

Vision industrielle

Les outils de prétraitements



Plan du cours

- Introduction
- Les opérations ponctuelles
- Les opérations de voisinage
- Application à la correction d'éclairage

Mise en œuvre des outils de vision

- **Systemes programmables**
 - Programmation dans un langage informatique en utilisant des bibliothèques de fonctions.
 - Nécessite la maîtrise d'un langage de développement mais permet de réaliser n'importe quelles fonctions.
- **Systemes configurables (ou paramétrables)**
 - Configuration et paramétrage d'outils spécifiques à un traitement via un logiciel dédié.
 - Ne nécessite pas de connaissances très approfondies en informatique mais se limitent aux seuls outils proposés.

L'image numérique

- Rappel

- C'est une matrice de $X \times Y$ pixels (picture element) correspondant à l'échantillonnage et la quantification d'un signal acquis avec une caméra.
- Chaque pixel est associé à un niveau de gris (ou de couleur) n codé sur N bits (généralement 8 bits)
- Chaque pixel est localisé par ses coordonnées x et y dans un repère image (en haut à gauche par convention).

L'image numérique

- Exemple

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	4	5	5	5	5	4	1
2	1	5	6	6	6	6	5	1
3	1	5	6	2	2	6	5	1
4	1	5	6	2	2	6	5	1
5	1	5	6	6	6	6	5	1
6	1	4	5	5	5	5	4	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1

*Image à niveaux de gris
de taille 8×8
codée sur 3 bits*

L'histogramme

• Définition

- C'est une représentation statistique de l'image. Il représente la densité de probabilité de voir apparaître dans l'image un pixel de niveau de gris n .

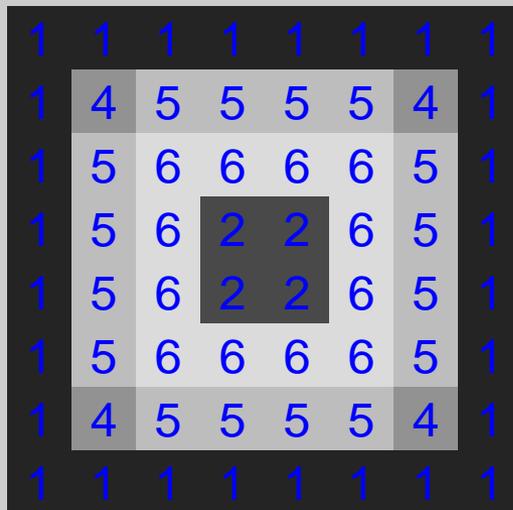
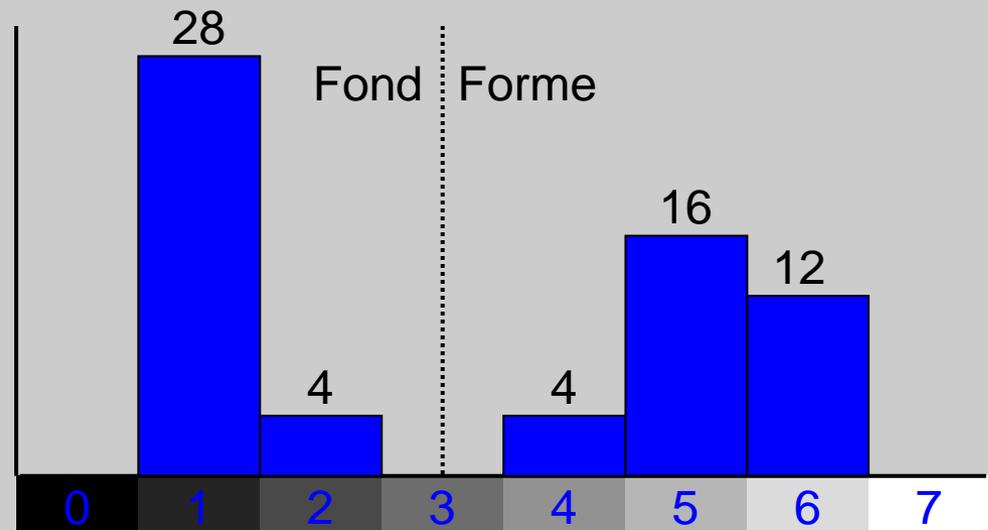
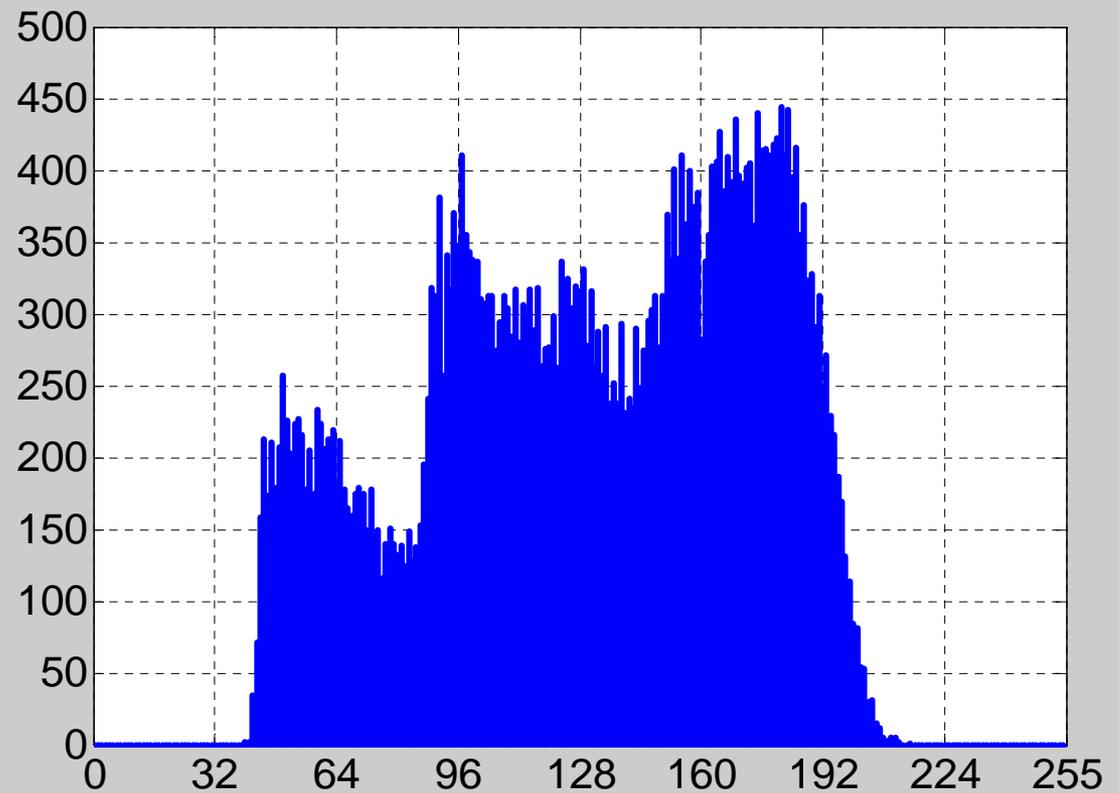
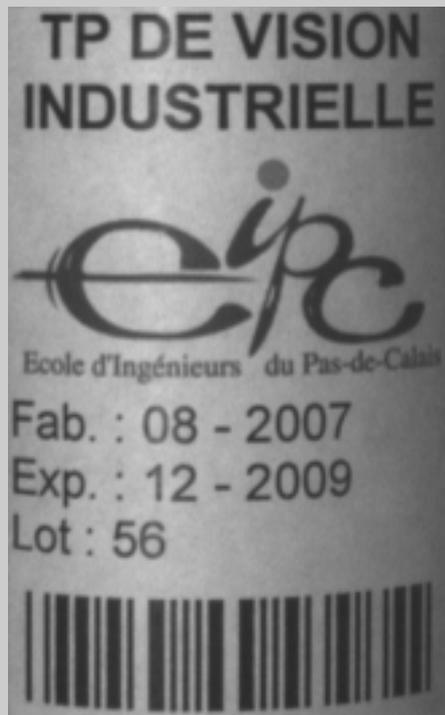


Image 3 bits



L'histogramme

- Application



Les outils d'acquisition

- Objectifs

- Paramétrer le matériel (choix caméra, temps d'intégration, temps de cycle, ...)
- Configurer les entrées / sorties (trigger, encodeur, stroboscope, ...)
- Définir des LUT (opérations ponctuelles)
- Choisir une image de référence
- Définir une zone (ou région) d'intérêt (ROI)

Les outils de prétraitements

- Objectifs

- **Restaurer** et **améliorer** l'image (atténuer le bruit, corriger la mise au point, corriger la distorsion, corriger les défauts d'éclairage, ...)
- Mettre en évidence les zones d'intérêt afin de préparer à l'analyse (extraire des régions ou des contours, déterminer les propriétés fréquentielles de l'image, ...)
- Appliquer des transformations géométriques
- Les opérateurs peuvent être **ponctuels** comme les transformations d'histogramme ou tenir compte du **voisinage**.

