



Traitement d'images

s.idbraim@uiz.ac.ma

Master Spécialisé Offshoring des Technologies de
l'Information
A.U. 2017 - 2018

L'image et la vision?

- **Traitement d'images**

- *Image Processing*
- Manipulation dont l'entrée et la sortie sont des images.
- A pour but l'examen de l'image par l'être humain.

L'image et la vision?

- **Analyse d'images**
 - *Image Analysis*
 - Analyse où l'entrée est une image mais la sortie est de l'information
- **Définitions précises ?**
 - Dans quel domaine se situe la création d'un histogramme?

L'image et la vision?

- Vision par ordinateur
 - *Computer Vision*
 - Émule la vision humaine dans le but d'extraire de l'information ou de prendre une décision
- Vision robotique
 - *Robot vision*
 - L'adaptation de la vision par ordinateur au domaine de la robotique
 - Une des branches du domaine de l'intelligence artificielle

L'image et la vision?

- Nous étudierons donc
 - le traitement d'images et
 - l'analyse d'images
- pour développer des notions en vision par ordinateur

Images naturelles et artificielles

- **Image naturelle** - Plusieurs moyens d'acquisition
 - caméra, microscope, tomographie, infra-rouge, satellite, ...
- **Image artificielle** - Plusieurs outils de représentation
 - synthèse d'images, réalité virtuelle, visualisation scientifique, ...



Image naturelle



Image artificielle

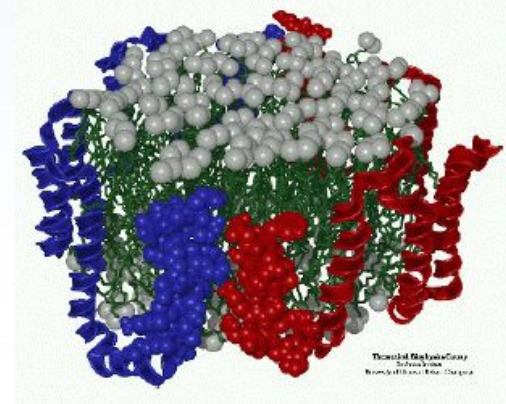
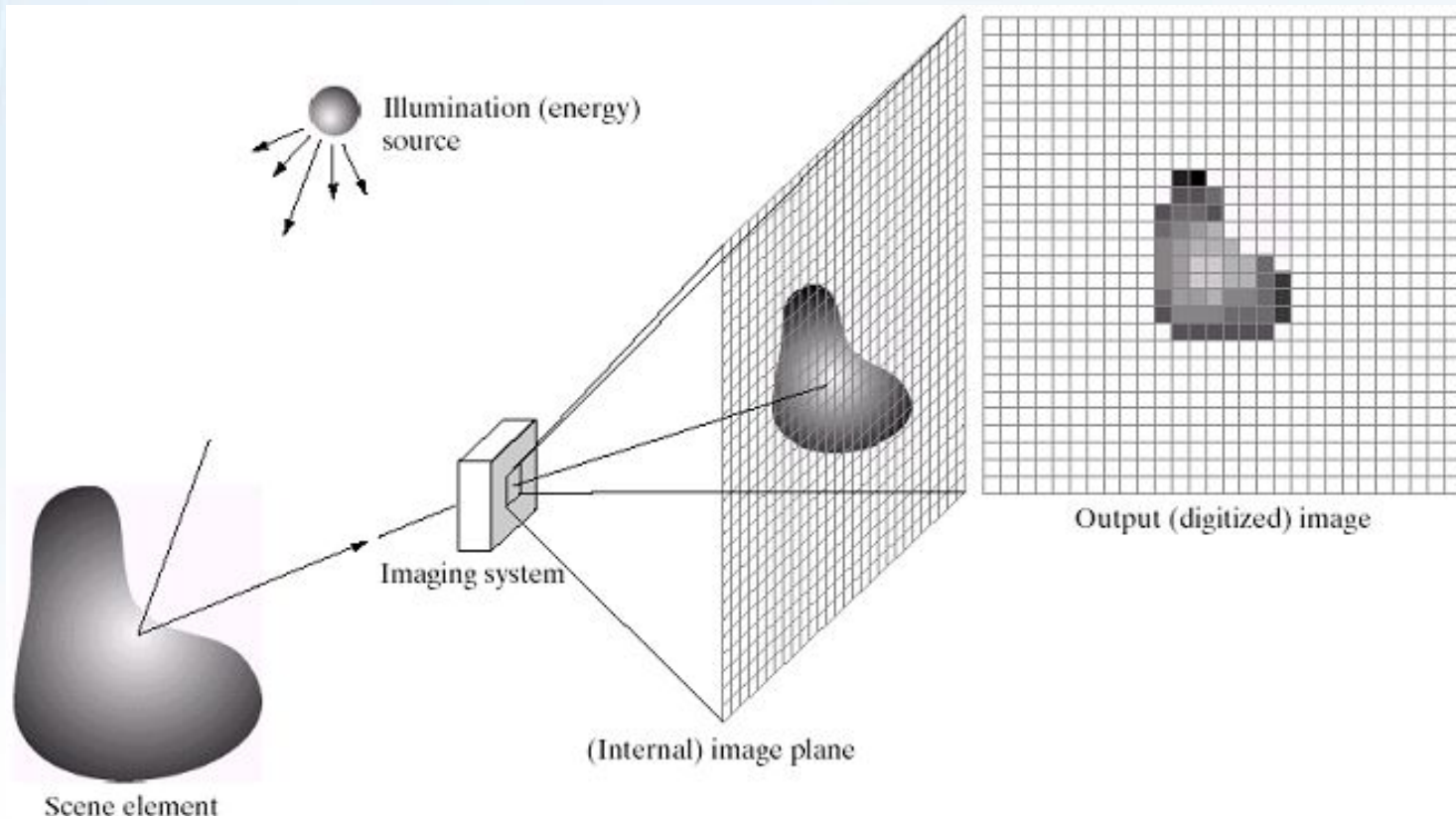


Image artificielle

Acquisition d'image

- Le types d'images qui nous intéressent dans ce cours sont des images d'objets générées par la réflexion, ou l'absorption de l'énergie provenant d'une source d'illumination.

