

# Traitement d'Image et Vision

## Chapitre 2

---

### Prétraitement des images numériques

Biad Souad, [biad@univ-jijel.dz](mailto:biad@univ-jijel.dz)

Université de Jijel

---

#### Contenu de ce chapitre

- ☞ *Introduction*
- ☞ *Manipulations d'histogramme*
- ☞ *Filtrage*

## II. 1. Introduction

Le Prétraitement regroupe l'ensemble des processus visant à améliorer les caractéristiques d'une image pour donner à l'utilisateur une image libérée de tous types de défauts. De ce fait l'objectif principal est de mettre en relief l'information utile contenue dans l'image et par la suite atténuer et même éliminer l'information inutile. Différents types de traitement existent :

- les opérations ponctuelles qui modifient la valeur de chaque pixel sans tenir compte de ses voisins (manipulations d'histogramme).
- la réduction du bruit (le filtrage).
- Techniques de Rehaussement de contraste : Laplacien, filtrage d'ordre adaptatif, opérateurs morphologiques
- la compression.

## II. 2. Les histogrammes

L'histogramme d'une image numérique représente la distribution des valeurs des pixels en fonction du niveau de gris (NG). C'est une fonction discrète  $h(x)$  qui donne, pour chaque intensité lumineuse  $x$ , le nombre de pixels ayant cette valeur (figure II. 1)

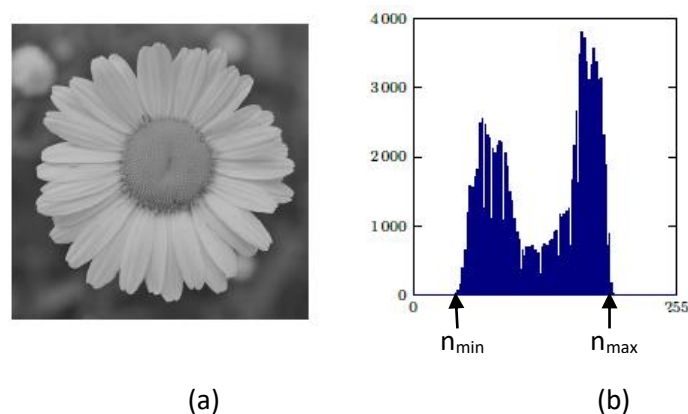


Figure II. 1 : (a) image originale, (b) son histogramme

La dynamique de l'image peut être définie par l'intervalle  $D = [n_{min}, n_{max}]$ .

L'histogramme permet aussi d'obtenir rapidement une information générale sur l'apparence de l'image :

- Deux images très différentes peuvent avoir le même histogramme. Ce dernier donne une information globale sur les intensités de l'image, mais perd l'information spatiale de l'image.
- Un histogramme équilibré proche d'une fonction plate donne en général une image visuellement plaisante,
- Un histogramme tassé à droite donne une image trop claire,
- Un histogramme tassé sur la gauche donne une image trop sombre,
- Un histogramme tassé au centre donne une image grisâtre,

**a- Histogramme normalisé :** l'histogramme normalisé d'une image  $h_n(x)$  est le taux de pixels ayant un niveau de gris égal à  $x$  :

$$h_n(x) = \frac{h(x)}{N} \quad (1)$$

avec  $N$  le nombre de pixels dans l'image

**b. Histogramme cumulé :** c'est un vecteur de même dimension que l'histogramme où chaque élément du vecteur  $h_c(x)$  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.

$$h_c(x) = \sum_{i=0}^x h(i) \quad (2)$$

### II. 3. Les manipulations d'histogramme

L'histogramme permet de corriger le contraste et l'échelle des couleurs pour des images surexposées ou sous-exposées. En outre sa modification qui est un traitement ponctuel (modifie l'intensité d'un pixel) n'altère pas les informations contenues dans l'image mais les rend plus ou moins visibles.

