

# Bases du Traitement du signal et des images

---

Bases du Traitement des images

F.Cloppet

UFR de Mathématiques et d'Informatique  
Université de Paris Cité

# Informations pratiques

---

## □ Coordonnées

- Email  
[florence.cloppet@u-paris.fr](mailto:florence.cloppet@u-paris.fr)
- Bureau 804-I  
8<sup>ème</sup> étage – Pavillon Sappey

## □ Contrôle de connaissances

- Contrôle Continu (CC)
  - (CC1, TP Signal noté (CC2)+ CR de 3 TPs Image (CC3), CC4)
- Note Finale
  - $\max(CC4, (2*CC1 + 1*CC2 + 1*CC3 + 3*CC4)/7)$

# Plan

---

- Introduction
- Traitement d'images numériques
- Image
  - Échantillonnage
  - Quantification
- Traitements ponctuels
  - Histogramme
- Traitements locaux
  - Filtrage
- Transformations globales
  - Transformée de Fourier 2D

# Planning

---

- Cours-TD 13h45-17h00
- Séance 1 – 29 Septembre (Salle 704 I)
  - Introduction - Échantillonnage – Quantification
- Séance 2 – 12 Octobre (Salle F543)
  - Traitements ponctuels
- Séance 3 – 30 Novembre (Salle F543)
  - Traitements locaux
- Séance 4 – 7 Décembre
  - Transformations globales

# Références Bibliographiques

---

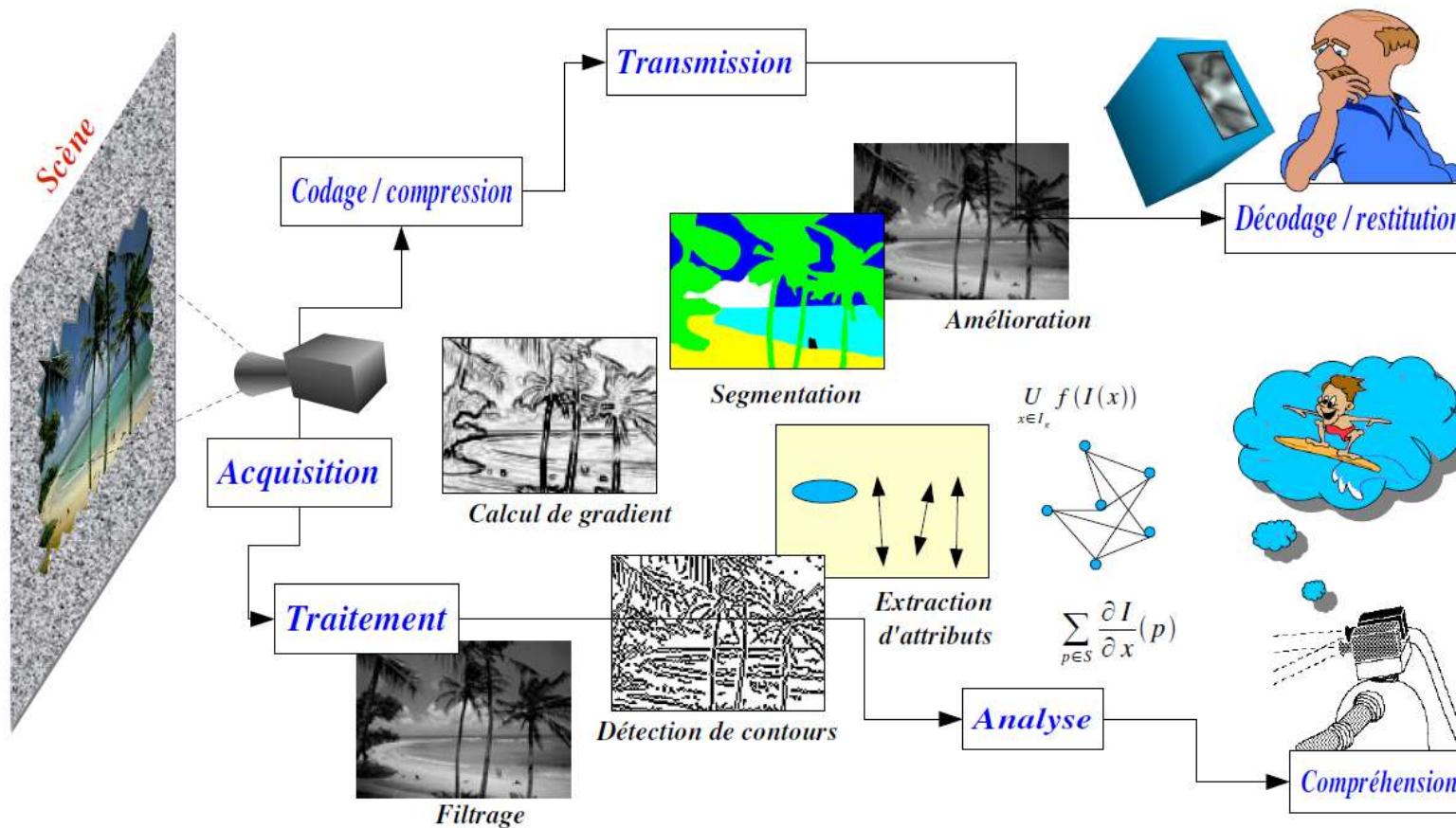
- J.P. Cocquerez et S. Philipp « *Analyse d'images : filtrage et segmentation* » Masson 1995
- R.C. Gonzalez et Woods « *Digital Image Processing 2d edition* » Addison Wesley 2002
- A. Rosenfeld et A.C. Kak « *Digital picture processing* » Academic Press London 1982
- H. Maître (ss la direction de) « *Le traitement des images* » Hermes Lavoisier IC2 2003.
- J.R. Parker « *Algorithms for Image Processing and Computer Vision* » Wiley & Sons 1997.
- S. Bres, J.M. Jolian, F. Lebourgeois « *Traitemet et analyse des images numériques* » Hermes Lavoisier 2003
- Cours disponible sur
  - Moodle
  - <http://www.mi.parisdescartes.fr/~cloppe/M1SignalImage/>

# Introduction

---

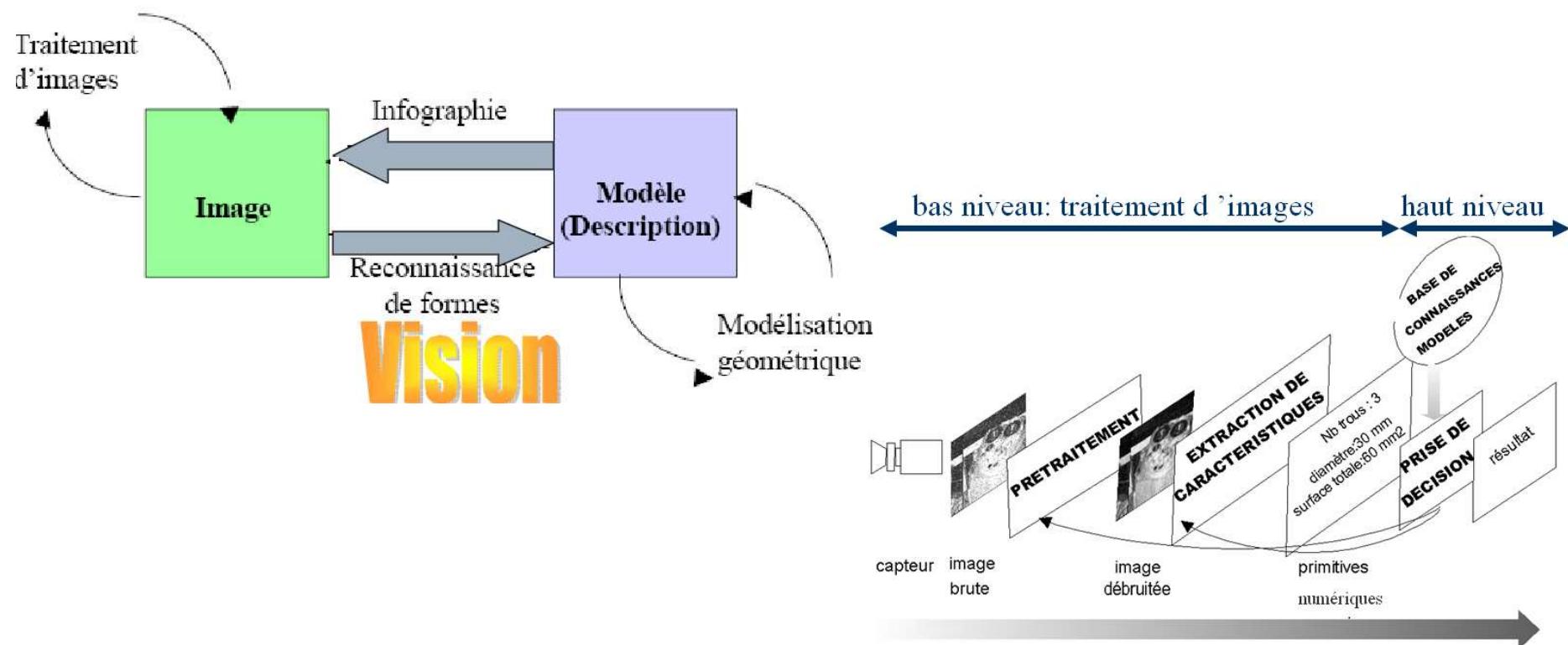
- Traitement d'images (TI)
  - Ensemble d'opérations sur des images numériques
- Vision par ordinateur
  - Compréhension d'une scène à partir d'informations « image »
    - Lien important entre
      - Perception
      - Comportement
      - Contrôle
- Domaines théoriques vont du traitement du signal à l'Intelligence Artificielle

# Introduction



# Introduction

## □ Vision par ordinateur



# Introduction

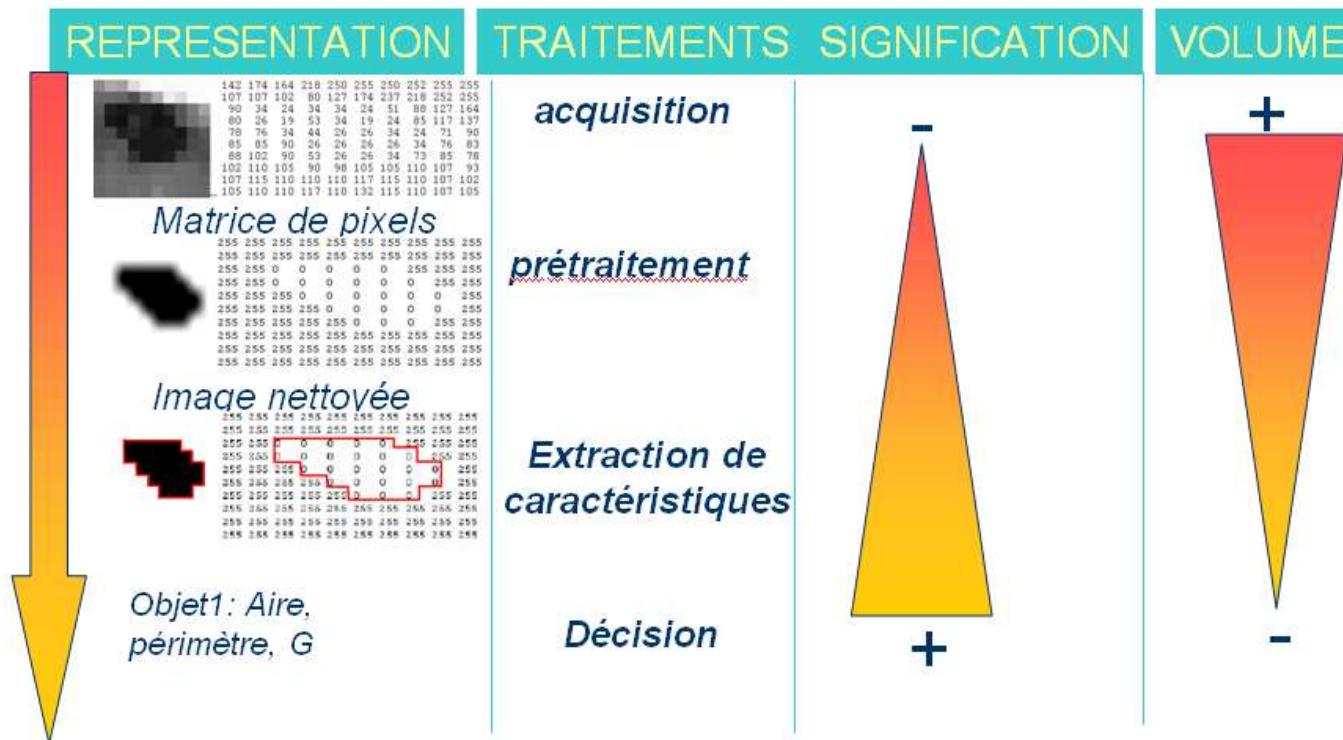
---

## □ Système de Vision

- Analyse de bas niveau  $\Leftrightarrow$  Traitement d'images
  - extraction de différentes primitives pour obtenir une description compacte de l'image plus exploitable
  - traitements de bas niveau opèrent sur des données de type numérique
- Analyse de haut niveau
  - se consacre à l'interprétation syntaxique voire sémantique de l'image
  - traitements s'appliquent à des entités de nature symbolique qui sont associées à une représentation des informations extraites de l'image

# Introduction

## □ Système de Vision



# Introduction

---

## □ TI et vision

- Disciplines jeunes (~ années 1960)
- En pleine expansion ⇒ profusion de travaux
  - académiques
  - Technologiques
  - Industriels
- Cependant tout n'est pas résolu ...
  - Difficulté à formaliser une faculté biologique évidente (pb de perspective, occlusion, éclairage, non invariance des images traitées ...)
  - Complexité algorithmique due aux énormes volumes de données

# Introduction

---

- Multiplication d'applications et enjeux industriels
  - Médecine
  - Télécommunications
  - Contrôle industriel
  - Défense
  - Art
  - Écologie
  - Surveillance vidéo
  - Biométrie
  - Reconnaissance de documents

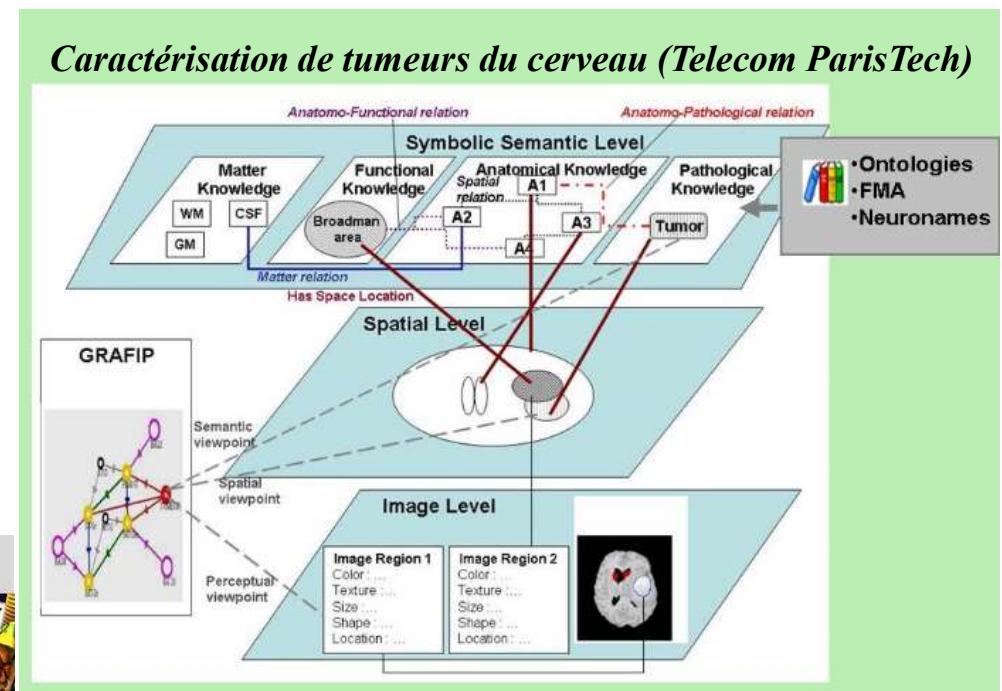
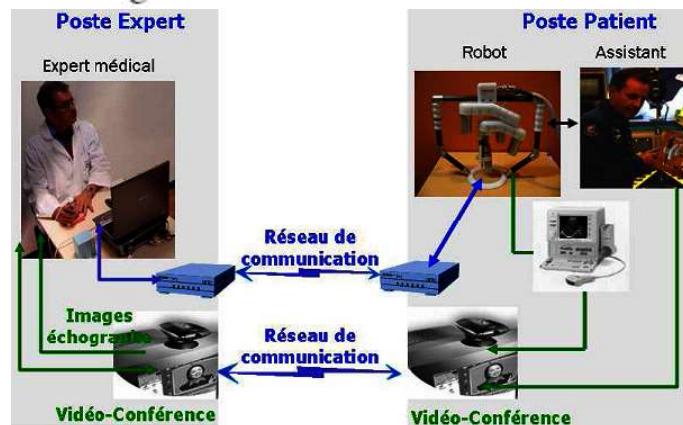
# Introduction

## □ Exemple d'applications ■ Imagerie médicale

modèle 3D de cerveau reconstitué à partir de coupes d'images acquises par résonance magnétique (Univ. Québec)



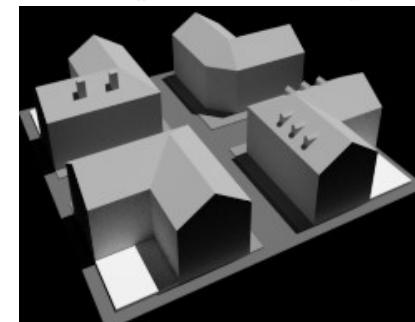
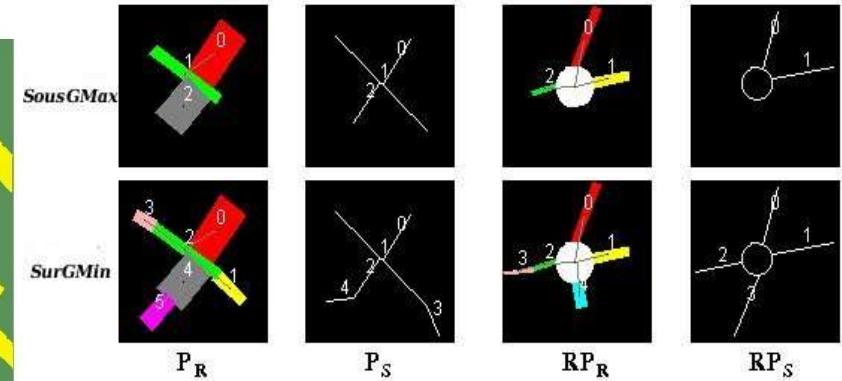
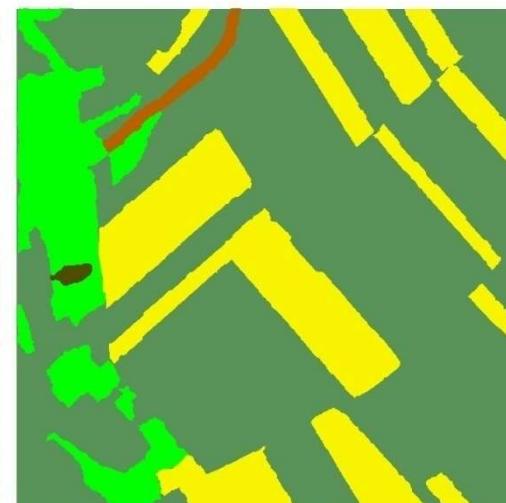
téléchirurgie et ChAO



