

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Réalisé et présenté par :

Zaknoun Thanina
Ould-dris Sonia

Filière : Télécommunication

Spécialité : Réseaux et Télécommunications.

Thème

Optimisation Radio du réseau 4G

Mémoire soutenu publiquement le 03/07/2018 devant le jury composé de :

M. OUALOUCHE .F

Président.

Mr. LAZRIM

Encadreur.

M. HAMAG.S

Examineur.

Année Universitaire : 2017-2018

Remerciements

Avant tout nous remercions, **Allah** le tout puissant qui nous a donné la force et le courage de parvenir à réaliser ce travail.

On adresse nous remercions notre co-encadreur **M.DJADJA Souhyl** pour tout le temps qu'il nous a consacré et pour la qualité du suivi durant toute la période de notre stage.

Nous remercions **M.LAZRI** d'avoir encadré notre travail.

Nous remercions également **les membres du jury** d'avoir accepté de juger et évaluer notre mémoire, et de nous faire part de leurs précieuses remarques.

Nous voudrions remercier toutes les personnes qui nous ont encouragés et aidés pendant ce stage surtout l'équipe de **MOBILIS** : **M.ZEHRAOUI Samir**, **M.HIDOUCH Rabah**, **M.AYOUNI Boudjema**.

Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidés de près ou de loin durant notre travail.

Dédicaces

À Dieu source de toute connaissance

Je dédie ce travail

À la mémoire de mon oncle et de mon grand-père.

*À mes très chers parents qui m'ont soutenue durant toute ma vie, et qui
m'ont donnée la volonté d'arriver jusque-là.*

*À mon cher frère Rabah et à ma sœur Samia qui ont toujours été la
pour moi.*

À mes deux précieuses grand-mères

À mes oncles et à mes tantes.

À chaque cousin et cousine.

*À mes très chers amis : Anissa ,Abdenour, Fairouz
, Idir, Mouhamed, Titi,, Samira, Samir , Ouiza,*

À mon binôme Thanina ainsi qu'à sa famille.

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Sonia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe d'expression de toute mon affection et de ma grande gratitude pour mes chers parents, qui m'ont donné existence, amour, tendresse, confiance, qui m'ont soutenue dans toutes les circonstances de ma vie, qui m'ont toujours épaulé, aidé, encouragé.

À ma chère sœur SAMIRA pour sa tendresse, sa complicité et sa présence à mes côtés.

À mes frères TARIK et MOUMOUH pour leur précieux encouragement et aide.

À Mon adorable ami qui a su m'encourager, m'écouter et m'aider et m'a donné la force de continuer malgré les obstacles rencontrés.

À mon binôme Sonia ainsi que toute sa famille.

THANINA

Liste des acronymes

1G 1st Generation

2G 2nd Generation

3G 3rd Generation

3GPP 3rd Generation Partnership Project

4G 4th Generation

A

AM : Acknowledged Mode.

AUC: Authentication Center.

B

BSS: Base Station Subsystem.

BTS: Base Station Transceiver.

BSC: Base Station Controller.

BCH: Broadcast Channel.

BCCH: broadcast control channel.

C

CCH : Code de la construction et de l'habitation

CRC : Cyclic Redundancy Check.

CDMA : Code Division Multiple Access.

D

DCCH : Dedicated Control Channels.

DTCH : Dedicated Traffic Channel.

DL-SCH : Downlink Shared Channel .

DC-HSPA+: Dual call –High Speed Packet Access +.

E

eNode B: Evolved Node B .

EPC: Evolved PacketCore.

EIR: Enregistreur d'identification des équipements.

EDGE :Enhanced Data Rates for GSM.

E-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network .

F

FDD : Frequency Division Duplexing.

FDMA : Frequency Division Multiple Access.

G

GSM: Global Système for Communications

GPRS : General Packet Radio Service.

GMSK: Gaussian minimum-shift keying

H

HSS : Home Subscriber Server

HLR :Home Location Register

HSPA+ : High Speed Packet Access +

HARQ : Hybrid automatic repeat request

Liste des acronymes

I

IP: Internet Protocol.

IMEI : International Mobile Equipment Identity.

IMSI : International Mobile Subscriber Identity.

K

KPI : key performance indicators.

L

LTE : Long Term Evolution .

M

MS: Mobile Station.

MIB: Master Information Block

MAC : Media Access Control.

MSC :Mobile Switchng Center.

MCH :Multicast Channel.

MSK :Minimum-Shift Keying.

MME :Mobility Management Entity.

MCCH :Multicast Control Channel.

MTCH : Multicast Control Channel.

MIMO : Multiple-Input Multiple-Output.

MISO : Multiple Input, Single Output.

N

NSS : Network Sub System

NAS: Non Access Stratum

O

OFDM :Orthogonal Frequency Division Multiple

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access

P

PSK: Phase-shift keying

PSS: Primary Synchronisation Signal

PCH: Paging Channel

PRB :Physical Ressources Blocs

P- GW: Packet -Switch Gateway

PCRF :Policy and Charging Rules Function

PDCP : Packet Data Convergence Protocol

PCCH: Paging Control Channel

PDSCH :Physical Downlink Shared Channel

PDCCH : Physical Downlink Control Channel

PDSCH : Physical Downlink Shared Channel

PCFICH :Physical Control Format Indicator Channel

PUSCH: Physical uplink Shared Channel.

PUCCH :Physical uplink Control Channel .

PRACH : Physical Random Access Channel.

PAPR: Peak to Average Power Ratio.

PCI : Physical Layer Cell Identities.

PLMN :Public Land Mobile Network.

Q

QAM : Quadrature Amplitude Modulation

QoS : Quality of Service

QPSK Quadrature Phase Shift Keying

R

RS: Reference Signal.

RE : Resource Element.

RTC : Réseau Téléphonique Commuté.

RLC : Radio Link Control.

RNC: Radio Network Controller.

RRC : Radio Resource Control.

RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Service .

ROHC : Robust Header Compression.

RACH :Random Access Channel.

S

S1-C: S1-Contrôle

S1-U :S1-Usager

SIM :Subscriber Identity Module

SS7 :Signaling System 7

S-GW : Serving-Gateway

SSS : Secondary Synchronisation Signal

SIMO : Single Input Multiple Output

SC-FDMA : Single-Carrier Frequency Division Multiple Access

T

TM : Transport Mode

TTI :Transmission Time Intervall

TDD : Time Division Duplexing

TDMA: Time Division Multiple Access

U

UE :User Equipment

UM :Unacknowledged Mode

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System.

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network.

UL-SCH : Uplink Shared Channel.

V

VLR :Visitor Location Register.

VoIP: Voice over IP.

W

WAP : wireless access point

W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access.

WiMAX :Worldwide Interoperability for Microwave Access.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux mobiles.

Figure I.1: représentation graphique des cellules.....	4
Figure I.2: cellule macro.....	5
Figure I.3: cellule micro.....	5
Figure I.4: cellule pico	5
Figure I.5 : principe du handover.....	6
Figure I.6 : Schéma technique FDD.....	7
Figure I.7 : Schéma technique TDD.....	8
Figure I.8 : Evolution des réseaux mobiles.....	9
Figure I.9: Architecture du GSM	11
Figure I.10: signal utilisant une modulation MSK.....	16
Figure I.11: constellation de la modulation 8PSK.....	16
Figure I.12 : Structure de l'UMTS.....	17
Figure I.13: Génération de code au niveau de l'arbre.....	19
Figure I.14: principe de modulation QAM.....	20
Chapitre II: Les performances du réseau 4G	
Figure II.1 : La mobilité au sein de 4G.....	23
Figure II.2 :Architecture du réseau 4G/LTE.....	25
Figure II.3: Piles protocolaires 4G.....	29
Figure II.4: structure de la trame 4G.....	34
Figure II.5 : Grille de ressources temps fréquence.....	34
Figure II.6: Structure d'un bloc de ressource.....	35
Figure II.7: Types de modulations employées en 4G.....	37
Figure II.8: Différences entre l'OFDMA et le SC-FDMA.....	39
Figure II.9: Représentation d'un système MIMO.....	39

Liste des figures

Figure II.10 : illustration d'une collision.	42
Figure II.11: illustration d'une confusion.....	42
Figure II.12 : Emplacement du PSS et SSS dans la trame LTE.....	43
Figure II.13 : regroupement des sites « cluster ».....	45
Chapitre III : Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs	
Figure III.1 : Diminution du tilt de l'antenne de 3.5°.....	47
Figure III.2 : interface de citrix.....	48
Figure III.3 : Commande du changement de l'angle du tilt	48
Figure III.4 : Représentation des performances d'accessibilité de la cellule d'étude.....	49
Figure III.5 : Représentation de la variation de l'ERAB Drop Rate.....	51
Figure III.6 : Représentation du nombre d'essai environ 6000 vers cette cellule mais avec 0% succès.....	52
Figure III.7 : Représentation du nombre d'essai de la nouvelle cellule mais avec 100% succès.....	52
Figure III.8 : Représentation du taux de réussite du Handover pour la cellule 35206N.....	53
Figure III.9: Représentation du taux de réussite du Handover pour la cellule 16249N.....	54
Figure III.10 : interface principale.....	55
Figure III.11 :Table PCI Alger.....	56
Figure III.12 : Table PCI relation	57
Figure III.13 : cellule source	57
Figure III.14 : interface à introduction de distance	58
Figure III.15: Fichier Excel obtenu.....	58
Figure III.16 : cellules ayant le même PCI.....	59

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les réseaux mobiles.

Tableau I.1 : Différences entre FDD et TDD..... 8

Chapitre II: Les performances du réseau 4G.

Tableau II .1: Interfaces du réseau LTE 28

Tableau II.2: Tableau des différents canaux logiques.....31

Tableau II.3: Tableau des différents canaux de transports..... 32

Chapitre III : Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

Tableau III.1: résultat du Handover.....53

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les réseaux mobiles	
Préambule.....	3
I.1 Le concept cellulaire	3
I.2 Mobilité cellulaires :	6
I.3 Méthode de multiplexage :	7
I.3.1 FDD (Frequency Division Duplexing) :.....	7
I.3.2 TDD (Time Division Duplexing) :.....	7
I.3.3 Différences entre FDD et TDD :	8
I.4 L'évolution des réseaux mobiles :	8
I.4.1 La Première Génération Vers la deuxième génération (2G) :.....	9
I.4.2 GSM (Global Système for Communications) :.....	10
I.4.2.1 Architecture :	10
I.4.3 Technique d'accès :	14
I.4.3.1 FDMA (Frequency Division Multiple Access):	15
I.4.3.2 TDMA (Time Division Multiple Access):	15
I.4.4 Modulation utilisé dans GSM :	15
I.4.4.1 GMSK (Gaussian minimum-shift keying) :.....	15
I.4.4.2 Principe de la 8-PSk :	16
I.5 Passage de la 2G vers la 3G :.....	17
I.5.1 Architecture de l'UMTS :.....	17
I.5.2 Technologies d'accès :	18
I.5.2.1 Le codage en 3G:.....	18
I.5.2.2 Modulation 3G :	20
I.6 Passage à la 4G « LTE »	20
Discussion	21

Chapitre II : Les performances de réseau 4G

Préambule	22
II.1 Les caractéristiques fondamentales de la 4 G :	22
II.1.1 Débit sur l'interface radio :	22
II.1.2 Latence :	22
II.1.3 L'agilité en fréquence :	23
II.1.4 Mobilité :	23
II.1.4.1 Mode veille (Idle mode) :	24
II.1.4.2 Mode connecté (connected Mode) :	24
1. Le Handover :	24
2. Redirection :	24
II.1.5 Coexistence et interfonctionnement avec la 3G :	25
II.2 Architecture du réseau LTE :	25
II.2.1 L'UE :	25
II.2.2 L'accès radio eUTRAN :	26
II.2.3 EPC :	26
II.2.3.1 MME (Mobility Management Entity) :	26
II.2.3.2 HSS (Home Subscriber Server) :	26
II.2.3.3 S- GW (Serving Gateway):	27
II.2.3.4 P- GW (Packet -Switch Gateway):	27
II.2.3.5 PCRF (Policy and Charging Rules Function):	27
II.2.4 Les interfaces :	28
II.3 Pile protocolaire de LTE :	29
II.3.1 La couche Physique :	29
II.3.2 Couche liaison de données et accès :	30
II.3.2.1 MAC (Media Access Control) :	30
II.3.2.2 RLC (Radio Link Control).....	30

Table des matières

II.3.2.3 PDCP (Packet Data Convergence Protocol).....	30
II.3.3 La couche RRC :	30
II.3.4 NAS (Non Access Stratum) :	30
II.4 Les canaux :	31
II.4.1 Le concept de canaux :	31
II.4.1.1 Les canaux logiques :.....	31
II.4.1.2 Les canaux de transport :	32
II.4.1.3 Les canaux physiques :.....	32
II.5 Trame du réseau LTE :.....	33
II.5.1 Descendante :	33
II.5.1.1 Bloc de ressource physique :	34
II.5.2 Montante :.....	36
II.6 Les types de transmission utilisée dans la 4 G :	36
II.6.1 Modulation :	36
II.6.2 Principe de L'OFDM :	37
II.6.3 Avantages de l'OFDM :	37
II.6.4 Principe de l'OFDMA :	37
II.6.5 SC-FDMA :.....	38
II.6.6 Technologie MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) :.....	39
II.7 La Qualité de Service (QoS) :.....	40
II.7.1 Le but de la QoS :.....	40
II.8 PCI :.....	41
II.8.1 Collision :	41
II.8.2 Confusion :	42
II.8.3 Contexte technique du PCI :	43
II.8.4 Planification du PCI :	44
Discussion	45

Chapitre III : Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

Préambule	46
III.1 Etude de cas d'optimisation :	46
III.1.1 CAS 1: RACH succes rate improvement :	46
III.1.2 CAS 2: ERAB drop improvement :	49
III.1.2.1 Causes possibles d'un drop :	50
1. Drop ab normal :	50
2. Drop normal :	50
III.1.2.2 Amélioration des E-RAB drops :	50
III.1.3 CAS 3: PCI Confusion :	51
III.2 Simulation :	54
III.2.1 Création de l'application :	55
Discussion	59
Conclusion générale	60
Bibliographie	
Annexe	

Table des matières

Table des matières

An orange scroll graphic with a gradient, featuring a shadow and rounded corners. The scroll is positioned horizontally across the middle of the page, with its ends curled up like a scroll.

Introduction Générale

Le secteur des télécommunications joue un rôle dynamique et très important dans le développement de différentes activités. De ce fait, il a connu une évolution remarquable ces dernières années.

En effet, la saturation des réseaux **2G** et leurs limites en matière de débit et services, a favorisé le passage à une troisième génération représenté par la norme **UMTS** (Universal Mobile Télécommunications System) « **3G** » en profitant du progrès qu'a connu la technologie, ceci a apporté une amélioration du débit permettant de supporter de nouveaux services avec une bonne qualité de transmission de la voix et des données. Cependant, avec la demande croissante et l'augmentation du nombre d'abonnés, cette technologie ne permettait plus de répondre aux besoins. [1]

Il fallait donc pousser le développement vers d'autres améliorations pour augmenter la capacité des réseaux, ce qui a donné naissance à la quatrième génération **LTE** (Long Term Evolution) «**4G**» qui est un projet mené par **3GPP** (3rd Generation Partnership Project), il a créé un standard de technologie radio d'accès évolué offrant des services utilisant l'**IP** (Internet Protocol) avec un système toujours connecté (**always connected**).

Depuis novembre 2012, les opérateurs de téléphonie mobile se lancent dans le déploiement de la 4G.

L'optimisation des réseaux d'accès radio devient, pour un opérateur, un enjeu fondamental lui permettant de minimiser les investissements, réduire le nombre de sites à déployer, et de garantir une bonne qualité de service aux utilisateurs. Une fois le réseau est opérationnel, l'opérateur doit veiller à son bon fonctionnement.

Comme pour toutes les autres technologies, le haut débit mobile a ses propres défis, même si des efforts ont été faits jusqu'à présent pour que cela se réalise. Cependant, l'optimisation pour l'amélioration de la performance semble être inévitable à tout moment. [2]

A cet effet, dans le cadre de ce projet, nous nous sommes particulièrement intéressés à l'optimisation radio du réseau 4G LTE de la téléphonie mobile.

Pour bien mener notre travail, nous avons structuré notre mémoire comme suit :

Dans le premier chapitre nous avons abordé les concepts de base des réseaux mobiles et nous nous sommes intéressés aux différentes technologies mobiles qui ont précédé la quatrième génération.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude du réseau 4G LTE et comme fin on citera quelques problèmes liés à une mauvaise planification.

Le dernier chapitre se portera sur notre partie pratique dans laquelle nous avons élaboré un programme permettant une détection dynamique de mauvaise attribution du PCI pour permettre la diminution le taux de coupure d'appel.

Nous terminons notre mémoire par une conclusion dans laquelle nous mentionnons des perspectives de ce travail.

An orange scroll graphic with a gradient, featuring a shadow and a small circular detail at the top right corner. The text is centered on the scroll.

Chapitre I :

Généralités sur les réseaux mobiles.

Préambule

Dans ce premier chapitre, nous allons nous intéresser en premier lieu au principe de base des réseaux mobiles qui est le concept cellulaire ainsi qu'un autre principe utilisé dans toute génération mobile qui est le handover, celui-ci assure la mobilité en tout lieu et à tout moment, sans oublier les techniques de multiplexage employées. En deuxième lieu nous donnerons un aperçu sur les différents réseaux mobiles qu'a connu le monde jusqu'à ce jour, tout en débutant par les motivations du passage de la 1ere génération vers la deuxième, nous évoquerons les standards de la 2G ainsi que son architecture suivie par la troisième génération où on expliquera la différence avec l'ancienne génération. On clôturera ce chapitre par une introduction au réseau 4G ainsi que son architecture.

I.1 Le concept cellulaire :

Tous les réseaux mobiles sont basés sur le concept cellulaire. Le principe est de diviser le territoire en petites régions géographiques appelées cellules. Afin d'éviter tout problème d'interférence les cellules voisines doivent utiliser des fréquences différentes. Chaque cellule dispose de son propre émetteur récepteur, souvent appelé antenne, sous le contrôle d'une station de base, autrement dit à chaque cellule est associée une fréquence.

La couverture d'une station de base est limitée par plusieurs facteurs :

- La puissance d'émission nominale.
- La fréquence de la porteuse utilisée pour l'émission radioélectrique.
- Le réseau auquel elle est interconnectée. [3]

Graphiquement on représente une cellule par un hexagone, l'avantage de cette forme est qu'elle offre une même distance entre une antenne et ses voisines sans oublier que la juxtaposition de ces formes permet de recouvrir une région sans laisser de vide.

