

10 Compression des images et des signaux médicaux

2.2.2. Quantifier l'information décorrélée	40
2.2.3. Codage des valeurs quantifiées	41
2.2.4. Taux de compression, évaluation de la qualité	42
2.3. Compression des images fixes	43
2.3.1. Norme JPEG	44
2.3.1.1. Pourquoi la transformée cosinus discrète (DCT) ?	45
2.3.1.2. Quantification	46
2.3.1.3. Codage	47
2.3.1.4. Compression des images fixes couleur par JPEG	48
2.3.1.5. Conclusion sur la norme JPEG	49
2.3.2 Norme JPEG2000	49
2.3.2.1. Transformée en ondelettes	49
2.3.2.2. Décomposition des images par la transformée en ondelettes	50
2.3.2.3. Quantification et codage des sous-bandes	51
2.3.2.4. Méthodes de compression basées ondelettes faisant référence	52
2.3.2.5. Norme JPEG2000	53
2.4. Compression des séquences d'images	55
2.4.1 Schéma de compression vidéo basé DCT	56
2.4.2 Historique et comparaison des normes vidéo	58
2.4.3 Récentes évolutions en compression vidéo	60
2.5. Compression des signaux 1D	60
2.6. Compression des objets 3D	61
2.7. Conclusion et évolutions futures	62
2.8. Bibliographie	62

Chapitre 3. Spécificités des signaux physiologiques et des images médicales 65

Christine CAVARO-MÉNARD, Amine NAÏT-ALI, Jean-Yves TANGUY,
Elsa ANGELINI, Christel LE BOZEC et Jean-Jacques LE JEUNE

3.1. Introduction	65
3.2. Spécificités des signaux physiologiques	66
3.2.1. Les principaux signaux physiologiques	66
3.2.1.1. L'électroencéphalogramme (EEG)	66
3.2.1.2. Les potentiels évoqués (PE)	66
3.2.1.3. L'électromyogramme (EMG)	67
3.2.1.4. L'électrocardiogramme (ECG)	67
3.2.2. Acquisition des signaux physiologiques	68
3.2.3. Propriétés des signaux physiologiques	68
3.2.3.1. Propriétés de l'EEG	68
3.2.3.2. Propriétés de l'ECG	69
3.3. Spécificités des images médicales	72
3.3.1. Nature des processus de formation des images médicales	72
3.3.1.1. La Radiologie	73

Table des matières

Avant-propos	17
Amine NAÏT-ALI et Christine CAVARO-MÉNARD	
Chapitre 1. Intérêt de la compression de l'information médicale.	21
Jean-Yves TANGUY, Pierre JALLET, Christel LE BOZEC et Guy FRIJA	
1.1. Introduction	21
1.2. Gestion des données numériques dans les PACS	22
1.2.1. Utilité d'un PACS	23
1.2.2. Limites à l'implantation de PACS	23
1.3. Augmentation quantitative des données numériques acquises	24
1.3.1. Exemple en radiologie	24
1.3.2. Exemple en anatomopathologie	26
1.3.3. Exemple en cardiologie avec l'ECG.	27
1.3.4. Augmentation du nombre des actes d'exploration	28
1.4. Législation et pratique.	28
1.5. Place de la compression des données.	30
1.6. Qualité diagnostique.	31
1.6.1. Evaluation	31
1.6.2. Réticences	31
1.7. Conclusion	32
1.8. Bibliographie	33
Chapitre 2. Etat de l'art des méthodes de compression.	37
Atilla BASKURT	
2.1. Introduction	37
2.2. Sur un schéma générique pour la compression	39
2.2.1. Sur la réduction de la redondance	39

