

# **Chapitre III**

## **Restauration d'images**

## Plan du chapitre

1. Introduction
2. Modélisation des dégradations
3. Méthodes de Restauration :
  - 3.1. Restauration par filtrage spatial :
    - Filtrage linéaire
    - Filtrage non linéaire
  - 3.2. Restauration par filtrage spectral : filtres passe haut, passe bas, passe bande.
4. Évaluation des algorithmes de filtrage.

1. Faire la différence entre une déformation géométrique et un bruit
2. Lister les différents filtres de base
3. Comprendre la différence de ces filtres
4. Savoir sélectionner un filtre dans un cas particulier
5. Evaluer les performances d'un filtre

Un des plus vieux problèmes en traitement d'images, est toujours une étape de prétraitement nécessaire pour beaucoup d'applications.

Dans son processus d'acquisition, une image peut subir des dégradations (mais également pendant sa transmission ou son enregistrement)

Ces dégradations peuvent être dues :

1. aux capteurs, à la transmission
  - le flou causé par le système optique
  - le bruit quantique, bruit de mesure, défauts de transmission
  - la quantification, la compression
2. aux conditions de prise de vues
  - flou de bougé
  - perturbation atmosphérique

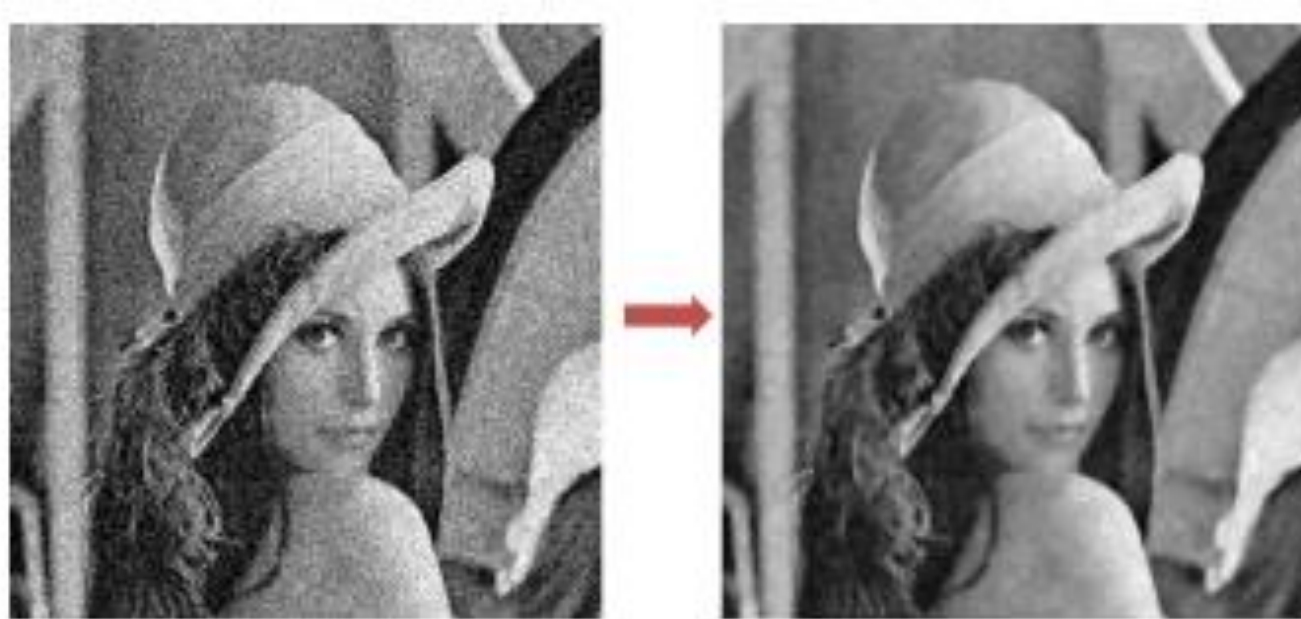
 **Supprimer ou diminuer les effets d'une telle détérioration : restauration**

# Chapitre III: Restauration d'images

## Introduction

5

### Débruitage



### Modélisation des dégradations

En pratique, de nombreuses causes possibles de dégradations, dues par exemple :

- au milieu de mesure (atmosphère)
- au système optique (diffraction, défocalisation)
- au capteur (mouvement, diffusion, bruit)
- à la scène (sujet en mouvement)
- à la conversion (quantification, échantillonnage)
- à la transmission (compression)

### Modèle simplifié : 3 types de dégradations

- bruit additif  $u = f_0 + b$
- bruit multiplicatif  $u = f_0 \times b$
- convolution  $u = f_0 * h$

# Chapitre III: Restauration d'images

## Modélisation des dégradations

### Bruit poivre et sel

Définition: obtenu en insérant  $n$  pixels blancs et  $n$  pixels noirs aléatoirement dans une image.  
Caractérisé par le pourcentage de pixels remplacés (rapport  $2n/N$ ).



→ dû à des défauts de transmission, de capteur

# Chapitre III: Restauration d'images

## Modélisation des dégradations

### Bruit blanc gaussien

Bruit additif Gaussien Obtenu en ajoutant à chaque pixel une valeur aléatoire distribuée identiquement et indépendamment suivant une loi gaussienne :

$$G_{\sigma,\mu}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}.$$



Originale



$\sigma = 10$



$\sigma = 50$



### Techniques de restauration

Les techniques de restauration sont classées selon la manière dont elles opèrent :

- A. Connaissance à priori** La dégradation est connue et sa modélisation est envisageable. La restauration consiste, alors, à l'inversion du modèle du bruit
- B. Connaissance à posteriori** La dégradation est complexe ou inconnue mais l'image d'origine est hypothétiquement connue, alors, la restauration consiste à éliminer le bruit à partir de l'image dégradée.

### C. Restauration par filtrage (spatial ou spectral)

Un filtre est une transformation mathématique (produit de convolution avec l'image) permettant, pour chaque pixel de la zone à laquelle il s'applique, de modifier sa valeur en fonction des valeurs des pixels avoisinants, affectées de coefficients.

### Techniques de restauration

#### A. Connaissance à priori

- Si le modèle du bruit est connu, il suffit d'appliquer sur l'image un modèle inverse afin de neutraliser le bruit et retrouver l'image initiale
- Ce processus est assez complexe vu que le bruit est généré par une source aléatoire.
- Sa modélisation nécessite une connaissance exacte de tous les facteurs intervenants.
- Généralement, le phénomène dégradant est inconnu ou bien trop complexe,



**Solution:** Estimer ce phénomène à partir de la connaissance de l'image dégradée B.

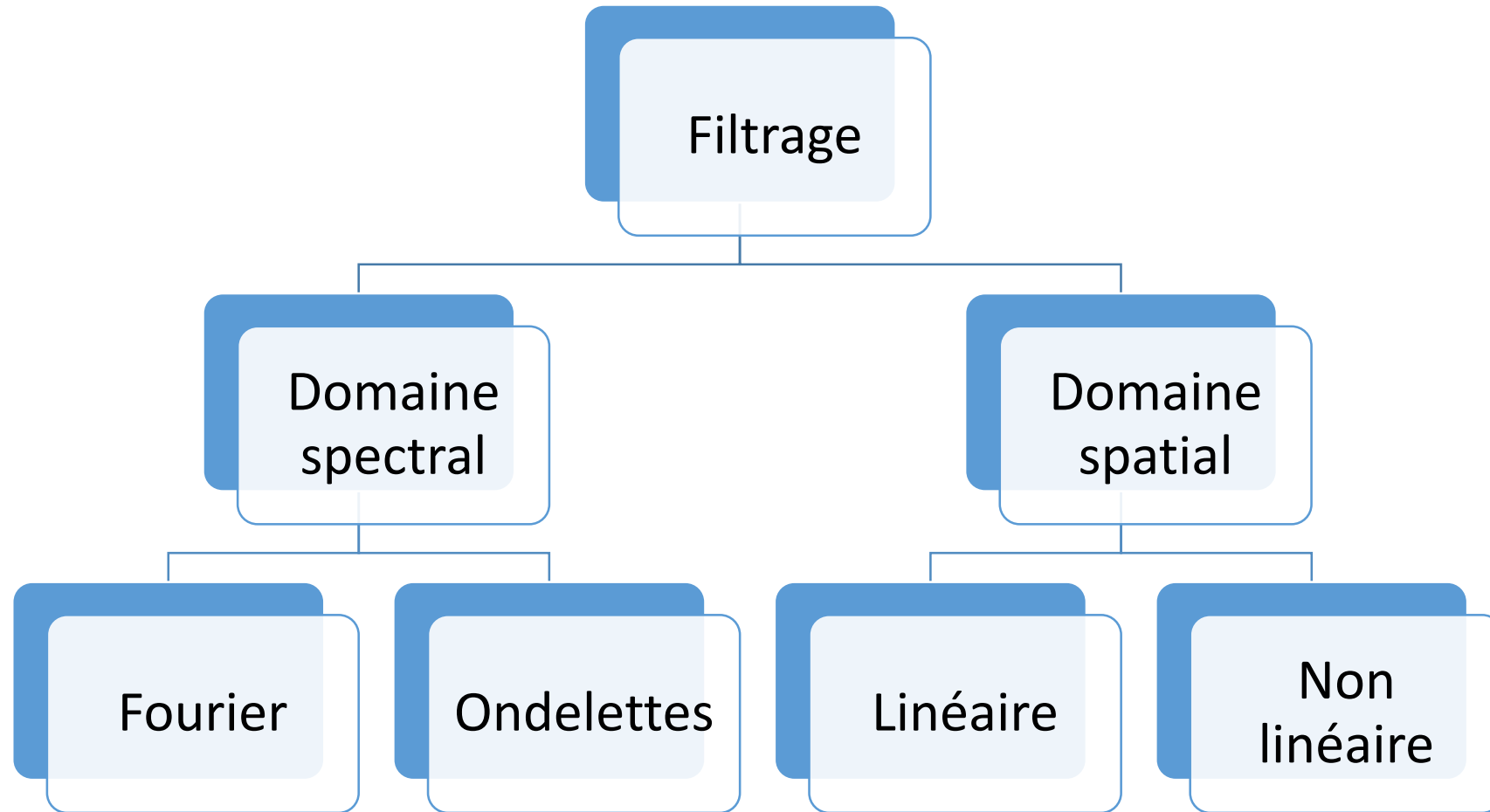
### Techniques de restauration

#### B. Connaissance à posteriori

- Chercher des points de formes particulières (coins, arrêtes...) connus et qui doivent exister dans la scène
- Estimer localement certaines caractéristiques du phénomène dégradant.
- Inverser le modèle de dégradation localement

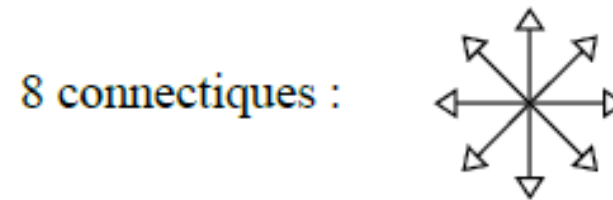
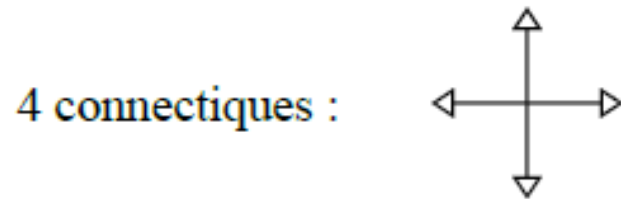


Difficile de le faire en présence de formes complexes



### Définition d'un filtre

Un filtre est une transformation mathématique (produit de convolution avec l'image) permettant, pour chaque pixel de la zone à laquelle il s'applique, de modifier sa valeur en fonction des valeurs des pixels avoisinants, affectées de coefficients.



Le filtre est représenté par un tableau (matrice), caractérisé par ses dimensions et ses coefficients, dont le centre correspond au pixel concerné. Les coefficients du tableau déterminent les propriétés du filtre. Voici un exemple de filtre 3 x 3 :

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

### Filtrage spatiale

Le filtrage spatial consiste à appliquer une transformation (appelée filtre) à l'ensemble ou à une partie de l'image en appliquant un opérateur. On distingue généralement les types de filtres suivants :

- **Les filtres passe-bas** : ça consiste à atténuer les composantes de l'image ayant une haute fréquence (pixel différent de ses voisins). Ce type de filtrage est généralement utilisé pour atténuer le bruit de l'image, c'est la raison pour laquelle on parle habituellement de lissage. Les filtres moyenneurs sont un type de filtres passe-bas dont le principe est de faire la moyenne des valeurs des pixels avoisinants. Le résultat de ce filtre est une image plus floue.
- **Les filtres passe-haut** : à l'inverse des passe-bas, ça consiste à atténuer les composantes de basse fréquence de l'image et permet d'accentuer les détails et le contraste, c'est la raison pour laquelle le terme de "filtre d'accentuation" est parfois utilisé.
- **Les filtres passe-bande** : permet de garder les fréquences qui se trouvent dans la bande du filtre
- **Les filtres directionnels** : c'est l'application d'une transformation selon une direction donnée.