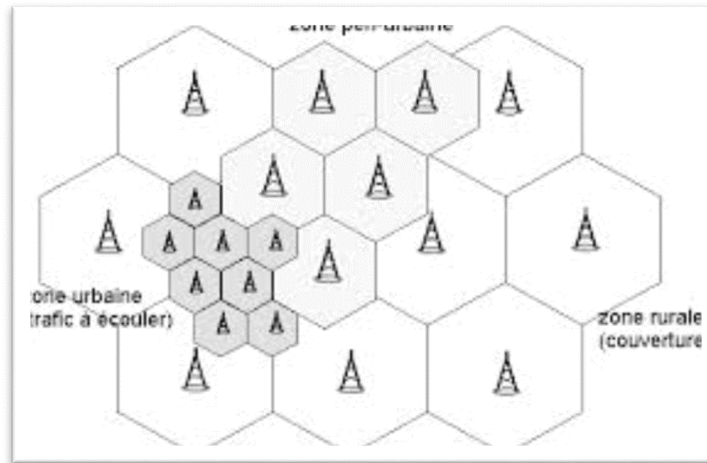


Figure I.1: représentation graphique des cellules.

Il existe des cellules de différentes tailles, chacune d'elle est utilisée dans la zone qui lui convient. Le choix d'une cellule s'établit selon plusieurs critères :

- Le nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone.
- La configuration du terrain (relief géographique, présence d'immeubles ...).
- Nature des constructions (immeubles en béton, Maisons)
- Localisation (rurale, urbaine)
- Densité des constructions.

Dans une zone rurale le nombre d'abonnés est faible et le terrain est plat donc les cellules déployées seront moins que celles utilisées en ville où la présence de bâtiments provoque de fortes atténuations et le nombre d'utilisateurs est plus élevé.

On distingue 3 types de cellules: [2]

- **Les cellules macro :**

-Cellules à rayon de quelques dizaines de kilomètre.

- Les macro-antennes sont placées à des positions élevées

(60, 80,100m) sur des immeubles, pylônes et les châteaux d'eau.

Les puissances théoriques d'émission des macro-antennes varient

de 200-500watts.



Figure I.2: cellule macro

- **Les cellules micro :**

Ces antennes renforcent la couverture, elles se trouvent généralement en intérieure ou dans des lieux de fort passage comme les galeries commerciales, gares.

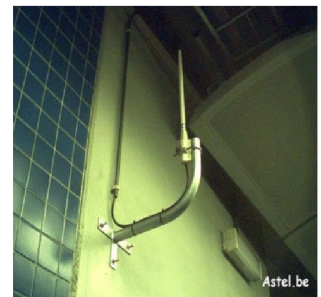


Figure I.3: cellule micro

- **Les cellules pico :**

Dans ce cas la couverture est moins importante (quelques dizaines de mètres de rayon) et de faible puissance, elle convient pour la propagation à l'intérieure de certains bâtiments comme dans les hôtels, immeuble de bureaux, etc.



Figure I.4: cellule pico

Ces trois types de cellules permettent aux opérateurs de créer un réseau multicouches leur offrant ainsi une manière de plus pour augmenter la capacité de leur réseau.

I.2 Mobilité cellulaire :

Transfert intercellulaire, il consiste à changer le point de connexion en plein service.

En d'autres mots:

Lorsqu'un utilisateur mobile se déplace d'une zone de couverture ou cellule à une autre cellule en cours de communication, l'appel devrait être pris en charge par une nouvelle cellule.

Pourquoi le transfert est-il nécessaire? [5]

- **les interférences** : l'utilisateur est victime de fortes interférences sur la cellule courante d'où le besoin de passer sur une autre cellule ou ces dernières sont moindres.
- **la congestion** : Le nombre des nœuds mobiles (utilisateurs) dans une cellule est très important (détérioration de la qualité du service), le mobile se connecte dans les cellules voisines qui sont moins encombrées.

Le nœud mobile quitte la zone de couverture de la cellule courante et communique à travers une nouvelle cellule

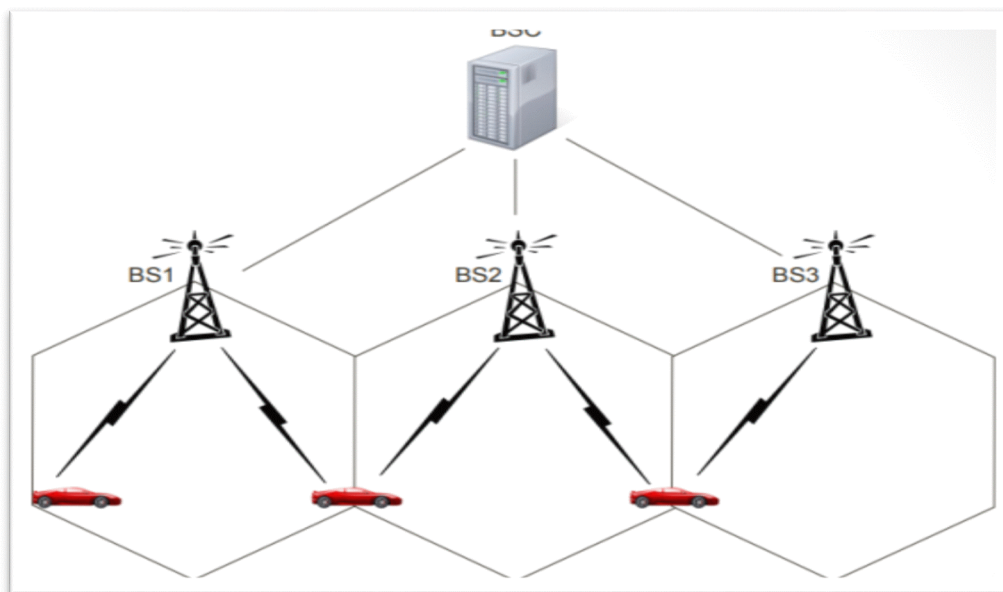


Figure I.5: principe du handover

I.3 Méthodes de multiplexage :

Deux types de méthodes de duplexage existent :

1. FDD : Frequency Division Duplexing
2. TDD : Time Division Duplexing

I.3.1 Multiplexage FDD

FDD désigne une méthode de duplexage dans le domaine des télécommunications sans fil et sur certains réseaux câblés. L'émission et la réception des données se font simultanément sur deux bandes de fréquences différentes, autrement dit, la fréquence de la porteuse du signal est différente selon le sens de transmission montant ou descendant. Ce principe est représenté dans la figure qui suit :

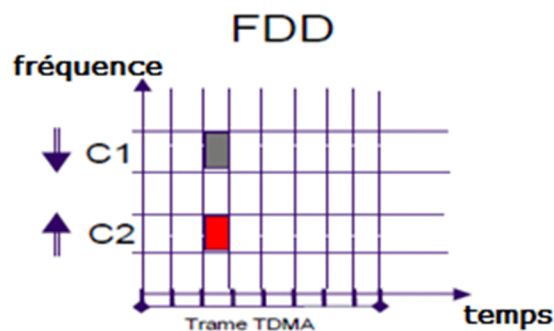


Figure I.6: Principe du FDD.

I.3.2 Multiplexage TDD

Le Duplex par séparation temporelle est une technique permettant à un canal de télécommunication la réception et l'émission sur la même fréquence porteuse mais à des temps différents (half duplexe). Elle est utilisée en Bluetooth et Mobile Wi MAX. La représentation suivante détaille ce principe.

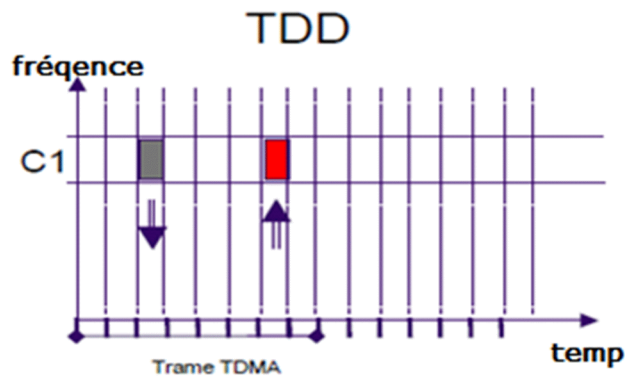


Figure I.7: Principe du TDD.

I.3.3 Différences entre FDD et TDD :

Ces deux méthodes sont utilisées chacune d'elle pour des fins bien déterminées et plusieurs différences existent entre elles, les plus importantes sont mentionnées dans le tableau suivant :

FDD	TDD
communication a faible latence	Communication a grande latence
Coûteux	Moins Coûteux
Utilise deux fréquences	Utilise une seul fréquence
Permet une communication simultanée (full duplex)	Une communication (half duplex)

Tableau I.1 : Différences entre FDD et TDD.

I.4 L'évolution des réseaux mobiles :

Les réseaux mobiles n'ont pas cessé de se développer et ce dès les années 80. Le premier réseau mobile découvert était la 1G. A cette époque elle était aperçue comme une révolution car c'était la première technologie qui permettait de communiquer tout en se déplaçant. Au fil

des années les recherches et les avancées se sont succéder et ont permis aujourd'hui la découverte de la 4G.

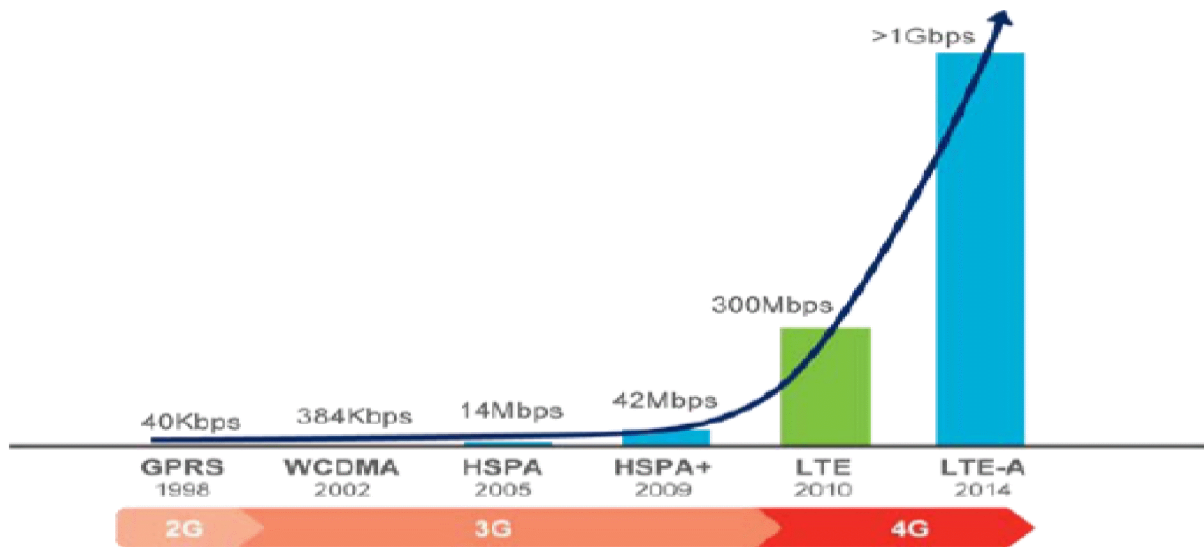


Figure I.8: Evolution des réseaux mobiles.

I.4.1 La Première Génération Vers la deuxième génération (2G)

La 1ère génération des téléphones mobiles a débuté dans le début des années 80 en offrant un service médiocre de communication mobile, médiocre mais aussi très couteux. La 1G présentait beaucoup d'inconvénients :

- Des normes incompatibles d'une région à une autre
- une transmission analogique non sécurisée (on pouvait écouter les appels)
- L'impossibilité d'itinérance internationale du a l'incompatibilité des systèmes
- La limitation de capacité de ces systèmes de l'ordre de quelques appels voix simultanés par cellule.

Tous ces inconvénients ont favorisé le passage à une nouvelle génération plus performante.

La 2G a marqué pour la téléphonie mobile le passage de l'analogique vers le numérique. Elle se caractérise par la possibilité d'avoir un échange de voix et du data. Ce système apporte une meilleure qualité ainsi qu'une plus grande capacité à moindre coût pour l'utilisateur.

Les standards utilisés par cette génération sont :

- **GSM (Global System for Communications)** : Il permet le transfert de la voix, de données numériques de faibles volumes tels que les SMS et MMS .Le débit maximale est d'environ de 9.6Kbits/s , deux bandes de fréquences sont utilisées celle de 900MHz et celle de 1800MHz
- **GPRS (General Packet Radio Service)** : Dite 2.5G, elle permet toujours le transfert de données numériques mais de volume plus élevé, le débit est supérieure à celui du standard précédent et il est compris entre 11.4 à 17.12 Kbits/s et il est basé sur le réseau IP.
- **EDGE (Enhanced Data Rates for GSM)** : Défini comme la 2.75G, elle permet le Transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit. Les débits sont de l'ordre de 50Kbits/s

Dans les prochains points, nous allons nous approfondir dans le standard GSM car celui-ci est le plus répandu dans le monde.

I.4.2 GSM (Global System for Communications) :

Norme européenne de la 2G la plus connue .Elle est idéale pour les communications de type voix (téléphonie) mais elle permet aussi le transfert de données numériques de faible volume (Data).

Le réseau GSM utilise 2 bandes de fréquences : 900MHz et 1800MHz, qui sont subdivisées en canaux(124).La bande passante de chacun de ces canaux est fixé à 200KHz soit 0.2MHz.

I.4.2.1 Architecture GSM :

Initialement, le 1G le réseau était composé d'une antenne (appelée station de Base ou BTS), d'un centre de commutation nommé MSC (Mobile Switchng Center). Par contre, l'architecture du réseau 2 G est devenue plus développée, de nouveaux équipements

ont été introduits et des interfaces sont utilisées pour assurer la liaison entre les différentes entités.

Les éléments de l'architecture d'un réseau GSM sont repris sur le schéma de la figure suivante :

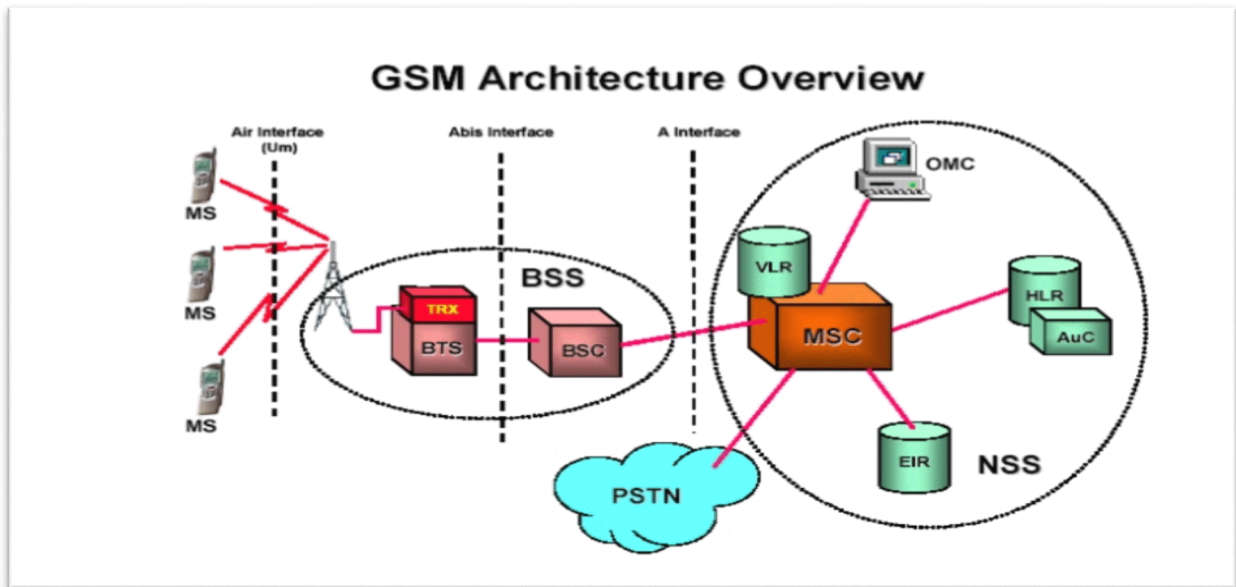


Figure I.9 : architecture GSM.

D'après la figure précédente, la structure peut être divisée en 3 blocs reliés entre eux par des interfaces, intéressons-nous en premier lieu aux différentes parties de la structure qui sont : [6]

a) MS (Mobile Station) :

Appelé aussi téléphone GSM : caractérisé par les deux entités suivantes :

- Le numéro d'équipement, IMEI (International Mobile Equipment Identity) mis dans la mémoire du mobile lors de sa fabrication. Il permet l'identification de manière unique chacun des terminaux de téléphonie mobile.
- Le numéro d'abonné IMSI (International Mobile Subscriber Identity) se trouve dans la carte SIM de l'abonné, permet l'identification d'un usager, il n'est pas connu par l'utilisateur.

b) BSS (Base Station Subsystem):

Il gère la transmission radio et il est constitué de plusieurs BTS et d'un seul BSC.

❖ BTS (Base Transceiver Station)

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs radio (TRX), sans grande intelligence. Sa capacité maximale est de 16 porteuses, grâce au principe TDMA elle gère plusieurs communications simultanément. Elle Prend en charge la modulation/démodulation, correction des erreurs, cryptage des communications, mesure qualité et puissance de réception.

❖ BSC (Base Station Controller)

C'est l'organe intelligent de toute la structure GSM, il pilote un ensemble de station de base .Il remplit différentes fonctions tant au niveau de la communication qu'au niveau de l'exploitation. Parmi les fonctions qu'elle réalise, on cite :

- Elle gère les ressources radio (allocation/désallocation de canal) au niveau des BTS en fonction de l'établissement et de la libération des communications.
- Elle exploite les mesures réalisées par les BTS, notamment la mesure du signal radio émis par les mobiles. Cela permet d'asservir la puissance émise par le terminal en fonction de sa distance à l'antenne (plus il est proche, moins sa puissance d'émission est importante), et également de détecter la nécessité de faire un handover.
- Elle assure également la concentration des communications sur interface avec le MSC.

c) NSS (Sous- Système Réseau) :

Le NSS comprend des bases de données et des commutateurs, il joue un rôle essentiel dans un réseau mobile.

Les éléments du NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de

connexions utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes : Chiffrement, authentification, roaming. Le NSS est constitué de :

❖ MSC (Mobile Switchng Center) :

Il est le cœur du réseau. Son rôle principal est d'assurer la commutation entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau commuté public (RTC) ou de son équivalent numérique, le réseau RNIS.

De plus, il participe à la fourniture des différents services aux abonnés tels que la téléphonie, les services supplémentaires et les services de messagerie. Il permet encore de mettre à jour les différentes bases de données (HLR et VLR) qui donnent toutes les informations concernant les abonnés et leur localisation dans le réseau.

❖ HLR (Home Location Register)

Base de données qui mémorise les informations relatives aux abonnés mobiles, un accès rapide de manière à garantir un temps d'établissement de connexion aussi court que possible. Il contient :

- toutes les informations relatives aux abonnés : le type d'abonnement, les services souscrits, le numéro de l'abonné (IMSI)
- Un certain nombre de données dynamiques telles que la position de l'abonné dans le réseau (son VLR).
- l'état du terminal (allumé, éteint, en communication, libre, . . .). Les données dynamiques sont mises à jour par le MSC. Cette base de données est souvent unique pour un réseau GSM et seules quelques personnes y ont accès directement.

