

Le traitement numérique des images

CESI - exia

7 février 2018

Aix-en-Provence

Intervenant : Guy SINNIG

Objectif général de la présentation

- ⌚ Présenter les principes du codage et du traitement des images
- ⌚ Présenter des principes de traitement d'image avec Scilab

Traitement des images



Thèmes abordés :

- ⌚ Codage des images
- ⌚ Treatment des images :
 - ⌚ Transformation ponctuelle
 - ⌚ Transformation locale
 - ⌚ Transformation globale
 - ⌚ Détection des contours

Traitement des images

Le traitement d'images est utilisé en :

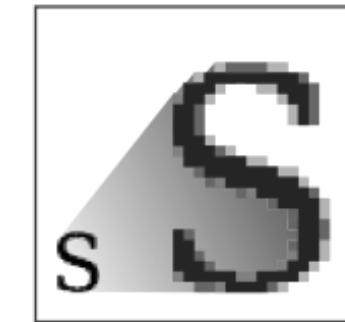
- Astronomie – exploration spatiale,
- Robotique (vision),
- Contrôle d'accès (biométrie),
- Process industriel (reconnaissance de forme),
- Imagerie médicale,
- Cartographie,
- Reconnaissance de caractères,
- Reconnaissance des éléments constituants d'une image,
- Conduite autonome des véhicules, 
- ...

Traitement des images



Les principes de codage d'une image

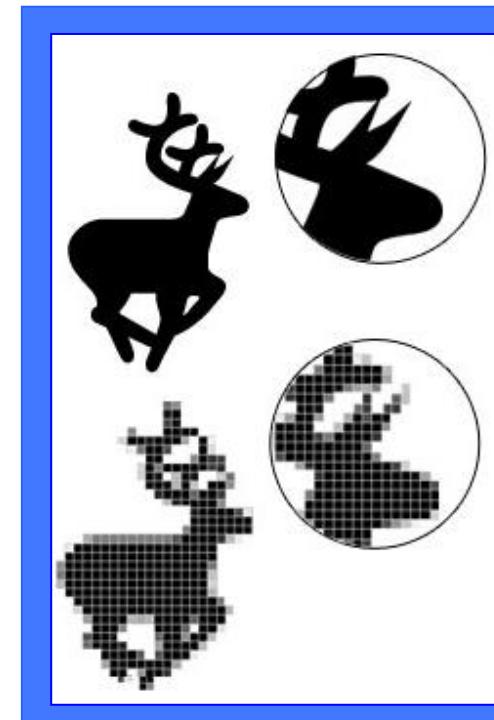
Image bitmap (matricielle) et image vectorielle



Matriciel
.jpeg .gif .png



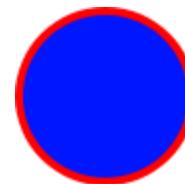
Vectoriel
.svg



vectoriel
bitmap

Les principes de codage d'une image

⌚ Exemple du codage d'une image vectorielle



Le fichier « svg » (créé par Inkscape) correspondant à cette image est :

```
sodipodi:type="arc"          ← L'objet est un arc (fermé donc un cercle)
style="fill:#0000ff;stroke:#ff0000;           } "rempli" de 0000FF: bleu
                                         stroke-width:1;stroke-miterlimit:4;   "entouré" de FF0000: rouge
                                         stroke-opacity:1;stroke-dasharray:none;
                                         stroke-dashoffset:0"           } caractéristiques
id="path3839"                  } de l'objet (couleur du fond,
sodipodi:cx="222.85715"        } coordonnées du
sodipodi:cy="308.07648"        } centre
sodipodi:rx="80"               } rayon suivant x et y
sodipodi:ry="80"
```

Traitement des images



Les principes de codage d'une image

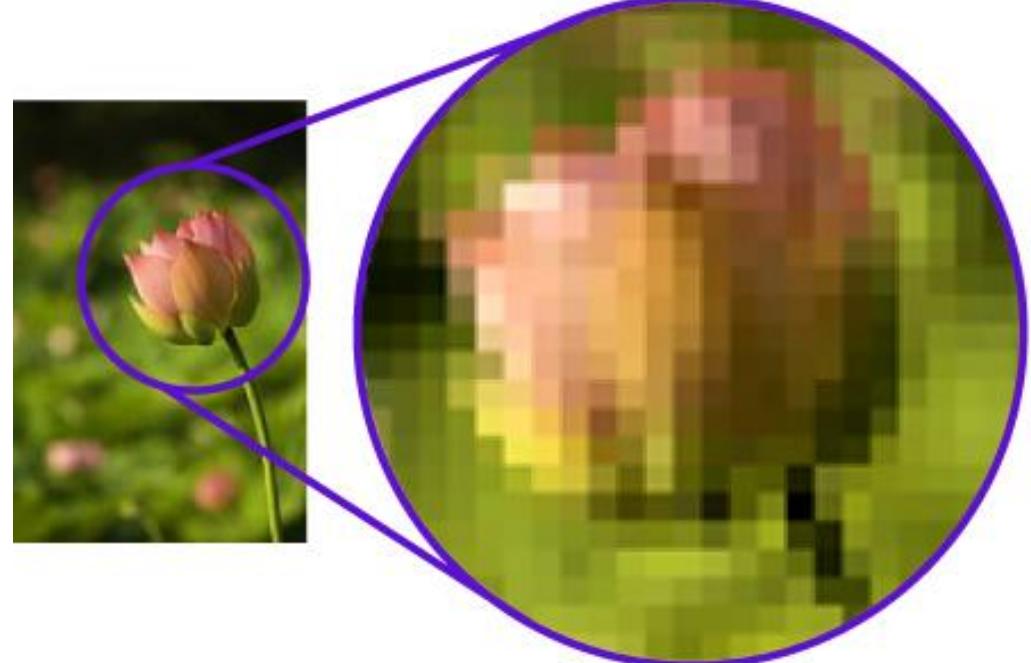
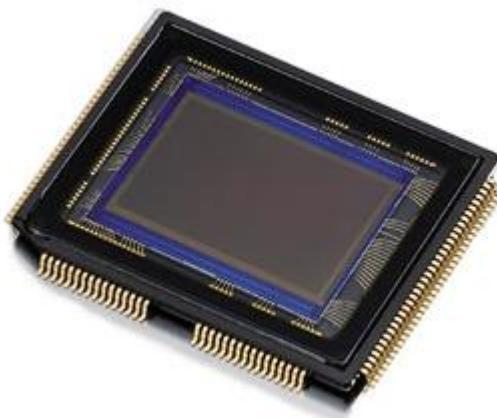
- ⌚ Avantages des images vectorielles :
 - ⌚ La taille de l'image peut-être modifiée sans modifier la qualité de l'image.
 - ⌚ La taille des fichiers d'une image vectorielle est peu importante et peu impactée par la qualité de l'image.
- ⌚ Inconvénient des images vectorielles :
 - ⌚ L'image ne peut pas être trop complexe.
 - ⌚ Une photographies ne sont pas vectorielles.

Traitement des images



Les principes de codage d'une image

⌚ Captage et codage d'une image bitmap



Traitement des images



Les principes de codage d'une image

⌚ Principaux types de codage d'une image bitmap

⌚ 1 bit :



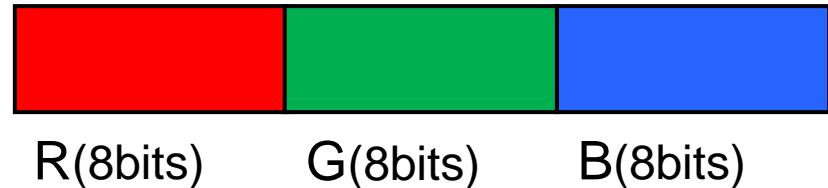
Noir (0) Blanc (1)

⌚ niveaux de gris
8 bits



Noir (0) → Blanc (255)

⌚ couleurs 24 bits
RGB (RVB)

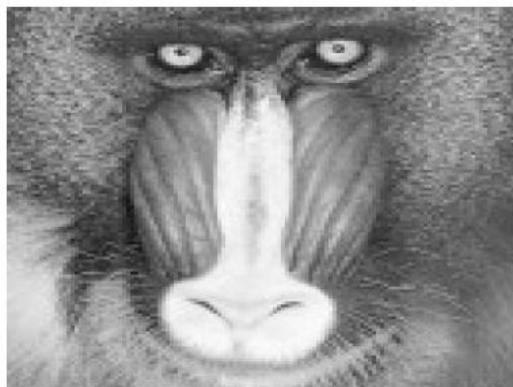


16,7 M de couleurs / pixel

Traitement des images L.A.B

Les principes de codage d'une image

Principaux types de codage d'une image bitmap



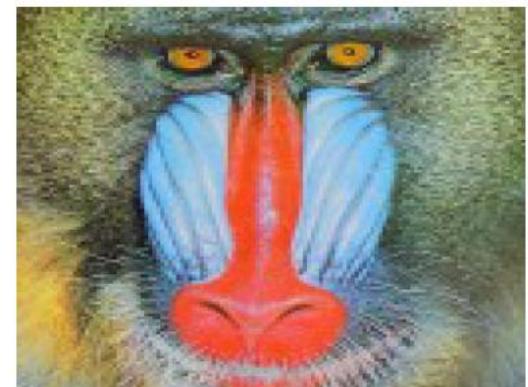
Images en niveaux de gris

$$I(x,y) \in [0..255]$$



Images binaires

$$I(x,y) \in \{0, 1\}$$



Images couleurs

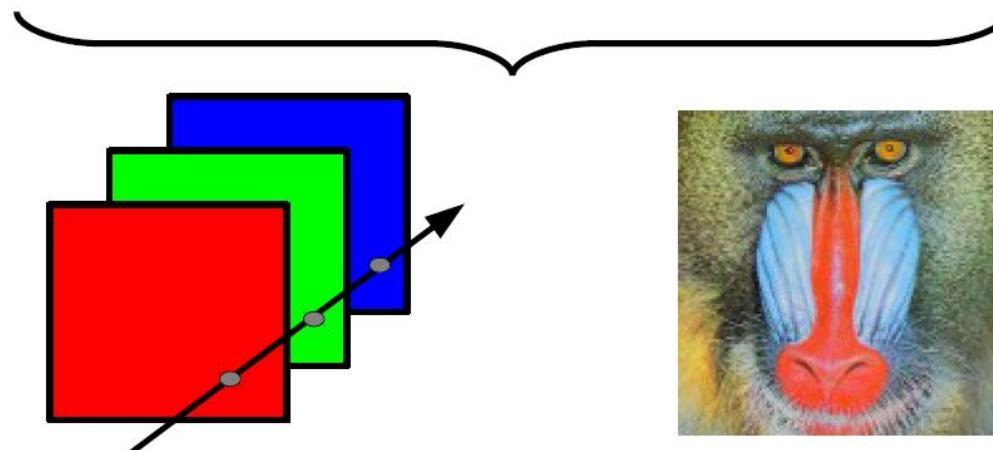
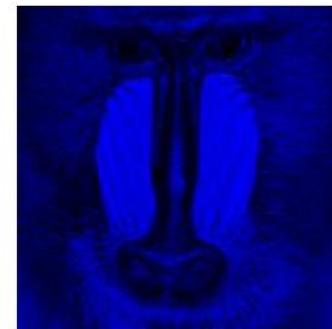
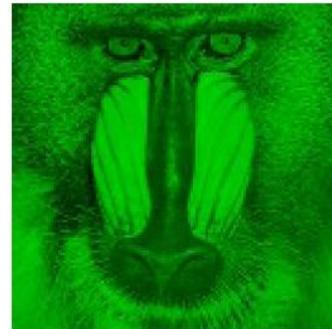
$$I_R(x,y) \quad I_G(x,y) \quad I_B(x,y)$$

