

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

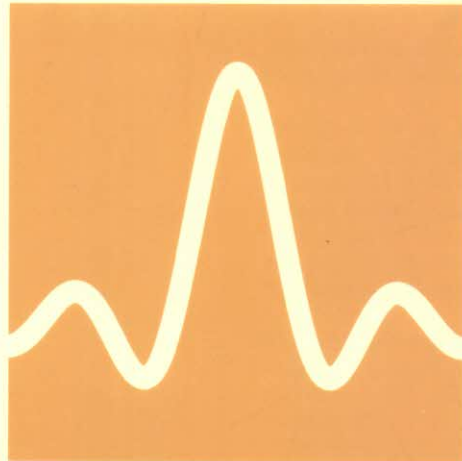
Traité d'Électricité

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE JACQUES NEIRYNCK

VOLUME VI

THÉORIE ET TRAITEMENT DES SIGNAUX

Frédéric de Coulon



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

TABLE DES MATIÈRES

	INTRODUCTION	v
CHAPITRE 1	SIGNAL ET INFORMATION	
	1.1 Théorie du signal et de l'information	1
	1.2 Traitement des signaux	9
	1.3 Notations particulières	15
	1.4 Exercices	25
CHAPITRE 2	CLASSIFICATION ET MODÈLES DES SIGNAUX	
	2.1 Signaux physiquement réalisables et modèles théoriques	27
	2.2 Signaux déterministes ou aléatoires	28
	2.3 Signaux à énergie ou puissance moyenne finie	33
	2.4 Variables continues et discrètes	35
	2.5 Autres classes importantes	37
	2.6 Exercices	40
CHAPITRE 3	REPRÉSENTATION VECTORIELLE DES SIGNAUX	
	3.1 Espace de signaux	41
	3.2 Approximation au sens des moindres carrés	49
	3.3 Développement en série de fonctions orthogonales	52
	3.4 Principaux ensembles de fonctions orthogonales	57
	3.5 Exercices	66
CHAPITRE 4	SIGNAUX DÉTERMINISTES	
	4.1 Rappel sur la transformation intégrale de Fourier	69
	4.2 Signaux à énergie finie	73
	4.3 Signaux à puissance finie	89
	4.4 Cas particulier des signaux périodiques	94
	4.5 Représentations spectrales bilatérales et unilatérales	105
	4.6 Exercices	107
CHAPITRE 5	SIGNAUX ALÉATOIRES	
	5.1 Modèle statistique: processus aléatoire	111
	5.2 Fonctions d'autocorrélation et d'autocovariance	125
	5.3 Densité spectrale de puissance	133

5.4	Fonctions d'intercorrélation et densités spectrales mutuelles	144
5.5	Somme de signaux aléatoires	147
5.6	Produit de signaux aléatoires	151
5.7	Processus gaussiens	153
5.8	Processus de Poisson	159
5.9	Processus de Markov	162
5.10	Signaux pseudo-aléatoires	163
5.11	Exercices	166
CHAPITRE 6 BRUIT DE FOND		
6.1	Sources de bruit	171
6.2	Bruit thermique	173
6.3	Bruit de grenaille	179
6.4	Bruit additionnel de basse fréquence (en $1/f$)	183
6.5	Autres sources de bruit	184
6.6	Facteur de bruit d'un système linéaire	185
6.7	Générateurs de bruit	190
6.8	Exercices	191
CHAPITRE 7 SIGNAL ANALYTIQUE ET ENVELOPPE COMPLEXE		
7.1	Transformée de Hilbert d'un signal	193
7.2	Principales propriétés	196
7.3	Enveloppe réelle et phase d'un signal	200
7.4	Enveloppe complexe et représentation des signaux à spectre passe-bande	208
7.5	Largeur de bande et durée des signaux	218
7.6	Exercices	225
CHAPITRE 8 OPÉRATEURS FONCTIONNELS		
8.1	Modélisation des systèmes de traitement	227
8.2	Opérateurs linéaires invariants	230
8.3	Opérateurs paramétriques	249
8.4	Opérateurs non linéaires invariants	255
8.5	Exercices	268
CHAPITRE 9 ÉCHANTILLONNAGE DES SIGNAUX		
9.1	Introduction	273
9.2	Modèles de signaux échantillonnés	275
9.3	Théorèmes d'échantillonnage et conséquences	281
9.4	Reconstitution par interpolation ou extrapolation	292
9.5	Exercices	301
CHAPITRE 10 NUMÉRISATION DES SIGNAUX		
10.1	Conversion analogique-numérique et numérique-analogique	307
10.2	Cadences limites de conversion A/N	310

10.3	Quantification	314
10.4	Codage binaire	324
10.5	Acquisition de données	327
10.6	Exercices	332
CHAPITRE 11 MODULATION ET CHANGEMENT DE FRÉQUENCE		
11.1	Principes généraux	333
11.2	Modulations linéaires	336
11.3	Modulations angulaires	349
11.4	Modulations d'impulsions	362
11.5	Changement et multiplication de fréquence	365
11.6	Exercices	367
CHAPITRE 12 ANALYSE SPECTRALE EXPÉRIMENTALE		
12.1	Principes généraux	371
12.2	Analyseurs de spectre multicanaux	387
12.3	Analyseurs de spectre à balayage	392
12.4	Exemples d'application	397
12.5	Exercices	408
CHAPITRE 13 DÉTECTION ET ESTIMATION		
13.1	Estimation de paramètres	409
13.2	Comparaison de signaux	430
13.3	Éléments de théorie de la décision	441
13.4	Détection de signaux de formes connues	453
13.5	Exercices	460
CHAPITRE 14 RÉSUMÉ DE THÉORIE DES PROBABILITÉS		
14.1	Définitions fondamentales	465
14.2	Variables aléatoires	466
14.3	Moyennes statistiques et moments	474
14.4	Principales distributions	478
CHAPITRE 15 FORMULAIRE ET TABLES DE RÉFÉRENCES		
15.1	Formulaire	487
15.2	Principales identités trigonométriques	492
15.3	Propriétés principales de la transformation de Fourier et relations associées	493
15.4	Table illustrée de transformées de Fourier	497
15.5	Description temporelle, spectrale et statistique de signaux typiques	500
15.6	Représentation et tabulation des fonctions $\text{sinc}(\alpha)$ et $\text{sinc}^2(\alpha)$	501
15.7	Fonctions de Bessel de première espèce	502
15.8	Loi normale (Gauss)	504
15.9	Fonction de Marcum	508

SOLUTIONS DES EXERCICES	511
BIBLIOGRAPHIE	525
INDEX ANALYTIQUE	533
GLOSSAIRE	543