**Laboratoire Lipade - Paris Descartes**  
**Univ. Tours**  
**Cnes**

# Introduction

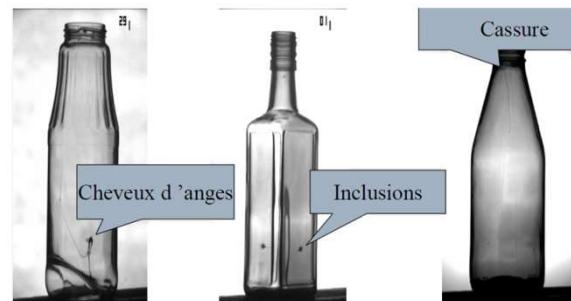
- Exemple d'applications
  - Imagerie aérienne et satellitaire



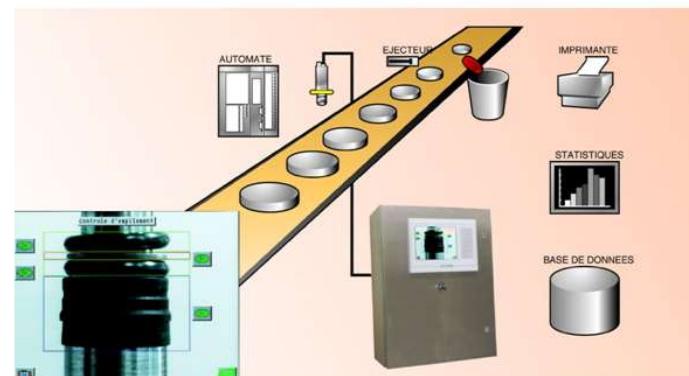
*Laboratoire Lipade - Paris Descartes  
Laboratoire Matis - IGN*

# Introduction

- Exemple d'applications
  - Contrôle industriel



Un système complet et intégré

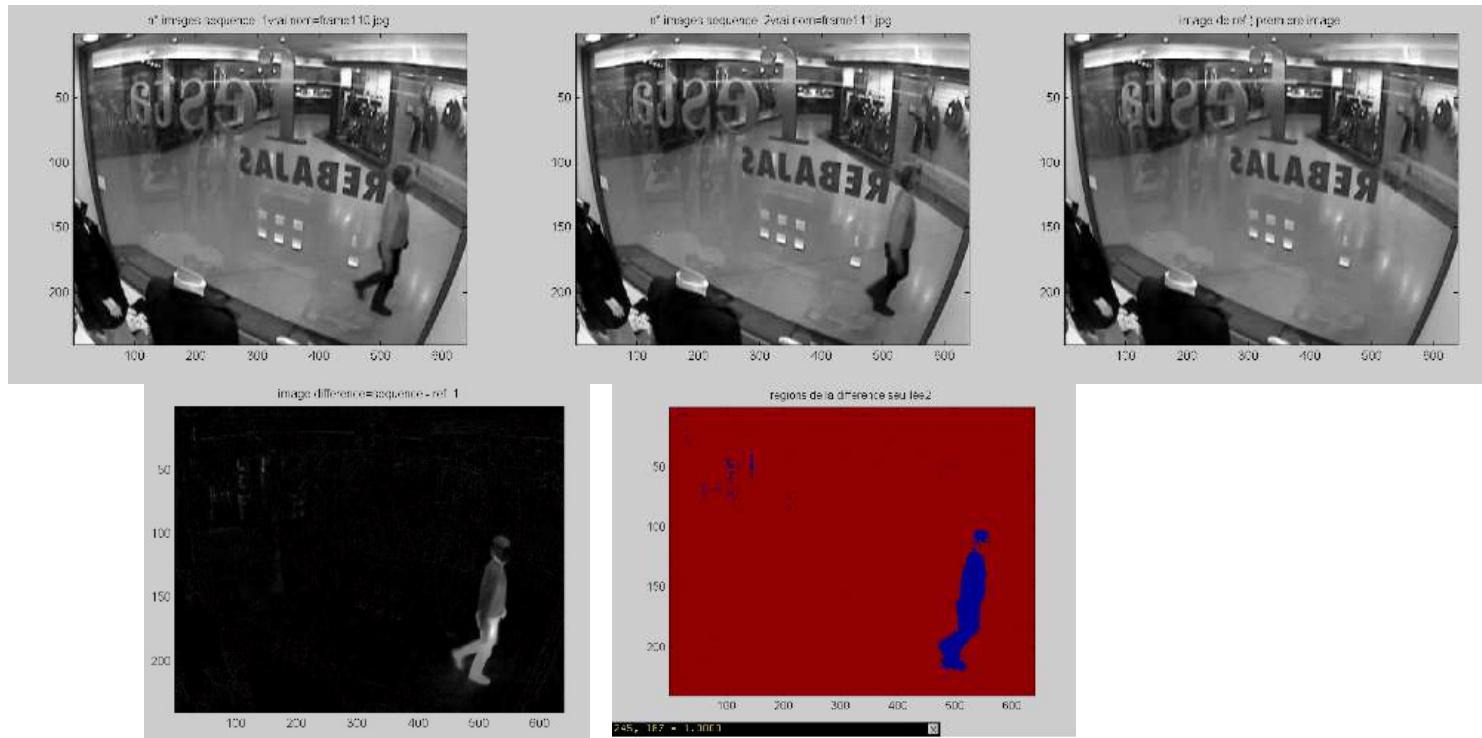


Poste de prise de vue  
Interface de paramétrage  
Liaisons informatiques

Armoire de commande  
Fonctions automatique

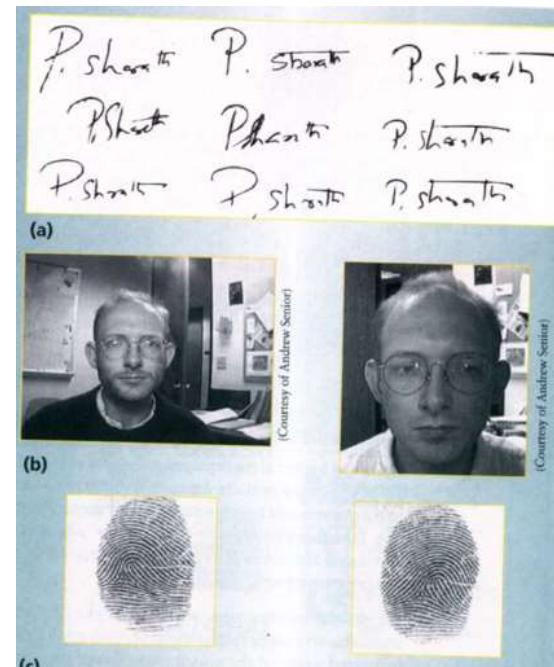
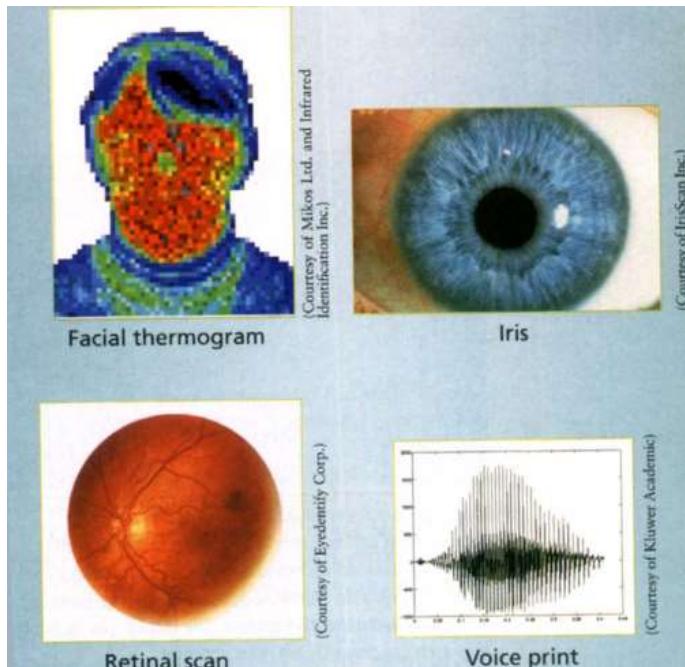
# Introduction

- Exemple d'applications
  - Surveillance vidéo



# Introduction

- Exemple d'applications
  - Biométrie

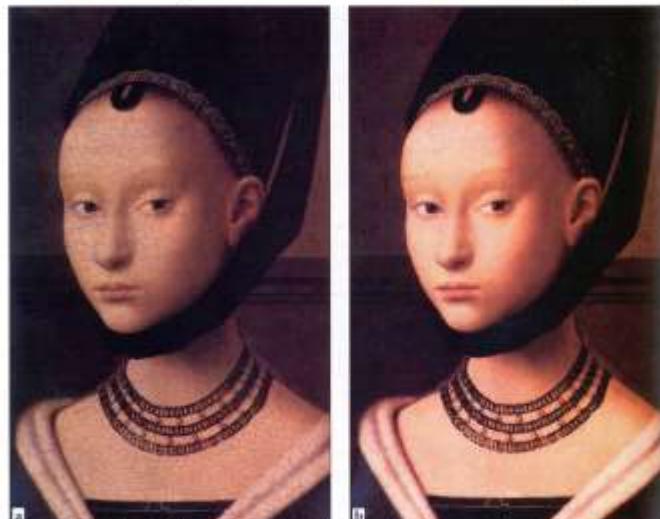


# Introduction

---

- Exemple d'applications
  - Art

*peinture du XVe siècle ternie et écaillée restaurée par filtrage médian et ajustement des couleurs (Univ. Québec)*



restauration d'images



L'IR permet de voir les sous-couches des tableaux, et les repeints

# Introduction

---

- Exemples d'application
  - Recherche d'images

*recherche d'images dans une base de données à partir  
d'une requête visuelle (ENSEA Cergy-Pontoise)*



indexation d'images

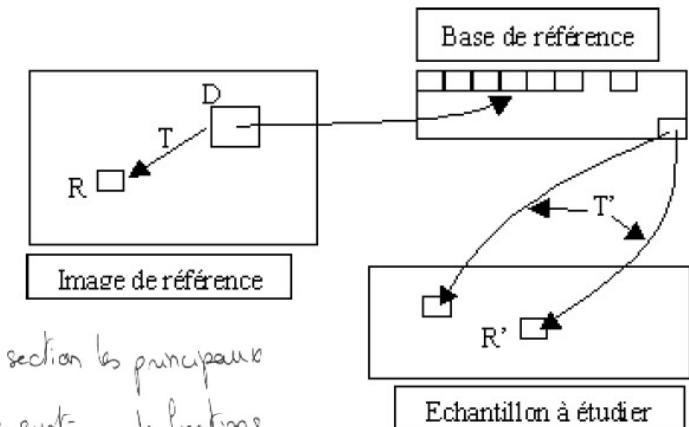
# Introduction

- Exemple d'applications
  - Reconnaissance de documents

Style	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3	Exemple 4	Exemple 5
Style 1 (Historié)					
Style 2 (Orné)					
Style 3 (Orné)					

Nous rappelons dans cette section les principaux effets de la théorie des systèmes de fonctions itératives permettant le codage et la synthèse d'images fractales

¶ Si nous démontrions l'équation à l'exemple de la fibre d'Angele laquelle écrivait  
... que messe priez le réveil le fut octroyée ainsi  
si nous démontrions l'équation à l'exemple messe  
que domine la force laquelle grande domination  
et une force à contre-coups force réciproque et de fondancez  
et les forces et nectoient à l'unité et les choses  
nouvelles il rappellez  
¶ filos numis et justus est le remontrant nobis  
peut mal le emuler nos ab omnim manipulare ¶  
¶ illius occula mente et base clavemur.  
¶ Car nichil est local po nous plorner no  
perches et pour nous recroire si ruer exces  
et majeures se nous croire porosum a lui abone  
entremont et come pen'ree  
¶ Et facere a quatuor onice possint fieri uocibus  
¶ Et pour que les forces possint plus facilement  
deuxement et plus plus probablement nouer et deu  
puer sensuit il aperte en la regle. Tenuit' s'ali  
puer formant on ne doit tenui faire il lettres.



# Traitement d'images

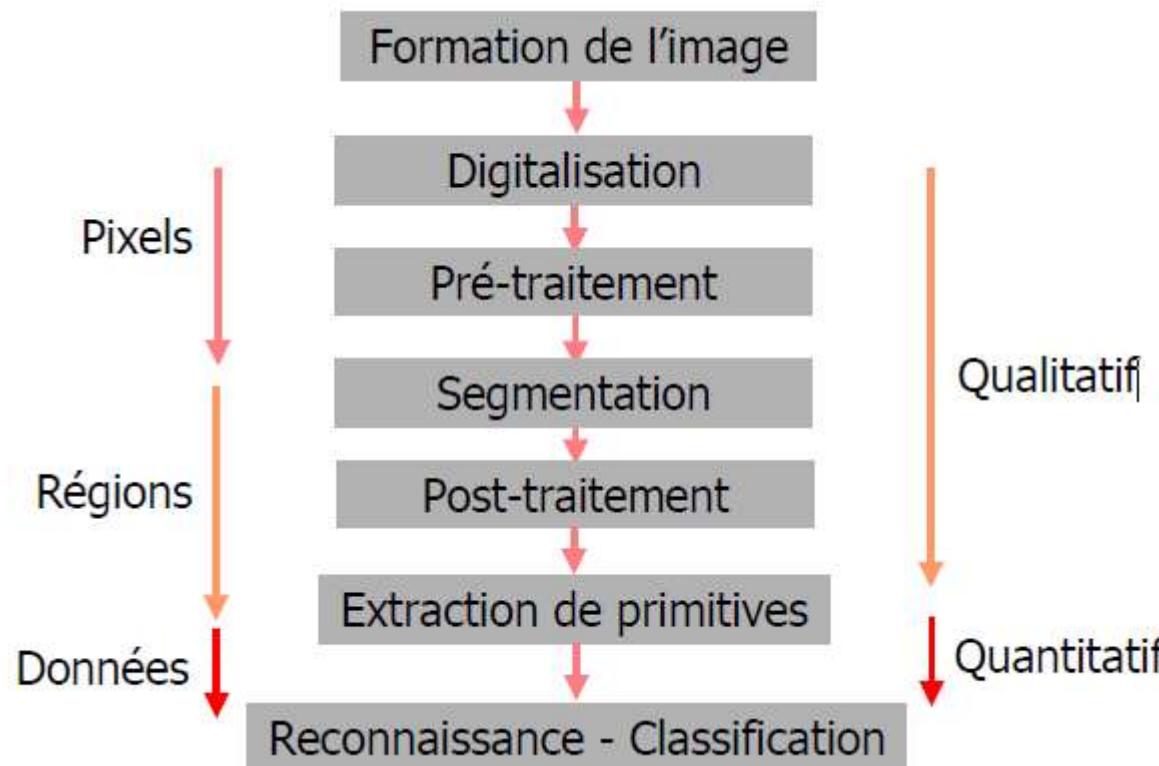
---

## □ But

- Transformer les images numériques
  - Modifier visuellement l'aspect
    - Restauration, amélioration
    - Extraction de contours, primitives
  - Permettre l'analyse d'images
    - Extraire des informations symboliques
    - Reconnaître des formes

# Traitement d'images

## □ Processus de traitement

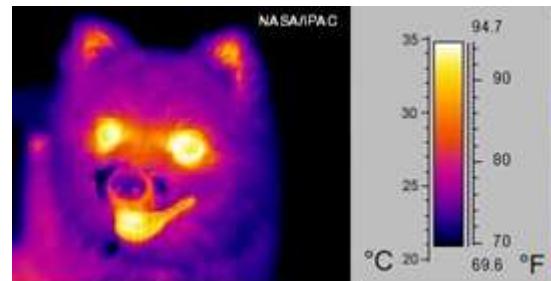


# Traitements d'images

---

## □ Avantages

- Objectivité
- Pas de fatigue dans le cas de traitements répétitifs
- Vision dans des longueurs d'ondes non visibles (ex: Infra Rouge)



# Traitement d'images

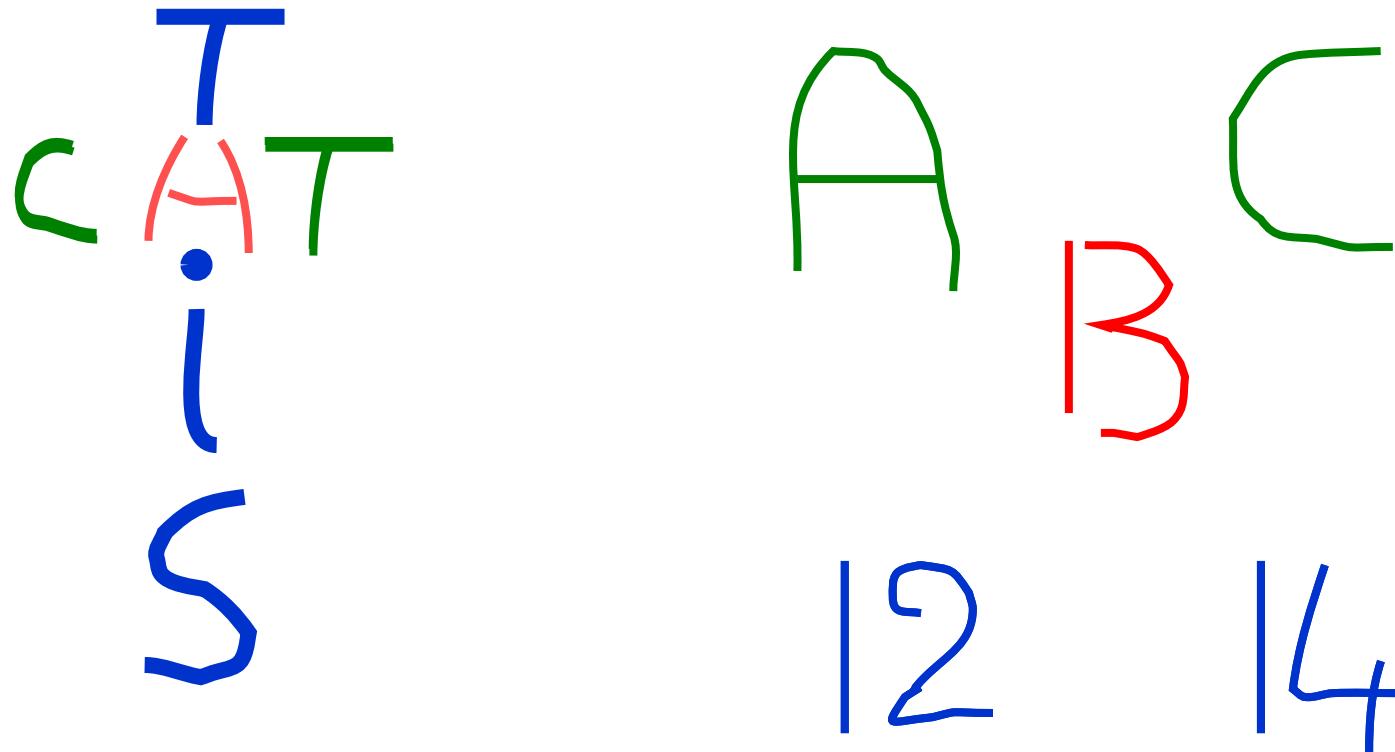
---

- Inconvénients
  - Système de traitement
    - Ne sait pas ce qui est cherché
    - Ne dispose pas d'apprentissage
    - Ne dispose pas de l'information du contexte
    - Ne dispose pas de la connaissance du domaine
    - Est perturbé par la présence de bruit
    - Ne perçoit pas les contours subjectifs

