

Traitements de bases sur l'image

3.1. Notion d'histogramme et de contraste

3.1.1. Histogramme

L'histogramme est un graphique qui correspond à l'évolution du nombre des pixels d'une image possédant un même niveau de gris. En pratique, pour le calcul d'un histogramme, on donne un nombre de niveau de gris, et pour chaque niveau, on compte le nombre de pixels de l'image correspondant à ce niveau.

$$h(r_k) = n_k, \quad k = 0, \dots, L - 1$$

r_k : $k^{\text{ième}}$ niveau de gris ; n_k : Nombre de pixels ayant le niveau de gris r_k ; L : Nombre de niveaux de gris.

Pour des images en niveaux de gris l'histogramme indique pour chaque valeur entre le noir (0) et le blanc (255), combien il y a de pixels de cette valeur dans l'image; en abscisse (axe x) : le niveau de gris (de 0 à 255); en ordonnée (axe y) : le nombre de pixels.

Les pixels sombres apparaissent à gauche de l'histogramme, les pixels clairs à droite de l'histogramme et les pixels gris au centre de l'histogramme.

Exemple 1 : Compter le nombre de pixels pour chaque niveau de gris, à l'aide de la matrice des valeurs de luminance.



Figure 3.1 Image synthétique et son histogramme

- L'image comporte 3 niveaux de gris différents : 0, 1 et 2.
- Les niveaux 0, 1 et 2 sont respectivement représentés par 24, 12 et 28 pixels ⇒ représentation de cette population de pixels sur l'histogramme.

Exemple 2: étant donné une image $I(5 \times 5)$:

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

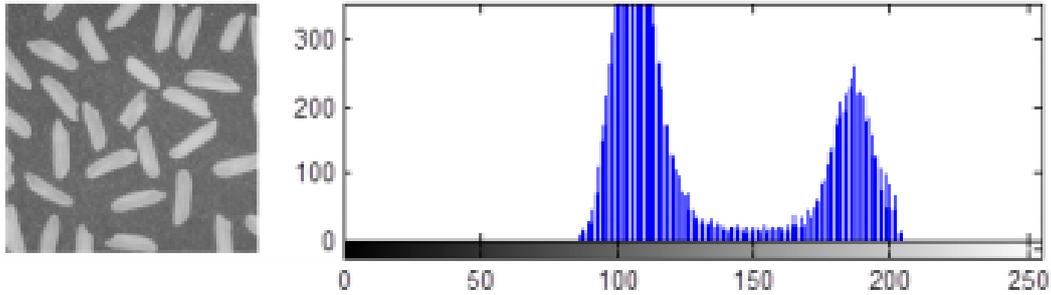
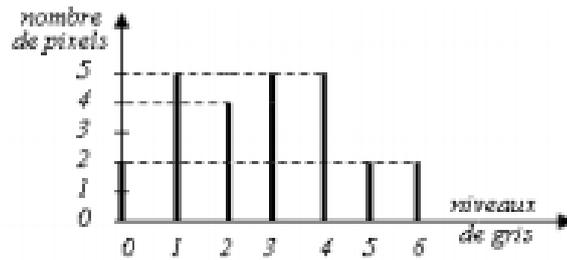


Figure 3.2. Image réelle et son histogramme

Remarque : L'histogramme donne le contenu global de l'image, un histogramme déporté vers les niveaux noirs nous informe qu'il s'agit d'une image sombre alors qu'un histogramme déporté vers les niveaux blancs est celui d'une image bien éclairée. Pour l'image ci-dessous, on remarque l'existence de deux zones distinctes, l'une représente les grains de riz, l'autre représente la texture.

Cependant, il ne donne aucune information sur la répartition des niveaux de gris. Les deux images ci-dessous sont différentes mais ayant le même histogramme.

