Chapitre 4

Filtrage numérique des images

3.1 Prétraitement d'images

L'objectif du prétraitement est de préparer l'image au traitement et à l'analyse : Mettre en relief l'information utile contenue dans l'image, atténuer ou éliminer l'information inutile.

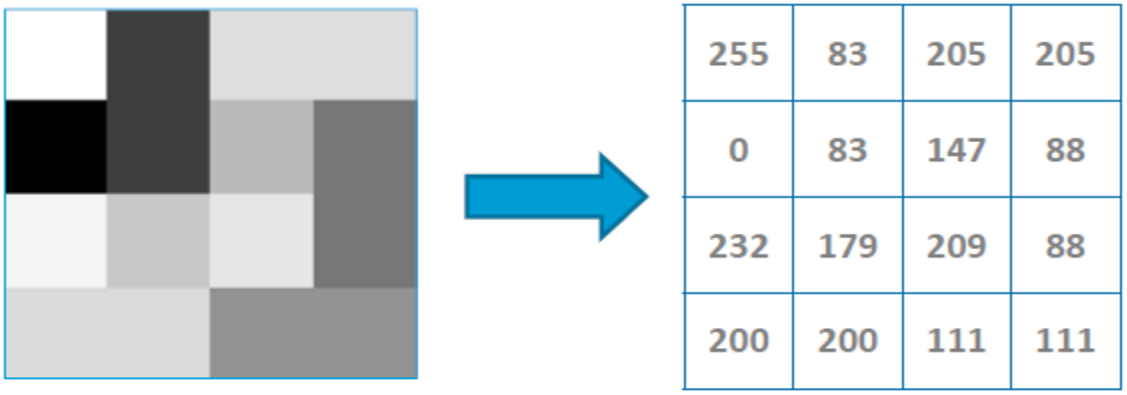
Sans prétraitement après prétraitement

Il existe différents types de prétraitements tels que :

- les opérations **« ponctuelles » :** elles modifient la valeur de chaque pixel de l'image sans tenir compte des pixels voisins.
- la réduction du bruit.
- le rehaussement de contraste
- la compression

Les opérations **« ponctuelles »** correspondent à des modifications de l'histogramme de l'image (déjà vu au cours précédent).

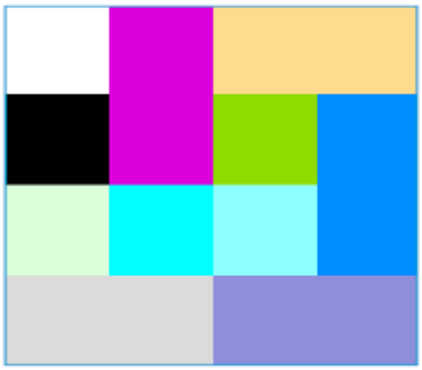
Représentation numérique d'une image : chaque pixel est associé à un niveau de gris(ou couleur) généralement codé sur 8 bits(de 0 à 255).



255	83	205	205
0	83	147	88
232	179	209	88
200	200	111	111

Image en niveau de gris : NG=0 et NG=255 correspond respectivement au noir et au blanc. L'analyse des images en niveaux de gris est rapide mais parfois insuffisante d'où l'utilisation de la couleur.

Une image couleur est représentée par trois composantes (R,G,B) d'où la nécessité de trois matrices



255 255 255	200 0 200	255 200 100	255 200 100
0 0 0	200 0 200	100 200 0	0 100 255
200 255 200	0 255 255	100 255 255	0 100 255
200 200 200	200 200 200	100 100 200	100 100 200

3.2 Filtrage spatial et convolution 2D

3.2.1 Définitions

Le filtrage est le traitement qui permet de réduire ou annuler le bruit accompagnant une image.

Le bruit, comme le montre la figure ci-dessous, correspond à des perturbations provenant soit du dispositif d'acquisition, soit de la scène observée.

