

Introduction

Histogramme

Histogramme normalisé

Histogramme cumulé

Histogramme cumulé normalisé

Invariance de l'histogramme

Seuillage

Seuillage global

Seuillage local

Conclusion

Chapitre 2 :

Opérations de bases

2.1 Introduction

Plusieurs opérations sont possibles sur l'image numérique. Dans ce chapitre on détaille le processus de calcul de l'histogramme et l'opération de seuillage.

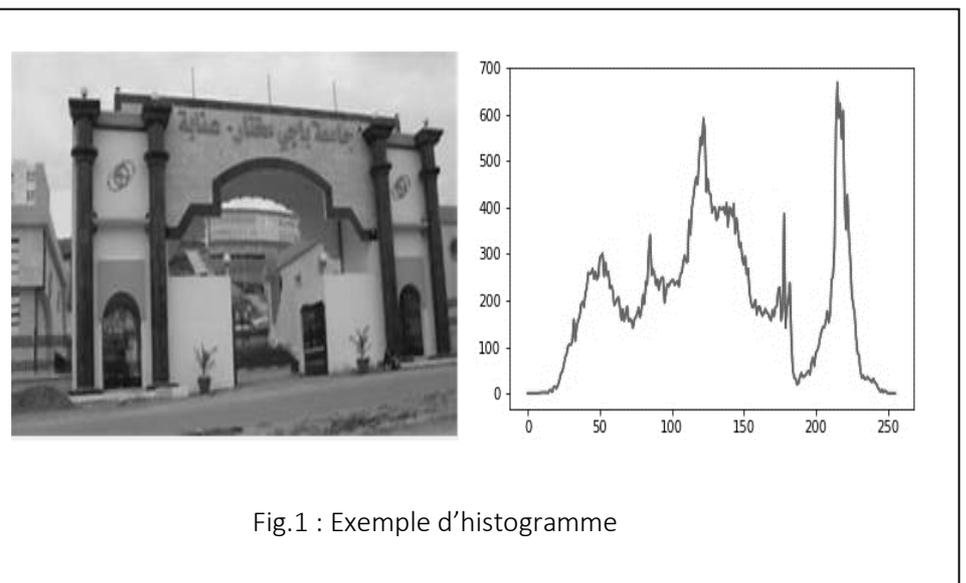
2.2 Histogramme

L'histogramme d'une image représente le nombre de points de l'image en fonction des différents niveaux de gris. De manière formelle l'histogramme $h(i)$ est la fonction qui associe à une valeur d'intensité i le nombre de pixels n dans l'image ayant cette valeur.

$$\forall i \in \{0, \dots, 255\}$$

$$h(i) = n \text{ (nombre de pixels d'intensité } i)$$

Pour une image en niveau de gris, cela signifie que nous allons compter, pour chaque niveau de gris i compris entre 0 et 255, le nombre de pixels qui portent la valeur i . On notera ce nombre $h(i)$. On pourra ensuite représenter cet histogramme par un diagramme en bâtons, qui prend en abscisse les valeurs de i (de 0 à 255), et en ordonnée les $h(i)$ correspondants.



Pour une image couleur, il y a un histogramme par composante. Par exemple, l'image en couleur de Lena (figure 2) a trois histogrammes pour chaque composante rouge, vert et bleu.

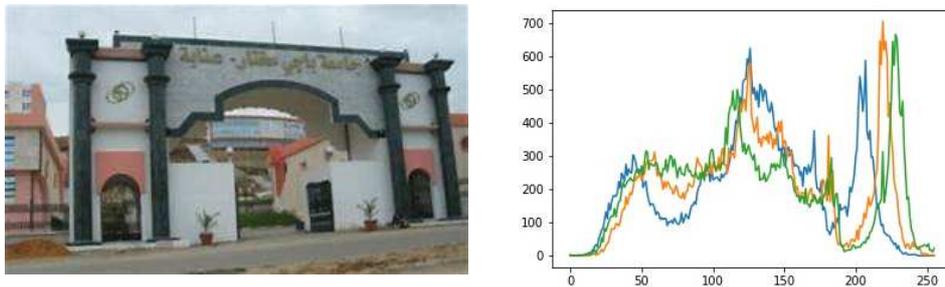


Fig.2 : Exemple d'histogramme d'une image couleur

L'histogramme est porteur d'information comme la luminance d'une image ; on parle aussi de brillance d'un histogramme.

