



Traitement d'images

Traitements fréquentiels

Alain Boucher - IFI

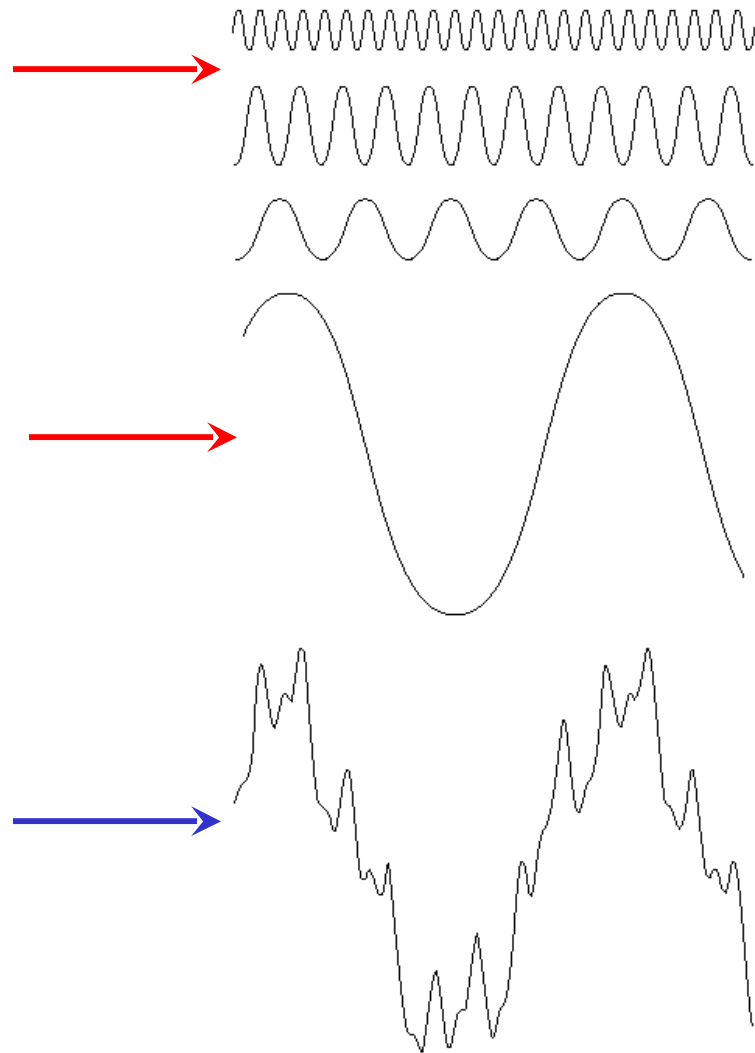
Notions de fréquences dans un signal

*Signal haute
fréquence*

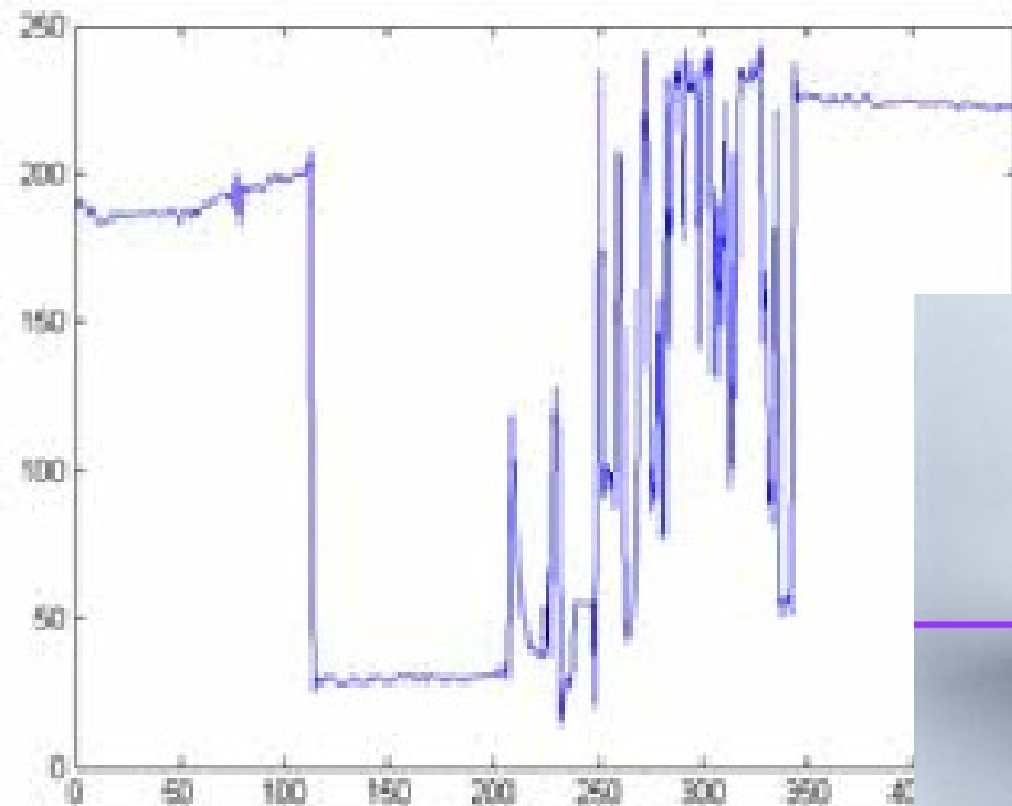
...

*Signal basse
fréquence*

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



Les fréquences dans l'image



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

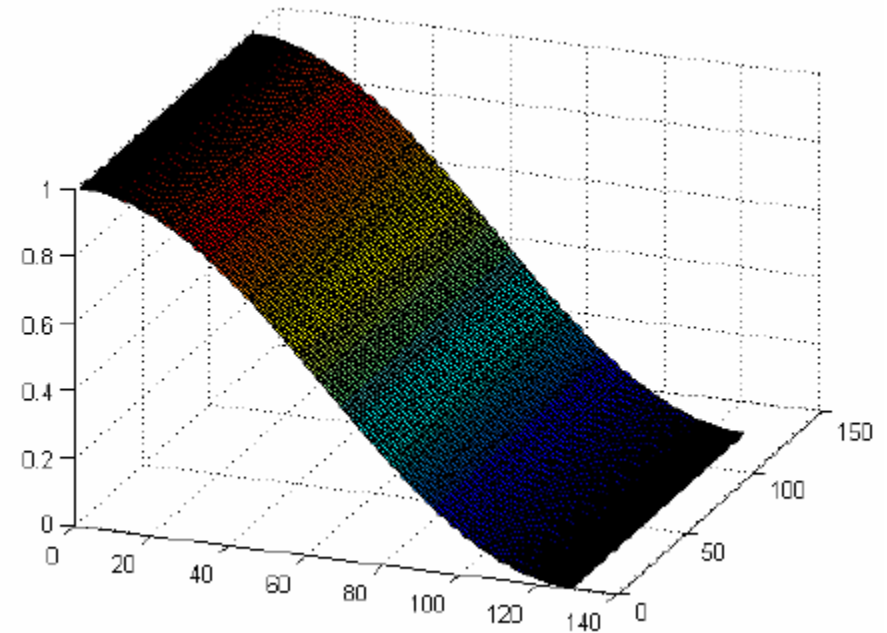
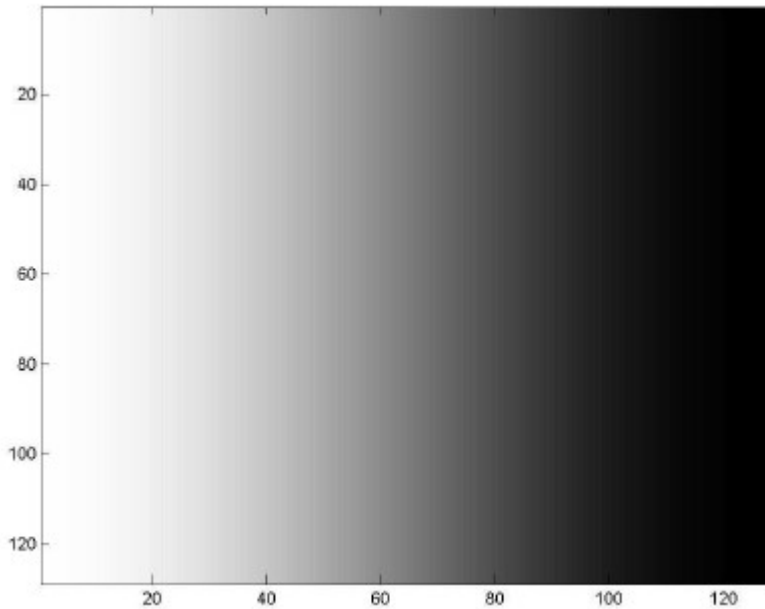