Traitement des images



Les principes de codage d'une image

Principaux types de codage d'une image bitmap

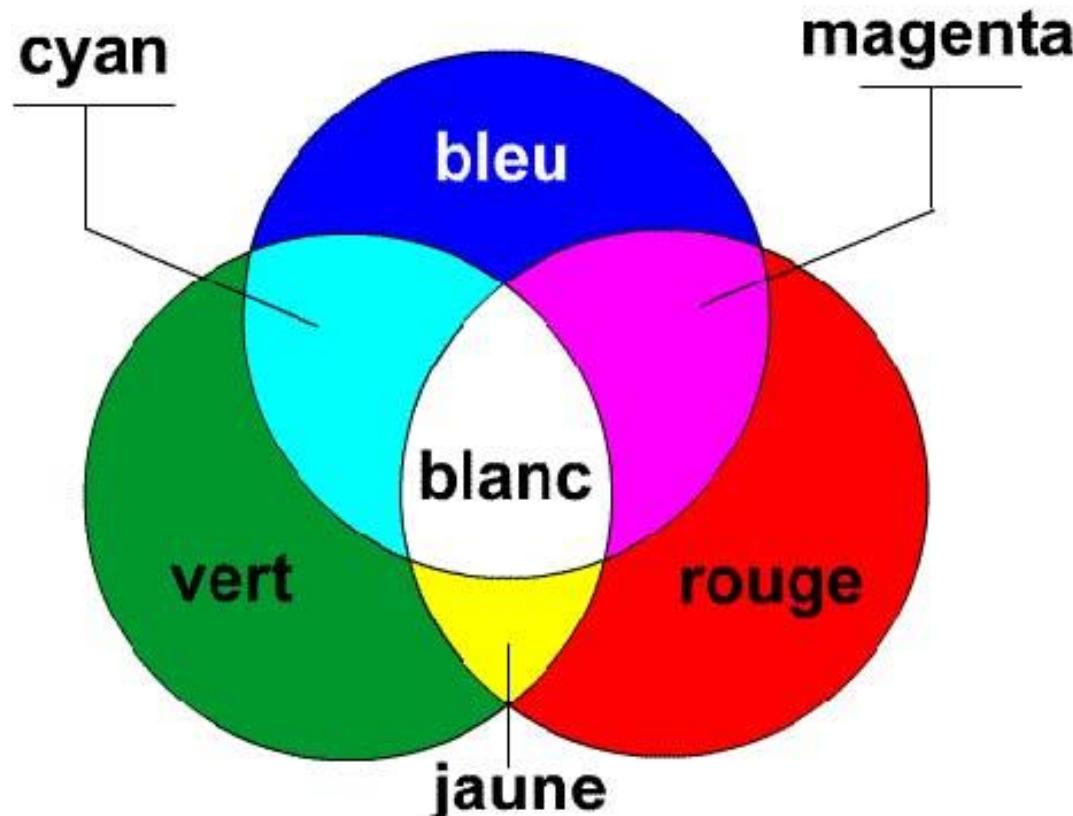


Traitement des images



Les principes de codage d'une image

Synthèse de couleurs additives



Traitement des images



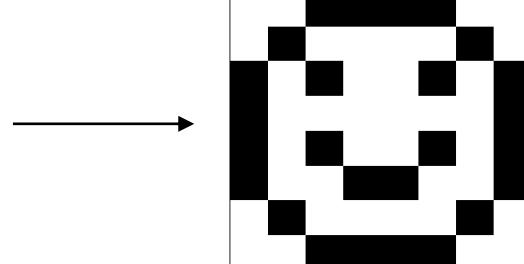
Les principes de codage d'une image

Codage d'une image bitmap sur 1 bit

Matrice

1	1	0	0	0	0	1	1
1	0	1	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	1

Image



Script Scilab

```
img = [
1-1-0-0-0-0-1-1
1-0-1-1-1-1-0-1
0-1-0-1-1-0-1-0
0-1-1-1-1-1-1-0
0-1-0-1-1-0-1-0
0-1-1-0-0-1-1-0
1-0-1-1-1-1-0-1
1-1-0-0-0-0-1-1
]
imshow_(img);
```

Traitement des images L.A.B

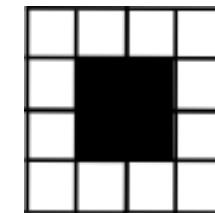
Les principes de codage d'une image

 Codage d'une image bitmap en niveaux de gris sur 8 bits

La matrice décimale :

$$\begin{pmatrix} 255 & 255 & 255 & 255 \\ 255 & 0 & 0 & 255 \\ 255 & 0 & 0 & 255 \\ 255 & 255 & 255 & 255 \end{pmatrix}$$

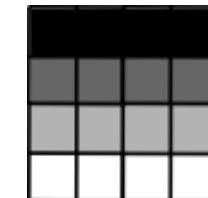
donne l'image :



La matrice Hexadécimale :

$$\begin{pmatrix} 00 & 00 & 00 & 00 \\ 40 & 40 & 40 & 40 \\ 7F & 7F & 7F & 7F \\ FF & FF & FF & FF \end{pmatrix}$$

donne l'image :



Traitement des images L.A.B

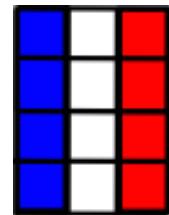
Les principes de codage d'une image

Codage d'une image bitmap couleur sur 24 bits RGB (RVB)

La matrice décimale RGB 24 bits :

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

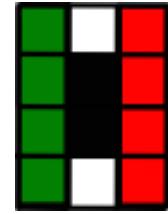
donne l'image :



La matrice hexadécimale RGB 24 bits :

00 FF 00	FF FF FF	FF 00 00
00 FF 00	00 00 00	FF 00 00
00 FF 00	00 00 00	FF 00 00
00 FF 00	FF FF FF	FF 00 00

donne l'image :



Traitement des images L.A.B

Les principes de codage d'une image

Compression d'une image bitmap

Principe (simplifié)

Algorithme de compression RLE (Run-Length Encoding)

00 00 00 00 FF FF FF 00 00 00 7F 7F 7F 7F 7F 7F

32 octets

Donne :

04 00 03 FF 03 00 06 7F

12 octets

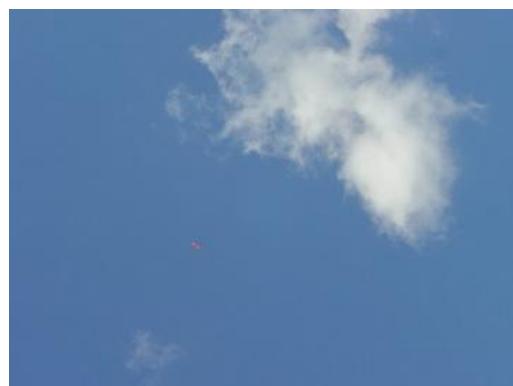
Traitement des images L.A.B

Les principes de codage d'une image

Compression d'une image bitmap

Les algorithmes de compression sont efficaces si l'image comporte de grandes zones de couleurs identiques ou très voisines.

Exemple : Poids de deux images en 4000x3000 (jpeg, qualité 80%)



750 Ko



1,8 Mo

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

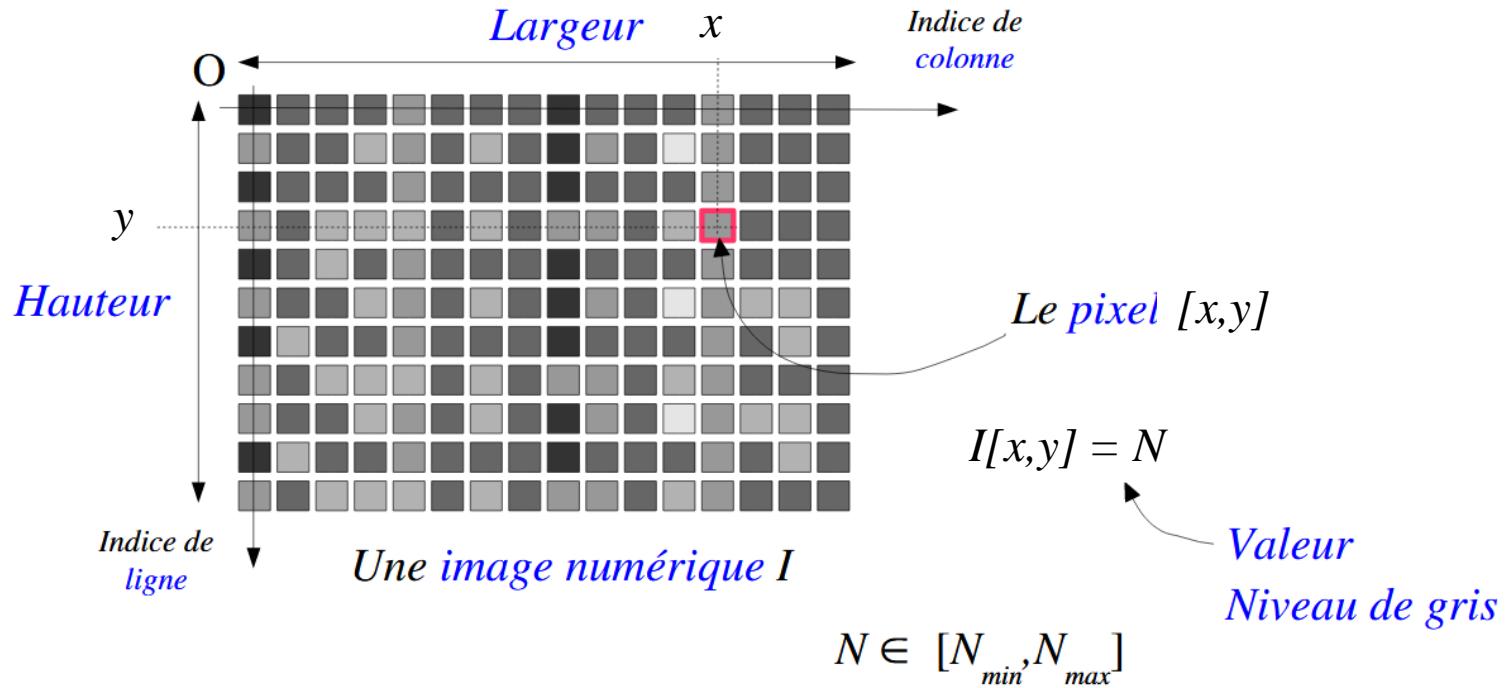
- ⌚ **Le traitement d'une image va permettre :**
 - ⌚ **D'améliorer l'image :**
 - ⌚ Netteté, contraste, luminosité, ...
 - ⌚ **D'isoler un élément d'une image.**
 - ⌚ **De déterminer les contours d'un élément de l'image.**
 - ⌚ ...
- ⌚ **Le traitement d'une image va principalement consister à procéder à une (ou des) opération(s) donnée(s) sur les pixels de l'image, et souvent à appliquer un (ou des) filtre(s) sur l'image à traiter.**

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Pixel et niveaux de gris : vocabulaire



$$(N_{\max} - N_{\min}) = \text{nombre de niveaux de gris}$$

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

- ⌚ Une image numérique est une image échantillonnée et quantifiée.
- ⌚ L'échantillonnage correspond au découpage spatial de l'image en pixels, (matrice ou tableau de pixels).
- ⌚ La quantification correspond à la valeur affectée à chaque pixel.

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

⌚ Echantillonnage



256x256



128x128



64x64



32x32

⌚ Quantification



6 bits



4 bits



3 bits



2 bits



1 bit

Les principes de traitement d'une image

- Principe de filtrage des images :**
 - D'une manière générale, le filtrage d'une image va consister à analyser les valeurs des pixels ou les variations entre les pixels et leurs voisins pour :
 - améliorer l'image,
 - éliminer les pixels trop différents (ex : bruit),
 - déterminer ces variations (contours),
 - extraire des éléments de l'image,
 - ...

