

Université Abou Bekr Belkaid  
Tlemcen Algérie



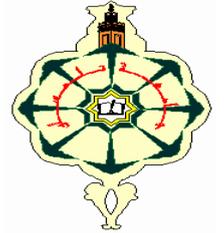
جامعة أبي بكر بلقايد

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMEN  
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE TELECOMMUNICATIONS  
LABORATOIRE DE TELECOMMUNICATIONS



Mémoire pour l'obtention du diplôme de

**Master en Télécommunications**

Option : Photonique et Réseaux Optiques de Télécommunications

(PROTONS)

**Thème**

***CONCEPTION DES RESEAUX SANS FILS IEEE 802.11  
EN MODES INFRASTRUCTURE ET AD HOC***

*Présentées par :*

**BOUAZZAOUI SAMIRA**

**DEKALI ZAHIRA**

Soutenu le 24 Mai 2016 devant le jury composé de :

Président : M<sup>elle</sup>. DJELTI.H

MCB, Université de Tlemcen

Examinatrice : M<sup>me</sup>. BENOSMAN.H

MCB, Université de Tlemcen

Encadreur : M<sup>elle</sup>. BELHADEF.Y

MCB, Université de Tlemcen

*Année universitaire : 2015-2016*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail particulièrement :*

*À mes très chers parents,*

*Pour leur soutien inconditionnel,*

*Leur sacrifices, leur tendresse, leur amour infinie,...*

*À mes sœurs et mes frères*

*À mes nièces et mes neveux*

*À tous mes amis(es) et mes collègues.*

*À toute la promotion m2 protons*

*À tous ceux qui m'ont aide de près ou de loin.*



*Dekali zahira*

# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire :*

*À la mémoire de Mon père que dieu repose son âme en paix,*

*Et à la mémoire de Ma grande mère Zineb que dieu repose son âme en  
paix,*

*À Ma chère Maman que dieu protège*

*En témoignage de ma profonde affection Qu'elle sache que ce travail est  
en partie le fruit de son soutien, ses sacrifices et tous ses efforts qu'elle a  
fait pour mon éducation ainsi que ma formation.*

*Sa fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure des  
récompenses.*

*À mon cher frère Ibrahim, sa femme Imane et mon adorable sœur Fatima.*

*À mon fiancé Ismail.*

*À mes deux neveux Mehdi et Hamada et ma nièce Wafaa.*

*À toute ma famille.*

*À mes chères amies : Zahira, Nadira, Siheme, Hanane, Meriem, Fatima,  
Samia avec qui j'ai passé de très bons moments.*

*À toute la promotion de Master PROTON 2015/2016.*

*Et*

*À tous mes amis.*



*Bouazzaoui Samira*

## REMERCIEMENT

*Tout d'abord, je tiens à remercier « Allah », le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Je voudrais exprimer mes vifs remerciements à mon encadreur Melle. Y.BELHADEF pour le temps consacré à m'écouter, et à m'orienter, et pour les conseils qu'elle a su me prodiguer durant l'évolution de mon projet.*

*Je voudrais aussi remercier tous les professeurs qui ont contribué à ma formation. Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de mes profonds respects pour avoir pris la peine d'examiner mon mémoire.*

*Enfin, mes remerciements vont également à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.*

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## **Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique**

I.1	Introduction .....	3
I.2	Modèle OSI .....	3
I.2.1	Définition .....	3
I.2.2	Les sept couches du modèle OSI .....	4
I.2.3	Transmission des données à travers le modèle OSI.....	6
I.3	Topologies physiques des réseaux.....	7
I.3.1	Topologie en bus .....	7
I.3.2	Topologie en étoile .....	8
I.3.3	Topologie en anneau .....	8
I.3.4	Topologie en arbre .....	9
I.3.5	Topologie maillée.....	9
I.4	Réseaux sans fil .....	10
I.4.1	Transmission par les ondes infrarouges.....	10
I.4.2	Transmission par les ondes radios .....	10
I.4.3	Domaines d'applications .....	11
I.5	Classification des technologies réseaux .....	11
I.6	Réseaux personnels sans fils (WPAN) .....	12
I.6.1	Bluetooth .....	13
I.6.2	HomeRF (Home Radio Frequency) .....	13
I.6.3	Technologie ZigBee (aussi connue sous le nom IEEE 802.15.4) .....	14

I.6.4	Liaisons infrarouges .....	14
I.7	Réseaux locaux sans fil (WLAN) .....	15
I.7.1	Wi-Fi.....	15
I.7.2	HiperLAN2 (High Performance Radio LAN 2.0) .....	16
I.8	Réseaux sans fils métropolitains (WMAN) .....	16
I.8.1	Wimax .....	16
I.9	Réseaux sans fil étendus (WWAN) .....	17
I.9.1	GSM.....	17
I.9.2	GPRS .....	18
I.9.3	L'UMTS .....	19
I.10	Avantages et inconvénients des réseaux sans fils.....	20
I.11	Conclusion.....	21

## **Chapitre II : Réseaux locaux sans fil**

II.1	Introduction .....	24
II.2	Généralités sur le réseau WIFI .....	24
II.2.1	Famille IEEE 802 et les standards 802.11 .....	25
II.2.2	Dérivés de la norme IEEE 802.11 Wi-Fi.....	25
II.2.3	Modes des réseaux IEEE 802.11 .....	28
II.2.3.1	Mode infrastructure.....	28
II.2.3.2	Mode Ad-hoc .....	30
II.3	Architecture en couches .....	31
II.3.1	Couche physique.....	31

II.3.1.1 Couche physique radio avec étalement de spectre en saut de fréquence FHSS	32
II.3.1.2 Étalement de spectre à Séquence directe DSSS	34
II.3.1.3 Technique OFDM du standard 802.11	37
II.3.1.4 Technique infrarouge (IR)	37
II.3.2 Couche liaison de données	38
a) Sous-couche LLC	39
b) Sous-couche MAC	39
II.4 Méthodes d'accès au support de la norme 802.11	40
a) La Fonction de Coordination Distribuée (DCF : Distributed Coordination Function)	40
b) Le Point de Coordination Centralisée (PCF : Point Coordination Function)	40
II.5 Équipements d'un réseau wifi	41
II.5.1 Cartes wifi	41
II.5.1.1 Cartes pour stations mobiles	41
II.5.1.2 Cartes pour stations fixes	41
II.5.2 Points d'accès WIFI	42
II.5.3 Antennes	42
II.6 Conclusion	43

## **Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure**

III.1 Introduction	46
III.2 Etapes de configurations d'un réseau Wifi simple	46
III.2.1 Application Configuration	47
III.2.2. Profil Configuration	48

III.2.3. Client configuration .....	49
III.2.4 Server configuration .....	50
III.3 Etude d'un réseau Wifi .....	51
III.3.1 Influence de la distance entre le point d'accès et le poste de travail .....	51
III.3.2 Influence de nombre des PCs.....	52
III.3.3 Influence de la puissance reçue d'un PC mobile par rapport à un AP... ..	54
III.4 Comparaison entre le réseau filaire et le réseau sans fil .....	57
III.5 Implémentation de différentes applications.....	59
III.6 Mobilité d'un réseau sans fil.....	60
III.7 Comparaison entre les stations fixes et mobiles.....	65
III.8 Conclusion.....	68

## **Chapitre VI : Conception des réseaux Wifi en mode Ad hoc**

IV.1 Introduction.....	70
IV.2 Réseau wifi simple en mode Ad Hoc.....	70
IV.3 Réseau IEEE 802.11 de mode Ad Hoc.....	72
IV.4 Trajectoire des stations mobiles par rapport à un point d'accès .....	73
IV.5 Influence de la distance entre le point d'accès et les stations de travails .....	75
IV.6 Etude des différents modes d'opérations .....	76
IV.7 Comparaison entre une station mobile et une station fixe .....	79
IV.8 Comparaison entre un réseau infrastructure et un réseau Ad hoc... ..	80

IV.8.1 Réseau infrastructure et réseau Ad hoc en topologie arbre.....	80
IV.8.2 Réseau infrastructure et réseau Ad hoc en topologie bus.....	82
IV.9 Conclusion .....	83
CONCLUSION GENERALE .....	85
ANNEXE : Logiciel OPNET	
1. Introduction.....	86
2. Logiciel OPNET Modeler .....	87
2.1 Principales interfaces .....	87
2.2 Project Editor .....	87
2.3 Network Model Editor.....	88
2.4 Node Model Editor .....	88
2.5 Process Model Editor.....	89
3 Résumé et principe de développement d'un projet.....	89
4 Création d'un nouveau projet.....	90

## Introduction générale

Depuis ces dernières années, le domaine des télécommunications connaît un essor considérable, aussi bien dans le nombre de services offerts que dans le nombre de systèmes proposés. Il permet à un large public d'accéder aux nouvelles technologies.

L'idée d'échanger des informations et communiquer à distance a fait naître les réseaux informatiques. Les ordinateurs ont été d'abord connectés en local, créant des réseaux locaux propriétaires. Puis, le besoin d'envoyer des données à distance a élargi les communications entre sites distants, créant des réseaux à large étendue.

Aujourd'hui, les réseaux relient des machines à l'échelle planétaire. Presque toutes les entreprises ne peuvent fonctionner sans échange informatique et sans réseau.

L'objectif de notre projet PFE est de modéliser et évaluer les performances des réseaux wifi en utilisant le simulateur **OPNET Modeler**. C'est un outil de simulation à événements discrets qui permet de spécifier graphiquement des modèles. Il permet d'étudier les performances des systèmes existant sous des conditions variables. Il contribue au développement et à l'optimisation de nouveaux protocoles de communications et à l'analyse de l'impact des technologies émergentes.

Ainsi ce mémoire est structuré comme suit :

Dans le premier chapitre, nous allons présenter l'état de l'art sur les réseaux sans fil et les bases essentielles des réseaux qu'ils soient filaires ou hertziens. Nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux couches liaison de données et physique du modèle OSI.

Le deuxième chapitre est consacré à une présentation de la norme 802.11(WIFI), ensuite nous avons exposé leur architecture en couches et cellulaire afin de terminer par les dérivés de cette dernière.

Le troisième chapitre présente la conception des réseaux sans fil de types WLAN en mode infrastructure à l'aide le logiciel OPNET qui est utilisé pendant ce travail comme un outil de conception des réseaux de communications.

Nous avons dans le quatrième chapitre nous allons étudier des différents projets des réseaux locaux sans fil en mode Ad hoc par le logiciel choisi. Les résultats de simulation sont alors présentés et discutés.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale des travaux présentés, de suite l'annexe.

# Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatiques

## I.1 Introduction

Au cours des deux dernières décennies, le nombre et la taille des réseaux ont augmenté considérablement. Cependant, un bon nombre de réseaux ont été mis sur pied à l'aide de plates-formes matérielles et logiciels différents. Il en résulte une incompatibilité entre de nombreux réseaux et il était devenu difficile d'établir des communications entre des réseaux fondés sur des spécifications différentes. Pour résoudre ce problème, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO/International Organisation for Standardisation) a examiné de nombreuses structures de réseau. L'ISO a reconnu l'opportunité de créer un modèle réseau qui aiderait les concepteurs à mettre en œuvre des réseaux capables de communiquer entre eux et de fonctionner de concert (interopérabilité). Elle a donc publié le modèle de référence OSI (Open System Interconnexion) en 1984 [1].

Les réseaux sans fil (*Wireless Networks*) constituent de plus en plus une technologie émergente permettant à ses utilisateurs un accès à l'information et aux services électroniques indépendamment de leurs positions géographiques. Le succès de ce type de réseaux ces dernières années est suscité par un grand intérêt de la part des particuliers, des entreprises et du milieu industriel. En effet, ce type de réseaux est perçu comme une nouvelle alternative complémentaire aux réseaux filaires traditionnels, car ils sont autant utilisés dans le cadre des réseaux locaux d'entreprise, pour une utilisation purement professionnelle, que dans le cadre des réseaux locaux personnels à domicile. Dans les réseaux à moyenne et large couverture aussi, la technologie sans fil devient dominante [2].

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter le modèle OSI et les caractéristiques de ses composantes. Nous allons parler ensuite sur les topologies physiques des réseaux informatiques.

Ainsi dans ce chapitre, Nous allons introduire des généralités sur les réseaux sans fils comme les réseaux personnels WPAN, les réseaux locaux WLAN, les réseaux métropolitains WMAN et les réseaux étendus WWAN, en examinant à chaque fois les différentes technologies disponibles, et nous allons aussi citer quelques avantages et inconvénients des réseaux sans fils.

## I.2 Modèle OSI

### I.2.1 Définition

Le modèle OSI est composé de sept différentes parties appelées couches. Chaque couche porte un nom qui caractérise sa fonction dans le transfert de données à travers le réseau. Les couches sont généralement séparées en deux groupes : La couche 1 à la couche 4 sont considérées comme les couches "Inférieures", tandis que les couches 5 à 7 représentent les couches "Supérieures".

Les couches inférieures sont chargées du transport des données et les couches supérieures supervisent ces opérations [3].

### I.2.2 Les sept couches du modèle OSI

Le modèle OSI comporte 7 couches, et sont décrites comme suit :  
Les couches basses (1, 2, 3 et 4) sont nécessaires à l'acheminement des informations entre les extrémités concernées et dépendent du support physique. Les couches hautes (5, 6 et 7) sont responsables du traitement de l'information relative à la gestion des échanges entre systèmes informatiques. Par ailleurs, les couches 1 à 3 interviennent entre machines voisines, et non entre les machines d'extrémités qui peuvent être séparées par plusieurs routeurs. Les couches 4 à 7 sont au contraire des couches qui n'interviennent qu'entre hôtes distants (Voire la figure I.1) [4].

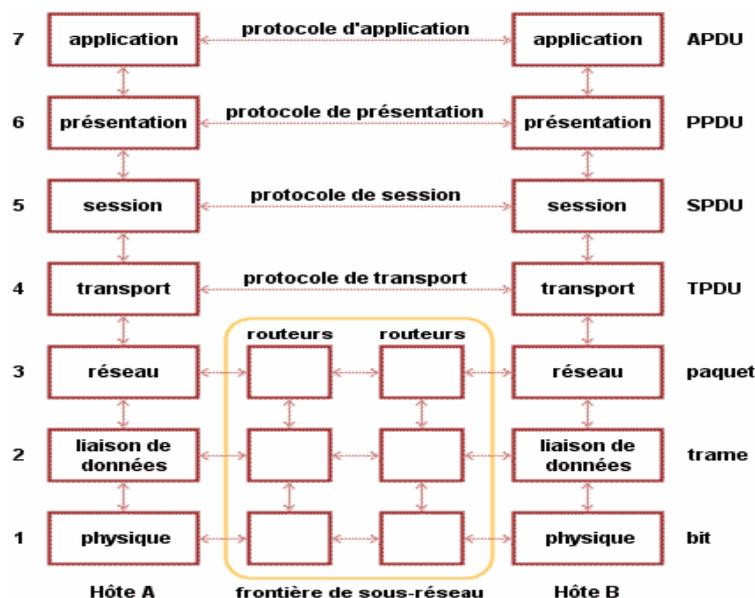


Figure I.1 : Architecture du modèle standard ISO.

# Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

---

## **-La couche Application (7)**

La couche "Application" est la dernière du modèle OSI, elle effectue la jonction avec les autres applications qui nécessitent une communication avec un autre ordinateur ou système. Elle définit les formats de données spécifiques à une application (mail, ftp, web, ...) ; C'est la seule couche ouverte vers l'extérieur [3].

## **-La couche Présentation (6)**

La couche "Présentation" se charge de la syntaxe des informations que les entités d'applications se communiquent. C'est un intermédiaire pour la compréhension commune de la syntaxe des documents transportés sur le réseau. Cette couche procure donc un langage syntaxique commun à l'ensemble des utilisateurs connectés sur le réseau car les données d'une application ne peuvent généralement pas être interprétées par une autre [3].

## **-La couche session (5)**

Permet d'établir une connexion logique entre deux applications. Elle assure l'organisation et la synchronisation du dialogue [5].

## **-La couche transport (4)**

Permet l'établissement, le maintien et la rupture des connexions. Une tâche principale de cette couche est d'accepter des données de la couche supérieure et de les diviser en unités plus petites, ce qui constitue l'opération de fragmentation. Elle offre un service réel de bout en bout de la source à la destination. C'est à dire qu'il existe toujours une conversation entre les machines source et destination par l'intermédiaire des entêtes de message et les messages de contrôle. Dans les couches plus basses les protocoles établissent des relations entre une machine et ses voisins immédiats et non entre les machines source et destination.

En effet, les couches 1 à 3 sont chaînées alors que les couches 4 à 7 sont de bout en bout [5].

## **-La couche réseau (3)**

Assure la commutation et le routage des paquets entre les nœuds du réseau. Il existe deux méthodes principales d'acheminement : la commutation de circuits et la commutation de paquets. Dans les cas où il y a beaucoup de paquets sur les nœuds, ou bien en cas de congestion, c'est la couche réseau qui doit résoudre le problème [5].

# Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

---

## -La couche liaison (2)

Cette couche subdivise en deux sous-couches. Ces deux sous-couches sont appelées procédure LLC (Logiciel Link Control – LLC) et commande d'accès au support (Medium Access Control-MAC).

- le **MAC** (Medium Access Control), qui organise les trains binaires sous forme de trame ou encore paquet.

- le **LLC** (Layer Link Control) qui fournit des services avec ou sans connexion, qui peut assurer des fonctions de contrôle de flux (régulation des transferts de trame pour éviter une saturation du récepteur) et de correction d'erreur (par retransmission des trames non reçues ou erronées) [6].

## -La couche physique

La couche physique fournit les moyens mécaniques, électriques, fonctionnels et les procédures nécessaires à l'activation, le maintien et à la désactivation des connexions physiques destinées à la transmission de bits entre deux entités de liaison de données. Une connexion physique peut mettre en jeu plusieurs systèmes intermédiaires, relayant chacun la transmission des bits dans la couche physique. Elle se décompose en deux sous niveaux :

-le **PMD** (Physical Medium Dependant, description du média utilisé, câbles, prises...

-le **PHY** (Physical), qui décrit la correspondance entre le signal reçu et son interprétation sous forme binaire (codage). On obtient en sortie de cette couche un flux de données binaire [6].

## I.2.3 Transmission des données à travers le modèle OSI

Le processus émetteur remet les données à envoyer au processus récepteur à la couche application qui leur ajoute un en-tête application AH (éventuellement nul).

Le résultat est alors transmis à la couche présentation. La couche présentation transforme alors ce message et lui ajoute (ou non) un nouvel en-tête (éventuellement nul). La couche présentation ne doit pas connaître l'existence éventuelle de AH ; pour la couche présentation, AH fait partie des données utilisateur. Une fois le traitement est terminé, la couche présentation envoie le nouveau "message" à la couche session et le même processus recommence de nouveau. Les données atteignent alors la couche physique qui va effectivement transmettre les données au destinataire. A la réception, le message va remonter

les couches et les en-têtes sont progressivement retirés jusqu'à atteindre le processus récepteur (Voire la figure I.2) [4].

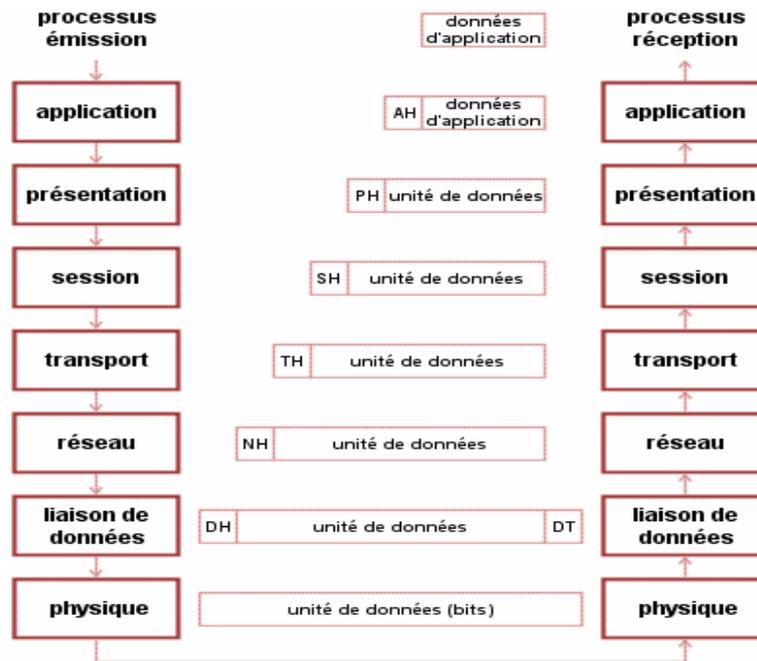


Figure I.2 : Canal de transmission de données.

Le concept important est le suivant : il faut considérer que chaque couche est programmée comme si elle était vraiment horizontale, c'est à dire qu'elle dialoguait directement avec sa couche paire réceptrice. Au moment de dialoguer avec sa couche paire, chaque couche rajoute un en-tête et l'envoie (virtuellement, grâce à la couche sous-jacente) à sa couche paire.

## I.3 Topologies physiques des réseaux

Le terme topologie désigne l'architecture physique des interconnexions entre les différents nœuds d'un réseau [7].

### I.3.1 Topologie en bus

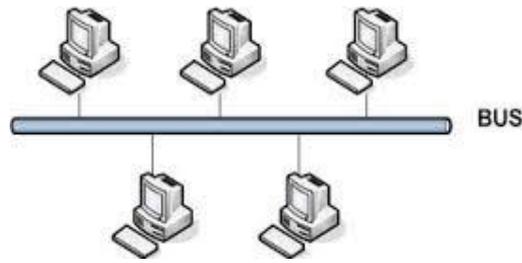
Une topologie en bus est l'organisation la plus simple d'un réseau. En effet, dans une topologie en bus tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire d'un câble, généralement coaxial. Le mot « bus » désigne la ligne physique qui relie les machines du réseau.

Cette topologie a pour avantage d'être facile à mettre en œuvre et de posséder un fonctionnement simple.

## Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

---

En revanche, elle est extrêmement vulnérable étant donné que si l'une des connexions est défectueuse, l'ensemble du réseau est affecté [8].



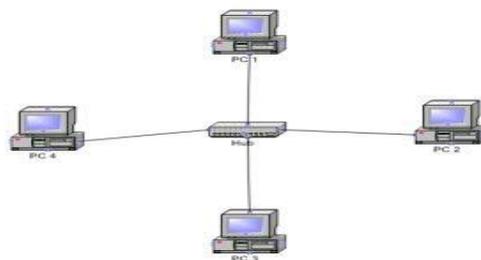
**Figure I.3 :** topologie en Bus.

### I.3.2 Topologie en étoile

Dans une topologie en étoile, les ordinateurs du réseau sont reliés à un système matériel central appelé concentrateur (en anglais hub, littéralement moyen de roue). Il s'agit d'une boîte comprenant un certain nombre de jonctions auxquelles il est possible de raccorder les câbles réseau en provenance des ordinateurs. Celui-ci a pour rôle d'assurer la communication entre les différentes jonctions.

Contrairement aux réseaux construits sur une topologie en bus, les réseaux suivant une topologie en étoile sont beaucoup moins vulnérables car une des connexions peut être débranchée sans paralyser le reste du réseau. Le point névralgique de ce réseau est le concentrateur, car sans lui plus aucune communication entre les ordinateurs du réseau n'est possible.

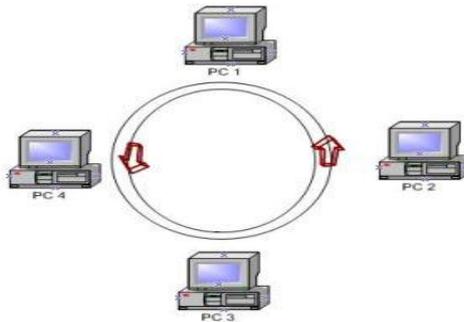
En revanche, un réseau à topologie en étoile est plus onéreux qu'un réseau à topologie en bus car un matériel supplémentaire est nécessaire (le hub).



**Figure I.4 :** Topologie en étoile.

### I.3.3 Topologie en anneau

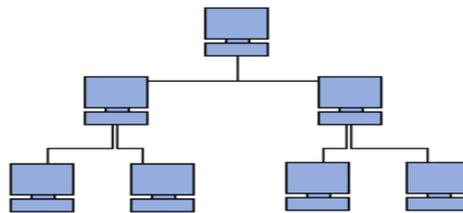
Dans un réseau possédant une topologie en anneau, les ordinateurs sont situés sur une boucle et communiquent chacun à leur tour.



**Figure I.5 :** Topologie en anneau.

## I.3.4 Topologie en arbre

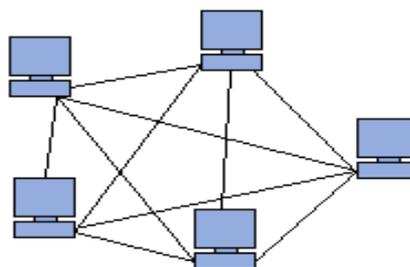
Aussi connue sous le nom de topologie hiérarchique, le réseau est divisé en niveaux. Le sommet, le haut niveau, est connecté à plusieurs nœuds de niveau inférieur, dans la hiérarchie. Ces nœuds peuvent être eux-mêmes connectés à plusieurs nœuds de niveau inférieur. Le tout dessine alors un arbre, ou une arborescence.



**Figure I.6 :** Topologie en arbre

## I.3.5 Topologie maillée

Une topologie maillée, est une évolution de la topologie en étoile, elle correspond à plusieurs liaisons point à point. Une unité réseau peut avoir (1, N) connexions point à point vers plusieurs autres unités. Chaque terminal est relié à tous les autres. L'inconvénient est le nombre de liaisons nécessaires qui devient très élevés. Cette topologie se rencontre dans les grands réseaux de distribution (Exemple : Internet).



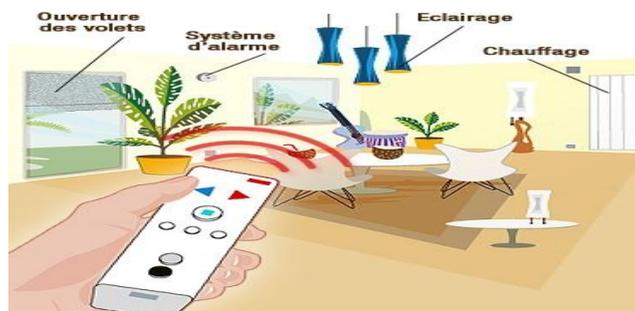
**Figure I.7 :** Topologie maillée

### I.4 Réseaux sans fils

Un réseau sans fil(en anglais Wireless network) est un ensemble d'appareils connectés entre eux et qui peuvent s'envoyer et recevoir des données sans qu'aucune connexion «filaire» physique reliant ces différents composants entre eux ne soit nécessaire. Grâce aux réseaux sans fils, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu. Il existe principalement deux méthodes pour la transmission dans les réseaux sans fils [9] :

#### I.4.1 Transmission par les ondes infrarouges

La transmission par les ondes infrarouges nécessite que les appareils soient en face l'un des autres et aucun obstacle ne sépare l'émetteur du récepteur. (Car la transmission est directionnelle). Cette technique est utilisée pour créer des petits réseaux de quelques dizaines de mètres. (Télécommande de : télévision, les jouets, voitures...).



**Figure I.8** : Techniques des ondes infrarouges.

#### I.4.2 Transmission par les ondes radios

La transmission par les ondes radios est utilisée pour la création des réseaux sans fil qui a plusieurs kilos mètres. Les ondes radios ont l'avantage de ne pas être arrêtés par les obstacles car sont émises d'une manière omnidirectionnelle. Le problème de cette technique est les perturbations extérieures qui peuvent affecter la communication à cause de l'utilisation de la même fréquence par exemple.



Figure I.9 : Domaines d'applications des ondes radios.

## I.4.3 Domaines d'applications

Tous les métiers dont la mobilité est nécessaire pour augmenter la productivité, parmi ces domaines :

- Hôpitaux (gestion des fichiers patients, ...).
- Restaurants (communications rapides entre serveurs et cuisiniers, ..)
- Home and Small Office (éviter de câbler, coûts réduits, ...).
- Environnement d'installation difficile des médias filaires [9].

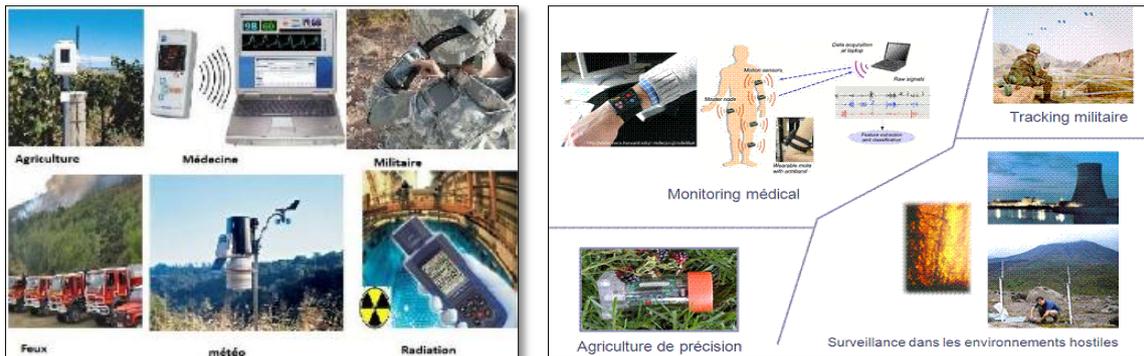


Figure I.10 : Domaines des réseaux sans fils.

## I.5 Classification des technologies réseaux

Les technologies réseaux sont fréquemment classées en quatre catégories :

- les réseaux personnels (WPAN) : ils concernent l'entourage immédiat d'une personne (quelques mètres), par exemple la technologie Bluetooth, zigbee.

## Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

- les réseaux locaux (WLAN) : ils concernent un environnement de vie plus étendu que les réseaux personnels comme une maison, une entreprise ou un campus (quelques dizaines de mètres à quelques kilomètres), par exemple WiFi, hiperlan2.
- les réseaux métropolitains (WMAN) : ils visent à couvrir une région étendue comme une ville (Plusieurs kilos mètres), par exemple WiMAX.
- les réseaux étendus (WWAN) : ils visent à couvrir une zone très vaste comme un pays, une région du globe ou toute la planète. Par exemple GSM, GPRS, UMTS... [10].

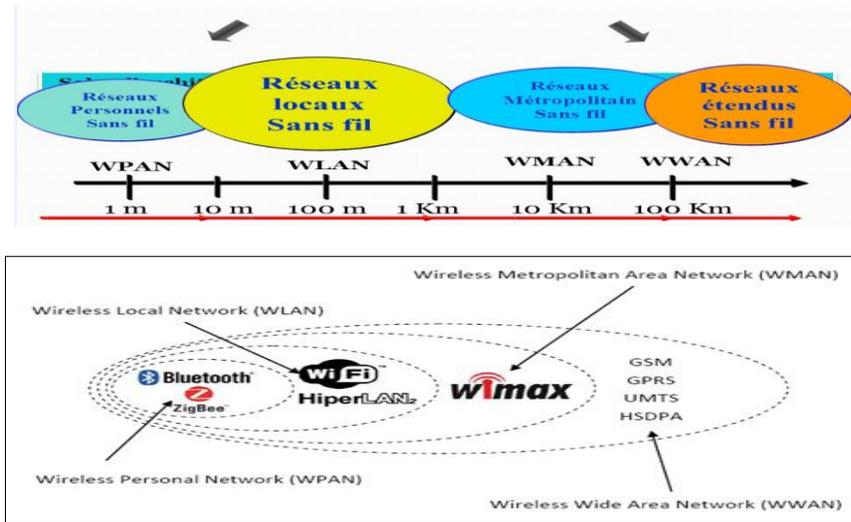


Figure I.11 : Différentes technologies des réseaux sans fils.

### I.6 Réseaux personnels sans fils (WPAN)

Le réseau personnel sans fils (appelé également réseau individuel sans fils ou réseau domotique sans fils et noté WPAN pour Wireless Personal Area Network) concerne les réseaux sans fils d'une faible portée : de l'ordre de quelques dizaines de mètres [11].

Ce type de réseau sert généralement à relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques, ...) ou un assistant personnel (PDA) à un ordinateur sans liaison filaire ou bien à permettre la liaison sans fils entre deux machines très peu distantes.



