



TRAITEMENT D'IMAGES

Anne Guérin-Dugué

GIPSA-lab

Département des Images et des Signaux

Equipe « Vision and Brain Signal processing »

anne.guerin@gipsa-lab.grenoble-inp.fr



PLAN

- ❑ Introduction
- ❑ Caractéristique de l'œil humain
- ❑ Acquisition - Echantillonnage
- ❑ Couleur
- ❑ Histogramme, Modification d'histogramme
- ❑ Filtrage par convolution
- ❑ Application du filtrage
 - ❖ Réduction du Bruit et Rehaussement d'Image
- ❑ Détection de contours



I. Introduction

❑ Domaines liés au TI

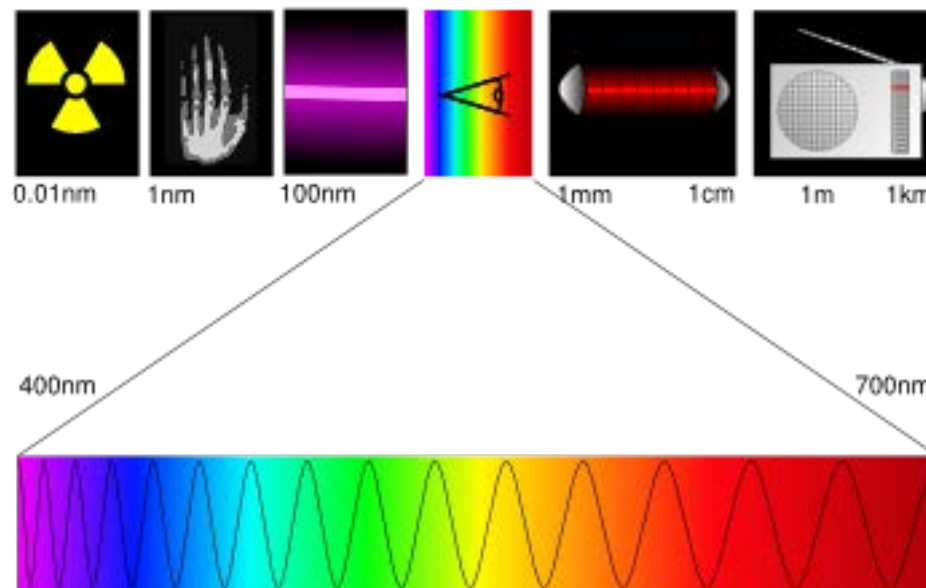
- ❖ Point de départ de la vision par ordinateur
- ❖ Applications industrielles
 - ✓ Contrôle Qualité, Chaîne de montage
 - ✓ Robotique,
 - ✓ Surveillance,
 - ✓ Imagerie médicale,
 - ✓ Multimédias, ...

I. Introduction

□ Signal lumineux

Longueur d'onde : $\lambda = c/\nu$, avec c vitesse de la lumière dans le vide
et ν fréquence de l'onde

$$c \approx 300.10^6 \text{ m/s}$$



I. Introduction

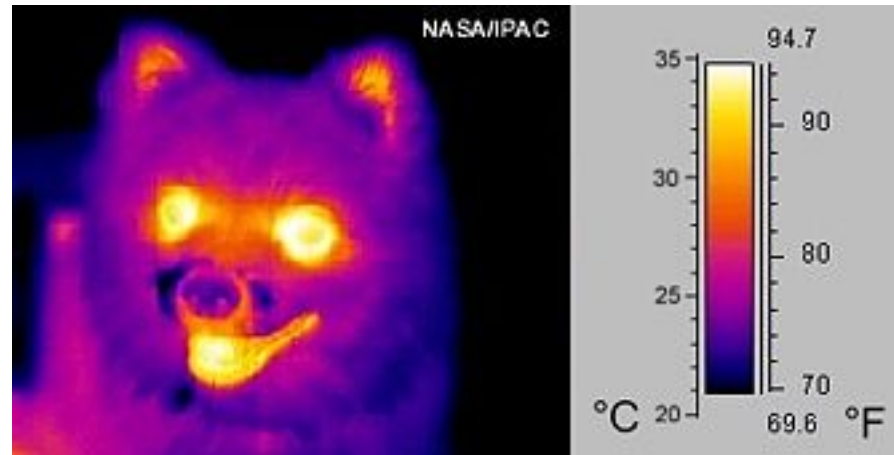
□ Types d'images ...