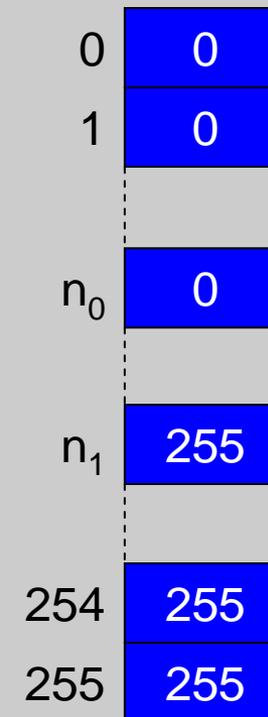
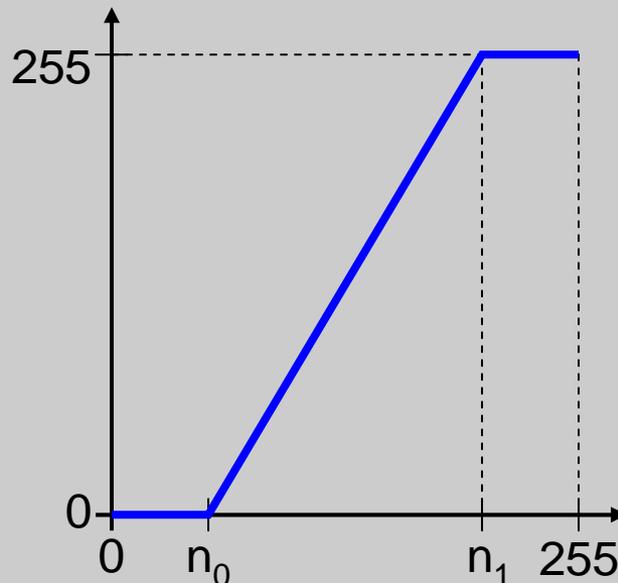
Les transformations d'histogramme

- Les **opérations ponctuelles** transforment les niveaux de gris des pixels de l'image.
- Elles correspondent à une LUT ou à une transformation sur l'histogramme.
 - le recadrage dynamique,
 - l'égalisation et la spécification d'histogramme,
 - la correction gamma,
 - l'addition et la soustraction,
 - La multiplication (ou la division)
 - la binarisation et le seuillage,
 - l'inversion vidéo...

Recadrage dynamique

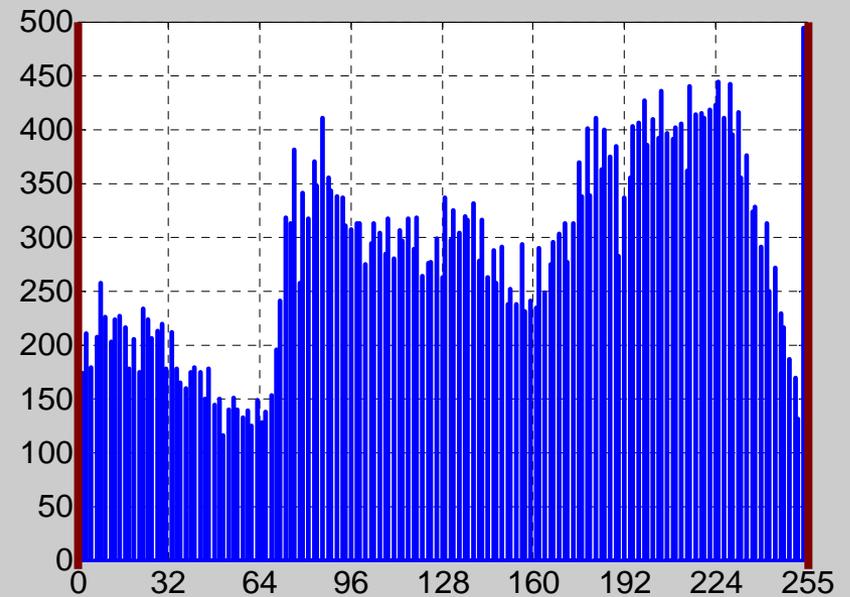
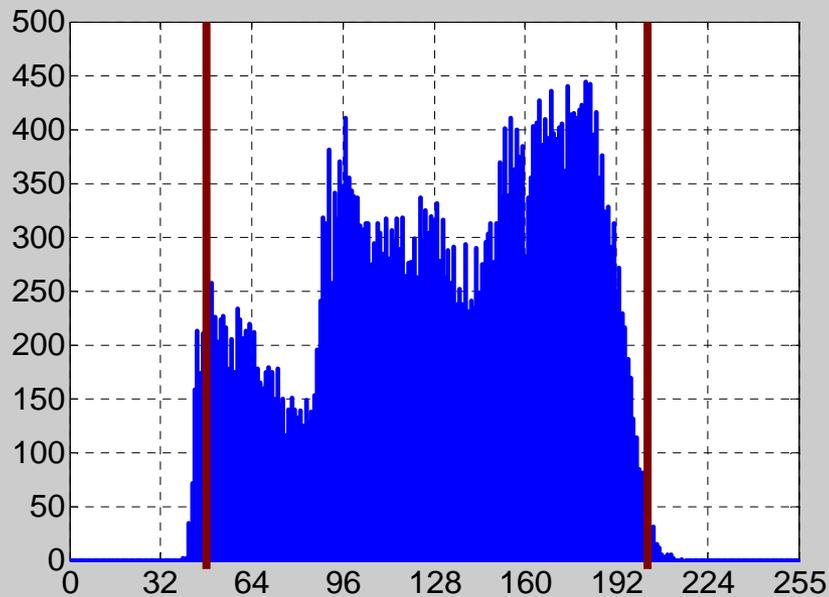
- Objectif

- Cette transformation a pour but d'augmenter la dynamique de l'histogramme afin d'améliorer le contraste dans l'image.



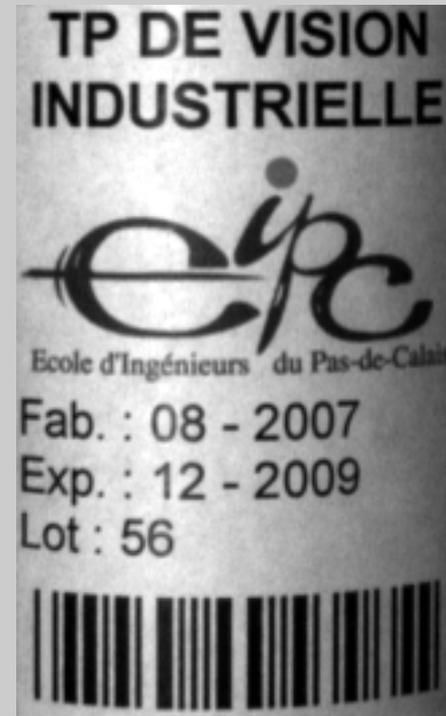
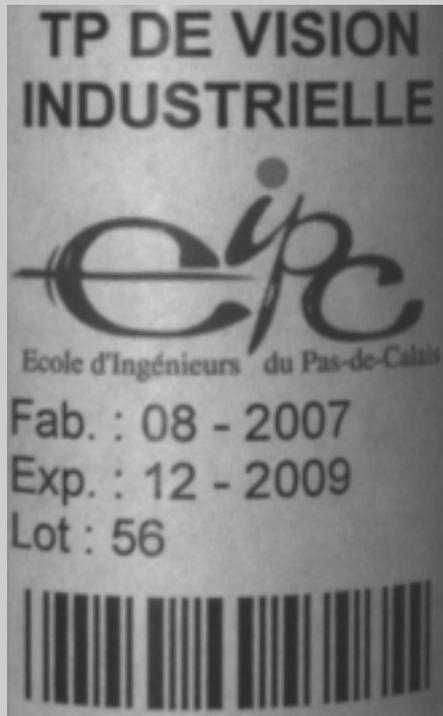
Recadrage dynamique

