REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRQTIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de Technologie

Département de génie électrique

Mémoire de fin d'études de master en

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU SANS FIL WIFI DANS BIBLIOTHEQUE AVEC JARDIN ET CONFIGURATION PAR SIMULATEUR PAQUET TRACER

Présentés par :

KOUDRI Aymen

KHELIL CHERFI Khaled

Proposés et dirigés par :

Dr. KALACHE Mohamed Aissa

Promotion 2024

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon encadrant Mohamed Aissa KALACHE pour sa volonté d'encadrer ce travail ainsi que pour sa riche contribution et ses précieux conseils.

Je retiens à remercier également le jury d'avoir accepté l'évaluation de Ce travail.

J'exprime mes sincères reconnaissances à l'égard de tous ceux qui ont contribué à mes études, particulièrement les enseignants de UNIVERSITE D.R YAHIA FARES DE MEDEA.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont prêté main forte dans L'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce projet de fin d'études, aux personnes qui me sont les plus chères :

À ma famille Koudri et Chiker

Mes parents qui m'ont énormément soutenu Dans les moments les plus difficiles.

A mes frères pour ses encouragements.

A mes amis et collègues.

A tous ceux qui comptent pour moi,

A tous ceux pour qui je compte

Koudri AYMEN

Dédicace

Je voudrais avant tout remercier le bon Dieu, le seul qui m'a donné le courage et la volonté nécessaires pour affronter les différentes difficultés de la vie.

Je dédie cet humble travail :

à mes chers parents, source de vie, d'amour et d'affection pour mon père Bachir et ma mère Saliha, à qui je ne pourrai jamais exprimer ma gratitude et mon appréciation pour leurs efforts. Amour et affection.

Le soutien tout au long de mes études

Leurs prières et leurs sacrifices pour mon bien-être et mon bonheur.

À la famille de Khelil cherfi, en particulier à mes sœurs Amira,

Iman et Salma . Et leurs fils, filles et hommes

Et mes tantes et cousines pour leur soutien et leur amour.

Sources de joie et de bonheur

À mes amis : Alaa, Islam, Osama, Rami, Sofian ,Younes, et tout particulièrement à mon cher ami Ayman et Marwa qui m'a aidé pour réaliser ce travail.

Nous dédions ce travail à notre superviseur, M. Muhammad Kalach, pour ses précieux conseils qui ont grandement contribué à l'achèvement de ce travail. Nous espérons qu'ils trouveront ici Une expression de notre plus profonde gratitude.

À toi, cher lecteur.

Et à tous ceux qui nous ont soutenu dans la réussite de ce projet.

Khelil Cherfi Khaled

ملخص

تجعل الشبكات اللاسلكية من السهل جداً توصيل الأجهزة الموجودة على مسافة تصل إلى عشرات أمتار. المعيار الأكثر استخدامًا حاليًا للشبكات اللاسلكية هو معيارIEEE 802.11 ، والمعروف باسمWi-Fi ، قمنا في رسالتنا بشرح شبكة Wi-Fi وعرضنا معايير IEEE 802.11 المختلفة. في هذه الرسالة قمنا بدراسة وتحديد أبعاد شبكة Wi-Fi محلية في مكتبة وحديقة بهدف الوصول إلى الإنترنت. يبلغ إجمالي السرعة المحسوب حوالي 900 ميجابت/ثانية. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بمحاكاة شبكتنا المقترحة على جهاز محاكاة Packet Tracer لذلك، وجدنا أن هناك اتصال جيد بين المستخدم وخادم HTTP بعد الاختبار باستخدام أمرPing.

الكلمات المفتاحية: الشبكات اللاسلكية، شبكة Wi-Fi، إزالة الأبعاد، تكوين تتبع الحزمة

Abstract

Wireless networks make it very easy to connect equipment located up to ten meters apart. The most currently used standard for wireless networks is the IEEE 802.11 standard, better known as Wi-Fi. In our memory, we explained the Wi-Fi network and presented its different IEEE 802.11 standards. In this memory, we studied and dimensioned a local Wi-Fi network in a library and a garden, with the aim of accessing the Internet. The total calculated bandwidth is approximately 900 MBit/s. In addition, we simulated our proposed network on the Packet Tracer simulator. Therefore, it was found that there is good communication between a user and an HTTP server after testing with the Ping command.

