

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DUGENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes De MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies Filière : Génie électrique
Spécialité : Télécommunication et réseaux

Présenté par
Abdelhak DJOUAHRA

Thème

Etude et simulation d'un réseau 4G sous logiciel Atoll

Mémoire soutenu publiquement le 05/06/2017.devant le jury composé de:

Mr. LAZRI Mourad	Maitre de conférences	A UMMTO	Président
Mr. ATTAF Youcef	Maitre de conférences	B UMMTO	Promoteur
Mr. HAMAGE Slimane	Maitre de conférences	B UMMTO	Examineur

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DUGENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

**Mémoire de Fin d'Etudes
De MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences et Technologies Filière : Génie électrique
Spécialité : Télécommunication et réseaux

Présenté par
Abdelhak DJOUAHRA

Thème

**Etude et simulation d'un réseau 4G
sous logiciel Atoll**

Mémoire soutenu publiquement le 05/06/2017.devant le jury composé de:

Mr. LAZRI Mourad	Maitre de conférences	A UMMTO	Président
Mr. ATTAF Youcef	Maitre de conférences	B UMMTO	Promoteur
Mr. HAMAGE Slimane	Maitre de conférences	B UMMTO	Examineur

Remerciement

Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant, car ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.

Nous adressons nos remerciements à mon encadreur Monsieur Attaf, pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.

Nous profitons de cette opportunité pour exprimer notre gratitude à tous les enseignants qui ont contribué par leur collaboration, disponibilité et sympathie, à notre formation. Et nous exprimons notre reconnaissance à tous les doctorants avec qui nous avons pu bénéficier de leurs aides.

Nous tenons à remercier nos famille de nous avoir soutenu, nous ne serons jamais assez reconnaissants envers nos parents qui ont toujours tout mis en œuvre pour qu'on s'épanouisse dans tous ce qu'on entreprend.

Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidées de près ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos collègues de la promotion de télécommunication et réseaux

ABDELHAK

Dédicace

A cœur vaillant rien d'impossible

*A conscience tranquille tout est accessible
Quand il y a la soif d'apprendre*

*Tout vient à point à qui sait attendre
Quand il y a le souci de réaliser un dessein*

*Tout devient facile pour arriver à nos fins
Malgré les obstacles qui s'opposent*

*En dépit des difficultés qui s'interposent
Les études sont avant tout*

*Notre unique et seul atout
Ils représentent la lumière de notre existence*

*L'étoile brillante de notre réjouissance
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal*

*Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal
Espérant des lendemains épiques*

*Un avenir glorieux et magique
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis*

*Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri
Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys,*

*Nous prions dieu que cette soutenance
Fera signe de persévérance*

*Et que nous serions enchantés
Par notre travail honoré*

*Je dédie cette thèse à mes parents
A mes frères et sœurs
A tous mes amis et en particulier (Mounir, Anis , Hafid , Zinedine , Ghani , Rabah,
Khaled , dihia et djedjiga) .
Et a tous ceux qui nous aimes et qu'on aime.*

ABDELHAK

Listes des abréviations

1G	1ère Génération
2G	2ème Génération
3G	3ème Génération
4G	4ème Génération
5G	4ème Génération
3GPP	3rd Generation Partnership Project
A	
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AUC	Authentication Center
B	
BG	Border Gateway
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transceiver Station
C	
CDMA	Code Division Multiple Access
E	
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM
EIR	Evolution
eNodeB	Equipment Identity Register
EPS	evolved NodeB
EPC	Evolved Packet System
E-UTRA	Evolved Packet Core
eUTRAN	Evolved-Universal Terrestrial Radio Access evolved UTRAN
F	
FDD	Frequency Division Duplexing
G	
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
H	
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access

Listes des abréviations

HSOPA HSPA HSPA HSS	H igh S peed O FDM P acket A ccess H igh S peed P acket A ccess H ome S uscriber S ervice
------------------------------	---

I

IP IPv6	I nternet P rotocol I P v ersion 6
------------	--

L

LAN LTE	L ocal A rea N etwork L ong T erm E volution
------------	---

M

MAN MME MMS MS MSC	M etropolitan A rea N etwork M obility M anagement E ntity M ultimedia M essaging S ervice M obile S tation M obile S witching C entre
--------------------------------	--

O

OFDM OFDMA OMC OSS	O rthogonal F requency D ivision M ultiplexing O rthogonal F requency D ivision M ultiple A ccess O perations and M aintenance C enter O peration S ub- S ystem
-------------------------------------	---

P

PCU PDN PDP PGW PLMN	P acket C ontrol U nit G W P acket D ata N etwork G ate- W ay P acket D ata P rotocol P acket S witch- G et W ay P ublic L and M obile N etwork
----------------------------------	---

Q

QoS QoS	Q ualité d e S ervice Q uality o f S ervice
------------	--

R

Listes des abréviations

RNC	R adio N etwork C ontroller
RNIS	R éseau N umérique à I ntégration de S ervices
RTC	R éseau T éléphonique C ommuté
RTCP	R eal-time T ransport C ontrol P rotocol
S	
SAE	S ystem A rchitecture E volution
S-GW	S erving- G et W ay
SC-FDMA	S ingle C arrier- F requency D ivision
SGSN	M ultiplexing A ccess
SIM	S erving GPRS S upport N ode
SMS	S ubscriber I dentify M odule
SMSC	S hort M essage S ervice S hort M essage S ervice C enter
<hr/>	
T	
TCP	T ransmission C ontrol P rotocol
TDD	T ime- D ivision D uplex
U	
UDP	U ser D atagram P rotocol
UE	T erminal M obile
UMTS	U niversal M obile T elecommunications S ystem
V	
VLR	V isitor L ocation R egister
VoIP	V oice o ver I P
W	
WAP	W ireless A pplication P rotocol
WCDMA	W ide C oding D ivision M ultiple
WiFi	A ccess
WIMAX	W ireless F idelity W orldwide I nteroperability for M icrowave A ccess

Chapitre 1

Figure VI.1 : Architecture du réseau GSM	5
Figure VI.2 : Architecture du réseau GPRS	7
Figure VI.3 : Architecture du réseau UMTS	11

Chapitre 2

Figure VI.4 : évolution vers LTE.....	18
Figure VI.5 : architecture de réseau LTE	22
Figure VI.6 : architecture de réseau LTE	23
Figure VI.7 : architecture de réseau LTE	24
Figure VI.8 : Interconnexion du réseau cœur.....	25
Figure VI.9 : Interconnexion du réseau cœur.....	26
Figure VI.10 : l'acheminement des données dans le réseau EPC	27
Figure VI.11 : re-routage avec une autre eNodeB	28
Figure VI.12 : passerelle régional SGW	29
Figure VI.13 : HSS base de données des abonnés	30
Figure VI.14 : HSS et MME	32
Figure VI.15 : le Hard Handover	33
Figure VI.16 : structure de la trame LTE	35
Figure VI.17 : Le fonctionnement d'une trame radio	36
Figure VI.18 : des bandes de fréquences pour un signal radio	37
Figure VI.19 : appels mobile-à-mobile et mobile-à-serveur	42
Figure VI.20 : L'échange inter-couches au sein d'un terminal.....	43
Figure VI.21 : le bearer EPS dans le système LTE.....	46

Chapitre 4

Figure VI 22 : processus de planification	52
Figure VI 23 : Création un nouveau projet LTE	57
Figure VI 24 : Dessin Hexagonale du milieu urbain sur une échelle de 1000m.....	57
Figure VI 25 : Dessin Hexagonale du milieu dense urbain sur une échelle de 1000m.....	58
Figure VI 26 : Configuration d’antennes pour l e milieu urbain.....	59
Figure VI 27 : Configuration d’antennes pour l e milieu dense urbain	60
Figure VI 28 : Génération des utilisateurs dans un milieu urbain.....	61
Figure VI 29 : Génération des utilisateurs dans un milieu dense urbain	61
Figure VI 30 : Plan de couverture des émetteurs dans le milieu urbain	62
Figure VI 31 : Plan de couverture des émetteurs dans le milieu dense urbain	62
Figure VI 32 : génération de dix utilisateurs dans un milieu urbain pour l’étude de la capacité effective	64
Figure VI 33 : La DCF de la capacité effective d’une cellule dans un milieu urbain avec dix utilisateurs	64
Figure VI 34 : génération de 20 utilisateurs dans un milieu urbain pour l’étude de la capacité effective	65
Figure VI 35 : La DCF de la capacité effective d’une cellule dans un milieu urbain avec 20 utilisateurs	65
Figure VI 36 : génération de 30 utilisateurs dans un milieu urbain pour l’étude de la capacité effective	66
Figure VI 37 : La DCF de la capacité effective d’une cellule dans un milieu urbain avec 30 utilisateurs	66

Chapitre 1

Tableau VII.1 : Evolution du GSM au GPRS	9
Tableau VII.2 : tableau de donnée (GSM, GPRS et UMTS)	13
Tableau VII.3 : Différents Paramètres du LTE et LTE-Advanced	14

Chapitre 4

Tableau VII.4 : paramètre de simulation réseau LTE dans un milieu urbain	54
Tableau VII.5 : paramètre de simulation réseau LTE dans un milieu dense urbain.....	56

Remercîment

Dédicace

Résumé.....	I
Table des matières.....	II
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Liste des abréviations.....	VIII
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : description des différentes générations de la téléphonie mobile

1.1. Introduction.....	3
1.2. Les différentes normes téléphoniques.....	3
1.2.1. La première génération des téléphones mobiles (1G).....	3
1.2.2. La deuxième génération des téléphones mobiles (2G).....	3
1.2.2.1. Le réseau GSM.....	4
1.2.2.1.1. Le sous système radio-BSS.....	4
1.2.2.1.2. Le sous système d'acheminement NSS.....	5
1.2.2.1.3. Le sous système d'exploitation et de maintenance-OSS.....	5
1.2.2.2. Le réseau GPRS.....	6
1.2.2.2.1. Le nœud de service (SGSN).....	6
1.2.2.2.2. Le nœud de passerelle (GGSN).....	7
1.2.2.2.3. Le module BG pour la sécurité.....	7
1.2.2.2.4. Les équipements GSM utilisé.....	7

Table des matières

1.2.2.2.5. Le type de transmission dans le réseau GPRS	8
1.2.3. La troisième génération des téléphones mobiles 3G (UMTS).....	8
1.2.3.1. Architecture de réseau L'UMTS	9
1.2.3.2. Les fréquences de L'UMTS	9
1.2.3.3. Le débit de L'UMTS	10
1.2.3.2. Le mode de transmission dans réseau UMTS.....	10
1.2.3.3. Tableau de donné (GSM, GPRS, UMTS).....	11
1.2.4. La quatrième génération des téléphones mobiles 4G (LTE)	11
1.2.4.1. Définition de réseau LTE	12
1.2.4.2. Quelques caractéristiques de réseau 4G.....	13
1.2.4.2. L'historique sur la 4G	13
1.3. Conclusion.....	14

Chapitre 2 : Etude de réseau 4G

2.1. Introduction	15
2.2. Evolution UMTS vers LTE.....	15
2.2.1. Principe de W-CDMA.....	15
2.2.2. La technologie HSDPA.....	16
2.2.3. La technologie de HSPA	16
2.2.4. La technologie de HSPA	16
2.3. Génialités de la technologie LTE (4G)	17
2.3.1. Le But de la 4G	17
2.4. Architecture de réseaux LTE.....	18
2.4.1. Interface entre les équipements de réseau cœur.....	19
2.4.2. Interconnexion de réseau cœur.....	20
2.4.3. L'itinérance de réseau cœur	21

Table des matières

2.4.4. L'équipement de réseau cœur EPC qui participant à l'acheminement des données (SGW, PGW)	22
2.4.5. Passerelle régional (SGW)	24
2.4.6. Equipement de contrôle dans le réseau cœur (HSS ET MME)	25
2.4.7. Récapitulatif des équipements.....	27
2.5. Caractéristique du réseau LTE	28
2.5.1. Délai pour la transmission de données.....	28
2.5.2. La mobilité	28
2.5.3. Débit et fréquence de la 4G.....	28
2.5.4. La connexion permanant	29
2.5.5. Type de codage et de sécurité	29
2.5.6. Structure de la trame LTE	29
2.5.7. Couvertures des cellules.....	31
2.5.8. Type de transmission utilisé dans la 4G.....	31
2.5.8.1. OFDMA.....	31
2.5.8.2. Principe de L'OFDMA.....	31
2.6. Caractéristique de réseau cœur SAE	32
2.6.1. EPC est un réseau cœur tout IP	33
2.6.2. EPC support les défauts bearers et dedicated bearers	33
2.6.3. EPC support le filtrage de paquet.....	33
2.7. Les différences principale entre la norme LTE et UMTS.....	34
2.8. Conclusion.....	44

Chapitre 3 : Notions d'appels, sécurité et de qualité de service dans la 4G

3.1. Introduction	41
3.2. Gestion d'appels.....	41
3.2.1. Les différents types d'appels.....	41
3.2.1.1. Appels (Mobil à Mobil).....	35

Table des matières

3.2.1.1. Appels (Mobil à Serveur).....	35
3.2.2. L'échange au sein d'un terminal.....	36
3.2.2.1. L'échange inter-couche au sein d'un UE.....	37
3.2.2.1.1. La couche NAS.....	38
3.2.2.1. 2. La couche RRC.....	38
3.2.2.1.3. La couche PDCP.....	38
3.2.2.1.4. La couche RLC.....	38
3.2.2.1.5. La couche MAC.....	39
3.2.3. Notion de bearer.....	39
3.2.4. Le bearer EPS.....	39
3.3. La sécurité.....	40
3.3.1. L'authentification.....	40
3.3.2. La confidentialité.....	40
3.3.3. L'intégrité.....	41
3.4. Définition de la qualité de service.....	41
3.4. But de la Qos.....	41
3.5. Les paramètres de la Qos.....	42
3.5.1. Le débit.....	42
3.5.2. La perte du paquet.....	42
3.5.3. Délai de transit.....	42
3.5.4. La gigue.....	42
3.5.5. La bande passante.....	42
3.6. La qualité de service dans la 4G.....	43
3.7. Conclusion.....	43

Chapitre 4 : Simulation LTE avec ATOLL

4.1. Introduction.....	52
4.2. Description de logiciel ATOLL.....	44

Table des matières

4.3. Planification de réseau LTE	44
4.3.1. Pré-planification	44
4.3.2. Planification.....	44
4.3.3. Vérification.....	45
4.3.4. Optimisation	45
4.4. Planification du réseau LTE dans un milieu urbain et dense urbain.....	45
4.4.1. Paramètre pour la planification d'un réseau LTE dans un milieu urbain ...	45
4.4.1.1. Définition d'ordonnancement des processus	45
4.4.1.2. Le modèle de propagation	46
4.4.2. Paramètre pour la planification d'un réseau LTE dans un milieu dense urbain.....	47
4.5. Impacte de l'augmentation du nombre d'utilisateurs sur la capacité.....	55
4.5.1. Etude de la capacité dans le milieu urbain	55
4.6. Conclusion	58
Conclusion générale	59

Références Bibliographiques.

Introduction générale

Les réseaux mobiles et sans fil ont connu un essor sans précédent ces dernières années. Il s'agit d'une part du déploiement de plusieurs générations successives de réseaux de télécommunications essentiellement dédiés à la téléphonie (2G, GSM) puis plus orientés vers le multimédia (3G, UMTS). D'autre part, les réseaux locaux sans fil sont rentrés dans la vie quotidienne au travers de standards phares tels que Wifi, Bluetooth, etc.

La future génération de réseaux sans fil dite de quatrième génération (4G) apporte un véritablement tournant dans le foisonnement et la disparité des solutions existantes. L'objectif cette fois sera certes d'augmenter les débits et les applications prises en charge par ces réseaux mais encore de construire un cadre permettant leur interopérabilité. Des premières solutions sont déjà disponibles auprès de la plupart des opérateurs de télécommunications mais la plupart d'entre elles sont des solutions spécifiques à un type interconnexion et à un opérateur.

Dans ce mémoire on se verra de présenter dans le premier chapitre les différentes normes (générations) de téléphonie mobile, on commencera tout d'abord par l'ancienne génération très connue et très répandue dans le monde la 2G (GSM), c'est la norme la plus utilisée dans le monde de nos jours et toujours utilisée, ensuite on passera à la 2.5G (GPRS) le réseau issu du réseau GSM, ce réseau et une extension du réseau GSM, après on présentera les réseaux 3G (UMTS) et 4G (LTE) brièvement .

Le deuxième chapitre comprend la technologie des réseaux 4G (LTE). Des réseaux de communication cellulaires sans fil. Nous allons présenter une étude introductive portant sur la spécification technique de ce standard par une description globale des successeurs de la 3 G vers LTE, puis on n'a donné les différents changements apportés par LTE.

Dans le troisième chapitre nous allons présenter les principales notions et procédures relatives à l'établissement d'appel dans le système LTE/EPC, sa sécurité ainsi que les différents paramètres de la QoS .

Et enfin le quatrième chapitre porte la génération des utilisateurs dans deux milieux différents urbain et dense urbain, et établit une synthèse sur l'impact des différents

paramètres (exemple : changement de nombre d'utilisateurs) dans un milieu quelconque (milieu urbain dans notre cas) on utilisant le logiciel de planification Atoll.

Chapitre 1

Description des différentes générations de la téléphonie mobile

1.1. Introduction

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé d'accroître, plusieurs générations ont vues le jour (1G, 2G, 3G, 4G et prochainement la 5G pas encore mis en œuvre) et connues une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel et qui ne cesse d'augmenter, une bande passante de plus en plus large et un des avantages d'une telle bande passante est le nombre d'utilisateur pouvant être supportés.

Les réseaux de la 1ere génération (appelée aussi 1G) ont été intégrés au réseau de télécommunication dans les années 80. Ces systèmes ont cependant été abandonnés il y a quelques années laissant la place à la seconde génération, appelée 2G lancée en 1991. Elle est encore active de nos jours. Nous pouvons distinguer deux autres types de générations au sein même de la seconde : la 2.5 et la 2.75. Le principal standard utilisant la 2G est GSM. A la différence de la 1G, la seconde génération de normes permet d'accéder à divers services, comme l'utilisation du WAP permettant d'accéder à Internet, tant dit que pour la 3eme génération connue sous le nom de 3G permet un haut débit pour l'accès à l'internet et le transfert de données. En ce qui concerne la nouvelle génération 4G(LTE), déployer jusque-là que par quelque pays, elle permet le très haut débit, une moindre latence et beaucoup d'autres services qu'on verra par la suite dans le prochain chapitre.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différentes générations de téléphones mobiles, leurs architectures ainsi que d'autres services pouvant être utilisés par chacune de ces générations cellulaires.

1.2. Les différentes normes téléphoniques :

Avant d'expliquer l'état actuel des technologies utilisées aujourd'hui, il nous semble intéressant de rappeler l'évolution de ces techniques, cela a pour avantage de savoir de quoi nous sommes partis pour mieux se positionner à l'heure actuelle.

1.2.1. La première génération des téléphones mobiles (1G) :

La première génération des téléphones mobiles est apparue dans le début des années 80 en offrant un service médiocre et très coûteux de communication mobile. La 1G avait beaucoup de défauts, comme les normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée (Écouter les appels), pas de roaming vers l'international (roaming est la possibilité de conserver son numéro sur un réseau d'un autre opérateur).

1.2.2. La deuxième génération des téléphones mobiles (2G) :

Le GSM est apparu dans les années 90. Il s'agit de la norme 2G. Son principe, est de passer des appels téléphoniques, s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données (avec cryptage), il a connu un succès

et a permis de susciter le besoin de téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des minismessages (SMS, limités à 80 caractères). Ainsi qu'il autorise le roaming entre pays exploitant le réseau GSM.

Devant le succès, il a fallu proposer de nouvelles fréquences aux opérateurs pour acheminer toutes les communications, et de nouveaux services sont aussi apparus, comme le MMS. Le débit de 9.6 kbps proposé par le GSM est insuffisant, dans ce concept, ils ont pensé à développer de nouvelles techniques de modulations et de codages qui ont permis d'accroître le débit pour la nouvelle génération.

1.2.2.1. Le réseau GSM :

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC-réseau fixe). Il se distingue par un accès spécifique appelé la liaison radio.

