

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Réf. /13

Centre Universitaire de Mila

Institut des sciences et de la technologie

Département de mathématique et informatique

Mémoire de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de

Licence Académique

Domaine : **mathématique et informatique**

Filière : **informatique**

Thème

Segmentation d'images binaires

Présenté par :

- ❖ Maiche Hadjer
- ❖ Houamdi Imène

Encadré par :

Boulmerka Aissa

Année universitaire : 2012/2013

Sommaire

Introduction Générale.....	13
1. Présentation de la problématique.....	13
2. Objectifs poursuivis.....	14
3. Travail à réaliser.....	14
4. Plan de l'étude.....	15
Chapitre 1 : Généralités et Notions de Base sur l'image.....	13
1.1. Introduction.....	13
1.2. Capteur CCD ou CMOS.....	13
1.3. L'image.....	14
1.4. Formats d'images.....	14
1.5. Pixel.....	15
1.6. Image numérique.....	16
1.6.1. Echantillonnage de l'image continue.....	17
1.6.2. L'image en pixel et en vectoriel.....	19
1.6.3. Comparaison des images en pixels et des images vectorielles.....	20
1.6.4. Caractéristiques d'une image numérique.....	21
1.7. Nature des images.....	25
1.8. Prétraitement.....	26
1.8.1. Restauration.....	27
1.8.2. Amélioration.....	27
1.8.3. Compression.....	27
1.8.4. Segmentation.....	27
1.8.5. Filtrage.....	27
1.8.5.1. Quelques opérateurs de traitement.....	31
1.8.5.2. Reconnaissance de formes.....	33
Chapitre 2 : segmentation des images.....	34
2.1 Introduction.....	34
2.2 Définition de la segmentation.....	34
2.3 But de la segmentation.....	35
2.4 Les méthodes de segmentation.....	35

2.4.1	Le contour.....	35
2.4.2	Le seuillage.....	36
2.4.3	Segmentation par les régions.....	41
2.4.3.1	Méthode par division-fusion(Split_and_merge).....	42
2.4.3.2	La croissance de région : (Regiongrowing).....	43
2.4.4	Segmentation par classification.....	44
Chapitre 3 : seuillage par Méthode d'Otsu.....		46
3.1	Langage Matlab.....	46
3.1.1	Définition.....	46
3.2	L'application de la méthode d'Otsu sous matlab	46
3.2.1	Le code d'Otsu	46
3.2.2	Application sur les images.....	51
3.2.2.1	Les meilleurs cas	51
3.2.2.2	Les mauvais cas.....	54

Liste des figures

Figure 1. Déroulement du processus.	14
Figure 2. Exemples de documents manuscrits.	15
Figure 3. Exemple de l image.....	14
Figure 4. Représentation de pixel.	16
Figure 5. L'image comme un groupe de pixels.....	16
Figure 6. L'image numérique.....	17
Figure 7. L'échantillonnage.	19
Figure 8. L'image en pixel (Bitmap).	19
Figure 9. L'histogramme d'une image.....	22
Figure 10. Luminance ou brillance d'une image.....	23
Figure 11. Contraste.	24
Figure 12. Image à niveau de gris.	24
Figure 13. L'image en couleurs.....	25
Figure 14. L'image binaire.....	26
Figure 15. Traitement d'image.....	26
Figure 16. Exemple de filtres passe-haut et passe-bas..	28
Figure 17. Exemple de filtres adaptatif.	29
Figure 18. Exemple de filtres.	30
Figure 19. Exemple de segmentation d'image.....	35
Figure 20. Exemple de contour.	36
Figure 21. Exemple de seuillage.	37
Figure 22. Exemple d'extraire des seuils à partir de l'histogramme.....	38
Figure 23. Exemple pour déterminer le seuil.	38
Figure 24: Calcul manuel du seuil.....	39
Figure 25. Algorithme de otsu.....	41
Figure 26. Exemple de la méthode de division-fusion.....	42
Figure 27. Exemple de croissance de région.....	44
Figure 28. Exemple de méthode de k-means.	45
Figure 29. L'image originale.....	51
Figure 30.L'image niveaux de gris.....	51
Figure 31.L'histogramme de l'image niveau de gris.	52
Figure 32.L'image après la segmentation.	52
Figure 33.L'image originale.	53
Figure 34.L'image niveau de gris.....	53
Figure 35.L'histogramme de l'image niveau de gris.	54
Figure 36.L'image après segmentation.	54
Figure 37.L'image originale.....	55
Figure 38.L'image niveaux de gris.....	55
Figure 39.L'histogramme de l'image niveau de gris.	56

Figure 40.L'image après segmentation.	56
Figure 41.L'image originale.....	56
Figure 42.L'image niveaux de gris.....	57
Figure 43.L'histogramme de l'image niveau de gris.	57
Figure 44.L'image après la segmentation.	58

REMERCIEMENTS

*En premier lieu nous tenons à remercier « ALLAH » notre
dieu qui m'a aidé à accomplir ce travail,*

*Nous tenons à remercier notre encadreur
« Mr.AissaBoulmerka » pour son aide durant toute cette
période de travail,*

*Nous tenons également à remercier notre collègue « Ayoub »
pour son soutien et les renseignements fournis pour nous.*

Dédicace

A mes très chers parents «Fatiha » et « Abdelhamid » qui n'ont jamais cessé de m'encourager que Dieu les protège,

A mes très chers frères « Khaled » et « Charaf » et sa femmes « Meriem »,

A mes très chères sœurs « Rima » et « iméne »,

Et à la femme qui est très proche ma tante elle s'appelle « Malika »,

A mes amis « Soumia.H, Soumia.B, Zineb, Hessna, Hadjer, Nawel, Amina, Rahma, Dounia, Amira, Bouchra, Widad, Hachem, Youssef, yakoub, Zaki »,

A ma belle chat « Minou »,

A mon oncle « Kamel » et sa femme et leurs enfants « Zhor », « Ahlam », « Khawla », « Walid », « Waél »,

A ma tante « wahiba » et son Mari et ses filles «Loubna » et « Yasmina »,

A toute la famille « Maiche » et « Boukellouz »,

Dédier spécial pour grand père décédé « Azzouz »,

A tous ceux que j'aime, et tous ceux qui m'aiment je dédie ce Modeste travail.

Hadjer

Dédicace

*A mes très chers parents « Kamel » et « Ferhat » et « Chama » et « Nadjet »
qui n'ont jamais cessé de m'encourager, que Dieu
les protège*

*A mon très chère marie « Chertioua Nabil » pour son aide et son support,
et toute sa famille ,
Dédier spécial pour grand père « Ramdan » ,*

*A mes très chers frères « Karim » et « Sami » et « Soufiane » ,
A ma très chère sœur « Soumia » ,*

*A mes très chers enfants « Mahdi » et « Anas » et « Sadjed » et « Adam »
A ma très chère ami « Bouchra » et sa famille,*

A toute les famille « Houamdi » et « bouabila » et « chertioua » ,

A tous ceux que j'aime, et tous ceux qui m'aiment,

Je dédie ce modeste travail.

Iméne

Introduction Générale

1. Présentation de la problématique

Le problème que rencontrent les bibliothèques numériques est proche du problème auquel sont confrontés les moteurs de recherche. En effet, le problème n'est plus de récupérer l'information, car les moyens de communication permettent un accès rapide et fiable, mais bien de la trouver parmi des millions de candidats potentiels. Généralement, ce qui est proposé est un accès au catalogue des images numérisées; accès rendu possible grâce à la mise en place d'outils de recherche fonctionnant par mots-clefs. La mise en place et l'accès à ces bibliothèques numériques permettent d'introduire deux notions importantes que sont l'indexation des images et la notion d'aide à la navigation. Ces deux concepts sont complémentaires. L'indexation consiste à trouver un moyen d'associer aux images une information pertinente (métadonnées sur l'ouvrage, index de mots, index d'illustrations . . .). La notion d'aide à la navigation, touche au problème de l'accessibilité d'une information recherchée dans une masse de données de taille conséquente.

La phase d'indexation doit permettre d'extraire une grande quantité d'information, qu'il faut analyser et structurer, pour permettre finalement l'accès à ce que recherche un utilisateur.

Il existe deux manières d'appréhender l'indexation. La question est avant tout de savoir comment extraire de l'information des images de textes numérisées ? Certaines bibliothèques numériques ont fait le choix d'indexer manuellement leurs images alors que d'autres ont fait le pari de se lancer dans des solutions incluant de l'indexation automatique. Dans le premier cas, de nombreux défauts comme la lourdeur de la tâche ou encore la subjectivité des mots-clefs choisis pour indexer les documents rendent difficile sa mise en œuvre. Mais la deuxième approche, bien que résolvant les deux précédents problèmes, n'est pas plus simple à mettre en place. En effet, les documents numérisés sont parfois en mauvais état, mal numérisé et/ou dans un alphabet ne permettant pas de retrouver facilement le texte dans les images.

Parallèlement à cette indexation de documents des bibliothèques, un autre problème se rapprochant de cette problématique a été soulevé par les bases de données multimédias.

2. Objectifs poursuivis

C'est au cours d'un travail en partenariat avec une équipe de chercheurs italiens que le projet est né. En effet, ces chercheurs italiens travaillaient sur des manuscrits médiévaux en occitan de la région de Montpellier traitant de recettes médio pharmaceutiques, et avaient beaucoup de mal à indexer et structurer les documents, notamment pour les rendre plus accessible à leurs étudiants.

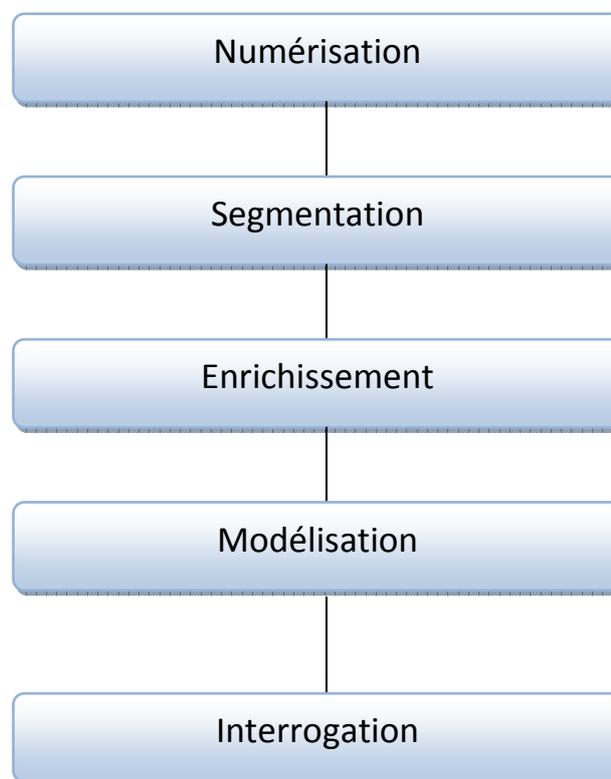


Figure 1. Déroulement du processus.

3. Travail à réaliser

Après une première phase de bibliographie, il est apparu que la segmentation de documents bénéficiait déjà d'une littérature abondante. Cependant, peu de documents traitent des aspects de binarisation de documents anciens, qui présentent de fortes dégradations.

Le travail à réaliser se focalisera donc sur la binarisation de documents dégradés pour extraire le texte du fond. Grâce à une méthode déjà existante, le document sera ensuite

segmenté pour produire une description interprétable par le second module d'interrogation.

Les documents utilisés présenteront un aspect fortement dégradé, avec un fond non uniforme, des pages déchirées, froissés et/ou des tâches d'encre effaçant partiellement l'encre. L'objectif est alors de retrouver les pixels de texte, et de séparer en deux classes le document : texte et fond.



