

1. Introduction

2. Qu'est ce que la vision ?

Vision Humaine vs Vision Artificielle

3. Éléments d'un système de visionique

L'éclairage : sources et positionnement

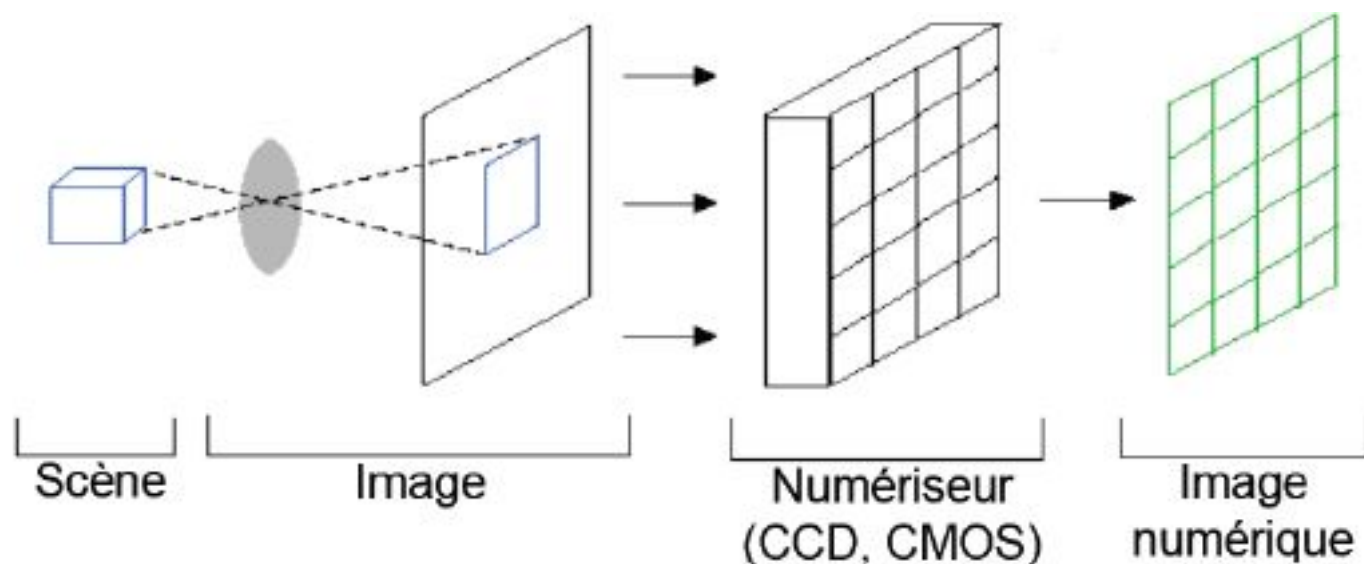
Le capteur : CCD et CMOS

4. Applications dans les IAA

5. Analyse et traitement des images

Les bases de l'image

Quelques approches du traitement d'images

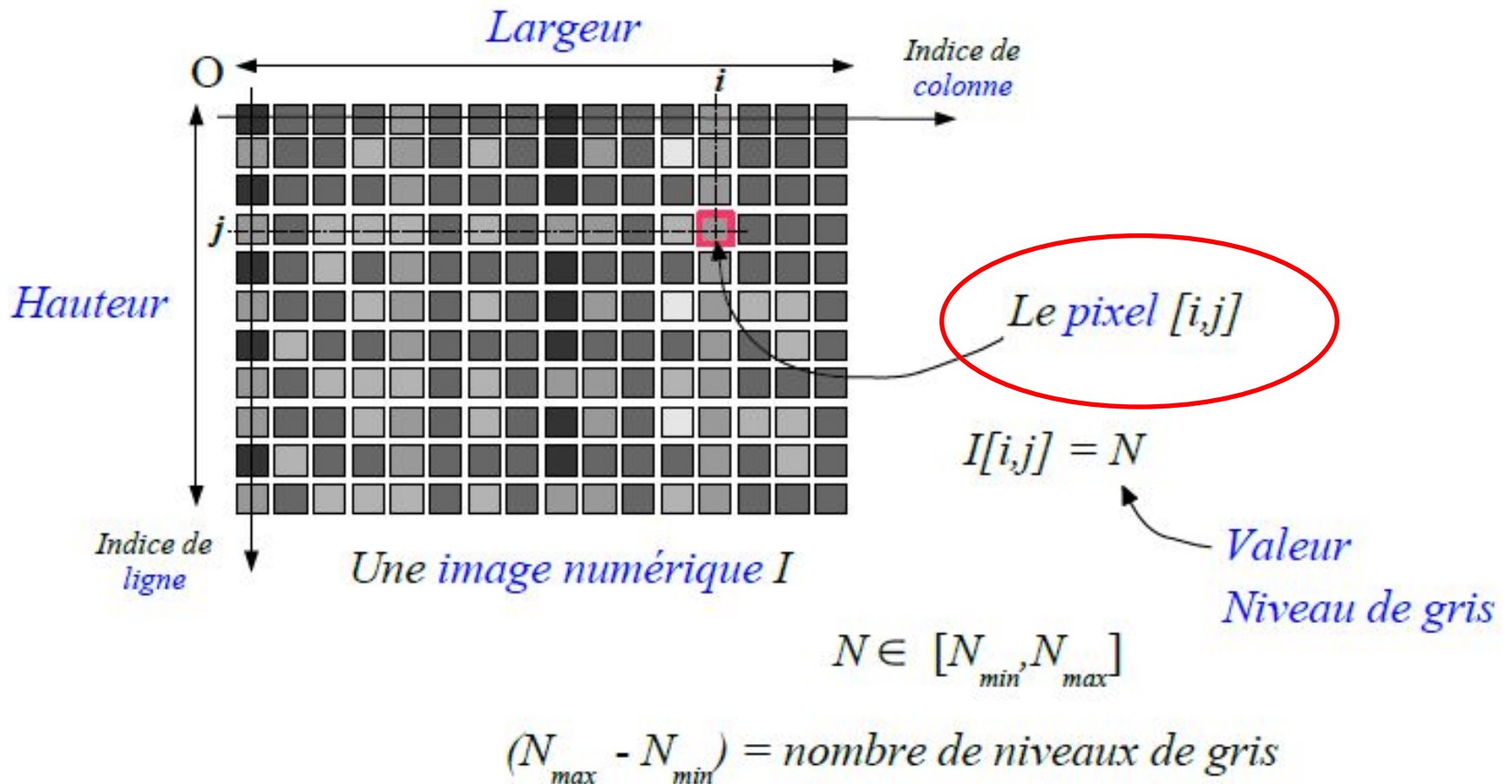


Numérisation = échantillonnage (nombre fini de points)
+
quantification (nombre fini de nuances)

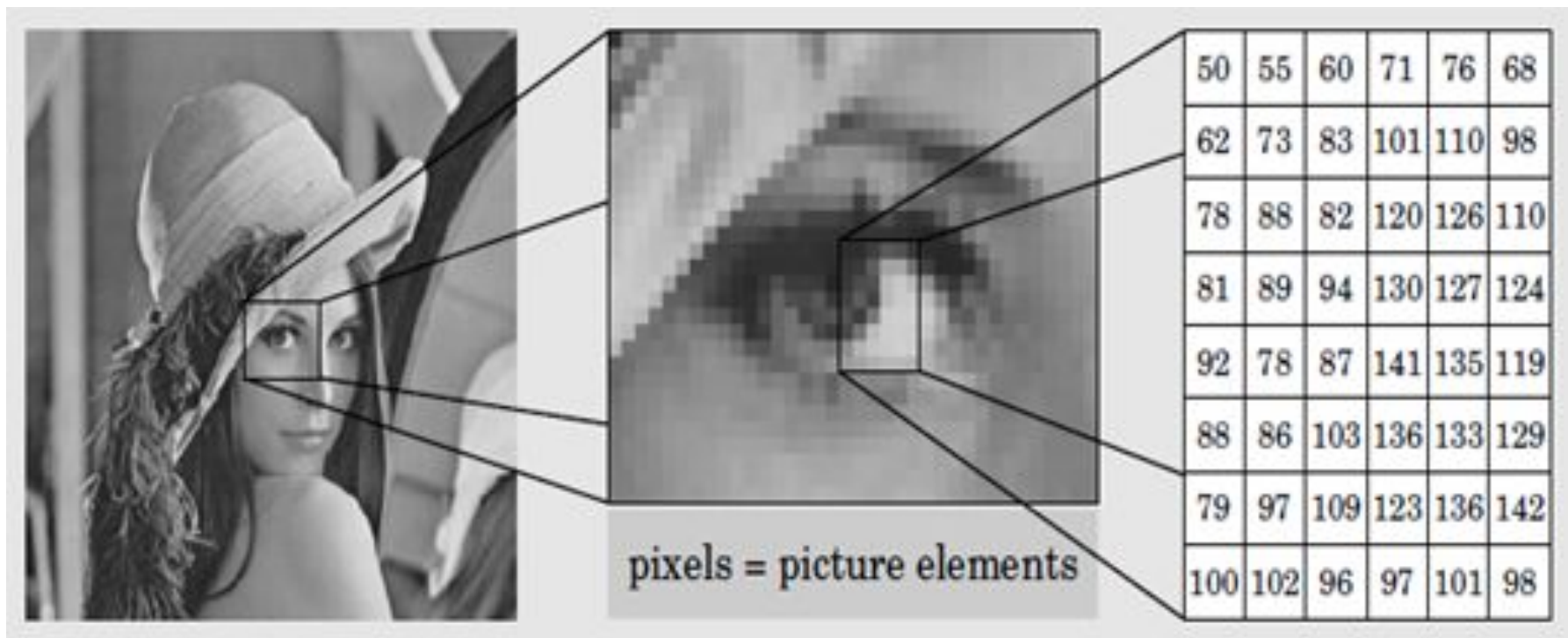
Numérisation



👉 Image numérique = tableau bidimensionnel de valeurs



☞ Exemple à 1 composante :



☞ Résolution d'une image (résolution spatiale) = nombre de pixel par unité de longueur (en pixel.m⁻¹ ou pixel.inch⁻¹) :



256 x 256



128 x 128



64 x 64



32 x 32

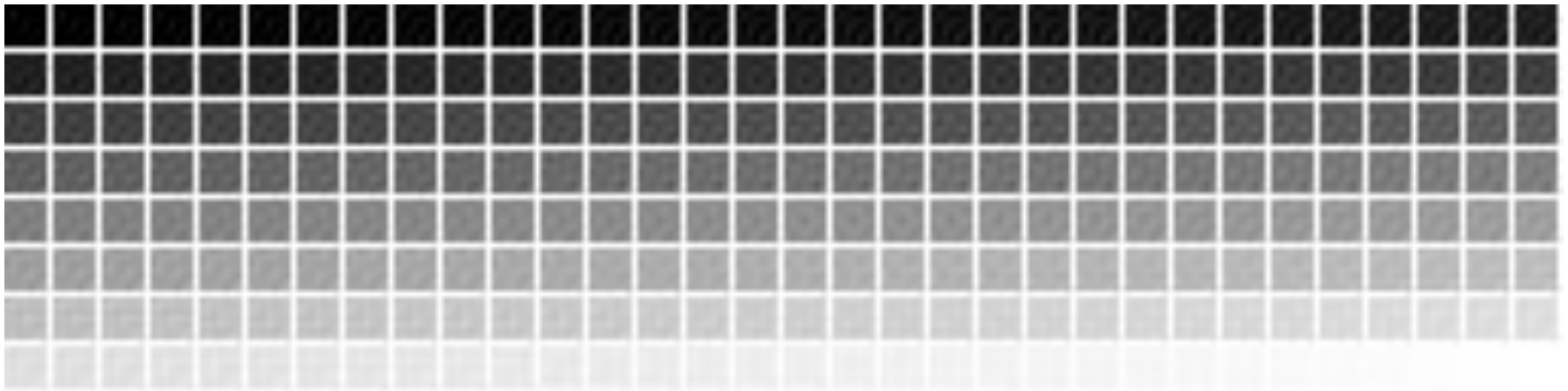


16 x 16



8 x 8

☞ Quantification d'une image (résolution tonale) :



256 valeurs □ 8 bits

☞ Effet de la quantification (résolution tonale)...



