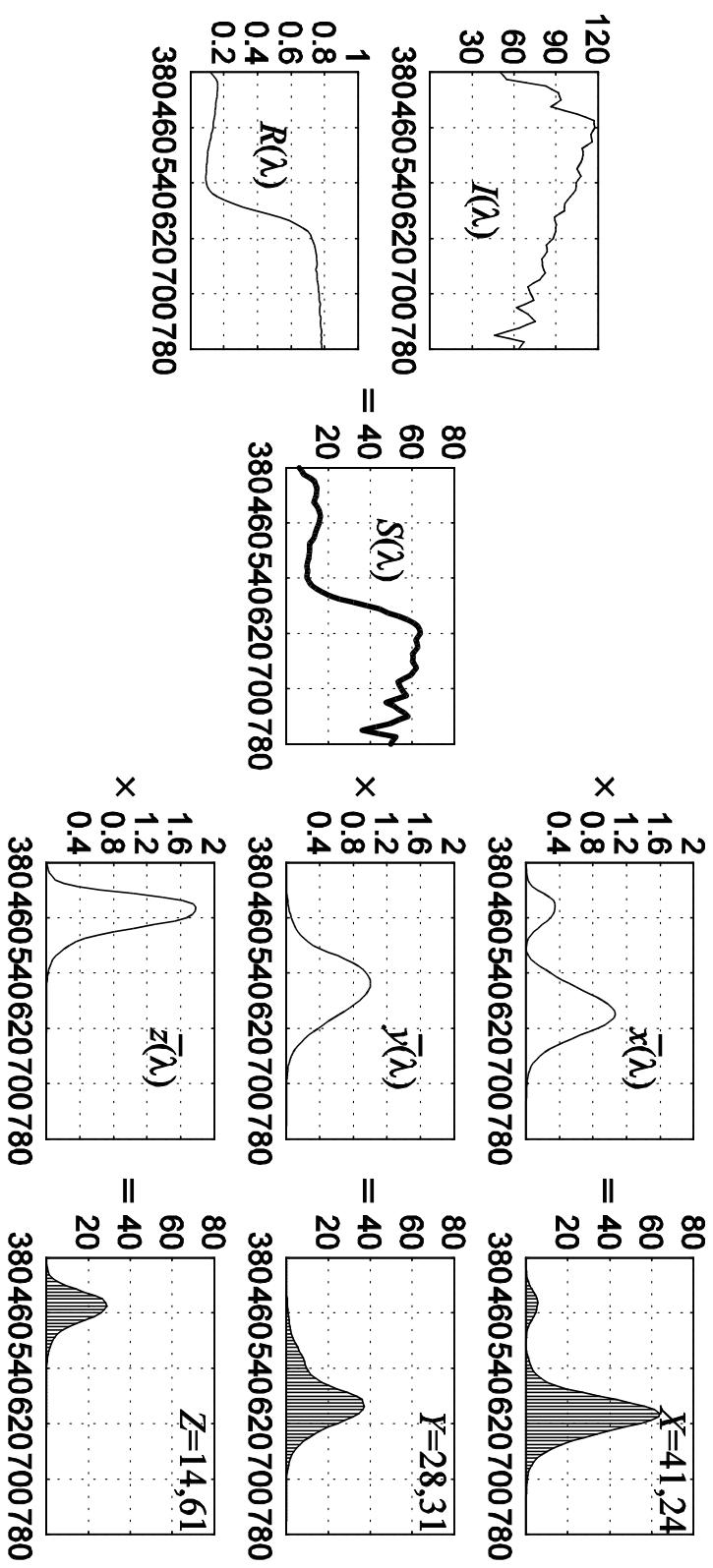
$$\vec{C} = X.\vec{X} + Y.\vec{Y} + Z.\vec{Z}$$

Les coordonnées trichromatiques XYZ s'expriment alors de la façon suivante :

$$X = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad Y = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

Les coordonnées trichromatiques XYZ



Exemple : calcul des coordonnées trichromatiques d'une couleur $C(\lambda)$ produit de la réflectance d'une source $I(\lambda)$ et une surface $R(\lambda)$. Dans cet exemple, $k = 0,009463$.

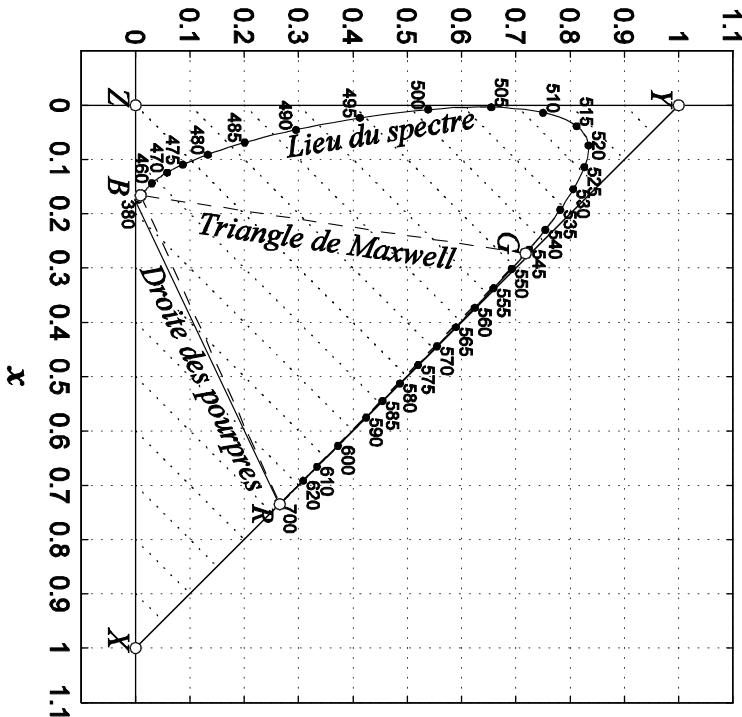
Le diagramme de chromatité xyz

La normalisation des coordonnées XYZ donne :

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

Etant donné que $x + y + z = 1$, la transformation inverse est donnée par :

$$X = x \cdot \frac{Y}{y} \quad Z = (1 - x - y) \cdot \frac{Y}{y}$$



Représentation du diagramme de chromatité à Y constant.

- La chromatité correspond à la projection des coordonnées XYZ sur le plan de chromatité xy.
- L'axe perpendiculaire à ce plan est l'axe des luminances Y.
- Domaine des couleurs reproductibles par synthèse additive des trois primaires XYZ (en pointillé RGB).
- Domaine des couleurs du visible (courbe des couleurs pures et droite des pourpres).

Diagramme de chromaticité CIE (1931)