Figure 2. Exemples de documents manuscrits.

4. Plan de l'étude

Le premier chapitre concerne généralité et notion de base sur l'image et le deuxième chapitre concerne la segmentation qui fait partie d'une chaîne de traitement du signal : différentes transformations sont appliquées à l'image avant de pouvoir être séparée en régions. Faire abstraction de ces étapes successives rendrait plus difficile la compréhension et la justification des traitements, et ne permettrait pas d'avoir une vision globale du problème. C'est pourquoi le chapitre concernant la segmentation de l'image débute sur une description des dégradations qui peuvent altérer une image, pour ensuite décrire des méthodes de segmentation. Ces méthodes sont souvent utilisées en prétraitement de la segmentation.

Chapitre 1 : Généralités et Notions de Base sur l'image

1.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons parler de quelques concepts concernant L'image et ses différents types.

On désigne sous le terme d'image numérique toute image (dessin, icône, photographie,...) acquise, créée, traitée, stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1).

Aujourd'hui, les images numériques peuvent être acquises par des dispositifs comme les scanners, les appareils photo ou caméscopes numériques, les cartes d'acquisition vidéo (qui numérisent directement une source comme la télévision).

Elles peuvent être créées directement par des programmes informatiques, via la souris, les tablettes graphiques ou par la modélisation 3D (ce que l'on appelle par erreur les "images de synthèse"...).

Grâce à l'informatique, les images peuvent être traitées. Il est facile de les modifier en taille, en couleur, d'ajouter ou supprimer tel élément, d'appliquer des filtres variés, etc.

Enfin, tout ceci impose un stockage des images, sur disquettes, disques durs, CD-ROM ou autres [1].

1.2. Capteur CCD ou CMOS

Appareil photo ou scanner sont dotés de capteurs traduisant des rayons lumineux colorés en signaux numériques. Ce signal est enregistré en valeurs mathématiques plus ou moins complexes donc « + » ou « - » lourdes.

Ce capteur est composé de millions de photo sites, chaque photo site étant muni d'un filtre R, V ou B enregistre un signal exclusivement R ou V ou B, la photo site vert étant deux fois moins sensible sera doublé, il faut donc 1 photo site R, 1 B et 2 V pour obtenir un pixel après traitement dans le logiciel de l'appareil. Pour des raisons pratiques de fabrication la photo sites actuels sont de forme carrée, cela devrait changer dans le futur, on voit apparaître des photos sites hexagonaux qui devraient réduire l'effet d'escalier (pixellisation) sur les agrandissements et permettre ainsi une augmentation de la qualité [2].

1.3. L'image

C'est un signal de 2D (bidimensionnel) ou 3D (tridimensionnel) en tenant compte de la profondeur de l'image ou du temps. L'image continue est associée à une fonction continue à 2 variables $f(x, y)$, x et y étant des variables d'espace, coordonné d'un point sur l'écran par exemple.

On s'intéresse aujourd'hui aux images discrètes obtenues par échantillonnage, et représentée par une fonction $f(i, j)$ avec i et j variables d'espace, désignant le pas d'échantillonnage, suivant x et y respectivement[3].

L'image est une représentation d'un objet par les arts graphiques ou plastiques: la sculpture, la photographie, le dessin, le film, etc....

C'est aussi un ensemble structuré d'informations qui après affichage sur l'écran ont une signification pour l'œil humain.

Elle peut être décrite sous la forme d'une fonction $F(x, y)$ de brillance analogique continue, définie dans un domaine borné, tel que x et y sont les coordonnées spatiales d'un point de l'image et F est une fonction d'intensité lumineuse et de couleur. Sous cet aspect, l'image est inexploitable par la machine, ce qui nécessite sa numérisation [1].



Figure 3. Exemple de l'image.

1.4. Formats d'images

On appelle bitmap(BMP) le tableau contenant les couleurs de chaque pixel d'une image. Un fichier au format BMP contient une image non compressé. Il contient un entête de 54 octets (les paramétrages) puis les composantes RGB (Red-Green-Blue) de chaque pixel. Ainsi un fichier BMP stockant une image de 800×600 pixels possède une taille de 1440054 octets.

Pour économiser de la place, la plupart des images sont compressées sous les formats:

GIF (Graphique Inter change Format): format de compression sans perte, division environ par 5 de la taille du fichier initial. JPEG (Joint Photo Expert Group): compression avec perte mais permettant de diviser par 20 la taille du fichier initial. La compression des images au format JPEG supprime certaines informations qui ne peuvent être récupérées au moment de la décompression [3]. La qualité de l'image peut donc être altérée. Il en existe des variantes: FPX (Flashpix), PCD (Photo CD), PNG (Portable Network Graphique), PSD (Photoshop Document), PSP (Paint Shop Pro), TIF (Tagged Image File Format).

1.5. Pixel

Le pixel(Picture element) est la taille du plus petit élément de l'image. Il désigne aussi un point de la matrice image. Le pixel peut avoir une dimension. C'est particulièrement vrai dans le cas des images médicales 3D ou des mesures de volumes par exemple peuvent être effectuées. La taille d'un pixel est liée au pas d'échantillonnage et au champ de vue.

Un pixel possède une valeur qui peut être un scalaire et représenter un niveau de gris ou un vecteur représentant une couleur, ou toute autre chose.

Les images dites en « noir et blanc » sont composées de pixels binaires noirs ou blancs (deux valeurs possibles). Les images en niveaux de gris sont composées de pixels de valeurs scalaires représentant la luminosité. Pour donner un ordre de grandeur, si un pixel est codé sur 8 bits (1 octet), on dispose de $2^8 = 256$ couleurs ou niveaux de gris. Sous **Matlab**, le pixel (1,1) est situé en à gauche de l'image.

Une image est définie par: le nombre de pixels qui la compose en largeur et en hauteur, l'étendu des teintes de gris ou des couleurs que peut prendre chacune de ses pixels (on parle de dynamique de l'image).

En général on utilise plutôt le pixel physique (liée à l'écran). Ainsi, un pixel physique peut représenter plusieurs points sur l'image réelle ou inversement.

Dans la suite de ce cours on utilisera le pixel logique c'est à dire un élément identifié par un couple (i, j), ou i et j représentent les pas d'échantillonnage suivant x et y respectivement, et caractérisé par toutes les grandeurs physiques quantifiées sur l'image [3].

Le pixel est la contraction de l'expression anglaise « Picture element »: élément d'image, le pixel est le plus petit point de l'image, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le Pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et

logiciels d'affichage ou d'impression [1].

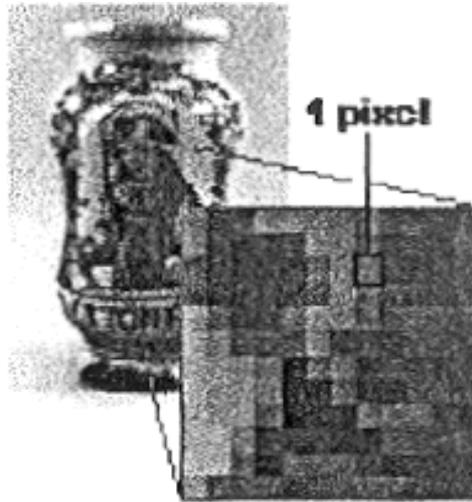


Figure 4. Représentation de pixel.

La lettre A, par exemple, peut être affichée comme un groupe de pixels dans la figure ci dessous:



Figure 5. L'image comme un groupe de pixels.

La quantité d'information que véhicule chaque pixel donne des nuances entre images monochromes et images couleur. Dans le cas d'une image monochrome, chaque pixel est codé sur un octet, et la taille mémoire nécessaire n pour afficher une telle image est directement liée à la taille de l'image.

Dans une image couleur (R. V. B), un pixel peut être représenté sur trois octets : un octet pour chacune des couleurs : rouge (R), vert (V) et bleu (B).

1.6. Image numérique

Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo ou dessinées sur du

papier, les images manipulées par un ordinateur sont numériques (représentées par une série de bits). L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.

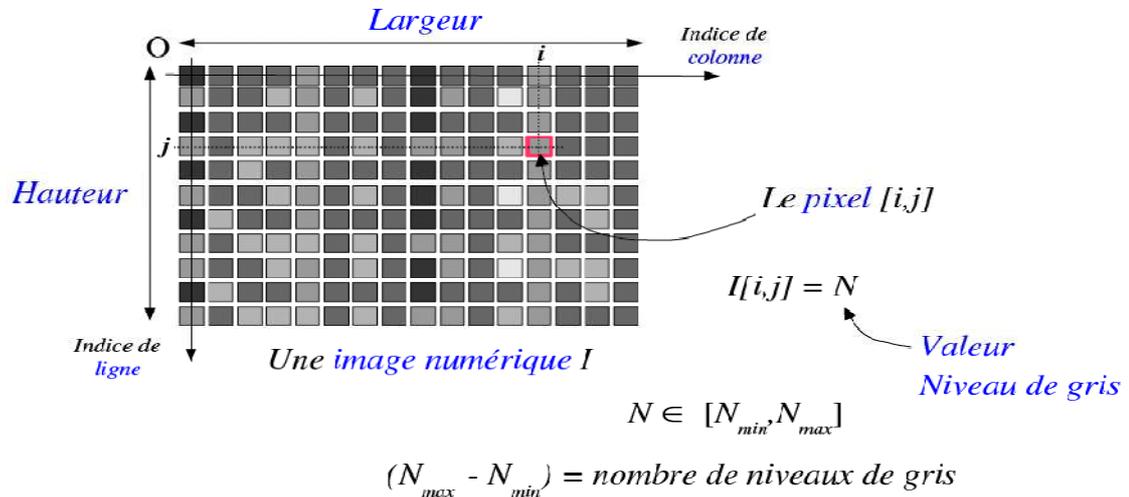


Figure 6. L'image numérique.

L'image numérique est obtenue à partir de l'échantillonnage. On utilise des cameras CCD (Charge Coupled Device), des capteurs CMOS, CMOS (Foveon), des scanners ou échantillonneurs spécifiques. La résolution spatiale est le nombre de pixels dans l'image. La densité de résolution est le nombre de pixels par unité de longueur (ppi ou dpi) [1].

1.6.1. Échantillonnage de l'image continue

La représentation informatique d'une image est nécessairement discrète alors que l'image est de nature continue: le monde est continu. Certains capteurs effectuent une discrétisation: c'est le cas des appareils photo numériques, des scanners.

Si on regarde d'un peu plus près, la transformation d'un signal analogique 2D nécessite à la fois une discrétisation de l'espace: c'est l'échantillonnage, et une discrétisation des couleurs: c'est la quantification.

L'image numérique est obtenue par échantillonnage (elle doit respecter le théorème de Shannon).

Elle connaît un grand développement dans les années 1960, par les ordinateurs avec un calcul rapide (Transformée de Fourier rapide FFT= programme de calcul de TF en

numérique) et la valeur de chaque point sur l'image est vite calculée.

En pratique, on s'appuie sur conversion analogique/numérique et réciproquement (grâce aux différents filtres). On convolue le signal 2D avec une brosse de Dirac de période fixée suivant x et y en tenant compte de la loi de Shannon.

- **Peigne et Brosse de Dirac**

Tandis que l'échantillonnage 1D s'effectue par produit de convolution avec le peigne d'impulsions de Dirac, l'échantillonnage 2D s'effectue par produit de convolution avec une brosse d'impulsions de Dirac.

- **Quantification**

Une fois l'image échantillonnée, l'étape suivante de la numérisation est celle de la quantification.

Le débit binaire y est directement lié. Pour quantifier un signal, il faut définir une loi et une échelle de quantification. L'échelle de quantification a été fixée sur 256 niveaux de gris, soit 8 bits, et la loi a été choisie linéaire.

