

MA-004-39-1

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saâd DAHLAB de Blida



Faculté des Sciences
Département d'informatique.

Mémoire présenté par :

- **BELLARBI Youcef.**
- **HADJ AISSA Djamel eddine.**

En vue d'obtenir le diplôme de Master

Domaine : Mathématique et Informatique.

Filière : Informatique.

Spécialité : Informatique.

Option : ingénierie du logiciel.

Sujet:

***Suppression du verso
dans un document
manuscrit ancien.***

Soutenue le : /07/2011 devant le jury composé de:

M. HADJ YAHIA

Président

Dr MEZIANE Abdelkrim

Rapporteur. Maître de recherche (CERIST).

M. DJELAOU DJI

Examineurs

M. REZOUG.

2010/2011

ملخص:

إن المسح الضوئي لكميات كبيرة من الصور للوثائق القديمة ينشأ بيئة عمل جديدة ، ولا سيما من حيث الضرر. من هذه الأضرار ، سوف نركز على مشكلة انتقال الشفافية من الخلف إلى الأمام ، نتيجة لمسامية الورق ، ونوعية المواد الكيميائية من الحبر أو شروط المسح . هذا الضرر يتمثل في العلامات التي تدهور الصورة وتخفيض من سهولة قراءة الوثيقة . دراستنا تتناول إزالة هذه العلامات لتحقيق قدر أكبر من الوضوح على الوثائق الرقمية .

تعرض هذه الورقة اقتراحا جديدا لترميم و استعادة الصور القديمة للوثائق المكتوبة بخط اليد (المخطوطات) . هذا النهج يتمثل في الجمع بين تقنية العتبة العامة مع تقنية التصنيف (لوح ذو 8 ألوان).الأولى للفصل بين الجبهة والخلفية، والثانية هي العثور على اللون المهيمن في المقدمة الناتجة (لون النص)، ثم استخراج صورة متوسط الخلفية ودمجها مع تداخل مع الواجهة الأمامية النهائية للحصول على الصور المستعادة للوثيقة .

الكلمات الرئيسية : المسح الضوئي، ترميم، تدهور ،التصنيف ، جهة الأمام / الخلف ، صورة قديمة وثيقة مكتوبة بخط اليد(المخطوط) ، العتبة العامة .

Résumé :

La numérisation de grandes quantités d'images de documents anciens a créé un nouveau contexte de travail, notamment au niveau des dégradations. Parmi ces dernières, nous allons nous focaliser sur le problème du passage en transparence du verso sur le recto, conséquence de la porosité du papier, de la qualité chimique de l'encre ou des conditions de numérisation. Cette dégradation se traduit par des marques diminuant la lisibilité de l'image du document. Notre étude traite la suppression de ces marques afin d'apporter une meilleure lisibilité aux documents numériques.

Ce mémoire présente une nouvelle solution pour restaurer les images de documents manuscrits anciens en couleur. L'approche consiste à combiner une technique de seuillage globale avec une technique de classification (Palette 8 couleurs). La première pour la séparation de l'avant et l'arrière-plan, la deuxième consiste à trouver la couleur dominante de l'avant-plan résultant (la couleur du texte), Ensuite il s'agit d'extraire l'image moyenne de l'arrière-plan, et la combiner en la superposant avec l'avant-plan final afin d'obtenir l'image restaurée du document.

Mots-clés : *Numérisation, Restauration, Dégradation, classification, Avant/Arrière-plan, Image de document manuscrit ancien, seuillage global.*

Abstract:

The digitization of large quantities of old documents has created a new context of work, particularly in terms of deteriorations. Among these deteriorations we will focus on the problem of the appearance with transparency of back of the document on the front due to the porosity of the paper, the chemical quality of the ink or the digitization conditions. This deterioration results in marks that decrease the legibility of the document's image. Our study deals with the way of removing these marks for a better legibility of the digital documents.

This paper presents a new proposal to restore the images of old manuscript documents in color. The approach consists in combining a global thresholding technique with a classification technique (8-color palette). The first one is for the separation of the foreground and background, and the second is to find the dominant color of the resulting foreground (the text color), then it is to extract the average image of the background, and combine it by superposition with the final foreground in order to get the restored image of the document.

Keywords: *Digitization, Restoration, Deterioration, Classification, Foreground / Background, Image of Old Manuscript Document, Global Thresholding.*

Dédicaces

Louange à Allah, seigneur de l'univers.

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour leur patience et leur soutien indéfectible qui m'ont été plus qu'indispensables.

A mes deux frères Yassine et Oussama.

A tous mes amis et collègues de la promotion sortante 2010 – 2011.

A mon binôme Youcef.

A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail. Plus particulièrement à mon cher ami Lounes Ferhat.

Djamel eddine.

Dédicaces

Avant tout je remercie le bon Dieu.

En témoignage de ma gratitude et mon respect, j'ai un grand plaisir à dédier ce modeste travail, fruit de mes études en exprimant ma profonde gratitude à tous mes proches particulièrement :

A mes précieux parents pour leur amour, affection et compréhension. Mon père pour sa patience, ses encouragements et ses sacrifices. Ma mère pour l'éducation qu'elle m'a inculquée et toutes les peines qu'elle s'est données pour ma réussite.

Ma grande sœur Meriem, son mari Mohamed et ses petits enfants Imad et Manar.

A mon frère Mohamed et mes sœurs Imen et Souad.

A mon binôme Djamel Eddine.

A tous mes amis et collègues de la promotion sortante 2010 – 2011, surtout Amimer Mohamed, Ayache Mésaoud, Batel Sarra, Benhissen Imen, Mourad Tabtroukia, Abdelkrim Amine, Boumezrag Hadjer et Larid Ibtissem, Bendouha Amine et Douga Yacine...

Tous ceux et celles dont les noms n'ont pu être cités.

Youcef.

Remerciements

Nos remerciements vont à :

Allah le tout puissant, qui nous a aidés à mener à terme ce modeste travail.

Nos remerciements vont aussi à :

*Monsieur le Dr: **MEZIANE Abdelkrim** (Directeur de la Division Systèmes d'Information et Systèmes Multimédia du CERIST), pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'être notre promoteur et pour tous les conseils et l'aide qu'il nous a donnés, afin de pouvoir mener à terme ce travail.*

Nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants du département d'informatique pour avoir assuré notre formation, le long des cinq années d'études, et pour nous avoir transmis leur savoir sans réserve.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous nos amis et collègues pour leur soutien moral tout au long de la préparation de ce mémoire.

BELLARBI youcef.

HADJ AISSA Djamal eddin.

Liste des tableaux :

P.32 : Tableau 1 : Formats bitmaps.

P.33 : Tableau 2 : Formats vectoriels.

Liste des figures:

P.22 : Figure 1.1: Représentation des pixels d'une image numérique.

P.23 : Figure 1.2: Résolution d'une image.

P.24 : Figure 1.3: Le bruit dans une image.

P.25 : Figure 1.4: l'histogramme d'une image.

P. 27 : Figure 1.5 : L'espace des couleurs RVB.

P. 28 : Figure 1.6: L'espace Lab.

P.29 : Figure 1.7: L'espace HSL.

P.31 : Figure 1.8 : Image bitmap et image vectorielle.

P.34 : Figure 1.9 : Le schéma d'un système de traitement d'images

P.41 : Figure 2.1 : Exemple pour savoir comment numériser une image.

P.45 : Figure 2.2 : l'état des documents du patrimoine algérien.

P.46 : Figure 2.3 : Exemples des anciens documents dégradés.

P.50 : Figure 2.4 : Exemples d'images naturelles.

P.50 : Figure 2.5 : Exemples d'images de documents.

P.53 : Figure 3.1 : Evolution du support de manuscrits

P.57 : Figure 3.2 : Exemples des manuscrits de la Bibliothèque Nationale d'Algérie.

P.61 : Figure 4.1 : Exemples des dégradations chimiques.

P.61 : Figure 4.2 : Exemples de dégradations biologiques.

P.62 : Figure 4.3 : Exemples de dégradations d'origine humaine.

P.65 : Figure 4.4 : Limites de la numérisation des microfilms.

P.67 : Figure 4.5 : *Finesse de la grille pour une faible et une forte résolution.*

P.67 : Figure 4.6 : *Perte de la topologie avec le déplacement aléatoire d'une grille de résolution.*

P.67 : Figure 4.7 : *Problème d'une faible résolution sur une image de trait.*

P.68 : Figure 4.8 : *Aspect destructif de la compression JPEG*

P.70 : Figure 4.9: *Limites de la numérisation en binaire.*

P.71 : Figure 4.10 : *Dégradations du fond sur une image (source IRHT).*

P.72 : Figure 4.11 : *Dégradations des formes sur une image de synthèse.*

P.74 : Figure 5.1 : *Extrait des images de documents dégradés.*

P.75 : Figure 5.1.1 : *Modélisation de la transparence selon G.Sharma.*

P.75 : Figure 5.1.2 : *Diffusion de l'encre dans le papier.*

P.77 : Figure 5.2 : *Suppression des taches en transparence par recalage (Sharma 00).*

P.77 : Figure 5.3 : *Suppression des taches en transparence par recalage (E. Dubois et A. Pathak 01)*

P.78 : Figure 5.4 : *Suppression des taches en transparence par analyse de l'orientation (Wang 03).*

P.79 : Figure 5.5: *Application de l'approche de Wolf 06.*

P.80 : Figure 5.6 : *Application de l'approche de Leydier 04.*

P.81 : Figure 5.7 : *Séparation recto/verso par segmentation et agrégation de régions couleurs (Garain et al 06).*

P.82 : Figure 5.8 : *Résultat d'une classification globale en trois classes sur une image de document, F.Derira et al 07.*

P.82 : Figure 5.9 : *Application du Mean-Shift local-global sur des extraits d'images dégradées de documents F.Derira 07.*

P.82 : Figure.5.10 : *De gauche à droite : Extrait d'une image de document dégradé, image restaurée par la méthode F.Derira et al 07 et l'image restaurée par la méthode Leydier 04.*

P.83 : Figure 5.11 : *Restauration des documents manuscrits couleur.*

P.83 : Figure 5.12 : *Suppression des taches en transparence par analyse de la couleur (Tonnazini 04)*

- P.87 : Figure 6.1 :** Images de documents manuscrits anciens couleurs.
- P.88 : Figure 6.2 :** Architecture du système proposé.
- P.89 : Figure 6.3 :** Les étapes de notre système proposé.
- P.90 : Figure 6.3.1.a :** Technique de séparation du texte et du fond par notre approche proposée.
- P.95 : Figure 6.3.1.b :** Les résultats de la technique de Séparation proposée.
- P.96 : Figure 6.3.2.a :** Technique d'extraction de l'avant plan final par notre méthode proposée.
- P.98 : Figure 6.3.2.b :** Les résultats de la technique de Raffinage proposée.
- P.98 : Figure 6.3.3.a :** Technique de reconstitution de l'image restaurée de notre approche proposée.
- P.99 : Figure 6.3.3.b :** Les résultats de la technique de Reconstitution proposée.
- P.91 : Figure 6.4 :** Espace de représentation couleur.
- P.96 : Figure 6.5 :** Les 8 couleurs de la palette.
- P.100 : Figure 6.6 :** Exemples d'images de documents de notre base de test.
- P. 102 : Figure 6.7 :** les résultats des différents tests de notre approche.
- P.104 : Figure 6.8 :** Comparaison de nos résultats et ceux d'autres méthodes.
- P.105 : Figure 6.9 :** résultat sur des documents écrits en plusieurs couleurs.
- P.106 : Figure 7.1 :** Comparaison entre compilateurs classique et compilateur Java.
- P.107 : Figure 7.2 :** Présentation de Netbeans IDE 6.8.
- P.108 : Figure 7.3 :** Aperçu de l'application SSV 1.0.

Table des matières

Introduction générale	16
-----------------------------	----

La première partie : Des généralités.

Chapitre 1 : Généralités sur l'analyse et le traitement d'images	20
1. Introduction.....	21
2. Définition de l'image.....	21
3. Image numérique.....	21
4. Caractéristiques d'une image numérique	22
4.1.Pixel.....	22
4.2.Dimension	23
4.3.Résolution	23
4.4.Bruit.....	23
4.5.Histogramme.....	24
4.6.Luminance.....	25
4.7.Contraste	25
4.8.Images à niveaux de gris.....	26
4.9.Images en couleurs.....	26
5. Le codage de la couleur	27
6. Qualité de l'image numérique.....	31
7. Image bitmap et image vectorielle.....	31
7.1.Les images bitmaps.....	31
7.2.Les images vectorielles	31
8. Formats d'images	32
9. Les systèmes de traitement d'images	34
9.1.Acquisition des données des images.....	34
9.2.Dispositifs de numérisation des images	35
9.3.Pré-traitement et post-traitement.....	35
9.4.Filtrage numérique	35
9.5.Traitement numérique des images	36
9.6.Visualisation.....	36
10.Utilité du traitement d'images.....	37
11.Domaines d'application.....	38
12.Conclusion	38

Chapitre 2 : Numérisation du patrimoine	39
---	----

1. Introduction.....	40
2. La numérisation des documents du patrimoine	40
2.1. Qu'est ce que la numérisation ?	41

2.2. Objectifs de la numérisation.....	42
2.3. Avantages de la numérisation	43
2.4. Les limites de la numérisation.....	44
2.5. Exemples de programmes de numérisation.....	44
3. La numérisation du patrimoine en Algérie	45
4. La restauration des images dégradées	47
5. Conclusion	50
Chapitre 3: Généralités sur les manuscrits.....	51
1. Introduction.....	52
2. Généralités sur les anciens documents manuscrits.....	52
2.1. Qu'est ce qu'un manuscrit ?.....	52
2.2. Les caractéristiques des manuscrits	52
2.3. Genèse des manuscrits	52
3. Description du manuscrit.....	53
4. Etat des manuscrits en Algérie.....	53
5. Conclusion	57

La deuxième partie : Dégradations/Restauration des Images de Documents

Chapitre 4: Dégradations des Images de Documents.....	59
1. Introduction.....	60
2. Qu'est ce qu'une dégradation ?	60
3. Dégradations physiques du document.....	60
3.1. Dégradations chimiques	60
3.2. Dégradations biologiques.....	61
3.3. Dégradations physiques d'origine humaine	62
4. Dégradations dues à la capture	63
4.1. Dégradations matérielles	63
4.2. Dégradations numériques.....	66
5. Proposition d'une classification non-causale des dégradations.....	70
5.1. Dégradations uniformes	70
5.2. Dégradations non-uniformes	71
a. Les dégradations du fond.....	71
b. Les dégradations des formes.....	71
6. Conclusion	72
Chapitre 5: Restauration des Images de Documents.....	73
1. Introduction.....	74
2. Problématique.....	74
3. L'état de l'art.....	75
3.1. Méthodes de restauration supervisées	76
3.2. Méthodes de restauration non-supervisées.....	78

4. Conclusion	85
Chapitre 6: Méthodologie et Implémentation	86
<i>I. Méthodologie</i>	87
1. Introduction.....	87
2. Méthodologie proposée.....	87
2.1.Principe.....	87
2.2.Base d'images de documents.....	89
2.3.Description détaillée de notre système proposé.....	89
2.3.1. La première partie : <i>Séparation</i>	89
A. Choix de l'espace de couleur.....	90
B. Technique de seuillage global « <i>Méthode d'Otsu 1978</i> »	91
2.3.2. La deuxième partie : <i>Le Raffinage</i>	96
2.3.3. La troisième partie : <i>Reconstitution</i>	98
3. Expérimentation et résultats finaux	100
3.1.Les images de test	100
3.2.Résultats obtenus.....	100
4. Avantages et inconvénients.....	104
5. Conclusion	105
<i>II. Implémentation :</i>	106
1. Outils de travail.....	106
1.1.Le choix du langage.....	106
1.2.Le choix de l'environnement de développement.....	107
2. L'application (SSV 1.0)	108
Conclusion générale et perspectives.....	109
Bibliographie.	

INTRODUCTION GENERALE:

Bien que la restauration des images naturelles soit largement traitée dans la littérature scientifique, la restauration des images de documents est à considérer comme un domaine de recherche émergeant, de nouveaux problèmes vont se rajouter aux problèmes classiques présents sur les images naturelles. Par problèmes classiques, nous faisons référence aux dégradations apparues lors de la capture, de l'acquisition, de la transmission, du changement de format ou du stockage de l'image. Dans le cas des documents anciens, d'autres types de dégradations apparaissent. Ces dégradations sont intrinsèquement liées au support physique du document et aux conditions de sa conservation. En effet, ce patrimoine écrit dont la valeur historique est souvent inestimable n'échappe pas, en dépit des précautions prises, à l'usure du temps (vieillissement, modification des couleurs, porosité du papier, acidité de l'encre, humidité et variation de la température de stockage, présence d'insectes, sinistres de toutes sortes...) qui détériore énormément le support.

Ces dégradations qui s'ajoutent à celles liées à la procédure de numérisation (variation d'éclairage, résolution, compression...) vont contribuer à la dégradation de la copie numérique. Toutes ces dégradations peuvent se traduire par des modifications de couleurs, des trous dans le support (associés à des caractères disparus), des taches recouvrant des parties plus ou moins importantes du document, la superposition du recto et du verso en transparence, des caractères devenant flous, effet bloc, courbure de la page... Compte tenu de ces différents nouveaux problèmes, la restauration (que l'on qualifiera d'informatique ou virtuelle) des images des documents anciens ne se limite pas à une simple transcription des outils classiques de traitement et d'analyse, et encore moins à une application immédiate des méthodes de restauration déjà définies pour les images naturelles dégradées. Mais quelle que soit la nature du document (image naturelle ou image de document), l'objet principal de la restauration reste le même : Il consiste à atténuer les dégradations présentes sur un document image. En outre, la restauration est un pré-requis nécessaire pour un grand nombre d'usages d'images de document. Non seulement, elle permet d'améliorer leur qualité visuelle, mais aussi elle rend possible ou optimise les performances des outils informatiques tels que les logiciels de reconnaissance optique des caractères (OCR).

Dans ce projet, il est question de faire une recherche sur les méthodes et outils qui permettraient de restaurer les vieux documents manuscrits algériens, et d'en étudier la faisabilité et la possibilité de certaines méthodes d'apporter des solutions au problème du verso.

En effet, un intérêt particulier sera porté à un type bien défini de dégradation présent sur les images de documents manuscrits, celui du passage en transparence du verso sur le recto et le problème de sa restauration ; cette dégradation se présente sous forme de couches superposées à différents niveaux de gris.

Notre objectif serait de réussir à enlever ces marques pour améliorer d'une part la lisibilité du document et d'autre part améliorer si possible les performances des outils informatiques en adaptant une nouvelle approche.

Le mémoire présent suit l'organisation suivante, il est divisé en deux parties:

- ❖ Partie I : DES GENERALITES, elle est décomposé en trois chapitres :
 - Le chapitre 1 : contient des généralités sur l'analyse et le traitement d'images, où on définit les notions de base du traitement d'images (Image numérique, espace couleur, histogramme... etc.) que nous utilisons par la suite.
 - Le chapitre 2 : dénommé « Numérisation du patrimoine » : donne une idée générale sur la numérisation du patrimoine, ses avantages, objectifs, limites..., et la restauration des documents dégradés.
 - Le chapitre 3 : contient des généralités sur les manuscrits, où on donne une définition d'un manuscrit ses caractéristiques ..., et l'état des manuscrits en Algérie.
- ❖ Partie II : DEGRADATIONS ET RESTAURATION DES IMAGES DE DOCUMENTS, cette partie est décomposé en trois:
 - Le chapitre 4 : contient les dégradations des images de documents, on définit la dégradation, ses origines avec une typologie...
 - Le chapitre 5 : contient une vue sur la restauration des images de documents, et comment les restaurer. Un intérêt va vus le problème de superposition du verso sur le recto. Un aperçu de quelques approches de restauration traitant ce problème est aussi donné.
 - Le chapitre 6 : contient la méthodologie et l'implémentation, où on présente notre proposition pour traiter cette dégradation. Il s'agit d'une méthode de

restauration aveugle, Quelques résultats expérimentaux démontrent l'efficacité de l'approche proposée.

Des perspectives de notre travail seront enfin proposées.

LA PREMIERE PARTIE:
DES GENERALITES.

CHAPITRE **1**:

GENERALITES SUR L'ANALYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

1. Introduction :

Avec la parole, l'image constitue l'un des moyens les plus importants qu'utilise l'homme pour communiquer avec autrui. C'est un moyen de communication universel dont la richesse du contenu permet aux êtres humains de tout âge et de toute culture de se comprendre. C'est aussi le moyen le plus efficace pour communiquer, chacun peut analyser l'image à sa manière, pour en dégager une impression et d'en extraire des informations précises.

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes.

2. Définition de l'image [1]:

L'image est une représentation d'une personne ou d'un objet par la peinture, la sculpture, le dessin, la photographie, 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 $I(x,y)$ 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 I est une fonction d'intensité lumineuse et de couleur. Sous cet aspect, l'image est inexploitable par la machine, ce qui nécessite sa numérisation.

3. Image numérique [1]: Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo (non numérique), 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, ayant chacun comme caractéristique un niveau de

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

gris ou de couleur prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.

La numérisation d'une image est la conversion de celle-ci de son état analogique (distribution continue d'intensités lumineuses dans un plan xOy) en une image numérique représentée par une matrice bidimensionnelle de valeurs numériques $f(x,y)$ où : x, y : coordonnées cartésiennes d'un point de l'image. $f(x, y)$: niveau de gris en ce point.

Pour des raisons de commodité de représentation pour l'affichage et l'adressage, les données images sont généralement rangées sous formes de tableau I de n lignes et p colonnes. Chaque élément $I(x,y)$ représente un pixel de l'image et à sa valeur est associé un niveau de gris codé sur m bits (2^m niveaux de gris ; 0 = noir ; 2^m-1 = blanc). La valeur en chaque point exprime la mesure d'intensité lumineuse perçue par le capteur.

4. Caractéristiques d'une image numérique [1]:

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

4.1 Pixel: Une image est constituée d'un ensemble de points appelés **pixels** (pixel est une abréviation de *PICTure ELe ment*) Le pixel représente ainsi le plus petit élément constitutif d'une image numérique. L'ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions constituant 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. La lettre A, par exemple, peut être affichée comme un groupe de pixels dans la figure:

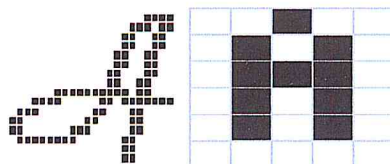


Figure1.1: Représentation des pixels d'une image numérique.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

La quantité d'information que véhicule chaque pixel donne des nuances entre images monochromes et images couleurs. Dans le cas d'une image monochrome, chaque pixel est codé sur un octet, et la taille mémoire nécessaire pour afficher une telle image est directement liée à la taille de l'image. Dans une image couleur (RVB), un pixel peut être représenté sur trois octets : un octet pour chacune des couleurs : rouge (R), vert (V) et bleu (B).

4.2 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.

4.3 Résolution: Détermine le degré de précision des éventuelles mesures de dimensions (netteté de l'image), 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). On utilise aussi le mot résolution pour désigner le nombre total de pixels affichables horizontalement ou verticalement sur un moniteur; plus grand est ce nombre, meilleure est la résolution.



Figure 1.2: Résolution d'une image.

4.4 Bruit: Un bruit dans une image est considéré comme un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il est dû à la qualité de l'appareil d'acquisition et les conditions de prise de vue: luminosité, mouvement de la scène, etc.

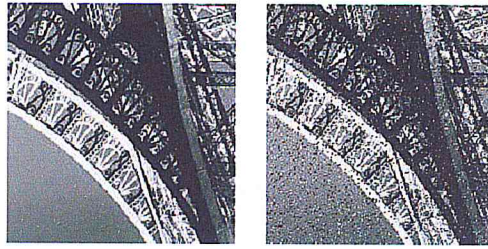


Figure 1.3: Le bruit dans une image

4.5 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. Pour diminuer l'erreur de quantification, pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents, ou encore pour mesurer certaines propriétés sur une image, on modifie souvent l'histogramme correspondant.

L'histogramme permet de donner un grand nombre d'information sur la distribution des niveaux de gris (couleur) et de voir entre quelles bornes est repartie la majorité des niveaux de gris (couleur) dans les cas d'une image trop claire ou d'une image trop foncée.

L'histogramme résume au mieux l'information globale que contient l'image donc sa structure statistique.

La forme de l'histogramme est significative de la distribution de valeurs dans l'image. Il peut être utilisé pour améliorer la qualité d'une image (Rehaussement d'image) en introduisant quelques modifications, pour pouvoir extraire les informations utiles de celle-ci

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

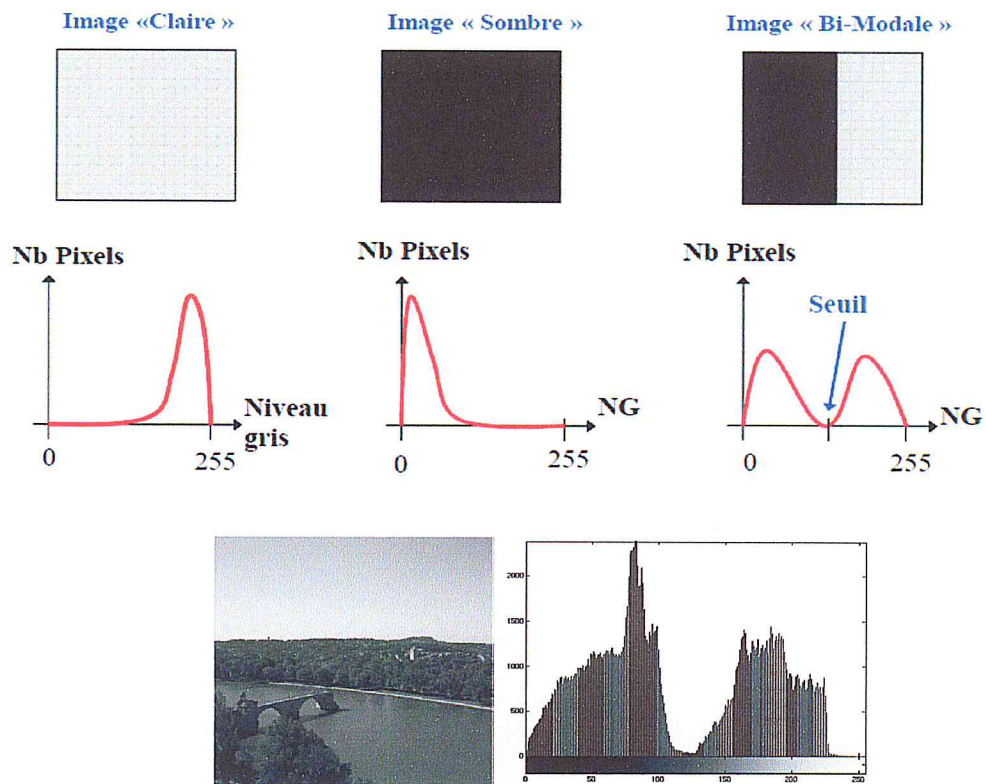


Figure 1.4: Histogramme d'une image.

4.6 Luminance: C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet. Une bonne luminance se caractérise par :

- 1) Des images lumineuses (brillantes);
- 2) Un bon contraste : il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir; ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses.
- 3) L'absence de parasites.