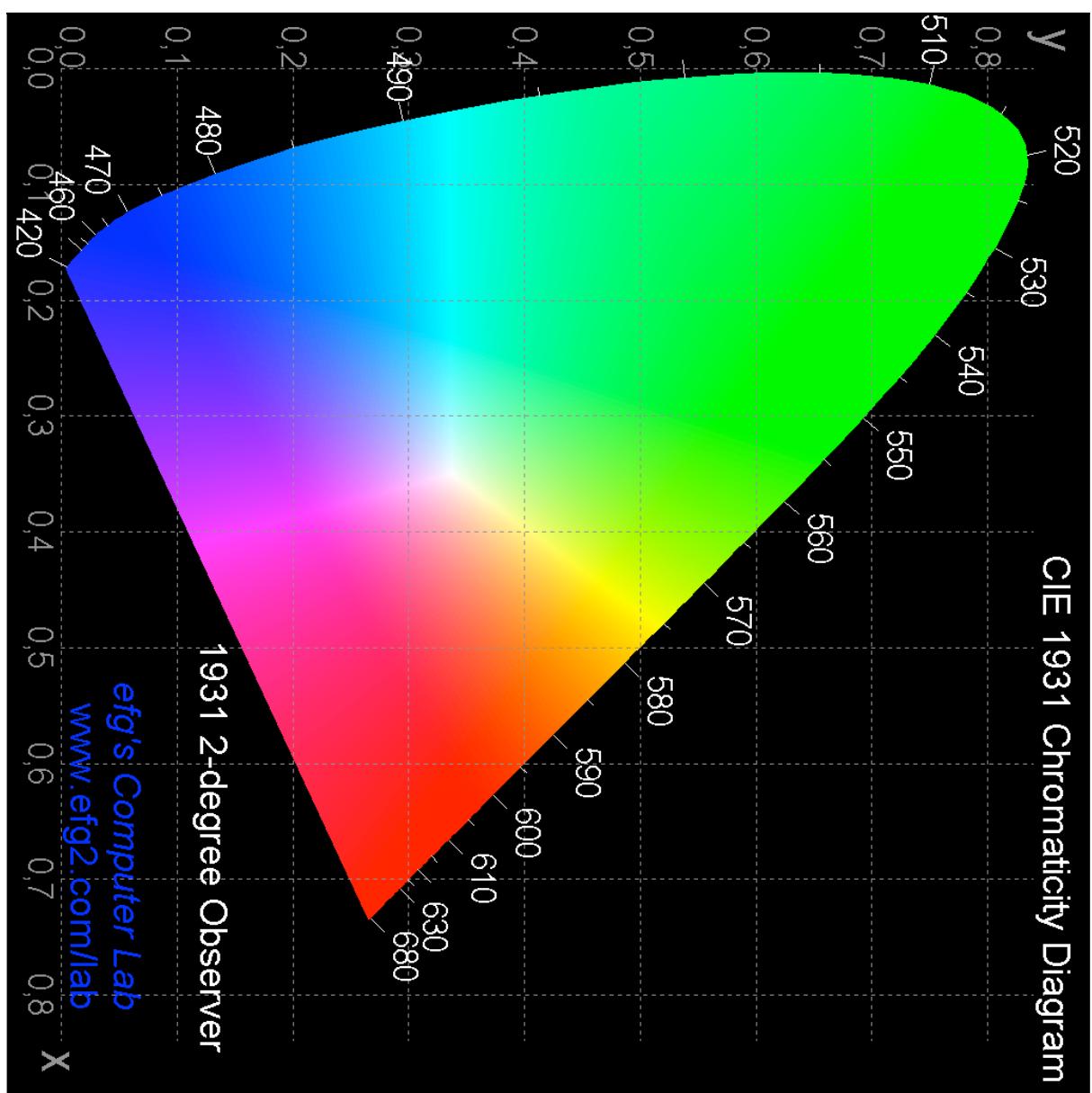
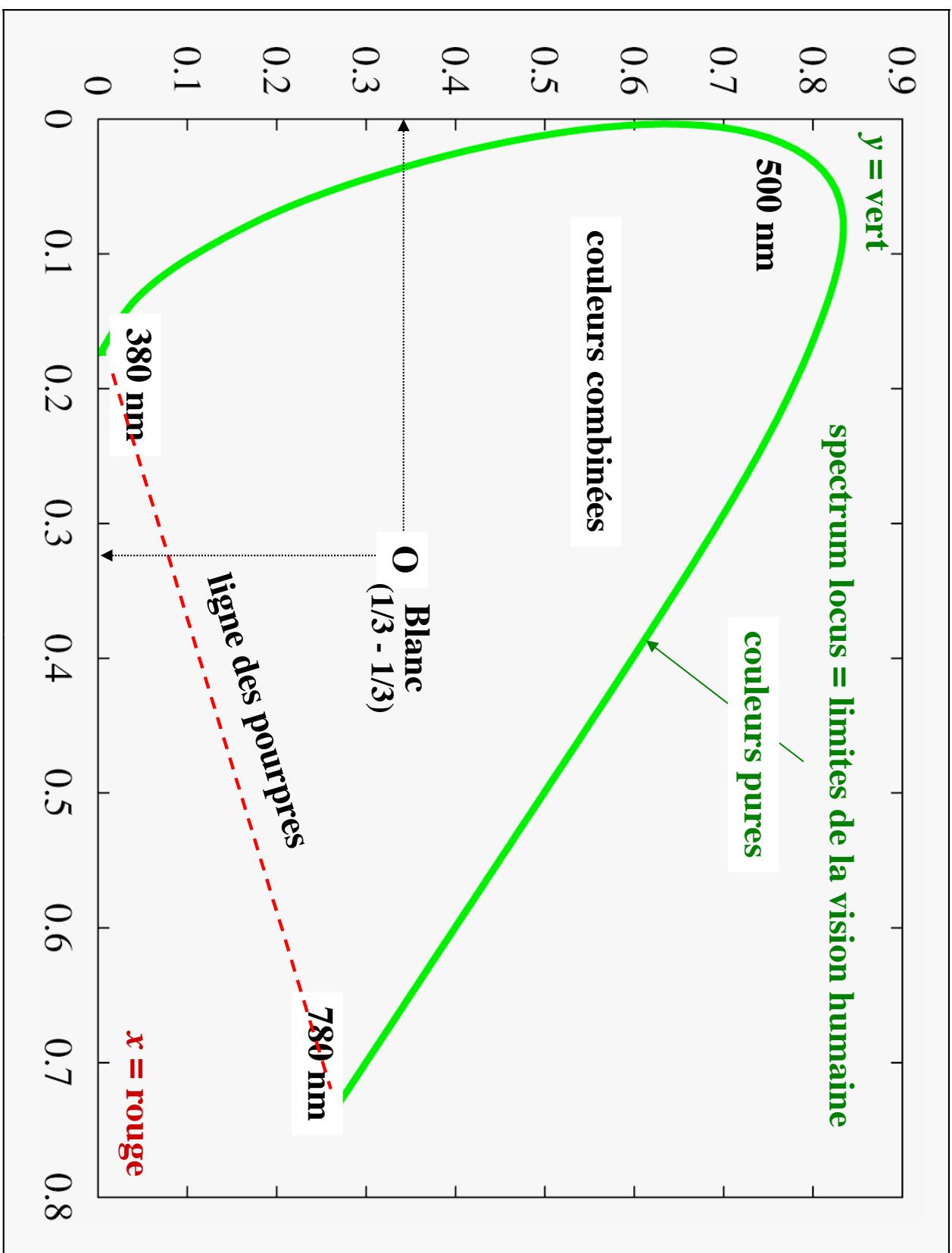


Diagramme de chromaticité



0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0

y

Teinte = A

Saturation = OX/OA

couleur pure
 λ

Teintes

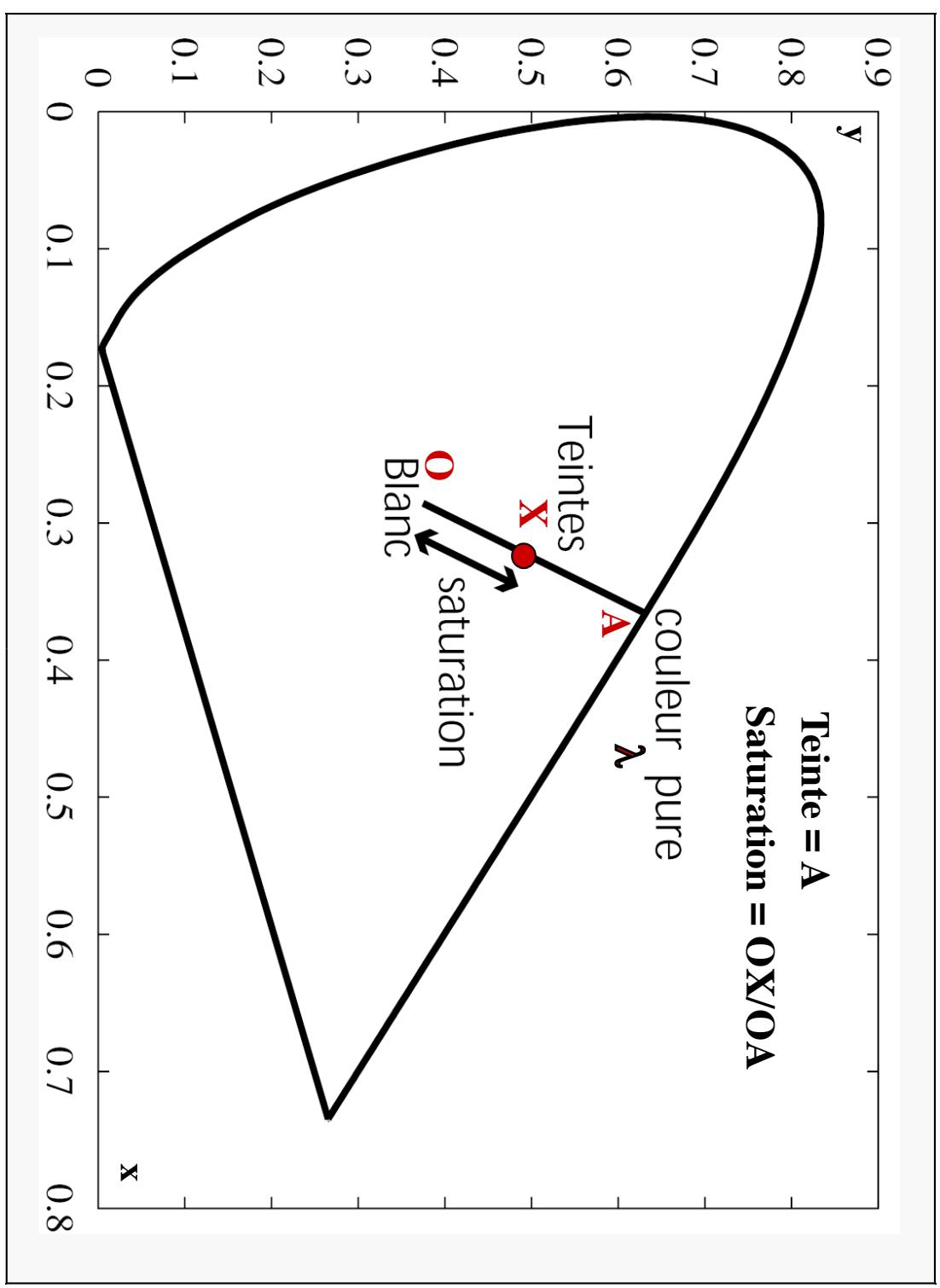
X

Saturation

O

Blanc

x



Une couleur est définie par ses 2 coordonnées chromatiques (x,y)
et sa luminance Y