Image non bruitée

Image bruitée

Pour réduire le bruit on utilise des filtres passe-bas qui conservent l'information pertinente(les fréquences basses). On distingue deux classes filtres réducteurs de bruit qui sont :

- Les filtres linéaires :
  - Filtre moyonneur
  - Filtre gaussien
  - ……..
- Les filtres non linéaires :
  - Filtre médian
  - Filtres morphologiques
  - ……

3.2.2 Principe du filtrage

a) Filtrage passe bas linéaire

Le filtrage dans le domaine spatial est assuré par l'opérateur de convolution entre un filtre h(masque) et l'image bruitée(image à filtrer).

Un grand nombre de filtres de lissage peut être obtenu à partir de noyaux de convolution symétriques et normalisés (de somme égale à 1). Voici 3 familles de filtres parmi les plus utilisés :

Moyenne	*Gauss*	*Exponentiel*

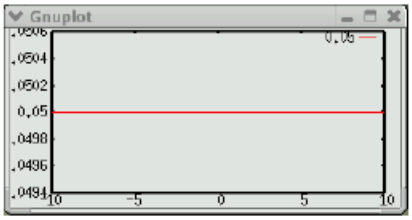
**** Réponse impulsionnelle :***

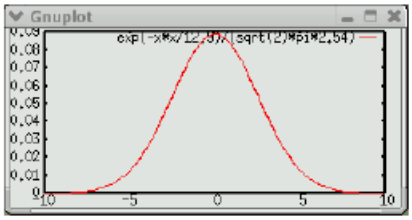
$$h(x,y)=\frac{1}{\lambda^2} si\,(x,y)\in[-\lambda/2,+\lambda/2]^2$$
$$h(x,y)=0\ sinon$$

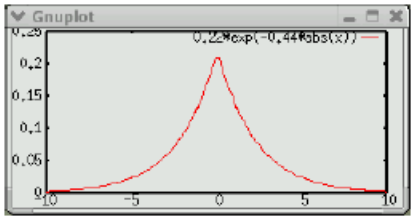
$$h(x,y)=\frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2}\right)$$

$$h(x,y)=\frac{\gamma^2}{4}\exp(-\gamma(|x|+|y|))$$

**** Représentation graphique de la réponse impulsionnelle (en 1d) :***







**** Exemple de noyaux de convolution discrets :***

$$\frac{1}{25}\cdot\begin{pmatrix}1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1\end{pmatrix}$$

Filtre moyenneur (5x5)

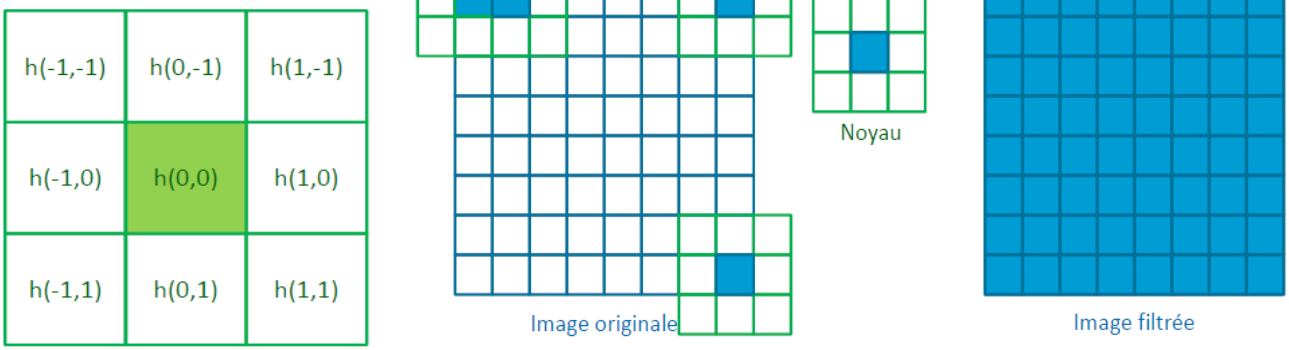
$$\frac{1}{864}\cdot\begin{pmatrix}11&23&29&23&11\\23&48&62&48&23\\29&62&80&62&29\\23&48&62&48&23\\11&23&29&23&11\end{pmatrix}$$