Figure I.12 : Exemple de configuration d'un WPAN.

Il existe plusieurs technologies utilisées pour les WPAN :

## I.6.1 Bluetooth

Lancée par Ericsson en 1994, proposant un débit théorique de 1 Mbps pour une portée maximale d'une trentaine de mètres.

Bluetooth, connue aussi sous le nom **IEEE 802.15.1**, possède l'avantage d'être très peu gourmand en énergie, ce qui le rend particulièrement adapté à une utilisation au sein de petits périphériques. La version 1.2 réduit notamment les interférences avec les réseaux Wi-Fi [11].



Figure I.13: Domaines applications du Bluetooth.

## I.6.2 HomeRF (Home Radio Frequency)

Lancée en 1998 par le HomeRF Working Group (formée notamment par les constructeurs Compaq, HP, Intel, Siemens, Motorola et Microsoft) propose un débit théorique de 10 Mbps avec une portée d'environ 50 à 100 mètres sans amplificateur. La norme HomeRF

## Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

soutenue notamment par Intel, a été abandonnée en Janvier 2003, notamment car les fondateurs de processeurs misent désormais sur les technologies Wi-Fi embarquées (via la technologie Centrino, embarquant au sein d'un même composant un microprocesseur et un adaptateur Wi-Fi) [11].



Figure I.14 : Exemple d'un HomeRF.

### I.6.3 Technologie ZigBee (aussi connue sous le nom IEEE 802.15.4)

Permet d'obtenir des liaisons sans fils à très bas prix et avec une très faible consommation d'énergie, ce qui la rend particulièrement adaptée pour être directement intégrée dans de petits appareils électroniques (appareils électroménagers, hifi, jouets, ...). [11]

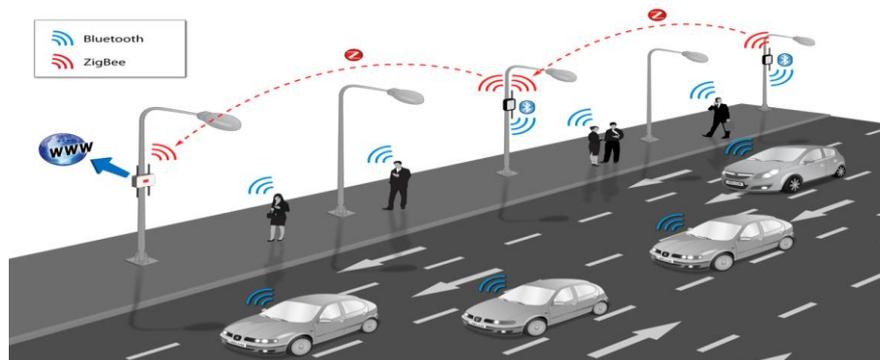


Figure I.15 : Domaines d'applications du Bluetooth et ZigBee.

### I.6.4 Liaisons infrarouges

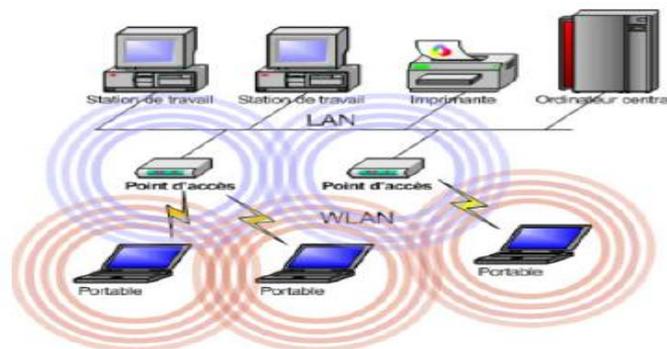
Permettent de créer des liaisons sans fils de quelques mètres avec des débits pouvant monter à quelques mégabits par seconde. Cette technologie est largement utilisée pour la domotique (télécommandes) mais souffre toutefois des perturbations dues aux interférences lumineuses. L'association **irDA** (infrared data association) formée en 1995 regroupe plus de 150 membres [11].



**Figure I.16** : Exemple d'infrarouge.

### I.7 Réseaux locaux sans fil (WLAN)

Le réseau local sans fil (WLAN pour Wireless Local Area Network) est un réseau permettant de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres. Il permet de relier entre eux les terminaux présents dans la zone de couverture.



**Figure I.17** : Principe de fonctionnement du WLAN.

Il existe plusieurs technologies concurrentes : Le Wi-Fi, hiperLAN2 (High Performance Radio LAN 2.0) [11].

#### I.7.1 Wi-Fi

WiFi est un ensemble de protocoles de communications sans fils régis par les normes du groupe IEEE 802.11. Grâce aux normes WiFi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fils à haut débit. Dans la pratique, le WiFi permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau, des assistants personnels (PDA : **P**ersonal **D**igital **A**ssistant.), des objets communicants ou même des périphériques à une liaison haut débit de 11 Mbit/s théoriques ou 6 Mbit/s réels en 802.11b à 54 Mbit/s théoriques ou environ 25 Mbit/s réels en 802.11a ou

802.11g sur un rayon de plusieurs dizaines de mètres en intérieur (généralement entre une vingtaine et une cinquantaine de mètres).

### **I.7.2 HiperLAN2** (High Performance Radio LAN 2.0)

Norme européenne élaborée par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute), permet d'obtenir un débit théorique de 54 Mbps sur une zone d'une centaine de mètres dans la gamme de fréquence comprise entre 5 150 et 5 300 MHz [11].

## **I.8 Réseaux sans fils métropolitains (WMAN)**

Le réseau métropolitain sans fil (WMAN pour Wireless Metropolitan Area Network) est connu sous le nom de Boucle Locale Radio (BLR). Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16. La norme 802.16 est généralement appelée Wimax. La boucle locale radio offre un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres, ce qui destine principalement cette technologie aux opérateurs de télécommunications [11].

Le MAN est utilisé généralement dans les universités, les campus ou dans les villes. Le support physique d'interconnexion utilisé dans les WMAN est habituellement la fibre optique [13].

### **I.8.1 Wimax**

Egalement connu sous la désignation IEEE 802.16, le Wimax est un standard de transmission sans fil à haut débit. Fonctionnant à 70 Mbit/s, il est prévu pour connecter les points d'accès Wi-Fi à un réseau de fibres optiques, ou pour relayer une connexion partagée à haut débit vers de multiples utilisateurs. Avec une portée théorique de 50 km, il devrait permettre, à terme, le développement de réseaux métropolitains (WMAN) reposant sur un unique point d'accès, au contraire d'une architecture basée sur de nombreux points d'accès Wi-Fi [14].

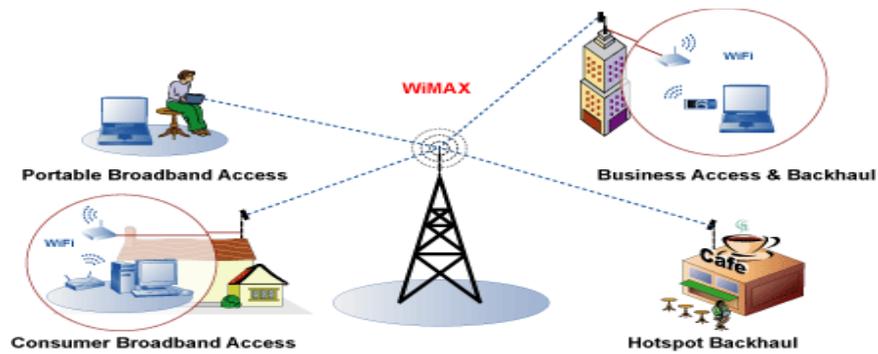


Figure I.18 : Principe de fonctionnement du WiMAX.

### I.9 Réseaux sans fil étendus (WWAN)

Le réseau étendu sans fil (WWAN pour Wireless Wide Area Network) est également connu sous le nom de réseau cellulaire mobile. Il s'agit des réseaux sans fils les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fil. Les principales technologies sont les suivantes :

- GSM (*Global System for Mobile Communication* ou Groupe Spécial Mobile)
- GPRS (*General Packet Radio Service*)
- UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)

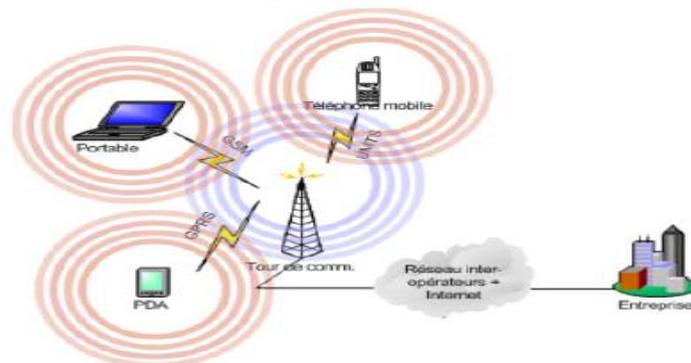


Figure I.19 : Réseau WWAN.

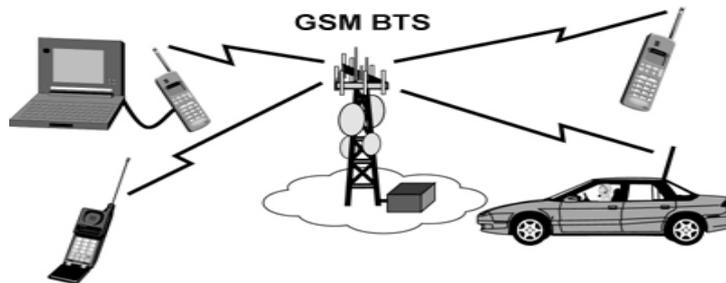
#### I.9.1 GSM

Le GSM est un système de radiotéléphonie cellulaire numérique, qui offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de station mobile de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est le service le plus important des services offerts. Ce réseau

## Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

---

permet la communication entre deux postes mobiles ou entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données et la transmission de messages alphanumériques courts [15].



**Figure I.20 :** Architecture du réseau GSM.

Les réseaux cellulaires reposent sur l'utilisation d'un émetteur récepteur central au niveau de chaque cellule, appelé station de base (BT : Base Transceiver Station). Plus le rayon d'une cellule est petit, plus la bande passante disponible est élevée. La carte SIM permet ainsi d'identifier chaque utilisateur, indépendamment du terminal utilisé lors de la communication avec une station de base. La communication entre une station mobile et station de base se fait par l'intermédiaire d'un lien radio, généralement appelé interface air [13].

### I.9.2 GPRS :

Le GPRS est une norme pour la téléphonie mobile dérivée du GSM permettant un débit de données plus élevé. On le qualifie souvent de 2,5G. Le G est l'abréviation de génération et le 2,5 indique que c'est une technologie à mi-chemin entre le GSM (2<sup>ème</sup> génération) et l'UMTS (3<sup>ème</sup> génération) [16].



**Figure I.21 :** Domaines d'applications du GPRS.

## I.9.3 L'UMTS

UMTS est le sigle (**U**niversal **M**obile **T**élécommunications **S**ystems). Une technologie de téléphonie mobile, dite de troisième génération, qui succède, en Europe, à la norme GSM. Exploitant une bande de fréquence plus large et utilisant un protocole de transfert des données par « paquets » hérité des réseaux informatiques, elle propose un débit bien supérieur à celui de son aînée puisqu'il atteint 384 kbit/s dans sa première version sortie fin novembre 2004. Une seconde mouture attendue pour 2006 pourrait même pousser jusqu'à 2 Mbit/s. A la clé, la possibilité d'utiliser sur son téléphone mobile de nombreux services multimédias tels que l'Internet, la visiophonie, la télévision, le téléchargement et l'utilisation de jeux ,vidéo,...

La technologie UMTS permettant de fournir aux utilisateurs une meilleure qualité de service quant aux télécommunications, notamment en ce qui concerne les services offerts (possibilités) et les vitesses de transferts.

Le réseau UMTS se divise en deux domaine : le domaine d'équipement de l'utilisateur (UE : User Equipment) et le domaine d'infrastructure. Le domaine d'infrastructure comporte deux parties : le réseau d'accès radio (RAN : Radio Access Network) et le réseau cœur (CN : Core Network) [17].

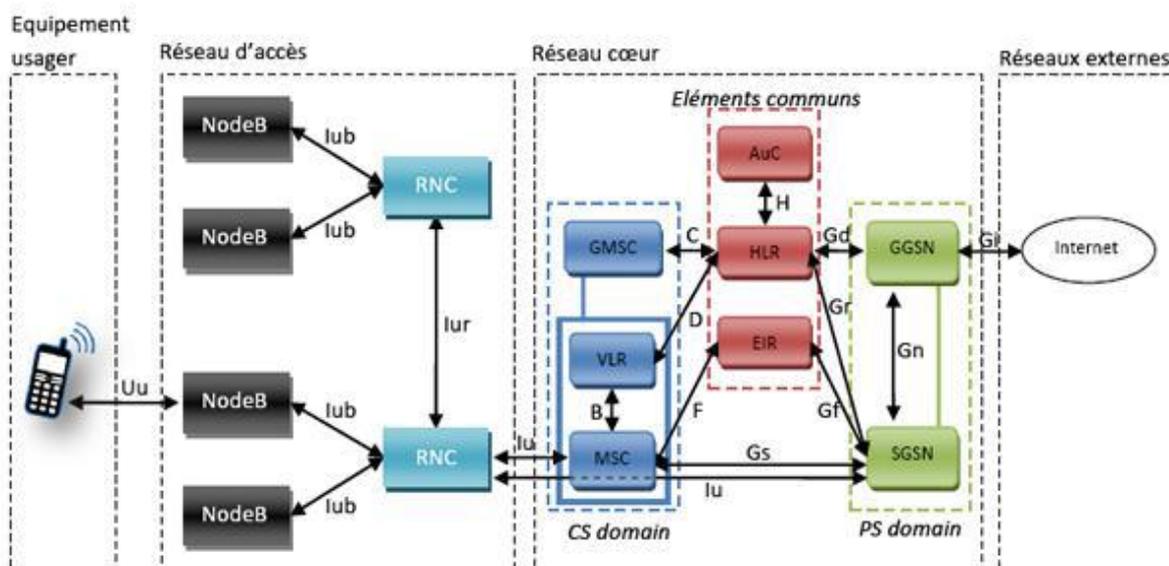


Figure I.22 : Architecture générale de l'UMTS.

### I.10 Avantages et inconvénients des réseaux sans fils

La majorité des réseaux sans fils disposent des mêmes avantages, à savoir la mobilité, une facilité et une rapidité d'installation et d'utilisation.

**Mobilité** : c'est évidemment le principal avantage qu'offre un WLAN, contrairement au réseau fixe, un utilisateur peut accéder à des informations partagées ou se connecter à Internet sans avoir à être relié physiquement au réseau.

**Simplicité d'installation** : l'installation d'un WLAN est relativement simple et rapide, comparée à celle d'un réseau local, puisqu'on élimine le besoin de tirer des câbles dans les murs et les plafonds. De ce fait, les WLAN peuvent être installés là où les câbles ne peuvent être déployés facilement, par exemple pour couvrir un événement limité dans le temps, comme un salon, une conférence ou une compétition sportive.

**Topologie** : la topologie d'un WLAN est particulièrement flexible, puisqu'elle peut être modifiée rapidement. Cette topologie n'est pas statique, comme dans les réseaux locaux filaires, mais dynamiques. Elle s'édifie dans le temps en fonction du nombre d'utilisateurs qui se connectent et se déconnectent.

**Coût** : l'investissement matériel initial est certes plus élevé que pour un réseau filaire, mais, à moyen terme, ces coûts se réduiront. Par ailleurs, les coûts d'installation et de maintenance sont presque nuls, puisqu'il n'y a pas de câbles à poser et que les modifications de la topologie du réseau n'entraînent pas de dépenses supplémentaires.

**Inter connectivité avec les réseaux locaux** : les WLAN sont compatibles avec les LAN existants, comme c'est le cas des réseaux WIFI et Ethernet, par exemple, qui peuvent coexister dans un même environnement.

**Fiabilité** : les transmissions sans fils ont prouvé leurs efficacités dans les domaines aussi bien civils que militaires. Bien que les interférences liées aux ondes radio puissent dégrader les performances d'un WLAN, elles restent assez rares. Une bonne conception du WLAN ainsi qu'une distance limitée entre les différents équipements radio (station set ou points d'accès), permettent au signal radio d'être transmis correctement et autorisent des performances

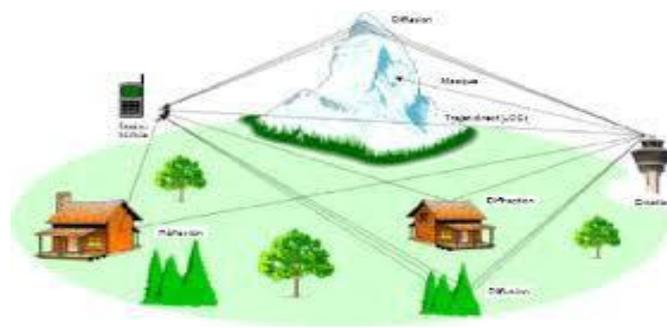
# Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

---

similaires à celles d'un réseau local. Etant donné que la norme 802.11 est l'objet de notre étude, dans la suite du document on va étudier et présenter les différentes normes.

Comme rien n'est jamais parfait, ce type de réseau présente également quelques inconvénients :

- Problèmes liés aux ondes radio (taux d'erreur plus important).
- Interférences (provenant d'autres réseaux).
- Effets multi-trajets comme il est indiqué dans la Figure I-23.



**Figure I .23** : Effets multi-trajets des ondes radio.

- La réglementation.
- Effets sur la santé.
- La sécurité.
- Typiquement très peu de bande passante (comparer aux réseaux filaires).
- Plusieurs solutions propriétaires (la normalisation prend du temps = consensus).
- Les produits doivent se conformer aux restrictions nationales : difficile d'avoir une solution globale. [18]

## I.11 Conclusion

Les réseaux sans fils en général sont des technologies intéressantes et très utilisés dans de divers domaines comme l'industrie, la santé et le domaine militaire. Cette diversification

## Chapitre I : Etat de l'art sur les réseaux informatique

---

d'utilisation revient aux différents avantages qu'apportent ces technologies, comme la mobilité, la simplicité d'installation (absence de câblage) c'est-à-dire les connexions sans fils permettent de connecter différents appareils sans câble. La liaison peut-être soit de type hertzien, soit par la lumière infrarouge. Les réseaux sans fil ne visent toutefois pas à remplacer les réseaux filaires mais plutôt à leurs apporter les nombreux avantages découlant d'un nouveau service : la mobilité de l'utilisateur

Tout au long de ce chapitre, nous avons expliqué les concepts fondamentaux sur les réseaux informatiques à partir de leurs composantes et de leurs fonctions ainsi que des règles, normes et standards qui les régissent. Il ressort de cette étude que la principale entité de standardisation est l'ISO. En effet, l'ISO renferme un groupe de normes pour les protocoles qui ont été normalisés dans une structure logique afin d'exécuter des processus réseaux. Cependant, le modèle OSI est souvent considéré comme un modèle conceptuel.

Nous avons ensuite étudié différentes catégories des réseaux sans fils qui possèdent des caractéristiques et des équipements propres qui diffèrent de ceux employés dans les réseaux traditionnels.

Dans le chapitre suivant on va s'intéresser aux réseaux locaux, en particulier le standard IEEE802.11.

# Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

---

### II.1 Introduction

Le premier standard IEEE 802.11 dédié aux réseaux locaux sans fil (WLANs) a été proposé en 1990. La version finale de ce standard a vu le jour en 1997. L'élaboration du standard IEEE 802.11 et son développement rapide fut un pas important dans l'évolution des réseaux locaux sans fil que ce soit en entreprise ou chez les particuliers. Elle a ainsi permis de mettre à la portée de tous un vrai système de communication sans fil pour la mise en place des réseaux informatiques hertziens. Ce standard a été développé pour favoriser l'interopérabilité du matériel entre les différents fabricants. Ceci signifie que les clients peuvent mélanger des équipements de différents fabricants afin de satisfaire leurs besoins. De plus, cette standardisation permet d'obtenir des composants à bas coût, ce qui a permis un succès commercial considérable au 802.11. [2]

L'objectif de ce chapitre est de présenter en détail le standard 802.11 qui est le plus utilisé dans les réseaux locaux sans fil. Pour cela, nous commencerons dans une première partie par donner des généralités sur le réseau WIFI et décrire les topologies suivant lesquels les WLAN 802.11 fonctionnent. Ensuite, nous présenterons les différentes versions du standard et les caractéristiques liées à l'architecture logique de la norme (couche physique et couche MAC), de plus, on définit quelques équipements WIFI plus utile dans notre vie.

### II.2 Généralités sur le réseau WIFI

Le WiFi (Wireless Fidelity, parfois noté Wi-Fi) est une technologie qui permet la communication radio électronique entre des terminaux et des points d'accès pour se connecter sur un réseau local ou sur internet. C'est une technologie de réseau local sans fil (WLAN), appelé aussi Ethernet sans fil ou Ethernet radio. Elle repose sur un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau sans fil, la norme IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11).

L'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) a ratifié la spécification 802.11, norme régissant les réseaux locaux sans fil, en 1997. Par abus de langage (et pour des raisons de marketing) le nom de la norme se confond aujourd'hui avec le nom de la certification. Ainsi un réseau Wifi est en réalité un réseau répondant à la norme 802.11.

La WECA - Wireless Ethernet Compatibility Alliance - est le groupe marketing qui soutient cette technologie et en assure son avenir par une validation permanente des matériels

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

pour garantir leur compatibilité et d'une façon plus générale la cohérence générale de la technologie Wi-Fi. [19]

### II.2.1 Famille IEEE 802 et les standards 802.11

Le 802.11 est issu de la famille 802, qui est une série de spécifications pour les réseaux locaux. La figure montre la relation entre les différents composants de la famille 802 et leurs emplacements dans le modèle OSI. [20]

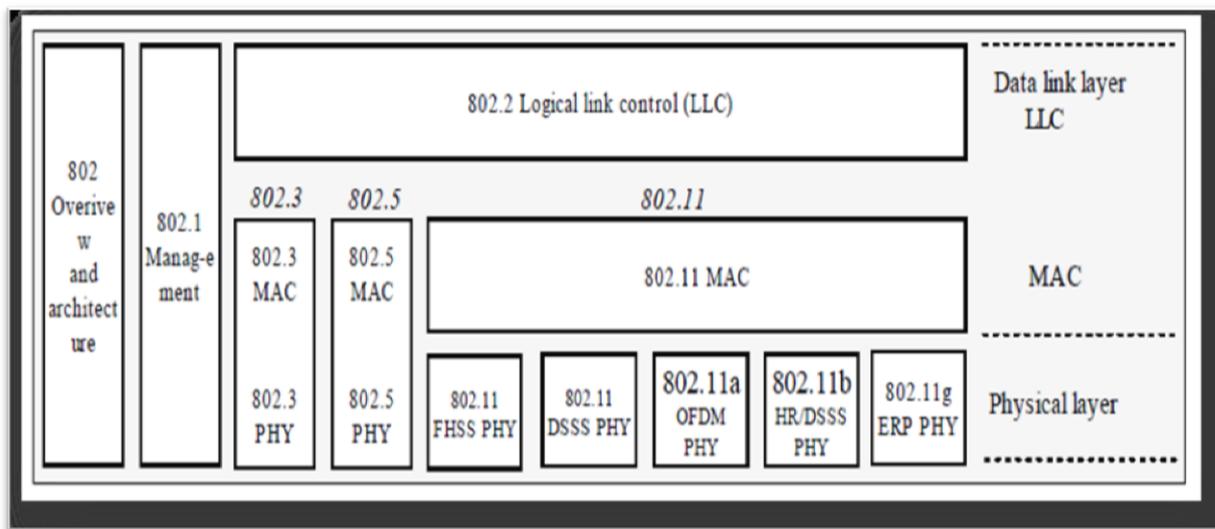


Figure II.1 : Famille IEEE 802.11.

### II .2.2 Dérivés de la norme IEEE 802.11 Wi-Fi

La norme **IEEE 802.11** a donné naissance à la génération des réseaux sans fil Wi-Fi. Cette norme offre des débits de 1 ou 2 Mbits/s. Des révisions ont été apportées à la norme originale afin d'optimiser le débit (c'est le cas des normes **802.11a**, **802.11b**, **802.11g**). Le tableau II.1 résume toutes les normes existantes et quelques caractéristiques. [21]

Norme	Noms	Descriptions
<b>802.11a</b>	<b>WiFi 5</b>	La norme 802.11a (baptisée <i>WiFi 5</i> ) permet d'obtenir un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels). La norme 802.11a spécifie 8 canaux radio dans la bande de fréquence 5 GHz.
<b>802.11b</b>	<b>Wi-Fi</b>	La norme 802.11b est la norme la plus répandue en base installée actuellement. Elle propose un débit

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

		théorique de 11 Mbit/s 6 Mbit/s réels avec une portée pouvant aller jusqu'à 300 mètres en théorie dans un environnement dégagé. La plage de fréquences utilisée est la bande 2,4 GHz avec 3 canaux radio disponible.
<b>802.11c</b>	<b>Pontage 802.11 vers 802.1d</b>	La norme 802.11c n'a pas d'intérêt pour le grand public. Il s'agit uniquement d'une modification de la norme 802.1d afin de pouvoir établir un pont avec les trames 802.11 (niveau <i>liaison de données</i> ).
<b>802.11d</b>	<b>Internationalisation</b>	La norme 802.11d est un supplément à la norme 802.11 dont le but est de permettre une utilisation internationale des réseaux locaux 802.11. Elle consiste à permettre aux différents équipements d'échanger des informations sur les plages de fréquences et les puissances autorisées dans le pays d'origine du matériel.
<b>802.11e</b>	<b>Amélioration de la qualité de service</b>	La norme 802.11e vise à donner des possibilités en matière de qualité de service au niveau de la couche <i>liaison de données</i> . Ainsi, cette norme a pour but de définir les besoins des différents paquets en termes de bande passante et de délai de transmission de manière à permettre, notamment, une meilleure transmission de la voix et de la vidéo.
<b>802.11f</b>	<b>Itinérance (roaming)</b>	La norme 802.11f est une recommandation à l'intention des vendeurs de points d'accès pour une meilleure interopérabilité des produits. Elle propose le protocole <i>Inter-Access point roaming protocol</i> permettant à un utilisateur itinérant de changer de point d'accès de façon transparente lors d'un déplacement, quelles que soient les marques des points d'accès présentes dans l'infrastructure réseau. Cette possibilité est appelée <i>itinérance(en)roaming</i> .

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

802.11g		La norme 802.11g offre un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels) sur la bande de fréquence 2.4 GHz. La norme 802.11g a une compatibilité ascendante avec la norme 802.11b, ce qui signifie que des matériels conformes à la norme 802.11g peuvent fonctionner en 802.11b.
802.11h		La norme 802.11h vise à rapprocher la norme 802.11 du standard Européen (Hiperlan 2, d'où le h de 802.11h) et être en conformité avec la réglementation européenne en matière de fréquences et d'économie d'énergie.
802.11i		La norme 802.11i a pour but d'améliorer la sécurité des transmissions (gestion et distribution des clés, chiffrement et authentification). Cette norme s'appuie sur l'AES ( <i>Advanced Encryption Standard</i> ) et propose un chiffrement des communications pour les transmissions utilisant les technologies 802.11a, 802.11b et 802.11g.
802.11Ir		La norme 802.11Ir a été élaborée de manière à utiliser des signaux infra-rouges. Cette norme est désormais dépassée techniquement.
802.11j		La norme 802.11j est à la réglementation japonaise ce que le 802.11h est à la réglementation européenne.
802.11n	<b>WWiSE (World Wide Spectrum Efficiency)</b>	La norme 802.11n est disponible depuis le 11 septembre 2009. Le débit théorique atteint les 300 Mbit/s, débit réel de 100 Mbit/s dans un rayon de 100 mètres) Le 802.11n a été conçu pour pouvoir utiliser les fréquences 2,4 GHz ou 5 GHz. Les premiers adaptateurs 802.11n actuellement disponibles sont généralement simple-bande à 2,4 GHz, mais des adaptateurs double bande (2,4 GHz ou 5 GHz, au

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

		choix) ou même double-radio (2,4 GHz et 5 GHz simultanément) sont également disponibles. Le 802.11n saura combiner jusqu'à 8 canaux non superposés, ce qui permettra en théorie d'atteindre une capacité totale effective de presque un gigabit par seconde.
<b>802.11s</b>	<b>Réseau Mesh</b>	La norme 802.11s est actuellement en cours d'élaboration. Le débit théorique atteint aujourd'hui 10 à 20 Mbit/s. Elle vise à implémenter la mobilité sur les réseaux de type Ad-Hoc. Tout point qui reçoit le signal est capable de le retransmettre. Elle constitue ainsi une toile au-dessus du réseau existant. Un des protocoles utilisés pour mettre en œuvre son routage est OLSR.

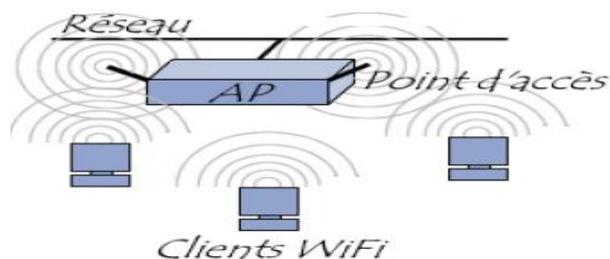
**Tableau II.1** : Différentes révisions de la norme 802.11. [15]

### II.2.3 Modes des réseaux IEEE 802.11

#### II.2.3.1 Mode infrastructure

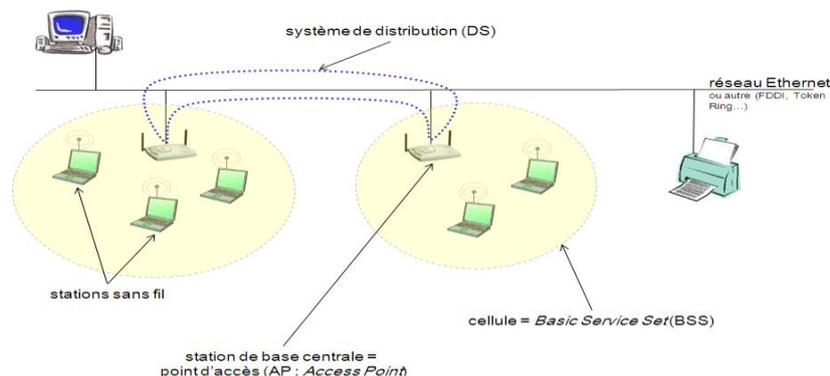
En mode infrastructure chaque ordinateur station (notée STA) se connecte à un point d'accès via une liaison sans fil. L'ensemble formé par le point d'accès et les stations situés dans sa zone de couverture est appelé ensemble de services de base (BSS) et constitue une cellule. Chaque BSS est identifié par un BSSID (**B**asic **S**ervice **S**et **I**dentifier), un identifiant de 6 octets (48 bits). Dans le mode infrastructure, le BSSID correspond à l'adresse MAC du point d'accès.

La Figure II-2 présente ce type d'architecture [15]



**Figure II.2 :** Mode infrastructure. [22]

Il est possible de relier plusieurs points d'accès entre eux (ou plus exactement plusieurs BSS) par une liaison appelée système de distribution (notée DS pour **D**istribution **S**ystem) afin de constituer un ensemble de services étendu (**E**xtendeds **S**ervice **S**et ou ESS). Le système de distribution (DS) peut être aussi bien un réseau filaire : un câble entre deux points d'accès ou bien même un réseau sans fil comme le montre la Figure II.3.