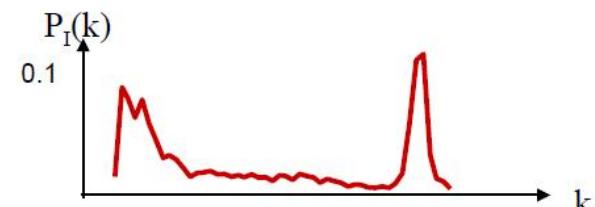
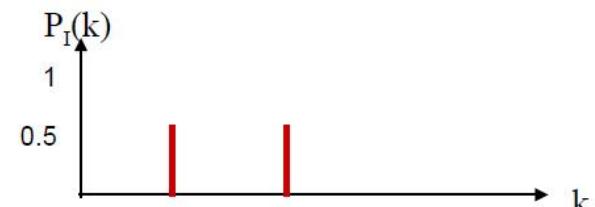
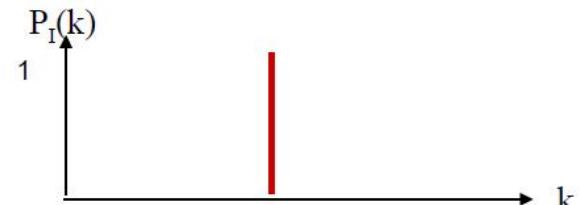
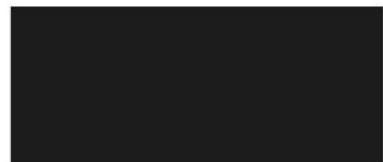
Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Transformation ponctuelle : Histogramme

On comptabilise
le nombre de pixels
de chaque valeur

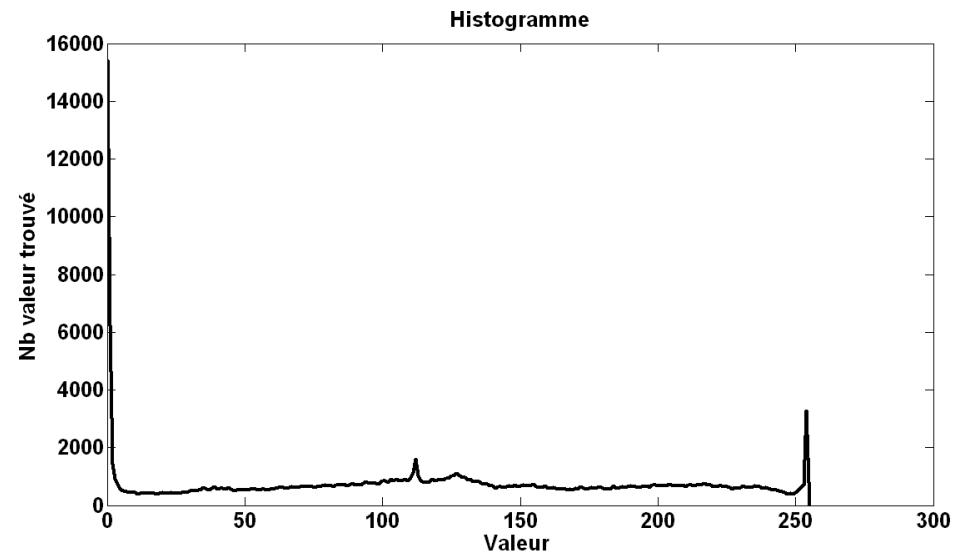


Dynamique d'une image = [valeur_min, valeur_max]

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

Histogramme

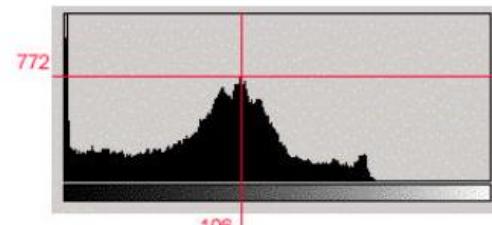
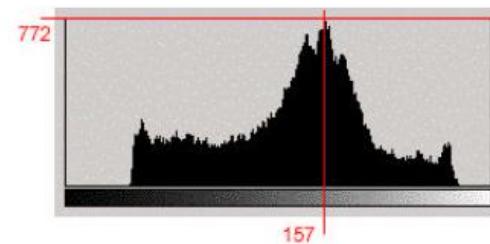
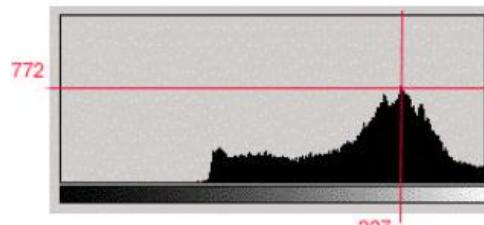


On comptabilise le nombre de pixels de chaque valeur

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

Histogramme



Histogrammes pour une même image en faisant varier l'exposition.

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

W Histogramme : utilisation de Scilab

Script Scilab :

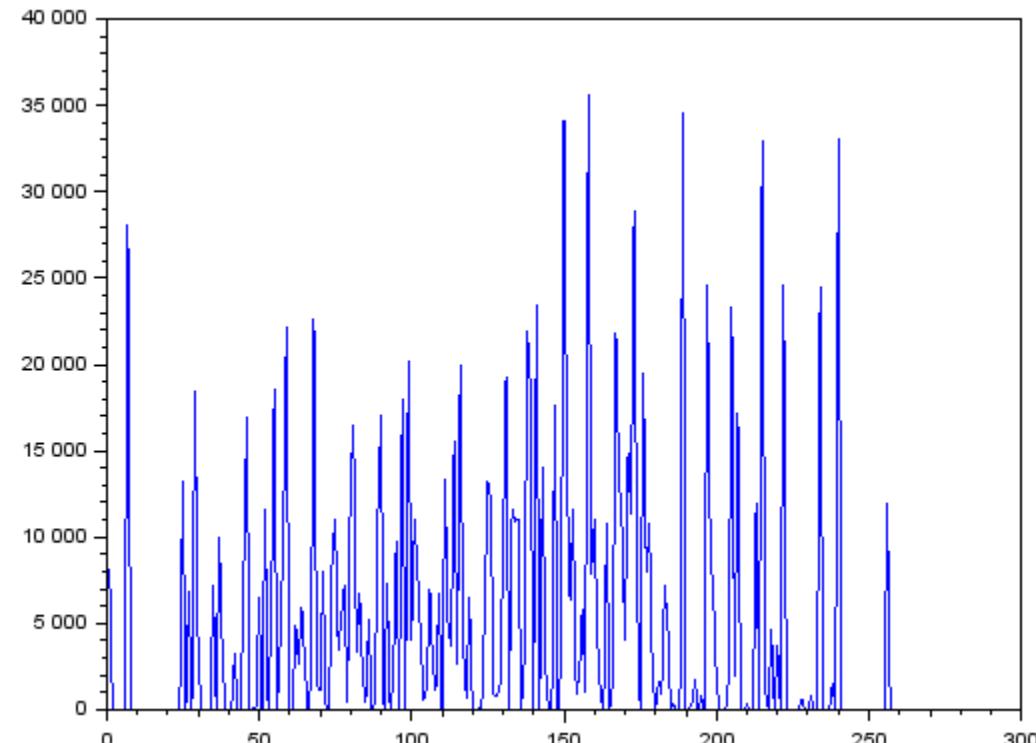
```
img=imread('marbles1.png'); // lecture image
scf(0); // ouverture d'une nouvelle fenêtre graphique
imshow(img); // affichage image
hist=zeros(1,256); // remplissage de la matrice hist(1,256)=0
xmax=size(img,1);
ymax=size(img,2);
for x=1:xmax // calcul histogramme
    for y=1:ymax
        hist(double(img(x,y))+1)=hist(double(img(x,y))+1)+1;
    end
end
scf(1); // ouverture d'une nouvelle fenêtre graphique
plot(hist); // affichage histogramme
```

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Histogramme : utilisation de Scilab



Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

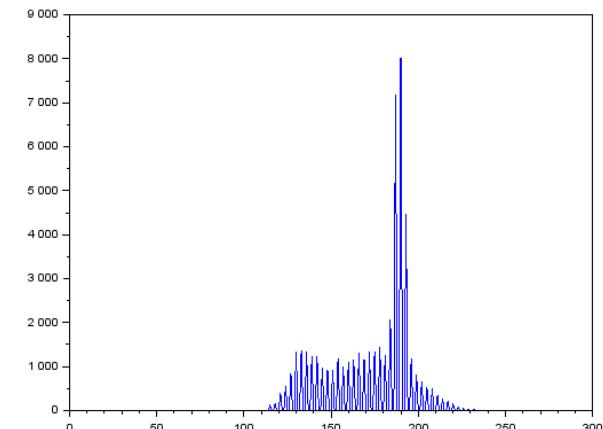
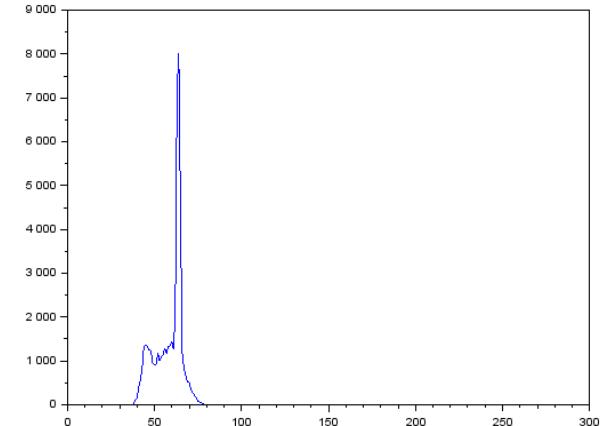
Transformation : utilisation de Scilab

Transformation ponctuelle

$I(x,y)$



$$I'(x,y) = 3*I(x,y)$$

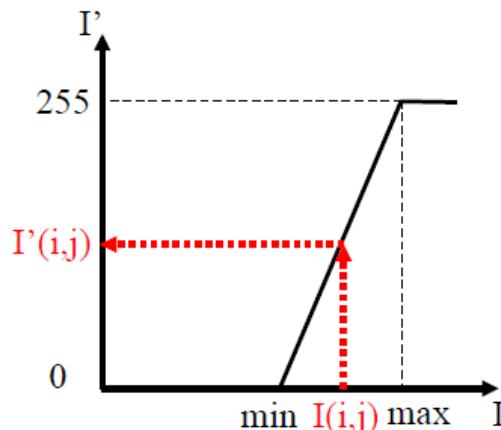


Traitement des images



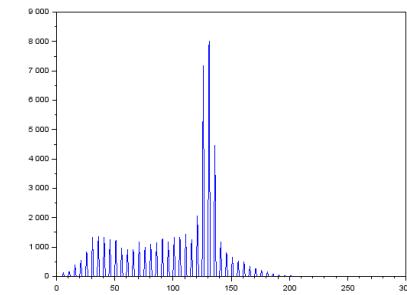
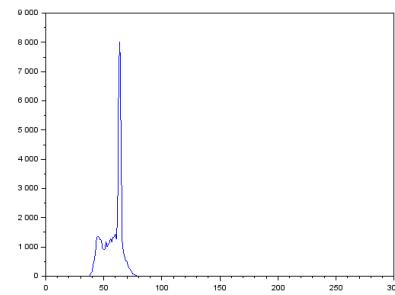
Les principes de traitement d'une image

Transformation linéaire (normalisation)



$$(max - min) / (I(i,j) - min) = (255-0) / I'(i,j) - 0$$

$$\Rightarrow I'(i,j) = 255 / (max - min) * (I(i,j) - min)$$



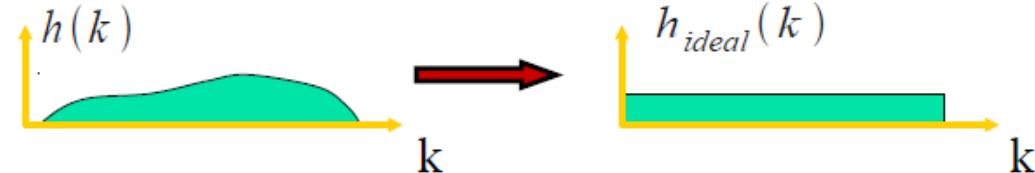
Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