- Application



Recadrage dynamique

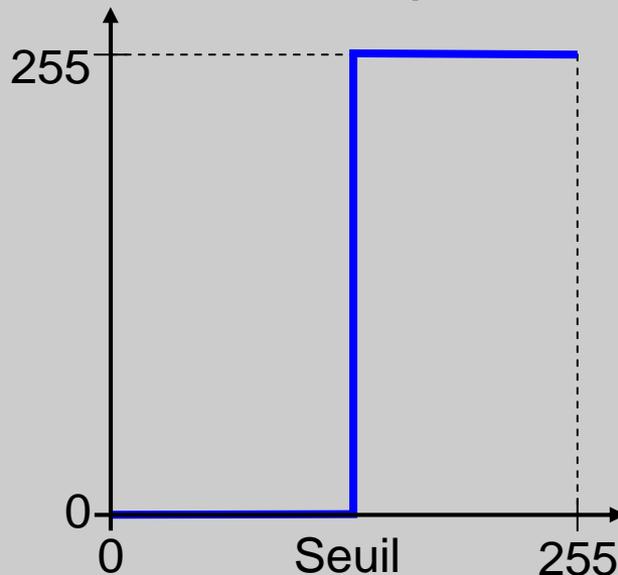
- Application



Binarisation

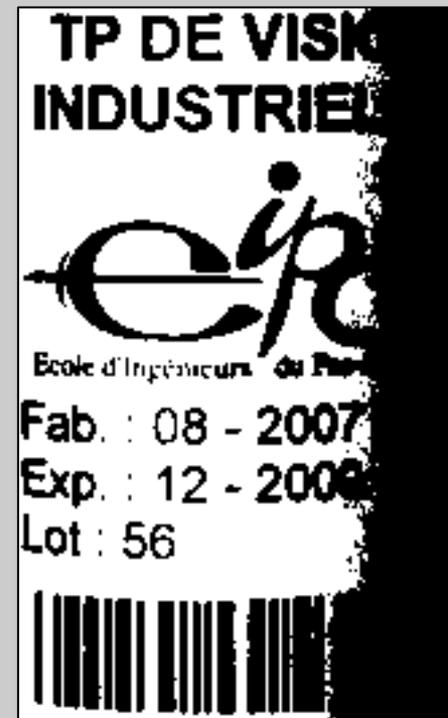
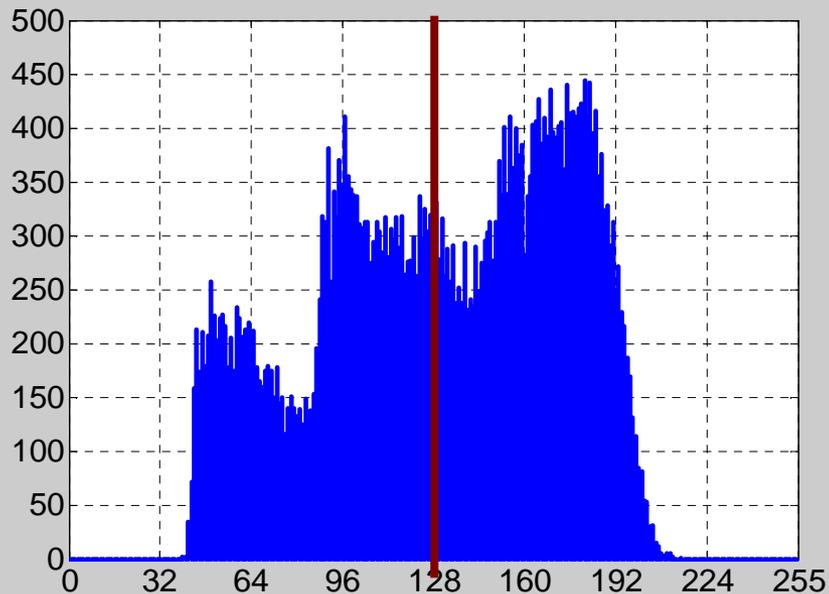
- Objectif

- 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.



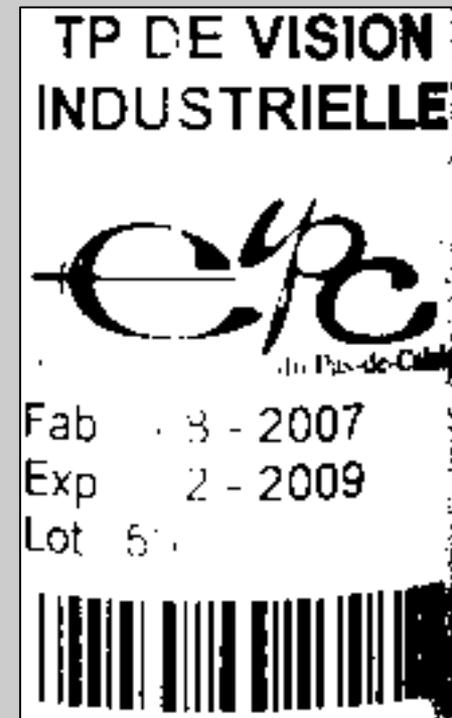
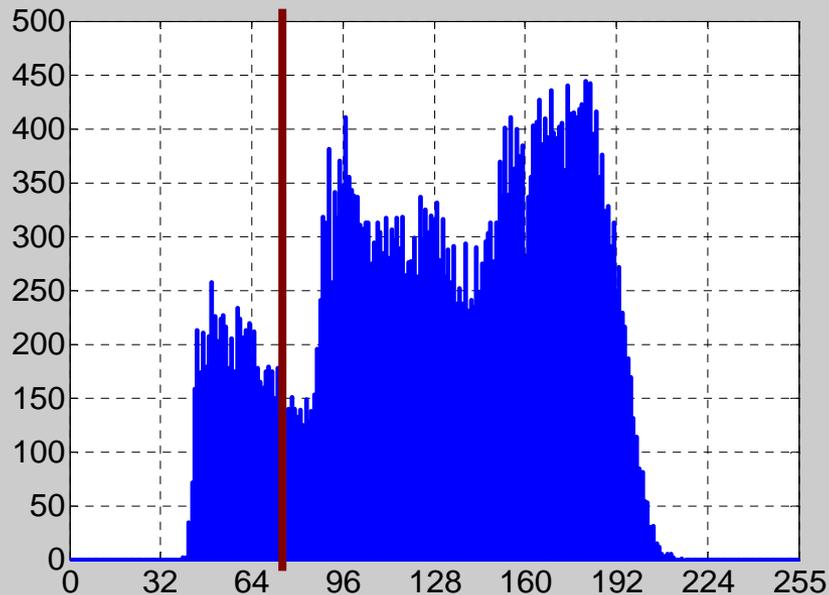
Binarisation

- Application



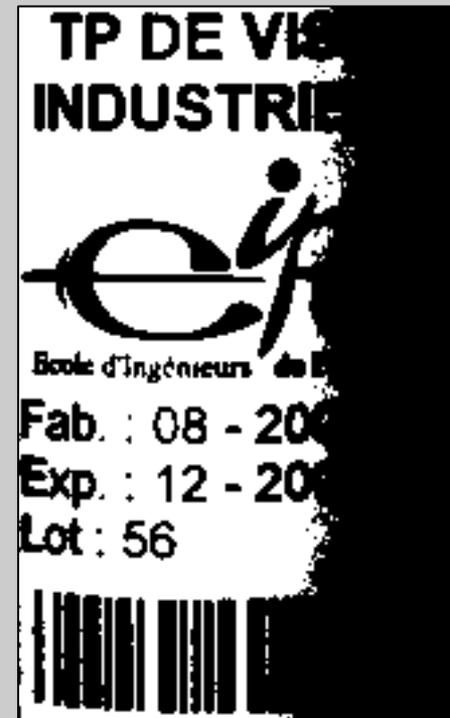
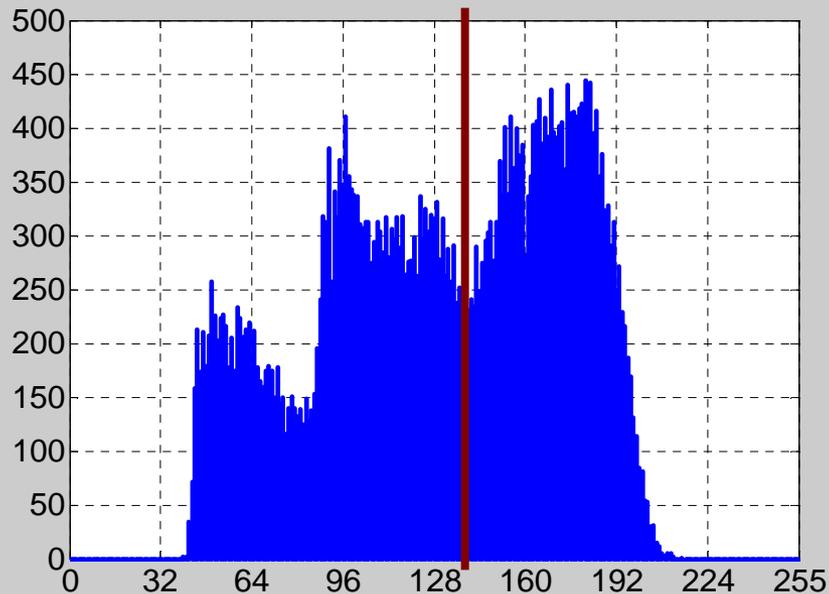
Binarisation

- Influence du seuil



Binarisation

- Influence du seuil



Égalisation d'histogramme

- Objectif

- Cette transformation consiste à rendre l'histogramme le plus « plat » possible à l'aide d'une fonction de transfert spécifique qui est généralement **l'histogramme cumulé**. L'objectif est de renforcer le contraste mais de façon plus locale.

