



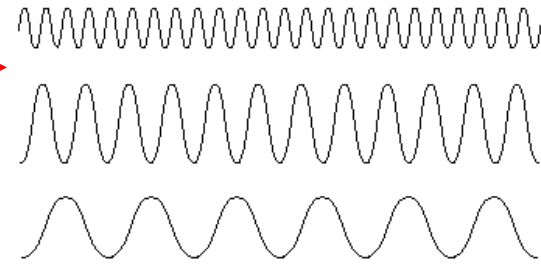
# Traitement d'images

---

**Traitements fréquentiels**

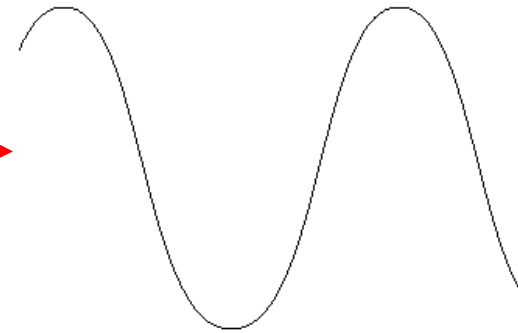
# Notions de fréquences dans un signal

*Signal haute fréquence* →

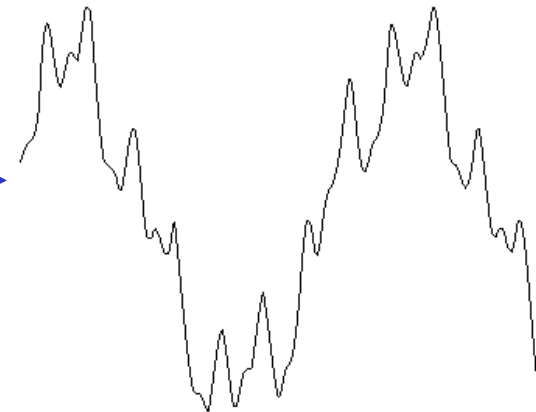


...

*Signal basse fréquence* →



*Ce signal représente  
la somme des quatre  
signaux ci-dessus* →



# Les fréquences dans l'image

- Qu'est-ce qu'une fréquence dans une image ?
  - Fréquence = changement d'intensité
  - Basses fréquences : régions homogènes, flou
  - Hautes fréquences : contours, changement brusque d'intensité, bruit

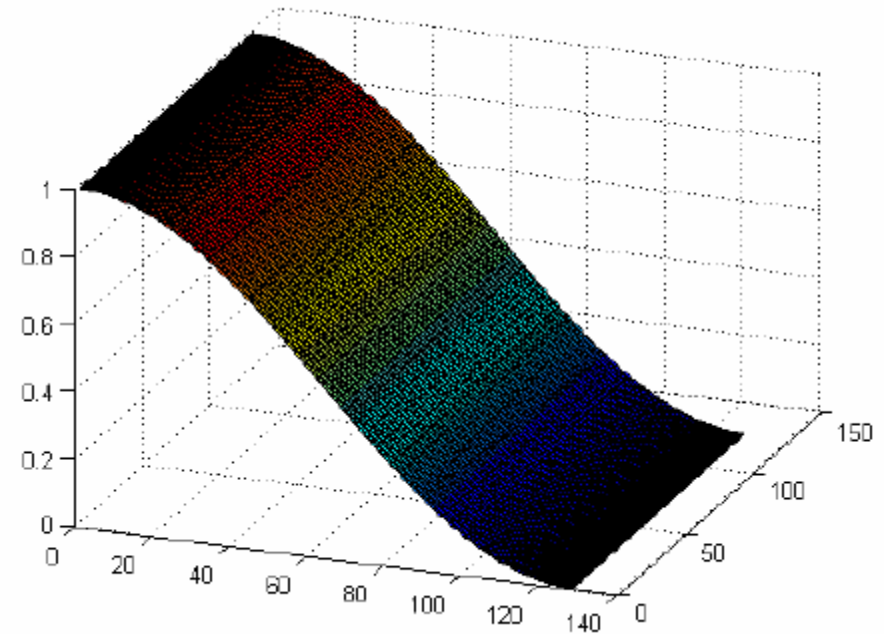
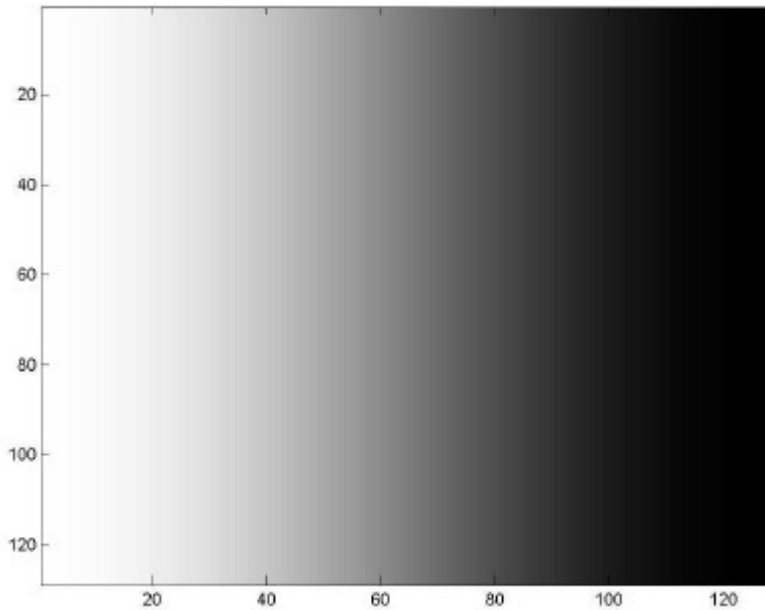


*Haute fréquence*

*Basse fréquence*

*La plus grande  
partie de l'énergie  
d'une image se  
situe dans les  
basses fréquences.*

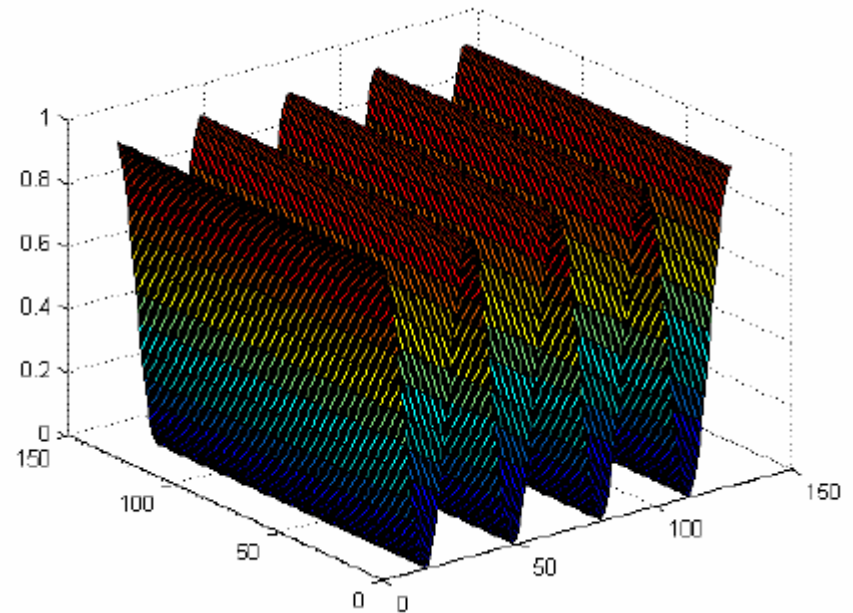
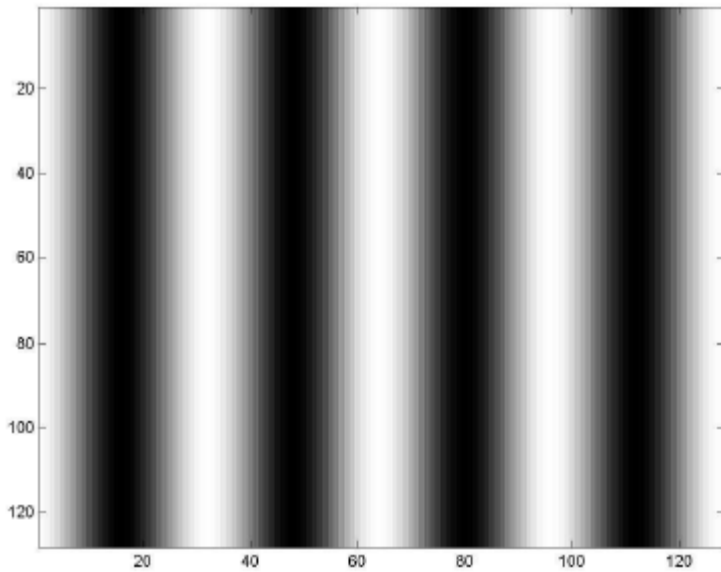
# Basses fréquences