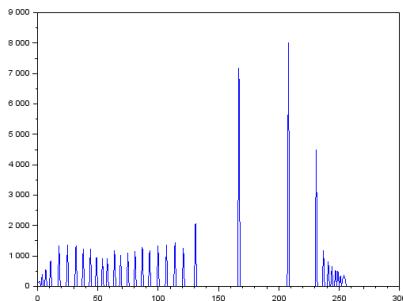
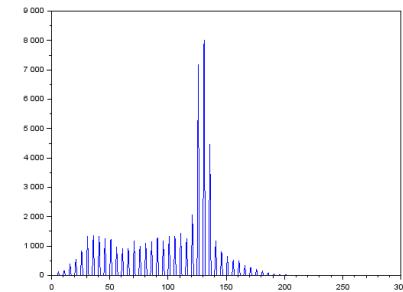
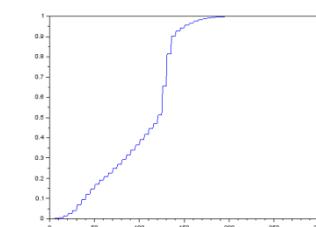
Transformation (égalisation de l'histogramme)

A partir de l'histogramme normalisé, on va chercher à égaliser l'histogramme



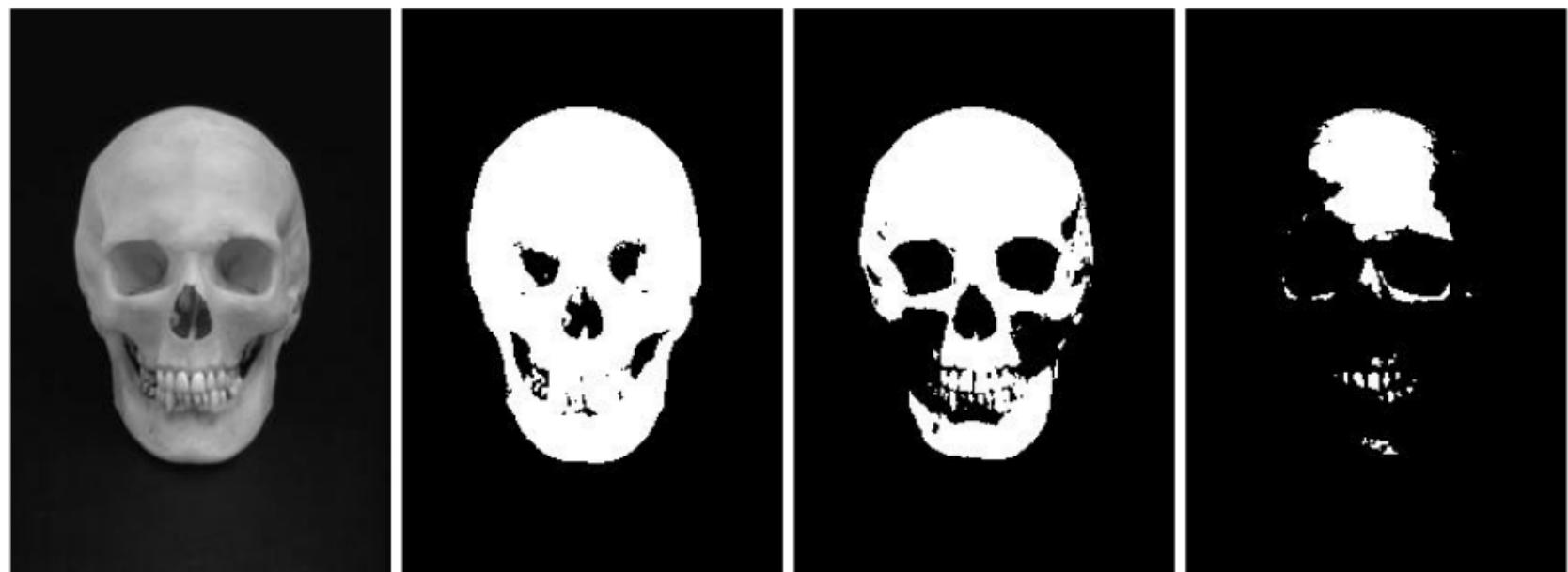
On détermine l'histogramme cumulé : $Hc(I(i,j))$

$$I'(i,j) = 255 * Hc(I(i,j)) / \text{xmax} * \text{ymax}$$



Les principes de traitement d'une image

Seuillage



crâne en niveaux de gris

seuil = 76

seuil = 128

seuil = 176

Pixels < seuil = 0

Pixels > seuil = 255

Traitement des images L.A.B

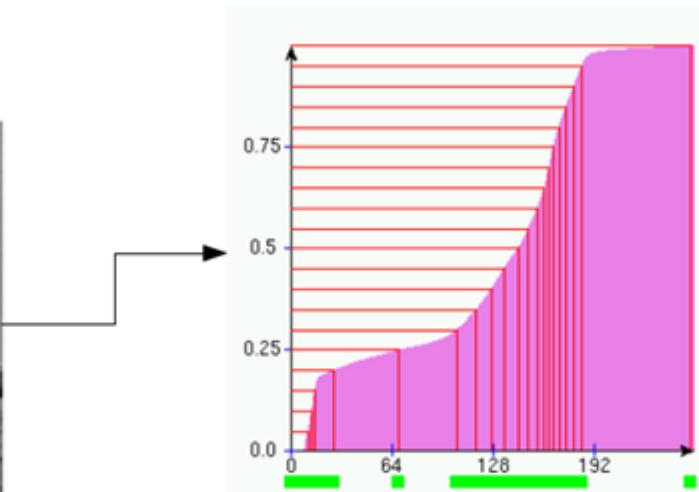
Les principes de traitement d'une image

Transformation (segmentation de l'histogramme)

Transformation ponctuelle



Image originale



Histogramme cumulé avec agrégation des quantiles

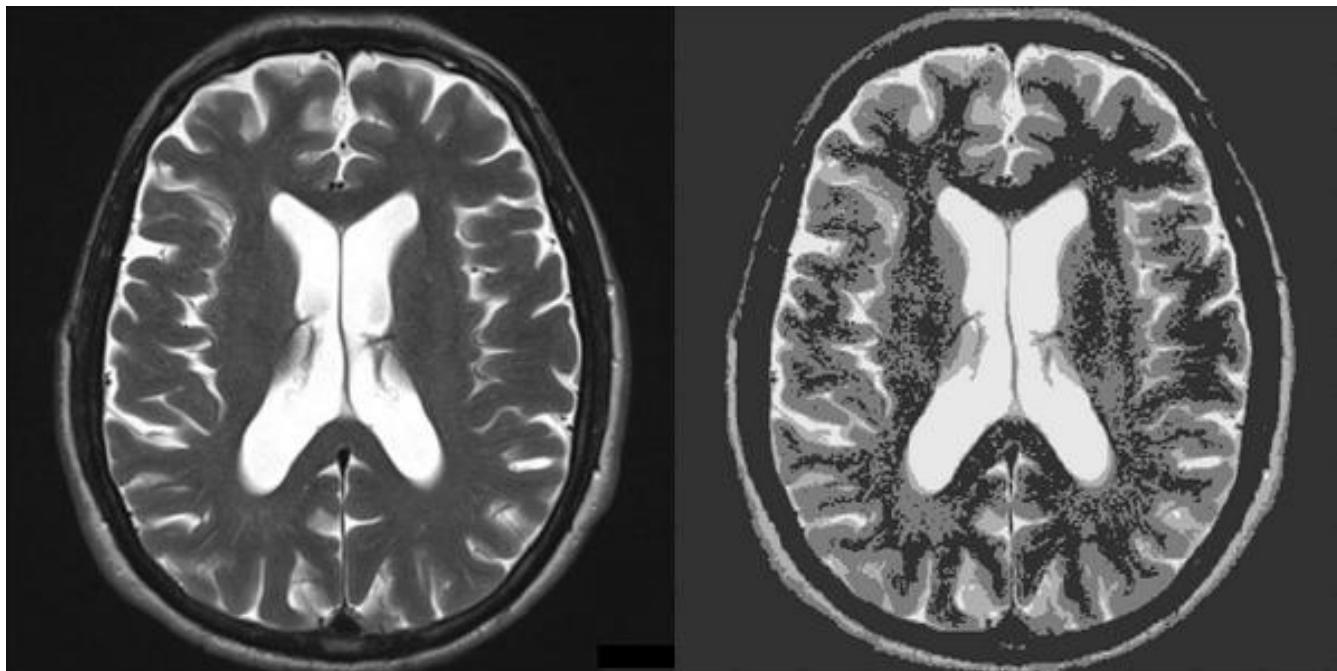


Image segmentée

Traitement des images

Les principes de traitement d'une image

Transformation (segmentation de l'histogramme)



Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Opérations arithmétiques ou logiques

Opérations arithmétiques :

- ⼼ Addition,
- ⼼ Soustraction,
- ⼼ Multiplication,

Opérations logiques :

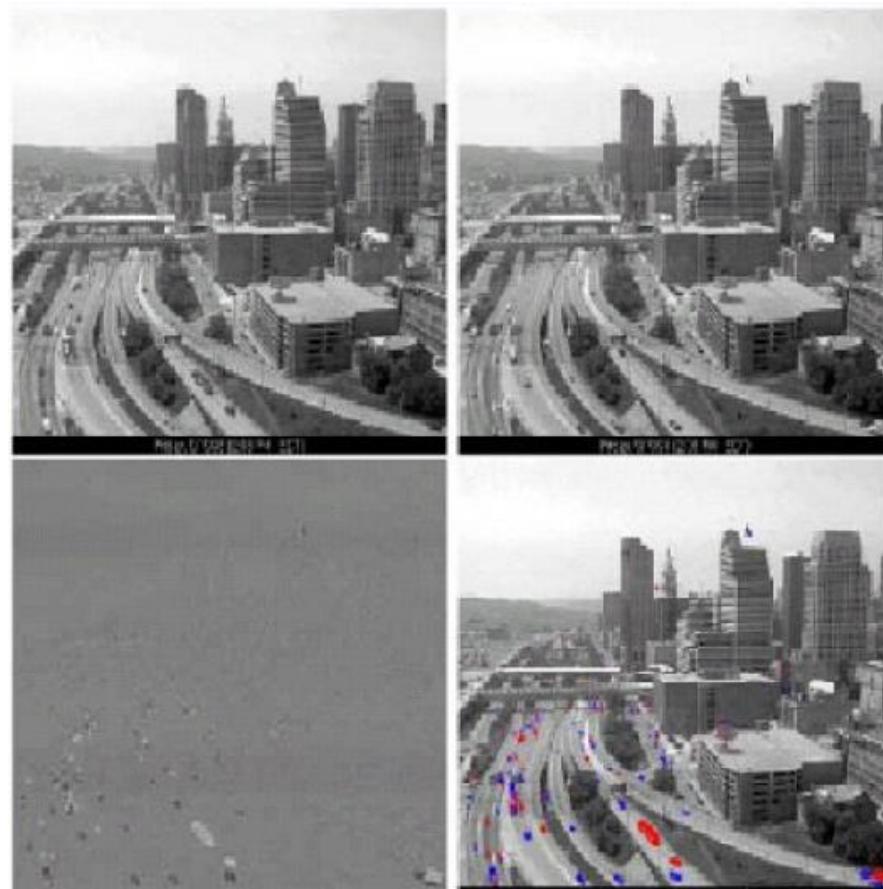
- ⼼ Et, Ou.

