



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



L'INSTITUT
agro Dijon



TRAITEMENT D'IMAGES

Partie Introductive

Frédéric Cointault
Institut Agro Dijon
Responsable Equipe ATIP
UMR Agroécologie
26 Bd Dr Petitjean
21000 Dijon
+33 3 80 77 27 54

frederic.cointault@agrosupdijon.fr

L'INSTITUT NATIONAL D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT



0 - Préambule

I - Introduction

II - Définitions

III - Pré-traitement des images

IV - Segmentation image et contours

V - Hough et morphologie mathématique

VI – Analyse et Reconnaissance de formes

VII – Détection de mouvement

VIII – Introduction au Deep Learning

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

III – 1a Histogramme

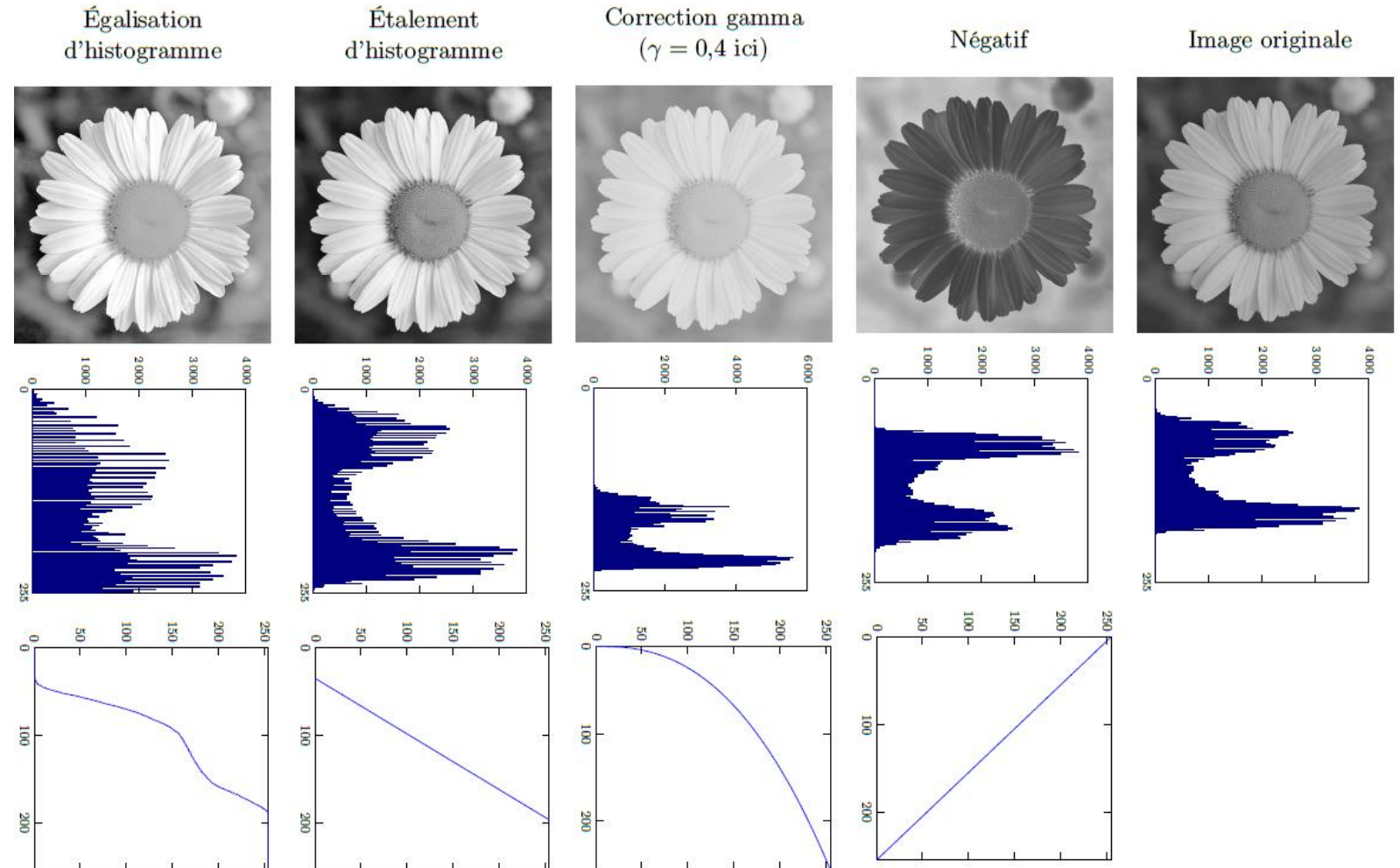
- L'histogramme peut être interprété comme la densité de probabilité discrète des intensités si les effectifs sont normalisés par le nombre de pixels $M \times N$:

$$p(i) = \frac{n_i}{M \times N}$$

- L'histogramme donne une information globale sur les intensités de l'image, mais perd l'information spatiale de l'image. Ainsi, deux images très différentes peuvent avoir le même histogramme
- Le nombre et la largeurs des barres (*bins*) est choisi par l'utilisateur.

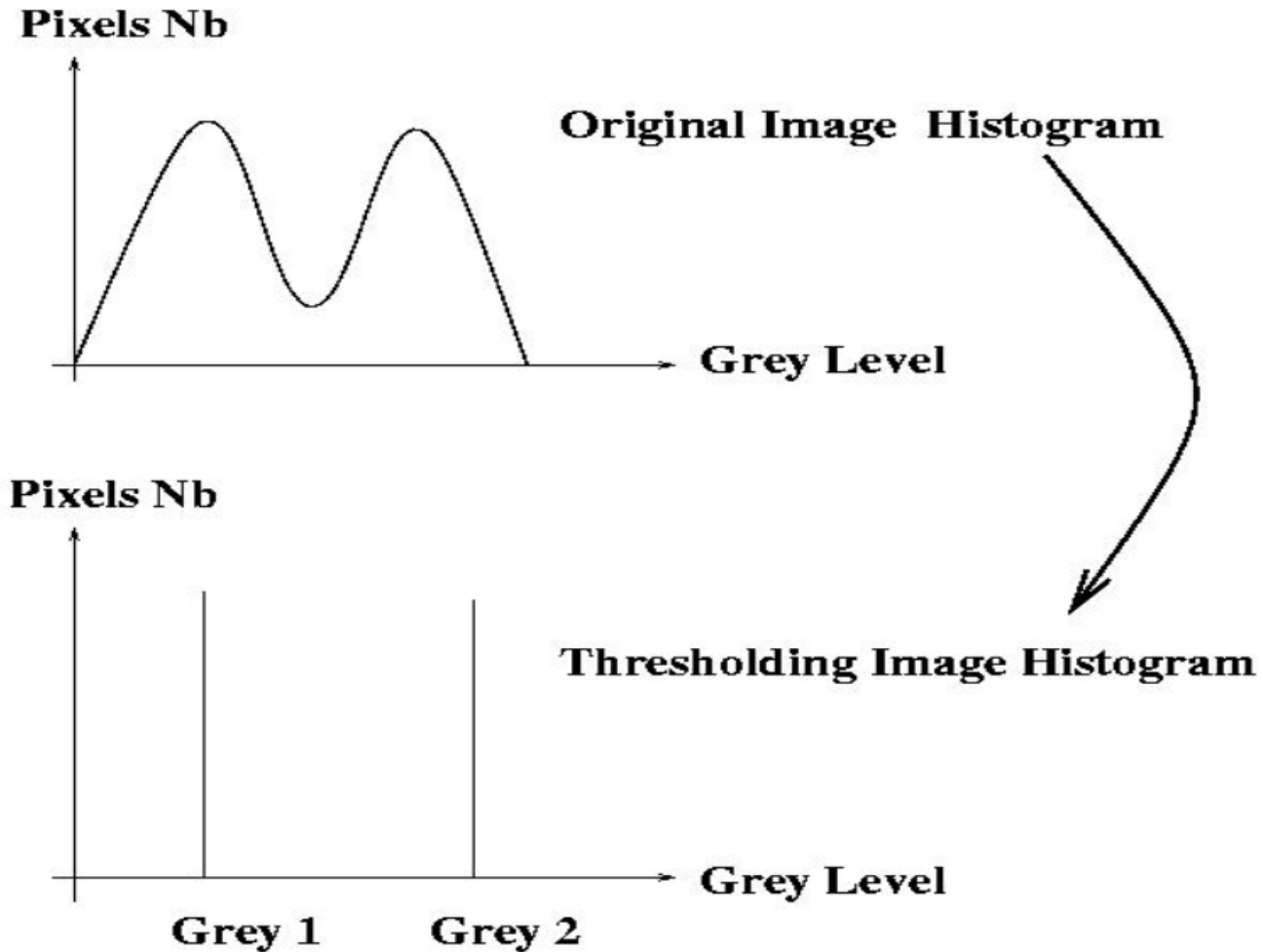
III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

