



Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine: Sciences et Technologies

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Réalisé par :

KHELIFI Salim

Et

HADDAD Aissa

Thème

Planification et dimensionnement d'un réseau mobile 4G/LTE

Soutenu le :/09/2018

Devant la commission composée de :

Mme. DJELID Asma	M.A. A	Univ. Bouira	Président
Mr. AYAD Mouloud	M.C. A	Univ. Bouira	Rapporteur
Mr. SAIDI Mohamed	M.C. B	Univ. Bouira	Examineur
Mr. BENSEGUENI Skander	M.A. A	Univ. Bouira	Examineur

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère ;

A mon très cher père ;

A mes frères ;

A mes sœurs ;

A tous mes amis ;

SALIM

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À ma mère.

À mon père.

À tous mes frères.

Aux fils de mon frère Abdullah et Chaima.

À tous ceux qui m'ont aidé à terminer ce projet.

A tous mes enseignants et tous mes amis qui n'ont pas cessé de

m'encourager afin de réaliser parfaitement ce projet.

A toute personne qui m'a aidée à franchir un horizon dans ma vie...

Aissa...

Remerciement

Ce travail a été effectué au sein du département des Sciences et Sciences Appliquées de l'université de

Bouira.

Nous tenons à remercier en premier lieu le directeur de ce mémoire, Dr. AYAD MOLOUD, de nous avoir encadré ainsi que pour ses remarques pertinentes et ses conseils judicieux donnés tout au long de notre travail.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté

d'évaluer notre travail.

Comme nous tenons à remercier chaleureusement la direction générale d'OOREDOO de nous avoir pris en charge durant la période de notre stage ainsi que tout le personnel, et plus particulièrement ceux du

service d'optimisation.

Nous sommes reconnaissants envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de

ce travail.

Enfin, nous remercions tous les professeurs du département Génie Électrique de l'UAMOB, et

particulièrement les professeurs de l'option « Télécommunications ».

A toutes ces personnes, MERCI.

SALIM & AISSA

Table des matières

LISTE DES FIGURES.....	I
LISTE DES TABLEAUX.....	III
LISTE DES ABREVIATIONS.....	IV
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Généralités sur les réseaux de quatrième génération LTE	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Évolution des réseaux mobiles.....	2
I.3. La technologie LTE (4G).....	3
I.4. Architecture générale d'un réseau LTE.....	3
I.5. Réseau cœur 4G/LTE.....	4
I.6. Réseau d'accès 4G/LTE.....	5
I.6.1. La partie radio eUTRAN.....	5
I.6.2. Les interfaces.....	5
I.6.3. Caractéristiques de l'accès LTE.....	6
I.7. L'interface Air.....	7
I.7.1. Les canaux radios.....	7
I.7.1.1. Les canaux logiques.....	7
I.7.1.2. Les canaux de transport.....	7
I.7.1.3. Les canaux physiques.....	7
I.7.2. L'OFDM.....	8
I.7.2.1. L'OFDMA et SC-FDMA.....	9
I.7.2.2. Structure de la trame LTE.....	10
I.7.2.3. Concept de bloc de ressources.....	11
I.7.3. La technologie MIMO.....	11
I.8. Conclusion.....	12
Chapitre II : Les processus de dimensionnement du réseau mobile LTE	
II.1 Introduction.....	13
II.2. Les étapes du processus de planification radio.....	13
II.2.1. Pré-planification.....	13
II.2.2. Dimensionnement.....	14
II.2.3. Phase de sélection et paramétrage des sites.....	14
II.2.4. L'optimisation.....	15

Table des matières

II.3. Dimensionnement de l'eNodeB	15
II.3.1. Dimensionnement orientée couverture.....	15
II.3.1.1 Bilan de liaison radio (RLB).....	16
II.3.1.2 Modèle de propagation RF	17
II.4. Le dimensionnement orienté couverture en DownLink	17
II.4.1. Débit requis	18
II.4.2. Densité de bruit thermique (dBw)	18
II.4.3. Le bruit thermique (dBm)	18
II.4.4. Puissance de la sous-porteuse	18
II.4.5. Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente par sous-porteuse « PIRE ».....	18
II.4.6. SINR requis au récepteur	18
II.4.7. Sensibilité du récepteur.....	19
II.4.8. Les marges.....	19
II.4.9. Les pertes	19
II.4.10. L'équation du bilan de liaison (Pathloss DL).....	19
II.5. Dimensionnement orienté couverture en UpLink (UL)	20
II.5.1. SINR requis	20
II.5.2. La puissance de sous porteuse	20
II.5.3. Sensibilité du récepteur eNodeB.....	20
II.5.4. Gain d'antenne	20
II.5.5. Bilan de liaison pour UL (Pathloss UL).....	20
II.6. Rayon de la cellule.....	20
II.7. Le nombre de sites.....	21
II.8. Dimensionnement de capacité	22
II.8.1. Calcul de la capacité en DownLink et UpLink.....	22
II.8.1.1. Calcul de l'efficacité de la bande spectrale [Bps/Hz/CELL]	22
II.8.1.2. Nombre d'abonnés supportés par une cellule	22
II.8.1.7. Nombre des eNodeB requis	23
II.8.1.8. Nombre final d'eNodeB requis.....	23
II.9. Dimensionnement des interfaces S1 et X2.....	24
II.9.1. L'interface X2.....	24
II.9.2. L'interface S1	24
II.10. Conclusion.....	24

Table des matières

Chapitre III: Étude avec le Drive Test & le TEMS

III.1. Introduction.....	25
III.2. Objectif de la planification.....	25
III.3. Processus de planification.....	25
III.3.1. Présentation de l’outil de planification radio ‘Drive Test’.....	25
III.3.1.1. Drive Test.....	25
III.3.2. L’outil TEMS Investigation.....	27
III.3.3. Zone géographique à étudier.....	28
III.4. Solutions pour la couverture.....	28
III.4.1. Problème de couverture.....	28
III.4.1.1. Couverture faible (RSRP, force de couverture médiocre).....	28
III.4.1.2. Mauvaise couverture (SINR, couverture de mauvaise qualité).....	28
III.5. Étude des paramètres Drive TEST avec le TEMS.....	29
III.5.1. Résumé statistique des indicateurs clés.....	29
III.5.2. Analyse des résultats obtenus par le Drive Test.....	30
III.5.2.1. Point 1.....	30
III.5.2.2. Point 2.....	31
III.5.2.3. Point 3 :.....	31
III.5.3. Résultats du test de cluster.....	32
III.5.3.1. RSRP (Reference Signal Receive Power):.....	32
III.5.3.2. RSRQ (Reference Signal Receive Quality):.....	35
III.5.3.3. SINR (Signal to Noise Ratio).....	38
III.5.3.4. Débit.....	41
III.5.3.5. Modulation.....	44
III.5.3.6. BLER (Block Error Rate).....	50
III.5.3.7. Tx Power.....	52
III.5.3.8. PCI (Physical Cell ID) :.....	54
III.6. Conclusion.....	55
Conclusion Générale.....	56

Chapitre I : Généralités sur les réseaux de quatrième génération LTE

Figure I.1: L'évolution des réseaux mobiles	3
Figure I.2: Architecture générale d'un réseau LTE	4
Figure I.3: Architecture de l'EPC	4
Figure I.4 : La partie radio eUTRAN.....	5
Figure I.5: Signaux physiques PSS / SSS (Signaux de référence)	8
Figure I.6 : Principe de L'OFDM	9
Figure I.7: La différence OFDMA et SC-FDMA.....	10
Figure I.8: Une trame LTE.....	10
Figure I.9: Méthode de Duplexage en Fréquence	10
Figure I.10: Méthode de Duplexage en Temps (TDD).....	11
Figure I.11: Bloc de ressources	11
Figure I.12: Un exemple de système MIMO	12

Chapitre II : Les processus de dimensionnement du réseau mobile LTE

Figure II.1: Processus de planification radio	13
Figure II.2: Les paramètres du dimensionnement de couverture	16
Figure II.3 : Configuration des secteurs cellulaires	21

Chapitre III : Étude avec le Drive Test & le TEMS

Figure III.1. Équipements du Drive Test.....	26
Figure III.2: Points montrant la trajectoire coupée pendant l'étude.....	28
Figure III.3 : Zone étudiée avec le Point 1	30
Figure III.4 : Zone étudiée avec le Point 2	31
Figure III.5 : Zone étudiée avec le Point 3	32
Figure III.6 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRP avant le traitement	33
Figure III.7 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRP après le traitement.....	34
Figure III.8 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRP pour le lien descendant.....	35
Figure III.9 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRQ avant le traitement.....	36
Figure III.10 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRQ.....	37
Figure III.11: Carte et histogramme sur la distribution du RSRQ pour le lien descendant....	38

Liste des figures

Figure III.12 : Carte et histogramme sur la distribution du SINR avant le traitement.....	39
Figure III.13 : Carte et histogramme sur la distribution du SINR après le traitement.....	40
Figure III.14 : Carte et histogramme sur la distribution du SINR pour le lien descendant ..	40
Figure III.15 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien descendant avant le traitement	41
Figure III.16 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien descendant....	42
Figure III.17 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien montant avant le traitement	43
Figure III.18 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien montant	44
Figure III.19 : Modulations du réseau LTE utilisées pour le lien descendant et leurs qualités avant le traitement.....	45
Figure III.20 : Modulations du réseau LTE utilisées pour le lien descendant et leurs qualités après le traitement	46
Figure III.21 : Modulations du réseau LTE utilisées pour la liaison montante avant le traitement	47
Figure III.22 : Schéma du codage de modulation pour la liaison montante.....	48
Figure III.23 : Schéma du codage de modulation pour la liaison descendante	49
Figure III.24 : Modulations du réseau LTE utilisées pour le lien montant et leurs qualités.....	50
Figure III.25 : BLER pour la liaison montante.....	51
Figure III.26 : BLER pour la liaison descendante	51
Figure III.27 : BLER pour les liaisons montante et descendante	52
Figure III.28 : Puissance Tx de l'UE pour le LTE	53
Figure III.29 : Puissance Tx de l'UE pour le LTE	54
Figure III.30 : Distribution du PCI.....	55

Chapitre II : Les processus de dimensionnement du réseau mobile LTE

Tableau II.1 : Empreinte du site en fonction du nombre de secteur..... 21

Chapitre III : Étude avec le Drive Test & le TEMS

Tableau III.1 : Indicateurs clés 29

Tableau III.2 : Couleurs affichées dans les cartes et leurs significations30

Tableau III.3 : Norme utilisé avec le RSRP pour vérifier notre réseau..... 33

Tableau III.4 : Norme utilisé avec le SINR pour vérifier notre réseau38

Tableau III.5 : Couleurs affichées dans les cartes et leurs significations.....45

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

1G : première génération

2G : deuxième génération

3G : troisième génération

4G : quatrième génération

5G : cinquième génération

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

A

AUC: Authentification Center

AMPS: Advanced Mobile Phone System

AM: Acknowledged Mode

B

BG: Border Gateway

BSC: Base Station Controller

BTS: Base Transceiver Station

BSS: Base Station Subsystem

BCH: Broadcast Channel

BCCH: Broadcast Control Channel

BLER: Block Error Rate

C

CRC : Cycle de contrôle de redondance

CCCH: Common Control Channel

D

DL: Downlink

DL-SCH: Downlink Shared Channel.

DCCH: Dedicated Control Channel

DTCH: Dedicated Traffic Channels

E

EIR: Equipment Identification Register

ETACS: Extended Total Access

Communication System

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM

Evolution

E-UTRAN: Evolved UMTS Terrestrial
Radio Access Network

ENodeB:
Evolved NodeB

EIRP: Effective Isotropic Radiated Power

EPC: Evolved Packet Core Network

EPS: Evolved Packet System

ePDG: Evolved Packet Data Gateway

F

FDD: Frequency Division - Duplexing

FUSC: Full Usage of Subchannels

FDMA: Frequency Division Multiple
Access.

G

GERAN :GSM Edge Radio Access
Network

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GSM: Global System for Mobile
Communications

GMSC: Gateway MSC

GPRS: General Packet Radio Service

GPS: Global Positioning System

H

HS: High Speed

HSDPA: High Speed Downlink Packet
Access

HLR: Home Location Register

HARQ: Hybrid ARQ

HSS: Home Subscriber Server

I

ITU: International Telecommunications
Union

IMEI: International Mobile Equipment

Liste des abréviations

Identity

IMS: IP Multimedia Sub-system

L

LTE: Long Term Evolution

M

MAC: Medium Access Control

MME: Mobility Management Entity

MSC: Mobile services Switching Center

ME: Mobile Equipment

MIMO: Multi-Input Multiple-Output

MISO: Multi-Input

MTCH: Multicast Traffic Channel

MCH: Multicast Channel

MCCH: Multicast Control Channel

MAPL: Maximum Allowable Path Loss

N

NSS: Network Switching Subsystem

NMC: Network and Management Centre

NGN : New Generation Network

nRB : nombre de blocs de ressources

O

OSS: Operation Subsystem

OLSM: Open Loop Spatial Multiplexing

OMC: Operations and

Maintenance Center

OFDMA: Orthogonal Frequency

Division Multiple Access

OFDM: Orthogonal Frequency

Division Multiplexing

P

PLMN: Public Land Mobile Network

PDP: Packet Data Protocol

PUSC: Partial Usage of Subchannels

PSS : Primary synchronization signal

PCRF: Policy and Charging Rules
Function

PCI: Physical Cell Id.

PDN-GW: Packet Data Network Gateway

PDSCH: Physical Downlink

Shared Channel

PMCH: Physical Multicast Channel

PCCH: Paging Control Channel

PBCH: Physical Broadcast Channel

PCFICH: Physical Control Format
Indicator Channel

PUSCH: Physical Uplink Shared Channel

PUCCH: Physical Uplink Control Channel

PRACH: Physical Random Access
Channel

PDCCH: Physical Downlink Control
Channel

PDCCP: Packet Data Convergence Protocol

Q

QoS: Quality of Service

QDS : Qualité de service

QAM : Quadrature Amplitude Modulation

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

R

RA: Rural Area

RB: Resource Blocks.

RE: Resource Element.

RRC: Radio Resource Control

RNC: Radio Network Controller

RSSI: Received Signal Strength Indication

RX: Reception

Liste des abréviations

RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services

RTCP: Real-time Transport Control Protocol

RTC : Réseau Téléphonique Commuté

RSRP : Reference signal receive power

RSRQ: Reference Signal Receive Quality.

RRC: Radio Resource Control

RLC: Radio Link Control

RACH: Random Access Channel

S

SC_FDMA: Single Carrier FDMA

SGW: Serving Gateway

SIMO: Single Input Multiple Output

SISO: Single Input Single output

SIP: Standards IP

SINR: Signal to Interference & noise Ratio

SPM: Standard Propagation Model

SAE: System Architecture Evolution

SGSN: Serving GPRS Support Node

SIM: Subscriber Identity Module

SC-FDMA: Single Carrier - Frequency Division Multiple Access

S-GW: Serving Gateway

SSS: Secondary synchronization signal

T

TDD: Time Division Duplexing.

TX : Transmission.

TDMA: Time Division Multiple Access

U

UM: Unacknowledged Mode

UMTS: Universal Mobile

Telecommunications System

UE: User Equipment

UL: UpLink

UL-SCH: UpLink Shared Channel

W

WCDMA : Wideband Code Division Multiple Access

Introduction générale

Le réseau 4G/LTE (Long Term Evolution) est proposé comme la future génération des réseaux mobiles après la 3G. Il permet « le très haut débit mobile », soit des transmissions de données à des débits théoriques de l'ordre de 100 Mb/s. Cette nécessité de débit élevé a développé les générations du réseau mobile de la première génération (1G) jusqu'à arriver progressivement à la quatrième génération (4G) [1].

Cette rapide évolution permet l'intégration de nouveaux services, et a poussé les opérateurs à adapter leurs méthodes de planification aux nouvelles technologies qui augmentent la complexité au niveau du réseau. Cette complexité devient plus importante quand ces réseaux regroupent plusieurs technologies d'accès différents en un réseau hétérogène (comme les réseaux 5G). La phase de planification correspond à assurer la meilleure couverture radio, la compatibilité avec les réseaux actuels, la gestion de la mobilité intercellulaire des utilisateurs, l'anticipation des interférences, la taille de la cellule et la charge supportée. Ceci va permettre une couverture adéquate et un bon service pour soutenir l'augmentation potentielle du trafic [2].

L'objectif de ce travail de Master consiste à maîtriser les techniques d'optimisation, de planification et de dimensionnement d'un réseau d'accès 4G, et ce par des mesures réelles des différentes données (niveau du signal reçu, qualité du signal reçu, SQI (Speech Quality Index) ...) par les outils disponibles (Drive Tests, TEMS...).

C'est dans ce cadre, que se déroulera notre projet de fin d'étude, effectué en collaboration avec l'opérateur téléphonique OOREDOO. Ce travail est organisé comme suit: D'abord, le contexte théorique est introduit au premier chapitre sur les concepts de base sur le réseau LTE : son architecture, ses caractéristiques, ses spécifications techniques, et plus principalement l'interface Air.

Le deuxième chapitre est consacré pour l'étude théorique du dimensionnement orienté capacité et couverture. Nous allons introduire les concepts de base et les calculs mathématiques nécessaires pour le dimensionnement sur les deux plans.

Au dernier chapitre, nous validerons notre étude avec des mesures réelles des différentes données : niveau du signal reçu, qualité du signal reçu, SQI, et ce en utilisant l'outil de Drive Test et TEMS. Pour cela, nous avons choisi une zone pour notre étude qui est Tiaret. Ces valeurs vont contribuer à améliorer la qualité du réseau dans la région. Enfin, nous terminerons par une conclusion générale qui récapitulera notre travail et présentera les connaissances acquises suite à ce projet de fin d'étude.

Chapitre I :

Généralités sur les Réseaux Quatrième Génération LTE

I.1. Introduction :

Le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé de croître. Plusieurs générations ont vu le jour (1G, 2G, 3G, 4G et prochainement la 5G qui n'est pas encore mis en œuvre) et ont connu une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel qui ne cesse d'augmenter, une bande passante de plus en plus large. Un des avantages d'une telle bande passante est le nombre d'utilisateur pouvant être supportés [3].

Au début des années 2000, plusieurs opérateurs mobiles et équipementiers télécoms et organisations se sont réunis dans le but de développer un réseau de mobile dit de nouvelle génération basée sur la 3G et appelée LTE (Long Term Evolution). Le principal avantage de ce nouveau standard est de permettre des débits et vitesses plus élevés pour les utilisateurs mobiles. Dans ce chapitre, nous donnerons des généralités sur la technologie LTE.

I.2. Évolution des réseaux mobiles :

Le développement des réseaux mobiles s'est déroulé en plusieurs étapes :

Le réseau 1G s'agit de la toute première génération du réseau mobile. Déployé en France dès 1986 sous le nom de Radiocom 2000. La 1G était accessible par le biais de téléphones analogiques transportables, essentiellement intégrés aux voitures.

Le réseau 2G, déployé en 1990 est toujours actif. Il représente le symbole du passage de l'analogique au numérique. En termes d'usages, la 2G est suffisante pour appeler et envoyer des SMS, voire des MMS. Les débits généralement observés en 2G sont de 9.6Kbits/s. Ce réseau a connu trois améliorations successives avec le réseau GPRS aussi appelé 2,5G et le réseau EDGE (évolution du GPRS) appelé aussi 2,75G.

Le réseau 3G, qui fonctionne exclusivement sur les bandes de fréquences 900 MHz et 2100 MHz, et avec un débit de 1,9Mbits/s. Il a connu trois améliorations successives avec la 3G+ (aussi appelée HSPA), le H+ (HSPA+) et le H+ Dual Carrier (DC-HSPA+). Il s'agit d'évolutions de l'UMTS visant à bénéficier de meilleurs débits : 3,6Mbits/s pour la 3G+, 5Mbits/s pour le H+ et 10Mbits/s pour le H+ Dual Carrier. Ces avancées ont permis d'aller plus loin dans l'usage d'Internet, avec notamment la possibilité de visionner des vidéos instantanément et sans attendre le temps du chargement.

La 4G ou LTE (Long Term Evolution) donne aux usagers l'opportunité de surfer à une très grande vitesse. Avec un débit élevé, la 4G permet de transférer des fichiers lourds, de visionner des vidéos en HD, de "live-streamer", etc. [4]. Comme on le voit dans la figure suivant :

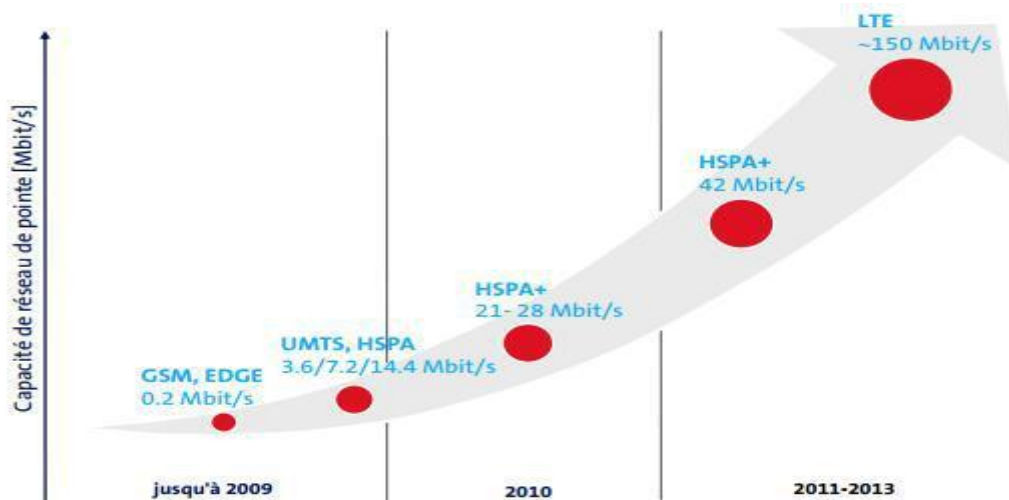


Figure I.1: Évolution du réseau mobile [4]

I.3. La technologie LTE (4G)

L'idée de projet pour développer la technologie LTE est menée par l'organisme de standardisation 3GPP visant à rédiger les normes techniques de la future quatrième génération en téléphonie mobile. Cette technologie a comme but de permettre le transfert de données à très haut débit, avec une portée plus importante, un nombre d'appels par cellule supérieur (zone dans laquelle un émetteur mobile peut entrer en relation avec des terminaux) et un temps de latence plus faible. En théorie, elle permet d'atteindre des débits de l'ordre de **50 Mb/s** en lien ascendant et de **100 Mb/s** en lien descendant, partagé entre les utilisateurs mobiles à l'intérieur d'une même cellule. Pour les opérateurs (qui ont la partie la plus importante pour supporter cette technologie), le LTE implique de modifier le cœur du réseau et les émetteurs radio. Il faut également développer des terminaux mobiles adaptés [5].

