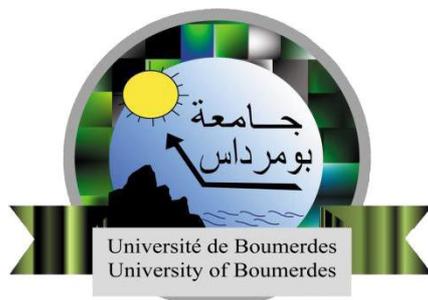


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Mémoire de Master

Présenté par :

Mr: BELKEZAI Kamel

Mr: BEDDAR Sofiane

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

Génie Electrique

Option :

Signal et Communication

Thème :

**Etude et Simulation d'un Réseau Mobile
Haut Débit (4G) en vue de L'optimisation**

President :	Mme GUERBAI Yasmine	MCB	UMBB
Rapporteur:	M. MOUATSI Abdelmalek	MCB	UMBB
Examineur :	M .SMAANI Billel	MCB	UMBB
	M .BOURCACHE Noureddine	MAA	UMBB

Promotion Juin 2017

Remerciements

Ce travail de recherche s'est déroulé au sein du département de transmission

Mr :Abide BENJAOUUD-DJEZZY

J'adresse mes remerciement, en premier lieu, à A ALAH pour la volonté, la santé, le courage et la patience qui m'avoit donné pour mener ce travail à terme.

Je voudrais exprimer, par ce modeste travail, ma gratitude, ma reconnaissance, ma considération et mes grands remerciements à Monsieur A .MOUATSI, Maître de Conférence à l'Université de Boumerdes, d'avoir proposé, suivi et corrigé ce travail,..., je vous remercie chaleureusement pour le savoir que vous m'avez enseigné.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A

Ma mère pour toute sa tendresse et son grand amour.

Mon père pour son courage, patience et son grand sacrifice.

Mon frère Nadire

Ainsi que tous mes amis abes adel Billal Nasro Sisoune Kenza Lydia

et mes collègues de House Of Burgers

Sofiane BEDDAR

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A

Ma mère pour toute sa tendresse et son grand amour.

Mon père pour son courage, patience et son grand sacrifice.

Mes sœurs

Mon neveu Wael Abdelah

Ainsi que tous mes amis

Kamel BELKAZZAJ

Chapitre I :

Quatrième génération des réseaux mobiles

1.1. Introduction.....	3
1.2. Evolution des systèmes mobiles.....	3
1.2.1. Première standardisation de la 3G.....	4
1.2.2. Evolution à long terme : (LTE Long Term Evolution).....	5
1.3. Interface radio du système LTE.....	8
1.4. Architecture du système LTE.....	9
1.4.1. Equipement utilisateur (UE).....	9
1.4.2. E-UTRAN	10
1.4.3.EPC.....	11
1.4.3.1. Plan Utilisateur.....	11
1.4.3.1.1. S-GW.....	11
1.4.3.1.2. P-GW.....	12
1.4.3.2. Plan contrôle.....	13
1.4.3.2.1. MME.....	13
1.5. Les bandes de fréquences.....	14
1.6. Technologies 4G.....	15
1.6.1 Réseau WLAN (IEEE 802.11).....	15
1.6.2. Les réseaux métropolitains sans fil WMAN	15
1.6.3. Le Réseau WiMAX.....	16
1.6.4 .Comparaison entre le WiMAX et LTE	16
1.6.5. L'objectif de la 4G.....	17
1.7. Conclusion	17

Chapitre 2 :

Transmission Numérique et la Technique OFDM

2.1. Introduction.....	18
2.2. Chaîne de transmission numérique.....	18
2.3. Support de transmission.....	19
2.4. Les technologies de transmission.....	20
2.4.1. La technique de saut de fréquence.....	21
2.4.2. Etallement de spectre à séquence directe.....	21
2.5. Modulations numériques.....	21
2.5.1. Modulation d'amplitude en quadrature (MAQ).....	22
2.6. Technique de modulation OFDM.....	23
2.6.1. Définition de L'OFDM.....	23
2.6.2. Principe de l'OFDM.....	24
2.6.3. Chaîne de transmission d'un système OFDM.....	25
2.7. Expression de signal.....	26
2.8. Propriété d'orthogonalité.....	29
2.8.1. Notion mathématique.....	29
2.8.2. Interférences entre les symboles.....	31
2.8.3. Interférence entre les porteuses.....	31
2.8.4. Intervalle de garde.....	32
2.9. Avantages et inconvénients de l'OFDM.....	32
2.10. Conclusion.....	33

Chapitre 3 :

Les modes d'accès et facteur de crête PAPR

3.1. Introduction.....	34
3.2. Schéma d'accès multiple utilisant OFDM.....	34
3.2.1. OFDM-TDMA.....	34
3.2.2. CDMA-OFDM.....	35
3.2.3. OFDM-FDMA (OFDMA)	35
3.2.3.1. Bloc FDMA.....	36
3.2.3.2. FDMA-Entrelacé.....	36
3.2.3.3. OFDMA Adaptative.....	37
3.3. Allocation des sous porteuses (Accès multiple OFDMA).....	37
3.4. Standards d'application de l'OFDMA.....	38
3.5. Critères de performance.....	39
3.5.1. SNR.....	39
3.5.2 BER.....	39
3.6. LE PAPR (Peak to Average Power Ratio)	39
3.6.1. Les technique de réduction du PAPR.....	40
3.6.2. Tone Réserveation.....	41
3.6.3. Partial Transmit Séquence.....	41
3.6.4. Ecrêtage.....	41
3.6.5. Réduction du PAPR par la méthode SLM (SelectiveMapping).....	42
3.6.5.1. Le seuil dans SLM.....	42
3.7. Conclusion.....	44

Chapitre 4 :

Résultat de simulation et discussion

4.1. Introduction.....	45
4.2. Les bases d'optimisation d'un réseau.....	45
4.2.1. Les clés indicatrices de qualité.....	45
4.3. Les standards utilisant l'OFDM comme technique de modulation	46
4.4. Application des paramètres de la 4G mobile (opérateur DJEZZY).....	46
4.4.1. Transmission De Signal.....	46
4.4.2. Réception de signal.....	48
4.4.3. L'effet de modulation M-QAM sur le système OFDM.....	49
4.5. Réduction l'Effet de PAPR.....	52
5. Conclusion.....	56

Figure 1.1: Migration vers la 4G.....	4
Figure 1.2 : Evolution des systèmes cellulaires.....	5
Figure 1.3 : Architecture du système LTE.....	9
Figure 1.4: DBS3900 eNodeB HUAWEI.....	11
Figure 1.5 : Représentation E- UTRAN.....	13
Figure 1.6 : Utran de HUAWEI.....	14
Figure 2.1 : la chaîne de transmission à l'aide d'un schéma bloc.....	21
Figure 2.2 : Spectre Électromagnétique.....	22
Figure 2.3 : Constellation pour modulation MAQ.....	25
Figure 2.4 : Interprétation temps-fréquence d'un signal OFDM.....	27
Figure 2.5 : schéma générale de l OFDM.....	26
Figure 2.5 : Schéma bloc procéder de modulation OFDM.....	29
Figure 2.6 : schémas de principe du modulateur OFDM.....	30
Figure 2.7 : Le signal OFDM occupe la bande passante B.....	30
Figure 2.8 : Schémas de Principe du Démodulateur OFDM.....	31
Figure 2.9 : Spectre en fréquence d'une trame OFDM : représentation des sous-porteuses constituantes.....	33
Figure 2.10 : Intervalle de garde.....	34
Figure 3.1: bloc OFDM TDMA.....	38
Figure 3.2 : bloc OFDM FDMA.....	39
Figure 3.3 : FDMA-Entrelacé.....	40
Figure 3.4 : Signal OFDM en termes de puissance.....	43

Figure 3.5 : Bloc de SLM technique.....	45
Figure 4 .1 : signal transmit dans le domaine temporel.....	50
Figure 4 .2 : signal transmit dans le domaine frequetiel.....	53
Figure 4 .3 :signal reçu dans le domaine frequetiel.....	54
Figure 4.4 : signal reçu dans le domaine frequetiel.....	54
Figure 4.5 : courbe BER vs de SNR avec déférentes modulation M-QAM.....	55
Figure 4.6 : diagramme de constellation.....	56
Figure 4 .7 : comparaison entre signal transmit et reçu.....	57
Figure 4 .8 : le PAPR sans le signal.....	57
Figure 4.9 : Le PAPR en fonction de N.....	58
Figure 4.10 : réduction de PAPR pour N= 64 et U=1,2, 4, 8,16.....	59
Figure 4 .11 : réduction de PAPR pour N=128 et U=1,2, 4, 8,16.....	59
Figure 4.12 : réduction de PAPR pour N=256 et U=1,2, 4, 8,16.....	60
Figure 4.13 : reduction de PAPR pour N= 512 et U=1,2, 4, 8,16.....	60
Figure 4.14 : reduction de PAPR pour N= 1024 et U=1,2, 4, 8,16.....	61

Tableau 1.1 : Débit maximale dans le sens descendant (DL) pour différentes technologie	7
Tableau 1.2 : Exigences du système LTE définies par le 3GPP.....	8
Tableau 1.3 : Les différentes catégories d'UE's pour le système LTE.....	10
Tableau 1.4 : les performance de WiMAX.....	17
Tableau 2.1 : les fréquences associées aux 14 canaux.....	23
Tableau 4.1 :paramètre de l' OFDM pour la 4G.....	51
Tableau 4 .2 : Réduction de PAPR pour plusieurs séquences de phase de déférent nombre de porteuse.....	62

BS:	Base Station.
CDMA:	Code Division Multiple Access.
CP:	Cyclic Prefix
DFT:	Discrete Fourier Transform.
DVB:	Digital Video Broadcasting.
FFT:	Fast Fourier Transform
GHz:	Giga Hertz.
GSM:	Global System for Mobile communication
GPRS:	General Packet Radio Service.
ICI:	Inter Carrier Interference.
IDFT:	Inverse Discrete Fourier Transform.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IFFT:	Inverse Fast Fourier Transform.
ISI:	Inter Symbol Interference.
LAN:	Local Area Network.
LTE:	Long Term Evolution.
MAQ:	Quadrature Amplitude Modulation.
MDP :	Modulation De Phase.
OFDMA:	Orthogonal Frequency Division Multiple Access.
PAPR :	Peak-to-Average Power Ratio
PDA:	Personal Digital Assistant.
Rx :	Antenne de réception.
SAE:	System Architecture Evolution.
SC-FDMA:	Single Carrier - Frequency Division Multiple Access.
SLM:	Select Mapping.
Tx :	Antenne d'émission .
WAN:	Wide Area Network.
WIFI:	Wireless Fidelity.
WIMAX:	Wireless Interoperability for Microwave Access.
WMAN:	Wireless Metro pololitan Area Network.
W-OFDM:	Wideband OFDM.
1G :	First Generation "Première génération des réseaux mobile".
2G :	Second Generation "Deuxième génération des réseaux mobile".
3G :	Third Generation "Troisième génération des réseaux mobile".
4G :	Forth Generation "Quatrième génération des réseaux mobile".

Introduction générale

L'histoire des réseaux mobiles est relativement récente puisque l'ouverture commerciale du premier réseau mobile fut annoncée en 1979 au Japon. Jusque-là, l'état de l'art en matière d'électronique et de micro-ondes n'autorisait pas l'émission/réception radio avec un équipement portable. Les progrès majeurs réalisés dans ces domaines ont permis de réduire de manière drastique la taille des terminaux. Le premier réseau mis en service était déjà basé sur le concept de motif cellulaire, concept défini au sein des Bell Labs au début des années 1970. Cette technique est une composante technologique clé des réseaux mobiles car elle permet de réutiliser les ressources du réseau d'accès radio sur plusieurs zones géographiques données appelées cellule. À une cellule est ainsi associée une ressource radio (une fréquence, un code...) qui ne pourra être réutilisée que par une cellule située suffisamment loin afin d'éviter tout conflit intercellulaire dans l'utilisation de la ressource. Conceptuellement, si une cellule permet d'écouler un certain nombre d'appels simultanés, le nombre total d'appels pouvant être supportés par le réseau peut être contrôlé en dimensionnant les cellules selon des tailles plus ou moins importantes. Ainsi, la taille d'une cellule située en zone urbaine est habituellement inférieure à celle d'une cellule située en zone rurale. Les réseaux mobiles sont tous basés sur ce concept de cellule, c'est pourquoi ils sont aussi appelés réseaux cellulaires. Les réseaux radio mobiles sont généralement classés en générations, 1G (AMPS) est le système radio mobile analogique dans les années 1980, 2G le premier système radio mobile numérique, 3G le premier système large bande. LTE Rel-8 est le portail vers les réseaux de 4ème génération (soit 3.9 G), et LTE-Advanced Rel_10 est réellement le premier réseau 4G, et ce n'est plus le dernier pas de standardisation dans le processus de l'évolution à long terme. Le 3GPP est un consortium créé en 1998 à l'initiative de l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Son rôle consiste à maintenir et développer les spécifications des systèmes :

GSM/GPRS/EDGE

- UMTS (FDD et TDD) .
- LTE, ainsi que celles du réseau cœur EPC .

Parmi ces techniques dédiées aux réseaux de mobiles, nous trouvons la technique OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Comme toute technique de modulation, l'OFDM présente des inconvénients. L'inconvénient majeur est le PAPR (Peak to Average Power Ratio) assez élevé. La solution idéale pour y remédier est le codage du canal (solution assez coûteuse vue la nécessité d'installation des encodeurs performant à la sortie des transmetteurs et des décodeurs à l'entrée du récepteur), ainsi que la conception d'un amplificateur linéaire, pratiquement irréalisable.

A la sortie de l'émetteur, la somme des sous-porteuses filant en phase produit un pic remarquable traduit par un PAPR assez élevé. Ce phénomène rare (pas plus d'une fois sur une période), donne l'idée de réduire ces pics (évidemment le PAPR assez élevé) sans dégrader la qualité de l'information.

Cette réduction peut être réalisée par des techniques tout en garantissant un BER (Bit Error Rate) optimal.

Ce mémoire est réparti sur 4 chapitres:

Chapitre 1, intitulé "étude de réseau 4G", traitant le réseau mobile sans fils ses améliorations conduisant aux réseaux GPRS, UMTS, et les différentes approches permettant la définition de la 4ème génération du mobile.

- Chapitre 2, titré "La technique de modulation OFDM", où nous avons décrit la technique, et ses applications.
- Chapitre 3, nommé "les modes d'accès et les techniques de réduction de PAPR". Dans ce chapitre nous avons parlé sur les modes d'accès. Ainsi une description de la technique de réduction de PAPR et son effet sur la mesure du facteur de performance BER (Bit Error Rate) est évoquée.
- Chapitre 4, étude et simulation dans ce chapitre on a simulé la technique OFDM sous MATLAB.

CHAPITRE I:
4EME GENERATION DES
RESEAUX MOBILES

1.1. Introduction

Dans les décennies précédentes, Les communications mobiles sont devenues des nécessités et même des commodités quotidiennes. Elles ont évoluées d'une technologie réservée à un nombre restreint d'individus aux systèmes actuels omniprésents dans notre vie.

La tâche qui consiste à développer les technologies mobiles a, aussi évoluée, d'une préoccupation nationale ou régionale pour devenir une mission complexe et grandissante, prise en charge par des organisations de développement de standards à l'échelle globale comme le 3GPP (3rd Group Partnership Project) et IEEE [1].

1.2. Evolution des Systèmes Mobiles

L'histoire des réseaux mobiles est jalonnée par trois étapes principales, auxquelles on donne couramment le nom de génération. On parle de la première, deuxième, troisième, quatrième et cinquième génération des réseaux mobiles, généralement abrégées respectivement en 1G, 2G ,3G ,4G et 5G(en cours d'étude). L'évolution de ces techniques est guidée par la volonté d'accroître la capacité ainsi que les débits offerts par le système dans une bande de fréquences restreinte. En effet, les fréquences sont des ressources très rares car convoitées par de multiples applications (télévision, radio, faisceaux hertziens, liaisons satellites, réseaux privés, communications militaires, etc.).

La première génération des systèmes de communication mobiles sans fil 1G a été introduite dans les années 70. Au début des années 80, la CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) crée un groupe de travail, le GSM (Global System for Mobile Communication ou, groupe spécial mobile), pour définir un système numérique de communication avec les mobiles à vocation internationale pour l'horizon 1990. L'année 1992 a vu la commercialisation réelle des premiers systèmes GSM. La norme GSM est adoptée dans de nombreux pays. C'est l'unique norme numérique de téléphonie cellulaire 2G(2ème Génération) acceptée en Europe. [2].

Les systèmes sans fil de troisième génération qui sont juste introduites dans les marchés mondiaux offrent des débits de données beaucoup plus élevés, et permet des améliorations significatives par rapport aux systèmes 2G. Les systèmes sans fil 3G ont été proposées pour fournir des services vocaux, de radiomessagerie et fournir des interactifs multimédias, y compris l'accès à l'internet, la téléconférence et d'autres services [3].

Toutefois, ces systèmes offrent un réseau (WAN) large de couverture étendue, de débit de 384 kbps à 2 Mbps. Ainsi la prestation de services à large bande serait l'un des principaux objectifs des systèmes sans fil 4G [4].

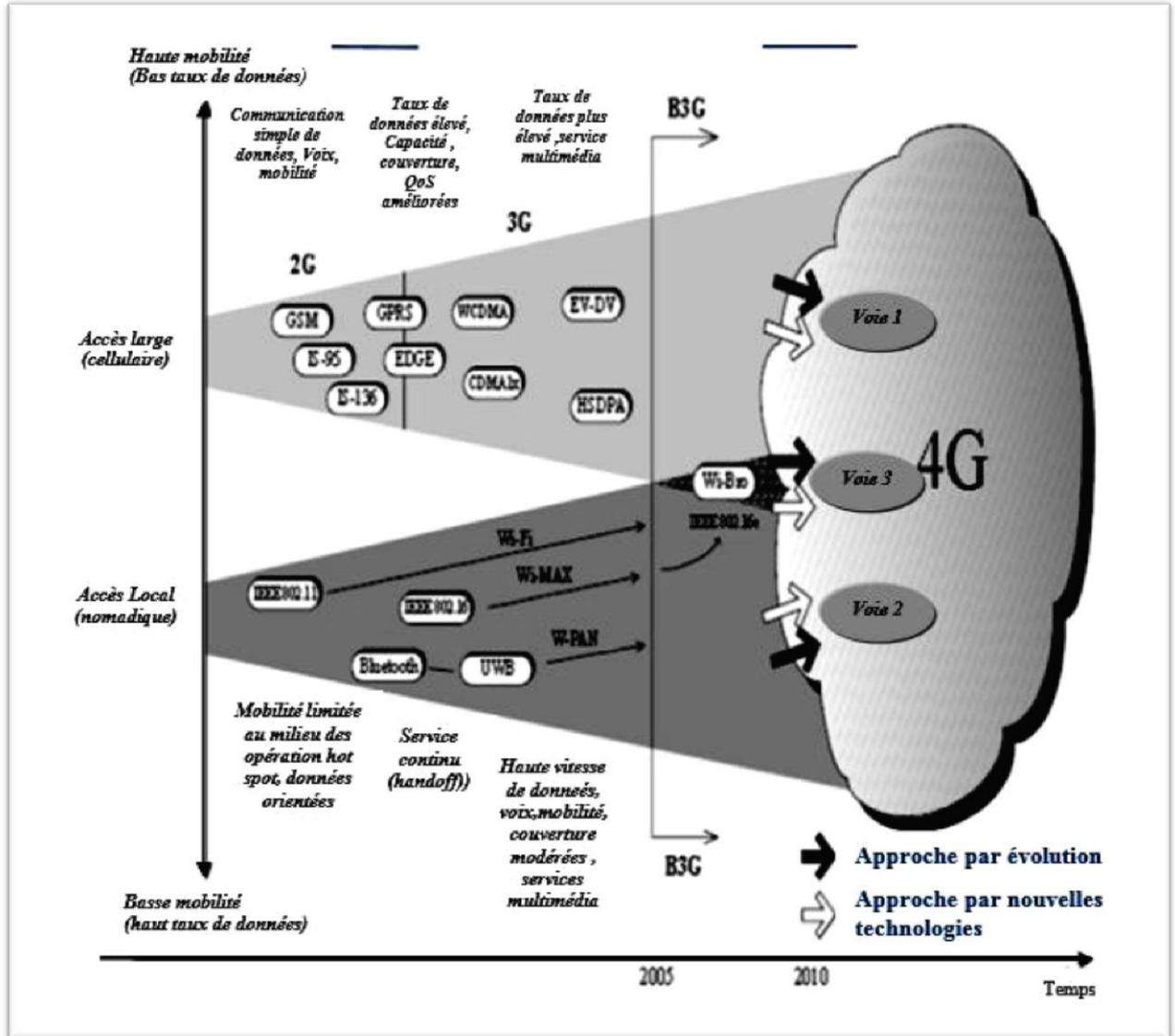


Figure 1.1: Migration vers a 4G

1.2.1. Première Standardisation de la 3G

Le travail sur le système mobile de la 3G été initié au niveau de l'ITU (International Telecommunication union) dans les années 1980s, au début sous le label "FPLMTS" (Future Public Land Mobile Telecommunications Systems) qui a vu son appellation changée à IMT2000. Quand les activités de standardisation ont été entamées en Europe par l'ETSI en 1996, il y avait les propositions des concepts WCDMA venues à la fois du projet européen de recherche (FRAMES) et de l'organisme japonais de standardisation ARIB. Les propositions

venues du Japon et d'Europe ont convergées et sont devenues une partie du concept qui a été retenu au début du 1998 dans le "European Work on Universal Mobile Telecommunication services"(UMTS), qui fut le nom européen pour la 3G. [5].

