



جامعة 8 ماي 1945 قالمة
UNIVERSITE 8 MAI 1945 - GUELMA

Analyse et traitement d'images

master STIC

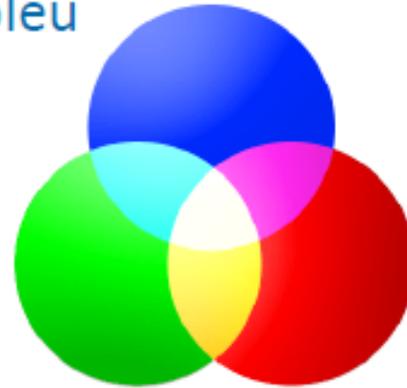
Chapitre 3&4

Codage de l'image → couleur

- Les systèmes de représentation de la couleur peuvent être regroupés en 4 familles :
 - les espaces de primaires,
 - les espaces luminance-chrominance,
 - les espaces perceptuels,
 - les espaces d'axes indépendants.

Représentation de la couleur

- Les espaces de primaires :
 - Les espaces de primaires se basent sur le fait que tout stimulus de couleur peut être reproduit par le mélange de trois autres stimuli : le rouge, le vert et le bleu
 - C'est le principe de synthèse additive
 - Il existe une multitude d'espaces (R,G,B) : la définition de ces espaces dépend de la définition des composantes R,G et B utilisées pour reproduire la couleur



Les espaces couleurs

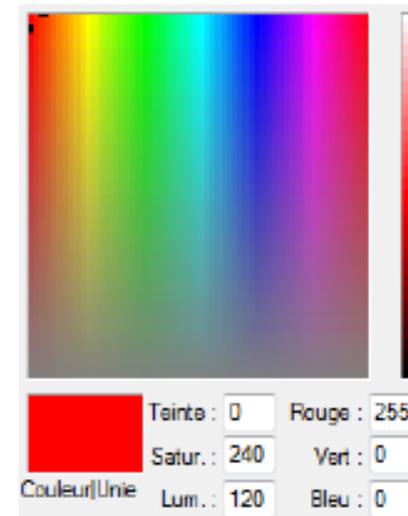
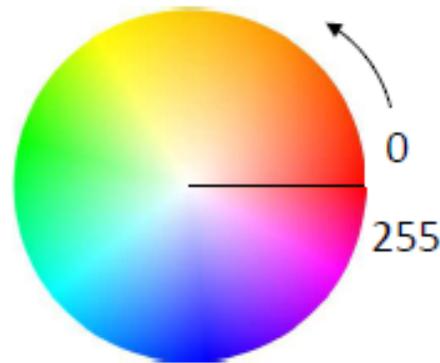
- Les espaces luminance-chrominance :
 - Les espaces luminance-chrominance possèdent :
 - une composante dite de "luminance", qui permet de quantifier le caractère achromatique d'un stimuli de couleur
 - deux autres composantes de chrominance permettant de quantifier son caractère chromatique
 - Exemples :
 - (L,a,b) - \rightarrow L représente la luminance, a & b la chrominance
 - (L,u,v) - \rightarrow L représente la luminance, u & v la chrominance
 - (Y,I,Q) - \rightarrow Y représente la luminance, I & Q la chrominance
 - (Y,U,V) - \rightarrow Y représente la luminance, U & V la chrominance

Les espaces couleurs

- Les espaces perceptuels :
 - L'homme ne perçoit pas la couleur comme une combinaison de composantes trichromatiques liées à des primaires mais selon des entités plus subjectives liées à la luminosité, la teinte et la saturation
 - Les espaces perceptuels permettent de quantifier ces informations
 - Exemples : (I,S,H), (H,S,L), (H,S,V), (T,L,S), (L,C,H), ...

Les espaces couleurs

- Les espaces perceptuels :
 - Luminance : pourcentage de noir ou de blanc dans la couleur considérée, brillance de la couleur, aspect clair ou sombre
 - Teinte : correspond à la couleur souhaitée à partir des couleurs à disposition



- Saturation : mesure l'intensité ou la pureté d'une couleur, caractère vif ou terne

Les espaces couleurs

- Les espaces d'axes indépendants :
 - Un des inconvénients des espaces (R,G,B) est que les trois composantes sont fortement corrélées. En effet, elles possèdent un fort facteur de luminance réparti sur chacune d'entre elles
 - Ainsi, de nombreux auteurs ont tenté de déterminer des systèmes de représentation de la couleur dont les composantes sont indépendantes, c'est-à-dire des composantes qui portent des informations différentes
 - Exemple : (I1,I2,I3)

Les espaces couleurs

- Passage d'un espace couleur à un autre espace couleur :
 - Pour chacun des espaces couleur, il existe une relation, linéaire ou non, permettant de transformer la couleur codée dans l'espace d'acquisition (R,G,B) vers un codage dans un autre espace de représentation de la couleur

Les espaces couleurs

- Importance du choix de l'espace couleur :
 - De nombreux auteurs ont comparé les résultats de méthodes d'analyse appliquées à des images dont la couleur est codée selon différents espaces couleur.
 - Ils en ont conclu que :
 - il n'existe pas d'espace couleur adapté à tous les problèmes d'analyse d'images couleur
 - les résultats obtenus dépendent du choix de l'espace couleur

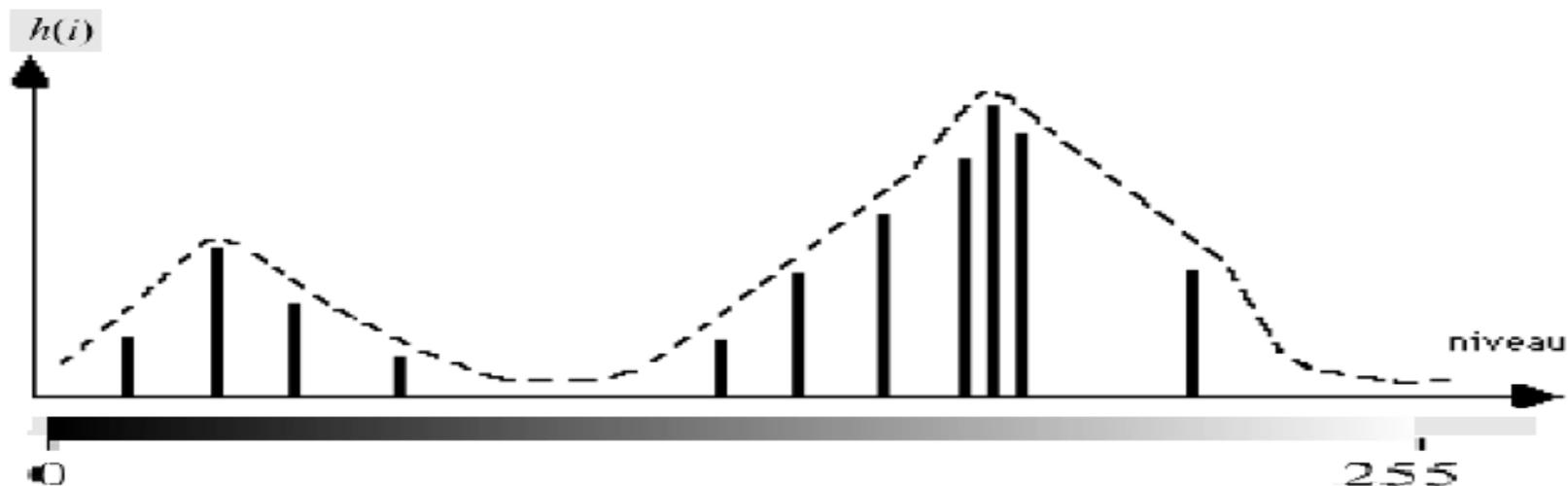
1) Histogramme

Soit une image comportant n lignes et p colonnes, donc $n \cdot p$ pixels. Chacun de ces pixels est codé sur q bits (si $q = 8$, on a 256 niveaux). On peut effectuer une statistique sur les niveaux en comptant, pour chaque niveau, combien de pixels possèdent cette niveau.