❖ VLR (Visitor Location Register)

Cette base de données ne contient que des informations dynamiques et est liée à un MSC. Il y en a donc plusieurs dans un réseau GSM. Elle contient des données dynamiques qui lui sont transmises par le HLR avec lequel elle communique lorsqu'un abonné entre dans la zone de couverture du centre de commutation mobile auquel elle est rattachée. Lorsque l'abonné quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR; les données suivent l'abonné en quelque sorte.

❖ AUC (Authentication Center):

Lorsqu'un abonné passe une communication, l'opérateur doit pouvoir s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un usurpateur. Le centre d'authentification remplit cette fonction de protection des communications, il protège aussi le système de toute forme de fraude.

❖ EIR (Enregistreur d'identification des équipements) :

Malgré les mécanismes introduits pour sécuriser l'accès au réseau et le contenu des communications, le téléphone mobile doit potentiellement pouvoir accueillir n'importe quelle carte SIM de n'importe quel réseau. Il est donc imaginable qu'un terminal puisse être utilisé par un voleur sans qu'il ne puisse être repéré. Pour réaliser ceci on utilise le IMEI, ce dernier est marqué comme invalide si le téléphone a été volé.

d) Interfaces :

Interface Um : C'est l'interface entre les sous-systèmes MS et le BSS .On la nomme couramment «Interface Air» ou « interface radio »

Interface Abis : C'est l'interface entre la BTS et le BSC

L'interface A : C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS et le NSS

Pour un téléphone mobile, la norme GSM utilise des bandes de fréquences pour émettre et recevoir les données (en général voix) .Pour cela chaque mobile est supposé comme un modem (fait de la modulation et de la démodulation).

I.4.3 Techniques d'accès :

L'objectif principal dans la conception du système cellulaire est d'être en mesure d'augmenter la capacité du canal, c'est-à-dire de gérer autant d'appels possible dans une bande passante donnée avec un niveau de qualité de service suffisant.

Il existe deux technique permettent l'accès :

1. FDMA (Frequency Division Multiple Access)
2. TDMA (Time Division Multiple Access)

I.4.3.1 FDMA (Frequency Division Multiple Accesses) :

Chaque utilisateur transmet sans limite de temps, mais en utilisant seulement une partie de la totalité de la bande passante disponible.

A chaque utilisateur est allouée une fréquence qui lui est propre. (Les utilisateurs communiquent tous en même temps mais sur des fréquences différentes).

Si un canal FDMA n'est pas utilisé, il reste inactif et il ne peut pas être utilisé par d'autres utilisateurs. Généralement, pour le Full-Duplex le FDMA est combiné avec FDD. [7]

I.4.3.2 TDMA (Time Division Multiple Access):

Chaque utilisateur est autorisé à transmettre uniquement dans le délai spécifié, les différents utilisateurs transmettent à différents moments (**Time-Slots**).

Lorsque les utilisateurs transmettent, ils occupent toute la largeur de bande de fréquence (parlent tous sur une même fréquence mais à des temps différents). En Full-Duplex le TDMA est combiné avec TDD.

Il est fréquemment utilisé pour les transmissions radio de voix et de données.

I.4.4 Modulation utilisé dans GSM :**I.4.4.1 GMSK (Gaussian minimum-shift keying):[8]**

La modulation à décalage minimum gaussien ou GMSK, modulation à phase continue.

Utilisée pour fournir une transmission de données avec une utilisation efficace du spectre.

GMSK = MSK + FILTRE GAUSSIEN.

• MSK (minimum-shift keying) :

La modulation **MSK** est une modulation par déplacement de fréquence à phase continue. Elle utilise deux symboles « 0 » ou « 1 », chaque symbole correspond à une fréquence « F ».

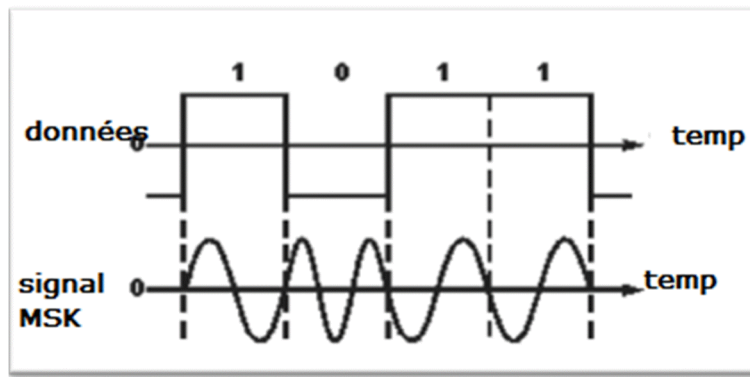


Figure I.10: signal utilisant une modulation MSK

- **Filtre Gaussien :**

C'est un filtre passe bas à coupure nette et de bande passante étroite. La réponse impulsionnelle est sous forme gaussienne.

Il est utilisé afin de réduire les dépassements du spectre du signal MSK qui dépasse la bande passante des données.

I.4.4.2 Principe de la 8-PSK (Phase-shift keying) :

Modulation numérique à variation de phase dont chaque phase est codée sur 3 bits \Rightarrow 8 symboles.

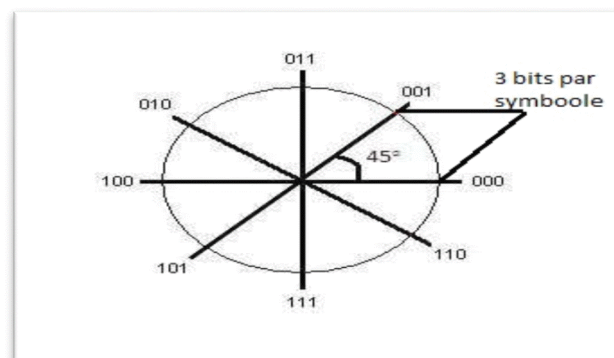


Figure I.11: constellation de la modulation 8PSK.

I.5 Passage de la 2G vers la 3G :

Le réseau 3G est certainement le plus populaire et le plus connu du grand public puisque il a marqué l'avènement et l'essor des Smartphones .Les abonnés ont la possibilité de se connecter a internet d'envoyer des photos et cela grâce a un débit convenable de 1.9Mb/s et à une vitesse 5 fois supérieurs aux générations précédentes. Elle englobe notamment la technologie UMTS qui est la norme la plus utilisée en Europe .L'UMTS se caractérise par des débits théoriques de l'ordre de 2 Mbits/s et pratiques de l'ordre de quelques centaines de Kbits/s. En quelques années, des extensions ont été mises au point afin d'améliorer des débits proposés On observe notamment 3 sous technologies

- **HSPA+ (High Speed Packet Access +)** : Génération 3.75G se caractérise par un débit maximum théorique de 21Mbits/s et pratique de 5Mbits/s.
- **DC-HSPA+ (Dual call –High Speed Paket Access +)** : Débit Maximum théorique de 42Mbits/s et pratique de 10Mbits/s.

Elle est apparue dans le but d'accroître les débits fournis par la 2 G ainsi la création d'un système compatible mondialement et technologiquement.

Dans notre travail nous allons nous concentrer sur la technologie la plus rependue qui es la plus rependue et la plus utilisée soit l'UMTS.Pour cela, commençons par son architecture.

I.5.1 Architecture de l'UMTS :

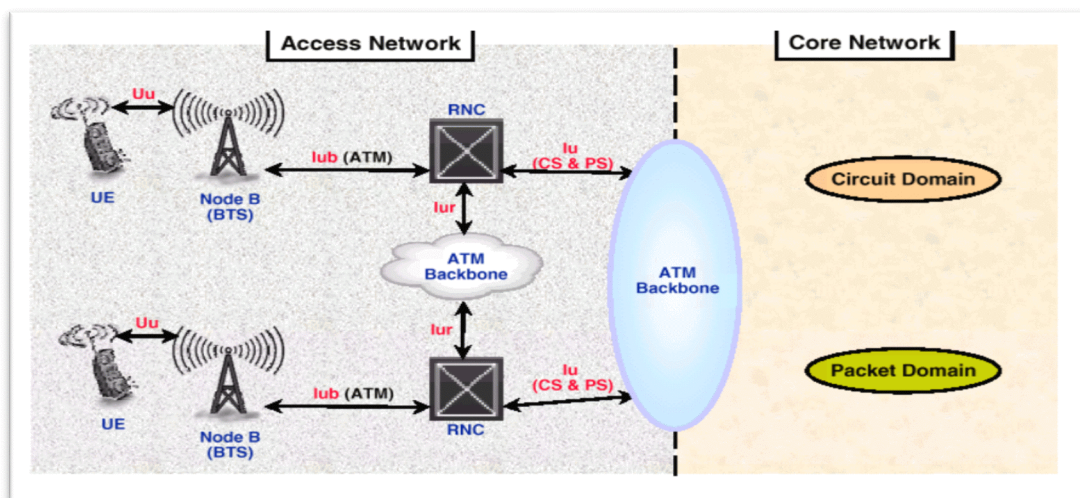


Figure I.12 : Structure de l'UMTS.

- **Différence entre la structure GSM/UMTS**

1. MS → UE,

BTS → NodeB,

BSC → RNC.

2. les interfaces :

Um → Uu interface entre UE et NodeB.

Abis → Iub relie la NodeB et RNC.

A → Iu (Ps, Cs) Interface externe qui relie le RNC au cœur du réseau.

3. Circuit Domain : Il permet la gestion des services en temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphoniques), jeux application multimédia.

4. Packet Domain : il permet de gérer les services qui ne sont pas en temps réels, la navigation internet, utilisation des e-mails.

I.5.2 Technologies d'accès :

I.5.2.1 Le codage en 3G :

Comme cité précédemment, la technique d'accès utilisé en 2G était les times slot, à l'aide des techniques TDMA et FDMA .Dans la troisième génération, le même temps et la même fréquence sont utilisés, mais quel est donc le moyen qui pourrait nous permettre cela ?

- **Code orthogonal :**

A chaque utilisateur on attribue un code propre lui et grâce a l'orthogonalité de ces codes, la communication simultanée à la même fréquence porteuse devient possible. Ces derniers sont générés dans un arbre de **512 niveaux**, chaque niveau correspond à un SF. Par exemple, pour la voix le codage est fixé à **SF128**, La vidéo à **SF64**. Pour garantir et maintenir l'orthogonalité de ces codes, il faudra suivre quelques consignes dont l'une d'elle stipule que lorsqu'un code est utilisé, par conséquent tous les codes mères ainsi qu'enfants ne pourront plus être employés.

Plus la qualité du signal est meilleure moins l'information nécessitera d'être codée autrement dit dans un intervalle de temps T, on aura plus une quantité d'informations que de code. Ceci est valable dans le cas contraire ce qui veut dire que si la qualité du signal est mauvaise on aura besoin d'utiliser plus de codes, ce dernier sera dominant par rapport à l'information. Autrement dit, Le débit de codage dépend de la qualité du signal.

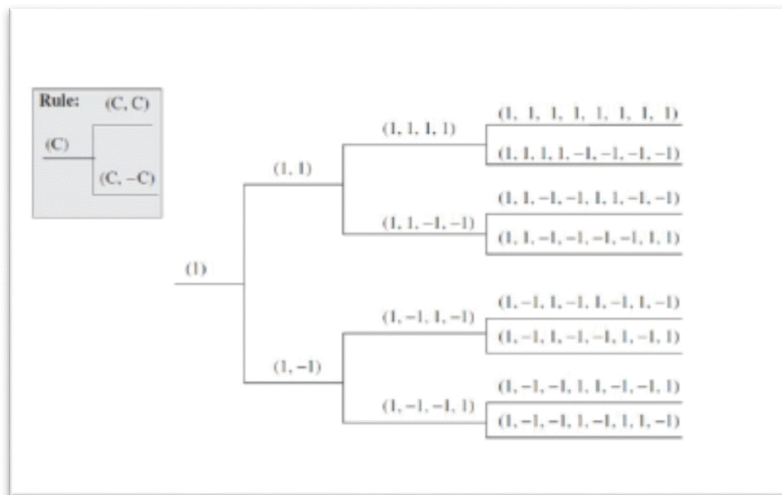


Figure I.13: Génération de code au niveau de l'arbre.

a) CDMA (Code Division Multiple Access) : [9]

Le CDMA appartient à la classe des multiplexages dits à étalement de spectre. En effet, chaque utilisateur émet sur toute la largeur de bande du canal de communication en même temps que les autres usagers. Le principe est le suivant: à chaque utilisateur correspond un code (code orthogonale) avec lequel le message est codé avant d'être émis et à la réception, le récepteur pourra lire le message à partir de la connaissance de code de son émetteur.

b) WCDMA (Wideband CDMA)

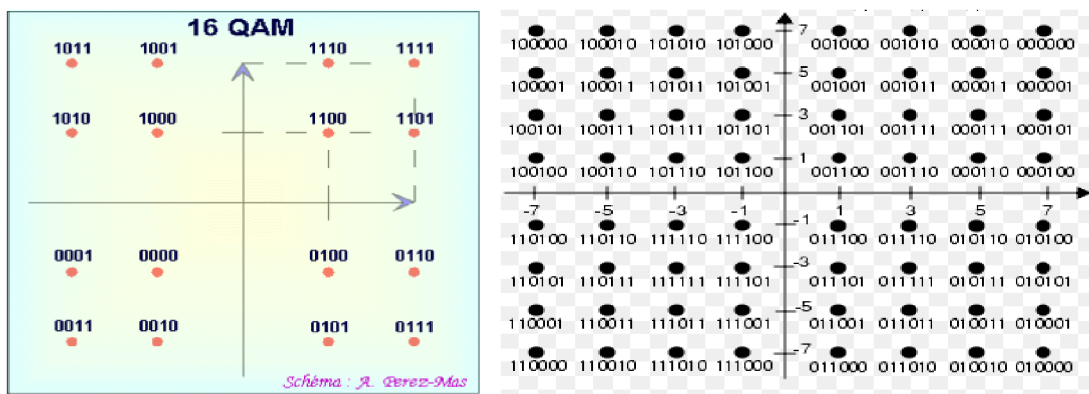
Le WCDMA est une technique de codage utilisée dans la partie radio (UTRAN) des réseaux de téléphonie mobile UMTS (3G). C'est une variante du CDMA. Ce dernier utilise des bandes de fréquences de 1.25MHz tandis que le WCDMA utilise des bandes de fréquences de 5MHz

I.5.2.2 Modulation 3G :

En 3G, le principe reste le même, la modulation est toujours employée, mais étant donné que les conditions radios sont meilleurs, on peut aisément utiliser de nouveaux types de modulations.

- **QAM (Quadrature Amplitude Modulation) : [10]**

Modulation numérique, basée sur une variation simultanée de phase et de fréquence. Les deux types utilisés en 3G sont : le 16-QAM et 64-QAM.



16QAM 4bits/symbole

64QAM 6bits/symbole

Figure I.14: principe de modulation QAM.

Avantages de QAM :

- Augmenter le débit entités par seconde sans augmenter pour autant la largeur du canal de communication.
- Diminuer l'immunité au bruit du signal modulé.

I.6 Passage à la 4 G :

La troisième génération a été aperçue comme une avancée révolutionnaire pour le monde des télécommunications ainsi le nombre d'utilisateurs n'a pas cessé de croître avec le nombre de demande de services et avec les nouvelles applications qui demandaient plus de débits les ressources que proposaient la 3G devinrent insuffisantes.

Tout cela a favorise le passage vers une nouvelle technologie mobile qui répondait aux attentes des abonnés et qui corrigeait les limites de la 3G, cette technologie est la 4G appelée la 4G LTE (Long Term Evolution).

Discussion

Ce chapitre a été consacré plus particulièrement à l'étude des technologies mobiles notamment la deuxième et la troisième génération, on a essayé d'expliquer les points essentiels parce que en réalité tout cela reste vaste et qu'une thèse toute entière ne serait suffisante pour tout détailler. Pour finaliser cette première partie, nous avons évoqué le passage à la 4eme génération. Celle –ci fera l'objet de notre prochain chapitre.

An orange scroll graphic with a gradient and rounded corners, featuring a shadow effect. The scroll is positioned horizontally in the center of the page.

Chapitre II

Les performances du réseau 4G

Préambule

Dans la fin du premier chapitre, nous avons commencé à s'intéresser à la 4eme génération et aux limites des générations précédentes qui ont conduit à la migration vers la 4G.

Quand au deuxième chapitre, il sera entièrement consacré à l'étude de cette quatrième génération. En premier lieu, nous donnons les caractéristiques de celle-ci tout en introduisant de nouvelles notions telles que celles de la couche protocolaire et pour mieux assimiler ce qui se passe réellement lors du transfert de l'information, nous allons nous intéresser à la trame LTE. Comme fin, nous parlerons de l'identifiant des cellules qui est en pratique est nommé le PCI utilisé pour l'évaluation de qualité du réseau qui est l'objet de notre travail.

II.1 Les caractéristiques fondamentales de la 4 G :**II.1.1 Débit sur l'interface radio :**

L'interface radio E-UTRAN doit pouvoir supporter un débit maximum descendant instantané(du réseau au terminal) de 100 Mbit/s en considérant une allocation de bande de fréquence de 20 MHz pour le sens descendant et un débit maximum montant instantané (du terminal au réseau) de 50 Mbit/s en considérant aussi une allocation de bande de fréquence de 20 MHz.

II.1.2 Latence :

La latence d'un système est la mesure du délai introduit par ce système. On distingue deux types de latences :

- a) La latence du plan de contrôle, représente le temps nécessaire pour établir une connexion et accéder au service.
- b) La latence du plan usager, représente le délai de transmission d'un paquet au sein du réseau une fois la connexion établie. La LTE vise une latence du plan usager inférieure à 5 ms dans des conditions de faible charge du réseau et pour des paquets IP de petite taille.

II.1.3 L'agilité en fréquence :

Le LTE doit pouvoir opérer sur des porteuses de différentes largeurs afin de s'adapter à des allocations spectrales variées. Les largeurs de bande initialement requises ont par la suite été modifiées pour devenir les suivantes : 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz et 20 MHz.

II.1.4 Mobilité :

Assuré à des vitesses comprises entre 120 et 350 km/h. Le Handover pourra s'effectuer (la LTE ne permet que le hard Handover et non pas le soft Handover) dans des conditions où l'utilisateur se déplace à grande vitesse.

Comme on l'a déjà introduit dans le premier chapitre, le handover (HO) est la procédure clé pour s'assurer que les utilisateurs peuvent se déplacer librement dans un réseau connecté à des services de haute qualité.

Dans le système LTE On distingue deux modes de mobilités : Mode connecté (connected Mode), Mode veille (Idle mode).