Cela satisfait à la fois les contraintes de la luminance et celles de la chrominance. De plus, un meilleur rapport signal/bruit est obtenu en choisissant une loi de compression logarithmique et le choix de cette loi linéaire peut paraître anormal. Mais le signal vidéo est déjà corrigé en g. En réalité, la loi de quantification n'est donc pas linéaire mais en 1/g (loi de Weber sur la vision humaine) et permet de conserver un bon rapport signal/bruit (S/B) aux faibles niveaux de luminance. Rappelons que $S/B = (6,02 n + 1,76)$ avec n est le nombre de bit.

Les images suivantes illustrent l'influence de la quantification (nombre de bits pour le codage de chaque composante primaire) sur la qualité de l'image. Par rapport à l'image originale codée sur 8 bits par composante, la dégradation est progressive jusqu'à atteindre une image qui est "monochrome" dans chacune des couleurs primaires (image retravaillée en contraste) [3].



Figure 7. L'échantillonnage.

La numérisation d'une image peut s'effectuer selon deux procédés différents de codage, ayant chacun leurs applications propres et produisant deux modes d'images : en pixel ou vectoriel [1].

1.6.2. L'image en pixel et en vectoriel

A. L'image en pixel (Bitmap)

L'image bitmap est représentée par une trame de points que l'on appelle pixels. Ce ne sont pas des formules mathématiques qui définissent les formes, mais un ensemble de pixels qui agissent comme un tableau pointilliste.

Exemple

Une image (comme un cercle par exemple) de petite taille, que l'on agrandit Dix fois, Cette opération peut entraîner une perte dans la qualité des couleurs ou la netteté. Alors l'image devient déformée.

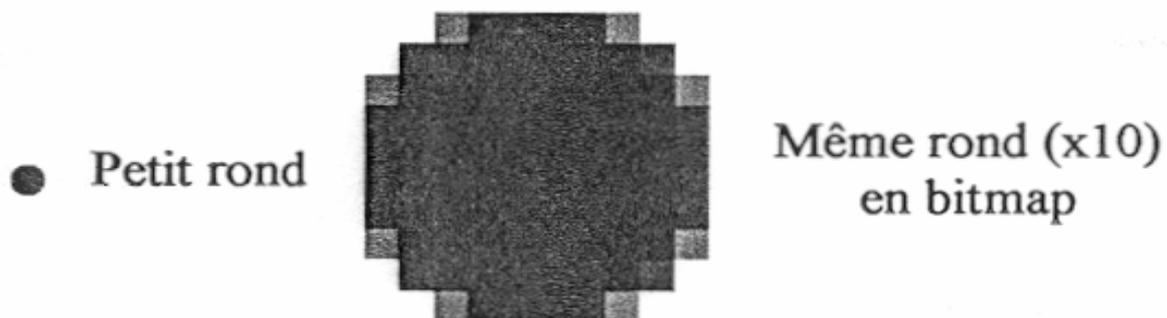


Figure 8. L'image en pixel (Bitmap).

B. L'image vectorielle

L'image vectorielle est une représentation conceptuelle de forme calculée par des formules mathématiques, (exemple: un cercle n'est pas déterminé par des pixels mais par une formule mathématique qui détermine sa forme, sa taille et son emplacement) [1].

1.6.3 .Comparaison des images en pixels et des images vectorielles

- **En pixels**

Applications

- Dessins type artistique, image qualité photo, animations.....

Logiciels

- Paint, Paintbrush, Paint Shop Pro.

Extensions – format

- BMP, PCX, GIF, TIF ...

- **Avantages**

- Définition de l'image au point près possibilité de dégradés infinis.

- **Inconvénients**

- Fichiers volumineux.
- Ne conserve pas les proportions lors des modifications exemple: agrandissement ou réduction.
- Risque de disparition de pixels lors des modifications de taille.

- **Vectorielle**

Applications

Dessins techniques, logo, schémas, dessins de référence pour les machines à commandes numériques (gravure, ...).

Logiciels

Corel Draw, Autosketch, Autocad, Designer, Design- Works, Word art... Extensions – format

GEM, SKD, DXF, CDR, EPS, WMF...

- **Avantages**

1. Fichiers de volume peu important.
2. Conservation des proportions lors des modifications de taille de l'image.
3. Dessin aux contours nets.

- **Inconvénients**

1. Moindre possibilité de travail sur les couleurs.
2. Pas de travail sur les photos.

En conclusion

- La modification de la taille d'une image vectorielle ne change pas sa qualité (netteté).
- La modification de la taille d'une image en pixels diminue sa qualité [1].

1.6.4. Caractéristiques d'une image numérique

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisées par les paramètres suivants:

- **Dimension**

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de Matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels). Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image.

- **Résolution**

C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images. Sur les moniteurs d'ordinateurs, la Résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure (pouce ou Centimètre).

- **Bruit**

Un bruit (parasite) dans une image est considéré comme un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il provient de l'éclairage des dispositifs optiques et électroniques du capteur.

- **Histogramme**

L'histogramme des niveaux de gris ou des couleurs d'une image est une fonction qui

donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image Algorithme:

```
for (i= 0; i<nl; i++)
for (j= 0; j<nc; j++)
hist [I (i, j)] ++
```

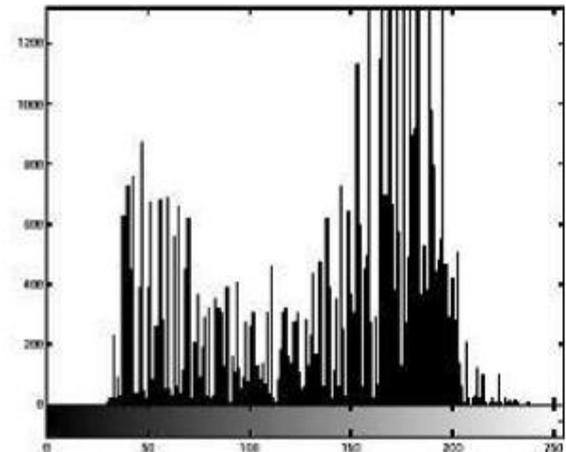
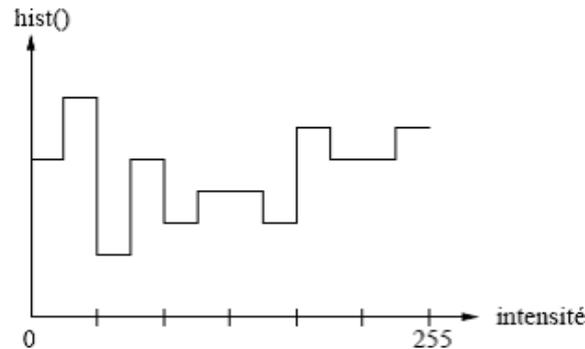


Figure 9. L'histogramme d'une image.

- **Contours et textures**

Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative. Les textures décrivent la structure de ceux-ci. L'extraction de contour consiste à identifier dans l'image les points qui séparent deux textures différentes.

- **Luminance**

C'est le degré de luminosité des points de l'image:

- La luminance (ou brillance) est définie comme la Moyenne de tous les pixels de l'image.
- Pour augmenter la luminance, il suffit de décaler l'histogramme:

$$I(i; j) = I(i; j) + b.$$

- Dans les deux images suivantes, seule la luminance est différente.

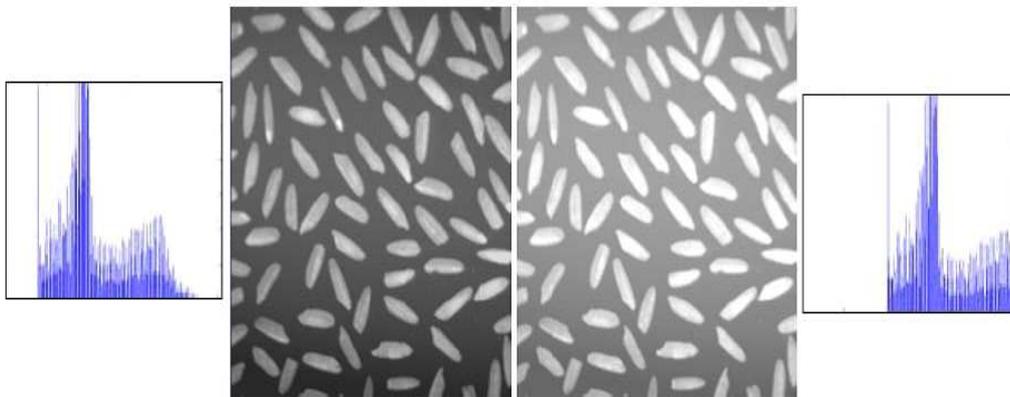


Figure 10. Luminance ou brillance d'une image.

- **Contraste**

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image.

Le contraste peut être défini de plusieurs façons :

- Ecart-type des niveaux de gris.
- Variation entre niveaux de gris max et min.

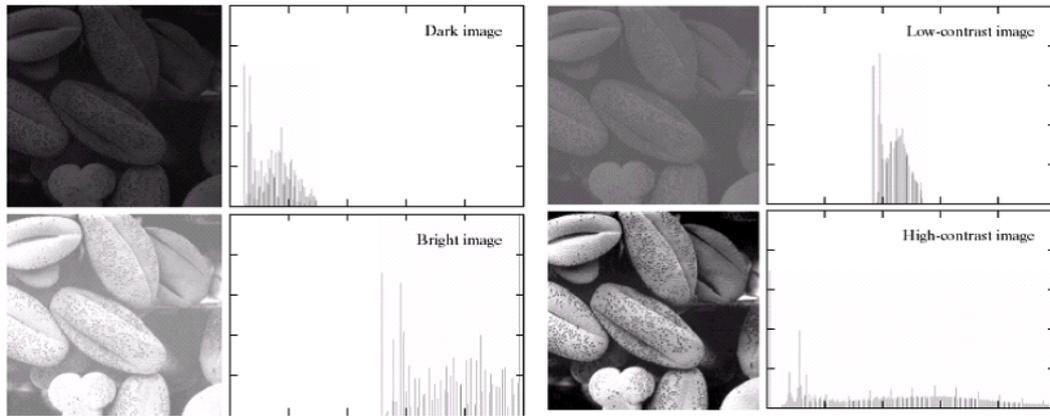


FIGURE 3.15 Four basic image types: dark, light, low contrast, high contrast, and their corresponding histograms. (Original image courtesy of Dr. Roger Eady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)

Figure 11. Contraste.

- **Image a niveau de gris**

Le niveau de gris est la valeur de l'intensité lumineuse en un point. La Couleur du pixel peut prendre des valeurs allant du noir au blanc en passant par un nombre fini de niveaux intermédiaires.

Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la couleur de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre n'est important, plus les niveaux possibles sont nombreux.



Figure 12. Image à niveau de gris.

- **Image en couleur**

La représentation des couleurs s'effectue de la même manière que les images monochromes avec cependant quelques particularités. En effet, il faut tout d'abord choisir un

modèle de représentation. On peut représenter les couleurs à l'aide de leurs composantes primaires. Les systèmes émettant de la lumière (écrans d'ordinateurs,...) sont basés sur le principe de la synthèse additive: les couleurs sont composées d'un mélange de rouge, vert et bleu (Modèle R.V.B.) [1].



Figure 13. L'image en couleurs.

1.7. Nature des images

Les images à compresser peuvent être de différentes natures :

- **images photographiques** : ce sont généralement des images de scènes naturelles dans lesquelles l'intensité lumineuse varie de manière relativement continue.
- **les images « modales »** : dans lesquelles l'intensité lumineuse est très changeante localement (dessins manuels par exemple). Leur histogramme est multimodal. La numérisation des images peut aussi se faire de différentes manières, retournant :
- **Les images binaires** : qui contiennent seulement deux niveaux de gris différents. une image binaire est une image dont les pixels ne peuvent avoir que la valeur 0 et 1. Le 0 correspond à un pixel noir et le 1 correspond à un pixel blanc. Le niveau de gris est donc codé sur un seul bit.
- **Les images multi-niveaux** : numérisées sur plus d'un (1) bit par pixel [1].