4.7 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 est défini en fonction des luminances de deux zones d'images.

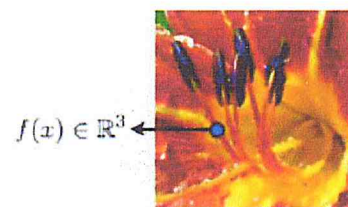
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

Si $L1$ et $L2$ sont les degrés de luminosité respectivement de deux zones voisines $A1$ et $A2$ d'une image, le contraste C est défini par le rapport : $C = L1 - L2 / L1 + L2$.

4.8 Images à niveaux 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. Donc pour représenter les images à niveaux de gris, on peut attribuer à chaque pixel de l'image une valeur correspondant à la quantité de lumière renvoyée. Cette valeur peut être comprise par exemple entre 0 et 255. Chaque pixel n'est donc plus représenté par un bit, mais par un octet. Pour cela, il faut que le matériel utilisé pour afficher l'image soit capable de produire les différents niveaux de gris correspondant. 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 est important, plus les niveaux possibles sont nombreux. $NG = \text{luminance}$ (valeur de l'éclairement énergétique reçu par le capteur image).



4.9 Images en couleurs: Même s'il est parfois utile de pouvoir représenter des images en noir et blanc, les applications multimédias utilisent le plus souvent des images en couleurs. 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.). Etant donné que le codage RVB repose sur trois composantes proposant la même gamme de valeur, on le représente généralement graphiquement par un cube dont chacun des axes correspond à une couleur primaire :



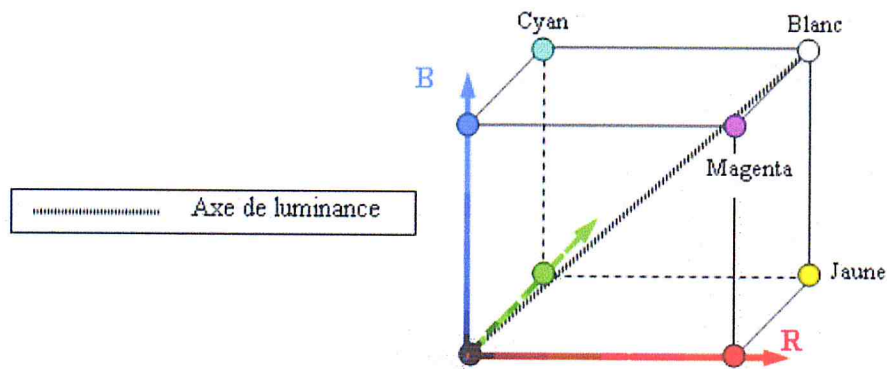


Figure 1.5 : L'espace des couleurs RVB.

5. Le codage de la couleur :

Une image est donc représentée par un tableau à deux dimensions dont chaque case est un pixel. Pour représenter informatiquement une image, il suffit donc de créer un tableau de pixels dont chaque case contient une valeur. La valeur stockée dans une case est codée sur un certain nombre de bits déterminant la couleur ou l'intensité du pixel, on l'appelle **profondeur de codage** (parfois *profondeur de couleur*). Il existe plusieurs standards de codage de la profondeur :

- **bitmap noir et blanc**: en stockant un bit dans chaque case, il est possible de définir deux couleurs (noir ou blanc).
- **bitmap 16 couleurs ou 16 niveaux de gris**: en stockant 4 bits dans chaque case, il est possible de définir 2^4 possibilités d'intensités pour chaque pixel, c'est-à-dire 16 dégradés de gris allant du noir au blanc ou bien 16 couleurs différentes.
- **bitmap 256 couleurs ou 256 niveaux de gris**: en stockant un octet dans chaque case, il est possible de définir 2^8 intensités de pixels, c'est-à-dire 256 dégradés de gris allant du noir au blanc ou bien 256 couleurs différentes.
- **palette de couleurs (colormap)**: grâce à cette méthode, il est possible de définir une palette, ou table des couleurs, contenant l'ensemble des couleurs pouvant être contenues dans l'image, à chacune desquelles est associé un indice. Le nombre de bits réservé au codage de chaque indice de la palette détermine le nombre de couleurs pouvant être utilisées. Ainsi en codant les indices sur 8 bits il est possible de définir 256 couleurs utilisables, c'est-à-dire que chaque case du

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

tableau à deux dimensions représentant l'image va contenir un nombre indiquant l'indice de la couleur à utiliser. On appelle ainsi **image en couleurs indexées** une image dont les couleurs sont codées selon cette technique.

- « **Couleurs vraies** » (*True color*) ou « *couleurs réelles* » : cette représentation permet de représenter une image en définissant chacune des composantes (RVB). Chaque pixel est représenté par un entier comportant les trois composantes, chacune codée sur un octet, c'est-à-dire au total 24 bits (16 millions de couleurs). Cela est cependant théorique, car aucun écran n'est capable d'afficher 16 777 216 possibilités théoriques de couleurs différentes (16 millions de points). Dans la plus haute résolution (1600 x 1200), l'écran n'affiche que 1 920 000 points. Par ailleurs, l'œil humain n'est pas capable de distinguer autant de couleurs.

Il est possible de rajouter une quatrième composante permettant d'ajouter une information de transparence ou de texture, chaque pixel est alors codé sur 32 bits.

- **Autres modèles de représentation :**

- **Le codage Lab** (espace à luminance séparée) :
- L : la luminance, exprimée en pourcentage (0 pour le noir à 100 pour le blanc).
- a et b deux gammes de couleur allant respectivement du vert au rouge et du bleu au jaune avec des valeurs allant de -120 à +120.

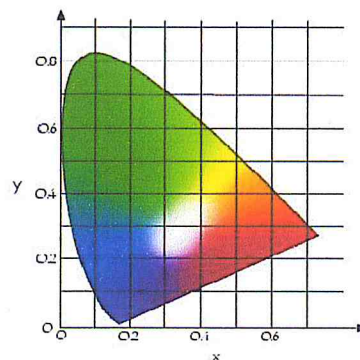


Figure 1.6: L'espace Lab.

- **Le codage HSL** (Hue, Saturation, Luminance ou en français TSL) (espace à luminance séparée):
- La teinte : perception de la couleur (T-shirt mauve ou orange).

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

- La saturation : pureté de la couleur, c'est-à-dire son caractère vif ou terne (T-shirt neuf ou délavé).
- La luminance : quantité de lumière de la couleur, c'est-à-dire son aspect clair ou sombre (T-shirt au soleil ou à l'ombre).

Voici une représentation graphique du modèle HSL, dans lequel la teinte est représentée par un cercle chromatique et la luminance et la saturation par deux axes:

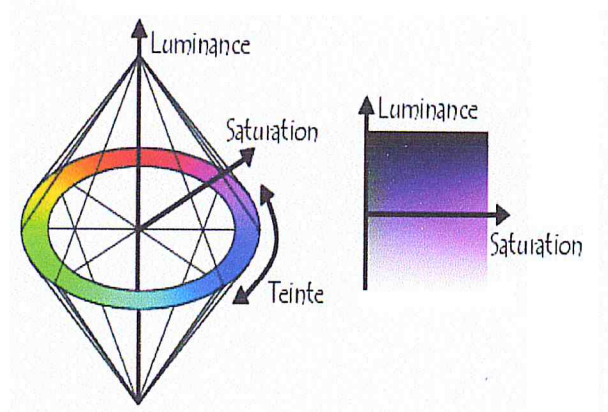


Figure 1.7 : L'espace HSL.

Le modèle HSL a été mis au point dans le but de permettre un choix interactif rapide d'une couleur, pour autant il n'est pas adapté à une description quantitative d'une couleur.

Il existe d'autres modèles naturels de représentation proches du modèle HSL :

- **HSB**: Hue, Saturation, Brightness soit Teinte, Saturation, Brilliance en français. La **brillance** décrit la perception de la lumière émise par une surface.
- **HSV**: Hue, Saturation, Value soit Teinte, Saturation, Valeur en français.
- **HSI**: Hue, Saturation, Intensity soit Teinte, Saturation, Intensité en français.
- **HCI**: Hue, Chrominance, Intensity soit Teinte, Chrominance, Intensité.

○ Le codage CMY :

Le codage CMY (Cyan, Magenta, Yellow, ou Cyan, Magenta, Jaune en français, soit CMJ) est à la synthèse soustractive, ce que le codage RGB est à la synthèse additive. Ce modèle consiste à décomposer une couleur en valeurs de Cyan, de Magenta et de Jaune.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

L'absence de ces trois composantes donne du blanc tandis que leur ajout donne du noir. Toutefois, le noir obtenu par l'ajout des trois couleurs Cyan, Magenta et Jaune n'étant que partiellement noir en pratique (et coûtant cher), les imprimeurs rajoutent une composante d'encre noire que l'on appelle noir pur. On parle alors de **quadrichromie**, ou **modèle CMYK** (Cyan, Magenta, Jaune, Noir pur, ou en français CMJN).

○ Le standard YUV :

Le standard YUV auparavant baptisée YCrCb (Y Cr Cb), est un modèle de représentation de la couleur dédié à la vidéo analogique. Le paramètre Y représente la luminance (c'est-à-dire l'information en noir et blanc), tandis que U et V permettent de représenter la chrominance, c'est-à-dire l'information sur la couleur. Ce modèle a été mis au point afin de permettre de transmettre des informations colorées aux téléviseurs couleurs, tout en s'assurant que les téléviseurs noir et blanc existant continuent d'afficher une image en tons de gris.

Voici les relations liant Y à R, G et B, U à R et à la luminance, et enfin V à B et à la luminance :

- $Y = 0.299R + 0.587 G + 0.114 B$
- $U = -0.147R - 0.289 G + 0.436B = 0.492(B - Y)$
- $V = 0.615R - 0.515G - 0.100B = 0.877(R - Y)$

Ainsi U est parfois noté Cr et V noté Cb, d'où la notation YCrCb.

○ Le codage YIQ :

Le modèle YIQ est très proche du modèle YUV. Il est notamment utilisé dans le standard vidéo NTSC (utilisé entre autres aux États-Unis et au Japon).

Le paramètre Y représente la luminance. I et Q représentent respectivement l'Interpolation et la Quadrature. Les relations entre ces paramètres et le modèle RGB sont les suivantes :

- $Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

- $I = 0.596 R - 0.275 G - 0.321 B$
- $Q = 0.212 R - 0.523 G + 0.311 B$

6. Qualité de l'image numérique [1]: Elle dépend, d'une part, de la qualité des images d'origine et, d'autre part, des moyens mis en œuvre pour convertir un signal analogique en signal numérique. Elle dépend aussi de :

- 1) La qualité des périphériques de numérisation de l'image, du nombre de niveaux de gris ou de couleurs enregistrées, etc.
- 2) La qualité de l'affichage à l'écran : définition de l'écran, nombre de teintes disponibles simultanément, calibrage de l'écran, etc.

Les critères d'appréciation de la qualité d'une image, tels que cités succinctement ci dessus, dépendent largement de la structure même de l'image réaliste ou conceptuelle et de son mode de représentation (bitmap ou vectorielle).

7. Image bitmap et image vectorielle [2]:

On distingue généralement deux grandes catégories d'images :

7.1.Les images bitmaps (appelées aussi *images raster*) : il s'agit d'images pixellisées, c'est-à-dire un ensemble de points (pixels) contenus dans un tableau, chacun de ces points possédant une ou plusieurs valeurs décrivant sa couleur.

7.2.Les images vectorielles: les images vectorielles sont des représentations d'entités géométriques telles qu'un cercle, un rectangle ou un segment. Ceux-ci sont représentés par des formules mathématiques (un rectangle est défini par deux points, un cercle par un centre et un rayon, une courbe par plusieurs points et une équation). C'est le processeur qui sera chargé de "traduire" ces formes en informations interprétables par la carte graphique.

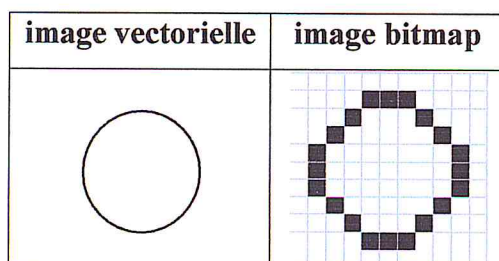


Figure 1.8: Image bitmap et image vectorielle.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

8. Formats d'images [3]:

Il existe probablement plus de formats d'image numérique que d'éditeurs de logiciels graphiques, chacun ayant tendance à mettre en avant le sien propre (avec parfois plusieurs versions incompatibles entre elles), auxquels viennent s'ajouter ceux créés par des instances internationales. Certains de ces formats sont compressés afin de réduire l'espace physique nécessaire au stockage du fichier ou pour diminuer le temps de transfert sur le réseau.

Dans cette jungle de formats, une poignée seulement ressort dans chacun des grands groupes d'images (bitmap ou vectoriel), soit grâce à l'importance de leur promoteur, soit que leur usage populaire leur a octroyé le statut de standards *de facto*.

Nous les avons recensés dans les deux tableaux suivants, à titre de référence, en insistant sur les points forts et faibles de chacun et en décryptant leur usage.

Nom du format	Créateur	Points forts	Points faibles	Note
JPEG et JPEG2000	Joint Photographic Experts Group	Excellente compression	Compression destructrice (avec perte), ne gère ni la transparence, ni l'animation	Spécialement conçu pour les photographies, il est cependant à utiliser avec délicatesse tant sa compression peut brouiller l'image. Le format JPEG2000, évolution du format original, peut être réglé pour compresser sans pertes. encore la résistance aux erreurs de transmission.
GIF (Graphical Interchange Format)	H&R Block et CompuServe	Possibilité d'animation et de transparence, compression efficace	Limité à 256 couleurs	Très répandu sur le Web malgré ses faiblesses et un problème de droit sur son format de compression. À déconseiller pour les photos.
PNG (Portable Network Graphic)	W3C	Excellente compression sans perte. Possibilité de transparence. Standard donc pérenne.	Pas très efficace pour les larges photographies	Format destiné à remplacer le format GIF et ses limitations, mais ayant encore du mail à s'implanter dans les habitudes des développeurs. Peut remplacer les JPEG comme les GIF (sauf en ce qui concerne l'animation).
TIFF (Tagged Image File Format)	Aldus	Compression sans perte efficace. Couche de transparence.	Lourdeur des fichiers non compressés. Format propriétaire.	Format de stockage très utilisé, à éviter pour le Web

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

BMP (Bitmap)	Microsoft	Format par défaut de Windows	Disponible uniquement sur la plateforme de Microsoft	Généralement non compressé- le format RLE est possible mais peu reconnu En BMP la couleur est codée en RVB
PSD (Photoshop Document)	Adobe	Très complet, conserve toutes les couches de l'image.	Taille prohibitive (la taille des fichiers produits rend son utilisation en ligne difficile.)	Format standard de l'outil Photoshop, très populaire mais à limiter au stockage de retouche d'image du fait de la taille des fichiers.

Tableau 1 : Formats bitmaps.

Nom du format	Créateur	Points forts	Points faibles	Note
AI (Adobe Illustrator)	Adobe	Reconnu par tous les logiciels graphiques.	Format propriétaire.	Format standard de Adobe Illustrator, l'un des plus utilisés du fait de la popularité du logiciel.
PS/EPS (Postscript / Encapsulated Postscript)	??	Très bien reconnu sur tous les systèmes.	N'a d'intérêt que dans le cadre d'une impression. Fichier très lourd.	Format hybride bitmap/vectoriel, réservé à l'impression. EPS est un fichier PS qui comporte quelques restrictions supplémentaires.
SVG (Scalable Vector Graphics)	W3C	Format XML donc extensible. Très compressible car format texte. Standard donc pérenne. Permet les animations et la transparence. Peut afficher des images bitmap.	Encore très peu reconnu, car peu d'outils disponibles et manque d'implémentation au sein de navigateurs (besoin d'un plugin).	Promis à un grand avenir malgré un démarrage lent, ce format est souvent cité comme capable de rivaliser avec les premières versions de Flash.
FLA/SWF (Flash)	Macromedia	Très polyvalent, peut utiliser des mp3, des JPEG, des vidéos... Très répandu sur le Web.	Format propriétaire et fermé.	C'est le standard de fait des animations vectorielles sur le Web.
PDF (Portable Document Format)	Adobe	Affiche les documents	Taille prohibitive. Ne peut se lire qu'avec le logiciel Acrobat ou logiciel équivalent.	Version simplifiée de PostScript, il a été conçu pour afficher les documents de la même manière quel que soit le système.
PICT (Picture)	Apple	Format par défaut de Mac OS, donc encore utilisé.	Disponible uniquement sur la plateforme d'Apple	N'a plus grand intérêt face aux autres formats existants.

Tableau 2 : Formats vectoriels.

1. Les systèmes de traitement d'images [1]:

Le traitement d'image consiste à améliorer le contenu d'une image pour en extraire de l'information : par exemple identifier une séquence de texte (OCR : Optical Character Recognition) ou un chromosome, éviter un obstacle (robotique), détecter des zones soumises à l'érosion (télédétection).

En bref traiter une image, c'est lui ajouter du sens par un procédé automatique. Pour cela, il peut être nécessaire de supprimer les facteurs de bruit, de rehausser les signaux utiles contribuant à une meilleure lisibilité.

Donc différentes transformations existent, certaines affectent tout (ou une partie) des pixels de l'image sans l'intervention de la notion de position spatiale des pixels, ce sont des transformations globales.

Les opérations entre les images permettent de traiter des séries d'images relatives à la même scène. Enfin des opérations plus élaborées, dites de convolution, portent sur plusieurs pixels voisins et ont donc un caractère local.

Un système de traitement numérique d'images est composé de :

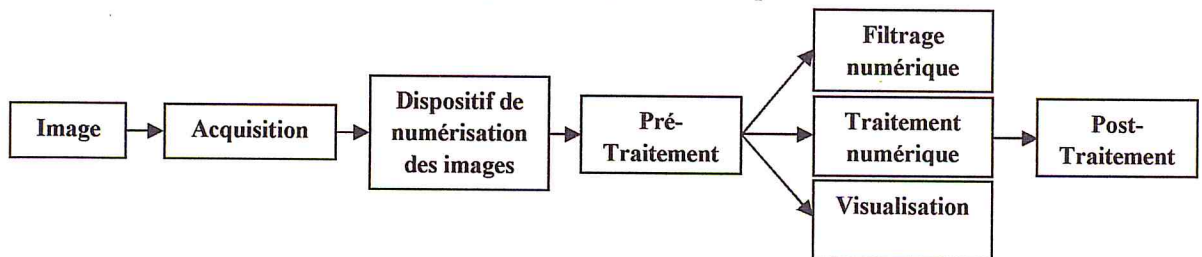


Figure 1.9 : Le schéma d'un système de traitement d'images

9.1 Acquisition des données des images : L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images. Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est avant tout nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système. Le passage de cet objet externe (l'image d'origine) à sa représentation interne (dans l'unité de traitement) se fait grâce à une procédure de numérisation. Ces systèmes de saisie, dénommés optiques, peuvent être classés en deux catégories principales : les caméras

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

numériques et les scanners. A ce niveau, notons que le principe utilisé par le scanner est de plus en plus adapté aux domaines professionnels utilisant le traitement de l'image comme la télédétection, les arts graphiques, la médecine, etc.

Le développement technologique a permis l'apparition de nouveaux périphériques d'acquisition appelés cartes d'acquisition, qui fonctionnent à l'instar des caméras vidéo, grâce à un capteur C.C.D (Charge Coupled Device). La carte d'acquisition reçoit les images de la camera, de la T.V. ou du scanner afin de les convertir en informations binaires qui seront stockées dans un fichier.

9.2 Dispositifs de numérisation des images : Suivant l'objet ou le document à numériser et le domaine d'application dans lequel l'image va être utilisée, il existe divers dispositifs de numérisation d'images allant du simple scanner à main au satellite de télédétection.

9.3 Pré-traitement et post-traitement : Le pré-traitement concerne les images acquises tandis que le post-traitement concerne les images traitées. Dans les deux cas, les images ne peuvent échapper aux effets de dégradations dus essentiellement aux phénomènes physiques tels que :

- La diffraction (déviaton) du système optique.
- Le flou dû au mouvement de l'image durant son acquisition.

Pour pallier à ces dégradations on utilise en général le filtrage.

9.4 Filtrage numérique : Pour améliorer la qualité visuelle de l'image, on doit éliminer les effets des bruits (parasites) en lui faisant subir un traitement appelé filtrage.

Le filtrage consiste à modifier la distribution fréquentielle des composantes d'un signal selon des spécifications données.

Le système linéaire utilisé est appelé filtre numérique. Parmi ces systèmes, nous distinguons : les filtres passe-bas (lissage), filtres passe-haut (accentuation), filtres passe-bande (différenciation) et filtres directionnels.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

- **Filtre passe-bas (lissage) :** Ce filtre n'affecte pas les composantes de basse fréquence dans les données d'une image, mais doit atténuer les composantes de haute fréquence. L'opération de lissage est souvent utilisée pour atténuer le bruit et les irrégularités de l'image. Elle peut être répétée plusieurs fois, ce qui crée un effet de flou. En pratique, il faut choisir un compromis entre l'atténuation du bruit et la conservation des détails et contours significatifs.
- **Filtre passe-haut (accentuation) :** Le renforcement des contours et leur extraction s'obtiennent dans le domaine fréquentiel par l'application d'un filtre passe-haut. Le filtre digital passe-haut a les caractéristiques inverses du filtre passe-bas. Ce filtre n'affecte pas les composantes de haute fréquence d'un signal, mais doit atténuer les composantes de basse fréquence.
- **Filtre passe-bande (différentiation) :** Cette opération est une dérivée du filtre passe-bas. Elle consiste à éliminer la redondance d'information entre l'image originale et l'image obtenue par filtrage passe-bas. Seule la différence entre l'image source et l'image traitée est conservée.
- **Filtre directionnel :** Dans certains cas, on cherche à faire apparaître des détails de l'image dans une direction bien déterminée. Pour cela, on utilise des filtres qui opèrent suivant des directions (horizontales, verticales et diagonales).

9.5 Traitement numérique des images : On peut citer les traitements suivants :

- **La convolution :** La convolution est le remplacement de la valeur d'un pixel par une combinaison linéaire de ses voisins. Elle consiste à faire balayer une fenêtre (masque) sur l'ensemble des points de l'image.
- **La segmentation :** On est conduit pour analyser une image à la partager en un certain nombre de domaines connexes (unis): ce processus joue un rôle de plus en plus important en traitement numérique des images. Deux points appartiennent à un même domaine s'ils possèdent une même propriété caractéristique P et si on peut les joindre par une chaîne continue de points voisins ayant cette propriété P. Une segmentation est donc définie par le type de propriété et par la définition de voisinage.

9.6 Visualisation : Tout système de traitement d'image est doté d'un dispositif de visualisation qui permet l'affichage des images. L'utilisation de différents types de

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ANAYSE ET LE TRAITEMENT D'IMAGES.

restituteurs permet de transformer le signal numérique qu'est la matrice image en un signal analogique visible par l'œil de l'observateur. Pour cela, différents types de supports peuvent être employés : moniteur vidéo, clichés photographiques, impression sur papier. Dans tous les cas et pour chaque échantillon de l'image numérique, on recrée un nouvel élément d'image ou un nouveau pixel dont on choisit la forme de façon à reconstituer une image analogique qui soit la plus proche possible de l'image avant numérisation compte tenu des erreurs introduites lors de l'acquisition, de la numérisation et de la transmission .

10.Utilité du traitement d'images [1]:

Le traitement (souvent appelé pré-traitement) regroupe toutes les opérations de manipulation de l'image qui permettent d'en améliorer la qualité. Ces manipulations produisent une nouvelle image. On y retrouve différentes techniques :

- La restauration : Elle a pour objet la réduction, voir l'élimination des distorsions introduites (bruits) par le système ayant servi à acquérir l'image. La correction des défauts dus à une source de dégradation.
- L'amélioration : La modification de l'image dans le but de la rendre plus agréable à l'œil.
- La segmentation : C'est une opération qui consiste à d'une image des primitives géométriques. Les primitives les plus employées sont les segments (contours) ou les surfaces (régions).
- La détection de contours : Il s'agit d'organiser les points des contours en structures informatiques simples (segments de droite, arcs de cercles,...), puis de détecter les contours fermés afin de les isoler.
- La squelettisation : C'est une opération essentielle dans plusieurs systèmes, elle consiste à réduire les formes de l'image à leurs squelettes (objet de dimension inférieure que l'objet initial et qui préserve des informations topologiques ou géométriques par rapport à l'objet). Elle exprime les relations structurelles dans ces formes et réduit l'espace et le temps de traitement. L'opération de squelettisation consiste donc, dans le cas particulier de l'écriture, à éliminer l'épaisseur du trait ou plutôt à l'amincir jusqu'à l'épaisseur minimale d'un pixel.

11.Domaines d'application [1]:

Le traitement d'images possède l'aspect multidisciplinaire. On trouve ses applications dans des domaines très variés tels que les télécommunications (T.V., vidéo, publicité,...), la médecine (radiographie, ultrasons,...), biologie, astronomie, géologie, l'industrie (robotique, sécurité), la météorologie, l'architecture, l'imprimerie, l'armement (application militaire).

De nouvelles applications pratiques sont possibles aujourd'hui et touchent tous les domaines d'activités, tels que : métiers du spectacle, de la radio, créations artistiques,...

12.Conclusion :

Le traitement d'image est une étape importante de la numérisation des documents anciens. Le traitement des images dans les documents anciens est une étape primordiale dans leur analyse. L'analyse d'image de document est un domaine de recherche actif à la frontière de la reconnaissance des formes et de l'analyse d'images .

Les images de documents sont des images particulières. Ce sont des images de trait qui forment des structures complexes qui doivent être préservées comme lettres. Les informations sont concentrées sur des parties très réduites de l'image. La simple perte d'une partie infinitésimale peut rendre le texte illisible. Les dégradations sont aléatoires et donc rarement modélisables.

Le travail à accomplir dans ce domaine est encore long du fait de la quantité très importante de ces documents anciens mais également, et surtout, de la constante progression des outils, applications concernant le traitement d'image.

CHAPITRE 2:

NUMERISATION DU PATRIMOINE.

1. Introduction :

La numérisation du patrimoine culturel constitue une évolution importante qui permettra à la fois de le mettre en valeur et de le rendre accessible à tous. Depuis quelques années la numérisation a suscité des espoirs et des rêves pour les conservateurs et autres détenteurs de manuscrits.

2. La numérisation des documents du patrimoine [4]:

Le document du patrimoine joue un rôle important dans le développement des civilisations et de leurs cultures ; il permet de conserver et de transmettre les connaissances d'une génération à l'autre. Au fil des générations, le support physique des documents écrits a beaucoup évolué, allant des supports rigides (le bois, la pierre, le marbre, les galets, les tablettes de cire ou d'argile) aux supports souples (le papyrus, le parchemin, le cuir, le papier). Le papier, moins coûteux et plus commode, s'est généralisé dans le monde comme le principal support, mais, le papier est un support fragile dont la conservation est difficile. L'invention de l'imprimerie moderne au XV^{ème} siècle a marqué le début d'une nouvelle ère de production et de diffusion massive du savoir ; l'imprimerie n'est pas le résultat d'une seule technique mais d'un ensemble de techniques parvenues à maturité et correctement agencées.

