République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Yahia Farès de Médéa

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département du Génie Electrique et de l'Informatique



Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme

de Master en Systèmes de Télécommunications

THEME

Evaluation des performances de Wi-Fi et WiMAX en utilisant le simulateur OPNET Modeler

Proposé et dirigé par:

Dr. Ould Zmirli Mohamed.

Présenté par:

Mr OMARI Seifeddine

Mr MAKHLOUFI Soufiane

Année universitaire: 2013-2014

REMERCIEMENT

Nous remercions Allah le Tout-Puissant pour nous avoir donné le potentiel d'apprendre les lois de notre univers et de les exploiter pour notre bien-être.

Ce travail a été accompli à l'aide de plusieurs personnes que nous tenons à remercier absolument. Nous remercions en premier lieu notre encadreur le Docteur OULD ZMIRLI Mohamed de nous avoir apporté leur valeureux conseils et soutiens durant la réalisation de ce PFE.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants de la spécialité de l'électronique.

Par la même occasion, nous tenons à remercier vivement tous les enseignants de l'Université Dr. YAHIA FARES de Médéa d'une façon générale. Leurs dévouement, leurs disponibilités indéfectibles, leur qualités humaines et pédagogiques font qu'on leur doit plus qu'on ne saurait l'exprimer ici.

Rien n'aurait été possible sans le soutien de nos proches, merci encore à vous, rien n'a su nous motiver davantage que votre appui.

Seifeddine et Soufiane

Dédicace

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail en termes des bons sentiments et de profonde gratitude aux personnes les plus chères au monde pour leurs sacrifices :

A Mes chers parents que Allah les gardes et préserve.

A Ma chère grande mère a qui je souhaite une longue vie pour elle.

A Mon frère Takieddine et sans oublier ma petite sœur Ihssane.

A toute la famille « MAKHLOUFI» et « HADJADJ».

A tous les enseignants de la faculté des sciences et de la technologie.

*A mon promoteur *Mr. OULD ZMIRLI Mohamed* et mon binôme OMARI Seifeddine qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

Mes amis intimes: Mohamed, Adel, Abdelrahmane, Nabil, Ramzi, et youcef.

A Tous mes collègues sans exception …

M.Soufiane

Dédicace

Je dédie ce modeste travail particulièrement :

A ma mère, A celle qui a tout souffert, sans me faire souffrir, Qu'elle trouve dans ce mémoire le témoignage de ma reconnaissance et de mon affection pour tous les sacrifices, l'extrême amour et la bonté, Qu'elle m'a offert pour me voir

réussir ;

A mon père, A l'homme que je dois ma réussite, mon bonheur, et tout le

respect ; Qu'il trouve ici l'expression de mon affection et une récompense des sacrifices consentis pour moi.

A mon cher frère, A mes chères sœurs.

A toute les familles OMARI et KALACHE sans exception.

A tous mes amis de près ou de loin sans exception.

*A mon promoteur *Dr. OULD ZEMIRELI* et mon binôme*

MAKHLOUFI Soufiane

A tous les enseignants de faculté des sciences et de la technologie.

A toute la promotion 2ème années Master sans exception.

A tous ceux qui m'aiment; et tous ceux que j'aime.

OMARI Seifeddine

ملخص

تصنف عموما الشبكات اللاسلكية وفقا لمناطق التغطية :الشبكات الشخصية WPAN، الشبكات المحلية WLAN، الشبكات الحضرية WMAN والشبكات الواسعة WWAN.

لقد تطرقنا في هذا المشروع إلى دراسة تقنية الواي فاي 802.11 و الوايماكس 802.16 اللتان هما جزء من الشبكتين WLANو WMANعلى الترتيب ، بهدف التخطيط والتقييم ، وبالإضافة إلى ذلك قدمنا الهندسة على أساس الطبقة الفيزيائية التي تستخدم تقنية OFDM وهذا باستخدام برنامج المحاكاة OPNET بغية دراسة تأثير المسافة، عدد الاجهزة ، نوع القناة وعدد نقاط الدخول.

الكلمات المفتاحية :وايماكس، واي فاي، وايماكس متنقل، OFDM، والشبكة المحلية اللاسلكية، الشبكات الحضرية اللاسلكية،OPNET.

Résumé

On classe généralement les réseaux sans fil selon leur domaine de couverture : les réseaux personnels WPAN, les réseaux locaux WLAN, les réseaux métropolitains WMAN et les réseaux larges WWAN.

Dans ce projet on a étudié les réseaux Wi-Fi 802.11 et WiMX 802.16 qui font partie de réseaux WLAN et WMAN respectivement, dans le but de les planifier et les dimensionner, En plus nous avons présenté leur architecture basé sur la couche physique qui utilise la technique OFDM en utilisant le logiciel OPNET Modeler afin d'évaluer l'influence de la distance, le nombre de postes, le type du canal et le nombre de point d'accès.

Mots clés : WiMAX,Wi-Fi, WiMAX mobile, OFDM, la couche PHY, hot spot, handover, Wireless LAN, Wireless MAN, Opnet .

Abstract

Generally, We class wireless networks according to their area of coverage: personal networks WPAN, local networks WLAN, metropolitan networks WMAN and wide networks WWAN.

In this project we studied the Wi-Fi 802.11 and 802.16 WiMAX which are part of WLAN and WMAN Respectively, with the purpose of planning and dimensioning them, In addition, we presented their architectures based on the physical layer that includes OFDM technique, by using OPNET Modeler in order to evaluate the influence of the distance, the number of stations, the type of channel and the number of the access point.

Keywords: WiMAX, Wi-Fi, mobile WiMAX OFDM, PHY layer, hot spot, handover, Wireless LAN, Wireless MAN, Opnet.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE *…….1*

CHAPITRE I : Généralités sur les réseaux Wi-Fi et WiMAX

I.1. Réseaux sans fil……..3

I.1.1. Introduction……..3

I.1.2. Classification des Réseaux sans fil……3

I.1.3. Les caractéristiques du médium sans fi……5

I.1.3.1. les ondes infrarouges……5

I.1.3.2. Les ondes radio……6

- *Les bandes ISM……6*
- *la propagation……6*
- *Les effets des conditions de propagation……7*
- *Les modèles de propagation radio……8*

I.2. Réseaux Wi-Fi……8

I.2.1. Introduction……8

I.2.2. L'historique du Wi-Fi……9

I.2.3. Les standards 802.11……9

I.2.4. Architecture du réseau Wi-Fi……10

I.2.4.1. Couche liaison de données……11

- *La sous couche LLC……11*
- *La sous couche MAC……11*

I.2.4.2. La couche physique……12

- *La sous couche PMD……12*
- *La sous couche PLCP……12*

I.2.4.3. Techniques d'accès……12

I.2.4.3.1. Etalement de spectre……12

- *Etalement de spectre par saut de fréquence (FHSS)……12*
- *Etalement de spectre par séquence directe(DSSS)……13*
- *Codage CCK……13*
- *CDMA……13*

I.2.4.3.2. Modulation OFDM……13

I.2.4.4. Communication entre équipements……14

I.2.4.4.1. Le mode ad-hoc……14
I.2.4.4.2. Le mode infrastructure……14
I.2.4.4.3. Le handover……15
I.3. Réseaux WiMAX……15
I.3.1. Introduction……15
I.3.2. L'historique de WiMAX……17
I.3.3. L'architecture de WiMAX……18
I.3.3.1. La couche MAC……18
- *La sous couche SSCS……18*
- *La sous couche CPS……19*
- *La sous couche PS……19*

I.3.3.1.1. Interconnexion couche MAC/couche physique……19
- *Mode de duplexage FDD (Frequency Division Duplexing)……19*
- *Mode de duplexageTDD (Time Division Duplexing)……20*

I.3.3.1.2.MIMO : Multiple ImputMultipe Output……21
I.3.3.1.3.Modulation adaptative……21
I.3.3.1.4. La desserte avec WiMAX……21
I.3.3.2.La couche physique……22
I.3.3.2.1.WirelessMAN-OFDM……23
I.3.3.2.2. Sub-channelization……23
I.3.3.2.3. Le débit……23
a) *Modulation……24*
b) *FEC (ForwardError Correction)……24*
c) *Largeur de bande……24*
I.3.4.WiMAX mobile(Standard IEEE 802.16e)……24
I.3.4.1. Couche physique……25
I.3.4.1.1.Technique d'accès multiple SOFDMA……25
I.3.4.1.2.Couche physique adaptative……25
I.3.4.2. Couche MAC……26
I.3.4.2.1.Gestion de la Qualité de Service (QoS)……26
a) *Unsolicited Grant Service (UGS)……26*
b) *Real-time Polling Services (rtPS)……26*
c) *Non-Real-Time Polling Service (nrtPS)……26*

d) Best Effort (BE)……27
I.3.4.2.2. la Sécurité……27
I.3.4.3. Mobilité dans l'IEEE 802.16e……27
I.4.Conclusion……28

CHAPITRE II : Description des différents modèles de simulations réalisées

I. Introduction……29
II. OPNET……30
III. Les étapes de création d'un projet OPNET……31
IV. Description des projets de simulations réalisés……31
V. Premier Projet : Réseau Wi-Fi……32
Scénario N° 01 : analyse des protocoles web……32
Scenario N°02 : analyse de la puissance d'un nœud mobile……35
Scenario N°03 : performance de 2,10 et 50 postes de travail……36
Scenario N°04 : comparaison du retard entre l'utilisation d'un ou deux points d'accès……37
VI. Deuxième Projet : Réseau WiMAX……40
Scenario : WiMAX mobile……40
VII. Troisième Projet : Réseau WiMAX/Wi-Fi……42
Scenario N°01 : influence du modèle de canal multi trajet……43
Scenario N°02 : distance de couverture d'une BS……46
Scenario N°03 : performances de 2, 4, et 8 nœuds mobiles WLAN ……49
VIII. Conclusion……50

CHAPITRE III : Résultats des simulations

I. Introduction……51
II. Premier Projet : Réseau Wi-Fi……51
Scénario N°01 : analyse des protocoles web……51
Scenario N°02 : puissance d'un nœud mobile……52
Scenario N°03 : performances de 2,10 et 50 postes de travail……52
Scenario N°04 : comparaison du retard entre l'utilisation d'un ou deux points d'accès……53
III. Deuxième Projet : Réseau WiMAX……54
Scenario : WiMAX mobile……54
IV. Troisième projet :WiMAX/Wi-Fi……56
Scenario N°01 : influence du modèle de canal multi trajet……56
Scenario N°02 : la distance de couverture d'une BS……58
Scenario N=03 : performances de 2, 4, et 8 nœuds mobiles WLAN…… 59

V. Conclusion……61
CONCLUSION GENERALE*……62*

Liste des figures

Figure I.1: *Aperçu de différentes classes de réseau sans fil……4*
Figure I.2: *Architecture d'un réseau 802.11……10*
Figure I.3: *couches pour la norme IEEE 802.11……10*
Figure I.4: *Mode ad hoc……14*
Figure I.5: *mode infrastructure……15*
Figure I.6: *Les Différentes configurations du WiMAX……16*
Figure I.7 : *Exemple d'un réseau WiMAX……18*
Figure I.8 : *Structure d'une trame FDD……20*
Figure I.9: *Structure d'une trame TDD……21*
Figure I.10: *La desserte avec WiMAX……22*
Figure II.1:*Schéma des projets réalisés……29*
Figure II.2: *L'interface du simulateur OPNET……30*
Figure II.3: *Réseau Wi-Fi pour une surface de 100m x 100m……33*
Figure II.4: *Réseau Wi-Fi mobil pour une surface de 100m x 100m……35*
Figure II.5: *Réseau Wi-Fi pour deux postes de travail……36*
Figure II.6: *Réseau Wi-Fi pour dix postes de travail……36*
Figure II.7: *Réseau Wi-Fi pour cinquante postes de travail……37*
Figure II.8: *Sous-réseau Wi-Fi à un routeur de 20 postes de travail……38*
Figure II.9: *Deux sous-réseaux Wi-Fi connecté par un commutateur……38*
Figure II.10: *Réseau WiMAX mobile avec 8 BS et une MS……41*
Figure II.11: *Un grand réseau contient le WiMAX/Wi-Fi……43*
Figure II.12: *Un réseau avec un serveur et un routeur……43*
Figure II.13: *Un réseau contient une BS WiMAX et 2 sous-réseaux WLAN……44*
Figure II.14: *Sous-réseau N°01 WLAN……44*
Figure II.15: *Sous-réseau N°02 WLAN……44*
Figure II.16: *Reseau WiMAX courte distance……47*
Figure II.17: *Reseau WiMAX moyenne distance……47*
Figure II.18: *Reseau WiMAX longue distance……48*
Figure II.19: *Sous-réseau avec un hot spot et un nœud mobile……48*
Figure II.20: *Sous-réseau avec un hot spot et 2 nœuds……49*
Figure II.21: *Sous-réseau avec un hot spot et 4 nœuds……49*
Figure II.22: *Sous-réseau avec un hot spot et 8 nœuds……50*
Figure III.1: *Le trafic reçu pour les quatre protocoles……51*
Figure III.2: *La puissance reçue par le poste de travail……52*
Figure III.3: *Le retard pour les trois réseaux……53*
Figure III.4: *Le retard pour les deux topologies WLan……54*
Figure III.5: *Le parcours, le balayage et le SNR de la MS……55*
Figure III.6: *Le retard, le débit et le handover de la MS……55*
Figure III.7: *Le retard de deux hot spots avec deux canaux multi trajets……57*
Figure III.8: *Le débit de deux hot spots avec deux canaux multi trajets……57*
Figure III.9: *La moyenne du débit de deux hot spots……57*
Figure III.10: *Le trafic reçu de hot spot pour les trois distances……58*

Figure III.11: *Le retard de hot spot de trois cas pour les trois distances……..59*
Figure III.12: *Le débit de trois réseaux Lan……60*
Figure III.13: *Le retard de trois réseaux Lan……60*
Figure III.14: *La comparaison du retard entre WiMAX/Wi-Fi de réseau 8 nœuds……..60*

Liste des tableaux

Tableau I.1: *Classification d'onde d'émission radio……..5*

Tableau I.2: *Spécificités techniques des différentes normes IEEE 802.16……..17*

Tableau I.3 : *Comparaison entre Wi-Fi et WiMAX……..28*

Liste des abréviations

ATM : **A**synchronous **T**ransfer **M**ode
BE : **B**est **E**ffort
BLR : **B**oucle **L**ocale **R**adio
BPSK : **B**inary **P**hase **S**hift **K**eying
BS : **S**tation de **B**ase
BSA : **B**asic **S**et **A**rea
BSS : **B**ase **S**tation **S**ubsystem
BSS : **B**asic **S**et **S**ervice
BSSID : Basic **S**ervice **S**et **Id**entifier
CCA : **C**lear **C**hannel **A**ssessment
CCK : **C**omplementary **C**ode **K**eying
CDMA 2000 : **C**ode **D**ivision **M**ultiple **A**ccess (3G cellulaire/radiotechnique)
CDMA : **C**ode **D**ivision **M**ultiple **A**ccess
CPE : **C**ustomer **P**remise **E**quipement
CPS : **C**ommon **P**art **S**ublayer
CRC : **C**yclic **R**edundancy **C**heck (contrôle d'erreurs)
CSMA/CA : **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **A**voidance
DSL : **D**igital **S**ubscriber **L**ine
DSSS : **D**irect **S**equence **S**pread **S**pectrum
ESS : **E**xtended **S**ervice **S**et
EV-DO : **Ev**olution-**D**ata **O**ptimized
FCC : **F**ederal **C**ommunication **C**ommission
FDD : **F**requency **D**ivision **D**uplexing
FDMA : **F**requency **D**ivision **M**ultiple **A**ccess
FEC : **F**orward **E**rror **C**orrection
FFT : **F**ast **F**ourier **T**ransform
FHSS : **F**requency **H**opping **S**pread **S**pectrum
FTP : **F**ile **T**ransfer **P**rotocol
FTTX : **F**iber **T**o **T**he **X**
GEO : **G**eostationary **O**rbit
GSM : **G**lobal **S**ystem for **M**obile communications
HSDPA : **H**igh **S**peed **D**ownlink **P**acket **A**ccess
HSUPA : **H**igh **S**peed **U**plink **P**acket **A**ccess
HTTP : **H**yper **T**ext **T**ransfer **P**rotocol
IBSS : **I**ndependent **B**asic **S**et **S**ervice
IEEE : **I**nstitute of **E**lectrical & **E**lectronic **E**ngineers
IFFT : **I**nverse **F**ast **F**ourier **T**ransformation
IP : **I**nternet **P**rotocol
IR : **I**nfra-**R**ouge
ISI : **I**nter **S**ymbol **I**nterferences

ISM: **I**ndustrial, **S**cientific and **M**edical
ITU : **I**nternational **T**elecommunication **U**nion
LEO : **L**ow **E**arth **O**rbit
LLC : **L**ogical **L**ink **C**ontrol
LLC : **L**ogical **L**ink **C**ontrol
LOS : **L**ine **O**f **S**ight
MAC : **M**edium **A**ccess **C**ontrol
MEO : **M**edium **E**arth **O**rbit
MIMO : **M**ultiple **I**mput **M**ultipe **O**utput
MPEG : **M**oving **P**icture **E**xperts **G**roup
MPLS : **M**ulti **P**rotocol **L**abel **S**witching
MS : **M**obile **S**tation
NFC : **N**ear **F**ield **C**ommunication
nLOS : **n**ear **L**ine **O**f **S**ight
NLOS : **N**on **L**ine **O**f **S**ight
nrtPS: **N**on-**R**eal-**T**ime **P**olling **S**ervice
OFDM : **O**rthogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplexing
OFDMA : **O**rthogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiple **A**ccess
OPNET : **O**ptimized **N**etwork **E**ngineering **T**ool
OSI : **O**pen **S**ystem **I**nterconnection
PKM : **P**rotocol **K**ey **M**anagement
PLCP : **P**hysical **L**ayer **C**onvergence **P**rocedure
PMD : **P**hysical **M**edium **D**ependent
PPP DS3 : **P**oint to **P**oint **P**rotocol **D**igital **S**ignal **3**
PS : **P**rivacy **S**ublayer
QAM : **Q**uadrature **A**mplitude **M**odulation
QoS : **Q**uality **o**f **S**ervice
QPSK : **Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eing
RF : **R**adio **F**requency
RS : **R**eed-**S**olomon
rtPS : **r**eal-**t**ime **P**olling **S**ervices
SC : **S**ingle **C**arrier
SISO : **S**ingle **I**nput **S**ingle **O**utput
SNR : **S**ignal to **N**oise **R**atio
SOFDMA : **S**calable **OFDMA**
SS : **S**ubscriber **S**tation
SSCS : **S**ervice **S**pecific **C**onvergence **S**ublayer
STA : **S**tation **T**erminale
TCP : **T**ransport **C**ontrol **P**rotocol
TDD : **T**ime **D**ivision **D**uplexing
TDMA : **T**ime **D**ivision **M**ultiple **A**ccess
UGS : **U**nsolicited **G**rant **S**ervice
UMTS : **U**niversal **M**obile **T**elecommunications **S**ystem
U-NII : **U**nlicensed **N**ational **I**nformation **I**nfrastructure

UWB : **U**ltra-**W**ide **B**and (IEEE 802.15.3)
VLAN : **V**irtual **L**ocal **A**rea **N**etwork
VoIP : **V**oice **o**ver **IP** (Voix sur IP)
W-CDMA : **W**ideband **C**ode **D**ivision **M**ultiple **A**ccess
WECA : **W**ireless **E**thernet **C**ompatibility **A**lliance
Wi-Fi : **W**ireless **F**idelity
WiMAX : **W**orldwide **I**nteroperability for **M**icrowave **A**ccess
WirelessMAN-OFDM : **W**ireless **M**etropolitan **A**rea **N**etwork-**OFDM**
wkstn : **w**or**k** **st**atio**n**
WLAN : **W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etworks
WMAN : **W**ireless **M**étropolitain **A**rea **N**etworks
WPAN : **W**ireless **P**ersonal **A**rea **N**etworks
WWAN : **W**ireless **W**ide **A**rea **N**etworks
WxAN : **W**ireless **x** **A**rea **N**etwork
XDSL : **X** **D**igital **S**ubscriber **L**ine
XOR : e**X**clusive **OR**

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le développement des réseaux fixes et mobiles, la croissance soutenue du trafic avec l'augmentation des débits et l'exigence de mobilité ont engendré un besoin croissant en capacité et en flexibilité. Il existe aujourd'hui de nombreuses technologies sans fil standardisées. Aucune d'elles n'est parfaite mais chacune présente un équilibre entre différents facteurs (portée, débit, capacité, services, niveau d'interférences...). Le choix d'une technologie sans fil dépend donc de l'usage que l'on souhaite en faire.

Le Wi-Fi (Wireless Fidelity)est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN). Grâce au Wi-Fi il est possible de créer des réseaux locaux sans fil à haut débit à condition que la station à connecter ne soit pas trop distante par rapport au point d'accès. Dans la pratique le Wi-Fi permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau, des assistants personnels (PDA) ou même des périphériques à une liaison haut débit (11 Mb/s et plus) sur un rayon de plusieurs dizaines de mètres en intérieur (généralement entre une vingtaine et une cinquantaine de mètres). Dans un environnement ouvert la portée peut atteindre plusieurs centaines de mètres. Ainsi des opérateurs commencent à irriguer des zones à fortes concentration d'utilisateurs (gares, aéroports, hotels, trains, ...) avec des réseaux sans fil. Ces zones d'accès sont appelées "hot spots".

Le WIMAX ou World wide Interoperability for Microwave Access est l'une de ces nouvelles technologies. C'est une initiative et un consortium, le WiMAX Forum, qui s'est formé en 2003 pour permettre la convergence et l'interopérabilité entre deux standards de réseaux sans fils auparavant indépendants : HiperMAN, proposé en Europe par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute), et 802.16 proposé par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Elle est destinée à offrir des réseaux haut-débit longue distance.

Ce projet de fin d'étude, aura pour but une meilleure compréhension de ces deux technologies de transmission et une analyse de leurs performances. Alors, nous avons jugé intéressant de procéder à étudier et simuler un environnement basé sur les réseaux sans fil: Wi-Fi et WiMAX a fin de mieux comprendre l'influence des paramètres de la couche physique, et les performances des protocoles utilisés dans ces réseaux.

Pour cela nous avons choisi de travailler avec le logiciel OPNETModeler qui est un simulateur prenant en charge les réseaux filaires ainsi que les réseaux sans fil.

Dans ce contexte, ce projet de fin d'études sera divisé en trois parties. Dans le premier chapitre on donne des généralités dur ces deux technologies Wi-Fi et WIMAX en explorant les spécificités des couches physiques et MAC. Le deuxième chapitre, sera consacré à la présentation du simulateur OPNET ainsi que quelques scénarios pour la simulationbasés sur les réseaux Wi-Fi et WIMAX. Le troisième chapitre présente les résultats obtenus des simulations et la discussion de ces derniers.

CHAPITRE I :
La théorie des réseaux Wifi et WiMAX

I.1. Réseaux sans fil

I.1.1. Introduction

Les réseaux sans fil ont été introduits dans le but de se substituer aux réseaux filaires à l'intérieur des bâtiments et de fournir un accès radio du type Ethernet en offrant des gammes de service avec des débits inférieurs, mais avec l'avantage d'une mobilité supplémentaire même si elle est faible par rapport à celle de réseaux cellulaires mobiles. Cet objectif initial a été étendu à un accès sans fil large bande et une connectivité aux réseaux IP mais a également donné naissance à d'autres types de réseaux sans fil qu'on peut désigner sous l'acronyme WxAN, qui se distinguent par la nature des services offerts et donc des débits, des bandes de fréquence et qui sont conçus pour être adaptés au mieux à leur environnement. Un réseau sans fil est un réseau dans lequel au moins deux terminaux sont capables de communiquer entre eux grâce à des signaux radioélectriques. Les réseaux sans fil ne sont pas tout récents, mais avec le développement de l'informatique et des systèmes d'information, la technologie est venue répondre au besoin primaire de l'homme: la mobilité et la facilité d'utilisation de déploiement et d'extension. Ces réseaux dits sans fil sont de plusieurs sortes : Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, BLR, UMTS…

Dans cette partie nous allons introduire quelques notions générales sur les réseaux sans fil en commençant par un petit historique suivi par un aperçu sur l'architecture et la classification des réseaux sans fil. La deuxième partie du chapitre parlera des tendances actuelles en matière de gestion de qualité de service et l'évolution des réseaux sans fil Wi-Fi et WiMAX, ceci nous amènera ainsi à justifier la motivation de ce projet. [5]

I.1.2. Classification des Réseaux sans fil

La grande variété de réseaux sans fil peut être classifiée selon trois critères majeurs : la couverture géographique, le niveau de mobilité et l'assignation de spectre. Selon la zone de couverture, il y a cinq types principaux de réseaux sans fil comme suit :

Wireless Wide Area Networks (WWAN): Ces réseaux fournissent une connectivité réseau directe à de grands secteurs y compris les sites isolés et distants.