Système CIELAB₇₆

L'espace ainsi obtenu n'est toujours pas pourvu d'une métrique homogène, comme le montre le diagramme des seuils de perception :

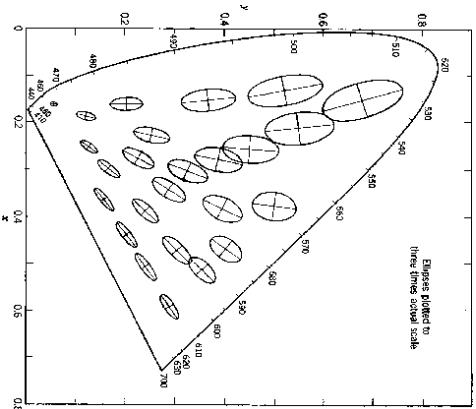
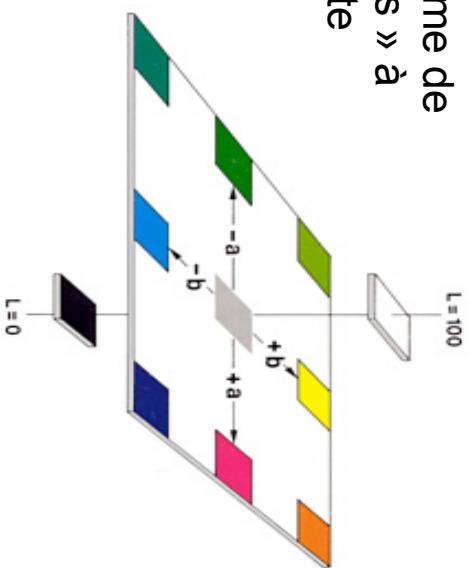
Après plusieurs tentatives une transformation non linéaire est couramment adoptée :

Qui redonne une forme de « solide des couleurs » à peu près satisfaisante

$$\Lambda^* = 116 \left(\frac{\Psi}{\Psi_I} \right)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_I} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_I} \right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_I} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_I} \right)^{1/3} \right]$$



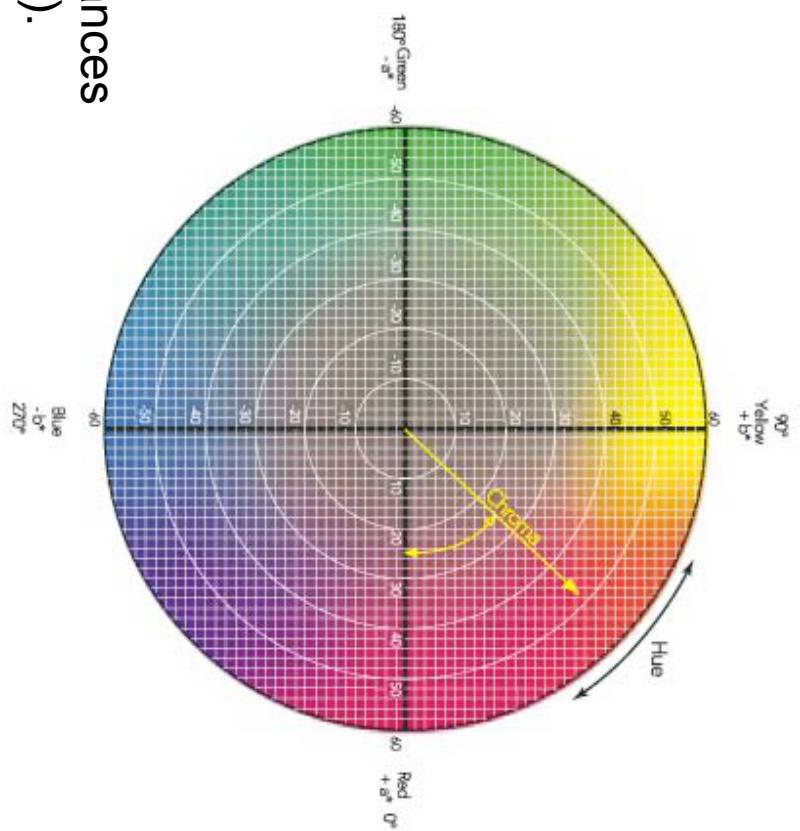
Ce système est conçu pour caractériser la couleur des objets observés en réflexion (mode objet) sous un *illuminant standard*. Par construction on a $L_1^* = 100$ $a_1^* = 0$ $b_1^* = 0$ pour tenir compte des effets d'adaptation.

On définit la chroma :

$$C^* = (a^*{}^2 + b^*{}^2)^{1/2}$$

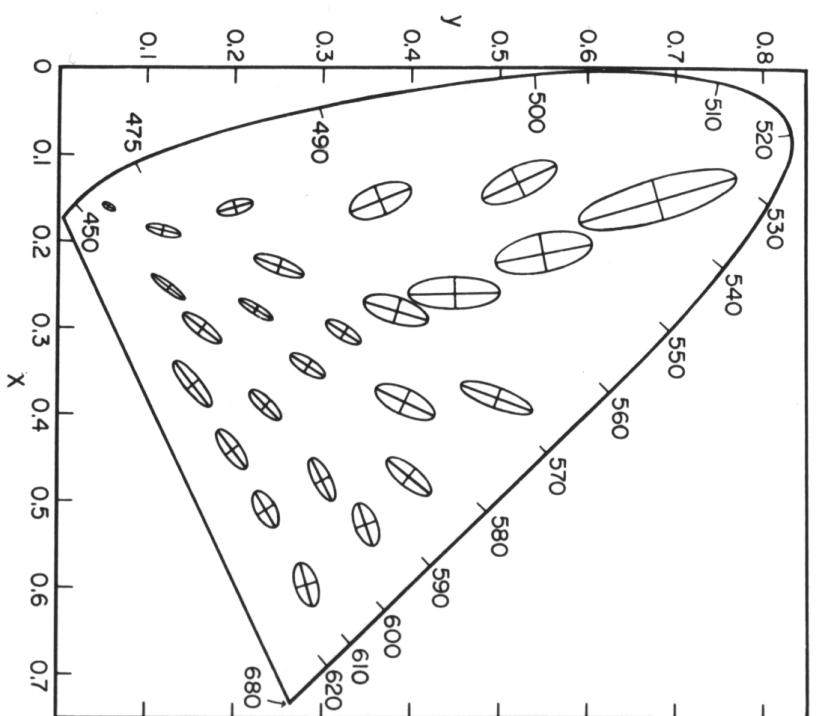
et l'angle de teinte :

$$h = \arctan(b^* / a^*)$$



- la métrique correspond mieux aux distances colorimétriques perçues par l'œil (Munsell).
- est couramment adopté par les professionnels de la couleur.

La sensibilité visuelle aux écarts de chromaticité

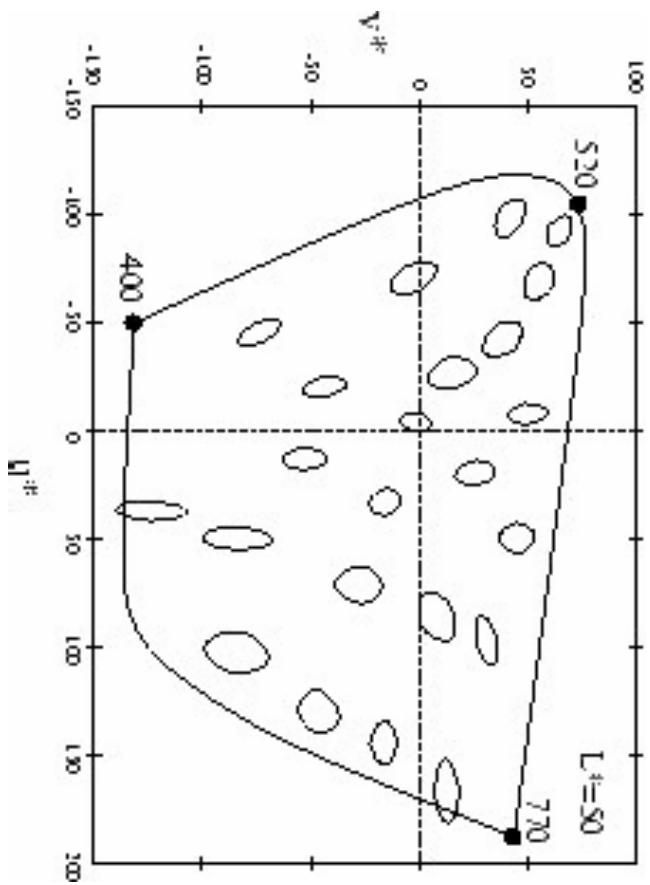


Seuils différentiels de chromaticité selon Macadam (agrandies 10 fois).