Figure 14. L'image binaire.

1.8. Prétraitement

Le traitement, souvent appelé prétraitement, regroupe toutes les techniques visant à améliorer la qualité d'une image. De ce fait, la donnée de départ est l'image initiale et le résultat est également une image. L'idéal est d'obtenir un résultat sans bruit. La qualité d'une image n'est pas forcément la même pour un ordinateur ou pour un opérateur humain. C'est la raison pour laquelle les techniques ne sont pas les mêmes. La notion de qualité est une notion très subjective, assujettie à la réalisation d'un objectif. La qualité d'une image n'est pas forcément la même pour un ordinateur ou pour un opérateur humain. Les capacités de vision de l'être humain étant limitées, il est indispensable d'adapter la dynamique de l'image à notre vision.

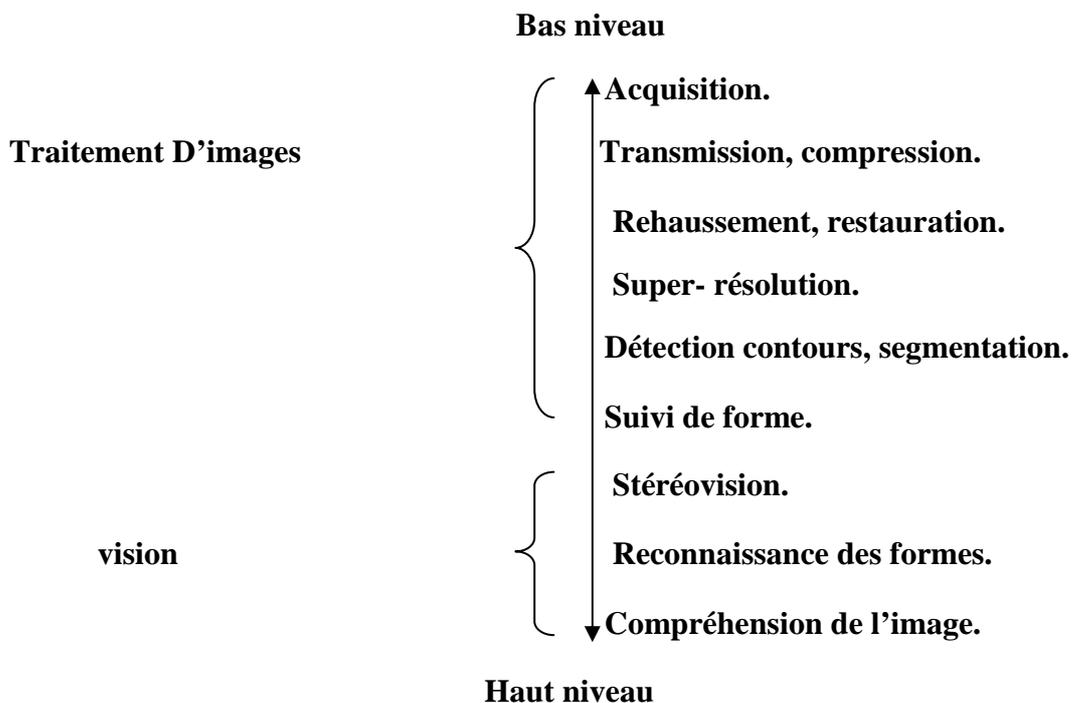


Figure 15. Traitement d'image.

Le prétraitement suit les étapes suivantes :

1.8.1. Restauration

La restauration a pour but d'inverser l'effet du phénomène dégradant. Il s'agit donc de produire une image la plus proche de la réalité physique de la scène observée. Le plus souvent, cette étape est la première dans la chaîne de traitements constituant un système de vision [3].

1.8.2. Amélioration

L'amélioration a pour but de satisfaire l'œil de l'observateur humain. C'est pourquoi l'image produite peut être différente de la réalité. Cette amélioration peut servir dans un premier temps à faciliter la visualisation de l'image sur un écran d'ordinateur. Dans les deux cas, la qualité (i.e. capacité à interpréter facilement une image) a été accrue.

1.8.3. Compression

On classe les techniques de compression par extension du fichier informatique. Il s'agit de faciliter le traitement et surtout le stockage des images par une réduction équivalente de leur volume d'information. On perd ou on gagne une caractéristique optique.

1.8.4. Segmentation

Il existe deux grandes catégories de segmentations :

- la segmentation de région.
- la segmentation de contour.

Les pixels présentant une même caractéristique sont décrits par un niveau de gris compris dans un certain intervalle ou dérivée seconde supérieure à un certain seuil.

1.8.5. Filtrage

L'outil mathématique essentiel pour le filtrage est la **transformation de Fourier** (ou toute autre transformation du même type comme la transformation en ondelettes)

- **Filtre passe-haut**

Le filtre passe-haut est un filtre linéaire principalement utilisé pour traiter les images dont les petits détails ne sont pas assez présents. En effet, tout comme pour le son où les hautes fréquences correspondent à de rapides variations, les petits détails d'une image correspondent à des hautes fréquences.

C'est le changement brutal de caractéristiques qui entoure le petit détail qui fait qu'il se

trouve dans les hautes fréquences. Par exemple, pour une musique dont on souhaite retrouver le son d'un triangle (son particulièrement aigu, donc dans les hautes fréquences) au milieu d'un orchestre symphonique, on appliquera un filtre passe-haut pour réduire le volume des autres instruments qui se trouvent dans des fréquences plus faibles que le triangle. L'idée est la même pour une image, où le triangle est le petit détail noyé dans le reste de l'image (l'orchestre), on cherche alors à augmenter les transitions brutales de l'image.

En pratique, la réalisation d'un filtre passe-haut se fait en convolant l'image avec un masque dérivateur. Dans le principe, un filtre passe-haut peut se résumer à un filtre qui estompe le centre de l'image fréquentielle (là où se trouvent les basses fréquences).

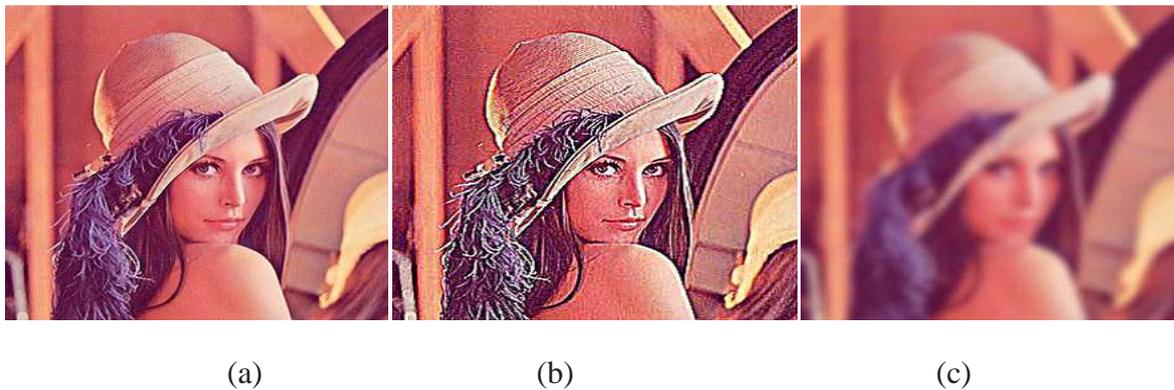


Figure 16– Exemple de filtres passe-haut et passe-bas. (a) Image d'origine. (b) Image après filtrage passe-haut. (c) Image après filtrage passe-bas.

Le filtrage est strictement identique à une convolution dans le domaine spatial.

$$IF(\mu, \sigma) = I(\mu, \sigma) \times H(\mu, \sigma), \text{if}(x, y) \Leftrightarrow I(x, y) h(x, y), \text{avec } I(\mu, \sigma) = \text{TF}(i(x, y)).$$

Avec IF l'image filtrée dans le domaine fréquentiel, si l'image filtrée dans le domaine spatial, IF la transformé de fourier, H un filtre, la multiplication classique et la convolution. Ce filtre est donc particulièrement adapté pour traiter le flou car il fait ressortir les petits détails que le flou a estompés. Cependant, une adaptation de l'algorithme est nécessaire pour prendre en compte la direction du flou dans le cas du flou de mouvement. Comme le filtrage n'est pas un outil magique, il a des effets négatifs, dont le principal est d'amplifier le bruit de l'image. En effet, le bruit est particulièrement présent dans les hautes fréquences et traiter une image par un filtre passe-haut augmentera indifféremment petits détails et bruit [5].

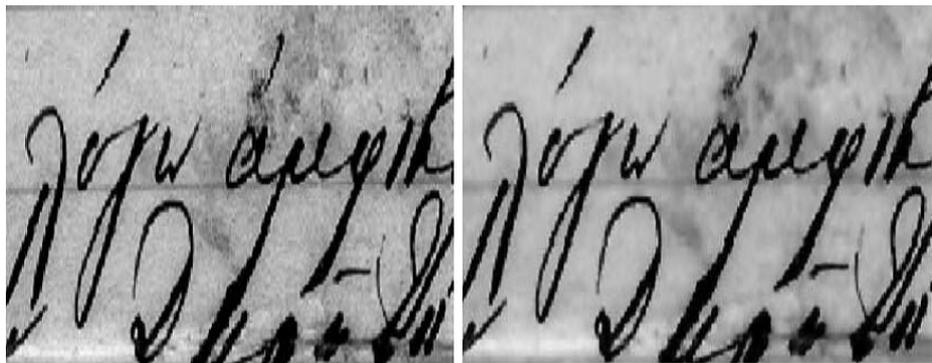
- **Filtre passe-bas**

Contrairement au filtre passe-haut, le filtre passe-bas privilégie les grandes zones

uniformes de l'image. Comme nous l'avons vu précédemment, la fréquence se calcule en fonction de la vitesse de changement de caractéristique dans l'image, donc une zone uniforme aura peu de changements et donc aura une fréquence faible. Dans le même principe que pour un filtre passe-haut, une implémentation possible est de convoluer l'image avec un noyau pour gommer les hautes fréquences.

Il est souvent intéressant, en traitement d'image, d'utiliser un filtre passe-bas.

En effet, un filtre passe-bas permet de réduire le bruit grâce à la localisation du bruit dans les hautes fréquences. La simplicité du filtre lui permet d'être rapide et facile à mettre en place, mais les hypothèses sur lesquelles il se base sont beaucoup trop réductrices (bruit uniforme, gaussien. . .). Le principal inconvénient du filtre est de « flouter » l'image, faisant perdre les petits détails ainsi que les contours. Afin de mieux réduire le bruit, les recherches se sont alors tournées vers des applications non-linéaires pour essayer de lisser les régions homogènes sans toucher aux zones de discontinuités. Il existe différentes approches pour essayer de résoudre ce problème, dont le filtre de Wiener.



(a)

(b)

Figure 17. Exemple de filtres. (a) Image d'origine. (b) Image après filtrage de Wiener adaptatif.

- **Adaptation du filtre de Wiener**

Une adaptation du filtre de Wiener a été conçue pour se comporter comme un filtre passe-bas sur les zones uniformes tout en conservant les discontinuités. La modification du filtre permet de le rendre adaptatif à l'image. Ce filtre est donc tout particulièrement adapté à la restauration de documents car il permet d'augmenter le contraste entre le texte et le fond tout en lissant le fond. De plus, il se comporte aussi bien sur des documents manuscrits que

sur des documents imprimés, car aucune hypothèse n'est faite sur la forme des discontinuités.

