

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLED BLIDA

Faculté des sciences

Département d'informatique.



Mémoire Présenté par :

- Mokhbat Cherifa
- Sidi Moussa Zineb

Pour l'obtention du diplôme Master

Domaine : Mathématique et Informatique.

Filière : Informatique.

Spécialité : Informatique.

Option : Ingénierie du logiciel.

Sujet :



RESTAURATION DES DOCUMENTS  
ANCIENS :  
TEXTURE INPAINTING

Soutenu le : 1/07/2012 devant le jury composé de :

Mlle. Boustia

M. Hamouda

Mlle. Guendouz

M. Hadj Yahia.O

Dr. Meziane Abdelkrim

Président

Examineur

Examineur

Promoteur

Encadreur

Année universitaire 2011/2012

## ملخص

إن المسح الضوئي لكميات كبيرة من صور الوثائق القديمة خلق بيئة عمل جديدة بسبب الأضرار التي لحقت بهذه الوثائق. من بين هذه الأضرار سنهتم بالنقص الموجود في هذه المخطوطات نظرا لنوعية المواد الكيميائية للحبر و العوامل البيولوجية مثل القوارض و الفطريات التي تخفض من سهولة قراءة المخطوطة .

مهمتنا هي الوقوف ضد هذه الأضرار من أجل إيجاد إقتراح جديد لترميم صور المخطوطات الملونة .

هذا النهج يتمثل في الجمع بين تقنية من أجل إيجاد النمذج المماثل الموجود في الرقعة التي على حواف البيكسل المتضرر و تقنية متابعة المحيطات من أجل الحصول على صورة مترجمة .

## الكلمات الرئيسية:

المسح inpainting، أشكال مماثلة، محيط الضوئي، مخطوطة، تدهور، ترميم،

# RÉSUMÉ

La numérisation de grandes masses d'images de documents anciens a créé un nouveau contexte de travail à cause des dégradations apportées aux documents. Parmi ces dégradations, nous allons nous intéresser aux parties manquantes dans ces manuscrits dues à la qualité chimique de l'encre et aux agents biologiques, comme les rongeurs et les champignons qui diminuent la lisibilité des documents.

Notre travail consiste à faire face aux méfaits de détériorations, afin de trouver une nouvelle solution pour restaurer les images des manuscrits en couleurs.

L'approche consiste à combiner une technique qui permet de trouver la forme la plus similaire qui se trouve dans le patch choisi autour des bords du pixel dégradé, et la continuation des contours afin d'obtenir une image restaurée du document.

**MOTS-CLÉS :**

Numérisation, manuscrit, dégradation, restauration, inpainting, formes similaires, contour.

## ABSTRACT:

The large mass of digitization of document's image had created a new context of work because of documents' damages. Among these degradations, we will be interested in the missing area in these manuscripts caused by the chemical quality of the ink and the biological agents such as rodents and fungi that decrease readability of documents.

Our job is to harm to these damages, to find a new solution for restoring colored images of manuscripts.

The approach is to combine technique of finding the similar form; which is chosen from the patch around the degraded pixel, and the continuation of the image's contour to obtain a restored image of the document.

## KEYWORDS:

Digitization, manuscript, degradation, restoration, inpainting, similar forms, contour.

# Remerciements

Tout d'abord le plus grand merci est réservé à notre dieu tout puissant qui nous a fait éclairer le chemin durant tout notre cursus.

Nous exprimons toute notre gratitude à monsieur Sadj Yahia, pour l'effort fourni, ses conseils, sa patience et sa persévérance dans le suivi.

Un grand merci pour notre encadreur monsieur Meziane au sein duquel nous avons trouvé tout ce qu'il nous fallait de mieux ainsi qu'à ma demoiselle Insaf qui nous a beaucoup aidé et enrichi nos informations.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble du département de l'informatique de nous avoir accepté, supporté et nous avoir donné tout ce qu'on avait besoin en matière d'approvisionnement en informations et études durant les 5 années de notre vie universitaire.