Photographie d'une scène



Echographie

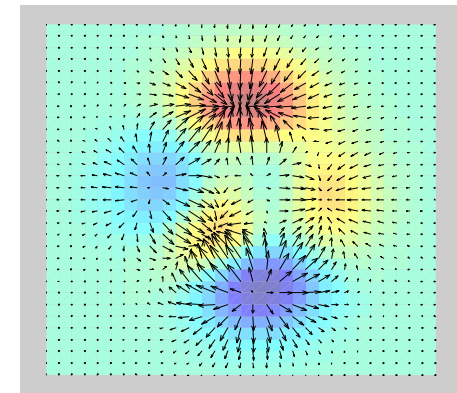


Caméra infrarouge



Image IRM

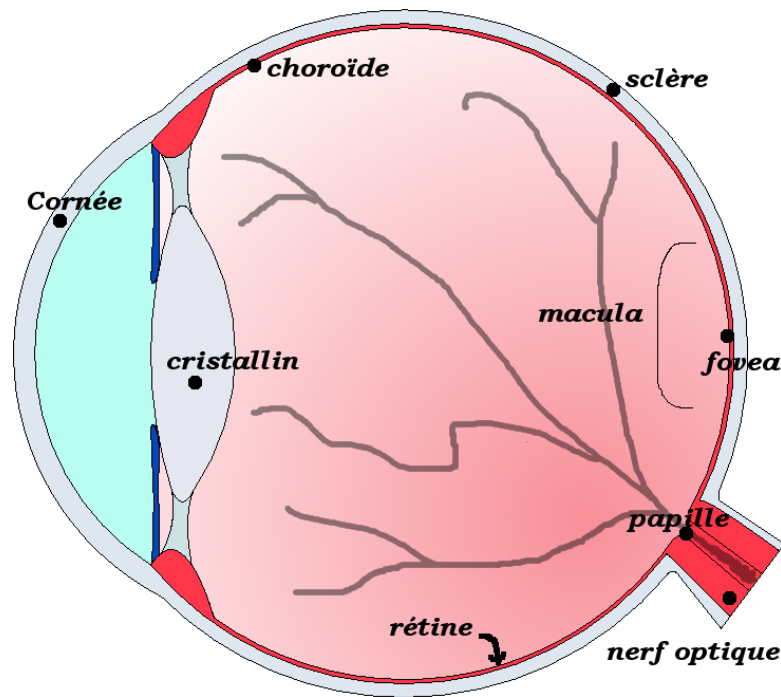
GINF41A6 - AGD



Représentation d'un phénomène physique

II. Caractéristique de l'œil humain

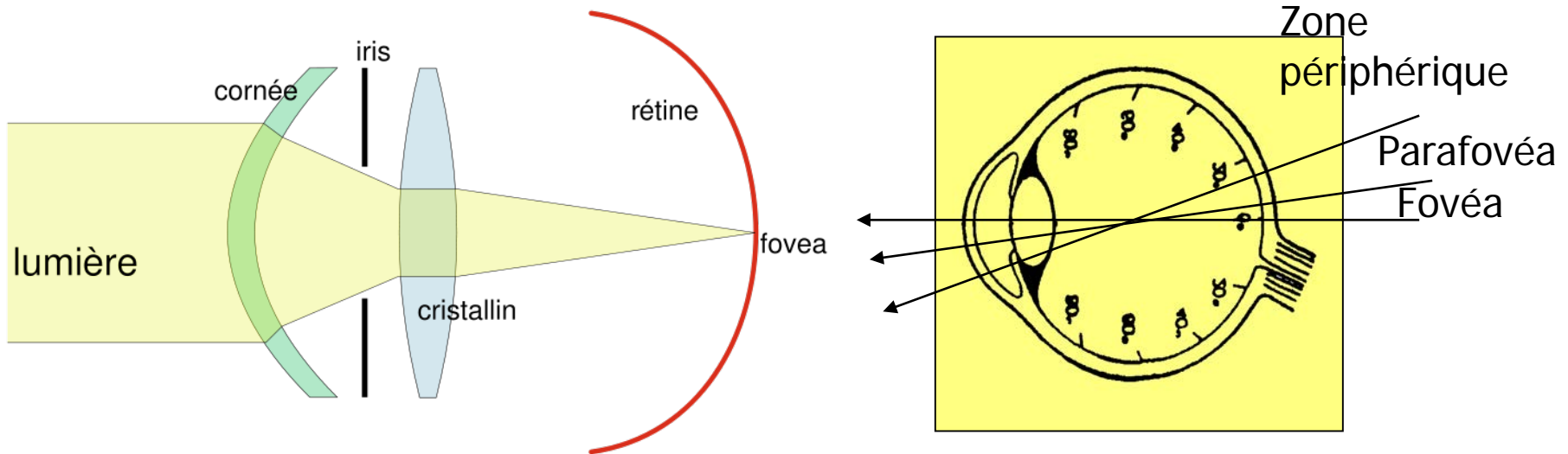
□ Caractéristique anatomique



<http://www.emse.fr/~gavet/doctorat.html>

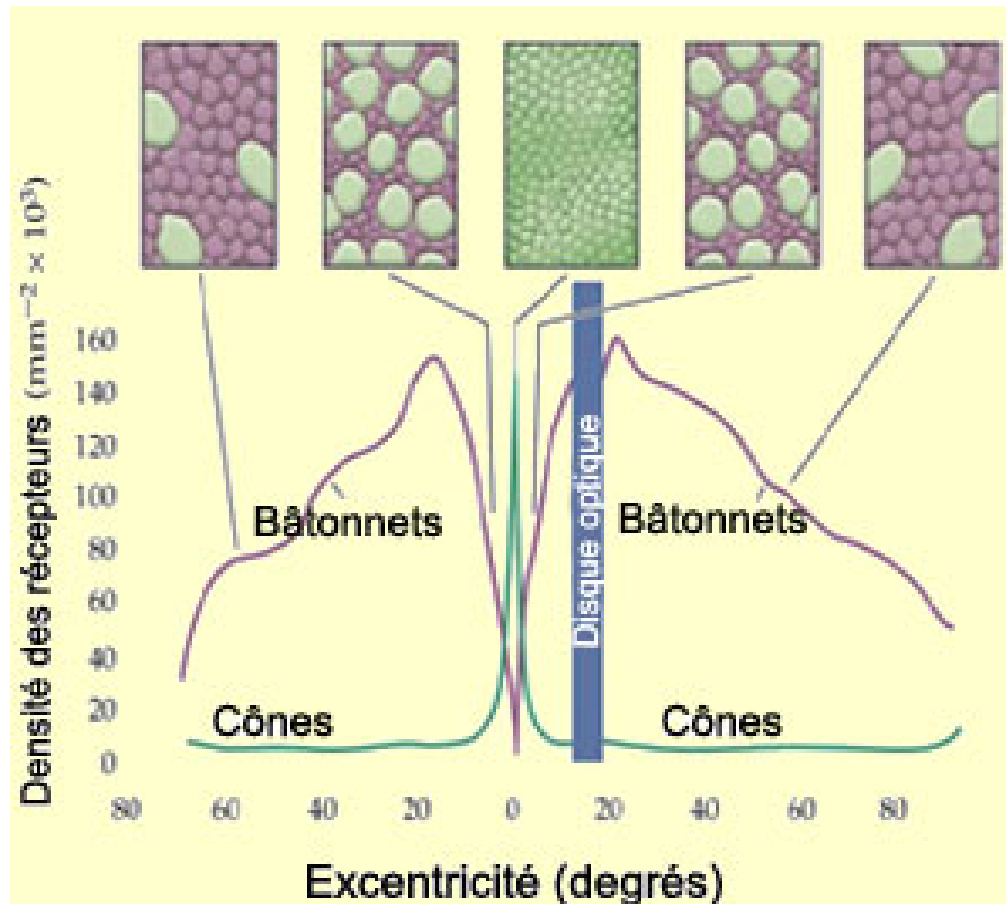
II. Caractéristique de l'œil humain

❑ Caractéristique optique



II. Caractéristique de l'œil humain

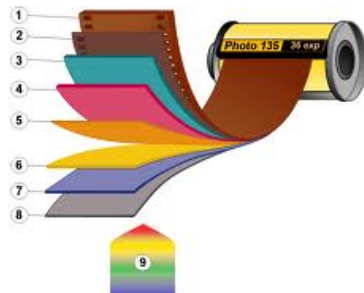
- Photorécepteurs : cônes, bâtonnets



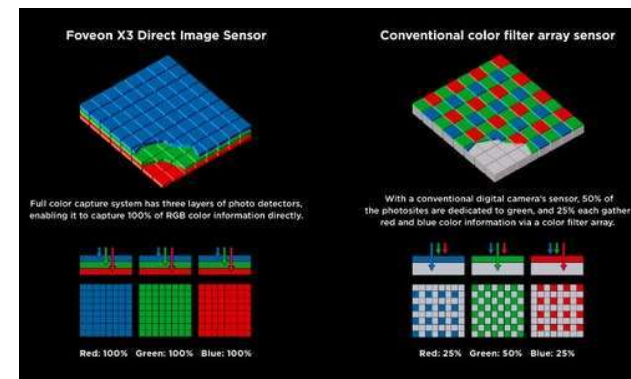
III. Acquisition-Echantillonnage

□ Echantillonnage spatial

- ❖ Information continue spatialement → discrète spatialement
- ❖ Signal analogique → signal numérique
- ❖ Photographie argentique → Photographie numérique