# Traitement d'images

---

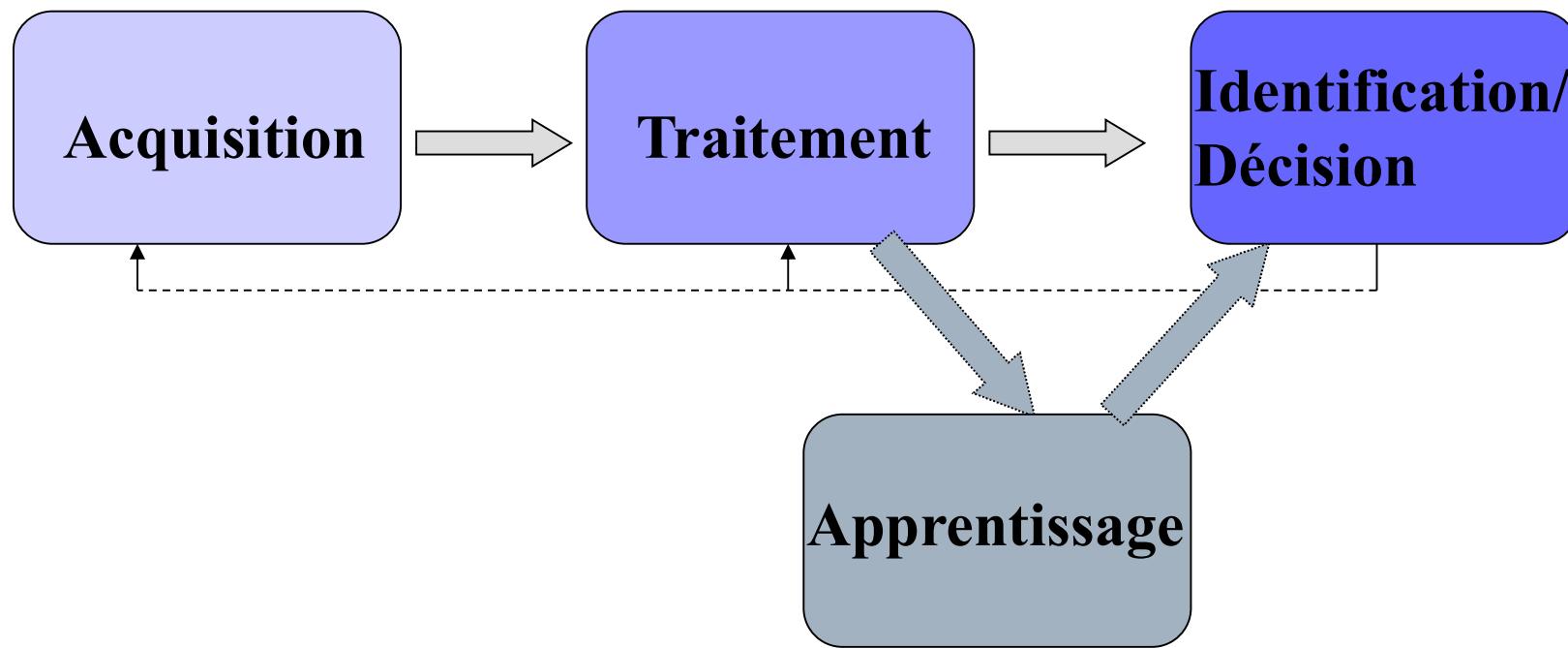
- Rôle du contexte
  - Image ambiguës



# Traitement d'images

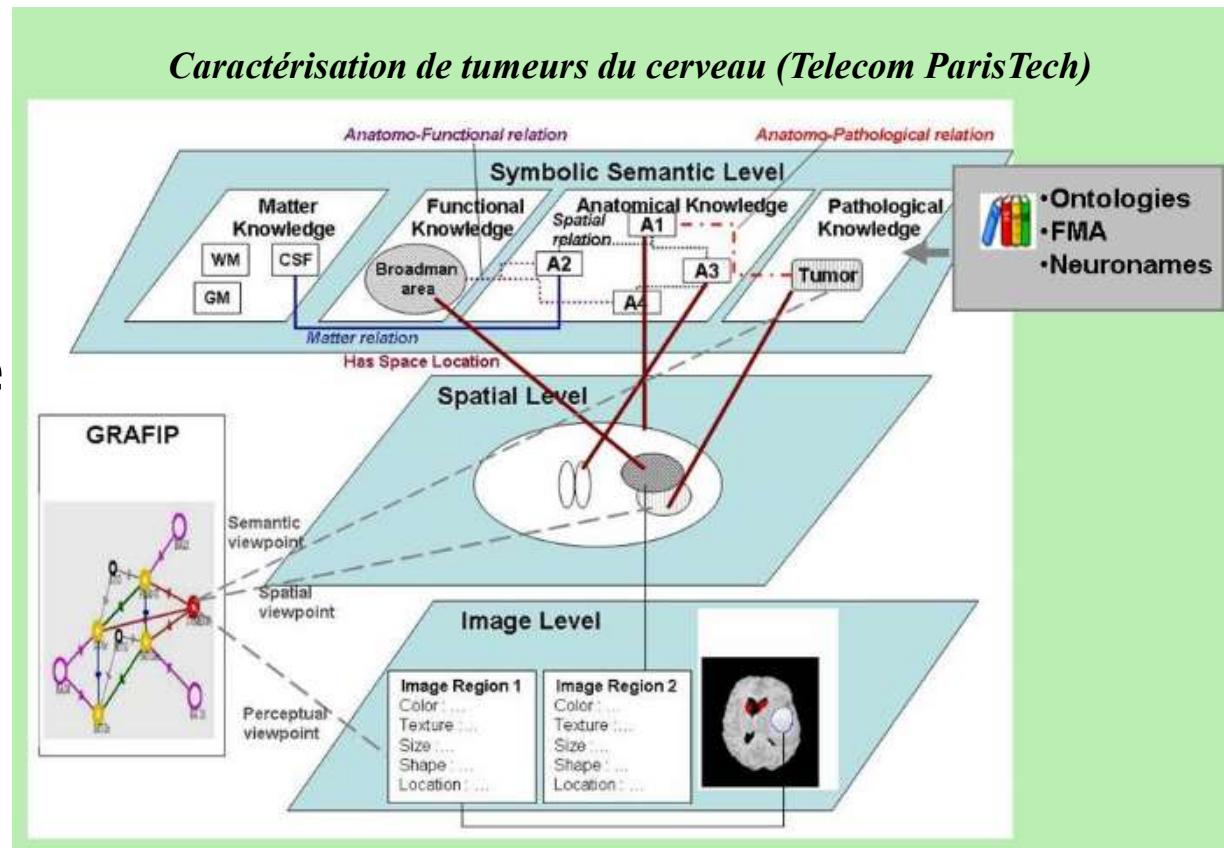
---

- Rôle de l'apprentissage
  - S'adapter à la variabilité



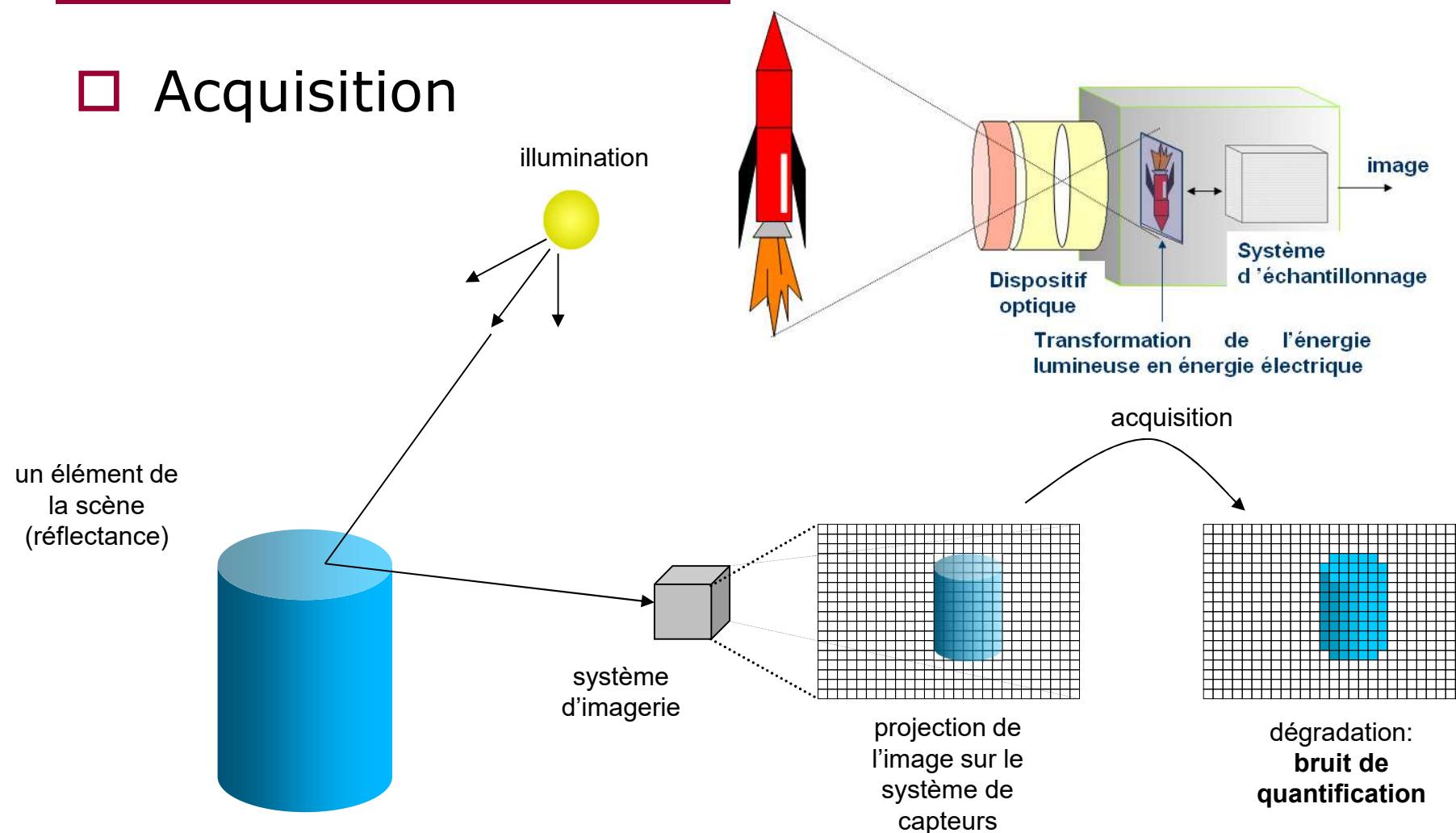
# Traitement d'images

- Apporter de la connaissance sur le domaine traité
  - Règles
  - Ontologies
    - Concepts
    - Terminologie



# Image

## □ Acquisition



# Image

---

## □ Acquisition

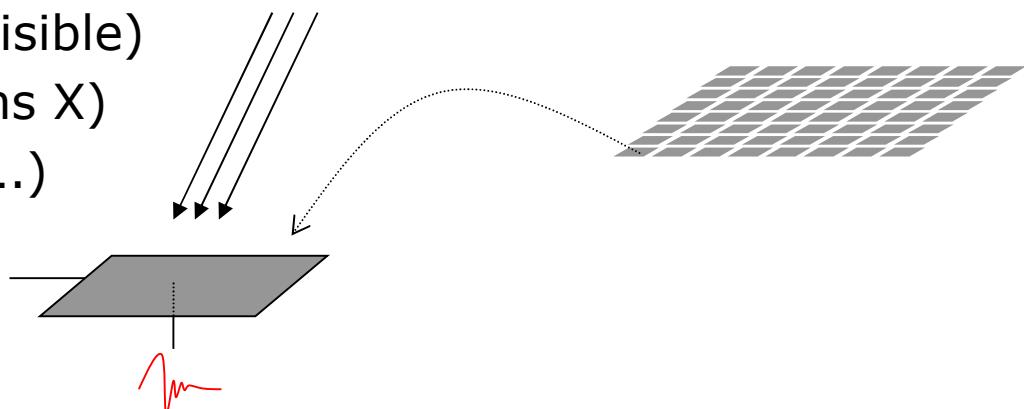
<i>Phénomène physique</i>	<i>Grandeur mesurée</i>
Émission et réflexion de la lumière visible	Réflectance, luminance,...
Rayonnement infra-rouge	Luminance IR (chaleur), ...
Écho ultrasonore	Distance, densité de tissus,...
Résonance magnétique	Présence d'un corps chimique,...
Écho électromagnétique	Distance, spécularité de surfaces,..
Absorption des rayons X	Densité de tissus,...

# Image

---

## □ Acquisition

- Repose le + souvent sur une grille de capteurs
- Capteur
  - Sensible à un certain rayonnement
  - Alimenté électriquement
  - Émet un signal analogique variant en fonction de la quantité d'énergie
    - Reçue (ex: lumière visible)
    - Transmise (ex: rayons X)
    - Émise (ex: IR, IRM ....)

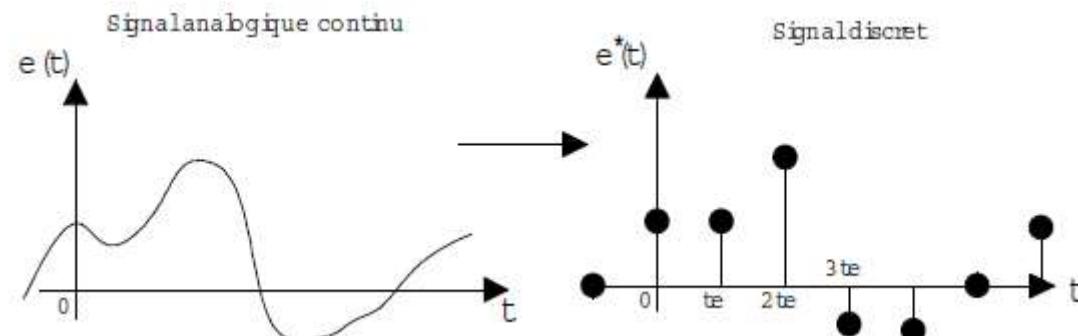


# Image

---

## □ Acquisition

- Discrétisation- numérisation (Rappel)
  - Transformation d'un signal analogique en 1 signal numérique
  - Échantillonnage
    - Prélèvement régulier des échantillons du signal analogique

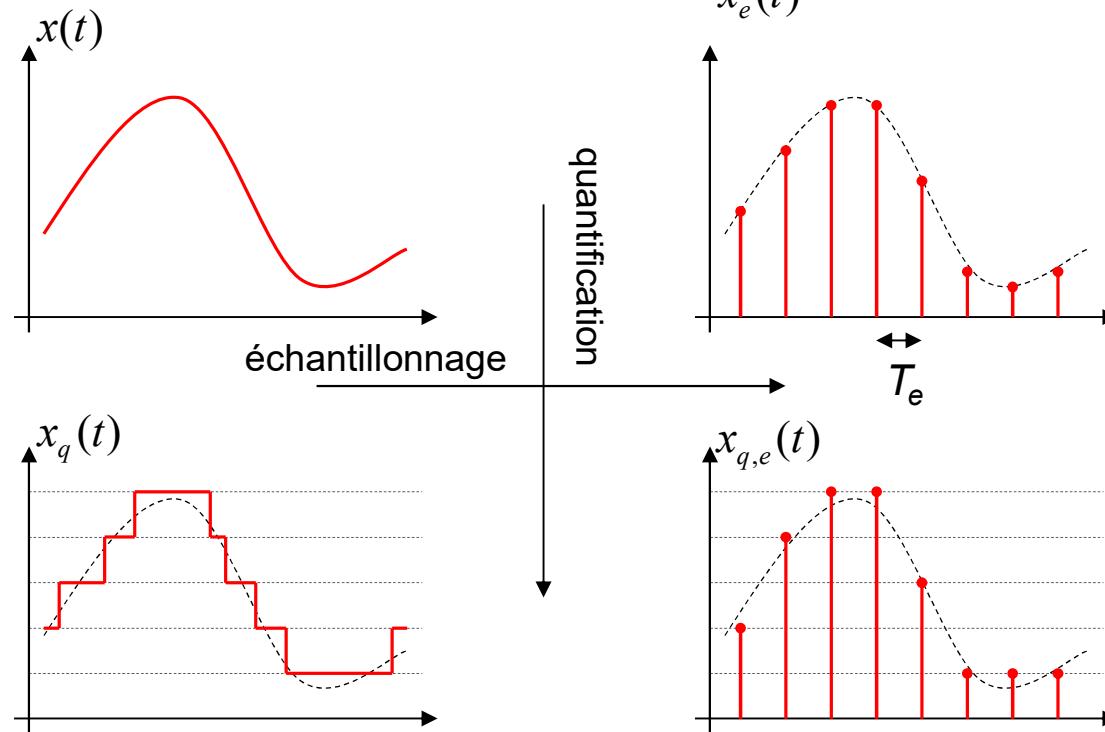


- Quantification
  - De chaque échantillon par une valeur binaire  
⇒ Stockage sous un format numérique

# Image

---

- Acquisition Rappel
  - Signal 1D

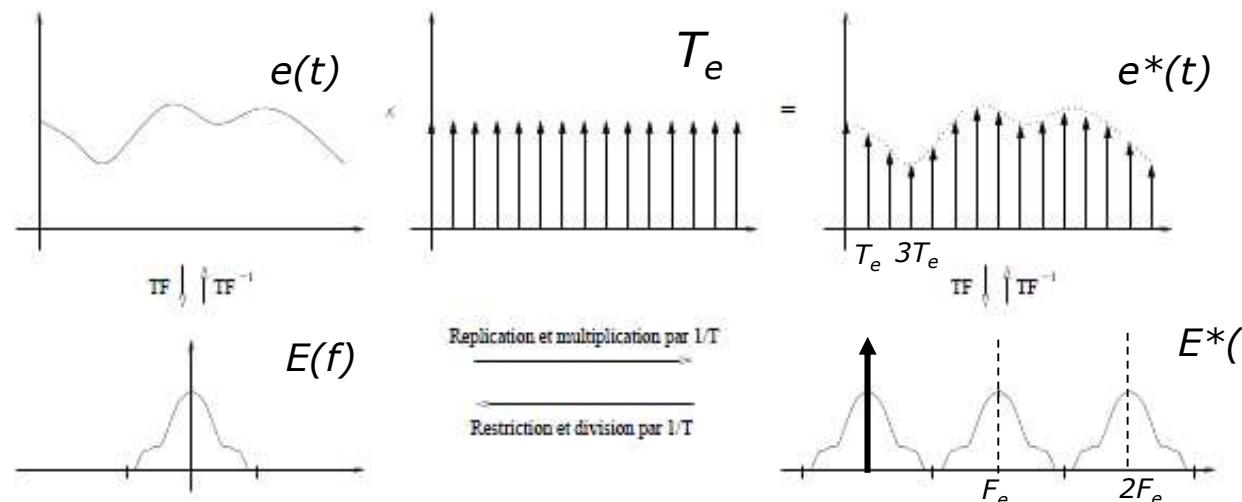


# Image

## □ Acquisition

### ■ Échantillonnage Rappel – Signal 1 D

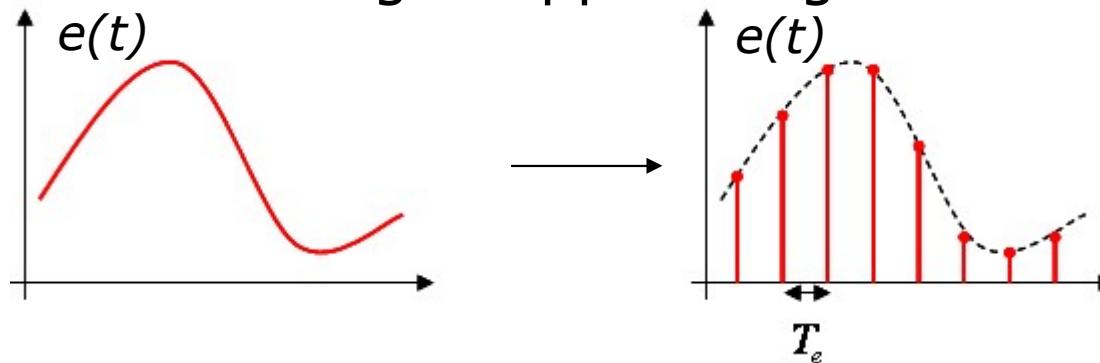
- Échantillonner le signal  $e(t)$  dans le domaine temporel,  
⇒ recopier dans le domaine fréquentiel son spectre  
 $E(f)$  tous les  $F_e$