Un grand merci aussi est adressé au membre du jury qui nous a honorés de leur présence pour nous en juger et faire tous les points sur notre travail.

A toute personne qui a participé de pré ou de loin pour l'achèvement de ce modeste travail.



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon cher père, ma fierté et ma dignité.*

*Ma chère mère, je n'aurais jamais pu réussir sans tes prières.*

*Mon cher grand-père, mon rayon de lumière qui éclaire ma vie.*

*Ma chère grand-mère, ma joie de vivre et mon rayon de soleil.*

*Mon cher frère, mon air que je respire.*

*Mes chères sœurs, mes bouquets de fleurs qui m'inspirent.*

*Ma chère Nina, la coquine de la famille.*

*Ma chère Lilia la fleur de toujours.*

*Mon cher frère Riadh pour ta tendresse infinie.*

*Ma chère Hanane pour ta gentillesse infinie.*

*Mon binôme Zineb.*

*Ma chère Zahra, mon amie de l'enfance.*

*Ma chère Amina ma chérie de toujours.*



Toute la section de 2eme année Master du département  
d'Informatique

*Mokhbat Cherifa*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes parents, pour ses conseils.*

*Mon marie pour son aide et sa patience.*

*Mes frères et mes sœurs surtout ma sœur Sara la lumière de mon  
sentier.*

*Mes beaux et belles sœurs.*

*Mes amis surtout Amel.*

*Ma petite coquine de la famille Maria.*

*Mon binôme Cherifa.*

*Tous ceux qui m'ont prêté leurs cœurs, je leurs offre le mien.*

*Tous ceux qui me sont aidé, j'éterniserai de leur dire,*

*Que je les aime beaucoup.*

*Sans oublier la section 2ème année master Informatique*

*Promotion 2011/2012.*



## TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale ..... 1

### **Partie1: GENERALITES**

**Chapitre1:Généralités sur le traitement d'image..... 3**

1. Introduction ..... 3

2. Image et image numérique ..... 3

3. Carracteristiques de l'image numérique ..... 4

3.1.Pixel ..... 4

3.2.Résolution ..... 4

3.3.Dimension ..... 5

3.4.Histogramme ..... 5

3.5.Luminance ..... 6

3.6.Contraste ..... 6

3.7.Niveau de gris ..... 7

3.8.Région ..... 7

3.9.Contour ..... 7

3.10. Bruit ..... 7

4. Les representations des couleurs ..... 8

4.1.Le codage RGB ..... 8

4.2.Le codage HSL .....	9
4.3.Le codage CMY.....	10
4.4.Le codage CIE .....	10
4.5.Le codage YUV .....	11
4.6.Le codage YIQ.....	11
5. Les differents types d'images numeriques .....	11
5.1.Les formats vectoriels.....	12
5.2.Les formats bitmap .....	12
5.3.Les formats meta fichiers .....	12
6. Le traitement d'image.....	12
6.1.Introduction au traitement d'image .....	12
6.2.Types de traitements d'image.....	13
6.2.1. Traitement de bas niveau.....	13
6.2.2. Traitement de haut niveau .....	13
6.3.Etapes de traitement d'image .....	13
6.3.1. Aquisition .....	13
6.3.2. Prétraitement .....	14
6.3.2.1.Traitement numerique des images.....	14
6.3.2.2.Filtrage.....	14
6.3.3. Analyse d'image.....	16
7. Quelques traitements d'image .....	16
7.1.Le gradient.....	16
7.2.La convolution.....	16
8. Conclusion.....	17
<b>Chapitre2:Généralités sur les manuscrits .....</b>	<b>18</b>

