

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En** : Télécommunications

**Spécialité** : Réseaux et Télécommunications

**Par** : BOUZIANI Abderrahmane  
GOURI Fethi

### Thème

**Etude de L'effet de la charge des nœuds mobiles sur les performances du handover vertical**

Soutenu publiquement, le 30/ 09 / 2020, devant le jury composé de :

Mr. BAHRI.S.D	MCB	Univ. Tlemcen	Président
Mr. A.DJEMAI	PR	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
Mr. MERZOUGUI.R	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur

## *Dédicaces*

*On dédie ce travail à*

*Nos parents*

*Nos familles*

*Nos amis*

*Tous ceux qui nous aiment et qu'on aime.*

*Mr. GOURI Fethi & Mr. BOUZIANI Abderrahmane*

## *Remerciement*

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

*Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Monsieur **DLEMAI.A** pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.*

*Nous profitons de cette opportunité pour exprimer notre gratitude aux membres des jurys d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail et tous Les enseignants et tous les personnels du département de télécommunications.*

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

*Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidée de près ou de loin durant notre travail et en particulières tous nos collègues de la promotion **RT** et surtout **BOUDGHENE STAMBOULI Kawter** qui a fait le possible pour nous.*

## *Résumé*

Depuis les années 90, la technologie réseau et radio mobile a fait l'objet de progrès phénoménaux. Cette avancée technologie s'est faite en parallèle du côté réseau, du côté application et du côté besoin de l'utilisateur. L'évolution rapide de la technologie a eu pour conséquence l'existence d'un environnement hétérogène ou la couverture est assurée par la coexistence de plusieurs types de réseau. Le défi soulevé par cette architecture est de pouvoir naviguer entre plusieurs réseaux d'une façon transparente.

La navigation entre réseau de types différents est connue sous le nom du **handover vertical**.

Dans ce contexte nous avons présenté les réseaux UMTS et WIMAX qu'on a choisi pour effectuer cette simulation, puis on a étudié le handover et son rôle principale.

Et pour cela nous avons utilisé le simulateur **Network simulator (NS2)** pour évaluer nos proposition en étudiant le nombre de paquets perdus et le délai de transmission pour différents vitesse et nombres des nœuds mobile.

## *Abstract*

Since the 1990s, network and mobile radio technology has undergone phenomenal advancements. This technological breakthrough took place in parallel on the network side, the application side and the user need side. The rapid evolution of technology has resulted in the existence of a heterogeneous environment where coverage is provided by the coexistence of several types of network. The challenge raised by this architecture is to be able to navigate between several networks in a transparent way.

Navigating between networks of different types is known as vertical handover.

In this context, we presented the UMTS and WIMAX networks that we chose to perform this simulation, then we studied the handover and its main role.

And for that we used the Network simulator (NS2) to evaluate our proposals by studying the number of lost packets and the transmission delay for different speeds and numbers of mobile nodes.

## ملخص

منذ التسعينيات ، شهدت تكنولوجيا الراديو الشبكي والمنتقل تطورات هائلة. حدث هذا الاختراق التكنولوجي بالتوازي على جانب الشبكة وجانب التطبيق وجانب احتياجات المستخدم. أدى التطور السريع للتكنولوجيا إلى وجود بيئة غير متجانسة حيث يتم توفير التغطية من خلال التعايش بين عدة أنواع من الشبكات. التحدي الذي تثيره هذه البنية هو القدرة على التنقل بين عدة شبكات بطريقة شفافة.

يُعرف التنقل بين الشبكات من أنواع مختلفة باسم التسليم الرأسي.

في هذا السياق قدمنا شبكات UMTS و WIMAX التي اخترناها لاجراء هذه المحاكات ثم درسنا التسليم و دوره الرئيسي ومن أجل ذلك استخدمنا محاكي الشبكة (NS2) لتقييم مقترحاتنا من خلال دراسة عدد الحزم المفقودة وتأخر الإرسال لسرعات وأرقام مختلفة من عقد الهاتف المحمول.

# Table des matières

<i>Dédicaces</i> .....	I
<i>Résumé</i> .....	III
<i>Abstract</i> .....	IV
<i>ملخص</i> .....	V
<i>Liste des tables</i> .....	IX
<i>Liste des figures</i> .....	IX
<i>Liste des abréviations</i> .....	XI
<i>Introduction générale</i> .....	14

## Chapitre I : Présentation du réseau UMTS et WIMAX

1. UMTS .....	2
1.1 Introduction .....	2
1.2 Présentation générale du réseau UMTS.....	2
1.3 Qualité de Service (QoS) sur le réseau UMTS :.....	2
1.4 Le débit offert par le réseau UMTS .....	2
1.5 Le temps de latence sur le réseau UMTS .....	3
1.6 Les multiplexages.....	3
1.7 Constitution d'un réseau UMTS.....	4
1.7.1 Le réseau d'accès.....	5
1.7.2 Le réseau cœur .....	5
1.8 Schéma d'architecture du réseau UMTS .....	6
1.9 Interfaces UMTS .....	6
2. WIMAX.....	8
2.1 Introduction .....	8
2.2 Historique du WiMAX .....	8
2.3 Généralité sur le réseau WIMAX .....	9
2.3.1 Les bandes des fréquences utilisées par le WiMAX.....	10
2.3.2 Application du WIMAX .....	10
2.4 Architecture du réseau WiMAX.....	11
2.5 Fonctionnement de WiMAX .....	11
2.5.1 La boucle locale .....	11
2.5.2 La fonction desserte .....	12

2.5.3	La fonction collecte .....	12
2.6	Technique de Multiplexage .....	13
2.6.1	Modulation adaptative.....	14
2.6.2	Techniques de Duplexage .....	15
2.7	Les topologies WiMAX.....	16
2.7.1	Le Mode PMP (Point-Multi-Point).....	16
2.7.2	Le mode Mesh .....	17
2.8	WiMAX mobile.....	18
2.8.1	L'architecture du WiMAX mobile .....	18
3.	Comparaison entre WiMAX et UMTS.....	19
4.	Conclusion .....	20

## **Chapitre II : Handover**

1.	Introduction.....	21
2.	Définition.....	21
3.	Qualité de signal.....	21
4.	Le trafic.....	21
5.	Mécanisme de Handover .....	21
5.1	Principales fonctions de Handover .....	22
5.2	Principe de base du Handover.....	22
5.3	Les procédures d'exécutions du Handover .....	22
5.3.1	Le soft handover.....	22
5.3.2	Le hard handover .....	23
5.4	Les différents Handovers .....	24
6.	Processus du Handover .....	24
7.	Conclusion .....	28

## ***Chapitre III : Descriptions de l'application***

1.	Introduction.....	29
2.	Présentation du NS2.....	29
3.	Analyse des performances de handover vertical .....	30
3.1	TAUX DE PAQUETS PERDUS (TCP) .....	30
3.2	Délai moyen de transmission (TCP).....	32
3.3	TAUX DE PAQUETS PERDUS (UDP) .....	33
3.4	DELAI MOYEN DE TRANSMISSION (UDP).....	35



3.5	TAUX DES PAQUETS PERDUS (VIDEO) .....	36
3.6	Délai moyen de transmission (vidéo) .....	38
3.7	TAUX DES PAQUETS PERDUS (VOIX).....	39
3.8	Délai moyen de transmission (voix) .....	41
	<i>Conclusion générale</i> .....	31
	<i>Bibliographie</i> .....	30

## *Liste des tables*

Tableau II- 1: Initiation du Handover et collecte d'informations.....	26
---	----

## *Liste des figures*

Figure I- 1: Architecture UMTS.....	4
Figure I- 2: Architecture du réseau UMTS.....	6
Figure I- 3: Structure en couches des interfaces réseau de l'UTRAN.....	7
Figure I- 4: Historique du WiMAX. [8] .....	9
Figure I- 5: Les différentes configurations du WiMAX. [10] .....	10
Figure I- 6: Architecture de base WIMAX. [6] .....	11
Figure I- 7: Connexions LOS et NLOS.....	12
Figure I- 8: Modulation OFDM.....	13
Figure I- 9: Description fréquentielle de l'OFDM. ....	13
Figure I- 10: Modulation adaptative. ....	14
Figure I- 11: Le duplexage TDD. [10] .....	15
Figure I- 12: Le duplexage FDD. [7] .....	16
Figure I- 13: Le mode PMP du WiMAX.....	16
Figure I- 14: Le mode mesh du WiMAX.....	17
Figure I- 15: Architecture du WiMAX mobile.....	19
Figure II- 1: Le Mécanisme de Soft Handover. ....	23
Figure II- 2: Le Mécanisme de Hard Handover.....	23
Figure II- 3: Les Différents Handovers.....	24
Figure II- 4: Processus du Handover.....	27
Figure III- 1: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 5 nœuds. ....	30
Figure III- 2: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 20 nœuds. ..	31
Figure III- 3: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 50 nœuds. ..	31
Figure III- 4: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour 5 nœuds.....	32

Figure III- 5: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour 20 nœuds.....	32
Figure III- 6: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour 50 nœuds.....	33
Figure III- 7: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 5 nœuds. ....	33
Figure III- 8: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 20 nœuds. ..	34
Figure III- 9: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 50 nœuds. ..	34
Figure III- 10: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour 5 nœuds.....	35
Figure III- 11: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour 20 nœuds.....	35
Figure III- 12: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour 50 nœuds.....	36
Figure III- 13: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses pour 5 nœuds.....	36
Figure III- 14: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses pour 20 nœuds.....	37
Figure III- 15: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses pour 50 nœuds.....	37
Figure III- 16: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour 5 nœuds.....	38
Figure III- 17: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour 20 nœuds.....	38
Figure III- 18: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour 50 nœuds.....	39
Figure III- 19: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation d'un trafic voix pour 5 nœuds. ....	39
Figure III- 20: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation d'un trafic voix pour 20 nœuds. ....	40
Figure III- 21: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation d'un trafic voix pour 50 nœuds. ....	40
Figure III- 22: Délai moyen de transmission voix pour 5 nœuds.....	41
Figure III- 23: Délai moyen de transmission voix pour 20 nœuds.....	41
Figure III- 24: Délai moyen de transmission voix pour 50 nœuds.....	42

## *Liste des abréviations*

**RT** : Réseau Télécommunication.

**UMTS** : Universal Mobil Telecommunication System.

**WIMAX** : Worldwide Interoperability For Microwave Access.

**HO** : Handover.

**NS2** : Network simulator 2.

**2G** : 2 génération.

**GSM** : Global System For mobil.

**3G** : 3 génération.

**3G+** : 3 génération développé.

**4G** : 4 génération.

**Wifi** : Wireless Fidelity.

**TCP** : Transmission Control Protocol.

**UDP** : User Datagram Protocol.

**QOS** : Qualité de service.

**GPRS** : General Packet Radio Service.

**EDGE** : Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

**TSE** : Terminale Service.

**RDP**: Remote Desktop Protocol

**CDMA** : Code Division Multiple Access

**W-CDMA** : Wide Band Code Division Multiple Access.

**TD-CDMA** : Time Division Code Division Multiple Access.

**FDD** : Frequency Divison Duplex.

**TDD** : Time Divison Duplex.

**UTRA** : Universal Terrestrial Radio Access.

**MS** : Mobile Station.

**USIM** : Universal Subscriber Identity Module

**UTRAN** : UMTS Terrestrial Radio Access

**RNC** : Radio Network Controller.

**MSC** : Mobile-Service Switching Center.

**VLS** : Vendor Specific Location Server.

**HLR** : Home Location Register.

**SGSN** : serving GPRS support node.

**GGSN** : Gateway GPRS Support Node.

**ISDN** : Réseau Numérique à Intégration de Service (RNIS).

**PSDN** : Public Switched Data Network.

**SIM** : Subscriber Identity Module.

**AUC** : Authentiquassions Center.

**ALCAP** : Access Link Control Protocol Application Aart.

**RANAP** : Radio Access Network Application Part.

**RNSAP** : Radio Network Subsystem Application Part.

**NBAP** : Node B Application Part

**DSL** : Digital Subscriber Line

**ETSI** : European Telecommunications Standards Institute.

**IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineer.

**B3G** : Beyond 3G.

**LOS** : Line of Sight.

**NLOS** : Non Line of Sight.

**BS** : Base Station.

**SS** : Subscriber Station.

**ADSL** : Asymmetric Digital Subscriber Line.

**BLR** : Boucle Locale Radio.

**OFDM** : Orthogonal Frequency Division Multiple Access.

**FUSC** : Full Usage of Subchannels.

**PUSC** : Partial Usage of Subchannels.

**TUSC** : Tile Usage of Subchannels.

**AMC** : Advanced Modulation and Coding.

**BPSK** : Binary phase shift Keyed.

**QAM** : Quadrature amplitude modulation

**QPSK** : Quadrature phase shift Keyed.

**TTG** : Transmit Transition Gap.

**RTG** : Receive Transition Gap.

**PMP** : Point Multi Point.

**NAP** : Network Access Provider.  
**NSP** : Network Service Provider.  
**CSN** : Connectivity Serving Network.  
**ASN** : Access Serving Network.  
**ASN-GW** : ASN Gateway .  
**HSDPA** : High Speed Downlink Packet Access .  
**3GPP** : 3G partnership project.  
**BTS** : Station de Base.  
**MSC** : Mobile Services Switching Center.  
**BSC** : Base Station Controller.  
**RTC** : Réseau téléphonique commuté.  
**BER** : Bit Error Ratio  
**SINR** : Signal to Interference Ratio  
**RTP** : Real-time Transport Protocol  
**SRM** : Storage Resource Manager.  
**DVMRP** : Distance Vector Multicast Routing Protocol.  
**PIM** : Protocol Independent multicast.

# *Introduction générale*

Aujourd'hui, les systèmes de communication sans fil sont de plus en plus présents dans notre vie quotidienne. En effet, ils tendent à remplacer l'utilisation excessive de câbles. Ces dernières années, la communication prend une place chaque jour plus grande en termes de recherche, d'investissements, de revenus, d'abonnés, etc.

Les réseaux mobiles 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 télécommunication essentiellement dédiés à la téléphonie (2G, GSM) puis plus orientés vers le multimédia (3G, UMTS) et d'autre part le réseaux 4G (4 générations) est proposé comme future génération des réseaux mobiles. Avec ce réseau, un utilisateur pourra se connecte ou qu'il se trouve : à l'intérieur des bâtiments avec la technologie Bluetooth ou wifi . . . , à l'extérieure (dans la rue et les lieux public) avec le WiMAX. En général, le passage d'un réseau à l'autre deviendra transparent pour l'utilisateur.

Cela a augmenté les besoins du monde en communications mobiles. Cette demande croissante pour les services mobiles a poussé les concepteurs des réseaux mobiles à développer de nouvelles technologies.

Dans ce travail, nous utilisons le logiciel NS2 pour pouvoir étudier l'influence de la vitesse et de la charge des nœuds mobiles sur les performances du handover vertical.

Notre mémoire est structuré autour de 3 chapitres organisés comme suit :

Le premier chapitre concerne les deux réseau UMTS et WiMAX, nous allons définir les deux réseaux, leur architecture, et son fonctionnement

Le deuxième chapitre est réservé à l'étude du handover, sa nécessité, ces types leur qualité de signal, leur trafic et ces principaux fonctionnements.

Le troisième chapitre contient les résultats de simulation de scénario et l'influence de la charge des nœuds utilisées dans l'exécution de handover vertical entre les réseaux UMTS et WiMAX avec des différentes applications : TCP, UDP, voix, vidéo.

# Chapitre I : Présentation du réseau UMTS et WIMAX



### 1. UMTS

#### 1.1 Introduction

L'Universal Mobil Telecommunication System (UMTS) est la nouvelle norme de téléphonie mobile, appelée aussi plus généralement téléphonie de troisième génération ou 3G [1].

#### 1.2 Présentation générale du réseau UMTS

L'UMTS est le système de réseau mobile de 3ème génération, après le GSM qualifié de réseau mobile de 2ème génération.

Elle est introduite vers la fin des années 90, suite au besoin des utilisateurs d'intégrer le multimédia dans les applications du mobile.

Les techniques utilisées vont permettre d'atteindre des débits de 384 kbit/s et même 2 Mbit/s. Les réseaux UMTS seront utilisés pour le transfert de données, pour le multimédia, pour la voix [2].

Un réseau de troisième génération doit permettre :

- Une transmission à haut débit des données.
- Une compatibilité mondiale.
- Une compatibilité avec les réseaux 2G.

#### 1.3 Qualité de Service (QoS) sur le réseau UMTS :

La qualité de service dépend du domaine : circuit ou paquet

- Domaine circuit : Les caractéristiques du domaine circuit sont :
  - Débits constants et garantis.
  - Délais de transfert constants et garantis.
  - Débit limité à 64kb/s (en download) et 64kb/s (en upload) au maximum.
- Domaine paquet : Les caractéristiques du domaine paquet sont :
  - Pas de débit garanti.
  - Pas de temps de transfert garanti.
  - Bon respect du contenu d'un paquet : faible taux d'erreur possible.
  - Débit jusqu'à 14Mb/s (en download) et 2Mb/s (en upload) [3].

#### 1.4 Le débit offert par le réseau UMTS

L'UMTS (3G/3G+) permet à l'utilisateur de bénéficier de débits plus élevés que ceux offerts par la 2G (GPRS-EDGE). En effet, le débit maximum théorique en download de la 3G est de 14Mb/s comparés aux 80 kbit/s maximum théorique possible en GPRS.

### 1.5 Le temps de latence sur le réseau UMTS

Le temps de latence sur le réseau UMTS (3G/3G+) -temps aller-retour de type ping- est nettement inférieur (de 2 à 3 fois) au temps de latence du réseau GPRS.

Actuellement les temps de latence sont en moyenne de :

- 300 ms pour des paquets de 32 octets (entre 220 ms et 380 ms).
- 450 ms pour des paquets de 512 octets (entre 350 ms et 550 ms).
- 620 ms pour des paquets de 1500 octets (entre 500 ms et 750ms).

Ces faibles temps de latence (ainsi que le débit accru offert par l'UMTS (3G/3G+)) permettent par exemple :

- D'améliorer le chargement d'une page web (riche en ressource de type image).
- Augmenter les usages sur les applications de déport d'écran ou d'administration telles que TSE (protocole RDP) [3].

### 1.6 Les multiplexages

Le CDMA (Code Division Multiple Access) est basé sur la répartition par codes. En effet, chaque utilisateur est différencié du reste des utilisateurs par un code N qui lui a été alloué au début de sa communication et qui est orthogonal au reste de codes liés à d'autres utilisateurs. Dans ce cas, pour écouter l'utilisateur, le récepteur n'a qu'à multiplier le signal reçu par le code N associé à cet utilisateur.