Haute fréquence

Basse fréquence

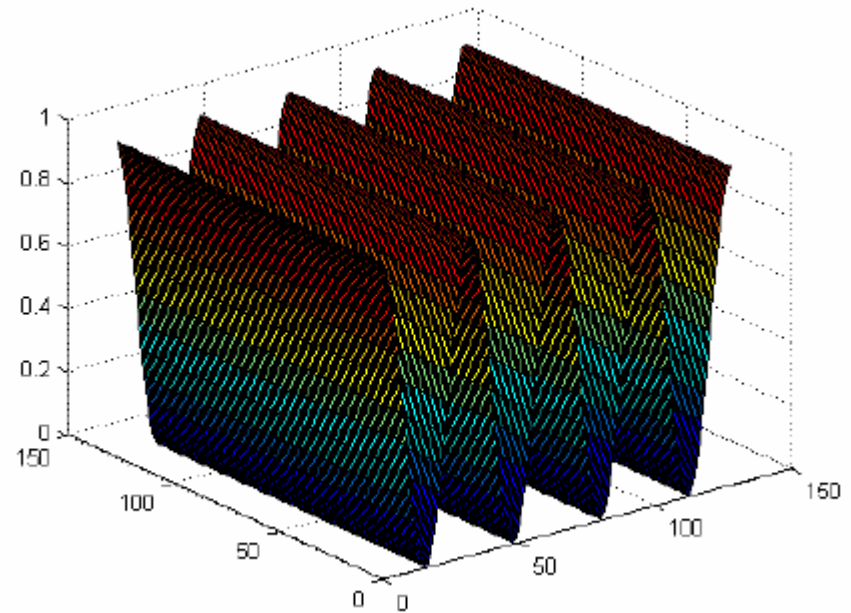
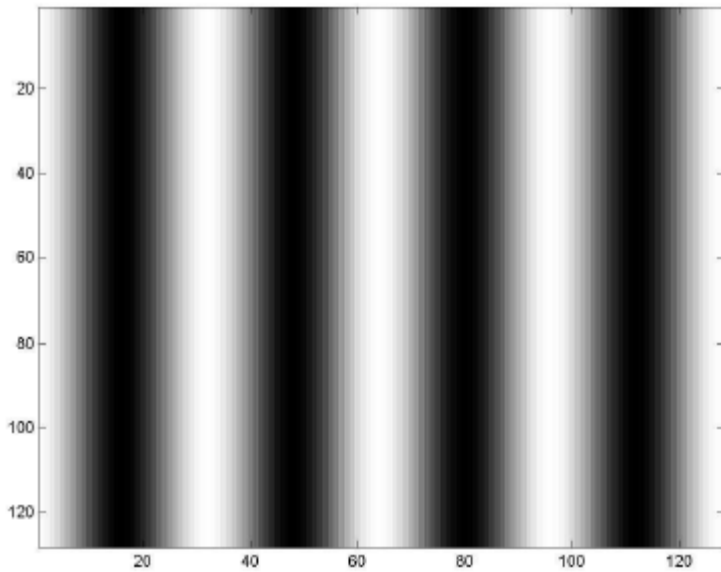
La plus grande partie de l'énergie d'une image se situe dans les basses fréquences.

Basses fréquences



Les basses fréquences correspondent à des changements d'intensité lents

Hautes fréquences



Les hautes fréquences correspondent à des changements d'intensité rapides



Analyse spectrale d'une image

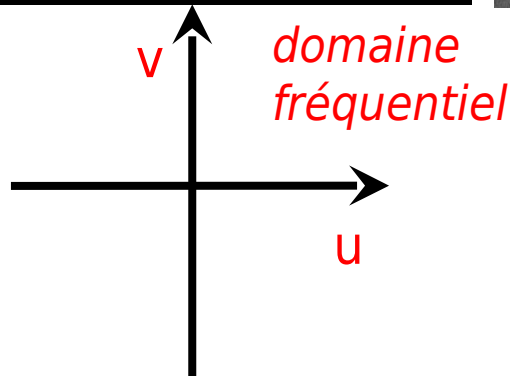
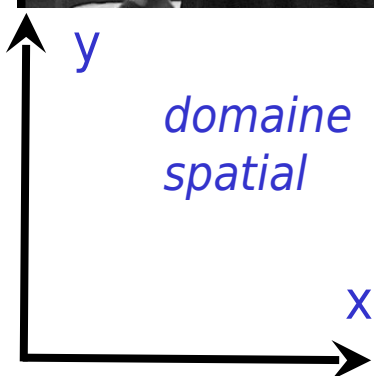
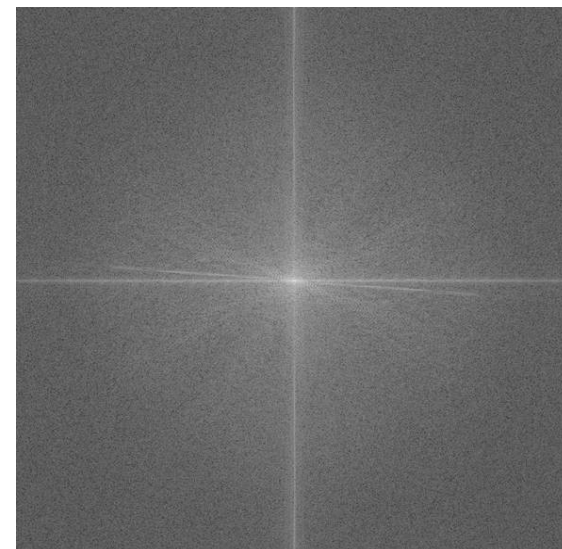
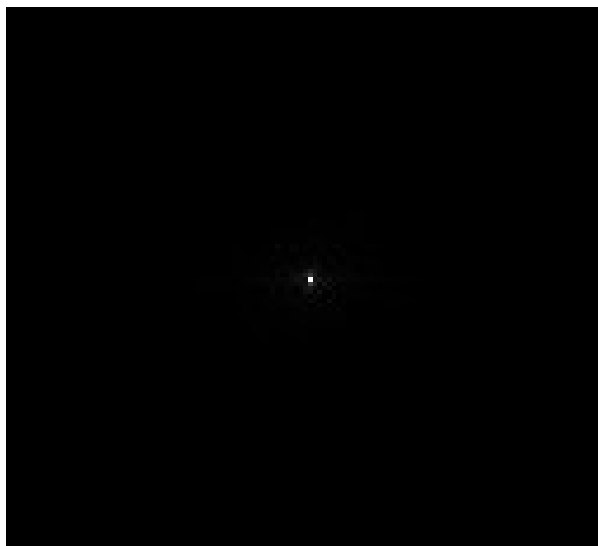
- Une image est avant tout un signal (visuel)
 - *Tout comme le son est un signal audio*
- On peut analyser les fréquences de ce signal
 - On parle de **fréquences spatiales** (image) au lieu de **fréquences temporelles** (audio)
- Pour cela, on crée un nouvel « histogramme » (graphique) qui va représenter les fréquences de l'image
 - L'outil de base pour cela est la **Transformée de Fourier**
- On parle de **domaine fréquentiel**, par opposition au **domaine spatial** (de l'image)

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 (DC)** : 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)

- Rappel sur la définition d'un nombre complexe :

$$z = x + iy \quad \text{où} \quad i = \sqrt{-1}$$

- On utilise beaucoup la norme de la Transformée :

$$\text{Norme} = |F(u, v)| = \sqrt{\text{Réel}^2 + \text{Imag}^2}$$



Codage de la transformée de Fourier

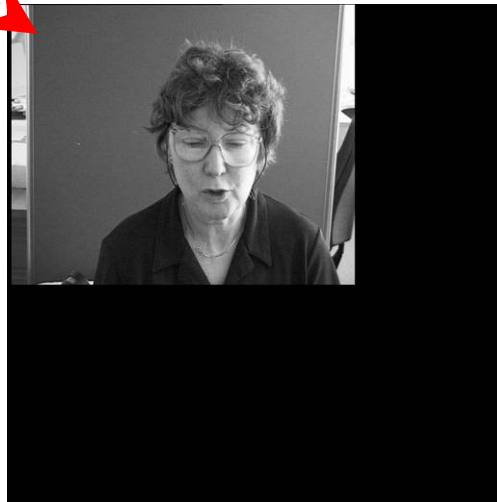
- L'algorithme le plus connu et le plus utilisé est la FFT
 - FFT = Fast Fourier Transform
- Deux implémentations très souvent utilisées sont
 - « Numerical Recipies », www.nr.com, chapitre 12
 - FFTW, www.fftw.org
- On le retrouve dans la majorité des librairies existantes
 - *incluant Torch3Vision et LTI-Lib*
 - *mais pas dans OpenCV qui possède une autre implémentation via la fonction cvDFT*