1. Introduction .....	18
2. Definition du manuscrit .....	18
3. Defintion du codex .....	19
4. Les elements descriptifs des manuscrits .....	20
4.1.La mention de responsabilité .....	20
4.2.Le nom du proprietaire .....	20
4.3.Le tittre du manuscrit.....	20
4.4.Le colophon .....	20
4.5.Le décor .....	20
4.6.La reliure.....	21
4.7.Organisation du volume.....	21
4.8.Type de support .....	22
5. Etat des manuscrits en Algerie .....	22
5.1.La bibiotheque nationale d’Algerie (BNA) .....	22
5.2.Le centre national des manuscrits D’Adrar (CNMA).....	23
6. Conclusion .....	24
<b>Chapitre3:La numérisation .....</b>	<b>25</b>
1. Introduction .....	25
2. La numerisation des documents du patrimoine .....	25
2.1.La numerisation .....	26
2.2.Types de scanners utilisés pour la numerisation .....	27
2.2.1. Scanner à plat .....	27
2.2.2. Scanner à defilement .....	27
2.2.3. Scanner à main.....	37
2.2.4. Scanner à diapositive .....	28

2.2.5. Scanner à tombours .....	28
2.3. L'importance de la numérisation .....	29
2.3.2. Pourquoi la numérisation est devenue si populaire ? .....	29
2.3.1. Pourquoi numériser .....	30
2.3.2. Inconvénients, limites et risques de la numérisation .....	32
2.3.3. Quelques grands programmes de numérisation .....	33
3. La numérisation du patrimoine en Algérie .....	34
3.1. Bibliothèque nationale d'Algérie .....	34
3.2. Centre national de manuscrit d'Adrar .....	35
3.3. Centre algérien de cinématographie .....	36
4. Conclusion .....	36

## **Partie 2 : DEGRADATIONS ET RESTAURATIONS DES IMAGES DES DOCUMENTS**

### **Chapitre 4: Degradations des images des documents..... 37**

1. Introduction .....	37
2. Qu'est ce qu'une dégradation? .....	37
3. Les agents de dégradations .....	37
3.1. Les agents de dégradations biologiques .....	38
3.1.1. Les champignons .....	38
3.1.2. Les bactéries .....	38
3.1.3. Les insectes .....	39
3.1.4. Les rongeurs .....	39
3.2. Les agents de dégradations physico-chimiques .....	39
3.2.1. La lumière .....	39
3.2.2. L'humidité et la température .....	40
3.2.3. La pollution atmosphérique .....	41
3.2.4. Dégradations dues à la capture .....	42

3.3.	La mauvaise qualité des matériaux constitutifs des documents.....	42
3.4.	Les sinistres naturels ou accidentels .....	43
3.4.1.	Les inondations et cyclones .....	43
3.4.2.	Les vents de sable .....	43
3.4.3.	Le feu .....	43
3.4.4.	L'eau .....	44
3.5.	Les méfaits de l'homme.....	44
3.5.1.	Le vandalisme et le manque de soin des lecteurs ou visiteurs .....	44
3.5.2.	Les manipulations maladroites .....	44
3.6.	Les agents de dégradations dues à la capture.....	45
3.6.1.	Dégradations matérielles.....	45
3.6.2.	Dégradations numériques.....	45
3.6.2.1.	L'inadéquation de la résolution à la taille des textes .....	46
3.6.2.2.	Le problème de la résolution en binaire .....	46
4.	Typologie des dégradations .....	47
4.1.	Dégradation du fond (image du papier) .....	47
4.2.	Dégradation des formes (images des traits, caractères, dessins).....	47
5.	Mesures de prévention .....	48
5.1.	Recommandations en matière de conservation des documents .....	48
5.2.	Prévention des dégradations dues à l'homme.....	49
5.3.	Prévention des désastres.....	49
5.4.	Prévention de la pollution .....	50
5.5.	Prévention des altérations dues à la lumière .....	50
5.6.	Prévention des altérations dues à la température et l'humidité relative .....	51
5.6.1.	Influence de la température .....	51
5.6.2.	Influence de l'humidité relative .....	52
5.6.2.1.	humidité relative trop élevée .....	53
5.6.2.2.	humidité relative trop basse .....	53
5.6.2.3.	humidité relative fluctuante .....	53
5.6.3.	La conservation dans des régions climatiques difficiles : le cas des bibliothèques des zones tropicales .....	54
6.	Conclusion .....	56