Spécification d'histogramme

- Objectif
 - Cette transformation consiste à faire ressembler l'histogramme à une fonction précise (généralement l'histogramme d'une image de référence). L'objectif est que l'image reste invariante aux conditions d'éclairage et d'observation

Gain et offset

- Gain
 - Ces opérations permettent d'amplifier (**multiplication**) ou d'atténuer (**division**) la luminosité globale de l'image
- Offset (décalage)
 - Ces opérations permettent d'augmenter (**addition**) ou de diminuer (**soustraction**) la luminosité globale de l'image
- Ces opérateurs peuvent être utilisés entre deux images
 - Une image à traiter
 - Une image de référence

Balance des blancs

- C'est l'opération qui permet d'ajuster les gains et les offsets sur les signaux fournis par une caméra de telle sorte que :
 - Un noir de référence engendre des niveaux de gris (ou de couleur) minimales par réglage de **l'offset**
 - Un blanc de référence engendre des niveaux de gris (ou de couleur) maximales par réglage du **gain**
- La balance des blancs peut être effectuée automatiquement en utilisant des mires de référence

Autres opérations

- Correction gamma
 - C'est une loi non linéaire qui a pour but de corriger la non-linéarité des tubes cathodiques et d'obtenir une image plus proche de la perception humaine
- Inversion vidéo
 - C'est une opération qui permet d'obtenir le négatif d'une image en inversant (au sens logique) les valeurs des niveaux de gris des pixels d'une image

Les différents types de filtrage

- Les opérations de **filtrage linéaire** sont basées sur la convolution.
- Le **filtrage médian** utilise un filtre d'ordre non linéaire.
- Le **filtrage morphologique** modifie les formes dans l'image à l'aide d'éléments structurants.

Le filtrage linéaire

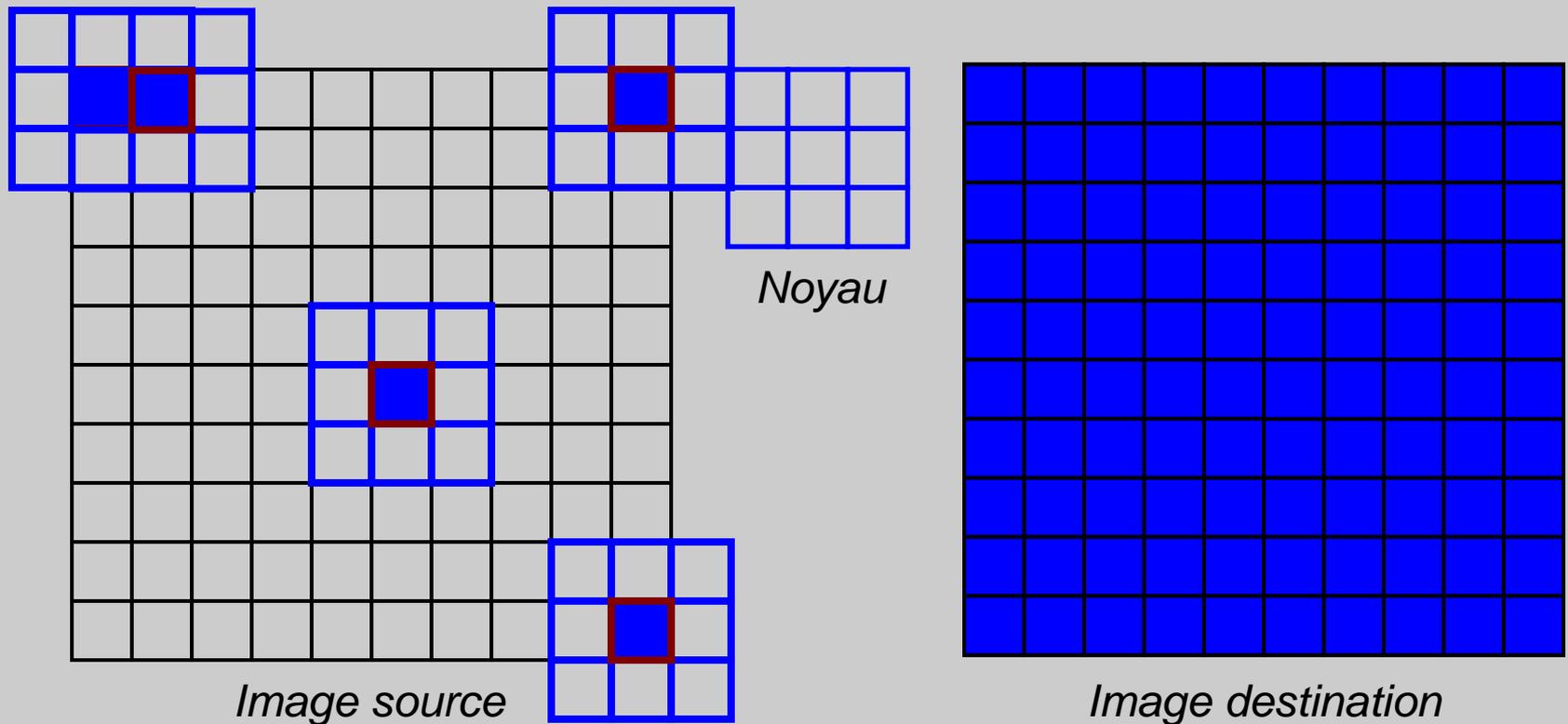
- Définition

- 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 définie par :

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

Le filtrage linéaire

- Parcours du noyau de convolution sur toute l'image



Le filtrage linéaire

• Exemples

85	85	85	85	170	170	170	170
85	85	85	85	170	170	170	170
85	85	85	85	170	170	170	170
85	85	85	85	170	170	85	170
85	85	85	85	170	170	85	170
85	85	85	85	170	170	170	170
85	85	85	85	170	170	170	170
85	85	85	85	170	170	170	170

Image 8 bits

0	-1	1
0	-1	1
0	-1	1

Noyau F1

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Noyau F2

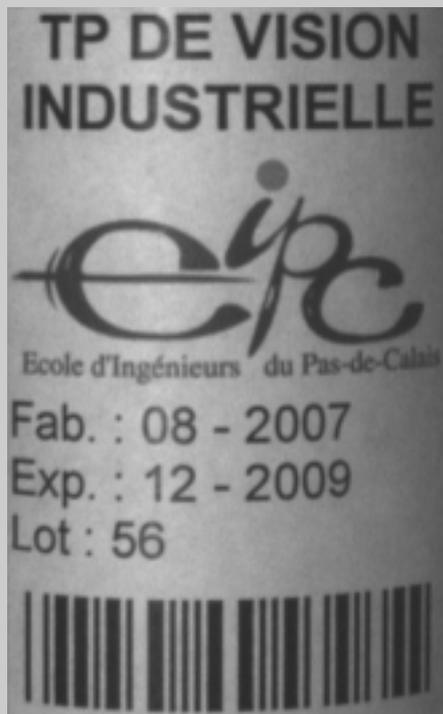
X	X	X	X	X	X	X	X
X	0	0	255	0	0	0	X
X	0	0	255	0	-85	85	X
X	0	0	255	0	-170	170	X
X	0	0	255	0	-170	170	X
X	0	0	255	0	-85	85	X
X	0	0	255	0	0	0	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	765	765	1020	1275	1530	1530	X
X	765	765	1020	1275	1445	1445	X
X	765	765	1020	1275	1360	1360	X
X	765	765	1020	1275	1360	1360	X
X	765	765	1020	1275	1445	1445	X
X	765	765	1020	1275	1530	1530	X
X	X	X	X	X	X	X	X

Le filtrage linéaire

- 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
 - ◆ ...

