Traitements de niveau pixel

$I'(i,j)=f(I(i,j))$

Traitements de niveau pixel

- Les LUT (Look Up Table)
- Histogrammes
- Transformations d’histogrammes

• Les LUT

Opérations de transformation d'un niveau de gris I en un autre I' quelle que soit la localisation du pixel.

$$I'(i,j) = f(I(i,j))$$

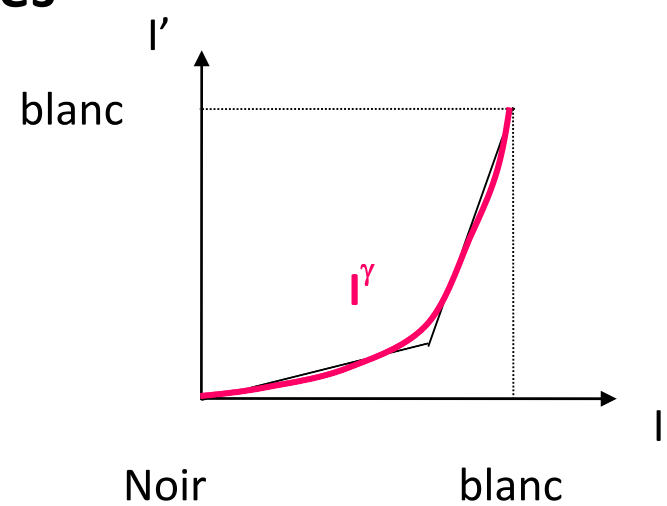
f peut être quelconque, linéaire ou non, continue ou non etc… C'est l'utilisateur qui choisit sa fonction

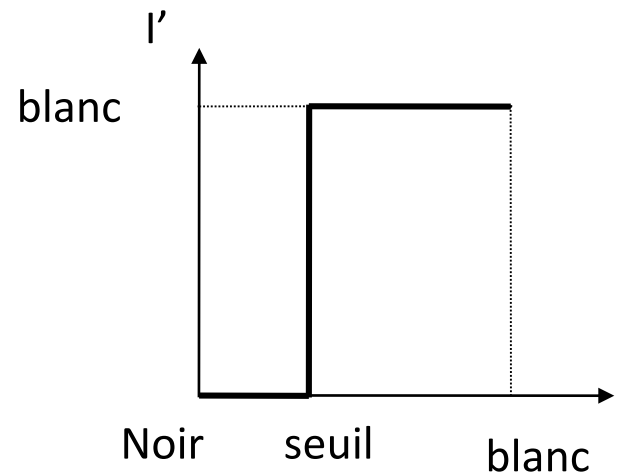
Ces opérations manipulent ***dynamique*** et ***contraste***

L'organisation spatiale de l'image n'est pas prise en compte.

Exemples

$$I' = I^{\gamma}$$





- Histogrammes
  - Définitions

Soit I_k : la luminance (ou Intensité) du niveau de gris k k:0..L-1

Soit N le nombre total de pixel de l'image (N=X*Y si X = nbr lignes
Y= nbr colonnes)

On appelle ***histogramme*** l'ensemble des valeurs: $h(I_k) = N_k$ pour k:0..L-1
avec N_k est le nbr de pixel ayant le niveau I_k dans l'image.

La ***fonction cumulative*** est donnée par : $H(l_k) = \sum_{i=0}^{i=k} N_i$

H est le nbr de pixel ayant le niveau $I_i <= I_k$

<u>Analogie avec les probabilités</u>

$$p_k = \frac{N_k}{N} : proba\ d'obtenir\ niveau\ l_k$$

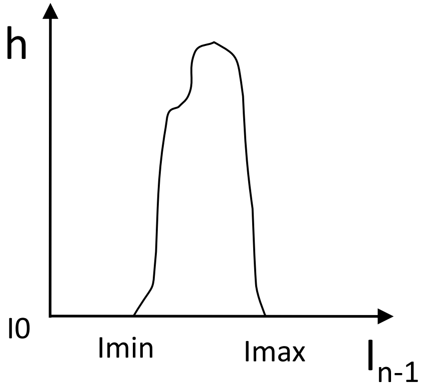
$$F_k = \frac{H(l_k)}{N} \quad : \text{ fonction de répartition}$$

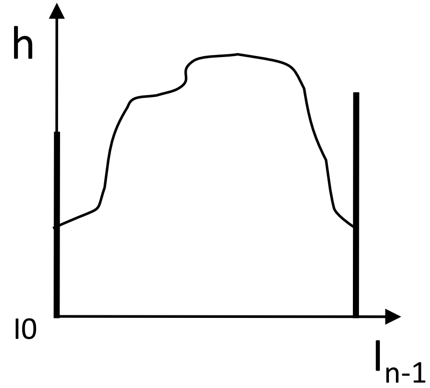
– Applications

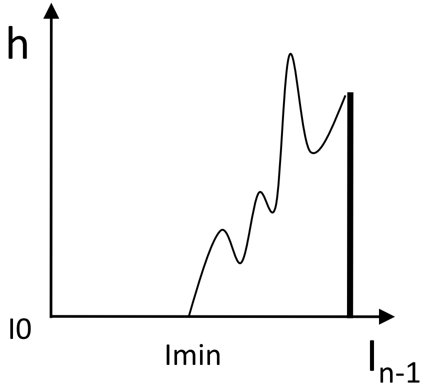
•Visualiser la qualité de l'acquisition

L'aspect de l'histogramme donne une idée de la façon dont l'image a été obtenue (pb de dynamique) et permet de corriger ses défauts d'éclairage (entre autres).