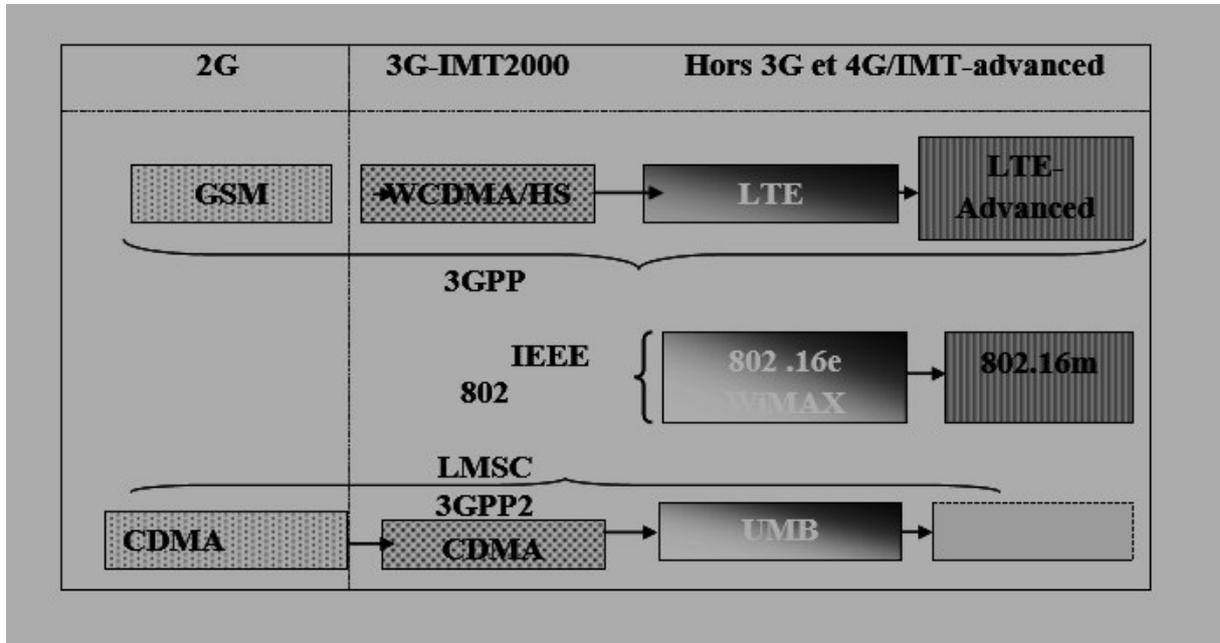


Figure 1.2 : Evolution des systèmes cellulaires

La standardisation de la 3G s'est poursuivie en parallèle au niveau de plusieurs groupes de standards, jusqu'à la fin de 1998, quand le "Third Generation Partnership Project (3GPP)" été formé par des organisations de développement de standards du monde entier.

1.2.2. Evolution à Long Terme (LTE) :

La technologie LTE (Long Term Evolution) ou la 4G s'appuie sur un réseau de transport commutation de paquet IP. Elle n'a pas prévu de mode d'acheminement pour la voix, autre que la VoIP, contrairement la 3G qui transporte la voix en mode circuit.

Le LTE utilise des bandes de fréquences hertziennes d'une largeur pouvant varier de 1,4 MHz 20 MHz, permettant ainsi d'obtenir (pour une bande 20 MHz) un débit binaire théorique pouvant atteindre 300 Mbit/s en « downlink », alors que la "vraie 4G" offre un débit descendant atteignant 1 Gbit/s[6].

La technologie LTE repose sur une combinaison de technologies sophistiquées même d'élever nettement le niveau de performances (très haut débit et latence) par rapport aux réseaux 3G existants.



Logo de LTE

Les exigences pour la technologie LTE englobe :

- ✓ L'amélioration de l'expérience de l'utilisateur moyennant un débit plus haut et une latence réduite.
- ✓ La réduction des coûts opérationnels et de déploiement.
- ✓ Une intégration facile et transparente avec les systèmes existants.
- ✓ Ces exigences peuvent à leur tour être décomposées en différentes catégories : performance du système, latence, déploiement et complexité. Pour atteindre ces objectifs, de nouvelles conceptions pour l'interface radio des réseaux et de l'architecture du système sont requises.

Technologie	Débit maximal théorique
GSM(2G)	9.6 Kbps
IS-95(2G)	14.4 Kbps
GPRS(2G)	171.2 Kbps
EDGE(2.5G)	473 Kbps
Cdma2000 1x (2G)	628.4 Kbps
WCDMA(3G)	1920 Kbps
GERAN/EGPRS2(3G)	947.2 Kbps
HSDPA Rel-5 (3.5G)	14 Mbps
CDMA 2000 1Xev-DO (3G)	3.1 Mbps
HSPA Rel-9 (3.5G)	84 Mbps (2×2 MIMO, Double porteuse)
LTE Rel-8 (4G)	300 Mbps (20 MHz, 4×4 MIMO)
WiMAX (4G)	26 Mbps (10 MHz, 2×2 MIMO)
WiMAX/802.16m (4.5G)	303 Mbps (20 MHz, 8×8 MIMO)
LTE-Advanced Rel-10 (4.5G)	3 Gbps (100 MHz, 8×8 MIMO)

Tableau1.1 : Débit maximale dans le sens descendant (DL) pour différentes technologie

Une liste représentative des exigences pour la LTE Rel.8 est donnée dans le Tableau 1.2. D'un point de vue système et performance utilisateur, les exigences suivantes ont été définies par : Débit maximal, Efficacité spectrale de la cellule, Capacité utilisateur en limite de la cellule.

Pour la transmission dans le sens descendant débits maximaux d'au moins (DL), des 100 Mbps doivent être assurés pour un système à bande passante de 20 MHz, alors que pour la transmission dans le sens ascendant(UL), des débits maximaux de 50 Mbps doivent être assurés. Les exigences pour la performance moyenne utilisateur, cellule et limite de la cellule sont définies en termes de l'efficacité spectrale (c.à.d. le débit permis en bits par seconde par Hz) et en relation à la performance de l'UMTS Rel.6. En général une amélioration d'un facteur de 3-4 est prévue en (DL) alors que pour le (UL) celle d'un facteur de 2-3 est prévue. [7].

Caractéristique	Exigences
Débit maximal	Descendant(DL) 100 Mbps à 20MHz Ascendant(UL) 50 MHz à 20MHz
Efficacité spectrale pour l'Utilisateur	Descendant(DL)-3-4fois Rel.6 HSPA Ascendant(UL)-2-3 fois Rel.6 HSPA
Efficacité spectrale pour l'Utilisateur En limite de cellule	Descendant(DL) : 15 bit/s/Hz Ascendant(UL) : 3.75 bit/s/Hz
Efficacité spectrale moyenne pour l'Utilisateur	Descendant(DL) : 15bit/s/Hz Ascendant(UL) : 3.75 bit/s/Hz
Latence au Niveau contrôle(C-plan)	100ms de l'état campé à celui actif 50ms de l'état dormant à celui actif
Capacité Niveau contrôle(C-plan)	400 Utilisateurs
Niveau utilisateur (U-Plane)	10ms
Service diffusion	efficacité spectrale D'1 bit/s/Hz
Mobilité	jusqu'à 350Km/h
Distance maximale de la cellule	100Km
Bande supportée	Flexible 1.4-20MHz

Tableau 1.2 : Exigences du système LTE définies par le 3GPP [1].

1.3. Interface radio du système LTE

Cette interface fournit des connexions entre UEs et eNodeB. Elle se compose de trois couches : la première couche (physique), la deuxième couche qui ressemble de la couche de liaison du modèle OSI, et la troisième couche (RRC). La fonction principale de RRC est la gestion de la signalisation établie entre UE et eNodeBs. La couche RRC supporte les fonctions de : transfert de la signalisation du NAS, allocation et libération de ressources radio, diffusion de l'information du système, paging, handover, transfert du contexte utilisateur entre eNodeB pendant le handover, mesure et gestion d'énergie. La fonction principale de la deuxième couche est de donner un transport fiable entre deux équipements du réseau. A côté de MAC et RLC

1.4. Architecture du système LTE

L'architecture générale du système LTE est montrée sur la figure 1.3, le réseau LTE est composé de deux entités principales : le réseau d'accès radio terrestre universel évolué (EUTRAN) qui est le réseau d'accès radio pour l'EU, et le cœur de paquets évolué (EPC) qui est le cœur du réseau. L'architecture du réseau cœur est aussi désignée par, évolution d'architecture de service (SAE), et la combinaison de l'E-UTRAN et de l'EPC est aussi appelée système paquet évolué (EPS) [7,8].

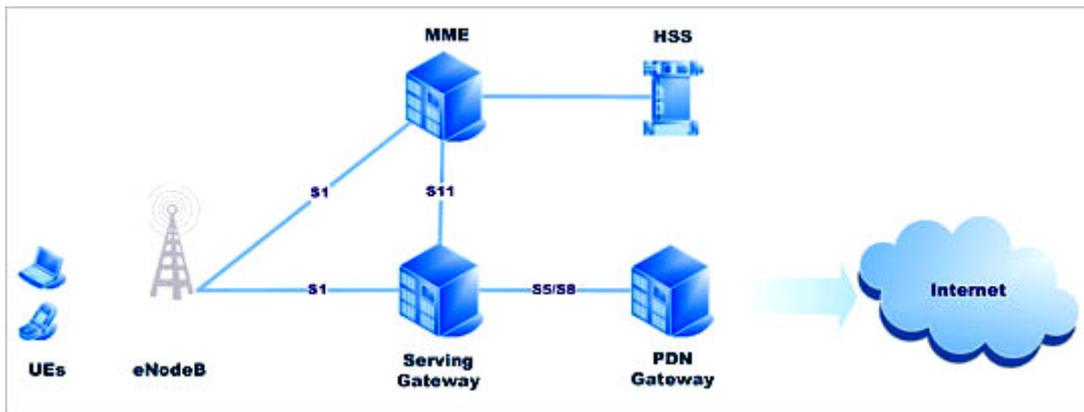


Figure 1.3 : Architecture du système LTE

1.4.1. Equipement Utilisateur (UE) :

En LTE, l'UE communique avec l'E-UTRAN et l'EPC en utilisant les protocoles appropriés la communication du plan utilisateur se termine au niveau de l'eNodeB et supporte tous les protocoles afférents au plan utilisateur. Dans le côté plan de contrôle, l'UE communique avec l'eNodeB et le MME à travers les protocoles RRC et NAS respectivement.

Pour pouvoir supporter différentes capacités matérielles, différents équipements utilisateurs (UE) sont définis [9]. Les catégories sont différenciées selon le débit maximal, supporté, des données dans les deux liaisons montante et descendante. En plus le nombre maximale de couches de données (ou flux de données) diffère selon la catégorie de l'UE. Par exemple, le débit maximal pour la catégorie 1 pour les deux liaisons descendante et montante est approximativement de 10 et 5 Mbps respectivement. En plus cette catégorie ne supporte pas la réception de plus d'un seul flux de données en liaison descendante simultanément. En outre la catégorie 5 des UE's peut supporter quatre voies de données en liaison descendante simultanément. En plus il est capable de transmettre en utilisant la modulation 64-QAM dans la liaison montante.

Caractéristique	Catégorie				
	1	2	3	4	5
Débit maximal descendant(DL)/ascendant (UL) en (Mbps)	10 /5	50/25	100/50	150/50	300/75
Bande passante RF	20 MHZ	20 MHZ	20 MHZ	20 MHZ	20 MHZ
Modulation supportée dans la liaison descendante(DL)	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM
Modulation supportée dans la liaison ascendante(UL)	16 QAM	16 QAM	16 QAM	16 QAM	64 QAM
Diversité en réception(Rx)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
BS diversité (Tx)	1-4 Tx	1-4 Tx	1-4 Tx	1-4 Tx	1-4 Tx
MIMO dans la liaison descendante (DL)	Optionnel	2×2	2×2	2×2	4×4

Tableau 1.3 : Les différentes catégories d’UE’s pour le système LTE (8)

1.4.2. E-UTRAN

L’E-UTRAN est le premier point d’entrée, pour un UE, au réseau LTE. Les protocoles EUTRAN couvrent le processus de communication entre l’UE et le réseau à travers la liaison sans fil. L’E-UTRAN est responsable pour la transmission et la réception des signaux radio venant d’un, et allant vers, un UE donné. L’E-UTRAN englobe aussi les mécanismes du contrôle du moyen d’accès à travers lequel plusieurs UE’s partagent le canal sans fil commun [10].

1.4.2.1. eNodeB

L’eNodeB est responsable de la transmission et de la réception radio avec l’UE. Il a pour responsabilité de gérer les tâches suivantes [11]:

- ✓ Gestion des ressources radio (RRM).
- ✓ Contrôle du porteur radio.
- ✓ Contrôle de l’admission radio.
- ✓ Contrôle de la connexion en mobilité.
- ✓ Ordonnancement de l’UE (UL et DL).
- ✓ Sécurité en accès strate (AS).
- ✓ Effectuer les mesures comme une base pour l’ordonnancement et la gestion de la mobilité.

- ✓ Compression de l'en-tête IP.
- ✓ Le cryptage des données utilisateur.
- ✓ Routage des données utilisateur entre eNodeB et S-GW.
- ✓ Traitement de la pagination originaire du MME.
- ✓ Traitement des messages de diffusion originaires du MME et du système d'opérations et de maintenance (OMS).
- ✓ Sélection de l'élément MME dans le cas où l'UE ne fournit pas cette information.
- ✓ Traitement des messages PWS, incluant ETWS et CMAS.

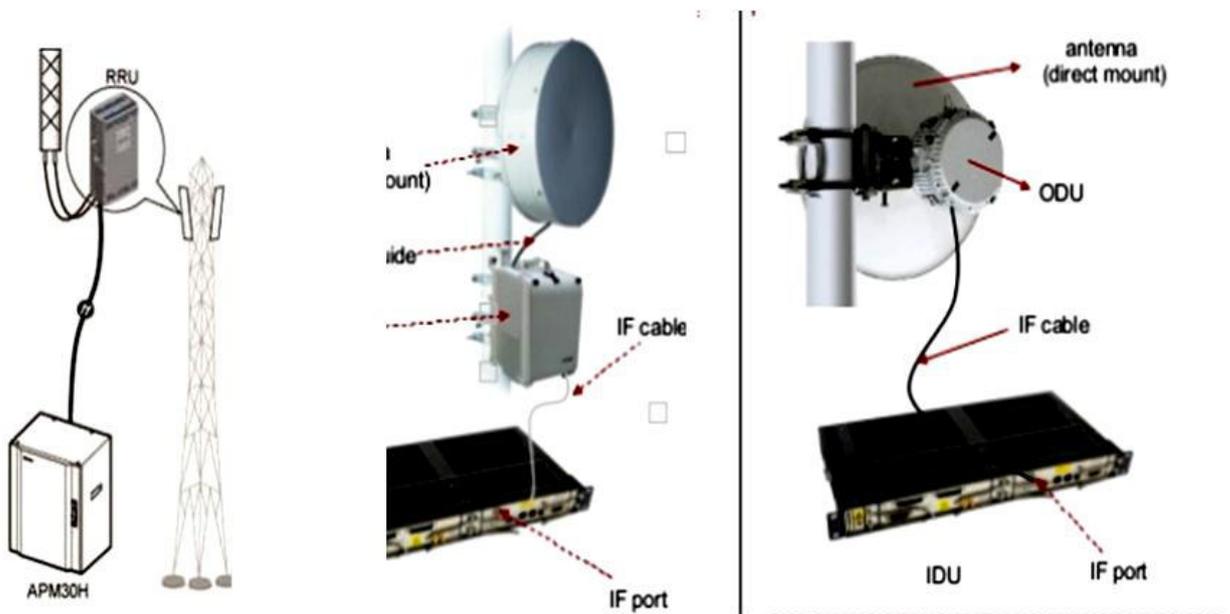


Figure 1.4: DBS3900 eNodeB HUAWEI [11]

1.4.3. EPC

L'UE communique avec l'EPC par le biais de l'E-UTRAN. Lorsqu'un UE est allumé, l'EPC est responsable de l'authentification et l'établissement de la connexion initiale nécessaire pour toute la communication qui s'en suit. A la différence de l'UMTS, le LTE a une architecture dite toute IP, qui supporte uniquement les données à commutation par paquets (PS). L'EPC est constitué de deux plans :

1.4.3.1. Plan Utilisateur

Il Ya deux principales entités logique dans le plan utilisateur :

1.4.3.1.1. S-GW

La passerelle de service (S-GW) fournit la connectivité du niveau utilisateur, l'UE étant d'un côté, et la passerelle du réseau de données par paquets (P-GW) dans l'autre coté de

l'élément PGW physique. Selon l'approche des fournisseurs du réseau ces éléments peuvent être séparés ou être combinés physiquement en un seul élément.

Il faudrait souligner qu'il n'y a pas de messages de contrôle entre l'UE et la S-GW, le niveau contrôle est pris en charge par l'élément MME.

Le S-GW est responsable des fonctionnalités suivantes :

- ✓ S-GW est le point d'ancrage local pour la procédure du handover inter-eNodeB.
- ✓ S-GW est aussi un point d'ancrage pour la mobilité inter réseaux 3GPP.
- ✓ Interception légale (LI).
- ✓ Routage et transfère des paquets.
- ✓ S-GW prend en charge le stockage des paquets en mode E-ETRAN en repos.
- ✓ S-GW prend en charge la procédure de la demande du service initié/déclenché.
- ✓ Marquage des paquets au niveau transport pour le UL et DL .
- ✓ Collection de l'enregistrement des données de facturation (CDR), qui peuvent identifier l'UE, PDN et QCI.
- ✓ Comptabilité sur l'utilisateur et la granularité QCI pour les procédés de facturations inter opérateurs.

1.4.3.1.2. P-GW

La passerelle PDN (P-GW), fournie, de la même façon que la S-GW, la connectivité du niveau utilisateur entre l'UE, S-GW et P-GW. L'élément P-GW fait l'interfaçage avec le S-GW, et de l'autre côté, avec le réseau externe de données par paquets (PSN), en plus le P-GW inclut la fonctionnalité GGSN (GPRS Gateway support node).

Le P-GW comprend les fonctionnalités suivantes :

- ✓ Allocation d'adresse IP pour l'UE
- ✓ Filtrage de paquets qui peut se faire à un niveau basé sur l'utilisateur, L'autre terme pour cette fonctionnalité est une inspection profonde du paquet.
- ✓ Interception légale (LI)
- ✓ Marquage du paquet au niveau transport, en DL et UL.
- ✓ Facturation de niveau de service en UL et DL, ainsi que le contrôle entrée/sortie et l'application du taux.
- ✓ Application du taux en DL basé sur APN-AMBR .
- ✓ Contrôle de crédit de la facturation en ligne.

