

Imagerie et Vision Industrielle

Généralités sur les images et histogrammes



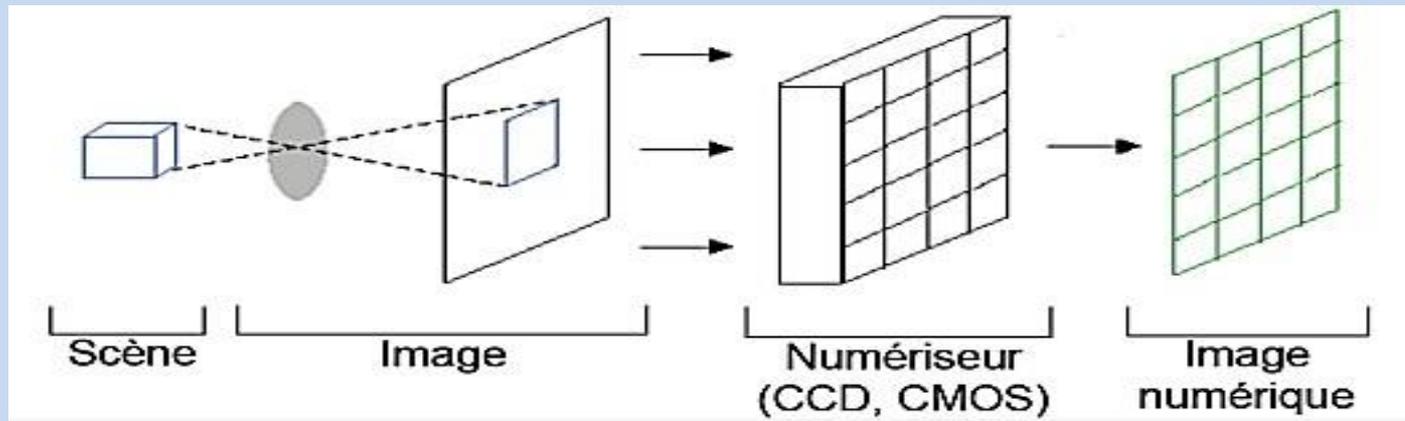
Master 1

Automatique et Informatique Industrielle

Généralités sur les images et histogrammes

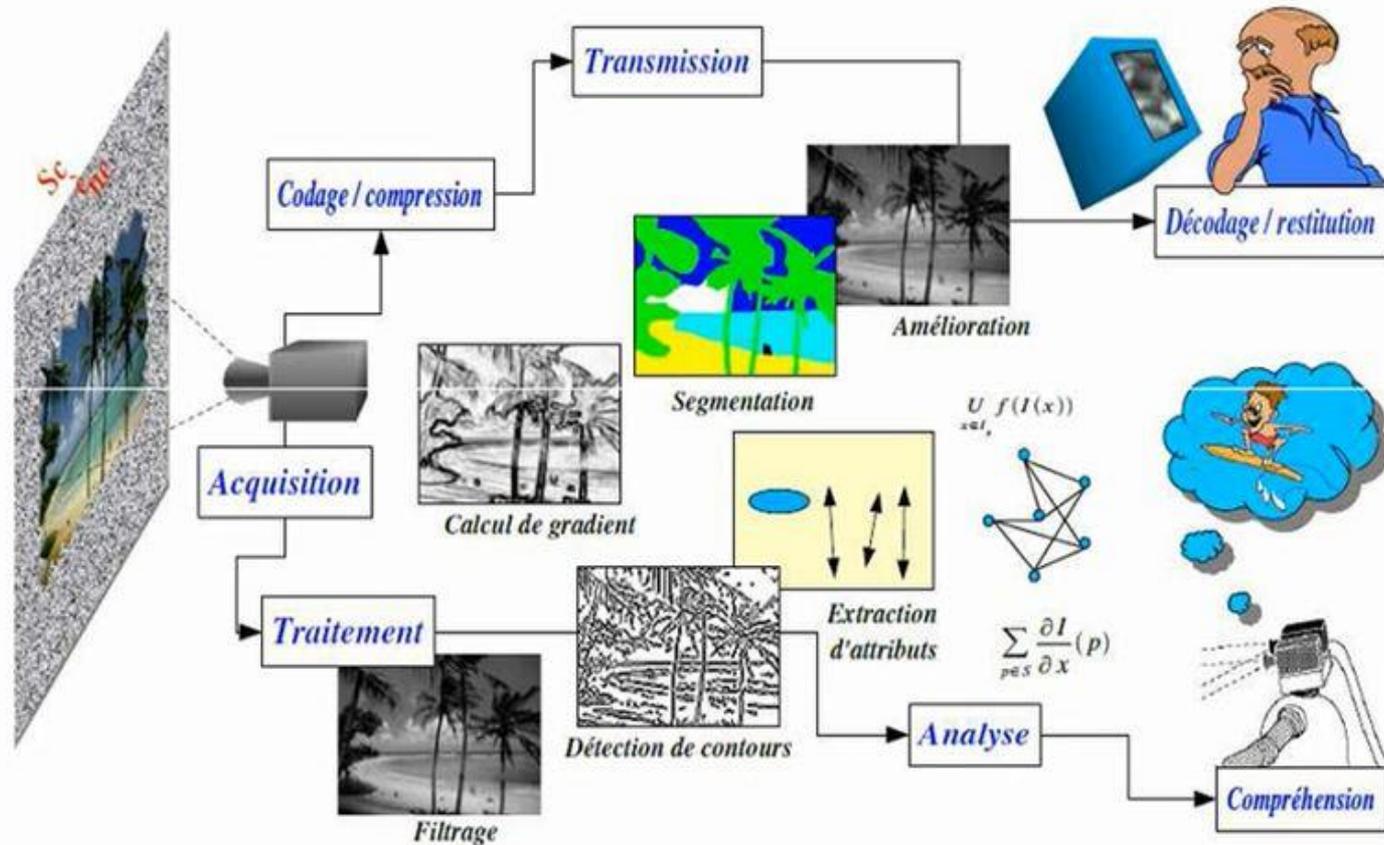
1. Introduction

La création d'une image numérique est faite par un appareil de mesure (scanner, appareil photo numérique, webcam, barrette CCD, ...)



Chaine d'acquisition d'une image

Introduction



Introduction

- Le traitement d'image est les opérations qu'on peut réaliser sur des images.
- Avant de traiter les images il faut réaliser d'abord ces images, c'est l'étape de l'acquisition qui consiste à transformer les vues réelles en des images numériques.
- Après cette étape il faut transformer ces images en des matrices qu'on peut traiter par la suite.

- Échantillonnage

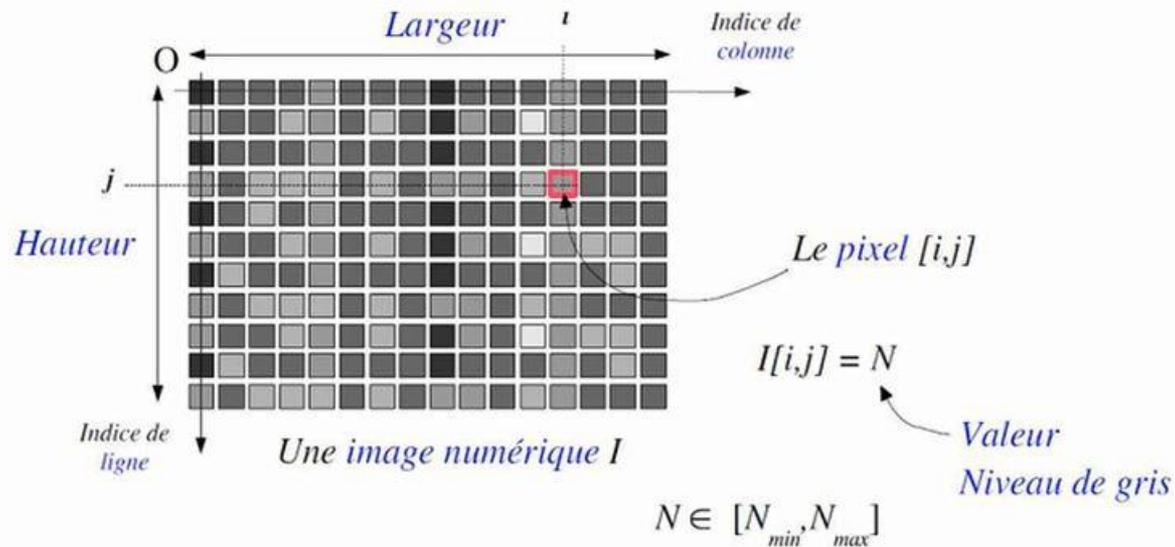
- Le procédé de discrétisation spatiale d'une image consistant à associer à chaque zone rectangulaire $R(x,y)$ d'une image continue une unique valeur $I(x,y)$.

- Quantification

- désigne la limitation du nombre de valeurs différentes que peut prendre $I(x,y)$.

Une image numérique est une image échantillonnée et quantifiée.

Pixels et niveaux de gris



$$(N_{max} - N_{min}) = \text{nombre de niveaux de gris}$$

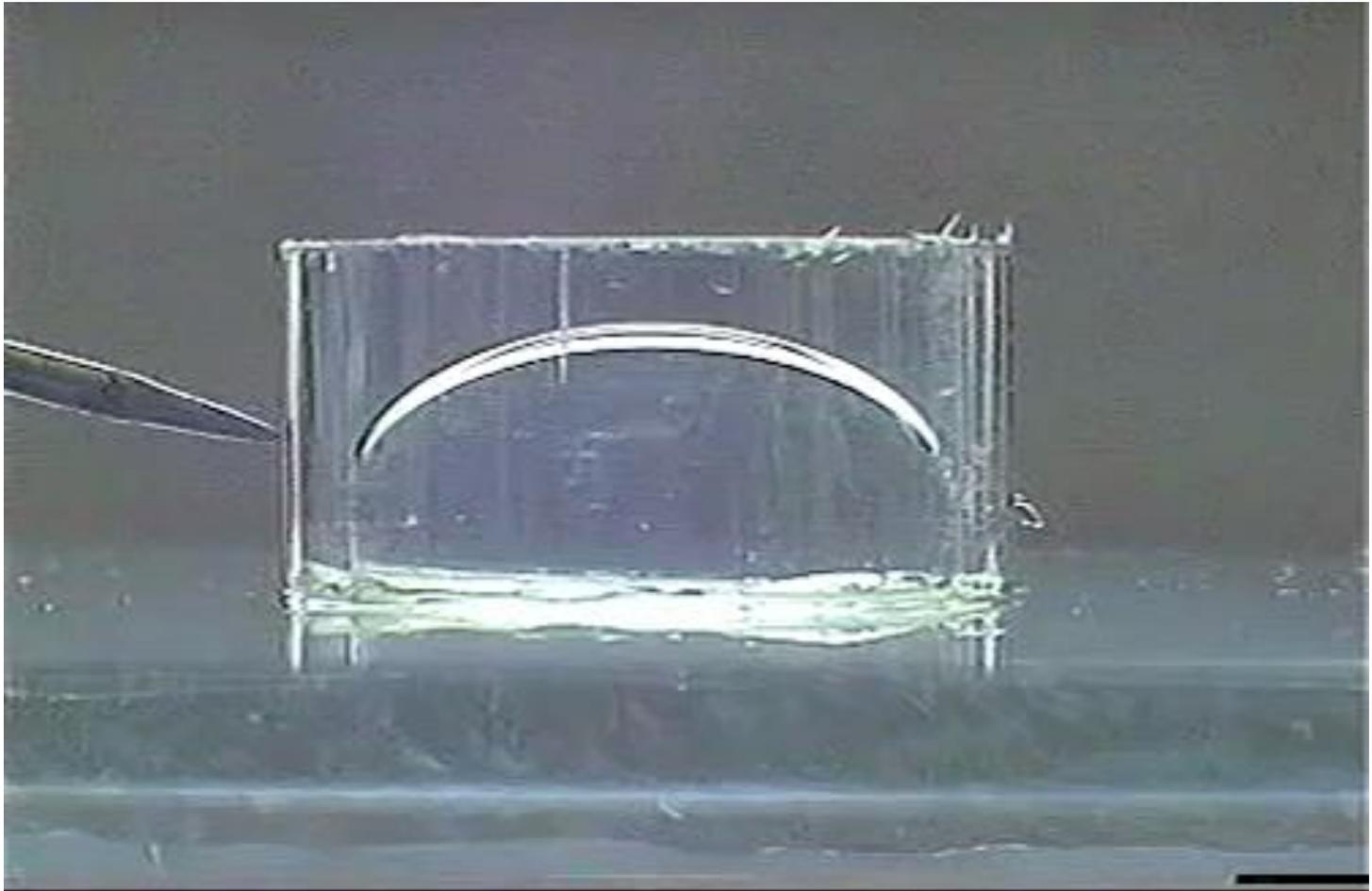
$$\text{Log}_2(N_{max} - N_{min}) = \text{dynamique}$$