Mots clés : les réseaux sans fils , réseau Wi-Fi, Démensionment, Configuration packet tracer

Résumé

Les réseaux sans fil permettent de relier très facilement des équipements distants d'une dizaine de mètres. La norme la plus utilisée actuellement pour les réseaux sans fil est la norme IEEE 802.11, plus connue sous le nom de Wi-Fi. Dans notre mémoire, on a expliqué le réseau Wi-Fi et on a présenté ses différentes normes IEEE 802.11. Dans ce mémoire, on a étudié et dimensionné un réseau local Wi-Fi dans une bibliothèque et un jardin, dans le but d'accéder à l'Internet. La bande passante totale calculée est d'environ 900 MBit/s. En plus, on a simulé notre réseau proposé sur le simulateur Packet Tracer. Par conséquent, on a trouvé qu'il y'a une bonne communication entre un utilisateur et un serveur HTTP après un test par la commande Ping.

Keywords: wireless networks, Wi-Fi, dimensionality removal, packet trace configuration

Table des matières

Remerciements I

Dédicace II

Résumé IV

Table des matières V

Liste des figures IX

Liste des tableaux XI

Introduction Générale 3

Chapitre I : GENERALITES SUR LES RESEAUX SANS FIL 4

I.1 Introduction 4

I.2 Définition des réseaux sans fil 4

I.3 Classification des réseaux sans fil : 6

I.3.1. Les réseaux personnels sans fil (WPAN) 6

I.3.2 Les réseaux locaux sans fil (WLAN) 9

I.3.2.1 Le Wifi 10

I.3.2.2 Hyper LAN 10

I.3.2.3 Le Home RF 11

I.3.3 Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN) 11

I.3.4 Les réseaux étendus sans fil (wwan) 12

I.3.4.1 GSM 13

I.3.4.2 GPRS 14

I.3.4.3 La technologie LTE (4G) 17

I.3.4.4 Architecture générale d'un réseau LTE 18
I.3.4.4.1 Réseau cœur 4G/LTE 18
I.3.4.4.2.La partie radio eUTRAN 19
I.4 Avantages et inconvénients des réseaux sans fil : 20
I.4.1. Avantages des réseaux sans fil 20
I.4.2. Inconvénients des réseaux sans fil 21
I.5 Conclusion : 21
Chapitre II : LE RESEAU SANS FIL WIFI: 4
II.1 Introduction 23
II.2 Présentation 23
II.3 Normes de couche physique : 23
II.3.1. 802.11b 23
II.3.2. La norme 802.11a 24
II.3.3. 802.11g 24
II.3.4. Le standard 802.11n 25
II.3.5. La norme 802.11ac 26
II.3.6. La norme IEEE 802.11ax 26
II.3.7 Comparaison entre les fréquences wifi 27
II.4 Les protocoles IEEE 802 27
II.4.1 Architecture de protocoles 27
II.4.2 Format de trame MAC 30
II.4.3 Contrôle de liaison logique (LLC) 31
II.5 Architecture des réseaux IEEE 802.11 33
II.6. Les topologies d'un réseau WI-FI 35
II.6.1. Le mode Ad-Hoc 35
II.6.2. Le mode infrastructure 36

II.7. Les matériels 37
II.7.1 La carte réseau.....37
II.7.2. L'équipement d'infrastructure.....38
II.7.3. Les périphériques Wi-Fi :.....39
II.8. Sécurisation.....39
II.8.1. WPA.....39
II.8.2. WPA2.....42
II.9 Conclusion 42
Chapitre III : DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU WIFI PUBLIC DANS BIBLIOTHEQUE AVEC JARDIN ET CONFIGURATION PAE PAQUET TRACER …….....44
III.1 Introduction.....45
III.2 Dimensionnement d'un réseau WIFI public dans un projet 45
III.2.1 Explication de besoin.....45
III.2.2 Schéma général de dimensionnement d'un réseau wifi.....47
III.2.3 Problématiques de dimensionnement d'un réseau wifi 48
III.2.3.1 Les zones et les surfaces de couverture dans le projet.....48
III.2.3.2 Affectations des canaux.....52
III.2.3.3 Choix de fréquences dans le projet.....55
III.2.3.4 Les topologies des cellules 56
III.2.3.5 Choix de topologie dans le projet 56
III.3 Processus de dimensionnement d'un réseau WIFI dans le projet.....57
III.3.1 Calcule théorique du rayon de cellule.....57
III.4 Dimensionnement des cellules WIFI dans le projet 63
III.4.1 Détermine les rayons des cellules et le nombre des cellules 63
III.4.2 Les calculs des rayons et le nombre des cellules.....63
III.5 Les calcules de la bande passante et le nombre de point d'acces.....66
III.6 Nombre des switchs.....69

III.7 Résultats final de dimensionnement dans le projet.....69
III.8 Simulateur packet tracer 70
III.8.1. Configuration de matériels sur packet tracer 70
III.8.1.1. La classe de l'adresse IP utilisée 70
III.8.1.2 Architecture proposée du réseau LAN sur Packet tracer.....70
III.8.1.3 configurations de routeur.....71
III.8.1.4 Configurations de serveur DHCP 72
III.8.2 Architecture final de réseau LAN dans le projet 74
III.8.3 Simulation sur packet tracer 75
III.9 Conclusion 76
Conclusion générale.....77