Wireless Métropolitain Area Networks (WMAN): Ces réseaux fournissent un accès large bande direct et une connectivité réseau sans fil dans les zones métropolitaines.

Wireless Local Area Networks (WLAN): Ces réseaux fournissent un accès local sans fil pour le transfert des données et de la voix aux ressources partagées telles que les serveurs, les imprimantes, les routeurs dans une zone limitée d'une organisation ou d'une entreprise.

Wireless Personal Area Networks (WPAN): Ces réseaux fournissent une connectivité sans fil à divers dispositifs et appareils dans la zone limitée d'une résidence. Aussi connu sous le nom de réseau domestique.

Near-field, Sensor-based Networks: Ces réseaux fournissent des communications à champ rapproché en utilisant l'identification par fréquence radio et la transmission ultra-large bande.

Compte tenu de la position relative des composants de réseau, les réseaux sans fil peuvent également être divisé en: sans fil fixe et sans fil mobile. Dans les réseaux sans fil fixe, les composants du réseau maintiennent une position fixe. La plupart des technologies associées avec WLAN, WMAN, WPAN, et les réseaux de capteur entrent dans cette catégorie.

Les réseaux sans fil mobiles sont utilisés pour toutes les technologies mobiles cellulaires et dans certaines instances du WLAN et WMAN (Par exemple, WLAN nomade et WiMAX mobile). La figure I.1 illustre une variété des systèmes de communications sans fil organisés suivant la couverture géographique. [5]

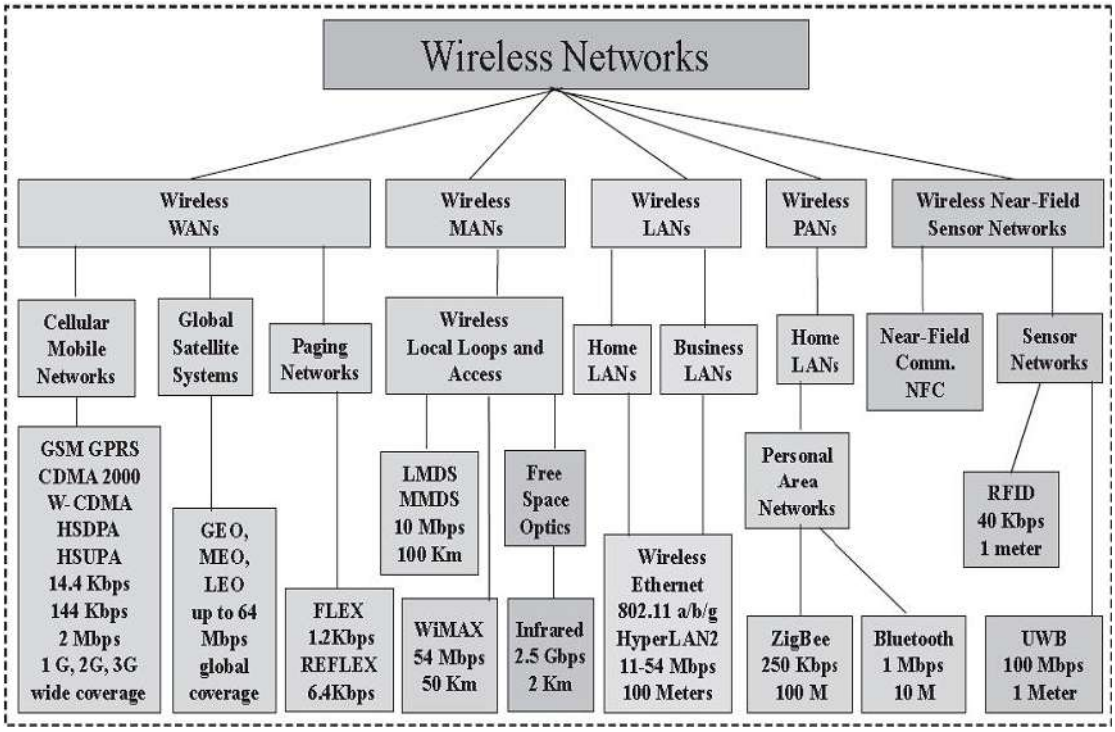


Figure I.1: *Aperçu de différentes classes de réseau sans fil*

Compte tenu de la multitude des technologies sans fil, la nécessité d'éviter les interférences entre des groupes d'utilisateurs (militaires, commerciales, amateurs) et d'imposer une discipline pour l'utilisation des standards communs, une stricte répartition des

fréquences pour différentes applications est nécessaire. Cette répartition peut être considérée comme une classification spectrale.

La correspondance entre les fréquences de transmission et la longueur d'onde avec également le terme des références couramment utilisé associés à différents types d'ondes, sont donnés dans le tableau Suivant.

Désignation internationale	Désignation francophone	Fréquence	Longueur d'onde	Exemples d'utilisation
ELF (extremely low frequency)	EBF (extrêmement basse fréquence)	3 Hz à 30 Hz	100 000 km à 10 000 km	Détection de phénomènes naturels
SLF (super low frequency)	SBF (super basse fréquence)	30 Hz à 300 Hz	10 000 km à 1 000 km	Communication avec les sous-marins
ULF (ultra low frequency)	UBF (ultra basse fréquence)	300 Hz à 3 000 Hz	1 000 km à 100 km	Appareil de recherche de victimes d'avalanche
VLF (very low frequency)	TBF (très basse fréquence)	3 kHz à 30 kHz	100 km à 10 km	Communication avec les sous-marins, Implants médicaux, Recherches scientifiques...
LF (low frequency)	BF (basse fréquence)	30 kHz à 300 kHz	10 km à 1 km	Radionavigation, Radiodiffusion GO, Radio-identification
MF (medium frequency)	MF (moyenne fréquence)	300 kHz à 3 MHz	1 km à 100 m	Radio AM
HF (high frequency)	HF (haute fréquence)	3 MHz à 30 MHz	100 m à 10 m	Communication pour les vols long courrier, Radio-identification...
VHF (very high frequency)	THF (très haute fréquence)	30 MHz à 300 MHz	10 m à 1 m	Radio FM, Télévision
UHF (ultra high frequency)	UHF (ultra haute fréquence)	300 MHz à 3 GHz	1 m à 10 cm	GSM, GPS, Wi-Fi, Télévision
SHF (super high frequency)	SHF (super haute fréquence)	3 GHz à 30 GHz	10 cm à 1 cm	Micro-onde
EHF (extremely high frequency)	EHF (extrêmement haute fréquence)	30 GHz à 300 GHz	1 cm à 1 mm	Radars anticollision pour automobiles, Liaisons vidéo transportables
Terahertz	Térahertz	300 GHz à 3 000 GHz	1 mm à 100 µm	

Tableau I.1: *Classification d'onde d'émission radio*

I.1.3. Les caractéristiques du médium sans fil

Le développement de solutions sans fil pour les réseaux locaux et métropolitain, référencés sous les nom de WLAN (Wireless Local Area Network) et WMAN (Wireless Métropolitain Area Network) permet de distinguer principalement deux types de médiums potentiels : les ondes infrarouge et radio. [1]

I.1.3.1. les ondes infrarouges

Les infrarouges sont des rayonnements électromagnétiques dont la longueur d'onde est comprise entre 780 nm et 1000 m. Cette plage est située juste au-dessous de celle de la lumière visible dans le spectre électromagnétique. Malgré cela les rayonnements infrarouges ont les mêmes caractéristiques que la lumière et ils subissent les mêmes phénomènes. Ils peuvent être arrêtés par les objets opaques tels que les

murs, les sols, etc. D'autres phénomènes de propagation comme l'absorption ou la dispersion d'énergie peuvent agir sur l'onde infrarouge et de ce fait réduire la quantité d'énergie arrivant au récepteur, entraînant ainsi la détérioration ou la perte des données. [1]

I.1.3.2. Les ondes radio

Les ondes radioélectriques ou ondes hertziennes sont aussi des rayonnements électromagnétiques dont la fréquence est en général comprise entre 20 kHz et 300 GHz. La transmission par ondes radio ne souffre pas des inconvénients évoqués précédemment.

Les ondes radio sont plutôt omnidirectionnelles et s'accommodent de la présence d'obstacles opaques sur leur trajectoire. Une visibilité directe entre les entités communicantes n'est plus nécessaire. Cela devient moins vrai au fur et à mesure que les fréquences de l'onde utilisée augmentent. Malgré ces avantages, les ondes radio souffrent des interférences, des problèmes de trajets multiples surtout en milieu clos et des atténuations dues aux propriétés plus ou moins absorbantes des matériaux. [1]

- **Les bandes ISM**

En 1985, le FCC réserva des bandes de fréquences hertziennes (902 à 928, 2400 à 2483.5, 5725 à 5850 MHz) pour des applications de courte portée de type industriel, scientifique et médical et ne requérant pas l'acquisition de licences. Certaines réglementations d'exploitation doivent toutefois être respectées. Leur rôle est de déterminer les techniques de transmission, la puissance d'émission ainsi que les principes du protocole de partage du médium. Ces spécifications sont ensuite adaptées aux besoins et contraintes de chaque pays (restrictions d'origine militaire par exemple). La réglementation de puissance d'émission à l'intérieur des bâtiments, pour la bande 2.4 GHz, est un exemple d'adaptation. Alors qu'elle a été limitée par le FCC à 1 Watt, en Europe elle ne doit pas dépasser 0.1 W et au Japon elle est limitée à 0.01 W. [1]

- **la propagation**

La propagation des ondes radio obéit à des règles complexes, surtout lorsqu'il y a des obstacles entre l'émetteur et le récepteur. Lorsqu'une onde rencontre un objet ou change de milieu, elle peut subir plusieurs phénomènes, dont la réflexion, la diffraction, la diffusion, et l'absorption. [1]

- **Les effets des conditions de propagation**

Il existe quelques phénomènes physiques dont la réflexion, la diffraction, la diffusion, l'absorption, qui agissent sur les ondes radio. Il y a d'autres effets qui causent des atténuations des ondes radio, qui sont liés à l'état ou à la position des entités communicantes. [1]

L'effet Doppler

Cet effet agit principalement quand la distance entre les deux entités communicantes varie. Il s'applique par conséquent à toute onde transmise ou reçue par une entité communicante en mouvement. Cette dispersion de fréquence est principalement fonction de la vitesse relative de déplacement. Des travaux ont montré que l'effet Doppler pouvait être observé entre des entités communicantes fixes en raison de mouvements dans l'environnement, de personnes ou d'objets. [1]

L'effet « trajets multiples » et ses conséquences :

Dans les mécanismes de propagation, le contact d'un objet, l'onde incidente peut en créer plusieurs répliques, plus ou moins identiques, qui vont utiliser des trajets différents entre l'émetteur et le récepteur. Ceci est désigné par l'appellation effet « trajets multiples ». Au niveau du récepteur, cet effet induit la réception de plusieurs copies de l'onde ayant chacune des valeurs différentes de leurs propriétés (phase, amplitude, etc.), interférant entre elles de manières destructives ou constructives. [1]

La dispersion du délai de propagation (Delay Spread)

La dispersion du délai est aussi une conséquence directe de l'effet « trajets multiples». En effet, la réception des différentes répliques d'un signal initial à travers des chemins ou trajets de longueurs différentes entraîne des arrivées au récepteur à des instants différents. La superposition de ces différentes composantes à la réception forme un signal étalé dans le temps. Lorsqu'il s'agit de transmettre plusieurs symboles consécutifs, la dispersion des délais peut donner lieu à un recouvrement temporel des répliques les plus rapides d'un symbole par les répliques les plus lentes du ou des symboles précédents.

Ce problème, communément désigné par Interférence Inter-Symboles ou ISI (Inter Symbol Interferences), est souvent résolu en espaçant l'émission des symboles, ce qui se

traduit soit par l'augmentation de la valence d'un symbole, soit par une diminution du débit de la liaison. [1]

- **Les modèles de propagation radio**

Un modèle de propagation est un ensemble d'expressions mathématiques, de diagrammes et d'algorithmes employés pour donner une représentation des conditions de propagation d'une onde électromagnétique dans un site ou environnement donné, parmi ces modèles on a :

L'atténuation due à la distance ou (Path Loss)

Il s'agit d'une combinaison de plusieurs termes d'affaiblissement que subit une onde lorsqu'elle parcourt une distance donnée. Ces affaiblissements sont dus aux différents phénomènes cités dans les paragraphes précédents. Le Path Loss (perte en chemin) est caractérisé par le rapport entre la puissance du signal émis sur celle du signal reçu.

Free Space Propagation Model

Le modèle de propagation en espace libre (Free Space propagation Model) est utilisé pour déterminer la puissance du signal reçu lorsqu'un émetteur et un récepteur se trouvent dans un environnement totalement dépourvu d'obstacles. Il constitue en quelque sorte le modèle théorique du cas idéal. [1]

I.2. Réseaux Wi-Fi

I.2.1. Introduction

Le mot Wi-Fi désigne une technologie réseau sans fil local WLAN conçue sur la base des travaux du groupe de travail IEEE 802.11. On peut concevoir le Wi-Fi comme une extension naturelle du réseau LAN réussi « Ethernet » dans le monde sans fil.

Ce réseau WLAN est très lié aux standards développés par les équipes de l'IEEE. Outre cet organisme de normalisation, les principaux acteurs de l'industrie sans fil se sont rencontrés au sein de l'Alliance Wi-Fi (Wireless Fidelity), précédemment appelé Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) pour le développement d'une technologie WLAN.

La mission de l'alliance Wi-Fi est de certifier l'interopérabilité et la compatibilité entre les différents équipements du réseau IEEE 802.11 et aussi de promouvoir cette norme. L'alliance Wi-Fi regroupe des fabricants des circuits intégrés, des fournisseurs de matériels et des fournisseurs de logiciels. Parmi eux, nous pouvons trouver des entreprises comme 3Com, Cisco, APPLE, Breezecom, Cabletron, Compaq, Dell, Fujitsu, IBM, Intersil, Lucent Technologies, Nokia, Samsung, Symbol Technologies, Wayport et Zoom.

Grâce aux normes Wi-Fi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fil à haut débit, qui permet de relier sans fil plusieurs appareils informatiques (ordinateur, routeur, décodeur Internet, etc.) au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données entre eux. [5]

I.2.2. L'historique du Wi-Fi

En 1997, l'Institute of Electrical and ElectronicsEngineers (IEEE) ratifiait son premier standard 802.11 qui promettait des débits théoriques1 de 1 à 2 Mb/s sur différents médias : soit la lumière infrarouge, soit les ondes radio de fréquence 2,4 GHz. Cette bande de fréquences radio a l'avantage d'être utilisable sans licence dans de très nombreux pays et c'est surtout pour cette raison qu'elle a été choisie. À peine deux ans plus tard, en juillet 1999, l'IEEE publia le 802.11b qui apportait une amélioration importante du débit sur les ondes radio à 2,4 GHz : on pouvait dès lors atteindre des débits théoriques de 11 Mb/s, ce qui devenait tout à fait comparable aux connexions filaires. Dès la fin 1999, les premiers produits respectant cette norme arrivaient sur le marché, à des prix relativement bas et qui allaient très vite encore baisser. [13]

I.2.3. Les standards 802.11

Il y a trois standards réseaux WLAN principaux, chacun avec un degré différent d'acceptation et de déploiement: IEEE 802.11a, IEEE 802.11b et IEEE 802.11g. Le standard 802.11b est le plus populaire, également connu sous le nom Wi-Fi ou Ethernet sans fil. Actuellement, le terme Wi-Fi est attribué à l'ensemble de la famille de norme IEEE 802.11a/b/g/n. Le Wi-Fi fonctionne dans l'une des bandes de fréquences sans licence 2,4 GHz, 5 GHz avec une zone de couverture allant de 3 à 500m.

Le Wi-Fi 802.11b a été conçu pour fonctionner dans la bande 2,4 GHz (2,4 à 2,485 GHz). Au départ, cela a commencé avec des débits de données de 1 Mbps et 2 Mbps, et plus tard, le débit a atteint 5,5 Mbit/s, pour arriver finalement à 11 Mbps dans la même année. Le Wi-Fi 802.11b utilise comme technique de transmission le DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ou le FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). Le DSSS divise la bande passante en 14 sous-canaux de 22MHz chacun. En utilisant un système redondant de motif de bits, il peut fournir un mécanisme pour la détection et la correction d'erreurs.

Dans le FHSS, la bande passante disponible est répartie en 79 sous-canaux de 1 MHz chacun, partagés par plusieurs émetteurs et récepteurs. En utilisant un modèle de saut convenu lors du début de la session par les parties de transmission, il offre une bonne protection contre

les bruits. Si la force du signal et la qualité se dégradent, les cartes sans fil 802.11b peuvent fonctionner à des débits diminués de 5, 2 et 1 Mbps.

Le Wi-Fi 802.11g a été conçu pour fonctionner dans la même bande 2,4 GHz que le 802.11b. La norme IEEE 802.11g a été adoptée au 3ème trimestre 2003. Elle utilise également comme technique d'accès soit le DSSS ou le FHSS. Par conséquent, le 802.11g est totalement rétro-compatible avec la norme 802.11b. Ceci assure une migration facile à partir de solutions 802.11b. Le Wi-Fi 802.11g fonctionne à une vitesse maximale de 54 Mbit/s.

La norme IEEE 802.11 a été conçue pour fonctionner dans les 5 GHz dans deux bandes différentes: une de 200 MHz (de 5.15 à 5.35 GHz) et l'autre de 100 MHz (5,725 à 5,825 GHz). Le Wi-Fi 802.11a utilise un système de codage appelé OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) qui divise la fréquence porteuse de données principale en plusieurs sous-porteuses qui sont transmises en parallèle. Cette approche évite les problèmes d'interférence due à la différence de retard des signaux arrivant sur le récepteur. La bande passante du 802.11a 200 MHz est divisée en 8 canaux indépendants de 20 MHz chacun. Les canaux de 20 MHz sont divisés en 52 sous-canaux (porteuses) de 300 KHz de large. [5]

I.2.4. Architecture du réseau Wi-Fi

L'architecture d'un réseau IEEE 802.11est cellulaire. Un groupe de terminaux, généralement constitué d'un ou plusieurs équipements terminaux munis d'une carte d'interface réseaux 802.11, s'associent pour établir des communications directes. Ils forment un BSS (Basic Set Service), à ne pas confondre avec les BSS (Base Station Subsystem) des réseaux GSM. La zone occupée par les terminaux d'un BSS peut être une BSA (Basic SET Area) ou une cellule. [5]

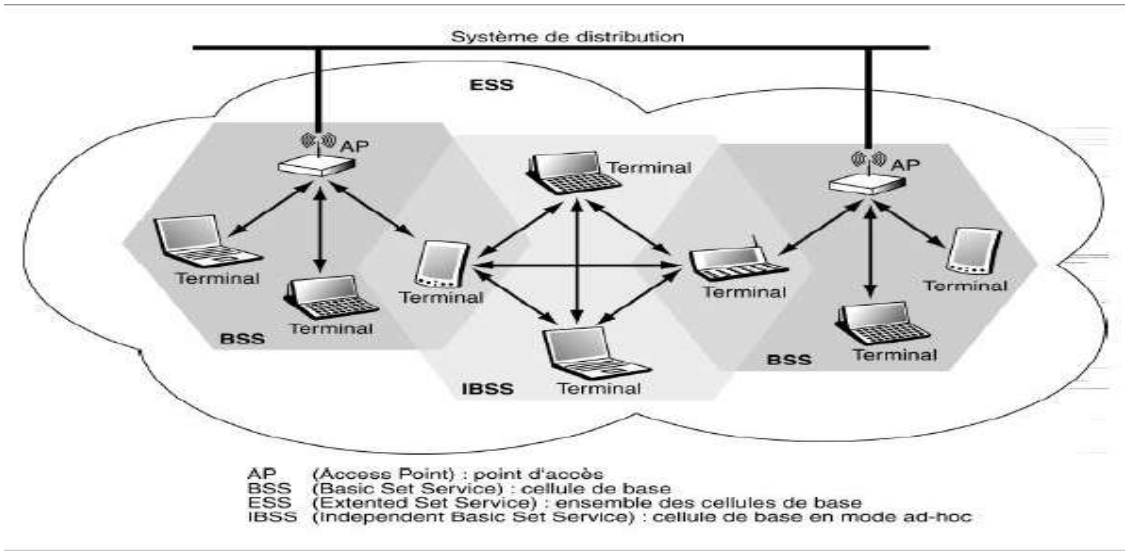


Figure I.2:*Architecture d'un réseau 802.11*

L'IEEE 802.11 couvre les deux premières couches du modèle OSI (Open system Interconnection). L'une des caractéristiques essentielles du standard est qu'il définit une couche MAC comme toutes les couches physiques.

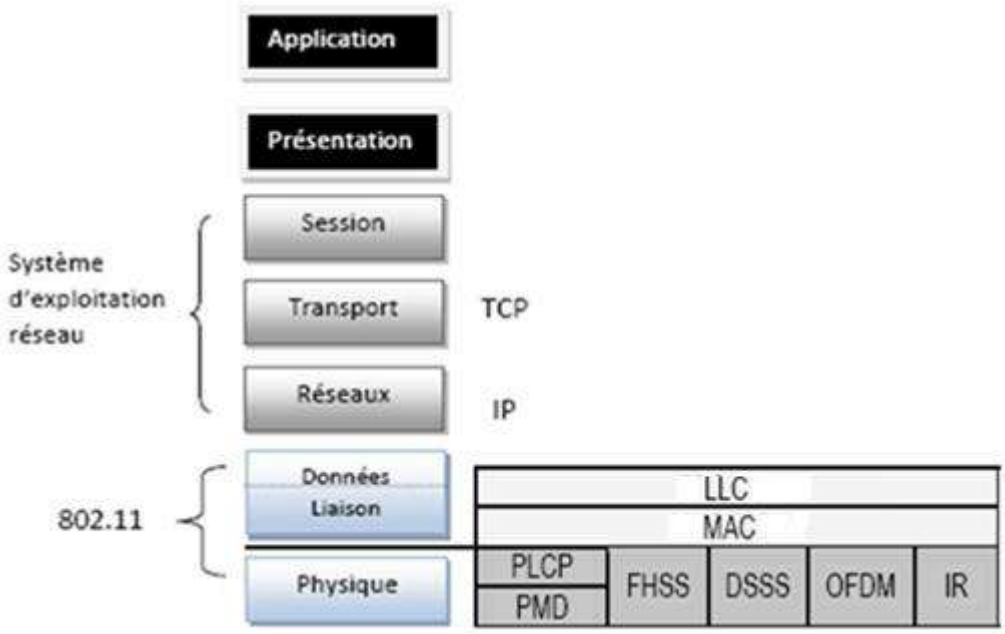


Figure I.3:*couches pour la norme IEEE 802.11*

I.2.4.1. Couche liaison de données

Elle est composée de deux sous couche :

- **La sous couche LLC**

La sous couche LLC de la norme IEEE 802.11 utilise les propriétés qui correspond à un mode avec connexion et avec acquittement des données. [3]

- **La sous couche MAC**

La sous couche MAC 802.11 intègre les mêmes fonctionnalités que la sous couche MAC 802.3

- la procédure d'allocation du support
- l'adressage des paquets
- le formatage des trames
- le contrôle d'erreurs CRC.

Dans la norme 802.11, la sous couche MAC réalise également la fragmentation et le réassemblage des trames. [3]

I.2.4.2. La couche physique

Elle assure la transmission des données sur le support, elle est constituée de deux sous couches : PMD et PLCP

- **La sous couche PMD**

Elle spécifie le type de support de transmission, le type d'émetteur-récepteur, le type de connecteur et la technique de modulation et de démodulation. [3]

- **La sous couche PLCP**

Elle s'occupe de la détection du support et fournit un signal appelé **CCA** (**C**lear **C**hannel **A**ssessment) à la sous couche MAC pour lui indiquer si le support est occupé ou non. L'IEEE a défini quatre types de couches physiques différentes caractérisées chacune par une technique de modulation précise.