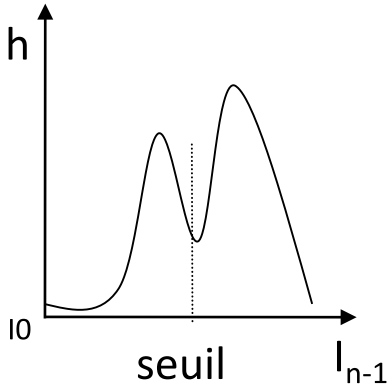
Exemples :







•Choix du seuil



•Calcul du niveau de gris moyen

Niveau de gris moyen d'une image

$$\bar{l} = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{n-1} l_k N_k$$

Niveau de gris moyen d'un objet

$$\bar{l}_{objet} = \frac{\sum_{k=k_1}^{n-1} l_k N_k}{\sum_{k=k_1}^{n-1} N_k}$$

Exemples

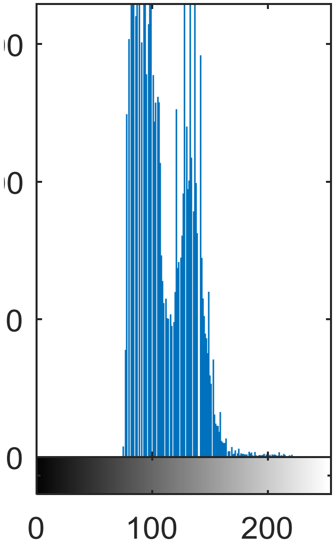
pout

carree

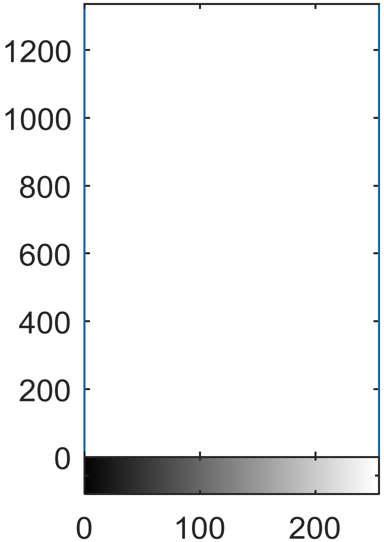
cameraman

X

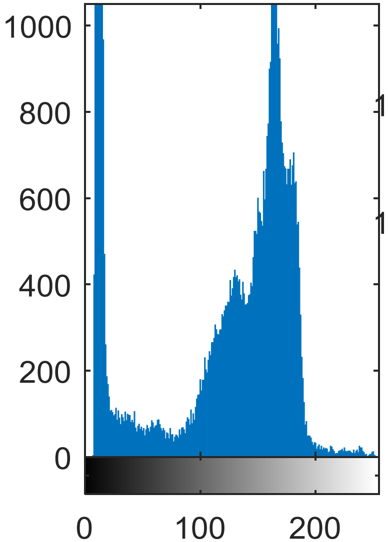
hist 1



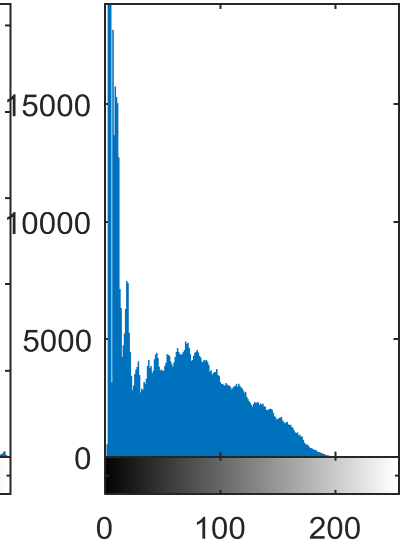
hist 2



hist 3



hist 4



- Transformations d’histogrammes

  - Transformations linéaires

Soit I la luminance et N le niveau max de la luminance

•Addition : I’=f(I)=I ± offset l’histogramme est simplement translaté avec écrasement des valeurs extrêmes.

•Multiplication : I’=f(I)=a*I avec a>0

I’ doit être un entier => a doit être judicieusement choisi : si on prend a=2 on sature l’image très vite, donc il faut a réel mais ensuite arrondir.

I’=round(a*I)

a>1 ➔ l’histogramme est dilaté

a<1 ➔ l’histogramme est compressé

Possibilité de pertes d’infos dans les deux cas : a>1 => saturation sur les blancs

a<1 => saturation sur les noirs

!

