

Techniques de traitement d'images

- *Concepts et définitions*
- *Chapitre 1: Images Numériques*
- *Chapitre 2: Amélioration des images*
- *Chapitre 3: Restauration d'images*
- *Chapitre 4: Compression d'images*
- *Conclusion*

Chapitre 2: Amélioration des images

- **Contraste, luminance et contenu de l'image**
- **Transformations sur les images**
- **Manipulation d'histogramme**

Amélioration des images

● Contraste, luminance et contenu de l'image

□ Qualité d'image est mesurée par:

- **Contraste** : **qualité** de la dynamique des **intensités** de l'image
- **Bruit** : **signal** “**parasite**” dont la distribution dans l'image est **aléatoire** et la plupart du temps **inconnue**
- **Déformations géométriques** : **défauts** dus à la **différence d'axe entre le capteur d'acquisition et le centre de la scène observée**

Amélioration des images

● Contraste et luminance

● **Luminance ou brillance:** **moyenne** des niveaux de gris **de l'image I**

$$\text{Moy} = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} I(x, y)$$

● **Contraste:** plusieurs définitions possibles :

■ **Ecart-type** des variations de niveaux de gris :

$$C = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} (I(x, y) - \text{Moy})^2}$$

■ **Variations** entre valeurs de niveaux de gris min et max :

$$C = \frac{\max I(x, y) - \min I(x, y)}{\max I(x, y) + \min I(x, y)}$$

Amélioration des images

● Contenu de l'image

● **Texture** : **répartition** statistique ou géométrique des **intensités** dans **l'image**



● **Contour** : **limite** entre deux (ou un groupe de) pixels dont la **différences** de niveau de gris (couleur) est **significative**.

● **Région** : **groupe de pixels** présentant des **caractéristiques similaires** (intensité, mouvement, etc.)

● **Objet** : **région** (groupe de régions) entièrement **délimitée** par un **contour**, possédant une indépendance dans l'image

Amélioration des images

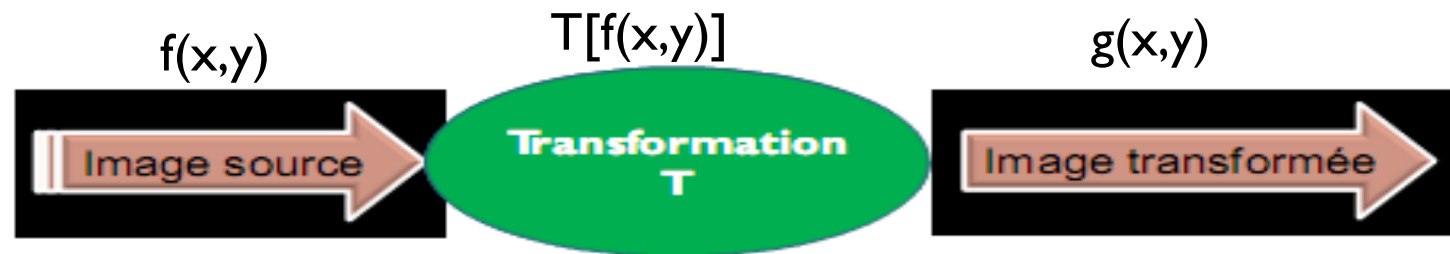
Qu'est-ce que l'amélioration des images

- ☐ Opérations d'amélioration: ont pour **but** de **rendre l'image plus lisible**.
- ☐ Techniques d'amélioration: cherchent essentiellement à **rehausser les contrastes** afin de rendre les **régions** et les **objets composants l'images** bien distinctes et bien **séparées les uns des autres**.
- ☐ Différentes approches :
 - ✓ **Transformations** sur les images
 - ✓ Traitements à base **d'histogramme**
 - ✓ **Autres méthodes**

Amélioration des images

● Transformations sur les images

- Au cours du processus de traitement et d'analyse, l'image subit une **série de transformations**.



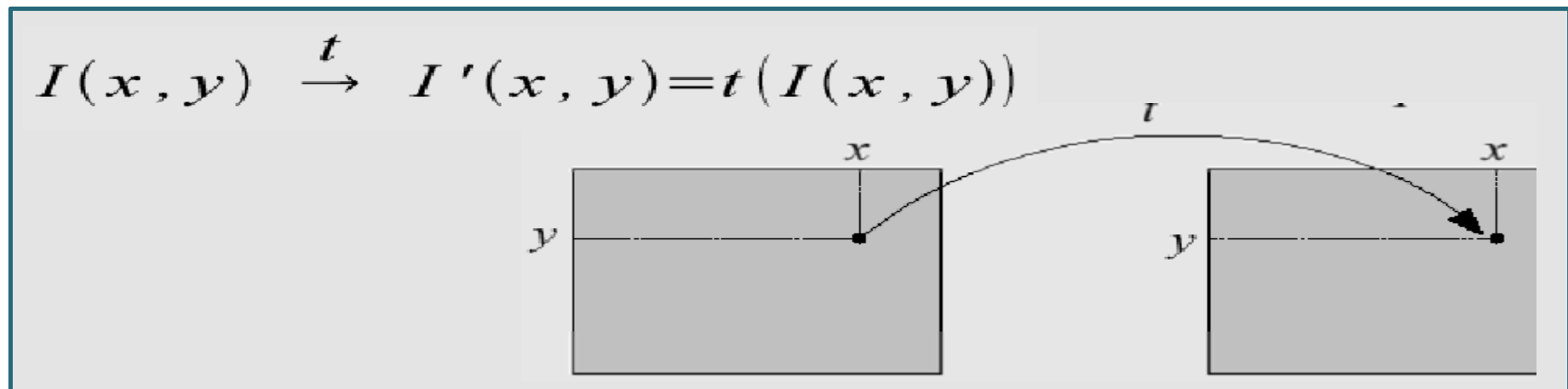
- Une transformation permet de **modifier** la valeur de chaque **pixel** afin d'obtenir une **nouvelle image de même taille** mais ayant des **propriétés plus intéressantes**.
- Les transformations peuvent être classées de la manière suivante:
 - ✓ Transformations **Ponctuelles**.
 - ✓ Transformations **Locales**.
 - ✓ Transformations **Globales**

Amélioration des images

● Transformations sur les images

■ Transformations Ponctuelles:

- ✓ A partir d'une **image source**, la **nouvelle valeur du pixel dépend uniquement de son ancienne valeur**.



- ✓ **Exemples** : correction gamma, inversion, manipulations d'histogramme, ajustement luminosité/contraste, opérations algébriques, opérations logiques et arithmétiques, etc.

Amélioration des images

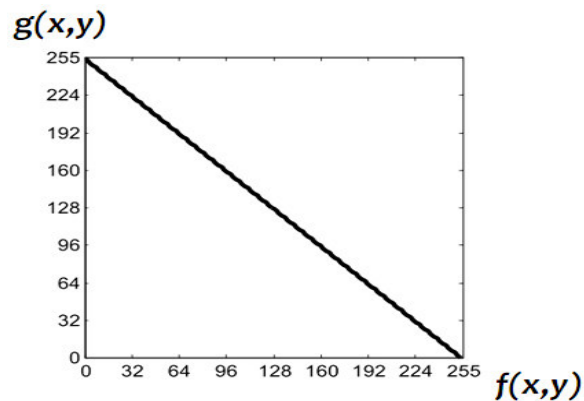
● Transformations sur les images

a. Transformations Ponctuelles: Inversion Dynamique

■ **Distingue** mieux **certains détails** en **blanc** sur **fond noir** qu'en noir sur fond blanc

■ On inverse les extrêmes noir et blanc par la formule suivante:

$$g(x,y) = f_{max} - f(x,y) = 255 - f(x,y)$$



Amélioration des images

● Transformations sur les images

b. Transformations Ponctuelles: Correction gamma

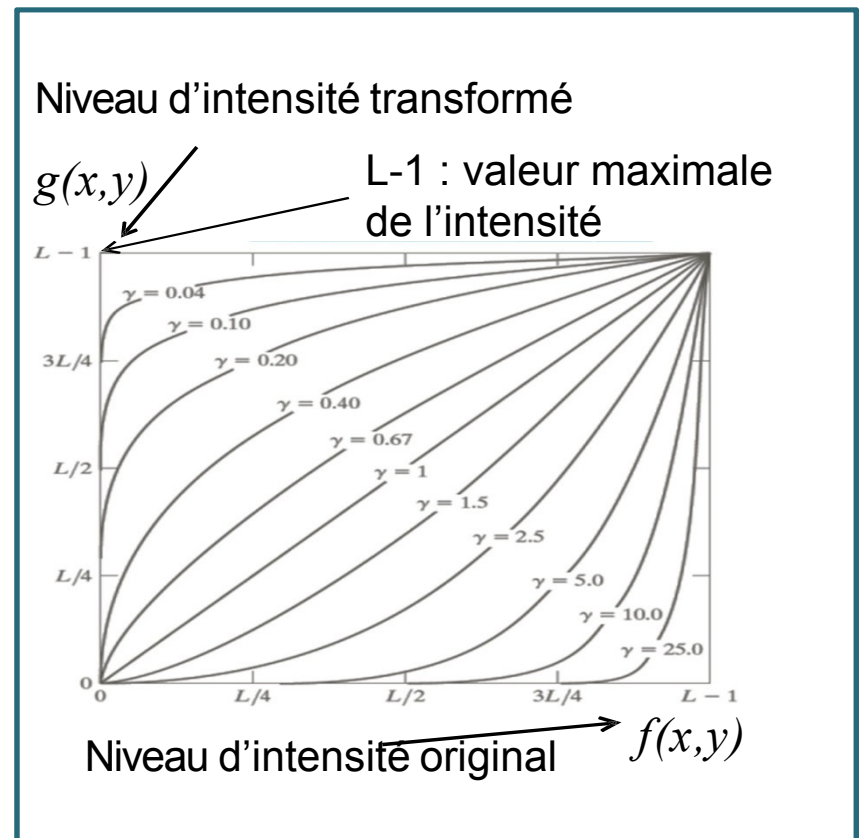
- Applique une transformation **non linéaire** à chaque pixel.
- Le **facteur gamma** va définir la **courbe non linéaire** qui va être appliquée.