Acquisition d'image



Acquisition d'image

- **Matrice de point**
 - Chaque élément est un « pixel » (picture element)
 - Le nombre de pixels est déterminé par la capacité du capteur (résolution)

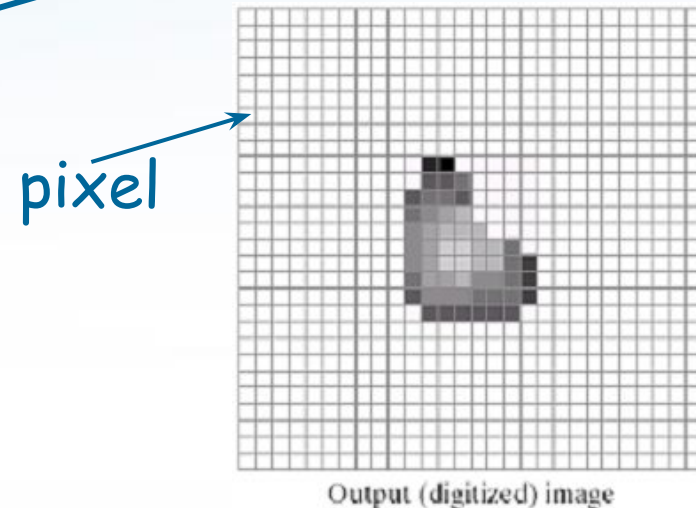
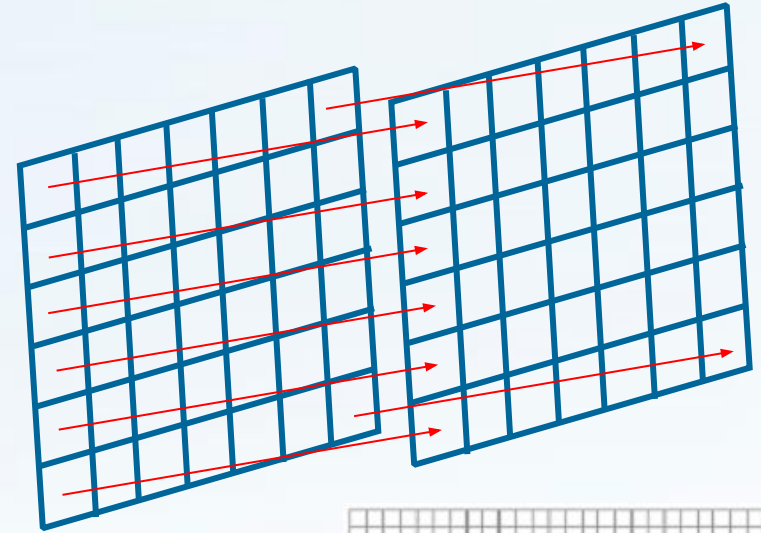


Image digitale


- 
- Chaque image est une fonction à 2 dimension de la forme: $f(x,y)$
 - La valeur ou l'amplitude de f à la coordonnée spatiale x,y est une quantité scalaire positive
 - La valeur est proportionnelle à l'énergie irradiée par l'objet: $0 < f(x,y) < \infty$
 - La valeur de $f(x,y)$ est influencée par deux sources: illumination et réflectance

Image digitale

- **Illumination**

- Quantité de la source lumineuse incidente sur l'objet : $i(x,y)$ avec $0 < i(x,y) < \infty$
 - Journée ensoleillée : 90 Klm/m² (lumens/m²)
 - Bureau : 1 Klm / m²

- **Réflectance (ou transmissivité)**

- Quantité de la source lumineuse réfléchie par l'objet : $r(x,y)$ avec $0 < r(x,y) < 1$
 0 = absorption totale ; 1 = réflexion totale
 - Velours noir : 0.01
 - Neige : 0.93

- $f(x,y) = i(x,y) r(x,y)$

Image digitale

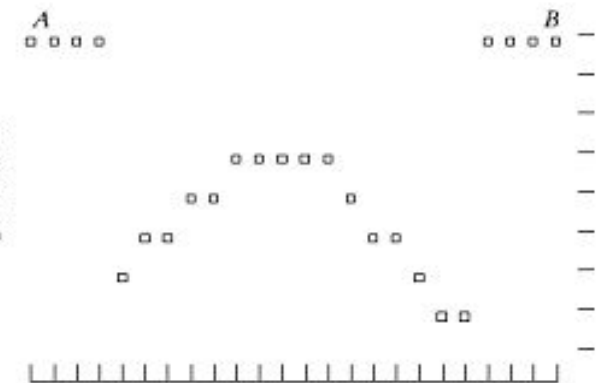
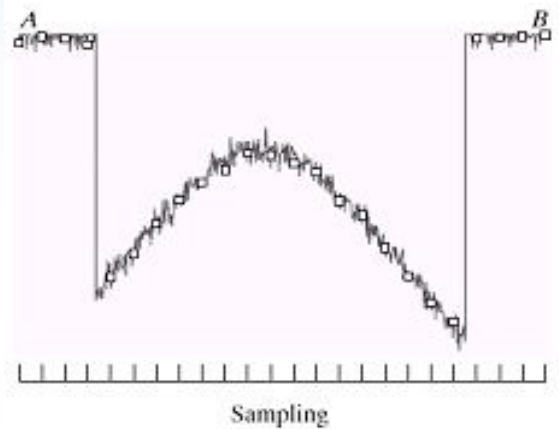
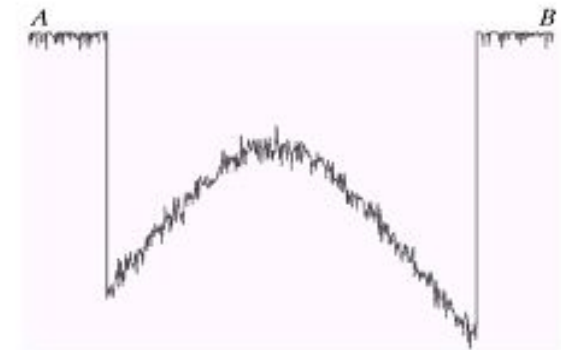
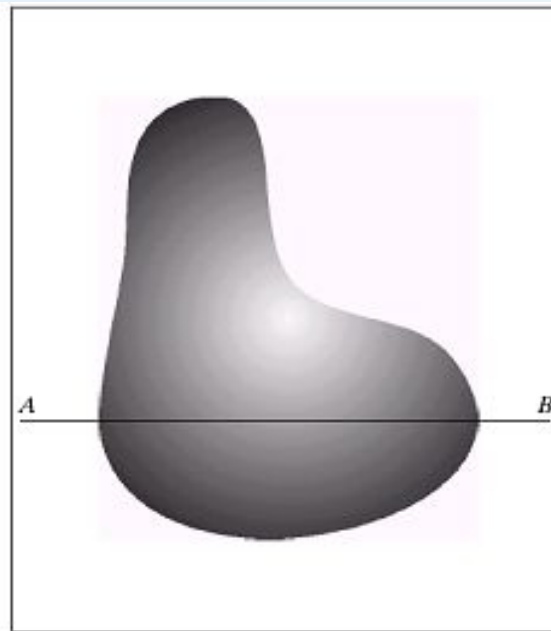
- Image monochrome
 - Niveau de gris : $\ell = f(x, y)$
 - $L_{\min} \leq \ell \leq L_{\max}$
 - $L_{\min} = i_{\min} r_{\min}$
 - $L_{\max} = i_{\max} r_{\max}$
 - L'intervalle $[L_{\min}, L_{\max}]$ est l'échelle de gris (gray scale)
 - Par convention $L_{\min} = 0$ et $L_{\max} = L - 1$
 - L_{\min} est noir et L_{\max} est blanc !
 - Les valeurs intermédiaires sont des tons de gris