Filtre gaussien (σ = 1,41)

$$\frac{1}{80}\cdot\begin{pmatrix}1&1&3&1&1\\1&3&7&3&1\\3&7&16&7&3\\1&3&7&3&1\\1&1&3&1&1\end{pmatrix}$$

Filtre exponentiel (γ = 0,8)

La figure ci-dessous montre la procédure de convolution d'une image par un masque (filtre) de taille 3x3. L'image est balayée par le masque de gauche à droite puis du haut en bas. La valeur du pixel central est remplacée par la moyenne des produits h(i,j).I(i,j) des 9 cases sélectionnées par le masque(le pixel central+ ses 8 voisins).



Filtre h de taille 3×3

- Filtre moyenneur

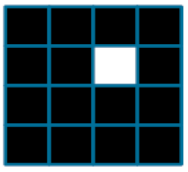
$$\frac{1}{9}\begin{pmatrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{pmatrix}$$

$$\frac{1}{10}\begin{pmatrix}1&1&1\\1&2&1\\1&1&1\end{pmatrix}$$

$$\frac{1}{16}\begin{pmatrix}1&2&1\\2&4&2\\1&2&1\end{pmatrix}$$

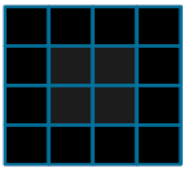
Exemple 1 : Elimination du bruit par un filtre moyenneur

Image originale



0	0	0	0
0	0	255	0
0	0	0	0
0	0	0	0

image filtrée



0	0	0	0
0	28	28	0
0	28	28	0
0	0	0	0

Le moyennage précédent peut être représenté sous forme d'un produit de convolution entre l'image de départ et la réponse impulsionnelle d'un filtre d'amélioration. En effet :

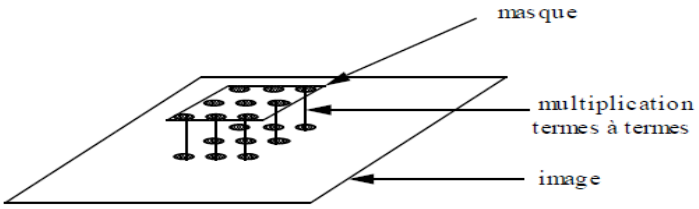
$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y)$ signifie :

$$g(x,y) = \sum_{m,n} f(x-m, y-n)\ .h(m,n)$$

- Filtre gaussien : les coefficients du masque h sont obtenus à l'aide d'une loi normale centrée.

$$h(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)$$

0,011	0,084	0,011
0,084	0,619	0,084
0,011	0,084	0,011



Filtrage spatial par masque.

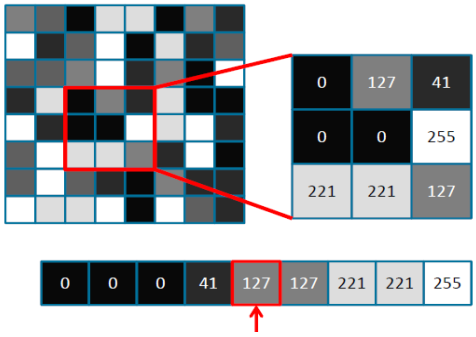
Il s'applique de la même façon qu'un filtre moyenneur.

Si les masques h(m,n) sont symétriques par rapport à l'origine, ce qui est le cas des deux masques moyenneur et gaussien, on peut faire la pseudo convolution, c'est déplacer le masque sur l'image f(x,y) et effectuer termes à termes les produits de pixels de l'image f(x,y) avec ceux du masque.

