

COLLECTION D'IMAGERIE MEDICALE
RADIOLOGIQUE, ULTRASONORE, MAGNÉTIQUE

Bases physiques de l'imagerie médicale

A. DESGREZ
I. IDY-PERETTI

-125-1



MASSON

Table des matières

(voir page 213 la signification des symboles utilisés)

Préface	V
Avertissement	VII
CHAPITRE 1 — Objet, image et système d'imagerie.....	1
Objet.....	1
Image.....	2
Système d'imagerie	3
Réduction de dimension.....	4
Linéarité, invariance et isotropie.....	6
Principe de superposition	10
CHAPITRE 2 — Structure d'un objet ou d'une image (transformée de Fourier)	11
Décomposition d'un signal périodique infini	12
Notion de fréquence spatiale	12
Série de Fourier	13
Décomposition d'un signal non périodique infini	18
Remarque sur l'utilisation de ω ou ν	20
Contenu fréquentiel d'une image, relation de Fowler	21
Exercices	23
CHAPITRE 3 — Simplification d'écriture, nombres complexes	25
Réflexion sur les relations précédentes	25
Vecteurs et nombres	26
Produit de vecteurs	27
Nombres complexes.....	30
Nombres complexes conjugués.....	31
Exponentielles imaginaires.....	32
Remarque historique.....	32
Écriture de la transformée de Fourier en exponentielle imaginaire	33
Cas d'une fonction $f(r)$ périodique.....	33
Cas d'une fonction $f(r)$ non périodique.....	35
Exercices	37
CHAPITRE 4 — Réalisation d'une image par un système d'imagerie (produit de convolution)	39
Notion d'impulsion ou de distribution de Dirac	40
Fonctions de dispersion.....	41
Fonction de dispersion ponctuelle.....	41
Fonction de dispersion linéique.....	43
Fonction de dispersion frontale	44
Image d'un ensemble de points	46
Calcul de $f_i(r_i)$, produit de convolution	46
Expression de f_i lorsque f_0 est une fonction sinusoïdale.....	47
Exercice.....	51

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 5 — Evaluation d'un système d'imagerie	53
Index de résolution	54
Fonction de transfert de modulation	57
Notion de modulation	57
Fonction de transfert de modulation (FTM)	58
Signification pratique de la FTM	59
Existence de deux domaines	61
Exercice	62
CHAPITRE 6 — Transformation de Fourier discrète	63
Digitalisation d'un signal analogique	64
Peigne de Dirac	64
Expression d'une fonction digitalisée	64
Transformée de Fourier du signal numérique	66
Expression en fonction de $F_a(\omega)$ et périodicité	66
Expression en fonction de $f_\xi(r)$	67
Théorème d'échantillonnage de Shannon, fréquence de Nyquist	68
Repliement spectral (aliasing)	68
Interpolation de Shannon	70
Echantillonnage pratique en fréquence	74
Discrétisation de la transformée $F_\xi(\omega)$	75
Exercices	78
CHAPITRE 7 — Transformation de Fourier bidimensionnelle	79
Transformée d'un signal analogique bidimensionnel	80
Transformée d'un signal numérique bidimensionnel	82
Discrétisation de la transformée $F_\xi(\omega_x, \omega_y)$	84
Signification pratique du plan de Fourier. Théorème des projections	86
Plan de Fourier et direction	86
Plan de Fourier et projection	88
Théorème des projections	89
Exemples d'applications	90
CHAPITRE 8 — Signaux aléatoires en imagerie	95
Signaux déterministes et signaux aléatoires	96
Généralités sur les fonctions aléatoires	98
Loi de probabilité	98
Fonction de répartition	99
Fonction caractéristique	99
Moments	100
Variables et lois centrées, réduites	101
Loi binomiale ou loi de Bernoulli	102
Définition	102
Moyenne et variance	103
Loi de Poisson	104
Moyenne et variance	105
Loi de Laplace-Gauss ou loi normale	105
Moyenne et variance	106
Théorème de la limite centrale	106
Stationnarité et ergodisme	108
Stationnarité	108

TABLE DES MATIERES

Ergodisme.....	108
Expression du rapport s/b	109
Variation de s/b en fonction de l'accumulation des enregistrements.....	111
Exemple d'application	113
Analyse spectrale des signaux aléatoires	114
Fonction d'intercorrélation	114
Fonction d'autocorrélation.....	116
Exemple de détermination de fonction d'autocorrélation.....	116
Spectre de puissance et autocorrélation.....	118
Mesure d'une densité spectrale de puissance.....	119
Convolution et corrélation.....	120
Détection d'un signal par autocorrélation.....	121
Exercices	122
CHAPITRE 9 — Filtrés	123
Filtrés et systèmes	124
Terminologie	125
Filtrés inverses	126
Filtrés passe-bas	128
Filtre passe-bas idéal	128
Lissage par moyennage pondéré	129
Filtre de Butterworth passe-bas	130
Filtre de Wiener.....	132
Filtrés de Hann et Hamming	134
Filtrés passe-bande.....	138
Analyse d'images.....	138
Mise en forme d'impulsions sélectives en IRM.....	139
Filtrés passe-haut	140
Filtre passe-haut idéal	141
Filtre de Butterworth passe-haut	141
Filtrage par dérivation	142
Traitement complémentaire.....	142
Filtre rampe	143
CHAPITRE 10 — Reconstruction de coupes tomographiques	145
Approche algébrique	146
Résolution d'un système d'équations linéaires	147
Détermination par itérations successives	147
Reconstruction par transformation de Fourier	150
Reconstruction par rétroprojection simple.....	151
Reconstruction par rétroprojection filtrée	153
ANNEXE I — Solutions des exercices	157
Solution des exercices du chapitre 2 (calcul en nombres réels).....	153
Ex. II-1 (calcul des coefficients de Fourier A_0 , a_n et b_n).....	153
Ex. II-2 (spectre d'une suite de créneaux rectangulaires impairs).....	162
Ex. II-3 (spectre d'un signal périodique rectangulaire).....	164
Ex. II-4 (transformée d'une fonction porte).....	168
Solution des exercices du chapitre 3 (calcul en nombres complexes)	171
Ex. III-1 (spectre d'une suite de créneaux rectangulaires pairs).....	171
Ex. III-2 (spectre d'un Dirac centré).....	173
Ex. III-3 (spectre d'un Dirac décalé)	174

TABLE DES MATIERES

Ex. III-4 (principe de réciprocité).....	175
Ex. III-5 (transformée d'un cosinus).....	176
Ex. III-6 (transformée d'un sinus).....	177
Ex. III-7 (transformée d'une fonction décalée).....	178
Solution de l'exercice du chapitre 4 (convolution).....	179
Ex. IV-1 (transformée d'un triangle)	179
Solution de l'exercices du chapitre 5.....	181
Ex.V-1 (calcul graphique d'une FTM)	181
Solution des exercices du chapitre 6.....	195
Ex.VI-1 (transformée d'un peigne).....	195
Ex.VI-2 (transformée d'une gaussienne)	197
Solution des exercices du chapitre 8.....	199
Ex.VIII-1 (loi binomiale : étude d'un cas particulier)	199
Ex.VIII-2 (loi binomiale : relation générale).....	202
 ANNEXE II	 205
Principales propriétés des transformées de Fourier	207
Principales transformées de Fourier.....	208
Tableau des symboles utilisés dans l'ouvrage.....	213
 INDEX.....	 215