<b>Chapitre5: Restaurations des images des documents</b> .....	57
1. Introduction .....	57
2. Type de restauration .....	57
2.1.La restauration physique .....	57
2.2.La restauration virtuelle .....	57
2.3.La restauration numérique .....	57
3. Méthodes de restauration supervisées : .....	58
3.1.Séparation recto/verso par recalage .....	58
3.2.Séparation recto/verso par analyse de l'orientation .....	59
3.3.Séparation recto/verso par analyse des formes.....	60
3.4.Séparation recto/verso par analyse de la couleur.....	60
3.5.Restauration des formes par modèle.....	62
3.6.Restauration des formes par prototypage .....	63
3.7.Restauration géométrique de la courbure .....	64
3.7.1. Restauration par un modèle 2D .....	65
3.7.2. Restauration par un modèle 3D .....	65
4. Méthodes de restauration non-supervisées .....	66
4.1.Restauration du recto/verso par séparation de sources.....	66
4.2.Restauration des formes par morphologie mathématique .....	67
4.3.Restauration Colorimétrique .....	68
5. Conclusion .....	69
<b>Chapitre6: Texture Inpainting</b> .....	74
1. Introduction .....	70
2. Problématique .....	70
3. L'état de l'art .....	70
3.1.Qu'est ce que l'inpainting ? .....	70
3.2.Les méthodes de l'inpainting.....	71

3.2.1. Reconstruction méthodes variationnelles et équations différentielles partielles(EDP) .....	71
3.2.1.1.Etapes de l'inpainting .....	71
3.2.1.2.Expérimentation .....	74
3.2.1.3.Discussion sur la méthode de reconstruction par EDP .....	75
3.2.2. Méthodes basées sur la recherche de similarités (« Exemplar-based ») .....	77
3.2.2.1.Etapes de l'inpainting .....	77
3.2.2.2.Discussion sur la méthode de reconstruction par Exemplar-based .....	78
3.2.3. Reconstruction par apprentissage .....	78
3.2.3.1.Les champs de Markov (Markov Random Field) .....	79
3.2.3.2.L'approche par les contours actifs guidée par un modèle .....	80
3.2.3.3.Discussion de la méthode d'inpainting par apprentissage .....	80
4. Conclusion .....	81

### **Partie3 : METHODOLOGIE ET IMPLEMENTATION**

<b>Chapitre7:Methodologie</b> .....	82
1. Introduction .....	82
2. Méthodologie .....	82
2.1.Principe .....	82
2.1.1. Phase 1 .....	83
2.1.2. Phase 2 .....	83
2.1.3. Phase 3 .....	84
3. Expérimentation et évaluation .....	86
3.1.Expérimentation sur des images de synthèse.....	86
3.2.Expérimentation sur des images réelles de documents .....	98
4. Discussion sur notre approche.....	90
5. Conclusion .....	91
<b>Chapitre8:Implementation</b> .....	92

1. Introduction .....	92
2. Outils de travail .....	92
2.1.Choix du langage .....	92
2.1.1. Aperçu .....	92
2.1.2. Avantages de java .....	92
2.2.Choix de l'environnement de développement .....	93
2.2.1. Aperçu .....	93
2.2.2. Objectif d'Eclipse .....	93
3. L'application.....	93
4. Conclusion.....	95
Conclusion Générale .....	96