Pixels et niveaux de gris

Le codage des couleurs

- En niveau de gris
 - Binaire : $I(i,j) = 0$ ou 1 (0: noir, 1: blanc)
 - Codage 8bits: $I(i,j) = 0, 1, \dots, 255$ du plus foncé au plus clair
- En couleur:
 - codage dans l'espace RGB : $I_R(i,j) = 0, 1, \dots, 255$, $I_V(i,j) = 0, 1, \dots, 255$, $I_B(i,j) = 0, 1, \dots, 255$

Video : Lentille Liquide

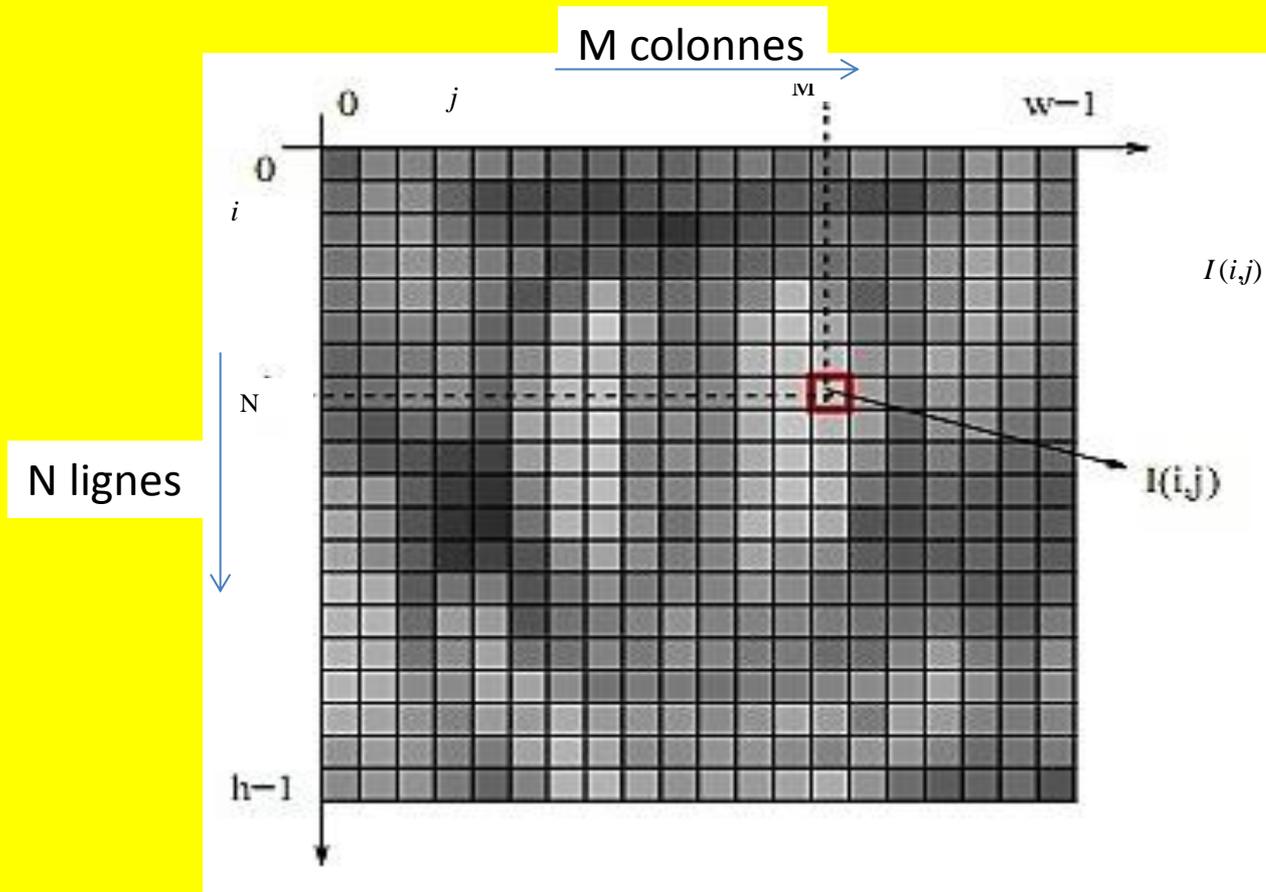


Video : Applications Nouveautés des Lentilles Liquides



2. Représentation numérique

Une image numérique est représentée par un tableau ou matrice I de N lignes et M colonnes. Le pixel est un point de l'image désigné par un couple de coordonnées (i, j) où i est l'indice de ligne et j l'indice de colonne. N et M sont respectivement la largeur et la hauteur de l'image I .



Par convention, le pixel origine $(0, 0)$ est en général en haut à gauche.

le *niveau de gris* avec $I(i, j) \in \{0, Nmax - 1\}$. $Nmax$ est le nombre de niveaux de gris.

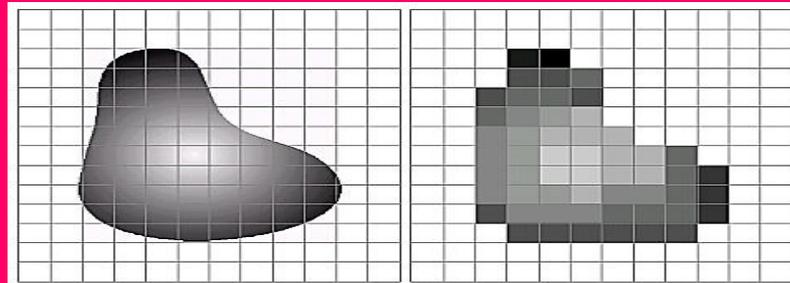
Notation utilisée pour une image numérique

On appelle dynamique de l'image le logarithme en base 2 de N_{max} , c.-à-d. le nombre de bits utilisés pour coder l'ensemble des valeurs possibles:

$$D = \log_2(N_{max}) \text{ et } N_{max} = 2^D$$

❑ Echantillonnage et quantification

Une image numérique est associée à un *pavage* de l'espace, en général rectangulaire. Chaque élément du pavage, appelé *pixel*, est désigné par ses coordonnées entières.



Pavage rectangulaire de l'espace de l'image

L'échantillonnage est le procédé de discrétisation spatiale d'une image réelle consistant à associer à chaque pixel une unique valeur $I(i,j)$. On parle de sous-échantillonnage lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on veut diminuer le nombre de pixels.

La quantification désigne la discrétisation tonale correspondant à la limitation du nombre de valeurs différentes que peut prendre chaque pixel. Une image numérique est donc une image échantillonnée et quantifiée

3. Résolution spatiale et tonale

Les deux figures suivantes montrent des exemples d'une même image acquise à des résolutions différentes.



512x512



256x256



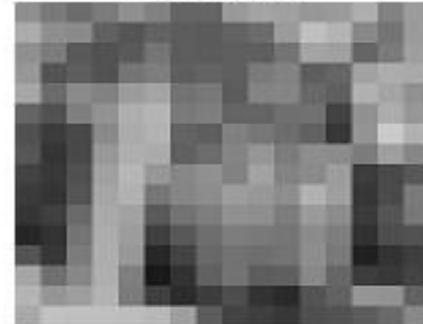
128x128



64x64



32x32



16x16

La résolution spatiale : effet de l'échantillonnage



8 bits



5 bits



4 bits



3 bits



2 bits



1 bit

La résolution tonale : effet de la quantification

3. Codage des images

Pour pouvoir stocker et transmettre cette image comme n'importe quelle autre donnée informatique, chaque pixel de l'image doit être codé en *binaire* (suite de 0 et de 1) en utilisant un nombre de bits B fixe. Le nombre de bits B utilisé influe directement sur la qualité de l'image. Si le nombre de bits est B , alors on obtient 2^B nuances possibles dans l'image.

Nous avons 3 cas particuliers pour les images fixes :

Codage à 2 niveaux : image binaire

- $B = 1$ (un seul bit) : dans ce cas, nous avons seulement 2 couleurs (0 : noir et 1 : blanc) et l'image obtenue est ainsi dite une image noir et blanc.

Image binaire



Images Binaires : exemple

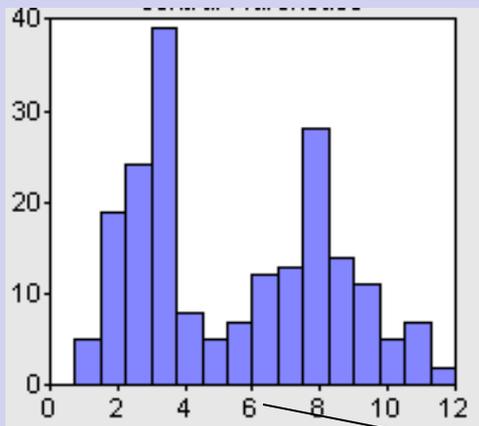


- Images à 2 valeurs (0 ou 1)
- Simple à étudier et analyser
- très utile pour les applications industrielles

- Obtenue à partir d'une image à niveaux de gris (ou couleur) $g(x, y)$ par Seuillage
- Fonction caractéristique

$$b(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } g(x, y) < T \\ 0 & \text{if } g(x, y) \geq T \end{cases}$$

Choisir un Seuil



Histogramme Bimodal

Seuil

Codage de niveaux de gris : Exemple

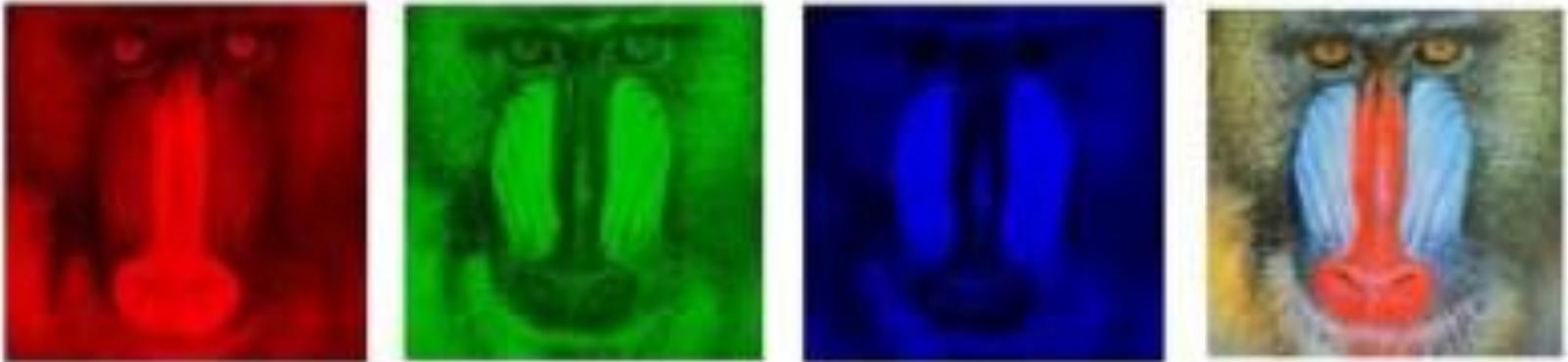
- $B = 8$ (un seul octet) : dans ce cas, nous avons $2^8 = 256$ couleurs possibles (de 0 jusqu'à 255). La valeur 0 pour le noir, 255 pour le blanc et les autres intensités (de 1 jusqu'à 254) sont des niveaux de gris. L'image obtenue est dite image en niveaux de gris.



