

# Table des matières

<b>Préface</b> . . . . .	13
Henri BAUDRAND	
<b>Avant-propos</b> . . . . .	15
<b>Introduction</b> . . . . .	17
<b>Chapitre 1. Traitement non linéaire du signal.</b> . . . . .	21
1.1. Distributions . . . . .	24
1.2. Variance. . . . .	25
1.3. Covariance . . . . .	25
1.4. Stationnarité . . . . .	25
1.5. Inférence de Bayes . . . . .	26
1.6. Tenseurs en traitement du signal . . . . .	29
1.7. Traitement du signal quantique . . . . .	31
<b>Chapitre 2. Processus non gaussiens</b> . . . . .	33
2.1. Définition du processus gaussien . . . . .	33
2.2. Processus non gaussiens . . . . .	33
2.3. Analyse en composantes principales ou transformation de Karhunen-Loève. . . . .	35
2.4. Processus gaussiens parcimonieux . . . . .	35

2.5. Processus de Lévy . . . . .	36
2.6. Liens avec les communications quantiques . . . . .	36
2.6.1. Fonction d'onde en P . . . . .	37
2.6.2. Produit scalaire de deux paquets d'ondes . . . . .	37
2.6.3. Superposition linéaire d'états cohérents . . . . .	38
<b>Chapitre 3. Signal parcimonieux et acquisition comprimée . . . . .</b>	<b>41</b>
3.1. Signal parcimonieux . . . . .	41
3.2. Acquisition comprimée . . . . .	42
3.3. Acquisition comprimée et signal quantique . . . . .	46
<b>Chapitre 4. Transformée de Fourier . . . . .</b>	<b>47</b>
4.1. Transformée de Fourier classique . . . . .	47
4.2. Transformée de Fourier discrète et transformée de Fourier rapide . . . . .	47
4.3. Transformée de Fourier et hyperfonctions . . . . .	48
4.4. Transformée de Hilbert . . . . .	49
4.5. Algèbre de Clifford et transformée de Fourier . . . . .	51
4.6. Spineurs et signal quantique . . . . .	52
<b>Chapitre 5. Apport de l'arithmétique au traitement du signal . . . . .</b>	<b>55</b>
5.1. Sommes de Gauss . . . . .	55
5.2. Applications des sommes de Gauss . . . . .	58
<b>Chapitre 6. Géométrie riemannienne et traitement du signal . . . . .</b>	<b>61</b>
6.1. Contexte . . . . .	61
6.1.1. Diagrammes de Voronoï dans les communications mobiles . . . . .	62
6.1.2. Diagrammes de Voronoï dans le traitement d'image . . . . .	62
6.1.3. Diagrammes de Voronoï en géosciences . . . . .	63
6.1.4. Diagrammes de Voronoï en communications quantiques . . . . .	63
6.2. Variétés riemanniennes . . . . .	63
6.3. Cellules de Voronoï . . . . .	64
6.3.1. Algorithme de Green et Sibson . . . . .	66
6.3.2. Algorithme de Shamos et Hoey . . . . .	66
6.3.3. Algorithme de Fortune . . . . .	66
6.4. Applications aux cellules de Voronoï . . . . .	67

<b>Chapitre 7. Applications . . . . .</b>	<b>69</b>
7.1. Introduction . . . . .	69
7.2. Bref historique de l'OFDM . . . . .	71
7.3. Technique de multiporteuses . . . . .	72
7.4. La technique OFDM . . . . .	74
7.5. Génération des symboles OFDM . . . . .	76
7.6. Interférence intersymboles et interporteuses . . . . .	78
7.7. Préfixe cyclique . . . . .	79
7.8. Modèle mathématique du système d'OFDM . . . . .	80
7.8.1. Modèle à temps continu . . . . .	81
7.8.1.1. L'émetteur . . . . .	81
7.8.1.2. Le canal physique . . . . .	82
7.8.1.3. Le récepteur . . . . .	82
7.8.2. Modèle à temps discret . . . . .	84
7.9. Canaux MIMO . . . . .	85
7.10. Modèle du canal MIMO . . . . .	86
7.11. Modèle du canal MIMO OFDM . . . . .	88
<b>Chapitre 8. Minimisation des interférences dans les systèmes DS-CDMA . . . . .</b>	<b>89</b>
8.1. Codage convolusionnel : introduction . . . . .	89
8.2. Structure des codes convolutifs . . . . .	90
8.2.1. Code convolutif de rendement $1/n$ . . . . .	90
8.2.2. Code convolutif de rendement $k/n$ . . . . .	92
8.3. Représentation polynomiale . . . . .	92
8.4. Représentations graphiques des codes convolutifs . . . . .	93
8.4.1. Diagramme arborescent . . . . .	93
8.4.2. Diagramme d'état . . . . .	94
8.4.3. Diagramme en treillis . . . . .	95
8.5. Algorithmes de décodage . . . . .	96
8.5.1. Algorithme de Viterbi . . . . .	96
8.5.2. Description de l'algorithme de Viterbi . . . . .	97
8.6. La transformée discrète en ondelette (DWT) . . . . .	98
8.6.1. Introduction . . . . .	98
8.6.2. Définition et propriété de la transformée discrète en ondelette . . . . .	98
8.6.3. Orthogonalité et biorthogonalité : l'espace d'approximation . . . . .	100