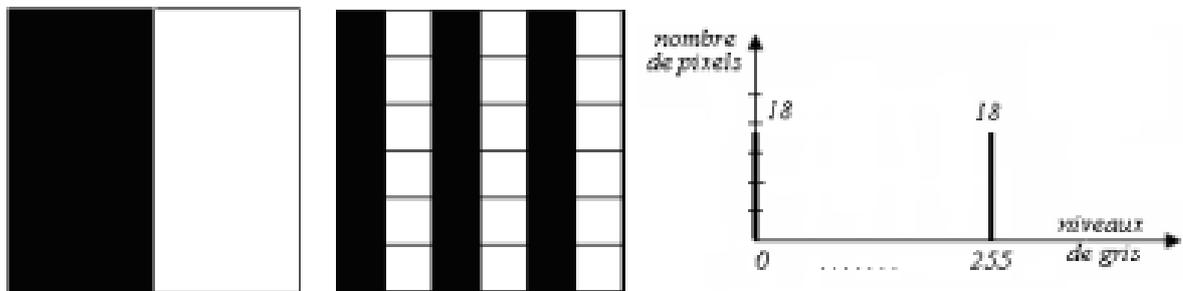


Figure 3.3. Deux images différentes ayant le même histogramme

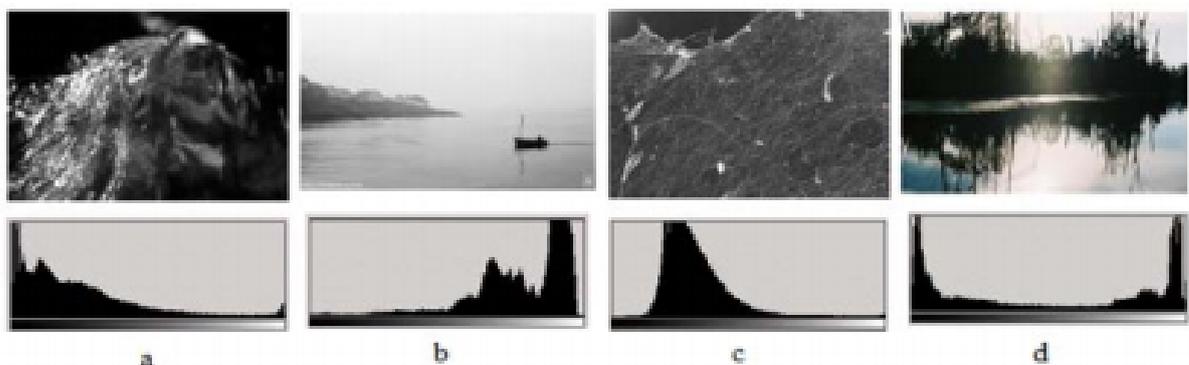


Figure 3.4. Histogramme de quelques images

- a : *Image sombre* : beaucoup de pixels pour les faibles valeurs de niveau de gris
- b : *Image claire* : beaucoup de pixels pour les valeurs claires de niveau de gris
- c : *Image peu contrastée* : la plupart des pixels pour les valeurs moyennes de niveaux de gris
- d : *Image presque binaire* : pixels concentrés vers le noir et le blanc

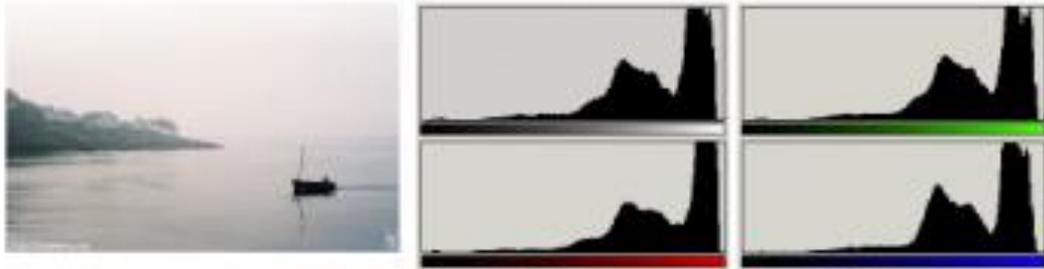


Figure 3.5. Histogrammes d'une image couleur

Image RGB claire : l'image contient beaucoup de gris et les histogrammes sont similaires

3.1.2. Histogramme normalisé

La probabilité d'apparition d'un niveau de gris r_k dans l'image est :

$$h_n(r_k) = \frac{h(r_k)}{N} \in [0,1], \quad k = 0, \dots, L-1$$

3.1.3. Histogramme cumulé

Il représente la distribution cumulée des intensités des pixels d'une image :

$$h_c(r_k) = \sum_{i=0}^k h(r_i)$$

Il est défini de façon récursive par :
$$\begin{cases} h_c(r_0) = h(r_0) \\ h_c(r_k) = h_c(r_{k-1}) + h(r_k) \end{cases} \quad k = 0, \dots, L-1$$

Exemple 1 :

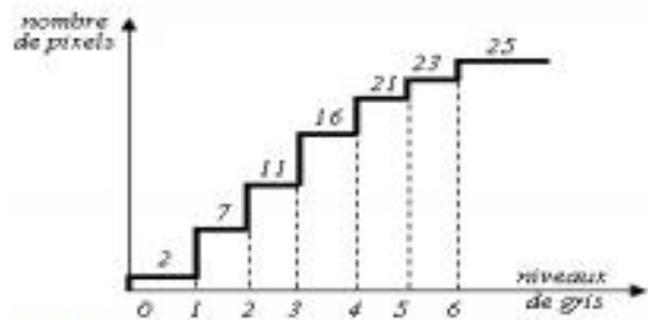


Figure 3.6. Image synthétique et son histogramme cumulé

- Chaque bâton cumule le nombre de pixels des 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.

Exemple 2 : Informations issues de l'histogramme

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



3.1.4. Informations issues de l'histogramme

1. **Luminance ou brillance d'une image** = moyenne $\mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I(i, j)$ des niveaux de gris.

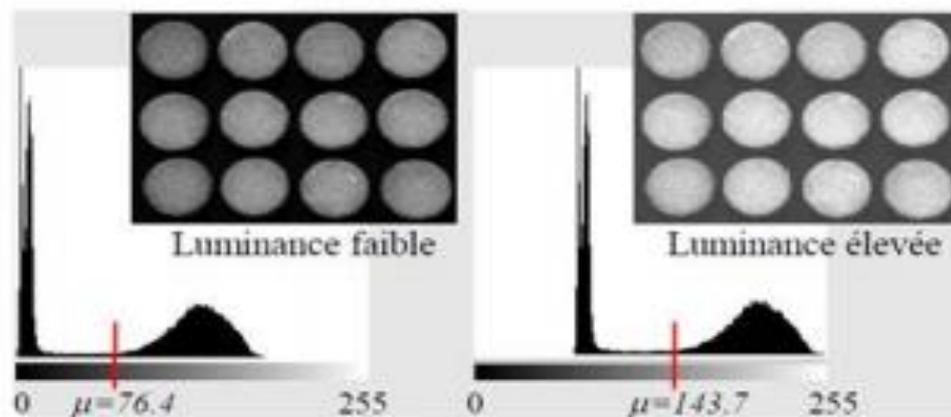


Figure 3.7. Lien histogramme/luminance

2. **Contraste** : Le contraste peut être défini de plusieurs façons :

➤ Variance des niveaux de gris (N nombre de pixels dans l'image) :

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (I(i, j) - \mu)^2$$

➤ Variation entre niveaux de gris max et min : $\frac{\max[I(i, j)] - \min[I(i, j)]}{\max[I(i, j)] + \min[I(i, j)]}$