# Image

## □ Acquisition

### ■ Échantillonnage Rappel – Signal 1 D



$$\text{Fréquence d'échantillonnage: } F_e = \frac{1}{T_e}$$

### Condition de Shannon

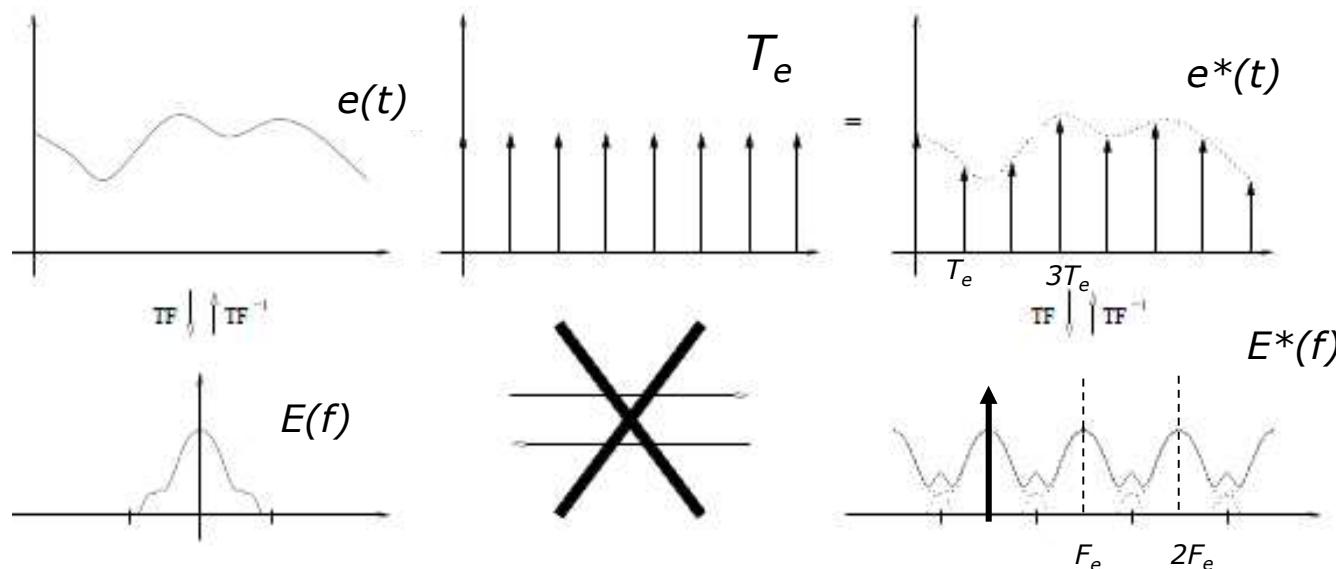
$$F_e > 2F_{\max}$$

→ où  $F_{\max}$  est la fréquence maximale contenue dans le signal  $e(t)$

# Image

## □ Acquisition

- Échantillonnage Rappel – Signal 1 D
  - Nécessité de respecter le théorème de Shannon
  - Éviter le repliement de spectre
    - Cas où largeur du spectre origine >  $2F_e$



# Image

---

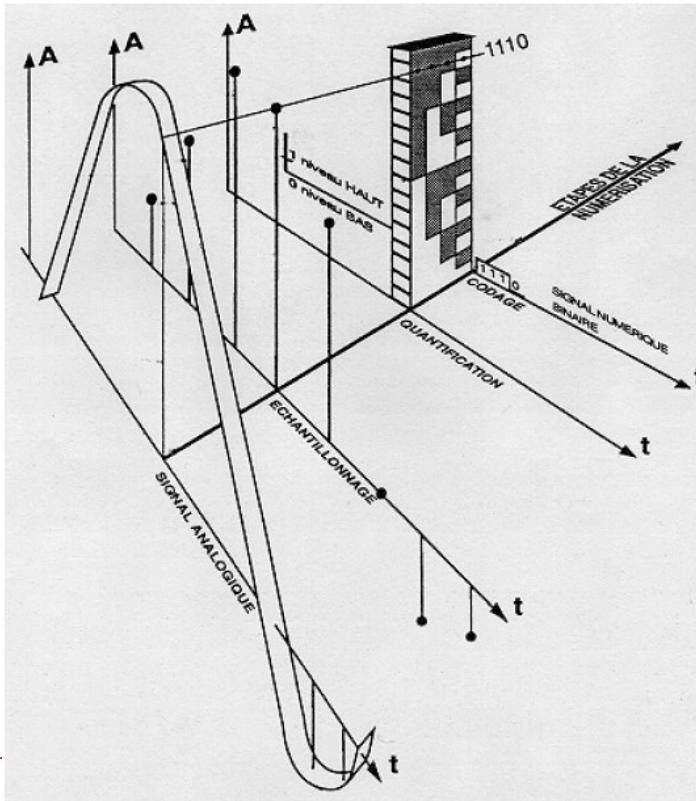
- Échantillonnage /Quantification
  - Signal 2D



# Image

## □ Échantillonnage/Quantification

- Résolution (taille des pixels  $\Rightarrow$  échantillonnage)
- Nb de niveaux de gris (quantification)

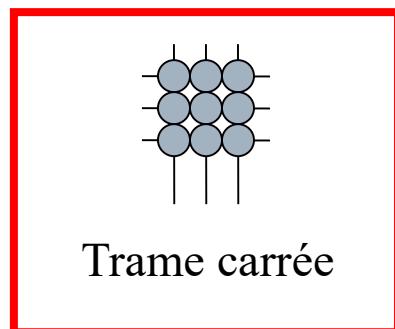


# Image

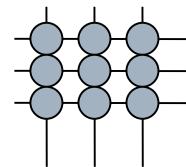
---

## □ Échantillonnage 2D

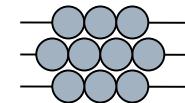
- Plusieurs types de grille de capteurs
  - Bidimensionnel dans le cas de l 'image
  - grille de points discrets uniformément répartis
  - la disposition des points par rapport aux autres est liée au type de tramage utilisé par le capteur



Trame carrée



Trame rectangulaire



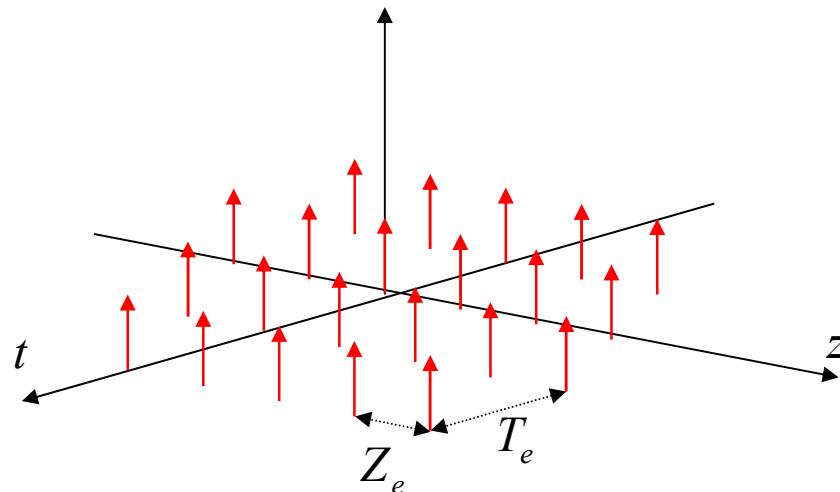
Trame hexagonale

# Image

---

- Échantillonnage 2D
  - Modélisation par le produit avec une peigne de Dirac 2D

$$\Pi_{T_e Z_e}(t, z) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t - mT_e, z - nZ_e)$$



# Image

## □ Échantillonnage 2D

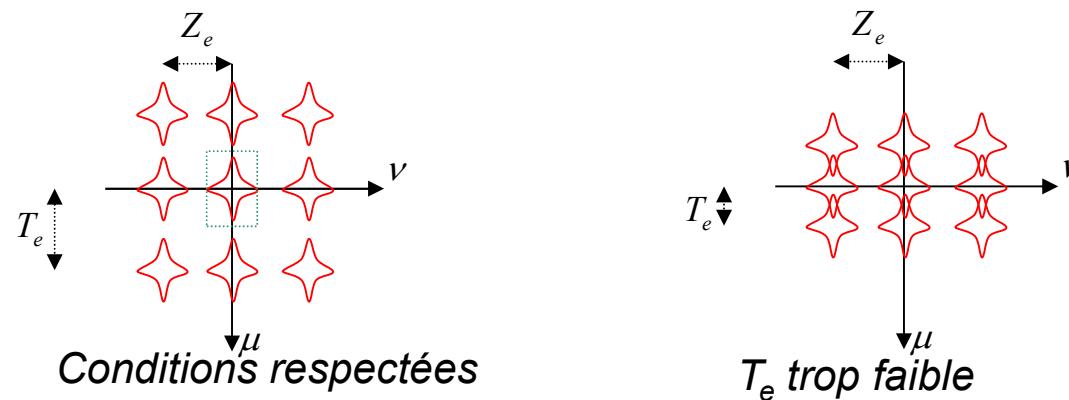
### Condition de Shannon 2D

Un fonction 2D à spectre limité  $[\mu_{\max}, \nu_{\max}]$  peut être reconstruite entièrement à  $T_e, Z_e$  partir de ses échantillons obtenus avec un peigne de Dirac d'échantillonnage

Si

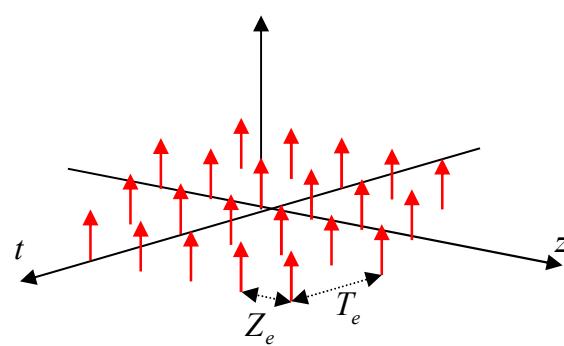
$$T_e < \frac{1}{2\mu_{\max}}$$

$$Z_e < \frac{1}{2\nu_{\max}}$$

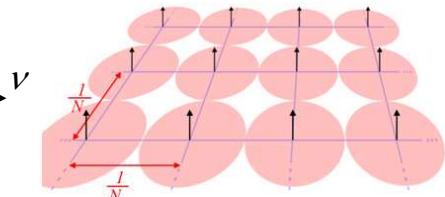
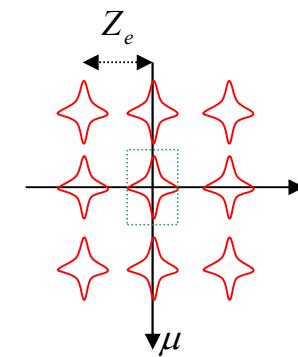


# Image

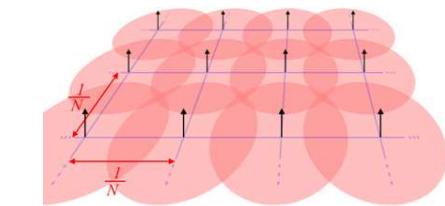
## □ Échantillonnage 2D



$$T_e < \frac{1}{2\mu_{\max}}$$
$$Z_e < \frac{1}{2\nu_{\max}}$$



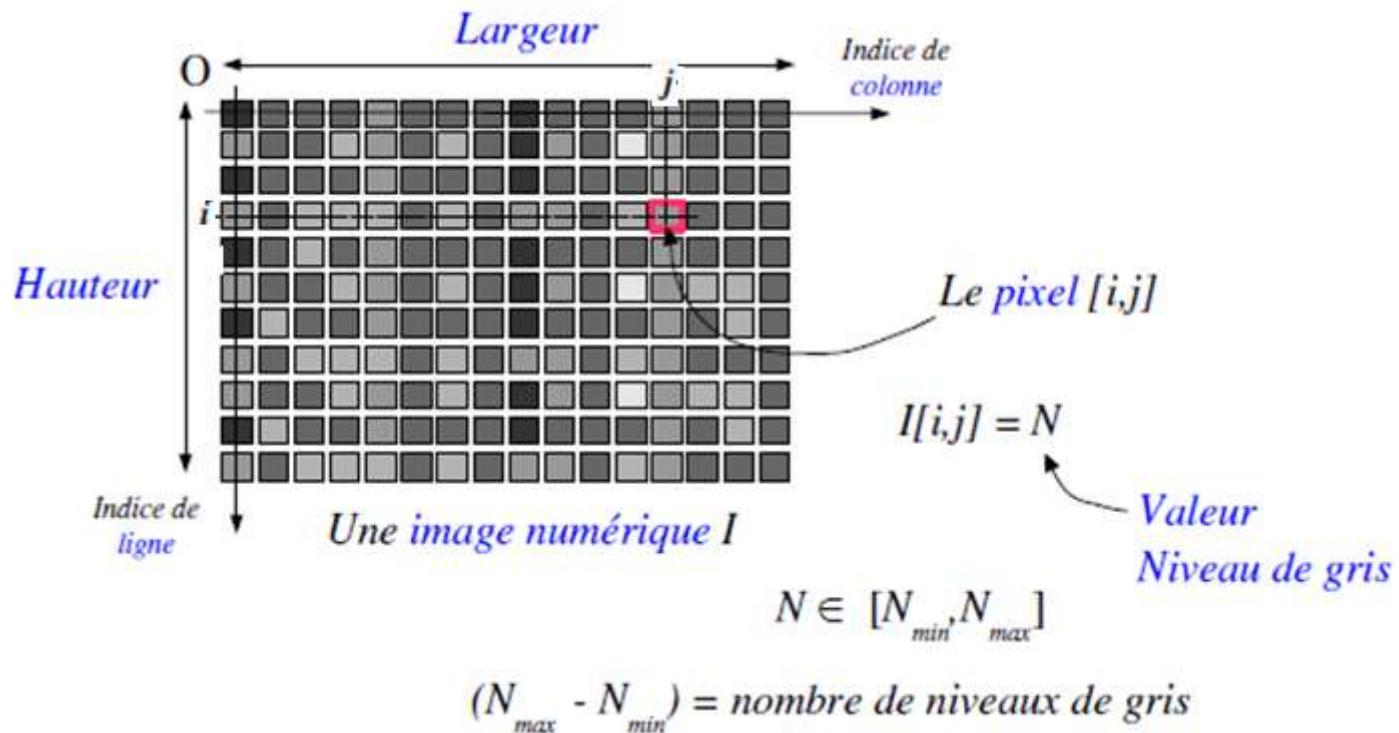
*Aliasing  
dû au sous échantillonnage*



# Image

## □ Image numérique

**Taille de l'image = largeur \* hauteur**



# Image

---

## □ Image numérique

- Le modèle mathématique
  - Une fonction

$$I : [0, l] \times [0, c] \rightarrow [0, N]$$
$$(i, j) \mapsto I(i, j) = N_{i,j}$$

- Une représentation
  - Une matrice à l lignes et c colonnes qui précisent la taille de l'image
  - Des valeurs entre 0 et N indiquent le niveau de gris

# Image

---

## □ Échantillonnage

- Va définir la résolution spatiale
  - Taille d'un pixel
  - S'exprime en dpi (dots per inch)
    - nb de pixels /pouce (2,54 cm)
    - Ex
      - une résolution de 300 dpi est 2 fois plus fine qu'une résolution de 150 dpi
      - Dimensions (largeur,hauteur) d'un pixel sont 2 fois plus petites
      - Taille de l'image est \*4  $((2*\text{largeur})*(2*\text{hauteur}))$
  - Ou s'exprime en mm/pixel
    - ex: 2mm/pixel --> 1 pixel à l'écran = 2mm dans la scène

# Image

---

## Échantillonnage



# Image

---

## □ Échantillonnage

$512 \times 512$



$256 \times 256$



$128 \times 128$



$64 \times 64$

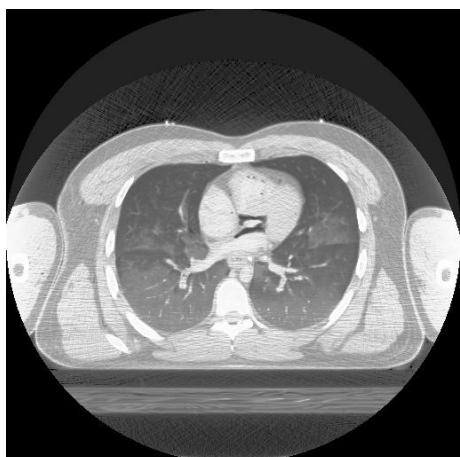
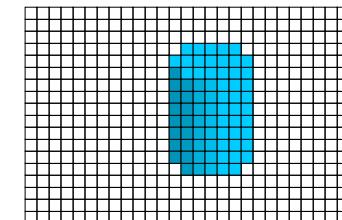