I.2.4.3. Techniques d'accès

I.2.4.3.1. Etalement de spectre

Elle a été développée initialement à l'usage de l'armée et les services de renseignement. L'idée de départ était de répartir ou d'étaler le signal d'informations sur une bande passante plus large pour rendre plus difficile son brouillage et son interception. Le premier type d'étalement de spectre mis au point est dit par saut de fréquence (fréquency hopping). Une forme plus récente est l'étalement par séquence directe (direct sequence). Ces deux variantes sont mises en œuvres dans de nombreux produits et normes de transmission sans fil dont IEEE 802.11 en particulier. [4]

- **Etalement de spectre par saut de fréquence (FHSS)**

Dans la norme 802.11, la bande de fréquence 2.4 - 2.4835 GHz permet de créer 79 canaux de 1 MHz. La transmission se fait ainsi en émettant successivement sur un canal puis sur un autre pendant une courte période de temps (d'environ 300 ou 400 ms), ce qui permet à un instant donné de transmettre un signal plus facilement reconnaissable sur une fréquence donnée. [4]

- **Etalement de spectre par séquence directe(DSSS)**

Avec l'étalement de spectre par séquence directe, ou DSSS (Direct Séquence Spread Spectrum), chaque bit du signal d'origine est représenté par plusieurs bits dans le signal transmis, à l'aide d'un code d'étalement. Ce dernier étale le signal sur une bande de fréquence plus large, directement proportionnelle au nombre de bit de code utilisés. Ainsi un code d'étalement de 10 bits répartit le signal à travers une bande de fréquence 10 fois plus large qu'un code de 1 bit. Une application de cette technique consiste à combiner le flux d'informations numériques et le flux binaire du code d'étalement au moyen d'une opération XOR (ou exclusif). [4]

- **Codage CCK**

La norme 802.11b propose d'autres types d'encodage permettant d'optimiser le débit de la transmission. Pour augmenter le débit dans le cadre du standard 802.11, des techniques de codage évoluées sont mises en œuvre. Au lieu d'utiliser deux séquences barker qui définissent seulement deux états (0 ou 1), la norme définit la technique CCK (Complementary Code Keying). Cette technique, qui consiste en un ensemble de 64 mots de 8 bits chacun, permet d'encoder directement plusieurs bits de données en une seule puce (chip). [4]

- **CDMA**

En CDMA, on émet en permanence dans toute la bande en utilisant une technique d'étalement de spectre. Pour que cela soit possible, il faut que les signaux émis par les divers usagers possèdent certaines propriétés permettant de les dissocier. Chaque usager se voit donc affecter, pour la durée de la communication, un code spécifique. Contrairement aux FDMA et TDMA où la capacité en nombre d'utilisateurs est limitée respectivement par les ressources fréquentielles et temporelles. En CDMA, le nombre d'utilisateurs est fixé par les propriétés des codes d'étalement utilisés. Le CDMA constitue donc une alternative aux FDMA et TDMA permettant d'augmenter la capacité des systèmes. [4]

I.2.4.3.2. Modulation OFDM

Les modulations multiporteuses comme l'OFDM consistent à répartir les symboles sur un grand nombre de porteuses à bas débit, à l'opposé des systèmes conventionnels qui transmettent les symboles en série, chaque symbole occupant alors toute la bande passante disponible. [4]

I.2.4.4. Communication entre équipements

Le standard 802.11 offre deux modes de fonctionnement, le mode infrastructure et le mode ad-hoc.

I.2.4.4.1. Le mode ad-hoc

En mode ad hoc, il n'y a aucune administration centralisée. Il n'existe pas de point d'accès. Les stations terminales communiquent directement entre elles selon des liaisons point à point ou point multi point. Ces stations forment une cellule appelée IBSS (Idependant Basic Service Set). [3]

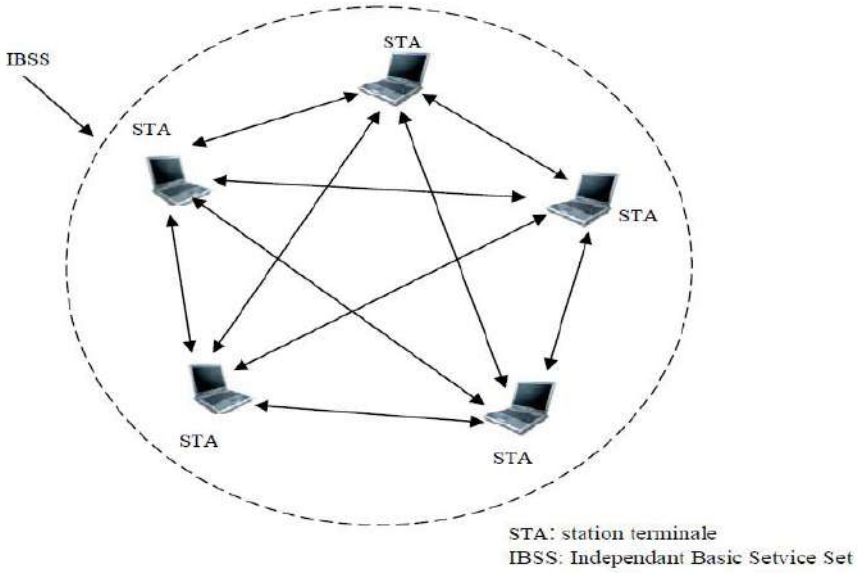
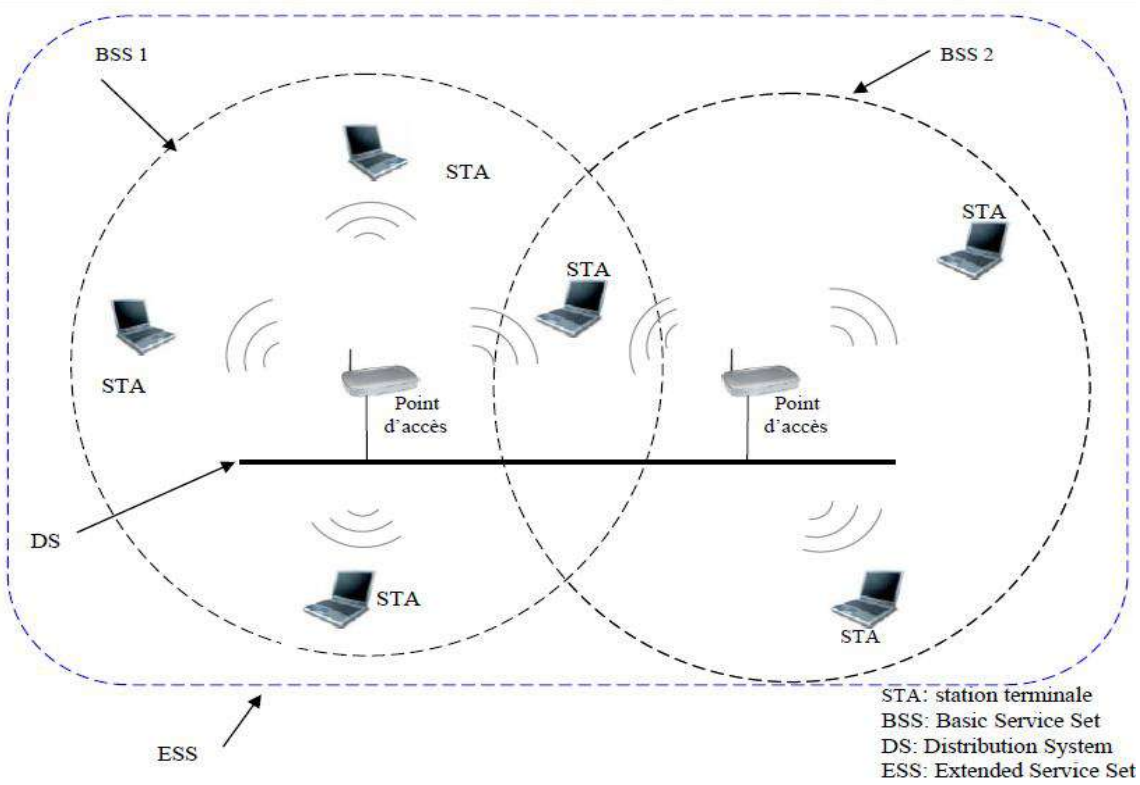


Figure I.4: *Mode ad hoc*

I.2.4.4.2. Le mode infrastructure

Dans le mode infrastructure, le réseau sans fil se compose d'au moins un point d'accès connecté à l'infrastructure du réseau fixe et d'un ensemble de stations sans fil. Cette configuration est basée sur une architecture cellulaire où le système est divisé en cellules. Chaque cellule appelée BSS (Basic Service Set) est contrôlée par une station de base (AP). Les stations dans une BSS exécutent le même protocole MAC pour concourir à l'accès au canal sans fil partagé. Afin d'étendre la zone de couverture, de multiples BSS sont utilisées avec des points d'accès qui sont reliés par un réseau filaire central appelé système de distribution (DS). L'ensemble des BSSs interconnectés et leur système de distribution forment un unique réseau IEEE802 logique qui est appelé ESS (Extended Service Set). [5]



FigureI.5: *mode infrastructure*

I.2.4.4.3. Le handover

Les stations qui se déplacent d'une cellule à une autre doivent rester synchronisées pour maintenir la communication. Le point d'accès envoie périodiquement des trames de gestion, plus précisément des trames balises (Beacon frame) qui contiennent la valeur de son horloge, aux stations qui peuvent ainsi se synchroniser. La station terminale choisit son point d'accès en fonction de la puissance du signal du point d'accès, du taux d'erreurs par paquet et de la charge du réseau. La station demande à accéder à une BSS dans deux cas :

− Terminal qui était éteint et qui par la suite est mis sous tension

− Terminal en déplacement [3]

I.3. Réseaux WiMAX

I.3.1. Introduction

Le terme large bande est souvent associé aux technologies XDSL, FTTX ou bien internet par câble. Ce n'est que dernièrement qu'est apparue la notion de l'accès haut débit sans fil ceci en relation avec les réseaux Wi-Fi. Aujourd'hui on peut distinguer trois types de réseaux haut-débit sans fil :

➢ Les WLAN, réseaux maillés, ou Wi-Fi à domicile ou dans les places publiques basés sur les technologies 802.11.

- Les WMAN basés sur les technologies 802.16 incluant le WIMAX.
- L'accès haut débit via les réseaux cellulaires comme l'EV-DO ou HSPDA.

Tout ces réseaux offrent un accès large bande. Malgré cela, le WiMAX est considéré comme la technologie la plus adaptée, offrant une connexion avec une meilleure efficacité spectrale.

Le standard IEEE 802.16, ou WiMAX permet le raccordement sans fil d'entreprises ou de particuliers sur de longues distances à haut débit. WiMAX apporte une réponse appropriée pour certaines zones rurales ou difficilement accessibles, qui sont aujourd'hui privées d'accès à l'Internet à haut débit pour des raisons de coût. Cette technologie vise donc à introduire une solution complémentaire au DSL (Digital Subscriber Line) et aux réseaux câblés d'une part, et à interconnecter des hot spots Wi-Fi d'autre part. WiMAX est principalement fondé sur une topologie en étoile bien que la topologie maillée soit possible. [8]

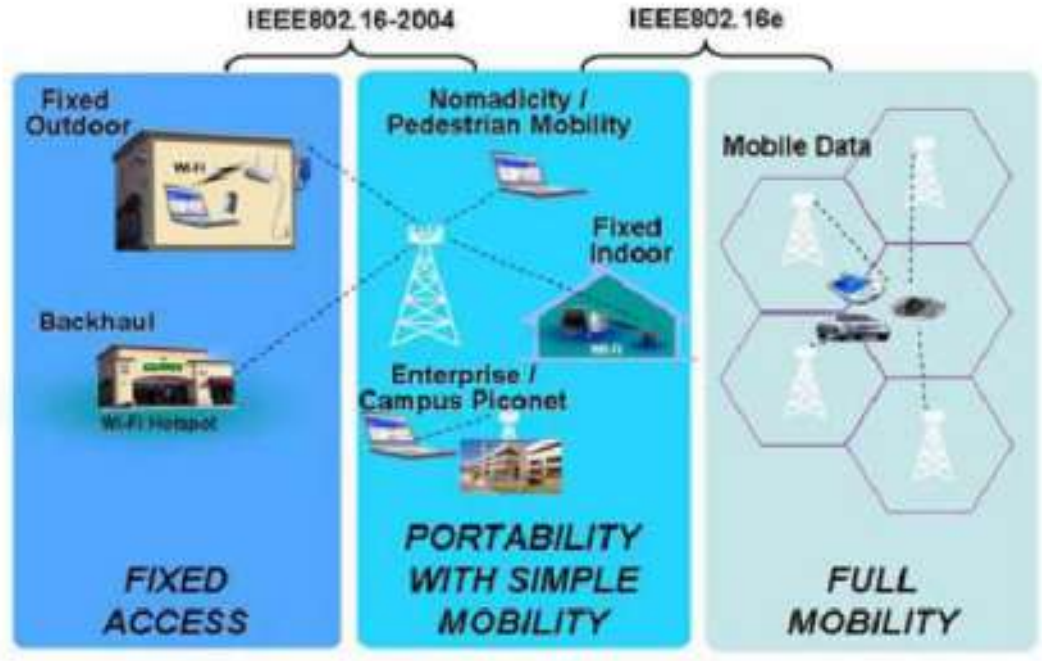


Figure I.6: *Les Différentes configurations du WiMAX*

Pour mieux comprendre cette technologie, cette partie sera dédiée à une présentation générale de la norme 802.16 tout en exposant les différents standards WiMAX et en détaillant par exploration de l'architecture en couches et les différentes technologies utilisées dans ce réseau.

I.3.2. L'historique de WiMAX

Le réseau WiMAX a été, à l'origine, créé par les sociétés Intel et Alvarion en 2002, poussé par un consortium d'une cinquantaine de membres, dont Intel, Nokia, Fujitsu Microelectronics et China Motion Telecom et ratifié par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) sous le nom de IEEE 802.16. Plus exactement, WiMAX est le label commercial délivré par le WiMAX Forum aux équipements conformes à la norme IEEE 802.16 qui est apparue en 2001. La norme 802.16 a connu de nombreuses évolutions au fur et à mesure qu'elle gagne en popularité. Destinées originellement à desservir les zones les plus éloignées en haut débit en tant que réseau d'accès, cette norme s'oriente de plus en plus vers la mobilité notamment dans la version 802.16e. [7]

Caractéristiques	***802.16***	***802.16 d***	***802.16 e***
Spectre	*11-66 GHz*	*2-11 GHz*	*2-11 GHz pour fixe* *2-6 GHz pour mobile*
Conditions canal	*Uniquement LOS*	*NLOS*	*NLOS*
Débit	*32 – 134.4 Mbit/s*	*1 - 75 Mbit/s*	*1 - 75 Mbit/s*
Modulation	*QPSK, 16-QAM, 64-QAM*	*256-OFDM, QPSK, 16-QAM, 64-QAM*	*256-OFDM, QPSK, 16-QAM, 64-QAM*
Mobilité	*Fixe*	*Fixe*	*Fixe et Mobile*
Bande passantes	*20, 25, 28 MHz*	*1.75, 3.5, 7, 14, 1.25, 5, 10, 15, 8.75 MHz*	*1.75, 3.5, 7, 14, 1.25, 5, 10, 15, 8.75 MHz*
Rayon de cellule typique	*2 - 5 Km*	*5 - 10 Km* *max pour 50 Km*	*2 - 5 Km*

Tableau I.2:*Spécificités techniques des différentes normes IEEE 802.16*

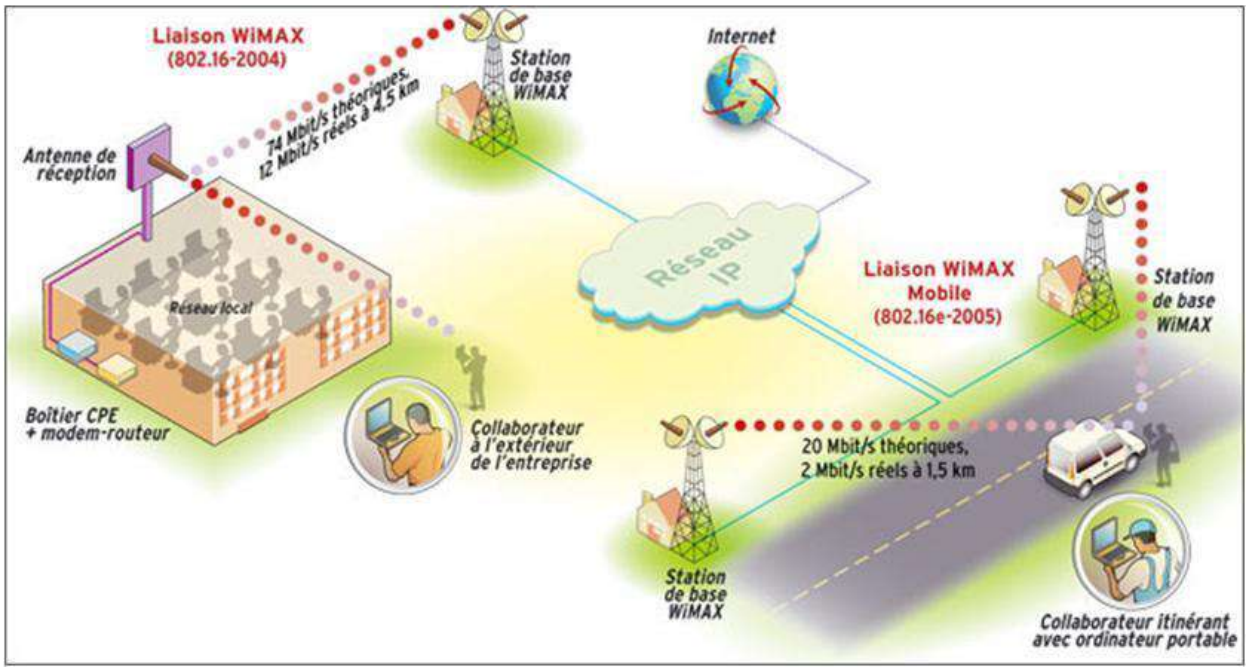


Figure I-7 **:** *Exemple d'un réseau WiMAX*

I.3.3. L'architecture de WiMAX

Comme avec toutes les normes IEEE 802.X, les protocoles définis concernent les deux couches les plus basses du modèle OSI (couche physique et Liaison de donnée). La couche liaison de données étant divisée en deux sous couches : MAC (Media Access Control) et LLC (Logical Link Control). L'architecture de couches et de protocoles définie dans le WiMAX/802.16 est montrée dans la figure précédente. On peut voir que la norme 802.16 définit seulement la couche physique et la couche MAC, avec la couche LLC appliquant très souvent la norme IEEE 802.2 [5]

I.3.3.1. La couche MAC :

La couche MAC prend en charge le transport de l'ATM mais aussi celui des paquets IP, et joue un rôle important dans la gestion de la qualité de service (QoS). Elle s'appuie sur trois sous couches : une couche de convergence spécifique SSCS (Service Specific Convergence Sublayer), une couche commune CPS (MAC Common Part Sublayer) et une couche sécurité PS (Privacy Sublayer). [9]

- La sous couche SSCS :

La SSCS est destinée pour faire la correspondance de service entre les connexions MAC. Elle définit deux service de convergence de sous couches de convergence:

- Pour les réseaux ATM : définie pour les services ATM,

- Pour les réseaux à base de paquets : il est utilisé pour faire la correspondance des services par paquets, tels que IPv4, IPv6, Ethernet ou les VLAN.[9]

- La sous couche CPS :

Cette sous couche forme le noyau de la couche MAC, étant donné qu'elle contient les fonctions clés relatives au contrôle du lien radio.la CPS fournit les règles et les mécanismes d'accès, l'allocation de la bande passante, et la maintenance de la connexion. Elle reçoit les données des sous couches de convergence. En outre, c'est la sous couche CPS qui gère les mécanismes de qualité de service (QoS). [9]

- La sous couche PS :

Cette couche représente l'interface entre la couche MAC et la couche PHYSIQUE. Elle fournit la sécurité à travers le réseau sans fil à large bande en cryptant la connexion entre la station de base et l'abonné au service. De plus, elle est utilisée pour l'authentification et l'échange de clefs de sécurité. [9]

I.3.3.1.1. Interconnexion couche MAC/couche physique

Le standard 802.16 spécifie plusieurs méthodes de duplexage des voies montantes et descendantes. La couche MAC se base à l'heure actuelle sur un mode trame, c'est-a-dire qu'elle définit une base de temps. Cette base de temps dépend de celle de la couche physique associée. Le standard 802.16 peut utiliser deux modes de duplexage :

• Le duplexage FDD (Frequency Division Duplexing).

• Le duplexage TDD (Time Division Duplexing).

- Mode de duplexage FDD (Frequency Division Duplexing)

Les canaux de la voie descendante opèrent sur des fréquences différentes de ceux de la voie montante. Les transmissions dans les deux directions peuvent avoir lieu au même moment. La durée, donc d'une sous trame en voie montante ou descendante est celle de la trame. Sur la voie descendante, les stations peuvent opérer en full duplex ou half duplex. Le fait que la voie montante et la voie descendante utilisent la même longueur de trame simplifie l'algorithme d'allocation de bande passante. Une station abonnée utilisant le mode full duplex est capable d'écouter continuellement la voie descendante tandis qu'en fonctionnant en mode half duplex, elle ne peut pas écouter la voie descendante pendant qu'elle transmet des données sur la voie montante. [14]

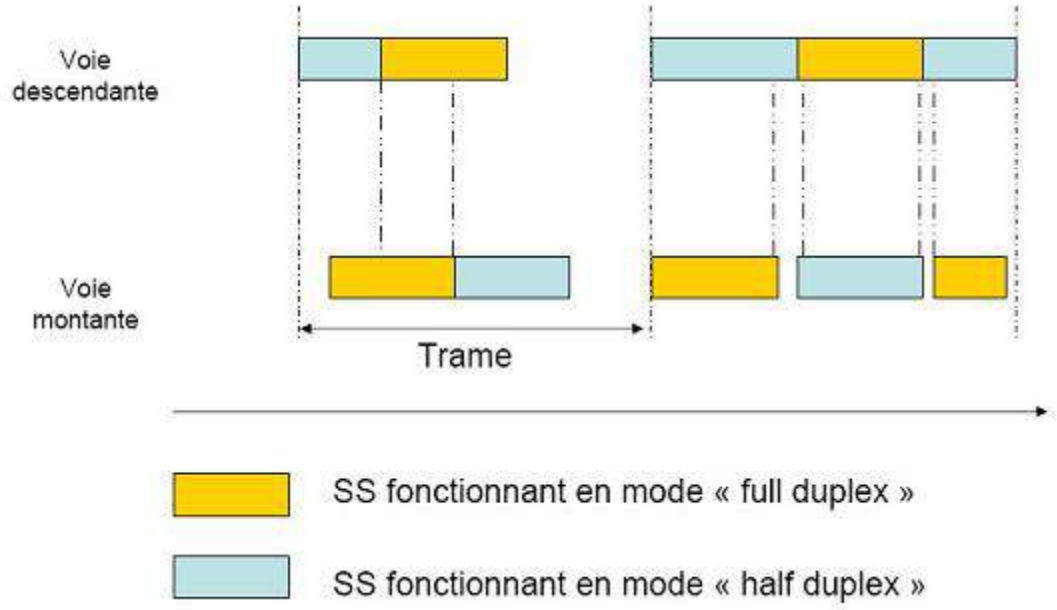


Figure I.8:*Structured'une trame FDD*

- Mode de duplexage TDD (Time Division Duplexing**)**

Pour ce mode les canaux en voie montante et descendante peuvent partager la même fréquence mais ne peuvent transmettre en même temps. Chaque trame TDD a une sous trame en voie descendante suivie d'une sous trame en voie montante. Le nombre d'intervalles de temps alloués à chaque sous trame varie selon le besoin en bande passante dans chaque direction.

Entre 2 sous trames, un intervalle de garde est réservé pour que les stations aient le temps de changer de directions.

