

Cours n°4/6 - C. Petitjean

Traitement d'images

□ Plan du cours :

- Introduction
- Catégorisation de l'image
- Acquisition et Visualisation
- Opérations basées sur l'histogramme
- **Extraction de caractéristiques**
- Morphologie mathématique
- Segmentation

Caroline.Petitjean@univ-rouen.fr

1

IV-Extraction de caractéristiques

- Détection de contours
- Rehaussement de contours
- Transformée de Fourier

2

Détection de contours

□ Rappel de filtrage
passe-bas par convolution
d'un masque

Somme locale
de pixels

Image				
10	12	40	16	19
14	22	52	10	55
10	14	51	21	14
32	22	9	19	14
41	18	19	22	27
10	7	8	8	4

Noyau		
1	1	1
0	1	1
-1	1	1
-1	0	1

Détection de contours

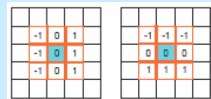
- Régions homogènes → BF de l'image
- Filtre passe-bas
 - Somme de pixels
- Contours → HF de l'image
- Filtre passe-haut
 - Différence de pixels

4

Détection de contours

□ Filtre passe-haut linéaire

Gradient



- Comment peut-on obtenir les contours de l'image avec ce masque ?
 - → Exercice en 1D

5

Détection de contours



- donne les contours verticaux
- Gradient en x



- donne les contours horizontaux
- Gradient en y

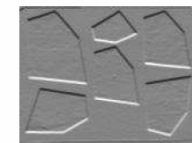
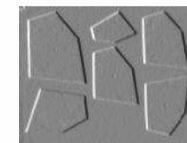


Image originale

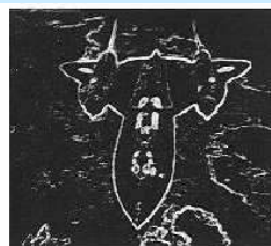
Gradients en x

Gradient en y

Détection de contours

■ Magnitude du gradient

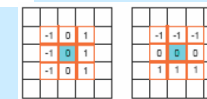
$$\text{mag}(\nabla f) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad |\vec{\nabla} f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$



7

Détection de contours

□ Masque de Prewitt



- La dérivation accentue le bruit, d'où :
- Variante : Sobel (autre manière de calculer le gradient)



8

Détection de contours

□ Résultats

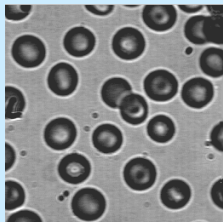


Image originale

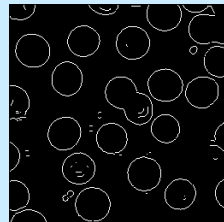
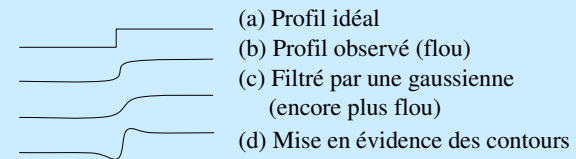


Image des contours
(opérateur Sobel + seuillage)

9

Détection de contours

□ Filtre dérivatif sensible au bruit

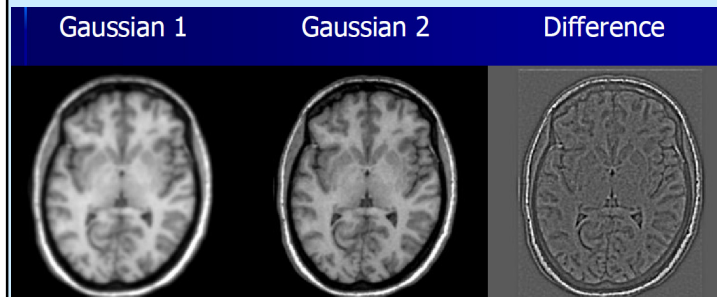


□ Différences de gaussiennes

```
result = Gauss(s1)**image - Gauss(s2)**image
```