Tandis que le rapport de longueur du grand axe sur le petit axe tend jusqu'à 15:1, ce rapport vaut en moyenne 3,12 avec un écart type de 1,03.

Vers une uniformisation des différences de couleur

L'espace $L^*U^*V^*$



$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad \text{pour} \quad \frac{Y}{Y_0} > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \quad \text{pour} \quad \frac{Y}{Y_0} \leq 0.008856$$

$$u^* = 13L^*[U(X, Y, Z) - U(X_0, Y_0, Z_0)]$$

$$v^* = 13L^*[V(X, Y, Z) - V(X_0, Y_0, Z_0)]$$

avec :

$$U(X, Y, Z) = \frac{4X}{X + 15Y - 3Z}$$

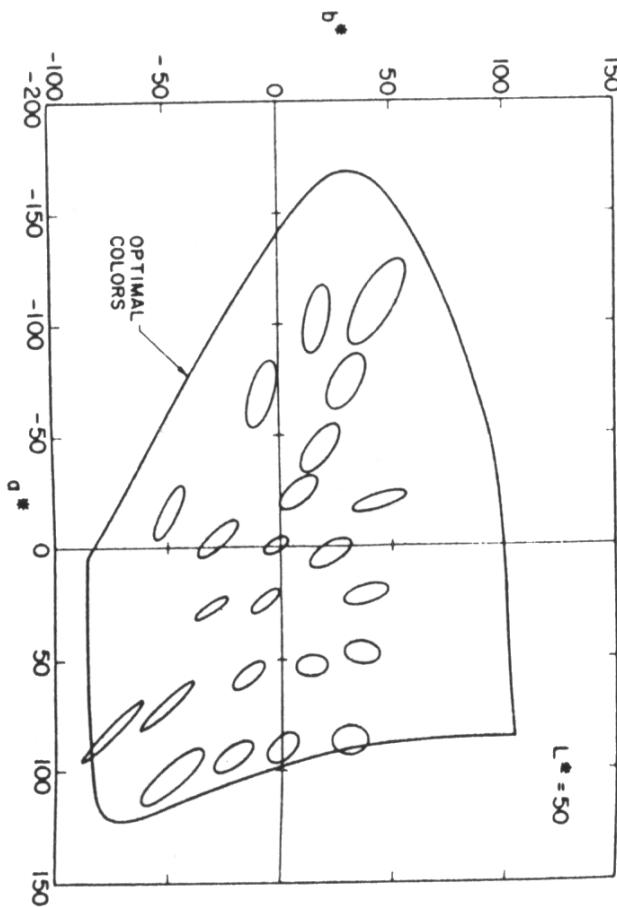
$$\text{et } V(X, Y, Z) = \frac{9X}{X + 15Y - 3Z}$$

Seuils différentiels de chromaticité selon

Macadam

Vers une uniformisation des différences de couleur

L'espace $L^*a^*b^*$



$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad \text{pour} \quad \frac{Y}{Y_0} > 0,008856$$

$$L^* = 903,3 \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \quad \text{pour} \quad \frac{Y}{Y_0} \leq 0,008856$$

$$\begin{aligned} a^* &= 500 \left[f \left(\frac{X}{X_0} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \right] \\ b^* &= 200 \left[f \left(\frac{Y}{Y_0} \right) - f \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \right] \end{aligned}$$

avec :

$$f(x) = x^{\frac{1}{3}} \quad \text{pour} \quad x > 0,008856$$

$$f(x) = 7,787x + \frac{16}{116} \quad \text{pour} \quad x \leq 0,008856$$

Seuils différentiels de chromaticité selon

Macadam

Acquisition d'une image couleur

Introduction

- L'espace des couleurs est tridimensionnel
Une image couleur est un vecteur à trois composantes par position spatiale.