*Les basses fréquences correspondent à des changements d'intensité lents*



# Hautes fréquences



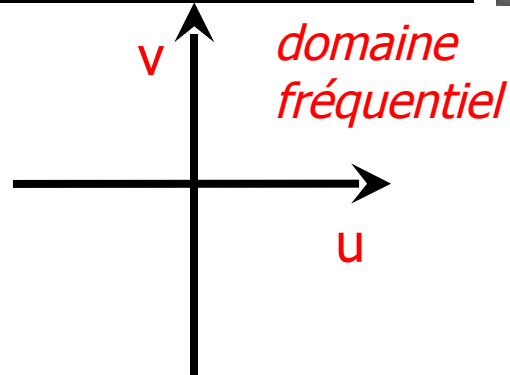
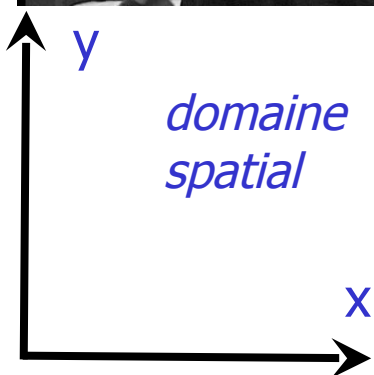
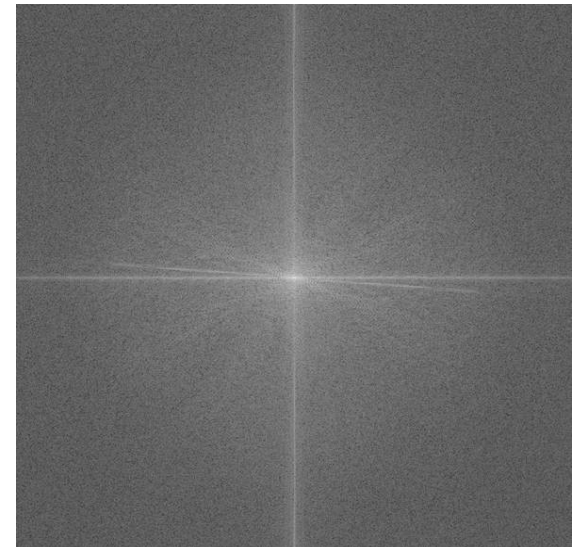
*Les hautes fréquences correspondent à des changements d'intensité rapides*

# Transformée de Fourier (TF)

Image originale

Spectre de Fourier  
 $|F(u,v)|$

Spectre rehaussée  
 $\log(1 + |F(u,v)|)$





# Interprétation de la Transformée 2D

---

- **Hautes fréquences** : loin du centre de la TF
- **Basses fréquences** : proche du centre de la TF
- **Composante continue** : centre de l'image
  - *fréquence zéro = moyenne de l'image*



# Transformée en nombres complexes

---

- La Transformée de Fourier d'une fonction réelle donne une fonction complexe
  - **Entrée** : une image
  - **Sortie** : image(partie réelle) + image(partie imaginaire)





# Codage de la transformée de Fourier

---

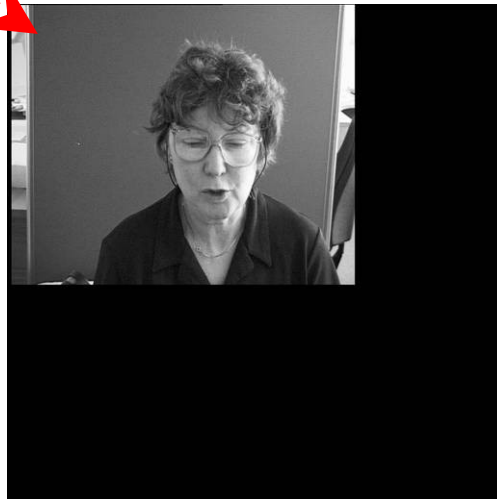
- L'algorithme le plus connu et le plus utilisé est la FFT
  - FFT = Fast Fourier Transform
- On le retrouve dans la majorité des bibliothèques existantes
  - *incluant Torch3Vision et LTI-Lib*

# Fonctionnement de la FFT



*Image originale  
(niveau de gris)*

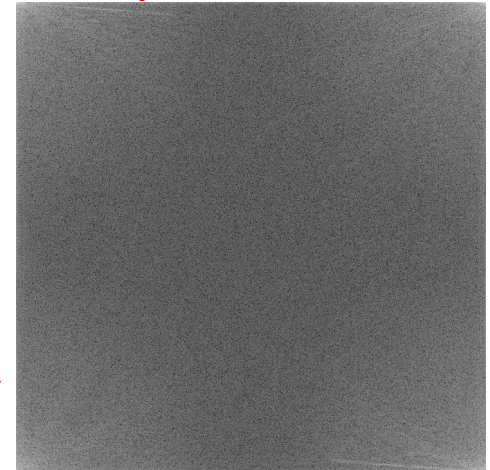
*Pré-traitement*



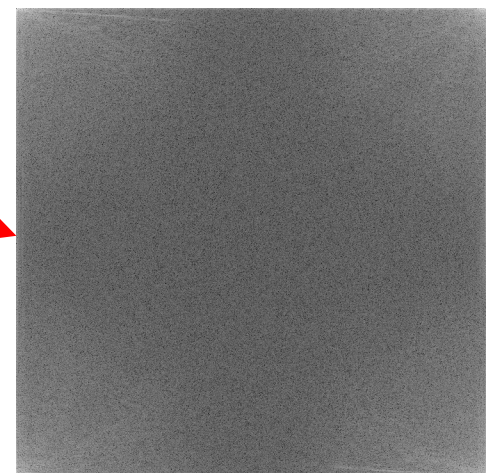
*Changement de taille  
pour avoir des tailles  
X et Y en puissance  
de 2 (on remplit avec  
des zéros).*