Détection de contours

□ Différences de gaussiennes



11

Rehaussement de contours

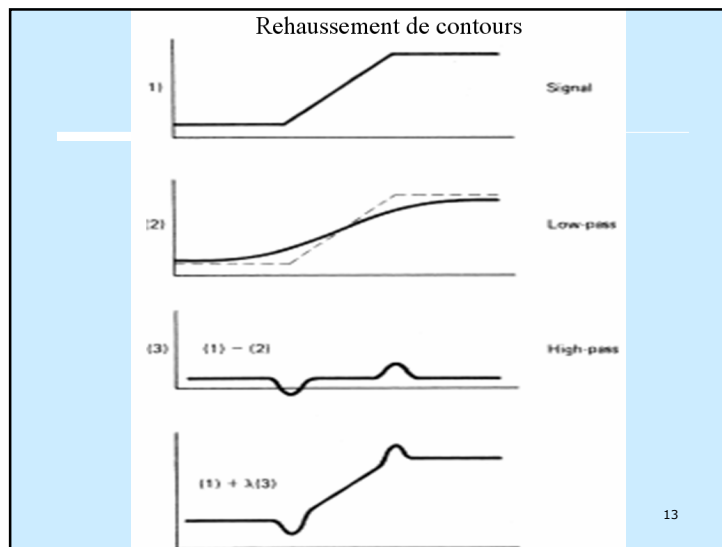
□ 2 possibilités

- DoG
- Laplacien

□ Utilisation de la différence de gaussienne

- Exercice en 1D

12



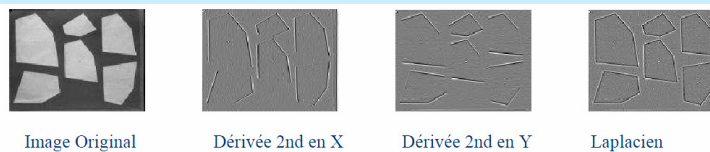
Rehaussement de contours

- Autre possibilité : utilisation du laplacien
 - Dérivée 2^{ème} de l'image
 - Exercice en 1D [1 -2 1]

14

Rehaussement de contours

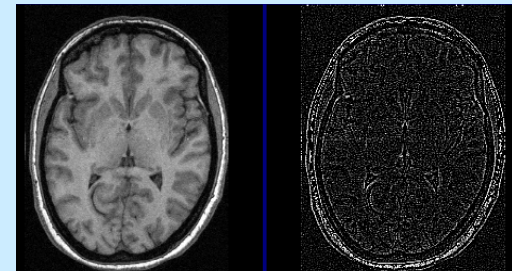
- Autre possibilité : utilisation du laplacien
 - Dérivée 2^{ème} de l'image



$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{ou} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

15

Laplacien d'une image



16

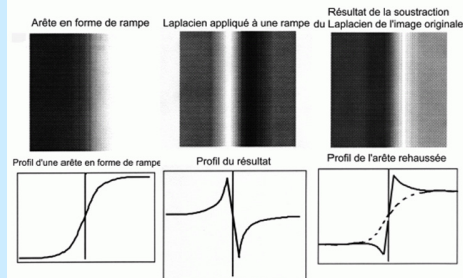
Rehaussement de contours

■ Laplacien

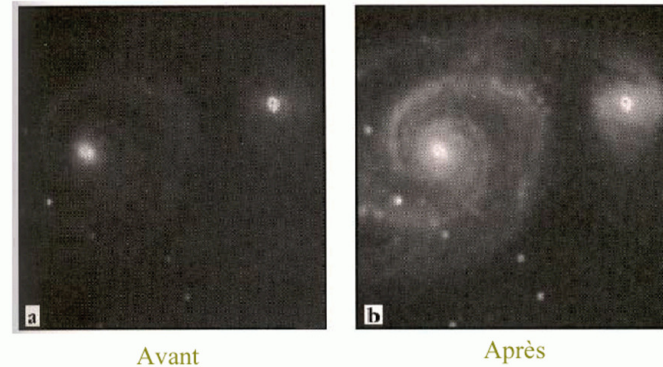
$$\Delta f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

Rehaussement des arêtes par soustraction du laplacien

$$O(x, y) = I(x, y) - \nabla^2 I(x, y)$$



Applications du filtre Laplacien



Avant

Après

Exercices

□ Ex1: Accentuation et détection de bords par convolution discrète en 1D

Soit le signal d'entrée constitué de 7 échantillons unité représenté ci-après

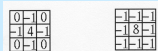
Donnez les résultats de la convolution

par : $[-1 \ 2 \ -1]$; $[-1 \ 1 \ 0]$; $[-1 \ 0 \ 1]$; $[-1 \ 6 \ -1]$.