Le récent développement des technologies numériques de l'information et de la communication a révolutionné la transmission des connaissances et remis en cause la suprématie du papier comme support unique de diffusion des savoirs. Le monde de l'édition physique (sur support papier) est complètement bouleversé par le monde du numérique.

Le document électronique est aujourd'hui le vecteur de diffusion le plus utilisé dans le monde. Il possède de nombreux avantages par rapport aux documents papier.

Les apports de la numérisation sont multiples. C'est une opération qui contribue à la diffusion du patrimoine scientifique et technique car les documents numérisés peuvent être transmis n'importe où ou bien recopiés indéfiniment sans aucune perte d'information. La copie électronique peut aussi, à tout moment, être imprimée à la demande autant de fois que l'on veut, avec toujours la même qualité et un coût de

plus en plus faible. C'est une [r]évolution économiquement viable à long terme grâce à la réduction des coûts de consultation, de manipulation, de diffusion et de duplication. La numérisation du patrimoine offre de nouveaux services comme la consultation à distance, la miniaturisation physique à l'extrême, l'accès à des documents rares, de nouvelles formes de lecture et de navigation, la duplication rapide et économique des ouvrages, une recherche d'information plus performant et enfin la possibilité de partager des connaissances. Pour pérenniser cette révolution et qu'elle puisse avoir lieu, il va falloir dans les prochaines années, convertir sous forme électronique, tous les ouvrages importants pour la connaissance humaine.

2.1.Qu'est ce que la numérisation ? :

La numérisation est la technique qui permet de convertir des documents physiques en documents électroniques (figure 2.1) [5]. En effet, la numérisation permet de réaliser une «copie numérique» des documents; mais, pour un grand nombre de ces documents, la numérisation arrive trop tard et beaucoup de documents ont été numérisés en mauvais état. En plus de la détérioration physique des documents anciens, les images montrent des dégradations dues au processus même de numérisation. En effet, le développement du marché des capteurs pour un usage quotidien (scanner de bureau, appareil photo numérique, Webcam, caméra embarquée sur les téléphones mobiles, les caméras numériques DV...) , ont poussé les constructeurs à développer des technologies à bas coût en réduisant la qualité des capteurs, de l'électronique, de la mécanique et des optiques. Toutes ces technologies sont incompatibles avec une numérisation de qualité. C'est ce qui explique pourquoi les numériseurs de qualité, spécialement dédiés, sont des machines complexes très coûteuses.

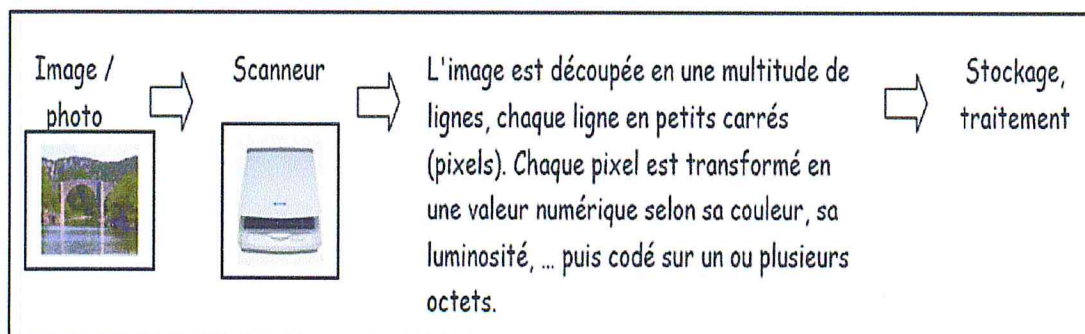


Figure 2.1 : Exemple pour savoir comment numériser une image.

Nous définissons la numérisation au sens large du terme comme l'ensemble des opérations nécessaires pour capturer les images et les transformer en données exploitables informatiquement. La numérisation fournit les images et les métadonnées associées ainsi que les informations nécessaires au fonctionnement des services offerts aux usagers. Cette définition de la numérisation est encore plus large que celle de la rétro-conversion qui consiste à convertir les documents papier dans un format logique pivot les rendant de nouveau rééditables et donc réutilisables. La rétro-conversion concerne la transformation complète d'un document papier en un document électronique proche de l'original alors que la numérisation, au sens large, s'intéresse aussi à l'accessibilité et aux services que l'on peut offrir aux usagers. Au sens strict du terme, la numérisation consiste seulement à effectuer la capture des images des documents, on parlera alors de capture d'images.

La numérisation fait partie de ces nouvelles technologies qui permettent de valoriser un patrimoine jusque là confiné dans les réserves des bibliothèques et des musées et donc peu exploité au final. En effet, certains documents ne sont souvent consultables que sur autorisation (accès limité aux étudiants, aux spécialistes...).

2.2.Objectifs de la numérisation [6] :

- Sauvegarder les originaux d'une détérioration graduelle liée à la fréquence de consultation et en diminuer la communication « numériser pour sauvegarder ».

Débat: le document numérisé peut-il se substituer à l'original ?

- Faciliter l'accès au patrimoine archivistique.
 - Mettre à disposition des publics présents ou distants, amateurs ou chercheurs des images comme substituts des originaux.
 - Démultiplier les possibilités de consultation en rendant possible l'accès simultané à un même document.
- Multiplication des copies.
 - Offrir la possibilité de reproduire aisément des documents qui n'existent la plupart du temps qu'en un seul exemplaire
- Aider et susciter la recherche.

Alléger la charge du personnel liée à la gestion du fonds physique en supprimant les tâches répétitives.

2.3. Avantages de la numérisation [4] :

Les données numériques ne remplaceront jamais les supports physiques traditionnels, elles ne sont qu'une représentation plus ou moins fidèle des documents originaux. Par conséquent, la «copie numérique» ne constitue pas une alternative pérenne à la conservation du patrimoine culturel. Cependant, la numérisation présente de nombreuses propriétés très intéressantes:

- **Facilité de reproduction** : Les données numériques peuvent être dupliquées très rapidement sans aucune perte d'information. En outre, ces données peuvent être échangées, stockées, manipulées, interrogées et recopiées avec des coûts très réduits. Une dissémination très rapide des connaissances dans le monde entier est donc possible notamment avec le développement du World-Wide-Web qui rend les ouvrages de notre patrimoine accessibles au monde entier, réduisant un peu plus la fracture entre les pays du nord et les pays du sud.
- **Indépendance du support physique** : Les données numériques peuvent être stockées sur des supports variés de façon permanente ou bien itinérante sur des disques d'ordinateurs ou des supports amovibles. Ces données peuvent être reproduites sur de nombreux supports (papiers, écrans, papiers électroniques...) et même être consultables n'importe où et par n'importe quel moyen informatique fixe ou mobile (PC, téléphone portable...). La numérisation va donc révolutionner l'accès à l'information et à la connaissance. De nombreux chercheurs peuvent travailler simultanément à distance sur les mêmes documents ou bien consulter des documents rares autrefois peu accessibles.
- **Facilité de consultation** : La consultation de documents numériques offre un confort visuel sans précédent, une navigation plus performante et une recherche d'information plus efficace en comparaison avec les formes traditionnelles de consultation des livres ou des microfilms. En effet, les moteurs de recherche permettent de retrouver efficacement et de comparer rapidement les informations, dans plusieurs bibliothèques numériques. Néanmoins, ces moteurs de recherche fonctionnent uniquement sur des textes électroniques et ne peuvent pas indexer l'information directement à partir des images. Une solution à ce problème consiste soit à décrire manuellement leurs contenus, soit à développer des

d'outils permettant l'accès distant et collaboratif à des livres numérisés du XVI^e siècle sans passer obligatoirement par les bibliothèques depositaires des originaux. DEBORA met donc à la disposition des lecteurs, des ouvrages rares qui ne pouvaient être consultés que par un petit nombre de spécialistes et d'érudits, dans les fonds anciens des bibliothèques elles-mêmes. Le XVI^e siècle a été privilégié, parce que c'est à cette époque que le livre imprimé a commencé à prendre sa forme moderne.

3. La numérisation du patrimoine en Algérie :

Le patrimoine algérien dispose actuellement de nombreux documents anciens, du Moyen-âge jusqu'à nos jours. Ces documents possèdent des contenus très variés, ils peuvent être manuscrits ou imprimés, écrits avec des alphabets différents (Latin, Arabe, Grec...) et avoir des formes différentes de mise en page (voir les figures 2.2 et 2.3). Ces bases de plusieurs dizaines de milliers d'images couvrent une large période de l'histoire et nous ont permis de mesurer la grande variété des contenus et des problèmes liés à la qualité de ces images. On ne connaît actuellement aucune méthode de restauration qui peut s'adapter à une telle variété de documents. Il faut donc trouver les traitements les plus génériques possibles qui soient indépendants des contenus des images.



Figure 2.2 : l'état des documents du patrimoine algérien.



Figure 2.3 : Exemples des anciens documents dégradés.

La numérisation du patrimoine culturel permet de sauvegarder les originaux des films, ouvrages, ou manuscrits pour éviter leur détérioration avec le temps et offre un accès en ligne.

Trois principaux établissements sont chargés de cette mission :

- Le centre algérien de la cinématographie(CAC) pour le patrimoine filmique et documentaire (Cinéma).
- La Bibliothèque nationale pour les livres et manuscrits.
- Et le Centre national des manuscrits d'Adrar pour les manuscrits.

A. Centre Algérien de la Cinématographie (CAC) : [8]

L'une des principales missions du centre algérien de la cinématographie est la numérisation du patrimoine filmique et documentaire (environ 50.000 films à numériser). L'informatisation des archives nécessite au préalable :

- Catalogage des documents et copies des films.

- Inventaire de tous les documents didactiques et filmiques avant leur numérisation.
- Etude des besoins pour le choix de faisabilité de numérisation.

B. *Bibliothèque Nationale d'Algérie (BNA)* : [8]

L'une des principales missions de la Bibliothèque Nationale d'Algérie est la numérisation de l'ensemble du Fonds livres et manuscrits:

Environ 600.000 ouvrages (périodiques, manuscrits, ouvrages rares, fond Arabe, fond International, collections, affiches, cartes, photos, etc.)

La numérisation comporte trois grandes étapes à savoir :

- La digitalisation des fonds.
- Le stockage et la gestion de fonds numérisés.
- La consultation des fonds numérisés.

C. *Centre National des Manuscrits D'ADRAR(CNMA)* : [8]

Créé par décret n°06 - 10 du 15 janvier 2006, il a pour missions principales :

- La conservation des manuscrits selon les méthodes scientifiques modernes.
- La réalisation de l'inventaire général et la classification des manuscrits.
- Le catalogage scientifique des manuscrits.

A cet effet, le centre dispose d'un *Service de reprographie* qui a pour mission de numériser, stocker dans une base de données exploitable:

- Numériser et photographier les manuscrits en utilisant les différents moyens modernes de photographie (photographie numérique, scanner) ;
- Archivage des documents numériques et création d'une banque de données ;
- Création d'une bibliothèque virtuelle accessible ;
- Photographier les manuscrits auprès des particuliers détenteurs d'armoires (khizanats).

4. **La restauration des images dégradées:**

Il existe actuellement des images de documents numérisés de différentes origines, de qualité très variable ; elles présentent des dégradations dues au processus de numérisation et montrent des documents dégradés par l'usure du temps. Ce sont ces deux sources de dégradation qui sont au cœur des problèmes actuels et qui rendent difficile l'exploitation de ces images. La restauration numérique des images constitue

alors une solution pour retrouver la représentation la plus fidèle possible du document d'origine. Nous définirons plusieurs types de restauration :

- **La restauration physique** : Elle a pour principal objectif la conservation et la sauvegarde des documents anciens ou fragiles. En effet, ce patrimoine écrit dont la valeur historique ou artistique est souvent inestimable n'échappe pas, en dépit des précautions prises, à l'usure du temps (vieillesse, modification des couleurs, porosité du papier, acidité de l'encre, humidité et variation de la température de stockage, présence d'insectes, sinistres...). La restauration physique consiste à redonner au document sa forme originale. Ce sont des méthodes de restauration physico-chimiques qui permettent de ralentir le vieillissement des documents et de renforcer les supports.
- **La restauration numérique** : Elle regroupe l'ensemble des opérations de traitements informatiques qui ont pour objectif de retrouver la qualité de l'image originale avant sa dégradation par le processus de numérisation. Le traitement de l'image permet de corriger les défauts qui apparaissent lors du processus de capture d'images. Ces défauts sont notamment des défauts géométriques (inclinaison du document, courbure apparente le long de la reliure...), des défauts optiques (éclairage non-homogène, netteté de l'image...), des défauts électroniques (bruit et qualité du capteur), des défauts informatiques (traitements destructifs de l'image sans sauvegarde des originaux, compression avec perte...) ou même des défauts extérieurs dus aux conditions de la prise d'image (présence d'éléments non-désirés, extérieurs au document). Dans ce cas précis, le traitement numérique doit être le dernier recours si on ne peut ni refaire une autre capture d'image ni améliorer les conditions de la numérisation ; il peut rarement retrouver l'information déformée par le processus de numérisation.
- **La restauration virtuelle** : Elle cherche à retrouver la forme originale des documents par des méthodes de traitement des images. Elle est donc complémentaire à la restauration physique. Elle permet par exemple de retrouver la couleur d'origine, d'atténuer le verso quand il traverse le recto, de remplir les trous, d'enlever les taches ou de corriger la courbure après la restauration de la reliure. Il existe aujourd'hui une polémique sur l'intérêt de restaurer «virtuellement» les documents numérisés. Certains pensent qu'il est important de

retrouver le document tel qu'il était avant les dégradations du temps, d'autres estiment qu'il faut conserver la représentation la plus fidèle possible de l'état actuel du document avec toutes les dégradations subies avec le temps ; tout dépend de l'usage que l'on fait de ces documents.

Les techniques développées pour la restauration des images de documents ne sont pas la simple transposition des techniques existantes dédiées aux images naturelles. L'explication se trouve tout simplement dans les différences qui existent entre les images naturelles (Figure 2.4) et les images de documents (Figure 2.5). Les images de documents sont des images particulières qui possèdent les spécificités suivantes :

- Ce sont des images de traits qui forment des structures complexes qui doivent être préservées comme les lettres.
- Les informations sont concentrées sur des parties très réduites de l'image. La simple perte d'une partie infinitésimale peut rendre un texte illisible.
- Il existe une certaine continuité le long des lignes de mêmes intensités.
- La distribution statistique des couleurs montre des classes rarement séparables linéairement.
- La proximité colorimétrique entre les différentes couches d'information rend particulièrement difficile leurs séparations quand elles sont mélangées comme la séparation entre le recto et le verso par transparence.
- Les dégradations sont aléatoires et donc rarement modélisables et prédictibles. Les méthodes à base d'apprentissage ou de modélisation sont généralement limitées au traitement d'une seule dégradation sur des documents particuliers.
- Les dégradations peuvent se superposer de façon non-linéaire rendant très difficiles leurs séparations.

D'après F.Derira [4], elle a établi une classification non-causale des dégradations des documents qui permet de traiter un ensemble de dégradations par une même méthode. Ainsi, elle différencie deux familles de dégradations :

➤ **Les dégradations du fond :**

Souvent liées à la détérioration du support papier, elles font apparaître des taches d'humidité et laisse les textes du verso passer au recto par transparence. Elle considère ces défauts comme un problème de séparation de couches d'information. Elle traitera ce problème par la segmentation couleur.

➤ Les dégradations des formes :

Elles effacent une partie des traits et déforment leurs contours. Ces dégradations rendent les textes illisibles ou difficiles à segmenter.



Figure 2.4 : Exemples d'images naturelles. Figure 2.5 : Exemples d'images de documents.

3. Conclusion :

Notre travail rentre dans le cadre d'un projet que le CERIST mène avec le centre national du manuscrit d'Adrar. Nous avons pour objectif de restaurer des images dégradées de documents. La restauration (numérique ou virtuelle) doit permettre de répondre à un maximum de besoins et redonner une nouvelle vie aux documents de notre patrimoine.

CHAPITRE 3:

GENERALITES SUR LES MANUSCRITS.

1. Introduction :

Le manuscrit ancien représente une richesse pour les pays, car porteur d'informations inestimables, que ce soit du point de vue du contenu, que du point de vue du contenant, donc le support. Il a ses propres caractéristiques (support, encre, ...).

2. Généralités sur les anciens documents manuscrits :

2.1. Qu'est ce qu'un manuscrit ? [9]:

Un manuscrit (du latin « *manu scriptus* ») est, littéralement, un texte « écrit à la main », que ce soit par son auteur (« manuscrit autographe ») ou non.

La production d'un manuscrit constitue un art et fait intervenir plusieurs métiers simultanément. Nous retrouvons, dans un premier lieu, le parcheminier, le copiste ou le scribe, l'enlumineur et le relieur.

Les manuscrits anciens se présentent essentiellement sous deux formats :

- Le volumen ou rouleau de papyrus.
- Le codex, livre de feuillets manuscrits.

Contrairement aux manuscrits anciens, les manuscrits modernes consistent, pour l'essentiel, en un ensemble de manuscrits des écrivains ou de divers documents officiels (registres de mairies, registres de banques,... etc.).

2.2 Les caractéristiques des manuscrits [9]:

Le propre de tout manuscrit est d'être :

- Un objet unique.
- Qui n'est pas multiplié par des procédés mécaniques de reproduction.
- Défini par son format.
- Son support (papier, parchemin, cuir, etc.)
- Le nombre de lignes par page et de mots par ligne.
- Le style de l'écriture.
- La couleur de l'encre.

Il n'existe donc jamais deux manuscrits identiques, même s'il peut arriver que le texte de deux manuscrits soit identique.

2.3 Genèse des manuscrits :

L'assemblage de feuillets de manuscrits forme un codex. Par extension le terme de codex a été employé pour des recueils de lois d'où le nom de code [10].

Le format du codex dépend de la façon dont est plié le feuillet : en deux, in folio, en quatre, in quarto, en huit, in octavo,... etc.

Le premier support de transcription fut le parchemin, conçu à partir de peaux d'animaux, puis de papyrus. Le papier ne vit le jour qu'au cours du 14ème siècle.

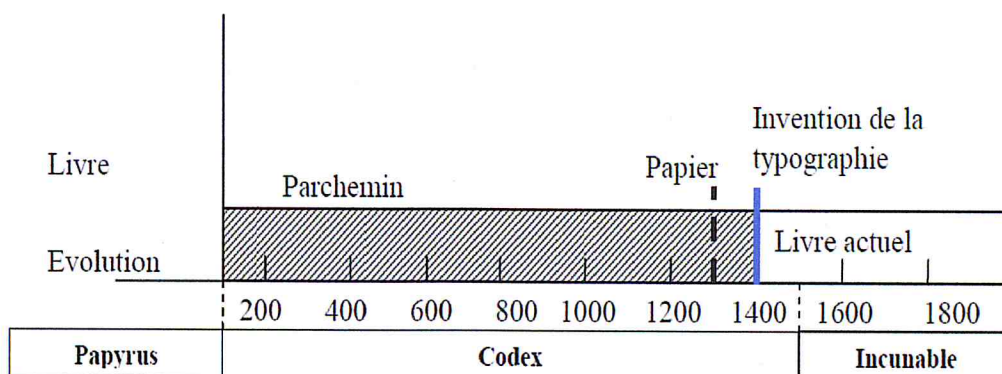


Figure 3.1 : Evolution du support de manuscrits [10].

Les manuscrits ne respectent aucunement une forme ou une structure bien définie. Ils sont, généralement, de dimensions inégales et formés d'un nombre de pages très varié. Nous retrouvons certains d'entre eux réduits à une seule page et d'autres allant jusqu'à plus de 500 pages.

3. Description du manuscrit :

Le manuscrit est le véritable témoin de la présence d'un texte à une époque donnée. Il véhicule les connaissances de cette ère. Il serait donc, intéressant de pouvoir accéder au contenu de ces manuscrits. Pour ce faire, il faudrait mettre en place un système de description adéquat des manuscrits.

Un manuscrit est tout d'abord une œuvre produite d'une manière artisanale, utilisant des matériaux rares et coûteux. Il est de ce fait un document archéologique qui peut être approché à travers ses caractéristiques matérielles et son histoire.

Un manuscrit est un document unique, qu'il faut examiner depuis sa fabrication, jusqu'à l'intervention des lecteurs et des possesseurs successifs. Par conséquent, les rédacteurs de notices descriptives de manuscrits doivent relever tous les aspects caractérisant les manuscrits, relatifs à sa composition et à son contenu.

4. Etat des manuscrits en Algérie:

Notre pays recèle un patrimoine très riche en manuscrits, qui n'est pas connu à sa juste valeur car difficile d'accès.

Comme on a cité précédemment en Algérie les trois principaux établissements qui sont chargés de la numérisation du patrimoine culturel sont:

- Le centre algérien de la cinématographie(CAC) pour le patrimoine filmique et documentaire (Cinéma).
- La Bibliothèque Nationale pour les livres et manuscrits (BNA).
- Et le Centre National des Manuscrits d'Adrar pour les manuscrits (CNMA).

On va donner une vue détaillée sur les manuscrits de la Bibliothèque Nationale d'Algérie (services manuscrits). Elle possède un patrimoine important de manuscrits et de documents rares et précieux qui doivent sans cesse être manipulés avec le plus grand soin et conservés dans des conditions normatives et adéquates. Elle a entamé une opération de repérage et de recensement des manuscrits anciens et documents rares à travers les différentes régions du pays, et ce, en vue de les sauvegarder en prenant en charge leur restauration et leur numérisation. Car, rangés dans des khizanates (khizana, en arabe, armoire ou bibliothèque) traditionnelles, ces manuscrits, vieux livres et documents sont exposés à la poussière, et les changements de températures qui, s'ajoutant à la manipulation, les ont fragilisés. Il faut préciser également que l'encre utilisée pour la rédaction des manuscrits peut, au fil du temps, subir des altérations au contact de l'air, et, suite à des réactions chimiques, s'acidifier. Elle peut ainsi devenir un agent destructeur fragilisant un peu plus le support qui peut s'effriter à la moindre manipulation.

Les services de conservation et de reprographie ont pour mission de microfilmer, dupliquer et numériser ces documents fragiles et précieux, de limiter leur consultation et leur manipulation, de les préserver et de leur assurer une bonne conservation. Les missions d'activité de ce service se traduisent comme suit :

A. Activités du service des manuscrits :

- Présentation et conservation des manuscrits et des ouvrages rares et précieux.
- Traitement, classement des manuscrits et reproduction des ouvrages de références sur microfilms, CD rom, et sur papier.
- Elaboration des catalogues et des fichiers.
- Prêt interne des manuscrits et des microfilms.
- Orientation des chercheurs.

- Organisation de plusieurs expositions pour le compte des chercheurs qui fréquentent le service en particulier, des historiens ou des théologiens.
- Reproduction des documents.
- Les demandes de reproduction de manuscrits sur papier, sur microfilm ou CD rom doivent obtenir, au préalable, un accord de la part du responsable du service des manuscrits.

B. Fonds des manuscrits : Le fonds est constitué d'environ 3864 volumes manuscrits dans différentes langues (arabe -turque -perse...).Le plus ancien manuscrit date du 3ème. Ou

4^{ème} siècle (ère de l'hégire), c'est un fragment du Saint Coran écrit sur du parchemin. La collection est de nature encyclopédique et couvre plusieurs domaines comme le Saint Coran – hadith - théologie - droit - politique- administration - philosophie – logique – arithmétique – géométrie - astronomie - tables solaires et calendrier - cosmographie - géographie et histoire de l'Algérie - du grands Maghreb et de l'Afrique- médecine - poésie – littérature.

C. Mode d'acquisition des manuscrits: Le service s'attache à acquérir ce qui peut compléter ses collections ou en faciliter la compréhension. Il s'étoffe actuellement grâce aux différentes sources comme les dons ou legs émanant de personnes physiques ou morales généreuses et grâce aussi aux achats pour lesquels un budget est prévu. Le fonds ainsi recueilli exige souvent un important travail de classement et de recherche avant de pouvoir relier, reproduire, coter et cataloguer tous les documents.

Il conviendrait d'ajouter une place équipée d'un ordinateur pour la lecture des manuscrits reproduit sur CD ROM. Le fonds de la Bibliothèque nationale (BNA) s'est enrichi en 2009 de 164 manuscrits, portant ainsi le nombre total de manuscrits détenus par cette institution à 4258, consistant en des pièces uniques et des pièces très anciennes remontant au 9^e, 11^e et 12^e siècles [12]. « Entre 2005 et 2009, il y a eu l'acquisition de 390 manuscrits, soit une moyenne de 70 manuscrits par an », la BNA lancé un appel à travers la presse pour sensibiliser les personnes détenant des manuscrits ainsi que de vieux ouvrages de valeur pour les faire connaître. « Cette opération permettre à la BNA de faire un inventaire du patrimoine et d'identifier les espaces où sont entreposées ces différentes archives d'une valeur inestimable », la

BNA est l'une des rares institutions dotée d'un laboratoire scientifique et qui a, de ce fait, les moyens techniques de traitement et de restauration. Par ailleurs, afin de répertorier tous les manuscrits, une équipe a conçu le 3^e catalogue de tout le patrimoine en manuscrits de la BNA, en rappelant qu'un 2^e catalogue a été édité par la BNA en 1995 répertoriant 2332 ouvrages, après le 1^{er} catalogue de 1983. Les cinquante pour cent restant du patrimoine en manuscrits de la BNA sont en cours de catalogage, ce fonds existe sous forme de fiches techniques qui constituent une base de travail pour l'élaboration du catalogue général. La BNA a reconsidéré l'évaluation de ces critères d'appréciation en revoyant à la hausse les tarifs qui étaient réellement bas et n'incitaient pas les détenteurs de ces manuscrits à les céder.

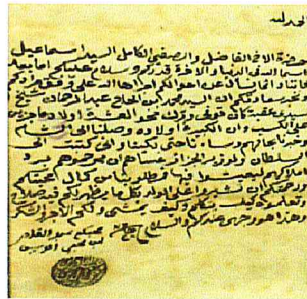
D. Numérisation des manuscrits:

Dans le cadre de la politique de numérisation initiée par la Bibliothèque nationale d'Algérie et sous le thème : « 2009, année de numérisation de la BNA », une station de numérisation, dernière génération, a été acquise afin de numériser l'ensemble des supports dont dispose la Bibliothèque Nationale d'Algérie. Cette station ultra sophistiquée, est équipée avec un matériel de numérisation et microfilmage. Elle est constituée de deux laboratoires, l'un est réservé pour la reprographie et l'autre pour la conservation. Par ailleurs, l'action de numérisation des différents documents et supports (manuscrits - périodiques - ouvrages rares, etc.) est réalisée sur des microfilms et des compacts disques (CD) afin de faciliter d'une part, l'accès à l'ensemble des chercheurs et d'assurer leur conservation, d'autre part. Pour ce faire, et dans un souci d'utilisation optimale et rationnelle de ce matériel, une action de formation spécifique, encadrée par des spécialistes, est réalisée au profit des experts de la Bibliothèque nationale d'Algérie, afin de mener à bien la numérisation des fonds disponibles.

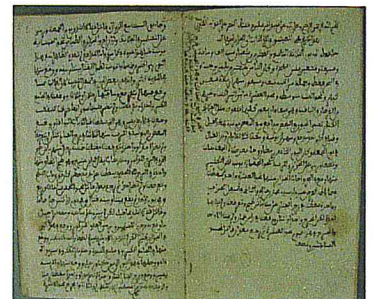
E. Les manuscrits de la BNA [11]: Voici un échantillon des manuscrits qui se trouvent au niveau de la BNA.