Le filtrage linéaire

- Exemples

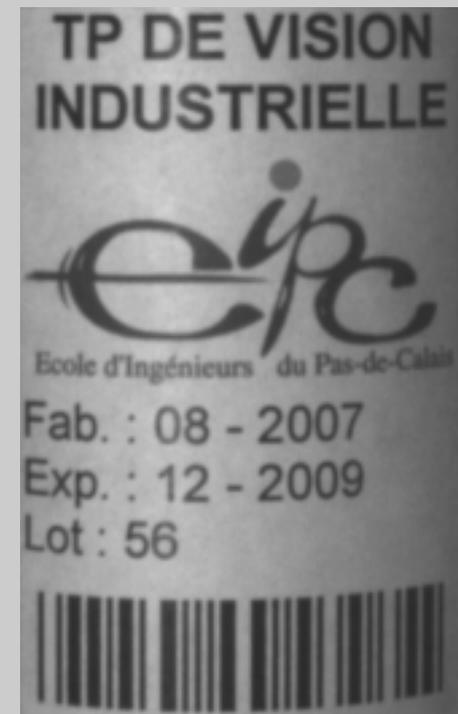


*

0,01	0,08	0,01
0,08	0,6	0,08
0,01	0,08	0,01

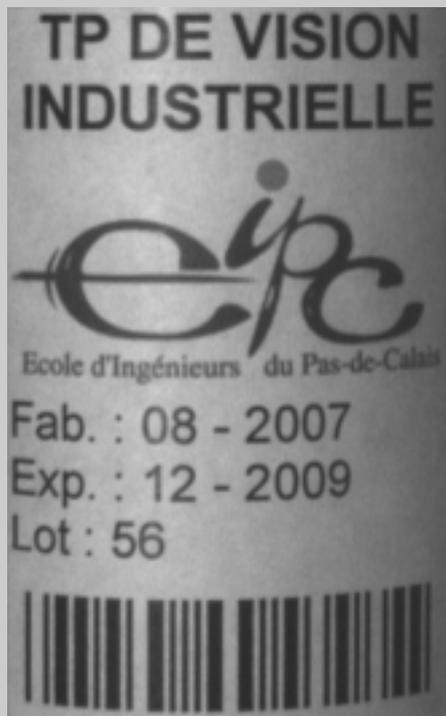
=

Noyau gaussien



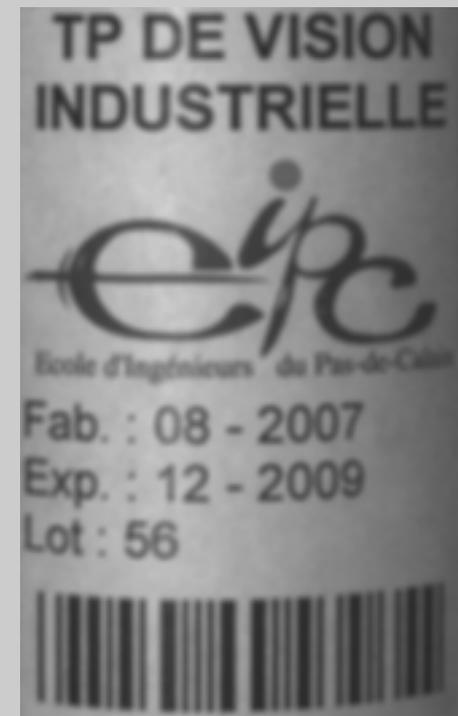
Le filtrage linéaire

- Exemples



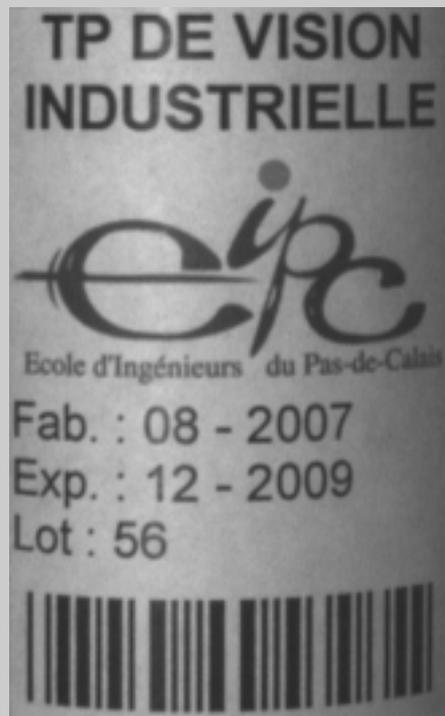
$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline \end{array} =$$

Noyau uniforme (3 × 3)



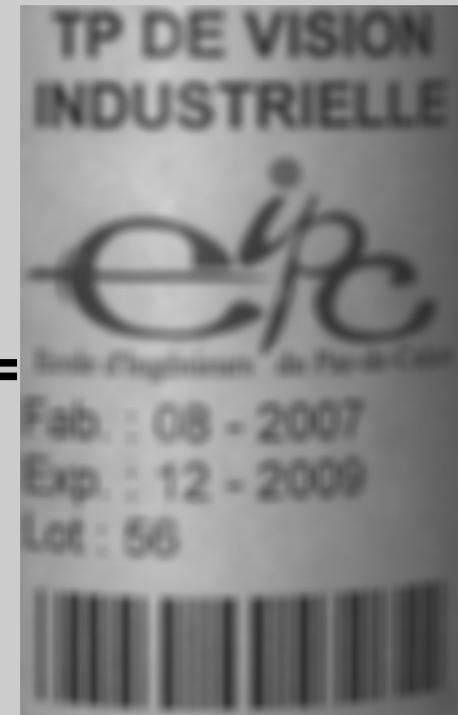
Le filtrage linéaire

■ Exemples



$$* \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 \\ \hline 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 \\ \hline 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 \\ \hline 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 \\ \hline 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 & 1/25 \\ \hline \end{array} =$$

Noyau uniforme (5 × 5)



Le filtrage linéaire

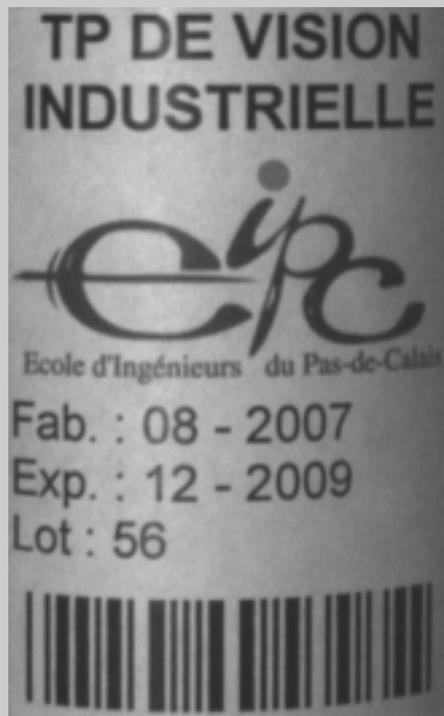
- Notion de filtre passe-haut
 - Ils sont utilisés pour mettre en évidence les variations dans l'image. Ils filtrent les basses-fréquences spatiales (variations lentes des niveaux de gris) comme les régions homogènes.
 - Ils correspondent à l'approximation de dérivées premières ou secondes

Le filtrage linéaire

- Il existe différents types de noyau :
 - ◆ Les gradient horizontaux ou verticaux qui sont des estimations de la dérivée première (le gradient dans un 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