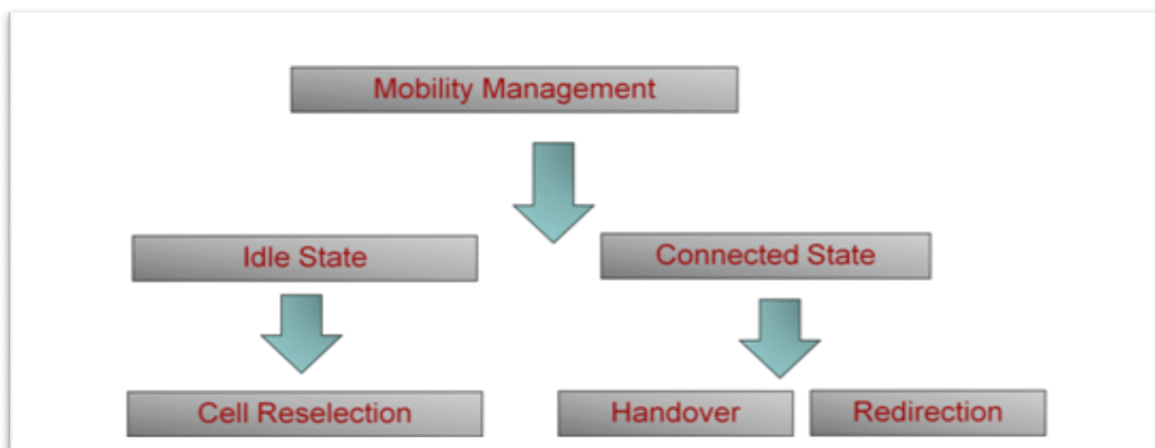


Figure II.1 : La mobilité au sein de la 4G

II.1.4.1 Mode veille (Idle mode)

Un UE qui est mis sous tension, mais qui n'a pas une connexion RRC au réseau radio est défini comme étant en mode veille.

Dans le cas de la gestion du mode veille, l'eNodeB envoie des Configurations par information du système de diffusion, par conséquent l'UE sélectionne la cellule dont la qualité est meilleure.

Il commence par la sélection du PLMN, Il analyse toutes les fréquences porteuses E-UTRAN qu'il est capable de recevoir et recherche la cellule la plus forte de chacune d'elles. Ensuite il sélectionne le meilleur PLMN.

Après la sélection du PLMN, l'UE réalise la sélection des cellules où il décide à quelle fréquence de la cellule il devrait se lier.

II.1.4.2 Mode connecté (connected Mode) :**1. Le Handover :**

Le handover est basé sur une simple idée : lorsqu'un UE perd la couverture radio d'eNodeB source (service se détériore) alors qu'il s'approche d'une autre couverture radio eNodeB, une nouvelle connexion doit être établie sur cette nouvelle station de base afin d'assurer la continuité de la communication tout en interrompant la connexion avec l'ancienne antenne.

En outre, Les raisons de déclencher un processus de transfert sont la nécessité de l'UE pour une meilleure qualité de service, ce qui peut amener l'UE à rechercher des stations de base offrant de meilleures conditions de service.

On peut distinguer trois phases dans la réalisation d'un handover :

- la phase de mesure sur la cellule serveuse et sur les cellules voisines, l'eNodeB fournit la configuration de mesure à l'UE et attend un rapport de mesure de l'UE.
- la phase de préparation de la cellule cible.
- la phase d'exécution, c'est-à-dire la bascule de l'UE et des flux de données, puis la relâche des ressources dans la cellule d'origine.

2. Redirection :

Lorsque l'UE se synchronise avec une cellule et qu'il trouve que cette dernière est congestionnée, l'eNodeB cherche une autre cellule qui puisse prendre en charge le mobile.

II.1.5 Coexistence et interfonctionnement avec la 3G :

Le handover entre E-UTRAN et UTRAN doit être réalisé en moins de 300 ms pour les services temps-réel et 500 ms pour les services non temps-réel. Il est clair qu'au début du déploiement de la LTE peu de zones seront couvertes. Il s'agira pour l'opérateur d'assurer que le handover entre LTE et la 2G/3G soit toujours possible.[11]

II.2 Architecture de réseau LTE : [12]

L'architecture générale du réseau 4G est composée de 2 parties qui sont le réseau d'accès radio terrestre universel évolué (E-UTRAN) qui est le réseau d'accès radio pour l'EU(Equipment User) , et le cœur de paquets évolué (EPC) qui est le cœur du réseau

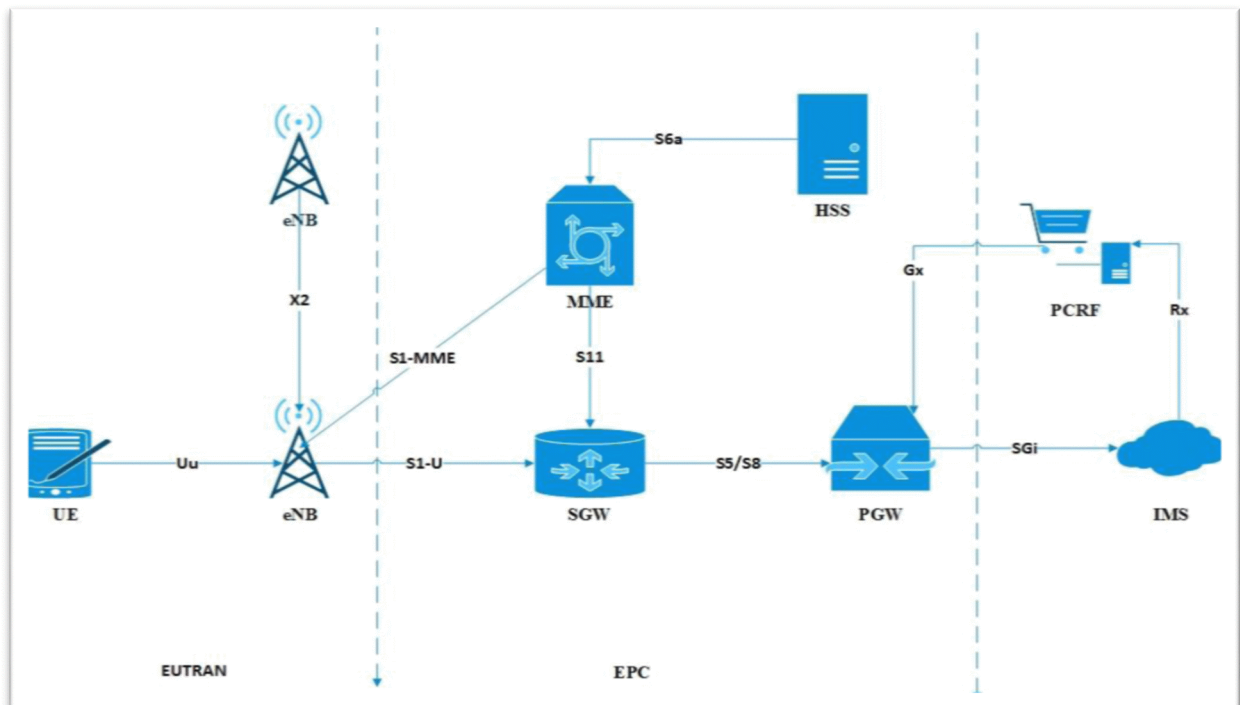


Figure II. 2: Architecture du réseau 4G /LTE .

II.2.1 L'UE (User Equipment) :

L'équipement utilisateur ou User équipement est le terminal mobile d'un utilisateur qui est muni d'une carte USIM « Universsal Subscriber Identity Mobile », elle possède les identifiants de l'abonné et assure certaines fonctionnalités de sécurité, l'UE est équivalent au MS dans le réseau GSM. Il doit être compatible au réseau 4G qui permet un débit théorique de 100 Mbits/s.

II.2.2 L'accès radio eUTRAN (evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) :

Il désigne la partie radio d'un réseau de téléphonie mobile LTE Advanced et contrairement aux générations précédentes cette partie est plus simplifiée. Elle est responsable du management des ressources radio, la porteuse, la compression, la sécurité, et la connectivité vers le réseau cœur évolué. Elle est composée d'un ensemble d'**ENodeB**.

➤ ENodeB :

L'eNodeB est l'équivalent de la BTS dans le réseau GSM et NodeB dans l'UMTS, il constitue l'élément essentiel du réseau radio LTE (e-UTRAN). Le RNC présent dans la 3G a été intégré dans L'eNodeB ce qui lui permet de gérer la fonction de contrôle.

II.2.3 EPC (Evolved PacketCore) :

Le cœur de réseau appelé « EPC » utilise des technologies « full IP » Il est basé sur les protocoles d'internet. Grâce à des routeurs, il permet l'interconnexion avec d'autres équipements tels que des eNodesB éloignés ou vers le milieu extérieur notamment avec les réseaux des autres opérateurs, le réseau de téléphone fixe ainsi que le réseau internet.

EPC Simplifie le réseau d'architecture à tout IP, basé sur les protocoles Internet pour la signalisation qui permet des temps de latence réduits, comme il assure la mobilité entre les systèmes à base 3GPP, et autre non basés sur la 3GPP par exemple WIMAX et CDMA200

Il est composé de quatre blocs qui sont :

II.2.3.1 MME (Mobility Management Entity) :

Le MME est le nœud de contrôle qui gère la signalisation entre l'UE et le réseau cœur. Il est responsable de la gestion de la connexion de signalisation et de sécurité entre le réseau et l'UE.

Il a aussi comme charge de maintenir un contexte de l'UE tant que celui-ci est enregistré au réseau. Ce contexte contient notamment les paramètres de sécurité et les capacités radio et réseau de l'UE.

II.2.3.2 HSS (Home Subscriber Server) :

Le HSS se présente comme une version évoluée du HLR (Home Location Register). La

différence avec la 2G et la 3G réside dans les interfaces exploitées pour mener vers le HLR. Le HSS représente une base de données permet de stocker des informations d'abonnement pouvant servir au contrôle des appels et à la gestion des sessions des utilisateurs utilisées aussi par la 2G et la 3G.

II.2.3.3 S-GW (Serving Gateway):

Les fonctions de l'entité Serving GW incluent :

- point d'ancrage pour les bearers de données lorsque l'UE est en mobilité entre plusieurs eNodeB
- Point d'ancrage pour le handover LTE et les réseaux 2G/3G. Il relaie les paquets entre les systèmes 2G/3G et le PDN-GW. Lors d'une mobilité entre LTE et Les réseaux 2G/3G paquet.
- La S-GW conserve également contextes sur les bearers de l'UE lorsqu'il est en veille. Si elle reçoit des données destinées à un UE en veille, la S-Gw contacte le MME pour notifier l'UE et rétablir ainsi les bearers associés aux contextes.
- Interception légale des flux média et contrôle. Le Serving GW est sur le chemin de signalisation pour l'établissement/ la libération de bearer et sur le chemin du média (paquets de données échangés par l'UE).
- Routage et relai des paquets. Le Serving GW route les paquets sortant au PDN GW approprié et relaie les paquets entrants à l'eNodeB servant l'UE.

II.2.3.4 P- GW (Packet -Switch Gateway):

La P-GW a pour rôle d'allouer une adresse IP à l'UE. Elle permet également de mettre en application la qualité de service. La P-GW alloue ainsi des paquets IP transférés au sein de bearers de QoS différentes et joue ainsi un rôle déterminant dans le cadre de la gestion de la qualité de service.

II.2.3.5 PCRF (Policy and Charging Rules Function):

Le PCRF est un nœud optionnel au sein de l'architecture EPC.

Une entité qui exécute principalement deux grandes tâches : gérer la QoS que requiert le réseau et les politiques de facturation qui doivent être prises en compte par le P-GW et

applicables en fonction des actions de l'utilisateur (tarification). Le PCRF s'assure que le traitement appliqué est en accord avec le profil souscription de l'utilisateur.

Par exemple, si l'usager fait transiter sur son default bearer des flux WAP et des flux de streaming, il sera possible au PDN GW de distinguer ces deux flux et de taxer le flux WAP sur la base du volume alors que le flux de streaming sera taxé sur la base de la durée.

II.2.4 Les interfaces :

Le système LTE consiste en plusieurs interfaces, comme le tableau (II-1) le décrit :

Interfaces	Fonctionnement
Uu	Interface radio entre l'UE et l'eNode B.
S1-U	L'UE se connecte à l'EPC (S-GW) dans le plan d'utilisateur à travers le S1-U. Il transporte les données utilisateur entre l'eNode B et le S-GW. Il utilise les protocoles IP: GTP (GPRS Tunneling Protocol), UDP (User Datagram Protocol), IP (Internet Protocol)
X2	Interconnecte les eNodeBs (Paires) directement et utilise les mêmes protocoles que l'interface S1. Les fonctionnalités suivantes sont mises en œuvre sur cette interface: la mobilité, l'équilibrage de charge et gestion d'interférence.
S1-MME	Il transporte uniquement la signalisation entre l'eNodeB et le MME.
S11	Interface entre le MME et le S- GW pour les fonctions de gestion de session.
S6a	Interface entre le MME et le HSS. Permet le transfert des données d'abonnement.
S5 / 8	Interface entre le S –GW et P- GW.
S7	Interface entre le P-GW et PCRF.
S10	Echange de contextes et d'autres informations entre les MMEs.
SGi	Interface entre le PDN-GW et le réseau de données par paquets qui peut être un opérateur public ou un réseau externe.

Tableau II .1: Interfaces du réseau 4G

II.3 Pile protocolaire de LTE : [13]

On a vu précédemment qu'au sein du réseau 4G que la communication entre les différents équipements était assurée par des interfaces. Parmi ces interfaces, on trouve l'interface Air qui assure la connectivité entre l'eNodeB et l'UE et cela à travers les différents canaux et les différentes couches du LTE et qui peut être divisé en deux parties, une partie contrôle et une partie usager.

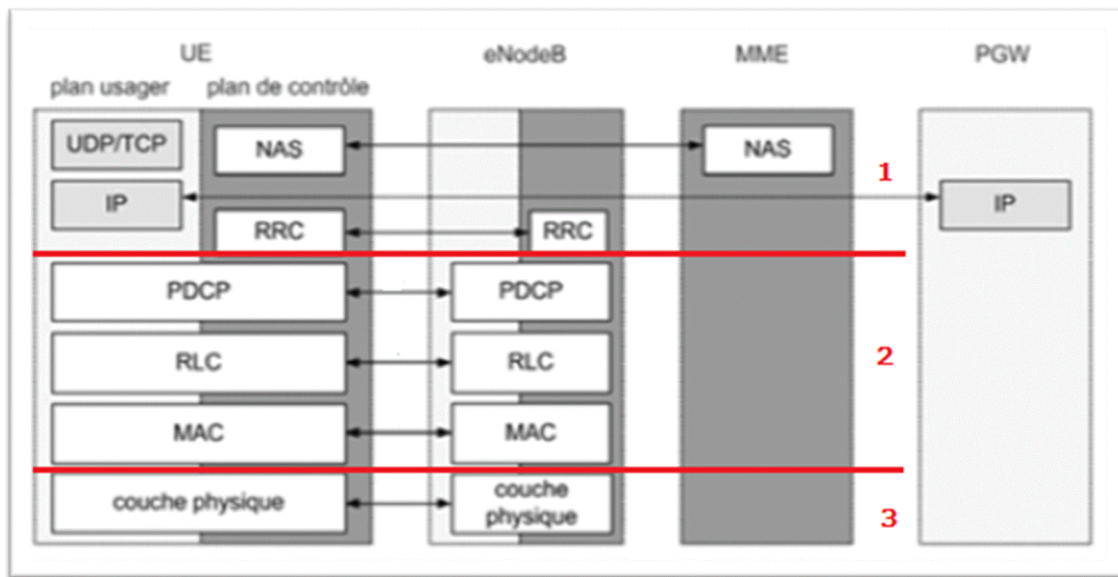


Figure II.3: Piles protocolaires 4G.

On définit les trois couches suivantes :

- La couche physique (3)
- La couche liaison de données (2)
- La couche qui héberge les protocoles de contrôle (1)

II.3.1 La couche Physique :

Fournit des fonctionnalités de base pour la transmission des signaux sur l'interface Air. Cette dernière utilise la technique OFDMA dans la liaison descendante et SC-FDMA dans la liaison montante. La couche physique utilise des canaux physiques pour transmettre des données tel que le PDCCH, PCFICH, et PDSCH.

II.3.2 Couche liaison de données et accès :**II.3.2.1 MAC (Media Access Control):**

La sous-couche MAC est parmi les plus importantes couches du modèle, elle permet l'accès et l'adaptation au support de transmission. L'une de ses fonctions les plus importantes est la correction d'erreurs où le récepteur envoie à l'émetteur un message d'acquittement « HARQ », mécanisme à capacité de correction d'erreur qui retransmet automatiquement les données si l'acquittement n'est pas reçu.

II.3.2.2 RLC (Radio Link Control):

Elle propose des services destinés à augmenter la fiabilité des échanges à remettre en séquence les messages, à gérer la segmentation mais cela se fait en déterminant la latence c'est pourquoi ses services sont optionnels.

RLC propose trois modes de fonctionnement : TM (Transport Mode) adapté aux messages courts tels que la signalisation, UM (Unacknowledged Mode) adapté aux communications VoIP et AM (Acknowledged Mode) adapté aux fichiers (jeux en ligne, streaming).

II.3.2.3 PDCP (Packet Data Convergence Protocol) :

- Assure l'interface entre les paquets RRC et IP.
- Prend en charge la compression/décompression des entêtes ROHC (Robust Header Compression) liés aux données utilisateurs ainsi que le chiffrement/déchiffrement.

II.3.3 La couche RRC :

La couche RRC est la couche clé dans le processus de signalisation. Elle supporte plusieurs fonctions entre l'UE et l'eNodeB comme : la gestion de connexion RRC, l'établissement et la libération des ressources radio, la transmission des messages de signalisation vers et à partir du EPC.[14]

II.3.4 NAS (Non Access Stratum) :

Le NAS est responsable de plusieurs tâches de contrôle comme l'authentification, la gestion de la mobilité ainsi que la signalisation entre UE et MME. Les protocoles NAS assurent

l'établissement d'une connexion sécurisée entre l'UE et le réseau cœur et la gestion des appels vers l'UE.

II.4 Les canaux : [15]

II.4.1 Le concept de canaux :

Ils sont utilisés pour séparer les différents types de données et leur permettre d'être transportées à travers le réseau d'accès radio d'une manière ordonnée.

Le système LTE de manière similaire a l'UMTS utilise le concept de canal et cela afin d'identifier le type de données transportées sur l'interface radio .On distingue trois types de canaux :

II.4.1.1 Les canaux logiques :

Ils sont caractérisés par le type d'information qu'ils transportent et on compte deux types de canaux logiques : les canaux de contrôle et les canaux de trafic.

Les canaux logiques de contrôle sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan de contrôle, et les canaux logiques de trafic pour les transferts des données utilisateur du plan usager au niveau de la couche RRC.