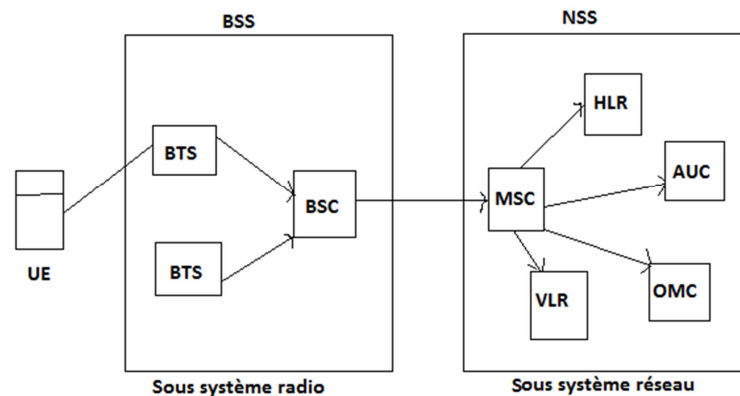


Figure VI.1 : Architecture du réseau GSM [1]

Ainsi le réseau GSM est composé de trois sous-ensembles : [1]

A. Le sous-système radio-BSS

BSS pour base station Sub-system, c'est un sous-système de l'architecture GSM qui assure la transmission radioélectrique et gère la ressource radio. Le BSS comprend le BTS qui sont des émetteurs –récepteurs ayant un minimum d'intelligence et les BSC qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première concentration des circuits.

B. Le sous-système d'acheminement –NSS

Son rôle est d'assurer les fonctions de commutations et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTC ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM.

Il se compose de plusieurs équipements, en citant quelques-uns :

❖ Fonction HLR

Le HLR est une base de données de localisation et de caractéristiques des abonnés. Un réseau peut posséder plusieurs HLR selon des critères de capacité de machines, de fiabilité et d'exploitation. Le HLR est l'enregistreur de localisation nominale par opposition au VLR qui est l'enregistreur de localisation des visiteurs.

Une base de données qui conserve des données statiques sur l'abonné et qui administre des données dynamiques sur le comportement de l'abonné.

Les informations sont ensuite exploitées par l'OMC. L'AUC est une base de données associée au HLR.

❖ Fonctions VLR

L'enregistreur de localisation des visiteurs est une base de données associée à un commutateur MSC. Le VLR a pour mission d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau, ainsi l'opérateur peut savoir à tout instant dans quelle cellule se trouve chacun de ses abonnés. Les données mémorisées par le VLR sont similaires aux données du HLR mais concernent les abonnés présents dans la zone concernée.

A chaque déplacement d'un abonné le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité et le HLR de l'abonné afin d'être en mesure d'acheminer un appel vers l'abonné concerné ou d'établir une communication demandée par un abonné visiteur.

❖ Fonction MSC

Le centre d'authentification AUC (Authentication Center) mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer (crypter) les communications. L'AUC de chaque abonné est associé au HLR. Pour autant le HLR fait partie du < sous-système fixe > alors que l'AUC est attaché au < sous-système d'exploitation et de maintenance >.

C. Le sous-système d'exploitation et de maintenance-OSS :

OSS (Opération Sub-System) permet à l'opérateur d'exploiter son réseau. La mise en place d'un réseau GSM (en mode circuit) va permettre à un opérateur de proposer des

services de type <Voix> ses clients en donnant accès à la mobilité tout en conservant un interfaçage avec le réseau fixe RTC existant.

1.2.2.2. Le réseau GPRS : [2]

Le réseau GPRS vient ajouter un certain nombre de modules sur le réseau GSM sans changer le réseau existant. Ainsi son but est de conserver l'ensemble des modules de l'architecture GSM, nous verrons par ailleurs que certains modules GSM seront utilisés pour le fonctionnement du réseau GPRS.

La mise en place d'un réseau GPRS va permettre à un opérateur de proposer de nouveaux services de type "Data" à ses clients. Le GPRS est en mode paquets.

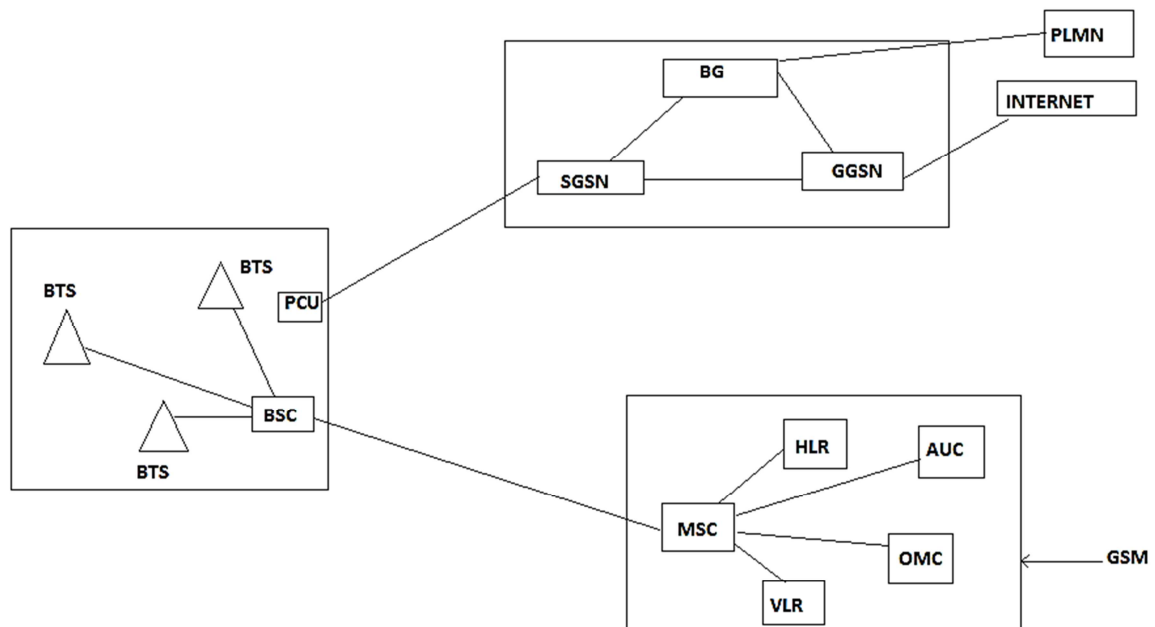


Figure VI.2 : Architecture du réseau GPRS [2].

Un réseau GPRS est un réseau IP. Qui est donc constitué de routeurs IP. L'introduction de la mobilité nécessite par ailleurs la précision de deux nouvelles entités :

a. Le nœud de service (SGSN) :

Le nœud de service dénommé SGSN (Serving GPRS Support Node) est relié au BSS du réseau GSM. Le SGSN est en connexion avec l'ensemble des éléments qui assurent et gèrent les transmissions radio : BTS, BSC, HLR ...

Le SGSN joue un rôle de routeur, il gère les terminaux GPRS présents dans une zone donnée. Le SGSN est le < contrôleur > des terminaux GPRS présents dans sa zone de surveillance.

b. Le nœud de passerelle (GGSN) :

Le nœud de passerelle dans le GPRS dénommé GGSN (Gateway GPRS Support Node) est relié à un ou plusieurs réseaux de données (Internet, autre réseau GPRS...). Le GGSN est un routeur qui permet de gérer les transmissions de paquets de données :

- ✓ Paquet entrants de réseau externe, acheminer vers le SGSN du destinataire.
- ✓ Paquet sortant vers un réseau externe, émanant d'un destinataire interne au réseau.

c. Le module BG pour la sécurité :

Les recommandations introduisent le concept de BG (Border Gateway) qui permettent de connecter les réseaux GPRS via un réseau fédérateur et qui assurent les fonctions de sécurité pour la connexion entre ces réseaux.

Ces BG ne sont néanmoins pas spécifiés par les recommandations mais elles jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN (Public Land Mobile Network) permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux (par exemple entre deux réseaux de deux opérateurs concurrents).

d. Les équipements GSM utilisé :

Le réseau GPRS appuie son architecture sur les Eléments du réseau GSM :

- ❖ Les BTS et BSC permettent de couvrir un territoire national pour localiser les terminaux.
- ❖ Le MSC et le VLR permettent également de gérer les problématiques d'itinérance des abonnés sur les réseaux GSM et GPRS .
- ❖ Le SMSC et le GMSC permettent la communication interne au réseau par l'envoi de message courte à destination du terminal GPRS .
- ❖ Le HLR permet de gérer les problématiques liées à la localisation des individu (en mode GPRS , fournir une carte de la ville ou se trouve l'abonnée).
- ❖ L'EIR permet de gérer les problématiques liées au terminal visé .

Le réseau GPRS est totalement dépendant du bon fonctionnement des infrastructures du réseau GSM. Le réseau GSM constitue donc en effet une base pour la mise en place du réseau GPRS.

Chapitre 1 Description des différentes générations de la téléphonie mobile

Entités GSM/GPRS	Logiciel	Matériel
BTS	Extension requise	Aucun changement
BSC	Extension requise	Interface PCU
MSC/VLR	Extension requise	Aucun changement
HLR	Extension requise	Aucun changement
Nouvelles entités		
MS		Mobile station
SGSN		Serving GPRS Support Node
GGSN		Gateway GPRS Support Node

Tableau I.1 : Evolution du GSM au GPRS.

Type de transmission dans le réseau GPRS :

Ce standard utilise un mode de transmission par paquet. Lorsque le mobile transmet des données vers un terminal fixe, les données sont transmises via le BSS (BTS + BSC) au SGSN qui envoie ensuite les données vers le GGSN qui les route vers le destinataire.

Le routage vers des terminaux (terminal mobile vers terminal mobile ou terminal fixe vers terminal mobile) utilise le principe de l'encapsulation et des protocoles tunnels. Les données reçues par le GGSN sont transmises au SGSN dont dépend le mobile destinataire.

1.2.3. La troisième génération de la téléphonie mobile 3G (UMTS) :[3]

La 3G a été impulsée pour permettre des applications vidéo sur le mobile et améliorer la QoS du Multimédia. Les applications visées étaient la possibilité de regarder Youtube, de la visiophonie,... Outre l'augmentation de débit, un point complexe à résoudre était de passer d'un service de téléphonie (à connexion circuit) vers un service DATA (connexion paquets). L'idée a été d'ajouter des amplificateurs avant chaque antenne, il amplifie le signal pour que celui-ci puisse être reçu par une autre antenne, en changeant les techniques de modulation. Pour cela il a fallu améliorer les terminaux (Smartphone, Tablette...) permettant un usage plus confortable de la connexion haut débit.

Chapitre 1 Description des différentes générations de la téléphonie mobile

Le réseau cœur de l'UMTS s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS.

Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS, qui apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Données, le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

Le réseau cœur se décompose en deux parties : le domaine circuit dans un premier temps et le domaine paquet. La figure présente l'architecture du réseau UMTS.

1.2.3.1. Architecture du réseau UMTS :

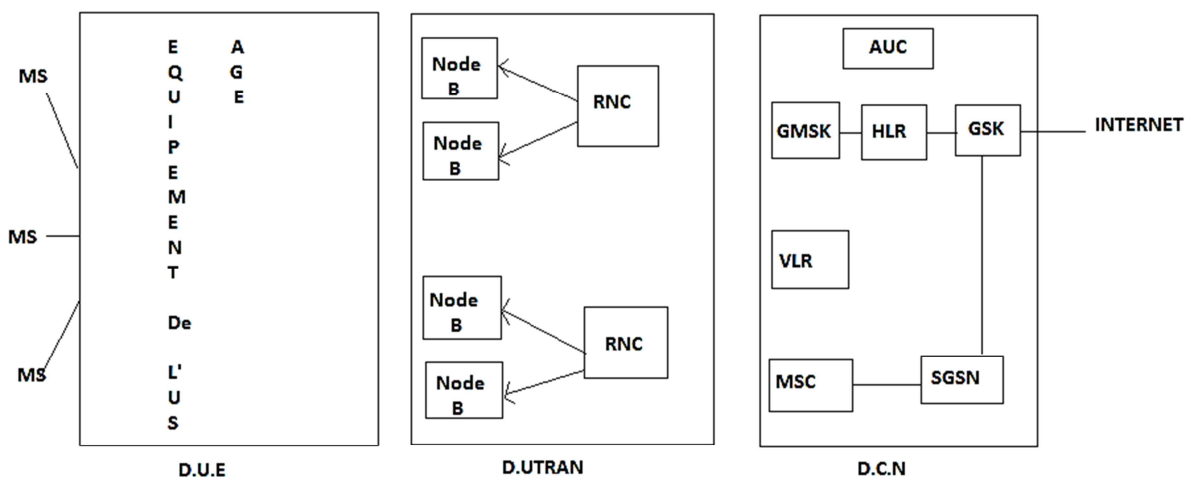


Figure VI.3 : Architecture du réseau UMTS

1.2.3.2. Les fréquences de L'UMTS :

L'UIT (Union Internationale des Télécommunications) a désigné des bandes de fréquences pour les différents systèmes de l'UMTS qui sont :

- Duplex temporel TDD (Time Division Demultiplexed) : 1885 à 1920 MHz (uplink bande de 35Mz) et 2010 à 20 MHz(downlink bande de 15 MHz).
- Duplex fréquentiel FDD (Frenquency Division Demultiplexed) 1920 à1980 MHz (uplink bande de 60 MHz) et 2110 à 2170MHz (downlink bande de 60 MHz).
- Bandes satellites : 1980 à 2010 MHz (uplink de 30 MHz) et 2170 à 2200 MHz (downlink de 30 MHz).

- La bande passante d'un canal est de 5MHz avec une largeur spectrale réelle de 4,685 MHz.

1.2.3.3. Le débit de L'UMTS :

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais fin 2004 les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 Kbit/s. Néanmoins, cette vitesse est nettement supérieure au débit de base GSM qui est de 9,6 kbit/seconde.

Le débit est différent suivant le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur :

- En zone rurale : 144 kbit/s pour une utilisation mobile (voiture, train, etc.)
- En zone urbaine : 384 kbit/s pour une utilisation piétonne.
- En zone bâtiment : 2000 kbit/s depuis un point fixe.

Grâce à son débit, l'UMTS ouvre la porte à des applications et services nouveaux. L'UMTS permet en particulier de transférer dans des temps relativement courts des contenus multimédia tels que les images, les sons et la vidéo.

1.2.3.2. Le mode de transmission dans le réseau UMTS :

Ce réseau repose sur deux modes :

❖ Le mode circuit :

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Lors de l'introduction de l'UMTS le débit du mode domaine circuit sera de 384 Kbits/s.

L'infrastructure s'appuie alors sur les principaux éléments du réseau GSM : MSC/VLR (bases données existantes) et le GMSC afin d'avoir une connexion directe vers le réseau externe.

❖ Le mode paquet :

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. il s'agit principalement de la navigation sur Internet, de la gestion de jeux en réseaux ainsi que l'accès et l'utilisation des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. L'infrastructure s'appuie alors sur les principaux éléments du réseau GPRS : SGSN (bases de données existantes en mode paquet GPRS, équivalent des MSC / VLR en réseau GSM) et le GGSN (équivalent du GMSC en réseau GSM) qui jouera le rôle de commutateur vers le réseau interne et les autres réseaux publique ou privé de transmission de donnée.

Chapitre 1 Description des différentes générations de la téléphonie mobile

Tableau de donnée (GSM, GPRS , UMTS) :

	Débit	mode de communication	Type de trame
GSM	13kb/s	mode de communication circuit	trame TDMA
GPRS	171.2kb/s : débit théorique 50kb/s : débit réel	mode de communication packet	trame TDMA
UMTS	2Mb/s	mode de communication packet	Trame CDMA

Tableau I.2 : tableau de donnée (GSM, GPRS et UMTS)

1.2.4. La quatrième génération de la téléphonie mobile (LTE) :[4]

La 4G est la quatrième génération de réseau mobile. Elle est la norme succédant à la 3G, on étudiera cette génération plus en détail dans le prochain chapitre.

Pour résumer, la 4G c'est la norme des standards de téléphonie mobile permettant des débits jusqu'à 50 fois plus important que la première norme.

		LTE	LTE-advanced
Débits crêtes maximums	DownLink	300 Mb/s	1 Gb/s
	UpLink	75 Mb/s	500 Mb/s
Bandes de fréquence		1.4 à 20 MHz	100 Mhz
Latence	Données	10 ms	10ms (RTT)
	Session	100 ms	50ms
Efficacité spectrale DL/UL	Max	5.0/2.5 b/s/Hz	30/15 b/s/Hz
	Moyen	1.8/0.8 b/s/Hz	2.6/0.2 b/s/Hz
	En limite	0.04/0.02 b/s/Hz	0.009/0.07 b/s/Hz

Tableau I.3 : Différents Paramètres du LTE et LTE-Advanced.

1.2.4.1. Définition de réseau LTE :

Les services de communications mobiles sont en train de suivre la même évolution que celle des services fixes, c'est-à-dire une transition accélérée vers l'accès à très haut débit. Ce sont les réseaux 4G qui permettent de répondre aux demandes croissantes des usages mobiles, tant en termes de qualité des services offerts que de capacité découlement du trafic par les réseaux.

Ces fréquences sont destinées au déploiement de réseaux mobiles à très haut débit, pour apporter au consommateur une capacité et une qualité de services supérieures aux offres actuelles d'internet mobile. La technologie LTE <Long Term Evolution> offre aux utilisateurs des débits de plusieurs dizaines de Mbit/s, largement supérieurs aux performances des technologies 3G actuellement déployées, ainsi que des latences plus faibles favorisant une meilleure interactivité.

Avec le 4G, on se dirige vers la transmission de toutes les informations-voix et données -par IP, le même protocole qu'on utilise sur Internet. Pour les fournisseurs, c'est plus facile et moins cher à gérer. «a facilite aussi le développement d'applications multimédias. Cette génération permet des vitesses de téléchargement plus rapides et des temps de latence plus courts.

Selon les critères de l'union internationale des télécommunications (UIT), qui établit les normes pour les réseaux cellulaires, le vrai 4G devrait offrir des vitesses de téléchargement de 100 Mbit/s pour un utilisateur en mouvement et de 1 Gbit/s en mode stationnaire.

1.2.4.2. Quelques caractéristiques de réseau 4G :

- ❖ Il offre un débit de donnée crête sur la voix montante de 50 Mbits/s.
- ❖ Un débit pic théorique de 100 Mbits/s à 300 sur la voix Descendante et un temps d'aller-retour de moins de 10ms sur l'interface radio (RAN) .
- ❖ LTE répond a de nouveau besoins (délai court, débit élevé).
- ❖ Architecture général simplifié.

1.2.4.3. L'historique sur la 4G :

En 2002, la vision stratégique pour la 4G, que l'UIT a désigné comme IMT-Advanced, a été aménagé.

En 2005, la technologie de transmission OFDMA (Orthogonal frequency-division multiple access) est choisi comme candidat pour la liaison descendante HSOPA, rebaptisée plus tard 3GPP Long Term Evolution (LTE) de l'air l'interface E-UTRA. En Novembre 2005, KT démontre le service mobile WiMAX à Busan, Corée du Sud.

La société japonaise NTT DoCoMo (Nippon Telegraph et Téléphone) a testé, en février 2007, un prototype de communication 4G système MIMO 4x4 appelé VSF-OFCDM à 100 Mbit/s tout en se déplaçant, et 1 Gbit/s à l'arrêt. Un an plus tard, le commissaire européen Viviane Reding a proposé de réaffecter des 500-800 MHz pour les communications sans fil.

En Avril 2008, juste après avoir reçu la lettre circulaire, le 3GPP a organisé un atelier sur les IMT-Advanced où il a été décidé que LTE-Advanced, une Évolution de la norme LTE en cours permettra de répondre, voire dépasser les exigences IMT-Advanced qui suit l'ordre du jour de l'UIT-R.

En décembre 2009, Sprint a commencé à annoncer "4G" de service dans certaines villes des Etats-Unis, en dépit de la moyenne des vitesses de téléchargement de seulement 3-6 Mbit/s avec une vitesse de pointe de 10 Mbit / s (pas disponible sur tous les marchés).

Le 25 Février 2010, l'Estonie a ouvert EMT LTE "4G" travail en réseau dans le régime d'essai. Le 5 Juin 2010, Sprint Nextel a publié le premier Smartphone 4G, l'Evo HTC 4G. En Juillet 2010, MTS Ouzbékistan Tachkent déployé LTE. Le 25 aout 2010, la Lettonie a ouvert LMT LTE "4G" travail en réseau dans le régime d'essai de 50% du territoire.

1.3. Conclusion :

Dans ce chapitre introductif, nous avons présenté d'une façon générale les différentes générations de téléphone mobiles et les principales caractéristiques d'un réseau cellulaire.

Ainsi, la mise en œuvre du service GPRS implique une évolution matérielle et logiciel s'ajoutant au réseau GSM déjà existants.