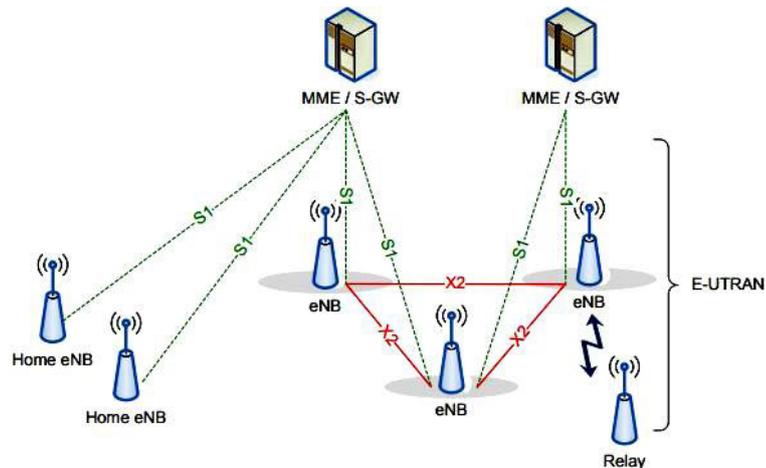


Figure 1.5 : représente E- UTRAN

1.4.3.2 .Plan Contrôle

Le plan de contrôle transmet des messages de signalisation telles que la signalisation de gestion de ressource radio, de gestion de mobilité, des services NAS (Non Access Stratum), des autres procédures entre mobile et réseau cœur. La principale composante de ce plan est l'entité de gestion de la mobilité (MME) :

1.4.3.2.1. MME

L'élément de gestion de la mobilité (MME) est destiné du niveau contrôle entre l'UE et les autres éléments du réseau comme le HSS. Egalement, comme la messagerie LTE/SAE duplan utilisateur ne passe pas par le MME, la signalisation du niveau contrôle ne passe pas par le S – GW où le P-GW du LTE/SAE.

Le MME supporte les fonctionnalités suivantes :

- ✓ Signalisation dans l'absence de la strate d'accès (NAS) .
- ✓ Sécurité de la signalisation NAS .
- ✓ Contrôle de la sécurité AS .
- ✓ Sélection des éléments S-GW et P-GW .
- ✓ Sélection des autres MME's pendant le handover.
- ✓ La sélection du SGSN durant le handover entre le LTE et les réseaux d'accès 3GPP 2G/3G .
- ✓ La signalisation de la mobilité du nœud inter-CN entre différents réseaux d'accès 3GPP 2G/3G.

- ✓ La gestion des listes de la poursuite zonale (TA).
- ✓ Le Roaming nationale et international.
- ✓ Authentification de l'utilisateur.
- ✓ L'établissement et la gestion des porteurs.
- ✓ La prise en charge des messages de transmission PWS, comprenant l'ETWS et l'CMAS.
- ✓ la gestion de la transmission de pagination de l'UE et autres fonctions qui consistent à trouver l'UE en l'état de repos.

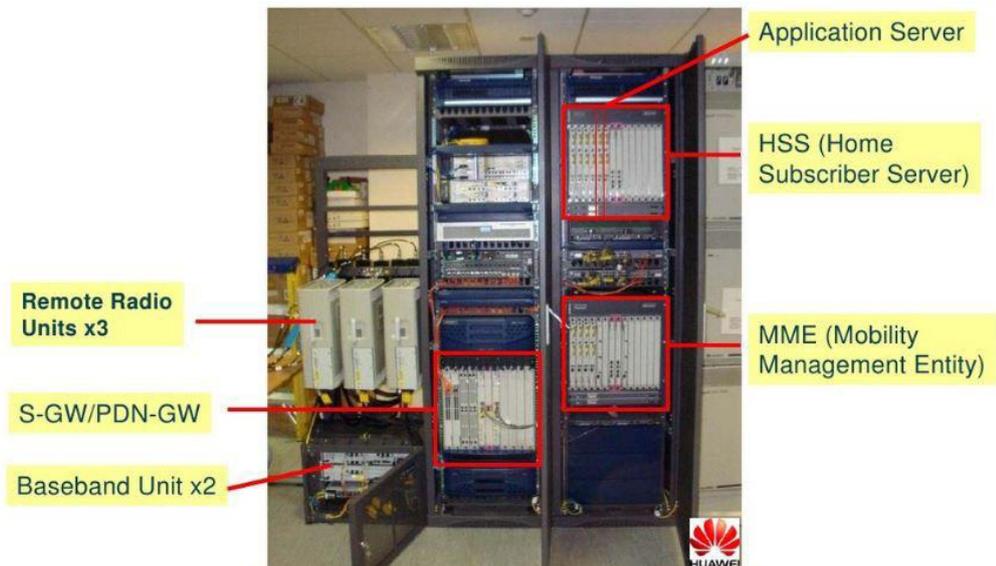


Figure 1.6 : Utran de HWAWEI

1.5. Les Bandes de Fréquences

Les bandes de fréquences hertziennes prévues par les normes 3GPP pour le LTE et le LTE Advanced sont très nombreuses (plus de 30) et s'étalent de 450 MHz à 3,8 GHz. Celles situées dans la zone des 450 à 900 MHz sont utilisables sur tous les territoires et sont particulièrement adaptées aux zones rurales car elles ont une plus grande portée que les ondes radio de fréquences plus élevées. Le rayon de couverture de chaque cellule est variable, allant de quelques centaines de mètres (débits optimaux en zones urbaines denses) jusqu'à 30 km (zones rurales).

Dans l'Union européenne, les discussions sur l'utilisation des bandes de fréquence des 700 MHz et 800 MHz qui étaient auparavant utilisées pour la télévision analogique UHF (canaux 50-60 et canaux 61-69), ont abouti en 2011, puis fin 2015, à l'affectation progressive de ces bandes spectrales aux réseaux mobiles 4G LTE.

Les autres bandes hertziennes affectées au LTE ont des fréquences plus élevées (entre 2,5 et 2,7 GHz en France et au sein de l'UE) ; elles sont plus adaptées aux villes et aux zones urbaines. Pour ces fréquences, la taille de la cellule radio (zone de couverture) est de quelques kilomètres ou moins (quelques dizaines de mètres pour les femtocells et quelques centaines pour les smallcells).

Pour pouvoir utiliser les bandes des 900 et 1 800 MHz, il est nécessaire d'effectuer un « réaménagement » du spectre en libérant des fréquences initialement attribuées au GSM(2G) et à l'UMTS (3G). Dans de nombreux pays européens, de nombreux opérateurs réutilisent déjà une partie de la bande de fréquence des 1 800 MHz pour le LTE ; cette bande de fréquence est la plus utilisée dans les réseaux 4G/LTE européens depuis 2012.

1.6. Technologies 4G

1.6.1. Réseau WLAN (IEEE 802.11)

IEEE 802.11 [9] ou WIFI est un standard international décrivant les caractéristiques du réseau LAN sans fil (WLAN). Il connecte des ordinateurs portables, des équipements de bureau, des équipements personnels (PDA)... en créant un réseau sans fil couvrant un rayon de dizaines de mètres et tolérant une mobilité à très petite vitesse. Réseaux locaux sans fil (WLAN:Wireless Local Area Network) en les caractéristiques suivant :

De 50 à quelques centaines de mètres couvrent une localisation fixe station relais IEEE 802.11 (standards de USA) (entre 4 et 54 Mbps, bande 2.4GHz à 2,4835 GHz). HiperLan High Performance LAN, European Telecommunications Standards Institute (HiperLan1: débit 20Mbps, portée: 100 mètres, bande de fréquences = 5.3Ghz, HiperLan2: débit 54Mbps) [12].

1.6.2. Les Réseaux Métropolitains Sans Fil WMAN :

- ✓ IEEE 802.16.
- ✓ Débit = 1 à 10 Mbps.
- ✓ Portée de 4 à 10 kilomètres.
- ✓ Fournit un accès réseau sans fils à des immeubles connectés par radio à travers une antenne extérieure à des stations centrales reliées au réseau filaire

Le réseau sans fil (MAN Metropolitan Area Network) appelé aussi « Last Mile Broadband Access Solution » permet des raccordements à des réseaux à large bande dans les secteurs qui ne sont pas servis par le câble ou le xDSL (Cross-Digital Subscriber Line).

Le premier élément de l'architecture WMAN est la station de base (BS) qui couvre une certaine zone géographique où se situent des utilisateurs immobiles ou en mouvement relativement lent qui communiquent avec la BS selon le principe du point à multipoint. Ce réseau peut fournir des débits importants et un passage à l'échelle en raison des capacités de canal flexibles. Il offre une couverture importante, des services avec des exigences de QoS, ainsi qu'une sécurité importante.

En théorie le WiMAX permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 70 Mbits/s sur une distance de 50km. Ce sont les chiffres en théorie car la présence d'obstacles réduit considérablement les débits et on descend à de 20 Mbits/s lors du franchissement d'immeubles ou de collines.

1.6.3. Le Réseau WiMAX

Le WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) (802.16-2004) ainsi que le WiMAX mobile (802.16e) [7], est une solution pour des réseaux MAN sans fil. En utilisant un accès WiMAX, on peut atteindre théoriquement un débit jusqu'à 70 Mb/s avec une distance de 50 km. Le WiMAX couvre des zones géographiques importantes sans la contrainte d'installation d'infrastructures coûteuses pour faire parvenir la connexion jusqu'à l'utilisateur.

Standard	Bande de fréquence	Débit	Portée
WiMax fixe (802.16-2004)	2-11 GHz (3,5 GHz en Europe)	75 Mbits/s	10 km
WiMax mobile (802.16e)	2-6 GHz	30 Mbits/s	3,5 km

Tableau 1.4: les performance de WiMAX [6]

1.6.4. Comparaison entre le WiMAX et LTE :

Parmi les normes de 4e génération, le concurrent principal du WiMAX mobile est le LTE qui a été normalisé par l'organisme 3GPP en 2008/2009 (soit 2 à 3 ans après le Wimax 802.16e) et qui partage avec lui de nombreuses caractéristiques techniques, notamment l'utilisation sur la partie radio (RAN) du codage OFDMA. contrairement au WiMAX, les réseaux mobiles LTE bénéficient d'une compatibilité ascendante avec les réseaux cellulaires 2G et 3G normalisés précédemment par le 3GPP et qui dominent le marché mondial (6 milliards d'utilisateurs en 2014, avec notamment l'utilisation des mêmes cartes SIM, ce qui permet aux fabricants de smartphones de concevoir plus facilement des terminaux compatibles GSM/UMTS/LTE que des terminaux mixtes 2G/3G/Wimax. Le handover (changement d'antenne) entre réseaux de

génération différente est également plus simple entre réseaux 3G existants et 4G LTE qu'avec un réseau Wimax dont le cœur de réseau et la méthode d'identification des abonnés sont différents.

La norme LTE est aussi plus performante que le WiMAX mobile car, plus récente, elle a pu bénéficier de progrès techniques tels la modulation SC-FDMA sur la liaison montante ; le SC-FDMA permet de diminuer la consommation électrique des terminaux. Le LTE permet d'atteindre un débit théorique crête de 150 Mbit/s versus de 30 à 46 Mbit/s pour les réseaux WiMax 802.16e existants [12].

En conséquence, le LTE domine depuis 2013 le marché des réseaux mobile 4G, chez les opérateurs (plus de 200 réseaux sont opérationnels début 2014) et auprès des fabricants de terminaux mobiles (smartphones et tablettes) [13].

1.6.5. L'Objectif de la 4G

La 4G vise à améliorer l'efficacité spectrale et à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation de mobilité et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en établissant l'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise à rendre le passage entre les réseaux transparent pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services durant le transfert Intercellulaire, et à basculer l'utilisation vers le tout-IP.

1.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons commencé par donner une définition du réseau ainsi que ses améliorations permettant le passage de la première génération du réseau vers la deuxième génération.

Ensuite, nous avons présenté un aperçu des différents composants et caractéristiques de la technologie LTE ouvre la voie vers la conception d'un mobile de la quatrième génération (4G), permettant l'échange d'un taux d'informations énorme avec une très grande rapidité, surtout avec l'utilisation des multi méthode d'accès. Afin de présenter par la suite la terminologie des termes utilisés dans cette technologie.

CHAPITRE 2 :

TRANSMISSION NUMERIQUE

ET LA TECHNIQUE OFDM

2.1. Introduction

Les techniques qu'on appelle multi porteuses consistent à transmettre des données numériques en les modulant sur un grand nombre de porteuses en même temps. Ce sont des techniques de multiplexage en fréquence qui existent depuis longtemps. Le regain d'intérêt actuel réside dans l'amélioration apportée pour augmenter l'efficacité spectrale en orthogonales les porteuses ce qui permet d'implémenter la modulation et la démodulation à l'aide de circuits performants de transformée de Fourier rapide [14].

Le multiplexage en fréquence est bénéfique pour les transmissions dans des canaux sélectifs en fréquence qui comportent des trajets multiples. C'est pourquoi on trouve cette technique dans les normes de diffusion du son numérique dans des mobiles DAB (Digital Audio Broad casting), de télévision numérique terrestre DVB-T (Digital Video Broad casting terrestrial), de communications numériques hauts débits ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line) sur la boucle locale téléphonique, ainsi que dans l'étude des normes de communications pour réseaux locaux à l'intérieur des bâtiments (Hiperlan 2 BRAN)[15].

2.2. Chaîne de Transmission Numérique

Une chaîne de transmission numérique peut être représentée par différents blocs modélisant les traitements successifs apportés à l'information.

Les blocs peuvent être énumérés comme suit [16]:

- La source : génère l'information à émettre (message).
- Le codage de source : supprime les redondances contenues dans le message afin de rendre les éléments binaires mutuellement indépendants.
- Le codage de canal : insère des éléments binaires pour améliorer la qualité de la transmission,
- Le modulateur : traduit le message binaire en signal permettant son transport dans les milieux tel que l'air, l'eau, les câbles etc...
- L'émetteur : permet au signal de se propager dans le canal de transmission,
- Le canal de transmission : propage le signal ; lors de la propagation, le signal peut être perturbé par du bruit externe, des multi-trajets, le mouvement de l'émetteur et / ou récepteur etc...
- Le récepteur : capte le signal émis.
- Le démodulateur : traduit le message reçu en signal binaire.
- Le décodeur de canal : détecte et/ou corrige les erreurs de transmission grâce aux éléments binaires ajoutés lors du codage.
- Le décodeur de source : régénère le message binaire.

La figure 2.1, montre la chaîne de transmission à l'aide d'un schéma bloc. La source peut être de deux types : soit numérique donc directement codée en binaire, soit analogique. Dans le cas où la source est analogique, le signal est échantillonné, quantifié (transcription sur $N=2^q$ niveaux analogiques où q est la longueur du mot binaire pour le codage d'un niveau) et ensuite un codage binaire est effectué pour traduire les niveaux en bits. Dans une chaîne de transmission numérique, après le bloc « source » le message à émettre est un message binaire [17].

La quantification et le codage binaire ne produisent pas un code binaire optimal dans le sens où, le message généré peut contenir énormément de redondances. Alors un codeur de source est ajouté. Le codage de source permet de comprimer les données en supprimant les redondances du message. Différentes méthodes peuvent être utilisées telle que : la compression d'image, le codage de la parole, le codage à longueur variable [18].

A la sortie du codage de source, les éléments binaires sont d'une part, indépendants ce que signifie que l'apparition d'un élément binaire n'apporte pas de connaissance a priori sur l'élément binaire suivant, et d'autre part, identiquement distribués, c'est-à-dire que la probabilité d'apparition des bits est identique[19].

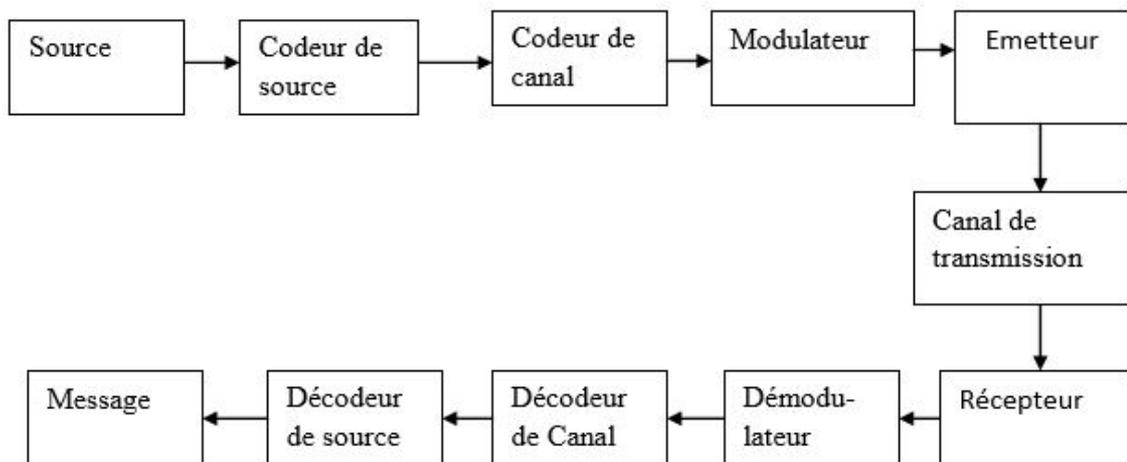


Figure 2.1 : la chaîne de transmission à l'aide d'un schéma bloc [19].

2.3. Support de Transmission

Un canal de propagation est un support physique permettant de transmettre une information entre un émetteur et un récepteur. Généralement ces supports sont classés en deux catégories :[20]

- Les supports électromagnétiques : transmettent l'information à l'aide d'un champ électrique et magnétique sur des média :

- Guidés (paire torsadée, micro-ruban, fibre optique).

- Non-guidés (atmosphère, vide, diélectrique).
- Les supports acoustiques : propagent l'information de façon mécanique par le déplacement des molécules sur des média du type air, eau...

2.4. Les Technologies de Transmission

Les réseaux locaux radio-électriques utilisent des ondes radio afin de transmettre des données. La technique utilisée à l'origine pour les transmissions radio est appelé transmission en bande étroite, elle consiste à passer les différentes communications sur des canaux différents. Les transmissions radio sont toutefois soumises à de nombreuses contraintes rendant ce type de transmission non suffisantes. Ces contraintes sont notamment [20]

Le partage de la bande passante entre les différentes stations présentes dans une même cellule.

- La propagation par des chemins multiples d'une onde radio.

La couche physique de la norme 802.11 définit ainsi initialement plusieurs techniques de transmission permettant de limiter les problèmes dus aux interférences [21] :

- La technique de l'étalement de spectre à saut de fréquence.
- La technique de l'étalement de spectre à séquence directe.
- OFDM

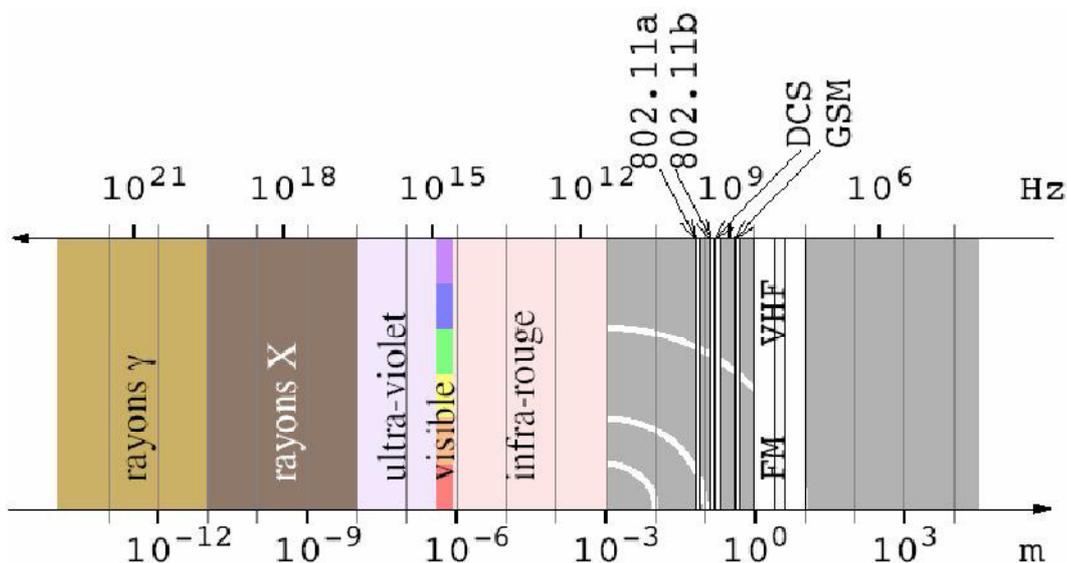


Figure 2.3 : Spectre Électromagnétique

2.4.1. La Technique de Saut de Fréquence

La technique **FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum, en français étalement de spectre par saut de fréquence ou étalement de spectre par évansion de fréquence) consiste à découper la large bande de fréquence en un minimum de 75 canaux (hops ou sauts d'une largeur de 1MHz), puis de transmettre en utilisant une combinaison de canaux connue de toutes les stations de la cellule. Dans la norme 802.11, la bande de fréquence 2.4 - 2.4835 GHz permet de créer 79 canaux de 1 MHz. La transmission se fait ainsi en émettant successivement sur un canal puis sur un autre pendant une courte période de temps (d'environ 400 ms), ce qui permet à un instant donné de transmettre un signal plus facilement reconnaissable sur une fréquence donnée [22]

2.4.2. Etalement de Spectre à Séquence Directe

La technique **DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum, étalement de spectre à séquence directe) consiste à transmettre pour chaque bit une séquence Barker de bits. Ainsi chaque bit valant 1 est remplacé par une séquence de bits et chaque bit valant 0 par son complément. La couche physique de la norme 802.11 définit une séquence de 11 bits (10110111000) pour représenter un 1 et son complément (01001000111) pour coder un 0. On appelle chip ou chipping code (en français puce) chaque bit encodé à l'aide de la séquence. Cette technique (appelée chipping) revient donc à moduler chaque bit avec la séquence barker.