Nom du Canal	Canal de contrôle	Canal de trafic
BCCH	*	
PCCH	*	
CCH	*	
DCCH	*	
MCCH	*	
DTCH		*
MTCH		*

Tableau II.2: Tableau des différents canaux logiques.

On peut procéder a l'explication de quelques canaux, ceux qu'on trouvera dans la trame LTE, notamment comme :

- BCCH : canal qui permet de diffuser les informations de base d'une cellule permettant l'accès tels que son identifiant, la largeur de bande à utiliser ainsi que la liste des cellules voisines (GSM.UMTS...).
- PCCH (Paging Control Channel) :C'est un canal de contrôle qui permet de diffuser des notifications d'appel.

II.4.1.2 Les canaux de transport :

Un canal de transport est un service offert par la couche physique à la couche MAC pour le transport d'informations.

Ils décrivent comment les données sont protégées contre les erreurs de transmission, le type de codage canal, la protection CRC qui est utilisée, la taille des paquets de données envoyés sur l'interface radio.

Nom du Canal	Liaison Descendante	Liaison montante
BCH	*	
DL-SCH	*	
PCH	*	
MCH	*	
RACH		*
UL-SCH		*

Tableau II.3 : Tableau des différents canaux de transports.

L'un des canaux qu'on retrouvera au niveau de la trame LTE descendante est le canal BCH (Broadcast Channel) celui-ci porte le BCCH et il sert à diffuser le MIB (Master Information Block). Il contient toutes les informations nécessaires pour que le mobile puisse camper sur la cellule: niveau et qualité du signal, bande passante, frame number, nombre d'antenne (MIMO).

II.4.1.3 Les canaux physiques :

Un canal de la couche physique fournit un moyen de transmettre par radio les données issues de la couche transport. Les canaux physiques sont des canaux de transports implémentés sur l'interface radio.

Au niveau de la couche physique, il existe également des signaux physiques servant principalement à la synchronisation entre l'eNodeB et le mobile, ainsi qu'aux mesures permettant de caractériser la qualité du lien radio qui sont le PSS (Primary Synchronisation Signal), SSS (Secondary Synchronisation Signal) et le RS (Reference Signal)

Parmi ces canaux on trouve :

- **PDSCH** (Physical Downlink Shared Channel) : sert à la transmission des canaux de transports ou bien pour le transport de l'information à transmettre.
- **PDCCH** (Physical Downlink Control Channel) : codé sur 1,2 ou 3 symboles en fonction du nombre d'utilisateurs. Il sert à la transmission d'informations de contrôle (schéma de modulation, codage ...), il nous indique ou lire l'information dans le PDSCH.
- **PCFICH** (Physical Control Format Indicator Channel): codé sur 32 bits, il indique le nombre de symboles OFDM employés pour le transfert du PDCCH dans une sous trame.

Ces canaux sont présents dans la voie descendante, il en existe d'autres dédiés à la voie montante tel que : PUSCH équivalent au PDSCH dans la voie descendante. Le PUCCH équivalent au PDCCH.

On trouve aussi le **PRACH** qui permet la signalisation uniquement dans la voie montante (UE vers l'eNodeB).

Il se compose de 64 signatures orthogonales (ZOFCHOCOT). Elles sont générées à l'aide d'équations mathématiques, ces signatures sont issues d'une racine. Dans une même cellule les codes seront extraits d'une même racine, la racine employée diffère d'une cellule à une autre. Dans le domaine fréquentiel on le trouve sur 1.4 kHz comme la synchronisation.

II.5 Trame du réseau LTE :

II.5.1 Descendante :

Comme dans toutes les technologies vues précédemment, chacune d'elle comporte des ressources. Pour la 4G on parle des ressources éléments (RE) qui forment des ressources blocs. Pour mieux comprendre ces derniers, nous allons étudier la trame de base du réseau 4G (LTE).

La trame LTE s'étend sur une durée de 10ms, elle est subdivisée en 10 sous trames de 1ms. Chaque sous trame est ensuite séparée en 2 parties ou en 2 times slots de 0.5 s chacun.

Chaque slot est composé de 7 symboles .La même structure de trame est utilisée en lien montant et en lien descendant.

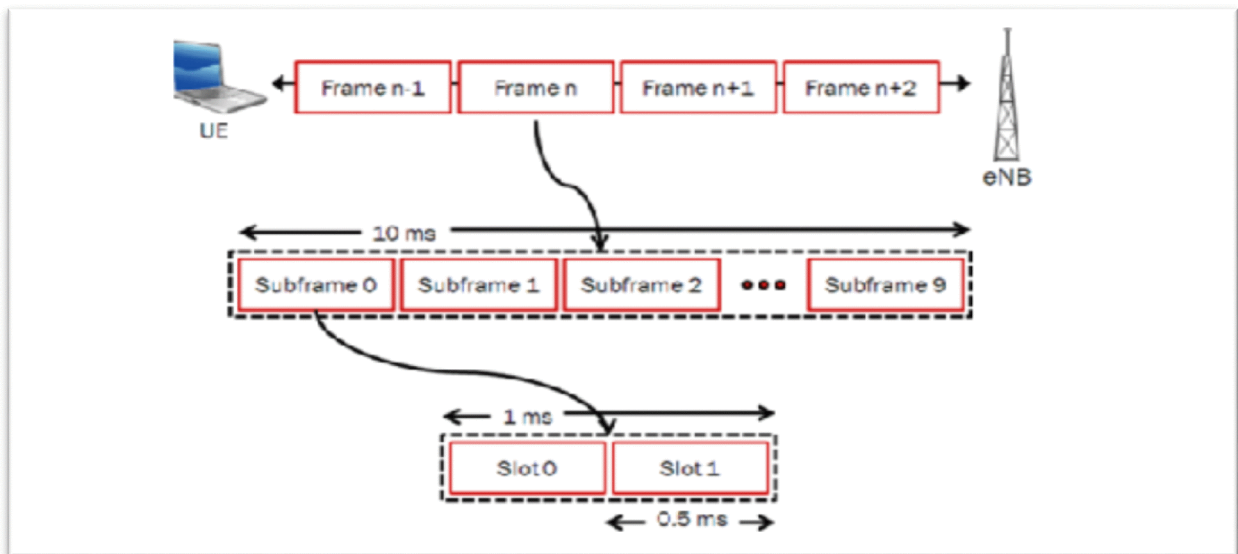


Figure II.4: structure de la trame LTE.

II.5.1.1 Bloc de ressource physique :

Dans la partie précédente, on s'est basé sur la structure globale de la trame LTE, maintenant on va zoomer sur un intervalle de temps pour voir ce qui est réellement transmis.

Les ressources radio se présentent sous la forme d'une grille, sur l'axe horizontale on y trouve le temps et sur l'axe verticale les fréquences.

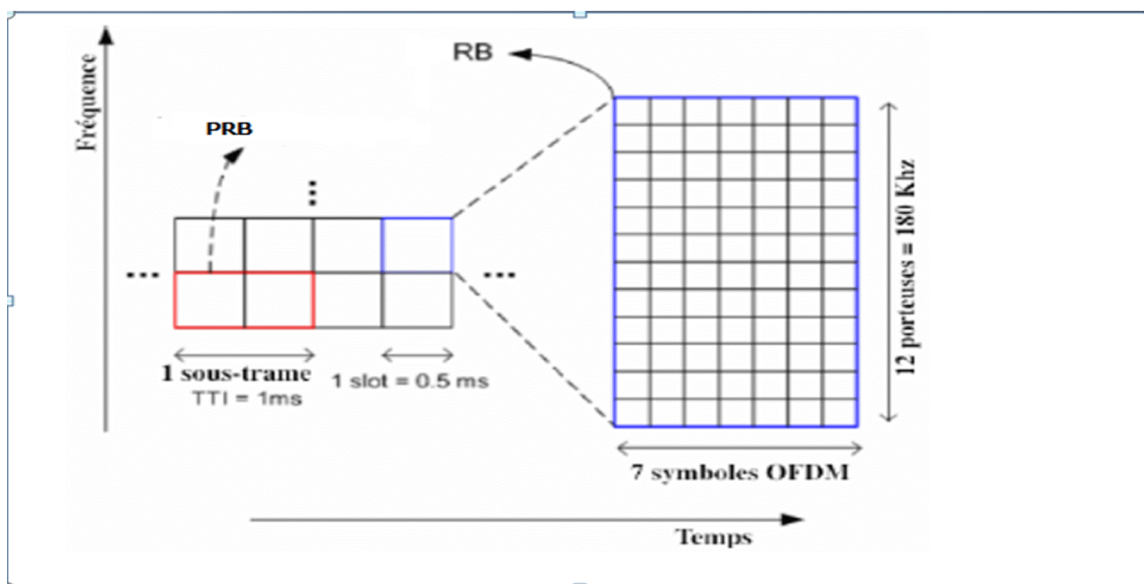


Figure II.5 : Grille de ressources temps fréquence.

Dans le domaine temporel on a 10 sous trame de 1ms, cette dernière constitue un **TTI** (Transmission Time Intervall) qui est a durée minimale allouée a un utilisateur , tandis que l'axe fréquentiel est divisé en ce qu'on appelle des PRB (Physical Ressources Blocs) qui correspond 12 porteuses de 15 KHz chacune ,ce qui forme une bande de 180KH.Un PRB est composé de deux ressources blocs (RB) il s'étend sur une durée de 1 ms et occupe une fréquence de 180Khz.

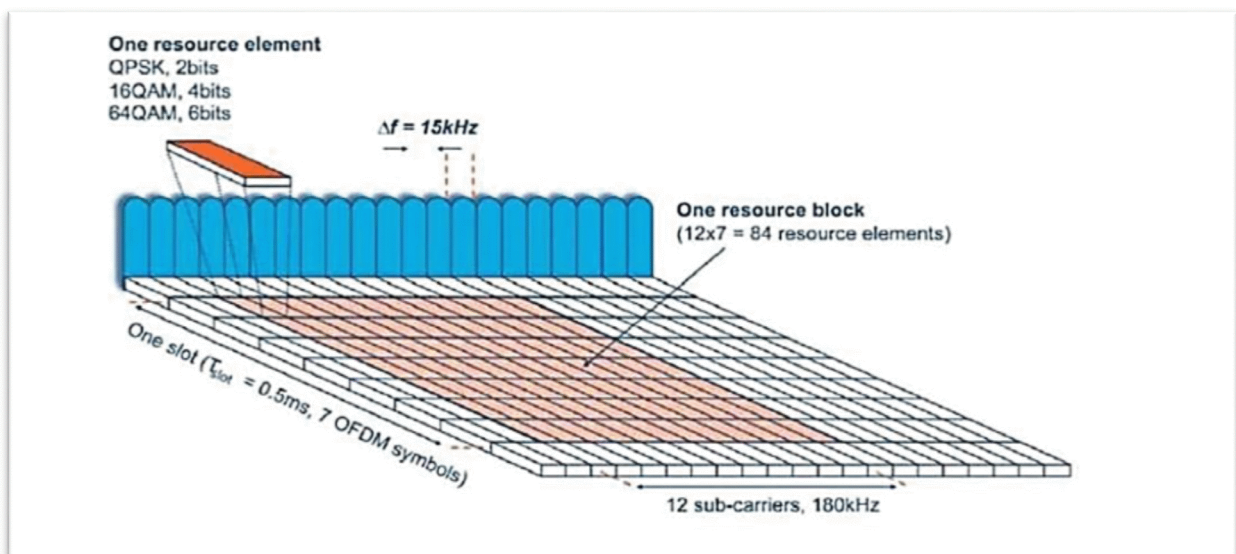


Figure II.6: Structure d'un bloc de ressource.

Comme défini précédemment chaque 1ms est divisé en 2 times slots de 0.5ms, par la suite chaque un d'eux comporte 7 symboles OFDMA, ceux-ci sont utilisés soit pour le transport de l'information demandé soit utilisé par certains canaux notamment ceux cités précédemment.

Pour le premier time -slot, le 6ème symbole sera réservé au transport du SSS (Secondary Synchronization Channel) tandis que le 7ème sera alloué au transport d'un autre signal physique qui est PSS (Primary Synchronization Channel).

Le PSS et le SSS représentent des signaux envoyés en voix descendante et qui sert a la synchronisation du mobile la détection et l'identification de la cellule et ils sont envoyés la première et la sixième trame (1ere et 6eme ms).

Pour le deuxième time slot les 4 premiers symboles sont réservés à l'envoi du MIB (Master Information Block) a travers du canal de transport BCH (Broadcast Channel) . Le MIB joue un rôle

particulier car il fournit aux UE les paramètres essentiels pour qu'il reconnaisse le réseau d'accès et qu'il campe sur la cellule. Vu son utilité, il est répète fréquemment soit toutes les 10ms. Sa période de mise à jour est de 40 ms pour qu'un éventuel changement dans la structure soit signalé aux UE.

Les autres ressources blocs sont réservées pour d'autres canaux tels que PCFICH, PDCCH et le data ou les informations à transmettre.

II.5.2 Montante :

Pour la voie montante, on a toujours le même format de trame et c'est toujours l'eNodeB qui s'occupe de l'allocation des ressources et cela à travers une table d'allocation. Ce qui diffère avec la voie descendante c'est que cette fois ci l'eNodeB ne sait pas quand est ce que les terminaux ont besoin de transmettre donc le terminal exprime d'abord une demande ensuite l'eNodeB alloue une ressource, quand le mobile reçoit l'information, il se peut qu'il ne soit pas prêt à émettre donc pour lui donner le temps nécessaire la table d'allocation se trouve sur la 4eme sous trame.

II.6 Les types de transmission utilisée dans la 4 G :

En ce qui concerne la 4 ème génération de nouvelles technologies ont été adoptées tels que l'OFDM pour remplacer le CDMA et les modulations QAM pour remplacer la 8 PSK.

II.6.1 Modulation :

Le type de modulation utilisé dans le LTE dépend de l'environnement radio et les conditions de propagation, elle est adaptative et elle varie en fonction de la distance qui sépare l'eNodeB de l'utilisateur. C'est l'eNodeB qui décide du type de modulation utilisé selon la qualité de l'environnement radio de la voix montante et descendante .En 4G(LTE) les modulations les plus utilisées sont :

- **64QAM** (*64 Quadrature Amplitude Modulation*) qui utilise 64 combinaisons de quadrature et d'amplitude différentes pour transporter 6 bits par symbole.
- **16QAM** (*16 Quadrature Amplitude Modulation*) :Dans ce cas on utilise 16 combinaisons de quadrature et d'amplitude différentes et chaque symbole sera codé sur 4 bits.

- **QPSK** (Quadrature Phase Shift Keying) : qui utilise quatre différentes quadratures d'envoyer deux bits par symbole.

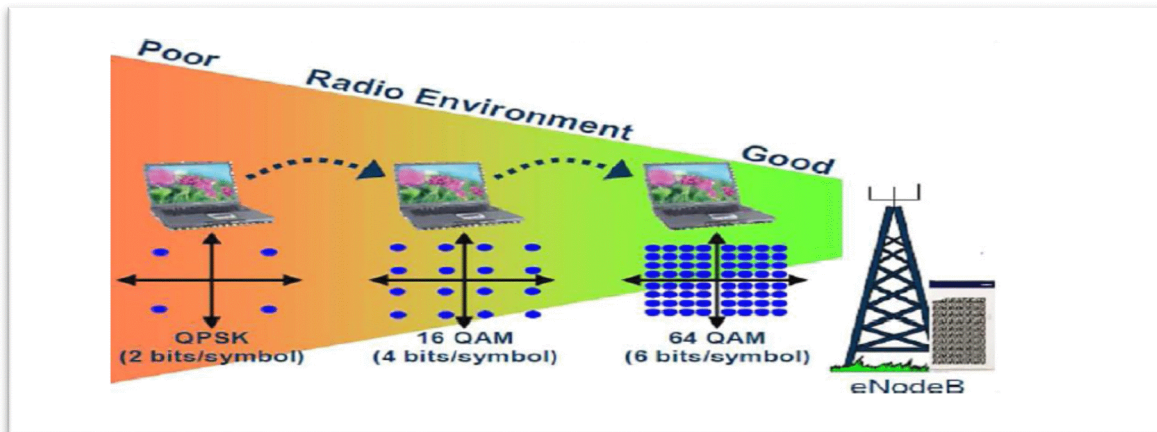


Figure II.7: Types de modulations employées en 4G.

II.6.2 Principe de L'OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) :

L'OFDM est une modulation à porteuses multiples dont la principale caractéristique est l'orthogonalité des canaux. Son principe est de répartir les symboles modulés sur N sous porteuses.

Pour que les fréquences des sous-porteuses soient les plus proches possibles et ainsi transmettre le maximum d'informations sur une portion de fréquences donnée, l'OFDM utilise des sous-porteuses orthogonales entre elles. Les signaux des différentes sous-porteuses se chevauchent mais grâce à l'orthogonalité ceux-ci sont séparables. Cette technique permet d'offrir une grande efficacité au niveau de l'utilisation du spectre et de la puissance grâce à l'utilisation de N sous-porteuse très proche l'une de l'autre et orthogonales entre elles.

II.6.3 Avantages de l'OFDM :

- la multiplicité de la modulation est basée sur un algorithme bien connu et peu complexe : la FFT.
- un codage et entrelacement adapté permet d'améliorer de façon importante le taux d'erreur.
- utilisation optimale de la bande de fréquence allouée par orthogonalisation des porteuses.

II.6.4 Principe de l'OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) : [16]

Le principe de l'OFDMA est de répartir sur un grand nombre de sous-porteuses les données numériques que l'on veut transmettre, elle permet un accès multiple en partageant les ressources radio entre plusieurs utilisateurs.

Son principe est de diviser la bande totale en multiples sous bandes orthogonales de taille étroite, elle permet pour une même largeur spectrale, un débit binaire plus élevé grâce à sa grande efficacité spectrale ce qui induit, pour un même débit global, un débit binaire beaucoup plus faible sur chacun des canaux de transmission.

Malgré les nombreux avantages qu'offre cette technique, elle présente néanmoins quelques inconvénients qui sont :

- LTE utilise la technique OFDMA en voie descendante car elle nécessite une alimentation importante de l'amplificateur. Ceci ne pose pas problème pour une station de base fixe, mais cela n'est pas adapté à un émetteur alimenté par une batterie (cas d'un terminal mobile) qui a une autonomie limitée.
- OFDMA présente le problème de PAPR (Peak to average Power Ratio) ce qui se traduit par la dégradation de l'orthogonalité des sous porteuses.

Pour remédier à tout cela, le 3GPP a suggéré une méthode d'accès différente pour la voie montante le SC-FDMA qui est très similaire à OFDMA mais plus efficace.

II.6.5 SC-FDMA (Single Carrier- Frequency Division Multiple Access):

Technique semblable à la précédente à la différence que celle-ci n'est pas sensible au PAPR en raison de sa structure simple.

SC-FDMA transmet un seul symbole à la fois (série) mais qui est réparti sur l'ensemble des porteuses. Le SC-FDMA offre des performances et une complexité globale similaire à l'OFDMA mais utilise une technique de multiplexage fréquentiel à une seule porteuse.