L'évolution du GSM vers GPRS prépare à l'introduction des réseaux de troisième génération l'UMTS. En ce qui concerne l'infrastructure, des modifications doivent être effectuées pour l'intégration du GPRS ou l'UMTS par l'ajout d'autres équipements, et le chargement de logiciels.

Le GPRS constitue une évolution majeure vers la troisième génération (UMTS). Il est conçu pour la transmission de données en mode paquet pour assurer l'accès simple au réseau Internet.

Pour les réseaux 4G (LTE), nous avons présenté un bref aperçu et dans le prochain chapitre, nous allons le détailler.

Chapitre 2

Etude de réseau 4G

2.1. Introduction

Ce chapitre est consacré pour la présentation des éléments clés abordés au cours de notre travail tel que la stratégie mise en place par le réseau radio mobile LTE (long terme évolution). Ce dernier est l'objectif de ce chapitre, dans lequel nous allons présenter une étude introductive portant sur les spécifications techniques de ce standard par une description globale des successeurs de la 3G vers LTE, puis nous allons détailler la technologie LTE.

2.2. Evolution UMTS vers LTE

Le 3G facilite le processus de standardisation, occuper de deux cotés : opérateur et consommateur, en se basant sur les règles tracées par l'union internationale des télécommunications.

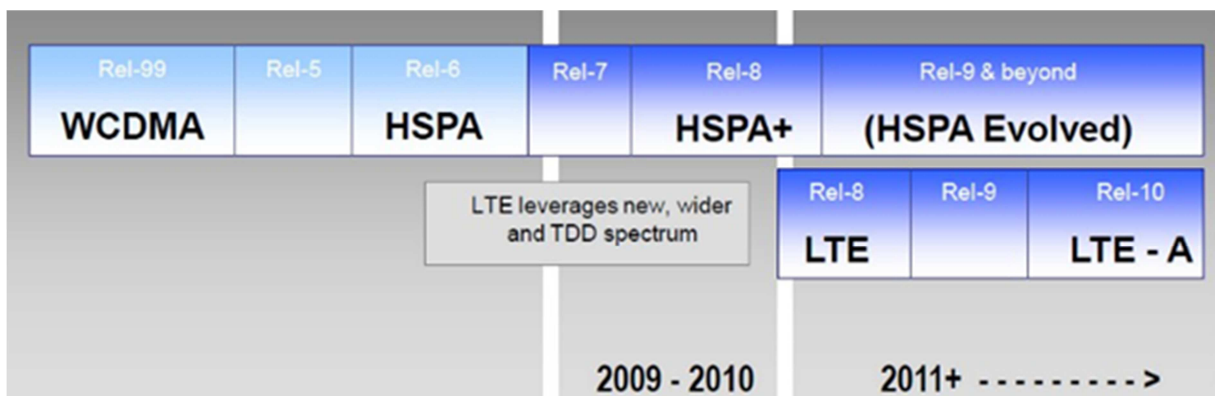


Figure VI.4: évolution vers LTE

Plusieurs L'opérateur ont lancé la technologie 3G dont son ampleur atteint celle de la 2G et apporte plusieurs amélioration citant : accès haut débit a l'internet sans fil.[5]

2.2.1. Principe de W-CDMA :

Une nouvelle gamme de service multimédia a été lancée avec l'apparition de 3G. Commenant par UMTS qui exploite le protocole de communication W-CDMA et la nouvelle bande de fréquences situées entre 1900 - 2200 MHz. Il permet d'envoyer simultanément toutes les données et les paquets en désordre, et le téléphone les réceptionner et les rassembler.

Le W-CDMA utilise d'étalement tel que l'étalement de spectre par séquence directe pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (ou exclusif) par un code

pseudo aléatoire PN propre à cet utilisateur. La séquence du code (de N chips) est unique pour cet utilisateur, et présente ainsi la clé de codage.

La norme UMTS offre des avantages qui s'appliquent aux communication vocales ainsi qu'aux transferts de données. Cette technologie exploite une bande de fréquences plus large, augmente de nombre d'appels et enfin permet le développement du domaine de la multimédia.[6]

2.2.2. La technologie HSDPA :

Le HSDPA a été proposé dans la version 5, appelées 3.5G OU encore 3G+ , (dénomination commerciale).

Elle annonce des débits pouvant atteint de 10Mbps pour le Downlink qui permet d'accroître les taux de transfert de données et augmente la capacité des reseaux3G .Il offre des performances dix fois supérieures à celui de l'UMTS.

En revanche, l'inconvénient de l'évolution HSDPA est le débit montant uplink qui reste inchangé 384kbit/s.[6]

L'évolution de cette nouvelle norme se présente comme suit :

- ✚ Raccourcissement de TTI (Transmission Time Interval) de 10 ms à 2ms.
- ✚ Utilisation d'un type de modulation 16QAM.
- ✚ Répétition de message (retransmission) avec codage modifié.

Avec l'apparition du HSUPA le problème de la liaison montant est résolu.

2.2.3. La technologie HSUPA :

La technologie HSUPA suit HSDPA, elle permet de transférer des contenus multimédias volumineux, il porte le débit montant à 5,8 Mbit/s et offert une voie montante qui assure un transfert plus rapide et plus efficace.[6]

2.2.4. La technologie de HSPA+ :

L'évolution se succède jusqu'à la combinaison de la technologie HSDPA ET HSUPA pour permettre l'apparition HSPA (High Speed Packet Access+), cependant , l'évolution de

l'UMTS n'as pas atteint sa fin pour enfin arriver a un débit de 21Mbit/s avec le HSPA+ connu par 3GPP version 7 et 8.

Elle permet de :

- ✚ Diminuer le temps d'échange des messages entre le RNC et le NodeB.
- ✚ Réduire les couts de déploiement en réduisant le nombre d'élément.
- ✚ Maximiser le taux de transmission de données en ajustant la modulation et le codage.[6]

2.3. Généralités de la technologie LTE (4G) :

L'idée et le projet pour développer la technologie LTE sont menés 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, de partager entre les utilisateurs mobiles à l'intérieure d'une même cellule. Pour les opérateurs (qui ont la partie la plus importante pour supporter cette technologie), LTE implique de modifier le cœur du réseau et les émetteurs radio. Il faut également développer des terminaux mobiles adaptés. En termes de vocabulaire informatique, le futur réseau s'appelle EPS (Evolved Packet System). Il est combiné du nouveau réseau appelé LTE (Long Term Evolution) et du nouveau réseau central appelé SAE (System Architecture Evolution).

2.3.1. Buts de la 4G :

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

Les principaux objectifs visés par les réseaux 4 G sont :

- ✓ Réduire le délai et le trafic de signalisation
- ✓ Fournir une meilleure qualité de service.
- ✓ Optimiser l'utilisation des ressources.
- ✓ Offrir des débits bien élevés.
- ✓ éviter l'interruption des services durant le transfert intercellulaire.[7]

2.4. Architecture Générique de LTE :

Un exemple de l'architecture générique LTE est fourni dans la figure ci-dessous. L'architecture LTE elle se compose d'un ensemble de station de base (c'est à dire eNodeB), d'un ensemble de <servicing gateway> , de quelques <MME> et d'un <HSS>.

L'ensemble de ces équipements sont connecté de réseaux IP de l'opérateur mobile.

Tous les équipements des réseaux 4 G possèdent la pile de protocole de la famille IP.

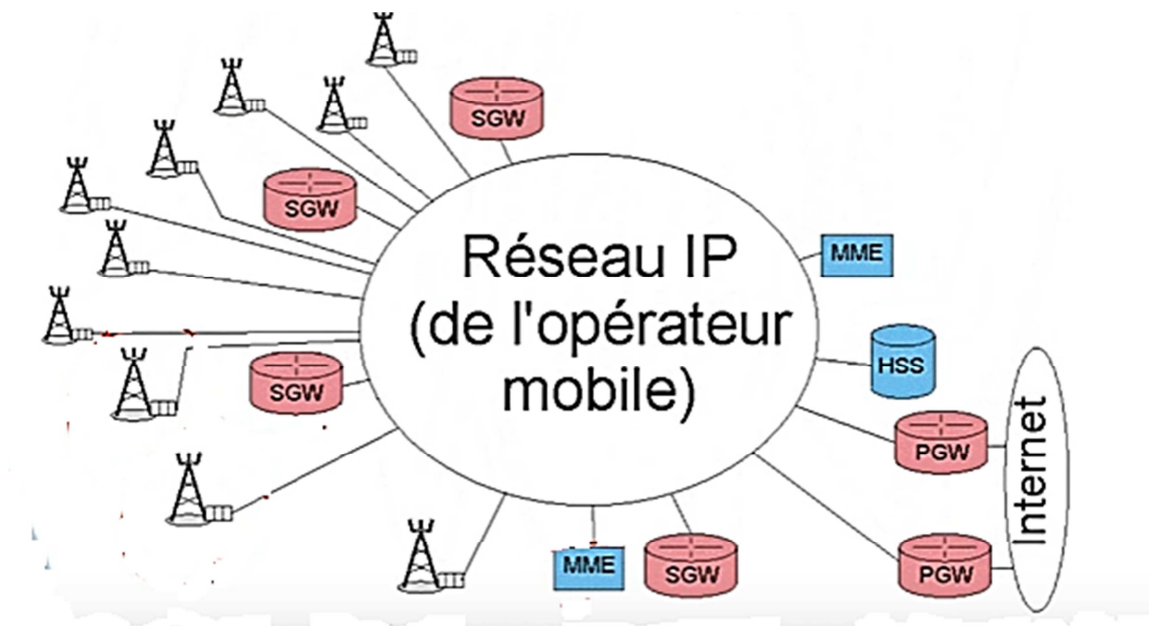


Figure VI.5 : architecture de réseau LTE

Le réseau IP de l'opérateur est constitué d'un ensemble de routeurs interconnectés entre eux comme le montre dans la figure ci-dessous.

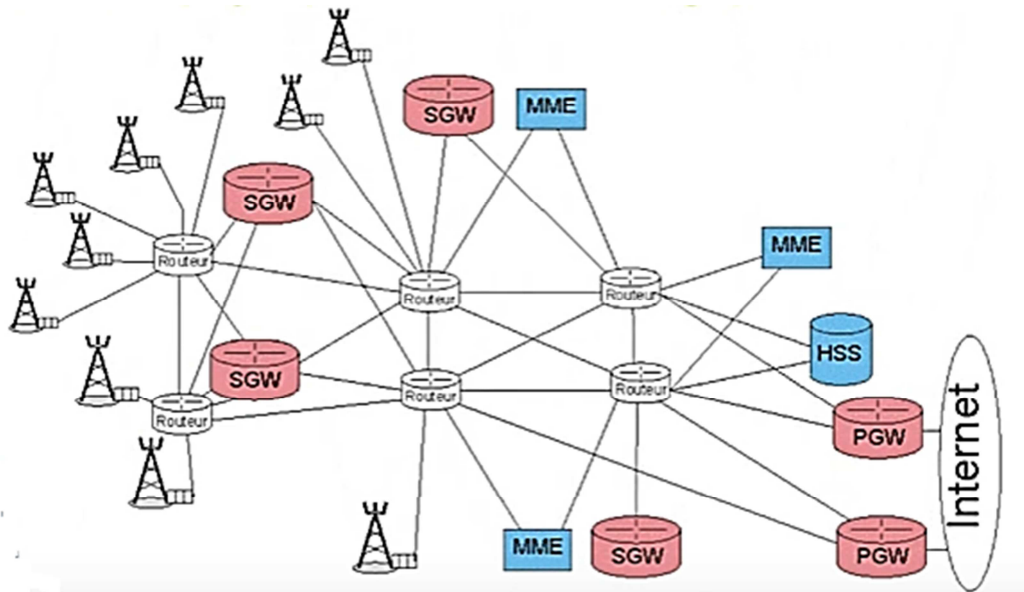


Figure VI.6 : architecture de réseau LTE

Des équipements peuvent donc dialoguer entre eux même s'ils ne sont pas directement physiquement interconnecté par une liaison : dialogue via le réseau IP.

2.4.1. Interfaces entre les équipements de réseau cœur :

De ce faite on va pouvoir définir des interfaces, simplifiant Tout d'abord la figure d'architecture de réseau 4 G pour représenter que les éléments essentiels.

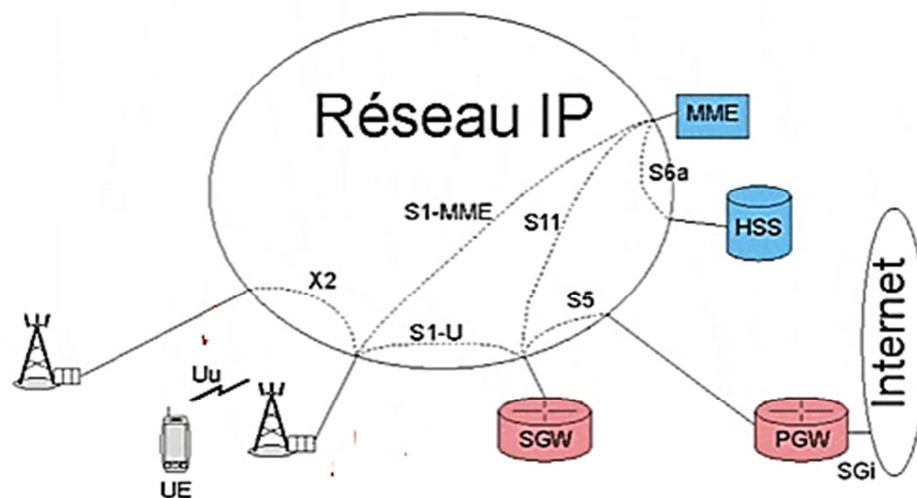


Figure VI.7: architecture de réseau LTE

On va définir un certains nombres d'interfaces, chaque interface a été numéroté et spécifier car au-dessus IP il va avoir des protocoles de dialogue spécialisé dans la gestion de la mobilité ou l'échange des données.

Les interfaces sont comme suit :

Interface SGI : Entre PGW et le réseau IP externe (internet).

Interface S5 : Entre le SGW et le PGW (d'un même réseau), elle transporte des données utilisateur + quelques messages de signalisations

Interface S11 : Entre le SGW et le MME, transporte des messages de signalisations.

Interface S6a : Entre le MME et HSS, transporte des messages de signalisations.

Interface S1-MME : Entre l'eNodeB et le MME, transporte des messages de signalisations.

Interface S1-U : Entre l'eNodeB et SGW, transporte des données utilisateurs, pas d'échange de signalisations.

Interface X2 : Entre 2 eNodeB , transporte des données utilisateurs et des messages de signalisations .

Interface UE ou interface radio : Entre le terminal (UE) et l'eNodeB , transporte des données utilisateurs et des messages de signalisations .

2.4.2. Interconnexion du réseau cœur :

On considère l'interconnexion du différent réseau mobile, comme le montre dans la figure ci-dessous.

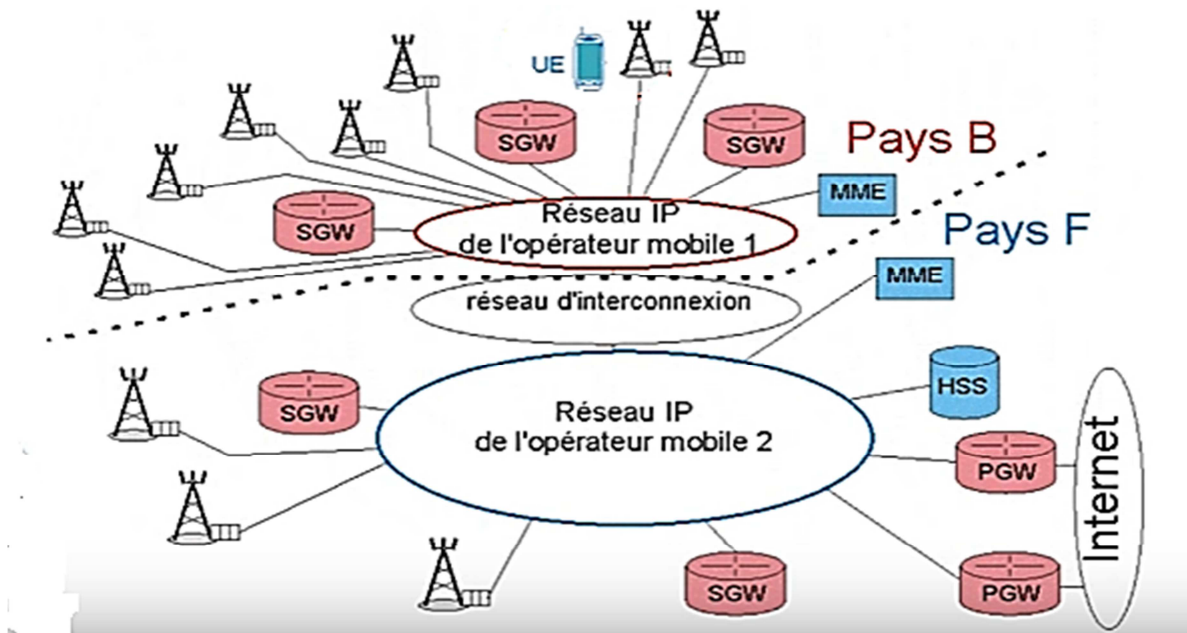


Figure VI.8: Interconnexion du réseau cœur

2.4.3. L'itinérance de réseau LTE :

En effet, si un abonné dans un pays F, veut aller séjourné par exemple dans un pays B, à ce moment il va utiliser le réseau de l'opérateur B, < c'est le principe de **Roming** international ou **itinérance** international >.

Dans ce cas je vais être en charge par un <eNodeB locale>, un <Serving gateway locale >, <un MME locale>.

Dans la figure ci-dessous, elle nous montre les mêmes interfaces de ce qu'on a vu entre le pays B et le pays F. En revanche, le <SGW> de pays B va dialoguer avec le <PGW> de mon réseau d'origine.

L'interface qui nous permet de dialoguer entre 2 pays, s'appelle (**Interface S8 : entre le SGW et le PGW d'un autre réseau**).

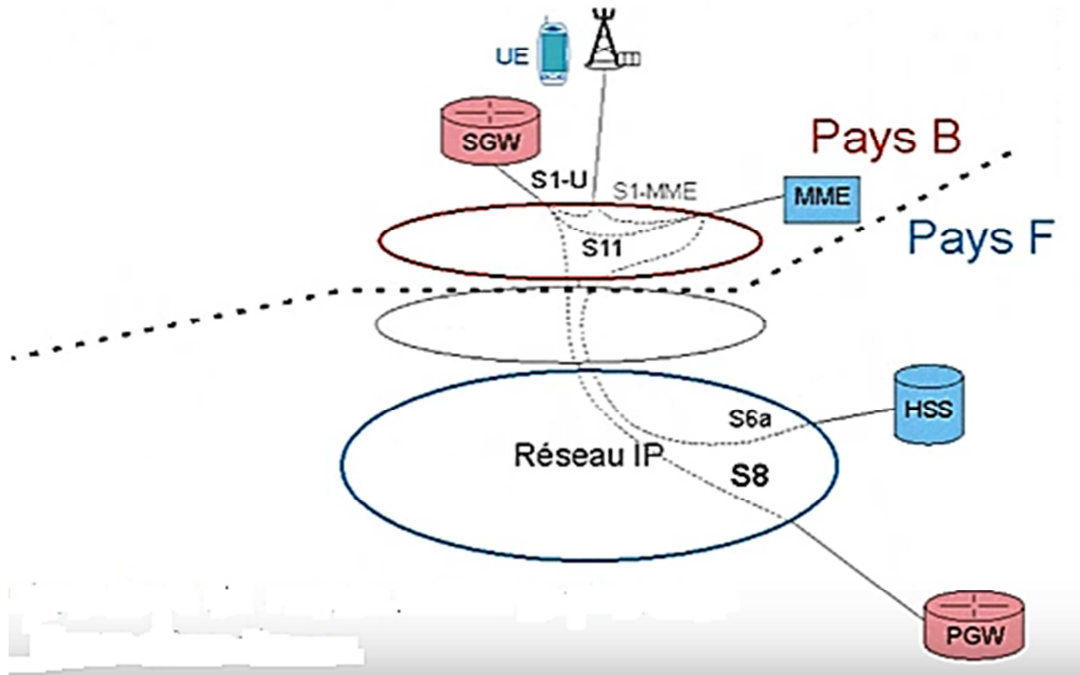


Figure VI.9 : Interconnexion du réseau cœur

2.4.4. Equipement de réseau cœur EPC qui participe à l’acheminement des données (SGW, PGW) :

Lorsqu’à partir de mon Smartphone, je consulte un serveur ou un site web par exemple, Par où passe les paquets quand je consulte un serveur qui arrive jusqu’à mon terminal ?