La modification d'un histogramme est généralement représentée sur une courbe (appelée courbe tonale) indiquant la modification globale des composantes de l'image avec en abscisse les valeurs initiales et en ordonnées les valeurs après modification. La courbe tonale correspond à une fonction de transfert définie par une table de transcodage appelé Look Up Table, notée LUT.

### 3. 1. Recadrage Dynamique

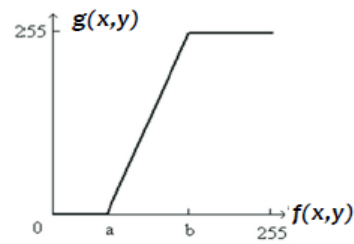
Le recadrage de dynamique consiste à étendre la dynamique de l'image initiale  $[a, b]$  correspondante à  $[n_{\min}, n_{\max}]$  vers l'étendue totale  $[0; 255]$ . Il consiste à utiliser une transformation linéaire permettant d'obtenir un nouvel histogramme ayant la dynamique maximale :

$$T : [n_{\min}, n_{\max}] \rightarrow [0, 255]$$

$$f(x, y) \rightarrow g(x, y) = \frac{255 \cdot (f(x, y) - n_{\min})}{n_{\max} - n_{\min}}$$

avec :  $f(x, y)$  image originale

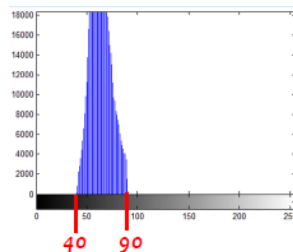
$g(x, y)$  image transformée



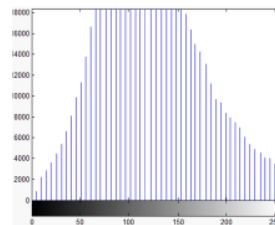
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure II. 2 : (a) image originale, (b) image transformée, (c) histogramme avant recadrage, (d) histogramme après recadrage

**Remarque :** Cette étendue réduite de niveaux de gris avant transformation peut survenir suite à un temps de pose incorrecte ou à un éclairage de la scène trop faible. Cette transformation ne fait qu'améliorer la qualité visuelle de l'image, et ne change pas l'information présente dans l'image.

### 3. 2. Egalisation d'histogramme

L'égalisation de l'histogramme consiste à équilibrer le mieux possible la distribution des pixels dans la dynamique. L'objectif est d'obtenir un histogramme le plus plat possible où l'on affecte le même nombre de pixels pour chaque niveau de gris. Ceci améliore le contraste et permet d'augmenter artificiellement la clarté (ou nuances) d'une image.

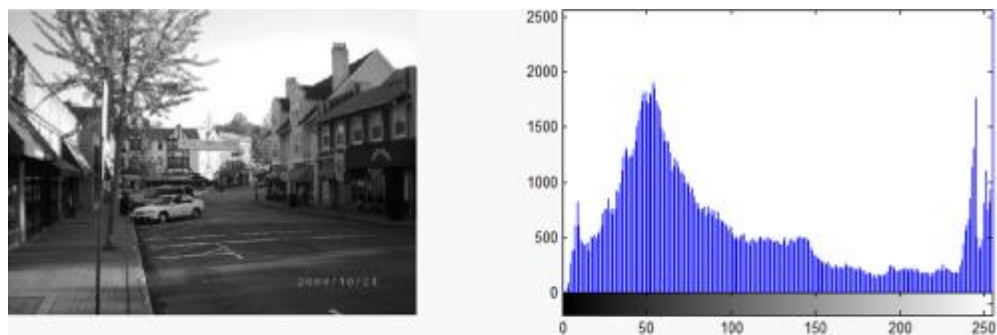
Le niveau de gris  $f(x, y)$  de chaque pixel  $(x, y)$  est transformé en  $g(x, y)$  en appliquant la transformation basée sur l'utilisation d'histogramme cumulé normalisé :

$$g(x, y) = \text{round} \left( n_{\max} * H_{cn}(f(x, y)) \right) = \text{round} \left( n_{\max} * \frac{\sum_{i=0}^f H(f_i)}{N} \right)$$

avec :  $\text{round}$  : valeur entière

$n_{\max}$  : valeur maximale = 255 (8bits)