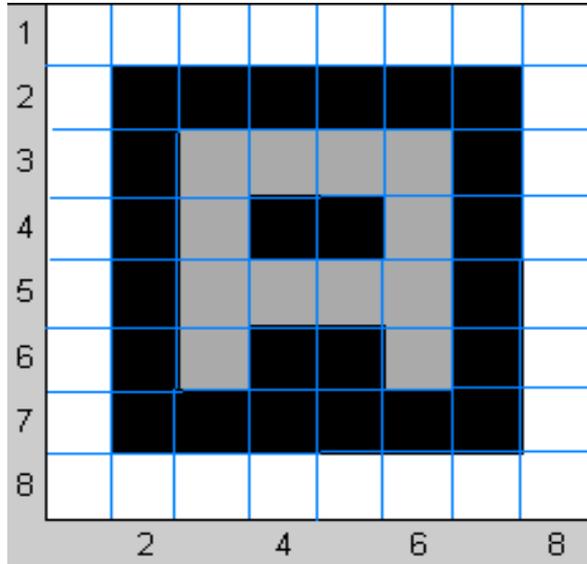
La représentation graphique de cette statistique est un histogramme par niveau .

Notation :

$h(i)$ = nombre de pixels dans l'image ayant le niveau de gris i .

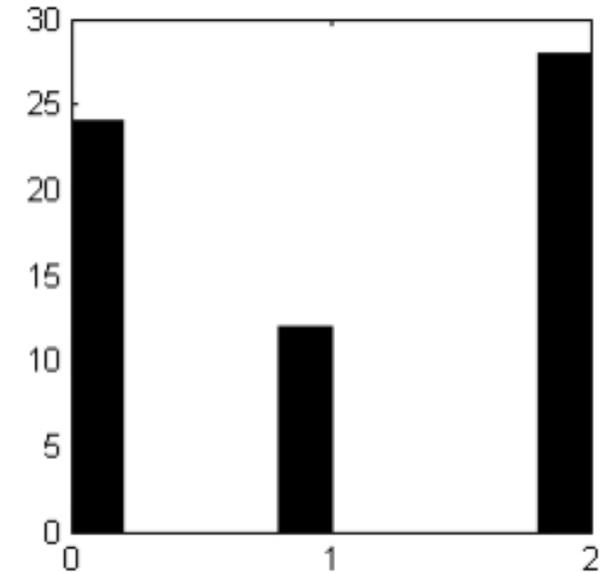


Exemple Histogramme



2	2	2	2	2	2	2	2
2	0	0	0	0	0	0	2
2	0	1	1	1	1	0	2
2	0	1	0	0	1	0	2
2	0	1	1	1	1	0	2
2	0	1	0	0	1	0	2
2	0	0	0	0	0	0	2
2	2	2	2	2	2	2	2

Histogramme de
l'image « A »



Les niveaux **0**, **1** et **2** sont respectivement représentés par **24**, **12** et **28** pixels

Informations issues de l'histogramme

Si l'image comporte beaucoup de niveaux différents, l'histogramme a tendance à se présenter sous forme d'une courbe;

sinon, l'histogramme comporte des "bâtons".

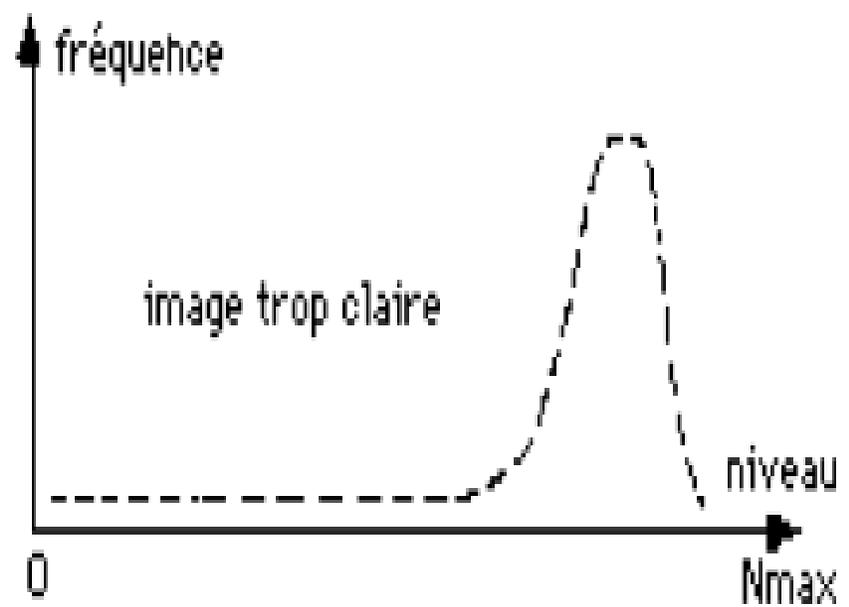
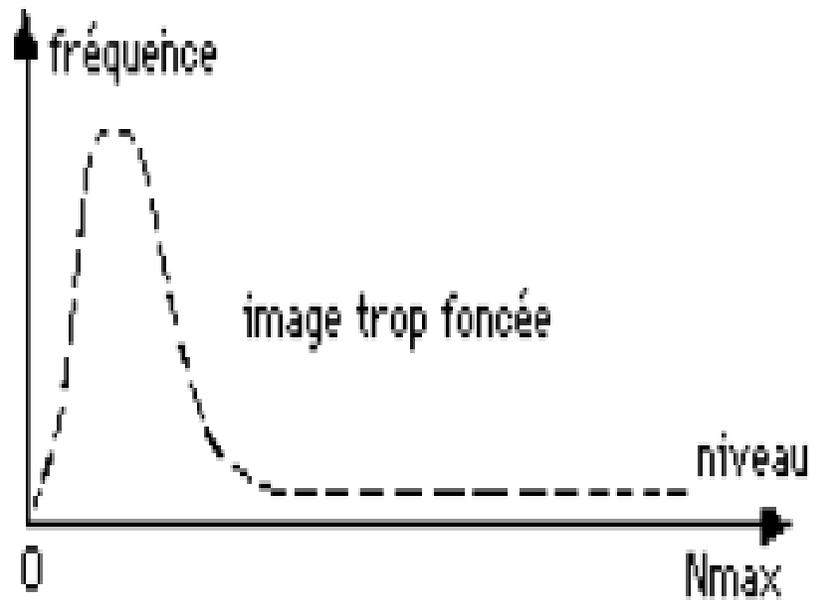
On peut interpréter cet histogramme en termes de probabilités : si f_i est la fréquence d'apparition du niveau i , la probabilité d'apparition de ce niveau dans l'image est donnée par:

$$p_i = \frac{f_i}{(n \times p)}$$

L'histogramme permet d'obtenir des renseignements rapides sur une image.