III – 1a Histogramme : transformation d'intensité



III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

III – 1b Binarisation



III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Image originale



THRESHOLDING

Image binaire



III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Algorithme de Seuillage:

Exemple avec une image de 512x512 Pixels

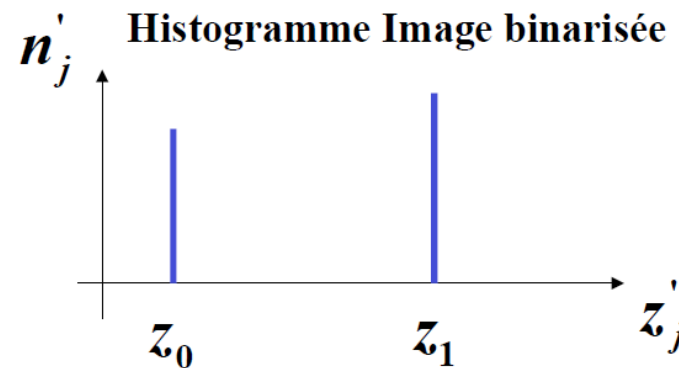
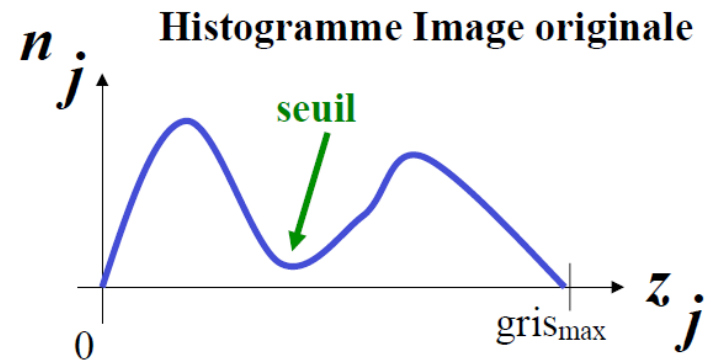
```
Pour y=0 à 511
  Pour x=0 à 511
    si  $f(x,y) < \text{seuil}$  alors  $f(x,y) = \text{Gris1}$ 
    sinon  $f(x,y) = \text{Gris2}$ 
  Fin x
Fin y
```

Cette méthode nécessite une analyse « manuelle » de l'Histogramme

Possibilité de calculer automatiquement les seuils pour des images

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Calcul automatique d'un seuil pour la binarisation d'images:



Moments Statistiques Image Originale

$$m_i = \frac{1}{N} \sum_x \sum_y f^i(x, y)$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{gris_{max}} n_j (z_j)^i$$

$$= \sum_{j=0}^{gris_{max}-1} P_j(z_j)^i$$

Avec:

m_i = moment d'ordre i

N = Nombre total de pixels de l'image

n_j = Nombre pixels ayant niveau gris z_j

$f(x,y)$ = Niveau gris du pixel (x,y)

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Moments Statistiques Image Binaire: 2 niveaux de gris z_0 et z_1

$$m'_i = \sum_{j=0}^1 P_j (z_j)^i$$

Principe de la conservation des moments statistiques: $\mathbf{m}_i = \mathbf{m}'_i$

$$m_0 = P_0(z_0)^0 + P_1(z_1)^0$$

$$m_1 = P_0(z_0)^1 + P_1(z_1)^1$$

$$m_2 = P_0(z_0)^2 + P_1(z_1)^2$$

$$m_3 = P_0(z_0)^3 + P_1(z_1)^3$$

\Rightarrow Systèmes de 4 équations non linéaires à 4 inconnues (P_0, P_1, z_0, z_1)

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

⇒ *Résolution du Système d'équations non linéaires:*

Introduction des coefficients C_0 et C_1
pour linéariser le système:

$$C_0 m_0 + C_1 m_1 = -m_2$$

$$C_0 m_1 + C_1 m_2 = -m_3$$

Equation de Newton:

$$C_0 + C_1 \cdot z + z^2 = 0 \quad \Longrightarrow \quad z_0, z_1 \quad \Longrightarrow \quad \text{seuil} = \frac{z_0 + z_1}{2}$$

Bilan:

- calcul de l'histogramme
- calcul de m_0, m_1, m_2, m_3
- déduction de C_0, C_1 puis de z_0 et z_1
- obtention du seuil

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

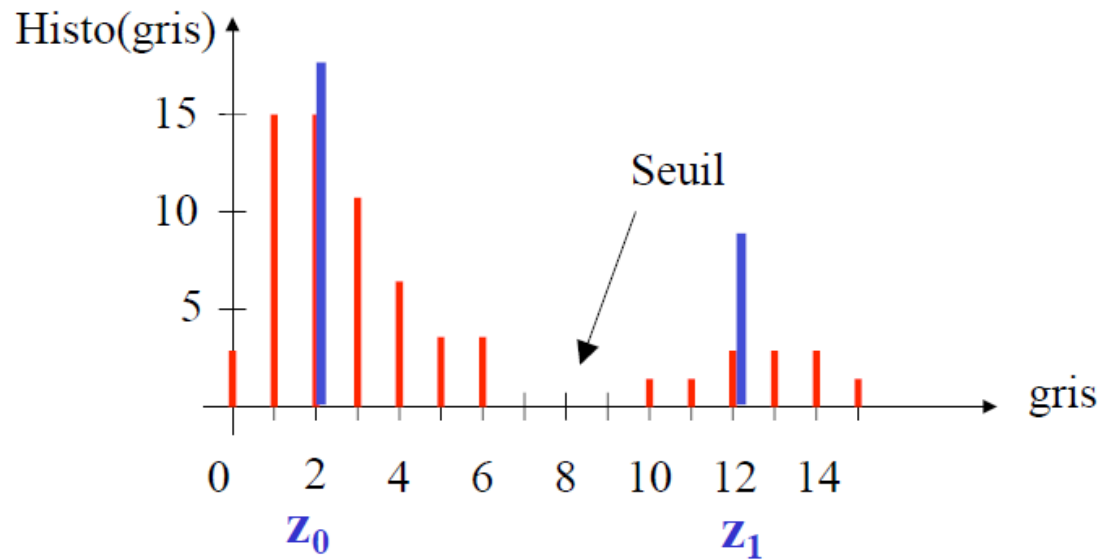
Exemple de calcul du Seuil pour une image de 8x8 pixels codés sur 4 bits:

0	0	1	3	5	3	2	2
1	1	2	4	6	4	3	2
1	1	2	4	6	5	3	2
1	1	2	12	13	14	3	2
1	1	2	13	14	15	3	3
1	1	2	12	10	11	2	3
1	1	2	4	6	5	3	2
1	1	2	3	4	4	3	2

Histogramme de l'Image:

gris	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Histo(gris)	2	15	15	11	6	3	3	0	0	0	1	1	2	2	2	1

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES



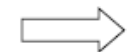
Calcul des moments:

$$\begin{aligned}m_0 &= 1 \\m_1 &= 3.89 \\m_2 &= 29.96 \\m_3 &= 326.3\end{aligned}$$

$$C_0 = 25.08 \text{ et } C_1 = -14.15$$



$$\begin{aligned}z_0 &= 2.078 \\z_1 &= 12.07\end{aligned}$$



Seuil = 7.07

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

III – 2 Egalisation d'histogramme

L'histogramme d'une image est rarement plat => entropie non maximale

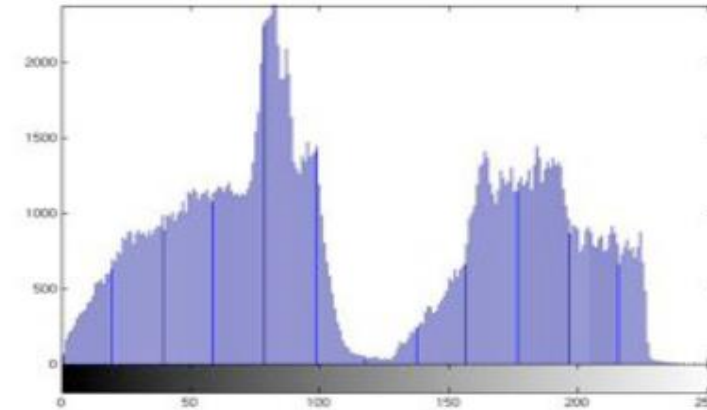
Egalisation => « aplatir » l'histogramme pour :

- 1/ améliorer le contraste
- 2/ augmenter artificiellement la clarté d'une image