**Figure II.3 :** Réseau WIFI en mode infrastructure.

Lorsqu'un utilisateur nomade passe d'un BSS à un autre lors de son déplacement au sein de l'ESS, l'adaptateur réseau sans fil de sa machine est capable de changer de point d'accès selon la qualité de réception des signaux provenant des différents points d'accès. [22]

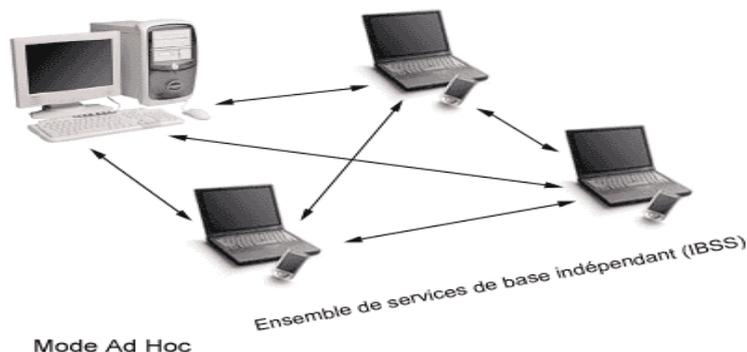
Les points d'accès communiquent entre eux grâce au système de distribution afin d'échanger des informations sur les stations et permettre dans le cas échéant de transmettre les données des stations mobiles. Cette caractéristique permettant aux stations de "passer de façon transparente" d'un point d'accès à un autre est appelé itinérance (en anglais roaming).

Les cellules d'un réseau ESS peuvent être disjointes ou recouvertes. Le recouvrement permet d'avoir un réseau plus dense que dans le cas de cellules disjointes ceci offre à l'utilisateur une possibilité de mobilité sans perte de connexion. Le recouvrement permet aussi de connecter un grand nombre d'utilisateurs puisqu'il permet d'augmenter l'étendue du réseau.

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

### II.2.3.2 Mode Ad-hoc

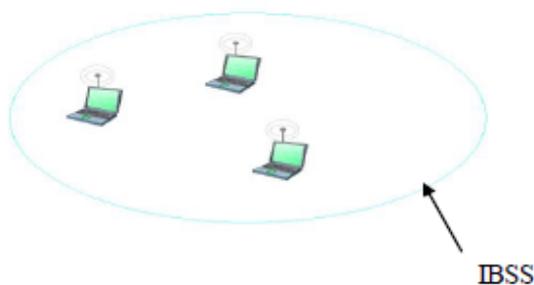
En mode **Ad-hoc** les machines sans fil clientes se connectent les unes aux autres afin de constituer un réseau point à point, c'est à dire un réseau dans lequel chaque machine joue en même temps de rôle de client et le rôle de point d'accès comme illustré dans la Figure II.4



**Figure II.4 :** Réseau WIFI en mode Ad-hoc.

L'ensemble formé par les différentes stations est appelé ensemble de services de base indépendants (en anglais **I**ndependant **B**asic **S**ervice **S**et, abrégé en IBSS).

Un IBSS est ainsi un réseau sans fil constitué au minimum de deux stations et n'utilisant pas de point d'accès. L'IBSS constitue donc un réseau éphémère permettant à des personnes situées dans une même salle d'échanger des données. Il est identifié par un SSID (**S**ervice **S**et **I**dentifier), comme l'est un ESS en mode infrastructure. La Figure II.5 schématise un exemple d'un IBSS.



**Figure II.5 :** Exemple d'un IBSS.

Dans un réseau Ad-hoc, la portée du BSS est déterminée par la portée de chaque station. Cela signifie que si deux des stations du réseau sont hors de portée l'une de l'autre, elles ne pourront pas communiquer, même si elles "voient" d'autres stations. En effet, contrairement au mode infrastructure, le mode Ad hoc ne propose pas de système de distribution capable de transmettre les trames d'une station à une autre. Ainsi un IBSS est par définition un réseau sans fil restreint [22].

### II.3 Architecture en couches

La norme IEEE 802.11 définit les deux premières couches (basses) du modèle OSI, à savoir la couche physique et la couche liaison de données. Cette dernière est elle-même subdivisée en deux sous-couches, la sous-couche LLC (Logical Link Control) et la couche MAC (Medium Access Control). [11]

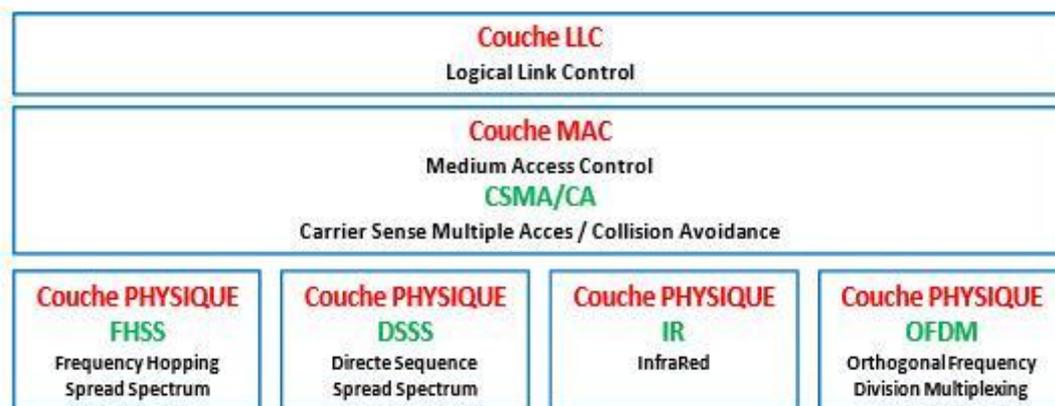


Figure II.6 : Description des couches IEEE 802.11.

#### II.3.1 Couche physique

La norme IEEE 802.11 définit deux sous-couches physiques :

- **PMD** (Physical Media Dependand) : gère l'encodage des données et la modulation.
- **PLCP** (Physical Layer Convergence Procedure) : s'occupe de l'écoute du support et est directement reliée à la couche MAC pour lui signifier que le support de transmission est libre.

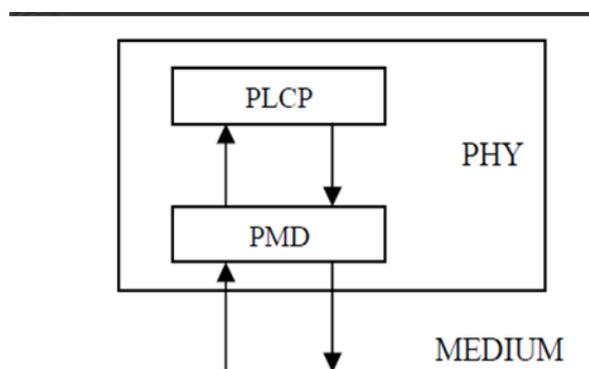


Figure II.7 : Deux sous couches physique du standard 802.11. [21]

IEEE 802.11 définit quatre couches physiques différentes :

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- IR (Infrarouge)

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

### II.3.1.1 Couche physique radio avec étalement de spectre en saut de fréquence FHSS

Le FHSS est une technique qui utilise le saut de fréquence. Elle consiste à diviser la bande passante disponible en 79 sous canaux, de 1 MHz de largeur de bande offrant, chacun a un débit d'au moins 1 MB/s avec codage binaire. L'émetteur et le récepteur s'entendent sur une séquence de sauts de fréquence porteuse pour envoyer les données successivement sur les différents sous-canaux, ce qui sert à ne pas utiliser (temporairement) les sous-canaux fortement perturbés. La séquence de sauts est calculée pour minimiser la probabilité que deux émissions utilisent le même sous-canal.

La bande de fréquence 2,4 - 2,4835 GHz utilisée dans la norme **802.11** permet de créer 79 canaux de 1 MHz. Le temps entre deux transmissions successives sur un canal puis sur un autre est de 400 ms, ce qui permet de reconnaître facilement sur une fréquence donnée un signal transmis.

La technique FHSS (figure II.8) était conçue pour des utilisations militaires. Actuellement, cette technologie est utilisée dans les réseaux locaux, donc la séquence de fréquences utilisées est connue.

Dans ce cas, aucun mécanisme de sécurisation des échanges n'est assuré par l'étalement de spectre par saut de fréquence. Le standard **802.11** utilise le FHSS dans le but de réduire les interférences entre les transmissions des stations d'une cellule.

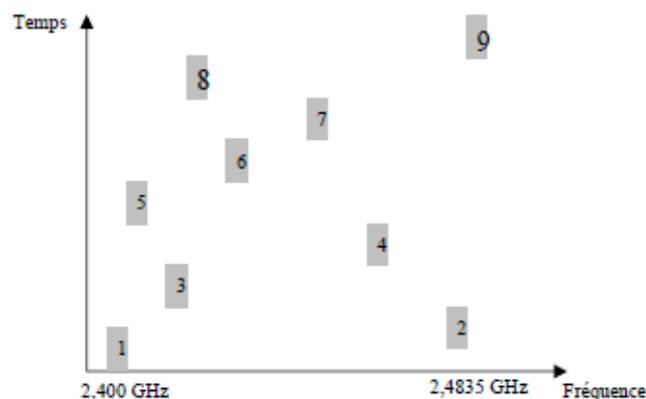
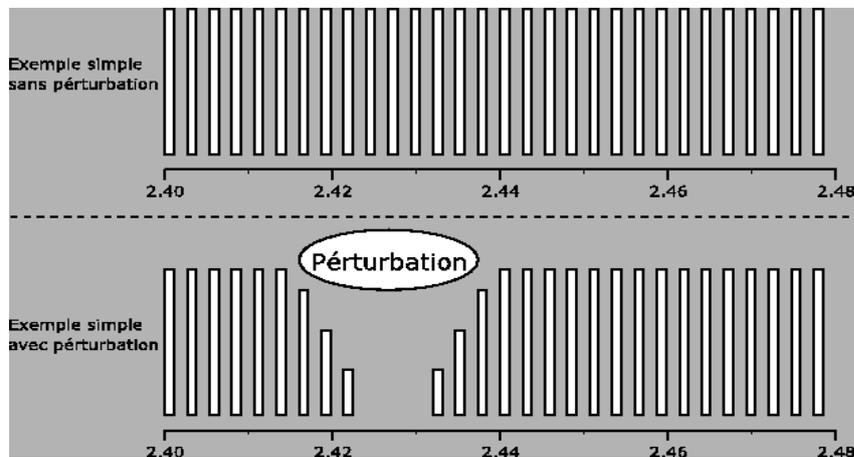


Figure II.8 : Technique FHSS [24].

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

La figure (figure II.9) nous montre comment, sans vraiment représenter exactement ce qui se passe en réalité, grâce à cette technique, on peut émettre des données dans une plage de fréquence même perturbée. Si l'on avait découpé la bande en une seule plage, la plage entière aurait été perturbée, ce qui aurait rendu toute émission impossible. Avec ce découpage en 79 sous pages, une perturbation n'affecte que quelque sous pages. Dans ce cas, on réussit la communication malgré des perturbations.



**Figure II.9:** Etallement de spectre en saut de fréquence (FHSS).

- **Structure de la trame en FHSS :**

Une trame au niveau physique est composée de trois parties. Elle débute par un préambule, suivi d'un entête et terminée par la partie donnée Figure II.10.

Préambule		En-tête			TRAME MAC
Synchro 80 bits	SFD 16 bits	PLW 11 bits	PSF 5 bits	CRC En-tête 16 bits	

**Figure II.10 :** Structure de la trame 802.11 au niveau physique pour le FHSS. [24]

-Chaque champ de chaque partie possède un rôle spécifique :

### A- Le préambule

-**La synchro :** est une séquence de synchronisation qui est composée d'une suite de 80 bits constitués en alternance de 0 et de 1. Elle permet à la couche physique de détecter la réception

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

d'un signal. Elle permet accessoirement aussi, de choisir la meilleure antenne de réception si le choix existe.

-**Le Start Frame D'élimiter (SFD)** : est l'identificateur de trame. Il est constitué par la suite de bits suivants : *0001100101101101*.

### B- L'entête

-**Le PSDU Length Word (PLW)** : est un paramètre passé par la couche MAC qui indique la longueur de la trame. C'est donc la longueur de la partie des données dans cette trame.

-**Le PSF** : est un champ sur 5 bits qui permet de définir la vitesse de transmission. Le premier bit est toujours à 0. Les bits 1, 2 et 3 sont réservés et définis par défaut à zéro. Le 4<sup>ème</sup> et le dernier bit, indique la vitesse de transmission. A 1Mb/s s'il est à 0 et à 2Mb/s s'il est à 1.

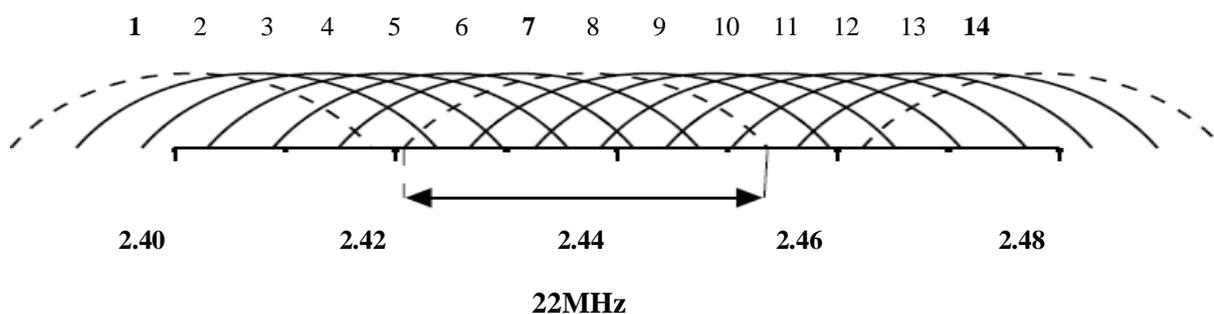
-**Le CRC de l'entête** : est le champ de contrôle d'erreur de l'entête, composé de 16bits.

### C-La partie des données

-**La Trame MAC** : contient les données relatives à la couche MAC. La partie de données est émise en utilisant une *technique de blanchiment* pour éviter d'avoir une suite de 0 ou de 1, qui risquent de poser des problèmes, tel qu'une désynchronisation du signal.

### II.3.1.2 Etalement de spectre à Séquence directe DSSS

Le DSSS est la deuxième couche physique qui utilise une technique radio. Pour cela, la bande de fréquence est divisée en 14 sous-canaux de 22 MHz. Ces canaux fournissent des signaux bruités. Ce phénomène est dû au fait que les signaux adjacents ont des bandes passantes dont le recouvrement est partiel. Ils peuvent par conséquent se perturber mutuellement. [25]



**Figure II.11:** Etalement de spectre à séquence directe (DSSS).

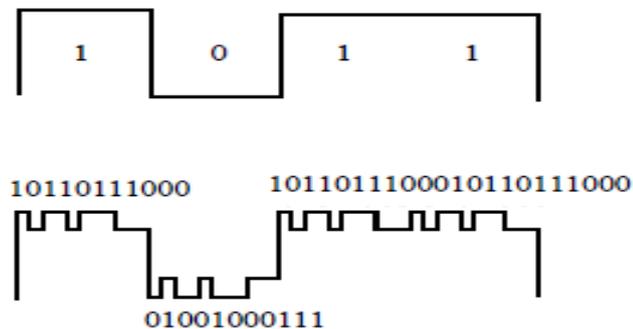
## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

Comme le montre le tableau suivant, les fréquences centrales de chaque sous-canal sont espacées de 5 MHz.

Canal	Fréquence centrale (GHz)	Canal	Fréquence centrale (GHz)
1	2.412	8	2.447
2	2.417	9	2.452
3	2.422	10	2.457
4	2.427	11	2.462
5	2.432	12	2.467
6	2.437	13	2.472
7	2.442	14	2.477

**Tableau II.2 :** Fréquences centrales des sous canaux du mode DSSS.

Dans le standard 802.11 DSSS, La technique du « chipping sur 11 bits » aide à compenser le bruit généré par un canal donné, cette technique consiste à transmettre pour chaque bit une séquence Barker (parfois appelée bruit pseudo-aléatoire, noté PN) de bits. Ainsi chaque bit valant 1 est remplacé par une séquence de bits et chaque bit valant 0 par son complément. La couche physique de la norme 802.11 définit une séquence de 11 bits (*10110111000*) pour représenter un 1 et son complément (*01001000111*) pour coder un 0. [20]



**Figure II.12 :** Technique du chipping.

Le chip code chaque bit encodé à l'aide de la séquence. Grâce au chipping (figure II.12), la transmission de l'information redondante est effectuée. Ce qui permet le contrôle d'erreurs sur les transmissions, et même la correction d'erreur.

Pour une transmission de 11 Mbps correcte et d'après le théorème de Shannon, il faut transmettre sur une bande de 22 MHz. « D'après le théorème de Shannon, la fréquence d'échantillonnage doit être au minimum égale au double du signal à numériser » [21]

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

---

- **Structure de la trame en DSSS**

Une trame au niveau physique est composée, comme pour la technique précédente, de trois parties : un *préambule*, puis un *entête* et enfin la partie de données Figure II.13. [25]

Préambule		En-tête				TRAME MAC
Synchro 128 bits	SFD 16 bits	signal 8 bits	service 8bits	Longueur 16 bits	CRC En- tête 16 bits	

**Figure II.13** : Composition de la trame 802.11 au niveau physique pour le DSSS.

### A- Le préambule

-**La synchro** : est une séquence de synchronisation pseudo-aléatoire. Elle sert à la synchronisation au niveau récepteur.

-**Le Start Frame D'élimiter (SFD)** : permet au récepteur de détecter le début de la trame. Ce champ de deux octets vaut en hexadécimal F3A0.

### B- L'entête

-**Le signal** : permet d'indiquer la vitesse de transmission sélectionnée. Si la valeur de ce champ est à 0A (en hexadécimal) la transmission se déroulera à 1Mb/s et si celle-ci est à 14 (en hexadécimal), la transmission se déroulera à 2Mb/s. Il faut savoir qu'en fonction de la vitesse de transmission, une modulation différente est appliquée. Le *differential binary phase shift keying* est utilisé lors d'une transmission à 1 Mb/s et en opposition au *Differential quadrature phase shift keying* lors d'une transmission en 2 Mb/s.

-**Le service** : est réservé pour un usage futur. La valeur 00 signifie que le transmetteur est conforme à la norme IEEE 802.11.

- **La longueur** : indique la valeur de la longueur de la partie de données. Sa valeur peut varier entre 4 et  $2^{16}$ .

**Le CRC de l'entête** : est le champ de contrôle d'erreur de l'entête.

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

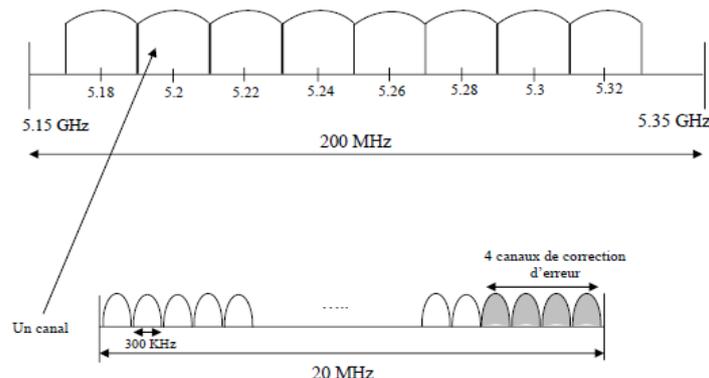
### C- La partie de données

**La Trame MAC :** contient les données de la trame physique. Elles sont transmises selon la modulation sélectionnée dans le champ signal. [25]

#### II.3.1.3 Technique OFDM du standard 802.11

Cette technique fait appel au multiplexage par la répartition des fréquences sur des porteuses orthogonales. Cette orthogonalité permet de séparer les canaux afin d'éviter les interférences du canal.

Dans la technique OFDM, la bande de fréquence est divisée en porteuses. L'utilisation de ces porteuses peut être simultanée, en y multiplexant les données. Un canal se compose de 52 porteuses de 300 KHz de largeur. Le transport de l'information utile utilise 48 porteuses et la correction d'erreur utilise 4 porteuses appelées porteuses pilotes. L'OFDM supporte une série de modulation et de codes permettant d'offrir l'ensemble des débits. Dans la bande (de 5,15 à 5,35 GHz), huit canaux de 20 MHz sont définis. Il est possible d'avoir une co-localisation de huit réseaux au sein du même espace et avoir un débit maximal de 432 Mbits/s. [21]



**Figure II.14 :** Canaux OFDM dans la bande basse de 5 GHz.

#### II.3.1.4 Technique infrarouge (IR)

Les infrarouges sont utilisés pour le transport des données. Cette méthode impose que les distances entre émetteurs/récepteurs soient limitées. Elle offre un débit de 1 Mbps.

Le support Infrarouge fait partie de la norme IEEE 802.11. Il utilise une longueur d'onde de 850nm à 950nm pour le signal. Cette longueur d'onde est proche de la bande du visible par l'homme. C'est une lumière infrarouge diffusée. [22]

Le seul inconvénient de ce support, est qu'il ne traverse aucun mur et difficilement une fenêtre. Son utilisation en extérieur n'est non plus à son avantage aussi, car, s'il n'y a aucune

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

---

surface de réflexion, la portée est énormément réduite. Le signal reçu est assez faible. Donc, les LAN IEEE 802.11 utilisant un support physique à infrarouge se limitent à une pièce. [22]

La couche infrarouge utilise une technique de transmission de données codée analogiquement, appelée *Pulse Position Modulation* (PPM), qui fait varier la position d'une impulsion pour représenter les données binaires.

Le principe de la modulation PPM est de transmettre des impulsions à amplitude constante et à coder l'information suivant la position de l'impulsion. Le débit de 1 Mbps est obtenu avec une modulation de 16-PPM, tandis que le débit de 2 Mbps est obtenu avec une modulation 4-PPM permettant de coder deux bits de données avec 4 positions possibles (figure II.15). [21]

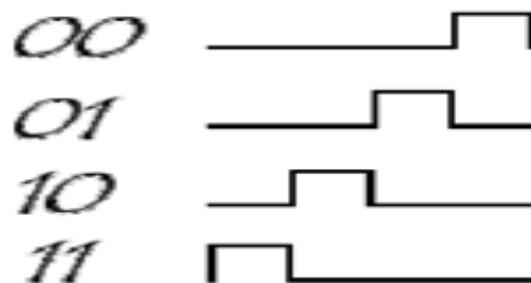


Figure II.15 : Modulation PPM.

### II.3.2 Couche liaison de données

Les fonctionnalités mises en œuvre par la couche liaison de données sont les suivantes :

- Procédures d'accès au support.
- Adressage des paquets.
- Formatage des trames.
- Contrôle d'erreur CRC (**C**yclic **R**edundant **C**heck).
- Fragmentation et réassemblage des trames.

Tout comme pour les autres normes de réseaux locaux de l'IEEE, la couche liaison de données des réseaux WIFI se décompose en deux sous-couches :

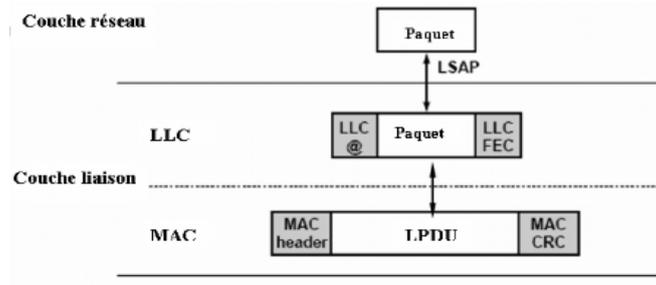
- LLC (**L**ogical **L**ink **C**ontrol).
- MAC (**M**edium **A**ccess **C**ontrol).

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

### a) Sous-couche LLC

Le rôle de cette couche est, entre autres, d'adapter les données venant des couches supérieures à la couche physique. Il est ainsi tout à fait possible de connecter un réseau WLAN à tout autre réseau IEEE 802, filaire ou non.

Comme la Figure II-16 illustre, le paquet qui lui est remis par la couche réseau est encapsulé dans une trame LLC, laquelle contient un en-tête et une zone de détection d'erreur enfin de trame : le **Forward Error Correction (FEC)**. [15]

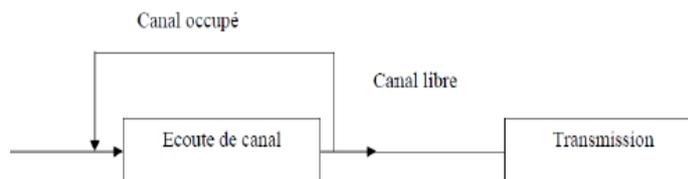


**Figure II.16 :** Fonctionnement de la couche LLC.

### b) Sous-couche MAC

Le fonctionnement de la couche MAC est similaire à celui de la couche MAC 802.3 : écouter le canal, attendre s'il est occupé, puis transmettre lorsqu'il sera libre.

La couche MAC 802.11 se distingue cependant de la couche MAC 802.3 dans le sens où elle intègre un grand nombre de fonctionnalités supplémentaires, comme la retransmission, l'acquittement ou la fragmentation de trames. La norme 802.11 introduit, de plus, deux méthodes d'accès au support physique fondamentalement différentes, le DCF (**D**istributed **C**oordination **F**unction) et le PCF (**P**oint **C**oordination **F**unctions).



**Figure II.17 :** Fonctionnement de la couche MAC 802.11.

### II.4 Méthodes d'accès au support de la norme 802.11

Dans un réseau local Ethernet classique, la méthode d'accès utilisée par les machines est le CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect), permet de détecter les collisions et traite les collisions qui se produisent lorsque plusieurs stations accèdent au support, pour lequel chaque machine est libre de communiquer à n'importe quel moment. Chaque machine envoyant un message vérifie qu'aucun autre message n'a été envoyé en même temps par une autre machine. Si c'est le cas, les deux machines patientent pendant un temps aléatoire avant de recommencer à émettre.

Donc, le CSMA/CD a été légèrement modifié pour aboutir au CSMA/CA (Carrier Sens Multiple Access/Collision Avoidance), qui a pour but de prévenir au maximum les collisions. Il essaye de réduire le nombre de collisions en évitant qu'elles se produisent, sachant que la plus grande probabilité d'avoir une collision est lors de l'accès au support.

Le CSMA/CA est une technique d'accès aléatoire avec écoute de la porteuse, qui permet d'écouter le support de transmission avant d'émettre. Le CSMA évite ainsi qu'une transmission ne soit faite que lorsque le support est libre. Cela réduit le risque de collision, mais ne permet pas de l'éviter complètement.

L'une des particularités de l'IEEE 802.11 est qu'il définit deux méthodes d'accès fondamentalement différentes au niveau de la couche MAC :

#### **a) La Fonction de Coordination Distribuée (DCF : Distributed Coordination Function) :**

Cette méthode s'appuie sur le protocole CSMA/CA, cette méthode d'accès, assez similaire à celle d'Ethernet, est dite de contention. Elle est conçue pour supporter les transmissions de données asynchrones tout en permettant à tous les utilisateurs d'accéder au support. Il peut y avoir des collisions.

#### **b) Le Point de Coordination Centralisée (PCF : Point Coordination Function) :**

En plus de la fonction de base de coordination distribuée (DCF), il y a la fonction optimale de coordination par point (PCF) qui peut être utilisée pour implémenter des services temps réel, comme la transmission de voix ou de vidéo, cette méthode par contre, est dite sans contention et ne génère pas de collision du fait que le système de transmission de données est centralisé.[15]

### II.5 Équipements d'un réseau wifi

Il existe différents types d'équipements pour la mise en place d'un réseau sans fil Wifi :



Figure II.18 : Equipement WIFI. [22]

#### II.5.1 Cartes wifi

L'essence du standard 802.11, et donc le WIFI, étant la mobilité, les cartes WIFI étaient à l'origine davantage destinées aux stations mobiles, telles que les ordinateurs portables, qu'aux stations fixes. Avec le développement du marché WIFI, les cartes sont diversifiées. [11]

##### II.5.1.1 Cartes pour stations mobiles

Les cartes WIFI les plus couramment utilisées sont les cartes pour stations mobiles. Leur taille est plus ou moins importante selon qu'elles sont destinées à un ordinateur portable ou à un PDA, elles sont peu encombrantes et donc facilement transportables.

Pour les ordinateurs portables, les cartes au format PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) sont les plus utilisées, tandis que, pour les organisateurs, le format des cartes varie en fonction du type de PDA utilisé [11].

##### II.5.1.2 Cartes pour stations fixes

Pour les stations fixes de type ordinateur de bureau, différents modèles de cartes sont disponibles. D'origine, une machine fixe ne possède pas d'interface PCMCIA, à la différence d'une station portable, mais seulement des ports USB ou PCI, voire ISA (International Society of Automation) pour les machines relativement anciennes. Ce sont donc ces types de ports qu'utilisent les cartes WIFI pour les stations fixes.

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

---

### II.5.2 Points d'accès WIFI

Contrairement aux cartes WIFI, les points d'accès ne sont pas proposés dans des formats différents. Le choix d'un point d'accès se fait donc en fonction des fonctionnalités qu'il propose.

Le point d'accès est le cœur d'un réseau **Wi-Fi**. Il est considéré comme pont pour relier le réseau filaire et le réseau sans fil. Ce point d'accès est constitué d'un Emetteur/Récepteur radio, d'une carte réseau filaire et d'un logiciel de pontage. C'est la station de base du réseau sans fil qui donne l'accès à de multiples stations sans fil au réseau filaire. [21]

Les points d'accès proposés actuellement sur le marché sont plus ou moins complexes. On trouve des points d'accès simples et d'autres intégrant un modem ADSL (**A**symmetric **D**igital **S**ubscriber **L**ine) dans le cadre de routeurs, ainsi que d'autres options, notamment un firewall pour se protéger des attaques extérieures, un serveur DHCP (**D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol). [15]



**Figure II.19** : Points d'accès Wi-Fi.

Certaines sociétés proposent des points d'accès dits logiciels. Ces derniers ne sont rien d'autre que des stations, généralement des ordinateurs fixes, équipées de cartes WIFI dans lesquelles un logiciel est installé pour transformer la station en point d'accès.

Des logiciels libres, comme Host AP, permettent de configurer une station WIFI en point d'accès WIFI. [15]

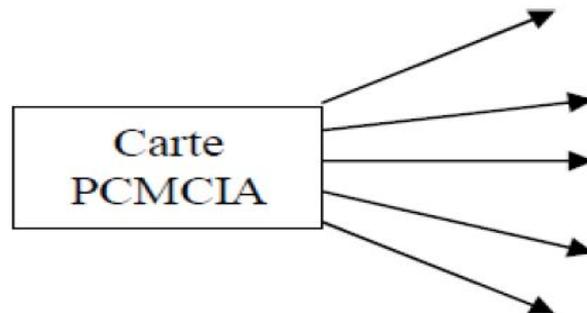
### II.5.3 Antennes

En pratique, chaque carte WIFI est équipée d'une antenne interne, qui ne peut être mobile que si la station elle-même est mobile. Si une station se trouve cachée par un obstacle tel que mur, meuble, personne, ....etc. Ou qu'elle soit assez éloignée du point d'accès, il se

## Chapitre II : Réseaux locaux sans fils

---

peut qu'elle ne puisse accéder au réseau. La Figure II-20 illustre la zone d'émission de l'antenne d'une carte WIFI sous forme PCMCIA.



**Figure II.20 :** Zone d'émission de l'antenne d'une carte PCMCIA.

Cette zone ne permet pas à la carte de recevoir des informations de toutes parts, sur 360°. En effet, WIFI permet de récupérer les transmissions issues des réflexions des ondes radio dans l'environnement. Suivant l'environnement, ces réflexions peuvent être plus ou moins fortes, mais cela permet à certaines stations de fonctionner malgré leurs contraintes spatiales

Dans le cas où la carte ne fonctionne pas très bien voire pas du tout, l'ajout d'une antenne est indispensable comme illustré dans la Figure II.21. [18]



**Figure II.21 :** Carte WIFI connectée à une antenne.

### II.6 Conclusion

Lors du déploiement d'un réseau sans fil, le WIFI (802.11) semble être la solution répondant au mieux aux besoins des réseaux locaux sans fil grâce à l'avantage qu'elle procure, qui est son interopérabilité avec les réseaux de type Ethernet. En effet, seules les deux

## **Chapitre II : Réseaux locaux sans fils**

---

premières couches du modèle OSI sont définies par le WIFI. Cette technologie, est fréquemment utilisée dans les entreprises désirant accueillir des utilisateurs mobiles ou souhaitant une alternative au réseau filaire tout en conservant des performances quasi identiques. De plus, le wifi offre aux utilisateurs « nomades » en assurant une continuité des services à la fois performante et économique via des terminaux adaptés, fiables et relativement peu coûteux (PC portable, PDA, téléphone mobile,...), le Wifi est arrivé à surpasser ses autres concurrents. Donc le WIFI est devenu un moyen dominant permettant de fournir une architecture de réseaux locaux sans fils.