256 niveaux



64 niveaux



16 niveaux



8 niveaux

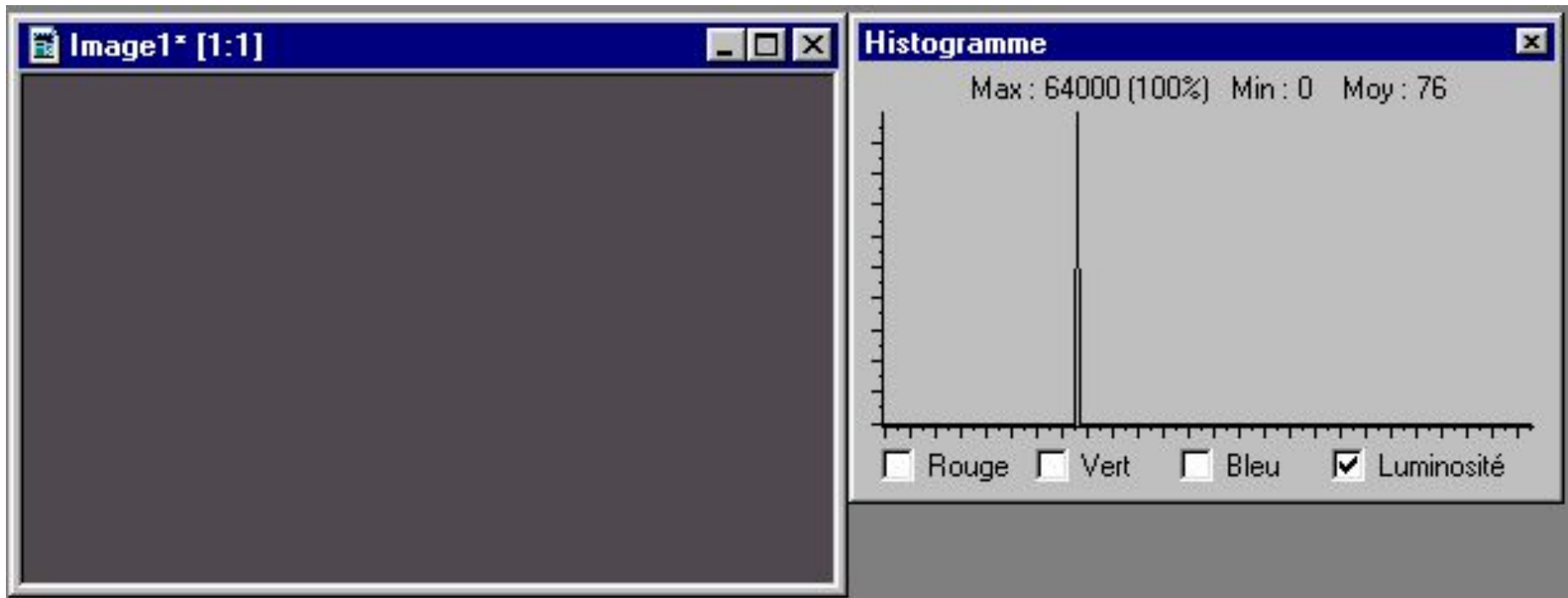


4 niveaux

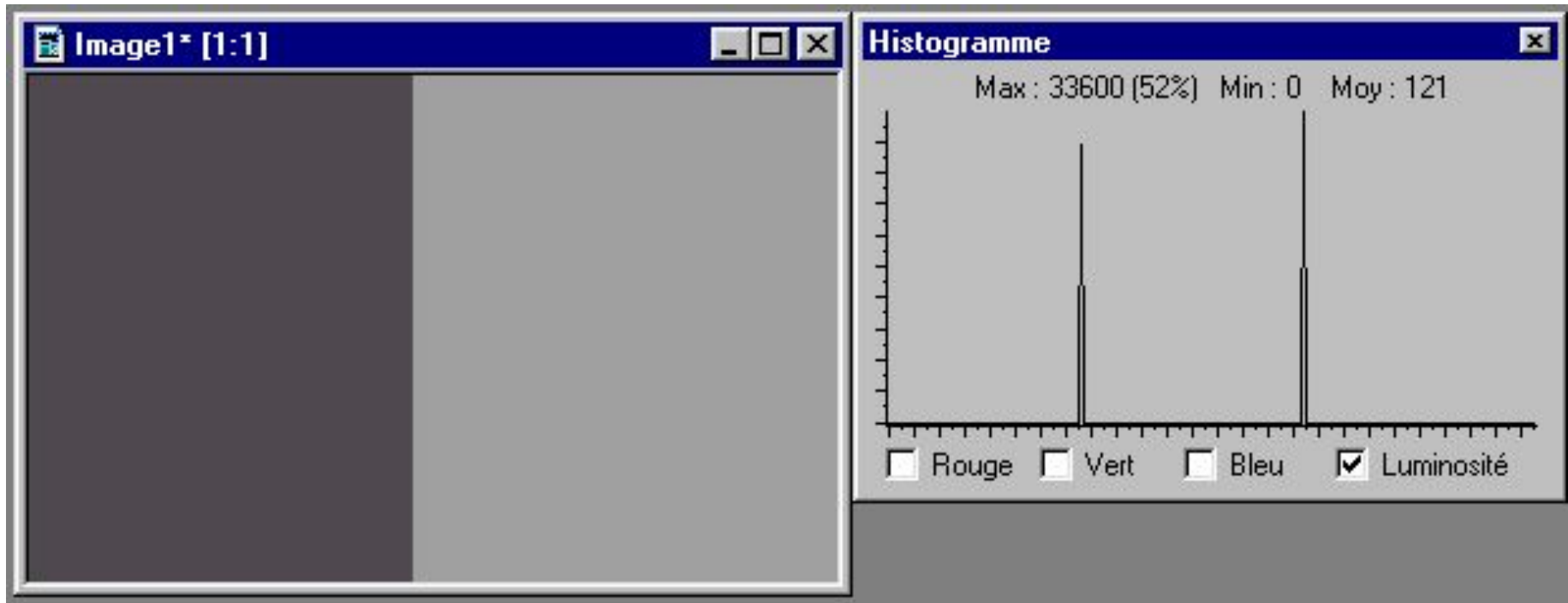


2 niveaux

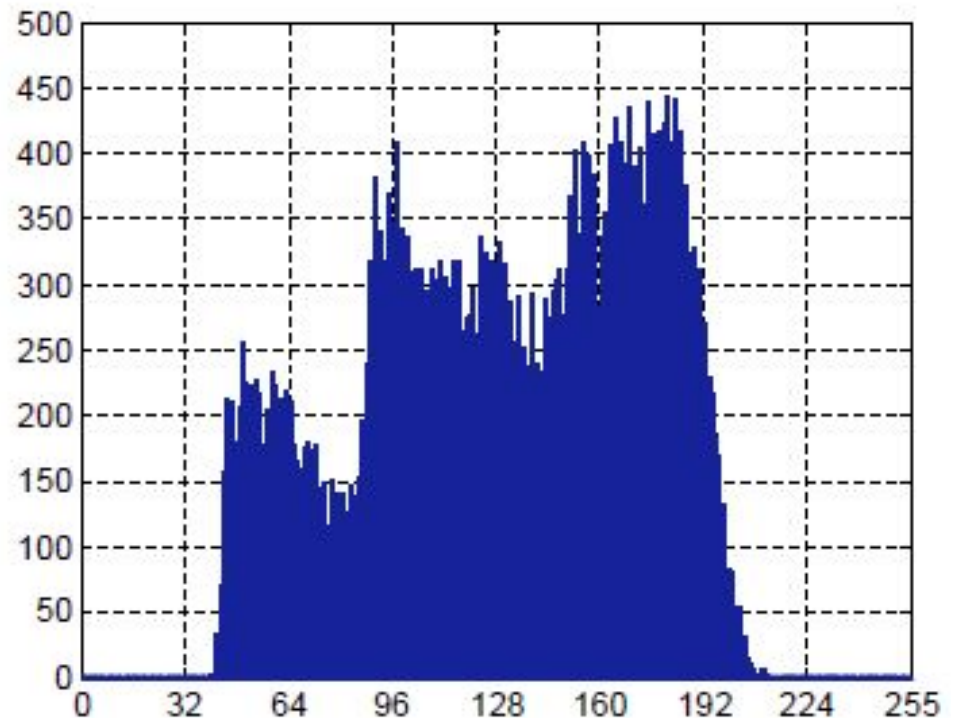
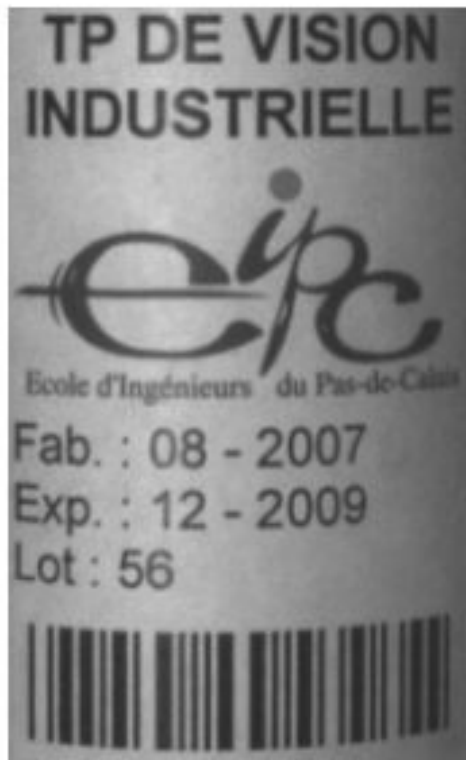
- ☞ Représentation statistique de l'image = répartition des pixels en fonction de leur niveau de gris



- ➔ Représentation statistique de l'image = répartition des pixels en fonction de leur niveau de gris



➔ Représentation statistique de l'image = répartition des pixels en fonction de leur niveau de gris



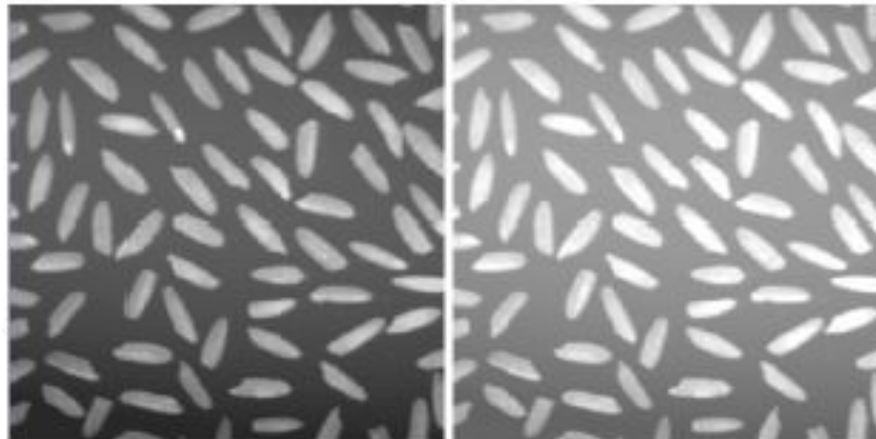
- Représentation statistique de l'image = répartition des pixels en fonction de leur niveau de gris



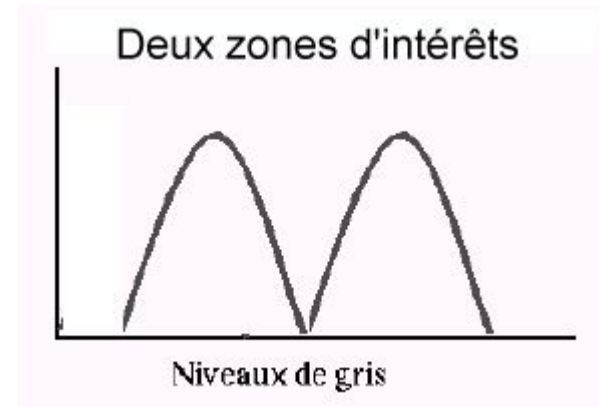
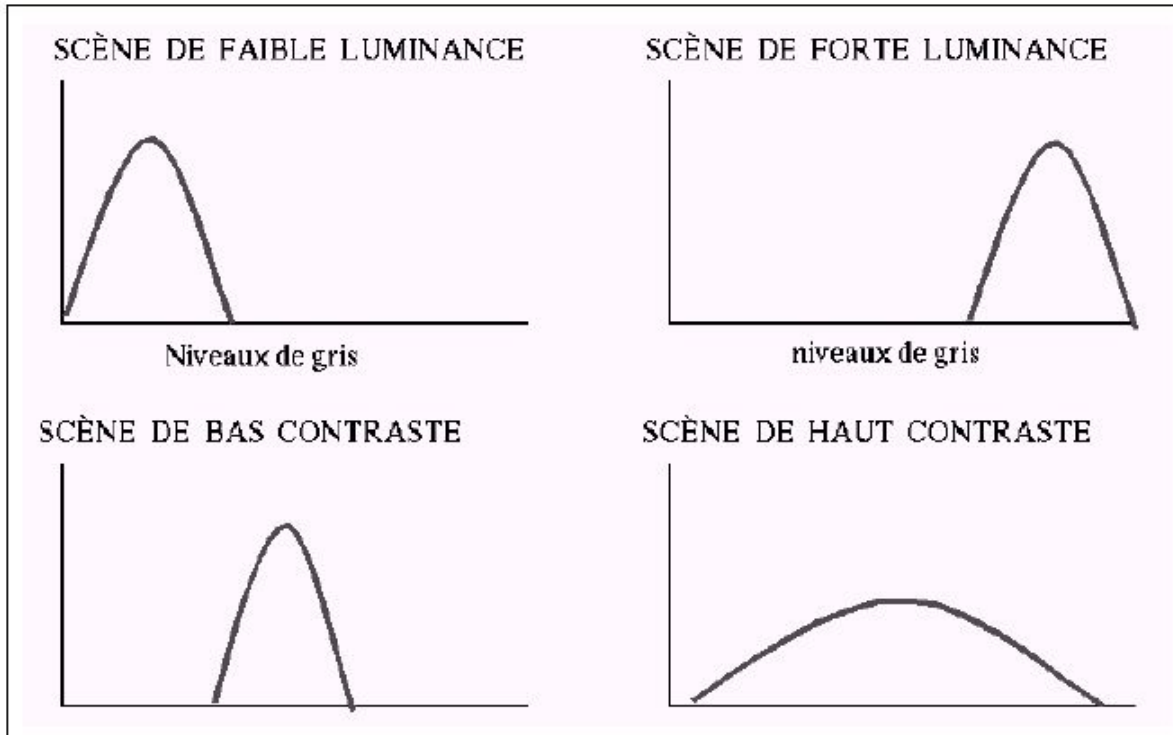
Luminance ou brillance d'une image

- ▶ La luminance (ou brillance) est définie comme la moyenne de tous les pixels de l'image.