Dans le standard 802.11b, la bande de fréquence 2.400-2.4835 GHz (d'une largeur de 83.5 MHz) a été découpée en 14 canaux séparés de 5MHz, dont seuls les 11 premiers sont utilisables aux Etats-Unis. Seuls les canaux 10 à 13 sont utilisables en France [22].

Canal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fréquence (GHz)	2.412	2.417	2.422	2.427	2.432	2.437	2.442	2.447	2.452	2.457	2.462	2.467	2.472	2.484

Tableau 2.1: les fréquences associées aux 14 canaux[22]

2.5. Modulations Numériques

La modulation numérique est au cœur de la grande majorité des systèmes de télécommunications modernes en plus d'utiliser des techniques de modulation numérique de plus en plus complexe (QPSK, 256QAM, 4096QAM, etc...), La modulation a pour objectif d'adapter le signal à émettre au canal de transmission. Une porteuse est toujours de forme **sinusoïdal**. La

modulation de cette porteuse consiste à coder de l'information en changeant un ou plusieurs paramètres de cette dernière afin qu'elle porte l'information.

Les trois paramètres pouvant être modifiés sont :

A: l'amplitude

f: la fréquence

φ : la phase

Lorsque l'amplitude, la fréquence ou la phase d'une porteuse sinusoïdale sont modifiées par un signal analogique, nous parlons respectivement de modulations AM, FM et PM. Par contre, lorsque ces trois paramètres sont modifiés par un signal numérique, il s'agit de:

- Amplitude Shift Keying (ASK) ou modulation par déplacement d'amplitude (MDA).
- Frequency Shift Keying (FSK) ou modulation par déplacement de fréquence (MDF).
- Phase Shift Keying (PSK) ou modulation par déplacement de phase (MDP).

2.5.1. Modulation d'Amplitude en Quadrature (MAQ)

Modulation de phase et d'amplitude. Elle permet des débits élevés avec une rapidité de modulation (R) relativement faible. Le niveau de bruit étant constant, R est en effet divisé par la puissance de 2 du nombre de niveaux utilisés. Or, la largeur du canal en Hz est en fonction directe de R. La QAM est donc intéressante à chaque fois que le canal de transmission est étroit. La QAM-16 utilise 4 bits par symbole [23].

Pour la QAM à 64 points (QAM-64), chaque porteuse est modulée sur 8 niveaux d'amplitude (2 à la puissance 6). La rapidité de modulation R (en symboles par seconde) est divisée par 6. Les niveaux de ces deux porteuses permettent 64 combinaisons possibles au même instant, ce qui permet d'assigner 6 bits de données à chacune d'entre elles. La QAM-64 permet un débit nominal de 30 Mbit/s et de 27 Mbit/s utiles, mais elle n'autorise pas la mobilité, sauf si le nombre de canaux est restreint [24].

La QAM à 256 points (QAM-256) utilise une modulation à 16 niveaux de ses deux porteuses en quadrature. 8 bits sont transmis pour chacun des échelons ou symboles de modulation. La QAM-256 divise la rapidité de modulation R par 8 et permet un débit nominal utile de 43 Mbit/s et de 39 Mbit/s. La QAM se prête facilement aux systèmes de détection et de protection contre les erreurs et est donc très appréciée pour la restitution de signaux numériques en milieu perturbé. La QAM a été choisie pour la distribution télévisuelle sur réseau câblé et pour la diffusion par satellite. La différence entre débit utile et débit nominal porte sur les

nécessités du contrôle de ligne et du système de détection d'erreur. Ces deux dernières fonctions appartiennent à la couche 2 du modèle OSI .

Les débits élevés de la QAM sont adaptés aux nouveaux câbles et les débits les plus faibles aux câbles qui présentent des imperfections. On remarque que l'augmentation du nombre de niveaux de codage accroît la largeur de bande de fréquences nécessaire à la transmission, mais n'apporte qu'une augmentation assez relative en débit. L'augmentation du nombre de niveau de codage comporte un risque en cas de perturbations, le récepteur pouvant éprouver des difficultés à effectuer la détection correcte des signaux transmis. La correction d'erreur (FEC) et l'égalisation de canal améliorent la qualité de réception de la QAM. L'égalisation de canal peut être effectuée au moyen d'une séquence d'essai (séquence d'apprentissage) ou en l'extrayant de l'information elle-même (blindequalization algorithmes) [25].

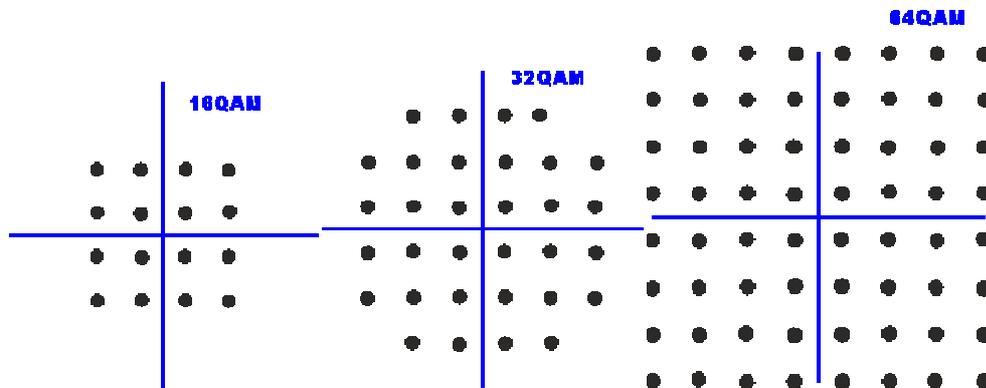


Figure 2.3 : Constellation pour modulation MAQ [25].

2.6. Technique de Modulation OFDM

2.6.1. Définition de L'OFDM

L'origine de l'OFDM est un développement de la FDM depuis les années 1950. L'OFDM est une technique de modulation numérique qui joue sur l'efficacité et la rentabilité de transmission dans le canal radio mobile pour un environnement multi-trajets. La première utilisation du l'OFDM est en 1980 dans les systèmes DAB (Digital Audio Broadcasting), et DVB (Digital Video Broadcasting). Pour ces deux derniers systèmes il y a une seule direction de la station de base vers les utilisateurs [9].

L'OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing) est un procédé de codage de signaux numériques par répartition en fréquences orthogonales sous forme de multiples sous-porteuses. L'OFDM transmet les données en utilisant un grand nombre de porteuses pour une bande étroite. L'espace de fréquence et de synchronisation de la porteuse est choisi de telle sorte

que les porteuses sont orthogonales pour éviter les interférences. Pour l'implémentation de l'OFDM on utilise la FFT (Fast Fourier Transform), qui est la base de cette technique [9].

Cette technique permet de lutter contre les canaux sélectifs en fréquence en permettant une égalisation de faible complexité. Ces canaux se manifestent notamment en présence de trajets multiples et sont d'autant plus pénalisants que le débit de transmission est élevé. C'est la raison pour laquelle on trouve cette technique largement adoptée dans la plupart des applications à très haut débit.

L'OFDM (ou une technique proche) est utilisé dans [22] :

- la télédiffusion numérique terrestre (DVB-T, DVB-H).
- la radiodiffusion numérique terrestre DAB.
- la radiodiffusion numérique terrestre T-DMB.
- la radiodiffusion numérique DRM.
- les liaisons filaires telles que l'ADSL, le VDSL, les modems sur courant porteur (homeplug), les modems câble (standard Docsis).
- les réseaux sans-fils basé sur les normes 802.11a, 802.11g, 802.11n et 802.11ac (Wi-Fi), 802.16 (WiMAX) et HiperLAN.
- les réseaux mobiles de nouvelle génération (LTE, 4G) qui utilisent une technique d'accès multiple basée sur l'OFDM appelée OFDMA : Orthogonal Frequency-Division Multiple Acces.

2.6.2. Principe de l'OFDM

Le principe de l'OFDM est de transmettre les informations sur plusieurs porteuses orthogonales entre elles, ainsi le spectre du signal présente une occupation optimale de la bande allouée [4]. Comme le montre la Figure 2.4, l'OFDM découpe le canal en cellule selon les axes du temps et des fréquences. A chaque cellule fréquence/temps est attribuée une porteuse dédiée. L'information à transmettre est répartie sur l'ensemble de ces porteuses, modulée chacune à faible débit par unemodulation du type QPSK ou QAM. Un symbole OFDM comprend l'ensemble des informations contenues dans l'ensemble des porteuses à un instant t. La technique de transmission OFDM est basée sur l'émission simultanée sur n bandes de fréquence (situées entre 2 et 30 MHz) de N porteuses sur chaque bande[8].Le signal est réparti sur les porteuses. Les fréquences de travail sont choisies en fonction des réglementations, les autres sont « éteintes » de manière logicielle. Le signal est émis à un niveau assez élevé pour pouvoir monter en

débit, et injecté sur plusieurs fréquences à la fois. Si l'une d'elles est atténuée le signal passera quand même grâce à l'émission simultanée.

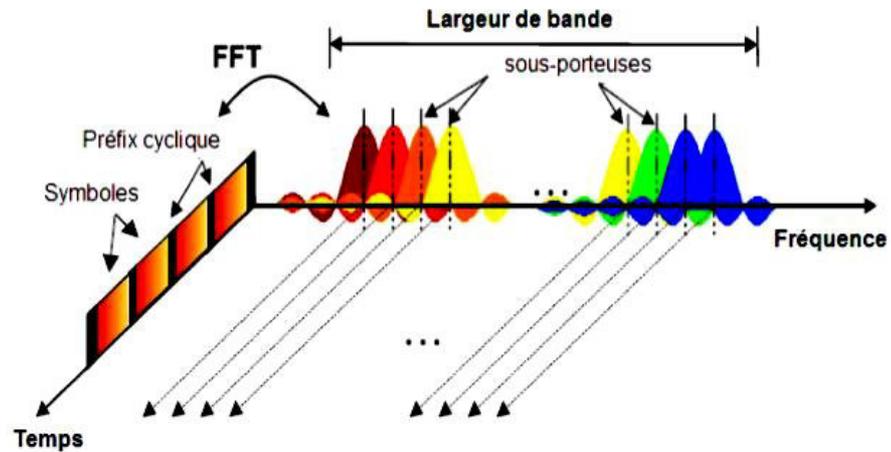


Figure 2.4 : Interprétation temps-fréquence d'un signal OFDM [8]

2.6.3. Chaîne de Transmission d'un Système OFDM

La chaîne de transmission dans les systèmes OFDM se divise en deux parties, l'émetteur et le récepteur de l'émission, les bits de la source binaire sont modulés et génèrent des symboles complexes prenant leurs valeurs dans un alphabet fini correspondant à une modulation numérique donnée comme la modulation en quadrature (Quadrature Amplitude Modulation (QAM)) ou la modulation par sauts de phase (Phase-shift keying (PSK) [9].

Ces symboles c_k sont répartis sur les N_{sc} sous-porteuses. Les sous-porteuses dans le domaine fréquentiel sont espacées de :

$$\Delta f = \frac{1}{T_s}$$

La transformée de Fourier discrète inverse (Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) ou Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT)) permet de générer le signal dans le domaine temporel constitué de N_{sc} échantillons. En général, toutes les N_{sc} sous-porteuses sont modulées en utilisant les symboles de données, mais certaines sous-porteuses sont des porteuses pilotes [9].

Les pilotes (Estimation Pilots (EP)) sont connus au niveau des émetteurs et des récepteurs et sont utilisés pour l'estimation du canal. Le nombre de pilotes insérés entre les données dépend du canal et de la précision requise pour l'estimation de canal. Les symboles pilotes peuvent être répartis sur plusieurs symboles OFDM consécutifs. Après la fonction le préfixe cyclique (CP) de

longueur T_g est ajouté pour éliminer l'interférence entre symboles tout en gardant l'orthogonalité entre les sous-porteuses[11]. Le symbole OFDM est alors transmis à l'étage radiofréquence comportant la conversion numérique-analogique et la translation sous fréquence porteuse.

La figure 2.5, représente le schéma général d'un système de transmission OFDM en bande de base.

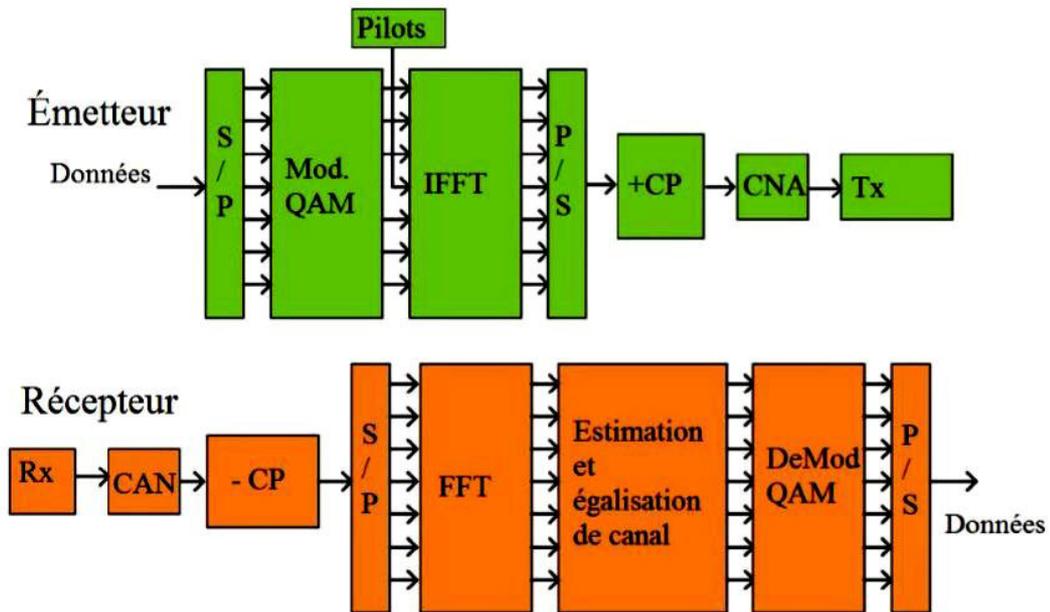


Figure 2.5 : schéma générale de l'OFDM[12].

En réception, le CP qui peut présenter de l'interférence avec des symboles adjacents est enlevé et le symbole OFDM est remis au démodulateur. Celui-ci réalise une transformée de Fourier (FFT) qui transpose les symboles OFDM, porteurs de données utiles et/ou de pilotes, du domaine temporel au domaine fréquentiel[12].

2.7. Expression de Signal

Le principe du multiplexage en fréquence est de grouper des données numériques par paquets de N , qu'on appellera symbole OFDM et de moduler par chaque donnée une porteuse différente en même temps[9]. Considérons une séquence de N données c_0, c_1, \dots, c_{N-1}

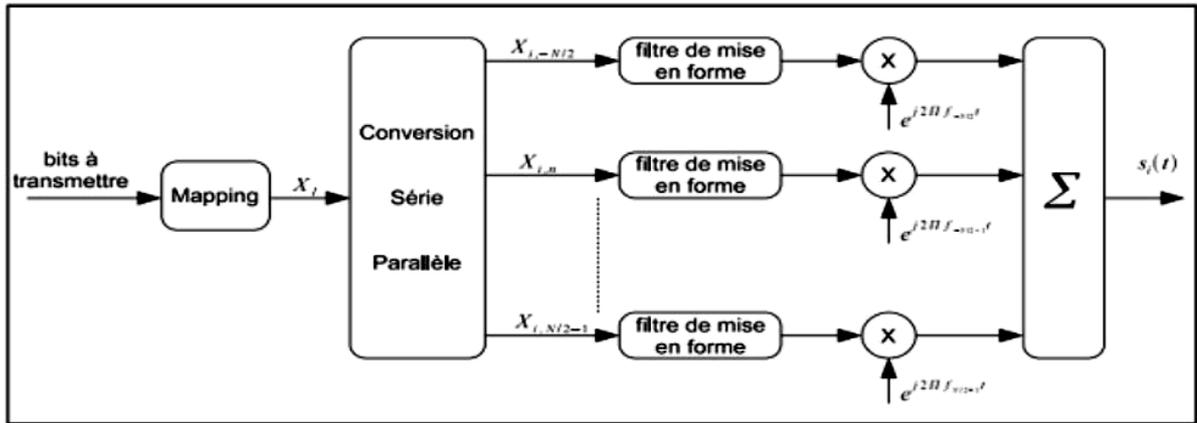


Figure 2.5 : Schéma bloc du procédé de modulation OFDM

Appelons T_s la durée symbole c'est-à-dire le temps qui sépare 2 séquences de N données. Chaque donnée c_k , module un signal à la fréquence f_k . Le signal individuel s'écrit sous forme complexe [9,10]:

$$c_k e^{2j\pi f t} \tag{1}$$

Le signal $s(t)$ total correspondant à toutes les données d'un symbole OFDM est la somme des signaux individuels :

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi f t} \tag{2}$$

Le multiplexage est orthogonal si l'espace entre les fréquences est $1/T$

Alors $f_k = f_0 + \frac{k}{T_s}$ et $e^{2j\pi f_0 t} \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi \frac{kt}{T_s}}$ (3)

Si on pose que le signal modulé en bande de base $S(t)$ est échantillonné par une période N/T_s . Appelons T_s la durée symbole c'est-à-dire le temps qui sépare 2 séquences de N données. Les échantillons S_n s'écrivent :

$$S_n = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi \frac{kn}{N}} \tag{4}$$

L'équation (3) représente la Transformé de Fourier Inverse des symboles c_k déduis de la constellation du QPSK ou QAM, donc il suffit d'appliqué l'algorithme de la FFT (Fast Fourier Transforme) sur ces symboles c_k pour réaliser la modulation OFDM [8].

Le schéma de principe du modulateur OFDM en utilisant l'algorithme de la transformée de Fourier rapide inverse est présenté dans la figure 2.6

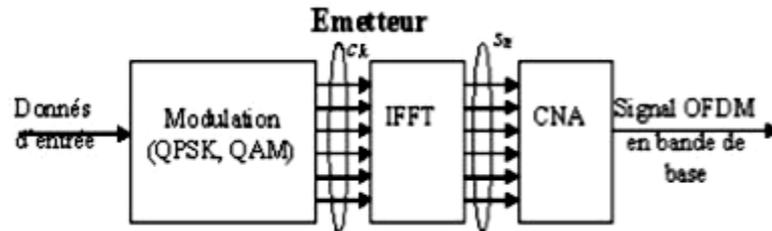


Figure 2.6 : schémas de principe du modulateur OFDM

Le signal OFDM occupe la bande passante B à partir de la fréquence porteuse f_0 comme le montre le schéma de la Figure 2.7 (a), Pour démoduler, on va d'abord transposer le signal en bande de base, donc effectuer une translation de $f_0+B/2$, fréquence médiane de la bande passante. Le spectre occupera la bande $[-B/2, B/2]$, comme on le voit sur le schéma de la Figure 2.7 (b).