Dans le chapitre suivant, nous allons concevoir des réseaux Wifi en mode infrastructure par le logiciel OPNET.

# Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

# Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

## III.1 Introduction

L'environnement OPNET permet la modélisation et la simulation des réseaux de communications avec une grande flexibilité. Il travaille sur toutes les couches du modèle OSI et permet de récupérer une grande quantité d'informations grâce à ses bibliothèques de modèles (routeurs, commutateurs, stations de travail, serveurs) et de protocoles (TCP/IP, FTP, FDDI, Ethernet, ATM ...).

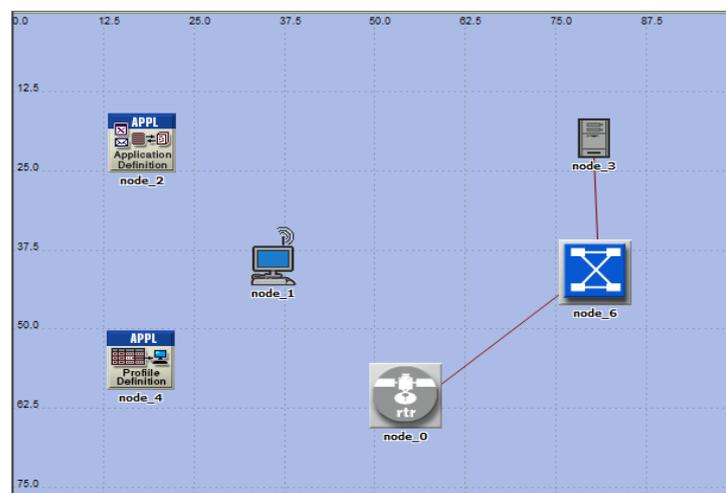
Dans ce chapitre, nous avons expliqué premièrement le principe de fonctionnement du logiciel OPNET en présentant les étapes de configurations des éléments d'un réseau Wifi.

Puis dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés à la conception des réseaux sans fils en mode infrastructure par OPNET pour faciliter la compréhension de la méthodologie utilisée afin de pouvoir simuler n'importe quel réseau local filaire ou sans fil par ce dernier .

Dans ce travail, on va travailler avec le mode d'opération IEEE 802.11g et l'application FTP avec tous les exemples que nous allons les réaliser dans le chapitre III et IV.

## III.2 Etapes de configuration d'un réseau Wifi simple

Sous OPNET Modeler, nous avons configuré un réseau sans fil WLAN (dimensions de ce réseau : 100 m x 100 m), celui-ci est composé d'un poste de travail en liaison sans fil avec un point d'accès. Ce dernier est connecté à un Switch par un câble de type 100 Base T ainsi qu'un serveur qui fournit des applications utilisées pour la station de travail (figure III.1) [28] [29] [32].



**Figure III.1 :** Topologie d'un réseau WLAN.

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

---

Les paramètres de WLAN pour le point d'accès et le poste de travail sont :

- Mode d'opération : 802,11g.
- Débit : 54Mbps.
- La puissance de transmission : 0.005W.

Maintenant que nous avons défini notre topologie, nous devons générer un trafic sur notre réseau. Il existe plusieurs manières proposées par OPNET Modeler pour représenter ce trafic : l'une consiste à importer le trafic et l'autre consiste à modéliser le trafic d'application en installant diverses applications.

Pour la seconde méthode, OPNET Modeler fournit les objets « globaux » afin de définir des profils et des applications. L'avantage d'employer un objet global est qu'une fois qu'il a été défini, il peut être réutilisé pour la topologie entière. Ces objets globaux sont des entités portatives qui sont indépendamment définis. Par conséquent, les objets globaux d'un projet peuvent être récupérés et réutilisés sur plusieurs scénarios [28] [29] [32].

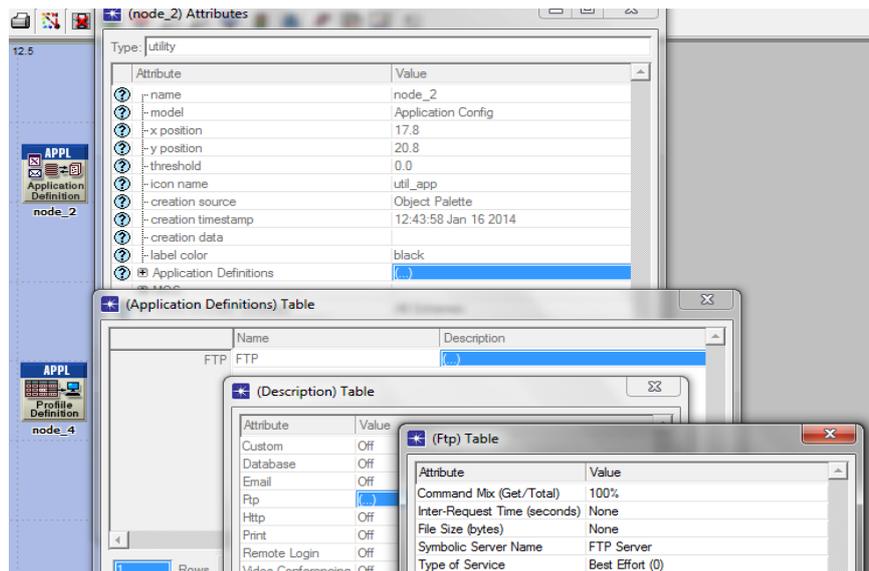
Nous devons alors définir deux nœuds l'un pour les applications et l'autre pour les profils comme représente la figure III.1.

Pour configurer un poste de travail, on doit définir leur comportement. Le comportement ou le « profil » d'un utilisateur peut être décrit par les applications employées.

### III.2.1 Application Configuration

Un profil est construit en utilisant différentes applications pour chaque définition d'application, on peut indiquer les paramètres d'utilisation tels que l'heure de départ, la durée et la répétitivité.

Le logiciel permet d'indiquer un profil d'utilisateur qui se compose de plusieurs applications (applications standards : FTP, http, Email...etc.) qui sont déjà prédéfinies par des attributs représentés sur la figure III.2.



**Figure III.2 :** Configuration d'une application.

Le scénario établi présente à une application de transfert de fichier entre la station de travail équipée d'une carte Wifi et le server. A noter, pour déclarer de nouvelles applications, il suffit d'augmenter l'attribut « Row » encadré en bleu sur la figure ci-dessus.

La quatrième fenêtre nous permet de configurer les caractéristiques d'échanges entre le client et le serveur.

### III.2.2. Profil Configuration

Les profils décrivent les modèles d'activités d'un utilisateur, ou d'un groupe d'utilisateurs, en termes d'applications utilisées sur une période de temps définie. Les profils peuvent s'exécuter à plusieurs reprises sur le même nœud, OPNET Modeler nous permet de configurer des répétitions de profil pour être simulé simultanément ou en série (l'une après l'autre). Les profils contiennent une liste d'applications que l'on peut configurer de la façon suivante [28] [29][32].

Simultaneous ;

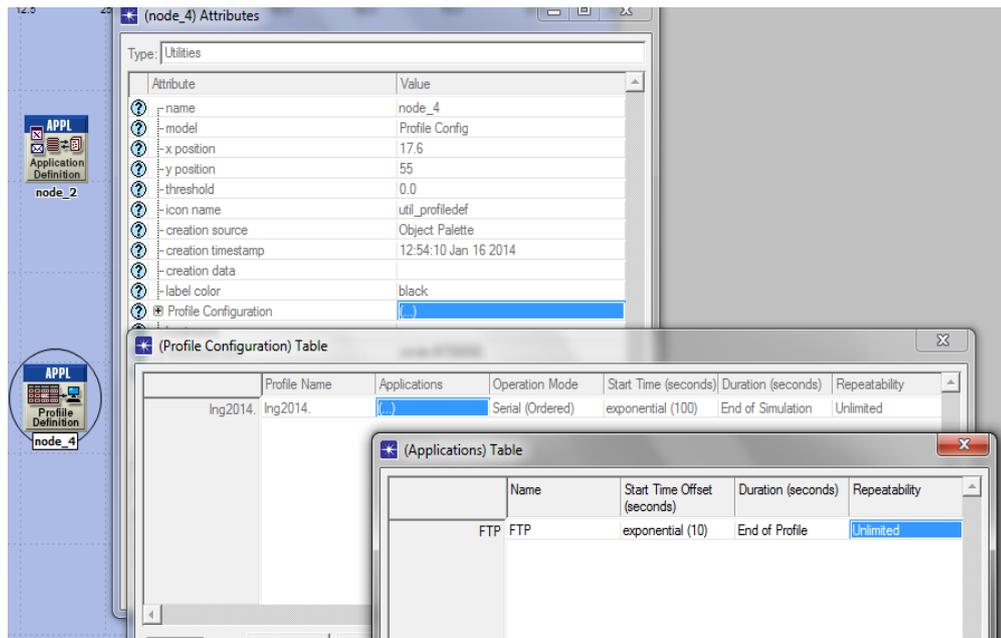
Serial ordered : successivement, dans un ordre défini ;

Serial random : successivement, dans un ordre aléatoire ;

L'objet de définition du profil définit l'ensemble des profils qui peuvent être employés dans un scénario. Seuls des profils qui ont dans cet objet peuvent être appliqués aux stations.

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

Ceci est valable également pour les applications qui ont été définies dans l'objet de définition d'application.



**Figure III.3 :** Configuration d'un profil.

Les différentes fenêtres représentent le type de profil que l'on attribue à nos stations. Toujours dans un souci de simplicité, nous avons créé un seul type de profil, Ing2014. Ce profil sera supporté par la station de travail et leur permettra de générer l'application FTP.

Une fois que l'on a configuré les applications et les profils, nous devons les déployer sur les postes de travaux et le serveur.

### III.2.3. Client configuration

Le profil établi, Ing2014, doit être indiqué sur la station de travail. Celui-ci permet à la station de supporter l'application FTP, et donc de créer des sources de trafic. La figure ci-dessous représente le monde opératoire pour indiquer le profil aux stations. Cependant, étant donné que la station est équipée d'une carte Wifi, nous devons régler également certains paramètres WLAN [28] [29] [32].

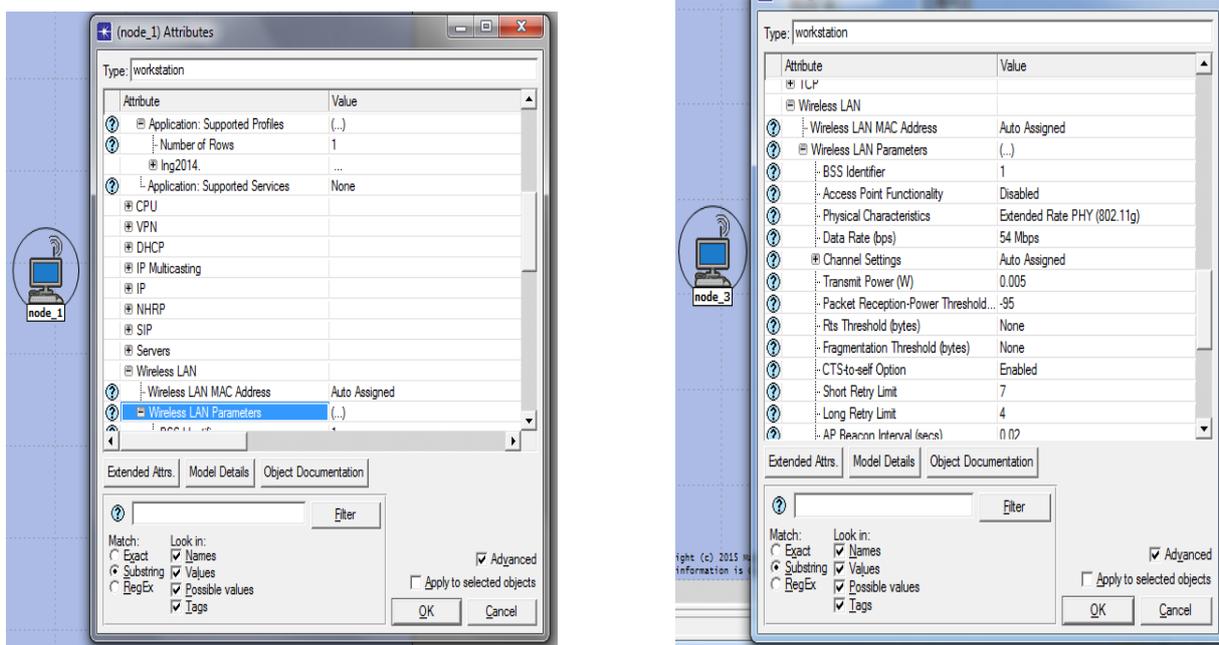


Figure III.4 : Configuration d'un client.

## III.2.4 Server configuration

Une fois que le profil est installé sur les postes de travaux, On doit configurer le serveur pour qu'il puisse supporter l'application souhaitée.

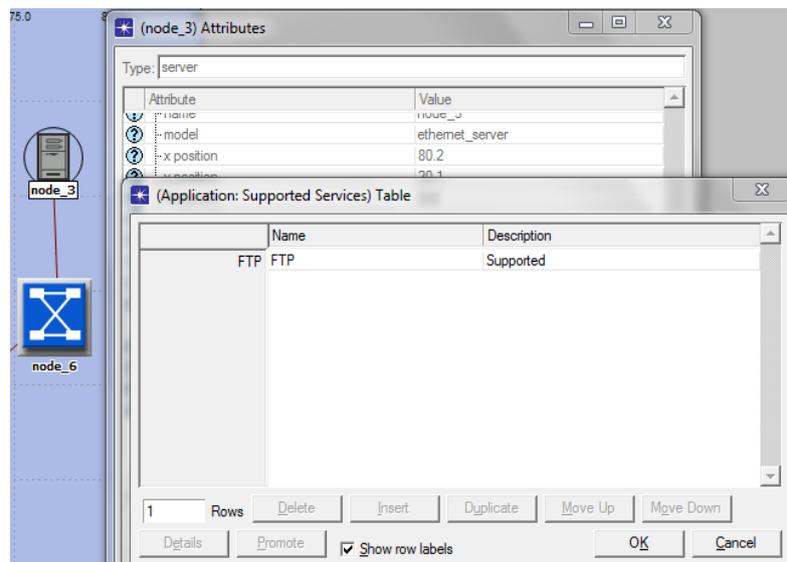


Figure III.5 : Configuration d'un serveur.

## III.3 Etude d'un réseau Wifi

### III.3.1 Influence de la distance entre le point d'accès et le poste de travail

Pour étudier l'évolution de l'application FTP en variant la distance entre le point d'accès et le poste de travail, nous avons réalisé un projet de trois scénarios selon la figure III.7. Par exemple, la distance entre le point d'accès et l'ordinateur est très importante dans le premier scénario si l'on compare avec le dernier scénario. Chaque scénario comporte quatre nœuds essentiels qui sont : le point d'accès, le poste de travail, le switch et le serveur. Les propriétés de poste de travail et de point d'accès sont indiquées dans le tableau suivant [30] :

Fonctions	Poste de travail	Point d'accès
Modèle du nœud	WLAN_station_adv	WLAN_ethernet_slip4_adv
Identificateur (BSS)	Même nombre que l'AP	Même nombre que le poste de travail
Fonctionnalités	Disabled	Enabled
Mode d'opération	802.11g	802.11g
Taux de données	54 Mbps	54 Mbps
Puissance de transmission	0.005 W	0.005 W

**Tableau III.1 :** Propriétés fonctionnelles de poste de travail et de point d'accès.

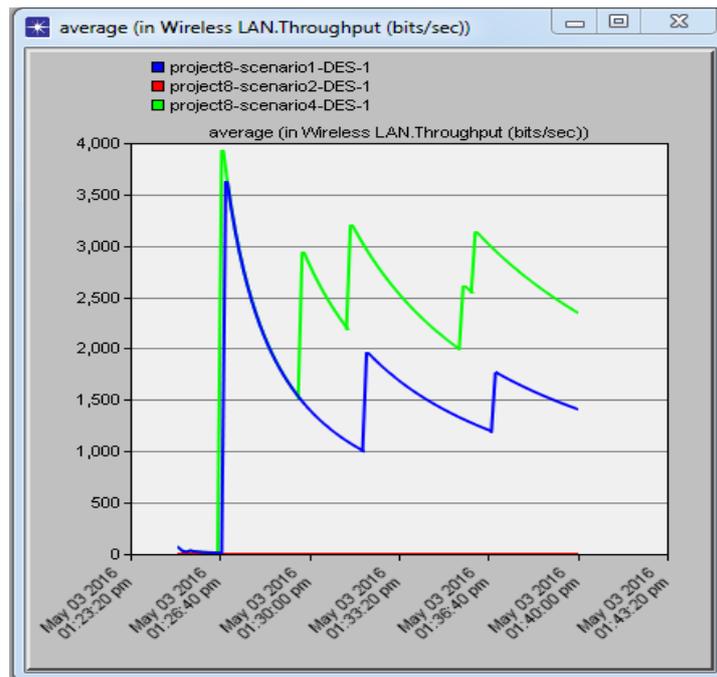
Sur la figure III.6, on représente les 3 scénarios de premier projet où en changeant la distance entre le PC et le point d'accès.



**Figure III.6 :** Architecture de projet 1 en variant la distance.

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

Le résultat de simulation des 3 scénarios est montré dans la figure suivante.



**Figure III.7 :** Débit moyenne de WLAN (bits/s).

Dans le premier scénario, on remarque que le débit est quasiment nul. Par contre, ce dernier est autour de 1.5 Kbits/s pour le deuxième scénario. Pour le troisième scénario où le poste de travail est très proche de point d'accès, le débit est plus élevé de l'ordre de 2.5 Kbits/s.

### III.3.2 Influence de nombre des PCs

Dans ce cas, nous avons réalisé 3 scénarios différents. Le nombre des PCs insérés respectivement dans chaqu'un de ces 3 scénarios sont : un PC, 25 PCs et 55 PCs respectivement selon la figure III.8 [30] [32].

# Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

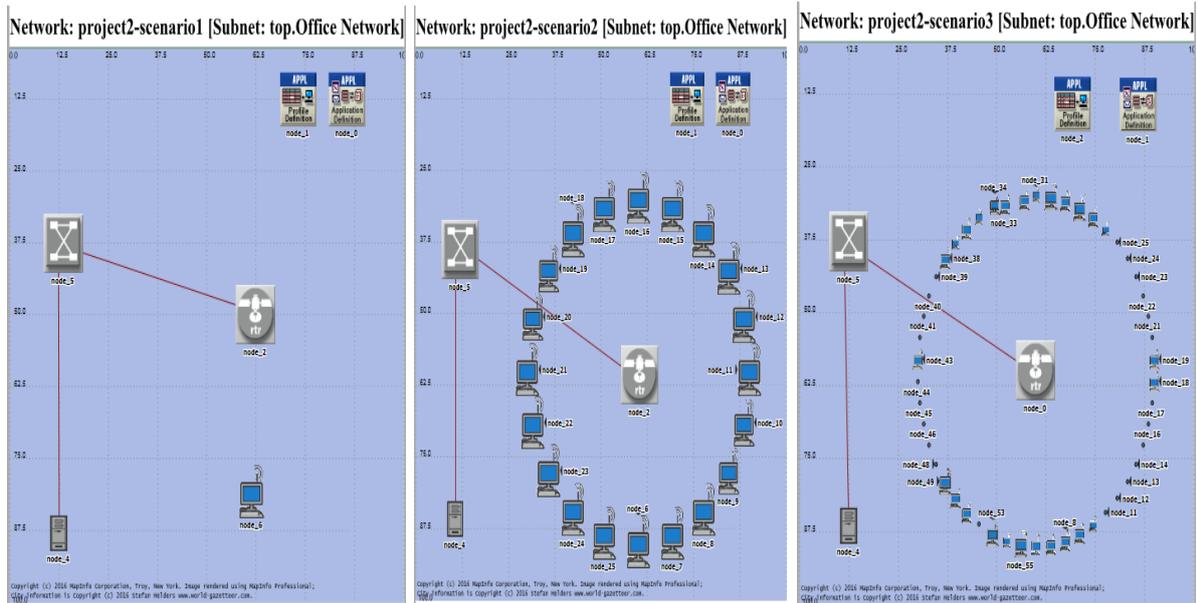


Figure III.8 : Structure de 2<sup>ème</sup> projet en variant le nombre des PCs.

Sur la figure III.9, on représente le débit moyen de WLAN pour les 3 scénarios.

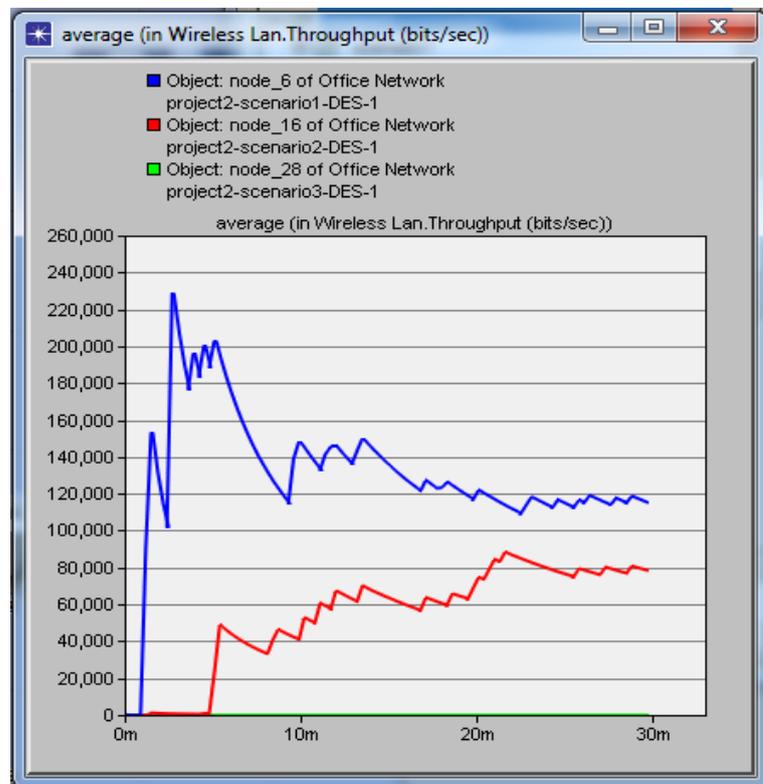


Figure III.9 : Débit moyenne de WLAN (bits/s).

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

Nous observons que l'augmentation du nombre de PCs diminue le débit moyen du réseau. Cependant, si le nombre des PCs dépasse une valeur de saturation le débit s'annule.

### III.3.3 Influence de la puissance reçue d'un PC mobile par rapport à un AP

Nous avons choisi une trajectoire d'un PC mobile autour d'un point d'accès comme montre la figure III.10 [30]. Notre mobile doit être déplacé autour du point d'accès. Dans ce cas, on doit suivre les étapes suivantes :

- 1- Cliquer droite sur le nœud mobile et choisir « DefineTrajectory ».
- 2- Renommer notre trajectoire par « trajectoire » et fixer la vitesse « Speed » en 1Km/H. Le maximum de la vitesse est de 10 Km/H [30].

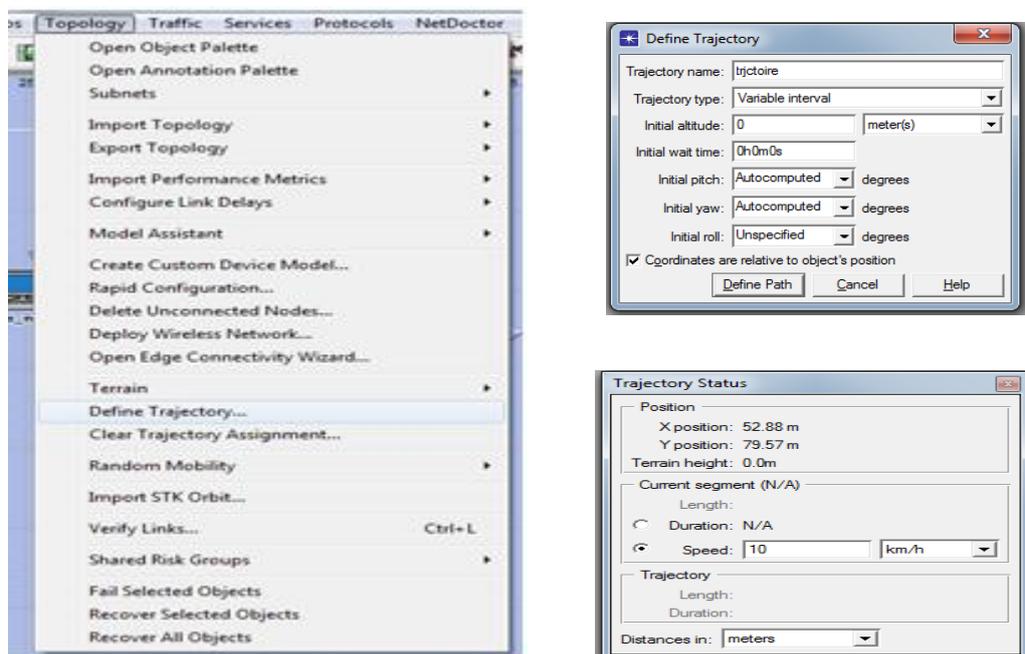


Figure III.10 : Configuration de la mobilité.

En même temps, on doit désigner la voie de PC mobile autour du point d'accès.

3. Cliquer droite sur le nœud mobile et choisir « Edit attributte ».
4. Modifier la trajectoire par le nom qu'on a déjà précisé.

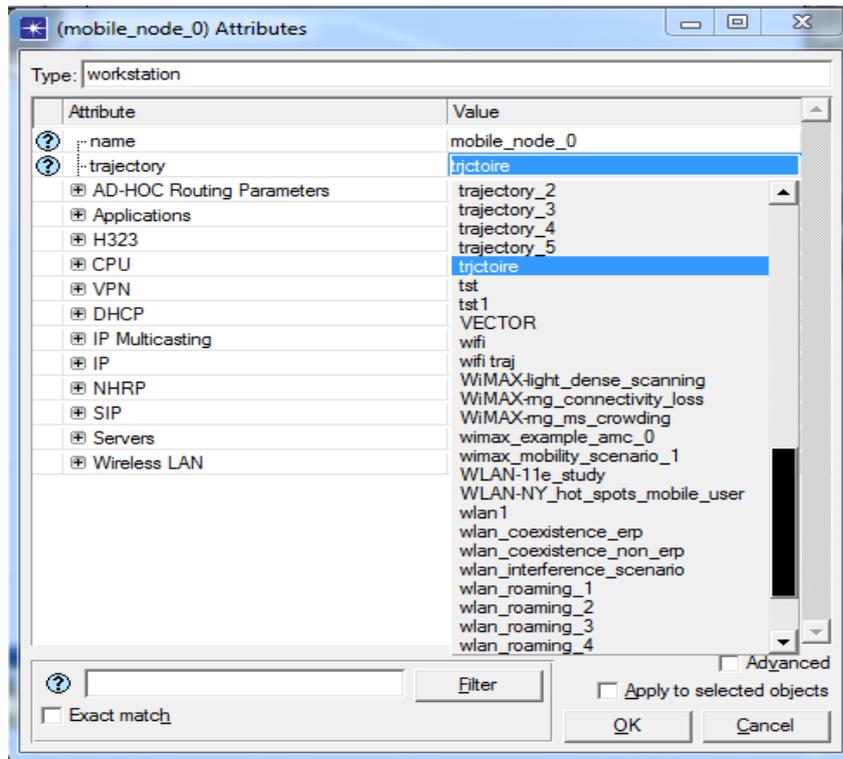


Figure III.11 : Configuration de la trajectoire.

Pour vérifier la vitesse du mobile, cliquer sur « View » et choisir « Time contrôleur ».

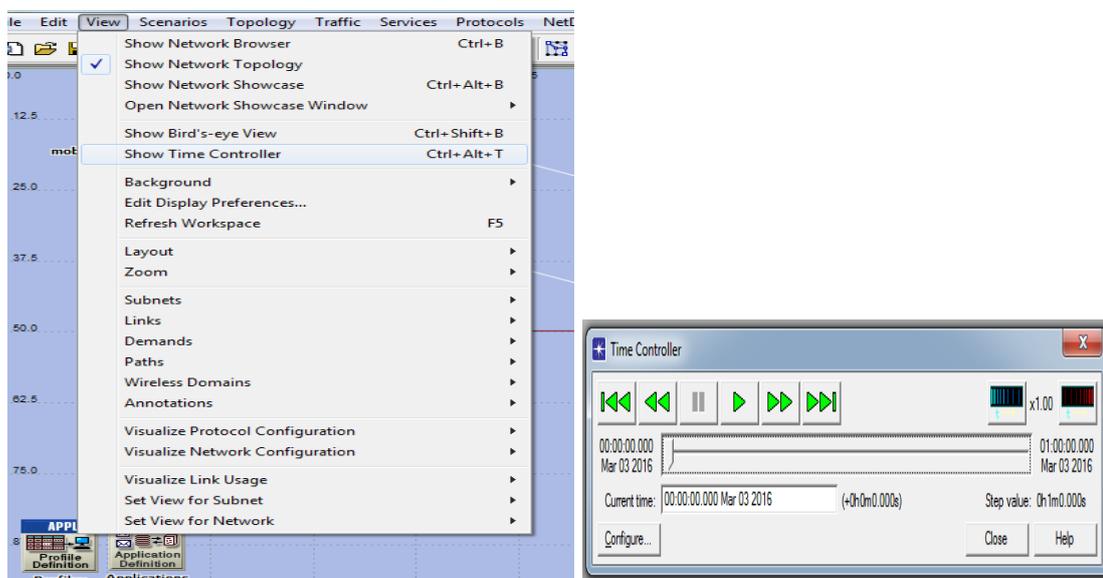


Figure III.12 : Contrôleur de la trajectoire.

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

La figure suivante représente le réseau proposé qui permet d'étudier la puissance reçue d'un PC mobile par rapport à un point d'accès [30].

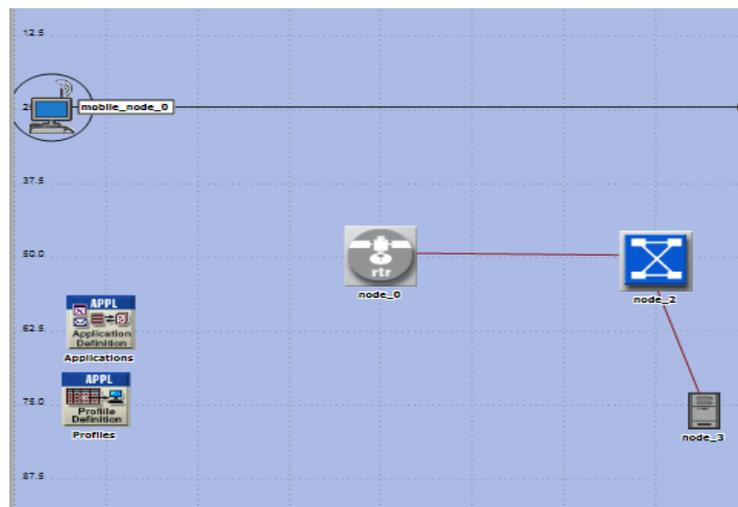


Figure III.13 : Structure du 3<sup>ème</sup> projet en variant la puissance.

Le résultat de simulation du 3<sup>ème</sup> projet est indiqué par la figure III.14.