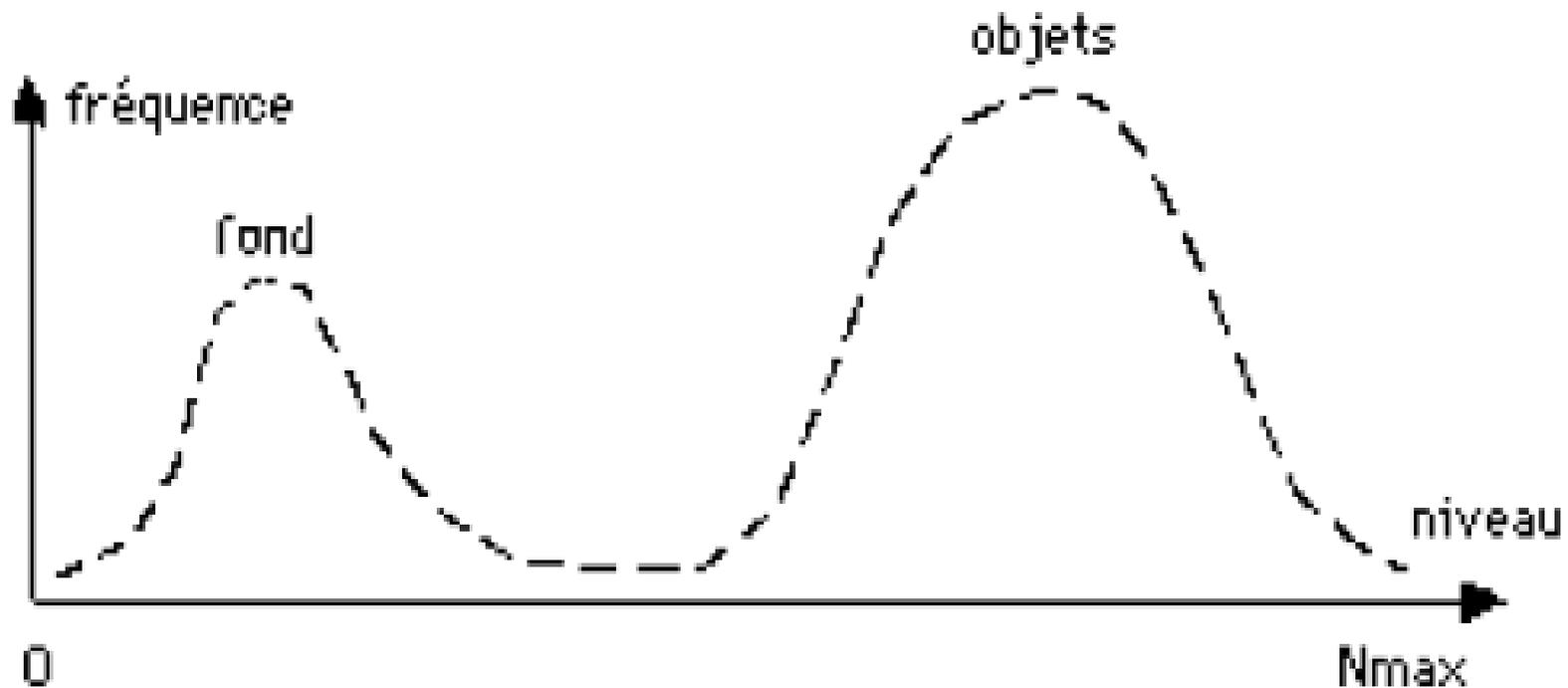
On peut notamment faire la distinction entre une image trop foncée (niveaux en majorité près de 0) et une image trop claire (niveaux en majorité près de 255).

Informations issues de l'histogramme



Informations issues de l'histogramme

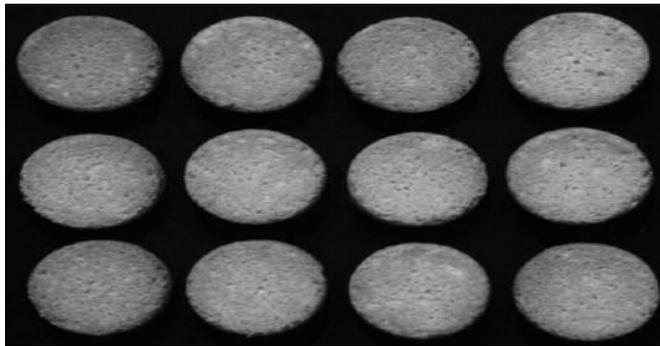
On peut aussi faire la différence entre le fond de l'image (arrière plan) et les objets intéressants de l'image (premier plan).



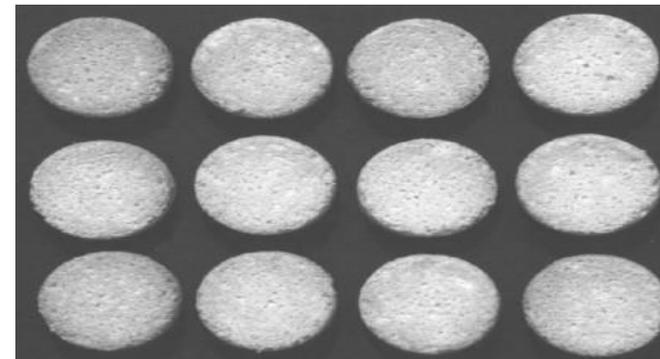
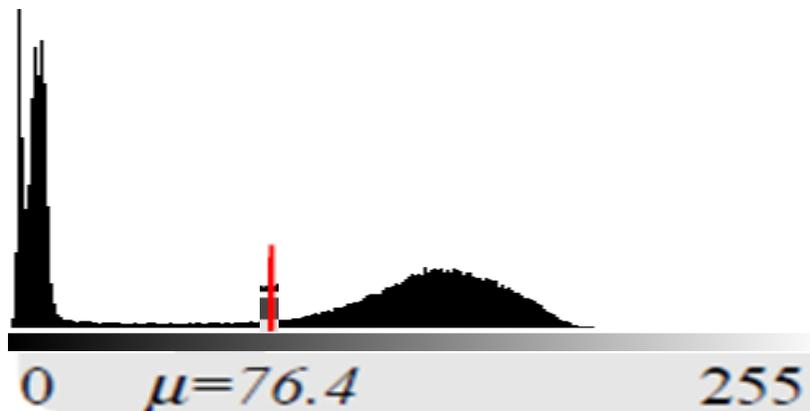
Informations issues de l'histogramme

luminance de l'image (brillance) = moyenne des niveaux de gris.