Image en niveaux de gris

Codage des couleurs : exemple

- **B = 24** (3 octets) : dans ce cas, nous utilisons 3 octets pour représenter 3 composantes RVB (*Rouge, Vert et Bleu*) ou RGB. Alors, l'image obtenue est une image couleurs.



Les 3 composantes **RVB** et l'image couleur correspondante

Les formats d'images

Pour représenter une image, on peut la décrire à l'aide de :

- fonctions mathématiques (représentation vectorielle) ou
- par l'ensemble des points qui la composent (représentation matricielle).

Introduction
au
Traitement Numérique d'Images :
Domaine spatial

Vision Machine ?

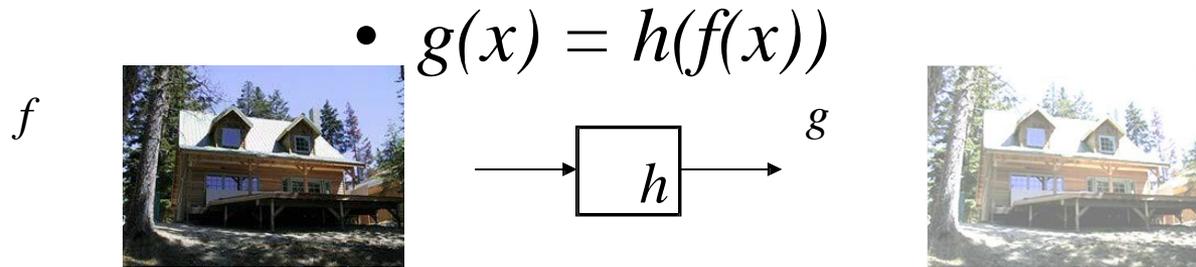
- Make computers understand images and videos.



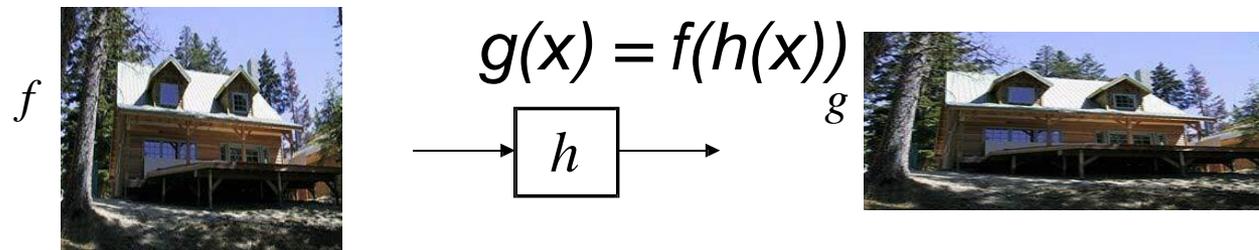
- What are they doing?
- Why is this happening?
- What is important?
- What will I see?

Traitement Numérique d'Images

- Traitement par Pixel : change *dynamique* de l'image



- Transformation géométrique: change *domaine* de l'image

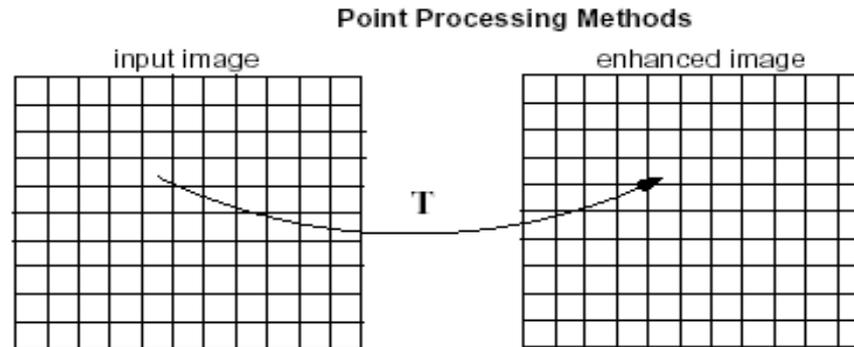


Traitement dans le domaine spatial

- Transformation d'images
 - Point Processing Transformations / ponctuel
 - Pixel Mapping / transformation des pixels
 - Histogram Processing / traitement d'histogramme
 - Area/Mask Processing Transformations / fenêtres
 - Image Filtering / filtrage d'image
 - Frame Processing Transformations / traitement video
 - Geometric Transformations / géométriques
-

Méthodes : Domaine Spatial

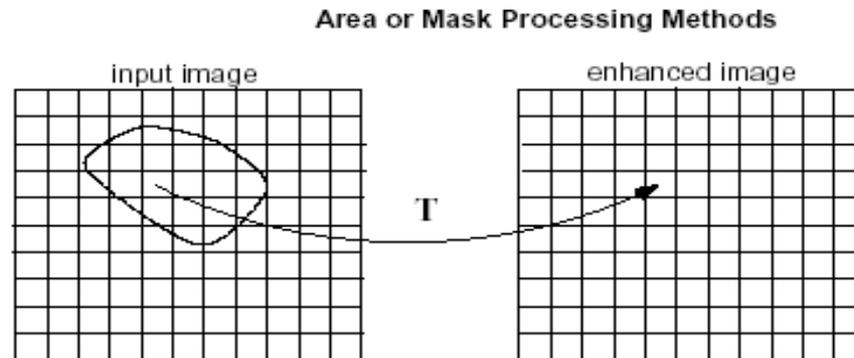
Traitement
par Point



$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

T operates on 1 pixel

Traitement
par Masque



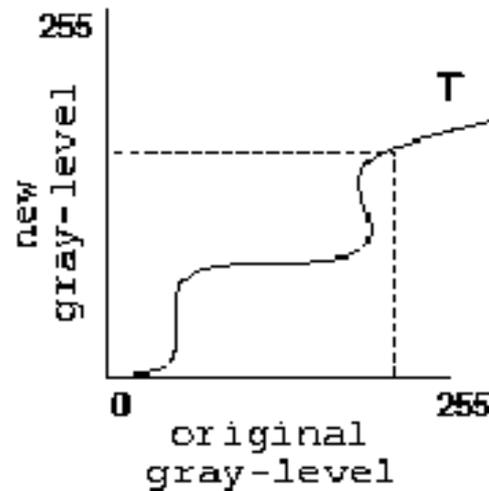
$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

T operates on a
neighborhood of pixels

Point Processing Methods

- The most primitive, yet essential, image processing operations.
- Intensity transformations that convert an old pixel into a new pixel based on some predefined function.
- Operate on a pixel based solely on that pixel's value.
- Used primarily for *image enhancement*.

Transformation
function



Transformation Identité

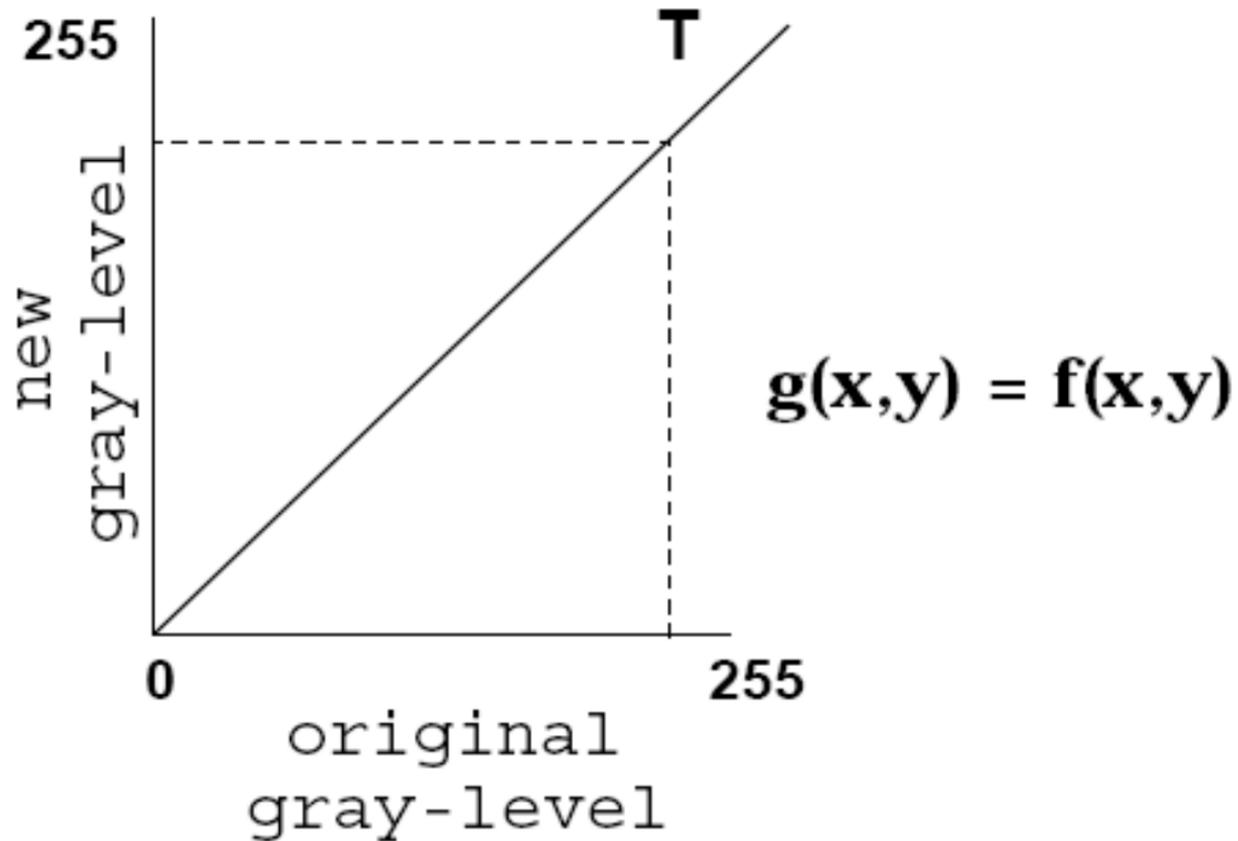
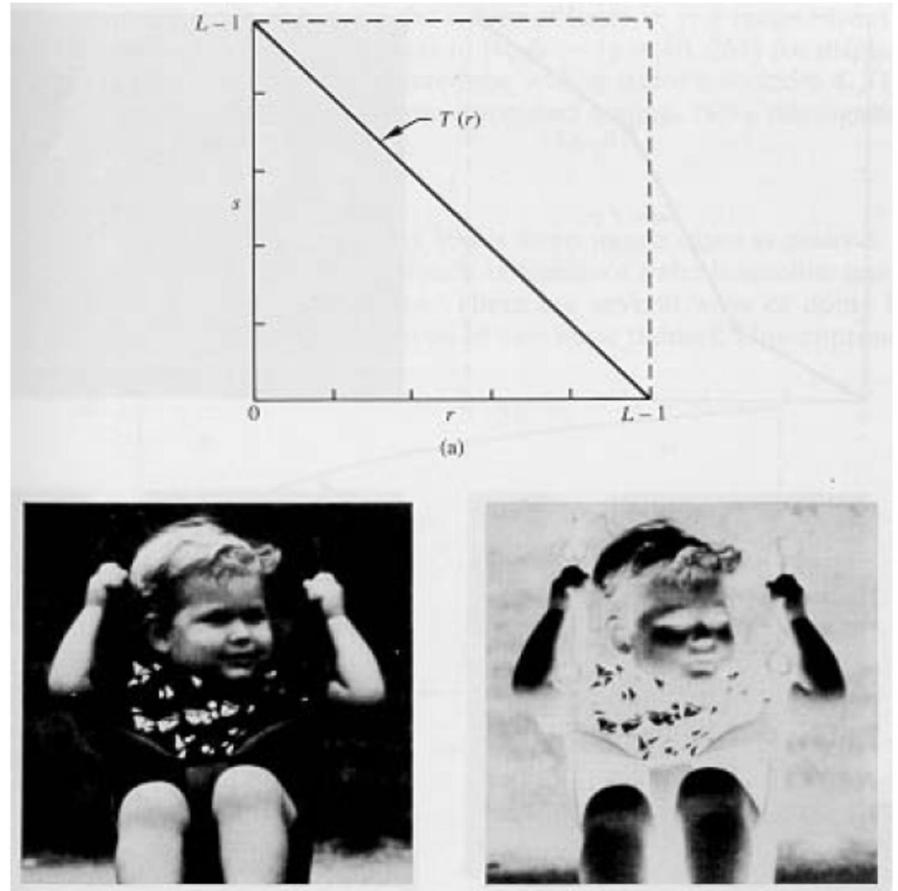