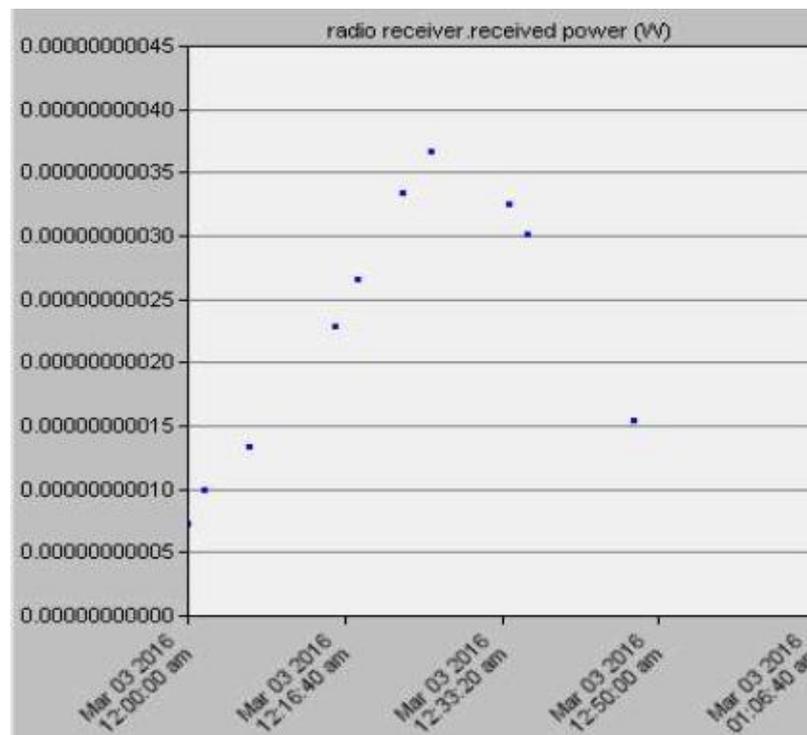


Figure III.14 : Puissance reçue de poste de travail en fonction de temps.

Nous remarquons que la puissance reçue est plus faible si le PC est loin du point d'accès. Par contre, si ce dernier est très proche du point d'accès la puissance reçue devient

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

plus haute où le sommet du graphe représente la distance la plus courte entre le PC mobile et le point d'accès.

### III.4 Comparaison entre le réseau filaire et le réseau sans fil

Dans ce projet, nous avons créé deux scénarios ; le premier scénario présente deux sous réseaux sans fils de topologie étoile et le deuxième scénario comporte deux sous réseaux filaires conçus avec la même topologie [31].

Pour concevoir un sous réseau en topologie étoile, on doit choisir la fonction « Rapid Configuration » comme il est indiqué dans la figure III.15.

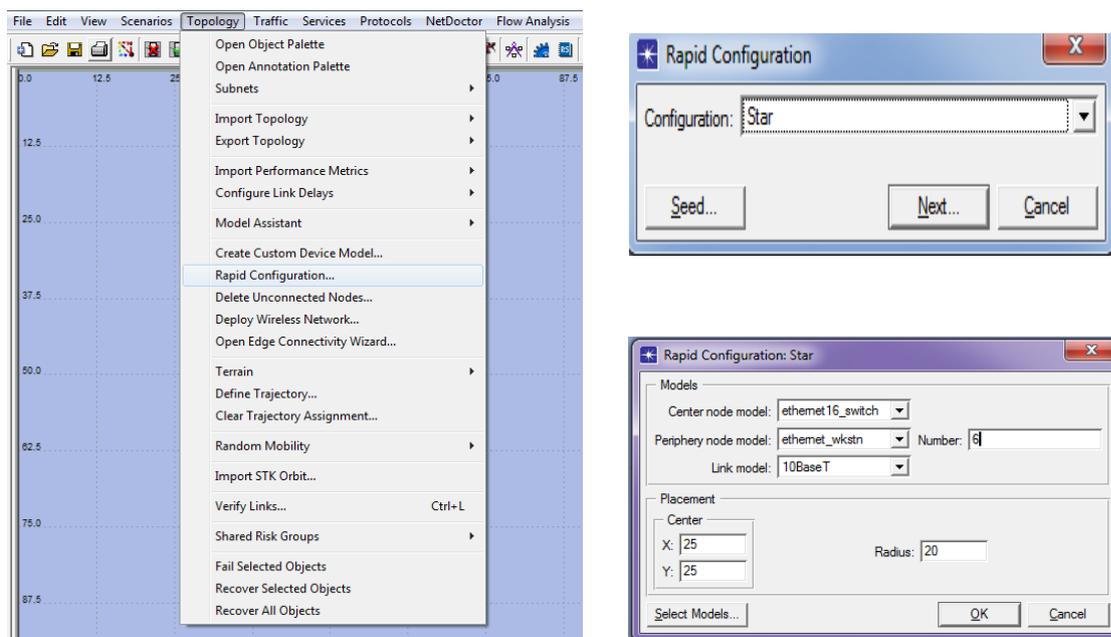
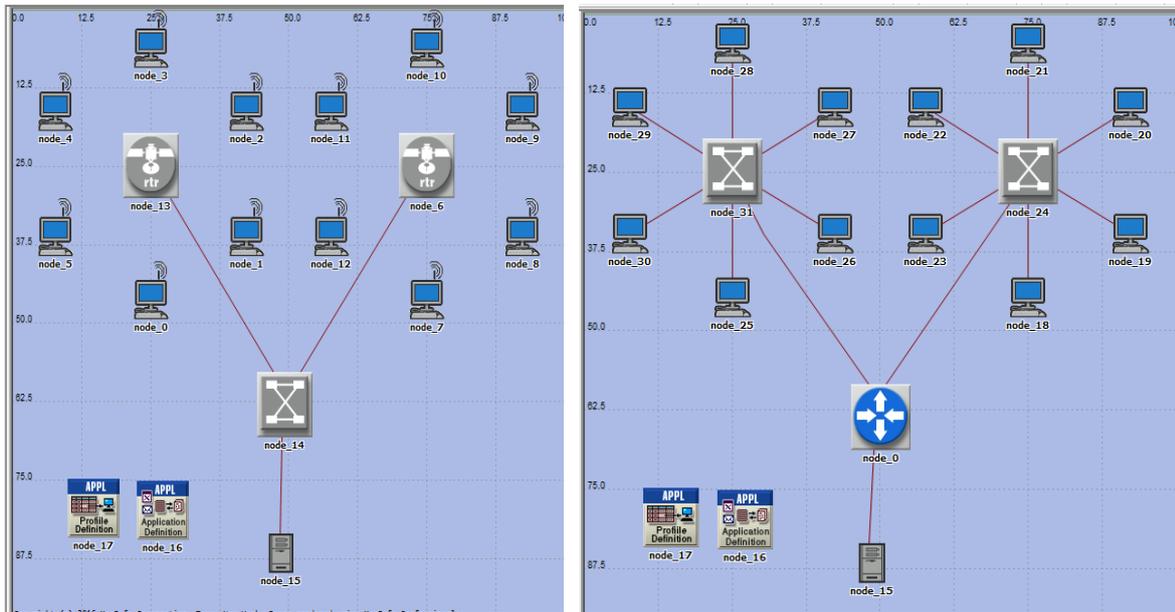


Figure III.15 : Configuration d'une topologie étoile.

Sur les figures III.16. ((a) et (b)), on représente respectivement le modèle d'un réseau sans fil et d'un réseau filaire en topologie étoile.



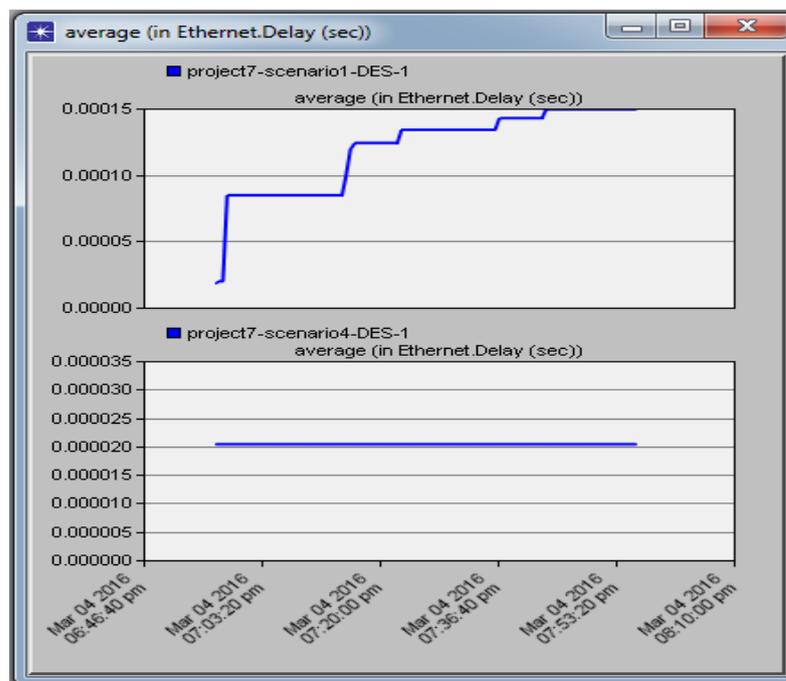
(a)

(b)

**Figure III.16. (a) : Réseau sans fil.**

**(b) : Réseau filaire.**

Les résultats de simulation des deux scénarios sont montrés dans la figure ci-dessous :



**Figure III.17 : Délai ethernet de deux réseaux.**

Nous remarquons que le délai ethernet de réseau sans fil augmente en fonction du temps, tel qu'il se rapproche d'une valeur plus grande que 130  $\mu$ s. En revanche, le délai

# Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

ethernet de réseau filaire de la même structure reste constant et de valeur plus faible qui est autour de 20  $\mu$ s.

## III.5 Implémentation de différentes applications

Les configurations d'applications qu'on veut les insérer dans le réseau proposé sont les suivantes : Email, FTP, http et Print (Le tout avec high Load). On transmit en premier lieu le http puis FTP après une demi-heure. Ainsi que les applications Print et Email on les envoyées après 1 heure et 1.5 heures respectivement selon la figure III.18. La durée de la simulation est 2 heures [30].

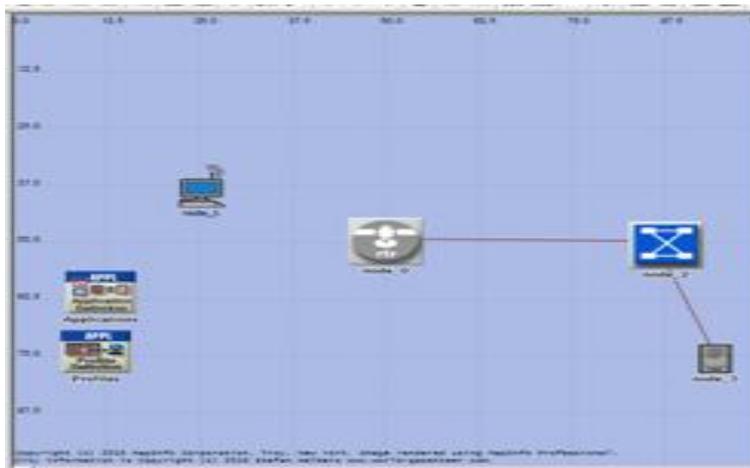
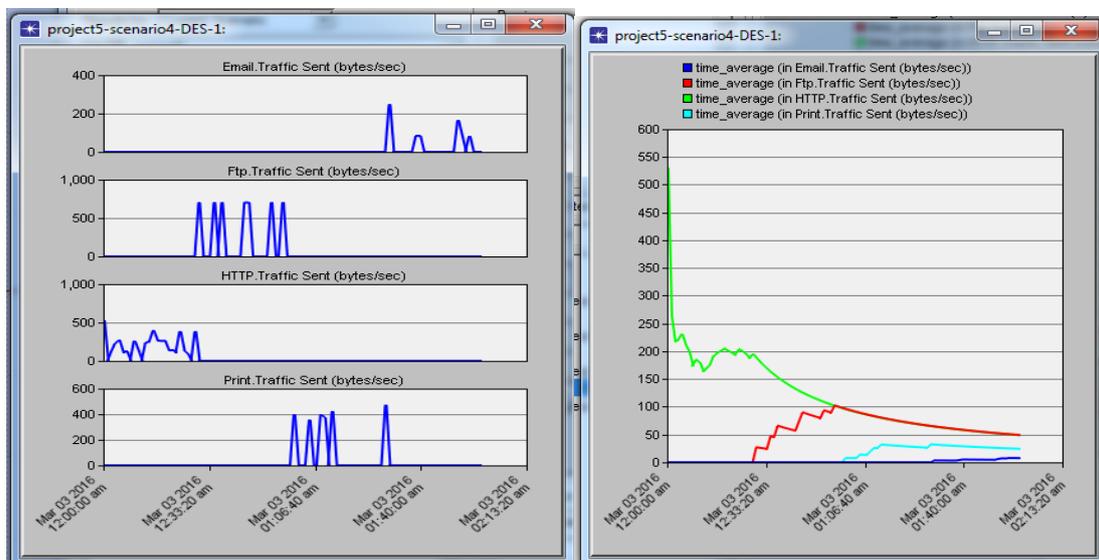


Figure III.18 : Structure du réseau proposé.

Les résultats de simulations sont présentés dans les figures suivantes :



## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

Suivant les deux figures III.19. ((a) et ((b)), nous observons que la durée de transfert entre les différentes applications comme nous avons fixé au début est bien respecté.

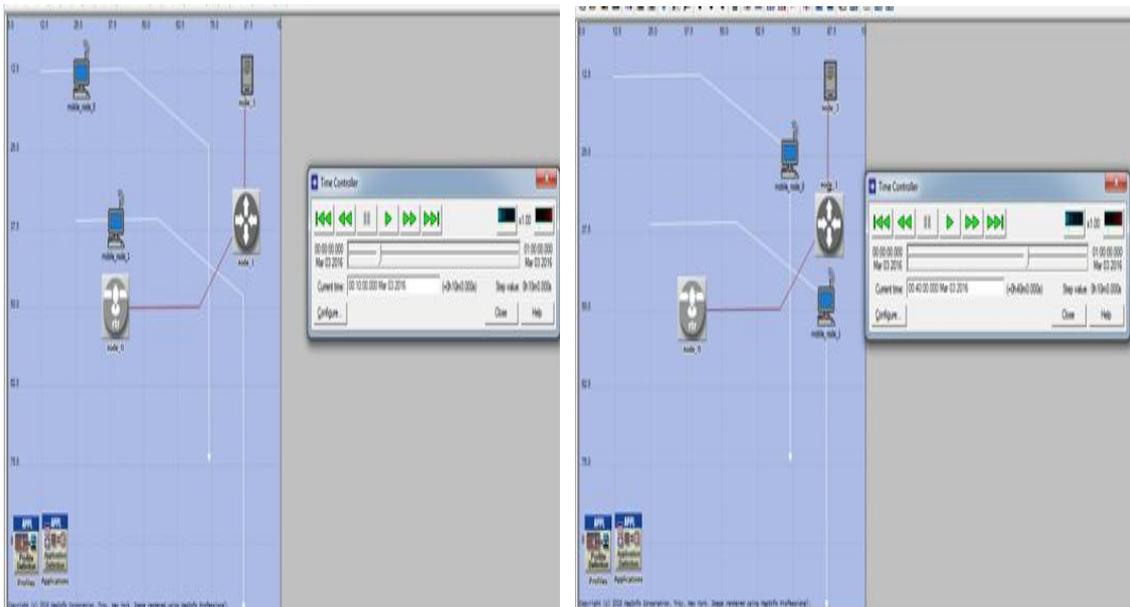
A partir des graphes de la figure III.19. (a), nous pouvons lire la valeur de débit du trafic envoyé. Par exemple pour l'Email, le débit est autour de 100 bits/s et pour le transfert de fichier Ftp il est de l'ordre de 700 bits/s. Pour les deux derniers graphes, les débits de réseau pour les deux applications http et print sont autour de 300 bits/s et 400 bits/s respectivement. Donc ces résultats sont convenables avec la norme 802.11g qui a été choisie comme un mode d'opération.

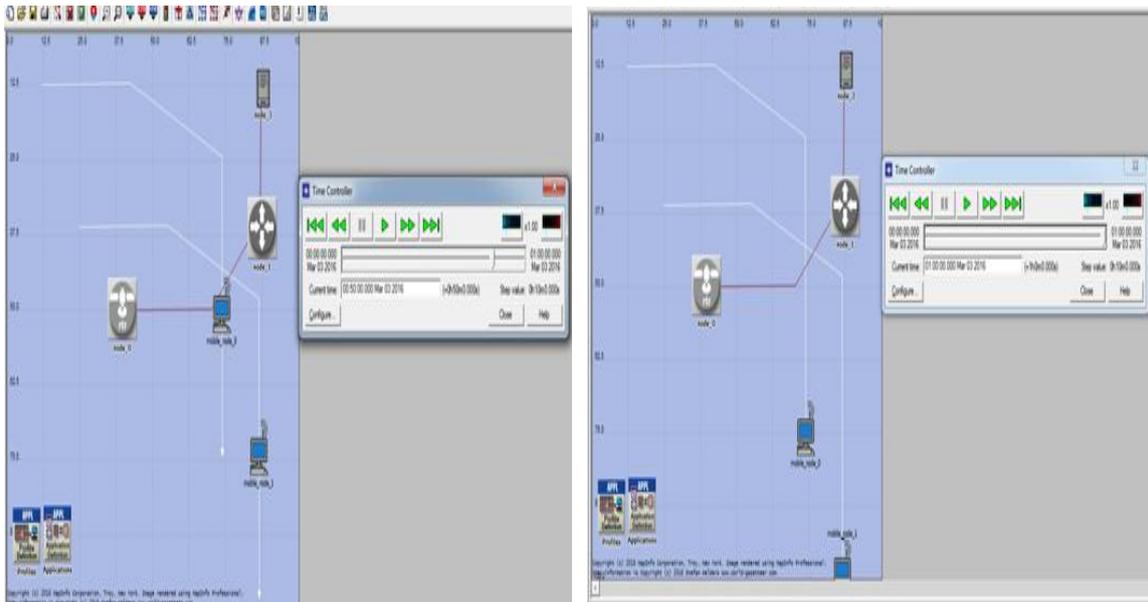
De même, on représente les débits moyens pour les quatre applications par la figure III.19. (b). La première application http qui a été envoyée à l'instant zéro présente un débit important si on va la comparer avec la dernière application Email à l'instant 90s où le débit moyen est faible.

### III.6 Mobilité d'un réseau sans fil

Le réseau proposé se compose de deux stations mobiles où leurs trajectoires sont choisies comme montre la figure III.20 [33].

Le déplacement des stations mobiles est effectué pendant 1 heure, où cette durée est divisée en trois périodes, chaque période possède une durée de 20 minutes. Selon la figure ci-dessous :





**Figure III.20 :** Trajectoires des stations mobiles.

La figure suivante montre la trajectoire suivie par les PC le déplacement de chaque PC par rapport aux axes X et Y en mètre :

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s
2	30.148284	-0.329489	30.150081	0.000000	20m00.00s	0.056203	00.00s	20m00.00s
3	61.614526	11.861620	33.745540	0.000000	20m00.00s	0.062906	00.00s	40m00.00s
4	61.779270	61.944015	50.082620	0.000000	20m00.00s	0.093360	00.00s	1h00m00.00s

Coordinates are relative to object's position  
 Ground speed in:   
 Distance in:   
 Altitude in:

**Figure III.21 :** Définition de trajectoire.

Nous sommes maintenant prêts à lancer les collectes statistiques. La charge de serveur est une statistique clé pour connaître les performances de réseau dans son ensemble.

1. Cliquer droite sur le serveur et choisir : **Choose Individual Statistics** dans le menu déroulant. Cette boîte de dialogue classe hiérarchiquement les statistiques que nous voulons collecter.

# Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

2. Cocher la case **Server Ftp** et **Wireless Lan** afin que les statistiques concernent cette charge soit collectées.

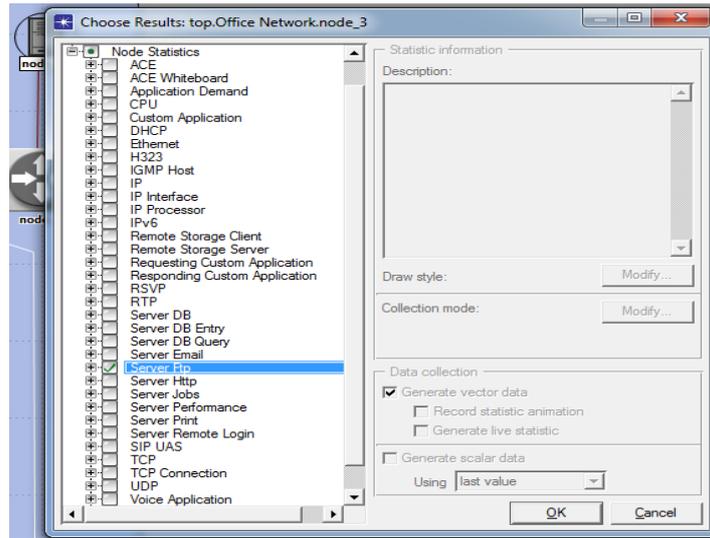
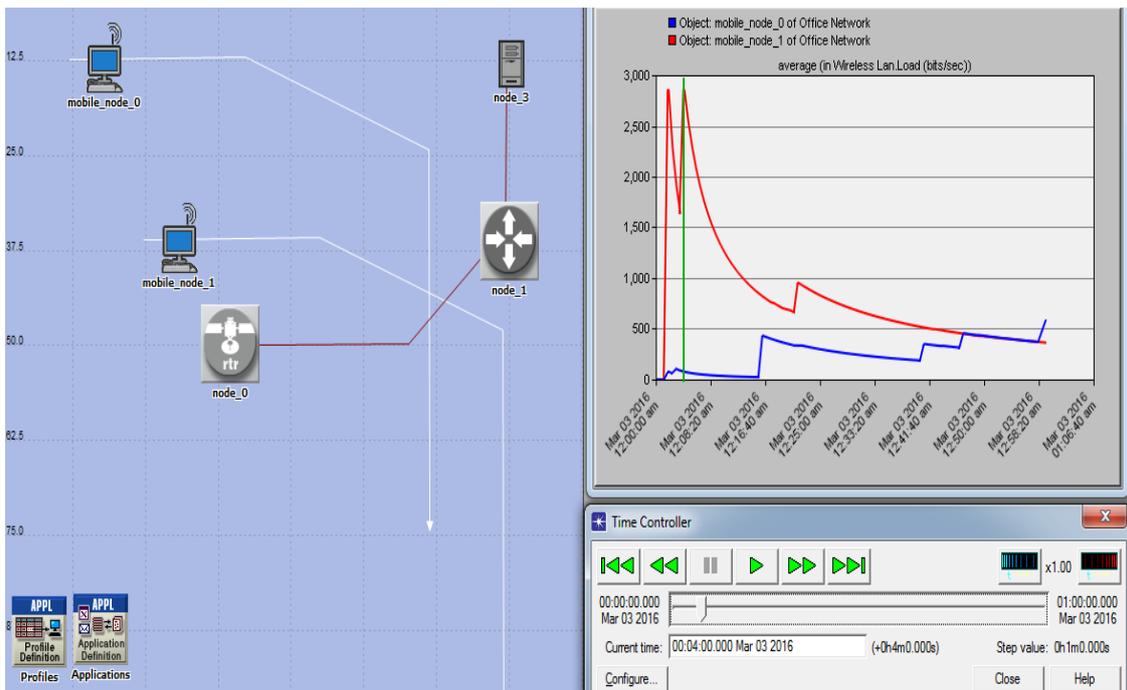


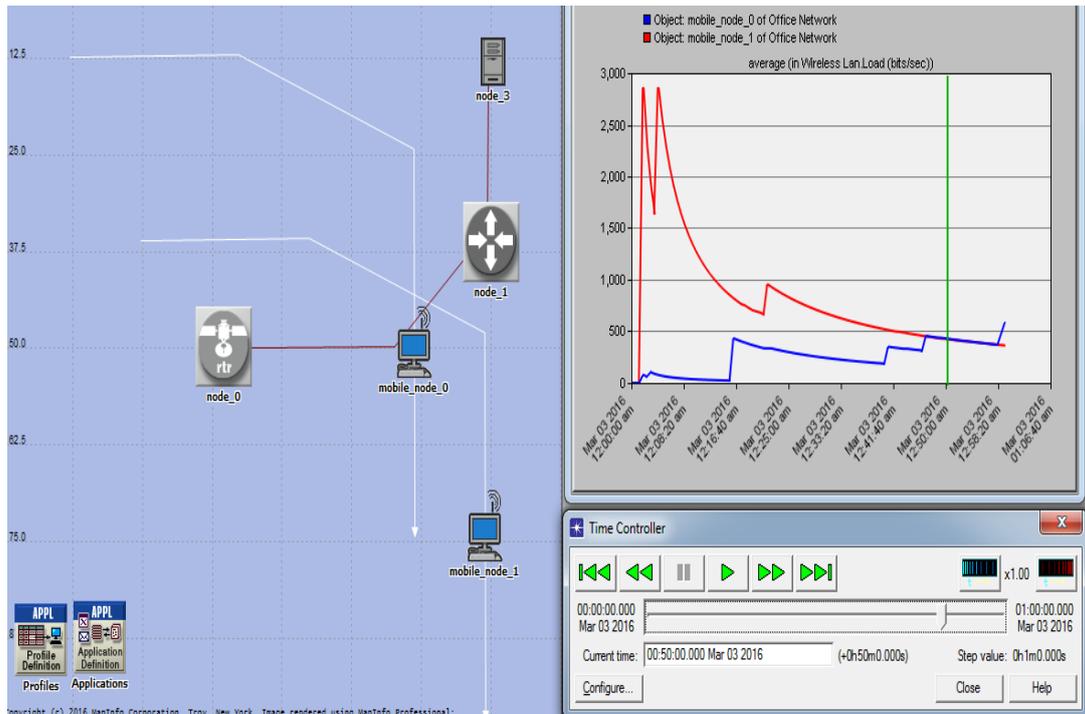
Figure III.22 : Configuration de l'application server Ftp.

Les résultats de simulation sont montrés dans les figures III. ((a), (b), (c), (d), (e) et (f)).



(a)

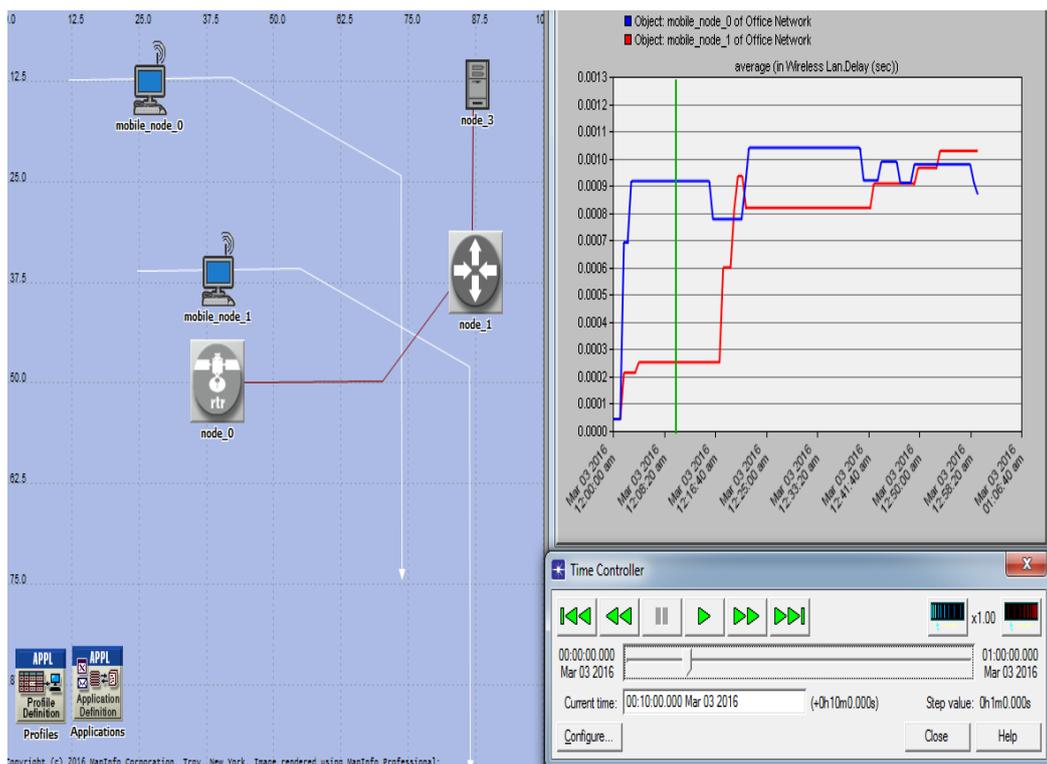
# Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure



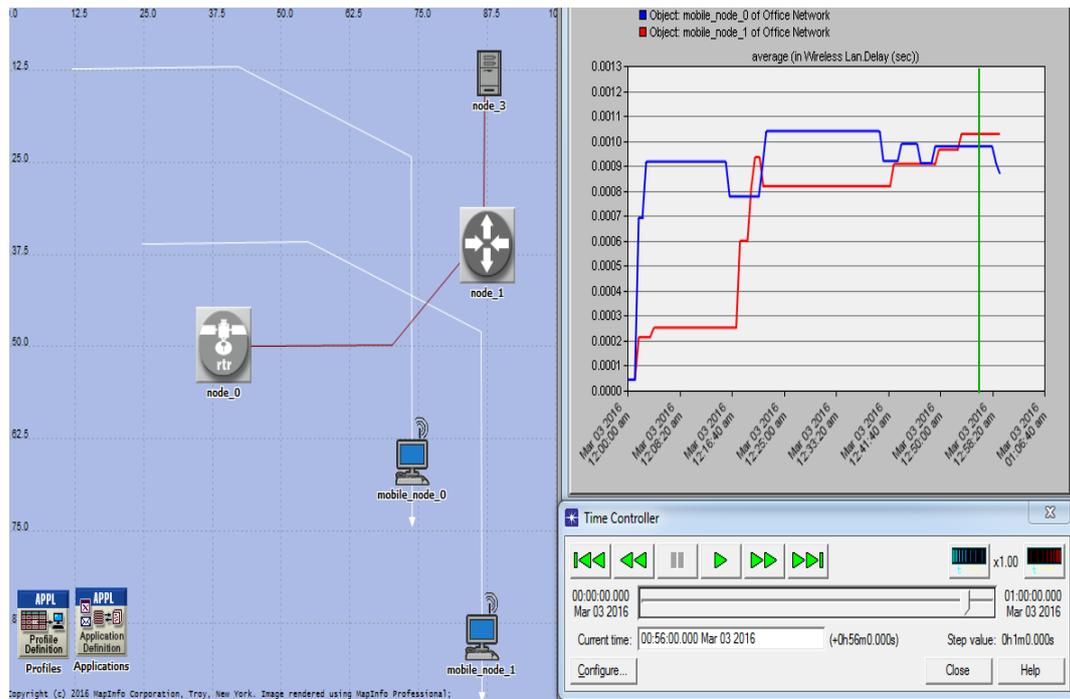
(b)

Figure III.23. ((a) et (b)) : Charge de WLAN des deux stations mobiles.

D'après les figures III.23. ((a) et (b)), on remarque que une fois la station mobile est éloignée du point d'accès le débit de la charge de WLAN est affaibli.