□ Ex2: Détection de points de contours avec le Laplacien

Soit les 2 masques et l'image suivants :



Les 2 masques font-ils de la détection de contours ?
Quel masque est plus efficace ?



19

Ex3 : Décrire l'action des filtres

Soient les filtres suivants :

Moyenne	Moyenne pondérée	Médian	Laplacien	Passes Haut 1
$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$
Opérateur point	Opérateur ligne verticale	Opérateur ligne horizont.	Opérateur ligne 1 ^{ère} diag.	
$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$	
Gradient en croix	Robert voisinage	Opérateur Prewitt	Opérateur Sobel	
$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \\ -1 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
		$P = Px + Py$	$G = Gx + Gy$	

20

Prétraitement : domaine de Fourier

■ Qu'est-ce que la TF d'une image ?

Transformée de Fourier discrète bidimensionnelle :

(x, y) sont les coordonnées du domaine spatial

Directe :

$$F[u, v] = \sum_{x=0}^{w-1} \sum_{y=0}^{h-1} f[x, y] e^{-2\pi i (ux+vy)/wh}$$

(u, v) sont les coordonnées du domaine fréquentiel

Inverse :

$$f[x, y] = \frac{1}{wh} \sum_{u=0}^{w-1} \sum_{v=0}^{h-1} F[u, v] e^{2\pi i (ux+vy)/wh}$$

Propriétés de la transformée de Fourier (1) :

ÉCRITURE SOUS FORME MODULE / PHASE

$$F[u, v] = |F[u, v]| e^{i\varphi(u, v)}$$

PÉRIODICITÉ

$$F[u, v] = F[u + w, v + h]$$

SYMÉTRIE

Si F est la transformée de Fourier d'une fonction réelle f :

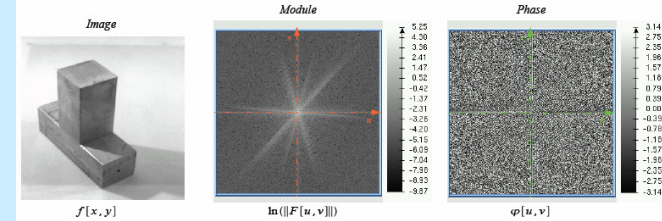
$$F[u, v] = F^*[-u, -v] \quad \text{et donc : } |F[u, v]| = |F[-u, -v]| \quad \text{et} \quad \varphi[u, v] = -\varphi[-u, -v]$$

Source : Cours Manzanera, ENSTA

21

Caroline Petitjean

Prétraitement : domaine de Fourier



Propriétés de la transformée de Fourier (2) :

$$\begin{pmatrix} f[x, y] \\ f_1[x, y] \\ f_2[x, y] \end{pmatrix} \xrightarrow{TF} \begin{pmatrix} F[u, v] \\ F_1[u, v] \\ F_2[u, v] \end{pmatrix}$$

CORRESPONDANCE CONVOLUTION / PRODUIT

$$f_1[x, y] * f_2[x, y] \rightarrow F_1[u, v] \cdot F_2[u, v]$$

$$f_1[x, y] \cdot f_2[x, y] \rightarrow F_1[u, v] * F_2[u, v]$$

DÉRIVATION

$$\frac{\partial f[x, y]}{\partial x} \rightarrow iu F[u, v] \quad \text{et} \quad \frac{\partial f[x, y]}{\partial y} \rightarrow iv F[u, v]$$