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1</b> : Représentation binaire d'image .....	4
<b>Figure 1.2</b> : Résolution d'image .....	5
<b>Figure 1.3</b> : Dimensions d'une image numérique.....	5
<b>Figure 1.4</b> : L'histogramme d'une image .....	6
<b>Figure1.5</b> : Exemple d'image en niveau de gris .....	7
<b>Figure1.6</b> : Représentation du codage RGB.....	9
<b>Figure 1.7</b> : Représentation du codage HSL.....	9
<b>Figure 1.8</b> : Représentation du codage CIE.....	10
<b>Figure1.9</b> : Types de traitements d'image .....	13

<b>Figure 1.10:</b> Filtrage Passe-bas .....	15
<b>Figure 1.11:</b> Filtrage Passe haut.....	15
<b>Figure 1.12:</b> Filtrage Passe-bande.....	16
<b>Figure1.13:</b> Exemples de filtres utilisés pour la convolution.....	17
<b>Figure 1.14 :</b> Le principe de la convolution.....	17
<b>Figure 2.1 :</b> Evolution du support de manuscrits.....	19
<b>Figure 2.2:</b> Exemple de colophon en forme triangulaire.....	20
<b>Figure 2.3 :</b> Illustration de décors de manuscrits .....	21
<b>Figure 2.4 :</b> Exemple de manuscrits algériens .....	24
<b>Figure 3.1 :</b> Processus de numérisation .....	26
<b>Figure 3.2 :</b> Scanner à plat .....	27
<b>Figure 3.3 :</b> Scanner à défilement.....	27
<b>Figure 3.4 :</b> Scanner à main.....	28
<b>Figure 3.5 :</b> Scanner à diapositive .....	28
<b>Figure 3.6 :</b> Scanner à tambour.....	29
<b>Figure 3.7 :</b> Exemple des anciens documents dégradés.....	34
<b>Figure 3.8 :</b> Etat des manuscrits en Algérie .....	36
<b>Figure 4.1 :</b> Exemple de dégradations chimiques.....	41
<b>Figure 4.2 :</b> Exemple de dégradations biologiques.....	41
<b>Figure 4.3 :</b> Document dégradé par l'acidité de l'encre .....	42
<b>Figure 4.4 :</b> Exemple de dégradations d'origine des sinistres naturels ou accidentels .....	43
<b>Figure 4.5 :</b> Exemple de dégradation d'origine humaine .....	45

<b>Figure 4.6</b> : Exemple de dégradations matérielles : Perte d'information couleur sur les images numérisées des microfilms.....	45
<b>Figure 4.7</b> : Finesse de la grille pour une faible et une forte résolution .....	46
<b>Figure 4.8</b> : Exemple de problème de la numérisation en binaire : Binarisation de documents dont le support est dégradé .....	47
<b>Figure 4.9</b> : Exemple de dégradations du fond.....	47
<b>Figure 4.10</b> : Exemple de dégradations des formes .....	48
<b>Figure 4.11</b> : Une lampe à fluorescence équipée de filtres anti-UV (ultra-violette) ....	50
<b>Figure 4.12</b> : Méfaits de la température sur les documents .....	52
<b>Figure 5.1</b> : Suppression des taches en transparence par recalage .....	59
<b>Figure 5.2</b> : Exemple2 de suppression des taches en transparence par recalage ....	59
<b>Figure 5.3</b> : Suppression des taches en transparence par analyse de l'orientation..	60
<b>Figure 5.4</b> : (a) Image d'origine, (b) Image finale de recto séparée du verso .....	60
<b>Figure 5.5</b> : Séparation recto/verso par segmentation et agrégation de régions.....	61
<b>Figure 5.6</b> : Application de l'approche de [33] : (a) Image originale (b) Résultat pour $K=2$ , le nombre de classes.....	62
<b>Figure 5.7</b> : Principe de la restauration d'une lettre cassée par les contours actifs	63
<b>Figure 5.8</b> : Cas de dégradations de la lettre «e» .....	63
<b>Figure 5.9</b> : Restauration par prototypage des formes dégradées de lettres.....	64
<b>Figure 5.10</b> : Limite d'une restauration par prototypage.....	64
<b>Figure 5.11</b> : Défauts géométriques de la photographie d'un livre ouvert à gauche et sa version restaurée à droite .....	65
<b>Figure 5.12</b> : Suppression des taches en transparence par analyse de la couleur....	67
<b>Figure 5.13</b> : Principe de l'analyse d'image par la morphologie mathématique.....	67

