

UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH

Faculté des sciences et techniques Fès

# THESE



présentée et soutenue publiquement par :

**Idrissi Sidi Yassine**

Le

**19/01/2013**

Discipline :

**INFORMATIQUE**

Spécialité :

**INFORMATIQUE**

Titre :

**Modélisation et analyse des méthodes de traitement  
d'images médicales : Logiciel d'application.**

Devant le jury composé de :

- Président :** Pr. Mohcine Zouak, faculté des sciences et techniques Fès.
- Directeur de thèse :** Pr. Samir Belfkih, école nationale des sciences appliquées Kenitra.
- Rapporteurs :** Pr. Nabil Hminna, école nationale des sciences appliquées Kenitra.  
Pr. Farid Abdi, facultés des sciences et techniques Fès.
- Examineur :** Pr. Hamid Tairi, faculté des sciences Dhar El Mahraz Fès.

# Résumé

L'objectif principal de nos travaux de thèse de doctorat, est l'amélioration des résultats obtenus dans le cadre de l'application des équations aux dérivées partielles (EDP) notamment en terme de restauration, de segmentation et de mise en oeuvre numérique. L'imagerie médicale constitue le support d'application et des tests de nos résultats.

Tout d'abord, nous présentons l'état de l'art concernant les différentes approches classiques de segmentation d'images médicales ainsi que les principaux travaux à base d'EDP en traitement d'images.

Ensuite, et en terme de contribution, nous proposons une implémentation par les éléments finis de la méthode de Malik et Perona pour la restauration d'images médicales, nous comparons qualitativement et quantitativement nos résultats avec d'autres résultats issus de la résolution explicite et semi-implicite. Nous proposons également dans ce cadre un algorithme de type gradient pour améliorer les calculs réalisés. Les résultats obtenus dans cette partie sont très prometteurs et mieux performants par rapport à d'autres méthodes.

Cette thèse s'intéresse également à l'utilisation des contours actifs paramétriques en segmentation d'images médicales. Nous présentons d'abord les modèles de base les plus connus ainsi que leurs méthodes de mise en oeuvre. Ensuite nous proposons un algorithme de type gradient conjugué pour implémenter le type de contour actif GVF (Flux de vecteur gradient) et nous exposons une méthode qui surmonte les problèmes liés aux bruits. En dernier lieu nous proposons une nouvelle méthode pour initialiser ces contours, en particulier pour segmenter les images des cellules.

La dernière partie est consacrée à l'étude des techniques statistiques, fréquentielles et de géométrie différentielle pour décrire les caractéristiques de la texture; nous proposons une nouvelle méthode pour évaluer la similarité entre textures ce qui permet d'obtenir une segmentation initiale. Afin de déterminer avec précision les frontières entre textures, nous appliquons

l'algorithme de l'extraction du squelette basé sur la morphologie mathématique.

Et comme produit technique de cette thèse, nous avons réalisé un logiciel de traitement d'images en Java, dans lequel nous avons implémenté toutes les méthodes proposées, ainsi que les méthodes de comparaisons étudiées dans ce travail.

**Mots clés** : vision par ordinateur, restauration, segmentation, contours actifs paramétriques, texture, équations aux dérivées partielles.

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>3</b>
<b>Table des matières</b>	<b>5</b>
<b>Notations</b>	<b>9</b>
<b>Résumé</b>	<b>11</b>
<b>Introduction</b>	<b>13</b>
<b>1 Vision par ordinateur et imagerie médicale</b>	<b>17</b>
1 Vision par ordinateur . . . . .	17
2 Imagerie médicale . . . . .	19
2.1 Imagerie médicale . . . . .	19
2.2 Aperçu sur les techniques de segmentation en imagerie médicale . . . . .	20
3 Conclusion . . . . .	22
<b>2 Segmentation classique d'images médicales</b>	<b>23</b>
1 Détection des contours d'images médicales . . . . .	23
1.1 Gradient d'une image . . . . .	24
1.2 Laplacien d'une image . . . . .	25
1.3 Approches classiques de detection des contours d'images médicales . . . . .	25
2 Segmentation par régions . . . . .	30
2.1 Segmentation par régions en utilisant un seuil . . . . .	30
2.2 Segmentation par croissance de régions . . . . .	32
2.3 Segmentation par fusion de régions . . . . .	33