Le réseau internet a la base ne sait pas gérer la mobilité, tous paquets et destinés à une adresse et une adresse et en générale lié à une localisation physique. La solution qui a été adoptée pour les réseaux 4G et de faire converger les paquets des abonnés mobiles vers une porte d’entrée au réseau qui ‘appelle **PGW** ou < packet GateWay> . comme le montre la figure ci-dessous .

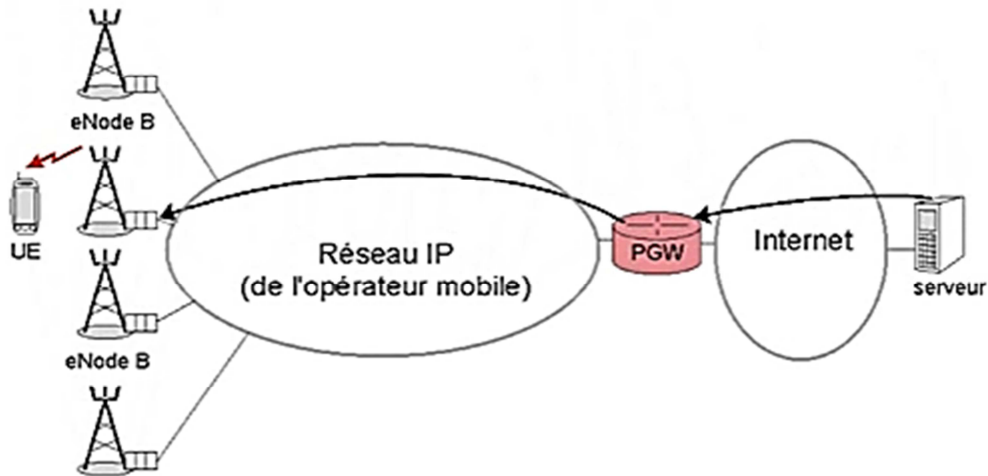


Figure VI.10 : l'acheminement des données dans le réseau cœur EPC.

Le paquet de donnée va être transmis de serveur à travers l'Internet vers le PGW de mon opérateur mobile, puis de PGW vers la station de base en utilisant le réseau IP propre de l'opérateur mobile, et de la station de base par la voix radio vers notre terminale.

Les fonctions de PGW et donc :

- ✓ acheminer les données vers le terminale.
- ✓ Assurer certaines fonctions de sécurité.

Dans le sens inverse quand j'envoie une requête à partir de mon Smartphone, c'est la même chose, < du terminal vers l'eNodeB, de l'eNodeB vers le PGW et de PGW vers le serveur >.

Si on réfléchit un peu le nombre typique <des eNodeB> pour un réseau d'un pays européen par exemple et de quelque 10 000 eNodeB, dans certains cas, la couverture d'une eNodeB et de quelques centaines de mètres autour de cette eNodeB, en revanche, en n'a qu'une seule passerelle d'entrée <PGW>.

Si nous considérons le transfert de serveur vers un terminal, et que ce terminal se déplace, et bien évidemment il faut avertir le <PGW> de router non plus vers l'ancien <eNodeB>, où elle était avant mais vers une nouvelle <eNodeB>, ce reroutage nécessite un signal de signalisation.

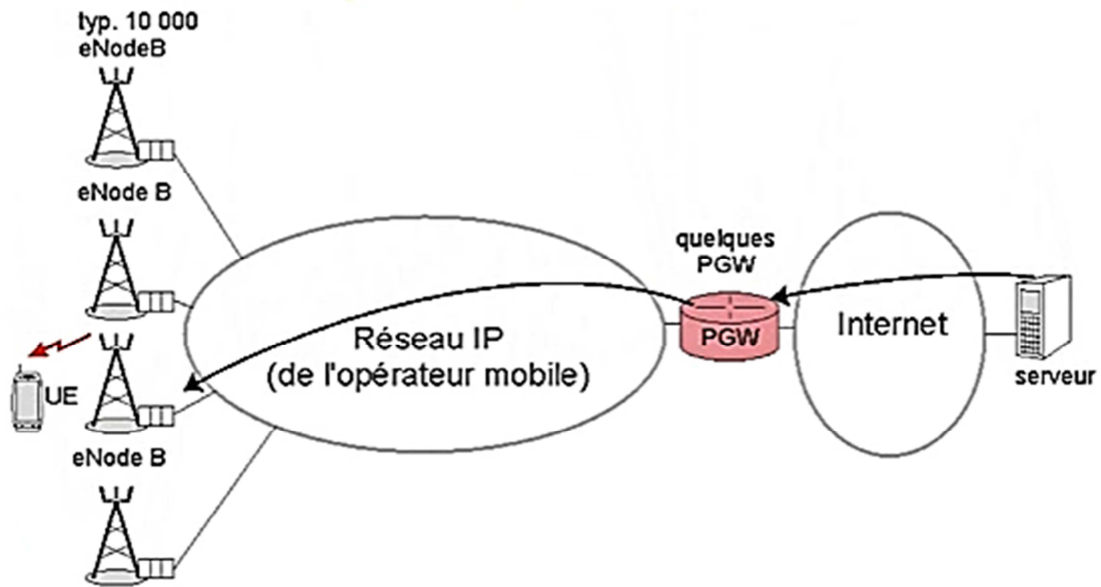


Figure VI.11 : Re-routage avec une autre eNodeB

2.4.5. Passerelle régional SGW :

Pour éviter des re-routage fréquente au niveau de <PGW>, on va introduire un équipement intermédiaire qui s'appelle Serving GetWay <SGW>. le SGW sert a mettre un réseau dans une zone géographique donnée, typiquement une ou plusieurs un peut isolé .de cette façon là en va avoir un saut supplémentaire . (serveur vers PGW , PGW vers SGW , SGW vers eNodeB et eNodeB vers le terminale).

Cela parait légèrement compliqué mais l'avantagé c'est que , en cas de mobilité de terminale , très souvent il va resté sur le même SGW et c'est SGW de s'en chargé de re-routage comme le montre la figure ci-dessus.

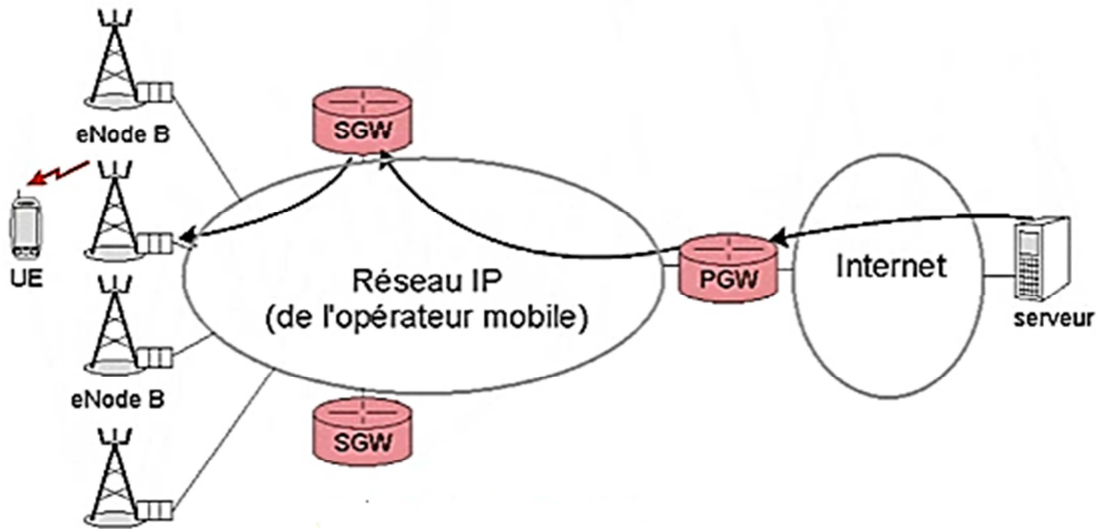


Figure VI.12 : passerelle régional SGW

Donc le SGW permet :

- ✚ La collecte des données envoyées par les terminaux mobile à travers différentes eNodeB.
- ✚ La distribution des données venant des serveurs vers les eNodeB où se trouvent les terminaux mobiles.

Donc le <SGW> et le <PGW> sont deux élément essentielle d'un réseau cœur 4G. [8]

2.4.6. Equipement de contrôle dans le réseau cœur (HSS et MME)

Avant que les donnée puissent être transmises par un terminal, il a plusieurs procédure d'accès et de contrôle .

Ces procédure de contrôle nécessite l'utilisation d'une base de donnée ce que appelle en 4G <HSS> , Home Subscriber Server , qui a était appelle en 2G et 3G <HLR>.

Dans le HSS , on va avoir le profile de tous les abonné réseau c'est ta dire la liste de tous les abonné , leurs identité . [8]

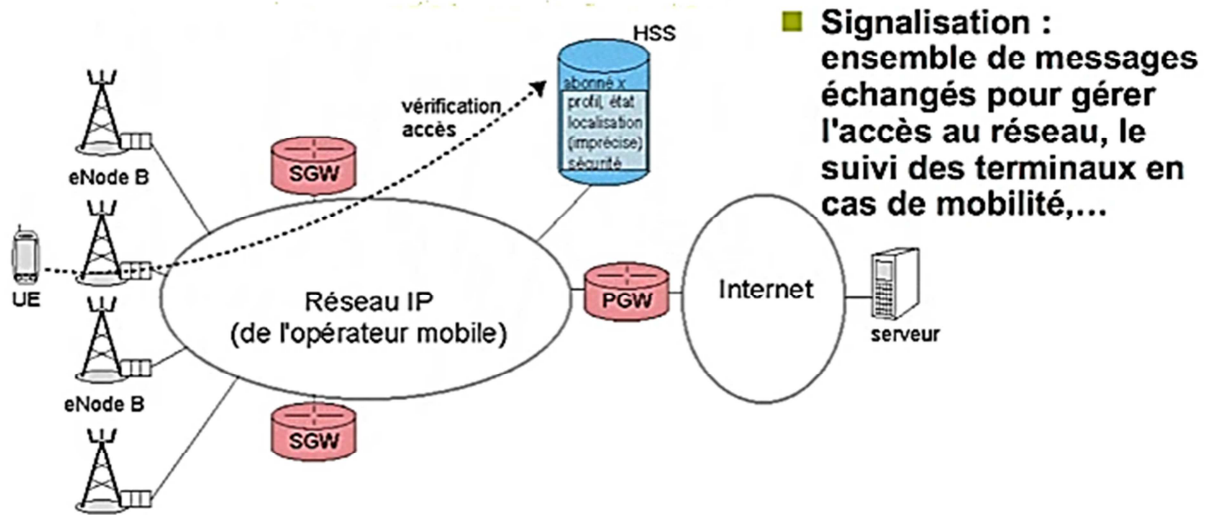


Figure VI.13 : HSS base de données des abonnés

Le HSS permet la signalisation, les signalisations c'est l'ensemble des messages échangés pour gérer l'accès au réseau.

Donc : le HSS n'échange que la signalisation.

Donc si on essaye de d'accéder au réseau d'un autre opérateur que le mien, le terminal va envoyer un message qui va être propagé jusqu'à HSS et il va avoir une vérification d'accès, si je ne suis pas dans la liste des abonnés, l'accès va être refusé.

Si on analyse un peu ce qu'il peut se passer, on n'a plus de millions de milliers d'abonnés dans un réseau. Si à chaque fois quelqu'un fait une opération sur son terminal, il faut envoyer une requête au HSS, et le HSS même si c'est une machine assez puissante risque d'être saturé de voir gérer un grand ensemble de requêtes de contrôle simultanées, on introduit donc le MME (Mobility Management Entity), le MME va gérer une très large région et va être connecté via le réseau IP de l'opérateur mobile. [8]

Le But de MME et donc :

Contrôler la mobilité des différents terminaux, ce qui veut dire que lorsque on allume notre terminal et bien il va envoyer une requête au <eNodeB> et une requête de <l'eNodeB> vers le MME, de ce fait, le MME va regarder si il connaît l'abonné dans le HSS.

Après avoir vérifié l'existence de l'abonné le HSS va envoyer le profil de l'abonné au MME, ensuite il va pouvoir contrôler des abonnés présents dans la zone.

Donc : Le MME va pouvoir contrôler localement, et on peut même le surnommer le chef d'orchestre pour une région. [8]

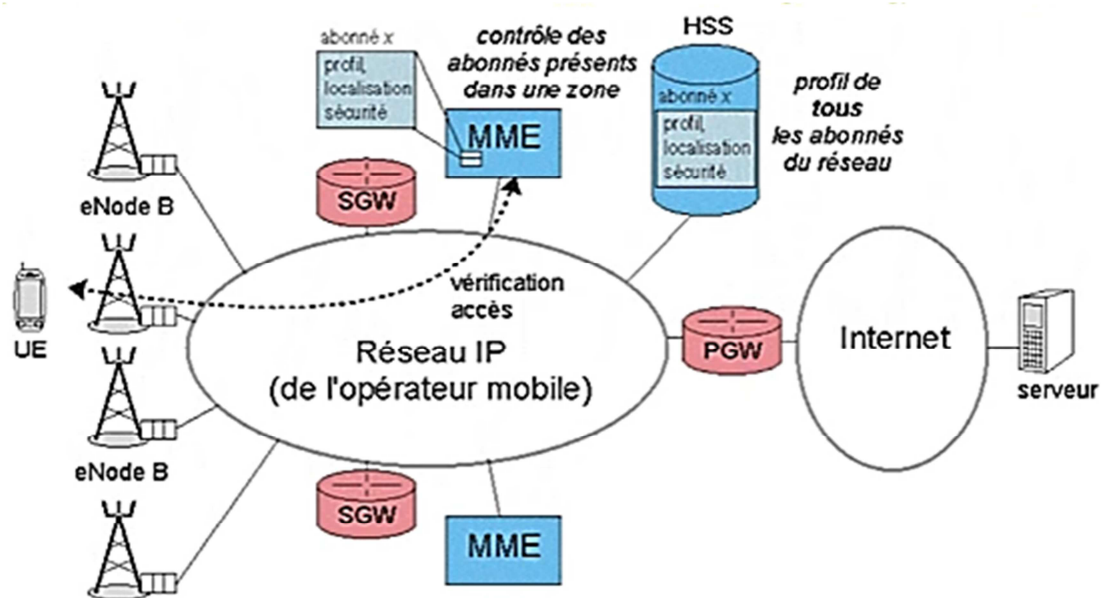


Figure VI.14 : HSS et MME

2.4.7. Récapitulation des équipements :

- ✚ UE : équipement utilisateur.
- ✚ eNodeB : responsable de la transmission et de la réception radio avec l'UE.
- ✚ MME (Mobility Management Entity) : MME est responsable de la gestion de la mobilité et l'authentification des utilisateurs. Elle est responsable aussi du Paging lorsque l'utilisateur est en état inactif. Elle sélectionne les composants dédiés aux types de la communication de l'utilisateur. Et enfin elle s'occupe de la signalisation.
- ✚ Serving GW (Serving Gateway) : joue le rôle d'une passerelle lors du Handover inter-domaines et inter-réseaux, et ainsi responsable du routage des paquets.
- ✚ HSS (Home Subscriber Server) : base de données, évolution du HLR de la 3G. Elle contient les informations de souscriptions pour les réseaux GSM, GPRS, 3G et LTE...

2.5. Caractéristique de réseau LTE :

2.5.1. Délai pour la transmission de données :

Le délai pour la transmission de données est de moins de 5 ms entre l'équipement utilisateur (UE) et « l'Access Gateway » (passerelle d'accès) dans une situation de non charge où un seul terminal est actif sur l'interface radio. La valeur moyenne du délai devrait avoisiner les 25 ms en situation de charge moyenne. Ainsi, il permet de supporter les services en temps réel IP. [9]

2.5.2. La mobilité :

Avec le facteur de mobilité, la technologie assure le bon fonctionnement à des vitesses comprises entre 120 et 350 km/h où le « handover » comme est illustré dans la figure ci-dessous pourra s'effectuer, LTE ne permet que le « hard handover » dans des conditions où l'utilisateur se déplace à grande vitesse comme démontrer dans la figure :



Figure VI.15: le Hard Handover.

Handover : ou transfert intercellulaire est un mécanisme fondamental dans les communications mobiles cellulaires (GSM , CDMA , UMTS , ou LTE par exemple).[9]

2.5.3. Débits et fréquence de la 4G :

L'évolution des débits suit une progression semblable à celle de la capacité de calcul. Chaque nouvelle technologie de réseaux mobiles augmente les débits et suscite une attente de débits supérieurs. Il était ainsi également clair dès 2004 que le LTE devrait fournir de très hauts débits. Au-delà des limitations capacitaires, le débit fourni à un utilisateur dépend de ses conditions radio, liées en particulier à sa position dans la cellule, des techniques de transmission employées et de la ressource spectrale disponible.

Débit maximal définis pour le LTE sont les suivants :

- ✓ 100 Mbit/s en voie descendante pour une largeur de bande allouée de 20 MHz, soit une efficacité spectrale crête de 5 bit/s/Hz.
- ✓ 50 Mbit/s en voie montante pour une largeur de bande allouée de 20 MHz, soit une efficacité spectrale crête de 2,5 bit/s/Hz.[9]

2.5.4. Connexion permanente :

Parmi les objectifs les plus importants de l'accès à haut débit, on retrouve la connexion permanente à l'Internet. Même si la connexion est permanente au niveau du réseau, il est toujours nécessaire pour le terminal de passer de l'état inactif à l'état ACTIF lorsqu'il veut échanger du trafic avec d'autres terminaux. Ce changement d'état se réalise en moins de 100 ms.

Le principe de ce réseau, est qu'il peut recevoir le trafic de tout terminal rattaché, puisque ce dernier dispose d'une adresse IP. La procédure sert à mettre en mémoire les données, ensuite de réaliser l'opération de « paging » afin de localiser le terminal et lui demander de réserver et de préparer des ressources pour lui acheminer le trafic.[9].

2.5.5. Type de codage et sécurité :

L'utilisation du codage OFDMA((Orthogonal Frequency Division Multiple Access) est une technologie de codage radio de type « Accès multiple par répartition en fréquence » (AMRF ou en anglais FDMA) pour la liaison descendante et du SC-FDMA (Le single-carrier FDMA est une technologie de codage radio de type accès multiple par répartition en fréquence pour la liaison montante au lieu du W-CDMA en UMTS).

L'OFDMA et sa variante SC-FDMA sont dérivés du codage OFDM (utilisé par exemple sur les liens ADSL et dans les réseaux Wifi).[10]

2.5.6. Structure de la trame LTE :

Une trame LTE dure 10 ms. Elle es découpe en 10 sous trame d'une duré de 1ms. chaque sous trame est devisée en deux slots de 0.5ms. Un slot dure donc 0.5ms.

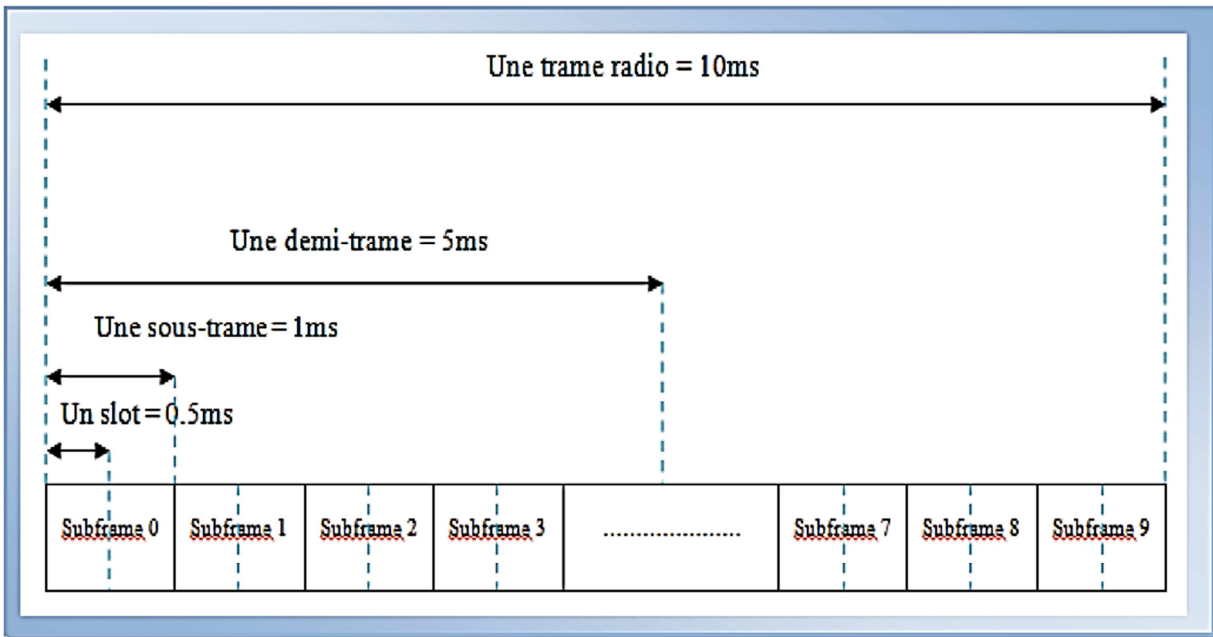


Figure VI.16: structure de la trame LTE

Un slot dure donc 0.5ms. La durée pendant laquelle est transmis 7 symboles par bande OFDM. Or, nous avons vu qu'il y avait 12 bandes.

