

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Principales techniques d'imagerie médicale	5
1.1. Introduction.	5
1.2. Imagerie par rayons X	6
1.2.1. Définition des rayons X	6
1.2.2. Instrumentation et génération des rayons X	8
1.2.3. Applications de l'imagerie par rayons X	11
1.2.3.1. Radiographie conventionnelle	12
1.2.3.2. Absorptiométrie à rayons X à double énergie	12
1.2.3.3. Fluoroscopie.	14
1.2.3.4. Angiographie par soustraction numérique	15
1.2.3.5. Mammographie.	17
1.2.4. Avantages et inconvénients de l'imagerie par rayons X	18
1.3. Tomodensitométrie	18
1.3.1. Description de la technique	19
1.3.2. Évolution de la tomodensitométrie.	20
1.3.3. Instrumentation	21
1.3.3.1. Scanners de première génération.	21
1.3.3.2. Scanners de deuxième génération	22
1.3.3.3. Scanners de troisième génération	23
1.3.3.4. Scanners de quatrième génération	24
1.3.3.5. Scanners de cinquième génération.	24
1.3.3.6. Scanners de sixième génération	25
1.3.3.7. Scanners de septième génération.	26
1.3.4. Applications	27

1.3.4.1. Fluoroscopie par tomodensitométrie	27
1.3.4.2. Tomodensitométrie de perfusion.	27
1.3.4.3. Tomodensitométrie à double énergie	28
1.3.4.4. Analyse du mouvement	29
1.3.5. Avantages et inconvénients de la tomodensitométrie	29
1.4. Imagerie par résonance magnétique (IRM)	30
1.4.1. Instrumentation	30
1.4.2. Génération de l'effet de résonance	31
1.4.3. Relaxation et contraste	35
1.4.4. Applications de l'IRM	38
1.4.4.1. Imagerie pondérée en diffusion	39
1.4.4.2. Spectroscopie par résonance magnétique.	39
1.4.4.3. IRM fonctionnelle	39
1.4.5. Avantages et inconvénients de l'IRM	40
1.5. Imagerie par ultrasons	40
1.5.1. Définition des ultrasons	41
1.5.2. Développement de l'imagerie par ultrasons	42
1.5.3. Génération des ultrasons	42
1.5.4. Transducteurs	43
1.5.4.1. Construction conventionnelle (transducteurs monoélément).	43
1.5.4.2. Transducteurs multiéléments	45
1.5.5. Avantages et inconvénients de l'imagerie par ultrasons	46
1.5.6. Applications de l'imagerie par ultrasons	47
1.5.6.1. Imagerie en niveaux de gris.	47
1.5.6.2. Échographie Doppler	49
1.5.6.3. Échocardiographie	51
1.5.6.4. Échographie osseuse.	51
1.6. Comparaison entre les différentes techniques d'imagerie médicale. . .	52
1.7. Conclusion	53

Chapitre 2. Traitement d'images médicales 55

2.1. Introduction.	55
2.2. Compression d'images	56
2.3. Restauration d'images	56
2.4. Amélioration d'images	56
2.4.1. Fenêtre et niveau	57
2.4.2. Correction gamma	58
2.4.3. Égalisation d'histogramme	58
2.4.4. Soustraction d'images	58
2.4.5. Filtrage spatial.	58

2.5. Analyse d'images	59
2.5.1. Caractéristiques de la texture	59
2.5.1.1. Caractéristiques de l'histogramme en niveaux de gris	59
2.5.1.2. Densité d'arêtes.	60
2.5.1.3. Dimension fractale	60
2.5.2. Arêtes et limites	61
2.5.3. Forme et structure.	62
2.5.3.1. Caractéristiques géométriques	63
2.5.3.2. Moments d'objet	63
2.5.3.3. Squelette d'objet	63
2.6. Segmentation d'images	64
2.6.1. Méthodes simples de segmentation d'images	64
2.6.2. Segmentation par contours actifs	65
2.6.3. Méthodes variationnelles	66
2.6.4. Méthodes <i>level set</i>	67
2.6.5. Modèles de formes et d'apparences actives.	67
2.6.6. Segmentation par coupes de graphes	68
2.6.7. Segmentation à base d'atlas	68
2.6.8. Segmentation par modèles déformables.	69
2.6.9. Segmentation par minimisation de l'énergie	70
2.6.10. Segmentation basée sur l'apprentissage	70
2.6.11. Autres approches	70
2.7. Recalage d'images.	71
2.7.1. Dimensionnalité.	71
2.7.1.1. Dimensions spatiales.	72
2.7.1.2. Recalage de séries chronologiques	72
2.7.2. Nature de la base du recalage	72
2.7.3. Nature de la transformation	73
2.7.3.1. Rigide	73
2.7.3.2. Affine.	74
2.7.3.3. Projective	74
2.7.3.4. Courbe	74
2.7.3.5. Non rigide	74
2.7.4. Domaine de transformation	75
2.7.5. Interaction	76
2.7.6. Procédure d'optimisation	76
2.7.7. Modalités impliquées.	77
2.7.8. Sujet.	77
2.7.9. Objet	78
2.8. Fusion d'images	78
2.8.1. Méthodes de fusion de pixels	79
2.8.2. Méthodes de sous-espace	79
2.8.3. Méthodes multiéchelles	79

2.8.4. Techniques d'apprentissage d'ensemble	80
2.8.5. Estimation simultanée de la vérité et du niveau de performance	80
2.9. Compréhension d'images	80
2.10. Conclusion	81

**Chapitre 3. Méthodes récentes de construction de modèles
en éléments finis à partir d'images médicales 83**

3.1. Introduction.	83
3.2. Modèles en éléments finis construits à partir d'images par rayons X	83
3.3. Modèles en éléments finis construits à partir de CT-scans	92
3.4. Modèles en éléments finis construits à partir d'IRM.	120
3.5. Modèles en éléments finis construits à partir d'ultrasons	124
3.6. Conclusion	127

**Chapitre 4. Principaux sites osseux modélisés à l'aide
de la méthode des éléments finis. 129**

4.1. Introduction.	129
4.2. Modélisation par éléments finis du calcaneum	129
4.3. Modélisation par éléments finis des phalanges	131
4.4. Modélisation par éléments finis du métatarse	133
4.5. Modélisation par éléments finis du tibia	134
4.6. Modélisation par éléments finis du genou	141
4.7. Modélisation par éléments finis du fémur	143
4.8. Modélisation par éléments finis des vertèbres	146
4.9. Modélisation par éléments finis de l'humérus	152
4.10. Modélisation par éléments finis du coude	154
4.11. Modélisation par éléments finis de l'ulna	155
4.12. Modélisation par éléments finis du poignet	156
4.13. Conclusion	158

Conclusion 159

Bibliographie 161

Index 185