$$g(x,y) = \frac{f_{max}}{f_{max}^\gamma} f(x,y)^\gamma$$

$\gamma < 1$: augmente la plage dynamique des intensités élevées: **dilatation des zones claires**

$\gamma > 1$: augmente la plage dynamique des intensités faibles: **dilatation de zones sombres**

$f_{max} = 255$: pour une Image niveau de gris (8 bits)



Amélioration des images

● Transformations sur les images

b. Transformations Ponctuelles: **Correction gamma**



Image originale

$\gamma = 1.5$



$\gamma = 0.7$



$\gamma = 2$



$\gamma = 0.5$



$\gamma = 3$



$\gamma = 0.2$



Amélioration des images

● Transformations sur les images

c. Transformations Ponctuelles: Addition d'images

- L'addition pixel à pixel de deux images f_1 et f_2 est définie par :

$$g(x,y) = \text{Min}(f_1(x, y) + f_2(x, y); 255)$$

- L'addition d'images peut permettre
 - de **diminuer le bruit** d'une vue dans une série d'images
 - d'**augmenter la luminance** en additionnant une **image avec elle-même**



Amélioration des images

● Transformations sur les images

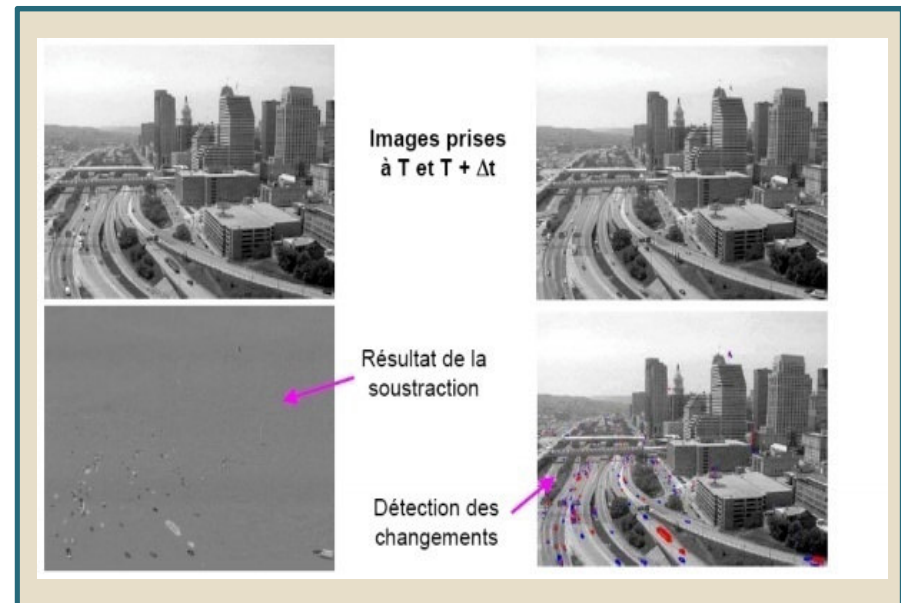
d. Transformations Ponctuelles: Soustraction d'images

- La soustraction pixel à pixel de deux images f_1 et f_2 est définie par

$$g(x,y) = \text{Max}(f_1(x, y) - f_2(x, y); 0)$$

- La soustraction d'images peut permettre

- ✓ la **détection de défauts**
- ✓ la **détection de mouvements**



Amélioration des images

Manipulation d'histogramme

a. Définition

- **Histogramme H** : représente la **distribution des intensités des pixels** .
- **$H(i)$** : le nombre de pixels dans l'image ayant le niveau de gris i
- Fournit des informations propres à l'image, telles que :
 - La **distribution statistique** des niveaux de gris
 - Les **bornes de répartition** des niveaux de gris
- Pour **une image couleur**, il est nécessaire d'utiliser **plusieurs histogrammes sur chacune des composantes** du système de représentation de la couleur.

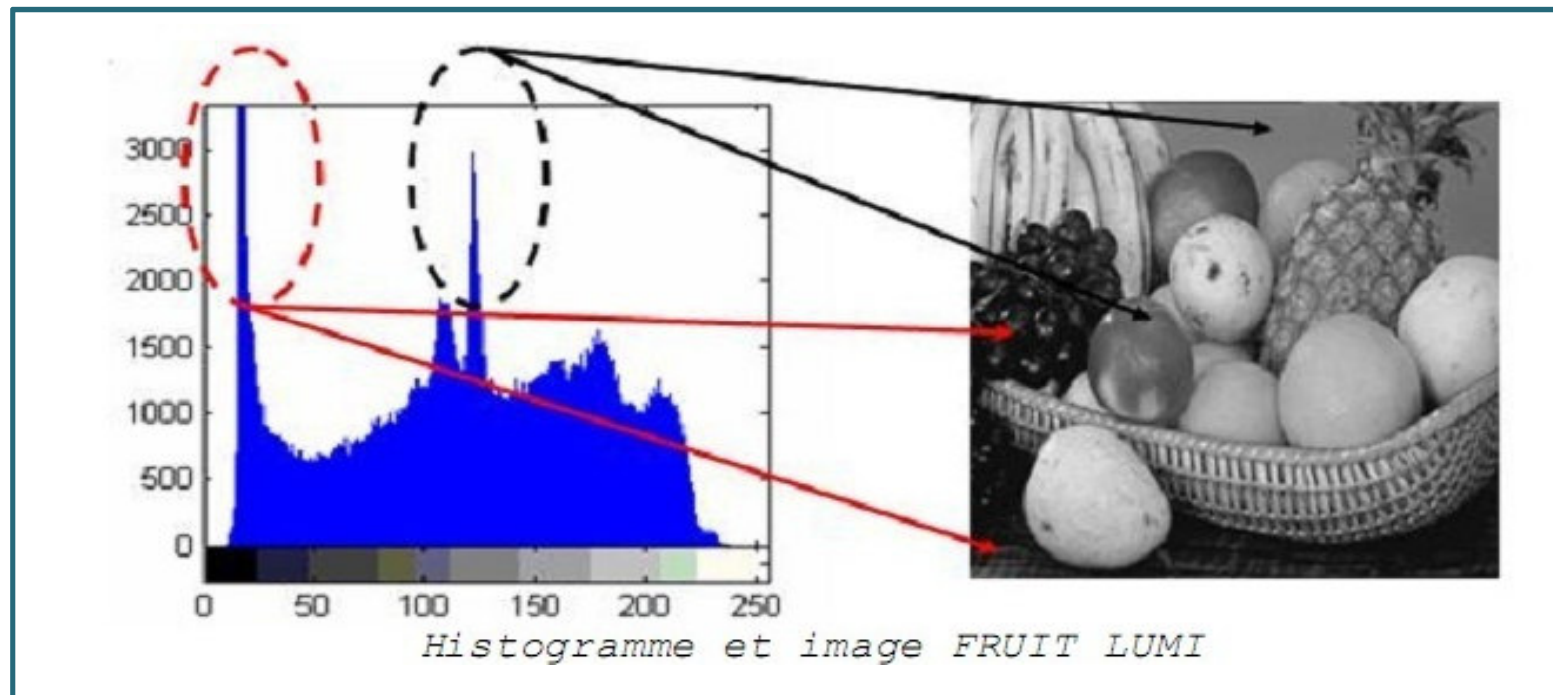
Exemple



Amélioration des images

● Manipulation d'histogramme

b. Exemple d'histogramme pour une image en niveaux de gris



Manipulation d'histogramme

c. Traitement effectués à partir de l'histogramme

■ **Normalisation :**

exploiter toute la **dynamique de codage**.

■ **Égalisation:**

équilibrer la dynamique de codage et **augmenter le contraste**.

■ **Segmentation:**

simplifier l'image en **regroupant** les **pixels selon leurs valeurs**.

Amélioration des images

Manipulation d'histogramme

d. Histogramme normalisé $H_n(i)$

✓ $H_n(i)$: est le taux de pixels ayant un niveau de gris égal à i

$$H_n(i) = \frac{H(i)}{N}, \text{ avec } N \text{ le nombre de pixels}$$

e. Histogramme cumulé $H_c(i)$

✓ $H_c(i)$: est le nombre de pixels dont le niveau de gris est inférieur à i

$$H_c(i) = \sum_{j=0}^i H(j) \quad \text{Il est défini récursivement par}$$

$$\begin{cases} H_c(0) = H(0) \\ H_c(i) = H_c(i-1) + H(i) \end{cases}$$

f. Histogramme cumulé normalisé $H_{cn}(i)$

✓ $H_{cn}(i)$: est le taux de pixels dont le niveau de gris est inférieur à i :

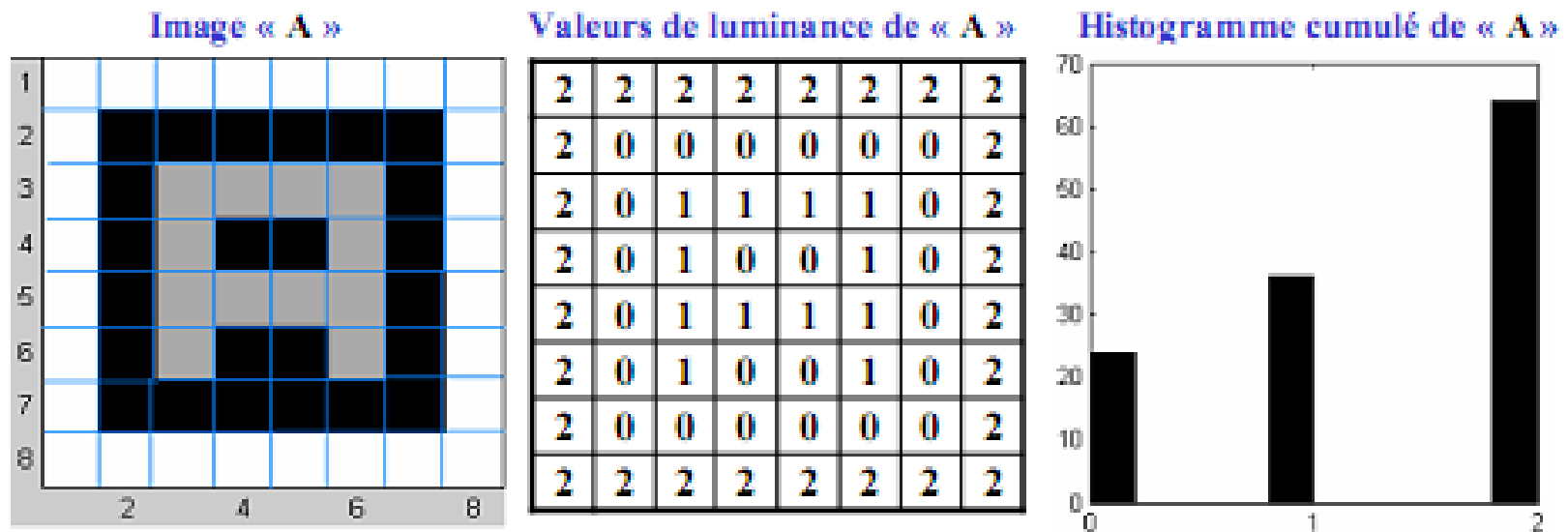
$$H_{cn}(i) = \frac{H_c(i)}{N}$$

Amélioration des images

Manipulation d'histogramme

Exemple d' Histogramme cumulé: tracer le H_C de l'image du diapo 66

- Chaque bâton cumule le nombre de pixels du niveaux de gris concerné et des niveaux de gris inférieurs
- les niveaux 0, 1, 2 sont donc représentés respectivement par 24, 36 et 64 pixels.