Fragments de Coran. Sourate El-nour et Sourate el-Mouminoun, écrit de la belle écriture koufi sur Parchemin, il date du 3^{ème} siècle de l'hégire.



La lettre de l'Amir Abdelkader avec son tampon.



Manuscrit décrivant la rentrée des espagnoles en Algérie.



Coran de forme microscopique de forme octogonale doré sur tranche. Exécuté dans un très joli neskhi persan entièrement vocalisé écrit en 1016 de l'hégire.



Exemplaire royal, exécuté d'une bonne main orientale en 768 de l'hégire. Volume très bien conservé sur papier.



Figure 3.2 : Exemples des manuscrits de la Bibliothèque Nationale d'Algérie.

5. Conclusion :

Les manuscrit mènent une existence en dehors des murs d'institutions officielles (Bibliothèque National, Archives...). Beaucoup de personnes possèdent des collections privées de manuscrits. Ce sont généralement des personnes qui les ont hérités et nombre d'entre elles, sont des nomades et ne se déplacent qu'avec leur trésor.

Depuis longtemps inaccessibles, ces documents sont en danger de disparition ; ils sont déjà dans un état de décomposition très avancé et avancé car les conditions de conservation ne sont pas assurées. Cette situation lamentable concourt à la disparition d'une part importante de la mémoire commune et un appauvrissement de l'héritage de toute la nation.

LA DEUXIEME PARTIE:
DEGRADATIONS ET
RESTAURATIONS DES IMAGES DE
DOCUMENTS.

CHAPITRE 4:

DEGRADATIONS DES IMAGES DE DOCUMENTS.

1. Introduction :

Les images de documents numérisés laissent apparaître souvent de nombreux défauts. Certains dépendent de l'état de conservation du document (la qualité du papier, l'acidité de l'encre, l'humidité du lieu de stockage, vieillissement du support...) ou des modifications apportées par l'homme (annotations, soulignements, mauvaise restauration physique...). D'autres proviennent du processus même de numérisation (résolution insuffisante, courbure apparente, restitution non fidèle des couleurs...). La plupart des travaux, traitant les images de documents anciens, font référence à une classification des dégradations en fonction de leurs causes.

2. Qu'est ce qu'une dégradation ? :

La notion de dégradation des images tient une place centrale dans le présent mémoire. Il convient donc de la définir. On appelle dégradation tous les effets indésirables cumulés nuisant à la lisibilité, au traitement ou à la conservation des images. Les dégradations ont plusieurs origines et l'accumulation des défauts rend difficile leurs séparations. Les dégradations ont des effets plus destructeurs sur les images du manuscrit que sur toutes autres images dites «naturelles» [13].

3. Dégradations physiques du manuscrit :

3.1. Dégradations chimiques :

Le papier est un moyen de stockage fragile et éphémère. Il est constitué par l'essentiel de matériaux naturels ou organiques qui sont chimiquement peu stables, les réactions chimiques, qui peuvent avoir lieu, peuvent provoquer des modifications irréversibles dans la structure des matériaux (Fig.4.1). Les processus chimiques ont des chances de s'intensifier avec l'accroissement de la température, l'humidité, la luminosité et la pollution atmosphérique. Toutes ces réactions chimiques peuvent se traduire, d'une part, par le jaunissement du papier, et de l'autre, par une décoloration des encres et des pigments. Une destruction complète du papier peut avoir lieu par des réactions photochimiques au contact de l'oxygène. L'utilisation des matériaux tels que la colle ou les feuilles de protection en contact direct avec le support papier aide à propager des substances nuisibles qui peuvent ainsi provoquer des dommages.



Figure 4.1 : Exemples des dégradations chimiques.

3.2. Dégradations biologiques :

Les dégradations biologiques des documents (Fig.4.2) sont causées par des organismes vivants qui représentent «les parasites de la civilisation». Les dommages d'origine biologique diffèrent des précédents quant à leurs effets. Ils peuvent être causés par différents agents :

- Les **micro-organismes** (bactéries, moisissures) provoquent des taches dont la couleur varie avec l'organisme pathogène. Ces taches envahissent divers types de matériaux et provoquent des altérations irréversibles. L'humidité et la chaleur favorisent le développement de ces micro-organismes.
- Les **insectes** laissent des traces de morsure et d'excoriations. La concentration de matériaux pouvant servir de nourritures dans les bibliothèques, favorise la prolifération des insectes.
- Les **rongeurs** nuisent en particulier à la partie extérieure des ouvrages. Ils grignotent les couvertures, les reliures et les bords des livres.



Figure 4.2 : Exemples de dégradations biologiques.

3.3. Dégradations physiques d'origine humaine :

L'homme peut contribuer à la dégradation progressive du patrimoine documentaire. Outre les désastres inévitables comme les accidents ou les guerres, certaines dégradations qui sont imputables aux manques dans les règles élémentaires de conservation, peuvent être évitées. Par manque de moyens financiers, les bibliothécaires ne peuvent pas toujours investir dans des systèmes de climatisation pour réduire l'humidité. Certaines n'ont ni sécurité efficace contre les incendies ni alarmes appropriées. Toute manipulation physique, par les conservateurs eux mêmes, détériore les documents fragiles. Citons à titre d'exemple, le cas d'un livre qui tombe par maladresse d'un chariot en cours de transport, un mauvais rangement des microfilms provoquant des rayures. En outre, les bibliothécaires n'hésitent pas à apposer systématiquement des tampons à toutes les pages et même sur les parties écrites les rendant ainsi illisibles (Fig.4.3). Les annotations (numéros de pages, dates, explications, traductions...) et les rayures (corrections, censures...) effectuées par les chercheurs et les conservateurs contribuent à «l'histoire» de l'ouvrage mais aussi à sa dégradation. Les erreurs de restauration constituent le cas le plus extrême de dégradations humaines pouvant être facilement évitées. La restauration de la reliure, des iconographies ou la consolidation des supports papier peut être mal réalisée et détériore encore plus le document. Enfin, la consultation physique des ouvrages est aussi une des principales sources de destruction des documents fragiles. C'est la raison pour laquelle, les bibliothécaires limitent l'accès aux ouvrages les plus précieux.



Figure 4.3 : Exemples de dégradations d'origine humaine.

4. Dégradations dues à la capture [13]:

La numérisation, même de qualité, n'est qu'une représentation imparfaite, à un moment donné, d'un objet physique. Tout dépend des conditions de la prise d'image (placement, éclairage, réglages...) et de la qualité du numériseur (capteur linéaire ou matriciel, bruit du capteur, précision de l'optique et de la mécanique, algorithmes de prétraitement, codage interne des couleurs...). Les choix techniques effectués (choix des paramètres du matériel, des prétraitements et des formats de fichiers) par les acteurs de la numérisation ont plus d'incidence sur la qualité des images que les problèmes précédemment cités.

4.1. Dégradations matérielles :

Nous distinguons principalement deux façons de numériser :

La numérisation directe du document original et la numérisation indirecte faite à partir d'une copie du document original (microfilms, photographies, négatifs, reproductions imprimées ou photocopies). La numérisation de copies est plus simple à mettre en œuvre et à automatiser mais la qualité des images produites est très inférieure à celle obtenue par la numérisation directe du document original.

a. Les limites technologiques de la numérisation de documents :

La numérisation est un procédé de codification numérique des rayonnements visibles reflétés par un objet éclairé. Elle réalise deux opérations principales [14]:

- **L'échantillonnage spatial** : Les rayonnements lumineux sont discrétisés spatialement sur une grille dont la finesse dépend du nombre d'éléments photosensibles du capteur. Chaque élément de la grille constitue une information élémentaire appelée pixel qui est décrit par ses coordonnées spatiales (x, y) et sa valeur dans l'espace des couleurs $I(x, y)$. Le processus d'échantillonnage peut ainsi être vu comme la multiplication de l'intensité par un réseau de distributions de Dirac.
- **Une quantification des intensités lumineuses** : La valeur de chaque pixel $I(x, y)$ mesure le rayonnement quantifié sur cette surface élémentaire par le capteur. Les couleurs sont codées par des nombres entiers dont la précision dépend du type de capteur utilisé et de la qualité du codage des couleurs. Généralement, le codage est effectué sur n bits autorisant 2^n valeurs. Pour l'acquisition en couleur, chaque pixel $I(x, y)$ est alors codé par un vecteur à trois composantes (R, V, B) pouvant

chacune prendre 2ⁿ valeurs. Par conséquent, les couleurs ne sont pas toutes représentées lors de la phase de quantification.

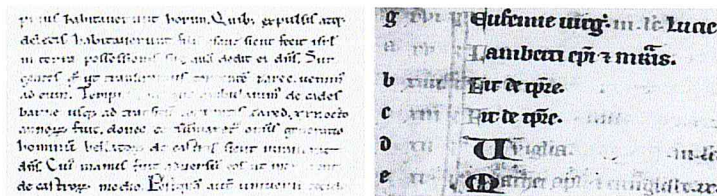
Par définition même du passage du continu au discret, la numérisation discrétise et donc appauvrit l'information spatiale et colorimétrique. La réduction de l'information spatiale va générer des effets de pixellisation (lignes en escalier, image en mosaïque) visibles en agrandissant l'image autour des traits fins. La perte d'information colorimétrique, moins perceptible, gêne les traitements informatiques. En outre, l'éclairage est crucial pour la fidélité de la couleur. Ainsi, la présence d'éclairage, comme la lumière du jour ou un mauvais réglage de la position de l'éclairage, produit des effets indésirables sur l'image finale. Étant donné que le capteur enregistre une lumière reflétée par l'objet, celui-ci doit être positionné perpendiculairement à l'axe de la caméra. Dans le cas contraire, la lumière peut être mal réfléchie, ce qui réduit la luminosité et affecte les couleurs. Suivant la qualité de l'optique, la distance focale doit être constante pour ne pas perdre la netteté sur toute la surface du document. Ce sont ces phénomènes qui expliquent les problèmes liés à la courbure des livres autour de la reliure. Les supports physiques n'ont ni la même texture ni la même qualité de réflexion. Les supports anciens en peaux, par exemple, peuvent être trop brillants par rapport à d'autres supports comme le papier ou le parchemin qui absorbent plus la lumière. Par conséquent, les réglages de la caméra et des éclairages sont très critiques et ne doivent absolument pas changer lors de la numérisation d'un même ouvrage. En plus, la qualité de la caméra, de l'optique, de la mécanique et de l'électronique est aussi très importante dans la restitution fidèle de l'image.

b. Les limites de la numérisation des microfilms:

Les responsables de fonds patrimoniaux ont, depuis plusieurs décennies, microfilmé une grande quantité de documents dont les originaux sont, pour certains, disparus ou détruits. Pour des raisons économiques, les responsables de fonds patrimoniaux ont longtemps préféré la numérisation des microfilms à la numérisation directe des originaux ; aussi, il existe actuellement une grande quantité d'images de documents issues de la numérisation des microfilms. Il convient donc de s'intéresser aux dégradations causées par le processus de microfilmage, de conservation des microfilms et de leur numérisation.

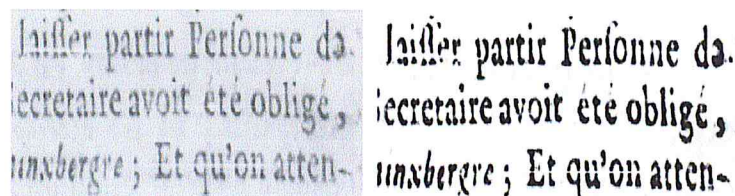
Le microfilmage est une opération photographique visant à stocker un grand nombre d'images sur une bobine de faible taille. Pour réduire l'image sur un microfilm, il faut tout d'abord perdre l'information couleur et augmenter le contraste de façon à conserver la lisibilité des lettres. Par conséquent, le microfilm est une copie qui a perdu définitivement toute l'information colorimétrique et une grande partie de l'information sur la luminosité. La numérisation de ces microfilms ne permet pas de restituer l'information perdue. Les images numériques ainsi générées utilisent seulement quelques niveaux de gris. Les traits les moins contrastés, à l'origine en couleurs claires, sont irrémédiablement effacés (Fig.4.4(a)).

Le microfilm est aussi un support fragile qui s'use après de nombreuses manipulations lors du visionnage. Les rayures laissées par les frottements et les manipulations mécaniques sont généralement visibles (Fig.4.4(b)).



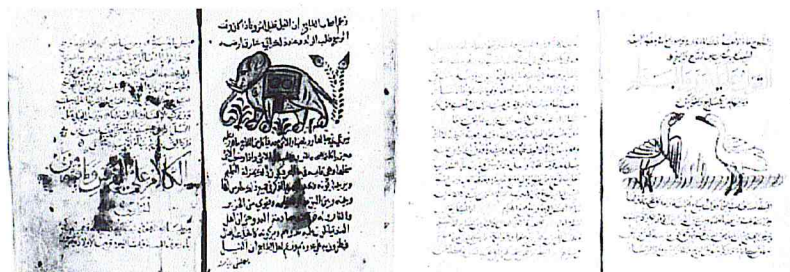
(a) Perte d'information couleur sur les images numérisées des microfilms

(source : IRHT)



(b) Rayures sur les images numérisées des microfilms (source : Gazette de Leyde

Lyon II)



(c) Variation du temps d'exposition sur les images issues de la numérisation de la même bobine de microfilm et d'un même ouvrage (source BNF)

Figure 4.4 : Limites de la numérisation des microfilms.

Sous la forme de bobines, les microfilms sont numérisés à très grande vitesse avec des appareils dédiés. Pour augmenter la vitesse de numérisation d'une bobine de films, les fabricants réduisent les temps d'exposition et poussent les limites optiques et mécaniques des matériels produisant ainsi des images de qualité très moyenne avec une résolution souvent insuffisante. De plus, on observe fréquemment des temps d'exposition très différents d'une image à l'autre sur la même bobine produisant périodiquement des images surexposées et donc trop claires suivies d'images trop sombres (Fig.4.4(c)). Compte tenu de ce qui vient d'être rappelé, la qualité des images issues de la numérisation de microfilms s'apparente à celle des images binaires.

4.2 Dégradations numériques :

Les dégradations numériques sont les conséquences des choix technologiques délibérés ou accidentels comme le paramétrage du matériel, les prétraitements irréversibles et la compression avec perte des images. Les bibliothécaires ont très souvent privilégié la numérisation rapide de masse sur une numérisation de qualité. Pour réduire les temps d'acquisition et diminuer les coûts de la numérisation, ils ont fait des choix techniques qui auront des conséquences beaucoup plus graves sur la qualité des images. La réduction délibérée de la résolution spatiale ou colorimétrique et l'utilisation de formats de compression avec perte sont encore très largement utilisées pour sauver l'espace disque et réduire les coûts de stockage des images. Les dégradations numériques sont aussi causées par une mauvaise utilisation du matériel. Citons, à titre d'exemples, l'application d'une méthode de compression d'images couleur sur une image binaire, le changement d'un format de fichier à un autre, l'application de traitements destructifs comme la correction du contraste ou le rehaussement de la netteté. Tous ces traitements réalisés modifient définitivement l'information. Il convient donc d'étudier les conséquences de ces pertes d'information sur les traitements et la lisibilité.

a. L'inadéquation de la résolution à la taille des textes :

La résolution représente la finesse de la grille utilisée pour discrétiser les rayonnements visibles. Elle s'exprime en nombre de points par pouce (DPI : Dot Per Inch) ou en nombre de pixels par pouce (PPI : Pixels Per Inch). Plus la finesse de la grille diminue, moins les détails sont préservés (Fig.4.5). Une faible résolution

s'accompagne généralement d'une perte de la topologie de l'objet transformant par exemple la lettre «e» en lettre «c» ou supprimant les espaces entre les lettres adjacentes (Fig.4.6). Une bonne résolution aide à mieux distinguer les détails fins, mais elle requiert la réservation d'un grand espace de stockage. Pour réduire les coûts tout en générant des images numériques exploitables, il faut trouver un compromis entre la taille des images et leur qualité. En outre, lors de la numérisation d'une collection, la résolution est fixée à l'avance indépendamment des contenus des textes. La figure 4.7 montre un exemple d'une image illisible à cause d'une résolution insuffisante sur des textes de très petite taille.

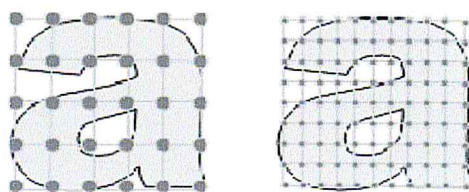


Figure 4.5 : Finesse de la grille pour une faible et une forte résolution.

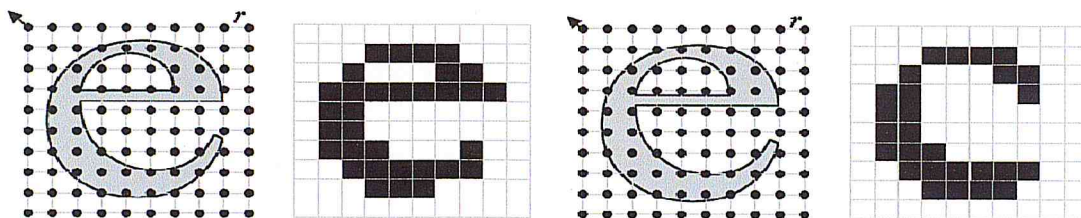


Figure 4.6 : Perte de la topologie avec le déplacement aléatoire d'une grille de résolution.

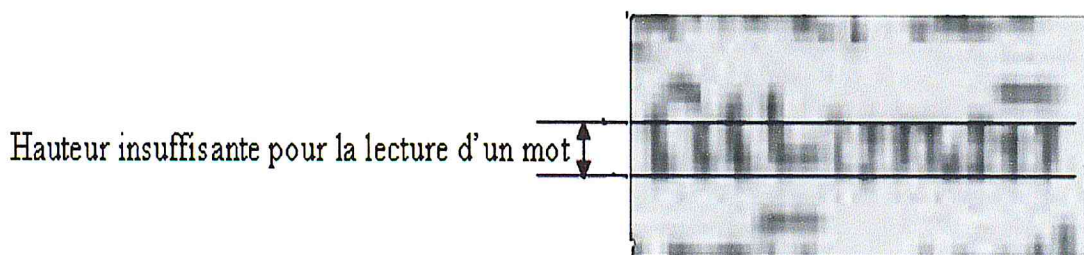


Figure 4.7 : Problème d'une faible résolution sur une image de trait.

b. Choix de la compression avec perte :

La manipulation des images de documents requiert un temps et un espace disque qui augmentent en fonction de leur taille ; d'où l'intérêt de les compresser afin de réduire leur taille. Le choix des formats de compression est très critique car il peut entraîner une altération irréversible des données. Toute information abandonnée

ne sera pas récupérée à la décompression, s'il s'agit d'une compression avec perte. L'exemple le plus célèbre est certainement l'encodage JPEG des images.

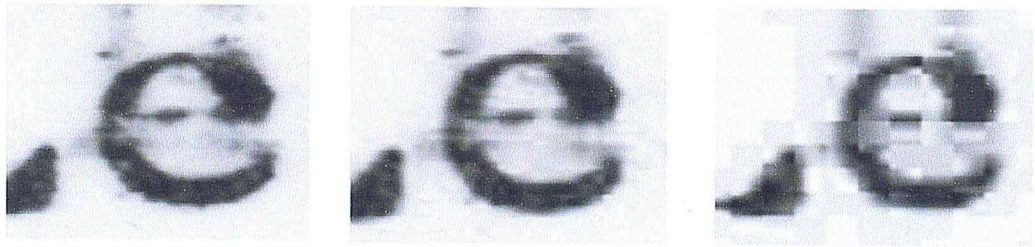


Figure 4.8 : Aspect destructif de la compression JPEG ; de gauche à droite respectivement : l'image originale et ses versions compressées avec un facteur de qualité 50 % et 10 %.

Cet encodage introduit une analyse fréquentielle sur des blocs de taille réduite (généralement de taille 8x8 pixels). Il a pour principe de privilégier un fort lissage sur les zones uniformes et un faible lissage sur les zones très contrastées. La quantification indépendante de chaque bloc 8x8 de l'image provoque des ruptures des traits. Nous percevons sur l'exemple (Fig.4.8) la présence d'artéfacts sur les frontières des carrés qui sont de plus en plus flagrants si on autorise à supprimer de nombreuses fréquences. On peut perdre jusqu'à 50% de l'information pour un facteur de qualité variant entre 100% et 90% [15]. Le format de compression JPEG dégrade ainsi les formes des caractères ; dégradation d'autant plus sensible que la taille de la police est petite ou que la résolution est très faible. Cela s'explique par l'augmentation de la complexité des frontières des lettres à l'intérieur des macro-blocs que le filtrage fréquentiel ne peut plus restituer. Malgré le développement de formats de compression moins destructifs comme JPEG2000 ou comme les méthodes de compression adaptées aux documents comme le format DjVu [16] ou le format développé pour le projet DEBORA [17], la compression JPEG est le format de compression le plus utilisé pour la sauvegarde et la diffusion.

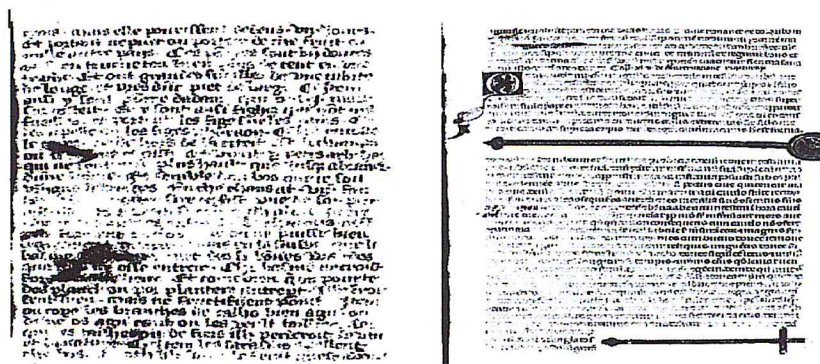
c. Le problème de la numérisation en binaire :

La binarisation est un traitement irréversible qui permet de transformer une image en niveaux de gris ou en couleur en une image noir et blanc en fonction d'un seuil à définir. Toute valeur de pixel supérieure à un seuil fixe aura la valeur 255 (blanc), 0 (noir) sinon.

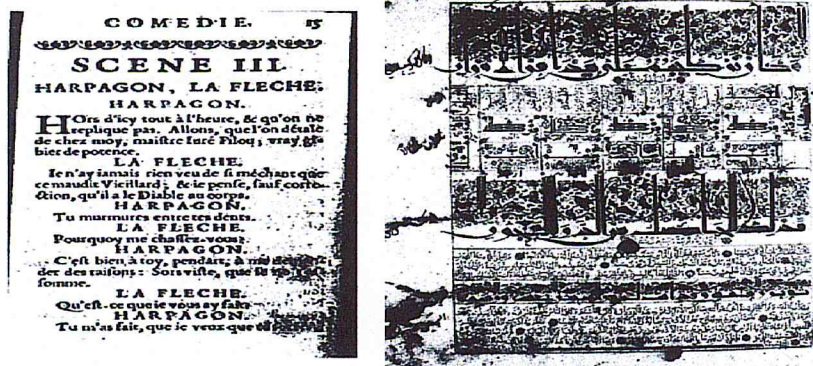
Le choix du seuil de binarisation est donc crucial. Des algorithmes de binarisation à seuils adaptatifs, comme ceux proposés par Sauvola ou Niblack,

conduisent à des résultats intéressants, mais la qualité des images binaires produites dépend du document original. Un document original dégradé aboutit généralement à une image binaire de mauvaise qualité.

La binarisation échoue systématiquement sur des documents faiblement contrastés, ou lorsque les couleurs des encres et du papier ne sont pas uniformes (Fig.4.9 (a)). Les dégradations du support, comme l'apparition du verso par transparence sur le recto et la présence de taches d'humidité, sont conservées dans l'image binaire (Fig.4.9 (b)). En outre, le bruit du capteur étant plus élevé sur les zones de fortes variations d'intensité, la binarisation fait systématiquement apparaître des irrégularités aléatoires sur les contours des caractères (Fig.4.9 (c)). Elle modifie la topologie des formes en fonction de la résolution limitant ainsi les possibilités de segmentation des caractères et des mots (Fig.4.9 (d)). Les images en couleur ou en niveaux de gris sont beaucoup plus lisibles et plus facilement interprétables par une machine que les images binaires, les niveaux de gris ou la couleur apportent une information supplémentaire qui compense le manque de résolution.



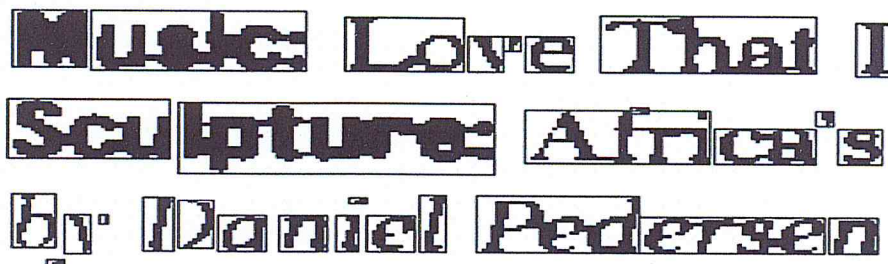
(a) Binarisation de documents en couleurs non homogènes (IRHT).



(b) Binarisation de documents dont le support est dégradé (BNF).



(c) Agrandissement des défauts visibles du bruit sur le contour des caractères dans une image binaire
(Trévoux)



(c) Effet d'un manque de résolution : déformation des caractères, collage de caractères proches et division des caractères en morceaux

Figure 4.9: Limites de la numérisation en binaire.

2. Une classification non-causale des dégradations :

F.Derrira [13] propose une nouvelle classification orientée traitements d'image qui regroupe les dégradations décrites précédemment en fonction des méthodes de restauration possibles.

5.1. Dégradations uniformes :

Ce sont les dégradations qui affectent tout le document de façon uniforme. Elles englobent les dégradations colorimétriques ou géométriques comme l'inclinaison, les variations uniformes des couleurs ou de la luminosité ; elles regroupent les défauts issus d'une transformation globale de l'image qui peut agir uniformément soit sur la localisation des pixels (inclinaison, courbure) soit sur leurs valeurs (transformation de la couleur ou correction de la luminosité). La restauration revient, dans le cas présent, à définir la transformée inverse qui permettra de se rapprocher de l'information telle qu'elle l'était à l'origine. La restauration sera donc possible avec des méthodes globales qui appliquent les mêmes traitements sur toute l'image.

5.2. Dégradations non-uniformes :

Par dégradations non-uniformes on entend toutes altérations qui varient suivant la position dans l'image. Il sera nécessaire d'utiliser des traitements adaptatifs. Nous avons défini deux sous-classes en fonction de la localisation de l'information par rapport au papier ou au texte : dégradations du fond et dégradations des formes.

a. Les dégradations du fond :

Les dégradations du fond (Fig.4.10) se rapportent aux défauts du support papier comme les taches dues à l'humidité, au passage en transparence du verso, aux annotations et aux ajouts indésirables. Ces artefacts représentent une couche supplémentaire de bruit qui vient se superposer sur le texte original. Restaurer revient dans ce cas à séparer les différentes couches pour en extraire celles qui appartiennent au document original. Une dégradation du fond peut aussi contribuer à la dégradation du texte. Par exemple, le passage du verso sur le recto, les trous et les taches du support papier, rendent la lecture du texte très difficile.