3.3.1.2. L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)	76
3.3.1.3. Les ultrasons	80
3.3.1.4. La médecine nucléaire	84
3.3.1.5. L'imagerie anatomopathologique.	88
3.3.1.6. Conclusion	91
3.3.2. Propriétés des images médicales	92
3.3.2.1. Taille des images	92
3.3.2.2. Résolution spatiale et temporelle	93
3.3.2.3. Bruit dans les images médicales	95
3.4. Conclusion	95
3.5. Bibliographie	96
Chapitre 4. Place des standards dans la compression des images médicales	99
Bernard GIBAUD et Joël CHABRIAIS	
4.1. Introduction	99
4.2. Les standards d'échange de données médicales.	101
4.2.1. Comment et par qui sont produits les standards ?	101
4.2.2. Les standards dans le domaine des données de santé	102
4.2.2.1. Comité Technique 251 du CEN.	102
4.2.2.2. Comité Technique 215 de l'ISO	102
4.2.2.3. Comité DICOM	103
4.2.2.4. Health Level Seven (HL7).	107
4.2.2.5. Synergie entre les organismes de standardisation	108
4.3. Les standards existants pour la compression des images	109
4.3.1. La compression des images	109
4.3.2. La compression des images dans le standard DICOM	111
4.3.2.1. Encodage des images comprimées dans DICOM	111
4.3.2.2. Types de compression disponibles	114
4.3.2.3. Modalités d'accès aux données comprimées	117
4.4. Conclusion	121
4.5. Bibliographie	122
Chapitre 5. Evaluation des dégradations	
des images médicales compressées	125
Christine CAVARO-MÉNARD, Patrick LE CALLET, Dominique BARBA et Jean-Yves TANGUY	
5.1. Introduction	125
5.2. Dégradations engendrées par les normes de compression et conséquences en imagerie médicale	126
5.2.1. L'effet de bloc.	126
5.2.2. Perte de contraste dans les hautes fréquences spatiales.	127

5.3. Evaluation subjective de la qualité	129
5.3.1. Protocole d'évaluation	129
5.3.2. Analyse de la fidélité diagnostique	130
5.3.2.1. Analyse basée sur la méthodologie ROC	131
5.3.2.2. Analyse non basée sur la méthode ROC.	135
5.3.3. Analyse de la qualité de critères diagnostiques	135
5.3.4. Conclusion	137
5.4. Evaluation objective de la qualité	138
5.4.1. Métriques simples basées signal	138
5.4.2. Métriques basées sur l'analyse de la texture	139
5.4.3. Métriques basées sur une modélisation du Système Visuel Humain (SVH)	140
5.4.3.1. Adaptation aux luminances	141
5.4.3.2. Fonctions de sensibilité aux contrastes	141
5.4.3.3. Décomposition spatio-fréquentielle du signal d'image	142
5.4.3.4. Effet de masquage.	143
5.4.3.5. Mesures de distorsions visuelles	144
5.4.4. Analyse sur la modification de paramètres cliniques quantitatifs.	147
5.5. Conclusion	149
5.6. Bibliographie	149
 Chapitre 6. Compression des signaux physiologiques	 153
Amine NAÏT-ALI	
6.1. Introduction	153
6.2. Standards de codage des signaux physiologiques.	153
6.2.1. Norme CEN/ENV 1 064.	154
6.2.2. Norme ASTM 1 467	154
6.2.3. Norme EDF	154
6.2.4. Autres normes.	155
6.3. Compression de l'EEG	155
6.3.1. Compression de l'EEG dans le domaine temporel	155
6.3.2. Compression de l'EEG dans le domaine fréquentiel	155
6.3.3. Compression temps-fréquence de l'EEG	156
6.3.4. Compression spatio-temporelle de l'EEG	156
6.3.5. Compression de l'EEG par extraction de paramètres	156
6.4. Compression de l'ECG	157
6.4.1. Etat de l'art	157
6.4.2. Evaluation des performances des méthodes de compression de l'ECG	158
6.4.3. Prétraitement de l'ECG	159
6.4.4. Compression de l'ECG pour la transmission temps réel	160
6.4.4.1. Compression de l'ECG dans le domaine temporel.	160
6.4.4.2. Compression de l'ECG dans le domaine fréquentiel	166