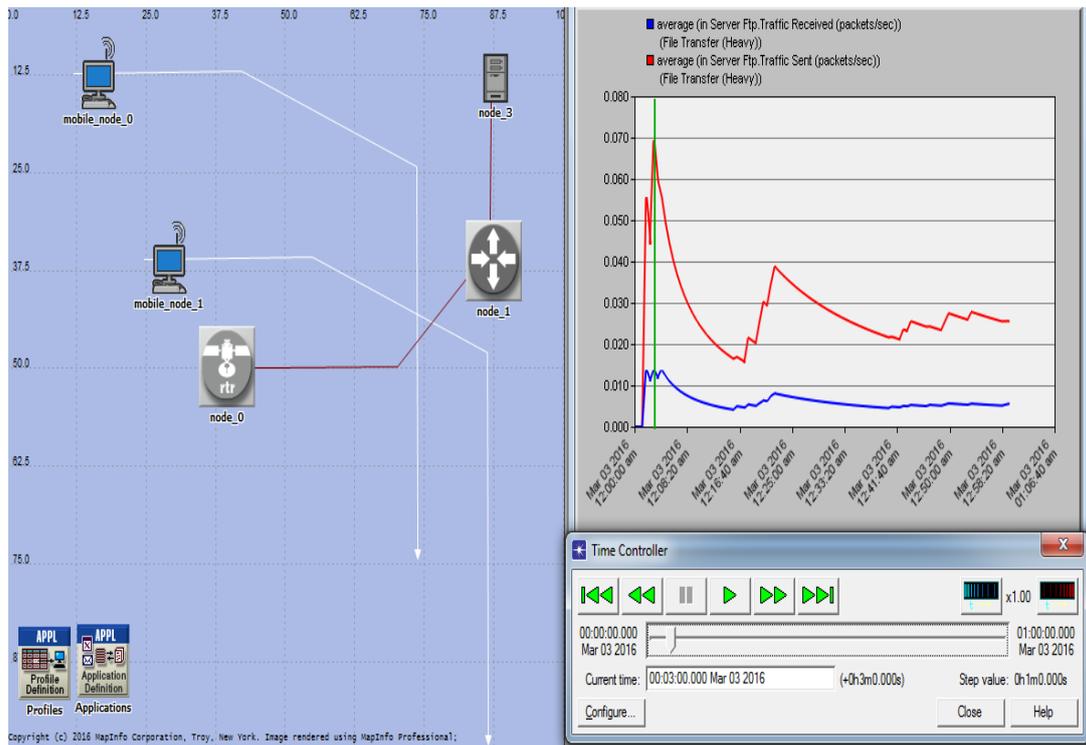
(c)



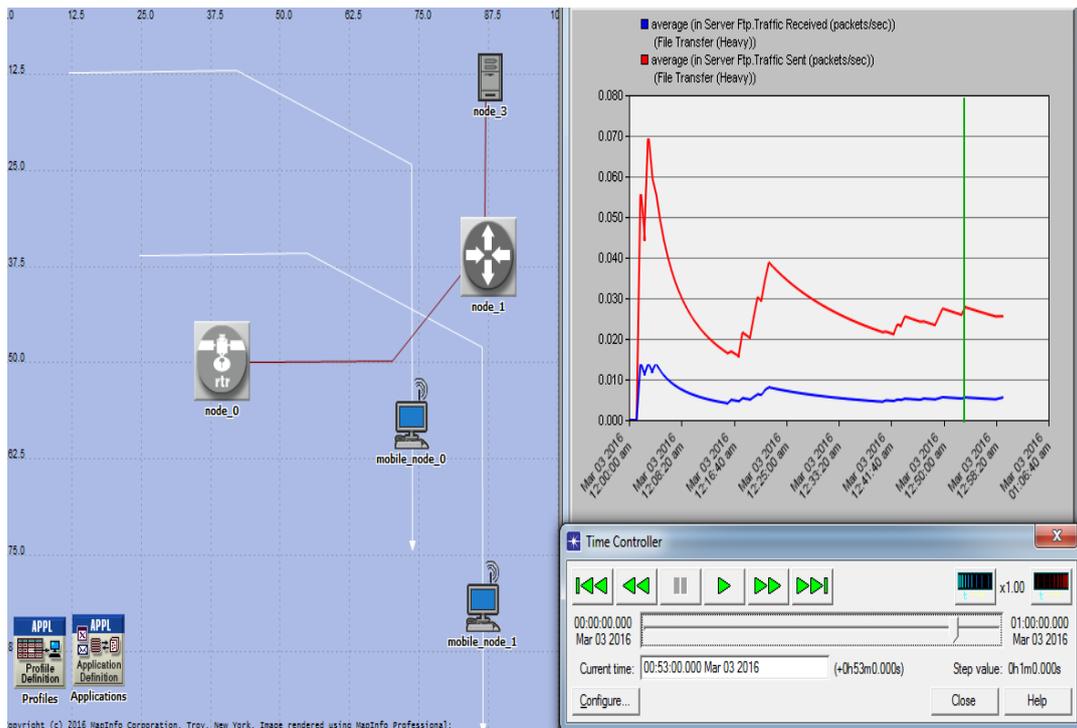
(d)

Figure III.23. ((c) et (d)) : Délai de WLAN des deux stations mobiles.

Le délai de WLAN varie en fonction de la distance entre la station mobile et le point d'accès. Nous observons que le délai de WLAN est plus important si la distance entre la station mobile et le point d'accès est plus faible.



(e)



(f)

**Figure III.23. ((e) et (f)) :** Trafic reçu et envoyé du serveur pour l'application FTP.

D'après la figure III.23. ((e) et (f)), nous remarquons que le trafic envoyé est plus important que le trafic reçu du serveur. De plus, lors que les stations mobiles s'éloignent du point d'accès le trafic diminué.

## III.7 Comparaison entre les stations fixes et mobiles

Notre projet se compose d'une station fixe (Node\_1) et d'une station mobile (Node\_0) [26]. Nous avons besoin dans ce cas de deux points d'accès pour pouvoir comparer les résultats de simulation entre les deux stations. La figure III.24 montre bien la structure de réseau conçu.

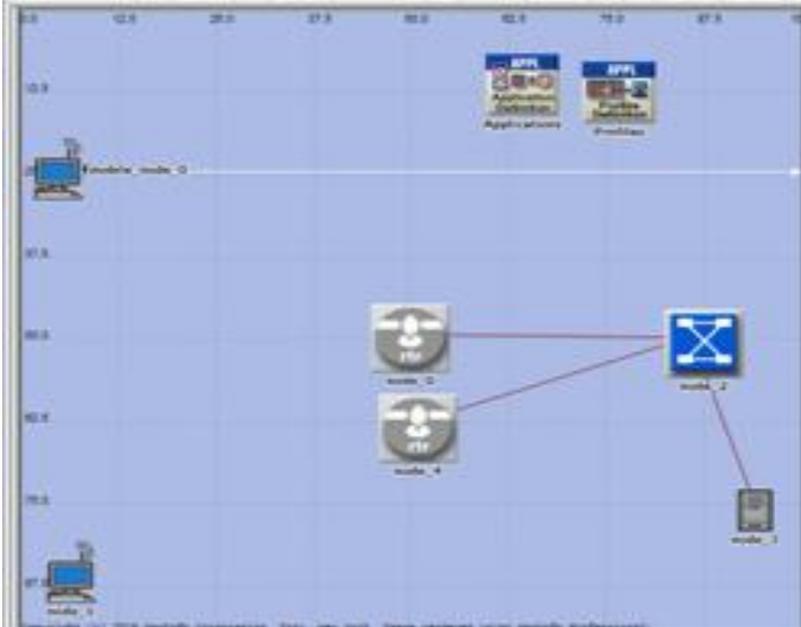
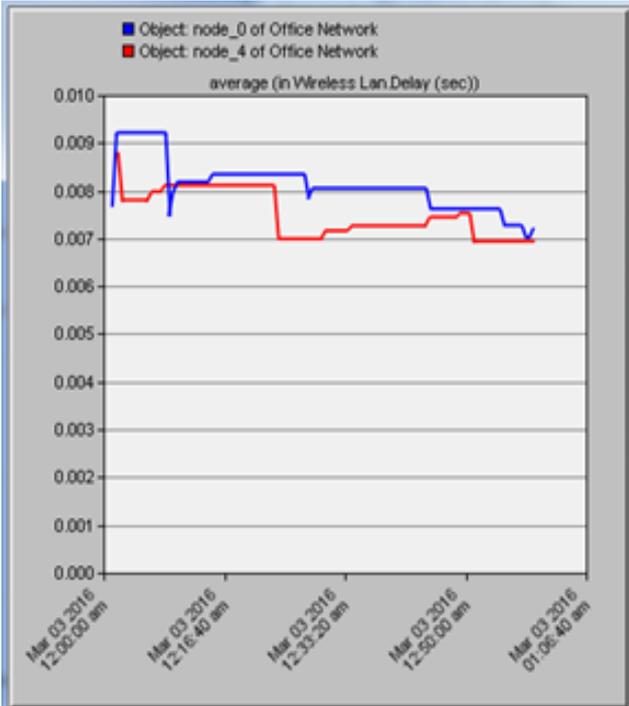
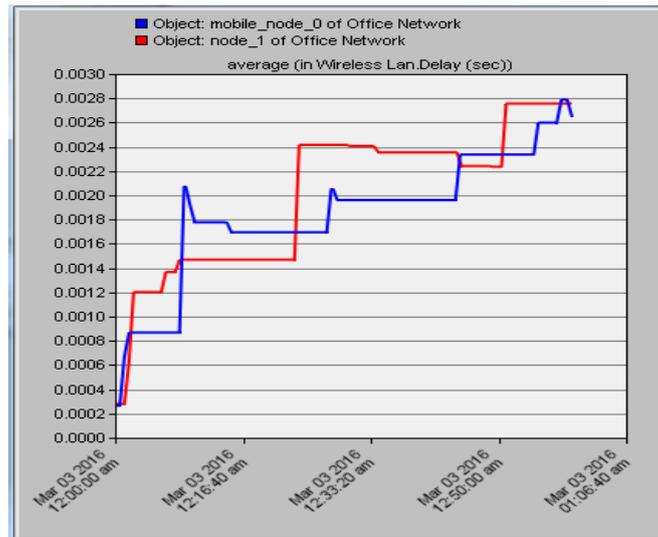


Figure III.24 : Architecture de réseau étudié.

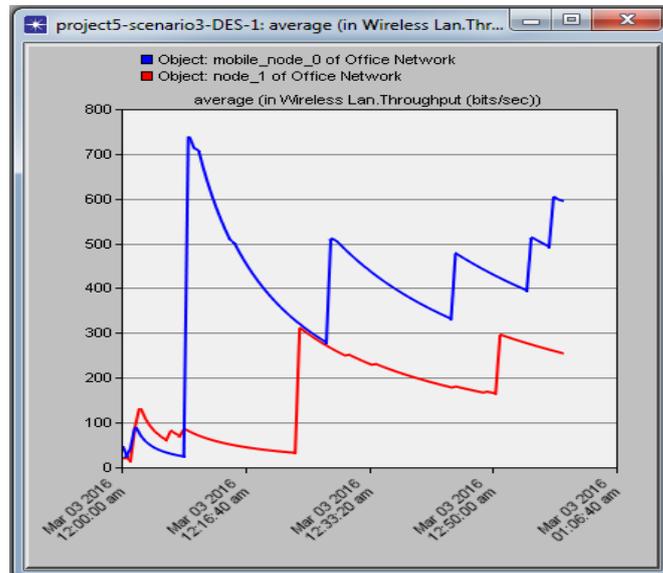
Sur les figures III.25. ((a), (b) et (c)), on représente respectivement le délai des deux points d'accès, le délai et le débit des deux stations de travaux.



(a)



(b)



(c)

**Figure III.25. (a) :** Délai de deux points accès.

(b) : Délai de WLAN des deux stations.

(c) : Débit de WLAN des deux stations.

Selon la figure III.25. (a), la station mobile présente un délai plus grand que la station fixe. On peut s'apercevoir que le délai est entre 7 et 9 ms pour la station mobile, et entre 7 et 8 ms pour la station fixe. C'est une performance relativement correcte.

La courbe suivante (figure III.25. (b)) représente le délai de notre réseau WLAN. On peut constater que le délai pour la station mobile augmente de plus en plus en fonction du temps et la même chose pour la station fixe. Seulement que le délai de la station mobile reste

## Chapitre III : Conception des réseaux Wifi en mode infrastructure

---

plus important par rapport à la station fixe. La courbe représentative de délai s'apparente à celle des pertes de données.

La figure III.25. (c) représente le débit de notre réseau. On peut remarquer que le débit pour la station mobile est plus grand que la station fixe. Il d'environ 500 bit/s pour la station mobile et en moyen d'environ 200 bit/s pour la station fixe.

### III.8 Conclusion

Comme nous l'avons montré dans le chapitre 3, l'outil orienté «réseau», OPNET simule le comportement du réseau d'une manière efficace et satisfait parfaitement au standard.

Ces projets examinent les étapes de la modélisation et la simulation des performances d'un réseau. Ils décrivent la Méthodologie développée pour modéliser des applications et des profils réseau, et expliquent les étapes pour modéliser des services réseaux comme le serveur web, serveur mail, serveur ftp et le serveur de base de données en utilisant OPNET Modeler.

Nous avons simulé plusieurs réseaux sans fil de type WLAN dans le but d'analyser la charge de ces réseaux et ces performances.

Dans le chapitre suivant, nous allons concevoir des réseaux WLAN en mode Ad hoc afin d'étudier les performances de ces réseaux.

# Chapitre IV : Conception des réseaux Wifi en mode Ad hoc

### IV.1 Introduction

Nous avons montré ici le logiciel OPNET permet une modélisation très fine des différents éléments d'un réseau Wifi en mode infrastructure. Le développeur peut donc modéliser le comportement de différentes machines d'un réseau quelconque et analyser le fonctionnement de ce dernier.

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés de connaître les performances d'un réseau sans fil, le logiciel OPNET est utilisé parmi les logiciels commerciaux qui permettent de construire des simulations d'Ad hoc réseau et recueillir les statistiques au sujet de performance de réseau.

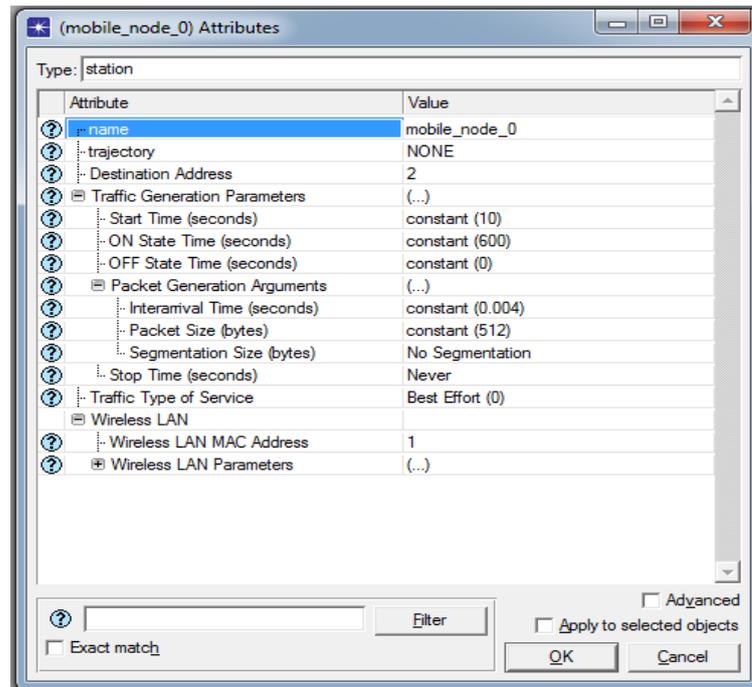
### IV.2 Réseau wifi simple en mode Ad Hoc

Dans cet exemple, on va configurer un réseau WLAN à l'aide des stations WLAN. Nous voulons envoyer un trafic de 1Mbps de nœud mobile 0 au nœud mobile 1 [34].



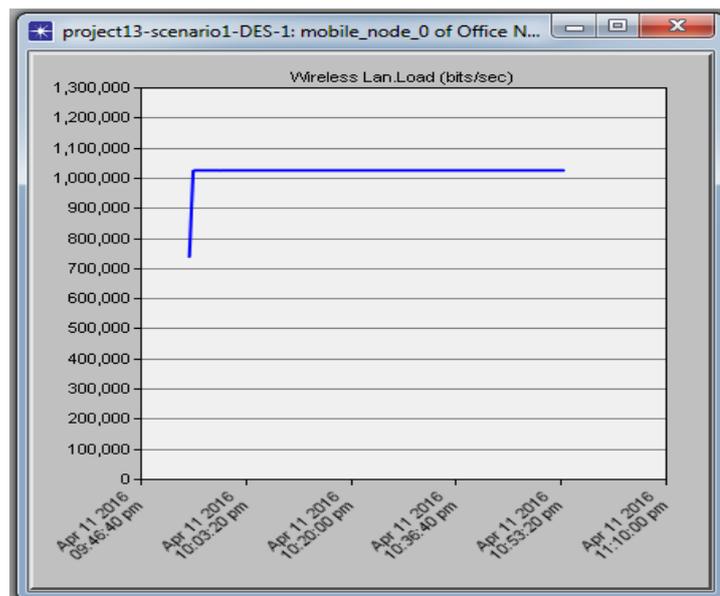
**Figure IV.1** : Réseau WLAN en mode Ad hoc.

On doit configurer le premier nœud comme suit où son adresse MAC est fixée à 1 selon la figure IV.2



**Figure IV.2 :** Configuration du premier nœud.

Pour le deuxième nœud, on doit changer son adresse MAC à 2. Le résultat de simulation est indiqué dans la figure suivante :



**Figure IV.3 :** Charge du WLAN entre deux clients.

Ce résultat répond bien à nos besoins puisque la charge de notre réseau sans fil est de 1Mbps.

## IV.3 Réseau IEEE 802.11 de mode Ad Hoc

Notre projet comporte deux scénarios ; le premier scénario est composé d'un point d'accès qui est entouré par deux stations sans fil (ordinateurs portables). Premièrement, on doit sélectionner un nœud pour fonctionner comme un point d'accès. Puis, on va sélectionner le nœud 1 pour fonctionner comme un ordinateur portable sans fil, et la même chose pour le nœud 2 [35].

Le deuxième scénario est semblable au premier scénario sauf que le nombre des ordinateurs portables utilisés est 11 PCs positionnés selon une topologie étoile autour d'un point d'accès.

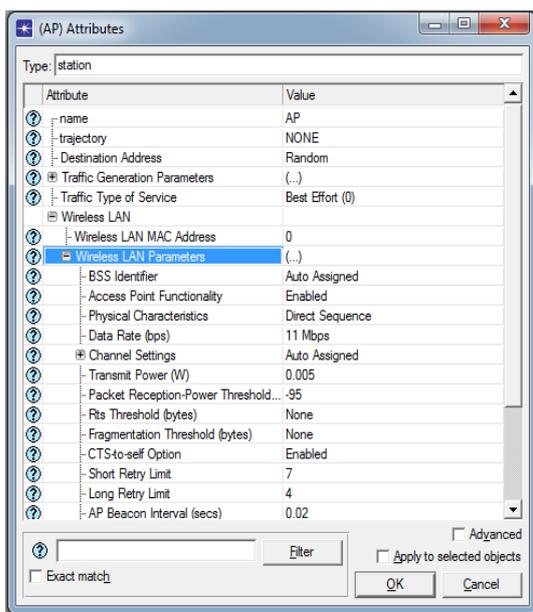


(a) : Premier scénario

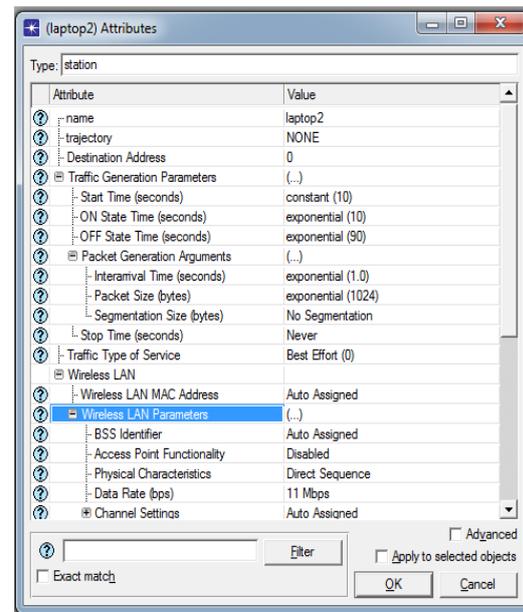


(b) : Deuxième scénario

Figure IV.4 : Architecture d'un réseau IEEE 802.11 en mode Ad Hoc de deux scénarios.



(a)

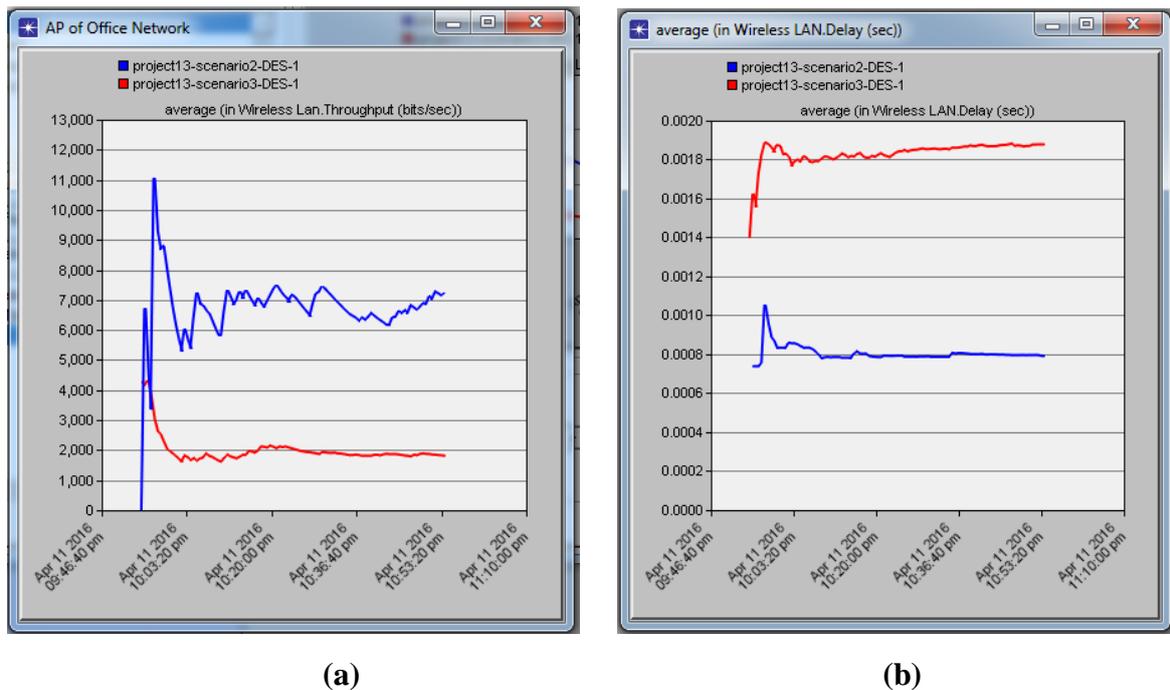


(b)

Figure IV.5. (a) : Attributs de point d'accès.

(b) : Attributs du Laptop 1.

Les résultats de simulation sont présentés dans les figures suivantes :



**(a)** : Schéma représentant le débit moyen de WLAN.

**(b)** : Schéma représentant le délai moyen de WLAN.

Le débit moyen de WLAN pour le premier scénario qui est de l'ordre de 7 kbit/s est plus élevé que le deuxième scénario (autour de 2 kbit/s). Ceux-ci revient au nombre de PCs connectés. Par contre, le délai qui définit les pertes de données du premier scénario (0.8 ms) est plus faible que le deuxième scénario (1.8 ms). Donc ces résultats sont proches de la réalité.

### IV.4 Trajectoire des stations mobiles par rapport à un point d'accès

Sous OPNET Modeler, nous avons configuré un réseau sans fil WLAN en mode Ad hoc, celui-ci est composé de deux stations mobiles qui parcourent une trajectoire quelconque autour d'un point d'accès comme montre la figure IV.7 [26].

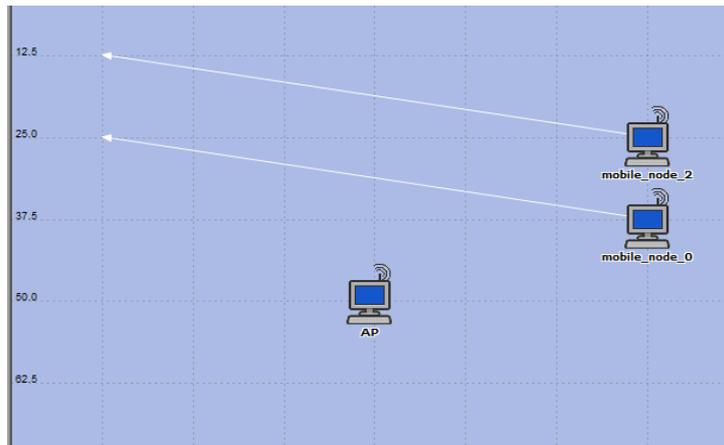
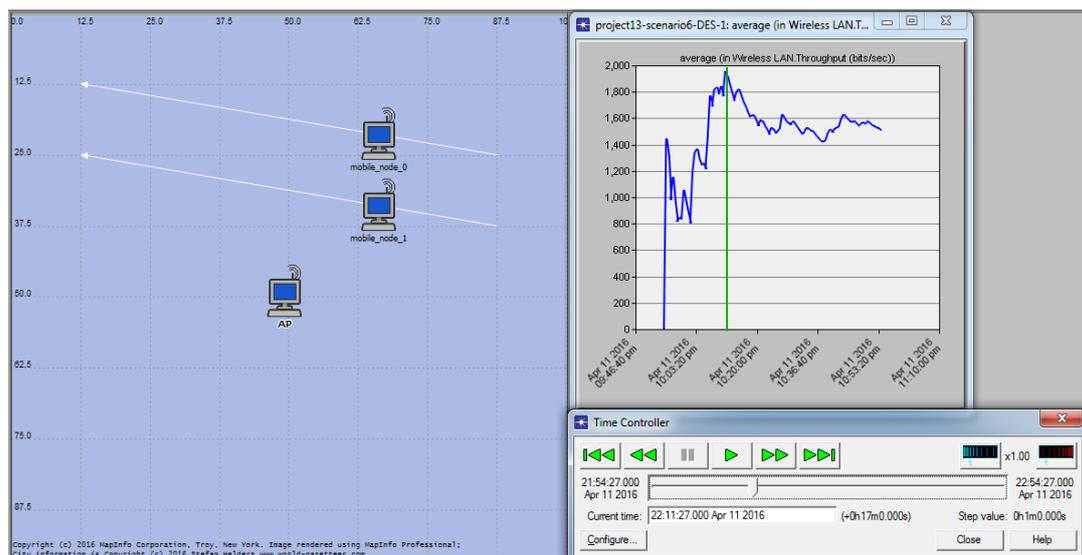
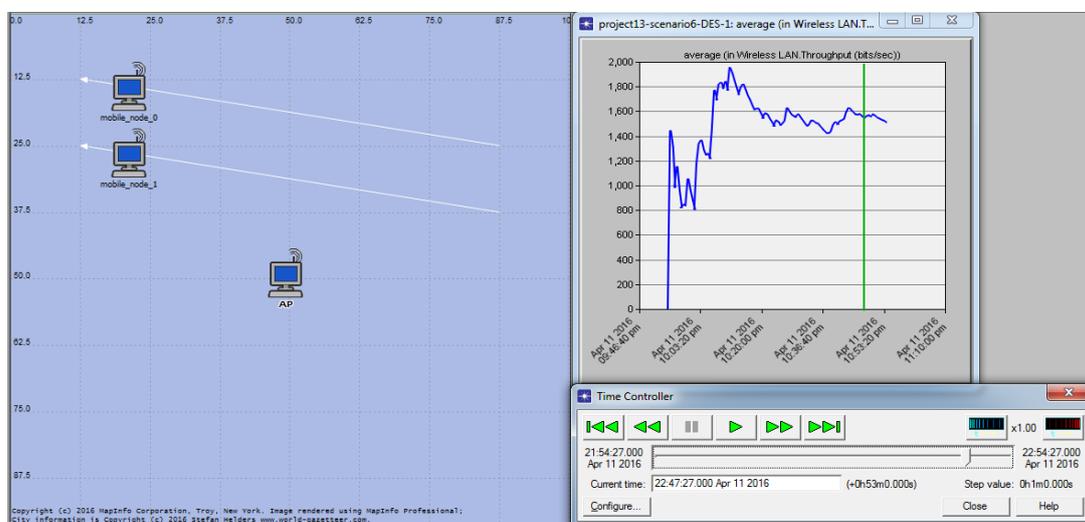


Figure IV.7 : Trajectoire des stations mobiles.



(a)



(b)

Figure IV.8 : Débit de WLAN.

## Chapitre IV : Conception des réseaux Wifi en mode Ad hoc

---

A partir de la figure IV.8. (b), on constate un affaiblissement important de débit qui atteint 800bit/s. Après un certain temps est précisément à l'instant  $t=10h11$ , cette valeur va augmenter à la suite jusqu'à 1,9 kbit/s. Finalement, le débit de WLAN va se stabiliser quasiment à 1,55 kbit/s après un lapse de temps supérieur ( $t=10h41$ ).

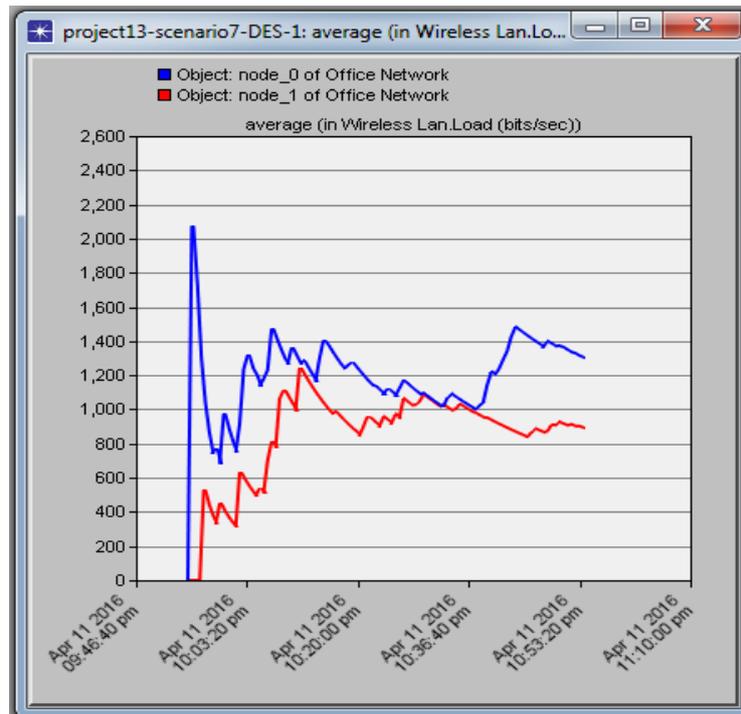
Tous ces changements sont influencés exactement par la distance qui est entre le point d'accès et les stations mobiles.

### IV.5 Influence de la distance entre le point d'accès et les stations de travaux

Notre projet est composé d'un point d'accès et deux stations de travaux. La distance entre les postes de travaux (node\_0, node\_1) et le point d'accès est différente selon la figure ci-dessous [30] :



**Figure IV.9 :** Réseau proposé en mode Ad hoc.



**Figure IV.10 :** Charge moyenne de WLAN (bit/s).

Le résultat de simulation montre que la charge du premier PC (node\_0) est un peu plus élevée que le deuxième PC (node\_1). Dans ce cas, l'augmentation de la distance entre le point d'accès et le poste de travail engendre une diminution légère de la charge moyenne du PC.

### IV.6 Etude des différents modes d'opérations

Dans ce projet, nous allons étudier un réseau WiFi en topologie anneau selon la figure IV.11. Trois modes d'opérations différents des normes IEEE802.11.a, IEEE802.11.b et IEEE802.11.g vont être insérés dans trois scénarios [36].

Chaque scénario est réalisé avec la même topologie de la figure IV.11 dans lequel on va fixer un mode d'opération parmi les trois normes citées ci-dessus.