Amélioration des images

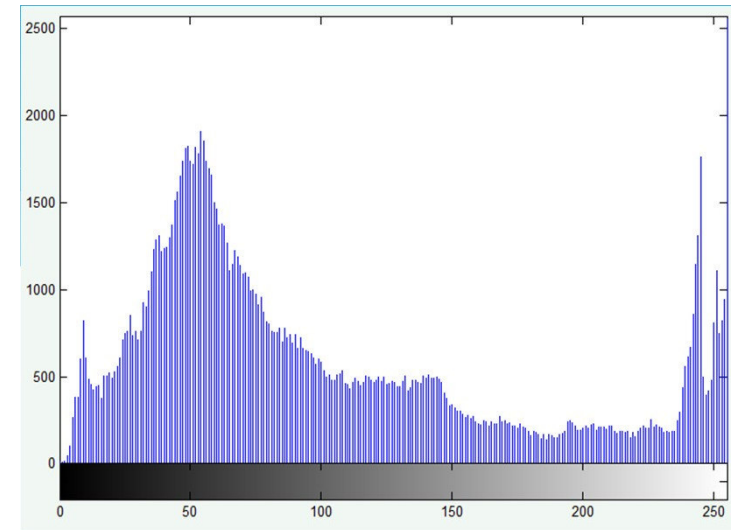
Manipulation d'histogramme

Exemple d' Histogramme cumulé:

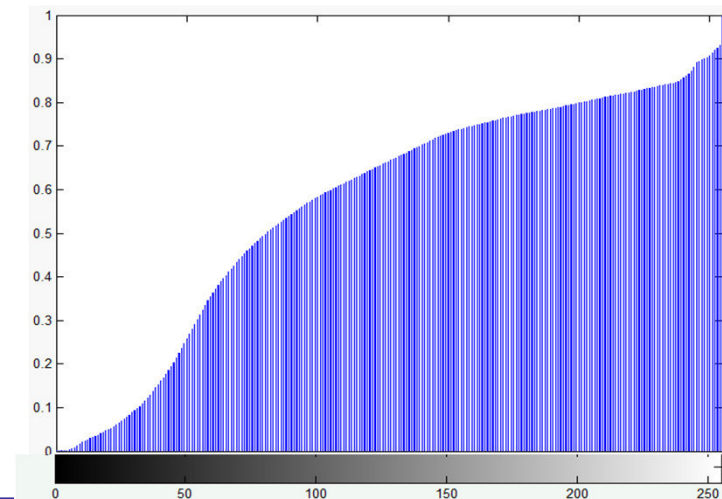


L'application la plus connue de l'histogramme cumulé est l'égalisation d'histogramme

Histogramme



Histogramme Cumulé normalisé

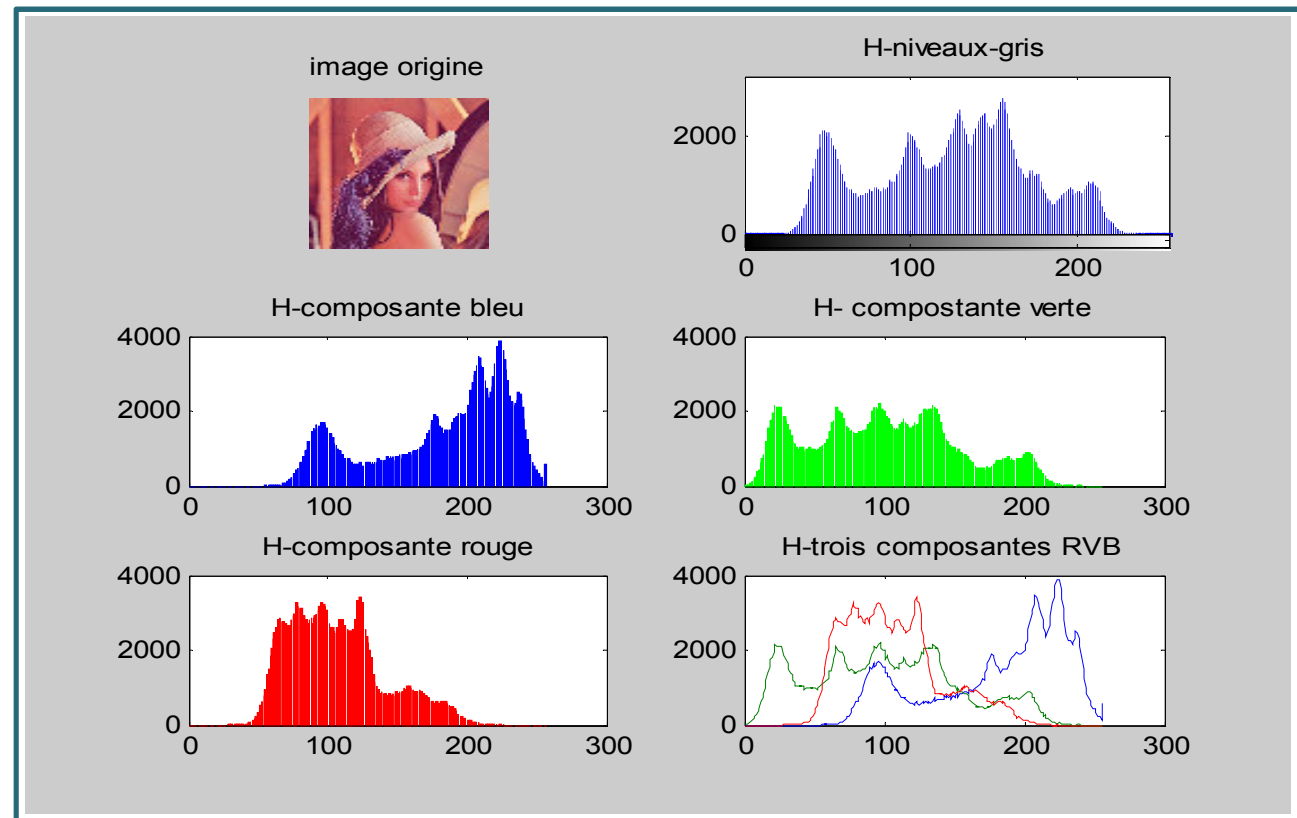


Amélioration des images

Manipulation d'histogramme

Exemple d'Histogramme d'une image en couleur:

- ✓ Plusieurs histogrammes sont nécessaires (selon l'espace colorimétrique).
- ✓ Pour une image couleur en **RVB**; 4 histogrammes sont nécessaires : **distribution de la luminance** et distributions respectives des composantes **rouge, Verte et bleu**



Manipulation d'histogramme

g. Egalisation (ou linéarisation) de l'histogramme

- But : **amélioration du contraste**
- Consiste à **équilibrer le mieux possible la distribution des pixels** dans la dynamique.
- Le niveaux de gris $f(x,y)$ de chaque pixel (x,y) est transformé en $g(x,y)$ en appliquant la transformation suivante :