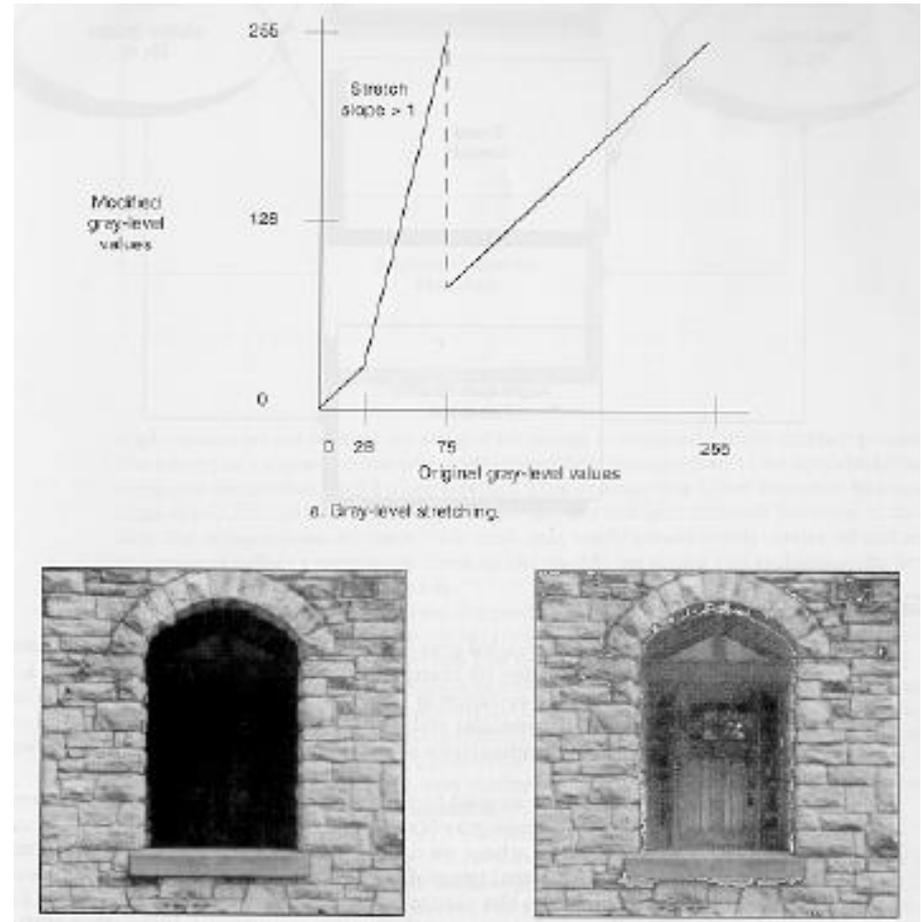
Image : Negative

- $O(r,c) = 255-I(r,c)$



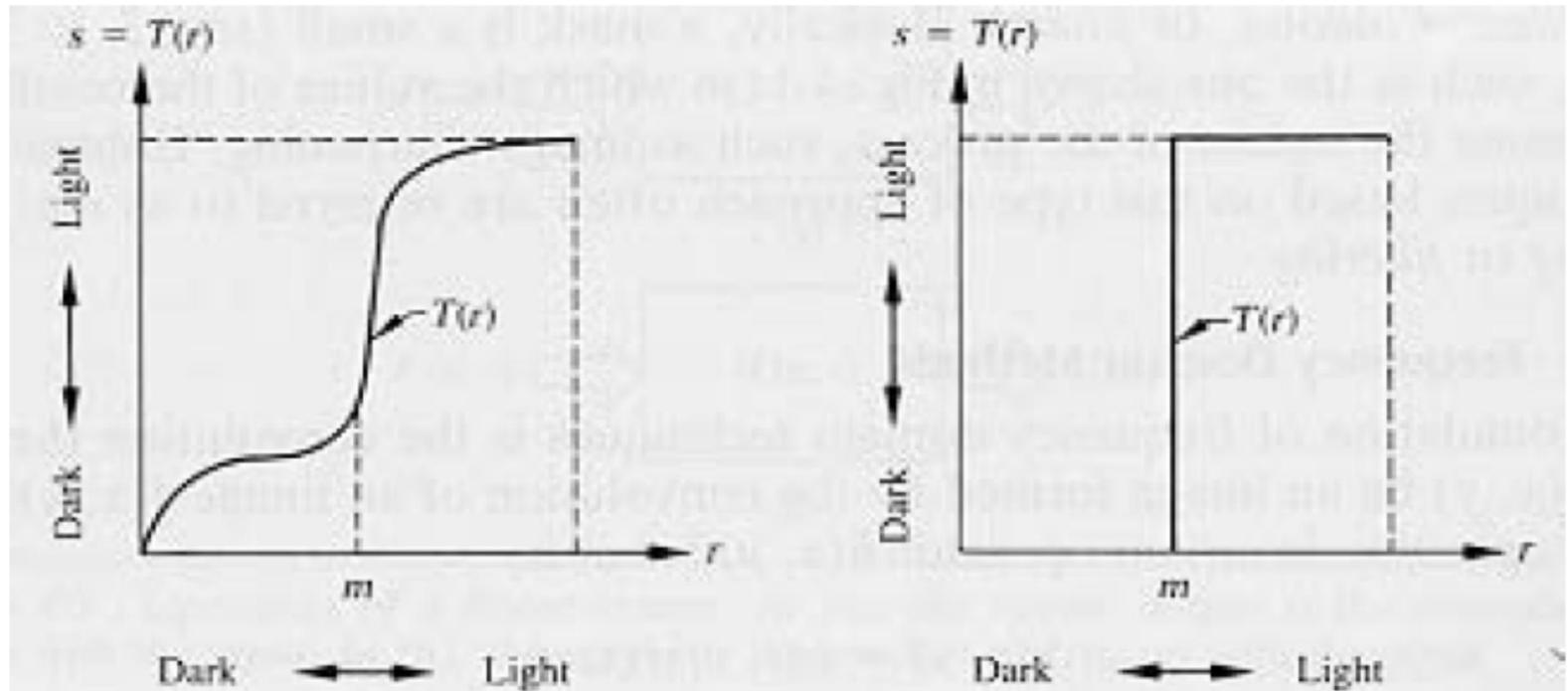
Etirement du Contraste ou Compression

- Stretch gray-level ranges where we desire more information (slope > 1).
- Compress gray-level ranges that are of little interest ($0 < \text{slope} < 1$).



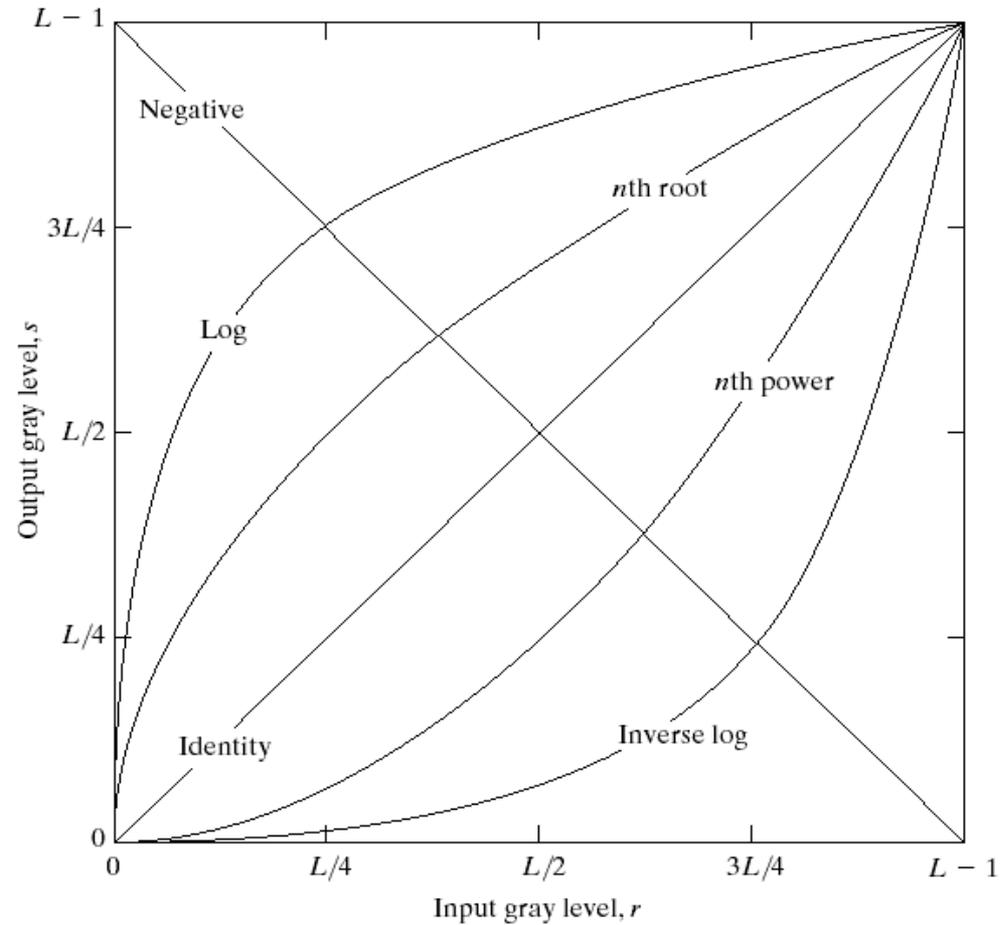
Méthodes de traitement ponctuel

- **Seuillage**: Cas special de compression de contraste



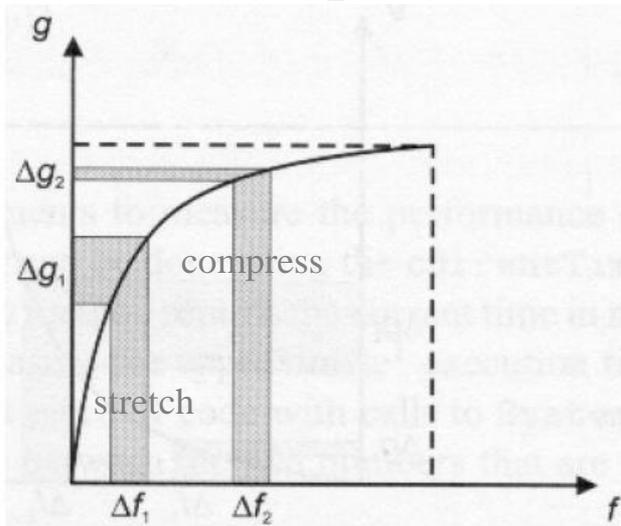
Basic Point Processing

FIGURE 3.3 Some basic gray-level transformation functions used for image enhancement.