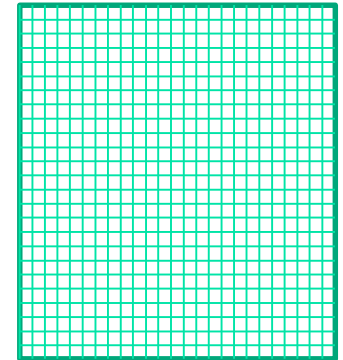
Echantillonnage



III. Acquisition-Echantillonnage

□ Fréquence spatiale

- ❖ Rappel fréquence temporelle : $\text{Hz} = 1/\text{sec}$
- ❖ Ici : fréquence spatiale : $1/\text{pixel} = \text{pixel}^{-1}$
 - Fréquence horizontale (F_x) et Fréquence verticale (F_y)
- ❖ Quelle est la fréquence maximale (exprimée en pixel^{-1}) d'un motif périodique en niveau de gris pour qu'il soit visible sur une image numérique ?
- ❖ Il existe d'autres unités de fréquence spatiale : ex $\text{cycle}/^\circ$



III. Acquisition-Echantillonnage

□ Résolution spatiale

- ❖ Nombre de points (pixel) par unité de longueur (cm, pouce = inch)
- ❖ Unité : dpi, ppp



$W[cm]$
 $NW_1 [pix]$

$W[cm]$
 $NW_3 [pix]$

$W[cm]$
 $NW_3 [pix]$

Résolution
horizontale : $RW_1 = NW_1/W$
 $RW_1[dpi] = 2.54 \times NW_1/W$

$RW_2 = NW_2/W$
 $RW_2[dpi]$

$RW_3 = NW_3/W$
 $RW_3[dpi]$

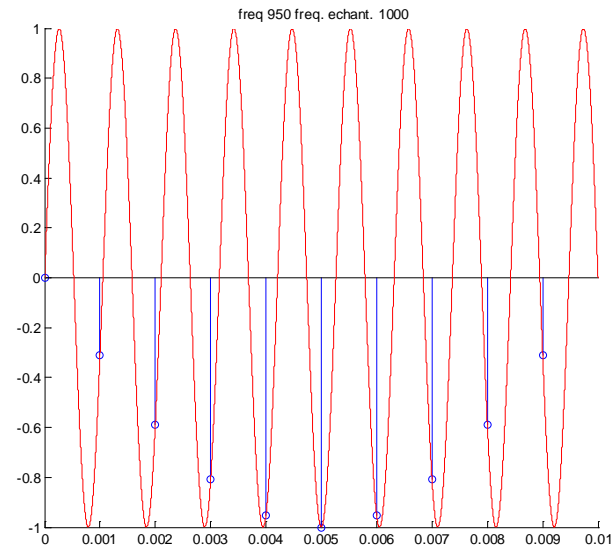
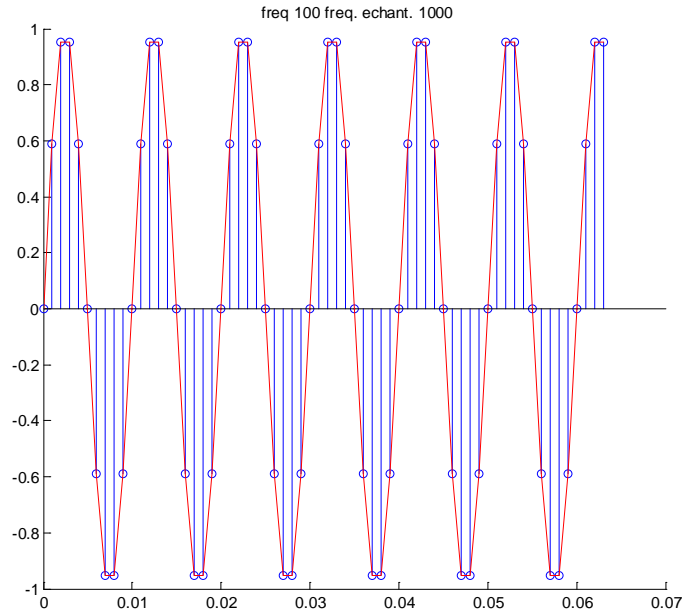
Résolution verticale : même principe

Résolution globale :
$$R = \sqrt{\frac{RW^2 + RH^2}{2}}$$

III. Acquisition-Echantillonnage

□ Echantillonnage spatial

- ❖ Artefact de l'échantillonnage : « Aliasing »
- ❖ Fréquence maximale : $F_{\max} < F_e/2$ (théorème de Shannon)
- ❖ Pour une image : $F_{\max,x} ; F_{\max,y} = \frac{1}{2} \text{ pixel}^{-1}$



III. Acquisition-Echantillonnage

□ Echantillonnage spatial

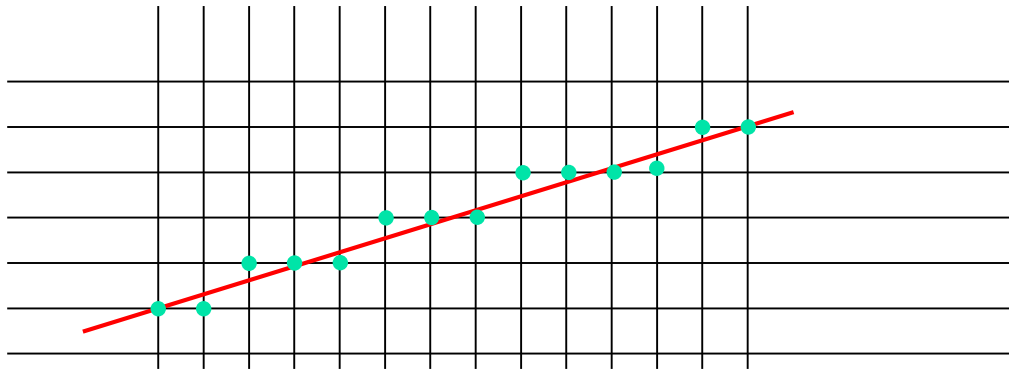
- ❖ Artefact de l'échantillonnage : « Aliasing »
- ❖ Phénomène de Moiré



III. Acquisition-Echantillonnage

□ Echantillonnage spatial

- ❖ Artefact sur les structures géométriques
 - Effet de ligne brisée



III. Acquisition-Echantillonnage

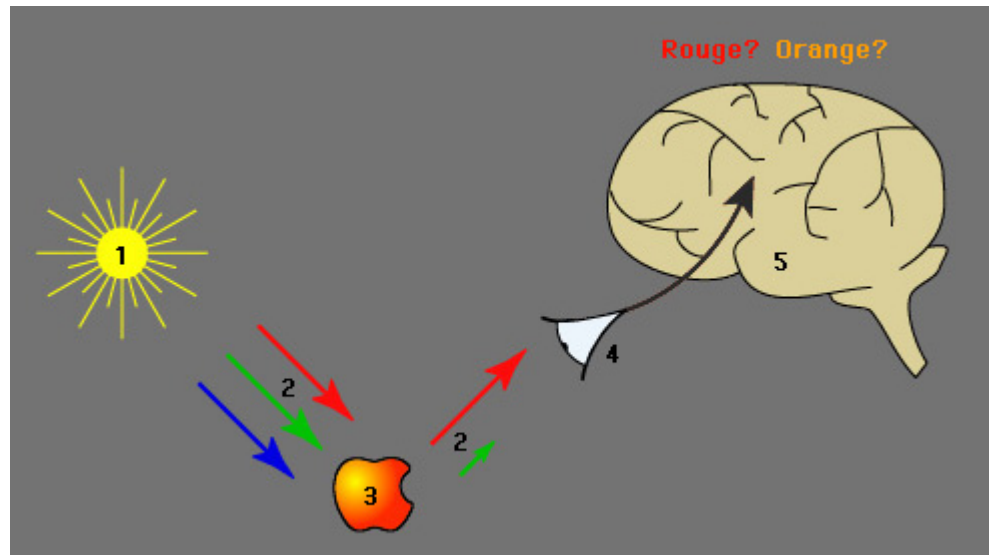
□ Echantillonnage tonal : Quantification