- ▶ Dans les deux images suivantes, seule la luminance est différente

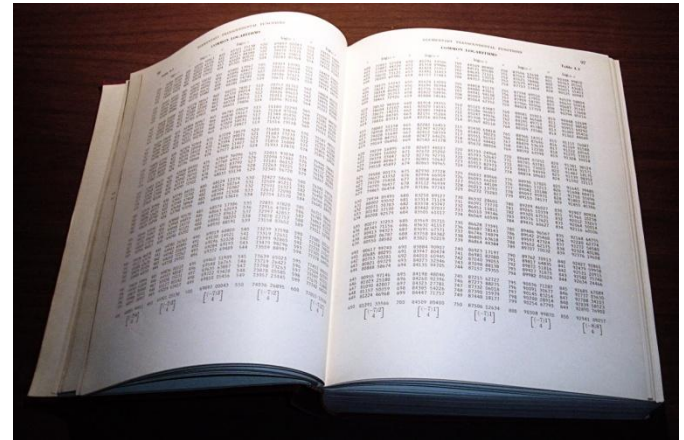


☞ **En résumé** : (histogramme = approche statistique)



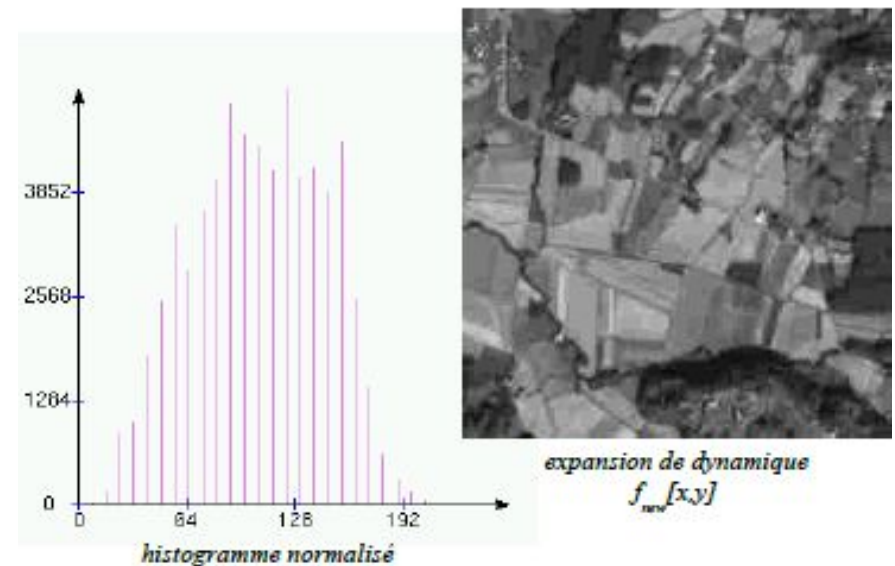
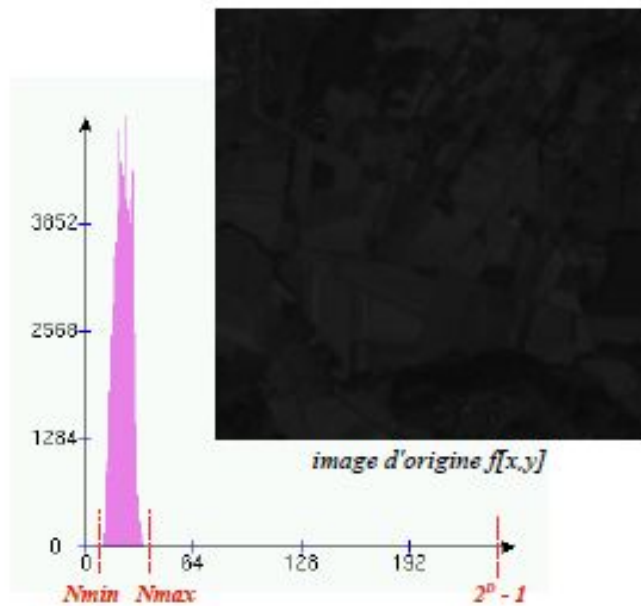
1) Point par point □ basé sur l'histogramme

Opérations ponctuelles sur
l'image qui transforment les
niveaux de gris des pixels



☞ LUT (Look Up Table)

La *normalisation d'histogramme*, ou *expansion de dynamique*, est une *transformation affine* du niveau de gris des pixels de telle sorte que l'image utilise *toute la dynamique* de représentation.

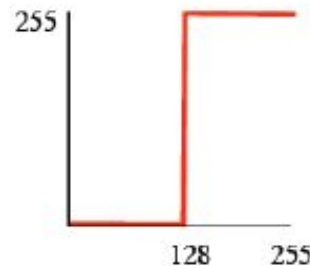
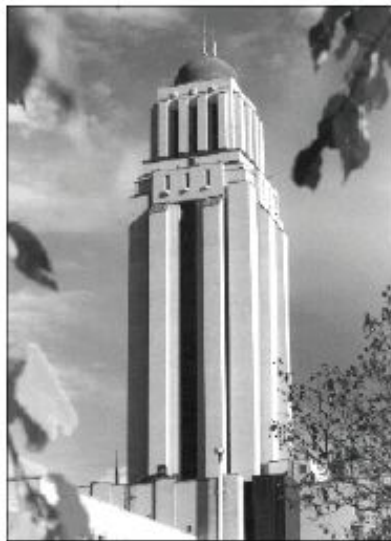


$$N_{max} - N_{min} = 50$$



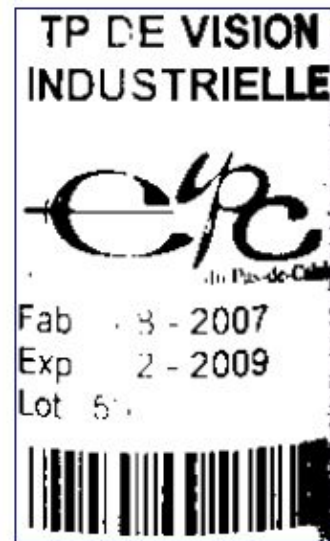
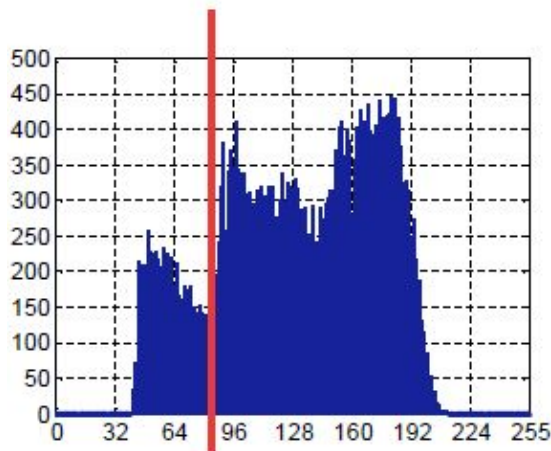
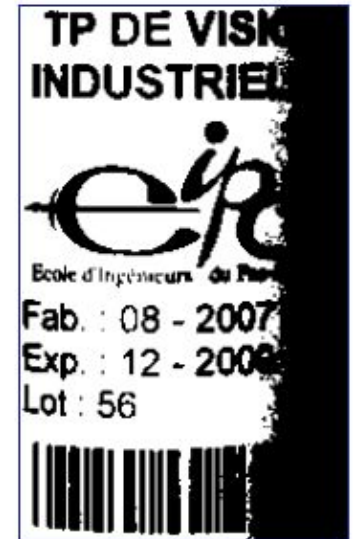
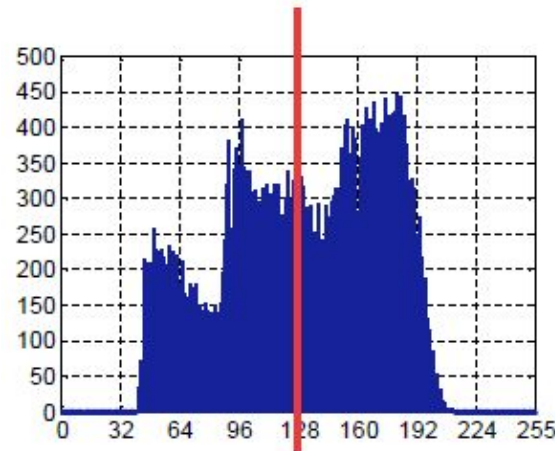
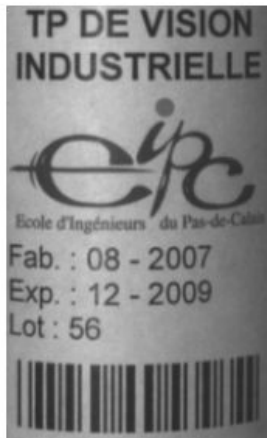
Amélioration du contraste

- Binarisation : cette opération a pour but de séparer en deux classes les pixels de l'image à l'aide d'un seuil. Lorsque plusieurs seuils sont utilisés, plusieurs classes de pixels sont créées et on parle de seuillage.

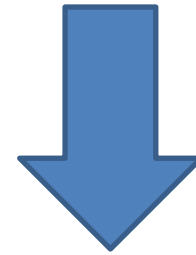


$$\begin{aligned}
 I'(i,j) &= 255 && \text{si } I(i,j) > \text{Seuil} \\
 I'(i,j) &= 0 && \text{sinon}
 \end{aligned}$$

Influence du seuil :



Limitations des operations point par point ?



☞ ☞ Il s'agit de calculer la valeur d'un pixel en fonction du ou des pixels qui l'entoure.

☞ **Différents filtrages :**

- ☐ Les **filtrages linéaires**
- ☐ Le **filtrage médian** utilisant un filtre d'ordre non linéaire
- ☐ Le **filtrage morphologique** modifiant les formes dans l'image à l'aide d'éléments structurants

☞ *Ils donnent une nouvelle image mais ne donnent aucune information sur son contenu...*

Grandes catégories de filtres

- *Passe bas*
- *Passe haut*

☛ **Filtre passe-bas** → atténue le bruit et les détails

Il correspond à l'estimation d'une moyenne (pondérée ou non) dans le voisinage de chaque pixel

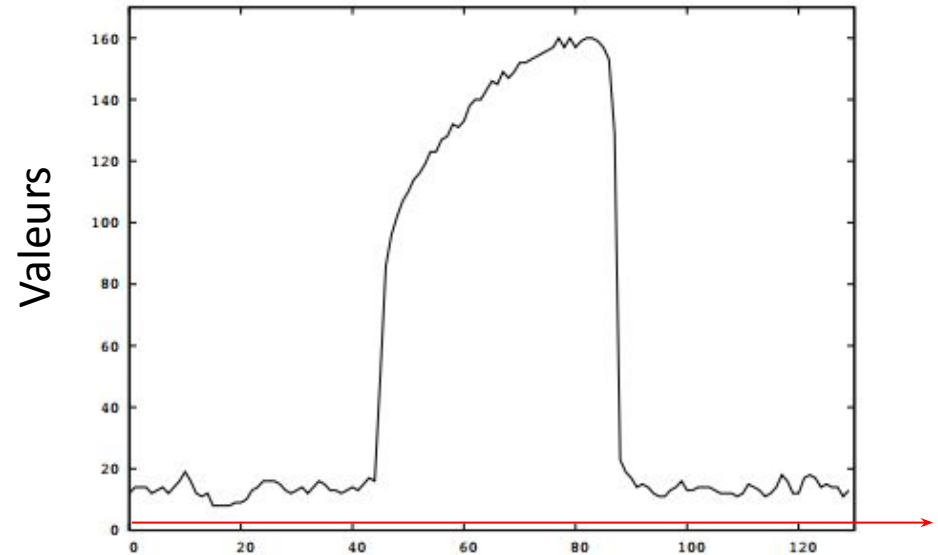
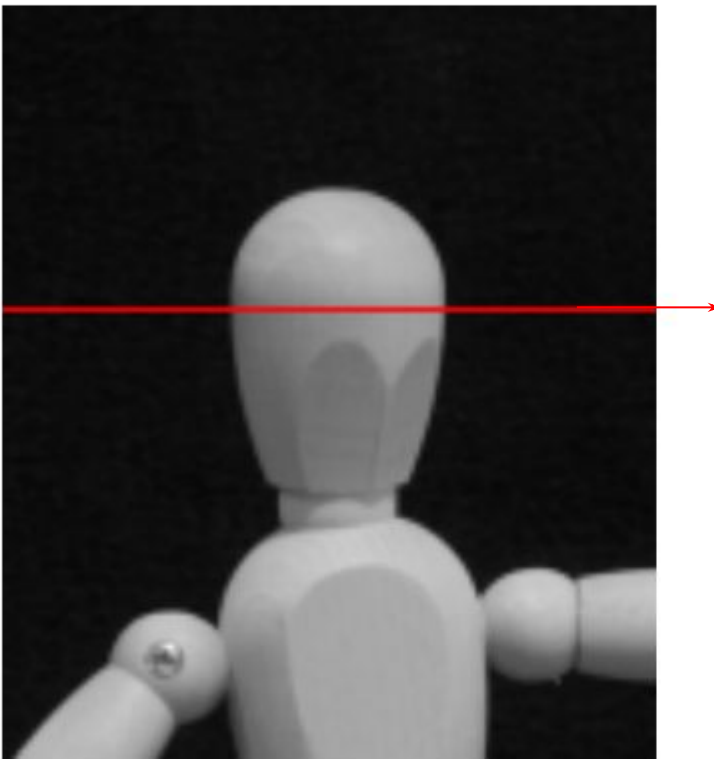