LINEARITÉ

$$a f_1[x, y] + b f_2[x, y] \rightarrow a F_1[u, v] + b F_2[u, v]$$

TRANSLATIONS SPATIALES / FRÉQUENTIELLES

$$f[x - x', y - y'] \rightarrow F[u, v] e^{-2\pi i (ux' + vy')/wh}$$

$$f[x, y] e^{2\pi i (ux' + vy')/wh} \rightarrow F[u - u', v - v']$$

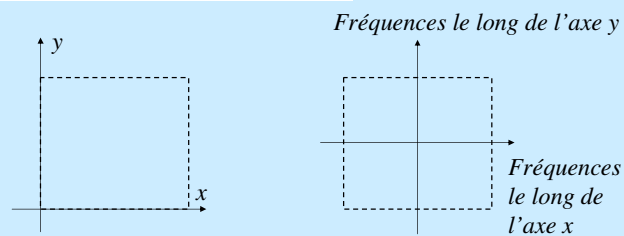
THÉORÈME DE PARSEVAL

$$\sum_{x=0}^{w-1} \sum_{y=0}^{h-1} |f[x, y]|^2 = \frac{1}{wh} \sum_{u=0}^{w-1} \sum_{v=0}^{h-1} |F[u, v]|^2$$

Source : Cours Manzanera, ENSTA

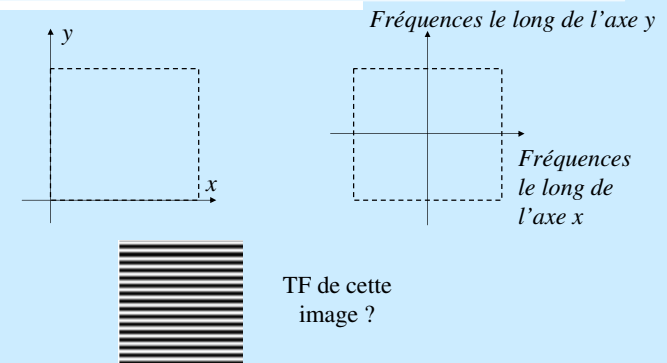
22

Domaine de Fourier



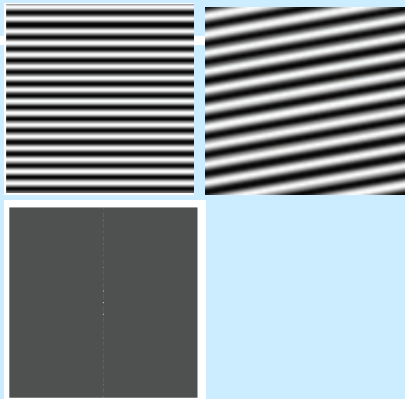
23

Domaine de Fourier



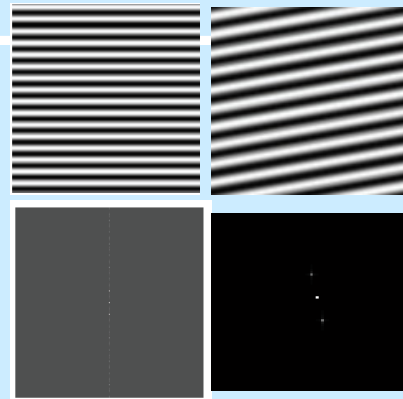
24

Domaine de Fourier



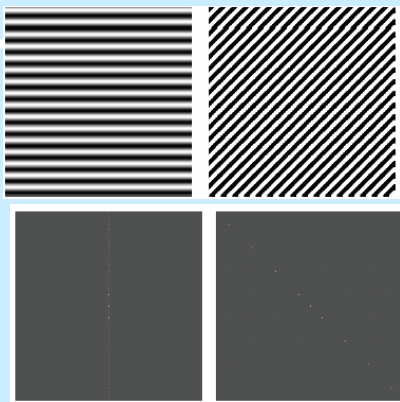
25

Domaine de Fourier



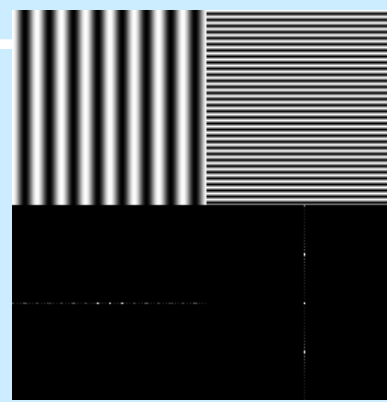
26

Domaine de Fourier