8.7. Construction et filtrage discret . . . . .	102
8.8. La définition de la fonction ondelette : l'espace de détail. . . . .	104
8.9. Les ondelettes et les bancs de filtres . . . . .	105
8.9.1. La transformation ondelettes rapide – TOR ( <i>Fast Wavelet Transform</i> ) . . . . .	105
8.10. Seuillage des coefficients. . . . .	107
8.10.1. Principe général . . . . .	107
8.10.1.1. Seuillage brut ou <i>hard thresholding</i> . . . . .	108
8.10.1.2. Rétrécissement ou <i>soft thresholding</i> ou <i>shrinkage</i> . . . . .	109
8.10.2. Détermination du seuil à utiliser . . . . .	110
8.10.2.1. Seuil absolu . . . . .	110
8.10.2.2. Seuil relatif. . . . .	110
8.10.2.3. Seuil quantitatif absolu. . . . .	110
8.10.2.4. Seuil quantitatif relatif . . . . .	110
8.10.2.5. Seuil universel ou « seuil de Donoho » . . . . .	111
8.10.3. Comment séparer et seuiller les coefficients ? . . . . .	111
8.11. Simulation des résultats. . . . .	111
8.11.1. Performance du codage convolutionnel . . . . .	111
8.11.1.1. Pour un seul usager. . . . .	112
8.11.1.2. Pour multi-usager. . . . .	113
8.11.2. Performance du codage convolutionnel avec les ondelettes . . . . .	114
8.11.2.1. Pour un seul usager. . . . .	115
8.11.2.2. Pour multi-usager. . . . .	116
<b>Chapitre 9. Application dans le radar STAP. . . . .</b>	<b>119</b>
9.1. Introduction. . . . .	119
9.1.1. Filtrage spatio-temporel . . . . .	121
9.1.2. Configuration géométrique . . . . .	121
9.2. Traitement adaptatif spatio-temporel (STAP). . . . .	122
9.2.1. Modèle mathématique des données . . . . .	124
9.3. Structure de la matrice de covariance . . . . .	126
9.3.1. Bruit thermique . . . . .	127
9.3.2. Brouilleurs . . . . .	127
9.4. Fouillis . . . . .	127
9.5. STAP optimal . . . . .	130
9.5.1. Maximisation du rapport signal sur interférences . . . . .	130
9.5.2. Minimisation de la variance du bruit (MVDR). . . . .	131
9.6. Mesures de performance . . . . .	131

9.6.1. Diagramme de rayonnement ( <i>Beam pattern</i> ) . . . . .	131
9.6.2. Perte en SINR . . . . .	132
9.6.3. Facteur d'amélioration, IF . . . . .	133
9.7. Influence des paramètres du radar sur la détection . . . . .	133
9.7.1. Influence du nombre d'antennes et d'impulsions . . . . .	134
9.7.2. Influence de l'espacement $d$ entre les éléments d'antenne . . . . .	136
9.7.3. Influence de la PRF : sous-échantillonnage temporel . . . . .	137
9.7.4. Influence de la fréquence spatiale $B_s$ : ( $B_s = 2d/\lambda$ ) . . . . .	139
9.8. Algorithme <i>Sample Matrix Inversion</i> (SMI) . . . . .	139
9.9. Conclusion . . . . .	141