### Restauration par filtrage spatial

La restauration par filtrage spatial est classé en deux grandes catégories :

- Restauration par les filtres linéaires
- Restauration par les filtres non linéaires.

#### 1. Les Filtres linéaires

- Ils sont simples à étudier et implémenter.
- Ils sont caractérisés par leurs masque  $h$  (kernel, noyau)
- La relation entrée sortie étant donnée par la formule :

$$S(i, j) = \sum_{u, v} E(i, j) * h(i - u, j - v)$$

Les principaux filtres linéaires sont le filtre de la moyenne et le filtre gaussien.

#### A. Le Filtre de la moyenne ou filtre moyennneur

L'intensité du pixel central est remplacée par la moyenne des intensités des pixels environnants. La taille de la fenêtre dépend de l'intensité du bruit et de la taille des détails significatifs de l'image traitée.

Sa réponse impulsionnelle est :

$$h(x, y) = \frac{1}{N^2}$$

N : taille de la fenêtre.

Son noyau est :

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

Les effets du filtre de la moyenne varient avec la taille du noyau : plus les dimensions du noyau seront importantes, plus le bruit sera éliminé ; mais en contrepartie, les détails fins seront eux aussi effacés et les contours étalés.

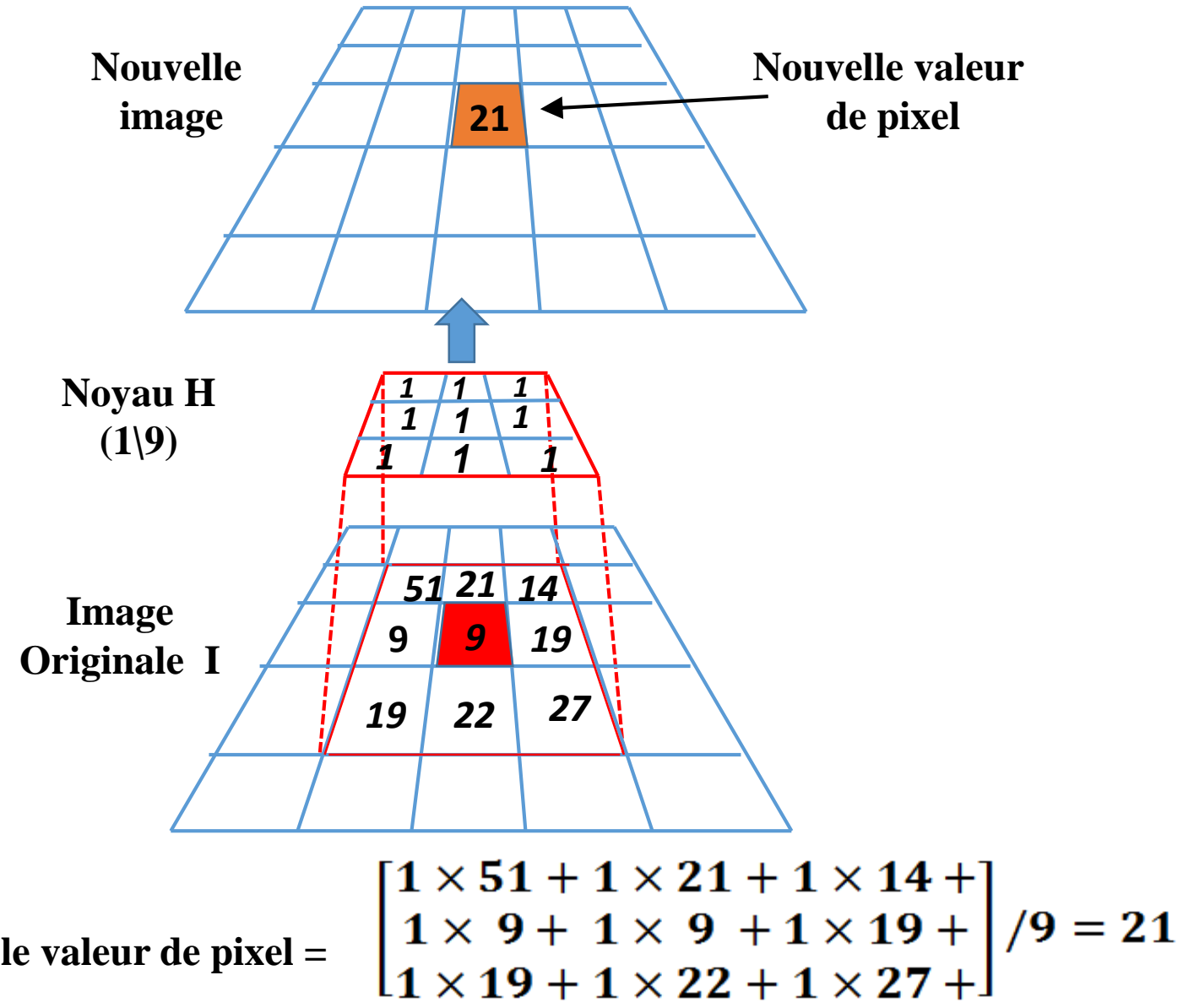


# Chapitre III: Restauration d'images

## Méthodes de Restauration

17

### A. Le Filtre de la moyenne ou filtre moyennneur



Il existe différentes configurations de noyau :

$$\begin{aligned} \text{Uniforme : } \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, & \text{Circulaire : } \frac{1}{21} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \\ \text{Conique : } \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, & \text{Pyramidale : } \frac{1}{81} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

# Chapitre III: Restauration d'images

## Méthodes de Restauration

19

Image  
originale

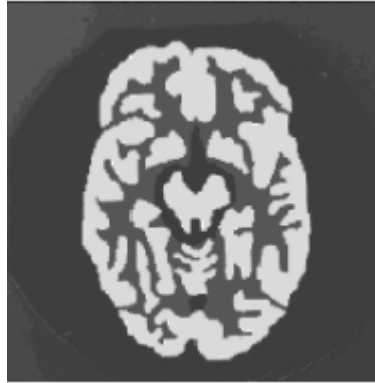
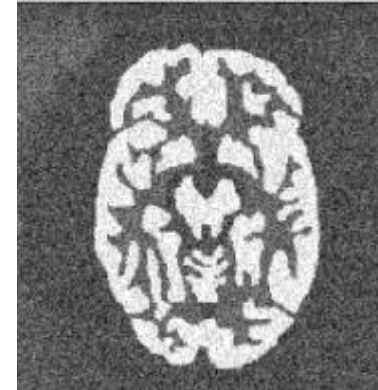
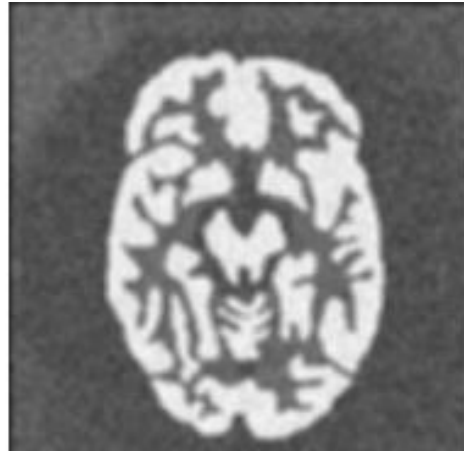


Image  
bruitée



Moyenneur 3x3



Moyenneur 5x5



Moyenneur 7x7

# Chapitre III: Restauration d'images

## Méthodes de Restauration

20

Une représentation fréquentielle tridimensionnelle du filtre donne un bon aperçu sur l'effet du filtre.

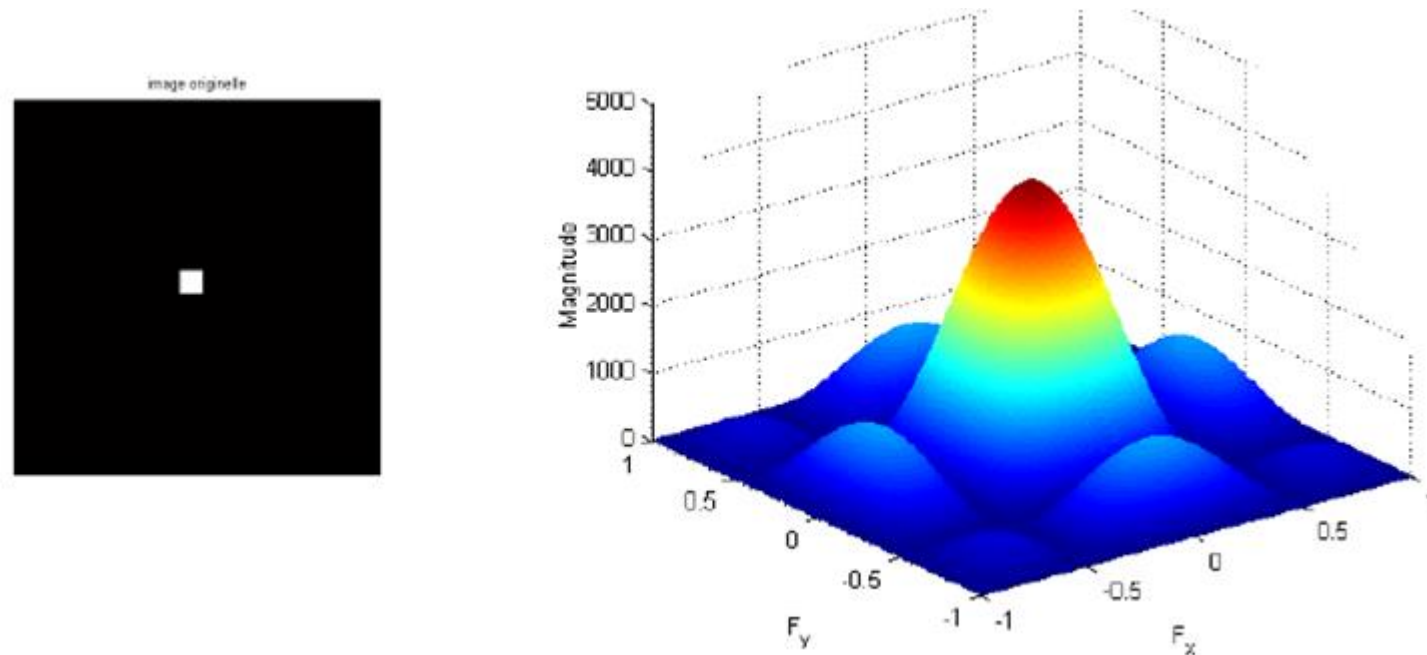


Image d'origine et sa FFT2

L'image d'origine est un carré blanc placé sur un fond noir. Sa représentation fréquentielle montre les basses fréquences au milieu avec la plus grande amplitude au point (0,0). Les hautes fréquences expriment la présence de contour. Plus l'amplitude est grande en hautes fréquences, plus les contours sont nets.