I.4. Architecture générale d'un réseau LTE :

Le réseau est constitué de deux parties : une partie radio (eUTRAN) et un cœur de réseau « EPC » (Evolved Packet Core).

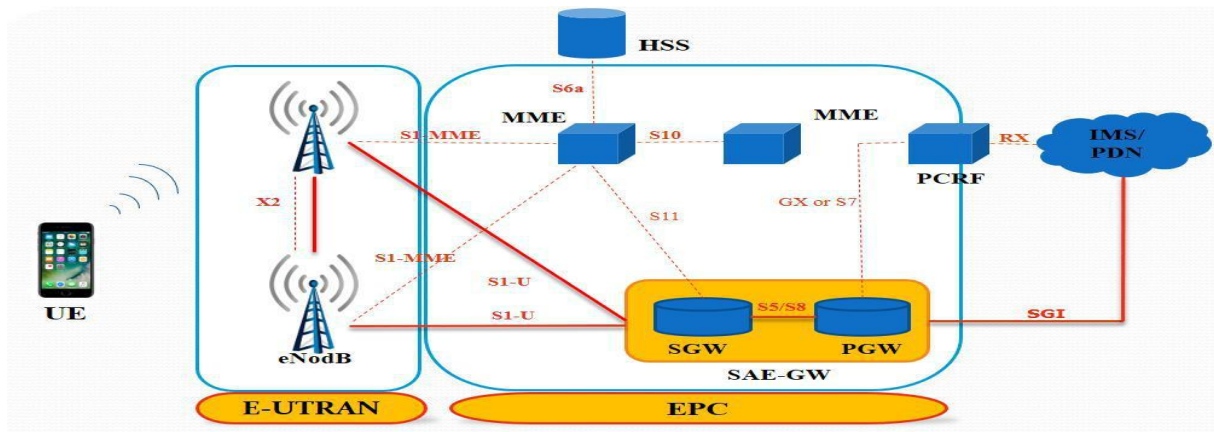


Figure I.2: Architecture générale d'un réseau LTE [6]

I.5. Réseau cœur 4G/LTE :

Le cœur de réseau appelé « EPC » (Evolved Packet Core) utilise des technologies « full IP », c'est-à-dire basées sur les protocoles Internet pour la signalisation, le transport de la voix et des données. Ce cœur de réseau permet l'interconnexion via des routeurs avec les eNodeB distants, les réseaux des autres opérateurs mobiles, les réseaux de téléphonie fixe et le réseau Internet.

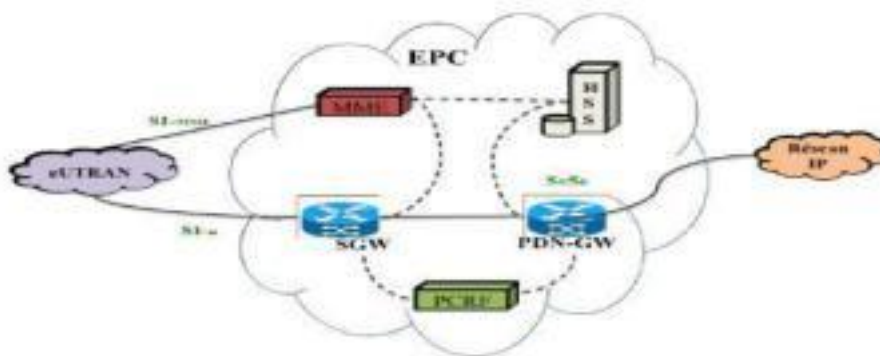


Figure I.3: Architecture de l'EPC [7]

L'EPC d'un opérateur LTE est principalement constitué de [2] :

- **Le MME** : gère la signalisation (plan de contrôle) et donne l'accès aux bases de données.
- **Le SGW** : qui transporte le trafic de données (plan utilisateur) et concentre le trafic de plusieurs eNodeB,

- **Le P-GW** : sert de passerelle vers le réseau Internet, a aussi pour rôle d'attribuer les adresses IP aux terminaux LTE.
- **Le HSS** : contient les identifiants et les droits des abonnés.
- **PCRF** : cette entité fournit les règles de taxation des flux usagers et permet également de demander au PDN-GW d'établir, de modifier et de libérer des « dedicated bearer » sur la base de la qualité de service (QoS) souhaité par l'utilisateur.

I.6. Réseau d'accès 4G/LTE

I.6.1. La partie radio eUTRAN :

La partie radio du réseau, appelée « eUTRAN », est simplifiée comparée à celles des réseaux 2G (GERAN) ou 3G (UTRAN), par l'intégration dans les stations de base « eNodeB » des fonctions de contrôle qui étaient auparavant localisées dans les RNC (Radio Network Controller) des réseaux 3G UMTS.

La partie radio d'un réseau LTE (voir dessin) se compose donc des eNodeB, d'antennes locales ou distantes, de liaisons en fibres optiques vers les antennes distantes (liens CPRI) et des liaisons IP reliant les eNodeB entre eux (liens X2) et avec le cœur de réseau (liens S1) via un réseau de backhaul.

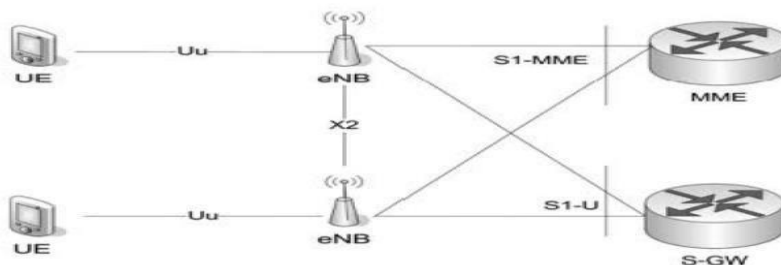


Figure I.4 : La partie radio eUTRAN [2].

Les stations de base (eNodeB) : sont le principal constituant d'un eUTRAN ; elles sont réparties sur l'ensemble du réseau (plusieurs dizaines de milliers de stations de base sont nécessaires pour couvrir complètement un pays de la taille de la France)

I.6.2. Les interfaces :

L'**interface X2** est une interface logique. Elle est introduite dans le but de permettre aux eNodeBs d'échanger des informations de signalisation durant le Handover ou la signalisation, sans faire intervenir le réseau cœur. L'eNodeB est relié au cœur du réseau à travers l'interface S1.

L'**interface S1** est l'interface intermédiaire entre le réseau d'accès et le réseau cœur, et elle peut être divisée en deux interfaces élémentaires. Elle consiste en S1-U (S1-Usager) entre l'eNodeB et le SGW, et S1-MME entre l'eNodeB et le MME. Les eNodeBs ont offert deux qualités au réseau : la sécurité (en cas de problème d'un relais) et le partage équitable des ressources (partage de ressource en cas de saturation du lien principal).

I.6.3. Caractéristiques de l'accès LTE :

- **Débit sur l'interface radio** : 100 Mbit/s descendant et 50 Mbit/s montant. L'interface radio eUTRAN 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 maximal montant instantané (du terminal au réseau) de 50 Mbit/s en considérant aussi une allocation de bande de fréquence de 20 MHz.
- **Connexion permanente** : principe des accès haut débit où la connectivité est permanente pour l'accès à Internet. Même si la connexion est permanente au niveau du réseau, il est nécessaire pour le terminal de passer de l'état IDLE à l'état ACTIF lorsqu'il s'agira d'envoyer ou de recevoir un trafic. Ce changement d'état s'opère en moins de 100 ms. Le réseau pourra recevoir le trafic de tout terminal rattaché puisque ce dernier dispose d'une adresse IP, mettre en mémoire ce trafic, réaliser l'opération de paging afin de localiser le terminal et lui demander de réserver des ressources afin de pouvoir lui relayer son trafic.
- **Mobilité** : assurée à des vitesses comprises entre 120 et 350 km/h. Le handover pourra s'effectuer dans des conditions où l'utilisateur se déplace à grande vitesse. La LTE ne permet que le hard handover et non pas le soft handover
- **Latence** : il existe principalement deux (02) types de latence :
La Latence du plan de contrôle qui est le temps d'établissement d'une connexion avec un service (l'émission et la réception de la signalisation).

La latence du plan usager qui est le temps d'émission d'un paquet de données appartenant à l'utilisateur du réseau, et ce, après l'établissement de la connexion. [8]

I.7.L'interface Air

I.7.1. Les canaux radio :

L'interface radio E-UTRAN doit être capable de transmettre des informations à haut débit et à faible temps de latence. Cependant, pas tous les flux d'information ne nécessitent la même protection face aux erreurs de transmission ou la manipulation de la Qualité de Service (QoS). Les messages de signalisations E-UTRAN doivent être transmis le plus rapidement possible en utilisant le meilleur schéma de protection contre les erreurs, car ils sont critiques dans le cas d'une mobilité radio. D'un autre côté, la voix et les données peuvent tolérer une perte raisonnable, due à la transmission radio. Dans le but d'être flexible et permettre différents schémas pour la transmission de données, les spécifications de l'E-UTRAN ont introduit plusieurs types de canaux :

I.7.1.1. Les canaux logiques :

Les canaux logiques fournis par la couche MAC sont :

- **BCCH** : un canal DownLink, utilisé par le réseau pour le Broadcast des informations système de l'eUTRAN à l'ensemble des terminaux présents dans une cellule radio.
- **CCH** : un canal DownLink qui transfère les informations de paging aux terminaux dans une cellule.
- **CCCH** : utilisé pour la communication entre le terminal et l'eUTRAN. Ce canal est typiquement utilisé dans les premières phases de l'établissement de communication.

I.7.1.2. Les canaux de transport :

Un canal de transport se distingue d'un autre par la manière dont les données vont être transportées sur la couche physique.

- **BCH** : est associé au canal logique BCCH.
- **DL-SCH** : qui est utilisé pour transporter le contrôle d'utilisateur ou le trafic data.
- **MCH** : qui est associé au MBMS pour le contrôle des informations de transport.

Les canaux de transport eUTRAN en UpLink sont :

- **RACH** : qui est un canal de transport spécifique supportant un contrôle d'information limité. Il est utilisé durant les premières phases d'établissement de communication.

I.7.1.3. Les canaux physiques:

Ce sont en fait les canaux physiques qui transportent les données des utilisateurs ainsi que les

des sous-porteuses orthogonales entre elles. Les signaux des différentes sous-porteuses se chevauchent mais grâce à l'orthogonalité n'interfèrent pas entre elles.

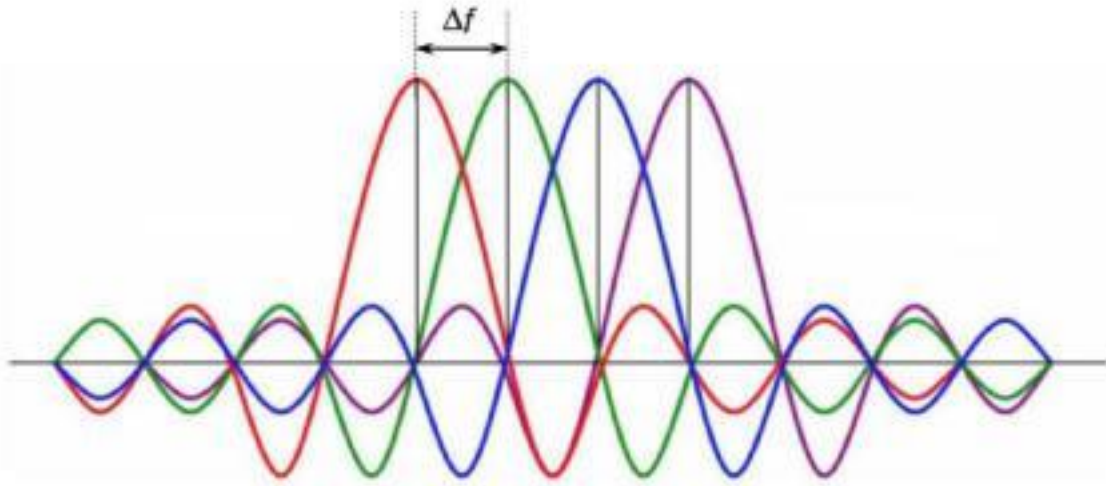


Figure I.7 : Principe de L'OFDM [11]

I.7.2.1. L'OFDMA et SC-FDMA :

Utilisée notamment dans les réseaux de téléphonie mobile de 4^e génération LTE :

- **L'OFDMA** : est une technique de multiplexage Ce codage radio associe les multiplexages en fréquence et temps. C'est la combinaison de TDMA et FDMA essentiellement. Utilisé pour les liaisons radios descendantes des réseaux LTE pour lesquelles il y a une moindre contrainte énergétique, car permettant pour une même largeur spectrale, un débit binaire plus élevé.
- **SC-FDMA** : est une technologie de codage radio numérique qui a été adoptée pour les liaisons montantes (dans le sens terminal vers station de base) de certaines normes 3GPP, plus particulièrement pour la partie radio (eUTRAN) des réseaux mobiles « LTE », car ce codage permet de diminuer la consommation électrique du terminal et contribue donc, à l'augmentation de l'autonomie de sa batterie. [11]

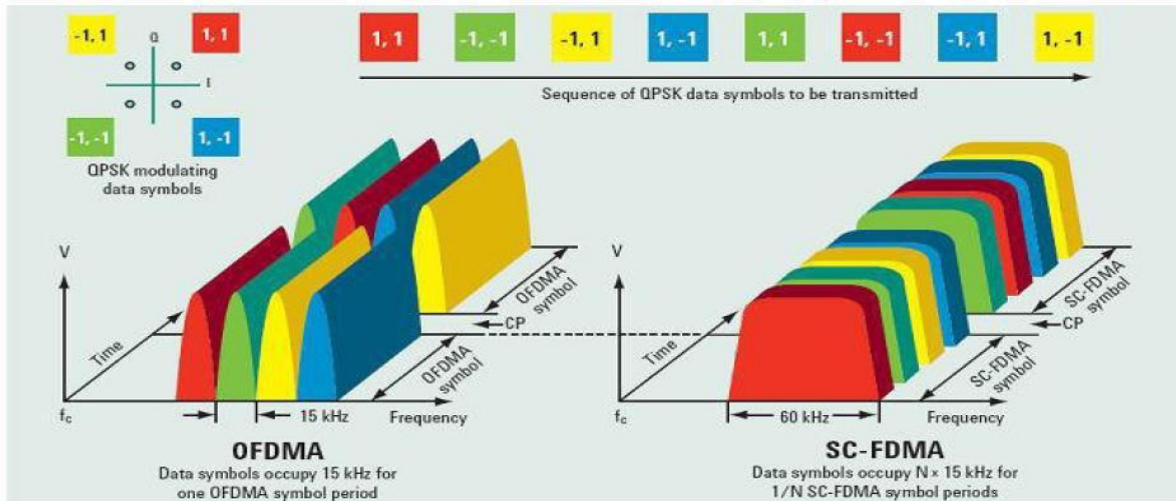


Figure I.8: La différence OFDMA et SC-FDMA [11].

I.7.2.2. Structure de la trame LTE :

La trame générique du LTE a une durée de 10 ms, décomposée en 20 slots de 0,5 ms chacun, numérotés de 0 à 19.

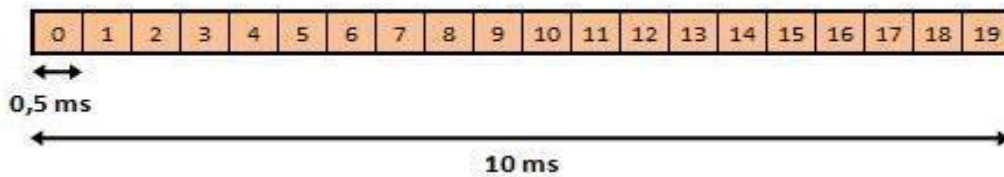


Figure I.9: Une trame LTE [12]

Un duplexage peut être effectué afin d'attribuer les slots d'émission et de réception. Deux types de duplexage existent pour le LTE :

- **Mode FDD** : les deux sens de liaison radio opèrent sur des fréquences différentes.

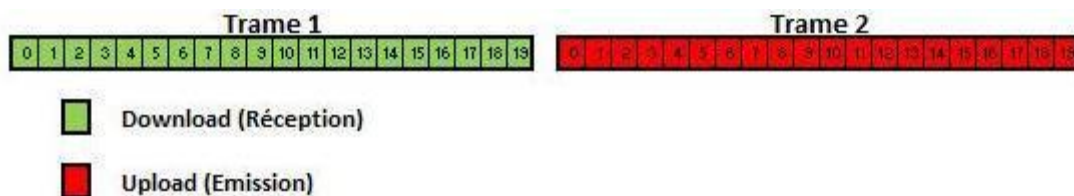


Figure I.10: Méthode de Duplexage en Fréquence (FDD)

- **Mode TDD** : les deux sens utilisent les mêmes fréquences mais avec des intervalles de temps différents (appelé slot).

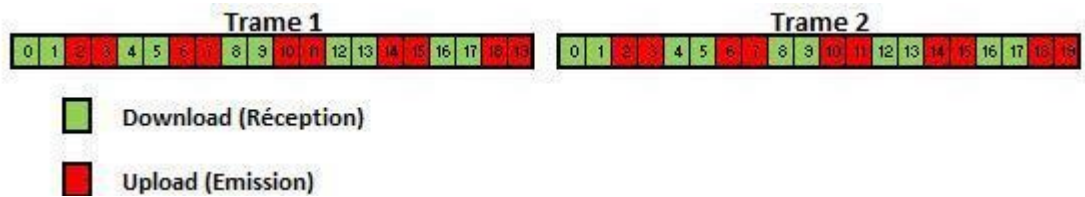


Figure I.11: Méthode de Duplexage en Temps (TDD) [13]

I.7.2.3. Concept de bloc de ressources :

- Chaque trame de 10 ms comprend 10 sous-trames de 1 ms, chacune comprenant 2 créneaux de 0,5 ms
- Chaque créneau contient N blocs de ressources [$6 < N < 110$]
- Chaque PRB contient 6-7 symboles modulés chacun par une de 12 sous-porteuses avec un espacement de 15 kHz
- Allocation minimale de 0,5ms x 180KHz
- Des signaux pilotes sont insérés à des endroits prédéterminés pour la synchronisation [14]

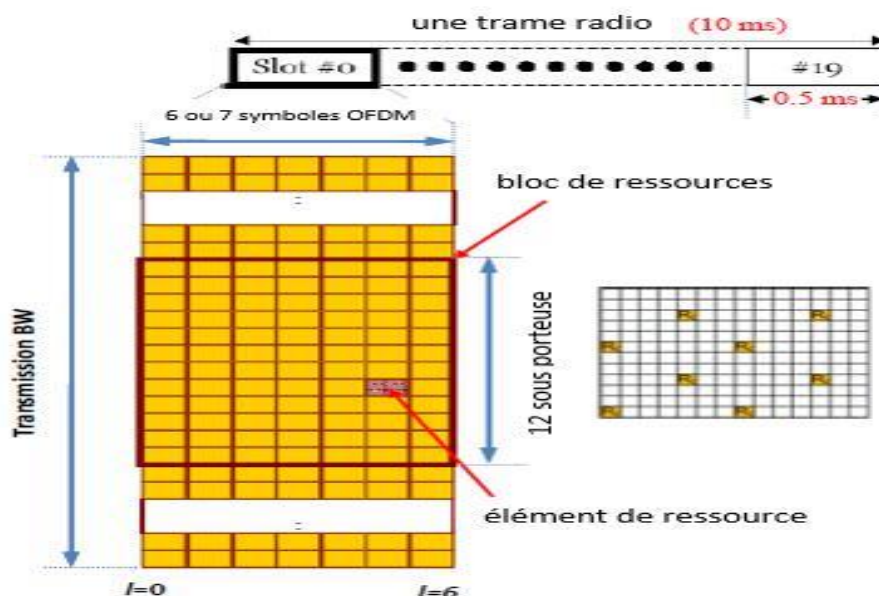


Figure I.12: Bloc de ressources [15]

I.7.3. La technologie MIMO :

La diversité est utilisée dans les systèmes de communication sans fil avec l'objectif de combattre l'évanouissement causé par les multi-trajets. Le concept de base de la diversité repose sur la disponibilité au récepteur de plusieurs copies du même signal étant affectées par des canaux différents. En utilisant plusieurs antennes à l'émission et à la réception on obtient

une diversité spatiale. Ces antennes doivent être espacées assez pour que l'évanouissement sur chaque antenne soit indépendant.