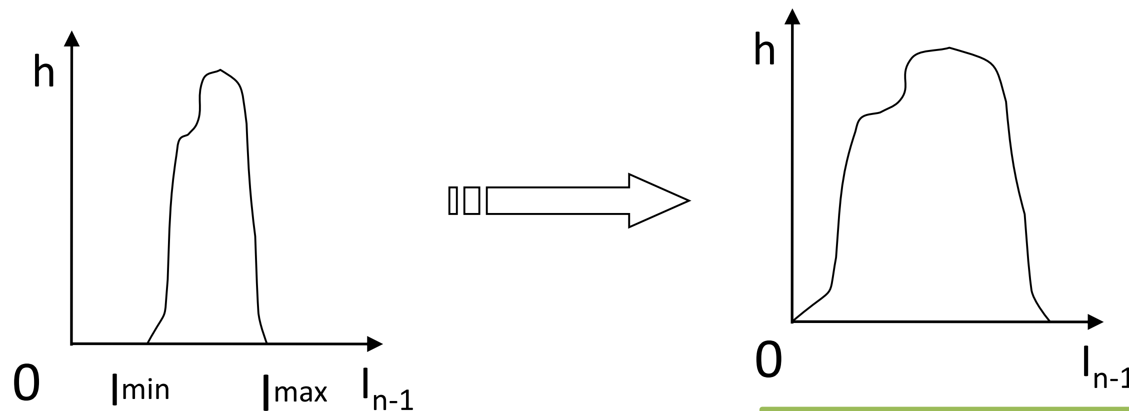
+ perte du nombre de niveaux

•Image négative

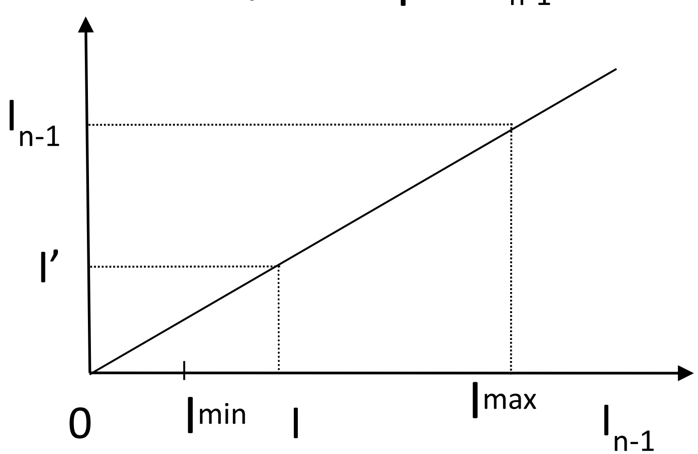
I'=-I+N ➔ a=-1 et offset de N pour se remettre dans les NG positifs

=> H(I')=H(N-I)

•Recadrage dynamique (ou ajustement linéaire)

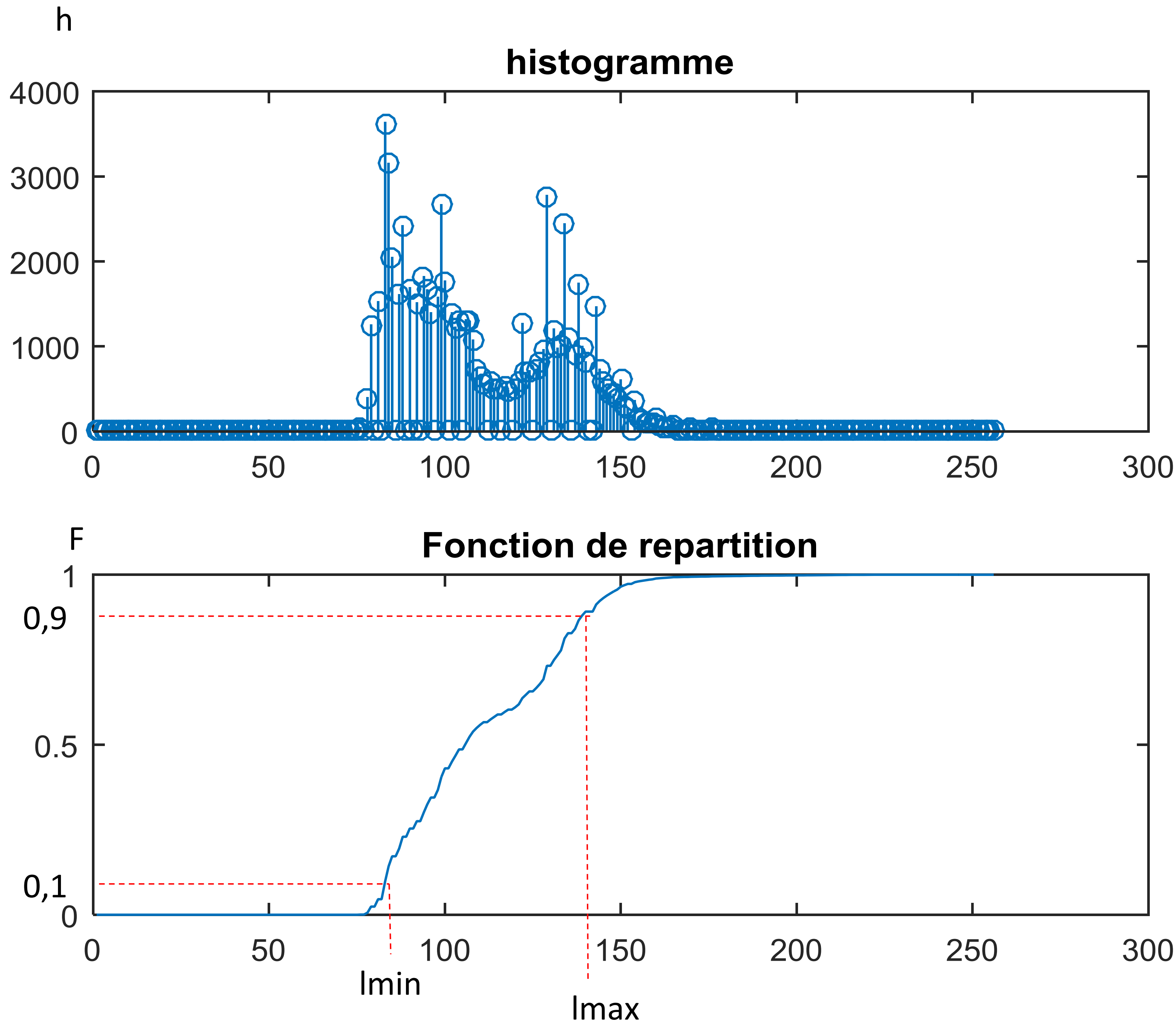


$$\frac{l - l_{min}}{l'} = \frac{l_{max} - l_{min}}{l_{n-1}}$$



$$I' = I_{n-1}\frac{l - l_{min}}{l_{max} - l_{min}}$$

Comment déterminer I_{min} et I_{max} : utilisation des percentiles de l'histogramme


h
histogramme
4000
3000
2000
1000
0
0
50
100
150
200
250
300
F
Fonction de repartition
1
0,9
0.5
0,1
0
0
50
100
150
200
250
300
Imin
Imax

Exercice

- Réaliser le recadrage dynamique linéaire automatique de cet histogramme

I	h(I)
0	0
1	0
2	1
3	2
4	2
5	5
6	4
7	2

On choisit de cadrer automatiquement à (1% et 99%) puis (10% et 90%) de la fonction de répartition, pour chacun des cas :

