

*REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE*  
*Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique*

*Université De Batna*

*Faculté De Sciences De L'ingénieur*

**MEMOIRE**

Présenté au Département d'électronique

*En vue de l'obtention de diplôme de*

**MAGISTER en Micro -Ondes Pour Systèmes de télécommunications**



**Par**

Melal Khireddine

Ingénieur d'Etat, Institut d'Electronique-Université de Batna

**Thème**

# *Analyse des méthodes d'égalisation des techniques CDMA*

*Devant le jury constitué de :*

Pr. Srairi Kamel

Prof. U. Biskra

Président

Dr. Benyoucef Moussa

M.C. U. Batna

Rapporteur

Dr. Lamir Saidi

M.C. U. Batna

Examineur

Dr. Nabil Benoudjit

M.C. U. Batna

Examineur

*Novembre 2008.*

## Remerciements

---

---

Je tiens à remercier avec tous les sentiments de respect mon encadreur **Dr Benyoucef Moussa**, maître de conférences au département d'électronique de l'université de Batna, qui de part ses précieux conseils m'ont été d'un grand apport pour l'élaboration de ma thèse.

Je témoigne ma profonde gratitude au **Dr Saidi Lamir**, maître de conférences au département d'électronique de l'université de Batna, qui n'a épargné aucun effort lors des différentes discussions fructueuses que nous avons partagé.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à **Mr Srairi Kamel**, professeur au département d'électrotechnique de Biskra, d'avoir accepté de présider le jury.

J'adresse mes remerciements à Monsieur le **Dr Benoujit Nabil**, maître de conférences au département d'électronique de l'université de Batna, pour l'honneur qu'il me fait d'avoir accepté de juger ce travail.

Aussi, j'aimerais exprimer ma gratitude envers toutes les personnes formidables que j'ai côtoyées pendant toute la durée de ma formation au département d'électronique et qui se reconnaîtront j'en suis sûr.

Je ne saurais terminer sans remercier du fond de mon cœur **ma famille** pour leur soutien permanent et leurs encouragements.



	Page
<b>Liste des acronymes et abréviations</b>	
<b>Introduction Générale</b>	1

## Chapitre 1

### Généralités sur les réseaux mobiles

I.1 Introduction	4
I.2 Définitions et concepts de base	4
I.3 Évolution des réseaux mobiles	6
I.4 Le GSM ( <i>Global System for Mobile Communications</i> )	7
I.4.1 Architecture du réseau GSM	8
I.4.1.1 Le sous-système radio BSS ( <i>Base Station Sub-system</i> )	9
I.4.1.2 Le sous-système réseau NSS ( <i>Network Switching Center</i> )	11
I.4.1.3 Le sous-système opérationnel OSS ( <i>Operating Sub-System</i> )	13
I.4.2 Le concept cellulaire	14
I.4.3 Les stations fixes	16
I.4.4 Puissance, Portée et Propagation	18
I.4.5 Description du canal physique	19
I.4.5.1 Multiplexage fréquentiel	19
I.4.5.2 Multiplexage temporel	19
I.4.6 Capacité et saturation	22
I.4.7 Réutilisation des ressources	23
I.4.8 Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit	23
I.5 La troisième génération de réseaux mobiles	24
I.5.1 Présentation du système UMTS	25
I.5.2 Services offerts	25
I.5.2.1 Services conversationnels	28
I.5.2.2 Services interactifs	28
I.5.2.3 Services streaming	28
I.5.2.4 Services en arrière-plan	28

I.5.3 Architecture du réseau UMTS	29
I.6 Interfaces radio	31
I.7 Conclusion	32

## **Chapitre 2**

### **Partie 1 : Généralités sur les techniques de multiplexage et de détection**

2.1 Introduction	34
2.2 Définitions des principales techniques de multiplexage	35
2.2.1 Accès multiple par répartition de fréquences (FDMA)	36
2.2.2 Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA)	36
2.2.3 Multiplexage par longueurs d'onde (WDM)	38
2.2.4 Accès multiple par répartition de codes (CDMA)	39
2.3 Introduction aux différentes techniques CDMA et à leurs caractéristiques	41
2.3.1 Accès multiple par répartition de codes à saut de fréquence	44
2.3.2 Accès multiple par répartition de code à séquences directes	45
2.4 Conclusion	46