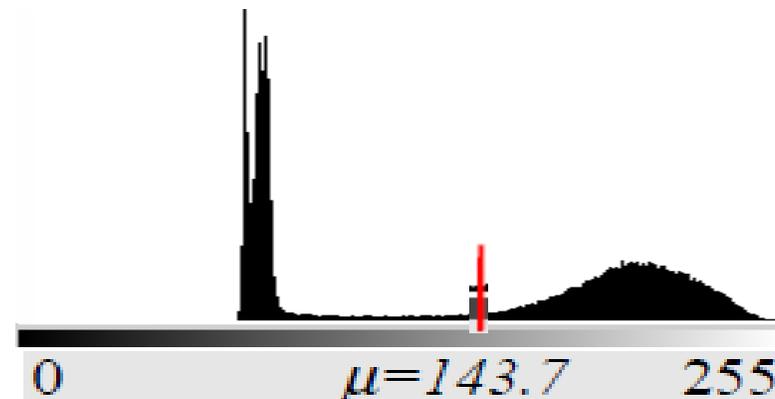
$$Moy = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} I(x, y)$$



Luminance faible



Luminance élevée



Informations issues de l'histogramme

Pour augmenter la **luminance**, il suffit de décaler l'histogramme:

$$I'(x, y) = I(x, y) + b$$



$$I(x, y)$$



$$I'(x, y) = I(x, y) + b$$



$$I''(x, y) = I'(x, y) + b$$

Informations issues de l'histogramme

Le contraste se l'image peut être défini de deux façons :

- Ecart-type des niveaux de gris:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N * M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} (I(x, y) - Moy)^2$$

- Variation entre niveaux de gris max et min

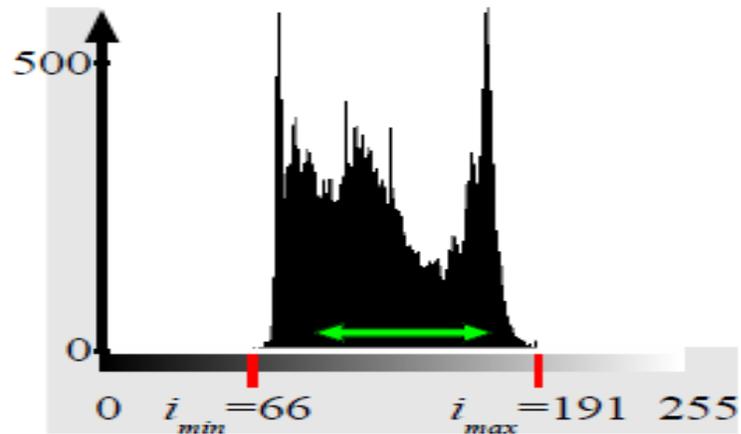
$$C = \frac{\max[f(x, y)] - \min[f(x, y)]}{\max[f(x, y)] + \min[f(x, y)]}$$

Informations issues de l'histogramme

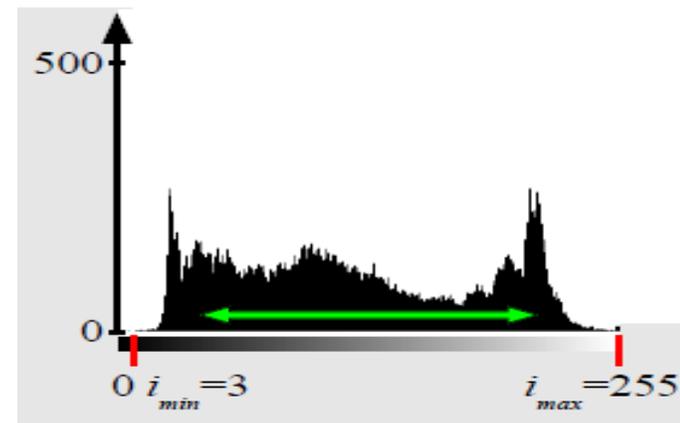
Le contraste de l'image:



Contraste faible



Contraste élevé



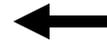
l'écart-types \nearrow Donc l'histogramme est « étalé » horizontalement.

Addition d'images

$$0.5 * F(x,y) + 0.5 * G(x,y)$$



Soustraction d'images



$F(x,y) - G(x,y)$

image2 - image1 →

$G(x,y) - F(x,y)$



Opérations sur les images



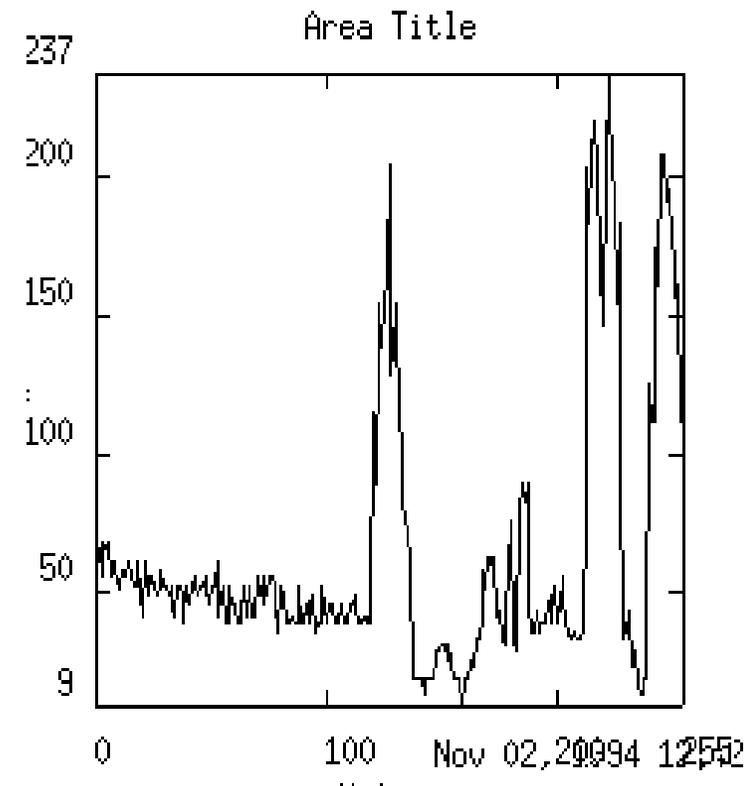
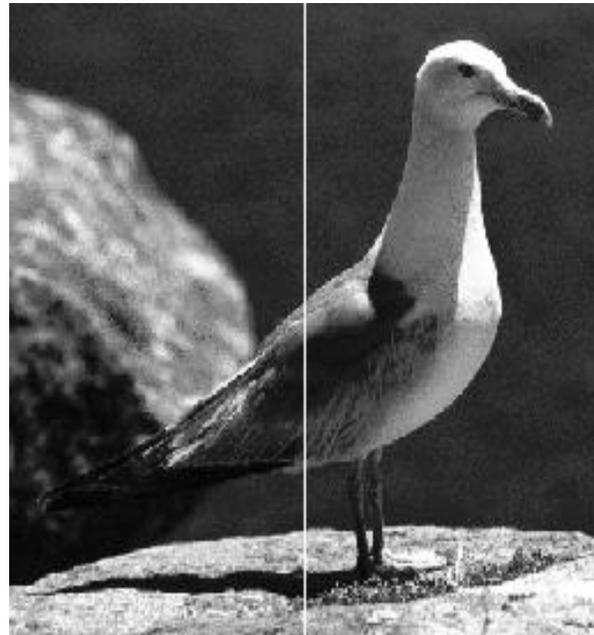
← image1
 $F(x,y)$