*FFT*

*FFT partie réelle*

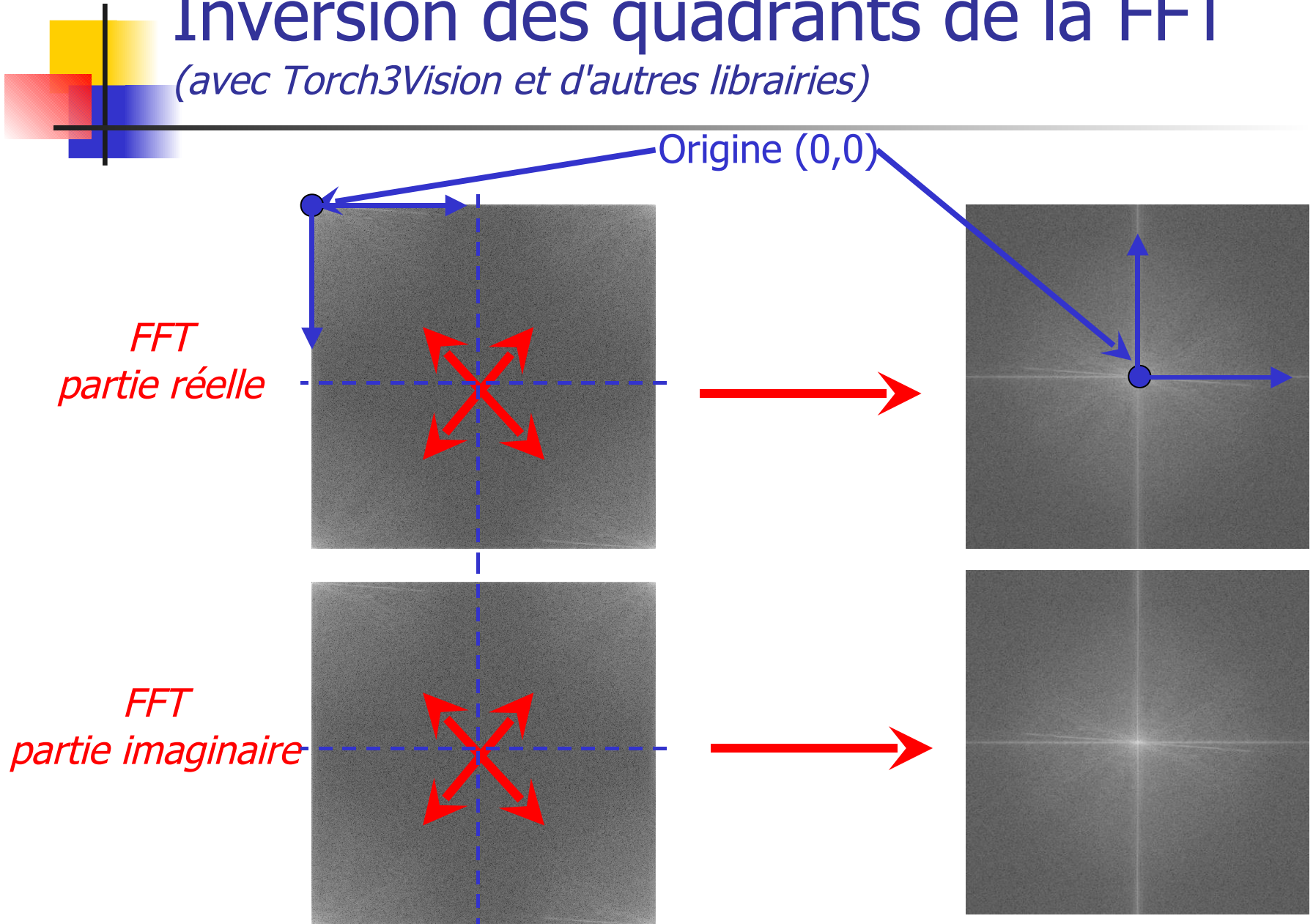


*FFT partie imaginaire*



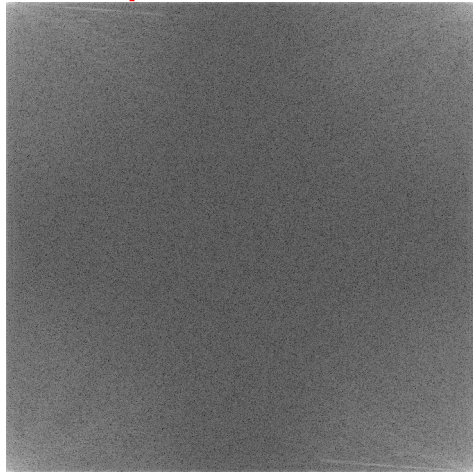
# Inversion des quadrants de la FFT

(avec *Torch3Vision* et d'autres librairies)

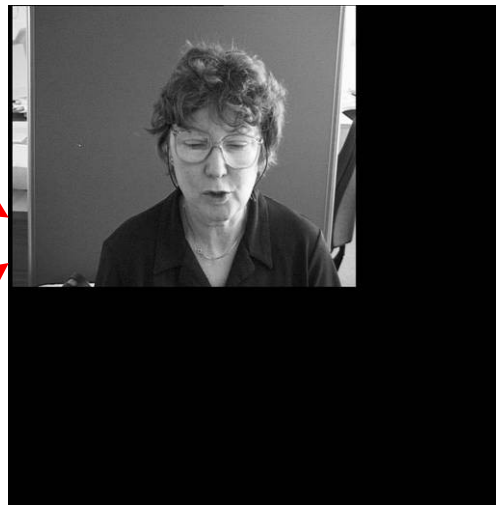
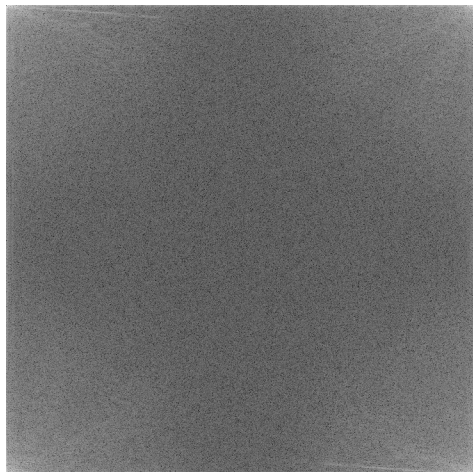


# FFT inverse

*FFT partie réelle*



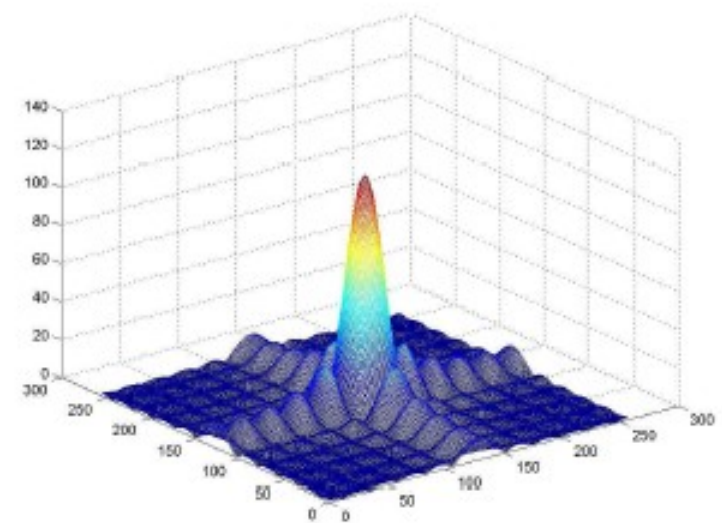
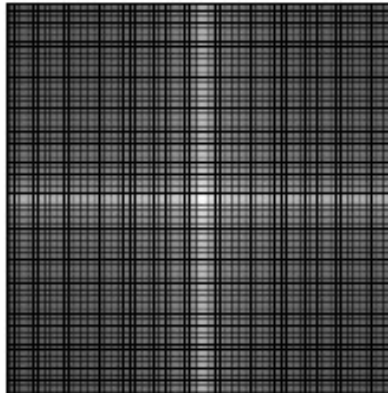
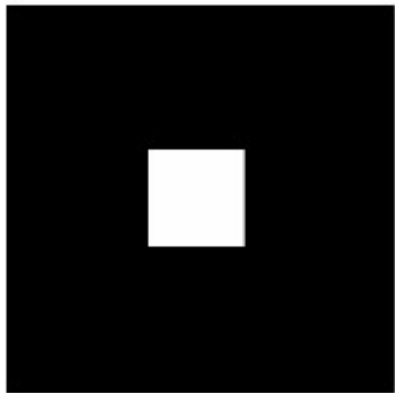
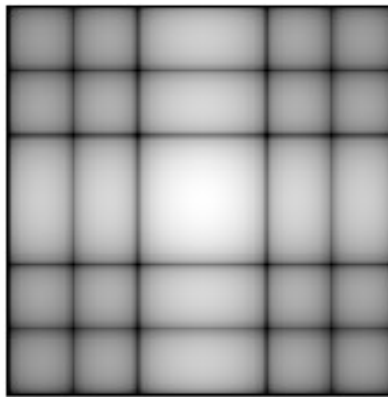
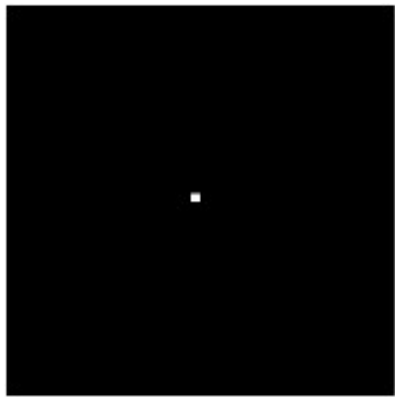
$FFT^{-1}$