## **Chapitre 2**

### **Partie 2 : Principe de l'étalement de spectre par séquence directe**

2.5 Introduction	48
2.6 L'étalement de spectre par séquence directe (Direct Sequence Spread Spectrum)	49
2.7 Pourquoi étaler le spectre	49
2.7.1 Exemple d'application	51
2.8 Présentation formelle de l'étalement de spectre	54
2.8.1 Elaboration analytique du signal temporel d'étalement	55
2.8.2 Elaboration analytique du signal temporel étalé	56
2.9 Les codes d'étalement	57
2.9.1 Codes orthogonaux	58
2.9.1.1 Génération de codes Walsh	58
2.9.1.2 Canalisation en utilisant les codes Walsh	61
2.9.1.3 Remarques et conclusion	63

2.9.2 Codes pseudo-aléatoires PN	63
2.10 La modulation de l'information	66
2.11 Conclusion	69

## **Chapitre 3**

### **Caractéristiques de la propagation dans l'environnement mobile**

3.1 Introduction	71
3.2 Caractéristiques du signal dans un environnement Radio- Mobile	71
3.2.1 Atténuation due aux effets de masques	72
3.2.1.1 Vision directe (in-line-of-sight)	72
3.2.1.2 Non-visibilité (non-line-of-sight)	72
3.2.2 Atténuation due aux arbres	72
3.2.3 Atténuation due à l'atmosphère	72
3.2.4 Diffraction	73
3.2.5 Trajets multiples (multipaths)	73
3.2.5.1 Effet positif des multi-trajets	74
3.2.5.2 Effet négatif des multi-trajets	74
3.2.6 Brouillages (bruits)	75
3.2.7 Interférences	75
3.2.7.1 Les interférences intersymboles	75
3.2.7.2 Les interférences co-canal	76
3.3 Canaux de transmission	76
3.3.1 Canal binaire symétrique	76
3.3.2 Canal à bruit additif blanc Gaussien	77
3.3.3 Canal à évanouissement	78
3.3.3.1 L'étalement temporel	78
3.3.3.2 Décalage en fréquence (Effet Doppler)	80
3.3.3.3 Canal à trajets multiples	82
3.4 Conclusion	83

## Chapitre 4

### Egalisation du canal

4.1 Introduction	85
4.2 Application des filtres adaptatifs	86
4.2.1 Suppression d'une interférence	86
4.2.2 Modélisation inverse, déconvolution, égalisation	87
4.2.3 Identification	88
4.3 Filtres de Wiener	89
4.3.1 Problème d'estimation linéaire	89
4.3.2 Filtre de Wiener de type FIR	90
4.4 Algorithmes pour le filtrage adaptatif	92
4.4.1 Introduction	92
4.4.2 Choix de l'algorithme	93
4.4.3 Algorithme RLS (Recursive Least Squares)	93
4.4.4 Algorithme LMS (Least Mean Squares)	95
4.4.4.1 Convergence et Stabilité de l'algorithme LMS	97
4.4.5 Algorithme NLMS (Normalised Least Mean Squares)	97
4.5 Application à l'égalisation de canal	98
4.6 Les résultats de simulation	102
4.6.1 Algorithme LMS	102
4.6.2 Algorithme NLMS	106
4.6.3 Conclusion	108
4.6.4 Algorithme RLS	108
4.7 Conclusion	111

## Chapitre 5

### Egaliseurs neuronaux

5.1 Introduction	113
5.2 Description des réseaux de neurones artificiels	113
5.3 Architecture et fonctionnement du réseau perceptrons multicouches	114
5.4 Fonction de transfert	115
5.5 Mise en œuvre des réseaux neuronaux	116

5.6 Algorithme d'apprentissage 'Rétro propagation du gradient'	116
5.6.1 Le but de la rétropropagation	116
5.6.2 Equations du réseau	117
5.6.3 Principe de la rétropropagation	118
5.6.4 Adaptation des poids	119
5.6.5 Résumé de l'algorithme de la rétropropagation	120
5.7 Applications des réseaux de neurones sur l'égalisation du canal	121
5.7.1 Architecture du réseau	121
5.7.2 Critère d'apprentissage	122
5.7.3 Apprentissage du réseau de neurones	122
5.7.4 Présentation des simulations effectuées	123
5.7.5 Analyse des résultats	124
5.7.6 Validation des résultats	125
5.8 Conclusion	125
Conclusion Générale	127
Bibliographie	128