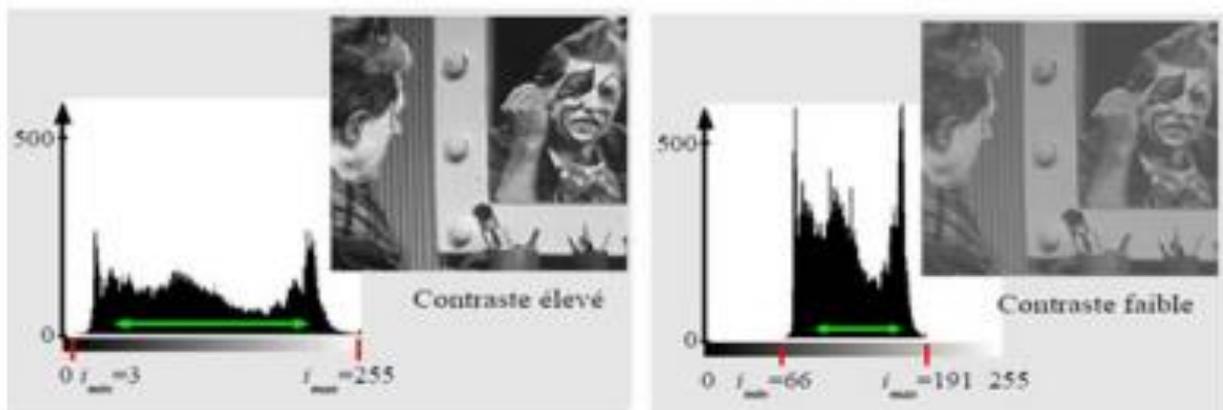


Figure 3.8. Lien histogramme/contraste

3. Dynamique de l'image : nombre de niveaux $[l_{min}, l_{max}]$.

3.2. Correction de la dynamique de l'image par les transformations affines sur l'histogramme

3.2.1. Étirement d'histogramme

L'étirement d'histogramme est une technique qui modifie la répartition des niveaux de gris dans une image afin d'en améliorer le contraste, pour cela, il convient d'augmenter l'intervalle des niveaux de gris sur l'histogramme de l'image d'entrée.

Si l'histogramme de l'image originale commence de Ng_{min} et se termine par Ng_{max} , on peut avoir une image dont le niveau de gris s'étale de Ng'_{min} à Ng'_{max} par la relation :

$$Ng' = \frac{Ng'_{max} - Ng'_{min}}{Ng_{max} - Ng_{min}}(Ng - Ng_{min}) + Ng'_{min}$$

Dans le cas où $Ng'_{max} = 255$, $Ng'_{min} = 0$, $Ng' = \frac{255}{Ng_{max} - Ng_{min}}(Ng - Ng_{min})$

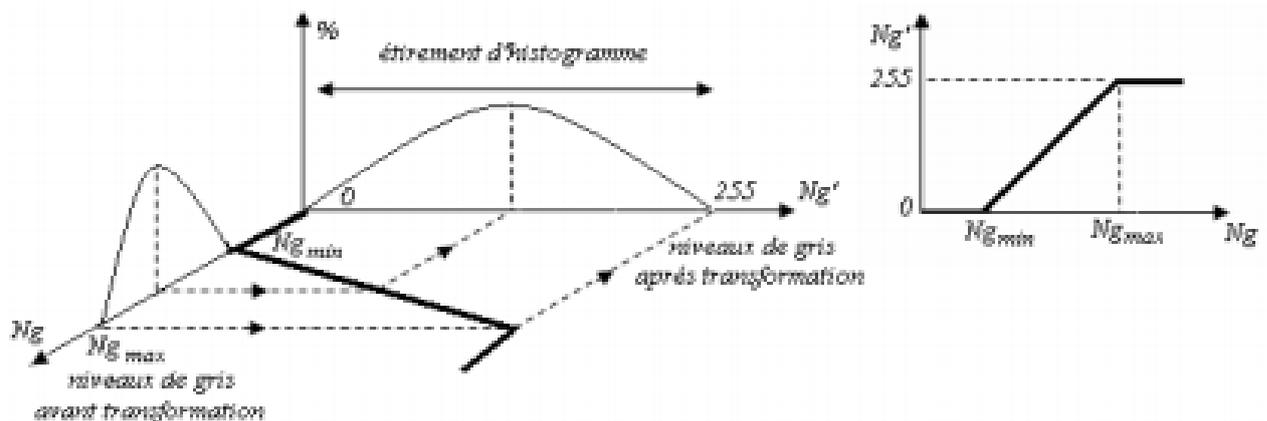


Figure 3.9. Principe de l'étirement d'histogramme

Exemple 1: Soit une image dont l'histogramme est visualisé ci-dessous. Ses valeurs en niveaux de gris sont comprises entre 10 et 80. L'image résultante est très foncée, afin d'améliorer l'image trouver une méthode permettant de recadrer (étaler) l'histogramme entre "0" et "255" sans changer la valeur des pics.

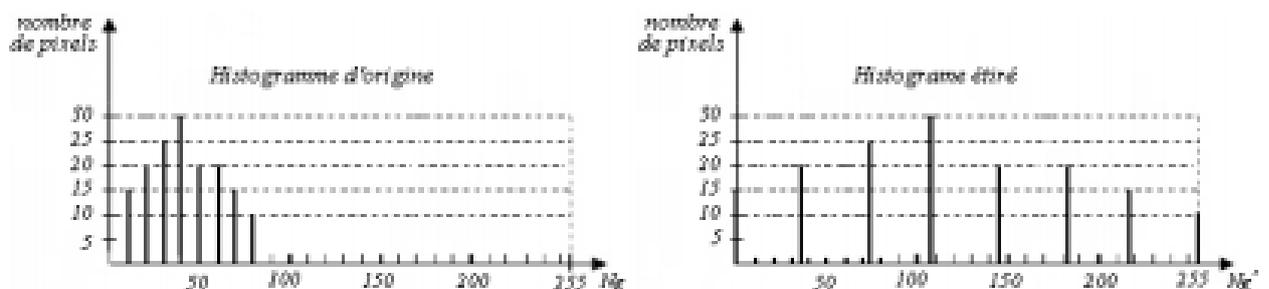


Figure 3.10. Histogramme et son étirement

En appliquant la formule précédente, l'histogramme de départ est réparti sur l'ensemble des valeurs de niveaux de gris. Le premier terme permet de décaler l'histogramme sur la gauche et le deuxième terme permet d'étaler l'histogramme sur tous les niveaux.