Bien que ce filtre améliore la qualité des documents, il ne se comporte pas bien lorsque l'image est fortement bruitée. Les chercheurs se sont alors tournés vers d'autres opérateurs mathématiques : les statistiques. En effet, en statistique, le problème de déduire une loi qui gouverne la Distribution des observations revient souvent, en image, à estimer l'influence du bruit sur les Observations. Cette estimation peut se faire de différentes manières, mais la méthode des estimateurs robustes est celle qui donne les meilleurs résultats.

- **Estimateurs robustes**

Dans le cadre de la restauration d'image, l'estimation porte sur la valeur d'un pixel et cherche à approcher sa « vraie » valeur, c'est-à-dire la valeur du pixel sans le bruit. Le problème principal de la méthode des moindres carrés est qu'elle fournit des résultats erronés au voisinage des contours. En effet, aux contours, deux modèles de caractéristiques s'opposent de part et d'autre de la frontière et l'approximation par les moindres carrés ne résout pas correctement ce cas de figure.

Un estimateur robuste est un estimateur statistique dont on cherche à minimiser l'influence de données atypiques sur l'estimation. Il existe plusieurs catégories d'estimateurs robustes.



(a)(b)(c)

Figure 18. Exemple de filtres. (a) Image Lena bruitée. (b) Image après filtrage par la médiane. (c) Image après filtrage SNN.

- **Filtres d'ordre**

Les filtres d'ordre sont une autre famille d'estimateurs très utilisée. L'idée est toujours d'utiliser une fenêtre autour du pixel pour étudier le voisinage du pixel. En supposant que l'image est stationnaire dans la fenêtre et que le bruit est additif (et soustractif), la valeur des

pixels bruités sera loin des valeurs du centre. Le filtre s'écrit alors $c = \text{at. } X0$ avec c la valeur filtrée, le vecteur de pondération choisi généralement pour atténuer les valeurs éloignées de la médiane et $X0$ le vecteur des valeurs des pixels de la fenêtre classé par ordre croissant d'intensité de niveau de gris.

Un cas particulier de ce filtre est le filtre de la médiane, en choisissant le vecteur a ainsi:

$$\begin{cases} A[i] = 1 & \text{si } i = n / 2 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Ce filtre élimine efficacement le bruit. Il permet donc d'enlever les valeurs aberrantes, dû le plus souvent au bruit. Mais on se rend bien compte que si l'on prend une grande fenêtre, l'hypothèse de stationnarité n'est plus respectée, et l'on peut voir apparaître un phénomène d'étalement, comme une peinture à la gouache.

- **Filtre SNN**

Afin de retrouver les avantages des estimateurs robustes dans le cadre de la restauration d'image, plusieurs solutions ont été envisagées. Certaines très coûteuses en temps de calcul (comme le filtrage anisotropique) ne peuvent être mises en place lors de la segmentation d'ouvrages.

En effet, la segmentation étant déjà lourde en temps de calcul (ajouter un prétraitement long rendrait impossible le traitement de grandes bases d'images). Le filtre SNN (pour **S**ymétrique **N**earest**N**eighbors : voisins proches symétriques) résout le problème précédent, de manière moins fine certes, mais de manière plus rapide. Le principe est de déplacer une fenêtre sur l'image, et de supposer que la fenêtre contient non plus une région constante mais une frontière entre deux régions constantes. En regroupant les pixels de la fenêtre deux à deux, symétriquement par rapport au pixel étudié, puis en choisissant dans chaque paire le pixel le plus proche du pixel étudié, et enfin en calculant une moyenne entre les valeurs. En raison de sa simplicité de principe et de mise en place, cet opérateur a été souvent utilisé [5].

1.8.5.1. Quelques opérateurs de traitement

On utilise souvent de Look up Table ou LUT. Il s'agit de l'opérateur le plus simple qu'on puisse trouver puisqu'en chaque pixel de l'image on modifie le niveau de gris à l'aide

d'une fonction spécifique.

Ainsi pour éclaircir une image, on applique la fonction à chaque niveau de gris. Au contraire, pour rendre plus sombre une image un peu trop saturée, on applique une fonction exponentielle.

On peut remarquer que le seuillage n'est rien d'autre qu'une table d'affichage particulière, celle qui associe le noir à tous les niveaux inférieurs à un certain seuil et le blanc à tous les autres.

Il s'agit d'un opérateur très simple et particulièrement utilisé (c'est un opérateur de décision!) mais qui cache une grande difficulté : trouver le seuil adéquat et de manière automatique !

Ces filtres possèdent des caractéristiques spectrales, on parle ainsi de filtre passe-bas (l'image devient floue) ou de filtre passe-haut (les contours ressortent) [3].

- **Gauss**

Permet de rendre l'image floue en calculant une moyenne des niveaux en chaque point, moyenne pondérée par une gaussienne.

- **Prewitt**

C'est un détecteur de contours mélangeant du passe-bas et du passe-haut.

- **Laplacien**

C'est un détecteur de contour du deuxième ordre, le contour se trouve là où le laplacien change de signe (passage par zéro de la dérivée seconde).

- **Canny**

C'est un filtre optimal (au sens de trois critères) pour détecter les contours.

- **Deriche**

C'est une variante du filtre de Canny tout aussi efficace.

- **Sobel**

Il représente le plus illustre filtre mais aussi le plus simple des détecteurs de contours. Un flou Gaussien suivi d'une différence (horizontale pour les contours verticaux et verticale pour les contours horizontaux).

- **Marr-Hildreth**

Il représente le laplacien d'une gaussienne, un détecteur de contours permettant de limiter les amplifications des hautes fréquences des dérivées secondes par une gaussienne de variance Ajustable.

1.8.5.2. Reconnaissance de formes

La reconnaissance de formes est une branche de la vision artificielle. Elle consiste à identifier des formes pré-décrites dans une image numérique, et par extension dans un flux vidéo numérique. Les formes recherchées sont souvent des formes géométriques, descriptibles par une formule mathématique, telles que : cercle ou ellipse, droite etc... Elles peuvent aussi être de nature plus complexe : lettre, chiffre, empreinte digitale, etc... Les algorithmes de reconnaissance peuvent travailler sur des images en noir et blanc, avec en blanc les contours des objets se trouvant dans l'image. Ils peuvent aussi travailler sur des zones de l'image prédéfinies issues de la segmentation de l'image. Les méthodes usuelles de reconnaissance des formes sont : Méthode Bayésienne, Estimation Paramétrique, Classificateurs Linéaires, Réseaux de Neurones, etc... L'algorithme le plus célèbre dans la détection de formes est la transformée de Hough, une méthode d'estimation paramétrique [3].

Chapitre 2 : segmentation des images

2.1 Introduction

Une bonne analyse de l'image vient d'une bonne segmentation qui est une étape très importante dans cette chaîne. Car c'est à partir de l'image segmenté que les mesures sont effectuées pour l'extraction des paramètres discriminants en vue de la classification ou de l'interprétation. La tâche de segmentation peut se résumer de la manière suivante: étant donnée une image, l'objectif de la segmentation est d'établir une description compacte et représentative de son contenu informationnel, plus exploitable que l'ensemble de ses points. Il s'agit de procéder à l'extraction d'indices visuels (primitives) pertinents, suffisamment corrélés avec les entités qui composent la scène d'ou l'image est prise.

La diversité des travaux menés dans le but de la compréhension de la vision humaine montre la complexité de la notion d'indice visuel et qu'il est bien difficile d'en donner une définition précise. Un indice visuel peut être défini comme une information perceptible directement à partir de la visualisation de l'image (contours, régions)[6].

2.2 Définition de la segmentation

La segmentation est un traitement bas-niveau qui consiste à créer une **partition** de l'image en sous-ensembles appelés régions. La segmentation vise à diviser l'image en morceaux ces morceaux correspondent aux objets dans l'image.

La segmentation est normalement basée sur:

- ✓ les discontinuités : contours.
- ✓ les changements abrupts, frontières entre régions...
- ✓ les zones homogènes : régions.
- ✓ Mêmes couleurs, textures, intensités, ...

La segmentation est le découpage d'une image en différentes régions et/ou contours.

Elle permet d'appliquer un traitement spécifique, et interpréter le contenu de l'image.

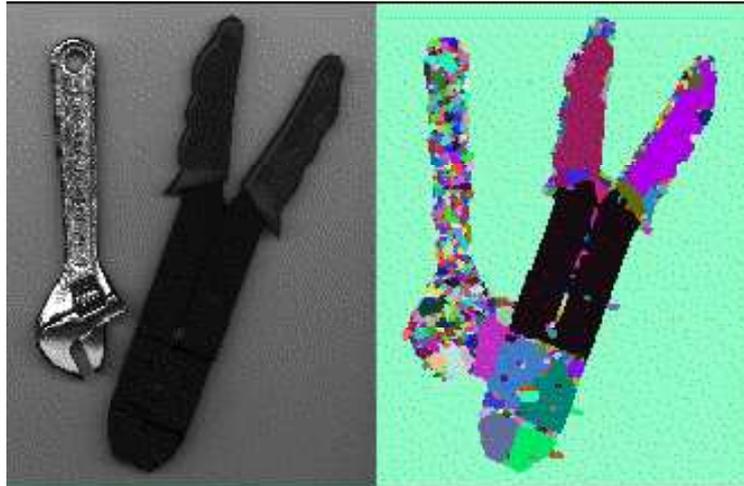


Figure 19. Exemple de segmentation d'image.

2.3 But de la segmentation

- ✓ Extraire (séparer) les entités d'une image.
- ✓ Pour y appliquer un traitement spécifique.
- ✓ Pour interpréter le contenu de l'image.

-Dans la pratique: construire une image de masques.

-Chaque masque est une composante connexe [7].

2.4 Les méthodes de segmentation

1. Méthodes de segmentation basées contours.
2. Méthodes de segmentation par seuillage.
3. Méthodes de segmentation basées régions.
4. Méthodes de segmentation par classification[8].

2.4.1 Le contour

La recherche des contours dans une image numérique est un des problèmes les plus étudiés depuis l'origine des travaux sur l'imagerie numérique. Ceci est en grande partie dû à la nature très intuitive du contour qui apparaît très naturellement comme l'indice visuel idéal dans la plus grande partie des situations.

Les premiers modèles de segmentation s'appuient sur des détections de changement rapide d'intensité lumineuse ou de couleur, c'est-à-dire les contours de l'image. L'application de détecteurs de contours sous la forme de filtres dérivateurs permet d'obtenir les contours des objets présents dans la scène. Nous pouvons citer les approches se basant sur les différences

finies comme l'opérateur de gradient, l'opérateur laplacien, les filtres de Sobel, Prewitt, Roberts ou bien des approches reposant sur des critères d'optimalité comme les filtres de Canny-Deriche. Mais ce genre de techniques est peu exploitable car elles donnent des contours non fermés, bruités ou des contours non détectés.

Mais considérer uniquement les contours pour extraire des objets d'intérêt n'est pas toujours satisfaisant, et prendre en compte les propriétés des régions comprises entre ces contours pourrait améliorer les approches basées uniquement sur les contours[9].