Image digitale

- Les valeurs de $f(x,y)$ sont la réponse du capteur au phénomène observé
- Les valeurs de $f(x,y)$ sont des valeurs de « voltage » continu
- Les valeurs de $f(x,y)$ doivent être converties vers le domaine numérique
 - Conversion Analogique/Numérique (A/N)
- Deux procédés sont impliqués pour numériser une image :

Numérisation = Échantillonnage + Quantification

Échantillonnage et quantification

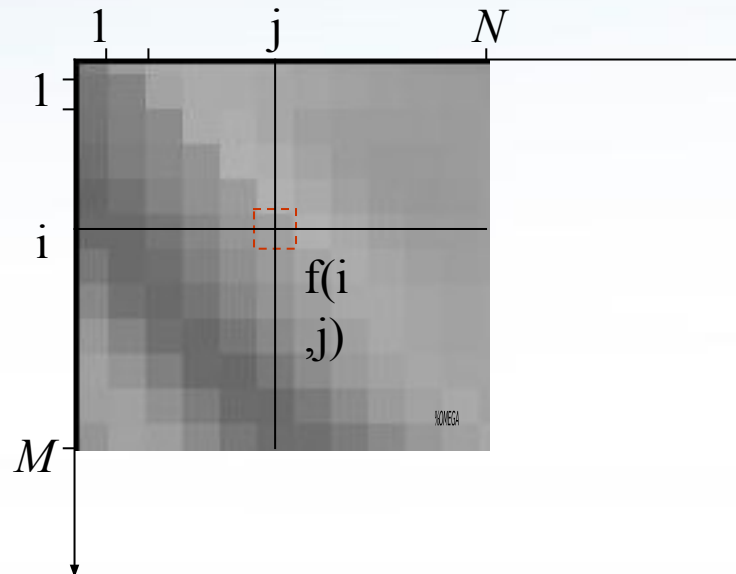


Échantillonnage et quantification

- **L'échantillonnage** : discrétisation de l'espace 2D, il définit le nombre de pixels pour l'image (la résolution)
- **La quantification** : discrétisation de l'espace des couleurs ou niveaux de gris, elle définit le nombre de couleurs utiliser pour dessiner

Représentation des images

- Le résultat de l'échantillonnage et de la quantification est une matrice de nombres entiers
- Les éléments de cette matrice sont organisés en **M** rangs (lignes) et **N** colonnes
- Le premier élément est à la coordonné **(1,1)**
- La convention est (ligne, colonne)



Représentation des images

- Matrice de dimension $M \times N$
- Chaque élément à une valeur entière dans l'intervalle $[L_{min}, L_{max}]$
- Assumons que chaque niveau est espacé également
- Le nombre de niveaux de gris est :
$$L = 2^K$$
- Le nombre de bit pour entreposer une image est donc :
$$b = M \times N \times K$$
- Si $M=N$: $b=N^2 K$

Représentation des images

- Résolution spatiale
 - Le plus petit détail discernable
- Résolution de tons de gris
 - Le plus petit changement discernable
 - Normalement 8 bits ($L=256$ tons)
- Une image a donc une résolution spatiale de $M \times N$ pixel et une résolution de tons de gris de L niveaux

Résolution spatiale (L'échantillonnage)



256x256



128x128



64x64



32x32

Résolution de tons de gris

(La quantification)

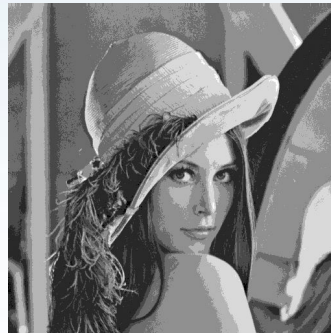
Une quantification trop faible peut causer des problèmes de faux contours



8 bits



4 bits



3 bits



1bit

Relation entre les pixels

- Voisinage d'un pixel (p)
 - 4 horizontaux et verticaux
 - $(x+1,y), (x-1,y), (x,y+1), (x,y-1)$
 - 4-voisins de p ou voisinage $V_4(p)$
 - Ces 8 pixels
 - 8-voisins de p ou voisinage $V_8(p)$

0	1	1
1	1	1
0	1	1

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Relation entre les pixels

- **Adjacence**

- définir un critère d'adjacence
 - ex: ton de gris (0 ou 1, tons de 10-25 ...)
- 2 pixels sont adjacents si
 - Ils sont voisins
 - Ils répondent au critère

Relation entre les pixels

- **Chemin**

- p et q de coordonnées (x,y) et (s,t)
- Le chemin de p à q est:

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

où $(x_0, y_0) = (x, y)$ et $(x_n, y_n) = (s, t)$

- $n+1$ est la longueur du chemin
- Si $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$
 - le chemin est **fermé**

Relation entre les pixels

- **Connectivité**

- Concept essentiel en imagerie, surtout pour définir les **régions** et les **contours**
- 2 pixels sont connexes si l'on trouve un **chemin d'adjacence** entre eux
- On dit que deux pixels sont **liés** s'ils sont **connexes** et s'il existe une relation entre leur **attributs** (on dit aussi qu'ils sont **homogènes**).

Relation entre les pixels

- **Primitives et attributs**

- On associe à chaque pixel un **attribut** qui peut être son niveau de gris ou sa couleur, son gradient, sa courbure, sa texture, etc.
- Une **primitive** est l'ensemble des pixels **liés** dans une image. Elle représente une région homogène.

127	240	1	1	47
14	115	1	2	28
24	1	1	2	1
2	2	1	17	2

Relation entre les pixels

- **Régions et contours (edges)**

- Une **région** est une zone de pixels connexes
- Un **contour** est un chemin définissant une frontière entre une zone connexe et ses voisines.