- La brillance d'un histogramme est la moyenne d'intensité de des pixels de l'image. Le décalage à droite ou à gauche de l'histogramme permet de d'augmenter ou de diminuer la brillance. Une illustration est donnée par la figure 3.

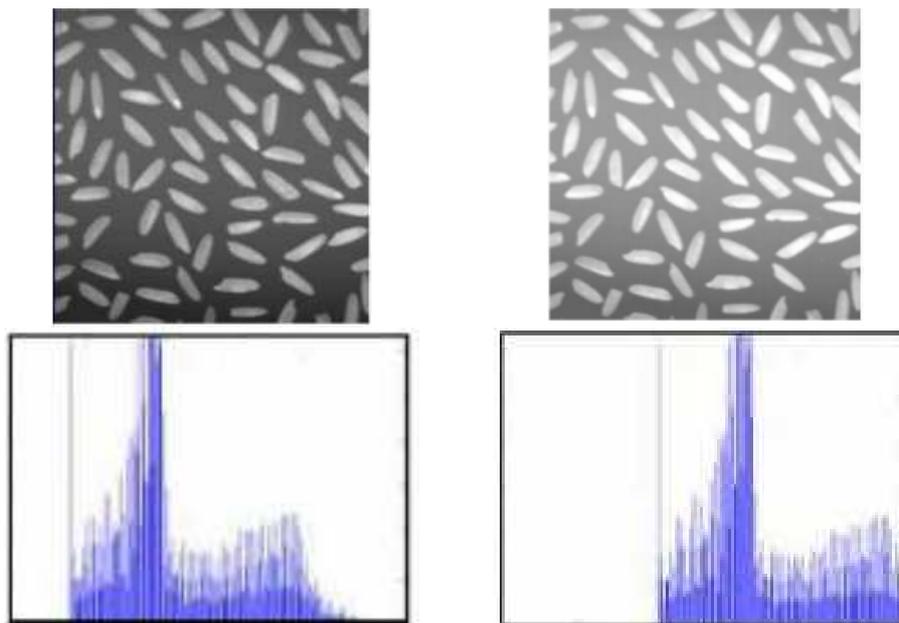


Fig.3 Exemple d'histogrammes pour différentes luminances

2.2.1. Histogramme normalisé

L'histogramme normalisé est considéré comme étant la fonction de densité de probabilité qui consiste à calculer le taux de présence de chaque niveau de gris selon le schéma :

$$h^n(i) = \frac{h(i)}{N} \text{ avec } N = \text{nombre de lignes} \times \text{nombre de colonnes}$$

2.2.2. Histogramme cumulé

L'histogramme cumulé est la représentation des occurrences cumulées de chaque niveau de gris. Ce dernier s'obtient en associant à chaque niveau de gris i le nombre h^c de pixels de l'image qui ont une valeur inférieure ou égale à i . En quelque sorte, cela revient à calculer l'histogramme de l'image et d'associer à chaque niveau i la somme des $h(j)$ pour $j \leq i$

$$h^c = \sum_{0 \leq j \leq i} h(j) = h(0) + h(1) + h(2) + \dots + h(i)$$

La figure 4 dessine l'histogramme et l'histogramme cumulé. On voit bien que l'histogramme cumulé indique le nombre de pixels dont le niveau de gris est inférieur à une certaine intensité i .