**Avant égalisation de l'histogramme**



**Après égalisation de l'histogramme)**

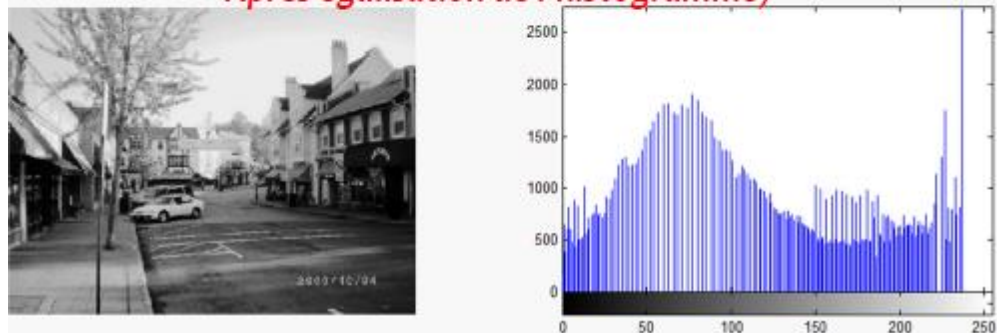


Figure II. 3 : effet d'égalisation sur les images

### 3. 3. Binarisation

Le but de la binarisation d'une image est d'affecter un niveau uniforme aux pixels pertinents et d'éliminer les autres. Ceci peut être réalisé par l'opération de seuillage. Cette dernière consiste à attribuer le niveau 255 aux pixels dont la valeur est supérieure à un seuil  $S$  et le niveau 0 aux autres. Le graphe de la transformation correspondante est donné comme suit :