❖ 8bits \rightarrow 4 bits \rightarrow 2bits \rightarrow 1 bit (image binaire)



IV. Perception des couleurs

- Phénomène complexe
 - ❖ Lumière
 - ❖ Objet
 - ❖ Observateur (sujet humain)



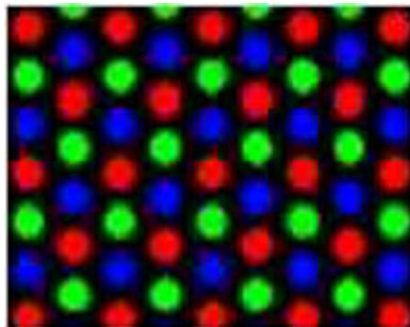
IV. Perception des couleurs

□ Synthèse additive

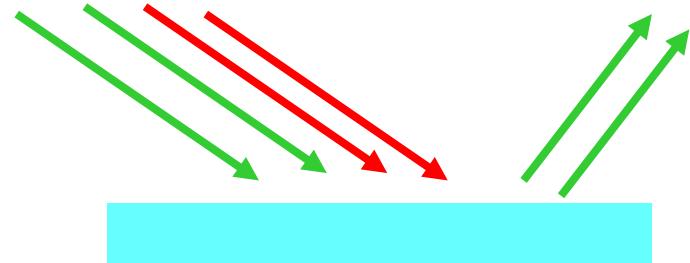


Couleurs
primaires :
Rouge, Vert,
Bleu

Mire de
photorécepteurs
d'un écran



Lumière Jaune = $R + V$



Objet Cyan = $B + V$
qui absorbe tout sauf le
Bleu et le Vert

IV. Perception des couleurs

□ Synthèse soustractive



Couleurs primaires : Cyan,
Jaune, Magenta

En lumière blanche

Cyan (V+B) : absorbe le rouge

Magenta (R+B) : absorbe le vert

Jaune (R+V) : absorbe le bleu

Imprimante en
trichromie,
En quadrichromie
avec le noir



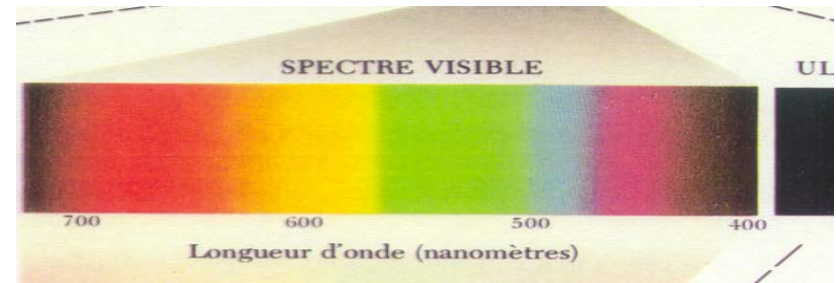
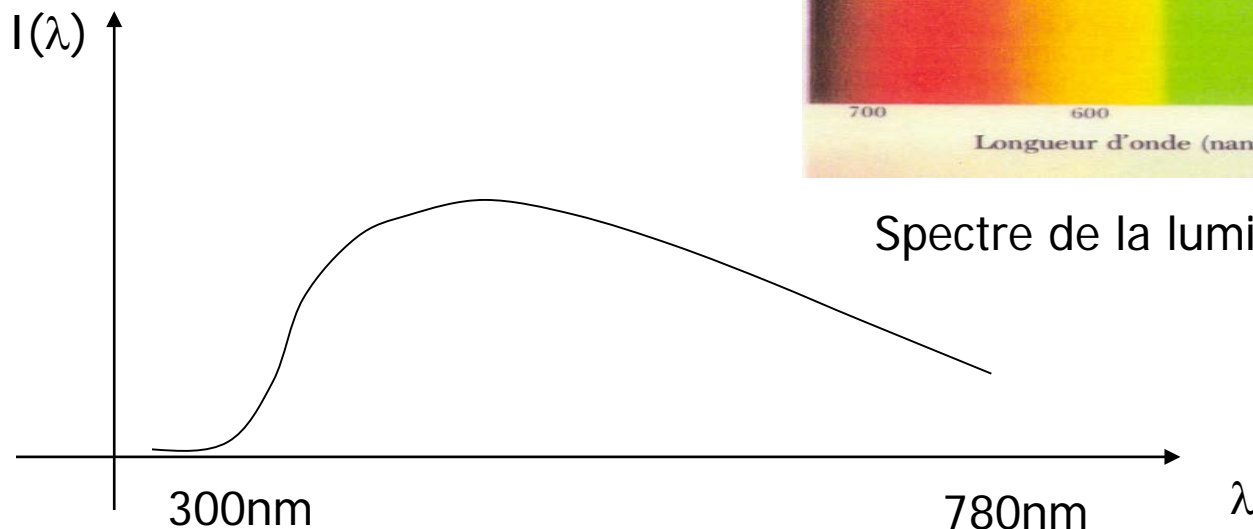
GINF41A6 - AGD