TDD est plus efficace pour la transmission de données, mais le trafic voix peut facilement être géré par FDD avec un minimum de délai. [14] le TDD requiert un système de synchronisation mais reste toujours le mode préféré pour les raisons suivantes :

- Permet l'adaptation du débit en sens montant et descendant pour supporter d'une manière optimale un trafic asymétrique dans les deux sens, alors que FDD présente des débits fixes en général.
- Assure la réciprocité du canal pour une meilleure adaptation du lien, MIMO et autres technologies d'antennes avancées.
- Requiert seulement un seul canal pour les deux sens
- La conception des émetteurs/récepteurs est beaucoup plus facile et moins couteuse.[12]

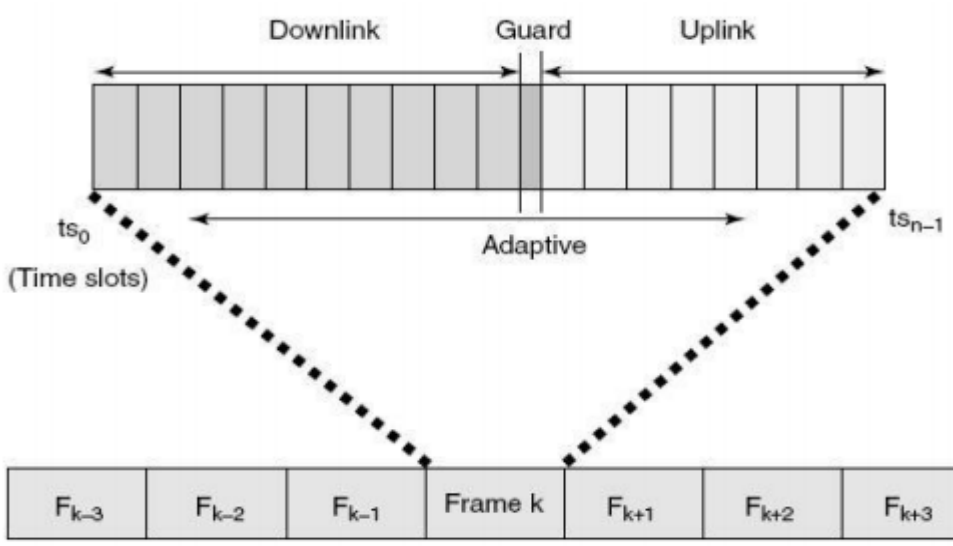


Figure I.9:*Structure d'une trame TDD*

I.3.3.1.2.MIMO : Multiple Imput Multipe Output

MIMO est un type de multiplexage spatial, c'est une technique très puissante pour les systèmes multiple-antenna. En principe, MIMO augmente le débit des données dans la proportion du nombre d'antennes de transmission du fait que chaque antenne porte un flux unique des symboles de données. Par conséquent, si le nombre des antennes de transmission est M et le débit des données par chaque flux est R alors le débit total du système est M*R. MIMO fournit un accroissement multiplicatif du débit, en comparaison avec l'architecture Single Input Single Output (SISO), tout en codant soigneusement le signal transmis à travers les antennes, les symboles OFDM, et les fréquences. [14]

I.3.3.1.3.Modulation adaptative

Il s'agit d'ajuster la modulation du signal par rapport au SNR (rapport signal sur bruit) du signal radio. Quand le lien radio est de très bonne qualité, le plus haut plan de modulation est utilisé. Ce qui augmentera la capacité du système. Sinon, on dégrade la qualité de la modulation pour garder la même qualité de connexion et la stabilité de lien. [7]

I.3.3.1.4. La desserte avec WiMAX

Le but de la desserte est de relier le client final à un réseau donné afin qu'il puisse accéder à Internet. Pour cela, le client doit posséder un récepteur WiMAX (une puce intégrée ou un CPE : Customer Premise Equipement) et se trouver dans le champ d'action d'un émetteur. 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. [9]

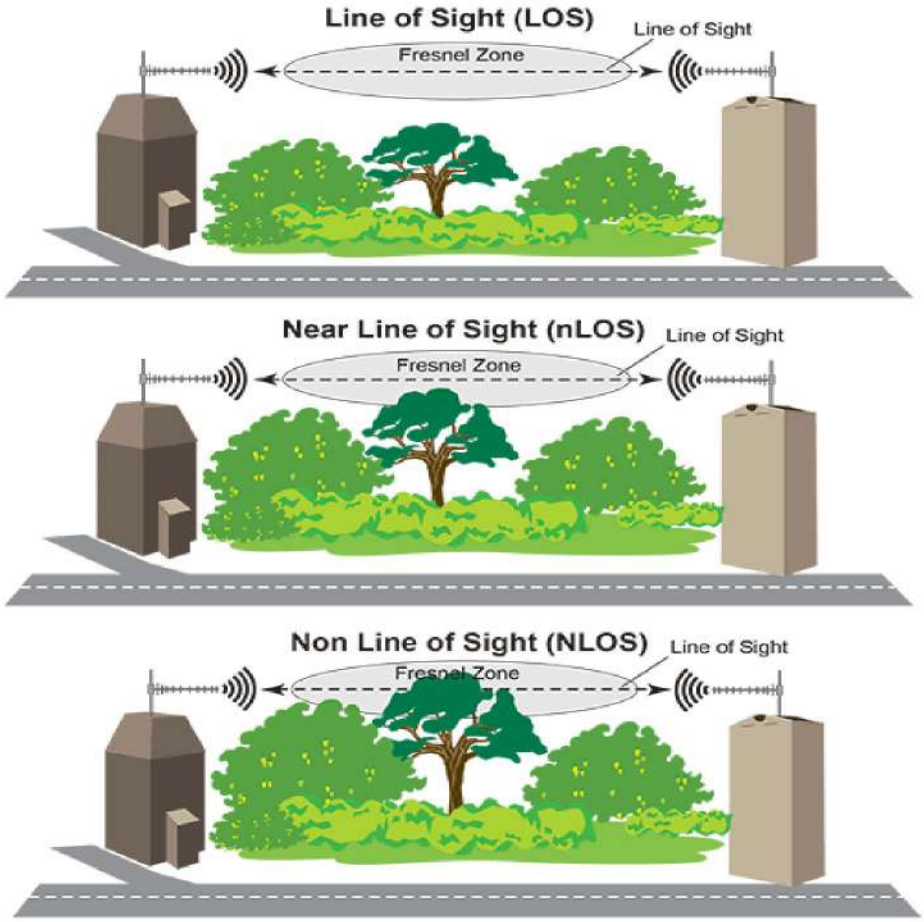


Figure I-10 :*La desserte avec WiMAX*

I.3.3.2.La couche physique

Dans la conception des spécifications physiques de la bande des 10-66 GHz, une propagation par vue directe était considérée comme une nécessité pratique. Avec cette condition respectée, la modulation par simple porteuse a été facilement choisie.

Pour la spécification 2-11 GHz ; la couche physique a été implémentée pour répondre au cas où les stations communiqueraient (NLOS), dans le cas des environnements urbains avec la présence d'obstacles entre deux stations.

Pour répondre à ces spécifiques, trois types d'interface de transmission ont été définies:

- SC (Single Carrier) : Elle définit une transmission sur un seul canal de fréquence.

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): Cette interface utilise plusieurs bandes de fréquence qu'elle divise en plusieurs porteuses pour la transmission d'un signal. Chaque bande est utilisée à des fins différentes.
- OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) : Similaire à l'OFDM, cette interface offre un plus grand nombre de porteuses du fait du multiplexage effectué sur la fréquence. [9]

I.3.3.2.1.WirelessMAN-OFDM

L'interface radio WMAN-OFDM utilise l'OFDM à 256 porteuses. Les symboles sortant de la constellation attaquent l'IFFT et le premier symbole qui sort de la modulation numérique doit être porté par la sous porteuse de données ayant le plus petit indice d'offset. Chaque sous porteuse est référenciée par un indice d'offset indiquant sa position dans le symbole (entre -128 et +127). Nous distinguons 3 types de sous porteuses

- Sous porteuses de données: 192 sous-porteuses modulées soit en BPSK, QPSK, 16-QAM ou 64-QAM.
- Sous porteuses pilotes: 8sous porteuses pilotes modulée avec BPSK
- Sous porteuses nulles: 56 sous-porteuses, modulées en BPSK [10]

I.3.3.2.2. Sub-channelization

WiMAX définit la sub-channelization comme une option pour le sens uplink. Son principe est de concentrer la puissance disponible d'un signal dans un petit nombre de sous porteuses OFDM. Cela conduit à étendre la portée du système, à remédier aux effets des obstacles physiques dans un environnement NLOS, et réduire la consommation de puissance d'une SS. Le symbole OFDM est formé de 256 porteuses dont 192 sont consacrées pour les données. La norme divise ces 192 porteuses en 16 subchannel (12 porteuses par subchannel), Les porteuses des subchannels non utilisés sont inactives (porteuses nulles), ce qui permet à la SS de concentrer la puissance disponible dans les porteuses actives. Par exemple, dans le WiMAX fixe utilisé pour la VoIP, si un poste de l'abonné n'a que 64 bits de données à transmettre dans un cadre particulier, il n'est pas tenu de transmettre une trame avec 1152 bits. Au contraire, elle peut transmettre aussi peu que 72 bits représentant un sous-canal.

I.3.3.2.3. Le débit

Les débits qu'on peut atteindre par le WiMAX fixe dépendent de nombreux paramètres. - la modulation - le codage - la largeur de bande La sélection des paramètres

comme la modulation ou la correction d'erreur sont adaptatifs toutefois le débit peu changer aussi avec les conditions de transmission. La taille de l'IFFT pour la norme 802.16-2004 est fixée à 256.

a) Modulation

La capacité de transmission de donnée du système dépend du type de modulation utilisée. La modulation dans le WIMAX est adaptative (QPSK, 16 QAM, 64 QAM pour le dowlink. Pour le Uplink seulement QPSK et 16 QAM sont requises). Le nombre de Bits par sous-porteuse est donné par B= log2(M) ou B= bits/symbole et M dénote le niveau de modulation (4,16 ou 64 ... etc).

b) FEC (Forward Error Correction)

Le mécanisme de correction d'erreur FEC est une caractéristique commune pour toutes les transmissions numérique, où les erreurs peuvent être corrigées par l'information redondante portée par le même signal (information). Les bits de FEC peuvent être des bits de parité ou une répétition de l'information elle même. Cependant, pour une meilleure efficacité, les bits de FEC doivent être adaptés avec les caractéristiques du système de transmission. Le code de convolution et le code correcteur d'erreur REED-SOLOMON (RS), sont utilisés par le FEC de WiMAX.

c) Largeur de bande

Augmenter la largeur du canal induit l'augmentation de l'espacement fréquentiel entre 2 porteuses adjacentes.car la taille de la FFT pour le WiMAX fixe est fixée à 256.

I.3.4.WiMAX mobile (Standard IEEE 802.16e)

Le WiMAX mobile 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. [8]

I.3.4.1. Couche physique

La norme IEEE802.16 e 2005 est une amélioration de la norme IEEE802.16d 2004. C'est pour cela que nous nous limiterons aux améliorations apportées au niveau de la couche physique par ce standard.

I.3.4.1.1.Technique d'accès multiple SOFDMA

SOFDMA introduit beaucoup de variations a l'interface Wireless MAN-OFDMA du standard 802.16-2004, non pas seulement pour améliorer sa fonction mais aussi pour être capable de supporter la mobilité des utilisateurs (effet Doppler, handover). Une des plus importantes caractéristiques introduites par 802.16e est que SOFDMA supporte les IFFT suivants : 2048, 1024, 512, 128, ainsi on ajuste la taille de l'IFFT tout en fixant l'espacement de fréquence entre les sous-porteuses à 10.94 kilohertz. Ceci dans le but d'accommoder avec les différentes largeurs du canal possibles. Les paramètres de SOFDMA sont énumérés dans le tableau 1. Les systèmes de largeurs de bande de 5 et 10MHz sont les premiers profils développés par le WiMAX Forum. [6]

I.3.4.1.2.Couche physique adaptative

La couche physique adaptative désigne la capacité de la couche PHY de passer d'un « Burst profile » à un autre plus ou moins robuste suivant les conditions de transmission (Signal to noise rate (SNR)) tout en conservant le débit maximum possible.

Burst profil : On appelle profil un couple « codage/modulation », et selon la qualité du signal reçu par le récepteur, il peut choisir de passer à un profil plus ou moins robuste. Au niveau de la norme, il est défini trois types de modulation qui sont la modulation QPSK, 16-QAM, et 64-QAM allant de la plus robuste à la plus efficace en termes de débit. En effet, plus une modulation est robuste aux interférences et au bruit, plus le débit utile est faible.

L'adaptation de lien est possible en ayant recourt aux systèmes d'antennes intelligentes (Smart Antenna) ou aux antennes MIMO (Multiple Input Multiple Output) qui ont la capacité de réagir automatiquement et en temps réel dans un environnement imprévisible. Ils réduisent l'interférence en maintenant le lobe principal de l'antenne dans la direction du signal utile, tout en permettant l'augmentation de la capacité du réseau. [14]

I.3.4.2. Couche MAC

Les spécifications de la couche MAC du WiMAX mobile prennent forme sur la base de la norme 802.16-2004 toute en ajoutant les services de mobilité et le handover avec une meilleur sécurité et qualité de service.

I.3.4.2.1.Gestion de la Qualité de Service (QoS)

La gestion de la qualité de service est la procédure qui détermine l'allocation de bande et l'interrogation des stations d'abonnés sur l'état de leur file d'attente. Plusieurs paramètres de qualité de service sont alors définis tels que : la garantie de l'intégrité des données transportées, la garantie d'un temps de latence maximum, la garantie d'un débit minimum, la garantie d'une variation de délai (gigue) maximale, le partage équitable ou pondéré des ressources, etc. Les besoins en qualité de service peuvent être différents. Si on veut diffuser de la vidéo à la demande, on aura besoin d'un transfert quasi temps-réel, avec une latence très faible ainsi qu'une gigue faible. En revanche, il est permis de perdre parfois une image ou d'avoir une qualité d'image un peu dégradée. Cependant, si on veut transférer de gros fichiers via le protocole FTP, il est essentiel que l'intégrité des données soit préservée, mais on peut tolérer une gigue importante. Dans le standard802.16 e, différents types de services sont utilises, à savoir : [14]

a) Unsolicited Grant Service (UGS)

Cette classe de service est utilisée pour transmettre des flux temps réels. La transmission doit s'effectuer avec des trames de taille fixe à intervalle régulier. Comme la transmission de voix sans suppression des silences

b) Real-time Polling Services (rtPS)

Cette deuxième classe de service permet la transmission de flux temps réels de taille variable à intervalle régulier. Son utilisation convient très bien pour la transmission de vidéo MPEG. Pour cela, la station de base accorde une fenêtre d'interrogation périodiquement à la station de l'abonné, permettant à cette dernière de transmettre une requête. L'inconvénient est que la nécessité de transmettre les requêtes occupe de la bande passante et que le temps de transaction entre la station de base et celle de l'abonne peut altérer la qualité du service.

c) Non-Real-Time Polling Service (nrtPS)

Cette classe de service permet la transmission de flux qui tolèrent des délais. De plus ces flux contiennent des trames de tailles variables. Seul le taux de transfert minimum est garanti. Ce type de qualité de service convient très bien aux transferts de fichiers.

d) Best Effort (BE)

Cette classe de service est la plus simple de toute, Elle ne donne aucune garantie sur l'acheminement des flux de données. Elle est utilisée pour tous les flux ne nécessitant pas de qualité de service particulière par exemple la navigation sur internet.

I.3.4.2.2. la Sécurité

Contrairement au Wi-Fi, les systèmes WiMAX ont été conçus au départ avec une sécurité robuste. La norme inclut des méthodes de dernière génération pour assurer la protection des données utilisateur et empêcher l'accès non autorisé, ainsi que l'optimisation d'un protocole pour la mobilité. La sécurité est gérée par la sous-couche MAC PS.

Les données d'utilisateur sont chiffrées en utilisant des algorithmes cryptographiques d'une robustesse prouvée.

WiMAX fournit des moyens flexibles pour authentifier la station abonné et les utilisateurs pour empêcher l'utilisation non autorisée.

Les stations clientes utilisent le PKM (Protocol Key Management) afin d'obtenir l'autorisation de se connecter, récupérer les clefs de cryptage auprès de la station mère, et pouvoir refaire ces opération régulièrement.

I.3.4.3. Mobilité dans l'IEEE 802.16e

Dans les systèmes mobiles, le handover est un processus crucial pour pouvoir fournir à un abonné l'accès à un service indépendamment du temps. Les utilisateurs mobiles ne peuvent pas naturellement obtenir l'accès à une même station de base BS en se déplaçant. En entrant dans un secteur qui fournit un meilleur raccordement par une nouvelle BS, l'ancienne doit être libérée et la nouvelle connexion doit être établie.

La durée de vie des batteries et le handover sont les facteurs les plus importants pour les applications mobiles. Dans ce cadre le standard 802.16 e spécifie aux MS (Mobile Station) deux modes pour le contrôle de puissance le "Sleep Mode" et le "Idle Mode".

Afin de prendre en compte la mobilité des usagers, le standard met en place une procédure de handover utilisable dans les cas suivants :

- Quand la station mobile MS (Mobile Station) peut être pris en compte avec une meilleure qualité de signal par une autre station de base (mouvement du terminal, affaiblissement du signal ou interférence).

- Quand le terminal mobile peut être pris en compte avec une meilleure QoS par une autre station de base (équilibrage de charge, contrôle d'admission, ou attentes en terme de QoS). [8]

I.4.Conclusion

La technologie WiMAX a plusieurs avantages par rapport à une connexion Wi-Fi. Tels que: une meilleure tolérance de la réflexion; une meilleure pénétration des obstacles; et une augmentation dans le nombre d'interconnexions (quelques centaines d'équipements plutôt que quelques dizaines d'équipements pour Wi-Fi). Il est évident que l'objectif standard WiMAX n'est pas de remplacer le Wi-Fi dans ses applications, mais plutôt de le compléter afin de former un réseau large sans fil. Malgré la similitude dans le coût de l'équipement, la technologie WiMAX nécessite une infrastructure coûteuse, contrairement à une connexion Wi-Fi qui peut être facilement installé à l'aide de points d'accès à faible coût. Ces deux technologies sans fil ont des éléments communs dans leurs opérations avec une différence majeure dans le domaine de la communication. Le tableau I.3 donne une synthèse comparative des deux réseaux d'accès sans fil (Wi-Fi et WiMAX).

Caractéristiques	**WiMAX (802.16a)**	**Wi-Fi (802.11b)**	**Wi-Fi (802.11a/g)**
Application de base	Accès sans fil haut-débit	Accès sans fil	Accès sans fil
Bande de Fréquence	2 G à 11 GHz	2.4 GHz ISM	2.4 GHz ISM (g) 5 GHz U-NII (a)
Largeur de bande du canal	Ajustable 1.25 M à 20 MHz	25 MHz	20 MHz
Half/Full Duplex	Full	Half	Half
Technologie Radio	OFDM (256-canaux)	DSSS	OFDM (64-canaux)
Efficacité de la largeur de bande	<=5 bps/Hz	<=0.44 bps/Hz	<=2.7 bps/Hz
Modulation	BPSK, QPSK, 16-, 64-, 256-QAM	QPSK	BPSK, QPSK, 16-, 64-QAM
FEC	Code Reed- Solomon Convolutionnel	Aucun	Code Convolutionnel
Mobilité	Mobile WiMAX (802.16e)	En cours de développement	En cours de développement
Maille	Oui	Propriété du vendeur	Propriété du vendeur
Protocole d'accès	Request/Grant	CSMA/CA	CSMA/CA

Tableau I.3 : *Comparaison entre Wi-Fi et WiMAX*

CHAPITRE II :
Description des différents modèles de simulations réalisées

I. Introduction :

La simulation consiste à représenter par un programme informatique un réseau, et un scénario d'utilisation de ce réseau afin de recueillir des statistiques permettant d'évaluer le fonctionnement d'un mécanisme donné. C'est donc une approche technique permettant d'anticiper les problèmes qui pourraient surgir au niveau pratique et d'implémenter la technologie la mieux adaptée aux besoins.

Dans ce chapitre, on présente des modèles de réseaux Wi-Fi et WiMAX dont le but est d'évaluer la transmission entre les différents nœuds du réseau. Dans ces réseaux on étudie l'influence de la distance entre les nœuds, le nombre de postes, les liaisons filaire et non filaire, et le réseau fixe ou bien mobile. En considérant aussi quelques paramètres comme le débit, le trafic, le délai de bout en bout, le retard, et la puissance reçue d'un nœud.

Pour cela nous avons choisi de travailler avec le logiciel OPNET qui est un simulateur puissant prenant en charge les réseaux filaires ainsi que les réseaux sans fil. Il permet l'exécution d'un nombre important de simulations en variant certains paramètres et donne accès rapide aux résultats qui nous intéressent.

Notre travail consiste à réaliser trois projets basés sur des différents types de réseaux (Wi-Fi et/ou WiMAX), et chaque projet contient plusieurs scénarios permettant de suivre la qualité de service en fonction des changements de plusieurs facteurs.

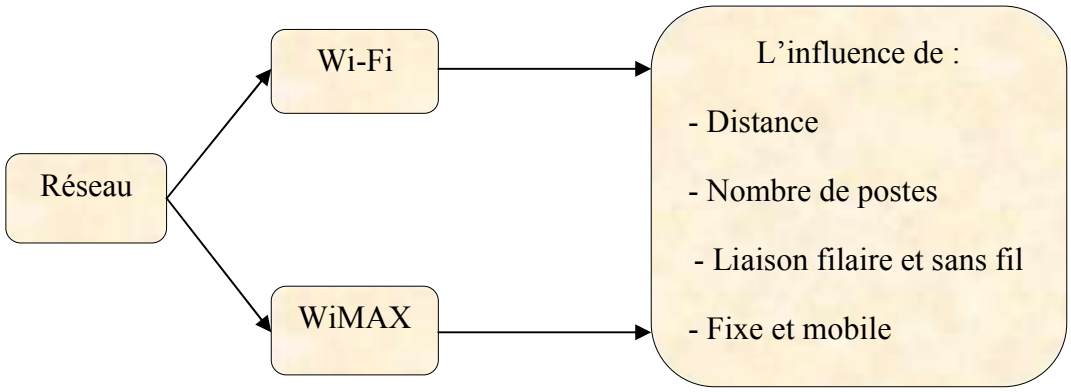


Figure II.1:*Schéma des projets réalisés*

II. OPNET :

Il a été lancé sur le marché en 1986 par Alain Cohen, OPNET est une offre de logiciels de modélisation et de simulation de réseaux.

Cet outil a été parmi les premiers outils de simulation de réseaux disponibles et reste un outil de référence. Il appartient à une famille de logiciels développés par la société MIL3 [OPNET 02], spécialisée dans la mise en œuvre de logiciels de modélisation, de simulation et d'analyse de performances des réseaux de communication.

OPNET (Optimized Network Engineering Tool) est un environnement graphique utilisé dans la conception et l'étude de protocoles et des réseaux offrant une grande flexibilité. Il permet de travailler sur toutes les couches du modèle OSI en proposant pour chacune une grande quantité d'informations. De plus, cet outil fournit un modèle rigoureux pour décrire le comportement du médium radio, et permet d'exprimer ses caractéristiques de façon précise. C'est pour ces raisons que cet outil a été choisi dans le cadre de ce mémoire. [1]

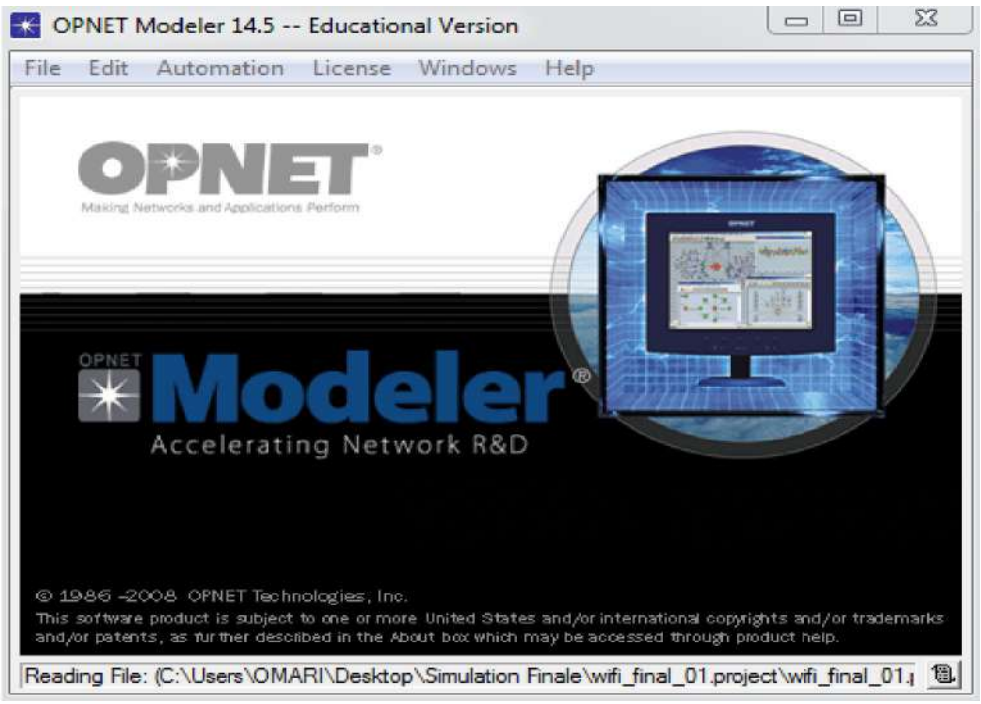


Figure II.2:*Interface du simulateur OPNET*

III. Les étapes de création d'un projet OPNET :

Lorsqu'on veut créer un projet ou un scenario quelconque il faut suivre des étapes précises, d'abord on ouvre le simulateur, ensuite à travers la barre d'outil on crée le projet par « File->New » et on choisit les paramètres dépendants de notre réseau, après lorsque on est dans la zone de travail on ouvre « la palette des nœuds » qui se trouve dans la barre d'outil et on choisit les composants et les nœuds avec précision (les fils, les routeurs, les commutateurs, les serveurs …..) pour construire le réseau.