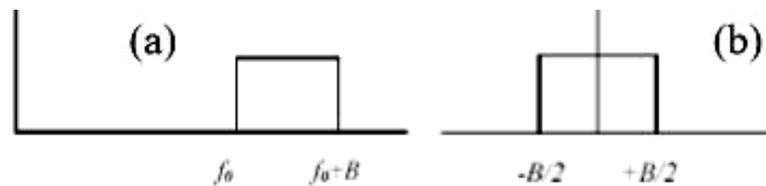


Figure 2.7 : Le signal OFDM occupe la bande passante B

La bande passante du signal étant $B/2=N/2T_s$, la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à $2B/2$ soit N/T_s . L'échantillonnage se fera aux temps $t_n=nT_s/N$ Ou le signal émis est[8] :

$$s(t) = e^{2j\pi f_0 t} \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi \frac{kn}{N}} \tag{5}$$

Le signal reçu est :

$$Y(t) = \sum c_k H_K(t) e^{2j\pi(f_0+\frac{k}{T_e}) t} = e^{2j\pi f_0 t} \sum c_k H_K(t) e^{2j\pi \frac{k}{T_e} t} \tag{6}$$

Le signal reçu en bande de base après le décalage en fréquence de $f_0+B/2$ est donné par [8]:

$$Z(t) = y(t) e^{-2j\pi(f_0+\frac{k}{2T_e})t} \sum c_k H_K(t) e^{2j\pi\frac{(k-N)}{T_e}t} \quad (7)$$

$H_k(t)$ est la fonction de transfert du canal autour de la fréquence f_k et au temps t

L'échantillonnage se fait à une période T_s/N , le signal reçu après échantillonnage sera :

$$Z(t_n) = z(N t_s/N) = (-1)^n \sum c_k H_K(t) e^{2j\pi\frac{k}{T_e}t} \quad (8)$$

on voit que $Z(t_n)$ est la Transformée de Fourier discrète inverse de $c_k.H_k$. La démodulation consiste donc à effectuer une Transformée de Fourier rapide. La Figure 4 présente le schéma de principe du démodulateur OFDM[8].

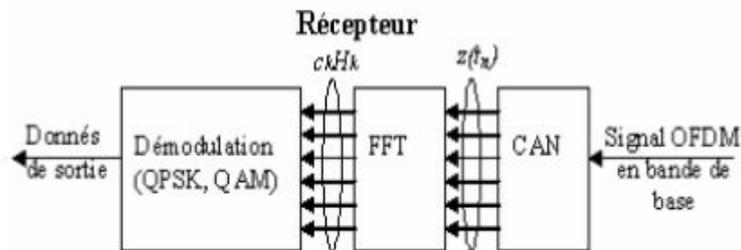


Figure 2.8 : Schémasde Principe du Démodulateur OFDM[8]

2.8. Propriété d'Orthogonalité

La propriété d'orthogonalité est fondamentale en OFDM puisqu'elle permet de conjuguer une grande efficacité spectrale avec une lutte efficace contre les interférences entre les sous-porteuses d'une trame. En effet, l'orthogonalité des sous porteuses leur autorise un recouvrement réciproque partiel. L'OFDM utilise cette propriété dans le domaine fréquentiel en diffusant des informations indépendantes sur chacune d'elles. Durant la transmission d'une trame sur un quelconque canal de propagation, et à plus forte raison lors de communication sans-fil, il convient de protéger cette orthogonalité, condition essentielle au maintien des bonnes performances du système [8,10].

2.8.1. Notion Mathématique

On considère que des signaux sont orthogonaux les uns des autres s'ils sont mutuellement indépendants. Mathématiquement, cette condition est établie pour deux signaux $a(t)$ et $b(t)$ si

$$\int_0^T a(t)^* b(t) dt = 0 \quad (9)$$

Les fonctions $a(t)$ et $b(t)$ sont alors orthogonales sur l'intervalle d'intégration (orthogonalité des sous-porteuses en OFDM).

En considérant la formalisation mathématique d'une trame OFDM en temps continu et en bande de base complexe, équation (1), il vient alors de l'équation (8) [8] :

$$\begin{aligned} \int_0^T s_{n1}^*(t) s_{n2}(t) dt &= \int_0^T e^{2j\pi f_{n1}t} e^{2j\pi f_{n2}t} dt \quad (10) \\ &= \int_0^T e^{2j\pi(n2-n1)t} dt \end{aligned}$$

L'équation (10) est donnée pour deux sous porteuses $n1$ et $n2$ de fréquence $f_{n1} = n1/T$ et $f_{n2} = n2/T$. en considérant les symboles complexes $C_1=C_2=1$. on obtient ainsi que [8]:

$$\int_0^T e^{2j\pi(n2-n1)t} dt = \begin{cases} 1, & \text{sin1} \neq \text{n2} \\ 0 & \text{sin1} = \text{n2} \end{cases} \quad (11)$$

L'équation (12) démontre que l'ensemble des N sous-porteuses d'une trame OFDM sont orthogonales. D'un point de vue spectral, ce résultat est d'autant plus intéressant que le spectre en fréquence de chaque porteuse est centré sur la fréquence $f_n = n/T$. Ainsi, leur recouvrement partiel est autorisé à la condition que la somme des spectres à chaque fréquence f_n soit uniquement dépendante d'une sous-porteuse.

Chaque sous-porteuse sinusoïdale possède une réponse fréquentielle en sinus cardinal, due à leur fenêtrage temporel par une fonction porte de durée T . Comme le montre la figure III.5, la réponse en sinus cardinal possède un lobe central de grande amplitude et de largeur $1/T$ ainsi que de multiples lobes secondaires dont l'amplitude décroît avec l'éloignement à la fréquence centrale f_n .

La propriété d'orthogonalité fait correspondre, à chaque fréquence centrale d'un lobe principal d'une sous-porteuse, une amplitude nulle pour les autres. Lors de la détection des signaux, et à condition que la synchronisation soit pleinement assurée, la décision se situe donc au sommet de ces lobes principaux.

Les zones de recouvrement aux fréquences adjacentes n'étant pas considérées par le récepteur, l'efficacité spectrale de la modulation peut être ainsi maximisée en minimisant

l'espace entre les sous-porteuses ce qui réduit, de fait, l'occupation de l'information sur la bande du signal.

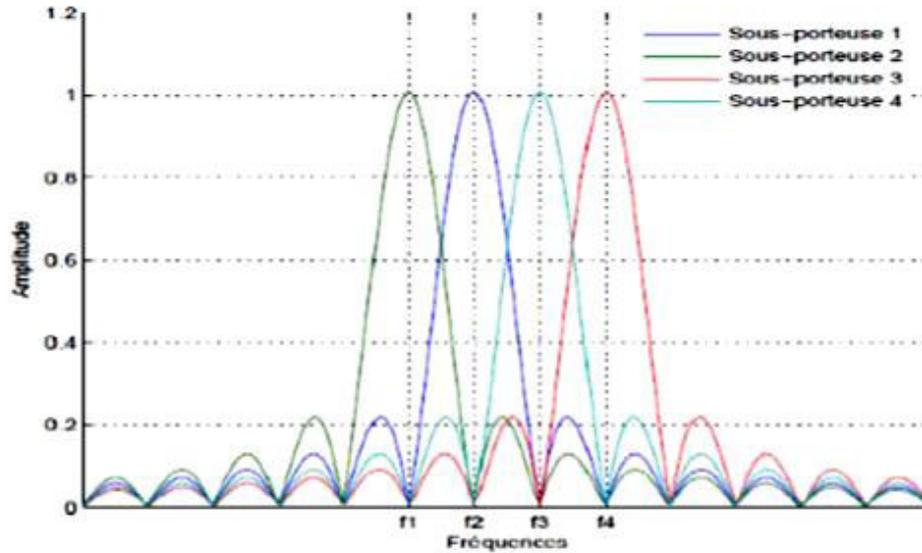


Figure 2.9 : Spectre en fréquence d'une trame OFDM : représentation des sous-porteuses constituantes

2.8.2. Interférences entre les Symboles

Les interférences entre trame apparaissent sur le canal, c'est-à-dire au moment où le N symbole sont transmis en parallèle, sur N sous-porteuses. Chaque symbole va subir sur sa porteuse un des échos, inévitable dès le moment où l'on transmet un signal dans un canal non parfait mais ce phénomène va engendrer des interférences. Les signaux vont se propager suivant un trajet multiple ce qui va perturber les trames suivantes [12].

2.8.3. Interférence entre les Porteuses

L'orthogonalité dans un système OFDM signifie qu'au maximum de chaque spectre d'une sous-porteuse, tous les spectres des autres sous-porteuses sont nuls, et les spectres des sous-porteuses se recouvrent mais demeurent orthogonaux entre eux. L'interférence entre porteuse (IEP) est causée par la période de l'orthogonalité et donc par la présence des symboles de données d'une sous-porteuse sur les sous-porteuses adjacentes [12].

2.8.4. Intervalle de Garde

Comme nous l'avons vu, les symboles subissent des échos et un symbole émis parvient au récepteur sous forme de plusieurs symboles atténués et retardés. Un symbole émis lors d'une période iT_S peut se superposer à un écho provenant du symbole émis à la période $(i-1)T_S$.

Il se produit alors des interférences. Pour éviter ces interférences, on ajoute un intervalle de garde d'une durée Δ . Chaque symbole est précédé par une extension périodique du signal lui-même.

La durée du symbole totale transmis est alors $T=T_S+\Delta$. Pour que les interférences soient éliminées, il faut que l'intervalle de garde soit plus grand que le plus grand des retards T_m qui apparaissent dans le canal [11].

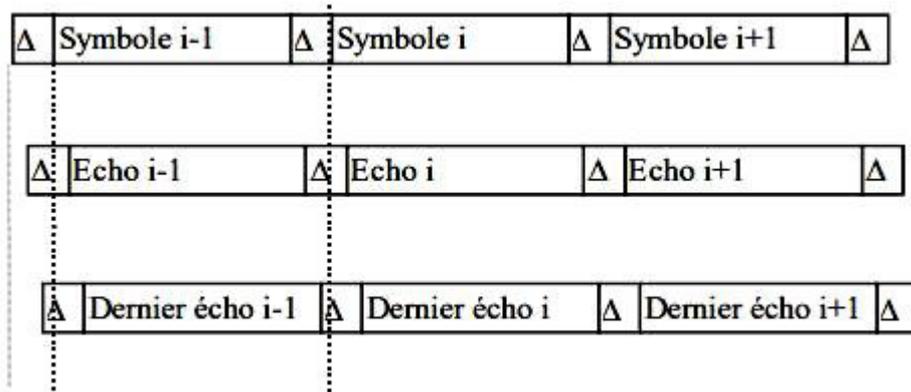


Figure 2.10 : Intervalle de garde

2.9. Avantages et Inconvénients de l'OFDM

Les avantages de la technique OFDM sont nombreux

- ✓ Le modulateur et le démodulateur peuvent être réalisés en utilisant une IFFT et une FFT respectivement.
- ✓ La technique OFDM dispose d'une très grande flexibilité tant dans l'allocation de bits par sous-porteuse que dans l'allocation de débit dans un contexte multiutilisateurs.
- ✓ Les interférences entre symboles (ISI) et entre porteuses (ICI) peuvent être évitées à l'émission et corrigées en réception.
- ✓ Les techniques multi-porteuses sont robustes en termes d'égalisation.

Malgré ces avantages, l'OFDM présente quelques points faibles :

- ✓ L'OFDM est sensible au décalage fréquentiel qui peut causer une perte d'orthogonalité entre les sous-porteuses.
- ✓ L'OFDM est sensible aux non linéarités des amplificateurs.
- ✓ Le signal peut présenter un PAPR (Peak to Average Power Ratio) très élevé, engendrant la saturation des blocs analogiques.

2.10. Conclusion

Le principe de la technique OFDM consiste à répartir un flux de données à haut débit sur plusieurs flux à faible débit. Ces derniers sont transmis simultanément sur des sous-porteuses orthogonales. La somme de ces sous-porteuses constitue le signal OFDM transmis. Le signal transmis se propage dans un canal à trajets multiples et subit des distorsions. A la réception, des versions décalées du même signal sont reçues avec des interférences entre symboles OFDM. Pour éliminer cette interférence, un préfixe cyclique (CP) de durée supérieure à l'étalement maximal des retards du canal est ajouté au début de chaque symbole OFDM à l'émission. En réception, les opérations inverses sont réalisées, ainsi que les opérations d'estimation et d'égalisation du canal.

CHAPITRE 3 :
LES MODES D'ACCES ET
FACTEUR DE CRETE
PAPR

3.1. Introduction

Il existe des obstacles dans l'utilisation de l'OFDM dans le système de transmission contrairement à ses avantages. Un obstacle majeur est que le signal OFDM présente un rapport de puissance maximal élevé (PAPR).

Dans ce chapitre, on va voir les différents modes d'accès multiple pour l'OFDM et la technique de réduction de PAPR.

3.2. Schéma d'Accès Multiple Utilisant OFDM

Dans une transmission OFDM, les informations relatives au canal de transmission tel que le rapport signal sur bruit SNR permettent à l'émetteur d'effectuer une allocation adaptative des sous-porteuses. Ce concept est utilisé dans les systèmes pratiques d'OFDM et il est référencé comme une modulation adaptative ou « BitLoading ».

OFDM combiné avec CDMA et TDMA est étudié par de nombreux chercheurs. Plusieurs programmes de transmission Multi-porteuses ont récemment été introduits dans les systèmes DS-CDMA (Direct Sequence-Code Division Multiple Access) pour acquérir des avantages tels que la transmission de données à débit plus élevé, l'efficacité de bande passante, La diversité des fréquences et la réduction des interférences.

Un système Multi-porteuses DS-CDMA doté d'un système de sauts de fréquence adaptatif a montré une amélioration significative de la performance par rapport à certains systèmes existants en termes de performance BER moyenne. Le système CDMA codé Covolumental combiné à OFDM permet d'effectuer une détection de vraisemblance maximale (MLD), d'utiliser le spectre de manière efficace, d'exploiter la diversité de fréquences et la diversité du temps grâce au codage des canaux et de conserver de nombreux avantages d'un système CDMA. La technique Multicarrier a été proposée pour la liaison descendante dans l'approche cdmaOne à large bande dans IMT-2000 / UMTS .

3.2.1. OFDM-TDMA

Dans un système OFDM – TDMA, chaque utilisateur a un intervalle de temps durant lequel toutes les sous-porteuses lui sont allouées (Figure – 3.1). On suppose que la durée de chaque intervalle de temps est égale à la durée d'un symbole OFDM. La modulation porte sur toutes les sous-porteuses suivant les conditions du canal. Ce mode d'accès multiple est meilleur que les autres modes quand l'allocation aléatoire est utilisée, car il bénéficie de tout

le gain que présente le canal. L'avantage de ce type d'accès multiple est la réduction de la consommation d'énergie au récepteur qui ne fonctionne qu'à des instants bien déterminés. L'inconvénient de ce type de système est l'apparition des problèmes dans le cas de délai de propagation remarquable [7].

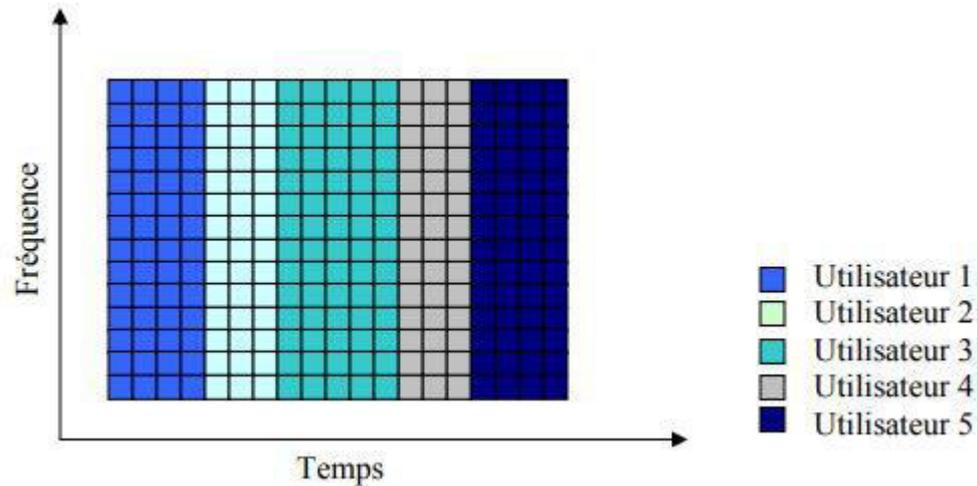


Figure 3.1: bloc OFDM TDMA

3.2.2. CDMA-OFDM

Les usagers se distinguent les uns des autres par des codes. La version de CDMA-OFDM la plus utilisée est la multi-porteuse CDMA (MC-CDMA). Dans ce type d'accès, le signal de donnée est étalé par une séquence directe d'étalement de spectre (DS-SS), le code d'étalement utilisé dans notre cas est le code Walsh. L'avantage de CDMA-OFDM est la limite douce de la capacité de l'utilisateur, et au contraire de TDMA-OFDM et de FDMA-OFDM où la probabilité d'erreur d'un bit dépend de l'état de canal à la fréquence par laquelle il est modulé, dans le cas du CDMAOFDM chaque bit prend l'avantage de tous les pics de gain du canal [12].

3.2.3. OFDM-FDMA (OFDMA)

Dans un système OFDM – FDMA, Chaque utilisateur alloue une partie des sous porteuses à chaque symbole OFDM. Pour chaque sous-porteuse allouée on applique une méthode adaptative d'allocation qui dépend du rapport SNR. Cette méthode présente des avantages et des inconvénients opposés à ceux de la méthode TDMA-OFDM. Il existe plusieurs variantes [6], parmi lesquelles :

3.2.3.1. Bloc FDMA

A chaque usager est alloué un ensemble de sous-porteuses adjacentes (Figure –3.2). La station de base calcule le gain moyen des canaux adjacents pour tous les utilisateurs et pour tous les blocs. L'allocation d'un bloc à un utilisateur quelconque se fait en appliquant le « Greedy Algorithm » qui consiste à allouer un seul bloc à chaque utilisateur. Le premier bloc sera alloué à l'utilisateur qui présente le meilleur rapport SNR associé à ce bloc. On continue en appliquant la même procédure avec les blocs et les utilisateurs restants, jusqu'à ce que tous les blocs soient alloués.

Ce qui précède découle la conclusion suivante : la meilleure combinaison utilisateur bloc est celle qui donne la somme maximale de gains fréquentiels moyens de tous les blocs alloués aux utilisateurs. Cette méthode présente un inconvénient dans le cas de présence d'un creux dans la réponse fréquentielle du canal de transmission, car toutes les sous porteuses adjacentes seront affectés par ce creux, et par suite le bloc tout entier sera mal reçu.

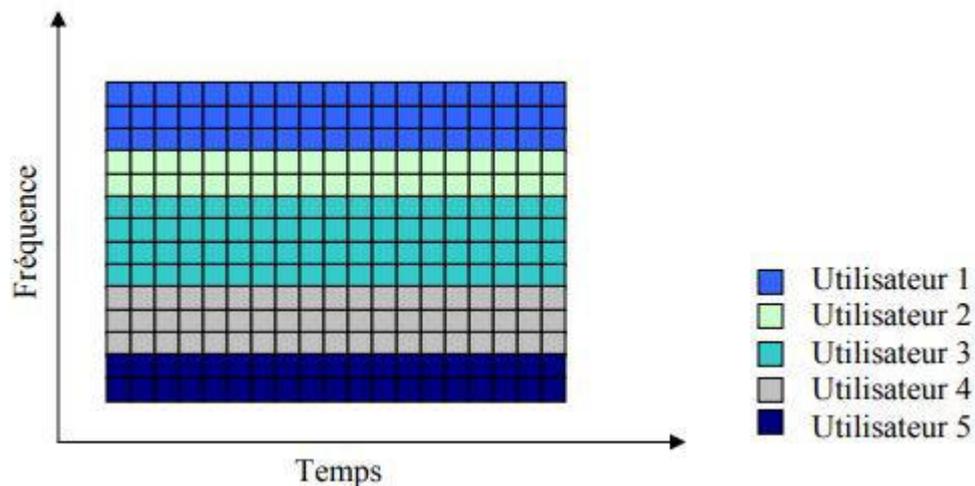


Figure 3.2 : bloc OFDM FDMA

3.2.3.2. FDMA-Entrelacé

Comme conséquence directe de l'inconvénient que présente le mode d'accès multiple « Bloc FDMA », on peut voir que les données codées transmises ne devraient pas être simplement affectées aux sous porteuses OFDM dans un ordre séquentiel mais il faut bien les entrelacer d'abord (Figure –3.3). Alors, les utilisateurs allouent des sous-porteuses qui sont distribuées sur l'axe fréquentiel. La modulation adaptative est appliquée sur les sous-porteuses.