*FFT partie imaginaire*



# Exemples de Transformée de Fourier



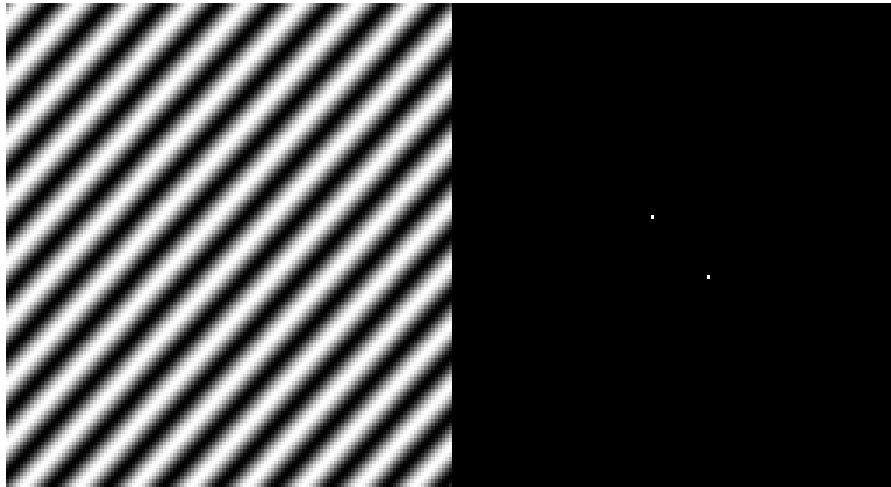
*Images originales*

*FFT*

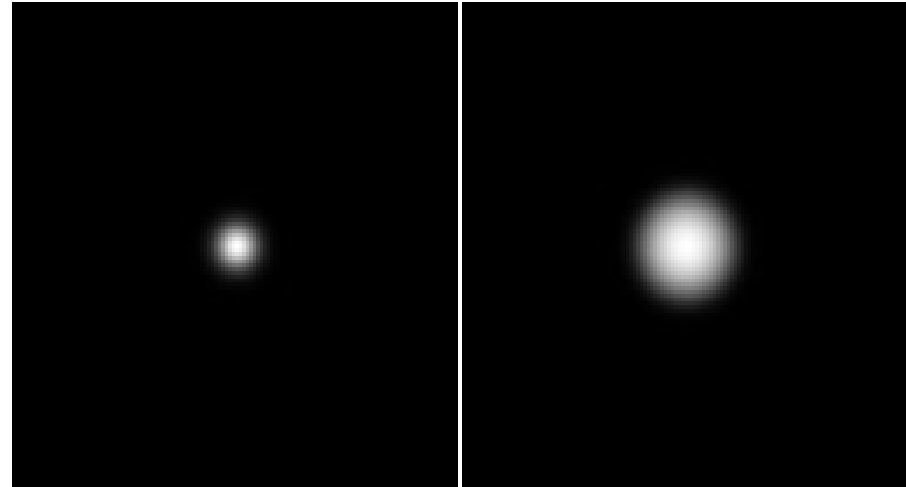
*Vue 3D de la FFT*

# Quelques TF de base

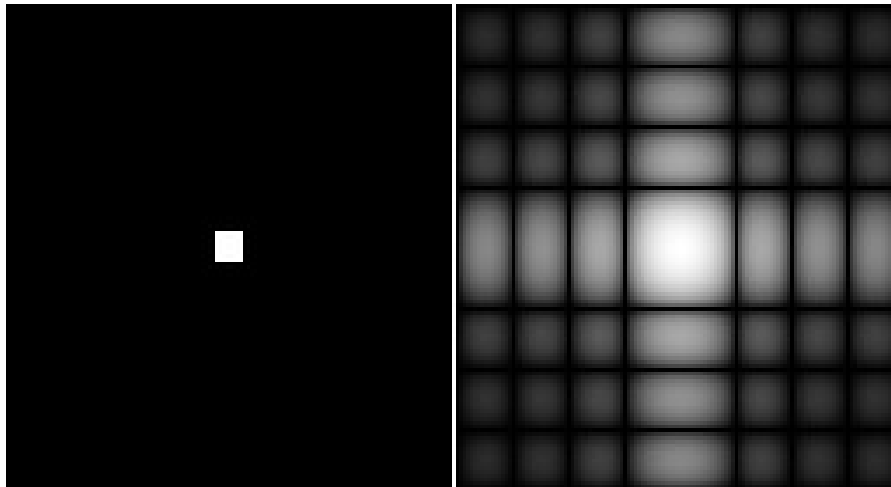
*Sinus*



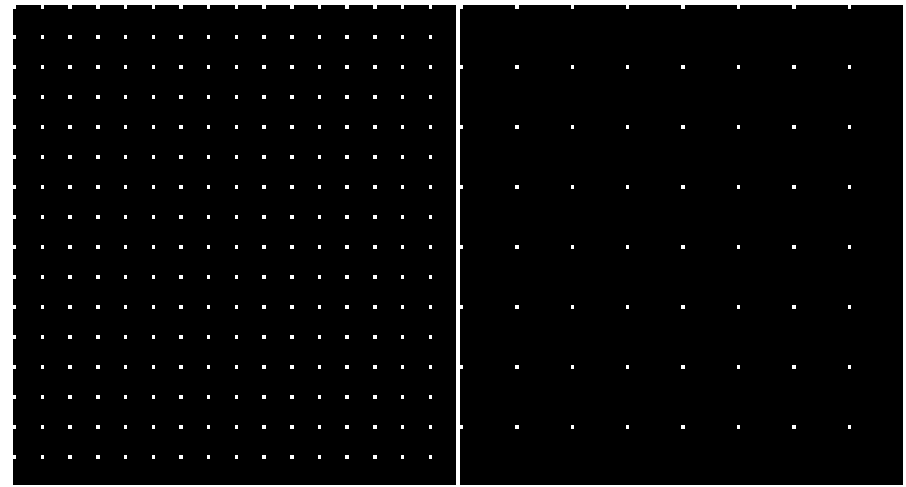
*Gaussienne*



*Carré*

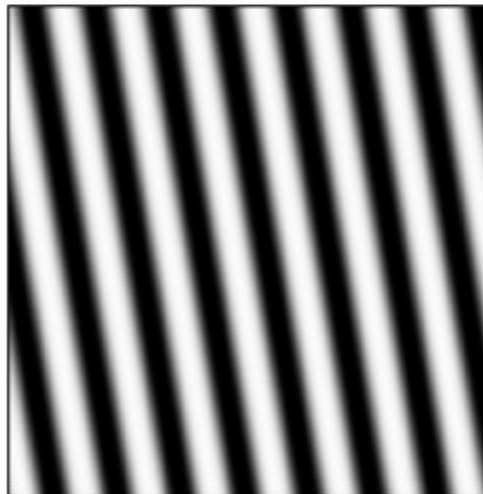
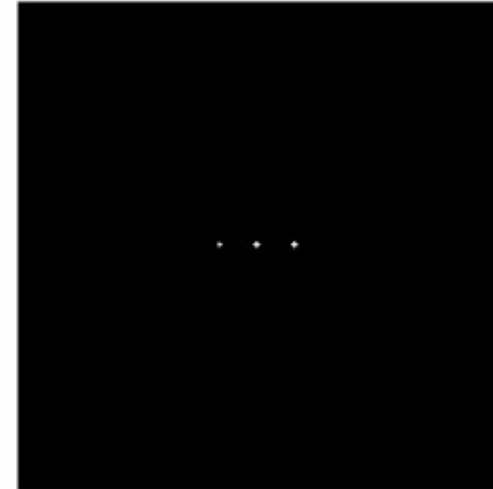
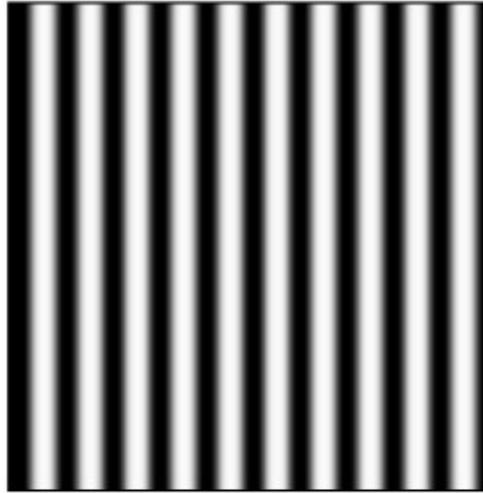