# Image

---

## □ Échantillonnage

Bruit de quantification spatial



512\*512



256\*256



128\*128



64\*64

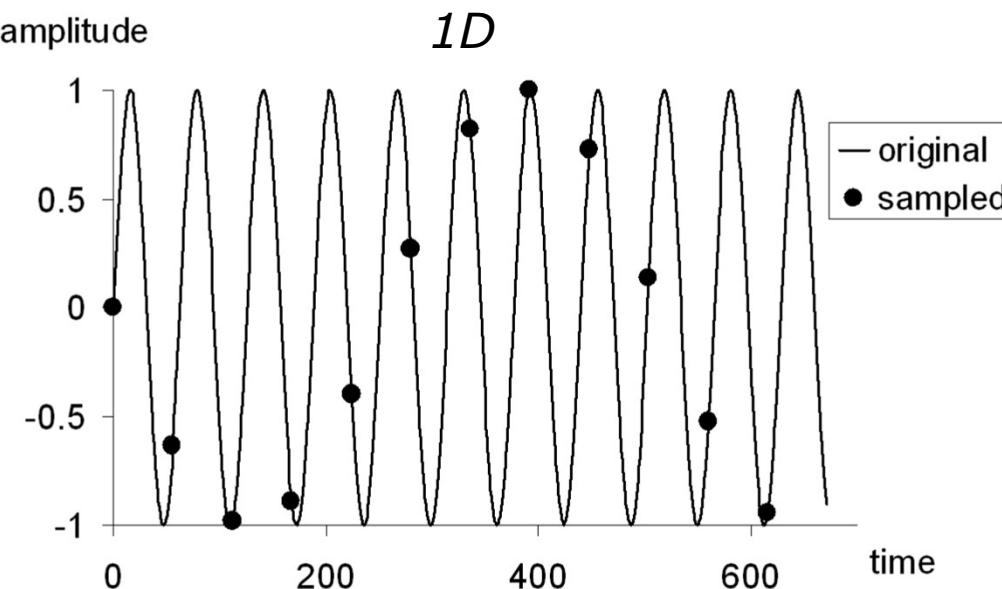
# Image

## □ Échantillonnage

### ■ Étape fondamentale

□ Doit tenir compte du contenu informationnel pertinent de l'image à analyser

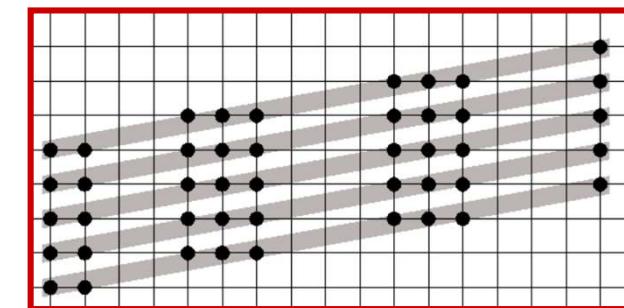
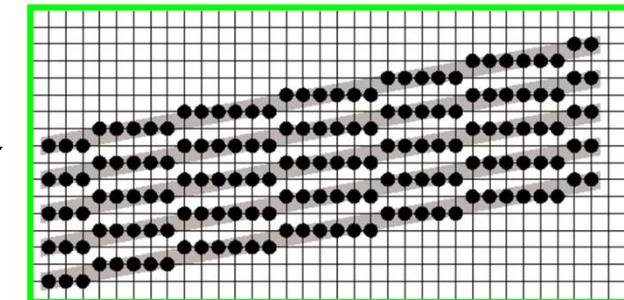
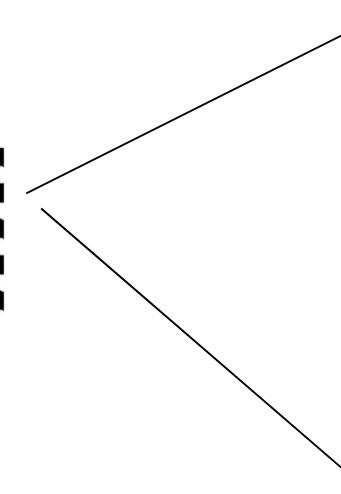
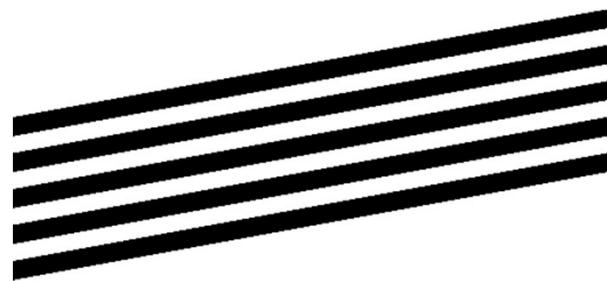
### ■ Phénomène d'aliasing (repliement de spectre)



# Image

---

- Echantillonnage
  - En 2D - Phénomène d'aliasing
    - Affecte la fréquence et la direction des structures périodiques



*Bandes verticales dans l'image numérique non conformes à la réalité de l'objet*

# Image

---

- Échantillonnage
  - Aliasing 2D – illustration sur image naturelle



# Image

---

## □ Quantification

- l'intensité lumineuse  $I$  (ou autre grandeur physique) est convertie en une mesure numérique
- Résolution en intensité
  - ⇒ dynamique de l'image
- Étendue de la gamme des niveaux de gris ou couleurs que peuvent prendre les pixels



# Image

---

- Quantification
  - Dynamique de l'image
    - Notion liée au nombre d'octets utilisés pour stocker l'information
      - Image binaire (1 bit) : 2 ng (noir, blanc)
      - Image en ng (8 bits) : 256 ng (noir=0/blanc=255)
      - Image couleur: mélange des primaires (R,V,B)
        - Image 24 bits : 8 bits par canal  
(16 millions de couleurs  $\Leftrightarrow 256*256*256$ )
        - Image 8 bits : 8 bits par couleur + palette de couleur attachée à l'image
          - ex: pixel ayant pour couleur le n° 166 correspond à la combinaison RVB suivante (155,44,62) pour la palette attachée

# Image

- Quantification
  - Illustration

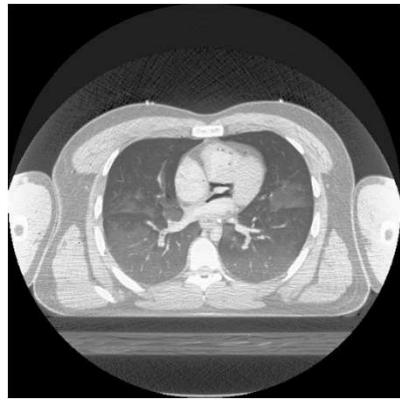


Image 256 ng



Image trichrome

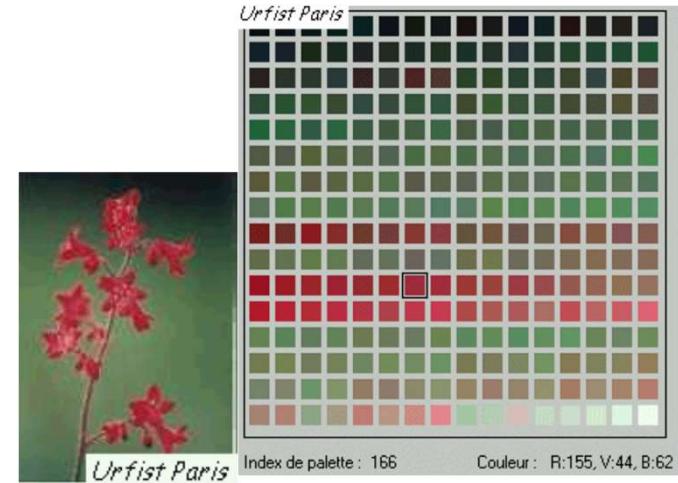


Image 256 couleurs



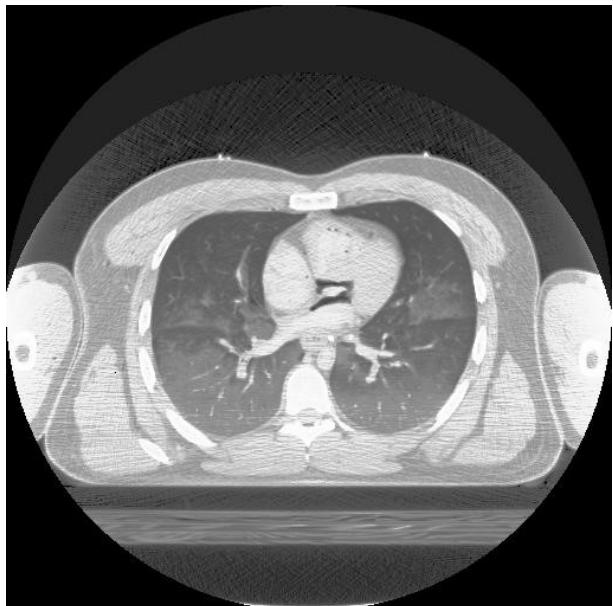
Si la palette change, l'image change

# Image

---

## □ Quantification

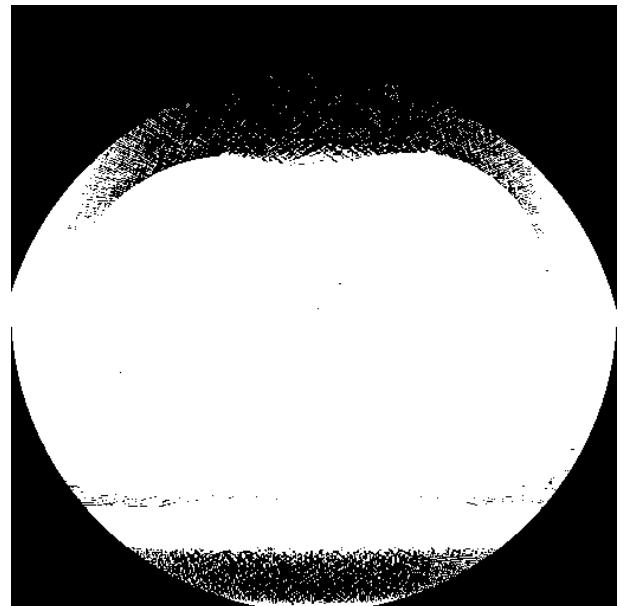
Bruit de quantification en intensité



8 bits (256 ng)



4 bits (16 ng)



1 bit (2 ng)

# Image

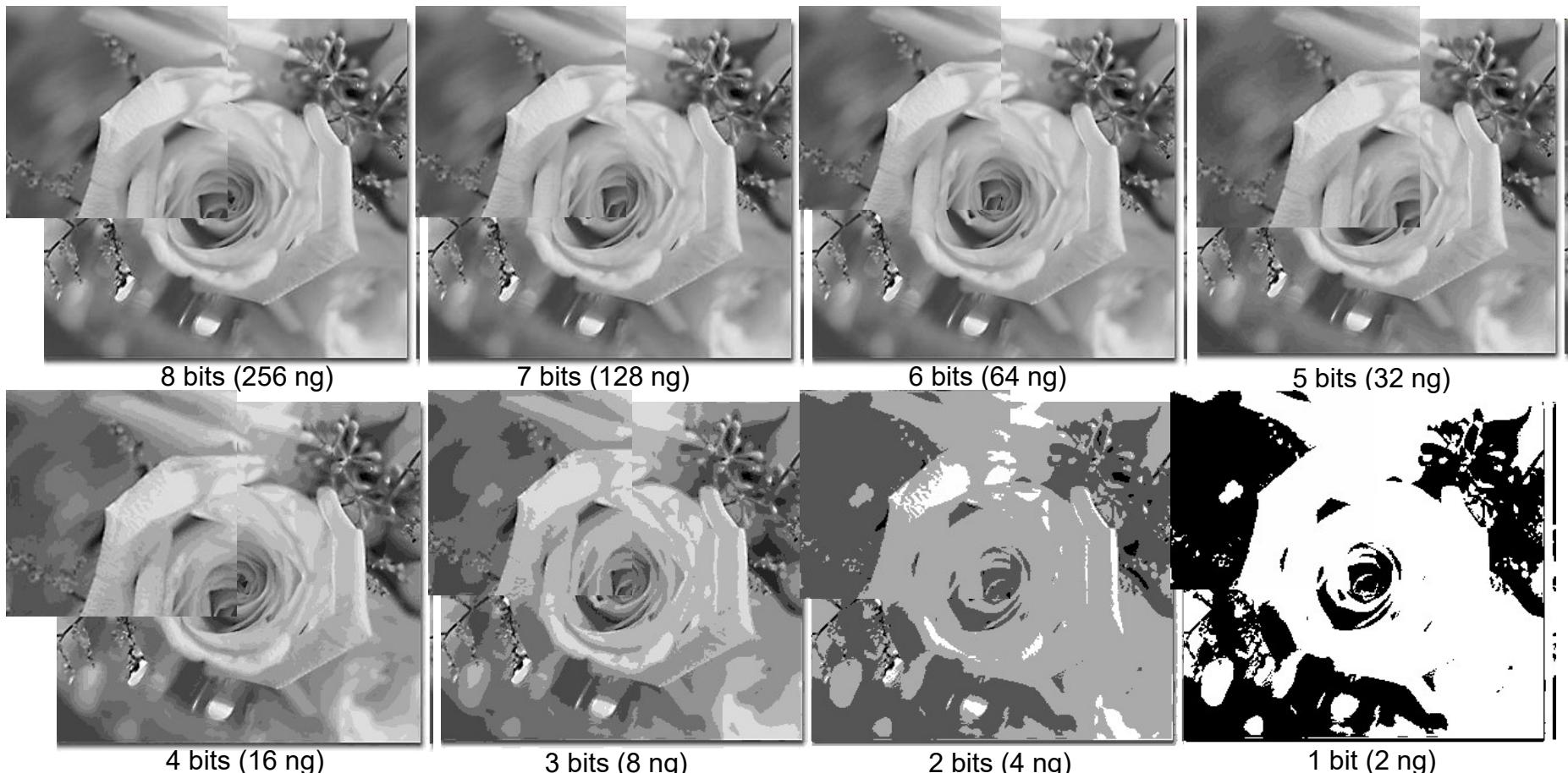
---

## □ Quantification

- Une mauvaise quantification peut faire apparaître des distorsions dans les images
- Règle pour déterminer la bonne quantification
  - dépend du rapport signal/bruit du capteur  
↔ capacité effective du capteur à observer des signaux de valeurs différentes
  - $$\text{SNR} = (N_{\max} - N_{\min})/s_N$$
avec  $s_N$  écart-type de la perturbation aléatoire qui affecte les niveaux de gris
  - Nombre de bits utiles au capteur pour coder les images dépend du logarithme du SNR

# Image

## □ Quantification

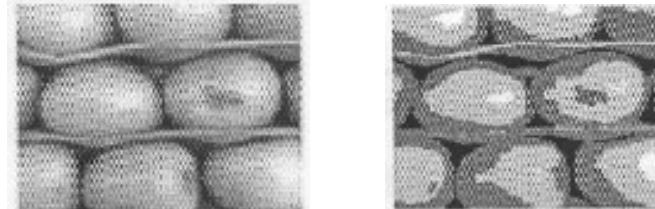


# Image

---

## □ Quantification

- Une sous-quantification peut entraîner l'apparition de faux contours



- Oeil humain perçoit
  - 50 niveaux de gris
  - 20 000 couleurs

# Image

---

## □ Échantillonnage/Quantification

### ■ Compromis optimal ?

#### □ Expériences de Huang En 1965

##### ■ Cela dépend du type d'images

- image formée d'un petit nombre de grandes régions, à bas niveau de détail ;  
Qualité visuelle ↗ avec la résolution spatiale et N
- image formée de régions moyennes, à niveau moyen de détail ;  
Qualité visuelle ↗ avec la résolution spatiale
- image formée d'un grand nombre de petites régions, à haut niveau de détail ;  
Qualité visuelle ↗ avec la résolution spatiale



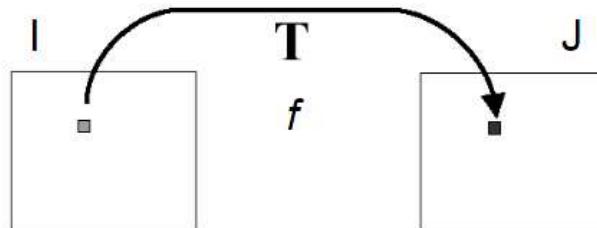
# Traitement sur les images

---

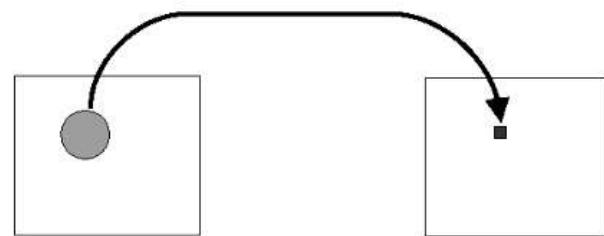
- Un traitement
  - Transforme une image en une autre image
- Modifie les niveaux de gris de chaque pixel en fonction
  - de la valeur du pixel
  - de la valeur des pixels voisins
  - de la valeur de tous les pixels de l'image

# Traitements sur les images

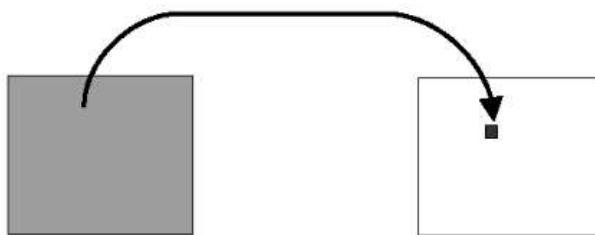
## □ Transformations



**ponctuelles** :  $J(x_0, y_0) = f [I(x_0, y_0)]$   
**Opération sur les histogrammes**



**locales** :  $J(x_0, y_0) = f [I(V)]$   
V: voisinage de  $(x_0, y_0)$   
**Filtres**, ..



**globales** :  $J(x, y) = f [I(x, y)]$   
**Transformée de Fourier, ..**

# Traitement sur les images

---

## □ Traitements ponctuels

### ■ Buts

- Supprimer et corriger des dégradations
- Améliorer la perception
- Identifier et quantifier des structures
- Changer d'espace de représentation

# Traitement sur les images

---

## □ Traitements ponctuels

- Comment déterminer les transformations ponctuelles nécessaires ?
  - Histogramme
    - ⇒ Outil de caractérisation de l'image
  - Outil statistique qui permet d'obtenir des informations sur les capteurs ou sur la dynamique de la scène
  - Mais pas d'information sur la géométrie des objets présents dans la scène

# Traitements ponctuels

---

## □ Histogramme - Définition

- L'histogramme des niveaux de gris d'une image est la distribution des valeurs de niveaux de gris

$H_I(n)$  est une fonction de  $\{0, N-1\}$  dans  $N$  définie par

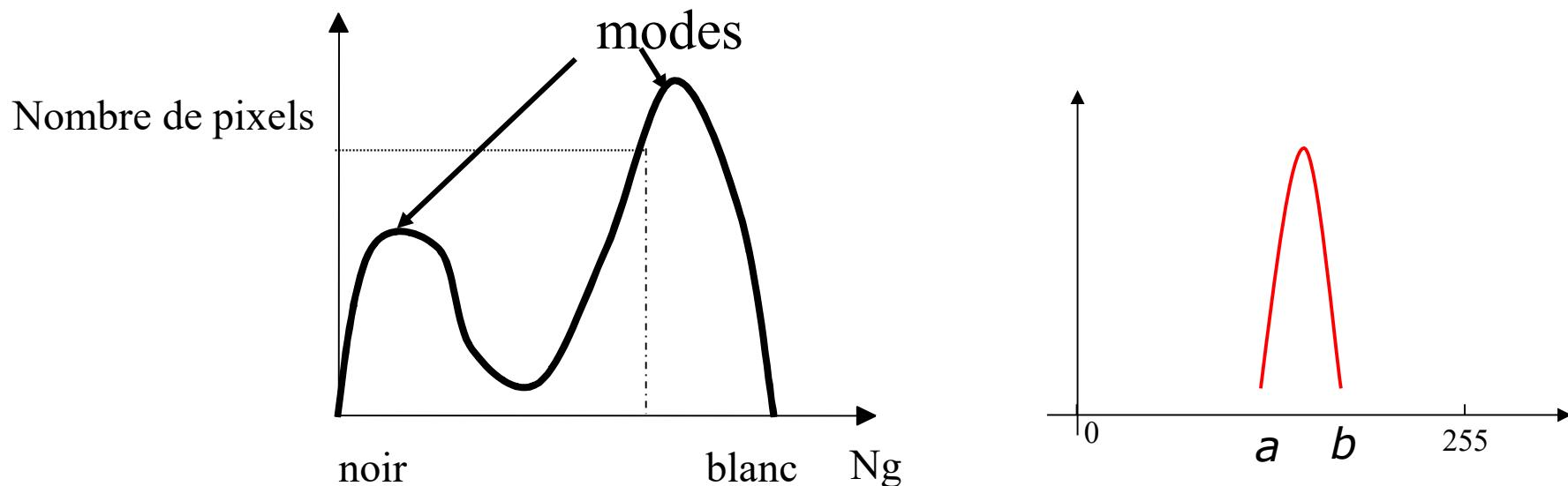
$$H_I(n) = \text{Card}(\{(x, y) \in \{0, L-1\} \times \{0, H-1\}; I(x, y) = n\})$$