☛ **Filtre passe-haut** → accentue les détails et les contours

Il correspond à l'approximation de dérivées premières ou secondes



filtre passe-haut: bords



Différents filtrages :

- Les filtrages linéaires basés sur la convolution
- Le filtrage médian utilisant un filtre d'ordre non linéaire □ median
- Le filtrage morphologique modifiant les formes dans l'image à l'aide d'
éléments structurants

• Bruit

- Bruit lié au contexte de l'acquisition
 - ♦ Bougé, dérive lumineuse, flou, poussière, ...
- Bruit lié au capteur
 - ♦ distorsion de la gamme des niveaux de gris, distorsion géométrique, mauvaise mise au point, ...
- Bruit lié à la numérisation
 - ♦ Codage, quantification, échantillonnage (moiré, effet poivre et sel), ...



Image source



Flou de bougé



Bruit uniforme (gaussien)



Bruit aléatoire (impulsionnelle)

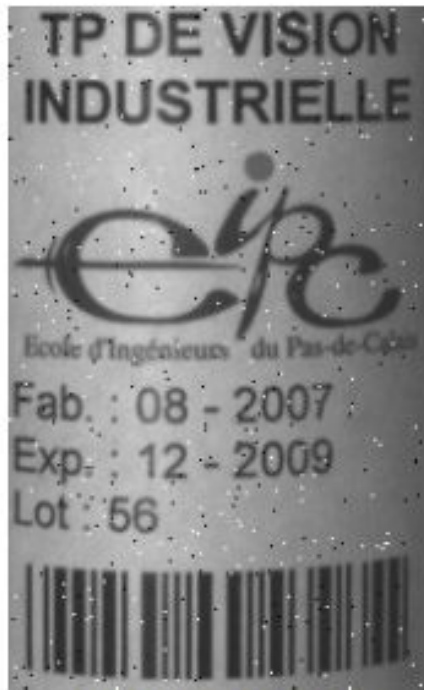


Image bruitée



Filtrage médian



Filtrage moyennneur

Différents filtrages :

- Les filtrages linéaires basés sur la convolution
- Le filtrage médian utilisant un filtre d'ordre non linéaire
- Le filtrage morphologique modifiant les formes dans l'image à l'aide d'
éléments structurants

- Modification d'un ensemble géométrique
- Application d'un élément de morphologie de géométrie connue appelé élément structurant centré en chaque pixel
- Opérateur de la théorie des ensembles : union, intersection, inclusion, exclusion, complémentation de l'élément...
- Opérateur min et max pour les images binaires :
 - ◆ Convention : les pixels en blanc (état logique 1) représentent les formes et les pixels en noir (état logique 0) représentent le fond.

Erosion

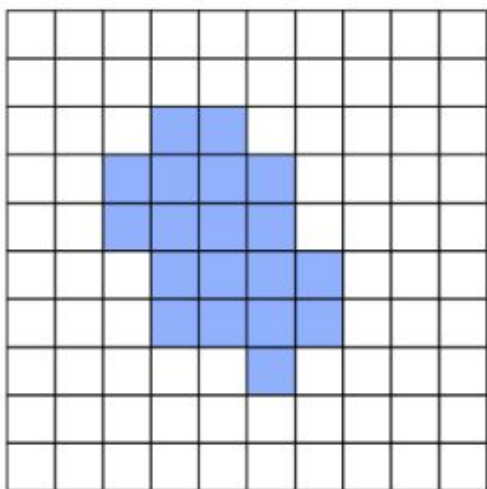
Dilatation

Ouverture

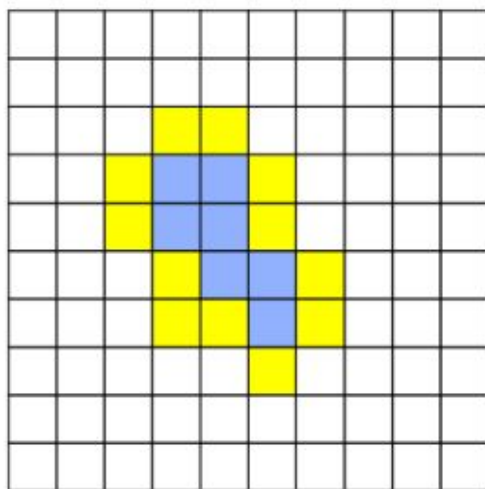
Fermeture

IMAGES N/B
Objects

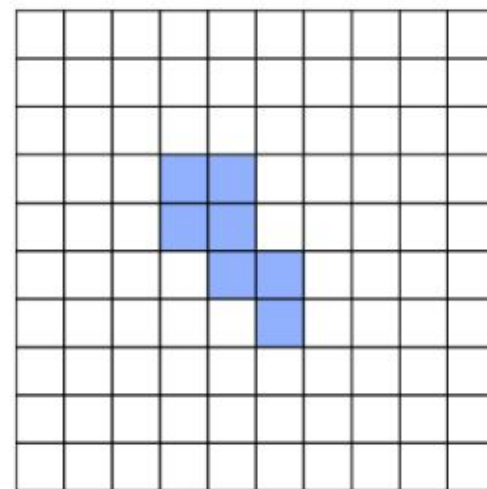
Erosion



(a)

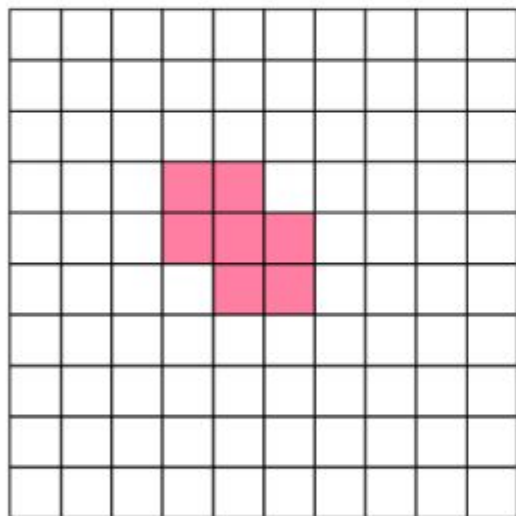


(b)

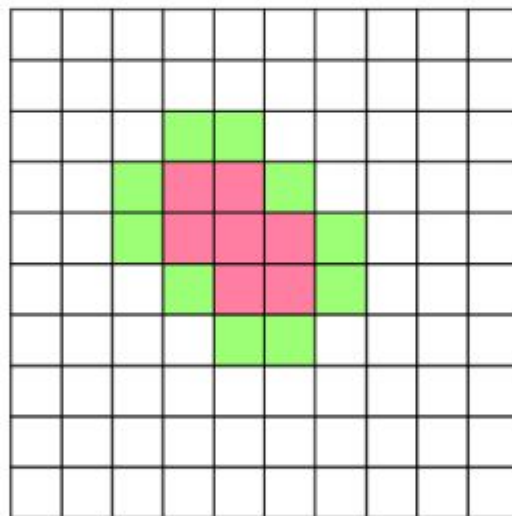


(c)

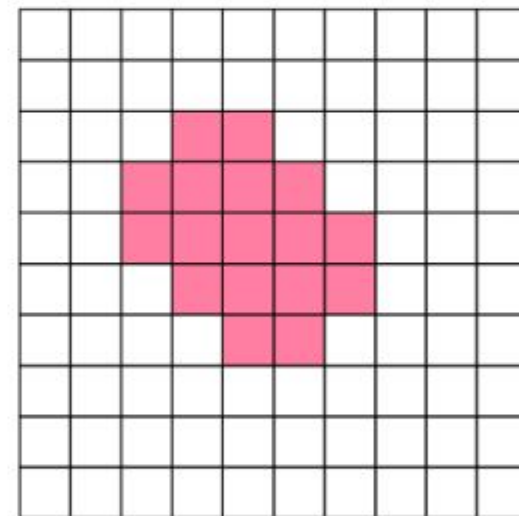
Dilatation



(a)



(b)



(c)

■ Ouverture

- ◆ C'est une érosion suivie d'une dilatation
- ◆ Cette opération permet de supprimer les éléments de petites tailles comme le bruit tout en conservant la taille des formes

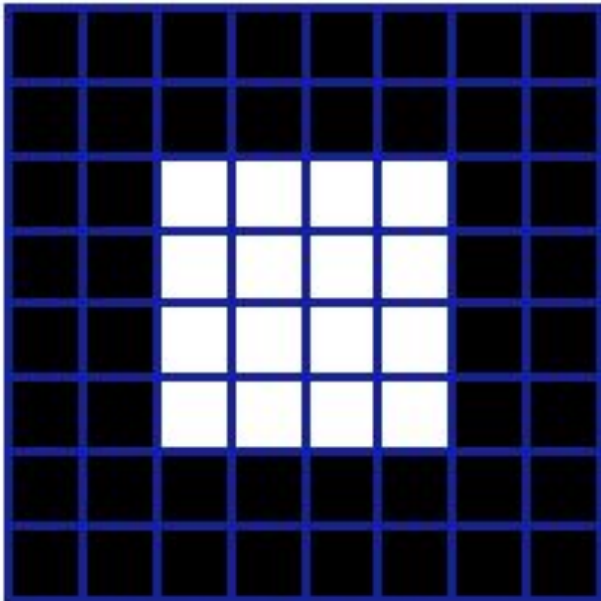
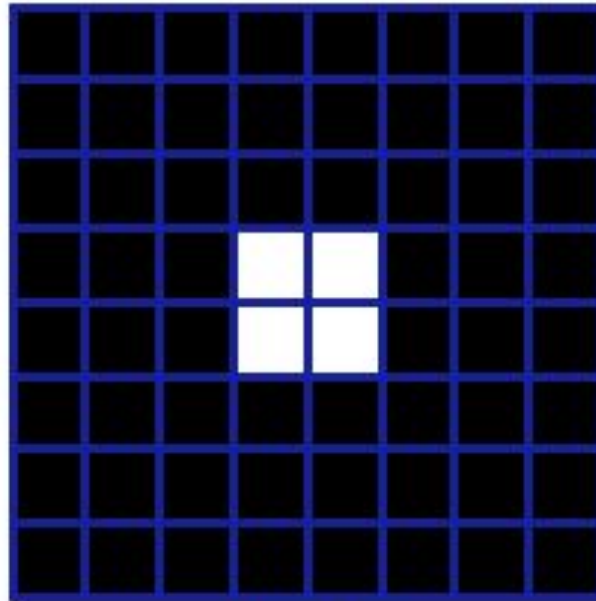
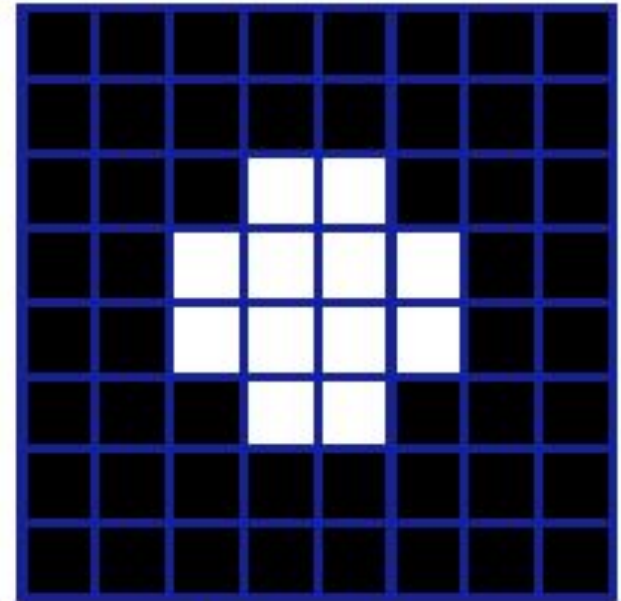


Image binaire



Erosion



Dilatation

■ Fermeture

- ◆ C'est une dilatation suivie d'une érosion
- ◆ Cette opération permet de supprimer les « trous » de petites tailles tout en conservant la taille des formes