Traitement des images

Les principes de traitement d'une image

Opérations arithmétiques :

Soustraction :

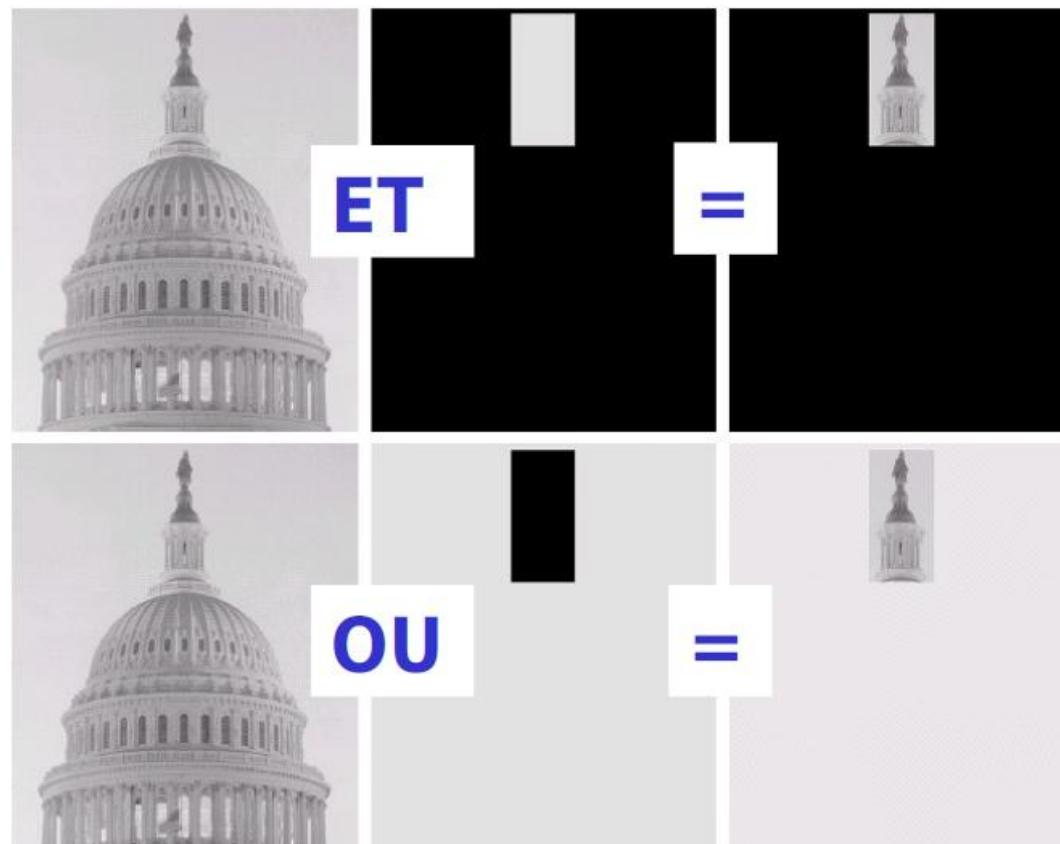


Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Opérations logiques Et - Ou:



Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Transformation locale : Convolution

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

Matrice image

*

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

Filtre (noyau)

L'image comporte un point particulier que l'on cherche à accentuer.

Les principes de traitement d'une image

Convolution :

$$g(x) = f(x) * h(x) = \sum_{\forall k} h(x-k)f(k)$$

f(x) fonction d'origine

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

*

h(x) filtre (noyau)

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

g(x) fonction convoluee

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

$$- 100 - 100 + 500 - 100 - 100 = 100$$

Les principes de traitement d'une image

Convolution :

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

*

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

=

100	100	100	100	100
100	100	50	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

$$- 100 - 100 + 500 - 100 - 150 = 50$$

Les principes de traitement d'une image

Convolution :

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

*

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

=

100	100	100	100	100
100	100	50	100	100
100	100	350	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

$$-100 - 100 + 750 - 100 - 100 = 350$$

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Convolution :

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

*

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

=

100	100	100	100	100
100	100	50	100	100
100	50	350	50	100
100	100	50	100	100
100	100	100	100	100

Le point particulier est accentué.

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

Filtre passe haut : accentue les détails

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

*

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

Le noyau comporte des valeurs négatives autour du point central.

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

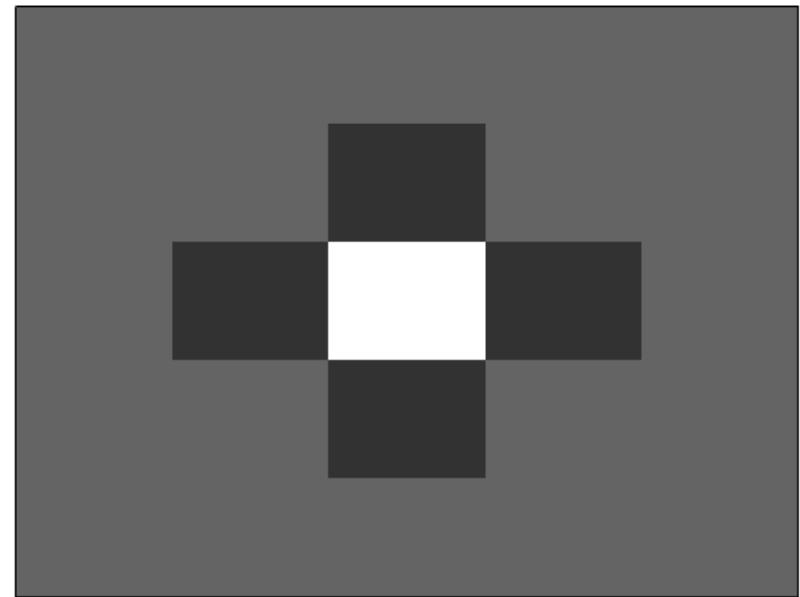
⌚ Filtre passe haut : accentue les détails

Script
Scilab

```
img = [  
    100 100 100 100 100  
    100 100 100 100 100  
    100 100 150 100 100  
    100 100 100 100 100  
    100 100 100 100 100  
    100 100 100 100 100  
] // création matrice image  
img = uint8(img); // typage entiers 8 bits [] 0 -- 255  
scf(0); // ouverture d'une nouvelle fenêtre graphique  
imshow_(img); // affichage image  
noyau = [  
    0 -1 0  
    -1 5 -1  
    0 -1 0  
] // création matrice noyau  
img1 = imfilter(img, noyau); // convolution.  
scf(1); // ouverture d'une nouvelle fenêtre graphique  
imshow_(img1); // affichage image
```

Les principes de traitement d'une image

 **Filtre passe haut : accentue les détails**



Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

 **Filtre passe haut : accentue les détails**



Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

Filtre passe bas : atténue les détails

100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
100	100	150	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100

*

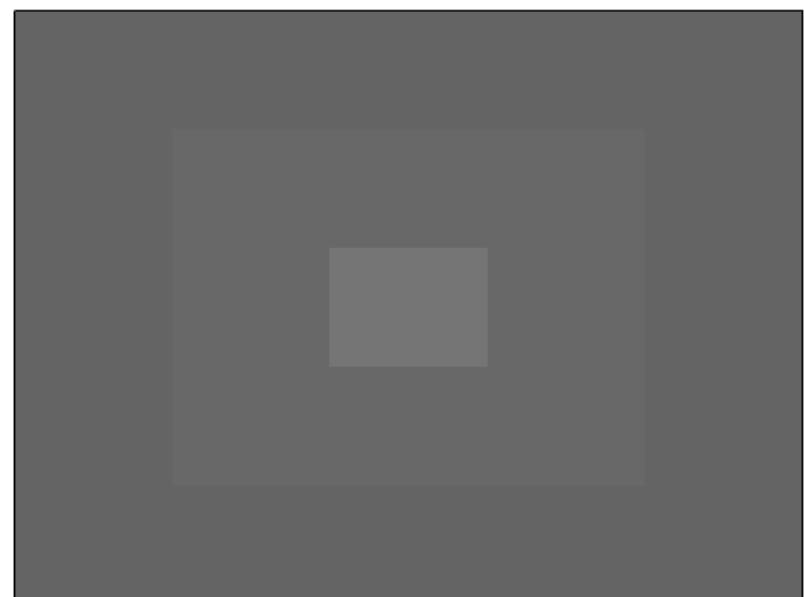
1/12	1/12	1/12
1/12	1/3	1/12
1/12	1/12	1/12

Le noyau comporte des valeurs positives autour du point central.

Traitement des images

Les principes de traitement d'une image

Filtre passe bas : atténue les détails



Les principes de traitement d'une image

Filtre passe bas : atténue les détails

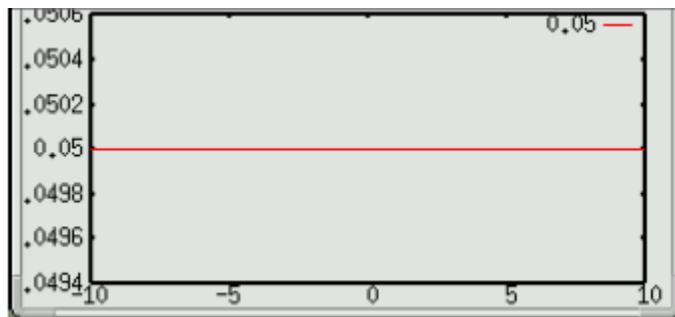


Traitement des images



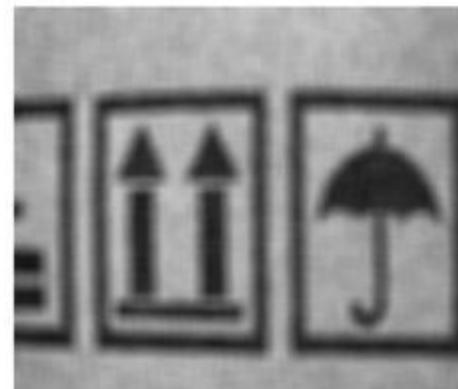
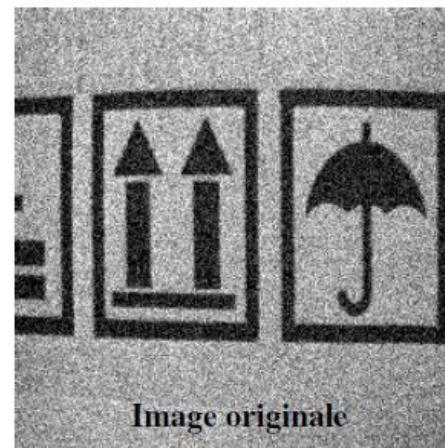
Les principes de traitement d'une image

Filtre moyenneur



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

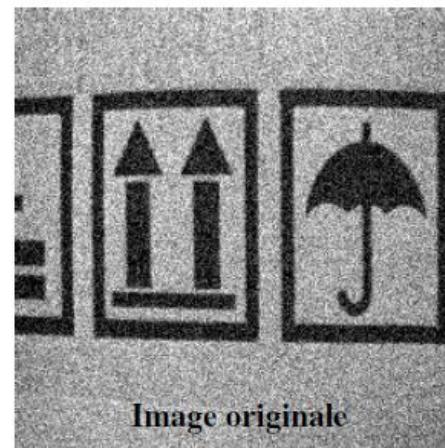
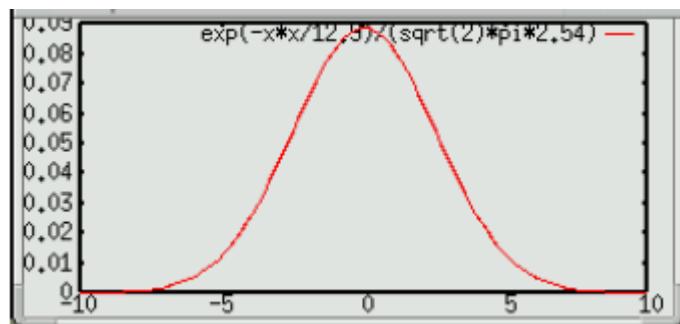
Filtre moyenneur (5x5)



Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

Filtre gaussien



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



Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

Filtrer avec Scilab

Script Scilab

```
im = imread('chat.jpg');
scf(0);
imshow(im);
filter = fspecial('prewitt');
imf = imfilter(im, filter);
scf(1);
imshow(imf);
```