# Chapitre III: Restauration d'images

## Méthodes de Restauration

21

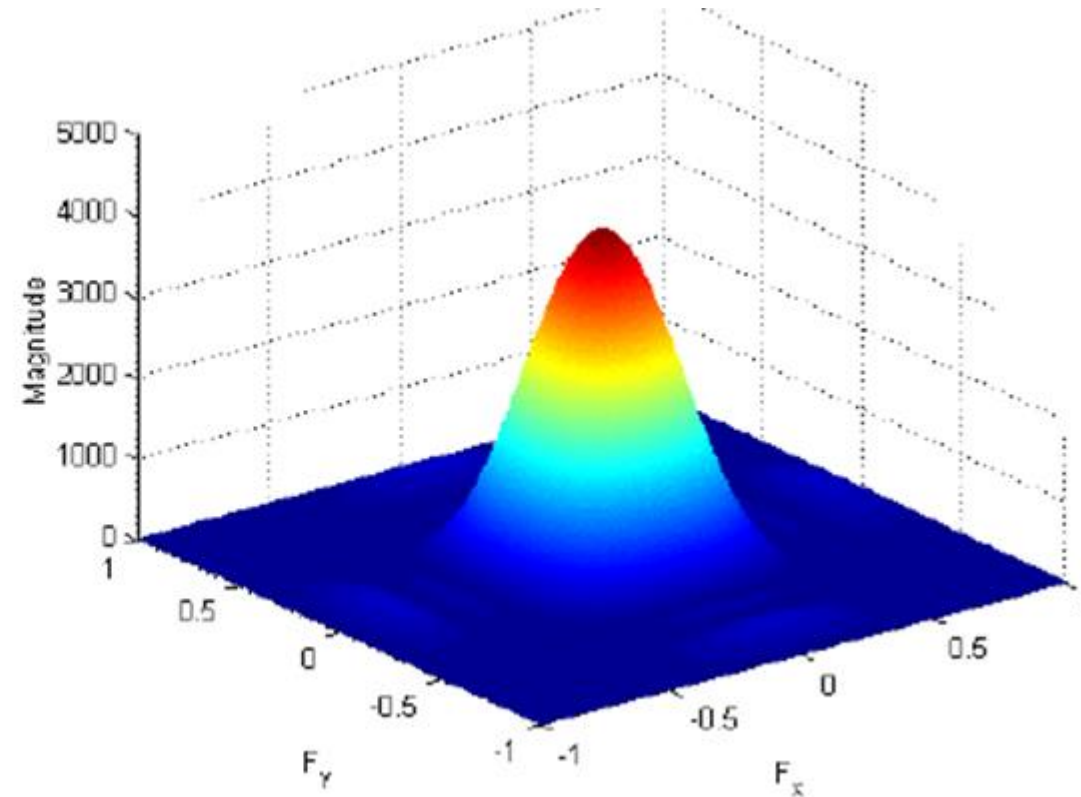
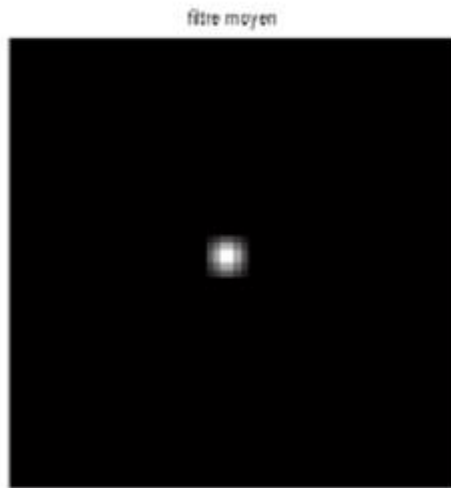


Image filtrée par la moyenne et sa FFT2

### B. Le Filtre gaussien

Le filtre gaussien a une réponse impulsionnelle de la forme :

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

Avec  $\sigma$  : l'écart type de la fonction gaussienne,  $x \leq n$  et  $y \leq m$ ,  $(n,m)$  : dimensions de la fenêtre d'analyse dans l'image.

Le noyau du filtre est calculé à partir d'une gaussienne

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

Noyau gaussien 7x7

1	2	2	2	1	1
1	2	4	2	2	1
2	2	4	8	4	2
2	4	8	16	8	4
2	2	4	8	4	2
1	2	2	4	2	1
1	1	2	2	1	1

Noyau gaussien 15x15

2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
6	8	11	13	16	18	19	20	19	18	16	13	11	8	6
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2

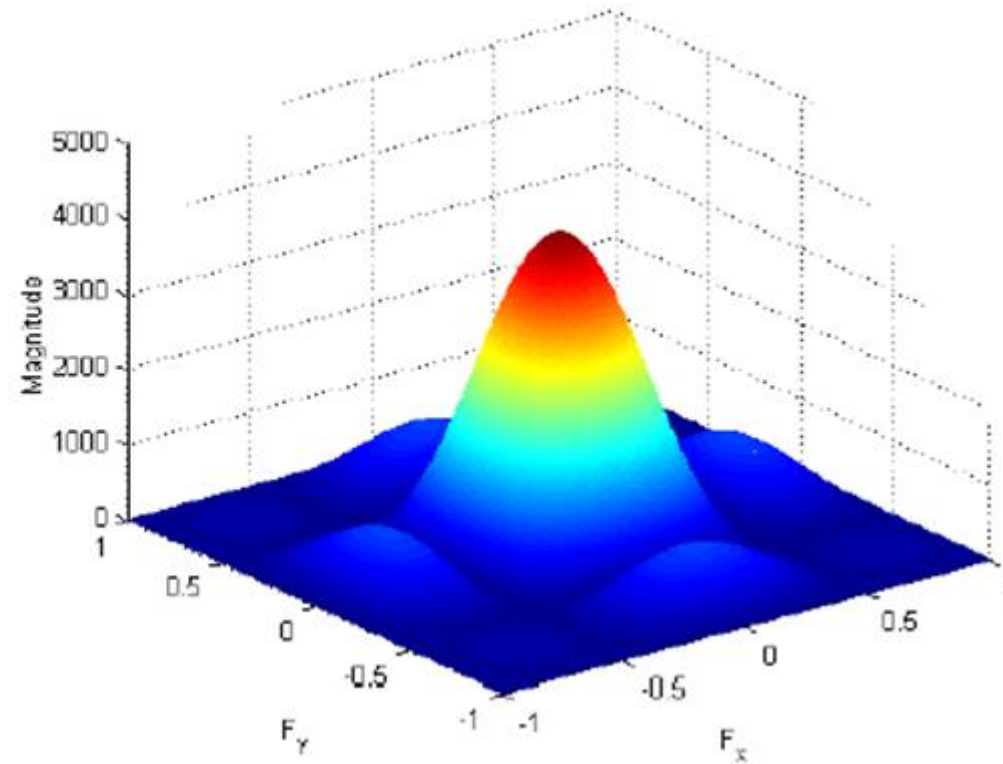
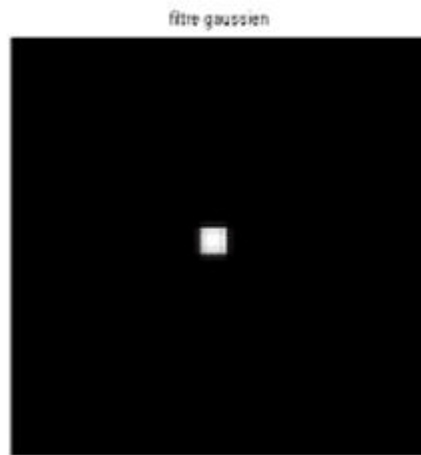


Image filtrée par le filtre gaussien et sa FFT2

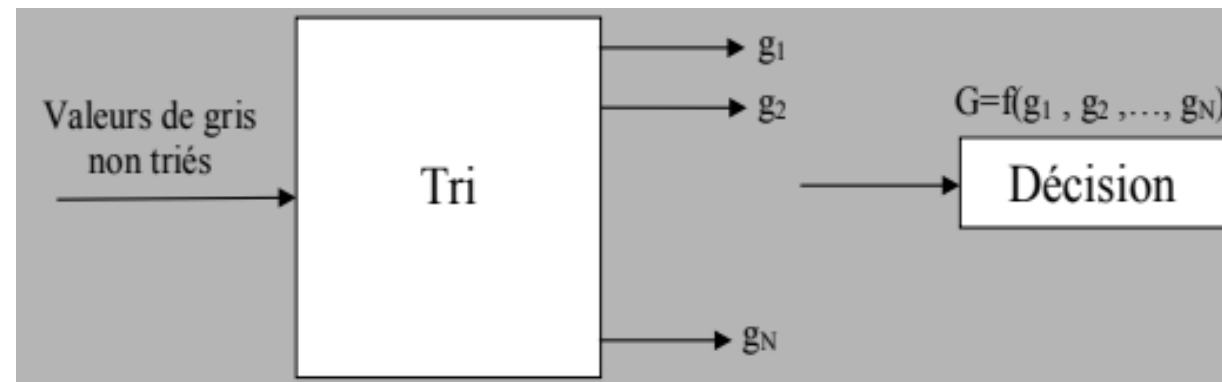
Pour le filtre gaussien, l'amplitude dans les hautes fréquences se trouve atténuées ce qui explique que ce type de filtre adouci les contours de l'image et ses détails et introduit un peu de flou dans sa qualité visuelle.

### 2. Les Filtres Non linéaires

#### Filtre d'ordre

Ordonner les pixels qui sont contenus dans un voisinage donné selon leur niveau de gris grâce à des modules de tri :

- Les valeurs de gris ( $g_i$ ) seront triés par ordre croissant
- On affiche au pixel courant une valeur  $G$  (fonction non linéaire de  $g_i$ )



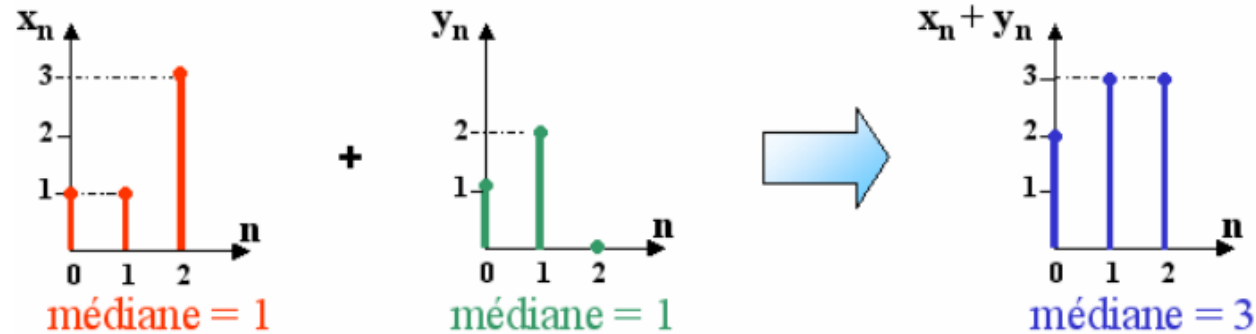


### 2. Les Filtres Non linéaires

#### Filtre d'ordre

Le filtrage médian est une opération non-linéaire :  $\text{médiane} \{ x_m + y_m \} \neq \text{médiane} \{ x_m \} + \text{médiane} \{ y_m \}$  sauf exception

Exemple sur des séquences de signaux de longueur 3:



En traitement d'images, les tailles des fenêtres utilisées pour le filtrage médian sont généralement impaires :  $3 \times 3$  ;  $5 \times 5$  ;  $7 \times 7$ .

Plus le noyau est grand, plus le filtrage peut être efficace.

Mais, il déforme l'image sans pour autant adoucir son contraste.

## 2. Les Filtres Non linéaires

### Filtre d'ordre

Image de référence ( taille  $3 \times 3$  )

91	55	90
77	68	95
115	151	210

Filtrage médian avec une fenêtre de taille  $3 \times 3$  :

On liste les valeurs de l'image de référence sur la fenêtre  $3 \times 3$

**55 , 68 , 77 , 90 , 91 , 95 , 115 , 151 , 210**

**valeur médiane = 91**

Le filtre médian est efficace lorsque l'image est dégradée par une source de bruit du type impulsif, donc lorsque l'on a des variations brusques de pixels isolés.

### Filtrage spectrale

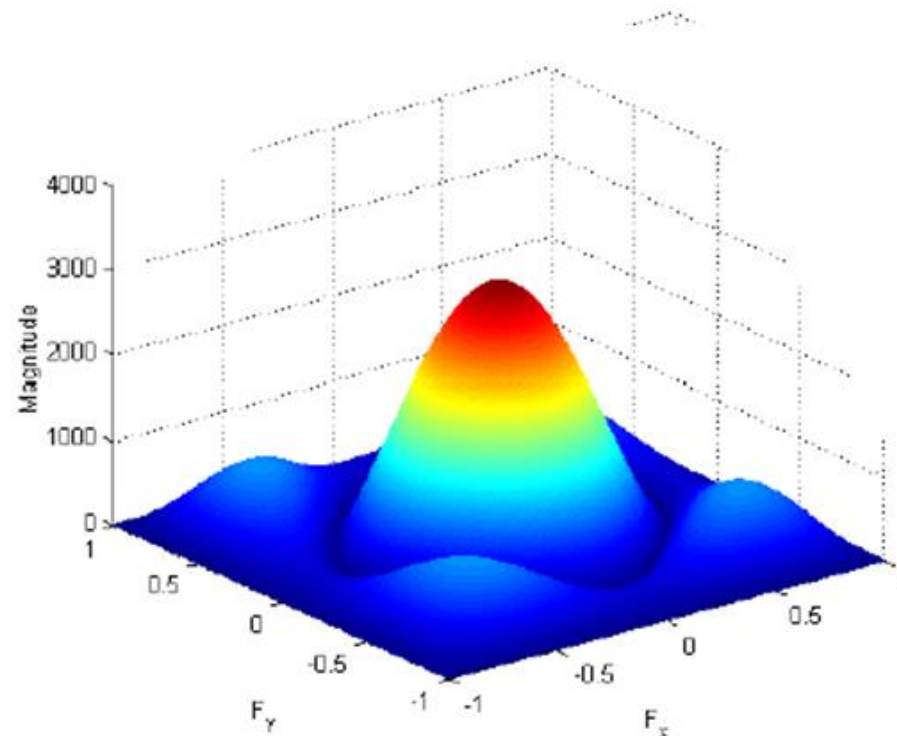
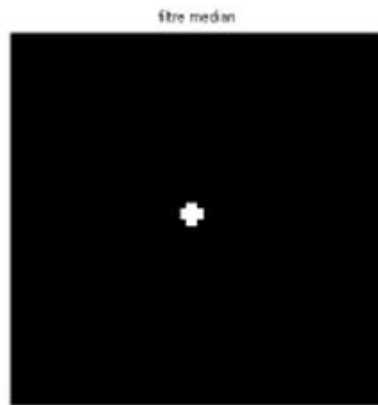


Image filtrée par le filtre median et sa FFT2

Pour les filtres non linéaires, on remarque que le filtrage du médian a éliminé les coins du carré dans l'image et fait apparaître des harmoniques dans la représentation fréquentielle.

### 2. Les Filtres Non linéaires

#### Filtre d'ordre: Filtre maximum

- On retient pour l'image filtrée la valeur maximale.
- Le filtre maximum tend à homogénéiser et éclaircir des régions de l'image.

#### Filtre d'ordre: Filtre minimum :

- On retient pour l'image filtrée la valeur minimale.
- Le filtre minimum tend à homogénéiser et assombrir les régions de l'image.

### 2. Les Filtres Non linéaires

#### Filtre d'ordre: Filtre MIN/MAX

- La valeur du pixel de l'image bruitée, sera rempli par la valeur la plus proche (Min ou Max) de la moyenne, de son voisinage ( 3x3 par exemple),

Considérons max et min les valeurs maximale et minimale d'un voisinage 3x3 (de moyenne m) du pixel de l'image bruitée  $A(i,j)$ . Sa nouvelle valeur  $B(i,j)$  est

$$B_{ij} = \min \text{ si } m - \min < \max - m \text{ et } B(i,j) = \max \text{ si } m - \min > \max - m$$

### 2. Les Filtres Non linéaires

#### Filtre d'ordre

10	10	12	20	50
100	22	50	30	11
26	20	1	50	12
25	25	30	40	50
20	30	50	51	60

Filtre  
Médian

10	10	12	20	50
100	22	50	30	11
26	20		50	12
25	25	30	40	50
20	30	50	51	60

Filtre  
Minimum

10	10	12	20	50
100	22	50	30	11
26	20		50	12
25	25	30	40	50
20	30	50	51	60

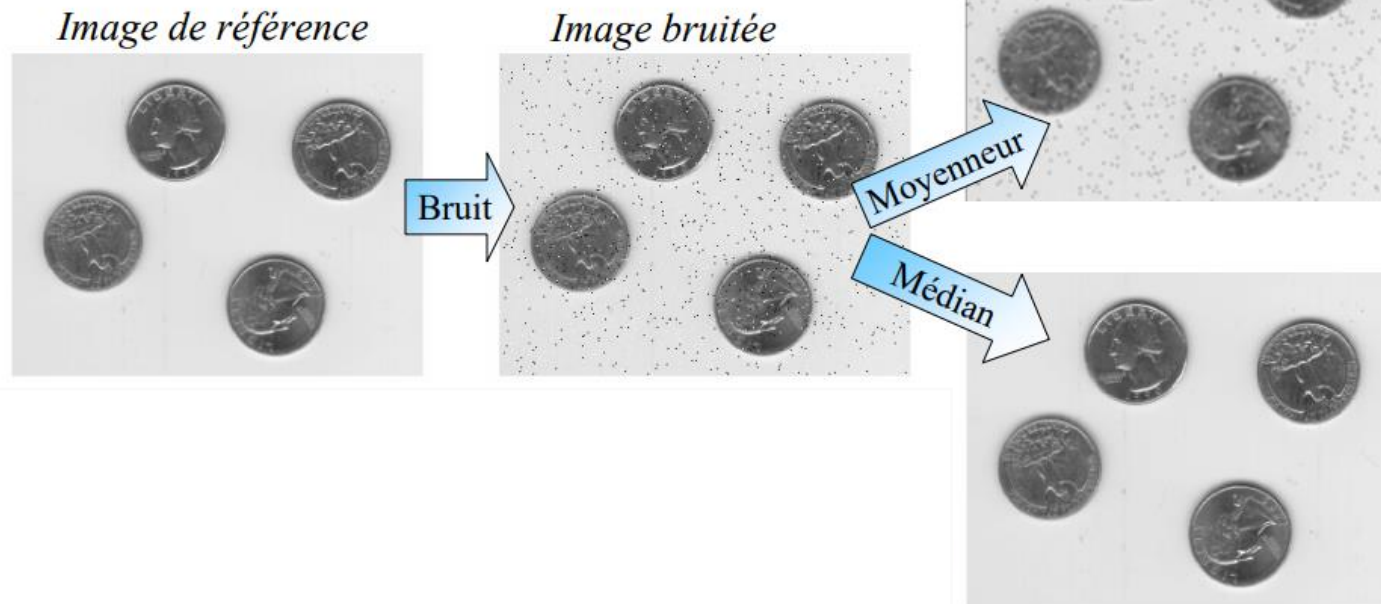
Filtre  
Maximum

10	10	12	20	50
100	22	50	30	11
26	20		50	12
25	25	30	40	50
20	30	50	51	60

### 2. Les Filtres Non linéaires

#### Comparaison : filtre médian et filtre moyenneur

Image « Pièces » de référence, bruitée ( bruit de type impulsionnel ) puis filtrée avec **un filtre moyenneur (3 ×3)** et **un filtre médian (3 ×3)**.



# Chapitre III: Restauration d'images

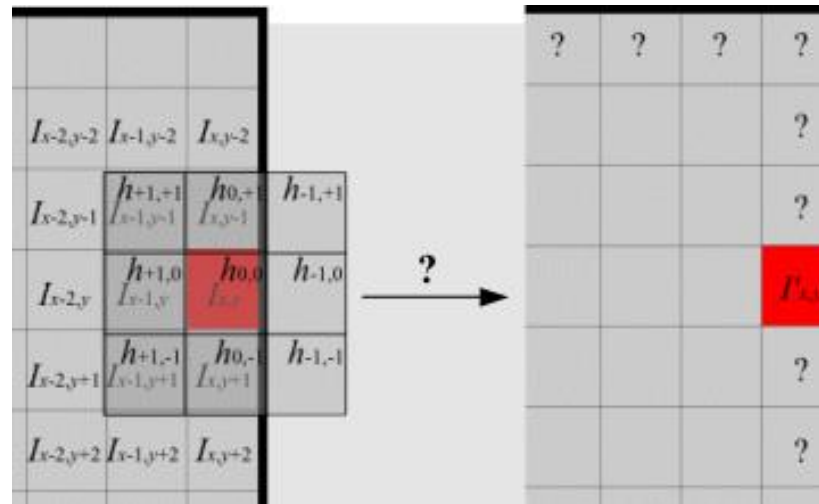
## Méthodes de Restauration

130

### Traitement Effets de bords :

Effets de bords :

Quelle stratégie pour les pixels se trouvant aux bords d'une image.



Solutions envisagées :

- Ne pas traiter les pixels se trouvant aux frontières de l'image.
- Considérer les pixels extérieurs égaux à zéro et on aura ainsi une convolution partielle

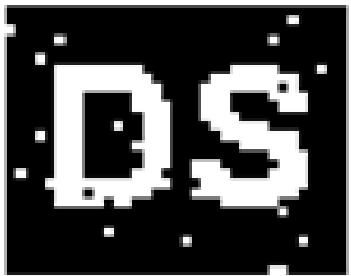


# Chapitre III: Restauration d'images

## Méthodes de Restauration

133

Application:



bruit 1 : impulsionnel



bruit 2 : additif



bruit 3 : multiplicatif



bruit 4 : additif



Filtre 1 : canny



Filtre 2 : moyenne



Filtre 3 : median




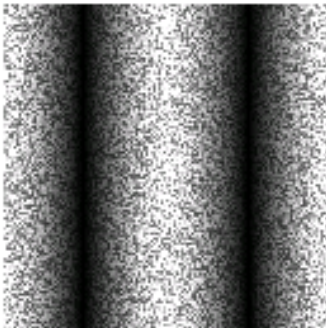
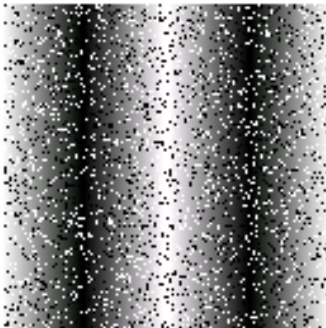
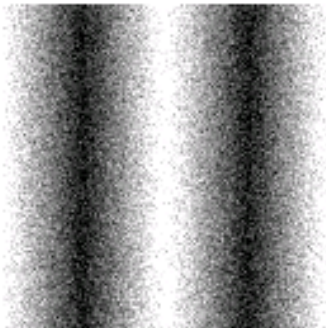
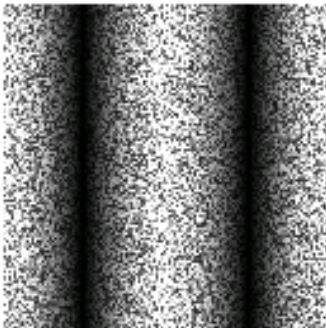
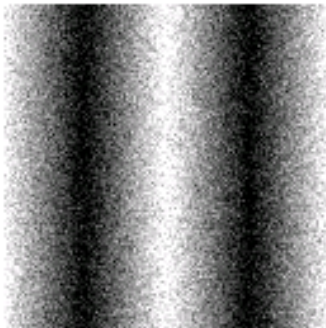
Filtre 4 : laplacien



# Chapitre III: Restauration d'images

## Méthodes de Restauration

Application:

		
Image non bruitée	Bruit : multiplicatif..	Bruit : impulsionnel..
	Filtrage : wiener.....	Filtrage : median.....
		
Bruit : additif..	Bruit : multiplicatif..	Bruit : additif..
Filtrage : gaussien..ou wiener	Filtrage : wiener.....	Filtrage : gaussien..ou wiener

#### Application:

Soit une partie d'une image en niveaux de gris :

Donner les résultats d'application des filtres suivant sur la partie sélectionnée de l'image :

- Filtre médian 3x3
- Filtre maximum 3x3
- Filtre minimum 3x3

32	32	32	32	32
34	200	10	32	34
34	34	32	10	32
32	32	200	32	32
34	32	36	36	32

### Application:

On donne ci-dessous deux matrices correspondantes respectivement à deux parties d'une image A et de sa version bruitée B

40	41	40	39	38
43	40	40	41	38
42	45	40	39	40
41	40	38	40	42
40	39	40	40	41

Image A

40	41	40	39	38
43	0	40	41	38
42	45	40	255	40
41	40	0	40	42
40	39	40	40	41

Image bruitée B

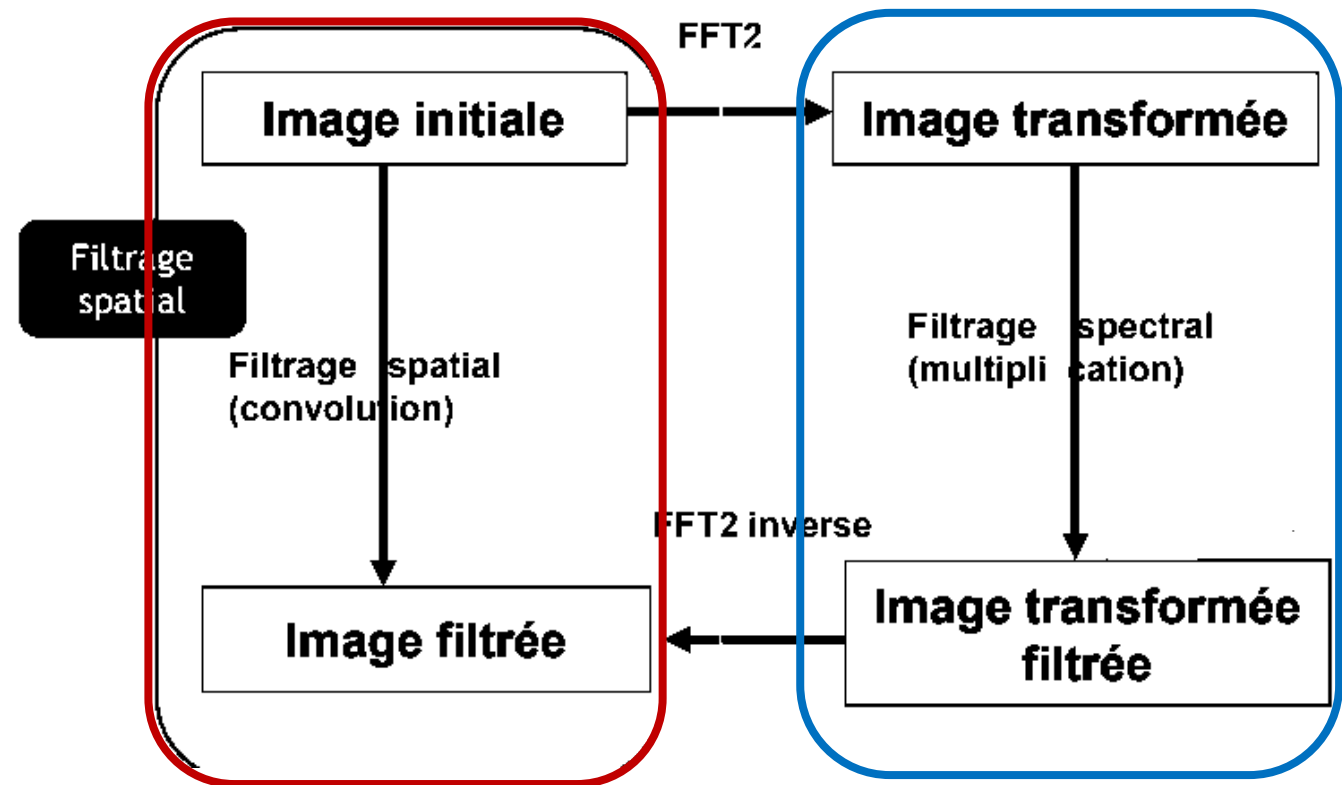
- 1- Identifier le bruit appliqué à l'image
  - 2- On désire filtrer l'image bruitée B. Dans le cas idéal, à quoi correspondrait l'image filtrée ?
  - 3- Soient les deux filtres suivants :
    - Filtre moyenneur
    - Filtre médian
- a. Caractériser ces filtres (filtre spatial ou fréquentiel, linéaire ou non linéaire)

### Méthodes de Restauration par filtrage spectrale

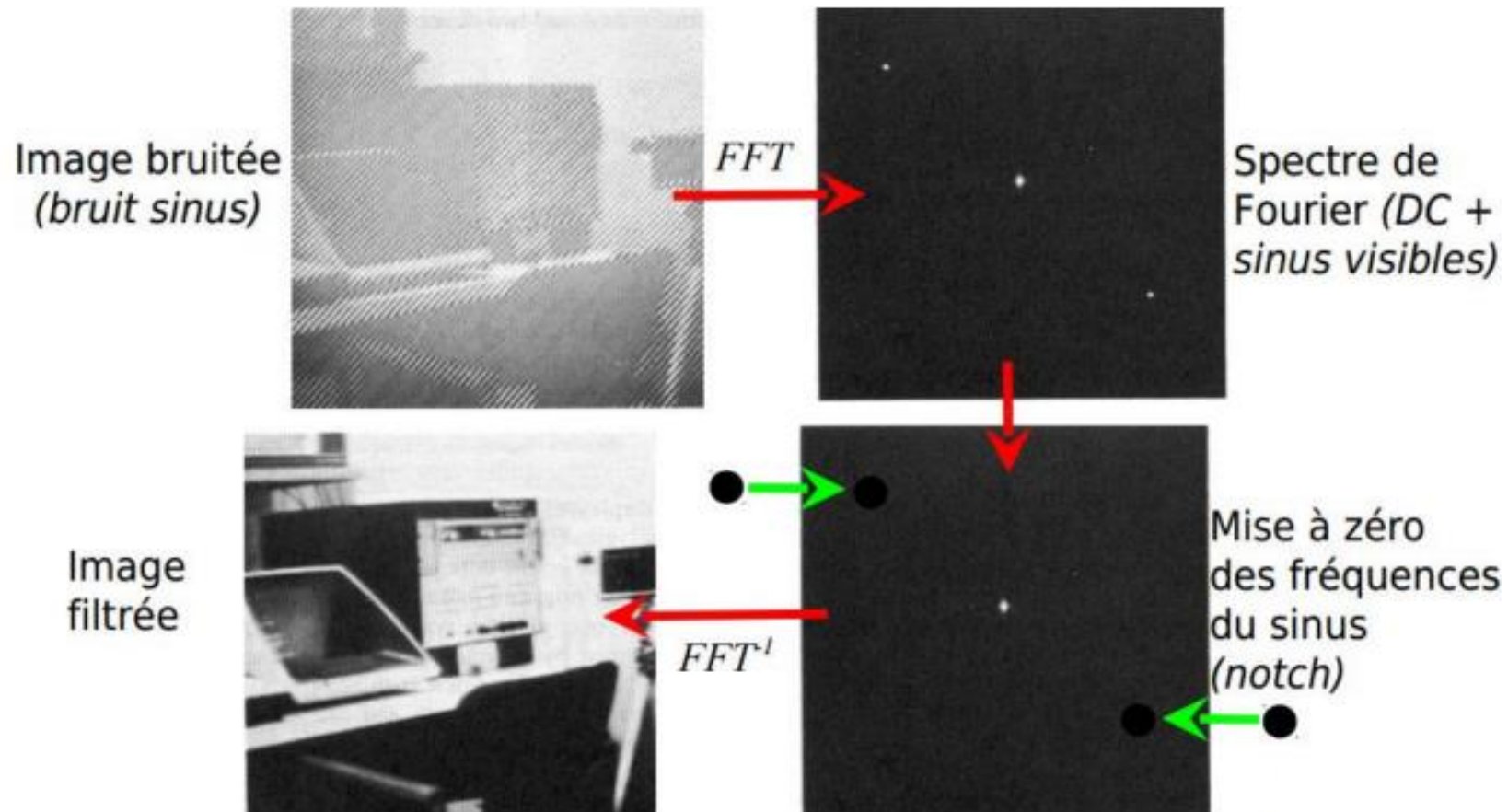
Il consiste à considérer  $F$ ,  $Y$  et  $H$  les transformées de Fourier respectives de l'image d'origine ( $f$ ), de l'image bruitée ( $y$ ) et du filtre ( $h$ ) ; et essayer de déterminer  $H^{-1}$  tel que le modèle :  $F=H^{-1}.Y$

Sachant :  $y=h*f$

En présence d'un bruit additif ( $n$ ), on a :  $F=H^{-1}.Y+H^{-1}.N$



### Filtrage spectral



### Filtrage

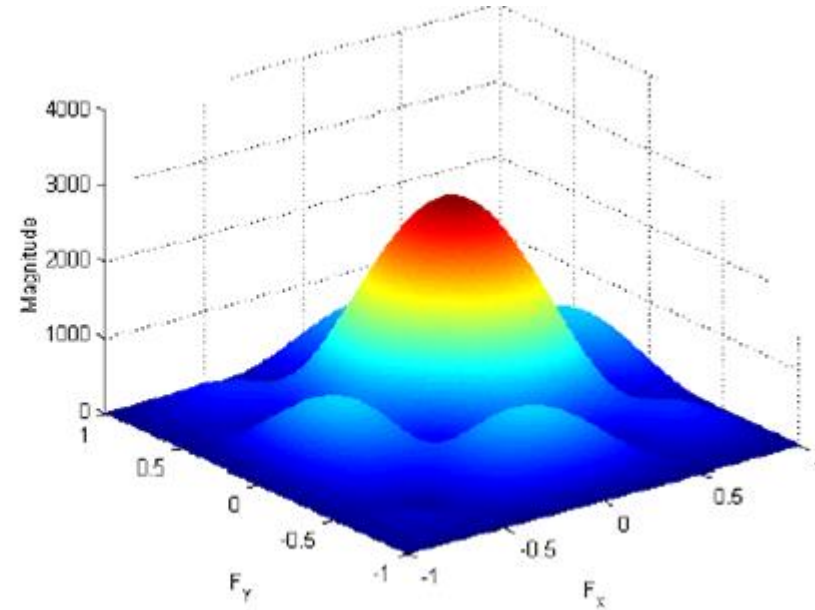
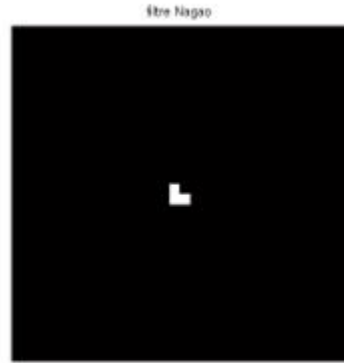


Image filtrée par le filtre Nagao et sa FFT2

Filtre de Nagao (non linéaire) : Il permet un lissage de l'image conservant les contours, dans l'optique d'un prétraitement pour une segmentation par régions.

Le filtre a éliminé une partie de l'objet et sa représentation fréquentielle est nettement différente par rapport à celle de l'image d'origine surtout au niveau des hautes fréquences.

### Filtrage

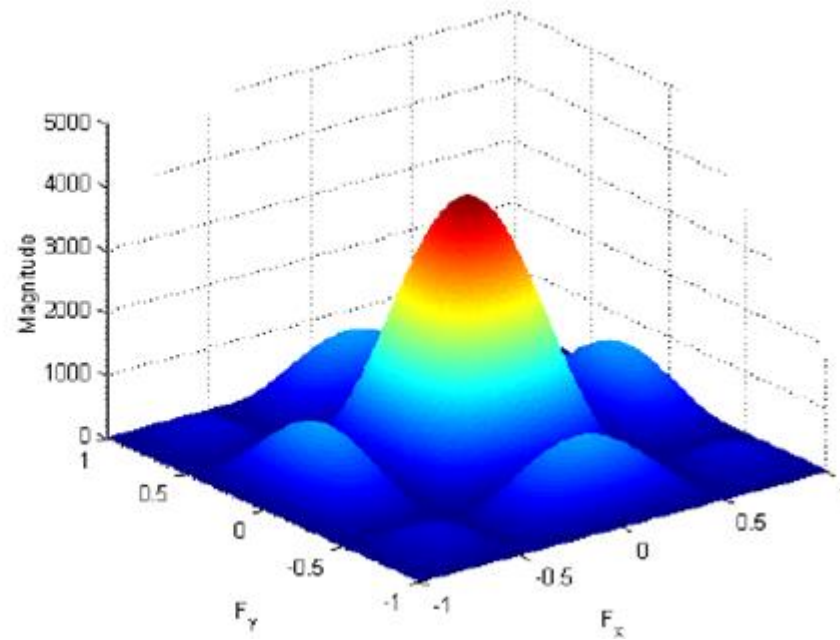
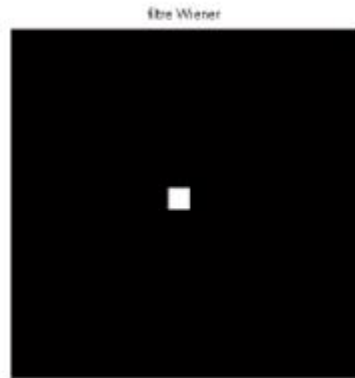


Image filtrée par le filtre de Wiener et sa FFT2



Le filtre de Wiener (non linéaire) conserve bien l'image et son spectre. Aucune différence n'est visible pour l'exemple de cette image.



### Filtrage

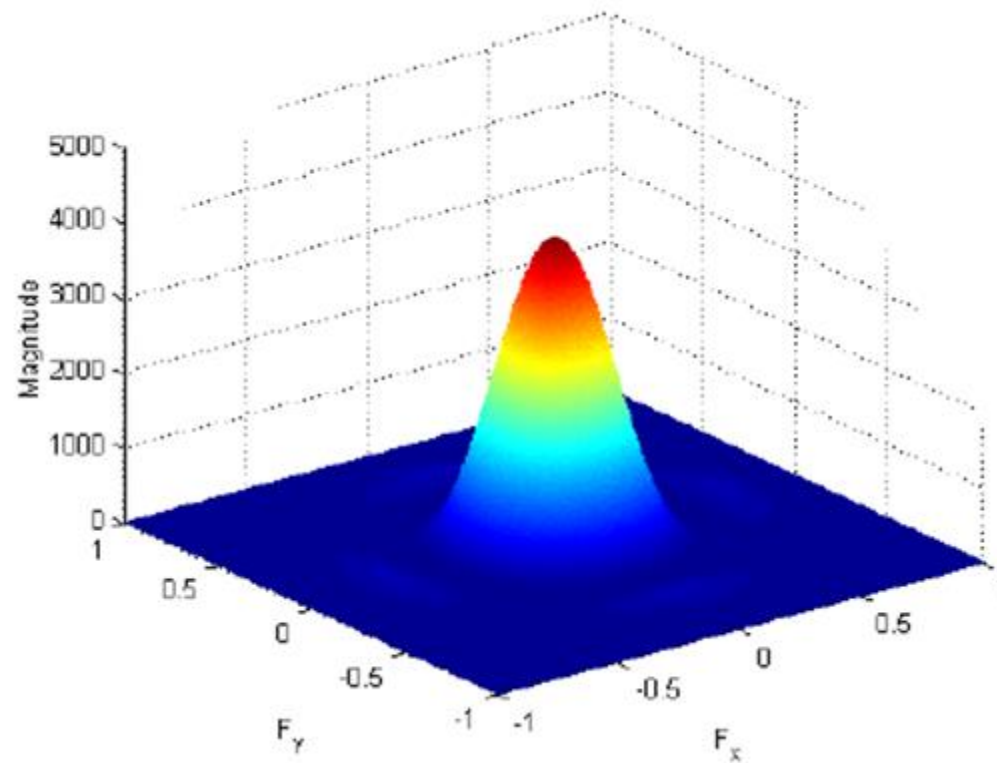
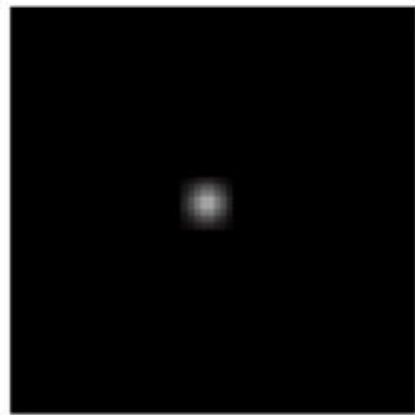


Image filtrée par un filtre passe bas et sa FFT2

Le filtrage passe bas, comme précédemment cité dans le cas du filtre de la moyenne, élimine les hautes fréquences et introduit du flou sur l'image.

### Filtrage

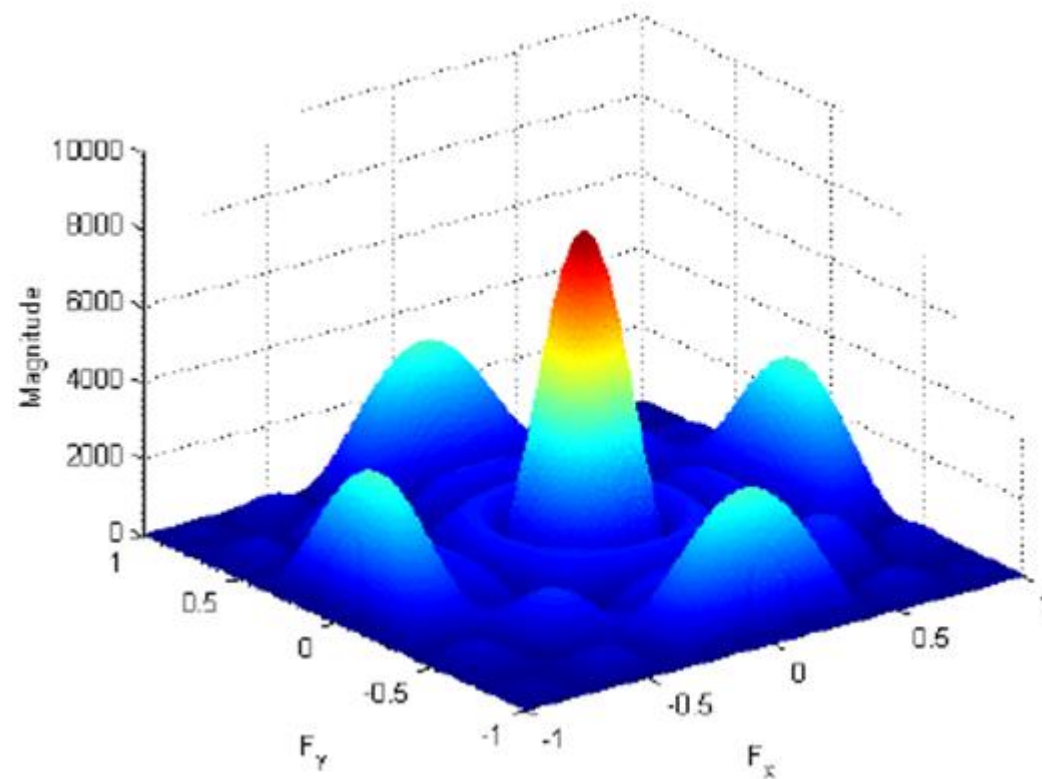


Image filtrée par le filtre de Gabor et sa FFT2

Le filtre de Gabor, qui représente un type particulier de filtrage fréquentiel, a un comportement qui met en valeur les détails et les contours de l'image. Sa représentation fréquentielle montrent une amplification du spectre en hautes fréquences avec l'apparition d'harmoniques

### Filtrage

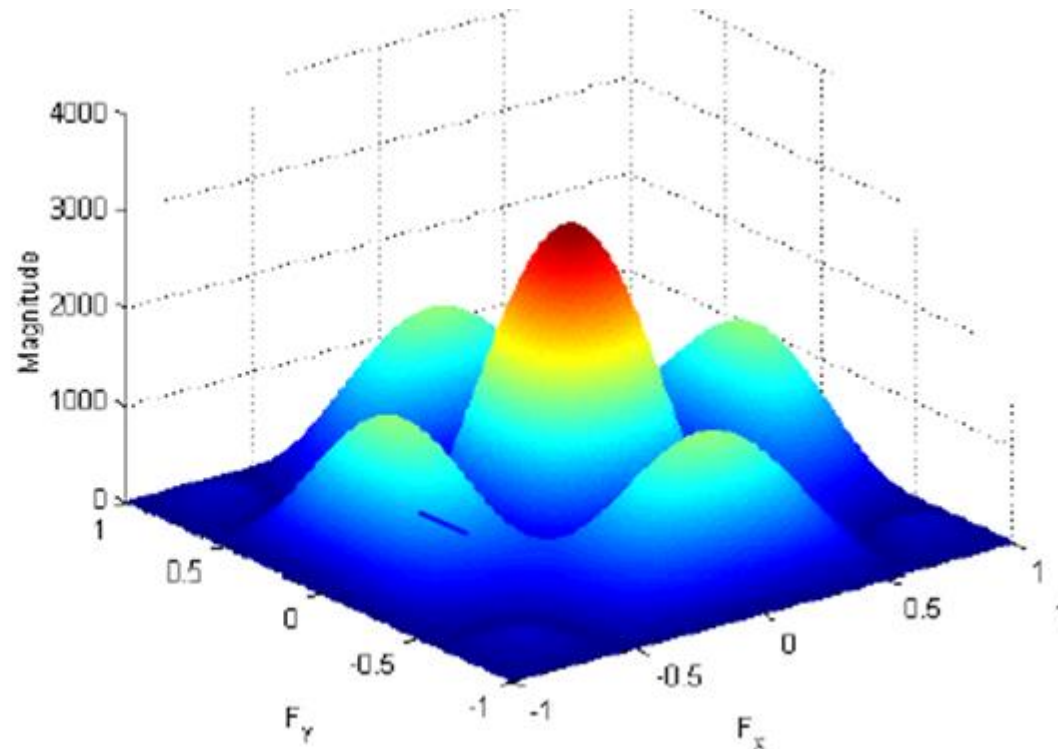
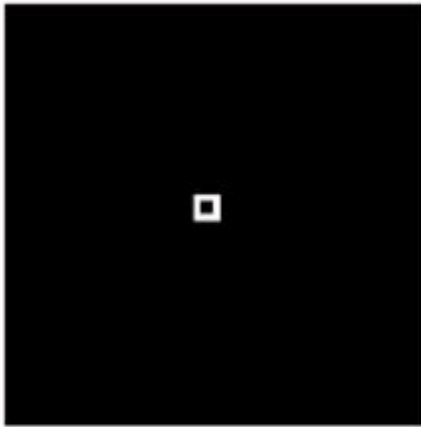


Image filtrée par le filtre Laplacien et sa FFT2

Le filtre Laplacien qui a un comportement d'un filtrage passe haut et utilisé pour la détection des contours de l'image. La représentation fréquentielle montre l'accentuation de l'amplitude du spectre en hautes fréquences.

### Filtrage

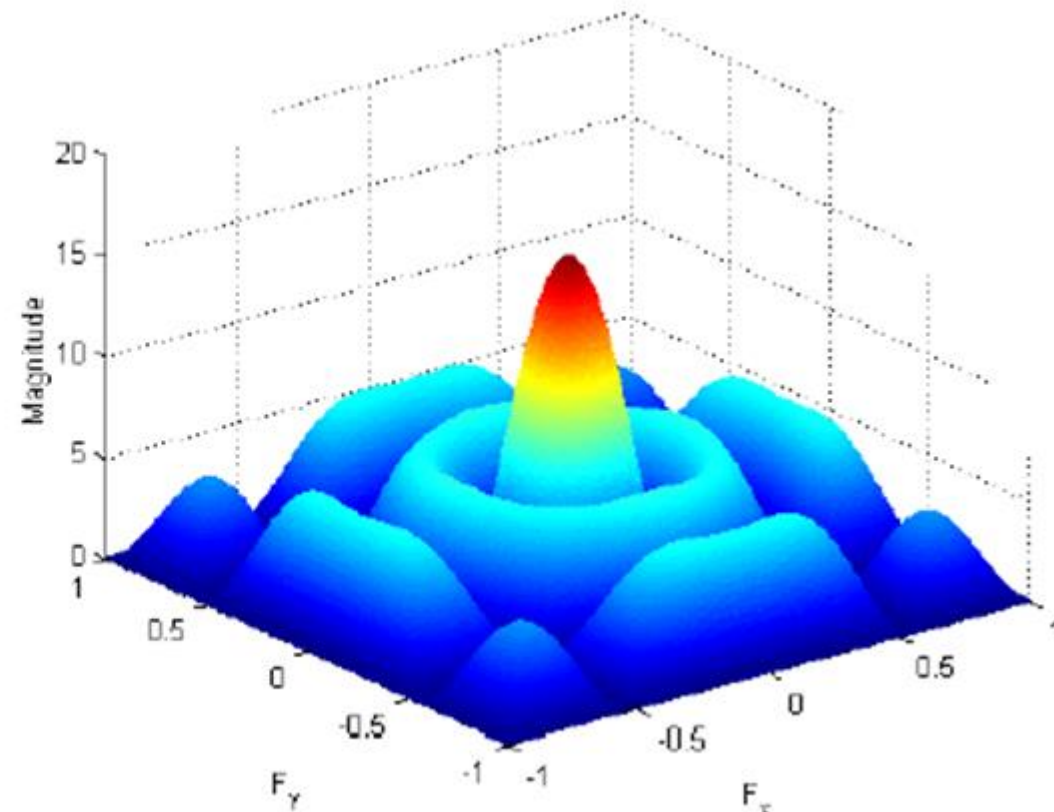
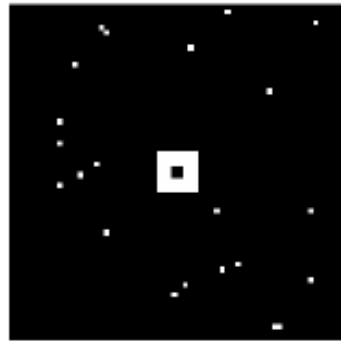


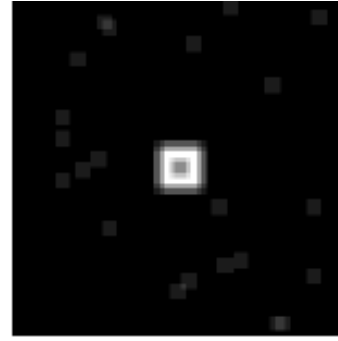
Image filtrée par le filtre gaussien laplacien et sa FFT2

Le filtre gaussien laplacien est un autre modèle des filtres passe haut, il permet la détection des contours de l'image. Le spectre est riche en harmoniques et les amplitudes en hautes fréquences sont nettement accentuées.

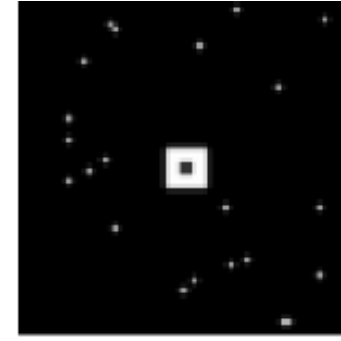
### Filtrage



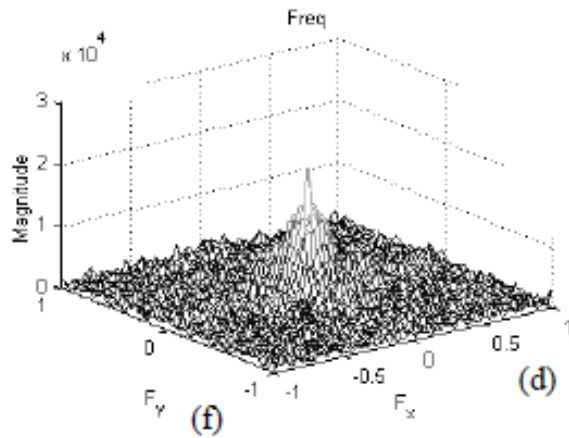
(a)



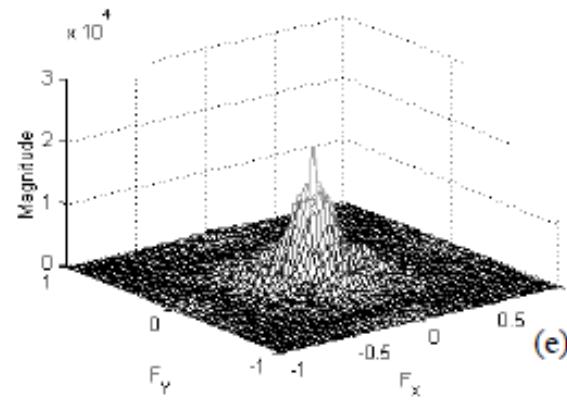
(b)



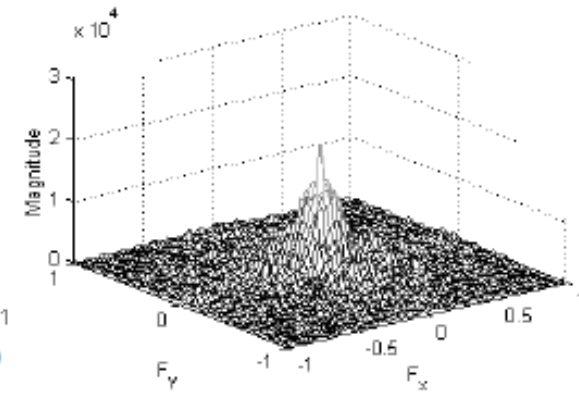
(c)



(d)



(e)



(f)

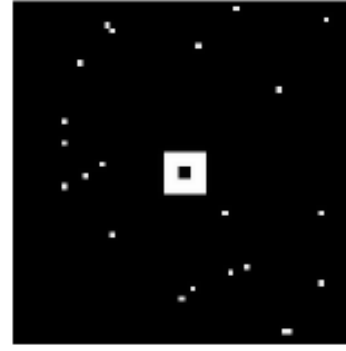
représentation fréquentielle de l'image bruitée (d), son filtrage par la moyenne (e) et par gaussien (f)

(a) image d'origine, (b) filtrage de la moyenne et (c) filtrage gaussien

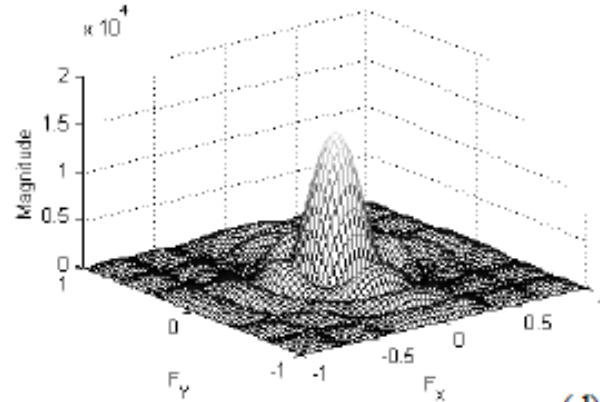
### Filtrage



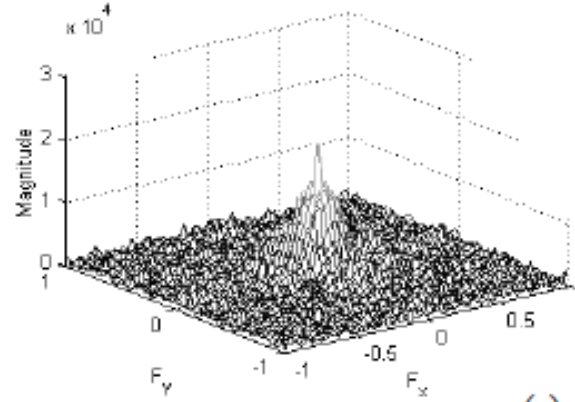
(a)



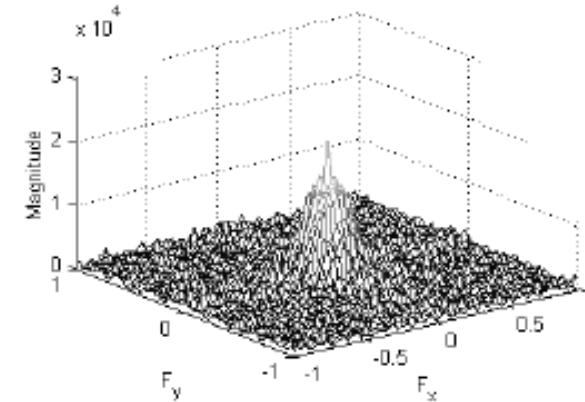
(b)



(d)



(e)



représentation fréquentielle des images filtrées par médian (d), par Wiener (e) et par une fermeture

(f)

(a) image filtrée par médian, (b) filtrage Wiener et (c) filtrage fermeture avec losange

#### Filtrage

Le bruit impulsionnel se manifeste dans le domaine fréquentiel par un ensemble de pics.

Le filtre de la moyenne a pratiquement réduit à zéro les niveaux des hautes fréquences et a abaissé ceux des basses fréquences ce qui revient à un lissage de bruit mais aussi des détails de l'image, alors que les filtres gaussien, de Wiener et fermeture sont visiblement inefficaces contre ce type de bruit puisque les pics des fréquences ne sont pas ou seulement peu atténués.

Enfin, le filtre médian a une représentation fréquentielle semblable à celle de l'image d'origine c'est-à-dire élimination totale du bruit mais avec l'inconvénient de la réduction de certains détails de l'image.



### Filtrage

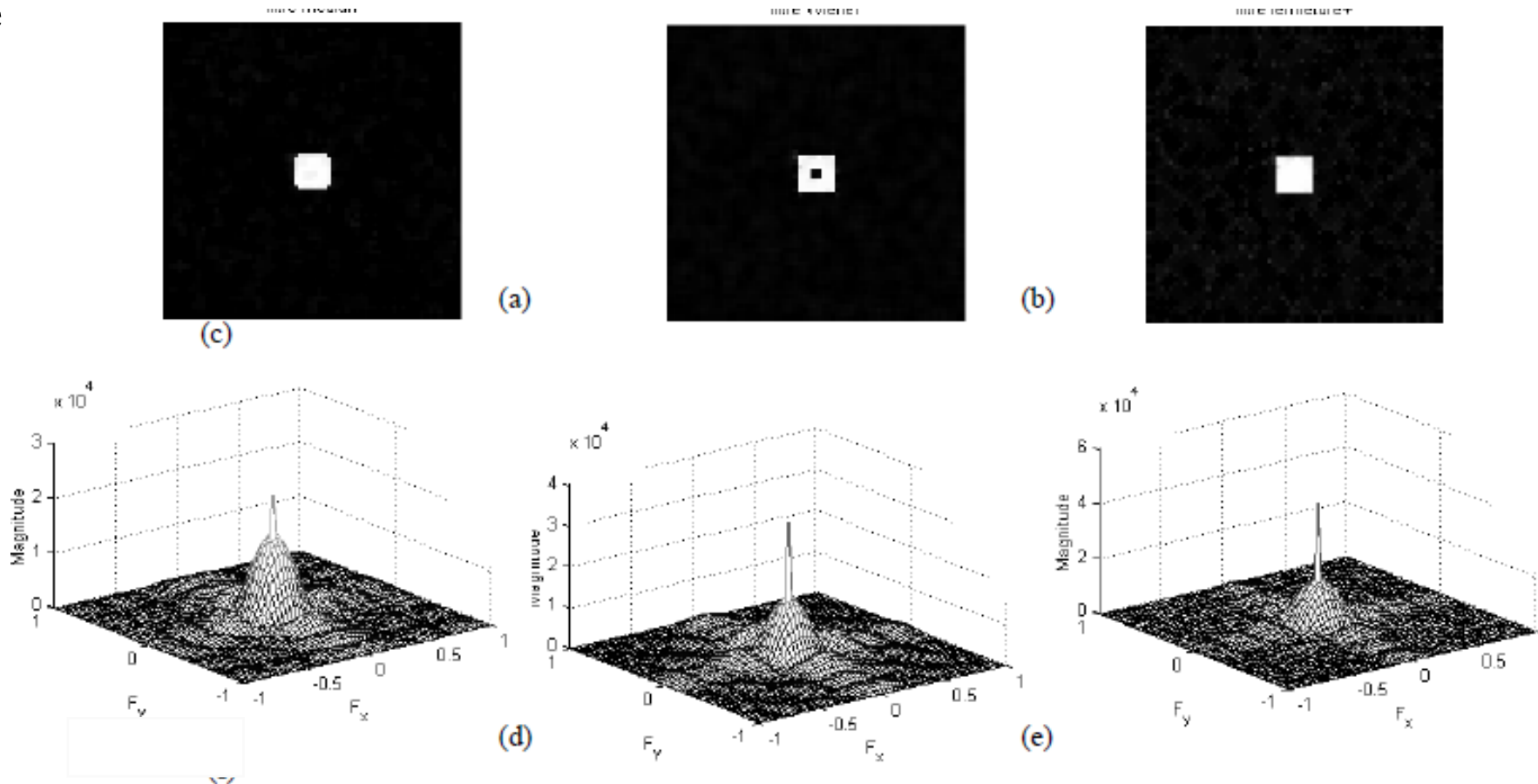


Figure n°4.6 : représentation fréquentielle des images filtrées par médian (d), par Wiener (e) et par une fermeture (f)  
(a) image filtrée par médian, (b) filtrage Wiener et (c) filtrage fermeture avec losange

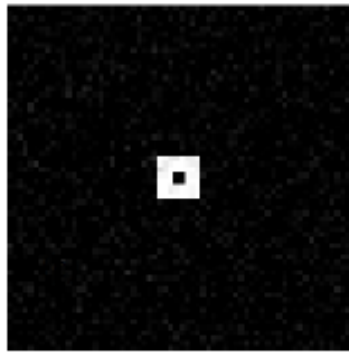


# Chapitre III: Restauration d'images

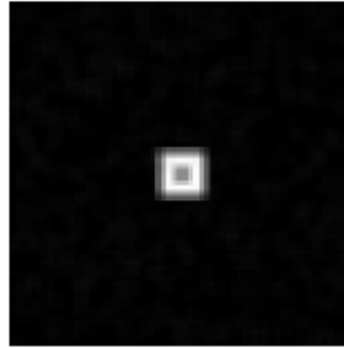
## Méthodes de Restauration

49

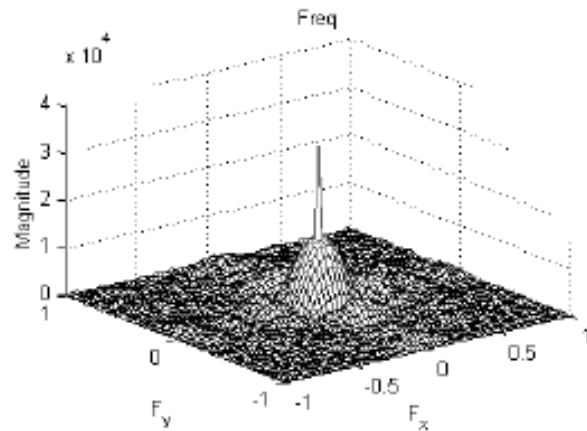
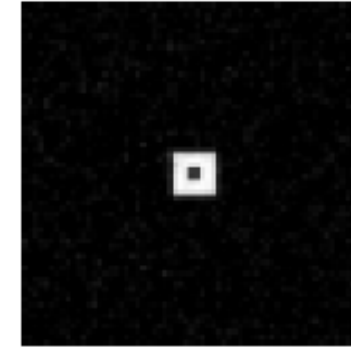
### Filtrage



