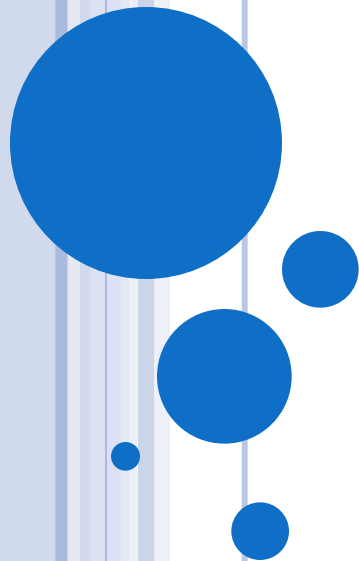


# **TRAITEMENT D'IMAGES & RECONNAISSANCE DE FORMES**

**Asma Ben Abdallah  
Pr. en Informatique  
ING 2 Informatique**

**AU 2025-2026**



# EXERCICES

## Exercice-1 : Calcul de la résolution d'une image

Pour calculer la résolution d'une image, deux aspects sont considérés :

- la résolution spatiale (nombre de pixels)
- et la résolution en pixels par unité de longueur (pixels par pouce ou pixels par centimètre) :

Soit une image I de dimensions 1920 pixels en largeur et 1080 pixels en hauteur.

La taille physique de l'image en pouces (ou centimètres) est de 10 pouces en largeur et 5.625 pouces en hauteur (1 pouce = 2,54 cm).

**Calculer la résolution spatiale (en pixels) et la résolution en pixels par pouce (PPP).**

## Exercice-2 : Conversion Couleur en NG

Supposons que nous avons un pixel dans une image RVB avec les valeurs de composantes suivantes : Rouge (R) : 120 , Vert (G) : 200, Bleu (B) : 50

**Convertir ce pixel en niveaux de gris en utilisant différentes méthodes de pondération des composantes RVB.**

**PS: pour la seconde méthode, utilisez les coefficients de pondération suivants : 0.3 pour le rouge, 0.59 pour le vert et 0.11 pour le bleu**

### Exercice-3

Soient les valeurs de composantes RVB suivantes pour trois pixels d'une image RVB:  
Pixel 1 : (200, 100, 50), Pixel 2 : (50, 150, 200) et Pixel 3 : (100, 200, 150)

Convertir ces pixels en couleurs indexées en utilisant une palette de couleurs avec les couleurs suivantes :

Couleur 1 : (255, 0, 0) (rouge), Couleur 2 : (0, 255, 0) (vert) et  
Couleur 3 : (0, 0, 255) (bleu)

### Exercice-4

1. Calcul de l'intensité en utilisant la moyenne simple :

$$I_{\text{moyenne}} = 120 + 200 + 50 \div 3 = 370 \div 3 \approx 123.33 = 123$$

L'intensité en niveaux de gris est environ 123 (arrondi)

2. Calcul de l'intensité en utilisant la méthode avec pondération :  $I_{\text{pondéré}} = 0.3 \times 120 + 0.59 \times 200 + 0.11 \times 50$   
 $= 36 + 118 + 5.5 = 159.5$  159 (arrondi)

### Exercice- 1 : Correction

- Résolution spatiale = Largeur (en pixels)  $\times$  Hauteur (en pixels) :  
Dans notre cas, la résolution spatiale est :  $1920 \text{ pixels} \times 1080 \text{ pixels} = 2073600 \text{ pixels}$
- Résolution en pixels par pouce (PPP) = Largeur (en pixels)  $\div$  Largeur (en pouces)
- - La résolution en PPP pour la largeur est :  $\text{PPP en largeur} = 1920 \text{ pixels} / 10 \text{ pouces} = 192 \text{ PPP}$
- La résolution en PPP pour la hauteur : -  $\text{PPP en hauteur} = 1080 \text{ pixels} / 5.625 \text{ pouces} = 192 \text{ PPP}$

### Exercice- 2 : Correction

1. Calcul de l'intensité en utilisant la moyenne simple:  
 $I\text{-moyenne} = 120 + 200 + 503 = 3703 \approx 123.33 = 123 .$
2. Calcul de l'intensité en utilisant la méthode avec pondération:  
 $I\text{-pondéré} = 0.3 \times 120 + 0.59 \times 200 + 0.11 \times 50 = 36 + 118 + 5.5 = 159.5 \text{ } 159 \text{ (arrondi)}$

### Exercice-3 : Correction

- ❖ Pour chaque pixel dans l'image RVB, il faut trouver la couleur de la palette qui est la plus proche du pixel en RVB.
- ❖ Pour cela une distance euclidienne entre la couleur du pixel en RVB et chaque couleur de la palette est calculée. La couleur de la palette avec la distance minimale est choisie.

- 1) Calcul de la distance euclidienne : La distance euclidienne entre deux couleurs  $(R_1, G_1, B_1)$  et  $(R_2, G_2, B_2)$  est calculée comme suit :
- 2) Attribuer le pixel à la couleur de la palette ayant la plus petite distance.

$$\sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2}$$

### Exercice-4 : Correction

❖ Pour le Pixel 1 :

✓ distance à Couleur

$$1 = \text{Racine}((200-255)^2 + (100-0)^2 + (50-0)^2) \approx 125$$

✓ distance à Couleur 2 =  $(200-0)^2 + (100-255)^2 + (50-0)^2 \approx 258$

✓ distance à Couleur 3 =  $(200-0)^2 + (100-0)^2 + (50-255)^2 \approx \text{racine}$   
 $(92\ 025) \approx 303$

donc le Pixel 1  
est converti en  
Couleur 1

P3  
#facultative  
2 2  
255  
255 0 0 0 255 0  
0 0 255 255  
255 255

# **PARTIE 2 : AMÉLIORATIONS D'IMAGES TRANSFORMATIONS PONCTUELLES**

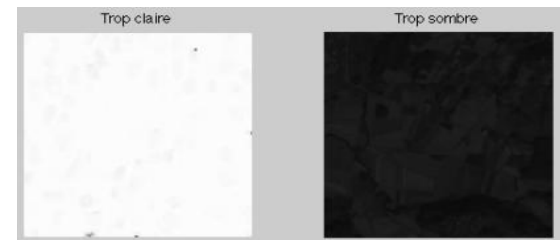
# I. Améliorations d'images numériques

## But de l'amélioration de l'image

- ☐ Faciliter l'interprétation des images par la machine ou par l'humain.
- ☐ La manipulation peut se faire dans le domaine spatial ou dans le domaine fréquentiel.

## Améliorer une image, pourquoi :

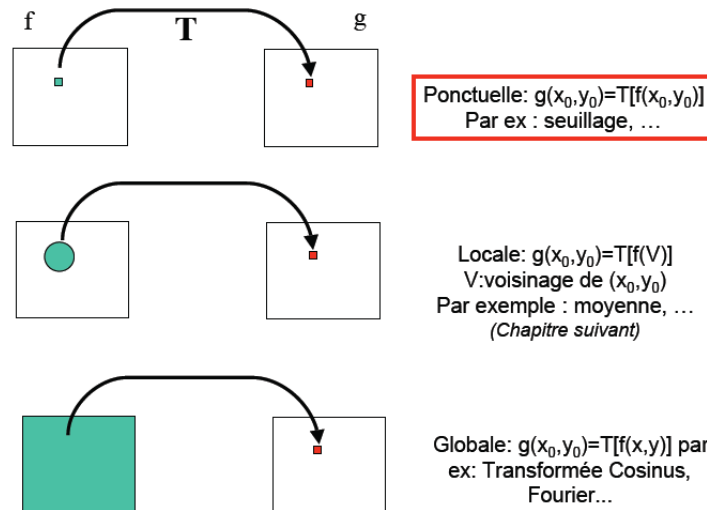
- ☐ Modifier la brillance.
- ☐ Augmenter le contraste
- ☐ Faire apparaître des régions
- ☐ Modifier les niveaux de gris afin de rendre visibles certains détails
- ☐ ...



