

# 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

GINF41A6 - AGD

1

## 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

GINF41A6 - AGD

2

## 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, ...

GINF41A6 - AGD

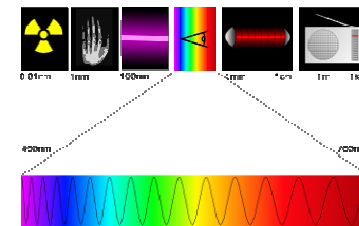
3

## I. Introduction

### □ Signal lumineux

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

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



GINF41A6 - AGD

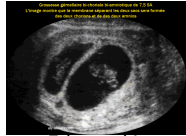
4

## I. Introduction

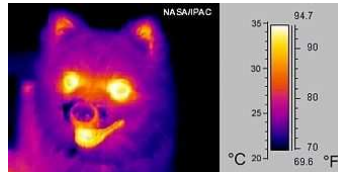
### Types d'images ...



Photographie d'une scène



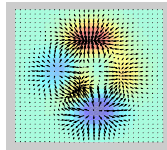
Echographie



Caméra infrarouge



Image IRM  
GINF41A6 - AGD

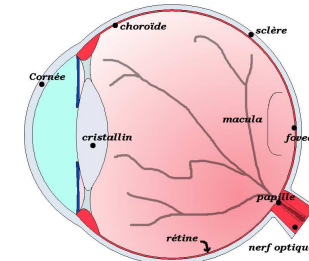


Représentation d'un  
phénomène physique

5

## II. Caractéristique de l'œil humain

### Caractéristique anatomique



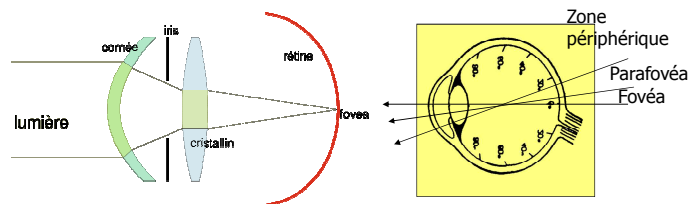
<http://www.emse.fr/~gavet/doctorat.html>

GINF41A6 - AGD

6

## II. Caractéristique de l'œil humain

### Caractéristique optique



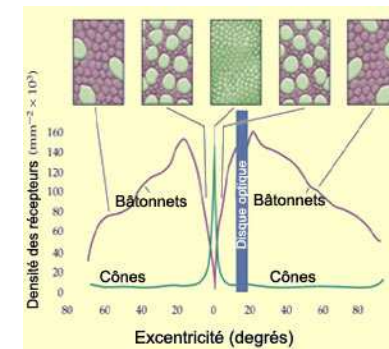
<http://www.emse.fr/~gavet/doctorat.html>

GINF41A6 - AGD

7

## II. Caractéristique de l'œil humain

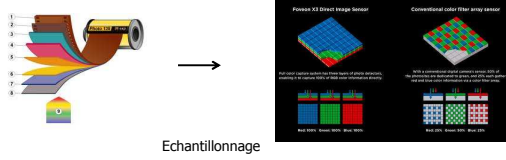
### Photorécepteurs : cônes, bâtonnets



8

### III. Acquisition-Echantillonnage

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

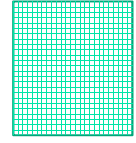


Echantillonnage

GINF41A6 - AGD 9

### 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  $\text{pixel}^{-1}$ ) 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 cycle/°



GINF41A6 - AGD 10

### III. Acquisition-Echantillonnage

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



Wikipedia

|                          | W[cm]                                   | NW1 [pix]          | NW3 [pix]          | NW3 [pix]          |
|--------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Résolution horizontale : | $RW_1 = NW_1/W$                         | $RW_2 = NW_2/W$    | $RW_3 = NW_3/W$    | $RW_3 = NW_3/W$    |
|                          | $RW_1[\text{dpi}] = 2.54 \times NW_1/W$ | $RW_2[\text{dpi}]$ | $RW_3[\text{dpi}]$ | $RW_3[\text{dpi}]$ |