Figure 4.10 : Dégradations du fond sur une image (source IRHT[13]).

b. Les dégradations des formes :

Nous appelons dégradations de formes celles qui modifient la continuité des traits et la topologie des objets. Différentes dégradations peuvent apparaître sur les caractères : rupture des traits, caractères tronqués, vide dans les traits, fusion de caractères, effet d'escalier.... En outre, l'apparition des effets de transparence ou de trous risque de rendre certains caractères illisibles. Le mot de la figure 4.11 peut représenter les mots «parts», «paris» ou «parle». Ces dégradations sont très

pénalisantes pour la lisibilité des textes et pour la reconnaissance automatique des formes.

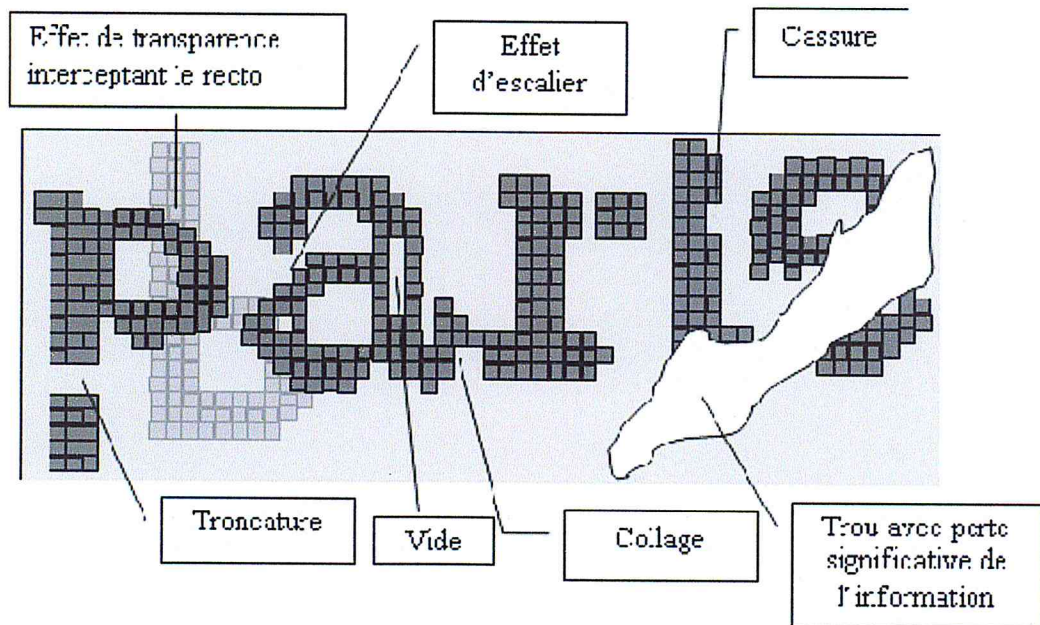


Figure 4.11 : Dégradations des formes sur une image de synthèse.

6. Conclusion :

Nous venons de voir que les dégradations peuvent provenir de causes multiples. Nous avons montré qu'elles affectent la qualité visuelle des images et peuvent engendrer une perte significative de l'information. Nous avons mis en évidence les limites de quelques traitements (binarisation, compression) et l'impact d'un mauvais paramétrage (résolution) sur les images de documents. Compte tenu de la variété des dégradations et de leurs causes, nous avons exposé une classification qui regroupe les dégradations qui peuvent être traitées avec les mêmes méthodes.

CHAPITRE 5:

RESTAURATION DES IMAGES DE DOCUMENTS.

1. Introduction:

Nous avons précédemment défini la restauration numérique qui a pour objectif de corriger les défauts causés par le processus de numérisation et la restauration virtuelle cherchant à réparer les dégradations physiques des documents. Qu'elle soit numérique ou virtuelle, la restauration essaie toujours de retrouver l'image la plus fidèle possible. Un autre domaine très proche de la restauration est le domaine de l'amélioration des images. La frontière entre ces deux domaines demeure floue. En effet, l'amélioration et la restauration partagent des méthodes communes mais leur finalité reste différente. L'amélioration cherche à augmenter la qualité visuelle et non à retrouver l'image la plus fidèle possible. Une image fidèle au document original, nettoyée de toutes les dégradations physiques et numériques, n'est pas forcément une belle image qui offre un confort de lecture optimal. Qualité et beauté sont donc deux choses différentes.

2. Problématique:

La numérisation de grandes quantités d'images de documents anciens a créé un nouveau contexte de travail, notamment au niveau des dégradations. Parmi ces dernières, nous allons nous focaliser sur le problème du passage en transparence du verso sur le recto, conséquence de la porosité du papier, de la qualité chimique de l'encre ou des conditions de numérisation. Cette dégradation se traduit par des marques diminuant la lisibilité de l'image du document. Notre étude traite la suppression de ces marques afin d'apporter une meilleure lisibilité aux documents numériques. Une partie représentative d'un document possédant ce type de dégradation est donné sur la figure 5.1. L'application des méthodes de restauration sur ces images dégradées peut être une solution pour extraire le texte original du recto du fond bruité.

Texte du verso passé en transparence sur le recto (vert)

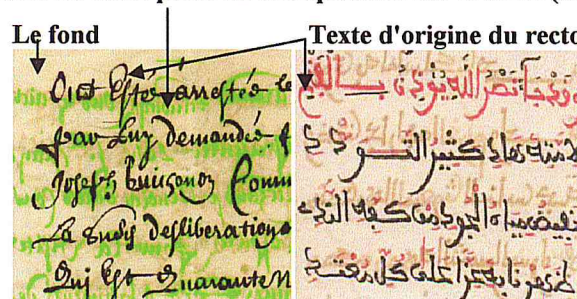


Figure 5.1 - Extrait des images de documents dégradés.

- Qu'est ce que la transparence ? : [18]
- Un phénomène du a l'éclairage :

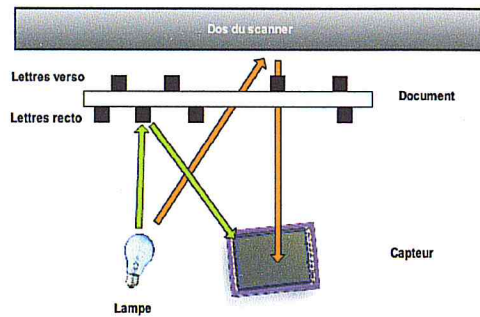


Figure 5.1.1 : Modélisation de la transparence selon G.Sharma.[19]

- Diffusion de l'encre dans le papier :

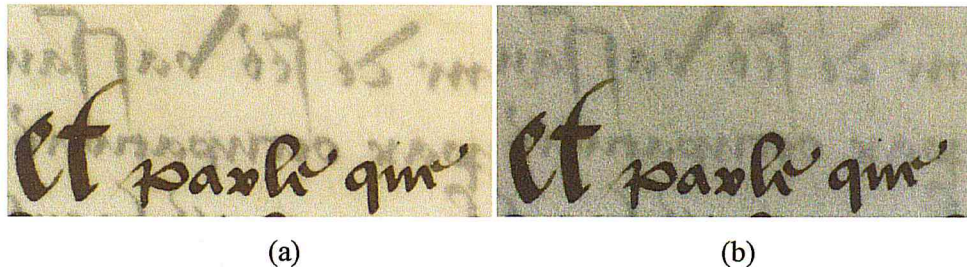


Figure 5.1.2 : Diffusion de l'encre dans le papier : a. Scan d'un document, b. Scan du même document avec une feuille noire derrière le verso.

3. L'état de l'art:

Nous avons précédemment défini la restauration numérique qui a pour objectif de corriger les défauts causés par le processus de numérisation et la restauration virtuelle cherchant à réparer les dégradations physiques des documents. Qu'elle soit numérique ou virtuelle, la restauration essaie toujours de retrouver l'image la plus fidèle possible. Un autre domaine très proche de la restauration est le domaine de l'amélioration des images. La frontière entre ces deux domaines demeure floue. En effet, l'amélioration et la restauration partagent des méthodes communes mais leur finalité reste différente. L'amélioration cherche à augmenter la qualité visuelle et non à retrouver l'image la plus fidèle possible. Une image fidèle au document original, nettoyée de toutes les dégradations physiques et numériques, n'est pas forcément une belle image qui offre un confort de lecture optimal. Qualité et beauté sont donc deux choses différentes.

Plusieurs techniques ou méthodes ont été proposées dans la littérature pour traiter le problème du passage en transparence du verso sur le recto.

Ces méthodes de restauration peuvent être définies selon la disponibilité du verso lors de la restauration du recto: des méthodes « non-aveugles » en cas d'une restauration utilisant le verso et des méthodes « aveugles » en cas d'une restauration sans verso.

3.1 Méthodes de restauration supervisées :

Les méthodes dites «non-aveugles» ou **supervisées** sont des méthodes de restauration basées sur des connaissances a priori du contenu des documents. Elles sont essentiellement basées sur l'exploitation des informations présentes sur les deux faces (recto/verso) d'un document image. Elles utilisent des informations externes, fournies par l'utilisateur, qui ne peuvent pas être extraites de l'image elle-même.

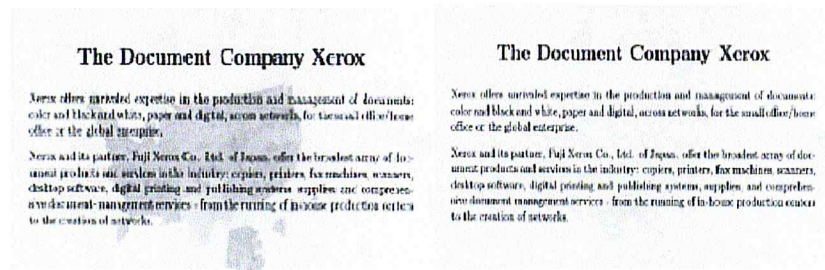
Les méthodes supervisées sont très efficaces mais elles nécessitent toujours des données extérieures qui ne sont pas toujours disponibles. Par exemple, la séparation entre le recto et le verso par recalage requiert deux prises de vue séparées du recto et du verso de la même page. Ces méthodes de restauration ne sont pas suffisamment génériques pour traiter tous les types de document.

Parmi les travaux de recherche sur la restauration des images de documents, nous trouvons beaucoup d'articles qui abordent la séparation entre le recto et le verso.

➤ Séparation recto/verso par recalage :

Le recalage a été plus particulièrement appliqué pour la suppression des marques en transparence avec la présence des deux faces du document (recto/verso associé). Le principe consiste à mettre en correspondance les deux faces d'une même page pour en extraire le texte original associé à chaque face.

- L'approche de Sharma [19] applique un filtre linéaire adaptatif sur les deux faces du document simultanément. Le cas de passage en transparence de l'écrit n'a, semble-t-il, pas été traité et nous donnons dans la figure 5.2 le seul résultat publié par l'auteur ; il faut remarquer que les deux parties à séparer sont de natures différentes (texte et image).

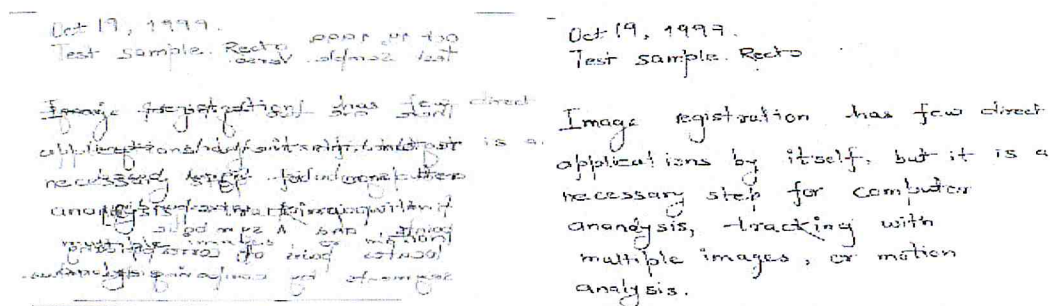


(a) Recto du document dégradé (b) Recto du document restauré

Figure 5.2 : Suppression des taches en transparence par recalage (Sharma 00).

- Une autre méthode, proposée par E. Dubois et A. Pathak [20], consiste à traiter en même temps les deux faces (recto/verso) du document et à comparer les intensités des pixels du recto avec son correspondant du verso. Si l'intensité du pixel du recto est moins élevée que celle du verso, sa valeur est alors conservée.

La figure 5.3 montre un exemple d'application de cette méthode.



(a) Le recto d'un document de test avec une fuite significative du verso. (b) Le recto du document restauré après application de la méthode.

Figure 5.3 : Suppression des taches en transparence par recalage [E. Dubois et A. Pathak 01]

- Tan et al [21] ont présenté une méthode de séparation du texte à partir d'un fond bruité avec effet de transparence. Cette technique est basée sur l'utilisation des ondelettes directionnelles.
- Une autre méthode pour le rehaussement de l'image de document historique est proposée par Mello C.A.B et Lins R.D [22] et vise à améliorer la lisibilité du document.

Toutes ces méthodes aboutissent à de bons résultats. Néanmoins, leur dépendance vis-à-vis des deux faces du document limite énormément leur application. En outre, la nécessité de procéder au recalage rend l'application de ce type de méthode assez compliquée. Une mise en correspondance parfaite est exigée.

Ceci n'est pas évident à mettre en œuvre si les deux faces du document sont de résolution différente ou déformées au cours de la numérisation. On conçoit donc l'intérêt d'appliquer des méthodes aveugles ne s'intéressant qu'à une seule face à la fois.

3.2 Méthodes de restauration non-supervisées :

➤ Séparation recto/verso par analyse de l'orientation :

Certains documents sont caractérisés par des styles d'écriture très orientés. L'analyse de l'orientation s'avère donc efficace pour distinguer le texte du recto de celui du verso.

- Une méthode intéressante à base de filtres orientables [23,24] a été utilisée avec succès pour la séparation recto/verso en transparence, l'analyse de l'orientation s'avère donc efficace pour distinguer le texte du recto de celui du verso.
- Une approche directionnelle de restauration proposée par Wang et al. [23] utilise la technique des ondelettes. Le principe consiste à définir une transformée en ondelettes capable de séparer les traits suivant les directions 45° et 135° . Ainsi, le recto va être obtenu dans l'image filtrée dans la direction 45° et le verso dans l'image filtrée dans la direction orthogonale à la première. Néanmoins, certains détails du recto peuvent se projeter sur l'image du verso cassant ainsi les caractères. Les auteurs proposent d'extraire du document original les parties manquantes sur un certain voisinage de taille 7×7 (Fig 5.4). Cette approche est limitée à des cas particuliers de documents (ceux ayant des caractères à une orientation bien définie). Nous classons donc cette approche dans les méthodes de restauration supervisées puisqu' elle nécessite la connaissance a priori des orientations des textes du recto et du verso.

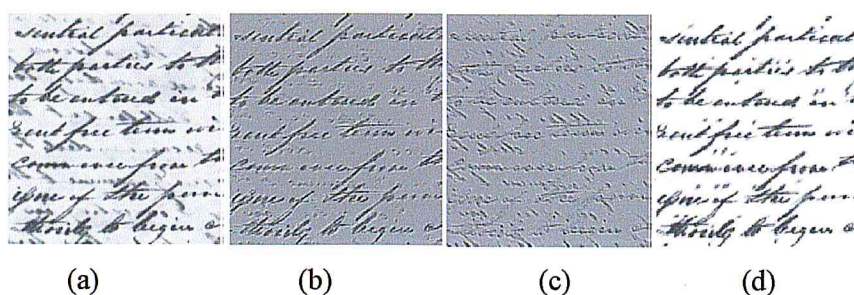


Figure 5.4 : Suppression des taches en transparence par analyse de l'orientation, Wang 03: (a) image de test, (b) image associée à l'orientation 135° , (c) image associée à l'orientation 45° , (d) image restaurée de (a).

En général, les méthodes à base de filtres orientables ne restent applicables que pour des images de document dont le recto et le verso en transparence possèdent des orientations différentes, ce qui n'est pas toujours le cas.

- Séparation recto/verso par analyse des formes :
 - C. Wolf [25] propose une méthode aveugle de séparation entre le recto et le verso basée sur une régularisation de la segmentation par les champs de Markov. La segmentation utilise une approche Bayésienne probabiliste pour classer les pixels du verso qui appartiennent aussi au recto. Cette séparation entre le recto et le verso n'utilise pas d'information sur la couleur ou sur les niveaux de gris. Les champs de Markov capturent la distribution spatiale des pixels et prédisent la configuration la plus probable à partir d'une configuration initiale donnée par la segmentation. Ils tendent à régulariser la segmentation pour préserver la continuité des traits du recto qui croisent ceux du verso (Fig 5.5).

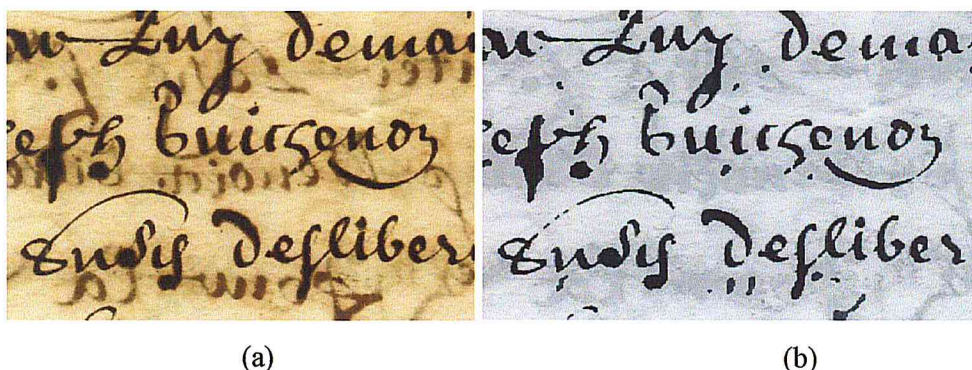


Figure 5.5: Application de l'approche de Wolf 06 : (a) Image d'origine, (b) Image finale de recto séparée du verso.

- Séparation recto/verso par analyse de la couleur :
 - La méthode à base d'apprentissage par réseau de neurones proposé par E. Smigiel [26], utilise une carte de Kohonen pour résoudre le problème de suppression des taches en transparence. Il détermine une classification des pixels en quatre classes (fond, texte, texte coloré et texte du verso). Cette approche nécessite une fastidieuse phase d'apprentissage sur une portion représentative d'une page. La classification ne marche pas si la luminance varie sur une même page ou d'une page à l'autre. Les performances de la séparation par classification dépendent donc de l'apprentissage.
 - La méthode locale hybride de binarisation [27].

- Les travaux décrits dans [28,29,30] sont dédiés à la séparation avant et arrière-plan dans les images de documents couleur.
- DjVu [28] a utilisé une méthode de segmentation qui sert à la compression des images de documents. Cette approche est basée sur une classification multi échelle bicouleur qui examine les groupes de pixels à haute résolution. Cette technique est efficace pour des documents en niveaux de gris et en couleur mais elle est inopérante sur des documents à faible contraste.
- La méthode de segmentation d'images couleurs de Y. Leydier [29] est basée sur la sérialisation de l'algorithme des nuées dynamiques ; elle donne de bons résultats pour la séparation recto/verso (Fig 5.6). Il s'agit d'une classification automatique des couleurs sur une fenêtre glissante parcourant toute l'image. Durant le déplacement de la fenêtre, l'algorithme adapte automatiquement les centres des classes au contexte local. Cette approche permet donc de combiner les avantages d'une segmentation par classification et les méthodes de segmentation adaptatives classiques que l'on trouve dans le domaine du document. Son principal inconvénient réside dans la détermination manuelle du nombre de classes et des couleurs pour chaque classe. C'est donc une approche efficace mais entièrement supervisée qui nécessite l'intervention de l'opérateur pour chaque document.

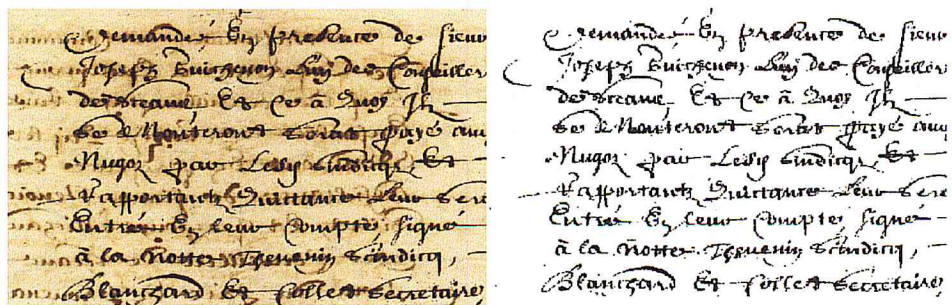


Image originale

Résultat pour K=2 (le nombre de classes)

Figure 5.6 : Application de l'approche de Leydier 04.

- Garain et al [30] ont proposé une méthode adaptative pour la séparation avant/arrière-plan des images de documents couleur à faible contraste. Cette technique utilise l'étiquetage des composantes connexes pour déterminer les composantes à couleur similaire. Les composantes dominantes représentant le fond permettent de détecter les composantes de l'avant-plan. Cette méthode a fourni de très bons résultats par rapport à celle du système DjVu [28] (Fig 5.7).

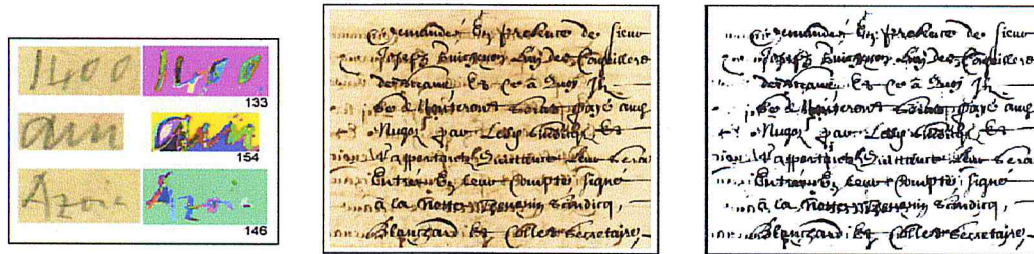


Figure 5.7 : Séparation recto/verso par segmentation et agrégation de régions couleurs : Résultats de la sur-segmentation en régions, image dégradée et restaurée par Garain et al 06.

- Shi et al [31, 32] ont proposé un algorithme de segmentation de documents historiques couleur à arrière-plan irrégulier. Cette méthode est basée sur la normalisation de l'intensité lumineuse de l'arrière-plan. L'algorithme commence par une approximation de l'arrière-plan suivi d'une normalisation de l'avant-plan (par translation et par étirement). Cette méthode a montré des résultats significatifs sur des manuscrits écrits sur des feuilles de palmiers à faible contraste et a permis de résoudre le problème de l'irrégularité de l'arrière-plan.
- F. Drira et al [33] proposent une méthode où son idée de base consiste à classer chaque pixel de l'image du document dégradé dans l'une de ces trois classes : (1) le texte original, (2) le fond et (3) le texte en transparence. Le problème est donc un problème de séparation de couches superposées avec différents niveaux de couleurs. La classe n°3 doit être supprimée de l'image et remplacée par la couleur du fond. Néanmoins, une classification globale non supervisée en trois classes sur l'image entière n'est pas suffisante pour correctement extraire le texte original. Ils ont appliqué l'algorithme des « nuées dynamiques » sur les données décorrélées par analyse en composantes principales dans l'espace des couleurs Rouge-Vert-Bleu. Les résultats montrent qu'une telle application ne permet pas de séparer le recto du verso. Par ailleurs, nous remarquons que la classe image n°1 (Fig.5.8), correspondant au recto, contient toujours des informations reliées au verso même après avoir effectué cette classification. Et après F.Derira [34] propose une deuxième méthode est une amélioration de l'algorithme du Mean-Shift qui réduit sa complexité de calcul (Figure5.9).



Figure 5.8 : Résultat d'une classification globale en trois classes sur une image de document, de gauche à droite : L'image dégradée, image de classe 1, image de classe 2 et image de classe 3 respectivement, présenté par F.Derira et al 07.



Figure 5.9 : Application du Mean-Shift local-global sur des extraits d'images dégradées de documents, à gauche les images de test, à droite les images restaurées, présenté par F.Derira 07.

La figure 5.10 montre les versions restaurées d'un extrait d'une image dégradée respectivement obtenues par la méthode de F.Derira et al 07 et celle de Leydier 04.

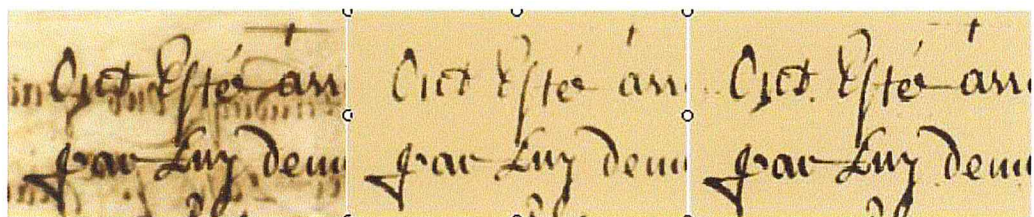


Figure.5.10 : De gauche à droite : Extrait d'une image de document dégradé, image restaurée par la méthode F.Derira et al 07 et l'image restaurée par la méthode Leydier 04.

- Une nouvelle méthode hybride pour la séparation Avant/Arrière-plan pour les images de documents manuscrits arabes anciens couleur proposée par Boussellaa et al [35]. Elle combine deux techniques de segmentation : la séparation

avant/arrière-plan par la normalisation de l'intensité lumineuse de l'arrière-plan et l'amélioration de l'avant-plan obtenu par l'algorithme des k-moyennes après une correction gamma et une normalisation de l'histogramme de l'image de l'avant-plan (Figure5.11).

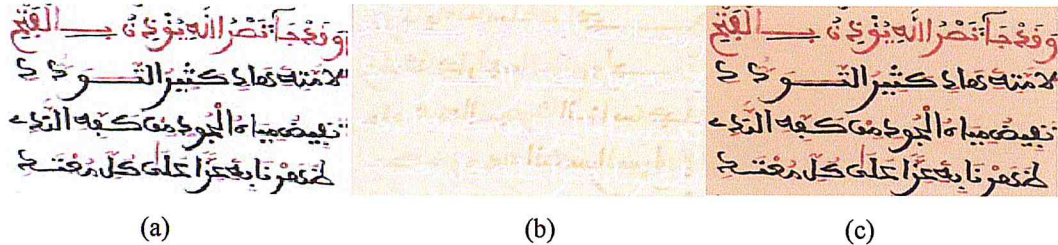


Figure5.11 : Restauration des documents manuscrits couleur: (a) Avant-plan, (b) Arrière-plan, (c) Manuscrit restauré.

➤ Restauration du recto/verso par séparation de sources :

Les taches, qui viennent se superposer sur le texte original du recto, ont généralement une couleur différente qui les distingue du texte original. Nous pouvons ainsi modéliser ces taches par des couches supplémentaires. La séparation de sources permet de séparer ces différentes couches d'information.