Ensuite, arrive la configuration des nœuds. Chaque nœud a une configuration précise selon les normes du réseau utilisé, et cette étape se fait en cliquant sur le nœud par le bouton droit de la souris et en choisissant « Edit Attributes ».

Aussi, on choisit nos statistiques d'analyse pour les graphes que nous voulons, en cliquant sur le bouton droit de la souris sur la zone de travail (dans le vide) et en choisissant « ShooseIndividual DES Statistics », pour les statistiques globales, ou sur les nœuds pour les statistiques de nœud (débit, délai de bout en bout, puissance…..).

Après, l'étape suivante : c'est la simulation par la fonction « Run » dans la barre d'outils. On définit le temps de simulation et on lance, ou bien si on a plusieurs scénarios on les collecté ensemble en choisissant « Manage scenarios » qui se trouve dans la barre d'outil.

A la fin, on termine par la visualisation des résultats, qu'on doit montrer et afficher pour des graphes en cliquant sur le bouton « View Results » qui se trouve dans la barre d'outils.

IV. Description des projets de simulations réalisés :

Le but général de nos simulations est l'évaluation des performances de Wi-Fi et WiMAX dans trois projets différents en utilisant l'OPNET.

Chaque projet est modélisé par des cases contenant plusieurs scénarios.

• Projet Réseau Wi-Fi contient quatre scenarios concernant le nombre de postes et la mobilité :

- *Scénario N°01 : analyse des protocoles web*
- *Scenario N°02 : analyse de la puissance d'un nœud mobile*
- *Scenario N°03 : performance de 2,10 et 50postes de travail*
- *Scenario N°04 : comparaison du retard entre l'utilisation d'un point ou deux points d'accès*

• Projet Réseau WiMAX mobile contient un scenario concernant la mobilité et le handover :

- *Scenario : WiMAX mobile*

• Projet Réseau WiMAX et Wi-Fi contient trois scenarios concernant le modèle du canal, la couverture d'une station de base, et la performance de nombre de nœuds :

- *Scenario N°01 : influence du modèle de canal multi trajet*
- *Scenario N°02 : distance de couverture d'une BS*
- *Scenario N°03 : performances de 2, 4, et 8 nœuds mobiles WLAN*

V. Premier Projet : Réseau Wi-Fi

Le Wi-Fi est un réseau informatique sans fils parmi les plus utilisé dans le monde. Techniquement le Wi-Fi est désigné comme la norme 802.11 de communication WLAN (Wireless Local Area Networks) dans le but d'étendre le réseau Ethernet via les ondes radios sur une zone géographiquement distante, on peut le trouver dans les sociétés, les universités, les places publiques, et même dans les maisons.

Le but de ce projet est d'étudier les protocoles d'applications web, le débit, la puissance des nœuds et le délai de bout en bout, et tout ça par des différentes topologies choisies : le nombre de postes de travail, le nombre de routeurs, la distance et la mobilité. Nous allons utiliser la norme 802.11g dans nos simulations.

Scénario N° 01 : analyse des protocoles web :

Pour créer ce scénario il faut bien choisir les composants qu'ils composent notre réseau Wi-Fi. D'abord il faut créer un nouveau projet et compléter les étapes de celui-ci.

Ensuite pour un réseau simple Wi-Fi "LAN sans fil" inclus, et fonctionne sur le modèle de la couche réseau, il faudra un serveur, un routeur, un switch, et un poste de travail avec un récepteur Wi-Fi.

L'objectif de ce scenario est de surveiller la performance pour une structure simple avec un seul point d'accès et un poste de travail et aussi d'analyser les débits de quatre applications : Email, FTP, http, et l'impression (le tout avec une charge élevée) pendant une durée de 3.5 heures.

La figure (II.3) montre ce premier scénario.

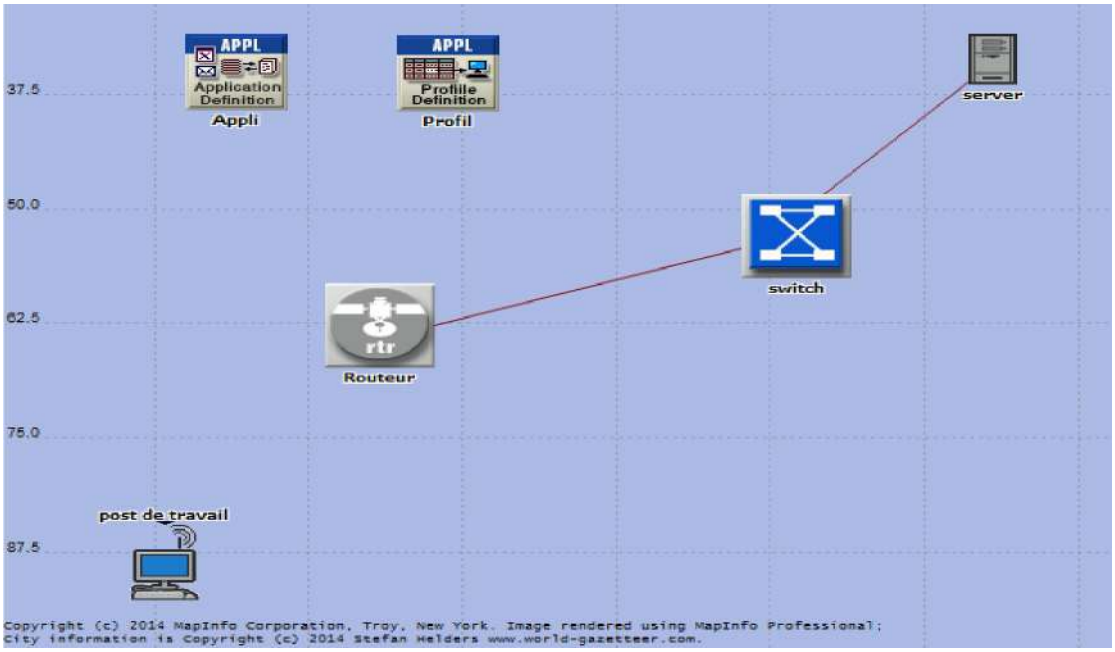


Figure II.3:*Réseau Wi-Fi pour une surface de 100m x 100m*

La configuration des différents nœuds :

Pour les configurations des nœuds il faut cliquer sur le nœud par le bouton droit de la souris et sélectionner "Edit Attributes". Alors on a :

- Le point d'accès (le routeur) :

  Le modèle de nœud : wlan_ethernet_slip4_adv :Il s'agit d'un routeur sans fil basé sur LAN avec une interface Ethernet.

  Les Paramètres LAN sans fil:

  Access Point Functionality: Enabled.

  Operation Mode: 802.11g.

Data Rate: 54Mbps.

Transmission Power: 0.005W.

Dimensions de réseau WLAN: 100m x 100m.

- Poste de travail :

  Le modèle de nœud:wlan_wkstn_adv: Poste de travail spécifique pour les réseaux locaux sans fil supportant plusieurs applications.

  Access Point Functionality:Disabled

  Operation Mode: 802.11g.

  Data Rate: 54Mbps.

  Transmission Power: 0.005W.

- commutateur (le switch):

  Le modèle de nœud:Bay Networks Accelar1050 :Cet objet est utilisé comme un commutateur principal, il s'agit de connecter les nœuds (serveurs, routeurs…) ou les LANs de même type .

- Serveur: les services prisent en charge

  Le modèle de nœud:ethernet_server :c'est un serveur de réseau LAN qui offre des services, à différents clients.

  Application Supported Services:email, ftp, http, print.

  Application Supported Profiles:email, ftp, http, print.

- Application :

  Le modèle de nœud: Application Config : il permet de définir les applications qu'elles vont être utilisées dans le réseau.

  Application Definitions: Number of rows 4: email, ftp, http, print.

- Profil :

  Le modèle de nœud: Profile Config : Cet objet est utilisé pour spécifier comment les applications sont utilisées par les utilisateurs.

  Les paramètres de l'application :

  -Start TimeOffset (seconds): No Offset.

  -Duration (seconds): End of Profile.

  -Repeatability: Once at Start Time.

- Le fil 10 Base T :

  Le modèle de fil : 10BaseT Dublex :Tous les nœuds à l'intérieur du réseau local sont connectés en utilisant des liaisons 10 Base T duplex de 10 Mbits/s.

Scenario N°02 : analyse de la puissance d'un nœud mobile :

Le but de ce scenario est d'étudier la puissance d'une station de travail en déplacement, Alors on simule un poste de travail mobile de l'extérieur de la couverture de notre réseau vers le routeur ensuite il continue de s'éloigner du routeur (point d'accès), par une vitesse de 0.1 km/h et d'une distance de 100 m, avec un temps de simulation de 1 heure. La figure (II.4) montre la structure de ce scenario.



Figure II.4:*Réseau Wi-Fi mobile pour une surface de 100m x 100m*

La configuration pour chaque nœud :

La configuration des nœuds est la même que le scenario N°01 sauf qu'on a un serveur ethernet mobile de type sans fil et sa configuration est la suivante :

- Serveur: les services pris en charge

  Le modèle de nœud : wlan_server_adv (mobil node) :c'est un serveur de réseau LAN mobile sans fil qui offre des services, à différents clients.

  Access Point Functionality: Disabled

  Operation Mode: 802.11g.

  Data Rate: 54Mbps.

  Transmission Power: 0.005W.

  Application Supported Services: email, ftp, http, print.

  Application Supported Profiles: email, ftp, http, print.

Scenario N°03 : performance de 2,10 et 50 postes de travail :

Dans ce scenario on a trois simulations dont le but de faire une comparaison entre différentes structures dépendant du nombre de postes de travail, et d'étudier leurs délais de bout en bout et leurs débits, et pour faire ça il faut simuler et collecter les trois sous scenarios en même temps par la fonction «scenario-> Manage scenarios » qui se trouve dans la barre d'outils, avec un temps de simulation de 10 min, et de 2,10 et 50 postes de travail pour le sous scenario 1,2,3 respectivement. Les figures II.5, II.6 et II.7montrent les structures de ces trois sous scenarios.

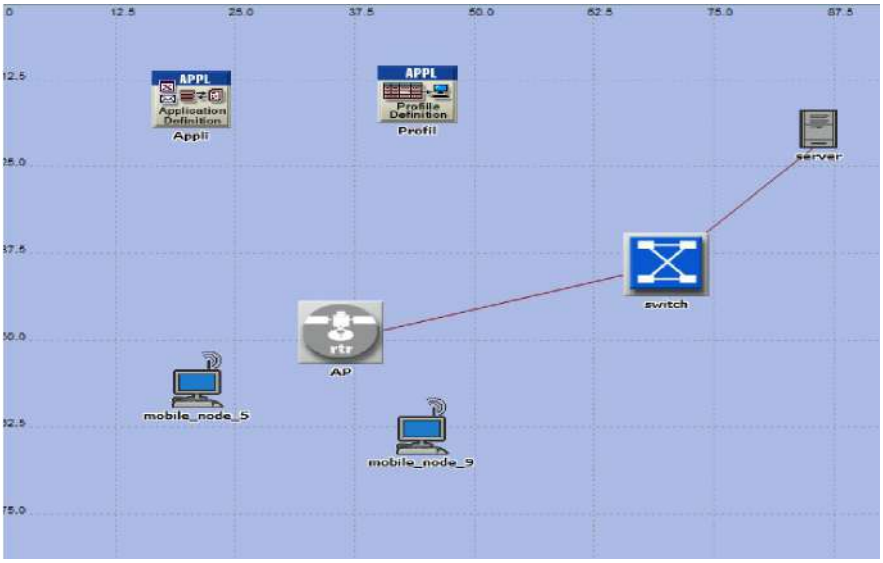


Figure II.5:*Réseau Wi-Fi pour deux postes de travail*

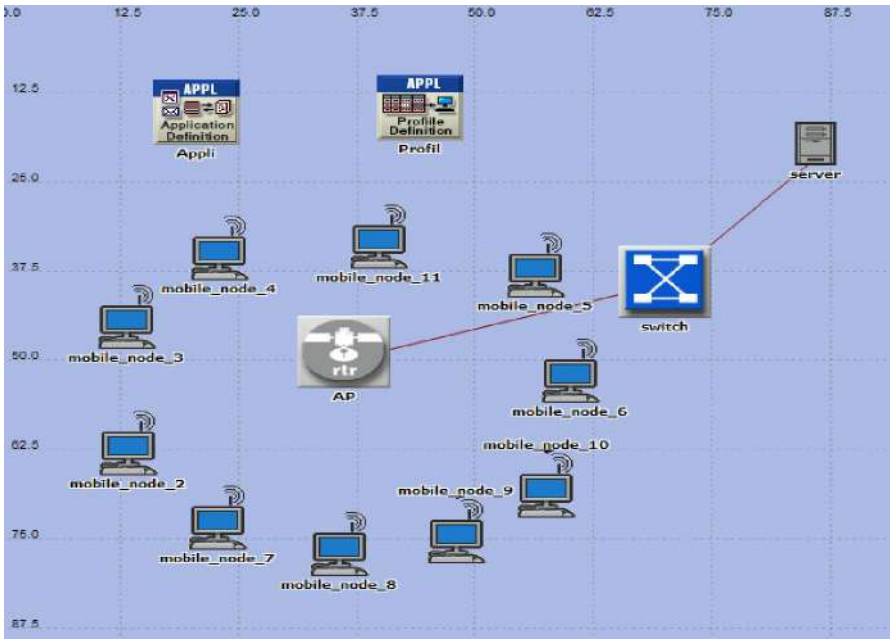


Figure II.6:*Réseau Wi-Fi pour dix postes de travail*

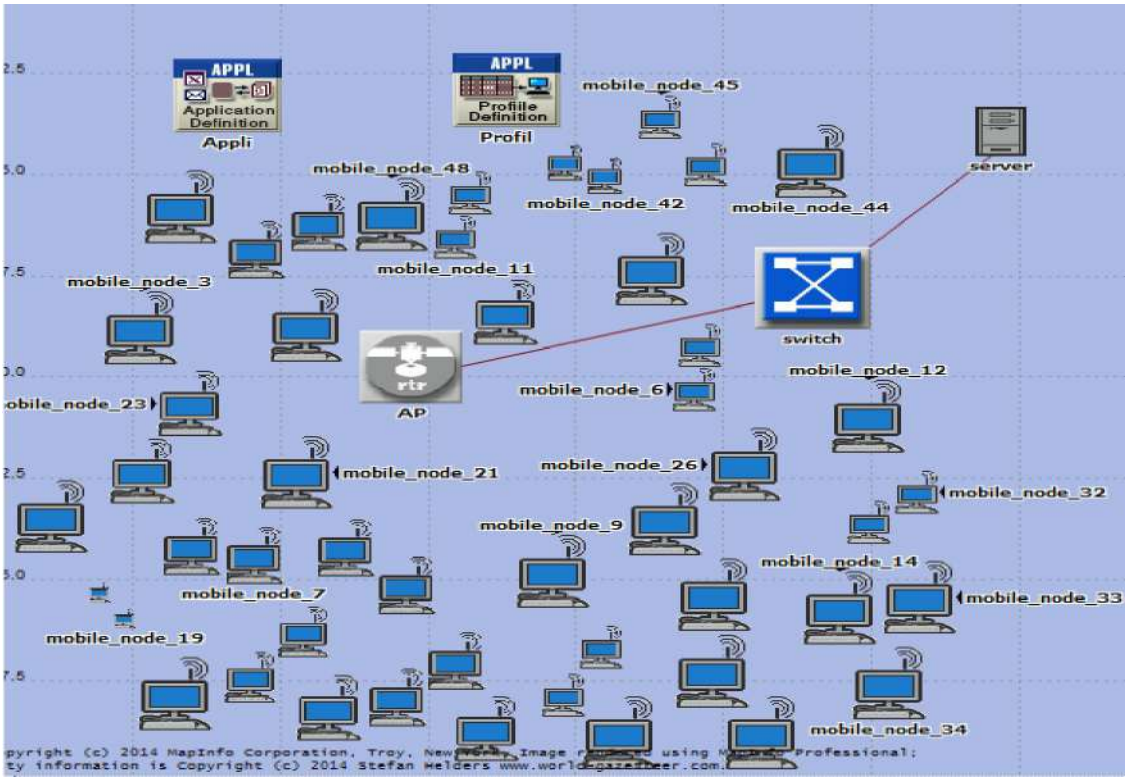


Figure II.7:*Réseau Wi-Fi pour cinquante postes de travail*

La configuration pour chaque nœud :

La configuration des nœuds est la même que le scenario N° 01.

Scenario N°04 : comparaison du retard entre l'utilisation d'un ou deux points d'accès :

Dans ce scenario on a deux topologie, la première contient un serveur qui est connecté vers un commutateur, et ce dernier est relié à un routeur, qu'il contient vingt postes de travail, la deuxième topologie contient un serveur qui est connecté vers un commutateur, et ce dernier est relié au deux points d'accès (deux routeurs), qu'ils construisent deux sous-réseaux Wi-Fi LAN de dix postes de travail, et chacun de ces deux réseaux ont leur propre BSSID qu'il identifie chaque sous-réseau.

Le but de ce scenario est la comparaison du retard entre un réseau contenant un seul point d'accès et un réseau contenant deux points d'accès, pendant une durée de simulation de 2 heures. Les figures II.8 et II.9 montrent les deux topologies.

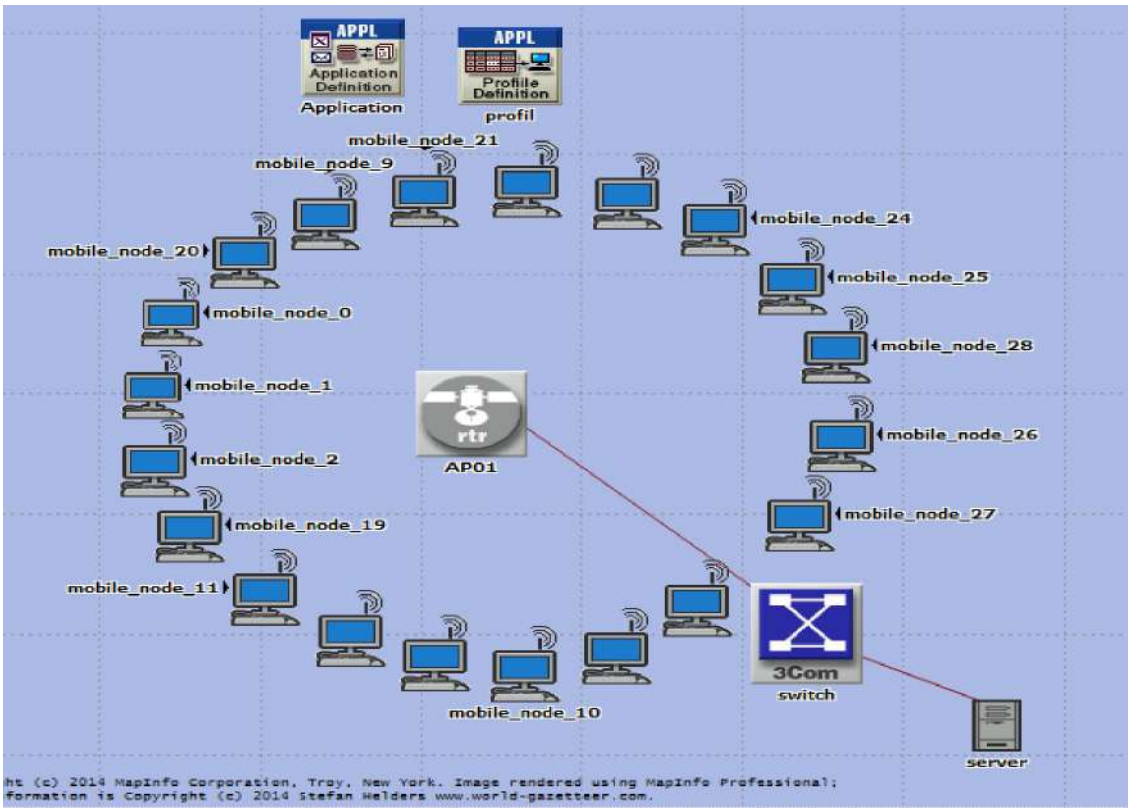


Figure II.8:*Sous-réseau Wi-Fi avec un routeur de 20 postes de travail*

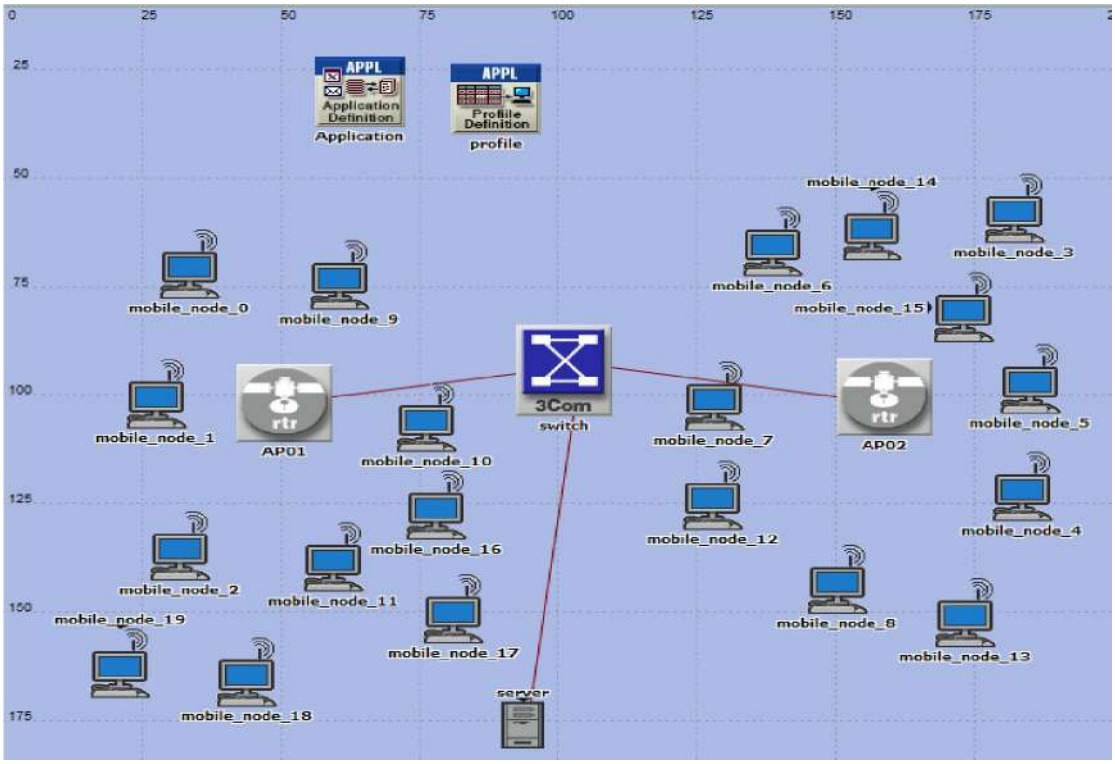


Figure II.9:*Deux sous-réseaux Wi-Fi connecté par un commutateur*

La configuration pour chaque nœud :

a) La première topologie:

- Serveur: les services prisent en charge

  Le modèle de nœud: ethernet_server :c'est un serveur de réseau LAN qui offre des services, à différents clients.

  Application Supported Services: ftp, http.

  Application Supported Profiles: ftp, http.

  Postes de travail :

  Le modèle de nœud:wlan_wkstn_adv : Poste de travail spécifique pour les réseaux locaux sans fil supportant des différentes applications.

  BSS Identifier: 0.

  Access Point Functionality: Disabled

  Operation Mode: 802.11g.

  Data Rate: 54Mbps.

  Transmission Power: 0.005W.

  Le point d'accès AP01(le routeur) :

  Le modèle de nœud : wlan_ethernet_slip4_adv : Il s'agit d'un routeur sans fil basé sur LAN avec une interface Ethernet.