$H_I(n) \Leftrightarrow$  nombre de pixels de  $I$  qui ont la valeur  $n$

# Traitements ponctuels

## □ Histogramme - Définition

↔ ensemble des fréquences d'apparition des niveaux de gris dans l'image



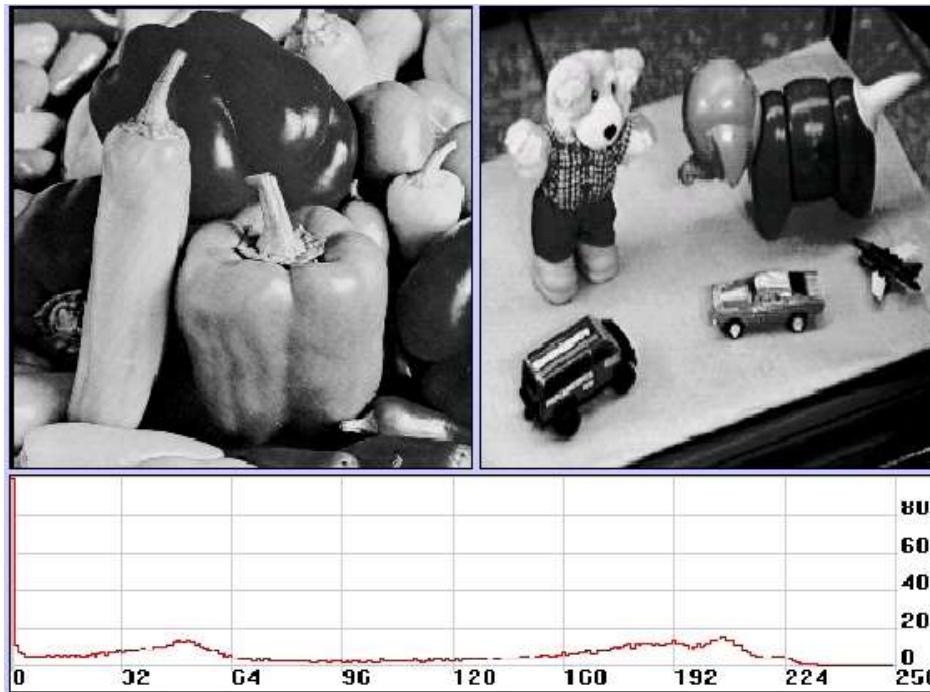
$[a, b]$  caractérise la dynamique de l'image

# Traitements ponctuels

---

## □ Histogramme

- Ne contient aucune information spatiale
  - Toute permutation spatiale des pixels de  $I$  donne une image ayant le même histogramme que  $I$



# Traitements ponctuels

---

## □ Histogramme – Définition

- Histogramme normalisé

$P_I(n)$  est une fonction de  $\{0, N-1\}$  dans  $[0, 1]$  définie par

$$P_I(n) = \frac{H_I(n)}{LH}$$

$P_I(n) \Leftrightarrow$  proportion de pixels de I qui ont la valeur n

# Traitements ponctuels

---

## □ Histogramme – Définition

### ■ Histogramme cumulé normalisé

$R_I(n)$  est une fonction de  $\{0, N-1\}$  dans  $[0, 1]$  définie par

$$R_I(n) = \sum_{k=0}^n P_I(k) = \frac{1}{LH} \sum_{k=0}^n H_I(k)$$

$R_I(n) \Leftrightarrow$  proportion de pixels de I dont la valeur est inférieure ou égale à n

# Traitements ponctuels

---

## □ Histogramme – Définition

### ■ Entropie

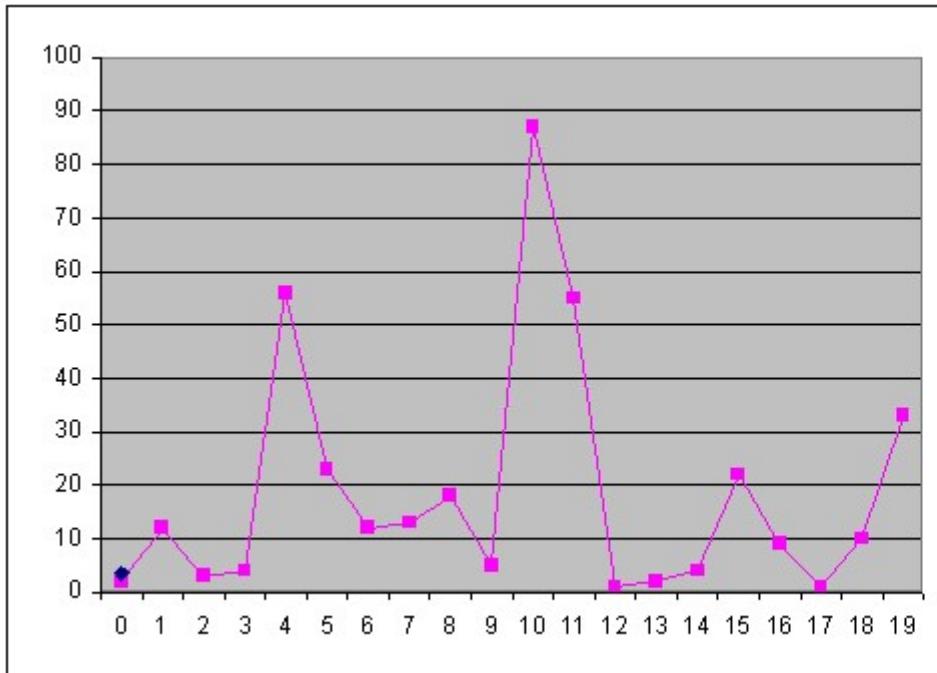
- Représente la quantité d'information représentée par l'ensemble des valeurs contenues dans l'image

$$E = \sum_{k=0}^{n-1} -P_I(k) \log_2(P_I(k))$$

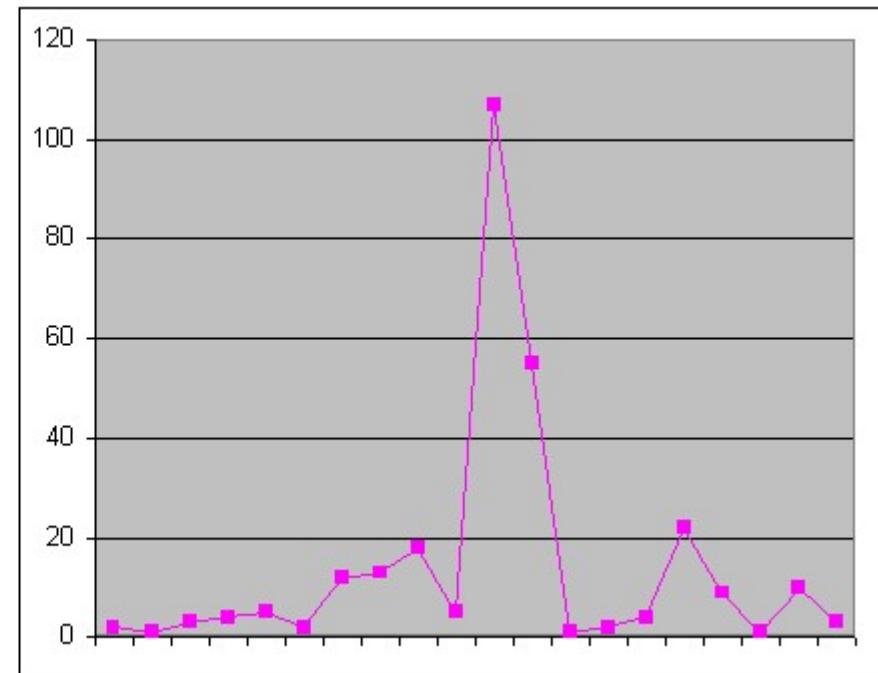
- Information sur la dispersion des niveaux de gris
- Plus la source est redondante moins elle contient d'information
  - Plus la fréquence d'apparition d'un niveau de gris est grande, moins elle apporte d'information

# Traitements ponctuels

- Histogramme – Définition
  - Entropie



Entropie : 3.48



Entropie: 2.58

# Traitements ponctuels

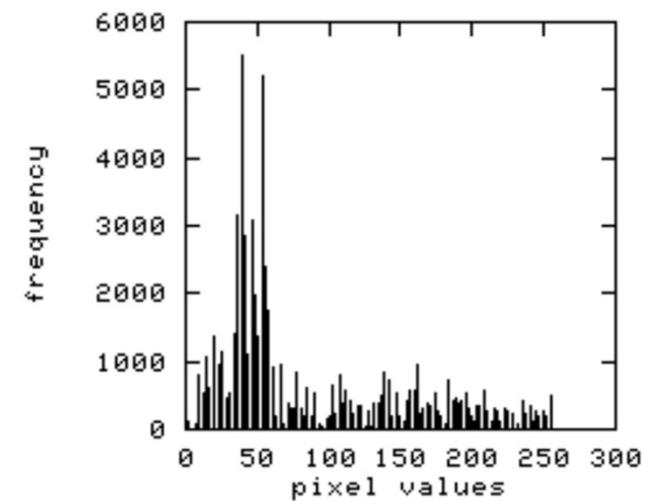
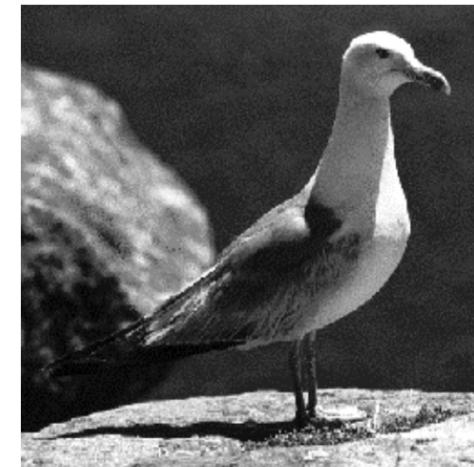
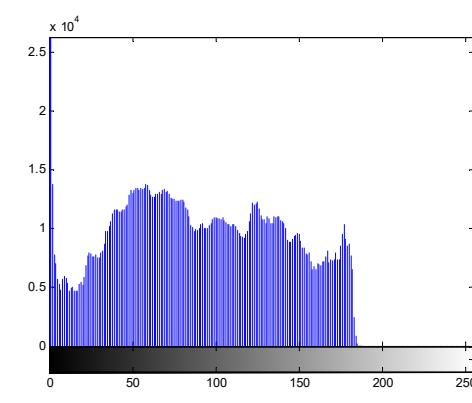
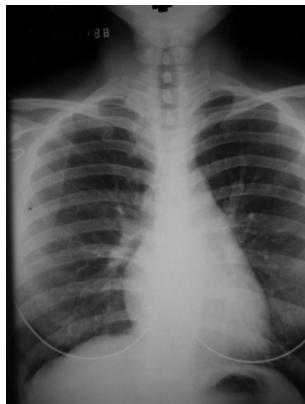
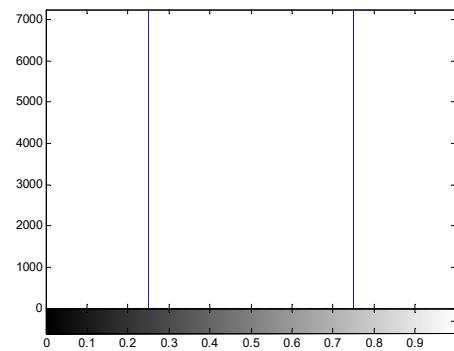
---

## □ Histogramme

- Autres propriétés statistiques globales
  - Moyenne
  - Variance
  - Asymétrie
  - Énergie
  - Kurtosis
  - ....

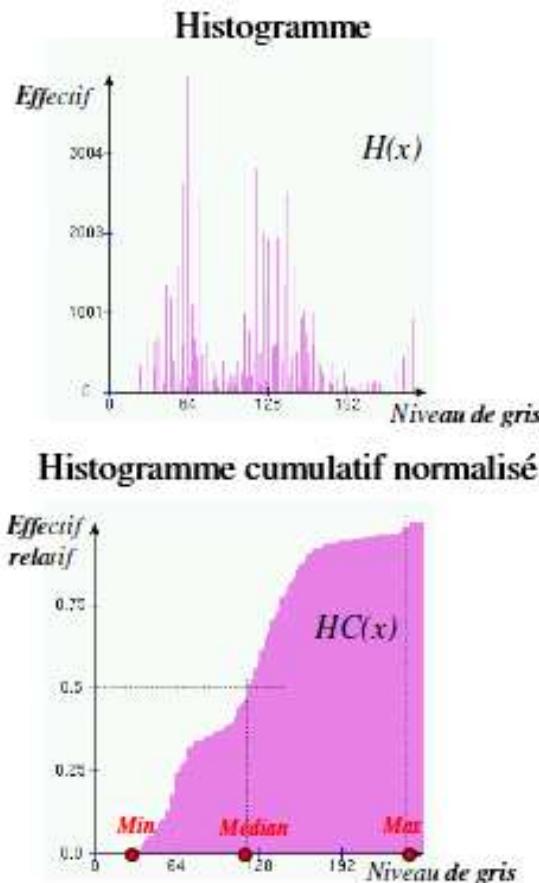
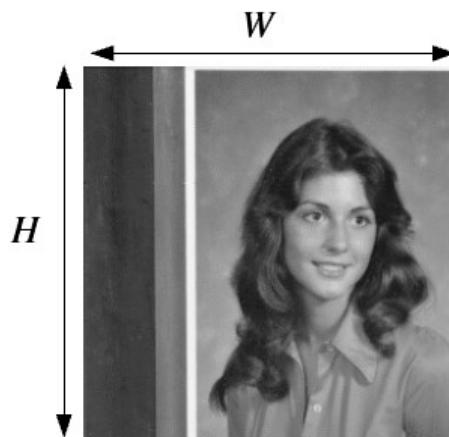
# Traitements ponctuels

## ❑ Histogramme - Illustration



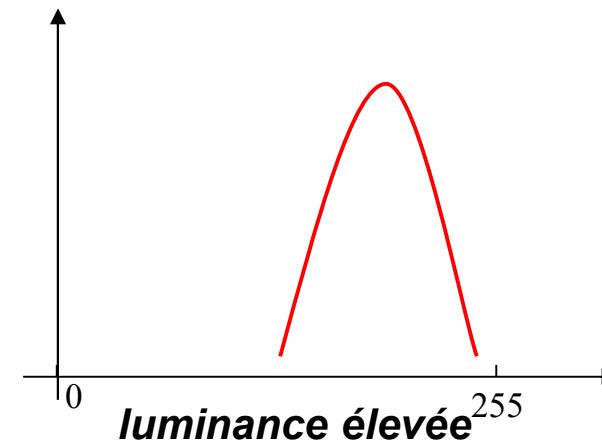
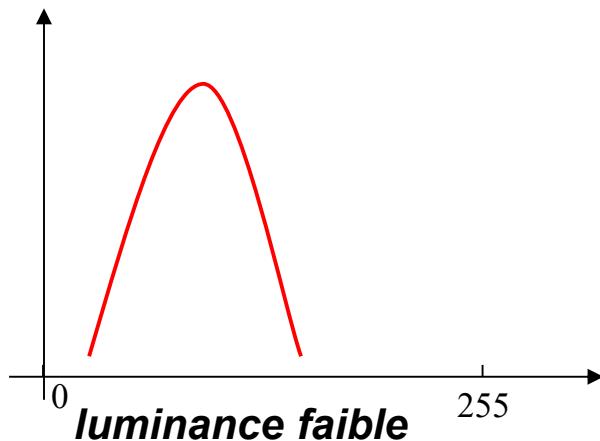
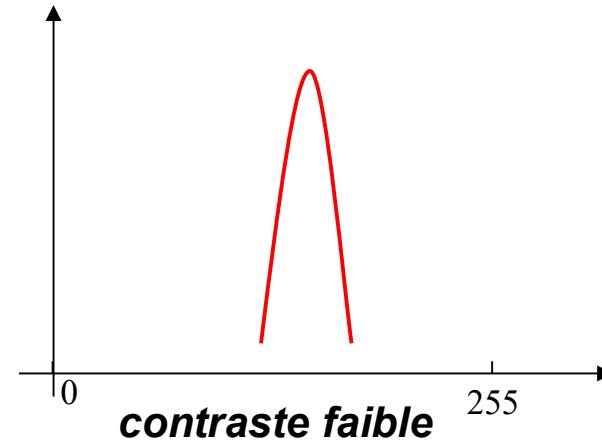
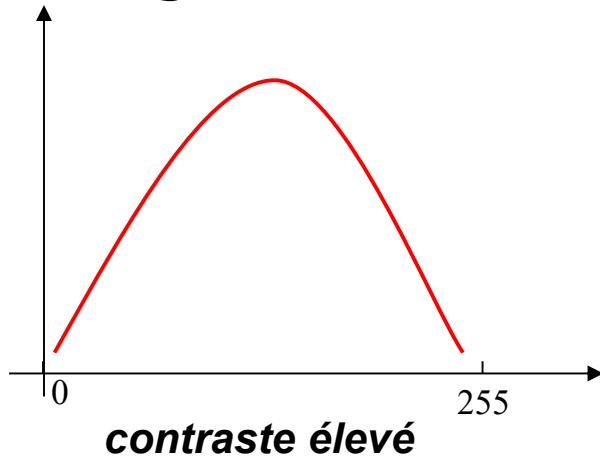
# Traitements ponctuels

## □ Histogramme cumulé - Illustration



# Traitements ponctuels

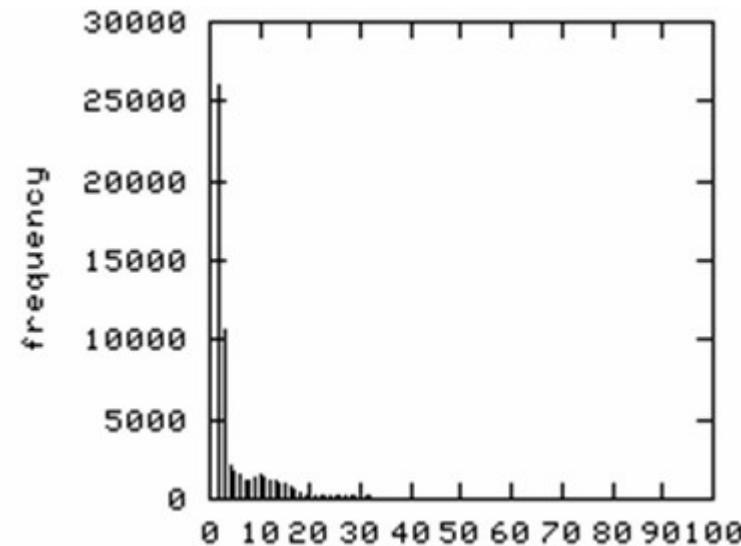
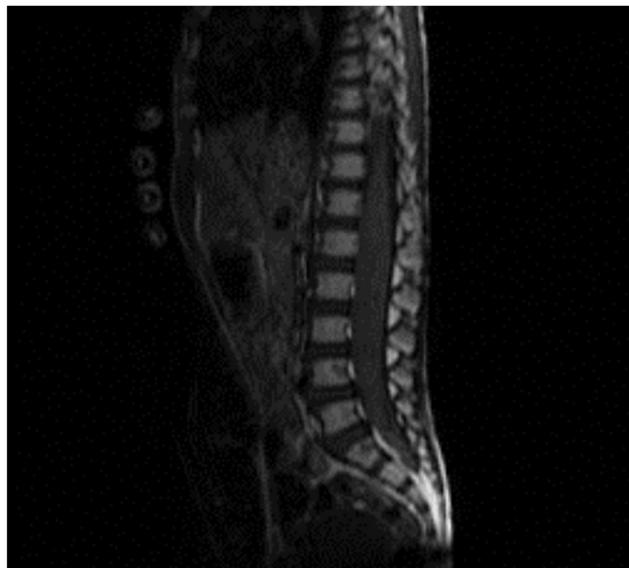
## □ Histogramme et contraste/luminance