Fonctionnement (pratique) de la TF



*Image originale
(niveau de gris)*

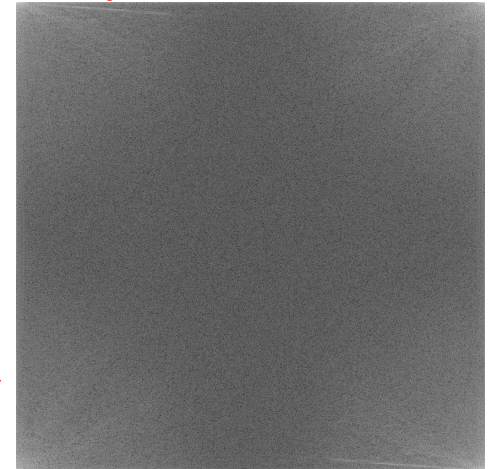
Pré-traitement



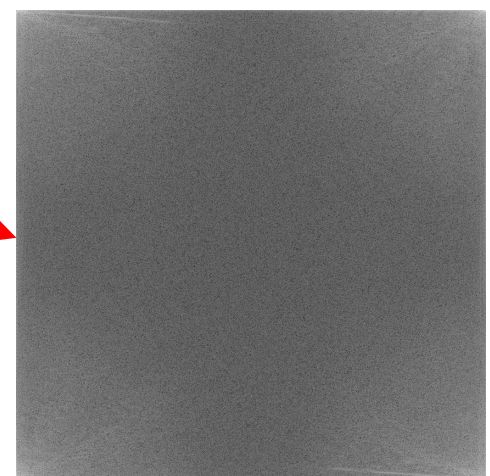
*Changement de taille
pour avoir des tailles
X et Y en puissance
de 2 (on remplit avec
des zéros).*

*FFT
ou
DFT*

TF partie réelle



TF partie imaginaire



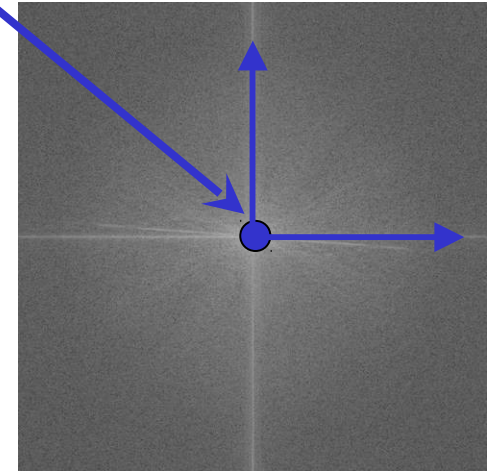
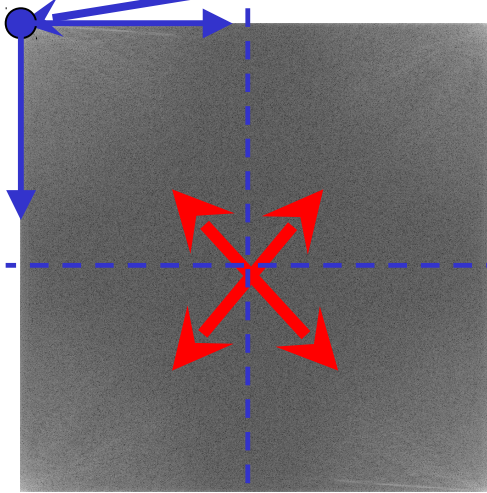
Inversion des quadrants de la TF

(selon les bibliothèques)

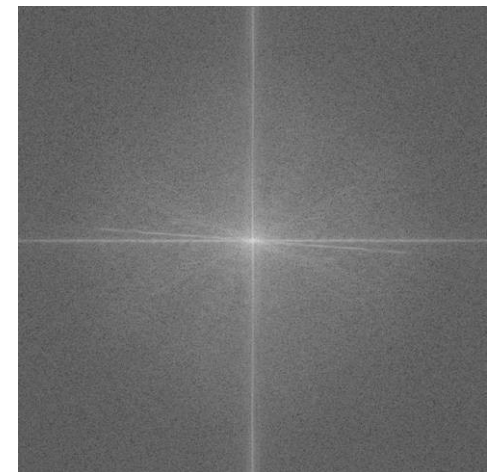
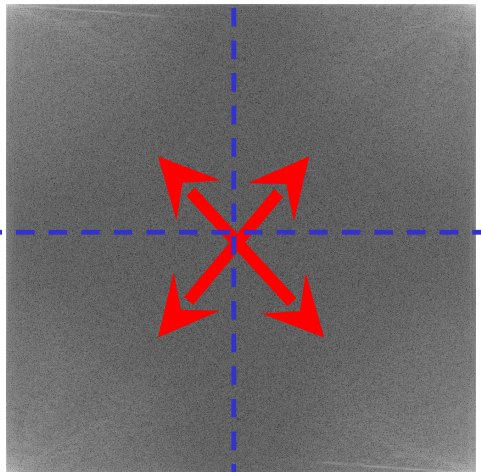


Origine (0,0)

TF
partie réelle

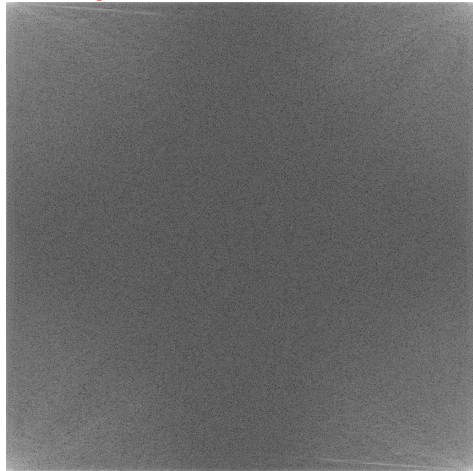


TF
partie imaginaire

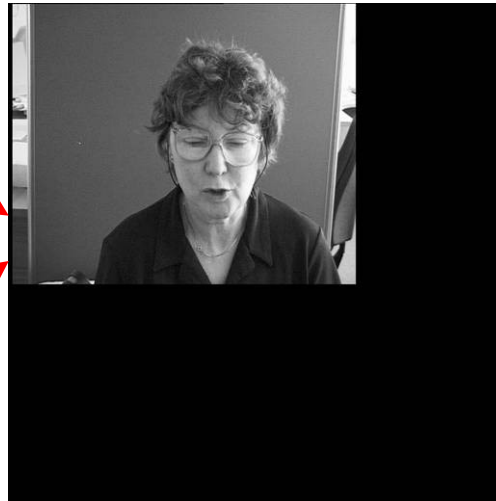
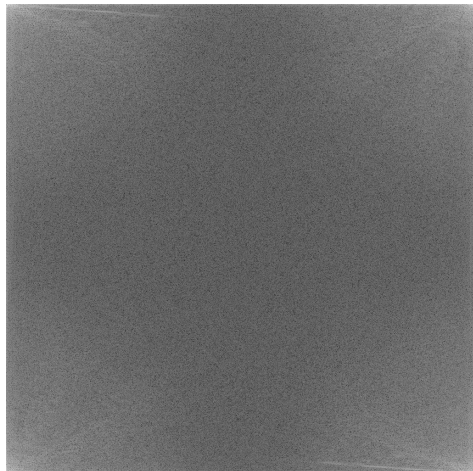


TF inverse

TF partie réelle

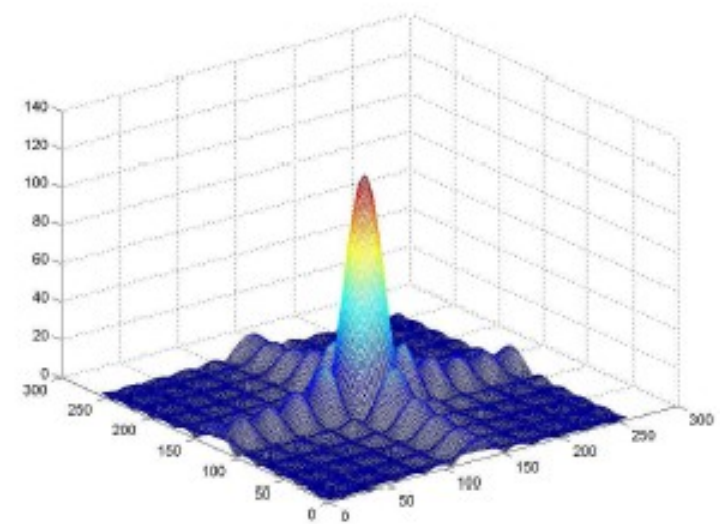
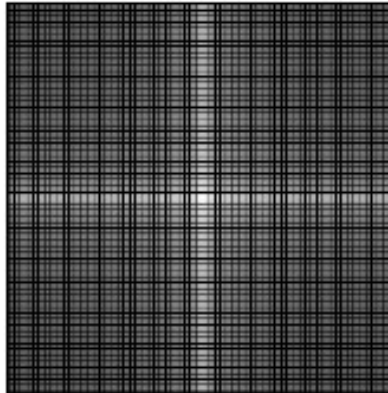
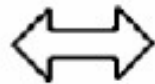
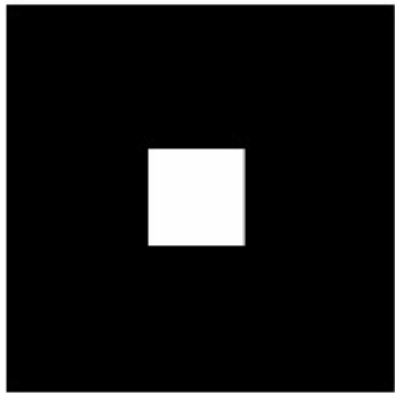
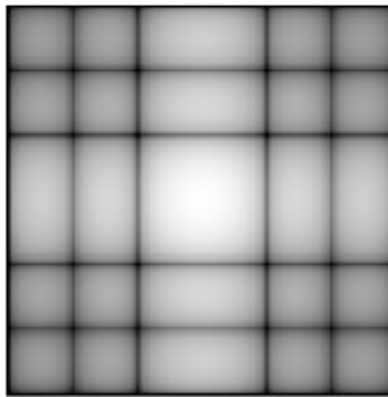
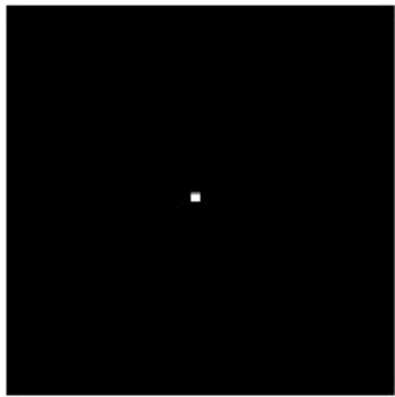
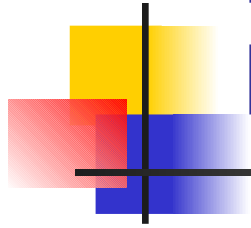