Pour le LTE/LTE Advanced, la transmission avec MIMO supporte une configuration jusqu'à huit antennes d'émissions et huit antennes de réceptions dans le but d'augmenter le débit et la portée de réseaux.

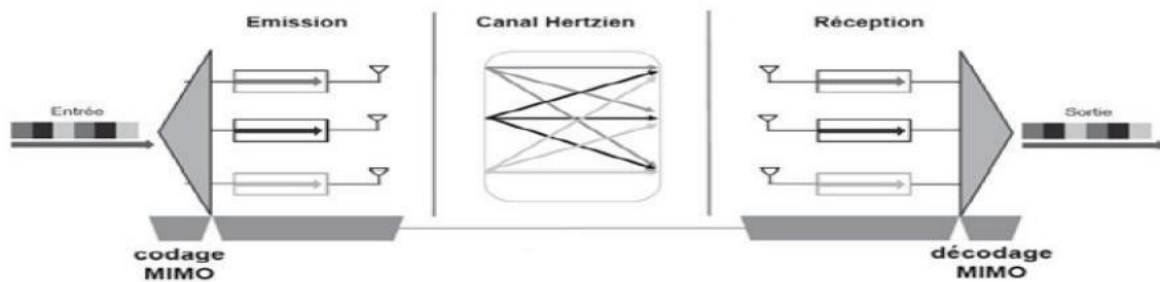


Figure I.13 : un exemple de système MIMO [16]

I.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné une idée sur l'architecture générale du système LTE. Nous avons commencé avec un bref historique de la technologie 4G, puis nous avons présenté l'architecture générale du réseau LTE ainsi que l'architecture protocolaire des interfaces S1 et X2, les objectifs techniques et les caractéristiques du réseau de cœur et de réseau d'accès, ainsi que les principales techniques utilisées dans la couche physique du réseau LTE. En effet, une bonne connaissance des architectures permet aux planificateurs de mieux gérer les ressources, de faciliter l'évolution du réseau en intégrant des technologies plus performantes, et qui leur permettent de fournir en même temps des services de bonne qualité. Le prochain chapitre est consacré pour les processus de dimensionnement du réseau mobile LTE.

Chapitre II :

Les Processus De Dimensionnement Du Réseau Mobile LTE

II.1 Introduction :

La planification d'un réseau mobile LTE est une phase très importante. En effet, un opérateur doit se focaliser sur la planification avant la mise en œuvre de son réseau afin d'assurer un coût minimal des liaisons radio et de l'infrastructure du réseau, et ce en tenant compte de la couverture radio et de la taille des cellules sous réserve de contraintes de la QoS (Quality of Service), et d'estimer le nombre approximatif des sites nécessaires et le nombre des stations de base pour faciliter le travail des industriels et des opérateurs des réseaux de la 4G. Dans ce chapitre, nous présenterons notre processus de planification et dimensionnement du réseau LTE.

II.2. Les étapes du Processus de planification radio

La planification en LTE, comme tout autre réseau cellulaire, est une tâche complexe, et contient un certain nombre d'étapes consécutives, dont l'output d'une certaine étape fournit l'input de l'étape suivante. La planification de couverture et de capacité en LTE se fait de façon conjointe, en une seule tâche, appelée dimensionnement.

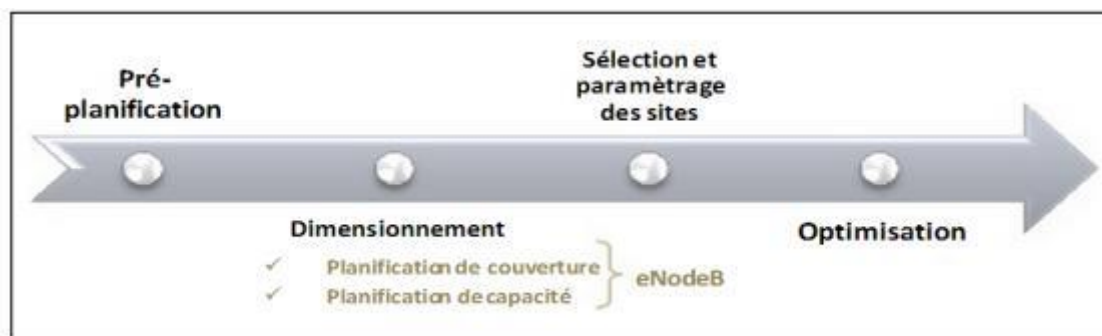


Figure II.1. Processus de planification radio [17]

Comme montre la figure ci-dessus, le processus de dimensionnement comporte 4 étapes :

II.2.1. Pré-planification :

La pré-planification nécessite la collecte des informations qui portent sur la zone de déploiement. Ces informations sont le fruit d'investigations approfondies, on cite par exemple : les informations détaillées sur l'eNodeB et l'UE, les informations sur la zone de déploiement (superficie, informations démographiques, densité d'abonnés, taux de pénétration

de la technologie LTE), les informations sur les abonnés de la zone (services demandés, trafic offert, etc.).

II.2.2. Dimensionnement :

Comme son nom l'indique, il consiste à satisfaire les contraintes de couverture et de capacité tout en minimisant les ressources exploitées :

- **Définir l'exigence de qualité** : cette exigence est basée sur une condition de débit à une probabilité de couverture donnée en lien montant et en lien descendant. Les attributs suivants doivent être définis : le type de transmission – MIMO ou diversité de Tx, la diversité de réception dans l'équipement d'utilisateur et station de base, classe énergie RBS (par exemple 20 W ou 40 W), la puissance de sortie de l'équipement de l'utilisateur, bande passante, bande de fréquence
- **Dimensionnement de couverture** : l'analyse de la couverture reste fondamentalement l'étape la plus critique dans la conception d'un réseau LTE. Il est nécessaire de choisir un modèle de propagation approprié. Le résultat final obtenu est la taille de la cellule à couvrir, ce qui donne une estimation sur le nombre total de sites. Cette estimation est basée sur les exigences de couverture et doit être vérifiée aussi par les besoins de capacité.
- **Dimensionnement de capacité** :
La vérification de la taille des cellules et le nombre des sites obtenus par l'analyse de couverture doit être comparée par l'analyse de capacité. Si le système ne peut pas supporter la charge demandée, de nouveaux sites doivent être rajoutés.

II.2.3. Phase de sélection et paramétrage des sites :

Elle consiste à sélectionner les positions géographiques adéquates des sites, ainsi que les configurations nécessaires comme :

- Importation des cartes numériques.
- Configuration des paramètres d'antenne.
- Configuration de la fréquence choisie.
- Configuration des paramètres des sites.
- Configuration des paramètres des transmetteurs.
- Configuration des paramètres des cellules.
- Configuration des paramètres de la simulation.

II.2.4. L'optimisation :

Un processus itératif de contrôle et de suivi des KPI, ayant pour but de maintenir les exigences de QoS préétablis.

Dans le cadre de ce projet, nous allons nous intéresser beaucoup plus à la phase de dimensionnement, qui consiste à déterminer le nombre des eNodeBs requis, la capacité requise sur l'interface X2 et la capacité requise sur l'interface S1. Pour un opérateur de télécommunication, l'étape de dimensionnement des équipements et des interfaces de son réseau est préliminaire. Elle permet de déterminer le volume des équipements et les logiciels à acquérir et à déployer afin de satisfaire ses abonnés. Cette étape fondamentale consiste principalement à :

- Trouver une meilleure architecture cellulaire capable de garantir la qualité de service requise pour chaque service.
- Absorber totalement la charge : le réseau doit fournir les canaux nécessaires pour s'assurer que le trafic associé à chaque cellule soit absorbé et transporté.
- Garantir la couverture et la mobilité dans toute la zone de déploiement.[18]

II.3. Dimensionnement de l'eNodeB :

Le dimensionnement des eNodeBs est la partie la plus sophistiquée et délicate du processus de dimensionnement. Comme nous l'avons indiqué précédemment, le processus de dimensionnement nécessite une liaison conjointe entre la capacité et la couverture. De ce fait, deux méthodologies doivent être mises en place pour le dimensionnement de ce nœud : un dimensionnement orienté capacité et un dimensionnement orienté couverture. Le premier tient compte des exigences en capacité et en trafic qui doit être absorbé et transporté par le réseau, et le deuxième tient compte des exigences en couverture. Finalement, le nombre des eNodeB serait le maximum du nombre issu des deux méthodes.

II.3. 1.Dimensionnement orienté couverture :

Le dimensionnement basé sur la couverture se présente dans la figure ci-dessous (voir Figure II.2). On rassemble toutes les entrées et les sorties du dimensionnement orienté couverture. Le principal output de ce processus est le nombre minimum d'eNodeBs requis pour la couverture. Pour bien comprendre ce schéma, voici son descriptif séquentiel simplifié :

- ✓ Établir le bilan de liaison radio pour aboutir à l'affaiblissement maximal de parcours (y compris le calcul de la sensibilité du récepteur).

- ✓ Choisir le modèle de propagation adéquat pour déterminer le rayon de la cellule.
- ✓ Calculer l’empreinte du site en se basant sur le rayon et la configuration
- ✓ Déduire le nombre nécessaire de sites pour couvrir la surface de déploiement considérée.

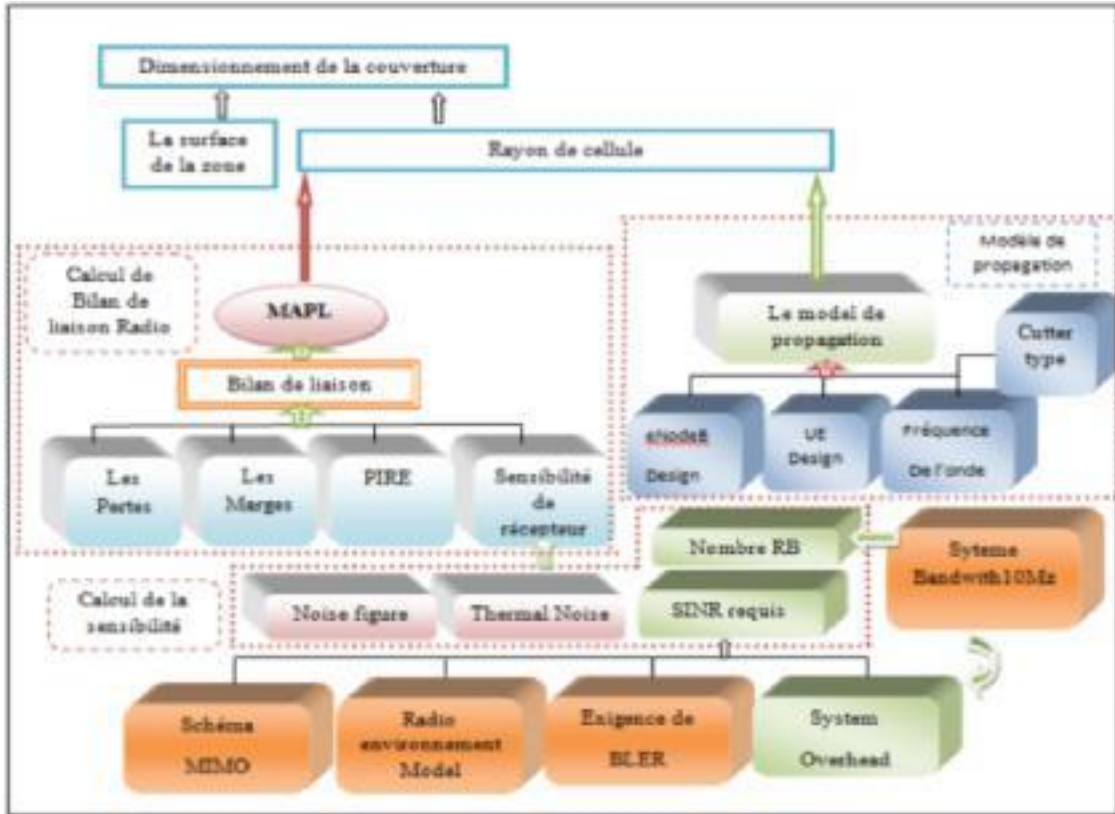


Figure II.2. Paramètres du dimensionnement de couverture [19]

II.3. 1.1. Bilan de liaison radio (RLB) :

Le RLB donne la perte de trajet maximale autorisée et à partir de laquelle la taille des cellules est calculée en utilisant un modèle de propagation approprié. Le RLB prend en compte : les puissances d’émission, les gains, les pertes d’antenne, les gains de diversité, les marges d’interférence. Pour le LTE, l’équation du RLB de base est comme suit (en dB) [20] :

$$MAPL = P_{ire} - IM + RXg - K - RX \tag{II.1}$$

Avec :

MAPL (Maximum Allowable Pathloss) : L’affaiblissement maximale de parcours exprimé en (dB).C’est le paramètre qu’on veut déterminer à travers l’établissement d’un bilan de liaison.

Pire (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalent Isotropie Radiated Power),est la puissance rayonnée équivalent à une antenne isotrope.

IM: Marge d'interférence.

RXg : Gain d'antenne de réception.

K: Perte de câble.

Rx : sensibilité de réception.

II.3.1.2. Modèle de propagation RF :

Le modèle de propagation permet d'estimer la valeur de l'atténuation du trajet. On distingue plusieurs types de modèles :

- **Modèles empiriques :** sont une formule mathématique utilisée pour prédire l'impact d'un émetteur sur une certaine zone de réception.
- **Modèles physiques :** prédisent la propagation des ondes radio et calculent les trajets des ondes radio en tenant compte des phénomènes de réflexion et de diffraction.

Ces modèles ne prédisent pas avec exactitude le comportement de la liaison radio, mais le comportement le plus probable. Ils sont utilisés pour prédire le rayon de la cellule à partir de la perte de trajet maximale autorisée.

II.3.1.2 .1. Modèle Okumura-Hata : Le modèle empirique le plus connu est l'Okumura HATA MODEL. Il est basé sur les mesures d'Okumura prises dans la région de Tokyo au Japon. Ce modèle prend en considération plusieurs facteurs, essentiellement la nature de l'environnement en spécifiant son degré d'urbanisation (urbain dense, urbain, sous urbain, rural).

II.3. 1.2 .2. Modèle COST-231 Hata : Le modèle Okumura-Hata opère uniquement pour une plage de fréquence inférieure à 1000 MHz, le groupe COST 231 a proposé de modifier ce modèle pour créer un autre opérant sur la bande 1500-2000 MHz dans les zones urbaines, puis l'ajuster, en ajoutant des termes correctifs pour tous les autres environnements (sous urbain, urbain dense et rural) [20].

II.4. Le dimensionnement orienté couverture en DownLink

Pour les différents types de morphologies (urbaine dense, urbaine, sous urbaine, rurale) on doit effectuer des calculs selon les paramètres précédents :

II.4.1. Débit requis :

On commence par définir l'exigence de qualité qui est exprimée comme un débit binaire déterminé qui peut être fourni à un utilisateur sur les bordures de la cellule. Le débit binaire requis dépend du service pour lequel le système est dimensionné. Tous les calculs sont effectués par bloc de ressources. Le débit binaire requis R_{req} est divisé par le nombre de blocs de ressources, n_{Rb} , pour obtenir le débit binaire par nombre de bloc n_{Rb} [21].

$$R_{req,Rb} = R_{req}/n_{Rb} \quad (II.2)$$

II.4.2. Densité de bruit thermique (dBm) :

Le bruit thermique est dû à l'agitation thermique des électrons. Il dépend de la largeur de la bande et de la température ambiante (T_{kelven}) et de la constante de Boltzmann (K).

$$D_{Noise} = 10 \times \log_{10} (K \times T_{kelven} \times B_{HZ}) \quad (II.3)$$

II.4.3. Le bruit thermique (dBm) :

$$Noise_{TH} = D_{Noise} + 10 \times \log_{10} (Sub_{cr} \times B_{HZ} \times 100) \quad (II.4)$$

Avec :

Sub_{cr} : L'espacement entre sous porteuse 15KHz

: 1 Hz

II.4.4. Puissance de sous-porteuse :

Le rapport entre la puissance d'émission maximale et le nombre de sous porteuse donnée par la formule suivante en dB :

$$P_{sc} = P_{total\acute{e}mission} - 10\log_{10}(Sub_{cr}) \quad (II.5)$$

II.4.5. Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente par sous porteuse « PIRE » :

PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) : ou EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) : est la puissance rayonnée équivalente à une antenne isotrope. Elle est exprimée en dBm, sous la formule suivante [22] :

$$PIRE_{DL} = P_{Sc} - L_{cable} + G_{antenne} \quad (II.6)$$

II.4.6. SINR requis au récepteur :

Le SINR est le rapport minimal entre le signal utile et la somme des interférences provenant de cellules propres et voisins et la puissance du bruit reçu. Le SINR requis est pratiquement

prélevé à partir des simulations qui dépendent du mode canal, système MIMO, exigence BLER.

$$\text{SINR} = \frac{S}{L_{\text{own}} + L_{\text{oth}} + N} \quad (\text{II.7})$$

S : le signal utile (dBm)

L_{own} : interférences à l'intérieur de la cellule (on considère que ces interférences sont nulles à cause de l'orthogonalité des sous porteuse 'OFDMA'). (dB)

L_{oth} : autres perturbations cellulaires (dB)

N : puissance de bruit (dBm)

II.4.7. Sensibilité de récepteur :

Représente le niveau du signal requis au port de l'antenne du récepteur mobile pour pouvoir atteindre un niveau de qualité acceptable en réception [20].

$$S_{\text{UE}} = \text{Noise Figure} + \text{thermal Noise} + \text{SINR requièrent} \quad (\text{II.8})$$

II.4.8. Les marge :

Après avoir calculé la sensibilité du récepteur et la PIRE dans les sections précédentes, la question qui se pose maintenant : peut on calculer l'affaiblissement de parcours maximum ? La réponse est 'non', car il est indispensable de comptabiliser un ensemble de marges de sécurité qui correspondent à l'environnement radio pour éviter le phénomène 'Swiss Cheese' (surface avec trous de couverture) et enfin atteindre notre objectif de couverture. on a trois type de marge :

- Marge de pénétration .
- Marge de Shadowing.
- Marge d'interférence.

II.4.9. Les pertes :

- Les pertes de câbles d'alimentation (cable loss)
- Les pertes de corps (body loss).

II.4.10.L'équation de Bilan de liaison (MAPL) :

$$Pathloss_{DL} = P_{Sc} - S_{UE} - L_{Fedeer} + G_a - IM - M_p - M_{sh}$$

P_{Sc} : puissance de sous porteuse.

S_{UE} :sensibilité récepteur UE.

L_{Fedeer} :Les pertes des câbles d'alimentation.

G_a : Gain d'antenne eNodeB.

IM : Marge d'interférence.

M_p : Marge de pénétration.

II.5. Dimensionnement orienté couverture pour l'UpLink (UL) :

Les calculs sont effectués selon les paramètres suivant :

II.5.1. SINR requis :

Un indicateur de la performance du système : plus il est important, plus le système est performant. Il a la même séquence de décision comme dans le DownLink et il est basé sur les résultats de simulation. [19]

II.5.2. La puissance de sous porteuse :

Le rapport entre la puissance d'émission maximale et le nombre de sous porteuses donnée par la formule suivante :

$$P_{Sc} = P_{Total\acute{e}mission} - 10\log_{10}(Sub_c) \quad (II.10)$$

II.5.3. Sensibilité de récepteur l'eNodeB

La sensibilité des eNodeB est la puissance du signal nécessaire pour éviter les coupures radio.

$$S_{eNodeB} = eNodeB\ Noise\ Figure + Bruit\ thermique + SINR\ requis \quad (II.11)$$

II.5.4. Gain d'antenne

Le gain de l'antenne change avec le type de l'antenne et la fréquence de la bande. Il est pratiquement fixé à 18 dBi pour les antennes tri sectorisation [20].

II.5.5. Bilan de liaison pour UL ($pathloss_{UL}$)

$$Pathloss_{DL} = P_{Sc} - S_{UE} - L_{Fedeer} + G_a - IM - M_p - M_{sh} \quad (II.12)$$

II.6. Rayon de la cellule

Après avoir calculé l'affaiblissement de parcours maximum (MAPL) par l'établissement d'un bilan de liaison équilibré, nous pouvons déterminer le rayon de la cellule en utilisant le modèle de propagation adéquat. En effet, lorsque l'affaiblissement de parcours est égal à sa valeur maximale, la distance parcourue est égale au rayon de la cellule. L'équation pour calculer la distance en Kilomètres RCELL (urbaine dense) est la suivante :

$$R_{Cell(dence\ urbain)} = 10^a \quad (II.13)$$

$$\alpha = \frac{L_{pmax} - A + 13.8 * 2 * \log(Hb) + \alpha(Hm)}{44.9 - 6.55 \log(Hb)} \quad (\text{II.14})$$

Avec :

A : la fréquence dépendant de la valeur d'atténuation.