# Traitements ponctuels

---

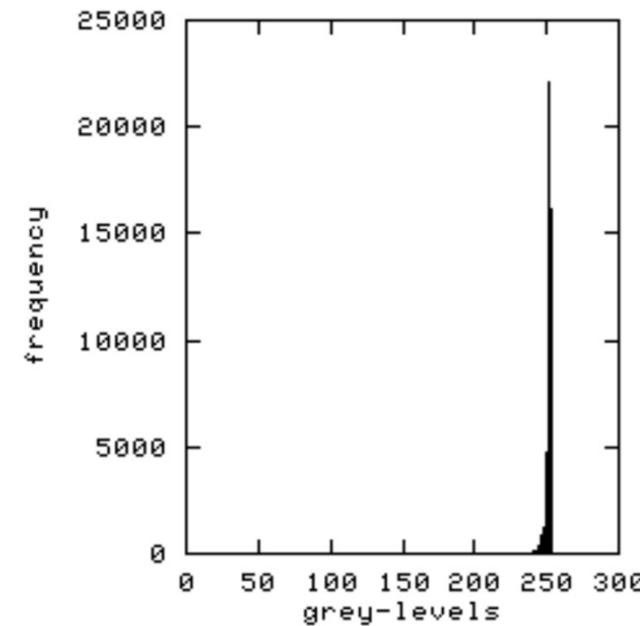
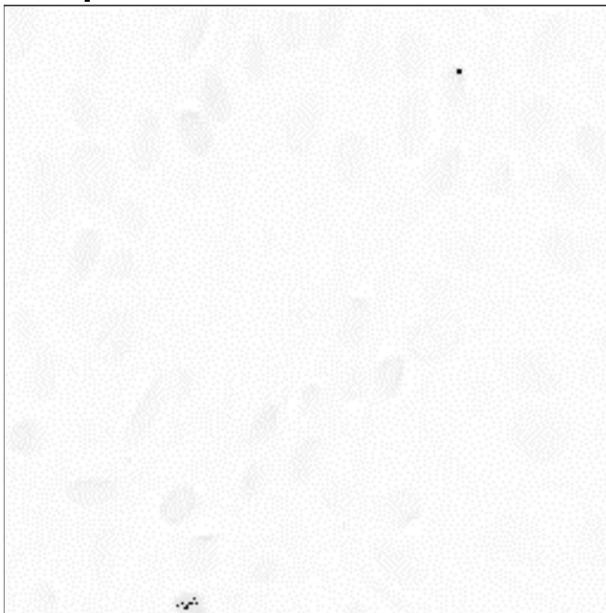
- Histogramme et contraste/luminance
  - Image avec 1 dynamique très concentrée sur les tons noirs
    - trop sombre
    - peu contrastée



# Traitements ponctuels

---

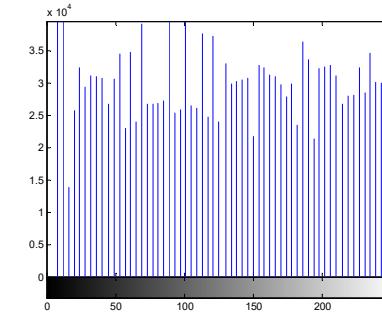
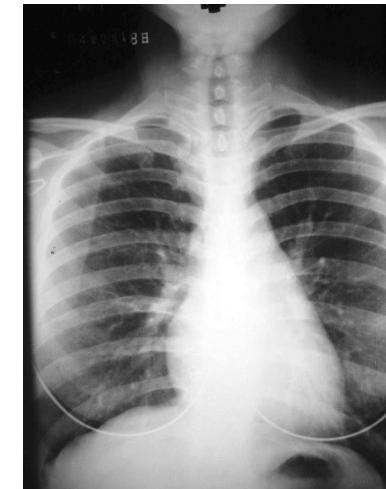
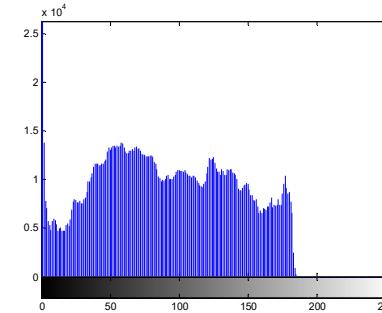
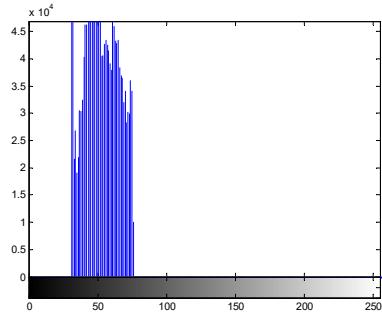
- Histogramme et contraste/luminance
  - Image avec 1 dynamique très concentrée sur les tons clairs
    - trop claire
    - peu contrastée



# Traitements ponctuels

---

## □ Histogramme et contraste/luminance

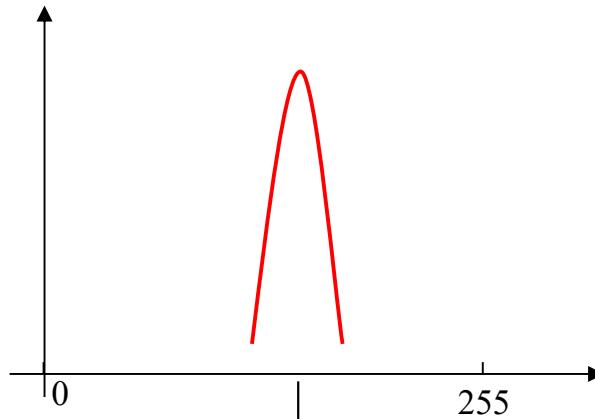


# Traitements ponctuels

---

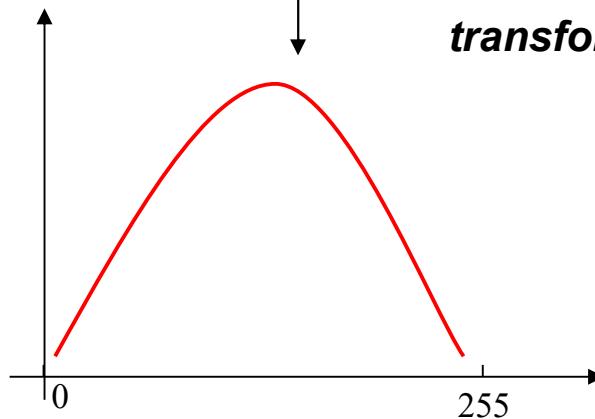
## □ Histogramme/luminance-contraste

*Comment passer de ....*



*transformation d'histogramme !*

*.... à ?*



# Traitements ponctuels

---

- Traitements à partir de l'histogramme
  - *Transformations sans intervention du voisinage du pixel transformé*
    - La nouvelle valeur d'un pixel ne dépend que de son ancienne valeur
  - *Transformations linéaires*
    - Normalisation d'histogramme  $\Rightarrow$  exploiter toute la dynamique de codage
    - A ne pas confondre avec l'histogramme normalisé ....
  - *Transformations non linéaires*
    - Utilisation de LUT
      - $\Rightarrow$  renforcer certains niveaux de gris au détriment d'autres
    - Égalisation d'histogramme
      - $\Rightarrow$  équilibrer la dynamique de codage et augmenter le contraste
    - Seuillage
      - $\Rightarrow$  simplifier l'image en regroupant les pixels selon leurs valeurs



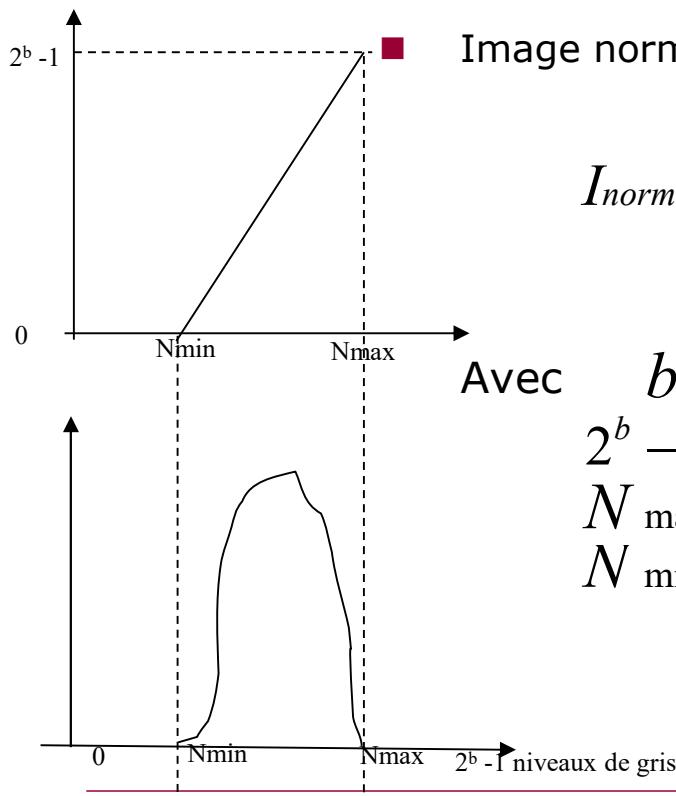
# Traitements ponctuels

---

- Traitements sur histogramme
  - *Normalisation*
    - ⇒ exploiter toute la dynamique de codage
  - *Égalisation*
    - ⇒ équilibrer la dynamique de codage et augmenter le contraste
  - *Segmentation*
    - ⇒ simplifier l'image en regroupant les pixels selon leurs valeurs

# Traitements ponctuels

- Traitements sur histogramme
  - Normalisation d'histogramme= expansion de dynamique
    - Étendre la dynamique de l'image à la dynamique max



■ Image normalisée est obtenue par la formule suivante

$$I_{\text{norm}}(x, y) = (I(x, y) - N_{\min}) \times \frac{2^b - 1}{N_{\max} - N_{\min}}$$

Avec  $b$  : nombre de bits utilisés pour coder l'image

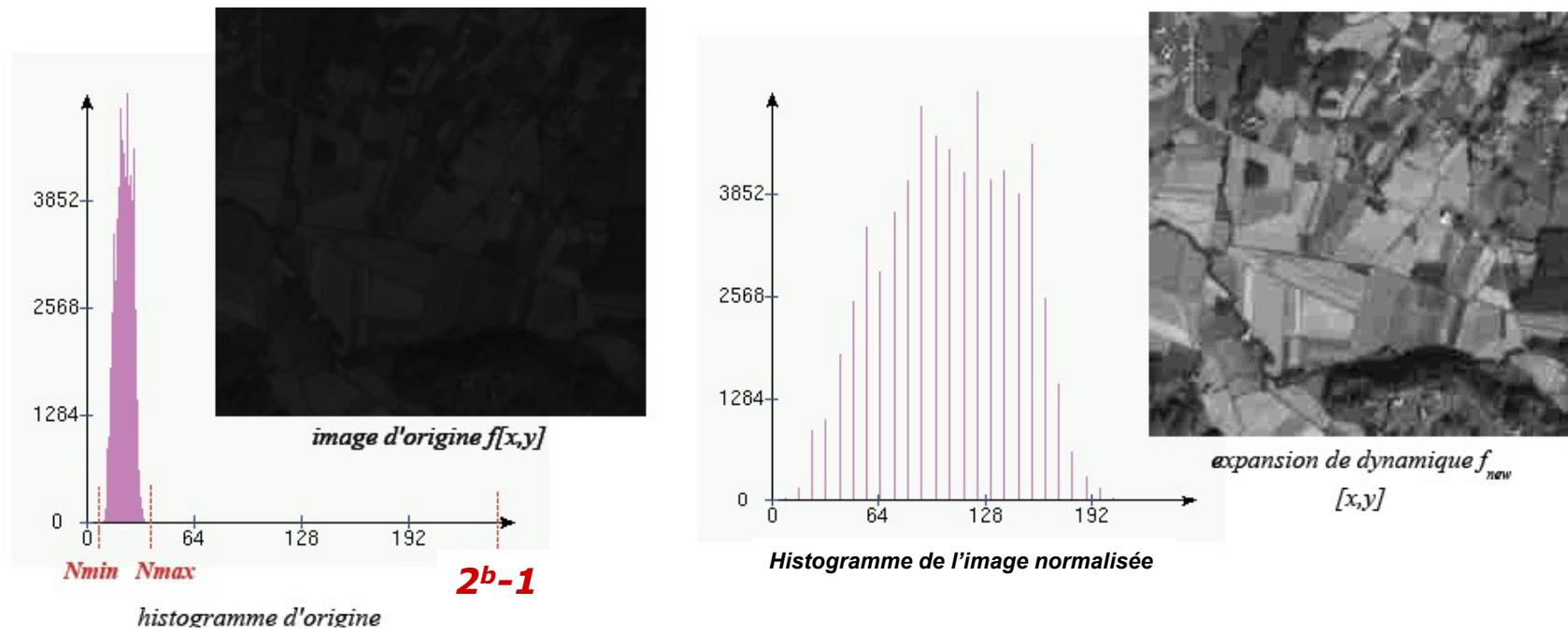
$2^b - 1$  : dynamique maximale de l'image

$N_{\max}$  : plus grande valeur de niveau de gris utilisée

$N_{\min}$  : plus petite valeur de niveau de gris utilisée

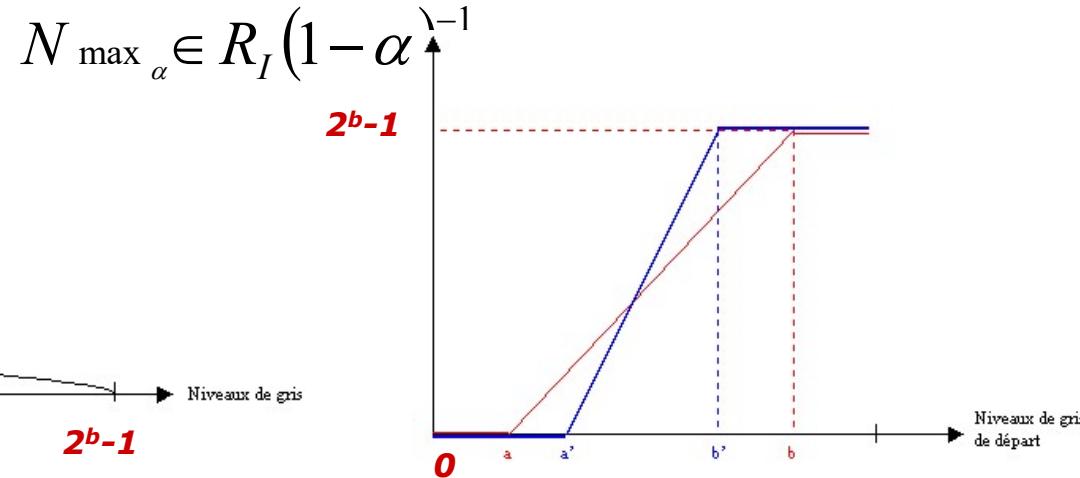
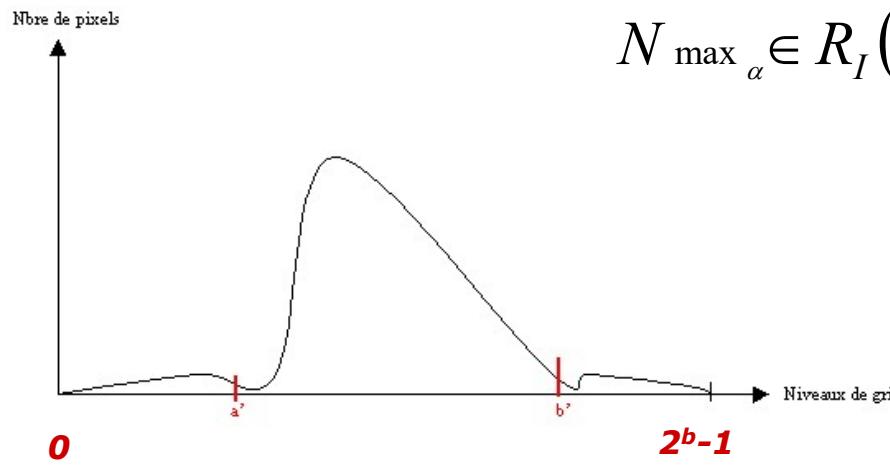
# Traitements ponctuels

- Traitements sur histogramme
  - Normalisation d'histogramme= expansion de dynamique
    - Étendre la dynamique de l'image à la dynamique max



# Traitements ponctuels

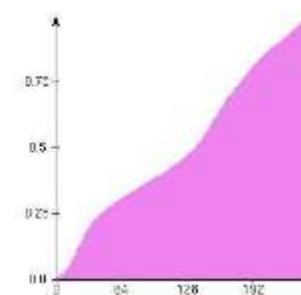
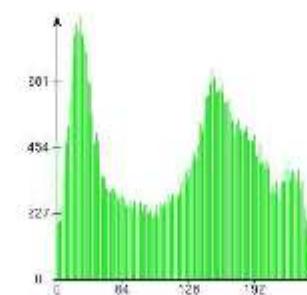
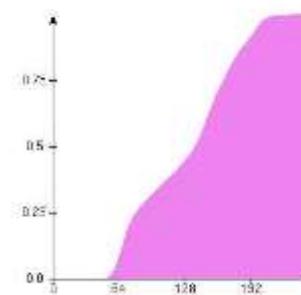
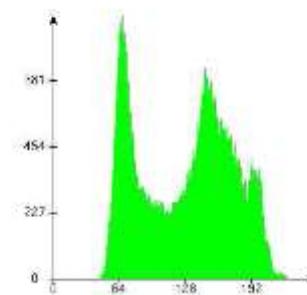
- Traitements sur histogramme
  - Normalisation d'histogramme = expansion de dynamique
    - Inopérante si un seul pixel à la valeur 0 et un seul autre pixel a la valeur
    - Utiliser un paramètre  $\alpha$  avec  $0 \leq \alpha \leq \frac{1}{2}$  et on prend



# Traitements ponctuels

---

- Traitements sur histogramme
  - Normalisation d'histogramme = expansion de dynamique

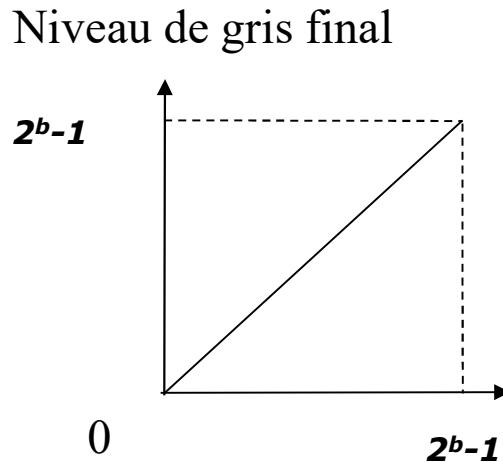


$$\alpha = 0,005$$

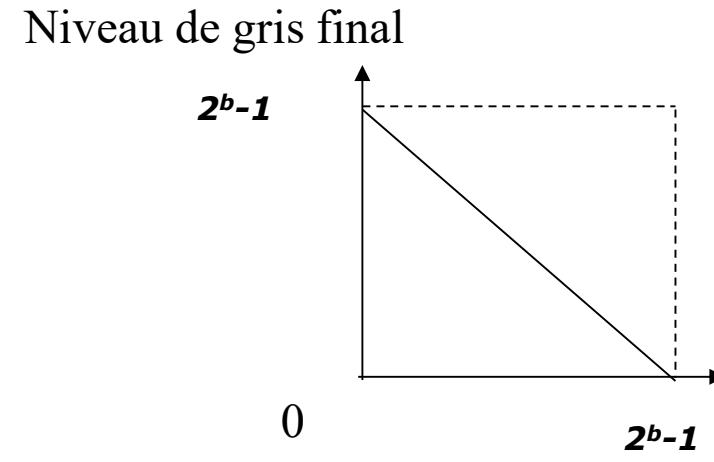
# Traitements ponctuels

---

- Traitements sur histogramme
  - Non linéaires
    - Utilisation de LUT (Look Up Table) = table de conversion  
⇒ renforcer certains niveaux de gris au détriment d'autres