*Impulsions*

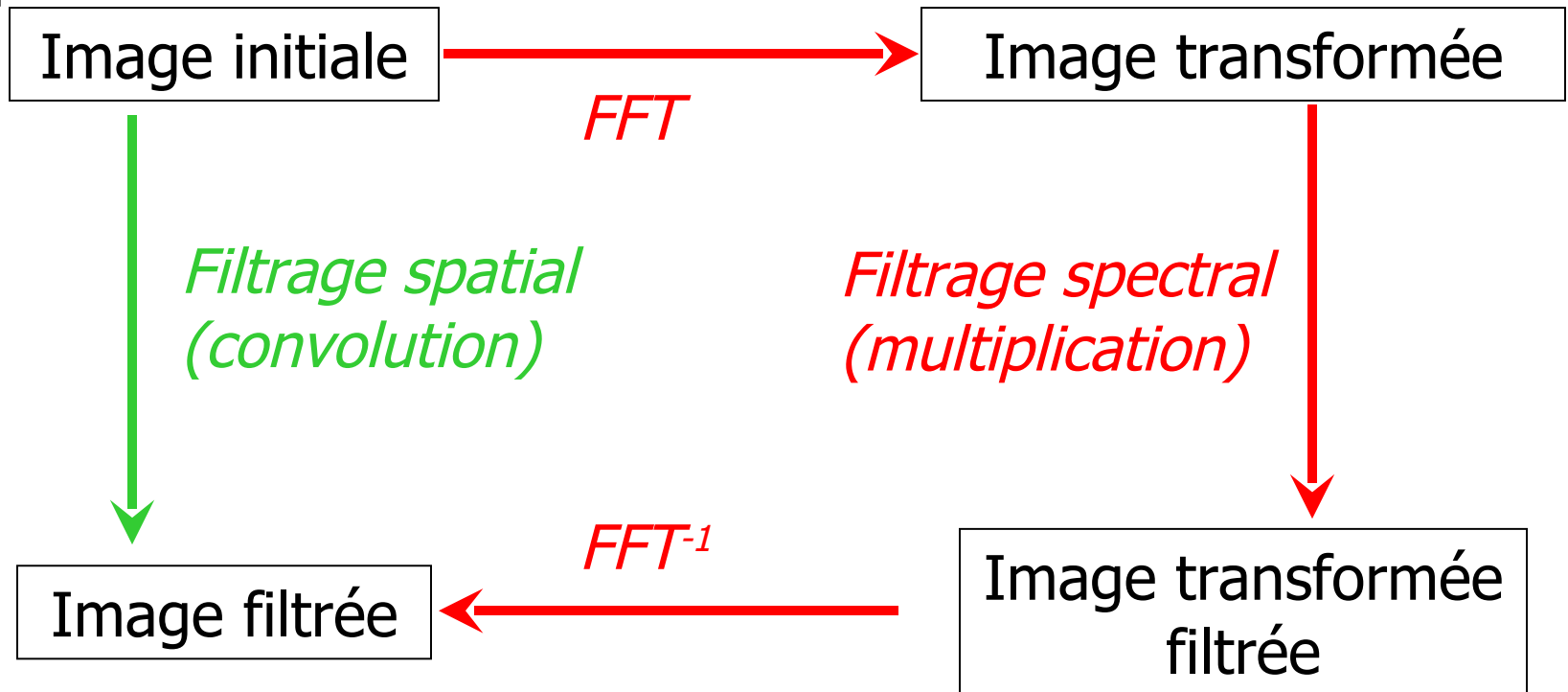


# Rotation d'images

*Rotation d'images  
→ rotation de la  
FFT (même  
angle)*



# Filtrage dans le domaine spectral

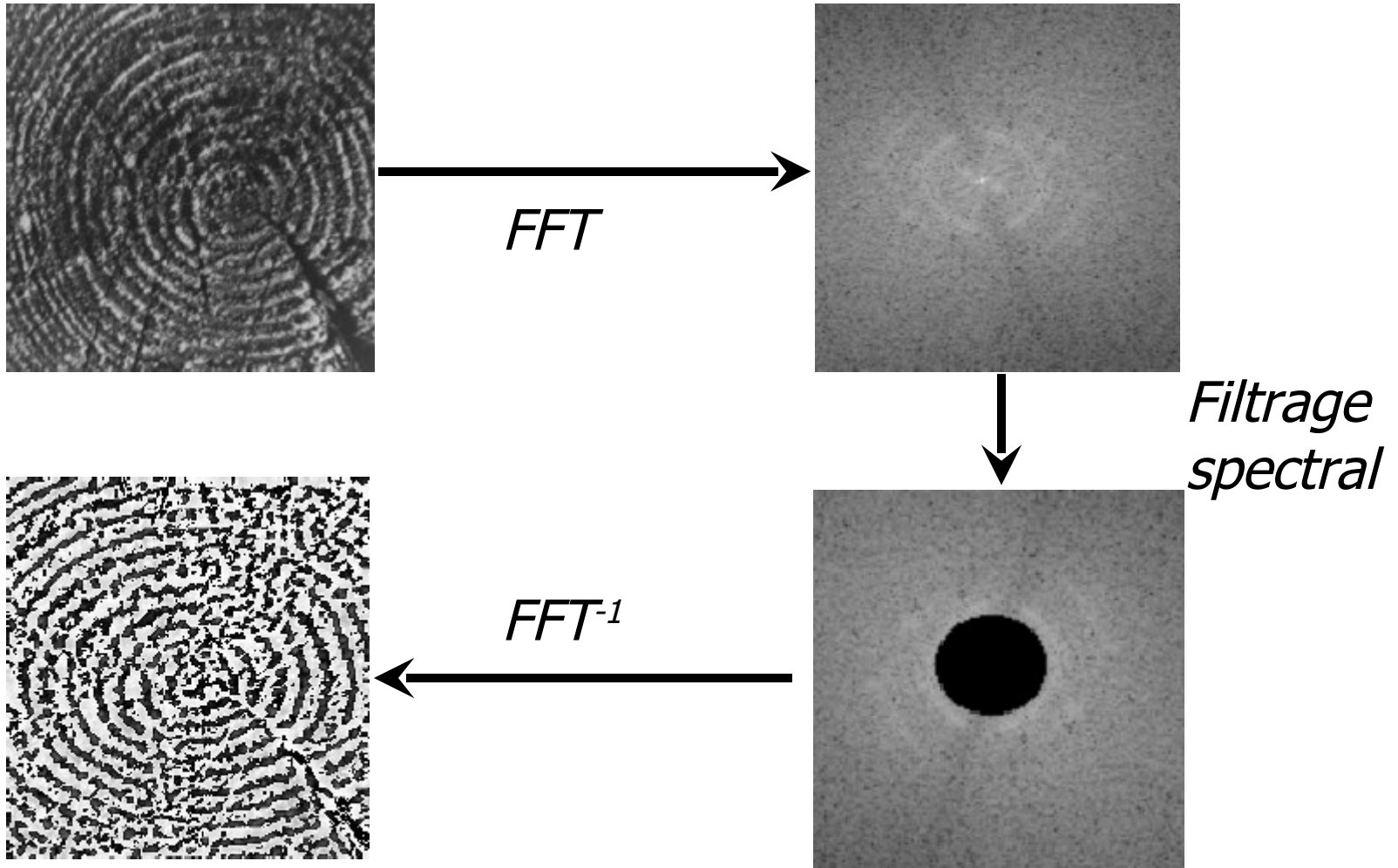


Dans le *domaine spatial*, le filtrage se fait par *convolution*. Dans le *domaine spectral* (ou *fréquentiel*), il se fait par *multiplication* (ou *masquage* de l'image).

Dans le cas des filtres dans le domaine fréquentiel non-multiplicatif, on ne peut pas obtenir le même résultat par convolution dans le domaine spatial.