- Tonazzini et al [36] proposent, dans ce contexte, une approche utilisant l'Analyse en Composantes Indépendantes (ACI) et plus particulièrement l'algorithme de FastICA pour faire une séparation aveugle du recto et du verso. Cette approche ne nécessite ni l'information du verso, ni un modèle, ni un apprentissage. C'est donc une approche très intéressante du point de vu de l'utilisateur. Cette méthode résout le problème de transparence pour quelques images de documents dégradées (s'agissant le plus souvent d'images de synthèse). Cependant, les résultats associés à des images réelles de document restent bien modestes (Fig.5.12).

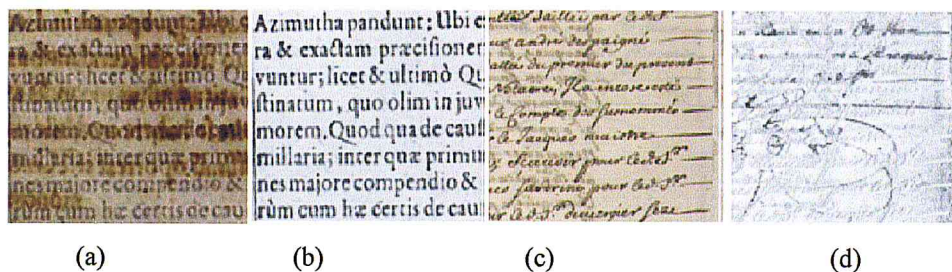


Figure 5.12 : Suppression des taches en transparence par analyse de la couleur : (a) image de synthèse, (b) image restaurée de (a), (c) image réelle, (d) image restaurée de (c), présenté par Tonnazini 04.

➤ Restauration du recto/verso par les techniques de seuillage:

Dans l'analyse d'images de documents et la reconnaissance de symboles, le seuillage est toujours une des premières étapes utilisées avant l'étape de reconnaissance. Elle a donc une grande influence sur la performance des étapes suivantes et sur le résultat final. C'est une technique importante dans les applications de traitement d'images.

Le seuillage est la technique de classification la plus simple où les pixels de l'image sont partagés par un seul seuil s en deux classes : ceux qui appartiennent au fond et ceux qui appartiennent à la scène (l'objet). L'image est alors séparée en deux classes de façon à ce que l'information comprise entre 0 et s est retenue et l'autre non, ou vice-versa.

Soit l'image I ($M \times N$), supposons que $f(x, y)$ représente le niveau de gris du pixel aux coordonnées (x, y) , $0 \leq x \leq M, 0 \leq y \leq N$ et s est le seuil choisi, les pixels de l'objet sont ceux ayant le niveau de gris inférieur à s et les autres ayant le niveau de gris supérieur à s sont des pixel du fond. Alors, l'image résultante G est déterminée par les pixels (x, y) dont la valeur est :

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{si } f(x, y) > s \\ f(x, y) & \text{si } f(x, y) \leq s \end{cases}$$

Un grand nombre de techniques de seuillage ont été proposées dans la littérature, dont chacune est appropriée à un type particulier d'images, tels que les approches dans [37] [38] [39] [40]...

Selon Horaud [41], il existe trois grandes techniques de sélection du seuil s : *global*, *local* et *dynamique*. Comme il y a différentes façons de déterminer le seuil s , il peut être considéré comme une fonction sous forme de $s = t((x, y), p(x, y), f(x, y))$ où $p(x, y)$ représente des propriétés locales du point (x, y) . Si s ne dépend que de la valeur $f(x, y)$ du point, le seuil est *global*, s'il dépend en plus de $p(x, y)$, s est un seuil *local*. Et si s dépend à la fois de (x, y) , de $p(x, y)$ et de $f(x, y)$, on dit que le seuil est *dynamique* ou bien *adaptatif*.

On s'intéresse aux méthodes de seuillage global,

- Dans la méthode de seuillage *global* un seuil unique est calculé à partir d'une mesure globale sur toute l'image. Il nous permet de décider l'appartenance

d'un pixel à l'objet ou au fond. Les méthodes d'Otsu [37], de Kapur [42], Kittler et Illingworth [43], ou de peuvent être tenues comme des représentants de cette approche. Chacun a de différentes stratégies pour atteindre leur but. Par exemple, la méthode décrite dans [37] essaie de maximiser la variance entre deux classes, les techniques d'entropie proposée dans [42], et la technique d'erreur minimale présentée Dans [43], ces trois méthodes sont analysées et comparées dans [44, 45].

- Les différentes méthodes citées précédemment dans les deux catégories sont rangées dans [46].

4. Conclusion :

Nous avons présenté un aperçu des travaux antérieurs les plus fréquemment cités dans la littérature traitant la séparation recto/verso d'images de documents manuscrits. La suite de cette étude traitera l'approche que nous proposons pour résoudre ce problème. Il s'agit d'une méthode aveugle car pour la plupart des images de documents fournis, le verso n'est pas disponible.

CHAPITRE 6:

METHODOLOGIE ET IMPLEMENTATION.

I. Méthodologie :

1. Introduction :

Les ouvrages anciens conservés dans la bibliothèque nationale d'Algérie et le centre national des manuscrits d'Adrar forment une bonne partie de notre mémoire. Ces manuscrits encourent une dégradation progressive et sont menacés d'un réel danger de disparition.

Le traitement automatique de ces documents en vue de leur restauration/exploitation offre un avantage certain, mais il est confronté à de nombreuses difficultés dues au mauvais état de conservation de ces manuscrits et à la complexité de leur contenu. La figure 6.1 illustre les détériorations les plus communes que l'on trouve dans les images de documents anciens telles que l'effet de transparence, la présence de taches d'humidité absorbée par le papier, les variations de la couleur du papier, la présence de plis et de déchirures, et les déformations dues à la courbure naturelle des pages.



Figure 6.1 : Images de documents manuscrits anciens couleurs.

2. Méthodologie proposée :

Le passage en interférence du verso, conséquence de la porosité du papier ou de la qualité chimique de l'encre, entraîne des marques sur le recto dégradant la lisibilité du document. Notre étude consiste à supprimer le verso, pour cela nous allons présenter une nouvelle méthodologie de suppression du verso pour les images de documents manuscrits anciens couleur.

2.1.Principe :

Notre approche consiste à combiner une technique de seuillage pour la séparation avant/arrière plan avec une technique de classification qui consiste à trouver la couleur

dominante de l'avant plan résultant (la couleur du texte) La suite décrit la méthode proposée et les résultats expérimentaux.

L'approche proposée permet d'améliorer la qualité des images de documents anciens qui présentent des irrégularités dues à leur mode artisanal de fabrication ainsi qu'à l'effet de vieillissement et de dégradation. Elle procède en trois étapes : séparation de l'avant/arrière plan en utilisant la technique de seuillage global, extraction du texte en gardant la couleur dominante, reconstitution de l'image finale en remplaçant l'arrière plan bruité par une couleur uniforme (moyenne des couleurs).

Le schéma présenté ci-dessous (figure 6.2) décrit l'architecture générale de notre système.

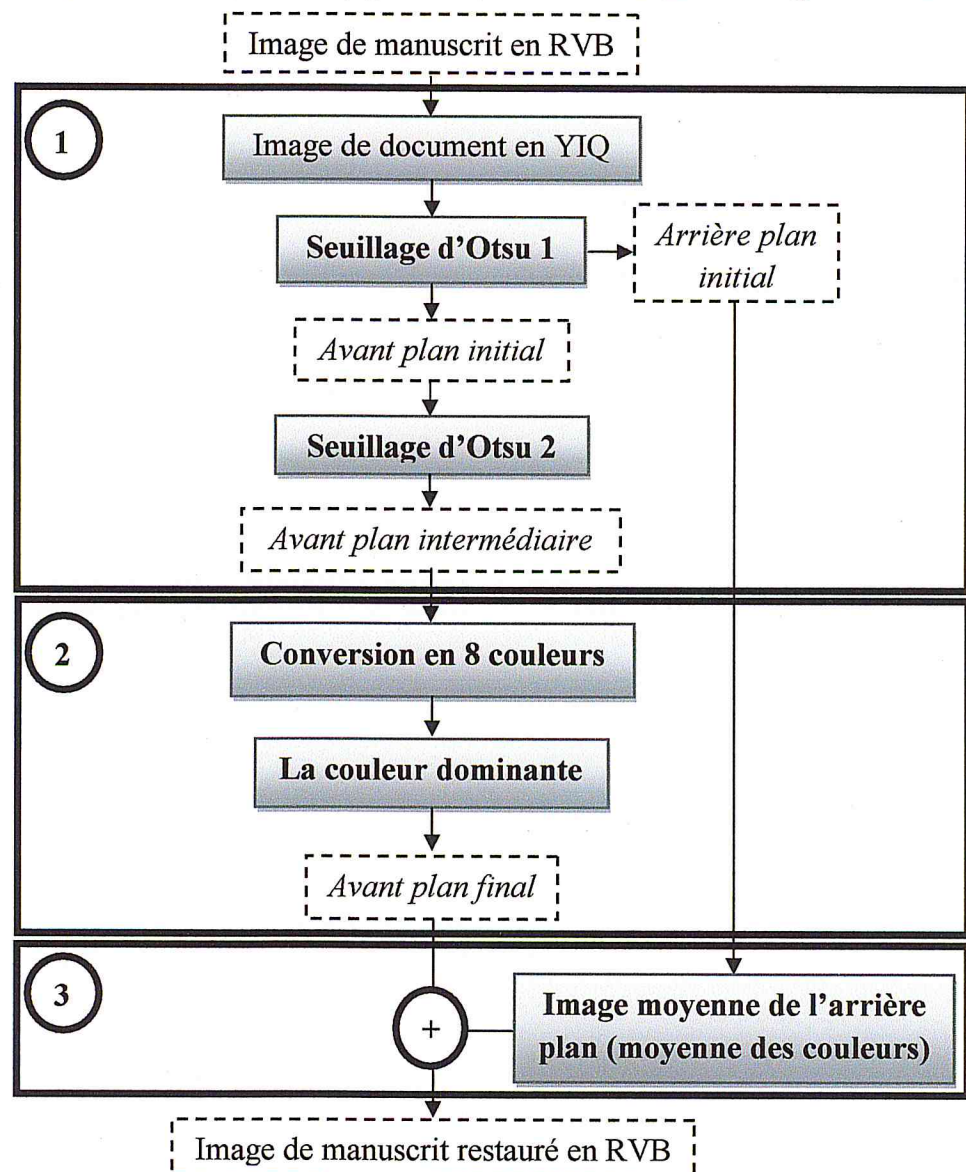


Figure 6.2 : Architecture du système proposé.

Les étapes ci-dessous seront développées dans les sections suivantes :

- Séparation Arrière/Avant-plan en utilisant une technique de seuillage global d'Otsu 1 (avant plan initial et arrière plan initial) et rectification des déformations visuelles de l'avant plan initial obtenue en utilisant la même technique de seuillage d'Otsu 2 (Avant plan intermédiaire).
- Extraction du texte en gardant la couleur dominante après la conversion de l'avant plan intermédiaire en 8 couleurs (Palette 8 couleurs) pour obtenir la couleur dominante de l'avant plan final (couleur du texte).
- Reconstitution de l'image finale en remplaçant l'arrière plan bruité (arrière plan initial) par une couleur uniforme (moyenne des valeurs RVB) avec l'avant plan final on obtient l'image du manuscrit restaurée en RVB.

2.2. Base d'images de documents :

Afin de tester et d'évaluer notre méthode, nous avons collecté différents manuscrits anciens (arabes, latins) et quelques documents récents dont lesquels l'effet de transparence est très visible. Ils ont été numérisés à l'aide d'un scanner de moyenne gamme. Ces images sont stockées en vraie couleur sur 24 bits sous n'importe quel *format Bitmap*.

2.3. Description détaillée de notre système proposé :

Notre chemin du traitement proposé (figure 6.3) comme suit :

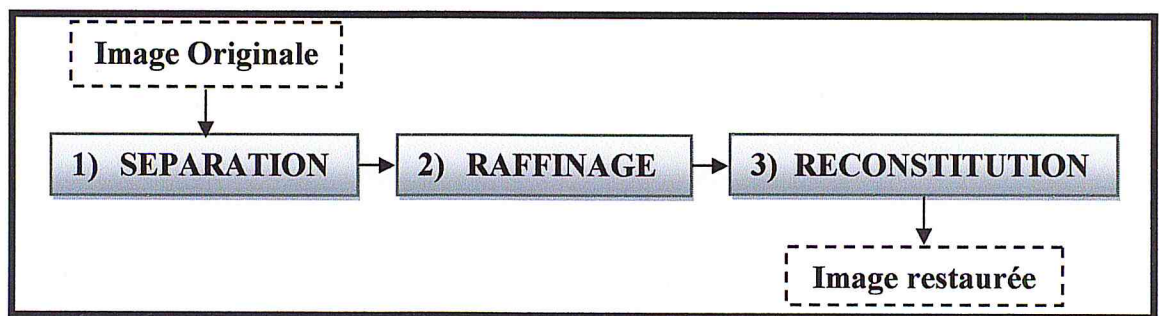


Figure 6.3 : Les étapes de notre système proposé.

Il est décomposé en trois parties :

2.3.1. La première partie : Séparation de l'avant/arrière plan.

- ✓ Tous d'abord on convertit l'image originale en RVB à l'image en YIQ -image en niveau de gris- en construisant l'histogramme de la luminance de la composante Y, pour obtenir la valeur du seuil grâce à la méthode d'Otsu. Après la première utilisation de cette technique (Otsu 1), on obtient l'avant plan initial (texte et transparence avec

un fond blanc) et arrière plan avec la couleur du fond originale. Et après la deuxième utilisation (Otsu 2) on obtient l'avant plan intermédiaire (texte et des traces de transparence avec un fond blanc).

- ✓ **Les techniques adoptées:** Espace couleur YIQ et Technique de seuillage d'Otsu.
- ✓ La description de l'étape de *SEPARATION* est présentée dans la figure 6.3.1.a.

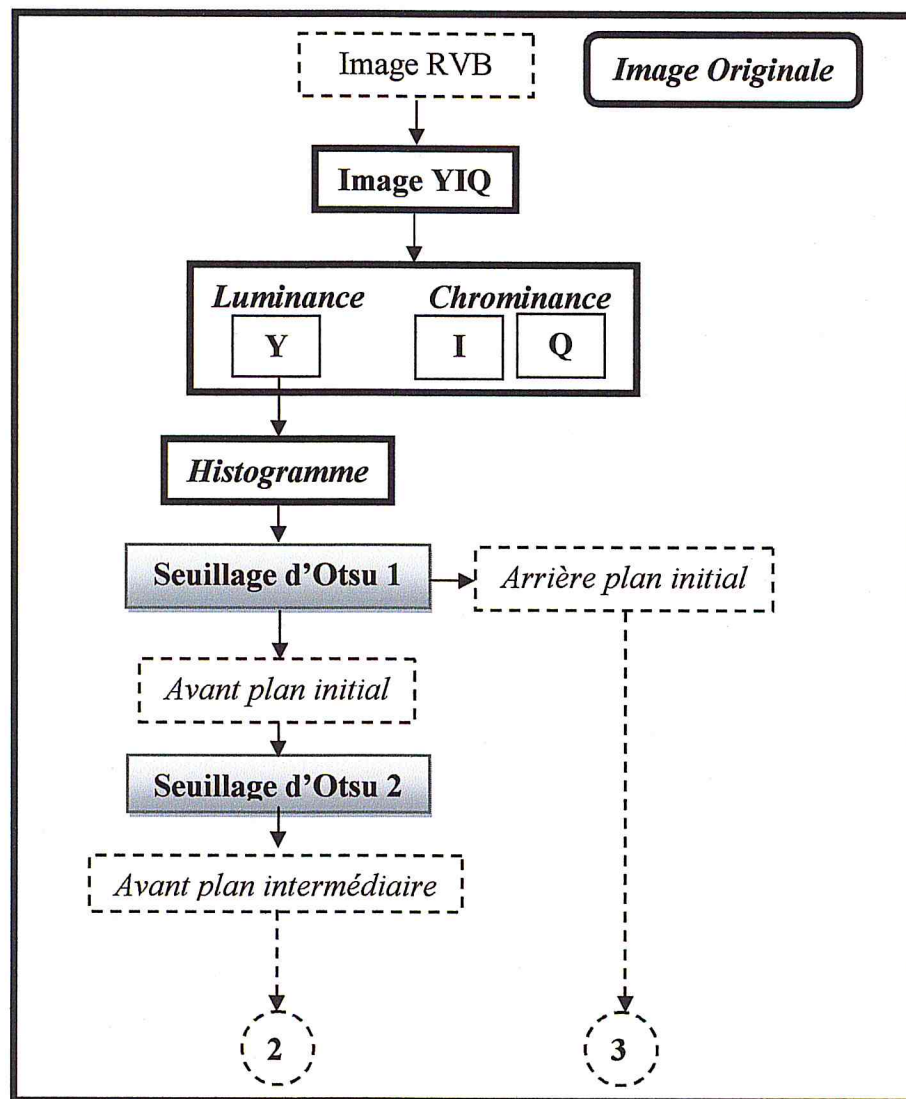


Figure 6.3.1.a : Technique de séparation du texte et du fond par notre approche proposée.

A. Choix de l'espace de couleur :

Nous avons choisi l'espace couleur YIQ, qui a été adopté en premier par le NTSC (National Television System Committee) pour assurer une diffusion efficace pour les téléviseurs couleur en garantissant en même temps la compatibilité avec les téléviseurs noir et blanc.

Ce système de couleurs est défini par la transformation linéaire de l'espace RVB :

- $Y = 0.2992 R + 0.5868 V + 0.1140 B$
- $I = 0.5960 R - 0.2742 V - 0.3219 B$
- $Q = 0.2109 R - 0.5229 V + 0.3120 B$

La composante Y capture l'intensité lumineuse ; I et Q correspondent à la chrominance. Dans cet espace de représentation la composante Y est favorisée par rapport à I et Q. Le choix de cet espace de couleurs se justifie par le fait que le système visuel humain est plus sensible au changement de l'intensité lumineuse. De plus, la variation de l'intensité lumineuse provoquée par l'arrière plan irrégulier dans les images de documents historiques est capturée, dans sa plus grande partie, sur la composante Y. En comparaison avec l'espace de couleur TSL, la teinte est peu sensible à la variation de la luminance et permet la séparation des objets de différentes couleurs. Un exemple de décomposition de l'image RVB et sa transformation aux espaces de couleurs YIQ, HSV est montré dans la figure 6.4.

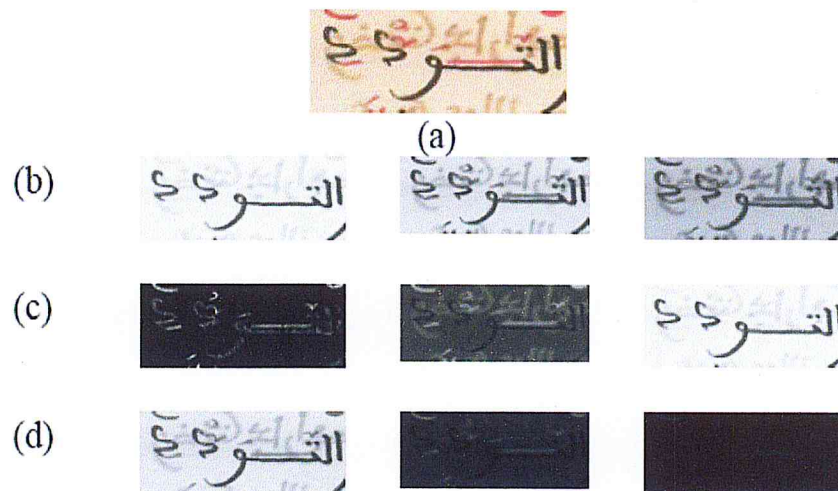


Figure 6.4 : Espace de représentation couleur : (a) Image originale, (b) Espace RVB, (c) Espace TSL, (d) Espace YIQ. [35]

B. Technique de seuillage global :

Le seuillage global consiste à partitionner l'image en deux classes grâce à un seuil optimal qui est calculé à partir d'une mesure globale sur toute l'image. L'histogramme est une mesure utilisée le plus souvent dans les méthodes de seuillage. Dans ce cas, le seuil attendu est celui qui correspond à la vallée de l'histogramme, celui qui distingue le plus possible les deux classes : fond et objet.

➤ **Histogramme :**

- **rappel :** On définit l'histogramme des niveaux de gris d'une image comme étant la fonction $h : [0 \dots L-1] \in \mathbb{N}$ qui associe à chaque niveau de gris entre 0 et L-1 la quantité de pixels de l'image qui possèdent cette intensité lumineuse [47].

L'histogramme d'une image peut être représenté par un vecteur dont chaque composante est un nombre de pixels de niveau de gris correspondant à son indice. Il permet de fournir effectivement une estimation de la densité de probabilité des valeurs des pixels sur l'image observée. $h(i) = ni, i = \overline{0, L-1}$, où ni le nombre de pixels de niveau de gris i dans l'image.

- **L'algorithme de l'histogramme :**

Tableau Pixel : est un tableau contient les niveaux de gris des pixels ;
 n : est le nombre de pixels ;
 Tab[1, ..., 256] : est le tableau de sortie ;
 Fonction Histogramme (Entrée : TableauPixel : tableau , Sortie Tab : tableau) ;
 Debut
 Pour $i=0$ à n
 Tab[TableauPixel[i]]:= Tab[TableauPixel[i]]+1 ;
 Fin

- ✓ Parmi les différentes méthodes de seuillage global qui existent dans la littérature et d'après les résultats obtenus on a choisi la méthode d'Otsu [37] car elle est simple à implanter et donne de bons résultats en général sur les documents manuscrits couleurs [48].

➤ **Méthode d'Otsu 1978 :**

- ✓ **Principe :** Le principe de la méthode d'Otsu est de trouver un seuil optimal qui maximise la différence entre deux classes. Il est effectué en se basant sur la variance. Le seuil optimal *Soptimal* est celui qui maximise une des fonctions suivantes :

$$\lambda(t) = \frac{\delta_B^2(t)}{\delta_W^2(t)} \quad \eta(t) = \frac{\delta_B^2(t)}{\delta_T^2} \quad k(t) = \frac{\delta_T^2(t)}{\delta_W^2(t)}$$

Si l'on choisit $\eta(t)$, alors $s_{optimal} = \arg \max_{t \in [\min, \max]} \eta(t)$

Où $\delta_T^2, \delta_B^2, \delta_W^2$ sont successivement la variance totale de l'image, la variance inter-

classes (between-class variance) et la variance intra-classes (within-class variance).

$$\delta_B^2(t) = \delta_T^2(t) - \delta_W^2(t)$$

$$\delta_T^2(t) = \sum_{i=\min}^{\max} (i - m_T)^2, \quad m_T = \sum_{i=\min}^{\max} i * p_i \quad : \text{la moyenne totale de tous les points dans l'image}$$

$$\delta_B^2(t) = P_{fond}(t) * \delta_{fond}^2(t) - P_{objet}(t) * \delta_{objet}^2(t)$$

Où :

- **P_i** : la probabilité d'occurrence du niveau de gris i dans l'image

$$P_i = \frac{\text{Nombre de pixels dont le niveau de gris} = i}{\text{Nombre de pixels dans l'image}} = \frac{h(i)}{M * N}$$

- **$P_{fond}(t), P_{objet}(t)$** : la somme des probabilités d'occurrence des niveaux de gris des pixels du fond et celle de l'objet en prenant le seuil t .

$$P_{objet}(t) = \sum_{i=\min}^t p_i, P_{fond}(t) = \sum_{i=t+1}^{\max} p_i = 1 - P_{objet}(t)$$

- **m_{fond}, m_{objet}** : la moyenne des pixels appartenant au fond et celle des pixels de l'objet.

$$m_{objet}(t) = \frac{\sum_{i=\min}^t i * p_i}{P_{objet}}, m_{fond}(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^{\max} i * p_i}{P_{fond}}$$

- **$\delta_{fond}^2(t), \delta_{objet}^2(t)$** La variance de la classe fond et la variance de la class objet.

$$\delta_{objet}^2(t) = \frac{\sum_{i=\min}^t (i - m_{objet})^2 * p_i}{P_{objet}}, \delta_{fond}^2(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^{\max} (i - m_{fond})^2 * p_i}{P_{fond}}$$

- **[min,max]** est l'intervalle dynamique de l'image.

- ✓ La limite de cette méthode est qu'elle n'est applicable que lorsque l'image est bimodale (L'histogramme comporte deux pics : le texte et le fond).

✓ **L'algorithme d'Otsu :** Voici l'algorithme d'Otsu que nous avons appliqué :

L'algorithme d'Otsu :

Histogramme [] : L'histogramme de l'image.

Entier Seuil, wb, wf ;/* tel que wb et wf sont respectueusement le nombre de pixels présumé du texte et du fond*/

Entier total : nombre total de pixel ;

Réel : somme, sommet, variance Max, variance, mf, mb ;

Fonction Otsu (entrée Histogramme []) ; sortie : seuil ;

Debut

Seuil = 0;

Reel somme = 0;

Pour i allant de 0 jusqu'à 255 /*pour Otsu 1*/

/* Pour i allant de 0 jusqu'à 254 /*pour Otsu 2*/ */

somme ← somme + (i * Histogramme [i]);

Pour i allant de 0 jusqu'à 255 /*pour Otsu 1*/

/* Pour i allant de 0 jusqu'à 254 /*pour Otsu 2*/ */

Debut

wb ← wb + (i * Histogramme [i]) ;

Si (wb=0) alors on continue;

wf ← total - wb;

Si (wf=0) alors on s'arrête;

SommeB ← SommeB + (i * Histogramme [i]);

mb ← SommeB/wb;

mf ← (Somme - SommeB)/wf;

variance = wb*wf* (mb - mf)²;

Si (variance > variance Max) alors

Debut

variance Max ← variance ;

Seuil = i ;

Fin

Fin

Fin

✓ **Résultats obtenus :**

Nous avons appliqué la méthode de seuillage d'Otsu présentée précédemment, sur notre collection de test composée d'images d'anciens documents comportant la superposition de verso sur le recto. Nous présentons dans la figure 6.3.1.b les résultats de la première partie de notre méthode.