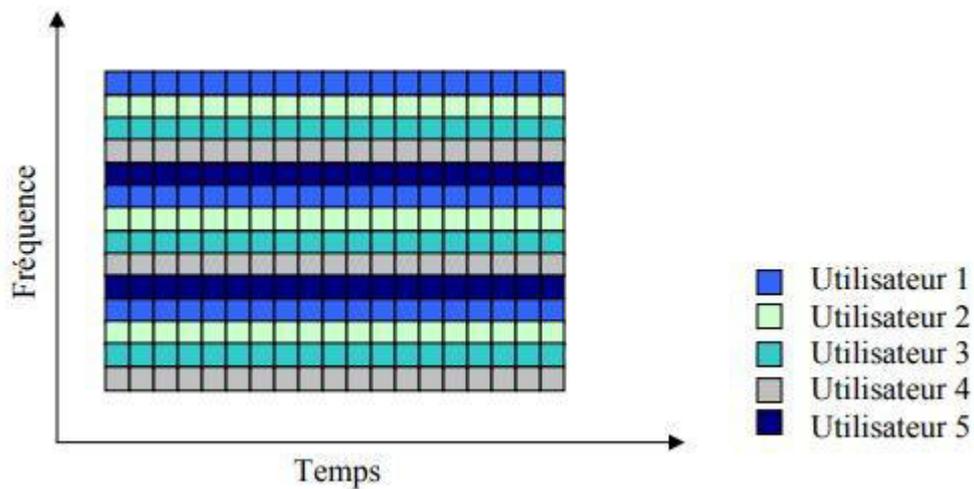


Figure 3.3 : FDMA-Entrelacé

3.2.3.3. OFDMA Adaptative

Dans cette méthode, une sous porteuse est allouée suivant les conditions du canal. Dans un système de communication à deux voies, la réponse fréquentielle du canal pour chaque utilisateur et sur chaque sous-porteuse peut être envoyée à l'émetteur par un feedback ou bien elle peut être estimée directement par l'émetteur dans les systèmes à duplexage temporel. Le débit demandé peut être réalisé, dans le cas de OFDMA adaptative, par plusieurs méthodes d'allocation adaptative des sous-porteuses. Ces méthodes sont toutes basées sur le fait que le gain de canal n'est pas le même pour toutes les sous porteuses, ni pour tous les usagers. Les porteuses qui sont en « deep fade » pour un utilisateur peuvent ne pas être en « deep fade » pour un autre. En réalité, il est presque impossible qu'une sous porteuse soit en « deep fade » pour tous les utilisateurs, car les paramètres du canal de chaque utilisateur sont indépendants de celles des autres utilisateurs [6]. Mais un overhead pour la signalisation est nécessaire pour envoyer les informations de contrôle (état du canal, gain...) et le mode de modulation pour chaque sous-porteuse

3.3. Allocation des sous Porteuses (Accès Multiple OFDMA)

Parmi les N sous porteuses OFDM, chaque utilisateur choisit aléatoirement ses n sous porteuses. Il se peut donc que deux ou plusieurs utilisateurs choisissent les mêmes sous porteuses, ce qui conduit à des collisions. Considérons les 2 cas suivants :

- Une sous porteuse ne peut être allouée qu'à un seul utilisateur : En fait, si une sous porteuse est choisie par plus d'un usager, elle sera éliminée et elle ne portera aucune information. Cette technique présente une simplicité dans la modulation et la démodulation.

Ce qui présente une simplicité très grande du point de vue protocole de signalisation entre la station de base et les terminaux.

- Une sous porteuse peut être allouée à deux utilisateurs : En fait, une sous porteuse allouée par deux, ou évidemment par un seul utilisateur, est correctement reçue. Cette technique n'est possible que si les deux signaux transmis sur cette sous porteuse sont orthogonaux. Or les deux stations terminales ont des locations différentes par rapport à la station de base, leurs facteurs d'atténuation de canal sont alors différents, ce qui affecte l'orthogonalité. Bien sûr, cette technique nécessite une bonne signalisation entre la station de base et les terminaux. Deux techniques sont utilisées pour distinguer les données de chaque utilisateur [3].

3.4. Standards d'application de l'OFDMA

La plupart des standards internationaux des réseaux mobiles de 4ème génération ont adoptés l'OFDMA dans leurs couches physiques (Interface Air), citons :

-3GPP-LTE

Le 3GPP est un groupe qui a établi le standard UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) de la 3ème génération des réseaux mobiles, ce groupe travaille depuis 2004 sur le standard Long Term Evolution LTE et ce standard donne des performances supérieures aux standards 3G existant (HSPA : High Speed Packet Acces).L'OFDMA a été adoptée dans sa couche physique seulement en voie descendante DL, dans la voie montante UL c'est la SC-FDMA (Single Carrier-FDMA) qui a été adoptée. Ce standard permet une flexibilité de la bande passante de 1.4Mhz à 20Mhz,et donne des performances en voie montante UL supérieures à 50Mbps et en voie descendante DL supérieures à 100Mbps[1].

-Wimax Mobile

La norme Wimax est celle du forum international Wimax Forum, ce forum a adopté le standard WMAN de IEEE (Institut of Electrical & Electronic Engineering) IEEE802.16. Il existe plusieurs versions de ce standard et c'est la version IEEE802.16d qui a adopté l'OFDMA dans sa couche physique mais pour des utilisateurs fixes et un nombre de sous porteuses fixes (2048 FFT). C'est dans la version IEEE802.16e que la mobilité a été introduite appelé Wimax mobile. Dans cette version la taille des points FFT est rendue flexible en fonction de la bande passante grâce à la SOFDMA (Scalable OFDMA) qui permet

des FFT de 128, 512, 1024, ou 2048. L'OFDMA a été implantée dans la voie montante UL et la voie descendante DL du Wimax mobile [2].

3.5. Critères de performance

3.5.1. Rapport Signal sur Bruit (SNR)

La puissance du signal est notée S, et la puissance du bruit notée N. Le rapport S sur N est le rapport signal sur bruit ou SNR. Cette équation est linéaire.[26]

$$\text{SNR} = \frac{S}{N}$$

$$\text{SNR} = 20 * \log (\text{Vin (max)} / \text{Noise (rms)})$$

Où Vin (max) est la valeur maximale d'entrée et Noise (rms) est la valeur RMS du bruit généré par le système.

Ce rapport est utilisé en forme logarithmique en dB pendant la simulation.

3.5.2. Taux d'Erreurs par Bit (BER)

Pour étudier les résultats de la simulation, le calcul du taux d'erreur par bit BER (Bit Error Rate) pour chaque utilisateur est nécessaire pour évaluer les performances d'une des modulations expérimentées. Pour cela il faut tracer le BER en fonction du SNR.

Le BER est défini par :

$$\text{BER} = \frac{\text{Nombre de bits recus eroné}}{\text{Nmbre total de bits recu}}$$

Il faut un nombre élevé de bits par utilisateur à simuler pour avoir une bonne estimation du BER et un tracé précis. Le tracé du BER à des variations dans un intervalle très large, il sera donc tracé en échelle logarithmique, quant aux SNR vue qu'ils sont en dB ils seront tracés en échelle linéaire [27]

3.6. LE PAPR (Peak to Average Power Ratio)

OFDM a plusieurs propriétés, ce qui en fait un schéma de modulation attrayant pour les liaisons de transmission à grande vitesse. Cependant, une grande difficulté est son grand rapport de puissance de pointe (PAPR). Ces grands sommets provoquent une saturation dans les amplificateurs de puissance, ce qui conduit à des produits d'intermodulation parmi les

sous-porteuses et à la perturbation de l'énergie de la bande. Par conséquent, il est souhaitable de le réduire

Pour un signal échantillonné quelconque, on définit le PAPR comme le rapport entre la puissance crête PAR comme le rapport entre la puissance crête et la puissance moyenne.

$$\text{PAPR} = \frac{\max_t |x(t)|^2}{E_t |X(t)|^2}$$

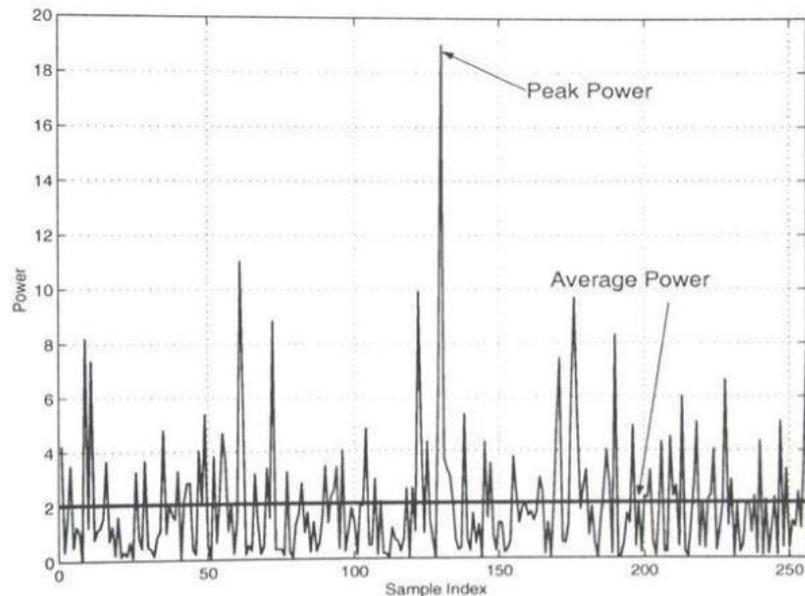


Figure 3.4. : Signal OFDM en termes de puissance

3.6.1. Les Techniques de Réduction du PAPR

La réduction du PAPR a fait l'objet de plusieurs recherches et plusieurs méthodes ont été proposées. On vient de voir qu'il existe deux types de réduction de PAPR. La première agit directement sur l'AP, la deuxième traite le signal. Cette dernière agit sur le signal OFDM à transmettre.

Pour réduire le PAPR, plusieurs techniques ont été proposées telles que clipping, coding ,peak windowing, Tone Reservation ,PTS (Partial Transmit Sequence),Tone Injection sélective mapping (SLM),. dont celles où le récepteur doit être informé du type de traitement réalisé en émission avant amplification, celles comme le sélective mapping (SLM), et d'autres types comme l'écrêtage, où le récepteur n'a pas à recevoir d'informations de l'émetteur.[28]

3.6.2. Tone Réserveation

La technique Tone Réserveation est une méthode de réduction du PAPR assez récente. Son principe repose sur l'ajout d'un signal au signal original afin de diminuer son PAPR. Des sous-porteuses sont réservées pour l'émission du signal original et des sous-porteuses pour l'émission du signal servant à réduire le PAPR. Pour se faire, le signal ajouté et le signal utile sont à supports fréquentiels disjoints

Inconvénients

Cette méthode a des inconvénients tels que la complexité pour l'optimisation et pour l'implémentation en plus de la nécessité de plus d'énergie pour l'émission

3.6.3. Partial Transmit Séquence (PTS)

Le principe de la méthode PTS est très simple et consiste à diviser le vecteur des données du modulateur en M sous-blocs. Ensuite on calcule le PAPR pour chaque sous-bloc en multipliant le sous-bloc par un facteur b_m , selon le paramètre W . On peut calculer toutes les possibilités pour avoir le PAPR minimum. Soit W^{M-1} possibilités. Par exemple si $W = 2$ et $M = 8$, on aura $2^7 = 128$ possibilités. L'émetteur doit envoyer au récepteur l'information concernant la combinaison utilisée pour réduire le PAPR.

Inconvénients

Le récepteur doit recevoir l'information concernant le traitement effectué au niveau de l'émetteur pour qu'il puisse reconstruire le signal original.

3.6.4. Ecrêtage

La méthode d'écrtage est considérée comme la plus simple des méthodes de réduction du PAPR. Sa simplicité est due à l'opération simple d'écrtage elle-même. L'écrtage classique consiste à diminuer la variation de puissance du signal par rapport à un seuil prédéterminé. La simplicité de cette méthode à des conséquences sur le signal à la réception, puisqu'il n'y aura pas de restauration parfaite car les informations éliminées par l'écrtage sont perdues. Dès les premières années d'utilisation du système OFDM,

Inconvénients

L'inconvénient principal de cette méthode est la non-linéarité puisqu'on n'aura pas le même effet sur toute la bande. On aura une réduction sur la bande utile mais on aura un effet

inverse sur les lobes secondaires illustrent ce problème. Comme on a dit ci-dessus, ce problème peut être facilement résolu à l'aide d'un filtrage après l'écrêtage.

3.6.5. Réduction du PAPR par la méthode SLM (Selective Mapping)

Posons que les données d'entrée originales $C [c_0, c_1, \dots, c_{N-1}]^T$ multiplié par indépendant Séquences de phase U où U est le nombre de phase Séquences. Les données d'entrée et les séquences de phase ont la même logeur N Après la multiplication, une transformée de Fourier rapide inverse (IFFT) sera appliquée sur chaque séquence à Convertissez le signal du domaine fréquentiel au domaine temporel. Le résultat de la multiplication Générer le bloc de données d'un système OFDM qui possède différents signaux de domaine temporel, avec une longueur de U et différentes valeurs de PAPR, [14]

La dernière étape consiste à comparer Le PAPR parmi les blocs de données indépendants et le candidat avec le PAPR le plus bas sera sélectionné pour la transmission. L'équation suivante exprime le candidat optimal qui a le PAPR le plus bas et sélectionné pour la transmission [29].

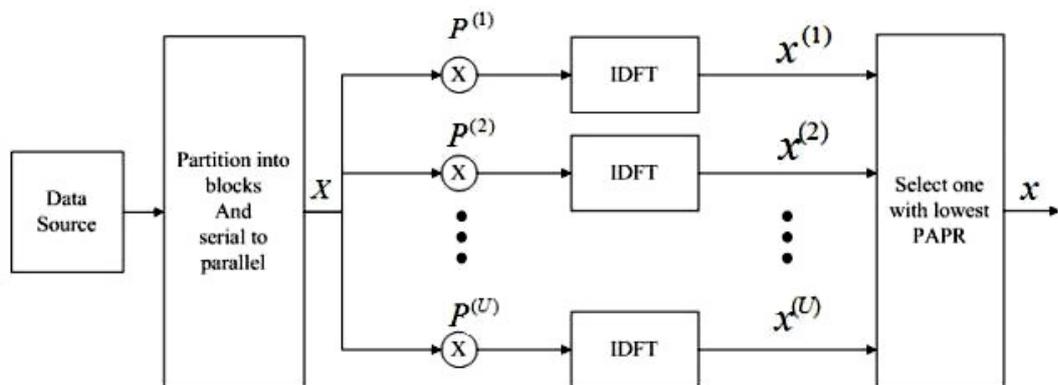


Figure 3.5: Bloc de SLM technique

3.6.5.1. Le seuil dans SLM

Comme il l'a décrit au chapitre 2, la bande de base complexe d'un signal OFDM qui comporte N sous-porteuses avec le taux d'échantillonnage de Nyquist peut être exprimé en:

$$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi \frac{kn}{N}} \tag{11}$$

Où c_k sont les symboles de modulation.

Le théorème de limite centrale montre que, si le nombre des sous-porteuses N sont grandes, $S(n)$ sont des variables aléatoires gaussiennes nulles. Et pour le complexe Gaussien, le signal OFDM est Rayleigh distribué avec une variance de 0.5, et la phase est uniforme. La valeur maximale des signaux ayant une distribution Rayleigh dépassera toutes valeurs avec une probabilité non nulle. Supposons que la puissance moyenne soit égale à 1 et Z_n Est les variables aléatoires Rayleigh indépendamment et identiquement distribuées [14].

La fonction de densité de probabilité Z_n est donnée par

$$F(Z_n) = 2Z e^{-Z} \tag{12}$$

$n=0, 1, 2 \dots \dots \dots N-1$

La valeur maximale de Z_n est équivalente au PAPR. Z_{max} Si donc le Fonction de distribution cumulative (CDF) de Z_{max} et la probabilité de puissance de pointe à moyenne Ratio (PAPR) inférieur au seuil est donné par

$$\begin{aligned} F(z) &= P(Z_{max} < z) \\ &= P(z_0 < z) \cdot P_{z_{N-1}} < z \\ &= P(PAPR < z) = F_{z_{max}}(z) = (1 - e^{-z})^N \end{aligned} \tag{13}$$

La fonction de distribution cumulative complémentaire (CCDF) est utilisée lorsque la valeur PAPR dépasse le seuil z . Pour trouver la probabilité que PAPR d'un signal OFDM dépasse le seuil, Assumer la fonction de distribution cumulative complémentaire suivante (CCDF)

$$\begin{aligned} F(z) &= P(Z_{max} > z) \\ &= 1 - P(Z_{max} < z) \\ &= P(PAPR > z) = 1 - (1 - e^{-z})^N \end{aligned} \tag{14}$$

Dans la technique SLM, chaque bloc de données créera des séquences de phase U times, si chaque mapping Considéré comme statistiquement indépendant, puis CCDF du rapport de puissance maximale au moyen de l'énergie (PAPR) Le mapping sélectionnée (SLM) sera [30]:

$$P(PAPR \geq z) = (1 - (1 - e^{-z})^N)^U \tag{15}$$

U : est le nombre de séquences de phase.

N : est le nombre de sous-porteuses.

z : est un seuil.

3.7. Conclusion

Dans ce chapitre, on a vu les différents modes d'accès multiples qui peuvent être utilisés avec la transmission OFDM. Les allocations aléatoires et adaptatives de ressources peuvent être appliquées à tous ces modes d'accès. On a vu aussi les technique de réduction de PAPR et on s'est basé sur la technique SLM qu'on va utiliser dans notre simulation.

CHAPITRE 4 :
RESULTAT DE SIMULATION
ET DISCUSSION

4.1. Introduction

Ce chapitre est consacré aux résultats obtenus lors de nos simulations qui a été réalisée en appliquant les paramètres de la 4G pour l'opérateur DJEZZY.

Pour cette dernière application, les résultats obtenus en matière de BER (Bit Error Rate) concentrés sur l'étude de l'effet du PAPR et sa correction en fonction de l'énergie bit. Les paramètres de la 4G que nous avons choisie reposent sur des travaux de développement d'un modèle de 4G proposant le SLM comme solution pour réduire le PAPR assez levé où nous avons simulé par la modulation M-QAM, pour pouvoir prouve que la M-QAM est plus robuste au « SLM ». Deux parties de résultats sont présenté, la première partie concerne le signal transmis et reçu en appliquant le système OFDM et la deuxième est consacrée au système de réduction de PAPR en appliquant la méthode « SLM ».

4.2. Les bases d'optimisation d'un réseau

L'optimisation implique le monitoring, la vérification et l'amélioration de la performance du réseau radio. Elle est considérée comme la dernière phase d'élaboration du réseau radio. Il existe des paramètres qui sont variables et qui doivent être contrôlés et corrigés continuellement. Parmi ces paramètres l'augmentation de nombre d'abonnés conduisant ainsi à l'augmentation du trafic. Qui veut dire que le processus d'optimisation doit aller avec l'idée de croire l'efficacité du principal réseau afin de fournir une génération descendante de ce dernier [11].

4.2.1. Les Clés Indicatrices de Qualité

La performance du réseau radio mesurée en termes de KPIs lié à la qualité de voix, est basée sur les statistiques générées de réseau radio. Le système lecteur (drive) de tests et le système de gestion réseau NMS (Network Management System), sont les meilleurs moyens pour la génération de ces statistiques de performance. Les plus importants de ces opérateurs de perspectives sont [3]:

- le BER taux d'erreur bit (Bit Error Rate).
- le FER taux d'erreur d'encadrement (Frame Error Rate).
- le DRC taux d'appels suspendus (Dropped Call Rate).

- CSR taux d'appel réussis (CallSuccess Rate)

4.3. Les standards Utilisant l'OFDM Comme Technique de Modulation

Actuellement le procédé de modulation OFDM, se voit employé dans de nombreuses applications du type multimédias pour les WLANs (Wireless Local Area Networks). Les trois principaux standards qui ont retenu L'OFDM comme modulation multi-porteuse sont:

- HiperLANII de ETSI (European Telecommunication Standards Institute),
- 802.11a et le 802.11g de IEEE (Institute of Electronics and Electric Engineers).

4.4. Application des Paramètres de la 4G Mobile (Opérateur DJEZZY)

Les paramètres prévus utiliser par l'opérateur Djazzy de la 4G est donné par le tableau 4-1. Dans notre travail, nous avons appliqué les paramètres indique dans le tableau tel que le type de modulation numérique où nous avons utilisé modulation QAM.

Paramètre	mode
Fréquence d opération	2 GHZ
Dure de symbole utile	62.5 μ s
Intervalle de garde	15.625 μ s
Duré de symbole total	78.125 μ s
FFT size	256
Nombre de porteuse	216
Espacement entre porteuse	16 KHz
Modulation	16 QAM

Tab 4.1 : parametre de l OFDM pour la 4G

4.4.1. Transmission de Signal

Comme on a montre precedement dans le chapitre 2, le signal total de L OFDM est :

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi f t} \quad (12)$$

C_k : donné

N : une seqence de donné

Et on descritisant le signal on obient :

$$S_n = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{2j\pi \frac{Kn}{N}} \quad (13)$$

La simulation est effectuée à l'aide de MATLAB où nous avons introduit notre paramètre importe de l'opérateur DJEZZY dans le but de simuler le signal transmis par l'opérateur DJEZZY. Les figures 4.1 et 4.2 représentent le signal transmis dans le domaine temporel et fréquentiel.