La tentative de choix d'une interface radio unique, parmi plusieurs propositions de constructeurs et d'opérateurs, a finalement abouti, début 1998, à l'adoption de deux normes d'interface différentes incompatibles entre elles et qui sont toutes deux des évolutions de la technique CDMA : W-CDMA (Wide Band CDMA) et TD-CDMA (Time Division CDMA).

Le W-CDMA utilise le mode de duplexage FDD (Frequency Division Duplex). W-CDMA utilise deux bandes passantes de 5 Mhz, l'une pour le sens montant (uplink), l'autre pour le sens descendant (downlink). Le débit maximal supporté par un seul code est de 384 kbit/s. Pour les services à haut débit, plusieurs codes sont nécessaires pour supporter un débit de 2 Mbit/s.

Le TD-CDMA utilise le mode de duplexage TDD (Time Division Duplex). TD-CDMA n'utilise qu'une bande passante de 5 Mhz divisée en intervalles de temps (time slot) ; elle est utilisée pour les deux sens. Elle comprend donc une composante TDMA (Time Division Multiple Access) fondée sur la trame GSM en plus de la séparation par code. Ce concept offre une large gamme de débits de service en allouant plusieurs codes ou plusieurs intervalles de temps à un utilisateur. Le débit de 2 Mb/s peut être obtenu en allouant plusieurs codes ou plusieurs intervalles de temps à un utilisateur, mais des raisons techniques et complexes (dues par exemple au déplacement ou au déphasage) limitent le bon fonctionnement de ce système aux bâtiments ou aux petites cellules.

L'ensemble de ces deux interfaces constitue l'UTRA (Universal Terrestrial Radio Access). WCDMA est particulièrement adapté aux grandes cellules alors que TD-CDMA est limité aux petites cellules. En termes de services supportés, W-CDMA est adapté aux services symétriques (voix et services de données à bas et moyen débit en mode symétrique) alors que TD-CDMA est approprié pour les services de données en mode paquet, à haut débit et asymétrique.

Ces deux modes devront cohabiter dans un même terminal et un même réseau afin de couvrir l'ensemble des services et des environnements prévus pour l'UMTS[4].

### 1.7 Constitution d'un réseau UMTS

Un réseau UMTS (3G/3G+) est composé de deux sous-réseaux : le réseau d'accès et le réseau cœur.

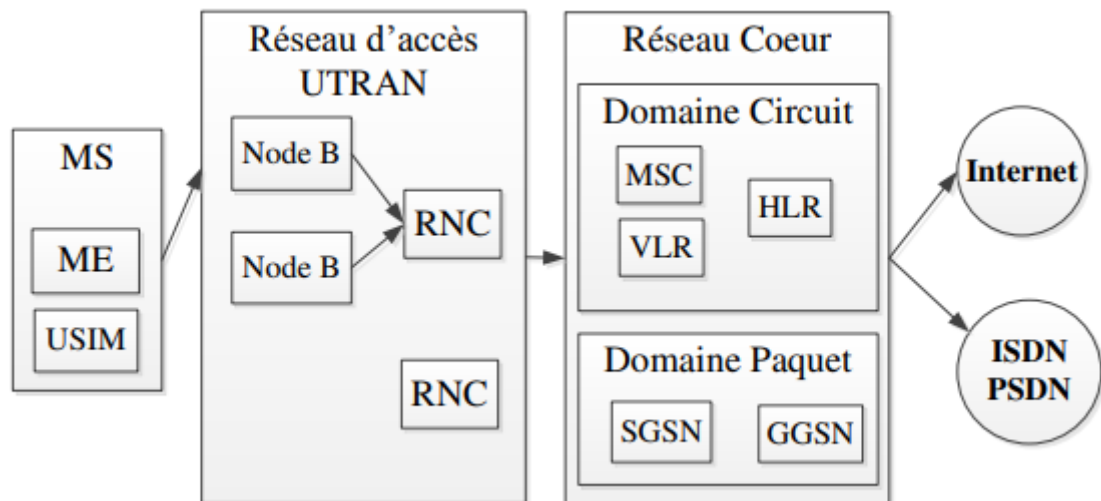


Figure I- 1: Architecture UMTS.

#### ▪ Équipement utilisateur :

Il est formé de deux composantes. La première est l'équipement mobile dont le rôle est de communiquer à travers l'Interface Air. La deuxième composante est la carte USIM (Universal Subscriber Identity Module) qui est l'équivalente de la carte SIM du GSM.

#### ▪ Handover avec UMTS :

Il existe trois types de Handover avec UMTS :

Hard Handover, Soft Handover et Softer Handover. Selon le premier type (Hard Handover), le réseau décide d'un besoin de Handover en se basant sur la puissance du signal. Le Handover sera du type Break-Before-Make, le mobile coupe ses liens avec le Node B auquel il est attaché pour établir ensuite un nouveau lien avec un nouveau Node B. Dans le cas du soft Handover, le mobile se trouve dans une zone chevauchante entre deux stations de base. La communication avec le mobile se fait selon deux canaux, un pour chacune des deux stations

de base. Et finalement, pour le Softer Handover, le mobile communique avec une seule station de base à travers deux secteurs différents (deux canaux radio).

### 1.7.1 Le réseau d'accès

Le réseau, appelé UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) est composé de 2 principaux constituants : le RNC (Radio Network Controller) et le Node B (antenne).

#### ▪ Le Node B :

Son principal but est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules de l'UTRAN. Une cellule étant définie par une antenne.

#### ▪ Le RNC :

Son rôle principal est le routage des communications entre les Node B et le réseau cœur. Le RNC est responsable du routage de l'abonné quand il se déplace de Node B en Node B.

### 1.7.2 Le réseau cœur

L'interfaçage entre le réseau cœur et le réseau d'accès se fait via une interface appelée IU. Ce concept de séparation permet, par exemple, l'évolution de l'interface radio sans devoir modifier la partie équipement. Le réseau cœur UMTS (3G/3G+) comprend deux domaines distincts : le domaine circuit et le domaine paquet, hérités du réseau GSM/GPRS.

- Le domaine circuit : Ce domaine comprend tous les services liés à la téléphonie :
  - Le **MSC** (Mobile-service Switching Center) est un commutateur de données et de signalisation.
  - Le **VLS** (Vendor specific Location Server) constitue une base de données reliée à un ou plusieurs MSC.
- Le domaine paquet : Ce domaine comprend tous les services liés à la commutation par paquet :
  - Le **SGSN** (Serving GPRS Support Node) est un commutateur de données et de signalisation.
  - Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) joue le rôle de passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs (Internet Public, intranet privé ...).

Les éléments communs (non représentés sur le schéma d'architecture ci-dessous) sont

:

- Le **HLR** (Home Location Register) est une base de données dans laquelle sont stockées les informations relatives à chaque abonné de l'opérateur : le numéro d'appel de l'abonné, l'identité du mobile ainsi que les informations relatives à l'abonnement.
- Le **AuC** (Authentication Center) permet d'assurer l'authentification de l'abonné et le chiffrement de la communication.

- Le AuC est interconnecté avec le HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification [3].

### 1.8 Schéma d'architecture du réseau UMTS

#### Architecture simplifiée – réseau UMTS

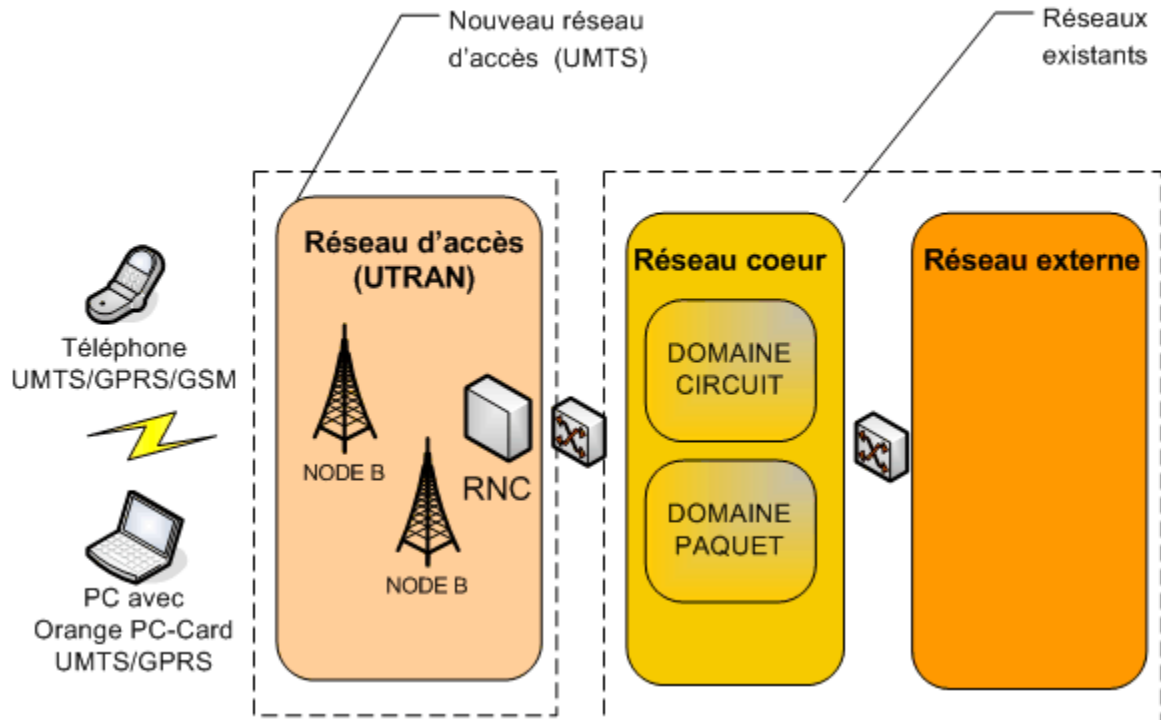


Figure I- 2: Architecture du réseau UMTS.

### 1.9 Interfaces UMTS

La figure ci-dessous représente la structure en couches des interfaces réseau de l'UTRAN, i.e., lu, lur et lub. Ce modèle est générique et s'applique à l'ensemble des interfaces. Il permet d'assurer d'une part l'indépendance des données transportées par rapport à la technologie utilisée pour le transport et d'autre part la séparation complète entre les plans usager et contrôle.

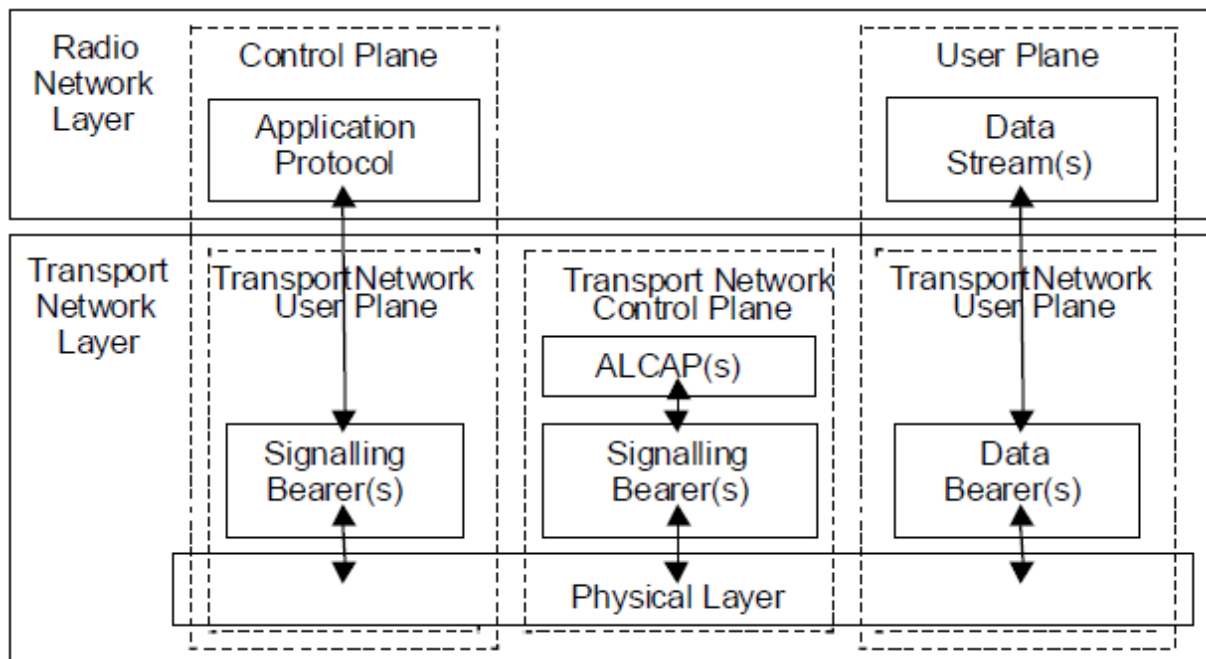


Figure I- 3: Structure en couches des interfaces réseau de l'UTRAN.

Le modèle en couche des interfaces réseau peut être décrit en fonction d'une découpe horizontale ou verticale.

La découpe horizontale fait apparaître deux couches :

- La couche de transport (transport network layer) est constituée de la couche physique (physical), des canaux de communication pour la signalisation ou les données (Signaling and Data Bearers) et de la couche ALCAP (Access Link Control Protocol Application Part) qui permet l'établissement de canaux de transmission du plan usager (data bearer).
- La couche radio (radio network layer) contenant les protocoles d'application (Application Protocol) et de données (data stream).
- Tous les aspects spécifiques à l'UTRAN ne se retrouvent que dans la couche radio alors que la couche transport utilise des technologies de transport standard non spécifique à UTRAN.

La découpe verticale fait apparaître trois plans :

- Le plan de contrôle (control plane) comprend d'une part les protocoles d'application permettant l'échange de signalisation entre les équipements de l'UTRAN et d'autre part les protocoles assurant le transport de cette signalisation (protocoles support). Parmi les protocoles d'application figurent RANAP (Radio Access Network Application Part), RNSAP (Radio Network Subsystem Application Part) et NBAP (Node B Application Part).
- Le plan usager (user plane) est le plan par lequel transigent toutes les informations échangées par l'utilisateur (voix, données). Le plan usager comprend les flux de

données (data streams) qui utilisent des protocoles support pour le transport de ces données (data bearer).

- Le plan de contrôle du transport (transport network control plane) n'est présent que dans la couche transport et donc absent de la couche radio. Il utilise le protocole ALCAP nécessaire pour l'établissement des supports de données (data bearer) pour le plan usager. Lorsqu'un message de signalisation est initié par un protocole d'application du plan de contrôle, ALCAP déclenche l'établissement d'un support de données spécifique à la technologie utilisée dans le plan usager. Ce plan n'est pas toujours présent sur les interfaces de l'UTRAN, notamment lorsque les canaux du plan usager sont préétablis.

## **2. WIMAX**

### **2.1 Introduction**

WIMAX ou Worldwide Interoperability for Microwave Access, est une nouvelle technologie émergente dans le domaine de communication qui est basé sur le standard IEEE802.16. Cette technologie est également le nom d'un forum regroupant les grands acteurs des technologies de l'information et de la communication (les industriels, les opérateurs, les équipementiers et les fournisseurs), dont l'objectif est de certifier la compatibilité et l'interopérabilité des produits WiMAX. [5]

Dans la réalité, le WiMAX ne permet de franchir que de petits obstacles tels que des arbres ou une maison mais ne peut en aucun cas traverser les collines ou les immeubles. Le débit réel lors de la présence d'obstacles ne pourra ainsi excéder 20Mbit/s.

Les premiers déploiements en WiMAX devraient permettre à des zones isolées, mal desservies par le DSL ou le câble ou souhaitant tirer profit d'une connexion sans fil, de disposer d'un accès Internet large bande. Le développement du WiMAX pourrait donc jouer un rôle important dans l'aménagement numérique du territoire.

Le débit et la portée présentent les atouts du WiMAX. Il fonctionne à 70 Mbit/s maximum théoriquement dans des conditions extrêmement favorables, 12 Mbit/s pratiquement et peut couvrir des zones de rayon allant jusqu'à 50 Km [6].

### **2.2 Historique du WiMAX**

Le WiMAX forum est le nom d'un consortium créé en 2001, notamment par Intel et Alvarion. Ce consortium a pour but de permettre la convergence et l'interopérabilité entre les différents standards de réseaux sans fils : HiperMan qui était proposé en Europe par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) et le standard développé par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) et dénommé IEEE-802.16.

Aujourd'hui, le WiMAX forum rassemble plus de 300 fournisseurs et opérateurs de télécommunication dont des entreprises bien connues comme AT&T Wireless, Intel, Fujitsu, Alcatel, Motorola, Nokia, Siemens, France Telecom [7].

La figure I-4 représente l'évolution historique du WiMAX en termes de débit et l'évolution technologique à partir de l'année où le WiMAX est approuvé jusqu'à l'apparition de la version mobile.

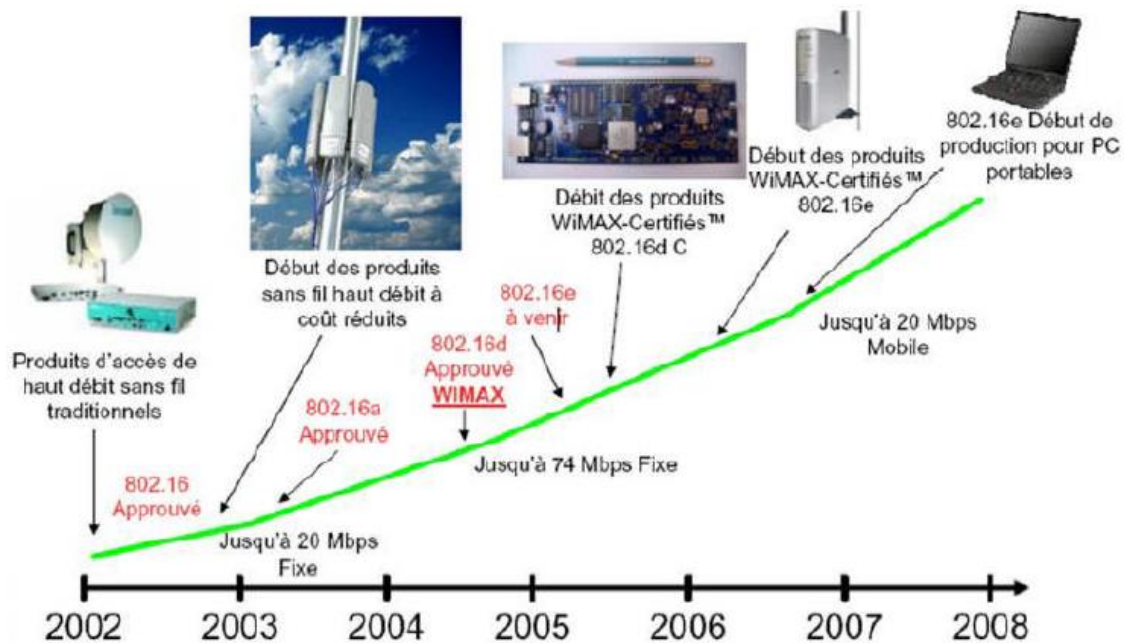


Figure I- 4: Historique du WiMAX. [8]

### 2.3 Généralité sur le réseau WIMAX

Le réseau WiMAX est basé sur différentes versions de la norme 802.16 et existe dans deux configurations fixe et mobile. La configuration fixe est utilisée pour concurrencer les technologies d'accès DSL. La configuration mobile peut concurrencer les hotspots du WiFi comme elle peut également concurrencer les réseaux cellulaires (Figure 2). Ainsi le WiMAX est considéré comme une technologie B3G (Beyond 3G) [9].