Résolution verticale : même principe

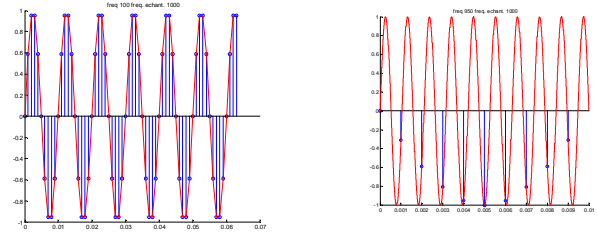
Résolution globale :

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

GINF41A6 - AGD 11

### III. Acquisition-Echantillonnage

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

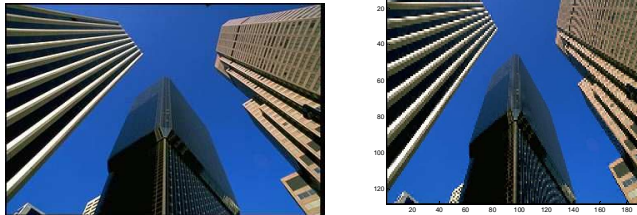


GINF41A6 - AGD 12

### III. Acquisition-Echantillonnage

#### Echantillonnage spatial

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



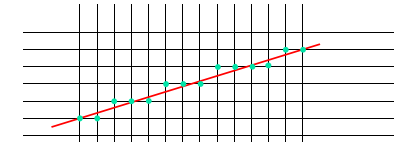
GINF41A6 - AGD

13

### III. Acquisition-Echantillonnage

#### Echantillonnage spatial

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



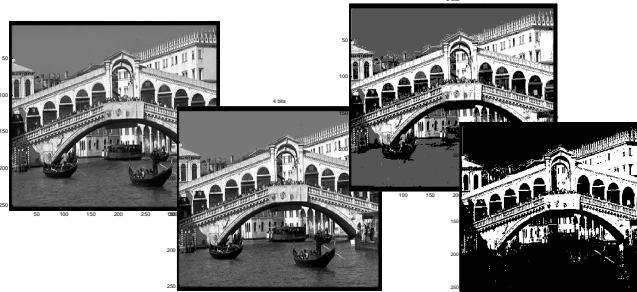
GINF41A6 - AGD

14

### III. Acquisition-Echantillonnage

#### Echantillonnage tonal : Quantification

- ❖ 8bits → 4 bits → 2bits → 1 bit (image binaire)



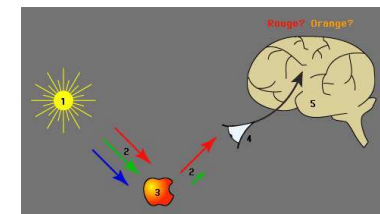
GINF41A6 - AGD

15

### IV. Perception des couleurs

#### Phénomène complexe

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

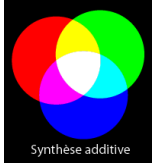


GINF41A6 - AGD

16

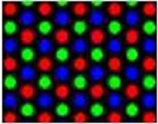
## IV. Perception des couleurs

### Synthèse additive



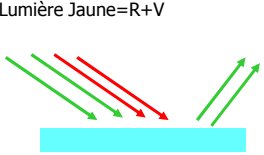
Couleurs primaires : Rouge, Vert, Bleu

Synthèse additive



Mire de photorécepteurs d'un écran

Lumière Jaune = R+V




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

GINF41A6 - AGD 17

## IV. Perception des couleurs

### Synthèse soustractive




Couleurs primaires : Cyan, Jaune, Magenta

Synthèse soustractive

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

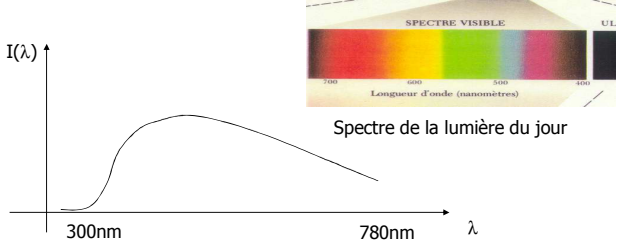


GINF41A6 - AGD 18

## IV. Perception des couleurs

### Couleur : 1 attribut Physique

- Caractéristique de l'illuminant
  - Energie, Amplitude, longueur d'onde, spectre