27

Domaine de Fourier

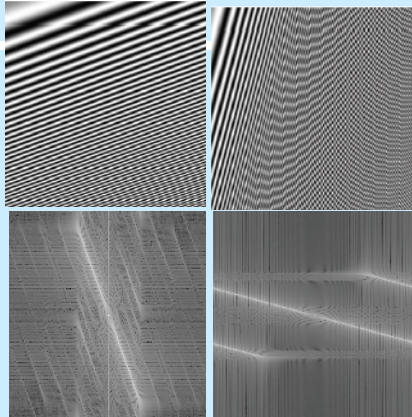


Source : <http://www.cs.unm.edu/~brayer/vision/fourier.html>

28

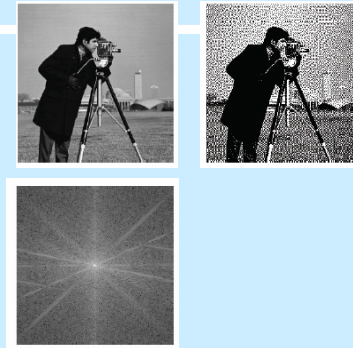
Domaine de Fourier

Source : Cours Manzanera, ENSTA



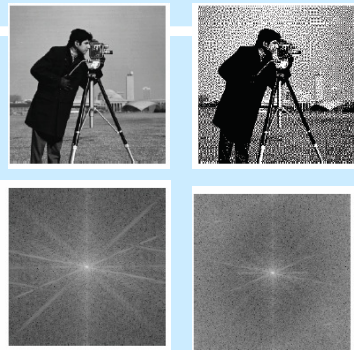
29

Domaine de Fourier



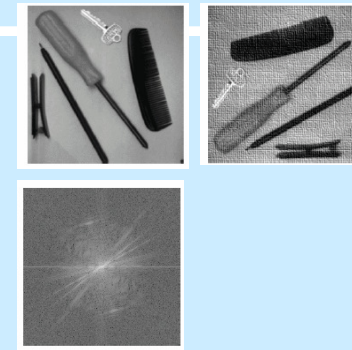
30

Domaine de Fourier



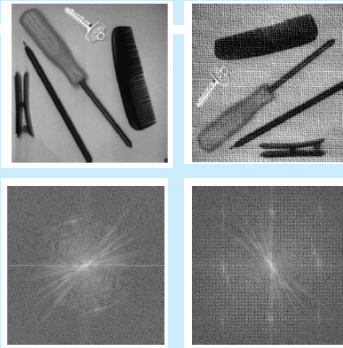
31

Domaine de Fourier



32

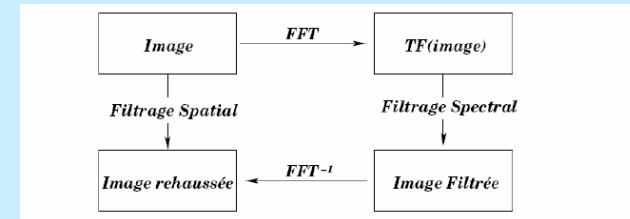
Domaine de Fourier



Source : Cours Manzanera, ENSTA

33

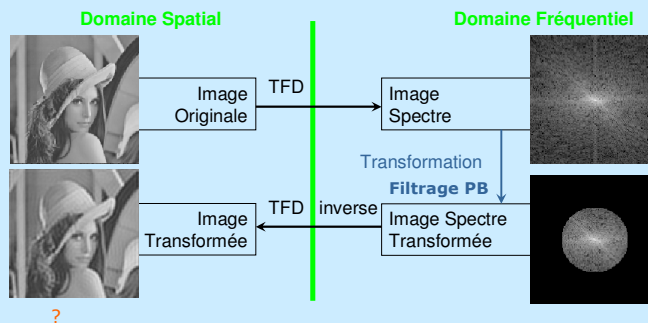
Domaine de Fourier



Source : cours A. Dieterlen, Université Haute-Alsace

34

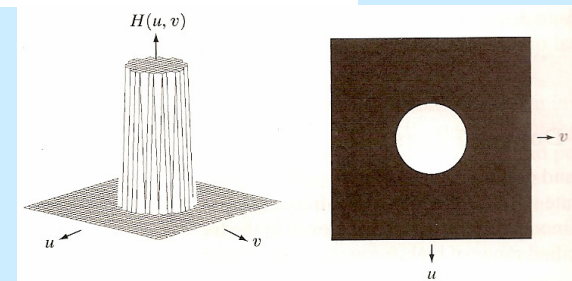
Filtrage PB



35

Domaine de Fourier

■ Filtre passe-bas idéal

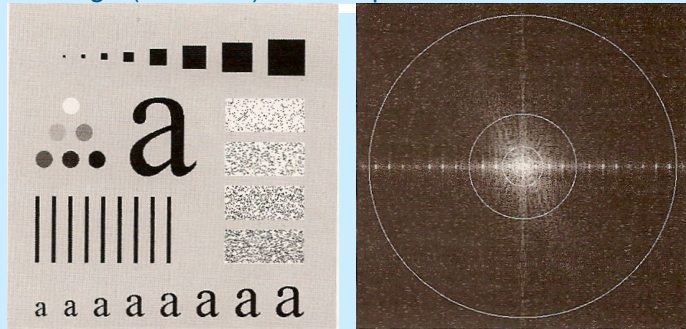