# I. Améliorations d'images numériques

## Types d'améliorations:

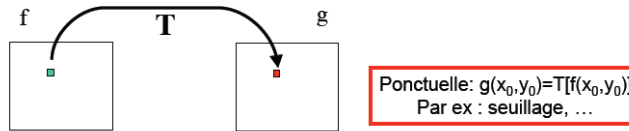
- 1) Amélioration ou transformation ponctuelle (point-processing, point-par-point).  
T est un opérateur sur un seul point (point-operator)
- 2) Transformation Locale.  
T est un opérateur local (local or neighborhood operator)
- 3) Transformation Globale.  
T est un opérateur global





# I. Améliorations d'images numériques

## Transformations ponctuelles



### Concepts de Base & Définitions

- 1) Brillance d'une image ?
- 2) Contraste d'une image ?
- 3) Qu'est-ce qu'un Histogramme ? Histogramme normalisé?
- 4) Opérations ponctuelles d'images modifiant l'histogramme

## II. Propriétés de l'image

### Brillance, Contraste



#### ■ Comment quantifier la différence ?

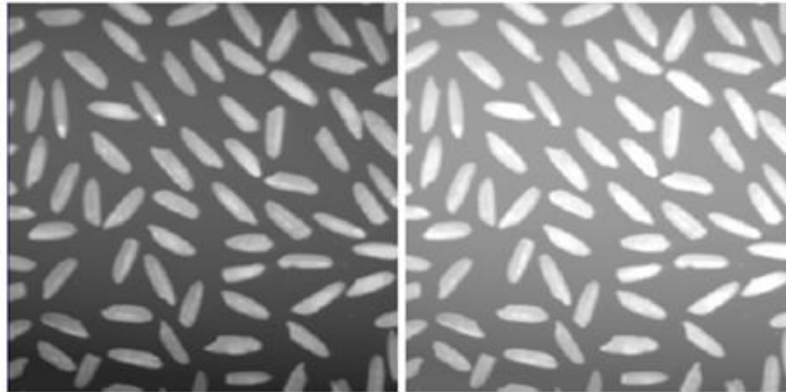
- la brillance d'une image
- le contraste d'une image



## II. Propriétés de l'image

### Brillance, Luminosité

- La luminance ou brillance : C'est la moyenne de tous les pixels de l'image



$$I_{moy} = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i,j)$$

- Ces deux images diffèrent seulement par la luminance

## II. Propriétés de l'image

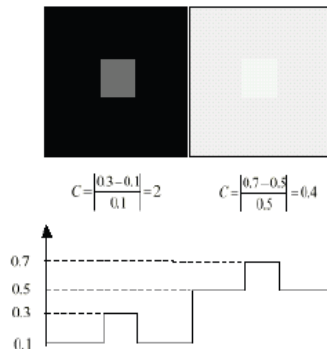
### Contraste



Le contraste peut être défini comme :

- Le rapport entre les luminosités maximale et minimale d'une image.
- Ou l'écart-type des variations de niveaux de gris dans l'image.

Plusieurs formules existent, par exemple :



$$C = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (I(i,j) - I_{moy})^2}$$

écart-type des variations de  
niveaux de gris dans l'image

$$C = \frac{\max[I] - \min[I]}{\max[I] + \min[I]}$$

variation maximale entre  
valeurs de niveaux de gris  
min et max dans l'image

- Un contraste élevé donne de l'impact à une image et permet d'en distinguer les détails, particulièrement dans les zones sombres.
- L'écart type des valeurs de pixel dans l'image, est utile pour comprendre la répartition et la variation des intensités de gris dans l'image.

# Exemple : Brillance, Contraste

A. Soit l'image  $I_{1 \times 3}$  composée d'1 ligne et de 3 colonnes:

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 80 & 100 & 120 \\ \hline \end{array} \Rightarrow I_{\text{moy}} = \frac{1}{1 \times 3} (80 + 100 + 120) = 100$$

$$\begin{aligned} C &= \sqrt{\frac{1}{1 \times 3} \sum_{j=1}^3 (I(1, j) - I_{\text{moy}})^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{3} ((80 - 100)^2 + (100 - 100)^2 + (120 - 100)^2)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{3} ((20)^2 + (0)^2 + (20)^2)} = \sqrt{\frac{1}{3} (20)^2 + (0)^2 + (20)^2} \\ &= \sqrt{\frac{800}{3}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{120 - 80}{120 + 80} \\ &= \frac{40}{200} = 0,2 \end{aligned}$$

$$I_{\text{moy}} = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i, j)$$

B. Soit l'image  $J_{1 \times 3}$  composée d'1 ligne et de 3 colonnes:

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 40 & 100 & 160 \\ \hline \end{array} \Rightarrow I_{\text{moy}} = \frac{1}{1 \times 3} (40 + 100 + 160) = 100$$

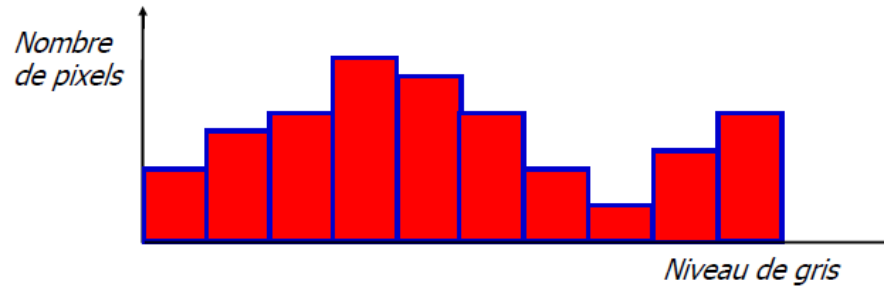
$$\begin{aligned} C &= \sqrt{\frac{1}{3} (40 - 100)^2 + (100 - 100)^2 + (160 - 100)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{3} (60)^2 + (0)^2 + (60)^2} = \sqrt{\frac{7200}{3}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{160 - 40}{160 + 40} \\ &= \frac{120}{200} = 0,6 \end{aligned}$$

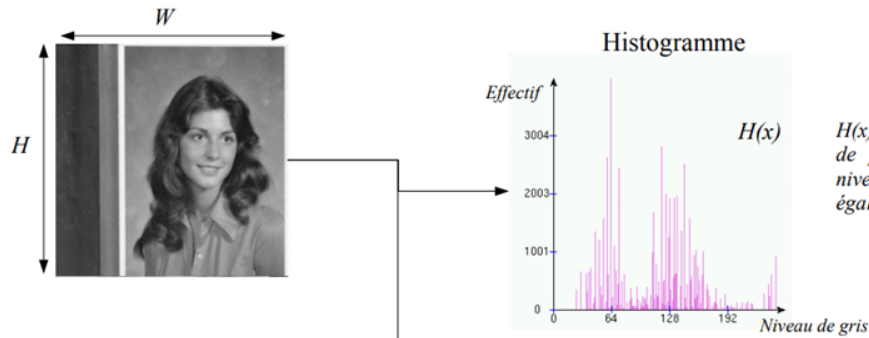
$$C = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (I(i, j) - I_{\text{moy}})^2}$$

$$C = \frac{\max[I] - \min[I]}{\max[I] + \min[I]}$$

# III. Histogramme d'une image



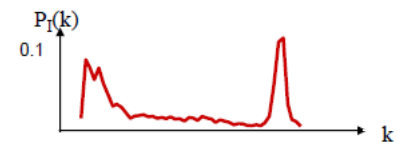
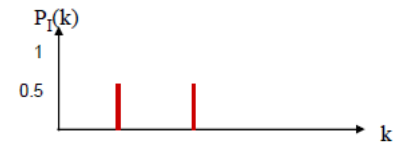
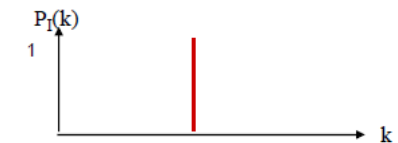
- L'histogramme représente la distribution des niveaux de gris (ou de couleurs) dans une image
- $H(k)$  = nombre de pixels de l'image ayant la valeur  $k$ .