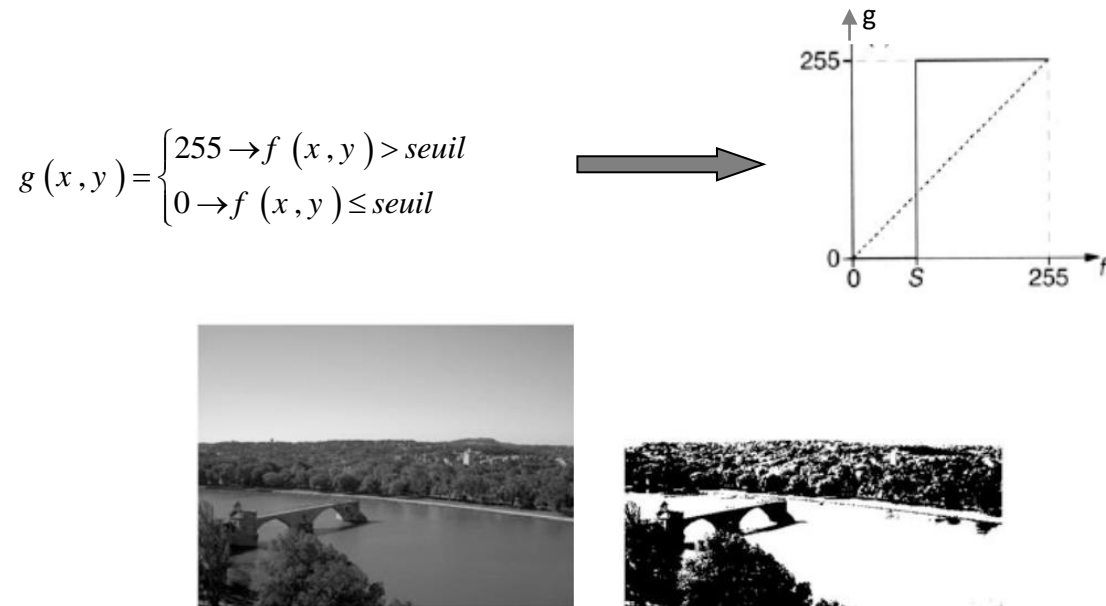


Figure II. 4 : exemple sur la binarisation

## II. 4. Filtrage

Le filtrage consiste à traiter chaque pixel en fonction de sa valeur et de celle de ses voisins à l'inverse des opérations ponctuelles déjà vues au titre précédent. L'objectif principal de cette opération est multiple on trouve principalement: la réduction du bruit, le rehaussement du contraste. Les moyens utilisés pour réaliser l'opération de filtrage sont : l'opérateur mathématique dit « la convolution numérique » et la Transformée de Fourier.

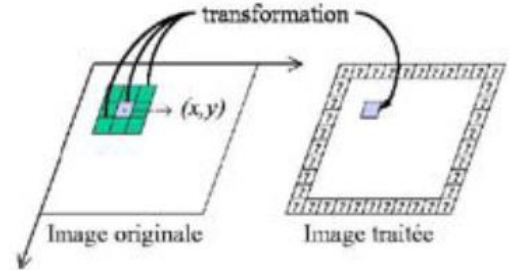
Il existe différents types de filtrage, qu'on peut les classer selon différents critères :

- critère mathématique : filtre linéaire, non linéaire.
- critère fréquentiel : filtre pass-bas, filtre pass-haut, dérivateur,...
- critère d'implantation, filtre RIF, filtre RII.

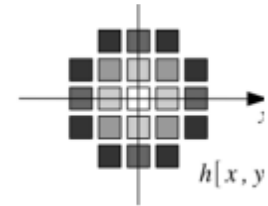
## II. 4. 1. Opérateur de Convolution

Soit  $f$  une image numérique et soit  $h$  une fonction de  $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$ . La convolution de  $f$  par  $h$  est une transformation basée sur le voisinage du point  $(x, y)$ , donnée par :

$$(f * h)(x, y) = \sum_{i=x_1}^{x_2} \sum_{j=y_1}^{y_2} h(i, j) f(x - i, y - j)$$



La fonction ou le filtre  $h$  s'appelle le noyau de convolution (masque ou kernel).



Généralement ce filtre est de dimension  $d$  impaire et

symétrique :  $[x_1, x_2] = [y_1, y_2] = \left[-\frac{d}{2}, \frac{d}{2}\right]$

Pour  $d=3$ , le filtre  $h$  est de la forme suivante :

$w_1$	$w_2$	$w_3$	$\leftarrow y - 1$
$w_4$	$w_5$	$w_6$	$\leftarrow y$
$w_7$	$w_8$	$w_9$	$\leftarrow y + 1$
$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	
$x - 1$	$x$	$x + 1$	

Le résultat de la convolution est l'image  $g$  donnée par :

$$\begin{aligned} g(x, y) &= (f * h)(x, y) = \sum_{i=-(d-1)/2}^{(d-1)/2} \sum_{j=-(d-1)/2}^{(d-1)/2} h(i, j) f(x - i, y - j) \\ &= w_1 f(x - 1, y - 1) + w_2 f(x, y - 1) + w_3 f(x + 1, y - 1) \\ &\quad + w_4 f(x - 1, y) + w_5 f(x, y) + w_6 f(x + 1, y) \\ &\quad + w_7 f(x - 1, y + 1) + w_8 f(x, y + 1) + w_9 f(x + 1, y + 1) \end{aligned}$$

\* Afin de conserver la moyenne de l'image  $f$ , la somme des éléments du filtre est normalisée à 1 :  $\sum_i w_i = 1$

\* Pour les pixels situés sur les bords de l'image, cette situation est connue sous le nom de problèmes de bords et elle est résolue par plusieurs manières, dont on cite :

- Zero padding : ajout de 2 lignes et de 2 colonnes de zéros (un cadre) sur les bords de l'image.