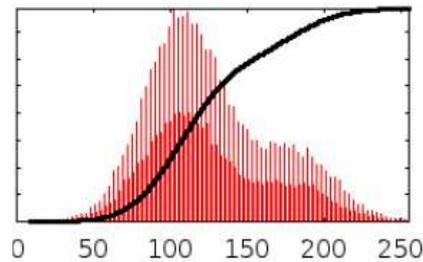


Fig.4 Forme de l'histogramme cumulé

L'avantage de l'histogramme cumulé est qu'il permet de calculer très facilement le nombre de pixels ayant une valeur comprise entre deux niveaux de gris donnés a et b : il suffit pour cela de calculer la différence $h^c_b - h^c_a$. En mathématiques, cela revient à calculer l'intégrale de l'histogramme entre les points a et b ; c'est la raison pour laquelle l'histogramme cumulé s'appelle aussi « histogramme intégral ».

2.2.3. Histogramme cumulé normalisé

L'histogramme cumulé normalisé indique le taux de pixels dont le niveau de gris est inférieur à une intensité i :

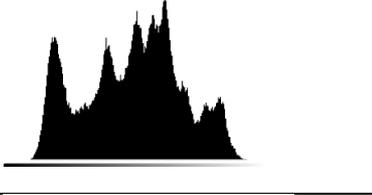
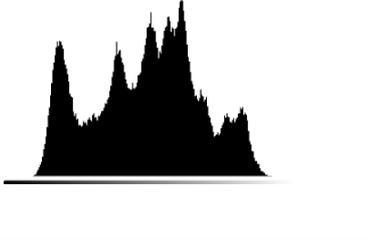
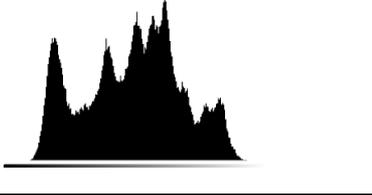
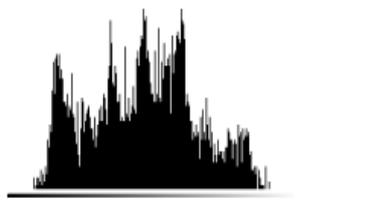
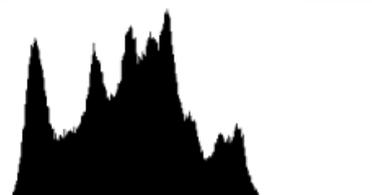
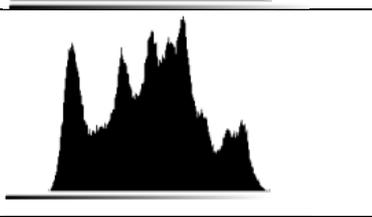
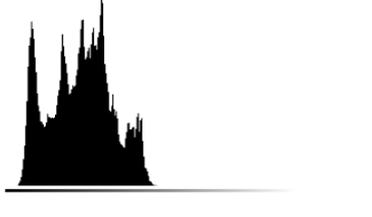
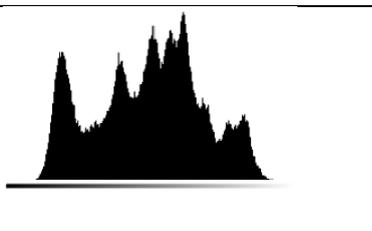
$$h^{cn}(i) = \frac{\sum_{j=0}^i h(j)}{N}$$

Une propriété importante de cet histogramme est qu'il permet de déterminer facilement la médiane : le niveau de gris médian med est donné par :

$$med = i \text{ telque } h^{cn}(i) = 0.5$$

2.2.4. Invariance de l'histogramme

Plusieurs transformations d'image n'altèrent pas la forme générale d'un histogramme. On dit que l'histogramme est invariant. Le tableau suivant illustre des transformations qui affectent l'image mais gardent l'histogramme invariant.

Transformation	Image	Histogramme
<p>Rotation: Le nombre de pixels ainsi que leurs intensités ne subissent aucune modification. Avec une rotation uniquement les positions des pixels changes. L'histogramme reste invariant après rotation d'image.</p>		
		
<p>Résolution: Le nombre de pixels ainsi que leurs intensités subissent une légère modification. La forme générale de l'histogramme reste invariante dans le cas d'une résolution.</p>		
		
<p>Contraste Quelques pixels subissent un changement au niveau de leurs intensités ce qui permet d'étaler l'histogramme sans modifier sa forme générale. L'histogramme reste invariant après modification de contraste</p>		
		