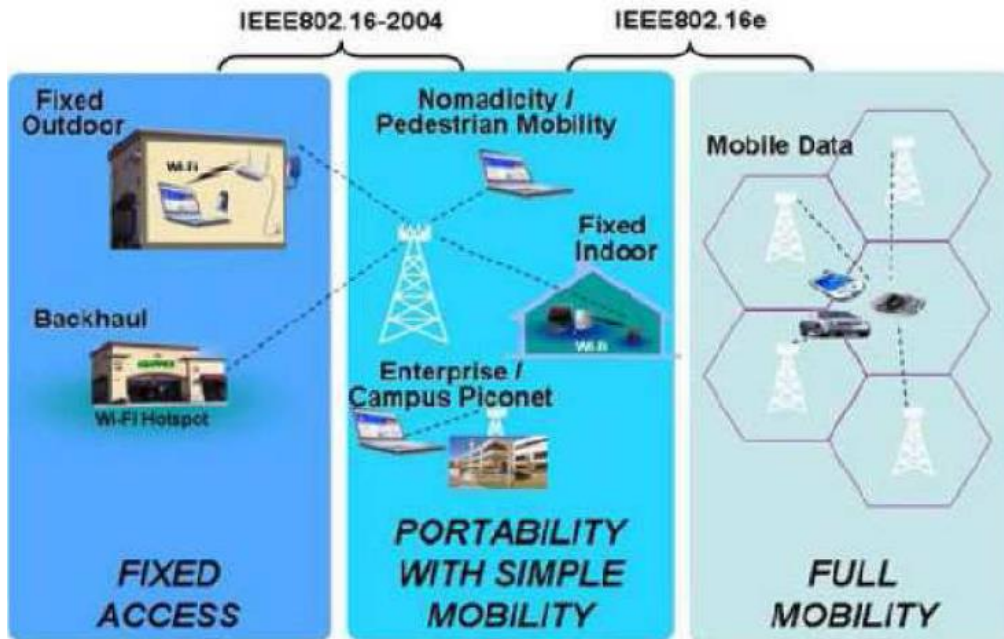


Figure I- 5: Les différentes configurations du WiMAX. [10]

### 2.3.1 Les bandes des fréquences utilisées par le WiMAX

Le standard 802.16 utilise les bandes de fréquences suivantes [11] :

- De 10 à 66 GHz : Dans ce cas le LOS (Line of Sight) est exigé, vu que la longueur d'onde est courte et le risque d'atténuation se présente. Cette bande de fréquence offre l'avantage d'avoir des débits élevés. Le type de la couche physique utilisé dans ces fréquences est le Wireless Man-SC. Celle-ci supporte les deux types de duplexage FDD et TDD.
- De 2 à 11 GHz : Le mode NLOS est supporté dans cette bande de fréquence. Ces fréquences utilisent les trois types de couches PHY, à savoir la Wireless MAN-SC, la Wireless MAN-OFDM et la Wireless MAN-OFDMA.
- 5.7 GHz : Contrairement aux autres bandes de fréquences, celle-ci n'exige pas de licence, ce qui permet d'utiliser cette technologie en toute liberté. Cependant, cette liberté d'utilisation de cette catégorie de bande fréquences cause des interférences.

### 2.3.2 Application du WiMAX

Le caractère de mobilité ainsi que les coûts d'installations réduits, ouvrent la voie à de nombreuses applications pour le WiMAX [8] :

- Offres commerciales grand public triple play : données, voix, télévision.
- Couvertures conventionnelles de zones commerciales (« hot zones ») : zones d'activité économique, parcs touristiques, centres hôteliers....
- Déploiements temporaires : chantiers, festivals, infrastructure de secours sur une catastrophe naturelle....
- Gestion de réseaux de transports intelligents.
- Zone hospitalière étendue (lieu médicalisé).

- Sécurité maritime et sécurité civile.
- Systèmes d'information géographique déportés.
- Métrologie (télémessure, pilotage à distance, relevés géophysiques...).

### 2.4 Architecture du réseau WiMAX

L'architecture de la technologie WIMAX se compose de stations de base (BS, Base Station), et des stations d'abonnés (SS, Subscriber Station). La station de base joue le rôle d'une antenne centrale chargée de communiquer et de desservir les stations mobiles qui servent les clients utilisant le WiFi ou l'ADSL [7].

Voici un exemple d'architecture générale d'un réseau d'accès à large bande représenté schématiquement par la figure I-6.

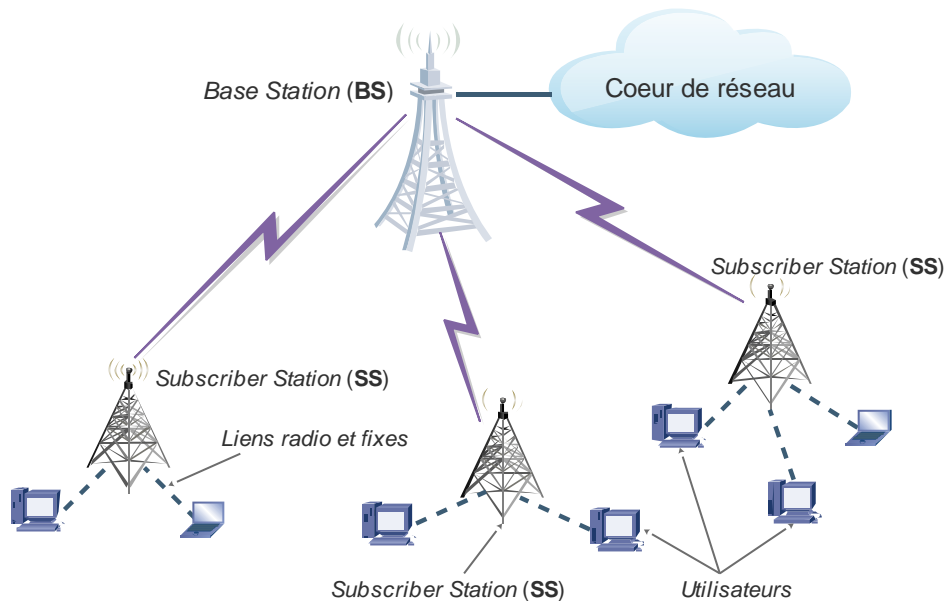


Figure I- 6: Architecture de base WIMAX. [6]

### 2.5 Fonctionnement de WiMAX

#### 2.5.1 La boucle locale

Quand on parle de boucle locale, on parle généralement des câbles qui partent du répartiteur, c'est-à-dire l'endroit situé dans le central téléphonique et où se font l'ensemble des connexions entre les abonnés et les infrastructures, jusqu'à la prise téléphonique. La boucle locale n'est pas nécessairement constituée par des câbles, elle peut également utiliser les ondes hertziennes, on parle alors de Boucle Locale Radio (BLR).

La boucle locale radio est une technologie de connexion sans fil à haut débit. Elle utilise les ondes hertziennes et peut être qualifiée de bidirectionnelle puisque la communication peut se faire dans le sens opérateur/client mais également dans le sens contraire (client/opérateur).

Le principe est simple. D'un côté, l'opérateur émet des paquets de données sous formes d'ondes radios grâce à des antennes reliées a de l'équipement spécialisé, de l'autre un client est muni d'une antenne et un modem afin de réceptionner ces paquets [12].

### 2.5.2 La fonction desserte

Le but de la desserte est de relier le client final à un réseau donné afin qu'il puisse accéder à Internet et/ou aux autres services. Pour cela, le client doit posséder un récepteur WiMAX et se trouver dans le champ d'action d'un émetteur WiMAX. La transmission entre le client et son hot spot WiMAX est dite en « non ligne de vue » (NLOS), c'est-à-dire que le client ne se trouve pas en vue directe avec l'antenne.

En effet, les bâtiments ou la végétation que l'on trouve dans les villes forcent le signal à être détourné grâce à l'utilisation de la modulation de fréquence OFDM [6].

### 2.5.3 La fonction collecte

Le standard WIMAX permet une connexion sans fil entre une station de base et des stations d'abonnés sans nécessiter une ligne visuelle (LOS ou NLOS). Dans un réseau, la collecte consiste à relier les points d'accès au backbone de l'opérateur (dorsale) assurant ainsi la connexion avec l'Internet [6].

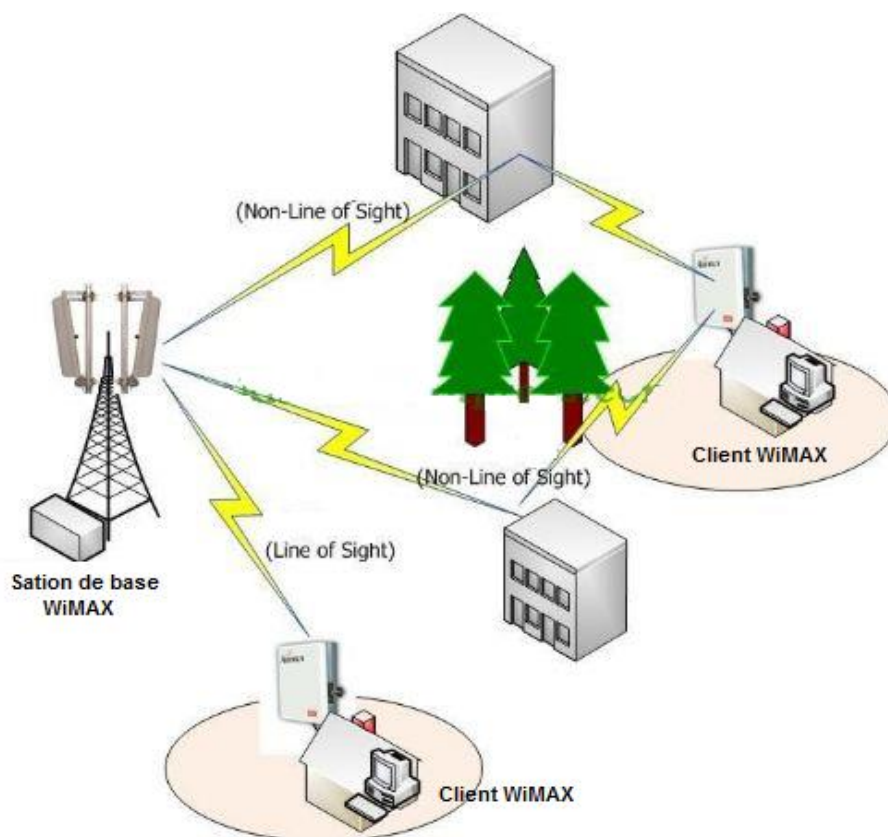


Figure I- 7: Connexions LOS et NLOS.

## 2.6 Technique de Multiplexage

- Le multiplexage par répartition orthogonal de fréquence (OFDM) : La norme 802.16-2004 utilise le multiplexage par répartition orthogonal de fréquence (OFDM). Le principe de l'OFDM est la transmission sur plusieurs fréquences orthogonales. Ce principe va diminuer la perception des interférences notamment en NLOS (Non Line Of Sight). La modulation OFDM permet de moduler en fréquence jusqu'à 256 sous porteuses. Chaque porteuse a de plus, une bande passante faible par rapport à la bande totale utilisée, ce qui provoque une grande tolérance aux problèmes de multi trajets. La figure ci-dessous représente d'une manière simple la modulation OFDM [13].



Figure I- 8: Modulation OFDM.

- L'OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) : Dans la technique OFDMA, les sous porteuses actives sont divisés en des sous ensembles de sous porteuses (subchannels). Dans le sens descendant (downlink), un subchannel peut être prévu pour différents groupes de récepteurs ; dans le sens montant (uplink), un émetteur peut attribuer un ou plusieurs subchannels, et plusieurs émetteurs peuvent transmettre simultanément. Les sous porteuses formant un seul subchannel, mais n'ont pas besoin d'être adjacents [8].

Les symboles OFDMA sont similaires à ceux de l'OFDM. Chaque symbole consiste en :

- Des sous porteuses de données (OFDM) ou des sous canaux (OFDMA) pour transporter des données.
- Des sous porteuses pilotes servant comme référence de fréquences.
- Des sous porteuses DC désignant la fréquence centrale.
- Des sous porteuses de garde pour assurer un espace entre les signaux pour éviter les interférences.

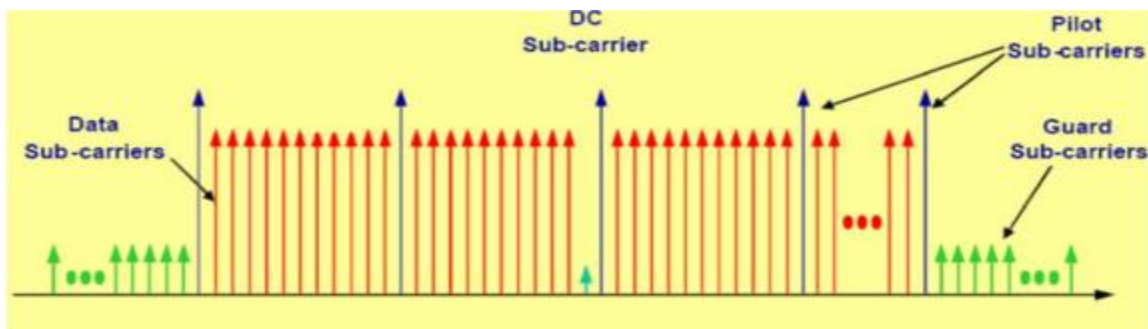


Figure I- 9: Description fréquentielle de l'OFDM.

Le symbole OFDMA est divisé en des sous canaux (subchannels), de supporter l'accès multiple, et pour une meilleure adaptation aux techniques avancées des antennes. Pour le downlink on dispose de deux modes d'utilisation des subcanaux :

- FUSC (Full Usage of Subchannels)
- PUSC (Partial Usage of Subchannels)

Pour l'uplink, on fait la permutation premièrement (partition en des subcanaux), ensuite on fait l'attribution des porteuses pilotes et des porteuses données dans chaque subchannel. D'autres types de permutation peuvent être aussi utilisées, dont on peut citer l'AMC (Advanced Modulation and Coding) et le TUSC (Tile Usage of Subchannels). Un slot dans l'OFDMA est la plus petite unité d'allocation des données possible. Pour qu'il soit bien défini, il exige les 2 dimensions : temps et subcanaux.

La définition des slots OFDMA dépend de la structure du symbole OFDMA, qui varie pour l'uplink et le downlink, pour le FUSC et le PUSC, et pour les permutations des sous porteuses. Par exemple si on utilise le mode PUSC pour l'uplink avec une certaine permutation, le slot utilisé est égal à 1 subchannel x 3 symboles OFDM [8].

### 2.6.1 Modulation adaptative

L'utilisation de la modulation adaptative permet à un système sans fil de choisir la modulation d'ordre le plus élevé selon les conditions du canal. On peut voir une évaluation générale des conditions du canal requis pour différentes techniques de modulation. A mesure que l'on augmente la portée, on dégrade vers le bas aux modulations inférieures (c.-à-d., BPSK), mais en tant que tu es dans un environnement indoor étroit tu peux utiliser des modulations d'ordre supérieur comme la QAM pour augmenter le débit. En outre, la modulation adaptative permet au système d'éliminer l'interférence d'évanouissement et autres [13].

La figure I-10 représente un schéma de modulation adaptative :



Figure I- 10: Modulation adaptative.

### 2.6.2 Techniques de Duplexage

Le duplexage est le processus utilisé pour créer des canaux bidirectionnels pour la transmission des données en uplink et downlink, sachant que le multiplexage utilisé est du type TDM (Time Division Multiplexing). Le standard 802.16 2004 supporte 2 techniques de duplexage [8].

- Le mode duplex TDD :

En mode TDD, la trame est séparée en deux sous-trames successives (figure 9), la première pour le lien descendant et la seconde pour la voie montante. La durée totale d'une trame est constante et est comprise entre 2 et 20 ms (la durée est fixée par l'opérateur lors de la mise en place du réseau). Cependant le ratio entre la partie descendante et montante est adaptatif en fonction du trafic sur le réseau. Ce partage de la trame entre les deux voies est paramétré au niveau des couches réseaux.

Des temps de transitions sont nécessaires entre les changements d'états (montant et descendant) pour permettre aux équipements de passer du mode d'émission au mode de réception et inversement. Ces temps sont appelés respectivement TTG (Transmit Transition Gap) et RTG (Receive Transition Gap) et ne sont pas forcément de durée égale [6].