- **Distance entre pixels (métrique)**

- Choisissons les pixels p , q et z avec coordonnées (x,y) , (s,t) et (v,w)
- D est une distance ssi:
 - $D(p,q) \geq 0$ (=0 si $p=q$)
 - $D(p,q) = D(q,p)$
 - $D(p,z) \leq D(p,q) + D(q,z)$

Relation entre les pixels

Distance entre pixels (métrique)

- Distance *Euclidienne* (D_e)

$$D_e(p,q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2}$$

- Forme un disque de rayon constant centré sur (x,y)

- Distance de *Manhatan* (ou *quadrillée*) (D_4)

$$D_4(p,q) = |x-s| + |y-t|$$

- Forme un diamant centré sur (x,y)
- Ex: $D_4 \leq 2$

		2		
	2	1	2	
2	1	0	1	2
	2	1	2	
		2		

- Distance *échiquier* (D_8)

$$D_8(p,q) = \text{maximum} (|x-s|, |y-t|)$$

- Forme un carré centré sur (x,y)
- Ex: $D_8 \leq 2$

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

Opérations élémentaires sur les images

Addition - Soustraction

Si I et J deux images de dimensions $N \times N$ et f et g les fonctions de gris respectives.

La somme (resp. la soustraction) des deux images est définie par :

$f(x,y)+g(x,y)$ (resp. $f(x,y) - g(x,y)$) en tout pixel.

Produit par un scalaire :

Si a est une constante, l'image aI est donnée par $af(x,y)$.

Translation : $g(x,y)=f(x+k,y+l)$

Rotation :

Si on applique une rotation en (x,y) d'angle θ , les nouveaux

coordonnées (x',y') sont : $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$

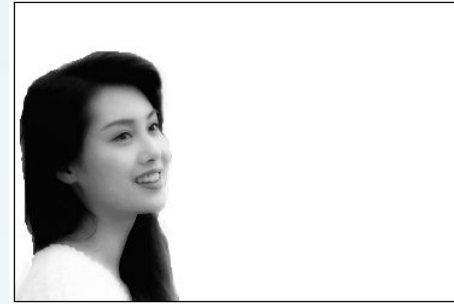
d'où la rotation $g(x',y')$ de l'image $f(x,y)$ qui est donnée par :

$g(x', y') = g(x \cos \theta - y \sin \theta, x \sin \theta + y \cos \theta) = f(x, y)$

Opérations élémentaires sur les images



$F(x,y)$



$G(x,y)$



$0.5*F(x,y) + 0.5*G(x,y)$



$F(x,y) - G(x,y)$

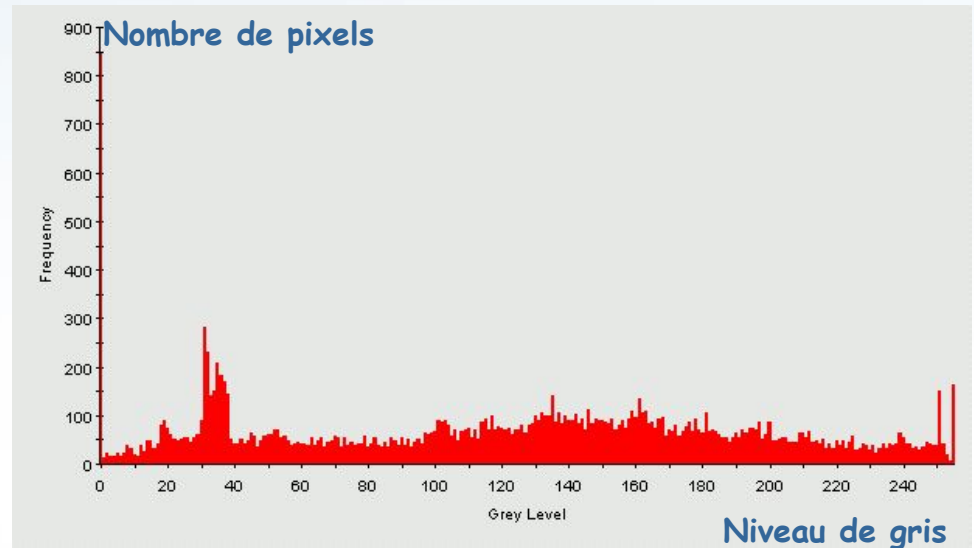


$\times 1,2 =$



Histogramme

- L'histogramme représente la distribution des niveaux de gris (ou de couleurs) dans une image
- $H(k)$ = nombre de pixels de l'image ayant la valeur k .
- L'histogramme permet d'obtenir des renseignements rapides sur une image, Il permettra par la suite d'apporter pas mal d'améliorations à l'image.

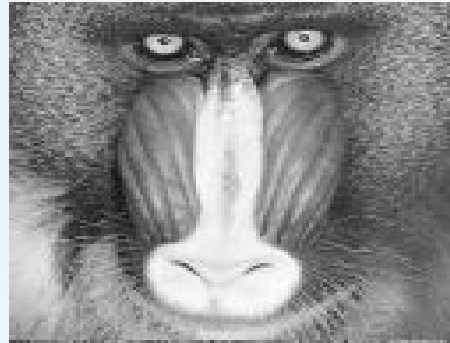


Types d'images



Images binaires

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



Images en niveaux de gris

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



Images couleurs

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

Les formats images :

Il existe plus d'une centaine de formats d'images, les plus couramment utilisés sont les formats : **BMP, TIF, RAW, GIF, JPEG, EPS** et **PSD**. Certains de ces formats sont compressés comme le **GIF** et **JPEG** afin de réduire l'espace physique nécessaire au stockage du fichier ou pour diminuer le temps de transfert sur le réseau.