## TABLE DES MATIÈRES

---

2.4	Segmentation par division de régions . . . . .	34
2.5	Segmentation par fusion et division de régions . . . . .	34
3	Bruit : Types et sources . . . . .	35
4	Conclusion . . . . .	36
<b>3</b>	<b>Les équations aux dérivées partielles en traitement d'images médicales</b>	<b>39</b>
1	Diffusion isotrope et anisotrope en traitement d'images . . . . .	39
1.1	Diffusion isotrope . . . . .	39
1.2	Diffusion anisotrope . . . . .	40
2	Approche variationnelle de restauration d'images . . . . .	43
2.1	Régularisation de Tychonov . . . . .	43
2.2	Le modèle de Rudin-Osher-Fatemi . . . . .	44
3	Analyse multi-échelle . . . . .	44
3.1	Axiomes architecturaux . . . . .	44
3.2	Exemples d'analyse multi-échelles . . . . .	46
4	Filtres de choc . . . . .	47
5	Conclusion . . . . .	48
<b>4</b>	<b>Éléments Finis</b>	<b>51</b>
1	Éléments Finis . . . . .	52
1.1	Définition et Exemple . . . . .	52
1.2	Éléments finis triangulaires . . . . .	52
1.3	Equivalence des éléments finis . . . . .	54
2	Maillage par éléments finis triangulaires ou triangulation . . . . .	57
2.1	Qualité du maillage . . . . .	58
2.2	Détermination Pratique du Maillage . . . . .	58
3	Espace D'approximation . . . . .	62
4	Conclusion . . . . .	63
<b>5</b>	<b>Simulation de la diffusion anisotrope par la méthode des éléments finis</b>	<b>65</b>
1	Formulation de l'équation de Malik et Perona en un problème variationnel . . . . .	65
2	Approximation Numérique . . . . .	67
3	Stockage de Matrices Creuses et leurs Résolutions . . . . .	69

3.1	Stockage de Matrices Creuses . . . . .	69
3.2	Adaptation de l'Assemblage de la Matrice avec le Schéma de Stockage . .	70
3.3	Résolution . . . . .	71
4	Deuxième terme de l'équation . . . . .	75
5	Résolution du système différentiel . . . . .	76
6	Présentation des schémas de résolution par différences finies et semi-implicites de la Méthode de Malik et Perona . . . . .	77
6.1	Résolution explicite de l'équation de Malik et Perona . . . . .	77
6.2	Résolution semi-implicite de l'équation de Malik et Perona . . . . .	78
7	Résultats de comparaison qualitative et quantitative des différentes méthodes de résolution de l'EDP de Malik et Perona . . . . .	83
8	Méthodes de minimisation pour L'EDP de Malik et Perona pour l'amélioration des calculs . . . . .	87
8.1	Formulation de l'EDP de Malik et Perona en un problème de minimisation	87
8.2	Algorithme de Résolution . . . . .	88
8.3	Résultats . . . . .	89
9	Conclusion . . . . .	91
<b>6</b>	<b>Segmentation d'images médicales par contours actifs paramétriques</b>	<b>93</b>
1	Qu'est ce que c'est un contour actif paramétrique . . . . .	94
2	Evolution des contours actifs . . . . .	96
3	Forces externes pour les contours actifs . . . . .	103
3.1	Force distance potentielle . . . . .	103
3.2	Force de Ballon . . . . .	104
3.3	Force du flot du vecteur gradient . . . . .	105
3.4	Champ vecteur convolution . . . . .	107
4	Eléments finis pour le flot du vecteur gradient . . . . .	109
4.1	Cadre mathématique et estimation d'erreur . . . . .	109
4.2	Algorithme de résolution . . . . .	110
4.3	Résultats : . . . . .	115
5	Adaptation des paramètres du flot de vecteur gradient généralisé (GGVF) . . .	116
5.1	Le flot de vecteur gradient généralisé . . . . .	116

## TABLE DES MATIÈRES

---

5.2	Etude des fonctions de poids du GGVF . . . . .	119
5.3	Détermination adaptative du paramètre de diffusion . . . . .	119
5.4	Résultats . . . . .	122
6	Initialisation des contours actifs . . . . .	123
7	Conclusion . . . . .	128
<b>7</b>	<b>Segmentation de la texture</b>	<b>131</b>
1	État de l'art . . . . .	131
1.1	Définition de la texture . . . . .	131
1.2	Quelques descripteurs des caractéristiques de la texture . . . . .	132
2	L'histogramme spectral . . . . .	138
3	Notre approche pour segmenter la texture . . . . .	139
3.1	Similarité entre histogrammes . . . . .	139
3.2	Mise en oeuvre . . . . .	140
3.3	Localisation des bords de la texture . . . . .	140
4	Résultats . . . . .	141
5	Conclusion . . . . .	142
	<b>Conclusion générale</b>	<b>145</b>
	<b>Logiciel réalisé en thèse</b>	<b>147</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>151</b>
	<b>Publications</b>	<b>159</b>