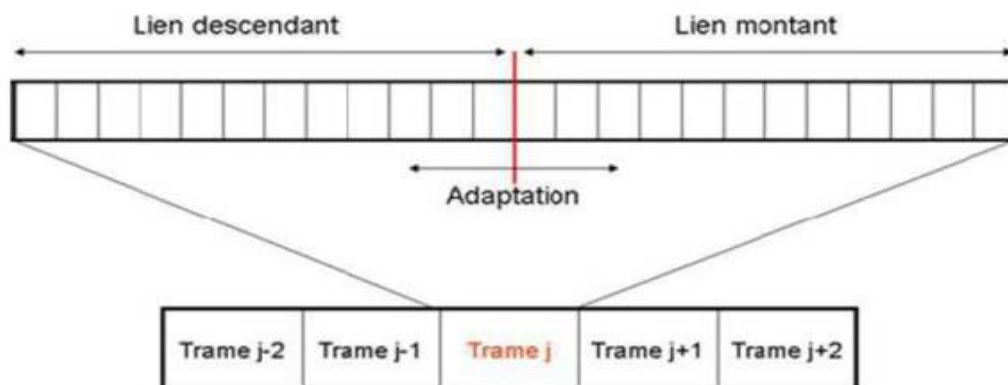


Figure I- 11: Le duplexage TDD. [10]

- FDD (Frequency Division Duplexing)

Le FDD est un duplexage fréquentiel. La voie montante et descendante utilise les mêmes intervalles de temps mais avec des fréquences séparées (Figure 10) [9]. Deux types de duplexage FDD sont prévus dans 802.16-2004 [8] :

- FDD full-duplex : une full-duplex SS (Subscriber Station) est capable d'écouter continuellement le canal downlink, ce qui lui permet de transmettre et de recevoir simultanément.
- FDD half-duplex : une half-duplex SS peut écouter le canal downlink seulement lorsqu'elle ne transmet pas sur le canal uplink, donc elle n'est pas capable de transmettre et de recevoir simultanément. Une half-duplex SS est moins

couteuse, moins complexe qu'un full duplex SS, mais elle n'a pas la même efficacité qu'une full-duplex SS.

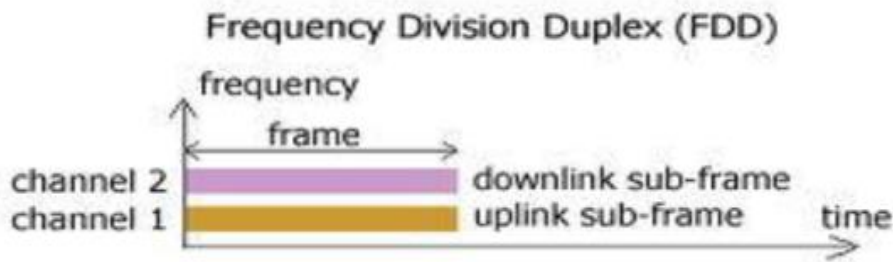


Figure I- 12: Le duplexage FDD. [7]

## 2.7 Les topologies WiMAX

Deux topologies peuvent être définies pour un réseau WIMAX : La topologie en étoile ou Point-Multi-Points (PMP), et la topologie maillée.

### 2.7.1 Le Mode PMP (Point-Multi-Point)

Il s'agit du mode de communication de base pour le 802.16. Comme son nom l'indique, il s'agit d'une transmission d'un point central vers plusieurs points dans le réseau, ce concept est présenté dans la Figure I-13. Dans cette configuration, le lien descendant DL (Down Link), depuis la BS (Base Station) vers l'utilisateur SS (Subscriber Station) fonctionne en mode PMP : la BS est l'élément qui contrôle les transmissions dans sa zone de couverture sans coordination avec les autres stations (BS ou SS).

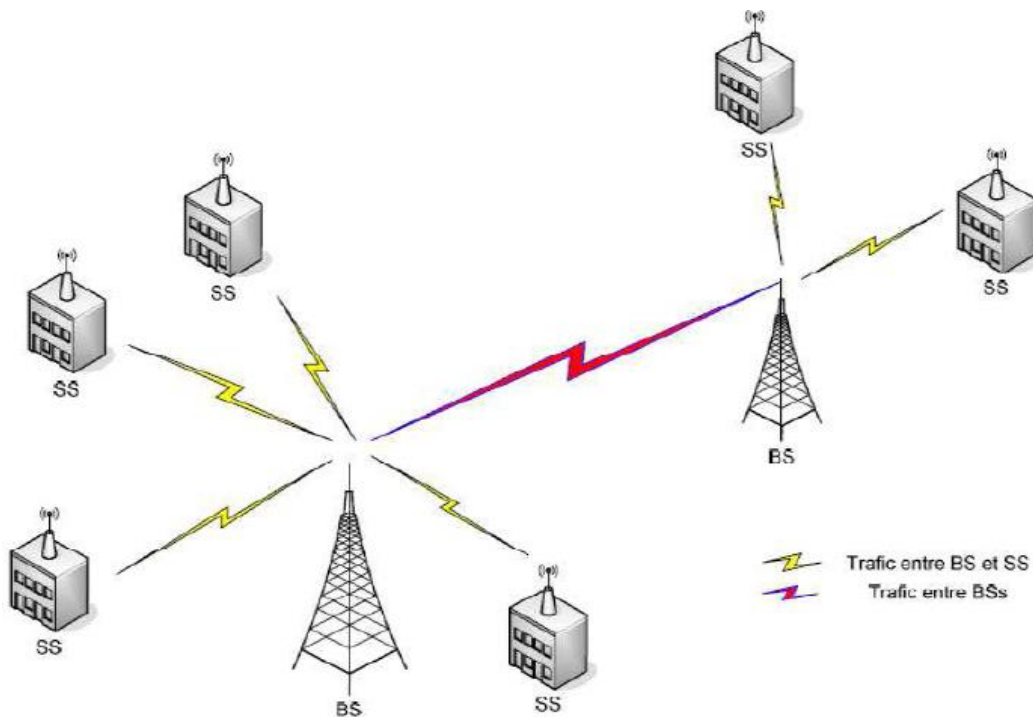


Figure I- 13: Le mode PMP du WiMAX.

### 2.7.2 Le mode Mesh

La différence majeure entre le mode PMP et le mode Mesh est détaillée dans ce qui suit, En mode PMP, le trafic se fait uniquement depuis ou vers la BS, alors que dans le cas du Mesh, les SS peuvent communiquer directement entre elles sans passer par la BS.

Pour assurer le bon fonctionnement de ces deux types de communications, un mécanisme d'ordonnancement est nécessaire. L'ordonnancement peut être distribué ou centralisé au niveau de la BS, on parle dans ce dernier cas de topologie Mesh BS, ou bien être une combinaison des deux.

Contrairement au mode PMP, où la BS était la seule entité qui contrôle et initie les transmissions, dans le mode Mesh, le processus est géré de façon coordonnée entre les Mesh SS et la Mesh BS. En effet, les Mesh SS peuvent également transmettre au même titre que la Mesh BS.

Dans le cas d'un ordonnancement centralisé, les ressources sont distribuées d'une manière centralisée. En effet, la Mesh BS doit gérer toutes les requêtes de ressources provenant des Mesh SS saut-par-saut, la Mesh BS gère les requêtes du premier saut et puis du second etc. La Mesh BS détermine les ressources requises pour chaque lien, en Up Link ou en Down Link. Elle transmet ensuite l'information à tous les nœuds [13].

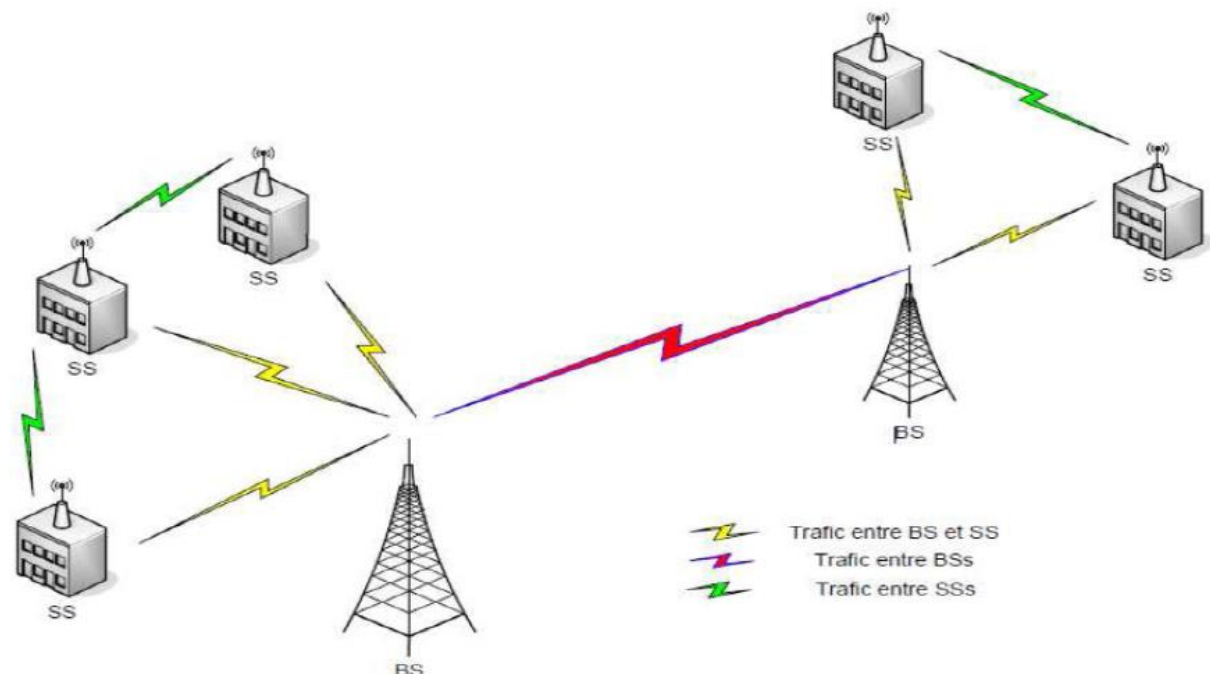


Figure I- 14: Le mode mesh du WiMAX.



### 2.8 WiMAX mobile

Le WiMAX mobile (Standard IEEE 802.16e) est la version qui apporte la mobilité au WiMAX fixe tout en restant interopérable avec celui-ci. A partir d'une station de base (BS) vers des clients mobiles (MS) se déplaçant à moins de 120 km/h en passant d'une antenne à l'autre, l'IEEE 802.16e prévoit la transmission de données à des débits allant jusqu'à 30 Mb/s sur une zone de couverture d'un rayon inférieur à 3.5 km.

Pour bénéficier des services de cette technologie, les équipements mobiles devront intégrer un composant dédié. Au niveau de l'interface physique, IEEE 802.16e utilise la méthode d'accès « OFDMA » (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) qui permet d'adapter les canaux de manière dynamique [14].

#### 2.8.1 L'architecture du WiMAX mobile

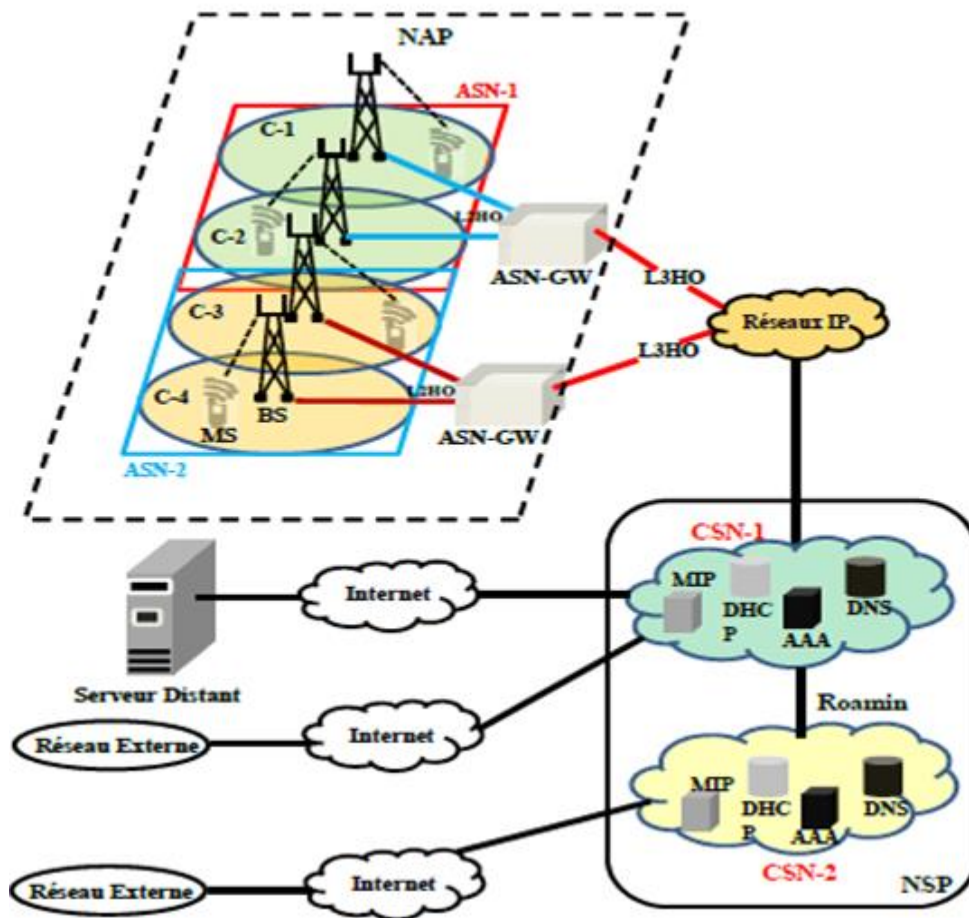
L'architecture du WiMAX est composée de terminaux mobiles (MS) qui communiquent via un lien radio avec une station de base (BS) qui joue le rôle d'un relais avec une infrastructure terrestre fondée sur le protocole IP. Les BSS sont connectées à un élément du réseau appelé « ASN-GW » utilisé comme passerelle (Gateway) pour gérer le raccordement des BSS avec le réseau IP. L'IEEE 802.16e est composé aussi du NAP (Network Access Provider) qui est l'entité responsable de fournir l'infrastructure nécessaire pour l'accès radio à un ou plusieurs fournisseurs de services. Elle contrôle un ou plusieurs ASN (Access Service Network) qui est formée d'une ou plusieurs BS, et d'un ou plusieurs ASN-GW.

La dernière composante de l'IEEE 802.16e est le NSP (Network Service Provider). Cette entité fournit l'accès au réseau IP et offre aux abonnés l'accès aux services réseau. Le NSP Contrôle un ou plusieurs CSN (Connectivity Service Network) qui est le cœur du réseau WiMAX. Les fonctions des différents éléments formant l'architecture du réseau WiMAX mobile sont décrites ici [14] :

- **Network Access Provider (NAP)** : Une entreprise qui fournit l'infrastructure d'accès radio à un ou plusieurs fournisseurs de services de réseau.
- **Network Service Provider (NSP)** : Une entité qui fournit la connectivité IP et les services réseau aux abonnés compatibles avec le niveau de service établi.
- **Connectivity Serving Network (CSN)** : Représentation logique des fonctions du NSP, par exemple :
  - Raccordement à Internet.
  - Authentification, autorisation et gestion de l'adresse IP et la QoS.
- **Access Serving Network (ASN)** : Représentation logique des fonctions du NAP, exemple :
  - Interface d'entrée au réseau 802.16.
  - Gestion des ressources radio et contrôle d'admission ainsi la mobilité. Elle contient une ou plusieurs stations de bases responsables de la communication avec les abonnés, et un ou plusieurs ASN-GW qui constituent une passerelle qui assure la connexion des BSS avec le CSN.

- **ASN Gateway (ASN GW)** : Il sert à représenter une agrégation du plan de contrôle des entités fonctionnelles avec la fonction correspondante dans l'ASN ou la fonction résidente dans le CSN, ou une autre fonction dans l'ASN.
- **La station de base** : Située dans l'ASN et responsable de la communication sans fil avec les abonnés.
- **Les terminaux d'abonnés** : Sont des équipements spéciaux équipés d'une carte WiMAX qui permet la communication avec ce réseau. Ils sont situés dans la zone de couverture d'une BS pour pouvoir communiquer avec cette dernière.

L'architecture de l'IEE 802.16e est illustrée ci-dessous :



- Cellules appartenant à ASN-1.
- Cellules appartenant à ASN-2.
- Zone de Handover entre les deux cellules appartenant à ASN-1.
- Zone de Handover entre les deux cellules appartenant à ASN-2.
- Zone de Handover entre les deux cellules appartenant à ASN-1 et ASN-2

Figure I- 15: Architecture du WiMAX mobile.

### ***3. conclusion***

L'**UMTS** est identifié à la troisième génération des réseaux cellulaires normalisés par le **3GPP** (3rd Generation Partnership Project). Deux des bandes de fréquences autorisées sous licence, la bande de 1,885 à 1,980 GHz et celle de 2,110 à 2,170 GHz, emploient l'accès multiple à large bande par division de code **WCDMA** (Wide-band Code Division Multiple Access) comme méthode de modulation des porteuses et comme solution intégrée pour les données et la voix mobile, avec une large couverture géographique et avec des débits décroissants pour des vitesses de déplacement croissantes. Ce système permettait lors de son lancement au début des années 2000, des débits théoriques de l'ordre de 384 Kb/s dans des situations de mobilité pour atteindre les 2 Mb/s dans des environnements stationnaires et ce pour une largeur de canal de 5 MHz. Depuis, les technologies **HSDPA** (High Speed Downlink Packet Access) et **HSPA+** ont augmenté les performances de l'UMTS pour atteindre des débits théoriques de 42 Mb/s (en liaison descendante).

Dans le chapitre suivant nous allons présenter le handover

# Chapitre II : Handover

### **1. Introduction**

Le principal défi des réseaux mobiles est d'assurer la continuité du service et la qualité exigée par l'usage qui est en déplacement. Ceci passe nécessairement par une gestion efficace des opérations et fonctions de base telles que le handover, la gestion de la localisation et la gestion de fréquence.

### **2. Définition**

Le handover est un mécanisme fondamental dans la communication cellulaire. Il représente l'ensemble des opérations mises en œuvre permettant à une station mobile de changer de cellule sans interruption de service. Le processus consiste à ce qu'un terminal mobile maintienne la communication en cours, lors d'un déplacement qui amène le mobile à changer de cellule. En effet, en entrant dans un secteur qui fournit un meilleur raccordement par une nouvelle BTS, l'ancienne doit être libérée et la nouvelle connexion doit être établie. Il y a plusieurs raisons pour lesquelles des handovers doivent être exécutés. D'une façon générale les handovers sont nécessaires quand le raccordement n'est plus satisfaisant. Les raisons les plus communes pour qu'un handover(HO) soit exécuté est dû au manque de qualité du signal ou du niveau du trafic pour une station de base[19].

### **3. Qualité de signal**

Si la qualité de signal diminue au-dessous d'un certain niveau (le rapport de signal/bruit qui indique par le système) le handover sera exécuté. La puissance du signal est constamment mesurée par le mobile et la station de base.

### **4. Le trafic**

Une cellule peut atteindre un certain niveau de charge a un moment donne, en effet quand la qualité du trafic dépasse le niveau maximum de la capacité d'une cellule, les utilisateurs de cette cellule sont remis à une autre cellule qui a une capacité plus disponible. De cette façon les ressources radio sont utilisées d'une façon uniforme. Les handovers sont également Adaptés au comportement de l'utilisateur mobile.