Exemple de structure de fichier image :

P3


CREATOR: XV Version 3.10a Rev: 12/29/94 (PNG patch 1.2)

512 512

255

162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	161	161	161	162	162	162
156	156	156	163	163	163	160	160	160	165	165	165	162	162	162	
161	161	161	159	159	159	155	155	155	162	162	162	159	159	159	
154	154	154	157	157	157	156	156	156	161	161	161	161	161	161	
153	153	153	156	156	156	154	154	154	157	157	157	153	153	153	
157	157	157	154	154	154	152	152	152	156	156	156	154	154	154	
154	154	154	156	156	156	153	153	153	157	157	157	154	154	154	
159	159	159	158	158	158	166	166	166	159	159	159	166	166	166	
166	166	166	165	165	165	166	166	166	171	171	171	170	170	170	
175	175	175	173	173	173	170	170	170	172	172	172	172	172	172	
167	167	167	174	174	174	168	168	168	166	166	166	161	161	161	
160	160	160	147	147	147	148	148	148	153	153	153	139	139	139	
130	130	130	119	119	119	117	117	117	106	106	106	97	97	97	
97	97	97	94	94	94	92	92	92	87	87	87	97	97	97	

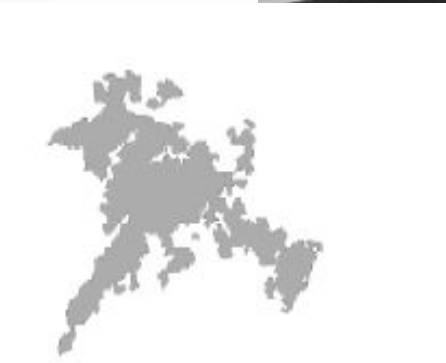
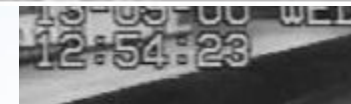
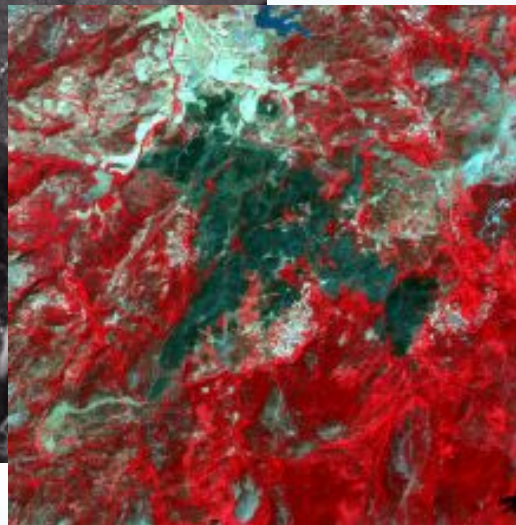
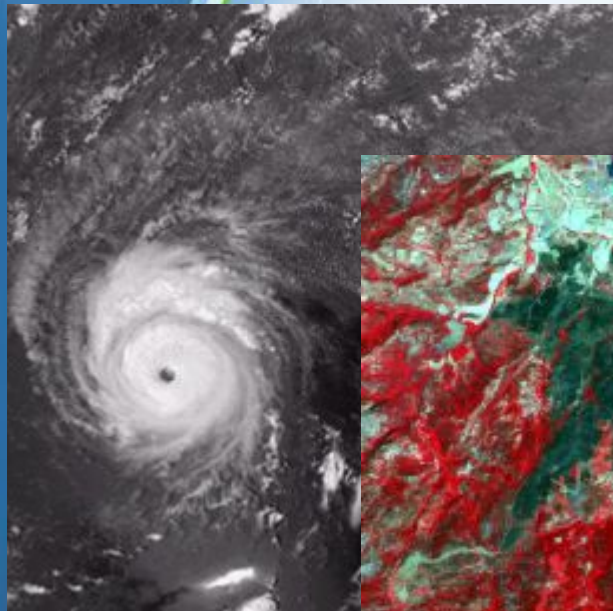
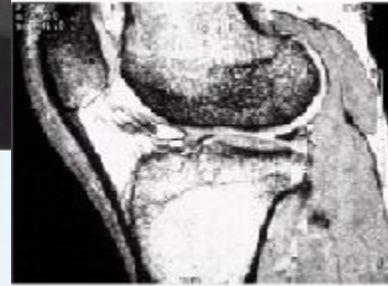
Pourquoi on traite les images ?



En vue d'améliorer leur qualité, de réduire le nombre de bits nécessaire à leur stockage ou transmission et d'extraire les caractéristiques pour les analyser.

Les domaines d'application sont énormes : reconnaissance de formes, compression et transmission, biomédical, télédétection spatiale, contrôle de qualité par vision artificielle...

Pourquoi on traite les images ?



Traitement & Prétraitement

- Le traitement, souvent appelé prétraitement : fait appel à des techniques pour améliorer la qualité d'image.
- La notion de qualité est liée à la réalisation d'un objectif → différentes techniques :
 - **Restauration** : inverser l'effet du phénomène dégradant, i.e. produire une image la plus proche possible de la réalité physique.
 - **Amélioration (Enhancement)** : satisfaire l'œil de l'observateur humain.
 - **Compression** : faciliter le traitement et surtout le stockage par réduction de leur volume d'information.
- Une image est toujours bruitée

Traitement & Prétraitement

Les sources de bruits :

- Bruits liés aux conditions de prise de vues : Le bougé , Problèmes liés à l'éclairage de la scène observée
- Bruits liés au capteur : capteur mal réglé, capteur de mauvaise qualité (distorsion de la gamme des niveaux de gris ou en flou)
- Bruits liés à l'échantillonnage (essentiellement des problèmes de quantification (CCD)) : précision d'environ $1/51$, problèmes dans le cas d'applications de grande précision
- Bruits liés à la nature de la scène :
 - Exemples : nuage sur les images satellitaires, poussières dans les scènes industrielles, brouillard pour les scènes routières, etc.

Traitement & Prétraitement

Trois façons de pour traiter une image :

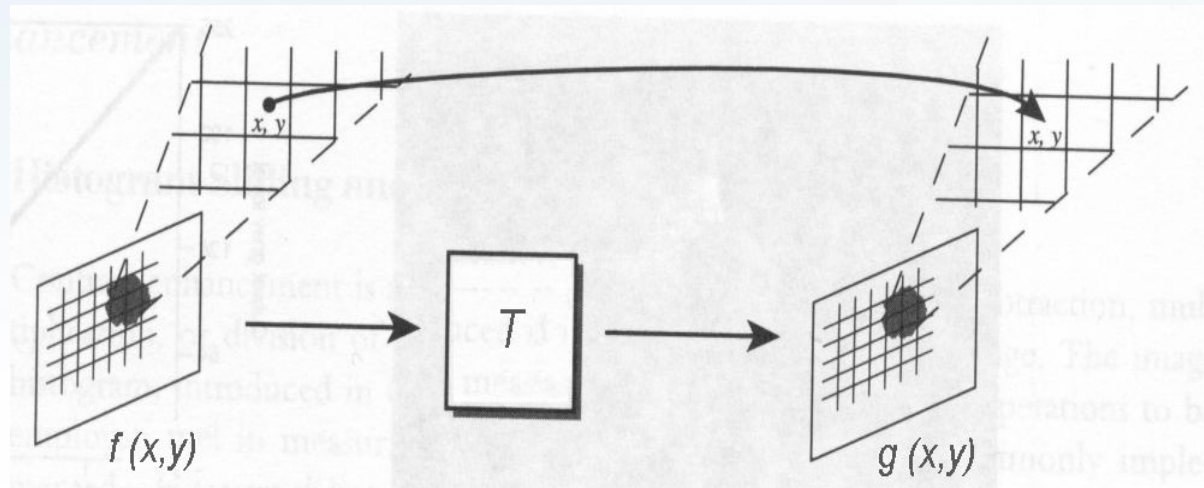
- On peut traiter l'image directement au niveau du pixel : **traitement point** et **traitement à partir de l'histogramme**.
- On peut traiter l'image au niveau du pixel et de son voisinage : **domaine spatial (filtrage spatial)**.
- Si au contraire, on travaille non pas sur l'image, mais sa transformée (de Fourier par exemple) : **domaine fréquentiel (filtrage fréquentiel)**.