- Fonction  $H_n$  donnant la probabilité (en termes de fréquence d'occurrence) qu'un pixel ait pour niveau de gris  $k$

$$H_n(k) = \frac{H(k)}{N \times M}$$

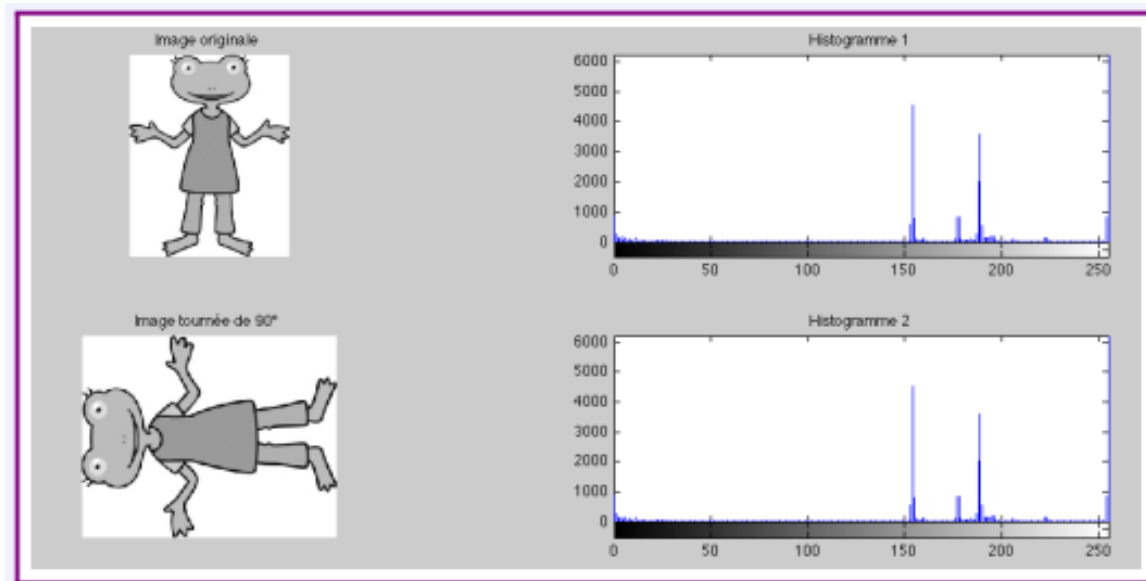
où  $N$  et  $M$  sont respectivement le nombre de colonnes et de lignes de l'image



Dynamique d'une image = [valeur\_min, valeur\_max]

### III. Histogramme d'une image

- L'histogramme décrit la répartition des niveaux de gris de l'image
- Mais ne donne aucune information spatiale
- Deux images différentes (en termes de contenu sémantique) peuvent aussi avoir le même histogramme



# III. Histogramme d'une image

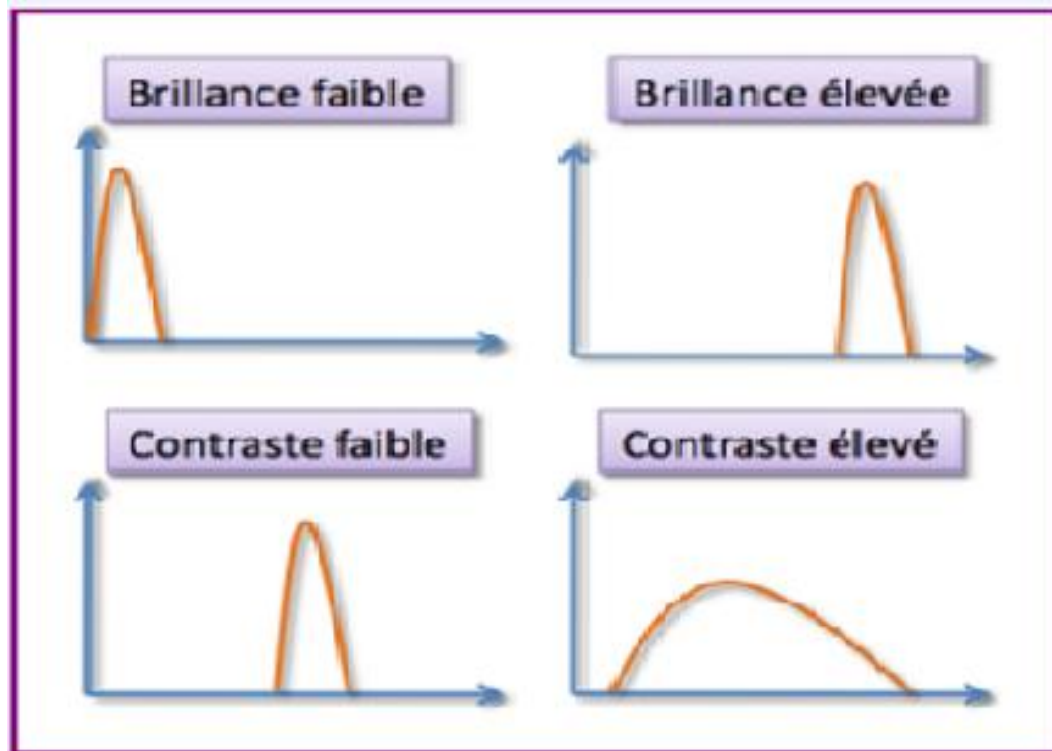
## Analyse et Transformation

### ❑ Rehaussement de l'histogramme H

L'allure de l'histogramme peut nous renseigner sur des images trop sombres, trop claires, mal contrastées, ...

### ❑ On peut agir sur la forme de l'histogramme

- Transformation linéaire
- Egalisation





## IV. Améliorations ponctuelles modifiant l'histogramme

### ❑ Modifications d'histogrammes

- Modification de la luminance  $k$

$$T : k \rightarrow k' = T(k)$$

- Plusieurs fonctions  $T$ . Chacune ayant un impact différent sur l'image

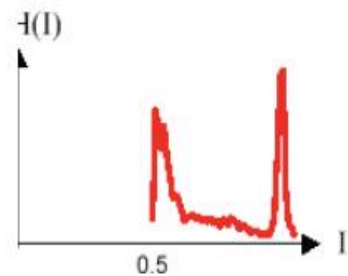
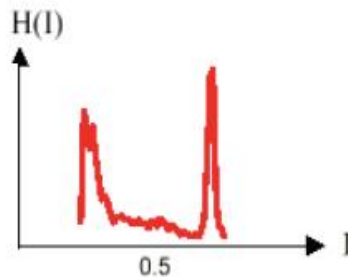
### ❑ Comme exemple de transformations ponctuelles modifiant l'histogramme, citons :

- 1) Translation de l'histogramme
- 2) Normalisation de l'histogramme (Expansion ou étirement )
- 3) Egalisation de l'histogramme
- 4) Seuillage
- 5) Inversion d'image

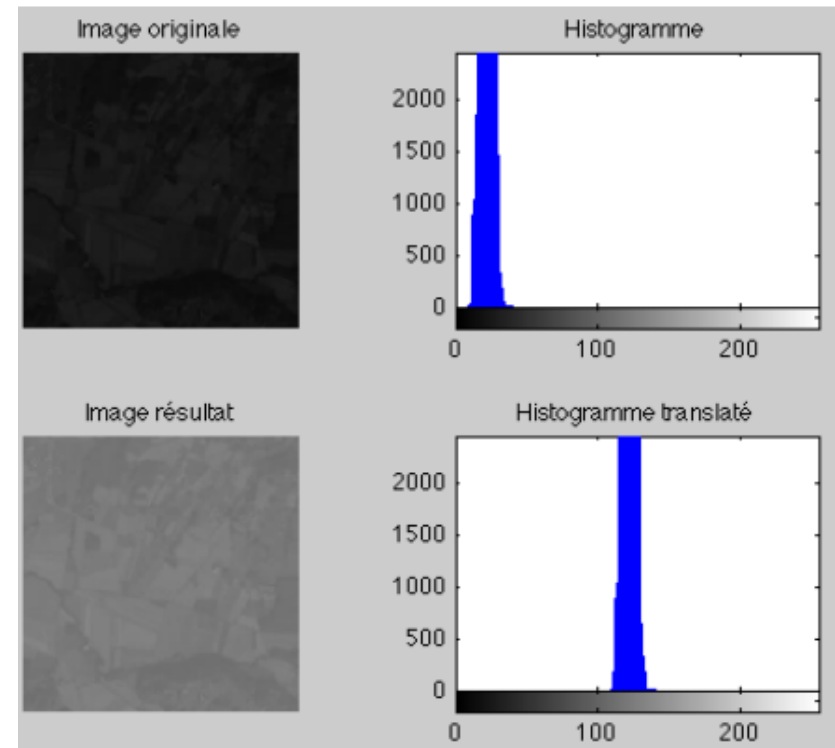
...