D'une façon générale lorsqu'un utilisateur se déplace uniformément, le nombre de handovers augmentera avec l'augmentation de la vitesse [20].

### **5. Mécanisme de Handover**

Le mécanisme de handover vise à maintenir une qualité de communication acceptable entre le mobile et le réseau tout. En minimisant le niveau d'interférence global. Cet objectif

est atteint en appliquant de la part du mobile un changement de(s) canal (canaux) fréquentiel(s) et/ou de cellule. Le déplacement du mobile est la principale cause de déclenchement de ce mécanisme. Les performances de la procédure de handover jouent un rôle particulièrement important dans la qualité de service offert à l'abonné. En effet, deux des indicateurs importants de la qualité de service sont la probabilité de rejet d'appel et la probabilité d'interruption d'appel.

### **5.1 Principales fonctions de Handover**

- Permettre aux utilisateurs de se déplacer pendant un appel.
- Poursuite de la communication en évitant la rupture du lien mobile-réseau.
- Equilibrage de trafic entre cellules.
- Maintien d'une qualité acceptable pour l'utilisateur en cas d'arrivée d'interférence ;
- Optimiser l'utilisation des ressources radio ;
- Minimiser la consommation d'énergie des mobiles [21].

### **5.2 Principe de base du Handover**

Pendant la communication le lien radio est mesuré et évalué périodiquement. La détection d'une station anormale déclenche une alarme de contrôle de station de base vers le commutateur du service mobile (contrôleur de station de base). A la réception de cette alarme, le commutateur identifie une nouvelle cellule et/ou un nouveau canal : s'il en trouve alors il déclenche un handover, sinon, la communication continue sur le même canal et des handover sont périodiquement tentés. Après un handover réussi, l'ancien canal est libéré [22].

### **5.3 Les procédures d'exécutions du Handover**

Le mécanisme de Handover est proactif lorsque tout ou partie de la phase d'exécution peut être préparée avant le changement effectif du point d'attachement. Il sera réactif lorsque l'ensemble des phases sont effectués après. Nous avons deux grandes catégories de handover suivant ce qui se déroule au niveau liaison (handover L2) ou au niveau réseau (handover L3), dont plusieurs types sont possibles.

#### **5.3.1 Le soft handover**

Soft handover se produit lorsque le mobile est dans la zone de chevauchement de deux cellules. Il permet à un mobile d'utiliser plus d'un lien radio pour communiquer avec le réseau fixe. Cette procédure permet de diminuer le taux d'échec de handover aux bords des cellules et améliore significativement la qualité de signal. Le déclenchement de ce type de handover se fait en se basant sur les mesures effectuées par le mobile sur les canaux pilotes des différentes stations de base. Le soft handover correspond au cas où les deux liens radio sont contrôlés par des stations de bases différentes (voir la figure) [28].

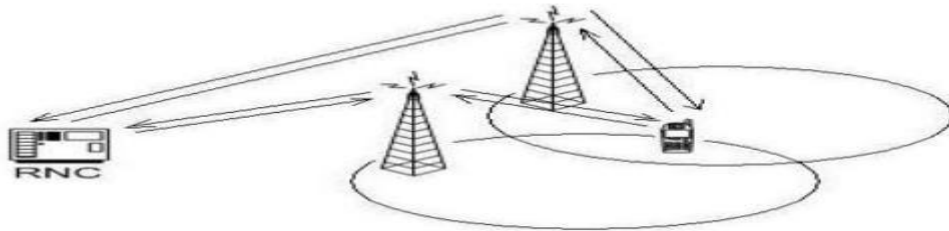


Figure II- 1: Le Mécanisme de Soft Handover.

▪ Caractéristiques du soft handover :

- Qualité de service offerte à l'usage ;
- Charge élevée au niveau de réseau ;
- Charge élevée sur l'interface radio (système CDMA et 3eme génération (UMTS)).

**5.3.2 Le hard handover**

Le hard handover consiste à libérer l'ancienne connexion avant qu'une nouvelle connexion radio entre le mobile et le réseau soit établie. Ce type de handover est utilisé dans les réseaux GSM, ou dans chaque cellule on a des fréquences différentes. Un mobile qui passe dans une nouvelle cellule provoque la rupture de l'ancienne connexion avant qu'une nouvelle connexion utilisant une autre fréquence soit établie dans la cellule visitée. Le déroulement de la procédure de Hard handover se compose de trois phases : la préparation, l'exécution, la libération des anciennes ressources utilisées. Il existe deux autres types de handover :

- Le Hard Handover inter-fréquences qui permet à un terminal mobile de passer d'un spectre de fréquence à un autre ;
- Le Hard Handover inter-systèmes qui permet au terminal mobile de passer d'un système à un autre (voir la figure).

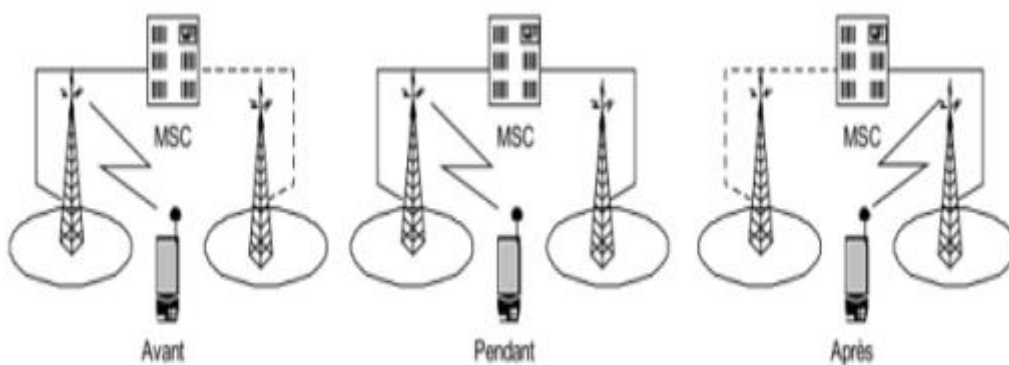


Figure II- 2: Le Mécanisme de Hard Handover.

▪ Caractéristique du Hard Handover :

- Un seul radio à la fois.
- Légère interruption de la communication (GSM) [29].

### 5.4 Les différents Handovers

1 : Handover Intra-cellulaire. 2 : Handover Intra-BSC. 3 : Handover Intra-MSC. 4 : Handover Inter-MSC. 5 : Handover Inter-Réseau.

- handover Intra-BSC : le nouveau canal est attribué à la MS dans la même cellule ou une autre cellule gérée par la même BSC.
- handover Intra-MSC : le nouveau canal est attribué à la MS mais dans une cellule gérée par un autre BSC, lui-même étant géré par le même MSC.
- handover Inter-MSC : le nouveau canal est attribué dans une cellule qui est gérée par un autre MSC.
- handover inter-Système : un nouveau canal est attribué dans un autre réseau mobile que celui qui est en charge de la MS (exemple entre un réseau GSM et un réseau UMTS).

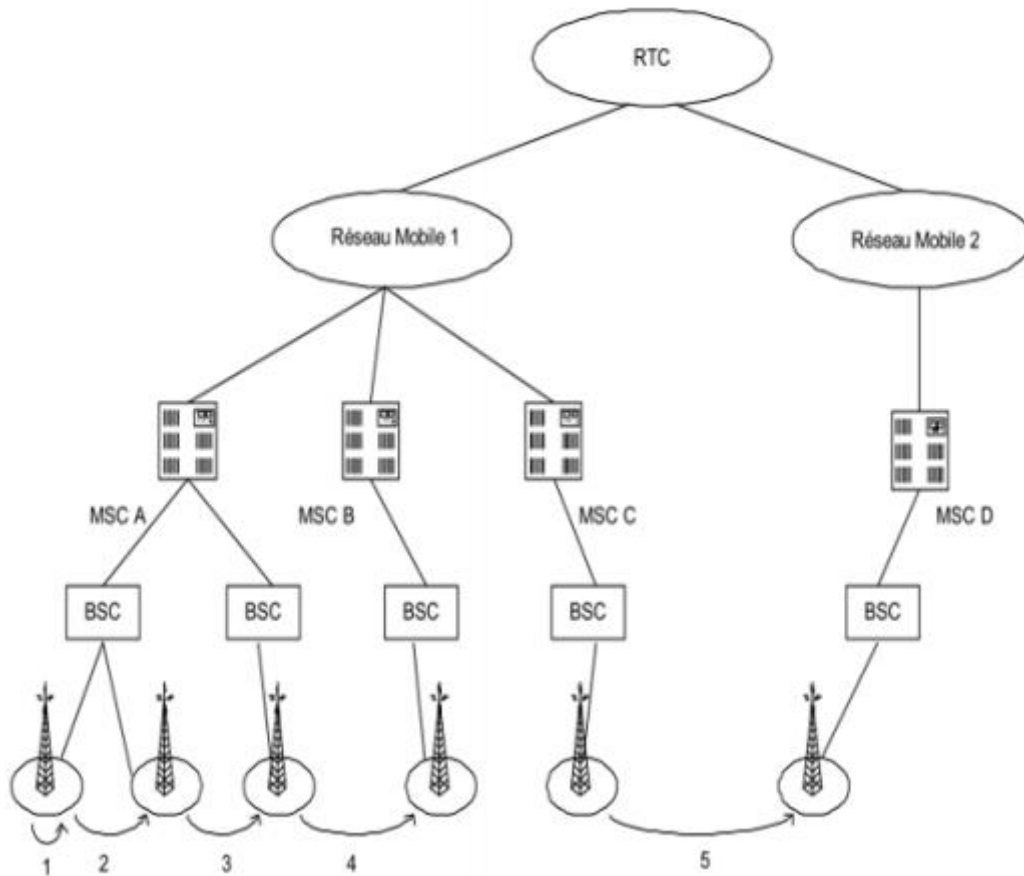


Figure II- 3: Les Différents Handovers.

## 6. Processus du Handover



Quelque soit les raisons qui poussent un nœud mobile à quitter son réseau courant pour aller sur un nouveau réseau (Handover), ce processus doit être imperceptible pour l'utilisateur. Le temps de latence du Handover (temps entre déconnexion et reconnexion) ne devrait pas dépasser un certain seuil limite, sinon, on aboutit à une détérioration de la qualité du service surtout pour les applications temps réel. Pour atteindre cet objectif, le processus de Handover se fait à travers 3 phases (cf. Figure 3).

▪ Phase I : Initiation du Handover et collecte d'informations :

Un processus de Handover doit commencer quand un nœud mobile a le besoin de quitter son point d'attachement au réseau courant pour aller se connecter sur un autre réseau où la qualité de service sera meilleure. Généralement, la raison peut être une faible puissance du signal ou bien une valeur d'un ou de plusieurs paramètres de qualité de service qui tombent en dessous d'un certain seuil. Durant cette phase, le nœud mobile scanne, d'une façon continue, les réseaux dans son entourage en collectant les informations nécessaires de chacun. Ces informations sont indispensables pour la phase de sélection du réseau. Parmi ces informations, nous trouvons celles qui sont reliées au réseau comme le rayon de couverture du réseau, le taux de perte des paquets, la bande passante, Bit Error Ratio (BER), Signal to Interference Ratio (SINR), etc. D'autres informations sont reliées plutôt au mobile, comme la puissance du signal, la durée de vie de la batterie, la vitesse du mobile (cf. Tableau II-1)

Protocole Utilisé pour HO	Niveau de la couche	Paramètres Significatifs
Session Initiation Protocol (SIP)	Couche Application	- Préférence utilisateurs

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alerte de sécurité</li> <li>- Information sur le contexte</li> <li>- Paramètre de QoS</li> </ul>
Media Independent Handover (MIH)	Entre la couche Liaison et la couche Réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance du signal</li> <li>- Paramètre de la sous couche MAC</li> <li>- Autre paramètres qui peuvent être extraits des services MIH comme le MIES, MICS et MIIS.</li> </ul>
Stream Control Transmission Protocol (SCTP)	Couche Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La charge réseau (Load)</li> <li>- Topologie du réseau et information sur le routage</li> </ul>
Mobile IP et ses variantes (MIPv4, MIPv6, FMIPv6, HMIPv6)	Couche Réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agent externe disponible</li> <li>- Configuration réseau et pré- authentification</li> </ul>
Fast Base Station Switching (FBSS)	Couche Liaison	<ul style="list-style-type: none"> <li>- État des liens</li> <li>- Paramètres des liens</li> <li>- Condition d'accès radio</li> </ul>
Cross- Layer	Peut-être à différents niveaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paramètre de QoS</li> <li>- Authentication</li> <li>- Puissance du signal</li> </ul>

*Tableau II- 1: Initiation du Handover et collecte d'informations*

▪ Phase II : Sélection du réseau destination :

Durant cette phase, les informations qui ont été collectées de la phase précédente vont être compilées pour arriver à prendre une décision et choisir un réseau parmi plusieurs disponibles dans l'environnement du nœud mobile. Le mécanisme des élection d'un nouveau réseau est laissé au libre choix de l'utilisateur. L'implémentation du MIH par NIST dans NS implémente un algorithme basé sur un seul paramètre (la puissance du signal). Dans la littérature, plusieurs sortes de solutions ont été proposées : certaines proposent une approche basée les algorithmes et d'autres s'appuient sur les principes de la logique floue.

▪ Phase III : Exécution du Handover :

Dans la phase précédente, nous avons choisi le réseau auquel le nœud mobile doit se connecter. Durant cette phase, l'exécution de la coupure des liens avec l'ancien réseau et la

connexion avec le nouveau réseau est réalisée. Cette exécution peut se faire selon l'un des 4 cas suivant :

- Décision contrôlée par le réseau (Network Controlled Handover Decision, NCHO) habituellement utilisé par les opérateurs pour répartir les charges réseaux.
- Décision contrôlée par le mobile (Mobile Controlled Handover Decision, MCHO).
- Handover initié par le réseau et assisté par le mobile (network initiated but Mobile Assisted Handover, MAHO)
- Handover initié par le mobile et assisté par le réseau (mobile initiated but Network Assisted Handover NAHO).

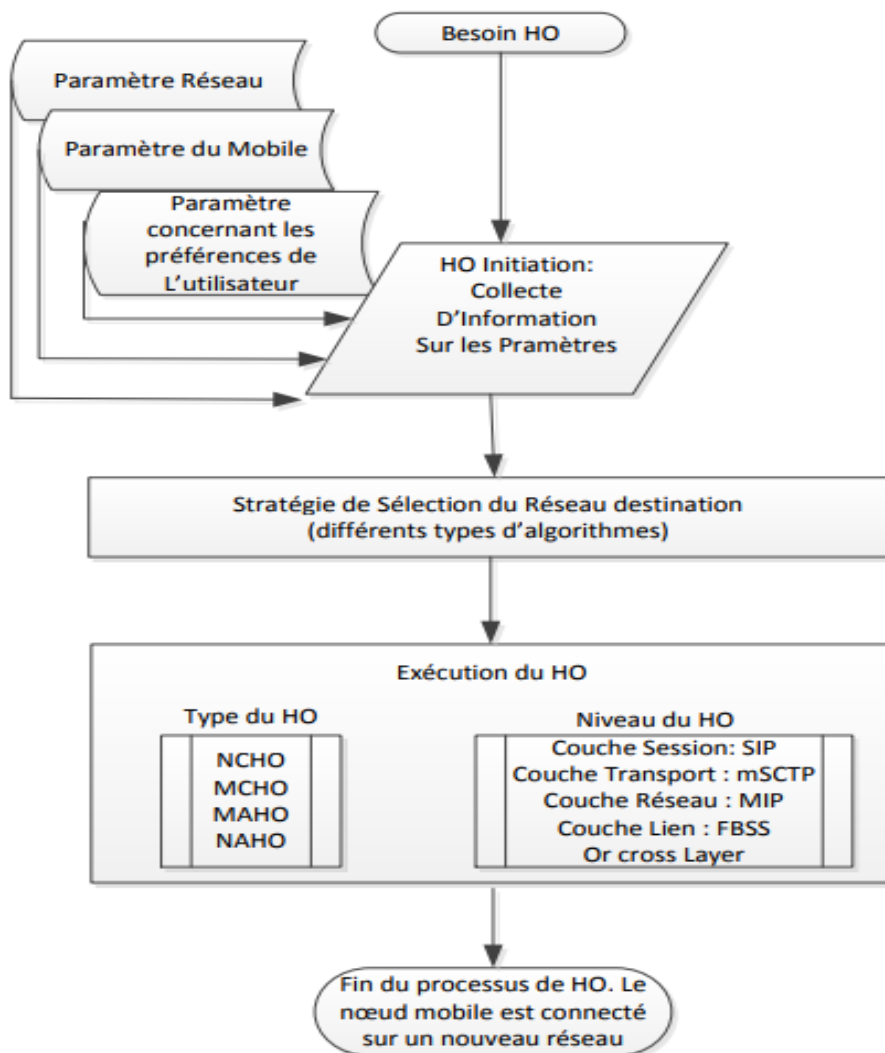


Figure II- 4: Processus du Handover

## Conclusion

La convergence entre les réseaux de données sans fil et les réseaux cellulaires permet a un utilisateur mobile, qui cherche a améliorer la qualité de service de migrer d'un réseau a un autre. Un tel environnement est appelé environnement hétérogène car il est formé de plusieurs réseaux de types différents.

Le fait de quitter un réseau pour un autre s'appelle le processus du handover. Le processus du handover devrait se faire d'une façon transparente pour l'utilisateur

Dans le prochain chapitre on va voir et analyser les résultats de la simulation

# Chapitre III : Descriptions de l'application

### 1. Introduction

Ce chapitre contient les résultats de simulation de scénario et l'influence des métriques utilisées dans l'exécution de handover vertical entre les réseaux UMTS et WiMAX avec des différentes applications : TCP, UDP, voix, vidéo et différents nombres des nœuds mobiles : 5, 20, 50.

### 2. Présentation du NS2

NS est un outil logiciel de simulation de réseaux informatiques. Il est essentiellement élaboré avec les idées de la conception par objets, de la réutilisation du code et de modularité. Il est aujourd'hui un standard de référence en ce domaine, plusieurs laboratoires de recherche recommandent son utilisation pour tester les nouveaux protocoles.