H_b : La hauteur de l'eNodeB[m]

H_m: La hauteur de la station mobile [m]

II.7. Le nombre de sites

Une fois le rayon de la cellule R_{cell} calculé, nous pouvons calculer la superficie de couverture de la cellule noté S_{cell} . Cette dernière dépend du nombre de secteurs par site noté N secteur. La figure ci-dessous exprime la configuration des secteurs :

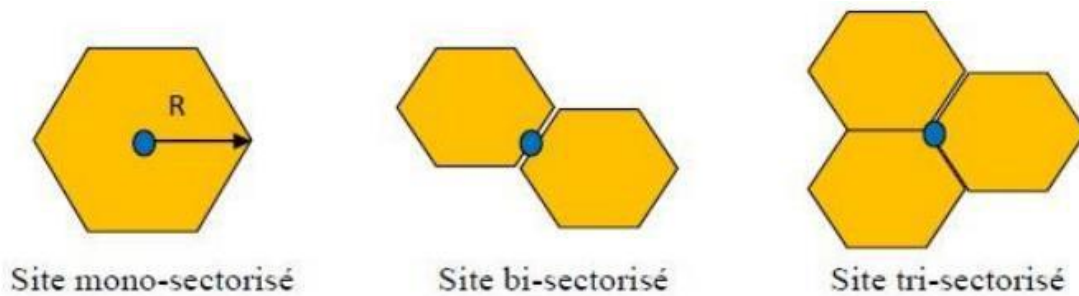


Figure II.3 : Configuration des secteurs cellulaires

Nombre de secteur par site	Empreinte
Mono-sectorisé	$S_{cell} = 2.6 * R_{cell}^2$
Bi-sectorisé	$S_{cell} = 1.3 * 2.6 * R_{cell}^2$
Tri-sectorisé	$S_{cell} = 1.95 * 2.6 * R_{cell}^2$

Tableau II.1 : Empreinte du site en fonction du nombre de secteurs [22]

Après avoir déterminé la superficie de couverture du site, et tout en disposant de la superficie totale de la zone de déploiement noté $S_{déploiement}$, nous pourrons enfin aboutir au nombre de sites demandés pour la couverture, $N_{couverture}^{eNodeB}$ à l'aide de la formule suivante :

$$N_{couverture}^{eNodeB} = S_{déploiement} / S_{cell} \quad (II.15)$$

Finalement, le nombre total de site de la zone de déploiement est égale à :

$$N_{couverture}^{eNodeB} = \sum Nbr\ Site_{DU}, Nbr\ Site_U, Nbr\ Site_{SU}, Nbr\ Site_{RU} \quad (II.16)$$

II.8. Dimensionnement de capacité

Le dimensionnement de capacité permet de trouver la capacité maximale qui peut être supportée par une cellule. Son objectif est de déterminer le nombre de sites nécessaires pour satisfaire les trafics des abonnés dans une zone donnée. La capacité théorique du réseau est limitée par le nombre d'eNodeBs installés dans le réseau. Elle dépend de plusieurs facteurs tels que le type de la zone, le service, le nombre d'abonnés, les interférences.

II.8.1. Calcul de la capacité en DownLink et UpLink

Les calculs de capacité en liaison descendante et montante sont effectués selon les paramètres suivants :

II.8.1.1. Le calcul de l'efficacité de la bande spectrale [Bps/Hz/CELL]

Comme tout système de communication sans fil large bande, le LTE permet de délivrer des débits élevés pour l'UL et le DL grâce à une efficacité spectrale améliorée et la largeur de bande disponible. L'efficacité spectrale dépend de la largeur de la bande, le type d'antenne MIMO et le débit requis. Nous allons effectuer le calcul de l'efficacité spectral de la bande par la formule suivant : [19]

$$\eta_{BW} = Débit_{Req} / B_w \quad (II.17)$$

II.8.1.2. Nombre d'abonné supporté par une cellule

Le nombre d'abonné supporté par une cellule est exprimé par le rapport entre la capacité de la cellule et le débit à l'heure de forte charge

$$N_{abonné\ cell}^{DL} = C_{cell} / throughput_{BH}^{DL} \quad (II.18)$$

$$N_{abonné\ cell}^{UL} = C_{cell} / throughput_{BH}^{UL} \quad (II.19)$$

C_{cell} : capacité de la cellule

$N_{abonné\ cell}^{DL}$ et $N_{abonné\ cell}^{UL}$: nombre d'abonnés par cellule pour de le DL et l'UL

$throughput_{BH}^{DL}$ et $throughput_{BH}^{UL}$: le débit à l'heure de forte charge dans le sens descendant et montant [23].

II.8.1.7. Nombre des eNodeBs requis :

Dans l'étape finale, nous allons calculer le nombre d'abonnés par site à partir du nombre d'abonnés par cellule avec le cas de 3 cellules par site dans les deux sens descendant et montant [24] :

$$N_{abonné/Site}^{DL} = N_{abonné\ cell}^{DL} \times 3 \quad (II.20)$$

$$N_{abonné/Site}^{UL} = N_{abonné\ cell}^{UL} \times 3 \quad (II.21)$$

Afin de calculer le nombre total des sites :

$$N_{abonné/Site} = \text{Min} < N_{abonné/Site}^{DL}, N_{abonné/Site}^{UL} > \quad (II.22)$$

$$N_{capacité}^{eNodeB} = N_{Totale\ d'abonné} / N_{abonné/Site} \quad (II.23)$$

$N_{Totale\ d'abonné}$: nombre total d'abonné dans la zone du déploiement.

$N_{capacité}^{eNodeB}$: nombre d'eNodeBs requis.

Remarque : dans notre étude, nous avons considéré le nombre total d'abonnés LTE comme étant le nombre d'abonnés UMTS/HSPA par hypothèse que les abonnés 3G (PS) vont swaper (migrer) vers la 4G.

II.8.1.8. Nombre final d'eNodeBs requis :

Dans les sections précédentes, nous avons déterminé le nombre minimum des eNodeBs requis pour établir la couverture demandée, noté $N_{couverture}^{eNodeB}$ ainsi que le nombre minimum d'eNodeB pour satisfaire la demande en termes de capacité, noté $N_{capacité}^{eNodeB}$. Par voie de conséquence, le nombre de sites demandés pour obéir à la fois à la contrainte de couverture et de capacité est donné par l'équation. [25]

$$N^{eNodeB} = \text{Max} < N_{couverture}^{eNodeB}, N_{capacité}^{eNodeB} > \quad (II.24)$$

II.9. Dimensionnement des interfaces S1 et X2

II.9.1. L'interface X2

Ce que nous allons avoir comme résultat après l'opération du dimensionnement du nœud eNodeB est la clé du reste du dimensionnement, notamment l'interface X2. Cette dernière s'avère comme une opération beaucoup moins complexe. Vu que l'architecture du réseau d'accès en LTE est plate, les eNodeBs sont deux à deux connectés par l'interface X2 (qu'ils soient physiques ou logiques). Le nombre d'interface X2 est donnée par :

$$N_{X_2} = \frac{N_{eNodeB}(N_{eNodeB} - 1)}{2} \quad (\text{II.25})$$

La capacité requise dans l'interface X2 en LTE dépend de l'architecture du protocole X2AP. Ce dernier est utilisé pour gérer la mobilité UE dans les eUTRAN et offre les fonctions suivantes : la gestion de la mobilité et de la charge, la réinitialisation et la mise à jour de la configuration des eNodeBs et les rapports des situations d'erreurs généraux.

Nous allons nous inspirer des constatations et des expériences des différents constructeurs pour déterminer la capacité de l'interface X2 en LTE.

II.9.2. L'interface S1

La capacité de l'interface S1, et vu que cette dernière transporte des données et de la signalisation, peut être décomposée en somme d'une capacité sur le plan utilisateur et sur le plan contrôle. [22]

$$C^{S_1} = C_{User-plan}^{S_1} \times C_{controle-plan}^{S_1} \quad (\text{II.26})$$

Selon [10], le plan contrôle constitue 2 % du plan utilisateur

$$C^{S_1} = C_{abonne} (Traffic_{abonne}^{US} + Traffic_{abonne}^{DL}) \times 102\% \quad (\text{II.27})$$

II.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le principe de planification radio, particulièrement la phase de dimensionnement de l'eNodeB qui fait intervenir deux composantes : couverture et capacité. Ces dernières s'avèrent complémentaires et essentielles pour la robustesse du processus de planification. Le troisième chapitre consiste à maîtriser les techniques d'optimisation et de dimensionnement d'un réseau d'accès 4G, et ce par des mesures réelles.

Chapitre III :

Étude avec le Drive Test & le TEMS (Zone de Tiaret)

III.1. Introduction :

Généralement, la planification constitue un processus systématique et une étape primordiale dans la conception d'un réseau cellulaire. Le succès de cette phase est conditionné par la réalisation d'un bon dimensionnement du réseau. Dans ce chapitre nous allons présenter les techniques d'optimisation, de planification et de dimensionnement d'un réseau d'accès 4G, et ce par des mesures réelles des différentes données telles que le niveau de signal reçu, la qualité du signal reçu et le SQI (spectre Quality Index). En second lieu nous allons optimiser les résultats obtenus en analysant le type de couverture extérieure. Le processus de planification se fait avec une étude pratique par le Drive Test et avec le traitement des résultats obtenus avec le logiciel TEMS. Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi la wilaya de Tiaret comme zone d'étude, et ce en collaboration avec l'opérateur OOREDOO.

III.2. Objectifs de la planification

L'objectif principal de la planification dans notre cas est d'atteindre une conception optimale reposant sur trois axes : **la couverture, la qualité et le coût.**

L'efficacité en termes de qualité et de couverture est certainement stratégique pour l'opérateur.

Cependant toute amélioration de l'un de ces facteurs est une contrainte de par ses coûts économiques supplémentaires réduisant son gain et qui doit les faire supporter par le client. L'objectif de la planification dans notre cas est bien évidemment d'atteindre le maximum de couverture en déployant la technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output) [27].

III.3. Processus de planification :

III.3.1. Présentation de l'outil de planification radio "Drive Test" :

III.3.1.1. Drive Test :

La fonction du Drive Test est d'évaluer le niveau des champs transmis à partir d'un émetteur, à différentes positions dans la région de couverture. Les données sont collectées pour différents clusters pour être analysées par la suite. Le Drive Test produit des fichiers de

données contenant les mesures du niveau des champs et les coordonnées GPS collectées pour chaque point.

Les équipements utilisés pour le Drive Test sont :

1. Le Software GENEX PROBE V3.5 (installé sur ordinateur portable et qui assure l'enregistrement des données reçues).
2. Le GPS qui donne à chaque point de capture de signal, une localisation géographique.
3. Le véhicule avec toutes les installations.

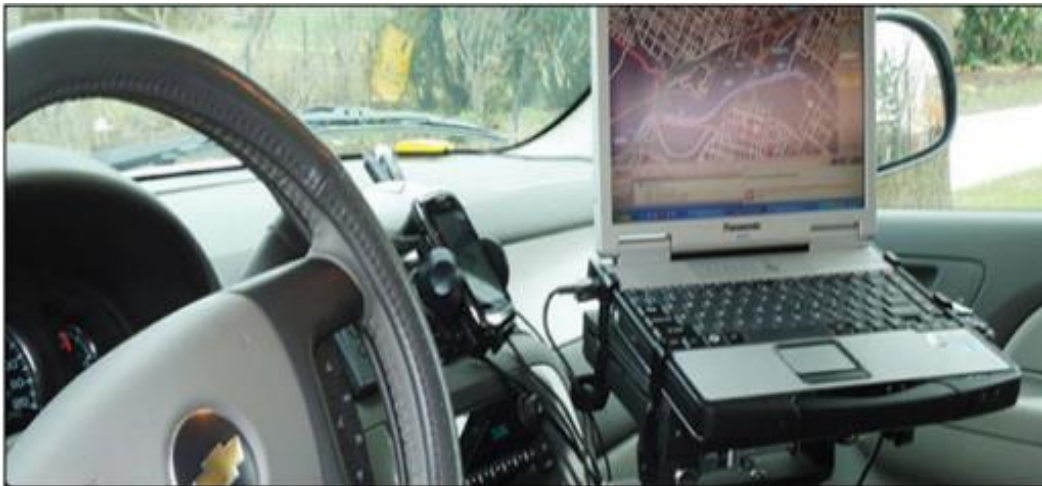


Figure III.1. Équipements du Drive Test

Une fois que toutes les conditions ci-dessus sont réunies, le travail peut débuter. Le but est d'obtenir des mesures assez régulières qui se rapprochent au maximum des mesures théoriques prédites :

1. Rester dans la même classe de sursol dans la mesure du possible.
2. Éviter de revenir plusieurs fois sur le même trajet.
3. Conduire à une vitesse réduite (max 50 km/h).
4. S'arrêter dès que le champ s'affaiblit (< -100 dBm).

Après avoir effectué les mesures, les résultats doivent être traités pour les convertir afin de pouvoir utiliser le module de calage intégré dans le logiciel et de vérifier la validité des parcours et points GPS. Si trop d'erreurs apparaissent, il est préférable de recommencer les mesures. Cette étape se résume donc à effectuer les deux tâches principales suivantes :

1. **Vérification et filtrage des mesures** : Nous vérifierons que le positionnement des mesures (et des sites) est correct par rapport aux bases de données cartographiques. Dans le cas contraire, on pourra corriger manuellement la position des points erronés (translation, rotation). Nous vérifierons aussi que les valeurs des champs visualisés correspondent à celles attendues, et nous supprimerons toutes valeurs non significatives (ex : mesures dans un tunnel, mesures sur un pont, événement particulier lors de la mesure, mesures saturées et mesures proches de la sensibilité du récepteur).
2. **Calculer la moyenne en distance des données mesurées** : ce calcul est nécessaire afin d'obtenir une estimation correcte du champ moyen local et de donner la même importance à toutes les positions [28].

III.3.2. L'outil TEMS Investigation :

Le TEMS Investigation est un excellent outil pour la vérification, l'optimisation et la maintenance des réseaux sans fil. Offrant la collecte de données, une analyse en temps réel et un post-traitement tout en un, le TEMS Investigation est une solution complète pour l'ensemble des tâches quotidiennes d'optimisation du réseau sans fil d'un opérateur. Il supporte les principales technologies - GSM / GPRS, EDGE, WCDMA, HSPA / HSPA +, LTE (y compris TD-LTE), CDMA, EVDO, WiMAX et TD-SCDMA - et des combinés fournisseurs importants, ce qui en fait une bonne solution à la fois pour le matériel de nouveaux réseaux et pour veiller à une intégration transparente avec les réseaux existants. Avec l'utilisation des enquêtes TEMS, les opérateurs peuvent atteindre une qualité de voix améliorée, une plus grande accessibilité, une conservation améliorée et une meilleure performance de service. Un large éventail de caractéristiques puissantes et faciles à utiliser font des enquêtes TEMS un essentiel tout au long du cycle de vie du réseau. Le TEMS est utilisé pour :

- 1 Régler et optimiser les réseaux
- 2 Détecter les pannes et dépanner les réseaux sans fil
- 3 Vérifier le comportement véritable d'un terminal avec des mesures fondées sur le téléphone
- 4 Vérifier la couverture et la capacité de la cellule, ainsi que l'accessibilité et l'intégrité [29].

III.3.3. Zone géographique à étudier :

La figure suivante présente un aperçu de la zone étudiée au cours de notre projet sur Drive Test. Cette zone est la zone de Tiaret et est caractérisée par une forte densité de population et une diversité de classes morphologiques.

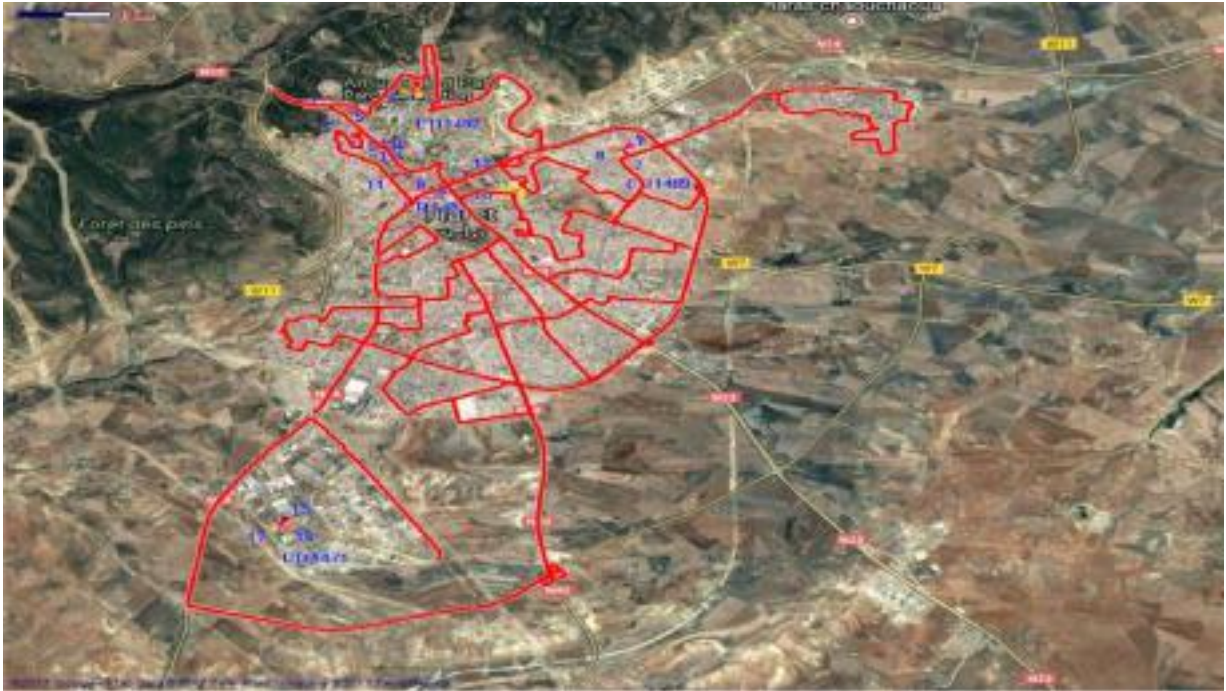


Figure III.2: Points montrant la trajectoire coupée pendant l'étude

III.4. Solutions pour la couverture

III.4.1. Problème de couverture

III.4.1.1. Couverture faible (RSRP (Reference signal receive power), Force de couverture médiocre) :

1. Augmenter la puissance
2. Ajustez l'antenne vers le bas/le haut
3. Ajuster l'azimut de l'antenne (faire face à l'emplacement)
4. Changer l'antenne à gain élevé
5. Colo GU site / Nouveau site

III.4.1.2. Mauvaise couverture (SINR (Signal to Noise Ratio), couverture mauvaise qualité) :

1. Couverture faible - Améliorer la couverture

2. Interférence - Éliminer les interférences
3. Couverture de chevauchement - optimisation RF.

III.5. Etude des paramètres Drive TEST avec le TEMS :

III.5.1. Résumé statistique des indicateurs clés :

Ce tableau nous fournit diverses mesures que nous obtenons avec le Drive Test pour différents indicateurs clés comme le Débit pour le lien montant et descendant et le RSRP, RSRQ, etc. Chaque indicateur clé a un intervalle de mesure spécifique où la couverture est bonne. Par conséquent, ces valeurs doivent être étudiées afin de remédier à tout défaut dans le réseau.

Statistical Summary of Key Metrics								
Name of Key Metrics	Bin Count	Mean	Min.	Max.	St. Dev.	Median	75%-ile	90%-ile
RF Conditions								
Top Cell Channel RSSI (dBm)	20 484	-65,7	-101,1	-26,4	10,5	-66,7	-58,6	-51,4
Top Cell RSRP (dBm)	21 085	-92,5	-129,1	-55,3	11,0	-93,4	-84,7	-77,6
Top Cell RSRQ (dB)	21 085	-8,7	-25,2	-1,9	2,2	-8,1	-6,9	-6,3
Serving Cell RS SNR (dB)	0							
Serving Cell Channel RSSI (dBm)	21 085	-65,8	-96,7	-30,3	10,3	-66,8	-58,8	-51,5
Serving Cell RSRP (dBm)	21 085	-92,8	-129,6	-55,3	11,2	-93,6	-84,8	-77,7
Serving Cell RSRQ (dB)	21 085	-8,8	-23,1	-1,9	2,5	-8,1	-6,9	-6,3
Neighbor Cell Channel RSSI (dBm): N1	6 416	-74,3	-104,8	-26,4	10,7	-75,2	-67,1	-59,3
Neighbor Cell RSRP (dBm): N1	20 320	-100,7	-133,1	-62,4	9,6	-101,2	-94,7	-88,0
Neighbor Cell RSRQ (dB): N1	20 320	-16,5	-30,0	-5,4	3,9	-16,4	-13,4	-11,5
Serving-to-N1 RSRP Ratio (dB)	20 399	7,7	-19,0	40,0	5,6	8,3	11,9	14,4
Rank1 Wideband CQI	191 414	11,5	0,0	15,0	2,6	12,0	14,0	15,0
UE TX Power (dBm)	0							
UE TX Power- PUSCH (dBm)	0							
UE TX Power- PUCCH (dBm)	0							
Performance Indicators								
Physical PDSCH Throughput (kbps)	5 956	13248,0	0,0	62987,1	8984,2	577,0	9200,6	26277,2
Physical PUSCH Throughput (kbps)	6 127	9852,4	0,0	25050,3				19680,6
PDCP DL Throughput (kbps)	14 542	4878,4	0,0	57009,2	7865,8	279,0	7362,3	16290,0
PDCP UL Throughput (kbps)	14 540	3928,5	0,0	24979,8	6040,6	297,1	5994,2	14593,2
RLC Throughput DL (kbps)	14 521	4905,2	0,0	55592,8	7935,9	289,1	7375,3	16373,8
RLC Throughput UL (kbps)	14 478	3947,3	0,0	27520,1	6066,9	311,6	6021,9	14548,6

Tableau III.1: Indicateurs clés.

Remarque : Les figure suivantes donnent les résultats obtenus avec le Drive Test à l'aide de l'outil TEMS qui est représenté par une échelle à cinq couleurs et l'intervalle qui est bordé par ces couleurs.

Vert foncé	Meilleur
Vert	Bien
Jaune	Normal
Orange	Mal
Rouge	Très mauvais

Tableau III.2: Couleurs affichées dans les cartes et leurs significations.

Pour plus d'explications, nous attachons ces cartes avec des histogrammes ce qui facilitera la lecture des données.