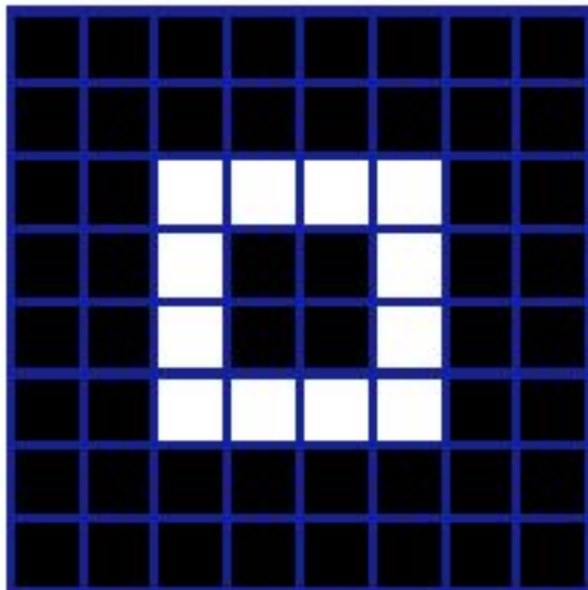
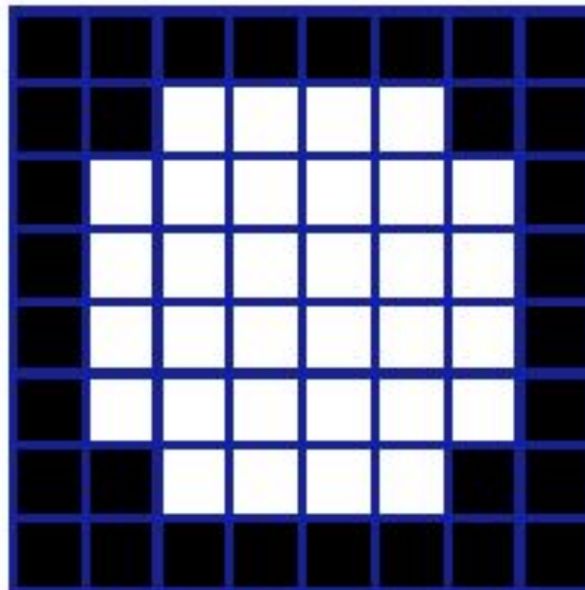
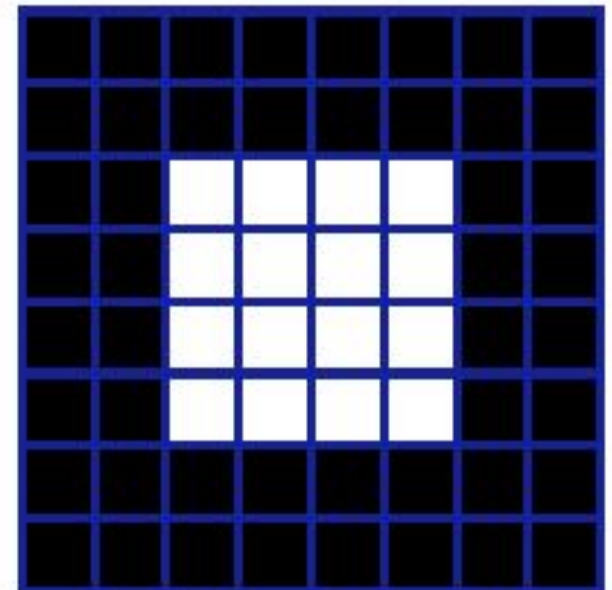


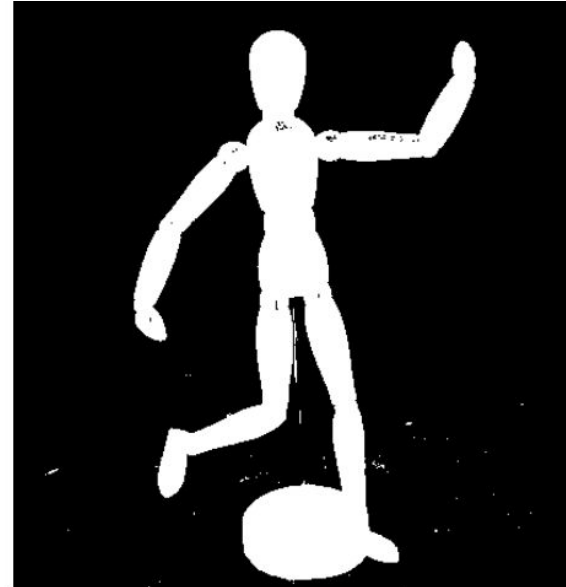
Image binaire



Dilatation

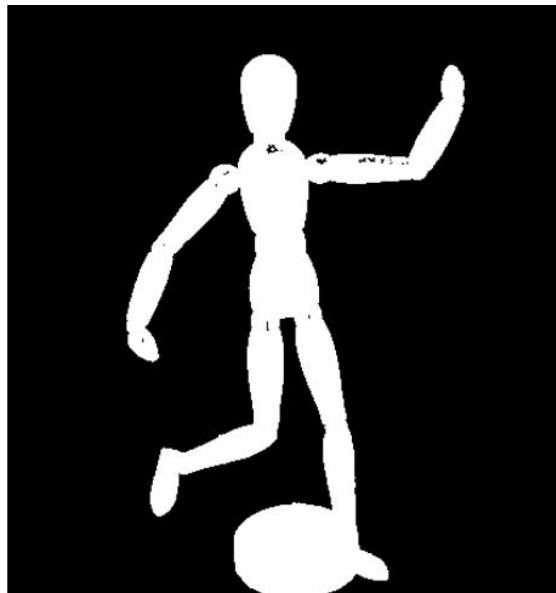


Erosion



1. seuil

2. Aperture

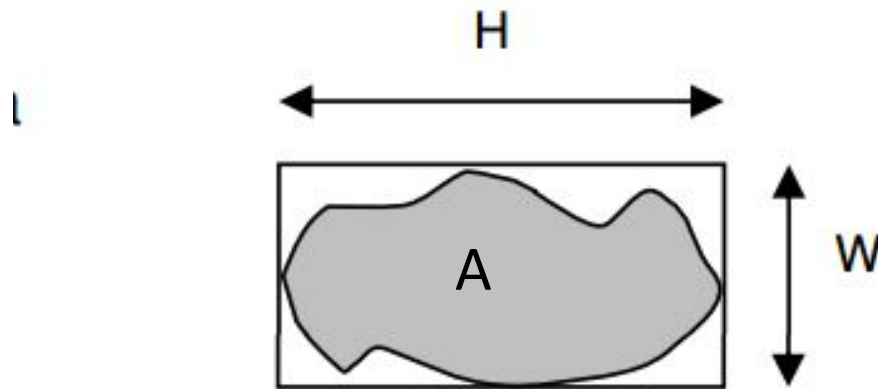


3. Fermeture

☞ Ces filtres donnent une nouvelle image mais ne donnent aucune information sur son contenu...

Paramètres de forme permettent de caractériser la morphologie des particules.

EXEMPLE 1.

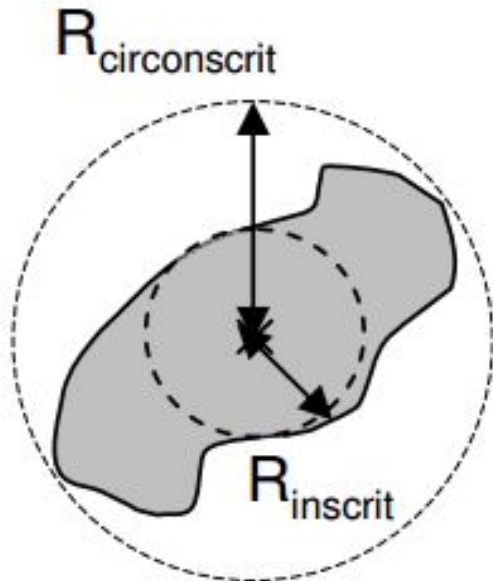


$$\text{Facteur de Compacité} = \frac{A}{W \times H}$$

Longueurs caractéristiques du plus petit rectangle contenant la particule

Paramètres de forme permettent de caractériser la morphologie des particules.

EXEMPLE 2.



$$\text{Sphéricité} = \frac{R_{\text{inscrit}}}{R_{\text{circonscrit}}}$$

où $R_{\text{circonscrit}}$ est le rayon du cercle circonscrit
et R_{inscrit} est le rayon du cercle inscrit

Représentation des rayons inscrit
et circonscrit

But du TP : analyse d'images afin de distinguer automatiquement les classes d'objets qui composent l'image.

NB: Cette application pourrait intéresser une société de fabrication de gâteaux apéritifs afin de contrôler les proportions d'un mélange défilant sur un tapis roulant...



But du TP : analyse d'images afin de distinguer automatiquement les classes d'objets qui composent l'image.

Comment procéderiez-vous ?!

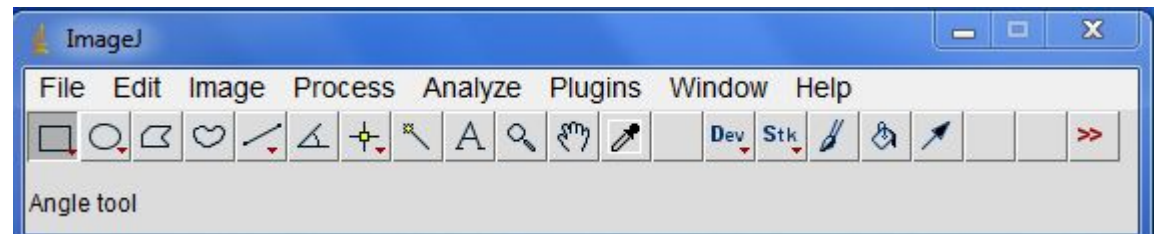


But du TP : analyse d'images afin de distinguer automatiquement les classes d'objets qui composent l'image.

Utilisation d'un logiciel de

traitement d'images :

ImageJ...



Informations complémentaires

☞ Quantification d'une image :

Valeurs numériques

chaque valeur d'une composante de la fonction image est représentée par un **mot binaire**, codé sur un nombre fini de bits.
pour un mot de m bits, la valeur varie entre 0 et 2^m-1 .
exemple : sur 8 bits, composantes entre 0 et 255.

Taille des données image

dimensions du support : N_x pixels sur N_y lignes.
nombre de composantes : n , nombre de bits de quantification : m
→ taille en bits = $N_x \cdot N_y \cdot n \cdot m$

Exemples:

image monochrome binaire 256x256 : 65.536 bits = 8 Ko

image spot 2048x2048, 4 canaux, 12 bits : 201.326.592 bits = 24Mo

8 valeurs \square 3 bits;
20 x 40 post-its

$3 \times 20 \times 40 = 2400$ bits = 300 Bytes = 0.3 Ko

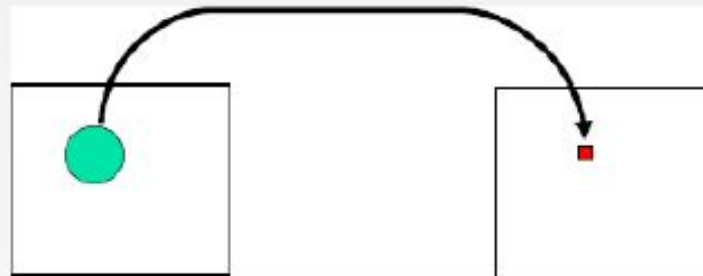


- **Le filtrage linéaire**

- C'est le produit de convolution discret à 2 dimensions entre une image I et une fonction représenté par un noyau (ou masque) de convolution N . Le résultat est une image J