IV. Perception des couleurs

□ Couleur : 1 attribut Physique

❖ Caractéristique de l'illuminant

- Energie, Amplitude, longueur d'onde, spectre



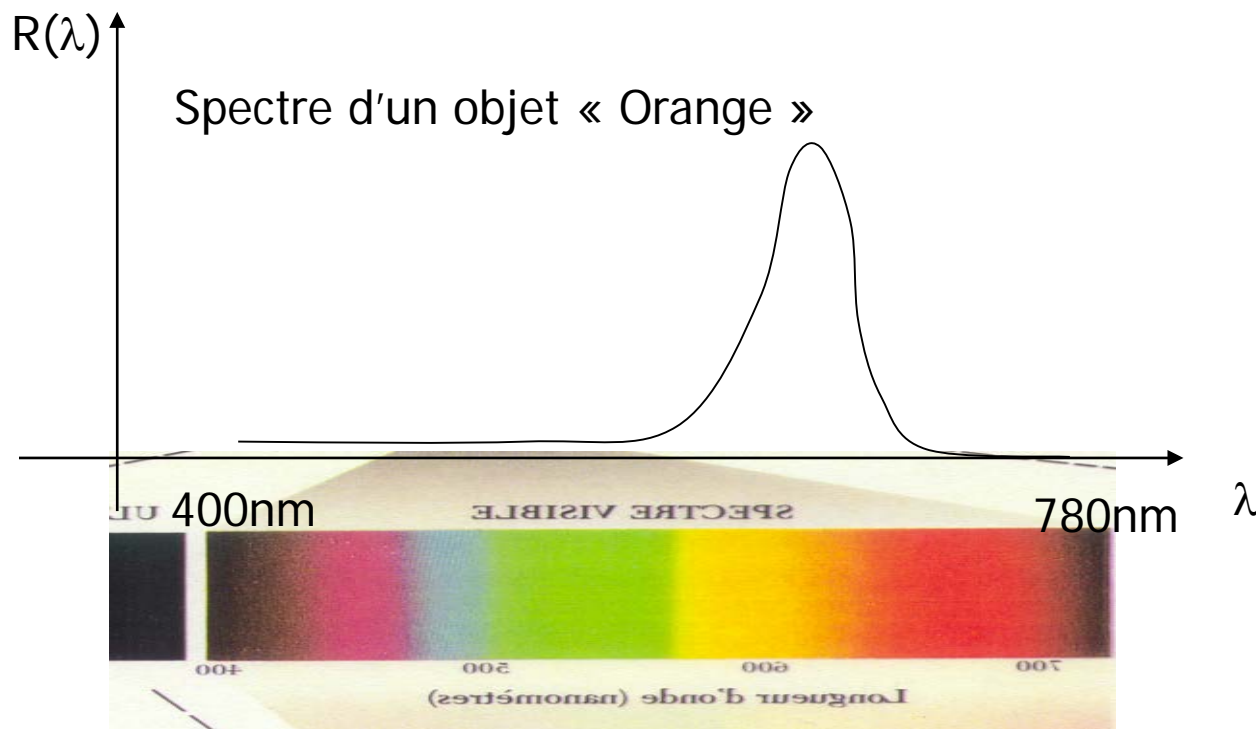
Spectre de la lumière du jour

IV. Perception des couleurs

□ Couleur : 1 attribut Physique

❖ Interaction avec un objet

- La couleur d'un objet est caractérisée par son spectre de reflectance

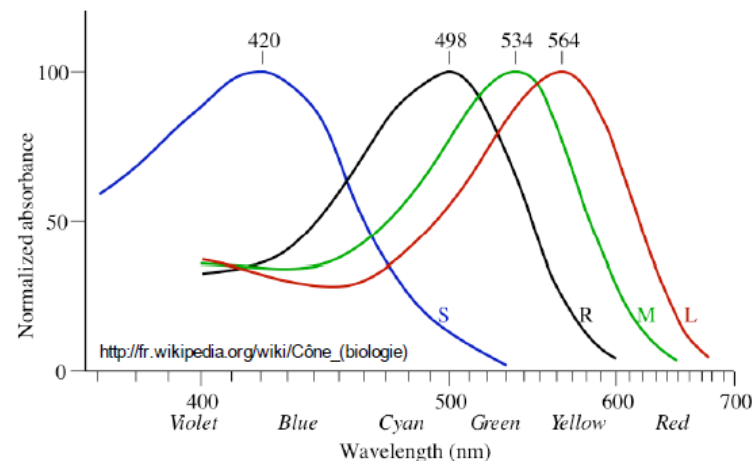
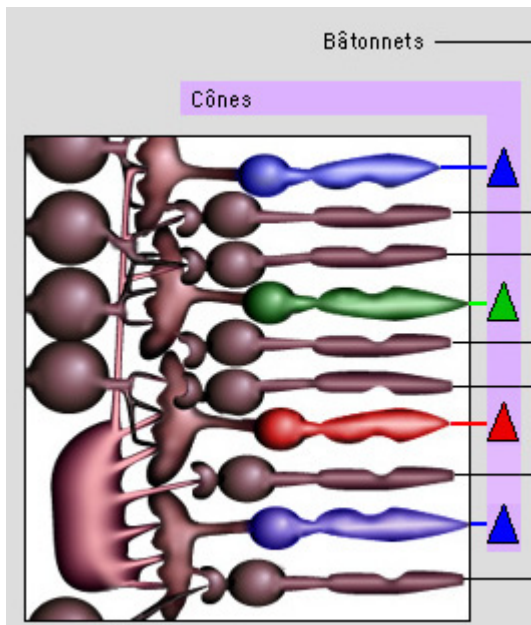


IV. Perception des couleurs

□ Couleur : 1 attribut Physique

❖ Interaction avec un observateur

- Capture par la rétine d'un stimuli lumineux : $S(\lambda) = I(\lambda) \times R(\lambda)$
- Stimulation des photorécepteurs de la rétine $I(\lambda)$, $m(\lambda)$ et $s(\lambda)$





IV. Perception des couleurs

□ Couleur : 1 attribut Physique

❖ Interaction avec un observateur

- Information à traiter par le cerveau, en chaque point :

« long », plutôt rouge

$$l = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} I(\lambda).R(\lambda).l(\lambda).d\lambda$$

« medium », plutôt vert

$$m = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} I(\lambda).R(\lambda).m(\lambda).d\lambda$$

« short », plutôt bleu

$$s = \int_{\lambda \min}^{\lambda \max} I(\lambda).R(\lambda).s(\lambda).d\lambda$$

IV. Perception des couleurs

- Couleur : 1 attribut Physique
 - ❖ Interaction avec un observateur
 - Cas illustratif pédagogique : Non Daltonien vs Daltonien

Une image colorée



Sans les cônes rouges



Sans les cônes verts



Sans les cônes bleus



Vision monochromatique (sans cônes)



(<http://michelf.com/projets/sim-daltonisme/>)



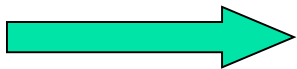
IV. Perception des couleurs

□ Caractérisation d'une couleur

- ❖ Brillance : sensation d'émission de lumière par une surface
- ❖ Luminosité : perception de la luminance (très non linéaire)
- ❖ Luminance : sensation achromatique (niveau de gris)
- ❖ Teinte : sensation chromatique
- ❖ Saturation : couleurs délavées , « blanc dans la couleur »

□ Représentation dans un espace à trois dimensions

- ❖ Expérience de Newton en synthèse additive
 - Reconstituer toutes les nuances avec 3 fondamentaux