III.5.2. Analyse des résultats obtenus par le Drive Test :

III.5.2.1. Point 1 :

➤ **Description et analyse du problème :**

Cette zone souffre d'une très mauvaise couverture en raison du profil de cette zone à cause d'un très mauvais débit d'UL (Uplink) du fait que les UEs (Users Equipments) campent dans une cellule éloignée.



Figure III.3 : Zone étudiée avec le Point 1

➤ **Suggestions :**

Il n'y a pas de solution pour couvrir cette zone, à l'exception de l'ajout d'un nouvel eNB (Evolved Node B).

III.5.2.2. Point 2 :

➤ **Description et analyse du problème :**

Même scénario avec le point 1.



Figure III.4 : Zone étudiée avec le Point 2

➤ **Suggestions :**

Nous devons vérifier l'inclinaison pour LTI1471

III.5.2.3. Point 3 :

➤ **Description et analyse du problème :**

Nous avons une mauvaise couverture sur cette zone à cause de l'absence de cellule dominante dans cette dernière.

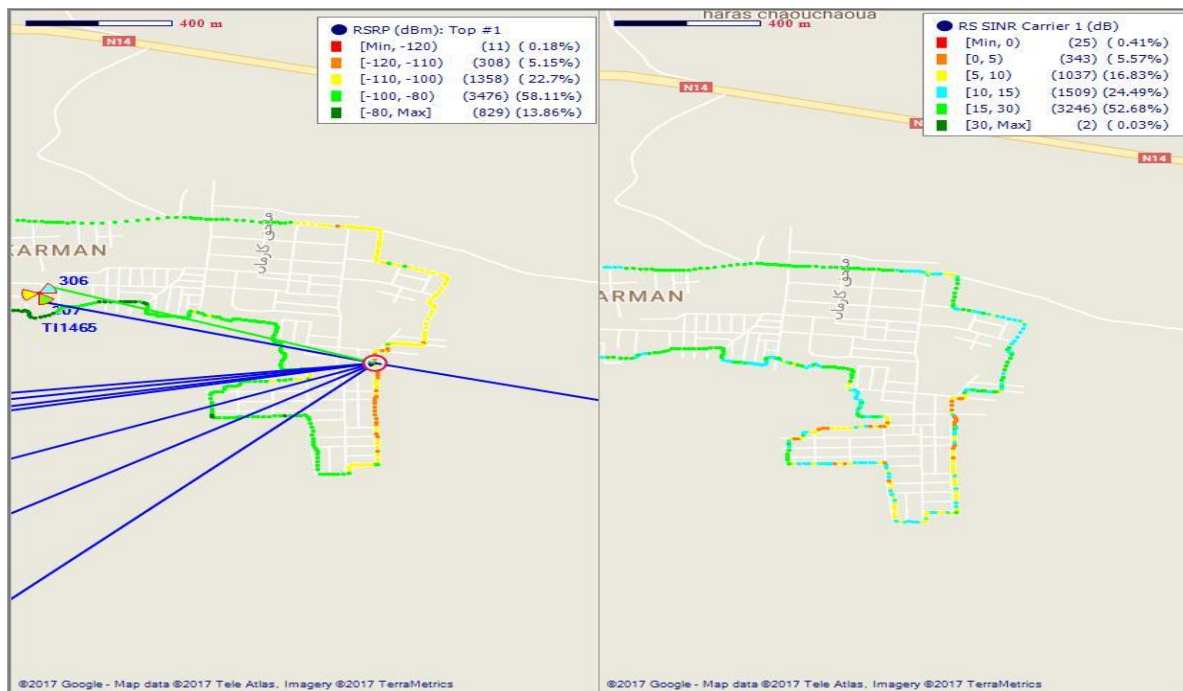


Figure III.5 : Zone étudiée avec le Point 3

➤ Suggestions :

Nous devons créer le meilleur serveur par boost LTI1465 S1 pci = 306 avec 3 dB

III.5.3. Résultat du test de cluster :

III.5.3.1. RSRP (Reference Signal Receive Power):

Le RSRP est donné avec la relation suivante :

$$RSRP(dBm) = RSSI(dBm) - 10 \times \log(12 \times N) \quad (III.1)$$

Où :

RSSI : Indicateur de puissance du signal reçu

N : le nombre de RB dans le RSSI.

Le RSRP est la plus élémentaire des mesures de la couche physique UE et représente la puissance moyenne linéaire (en watts) des signaux de référence de liaison descendante (RS) à travers la bande passante du canal pour l'élément de ressource qui porte des signaux de référence spécifiques aux cellules. La connaissance du RSRP absolu fournit à l'UE des informations essentielles sur la force des cellules à partir desquelles la perte de chemin peut être calculée et utilisée dans les algorithmes pour déterminer les réglages d'alimentation optimaux pour l'exploitation du réseau. Presque pareil avec le RSCP en 3G.

Gamme : -44 to -140 dBm

RSRP	
Au dessus de -95dB	Bien
De -95dBm à -105dBm	Normal
De -105 dBm à -110dBm	Faible
Au dessous de -110 dBm	Mal

Tableau III.3 : Norme utilisée avec le RSRP pour vérifier notre réseau

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test avant traitement des problèmes :

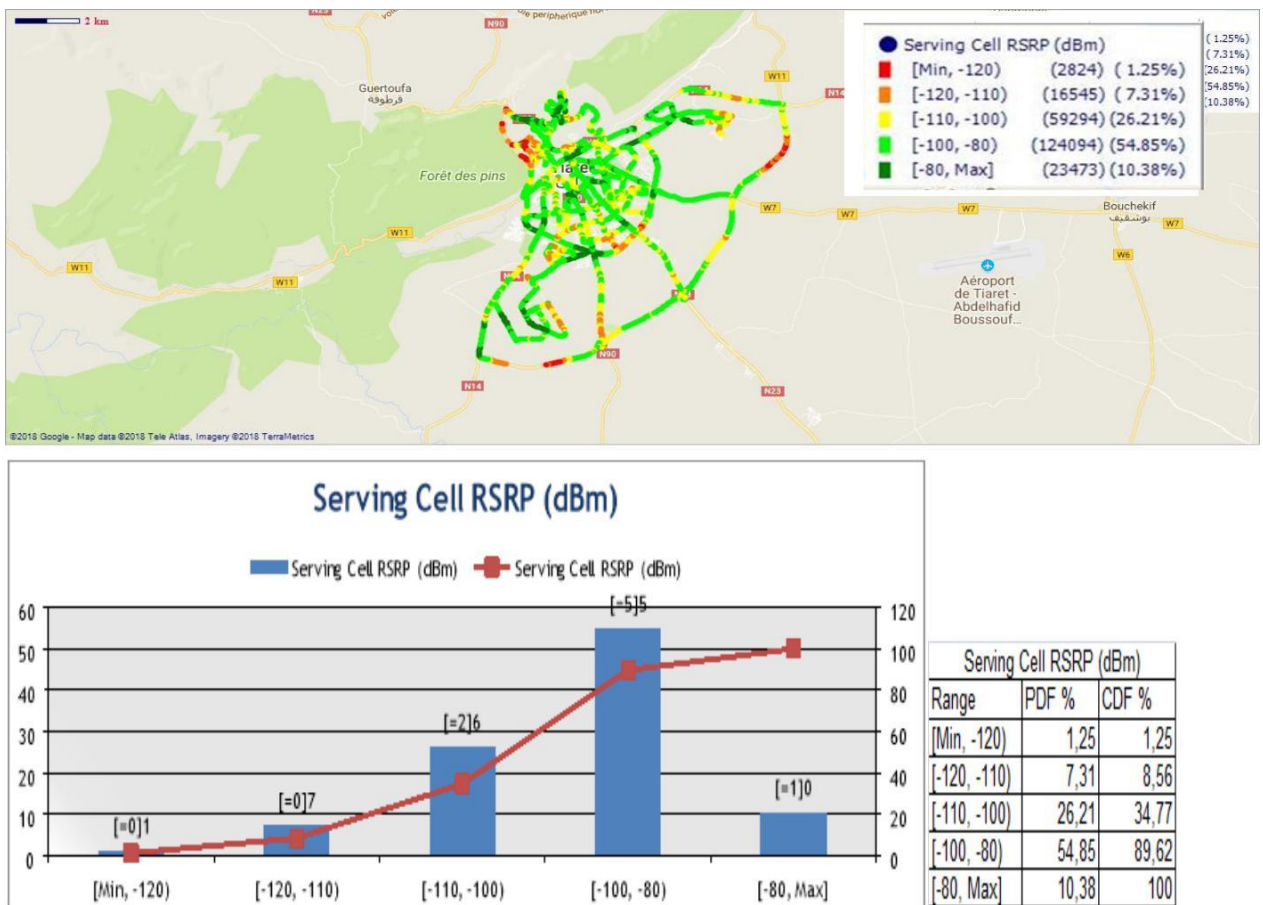
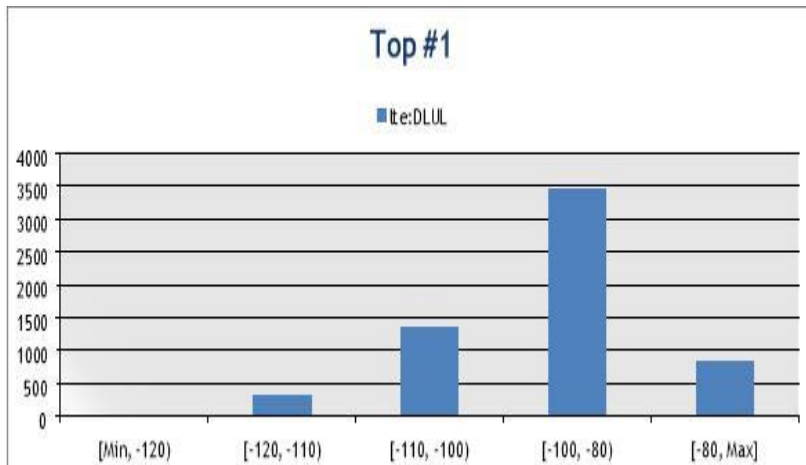


Figure III.6 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRP avant le traitement

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :



	Ite:DLUL
Range	Value
[Min, -120)	11
[-120, -110)	308
[-110, -100)	1358
[-100, -80)	3476
[-80, Max]	829

Figure III.7 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRP après le traitement

➤ Scanner de distribution du RSRP pour le lien descendant :

A :



B :

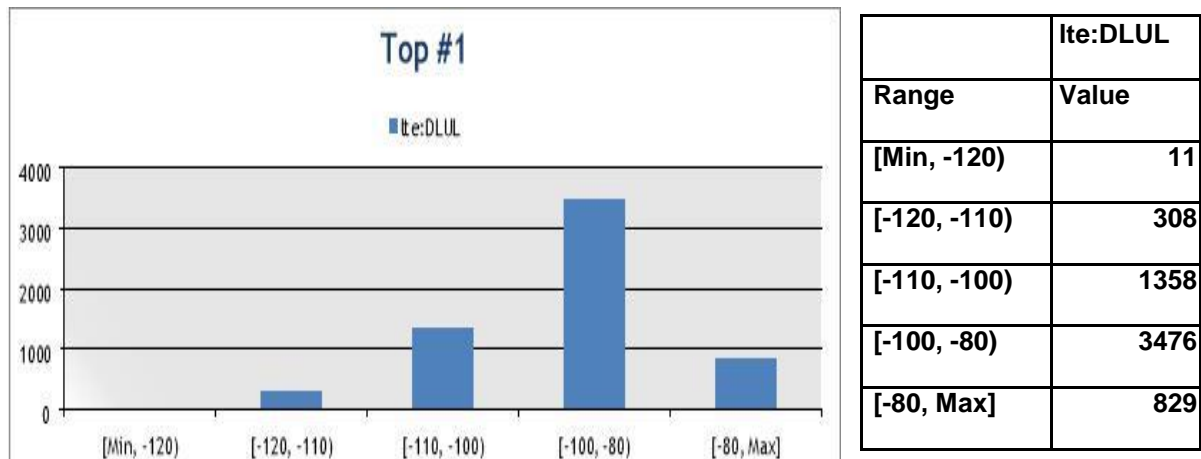


Figure III.8 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRP pour le lien descendant

III.5.3.2. RSRQ (Reference Signal Receive Quality):

Le RSRQ est donné par la relation suivante :

$$\text{RSRQ} = \text{RSRP} / (\text{RSSI}/N) \quad (\text{III.2})$$

N : est le nombre de blocs de ressources sur lesquels le RSSI est mesuré.

RSSI : est la puissance à large bande, comprend la puissance intracellulaire, les interférences et le bruit.

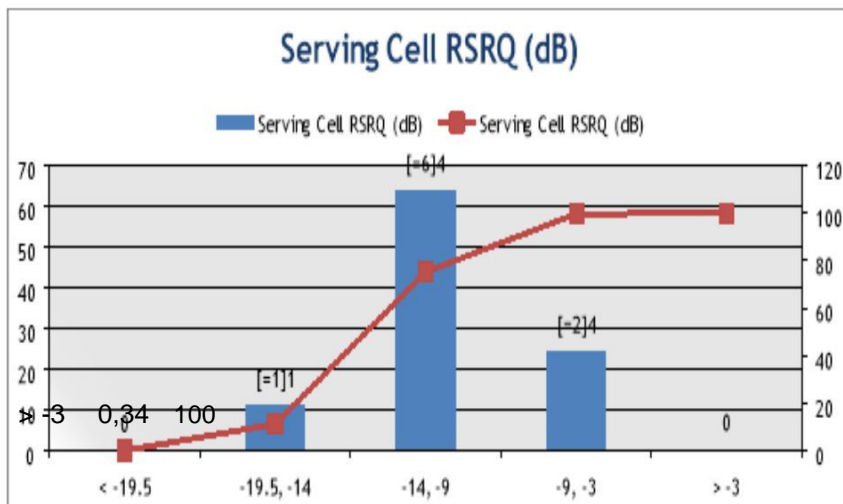
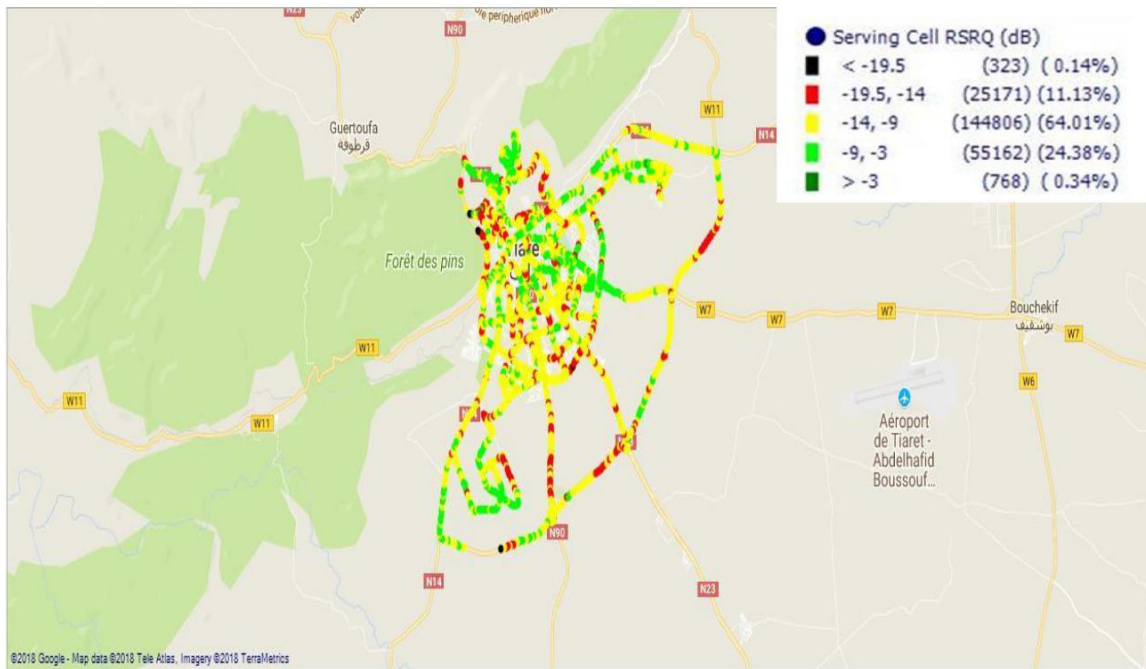
Importance :

Il fournit l'indication de la qualité du signal. Mesurer le RSRQ devient particulièrement important près du bord de la cellule lorsque des décisions doivent être prises, indépendamment du RSRP absolu, pour effectuer un transfert à la cellule suivante. La qualité de réception du signal de référence est utilisée uniquement pendant les états connectés.

Presque pareil avec ECIO en 3G.

Gamme : -3 to -19.5 dB

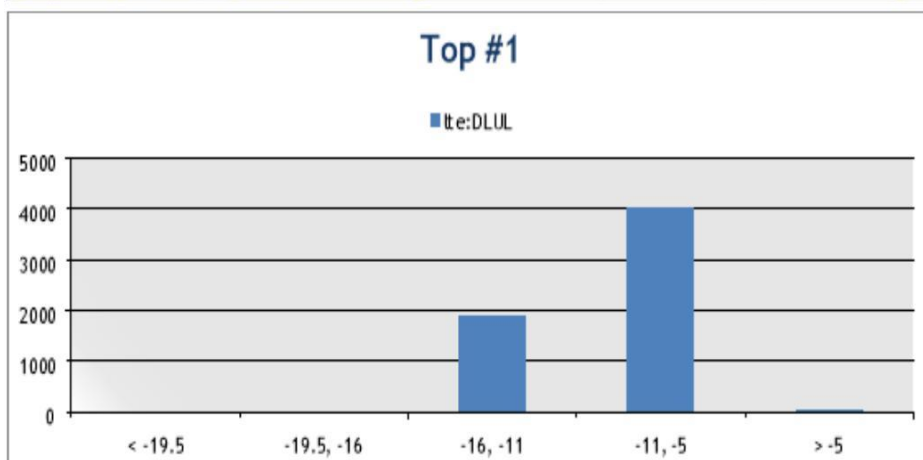
➤ Résultats obtenus avec le Drive Test avant traitement des problèmes :



Serving Cell RSRQ (dB)		
Range	PDF %	CDF %
< -19.5	0,14	0,14
-19.5,-14	11,13	11,27
-14, -9	64,01	75,28
-9, -3	24,38	99,66
> -3		

Figure III.9 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRQ avant le traitement

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :



Range	Value
< -19.5	1
-19.5, -16	6
-16, -11	1879
-11, -5	4049
> -5	47

Figure III.10. : Carte et histogramme sur la distribution du RSRQ

➤ Distribution du RSRQ pour le lien descendant :



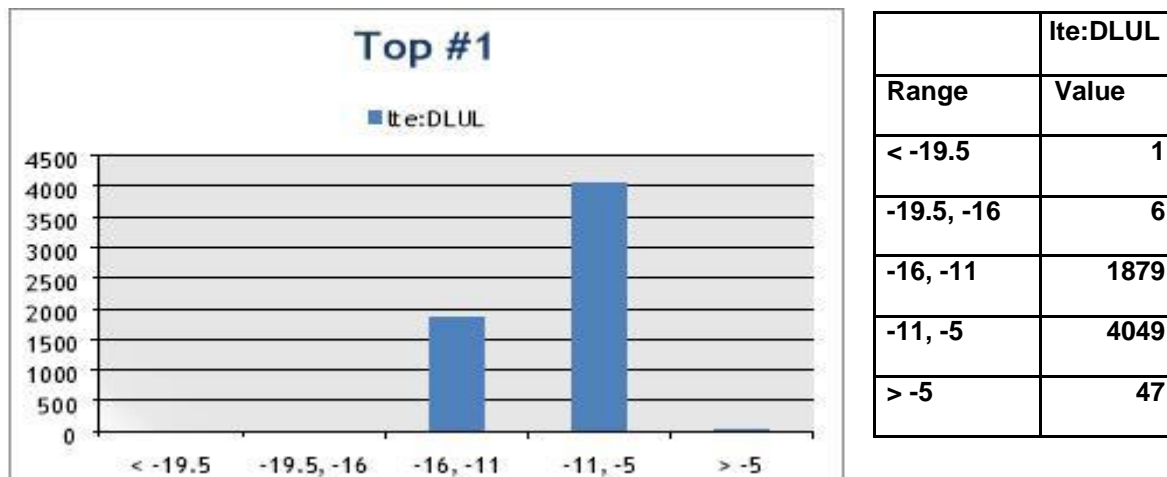


Figure III.11 : Carte et histogramme sur la distribution du RSRQ pour le lien descendant

III.5.3.3. SINR (Signal to Noise Ratio) :

Le rapport signal sur bruit SINR est donné par la relation suivante :

$$SINR = \frac{S}{I + N} \tag{III.3}$$

S : Puissance moyenne du signal reçu.