Par conséquent, 7 symboles * 12 bandes = 84 symboles sont transmis en 0,5 ms.

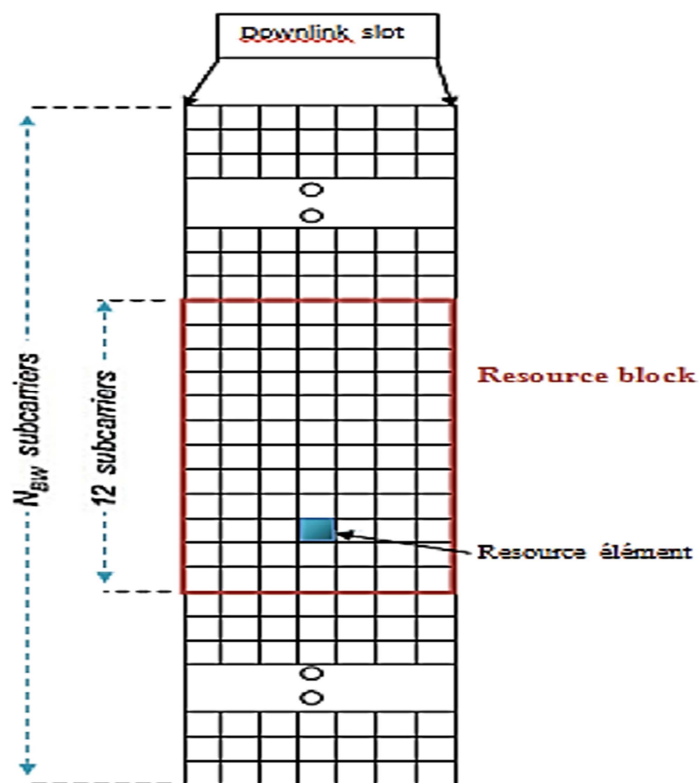


Figure VI.17: Le fonctionnement d'une trame radio.

2.5.7. Couverture de cellule :

La prise en charge de plus de 200 terminaux actifs simultanément dans chaque cellule un bon support des terminaux en mouvement rapide. De bonnes performances ont été enregistrées jusqu'à 350 km/h, voire jusqu'à 500 km/h, en fonction des bandes de fréquence utilisées.[11]

2.5.8. Les type de transmission utilisé dans la 4G:

Un des éléments clés de la LTE est l'utilisation de ces deux techniques OFDMA et SC-FDMA, qu'on présentera par la suite, en tant que porteur du signal et des régimes d'accès.[11]

2.5.8.1. OFDMA :

La transmission sur LTE est basé sur une modulation de plusieurs porteuses appelée OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). L'OFDM est utilisé en voie descendant, ainsi que le mode d'accès Multiples reposant sur L'OFDM : L'OFDMA OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access). En voie montent, on utilisé une modulation dérivé de l'OFDM appelé SC-FDMA (single carrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

LTE utilisé le paramètre de OFDM et SC-FDMA dans la transmissions.

2.5.8.2. Principe de L'OFDMA :

La technique nommée OFDMA est une technique de multiplexage d'accès par porteuses orthogonales.

Chaque opérateur dispose d'une bande de fréquence, laquelle doit être utilisé a bon enceint pour couvrir un ensemble d'utilisateur. Le FDMA consiste a allouer des bandes de fréquence à différents utilisateur à l'image de la transmission radio, chaque radio a sa propre fréquence.

Pour éviter le brouillage, les bandes sont séparées par une bande libre (gap) entre les deux bandes utilisées. Cette bande n'est donc pas exploitée.

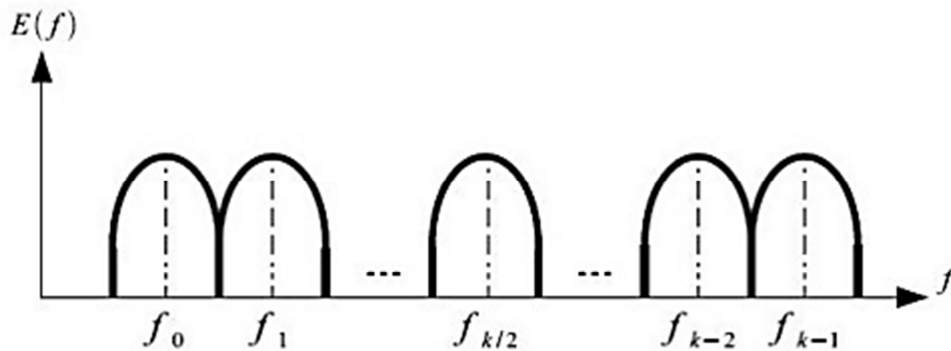


Figure VI.18: des bandes de fréquences pour un signal radio

Remarque :

La propagation des ondes s'effectue dans l'espace Hertzien, mot savant pour désigner l'air. L'onde n'est pas guidée comme c'est le cas dans le câble, de ce fait elle subit des réflexions sur les murs, le sol, et tout élément entre la station de base et l'antenne de votre téléphone. Le nombre de réflexions, de diffraction et de réfraction varie au cours du temps, par conséquent le temps mis par l'onde pour arriver à la station de base varie d'un instant à un autre.

Avec l'existence d'obstacles, le récepteur recevra plusieurs répliques d'un même signal (l'antenne émet une information, celle-ci pourra atteindre le récepteur directement) mais l'onde pourra aussi atteindre le récepteur en parcourant des trajets différents. Donc deux informations peuvent arriver à un même terminal à deux moments différents. On appelle cela T_m « temps de retard maximum ».[12]

2.6. Caractéristique de réseau cœur SAE (System Architecture Evolution) :

SAE et l'évolution du réseau cœur GPRS avec certaines différences :

- ✓ Une architecture simplifiée.
- ✓ Un réseau tout IP.

- ✓ Support de transmission a très haut débit .

L'élément principale de SAE est L'EPC (Evolved Packet Core) aussi connue sous le nom de SAE-Core. SAE (System Architecture Evolution)

Et le nom du projet, EPC (Evolved Packet Core) et le nom du réseau cœur évolué .

2.6.1. EPC est un réseau cœur tout IP :

A la différence des réseaux 2G et 3G où l'on distingue les domaines de communication de circuit (CS, circuit Switched) et la communication de paquet (PS, packet Switched) dans le réseau cœur , le nouveau réseau ne possède qu'un réseau appelé EPC . tous les services devront être offerts sur IP y compris ceux qui étaient auparavant offerts par le domaine circuit tels que (la voix , la visiophonie , le SMS , tous les services de téléphonie , etc.

2.6.2. EPC supporte les default bearers et dedicated bearers :

Lorsque l'utilisateur se rattache au réseau EPC, ce dernier va lui créer un défaut < bearers> qui représente une connectivité permanente (maintenue tant que l'utilisateur est rattaché au réseau). lorsque l'utilisateur souhaitera établir un appel tels que (l'appel voix , ou visiophonie) , le réseau pourra l'établir pour la durée de l'appel un dedicated bearer , qui supporte la qualité de service exigée par le flux de service et surtout qui dispose d'un débit garanti afin d'émuler le mode circuit .

2.6.3. EPC supporte le filtrage de paquet :

Par exemple pour la détection de virus, et une taxation évoluée (Taxation basée sur les flux de service). En effet le LTE fournit des mécanismes de taxation très sophistiqués permettant de taxer le service demandé par le client sur la base du volume, de la session, de la durée, de l'événement, de contenu, etc..)[13]

2.7. Principales différences entre les normes LTE et UMTS :

Les norme LTE , définies par le consortium 3GPP sont dérivé des normes UMTS , mais apportent de nombreuse modifications et amélioration , notamment :

- ✚ Un débit descendant théorique allant jusqu'à 326.4 Mbits/s que celui de L'UMTS 300 Mbits/s.
- ✚ Un débit montent théorique allant jusqu'à 86.4 Mbits/s que celui de l'UMTS 75 Mbit/s.
- ✚ Un débit maximum théorique jusqu'à 150Mbits/s 10 fois plus que l'UMTS.
- ✚ Téléchargement plus avec un débit cinq fois supérieur que celui de L'UMTS.
- ✚ Une efficacité spectrale (nombre de bits transmis par seconde par Hertz) trois fois plus élevée que la version de L' UMTS appelée HSPA.

2.8. Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons d'écrit d'une façon général la technologie LTE ainsi que les différences modifications apportées par cette technologie pour remédier le manque qui se trouve dans L'UMTS.

Chapitre 3

Notions d'appels, sécurité et de qualité d service dans la 4G

3.1. Introduction

Chaque réseau à mettre en place que ce soit en télécommunication, en informatique ou autre, le plus grand objectif est d'avoir les meilleures performances, pour cela le taux de Qualité de Service doit être au minimum au niveau des exigences des utilisateurs, pour leur entière satisfaction.

Le principal objectif d'un opérateur est de regrouper le plus grand nombre d'abonnés pour pouvoir augmenter son chiffre d'affaire, pour cela chaque opérateur mobile devra se focaliser sur les demandes de ces clients ainsi pour augmenter son taux de popularité, pour ça il doit se préoccuper sur l'amélioration de son réseau (couverture, ...) et des paramètres de sécurité et de la Qualité de Service (débit, ex...).

Dans ce chapitre nous allons présenter les principales notions et procédures relative à l'établissement d'appel dans le système LTE/EPC sa sécurité ainsi les différentes paramètres de la QoS .

3.2. Gestion d'appel :

Tout d'abord on va présenter les différents types d'appels , les échanges au sein d'un UE(user equipment) pour établir un appel , la procédure d'établissement d'appel avec le réseau LTE , les notions de bearer

3.2.1. Les différents types d'appels :

3.2.1.1. Appels (mobile-à-mobile) :

Elle correspond à l'échange des données entre deux terminaux mobiles, on parle alors d'un appel mobile-à-mobile.

Exemple : appels voix entre deux mobiles

3.2.1.2. Appels (mobile-à-serveur ou serveur-mobile) :

Elle correspond à l'échange des données entre (un mobile et un serveur) ou (un serveur et un mobile)

Exemple : la navigation sur le portail de l'opérateur ou sur l'internet depuis un mobile (serveur http par exemple).

✚ Remarque :

La différenciation entre un appel (mobile-à-mobile) et un appel (mobile-à-serveur ou serveur-à-mobile) réside donc essentiellement dans la finalité d'appels, qui se traduit dans les échange applicatifs, alors que la procédure entre l'UE et le réseau mobile est identique

L'appel entrant se distingue par une étape de notification vers le mobile pour l'informer qu'un appel doit être établi. La suite de la procédure, et identique au cas de l'appel sortant.

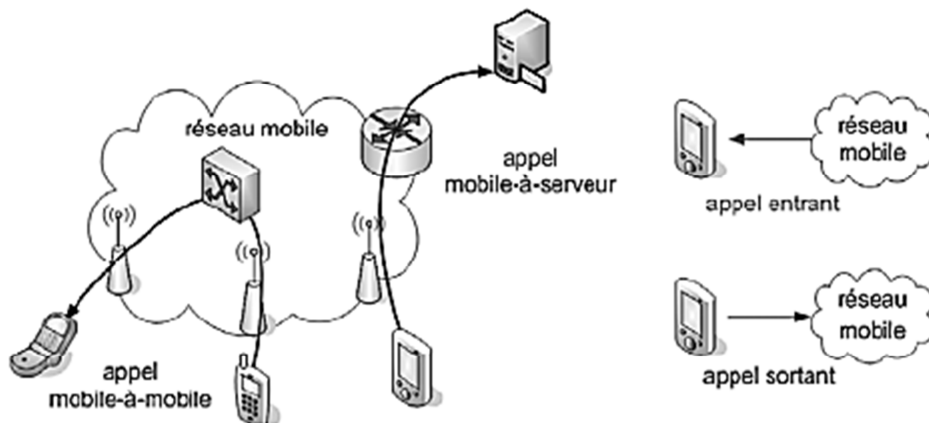


Figure VI.19 : appels mobile-à-mobile et mobile-à-serveur

3.2.2. L'échange au sein d'un terminal mobile :

Lorsque l'utilisateur initie un appel sur son terminal mobile, il effectue une action sur une application.

Celle-ci communique avec le système d'exploitation (souvent appelé OS, pour Operating System en anglais) du terminal qui assure le lien entre les couches de basses, en charge de l'établissement d'appel avec le réseau mobile.

3.2.2.1. L'échange inter-couches au sein d'un terminal mobile :

Les échange inter-couche peuvent être modélisés par des requêtes de couche supérieur vers la couche inférieur, et les indications de l'autre sens , en réponse a ces requêtes , comme il es représenté sur la figure suivante :

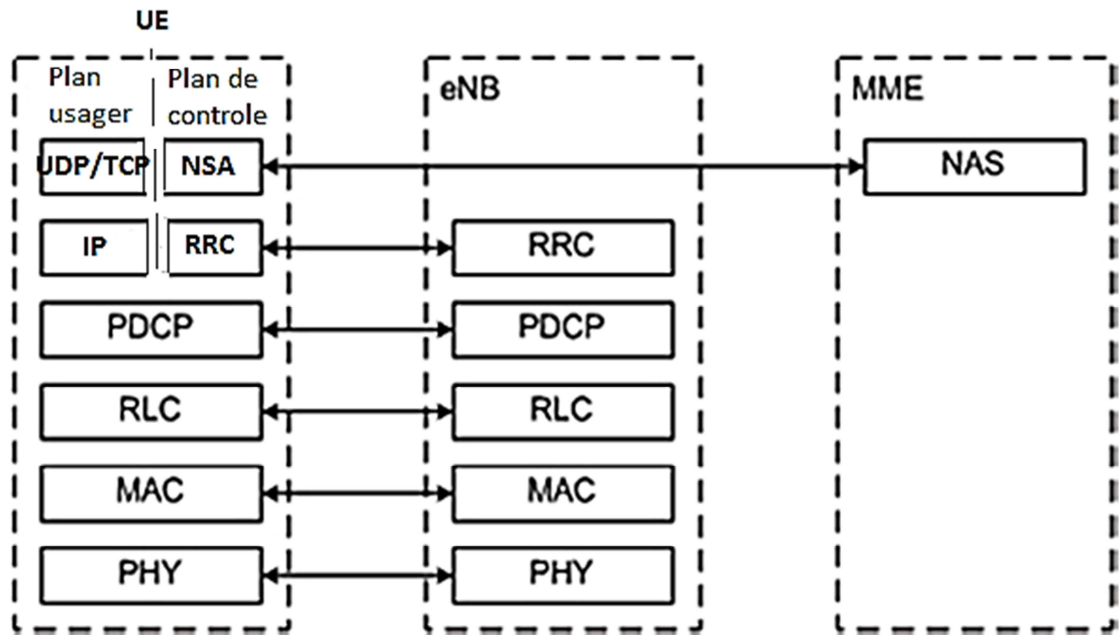


Figure VI.20: L'échange inter-couches au sein d'un terminal

- ✓ NAS (Non Access Stratum)
- ✓ RRC (Radio Resource Control)
- ✓ PDCP (packet Data Convergence Protocol 1)
- ✓ RLC (Radio Link Control), MAC (Medium Access Control)
- ✓ PHY (Physique).

La structure de terminal comprend le plan usager et le plan de contrôle qui correspondent respectivement à la transmission des données et la transmission de signalisation.

Dans ce qui suit, nous présenterons un aperçu des couches les plus importantes de cette technologie.[14]

3.2.2.1.1. Couche NAS (Non Access Stratum) :

Cette couche est responsable de plusieurs tâches de contrôle comme :

- ✓ La gestion des entrées au réseau.
- ✓ La gestion de la mobilité.

3.2.2.1.2. Couche RRC (Radio Resource Control) :

La couche RRC au niveau d'eNodeB est responsable des opérations suivantes :

- ✓ La diffusion des informations du système.
- ✓ Elle assure le transfert de la situation de « handover c'est à dire transfert intercellulaire » entre deux eNodeB à l'UE.

3.2.2.1.3. Couche PDCP (Packet Data Convergence Protocol) :

La couche PDCP au plan utilisateur prend la charge d'assurer: la compression et la décompression des entêtes données utilisateurs.

Elle est aussi responsable du chiffrement des données sur les deux plans (données et signalisation). Les messages de la couche NAS sont chiffrés deux fois, au niveau de MME et d'eNodeB, puisque ils passent par la couche RRC.

3.2.2.1.4. Couche RLC (Radio Link Control):

Cette couche est située au dessous de la couche PDCP, son travail est de formater et de transporter les données entre l'eNodeB et l'UE.

Elle offre trois modes de fiabilité :

- ✚ AM (Acknowledge Mode), qui nécessite un acquittement. Ce mode est intéressant pour les applications tolérantes aux délais tels que le téléchargement de fichiers.
- ✚ UM (Unacknowledged Mode) ne nécessite pas d'acquittement. Il convient aux applications à temps réel, comme le streaming vidéo.
- ✚ TM (Transparent Mode) est utile lorsque la taille de message PDU = SDU + entête PDPC

3.2.2.1.5. La couche MAC (Medium Access Control) de LTE :

Elle est parmi les couches les plus importantes du modèle. Elle assure le mappage des données entre les canaux logiques et les canaux de transport en utilisant une fonction de multiplexage de RLC.

(Le data mapping) est un procédé permettant de définir au niveau d'un langage de programmation la correspondance entre deux modèles de données.

3.2.3. Notion de bearer :

Pour affecter efficacement des ressources aux besoins d'un appel, la notion de bearer à été introduite dans les télécommunications, dès la conception du système GSM , un bearer peut être vu comme un tuyau entre deux entités de réseau qui communiquent entre elle sur une interface , tuyau dont certaines caractéristiques sont négociées entre ces entités lors de son établissement et qui permet le transfert de données. Et parmi ces fonctions la connectivité dans :

- L'interface radio l'UE et l'eNodeB .
- L'interface S1 entre L'E-UTRAN et le réseau cœur.
- Les interfaces des réseaux cœur.

3.2.4. Le bearer EPS :

La connectivité à un réseau de données via l'E-UTRAN et L'EPC et assuré par le bearer.

Celui-ci porte des flux de trafic qui doivent recevoir un même traitement de Qos entre L'UE et la PGW. Il est constitué des éléments suivants :

- Le Radio bearer entre UE et l'eNodeB .
- Le Bearer S1, entre L'eNodeB et la S-GW .
- Le bearer S5/S8 entre la S-GW et la P-GW.

Le radio bearer et le bearer S1 forment une connexion logique entre L'UE et la S-GW : L'E-RAB (pour E-UTRAN Radio Access Bearer), constitue un élément agrégé du bearer EPS .

Enfin, l'association du bearer EPS et le bearer sur le réseau de données externe fournit le support bout-en-bout pour le service.[15]

Ces éléments et les entités du réseau qui les portent sont représenté sur la figure suivant.

