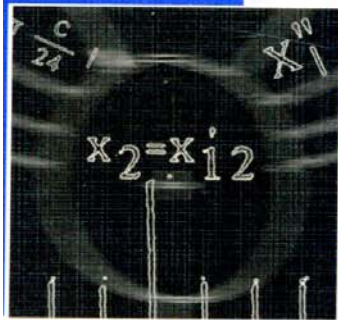
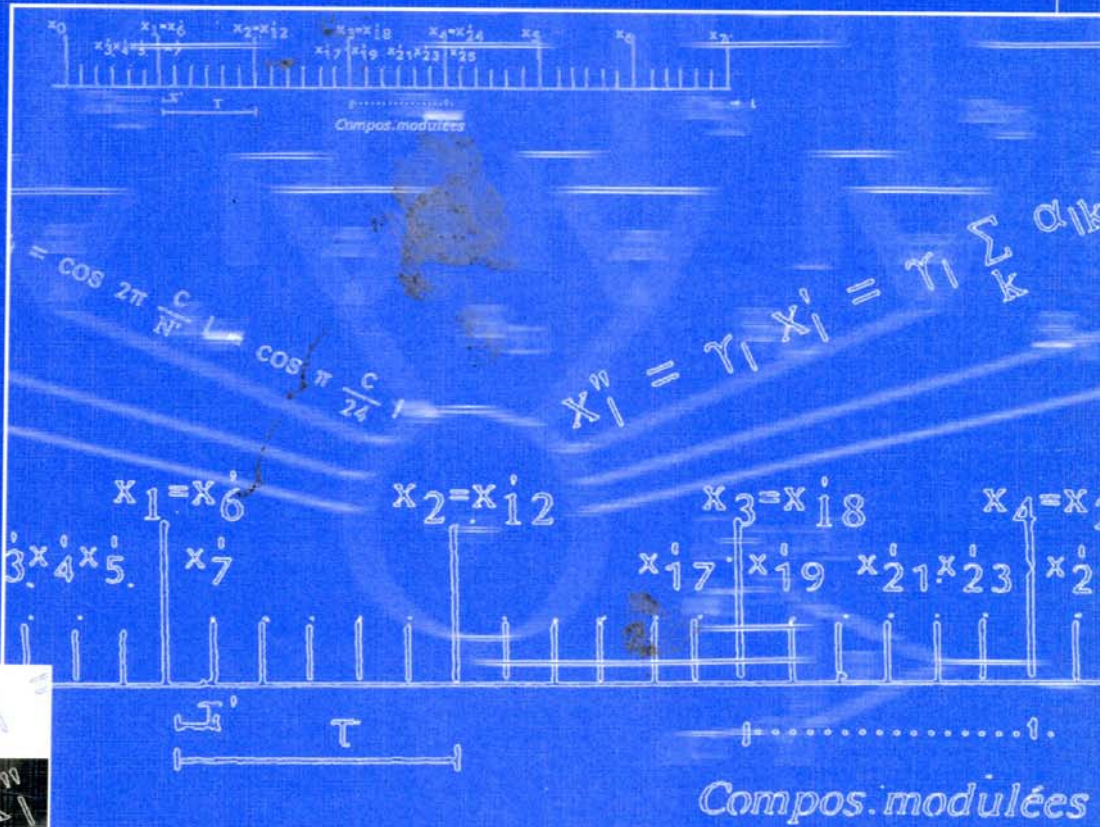
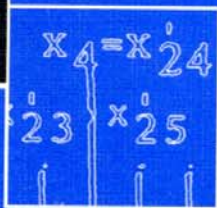