Liste des figures

Figure I.1 Composition d'un réseau Wi-Fi 5
Figure I. 2 Classification des réseaux sans fil 6
Figure I. 3 Exemple d'un réseau personnel sans fil WPAN 8
Figure I. 4 Architecture du réseau métropolitain sans fil 11
Figure I. 5 Architecture du réseau GSM. 13
Figure I. 6 Architecture du réseau GPRS. 15
Figure I.7 Architecture générale de l'UMTS. 16
Figure I. 8 Architecture générale d'un réseau LTE 18
Figure I. 9 Architecteur de l'EPC 19
Figure I. 10 La partie radio eUTRAN 20
Figure II. 1 Les vitesses de transmission du 802.11b, Autour d'une antenne omnidirectionnelle 24
Figure II. 2 logo de n-draft 25
Figure II. 3 Exemple d'une carte réseau compatible- N draft 25
Figure II. 4 comparaisons de débit/portée entre les fréquences 2.4GHz et 5GHz 27
Figure II .5 comparaison de l'architecture de protocole 28
Figure II. 6 mise en situation des protocoles IEEE 802 30
Figure II. 7 PDU LLC dans une trame MAC au format générique 31
Figure II .8 architecture 802.11 34
Figure II. 9 réseau wifi en mode Adhoc 35
Figure II. 10 réseau Wifi en mode infrastructure 36
Figure II. 11 un pont wifi 37
Figure II. 12 types de carte wifi 38
Figure II. 13 concentrateurs wifi 38
Figure II. 14 Périphériques WIFI 39
Figure II. 15 Exemple de choix d'une sécurité Wi-Fi sur une box Internet [17] 40

Figure II .16 Configuration du protocole de chiffrement 41
Figure II. 17 Configuration WPA2 avec AES 42
Figure III. 1 plan de projet 46
Figure III. 2 Dimension de zone de projet 46
Figure III. 3 Algorithme de dimensionnement 47
Figure III. 4 Les zones à couvrir dans le RC 48
Figure III. 5 Les zones à couvrir dans l'étage 1 49
Figure III. 6Les zones à couvrir dans l'étage 2 49
Figure III. 7 Les zones à couvrir dans un jardin 51
Figure III. 8 Exemple pour une distance de 50 m l'atténuation est de 74 dB, elle passe à 80 dB pour 100 m 51
Figure III. 9 Représentation graphique des canaux wifi dans la bande ISM (5 GHz). 53
Figure III. 10 Représentation graphique des canaux wifi dans la bande ISM (2,4 GHz). 54
Figure III. 11 Affectation de 3 canaux dans la bande ISM (2.4 GHz). 55
Figure III. 12 Topologie des cellules dans le RC disjointes 56
Figure III .13 Topologie des cellules dans le 1are étage et 2éme étage recouvrent 57
Figure III. 14 Topologie des cellules dans le jardin et les cafeterias recouvrent mutuellement 57
Figure III. 15 Connexions d'un réseau sans fil WIFI entre un point d'accès et un utilisateur 60
Figure III. 16 Rayon d'une cellule 61
Figure III. 17 Les rayons et le nombre des cellules dans les zones de surface 200m^2 64
Figure III. 18 Les rayons et le nombre des cellules dans les deux zones de surface 375m^2. 65
Figure III. 19 Les rayons et le nombre des cellules dans la zone de surface 4200m2 66
Figure III. 20 La bande passant et le nombre de point d'accès de la zone 2 et 6 67
Figure III. 21 La bande passant et le nombre de point d'accès de la zone 1 et 3 67
Figure III. 22 La bande passant et le nombre de point d'accès de la zone 4 et 5 68
Figure III. 23 La bande passant et le nombre de point d'accès dans le jardin et cafétéria 68
Figure III. 24 Calcule du nombre de switch 69
Figure III. 25 Schémas synoptiques de réseau LAN dans le projet 71
Figure III. 26 Configuration de l'interface Giga Ethernet/0/0 72
Figure III .27 Configuration de l'interface Giga Ethernet/0/1 72
Figure III.28 : Configuration de serveur DHCP 73

Figure III. 29 Exemple de Configuration point d'accès 73
Figure III. 31 L'architecture globale de notre réseau Wi-Fi 75
Figure III .31 Test avec la commande "ping" 75