Elle permet de diminuer la consommation électrique du terminal et donc contribue à l'augmentation de l'autonomie de sa batterie.

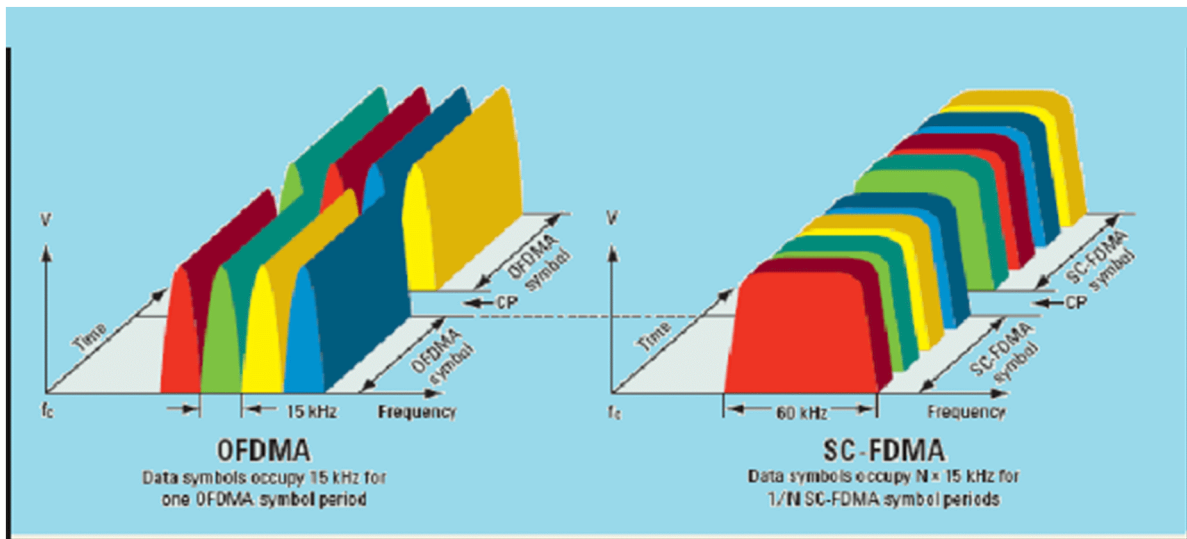


Figure II.8: Différences entre l'OFDMA et le SC-FDMA.

II.6.6 Technologie MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) :

Tout a commencé avec les systèmes de communication traditionnels qui au fil de l'avancée technologique ont poussé à la demande d'un débit plus élevé. Comme première solution il fut proposé d'augmenter la bande passante. Mais les récents développements ont montré qu'en augmentant le nombre d'antennes à l'émission et la réception suffirait pour augmenter les débits.

Cette technologie consiste à avoir plusieurs antennes à l'émission et à la réception. Il existe des systèmes où on utilise une seule antenne à l'émission et plusieurs à la réception, ces derniers sont nommés SIMO et dans le cas contraire on parlera de MISO. Elle permet le transfert de l'information à une plus longue portée et avec un débit plus élevé par rapport au système de communication traditionnel.

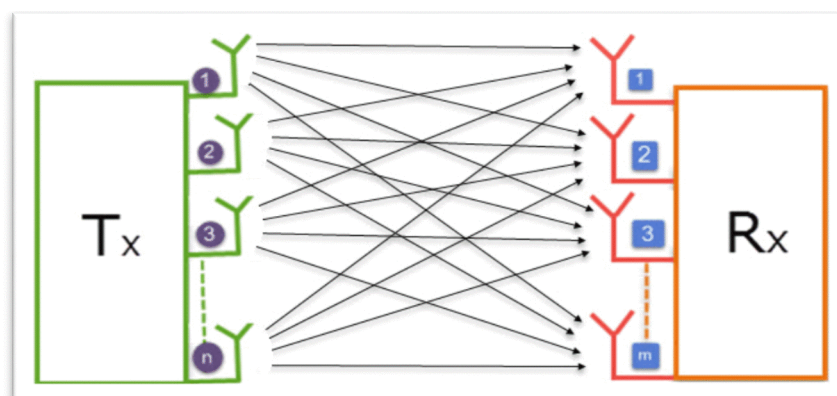


Figure II.9: Représentation d'un système MIMO.

II.7 La Qualité de Service (QoS) :

La QoS est définie comme étant l'effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service qui détermine le degré de satisfaction de l'utilisateur du service. Elle doit considérer deux aspects importants qui sont la capacité d'un réseau à fournir le service avec un niveau bien déterminé, et comment satisfaire l'utilisateur final avec ce service, en termes d'usage, d'accessibilité, de continuité et de son intégrité .

Selon les types du service à fournir, on peut lister les paramètres suivants pour définir la QoS:

- **le débit** : principalement important dans le cas de téléchargement ou diffusion.
- **Le délai de transit ou latence** : C'est le délai de traversé du réseau, d'un bout à l'autre, par un paquet. Les différentes applications présentes dans un réseau n'auront pas le même degré d'exigence en fonction de leur nature. C'est le paramètre à tenir en compte pour la téléphonie.
- **La disponibilité** : ce critère reste important surtout pour les accès aux services partagés (exemple : la gestion financière, la gestion des ressources humaines, l'administration des ventes, les services informatiques).
- **Le taux de pertes de paquets.**

II.7.1 Le but de la QoS :

La qualité de service (QoS) de la LTE est devenue une partie importante de la planification et de la conception du réseau 4G / LTE pour les services de données et de voix. Il existe des abonnés qui utilisent des services LTE pour les opérations critiques (par exemple, les appels vocaux, les transactions bancaires, les opérations hospitalières), et il y'a des abonnés qui souhaitent simplement profiter d'une expérience supérieure sur Internet et applications. La LTE a été conçu pour répondre à ces demandes accrues de données et d'applications avec des connexions fiables et un faible coût de déploiement [17].

Le développement du réseau Internet et le nombre d'utilisateurs pouvant se connecter à ce réseau impose le recours à des niveaux importants de la QoS.

Ainsi, le but de la QoS est donc d'optimiser les ressources du réseau et de garantir de bonnes performances. Pour cela elle doit considérer deux aspects importants qui sont la capacité d'un réseau à fournir le service avec un niveau bien déterminé, et comment satisfaire

l'utilisateur final avec ce service, en termes d'usage, d'accessibilité, de continuité et de son intégrité.

Afin de permettre cette qualité de service il est nécessaire de suivre certain paramétrage.

Parmi ces paramètres on trouve le PCI (Physical Layer Cell Identities).

II.8 PCI :

L'augmentation constante de l'utilisation mobile nécessite une capacité de réseau plus élevée, ce qui implique une densité plus élevée des réseaux. Pour que ces réseaux plus denses fonctionnent correctement, la structure du réseau doit être bien planifiée pour que chaque unité ait accès à une part équitable de la capacité du réseau disponible.

L'un des problèmes de planification est l'affectation des propriétés de la cellule. Ces propriétés sont dans certains cas limités et doivent donc être réutilisés.[18]

Un identifiant de cellule physique (PCI) est l'identifiant d'une cellule dans la couche physique du réseau LTE, qui est utilisé pour la séparation des différents émetteurs.

En raison de la construction de PCI, le nombre de PCI est limité à 504 et doivent être réutilisés par conséquent plusieurs cellules partageront le même PCI.

Il y en a deux événements indésirables qui peuvent se produire si cette propriété est mal attribuée: collision et confusion.

II.8.1 Collision :

Une collision PCI se produit entre deux cellules intra-fréquence qui utilisent un PCI identique.

Dans ce cas, les UE dans la zone de chevauchement des deux cellules ne peuvent pas mettre en œuvre la synchronisation ou le décodage du signal.[18]

Si un utilisateur (UE) doit être remis d'une cellule à l'autre, et la cellule source et cible partage le même id, il n'y a pas manière non ambiguë de notifier l'UE à quelle cellule il devrait être remis, Cela serait éventuellement conduit à une interruption de service pour l'UE, car il perdrait la connexion avec la cellule source tout en entrant dans la cellule cible.



Figure II.10 : illustration d’une collision

II.8.2 Confusion :

Une confusion PCI se produit entre une cellule détectée et une cellule voisine, si deux cellules ont la même fréquence et PCI et si la puissance reçue du signal de référence des deux cellules atteint le seuil de transfert la confusion PCI peut conduire à des échecs de transfert ou des baisses de service « service drop ».



Figure II.11: Illustration d’une confusion.

II.8.3 Contexte technique du PCI :

Les identifiants de cellules physiques sont utilisés pour la synchronisation du signal et l'accès aléatoire.

Chaque cellule de réseau d'accès radio terrestre universel évolué e-UTRAN lui est attribué un PCI.

Il y a 504 PCI dans le système de LTE.

Ces PCIs sont divisés en 168 groupes contenant chacun 3 PCIs.

$$\text{PCI} = 3 * \text{SSS} + \text{PSS} \quad [19]$$

PSS et SSS deux signaux de synchronisation transmis une fois toutes les 5 ms

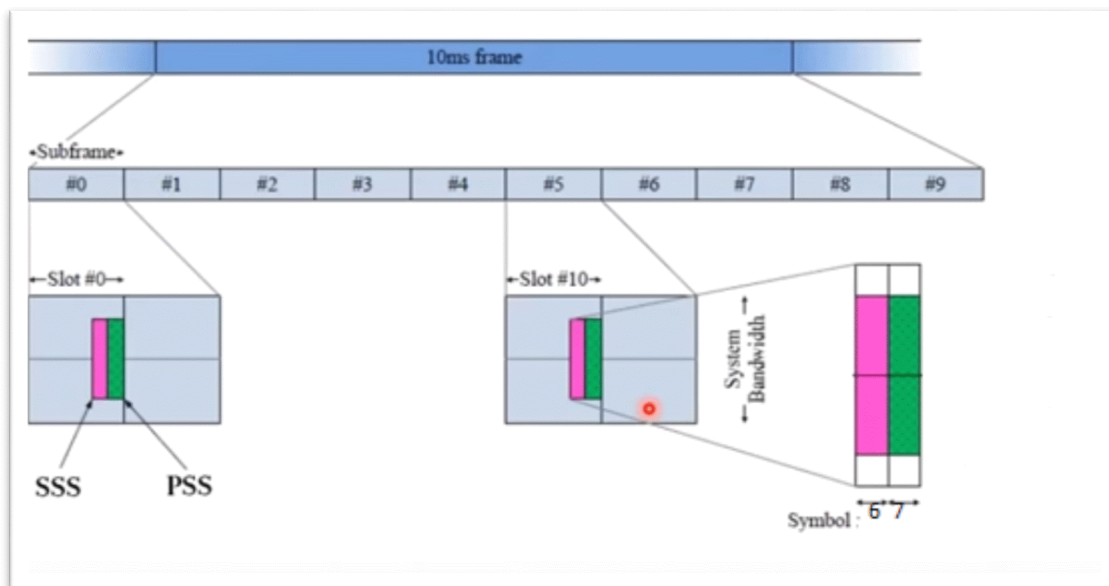


Figure II.12 : Emplacement du PSS et SSS dans la trame LTE

➤ PrimarySynchronizationSignals (PSS) :

- 3 séquences différentes appelées identités de couche physique (0-2)
- Subframe # 1 et # 6
- OFDM symbole #7

Il sert notamment à :

- ❖ Détection de la fréquence porteuse.
- ❖ Détection de la synchronisation des symboles des PPB.
- ❖ Identification de l'ID de cellule (0-2).

➤ **Secondary Synchronization Signals (SSS) :**

- 168 3 séquences différentes appelées groupes d'identité de cellule de couche physique (0-167).
- Subframe # 0 et # 5.
- OFDM symbole # 6.

Il a pour rôle de :

- ❖ Détection du groupe d'identification de cellule (0-167) ⇒ PCI.
- ❖ Détection de la configuration MIMO.
- ❖ Détection de la synchronisation de trame radio.

II.8.4 Planification du PCI :

La planification du PCI est une étape essentielle pour la planification et la construction du réseau LTE. Une bonne planification ne sera qu'avantageuse, elle permettra d'augmenter la qualité du service ainsi que les ressources. Parmi les règles de planification à suivre, on cite les suivantes :

1. Les mêmes PCIs doivent être évités à l'intérieur d'un même site, et en tant que voisins.
2. Les PCIs avec des valeurs conflictuelles doivent être évitées à l'intérieur de l'interface PCI.

La principale stratégie utilisée est :

Les sites voisins sont regroupés et chaque regroupement (assemblage) est affecté à un nombre limité de groupes de codes. A chaque site est assigné un groupe de code spécifique et à chaque secteur un groupe de couleurs spécifique. [19]

Cette option de stratégie est recommandée afin d'éviter les combinaisons PCI non optimales pour les cellules adjacentes.

Une planification structurée comme celle-ci élimine le risque d'avoir k conflictuel ou décalage de fréquence dans le même site, dans des cellules adjacentes ou pointant les uns aux autres.

Également le risque d'avoir des séquences SSS conflictuelles dans les cellules adjacentes est réduite - bien que cela puisse apparaître aux frontières des assemblage « cluster ».

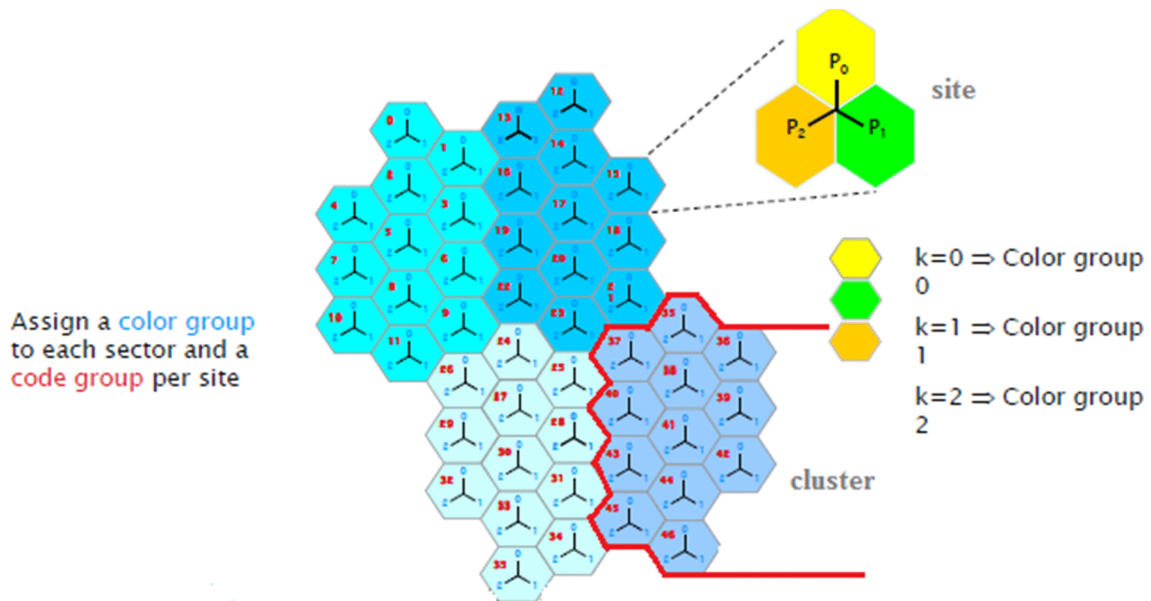


Figure II.13: regroupement des sites « cluster ».

Discussion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu des différentes caractéristiques de la technologie LTE (quatrième génération).

Nous nous sommes focalisés sur l'interface Air et les différentes technologies clés adoptées pour les liaisons descendante et montante comme OFDMA, SC-FDMA et MIMO.

Nous l'avons finalisé en présentant l'un des paramètres essentiels dans la qualité « QoS » du système LTE, le PCI (Physical Layer Cell Identities) il représente un identifiant qui est attribué à chaque cellule.

Dans le prochain chapitre nous allons présenter de multiples cas d'optimisations qui sont utilisés au sein d'un réseau. Aussi, nous proposons une solution permettant de détecter des problèmes dus à une mauvaise planification du PCI.

Chapitre III

*Optimisation du réseau LTE par
planification des PCIs.*

Préambule

L'optimisation est l'une des principales étapes d'amélioration des performances des réseaux des télécommunications, elle consiste en plusieurs types d'analyse et d'action à entreprendre afin d'avoir des améliorations au niveau des réseaux et ceci que ça soit au niveau de la couverture, de la qualité du lien radio ou au niveau d'autres paramètres. Notre projet consiste à détecter les problèmes qui touchent la planification des PCIs qui est un paramètre très important pour évaluer la qualité du réseau.

Au niveau de ce troisième chapitre, nous allons commencer par faire une étude sur des cas d'optimisation, à savoir «RACH succes rate improvemen», »ERAB drop improvement», «PCI Confusion». Dans le cas de ce travail, nous nous sommes intéressés au cas PCI Confusion.

III.1 Etude de cas d'optimisation :

III.1.1 Cas n° 1: RACH succes rate improvement.

RACH signifie Random Access Channel, c'est le premier message transmis de l'UE à l'eNodeB dès la mise en marche de l'UE. En termes de point de vue l'eNodeB, l'obtention de ce signal du UE se fait sous certaine gamme d'accord entre l'UE et le réseau sur le timing, la localisation de la fréquence et l'identification possible mais à grande échelle cela ressemblerait à un travail aléatoire parce que l'eNodeB n'a aucune idée quand un utilisateur allume l'UE. [20]

Les cas d'utilisation de canal d'accès aléatoire (RACH) sont généralement :

- accès initial lors de l'établissement d'une liaison radio.
- rétablir une liaison radio après une panne de liaison radio.
- pendant le processus de transfert (handover) pour établir la synchronisation de la liaison montante vers la cellule cible (target cell).

Pour la propagation d'une cellule LTE, plusieurs paramètres rentrent en jeu, entre autre, le cell-range qui est un paramètre qui définit la distance que peut couvrir une cellule et en général il est fixé a 15km.

➤ Illustration

Dans ce cas, nous avons une cellule dont la couverture dépasse le cell- range demandé, ceci sera forcément détecté par un indicateur soit le KPI **Samples_Outside_cell range** qui représente le nombre d'abonnés présents au-delà de ce paramètre (le nombre d'utilisateurs présents en dehors des 15kms), ceci provoque l'encombrement des cellules voisines.

➤ Action

Pour remédier à cela, deux solutions s'offrent à nous soit :

- On procède à une action de diminution du tilt (Down Tilt) de l'antenne servante via le paramètre Electrical Antenna Tilt, ceci réduit la propagation des ondes électromagnétiques ainsi que la couverture de la cellule.
- Une deuxième solution serait de modifier le cell-range et de l'augmenter plus de 15kms.

La première solution reste la plus utilisée étant donnée sa simplicité.