  BSS Identifier : 0.

  Les Paramètres LAN sans fil:

  Access Point Functionality: Enabled.

  Operation Mode: 802.11g.

  Data Rate: 54Mbps.

  Transmission Power: 0.005W.

  Dimensions de réseau WLAN:200m x 200m.

- Application :

  Le modèle de nœud: Application Config : il permet de définir les applications qu'elles vont être utilisées dans le réseau.

Application Definitions: Number of rows 2: ftp, http.

- Profil :

  Le modèle de nœud: Profile Config : Cet objet est utilisé pour spécifier comment les applications sont utilisées par les utilisateurs.

  Les paramètres de l'application :

-Start Time Offset (seconds): No Offset.

-Duration (seconds): End of Profile.

-Repeatability: Once at Start Time.

- Le fil 10 Base T :

  Le modèle de fil : 10BaseT Duplex :Tous les nœuds à l'intérieur du réseau local sont connectés en utilisant des liaisons 10 Base T duplex de 10 Mbits/s.

- commutateur (le switch):

  Le modèle de nœud: 3Com_CB3500:Cet objet est un commutateur multicouche performances et des fonctionnalités haut de gamme de commutation et de routage.

b) La deuxième topologie :

La même configuration pour les nœuds sauf les suivants :

➢ Sous-réseau 01 :

Postes de travail :

BSS Identifier : 0.

Le point d'accès AP01(le routeur) :

BSS Identifier : 0.

➢ Sous-réseau 02 :

Postes de travail :

BSS Identifier :1.

Le point d'accès AP02(le routeur) :

BSS Identifier :1.

VI. Deuxième Projet : Réseau WiMAX

Scenario : WiMAX mobile :

Notre objectif dans ce projet est de visualiser la mobilité, le handover et le balayage crée par une station mobile WiMAX, et pour bien comprendre ces processus, on suit l'évolution des paramètres suivants :

-WiMAX Management Initial Ranging Activity.

-WiMAX Mobility Scanning Interval Activity.

-WiMAX PHY Downlink SNR.

-WiMAX Delay. (Le retard)

-WiMAX Throughput(le debit)

-WiMAX Mobility Handover Delay.

La topologie utilisée pour ce réseau est composée de huit stations de base. La distance minimum entre deux BS est de 1.5 Km. Une station mobile WiMAX (MS), se déplace avec une vitesse de 25 Km/heure, suit un parcours qui traverse les huit stations de base, avant de retourner à la BS de départ, et un serveur pour générer le trafic, pendant une durée de simulation de 15 minutes. La figure II.10montre la structure de ce réseau.

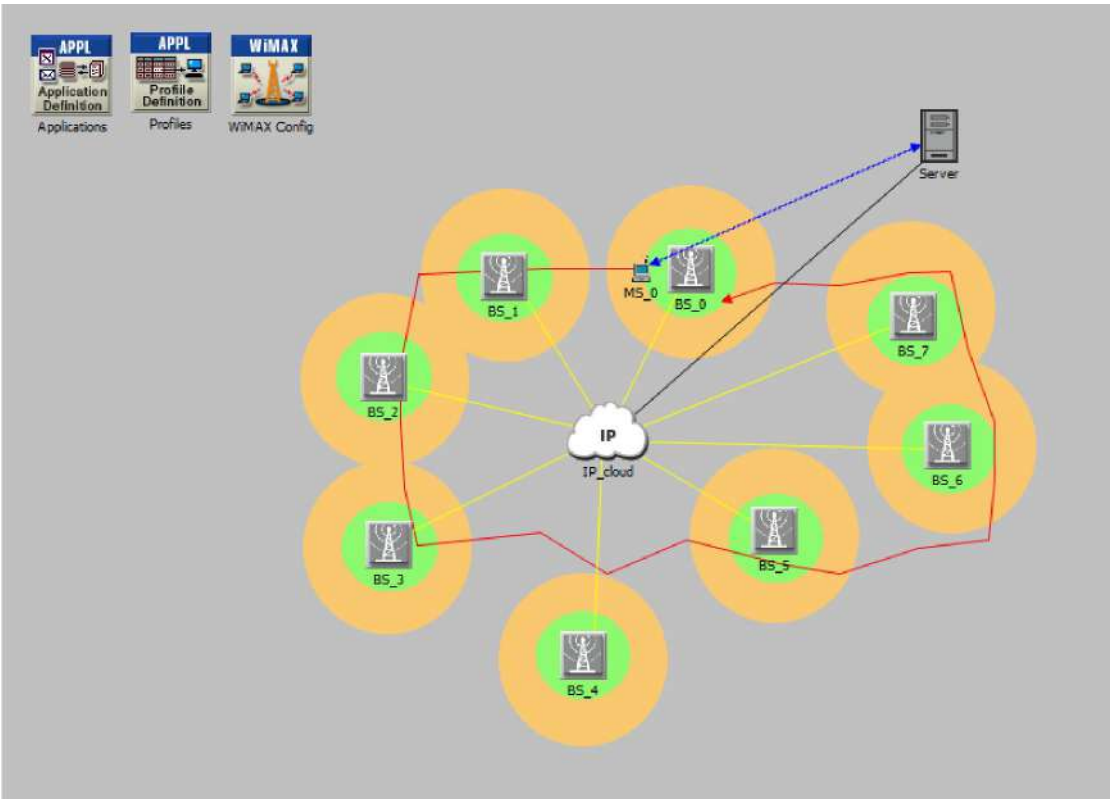


Figure II.10:*Réseau WiMAX mobile avec 8 BS et une MS.*

La configuration pour chaque nœud :

- Serveur:

  Le modèle de nœud: ethernet_server :c'est un serveur de réseau LAN qui offre des services, à différents clients.

- Postes de travail :(station mobile)

  Le modèle de nœud:wimax_ss_wkstn_adv: Poste de travail spécifique pour les réseaux WiMAXs supportant des différentes applications.

  Antenna Gain: -1 dBi.

  Transmission Power: 0.5W.

  PHyProfile : Wireless OFDMA 5MHz.

  PHy Profile type : OFDM.

- Station de Base :

  Le modèle de nœud: wimax_bs_ethernet4_slip4_router : Station de Base spécifique pour les réseaux WiMAXs.

  Antenna Gain : 15dBi.

  Mac Address: 2.

  Transmission Power: 0.5W.

  PHy Profile : Wireless OFDMA 5MHz.

  PHy Profile type : OFDM.

- Réseau cœur :

  Le modèle de nœud: ip32_cloud : Le cœur de réseau c'est le centre névralgique d'un réseau à haut débit, aussi Il constitue les équipements réseau d'interconnexions.

- WiMAX Configuration :

  Le modèle de nœud: WiMAX_Config :Ce nœud est employé pour stocker des profils physiques et de services qu'ils peuvent être mis en référence par tous les nœuds WiMAX dans le réseau.

  Efficiency Mode: Mobility and Ranging Enabled.

VII. Troisième Projet : Réseau WiMAX/Wi-Fi

Dans ce projet on a trois scenarios dont le but est de crée un réseau WiMAX /Wi-Fi par une liaison hertzienne entre ces deux derniers, Il s'agit de deux réseaux(subnet), le premier contient un serveur pour donner le trafic et un routeur, et le deuxième contient une station de base WiMAX, et des sous-réseaux qui contiennent des hot spots (Routeurs) et des postes de travail, et ces deux réseaux sont reliés par un réseau cœur par des liens de type PPP DS3 de longue distance. Notre objectif est d'examiner un canal à trajets multiples, la distance de couverture d'un BS, et les performances de plusieurs postes de travails dans un sous-réseau. La figure II.11montre la structure de ce réseau.

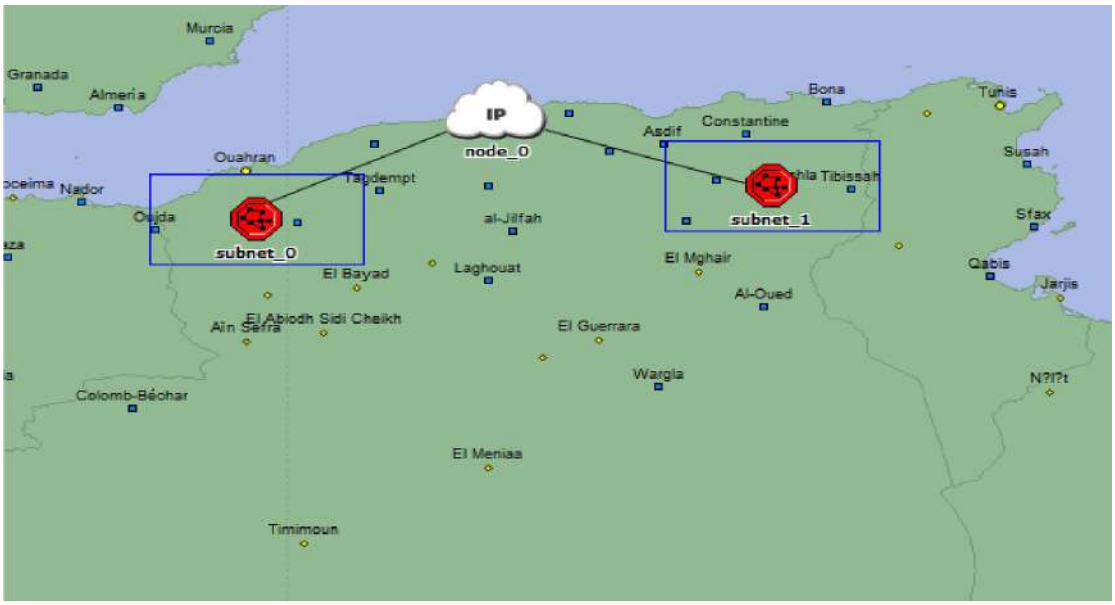


Figure II.11:*Un grand réseau contient le WiMAX/Wi-Fi*

Pour le subnet_0, on a un serveur pour le trafic et un routeur, comme montre la figure II.12.

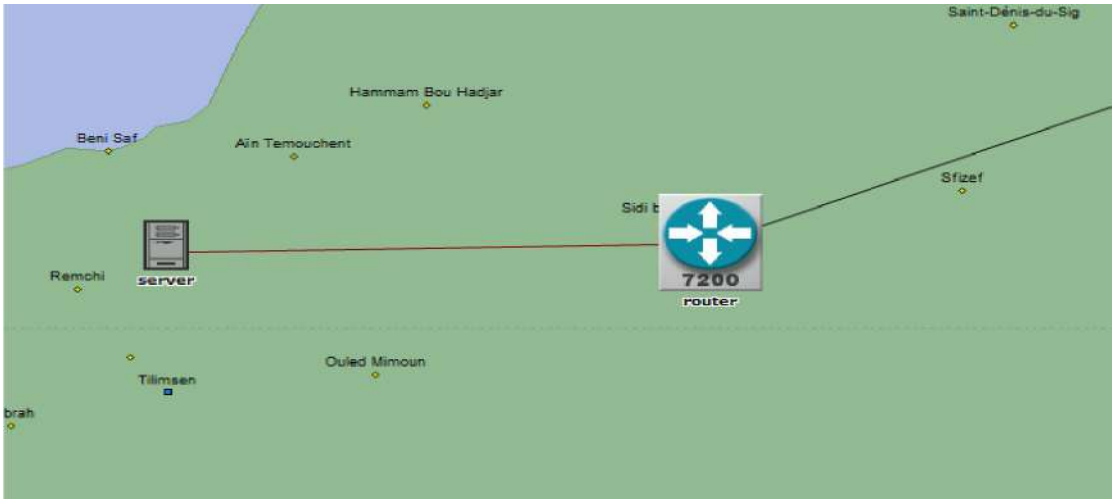


Figure II.12:*Un réseau avec un serveur et un routeur.*

Scenario N°01 : influence du modèle de canal multi trajet :

Dans ce scenario on a deux sous-réseaux avec deux Hot spot, dont le but est de tester la propagation d'un signal RF à partir de la source (BS) vers la destination(SS), le signal RF prend des chemins différents, de ce fait on aura des retards différents.

Notre objectif est de comparer le retard (delay) et le débit (throughput) entre deux modèles de canaux différents (A de type piéton et B de type véhicule) de propagation par multi trajets.

Le Hot spot_1 (SS N°01 dans le sous-réseau N°01) qui a un canal B de type « ITU VehicularB Multipath » (un canal de type UIT véhicules multi trajets) qui est situé à 1km au sud de la station de base(BS). Le Hot spot_2 (SS N°02 dans le sous-réseau N°02) qui a un canal A de type «ITU Pedestrian A Multipath » (un canal de type UIT piétons multi trajets) qui est situé à 1Km à l'est de la station de base(BS), pendant une durée de simulation de 15 minutes. Les figures II.13, II.14 et II.15montrent les deux sous-réseaux.

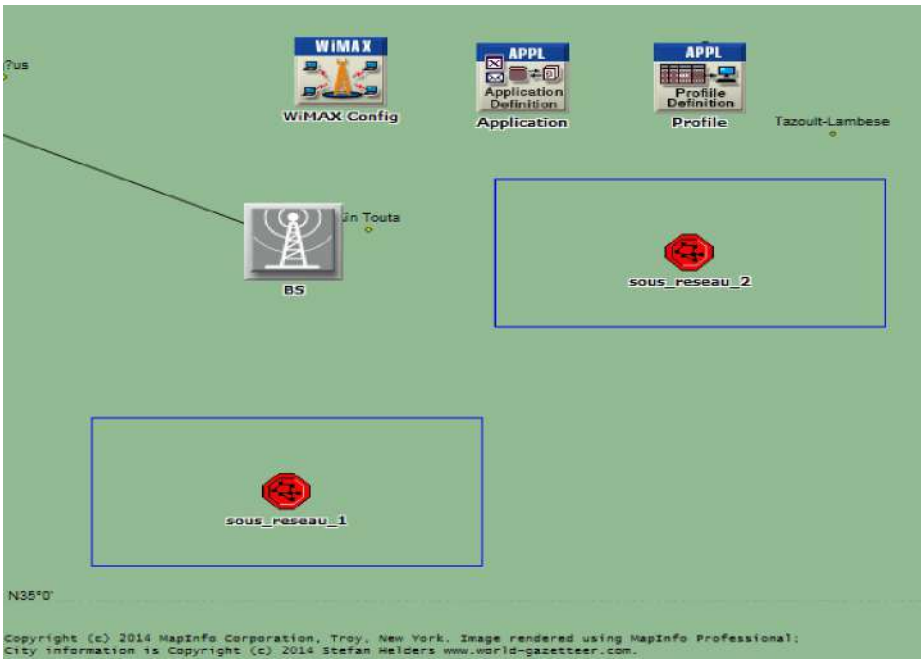


Figure II.13:*Réseau contient une BS WiMAX et 2 sous-réseaux WLAN*

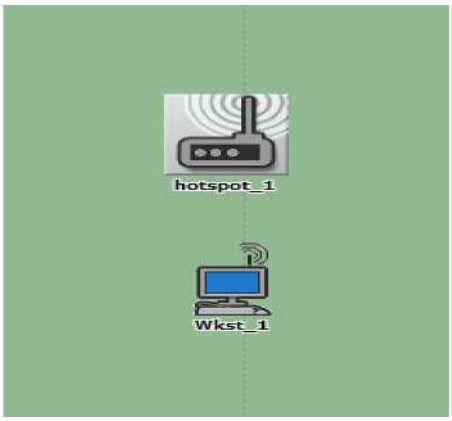


Figure II.14: *Sous-réseau N°01 WLAN*



Figure II.15: *Sous-réseau N°02 WLAN*

La configuration pour chaque nœud :

Subnet_0 :

- Serveur :

  Le modèle de nœud:ethernet_server :c'est un serveur qui offre des services, à différents clients et qui donne le trafic.

  Application Supported Services:email, ftp, http, vidéo conférence.

  Application Supported Profiles:email, ftp, http, vidéo conférence.

- Routeur :

  Le modèle de nœud:CS_7204:La gamme Cisco 7200, a été améliorée pour supporter les services de réseaux hauts performances. Elle permet ainsi d'offrir les meilleurs services de réseau du marché, notamment la commutation MPLS (Multi Protocol Label Switching), l'agrégation haut-débit, les fonctionnalités de qualité de service et de sécurité et le multiservice.

Subnet_1 :

- Station de base :

  Le modèle de nœud:wimax_bs_ethernet4_slip4_router : Station de Base spécifique pour les réseaux WiMAXs.

  Antenna Gain: 15 dBi.

  Mac Address: Auto Assigned.

  Transmission Power: 20W.

  PHyProfile : Wireless OFDMA 20MHz.

  PHy Profile type : OFDM.

- WiMAX Configuration :

  Le modèle de nœud:WiMAX_Config.

  Efficiency Mode: physical Layer Enabled.

- Hotspot_1 :

  Pour le WiMAX :

  Le modèle de nœud:wimax_ss_wlan_router : le hot spot permet de connecter plusieurs appareils en réseau Wi-Fi afin de partager son accès au réseau WiMAX.

  Antenna Gain: 15 dBi.

  Mac Address: Auto Assigned.

  Transmission Power: 0.5W.

PHyProfile : Wireless OFDMA 20MHz.

PHy Profile type: OFDM.

Multipath Channel Model: ITU Vehicular B.

Pour le Wi-Fi :

BSS Identifier : Auto Assigned.

Access Point Functionality: Enabled.

Physical Characteristics: Direct Sequense.

Data Rate(bps) : 11Mbps.

Transmit Power (W): 0.1W.

Buffer Size (bits): 1024000 bits.

Large Packet Processing: Fragment.

- Poste de travail_1(Wkst_1) :

  Le modèle de nœud: wlan_wkstn : poste de travail (work station) spécifique pour les réseaux LAN Wi-Fi.

  BSS Identifier: Auto Assigned.

  Access Point Functionality: Disabled.

  Physical Characteristics: Direct Sequense.

  Data Rate(bps) : 11Mbps.

  Transmit Power(W) : 0.1W.

  Buffer Size (bits): 256000 bits.

  Large PacketProcessing : Fragment.

- Hotspot_2 :

  On va garder la même configuration de hotspot_1 sauf :

  Multipath Channel Model: ITU Pedestrian A.

- Poste de travail_2(Wkst_2) :

  La même chose pour la configuration de poste de travail_1.

Scenario N°02 : distance de couverture d'une BS :

Notre objectif dans ce scenario est de trouver la portée maximale de la couverture de station de base (BS) qui est reliée au sous-réseau Wi-Fi (hot spot et poste de travail mobile).

Comme le nœud de sous-réseau local sans fil est un nœud mobile, à l'aide de la fonction de trajectoire d'OPNET, la distance maximale de liaison WLAN peut être facilement

déterminée. Le nœud mobile WLAN qui s'éloigne de l'hot spot par la trajectoire qui est définie à partir de 0,3 km à 8 km.

Et pour déterminer cette distance maximale, on compare le trafic reçu (Received traffic) et le retard (delay) à partir d'une simulation qui est exécuté pour trois différents distances, les sous-scenarios « courte distance », « moyenne distance », et « longue distance », avec un temps de simulation de 30 minutes. Les figures II.16, II.17 et II.18 montrent ces trois sous-scénarios.

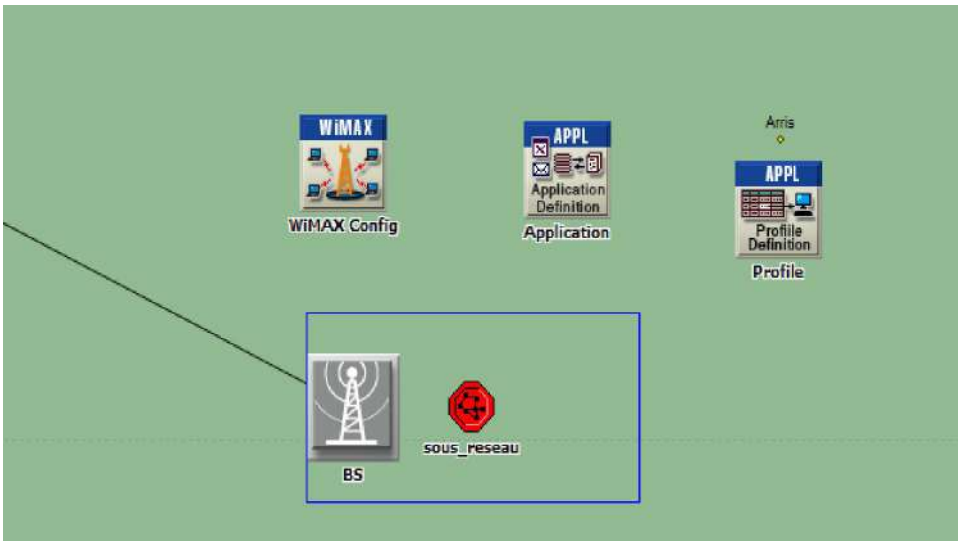


Figure II.16:*Réseau WiMAX courte distance*

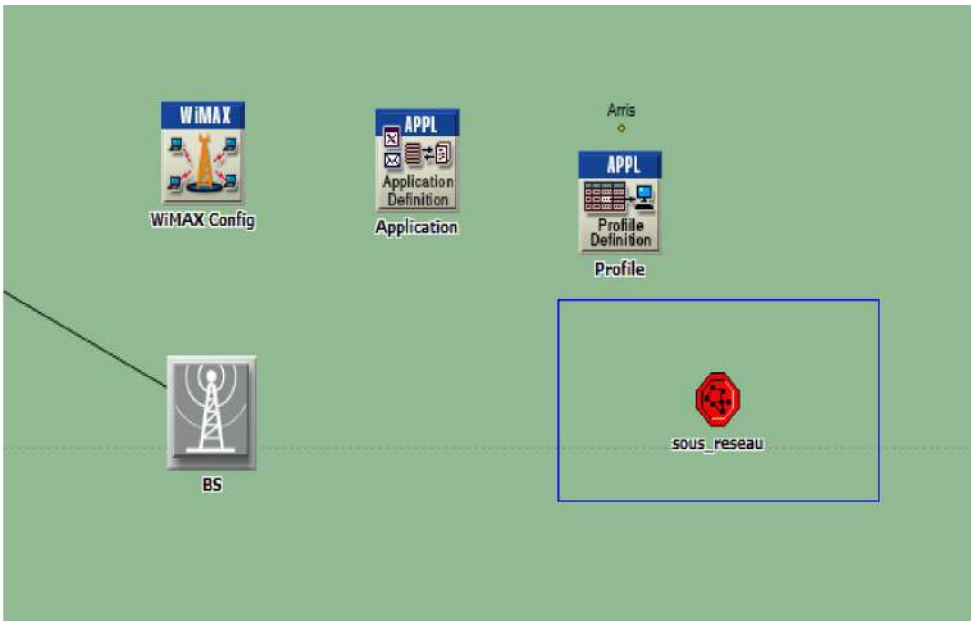


Figure II.17: *Réseau WiMAX moyenne distance.*



Figure II.18: *Réseau WiMAX longue distance*

La configuration pour chaque nœud :

La configuration des nœuds est la même que le scenario précédent, sauf le nœud poste de travail qui est un nœud mobile avec une trajectoire de 8km, comme indiqué dans la figure II.19.

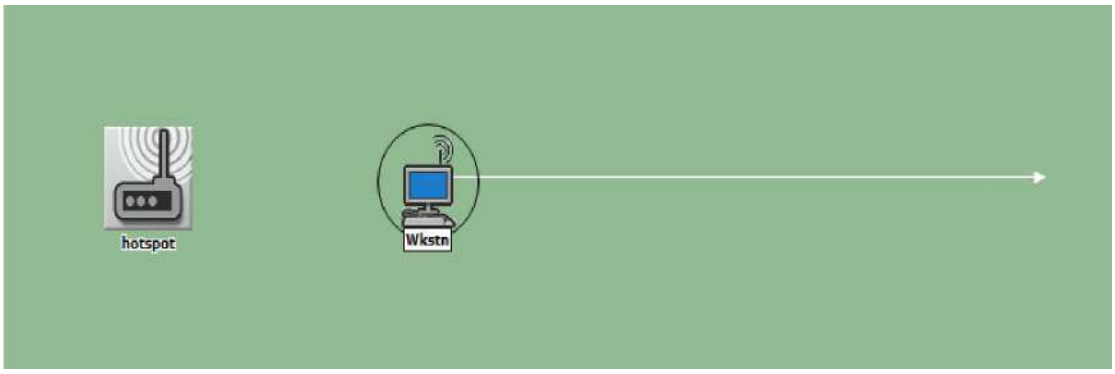


Figure II.19:*Sous-réseau avec un hot spot et un nœud mobile*

- Poste de travail (Wkstn) :

  Le modèle de nœud:wlan_wkstn : poste de travail mobile (work station mobil) spécifique pour les réseaux LAN Wi-Fi.