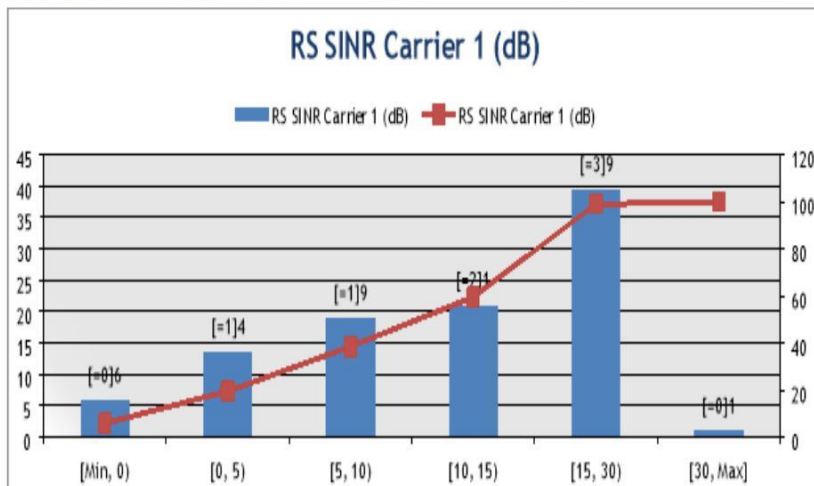
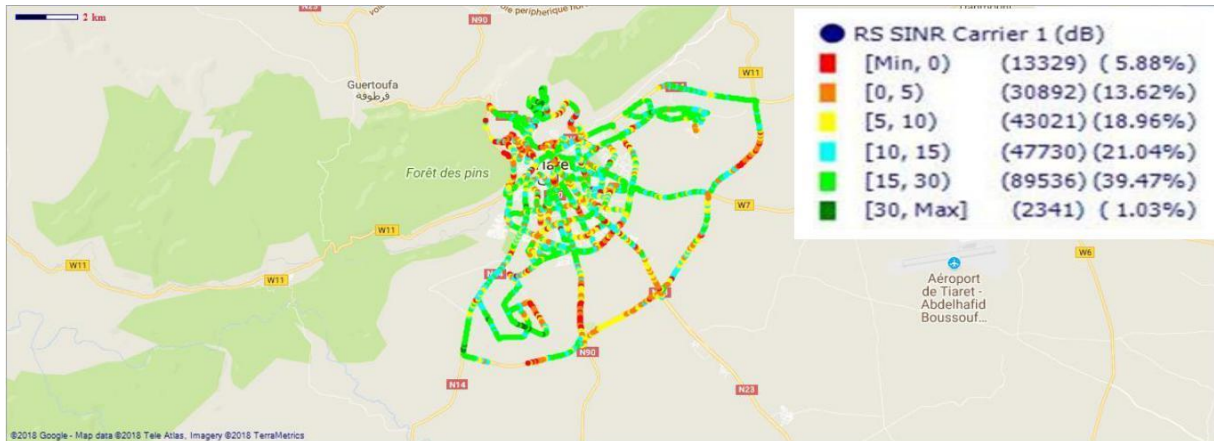
I : Puissance moyenne d'interférence.

N : Puissance de bruit.

Importance : est un moyen de mesurer la qualité des connexions sans fil LTE, lorsque l'énergie du signal diminue avec la distance, c'est-à-dire la perte de trajet due à des paramètres environnementaux (par exemple le bruit de fond, la force d'interférence d'une autre transmission simultanée).

SINR	
Au dessus 20 dB	Meilleur
10 dB à 20 dB	Bien
0 dB à 10 dB	Normal
Au dessous de 0 dB	Mal

Tableau III.4 : Norme utilisée avec le SINR pour vérifier notre réseau



RS SINR Carrier 1 (dB)		
Range	PDF %	CDF %
[Min, 0)	5,88	5,88
[0, 5)	13,62	19,5
[5, 10)	18,96	38,46
[10, 15)	21,04	59,5
[15, 30)	39,47	98,97
[30,Max]	1,03	100

Figure III.12 : Carte et histogramme sur la distribution de SINR avant le traitement.

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :

A :



B :

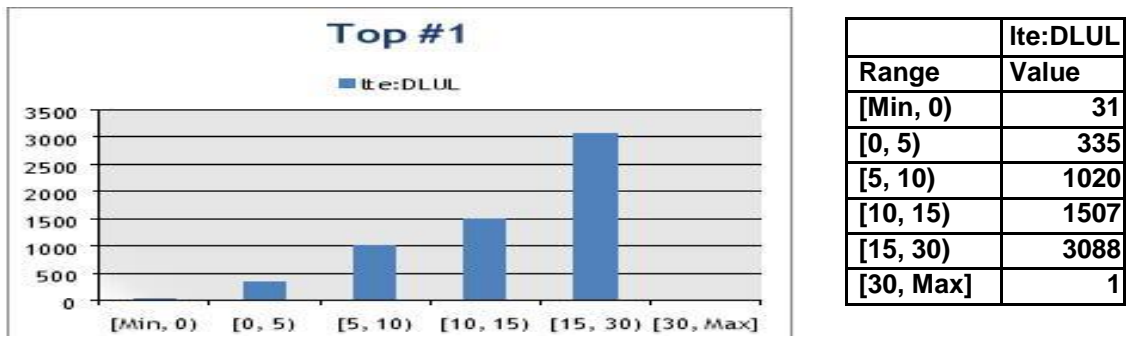


Figure III.13 : Carte et histogramme sur la distribution de SINR après le traitement.

➤ Distribution du SINR pour la liaison descendante :

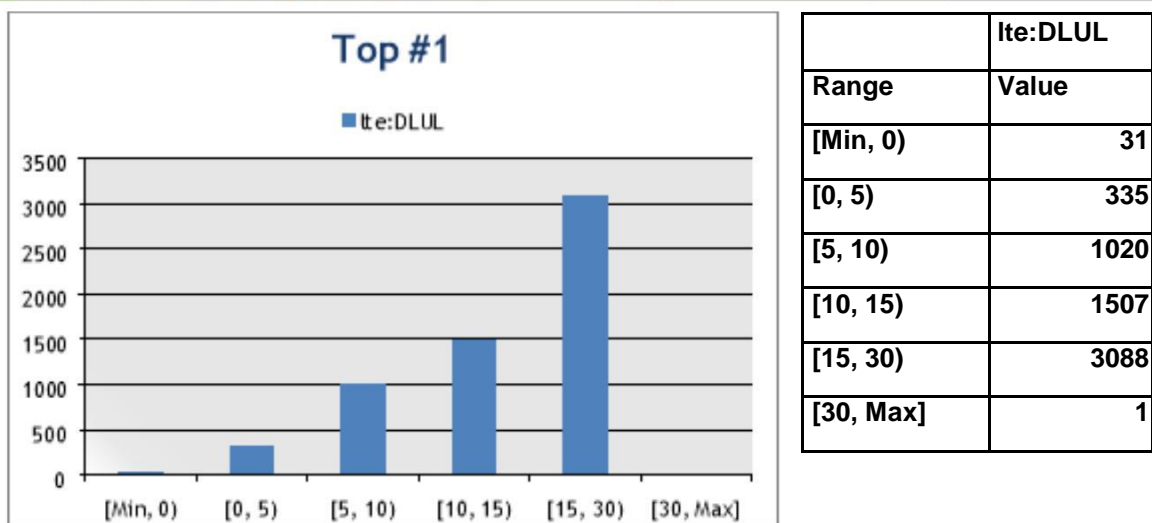
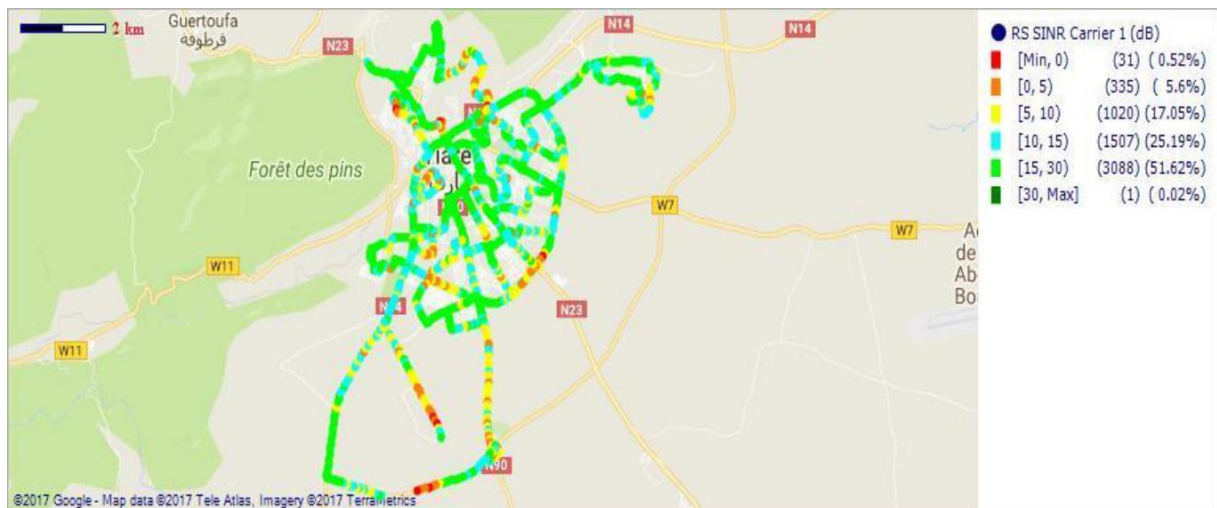


Figure III.14 : Carte et histogramme sur la distribution de SINR pour le lien descendant.

III.5.3.4. Débit :

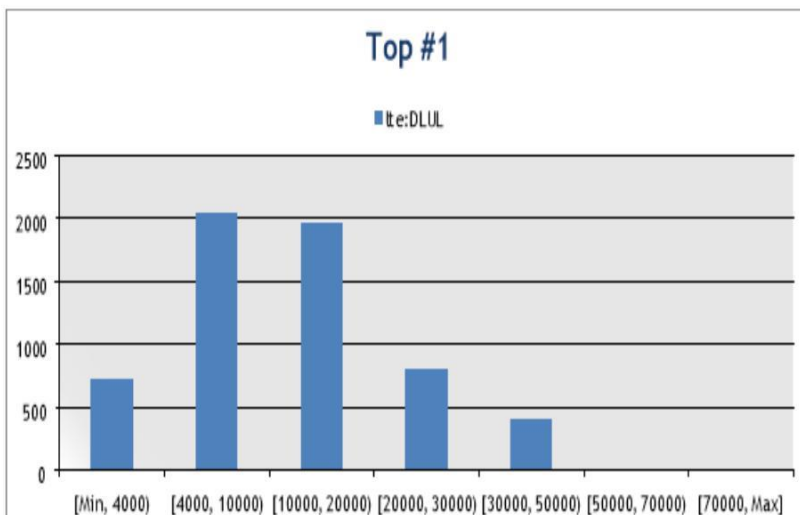
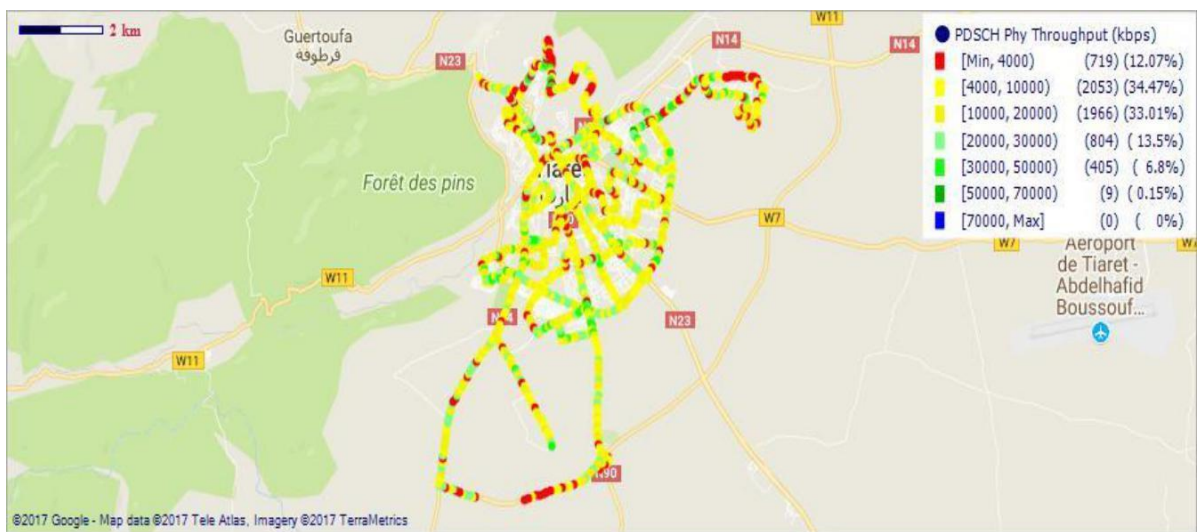
➤ Débit de liaison descendante :

L'eUTRAN peut utiliser un maximum de 2 antennes Tx à l'ENodeB et 2 antennes Rx à l'UE (MIMO).

Importance : Cible le débit moyen des utilisateurs par MHz. Ce débit utilisateur est supérieur à celui de la 3G (liaison descendante de plus de 300 Mbps contre 14 Mbps en UMTS).

Le débit utilisateur pris en charge doit être adapté au spectre bande passante.

➤ Résultats obtenus avec le DT avant traitement des problèmes :



Range	lte:DLUL Value
[Min, 4000)	719
[4000, 10000)	2053
[10000, 20000)	1966
[20000, 30000)	804
[30000, 50000)	405
[50000, 70000)	9
[70000, Max]	0

Figure III.15 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien descendant avant le traitement.

➤ Résultats obtenus avec le DT après traitement des problèmes :

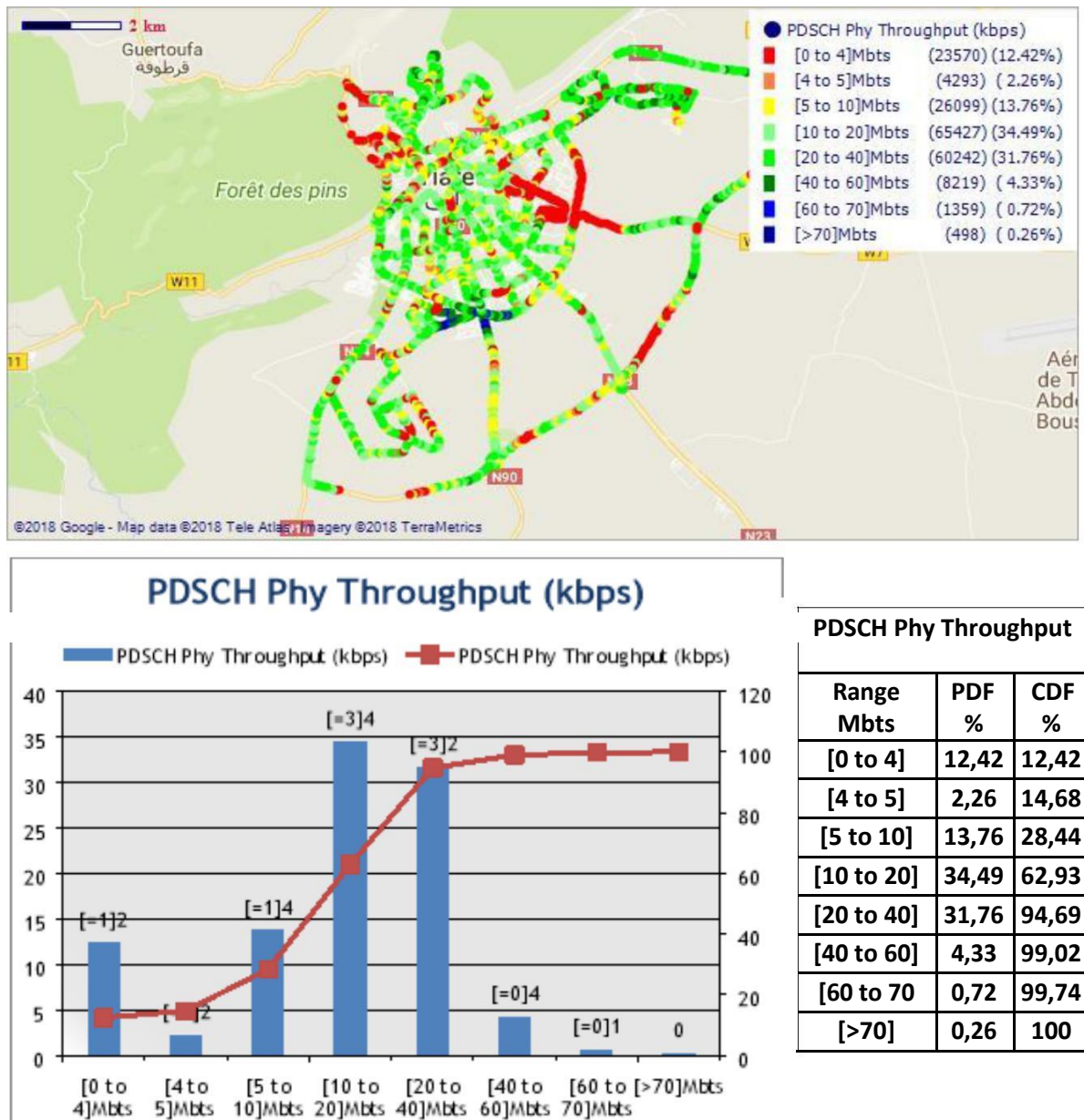


Figure III.16 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien descendant.

➤ Débit de liaison montante :

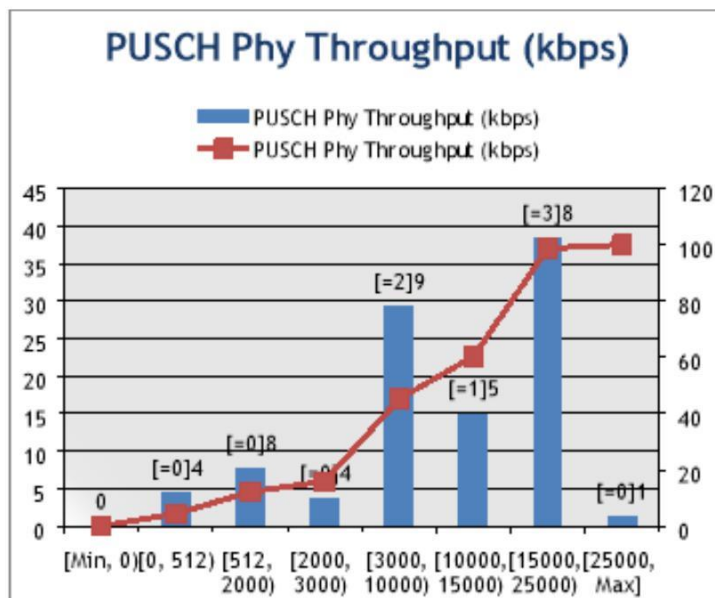
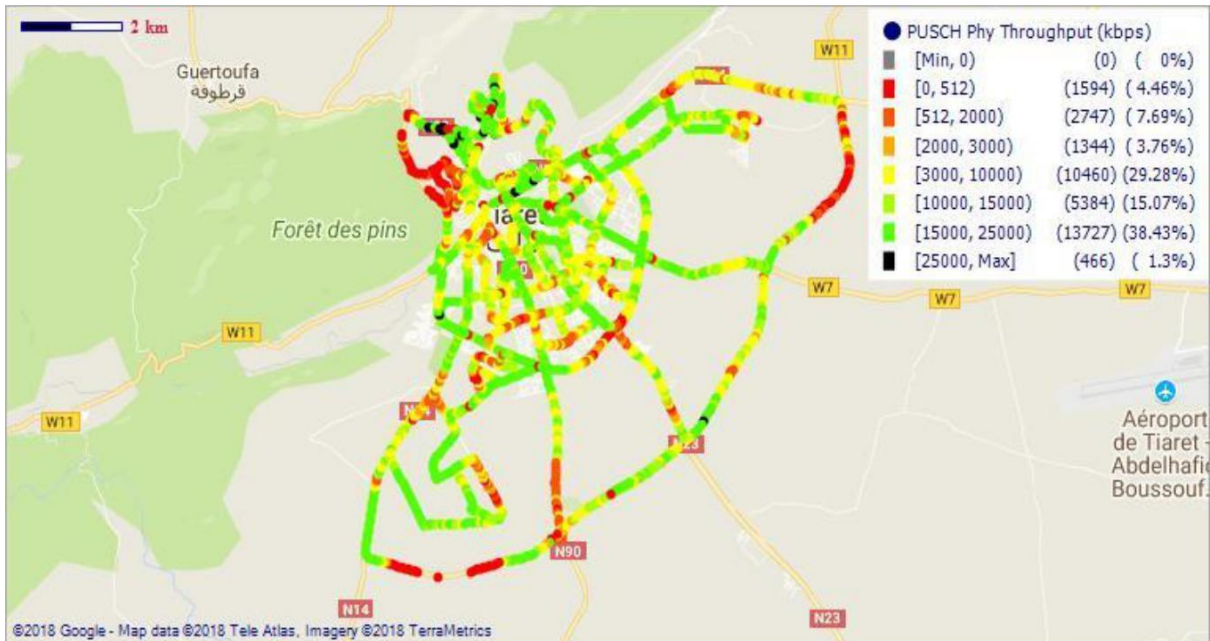
L'eUTRAN utilise un maximum d'une seule antenne Tx sur l'UE et 2 Rx antennes au eNodeB.

1. Un plus grand débit utilisateur devrait être possible en utilisant plusieurs Tx antennes à l'UE (MIMO)

Importance : Cible le débit utilisateur moyen par MHz. Ce débit utilisateur est supérieur à celui de la 3G (Plus de 50 Mbps en liaison montante contre 5,76 Mbps en UMTS).

2. Le débit utilisateur doit être adapté à la bande passante du spectre à condition que la puissance d'émission maximale soit également mise à l'échelle.