- effet miroir : dupliquer les 2 lignes et les 2 colonnes se trouvant sur les bords.

## II. 4. 2. Réduction du bruit

Le bruit est une information parasite qui s'ajoute aléatoirement à une image numérique causant la perte de la netteté dans les détails. Ce bruit peut être d'origines diverses :

- \* Bruits d'acquisition : flou, poussière, bougé
- \* Bruits lié au système d'acquisition (capteur) : mauvaise mise au point, bruit thermique, bruit de grenaille
- \* Bruits d'échantillonnage et de quantification : bruit poivre et sel
- \* Bruits lié à la transmission: Bruit sel et poivre.

La réduction du bruit est réalisée par les filtres de Lissage.

## II. 4. 3. Filtre de Lissage

Les filtres de lissages sont des opérateurs qui permettent de réduire le bruit et les éléments perturbateurs et non significatifs dans une image numérique. Il existe plusieurs types de filtres que nous classons soit par critère fréquentiel (filtre pass- bas, pass- haut) soit par critère mathématique comme suit :

- Filtrage linéaire par convolution : filtre moyennneur, filtre gaussien, filtre exponentiel
- Filtrage non linéaire : filtres d'ordre, filtre médian, filtre de Nagao, filtrage fréquentiel.

**a) Filtre passe-bas :** il coupe les hautes fréquences. Cette opération a pour effet de réduire le bruit et d'ajouter du flou (c.-à-d. éliminer les détails de l'image). On donne des exemples de masques de filtre pass-bas de dimension 3\*3,  $h_1$  et  $h_2$  sont de type **filtre moyennneur** :

$$\begin{array}{ccc}
 & 1 & 1 & 1 & & 1 & b & 1 \\
 h_1 = 1/9 & 1 & 1 & 1 & h_2 = 1/(b+2)^2 & b & b^2 & b \\
 & 1 & 1 & 1 & & 1 & b & 1
 \end{array}$$

La taille du filtre est variable, plus la dimension du masque est grande plus l'effet du filtrage est fort. En général, on réalise un masque isotopique (voisinage circulaire autour du centre). Le tableau II. 1 donne des exemples de filtres pass-bas de dimension 5\*5 (filtre moyennneur, gaussien et exponentiel).



Moyenne	Gauss	Exponentiel
$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{m^2} & \text{si } (x, y) \in \left[-\frac{m-1}{2}, \frac{m-1}{2}\right] \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$	$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right)$	$h(x, y) = \frac{\gamma^2}{4} \exp(-\gamma( x  +  y ))$
$\frac{1}{25} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{864} \begin{pmatrix} 11 & 23 & 29 & 23 & 11 \\ 23 & 48 & 62 & 48 & 23 \\ 29 & 62 & 80 & 62 & 29 \\ 23 & 48 & 62 & 48 & 23 \\ 11 & 23 & 29 & 23 & 11 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{80} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 7 & 3 & 1 \\ 3 & 7 & 16 & 7 & 3 \\ 1 & 3 & 7 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$
Filtre moyeneur 5x5	Filtre gaussien $\sigma=1.41$	Filtre exponentiel $\gamma=0.8$