TF-1



TF partie imaginaire

Exemples de Transformée de Fourier



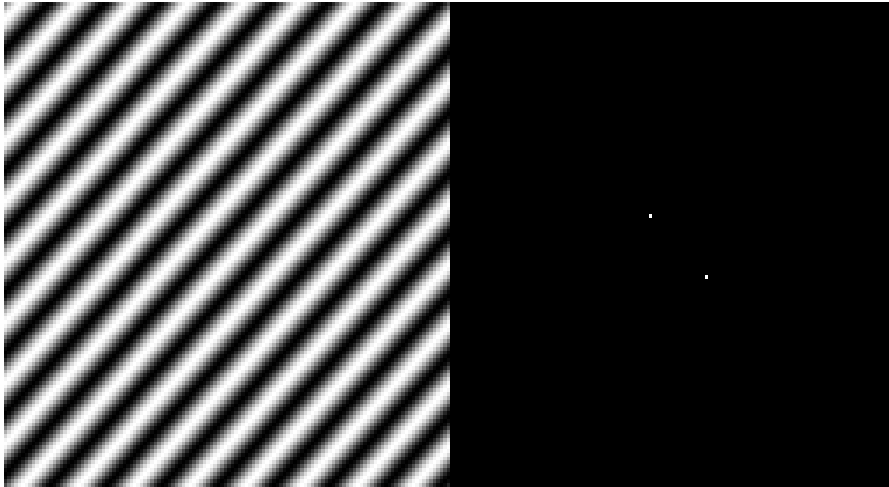
Images originales

TF

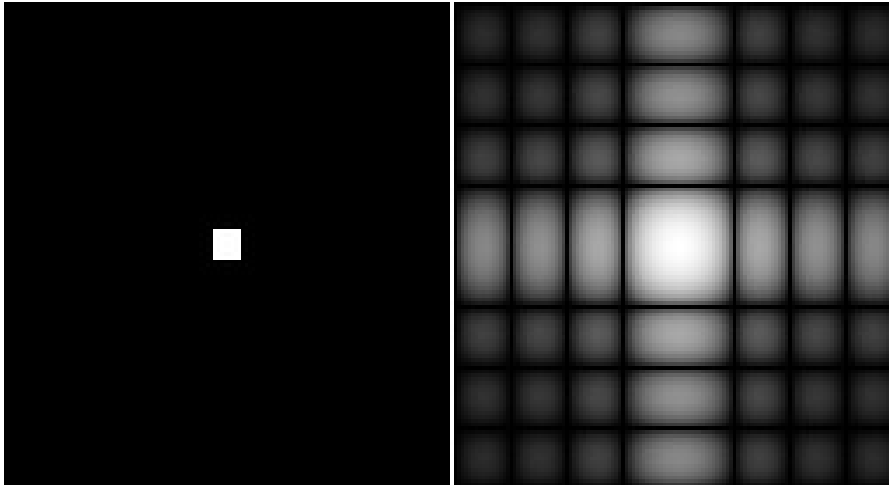
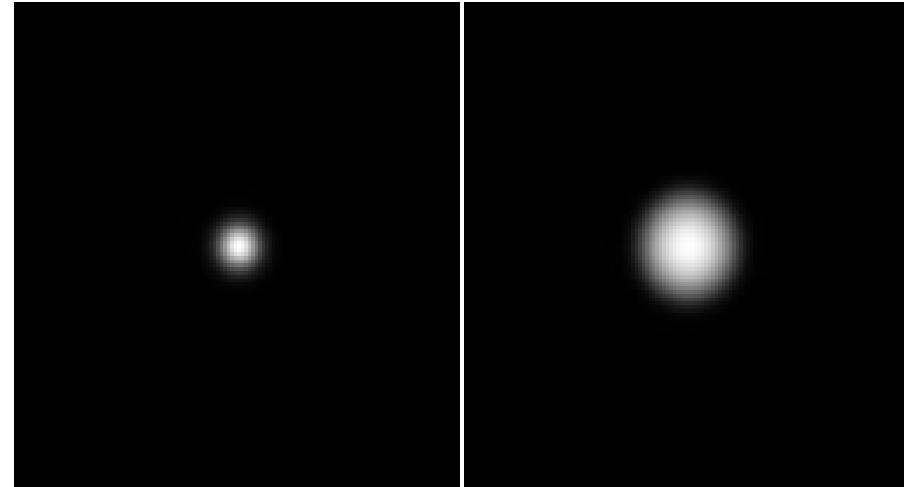
Vue 3D de la TF

Quelques TF de base

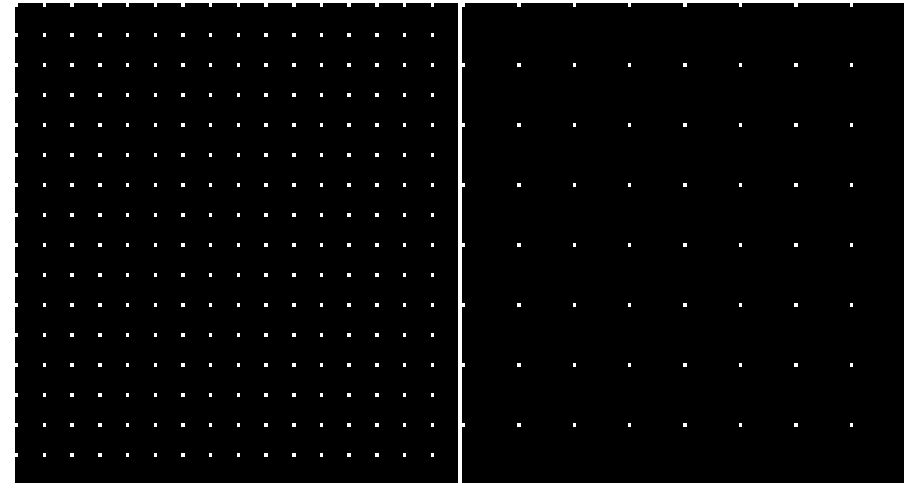
Sinus



Gaussienne



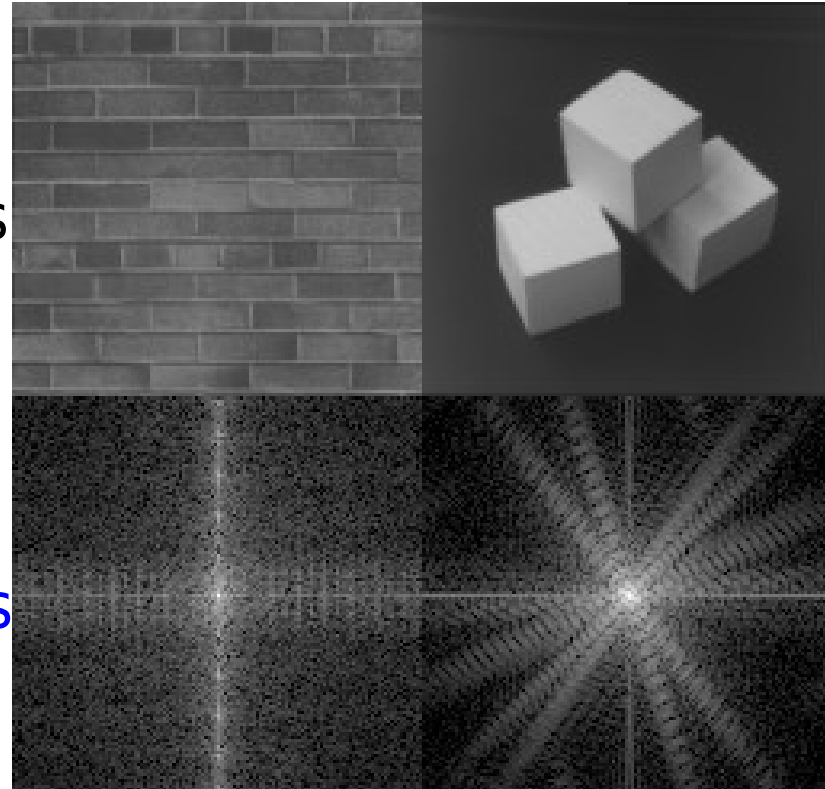
Carré



Impulsions

Autres exemples (contours)