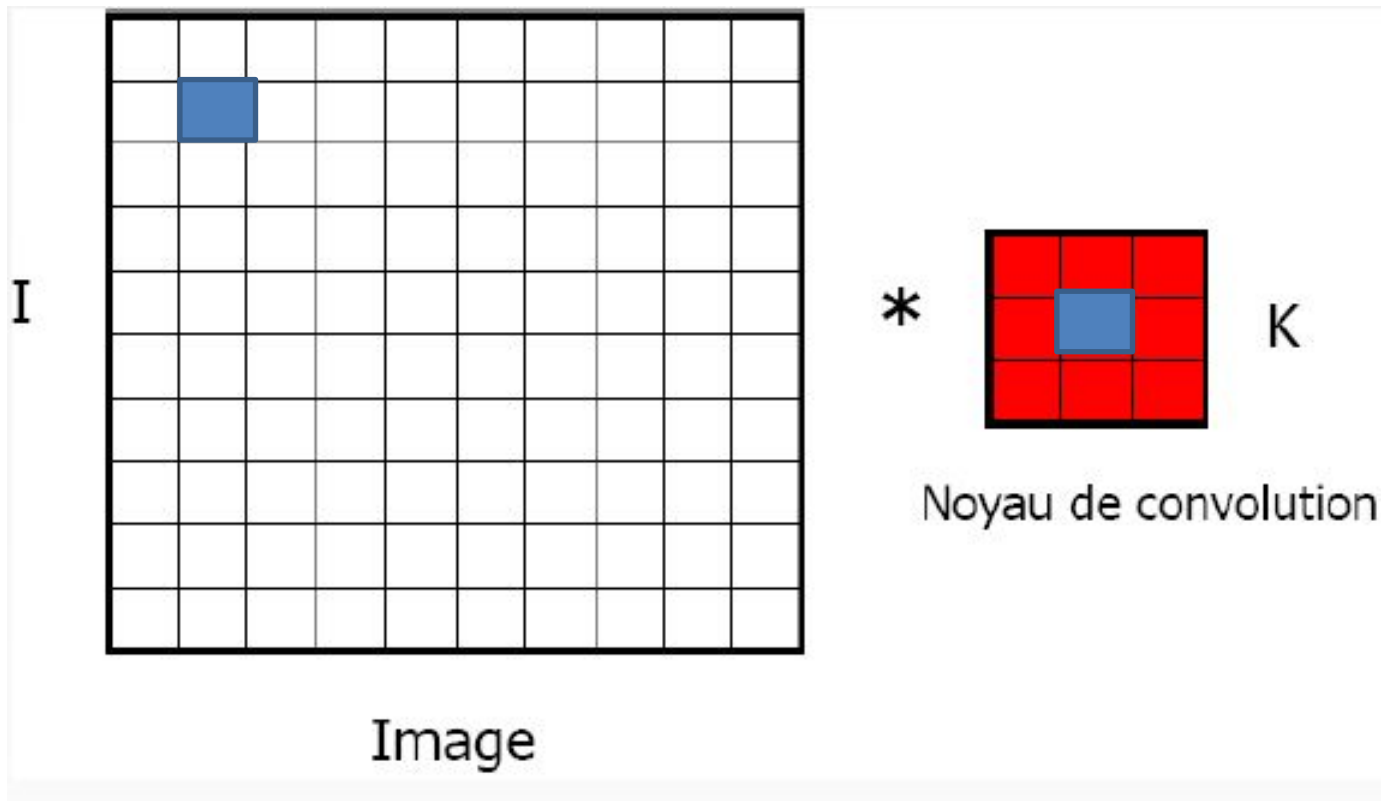
$$J(p, q) = \sum_i \sum_j N(p - i, q - j) I(i, j)$$

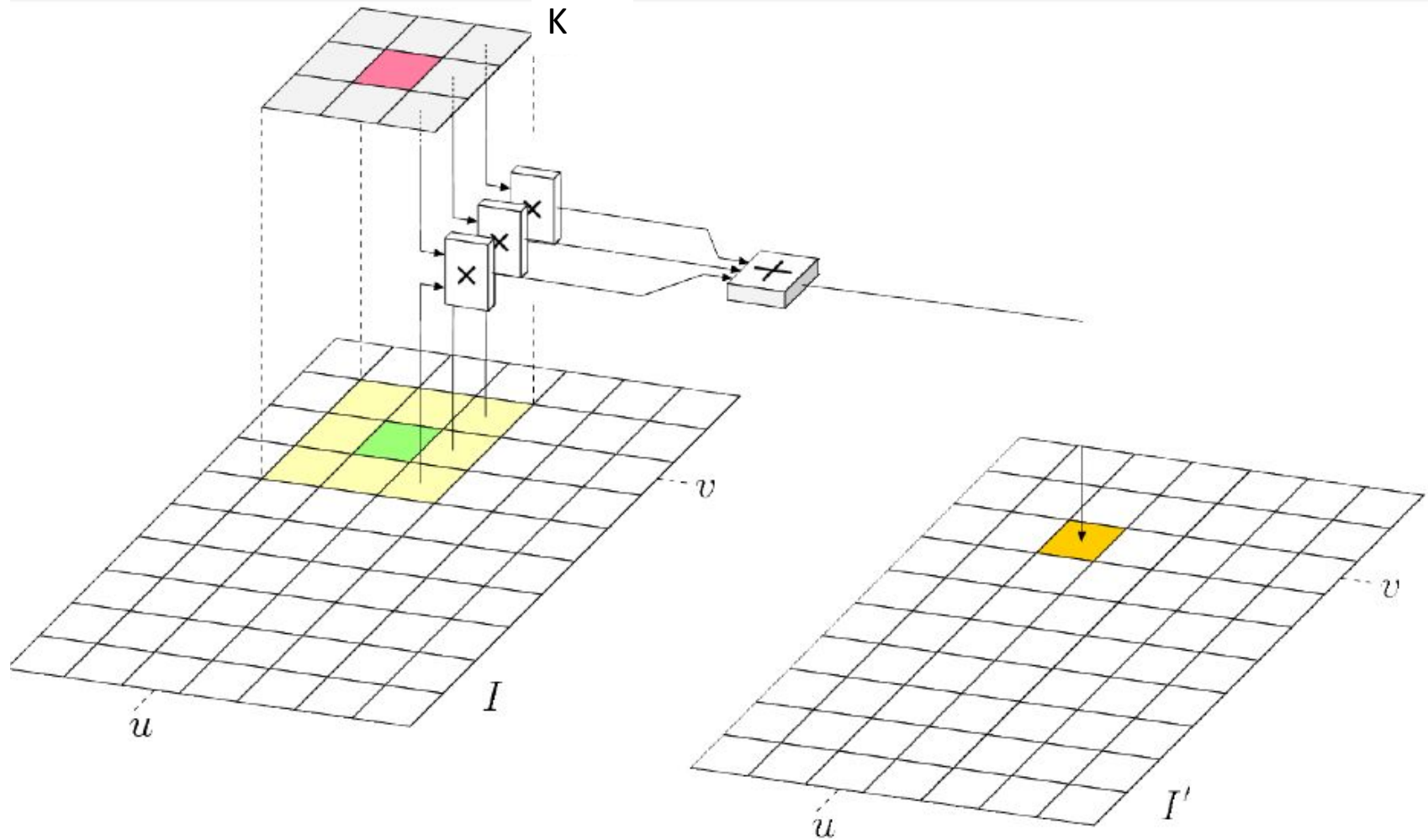
- ▶ Transformation locale : utilisation du voisinage de chaque pixel



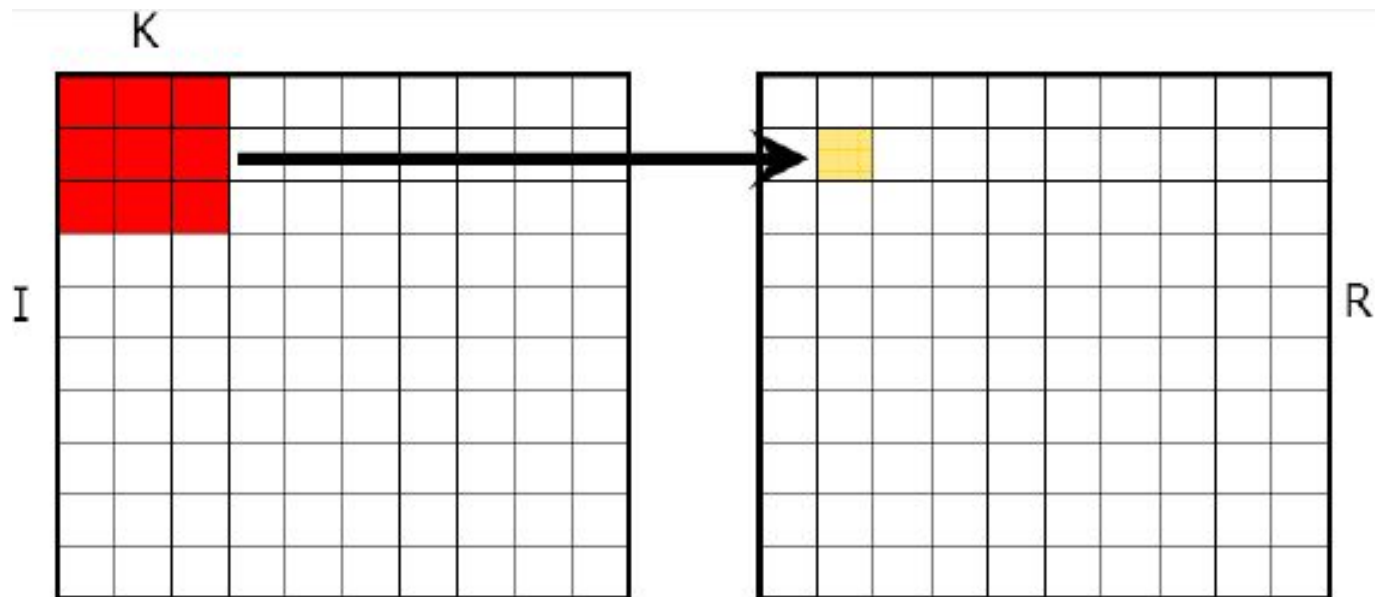
- ▶ Un filtre de convolution (ou masque ou noyau) est généralement une matrice $n \times n$, n impair.

Principe de la convolution :



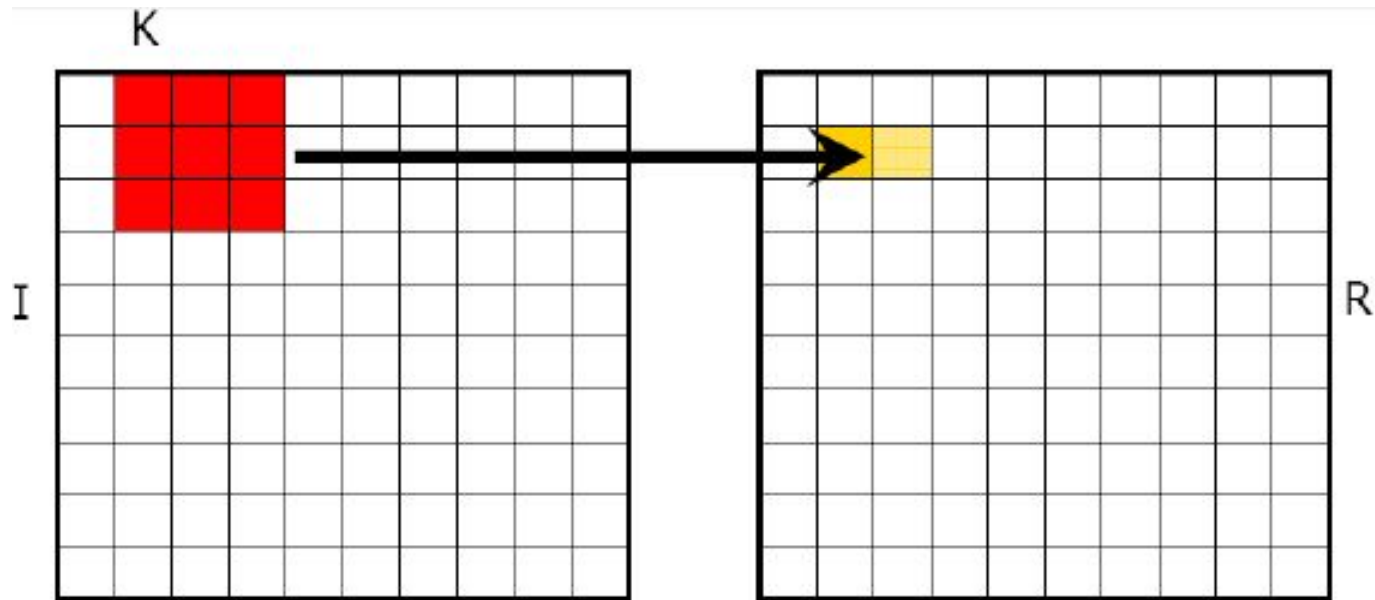


Principe de la convolution :



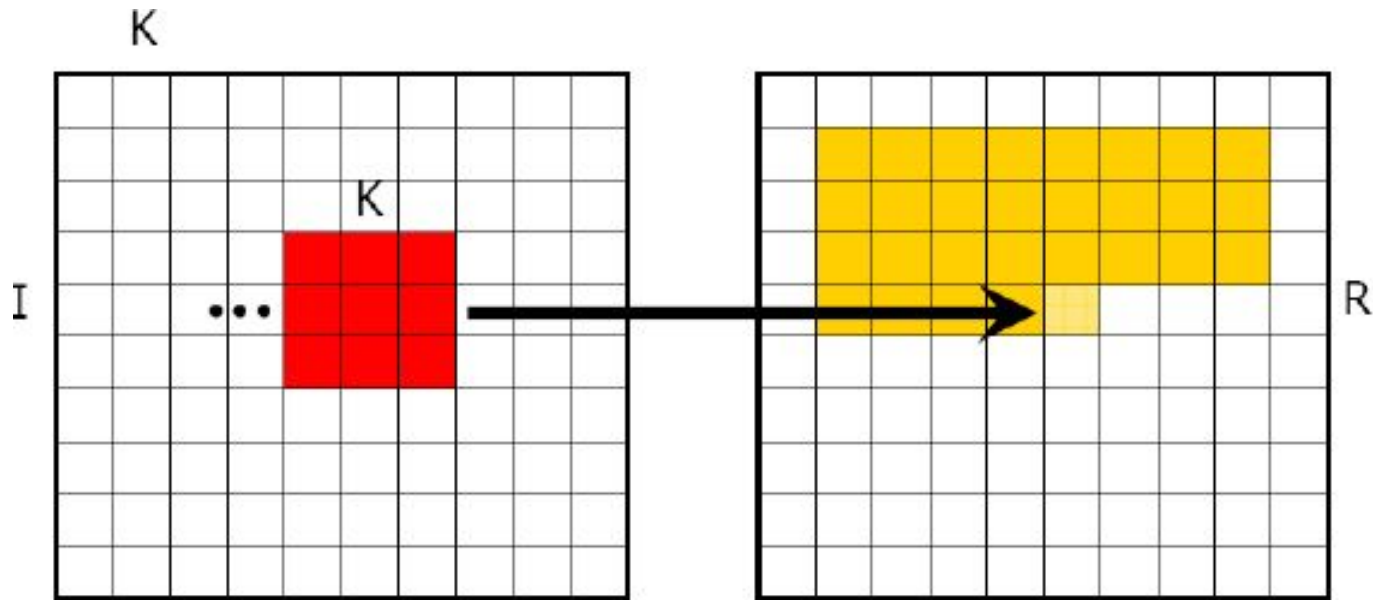
$$\begin{aligned}
 R(1,1) &= I(0,0) K(0,0) + I(1,0) K(1,0) + I(2,0) K(2,0) \\
 &+ I(0,1) K(0,1) + I(1,1) K(1,1) + I(2,1) K(2,1) \\
 &+ I(0,2) K(0,2) + I(1,2) K(1,2) + I(2,2) K(2,2)
 \end{aligned}$$