Transformation Logarithmique

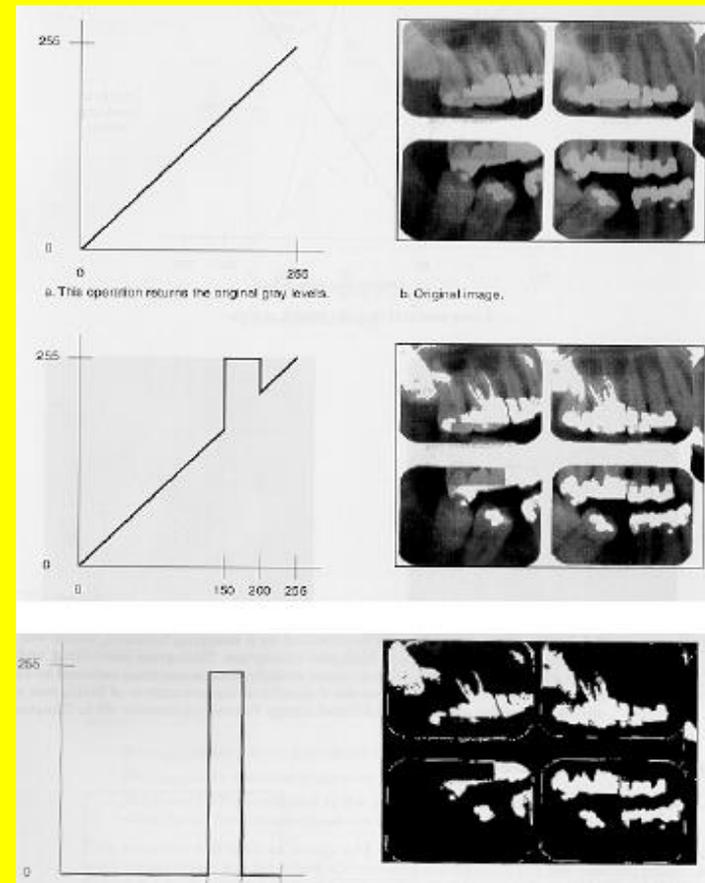
- Non-linear transformations
 - We may use any function, provided that it gives a *one-to-one* or *many-to-one* (i.e., single-valued) mapping.
- Enhance details in the darker regions of an image at the expense of detail in brighter regions.



$$s = T(r) = c \log(1 + |r|)$$

Méthodes de traitement ponctuel

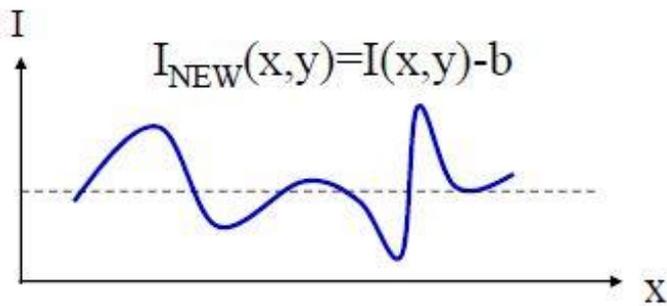
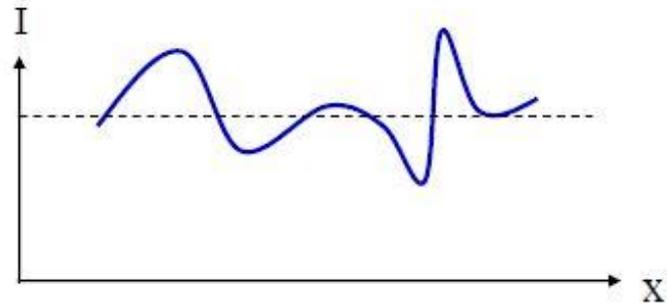
- **Intensity-level slicing**
 - **Highlight a specific range of gray-levels only**
 - **Acts as double thresholding**



Moyenne d'une Image

Image Mean

$$I_{av} = \frac{\sum_i \sum_j I(i,j)}{\sum_i \sum_j 1}$$



Moyenne d'une Image: Exemple

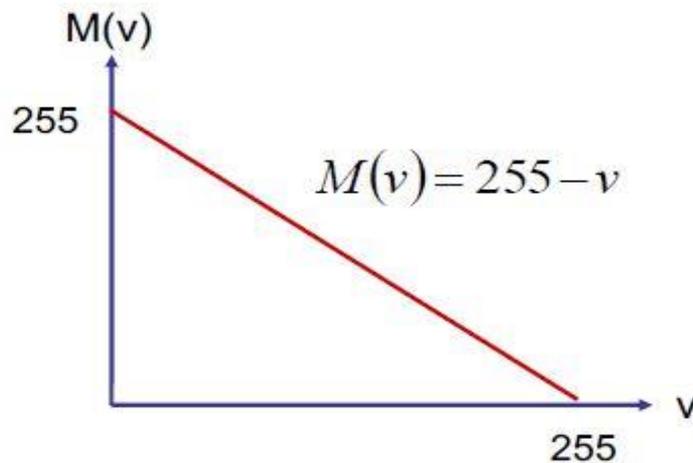
Image Mean



Changing the image mean

Négative d'une Image: exemple

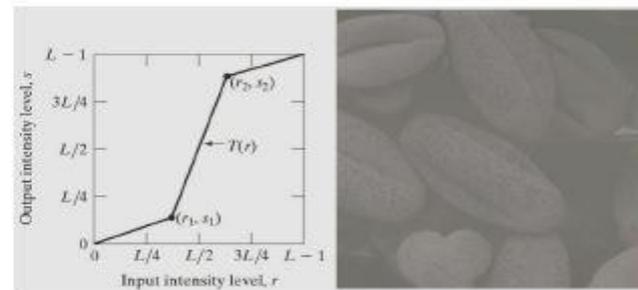
Image Negative



Opération ponctuel: étirement du contraste et seuillage

Point Operations: Contrast stretching and Thresholding

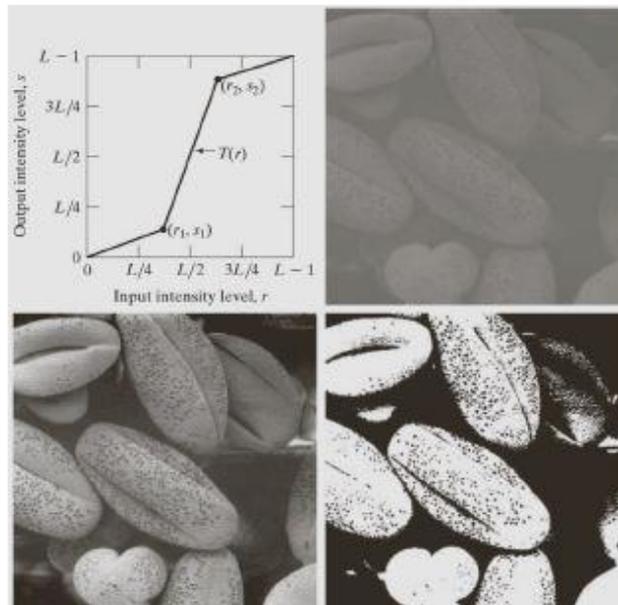
- Contrast stretching: produces an image of higher contrast than the original
- Thresholding: produces a binary (two-intensity level) image



Opération ponctuel: étirement du contraste et seuillage

Point Operations: Contrast stretching and Thresholding

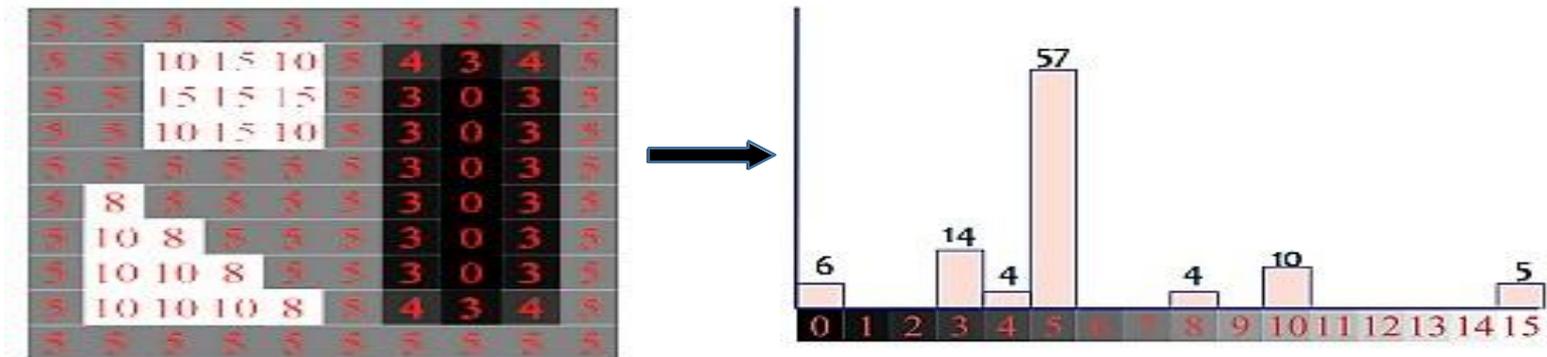
- Contrast stretching: produces an image of higher contrast than the original
- Thresholding: produces a binary (two-intensity level) image



Les histogrammes

L'histogramme $h(x)$ d'une image représente la distribution des intensités des pixels. Un histogramme est une fonction qui donne, pour chaque intensité lumineuse, le nombre de pixels ayant cette valeur.

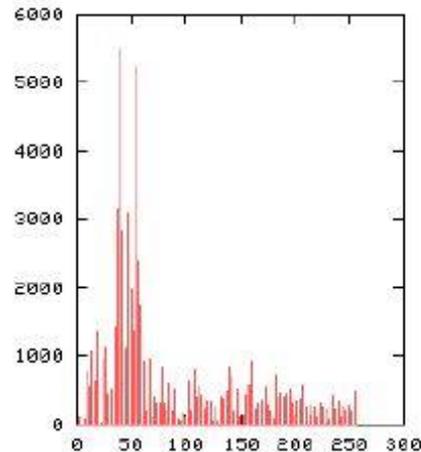
L'abscisse d'un histogramme $h(x)$ représente les niveaux d'intensité allant du plus foncé à gauche au plus clair à droite.



Histogramme d'une image

Représentation par Histogrammes

Image Representations: Histograms



Global histogram

- Represent distribution of features
 - Color, texture, depth, ...

La dynamique de l'image peut être définie par l'intervalle $D = [Nmin, Nmax]$.

1. Histogramme normalisé

L'histogramme normalisé d'une image $hn(x)$ est le taux de pixels ayant un niveau de gris égal à x :

$$hn(x) = h(x)/N$$

avec N le nombre de pixels dans l'image

2. Histogramme cumulé

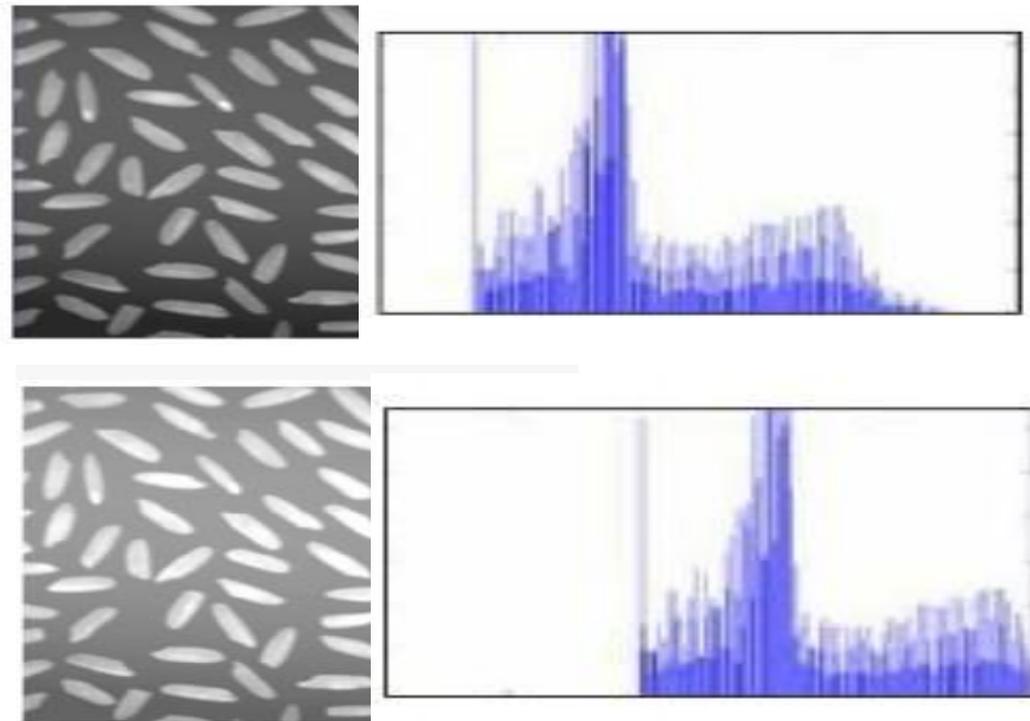
C'est un vecteur de même dimension que l'histogramme ou chaque élément du vecteur $hc(x)$ représente le nombre de pixels de l'image possédant un niveau de gris inférieur ou égale à x . celui-ci peut être estimé à partir de l'histogramme en faisant une somme discrète.

$$hc(x) = \sum_{i=0}^x h(i)$$

Manipulations d'histogramme

1. Décalage d'histogramme

La luminance (ou brillance) est définie comme la moyenne de tous les pixels de l'image. Pour augmenter la luminance de l'image, il suffit de décaler l'histogramme vers la droite.