Traitement & Prétraitement

Procédé par point

- niveau de gris en (x,y)
 - Pour l'image en entrée r
 - Pour l'image en sortie s

$$s = T(r)$$



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: Transformation linéaire

Table de conversion

Appelée LUT (Look Up Table), une table de conversion est une table qui à tout niveau (de 0 à 255) fait correspondre un autre niveau (dans la plage 0-255). Il s'agit donc d'une transformation de niveaux.

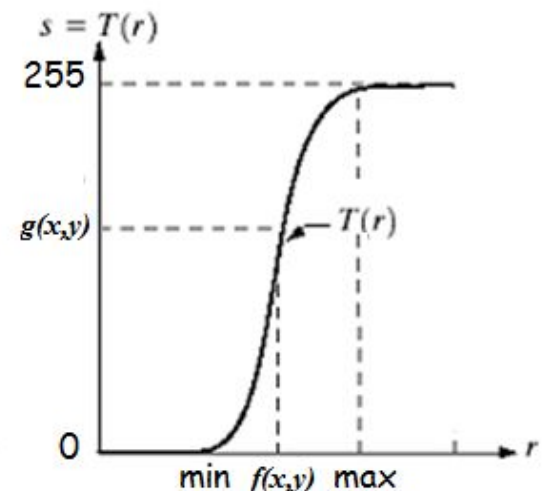
Recadrage de la dynamique

Le recadrage de la dynamique consiste à obtenir, pour l'image de sortie, une dynamique maximale.

On utilise la transformation :

$$\frac{\max - \min}{f(x,y) - \min} = \frac{255 - 0}{g(x,y) - 0}$$

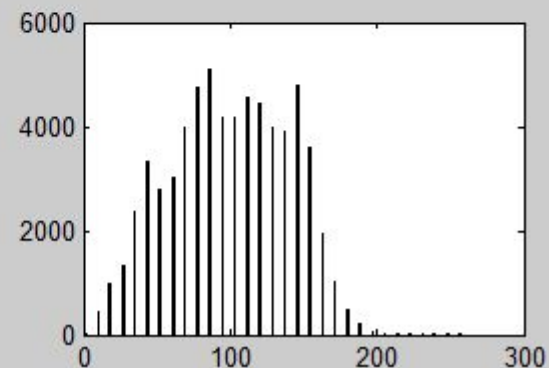
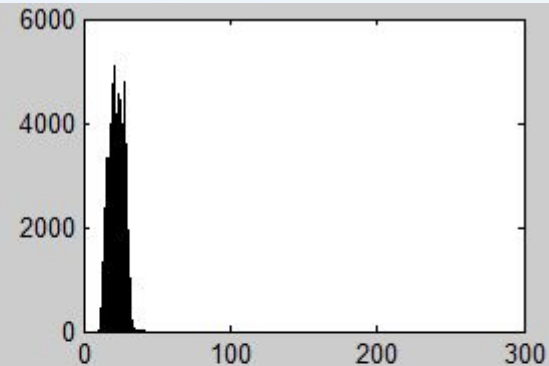
$$g(x,y) = \frac{255}{\max - \min} (f(x,y) - \min)$$



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: Transformation linéaire

Recadrage de la dynamique

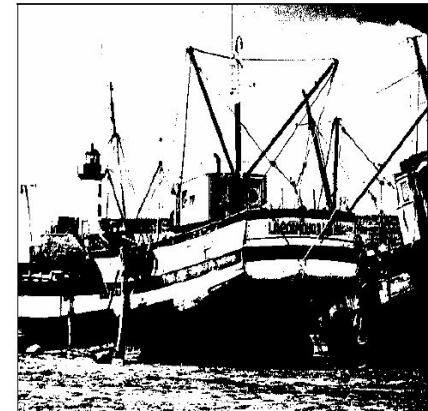
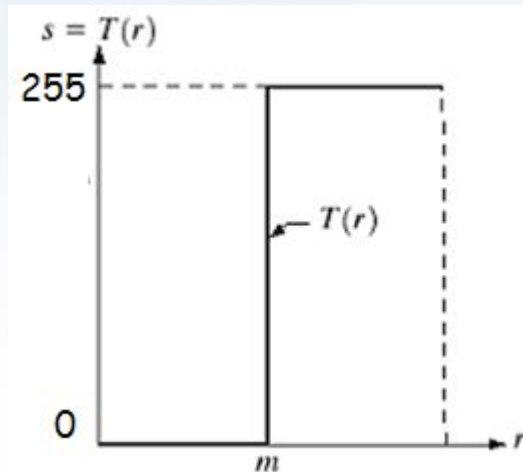