=



Caméra 3-capteurs

Filtre monochromatique

Système optique

Stimulus

CCD



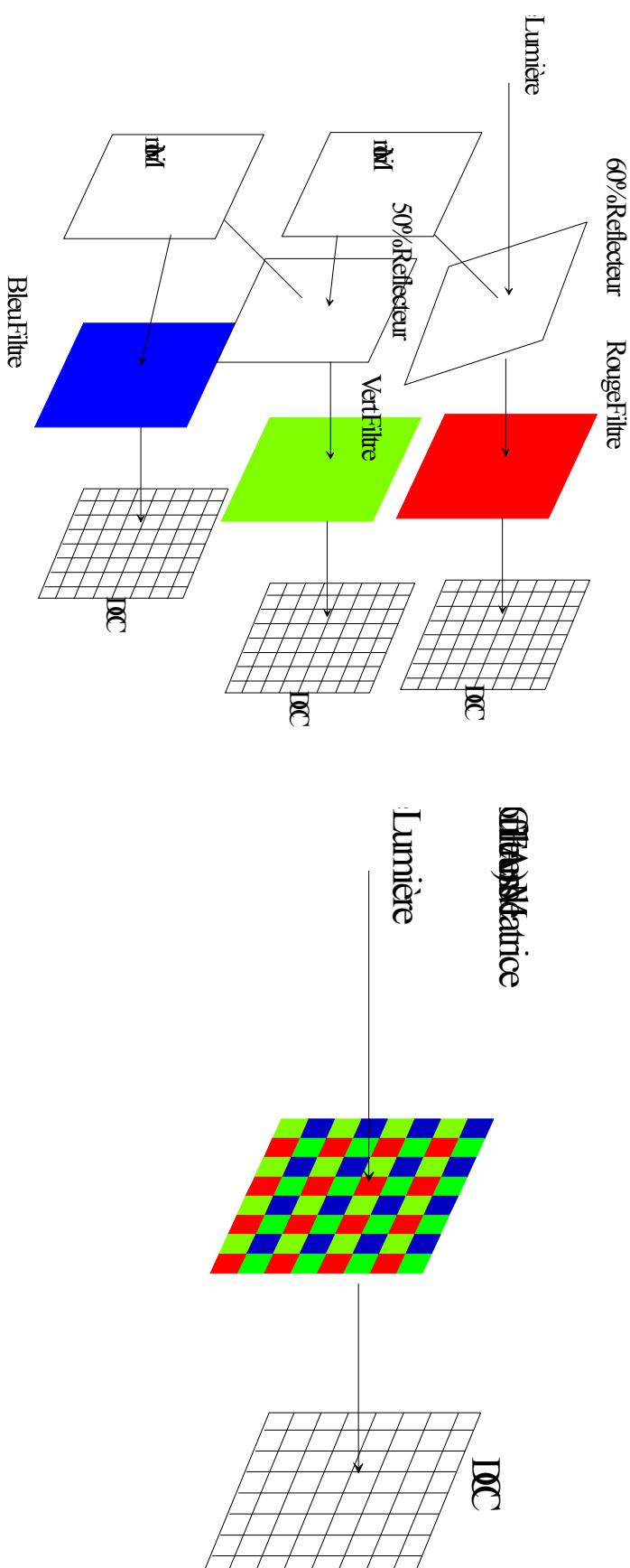
IrDive 2014-08-26

Introduction

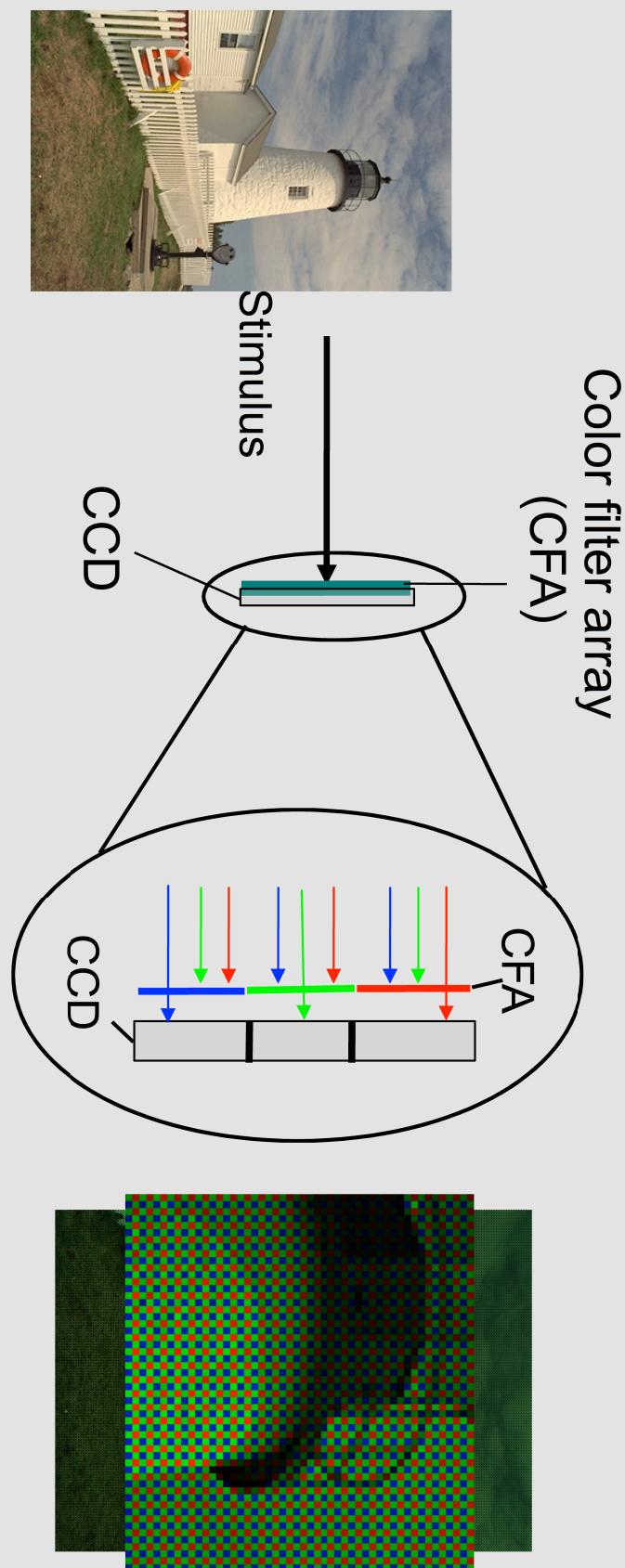
- Acquisition d'images numériques couleur

Caméra 3CDD

Caméra monoCCD,
Single chip

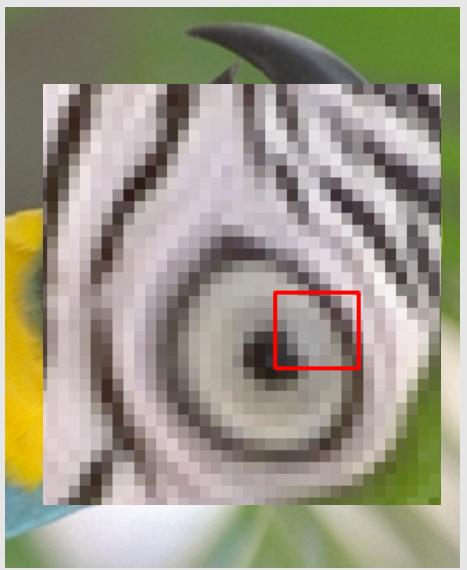


Caméra mono-CCD



IrDive 2014-08-26

Image CFA et dématricage



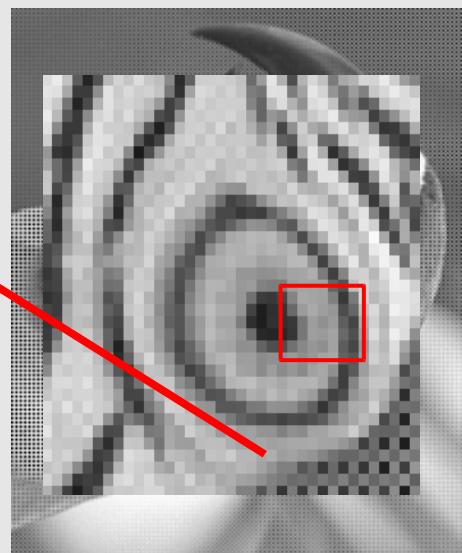
Scène

Echantillonnage
par CFA

Image CFA

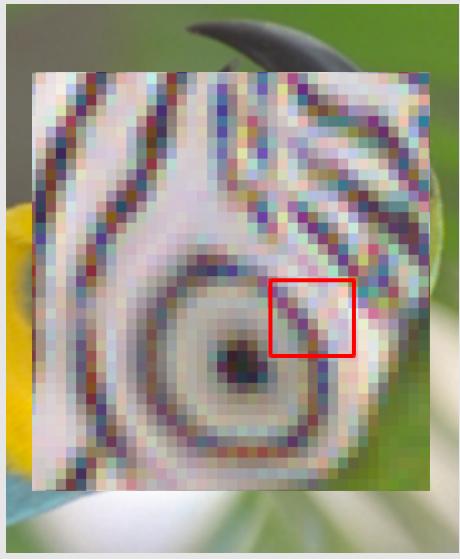


Dématricage



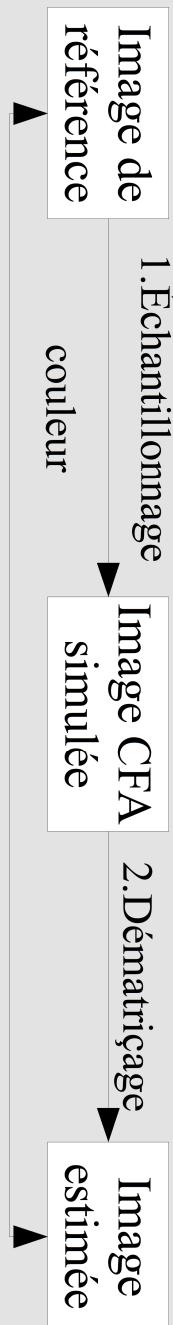
Rouge 230
Vert ?
Bleu ?