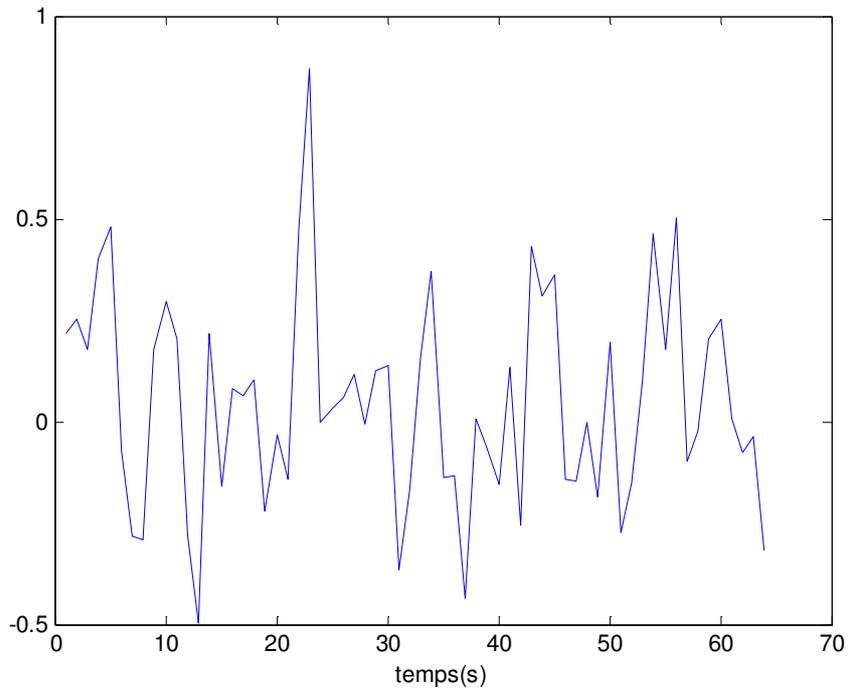


Figure 4 .1: signal transmit dans le domaine temporel

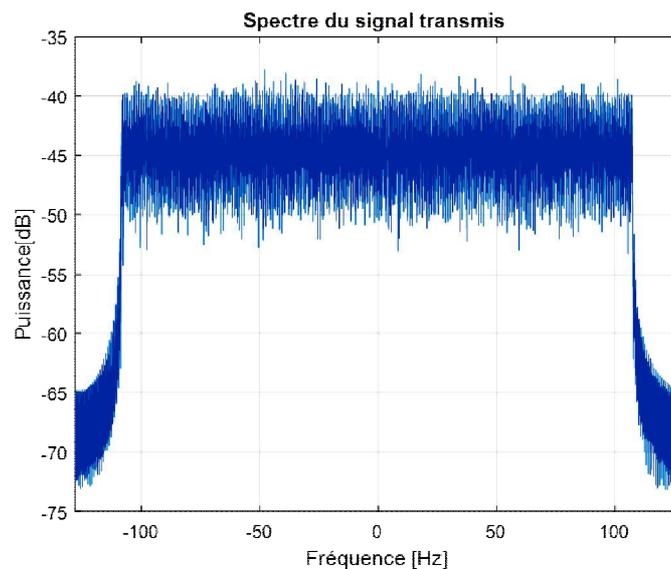


Figure 4 .2 : signal transmit dans le domaine frequentiel

4.4.2. Reception de signal

Nous avons vu dans l'étude théorique le signal décrit est reçu sous la forme

$$r(t) = \sum c_k H_k(t) e^{2j\pi \frac{(k-N)}{T_e} t} \quad (14)$$

$H_k(t)$: est la fonction de transfert du canal autour de la fréquence f_k et au temps t .

Les figures 4.3 et 4.4, représentent les courbes correspondant, respectivement, le signal reçu dans le domaine temporel et fréquentiel.

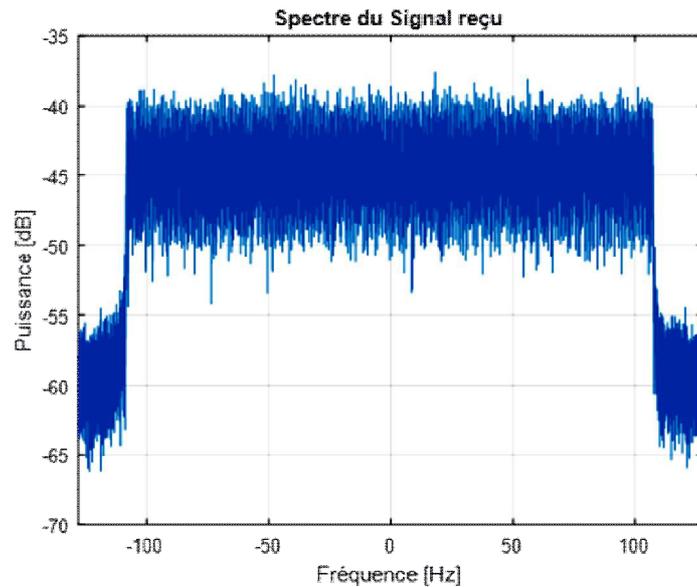


Figure 4.3 : signal reçu dans le domaine fréquentiel

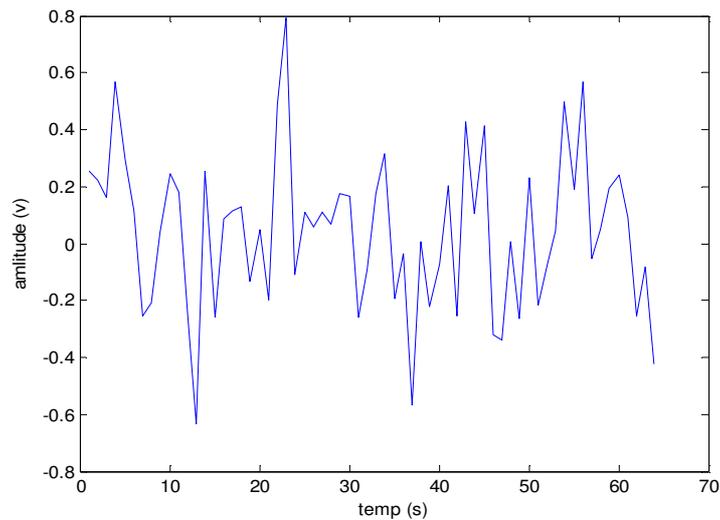


Figure 4.4 : signal reçu dans le domaine temporel

4.4.3. L'effet de modulation M-QAM sur le système OFDM

On va étudier l'effet la modulation M-QAM sur le BER en fonction de SNR. Les résultats de simulations sont représentés dans la figure 4.5.

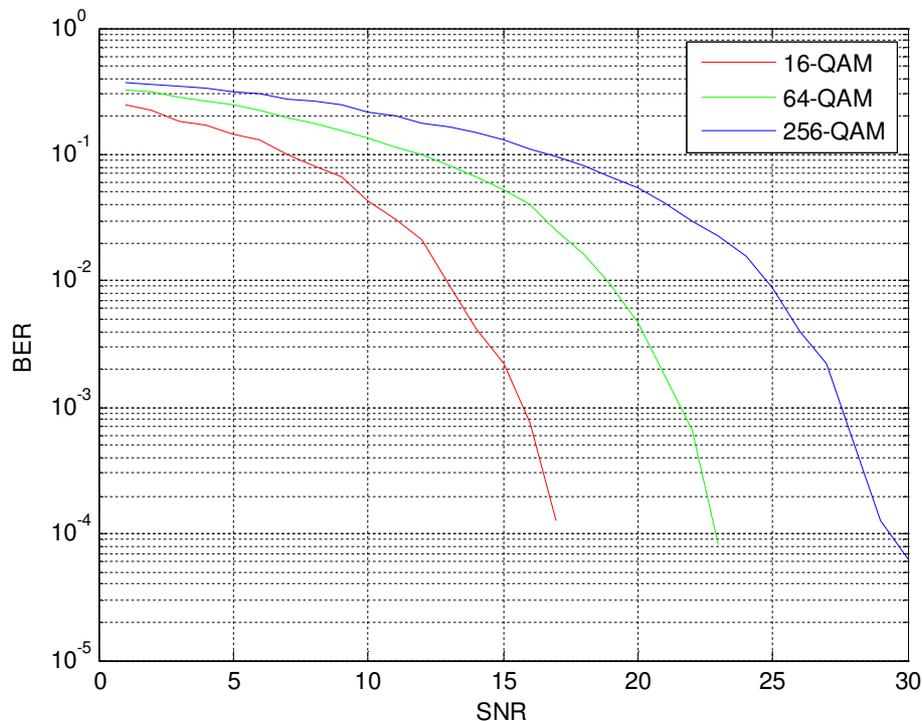


Figure 4.5 : courbe BER vs de SNR avec différentes modulation M-QAM

On voit que pour une modulation de 16 QAM le SNR ne dépasse pas 18 dB, par contre on remarque une augmentation de SNR pour la modulation de 64QAM ainsi une augmentation de BER. Cette augmentation prend des valeurs maximales pour la modulation de 256 QAM

Pour des grandes valeurs de BER indique une faible qualité de la communication détectée. Alors que pour des valeurs élevées de SNR indique la meilleure qualité de communication, que le signal devient plus fort par rapport au bruit.

À partir des résultats de simulation, le taux d'erreur des bits d'un système de communication numérique est une grandeur importante utilisée pour quantifier l'intégrité des données transmises par le système, on peut dire aussi que la liaison OFDM utilisant la modulation QAM nous donne des meilleures performances de liaison en fonction BER.

La figure 4.6 représente le diagramme de constellation pour les symboles émis et le symbole reçu

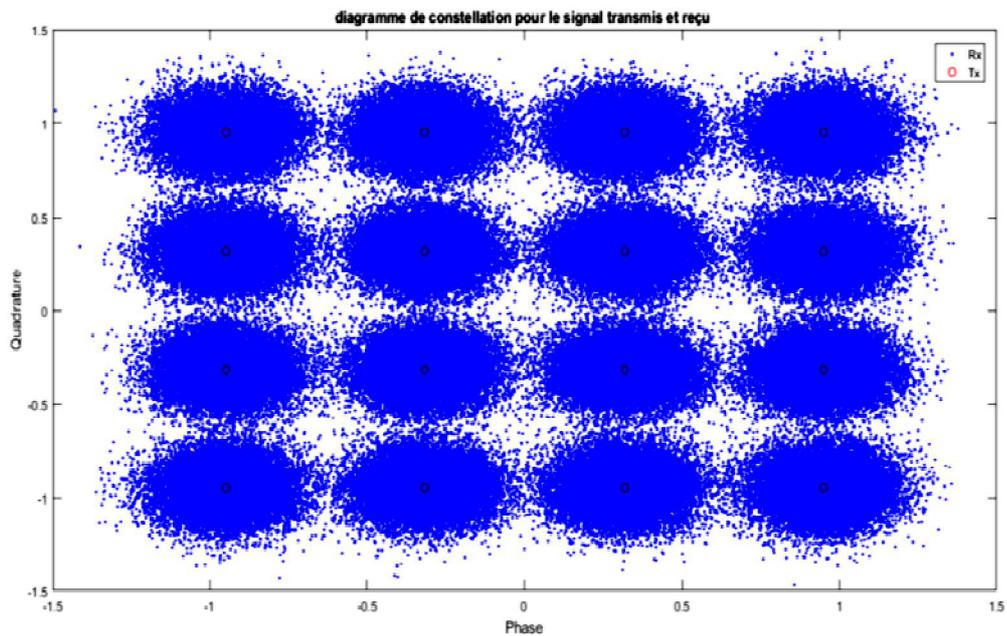


Figure 4.6: Diagramme de constellation

On voit une perturbation entre les symboles transmis et reçu et cela revient au canal ou le récepteur lui-même. La figure 4.7, 4.8 présentes une superposition entre le signal transmis et le signal reçu en introduisant l'effet de PAPR.

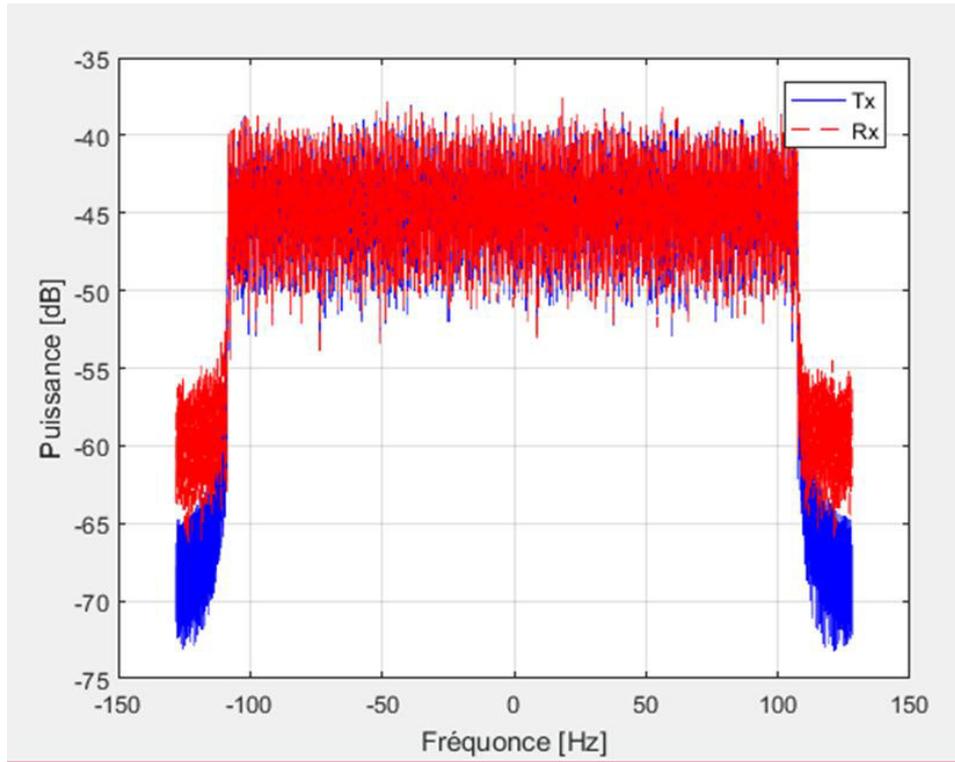


Figure 4.7 : Comparaison entre signal transmit et reçu

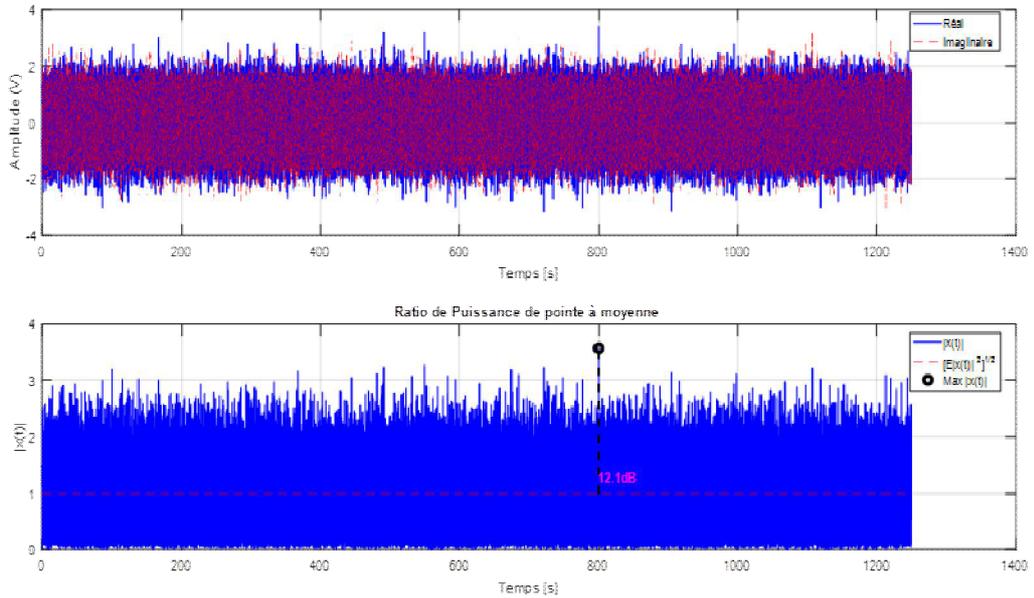


Figure 4.8: le PAPR sans le signal

Pour cette simulation, le PAPR obtenu est environs de 12,1 dB, le nombre de porteuse parmi les facteurs qui agit sur la valeur de PAPR.

La figure 4.9 représente la variation de PAPR en fonction de nombre des porteuses N

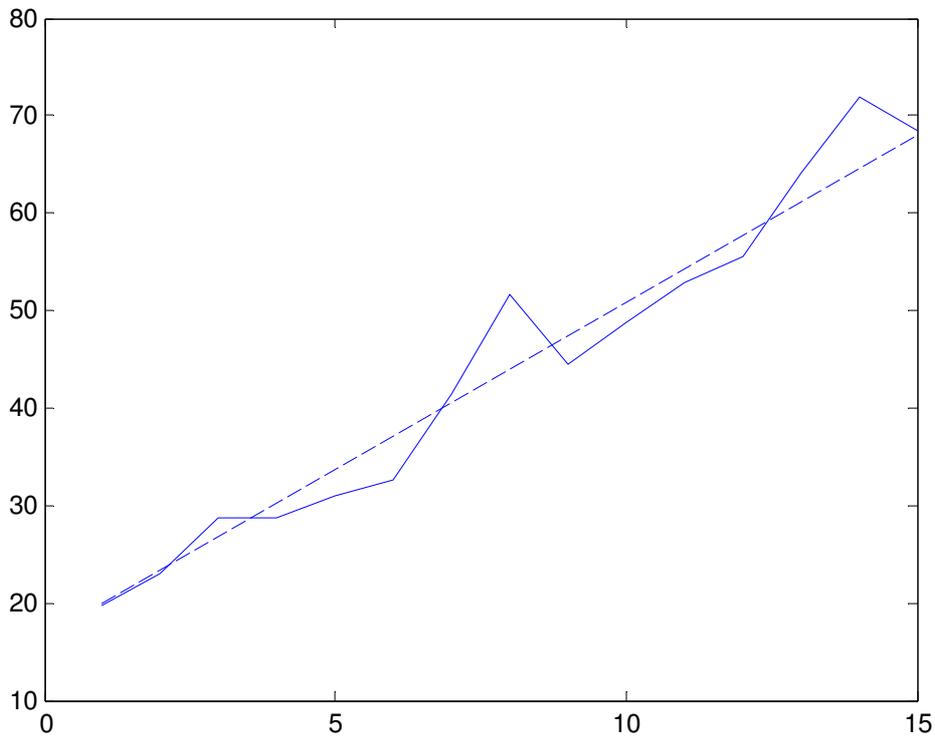


Figure 4.9 : Le PAPR en fonction de N

Ou en peut constater que le PAPR varié presque linéairement en fonction de N, donc pour avoir un taux important de signal transmis il faut augmenter le nombre de sous porteuses, cette augmentation implique une augmentation de PAPR qui influe sur la qualité de signal transmis.

4.5. Réduction l'Effet de PAPR

Pour la réduction l'effet de PAPR on a utilisé la technique SLM présenté précédemment, dans notre simulation on a base sur les paramètres suivant :

U : nombre de séquence de phase.

N : nombre de porteuse.

Z : seuil de PAPR.