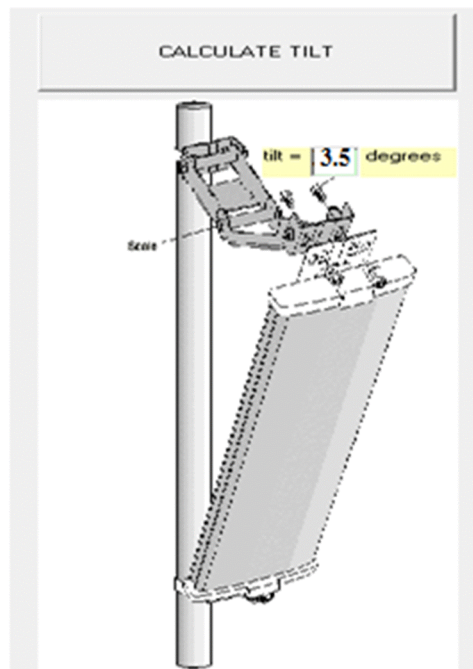


Figure III.1 : Diminution du tilt de l'antenne de 3.5°.

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

En effectuant un Down-Tilt, on augmente l'angle d'inclinaison de l'antenne. Dans l'exemple représenté dans la figure III.1 l'angle était de 3.5°, après quelques manipulations il est passé à 7°.

Pour pouvoir effectuer ses manipulations, on a besoin du Tools suivant:

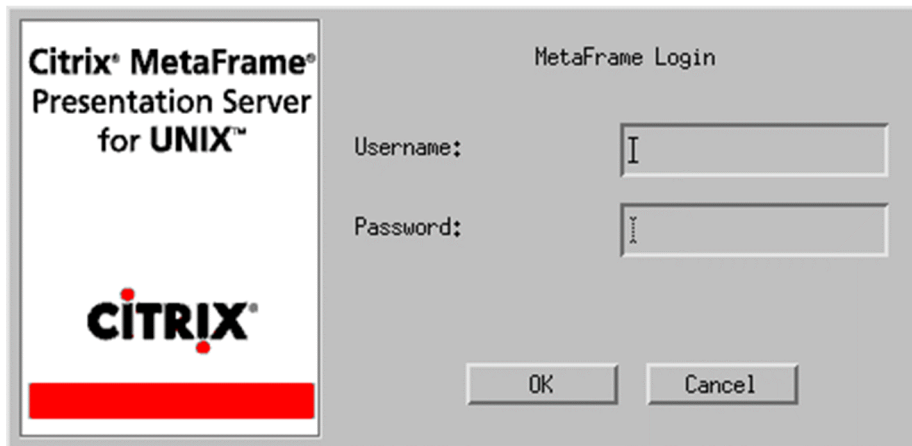


Figure III.2 : interface de Citrix.

CITRIX MetaFrame, connu aussi sous le nom de Citrix XenApp, est un logiciel de la société Citrix Systems permettant d'accéder à distance à des applications. Il s'agit d'un logiciel serveur permettant de distribuer des applications ou des services sur un réseau et d'y accéder

Dans notre cas, il sera exploité pour le paramétrage et plus précisément pour modifier le Tilt de l'antenne et cela en introduisant la commande suivante :

```
163136l> get . electrical
180529-12:08:07 10.231.11.11 16.0v ERBS_NODE_MODEL_G_1_142 stopfile=/tmp/12961
=====
MO                               Attribute                               Value
=====
AntennaUnitGroup=1,AntennaNearUnit=1,RetSubUnit=1  electricalAntennaTilt 35
AntennaUnitGroup=2,AntennaNearUnit=1,RetSubUnit=1  electricalAntennaTilt 35
AntennaUnitGroup=3,AntennaNearUnit=1,RetSubUnit=1  electricalAntennaTilt 70
=====
Total: 3 MOs
```

Figure III.3: Commande du changement de l'angle du tilt.

➤ Résultat

Après l'étude des variations obtenues dans la figure qui suit, on constate une amélioration considérable de l'accessibilité et cela via le « KPI RACH succes rate » qui passe de 30% à 70% après avoir modifié le tilt.

On constate qu'avant de procéder à la diminution du tilt (avant 16/4/2018) le nombre d'abonné qui dépassent les 15km (mais essaye de se connecté a cette antenne) atteint les 70% et le RACH succes rate varie entre 10% et 20%.

Après avoir modifié la valeur de l'angle, on remarque une augmentation du succes rate ce dernier avoisine les 70%, cela est du à la reduction de la couverture qui par conséquent l'élimination des abonnés qui dépassent 15km et l'amélioration des performances d'accessibilités pour les abonnés couverts par cette cellule.

163136N

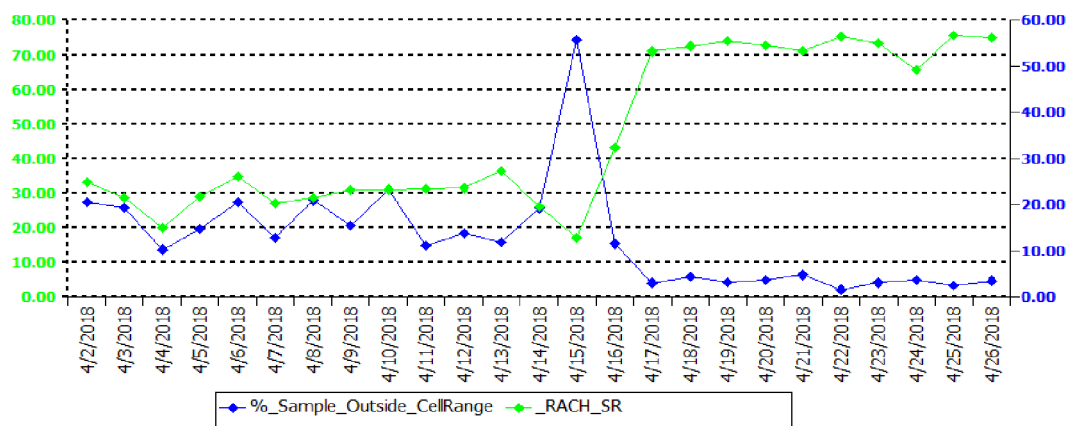


Figure III.4 : Représentation des performances d'accessibilité de la cellule d'étude.

III.1.2 Cas n° 2: ERAB drop improvement.

Un E-RAB est le support de la couche d'accès pour transporter les données de service des utilisateurs (support d'accès radio EPS). [21]

III.1.2.1 Causes possibles d'un drop :

1. Drop ab normal :

- La transmission de données est anormale.
- La planification du réseau est incorrecte.
- EPC fonctionne anormalement (pour toute panne réseau)
- Ressources insuffisantes.
- Couverture faible.
- Interférence (pour une seule cellule)

2. Drop normal :

L'utilisateur a simplement mis fin à la communication, dans le cas d'un appel lorsque l'abonné finit de parler il raccroche.

III.1.2.2 Amélioration des E-RAB drops :

Dans le cas d'une connexion nous avons un paramètre qui définit l'intervalle de temps qu'on donne à un abonné lors de son temps d'inactivité soit le temps où il n'utilise pas de ressources radio, ce temps est défini par le paramètre « **tInactivityTimer** » qui représente un compte à rebours avant de mettre fin à une session, dans cet intervalle il peut y'avoir une coupure brusque appelé **Erab drop** qui peut être soit normal ou ab-normal comme dans le cas d'une dégradation des conditions radios .

➤ Action

On a réduit l'intervalle d'inactivité via le parametre tInactivityTimer change de 20s à 10 s.

➤ Résultat :

On remarque une amélioration du Erab drop via Erab drop succes rate qui passe de 1.7% à 0.7% ce qui se traduit par la reduction du nombre d'appels coupés (drop) comme la figure suivante nous le montre.

Au début des manipulations le but ultime de la réduction du temps d'inactivité était d'éviter le gaspillage des ressources radios qui sont précieuses, mais après avoir étudié les résultats obtenues, on a constaté que le nombre de drop soit de coupures avait

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

considérablement diminué ce qui est en notre avantage, résoudre deux problèmes différents avec une unique solution, les variations obtenues sont représentées dans la figure qui suit :

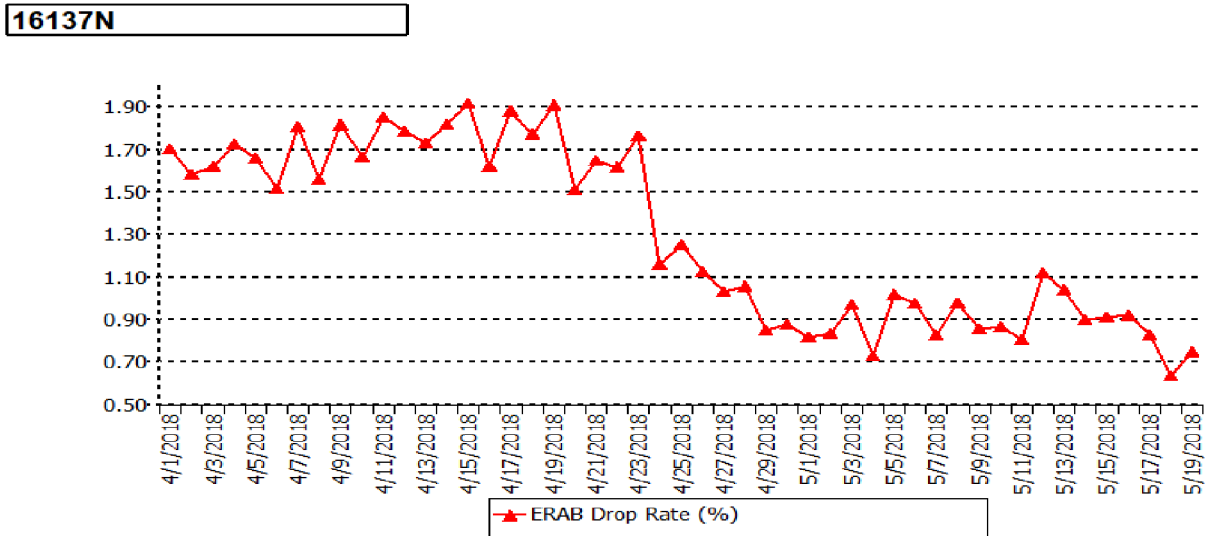


Figure III.5 : Représentation de la variation de l'ERAB Drop Rate.

III.1.3 Cas n°3: PCI Confusion.

1. Comme expliqué précédemment l'un des événements indésirables qui peuvent se produire suite à une mauvaise planification du PCI (mal attribuée) est la confusion qui se traduit par la présence d'interférences.

Deux cellules voisines qui ont le même PCI (confusion) engendrent un problème du handover qui mène à une augmentation du drop.

➤ Action

Changement du PCI de la cellule voisine.

➤ Résultat

Augmentation d'essai de la nouvelle cellule mais avec 100% succès du handover.

Dans la figure III.6, on compte un nombre d'essais avoisinant les 6000 pour un taux de succès de 0%.

Mais après avoir revu la planification en modifiant la valeur du PCI d'une cellule on réalise un succès maximale du handover (Figure III.7).

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

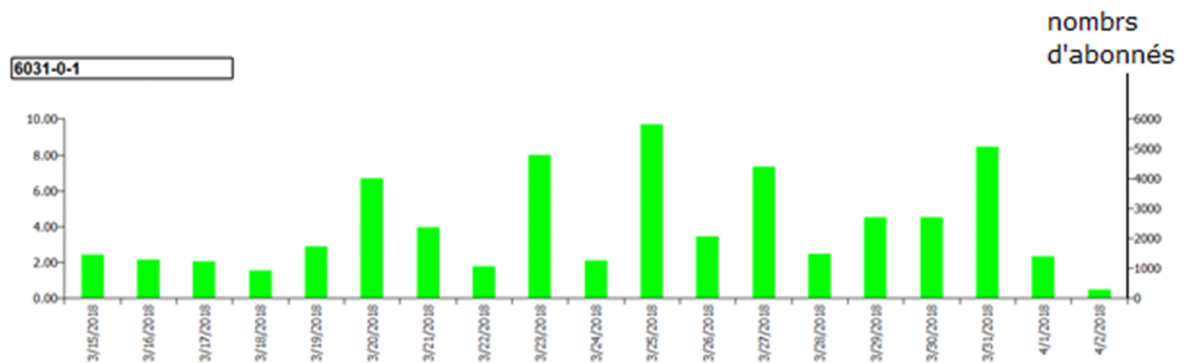


Figure III.6 : Représentation du nombre d'essai environ 6000 vers cette cellule mais avec 0% succès.

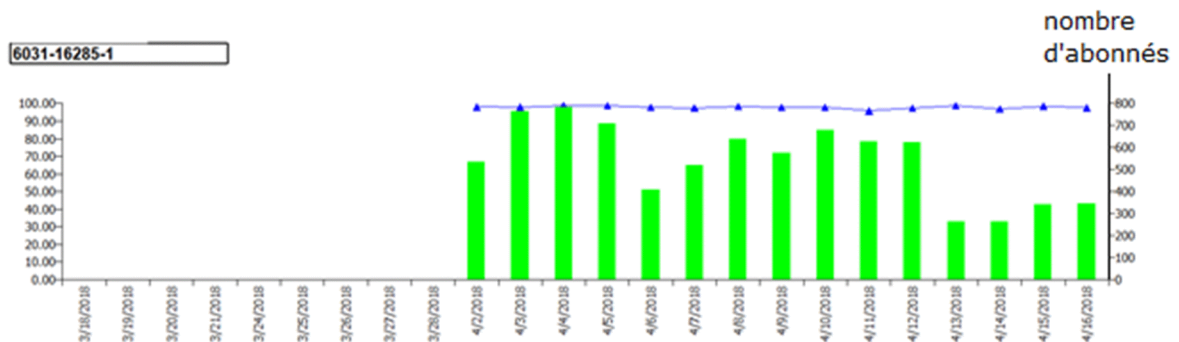


Figure III.7: Représentation du nombre d'essai de la nouvelle cellule mais avec 100% succès.

2. Nous allons présenter un second cas de confusion entre deux cellules pour montrer que le PCI n'est pas le seul paramètre qui engendre des problèmes de HandOver.

Cellule servante	Cellule 01	Cellule 02	Succès du Handover	Echec du Handover
163160N	16249N	35206N	65.9638108	6612

Tableau III.1: résultat du Handover

La cellule 163160N confond entre la cellule 16249N et 35206N ce qui engendre un taux d'échec important du handover soit 6612 ce qui n'est pas avantageux.

La confusion PCI se situe entre **35206N** et **16249N** (PCI=145).

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

On change le PCI de la cellule 35206N en lui donnant une nouvelle valeur du **PCI=355**.

➤ Résultat

Après avoir modifié le PCI de la cellule on constate que le taux de réussite du handover ne s'est toujours pas amélioré ce qui laisse supposer l'existence d'un autre problème et celui-ci réside dans la présence d'interférences ce qui explique que la cellule a over shooter comme montré dans la figure III.9

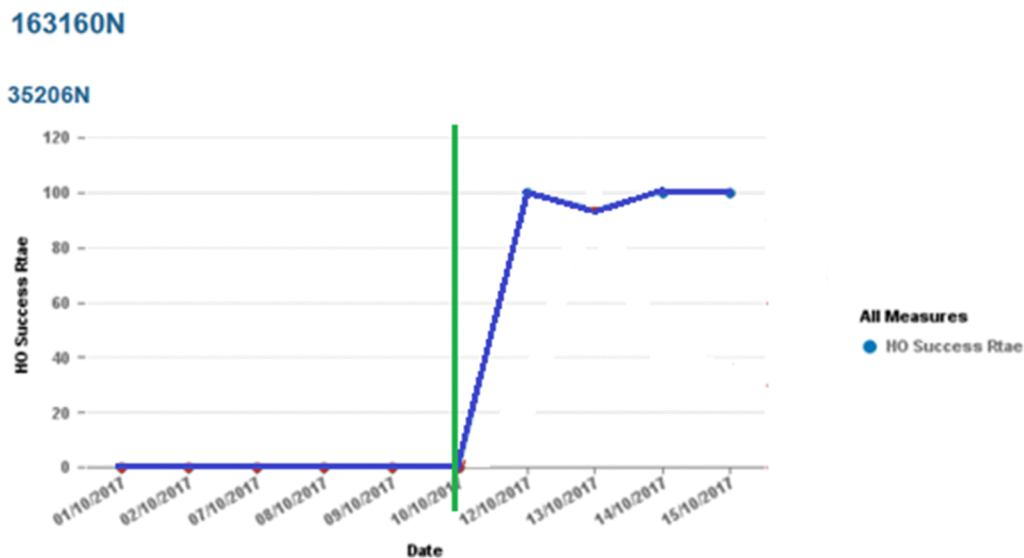


Figure III.8: Représentation du taux de réussite du Handover pour la cellule 35206N



Figure III.9 : Représentation du taux de réussite du Handover pour la cellule 16249N.

III.2 Simulation :

Notre partie pratique consiste à mettre en œuvre une application permettant de détecter des cellules qui partagent le même PCI.

Nous avons développé une application en PHP (*Personal Home Page*), MySQL, et HTML qui sert à automatiser ces tâches de détection et aider les ingénieurs d'optimisation à proposer les actions dans un temps très réduit.

Le choix de ce langage est fait sur la base de sa rapidité de traitement des fichiers, comme c'est plus facile de les importer sur une base de données.

Une base de données permet de stocker et de retrouver un ensemble d'informations de plusieurs natures ainsi que les liens qui existent entre les différentes informations ce qui demande une conception. Cette dernière est la création d'un schéma d'ensemble du réseau d'informations et de relations, comportant des entités, des attributs et des relations. Il existe différents langages de conception. Cependant nous avons utilisé le langage SQL pour la conception de la base de données présentée dans la Figure III.11 et le langage HTML pour la mise en page « page d'accueil » présentée dans Figure III.14.

Notre programme consiste à extraire les informations stockées dans notre base de données au niveau de PHPmyadmin nécessaires pour la détection de cellules avec le même PCI.

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

Notre programme consiste en l'extraction d'informations stockées dans notre base de données au niveau de PHPmyadmin nécessaires pour la détection de cellules avec le même PCI.

Les cellules existantes (voisines et non-voisines). Par la suite on introduit une distance afin de limiter le rayon de comparaison des PCIs. (Entre la cellule source et les autres). En général, on choisit de fixer cette distance à 10kms. Au final, le résultat (cellule ayant le **même** PCI) est obtenu sous forme d'un fichier Excel.