## Chapitre IV : Conception des réseaux Wifi en mode Ad hoc

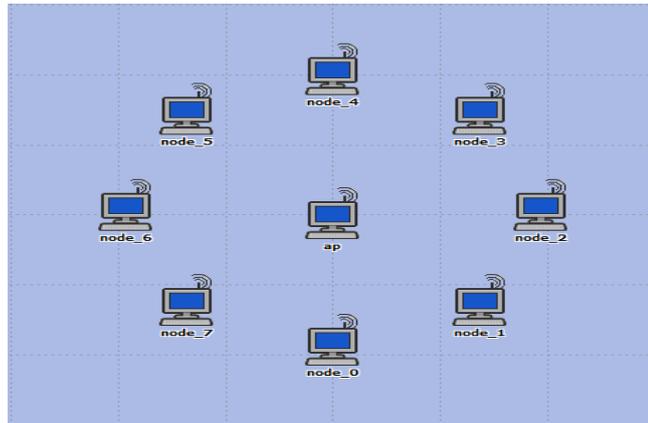
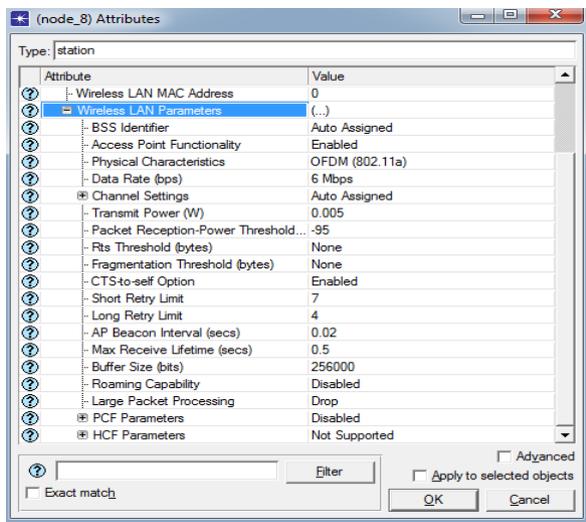
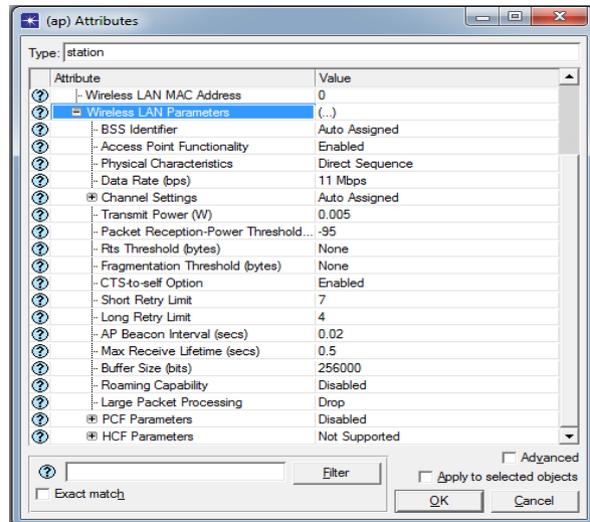


Figure IV.11 : Structure d'un réseau WIFI en topologie anneau ( Ring).

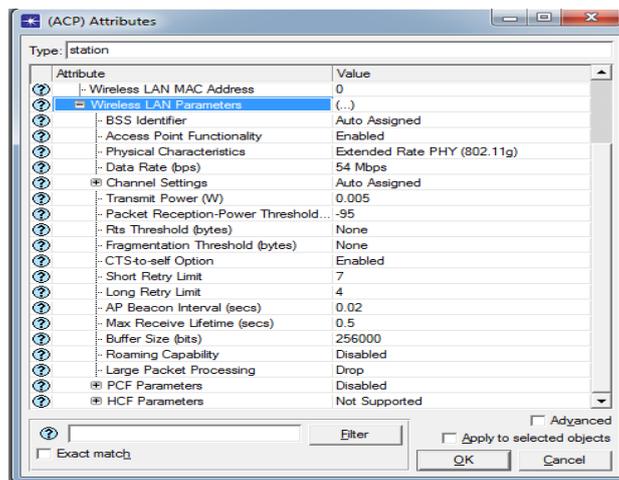
Sur les figures suivantes, on représente les trois modes d'opération des normes IEEE802.11.a, IEEE802.11.b et IEEE802.11.g.



(a)



(b)

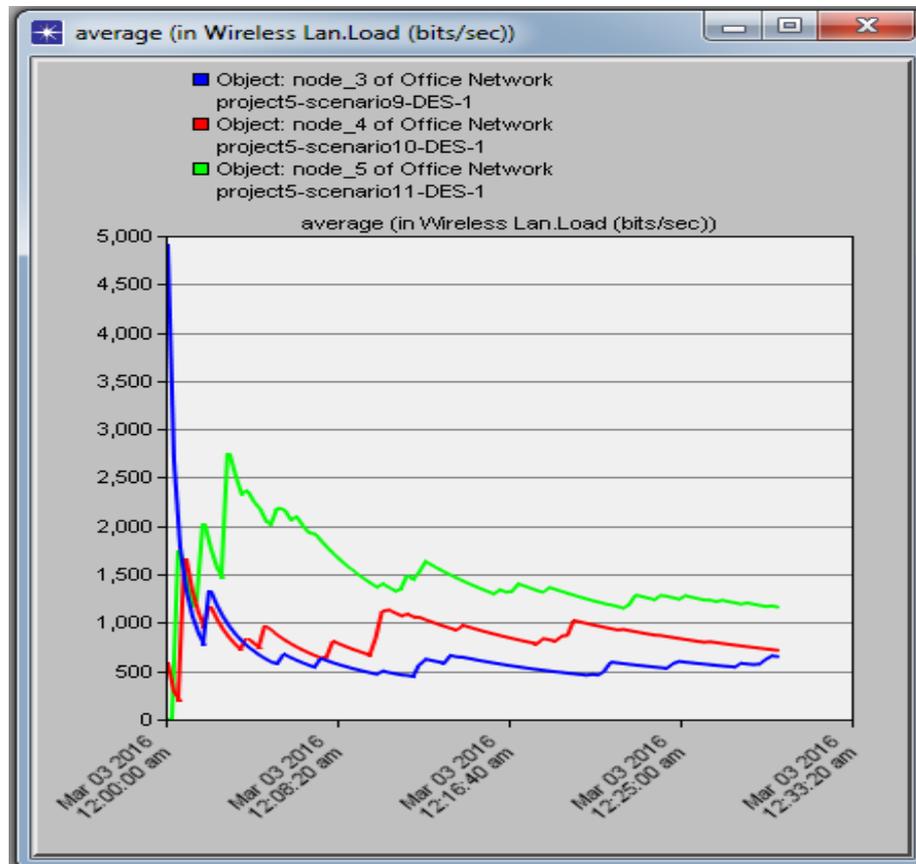


(c)

**Figure IV.12.(a) :** Configuration de mode IEEE 802.11a.

**(b) :** Configuration de mode IEEE 802.11b.

**(c) :** Configuration de mode IEEE 802.11g.

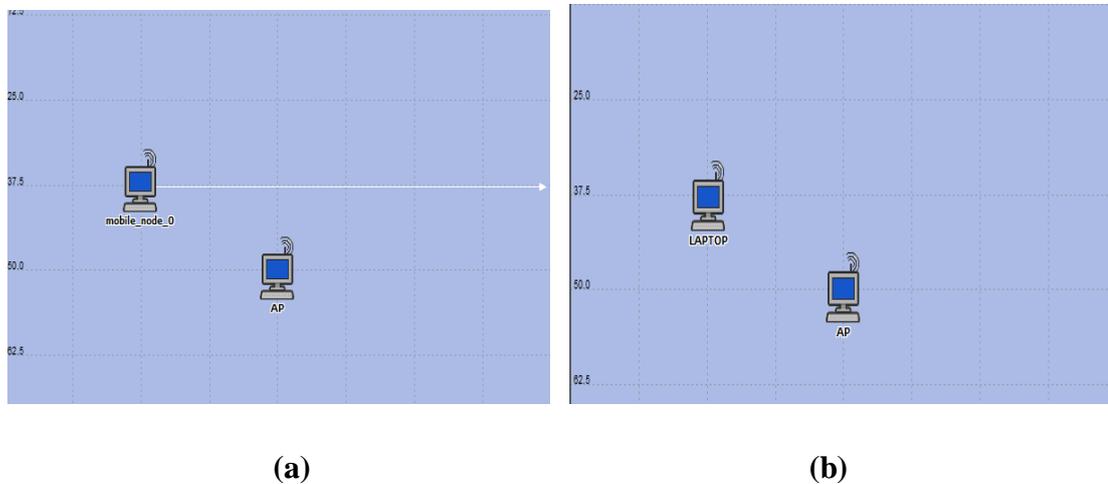


**Figure IV.13 :** Charge moyenne du WLAN de trois modes (bit/s).

Avec la meme topologie choisie, nous avons fixé trois modes d'opération selon la figure IV.12 réalisés sans trois scénarios. D'après les résultats de simulation de la figure IV.18 , les charges moyennes de WLAN sont autours de 600bit/s, 800bit/s et 1300 bit/s pour les normes IEEE802.11.a, IEEE802.11.b et IEEE802.11.g respectivement. Donc la charge de WLAN d'une structure réseau dépend plus du mode d'opération d'un réseau WIFI. Dans ce cas, la norme qui est préférée pour construire un réseau WIFI est la norme IEEE802.11.g, le faite qu'elle présente un débit important par rapport aux autres normes IEEE802.11.a et IEEE802.11.b.

### IV.7 Comparaison entre une station mobile et une station fixe

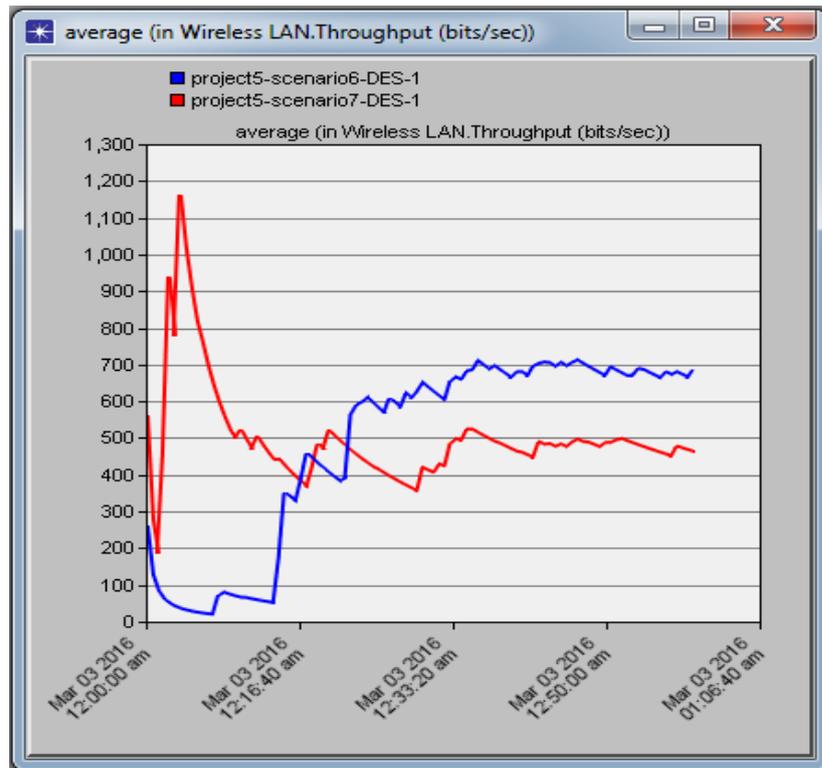
Nous avons réalisé deux réseaux Wifi en mode Ad hoc dans un même projet qui se divise en deux scénarios, l'un contient la station mobile et l'autre comporte la station fixe selon la figure suivante.



**Figure IV.14. (a) :** Réseau sans fil avec une station mobile.

**(b) :** Réseau sans fil avec une station fixe.

Sur la figure IV.14, on représente le débit moyen de WLAN de la station mobile et de la station fixe.



**Figure IV.15 :** Débit de deux stations mobiles et fixe.

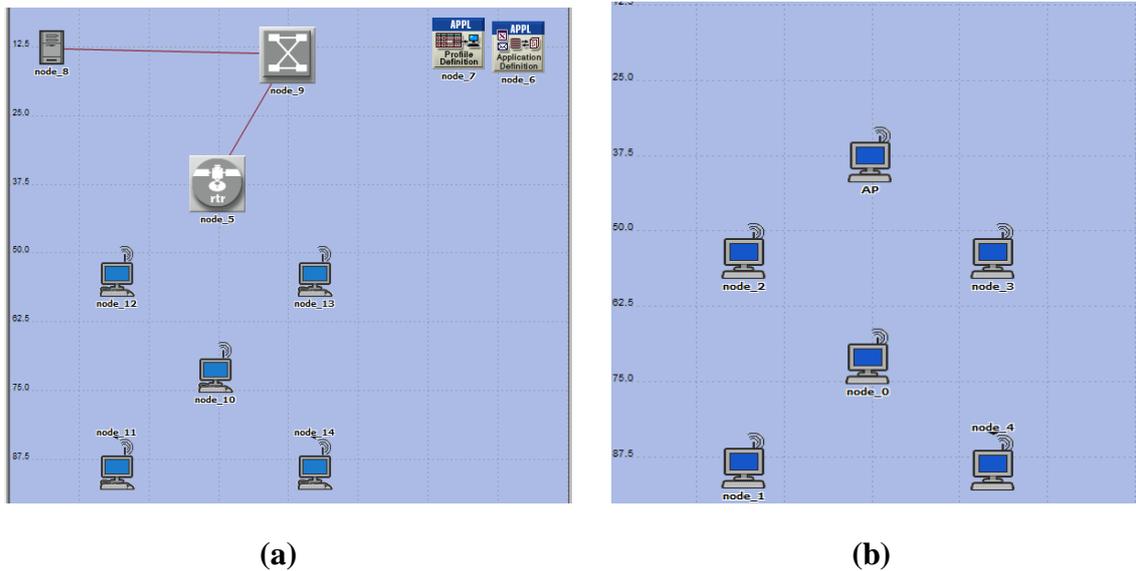
Au début du graphe, le débit moyen de la station fixe est très faible à environ 50 bits/s. Après 15 minute le débit de WLAN augmente peu à peu pour qu'il reste constant autour de 700 bits/s.

Par contre, le débit de la station mobile est très important (1.15 Kbit/s) à l'instant  $t=12h05$  où cette dernière est devenue plus proche du point d'accès. A la suite, on remarque une chute de débit jusqu'à 500 bits/s quand la station mobile est éloignée du point d'accès.

## IV.8 Comparaison entre un réseau infrastructure et un réseau Ad hoc

### IV.8.1 Réseau infrastructure et réseau Ad hoc en topologie arbre

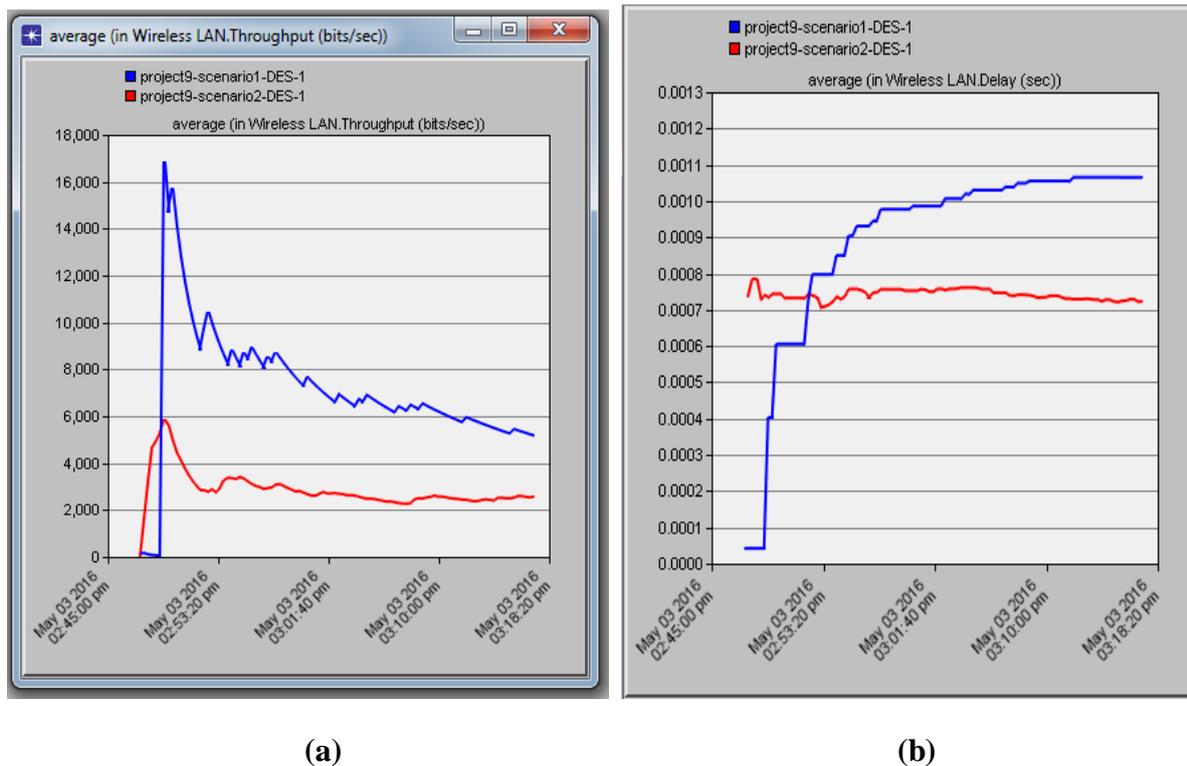
Notre projet est composé de deux scénarios, le premier scénario présente un réseau d'infrastructure simple et l'autre un réseau Ad hoc. Les propriétés fonctionnelles de ces derniers doivent être identiques pour découvrir leurs performances [37].



**Figure IV.16. (a) :** Réseau infrastructure en topologie arbre.

**(b) :** Réseau Ad hoc en topologie arbre.

Le résultat de simulation par OPNET Modeler est indiqué par les figures IV.17. ((a) et (b)).



**Figure IV.17. (a) :** Débit de réseau infrastructure et Ad hoc en topologie arbre.

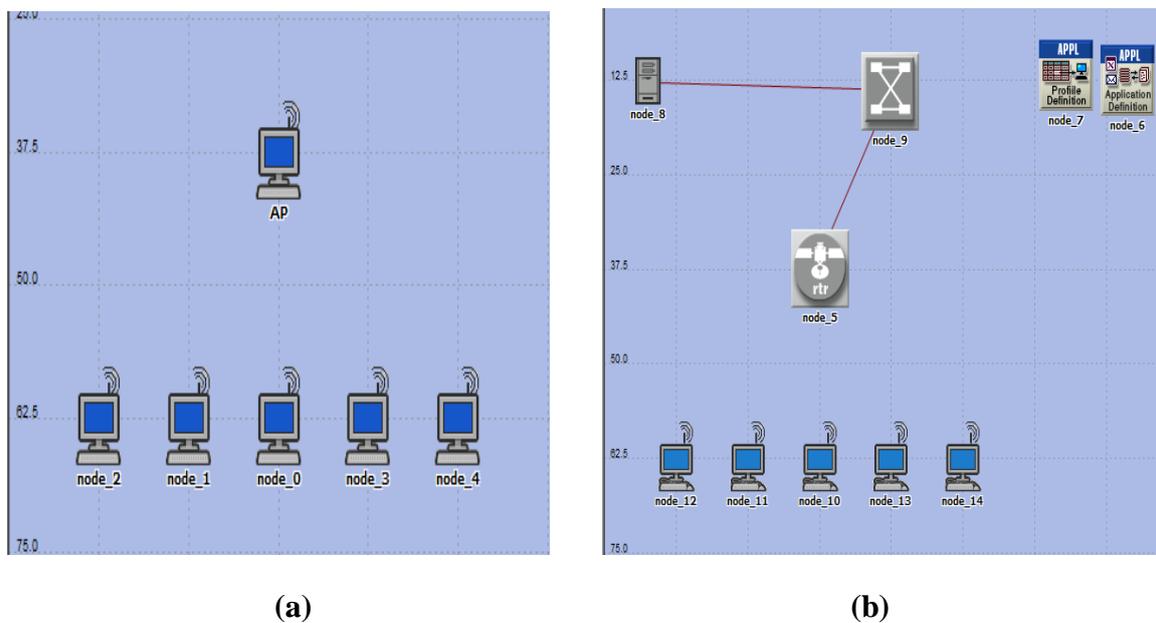
**(b) :** Délai de réseau infrastructure et Ad hoc en topologie arbre.

## Chapitre IV : Conception des réseaux Wifi en mode Ad hoc

Nous observons d'après la figure IV.17. (a) que le débit de réseau conçu en mode infrastructure est plus grand que le débit de la même configuration en mode Ad hoc. Par contre, le délai de réseau en mode Ad hoc est plus petit que le délai en mode infrastructure.

### IV.8.2 Réseau infrastructure et réseau Ad hoc en topologie bus

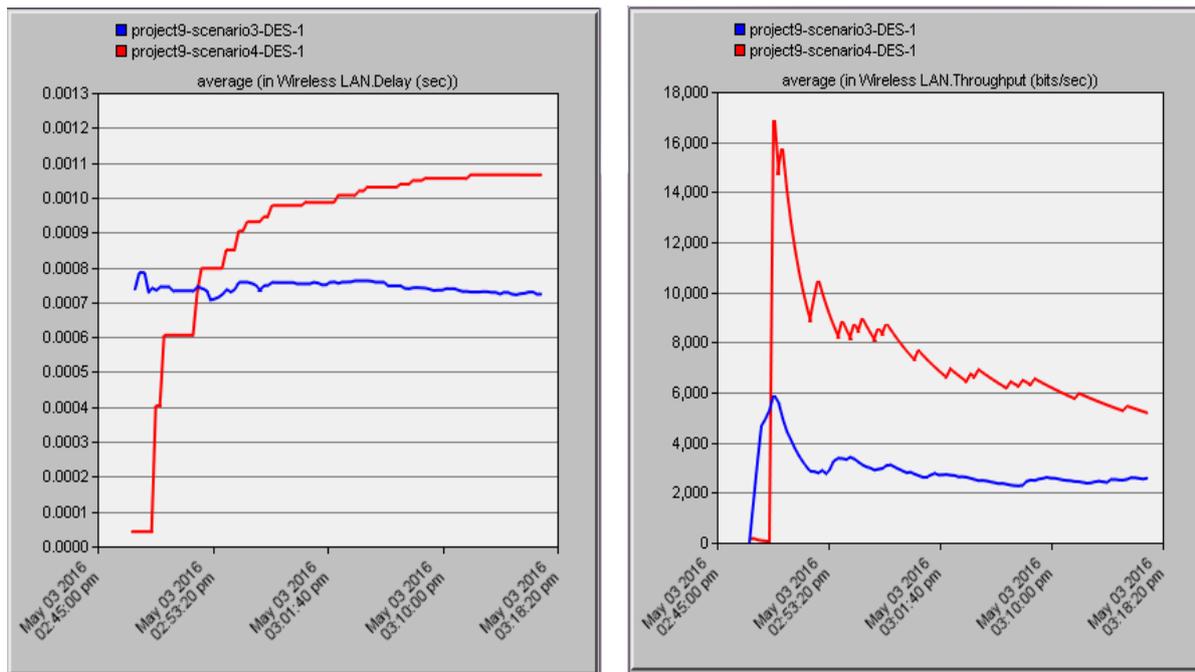
Notre projet est divisé en deux scénarios, le réseau présenté en mode Ad hoc est conçu sur le premier scénario et la même architecture réseau en mode infrastructure est réalisée dans le deuxième scénario. On doit garder les mêmes propriétés fonctionnelles pour pouvoir comparer les résultats de simulation entre les deux réseaux [38].



**Figure IV.18. (a) :** Réseau infrastructure en topologie bus.

**(b) :** Réseau Ad hoc en topologie bus.

Le résultat de simulation par OPNET Modeler est indiqué par les figures IV.19. ((a) et (b)).



(a)

(b)

**Figure IV.19. (a) :** Délai de réseau Ad hoc et infrastructure en topologie bus.

**(b) :** Débit de réseau Ad hoc et infrastructure en topologie bus.

Donc suivant ces résultats, nous remarquons que les courbes des deux graphes IV.9 ((a) et (b)) sont exactement identiques aux mêmes résultats du projet précédent.

### IV.9 Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons simulé plusieurs réseaux Wifi par le logiciel de conception OPNET. La convergence des résultats de simulation à la réalité a confirmée la bonne modélisation de ces réseaux sans fil en mode Ad hoc. De plus, nous avons montré que les performances d'un réseau Wifi en mode infrastructure sont plus intéressantes que le mode Ad hoc. Cependant, on peut conclure que le mode infrastructure a plus d'avantages que le mode Ad hoc, car il est riche des équipements qui facilitent la conception de n'importe quel réseau informatique avec des performances très importantes.

En revanche, l'avantage d'utiliser le mode Ad hoc qu'il a moins des pertes des données par rapport à l'infrastructure.

Dans ce cas, il faut prendre toujours en considération le besoin de notre choisir de charge avant de choisir le mode à utiliser.

## Conclusion général

Les réseaux locaux informatiques sont destinés principalement aux communications locales, généralement au sein d'une même entité (entreprise, administration, etc), sur les courtes distances (quelques kilomètres au maximum). Un réseau local permet la connexion d'un ensemble de postes afin d'échanger ou de partager des informations.

La vulgarisation des réseaux WIFI a grandement simplifiée le déploiement des infrastructures domestiques et professionnelles, offrir la possibilité de créer des réseaux locaux sans fils à haut débit. Ainsi, L'apparition des réseaux Ad hoc est récente, ce qui les rendent un sujet de recherche très actif, car ils possèdent des caractéristiques très intéressantes, et ils restent toujours des structures à améliorer.

Premièrement nous avons introduit les différents types des réseaux sans fil, ainsi que leurs caractéristiques essentielles.

Ensuite, nous avons présenté le modèle OSI avec les sept couches de ce modèle théorique. Comme il est important d'exprimer des différentes topologies disponibles dans les réseaux sans fil.

Parmi les réseaux sans fil qui ont été étudiés dans la première partie, nous avons intéressé plus à des réseaux locaux informatiques.

Dans ce cas, nous avons exposé un article succinct des principales normes développées actuellement des réseaux WLAN. De même nous avons familiarisé la lecture des réseaux locaux et en particulier à ceux définissent les couches MAC et physique d'un modèle OSI.

L'OPNET est un système d'ingénierie complet capable de simuler des grands réseaux de communications. Il a été conçu pour fournir un environnement de travail complet pour la modélisation et la simulation d'un réseau. La conception des réseaux Wifi en mode infrastructure par ce dernier avec des méthodes précises montre bien que les divers réseaux qui ont été conçus assurent des bonnes performances des réseaux choisis.

Finalement, la modélisation des réseaux locaux en mode Ad hoc par le logiciel OPNET ont été conçus et simulés.

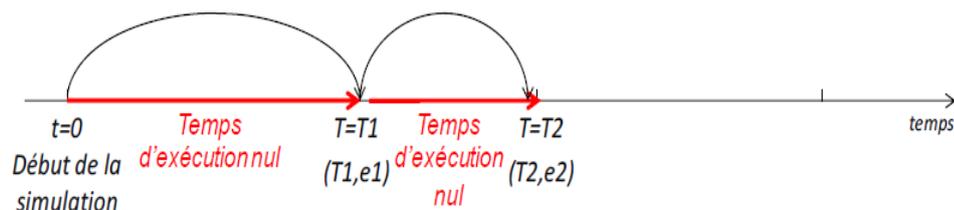
De plus, les étapes à suivre pour concevoir ces réseaux ont été exposées pour expliquer les travaux proposés durant la conception.

Comme perspectives de notre projet PFE, nous désirons que les prochains projets traitent d'autres réseaux Wifi par OPNET de telles façons d'évaluer les performances d'une couverture Wifi plus étendue par l'interconnexion de concevoir des réseaux Wifi. Ainsi, nous souhaiterons de concevoir des réseaux sans fils de types WMAN et WWAN.

## 1. Introduction

OPNET (Optimum Network Performance) est une famille des logiciels de modélisation et de simulation de réseaux s'adressant à différents publics tels que les entreprises, les opérateurs et la recherche. OPNET IT Guru est la version académique de cette famille, il offre la possibilité de dessiner et d'étudier. IT GURU se base sur le fait qu'OPNET est l'un des meilleurs logiciels de simulation de réseaux présent sur le marché, le seul problème d'OPNET c'est qu'il est payant, mais ce problème est résolu avec la version académique.

OPNET est un simulateur à événement discret. A une date précise, un événement provoque une action dans le modèle dont le résultat est immédiatement disponible. En d'autres termes, le temps, durant les simulations, n'avance que lors de l'occurrence d'un événement (Figure 1). Cette manière de simulation présente plusieurs avantages par rapport à la simulation en temps réel dans lequel le temps s'écoule en continu ou échantillonné. En effet, cette dernière a comme principal inconvénient la précision des résultats qui dépendent du taux d'échantillonnage pris. Plus la période d'échantillonnage est petite, plus la précision sur les résultats est grande mais plus l'espace d'état grandit. En plus, la simulation peut être inefficace si rien ne bouge (pas d'événement) pendant des longues périodes. [30]



**Figure 1 :** Principe d'exécution d'OPNET.

Afin de gérer tous les événements qui s'exécutent durant la simulation, OPNET possède une liste des événements. Cette liste contient trois colonnes : la date d'exécution, le type d'événement et finalement le module qui doit être exécuté. La tête de la liste correspond à l'événement qui doit être pris en compte en premier.

Finalement, OPNET offre des statistiques codées, il suffit de les cocher pour les surveiller. Mais l'outil permet aussi de coder ses propres statistiques afin de vérifier le comportement d'un équipement déjà modélisé.

Le « workflow » d'une simulation sous OPNET Modeler est illustré dans la Figure 2. Suite à la définition du modèle réseau à simuler, il faut choisir les bonnes statistiques à récupérer.

Ensuite, l'exécution des simulations permet de récupérer les résultats et de pouvoir les analyser.

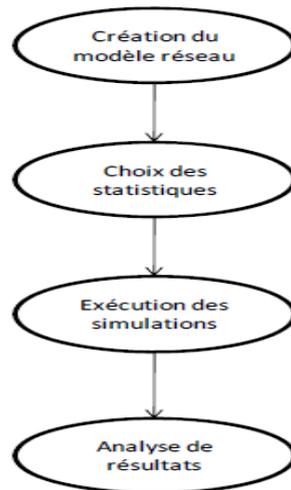


Figure 2 :Workflow sous OPNET.

## 2. Logiciel OPNET Modeler

### 2.1 Principales interfaces

Parmi les nombreuses interfaces que propose OPNET au démarrage, on distingue les interfaces suivantes :

1. Project Editor
2. Network Model Editor
3. Node Model Editor
4. Process Model Editor. [26]

### 2.2 Project Editor

L'éditeur de projet ou *Project Editor* est la principale scène pour la création d'une simulation de réseau. Il présente une fenêtre composée d'une barre de menu et d'une aire qui est le *Workspace*. De cet éditeur, il est possible de créer des modèles de réseau utilisant des modèles de la librairie, de collecter des statistiques, de lancer une simulation et de consulter les résultats.

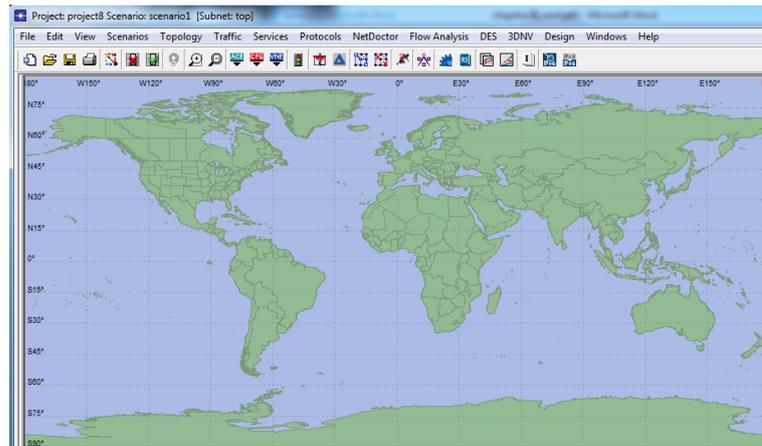


Figure 3 : Editeur de projet.

## 2.3 Network Model Editor

Permet de représenter la topologie d'un réseau de communication constitué de nœuds et de liens par l'intermédiaire de boîtes de dialogues (palettes et glisser/poser). Cette interface tient compte du contexte géographique (caractéristiques physiques pour la modélisation).

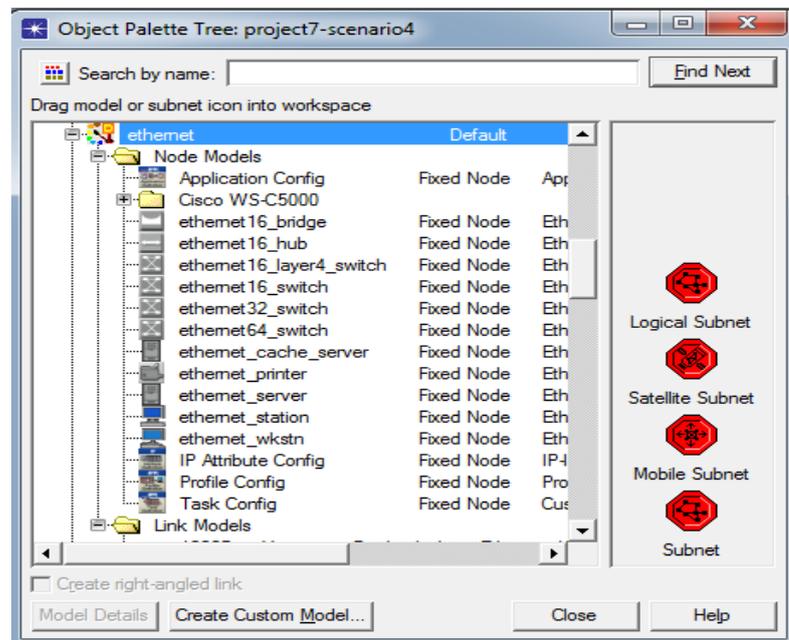


Figure 4 : Editeur des objets.