Scenario N°03 : performances de 2, 4, et 8 nœuds mobiles WLAN :

Dans ce scenario on a trois sous scénarios dont le but est d'étudier les performances de trois réseaux WiMAX/Wi-Fi avec 2nœuds, 4 nœuds, et 8 nœuds de postes de travail Wi-Fi mobiles. Tous ces derniers ont la même distance entre eux et les hot spots des sous-réseaux LAN. Le but de ce scenario est d'étudier les performances de ces réseaux LAN Wi-Fi à partir des fonctions « WiFi throughput (le débit) », et « WiFi delay (le retard) »pour les trois sous-réseaux de 2, 4, et 8 nœuds mobiles. En plus, une comparaison du retard de WiMAX et Wi-FI pour le réseau de 8 nœuds, en cas général « Global statistics delay of WiMAX and WiFi », avec un temps de simulation de 30 minutes. Les figures II.20, II.21, et II.22 montrent les structures de ces trois réseaux.

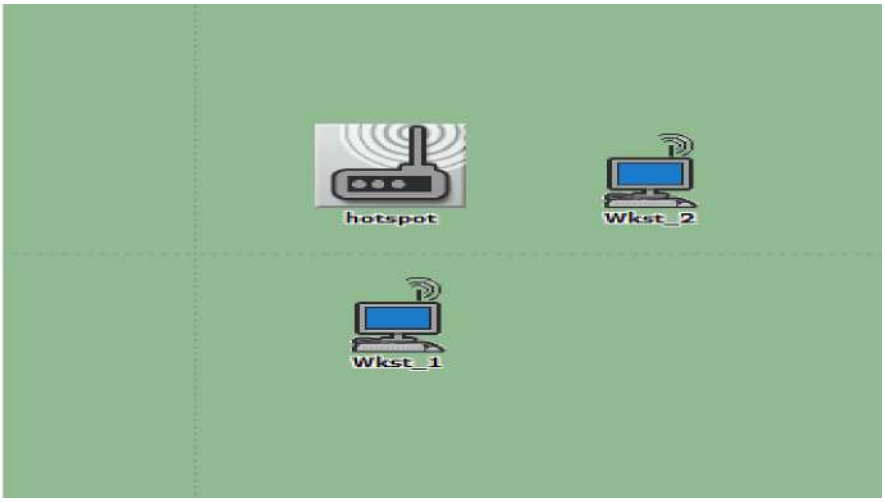


Figure II.20:*Sous-réseau avec un hot spot et 2 nœuds.*

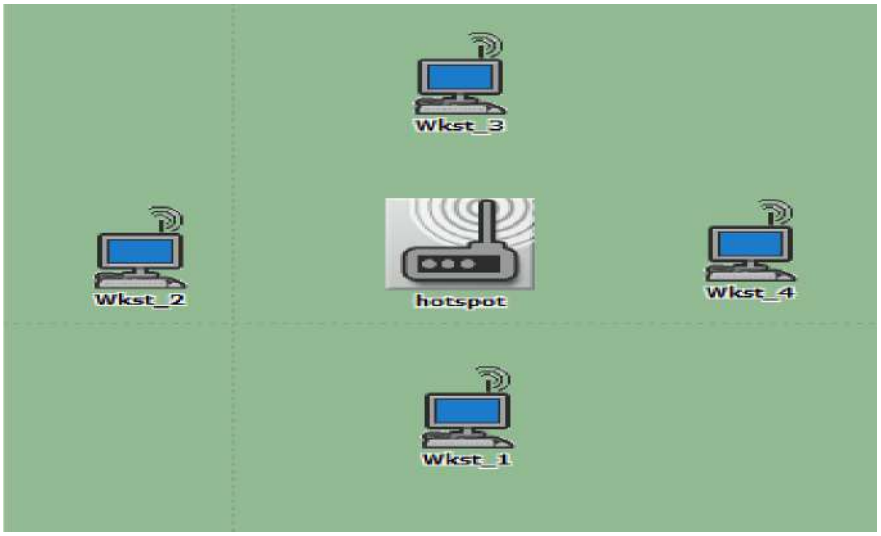


Figure II.21:*Sous-réseau avec un hot spot et 4 nœuds*

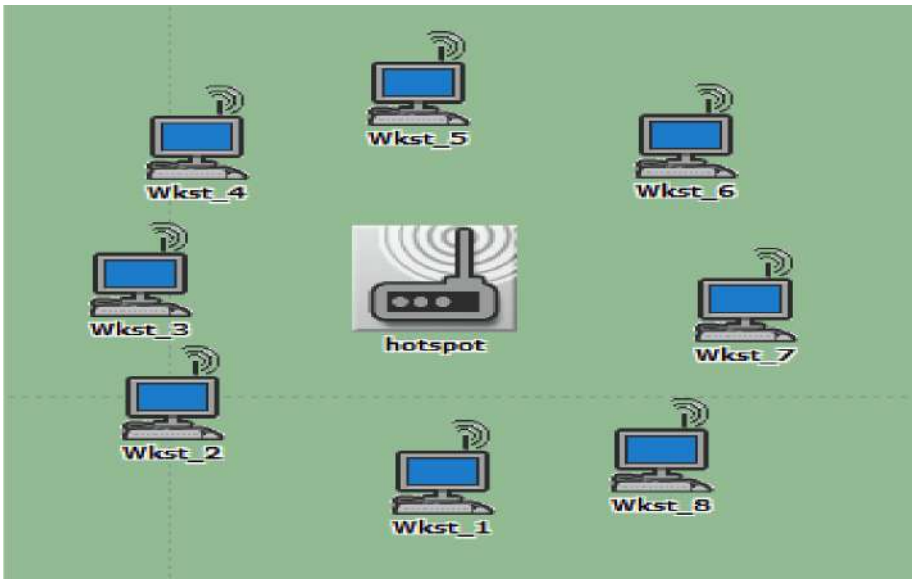


Figure II.22:*Sous-réseau avec un hot spot et 8 nœuds*

La configuration pour chaque nœud :

La configuration des nœuds est la même que le scenario précédent, sauf qu'il n y a pas un déplacement (trajectoire) pour les postes de travail.

VIII. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons utilisé le simulateur OPNET pour la réalisation de plusieurs projets, afin de modéliser différents réseaux de télécommunications.

On a simulé grâce au logiciel OPNET, le comportement des technologies WiMAX et Wi-Fi afin d'évaluer leurs performances. Pour cela, plusieurs topologies de réseaux ont été implémentées avec le logiciel OPNET.

Nous avons réalisés trois projets pour étudier les performances des réseaux : Wi-Fi, Wi-Fi/WiMAX, et WiMAX mobile en mesurant différentes statistiques tel que le retard, le débit, la puissance, le SNR, le trafic, et la quantité des données. Nous avons varié plusieurs paramètres comme le nombre d'utilisateurs, la portée maximale d'un BS, la distance entre un BS et un hot spot, la mobilité, et le modèle du canal.

L'implémentation de ces réseaux sera exploitée dans le chapitre suivant afin d'évaluer les résultats des simulations.

CHAPITRE III : Résultats de simulation

I. Introduction :

On a décrit dans le chapitre précédent la structure de plusieurs scénarios autour de réseaux Wi-Fi et/ou WiMAX et leurs configurations à travers de différents composants. Dans cette partie, on va présenter les résultats des simulations qu'on a obtenus et les discuter.

II. Premier Projet : Réseau Wi-Fi

Scénario N°01 : analyse des protocoles web :

La figure III.1 montre les résultats concernant les statistiques suivantes :

-Email Traffic Sent (bytes/sec).

-Ftp Traffic Sent (bytes/sec).

-HTTP Traffic Sent (bytes/sec).

-Print Traffic Sent (bytes/sec).

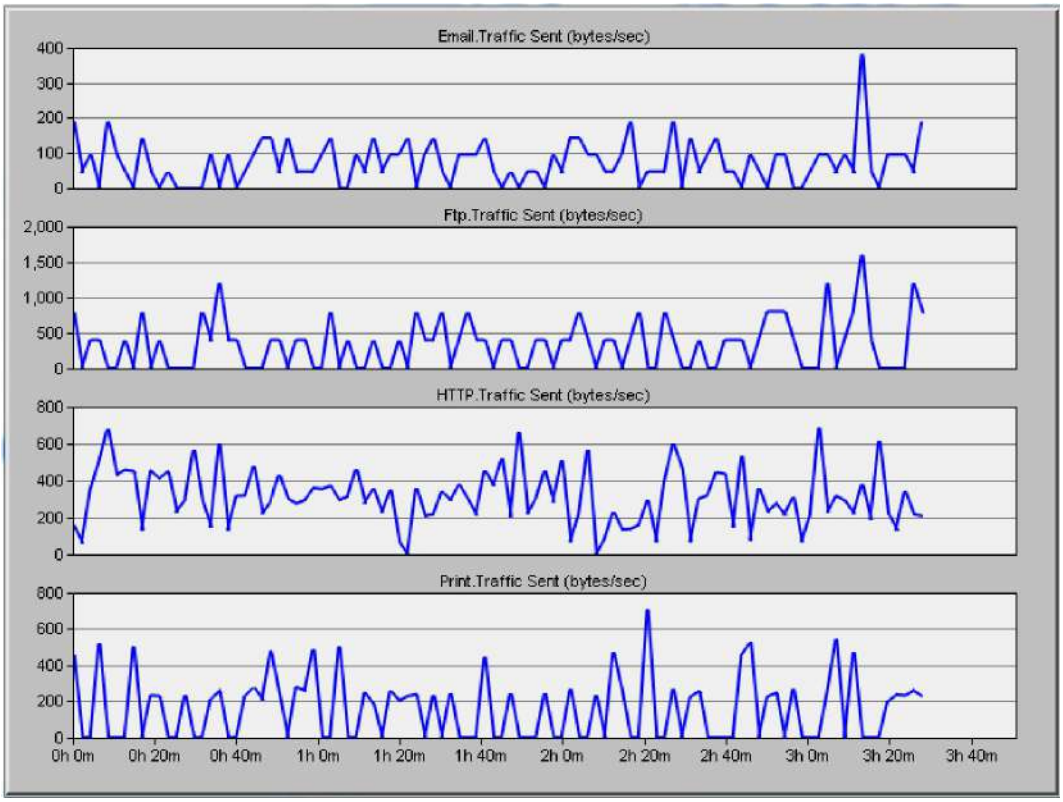


Figure III.1:*Trafic reçu pour les quatre protocoles*

Cette figure représente des courbes qui montrent le niveau du trafic envoyé en fonction de temps (bytes/sec) par le serveur vers le poste de travail à travers un routeur (point d'accès) pour les protocoles Ftp, HTTP, Print, et Email.

Scenario N°02 : puissance d'un nœud mobile :

La figure III.2 montre le résultat de simulation de ce scenario, c'est la puissance reçue d'un nœud mobile par la statistique « radio receiver. received power(W) ».

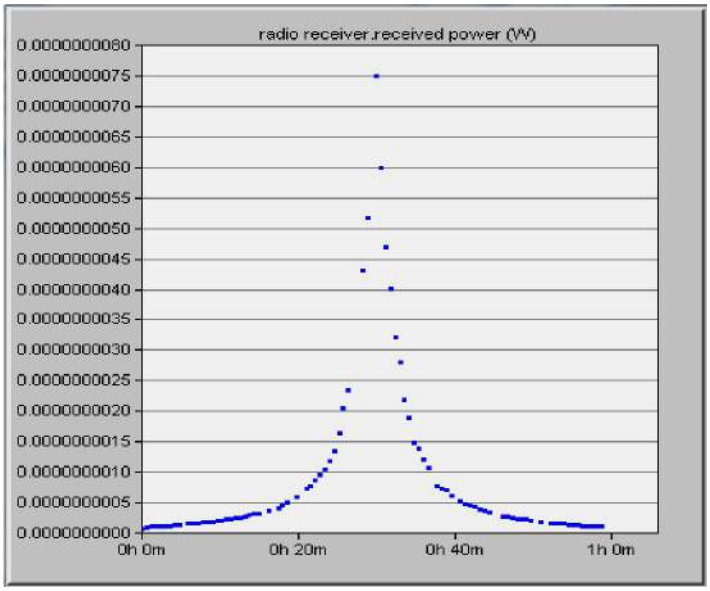


Figure III.2: Puissance reçue par le poste de travail

On remarque que la puissance est très faible au début et à la fin de la durée de temps parce que le poste de travail est très loin du point d'accès, il reçoit très peu la puissance.

Lorsque le poste de travail se déplace vers le routeur, la puissance augmente est reçue lorsque la station de travail est plus proche du point d'accès, alors on peut voire un pic sur le graphe.

Scenario N°03 : performances de 2,10 et 50 postes de travail :

Dans ces trois différents réseaux, on a comparé les résultats des simulations en utilisant la statistique «average in Wireless Lan.Delay(sec) ».La figure III.3 montre les résultats obtenus.

La courbe verte du réseau a 50 postes de travail, a un retard plus long que les autres courbes de 2 et 10 postes de travail. Au début de la simulation de 50 postes de travail, on remarque une diminution du temps de retard, parce que le routeur ne sait pas combien de poste de travail va transférer les données, Alors le routeur limite le débit du poste de travail, et l'augmente lentement pour atteindre la bande passante maximale où le routeur a le maximum de retard.

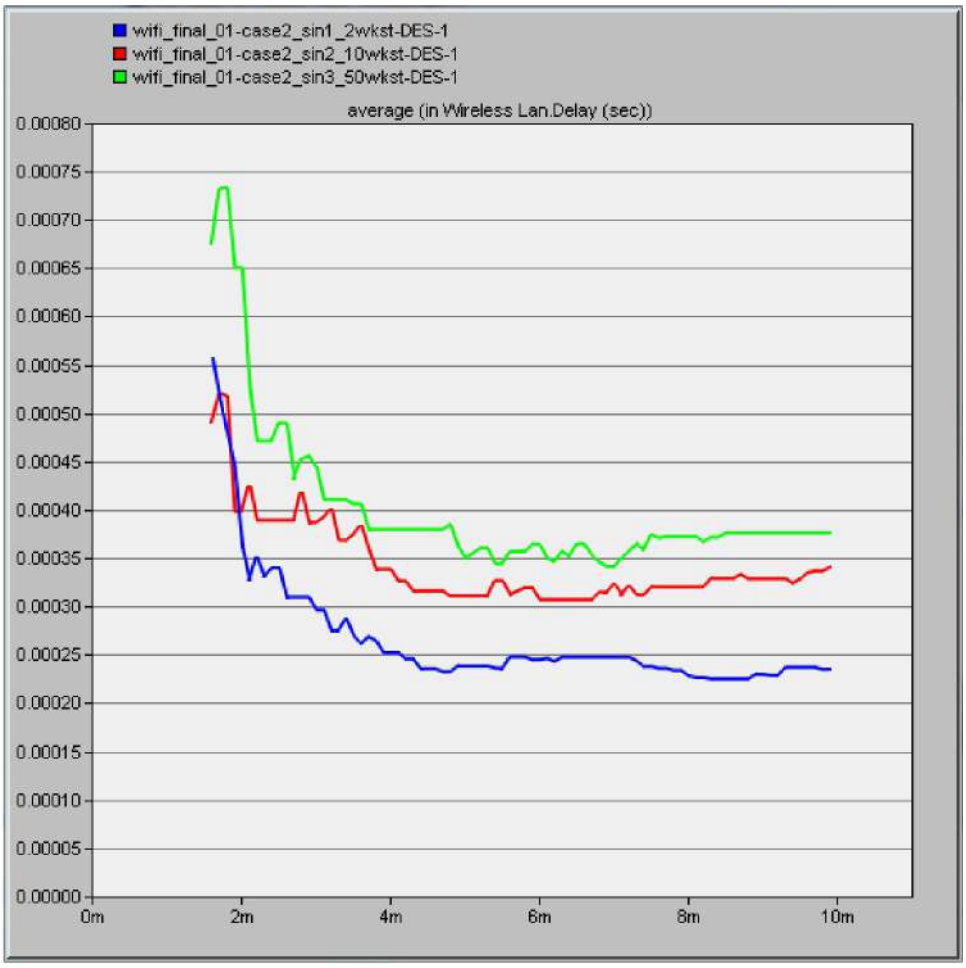


Figure III.3: Retard pour les trois réseaux

Scenario N°04 : Comparaison du retard entre l'utilisation d'un point ou deux points d'accès :

Dans ce dernier scenario on a simulé le retard pour deux topologies, la première est un sous réseaux avec un point d'accès et vingt postes de travail, et la deuxième est composée de deux sous-réseaux de dix postes de travail pour chaque point d'accès, par la statistique « average (in wireless Lan.Delay) ».La figure (III.4) montre les résultats de simulations.

A partir de ces résultats, le retard de l'un des deux points d'accès de la deuxième topologie est d'environ plus ou moins 0,0004 secondes. Ce temps de retard est inférieur au sous-scénario de la première topologie où les 20 postes de travail sont reliés à un seul point d'accès.

Le temps de retard de la première topologie est à peu près sur 0,0006 seconde. Cette augmentation de retard peut être expliquée par la charge élevée au point d'accès. Lorsque les postes de travail sont au nombre plus bas, donc il y a réduction de la charge du point d'accès, améliore les performances de temps de retard.

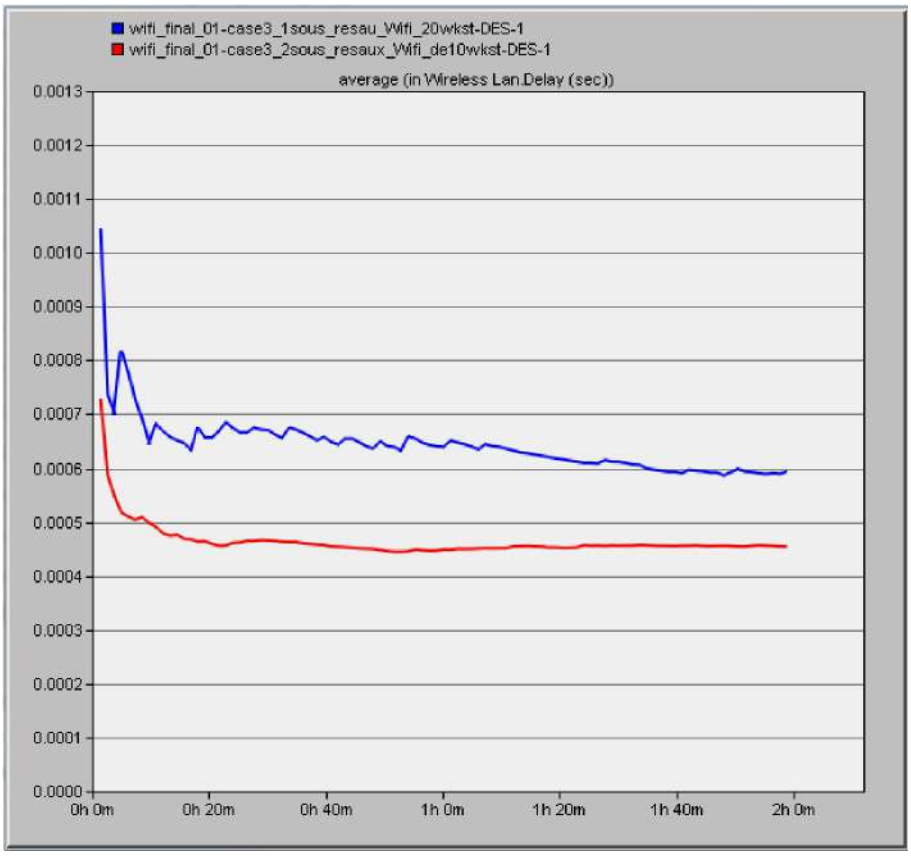


Figure III.4:*Retard pour les deux topologies WLan*

III. Deuxième Projet : Réseau WiMAX

Scenario : WiMAX mobile :

On a visualisé dans ce réseau la mobilité, le handover et le balayage pour un poste de travail mobile WiMAX pour les statistiques suivantes :

-WiMAX Management Initial Ranging Activity.
-WiMAX Mobility Scanning Interval Activity.
-WiMAX PHY Downlink SNR.
-WiMAX Delay. (retard)
-WiMAX Throughput(debit)
-WiMAX Mobility Handover Delay.

Les figures III.5 et III.6 montrent les résultats des simulations de ce scénario.

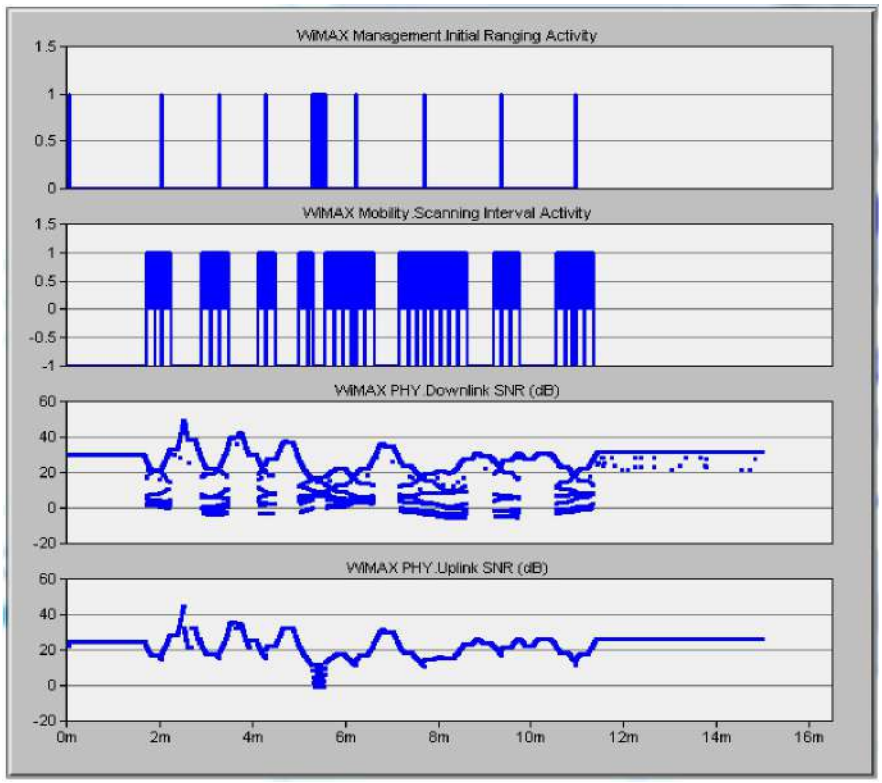


Figure III.5: *Le parcours, le balayage et le SNR de la MS*

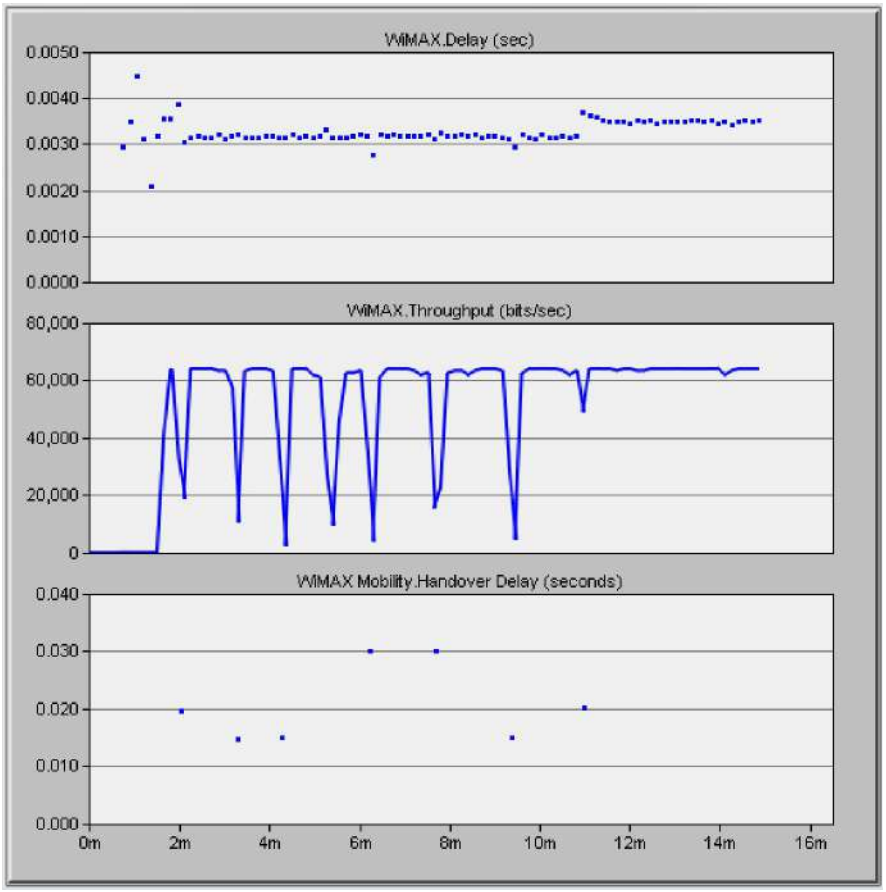


Figure III.6: *Le retard, le débit et le handover de la MS*

- Le premier graphe de la figure III.5 montre l'activité de parcours initiale (the initial ranging activity). On remarque que chaque fois que le MS se connecte à un BS, il effectue une activité de parcours initiale pour confirmer que la puissance de seuil est suffisante pour arrêter le processus de balayage (scanning).

- Le deuxième graphe de la figure III.5 montre le balayage de la mobilité (the mobility scanning) que le MS effectue avant la connexion à un BS.

- Les troisième et quatrième graphes de la figure III.5montrent la valeur du SNR à la couche physique du modèle. Comme il est représenté sur ces graphes, le SNR maximal atteint certain haut niveau lorsque la MS est plus proche de la station de base, et le SNR minimum atteint lorsque la MS est en train de faire le balayage pour une BS.

- Les premier et deuxième graphes de la figure III.6 montrent le retard et le débit. Comme on le voit sur ces graphes, lorsque la MS est entrain de faire le balayage (scanning), on remarque des trempettes au niveau du débit à chaque fois la MS s'éloigne de BS. Pour le retard : le graphe montre le retard entre la BS et la MS.

- Dans le dernier graphe de Mobility Handover Delay, il montre le moment de handover qui est présenté par un point, la MS a réussi à exécuter le handover dans les 7 transitions parmi 8 transitions.

Quand la MS définit une BS comme une cible, elle lance l'activité de « Initial Ranging », pour l'obtention des paramètres du lien descendant et montant. Cette activité à une durée de fonctionnement qui commence avec le moment où il trouve une BS cible, et le moment où la station BS cible sera la BS source.

Pour que le handover soit établi, il faut que la durée de « Initial Ranging » soit inférieure à 50 ms.

IV. Troisième projet :WiMAX/Wi-Fi

Scenario N°01 : influence du modèle de canal multi trajet :

On a visualisé dans ce scenario la différence entre deux modèles de canaux multi-trajets à partir des fonctions «WIMAX.Delay (sec), WIMAX.throughput (bits/sec) et average (WIMAX.throughput (bits/sec)) » de deux hot spots pour les deux sous réseaux.

Les figures III.7, III.8 et III.9montrent les résultats de simulations (le rouge pour le canal piétons et le bleu pour le canal véhicules).

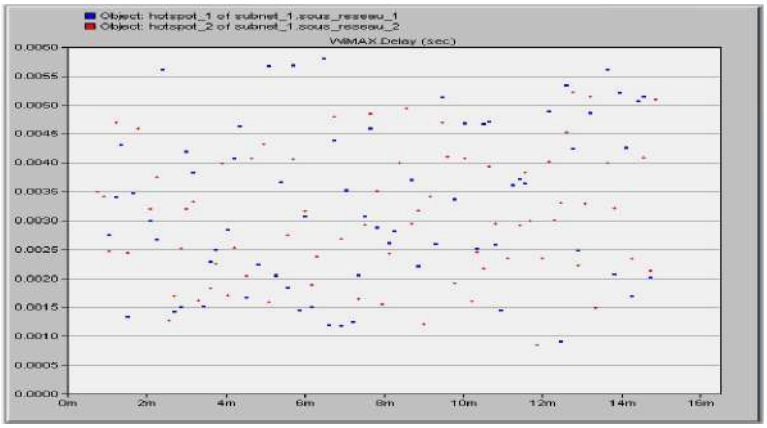


Figure III.7: *Le retard de deux hot spots avec deux canaux multi trajets*

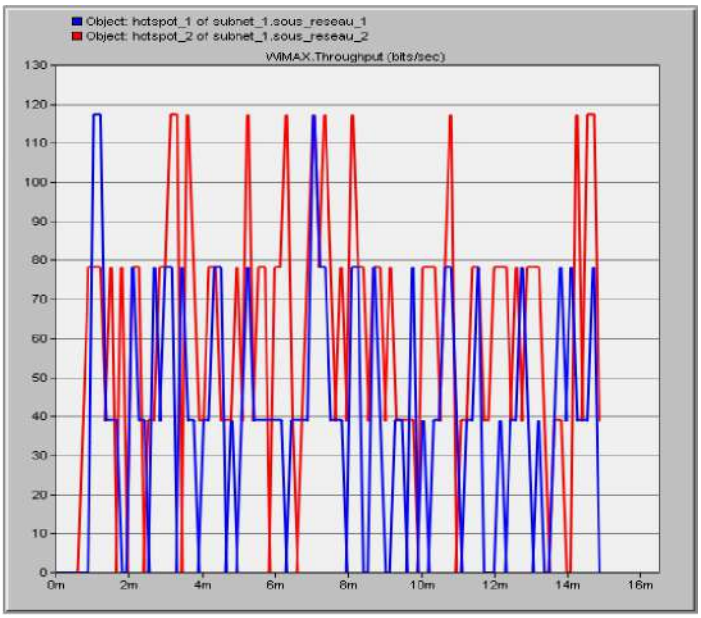


Figure III.8: *Le débit de deux hot spots avec deux canaux multi trajets*

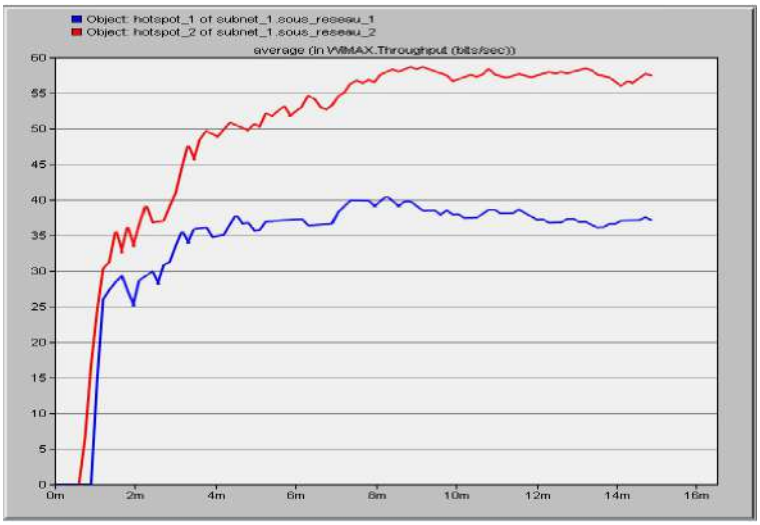


Figure III.9: *La moyenne du débit de deux hot spots*

-La figure III.7 représente le retard entre les deux hots pots et la station de base, la transmission sera par des canaux multi trajets (pour les piétons et les véhicules). L'axe horizontal représente le temps en minutes et l'axe vertical montre le retard en secondes.

Le hot spot avec le modèle de propagation par un canal de type UIT véhicules multi trajets B a des millisecondes plus de retard que le hot spot avec le modèle de propagation par un canal de type UIT piétons multi trajets A.

Malgré que les deux sous-réseaux sont à la même distance exacte entre la BS et les deux routeurs, les mêmes données et la même puissance de transmission.

-Le débit WiMAX et le débit WiMAX moyenne des deux hot spots sont représenté sur les figures III.8 et III.9 respectivement. L'axe horizontal représente le temps en minutes et l'axe vertical représente le débit en bits / sec.

Les canaux multi trajets cause des débits différents l'un de l'autre. Comme on a vu dans le résultat moyen (average), le sous-réseau de canal de type UIT véhicules multi trajets a moins de débits que celle avec un canal de type UIT piétons multi trajets.

Scenario N°02 : la distance de couverture d'une BS :

On a visualisé dans ce scenario la portée maximale d'une couverture d'une BS à partir de la variation de la distance entre le hot spot et le poste de travail, par les deux statistiques « WiMAX.Traffic.Received(bitd/sec) » et « average (WiMAX.Delay(sec)) ». Les résultats obtenus sont représentés dans les figures III.10 et III.11.

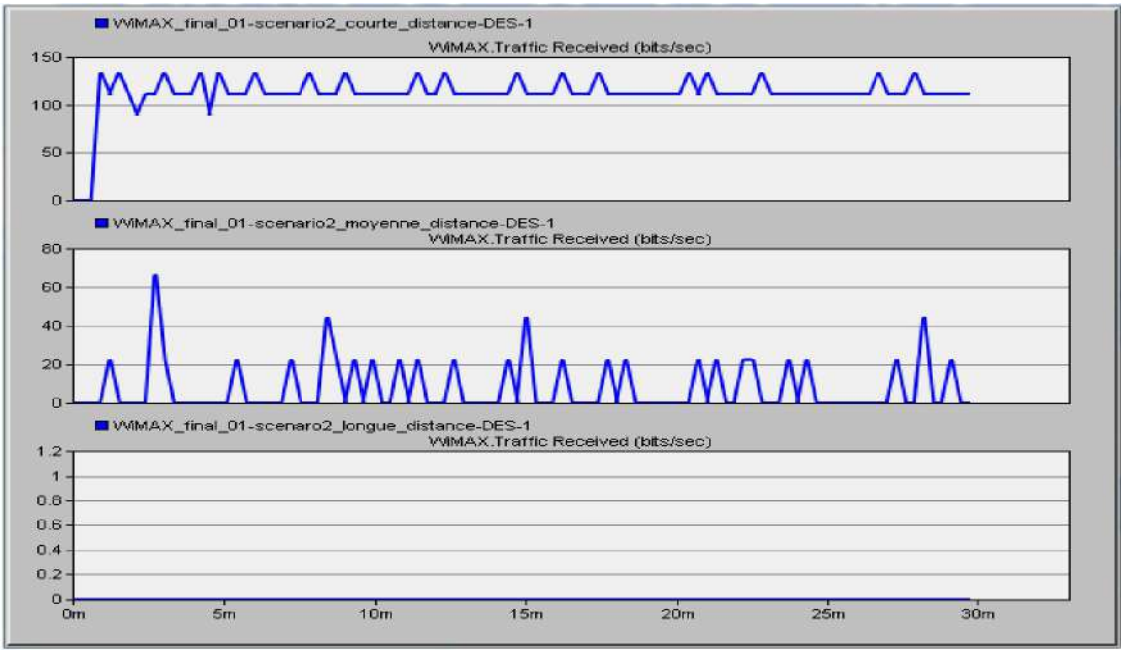


Figure III.10: *Le trafic reçu par le hot spot pour les trois distances*

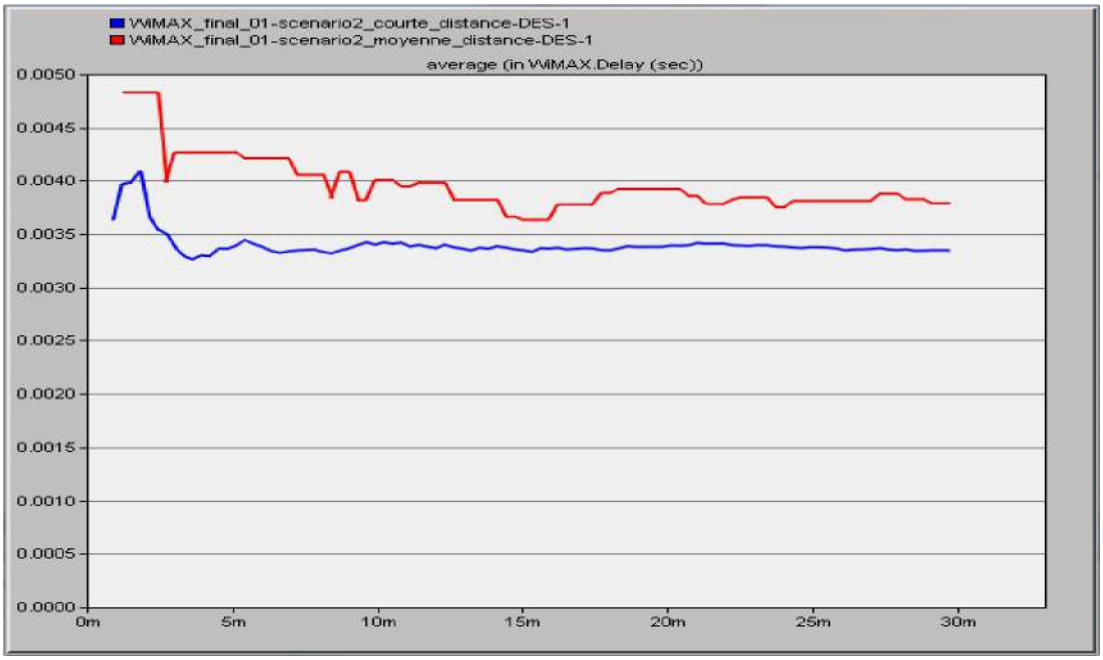


Figure III.11: *Le retard dans le hot spot pour les trois distances*

On peut noter d'après la figure III.10, que le WiMAX hot spot ne reçoit pas de données de trafic au troisième cas (longue distance), car c'est au-delà couverture WiMAX maximale. Bien que les données soient reçues au premier et deuxième cas de la distance de la station de base.

Le retard en cas d'une courte distance, moyenne distance sont représentées dans la figure III.11, il existe une légère augmentation du retard quand la distance augmente, Le retard du premier cas est d'environ 0,0033(sec) et pour le deuxième cas est d'environ 0,0038 (sec).La portée de Wi-Fi est déterminée par le déplacement du nœud mobile sans fil à une distance du point d'accès et de contrôle des données relatives au trafic reçu sur le nœud mobile. La distance entre le nœud mobile et le point d'accès est passé de 0,3 km à 8 km à l'aide d'une trajectoire définie.

Scenario N=03 : performances de 2, 4, et 8 nœuds mobiles WLAN :

On a étudié dans ce scenario la performance entre des réseaux de 2, 4, et 8 nœuds par la comparaison de leur débit et leur retard, aussi une comparaison de retard du réseau WiMAX/Wi-Fi, par les statistiques suivantes :

- average (in Wireless Lan.Throughput(bits/sec))
- average (in WirelessLan.Delay(sec))
- average (in WiMAX.Delay(sec)) et average(in Wireless Lan.Delay(sec))

Les figures III.12, III.13 et III.14 montrent les résultats obtenus.

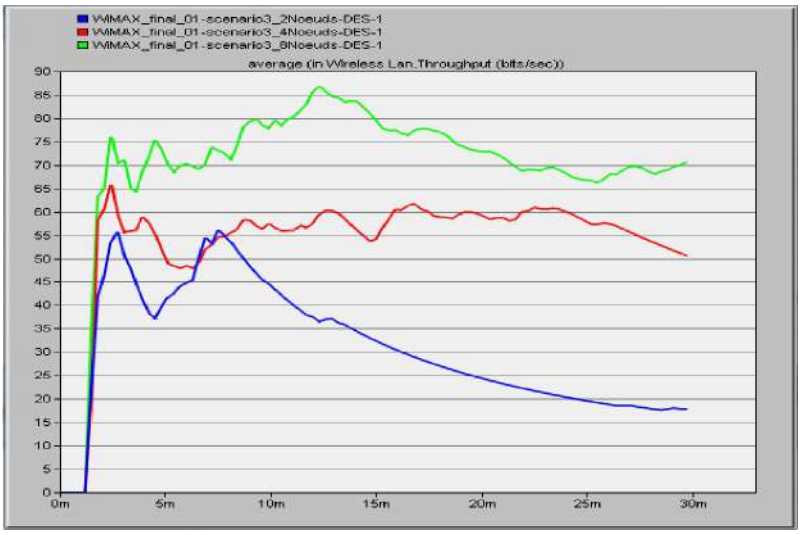


Figure III.12: *Le débit dans les trois réseaux Lan*

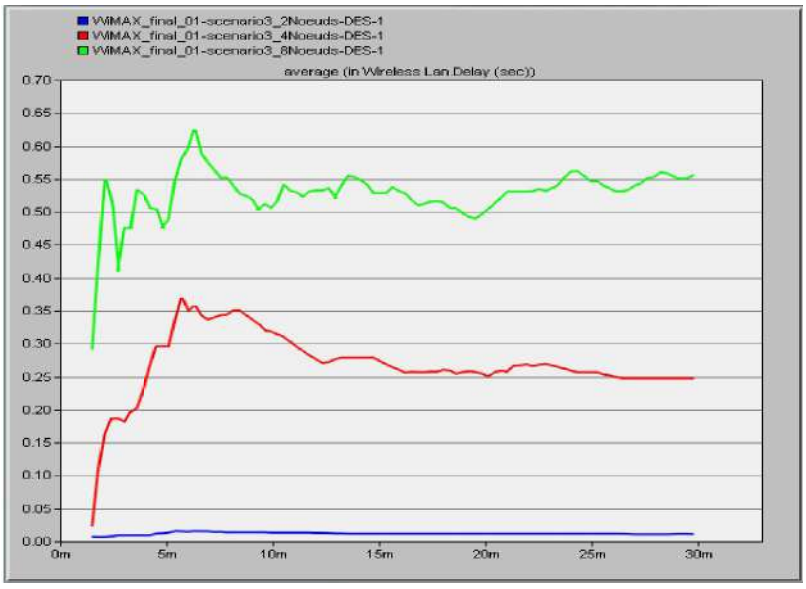


Figure III.13: *Le retard dans les trois réseaux Lan*

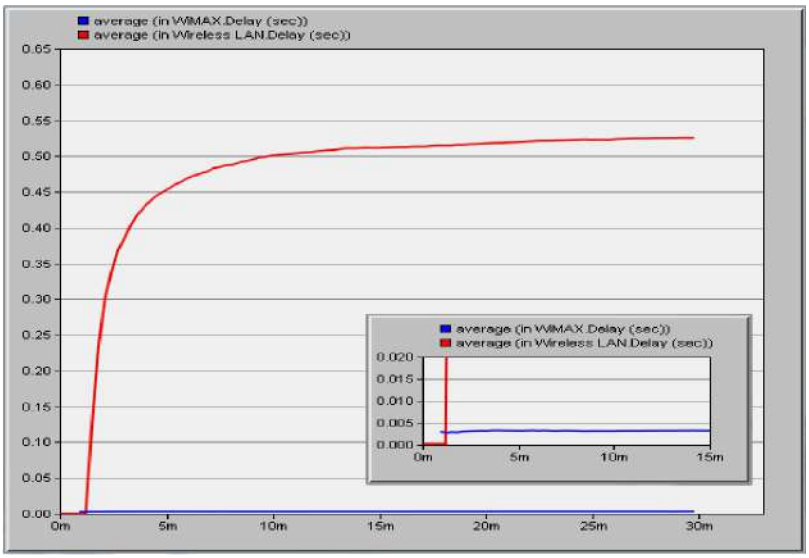


Figure III.14:*Comparaison du retard entre le réseau WiMAX et le réseau Wi-Fi avec 8nœuds*

-Les résultats dans la figure III.12 montrent le débit du réseau WLAN (2,4 et 8 nœuds), et qu'il augmente proportionnellement à l'augmentation du nombre d'utilisateurs.

-La figure suivante III.13 montre le retard entre le hot spot et les utilisateurs de 2,4 et 8 nœuds, Comme le nombre d'utilisateurs augmente, le retard aussi augmente proportionnellement. La raison que le retard augmente pour plusieurs utilisateurs est dû fait que le point d'accès (le hot spot) doit servir plusieurs utilisateurs dans un temps limité. Ainsi, les utilisateurs doivent attendre plus longtemps pour obtenir des données du routeur.

- La dernière figure III.14 montre la différence entre le retard d'un réseau WLAN et d'un réseau WiMAX. Comme on peut le voir dans la figure, le retard de la liaison WiMAX est plus faible que le retard de la liaison WLAN.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons simulé des réseaux Wi-Fi et WiMAX, Les résultats obtenus sont satisfaisants. Nous avons reportés les courbes de retard, le trafic, le débit, la puissance, le balayage, le SNR et le handover pour plusieurs différentes topologies réseaux, Ces courbes illustrent les performances de la couche physique du Wi-Fi, WiMAX et WiMAX mobile.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'objectif principal de ce mémoire était l'évaluation des performances de la couche physique des réseaux WiMAX et Wi-Fi, en utilisant le simulateur OPNET Modeler.

La différence fondamentale entre ces deux réseaux est qu'ils sont conçus pour des applications différentes. Le Wi-Fi est adéquat pour les réseaux locaux et apporte le concept de mobilité dans ces LAN. A l'inverse, le WiMax est désigné pour fournir un accès Internet sans fils dans un endroit géographique fixe et déterminé. Alors que le Wi-Fi a un rayon d'action d'une centaine de mètres, le WiMAX quand à lui prévoit de supporter des utilisateurs situés jusqu'à 50 km du point d'émission.Ces deux standards sont parfaitement compatibles. Ensemble, ils donnent une expérience de connexion toujours mieux si on se trouve dans une zone de couverture WiMAX ou de Wi-Fi.

Dans le premier chapitre de ce travail, nous avons présenté les deux réseaux, leurs standards, ainsi que leurs spécificités techniques. Le deuxième chapitre a été consacré à la présentation de différentes topologies et modèles de simulations des réseaux Wi-Fi, WiMAX et WiMAX mobile. Nous avons réalisé plusieurs scénarios avec ces trois types de réseaux en utilisant le simulateur OPNET Modeler. Et dans le dernier chapitre, nous avons présenté et discuté les résultats des simulations obtenus. Nous avons atteint notre objectif qui est l'évaluation comparative de plusieurs facteurs comme le retard, le trafic, le débit, la puissance, le balayage, le SNR et le handover.

En conclusion, d'après l'étude et les simulations réalisées, nous avons trouvé que les performances de ces réseaux dépendent de la distance entre les nœuds de communication, le nombre de clients, le nombre de point d'accès et le type du canal.

Références Bibliographiques

[1] SabriBenferhat, Simulation des conditions de trafic intracellulaired'un réseau sans fil en milieu industriel par un modèle de propagation composite, Université BLAISE PASCAL, année 2009.

[2] BAGUA Messaoud& BENKHELIFA Redouane, Implantation d'un réseau RLAN WiFi personnel et d'entreprise, Institut des télécommunications d'Oran AbdelhafidBoussouf(ITO), année 2004.

[3] BA MAGATTE & NIANG DJIBRIL, Etude des performances de la norme IEEE 802.11 pour l'implémentation d'un réseau WiFi, Institut des télécommunications d'Oran AbdelhafidBoussouf (ITO), année 2005.

[4] Thierry NKURUNZIZA & Mahamane TOUNKARA, Caractérisation et Egalisation des canaux sans fil WIFI, Institut des télécommunications d'Oran AbdelhafidBoussouf (ITO), année 2007.

[5] Sedjelmaci Amina Nadjet, Extension de la QoS du Wifi versle WiMAX, Université Abou BakrBelkaidTlemcen, année 2011.

[6]Mobile WIMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation.

[7] BENHAMZA Aissa, Planification d'un réseau WIMAX mobile, Institut National des Télécommunications et des Technologies de l'Information et de la Communication, année 2009.

[8]Azeddine DJENNANE, La gestion de la mobilité dans les réseaux WiMAX 802.16^{e}, UNIVERSITE ELHADJ LAKHDER– BATNA.

[9]SelmenBensaid& Meriem Ferjani, Développement d'un outil de planification d'un réseau WiMAX, Tunis, année 2011.

[10]La modulation OFDM, www.mesure.com

[11]KalacheMohamedAissa& Kalache Billel, Evaluation des performances de la couche physique de la technologie WiMAX/IEEE 802.16, Université Dr. Yahia Farès de Médéa, année 2011.

[12]EL-HAJJ Paul & DAHBI Nabil, Etude de la Technologie WiMAX Mobile, Telecom SudParis, année 2010.

[13] Aurélien Géron, WiFi Professionnel - la norme 802.11, le déploiement, la sécurité''3ème édition, année 2009.

[14] SIYOUCEF Fawzi, BOUKHEDIM Ilyas, Apport des deux standard WIMAX fixe et mobile, Institut National des Télécommunications et des Technologies de l'Information et de la Communication, 24 Juin 2010.
[15] OPNET Simulation of IEEE 802.11(WiFi) and IEEE 802.16(WiMAX) in a small area, AzadehFarzin, Spring 2010.
[16]Cathy Zhang, Ricky Chau, Wenqi Sun, Wi-Fi NETWORK SIMULATION OPNET, Spring 2009.
[17] SimranSarai, Daniel Carter, BehzadJazizadeh, WiMAX Mobility, Spring 2009.