JACQUES RÉGIS OSWALD



# Les fondements de la théorie des signaux numériques



Springer

# TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE.....	V
CHAPITRE I.— <i>Représentation polynômiale des suites finies</i> .....	1
1.1. Signaux échantillonnés et signaux numériques.....	1
1.2. Fonctions associées à une suite d'ordre fini.....	2
1.3. L'anneau des polynômes modulo $(\zeta^N-1)$ .....	6
1.4. Décomposition d'un polynôme en polynômes orthogonaux. ...	9
1.5. Formules de réciprocité.....	10
1.6. Suites d'amplitude uniforme, de spectre uniforme, symétrie hermitienne.....	11
1.7. Suites analytiques.....	15
1.8. Suite analytique associée à la suite-unité.....	18
CHAPITRE II.— <i>Signaux-vecteurs</i> .....	20
2.1. Échantillonnages conjugués.....	20
2.2. Représentation vectorielle des suites finies.....	25
2.3. Algèbre des signaux-vecteurs.....	27
2.4. Emploi des distributions.....	32
2.5. Choix de l'origine des temps. Signaux-vecteurs centrés.....	34
2.6. Signaux-vecteurs sinusoïdaux.....	36
CHAPITRE III.— <i>Espace métrique et opérateurs fondamentaux</i> .....	44
3.1. Définition de l'espace métrique.....	44
3.2. Opérateurs fondamentaux.....	46
3.3. Théories comparées des suites et des fonctions analytiques... 3.4. Fréquences instantanée et moyenne d'un signal-vecteur holomorphe.....	51
3.5. Époque de groupe, époque moyenne d'un signal-vecteur holomorphe.....	59
3.6. Description locale d'un signal.....	60
CHAPITRE IV.— <i>Opérateurs linéaires non récurrents</i> .....	62
4.1. Opérateurs linéaires de convolution et de modulation.....	65
4.2. Fonction de transfert d'un convoluteur.....	66
4.3. Orthogonalité des fonctions $U_m(\omega)$ et $V_m(\omega)$ .....	69
4.4. Dérivée d'une fonction de transfert.....	74
4.5. Opérateurs associés à une fonction de transfert.....	76
4.6. Filtrage idéal et filtrage optimal.....	77
4.7. Choix d'une fonction de transfert idéale.....	79
4.8. Procédure d'optimisation linéaire.....	81
4.9. Solution analytique.....	82
4.10. Filtres passe-haut et passe-bande.....	83

4.11. Paradoxe du filtrage.....	85
4.12. Déphasage des réseaux linéaires non récursifs.....	86
4.13. Synthèse des réseaux linéaires non récursifs.....	88
<b>CHAPITRE V.— Réseaux linéaires récursifs.....</b>	<b>91</b>
5.1. Fonction de transfert d'un réseau linéaire récursif.....	91
5.2. Conditions de stabilité.....	93
5.3. Relations de convolution et spectre.....	96
5.4. Affaiblissement et déphasage.....	98
5.5. Méthode de détermination de la fonction de transfert.....	100
5.6. Application de la méthode à un passe-bas récursif.....	102
5.7. Extension aux filtres passe-haut et passe-bande.....	106
5.8. Filtres élémentaires.....	107
5.9. Synthèse des réseaux récursifs.....	111
<b>CHAPITRE VI.— Interpolation et opérateurs de modulation.....</b>	<b>112</b>
6.1. Application du principe de dualité.....	112
6.2. Extension de la bande de fréquences par interpolation.....	112
6.3. Réduction de bande.....	116
6.4. Erreur d'interpolation.....	120
6.5. Opérateurs de modulation d'amplitude.....	124
6.6. Systèmes numériques à division de fréquences.....	127
<b>CHAPITRE VII.— Signaux-vecteurs aléatoires.....</b>	<b>128</b>
7.1. Notion de signal-vecteur aléatoire.....	128
7.2. Analyse harmonique des processus aléatoires du second ordre.....	129
7.3. Signaux échantillonnés gaussiens.....	133
7.4. Signaux numériques pseudo-gaussiens.....	138
7.5. Filtrage des signaux aléatoires.....	141
7.6. Application aux réseaux adaptatifs.....	146
<b>CHAPITRE VIII.— Signaux-vecteurs et réseaux non récursifs bidimensionnels.....</b>	<b>153</b>
8.1. Définition et caractère des signaux multidimensionnels.....	153
8.2. Représentation polynômiale des s.v. bidimensionnels.....	154
8.3. Opérations élémentaires.....	156
8.4. Décomposition d'un polynôme bidimensionnel en polynômes orthogonaux.....	157
8.5. Formules de réciprocity.....	158
8.6. Suites particulières.....	159
8.7. Séparabilité.....	160
8.8. Introduction des variables $w$ et $w'$ .....	162
8.9. Diversification de l'échantillonnage.....	163
8.10. Transformation linéaire du spectre.....	165
8.11. Réseaux non récursifs bidimensionnels.....	167
8.12. Filtrage idéal.....	169
8.13. Filtres à déphasage linéaire.....	171
8.14. Transformation de Mac Clellan.....	172
8.15. Spécification des filtres non récursifs bidimensionnels.....	174