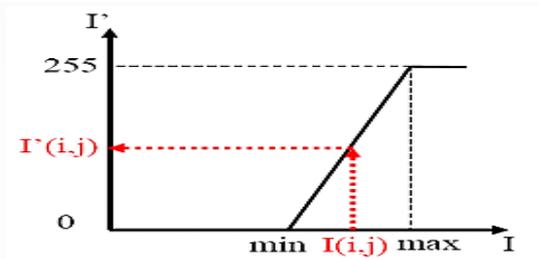


Décalage de l'histogramme d'une image

2- Extension linéaire de la dynamique

Cette méthode consiste à utiliser au mieux la dynamique de niveaux de gris. Ainsi, si une image possède des niveaux de gris entre G_{min} et G_{max} , on va étendre la plage des niveaux de gris pour ramener à une dynamique comprise entre 0 et 255.

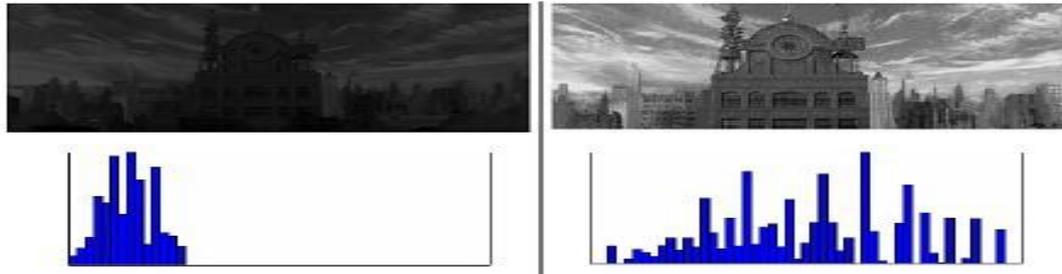
Transformation linéaire de l'histogramme



Cette étendue réduite de niveaux de gris peut survenir suite à un temps de pose incorrecte ou à un éclairage de la scène trop faible.

La transformation mise en place est :

$$I'(x, y) = \frac{I(x, y - G_{min})}{G_{max} - G_{min}}$$



Extension de la dynamique d'une image

Dans le cas où l'histogramme initial occupe toute la plage de la dynamique, aucun changement n'est visible après cette transformation

Egalisation d'histogramme

L'égalisation de l'histogramme consiste à équilibrer le mieux possible la distribution des pixels dans la dynamique. L'idéal est d'obtenir un histogramme plat où l'on affecte le même nombre de pixels pour chaque niveau de gris (ceci étant impossible à réaliser pour les images numériques à cause de la nature discrète de l'histogramme et de la quantification des niveaux de gris (qui nous limite à un nombre fini de niveaux)).

L'histogramme cumulé normalisé peut être utilisée comme fonction de transformation du niveau de gris pour chaque pixel.

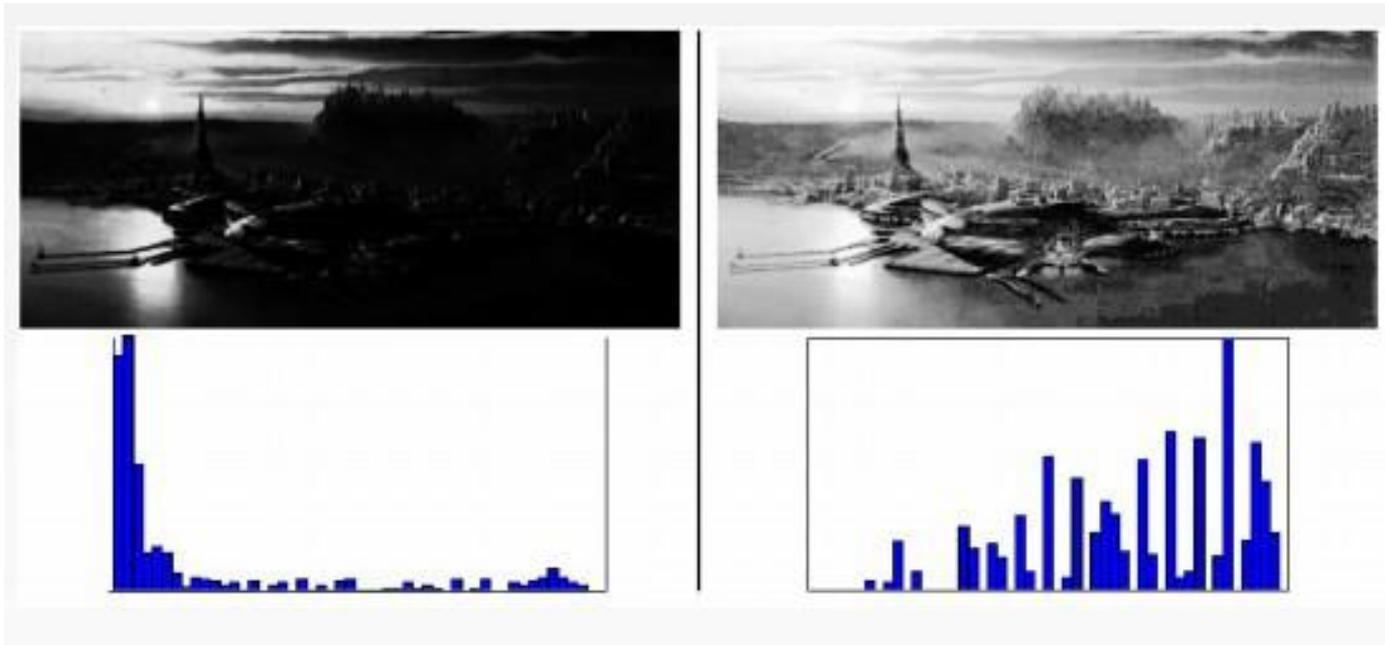
Le niveau de gris $I(x, y)$ de chaque pixel (x, y) est transformé en $I'(x, y)$ en appliquant la transformation suivante :

$$I'(x, y) = \frac{255}{N} * hc(I(x, y))$$

N : le nombre de pixels et $hc(I(x,y))$ est l'histogramme cumulé de $I(x,y)$.

L'égalisation de l'histogramme d'une image peut se faire par l'ensemble des étapes suivantes :

1. Calcul de l'histogramme $h(x)$ de l'image
2. Calcul de l'histogramme cumulé $hc(x)$
3. Transformation des niveaux de gris de l'image par la formule correspondante.

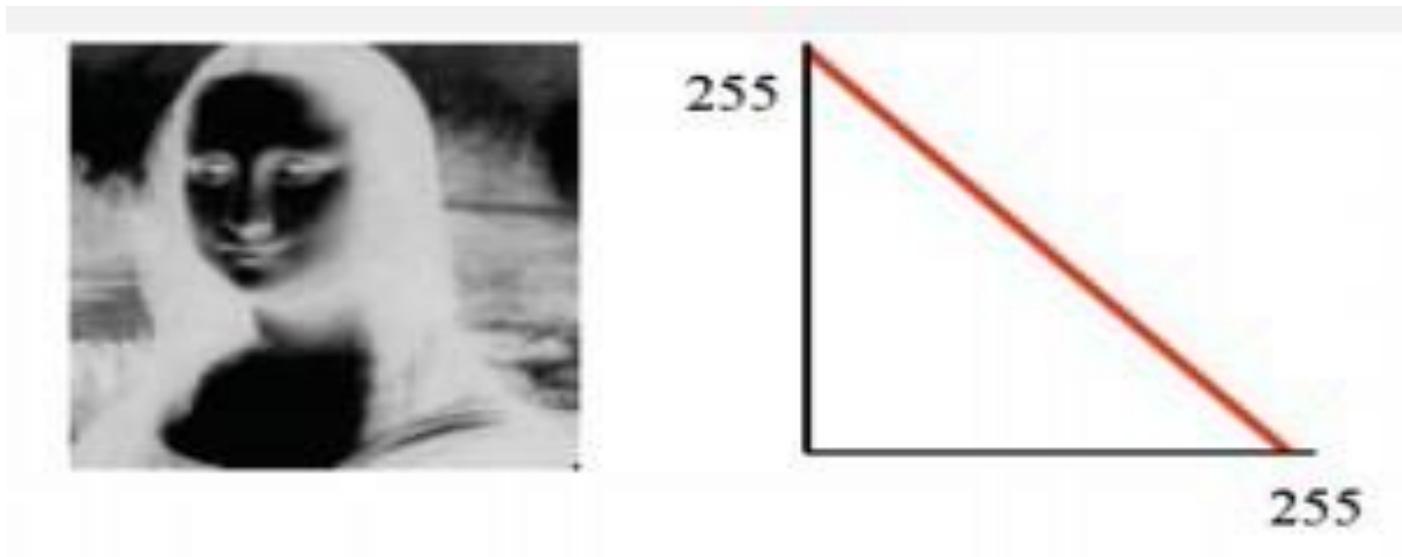


Exemple d'une égalisation de l'histogramme d'une image

Autres transformations

Voici quelques transformations d'histogrammes les plus connus en traitement d'image avec leurs effets visuels sur l'image :

a) Négatif (inversion des couleurs)



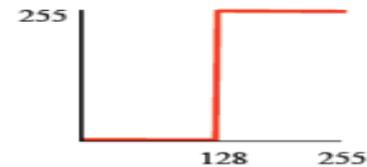
b) Quantification d'une image



c) Seuillage

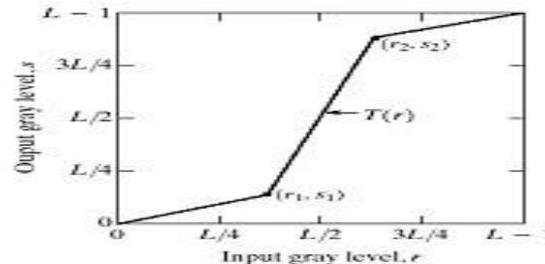
Le seuillage est définie comme suit :

$$I'(i,j) = \begin{cases} 255 & \text{si } I(i,j) > \text{Seuil} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$



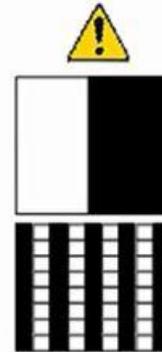
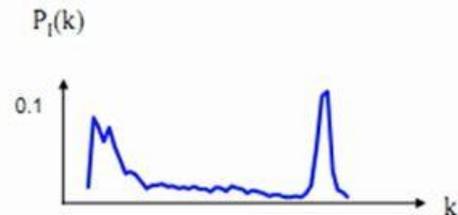
Dans le cas où l'image comportant un objet (assez uniforme) sur un fond (assez uniforme), l'histogramme comporte deux pics. Par conséquent, le choix du seuil peut se faire par inspection de l'histogramme.

d) Transformation linéaire par morceaux



Modèle statistique

- L'histogramme



Deux images différentes
peuvent avoir le même
histogramme

Modèle statistique

- Normalisation de l'histogramme



$$I'(x, y) = \frac{(I(x, y) - \text{Min}(I)) * 255}{\text{Max}(I) - \text{Min}(I)}$$