III.2.1 Création de l'application :

➤ Interface principale

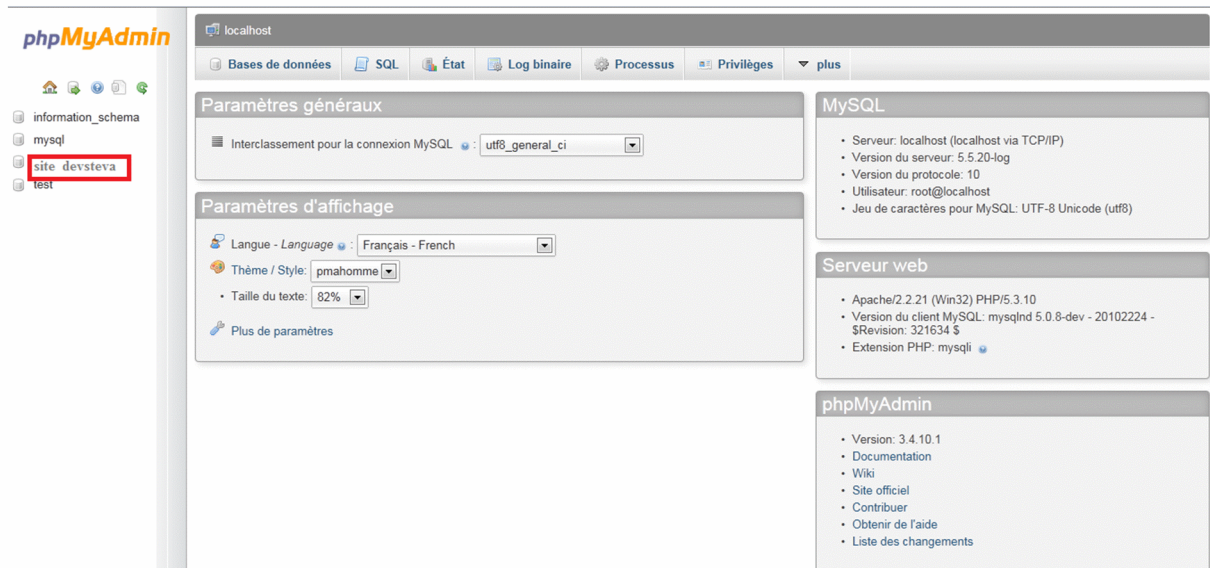


Figure III.10 : interface principale.

La figure III.10 présente l'interface principale. Celle-ci permet un accès à une base de données qu'on a créé auparavant et qui est représentée dans la Figure III.11, elle servira à l'ajout (l'extension du réseau) ou la suppression de cellules et toutes modifications.

Après avoir cliqué sur l'entrée « site dvesteva » indiqué dans la figure, on obtient la table suivante.

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

➤ Base de données :

```
SELECT *
FROM `pci_alger`
LIMIT 0 , 30
```

Page n°: 1 > >>

Afficher : 30 ligne(s) à partir de la ligne n° 30 en mode horizontal

Trier sur l'index: Aucune

+ Options

	id	site	cell	longitude	latitude	pci
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	4	161004	161004M	3.29569	36.73786	459
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	5	161004	161004N	3.29569	36.73786	460
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	6	161004	161004O	3.29569	36.73786	461
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	7	161006	161006M	3.0331	36.71923	483
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	8	161006	161006N	3.0331	36.71923	484
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	9	161006	161006O	3.0331	36.71923	485
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	10	161010	161010M	2.888456	36.678862	303
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	11	161010	161010N	2.888456	36.678862	304
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	12	161011	161011M	2.910427	36.708846	375
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	13	161011	161011N	2.910427	36.708846	376
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	14	161011	161011O	2.910427	36.708846	377
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	15	161012	161012M	3.16417	36.66507	297
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	16	161012	161012N	3.16417	36.66507	298

Figure III.11 : Table PCI Alger .

Cette table pci_alger comporte le nom des cellules, et leurs paramètres :

- La longitude et latitude utilisés pour le calcul de distance.
- Le PCI pour la comparaison.

Vu le nombre important de cellules déployées, on en a sélectionné quelques-unes (Figure III.12) afin d'illustrer le fonctionnement de l'application.

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

```
SELECT *
FROM `pci_relation`
LIMIT 0, 30
```

Afficher : 30 ligne(s) à partir de la ligne n° 0 en mode horizontal

Trier sur l'index: Aucune

					id	cell_voisine	pci_voisine				
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	1	161004N	460
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	2	161004O	461
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	3	16249N	145
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	4	163155M	48
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	5	163155N	49
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	6	16383O	170
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	7	16590N	448
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	8	16219M	12
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	9	16220O	41
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	10	16649M	216
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	11	16649N	217
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	12	16649O	218
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	13	16707N	265
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	14	16717N	459
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	15	161004O	461

Figure III.12 : Table PCI relation .

➤ Exécution du programme :

Les principales étapes sont les suivantes :

1. Calcul de distance :

Pour calculer la distance entre la cellule source, dans notre cas on a la cellule 161004M.

```
SELECT *
FROM `pci_alger`
LIMIT 0, 30
```

Page n°: 1

Afficher : 30 ligne(s) à partir de la ligne n° 30 en mode horizontal

Trier sur l'index: Aucune

						id	site	cell	longitude	latitude	pci			
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	4	161004	161004M	3.29569	36.73786	459
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	5	161004	161004N	3.29569	36.73786	460
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	6	161004	161004O	3.29569	36.73786	461
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	7	161006	161006M	3.0331	36.71923	483
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	8	161006	161006N	3.0331	36.71923	484
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	9	161006	161006O	3.0331	36.71923	485
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	10	161010	161010M	2.888456	36.678862	303
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	11	161010	161010N	2.888456	36.678862	304
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	12	161011	161011M	2.910427	36.708846	375
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	13	161011	161011N	2.910427	36.708846	376
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	14	161011	161011O	2.910427	36.708846	377
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	15	161012	161012M	3.16417	36.66507	297
<input type="checkbox"/>		Modifier		Éditer en place		Copier		Effacer	16	161012	161012N	3.16417	36.66507	298

Figure III.13 : cellule source.

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

On introduit la commande suivante :

```
//===== calcule la distance entre les pci principale et voisine ===//
$distance = (180/pi()) * acos( sin($latitude2*pi()/180) * sin($latitude1*pi()/180) + (cos($latitude2*pi()/180)
* cos($latitude1*pi()/180)) * cos(($longitude2-$longitude1)*pi()/180)) *60* 1.852;
```

2. Comparaison des PCIs :

```
//===== cherche les cellule a distance choisi et aussi celle qui ont le même pci =====
if($distance <= $distance_volu && ($pci_donner['pci'] == $pci_donner_voisine['pci_voisine'] ) )
```

Avant cette procédure, on fixe la distance dans la fenêtre suivante :



Figure III.14 : interface à introduction de distance.

Après cela, on obtient le résultat de la comparaison dans le fichier Excel suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Cell principale	longitude 1	latitude 1	pci	Cell voisine	longitude 2	latitude 2	pci voisine	Distance		
2	161004M	3.29569	36.73786	459	16717N	3.29569	36.73786	459	7		
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											

Figure III.15 : Fichier Excel obtenu

Chapitre III Optimisation du réseau LTE par planification des PCIs

```
SELECT *
FROM `pci_alger`
LIMIT 0, 30
```

```
SELECT *
FROM `pci_relation`
LIMIT 0, 30
```

Page n°: 1 > >>

Afficher : 30 ligne(s) à partir de la ligne n° 30 en mode horizontal

Trier sur l'index: Aucune

+ Options

	id	site	cell	longitude	latitude	pci
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	4	161004	161004M	3.29569	36.73786	459
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	5	161004	161004N	3.29569	36.73786	460
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	6	161004	161004O	3.29569	36.73786	461
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	7	161006	161006M	3.0331	36.71923	483
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	8	161006	161006N	3.0331	36.71923	484
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	9	161006	161006O	3.0331	36.71923	485
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	10	161010	161010M	2.888456	36.678862	303
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	11	161010	161010N	2.888456	36.678862	304
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	12	161011	161011M	2.910427	36.708846	375
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	13	161011	161011N	2.910427	36.708846	376
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	14	161011	161011O	2.910427	36.708846	377
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	15	161012	161012M	3.16417	36.66507	297
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	16	161012	161012N	3.16417	36.66507	298

	id	cell_voisine	pci_voisine
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	1	161004N	460
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	2	161004O	461
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	3	16249N	145
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	4	163155M	48
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	5	163155N	49
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	6	16383O	170
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	7	16590N	448
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	8	16219M	12
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	9	16220O	41
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	10	16649M	216
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	11	16649N	217
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	12	16649O	218
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	13	16707N	265
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	14	16717N	459
<input type="checkbox"/> Modifier <input type="checkbox"/> Éditer en place <input type="checkbox"/> Copier <input type="checkbox"/> Effacer	15	161004O	461

Figure III.16 : cellules ayant le même PCI.

Discussions :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'étude de différents cas d'optimisation. Nous avons choisi trois cas parmi une multitude en raison de leur importance. Dans chaque cas, un type de problème est considéré pour lequel des solutions sont proposées. Pour vérifier la solution, des statistiques sous forme graphiques sont obtenues indiquant des valeurs des paramètres d'évaluation. A la fin de ce chapitre, nous avons présenté notre application. Elle a consisté en la simulation du dernier cas d'optimisation. Pour ce faire, nous avons élaboré un programme en utilisant PHP, MySQL, HTML permettant de lister l'ensemble des cellules qui partagent le même PCI (le même identifiant).

An orange scroll graphic with a gradient, featuring a shadow and a 3D effect. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

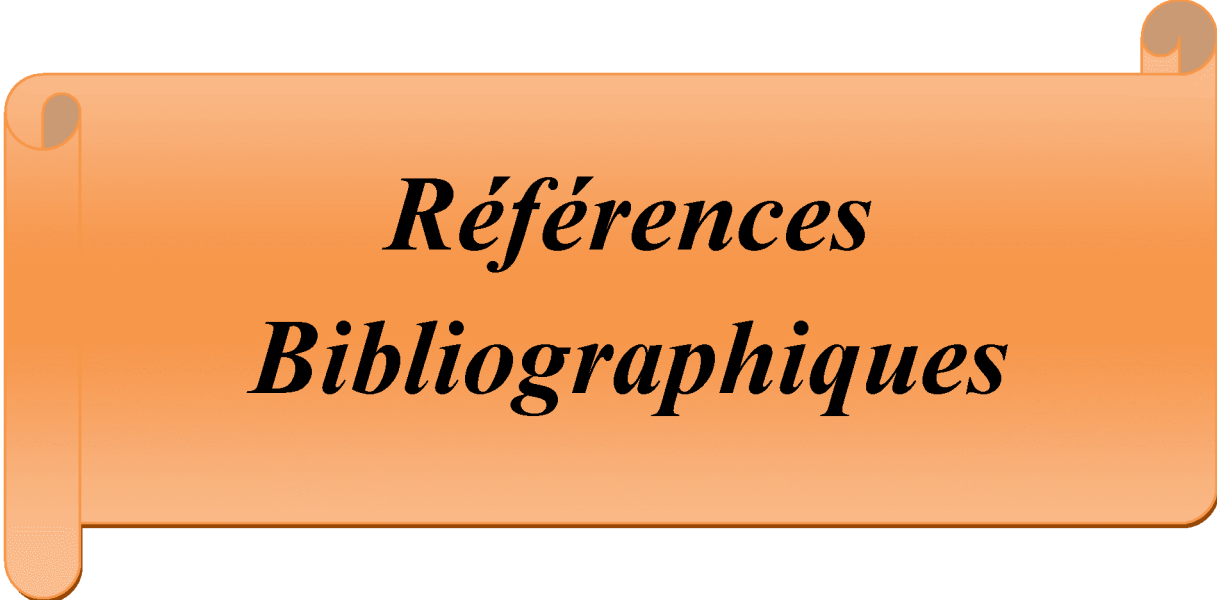
Conclusion Générale

Dans le cadre de ce projet nous avons réalisé une étude approfondie sur les aspects du réseau 4G et sur les procédures de planification et d'optimisation de celui-ci.

Nous avons présenté les différentes évolutions des réseaux mobiles. par la suite nous avons développé et analysé les différentes caractéristiques du réseau 4G ainsi les différents processus d'optimisation, à la fin de notre travail nous avons élaboré une solution pour résoudre les problèmes liés à la qualité de service du réseau 4G au sein de l'entreprise MOBILIS.

Après l'étude de la technologie "LTE" et les cas d'optimisation possible au niveau de MOBILIS, nous avons constaté que les réseaux mobiles sont confrontés à une multitude de problèmes, en particulier ceux engendrés par une mauvaise planification du PCI. A cet effet, nous avons opté pour la simulation du troisième cas qui est : « PCI CONFUSION ». Cette simulation imite une application qui permet de détecter les cellules qui partagent le même PCI dans une zone définie en utilisant l'environnement PHP, SQL, HTML. Après notre implémentation, nous avons pu identifier sur une partie d'un réseau constitué de 15 cellules 2 cellules qui ont le même PCI, ce qui permet à l'opérateur de redistribuer les PCIs.

L'optimisation apportée au niveau de la couche physique (sur la PCI) ne suffira pas puisque l'utilisateur demande toujours une amélioration de la qualité du service. Pour cela comme perspective, nous proposons de faire une étude complète en optimisant d'autres types de services comme l'accessibilité et la mobilité. Aussi, il serait intéressant d'élargir cette optimisation aux deux autres cas.

An orange scroll graphic with a gradient and rounded corners, featuring a shadow effect. The text is centered on the scroll.

Références
Bibliographiques

Référence bibliographiques

- [1] Evolution des reseaux mobiles adresse URL: <https://fr.slideshare.net/AdniBipa/rseaux-mobiles-65509667>
- [2] Optimisation des réseaux mobiles adresse URL: <https://www.univsetif.dz/MMAGISTER/images/facultes/TEC/2010/KHOUNI%20SADIK.A.pdf>
- [3] le concept cellulaire adresse URL : http://www.telecom.ulg.ac.be/teaching/notes/total1/elen008/node161_mn.html (consulté le 20/01/2018)
- [4] le concept de réseau cellulaire adresse URL : https://www.astel.be/Le-concept-de-reseau-cellulaire_524 (consulté le 20/01/2018)
- [5] la mobilité adresse URL : <https://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=11646> (consulté le 20/01/2018)
- [6] La structure GSM adresse URL: http://www.telecom.ulg.ac.be/teaching/notes/total1/elen008/node165_mn.html (consulté le 03/12/2018)
- [7] TDMA, FDMA, and CDMA Rome: Italy 2007-2008.
- [8] Quelle est la modulation GMSK - Gaussian Minimum Shift Keying adresse URL : <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php> (consulté le 28/03/2018).
- [9] Codage CDMA Adresse URL : <http://www.irisa.fr/cosi/SEMINAIRE/transparentes/WCDMA.pdf> (consulté le 21/04/2018)
- [10] Modulation QAM Adresse URL : <http://arsene.perez-mas.pagesperso-orange.fr/transmission/modulation/modulationQAMnumerique.html> (consulté le 18/05/2018).
- [11] Evolutions et développements de la 3G vers la 4G LTE/SAE Adresse URL : http://www.iristraining.eu/formation/contenus/Evolutions-developpements-3G-vers-4G-LTE-SAE_CELL400.php (consulté le 20/04/2018)

Référence bibliographiques

[12] LTE : Long Term Evolution Adresse URL :

<https://fr.slideshare.net/miraabdi/6-lte-cours-1> (consulté le 11/04/ 2018)

[13] M.Moulay Hakim, M.ADDIS Cherif , Etude et réalisation d'une solution d'interconnexion via le réseau 4G/LTE d'Algérie télécom, Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master, 2015-2016

[14] M. AMIAR Abderaouf , Melle. SAIDANI Maroua, Optimisation d'un réseau 4G LTE au sein de HUAWEI, Mémoire de Projet de Fin d'Études, Algérie 2015-2016.

[15] Le concept de canaux adresse URL :

<https://lafibre.info/4g/lte-la-couche-physique-13298/msg148587/#msg148587> (consulté le 10/04/2018)

[16] Orthogonal Frequency Division Adresse URL :

Multiplexing <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Orthogonal%20Frequency%20Division%20Multiplexing/fr-fr/> (consulté le 12/04/2018)

[17] Qualité de service (QoS) en LTE Adresse URL :

http://www.bectechnologies.net/main/newsletter_images/QoS.pdf (consulté le 12/05/2018).

[18] Sofia Nyberg, Physical Cell ID Allocation in Cellular Networks, Memoire, Linköping 2016

[19] LTE PCI_CLASH_ FINDER MANUAL, Ericsson Internal.

[20] Harish Vadada, LTE PCI planning, Telecom cloud.

[21] RACH address URL:

http://www.sharetechnote.com/html/RACH_LTE.html (consulté le 24/05/2018).

[22] E-RAB support d'accès radio EPS adresse URL :

<https://www.mpirical.com/glossary/e-rab-eps-radio-access-bearer> (consulté le 20/05/2018).

Référence bibliographiques

An orange scroll graphic with a gradient and rounded ends, positioned horizontally in the center of the page. The word "Annexes" is written in a black, italicized serif font across the middle of the scroll.

Annexes

Annexe 02:

Différences entre la 2G et la 3G

La troisième génération est apparue afin d'apporter des améliorations à la génération précédente qui est la 2G ainsi offrir de nouveaux services et répondre aux demandes des utilisateurs, mais quelle est donc la différence entre ces deux technologies ??

- L'architecture générale de chacune de ces technologies sont identiques, la seule chose qui diffère est la nomenclature des équipements, ainsi la NodeB qu'on trouve dans le réseau UMTS de la 3G joue le rôle de la BTS (Base Station Transceiver) et de la BSC(b
- Le débit offert par la troisième génération est supérieur comparé à celui offert par la 2G. Pour la 2G, le débit est de 9.6Kbits/s tandis que pour la 3G il est de 1.9Mbits/s
- La 3G permet le transfert du data en plus de la voix que transportait déjà la 2G.
- Offre une vitesse 5 fois supérieurs à la génération précédente.
- Le réseau 3G fonctionne sur les bandes de fréquences 900 et 2100 MHz, tandis que le GSM fonctionne sur 900 et 1800 MHz.
- La technique d'accès pour la 2G est le time slot, alors que pour la 3G on utilise des codes. (12)

Annexe 03 :

La 4G est un système « allways connected » toujours connecter, c'est-à-dire il a toujours une adresse IP à louer, et le passage du mode repos au mode service est rapide entre 10ms à 100ms.

Principalement le fonctionnement global du système 4 G est comme suit :

Dès la première mise sous tension, le terminal demande l'établissement des tunnels pour disposer de la connectivité IP appeler attachement au réseau.

Avant sa il passe par certaine étapes :

- 1 La sélection d'une cellule : le terminal calcule le niveau et la qualité du signal « synchronisation, PSS et SSS »
- 2 la signalisation : afin que l'UE met au courant l'eNodeB de son existence dans la cellule à travers le canal physique PRACH.

- 3 Après avoir sélectionné la cellule, le terminal passe à la lecture des paramètres (MIB : bande passante, nombre d'antenne MIMO, frame number) de cette cellule qui se trouve dans un canal logique « BCH ».
- 4 En fin Attachement au réseau : établissement de connexion et obtention du bearer par défaut « adresse IP » qui va les lire à travers les canaux physiques PCFICH puis PDCCH enfin PDSCH.

Par la suite, si l'utilisateur souhaite se connecter il envoie un RRC tout en spécifiant le service désiré (appel, vidéo...)

Dans le cas où le service est un appel, le système 4G transfère la demande vers la 3G. (CS fallback).