Ng	10	20	30	40	50	60	70	80
Ng'	0	36	72	109	145	182	218	255
N. pixels	15	20	25	30	20	20	15	10

Exemple 2 :

Dans l'exemple ci-dessous, l'image 'rice' a un niveau de gris qui s'étale de 44 à 206. en faisant un étirement d'histogramme de 0 à 255, on obtient une image plus contrastée (qualité visuelle meilleure)

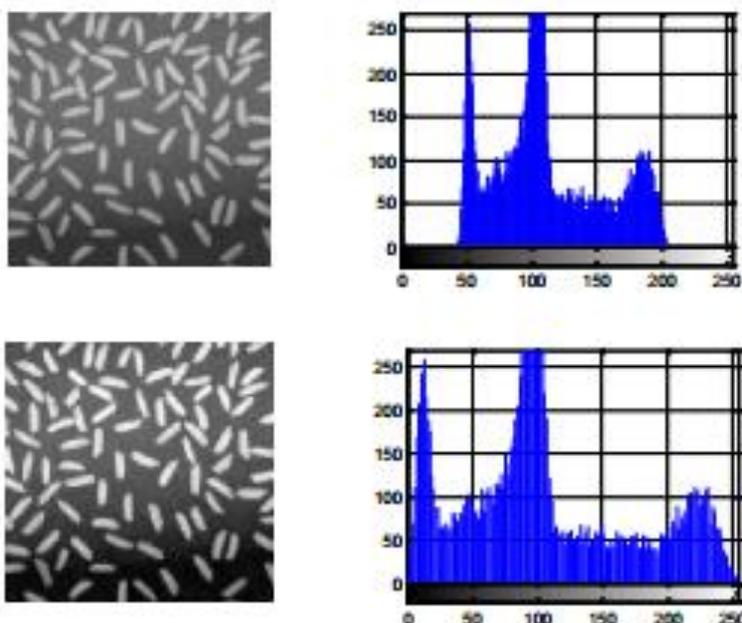
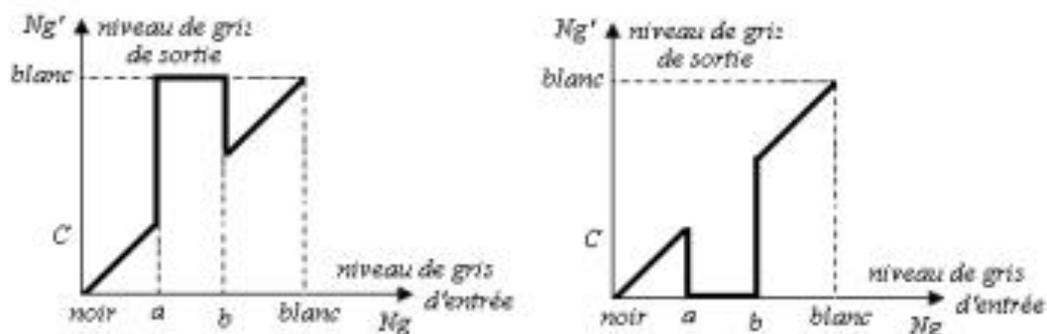


Figure 3.11. Etirement d'histogramme d'une image

3.2.2. Masquage des zones

Le masquage sert à remplacer un intervalle de niveau de gris par du blanc ou du noir.



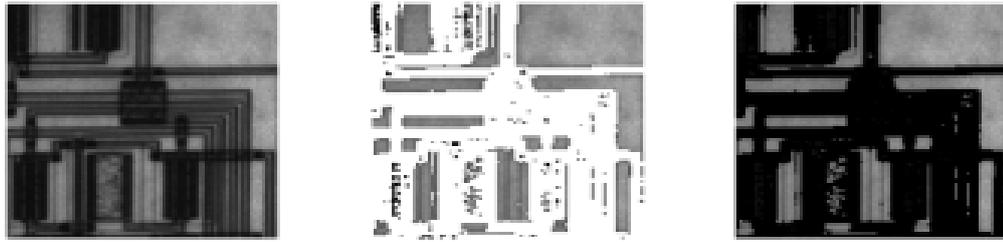


Figure 3.12. Masquage des zones

3.2.3. Extraction d'une fenêtre d'intensité

Avec la transformation décrite ci-dessous, la nouvelle image ne visualise que les pixels dont le niveau d'intensité appartient à l'intervalle $[a, b]$. Sous réserve d'une connaissance a priori de la distribution des niveaux de gris des objets de l'image originale, cette technique permet une segmentation d'objets particuliers de l'image.

$$Ng' = \begin{cases} Ng & a \leq Ng \leq b \\ 0 & b < Ng < a \end{cases}$$

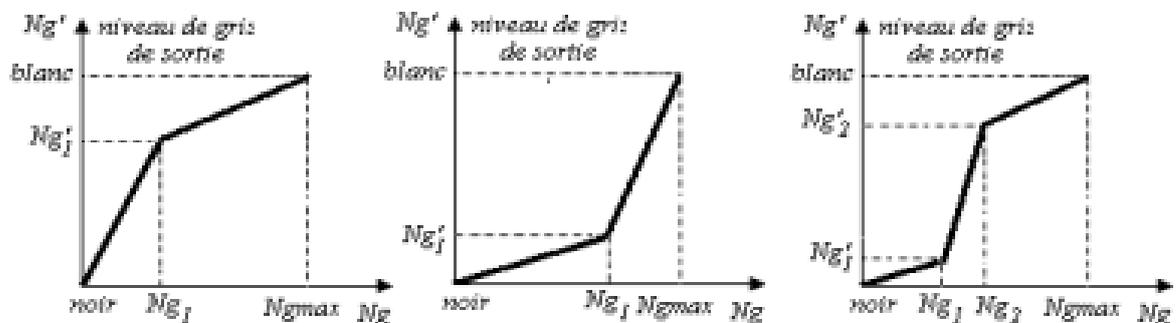


Figure 3.13. Seuillage avec fenêtre d'intensité entre 100 et 200

3.2.4. Dilatation locale

Ce type de traitement permet d'accentuer le contraste dans une plage précise de niveau.