## **Chapitre 10. Application à la poursuite radar par la théorie de Dempster-Shafer . . . . . 143**

10.1. Introduction . . . . .	143
10.2. Théorie de Dempster-Shafer . . . . .	144
10.2.1. Cadre de discernement . . . . .	144
10.2.2. Fonction de masse élémentaire . . . . .	145
10.2.2.1. Élément focal . . . . .	145
10.2.2.2. Fonction d'ignorance totale . . . . .	146
10.2.2.3. Fonction de certitude totale . . . . .	146
10.2.3. Les fonctions de crédibilité et de plausibilité . . . . .	146
10.2.3.1. La fonction de crédibilité . . . . .	146
10.2.3.2. La fonction de plausibilité . . . . .	147
10.2.3.3. Relation entre la fonction de crédibilité et la fonction de plausibilité . . . . .	147
10.2.3.4. Autres mesures de fonction de masse . . . . .	147
10.2.3.5. Interprétation des fonctions de plausibilité et de crédibilité . . . . .	148
10.3. Règles de combinaison . . . . .	149
10.3.1. Règle de combinaisons de base . . . . .	149
10.3.1.1. Combinaison conjonctive . . . . .	150
10.3.1.2. Combinaison disjonctive . . . . .	150
10.3.2. Règle de combinaison de Dempster . . . . .	151
10.4. Règles de décision . . . . .	152
10.5. Simulation numérique . . . . .	152
10.5.1. Modèle de mouvements . . . . .	153
10.5.2. Modèle de travail . . . . .	153
10.5.2.1. Partie statique . . . . .	154

10.5.2.2. Partie dynamique . . . . .	155
10.5.3. Trois cibles parallèles. . . . .	160
10.5.4. Trois cibles qui se croisent. . . . .	160
10.6. Conclusion . . . . .	160
<b>Chapitre 11. Applications au radar InSAR . . . . .</b>	<b>161</b>
11.1. Introduction . . . . .	161
11.2. Cohérence . . . . .	162
11.3. Modèle d'un système . . . . .	162
11.4. Les statistiques de la phase interférométrique. . . . .	163
11.5. Exemples quantitatifs . . . . .	166
11.5.1. Le bruit terminal. . . . .	166
11.5.2. Les aberrations de la phase. . . . .	168
11.6. Conclusion . . . . .	175
<b>Chapitre 12. Applications aux réseaux de télécommunications. . . . .</b>	<b>177</b>
12.1. Introduction . . . . .	177
12.2. Description de la topologie du réseau <i>ad hoc</i> simulé. . . . .	178
12.3. Les différents scénarios réalisés . . . . .	179
12.3.1. Première partie : intégration du <i>multihoming</i> à un réseau <i>ad hoc</i> utilisant le protocole de routage réactif AODV. . . . .	179
12.3.2. Deuxième partie : intégration du <i>multihoming</i> à un réseau <i>ad hoc</i> utilisant le protocole de routage proactif OLSR . . . . .	180
12.4. Les statistiques collectées. . . . .	180
12.4.1. Première partie. . . . .	180
12.4.1.1. GLOBAL. . . . .	180
12.4.1.2. INDIVIDUAL NODE . . . . .	181
12.4.2. Deuxième partie . . . . .	181
12.4.2.1. GLOBAL. . . . .	181
12.4.2.2. INDIVIDUAL NODE . . . . .	181
12.5. Discussion des résultats . . . . .	181
12.5.1. Première partie réseau utilisant AODV pour le routage. . . . .	181
12.5.1.1. Comparaison entre le premier et le deuxième scénario . . . . .	182
12.5.1.2. Comparaison entre le deuxième et troisième scénario . . . . .	184
12.6. Partie deux : réseau utilisant OLSR pour le routage . . . . .	187
12.6.1. Comparaison entre le premier et le deuxième scénario . . . . .	188
12.6.2. Comparaison entre le deuxième et le troisième scénario . . . . .	190
12.6.3. Comparaison des deux parties. . . . .	194
12.7. Conclusion . . . . .	195

<b>Conclusion</b> . . . . .	197
<b>Liste des acronymes</b> . . . . .	201
<b>Bibliographie</b> . . . . .	205
<b>Index</b> . . . . .	225