$$g(x,y) = f_{\max}(x,y) * H_{cn}(f(x,y))$$

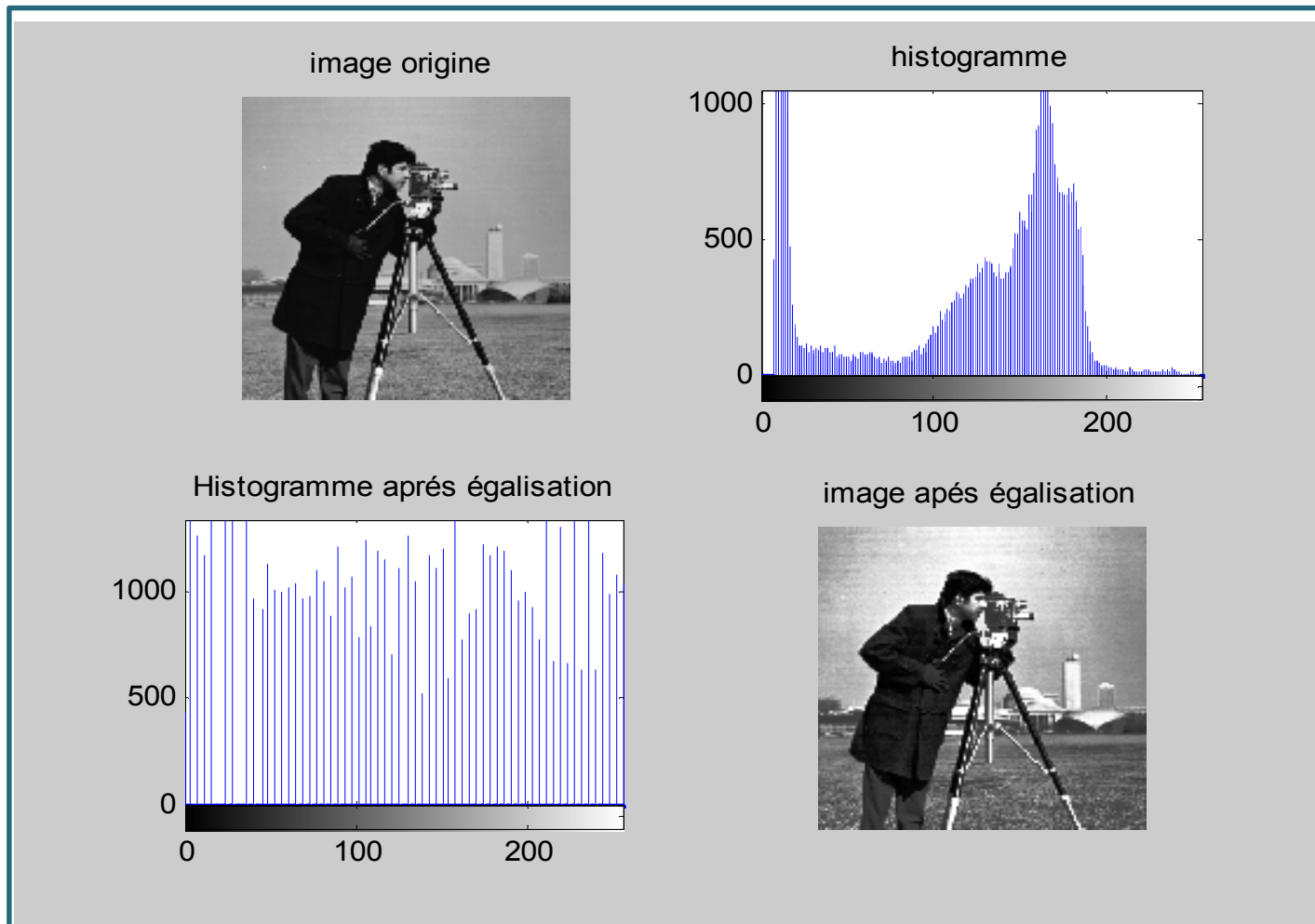
$f_{\max} = 255$: pour une Image niveau de gris .

Amélioration des images



Manipulation d'histogramme

Exemple d'égalisation de l'histogramme d'une image en niveaux de gris:

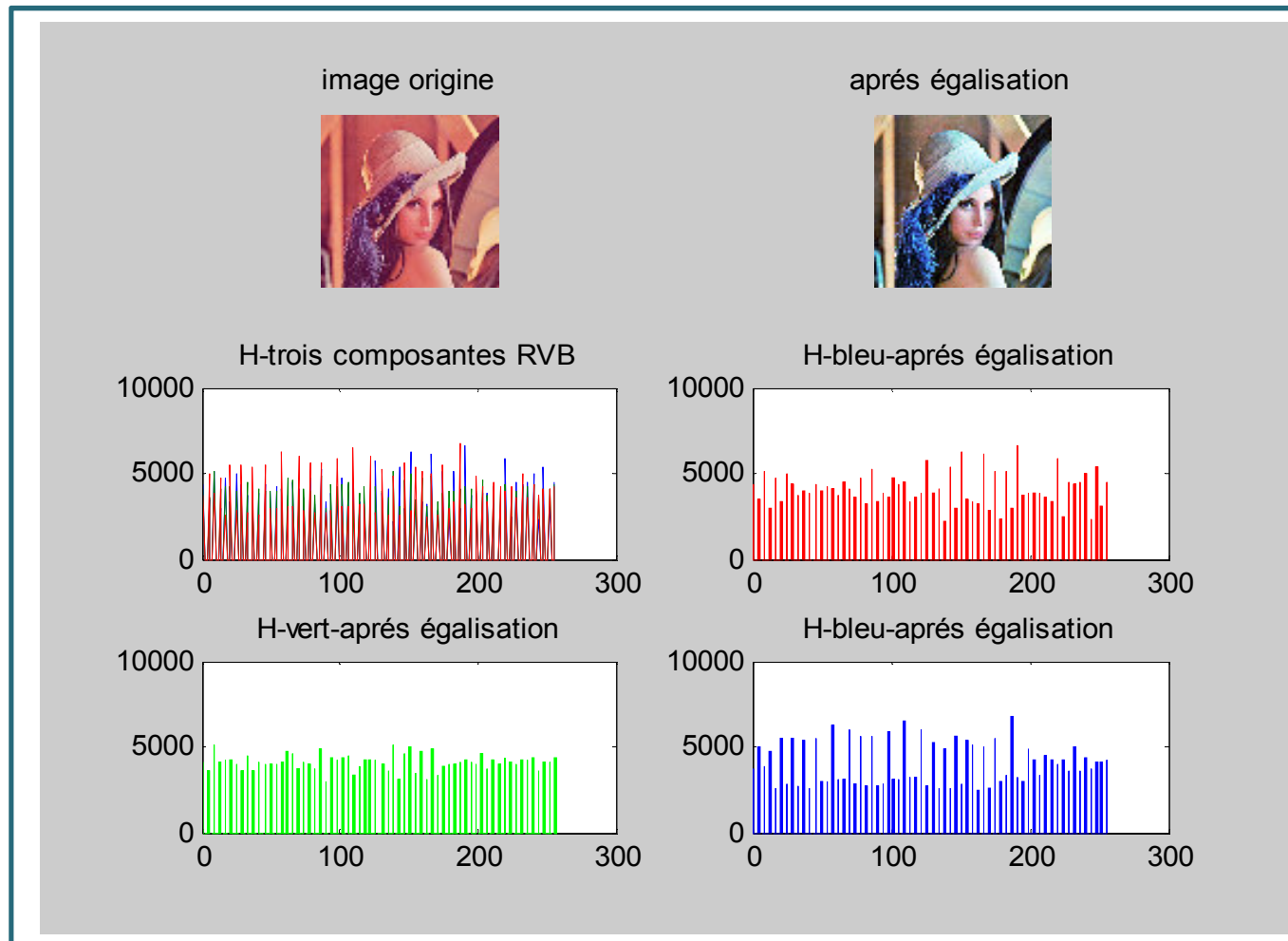


Amélioration des images



Manipulation d'histogramme

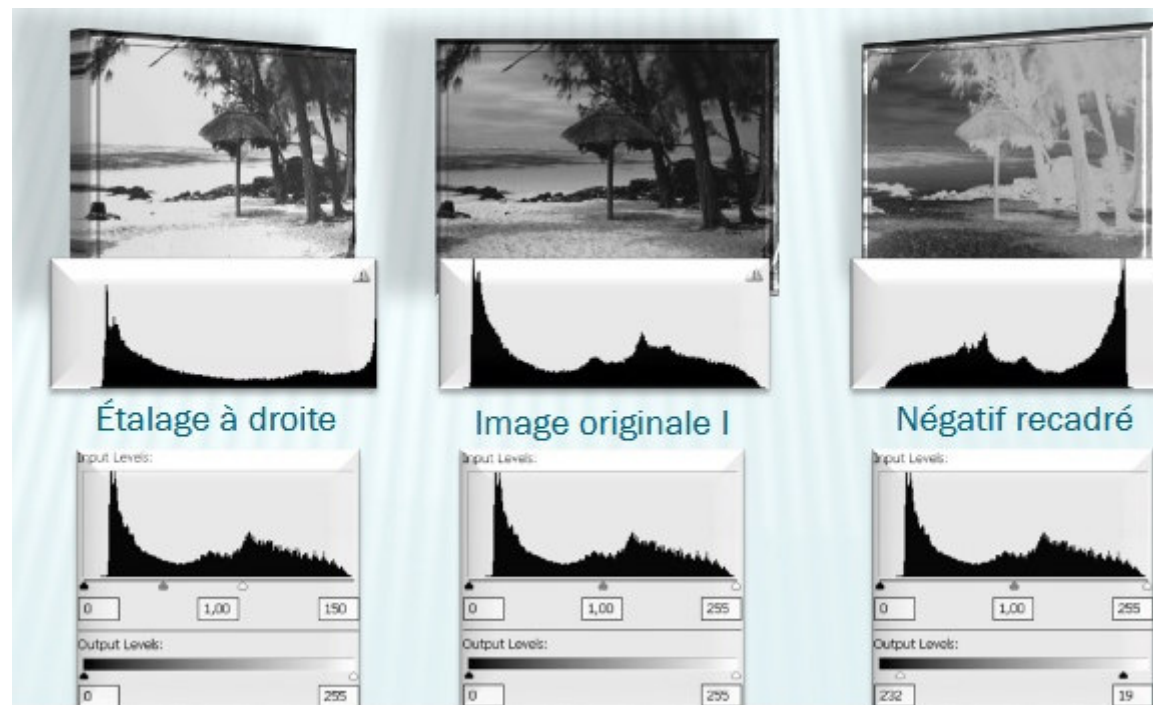
Exemple d'égalisation de l'histogramme d'une image couleur:



Amélioration des images

Manipulation d'histogramme par Photoshop

- Les **courbes**;
 - **Niveaux**;
 - Correction de **Gamma**
- ❑ **Niveaux**: Permet d'ajuster la dynamique de l'image