Exemple

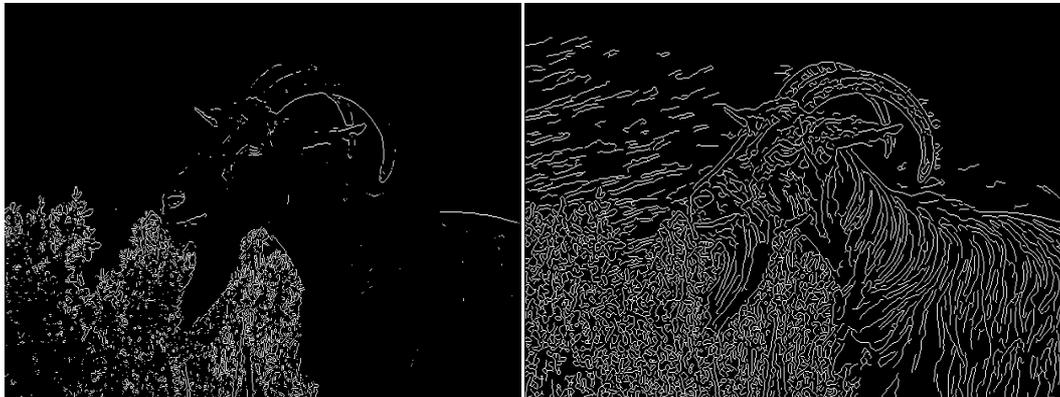


Figure 20. Exemple de contour : (a) Contours détectés par le filtre de Sobel (b) Contours détectés par le filtre de Canny.

2.4.2 Le seuillage

Le seuillage est une méthode simple et très populaire pour le traitement des images numériques.

Le seuillage peut être:

- Global : un seuil pour toute l'image.
- Local : un seuil pour une portion de l'image.
- Adaptatif : un seuil s'ajustant selon les parties de l'image[7].

Le seuillage a pour objectif de segmenter une image en plusieurs classes en n'utilisant que l'histogramme. On suppose donc que l'information associée à l'image permet à elle seule la segmentation, i.e. qu'une classe est caractérisée par sa distribution de niveaux de gris. À chaque pic de l'histogramme est associée une classe.

Donc, pour effectuer une segmentation par seuillage, il faut avoir déterminé le seuil (la valeur

de partition) et les méthodes de seuillage se diffèrent par la manière de détermination de cette valeur de seuil.

Le but de la segmentation par seuillage est d'affecter chaque pixel d'une image en niveaux de gris à une **classe**[10].

Classes = intervalles de niveaux de gris.

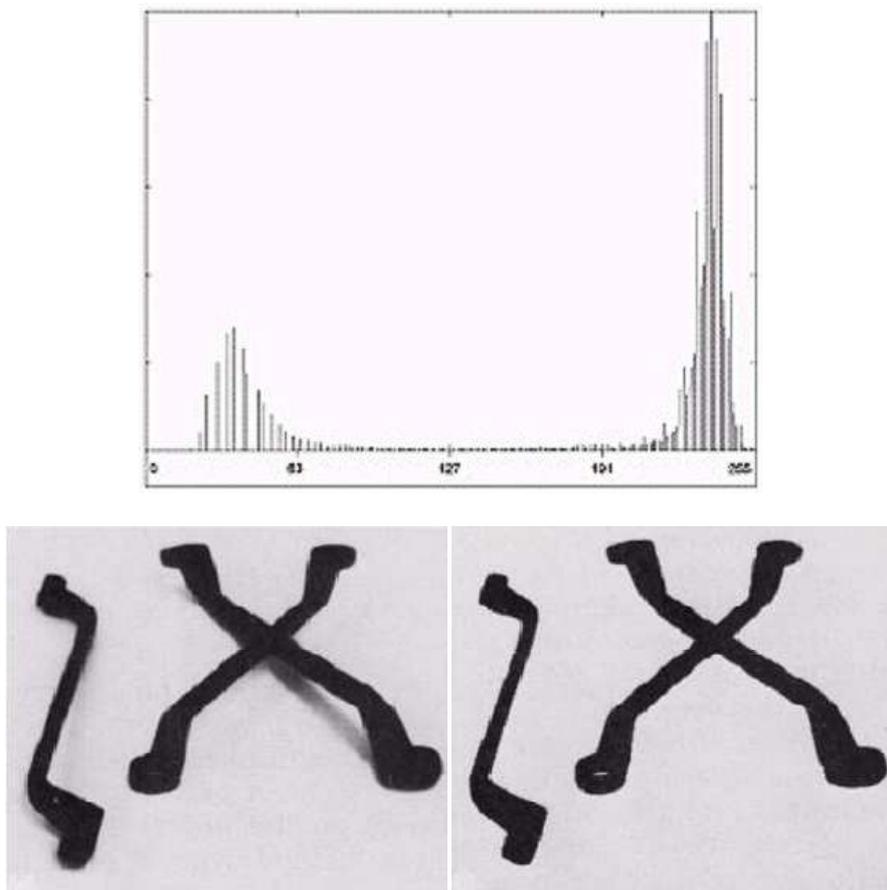


Figure 21. Exemple de seuillage.

- **Principe**

- Extraire des seuils à partir de l'histogramme (image/région).
- Classification d'un pixel p par comparaison de $I(p)$ aux seuils.

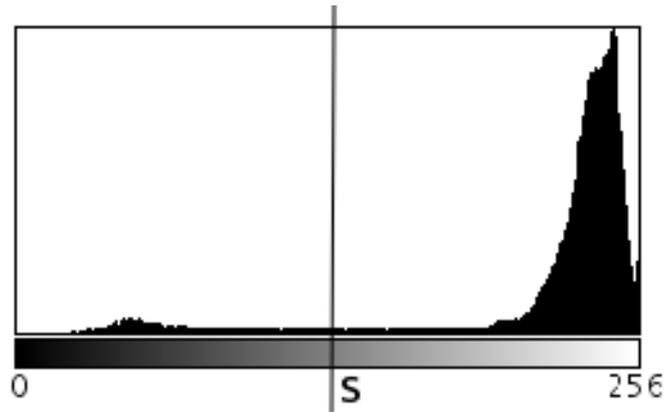


Figure 22. Exemple d'extraire des seuils à partir de l'histogramme.

- **Le seuil**

- Comment trouver le bon seuil (T) ?
- Une valeur obtenue par tests.
- La valeur moyenne des tons de gris.
- La valeur médiane entre le ton maximum et le ton minimum.
- Une valeur qui balance les deux sections de l'histogramme [7].

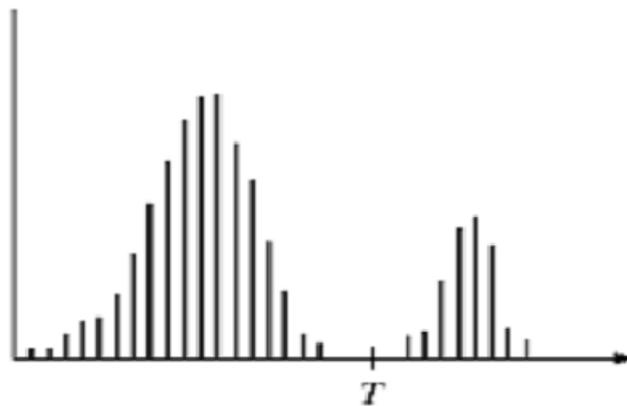


Figure 23. Exemple pour déterminer le seuil.

Pour effectuer une segmentation par seuillage, il faut avoir déterminé le seuil (la valeur de partition) et les méthodes de seuillage se différencient par la manière de détermination de cette valeur de seuil.

En effet, il existe deux approches pour le calcul de cette valeur :

✓ Manuellement

Afin de sélectionner les parties de l'image qui les intéressent, l'opérateur fixe la valeur de ce seuil manuellement en se basant sur l'histogramme : on parle dans ce cas du **seuillage interactif**.

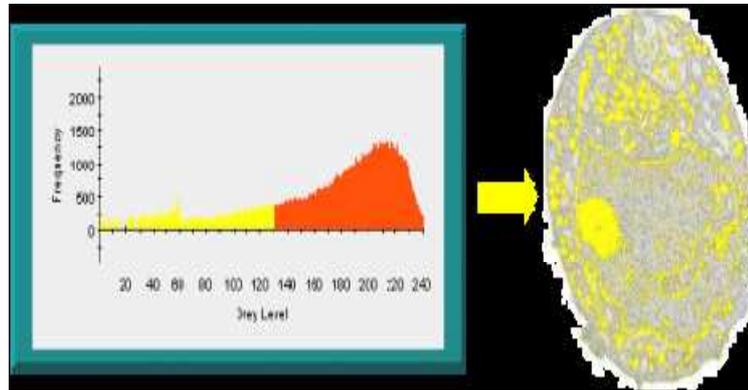


Figure 24: Calcul manuel du seuil.

Noter qu'il y a toujours un compromis à effectuer lors du choix de la valeur de seuil car il est difficile de ne sélectionner que les objets dans l'image (c'est notamment le cas lorsque les données de l'image n'ont pas été acquises avec une source de lumière homogène).

✓ Automatiquement

Le seuillage n'est pas nécessairement une opération qui s'effectue manuellement : la valeur de seuil peut être obtenue de manière automatique. Le seuillage automatique est basé sur l'analyse de la distribution en fréquence (cumulée ou histogramme) des niveaux de gris associée à l'image. L'objectif des méthodes de recherche de seuil automatique est de détecter «Populations » sur l'histogramme, et de proposer la valeur qui permet de les séparer au mieux. Le principe des méthodes de seuillage automatique est d'utiliser des méthodes de traitement des données (maximisation d'entropie, maximisation ou minimisation de la variance inter ou intra classes...) pour trouver automatiquement la valeur de seuil qui sépare le mieux les objets du fond à partir de l'histogramme des niveaux de gris. Il faut noter que quand l'histogramme correspondant à une image ne présente pas de populations distinctes, la valeur de seuil obtenue automatiquement peut ne pas être pertinente. L'automatisation de cette opération impose donc des contraintes : en particulier, il doit y avoir un contraste suffisant entre les objets à extraire et le fond. Si tel n'est pas le cas, il faut prévoir une amélioration de l'image par augmentation du contraste, ou utiliser des gradients pour extraire les contours... [11].

Il existe des algorithmes automatiques pour trouver le seuil:

- **Seuillage globale automatique**

Il existe plusieurs méthodes globales automatiques qui permettent de trouver un seuil à partir d'un histogramme.

- **Algorithme d'Otsu**

La méthode d'Otsu est utilisée pour effectuer un seuillage automatique à partir de la forme de l'histogramme de l'image, ou la réduction d'une image à niveaux de gris en une image binaire. L'algorithme suppose alors que l'image à binariser ne contient que deux classes de pixels, (c'est-à-dire le premier plan et l'arrière-plan) puis calcule le seuil optimal qui sépare ces deux classes afin que leur variance intra-classe soit minimale. L'extension de la méthode originale pour faire du seuillage à plusieurs niveaux est appelée Multi Otsu méthode.

- **Principe de l'algorithme**

On balaie toutes les valeurs de seuil possible T.

Pour chaque seuil T :

- On calcule les moyennes et les variances de chaque classe.
- On s'intéresse à la variance intra-classes.

Moyenne = μ_1 et μ_2 .

Variance = σ_1^2 et σ_2^2 .

$$\sigma_w^2 = P_1 \cdot \sigma_1^2 + P_2 \cdot \sigma_2^2.$$

le seuil optimal est celui qui donne σ_w minimum.

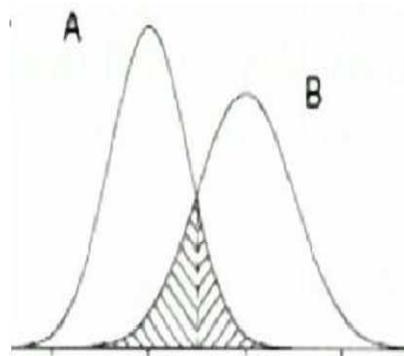


Figure 25. Algorithme de otsu.