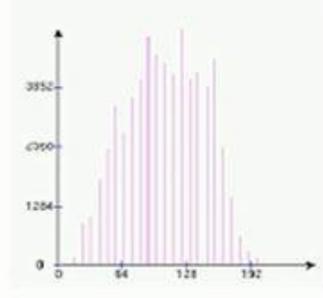
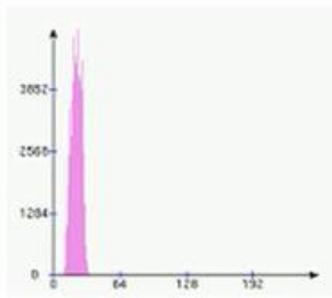
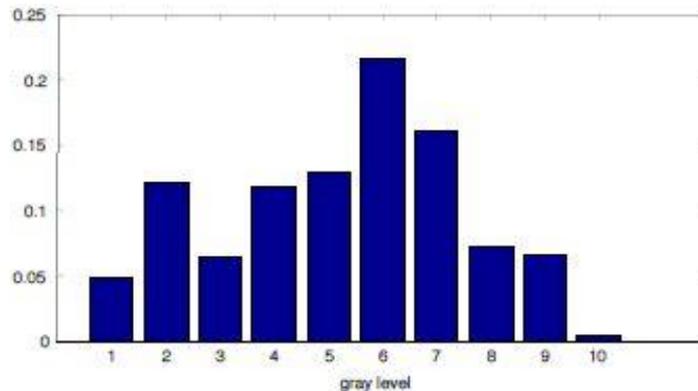


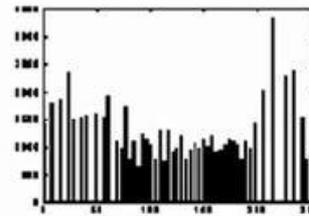
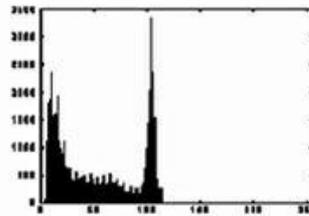
Image Statistics

- The image mean: $E\{I\} = \frac{1}{N} \sum_{i,j} I(i,j) = \frac{1}{N} \sum_k k H(k) = \sum_k k P(k)$
- Generally: $E\{g(k)\} = \sum_k g(k) P(k)$
- The image s.t.d. : $\sigma(I) = \sqrt{E\{(I - E\{I\})^2\}} = \sqrt{E(I^2) - E^2(I)}$



where $E\{I^2\} = \sum_k k^2 P(k)$

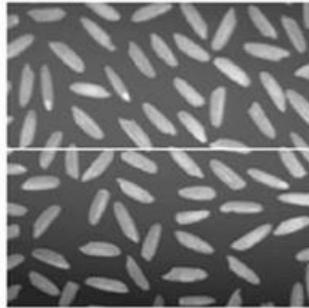
Egalisation d'histogramme

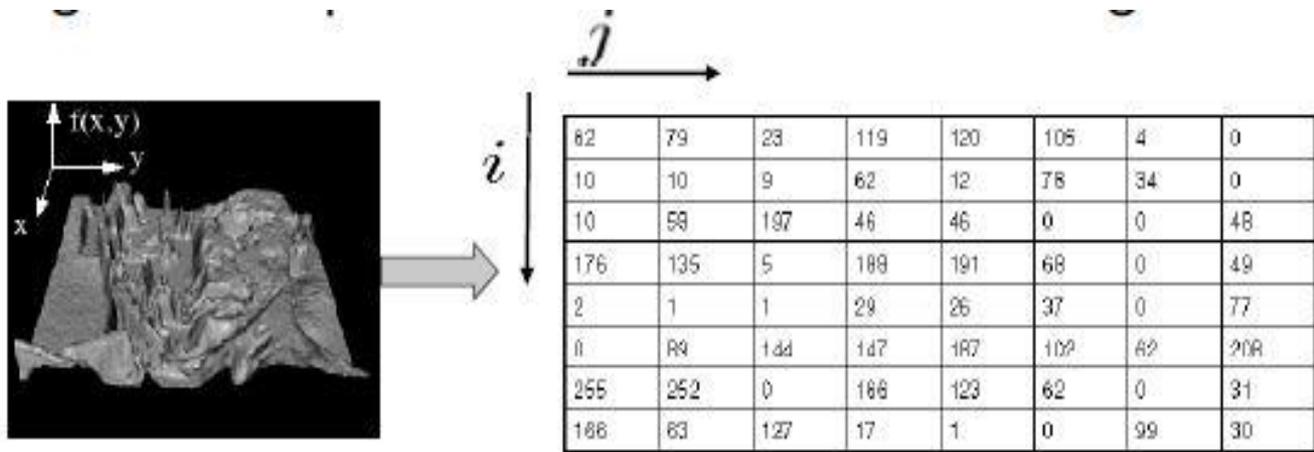


1. Calcul de l'histogramme $h(k)$ avec $k \in [0; 255]$
2. Normalisation de l'histogramme $h_n(k) = \frac{h(k)}{N}$ avec $k \in [0; 255]$
3. Densité de probabilité cumulative $C(k) = \sum_{i=0}^k h_n(i)$
4. Transformation des niveaux de gris de l'image

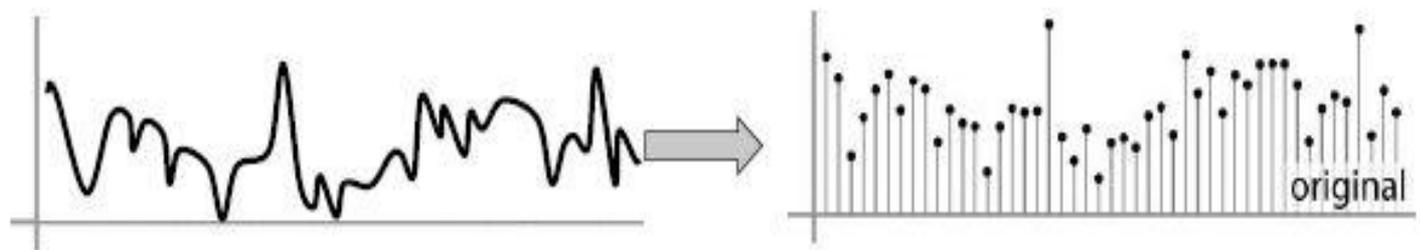
$$I'(x, y) = C(I(x, y)) * 255$$

Seuillage d'histogramme

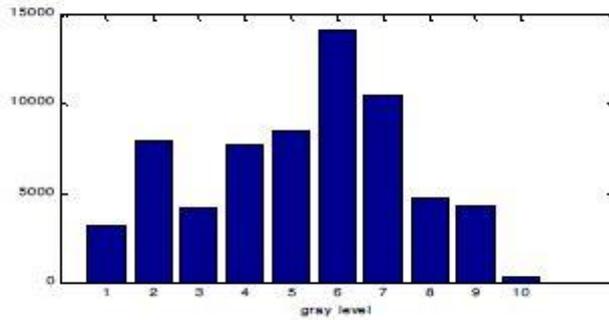




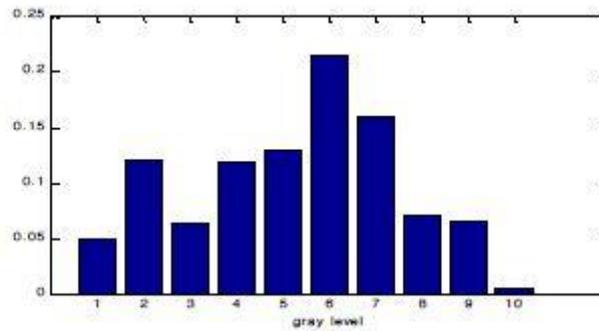
2D



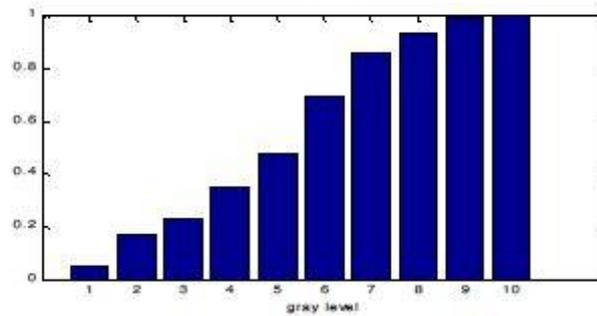
1D



Histogram



Normalized Histogram

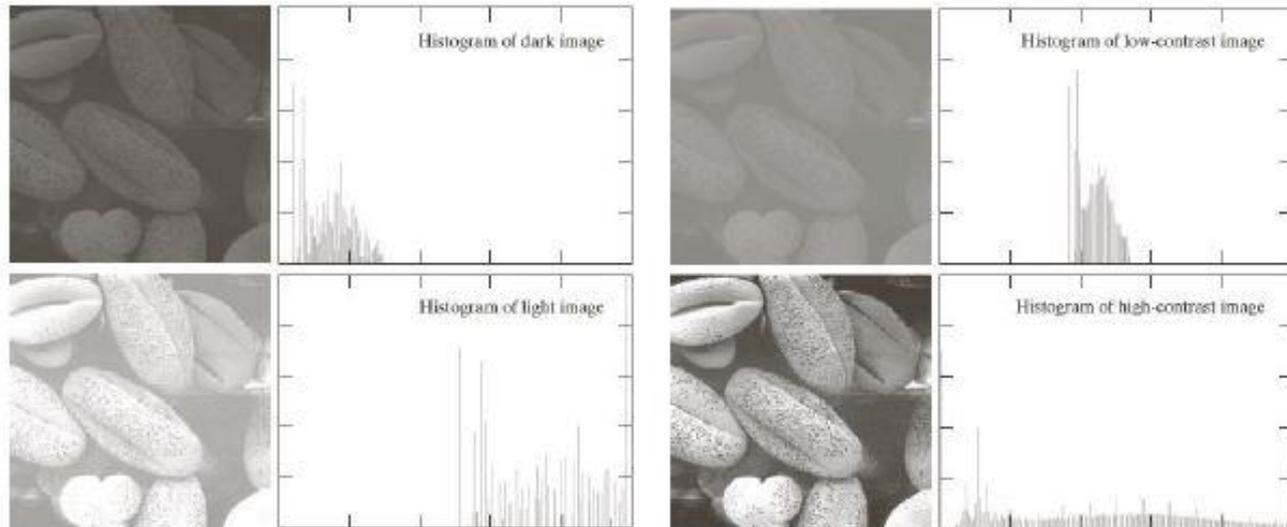


Cumulative Histogram

Slide credit: Y. Hel-Or

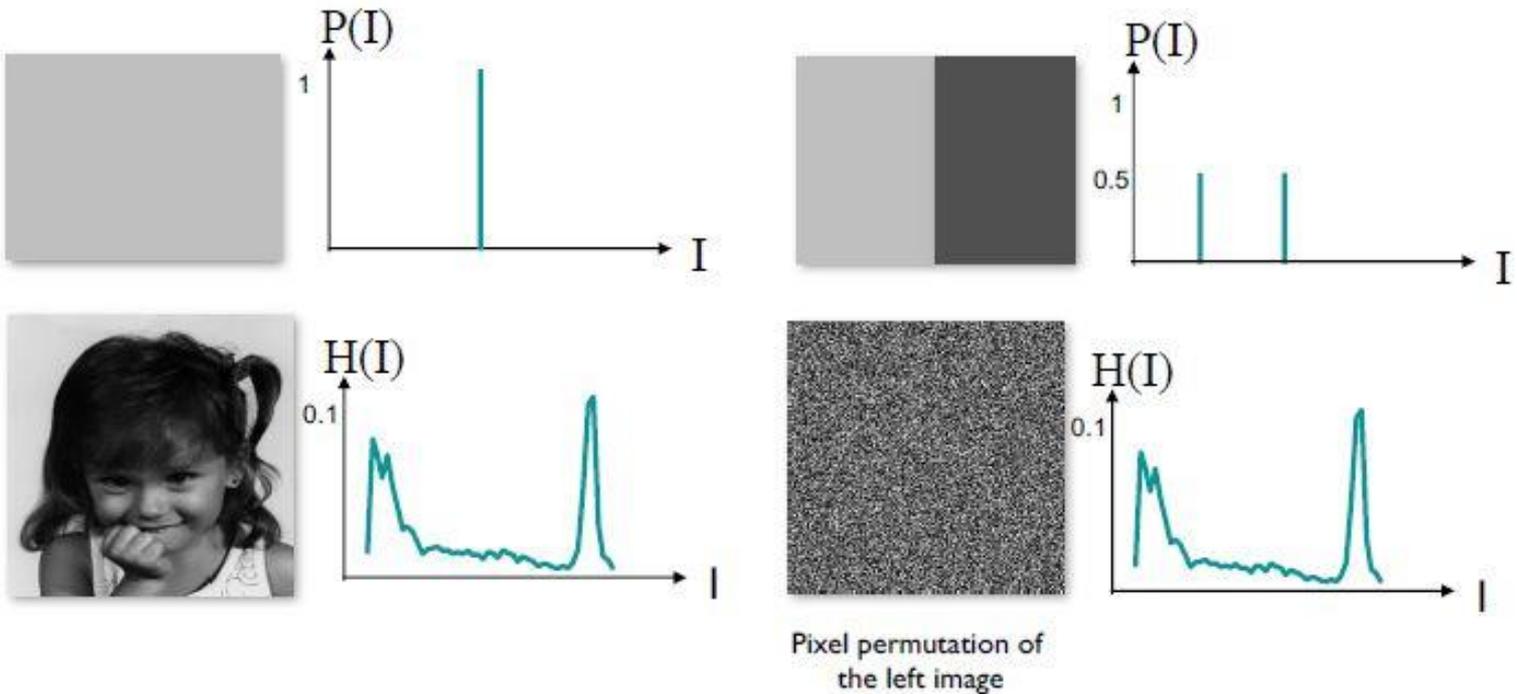
Exemples de traitement d'histogrammes d'images