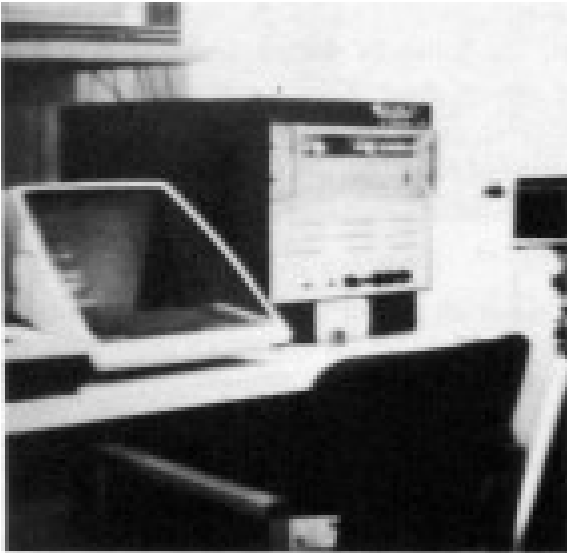


# Filtrage dans le domaine spectral

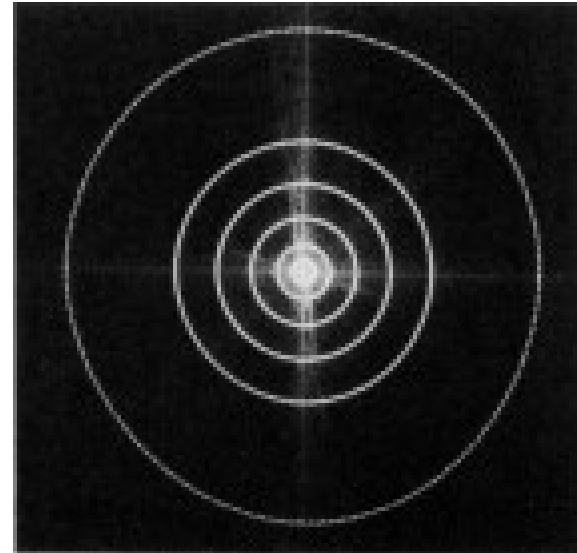


# Bandes de fréquences

Image



Spectre de Fourier



Pourcentage de l'information de l'image inclus dans les cercles (plus petit vers le plus grand) :

**90%, 95%, 98%, 99%, 99.5%, 99.9%**

# Filtrage passe-bas

90%



98%



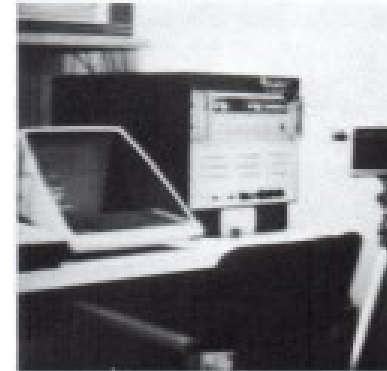
99.5%



95%

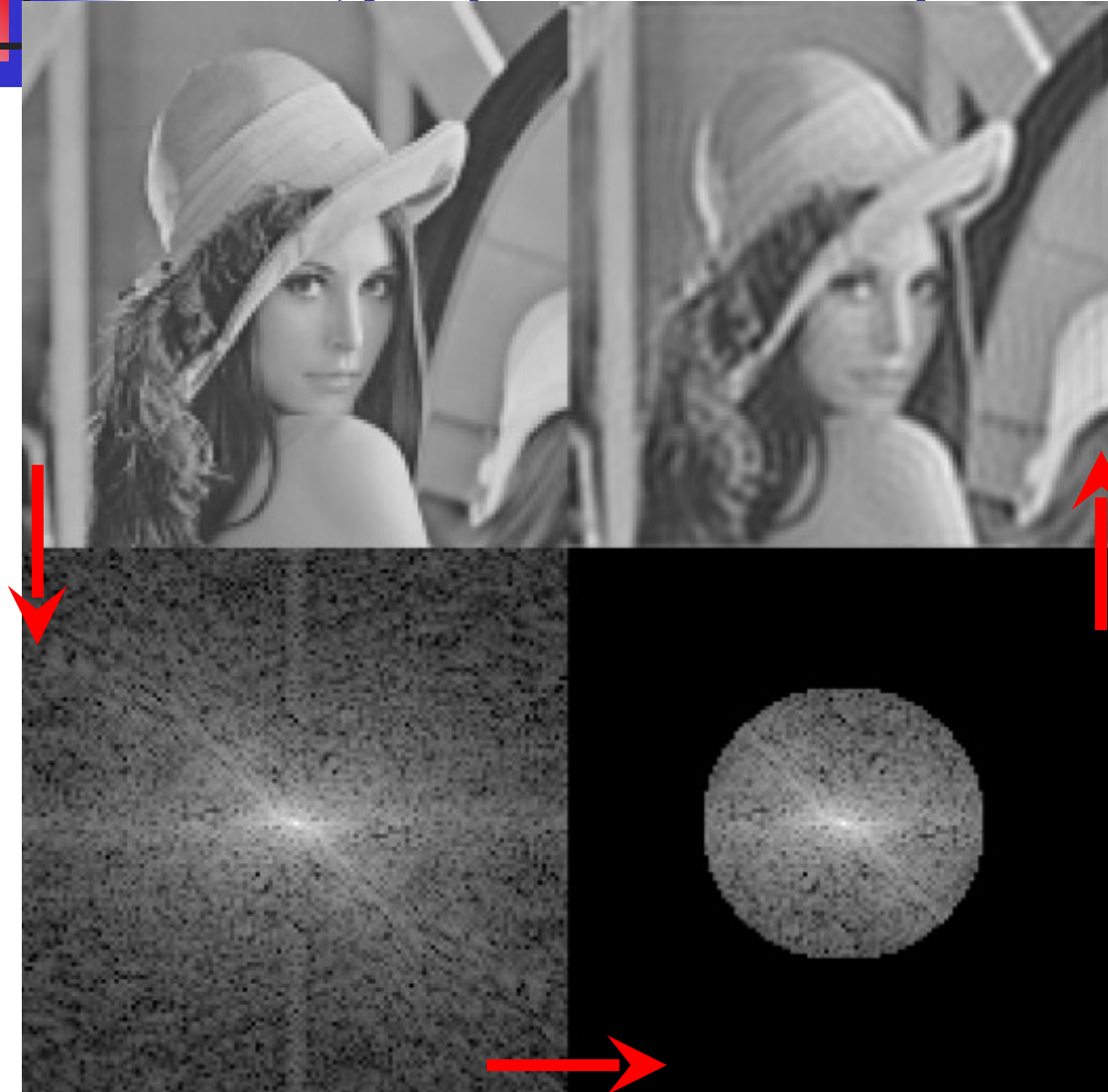


99%



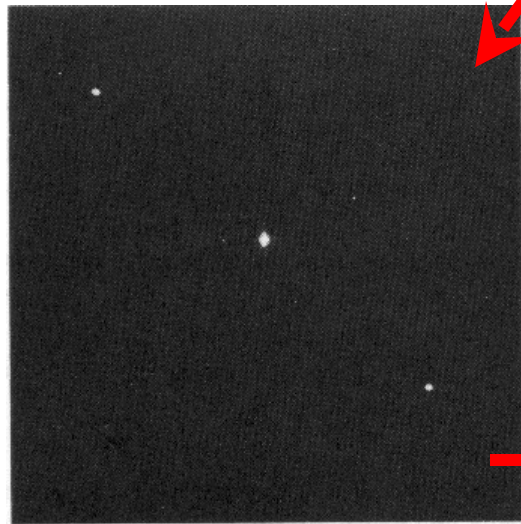
99.9%

# Filtrage passe-bas par FFT



*On efface les hautes fréquences de la FFT en mettant les pixels loin du centre à zéro*