Image estimée

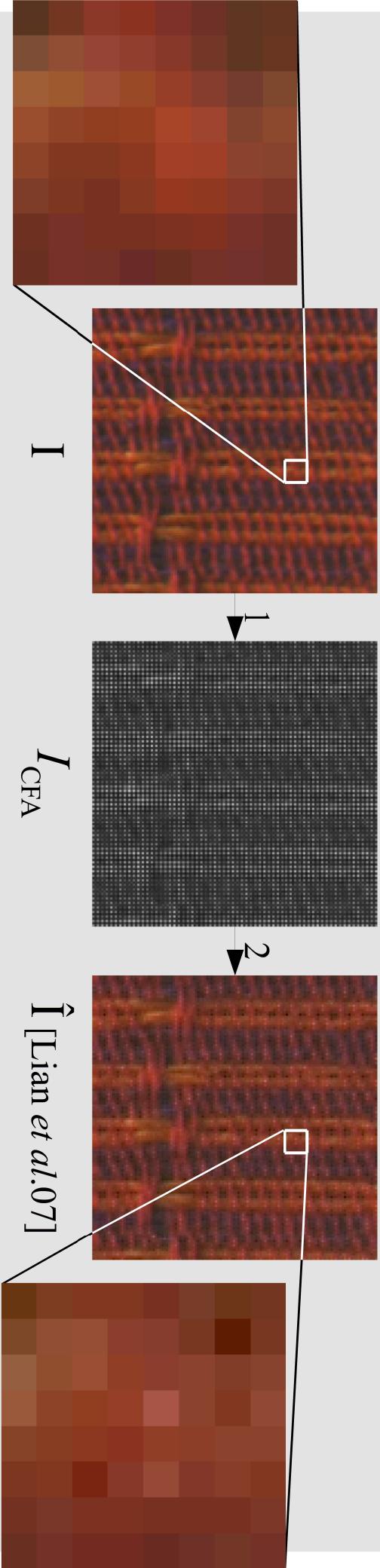


Impact du dématricage sur l'information texturale

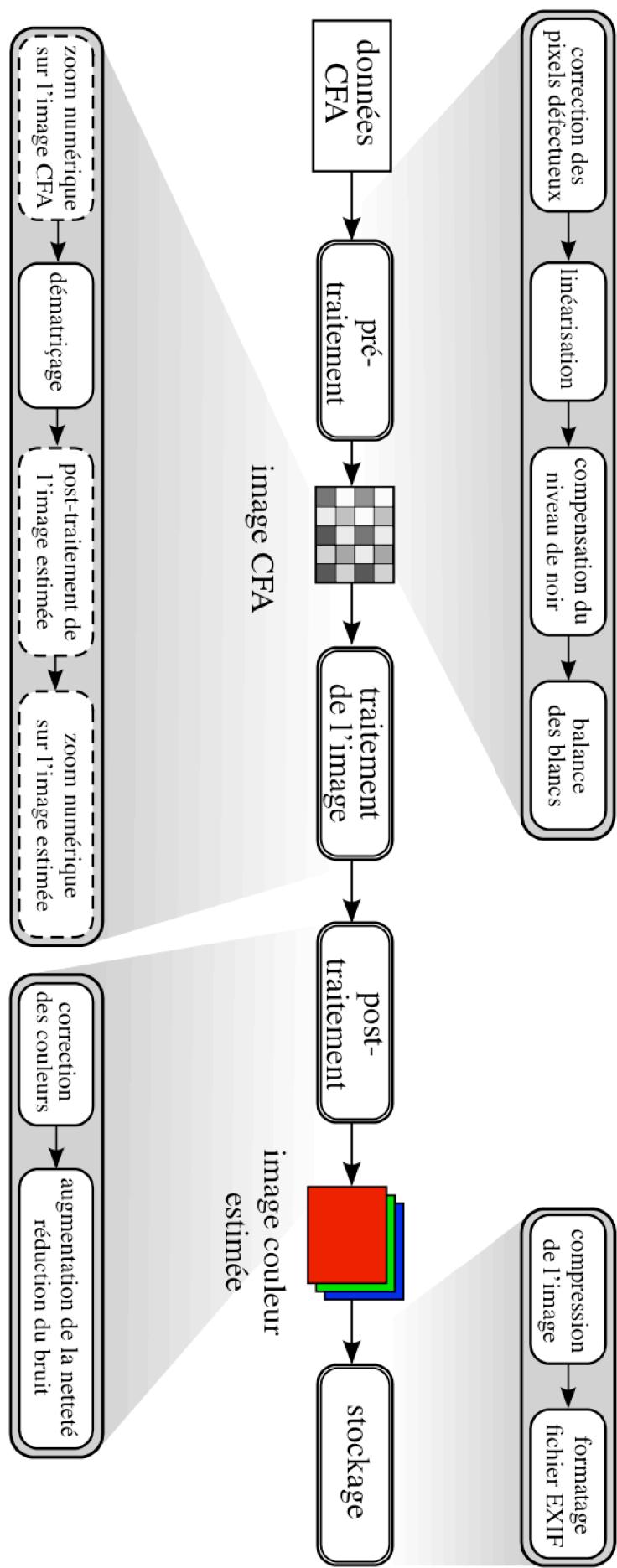
- Évaluation de la fidélité



- Évaluation subjective



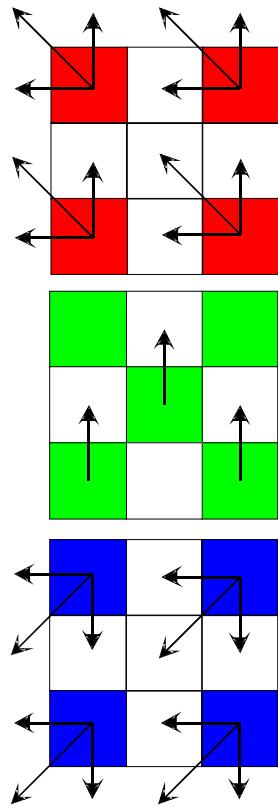
Chaine complète de traitement



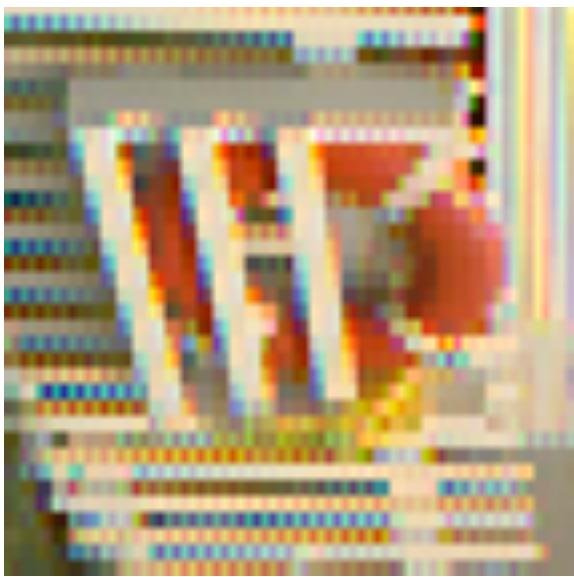
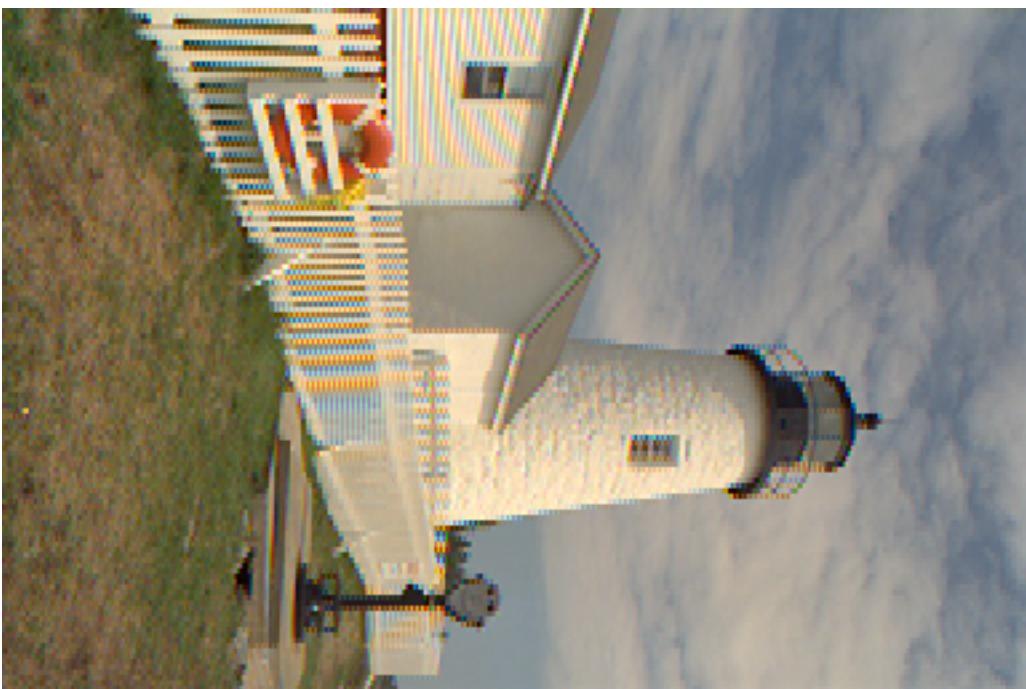
(b) Acquisition d'une image dans une caméra mono-CCD couleur (schéma détaillé). Les opérations entourées en pointillés sont facultatives

Copie de pixels

- Simulation sur le CFA de Bayer



T=0.02



Interpolation bilinéaire

- Simulation sur le CFA de Bayer

$$G_{2,2} = \frac{G_{1,2} + G_{2,1} + G_{3,2} + G_{2,3}}{4}$$

$$R_{2,2} = \frac{R_{1,1} + R_{1,3} + R_{3,1} + R_{3,3}}{4}$$

R ₁₁	G ₂₁	R ₃₁	
G ₁₂	B ₂₂	G ₂₂	
R ₁₃	G ₂₃	R ₃₃	

$$F_G = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} / 4 \quad F_{R,B} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} / 4$$

CFA et voisinage

- **Voisinage V_{2n} adapté au CFA**

- Le pixel P et ses voisins Q représentent la même composante dans le CFA

$G_{0,0}$	$R_{1,0}$	$G_{2,0}$	$R_{3,0}$	$G_{4,0}$	$R_{5,0}$...
$B_{0,1}$	$G_{1,1}$	$B_{2,1}$	$G_{3,1}$	$B_{4,1}$	$G_{5,1}$...
$G_{0,2}$	$R_{1,2}$	$G_{2,2}$	$R_{3,2}$	$G_{4,2}$	$R_{5,2}$...
$B_{0,3}$	$G_{1,3}$	$B_{2,3}$	$G_{3,3}$	$B_{4,3}$	$G_{5,3}$...
$G_{0,4}$	$R_{1,4}$	$G_{2,4}$	$R_{3,4}$	$G_{4,4}$	$R_{5,4}$...
$B_{0,5}$	$G_{1,5}$	$B_{2,5}$	$G_{3,5}$	$B_{4,5}$	$G_{5,5}$...
...