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} (h(i) - \mu_1)^2$$

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{256 - T} \sum_{i=T}^{255} (h(i) - \mu_2)^2$$

$$\mu_1 = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} h(i)p_1 = \frac{1}{N} - M \sum_{i=0}^{T-1} h(i)$$

$$\mu_2 = \frac{1}{256 - T} \sum_{i=T}^{255} h(i)p_2 = \frac{1}{N} - M \sum_{i=T}^{255} h(i)$$

Basé sur le fait que les classes sont bien définies et regroupées[12].

2.4.3 Segmentation par les régions

La segmentation en régions est une tâche importante dans le traitement d'images et la reconnaissance des formes.

Il est souvent considéré comme la première étape pour l'interprétation de l'image dans nombreuses applications.

La segmentation consiste à partitionner une image en un ensemble de régions connexes.

Il consiste à répartir les pixels d'une image de niveaux de gris en différentes classes en fonction de certaines propriétés.

Un processus de groupement est répété jusqu'à ce que tous les pixels dans l'image soient inclus dans les régions[13].

L'objectif de la segmentation d'images en régions est:

- de partitionner une image en zones.
- d'intérêts correspondant à des objets de la scène d'où elle est issue.

Les principes méthodes de segmentation sont:

- méthode par division-fusion.
- méthode par croissance de région.

....

2.4.3.1 Méthode par division-fusion(Split_and_merge)

Cette méthode consiste à reprendre le résultat de la division et à essayer de fusionner des régions qui ont été malencontreusement séparées.

Le processus est décomposé en deux étapes. L'image initiale peut être une première partition résultant d'une analyse grossière ou bien l'image brute.

A. La première étape : division (split)

Dans la première étape, la segmentation par division fournit une structure hiérarchisée qui permet d'établir des relations de proximité entre les régions, mais qui peut fractionner une même région en plusieurs ensembles distincts. On analyse individuellement chaque région X_i . Si celle-ci ne vérifie pas le critère d'homogénéité, alors on divise cette région en blocs (le plus généralement en 4 quadrants) et l'on réitère le processus sur chaque sous-région prise individuellement. On peut tout à fait initier le processus en considérant que la première région est composée de toute l'image.

B. La deuxième étape: fusion (merge)

Dans la deuxième étape, la segmentation par fusion produit un nombre minimal de régions connexes, mais fournit celles-ci dans une structure horizontale qui n'indique pas de relation de proximité.

On étudie tous les couples de régions voisines (X_k, X_i). Si l'union de ces deux régions vérifie le critère d'homogénéité, alors, on fusionne les régions. La principale difficulté de cette approche réside bien sûr dans le parcours de l'ensemble de tous les couples de régions voisines[14].



(a)(b)(c)

Figure 26.Exemple de la méthode de division-fusion. (a)Après division. (b) après fusion.

- **Les avantages et les inconvénients de cette méthode**

- **Avantages**

1. Tient compte de l'information spatiale.
2. Très simple à programmer.
3. S'applique à un nombre arbitraire de régions.

- **Inconvénients**

1. Difficulté de définir un prédicat approprié.
2. Produit des frontières de régions zigzagüées [8].

2.4.3.2 La croissance de région : (Region growing)

Méthode basée sur l'agglomération de pixels voisins à une région vérifiant l'argument d'un prédicat donné.

On débute avec un pixel, et on ajoute les pixels voisins qui répondent à un critère d'appartenance :

- Variance faible.
- Niveau de gris répondant un seuil.

....

- **Principe**

Le principe d'un algorithme de type croissance de région est le suivant :

- On se fixe un point de départ dans l'image. Ce point est appelé germe de la région cherchée.
- On se fixe un critère d'homogénéité de la région cherchée (par exemple une intensité comprise entre deux valeurs ou des critères de texture).
- Par une procédure récursive (i.e. de proche en proche), on inclus dans la région tous les points connexes qui vérifient le critère.
 - ✓ On fait ainsi croître la région tant que le critère est respecté.
 - ✓ On obtient une région connexe.

- **Propriétés**

- La performance des résultats dépend de l'emplacement des germes initiaux.
- L'ordre dans lequel sont ajoutés les pixels dans une région a une influence sur le résultat.

Implémentation relativement simple et temps d'exécution rapides [15].

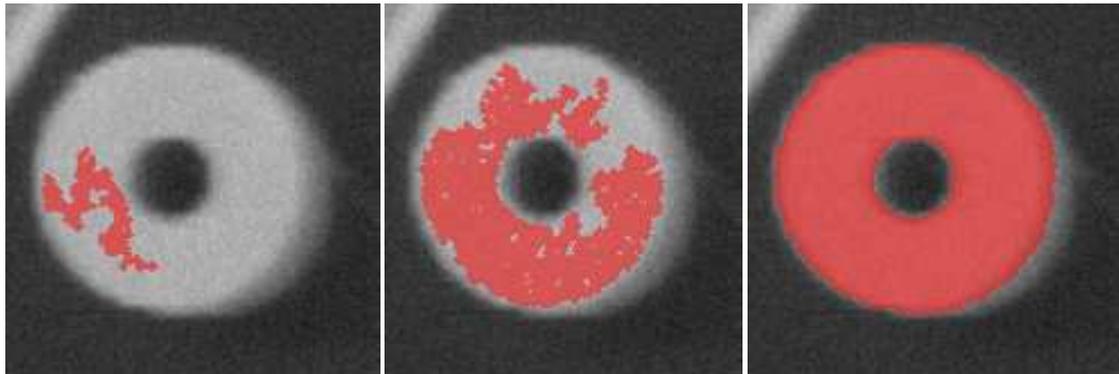


Figure 27. Exemple de croissance de région.

- **Les inconvénients et les avantages de cette méthode**

- **Avantage**

1. Tient compte de l'information spatiale.
2. Très simple à programmer.
3. S'applique à un nombre arbitraire de régions.

- **Inconvénients**

1. Difficulté de définir un prédicat approprié.
2. Produit des frontières de régions zigzagüées.
3. Difficulté de définir les germes automatiquement[8].

2.4.4 Segmentation par classification

Exemple de classification

Méthode des K-moyennes (k-means).

ALGORITHME K-MEANS

- Est un algorithme de **Clustering**(Partitionnement).

- Méthode itérative pour découper l'histogramme en k classes (k entier choisi au départ).

L'Algorithme

- Choisir arbitrairement k couleurs c_1, \dots, c_k dans l'histogramme.
- Tant que les c_i sont modifiées dans la boucle, faire
 - Pour chaque couleur de l'histogramme déterminer la couleur c_i la plus proche.
 - La classe C_i est l'ensemble des couleurs qui sont plus proches de c_i que de n'importe laquelle des c_j .
 - Remplacer chaque c_i par la médiane de sa classe C_i (ici, le nombre de pixels de l'image qui ont la couleur c_i intervient dans le calcul).
- Les classes « résultats » sont les C_i [16].

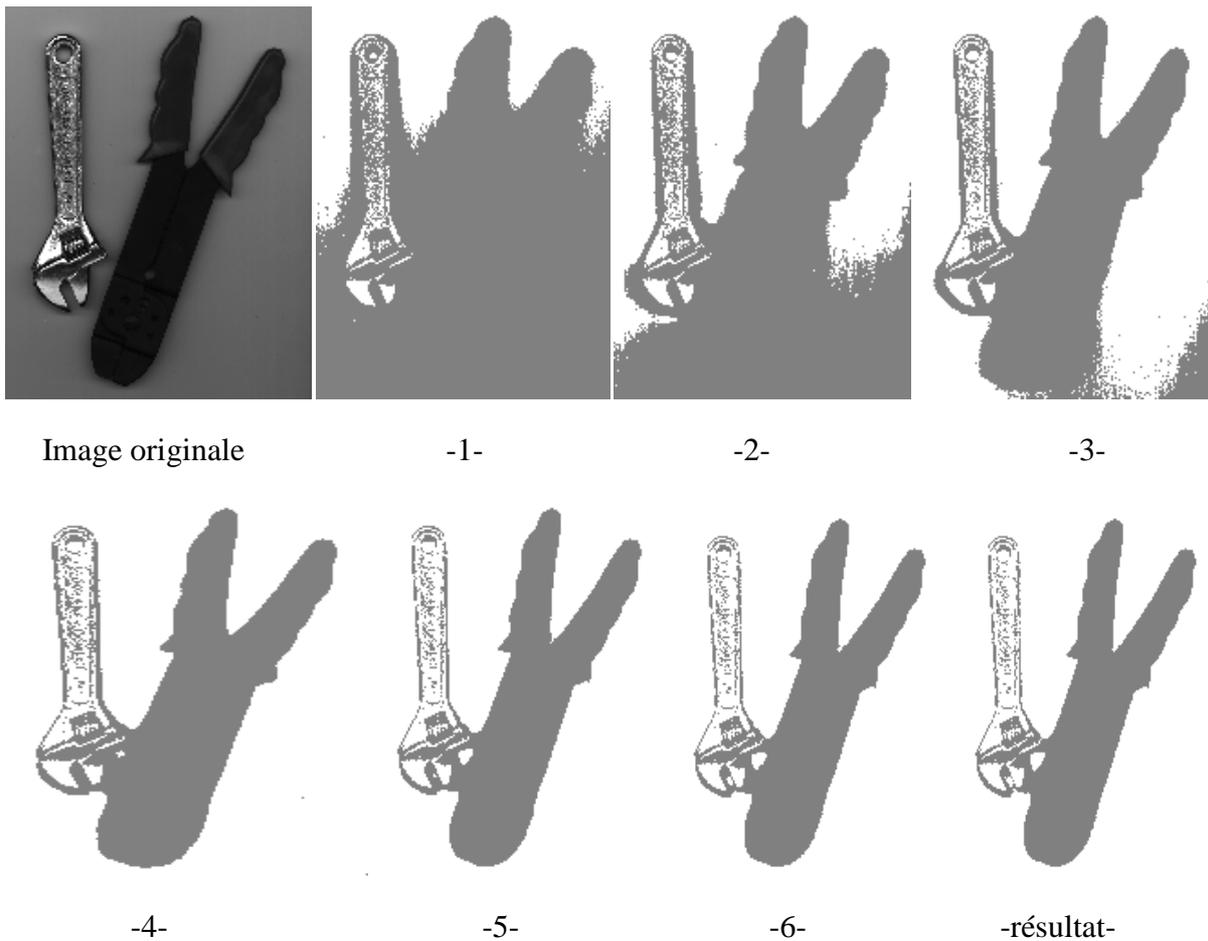


Figure 28. Exemple de méthode de k-means.

Chapitre 3 : seuillage par Méthode d'Otsu

3.1 Langage Matlab

3.1.1 Définition

Le langage MATLAB est un langage de haut niveau utilisant la structure de données matrice comme base et possédant :

- Les structures de contrôle de tous les langages de haut niveau.
- La possibilité d'écrire des fonctions.
- Les entrées sorties habituelles.
- La programmation Orientée Objet est également possible.

Ce langage permet aussi bien de développer des petites applications de façon très rapide que de complexes programmes d'application[17].

MATLAB offre des possibilités avancées que ce soit en matière d'identification ou de commande. Il permet, de manière plus générale, de résoudre une grande diversité de problèmes de simulation, dans des domaines aussi variés que le traitement du signal, les statistiques ou la vision, pour ne citer que quelques exemples. L'apprentissage de Matlab se fera en s'appuyant sur l'étude d'un moteur à courant continu[18].