Principe de la convolution :



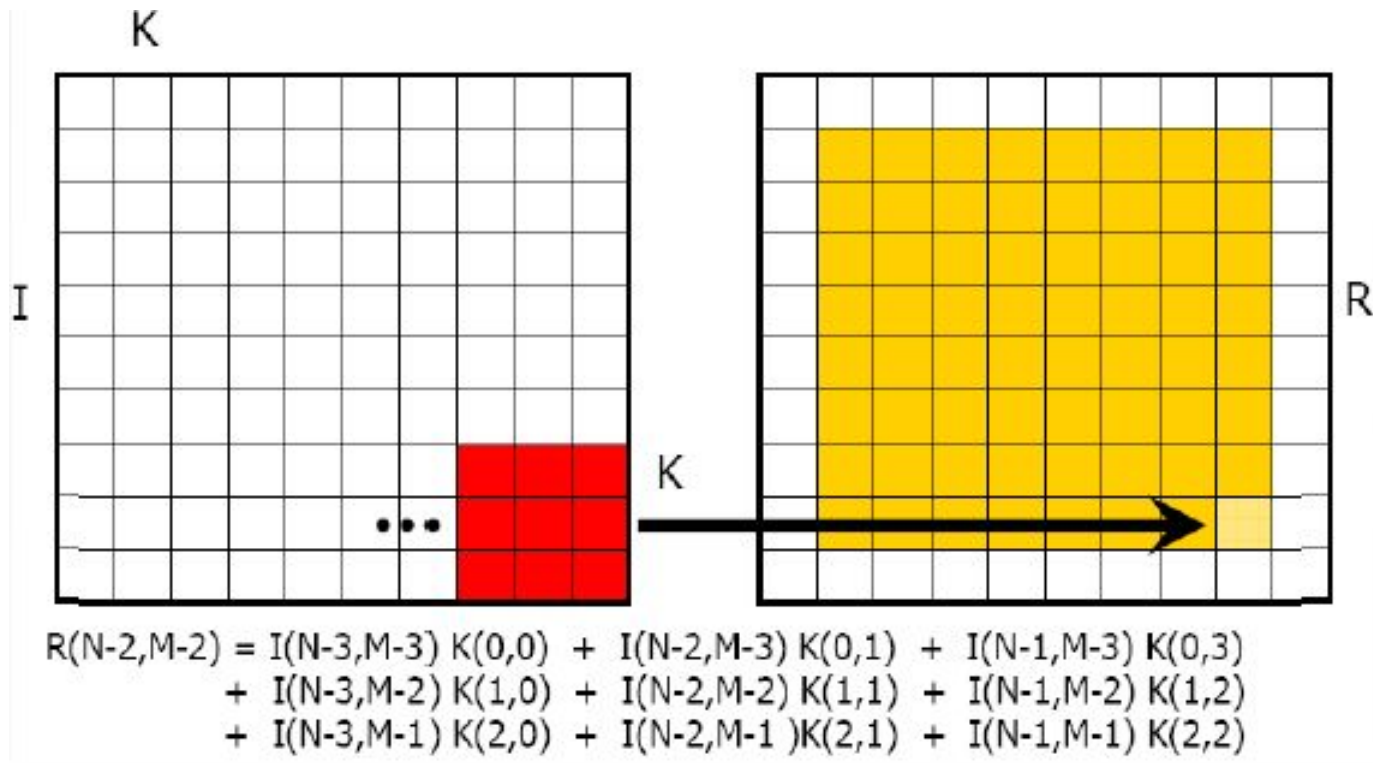
$$\begin{aligned}
 R(2,1) &= I(1,0) K(0,0) + I(2,0) K(1,0) + I(3,0) K(2,0) \\
 &+ I(1,1) K(0,1) + I(2,1) K(1,1) + I(3,1) K(2,1) \\
 &+ I(1,2) K(0,2) + I(2,2) K(1,2) + I(3,2) K(2,2)
 \end{aligned}$$

Principe de la convolution :



$$\begin{aligned}
 R(x,y) = & I(x-1,y-1) K(0,0) + I(x, y-1) K(1,0) + I(x+1, y-1) K(2,0) \\
 & + I(x-1,y) K(0,1) + I(x,y) K(1,1) + I(x+1,y) K(2,1) \\
 & + I(x-1,y+1) K(0,2) + I(x,y+1) K(1,2) + I(x+1,y+1) K(2,2)
 \end{aligned}$$

Principe de la convolution :



Qu'est ce que ça fait?

Moyenne


$$\frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1



Filtre à « passe-bas »

■ Notion de filtre passe-bas

- ◆ Il est utilisé pour atténuer les valeurs de pixels aberrantes. Il filtre les hautes fréquences spatiales (variations rapides des niveaux de gris) comme les contours et le bruit.
- ◆ Il correspond à l'estimation d'une moyenne (pondérée ou non) dans le voisinage de chaque pixel. On parle alors de lissage ou de moyennage.
- ◆ Il existe différents noyaux :
 - Uniforme
 - Gaussien
 - ...

C'est un filtre passe-bas

- ▶ Lisse l'image (effet de flou)
- ▶ Réduit le bruit
- ▶ Réduit les détails

Filtre dont tous les coefficients sont égaux (chaque pixel est remplacé par la moyenne de ses voisins)

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline \end{array} \text{ ou } 1/9 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

3x3

Qu'est ce que ça fait?



0	0	0
0	1	0
0	0	0

=

Rien



Qu'est ce que ça fait?



0	0	0
0	0	1
0	0	0

Déplace l'image



Qu'est ce que ça fait?



$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 17 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Net

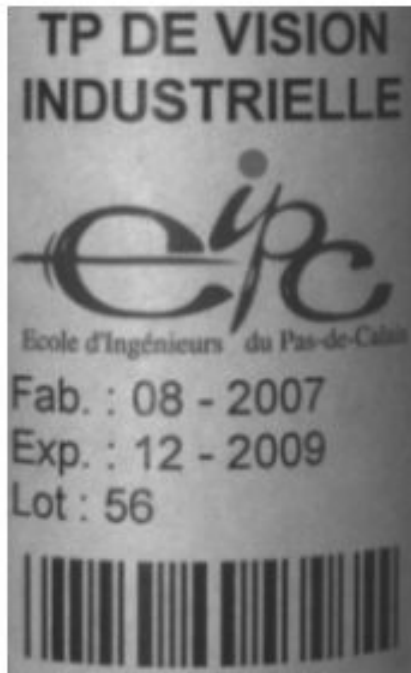


« passe-haut »

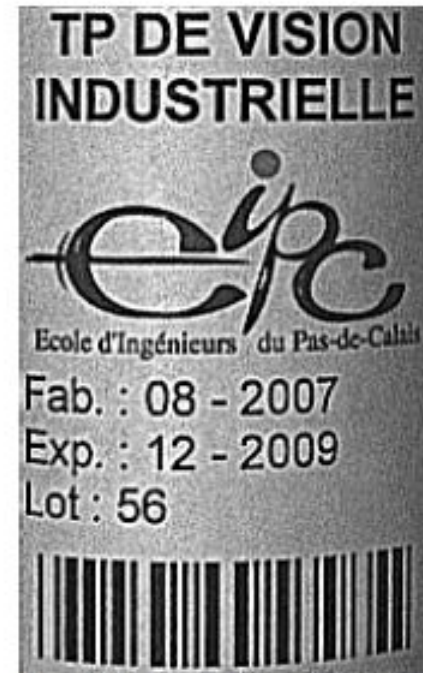
■ Notion de filtre passe-haut

- ◆ Il est utilisé pour mettre en évidence les variations dans l'image. Il filtre les basses-fréquences spatiales (variations lentes des niveaux de gris) comme les régions homogènes.
- ◆ Il correspond à l'approximation de dérivées premières ou secondes
- ◆ Il existe différents types de noyau :
 - Les gradient horizontaux ou verticaux qui sont des estimations de la dérivée première (le gradient dans une direction donnée)
 - Les filtres de Sobel, Prewitt ou Roberts qui correspondent à des lissages des approximations de dérivées premières
 - Les filtres Laplacien qui sont des estimations de dérivées secondes
- ◆ Les filtres doivent être combinés dans différentes directions

Exemple filtre passe-haut :

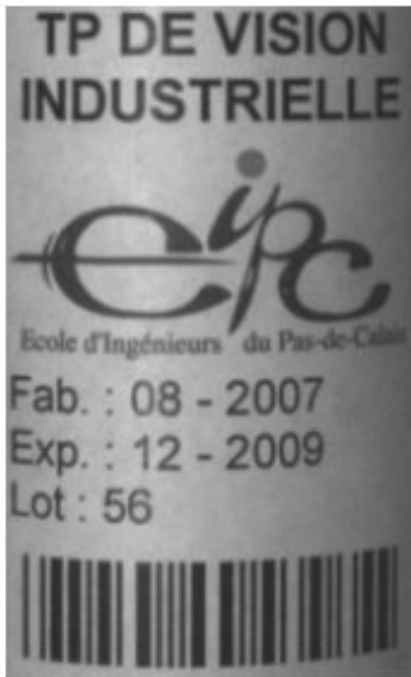

$$\begin{matrix} * & \begin{matrix} \begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix} \\ = \end{matrix} \end{matrix}$$

Filtre réhausseur



Positif du réhausseur

Exemple filtre passe-haut :



$$* \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel horizontal

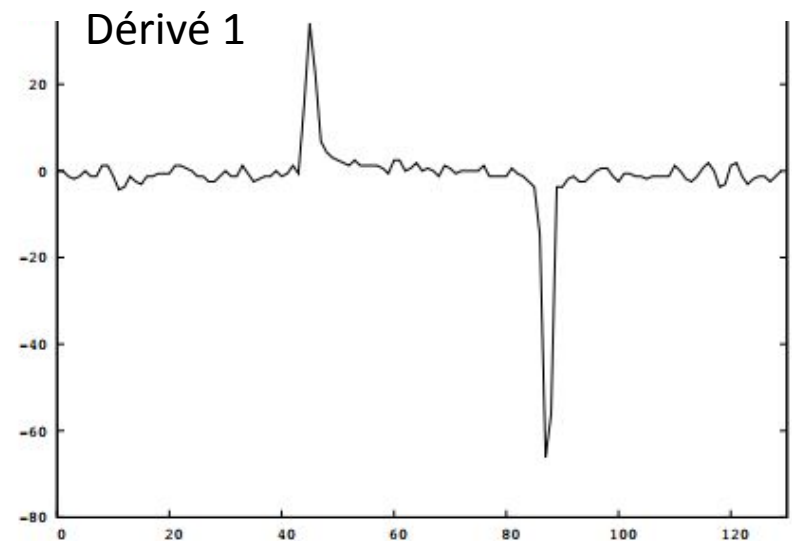
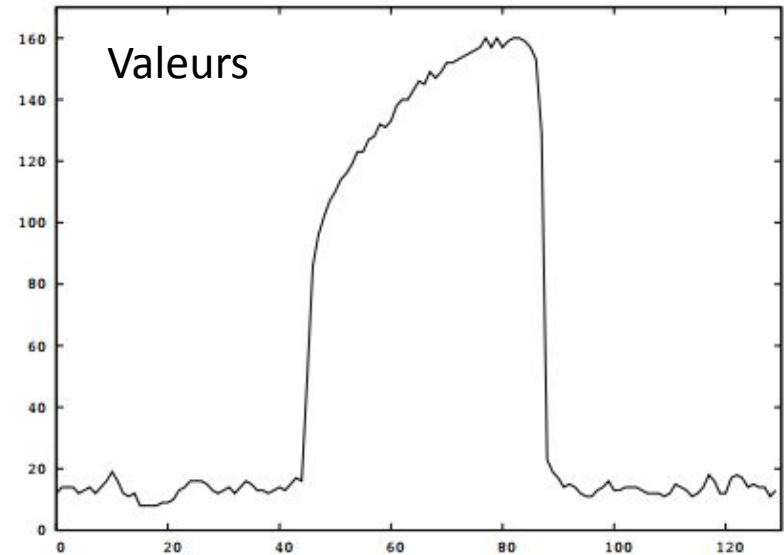
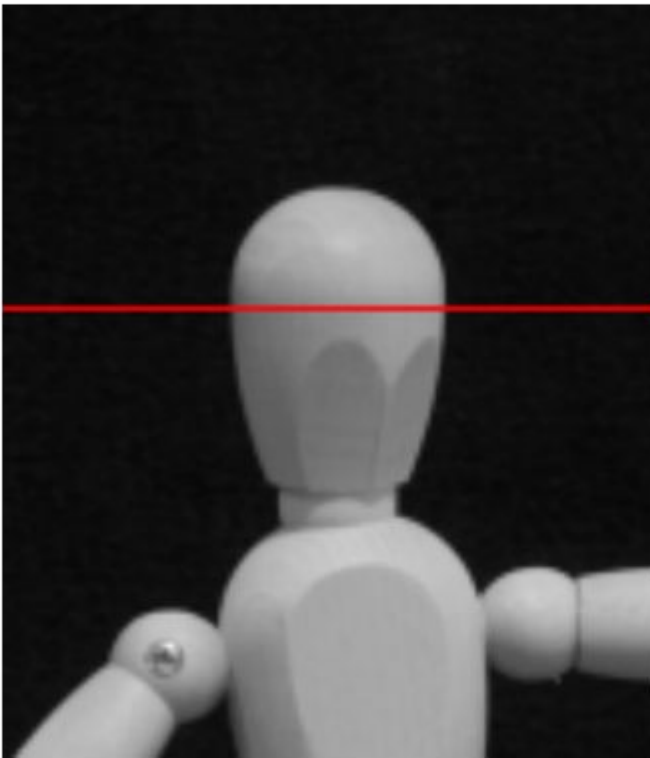
$$* \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel vertical