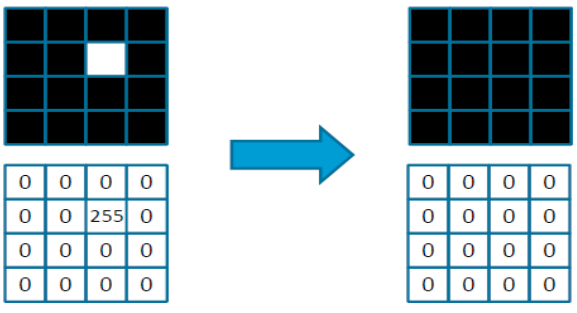
***Remarque* :** La somme des coefficients vaut 1, ce qui assure une énergie constante, et donc une préservation du fond.

b) Filtrage passe bas non linéaire

Filtre médian : ce filtre n'utilise pas la convolution mais il ordonne les 9 valeurs(pixel central+ les 8 voisins) par ordre croissant et il affecte la valeur médiane au pixel central.



Exemple 1



0	0	0	0
0	0	255	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

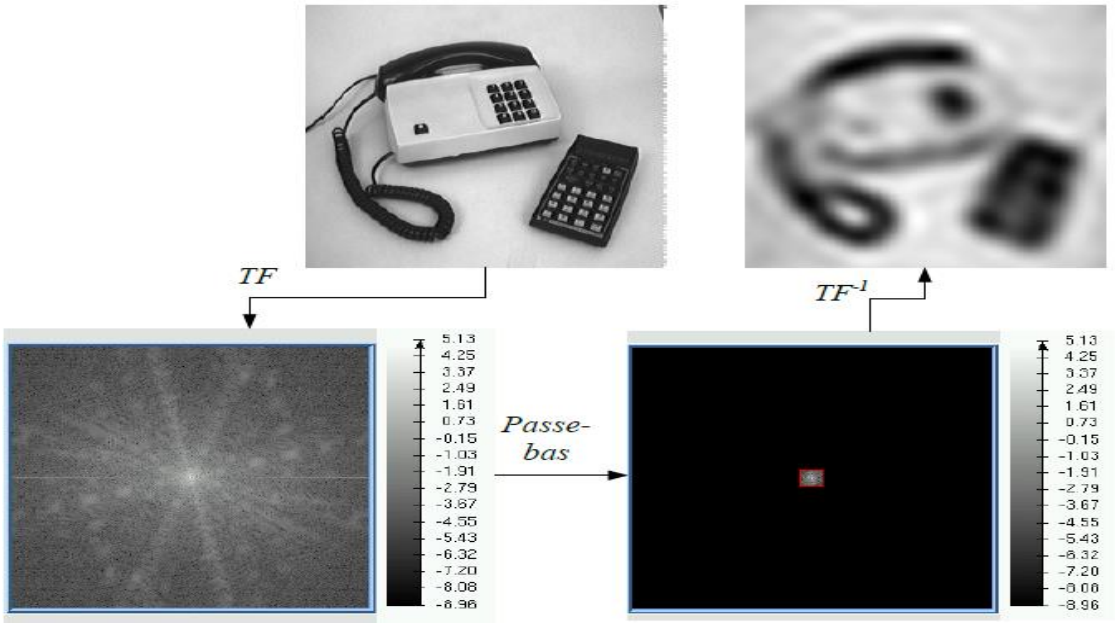
Exemple 2

Pour l'exemple 1, il remplace la valeur 0 du pixel central par 127 (valeur médiane).

Pour l'exemple 2, il remplace la valeur 255 (pixel blanc : considéré comme un bruit isolé dans une surface noire) par 0 (valeur médiane d'une série de 8 zéros et 255).

3.3 Filtrage dans le domaine de Fourier

a) Filtrage passe-bas : Le filtrage passe-bas est la multiplication dans le domaine fréquentiel par une *fonction porte* (fonction indicatrice d'un intervalle $[-u_{max}, u_{max}] \times [-v_{max}, v_{max}]$).