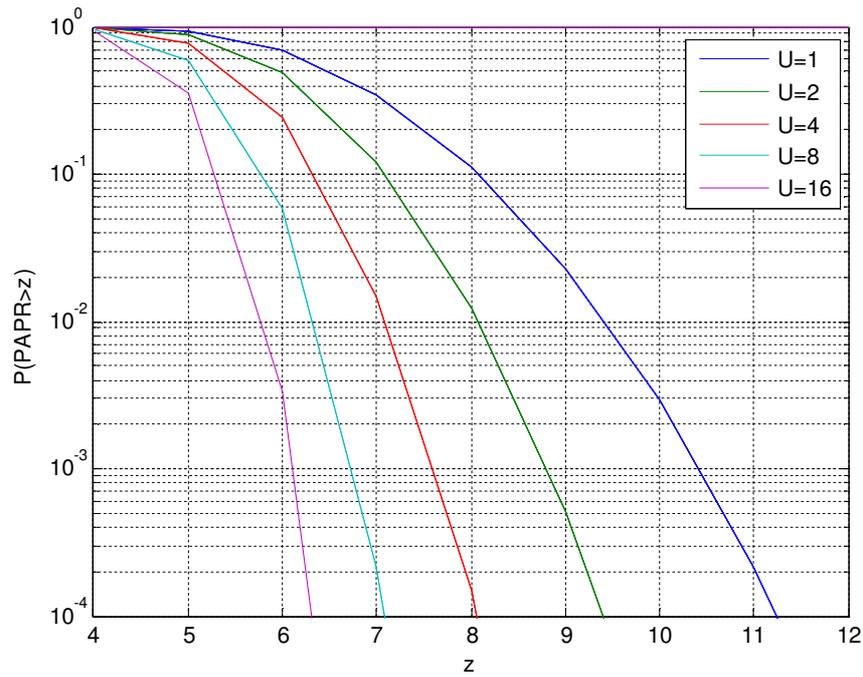


Figure 4.10 : réduction de PAPR pour $N= 64$ et $U=1,2, 4, 8,16$

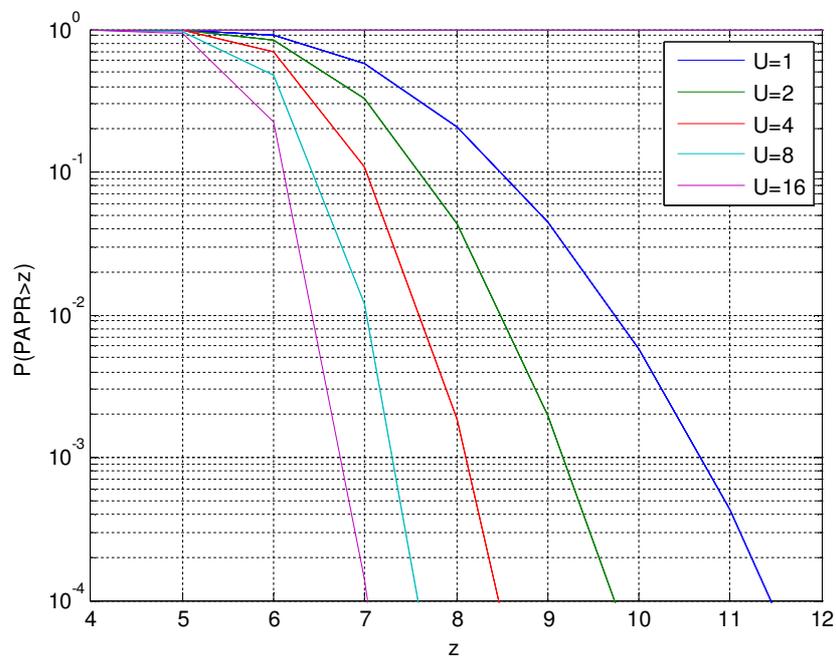


Figure 4.11 : réduction de PAPR pour $N=128$ et $U=1,2, 4, 8,16$

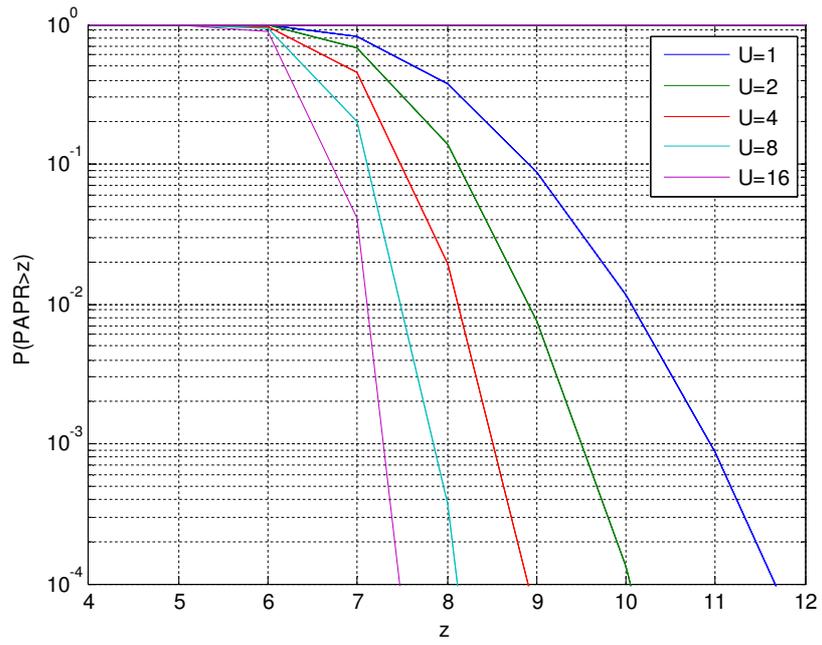


Figure 4.12 : réduction de PAPR pour $N=256$ et $U=1,2, 4, 8,16$

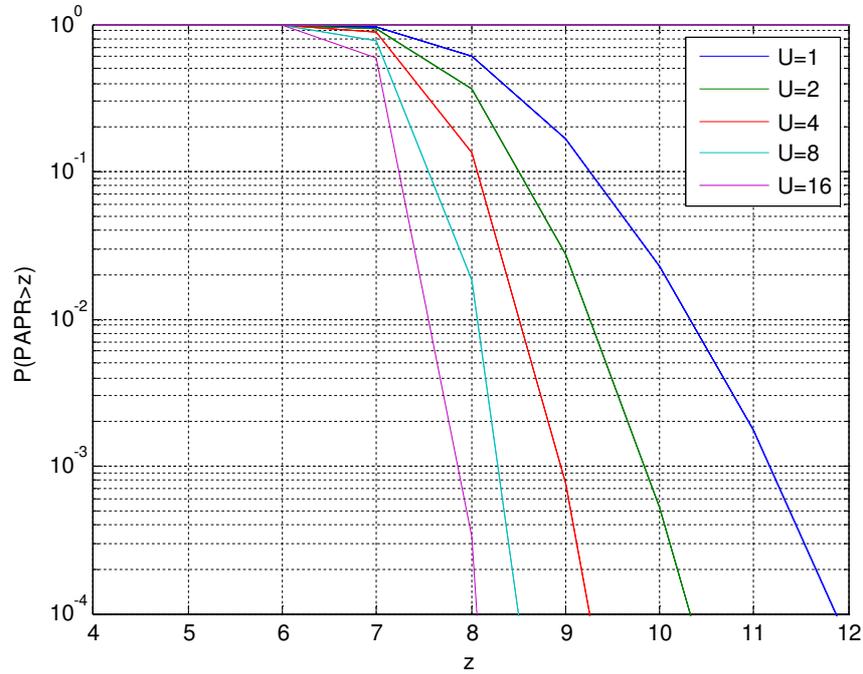


Figure 4.13: reduction de PAPR pour $N= 512$ et $U=1,2, 4, 8,16$

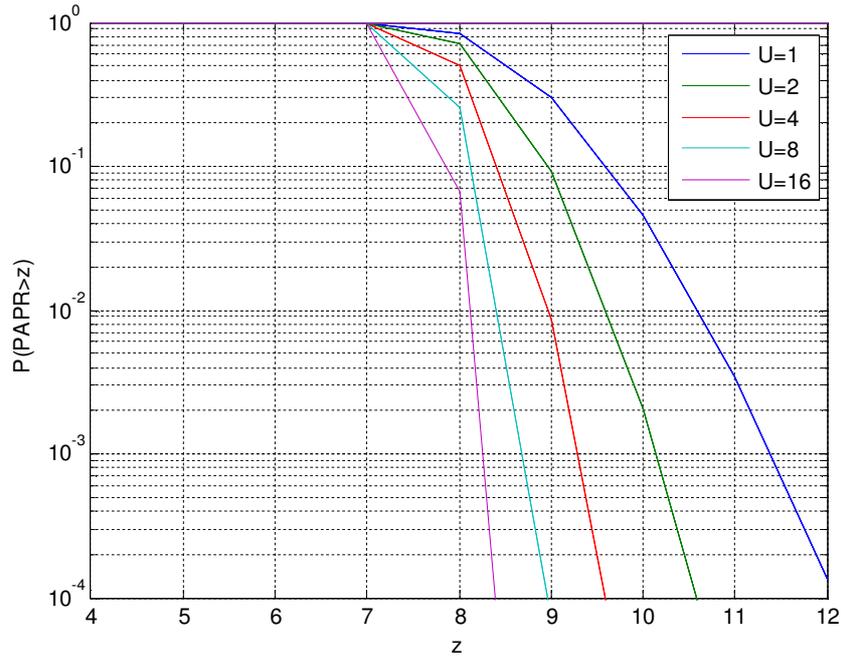


Figure 4.14 : reduction de PAPR pour N= 1024 et U=1,2, 4, 8,16

Les resultat de simulation pour la reduction de PAPR en fonction de differents sequence en phase de signal transmis sont regroupe dean le tableau suivant :

N \ U	64	128	256	512	1024
1	10.5	10.9	10.9	11.2	11.4
2	8.8	9.2	9.6	9.9	10.2
4	7.7	8.2	8.6	8.9	9.4
8	6.8	7.4	7.9	8.4	8.7
16	6.2	6.8	7.4	7.9	8.3

Tab 4 .2 : Réduction de PAPR pour plusieurs séquences de phase de déférent nombre de porteuse

Les figures 4.10-4.14, montre les résultats simulés de distribution complémentaire de PAPR et la performance du SLM pour différentes valeurs N (N = 64, 128 256 et 1024 respectivement) et des differents séquences de phase U.

Les figures 4.10 et 4.11 montrent que, lorsque augmente le nombre de porteuses de N = 64 à N = 128, on voie que le PAPR varie de 10.5 db à 10.9 db (U=1), et les figures 4.12 et 4.13 montrent que lorsque N = 256 passé à N = 1024, le PAPR

augmentera à 10.9 db à 11.4 db (pour $U=1$). En voie que pour des valeurs élevées de N le PAPR augmente qui agit négativement sur la qualité de signal (risque de perte des données lors de la récupération de signal).

Par contre, pour des séquences $U = 2, 4, 8, 16$, on remarque une réduction de PAPR lorsque les séquences de phase augmentent, par exemple pour $N=64$ et $U=1$, le pic de PAPR est à 10.5 db mais pour $U=16$, le PAPR à 6.2 db. Donc on peut dire que pour le même nombre de N avec U élevé on a une réduction de PAPR avec un taux de 4.3 db, ce qui va améliorer la qualité de signal transmis.

5. Conclusion

Ce chapitre a été consacré aux résultats de simulation d'un système OFDM. Suivant des résultats obtenus, on peut conclure que la simulation proposée donne des résultats meilleurs que ceux existants en termes de performance de l'OFDM aussi on a démontré que la technique SLM est une bonne technique utilisée pour la réduction de PAPR.

CONCLUSION GENERAL

CONCLUSION GENERAL

La 4G de mobile présentant un débit allant de 100 Mbps jusqu'à les 2Gbps, nécessite des outils matériels et logiciels assez performants pour résister aux perturbations entourant l'information durant sa transmission. La technique de modulation dédiée à la 4G est l'OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). L'inconvénient majeur de l'OFDM est le PAPR (Peak to Average Power Ratio) assez élevé, c'est-à-dire que le signal OFDM présente des pics à la sortie de l'émetteur. La transmission de tels pics nécessite au plus d'un codeur (avec un nombre de bits assez élevé pour coder les pics, ce qui est coûteux), un amplificateur linéaire au voisinage de ces pics (pratiquement non réalisable), conduisant ainsi à une consommation de puissance élevée

En premier chapitre en a présenté une généralité sur les réseaux haute débit 4G de transmission leur avantage et différents équipements utiliser

Dans le deuxième chapitre exprime Le principe de la technique OFDM consiste à répartir un flux de données à haut débit sur plusieurs flux. Ces derniers sont transmis simultanément sur des sous-porteuses orthogonales. La somme de ces sous-porteuses constitue le signal OFDM transmis.

Dans le 3eme chapitre, on a vu les différents modes d'accès multiples qui peuvent être utilisés avec la transmission OFDM. Les allocations aléatoires et adaptatives de ressources peuvent être appliquées à tous ces modes d'accès. On a vu aussi les technique de réduction de PAPR et on s'est basé sur la technique SLM qu'on va utiliser dans notre simulation.

Dans le quatrième chapitre, nous avons présente une étude de la réduction du facteur de crête PAPR dans un contexte OFDM, un aperçu sur l'ensemble des systèmes de réduction de PAPR est d'abord donné. Par la suite, une étude de l'approche (SLM) en tant que solution possible à ce problème. Nous avons présenté et discuté les résultats obtenus lors de nos simulations.

Bibliographie

- [1] 3GPP TS 36.211, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 8)"
- [2] 3GPP TS 36.306, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities (Release 8)"
- [13] S. Parkvall, E. Englund, A. Furuskär, E. Dahlman, T. Jönsson and A. Paravati; "LTE Evolution towards IMT-Advanced and Commercial Network Performance". Ericsson
- [4] 3GPP TS 36.401, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Architecture description (Release 8)".
- [5] A. Ghosh and R. Ratasuk. Essentials of LTE and LTE-A. Cambridge University 2011
- [6] 3GPP TS 36.201, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), LTE physical layer; General description (Release 8)".
- [7] W. Jakes, Microwave Mobile Communications. New York, USA : Wiley, 1974
- [8] Eric Phillip LAWREY BE (Hons). "Adaptive Techniques for Multiuser OFDM". Doctor of Philosophy in Electrical and Computer Engineering Thesis, School of Engineering, James Cook University, December 2001.
- [9] Ramjee Prasad. "OFDM for wireless communication system". Artech house, 2004.
- [10] Angela Doufexi, Simon Armour, Andrew Nix and Mark Beach. "Design considerations and Initial Physical Layer Performance Results for a space Time coded OFDM 4G cellular Network". 13th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, (IEEE), Volume 1 pp 192-196, Lisbon, Spain Sep 2002.
- [11] Carole Devlin, A. Zhu and T. J. Brazil. "Peak to Average Power Ratio Reduction Technique for OFDM Using Pilot Tones and Unused Carriers". The IEEE Radio and Wireless Symposium, Orlando, FL, USA, January 2008.
- [12] A. Prasina, M. Thangaraja, "Interoperability of Wireless Mesh and Wi-Fi network using FPGA for 4G Solutions", IEEE-International Conference on Recent Trends in Information Technology, Anna University, Chennai, pp.491-496, June 3-5, 2011 Mustafa Ergen, "Mobile Broadband Including WiMAX and LTE", Berkeley, CA USA ISBN: 978-0-387-68189-4, Springer, 2009
- [13] G. J. Foschini and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas", Wireless Personal Communications, volume 6, pp. 311-335,
- [14] Ahmed R.S Bahai/Burton R.Saltzberg/Mustafa Ergen. "Multicarrier Digital Communication System, Theory and Application of OFDM". Second Edition Springer Science, 2004
- [15]. Venkatesh Rajendran, Karthikeyan Sundaresan, Srikanth Subramanian. « Downlink performance of an OFDM based multiple access system for indoor wireless communications ».

Bibliographie

[16] Khaled Al Jazzar. : « Méthodes proposées pour l'allocation des ressources dans un système à accès multiple OFDMA ». 2002.

[17]- Cho, Yong Soo; Kim, Jaekwon; Yang, Won Young; Kang, Chung G. ” MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB “Wiley, Hoboken, 2010,ISBN: 9780470825624

[18] Pollet T., Moeneclaey M.; Jeanclaude I., Sari H.; « Carrier phase jitter sensitivity for single-carrier and multi-carrier QAM systems »; IEEE Symposium on Communications and Vehicular Techn

[19] W. Akmouche. Etude et caractérisation des modulations multiporteuses OFDM. PhD ology in the Benelux, pp.174-181, November 1994.

[20] Andrews JG, Claussen H, Dohler M, Rangan S, Mark C. OFDM: Past, present, and future. IEEE Journal on Selected Areas in Communications .2012 April 30;

[21] Sadiq B, Baek SJ. Delay-indoor and outdoor environments: The log rule. IEEE/ACM Transactions on Networking. 2011 Apr; 19.

[22] Nielsen S. LTE evolving towards local area in release 12 and beyond Future Radio in 3GPP. Nokia Corporation; 2012

[23] J. D. Parsons, « The Mobile Radio Propagation Channel », vol. 2. Wiley, October 2000

[24] « Transmission d'informations », Disponible sur : <http://www.websciences.com/documents/terminale/tedo21/teco21.php?imp=1> , Consulter le 03/03/2015 à 16 :36.

[25] « Etude de la qualité de service (QOS) dans les réseaux sans fil » thèse pour master informatique université Abou bakr Belkaid Telecom 2010/2011. <http://www.urec.cnrs.fr/IMG/pdf/cours.sf.pdf>

[26] H.Sizun, « Radio Wave Propagation for Telecommunication Application », SpringerVerlag, Berlin, 2005.

[27]- Pankaj Kumar Sharma,” Power Efficiency Improvement in OFDM System using SLM with Adaptive Nonlinear Estimator” World Applied Sciences Journal 7 (Special Issue of Computer & IT): 145-151, 2009, ISSN 1818.4952

[28] S. Litsyn and G.Wunder. Generalized bounds on the crest-factor distribution of OFDM signals with applications to code design. Information Theory, IEEE Transactions on, 52(3):992 –1006, March 2006

[29] N. Dinur and D. Wulich. Peak-to-average power ratio in high-order OFDM. Communications, IEEE Transactions on, 49(6):1063 –1072, June 2001

ملخص

الجيل الرابع 4G من الشبكات المتنقلة عالية السرعة بدأ مع ظهور LTE ، وهو تطور على المدى الطويل. وقد أدى هذا التطور الى تنوع الخدمات التي اقت تحسينا يشمل ، تدفقات عالية وقدرة عالية في الارسال . التقنيات القائمة على رابطة المتعددة الموجات الحاملة تعد كحلول ممكنة لنظم الاتصالات الراديوية في المستقبل. وباستخدام التضمين الرقمي QAM ، نهدف للحفاظ على أداء سلسلة الإرسال مثل معدل الخطأ في البتات (بير). وستستخدم تقنية تعدد الإرسال OFDM (التعامد المتعدد بتقسيم التردد) لتعديل إشارة ، و هي التقنية المستعملة في شبكات الجيل الرابع لجيزي على الرغم من كفاءته، له ذروة عالية نسبيا على متوسط نسبة القدرة (بايبرا). ومن بين الحلول المقترحة لهذه المشكلة SLM. وسيتم عرض نتائج المحاكاة على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الجيل الرابع ، OFDM, SLM , عالية السرعة

RESUME

La quatrième génération des réseaux mobiles haut débit (4Glte), débute avec l'apparition de LTE, qui est une évolution à long terme. Cette nouvelle évolution a donné naissance à plusieurs types de services, avec une meilleure qualité de service, des hauts débits et une capacité élevée. Les techniques basées sur l'association des modulations à porteuses multiples sont aujourd'hui, reconnues comme des solutions à fort potentiel pour les futurs systèmes de radiocommunication.

utilisant la modulation numérique QAM(Quadrature Amplitude Modulation), dans le but de préserver puis d'améliorer les performances de la chaîne de transmission tel que le . La technique OFDM de modulation multi-porteuse sera utilisé pour moduler un signal de 4G transmuée par l'opérateur DJEZZY qui, malgré son efficacité, elle présente un PAPR assez élevé, donc un pic assez élevé. Parmi les solutions proposées à ce problème, nous citons SLM Résultats de simulation seront respectivement présentés.

Mots clés:4G lte, haut débit, OFDM, SLM.

ABSTRACT

The fourth generation of high-speed mobile networks (4Glte), begins with the appearance of LTE, long-term evolution. This new evolution has given rise to several types of services, with better quality of service, high flows and high capacity. Techniques based on the association of multi-carrier modulations are now recognized as potential solutions for future radiocommunication systems.

Using QAM (Quadrature Amplitude Modulation) modulation, with the aim of preserving and then improving the performance of the transmission chain such as the BER (Bit Error Rate). The multi-carrier modulation OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) technique will be used to modulate a 4G signal transmitted by operator DJEZZY which, despite its efficiency, presents a relatively high Peak to Average Power Ratio (PAPR) Peak quite high. Among the solutions proposed to this problem, we quote SLM . Simulation results will be presented respectively.

Key words: 4G lte, high-speed , OFDM, SLM.