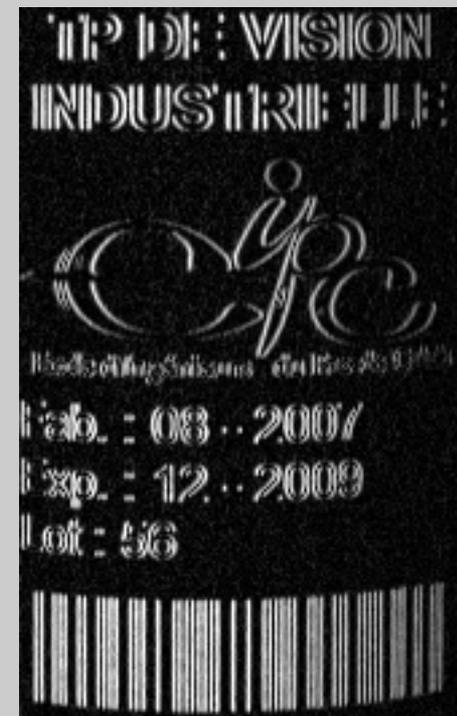
Le filtrage linéaire

- Exemples



$$* \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix} =$$

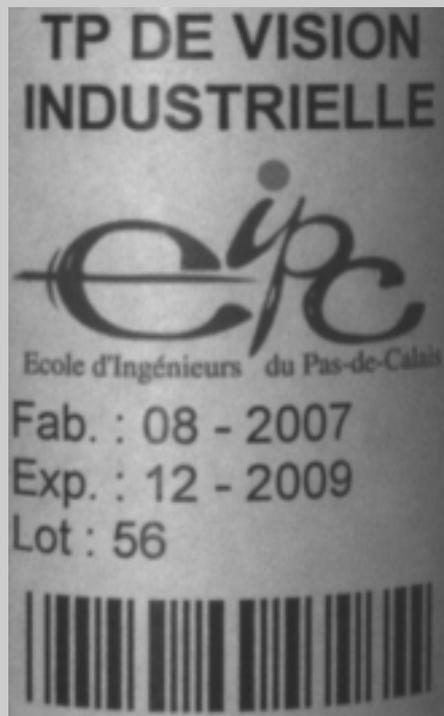
Gradient horizontal



Module du gradient

Le filtrage linéaire

- Exemples



*

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

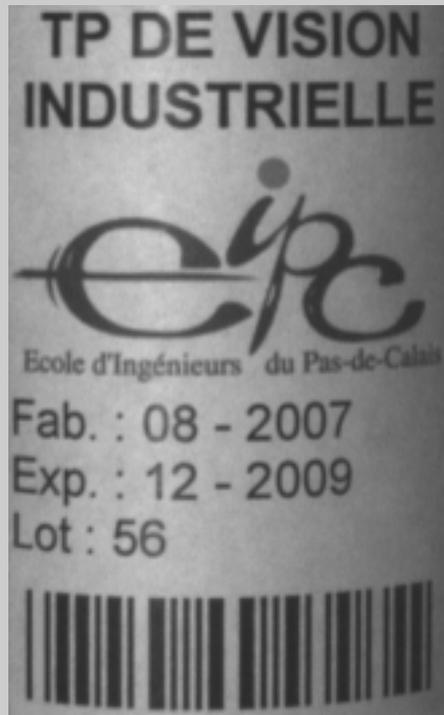
=



Module du gradient

Le filtrage linéaire

■ Exemples



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

Prewitt horizontal

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

Prewitt vertical

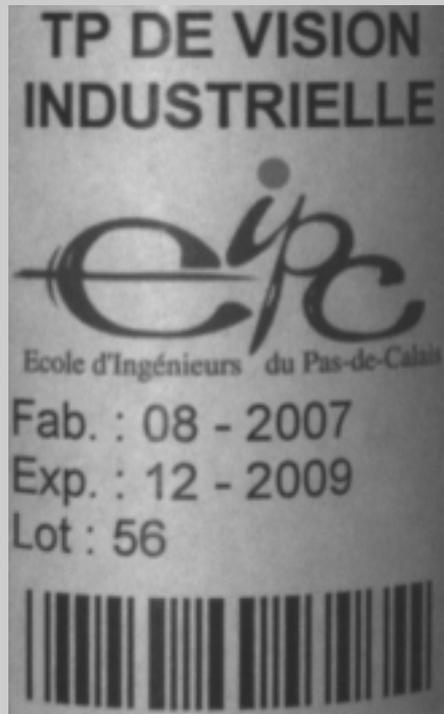
\Rightarrow



*Max du module
des gradients*

Le filtrage linéaire

■ Exemples



$$*$$

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

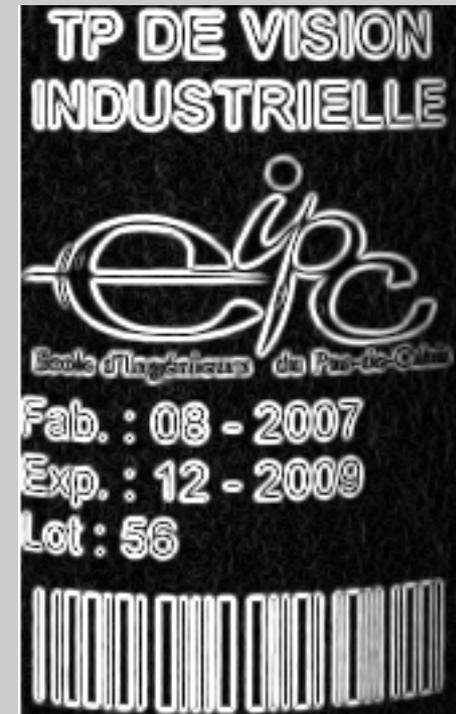
Sobel horizontal

$$*$$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Sobel vertical

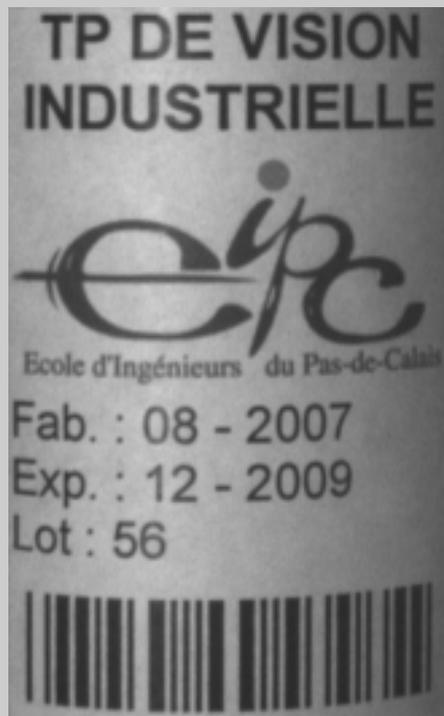
\Rightarrow



*Max du module
des gradients*

Le filtrage linéaire

- Exemples



*

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

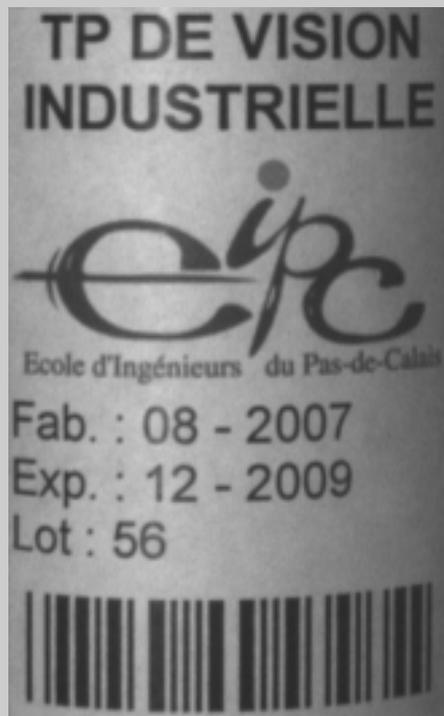
=



Module du Laplacien

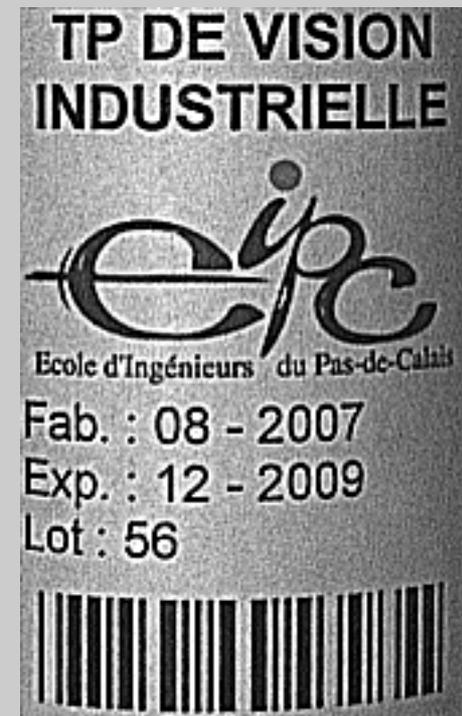
Le filtrage linéaire

■ Exemples



$$\begin{array}{|c|c|c|}
 \hline
 -1 & -1 & -1 \\
 \hline
 -1 & 9 & -1 \\
 \hline
 -1 & -1 & -1 \\
 \hline
 \end{array}
 =$$

Filtre réhausseur



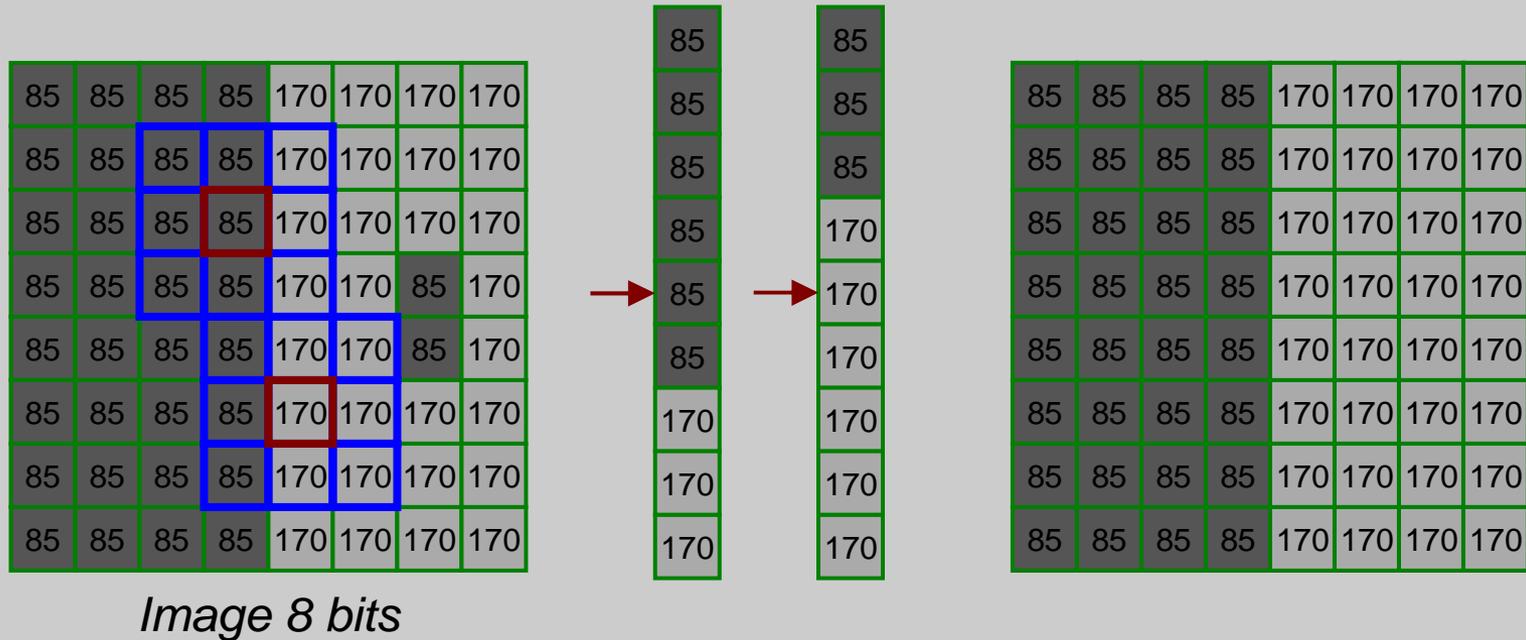
Positif du réhausseur

Le filtrage d'ordre

- Remarques
 - Filtrage non linéaire
 - Filtre permettant d'éliminer la présence de valeurs aberrantes
 - ◆ Élimine les perturbations impulsionnelles
 - Filtre médian
 - ◆ Stockage des niveaux de gris dans un voisinage donné
 - ◆ Choix de la valeur centrale
 - ◆ Affectation de cette valeur au pixel central