Transformée de Fourier

Domaine spatial (x,y) ⟹ **domaine fréquentiel** (u,v)

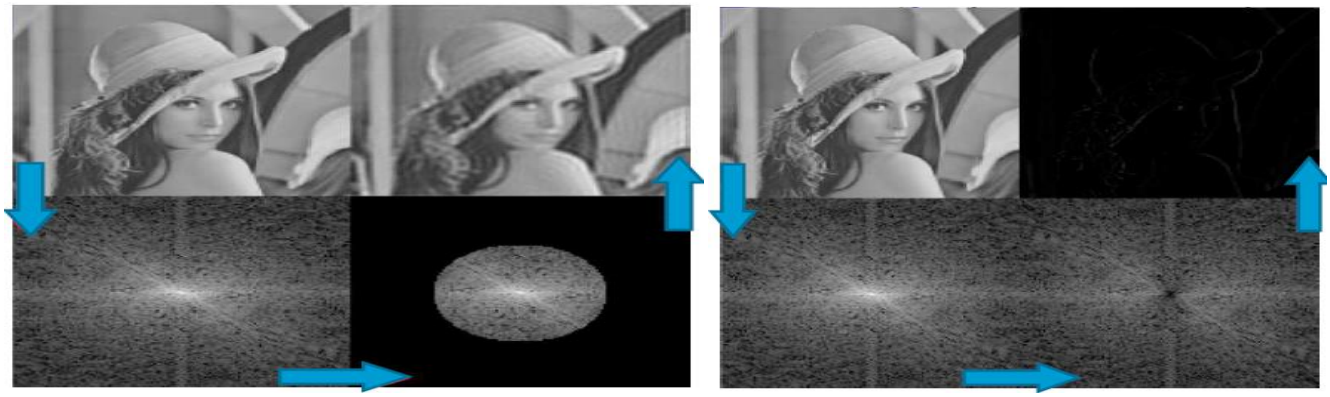
Soit I une image de taille MxN, sa transformée de Fourier est donnée par :

$$F(u,v) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m,n) exp^{-j2\pi\left(\frac{u.m}{M}+\frac{v.n}{N}\right)}$$

Les domaines d'application de la TF sont très variés, citons par exemple :

1) Classification, 2)Restauration 3)Compression , 4)Filtrage …….

b) Quelques types de filtrage par TF



Filtrage passe-bas par TF

Filtrage passe-haut par TF

Filtrage coupe-bande

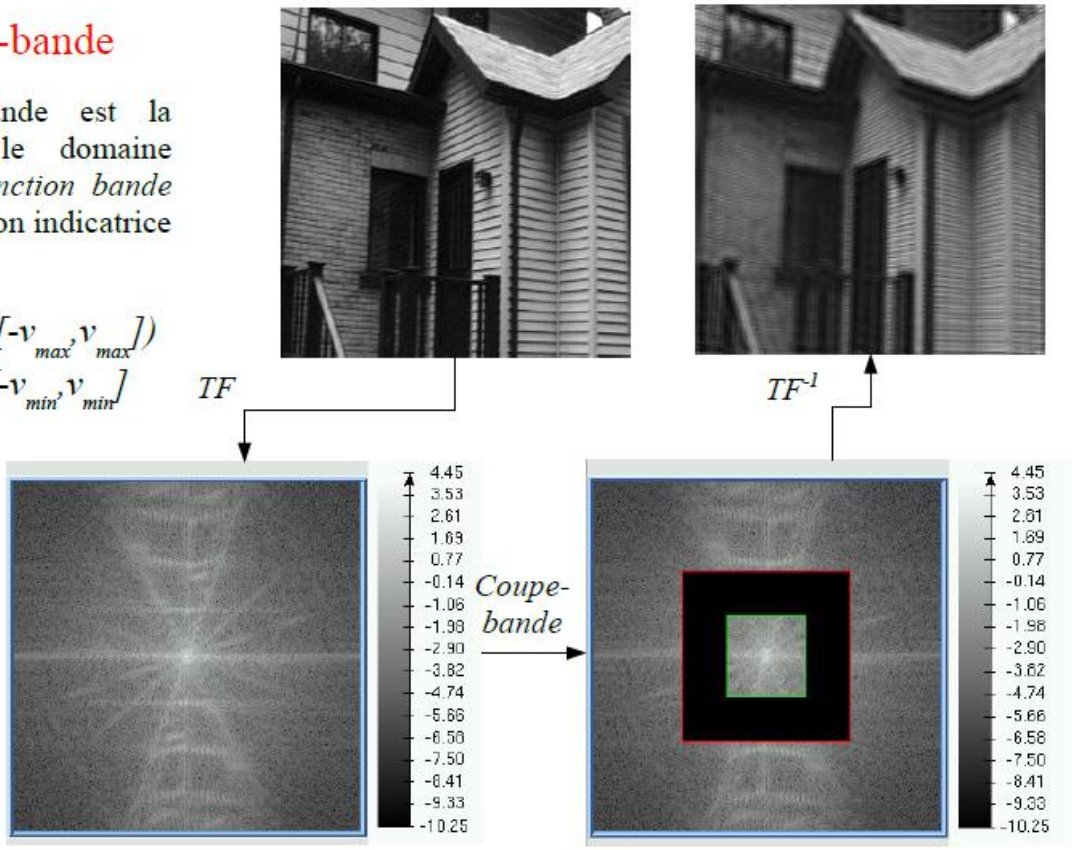
Le filtrage coupe-bande est la multiplication dans le domaine fréquentiel par une *fonction bande complémentaire,* fonction indicatrice de l'ensemble :

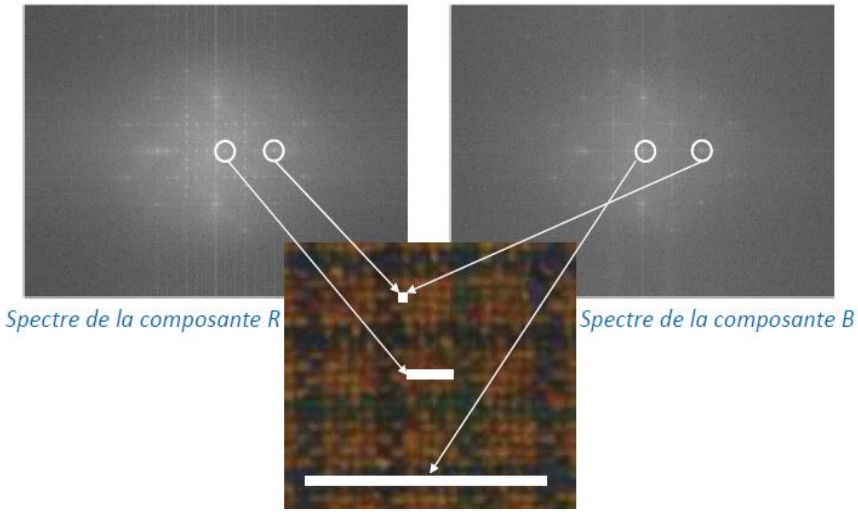
$$(\mathbb{R}^2 \setminus [-u_{max},u_{max}]\times[-v_{max},v_{max}]) \cup [-u_{min},u_{min}]\times[-v_{min},v_{min}]$$

Notons que dans ce cas comme le précédent, la valeur de la fréquence origine *F[0,0]* est inchangée. Or :

$$F[0,0]=\sum_{x=0}^{w}\sum_{y=0}^{h} f[x,y]$$

La somme des niveaux de gris dans le domaine spatiale reste donc constante.



La multiplication dans le domaine fréquentiel correspond à la convolution dans le domaine spatial.

Filtrage par TF d'une image couleur(avec 3 composantes R ,V ,B)