# Réduction du bruit dans une image



Spectre de Fourier



Image bruitée

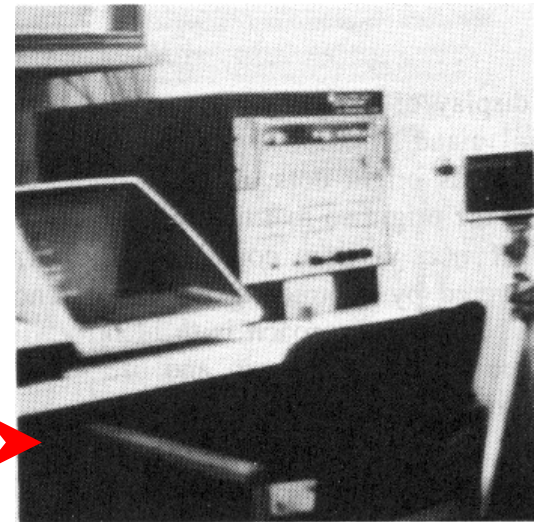


Image filtrée



# Réduction du bruit dans une image

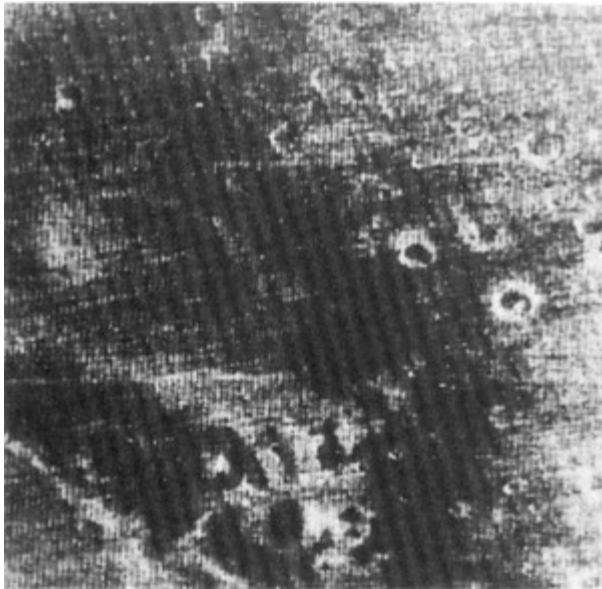
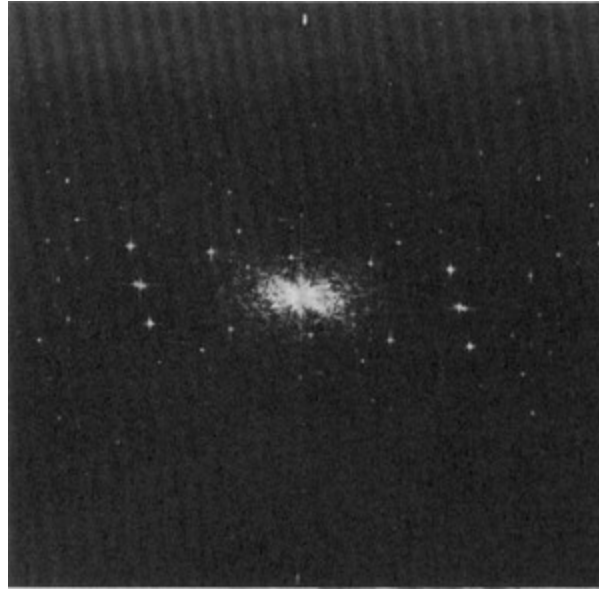