Le filtrage d'ordre

- Principe du filtre médian



Le filtrage d'ordre

- Exemple

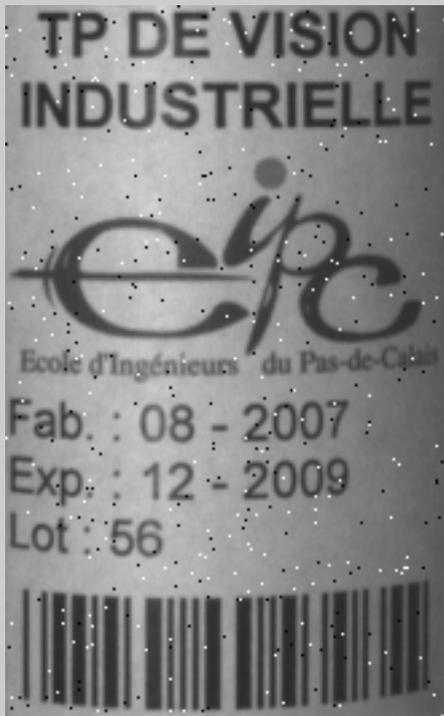
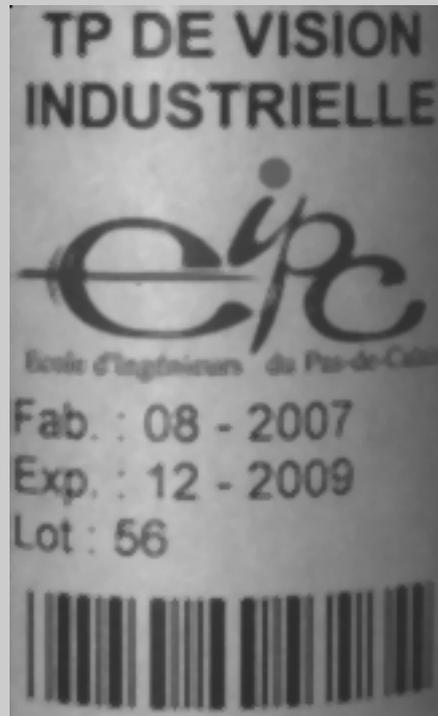
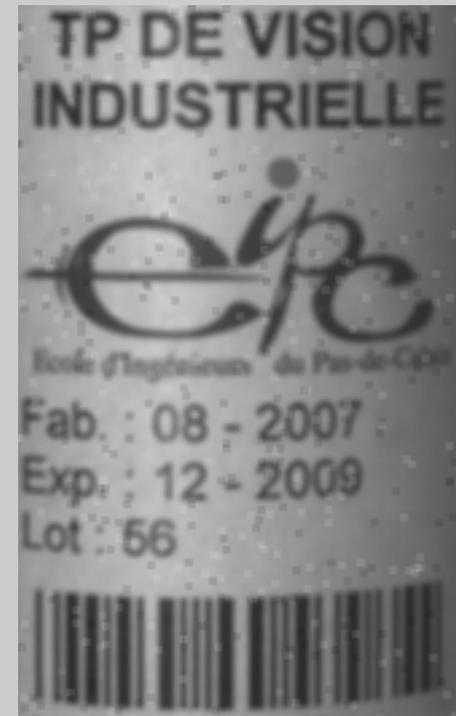


Image bruitée



Filtrage médian



Filtrage moyennneur

Le filtrage morphologique

- Principe

- 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.

Le filtrage morphologique

- Morphologie binaire

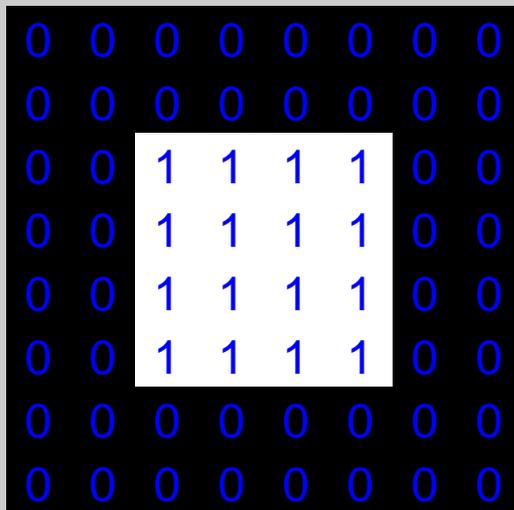
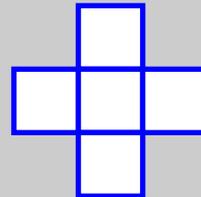
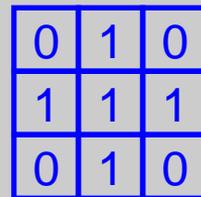


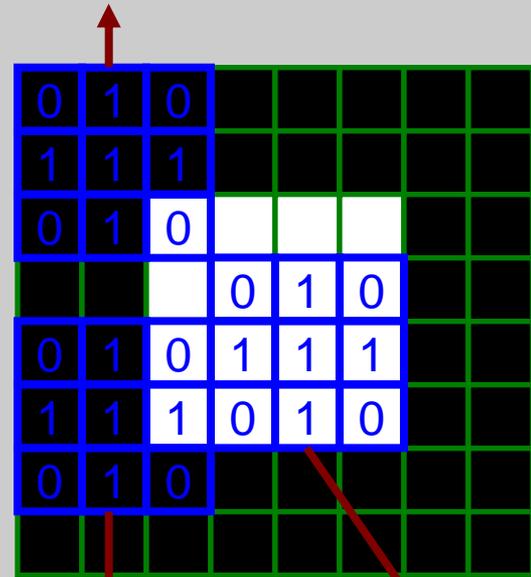
Image binaire



*Elément
structurant*



Exclusion



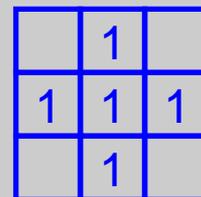
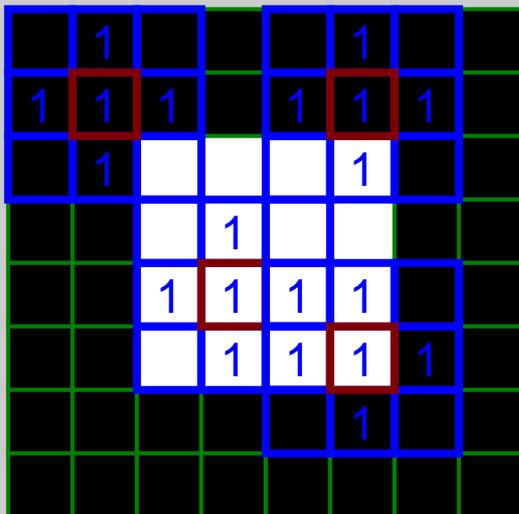
Intersection