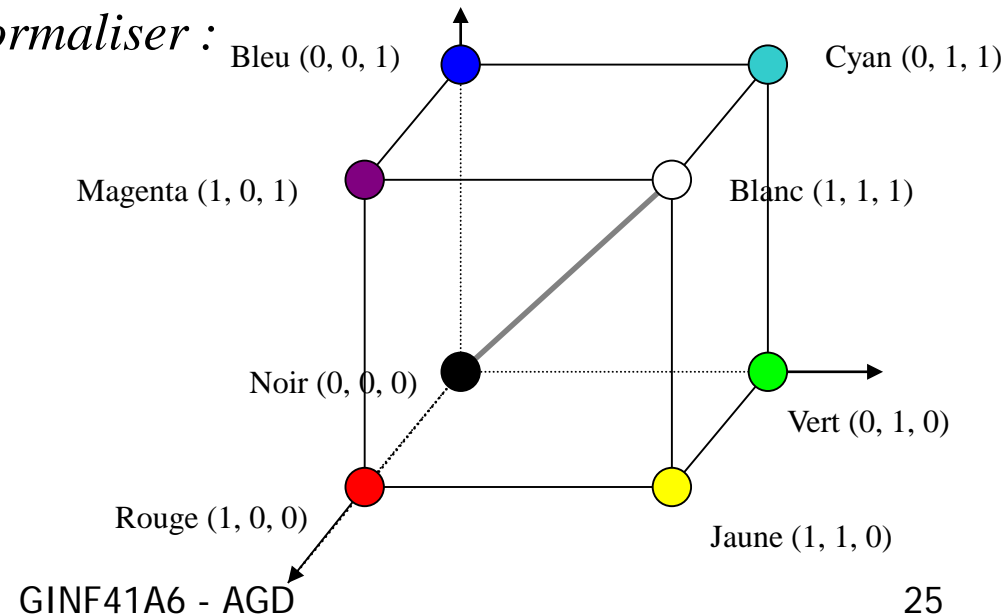
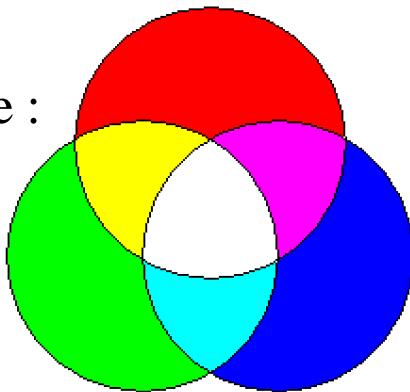
- Les espaces de représentation ont 3 dimensions
 - Le plus connu : R, G, B
 - Le plus utilisé en compression d'image JPEG : Y, Cb, Cr
 - Le plus commode pour la retouche d'image : T, L, S

V.Représentation des couleurs

- Espace R, G, B
 - ❖ Espace euclidien
 - ❖ N'est pas un espace perceptif

Point de départ : Espace $\{R, G, B\}$ à normaliser :

Synthèse additive :

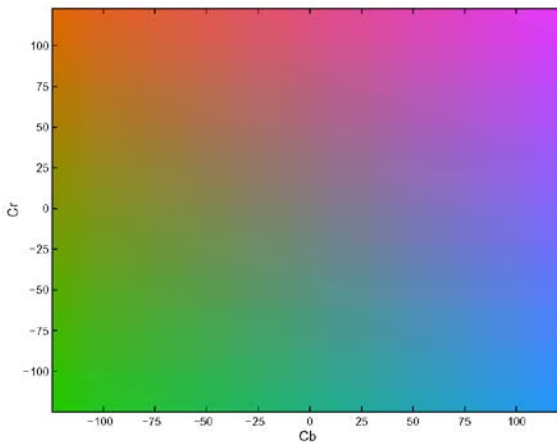


V. Représentation des couleurs

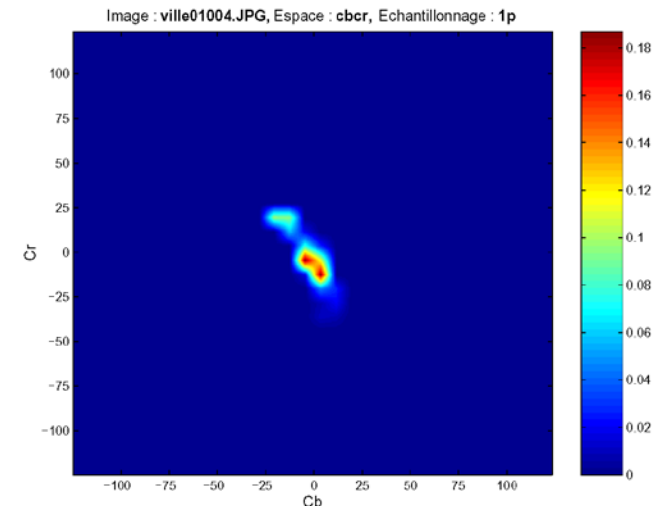
- Espace Y-Cb-Cr (format JPEG)
 - ❖ Transformation linéaire à partir de R, G, B
 - ❖ Espace à luminance séparée
 - ❖ Utilisé pour la compression

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb-128 \\ Cr-128 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168 & -0.331 & 0.5 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Organisation des couleurs



GINF41A6 - AGD



V.Représentation des couleurs

- Espace L- a-b (définie par la CIE)
 - ❖ Transformation non linéaire à partir de R, G, B
 - ❖ Espace perceptif
 - ❖ Espace à luminance séparé

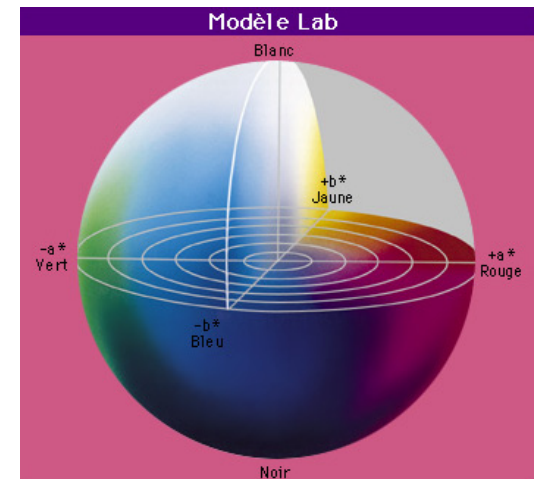
$$\begin{aligned} L &= 116 * Y^{1/3} - 16 \\ a &= 500 * [X^{1/3} - Y^{1/3}] \\ b &= 200 * [Y^{1/3} - Z^{1/3}] \end{aligned} \quad \text{avec} \quad \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.117 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Organisation des couleurs :