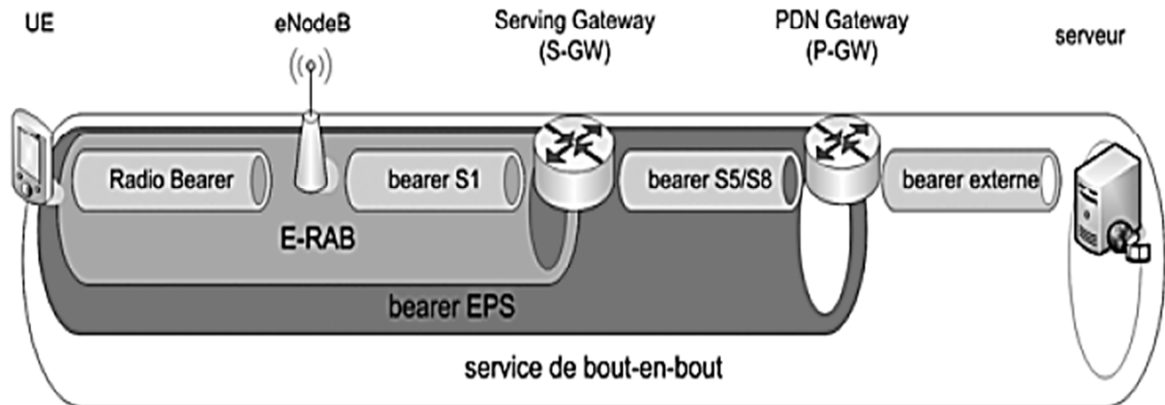


Figure VI.21: le bearer EPS dans le système LTE.

3.3. La sécurité :

La sécurité au sein de l'interface d'un terminal est nécessaire et pour cela on doit assurer les ressources matériels et logiciels.

Dans cette partie on va proposer quelques notions en ce qui concerne l'authentification, confidentialité, et l'intégrité.

3.3.1. L'authentification :

L'authentification désigne la procédure par laquelle une entité <A> vérifie que l'entité avec laquelle elle communique est bien autorisée. L'authentification d'un UE consiste donc pour le réseau à s'assurer qu'il est bien en contact avec la personne désirée.

3.3.2. La confidentialité :

Une information est dite confidentielle lorsque elle ne peut être partagée qu'avec des entités, (individus ou processus autorisés). Le niveau de confidentialité d'une information indique la nature et le nombre de ces éléments avec lesquelles elle peut être partagée en effet le niveau de confidentialité est lié à la sensibilité de l'information.

3.3.3. L'intégrité :

La protection de l'intégrité a deux objectifs :

- La protection de l'intégrité proprement dite : assuré que la donnée n'a pas été altérée par un tiers après son envoi initial.
- L'authentification de la source : vérifier que la source de cette donnée est bien celle indiquée dans le message.

3.4. Définition de qualité de service :

La qualité de service (QDS) ou Quality of service (QoS) est la capacité de transmission dans de bonnes conditions un certain nombre de paquets dans une connexion entre un émetteur et un récepteur, et cela peut être présenté sous plusieurs termes tel que la disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquets.

Elle regroupe un ensemble de technologies mise en œuvre pour assurer des débits suffisants et constants sur tous les types de réseaux.

3.4.1. But de la QoS :

Le but de la QoS est donc d'optimiser les ressources du réseau et de garantir de bonnes performances aux applications. La qualité de service sur les réseaux permet d'offrir aux utilisateurs des débits et des temps de réponse différenciés par application suivant les protocoles mis en œuvre au niveau de la couche réseau.

Elle permet ainsi aux fournisseurs de services de s'engager formellement auprès de leurs clients sur les caractéristiques de transport des données applicatives sur leurs infrastructures IP

Selon les types d'un service envisagé, la qualité pourra résider :

- Le débit (téléchargement ou diffusion vidéo).
- Le délai (pour les applications ou la téléphonie).
- La disponibilité (accès à un service partagé).
- Le taux de pertes de paquets.

3.5. Paramètres de la QoS :

3.5.1. Le débit :


Il définit le volume maximal en bits pour la transmission de l'information par unité de temps (s) dans une communication entre un émetteur et un récepteur.


3.5.2. La perte de paquets :

Elle correspond aux octets perdus lors de la transmission des paquets. Elle s'exprime en taux de perte. Plutôt rare, Elle correspond au nombre de paquet de données qui n'ont pas été reçus par la destination lors d'une communication. Cela peut être causé par plusieurs facteurs, la plupart du temps due à un encombrement du réseau.

3.5.3. Le délai de transit (latence) :

C'est le délai de traversée 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 :

 **Faible** : s'il s'agit d'une messagerie électronique ou de fichiers.

 **Fort** : s'il s'agit de données "voix". La latence (la latence veut dire délai de transit, ou retard) dépend du temps de propagation (fonction du type de média de transmission), du temps de traitement (fonction du nombre d'équipements traversés) et de la taille des paquets .

3.5.4. La gigue :

Désigne les variations de latence des paquets. La présence de gigue dans les flux peut provenir des changements d'intensité de trafic sur les liens de sorties des commutateurs. Plus globalement, elle dépend du volume de trafic et du nombre d'équipements sur le réseau.

3.5.5. La bande passante :

Il existe deux modes de disponibilité de la bande passante, en fonction du type de besoin exprimé par l'application :

- Le mode "burst" est un mode immédiat, qui monopolise toute la bande passante disponible (par exemple lors d'un transfert de fichier).
- Le mode "stream" est un mode constant, plus adapté aux fonctions audio/vidéo ou aux applications interactives.

3.6. Qualité de service dans le réseau 4G :

Le développement du réseau Internet et le nombre d'utilisateurs pouvant se connectés à ce réseau impose le recours à des niveaux importants de QoS. Dans cette perspective, plusieurs groupes de travail ont vu le jour pour les réseaux 4G. Les nouveaux besoin en termes de mobilité des utilisateurs et la croissance des réseaux permettant le nomadisme des utilisateurs ont fait migrer le problème vers la des réseaux sans fil.

□ **Le bearer EPS :**

Le bearer EPS est un équivalent du contexte PDP en 2G/3G. Il représente un concept logique qui est établi entre le terminal et la PDN GW et qui agrège plusieurs flux data transportés entre les deux entités.

Il permet d'identifier de manière unique des flux de trafic recevant la même qualité de service entre le terminal et la PDN GW. Tous les flux associés à un bearer EPS reçoivent les mêmes traitements en termes de forwarding (expédition des paquets).

Il existe deux types de bearers EPS :

- Le Default bearer, le premier bearer établi lorsque le terminal se connecte à un PDN, il reste actif durant toute la connexion.
- Les Dedicated bearer, tous les bearers additionnels établis avec le même PDN [13].

3.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini quelques notions de gestion d'appel d'une petite partie de la sécurité suivis de la QoS.

Ce qui nous intéresse le plus c'est les réseaux 4G(LTE), c'est pour cela qu'on va consacrer le chapitre suivant pour une simulation existants dans la 4G.

Chapitre 4

Simulation LTE avec ATOLL

4.1. Introduction

La planification du réseau LTE (4G) est une étape d'importance capitale pour le succès d'un opérateur, puisque elle permet de gagner ou de perdre l'enjeu de satisfaire le client.

4.2. Description de logiciel ATOLL :

Atoll est outil de dimensionnement et de planification des réseaux cellulaire qui peut être utilisé sur tt le cycle de vie des réseaux (du design à l'expansion et l'optimisation).

Le logiciel exploite différentes données en entrée, il permet de choisir le type de réseau à dimensionner (GSM, UMTS, ou alors LTE) qui paramètre différemment en fonction de la technologie choisie, ainsi en peut définir le model de propagation, le type d'antenne et les caractéristiques des sites....

Et enfin après avoir planifié le réseau, l'outil ATOLL permet de réaliser les multiples prédictions, par exemple :

- Couverture par niveau de champ.
- couverture par émetteur
- Prédiction de la capacité de la cellule.

4.3. Planification du réseau LTE :

La planification du réseau et une étape primordiale, du coup elle doit être bien développée. Les étapes à suivre lors de la planification (figure).



Figure VI 22 : processus de planification

4.3.1. Pré-planification :

C'est la première phase qui consiste à préparer la planification réelle du réseau, on doit collecter des informations sur la région (mode de vie, les heures d'occupations).

Dans l'outil pré-planification consiste à la définition de l'élément suivant :

- La carte Topographique.
- La zone géographique à planifier.
- Les informations de l'abonnées, le nombre d'utilisateur.
- Les services attendus.

4.3.2. Planification :

Suit à la première phase << pré-planification >> on trouve la deuxième phase << Planification >>. Qui sert à trouver les meilleurs emplacements pour les eNodeBs, dans le but d'avoir une bonne couverture.

4.3.3. Vérification :

C'est la phase qui suit l'installation des sites, qui a pour but d'assurer un fonctionnement optimal du réseau, elle consiste à faire des réglages de paramètres pour corriger les erreurs qui auraient pu survenir lors de l'installation et aussi faire des Test Drive qui est une méthode d'essai pour vérifier la fonctionnalité du réseau par exemple : en couverture de capacité.

4.3.4. Optimisation :

L'optimisation du réseau est la phase finale qui permet de vérifier la satisfaction des clients et résoudre leurs plaintes.

4.4. Planification du réseau LTE dans un milieu urbain et dense urbain :

Vu la notion de la capacité, dans cette simulation est planifier deux réseaux LTE dans deux milieux différents (le milieu urbain et le milieu dense urbain) avec logiciel de planification professionnel Atoll, puis en va varier les paramètres tel que l'augmentation du nombre d'utilisateur et voir leur impacte sur la capacité.

4.4.1. Paramètre pour la planification d'un réseau LTE dans un milieu urbain :

Le Modèle simulé prend en compte les caractéristiques définies pour le milieu urbain: le modèle de propagation doit être adapté pour le milieu urbain, ainsi que la puissance de l'antenne, et la séparation inter sites.

Paramètres	
Nombre de cellules	21cellules (système 3 secteurs Hexagones)
Distance entre Sites	1000 m
Fréquence centrale	2.10Ghz
Bande utilisé	20Mhz
Modèle du Pathloss (Milieu Urbain)	Modèle COST-HATA
Puissance de la station de base	43dBm
Configuration de l'antenne	Kathrein Inclinaison Electrique de 17 degré nTX =2 et nRX=2
Ordonnanceur	Round Robin

Tableau : Paramètre de simulation réseau LTE dans un milieu urbain.

4.4.1.1. Définition d'ordonnement des processus :

L'ordonnement consiste a déterminer <l'ordre> et le <Taiming> avec lesquelles les tâches doivent s'exécuter.

L'ordonnanceur (Scheduler) représente le module de noyau de système d'exploitation qui choisit le processus qui doit être exécuté .et il existe deux stratégie d'ordonnements :

- ❖ Ordonnement sans réquisition : dans ce cas en doit laisser le processus s'exécute jusqu'à ce qu'il termine ou il se bloque
- ❖ Ordonnement avec réquisition : Consiste à arrêté l'exécution d'un processus après un laps du temps appelé <quantun> et le remettre dans la fil d'attente.

4.4.1.2. Le modèle de propagation

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

- ✓ Modèles empiriques: c'est une formule mathématique utilisée pour permettre 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 diffraction.

Pour nos simulations on a choisir des modèles de propagation empirique. Ainsi qu'une bande de fréquence de 20Mhz pour bénéficier d'une capacité de 100Mbps par cellule.

4.4.2. Paramètre pour la planification d'un réseau LTE dans un milieu dense urbain :

Le Modèle simuler prend en compte les caractéristiques définit pour le milieu dense urbain: le modèle de propagation doit être adaptée pour le milieu urbain, ainsi que la puissance de l'antenne, et la séparation inter sites.

Paramètres	
Nombre de cellules	21cellules (système 3 secteurs Hexagones)
Distance entre Sites	1000 m
Fréquence centrale	2.10Ghz
Bande utilisé	20Mhz
Modèle du Pathloss (Milieu Urbain)	Modèle COST-HATA
Puissance de la station de base	43dBm
Configuration de l'antenne	Kathrein Inclinaison Electrique de 17 degré nTX =2 et nRX=2
Ordonnanceur	Round Robin

Tableau : Paramètre de simulation réseau LTE dans un milieu dense urbain.

La première étape à faire dans la planification du réseau, est le dessin du motif hexagonal, dans notre cas on va placer sept eNodeB Tri-sectorisées ce qui vas nous un motif de 21 cellules pour le milieu urbain les eNodeB sont séparées entre elles avec une distance de 1000m.

Mais avant ça, en doit d'abord crée un nouveau projet LTE comme il est illustré dans la figure ci-dessus :

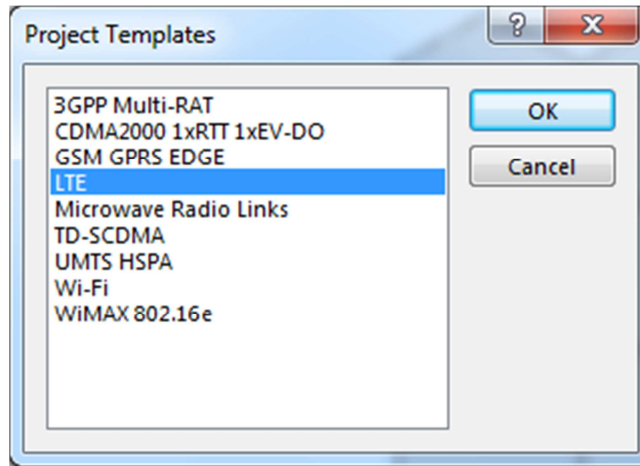


Figure VI 23 : Création un nouveau projet LTE

En suit :

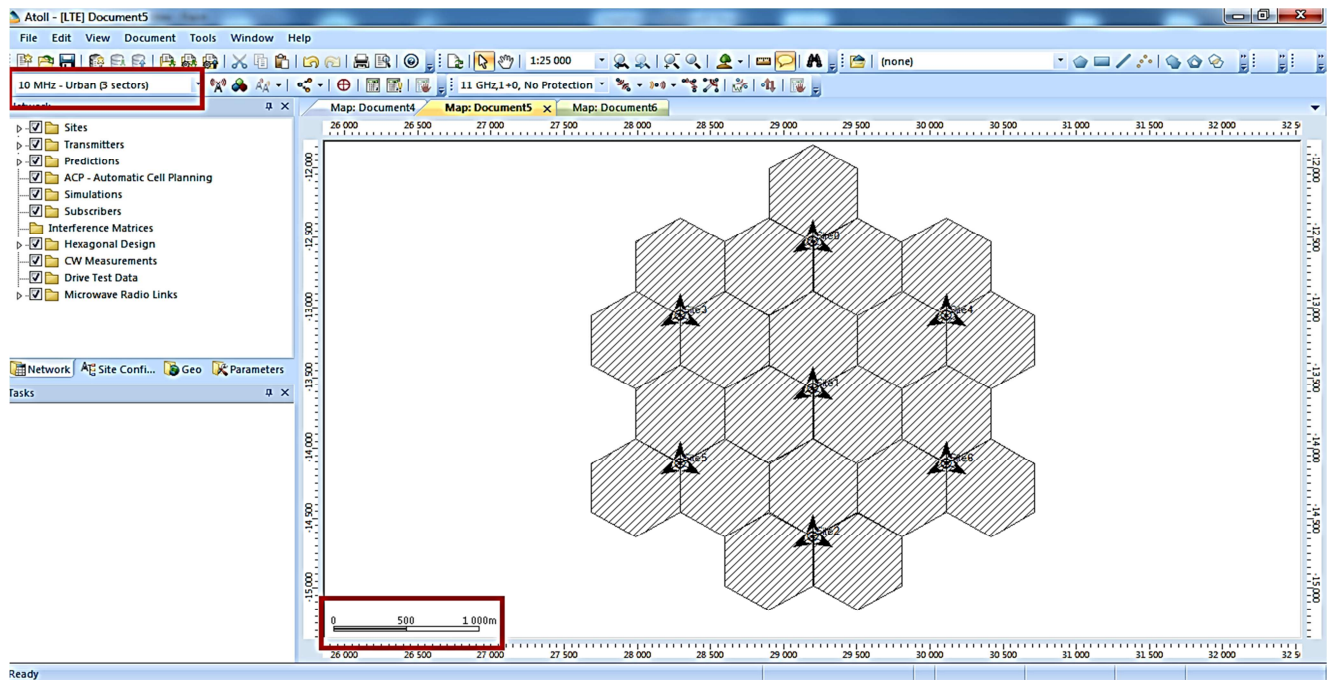


Figure VI 24: Dessin Hexagonale du milieu urbain sur une échelle de 1000m.

Pour le milieu dense urbain on va aussi placé un motif hexagonal de 21 cellule obtenu par sept eNodeB Tri-sectorisées, les eNodeB sont séparées entre elles avec une distance de 1000m.

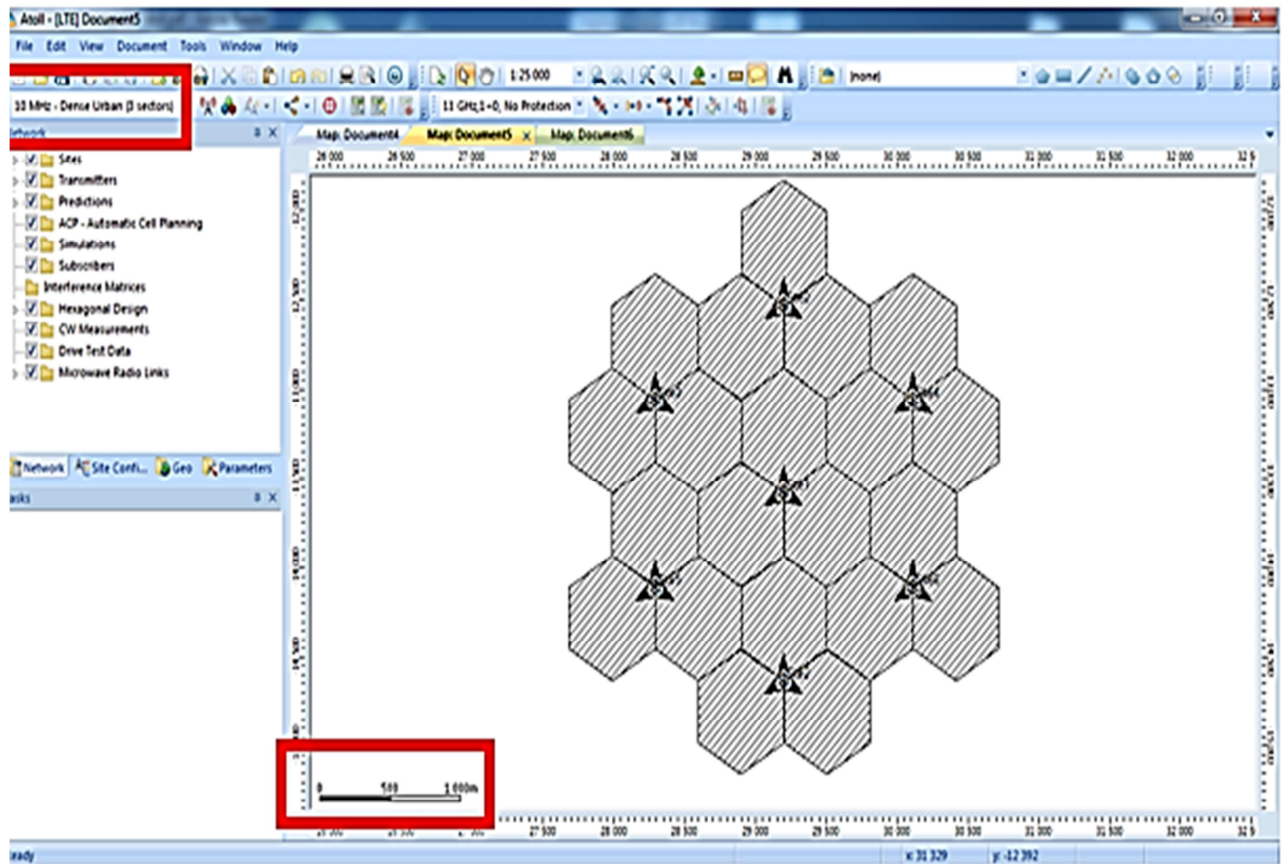


Figure VI 25: Dessin Hexagonale du milieu dense urbain sur une échelle de 1000m.

La deuxième étape consiste à la configuration des eNodeB, sur chaque secteur on configure des paramètres tels que la puissance de l'antenne, le type d'ordonnanceur pour les deux milieux, pour le milieu urbain et pour le milieu dense urbain.