*Max du module
des gradients*

filtre passe-haut : bords



- Modification d'un ensemble géométrique
- Application d'un élément de morphologie de géométrie connue appelé élément structurant centré en chaque pixel
- Opérateur de la théorie des ensembles : union, intersection, inclusion, exclusion, complémententation de l'élément...
- Opérateur min et max pour les images binaires :
 - ♦ Convention : les pixels en blanc (état logique 1) représentent les formes et les pixels en noir (état logique 0) représentent le fond.

- Principe de la morphologie binaire

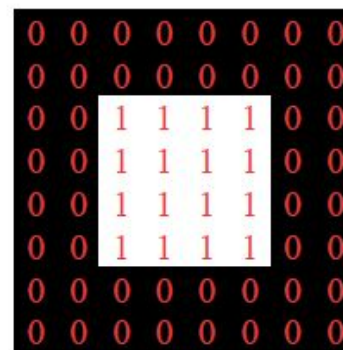
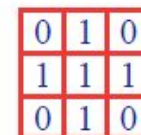


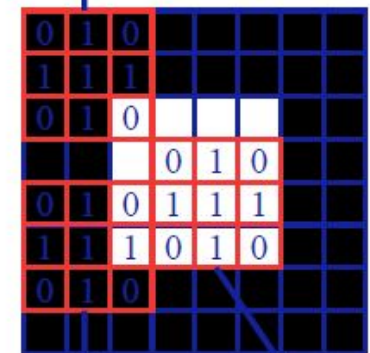
Image binaire



Elément structurant



Exclusion

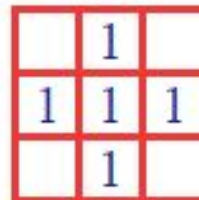
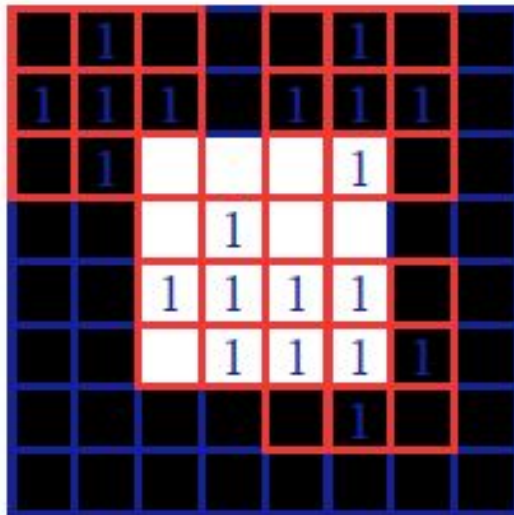


Intersection

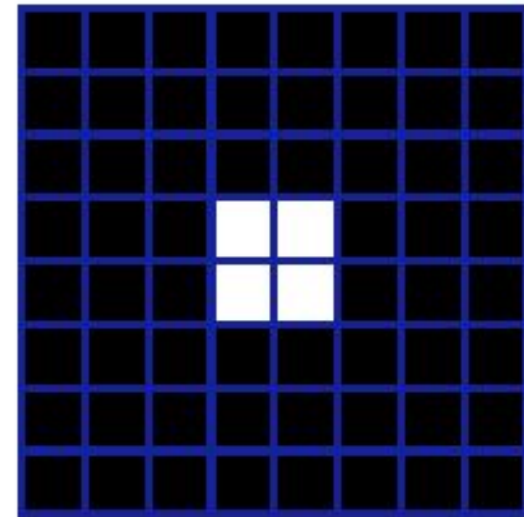
Inclusion

■ Erosion

- ◆ Cette opération correspond à l'opérateur d'**inclusion** ou l'opérateur mathématique **min**
- ◆ Elle permet d'éroder les formes, c'est à dire diminuer leur taille. Les éléments de petites tailles disparaissent

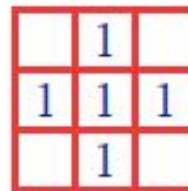
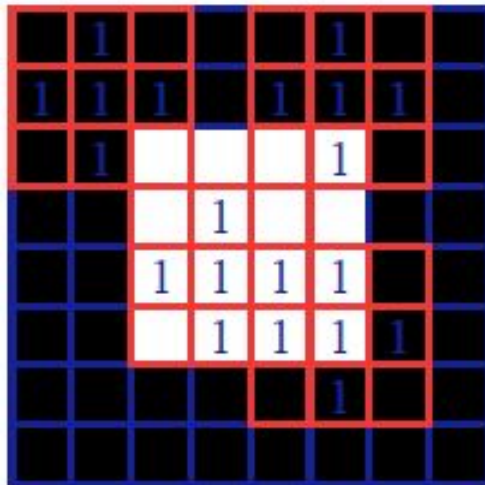


*Elément
structurant*

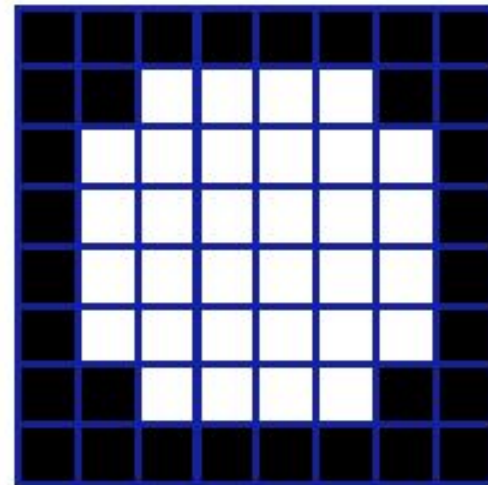


▪ Dilatation

- ♦ Cette opération correspond à l'opérateur d'**intersection** ou l'opérateur mathématique **max**
- ♦ Elle permet de dilater les formes, c'est à dire augmenter leur taille. Les « trous » de petites tailles disparaissent



*Elément
structurant*



▪ Ouverture

- ♦ C'est une érosion suivie d'une dilatation
- ♦ Cette opération permet de supprimer les éléments de petites tailles comme le bruit tout en conservant la taille des formes

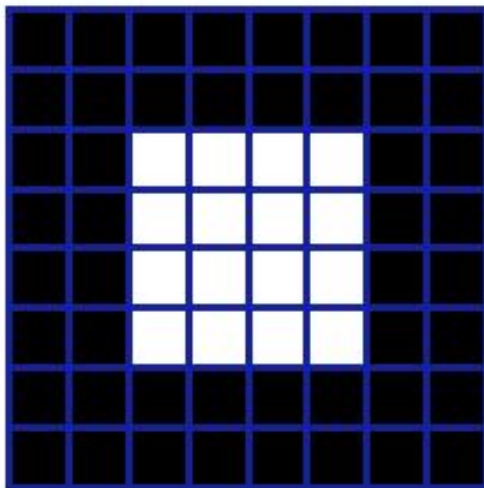
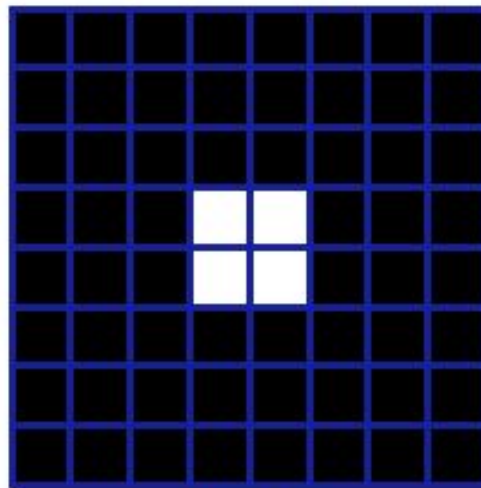
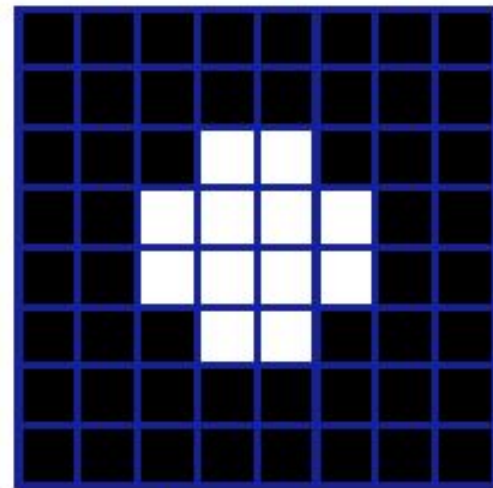


Image binaire



Erosion



Dilatation

▪ Fermeture

- ♦ C'est une dilatation suivie d'une érosion
- ♦ Cette opération permet de supprimer les « trous » de petites tailles tout en conservant la taille des formes

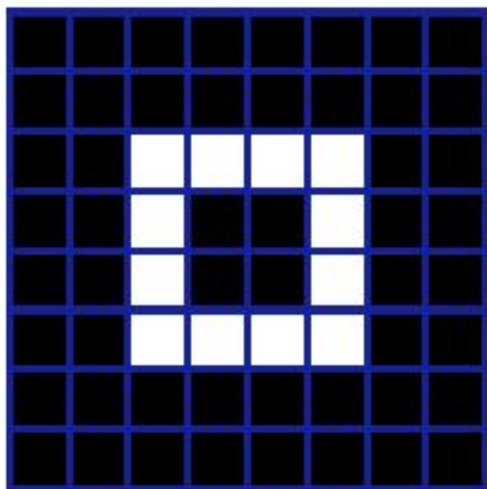
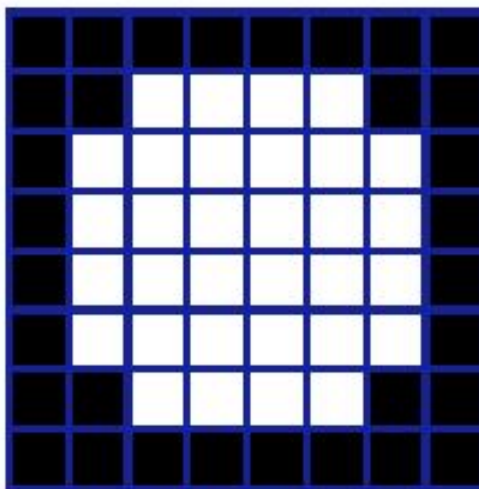
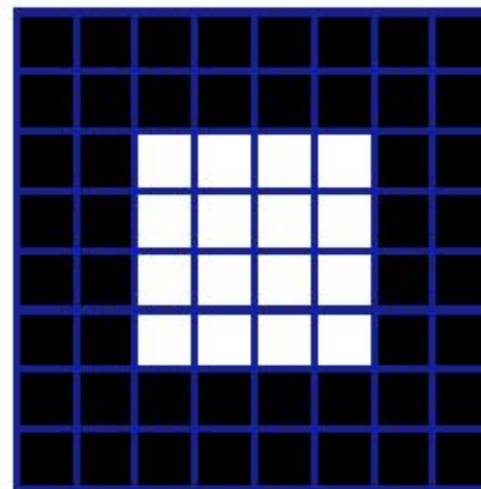


Image binaire



Dilatation



Erosion