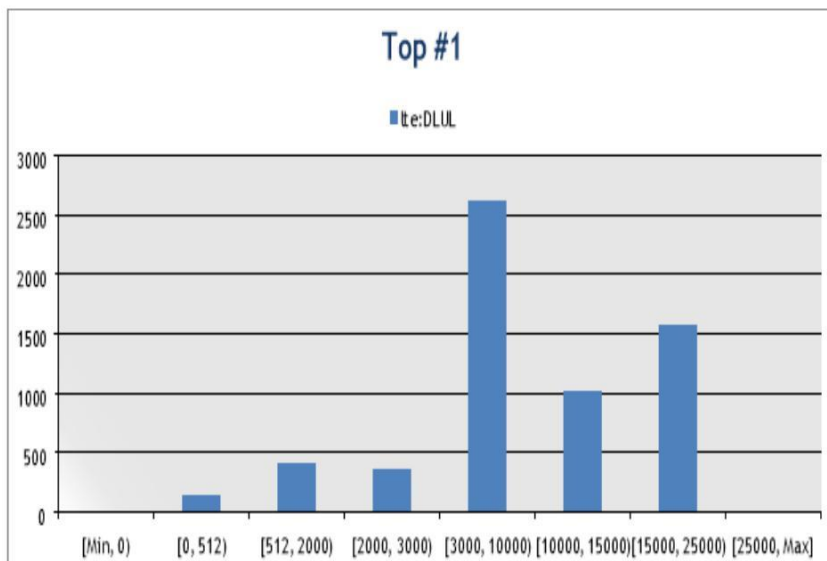
➤ **Résultats obtenus avec le DT avant traitement des problèmes :**



PUSCH Phy Throughput (kbps)		
Range	PDF %	CDF %
[Min, 0)	0	0
[0, 512)	4,46	4,46
[512, 2000)	7,69	12,15
[2000, 3000)	3,76	15,91
[3000, 10000)	29,28	45,19
[10000, 15000)	15,07	60,27
[15000, 25000)	38,43	98,7
[25000, Max]	1,3	100

Figure III.17 : Carte et histogramme sur la distribution du débit pour le lien montant avant le traitement.

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :



Range	lte:DLUL Value
[Min, 0)	0
[0, 512)	140
[512, 2000)	407
[2000, 3000)	365
[3000, 10000)	2614
[10000, 15000)	1025
[15000, 25000)	1573
[25000, Max]	3

Figure III.18 : Carte et histogramme sur la distribution de débit pour le lien montant.

III.5.3.5. Modulation

➤ Modulation pour PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) :

Ces cartes montrent les modulations utilisées pour le lien descendant et leurs pourcentages et la qualité de chaque modulation. Dans le signal OFDM, il est possible de choisir entre trois types de modulation pour le signal LTE :

1. QPSK (= 4QAM) : 2 bits par symbole
2. 16QAM : 4 bits par symbole
3. 64QAM : 6 bits par symbole

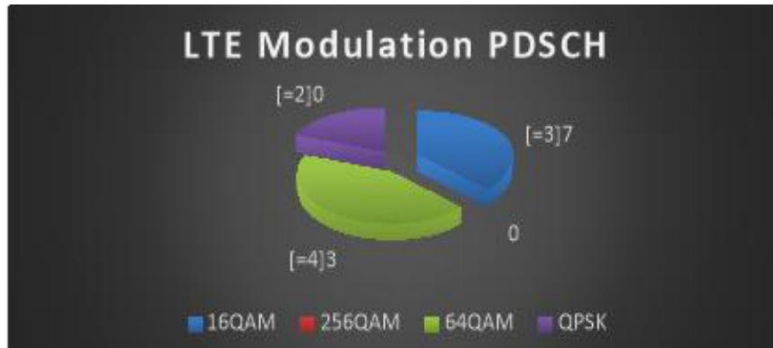
Les modulations utilisées apparaissent dans la première carte avec trois couleurs : vert et bleu foncé et rouge.

La deuxième carte nous montre le niveau de ces modulations avec quatre couleurs :

Bleu	Meilleur
Vert	Bien
Jaune	Mal
Rouge	Très mauvais

Tableau III.5: couleurs affichées dans les cartes et leurs significations.

➤ **Résultats obtenus avec le Drive Teste avant traitement des problèmes :**



PDSCH Modulation 0: Top #1		
Range	PDF %	Value
16QAM	37	269483
256QAM	0	0
64QAM	43,46	316480
QPSK	19,54	142274

Figure III.19 : Modulations du réseau LTE utilisées pour le lien descendant et leurs qualités avant le traitement.

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :

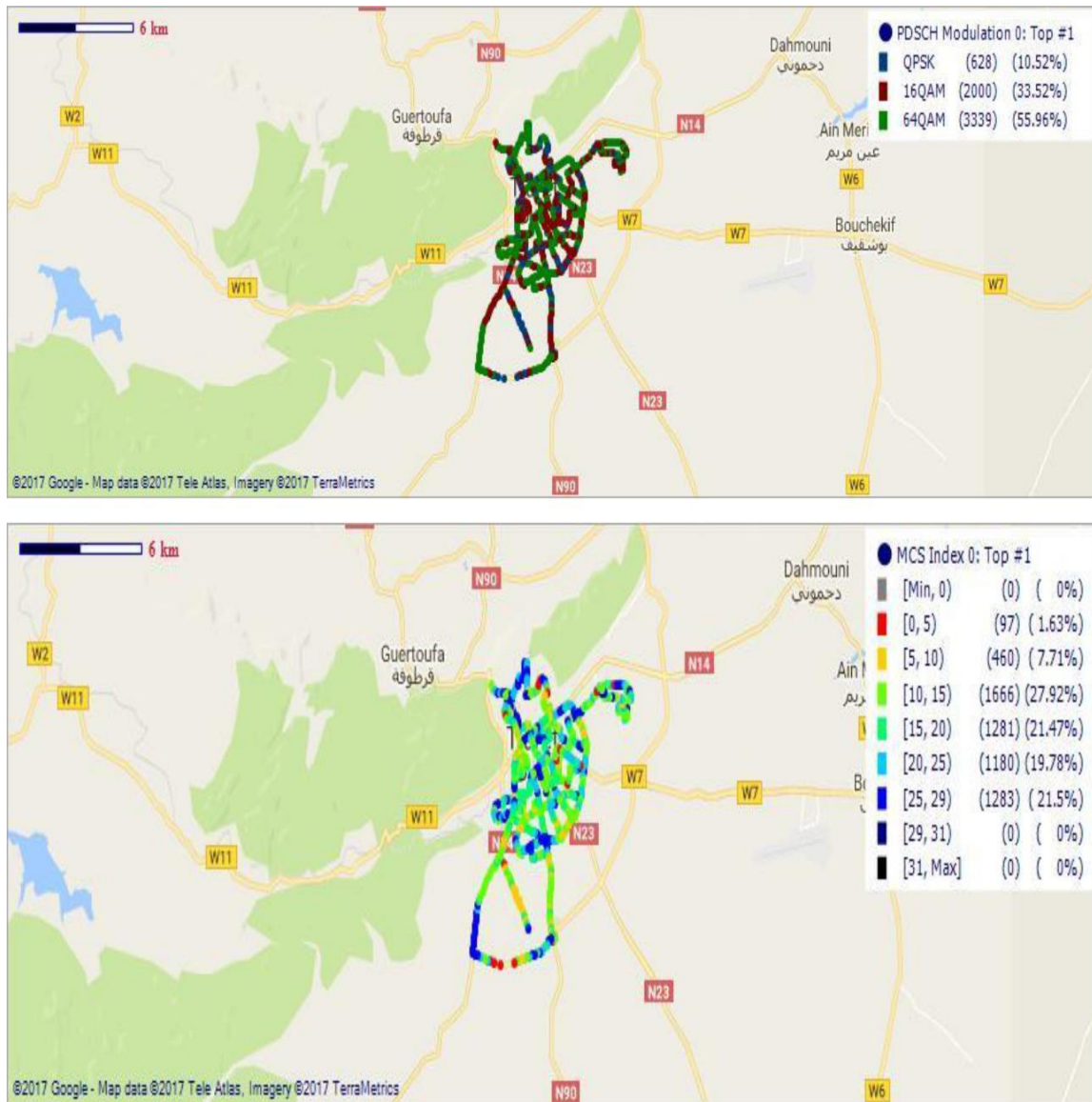
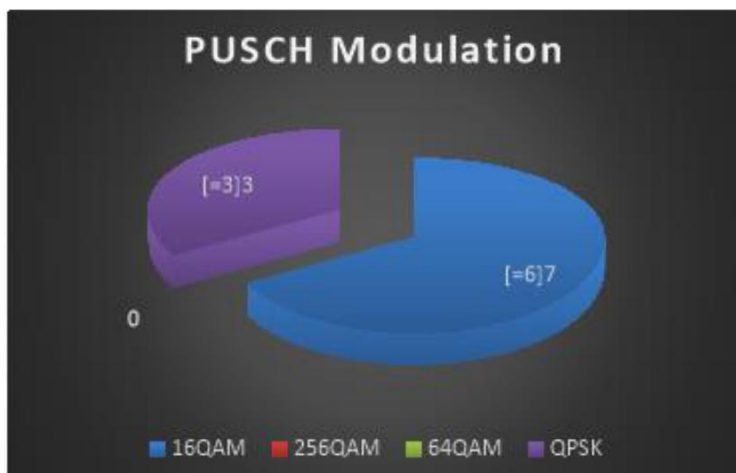


Figure III.20 : Modulations du réseau LTE utilisées pour le lien descendant et leurs qualités après le traitement

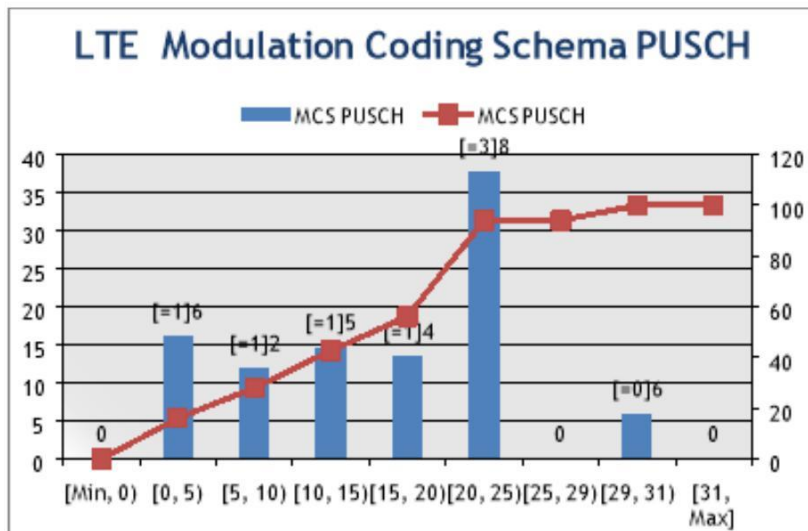
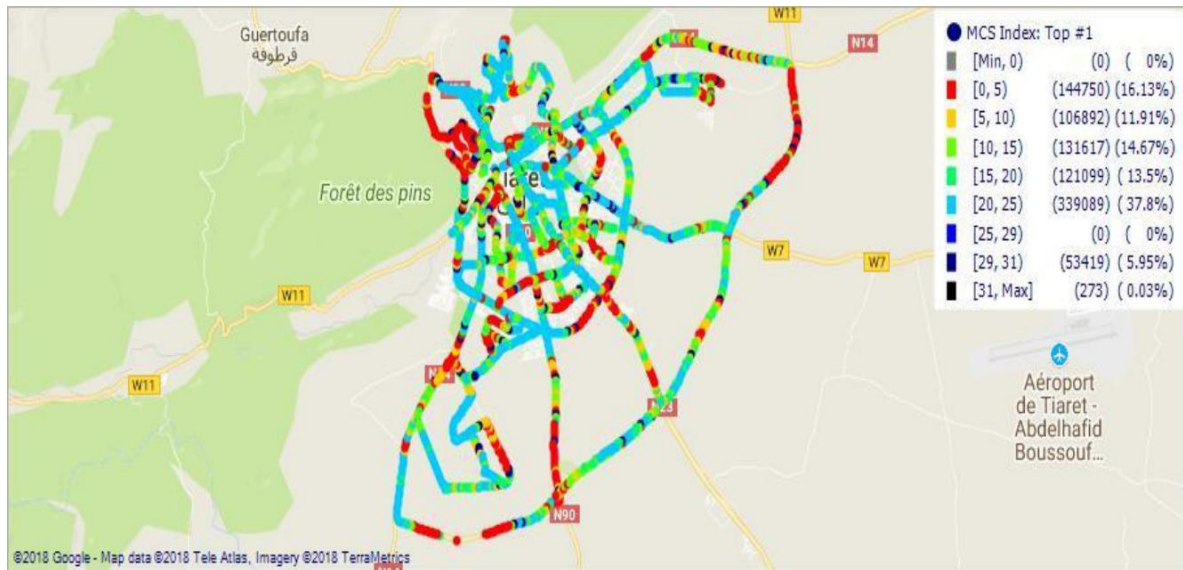
➤ **Modulation pour PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) :**

Ces cartes montrent les modulations utilisées pour le lien montant et leurs pourcentages et la qualité de chaque modulation.



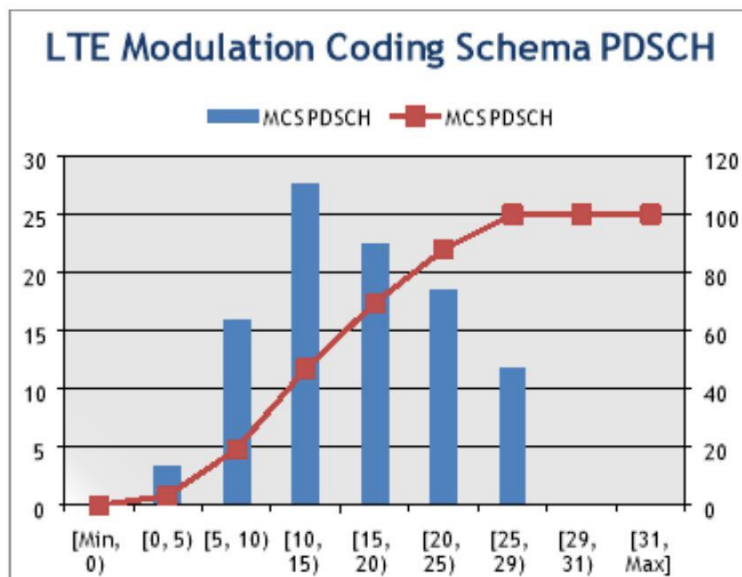
PUSCH Modulation: Top #1		
Range	PDF %	Value
16QAM	66,92	630715
256QAM	0	0
64QAM	0	0
QPSK	33,08	311808

Figure III.21 : Modulations du réseau LTE utilisées pour la liaison montante avant le traitement.



MCS PUSCH		
Range	PDF %	CDF %
[Min, 0]	0	0
[0, 5]	16,13	16,13
[5, 10]	11,91	28,04
[10, 15]	14,67	42,71
[15, 20]	13,5	56,22
[20, 25]	37,8	94,02
[25, 29]	0	94,02
[29, 31]	5,95	99,97
[31, Max]	0,03	100

Figure III.22 : Schéma du codage de modulation pour la liaison montante



MCS PDSCH		
Range	PDF %	CDF %
[Min, 0]	0	0
[0, 5]	3,38	3,38
[5, 10]	16,02	19,4
[10, 15]	27,63	47,03
[15, 20]	22,56	69,59
[20, 25]	18,48	88,07
[25, 29]	11,93	100
[29, 31]	0	100
[31, Max]	0	100

Figure III.23 : Schéma du codage de modulation pour la liaison descendante.

➤ Résultats obtenus avec le Drive Teste après traitement des problèmes :





Figure III.24 : Modulations du réseau LTE utilisées pour le lien montant et leurs qualités

III.5.3.6. BLER (Block Error Rate):

Le BLER est défini comme le rapport entre le nombre de blocs erronés reçus et le nombre total de blocs transmis.

Importance : Une méthode simple par laquelle un UE peut choisir une valeur CQI appropriée pourrait être basée sur un ensemble de seuils BER (Block Error Rate). L'UE signifierait la valeur CQI correspondant aux schémas de codage de modulation qui garantissent que le $BLER \leq 10\%$ sur la base de la qualité du signal reçu mesuré

1. BLER est calculé en utilisant la méthode de vérification d'erreur de redondance cyclique Un BLER élevé entraîne une perte de débits de pointe et d'efficacité
2. Le seuil BLER doit être bas, c'est-à-dire $\leq 10\%$

➤ Résultats obtenus avec le DT avant traitement des problèmes :



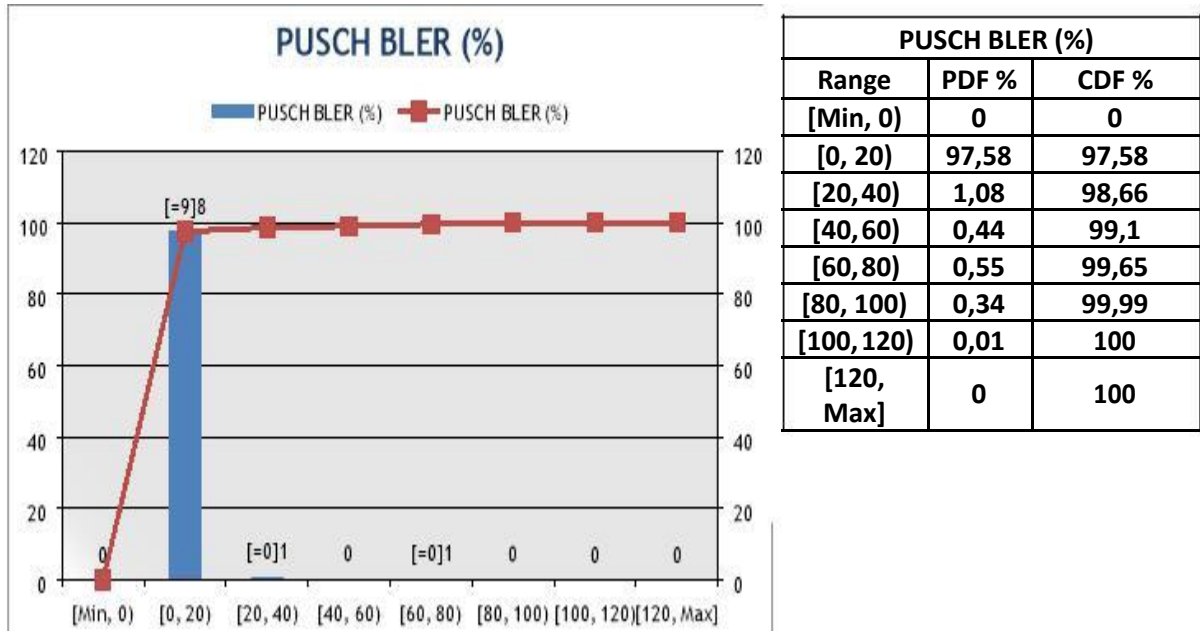


Figure III.25 : BLER pour la liaison montante.

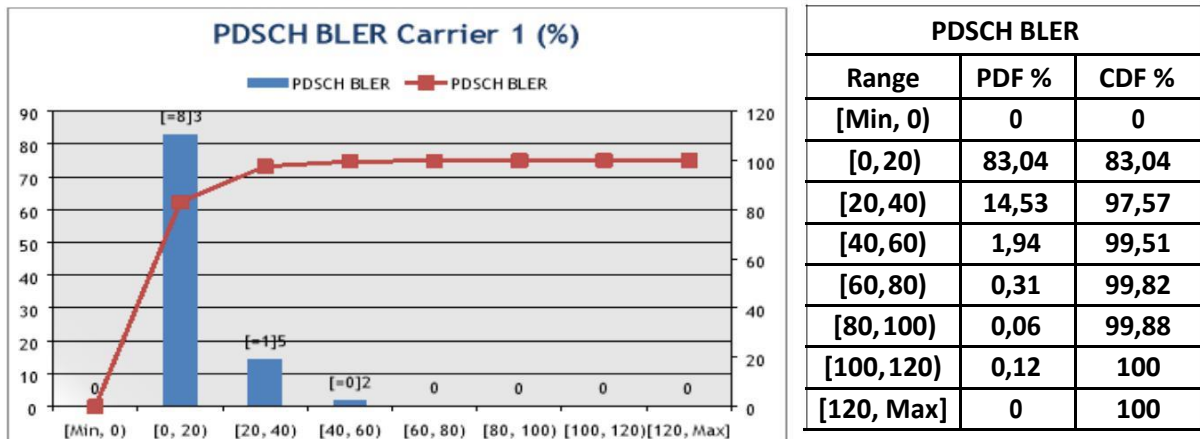


Figure III.26 : BLER pour la liaison descendante.

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :

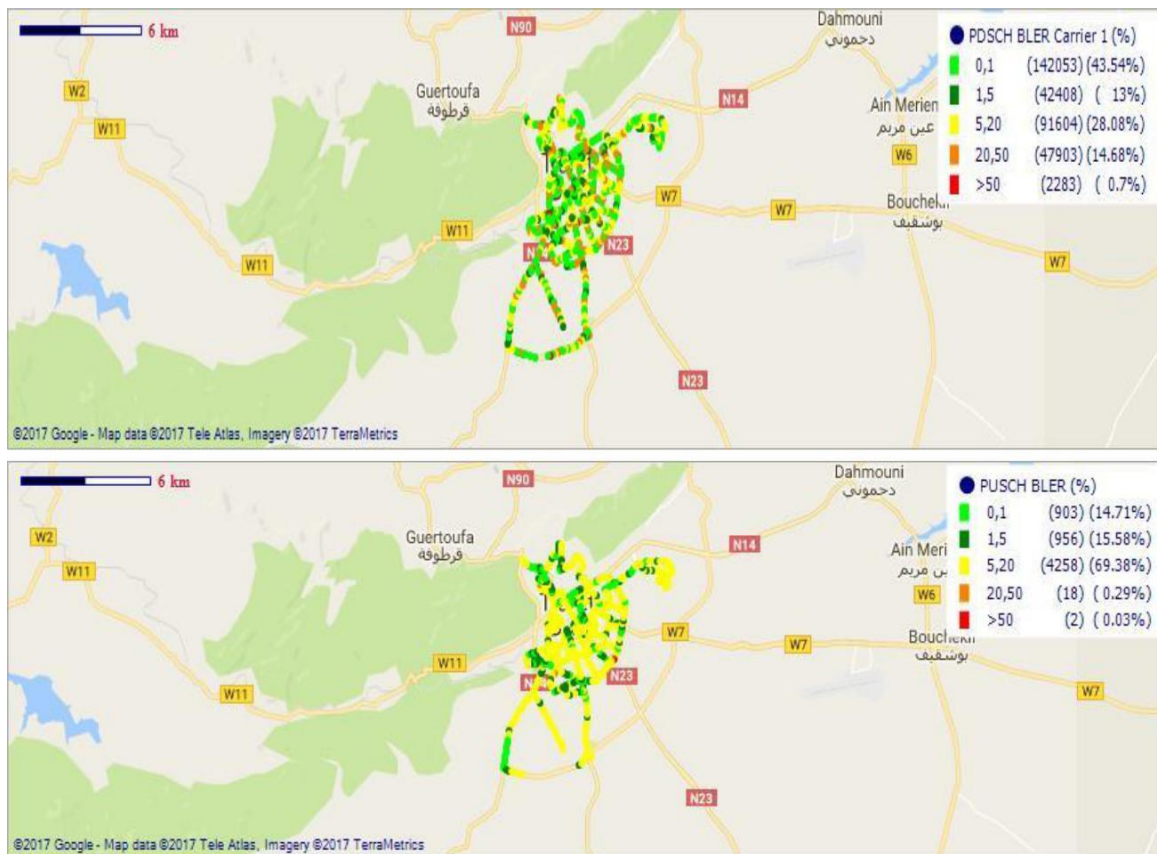


Figure III.27 : BLER pour les liaisons montante et descendante.