a, b : Opposition de couleurs

a : Rouge – Vert

b : Jaune – Bleu

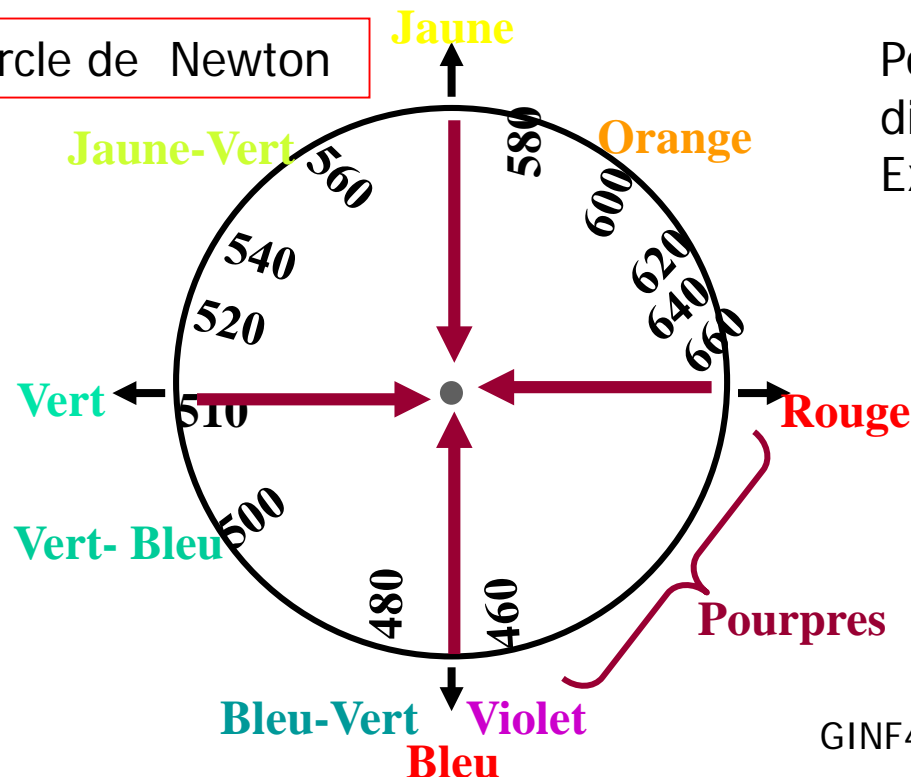


V. Représentation des couleurs

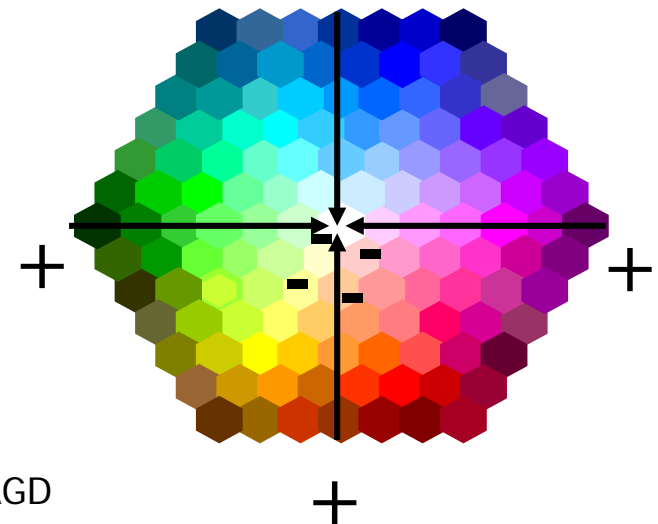
□ Espace TLS

- ❖ Luminance : sensation achromatique (niveau de gris)
- ❖ Teinte : sensation chromatique
- ❖ Saturation : couleurs délavées , « blanc dans la couleur »

Cercle de Newton



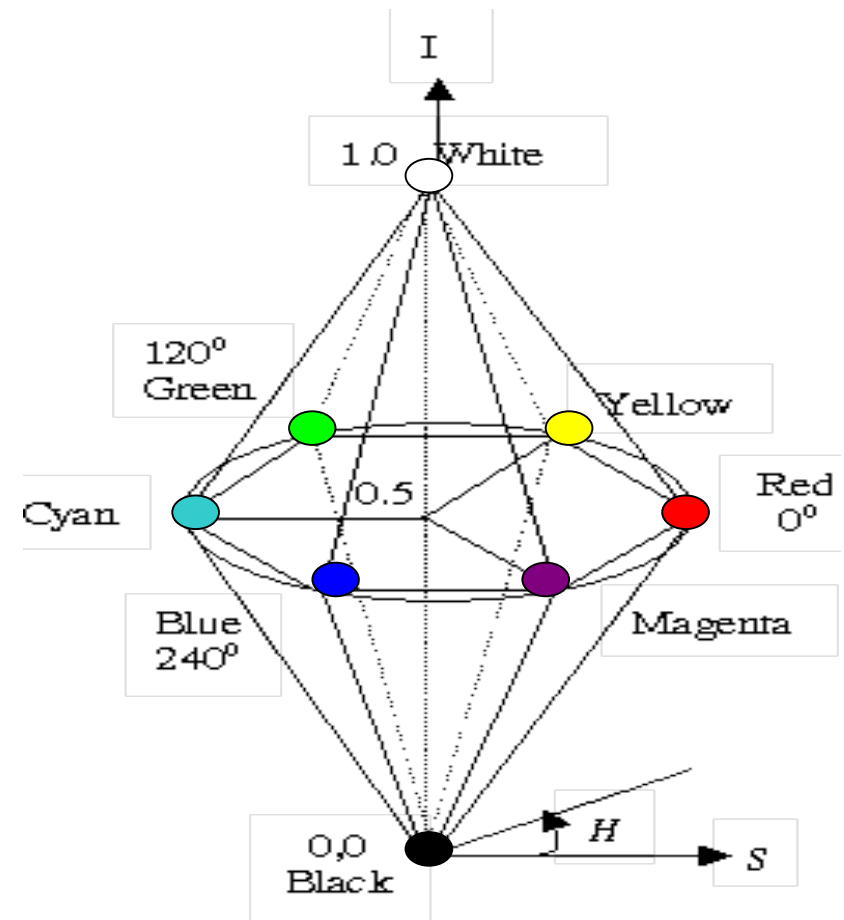
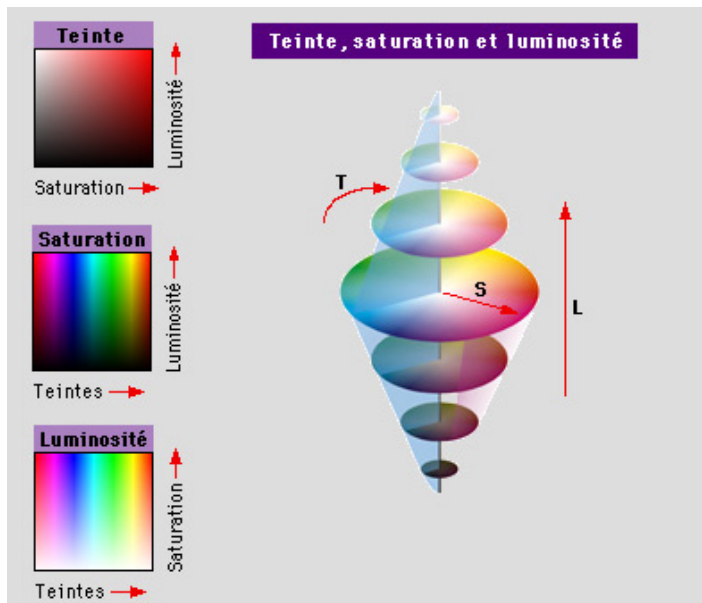
Pouvoir représenter la teinte sur une dimension = ordonner les couleurs
Exemple: la longueur d'onde