Inclusion

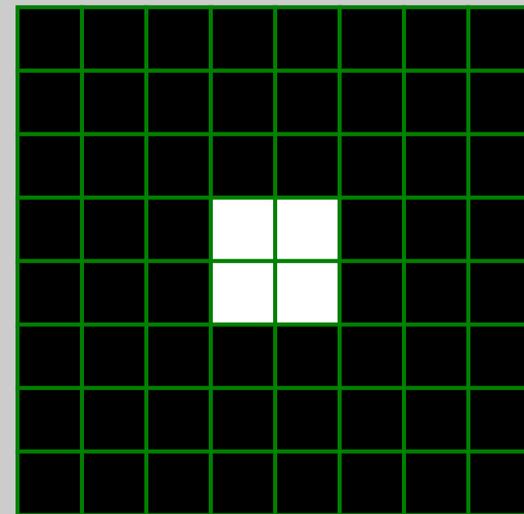
Le filtrage morphologique

■ 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



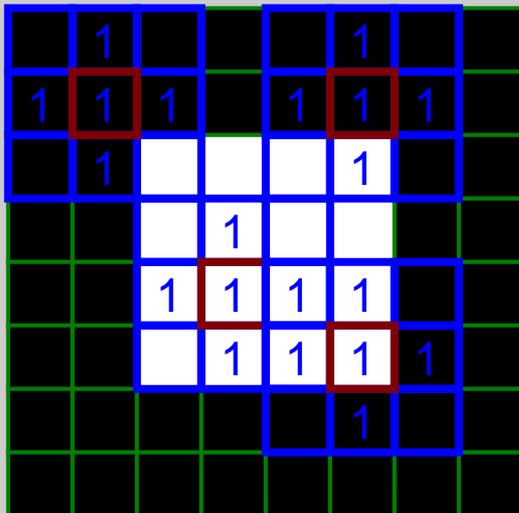
*Elément
structurant*



Le filtrage morphologique

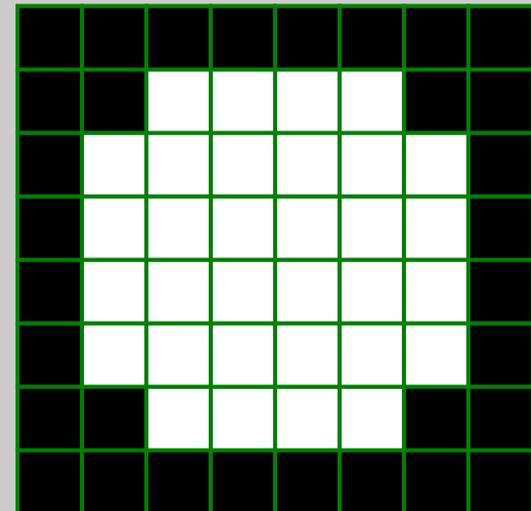
■ Dilatation

- ◆ 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



	1	
1	1	1
	1	

*Elément
structurant*



Le filtrage morphologique

■ 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

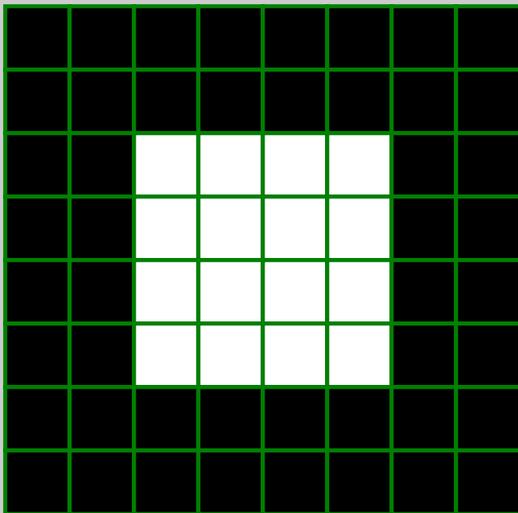
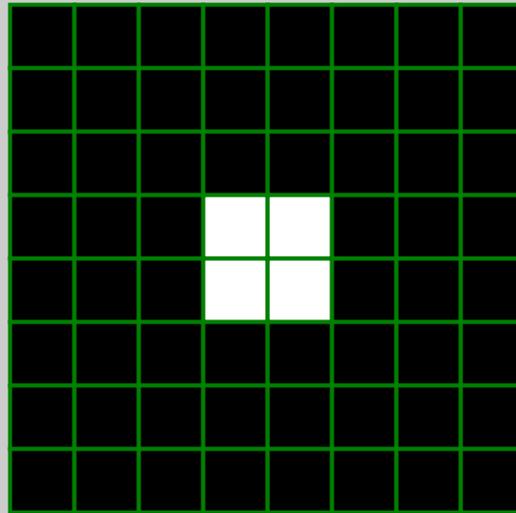
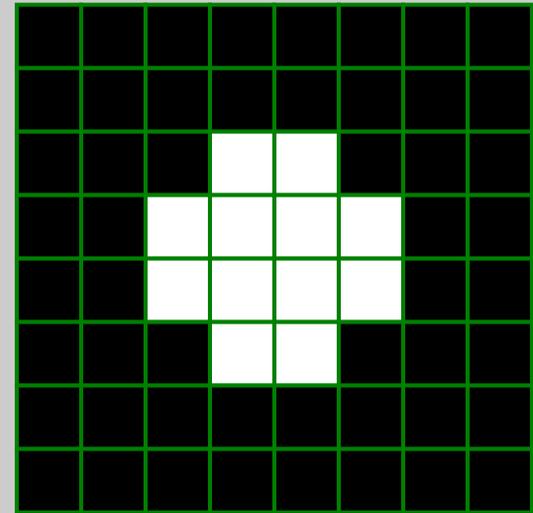


Image binaire



Erosion



Dilatation

Le filtrage morphologique

■ 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

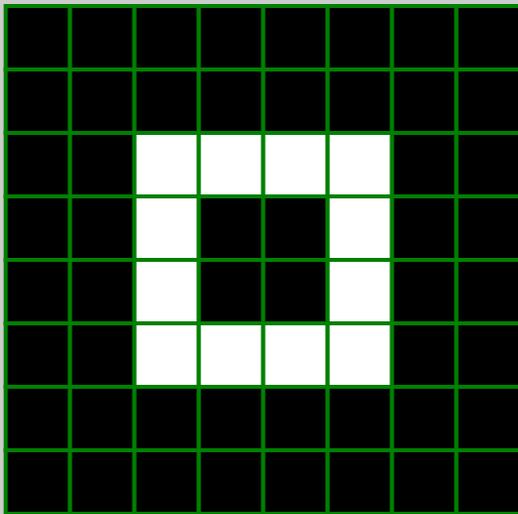
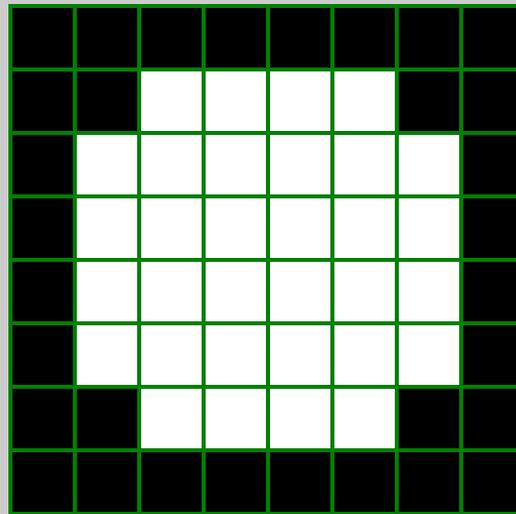
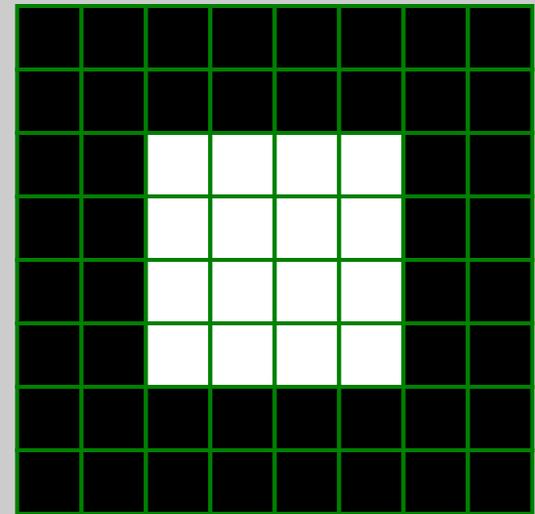


Image binaire



Dilatation



Erosion

Le filtrage morphologique

- Application
 - Erosion



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

*Element structurant
en forme de disque
de taille 5×5*



Le filtrage morphologique

- Dilatation



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

*Element structurant
en forme de disque
de taille 5×5*



Le filtrage morphologique

■ Ouverture



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

*Element structurant
en forme de disque
de taille 5×5*



Le filtrage morphologique

- Fermeture



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

*Element structurant
en forme de disque
de taille 5×5*



Problématique

- Origine de la non-uniformité
 - Non uniformité de la lumière
 - Non uniformité de la réponse du capteur
 - Défauts d'optiques

Opérateur ponctuelle

- Soustraction ou multiplication d'image
 - Soustraction d'une image de référence représentant le défaut d'éclairage seul avec l'image à traiter.
 - Binarisation

Opérateur de voisinage

- Ouverture ou fermeture morphologique

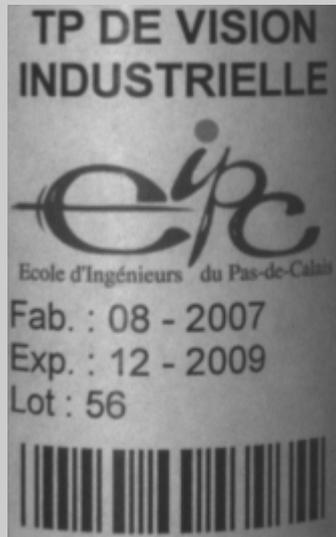
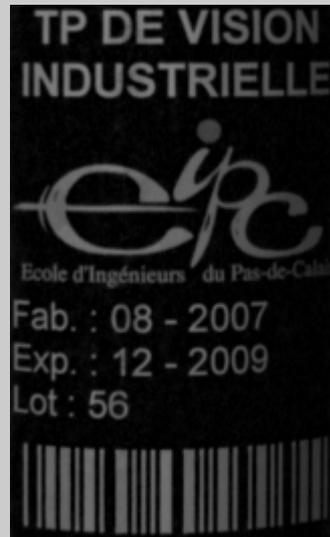


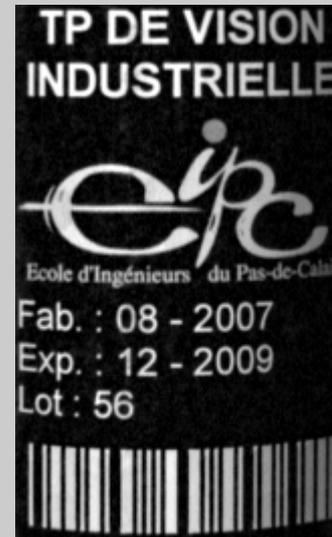
Image I



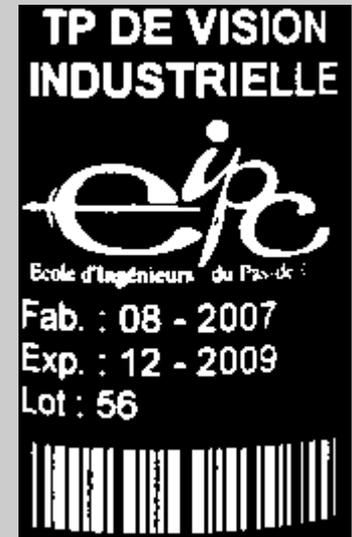
$J =$
fermeture(I)



$K = J - I$



$L =$
recadrage(K)



$M =$
binarisation(L)