

Table des matières

1	Traitement d'image	17
1.1	Introduction	17
1.2	Rappels de théorie de l'information	18
1.2.1	Entropie d'une source discrète	18
1.2.2	Redondance d'une source d'information	20
1.2.3	Codage entropique	20
1.2.3.1	Méthode de Shannon-Fano	20
1.2.3.2	Méthode de Huffman	21
1.3	Histogramme	21
1.4	Seuillage	23
1.5	Contraste	24
1.5.1	Contraste de Michelson	24
1.5.2	Contraste de Weber	24
1.5.3	Contraste de Gordon	24
1.5.4	Contraste de Beghdadi	25
1.5.5	Contraste de Peli	25
1.5.6	Contraste de Köhler	25
1.6	Filtrage linéaire	25
1.6.1	Convolution spatiale	26
1.6.2	Transformée de Fourier discrète	26
1.6.2.1	Repliement de spectre	28
1.6.2.2	Passage de la TF à la TFD	29
1.6.3	Transformée en Z	30
1.6.4	Typologie des filtres	30
1.6.4.1	Réponse impulsionnelle finie	30
1.6.4.2	Réponse impulsionnelle infinie	31
1.6.5	Fonction de transfert	32
1.7	Détection de contours	33
1.7.1	Gradient et laplacien	33
1.7.2	Détecteur de Roberts	34

1.7.3	Détecteur de Prewitt	34
1.7.4	Détecteur de Sobel	35
1.7.5	Détecteur de Canny-Deriche	35
1.7.6	Détecteur de Shen-Castan	36
1.7.7	Algorithme de Rosenfeld & Kak	36
1.7.7.1	Définitions	36
1.7.7.2	Principe de poursuite de contour	36
1.7.7.3	Choix du point initial	38
1.8	Morphologie mathématique	39
1.8.1	Introduction	39
1.8.2	Opérations binaires (images N&B)	40
1.8.3	Propriétés	41
1.8.4	Autres opérations	42
1.8.5	Opérations sur images en NdG	43
1.9	Segmentation couleur	45
1.9.1	Vision des couleurs	45
1.9.2	Trichromie	46
1.9.3	Segmentation	49
1.9.3.1	Projection sur un axe	50
1.9.3.2	Analyse en composantes principales	50
1.9.3.3	Segmentation par seuillage de teinte	51
1.9.3.4	Classification crédibiliste de la teinte	52
1.9.3.5	Exemple applicatif en supervision du littoral	53
2	Traitement de séquences d'images	55
2.1	Détection de mouvement	55
2.1.1	Introduction	55
2.1.2	Principe	56
2.2	Régularisation statistique markovienne	58
2.2.1	Fonctions d'énergie	58
2.2.2	Estimation des paramètres	60
2.2.3	Algorithmes de relaxation	61
2.2.4	Synoptique d'un algorithme de détection de mouvement	62
2.3	Multirésolution spatio-temporelle	63
2.4	Voisinage 3D spatio-temporel	65
2.5	Mises en œuvre matérielles	66
2.5.1	Adéquation algorithme-architecture	66
2.5.2	Solutions envisageables	67
2.5.3	Circuit VLSI analogique	69
2.6	Exemples d'applications	71
2.6.1	Télésurveillance	71

2.6.2	Analyse du mouvement des lèvres d'un locuteur	71
2.6.3	Remarque conclusive	74
2.7	Estimation de mouvement	75
2.7.1	Méthodes différentielles	75
2.7.2	Méthodes fréquentielles	78
2.7.2.1	Méthode basée sur l'énergie	78
2.7.2.2	Méthode basée sur la phase	79
2.7.3	Mise en correspondance de blocs	79
2.7.4	Modèles paramétriques de mouvement	80
2.8	Compensation de mouvement	82
2.8.1	Introduction	82
2.8.2	Estimation de mouvement pel-réursive	82
2.8.3	Principe du codage vidéo	85
2.9	Méthodes hybrides de compression vidéo	85
2.9.1	Transformée en ondelettes	86
2.9.2	Ondelettes et compensation de mouvement	87
2.9.3	Cohérence du mouvement entre sous-bandes?	88
2.9.4	Autres approches	91
3	Normes et standards du multimédia	93
3.1	Introduction	93
3.2	Manipulation d'objets multimédia	94
3.2.1	Saisie et numérisation	94
3.2.2	Codage et compression	96
3.2.3	Protection, identification du contenu et stockage	97
3.2.4	Transmission	97
3.2.5	Restitution	98
3.2.6	Représentation 3D	98
3.3	Formats de fichiers d'images fixes	99
3.3.1	Format BMP	99
3.3.2	GIF et PNG	100
3.3.3	TIFF	101
3.3.4	Formats issus de la norme JPEG	101
3.3.5	FlashPix	101
3.3.6	Formats liés à la photo numérique	101
3.4	Codage des applications multimédia	101
3.4.1	Catégories d'applications	101
3.4.2	Normes de codage des applications	102
3.4.2.1	Java	102
3.4.2.2	MPEG	103
3.4.2.3	H261-H263	103