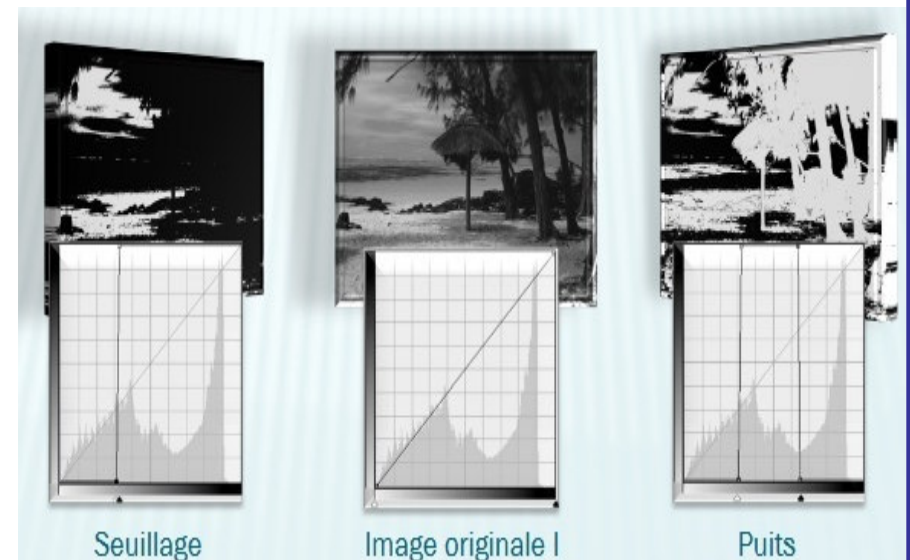
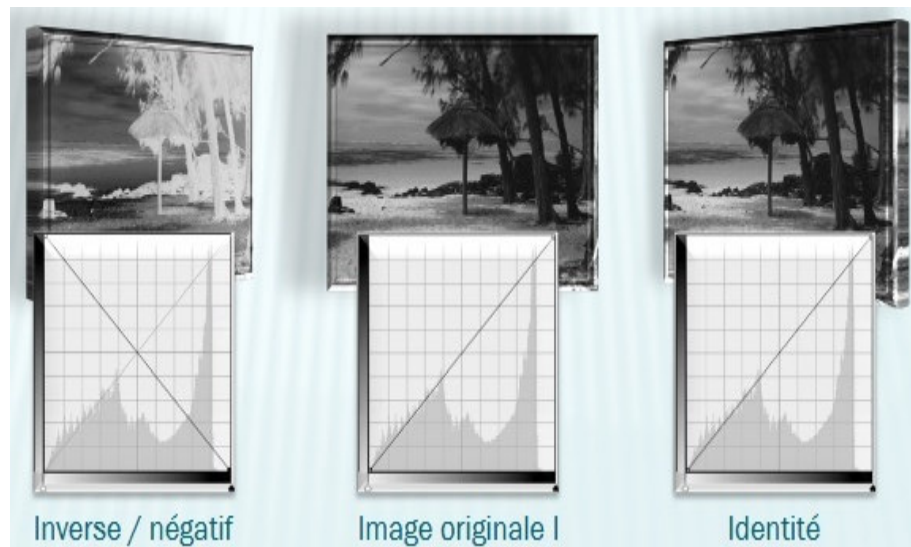


Amélioration des images

Manipulation d'histogramme par Photoshop

➤ Les courbes :

- ✓ Transformation **point à point** de l'intensité suivant la courbe
- ✓ Modification **globale** car affecte toute l'image
- ✓ Modification de **l'histogramme** en conséquent



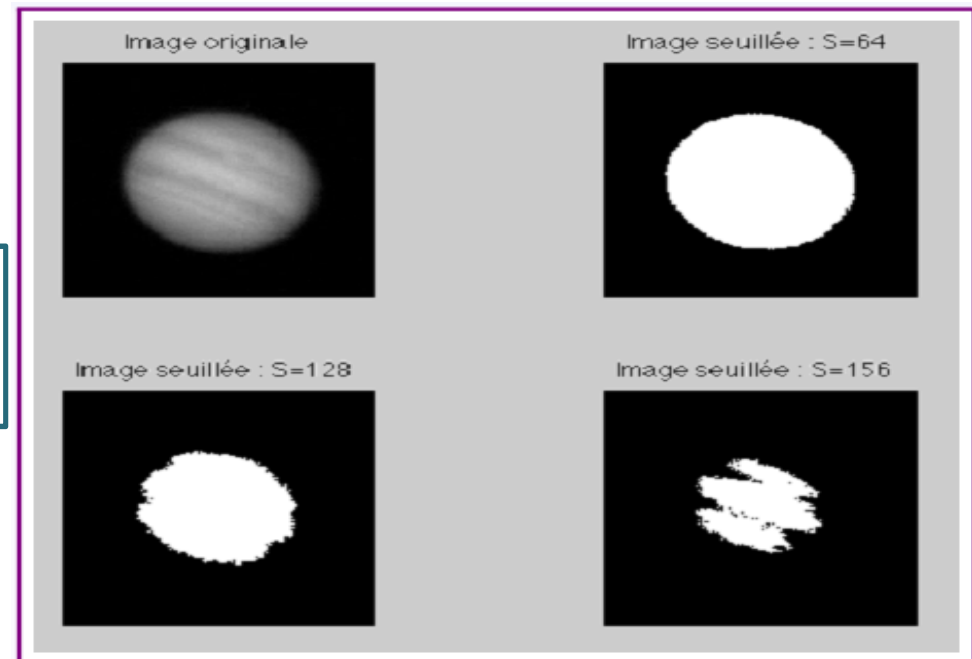
Amélioration des images

Manipulation d'histogramme

h. Seuillage

- **Seuillage (tresholding)** : traitement ramenant l'image à deux ou quelques niveaux d'intensité
- **Binarisation (binarization)** : traitement ramenant l'image à deux Niveaux⇒ seuillage binaire
- Le seuillage binaire est défini par :

$$f_s(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{si } f(x,y) < S \text{ avec } S \in [0,255] \\ 255 & \text{sinon} \end{cases}$$

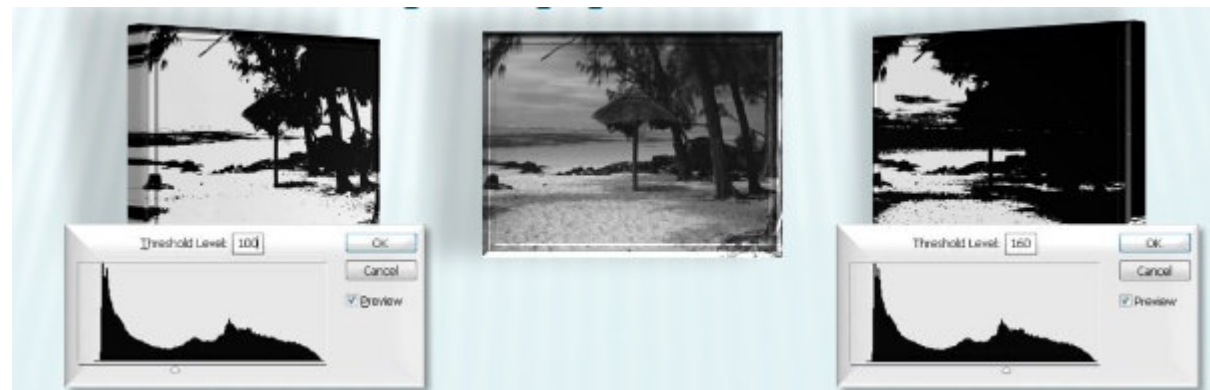


Amélioration des images

Manipulation d'histogramme

h. Seuillage

- Effet
 - ✓ Toutes les valeurs d'intensité de gris supérieures à une valeur V sont annulées (noires)
 - ✓ Sinon, elles sont blanches
- Équivalent photoshop
 - ✓ Image > Réglage > Seuil



Exercices

L'image de la figure ci-dessous est une image en niveaux de gris de définition 6x6 pixels et dont les valeurs des niveaux de gris sont codés sur **4 bits**. Cette image représente une forme rectangulaire sur un fond.



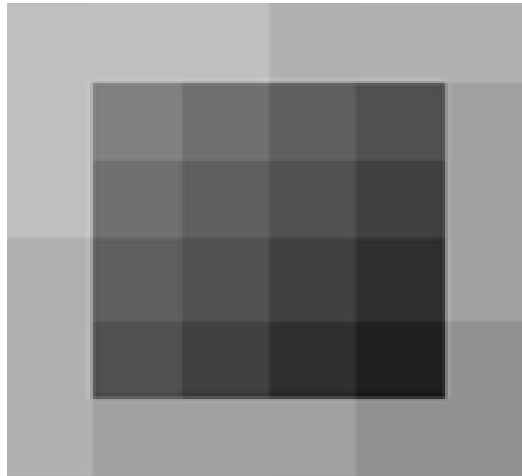
9	9	9	8	8	8
9	5	5	4	3	7
9	5	4	4	3	7
8	5	4	4	3	7
8	5	4	3	2	6
8	8	8	6	6	6

Partie 1:

1. Calculer la moyenne des niveaux de gris de l'image.
2. Calculer le contraste de cette image.
3. Donner l'Inversion dynamique de cette image.
4. Additionner cette image avec elle-même.

Exercices

L'image de la figure ci-dessous est une image en niveaux de gris de définition 6x6 pixels et dont les valeurs des niveaux de gris sont codés sur **4 bits**. Cette image représente une forme rectangulaire sur un fond.



9	9	9	8	8	8
9	5	5	4	3	7
9	5	4	4	3	7
8	5	4	4	3	7
8	5	4	3	2	6
8	8	8	6	6	6

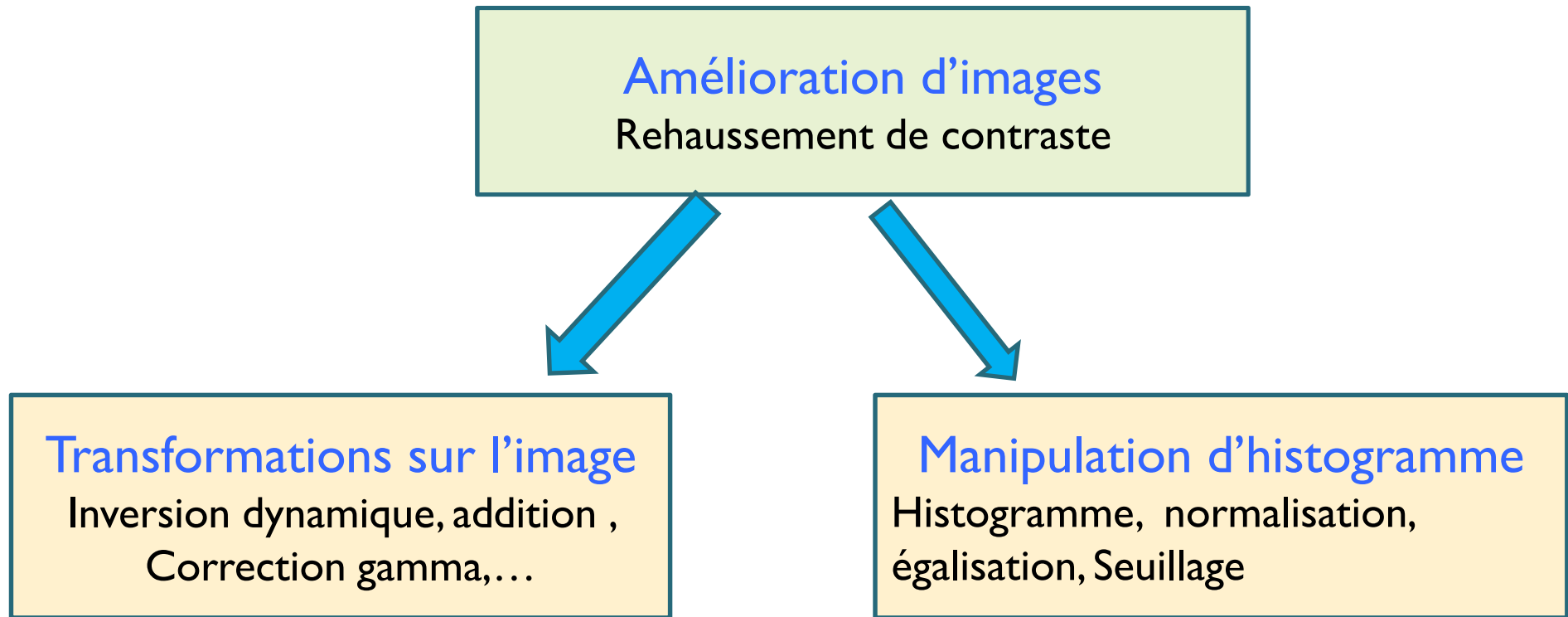
Partie 2:

1. Calculer et représenter l'histogramme de cette image.
2. Calculer et tracer l'histogramme cumulé de cette image
3. En analysant l'image et son histogramme, binariser correctement l'image de façon à séparer la forme rectangulaire du fond. Donner la valeur du seuil choisi et représenter l'image binaire par des 0 et des 1.

Amélioration des images

Conclusion

A retenir pour ce chapitre:



Techniques de traitement d'images

- *Concepts et définitions*
- *Chapitre 1: Images Numériques*
- *Chapitre 2: Amélioration des images*
- *Chapitre 3: Restauration d'images*
- *Chapitre 4: Compression d'images*
- *Conclusion*

Restauration d'images

- ☐ Définition
- ☐ Echantillonnage & Quantification
- ☐ Notion de voisinage
- ☐ Produit de convolution
- ☐ Techniques de filtrage

Restauration d'image

□ Définition

- La restauration d'images a pour objet la **réduction**, voire **l'élimination** des **distorsions** introduites (**bruits**) par le système ayant servi à acquérir l'image.

□ Objectif

- Obtenir une image qui soit la **plus proche possible de l'image idéale** qui aurait été obtenue si le **système d'acquisition** était parfait.

□ Différentes approches :

- Le filtrage (**temporel**)
- Le filtrage (**fréquentiel**)
- Le filtrage **non linéaire**

Restauration d'images

□ Echantillonnage & Quantification

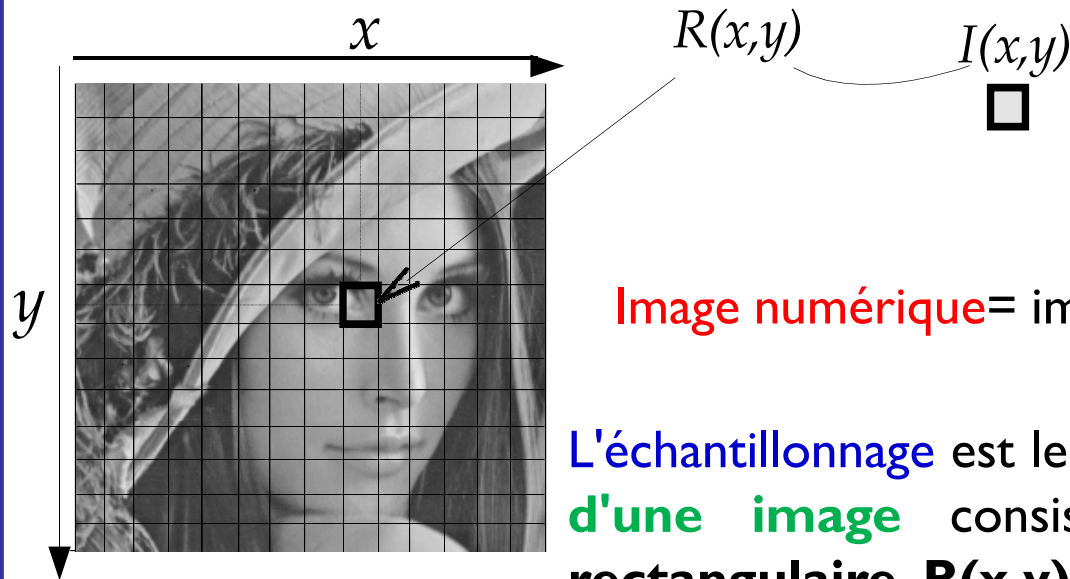


Image numérique = image échantillonnée + image quantifiée

L'échantillonnage est le procédé de **discrétisation spatiale d'une image** consistant à associer à chaque zone rectangulaire $R(x,y)$ d'une image continue **une unique valeur $I(x,y)$** .

On parle de **sous échantillonnage** lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on diminue le nombre d'échantillons.

La **quantification** désigne la limitation du **nombre de valeurs différentes que peut prendre $I(x,y)$** .



Restauration d'images

□ Echantillonnage & Quantification

L'intensité I est quantifié sur m bits et peut prendre $L = 2^m$ valeurs: $I \in [0, 2^m - 1]$

- ✓ $m = 1 : 2$ (2^1) valeurs possibles (images **binaires**)
- ✓ $m = 8 : 256$ (2^8) valeurs possibles (images en **niveaux de gris**)
- ✓ $m = 24 : 16777216$ (2^{24}) valeurs possibles (images en **couleurs**)

...spatiale :

Échantillonnage



256x256



128x128



64x64



32x32

...tonale :

Quantification



6 bits



4 bits



3 bits



2 bits



1 bit

Restauration d'images

□ Voisinage $V(P)$ d'un pixel P

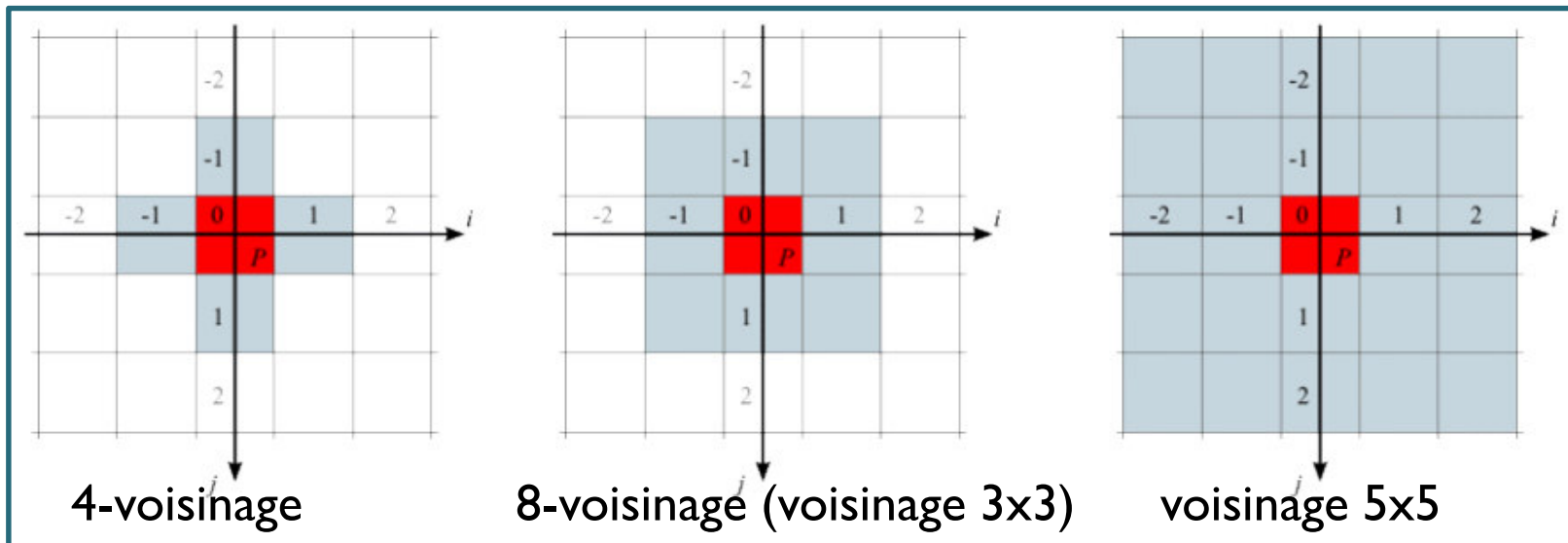
• Hypothèses :

- V est centré en P
- les pixels sont disposés selon une **maille carrée**

• Définition : $V(P)$ est l'ensemble des pixels Q situés à moins d'une certaine **distance de P**

• Forme du voisinage (et le nombre de voisins) de P **dépendent de la distance considérée.**

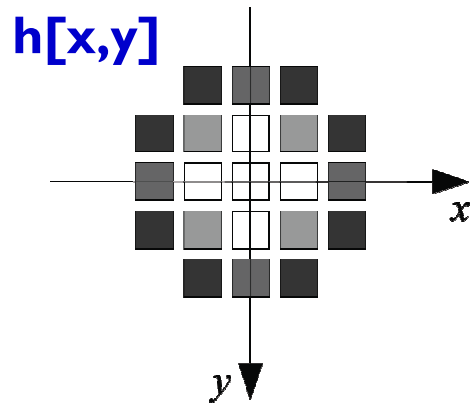
• **Voisinages les plus usités en traitement d'images :**



Restauration d'images

❑ Produit de convolution

- ✓ Soit ***I*** une image numérique.
- ✓ Soit ***h*** une fonction de $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$ à valeurs réelles.



$$(h * I)[x, y] = \sum_{i=x_1}^{x_2} \sum_{j=y_1}^{y_2} h[i, j] \cdot I[x - i, y - j]$$