Source : Gonzalez & Wood

36

Domaine de Fourier

■ Image (500x500) et son spectre



Source : Gonzalez & Wood

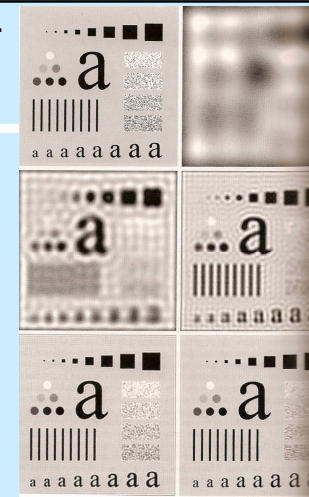
Rayons : 5, 15, 30, 80, 230
Puissance conservée : 92% → 99,5%

37

Domaine de Fourier

■ Application du filtre passe-bas idéal

Phénomène de Gibbs

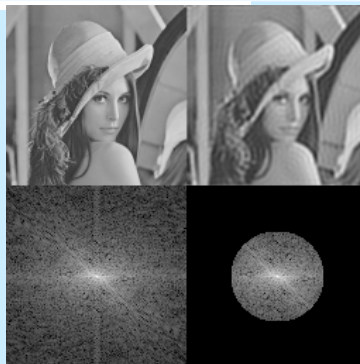


Source : Gonzalez & Wood

38

Domaine de Fourier

■ Image Lena et application du passe-bas idéal

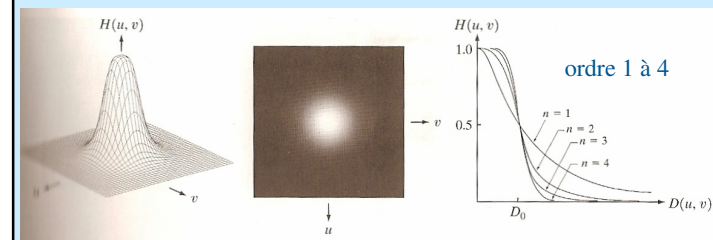


Source : <http://www.cs.unm.edu/~brayer/vision/fourier.html>

39

Domaine de Fourier

■ Filtre passe-bas de Butterworth



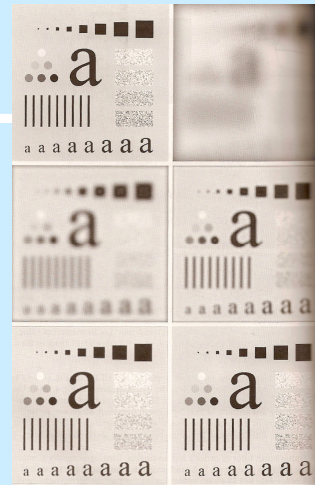
Fonction de transfert

Source : Gonzalez & Wood

40

Domaine de Fourier

- Application du filtre passe-bas de Butterworth (ordre 2)