## *Liste des acronymes et abréviations*

---

<b>3GPP</b>	The 3rd Generation Partner Project.
<b>AMPS</b>	Advanced Mobile Phone Service.
<b>AuC</b>	Authentication Center
<b>BER</b>	Bit error ratio.
<b>BP</b>	back propagation.
<b>BPSK</b>	Binary Phase Shift Keying: signal binaire modulé en phase.
<b>BS</b>	Base Station : stations de base
<b>BSC</b>	Base Station Controller : Le contrôleur de stations de base
<b>BSS</b>	Base Station Sub-system : sous-système radio.
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station : La station de base.
<b>CBS</b>	Le canal binaire symétrique.
<b>CCI</b>	Co-Canal Interférence.
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access : Accès multiple par répartition de codes.
<b>CEPT</b>	Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications
<b>DL</b>	DownLink: lien descendant.
<b>DS-CDMA</b>	Direct-Sequence CDMA : CDMA à séquence directe.
<b>DSSS</b>	Direct Sequence Spread Spectrum : L'étalement de spectre par séquence directe.
<b>EDGE</b>	Enhanced Data for Global Evolution,
<b>EIR</b>	Equipment Identity Register: L'enregistreur des identités des équipements.
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access : Accès multiple par répartition de fréquences.
<b>FFH-CDMA</b>	Fast Frequency Hopping CDMA : CDMA à saut de fréquence rapide.
<b>FH-CDMA</b>	Frequency-Hopping CDMA : CDMA à saut de fréquence.
<b>FIR</b>	Finite Impulse Reponse.
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service.
<b>GSM</b>	Global System for Mobile communication.
<b>HLR</b>	Home Location Register : L'enregistreur de localisation nominale.
<b>HSDPA</b>	High Speed Downlink Packet Access.
<b>IAM</b>	Interférences d'Accès Multiple.
<b>IMSI</b>	International Mobile Subscriber Identity.

<b>IMT-2000</b>	International Mobile Telecommunications 2000.
<b>ISDN</b>	Integrated Services Digital Network Désigné : RNIS (le réseau téléphonique numérique).
<b>ISI</b>	Intersymbole Interférence.
<b>JPDC</b>	Japanese Personal Digital Cellular.
<b>L'ITU</b>	International Telecommunication Union.
<b>LFSR</b>	Linear Feedback Shift Register.
<b>LMS</b>	Least Mean Squares : l'algorithme du gradient stochastique.
<b>MLP</b>	Multi Layer Perceptron : perceptrons multicouches (PMC).
<b>MS</b>	Mobile station.
<b>MSC</b>	Mobile Switching center: Le centre de commutation mobile.
<b>MSE</b>	Mean Square Error : l'erreur quadratique moyenne.
<b>NLMS</b>	Normalised Least Mean Squares: l'algorithme du gradient stochastique normalisé.
<b>NSC</b>	Network Switching Center : Le sous-système réseau.
<b>OMC</b>	Operation and Maintenance Center
<b>OSS</b>	Operating Sub-System : Le sous-système opérationnel.
<b>OVSF</b>	Orthogonal Variable Spreading Factor Codes.
<b>PA</b>	Power Amplifier.
<b>PIN</b>	Personal Identification Number.
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>PN</b>	Pseudo-Noise sequences : Séquences pseudo aléatoires.
<b>PSTN</b>	Public Switch Telephone Network.
<b>QoS</b>	Quality of Service,
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying.
<b>RLS</b>	Recursive Least Squares : l'algorithme des moindres carrés récursifs.
<b>RNC</b>	Radio Network Controller.
<b>RNS</b>	Radio Network Subsystem.
<b>RTC</b>	Réseau Téléphonique Commuté.
<b>SFH-CDMA</b>	Slow Frequency Hopping CDMA : CDMA à saut de fréquence lent.
<b>SGSN</b>	Serving GPRS Support Node.
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module.
<b>SMS</b>	Short Message Service.
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access : Accès multiple par répartition temporelle.

<b>TEB</b>	Taux d'Erreur Binaire.
<b>TH-CDMA</b>	Time-Hopping CDMA : CDMA à saut de temps.
<b>UL</b>	UpLink : lien montant.
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System.
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunication System
<b>UTRAN</b>	Universal Terrestrial Radio Access Network.
<b>VLR</b>	Visitor Location Register: L'enregistreur de localisation des visiteurs.
<b>VLR</b>	Visitor Location Register : L'enregistreur de localisation des visiteurs.
<b>WCDMA</b>	Wideband CDMA.
<b>WDM</b>	Wavelength Division Multiplexing : Multiplexage par longueur d'onde.