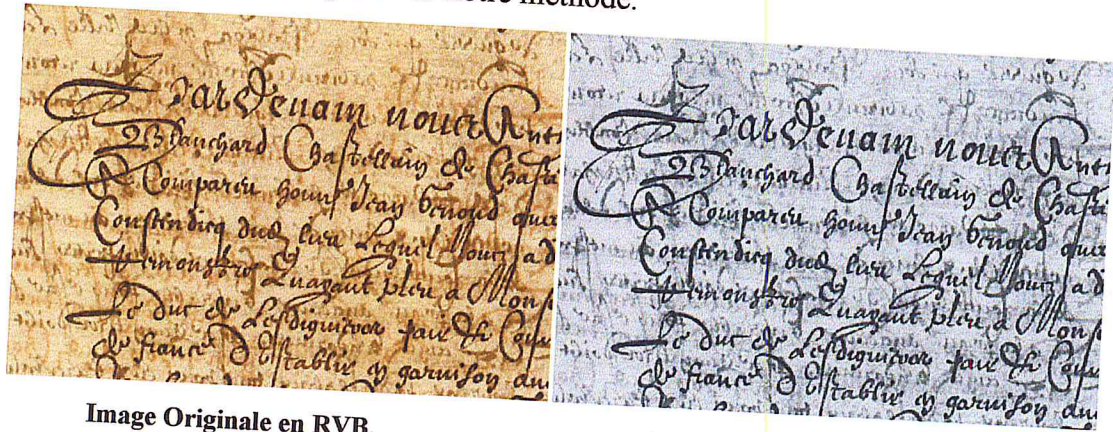
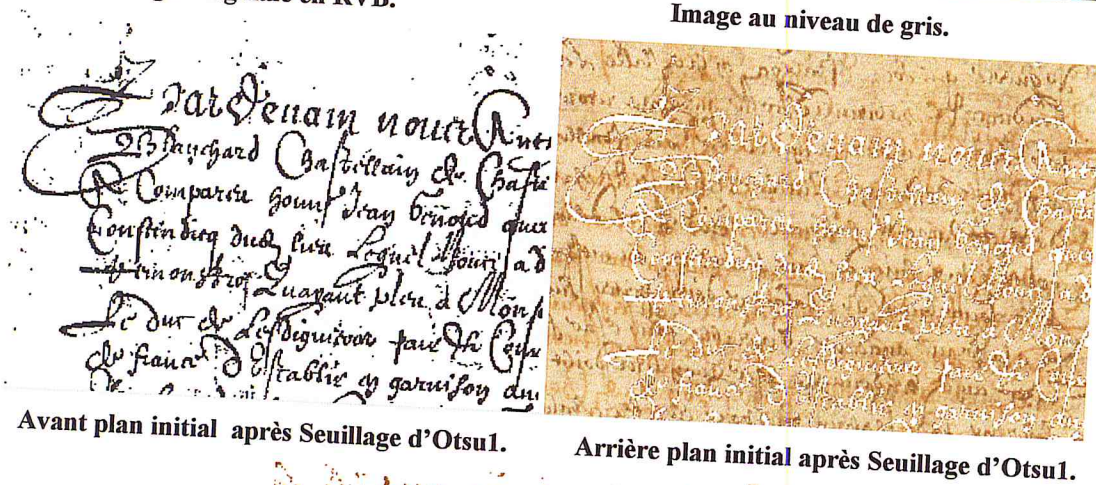


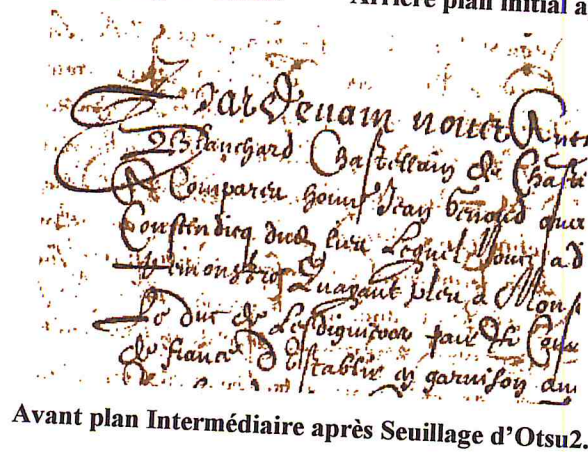
Image Originale en RVB.

Image au niveau de gris.



Avant plan initial après Seuillage d'Otsu1.

Arrière plan initial après Seuillage d'Otsu1.



Avant plan Intermédiaire après Seuillage d'Otsu2.

Figure 6.3.1.b : Les résultats de la technique de Séparation proposée.

2.3.2. La deuxième partie : *Le Raffinage (extraction de l'avant plan final).*

- ✓ Après la séparation de l'objet (texte) et le fond, on prend l'image intermédiaire de l'avant plan, où il contient toujours des traces de la transparence qui ont l'intensité lumineuse moins faible par rapport au texte (niveau de gris différent) donc pour obtenir la couleur dominante de l'avant plan final, on commence par la conversion de l'image intermédiaire de l'avant plan en palette de 8 couleurs (Palette fixée) où on classe chaque pixel de cette image dans un tableau, par la suite on distingue la couleur dominante et on la garde comme couleur du texte final de l'image restaurée.
- ✓ La description de l'étape de **RAFFINAGE** (extraction de l'avant plan final) est présentée dans la figure 6.3.2.a.

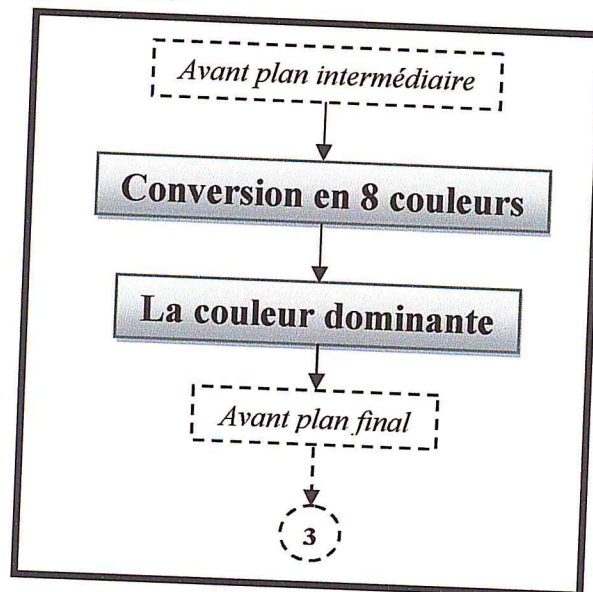


Figure 6.3.2.a : Technique d'extraction de l'avant plan final par notre méthode proposée.

- Voici l'algorithme de conversion en 8 couleurs (Palette fixée) utilisée et la figure 6.5 présente les 8 couleurs de notre palette.

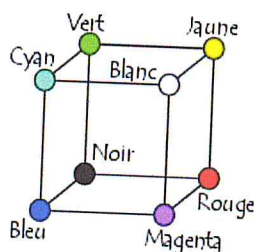


Figure 6.5 : Les 8 couleurs de la palette.

✓ **Algorithme de conversion en 8 couleurs :**

```

Fonction de conversion(MatricePixel [x][y]), Sortie MatriceConvertie [x][y],
Debut
Pour i=0 à
Pour (j=0 , j < y, j++)
Debut
Si (Rouge[Matrice [i][j]]>128 et Vert[Matrice [i][j]]>128 et Bleu[Matrice [i][j]]>128 )
Alors Matrice [i][j]←Blanc;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]>128 et Vert[Matrice [i][j]]>128 et Bleu[Matrice [i][j]]<=128 )
Alors Matrice [i][j]←Jaune;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]>128 et Vert[Matrice [i][j]]<=128 et Bleu[Matrice [i][j]]<=128 )
Alors Matrice [i][j]←Rouge;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]<=128 et Vert[Matrice [i][j]]<=128 et Bleu[Matrice [i][j]]<=128 )
Alors Matrice [i][j]←Noir;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]<=128 et Vert[Matrice [i][j]]<=128 et Bleu[Matrice [i][j]]>128 )
Alors Matrice [i][j]←Bleu;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]<=128 et Vert[Matrice [i][j]]>128 et Bleu[Matrice [i][j]]>128 )
Alors Matrice [i][j]←Cyan;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]<=128 et Vert[Matrice [i][j]]>128 et Bleu[Matrice [i][j]]<=128 )
Alors Matrice [i][j]←Vert;
Sinon
Si (Rouge[Matrice [i][j]]>128 et Vert[Matrice [i][j]]<=128 et Bleu[Matrice [i][j]]>128 )
Alors Matrice [i][j]←Magenta;
Finsi;
Fin;
Fin
    
```

✓ **Résultats obtenus :** Nous avons classifié l'image de l'avant plan intermédiaire en palette fixée de 8 couleurs. Nous présentons dans la figure 6.3.2.b les résultats de la deuxième partie de notre méthode.

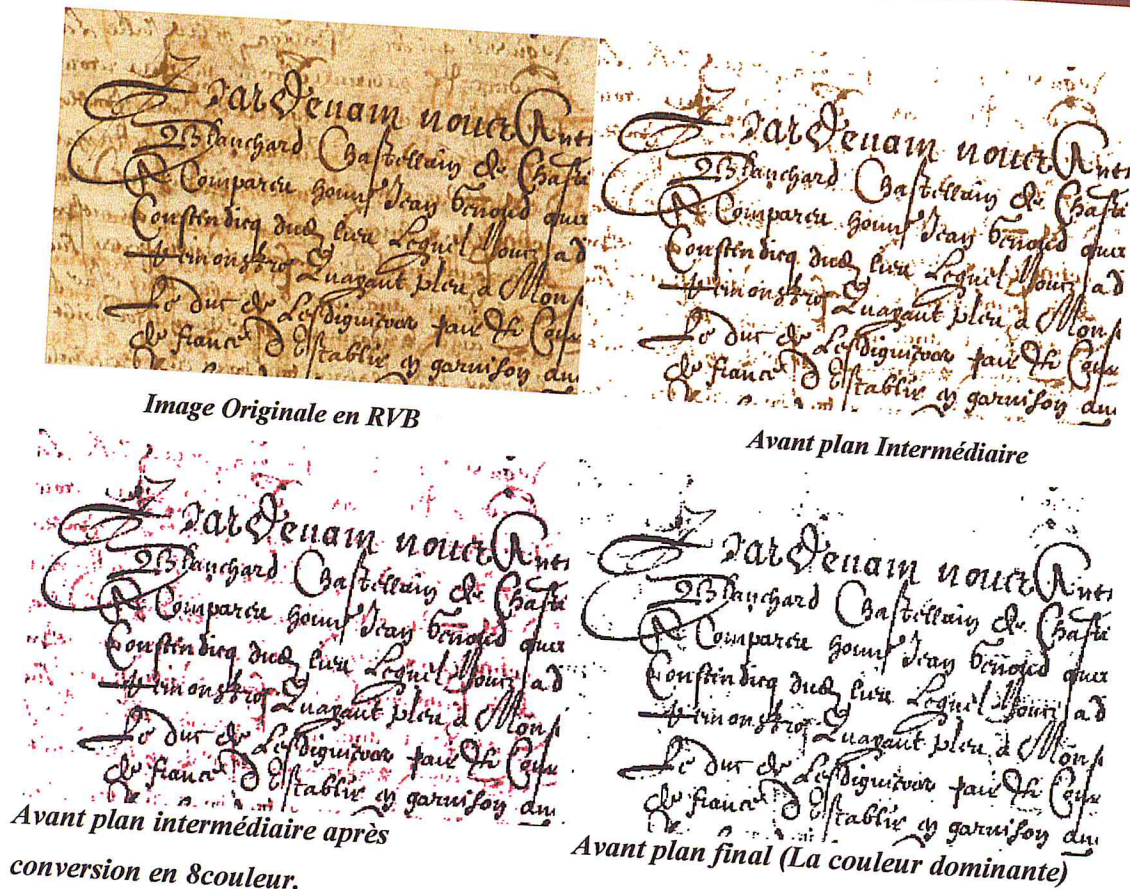


Figure 6.3.2.b : Les résultats de la technique de Raffinage proposée.

2.3.3. La troisième partie : Reconstitution de l'image en remplaçant l'arrière plan bruité en une couleur uniforme (moyenne des couleurs).

- Tout d'abord on prend l'image de l'arrière plan initial où on calcule la moyenne des couleurs de cette dernière (image moyenne de l'arrière plan), combiné par superposition avec l'avant plan final pour obtenir l'image restaurée du document.
- La description de l'étape de **RECONSTITUTION** est présentée dans la figure 6.3.3.a.

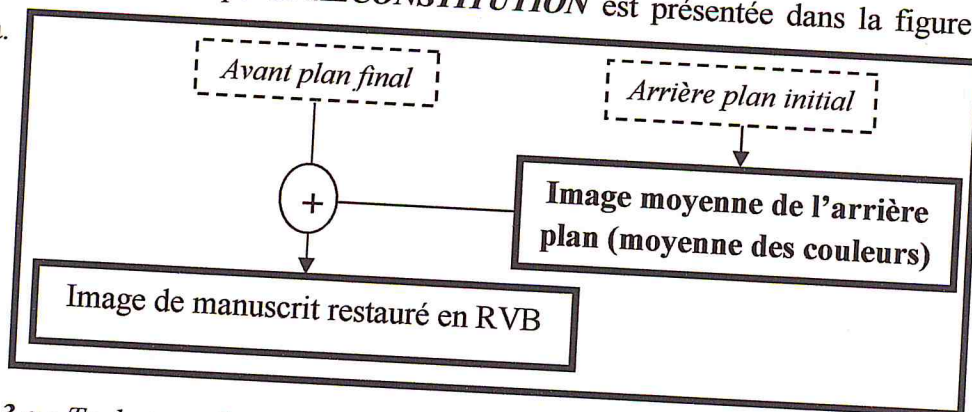


Figure 6.3.3.a : Technique de reconstitution de l'image restaurée de notre approche proposée.

✓ **Résultats obtenus :**

Pour obtenir l'image de l'avant plan final, on prend l'arrière plan initial et en calculant la moyenne des couleurs de ce dernier pour établir la couleur du fond de l'image restaurée, on combine les deux images pour reconstituer l'image de manuscrit restaurée. Nous présentons dans la figure 6.3.3.b les résultats de la troisième partie de notre méthode.



Image Originale en RVB

Arrière plan initial

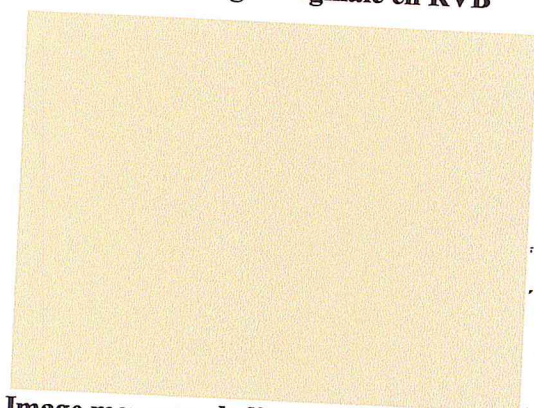
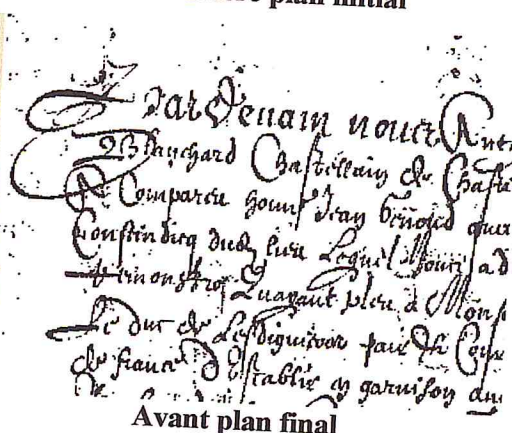


Image moyenne de l'arrière plan final



Avant plan final

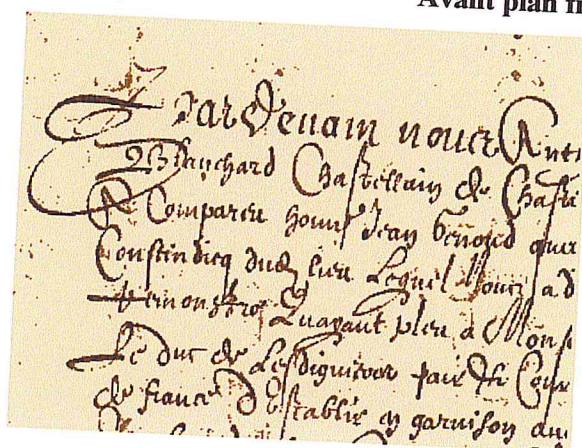


Image de manuscrit restauré en RVB.

Figure 6.3.3.b : Les résultats de la technique de Reconstitution proposée.

3. Expérimentation et résultats finaux:

Dans cette section, nous présentons tout d'abord notre collection de test sur laquelle nous avons appliqué l'approche précitée.

3.1. Les images de test : Nous avons collecté une base de différentes images de manuscrits. Ces images de documents sont de natures très différentes, possédant plusieurs caractéristiques qui viennent de leurs natures, leurs états de stockage et leurs fabrication (anciennes, moyennes âge, récentes (nos propres manuscrits)). Toutes ces caractéristiques rendent difficile tout type de traitement et d'analyse de ces images. La figure 6.6 montre quelques images des manuscrits de notre collection de test.

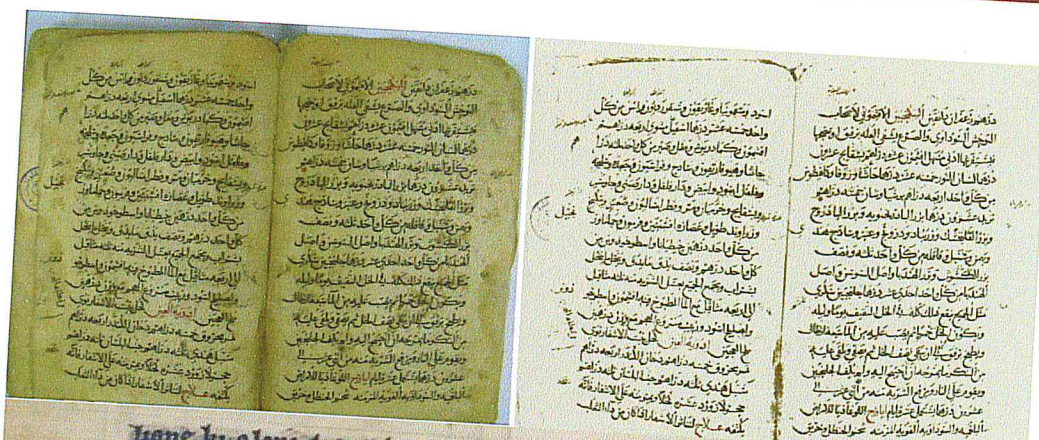


Figure 6.6: Exemples d'images de documents de notre base de test.

3.2. Résultats obtenus :

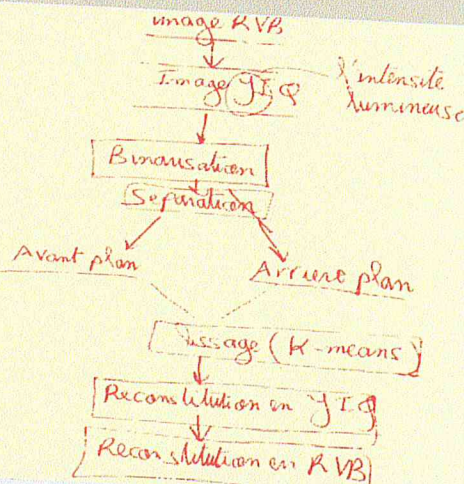
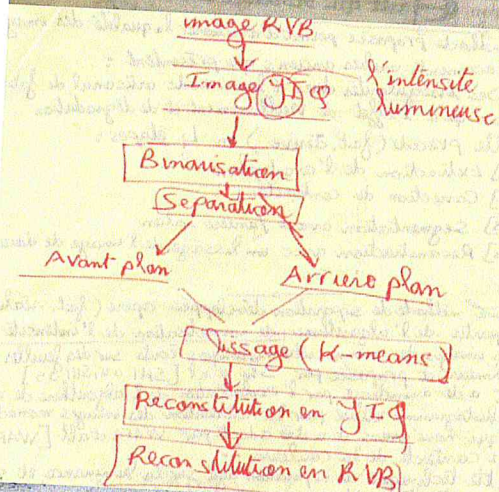
Nous avons appliqué notre approche présentée précédemment, sur notre collection de tests composée d'images de documents. Nous présentons dans la figure 6.7 les résultats des différents tests.

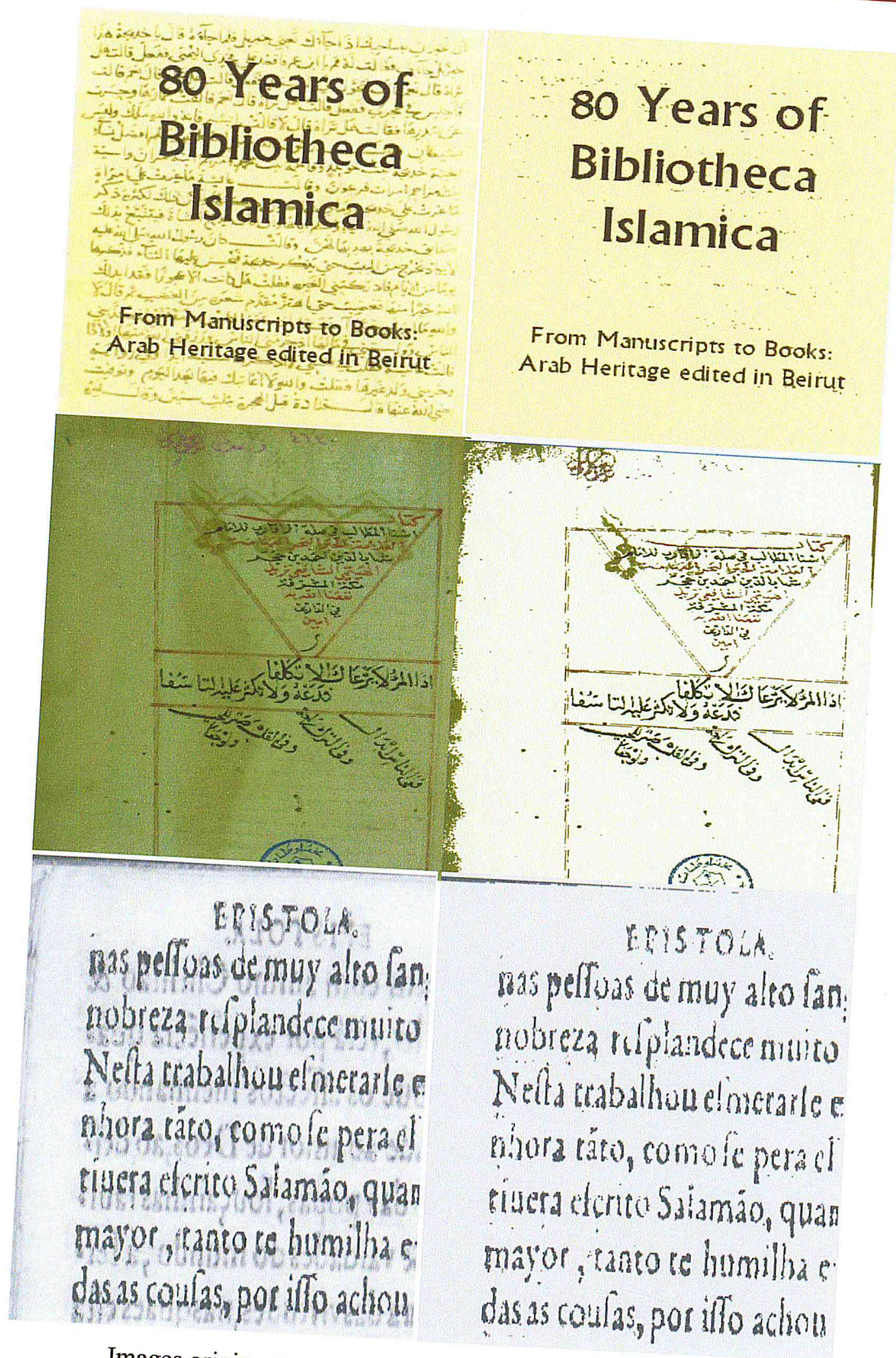
Dans la figure 6.8 nous comparons les résultats de notre approche avec les résultats obtenus par d'autres méthodes, on prend par exemple les résultats de F.DERIRA 2007, C. Wolf 06, E. Dubois et A. Pathak 2001, Y. Leydier 2004, et F.DERIRA et al 2007.



liane ki aloue le deable. Et
sainte cressione ki fu ferue
d'une saie par mi le cors
d'une pibet ki leue iespres
du mel. Et sainte vaudrus
et sainte serchus kanonisses

hane li a loye le deable. Et
sainte cressione li fu fetue
dune anere par mi le cors
d'unc p'ntel li leue lesp'it
du mesel. Et sainte vaudrus
et sainte perthuis kanonistes

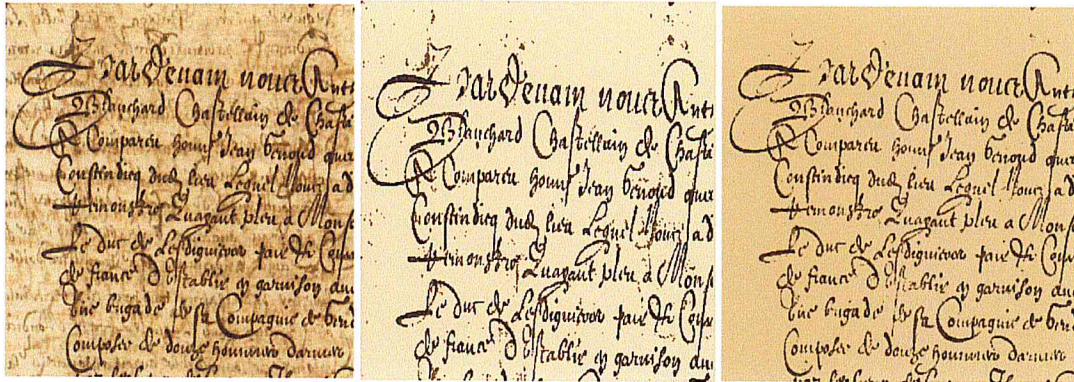
[illegible][illegible]



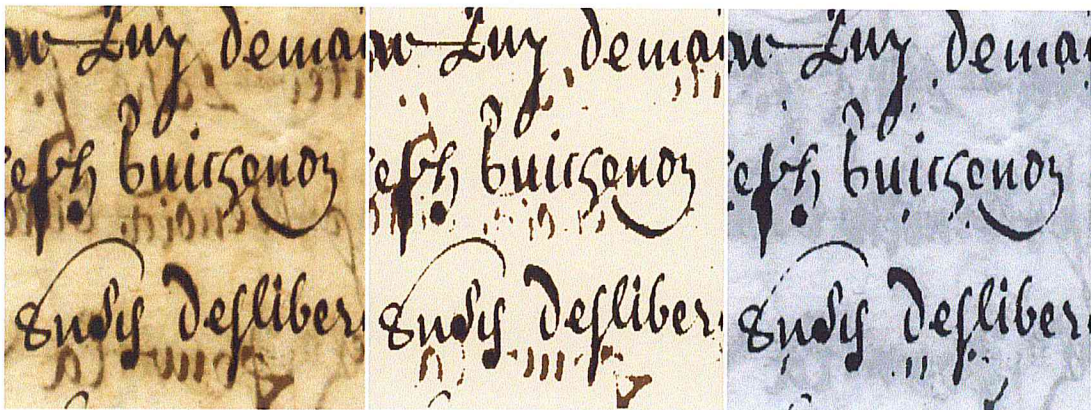
Images originaux

Images restaurées

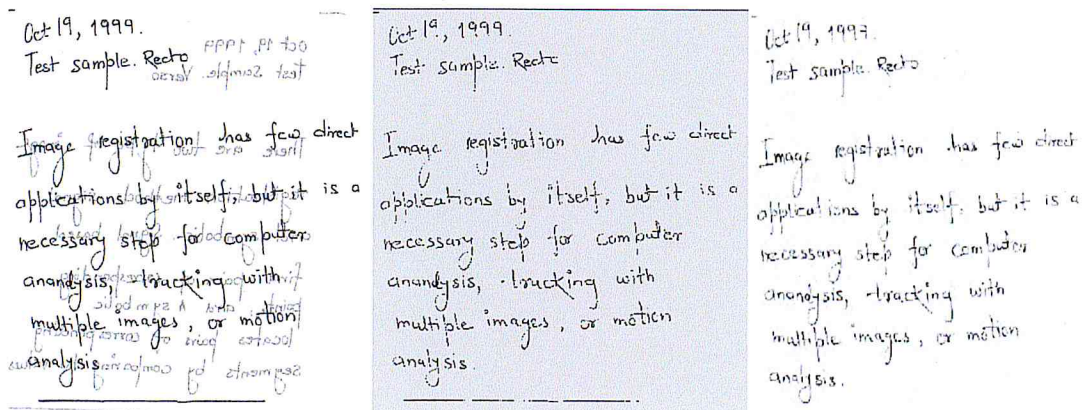
Figure 6.7 : les résultats des différents tests de notre approche.