## 2.4 Node Model Editor

Un nœud est formé d'un ensemble de blocs fonctionnels appelés modules de processus qui peuvent être des processeurs, des files d'attente, des générateurs, des émetteurs, des récepteurs ou bien des antennes. Ils sont liés entre eux par des connexions de type flux de

paquets (pour le transport des données) ou de type fil statistique (pour la transmission de valeurs). Les éléments précédents sont assemblés grâce à l'éditeur de nœuds (figure 5) appelé « Node Editor » afin de créer des éléments de réseau comme un routeur, un ordinateur, etc.

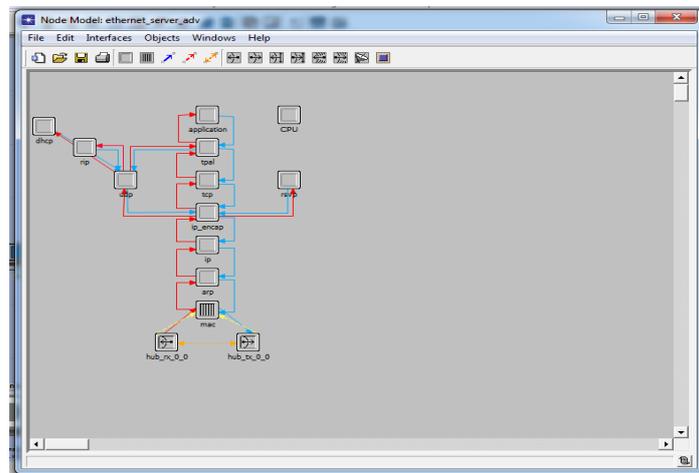


Figure 5: Node model editor.

## 2.5 Process Model Editor

Un processus définit le comportement d'un module appartenant à un nœud. Construit à partir de l'éditeur de processus (Process Editor), il est décrit par un diagramme de transitions et d'états. Chacun de ces états est programmé en langage C ou C++.

La figure 6 illustre un diagramme d'état à l'intérieur d'un processus.

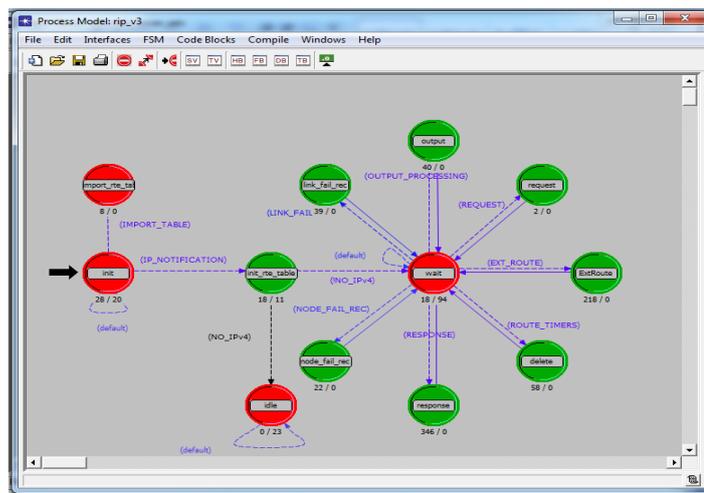


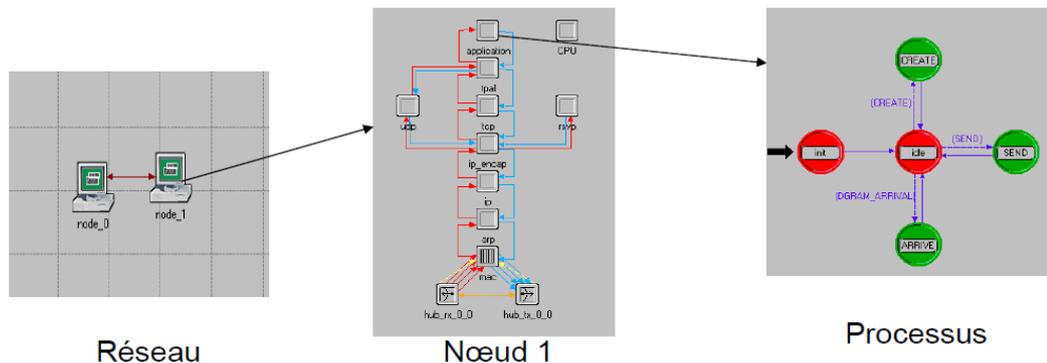
Figure 6 :Process model editor.

## 3 Résumé et principe de développement d'un projet

Lorsque l'on crée un nouveau projet, il faut dans un premier temps définir les nœuds qui vont intervenir dans le réseau (ordinateurs, routeurs, etc...). Chacun de ces nœuds va être

composé de différents modules (files d'attente, générateur de paquets, etc....) qui eux même sont composés d'un processus réalisé avec un diagramme d'état. Ce diagramme d'état doit définir quel état prend le processus (donc le module) en fonction de l'évènement (arrivé d'un paquet par exemple) généré par le noyau de simulation.

Afin de clarifier ce principe, nous allons examiner en détail une simple communication entre deux machines à savoir la création et la transmission d'un seul paquet entre la machine numéro 0 et la numéro 1. [27]



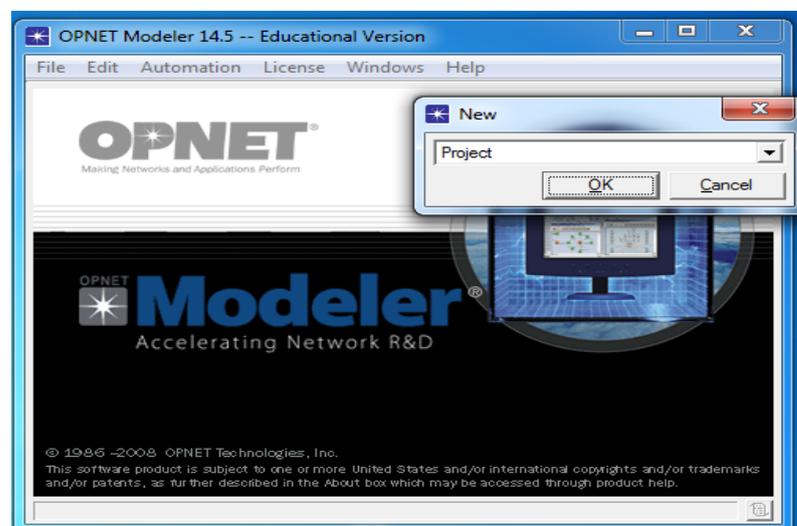
**Figure 7:** Analyse d'une simulation simple.

#### 4 Création d'un nouveau projet

Un projet est constitué d'un ensemble de scénario reliés les uns aux autres, chacun montrant un aspect différent du réseau.[27]

Pour créer un réseau, nous allons définir sa topologie initiale, son échelle, sa taille, le lieu et nous allons y associer une palette d'objet.

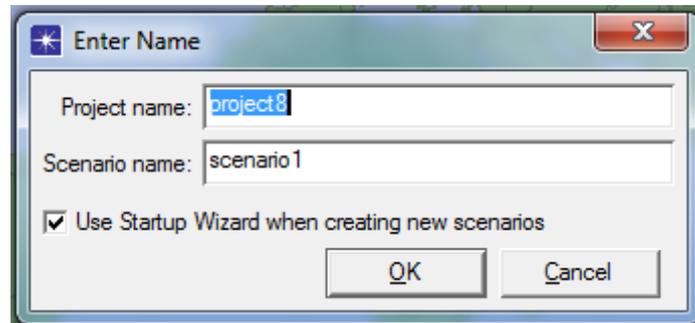
Pour créer un nouveau projet, on choisit File -> New. La fenêtre suivante s'affiche :



**Figure 8 :** création d'un nouveau projet.

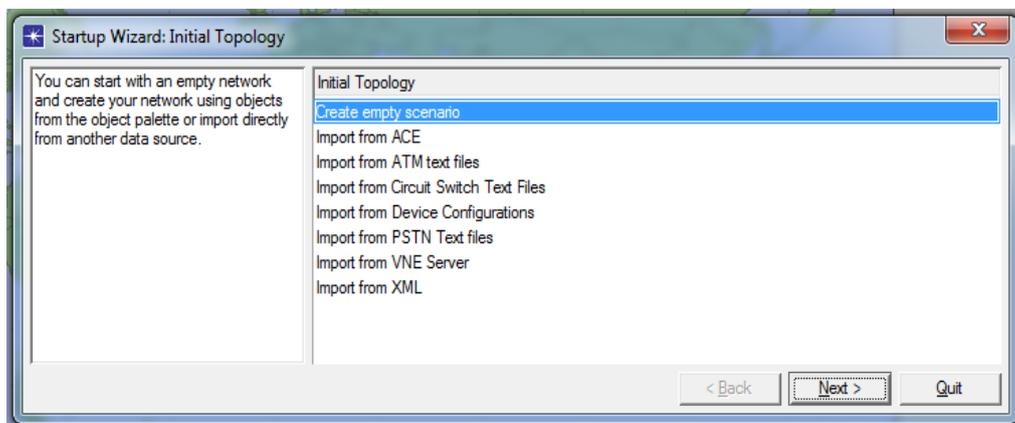
Les valeurs essentielles lors de la création de réseau sont indiquées successivement par les étapes suivantes :

-on sélectionne « project » puis on donne un nom au projet et au scénario associé.



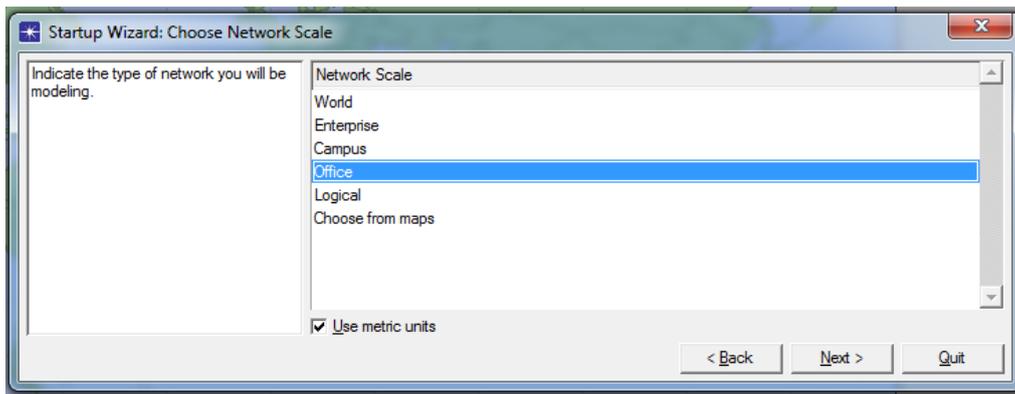
**Figure 9** : Nouveau scénario.

L'assistant de création d'un nouveau projet s'ouvre et propose différents types de projets. On peut alors choisir de commencer par un nouveau scénario vide (Create empty scenario).



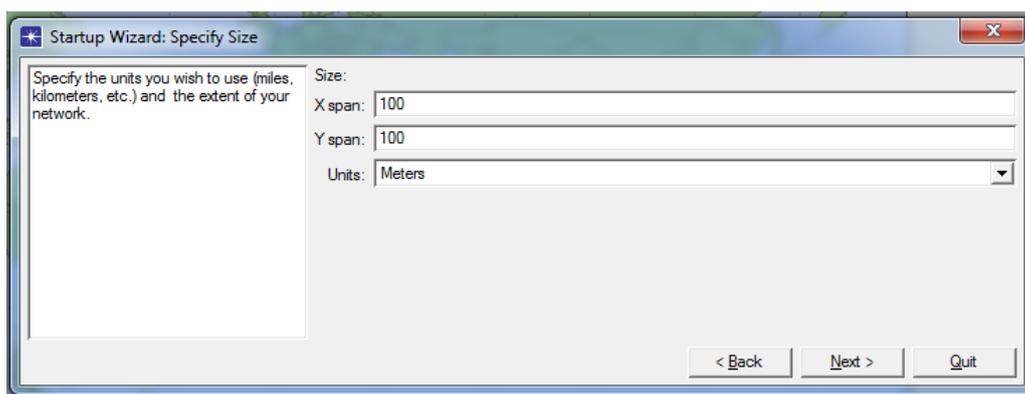
**Figure 10** : Type de projet.

-On choisit ensuite la taille du réseau : s'il est de l'ordre mondial ou bien s'il s'agit d'un réseau d'entreprise, d'un campus ou tout simplement d'un bureau. Par exemple, nous choisirons un réseau à l'échelle d'un bureau (office). Il faut préciser que nous souhaitons utiliser l'unité métrique (Use metric units).



**Figure11** : Choix de type de réseau.

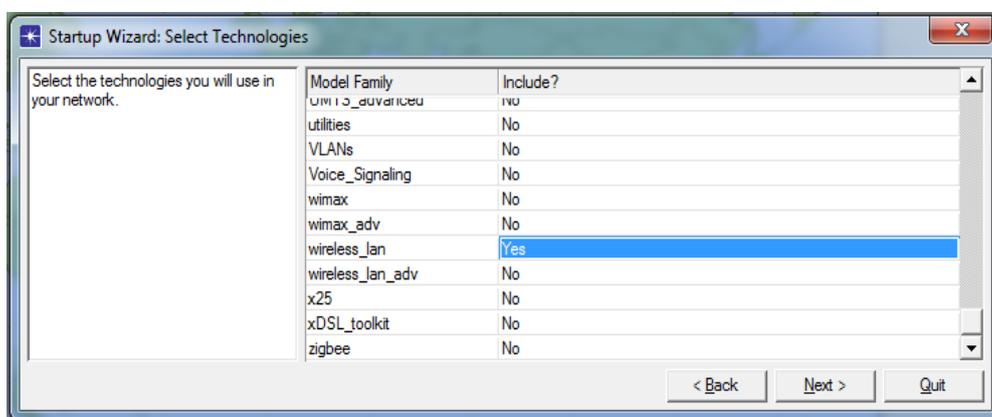
-On sélectionne aussi les dimensions de notre lieu de réseau (Bureau).



**Figure 12** : Dimensions de réseau.

-Pour finir, on choisit la technologie à utiliser :

Dans notre exemple, nous choisirons la technologie : Wireless Lan comme modèle.



**Figure 13** : Technologie de réseau.

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Architecture du modèle standard ISO .....	4
<b>Figure I.2</b> : Canal de transmission de données.....	7
<b>Figure I.3</b> : topologie en Bus .....	8
<b>Figure I.4</b> : Topologie en étoile .....	8
<b>Figure I.5</b> : Topologie en anneau .....	9
<b>Figure I.6</b> : Topologie en arbre .....	9
<b>Figure I.7</b> : Topologie maillée.....	9
<b>Figure I.8</b> : Techniques des ondes infrarouges. ....	10
<b>Figure I.9</b> : Domaines d'applications des ondes radios.....	11
<b>Figure I.10</b> : Domaines des réseaux sans fils .....	11
<b>Figure I.11</b> : Différentes technologies des réseaux sans fils .....	12
<b>Figure I.12</b> : Exemple de configuration d'un WPAN .....	13
<b>Figure I.13</b> : Domaines applications du Bluetooth. ....	13
<b>Figure I.14</b> : Exemple d'un HomeRF.....	14
<b>Figure I.15</b> : Domaines d'applications du Bluetooth et ZigBee.....	14
<b>Figure I.16</b> : Exemple d'infrarouge.....	15
<b>Figure I.17</b> : Principe de fonctionnement du WLAN.....	15
<b>Figure I.18</b> : Principe de fonctionnement du WiMAX.....	17
<b>Figure I.19</b> : Réseau WWAN. ....	17
<b>Figure I.20</b> : Architecture du réseau GSM.....	18
<b>Figure I.21</b> : Domaines d'applications du GPRS .....	18
<b>Figure I.22</b> : Architecture générale de l'UMTS.....	19
<b>Figure I.23</b> : Effets multi-trajets des ondes radio.....	21
<b>Figure II.1</b> : Famille IEEE 802.11 .....	25
<b>Figure II.2</b> : Mode infrastructure .....	29
<b>Figure II.3</b> : Réseau WIFI en mode infrastructure.....	29

<b>Figure II.4</b> : Réseau WIFI en mode Ad-hoc. ....	30
<b>Figure II.5</b> : Exemple d'un IBSS .....	30
<b>Figure II.6</b> : Description des couches IEEE 802.11. ....	31
<b>Figure II.7</b> : Deux sous couches physique du standard 802.11.....	31
<b>Figure II.8</b> : Technique FHSS.....	32
<b>Figure II.9</b> : Etalement de spectre en saut de fréquence (FHSS) .....	33
<b>Figure II.11</b> : Etalement de spectre à Séquence directe (DSSS). ....	34
<b>Figure II.12</b> : Technique du chipping. ....	35
<b>Figure II.13</b> : Composition de la trame 802.11 au niveau physique pour le DSSS .....	36
<b>Figure II.14</b> : Canaux OFDM dans la bande basse de 5 GHz.....	37
<b>Figure II.15</b> : Modulation PPM .....	38
<b>Figure II.16</b> : Fonctionnement de la couche LLC.....	39
<b>Figure II.17</b> : Fonctionnement de la couche MAC 802.11 .....	39
<b>Figure II.18</b> : Equipement WIFI. ....	41
<b>Figure II.19</b> : Points d'accès Wi-Fi.....	42
<b>Figure II.20</b> : Zone d'émission de l'antenne d'une carte PCMCIA.....	43
<b>Figure II.21</b> : Carte WIFI connectée à une antenne .....	43
<b>Figure III.1</b> : Topologie d'un réseau WLAN.....	46
<b>Figure III.2</b> : Configuration d'une application .....	48
<b>Figure III.3</b> : Configuration d'un profil.....	49
<b>Figure III.4</b> : Configuration d'un client.....	50
<b>Figure III.5</b> : Configuration d'un serveur .....	50
<b>Figure III.6</b> : Architecture de projet 1 en variant la distance.....	51
<b>Figure III.7</b> : Débit moyenne de WLAN (bits/s) .....	52
<b>Figure III.8</b> : Structure de 2 <sup>ème</sup> projet en variant le nombre des PCs .....	53
<b>Figure III.9</b> : Débit moyenne de WLAN (bits/s) .....	53
<b>Figure III.10</b> : Configuration de la mobilité .....	54

<b>Figure III.11 :</b> Configuration de la trajectoire .....	55
<b>Figure III.12 :</b> Contrôleur de la trajectoire .....	55
<b>Figure III.13 :</b> Structure du 3 <sup>ème</sup> projet en variant la puissance.....	56
<b>Figure III.14 :</b> Puissance reçue de poste de travail en fonction de temps.....	56
<b>Figure III.15 :</b> Configuration d'une topologie étoile.....	57
<b>Figure III.16. (a) :</b> Réseau sans fil	
<b>(b) :</b> Réseau filaire.....	58
<b>Figure III.17 :</b> Délai ethernet de deux réseaux .....	58
<b>Figure III.18 :</b> Structure du réseau proposé .....	59
<b>Figure III.19. (a) :</b> Débit de trafic envoyé pour chaque application.....	59
<b>(b) :</b> Débit moyen de trafic envoyé pour chaque application.....	59
<b>Figure III.20 :</b> Trajectoires des stations mobiles .....	61
<b>Figure III.21 :</b> Définition de trajectoire .....	61
<b>Figure III.22 :</b> Configuration de l'application server Ftp .....	62
<b>Figure III.23. ((a) et (b)) :</b> Charge de WLAN des deux stations mobiles.....	63
<b>Figure III.23. ((c) et (d)) :</b> Délai de WLAN des deux stations mobiles.....	64
<b>Figure III.23. ((e) et (f)) :</b> Trafic reçu et envoyé du serveur pour l'application FTP.....	65
<b>Figure III.24 :</b> Architecture de réseau étudié.....	66
<b>Figure III.25. (a) :</b> Délai de deux points accès .....	66
<b>(b) :</b> Délai de WLAN des deux stations.....	67
<b>(c) :</b> Débit de WLAN des deux stations .....	67
<b>Figure IV.1 :</b> Réseau WLAN en mode Ad hoc .....	70
<b>Figure IV.2 :</b> Configuration du premier nœud .....	71
<b>Figure IV.3 :</b> Charge du WLAN entre deux clients .....	71
<b>Figure IV.4 :</b> Architecture d'un réseau IEEE 802.11 en mode Ad Hoc de deux scénarios ....	72
<b>Figure IV.5. (a) :</b> Attributs de point d'accès.....	72
<b>(b) :</b> Attributs du Laptop 1 .....	72
<b>Figure IV.6. (a) :</b> Schéma représentant le débit moyen de WLAN .....	73
<b>(b) :</b> Schéma représentant le délai moyen de WLAN .....	73
<b>Figure IV.7 :</b> Trajectoire des stations mobiles .....	74

<b>Figure IV.8 :</b> Débit de WLAN .....	74
<b>Figure IV.9 :</b> Réseau proposé en mode Ad hoc .....	75
<b>Figure IV.10 :</b> Charge moyenne de WLAN (bit/s) .....	76
<b>Figure IV.11 :</b> Structure d'un réseau WIFI en topologie anneau ( Ring) .....	77
<b>Figure IV.12.(a) :</b> Configuration de mode IEEE 802.11a.....	78
<b>(b) :</b> Configuration de mode IEEE 802.11b .....	78
<b>(c) :</b> Configuration de mode IEEE 802.11g .....	78
<b>Figure IV.13 :</b> Charge moyenne du WLAN de trois modes (bit/s).....	78
<b>Figure IV.14. (a) :</b> Réseau sans fil avec une station mobile .....	79
<b>(b) :</b> Réseau sans fil avec une station fixe.....	79
<b>Figure IV.15 :</b> Débit de deux stations mobiles et fixe .....	80
<b>Figure IV.16. (a) :</b> Réseau infrastructure en topologie arbre .....	81
<b>(b) :</b> Réseau Ad hoc en topologie arbre .....	81
<b>Figure IV.17. (a) :</b> Débit de réseau infrastructure et Ad hoc en topologie arbre .....	81
<b>(b) :</b> Délai de réseau infrastructure et Ad hoc en topologie arbre.....	81
<b>Figure IV.18. (a) :</b> Réseau infrastructure en topologie bus.....	82
<b>(b) :</b> Réseau Ad hoc en topologie bus .....	82
<b>Figure IV.19. (a) :</b> Délai de réseau Ad hoc et infrastructure en topologie bus.....	83
<b>(b) :</b> Débit de réseau Ad hoc et infrastructure en topologie bus .....	83
 <b>ANNEXE : Logiciel OPNET</b>	
<b>Figure 1 :</b> Principe d'exécution d'OPNET .....	86
<b>Figure 2 :</b> Workflow sous OPNET .....	87
<b>Figure 3 :</b> Editeur de projet.....	88
<b>Figure 4 :</b> Editeur des objets.....	88
<b>Figure 5:</b> Node model editor .....	89

<b>Figure 6 : Process model editor</b> .....	89
<b>Figure 7 : Analyse d'une simulation simple</b> .....	90
<b>Figure 8 : création d'un nouveau projet</b> .....	90
<b>Figure 9 : Nouveau scénario</b> .....	91
<b>Figure 10 : Type de projet</b> .....	91
<b>Figure 11 : Choix de type de réseau</b> .....	92
<b>Figure 12 : Dimensions de réseau</b> .....	92
<b>Figure 13 : Technologie de réseau</b> .....	92

## Liste des tableaux

<b>Tableau II.1</b> : Différentes révisions de la norme 802.11 .....	28
<b>Tableau II.2</b> : Fréquences centrales des sous canaux du mode DSSS .....	35
<b>Tableau III.1</b> : Propriétés fonctionnelles de poste de travail et de point d'accès .....	51





## Bibliographie

- [1] Note de ALCombaire basées sur le cours d'Alain Bawin, 01-04-2014.
- [2] HEDNA Saida, « Gestion de l'économie d'énergie dans les réseaux sans fil 802.11 Ad Hoc » ; Mémoire de Magister, Université de Université El Hadj Lakhdar – BATNA 2006 /2007.
- [3] RUFFIN Scott, Technicien Support Technique 4D-US, « Modèle de référence OSI »; Note technique 4D-200005-16-FR, Version 1, 1 Mai 2000.
- [4] BELATTAR Mounir, « Protocoles standards de communication des données spatiales des systèmes », Thèse de doctorat, Université Mentouri - Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département d'électronique,20 Juin 2012.
- [5] RAMAZANI Abbas, « Etude d'une architecture parallèle de processeur pour la transmission de données à haut débit »,Thèse de Doctorat,Université de Metz, Ecole doctorale Electronique-Electrotechnique,19 Juillet 2005.
- [6] URIEN Pascal, Cours Réseaux, 2011.
- [7] Réseaux informatique, 20/05/2010.
- [8]PILLOU Jean-François, «Topologie des réseaux »,www.commentcamarche.net,Septembre, 2015.
- [9] Les réseaux sans fil (Wireless Networks), HADDACHE © 2010/2011.
- [10] BOSSCHE Adrien Van den, « Proposition d'une nouvelle méthode d'accès déterministe pour un réseau personnel sans fil à fortes contraintes temporelles », Doctorat de l'Université de Toulouse II, 6 juillet 2007.
- [11] DI GALLO Frédéric, « WiFi L'essentiel qu'il faut savoir... », Extraits de source diverses récoltées en 2003.
- [12] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>.
- [13] ABOURA Wissam, BENHABIB Iman, « Etude et caractérisation de la couche physique d'ustandard(IEEE802.16/WIMAX)»,Mémoire de Master, UniversitéAbouBekrBelkaid,Tlemcen,Faculté de Technologie,2010.
- [14] Réseaux avec et sans fil,28/02/2010.

[15] BELABDELLI Abdelheq, OUKAZ Mokhtar, « Dimensionnement D'un Réseau Sans Fil Wifi », Mémoire de Master, Mémoire de Master, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2012.

[16][http://fr.wikipedia.org/wiki/General\\_Packet\\_Radio\\_Service](http://fr.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service).

[17] <http://www.journaldunet.com/encyclopedie/definition/192/50/20/umts.shtml>.

[18] Davor Males, « Wi-Fi par la pratique », 2ème édition, 2002, 2004.

[19] BEKHTI Sidi Mohammed Hadi et MOKHTAR Mourad, « Sécurité des réseaux WIFI sous Windows server 2003 », Mémoire de Master, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2010.

[20] Melle KHERBACHE Zeyneb et Melle LARIBI Amina, « Étude de la Qualité de Service (QoS) dans les réseaux WIFI », Mémoire de Master, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2011.

[21] BOUCHENAK Sofya, « Étude et mise en œuvre de protocoles de sécurité des réseaux Wi-Fi : Application au réseau de l'université de Tlemcen », Mémoire de Magistère, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2007.

[22] DIDI née LAHFA FEDOUA, « Qualité de Service dans les réseaux locaux sans fil de type IEEE 802.11 », Mémoire de Doctorat d'Etat, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2010.

[24] « Direct Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS) », 2004-08-25

<http://www.pouf.org/documentation/securite/html/node9.html>

[25] « Sequence Spread Spectrum (DSSS) », 2004-08-25

<http://www.pouf.org/documentation/securite/html/node10.html>

[26] MOKRI Karima Ikram et SIDHOM Zineb, « Evaluation des performances du réseau wifi en utilisant le simulateur OPNET », Mémoire de Mastère, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2011.

[27] CARSENAT David, « Contribution à l'étude de réseaux de communications sans fils FIL », Thèse de Doctorant, Université de limoges école doctorale Science – Technologie – Santé, Faculté des sciences et technologies, 2003.

[28] BATAILLE Charley, DJERROUD Sofia, ALLAH Sasid, PHAMPANG Christine, ROCHE Virginie, ING5 TR, «Projet de fin d'études : Réalisation d'un réseau wifi sous OPNET et implémentation de mécanismes de sécurité », Ecole centrale d'électronique, Groupe ECE.

[29] BENBRAHIM Khaled et BEN SAADA Wahiba, « Conception des réseaux locaux informatiques par les logiciels Cisco Packet Tracer OPNET », Mémoire de Mastère, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2015.

[30] ENSC 427 Communication networks Wifi network simulation OPNET Spring 2009.

[31] MEENAKSHI Parneek Kaur, « Performance Metrics of WLAN for Different Applications Using OPNET », International Journal of P2P Network Trends and Technology –Volume 12 Number 1 – Oct2014.

[32] RIAHI Mohammed Nadjib, «Conception des réseaux locaux sans fil avec logiciel OPNET», Mémoire de Mastère, UniversitéAbouBekrBelkaid, Tlemcen, Faculté de Technologie, 2014.

[33] JABRI Issam, « Gestion dynamique des topologies sans fil », Thèse de doctorat, Centre de recherche en Automatique de Nancy, 2008.

[34] <http://www.stidentsplanet.net/>

[35] Dr. Ashraf S. Mahmoud, «Network Simulation Tools – OPNET Modeler, Wi-Fi Network Implementation», 25/2/2007.

[36] H.S.Mewara, MUKESH Kumar Sain, « Performance Analysis of Access Point for IEEE802.11g Wireless LAN UsingOpnet Simulator », International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) [Vol-1, Issue-1, June 2014].

[37] <http://ansinet.com/itj>.

[38] International Journal of Computer Applications® (IJCA) (0975 – 8887) National Seminar on RecentAdvances in Wireless Networks and Communications, NWNC-2014.

## Résumé

La croissance continue du développement des technologies sans fil promet un avenir florissant pour les systèmes WLAN en particulier les systèmes WiFi.

Ce mémoire présente la norme Wifi qui est une technologie sans fil, utilisant les ondes radio qui éliminent les câbles. Pour ce faire une description de cette norme était nécessaire en citant quelques caractéristiques et notion de base.

De même, ce travail est consacré à la conception des réseaux locaux sans fil de types WiFi en deux modes différents : en mode infrastructure et en mode Ad hoc par le logiciel OPNET afin d'évaluer les performances de ces réseaux. Les résultats de simulation sont alors présentés et discutés.

**Mots clés :** Réseau sans fil, WiFi, conception, mode infrastructure, mode Ad hoc, OPNET, résultats

## Abstract

The continued growth of the wireless technology development promises a flourishing future for the WLAN systems in particular the WiFi systems.

This memory presents the WiFi standard that is a wireless technology using the radio waves that eliminate the cables. For that to make a description of this standard was necessary by quoting some characteristics and basic concept.

Similarly, this work is devoted to the design of wireless local area networks of WiFi types in two different modes: in infrastructure mode and Ad hoc mode by the OPNET software in order to evaluate the performance of these networks. The simulation results are then presented and discussed.

**Key words:** Wireless network, Wifi, conception, infrastructure mode, Ad hoc mode, OPNET, results.

## ملخص

ان النمو المستمر لتطوير التكنولوجيا اللاسلكية يعد بمستقبل مشرق لأنظمة WLAN وبالأخص نظام الواي فاي.

هذه المذكرة تشرح نظام عمل الواي فاي الذي يعد من ضمن التكنولوجيا اللاسلكية باستخدامه موجات الراديو التي تقضي على الكابلات. كما قمنا بوصف بعض الخصائص والمفاهيم الأساسية لهذا النظام. وبالمقابل، تركز هذا العمل لتصميم أنواع الشبكات المحلية اللاسلكية من نوع واي فاي في وضعين مختلفين: بوضع البنية التحتية بواسطة برنامج OPNET لتقييم أداء هذه الشبكات. كما قمنا بعرض ومناقشة نتائج المحاكاة.

**كلمات البحث:** الشبكة اللاسلكية، واي فاي، التصميم، طريقة البنية التحتية، طريقة مخصصة، OPNET المحاكاة، نتائج.