Le simulateur NS actuel est particulièrement bien adapté aux réseaux à commutation de paquets et à la réalisation de simulations de grande taille (le test du passage à l'échelle). Il contient les fonctionnalités nécessaires à l'étude des algorithmes de routage unicast ou multicast, des protocoles de transport, de session, de réservation, des services intégrés, des protocoles d'application comme FTP. A titre d'exemple la liste des principaux composants actuellement disponibles dans NS par catégorie est :

- Application : Web, ftp, telnet, générateur de trafic (CBR...);
- Transport : TCP, UDP, RTP, SRM ;
- Routage unicast : Statique, dynamique (vecteur distance) ;
- Routage multicast : DVMRP, PIM ;
- Gestion de file d'attente : RED, DropTail, Token bucket.

### 3. Topologie et scénario du système à simuler

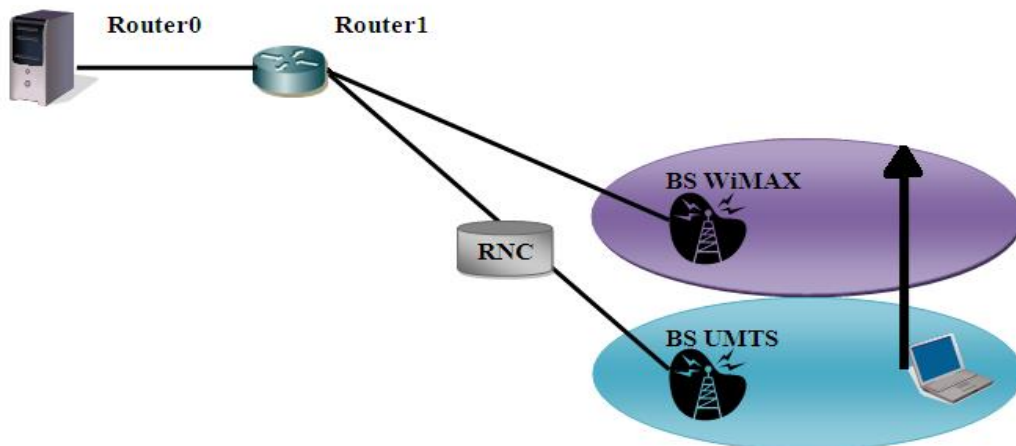


Figure III- 1:: scénario de simulation.

On suppose un router qui supporte les technologies Ethernet, WIMAX, UMTS. Le mobile établit une connexion avec le router0.

Pour évaluer les performances du handover de ce scénario, on a choisi les applications suivantes :

- Application TCP (les données);
- Application UDP (les données) ;
- La vidéo ;
- La voix.

### 4. Analyse des performances de handover vertical

#### 3.1 TAUX DE PAQUETS PERDUS (TCP)

Les figures ci-dessous montre l'évolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses et pour des nombres des nœuds différents.

POUR 5 NŒUDS :

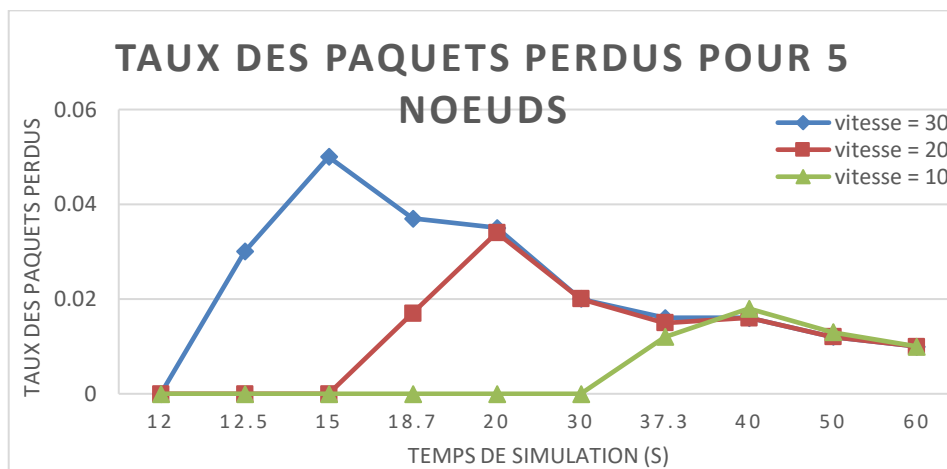


Figure III- 2: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 5 nœuds.

POUR 20 NŒUDS :

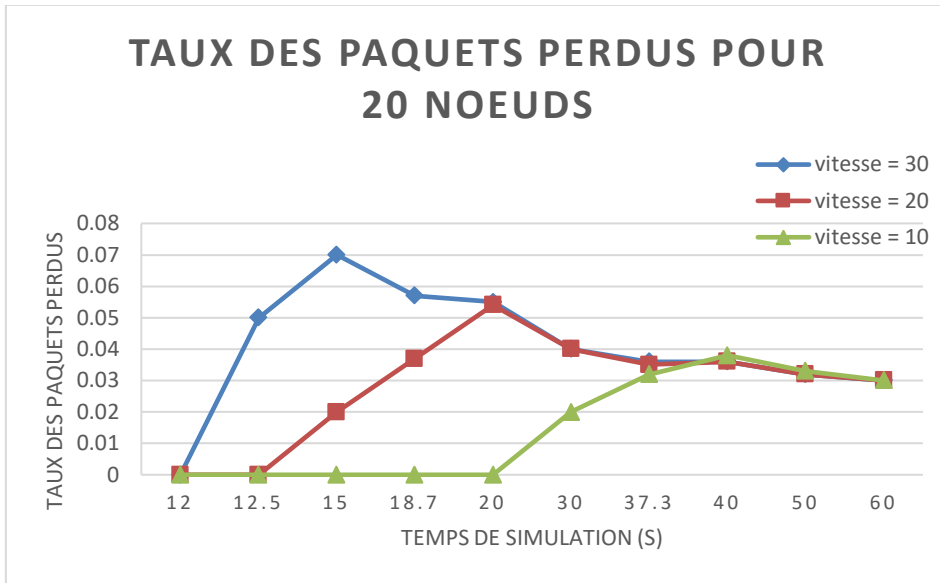


Figure III- 3: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 20 nœuds.

POUR 50 NŒUDS :

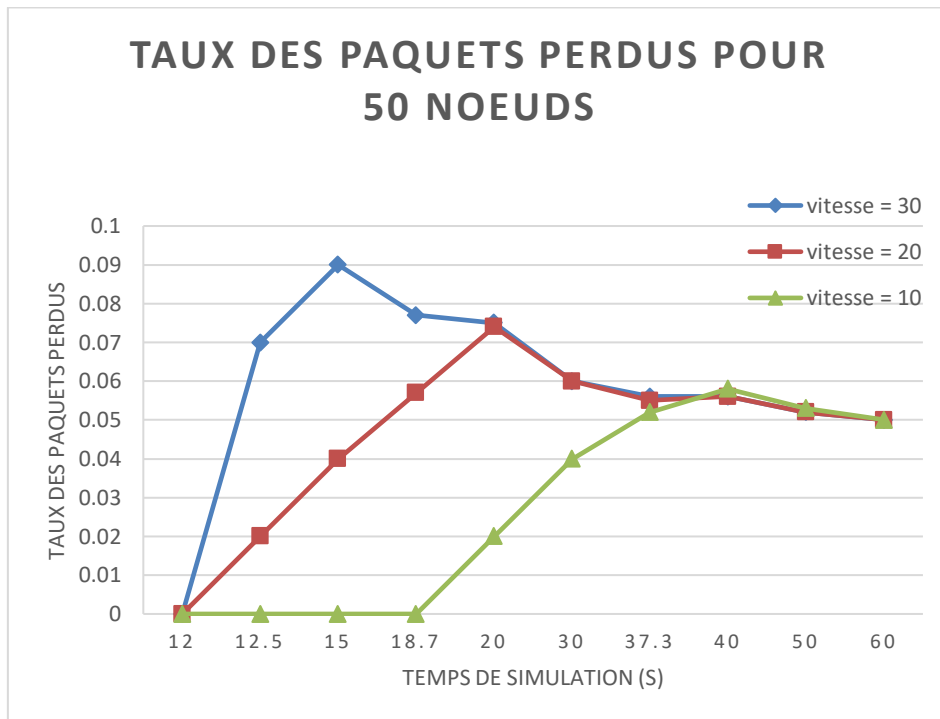


Figure III- 4: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 50 nœuds.

- D'après les trois figures précédentes on remarque qu'au moment de handover le taux des paquets perdus augmente.
- D'après la simulation on observe que plus on augmente la vitesse des mobiles, on perd plus de paquets.
- Plus on augmente les nombres des mobiles plus le taux de paquets perdus augmente.



### 3.2 Délai moyen de transmission (TCP)

Les figures présentent l'évolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour plusieurs nombres des nœuds mobiles.

5nœuds :

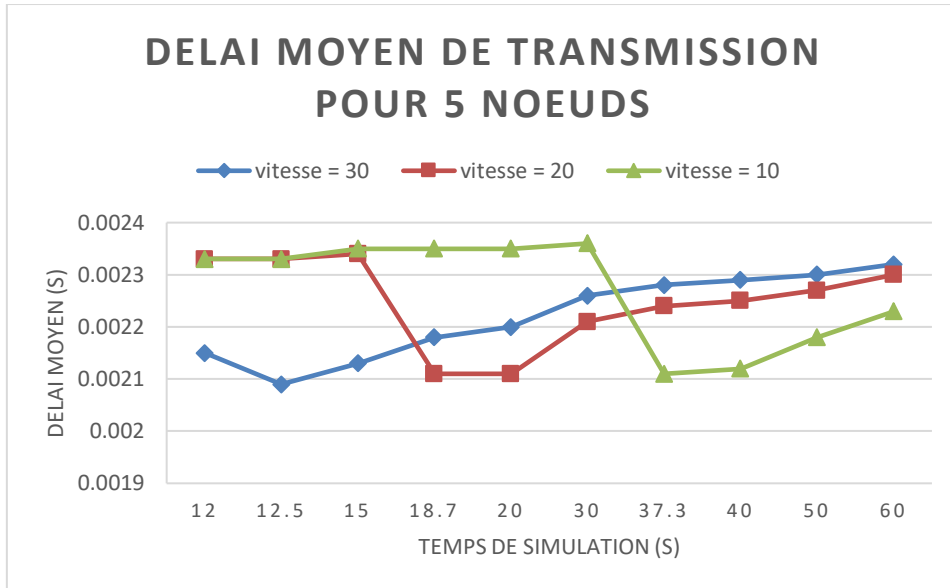


Figure III- 5: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour 5 nœuds.

Pour 20 nœuds :

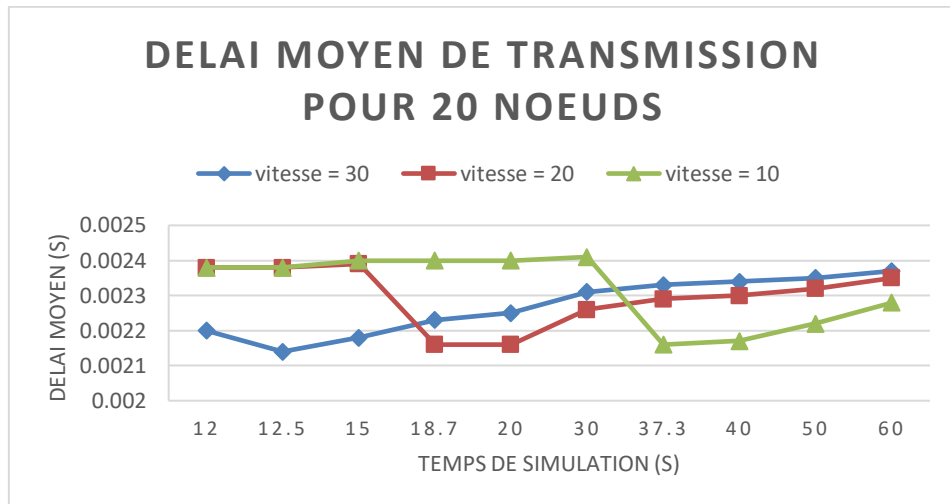


Figure III- 6: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :

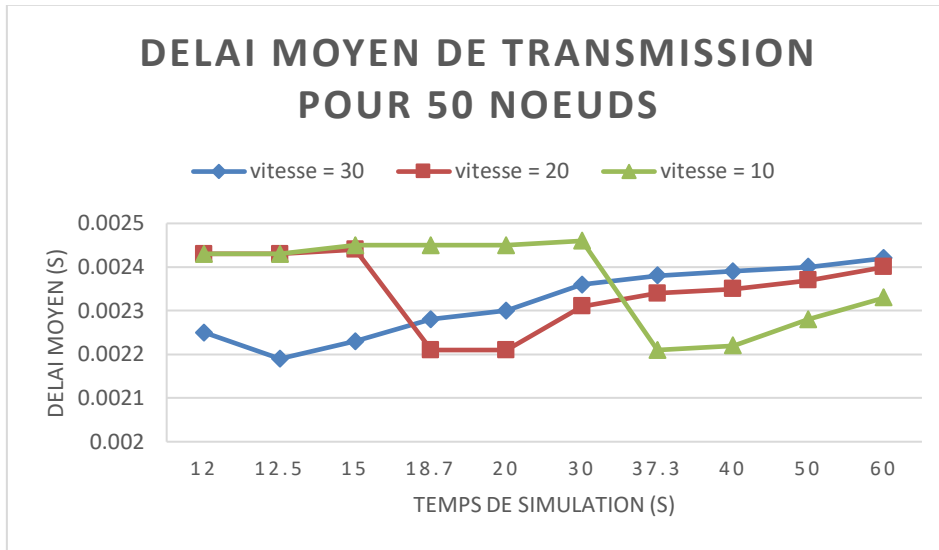


Figure III- 7: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic TCP pour 50 nœuds.

- Le délai moyen de transmission des paquets diminue avec la vitesse et avec l'exécution du handover.
- La présence des pics signifie qu'au moment de handover des paquets envoyés ont été détruits.
- On trouve qu'il y a une relation de concordance entre le délai de transmission et le nombres des nœuds mobiles.

### 3.3 TAUX DE PAQUETS PERDUS (UDP)

Les figures montrent l'évolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différents vitesses, nombres des nœuds mobiles d'un trafic UDP.

Pour 5 nœuds :

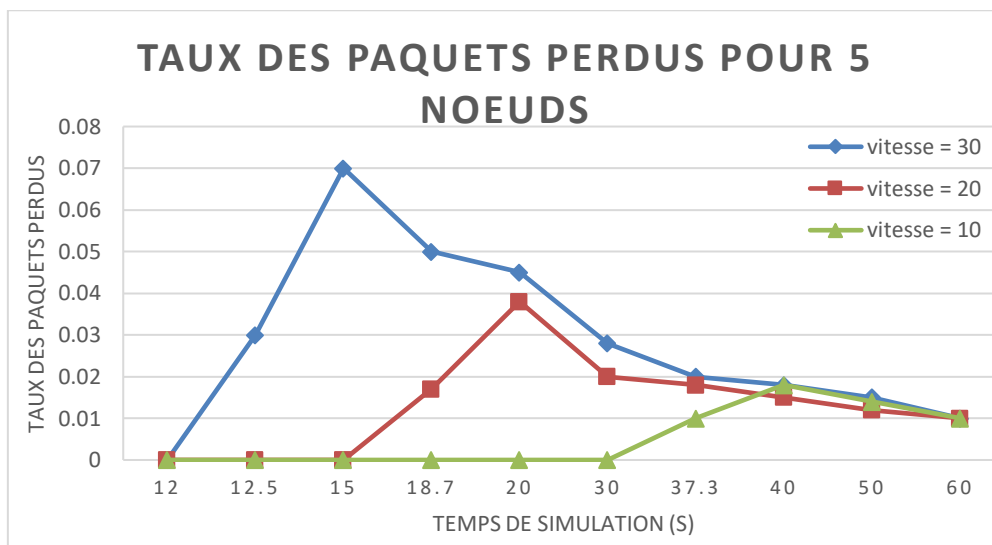


Figure III- 8: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 5 nœuds.

Pour 20 nœuds :

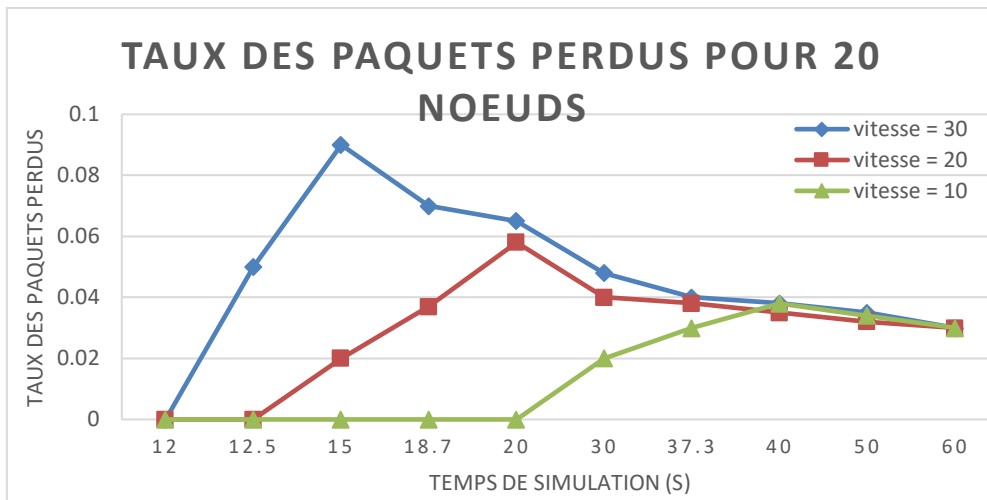


Figure III- 9: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :

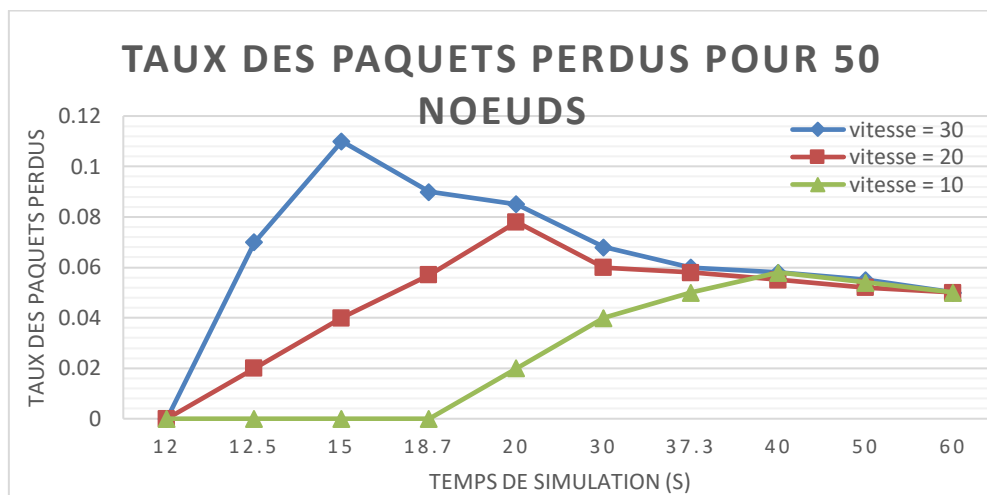


Figure III- 10: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps pour 50 nœuds.