Donnez l'=f(l) et donnez le nouvel histogramme

Cas 10% et 90% lmin=2, lmax=6

l	h(l)	p(l)	F(l)	l'	l'	l'
0	0	0	0	-3,5	0	0
1	0	0	0	-1,4	0	0
2	1	0,0625	0,0625	0	0	0
3	2	0,125	0,1875	1,75	2	2
4	2					
5	5					
6	4					
7	2					

l'	p'
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Cas 1% et 99%

Lmin = 1 et lmax =7

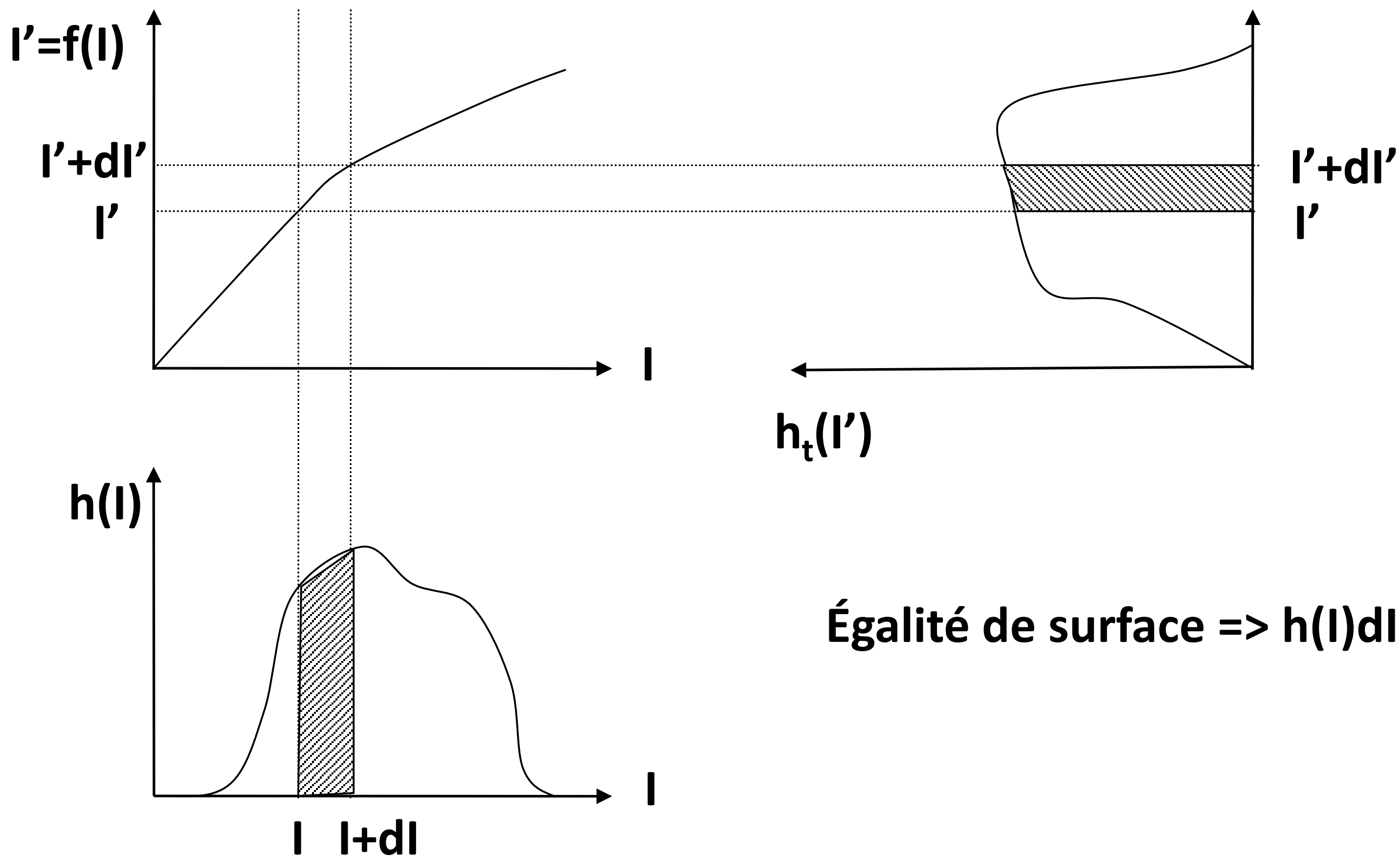
l		h(l)	p(l)	F(l)	l'	l'
0		0				
1		0				
2		1				
3		2				
4		2				
5		5				
6		4				
7		2				

l'	p'
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Transformation d'histogramme: Opérations non-linéaires

Soit f : fonction transformant 1 niveau I d'entrée en un niveau I' de sortie I'=f(I), f peut être quelconque.

Supposons f une fonction strictement monotone (par ex croissante).



Égalité de surface => $h(I)dI = h_t(I')dI'$

$$l = f^{-1}(l') \text{ et } \frac{dl'}{dl} = f'(l) \Longrightarrow h(l) = h_t(l')\frac{dl'}{dl} \Leftrightarrow h(l) = h_t(l')f'(l)$$