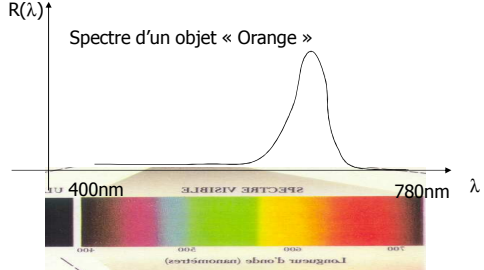
Spectre de la lumière du jour

GINF41A6 - AGD 19

## IV. Perception des couleurs

### Couleur : 1 attribut Physique

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



Spectre d'un objet « Orange »

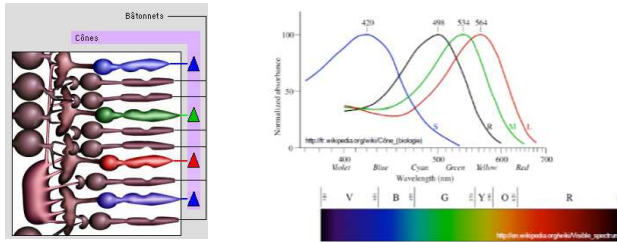
GINF41A6 - AGD 20

## 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  $s(\lambda)$



GINF41A6 - AGD

21

## IV. Perception des couleurs

### □ Couleur : 1 attribut Physique

#### ❖ Interaction avec un observateur

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

« long », plutôt rouge

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

« medium », plutôt vert

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

« short », plutôt bleu

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

GINF41A6 - AGD

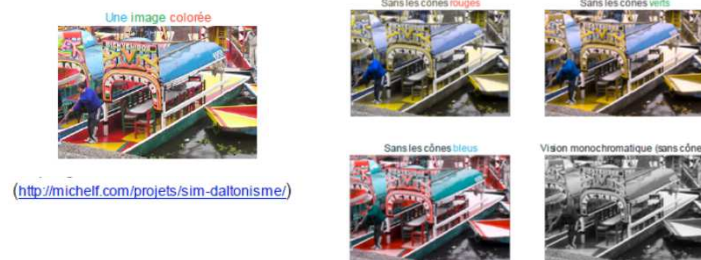
22

## IV. Perception des couleurs

### □ Couleur : 1 attribut Physique

#### ❖ Interaction avec un observateur

- Cas illustratif pédagogique : Non Daltonien vs Daltonien



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

2013

GINF41A6 - AGD

23

## 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

GINF41A6 - AGD

24

## 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 :

GINF41A6 - AGD 25

## 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

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

Organisation des couleurs :

a, b : Opposition de couleurs  
 a : Rouge – Vert  
 b : Jaune – Bleu

GINF41A6 - AGD 27

## V.Représentation des couleurs

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

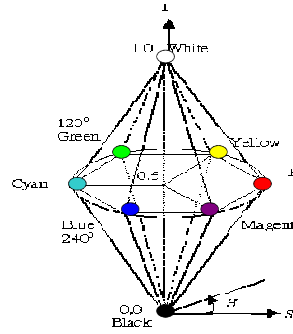
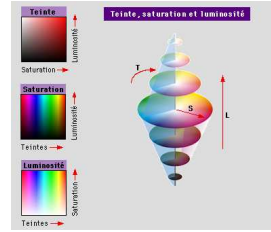
Cercle de Newton