3.2 L'application de la méthode d'Otsu sous matlab

3.2.1 Le code d'Otsu

```
I = imread('img5.jpg');  
  
figure; imshow(I);  
  
Gray= rgb2gray(I);  
  
figure; imshow(Gray);  
  
[counts] = imhist(Gray)
```

```
figure;imhist(Gray);  
  
nm=300*286  
  
m1=0  
  
m2=0  
  
p1=0  
  
p2=0  
  
v1=0  
  
v2=0  
  
c=0  
  
b=0  
  
z=0  
  
s=Inf  
  
for t=1:255  
for i=1:t-1  
m1=m1+counts(i)  
end  
m1=m1/t  
for i=1:t-1  
p1=p1+counts(i)  
end  
p1=p1/nm
```

```
for i=t:255
m2=m2+counts(i)
end
m2=m2/(256-t)
for i=t:255
p2=p2+counts(i)
end
p2=p2/(256-t)
for i=1:t-1
c=counts(i)-m1
b=c*c
v1=v1+b
end
v1=v1/t
for i=t:255
c=counts(i)-m1
b=c*c
v2=v2+b
end
v2=v2/(256-t)
z=p1*v1+p2*v2
```

```
if z<s
s=z
in=t
counts(t)
end
end
line([in,in],[0,max(counts)],
'Color','r','LineWidth',2)
for i=1:size(I,1)
for j=1:size(I,2)
if Gray(i,j)<in
Gray(i,j)=0;
else
Gray(i,j)=255;
end
end
end
figure;imshow(Gray);
```

- **Explication du code**

On calcule la moyenne m_1 et m_2 avec les instructions suivantes :

$$\mu_1 = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} h(i)p_1 = \frac{1}{N} - M \sum_{i=0}^{T-1} h(i) \text{ pour calculer } m_1.$$

$$\mu_2 = \frac{1}{256} - T \sum_{i=T}^{255} h(i)p_2 = \frac{1}{N} - M \sum_{i=T}^{255} h(i) \text{ pour calculer } m_2.$$

On calcule les variances v_1 et v_2 avec les instructions suivantes :

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} (h(i) - \mu_1)^2 \text{ pour calculer } v_1.$$

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{256} - T \sum_{i=T}^{255} (h(i) - \mu_2)^2 \text{ pour calculer } v_2.$$

Calculer pour chaque valeur dans $[0; 255]$, la variance intra-classe :

$$\sigma_w^2 = P_1 \cdot \sigma_1^2 + P_2 \cdot \sigma_2^2.$$

Sélectionner la valeur qui minimise la variance intra-classe.

L'algorithme se programme uniquement à partir de l'histogramme normalisé de l'image (algorithme rapide). Pour accélérer encore les calculs, la relation entre les variances intra-classe et inter-classe peut être utilisée.

Et après ça on veut vérifier tous les valeurs :

si valeur > seuil

prendre la valeur 255

sinon

prendre la valeur 0

3.2.2 Application sur les images

3.2.2.1 Les meilleurs cas

Image 1



Figure 29. L'image originale.



Figure 30 L'image niveaux de gris.

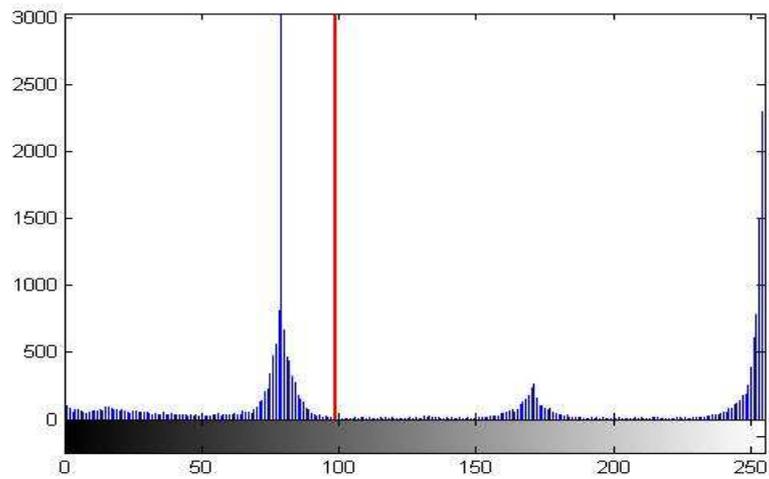


Figure 31L'histogramme de l'image niveau de gris.



Figure 32L'image après la segmentation.

Image 2



Figure 33L'image originale.



Figure 34L'image niveau de gris.

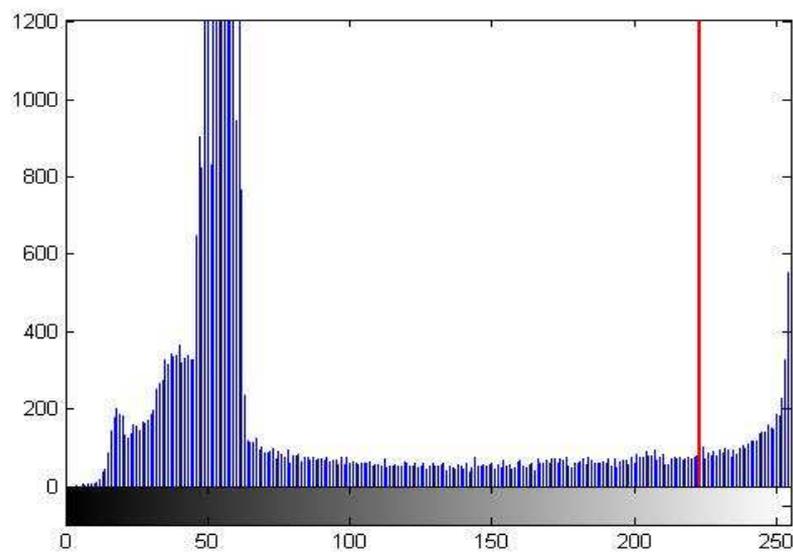


Figure 35L'histogramme de l'image niveau de gris.

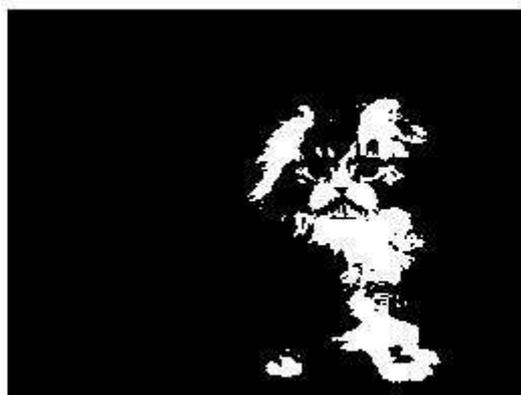


Figure 36L'image après segmentation.

3.2.2.2 Les mauvais cas

Image 1



Figure 37L'image originale.



Figure 38L'image niveaux de gris.

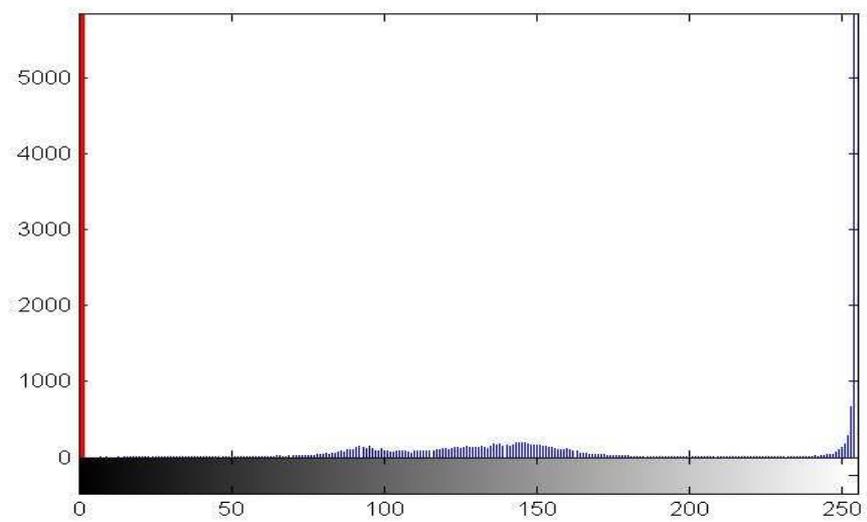


Figure 39L l'histogramme de l'image niveau de gris.



Figure 40L l'image après segmentation.

Image 2



Figure 41L l'image originale.



Figure 42 L'image niveaux de gris.

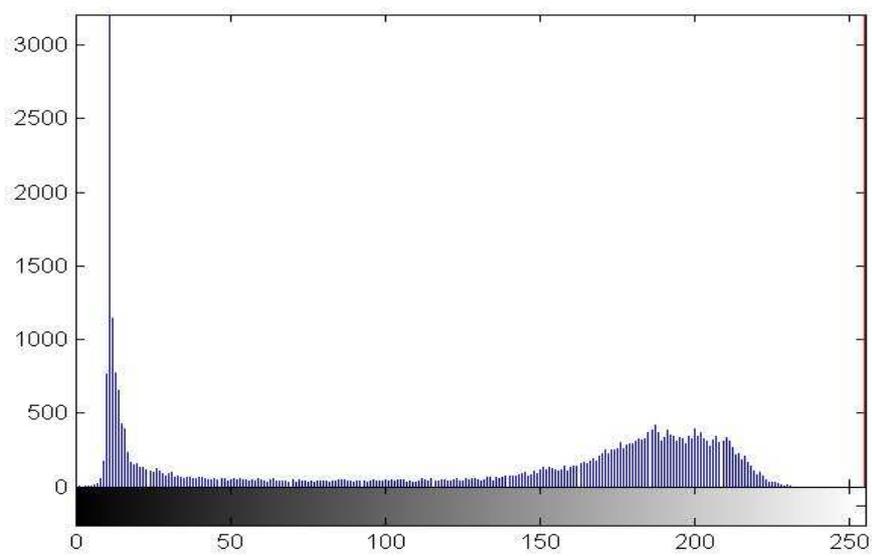


Figure 43 L'histogramme de l'image niveau de gris.



Figure 44L'image après la segmentation.

Références

- [1] Cherif Touche -Implémentation d'un environnement parallèle pour la compression d'image à l'aide des fractales.
- [2] Mohamed Sahbi Bahroun. Cours Traitement d'images. Université Tunis Elmanar, Institut Supérieur d'Informatique, année universitaire 2011/2012.
- [3] Yaovi GAGOU. Cours de traitement d'image. Universités de Picardie Jules verne, 2007/2008.
- [4] M. Bergounioux. Quelques méthodes mathématiques pour le traitement d'image. Master 2, 2 janvier 2009.
- [5] Thibault LELORE. Segmentation d'image, Application aux documents anciens, mai 2007.
- [6] Mr HOUASSINE Charif. Thème segmentation d'images par une approche biomimétique hybride (chapitre 2). Université M'hamed Bougara -Boumerdes-, 2012.
- [7] Jean-Christophe Baillie. Cours de segmentation. ENSTA Paris (France).
- [8] Séverine Dubuisson. Fondements du Traitement d'Images. novembre 2006.
- [9] Thèse pour obtenir le titre de Docteur en Sciences Mention : Automatique, Traitement du Signal et des Images-Université de Nice - Sophia Antipolis.
- [10] Henri MAITRE. La segmentation par régions (chapitre 3).
- [11] Haytham Elghazel. Mémoire Analyse et identifications de bactéries dans les images Microscopiques couleur de biofilms. L'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, 30 juin 2003.
- [12] Stéphane Derrode. Méthode de binarisation d'Otsu, 2008.
- [13] Télédétection et imagerie des géoressources Master 2 (2011-2012). Traitement d'images avancé : segmentation en région.
- [14] Isabelle Bloch. Introduction à la segmentation des images. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications. Paris -France.
- [15] Henri Maître. Le traitement des images, Hermes-Lavoisier, 2003.
- [16] Alain Boucher. Cours Segmentation des images, 2010/2011.
- [17] <http://www.eshamel.net/vb/showthread.php?t=9298>.

Références

[18] <http://www.exercicegratuit.com/cours-matlab/cours-sur-les-bases-de-matlab-en-pdf>