$$Ng' = \begin{cases} \frac{Ng'_1}{Ng_1} Ng & 0 \leq Ng \leq Ng_1 \\ \frac{(Ng_{\max} - Ng'_1)Ng + Ng_{\max}(Ng'_1 - Ng_1)}{Ng_{\max} - Ng_1} & Ng_1 \leq Ng \leq Ng_{\max} \end{cases}$$



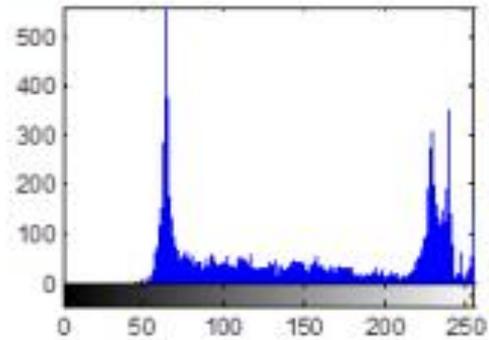
Dilatation des zones sombres

Dilatation des zones claires

dilatation des zones médianes



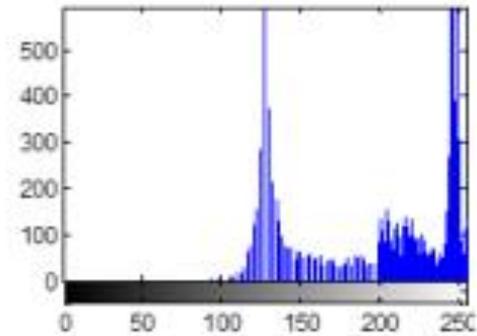
Image originale



Histogramme



Dilatation de la dynamique des zones sombres $N_{g_1} = 100$, $N_{g_1}' = 200$



Dilatation de la dynamique des zones claires $N_{g_1} = 180$, $N_{g_1}' = 100$

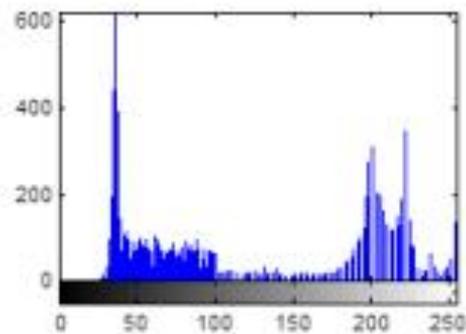


Figure 3.14. Exemples de dilatation de la dynamique

3.3. Égalisation d'histogramme et correction gamma

3.3.1. Égalisation d'histogramme

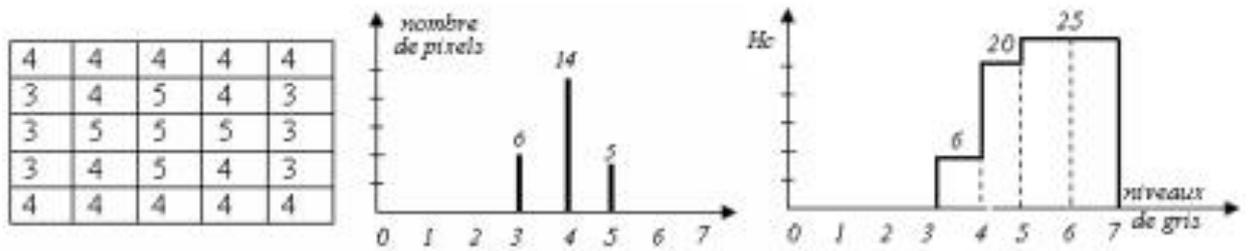
L'égalisation d'histogramme comprend un étirement d'histogramme avec une répartition uniforme des niveaux de gris. Chaque niveau de gris est représenté par un nombre constant de pixel. (Équilibrer le mieux possible la distribution des pixels).

$$f'(x,y) = Ng' \max \frac{Hc[f(x,y)]}{N}$$

N : Nombre de pixels de l'image ; $Hc[\cdot]$: Histogramme cumulé.

$f(x,y), f'(x,y)$: Niveau de gris du pixel de coordonnées x,y de l'image originale et celle transformée.

Exemple 1 : Soit une image $f(5 \times 5)$ et son histogramme associé, trouver l'image obtenue par une égalisation d'histogramme.



$$Ng'_{\max} = 7, N = 25$$

$$f(x, y) = 3 \Rightarrow f'(x, y) = \frac{7 \times 6}{25} = 1.68 \approx 1; f(x, y) = 4 \Rightarrow f'(x, y) = \frac{7 \times 14}{25} = 5.6 \approx 5$$

$$f(x, y) = 5 \Rightarrow f'(x, y) = \frac{7 \times 5}{25} = 7$$

Exemple 2 : Effet de l'égalisation d'histogramme

Cet exemple d'égalisation permet visuellement de rehausser les contrastes de l'image. L'histogramme obtenu après égalisation s'étale bien sur toute l'échelle des niveaux de gris avec un espacement accru. Les données discrètes des niveaux de gris ne permettent pas d'obtenir un histogramme rigoureusement plat.