- Les pics signifient l'activation de handover
- Pour des vitesses élevées les performances du handover chutent considérablement.
- Le nombre des paquets détruits augmente avec la vitesse et avec l'exécution du handover, de plus, si on examine les fichiers traces générés, on trouve que la majorité de la destruction des paquets est due au temps de passage d'un réseau local vers un réseau étendu.
- Pour un nombre des nœuds aiguisé, les performances de handover diminuent.

### 3.4 DELAI MOYEN DE TRANSMISSION (UDP)

Les figures présentent l'évolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour plusieurs nombres des nœuds mobiles.

Pour 5 nœuds :

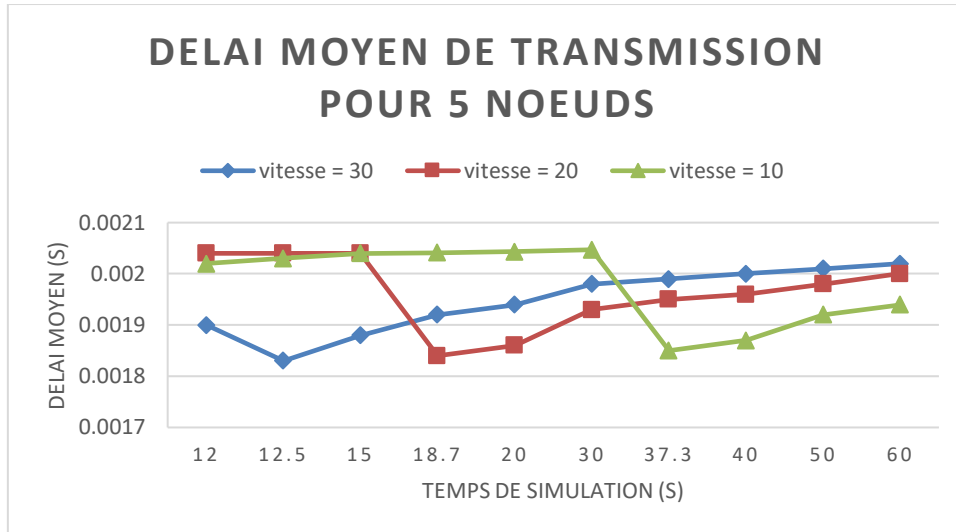


Figure III- 11: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour 5 nœuds.

Pour 20 nœuds :

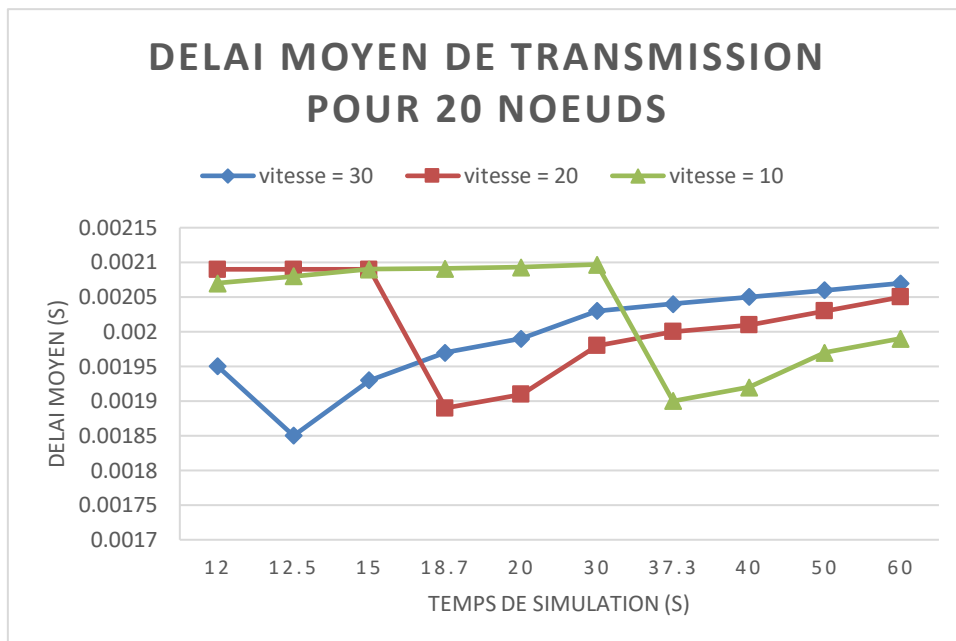


Figure III- 12: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :

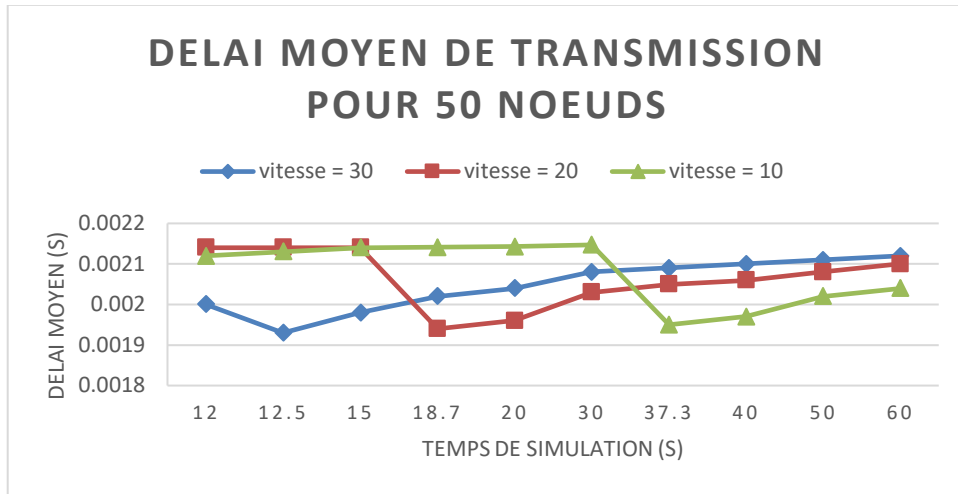


Figure III- 13: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic UDP pour 50 nœuds.

Les trois figures montrent :

- Avant et après l'exécution de handover, le délai moyen de transmission est grand
- La diminution du délai au moment de handover est due à la destruction des paquets à ce moment.
- Après l'augmentation des nombres des mobiles (5 20 50) et après l'exécution de handover le délai moyen de transmission difficilement récupéré sa valeur initiale.

### 3.5 TAUX DES PAQUETS PERDUS (VIDEO)

Les figures montrent l'évolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différents vitesses, nombres des nœuds mobiles d'un trafic video.

Pour 5 nœuds :

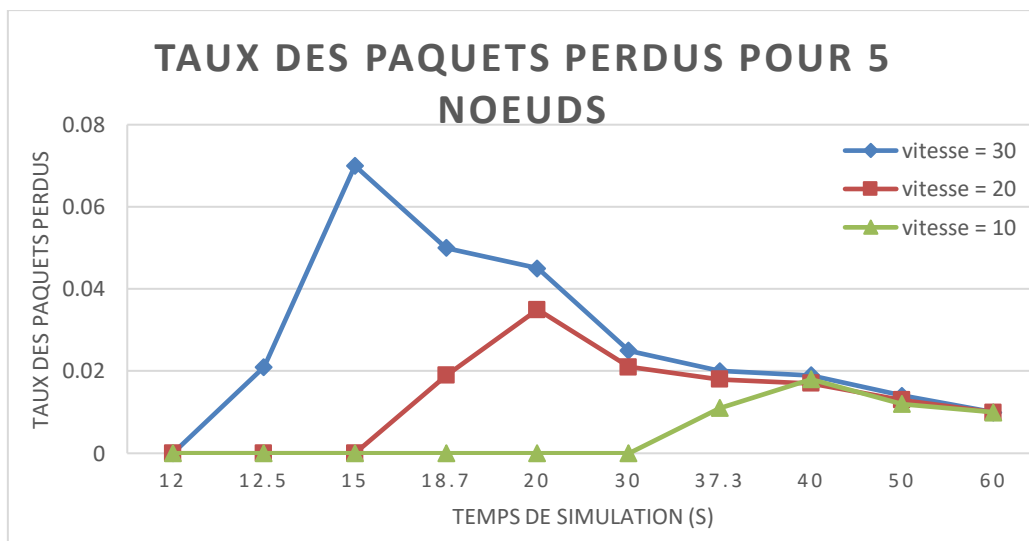


Figure III- 14: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses pour 5 nœuds.

Pour 20 nœuds :

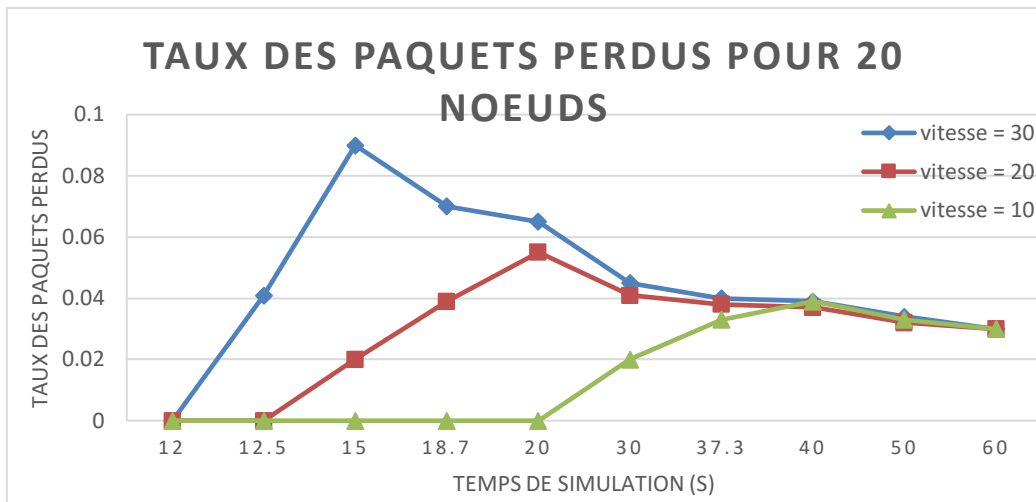


Figure III- 15: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :

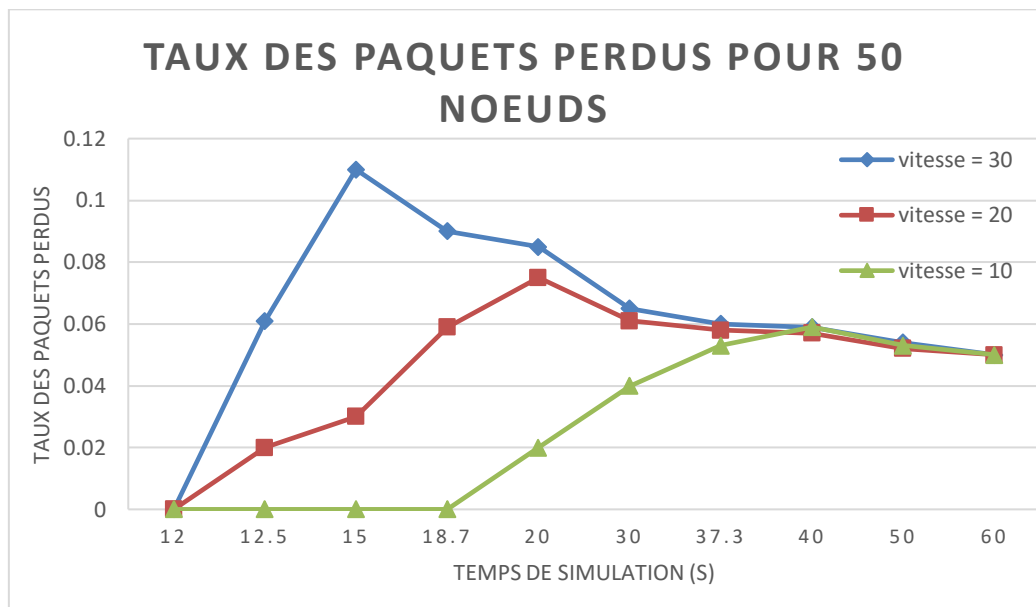


Figure III- 16: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différentes vitesses pour 50 nœuds.

- La variation de taux des paquets perdus pour une application vidéo est quasiment identique à celle d'une application UDP.
- Le taux des paquets perdus augmente avec l'exécution de handover (passage de réseau UMTS vers le réseau WiMAX) et légèrement avec la vitesse, et la charge des nœuds mobiles.

### 3.6 Délai moyen de transmission (vidéo)

Les figures présentent l'évolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour plusieurs nombres des nœuds mobiles.

Pour 5 nœuds :

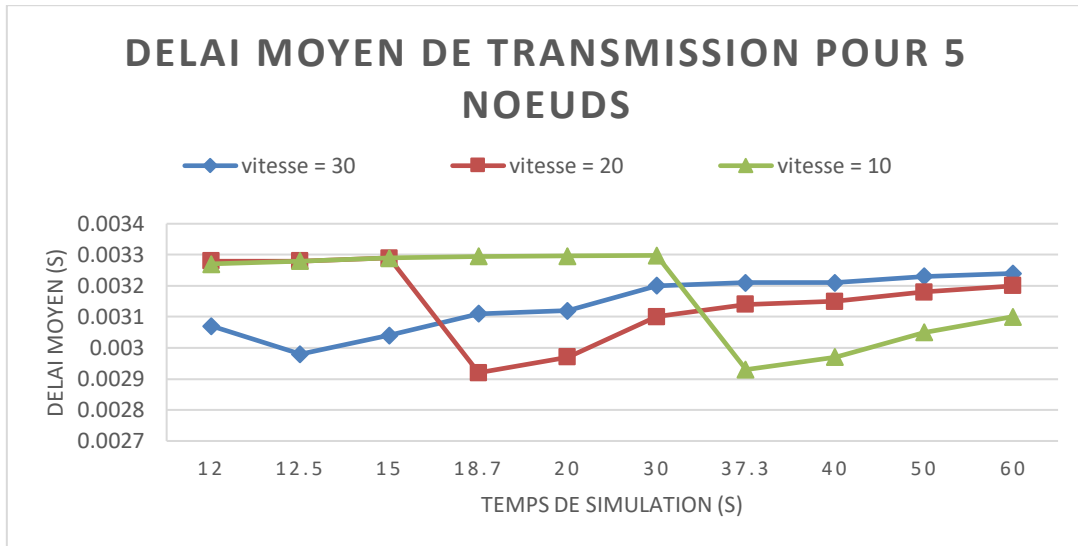


Figure III- 17: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour 5 nœuds.

Pour 20 nœuds :

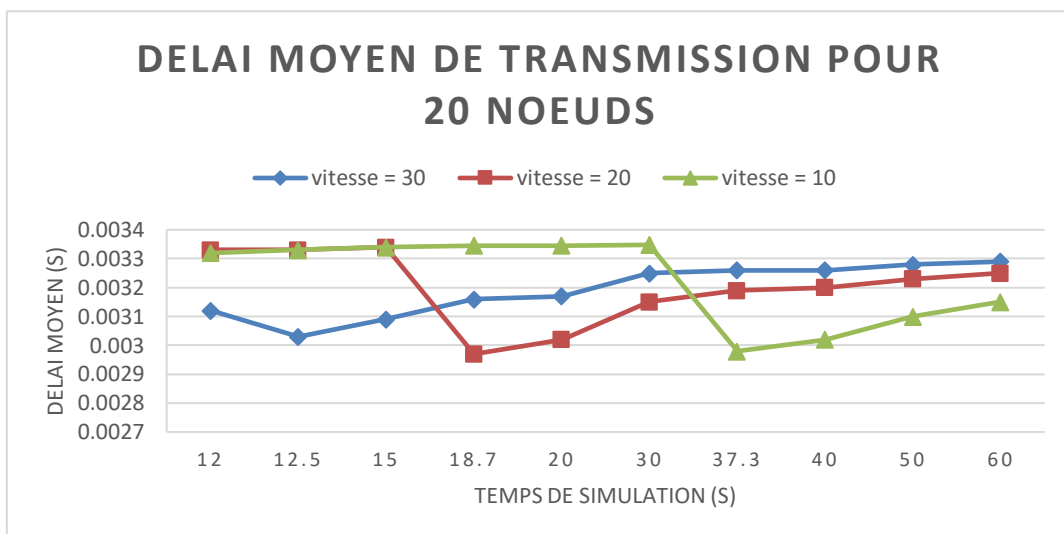


Figure III- 18: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :

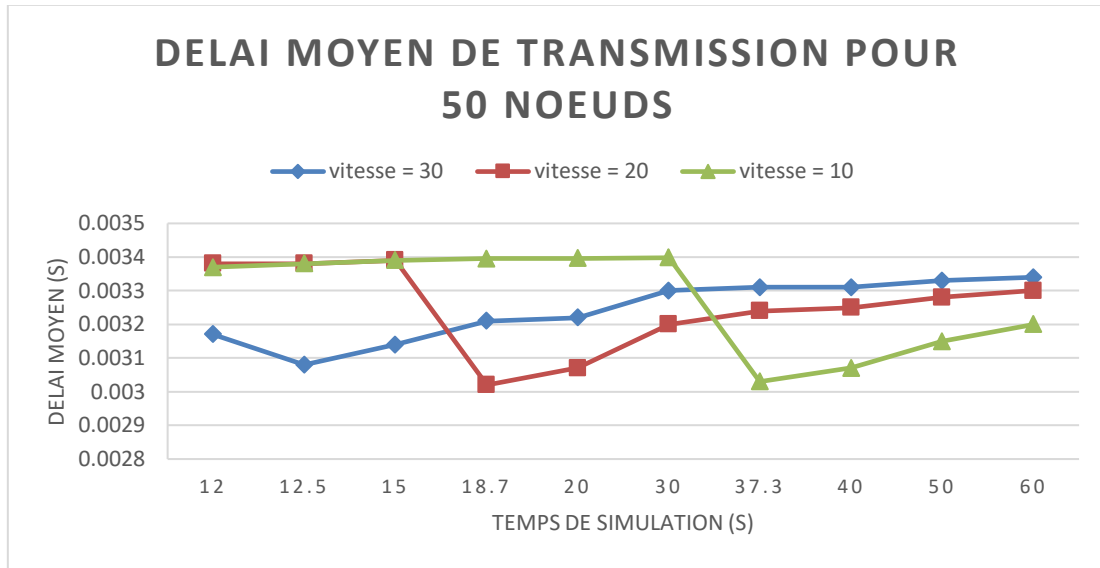


Figure III- 19: Evolution du délai de transmission des paquets pour un trafic vidéo pour 50 nœuds.