image2 →
 $G(x,y)$

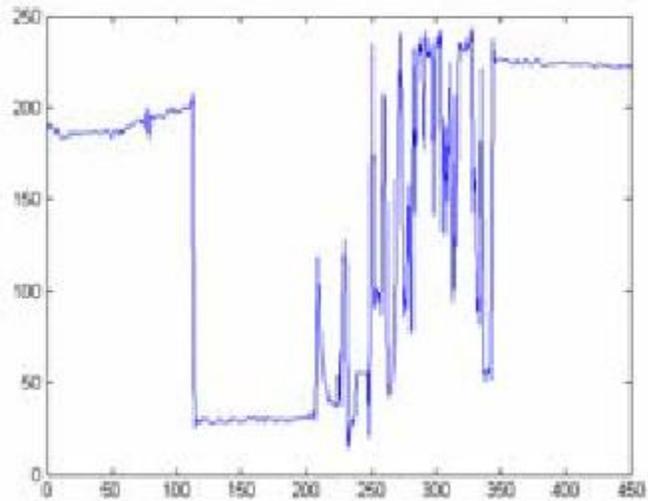


Profil d'intensité d'une image

- Un profil d'intensité d'une ligne dans une image est représenté par des signaux 1D.



Profil d'intensité d'une image



Transformation des images: principe

Principe

Changer la valeur de chaque pixel d'une image I pour obtenir une nouvelle image I' . Cette image résultat a même taille que I , mais des propriétés plus intéressantes.

Notation

La transformation est notée t :
$$I_{N_x \times N_y} \xrightarrow{t} I'_{N_x \times N_y}$$

Types de transformations

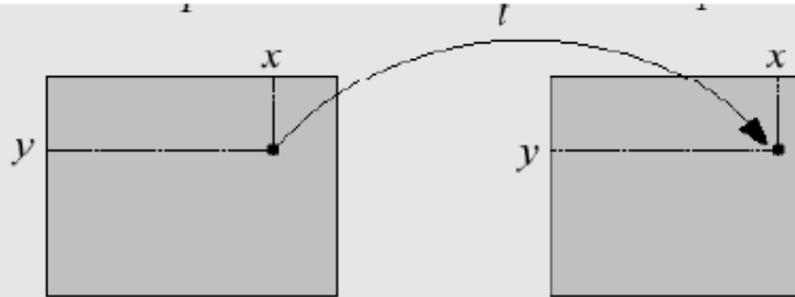
- **Ponctuelles** (ou *pixel à pixel*) : la nouvelle valeur $I'(x,y)$ est obtenue à partir de $I(x,y)$ seulement.
- **Locales** (ou *de voisinage*) : la nouvelle valeur $I'(x,y)$ est obtenue à partir de l'ensemble des valeurs initiales $I(\mathcal{V}(x,y))$ dans un voisinage autour du pixel de coordonnées (x,y) .
- **Globales** : la nouvelle valeur $I'(x,y)$ est obtenue à partir de l'ensemble des valeurs de l'image initiale I .

Types de transformation

Transformations ponctuelles

$$I(x, y) \xrightarrow{t} I'(x, y) = t(I(x, y))$$

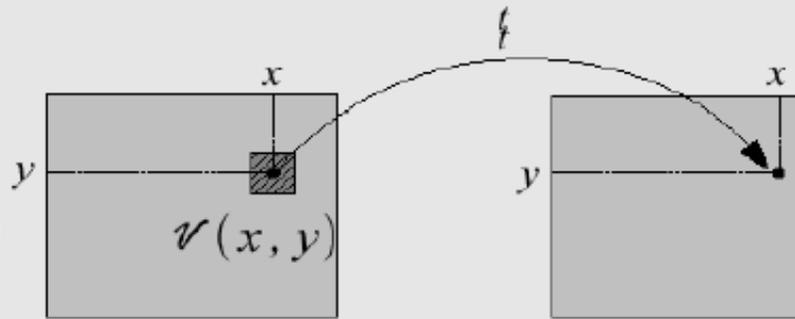
Ex. seuillage, ajustement luminosité/contraste
opérations algébriques, manip. d'histogramme