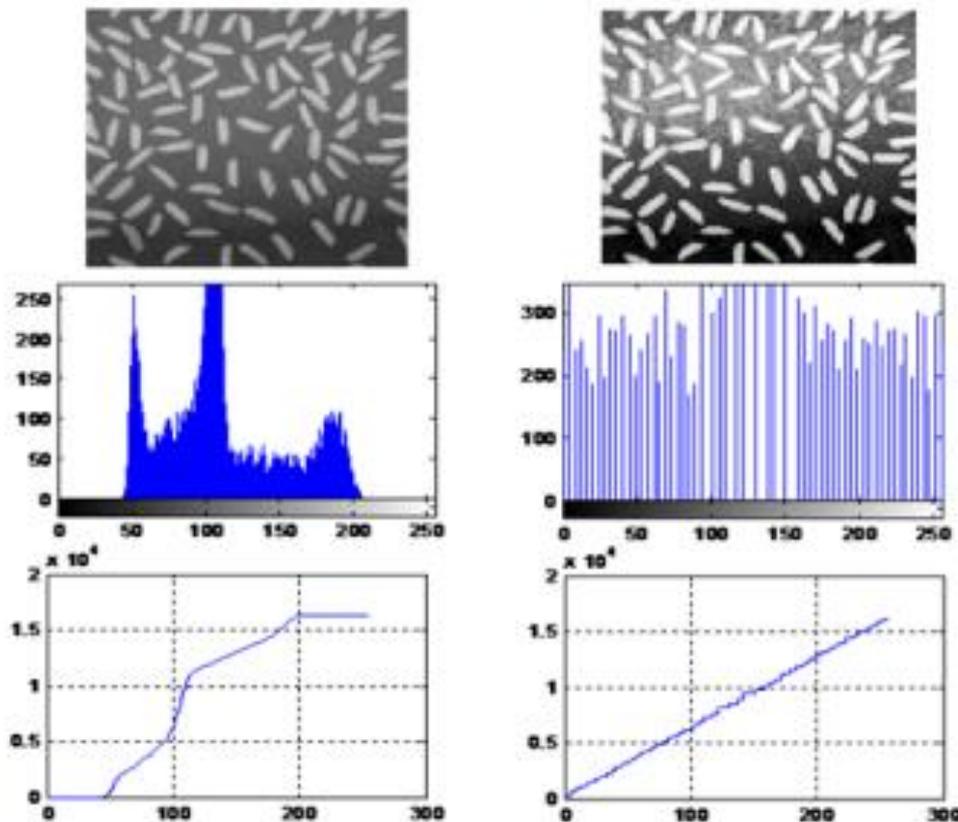


Figure 3.15. Image originale, Histogramme et Histogramme cumulé
Image égalisée, Histogramme égalisé et Histogramme cumulé

L'égalisation d'histogramme est une transformation des niveaux de gris dont le principe est d'équilibrer le mieux possible la distribution des pixels dans la dynamique (Idéalement, on cherche à obtenir un histogramme plat). Le résultat est une augmentation globale du contraste dans l'image.

Avantage

Le rehaussement du contraste est plus marqué avec l'égalisation d'histogramme autorisant la détection de structures situées dans l'ombre. En fait, tout niveau de gris fortement représenté est étiré à l'inverse tout niveau de gris faiblement représenté est fusionné avec d'autres niveaux proches.



Figure 3.16. Avantages de l'égalisation d'histogramme

Attention si l'image est déjà bien contrastée une égalisation peut dégrader l'image !

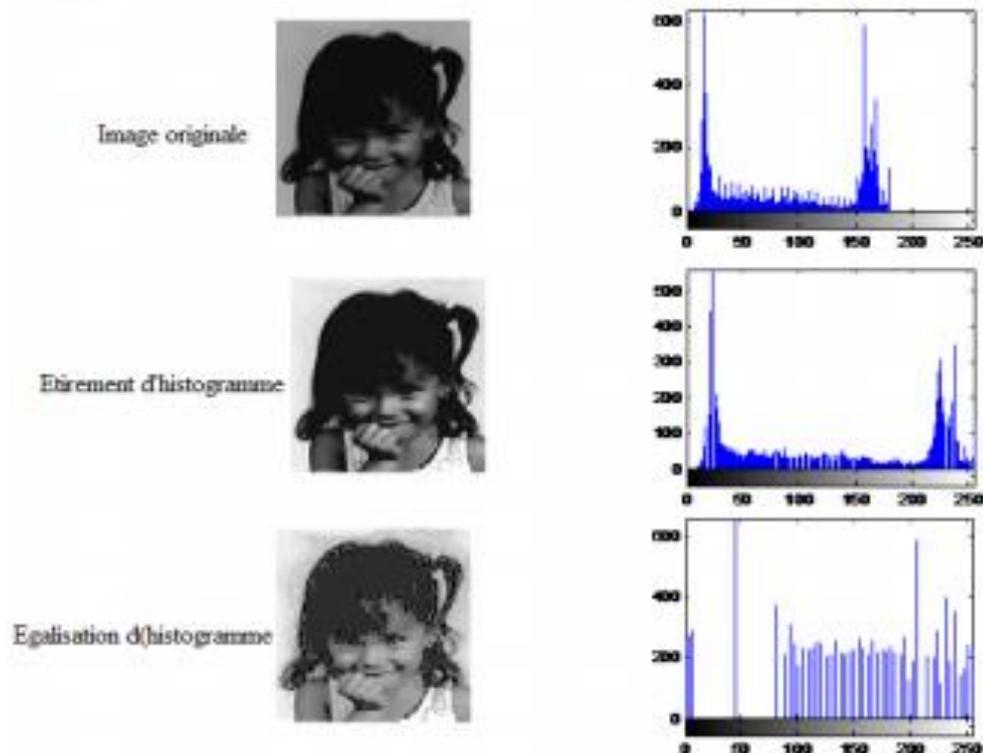


Figure 3.17. Inconvénient de l'égalisation d'histogramme

3.3.2. Correction gamma

C'est une transformation non linéaire donnée par :