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES



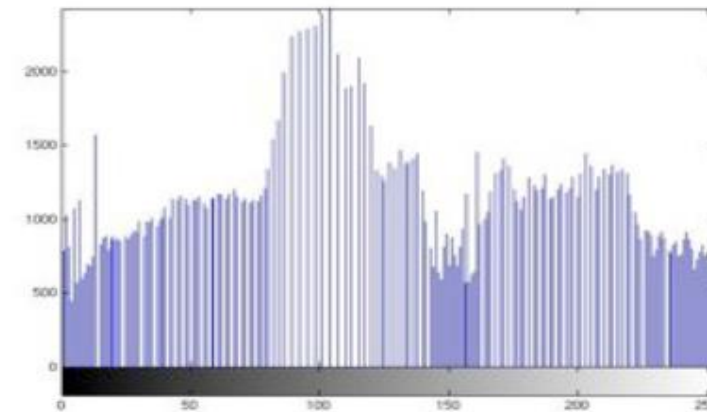
Original



Histogramme



Image égalisée



Histogramme égalisé

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Quelques rappels sur les probabilités:

Densité de Probabilité d'une VA continue : $p(\omega)$

Fonction de répartition d'une VA continue: $s(r) = \int_0^r p(\omega) d\omega$

Probabilité d'une VA discrète : $P(r_k) = \frac{N_k}{N}$ avec :

N_k le nombre de pixels ayant le niveau de gris r_k

N le nombre de pixels total de l'image

Fonction de répartition d'une VA discrète: $s(r_k) = \sum_{i=0}^k P(r_i)$

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Algorithme de l'Egalisation d'Histogramme:

Format de l'image: Y_{\max} lignes x X_{\max} colonnes avec k_{\max} niveaux de gris

Calcul de l'histogramme : $\text{histo}(\text{gris})$ (cf algorithme de calcul de l'histogramme)

$N_{\text{pixels}} = Y_{\max} \cdot X_{\max}$ et $S(0) = \text{histo}(0)$

Fonction de répartition

Pour $\text{gris} = 1$ à $k_{\max}-1$
 $S(\text{gris}) = S(\text{gris}-1) + \text{histo}(\text{gris})$
Fin gris

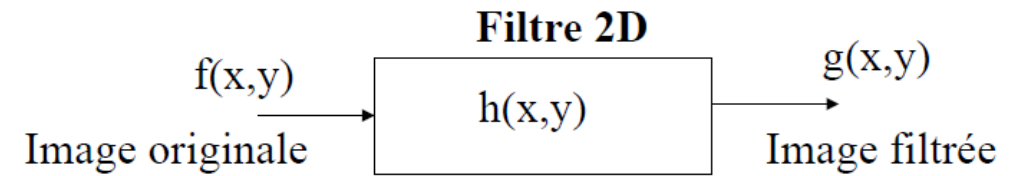
Table de transformation

S: Table de transformation (LookUp Table)

Pour $\text{gris} = 0$ à $k_{\max}-1$
 $S(\text{gris}) = (k_{\max}-1) \cdot S(\text{gris}) / N_{\text{pixels}}$
Fin gris

Pour $Y = 0$ à $Y_{\max}-1$
Pour $X = 0$ à $X_{\max}-1$
 $\text{gris} = f(x, y)$
 $\text{Nouveau_gris} = S(\text{gris})$
 $g(x, y) = \text{Nouveau_gris}$
Fin X
Fin Y