III.5.3.7. Tx Power:

1. La puissance (dBm) utilisée par l'UE pour envoyer le signal UL physique vers l'eNB (selon les classes de puissance de l'UE).
2. En LTE, l'eNB est responsable du contrôle de la puissance UL TX de l'UE.
3. La seule mesure envoyée par l'UE à l'aide d'un rapport de mesure RRC est la puissance UE Tx.
4. L'UE utilise sa puissance Tx selon les commandes de contrôle de puissance données par eNB pour une meilleure capacité et consommation d'énergie.
5. Deux types de schémas de contrôle de puissance sont mis en œuvre

Commande de puissance en boucle ouverte

Contrôle de puissance en boucle fermée. [30]

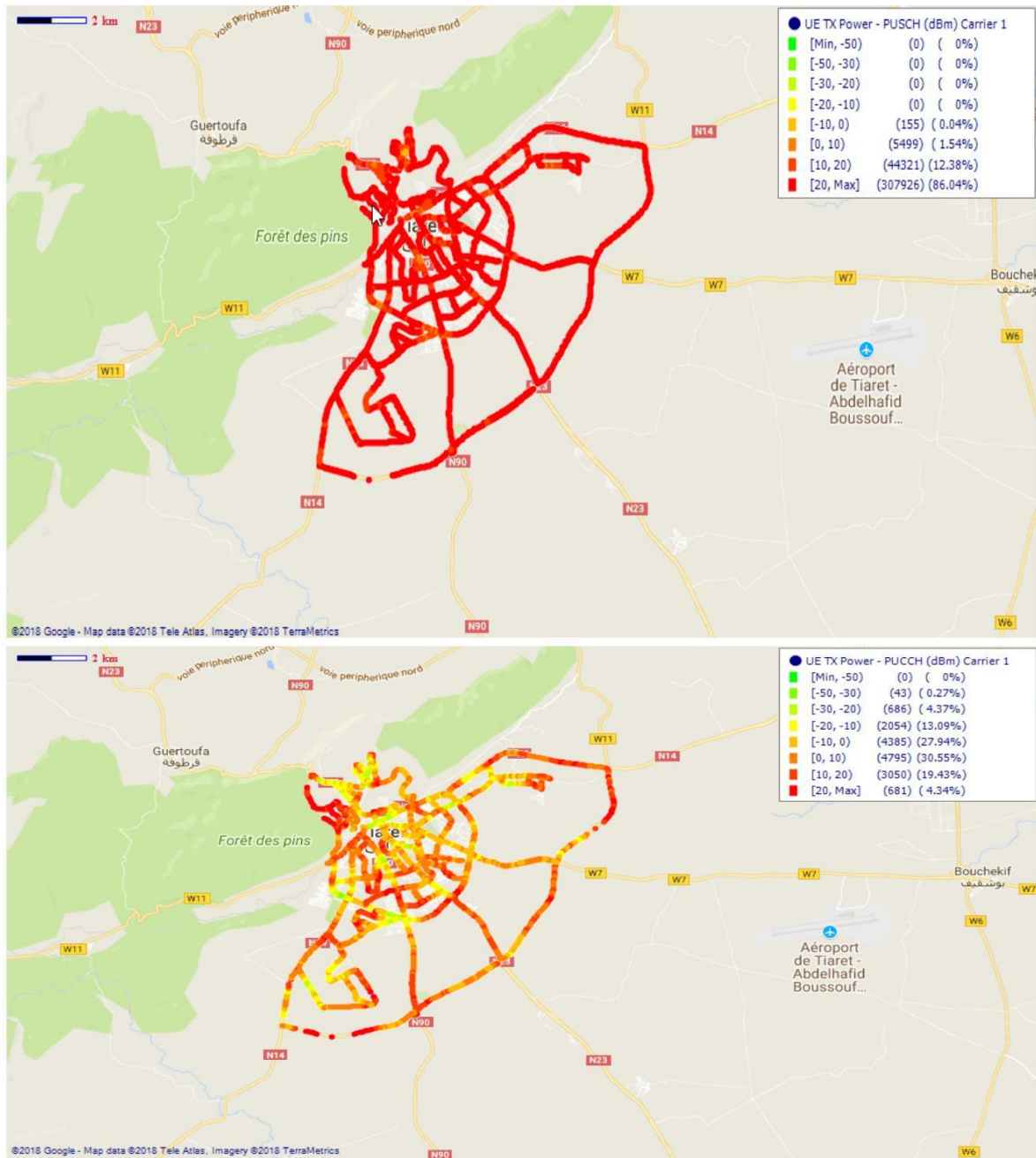


Figure III.28 : Puissance Tx de l'UE pour le LTE.

➤ Résultats obtenus avec le Drive Test après traitement des problèmes :

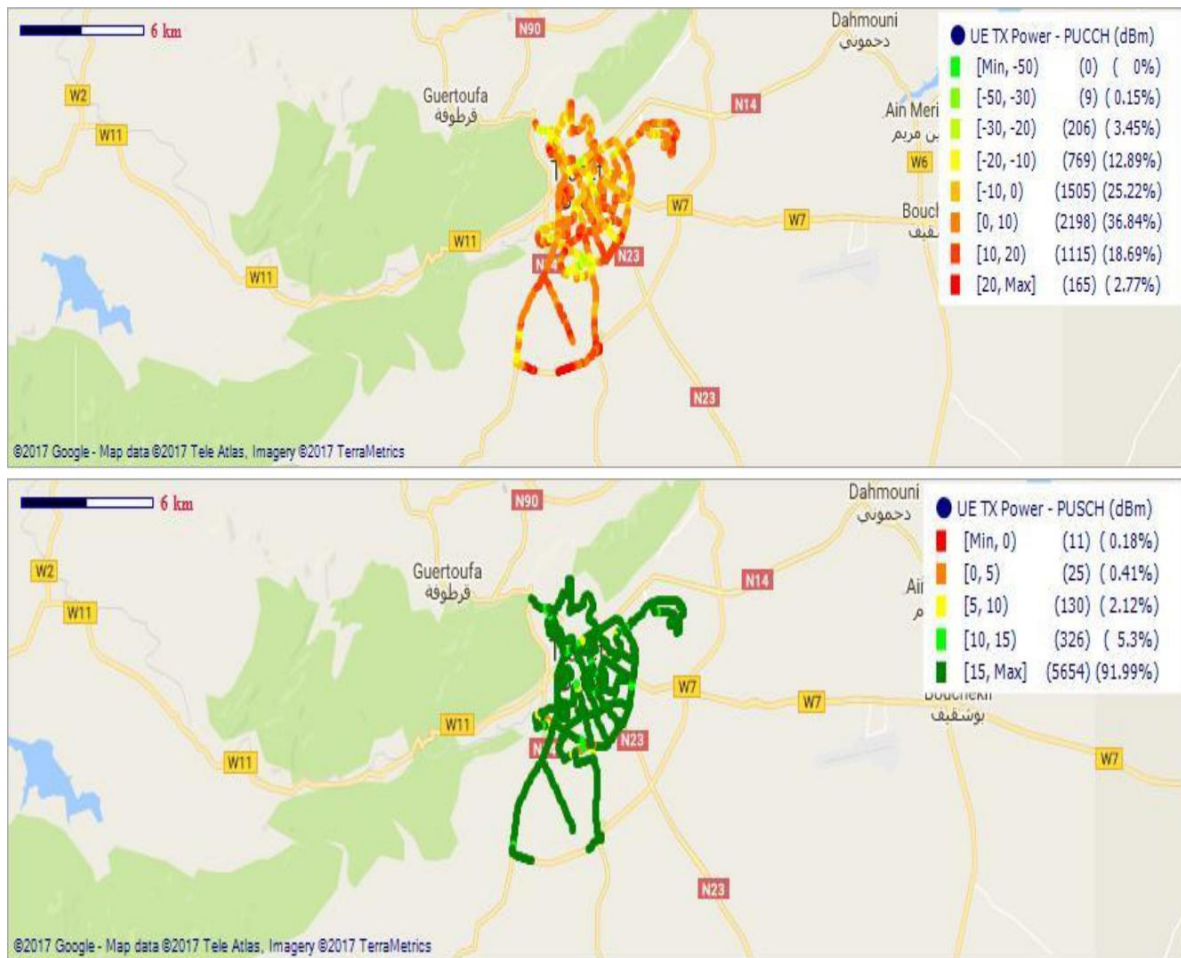


Figure III.29 : Puissance Tx de l'UE pour le LTE

III.5.3.8.PCI (Physical Cell Id):

Gamme : 0 à 503

Importance : le PCI est utilisé pour identifier la cellule et pour transmettre les données

$$PCI = PSS + 3 * SSS \quad (III.4)$$

1. PSS est un signal de synchronisation primaire (identifie l'identificateur de cellule). La valeur PSS peut être 0, 1 et 2
2. SSS est un signal de synchronisation secondaire (identifie celle de l'Id groupe). La valeur SSS peut être comprise entre 0 et 167

Il n'y a pas de façon standard de planifier les PCI, mais il y a quelques lignes directrices :

1. L'attribution de Co-PCI pour les sites proches doit être évitée

2. Les secteurs sur le même nœud électronique B devraient avoir le même code SSS, mais des PSS différents (en supposant trois sites sectorisés).
3. L'affectation Co-PCI pour les voisins doit être évitée.

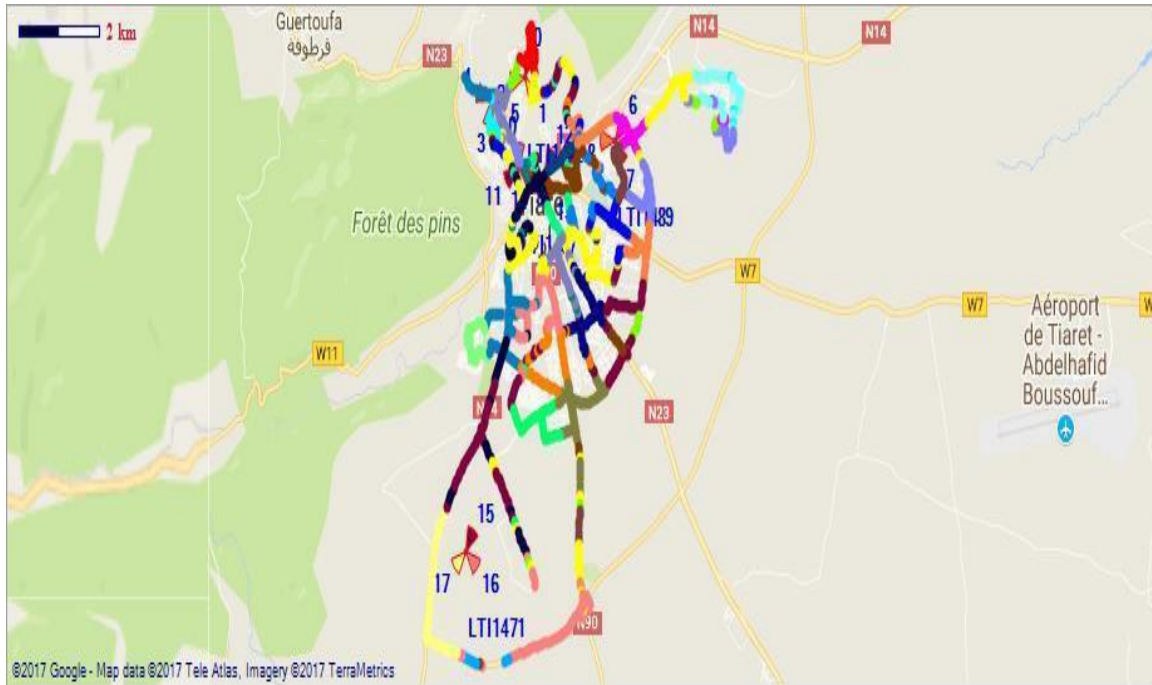


Figure III.30 : Distribution des PCI

III.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons utilisé les techniques d'optimisation et de dimensionnement d'un réseau d'accès 4G, et ce par des mesures réelles. Pour cela nous avons choisi la région de Tiaret pour collecter les mesures. Nous avons utilisé le Drive Test et le TEMS. Un ensemble de tests ont été fait pour mesurer plusieurs paramètres dans le but de trouver des solutions à tout problème conduisant à un réseau faible.

Conclusion Générale :

Les réseaux de télécommunications mobiles ont connu un grand développement. La 4ème génération de la téléphonie mobile est l'une de ces réseaux. Le développement de ce réseau conduit à l'intégration de nouveaux services à fin d'assurer des débits élevés. Ce développement touche aussi les différentes infrastructures des réseaux. Pour ce faire, la phase de planification et d'optimisation permette d'assurer ce développement.

Dans ce mémoire, nous avons étudié ces techniques d'optimisation, de planification et de dimensionnement d'un réseau d'accès 4G dans la région de Tiaret par l'utilisation des outils de Drive Test et le TEMS.

Un ensemble de tests et des mesures réelles des différentes données et paramètres (niveau du signal reçu, la qualité du signal reçu, ...), en collaboration avec l'opérateur OOREDOO, ont été fait dans le but de trouver des solutions à tout problème conduisant à un réseau faible.

Enfin, on peut dire que les phases de planification, dimensionnement et d'optimisation sont des phases importantes pour les opérateurs pour éviter des coûts supplémentaires d'optimisation pouvant apparaître lors de l'exploitation du réseau.

En perspective, plusieurs paramètres peuvent être mesuré et tester pour enrichir cette étude.

Références bibliographiques :

- [1] **Y.Bougan,E.Hardouin,F.X.Wolff**, « « LTE et les réseaux 4G » », Préface d'Alain Maloberti, © Groupe Eyrolles, 2012,
- [2] : **Germine seide**, « planification d'un réseau de quatrième Génération a partir d'un réseau de troisième Génération », Thèse, Université du MONTREAL, CANADA 2011.
- [3] : **F. Khan**, LTE for 4G Mobile Broadband. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press, 2009.
- [4] :www.generation-nt.com/dossier-telephonie-mobile-bibop-gsm-gprs-edge-article-46519-2.html
- [5] : **URDAREANU.A**, « Réseau de 4ème Génération », Rapport bibliographique, Université de RENNES, 2007.
- [6]: <http://www.efort.com>
- [7] : http://www.efort.com/r_tutoriels/LTE_SAE_EFORT.pdf consulté le 08/08/14
- [8]: **ERICSSON Proprietary and confidential**, « LTE Overlay Networks », ERICSSON Design Guideline, Decembre 2011.
- [9]: **Mohamed daoued**, A-LTE planning, Project de fin études, juin 2013.
- [10] : http://www.efort.com/r_tutoriels/LTE_SAE_EFORT.pdf
- [11] : <https://lafibre.info/4g/lte-la-couche-physique-13298/>
- [12] :**Zang Liang, Qin Yan** « LTE Air Interface : Training Manuel », Huawei Proprietary and confidential, Huawei Technologies Co, 2010.
- [13]: **China Mobile**, Implementing LTE FDD/TDD Convergence Network in the age of Mobile Internet, juin 2013.
- [14]: **G. M. Hyung et J. G. David**, Singla Carrier FDMA : A new air Interface for Long Term Evolution, 1re éd. Singapour: Wiley Series, 2008.
- [15]: **Thomas Anicotte & Guillaume Bruno**,TELECOM Lille1 , Copyright © 2009 - FI 2010 <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2009/ANICOTTE-BRUNO/ltephy.html>
- [16]: **Muhammad Razin Ibn Azad** , Multiple Antenna Technique (MIMO) , 29 May, 2012.
- [17] : **A. Boukhlif**, Communication Mobiles, 2.07.5088 éd. Ben-Aknoun,Alger: Office des Publications Universitaires, 2010.
- [18] : **Lassoued. A**, Outil de planification et de dimensionnement dans l'EUTRAN LTEAdvanced, Ericsson AB branche Tunisie 2011/2012.

- [19]: **Abdul basset syed** , Dimensioning of LTE Network , these master , fevrier 2009
- [20] : **3GPP Technical Report** TR 25.813, “Radio Interface Protocol Aspects for Evolved UTRA”, version 7.0.0
- [21]: **Motorola LTE RF Planning Guide: LTE RF Planning & Design V 1.2** 2011.
- [22]: **JAMMAZI. E**, Optimisation d’un réseau pilote 4G pour Tunisie Télécom. école National s’Ingénieurs de Gabes, 2013.
- [23]: www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/lte-long-term-evolution/lte-mimo.
- [24]: Documentation LTE RNP Capacity Introduction for OTA. LTEAdvanced, Ericsson AB branche Tunisie 2011/2012.
- [25]: Introduction to Wireless Links for Digital Communications: Radio Link Budget”. Ajouter 29 Novembre, 2007, de la part Enigmatic Consulté le 17/10/14.
- [26]: **Bokri.G**, Amélioration de la QoS radio indoor dans les réseaux mobiles 3G, Tunisie telecom, 2013.
- [27]: Rapport de la calibration du modèle de propagation planification de l’outil Atoll document Djezzy.
- [28]: https://www.memoireonline.com/12/13/8188/m_Etude-de-la-qualite-de-service-dans-les-reseaux-mobiles-GSM32.html.
- [29]: https://www.academia.edu/31434500/LTE_DT_Parameters.

مع ظهور تقنيات الجيل الرابع للهاتف النقال، توسعت شبكات الإتصالات المتنقلة بشكل ملحوظ وعرفت إدماج خدمات جديدة. هذا التطور السريع أدى مبتعاطي الشبكات الهاتفية إلى تكيف أساليب التخطيط الخاصة بهم مع التقنيات الجديدة التي تزيد من تعقيد الشبكة. وتتمثل مرحلة التخطيط في ضمان أفضل تغطية لاسلكية، التوافق مع الشبكات القائمة، إدارة تنقل المستخدم بين الخلايا، توقع التداخل، وحجم الخلية وكذا عدد المشتركين. وهذا يتيح تغطية ملائمة وخدمات جيدة لدعم الزيادة المحتملة في المشتركين. الهدف من هذا العمل هو إتقان تقنيات التخطيط والتحجيم لشبكة الجيل الرابع. وذلك من خلال قياسات حقيقية للبيانات المختلفة (مستوى الإشارة المستقبلية، جودة الإشارة المستقبلية، مؤشر جودة الكلام، ...) باستعمال الأدوات المتاحة.

الكلمات المفتاحية: التخطيط، التحجيم، شبكة الجيل الرابع،

Résumé

Avec l'arrivée des technologies 4G, les réseaux de télécommunications mobiles ont connu une grande expansion. Ces réseaux ont admis l'intégration de nouveaux services et des débits adéquats. Cette rapide évolution a porté les opérateurs à adapter leurs méthodes de planification aux nouvelles technologies qui augmentent la complexité au niveau du réseau. La phase de planification correspond à assurer la meilleure couverture radio, la compatibilité avec les réseaux actuels, la gestion de la mobilité intercellulaire des utilisateurs, l'anticipation des interférences, la taille de la cellule et la charge supporté. Ceci va permettre une couverture adéquate et un bon service pour soutenir l'augmentation potentielle du trafic. L'objectif de ce travail de Master consiste à maîtriser les techniques d'optimisation, de planification et de dimensionnement d'un réseau d'accès 4G. Et ce par des mesures réelles des différentes données (niveau du signal reçu, la qualité du signal reçu, SQI (Speech Quality Index), ...) par les outils disponibles (Drive Tests, TEMS, ...).

Mots clés : Planification; Dimensionnement; 4G; Trafic; Handover.

Abstract

With the arrival of 4G technologies, the mobile telecommunications networks have known an expanded growth. These networks have admitted the integration of new services. This rapid evolution has led operators to adapt their planning methods to new technologies that increase the complexity of the network. The planning phase correspond to ensure the best radio coverage, compatibility with existing networks, management of the handover, anticipation of interference, cell size and supported load.

This will allow an adequate coverage and good service to support the potential increase in traffic. The main objective of this work is to master the optimization, planning and sizing techniques of a 4G network. And this by real measurements of the different data (level of the received signal, the quality of the received, SQI (Speech Quality Index), ...) by the available tools (Drive Tests, TEMS, ...)

Keywords : Planning; Sizing; 4G; Traffic; Handover.