$$\textbf{(1)} \quad h_t(l') = \frac{h(l)}{|f'(l)|}$$

<u>Application:</u> l'égalisation d'histogramme

On cherche f tel que $h_t(l')$=cte ou : $p_t(l') = \frac{1}{l_{n-1}}$

$$\frac{1}{l_{n-1}} = \frac{p(l)}{f'} \Rightarrow f' = l_{n-1}.p(l)$$

$$f(l) = \int_0^l f'(u)du = l_{n-1}\int_0^l p(u)du = l_{n-1}F(l)$$

Exercice égalisation

l	h(l)
0	1
1	2
2	3
3	5
4	2
5	1
6	0
7	0

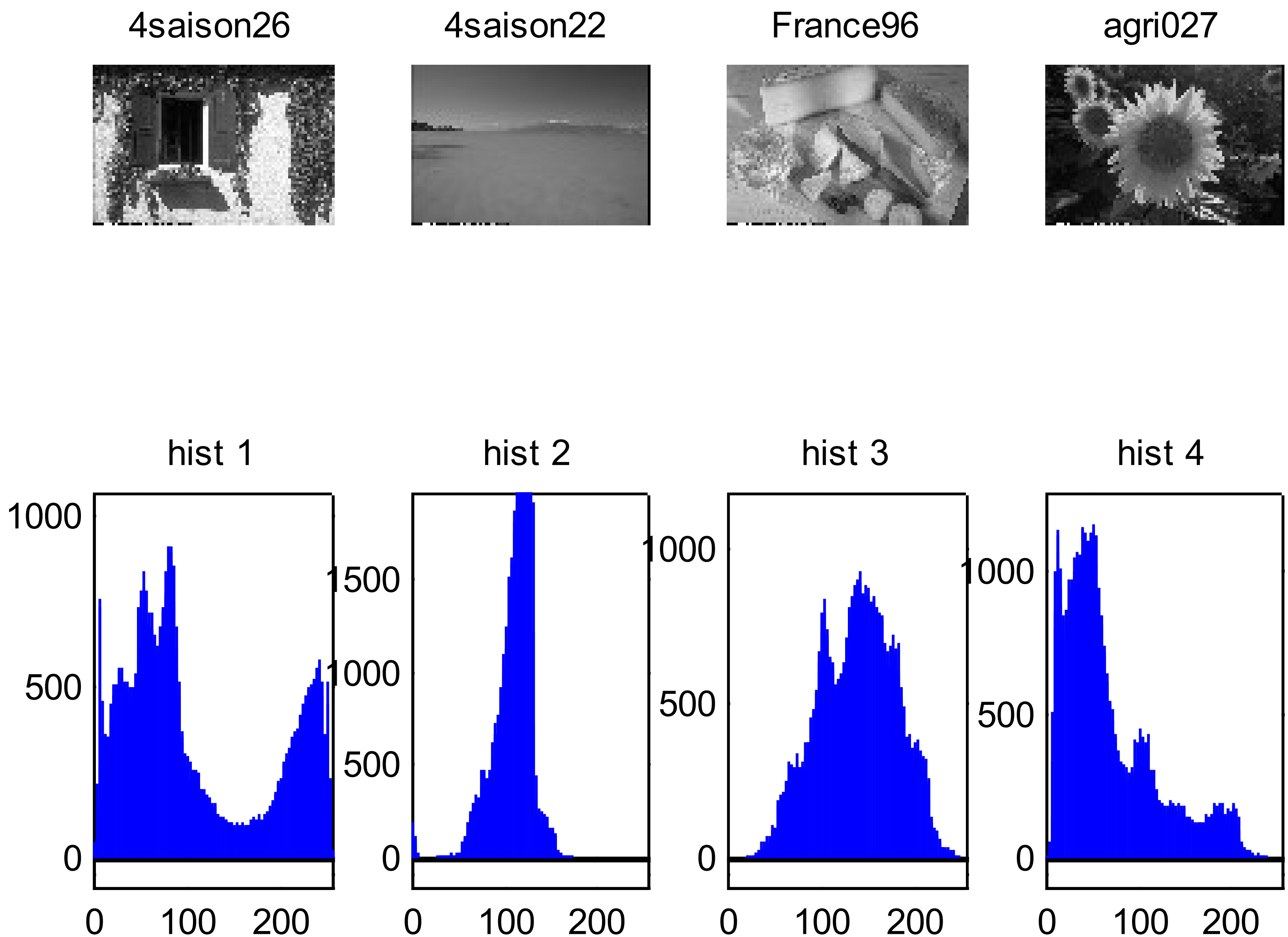
Réaliser l’égalisation de l’histogramme ci-contre,
on donnera la loi l’=f(l)
puis le nouvel histogramme $h_t(l')$

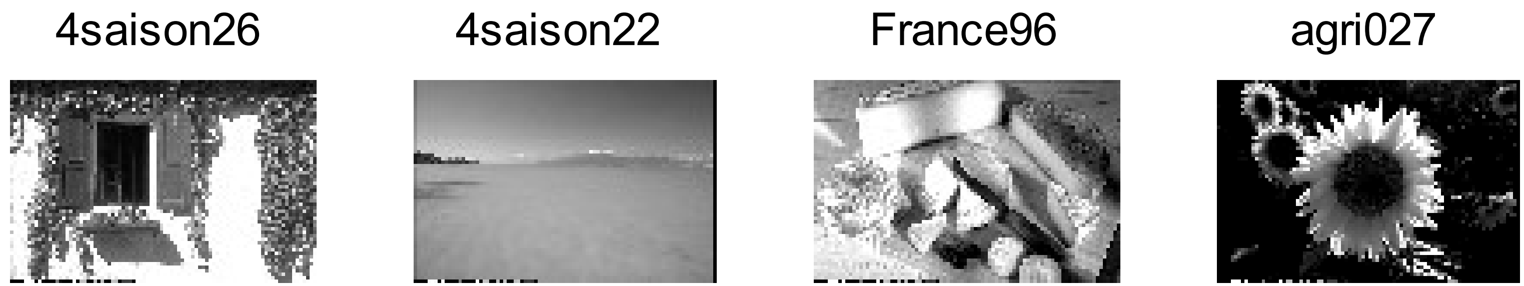
Correction égalisation

l	h	p(l)	7*F(l)	l'
0	1	0,07142857		
1	2	0,14285714		
2	3	0,21428571		
3	5	0,35714286		
4	2	0,14285714		
5	1	0,07142857		
6	0	0		
7	0	0		

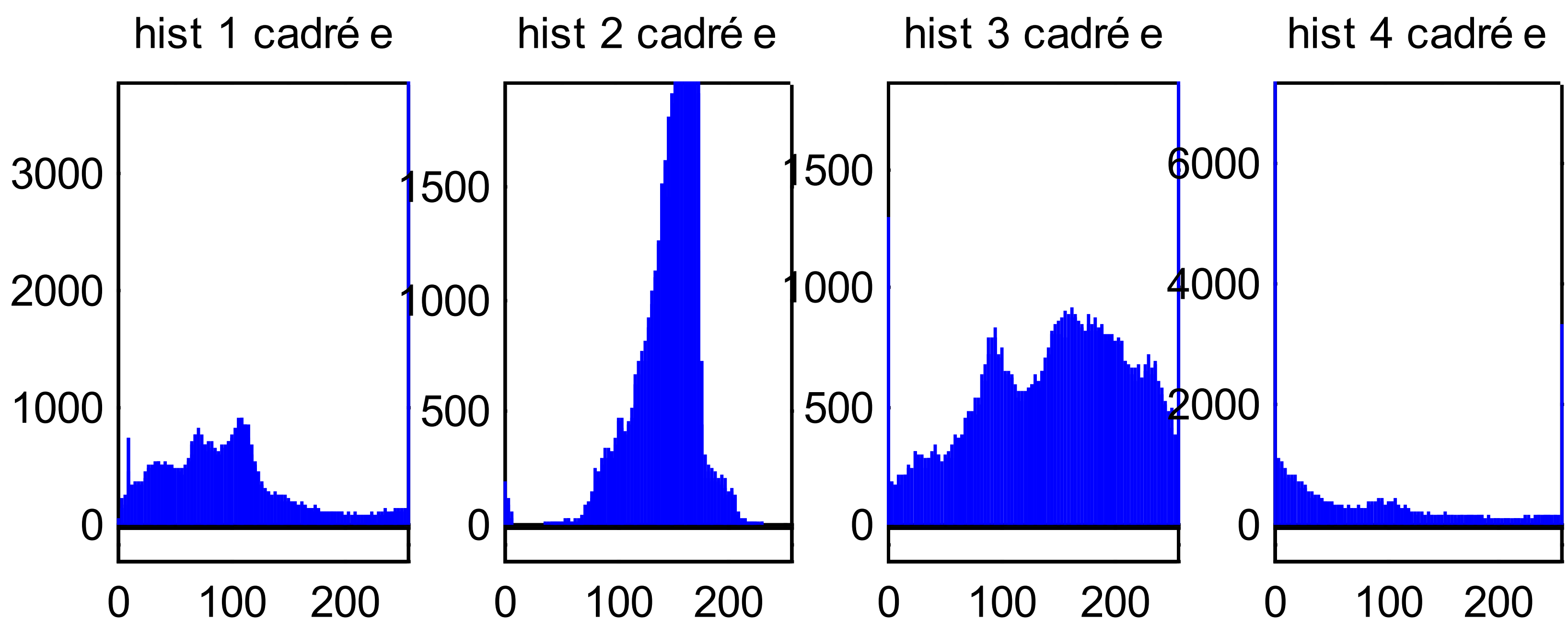
l'	h(l')
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

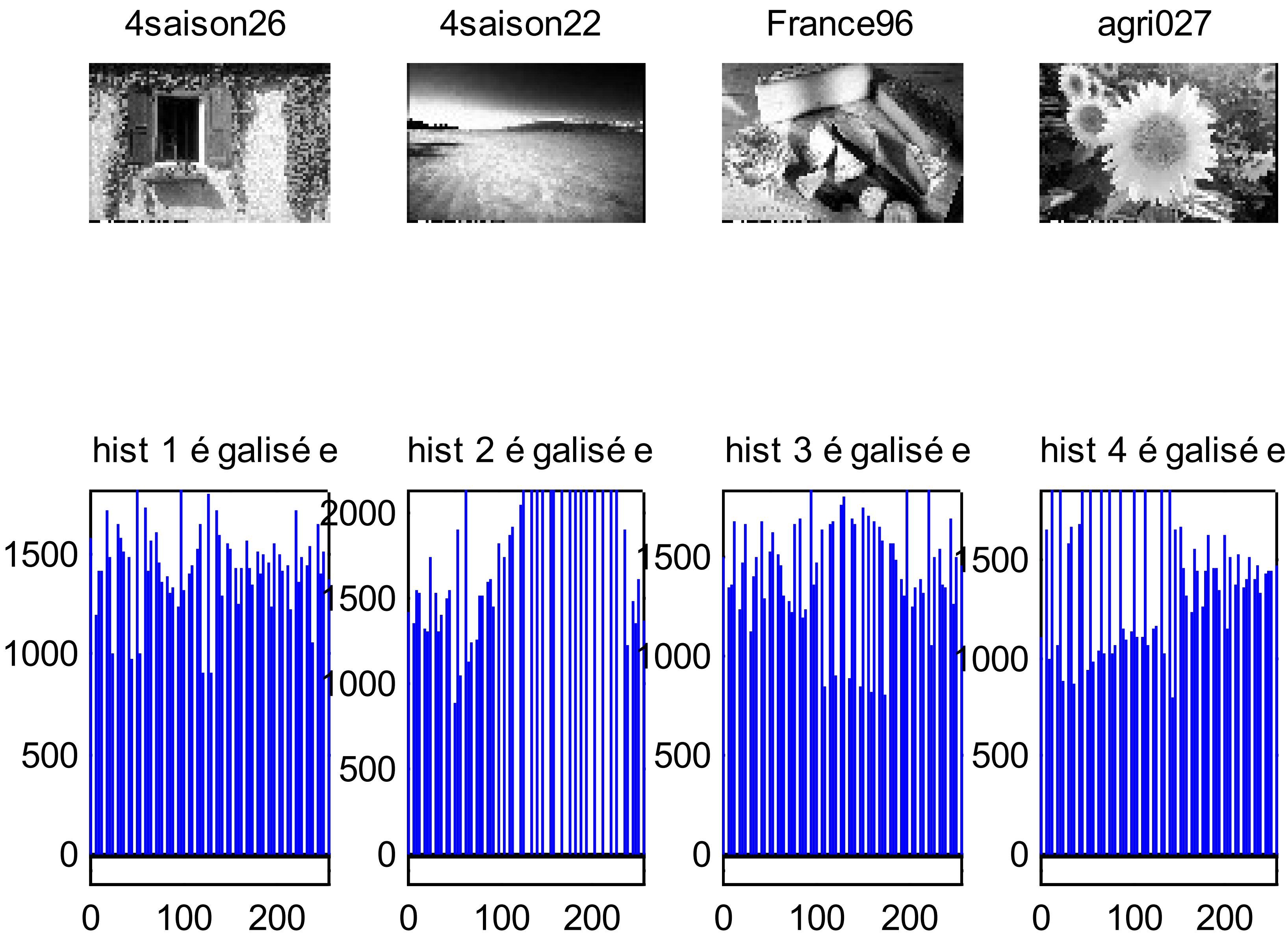
Illustrations : histogrammes d'images naturelles






```
imadjust(a,[0 0.75],[0 1]);
```




4saison26
4saison22
France96
agri027
hist 1 é galisé e
hist 2 é galisé e
hist 3 é galisé e
hist 4 é galisé e
1500
1000
500
0
2000
1500
1000
500
0
1500
1000
500
0
1500
1000
500
0
0 100 200
0 100 200
0 100 200
0 100 200

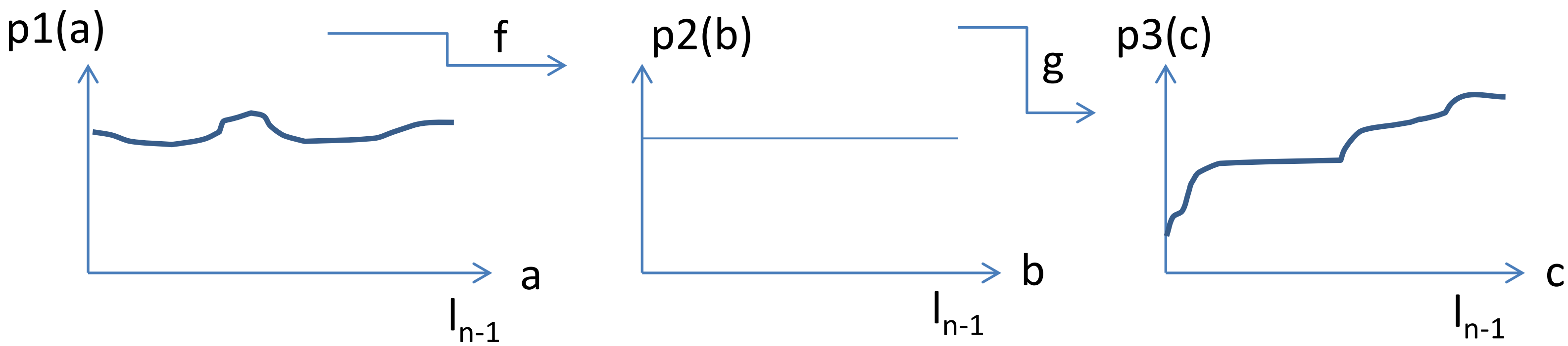
Spécification d'histogramme

L'objectif est de trouver la transformation qui permet d'obtenir un histogramme donné.
On connaît l'histogramme de départ, celui de l'arrivée : quelle est la loi f qu'il faut appliquer aux niveaux de gris?

Soit a les niveaux de gris de l'image initiale, b ceux obtenus après une égalisation et c les niveaux de gris de l'image finale.

Exercice : trouver la loi c=f(a)

Indice : passer par l'histogramme plat et donc l'égalisation.
L'histogramme plat est le même que l'on parte de l'histogramme h_a ou de h_c



Soient a et p1(a)les niveaux de gris de l'image idéale et son histogramme
Soient c et p3(c)les niveaux de gris de l'image dégradée et son histogramme
Soient b et p2(b)les niveaux de gris de l'image égalisée et son histogramme

Soit l_{n-1} le niveau de grix max. Par définition de l'égalisation :
$b= l_{n-1}.F1(a)$ et $b= l_{n-1}.F3(c)=g^{-1}(c)$ => $g(b)= F3^{-1}(b/ l_{n-1})=c$

Donc $\mathbf{C}=F3^{-1}(l_{n-1}.F1(a)/ l_{n-1})=\mathbf{F3^{-1}(F1(a))}$

De même on peut montrer que :

$a=F1^{-1}(F3(c))$

Exercice pratique spécification d'histogramme

Soit p1 l'histogramme normalisé de l'image de référence et p3 l'histogramme de l'image à traiter. Donnez la LUT de transformation obtenue après spécification de p3 par p1 ainsi que le nouvel histogramme.

l	p1(l)	p3(l)
0	0.09	0
1	0.13	0.05
2	0.17	0.10
3	0.27	0.20
4	0.20	0.30
5	0.10	0.20
6	0.03	0.10
7	0.01	0.05

l' est le niveau de gris qui doit se rapprocher de l'idéal a, donc il faut utiliser la formule: l'= $F1^{-1}(F3(l))$, car ici on veut trouver a en fonction du c de départ.

Exercice pratique spécification d'histogramme

Soit p1 l'histogramme normalisé de l'image de référence et p3 l'histogramme de l'image à traiter. Donnez la LUT de transformation obtenue après spécification de p3 par p1 ainsi que le nouvel histogramme.

l	p1(l)	p3(l)	F1(l)	F3(l)
0	0.09	0	0,09	0
1	0.13	0.05	0,22	0,05
2	0.17	0.10	0,39	0,15
3	0.27	0.20	0,66	0,35
4	0.20	0.30	0,86	0,65
5	0.10	0.20	0,96	0,85
6	0.03	0.10	0,99	0,95
7	0.01	0.05	1	1

l' est le niveau de gris qui doit se rapprocher de l'idéal a, donc il faut utiliser la formule: $l' = F1^{-1}(F3(l))$, car ici on veut trouver a en fonction du c de départ.

$l' = F1^{-1}(F3(0)) = F1^{-1}(0) = 0$

....

$l' = F_1^{-1}(F3(1)) = F1^{-1}(0{,}05) = 0$

$l' = F_1^{-1}(F_3(2)) = F_1^{-1}(0{,}15) = 0$

$l' = F_1^{-1}(F_3(3)) = F_1^{-1}(0{,}35) = 2$

$l' = F_1^{-1}(F_3(4)) = F_1^{-1}(0{,}65) = 3$

$l' = F_1^{-1}(F_3(5)) = F_1^{-1}(0{,}85) = 4$

$l' = F_1^{-1}(F_3(6)) = F_1^{-1}(0{,}95) = 5$

$l' = F_1^{-1}(F_3(7)) = F_1^{-1}(1) = 7$

Exemple : spécification d'histogramme

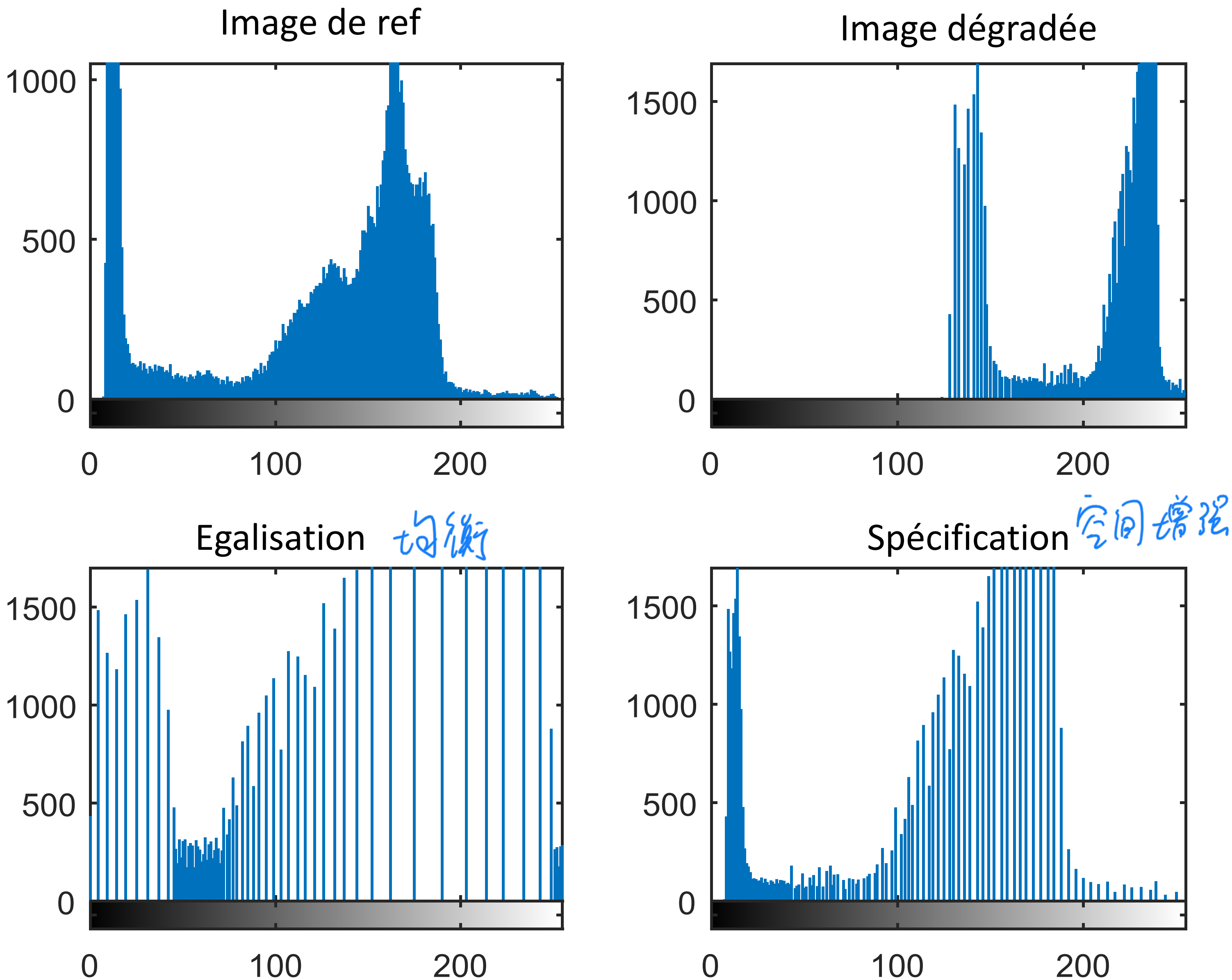
image 1 de ref

image degradee

image 2 egalisee

image 2 specifiee

Exemple : spécification d’histogramme



Traitements couleurs

- Indépendamment sur les 3 plans RVB
  - Simple
  - Mais les 3 plans sont corrélés => changement des teintes !!
  - Travailler dans un espace où la luminance est séparée de la chrominance
  - L’espace le plus proche de la perception humaine :
    - Lab

Exemple de traitement couleur

Original

Imadjust sur Lab

Imadjust sur RVB

histeq sur Lab

histeq sur RVB