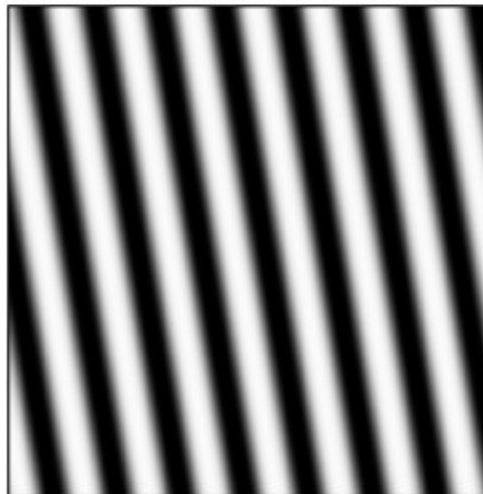
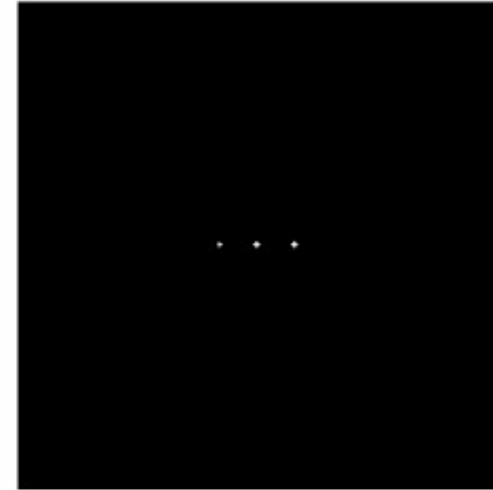
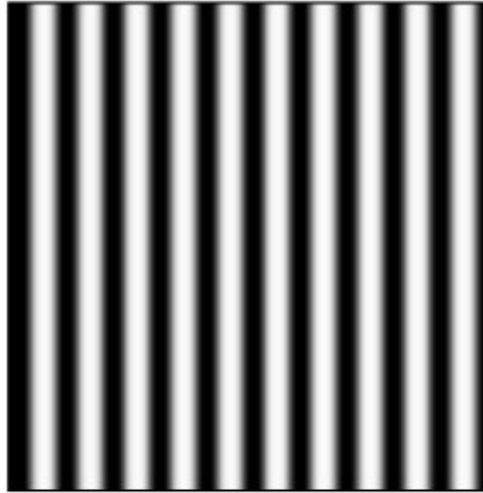
- Regardez les lignes dans ces deux images
- L'image de gauche possède des **lignes horizontales/verticales** qu'on retrouve dans sa transformée
- L'image de droite possède des **lignes dans toutes les directions** qu'on retrouve aussi dans sa transformée