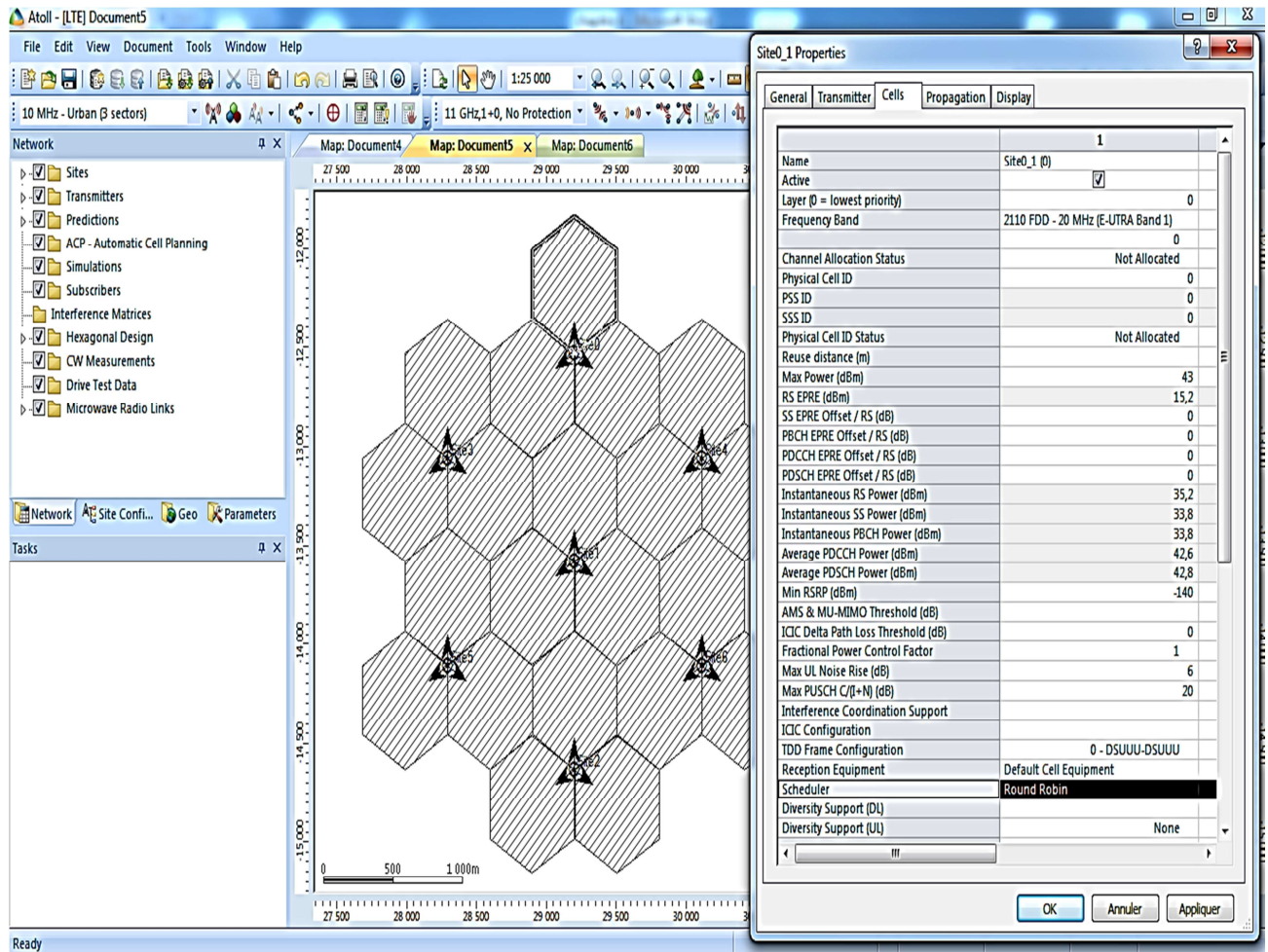


Figure VI 26: Configuration d'antennes pour le milieu urbain

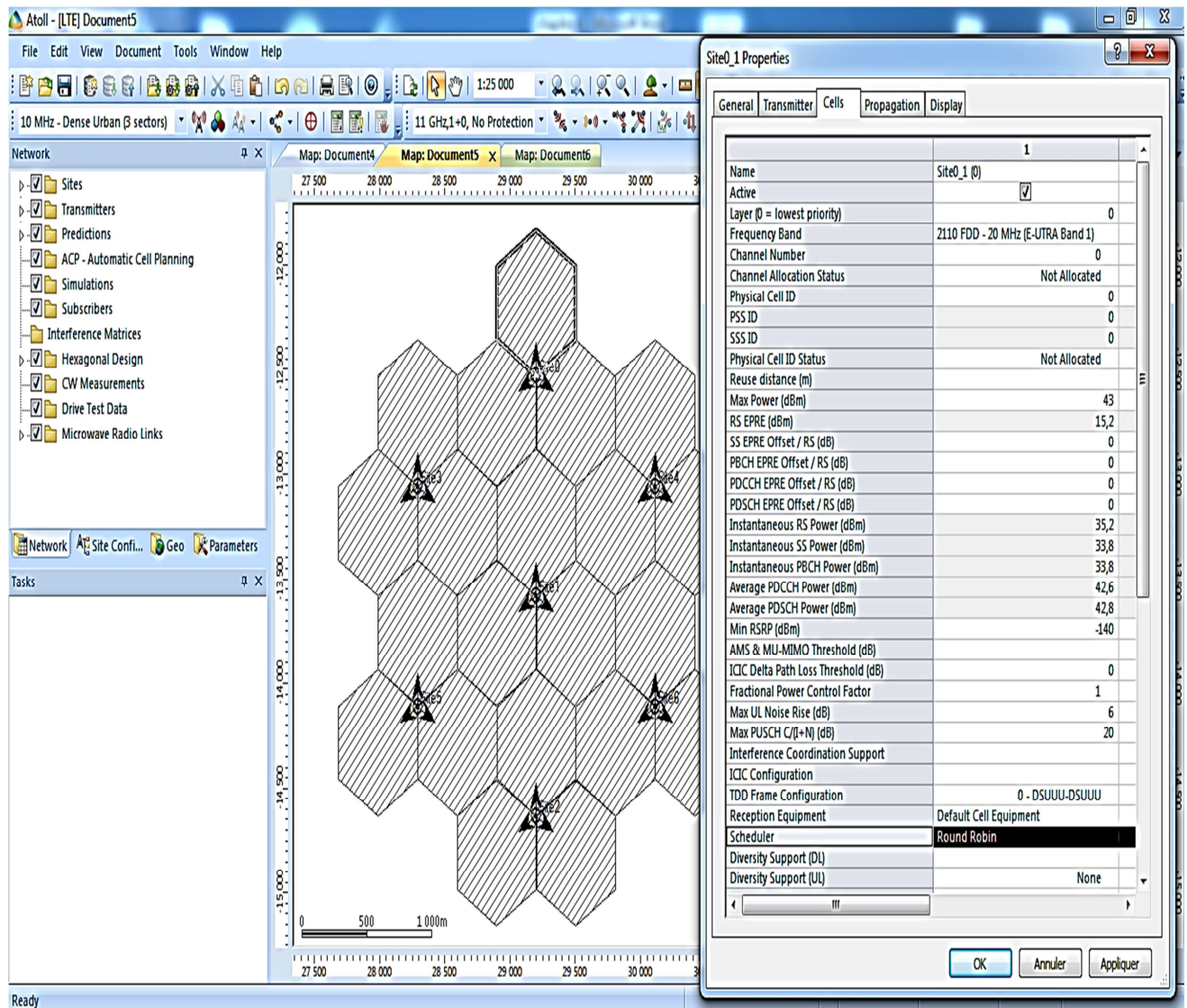


Figure VI 27: Configuration d’antennes pour le milieu dense urbain.

Après la configuration des stations de base chaque cellule du motif prend une couleur distincte qui indique la bande de fréquence qu'elle utilise

Enfin, la dernière étape consiste à la génération des utilisateurs, représentés par des cercles en vert, la couleur verte dans Atoll indique le service <VoIP>, d'autres couleurs comme le bleu ou le rouge indiquent d'autres types de services.

On a généré des utilisateurs qui utilisent le service VoIP pour les deux types de milieu urbain et urbain dense.

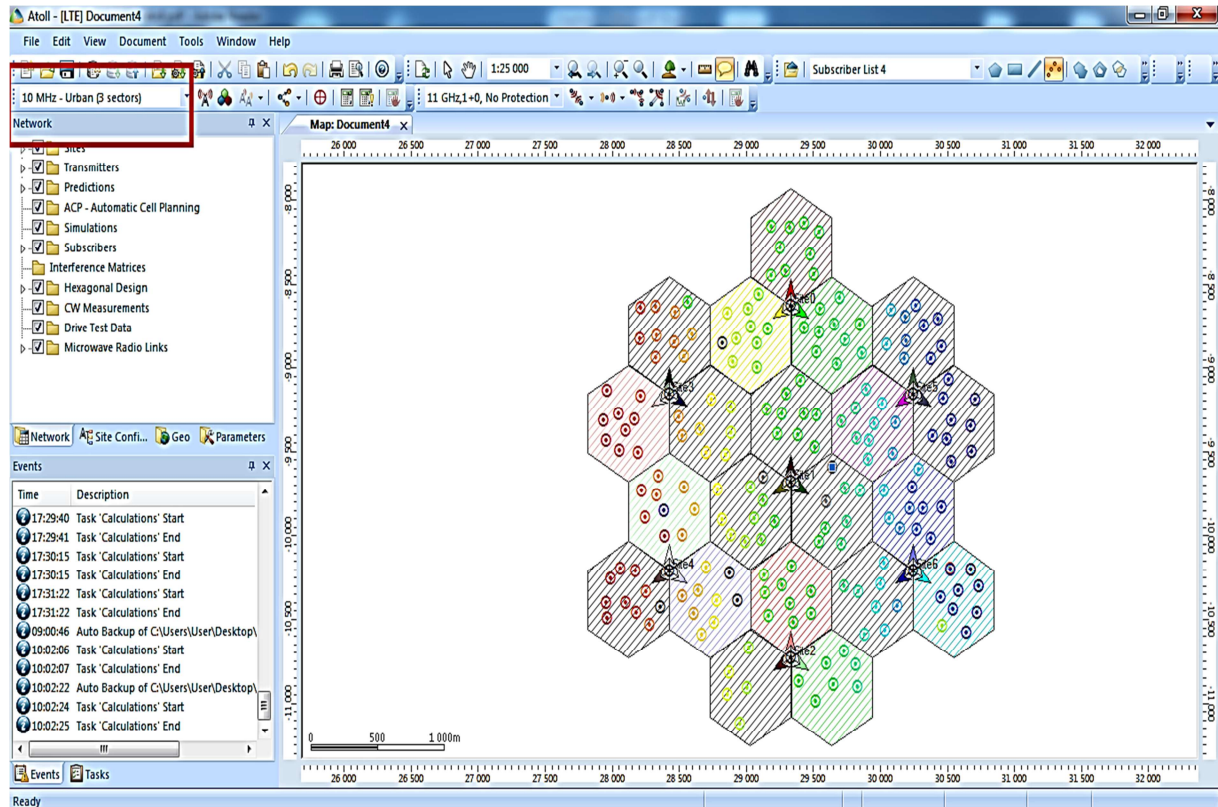


Figure VI 28 : Génération des utilisateurs dans un milieu urbain.

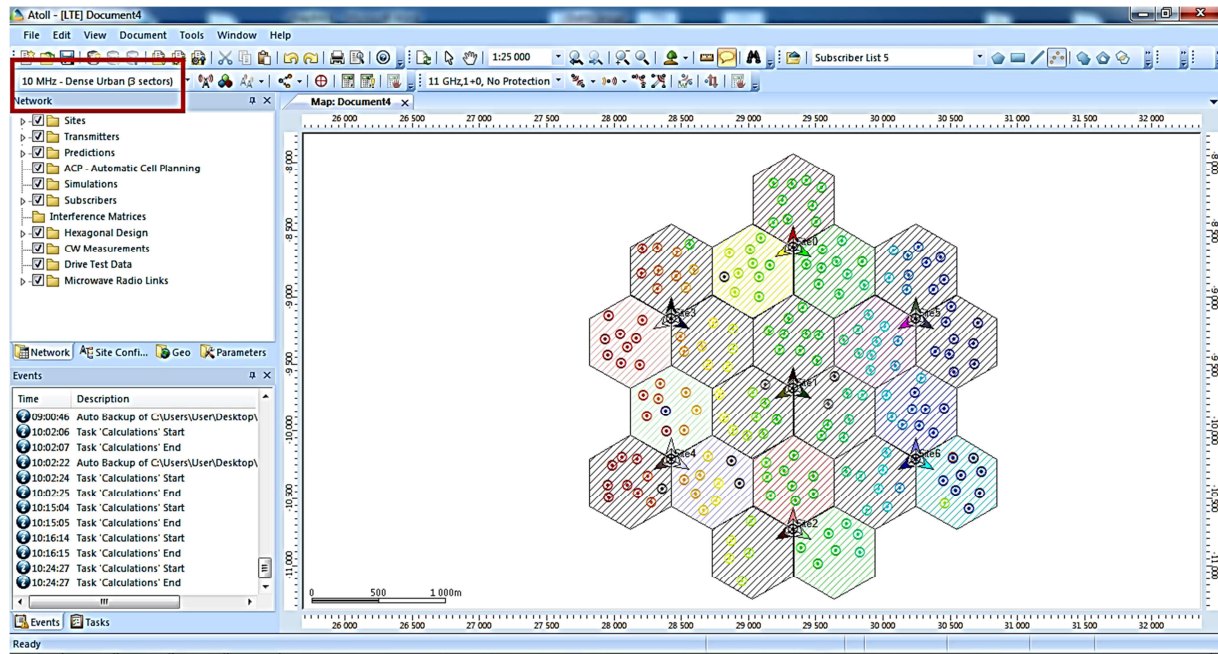


Figure VI 29 : Génération des utilisateurs dans un milieu dense urbain

Après avoir mis en service nos deux réseaux, on va faire un teste de la couverture au niveau de chaque émetteur pour voir si toute la zone a bien était couverte.

Pour les deux milieux urbains et denses urbain tous les utilisateurs sont bien couverts.

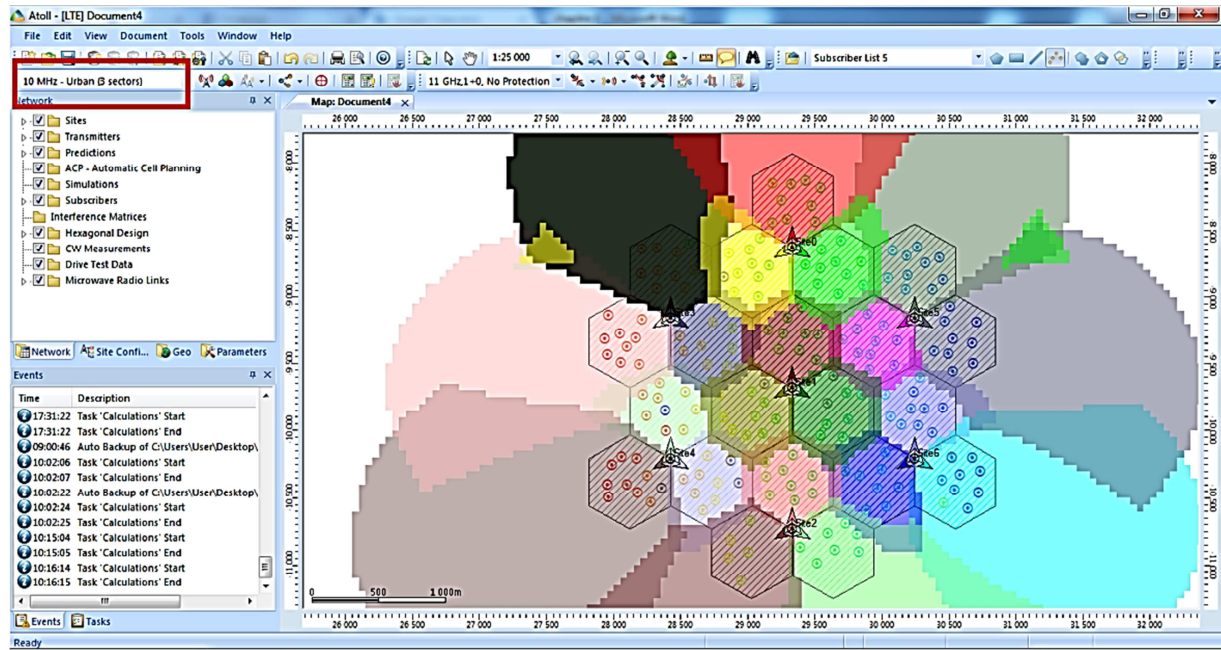


Figure VI 30: Plan de couverture des émetteurs dans le milieu urbain.

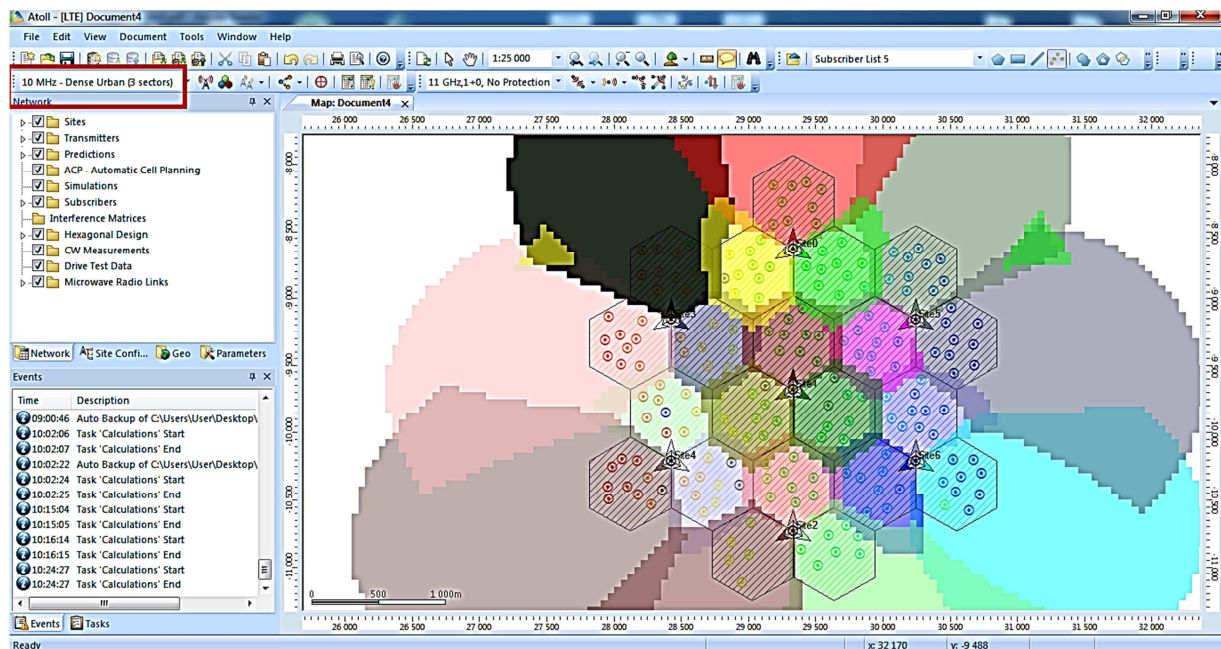


Figure VI 31: Plan de couverture des émetteurs dans le milieu dense urbain.

On remarque que la couverture est optimale et identique pour chacun des deux milieux sachant qu'on n'a utilisé le même nombre d'utilisateurs pour les deux milieux, la même fréquence et la même distance entre cellules.

4.5. Impacte de l'augmentation du nombre d'utilisateurs sur la capacité :

Dans cette simulation on a choisie de faire l'étude de capacité dans un milieu urbain.

4.5.1. Etude de la capacité dans le milieu urbain :

Ces simulations consistent à voir l'impacte de l'augmentation du nombre d'utilisateur sur la capacité effective de la cellule, premièrement en cas d'un nombre réduit à 10 utilisateurs par cellules, ensuite 20 utilisateurs par cellules, et enfin 30 utilisateurs par cellule. En comparant les résultats obtenus.

Les graphes générés par l'outil Atoll présente la DCF (Fonction de distribution cumulative), qui représente la probabilité en pourcentage (axe Y) que la variable dans l'axe X égale la valeur citée dans l'axe X.

Le premier test consiste à tester la capacité d'une cellule avec 10 utilisateurs qui a un terminal mobile avec une seule antenne et qui utilise le service voix sur IP. Ce test va nous permettre de faire une comparaison avec les résultats des autres simulations.