Filtres disponibles dans Scilab

sobel
gaussian
log
unsharp
prewitt
laplacian
average
motion

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

⌚ Filtres Scilab

Transformation ponctuelle

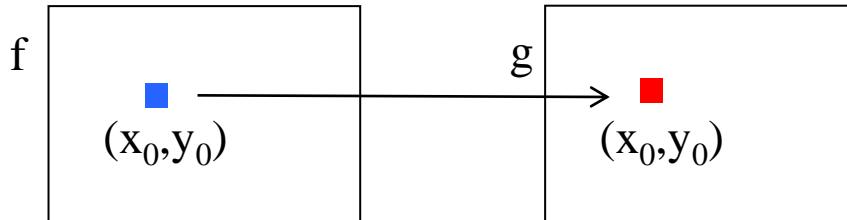


Traitement des images



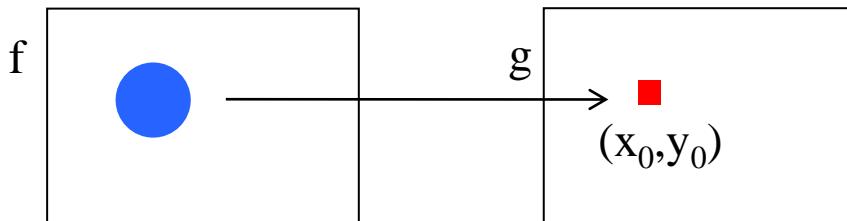
Les principes de traitement d'une image

Transformation ponctuelle



$$g(x_0, y_0) = T[f(x_0, y_0)]$$

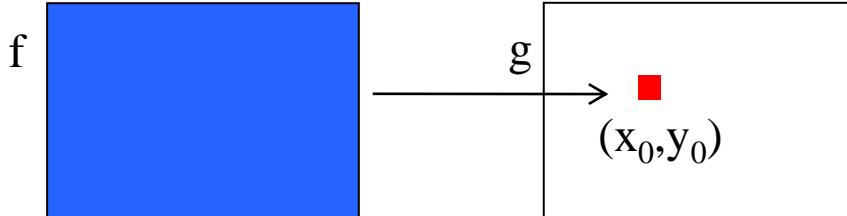
Transformation locale



$$g(x_0, y_0) = T[f(V)]$$

V : voisinage de (x_0, y_0)

Transformation globale



$$g(x_0, y_0) = T[f(x, y)]$$

Traitement des images

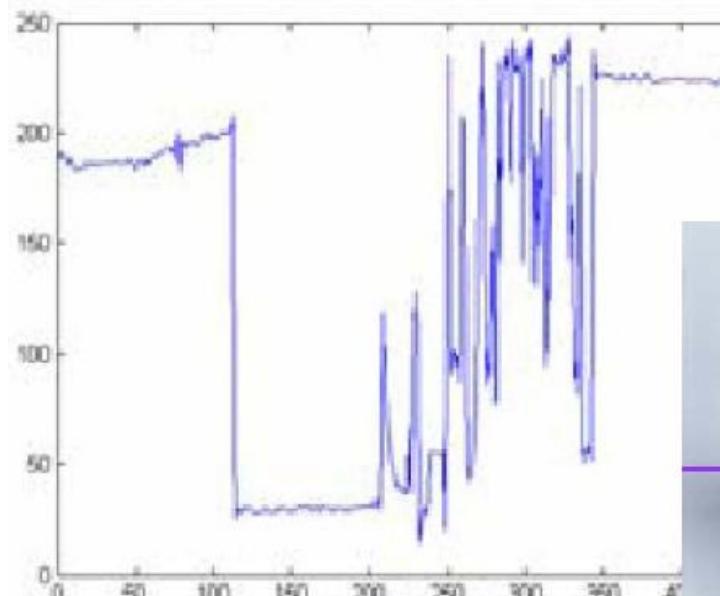
Les principes de traitement d'une image

- ⌚ **Passage d'une représentation matricielle (spatiale) à une représentation fréquentielle :**
 - ⌚ **Le traitement matricielle peut-être long si l'image comporte un grand nombre de pixels.**
 - ⌚ **On opte alors pour un traitement fréquentiel.**

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

- Passage d'une représentation matricielle (spatiale) à une représentation fréquentielle

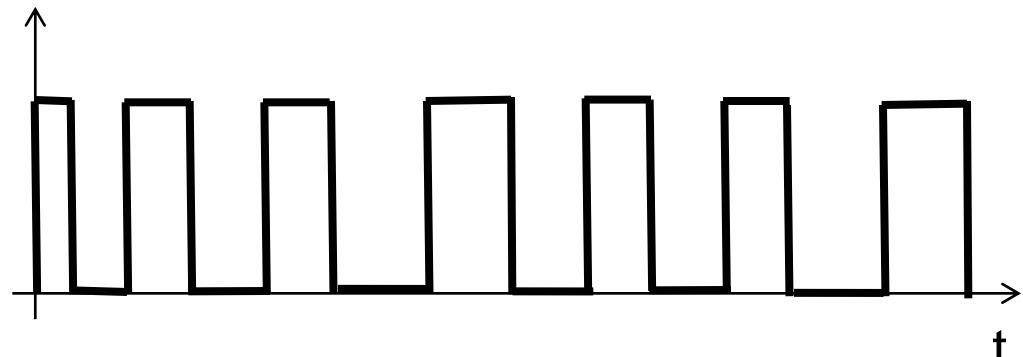


Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

- μ Passage d'une représentation matricielle (spatiale) à une représentation fréquentielle



Traitement des images

Les principes de traitement d'une image

- Passage d'une représentation matricielle à une représentation fréquentielle

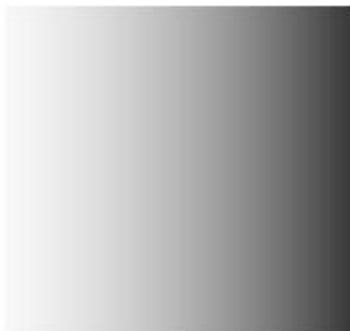


Image basses fréquences

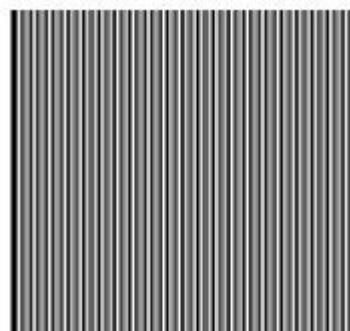


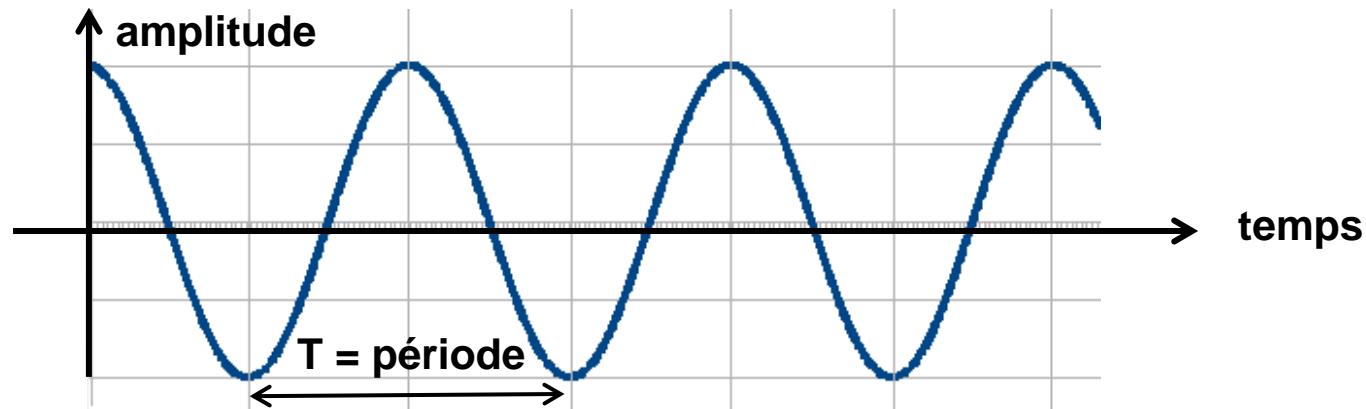
Image hautes fréquences



Hautes fréquences
Basses fréquences

Les principes de traitement d'une image

Signal périodique :



T : période en s

f : fréquence en Hz

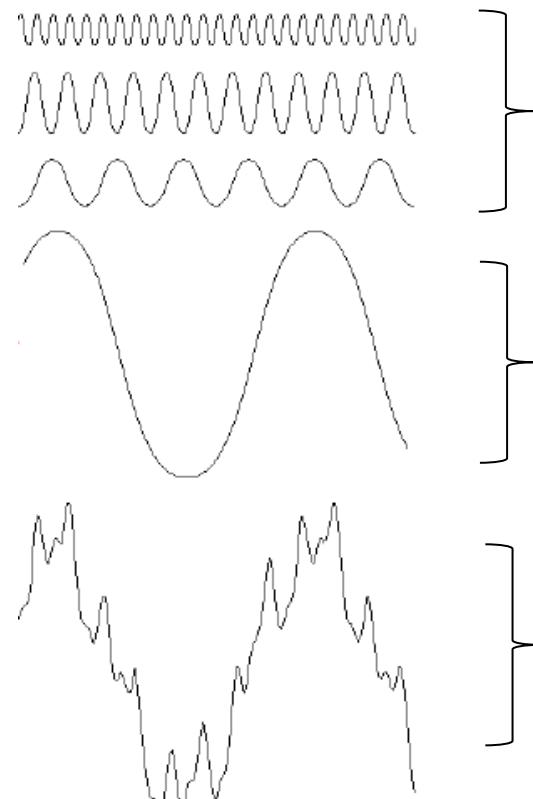
ω : pulsation en radian/s

$$f = 1/T$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

Les principes de traitement d'une image

Signal périodique :



Signaux hautes fréquences

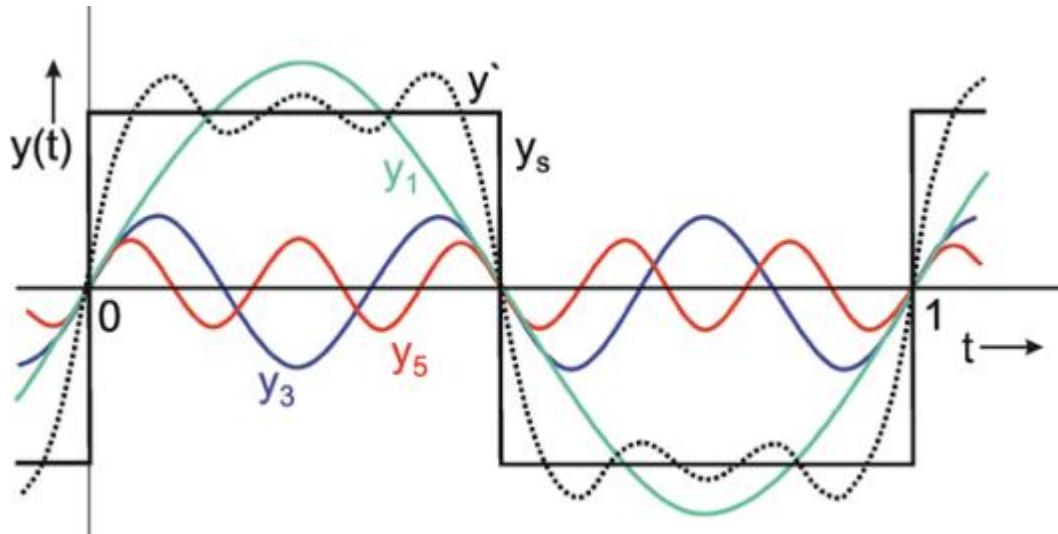
Signal basses fréquences

Signal résultant de la somme
des 4 signaux ci-dessus

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

⚡ Décomposition d'un signal numérique



$$y(t) = y_1(t) + y_3(t) + y_5(t) + \dots$$

$$y'(t) = y_1(t) + y_3(t) + y_5(t)$$

Traitement des images

Les principes de traitement d'une image

Transformée de Fourier Discrète (TFD)



Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

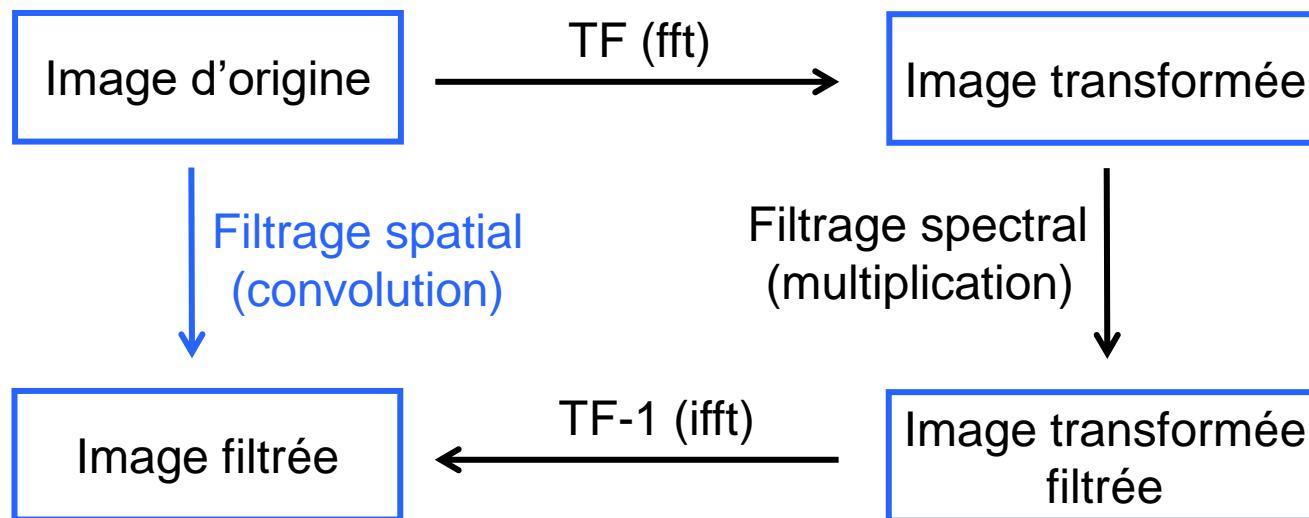
- ⌚ **Transformée de Fourier Discrète (TFD) et transformée de Fourier Rapide (FFT)**
- ⌚ **La transformée de Fourier permet de passer du domaine temporel au domaine fréquentiel (ou du domaine spatial au domaine spectral).**
- ⌚ **La transformation de Fourier rapide (FFT) est un algorithme qui permet de transformer des données discrètes du domaine temporel dans le domaine fréquentiel (ou du domaine spatial au domaine spectral).**

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

- ⌚ Transformation globale : FFT
- ⌚ Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)

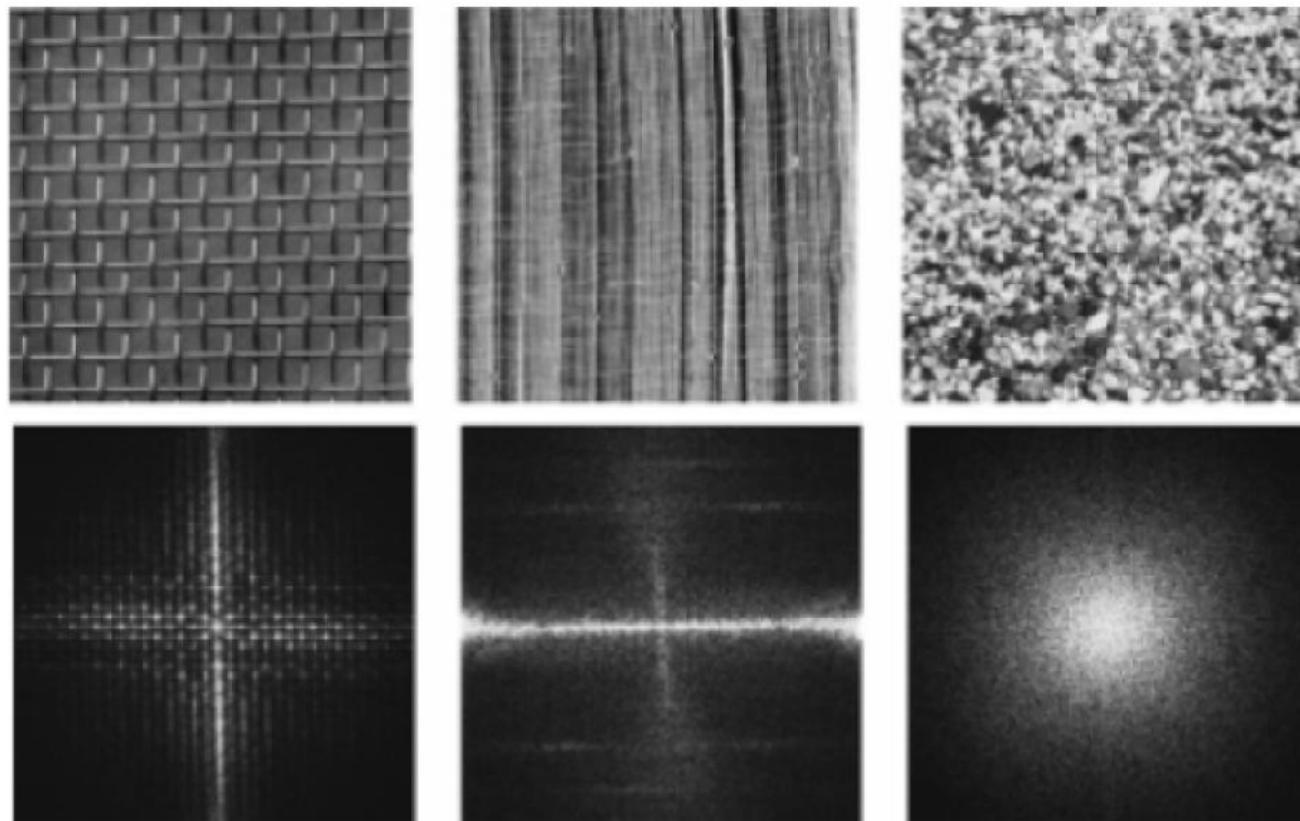


Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

μ Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)

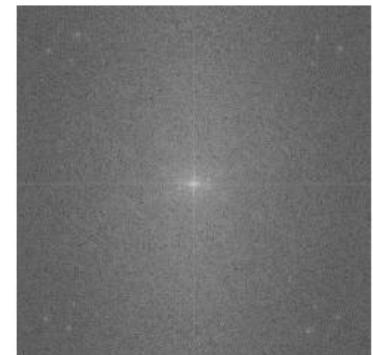
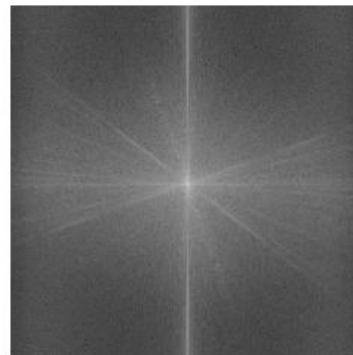
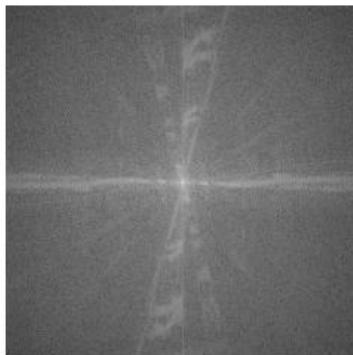
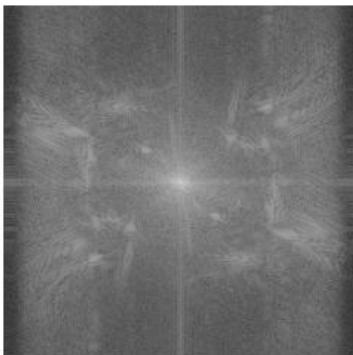
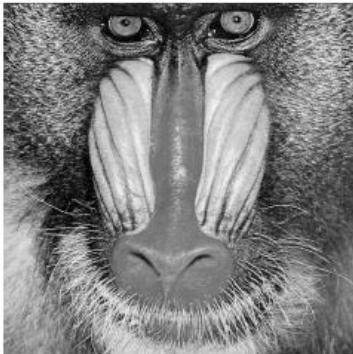


Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

WF Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)



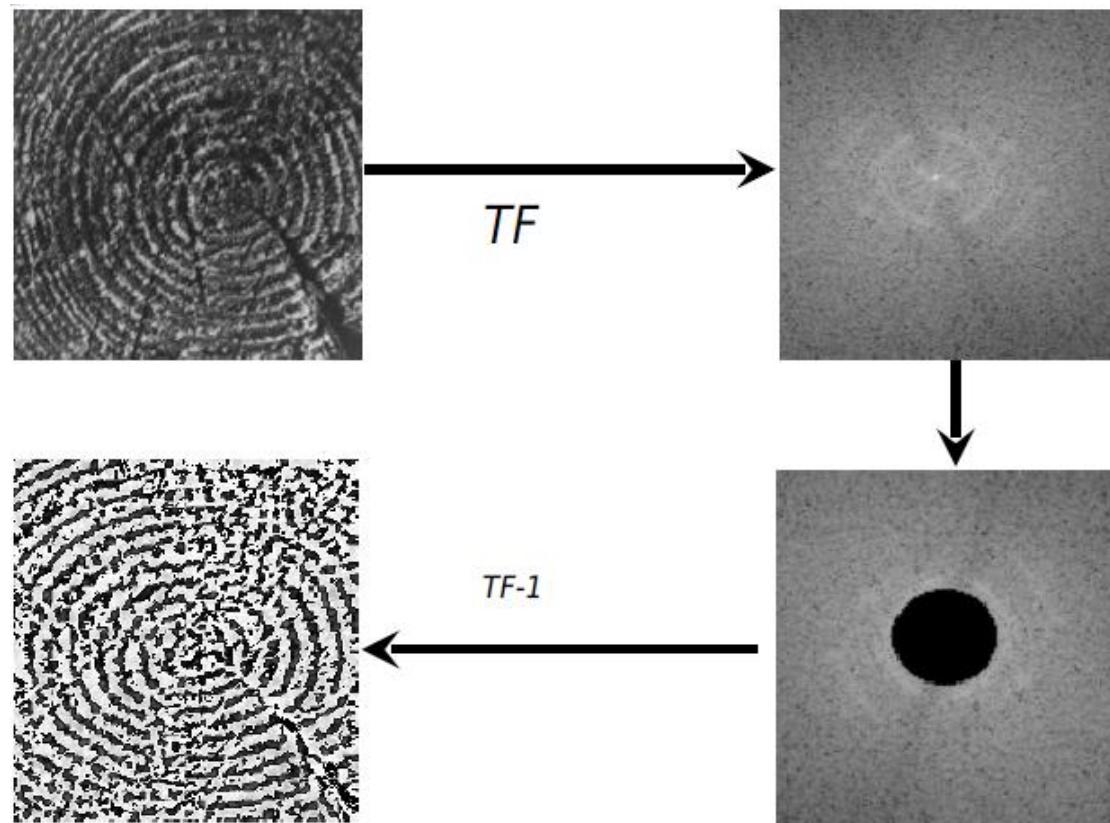
Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

WF Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)

Transformation ponctuelle



Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

WF Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)

Script Scilab :

```
img = imread('marbles.png');
filtre = mkfftfilter(img, 'gauss', 0.1);
scf(0);
imshow(filtre);
imgT = fft2(im2double(img));
imgTF = imgT.*fftshift(filtre);
imgF = real(ifft(imgTF));
scf(1);
imshow(imgF);
```