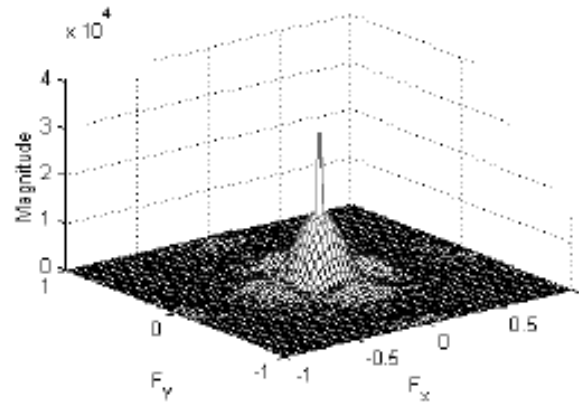
(a)



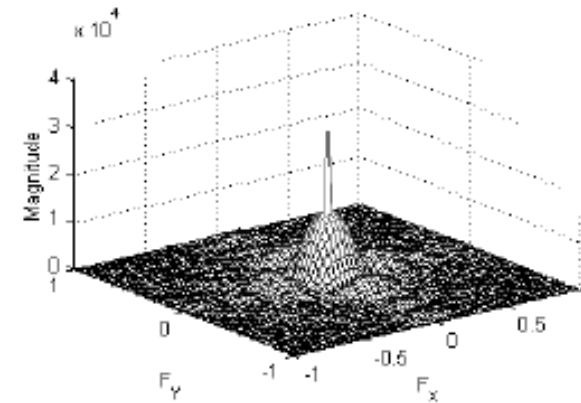
(b)



(d)



(e)



(f) : représentation fréquentielle de l'image bruitée (d), son filtrage par la moyenne (e) et par gaussien

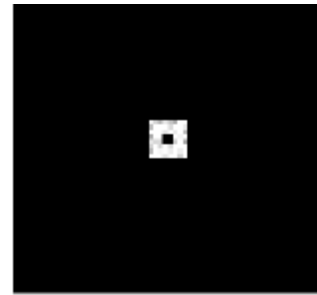
(a) image d'origine, (b) filtrage de la moyenne et (c) filtrage gaussien

# Chapitre III: Restauration d'images

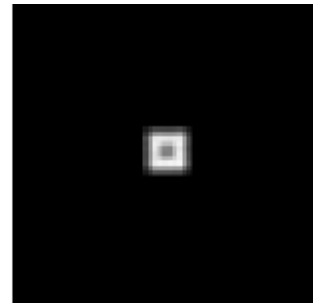
## Méthodes de Restauration

50

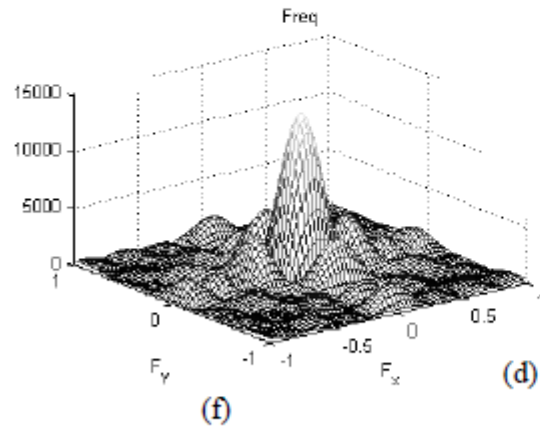
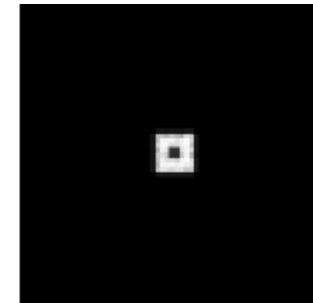
### Filtrage



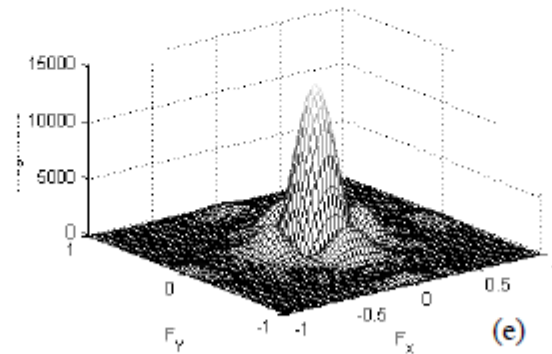
(a)



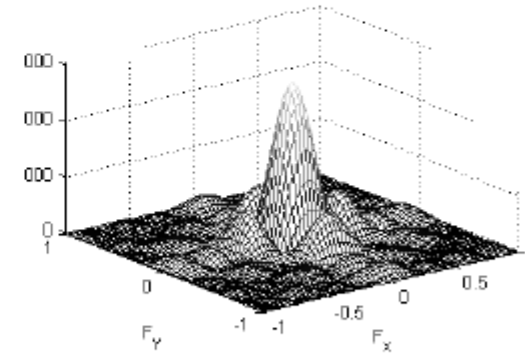
(b)



(d)



(e)



(f)

représentation fréquentielle de l'image bruitée (d), son filtrage par la moyenne (e) et par gaussien (f)

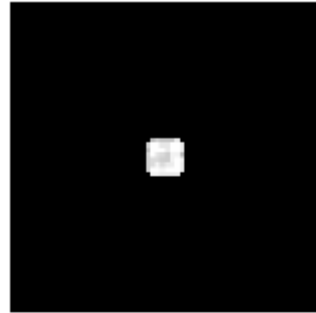
(a) image d'origine, (b) filtrage de la moyenne et (c) filtrage gaussien

# Chapitre III: Restauration d'images

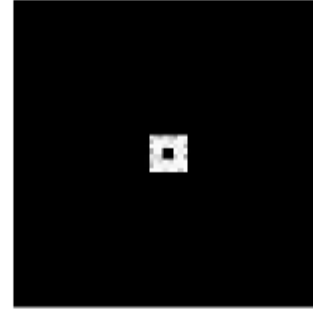
## Méthodes de Restauration

51

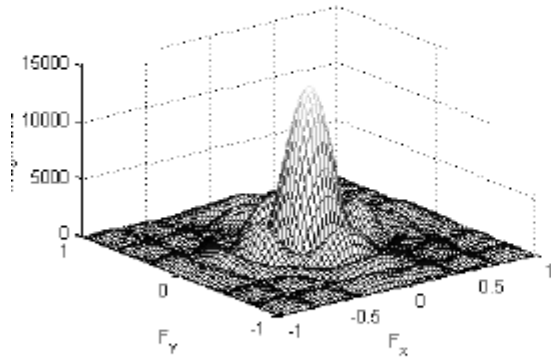
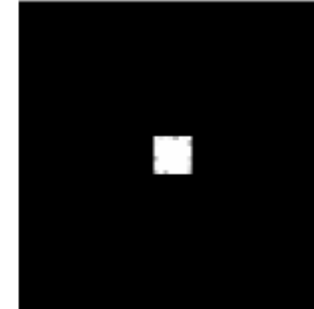
### Filtrage



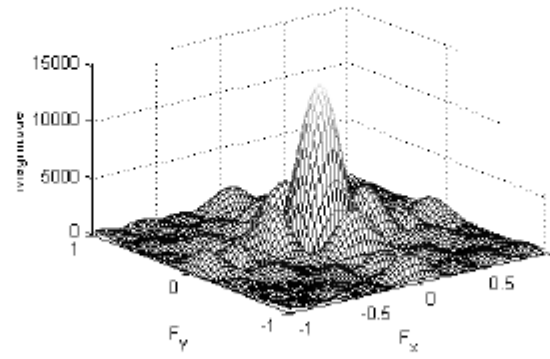
(a)



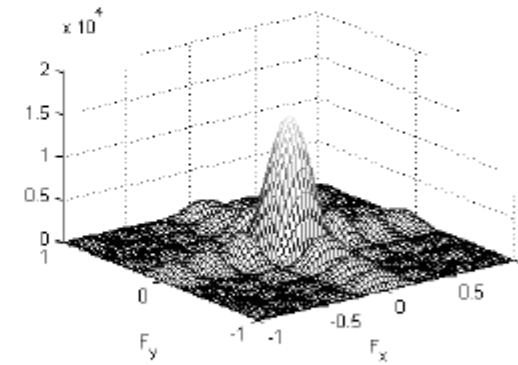
(b)



(d)



(e)



représentation fréquentielle des images filtrées par médian (d), par Wiener (e) et par une fermeture (f)

(a) image filtrée par médian, (b) filtrage Wiener et (c) filtrage fermeture avec losange

Le bruit **multiplicatif** fait apparaître, dans le domaine fréquentiel, des harmoniques. Le filtre de la moyenne, comme d'habitude, élimine les hautes fréquences indépendamment du bruit et ajoute du flou à l'image.

Le filtre **gaussien** diminue l'amplitude des harmoniques dans le spectre ce qui correspond à la réduction du bruit mais sans l'éliminer complètement.

Le **médian** atténue le bruit et dégrade les détails de l'image.

Le filtre **de Wiener** paraît peu efficace puisque les images bruitées et filtrées ont le même spectre.

Enfin, le **filtre fermeture** réduit le bruit mais élimine les détails de l'image.

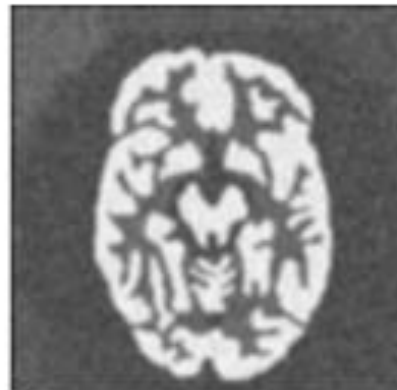
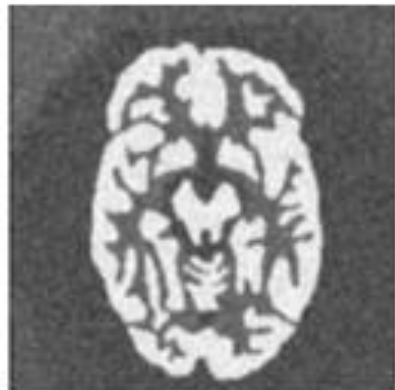
Evaluation Subjective



Evaluation Objective

Evaluation Globale

- Temps d'exécution
- Ressources matérielles



### Evaluation Subjective



- La qualité d'une image est évaluée par un observateur humain.
- L'évaluation se fait avec des tests psycho-visuels.
- ❖ Variabilité inter et intra observateurs

#### Evaluation Objective

Erreur Quadratique Moyenne (l'écart entre l'image originale  $I$  et l'image filtrée  $If$ )

$$E = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [I(x, y) - If(x, y)]^2$$

PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) (en dB) par

$$PSNR = 10 \cdot \log\left(\frac{N_g^2}{E}\right)$$



Figure 3. – Image Barbara dégradée par JPEG2000 (PSNR = 25.63 dB).



Figure 4. – Image Barbara dégradée par Fractal (PSNR = 23.36 dB).



Figure 5. – Image Barbara dégradée par BTC (PSNR = 28.19 dB).



Figure 6. – Image Barbara dégradée par QT (PSNR = 24.03 dB).



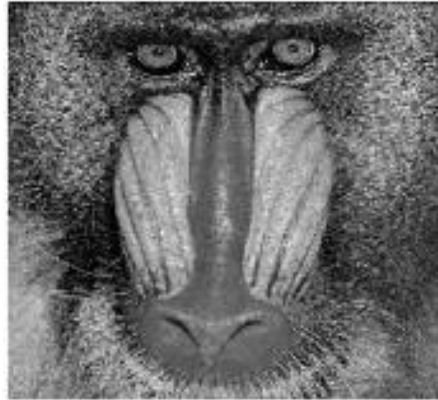


Figure 7. – Image Mandrill dégradée par Fractal (PSNR = 18.00 dB).



Figure 8. – Image Mandrill dégradée par JPEG200 (PSNR = 18,54 dB).

### Evaluation Globale

- Temps d'exécution
- Ressources matérielles

L'évaluation se base sur des mesures quantitatives, des mesures qualitatives, de la qualité d'image et d'autres critères ( complexité, rapidité, ...).

Un algorithme est jugé aussi sur sa facilité d'implémentation, sur son temps d'exécution et sur ses besoins en ressources informatiques (calcul, mémoire...).

### Approche marginale

- C'est l'approche la plus immédiate et la plus simple pour l'adaptation des algorithmes de traitement des images monochromes au traitement des images couleurs.
- Elle consiste à traiter indépendamment chaque composante de l'image. Les résultats obtenus sur les trois composantes forment l'image couleur traitée.