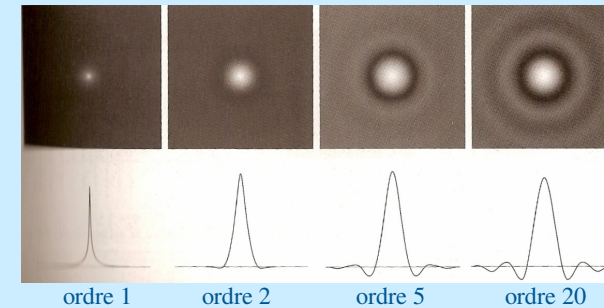


Source : Gonzalez & Wood

41

Domaine de Fourier

- Filtre passe-bas de Butterworth

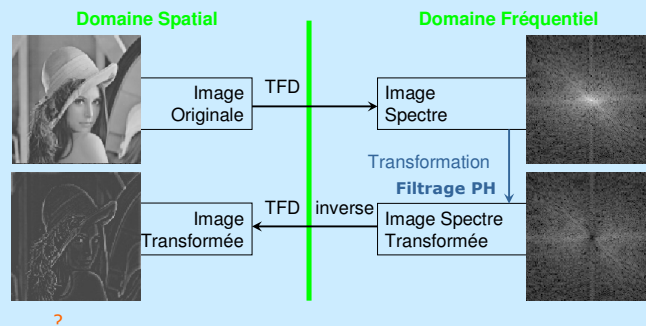


Source : Gonzalez & Wood

Techniques biomédicales

Caroline Petitjean

Filtrage passe-haut



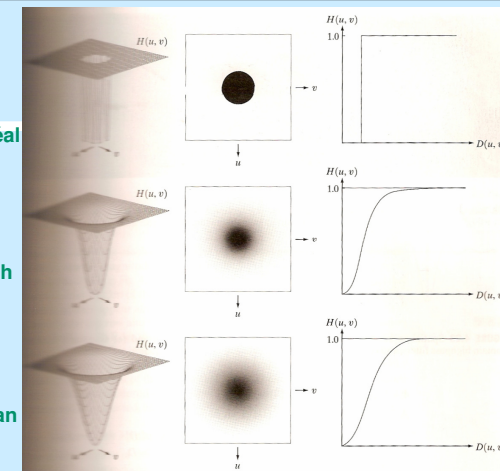
43

Domaine de Fourier

- Filtres passe-haut idéal

Butterworth

Gaussian

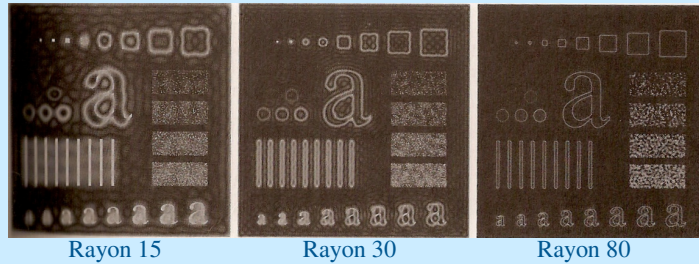


Source : Gonzalez & Wood

44

Domaine de Fourier

■ Application du filtre passe-haut idéal

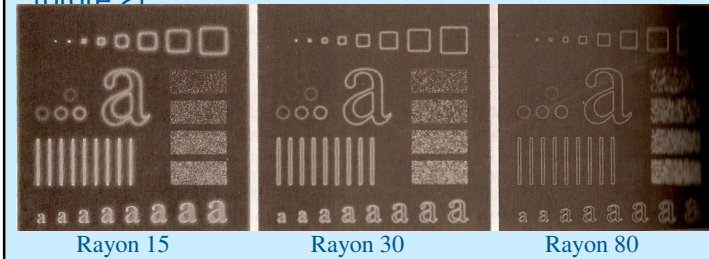


Source : Gonzalez & Wood

45

Domaine de Fourier

■ Application du filtre passe-haut de Butterworth (ordre 2)



Source : Gonzalez & Wood

46

Sources :

- ❑ Cours C. Lecomte
- ❑ Cours Traitement d'images, A. Dieterlen, Univ. Haute-Alsace
- ❑ Cours Traitement d'images, LORIA

47