3.4.2.4	MP3	103
3.5	Compression d'image	104
3.5.1	JPEG : emploi de la transformée DCT	104
3.5.2	JPEG2000 : emploi de la transformée en ondelettes	105
3.5.3	Emploi des fractales	107
3.6	Compression de séquences vidéo	107
3.6.1	Principe du codage hybride	107
3.6.2	Normes MPEG-4 et H.264	108
3.6.3	MPEG-5 et H.265	109
4	Exercices	111
4.1	Débit d'information	111
4.2	Modification d'histogramme	111
4.3	Principe de l'égalisation d'histogramme	112
4.4	Egalisation et étalement	113
4.5	Détection de contours	113
4.6	Calcul de laplacien	114
4.7	Formules de dérivation numérique	114
4.8	Filtrage linéaire	115
4.9	Effet de moiré par repliement de spectre	115
4.10	Transformée de Fourier	116
4.11	Morphologie mathématique	116
4.12	Poursuite de contour binaire « -2+4 »	118
4.13	Ouverture et fermeture	118
4.14	Lissage morphologique	118
4.15	Squelettisation morphologique	118
4.16	Zone aveugle	120
4.17	TV couleur Secam	120
4.18	ACP couleur	121
4.19	Détection de mouvement	121
4.20	Etiquetage statistique contextuel du mouvement	121
4.21	Equation de contrainte du mouvement	123
4.22	Equation fréquentielle du mouvement	124
4.23	Algorithme de Horn & Schunck	124
4.24	Estimation par mise en correspondance de bloc	124
4.25	Estimation d'un modèle de mouvement	125
4.26	Estimateur robuste	126
4.27	Filtre de Canny-Deriche	126
4.28	Transformée couleur logarithmique	126
4.29	Filtrage linéaire	127
4.30	Transformée couleur non-linéaire	128

4.31	Compensation de mouvement	129
4.32	Teinte du visage	129
4.33	Spectres d'images	130
4.34	Application industrielle	130
4.35	Résolution et contraste	130
4.36	Filtrage médian	133
4.37	Filtrage linéaire	134
4.38	Codage de contour	134
4.39	Filtrage linéaire	135
4.40	Remplissage morphologique	136
4.41	Analyse de mouvement	137
4.42	Filtre médian	138
4.43	Codage de contour	139
4.44	Filtrage linéaire : filtre de Sobel	140
4.45	Gradient morphologique	141
4.46	Codage entropique de Huffman	141
4.47	Effet 2D d'un filtre RIF 1D	142
4.48	Filtrage non-linéaire	143
4.49	Etiquetage en composantes connexes	145
4.49.1	Travail demandé	145
4.49.2	Algorithme	145
4.50	Programmation OpenCV	148
4.51	Détection de contour	149
4.52	Morphologie mathématique	150
4.53	Codage entropique	151
4.54	Opérations morphologiques	151
4.55	Morphologie mathématique	151
4.56	Filtrage linéaire	153
4.57	Estimation de mouvement	153
4.58	Résolution d'une caméra linéaire	154
4.59	Aberration chromatique d'un capteur	155
4.60	Seuillage d'image	156
4.61	Codage de chaîne	156
4.62	Binarisation par seuillage entropique	158
4.63	Spectre de Fourier	159
4.64	Phénomène d'aliasing	160
4.65	QCM sommatif	161
4.66	Annexe numérique	164

5 Travaux Pratiques	165
5.1 Filtres numériques RII	165
5.1.1 Filtre de lissage : opérateur de flou	165
5.1.2 Implantation en C du flou réglable	166
5.1.3 Filtre de dérivation : détecteur de contours	167
5.1.4 Implantation en C du détecteur de contour réglable	168
5.2 Estimateur de mouvement	168
5.2.1 Algorithme de Horn et Schunck	168
5.2.2 Implantation en C de l'estimateur de vitesse	169
5.3 Correction d'histogramme	170
5.4 Transformation de Fourier rapide	171
5.5 Filtre de Shen-Castan : implantation Java	172
5.5.1 Présentation	172
5.5.2 Travail demandé	172
5.5.3 Programme exemple	173
5.6 OpenCV : implantation Java dans Eclipse	176
5.6.1 Présentation	176
5.6.2 Installation et test de JavaCV	176
5.6.3 Programmation d'un traitement d'image au choix	176
5.6.4 Listing du programme exemple	177
5.6.5 Structure d'image	178
5.7 Détecteur de mouvement	180
5.7.1 Présentation	180
5.7.2 Programmation en Java	180
5.7.3 Listing du programme exemple	180
5.8 Mini-projet : interface de traitement vidéo	182
5.8.1 Objectifs	182
5.8.2 Cahier des charges	183
5.8.3 Consignes de travail	183
5.8.4 Liste de traitements proposée	183
5.8.5 Algorithme de rehaussement de détails	184
5.9 Initiation au traitement d'image avec Matlab	185
5.9.1 Introduction	185
5.9.2 Programmes démonstratifs	185
5.9.3 Lecture-écriture, affichage, manipulation d'image	185
5.9.4 Modification d'histogramme et seuillage	186
5.9.5 Filtrage linéaire : contours, gradient, laplacien, lissage	186
5.9.6 Transformée de Fourier et fonction de transfert	186
5.10 Traitement d'image statique avec Matlab	186
5.10.1 Morphologie mathématique	186
5.10.2 Détection de teinte chair	187