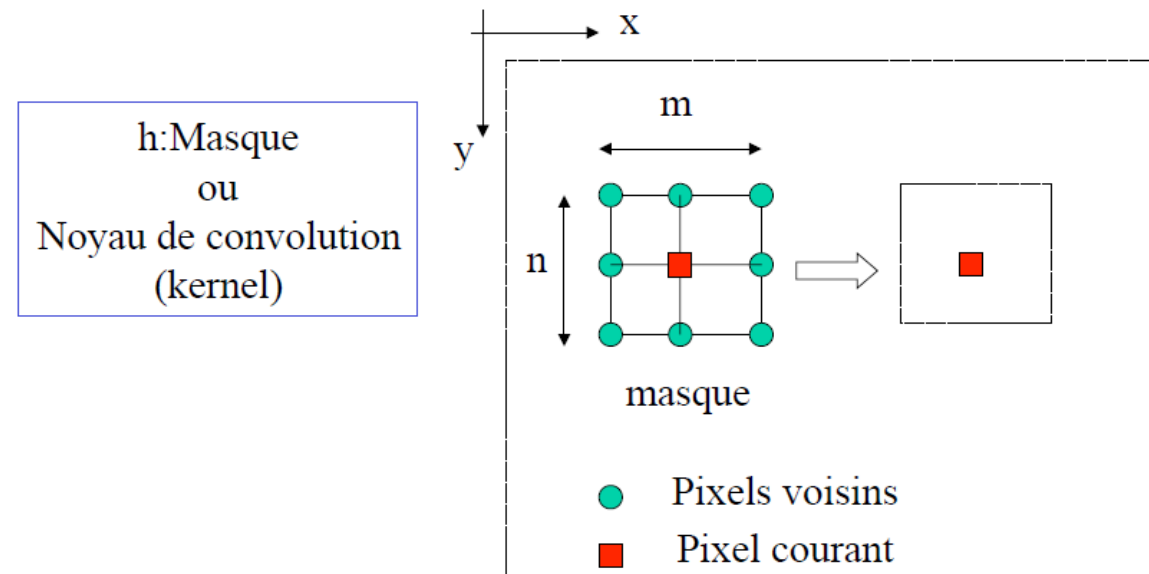
III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES



$$g(x,y) = \frac{1}{\sum_n \sum_m h(n,m)} \sum_n \sum_m h(n,m) \cdot f(y-n, x-m) = f(x,y) * h(x,y)$$

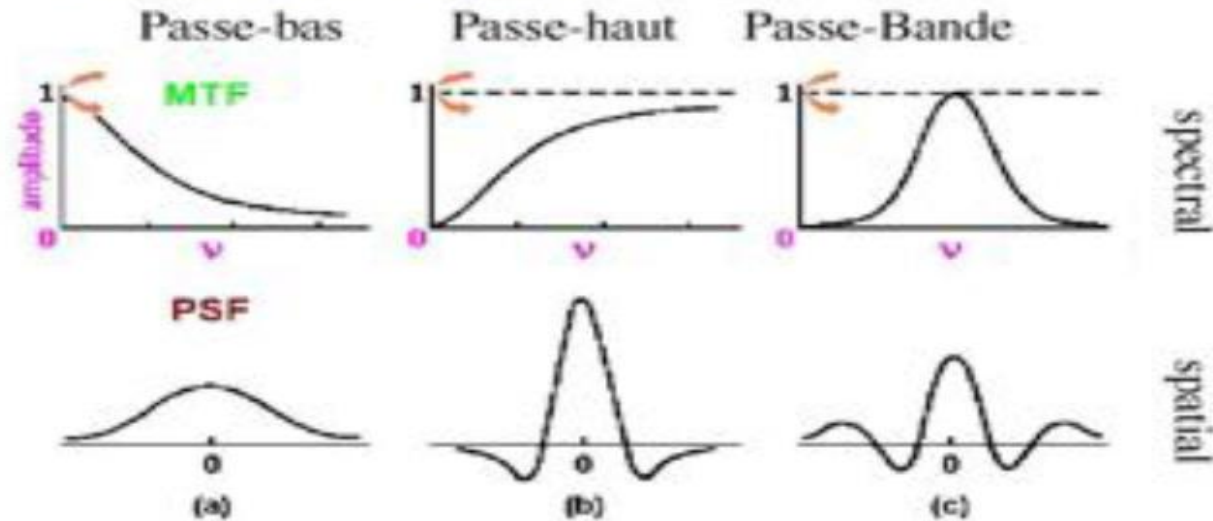
(avec * : produit de convolution 2D)

III – 3 Filtres numériques spatiaux



III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Trois Types de Filtrage



- **PSF** : Point Spread Function (ou Fonction d'Étalement Spectrale)
- **MTF** : Modulation Transfer Function (ou Fonction de Transfert)
- ▶ **Filtre Passe-bas** : diminue le bruit mais atténue les détails de l'image
- ▶ **Filtre Passe-haut** : accentue les contours et les détails de l'image mais amplifie le bruit
- ▶ **Filtre Passe-bande** : élimine certaines fréquences indésirables présentes dans l'image

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

- 4 Neighbouring - 3x3 SMOOTHING FILTER

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Position of the
Processed Pixel

- 8 Neighbouring - 3x3 SMOOTHING FILTER

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

- CONTRASTS INCREASING (8 Neighbouring)