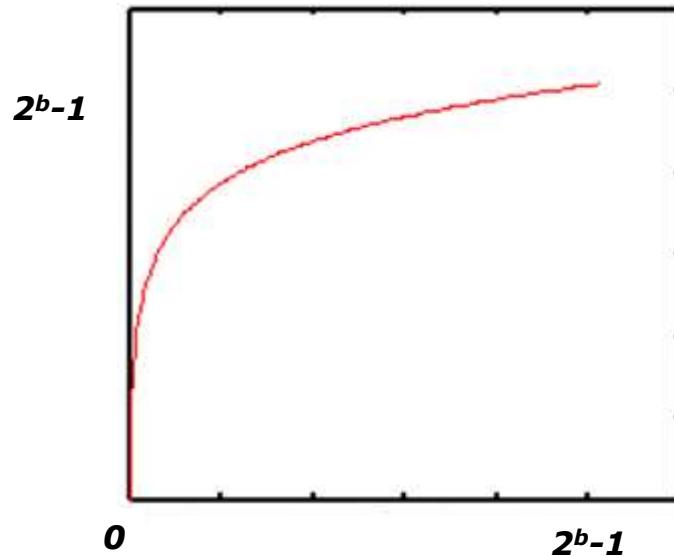
*LUT identité*



*LUT inversion*

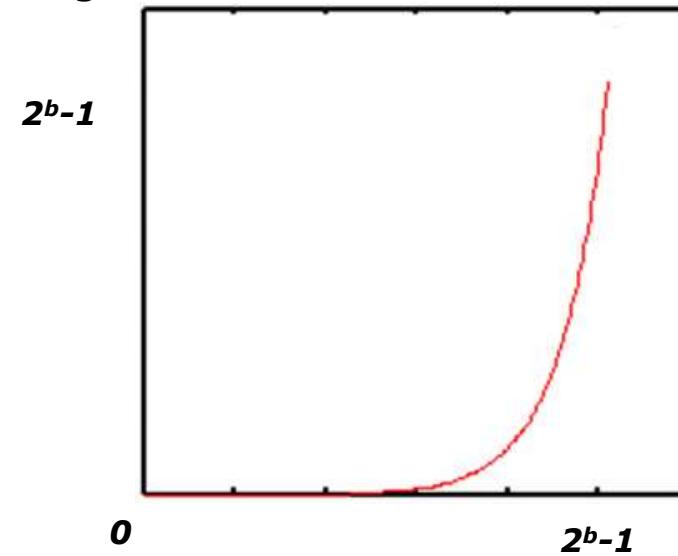
# Traitements ponctuels

- Traitements sur histogramme
  - Non linéaires
    - Utilisation de LUT (Look Up Table) = table de conversion  
⇒ renforcer certains niveaux de gris au détriment d'autres



*LUT Logarithmique*

⇒ renforcer niveaux de gris clairs



*LUT exponentielle*

⇒ renforcer niveaux de gris sombres

# Traitements ponctuels

---

- Traitements sur histogramme
  - Non linéaires
    - LUT logarithmique      ⇒ renforcer niveaux de gris clairs

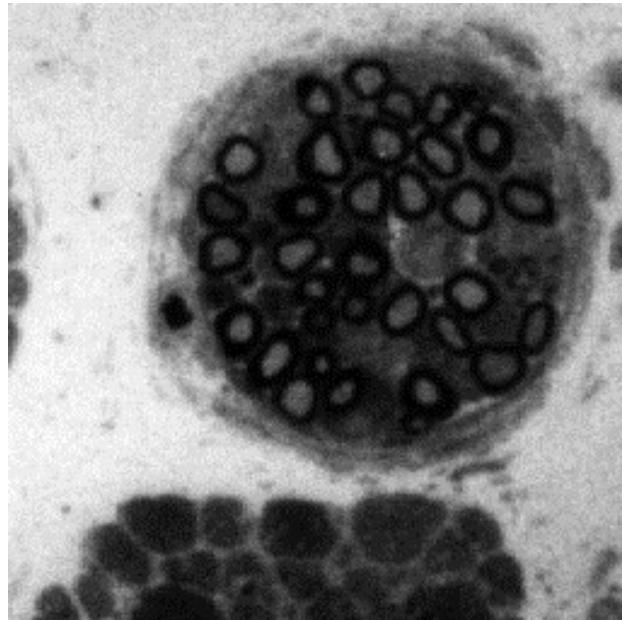


image de myéline originale

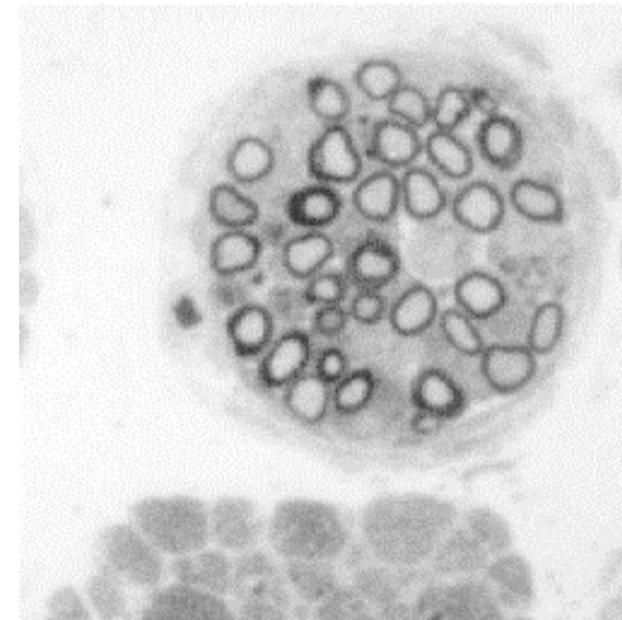


image de myéline après LUT logarithmique

# Traitements ponctuels

---

- Traitements sur histogramme
  - Non linéaires
    - LUT exponentielle ⇒ renforcer niveaux de gris sombres

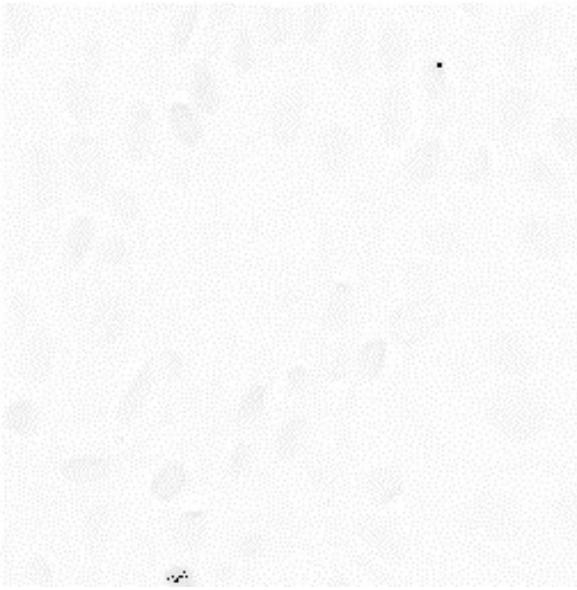


image de tissu cellulaire originale

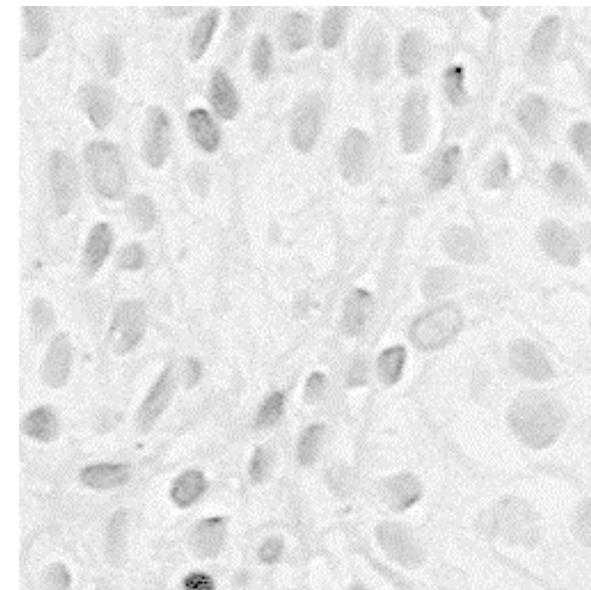


image de tissu cellulaire après LUT exponentielle

# Traitements ponctuels

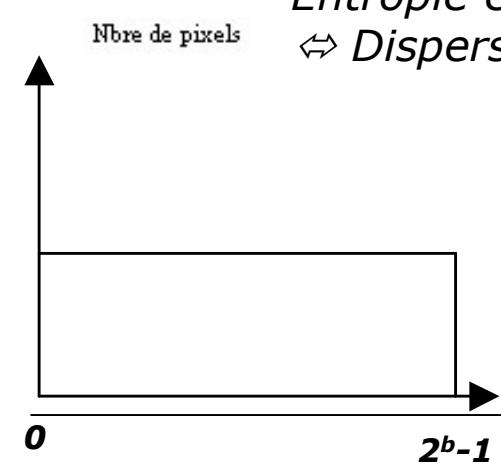
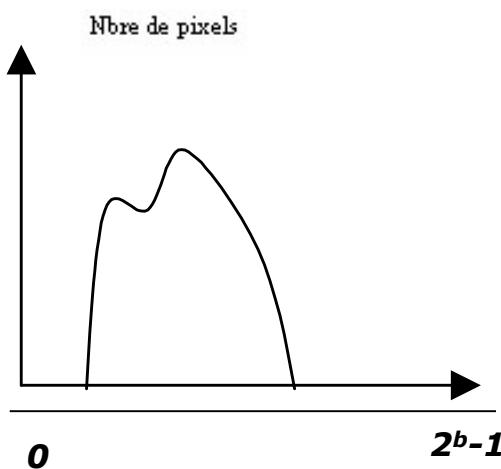
## □ Traitements sur histogramme

### ■ Non linéaires

#### □ Égalisation d'histogramme

⇒ équilibrer le mieux possible la distribution des pixels dans la dynamique

⇒ Idéalement on cherche à obtenir un histogramme plat



*Entropie est maximale  
↔ Dispersion optimale*

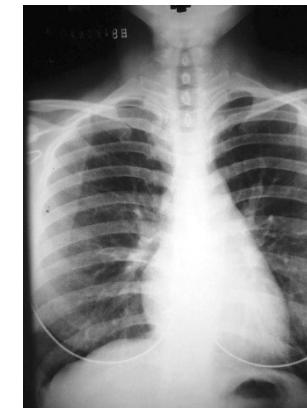
# Traitements ponctuels

---

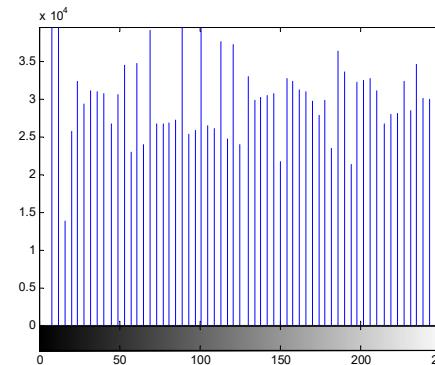
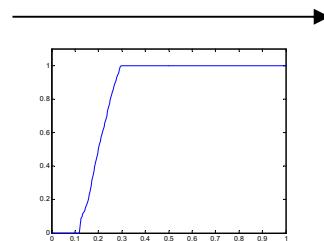
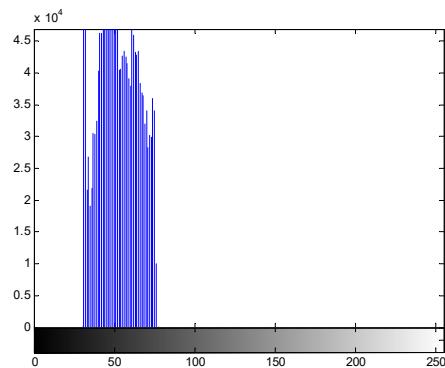
- Traitements sur histogramme
  - Non linéaires
    - Égalisation d'histogramme
      - ⇒ Ajuster les niveaux de gris en fonction de l'histogramme cumulé normalisé
      - ⇒ Nouvel  $R_I$  soit le plus linéaire possible
    - $$I_{egal}(x, y) = (2^b - 1)R_I(I(x, y))$$
  - une redistribution des pixels pour ré-équilibrer les fréquences
    - on privilégie les niveaux de gris les moins fréquents en les regroupant par rapport aux niveaux de gris les plus fréquents

# Traitements ponctuels

- Traitements sur histogramme
  - Égalisation d'histogramme



*histogramme  
cumulatif  
normalisé  
de  $I$*



# Traitements ponctuels

- Traitements sur histogramme
  - Égalisation d'histogramme

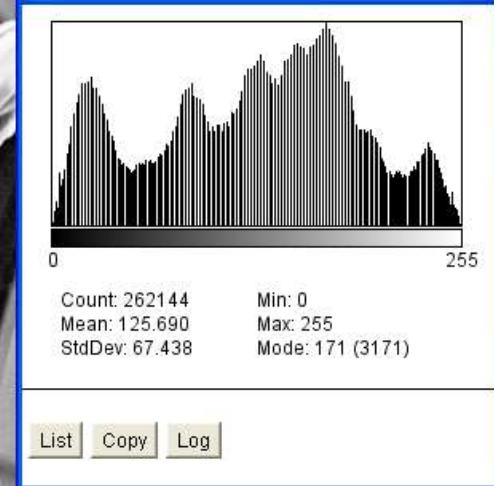
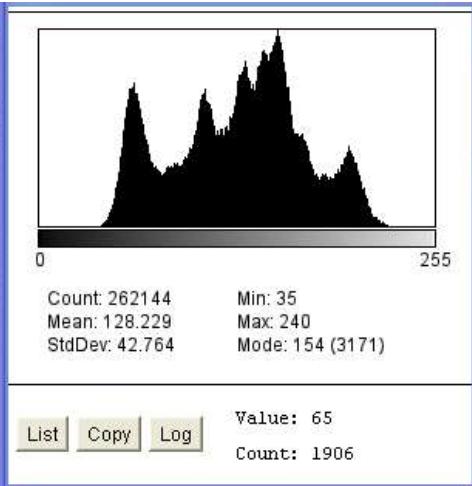


image originale et son histogramme

image égalisée et son histogramme

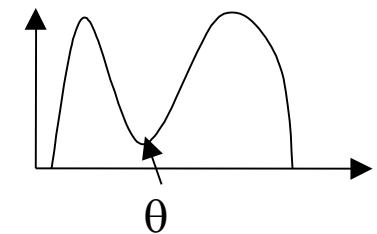
# Traitements ponctuels

---

- Traitements sur histogramme
  - *Segmentation par seuillage*  $\Leftrightarrow$  *Binarisation*
    - ⇒ simplifier l'image en regroupant les pixels selon leurs valeurs
  - Transforme l'image initiale en image binaire

$$I'(x,y) = 255 \text{ si } I(x,y) \geq \theta$$

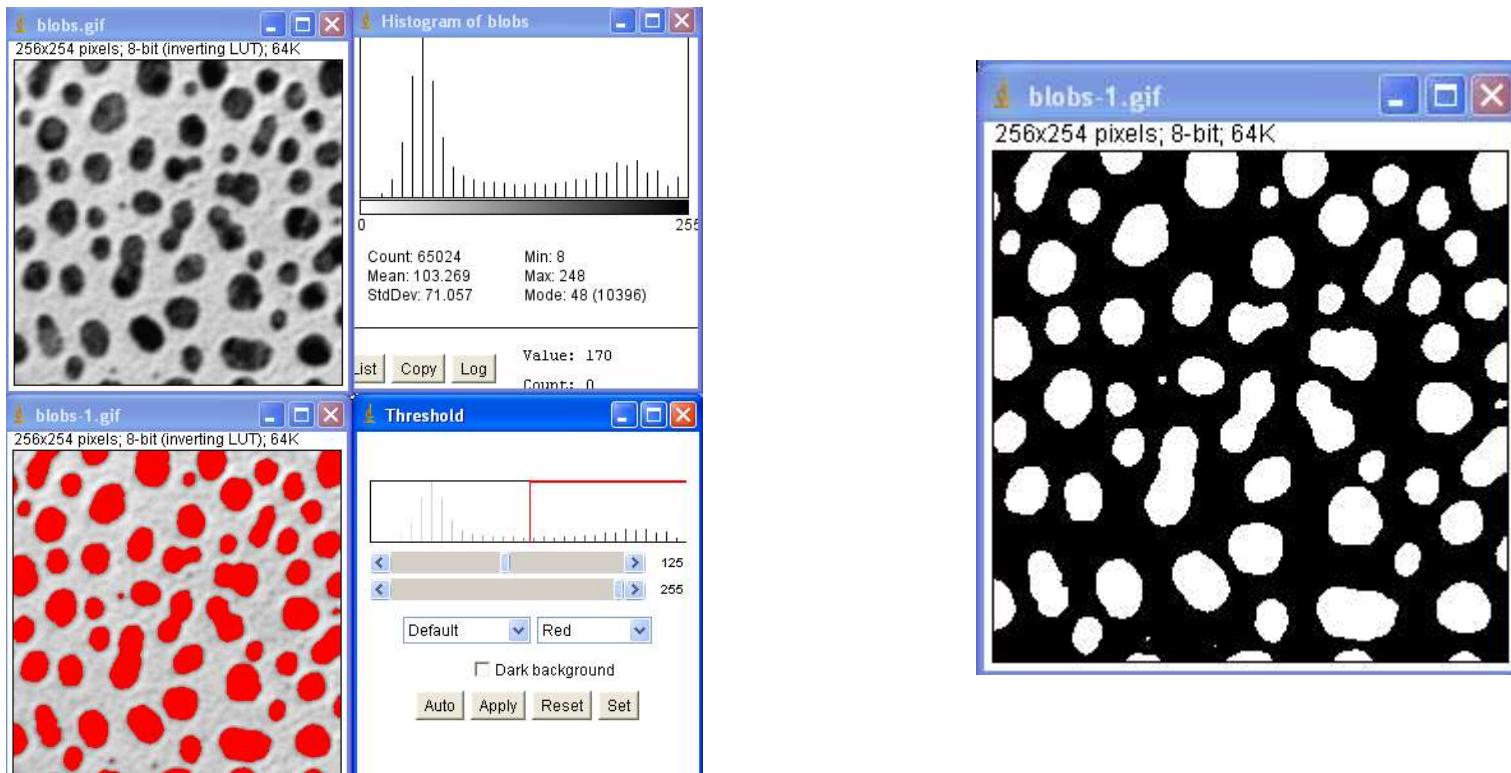
$$I'(x,y) = 0 \text{ si } I(x,y) < \theta$$



Seuil  $\theta$  peut être fixé par l'utilisateur, ou déterminé à partir de l'analyse de l'histogramme

# Traitements ponctuels

- Traitements sur histogramme
  - *Segmentation par seuillage  $\leftrightarrow$  Binarisation*



# Traitements ponctuels

---

- Problèmes
  - Traitements qui ne tiennent pas compte
    - Des positions spatiales des pixels
    - De l'environnement du pixel
      - Un voisinage => transformation locale
      - Toute l'image => transformation globale