<p>Luminance Quelques pixels subissent un changement au niveau de leurs intensités ce qui permet de décaler l'histogramme sans modifier sa forme générale. L'histogramme reste invariant après modification de la luminance</p>		
		

2.3 Seuillage

Le seuillage est une opération qui permet de répartir les pixels d'une image I en différentes classes vis-à-vis d'une valeur d'intensité S dite SEUIL. Le problème majeur dans une opération de seuillage est la détermination du seuil qui peut être calculé selon trois stratégies :

1. Seuillage global : dans ce type de seuillage la valeur du seuil est déterminée à partir de toute l'image. $S = f[(x, y); \forall(x, y) \in I]$
2. Seuillage local : dans ce type de seuillage la valeur du seuil est déterminée à partir du voisinage du pixel à traiter. $S = f[(x, y); \forall(x, y) \in V_i]$ avec V_i le voisinage du pixel i .
3. Seuillage dynamique : dans ce type de seuillage la valeur du seuil est dépendante du pixel à traiter. $S = f[(x_i, y_i)]$

2.3.1. Seuillage global

a. Seuillage bimodal (binarisation)

La binarisation est un type de seuillage bi-classes. C'est-à-dire, les pixels d'une image sont répartis en deux classes (0/ noire ou 1/blanc). La répartition est guidée par la valeur du seuil S . ce dernier affecte directement le résultat du seuillage comme le montre l'exemple suivant :

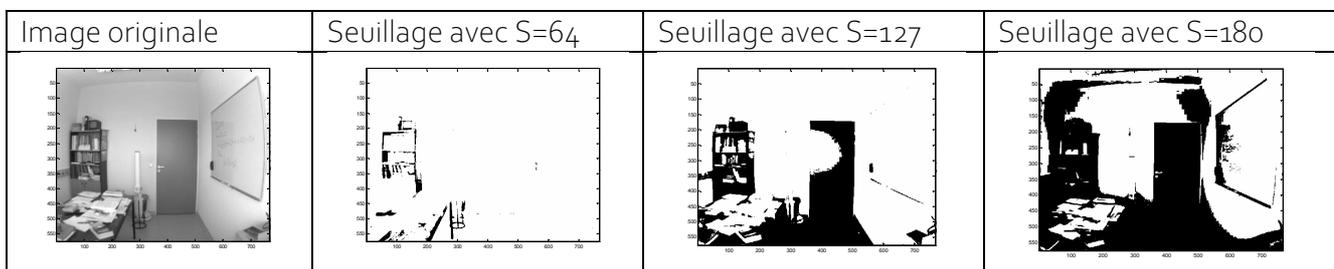


Fig.4 Exemple de l'influence de la valeur du seuil sur le résultat du seuillage

Le seuillage bimodal est généralement utilisé pour séparer un objet du fond ; sa formulation est comme suit :

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{si } f(x, y) < T \end{cases}$$

Si $f(x, y) \geq T$ alors $f(x, y) \in$ **objet**
Sinon $f(x, y) \in$ **fond**

La difficulté réside dans le choix du seuil T . Deux approches sont possibles :

- L'approche manuelle, elle consiste à déterminer de manière empirique la valeur de T . On doit alors tester plusieurs valeurs d'intensité dans le but de trouver celle qui permet une bonne extraction de l'objet.
- L'approche automatique, elle consiste à déterminer la valeur du seuil par des calculs qui se base fréquemment sur l'histogramme

Dans la suite de cette section, on présentera quelques approches automatiques simples pour le choix du seuil. Il faut noter que d'autres techniques de choix de seuil plus complexe existe tel que, Seuillage par minimisation de variance, Seuillage entropique, Seuillage par classification bayésienne, ...etc.