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

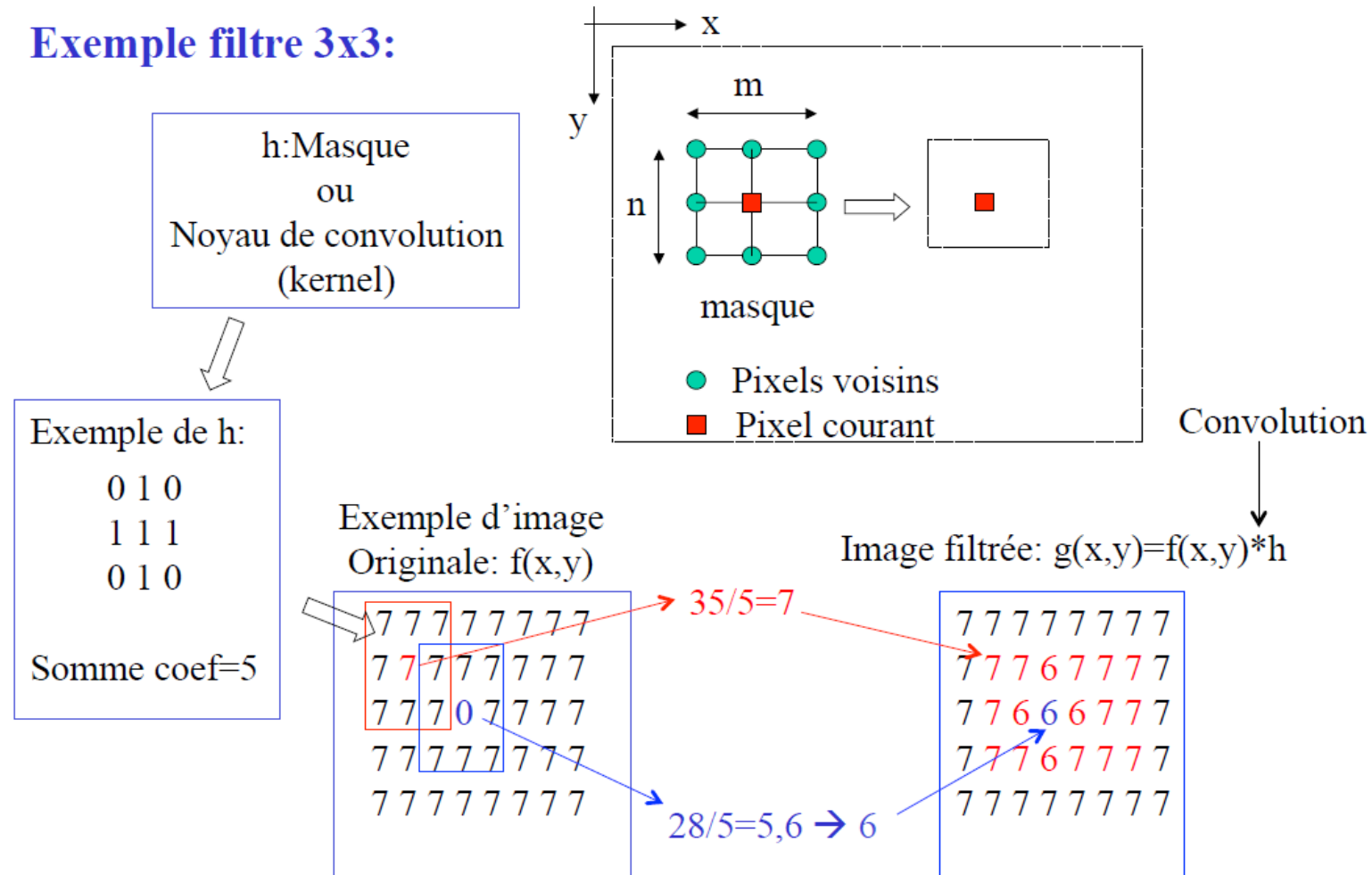


CONTRASTS INCREASING



III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Exemple filtre 3x3:

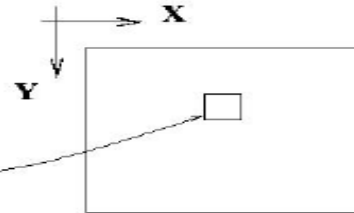


III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Image of 512x512 pixels coded with 8 bits (256 K Pixels)
($2^8 = 256$ Grey Levels)