8.1. Introduction	209
8.2. Compression réversible des séquences médicales 2D+t et 3D	211
8.3. Compression irréversible des séquences médicales 2D+t	213
8.3.1. Codage « intra » avec pertes	213
8.3.2. Codage « inter » avec pertes	215
8.3.2.1. Techniques de codage vidéo classiques	215
8.3.2.2. Codeurs vidéo modifiés	215
8.3.2.3. Limites des codeurs à base de transformée en ondelettes 2D+t	216
8.4. Compression irréversible des images médicales volumiques	216
8.4.1. Codage « intra » à base de transformée en ondelettes	216
8.4.2. Extension des techniques de codage à base de transformées 2D au cas 3D	217
8.4.2.1. Codage basé sur la DCT 3D	217
8.4.2.2. Codage basé sur la transformée en ondelettes 3D	218
8.4.2.3. Codage emboîté à base de transformée en ondelettes 3D	219
8.4.2.4. Codage par emboîtement orienté objet	223
8.4.2.5. Evaluation des performances des codeurs 3D progressifs	224
8.5. Conclusion	226
8.6. Bibliographie	227
Chapitre 9. Compression des maillages surfaciques 3D statiques et dynamiques	231
Khaled MAMOU, Françoise PRETEUX, Rémy PROST et Sébastien VALETTE	
9.1. Introduction	231
9.2. Définitions et propriétés des maillages triangulaires	233
9.3. Compression de maillages statiques	237
9.3.1. Compression des maillages en pleine résolution	237
9.3.1.1. Codage de la connectivité	237
9.3.1.2. Codage de la géométrie	238
9.3.2. Compression multi-résolution	239
9.3.2.1. Méthodes par simplification du maillage	239
9.3.2.2. Méthodes spectrales	240
9.3.2.3. Méthodes par ondelettes géométriques	240
9.4. Compression de maillages dynamiques	251
9.4.1. Etat de l'art	251
9.4.1.1. Codage par prédiction spatio-temporelle locale	252
9.4.1.2. Compression par ondelettes	253
9.4.1.3. Compression par segmentation	254
9.4.1.4. Compression par ACP	255
9.4.1.5. Discussion	256
9.4.2. Application aux données pulmonaires 3D dynamiques en TDM	257
9.4.2.1. Données	257

9.4.2.2. Approche développée	258
9.4.2.3. Résultats	260
9.5. Conclusion	261
9.6. Annexes	261
9.6.1. Annexe A : maillage par l'algorithme des <i>Marching Cubes</i>	261
9.7. Bibliographie	262
Chapitre 10. Codage hybride cryptage-marquage-compression pour la sécurisation de l'information médicale	269
William PUECH et Gouenou COATRIEUX	
10.1. Introduction	269
10.2. Protection des images et des données médicales	270
10.2.1. Législation et droits du patient	271
10.2.2. Un arsenal de mesures de protection	272
10.3. Généralités sur les algorithmes de cryptage	273
10.3.1. Classification des algorithmes de cryptage	273
10.3.2. L'algorithme de cryptage DES	274
10.3.3. L'algorithme de cryptage AES	275
10.3.4. Système par bloc asymétrique : RSA	277
10.3.5. Algorithmes de chiffrement par flot	278
10.4. Cryptage d'images médicales	280
10.4.1. Chiffrement d'images par bloc	280
10.4.2. Chiffrement d'images par flot asynchrone	281
10.4.3. Application du cryptage aux images médicales	282
10.4.4. Cryptage sélectif d'images médicales	284
10.5. Marquage d'images médicales et chiffrement	288
10.5.1. Tatouage des images et applications en santé	288
10.5.2. Techniques de marquage et images médicales	289
10.5.2.1. Propriétés	289
10.5.2.2. Les méthodes	290
10.5.3. Confidentialité et intégrité des images médicales par cryptage et dissimulation de données.	292
10.6. Conclusion.	296
10.7. Bibliographie	296
Chapitre 11. Transmission des données médicales compressées sur réseaux fixe et mobile	299
Christian OLIVIER, Benoît PARREIN et Rodolphe VAUZELLE	
11.1. Introduction	299
11.2. L'existant.	300
11.3. Présentation des réseaux fixes et mobiles	301

16 Compression des images et des signaux médicaux

11.3.1. Principe des réseaux	301
11.3.1.1. Présentation, définitions et caractéristiques	301
11.3.1.2. Les différentes structures et protocoles	303
11.3.1.3. Amélioration de la Qualité de Service	303
11.3.2. Les systèmes de communication sans fil	304
11.3.2.1. Présentation de ces systèmes	304
11.3.2.2. Spécificités par rapport aux réseaux fixes	305
11.4. Transmission d'images médicales	309
11.4.1. Les contextes	309
11.4.1.1. Transmission intra CHU	309
11.4.1.2. Transmission hors CHU sur réseaux fixes	309
11.4.1.3. Transmission hors CHU sur réseaux mobiles	310
11.4.2. Les problèmes rencontrés	310
11.4.2.1. Sur les réseaux fixes	310
11.4.2.2. Sur les réseaux mobiles	311
11.4.3. Présentation de quelques solutions et pistes	315
11.4.3.1. Utilisation des codes correcteurs	315
11.4.3.2. Protection inégale à l'aide de la transformée Mojette	318
11.5. Conclusion	320
11.6. Bibliographie	321
Conclusion	323
Index	325