Traitement & Prétraitement

Procédé par point: Transformation linéaire

Seuillage

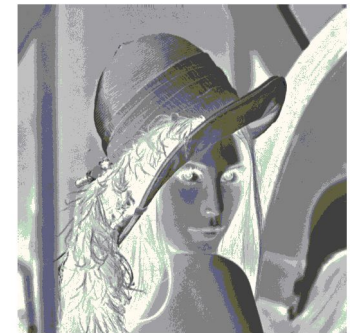
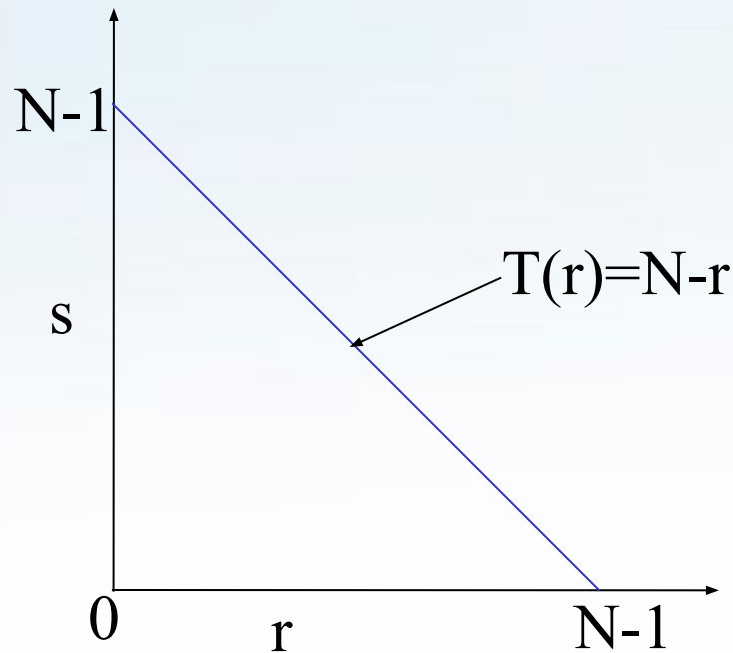
- Cas limite de l'extension du contraste
- Ce cas spécial ne nécessite pas de table de référence



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: Transformation linéaire

Image inverse (négative) :



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: d'autres transformations

Exponentielles (correction gamma)

$$s = c r^\gamma$$

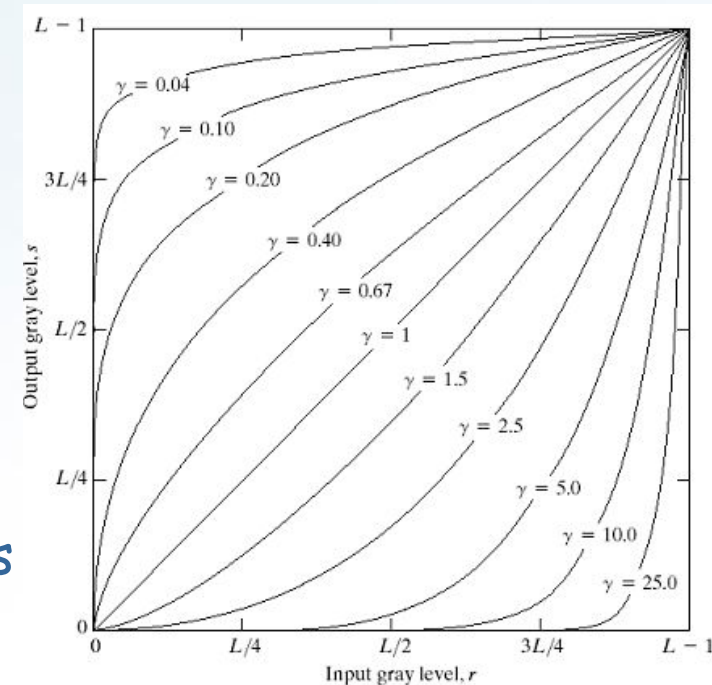
c et γ sont des constantes, $r \geq 0$

$\gamma > 1$

- Étire les valeurs pâles
- Comprime les valeurs foncés

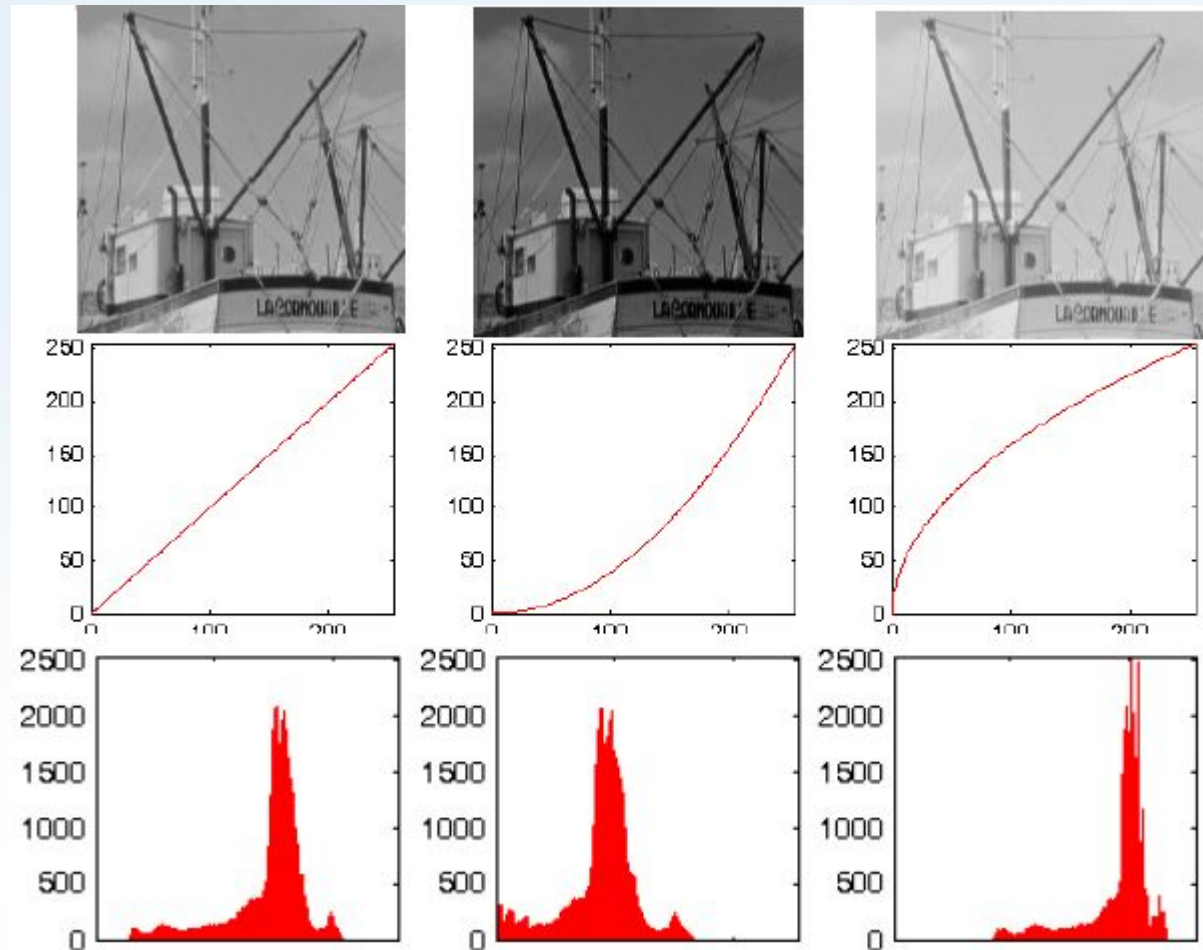
$\gamma < 1$

- Comprime les valeurs pâles
- Étire les valeurs foncés



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: d'autres transformations
Exponentielles