Image bruitée



Spectre de Fourier

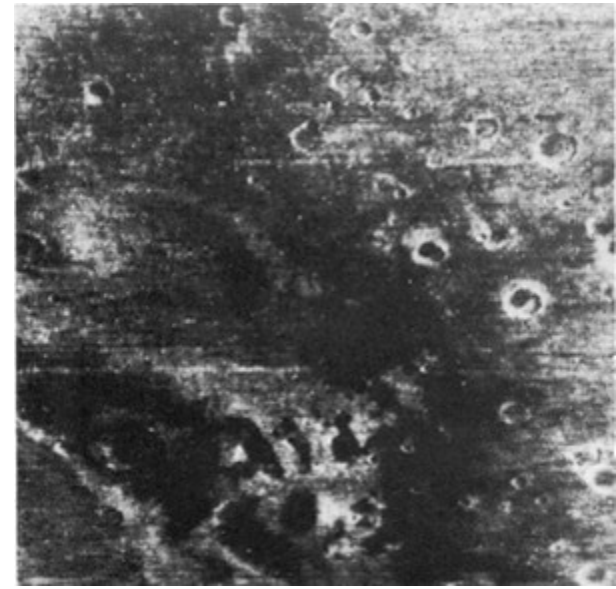


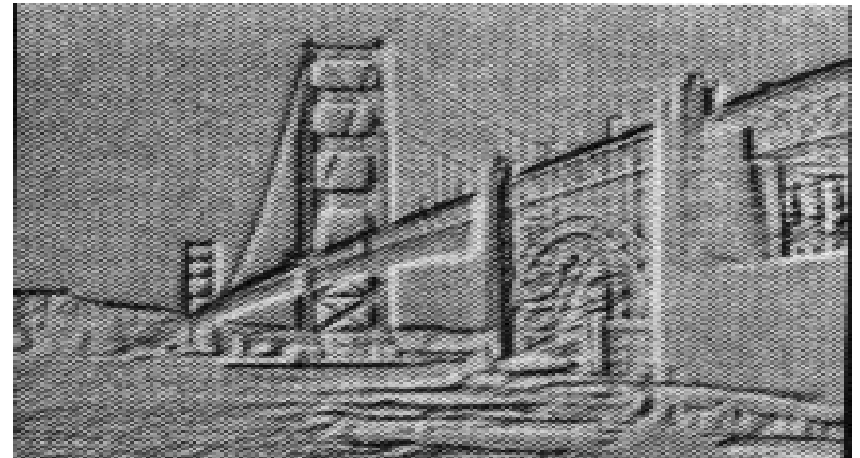
Image filtrée

# Filtre passe-haut

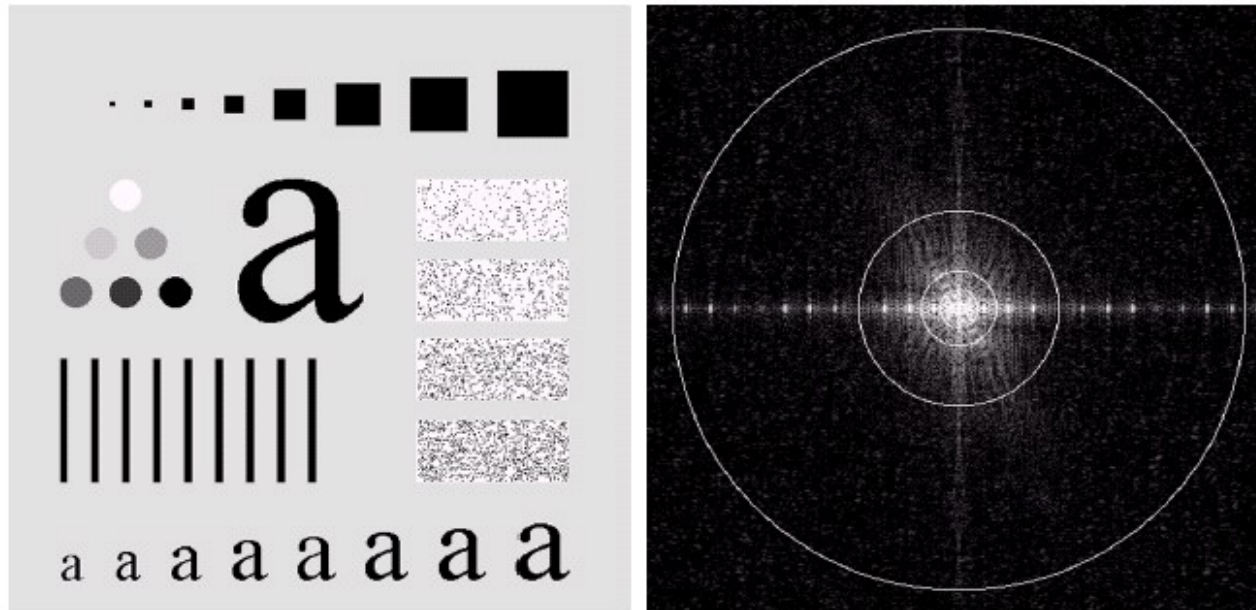
Image originale



Image filtrée passe-haut



# Exemple de filtrage passe-haut (1)

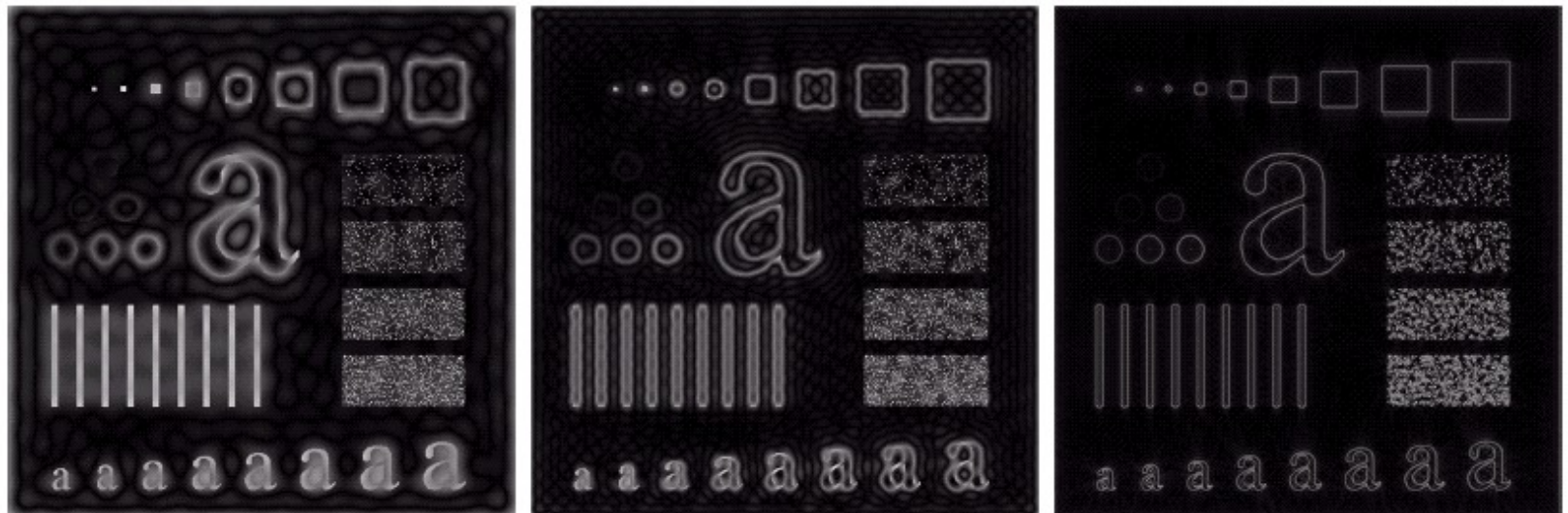


a b

**FIGURE 4.11** (a) An image of size  $500 \times 500$  pixels and (b) its Fourier spectrum. The superimposed circles have radii values of 5, 15, 30, 80, and 230, which enclose 92.0, 94.6, 96.4, 98.0, and 99.5% of the image power, respectively.



## Exemple de filtrage passe-haut (2)



a b c

**FIGURE 4.24** Results of ideal highpass filtering the image in Fig. 4.11(a) with  $D_0 = 15$ , 30, and 80, respectively. Problems with ringing are quite evident in (a) and (b).

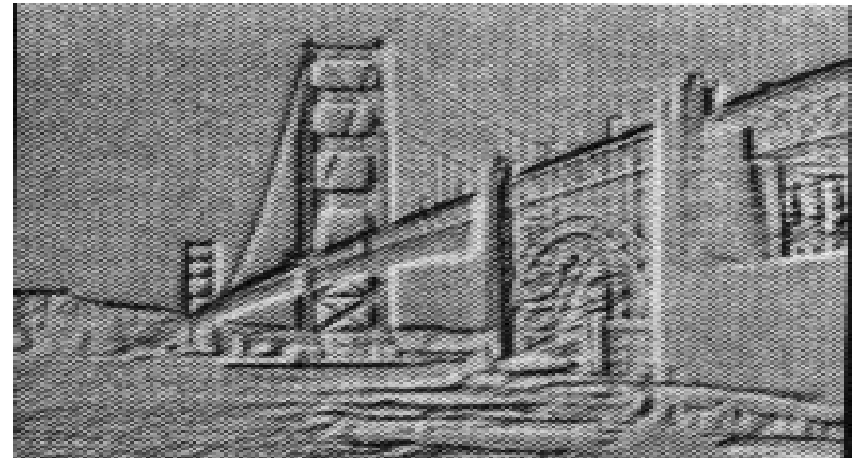
# Rehaussement de contraste

Image originale



+

Image filtrée passe-haut



*Cette addition vaut autant pour les traitements dans le domaine spectral que dans le domaine spatial.*

# Rehaussement de contraste



*Images  
originales*



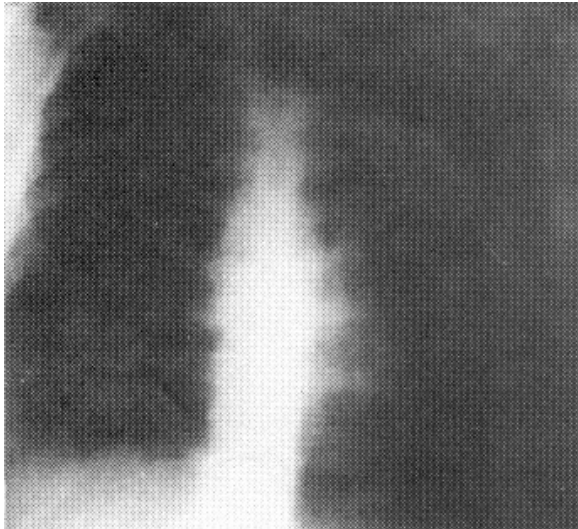
*Images plus  
contrastées  
(rehaussées)*



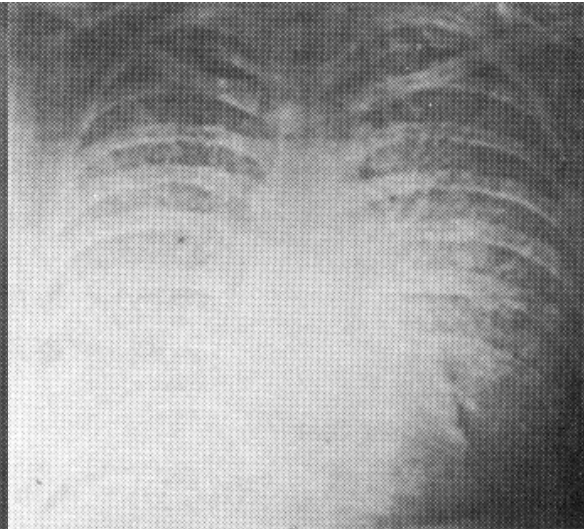


# Rehaussement de contraste

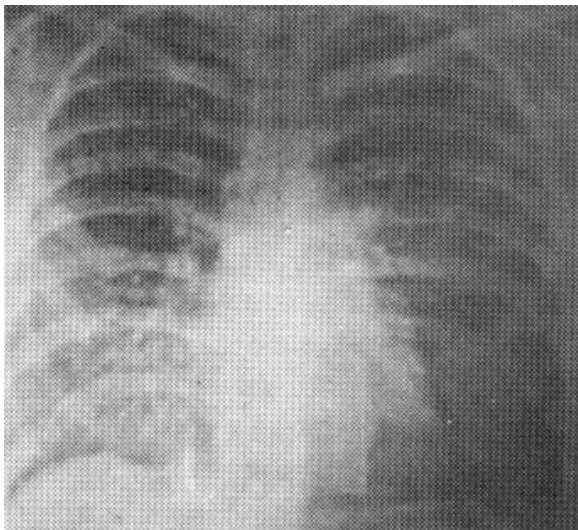
*Image  
originale*



*Image filtrée  
passe-haut*



*Image  
rehaussée*



*Image  
rehaussée +  
égalisation  
d'histogramme*