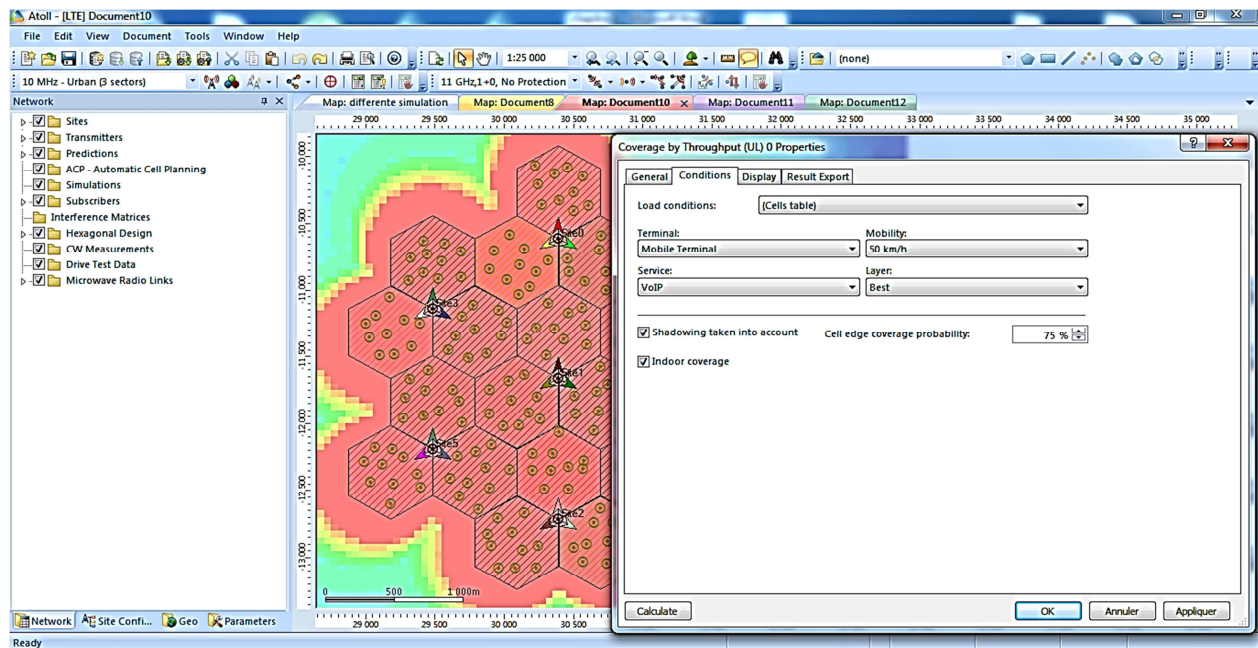


Figure VI 32 : génération de dix utilisateurs dans un milieu urbain pour l'étude de la capacité effective.

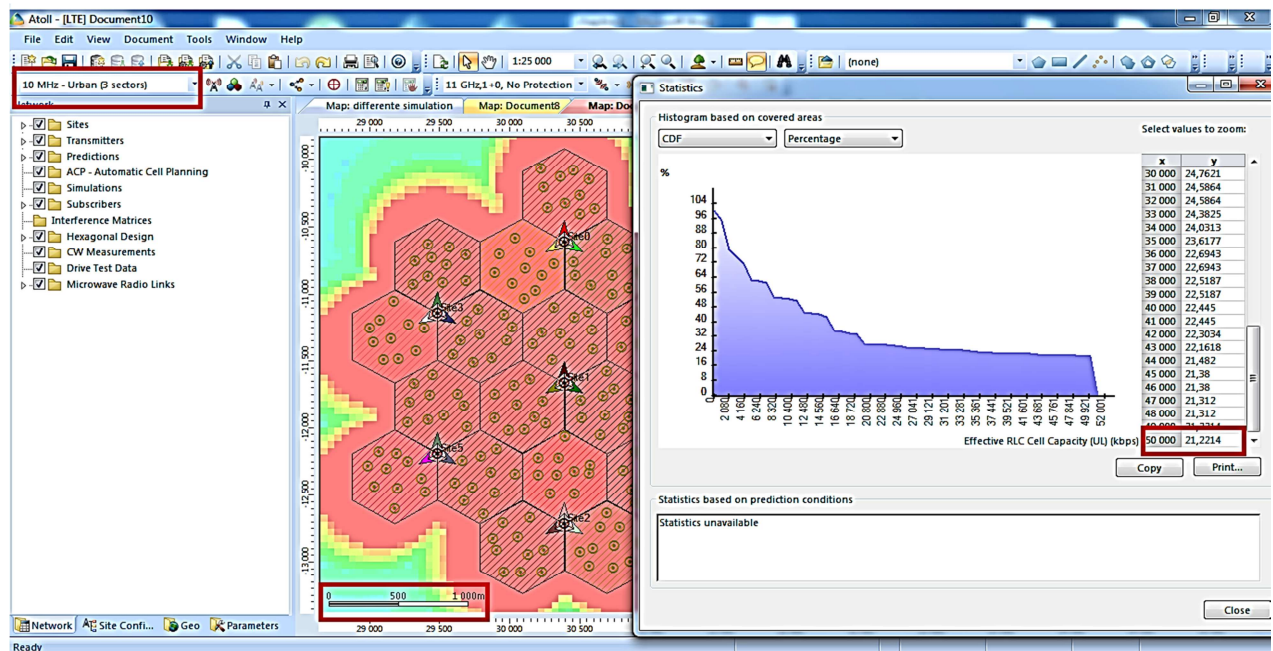


Figure VI 33 : La DCF de la capacité effective d’une cellule dans un milieu urbain avec dix utilisateurs.

Dans une cellule avec 10 utilisateurs, la capacité maximale atteinte est de 50Mbps avec une probabilité de 21.22%.

Le deuxième test consiste à tester la capacité d’une cellule avec 10 utilisateurs qui a un terminal mobile avec une seule antenne et qui utilise le service voix sur IP.

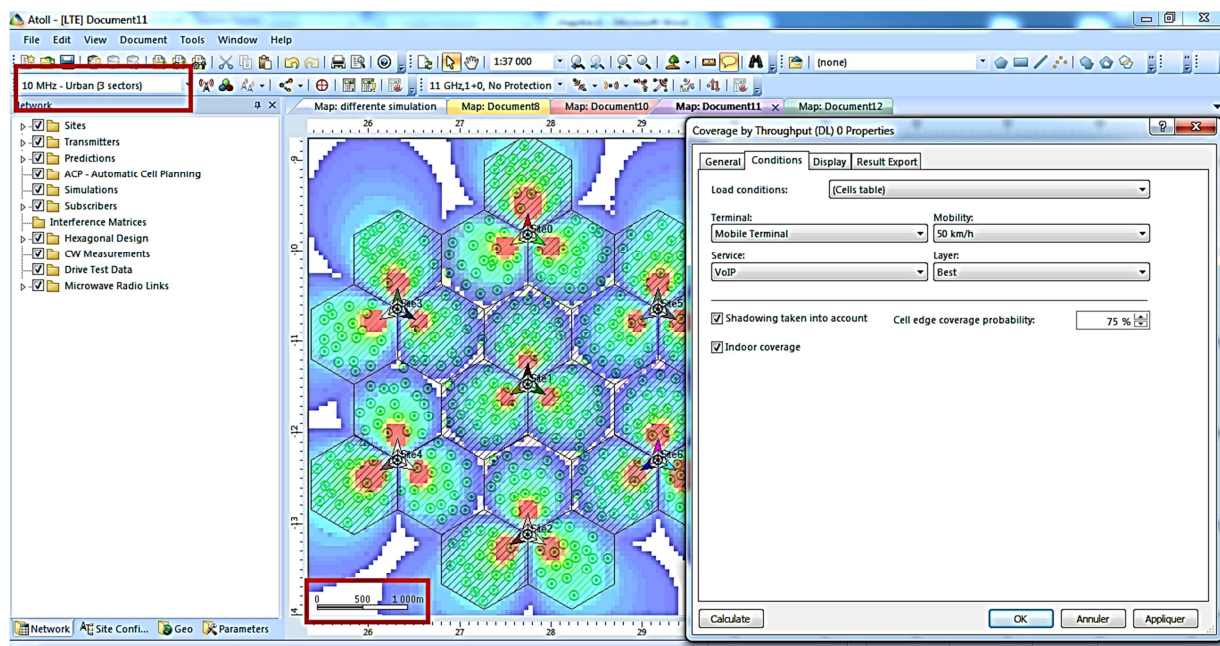


Figure VI 34 : génération de 20 utilisateurs dans un milieu urbain pour l’étude de la capacité effective.

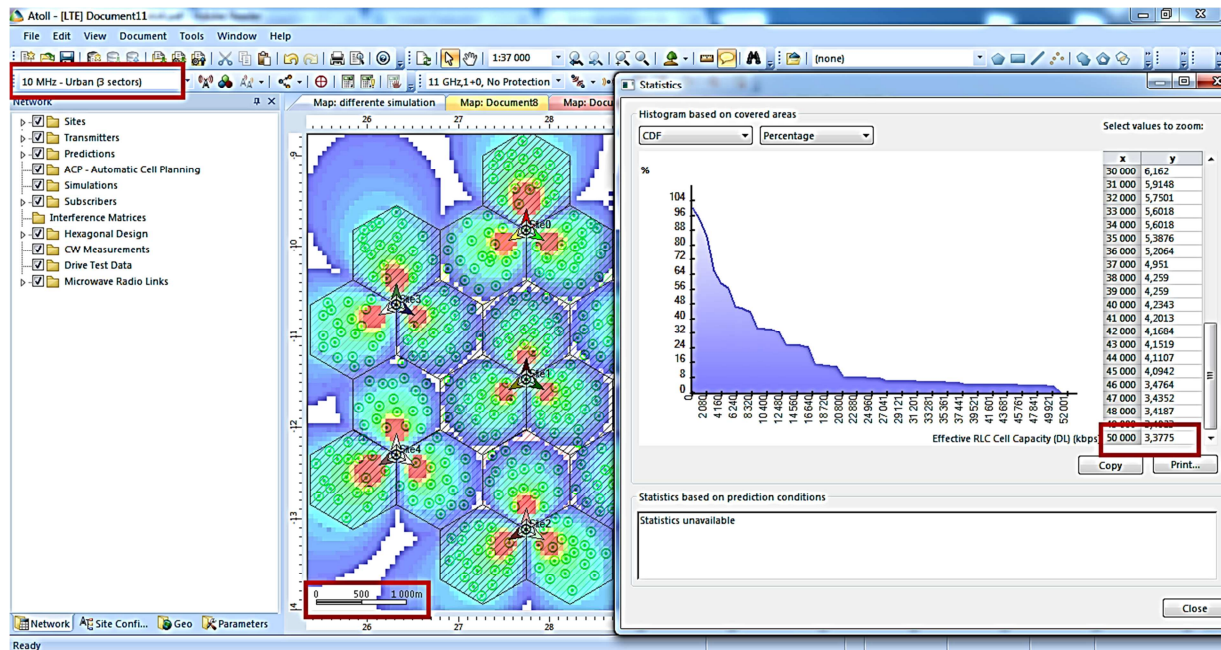


Figure VI 35 : La DCF de la capacité effective d’une cellule dans un milieu urbain avec 20 utilisateurs.

Dans une cellule avec 20 utilisateurs, la capacité maximale atteinte est de 50Mbps avec une probabilité de 3.37%.

Le troisième test consiste à tester la capacité d’une cellule avec 30 utilisateurs qui a un terminal mobile avec une seule antenne et qui utilise le service voix sur IP.

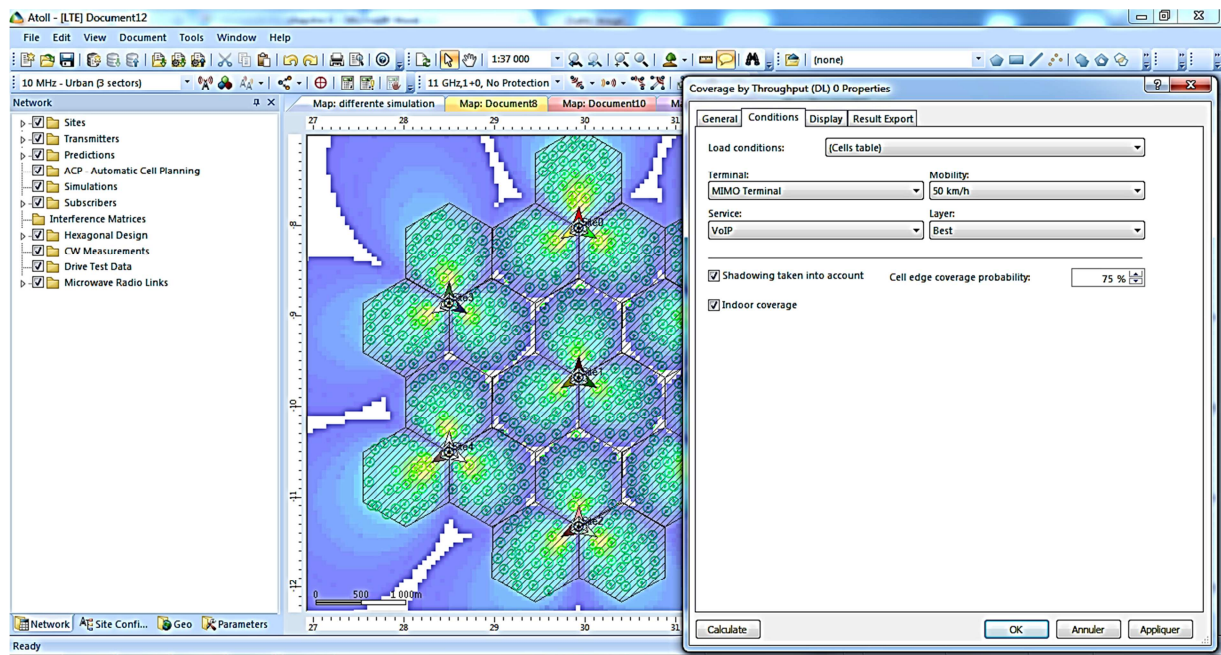


Figure VI 36: génération de 30 utilisateurs dans un milieu urbain pour l’étude de la capacité effective.

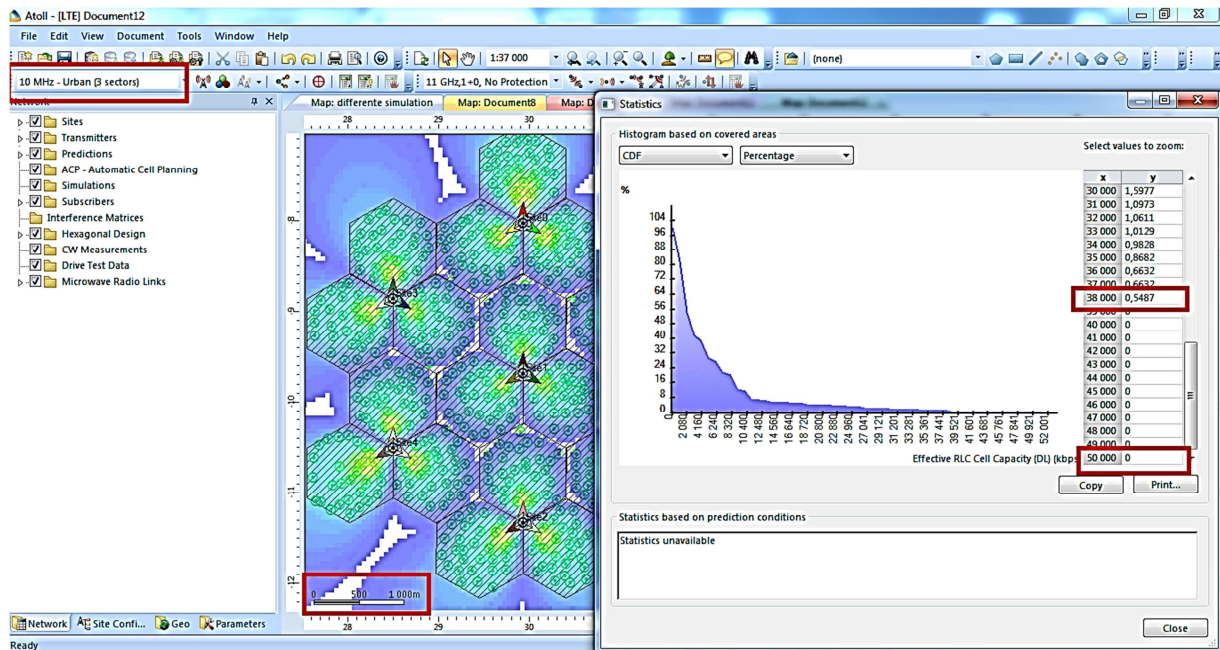


Figure VI 37 : La DCF de la capacité effective d’une cellule dans un milieu urbain avec 30 utilisateurs.

Dans une cellule avec 30 utilisateurs, la capacité maximale atteinte est de 50Mbps avec une probabilité maximal et nulle. « Avec l’augmentation du nombre d’utilisateurs, la capacité de la cellule a diminué », dans notre cas elle devient limité entre 36Mbps et 37Mbps, avec une probabilité de 0,54%.

4.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents résultats des simulations réalisées qui ont montrés que la capacité de la cellule diminue avec l’augmentation du nombre d’utilisateurs, et pour cela en doit faire amélioré le débit en parallèles avec l’augmentation de nombre d’utilisateurs pour assuré une bonne couverture, et une meilleur qualité de service .

Conclusion Générale

L'objectif de notre travail de fin d'études est de faire une étude détaillée sur le réseau LTE, ses caractéristiques, sa sécurité ainsi sa qualité de service vu que c'est une nouvelle technologie et qu'elle affronte à notre vie quotidiennes.

Au court de ce mémoire, nous avons présenté les différentes générations de la téléphonie mobile de la première génération (1G) jusqu'à quatrième génération (LTE) ainsi l'architecture physique des réseaux (GSM, GPRS, UMTS).

Cependant, nous avons présenté les performances de réseau LTE (architecture, caractéristique, sécurité, Qualité de service) ainsi une simulation « lte » concernant l'étude de capacité dans un milieu urbain.

En perspective, nous pouvons signaler que ce travail peut être plus évolutif en utilisant d'autres logiciels de simulations comme (Omnet5.0++ ,OPNET.. ext) , mais le problème c'est que le logiciel OPNET n'a pas une version gratuite sur internet , donc il nous faut sa licence achetée par leur sites officiels , et pour le logiciel Omnet5.0++ il a un problème de téléchargements des bibliothèques.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse servir comme un outil d'aide et de documentation pour les promotions à venir et aux utilisateurs consacré par ce type de simulations.

Références Bibliographique

- [1]: Global system for mobile communication, Pr.O.CHAKKOR-2015-2016 .
- [2] : Selon le de document de la téléphonie mobile , general packet radio service (2.5G) , université nice sophia antipolis, Date de consultation Avril 2010 .
- [3] : Selon le document de l'enseignant Mohamed Moussaoui , ENSA , tanger,2008 , réseaux UMTS et ses évolution .
- [4] : selon l'enseignant AJOU.R université El-Oued et ABDESSLAM.S Université Mohamed Khider Biskra, Evolution UMTS vers lte/2011 .
- [5] : Sanchez, J et Thioune, M.,UMTS , Herme Science,2004 Paris, France.
- [6] :Holma, H.,et Toskala, A.,WCDMA For UMTS , John Wiley et Sone, 2007chichester Angleterre.
- [7]: Regional Forum for ARAB Region: IMTSystems TEchnology, Evolution and Implementation Tunis, Tunisia, 7 - 9 May 2013.
- [8]: Xavier Lagrange, Professeur, Institut Mines-Télécom / Cours : MOOC, comprendre la 4G.
- [9] : <http://www.telecom-paristech.fr/formation-lte-long-term-evolution.html> », Date de consultation juin 2013.
- [10] : <http://www.wireless-techbook.com/blocs-de-systeme-de-liaison-montante-lte/215-la-difference-entre-ofdma-et-sc-fdma.html> », Date de consultation juin 2013.
- [11] : <https://ispeedinternet.wordpress.com/lte/>
- [12] : YOE.S.H et ALWI.S, « Evaluation des Performances Des Techniques D'Accès OFDMA et SC-FDMA Dans La Technologie LTE », Mémoire pour

l'obtention du diplôme de master en télécommunication, Université de Tlemcen, 2012.

[13] : http://www.efort.com/r_tutoriels/LTE_SAE_EFORT.pdf

[14] : François Laissus , Cours d'introduction `a TCP/IP , Version du 25 février 2009

[15] : Yannick Bouguen ,Éric Hardouin, François-Xavier Wolff, LTE et les réseaux 4G.

Sites internet :

<https://www.fun-mooc.fr/>

<https://efort.com> 2009, site d'étude et formation en télécommunications service et réseaux de télécommunication.

Mémoires de fin d'études :

Evolution technologique de réseau 3G vers la 4G.2013-2014

Etude des performances des réseaux 4G (LTE). 2012-2013

Étude de la capacité des réseaux LTE .2013-2014