- Vallée : c'est la valeur minimum d'intensité qui sépare deux modes comme l'illustre la figure 5

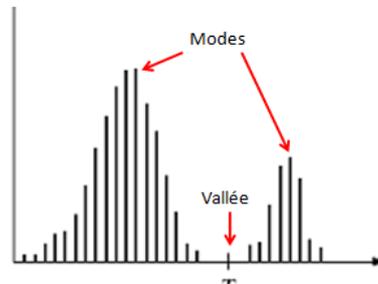
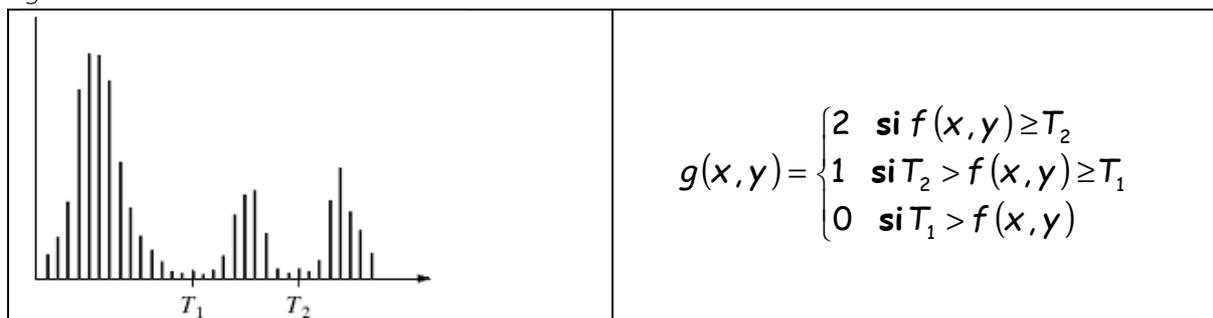


Fig.5 Exemple de Vallée

- Médiane : c'est la valeur de l'intensité dont la valeur de l'histogramme cumulé est égale à 0.5
- Moyenne : c'est l'intensité moyenne $= \frac{1}{N} \sum_0^{N-1} f(i, j)$
- Milieu : calculer par $\frac{\max - \min}{2}$ où max est l'intensité maximum et min est l'intensité minimum

b. Seuillage multimodal

Dans un seuillage multimodal l'histogramme possède plusieurs modes comme le montre la figure suivante :

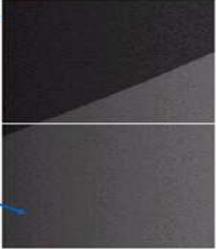
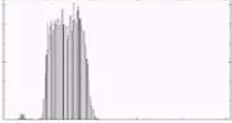


$$g(x, y) = \begin{cases} 2 & \text{si } f(x, y) \geq T_2 \\ 1 & \text{si } T_2 > f(x, y) \geq T_1 \\ 0 & \text{si } T_1 > f(x, y) \end{cases}$$

Fig.6 Exemple d'histogrammes avec trois modes

2.3.1. Seuillage local (adaptatif)

Le seuillage adaptatif attribue à chaque partie de l'image une valeur de seuil différente. En d'autres termes, la valeur du seuil n'est pas fixe pour toute l'image ; elle est uniquement fixe dans une fenêtre donnée de l'image. Les fenêtres sont les résultats d'un découpage de l'image. Le processus d'un seuillage adaptatif est :

Etape	Exemple
<ul style="list-style-type: none"> • Découper l'image en sous-image <ul style="list-style-type: none"> ○ Forme ? Rectangulaire classiquement ○ Dimensions ? 	
<ul style="list-style-type: none"> • Pour chaque sous-image <ul style="list-style-type: none"> ○ Observation de la variance ○ Si inférieur à <i>Val</i> alors ne pas traiter la sous-image (avec val un paramètre) 	<div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 20px;"> <p data-bbox="1150 555 1358 573">Deux modes apparents</p>   <p data-bbox="1123 842 1358 875">Bimodale ou Monomodal avec du bruit ?</p> </div> </div>

La figure illustre un exemple d'un seuillage adaptatif comparé à un seuillage global



2.4 Conclusion

Dans ce chapitre deux opérations clés pour le traitement de l'image numérique ont été exposées : le calcul de l'histogramme et le seuillage. L'histogramme est une caractéristique importante d'une image. Il joue un rôle important pour la détermination de la qualité de l'image comme il intervient dans plusieurs processus de prétraitement de l'image.