La variation du délai moyen de transmission des paquets est grande par rapport à celle des autres applications et son revient toujours à la taille des paquets pour les applications temps réel.

### 3.7 TAUX DES PAQUETS PERDUS (VOIX)

Les figures montrent l'évolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation pour différents vitesses, nombres des nœuds mobiles d'un trafic voix.

Pour 5 nœuds :

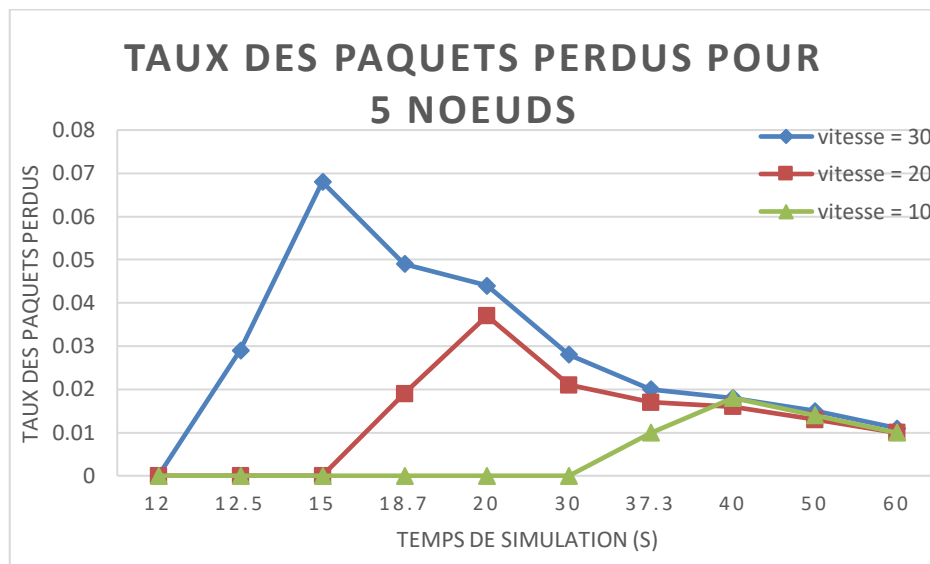


Figure III- 20: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation d'un trafic voix pour 5 nœuds.



Pour 20 nœuds :

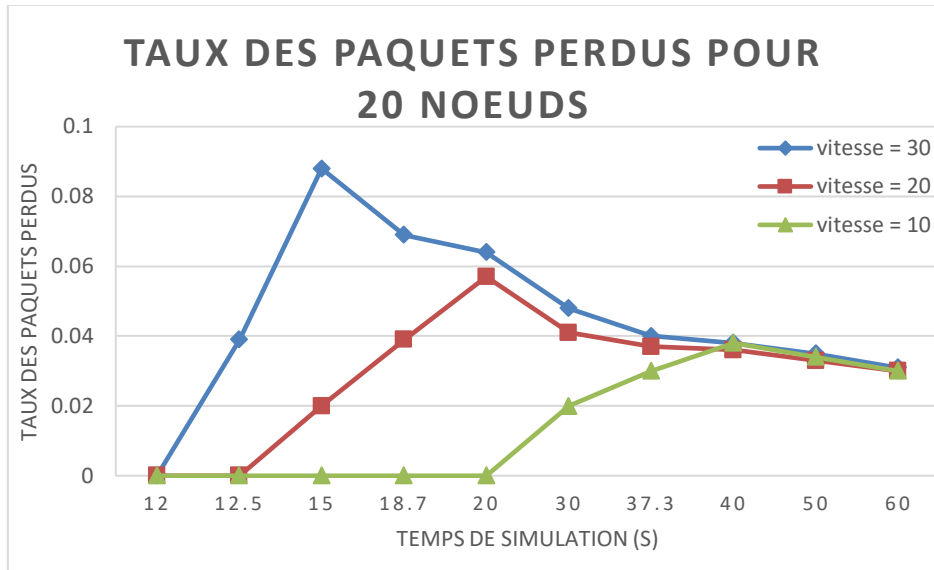


Figure III- 21: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation d'un trafic voix pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :

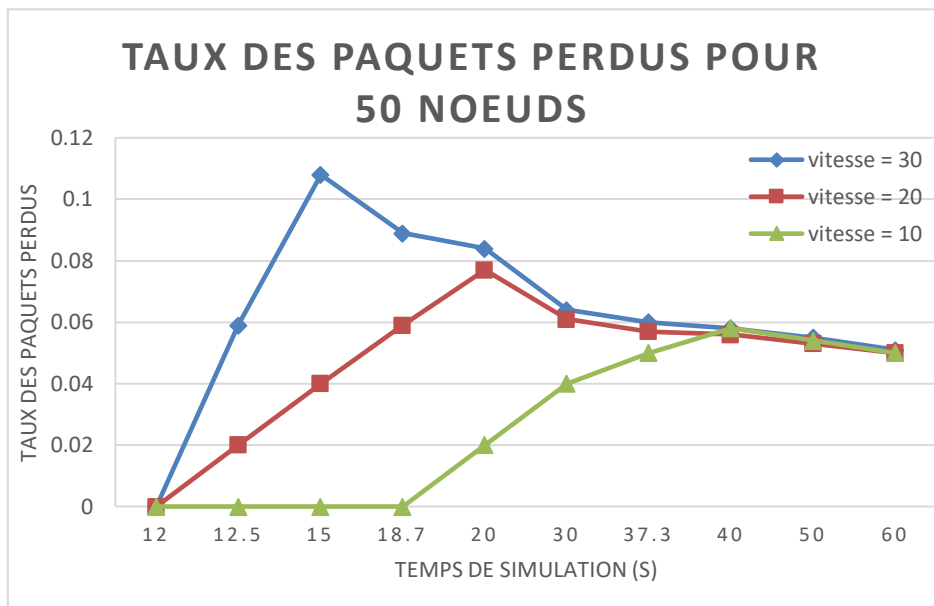


Figure III- 22: Evolution du taux des paquets perdus en fonction de temps de simulation d'un trafic voix pour 50 nœuds.

- Si on compare entre le trafic voix et UDP on constate que le taux des paquets perdu au trafic voix est légèrement inférieure à celle d'une application de trafic UDP, à cause du protocoles introduites pour les applications temps réel.

### 3.8 Délai moyen de transmission (voix)

Pour 5 nœuds :

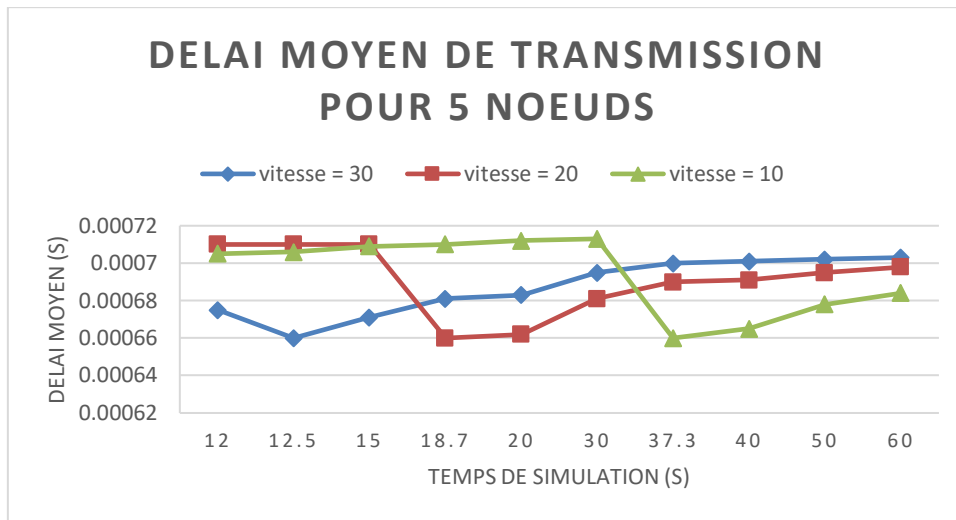


Figure III- 23: Délai moyen de transmission voix pour 5 nœuds.

Pour 20 nœuds :

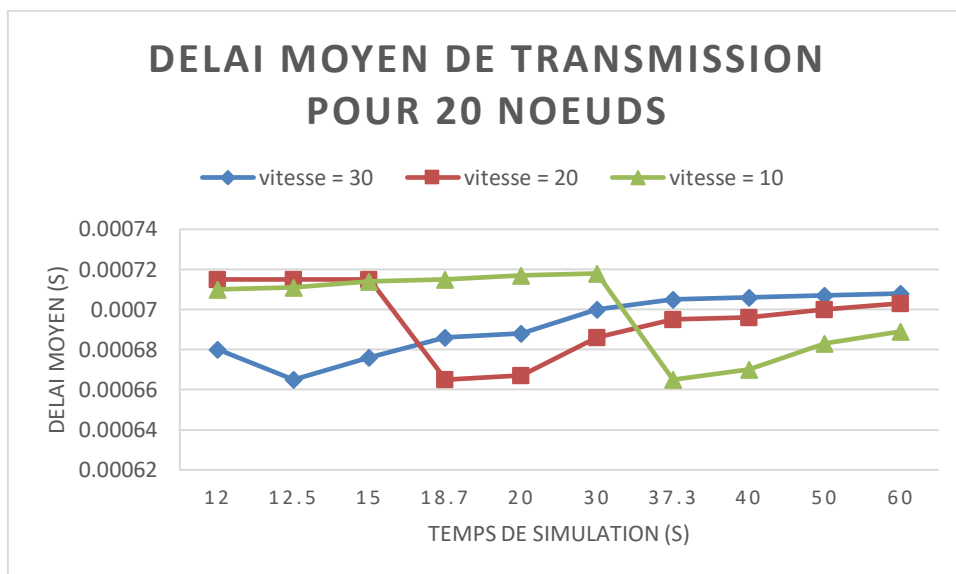
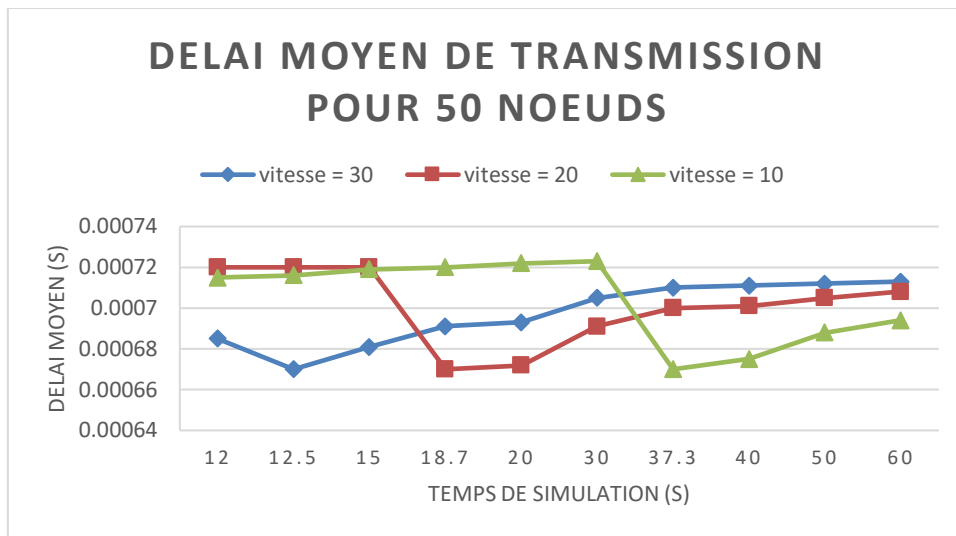


Figure III- 24: Délai moyen de transmission voix pour 20 nœuds.

Pour 50 nœuds :



*Figure III- 25: Délai moyen de transmission voix pour 50 nœuds.*

- On observe que le délai moyen de transmission des paquets pour trafic voix est moins inférieur à celle du trafic UDP.

## *Conclusion générale*

Le Handover (ou transfert automatique intercellulaire/intracellulaire) est une fonction qui permet d'assurer la continuité de communication entre le terminal mobile et le réseau. Il joue en effet un rôle très important dans la qualité de service offerte à l'abonné. Donc, globalement, le Handover est l'une des procédures critiques de la communication dans les réseaux mobiles. La gestion de ce mécanisme doit être paramétrée de manière appropriée dans le but de maintenir la communication de ses utilisateurs, et donc de garantir un niveau acceptable de qualité de service.

Dans ce travail, après avoir donné un aperçu sur les réseaux cellulaires mobiles : UMTS, WIMAX nous avons étudié ensuite le mécanisme du handover.

L'effet de la charge des nœuds mobiles sur le handover était notre but dans ce mémoire

Dans ce mémoire en premier lieu nous avons présenté les réseaux UMTS & WIMAX

En seconde lieu nous avons étudié les techniques de gestion de handover.

Et dans le troisième chapitre nous avons fait une simulation qui contient les résultats de la performance du handover pour plusieurs nœuds (5 20 50).

Après cette simulation on a conclu et que plus le nombre des nœuds mobiles et important plus les performances se diminuent.

## *Bibliographie*

- [1] : Présenté par "KHOUNI SADIK" Simulation et Optimisation D'un Réseau GSM en utilisant la Technologie OFDM, Magister, université de Sétif, 2010.
- [2] :Bouchentouf Hadjer, Boudghene Stambouli Riyad, <<étude des performances des réseaux 4G (LTE)>>, Université de Tlemcen, 2012-2013.
- [3] : Composé par HERMES Science Publishing LTD et acheve d'imprimer par l'imprimer floch à mayenne en novembre 2004
- [4] :Aboura Wissam ,Benhabib Imane, <<Etude et caractérisation de la couche physique du standard IEEE802.16/WIMAX>>, mémoire pour l'obtention du diplôme de master en télécommunications, Université de Tlemcen, 2012-2013
- [5] : CHAMEK Linda, << Localisation des mobiles par une stratégie de Prédiction>>, Magister, université BOUMERDS, 2010,2011
- [6] :Bouazzaoui Samira, Derkali Zahira,<< conception des réseaux sans fils IEEE 802.11 En mode infrastructure et AD HOC>>, Université de Tlemcen, 2015-2016
- [7] : ADOUANE Nassim, MAAFA Yacine<< Dimensionnement d'Interfaces dans les Réseaux GSM et UMTS>>, Master, université Bejaïa "2014,2015"
- [8] : SEIDE, Germine, << PLANIFICATION D'UN RESEAU DE QUATRIEME GENERATION A PARTIR D'UN RESEAU DE TROISIEME GENERATION>>, université MONTREAL, "2011".
- [9] : M.HADDACHE, « Cours sur les réseaux sans fil », université de Bouira, 2010/2011.
- [10] : Emmanuel CONCHON, << Définition et mise en œuvre d'une solution d'émulation de réseaux sans fil >>, Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, 2006.
- [11] : BELABDELLI Abdelheq, OUKAZ Mokhtar, <<Dimensionnement d'un réseau sans fil wifi>>mémoire pour l'obtention du diplôme de l'ingénieur d'état en télécommunications, Université de Tlemcen, 2011-2012
- [12] :<https://web.maths.unsw.edu.au/~lafaye/CCM/bluetooth/bluetooth-fonctionnement.htm>
- [13] :Kahoul kenza, <<Etude et simulation du standard de transmission de données sans fil : WIMAX par OPNET comparé avec WIFI>>, mémoire de master science et

## Bibliographie

technologie, Université de Biskra ,2017-2018

[14] : Lucien Loiseau, <<De l'exploitation des réceptions opportunistes dans les mécanismes de relayage pour les réseaux sansfil>>, Thèse de Doctorat, Université Rennes 1,2013

[15] :[http://www.icriq.com/fr/productique\\_tfp.html/-/asset\\_publisher/MeX1/content/les-reseaux-sans-fil/maximized](http://www.icriq.com/fr/productique_tfp.html/-/asset_publisher/MeX1/content/les-reseaux-sans-fil/maximized)

[16] : Dominique Dhoutaut, << Etude du standard IEEE 802.11 dans le cadre des réseaux ad hoc : de la simulation à l'expérimentation>> Thèse de doctorat, 2003.

[17] : Omar Cheikhrouhou, <<Sécurité des réseaux ad hoc>>, Diplôme National d'Ingénieur en Génie Informatique, Université de Sfax, 2004.

[18] : Redaoui Adil, << Etude de dimensionnement et planification d'un réseau sans fil WIMAX (IEEE 802.16) >>, mémoire pour l'obtention du diplôme de master en télécommunication, Université de Sidi Bel Abbès ,2017-2018

[19] : Selmen Bensaid ,Meriem Ferjani ,<< Développement d'un outil de planification d'un réseau WIMAX>>, Université Virtuelle de Tunis , 2010-2011

[20] : Tandjaoui Amel Faiza, <<Modelisation et analyse stochastique des systèmes Wimax >>, mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en informatique, Université d'Oran

[21] :Soilihi Moussa Mohamed , << Etude de la technologie WIMAX et proposition d'une plateforme de conception et de déploiement >>, mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur technologique (DIT) en informatique, école supérieure de technologie et de management de Dakar, 2008-2009

[22] : Chafika TATA, << Optimisation de la performance dans les réseaux WIMAX fixes >>, mémoire pour l'obtention de la maîtrise en génie en télécommunication, université de Québec, 2009

[23] : Merah Hocine, << Conception d'un modem de la quatrième génération (4G) des réseaux de mobiles à base de la technologie MC-CDMA>>, mémoire en vue de l'obtention d'un diplôme de magister en électronique, Université de Sétif, 2012

[24] : Madjoubi Djamel, Slimani Warda, << Etude et dimensionnement d'un réseau WiMAX fixe>>, Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master recherche en Télécommunication, Université de Bejaia, 2014/2015.

[25] : El hadj Paul, Dahbi Nabil, <<Etude de la technologie Wimax mobile >>,

## Bibliographie

Université de Telecom SudParis, 2010.

[26] : Rebah Asma, Meghouche Selma, << Méthodologie de la gestion d'un spectre et l'implémentation des points d'accès (AP) dans un réseau –Algérie Télécom Boumerdes >>, Projet de fin d'étude en vue de L'Obtention Du Diplôme De Master en recherche opérationnelle, Université de Boumerdes ,2016