<b>Figure 5.14</b> : Restauration de la dégradation colorimétrique par ajustement du contraste .....	69
<b>Figure 6.1</b> : Principe de reconstruction par jonction des isophotes.....	71
<b>Figure 6.2</b> : Direction de la propagation des informations situées le long du contour .....	72
<b>Figure 6.3</b> : Limite d'une reconstruction par la totale variation.....	73
<b>Figure 6.4</b> : Les avantages des modèles de diffusion dirigée par la courbure (CDD) et de l'élastique d'Euler par rapport à la méthode de diffusion basée sur la totale variation (TV)..	74
<b>Figure 6.5</b> : Image originale (IRHT) et superposition du masque en blanc.....	74
<b>Figure 6.6</b> : Reconstruction par inpainting avec le modèle de Beltramio .....	75
<b>Figure 6.7</b> : Reconstruction par inpainting avec le modèle de Chan et l'élastique d'Euler .....	75
<b>Figure 6.8</b> : Limite de l'inpainting par manque de continuité dans les isophotes.....	76
<b>Figure 6.9</b> : Limites de l'inpainting pour un masque plus large que l'épaisseur des traits .....	76
<b>Figure 6.10</b> : De gauche à droite respectivement : Forme régulière que l'inpainting pourra reconstruire et Formes irrégulières que les modèles actuels ne pourront pas reconstruire.....	76
<b>Figure 6.11</b> : Différence entre la restauration par diffusion et par Exemplar-based .	78
<b>Figure 6.12</b> : Résultat de l'algorithme de synthèse de texture .....	80
<b>Figure 6.13</b> : Exemples de dégradations obtenues à partir d'un caractère 'R' écrit en Romain.....	80
<b>Figure 7.1</b> : Diagramme d'inpainting .....	82
<b>Figure 7.2</b> : Comparaison du modèle d'inpainting par notre approche sur une police Arial .....	87

<b>Figure 7.3</b> : Comparaison du modèle d’inpainting par notre approche sur une police Andalouse.....	87
<b>Figure 7.4</b> : Comparaison du modèle d’inpainting par notre approche sur une police Microsoft Sans Serif .....	87
<b>Figure 7.5</b> : Suppression avec le modele « exemplar-based » .....	88
<b>Figure7.6</b> : Image originale1 et superposition du masque en gris .....	88
<b>Figure7.7</b> : Reconstruction avec notre approche .....	88
<b>Figure7.8</b> : Image originale2 et superposition du masque en gris .....	89
<b>Figure7.9</b> : Reconstruction avec notre approche de l’exemple 2.....	89
<b>Figure 7.10</b> : Reconstruction avec notre approche avec les filtres Sobel et Kernel de l’exemple de la figure7.2.....	89
<b>Figure 7.11</b> : Reconstruction avec notre approche avec les filtres Sobel et Kernel de l’exemple de la figure7.8.....	90
<b>Figure7.12</b> : Exemple de reconstruction de manuscrit écrit avec le latin .....	90
<b>Figure8.1</b> : Aperçu de l’application .....	93
<b>Figure8.2</b> : Le 1 <sup>er</sup> menu de l’application .....	94
<b>Figure8.3</b> : Le 2eme menu de l’application .....	94
<b>Figure8.4</b> : Le 3 <sup>eme</sup> menu de l’application.....	95
<b>Figure8.5</b> : Le 3 <sup>eme</sup> menu de l’application.....	95

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 4.1</b> : Conditions relatives à la température et l’humidité et l’éclairage.....	49
<b>Tableau 4.2</b> : Conditions relatives à la pollution et les agents chimiques et biologiques et choc. ....	49