$$Ng'(x, y) = 255 \left(\frac{Ng(x, y)}{255} \right)^\gamma$$

Si $\gamma < 1$ éclaircit principalement les parties foncées

Si $\gamma > 1$ assombrit principalement les parties claires

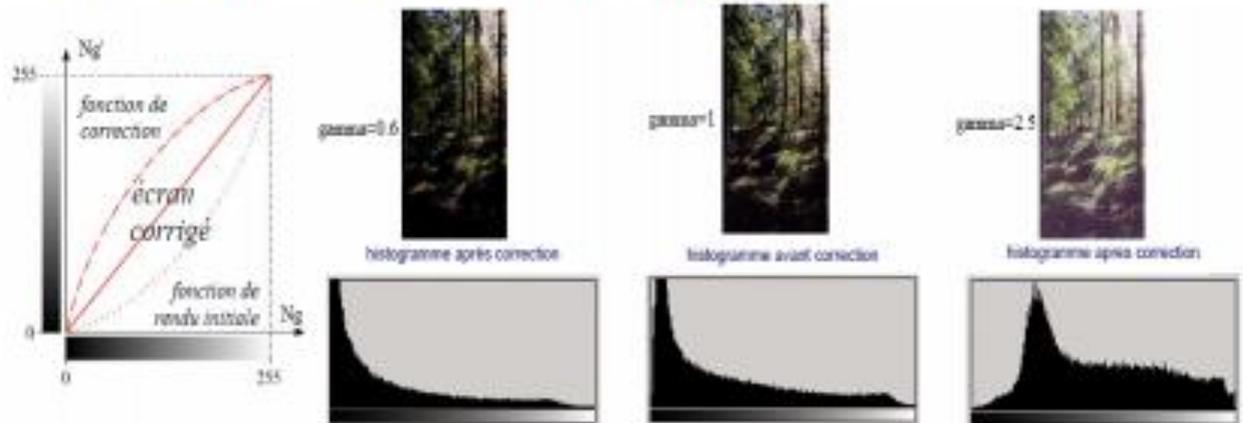


Figure 3.18. Exemple de correction gamma

3.4. Opérations arithmétiques et logiques sur les images

3.4.1. Opérations arithmétiques

Copie : l'image de sortie est une copie de l'image d'entrée.

Inversion : L'image résultante d'une opération d'inversion est une image dont le noir devient blanc et le blanc devient noir. Pour une image de 256 niveaux de gris : $Ng' = 255 - Ng$

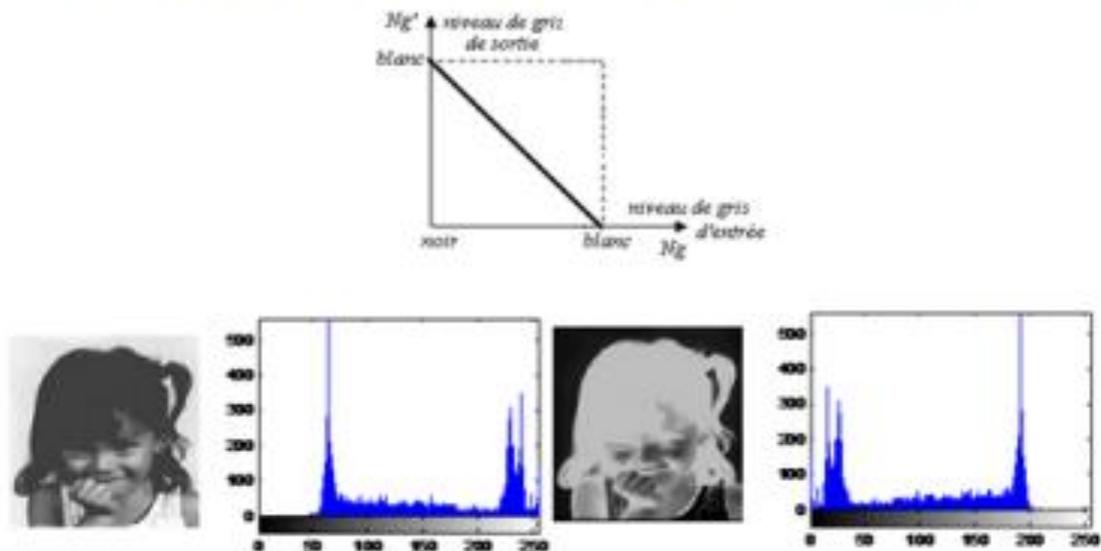


Figure 3.19. Inversion d'images

Addition : L'addition est une opération qui sert à augmenter la brillance de l'image. Elle se fait par l'addition d'une constante aux niveaux de gris de tous les pixels de l'image.

Si $Ng(x, y)$ est le niveau de gris du pixel (x, y) de l'image originale, le niveau de gris du même pixel (x, y) de l'image résultante par l'addition est : $Ng'(x, y) = Ng(x, y) + C$

L'image de la figure ci-dessous a un niveau de gris de 0 à 180 et subit une augmentation de brillance par l'addition de 75 à tous les pixels qui est équivalent à une translation de l'histogramme de 75.