$G_{0,0}$	$R_{1,0}$	$G_{2,0}$	$R_{3,0}$	$G_{4,0}$	$R_{5,0}$...
$B_{0,1}$	$G_{1,1}$	$B_{2,1}$	$G_{3,1}$	$B_{4,1}$	$G_{5,1}$...
$G_{0,2}$	$R_{1,2}$	$G_{2,2}$	$R_{3,2}$	$G_{4,2}$	$R_{5,2}$...
$B_{0,3}$	$G_{1,3}$	$B_{2,3}$	$G_{3,3}$	$B_{4,3}$	$G_{5,3}$...
$G_{0,4}$	$R_{1,4}$	$G_{2,4}$	$R_{3,4}$	$G_{4,4}$	$R_{5,4}$...
$B_{0,5}$	$G_{1,5}$	$B_{2,5}$	$G_{3,5}$	$B_{4,5}$	$G_{5,5}$...
...

$G_{0,0}$	$R_{1,0}$	$G_{2,0}$	$R_{3,0}$	$G_{4,0}$	$R_{5,0}$...
$B_{0,1}$	$G_{1,1}$	$B_{2,1}$	$G_{3,1}$	$B_{4,1}$	$G_{5,1}$...
$G_{0,2}$	$R_{1,2}$	$G_{2,2}$	$R_{3,2}$	$G_{4,2}$	$R_{5,2}$...
$B_{0,3}$	$G_{1,3}$	$B_{2,3}$	$G_{3,3}$	$B_{4,3}$	$G_{5,3}$...
$G_{0,4}$	$R_{1,4}$	$G_{2,4}$	$R_{3,4}$	$G_{4,4}$	$R_{5,4}$...
$B_{0,5}$	$G_{1,5}$	$B_{2,5}$	$G_{3,5}$	$B_{4,5}$	$G_{5,5}$...
...

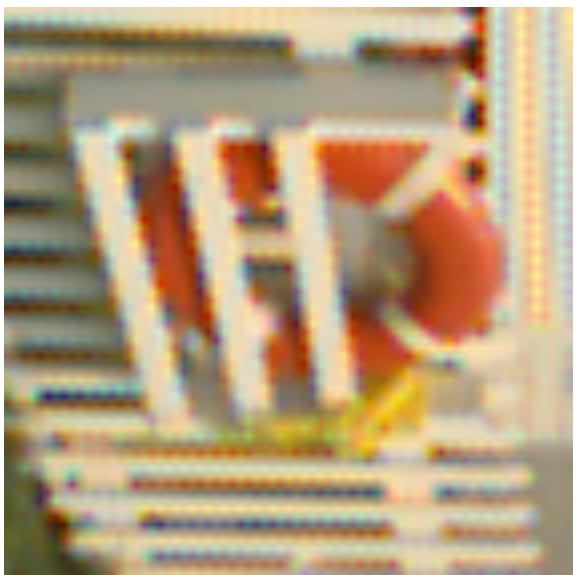
$$P \in I_{CFA}^R \Rightarrow Q \in I_{CFA}^R$$

$$P \in I_{CFA}^G \Rightarrow Q \in I_{CFA}^G$$

$$P \in I_{CFA}^B \Rightarrow Q \in I_{CFA}^B$$

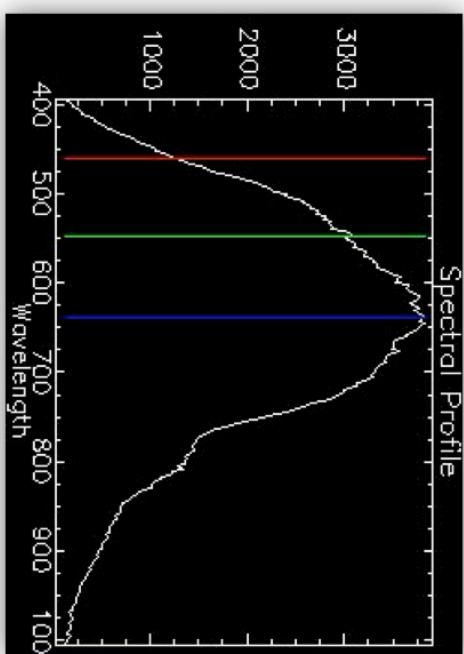
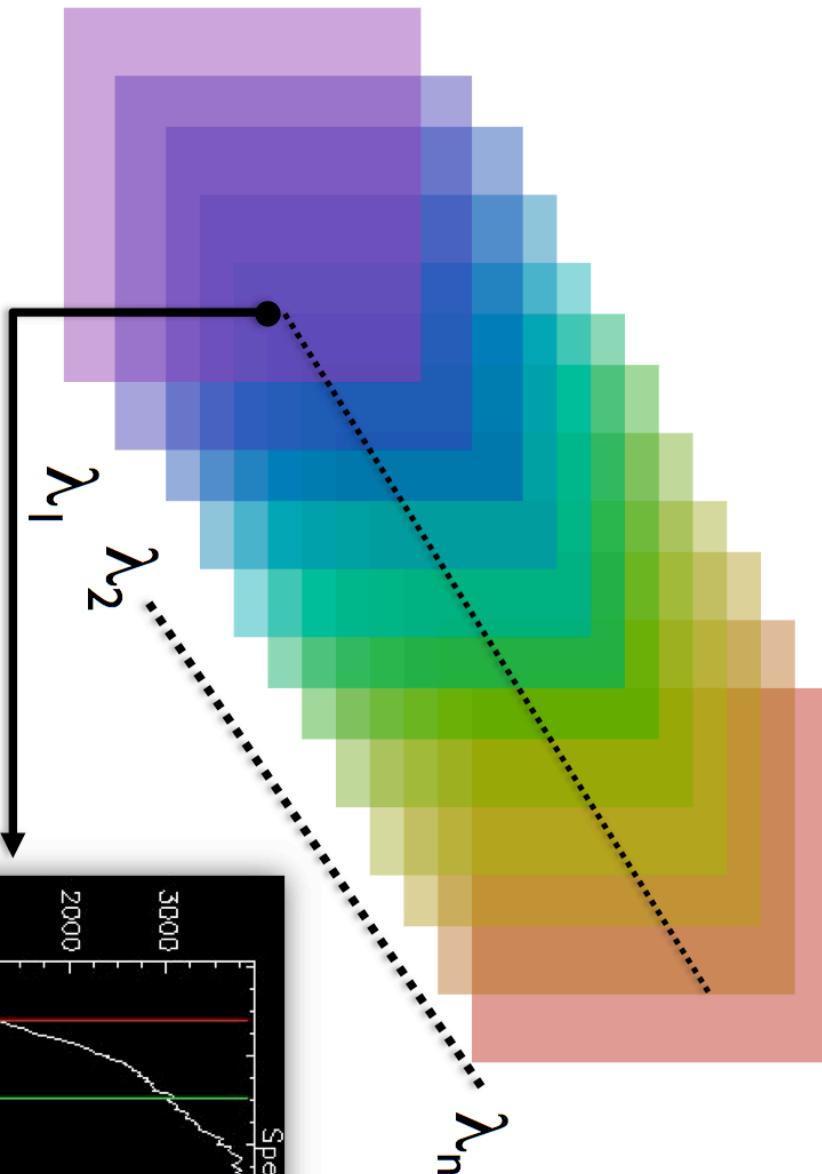
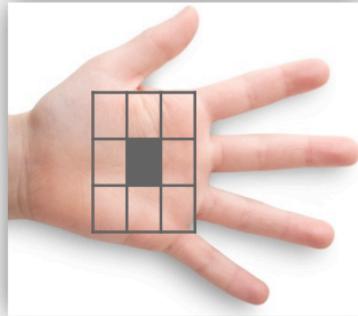
- Définition cohérente avec celle des LBPs, même pour la composante $k=G$
- Rem.: CLBP $_{\tilde{t}}^k$ [$I_{CFA}^{k,q}$] n'est défini qu'aux positions du CFA où k est définie

Interpolation bilinéaire

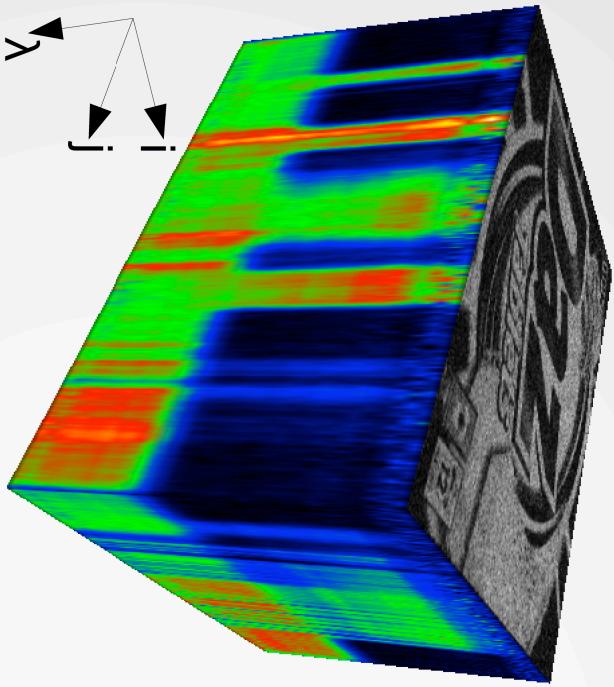


HYPER SPECTRAL IMAGING

Improves vision and discrimination power by using spectral information of surface material / object being captured