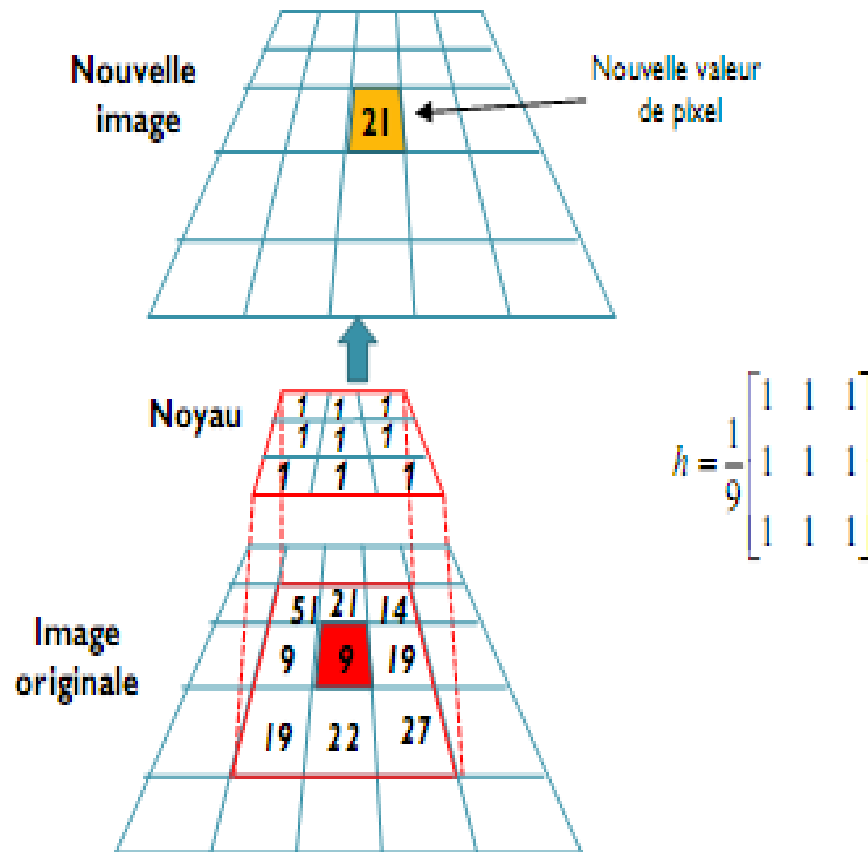
- Fonction ***h*** est appelée **noyau de convolution**
- Les **nouvelles valeurs des pixels** de ***I*** sont calculées par **produit scalaire** entre le **noyau** et le **voisinage** correspondant du pixel.

Importance de **la norme du noyau**

Conditions aux **bords de l'image**

Restauration d'images

❑ Produit de convolution (exemple et applications)



Nouvelle valeur de pixel =

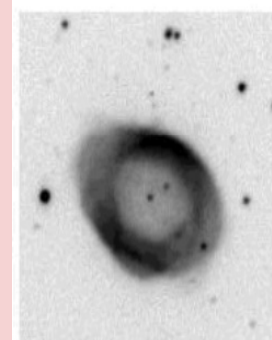
$$\left\| \begin{array}{l} 1 \times 51 + 1 \times 21 + 1 \times 14 + \\ 1 \times 9 + 1 \times 9 + 1 \times 19 + \\ 1 \times 19 + 1 \times 22 + 1 \times 27 + \end{array} \right\| / 9 = 21$$

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

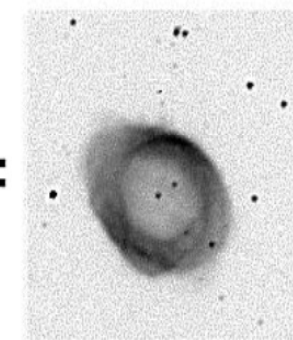
 $*$

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

→


 $*$

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



- La convolution dans le traitement d'images:
 - Filtrage linéaire des bruits
 - Détection de contours
 - Rehaussement de contraste

Restauration d'images

❑ Produit de convolution : Exercice

Soit l'image numérique I de définition 5*5 suivante:

$$I = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 2 & 3 \\ 9 & 5 & 4 & 2 & 0 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & 4 & 2 & 8 \end{bmatrix}$$

Soit h le noyau de convolution suivant:

$$h = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Calculer le produit de convolution $R = h * I$ en mettant à zéro les pixels en dehors de l'image d'origine (bords de l'image)

$$0*(-1) + 0*0 + 0*1 + 0*(-1) + 2*0 + 1*1 + 0*(-1) + 9*0 + 5*1 = 6$$

I : Image originale

0	0	0	0	0	0	0
0	2	1	0	2	3	0
0	9	5	4	2	0	0
0	2	3	4	5	6	0
0	1	2	3	1	0	0
0	0	4	4	2	8	0
0	0	0	0	0	0	0

h: noyau de convolution

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 2 & 3 \\ 9 & 5 & 4 & 2 & 0 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & 4 & 2 & 8 \end{bmatrix} =$$

R = I*h

6	-7	-2	-1	-4
9	-5	0	1	-9
10	-1	-2	-5	-8
9	8	-1	3	-8
6	6	-3	1	-3

$$5*(-1) + 4*0 + 2*1 + 3*(-1) + 4*0 + 5*1 + 2*(-1) + 3*0 + 1*1 = -2$$

Restauration d'images

□ Filtrage

- ❖ Le **filtrage** est une opération qui **élimine des éléments perturbateurs / non significatifs (Bruit)** dans les images numériques, soit pour **améliorer leur visualisation**, soit pour **les simplifier en but d'un traitement postérieur**
- ❖ L'objectif est donc **d'améliorer la qualité** de l'image et de mettre en évidence des caractéristiques (contours, formes, ...)
- ❖ Deux types de filtrage :
 - ✓ **Filtrage fréquentiel** (dans le domaine des fréquences, à base de transformées de Fourier non abordé dans ce cours)
 - ✓ **Filtrage spatial**

Restauration d'images

□ Bruit

- Toute information **parasite** ou **dégradation** que subit l'image de **l'instant de son acquisition** jusqu'à **son enregistrement**.
 - **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



Image source



Flou de mise au point



Bruit aléatoire (impulsionnelle)



Bruit uniforme (gaussien)



Flou de bougé

Restauration d'images

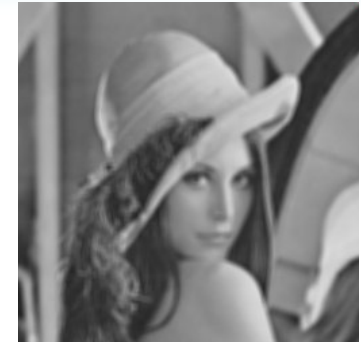
❖ Filtrage: Deux type de filtre

□ Filtres passe-bas, ou de lissage

- ✓ **Principe** : moyenne pondérée des valeurs du **voisinage**
- ✓ **Effet** : lissage de l'image (variations atténuées)
- ✓ **Avantage** : **atténuation du bruit**
- ✓ **Inconvénient** : **atténuation des détails, flou**
- ✓ **Caractérisation** : coefficients tous positifs

□ Filtres passe-haut, ou de contours

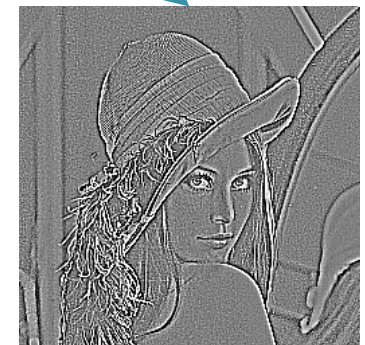
- ✓ **Principe** : **dérivation de la fonction image**
- ✓ **Effet** : **accentuation des détails de l'image**
- ✓ **Avantage** : mise en évidence **des contours/détails**
- ✓ **Inconvénient** : **accentuation du bruit**
- ✓ **Caractérisation** : coefficients de somme nulle



Lissage



Dérivation



Filtrage : Filtres de lissage (passe-bas)

❖ Principe

- ✓ **Utilité**: restauration de l'image (**élimination du bruit**) par lissage.
- ✓ **Inconvénient** : suppression des hautes fréquences (filtres passe-bas), d'où **dégradation des contours et effet de flou**.

❖ Variétés

- ✓ **Plusieurs types de filtres** possédant chacun des avantages propres.
- ✓ **Plusieurs tailles possibles**, selon l'étendue du voisinage à considérer : 3x3, 5x5, ... **l'effet de flou est d'autant plus marqué que la taille est grande**.

❖ Principaux filtres de lissage

- ✓ **Linéaire**
 - Caractérisés par un masque(**réalisables par convolution**).
 - Exemples : filtres **moyenneurs**, **gaussiens**
- ✓ **Non-linéaire**
 - Caractérisés par un opérateur non-linéaire(**non réalisables par convolution**).
 - Exemple: filtre **médian**

Filtrage : Filtres de lissage linéaires – Filtre *Moyenneur*

- ❖ **Configuration** : dépend de l'importance à donner au pixel d'analyse et à ses voisins :

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Ou} \quad \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Ou} \quad \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- ❖ **Le filtre moyenneur permet de :**

- ✓ Lisser l'image (Smoothing)
- ✓ Remplacer chaque pixel par la valeur moyenne de ses voisins
- ✓ Réduire le bruit et les détails non-important
- ✓ Brouille ou rendre floue l'image (blur edges).