# Translation de l'Histogramme

- ❑ Modifier la luminosité de l'image **sans en changer le contraste**
- ❑ Résultat : image plus claire ou plus sombre
- ❑ On peut écrire:  $I'(i,j) = I(i,j) + t$

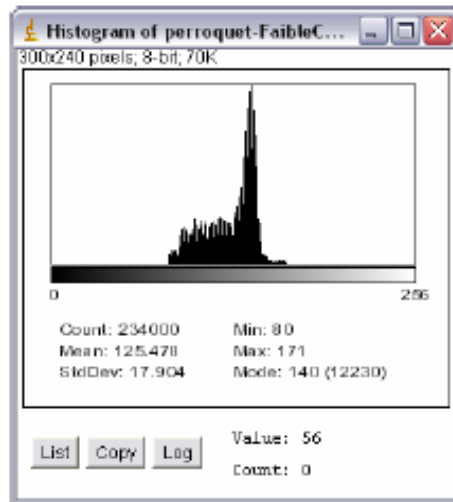
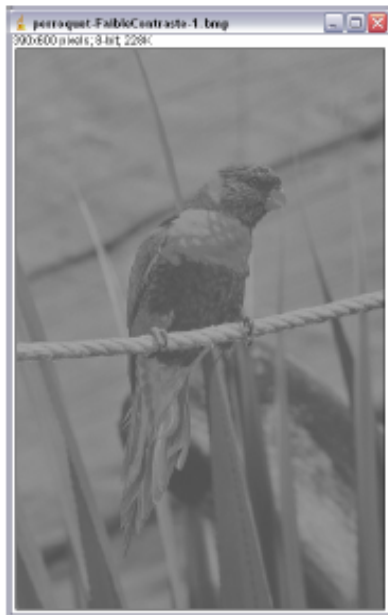


↑B



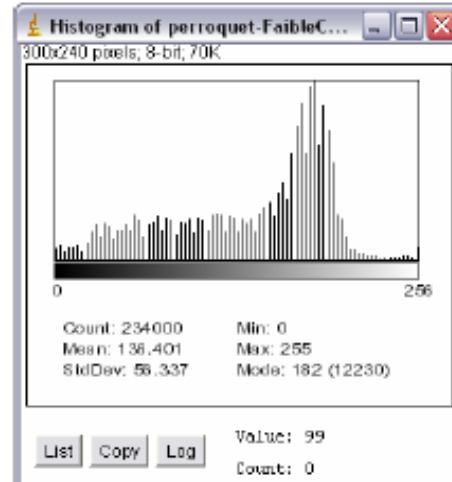
# Expansion (Etirement) de dynamique

## ■ Transformation/modification d'histogrammes



l'intervalle  $[a,b]$  de répartition des niveaux de gris de l'image d'entrée «  $I_e$  » est  $[80,171]$

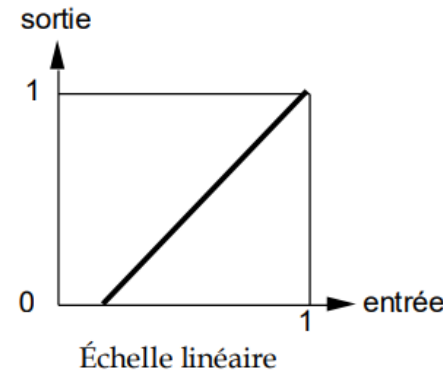
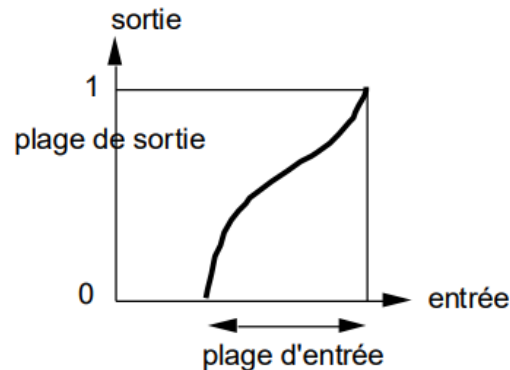
l'intervalle  $[a,b]$  de répartition des niveaux de gris de l'image de sortie «  $I_s$  » est  $[0,255]$



## 2. Expansion (Etirement) de dynamique

### TRANSFORMATION LINÉAIRE

- Une image à haut contraste a un histogramme bien réparti.
- Pour changer le contraste, on applique une transformation affine sur les niveaux de gris.
- On cherche à obtenir une courbe monotone occupant toute la plage de dynamique de l'image (exemple 0,255).
- Au cas où la plage d'entrée est plus petite que l'intervalle [0,255], le contraste de l'image est augmenté.

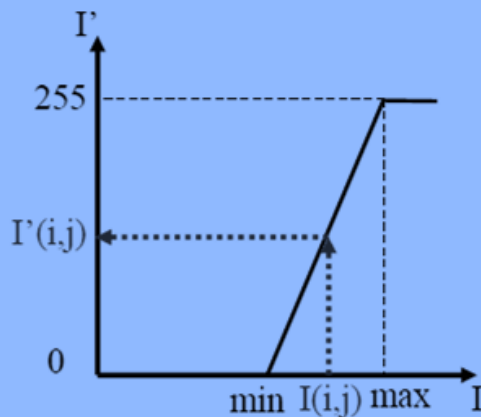


# Transformation Linéaire

- Pour changer le contraste, une transformation affine sur les niveaux de gris est appliquée comme suit :

$$I'(i, j) = \frac{L - 1}{I_{max} - I_{min}} (I(i, j) - I_{min})$$

*Exemple:  $L=256$  (Profondeur Codage de 8 bits) et  $m=0$*



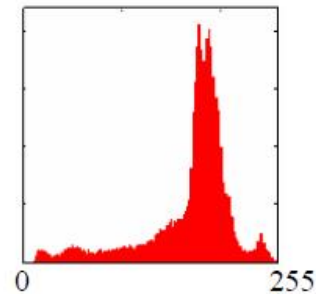
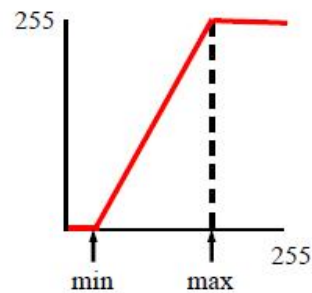
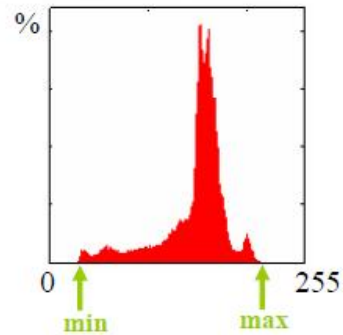
$$\frac{\max - \min}{I(i, j) - \min} = \frac{255 - 0}{I'(i, j) - 0}$$

Alors :

$$I'(i, j) = \frac{255}{\max - \min} (I(i, j) - \min)$$

$$I'(i, j) = \frac{255}{\max - \min} (I(i, j) - \min) \quad \text{avec} \quad \frac{(I(i, j) - \min)}{\max - \min} \in [0, 1]$$

# Transformation Linéaire



Implémentation, cas  $k=8$  bits:

Pour  $i=1$  à  $N_{\text{lig}}$  faire

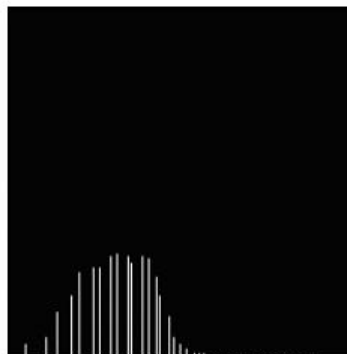
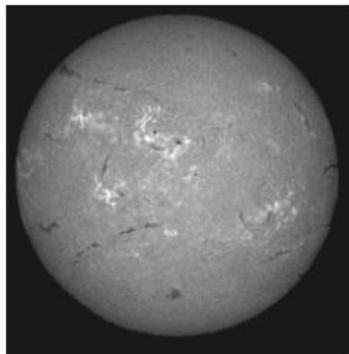
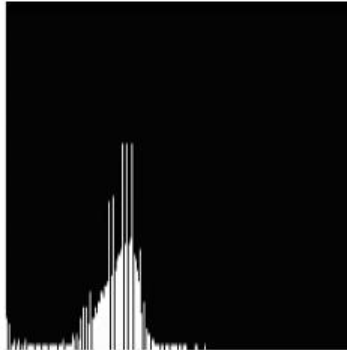
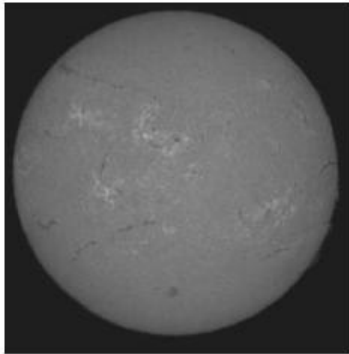
Pour  $j=1$  à  $N_{\text{col}}$  faire

$I'(i,j) = \text{round}(255 * (I(i,j) - \min I) / (\max I - \min I))$

Fin Pour

Fin Pour

# Etirement: Illustrations



# Etirement :

## Exemple

Supposons que nous ayons une image en niveaux de gris avec les valeurs de pixels suivantes :

50	100	70
120	50	150

Préciser la dynamique de I  
Calculer Brillance et Contraste de I  
Etirer I  
Donner I' après Transformation  
Calculer Brillance et Contraste de I'



# Etirement : Exemple

Supposons que nous ayons  
une image en niveaux de  
gris avec les valeurs de  
pixels suivantes :

50	100	70
120	50	150

Brillance = 90  
 $C1=0,5$

$50 \rightarrow 0$   
 $70 \rightarrow 255 * (70-50/150-50) = 51$   
...  
 $100 \rightarrow 127$   
 $120 \rightarrow 178$   
 $150 \rightarrow 255$

Etirement:

$A=\text{Min}(I)=50$   
 $B=\text{Max}(I)=150$

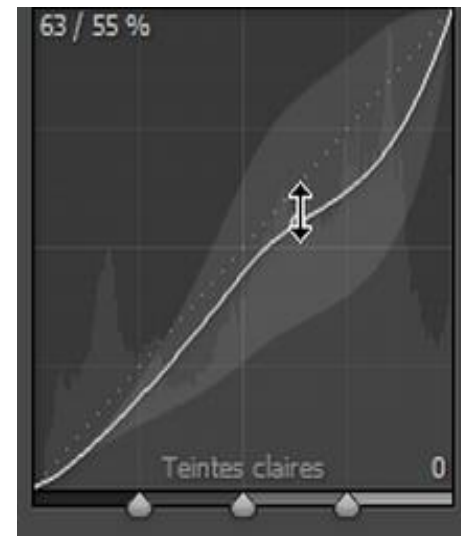
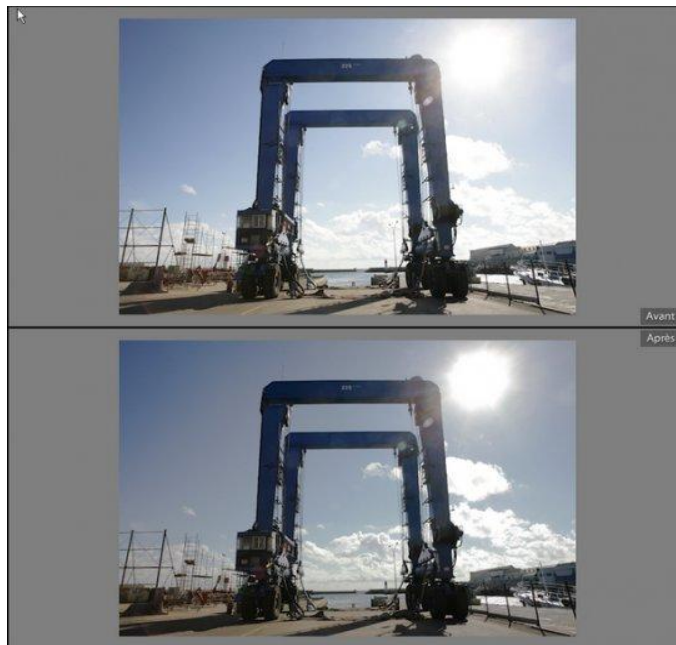
Après transformation :

0	127	51
178	0	255

Brillance =  
102  
 $C1=1$

# TRANSFORMATION NON LINÉAIRE : ILLUSTRATION

- ☐ L'étirement est une transformation linéaire et ponctuelle.
- ☐ D'autres transformations peuvent être appliquées.
- ☐ Par exemple, avec **un contre-jour**, le but est d'atténuer la présence du soleil se trouvant dans l'axe de l'appareil photo

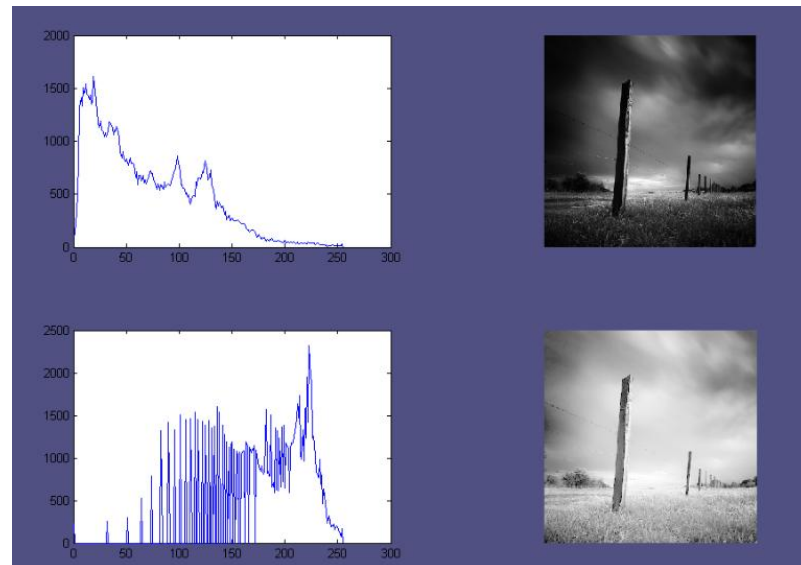


# TRANSFORMATION NON LINÉAIRE : CORRECTION LOGARTITHMIQUE

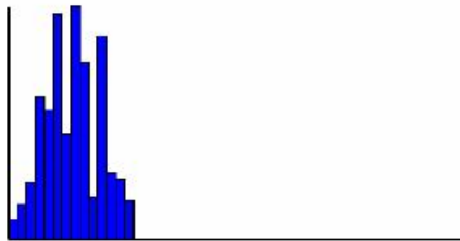
- ❑ La correction logarithmique : Cas d'une image caractérisée par une forte concentration de points sombres ou clairs (proche de 255).
- ❑ Les pixels seront répartis de manière non linéaire.
- ❑ Cas d'une image sombre : espacer les valeurs faibles et rapprocher les valeurs élevées.
- ❑ Cas d'une image claire : inverser la fonction logarithme.

$$I_{\text{corr}}(i,j) = \text{round}(c \cdot (\log(1+I(i,j))))$$

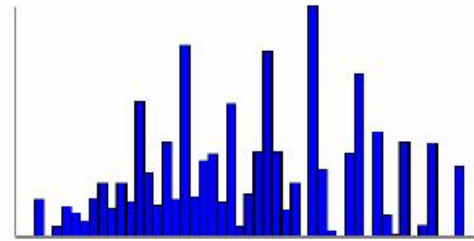
$c$  : constante de mise à l'échelle qui peut être utilisée pour ajuster l'intensité globale de l'image corrigée.



# Correction Dynamique de l'Image

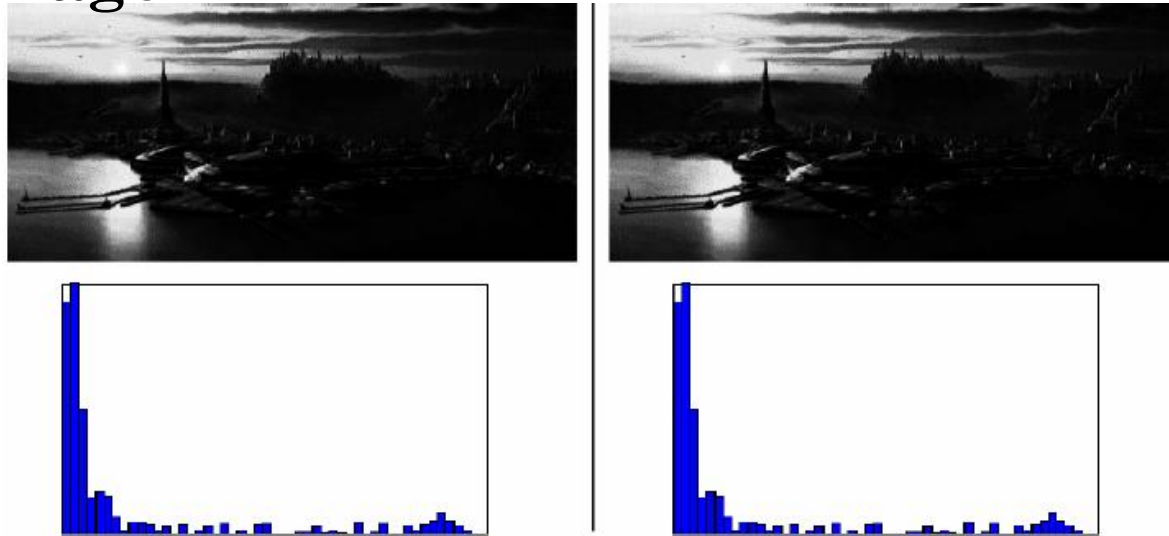


*Image originale*



*Image restaurée*

# Correction Dynamique de l'Image



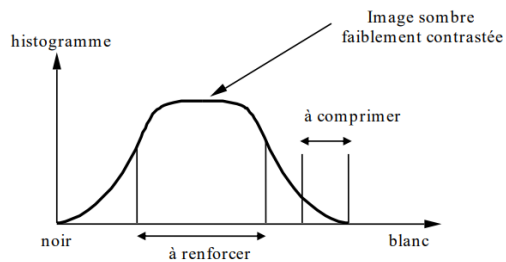
Dans le cas où l'histogramme initial **occupe toute la plage de dynamique**, aucun changement n'est visible

### 3. Égalisation d'histogramme

- Histogramme cumulé : C'est la distribution cumulé des intensités des pixels d'une image. C'est le nombre de pixels ayant au moins une intensité lumineuse donnée.
- Egalisation : consiste à rendre le plus plat possible l'histogramme des niveaux de gris de l'image.
- Elle a pour effet de répartir les intensités des pixels de manière à maximiser le contraste global de l'image.
- L'égalisation permet d'améliorer la visibilité des détails dans l'image qui sont masqués par des variations d'intensité de plus grande amplitude et à plus grande échelle.
- L'image est associée à une modélisation probabiliste. De ce point de vue, l'histogramme représente la densité de probabilité de la variable niveau de gris

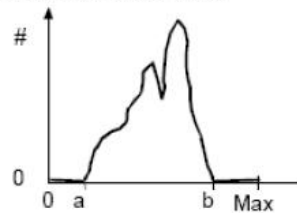
# Égalisation d'histogramme

Utilisation équilibrée de la plage de dynamique de l'image. Le but étant d'améliorer la qualité visuelle de l'image.

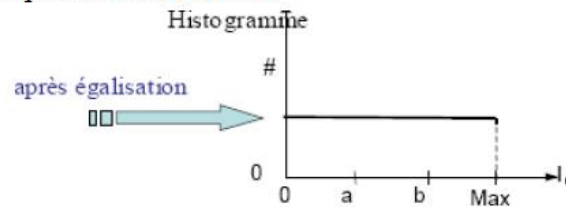


## ■ Egalisation d'histogramme

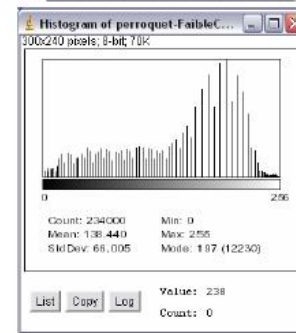
Histogramme (original)



L'objectif est de rendre l'histogramme constant après transformation



Impossible sur des images réelles

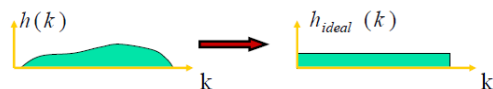


# Cas discret : Exemple d'égalisation

Profondeur de codage : 3 bits, Dynamique=[0,7]

Intensité i	0	1	2	3	4	5	6	7
H(i)	10	8	9	2	14	1	5	2
Hn(i)	10/51	8/51	9/51	2/51	14/51	1/51	5/51	2/51
C(i)	10/51	18/51	27/51	29/51	43/51	44/51	49/51	51/51
k= i après égalisation	10/51 *7 = 1.37 =1	18/51 *7 =2,47 2	27/51 *7 =3,7 4	29/51 *7 =3,98 4	43/51 *7 =5,90 6	44/51 *7 =6,04 6	49/51 *7 =6,73 7	51/51 *7 =7.0 7

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



$$h[i], \quad i \in [0, L-1]$$

Histogramme non-normalisé

$$h_n[i] = \frac{h[i]}{N.M}$$

Histogramme normalisé (proportion)

$$C[i] = \sum_{j=0}^i h_n[j]$$

Densité de probabilité cumulative

$$I(i, j)_{\text{normalisé}} = C[I(i, j)]$$



$$I(i, j) \approx C[I(i, j)]. (L-1)$$





# Cas discret : Exemple d'égalisation

Profondeur de codage : 3 bits, Dynamique=[0,7]

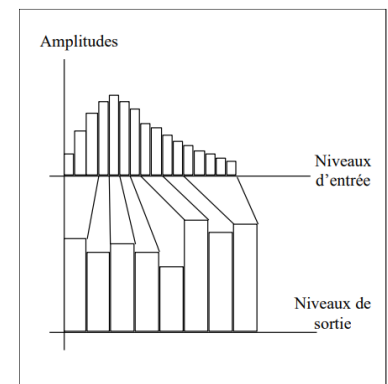
Intensité i	0	1	2	3	4	5	6	7
H(i)	10	8	9	2	14	1	5	2
k = i après égalisation	1	2	4	4	6	6	7	7
H(k)	10	8	11		15		7	

Avant égalisation : 8  
classes distinctes

Après égalisation : 5  
classes

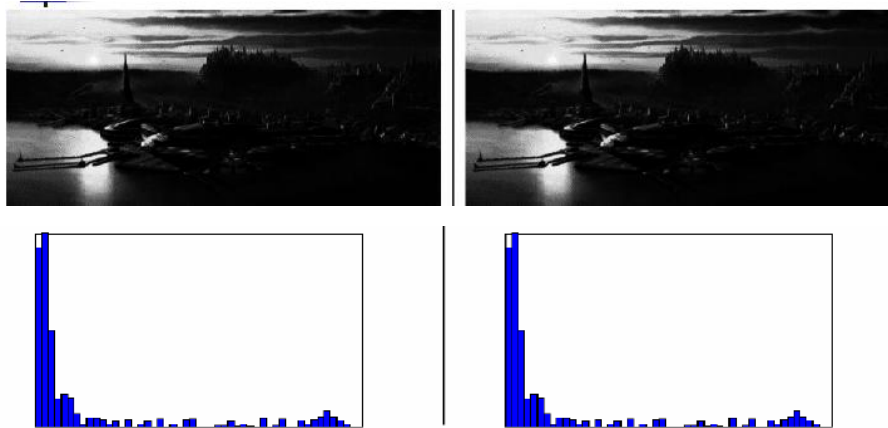


L'égalisation  
réduit le  
nombre de  
niveaux  
occupées

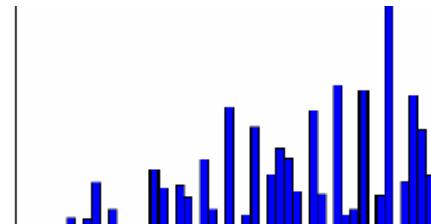


Correction de la dynamique de l'image:

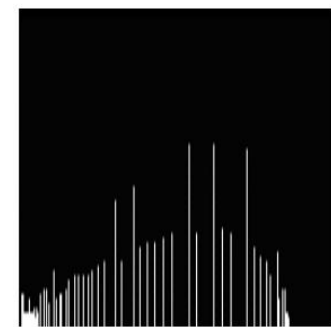
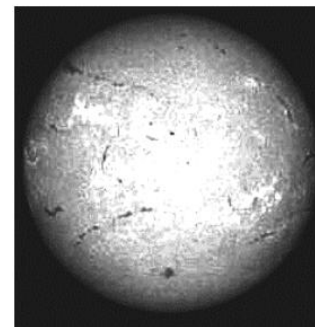
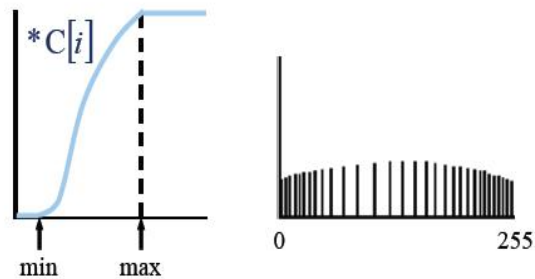
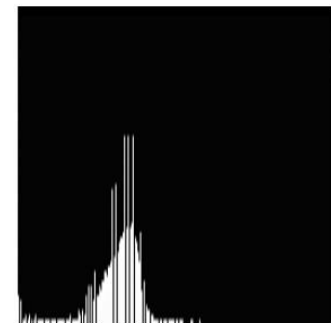
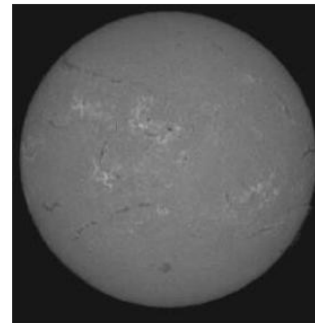
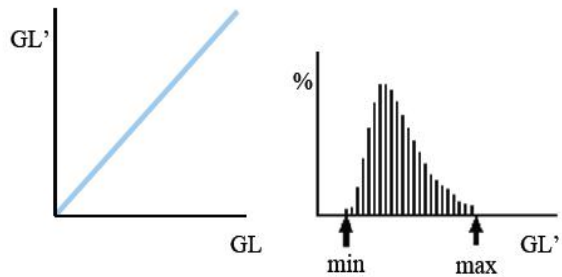
Pas de changement : l'histogramme initial **occupe toute la plage de dynamique**



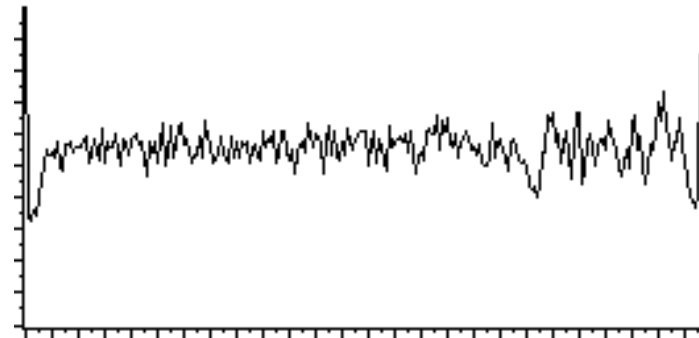
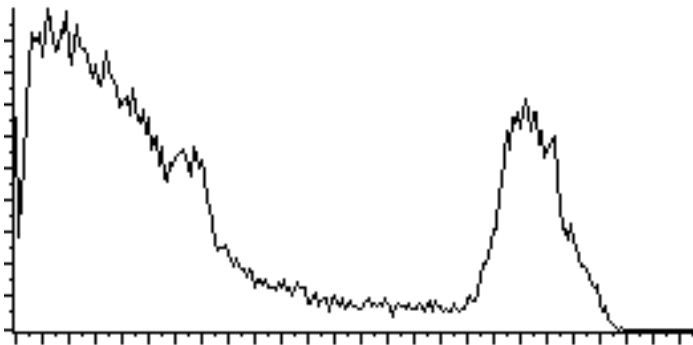
**L'égalisation** d'histogramme peut améliorer une image là où la correction dynamique de l'histogramme est inefficace

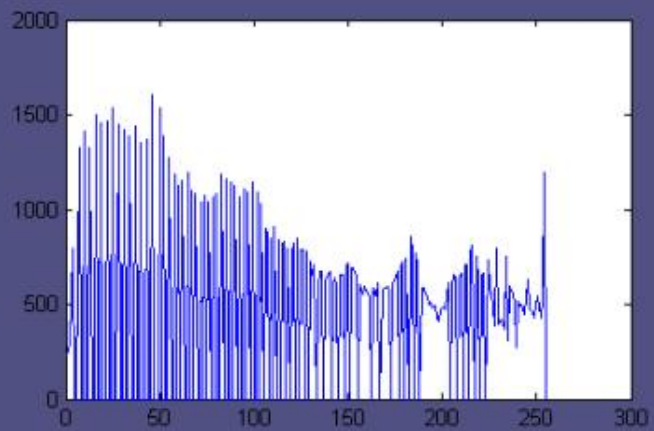
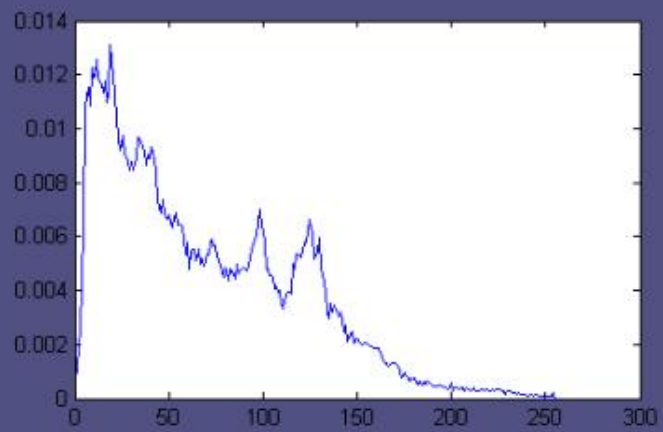


# Egalisation : Illustrations



# Egalisation : Illustrations

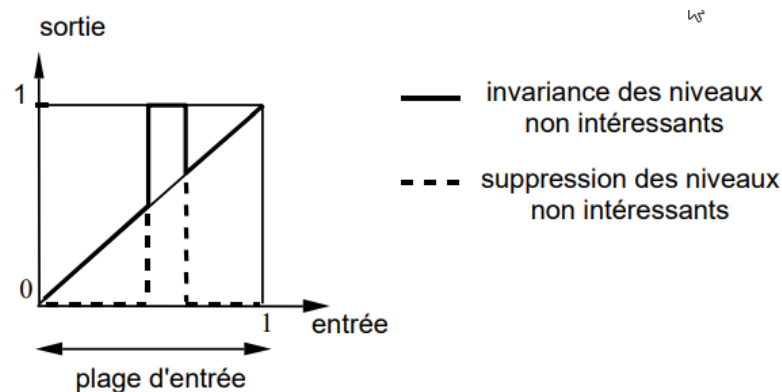




## 4. SEUILLAGE

### Pourquoi seuiller une image en couleurs ?

- **Segmentation:** Identifier des objets ou des régions spécifiques dans une image.
- **Binarisation:** Transformer une image en niveaux de gris en une image binaire pour des traitements ultérieurs (comme l'érosion, la dilatation, etc.).
- **Simplification:** Réduire la complexité d'une image pour en extraire les caractéristiques principales.

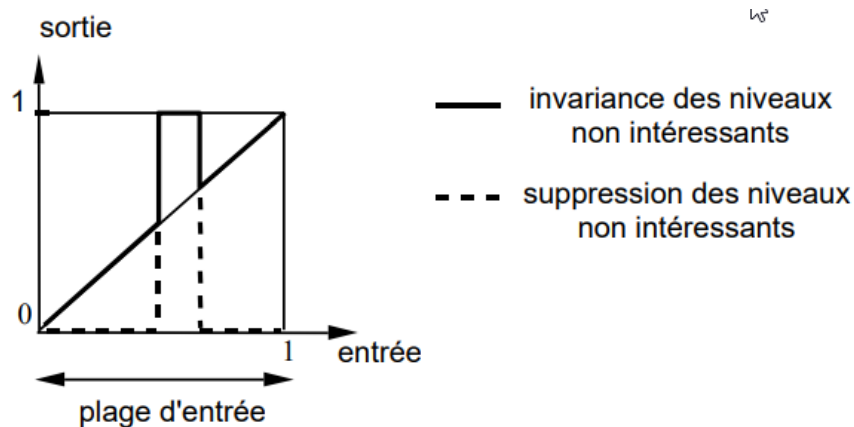


## 4. SEUILLAGE

- Seuillage (thresholding) : traitement ramenant l'image à deux ou quelques niveaux d'intensité
- Le seuillage binaire (binarization) est défini par la mise à zéro de tous les pixels ayant un niveau de gris inférieur à une certaine valeur (appelée *seuil* ou *threshold*) et à la valeur maximale les pixels ayant une valeur supérieure.

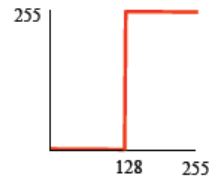
**Seuillage :**

- $I'(i,j)=255$  si  $I(i,j) > \text{seuil}$
  - $I'(i,j)=0$  sinon
- Le seuillage (ou binarisation) produit une image binaire contenant des pixels noirs et blancs.
- Limitation : difficulté réside dans le choix du seuil à adopter.

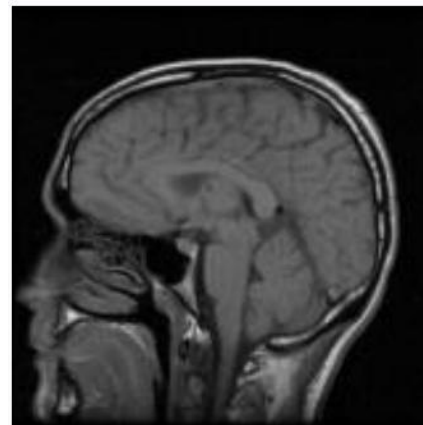


# SEUILLAGE : ILLUSTRATIONS

- Voici une image en 256 niveaux de gris et les résultats d'une opération de seuillage avec les valeurs respectives de seuil de 125 et 200 :



Seuillage :  
 $I'(i,j) = 255$  si  $I(i,j) > (\text{seuil} : 128)$   
 $I'(i,j) = 0$  sinon





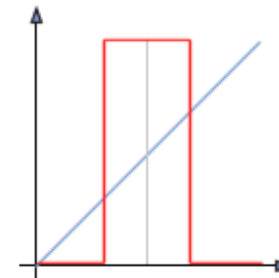
## SEUILLAGE (3)

- On peut utiliser deux valeurs ( ou plus) de seuil, respectivement borne inférieure et borne supérieure.
- Les pixels ayant une valeur comprise entre les bornes sont mis à la valeur maximale et à zéro sinon.

Seuillage :

- $I'(i,j)=255$  si  $I(i,j) > \text{seuilBinf}$  et  $I(i,j) < \text{seuilBsup}$
- $I'(i,j)=0$  sinon

Courbe tonale de l'opération de seuillage



# SEUILLAGE

- Méthodes de seuillage pour les images en couleurs.
- Méthode 1 :Seuillage par composante de couleur :
  - Séparation des canaux: On sépare l'image en ses trois canaux de couleur (Rouge, Vert, Bleu)
  - on applique un seuillage sur chacun d'eux indépendamment.
  - Combinaison: Les résultats des trois seuillages sont ensuite combinés pour obtenir l'image binaire finale.
  - Limites: Cette méthode peut être sensible au bruit et aux variations d'éclairage.

## Méthode 2 : Seuillage dans un espace colorimétrique différent:

- Conversion: On convertit l'image d'un espace colorimétrique RGB vers un autre espace (HSV, HSL, etc.) qui peut être plus adapté au type d'image.
- Seuillage: On applique ensuite un seuillage sur la composante qui nous intéresse (par exemple, la saturation pour détecter les objets colorés).
- Avantages: Certains espaces colorimétriques permettent de mieux séparer les objets de l'arrière-plan.

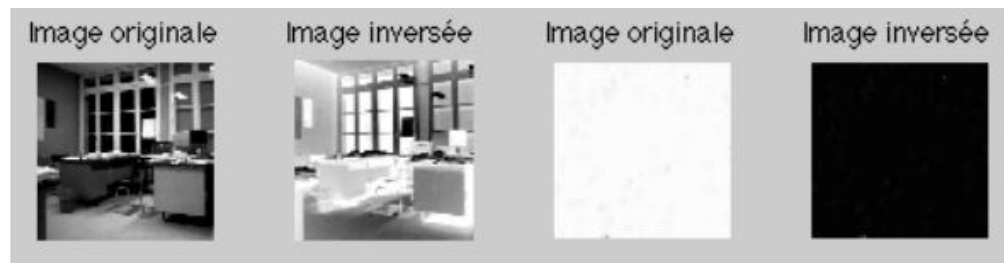
## 5. INVERSION

- Il s'agit d'inverser les valeurs des pixels par rapport à la moyenne des valeurs possibles.
- $K' = L - 1 - K$  (L est la dynamique de l'image, exemple  $L=256$ )

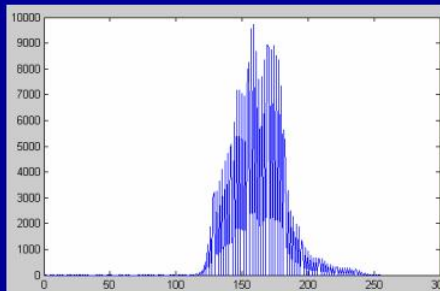
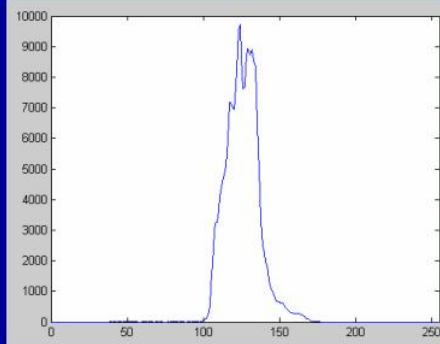
Résultat de l'inversion : est appelé *négatif*.



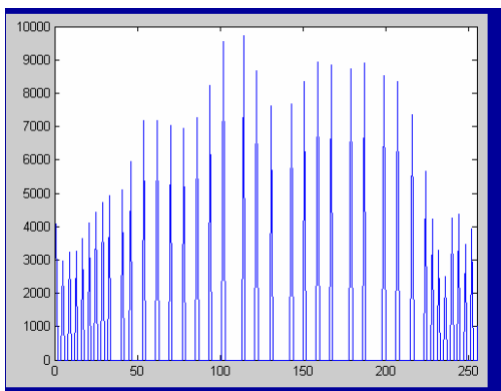
*Courbe tonale  
de l'opération  
d'inversion*



Après  
étirement



Après égalisation : Un  
cas où le résultat  
n'est pas intéressant



### Exercice-1 : Contraste & brillance

Soit l'image en niveau de gris **I** suivante quantifiée sur 256 valeurs (profondeur de codage 8 bits)

10	30	10	10
10	30	10	10
10	30	10	10
10	20	10	100
10	20	10	100

- a) Calculer la brillance de l'image I.
- b) Calculer le contraste de l'image I (Utiliser les deux formules vues en cours).
- c) Evaluer le contraste entre les deux paires de pixels suivants dont les coordonnées sont :
  - (3,3) et (4,3)
  - (3, 3) et (5,4)
- d) Est-ce que l'image nécessite une amélioration? justifier.
- e) Si oui que proposez-vous comme solution?

## Éléments de réponse

$$\text{a) } B = (10 \cdot 13 + 30 \cdot 3 + 20 \cdot 2 + 100 \cdot 2) / 20 = 23$$

$$\text{b) } C1 = \text{maxi-min} / (\text{max} + \text{min}) = 0.8$$
$$C2 = 26,66$$

$$\text{c) } P1 = P2 = 10, \quad C = 0;$$

$$\text{d) } P1 = 10, \quad P2 = 100, \quad C = 0,9 \text{ (ou } 9)$$

e)  $B=23$ , valeur faible, image sombre  
Suggestion : on peut effectuer un étirement pour mieux utiliser l'échelle des niveaux de gris

### Exercice-1 : Contraste & brillance

Soit l'image en niveau de gris I suivante quantifiée sur 256 valeurs (profondeur de codage 8 bits)

10	30	10	10
10	30	10	10
10	30	10	10
10	20	10	100
10	20	10	100

- a) Calculer la brillance de l'image I.
- b) Calculer le contraste de l'image I (Utiliser les deux formules vues en cours).
- c) Evaluer le contraste entre les deux paires de pixels suivants dont les coordonnées sont :
  - o (3,3) et (4,3)
  - o (3, 3) et (5,4)
- d) Est-ce que l'image nécessite une amélioration? justifier.
- e) Si oui que proposez-vous comme solution?

## Exercice-2 : Transformation de l'histogramme

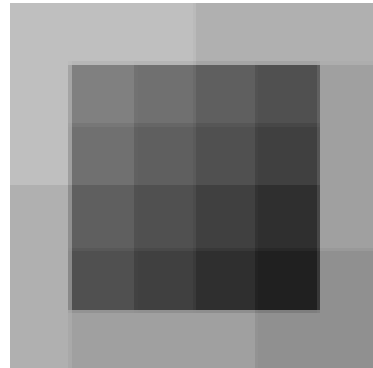
Soit l'image  $I$  ci-dessous codée sur 4 bits dont le niveau de gris  $i$  est quantifié sur 16 niveaux ( $i \in [0,15]$ ).

6	8	9	10	10
5	1	9	10	10
5	8	8	8	5
0	6	8	8	10
0	6	6	8	10
1	1	6	5	6

- 1- L'image utilise-t-elle toute l'échelle des niveaux de gris disponibles ? Justifier.
- 2- Calculer l'histogramme des niveaux de gris  $H(k)$  de l'image  $I$  et le représenter graphiquement.
- 3- Étirer l'histogramme. Détailler les calculs et Représenter l'image  $I$  après étirement.
- 4- Égaliser l'histogramme. Détailler les calculs et Représenter l'image  $I$  après égalisation.
- 5- Comparer les deux transformations.

### Exercice 3

*Soit l'image en niveaux de gris de taille 6x6 pixels et dont les valeurs des niveaux de gris sont codées sur 4 bits. Cette image représente une forme rectangulaire sur un fond*



12	12	12	11	11	11
12	8	7	6	5	10
12	7	6	5	4	10
11	6	5	4	3	10
11	5	4	3	2	9
11	10	10	10	9	9

- 1- Calculer et représenter l'histogramme de cette image.
- 2- Calculer l'histogramme normalisé.
- 3- Donner la probabilité pour qu'un pixel de l'image ait un niveau de gris  $> 10$
- 4- Etirer l'histogramme de façon à utiliser toute la plage des niveaux de gris
- 5- Egaliser l'histogramme de façon à utiliser toute la plage des niveaux de gris
- 6- Binariser l'image pour séparer la forme rectangulaire du fond. Préciser la valeur du seuil choisi.
- 7- Inverser l'image l'originale