V.Représentation des couleurs

□ Représentation HSI ou TLS

- ❖ Hue : Teinte
- ❖ Saturation
- ❖ Intensity : Luminance





V.Représentation des couleurs

□ Transformation Couleur → Luminance

- ❖ Par l'espace YCbCr : Prendre la dimension Y

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

- ❖ Par l'espace Lab : Prendre la dimension L

$$L = 116 \times Y^{1/3} - 16 \quad Y = 0.117 \times R + 0.813 \times G + 0.011 \times B$$

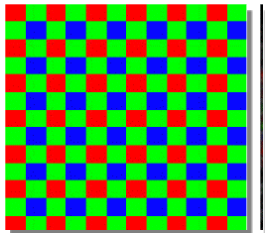
- ❖ Par l'espace TLS (HSI ou HSV) : Prendre la dimension L (I ou V)

V.Représentation des couleurs

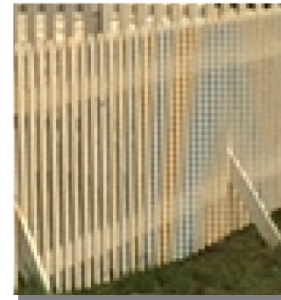
□ Capture par les appareils photo numériques

- ❖ Matrice CCD: mosaïque de Bayer
 - 2 fois plus de vert : pourquoi ?

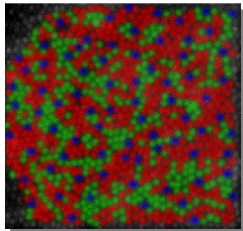
Caméra CCD



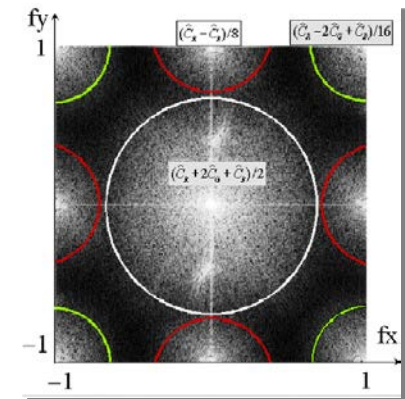
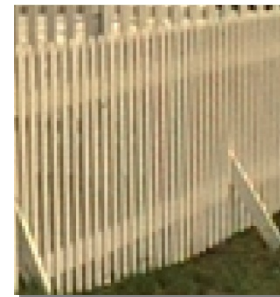
Echantillonnage régulier :
Risque d'Aliasing



Rétine



Echantillonnage irrégulier :
Pas d'Aliasing





Comment créer des anaglyphes ?

□ Application : images anaglyphes 3D

- ❖ « *Un anaglyphe est constitué de deux images superposées (appelées homologues) de couleurs complémentaires représentant la même scène mais vue de points légèrement décalés : le plus souvent la vue gauche en rouge et la vue droite en cyan. Ces images homologues ne sont donc pas identiques : le décalage (appelé parallaxe ou disparité) n'est pas le même pour tous les éléments de l'image. ...»*
(Wikipedia)

Comment créer des anaglyphes ?

❑ Application : images anaglyphes 3D



Image gauche

Image droite

Fusion « Anaglyphe »

Comment ça marche ?
Réponse en TP



Image « anaglyphe »



Image vue par
l'œil droite



Image vue par
l'œil gauche

VI. Table des couleurs

- ❑ Table de couleurs
 - ❖ Couleurs Indexées
 - ❖ Quantification de l'espace des couleurs possibles
- ❑ Intérêt
 - ❖ Réduction de la taille des fichiers
 - ❖ Compression

image originale



image quantifiée indexée 16

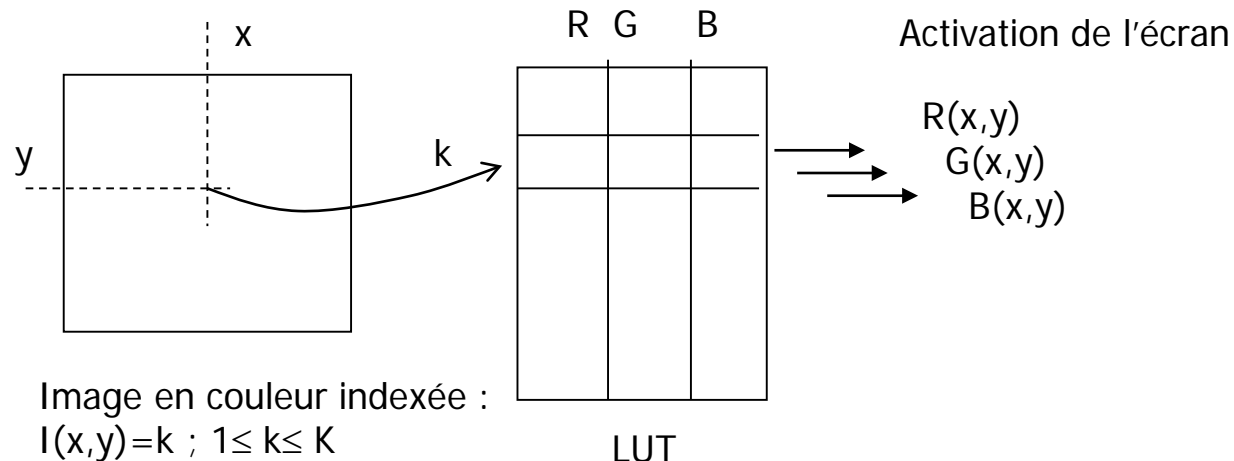


image quantifiée indexée 8



VI. Table des couleurs

- ❑ Comment créer une table de couleurs (dictionnaire)
 - ❖ Découpage uniforme de l'espace de couleurs en K couleurs
 - ❖ Ou mieux quantification par classification
 - Trouver les K couleurs les plus présentes dans l'image ou dans la base d'images (algorithme : KMEANS)
 - ❖ Créer une table de transcodage (LUT = Look Up Table) à K entrées.



VI. Table des couleurs

- Comment créer une image en couleur indexée $I(x,y)=k$
 - ❖ Avoir une table des K couleurs
 - ❖ Affecter à chaque pixel la couleur (R^*, G^*, B^*) d'indice k^* qui est la plus proche de la couleur $(R(x,y), G(x,y), B(x,y))$ au sens de la distance euclidienne

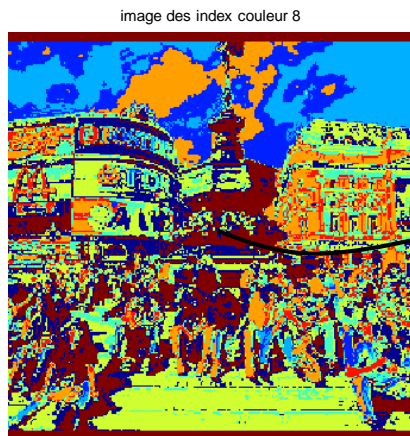


Image en couleur indexée :
 $I(x,y)=k ; 1 \leq k \leq K$

R	G	B

LUT

Activation de l'écran

$R(x,y)$
 $G(x,y)$
 $B(x,y)$