- ❖ **Inconvénients:**

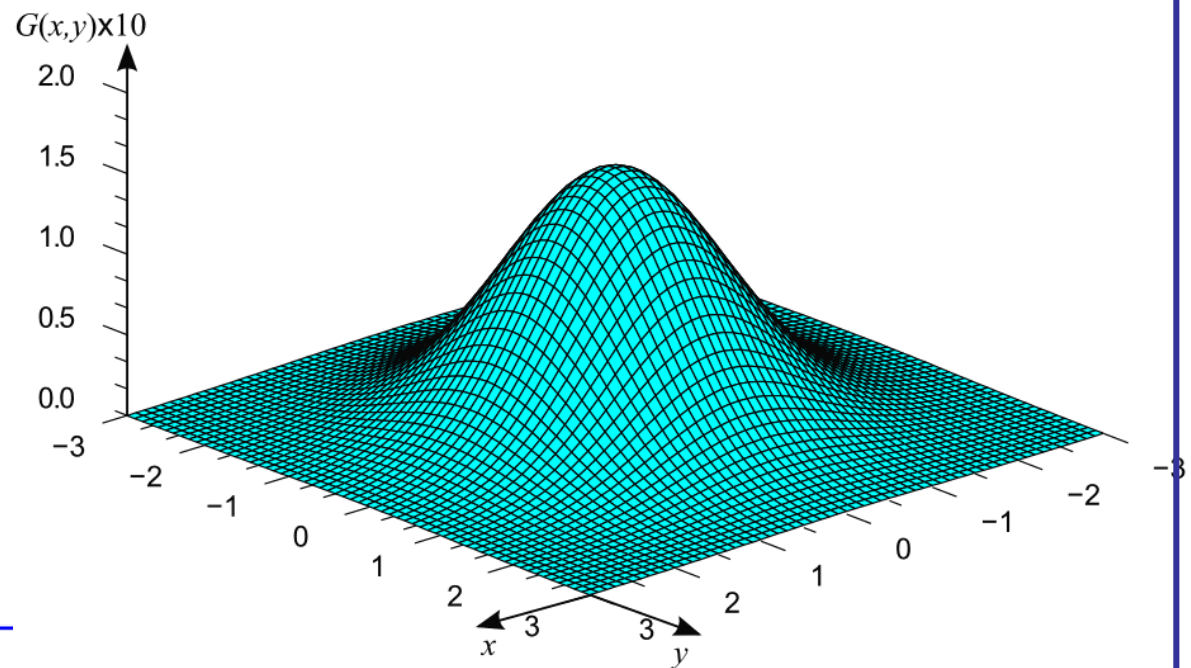
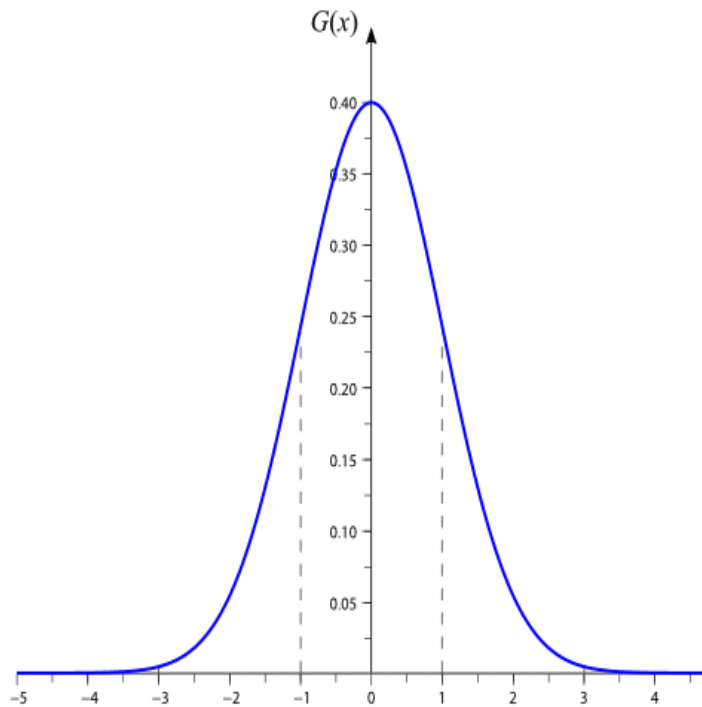
- ✓ Forte atténuation des contours (limite la performance des traitements ultérieurs)
- ✓ Forte influence des pixels aberrants isolés

Filtrage : Filtres de lissage linéaires – Filtre *gaussien*

❖ **Paramètres** : moyenne μ , écart-type σ

✓ EN 1 D : $G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$

✓ EN 2 D : $G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{((x-\mu)^2 + (y-\mu)^2)}{2\sigma^2}\right)$



Filtrage : Filtres de lissage linéaires – filtre *gaussien*

- ❖ **Avantage** : limite l'effet de flou (**contours mieux conservés**)
- ❖ **Configurations** : approximations discrètes de la distribution gaussienne de moyenne $\mu = 0$ et d'écart-type σ dans un filtre fini. Exemple pour $\sigma = 0.6$:

$G(-1, -1)$	$G(0, -1)$	$G(+1, -1)$
$G(-1, 0)$	$G(0, 0)$	$G(+1, 0)$
$G(-1, +1)$	$G(0, +1)$	$G(+1, +1)$

 $\cong \frac{1}{16}$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

- ❖ **Écart-type:**

- ✓ Détermine le degré de lissage
- ✓ Impose la taille du masque (idéalement $5\sigma \times 5\sigma$)

- ❖ **Remarque** : En général un filtre gaussien avec $\sigma < 1$ est utilisé **pour réduire le bruit**, et si $\sigma > 1$ c'est dans le but de fabriquer une image qu'on **va utiliser pour faire un masque flou personnalisé**.

- ❖ Il faut noter que plus σ est grand, **plus le flou appliqué à l'image sera marqué**.

Filtrage : Filtres de lissage non-linéaires – filtre *médian*

❖ Principe

- ✓ Le niveau de gris **résultat** est le niveau de gris médian des pixels voisins.
- ✓ Filtre non-linéaire, **donc non réalisable par masque de convolution.**

❖ Calcul

- ✓ Trier les niveaux par ordre croissant.
- ✓ Donner au pixel d'analyse le niveau situé au milieu des niveaux triés.

❖ Exemple

18	20	25
14	255	32
22	27	25

→ 14 ≤ 18 ≤ 20 ≤ 22 ≤ **25** ≤ 25 ≤ 27 ≤ 32 ≤ 255 → **25**

| ← 4 valeurs → | ← **médiane** → | ← 4 valeurs → |

Filtrage : Filtres de lissage non-linéaires – filtre *médian*

❖ Avantages par rapport aux filtres moyenneur et Gaussien

- ✓ Filtre **mieux** le **bruit impulsionnel** (type «poivre et sel»).
- ✓ Ne crée pas de nouveau niveau, **préserve mieux les contours sans altérer le fond.**



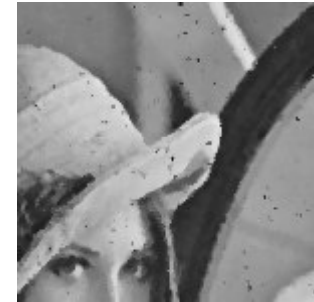
I



moy 3x3



gauss 5x5



méd 3x3

❖ Limites et inconvénients

- ✓ Supprime les détails fins qui ne sont pas du bruit.
- ✓ Détruit les coins.
- ✓ Coûteux en temps de calcul (tri).

Filtrage : Filtres de lissage non-linéaires – filtre d'ordre

❖ Principe

- ✓ Le filtre d'ordre est une généralisation du filtre médian.
- ✓ Après avoir trier les valeurs au voisinage du pixel, le filtre d'ordre procède par remplacer la valeur du pixel par celle qui occupe un certain rang

$$f(1) \leq f(2) \leq \dots \leq f(k) \leq \dots \leq f(2m+1)$$

❖ Calcul

- ✓ Le filtre d'ordre de rang k est défini par:

$$I(x, y) = f(k)$$

❖ Cas particuliers

- ✓ $k=m$: Filtre médian
- ✓ $k=1$: l'érosion morphologique (la valeur minimale)
- ✓ $K=2m+1$: la dilatation morphologique (la valeur maximale)

Filtrage : Filtres de lissage non-linéaires – Filtre *min - max*

❖ Principe

- ✓ Garantit que la valeur de tout pixel appartient à l'intervalle des valeurs de ses voisins → débruitage efficace.
- ✓ Préserve mieux les contours que le filtre médian.

❖ Calcul

$$I'(x, y) = \begin{cases} I(x, y) & \text{si } i_{\min} \leq I(x, y) \leq i_{\max} \\ i_{\min} & \text{si } I(x, y) < i_{\min} \\ i_{\max} & \text{si } I(x, y) > i_{\max} \end{cases}$$

❖ Exemple

124	126	127
120	255	125
115	119	123

$$i_{\min} = 115 \quad i_{\max} = 127$$

$$\text{moyenne} = 137$$

$$\text{médiane} = 124$$

$$\text{min-max} = 127$$

Mesure de distorsion

❖ PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)

- ✓ Le PSNR (unité décibel dB) **permet de mesurer la similarité entre deux images I_1 et I_2 codées sur 8 bits et de définition $M \times N$ pixels.**
- ✓ Il peut être utilisé pour quantifier la puissance du bruit ajouté à l'image ou pour mesurer la qualité du débruitage.

❖ Calcul

$$PSNR(I_1, I_2) = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{EQM(I_1, I_2)} \right)$$

Où EQM désigne l'erreur quadratique moyenne entre les 2 images :

$$EQM(I_1, I_2) = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (I_2(x, y) - I_1(x, y))^2$$

❖ Remarque :

- ✓ Si $I_1 = I_2$ alors $PSNR(I_1, I_2) = +\infty$

Exercice 1

Répondez par VRAI ou FAUX aux affirmations suivantes **en justifiant votre réponse dans le cas où vous répondez par faux :**

- a. Le bruit d'une image désigne les pixels de l'image dont l'intensité est très proche de celles des pixels voisins.
- b. Le principe du filtre gaussien est d'effectuer une convolution avec une exponentielle
- c. Le filtre gaussien ne possède pas un masque de convolution.
- d. La caractéristique essentielle du filtre médian est sa capacité à conserver des transitions fortes tout en supprimant une partie importante du bruit.

Restauration d'images

Exercice 2

On considère l'image de taille 3x3, numérisée selon 8 niveaux de gris, suivante :

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 20 \\ 30 & 20 & 10 \\ 40 & 30 & 40 \end{bmatrix}$$

- a. Réaliser le filtrage de cette image en utilisant le filtre moyeneur ci-dessous
(Effets de bords: Pixels à 0).

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

- b. Réaliser le filtrage de cette image en utilisant le filtre médian de taille 3x3
(Effets de bords: Pixels à 0).

Restauration d'images

Conclusion

A retenir pour ce chapitre:

