

Traitements de niveau pixel

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



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.

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

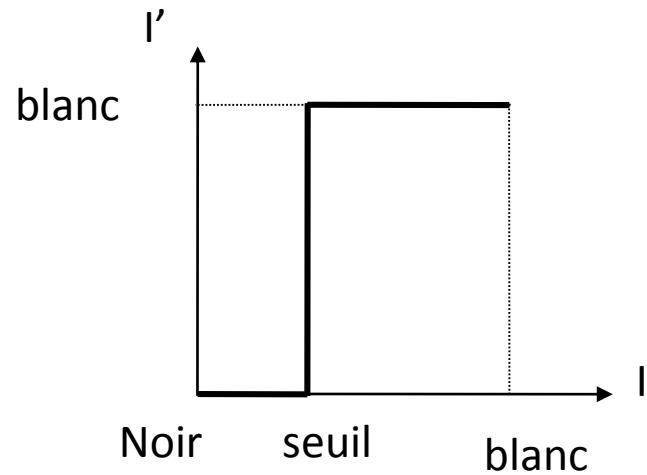
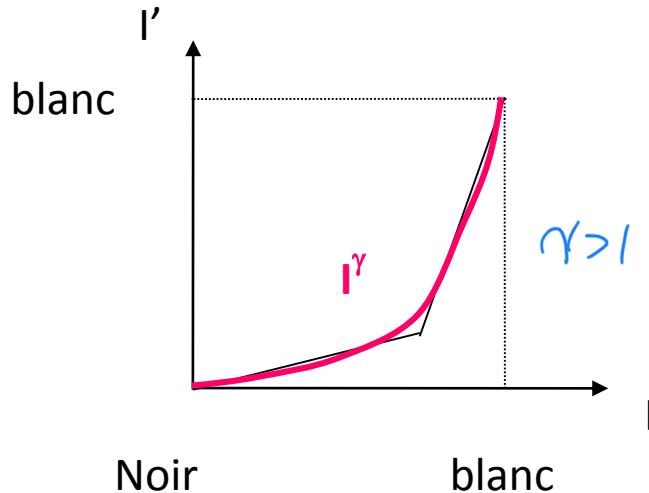
f peut être quelconque, linéaire ou non, continue ou non etc... C'est l'utilisateur qui choisit sa fonction

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

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

Exemples

$$I' = I^\gamma$$



- Histogrammes 直方图

- 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 $X = \text{nbr lignes}$

$Y = \text{nbr colonnes}$)

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 $I_i \leq I_k$

Analogie avec les probabilités

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

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

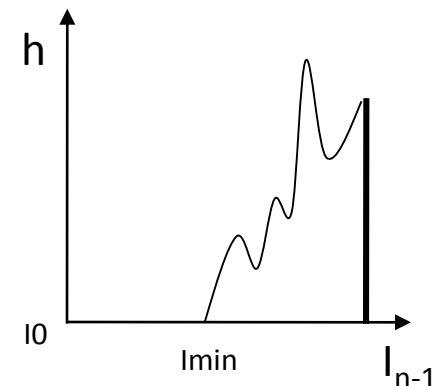
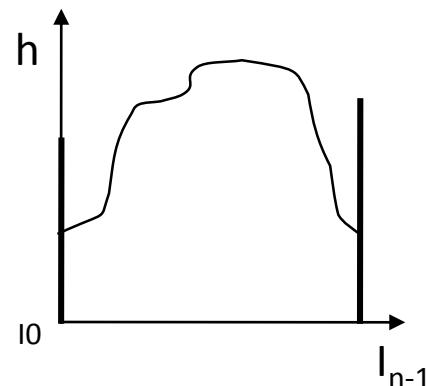
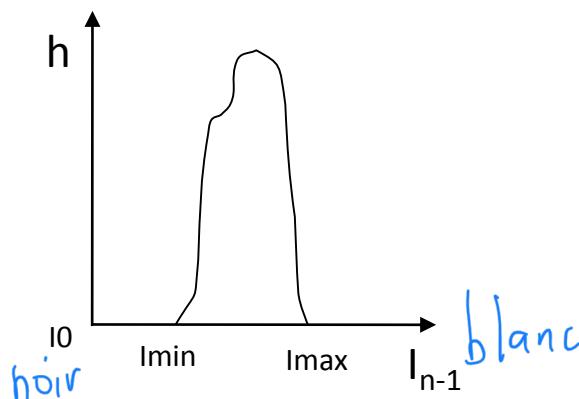


– Applications

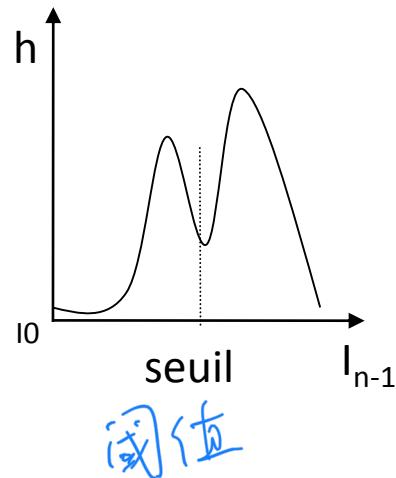
- Visualiser la qualité de l'acquisition

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

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

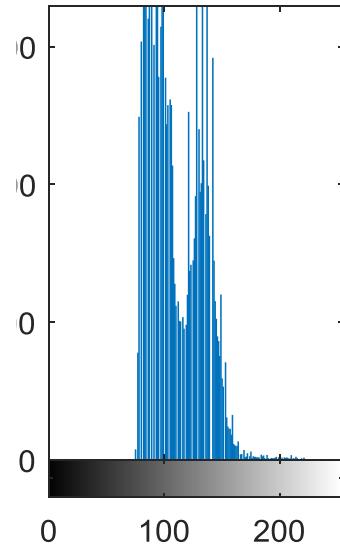


Exemples

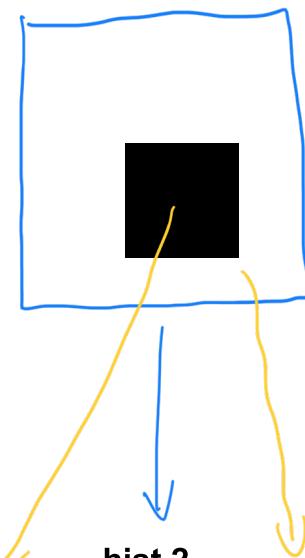
pout



hist 1



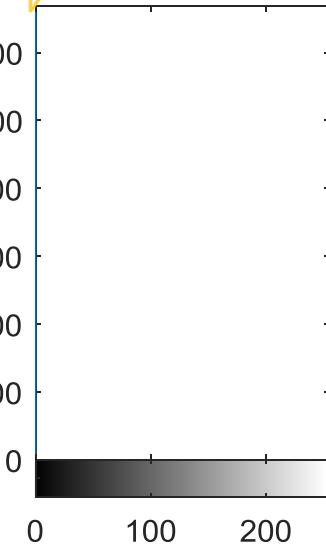
carree



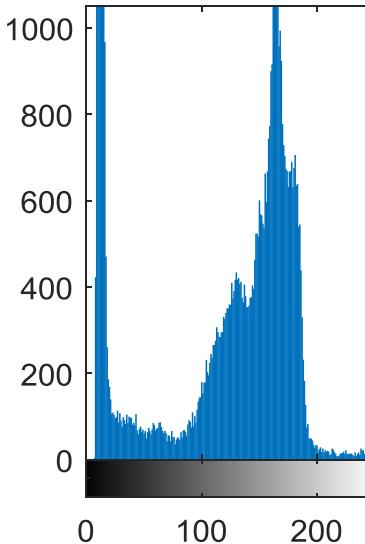
cameraman



hist 2



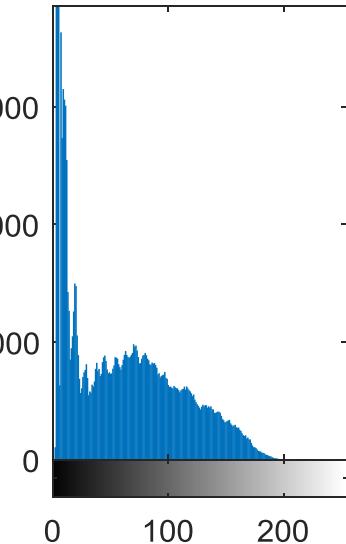
hist 3



X



hist 4



- Transformations d'histogrammes

- Transformations linéaires

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

- Addition : $I' = f(I) = I \pm \text{offset}$ l'histogramme est simplement translaté avec écrasement des valeurs extrêmes.

- Multiplication : $I' = f(I) = a * I$ avec $a > 0$

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

$$I' = \text{round}(a * I)$$

$a > 1 \rightarrow$ l'histogramme est dilaté

$a < 1 \rightarrow$ l'histogramme est compressé

Possibilité de pertes d'infos dans les deux cas : $a > 1 \Rightarrow$ saturation sur les blancs

$a < 1 \Rightarrow$ saturation sur les noirs

+ perte du nombre de niveaux



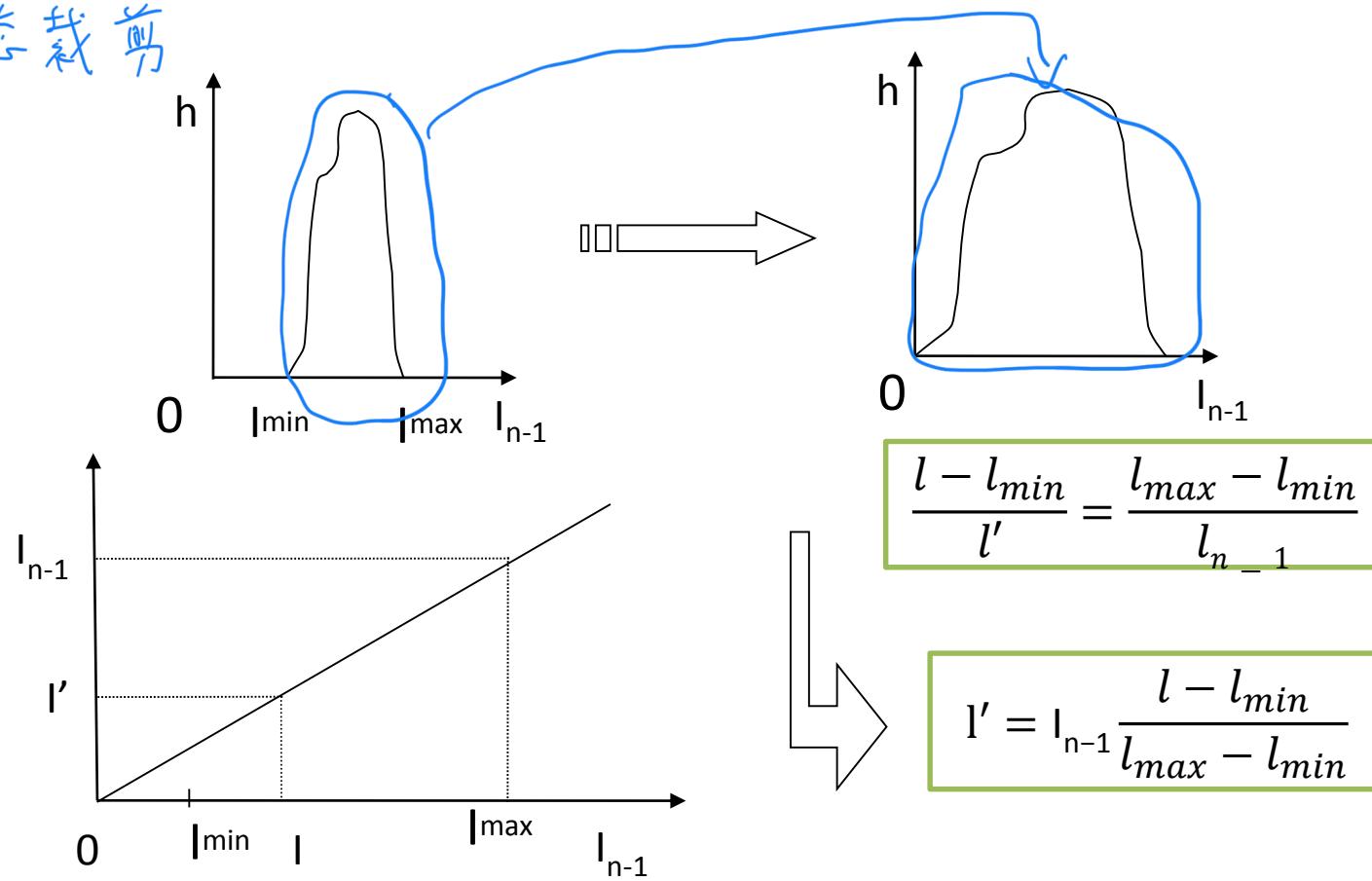
•Image négative

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

$$\Rightarrow H(I') = H(N-I)$$

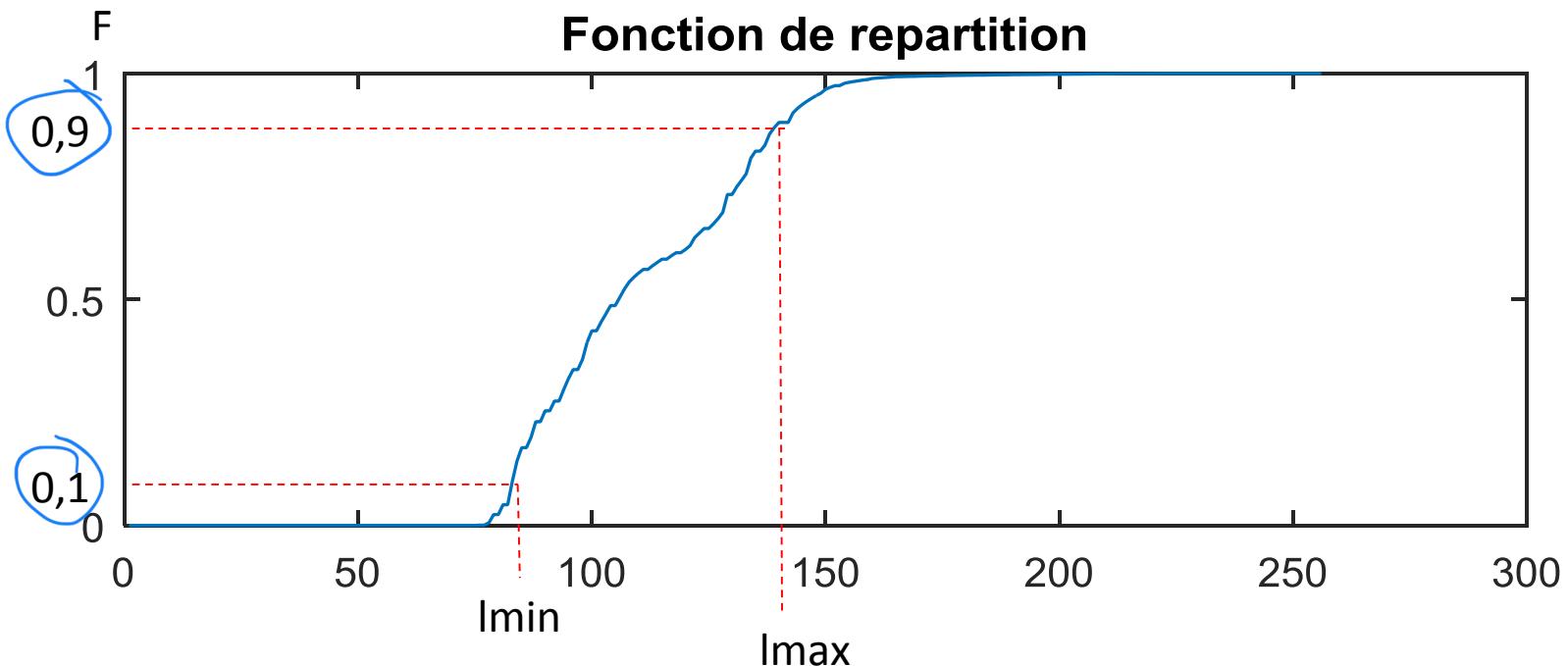
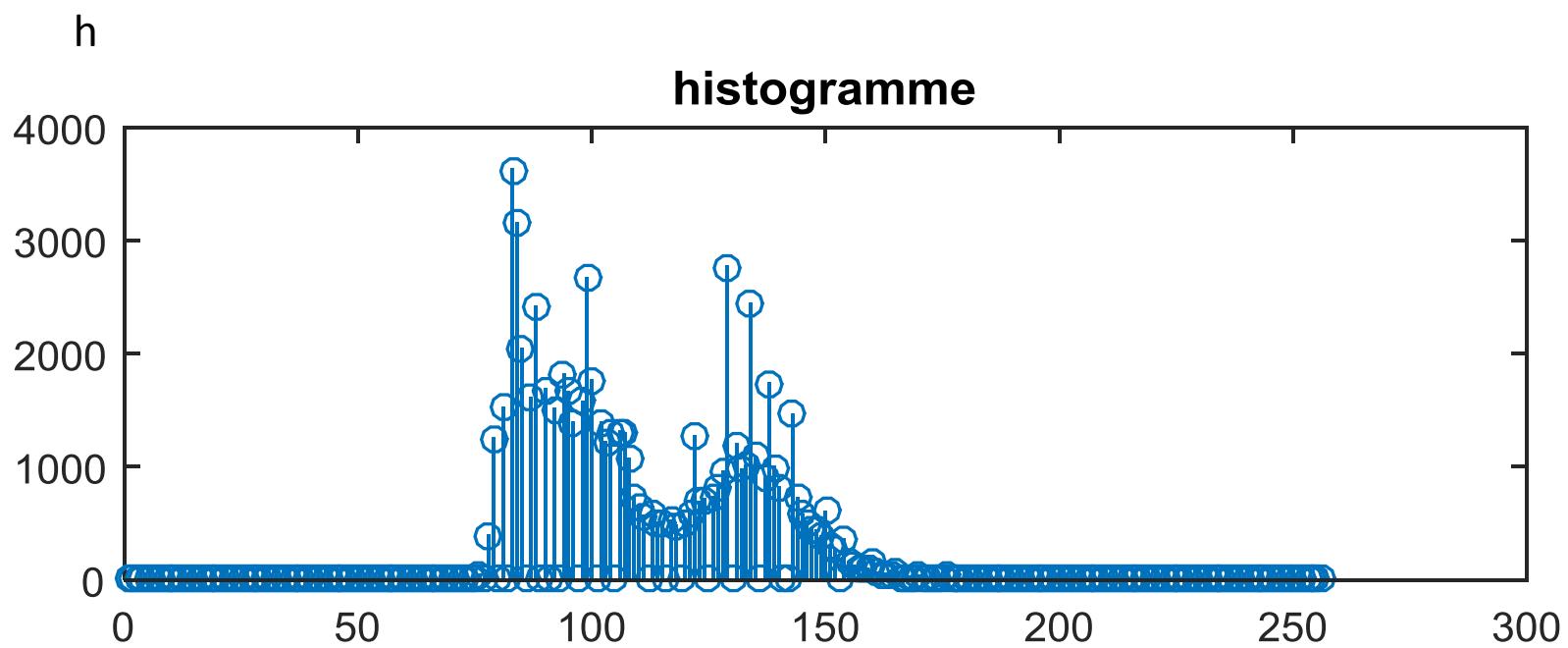
•Recadrage dynamique (ou ajustement linéaire)

动态裁剪



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





Exercice

- Réaliser le recadrage dynamique linéaire automatique de cet histogramme

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

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



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

原灰度
↓
數量
↓

| 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 (靠近 10% 灰度) | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0,125 | 0,1875 | 1,75 | 2 | 2 |
| 4 | 2 | 0,125 | 0,3125 | 3,5 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 0,3125 | 0,625 | 5,25 | 5 | 5 |
| 6 | 4 | 0,25 | 0,75 | 7 | 7 | 7 |
| 7 | 2 | 0,125 | 1 | 8,75 | 9 | 7 |

$\sum p(l)$ 新灰度

| l' | p' |
|------|--------|
| 0 | 0,0625 |
| 1 | 0 |
| 2 | 0,125 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0,125 |
| 5 | 0,3125 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0,375 |



Cas 1% et 99%

$l_{min} = 1$ et $l_{max} = 7$

| l | $h(l)$ | $p(l)$ | $F(l)$ | l' | l'' |
|-----|--------|--------|--------|--------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | -1.167 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27% |
| 2 | 1 | 0.0625 | 0.625 | 1.167 | 1 |
| 3 | 2 | 0.125 | 0.1875 | 2.333 | 2 |
| 4 | 2 | 0.125 | 0.3125 | 3.5 | 4 |
| 5 | 5 | 0.3125 | 0.625 | 4.667 | 5 |
| 6 | 4 | 0.25 | 0.875 | 5.833 | 6 |
| 7 | 2 | 0.125 | 1 | 7 | 7 |

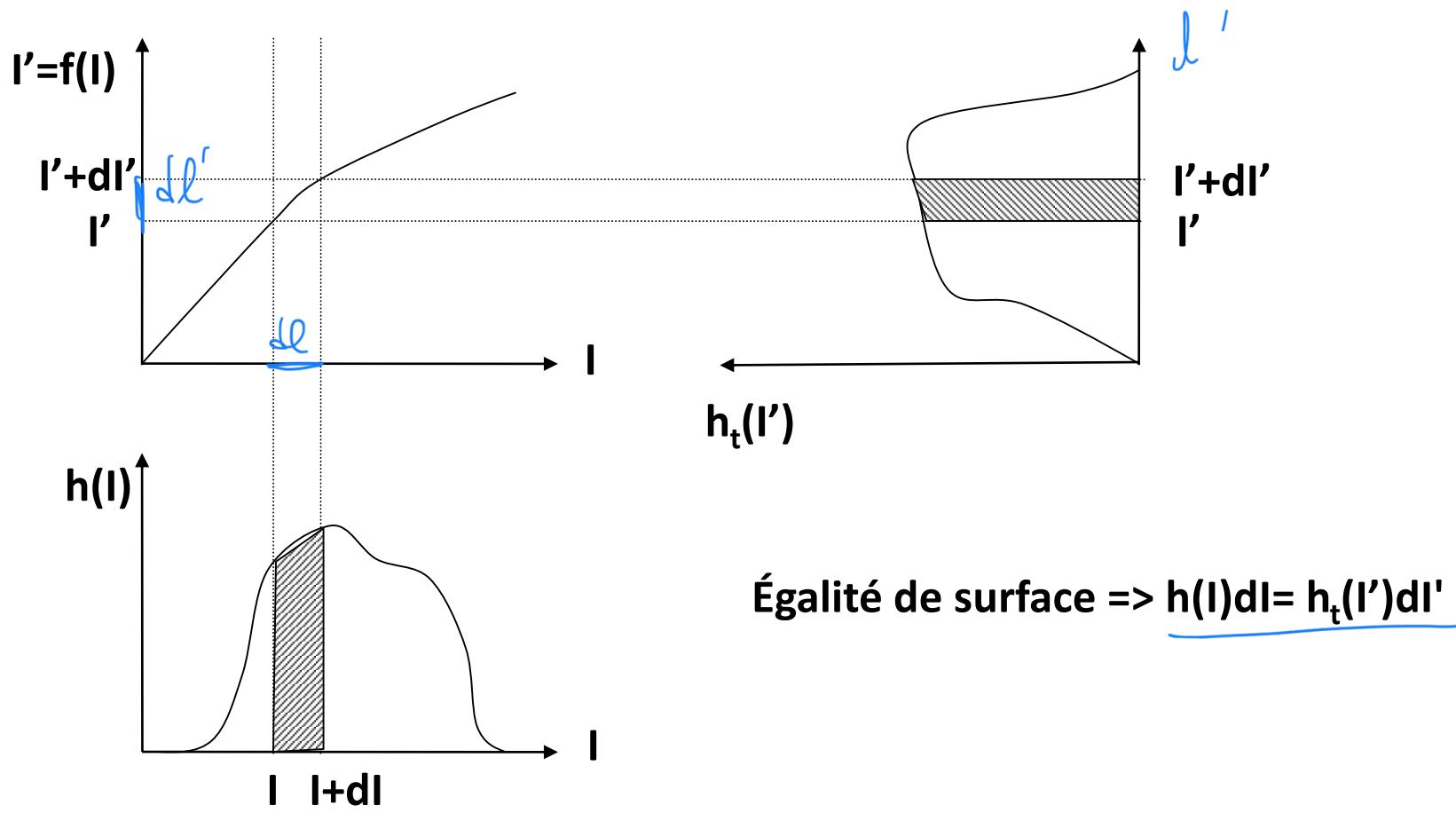
| l' | p' |
|------|--------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0.0625 |
| 2 | 0.125 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0.25 |
| 5 | 0.3125 |
| 6 | 0.25 |
| 7 | 0.125 |



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.

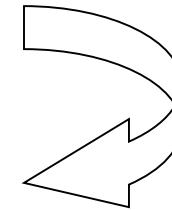
Supposons f une fonction strictement monotone (par ex croissante).



$$l' = f(l)$$

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

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



Application: l'égalisation d'histogramme 均衡直方图

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

$$p_t(l') = \frac{p(l)}{f'} \quad \frac{1}{I_{n-1}} = \frac{p(l)}{f'} \Rightarrow f' = I_{n-1} \cdot p(l)$$

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



Exercice égalisation

| I | $h(I)$ |
|-----|--------|
| 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 $I'=f(I)$
puis le nouvel histogramme $h_t(I')$



Correction égalisation

相当于分布函数
 ↓ 密度函数 \ln 大数值最大值

| l | h | $F(l)$ | $p(l)$ | $7^*F(l)$ | l' |
|-----|------------|--------|--------|-----------|------|
| 0 | | | | | |
| 1 | 0,07142857 | 0,497 | 0 | | |
| 2 | 0,14285714 | 1,498 | 1 | | |
| 3 | 0,21428571 | 3,003 | 3 | | |
| 5 | 0,35714286 | 5,502 | 6 | | |
| 4 | 0,14285714 | 6,503 | 7 | | |
| 5 | 0,07142857 | 7 | 7 | | |
| 6 | 0 | 7 | 7 | | |
| 7 | 0 | 7 | 7 | | |

| l' | $h(l')$ |
|------|---------|
| 0 | 0,071 |
| 1 | 0,143 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0,214 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0,357 |
| 7 | 0,214 |



Illustrations : histogrammes d'images naturelles

4saison26



4saison22



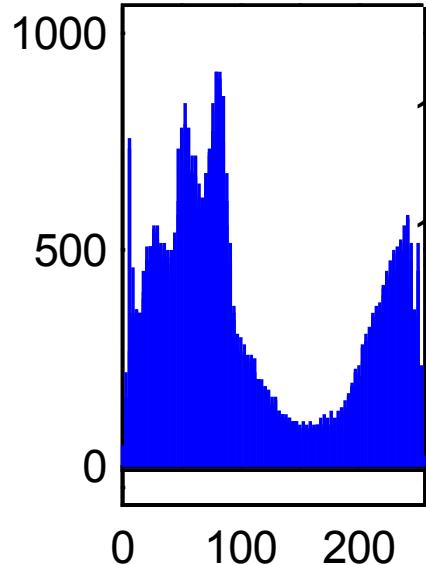
France96



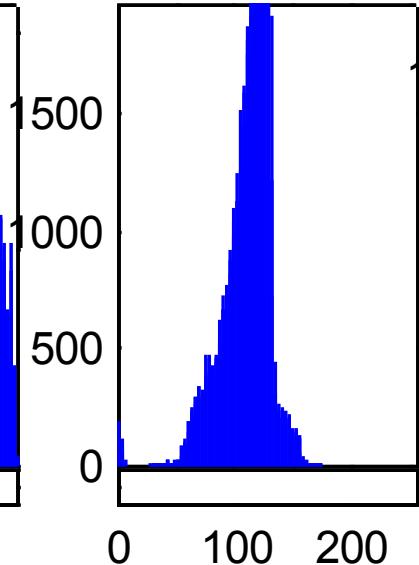
agri027



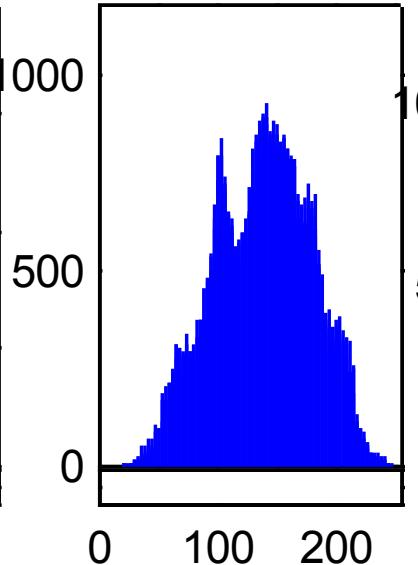
hist 1



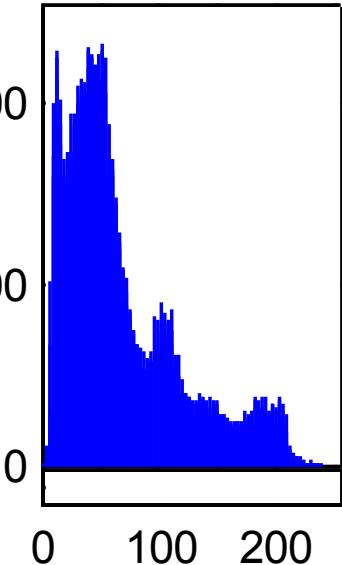
hist 2



hist 3



hist 4



4saison26



4saison22



France96



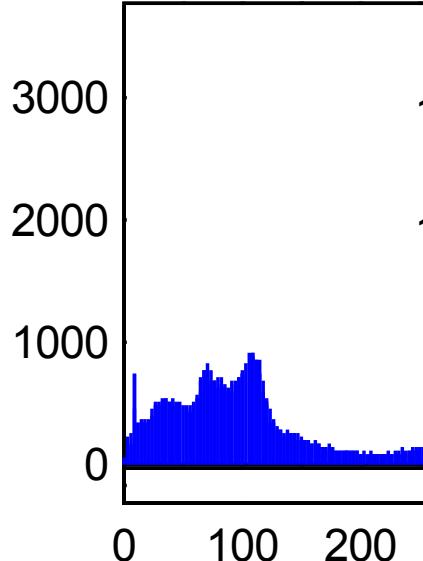
agri027



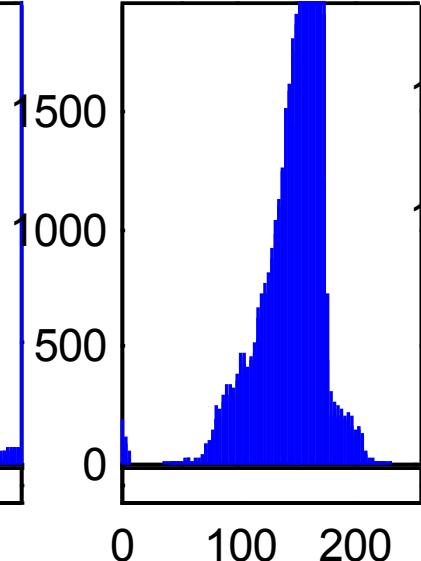
imadjust(a, [0 0.75], [0 1]);

↑
T₂ T₃ (±%)

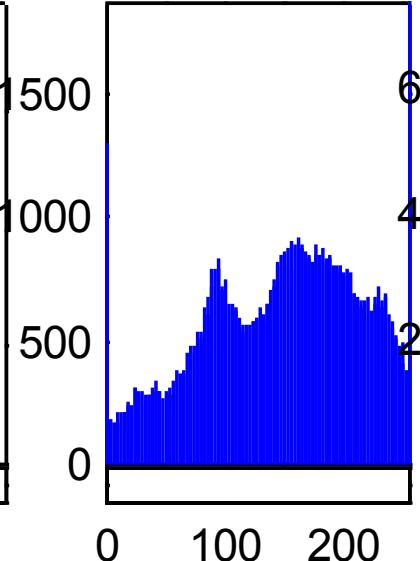
hist 1 cadré e



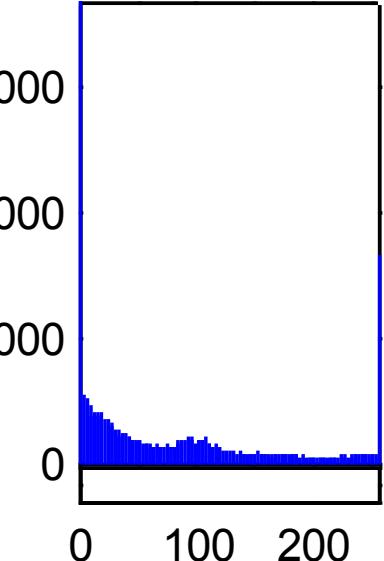
hist 2 cadré e



hist 3 cadré e



hist 4 cadré e



4saison26



4saison22



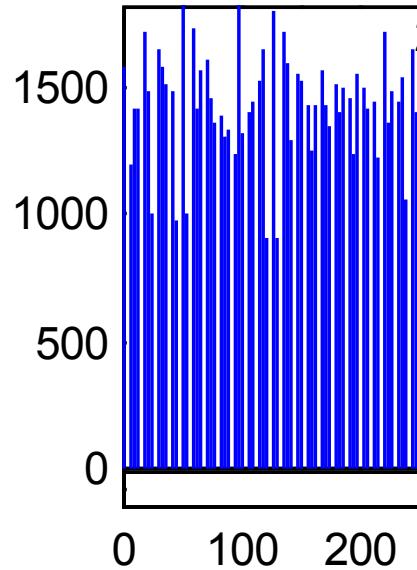
France96



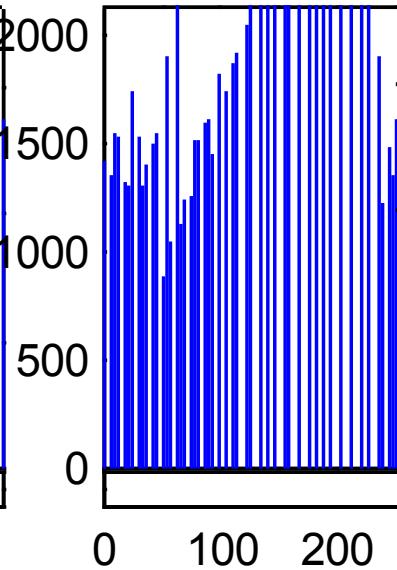
agri027



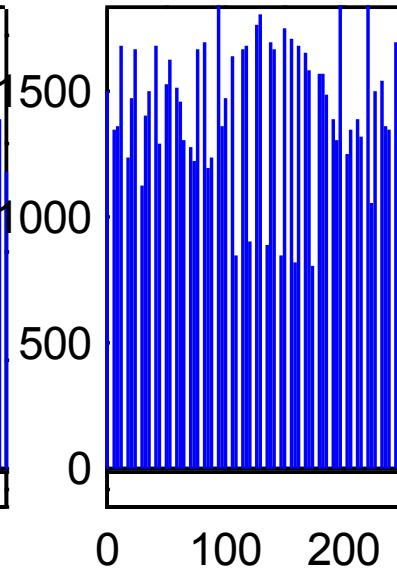
hist 1 é galisé e



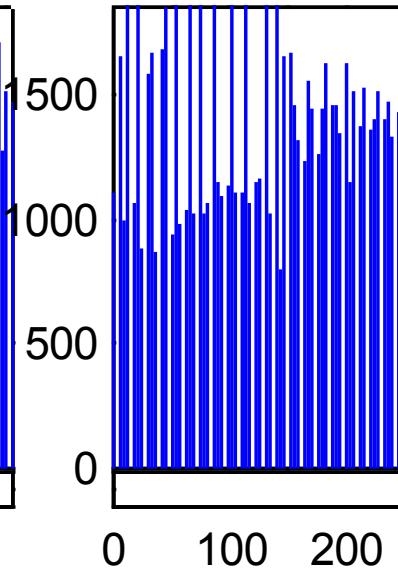
hist 2 é galisé e



hist 3 é galisé e



hist 4 é galisé e



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?

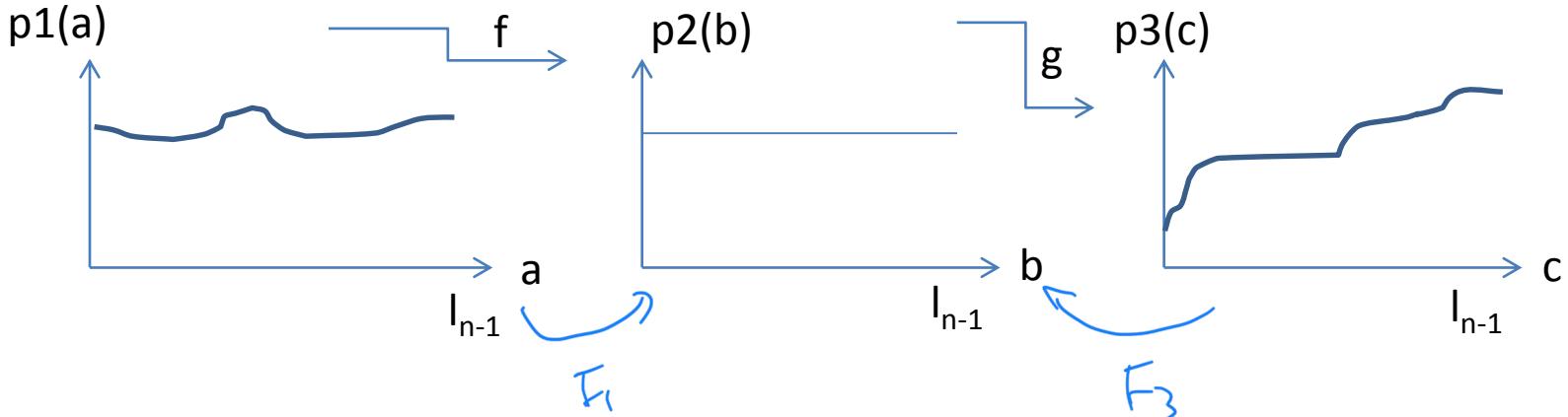
Soit a les niveaux de gris de l'image initiale, b ceux obtenus après une égalisation et c les niveaux de gris de l'image finale.

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 $p_1(a)$ les niveaux de gris de l'image idéale et son histogramme
 Soient c et $p_3(c)$ les niveaux de gris de l'image dégradée et son histogramme
 Soient b et $p_2(b)$ les niveaux de gris de l'image égalisée et son histogramme

Soit l_{n-1} le niveau de gris max. Par définition de l'égalisation :

$$b = l_{n-1} \cdot F_1(a) \text{ et } b = l_{n-1} \cdot F_3(c) = g^{-1}(c) \Rightarrow g(b) = F_3^{-1}(b / l_{n-1}) = c$$

$$\text{Donc } \mathbf{C} = F_3^{-1}(l_{n-1} \cdot F_1(a) / l_{n-1}) = \mathbf{F3}^{-1}(\mathbf{F1}(a))$$

De même on peut montrer que :

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



Exercice pratique spécification d'histogramme

Soit p_1 l'histogramme normalisé de l'image de référence et p_3 l'histogramme de l'image à traiter. Donnez la LUT de transformation obtenue après spécification de p_3 par p_1 ainsi que le nouvel histogramme.

| I | $p_1(I)$ | $p_3(I)$ |
|-----|----------|----------|
| 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 |

I' est le niveau de gris qui doit se rapprocher de l'idéal a , donc il faut utiliser la formule:
 $I' = F_1^{-1}(F_3(I))$, car ici on veut trouver a en fonction du c de départ.



Exercice pratique spécification d'histogramme

Soit p_1 l'histogramme normalisé de l'image de référence et p_3 l'histogramme de l'image à traiter. Donnez la LUT de transformation obtenue après spécification de p_3 par p_1 ainsi que le nouvel histogramme.

| I | $p_1(I)$ | $p_3(I)$ | $F_1(I)$ | $F_3(I)$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|
| 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 | 0.86 |
| 6 | 0.03 | 0.10 | 0.99 | 0.95 |
| 7 | 0.01 | 0.05 | 1 | 1 |

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

l' est le niveau de gris qui doit se rapprocher de l'idéal a , donc il faut utiliser la formule: $l' = F_1^{-1}(F_3(l))$, car ici on veut trouver a en fonction du c de départ.

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

$$l' = F_1^{-1}(F_3(1)) = F_1^{-1}(0.05) = 0$$

$$l' = F_1^{-1}(F_3(2)) = F_1^{-1}(0.15) = 1$$

$$l' = F_1^{-1}(F_3(3)) = F_1^{-1}(0.35) = 2$$

$$l' = F_1^{-1}(F_3(4)) = F_1^{-1}(0.65) = 3$$

$$l' = F_1^{-1}(F_3(5)) = F_1^{-1}(0.86) = 4$$

$$l' = F_1^{-1}(F_3(6)) = F_1^{-1}(0.95) = 5$$



Exemple : spécification d'histogramme

image 1 de ref



image degradee



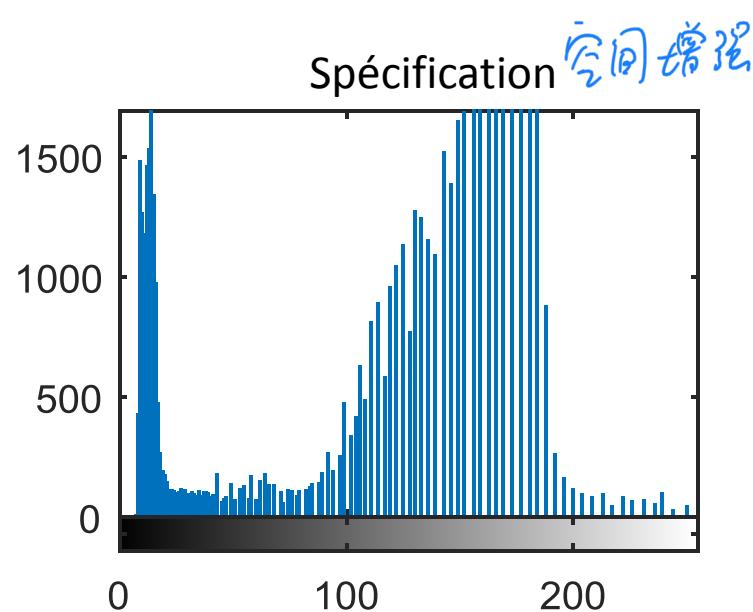
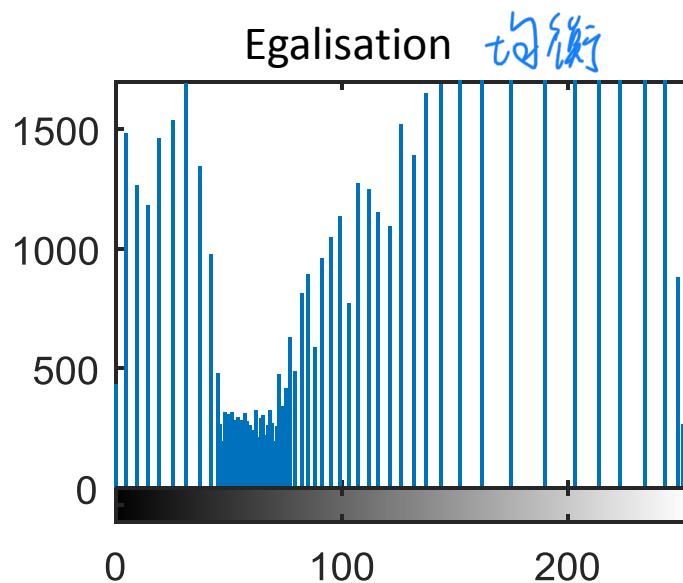
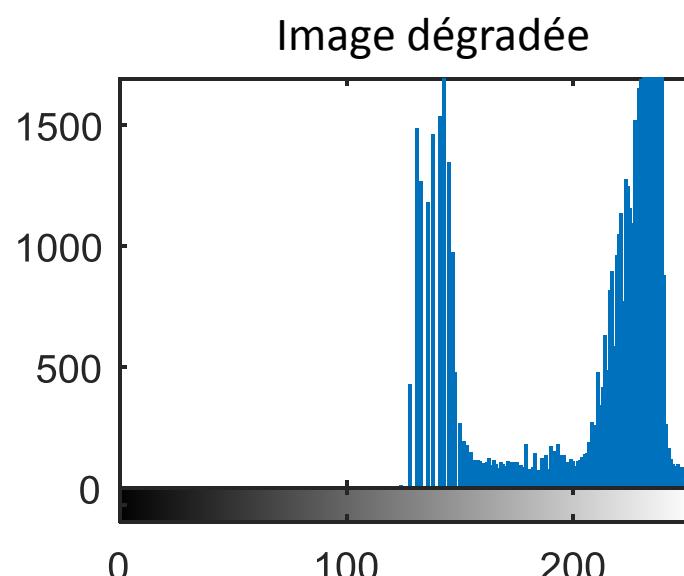
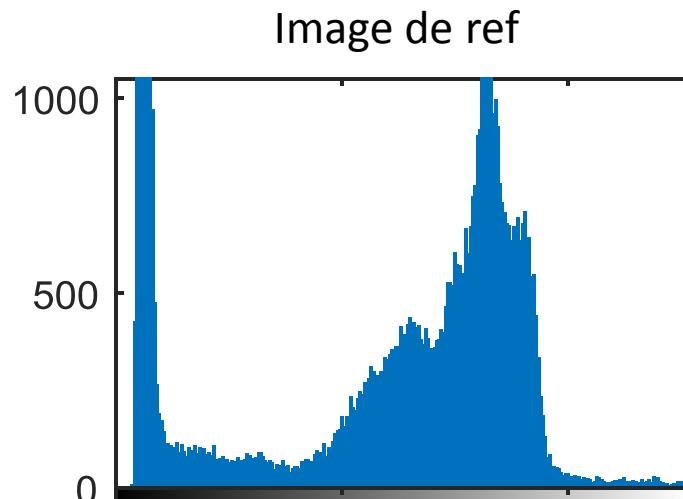
image 2 egalisee



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



Original



Exemple de traitement couleur

lmajust sur Lab



lmajust sur RVB



histeq sur Lab



histeq sur RVB