5.11	Simulation des exercices avec Matlab	187
5.11.1	Filtrage linéaire	187
5.11.2	Visualisation scientifique : tracé de courbes	187
6	Solution des exercices	189
6.1	Corrigé du 4.1 Débit	189
6.2	Corrigé du 4.2 Histogramme	189
6.3	Corrigé du 4.3 Egalisation	190
6.4	Corrigé du 4.4 Etalement	191
6.5	Corrigé du 4.5 Contour	192
6.6	Corrigé du 4.6 Laplacien	193
6.7	Corrigé du 4.7 Preuve des formules de dérivation	193
6.7.1	Dérivée première	193
6.7.2	Dérivée seconde	194
6.7.3	Laplacien	194
6.8	Corrigé du 4.8 Masque	195
6.9	Corrigé du 4.9 Effet de moiré	196
6.10	Corrigé du 4.10 Fourier	197
6.11	Corrigé du 4.11 Erosion-Dilatation	198
6.12	Corrigé du 4.12 Poursuite de contour	198
6.13	Corrigé du 4.13 Ouverture-Fermeture	199
6.14	Corrigé du 4.14 Lissage morphologique	200
6.15	Corrigé du 4.15 Squelettisation	201
6.16	Corrigé du 4.16 Zone aveugle	201
6.17	Corrigé du 4.17 TV Secam	201
6.18	Corrigé du 4.18 ACP	202
6.19	Corrigé du 4.19 Mouvement	203
6.20	Corrigé du 4.20 Etiquetage MRF	203
6.21	Corrigé du 4.21 Contrainte du mouvement	205
6.22	Corrigé du 4.22 Mouvement fréquentiel	205
6.23	Corrigé du 4.23 Horn et Schunck	206
6.24	Corrigé du 4.24 Block-matching	206
6.25	Corrigé du 4.25 Modèle de mouvement	207
6.26	Corrigé du 4.26 Estimateur robuste	208
6.27	Corrigé du 4.27 Canny-Deriche	208
6.28	Corrigé du 4.28 Couleur LUX	209
6.29	Corrigé du 4.29 Laplacien	210
6.30	Corrigé du 4.30 Log Couleur	211
6.31	Corrigé du 4.31 Compensation de mouvement	212
6.32	Corrigé du 4.32 Teinte du visage	212
6.33	Corrigé du 4.33 Spectre	213

6.34	Corrigé du 4.34 Industrie	213
6.35	Corrigé du 4.35 Contraste	213
6.36	Corrigé du 4.36 Médian	214
6.37	Corrigé du 4.37 Filtre Linéaire	215
6.38	Corrigé du 4.38 Code de Freeman	216
6.39	Corrigé du 4.39 Filtrage linéaire	217
6.40	Corrigé du 4.40 Remplissage	218
6.41	Corrigé du 4.41 PADI	219
6.42	Corrigé du 4.42 Médian	219
6.43	Corrigé du 4.43 Codage de contour	220
6.44	Corrigé du 4.44 Sobel	221
6.45	Corrigé du 4.45 Gradient morphologique	222
6.46	Corrigé du 4.46 Huffman	223
6.47	Corrigé du 4.47 Effet de bougé	225
6.48	Corrigé du 4.48 Filtre non-linéaire	225
6.49	Corrigé du 4.49 Composantes connexes	227
6.50	Corrigé du 4.50 OpenCV	229
6.51	Corrigé du 4.51 Contour	229
6.52	Corrigé du 4.52 Remplissage morphologique	229
6.53	Corrigé du 4.53 Codage de Huffman	230
6.54	Corrigé du 4.54 Opérations morphologiques	232
6.55	Corrigé du 4.55 Connexité morphologique	232
6.56	Corrigé du 4.56 Filtre linéaire	233
6.57	Corrigé du 4.57 Estimation de mouvement	234
6.58	Corrigé du 4.58 Caméra linéaire	235
6.59	Corrigé du 4.59 Aberration	236
6.60	Corrigé du 4.60 Cellules	236
6.61	Corrigé du 4.61 Chainage	236
6.62	Corrigé du 4.62 Seuillage entropique	236
6.63	Corrigé du 4.63 Spectres	237
6.64	Corrigé du 4.64 Aliasing	238
6.65	Corrigé du 4.65 QCM	239
7	Solution des TP	241
7.1	Programmation en C - Listing du TP 5.1	241
7.2	Programmation en Java	247
7.2.1	Listing solution du TP 5.5	247
7.2.2	Listing solution du TP 5.6	248
7.2.3	Listing solution du TP 5.7	250
7.2.4	Listing solution du TP 5.8	250
7.3	Programmation Matlab	256

7.3.1	Listing du TP 5.9	256
7.3.2	Listing du TP 5.10	258
7.3.3	Listing du TP 5.11	260
Conclusion		265
Références bibliographiques		267
Glossaire		277
Index		281