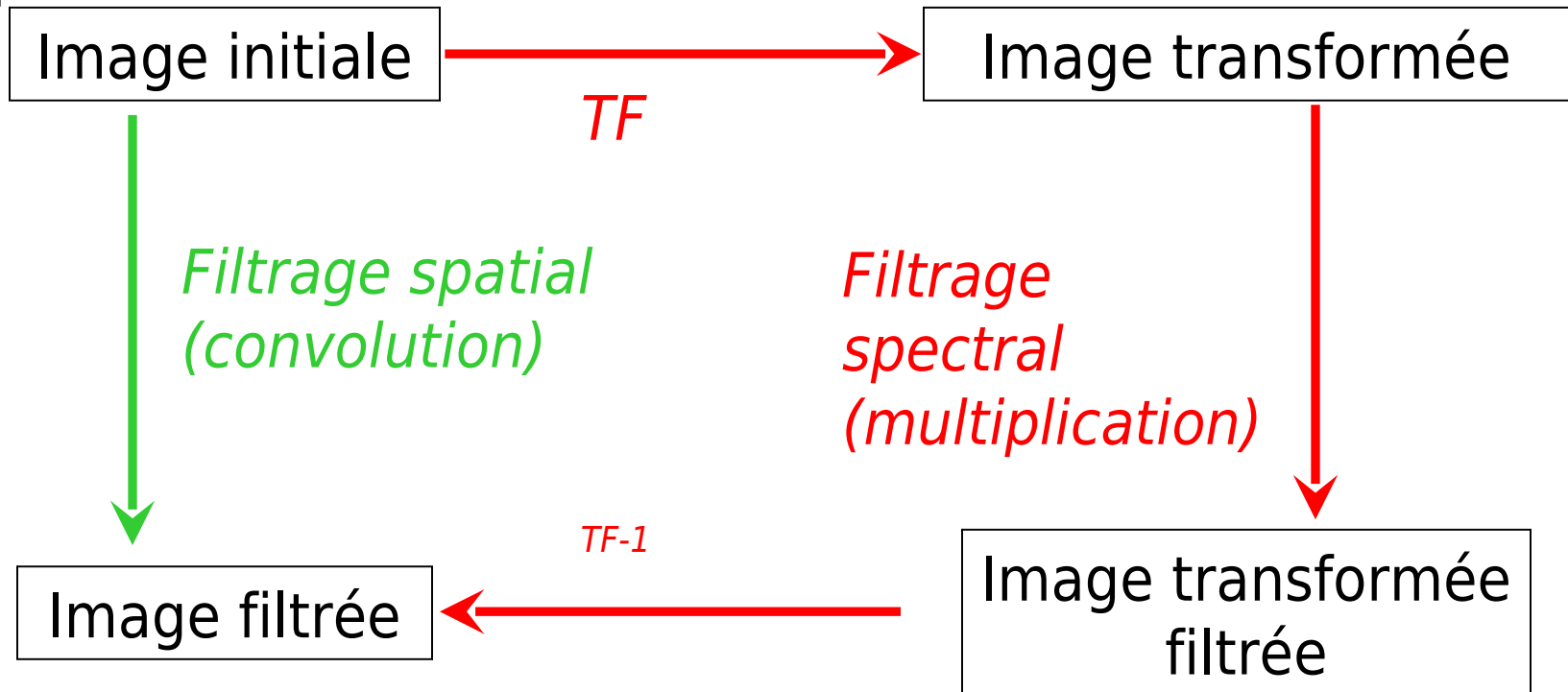
Rotation d'images

*Rotation
d'images*

*→ rotation de la
TF (même angle)*



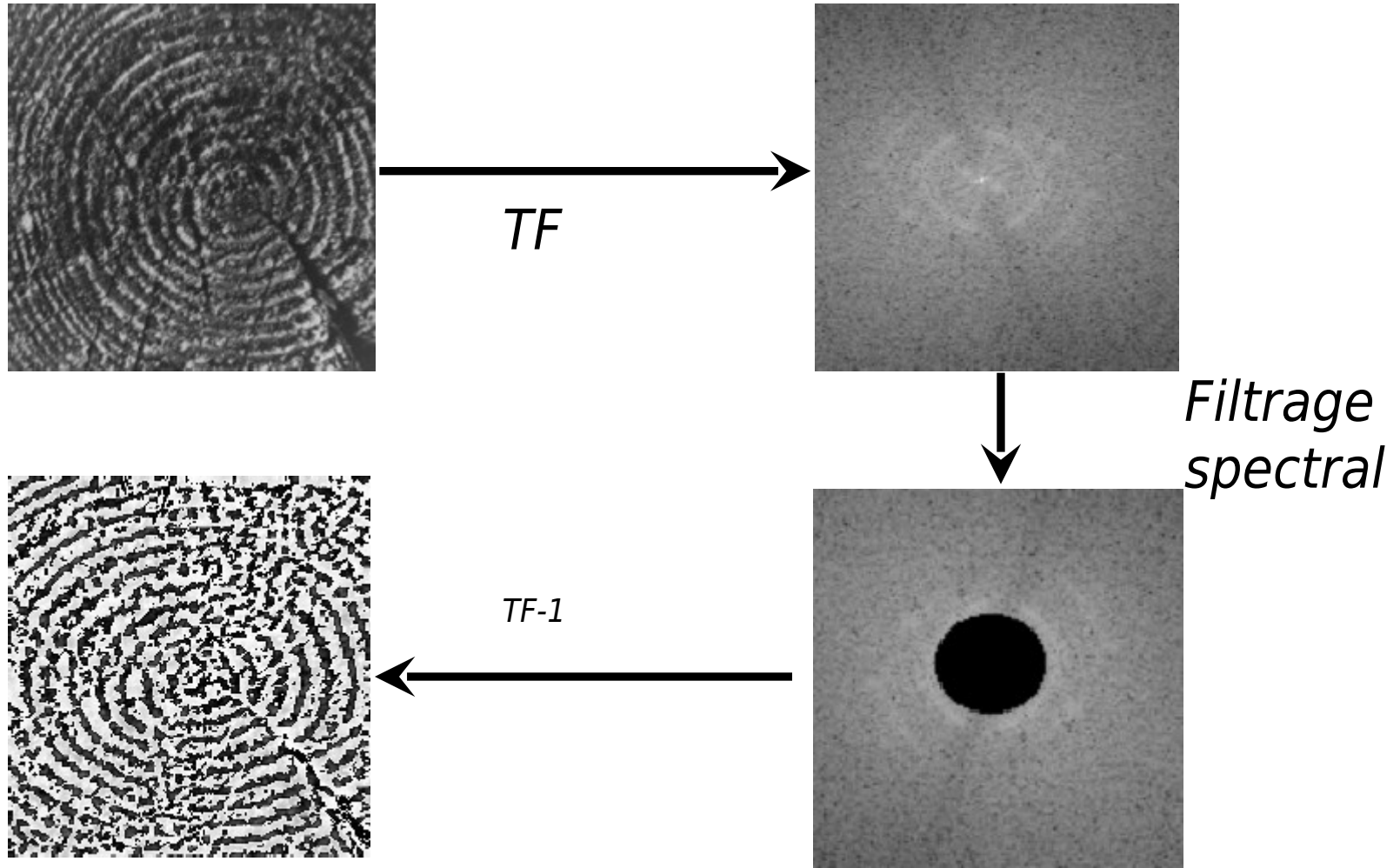
Filtrage dans le domaine spectral



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).

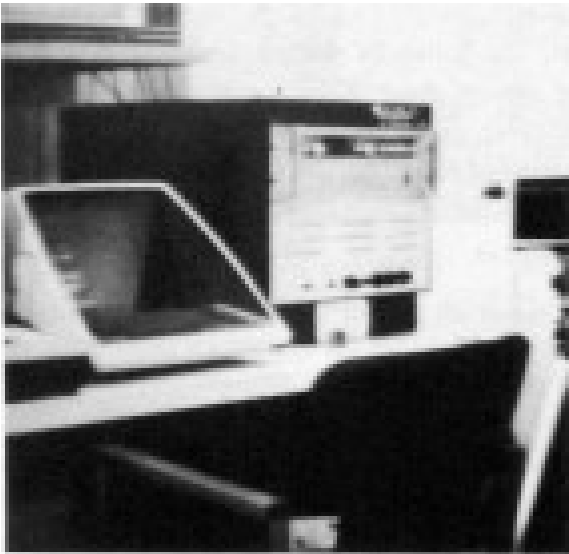
Dans le cas des filtres dans le domaine fréquentiel non-multiplicatif, on ne peut pas obtenir le même résultat par convolution dans le domaine spatial.