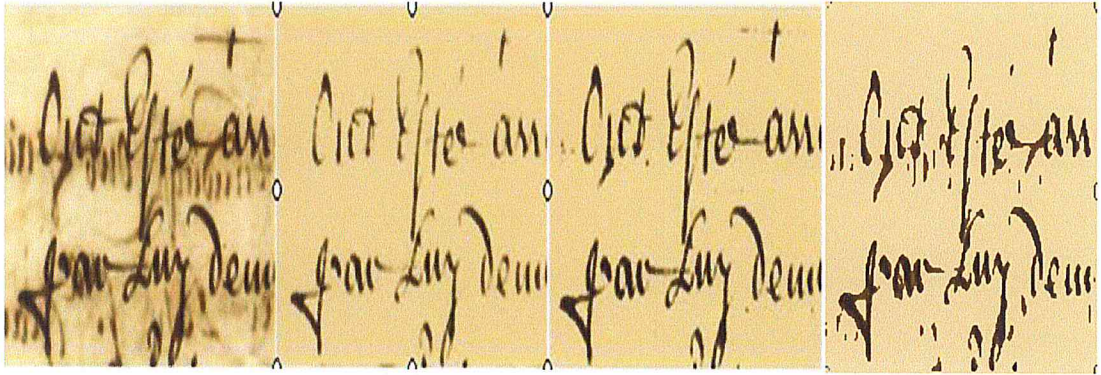
De gauche à droite : Extrait d'une image de document dégradé, image restaurée par notre approche et l'image restaurée par la méthode de F.DERIRA 2007.



De gauche à droite : Extrait d'une image de document dégradé, image restaurée par notre approche et l'image restaurée par la méthode de C. Wolf 06.



De gauche à droite : Extrait d'une image de document dégradé, image restaurée par notre approche et l'image restaurée par la méthode de E. Dubois et A. Pathak 2001.



De gauche à droite : Extrait d'une image de document dégradé, image restaurée par la méthode F.DERIRE et al 2007, l'image restaurée par la méthode Y. Leydier 2004 et image restaurée par notre méthode.

Figure 6.8 : Comparaison de nos résultats et ceux d'autres méthodes.

4. Avantages et inconvénients :

D'après les tests effectués on distingue les avantages et les inconvénients de notre chemin du traitement proposé:

➤ Les avantages :

- ✓ L'approche décrite est qu'elle est universelle ne dépendant ni du contenu ni du contenant du manuscrit, en fait n'importe quel manuscrit quelque soit sa langue et quelque soit son support peut être traité et restaurée.
- ✓ Du point de vue méthodologique, l'approche est simple et efficace et ouvre une porte pour des recherches ultérieures.
- ✓ Notre approche fonctionne aussi bien avec des documents présentant le problème de transparence qu'avec des documents sains.

➤ Les inconvénients :

- Notre approche est reconnaît le texte en étant de la même couleur, donc elle donne de mauvais résultats si le texte est écrit en plusieurs couleurs ou s'il contient des images colorées, comme il est présenté dans la figure 6.9.

Notre Approche donne également un médiocre résultat si le document numérique est peu contrasté.

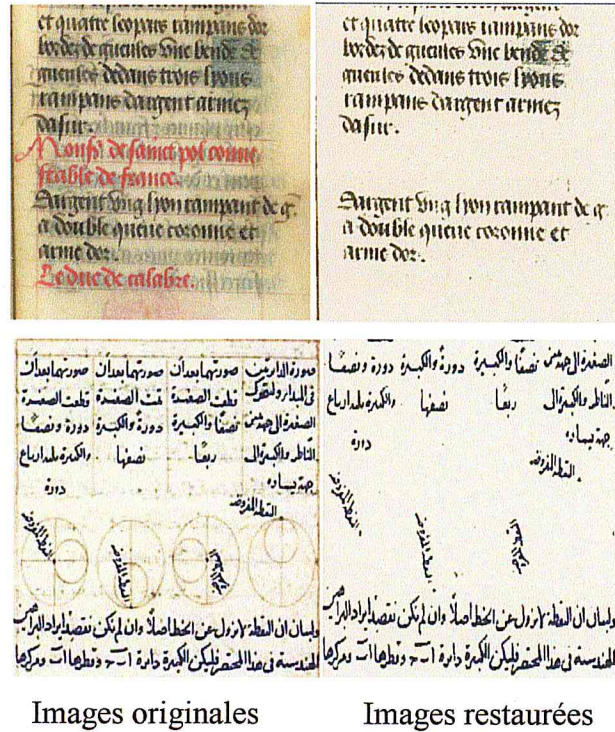


Figure 6.9 : résultat sur des documents écrits en plusieurs couleurs.

5. Conclusion:

Dans ce travail, nous traitons le problème de l'apparition du verso sur le recto des images de documents manuscrits couleur à fond irrégulier et présentant un effet de transparence. Dans notre solution, nous avons combiné une méthode de seuillage globale en se basant sur l'histogramme des niveaux de gris du document avec une méthode de classification en se basant sur les couleurs RVB du document pour obtenir l'image du document restaurée. Cette solution procède en trois phases (a) séparation de l'avant/arrière plan en utilisant la technique de seuillage global (b) extraction du texte en gardant la couleur dominante, (c) reconstitution de l'image finale en remplaçant l'arrière plan bruité par une couleur uniforme (moyenne des couleurs). Les résultats obtenus sont mitigés. Les quelques tests effectués semblent limités.

II. Implémentation :

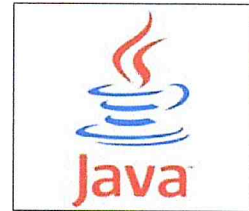
Pour implémenter notre système proposé on a utilisé les outils suivants :

1. Outils de travail :

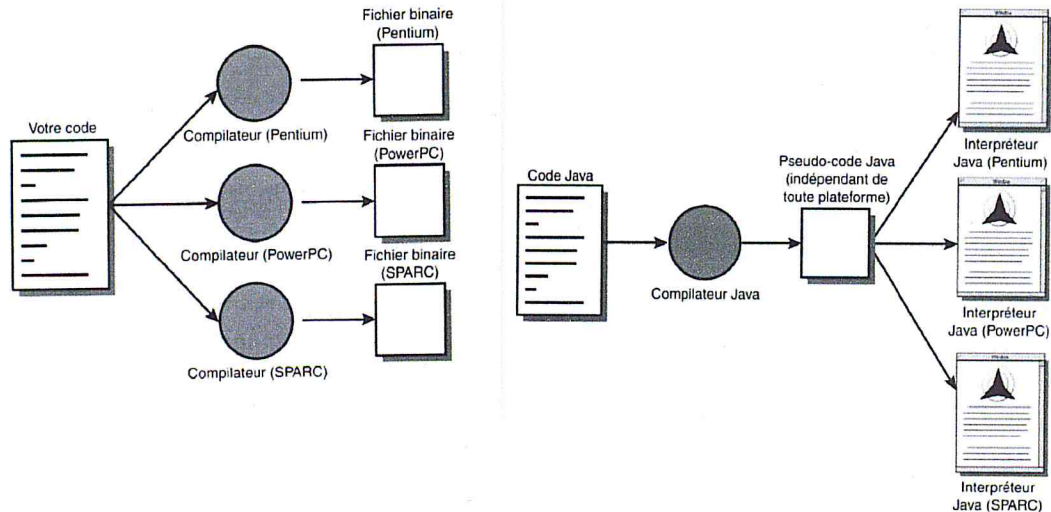
1.1. Le choix du langage [bruce-eckel 2004] :

Notre système a été implémenté avec le langage JAVA.

On a choisi ce dernier à cause de ses nombreux avantages :



- ✓ L'un des avantages évidents de ce langage est qu'il soit une bibliothèque d'exécution qui se veut indépendante de la plateforme: en théorie, il vous est possible d'utiliser le même code pour Windows, Solaris UNIX, Macintosh, etc. Cette propriété est indispensable pour une programmation sur Internet (cependant, par rapport à la disponibilité sur Windows et Solaris les implémentations sur d'autres plates-formes ont toujours un léger décalage). La figure 7.1 représente une comparaison entre l'architecture classique et l'architecture Java (Les compilateurs)



1) Architecture classique avec un bytecode différent pour chaque processeur.

2) Architecture Java, le bytecode passe par l'intermédiaire d'un interpréteur.

Figure 7.1 : Comparaison entre compilateurs classiques et compilateur Java.

- ✓ Les concepteurs de java ont supprimé l'allocation et la libération de mémoires manuelles. La mémoire dans java est allouée et libérée automatiquement. Vous n'avez *jamais* à vous préoccuper de pertes de mémoire.
- ✓ Ils ont éliminé l'arithmétique des pointeurs introduisant du même coup une vraie gestion de tableau. La notion de référence sur une zone mémoire remplace avantageusement celle de "pointeur", car elle supprime la possibilité d'écraser toute zone mémoire à cause d'un compteur erroné.
- ✓ Ils ont éliminé toute possibilité de confusion entre une affectation et un test d'égalité dans une instruction conditionnelle. Une instruction if (ntries - 3) ne pourra pas franchir l'étape de la compilation.
- ✓ Ils ont supprimé l'héritage multiple en le remplaçant par une nouvelle notion d'interface dérivée d'Objective C. Les interfaces vous offrent tout ce que vous pouvez obtenir à partir de l'héritage multiple, sans la complexité de la gestion de hiérarchie d'héritage multiple.

1.2.Le choix de l'environnement de développement :

On a choisi Netbeans 6.8 pour le développement de notre système parce qu'il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web). La figure 7.2 présente le logo de Netbeans IDE 6.8 avec l'image de démarrage de ce dernier.

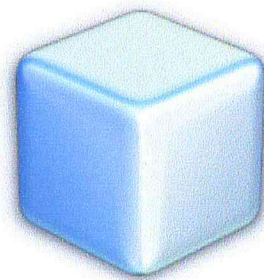


Figure 7.2 : Présentation de Netbeans IDE 6.8.

2. L'application (SSV 1.0) :



- Pour des raisons pédagogiques on a développé notre application de manière à ce qu'on puisse suivre le déroulement du processus depuis l'image originale jusqu'au résultat final en passant par tous les traitements effectués.
- Aperçu de l'application dans la figure 7.3 :
 - La fenêtre principale.

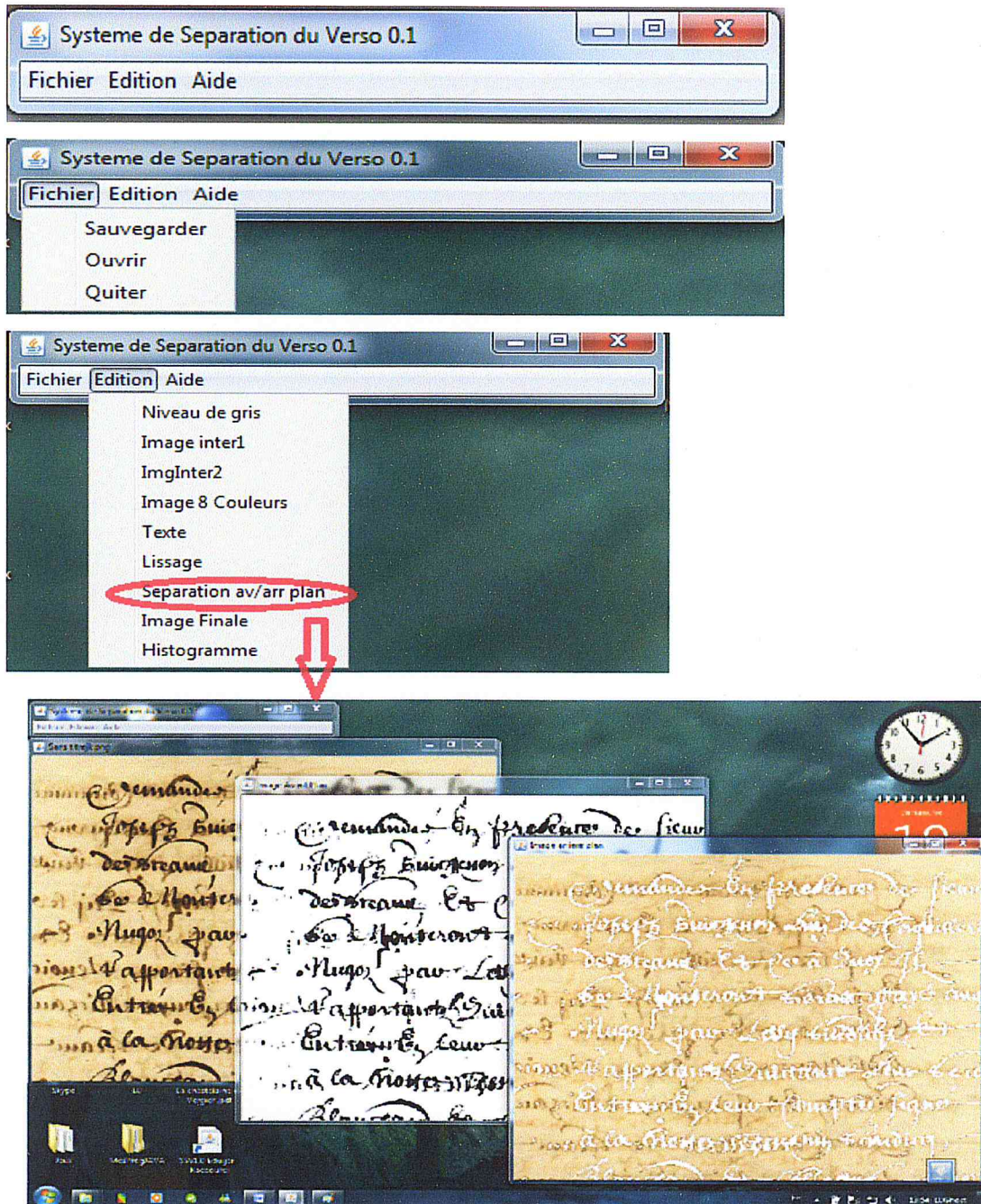


Figure 7.3 : Aperçu de l'application SSV 1.0.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES :

La restauration numérique est un problème qui remonte à quelques décennies déjà ; mais les méthodes utilisées restent limitées, vues les différentes façons avec lesquelles le document se dégrade. En effet, chaque type de dégradation donne un aspect particulier au document. Le cumul de tous ces effets ne fait qu'accentuer la dégradation.

Ce travail de fin d'études consiste à essayer de chercher une solution à un problème récurrent chez les traitements de documents manuscrits, à savoir l'élimination du verso apparaissant sur le recto.

Les images traitées sont essentiellement des images de document à fond bruité par des marques du verso en transparence. L'idée consiste à correctement extraire le texte original du fond bruité. Il faudra dans les futures recherches, tester d'autres techniques pour nous situer par rapport aux résultats obtenus ici. Des résultats intéressants ont été obtenus suite à des tests réalisés sur des images de documents choisis furtivement. D'autres tests sur d'autres images d'archives sont indispensables pour la validation.

Des améliorations de notre travail peuvent se faire avec l'utilisation de quelques techniques de traitement d'images. Le recours à de telles techniques a pour objet l'amélioration de la lisibilité du document restauré. A titre d'exemple, la suppression des marques en transparence peut endommager les caractères du texte original du recto si ces derniers interceptent les marques en transparence. Ceci met en évidence que certains des pixels supprimés peuvent aussi bien appartenir au texte original qu'à celui du verso. L'irrégularité de la couleur de l'encre et la variation de l'épaisseur de sa couche d'un caractère à un autre, dans le cas des manuscrits, peuvent aussi être à l'origine des caractères cassés obtenus sur les images restaurées.

Comme perspectives à ce travail, nous avons identifié, à titre non exhaustif, quelques pistes possibles :

- L'application d'un filtrage qui permet d'enlever les pixels non significatifs.
- Le remplacement de la palette 8 couleurs par une palette paramétrable.

- L'utilisation d'une technique de seuillage local au lieu du seuillage global d'Otsu.
- L'utilisation d'un algorithme de DataMining (K-means,...) pour le lissage de l'arrière plan afin de garder la couleur naturelle du papier.
- L'application d'un algorithme de correction de contraste pendant le prétraitement.

BIBLIOGRAPHIE :

[1] KADDOUR Chakib et AISSA BRAHIM Salim, compression des images fixes par fractales basée sur la triangulation de Delaunay et la quantification vectorielle. Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene 1999.

[2] Jeff, Analyse d'images – introduction Elise Arnaud - Edmond Boyer Université Joseph Fourier / INRIA Rhône-Alpes
<http://www.commentcamarche.net/contents/video/vector.php3>. Dernière modification le mardi 14 octobre 2008 à 17:40:32 par Jeff.

[3] JDN Développeurs, Les formats d'image bitmap et vectoriels, www.journaldunet.com/developpeur/tutoriel/gra/050625-panorama-formats-fichiers-graphiques.shtml, 2005.

[4] Fadoua Drira, Contribution à la Restauration des Images de Documents Anciens, Thèse de doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, École Doctorale Informatique et Information pour la Société (EDIIS) 2007-ISAL-0111 (2007). P 4,5 et P 7,9

[5] Laetitia, Les enjeux de la numérisation dans la diffusion de la culture, le 31 Octobre 2008 à 16:38 dans le groupe Culture Back to Culture Discussions.

[6] La numérisation des documents anciens et son application au Centre Historique des Archives Nationales (CHAN): Archim 2006.

[7] J. André, M.A. Chabin. Numériser les documents anciens : et après ?, 1999, Les documents anciens, numéro spécial de Document Numérique, vol. 3, no1-2, pp. 7-11.

[8] HAMMOUM Zoubida, Les services en ligne liés aux activités culturelles, <http://www.m-culture.gov.dz>, 17/05/2010

[9] Encyclopédie universelle Wikipedia – Le manuscrit : Notion générales sur les manuscrits. Disponible sur le Web à l'adresse <http://fr.wikipedia.org/wiki/manuscrit>. Consulté le 13/01/2011.

[10] Encyclopédie universelle Wikipedia – Le Codex – disponible en ligne à l'adresse <http://fr.wikipedia.org/wiki/codex> consulté le 13/01/2011.

- [11] Boukerzaza Kamel et Bouderbane Azzedine-Maîtres de Conférences- Les Manuscrits de la Bibliothèque Nationale d'Algérie : La Numérisation et la Recherche Scientifique, Département de Bibliothéconomie, Université de Constantine.
- [12] Algérie 360. Nouveaux manuscrits acquis par la Bibliothèque Nationale d'Algérie. Consultation (06 Mars 2011). Disponible sur Internet : <http://www.algerie360.com/algerie/164-nouveaux-manuscrits-acquis-par-la-bibliotheque-nationale-en-2009/>.
- [13] Fadoua Drira. Contribution à la Restauration des Images de Documents Anciens, Thèse de doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, École Doctorale Informatique et Information pour la Société (EDIIS) 2007-ISAL-0111 (2007).P 16, 26
- [14]B. Bringier. Élaboration de modèles d'évaluation de la qualité du rendu couleur, Thèse de doctorat, Université de Poitier, 2005.
- [15] H. Emptoz, F. Le Bourgeois, V. Eglin, Y Leydier. La reconnaissance dans les images numérisées, OCR et transcription, reconnaissance des structures fonctionnelles et des méta-données, dans l'ouvrage La numérisation des textes et des images : Techniques et réalisations, éditions Presse de Lille 3, ISB N 2- 844 67 -0 50 -4, pp.105-129, 2003
- [16] L. Bottou, P. Haffner, P.G. Howard, P. Simard, Y. Bengio, Y. LeCun, High quality document image compression with DjVu, journal of electronics imaging, 7 (3):410- 428, 1998.
- [17] F. Le Bourgeois, H. Emptoz. DEBORA : Digital AccEss to BOoks of the RenAissance, International Journal on Document Analysis and Recognition (I JDAR), Special issue on the analysis of historical documents, Springer, Vo. 9, Nř 2 -4, pp. 193-221, 2007.
- [18] V. Rabeux, N. Journet, J.P. Domenger ; Evaluation de la transparence des documents anciens ; LaBRI September 21, 2010
- [19] G. Sharma. Cancellation of show-through in duplex scanning, Appears in Proceedings IEEE International Conference on Image processing, vol.2, pp.609-612, 2000.
- [20] E. Dubois, A. Pathak, Reduction of bleedthrough in scanned manuscripts documents, IS&T conference on image processing, image quality, image capture systems, 2001.

- [21] C. L. Tan, R. Cao, P. Shen, Restoration of Archival Documents Using a Wavelet Technique, IEEE Transactions on PAMI, 2002, pp.1399-1404.
- [22] Mello C.A.B. and Lins R.D., "Generation of images of historical documents by composition", in ACM Symposium on Document Engineering, McLean, VA, USA, 2002.
- [23] Q. Wang, T. Xia, C. L. Tan, L. Li, Directional Wavelet Approach to Remove Document Image Interference, ICDAR, 2003, pp.736-740 Edinburgh, 2003 .
- [24] C. L. Tan, R. Cao, P. Shen, J. Chee and J. Chang, Text extraction from historical handwritten documents by edge detection, ICARCV, 2000.
- [25] C. Wolf. Document Ink bleed-through removal with two hidden Markov random fields and a single observation field, Technical Report RR-LIRIS- 2006- 019, 2006
- [26] E. Smigiel, A. belaid, H. Hamza. Self- organizing Maps and Ancient Documents, Document Analysis Systems VI, 6 th international workshop, pp.125-134, Florence, ITALY, 2004.
- [27] B. Gatos, I. Pratikakis, S. J. Perantonis, An Adaptive Binarization Technique for Low Quality Historical Documents, DAS, 2004, pp.102-113.
- [28] Bottou L., Haffner P., and Howard P.G, "High Quality Document Image Compression with DjVu", Journal of Electronic Imaging, 7(3), 1999.
- [29] Leydier Y., Bourgeois F.L., and Emptoz H., "Serialized K-Means for Adaptive Color Image Segmentation Application to Document Images and Others", in 6th International Workshop on Document Analysis systems (DAS), Italy, 2004, LNCS vol.3163, 252-263.
- [30] Garain U., Paquet T. and Heutte L., "On Foreground-Background Separation in low Quality Color Document Images", International Journal on Document Analysis and Recognition, vol. 8, no. 1, pp. 47-63, 2006.
- [31] Shi Z. and Govindaraju V., "Historical Document Image Enhancement Using Background Light Intensity Normalization", 17th International Conference on Pattern Recognition, Cambridge, United Kingdom, 23-26 August 2004.
- [32] Shi Z. and Govindaraju V., "Historical Document Image Segmentation Using Background Light Intensity Normalization", SPIE Document Recognition and Retrieval XII, San Jose, California, USA, 16-20 January 2005.
- [33] F. DRIRA - F. LEBOURGEOIS - H. EMPTOZ, Separation recto/verso des images de documents anciens par une approche aveugle, Laboratoire d'Informatique en image et Système d'Information (LIRIS) INSA de LYON, 2007

- [34] Fadoua Drira. Contribution à la Restauration des Images de Documents Anciens, Thèse de doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, École Doctorale Informatique et Information pour la Société (EDIIS) 2007-ISAL-0111 (2007).P 66, 72
- [35]Wafa Boussellaa 1– Abderrazak Zahour 2 – Bruno Taconet 2– Abdellatif Benabdelhafid 2 – Adel Alimi1, Méthode hybride de séparation Avant/arrière-plan pour la restauration des manuscrits arabes anciens couleur,1 REsearch Group on Intelligent Machines (REGIM) University de Sfax, ENIS, DGE, BP. W-3038 - Sfax – Tunisia, 2 Université du Havre, IUT du Havre, Place Robert Schuman, F-76 610 Le Havre, 2006.
- [36] A. Tonazzini, E. Salerno, M. Mochi, L. Bedini, Bleed-through removal from degraded documents using a color decorrelation method, DAS, 2004, pp. 229-240.
- [37] N.Otsu. « A threshold selection method from grey-level histograms ». IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., vol.SMC-8, 1978.
- [38] Øivind Due Trier and Torfinn Taxt. "Evaluation of Binarisation Methods for Document Images". IEEE, Transactions on PAMI, vol. 17, number 3, March 1995.
- [39] H.D. Cheng, Yen-Hung Chen. « Fuzzy partition of two -dimensional histogram and its application to thresholding ». Pattern Recognition, vol.32, pp.825-843, 1999.
- [40] M. Cheriet, J. N. Said, C.Y. Suen. « A recursive thresholding technique for image segmentation ». IEEE Transactions on Image Processing, vol.7, n°6, June 1998.
- [41] R. Horaud, O. Monga. Vision par ordinateur – outils fondamentaux. Editions Hermès, 1993.
- [42]J.N. Kapur, P.K. Sahoo, A.K.C. Wong. « A New method for gray-level picture threshold using the entropy of the histogram ».Graphical Models and Image Processing, 29, 1985.
- [43] Kittler J. and Illingworth J., "Minimum error thresholding", Pattern Recognition, 1986, vol.19, n°1, pp. 41-47.
- [44] Leedham G., Varma S., Patankar A., and Govindaraju V., "Separating text and background in degraded document images - a comparison of global thresholding techniques for multi-stage thresholding", in Proceedings Eighth International Workshop on Frontiers of Handwriting Recognition, September 2002.
- [45] Leedham G. Yan, C., Takru K., Tan Joie H. Nata and Mian L., "Comparison of Some Thresholding Algorithms for Text/Background Segmentation in

Difficult Document Images", in Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition, Janvier 2003.

[46] Lamouche.I.; Bellissant.C. Séparation recto/verso d'images de manuscrits anciens ; CNED '96 : 4ème colloque national sur l'écrit et le document : (Nantes, 3-5 juillet 1996).Colloque national sur l'écrit et le document N°4, Nantes , FRANCE (03/07/1996)

[47] Gilson Braviano. « Logique floue en segmentation d'images: seuillage par entropie et structures pyramidales irrégulières », thèse de doctorat à l'Université Joseph Fourier-Grenoble 1. Octobre 1995

[48] Abderrahmane Kefali(1), Toufik Sari(2)et Mokhtar Sellami(1), EVALUATION DE PLUSIEURS TECHNIQUES DE SEUILLAGE D'IMAGES DE DOCUMENTS ARABES ANCIENS, (1) Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI) Département Informatique, BP 12 - UniversitéAnnaba, 23000, Algérie . (2) Laboratoire de Gestion Electronique de Documents (LabGED). Département Informatique, BP 12 - Université Annaba, 23000, Algérie P 11,12, 2009.