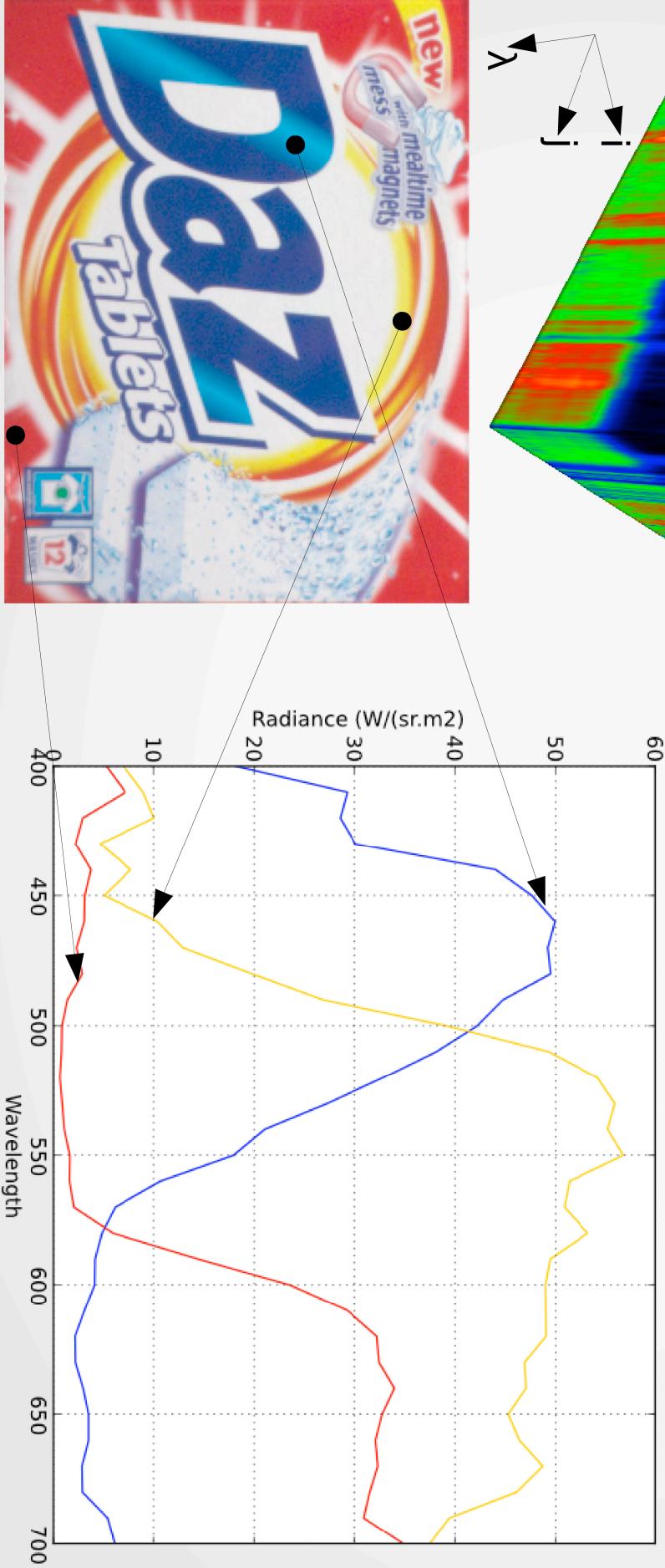


Introduction on multispectral



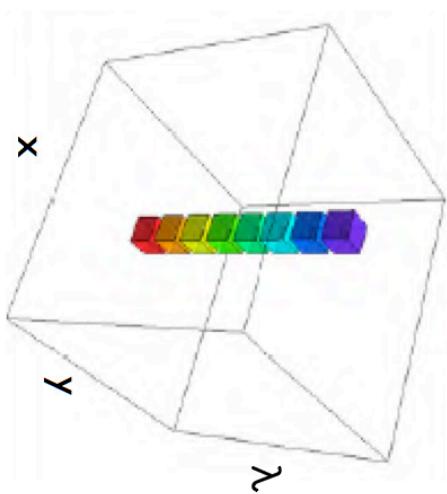
A multispectral image represents the radiance, i.e. the quantity of radiation emitted from each spatial pixel (i,j) into several spectral bands λ .

A multispectral datacube is a set of triplets (i,j,λ) , for all λ in the wavelength range.

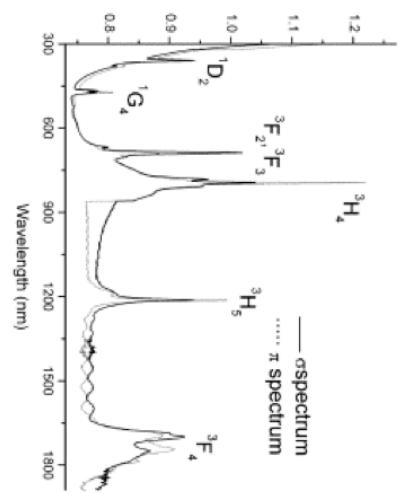


SPECTRAL IMAGING OPEN ONE NEW DIMENSION

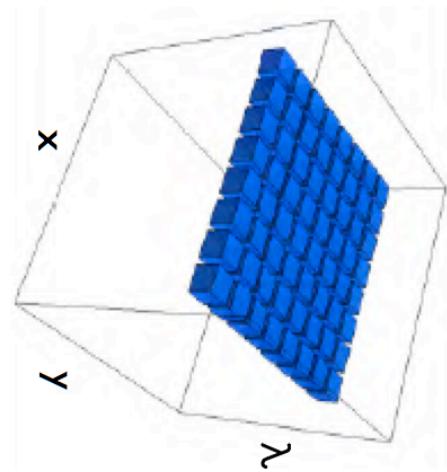
Spectrometer



→ Accurate **spectral analysis** of one spatial pixel only



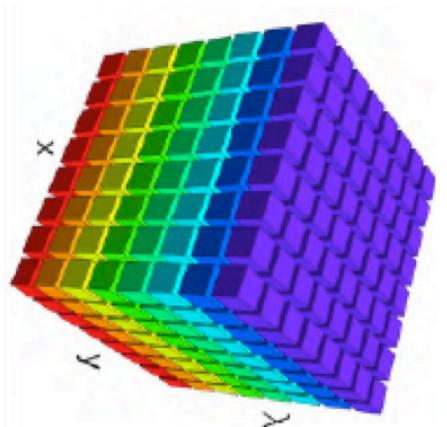
RGB camera



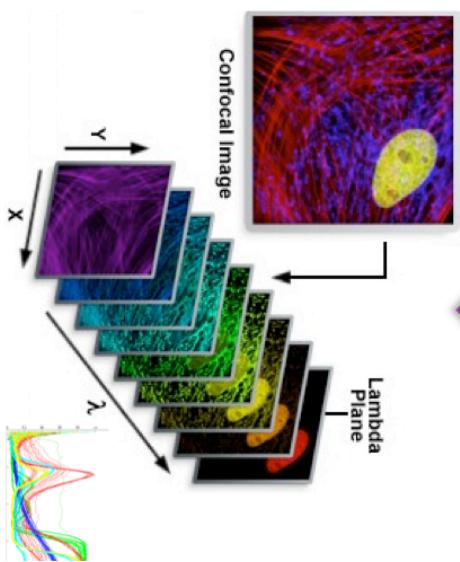
→ Seeing **RGB colors** of one image only



Hyperspectral camera



→ Seeing different **spectral images** revealing **objects signature**





HSI camera
(imec)



RGB camera



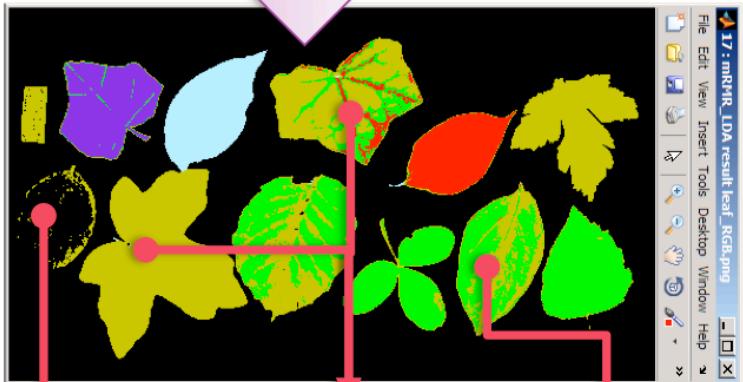
Input image



Training Set



Classification



**No errors
at object
level**

**4 errors
on 6
objects
(5 used for
training)**