Filtrage dans le domaine spectral

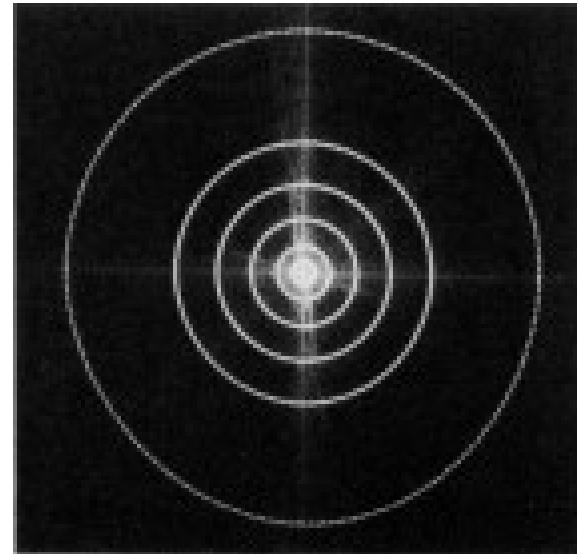


Bandes de fréquences

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%



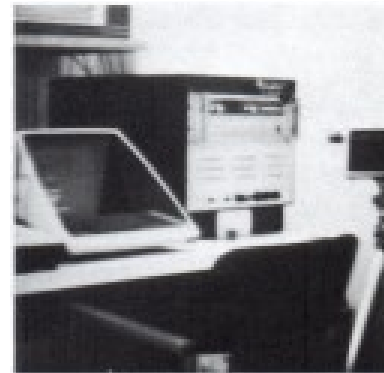
99.5%



95%

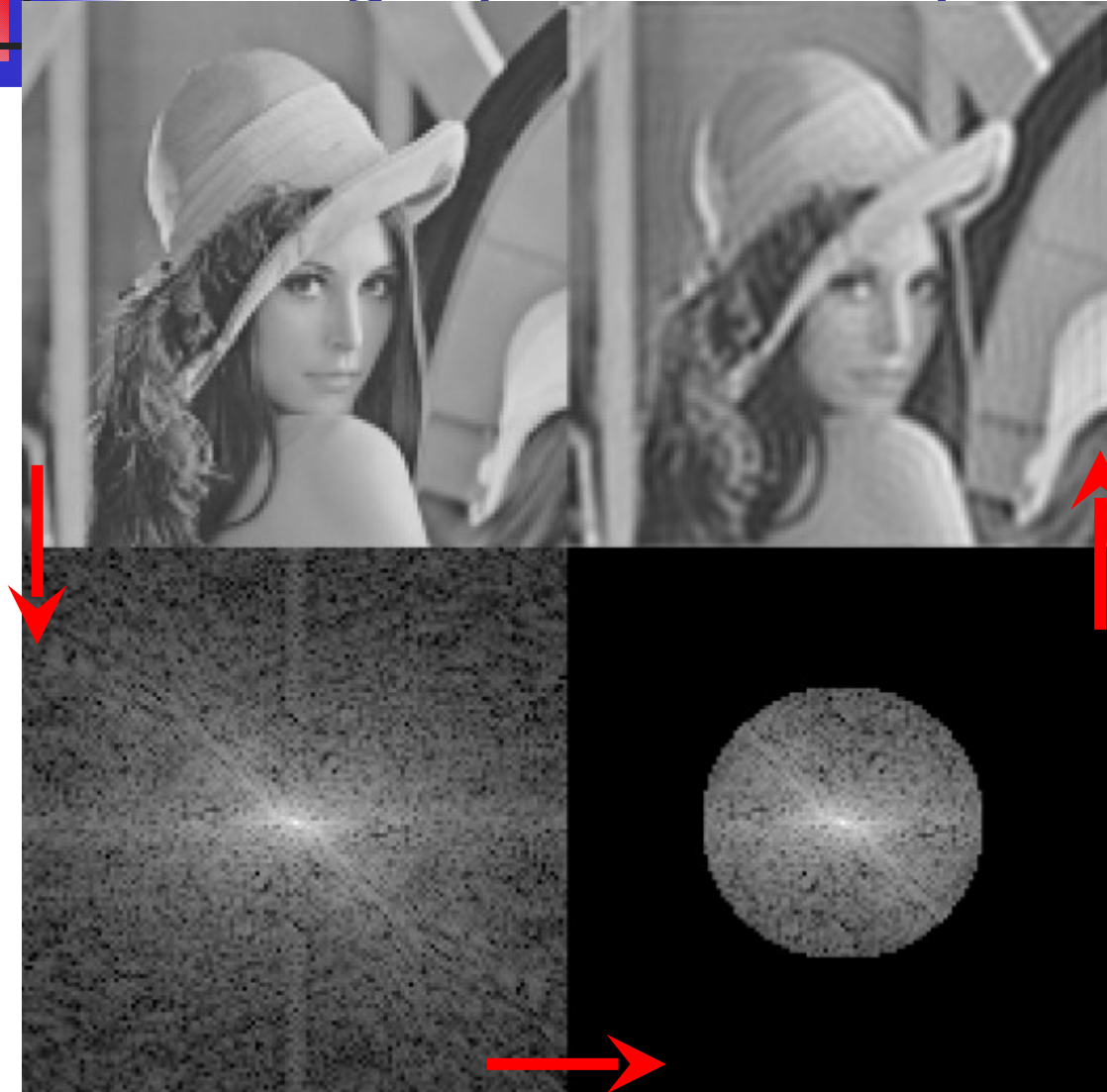


99%



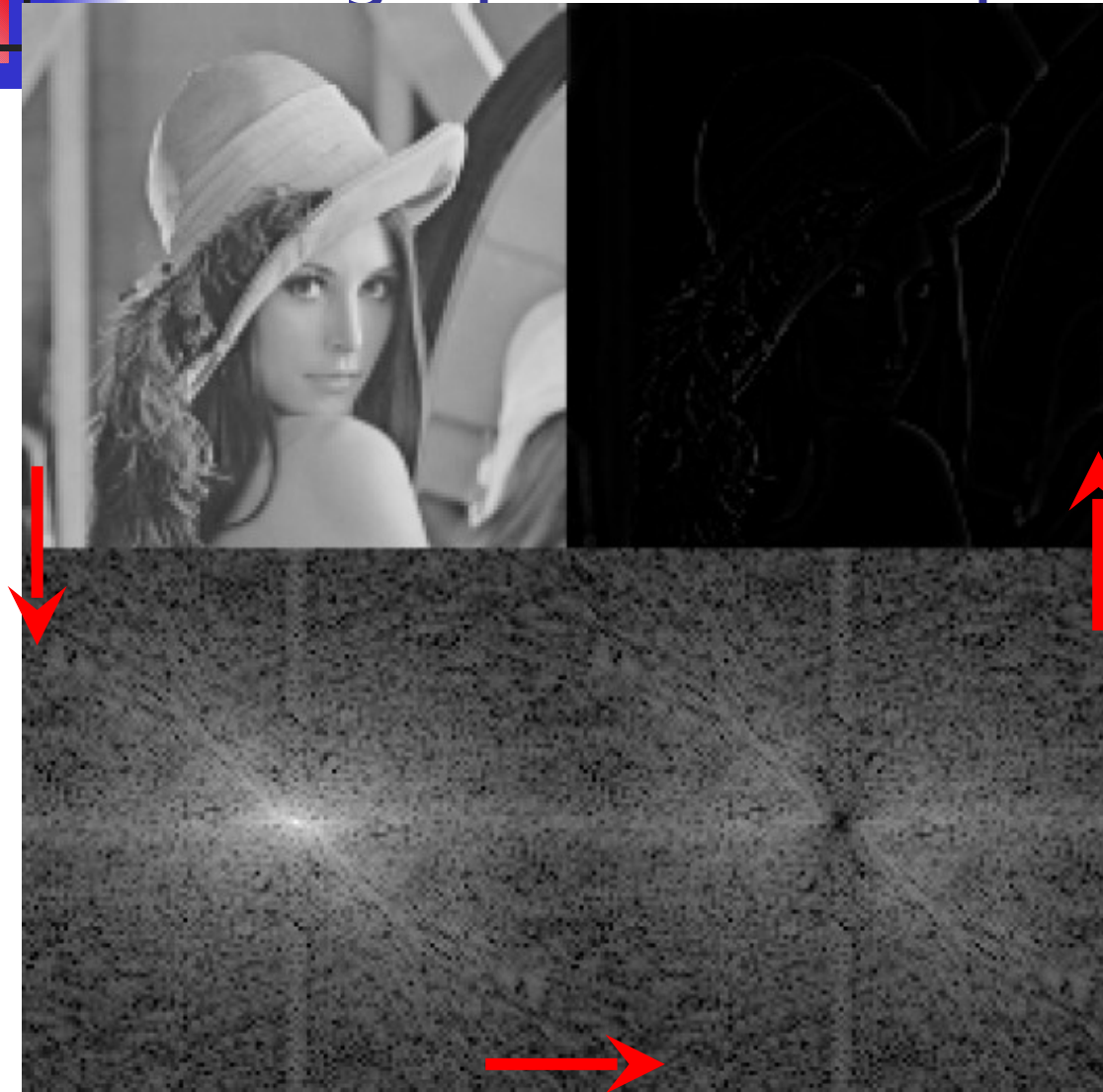
99.9%

Filtrage passe-bas par TF



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

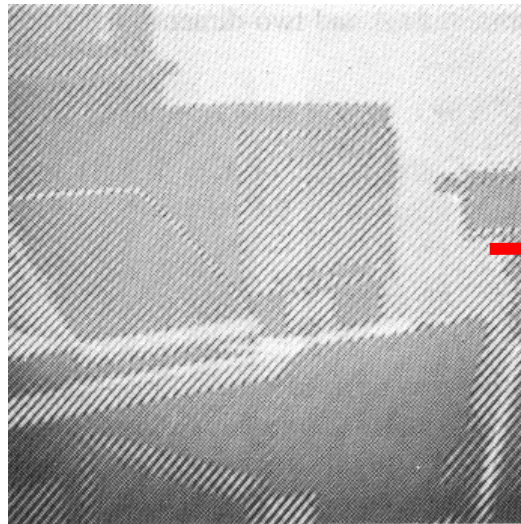
Filtrage passe-haut par TF



*On efface les
basses
fréquences de la
TF en mettant les
pixels au centre à
zéro*

Réduction du bruit dans une image

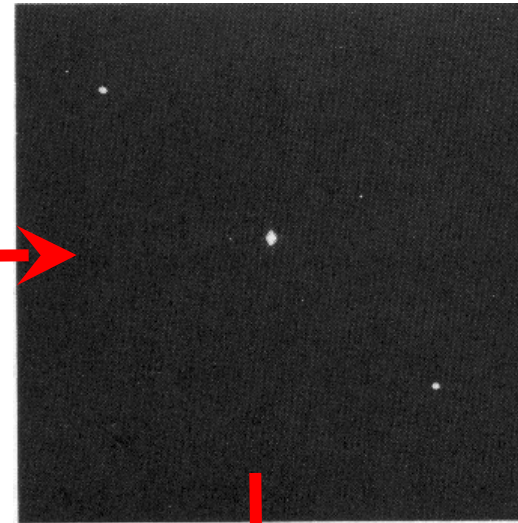
Image bruitée
(*bruit sinus*)



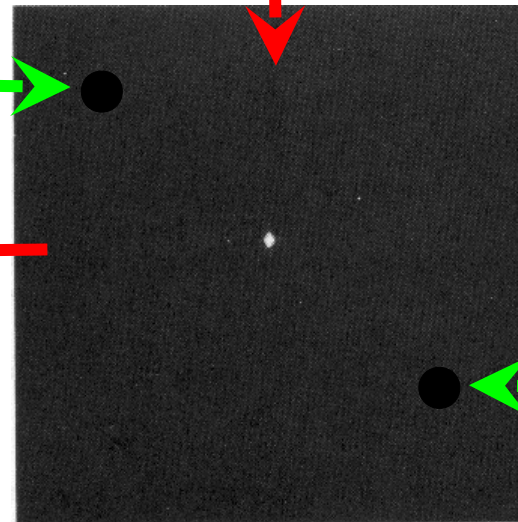
FFT



Spectre de
Fourier ($DC +$
sinus visibles)



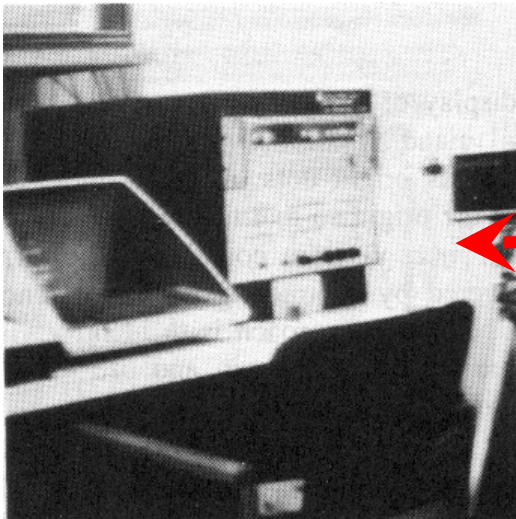
Mise à zéro
des fréquences
du sinus
(*notch*)