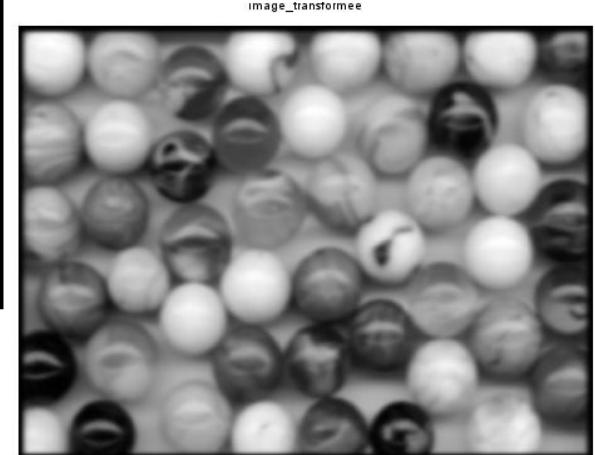
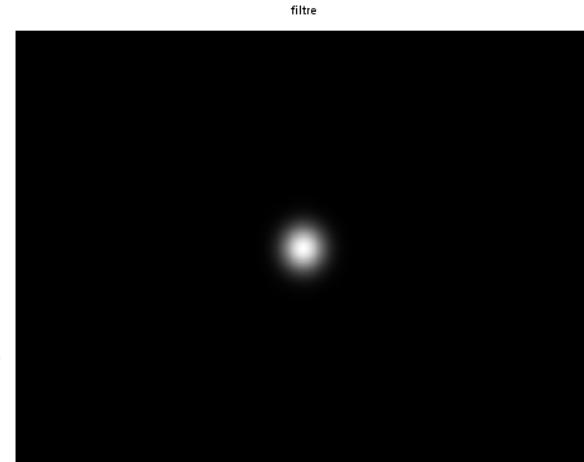
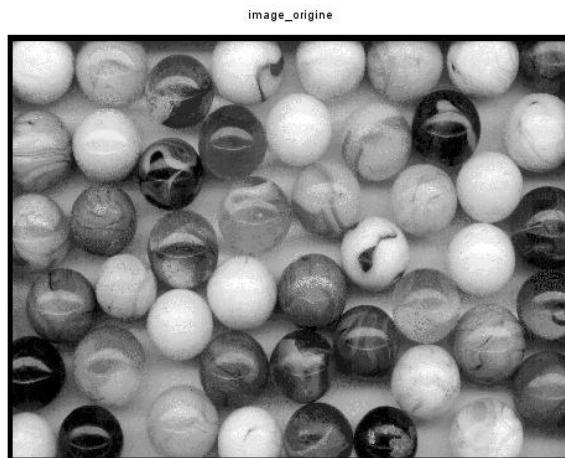
Filtres disponibles dans Scilab

binary
butterworth1,2,3
exp
gauss
trapeze

Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

μ Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)



Traitement des images

Les principes de traitement d'une image

WF Filtrage spectral : Transformée de Fourier Rapide (FFT)

barbara



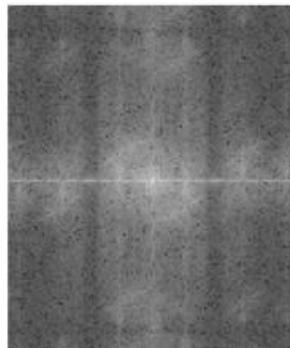
rotation 45°



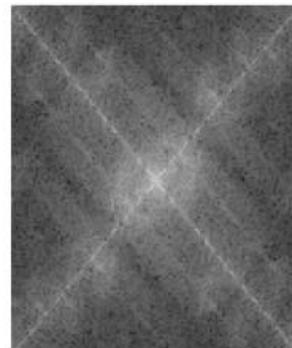
rotation 90°



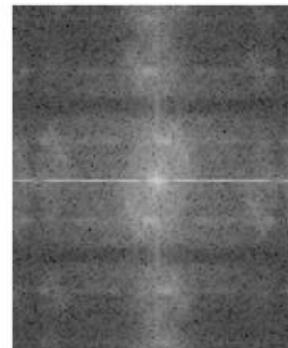
TF 2D



TF 2D



TF 2D



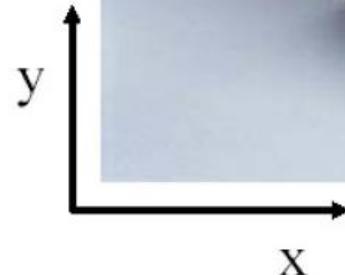
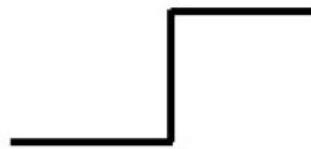
Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

.detectation des contours : dérivée

$$|\nabla f| \equiv \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2$$



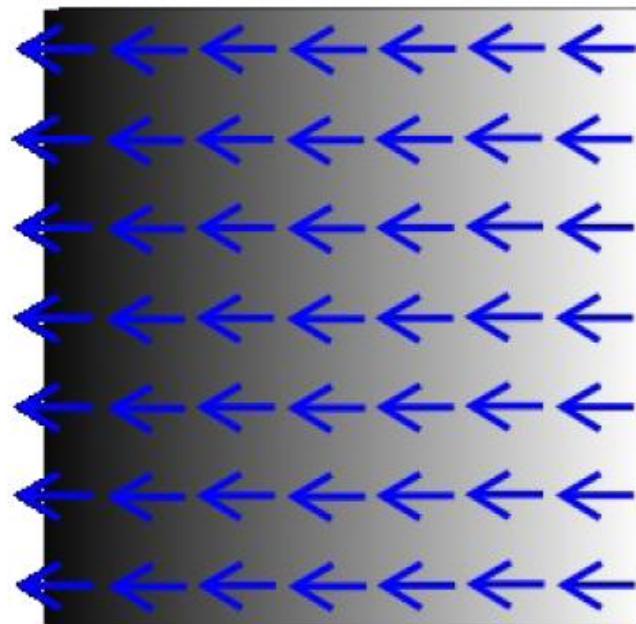
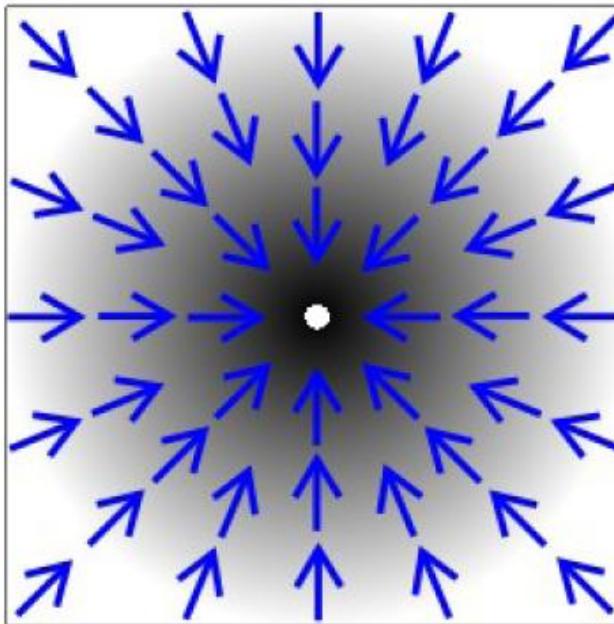
$f(x, y)$

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

.detectation des contours : gradient



Les lignes bleues représentent le gradient de couleur du plus clair vers le plus foncé

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

⌚ Détection des contours (Utilisation de Scilab)

Script Scilab :

```
im = imread('belem.jpg');
im = rgb2gray(im);
scf(0);
imshow(im);
E = edge(im, 'prewitt');
scf(1);
imshow(E);
```

Méthodes disponibles dans Scilab :

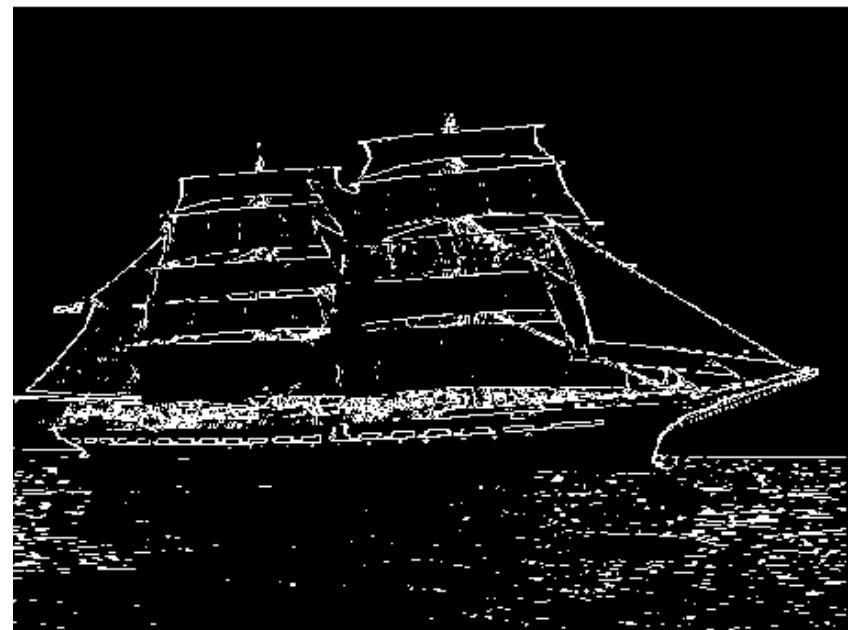
sobel
canny
Prewitt
log
fftderiv

Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

心跳图标 Détection des contours

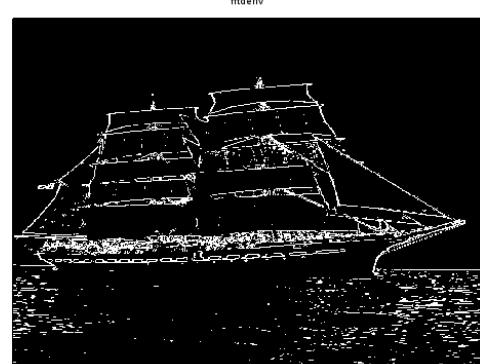
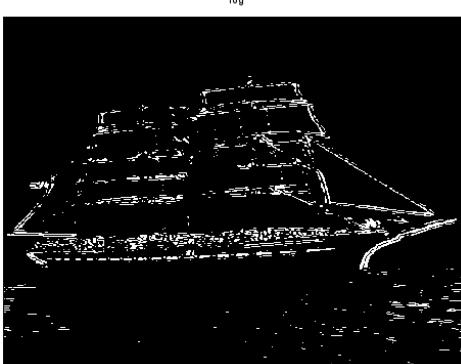
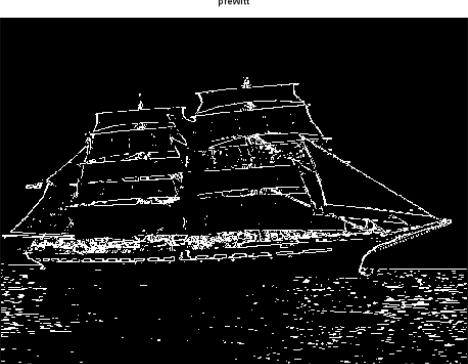
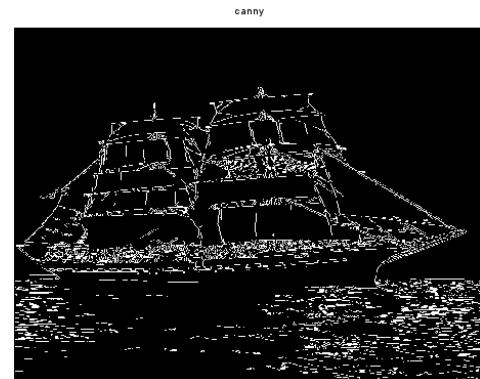
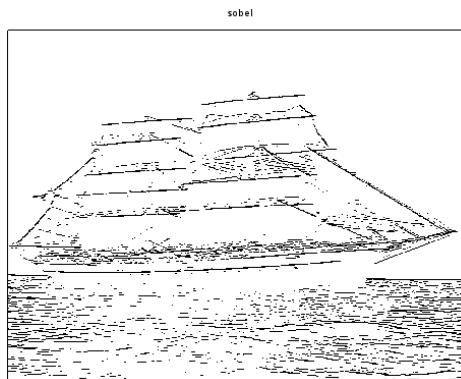


Traitement des images



Les principes de traitement d'une image

.detecteur de contours (Utilisation de Scilab)



Traitement des images L.A.B

Les principes de traitement d'une image

.detecteur de contours (Utilisation de Scilab)