3x3 Convolution Mask:

a	b	c
d	e	f
g	h	i



Spatial filter
algorithm



Input the 9 Coefficients of the 3x3 filter:

a,b,c,d,e,f,g,h,i

For Y= 0 to 511

--> Image Scanning

For X=0 to 511

$g(X,Y) = a.f(X-1,Y-1) + b.f(X,Y-1) + c.f(X+1,Y-1) +$
 $d.f(X-1,Y) + e.f(X,Y) + f.f(X+1,Y) +$
 $g.f(X-1,Y+1) + h.f(X,Y+1) + i.f(X+1,Y+1)$

End X

End Y



Calcul en temps réel :

Toutes ces opérations
en moins de 40ms !!

Total Computations:

- 256 K Readings
- 8x256 K Additions
- 9x256 K Multiplications
- 256 K Writings

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

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

Filtre 3 x 3

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

Filtre 5 x 5

**Exemple de filtre
moyenneur
passe-bas**



III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Coefficients obtenus par le binôme de Newton

Filtre 1D binomial d'ordre 4 \Rightarrow vecteur $v = 1/16 (1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1)$

Exemples de filtres binômiaux

Filtre 2D binomial d'ordre 4

$$\frac{1}{256} \cdot$$

1	4	6	4	1
4	16	24	16	4
6	24	36	24	6
4	16	24	16	4
1	4	6	4	1

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

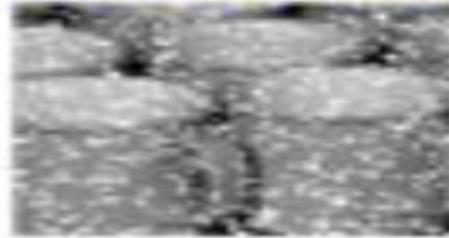
**Exemples de
filtres médians**



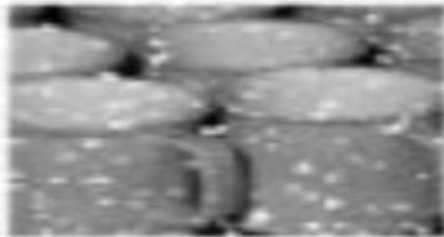
Image bruitée
« Poivre et
sel »

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

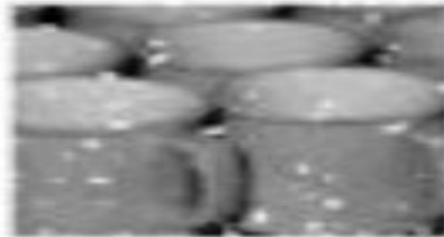
- Exemple de bruit P & S avec gros agrégats -



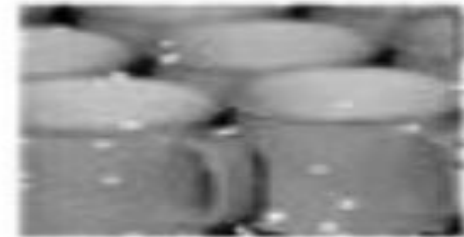
Large Noise



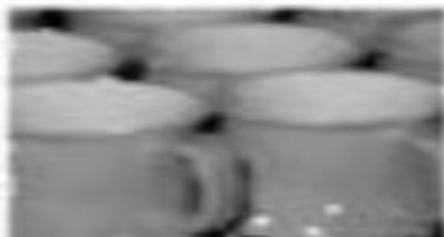
Median



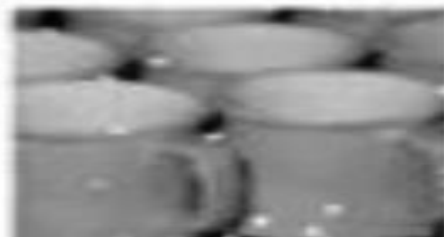
Median x 2



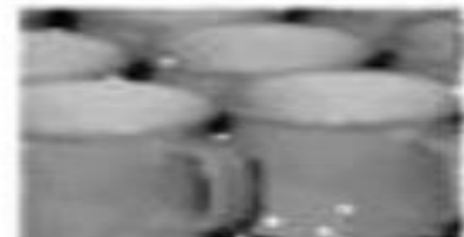
Median x 4



Median x 8



Median x 6



Median x 7

III – PRE-TRAITEMENT DES IMAGES

Problèmes sur les bords



Complétion avec des zéros



Périodisation



Reproduire le bord



Miroir