CHAPITRE IX.— Réseaux récurrents bidimensionnels.....	175
9.1. Fonction de transfert d'un réseau récurrent bidimensionnel.....	175
9.2. Singularités de la fonction de transfert $H(\zeta, \zeta')$ .....	176
9.3. Développement de la fonction de transfert.....	178
9.4. Stabilité des réseaux récurrents bidimensionnels.....	180
9.5. Relations de convolution et spectre.....	183
9.6. Affaiblissement et déphasage.....	184
9.7. Exemple de transformation applicable à un réseau récurrent.....	186
9.8. Modes de réalisation d'un filtre bidimensionnel.....	189
9.9. Mode de calcul itératif.....	189

### NOTES ANNEXES

1.— Anneaux de polynômes .....	191
2.— Propriétés de la matrice unitaire de la transformation de Fourier	193
3.— Opérateurs distincts de même fonction de transfert.....	194
4.— Fonction de transfert d'un filtre quelconque non récurrent .....	198
5.— Spécification d'un filtre passe-bas optimal non récurrent.....	203
6.— Polynômes de meilleure approximation de la fonction "saut".....	208
7.— Transformations de variables relatives aux filtres passe-bande..	222
8.— Représentation et spectre d'un opérateur récurrent.....	228
9.— Transformation de Hilbert et signaux en quadrature.....	234
10.— Filtres passe-bas récurrents de meilleure approximation au sens de Tchebychev.....	238
11.— Réseaux de meilleure approximation : exemples numériques.....	247
12.— Interpolation et modulation : exemple numérique .....	256
13.— Évaluation de l'erreur de prédiction.....	262
 BIBLIOGRAPHIE.....	 266
 TABLEAU DES PRINCIPALES NOTATIONS.....	 267
 INDEX ALPHABÉTIQUE.....	 271

# Les fondements de la théorie des signaux numériques

JACQUES RÉGIS OSWALD

Le but du livre est d'établir une théorie mathématique rigoureuse des signaux représentés par des suites numériques.

Le sujet est celui des signaux échantillonnés et codés, considérés par eux-mêmes et non comme des approximations des signaux continus.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage sont la mise en évidence des représentations différentes mais équivalentes de ces signaux (sous forme polynomiale, sous forme d'opérateurs), la dualité des opérations de convolution et de modulation, la signification de l'échantillonnage et de l'analyse spectrale, l'identité mathématique entre signaux et fonctions de transfert des réseaux récursifs et non récursifs, la généralisation de la théorie aux signaux aléatoires et multidimensionnels.

L'ouvrage est original par l'adoption de méthodes particulières d'acquisition des résultats «classiques» (par exemple l'emploi systématique de la théorie des fonctions analytiques) mais surtout par les résultats nouveaux qu'il établit (dérivée numérique par rapport au temps ou à la fréquence, formule de Taylor numérique, approximation au sens de Tchebychev, extension-réduction de la bande de fréquences, transformation utilisable dans les réseaux bidimensionnels, etc...).

L'intérêt du livre est de proposer à l'ingénieur une théorie cohérente et rigoureuse, d'aspect nouveau, des signaux et réseaux linéaires numériques utilisés en Télécommunication. Le mathématicien pourra également s'intéresser à la théorie des suites finies qui constitue une base essentielle de l'ouvrage.

Ce livre appartient à la Collection Technique et Scientifique des Télécommunications (CTST) publiée sous l'égide du CNET, Centre de recherche et développement de France Télécom.

La CTST réunit des ouvrages en langue française pour tous ceux qui s'intéressent aux aspects scientifiques, techniques ou socio-économiques des télécommunications.

ISBN : 2-287-59699-2



9 782287 596995