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

GINF41A6 - AGD 28

## V.Représentation des couleurs

- Représentation HSI ou TLS
  - Hue : Teinte
  - Saturation
  - Intensity : Luminance

GINF41A6 - AGD 29

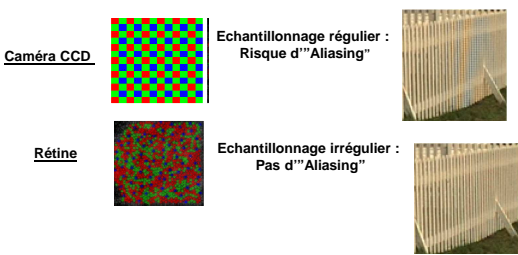
## V.Représentation des couleurs

- 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)

GINF41A6 - AGD 30

## V.Représentation des couleurs

- Capture par les appareils photo numériques
  - Matrice CCD: mosaïque de Bayer
    - 2 fois plus de vert : pourquoi ?



Caméra CCD

Rétine

Echantillonnage régulier : Risque d'"Aliasing"

Echantillonnage irrégulier : Pas d'"Aliasing"

GINF41A6 - AGD 31

## Comment créer des anaglyphes ?

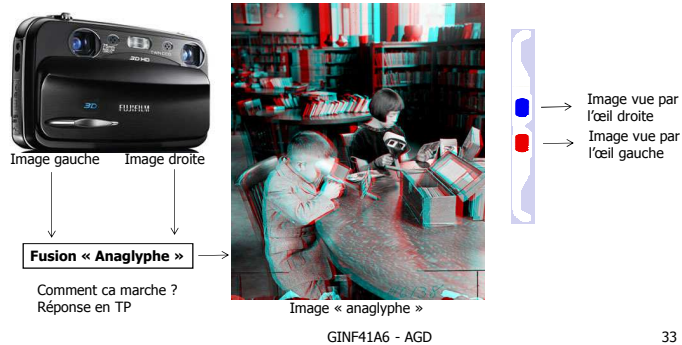
- Application : images anaglyphes 3D
  - « Un anaglyphe est constitué de deux images superposées (appelées homologues) de couleurs complémentaires représentant la même scène mais vue de points légèrement décalés : le plus souvent la vue gauche en rouge et la vue droite en cyan. Ces images homologues ne sont donc pas identiques : le décalage (appelé parallaxe ou disparité) n'est pas le même pour tous les éléments de l'image. ... » (Wikipedia)

GINF41A6 - AGD 32



## Comment créer des anaglyphes ?

- Application : images anaglyphes 3D



33

## VI. Table des couleurs

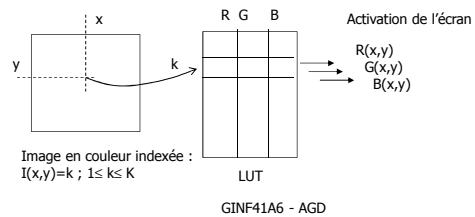
- Table de couleurs
  - Couleurs Indexées
  - Quantification de l'espace des couleurs possibles
- Intérêt
  - Réduction de la taille des fichiers
  - Compression



34

## VI. Table des couleurs

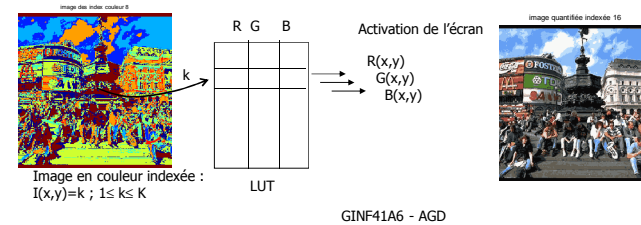
- Comment créer une table de couleurs (dictionnaire)
  - Découpage uniforme de l'espace de couleurs en K couleurs
  - Ou mieux quantification par classification
    - Trouver les K couleurs les plus présentes dans l'image ou dans la base d'images (algorithme : KMEANS)
  - Créer une table de transcodage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



35

## 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



36