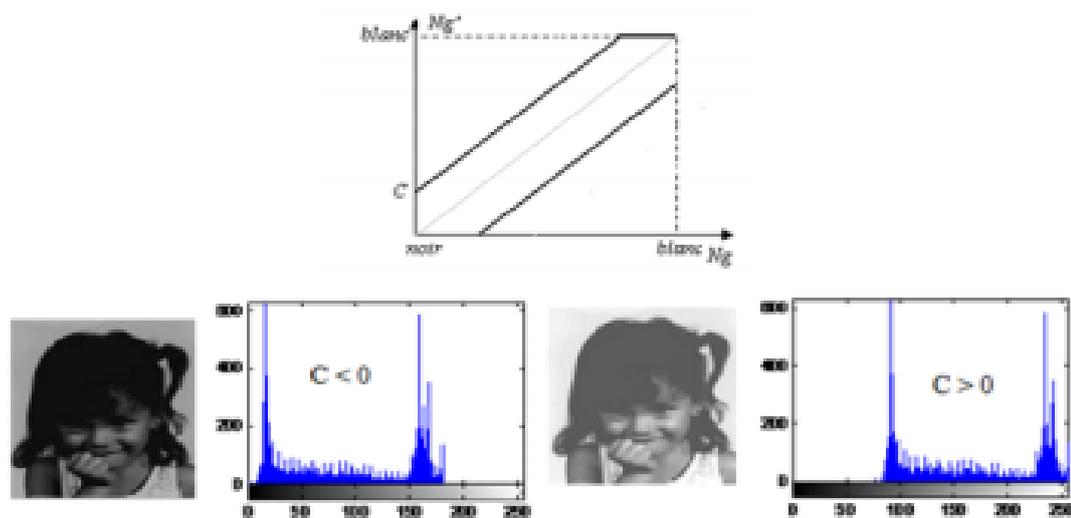


Figure 3.20. Exemple d'addition

Multiplication : Par la multiplication des niveaux de gris par une constante, l'image originale subit un éclairage ou un assombrissement suivant la valeur de la constante :

$$Ng'(x, y) = \alpha \cdot Ng(x, y)$$

$\alpha > 1$: Éclairage , $\alpha = 1$: Copie , $0 < \alpha < 1$ Assombrissement

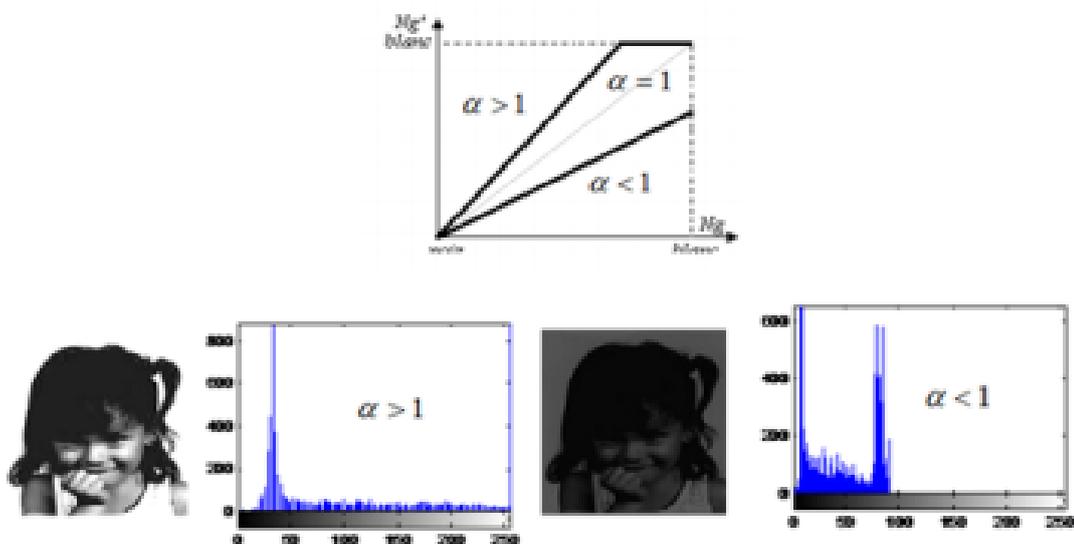


Figure 3.21. Exemple de multiplication

Opérateurs arithmétiques sur deux images: Ils créent une image résultat $P'(x, y)$ à partir d'une ou plusieurs images $P1(x, y), P2(x, y)$, etc. où x et y sont les numéros des lignes et colonnes.

- Addition : $P'(x, y) = P1(x, y) + P2(x, y)$
- Soustraction : $P'(x, y) = P1(x, y) - P2(x, y)$
- Multiplication : $P'(x, y) = P1(x, y) \cdot P2(x, y)$
- Division : $P'(x, y) = P1(x, y) / P2(x, y)$
- Minimum / maximum : $P'(x, y) = \text{Min}[P1(x, y), P2(x, y)]$
- Combinaison linéaire : $P'(x, y) = C1 \cdot P1(x, y) + C2 \cdot P2(x, y)$ où $C1$ et $C2$ sont des constantes.
- Valeur absolue : $P'(x, y) = |P1(x, y)|$

3.4.2. Opérateurs logiques

Les opérateurs logiques sont appliqués aux images binaires, c'est à dire des images dont les pixels ne peuvent valoir que la valeur "vrai" ou la valeur "faux".

Non logique : "Not" ; Addition logique : "And" ; Ou logique : "Or" ; Ou exclusif logique : "Xor" ; Différence logique : "logical-sub" ; Equivalence logique : "n xo"

A	B	Not A	A and B	A or B	A xor B	A-B	A n xo B
1	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1

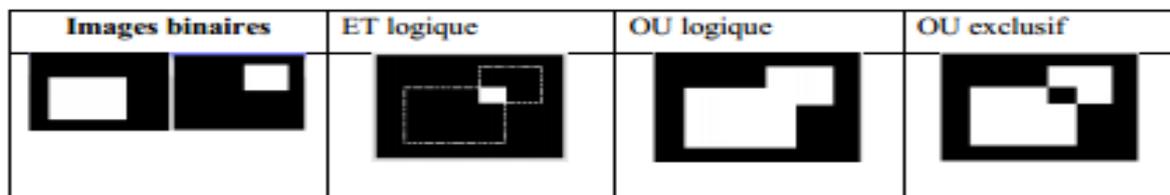


Figure 3.22. Opérations logiques sur deux images