Images and histograms



- How do histograms change when
 - we adjust brightness? **shifts the histogram horizontally**
 - we adjust contrast? **stretches or shrinks the histogram horizontally**

Examples



- The image histogram does not fully represent the image

Examples

Original image



Decreasing contrast



Increasing average



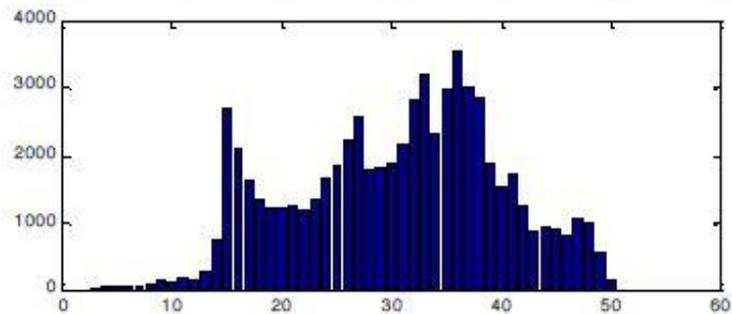
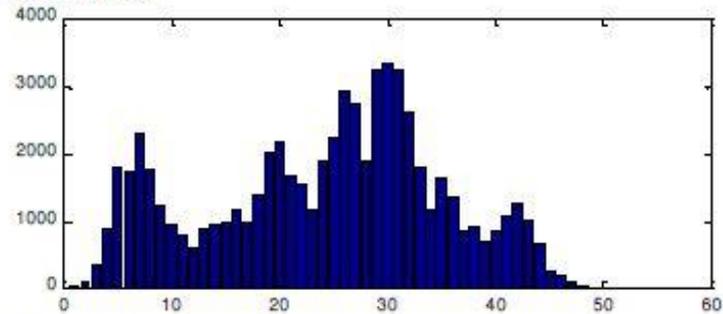
Example: Auto-Focus

- In some optical equipment (e.g. slide projectors) inappropriate lens position creates a blurred (“out-of-focus”) image
- We would like to automatically adjust the lens
- How can we measure the amount of blurring?



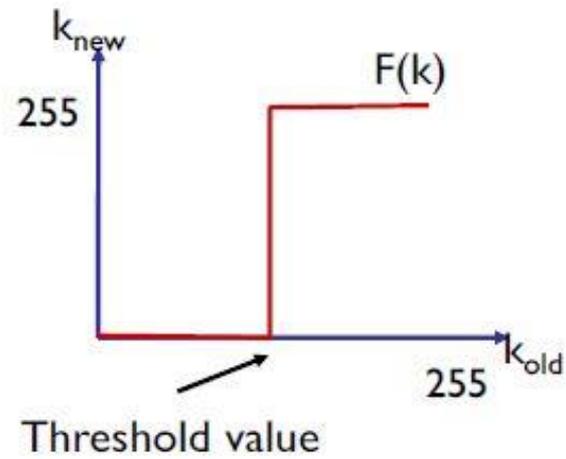
Slide credit: Y. Hel-Or

Example: Auto-Focus



- Image mean is not affected by blurring
- Image s.t.d. (entropy) is decreased by blurring
- Algorithm: Adjust lens according the changes in the histogram s.t.d.

Recall: Thresholding



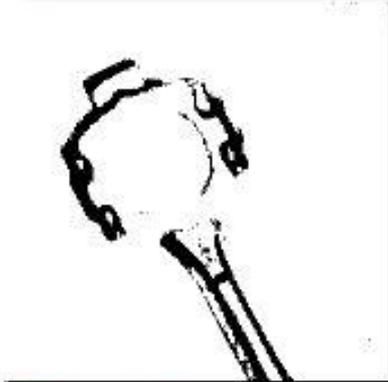
Slide credit: Y. Hel-Or

Threshold Selection

Original Image



Binary Image



Threshold too low



Threshold too high

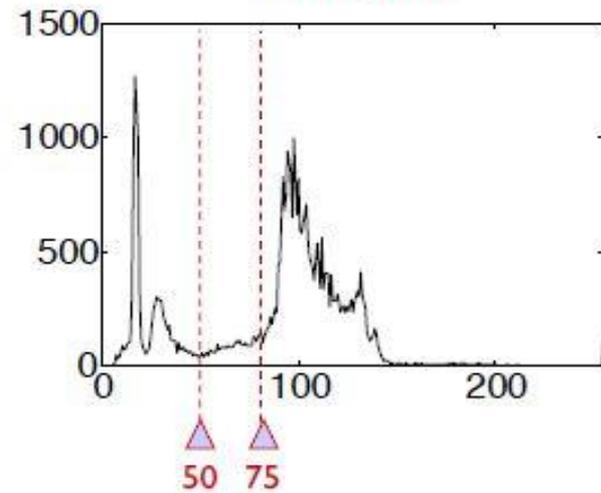
Slide credit: Y. Hel-Or

Segmentation using Thresholding

Original



Histogram



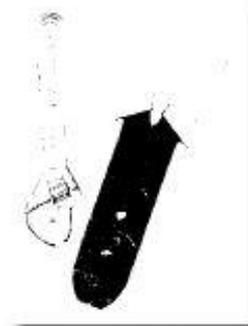
Threshold = 50



Threshold = 75

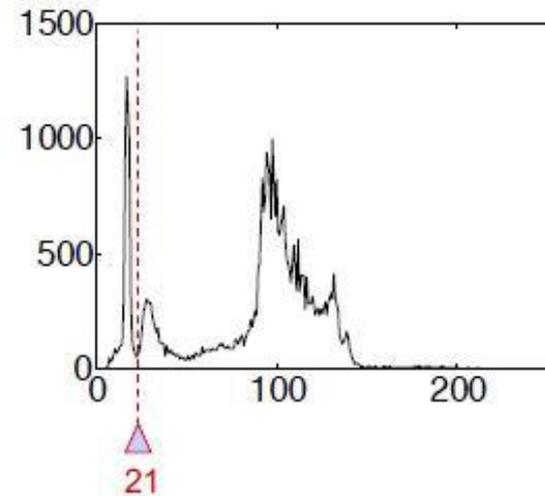
Segmentation using Thresholding

Original



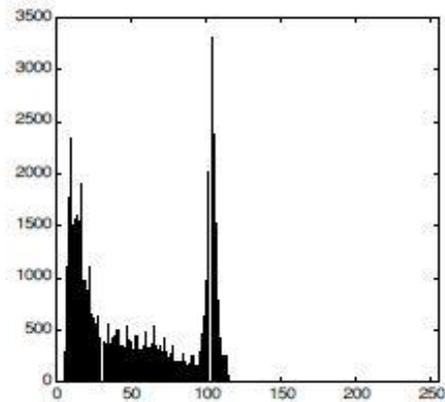
Threshold = 21

Histogram

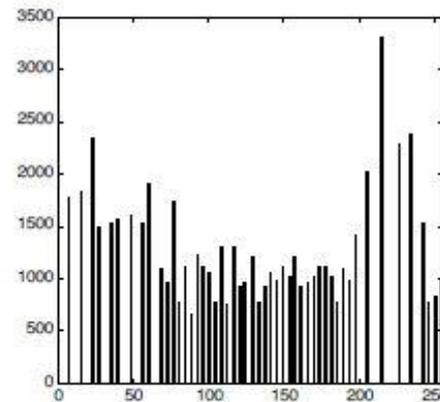


Slide credit: Y. Hel-Or

Histogram equalization examples



Original



Equalized

Slide credit: Y. Hel-Or

Histogram equalization: Continuous domain

- Define a transformation function of the form

$$s = T(r) = (L - 1) \underbrace{\int_0^r p(w) dw}_{\text{cumulative distribution function}}$$

where

- r is the input intensity level
- s is the output intensity level
- p is the normalized histogram of the input signal
- L is the desired number of intensity levels

(Continuous) output signal has a uniform distribution!

Histogram equalization: Discrete domain

- Define the following transformation function for an MxN image

$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{MN} = \frac{(L - 1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

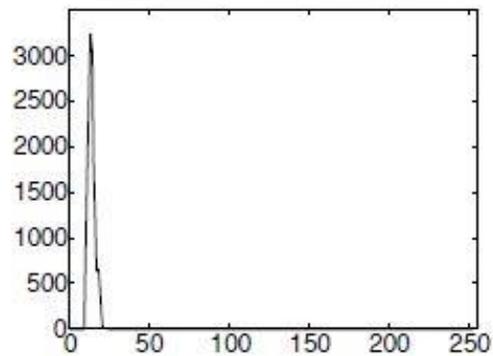
for $k = 0, \dots, L - 1$

where

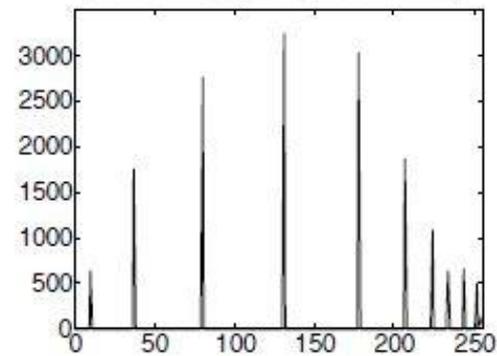
- r_k is the input intensity level
- s_k is the output intensity level
- n_j is the number of pixels having intensity value j in the input image
- L is the number of intensity levels

(Discrete) output signal has a nearly uniform distribution!

Histogram equalization examples



Original



Equalized

Slide credit: Y. Hel-Or

Histogram equalization examples

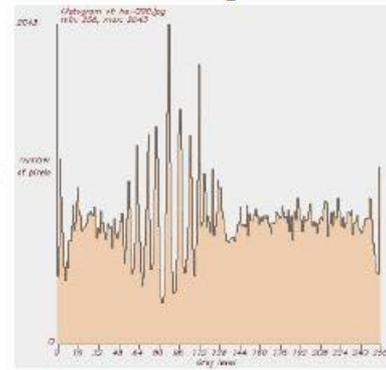
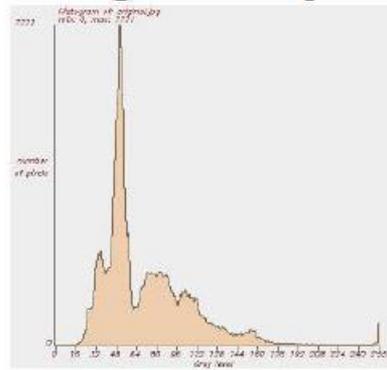


Original



Equalized

Histogram equalization examples



Slide credit: C. Dyer

Histogram

- Histogram: a discrete function $h(r)$ which counts the number of pixels in the image having intensity r
- If $h(r)$ is normalized, it measures the probability of occurrence of intensity level r in an image



- What histograms say about images? **A descriptor for visual information**
- What they don't?
 - No spatial information

Fin de ce chapitre
Merci pour votre Attention