FFT^{-1}



Image
filtrée



Réduction du bruit dans une image

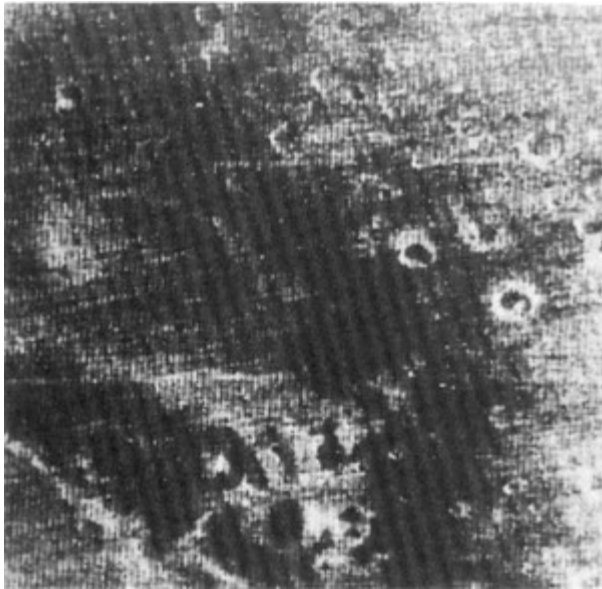
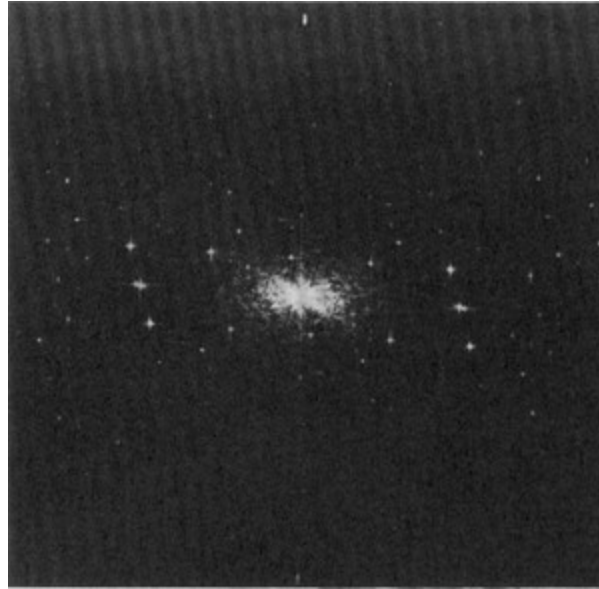


Image bruitée



Spectre de Fourier

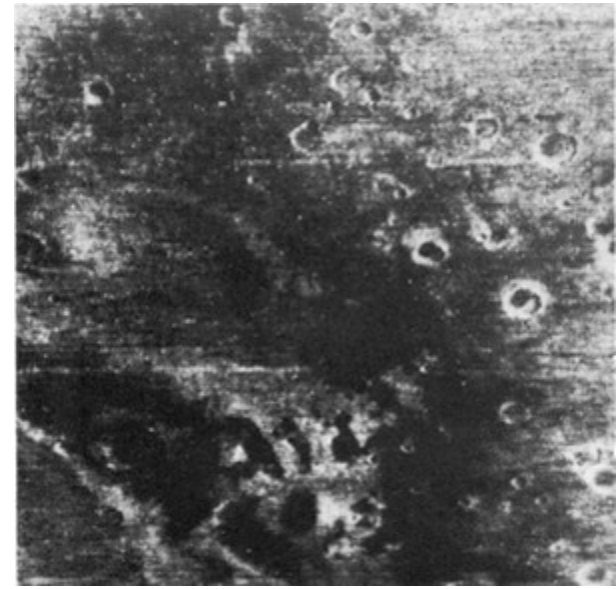


Image filtrée

Exemple de filtrage passe-haut (1)

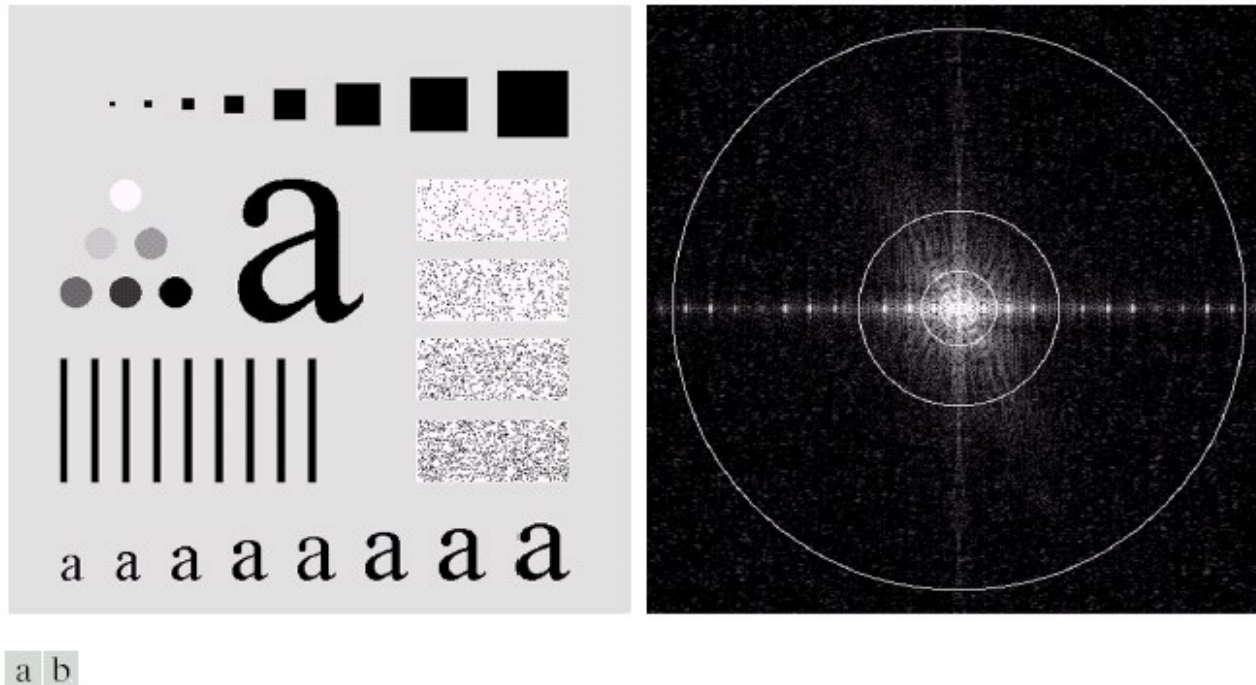
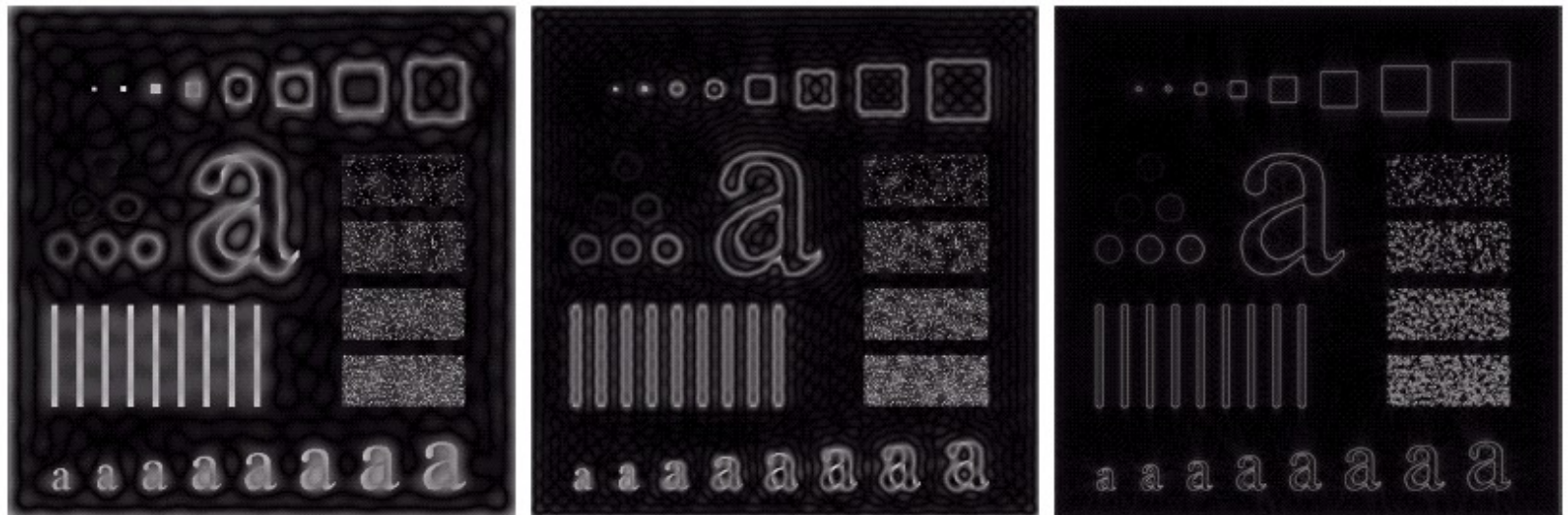


FIGURE 4.11 (a) An image of size 500×500 pixels and (b) its Fourier spectrum. The superimposed circles have radii values of 5, 15, 30, 80, and 230, which enclose 92.0, 94.6, 96.4, 98.0, and 99.5% of the image power, respectively.

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).



Références

(voir aussi la page web du cours)

- Eric Favier. Séance Exemple traitements fréquentiel. Cours sur L'analyse et le traitement des images ; Les principes de la vision assistée par ordinateur. ENISE (France).
 - <http://www.enise.fr/perso/favier/vision/indexvision.htm>
- John M. Brayer. Introduction to Fourier transforms for image processing. Université du Nouveau Mexique (USA).
 - <http://www.cs.unm.edu/~brayer/vision/fourier.html>