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: d'autres transformations
Exponentielles



Image d'origine



$C=1, \gamma = 3$



$C=1, \gamma = 4$



$C=1, \gamma = 5$

Traitement & Prétraitement

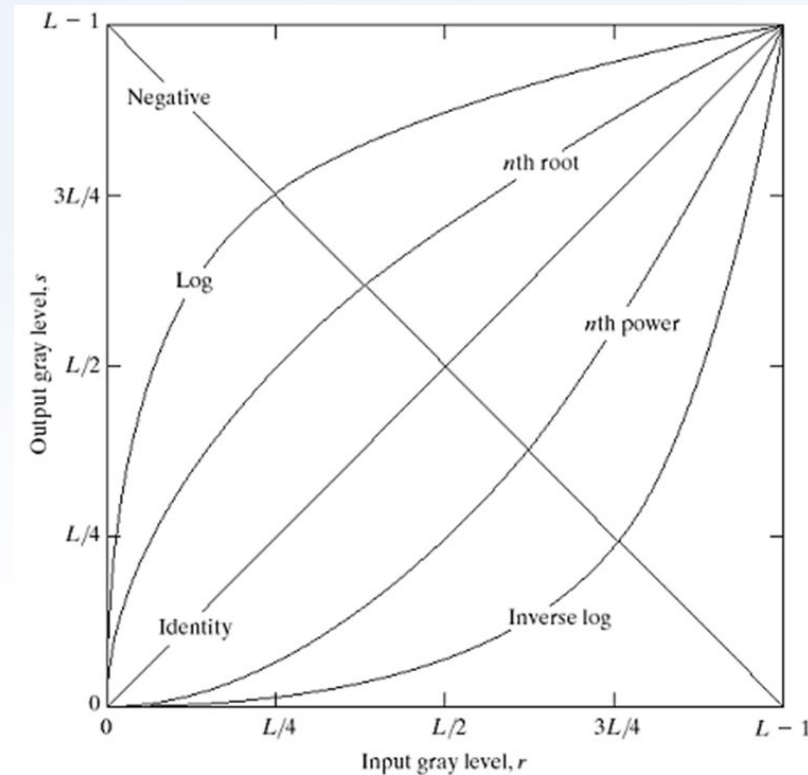
Procédé par point: d'autres transformations

Logarithmiques

$$s = c \log(1 + r)$$

c une constante, $r \geq 0$

- Étire les valeurs pâles
- Comprime les valeurs foncées



Traitement & Prétraitement

Procédé par point: modification de l'histogramme

Linéarisation de l'histogramme : égalisation

L'égalisation qui consiste à obtenir un histogramme plat (distribution uniforme des niveaux de gris). Ceci donne une image résultat ayant une information maximale. Pour une image présentant un pic dans les niveaux sombres, cela revient à étendre la dynamique de la zone sombre au détriment de celle de la zone claire.

La transformation est donnée par :

$$g(x, y) = (f_{\max} - f_{\min})C(f(x, y)) + f_{\min}$$

Avec $C(r) = \frac{\sum_{i=0}^r h(i)}{Nbp}$

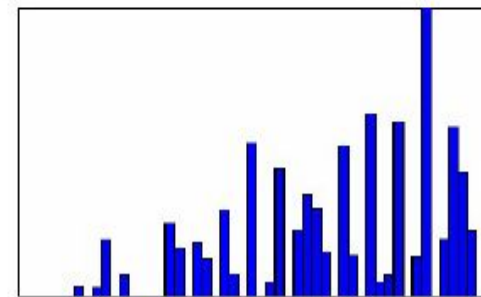
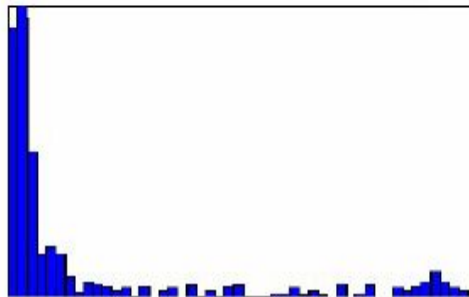
h est l'histogramme de f , C est l'histogramme cumulé
 f_{\max} et f_{\min} sont les niveaux de gris max et min de f

Traitement & Prétraitement

Procédé par point: modification de l'histogramme

Linéarisation de l'histogramme : égalisation

L'égalisation d'histogramme peut améliorer une image là où la correction de dynamique de l'histogramme est inefficace



Traitement & Prétraitement

Les méthodes dans le domaine spatial :

- Le traitement (filtrage) est exprimé par une transformation T de l'image f en une image g :
 - $g(x,y)=T[f(x,y)]$,
 T dépend du voisinage du pixel $p(x,y)$
- Si le voisinage du pixel $p(x,y)$ qu'on notera souvent $V(p)$ ne contient que le pixel lui même alors T devient une transformation de l'intensité $s=T(r)$: **traitement point**
- Si $V(p)$ est plus grand, la transformation dépend des valeurs des pixels voisins du pixel considéré. La plupart de ces méthodes utilisent les pixels voisins appelés aussi **masques** pondérés des coefficients, les valeurs de ces coefficients déterminent la nature de la transformation .

Traitement & Prétraitement

Les méthodes dans le domaine fréquentiel :

- Soit f une image 2D, on appelle **transformée de Fourier** F de f la fonction définie dans le **domaine fréquentiel** par :

$$F(\eta, \nu) = F(f)(\eta, \nu) = \iint f(x, y) e^{-2i\pi(\eta x + \nu y)} dx dy$$

- Le filtrage fréquentiel est considéré comme une **convolution** d'un opérateur invariant dans l'espace h et de f :

En continu : $g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) = \iint f(\alpha, \beta) h(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta$

En discret : $g(m, n) = f(m, n) * h(m, n) = \sum_i \sum_j f(i, j) h(m - i, n - j)$

- On a donc dans le domaine fréquentiel :

$$G(x, y) = H(x, y) F(x, y) \quad g(x, y) = F^{-1}(H(x, y) F(x, y))$$



Fin