Transformations locales

$$I(x, y) \xrightarrow{t} I'(x, y) = t(I(\mathcal{V}(x, y)))$$

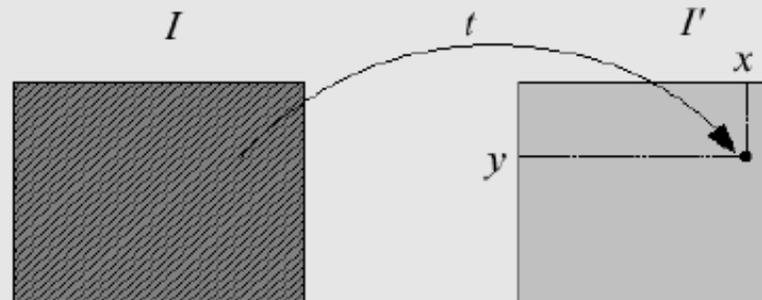
Ex. filtrage



Transformations globales

$$I(x, y) \xrightarrow{t} I'(x, y) = t(I)$$

Ex. transformation dans l'espace de Fourier



Look Up Table

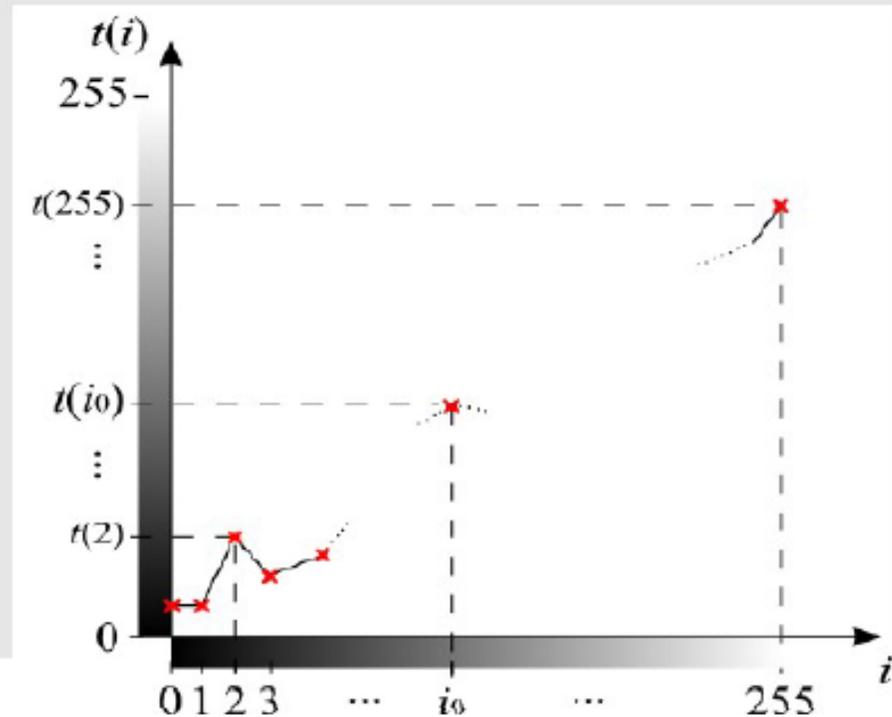
Principe

- Une transformation ponctuelle t change un niveau de gris i dans l'image initiale I en un niveau de gris i' pour obtenir l'image résultat I' .
- Elle est donc définie par une **table de correspondance** ou **LUT** (Look-Up Table) qui définit, pour chaque niveau de gris i , le nouveau niveau $i'=t(i)$.

Représentations de la LUT

- **tableau**
ou
- **graphe**
(souvent continu bien que t soit discrète)

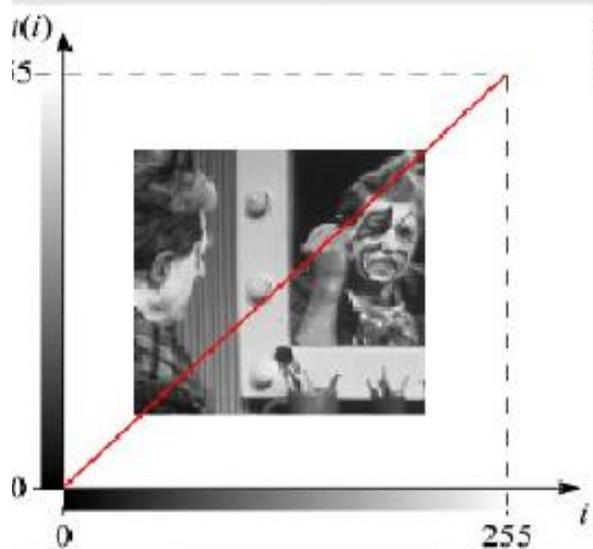
i	$t(i)$
0	$t(0)$
1	$t(1)$
2	$t(2)$
3	$t(3)$
⋮	⋮
i_0	$t(i_0)$
⋮	⋮
255	$t(255)$



Look Up Table LUP

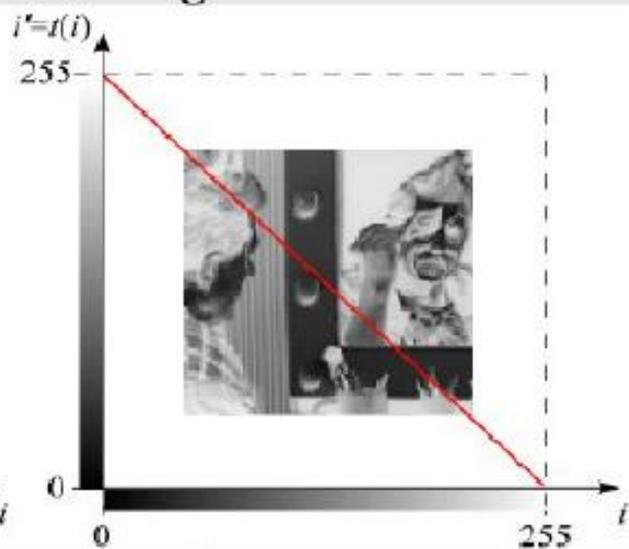
Exemples

identité $i'=i$



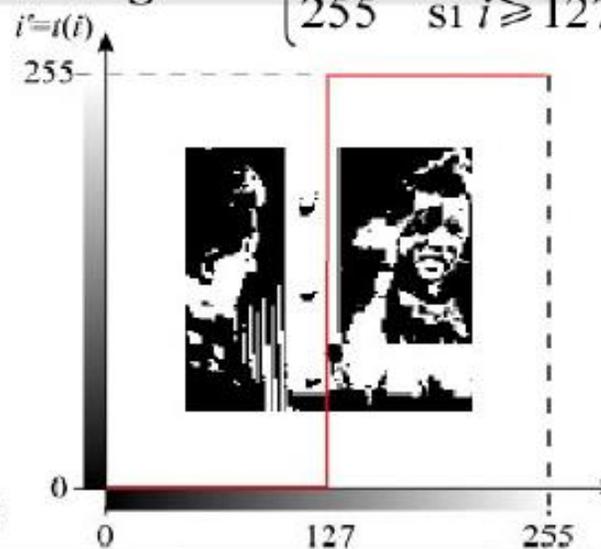
i	$i'=t(i)$
0	0
1	1
2	2
...	...

négatif $i'=255-i$



i	$i'=t(i)$
0	255
1	254
2	253
...	...

seuillage $i' = \begin{cases} 0 & \text{si } i < 127 \\ 255 & \text{si } i \geq 127 \end{cases}$

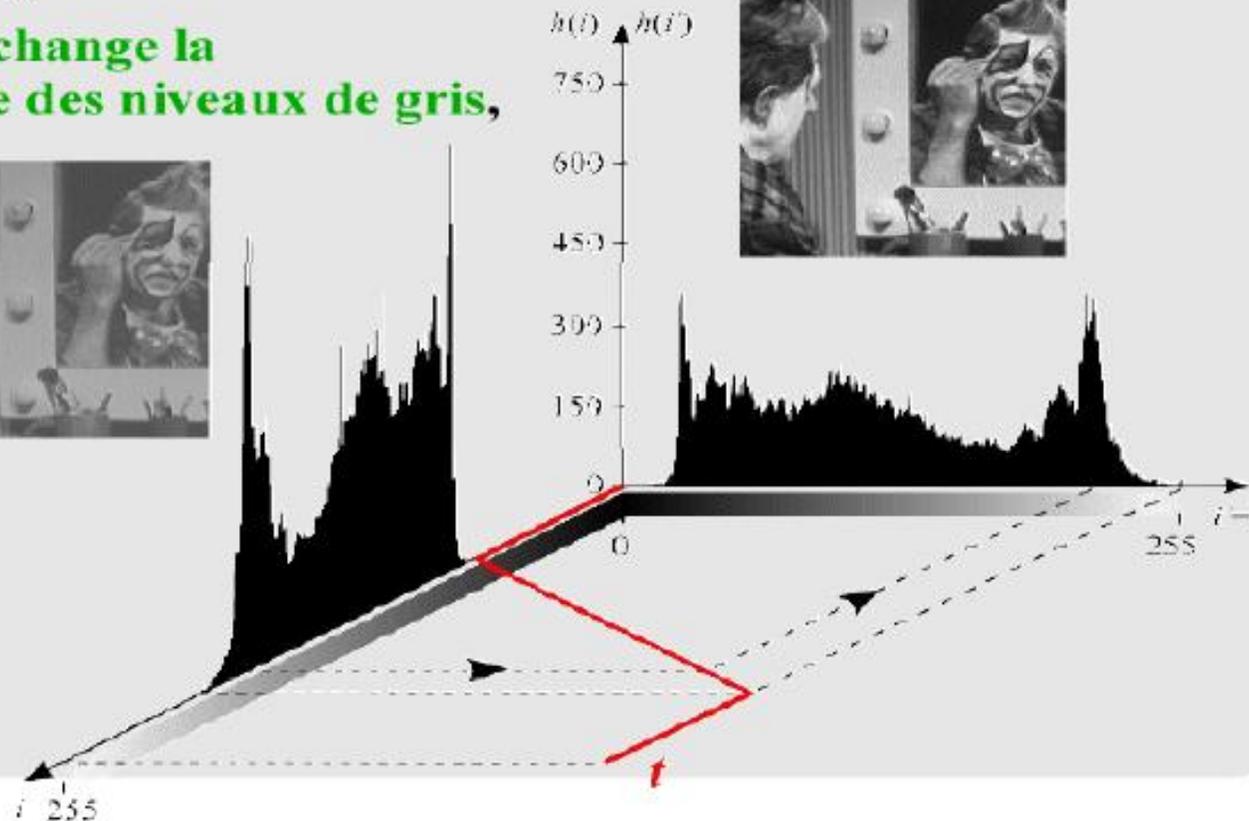


i	$i'=t(i)$
0	0
1	0
2	0
...	...

Transformations ponctuelles

Lien avec l'histogramme

- Une LUT définit la transformation t des niveaux de gris entre l'image initiale et l'image finale.
- Cette transformation **change la distribution statistique des niveaux de gris**, caractérisée par l'histogramme de chaque image



Transformations ponctuelles dans l'amélioration de l'images

❖ Adaptation à la vision humaine (de l'observateur)

- Améliorer la qualité des images

=> l'image doit avoir

- un bon contraste

- des contours d'objets bien marqués

Expansion de la dynamique: recadrage d'histogramme

- Objectif : utiliser au mieux l'échelle de niveaux de gris disponible
- Améliore le contraste
- Transformation linéaire des niveaux de gris
- Utilisation d'une table de conversion -> LUT (Look Up Table) :

Soit N , le niveau de quantification (en général $N=256$) :

$$n \in [n_{\min}; n_{\max}] \rightarrow n' \in [0; 255]$$

$$n' = E \left((N - 1) \frac{(n - n_{\min})}{n_{\max} - n_{\min}} \right) \quad H(n') = H(n)$$

Recadrage d'histogramme: étirement

Transformation des niveaux de gris de telle sorte que l'image utilise toute la dynamique (entre 0 et 255).

$$I(x, y) = (I(x, y) - \min[I(x, y)]) \frac{255}{\max[I(x, y)] - \min[I(x, y)]}$$

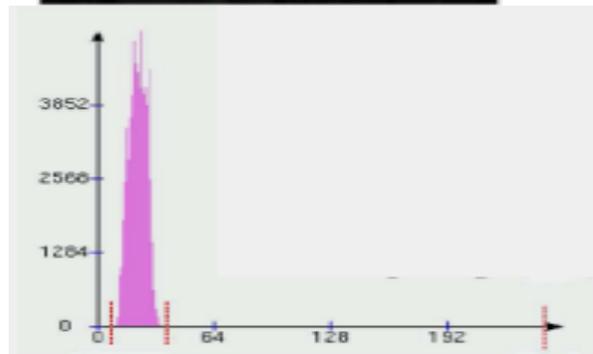
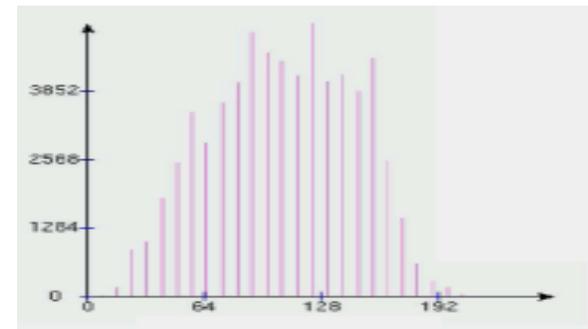


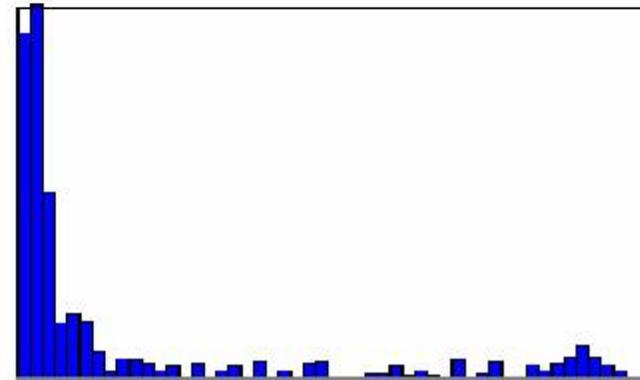
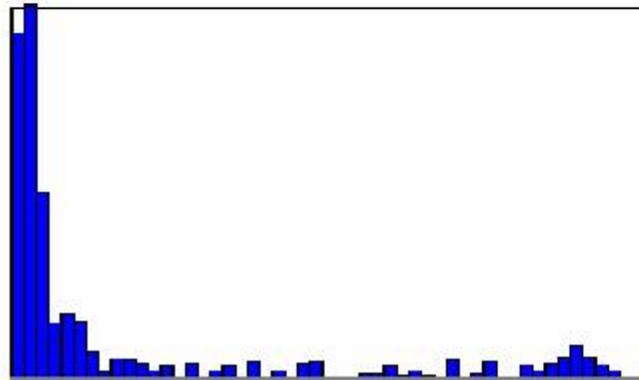
Image originale



Expansion de dynamique

Limite d'expansion de dynamique

Si la dynamique est déjà maximale, la transformation n'apporte aucun changement



Dynamique d'une image = [valeur_min, valeur_max]

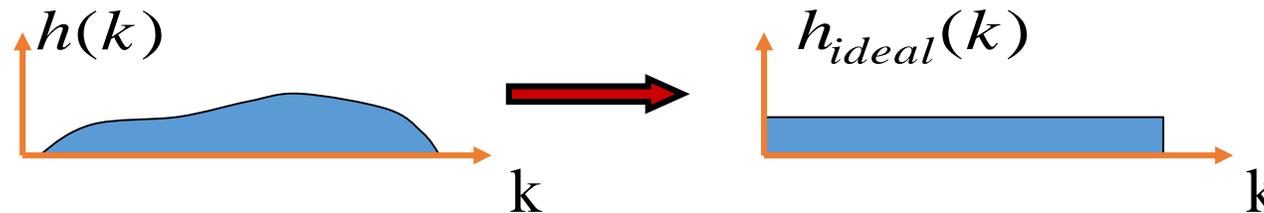
Egalisation d'un histogramme

- Définition : opération consistant à rendre l'histogramme le plus « plat » possible
- Améliore le contraste
- Utilisation d'une LUT :

$$n' = E \left((N-1) \sum_{j=0}^n H_{norm}(j) \right) \quad H_{norm}(j) = \frac{H(j)}{\sum_{i=0}^{N-1} H(i)}$$

Egalisation de l'histogramme

- Pour améliorer le contraste, on cherche à aplanir l'histogramme



- Etape 1 : Calcul de l'histogramme
- Etape 2 : Normalisation de l'histogramme
(Nbp : nombre de points de l'histogramme)

$$h(i) \quad i \in [0, 255]$$

$$h_n(i) = \frac{h(i)}{Nbp} \quad i \in [0, 255]$$

- Etape 3 : Densité de probabilité normalisé

$$C(i) = \sum_{j=0}^i h_n(j) \quad i \in [0, 255]$$

- Etape 4 : Transformation des niveaux de gris de l'image

$$f'(x, y) = E[C(f(x, y)) \times 255]$$

Egalisation de l'histogramme

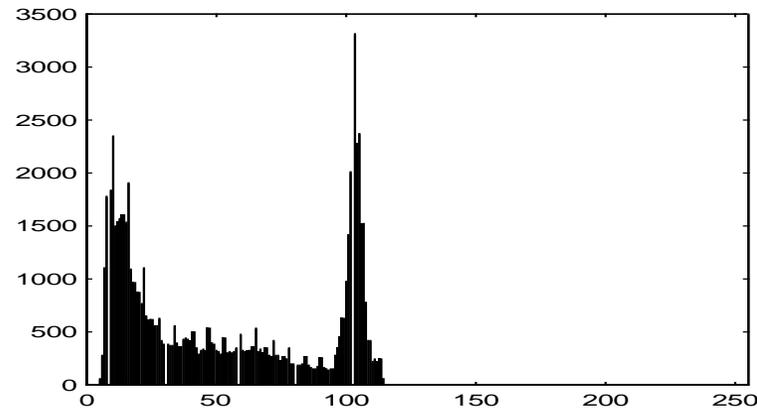


Image originale

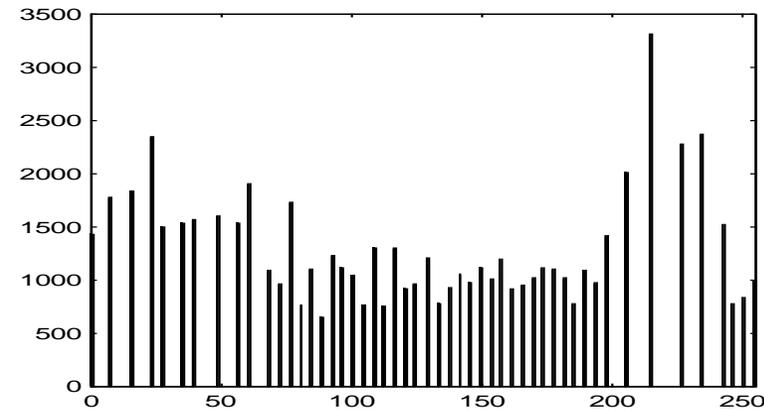
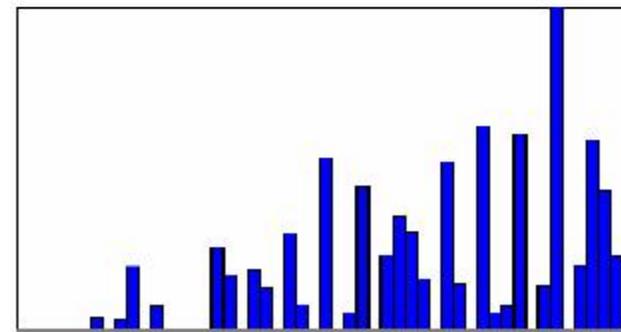
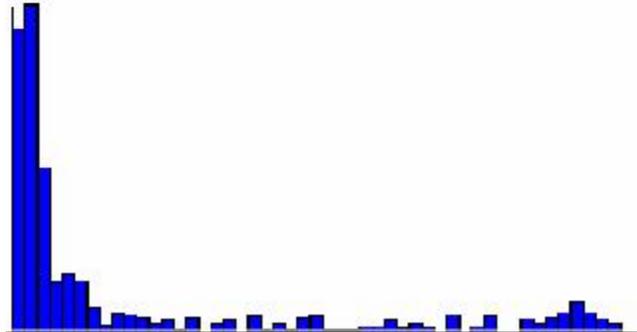


Image plus contrastée

Egalisation de l'histogramme



L'égalisation d'histogramme peut améliorer une image là où la correction de dynamique de l'histogramme est inefficace.

Seuillage

Le seuillage est un procédé très utilisé en traitement d'image, il consiste essentiellement à convertir une image en niveaux de gris, en une image binaire.

Le principe de fonctionnement est très simple. Il consiste à parcourir tous les pixels d'une image et forcer ceux dont leur valeur est supérieure à un seuil à "1" sinon à "0".

Exemple



Image en niveaux de gris



image binaire

Convolution spatiale

Elle est définie par :

$$I * W(x, y) = \sum_{i=-m}^m \sum_{j=-n}^n W(i, j) \cdot I(x - i, y - j)$$

ou $f_i = \sum w_k l_k(i)$

k varie de 1 à 9 dans le cas d'une fenêtre 3x3.

Où W_k est le masque (ou fenêtre) de convolution et I l'image initiale.

i pixel central et f_i sa nouvelle valeur après l'opération.

La nouvelle valeur affectée au pixel central.

Exemple: convolution avec un masque 3*3

11	14	29	20	10
18	10	11	8	16
42	40	35	42	40
30	38	36	46	38
33	34	42	44	23

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Restauration d'images

La restauration d'images a pour objet la réduction, voire l'élimination des distorsions introduites (bruits) par le système ayant servi à acquérir l'image.

Son but est d'obtenir une image qui soit la plus proche possible de l'image idéale qui aurait été obtenue si le système d'acquisition était parfait.

Différentes approches :

- Le filtrage (temporel)
- Le filtrage (fréquentiel)
- Le filtrage non linéaire

Restauration d'images

Bruit

- **Bruit lié au contexte de l'acquisition**
Bougé, dérive lumineuse, flou, poussière, ...
- **Bruit lié au capteur**
distorsion de la gamme des niveaux de gris, distorsion géométrique, mauvaise mise au point, ...
- **Bruit lié à la numérisation**
Codage, quantification, échantillonnage (moiré, effet poivre et sel), ...

Exercice : égalisation d'histogramme

i	N(i)				
i0=0	790				
i1=1	1023				
i2=2	850				
i3=3	656				
i4=4	329				
i5=5	245				
i6=6	122				
i7=7	81				
Total	4096				