Tableau II. 1

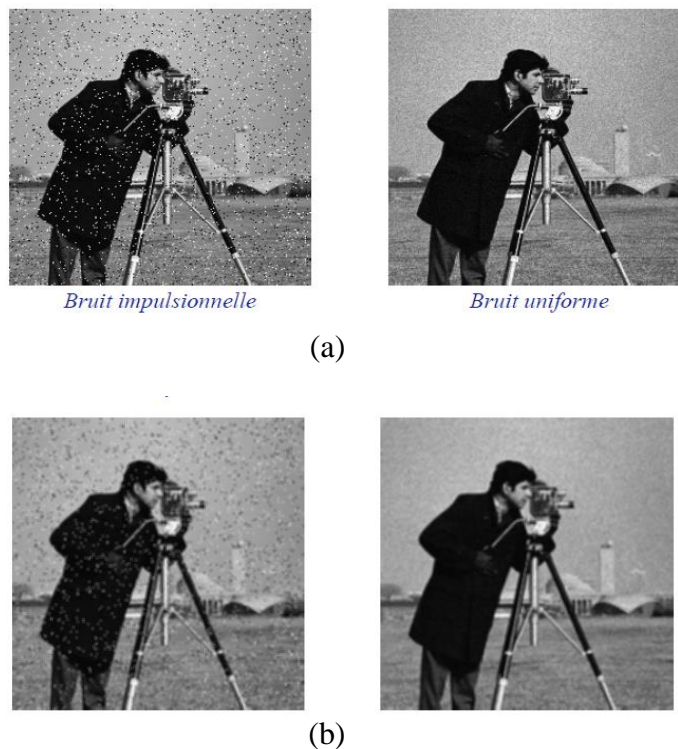


Figure II. 5 : effet du filtre moyeneur sur deux types de bruits (a) images bruitées, (b) images filtrées par filtre moyenne

**b) Filtre passe-haut :** il coupe les basses fréquences. Cette opération a pour effet d'accentuer les détails de l'image, les contours et le bruit et éliminer les régions uniformes.

On donne des exemples de masques de filtre pass-haut :  $h_4$  s'appelle filtre **Laplacien**,  $h_5$  filtre pass haut.

$$h_3 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad h_4 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

c) **Filtre passe-bande** : il laisse passer une bande de fréquences. Sert à faire ressortir un aspect particulier de l'image (généralement des éléments de texture ou de bruit).

e) **Filtre non linéaire** : il fait intervenir les pixels voisins suivant une loi non linéaire.

Le plus connu dans cette catégorie est le **filtre médian**.

e. 1. **Filtre median** : il est utilisé pour atténuer les pixels isolés qui possèdent des valeurs très différentes par rapport à leurs voisinages. Dans ce filtre on affecte à chaque pixel, la valeur médiane des intensités des pixels voisins par rapport à la fenêtre centré sur ce dernier. La figure II. 6 illustre le principe de fonctionnement de ce filtre.

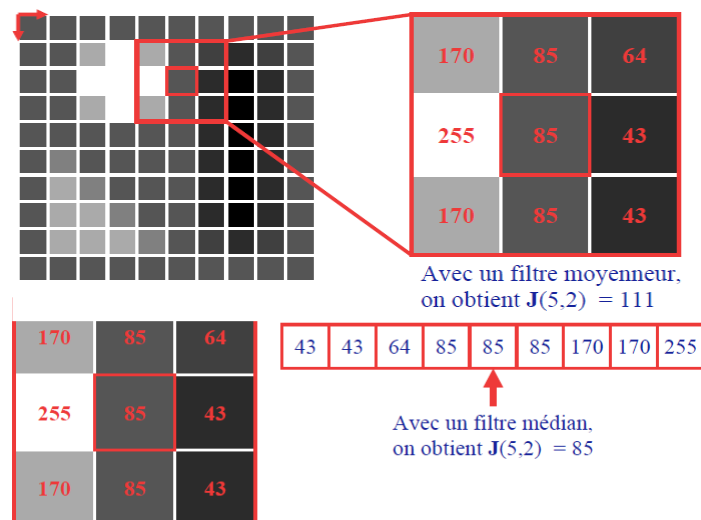


Figure II. 6 : Principe de fonctionnement du filtre median



Figure II. 7 : effet du filtre sur image bruitée ; (a) image bruitée, (b) image filtrée par un filtre moyenneur, image filtrée par un filtre median

### Références

- [1] Polycopie de cours : Traitement d'image et Vision. Dr. Abdelnour BOUKAACHE. Université 8 Mai 1945 Guelma.
- [2] Cours : Traitement d'image et Vision. Alice POREBSKI. Ecole d'ingénieurs du Littoral