Liste des tableaux

Tableau II.1 montre une comparaison entre les normes IEEE 802.11 de la couche physique 26
Tableau III.1 Atténuation du signal causée par différents matériaux 50
Tableau III.2 Tableau de la surface 52
Tableau III. 3 les quatorze canaux de la bande ISM (2.4GHz). 53
Tableau III. 4 Exemple d'estimation des débits crête par application 62
Tableau III.5 le résultat final dans le projet 69
Tableau III. 6 les classe A, B et C de l'adresse IP 70
Tableau III. 7 Les paramètres de points d'accès 74

Liste d’abréviations

ABIS: Automated Biometric Identification System

AC: Acknowledged Connectionless

AES: Advanced Encryption Standard

AP: Access Point

AuC: Authentication

BG: Border Gateway

BGP: Border Gateway Protocol

BLR: Boucle Locale Radio

BSC : Base Station Controller

BSS: Base Station Subsystem

BSS : Basic Service Set

BTS: Base Transceiver Station

BWA: Broadband Wireless Access

CPRI: Common Public Radio Interface

CRC: Cyclic Redundancy Check

CS: Circuit Switched

DM: Disconnected Mode

DS: Distribution System

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

EIR: Equipment Identity Register

eNode B: evolved Node B

EPC: Evolved Packet Core

ESS: Extended Service Set

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GPRS: General Racket Radio Service

GSM: Global System for Mobile

HDLC: High-Level Data Link Control

Hiper LAN: High Performance Radio Local Area Network

HLR: Home Location Register

HSS: Home Subscriber Server

IBSS: Independent BSS

IP: Internet Protocol

IPS: Internet Protocol Security

ISM : Industriel, Scientifique, et Médical

LDPC: Low Density Parity Check

LLC: Logical Link Control

LTE: Long Term Evolution

MAC: Media Access Control

MIC: Message Integrity Code

MIMO: Multiple Input Multiple Output

MME: Mobility Management Entity

MS: Mobile Station

MSC: Mobile services Switching Center

NSS: Network Sub-System

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OSI: Open Systems Interconnection

OSS: Operations Support System

PC: Personal Computer

PCU: Packet Control Unit

PDA: Personnel Digital Assistant

PDU: Protocol Data Unit PDU

P-Gw : Packet Data Network Gateway

PLMN: Public Land Mobile Network

PS: Paquet Switched

PSK: Phase-Shift Keying

RADIUS: Remote Authentication Dial in User Service

RNS: Radio Network Subsystem

SIM: Subscriber Identity Module

SGSN: Serving GPRS Support Nod

SGW: Serving Gateway

SNR: Signal to Noise Ratio

SS: Support System

SSID: Service Set Identifier

TKIP: Temporal Key Integrity Protocol

Tv: Television

UE: User Equipment

UHF: Ultra High Frequency

UMTS : Universal Mobile Télécommunication System

USIM: Universal Subscriber Identity Module

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network

VLR: Visitor Location Register

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access

WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance

WEP: Wired Equivalent Privacy

Wi-Fi: Wireless Fidelity

WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access

WLAN: Wireless Local Area Network

WMAN: Wireless Metropolitan Area Network

WWAN: Wireless Wide Area Network

Introduction Générale

Le service internet est très important dans notre vie. Il donne accès à des services innovants comme la télévision haute définition, la téléconférence, les visites virtuelles, etc. le réseau internet est un réseau informatique mondial, sur lequel circulent des données à travers divers protocoles de communication. Il y a plusieurs technologies pour l'accéder à l'internet. Dont l'ADSL « *Asymetric Digital Subscriber Line* » et désigne la liaison numérique sur la ligne de l'abonné téléphonique. L'ADSL utilise comme support le fil téléphonique classique en cuivre pour y transporter des données qui sont numérisées et dont le débit descendant. Une autre technologie pour accéder à l'internet est Le FTTX « *Fibre To The x* » consiste à amener la fibre optique au plus près de l'utilisateur, afin d'augmenter la qualité de service (en particulier le débit).

Une fois l'internet est arrivé à un endroit comme une maison, un bâtiment ou un jardin, etc. nous devons une moyenne pour le partager avec les utilisateurs. Un réseau local sans fil Wi-Fi est le meilleur moyen pour partager les données d'Internet. Les technologies sans fil ont connu un essor considérable, que ce soit au niveau commercial ou dans le domaine des recherches, ceci revient aux multiples avantages qu'elles offrent (mobilité, faible coût, etc.).

Un réseau local (LAN) est un réseau contenu au sein d'une zone géographique restreinte, généralement à l'intérieur d'un même bâtiment. Les réseaux Wi-Fi domestiques et les réseaux de petites entreprises sont des exemples courants de réseaux LAN.

L'objective de notre thèse est d'étudier et faire un dimensionnement d'un réseau sans fil Wi-Fi dans un bibliothèque accolée à un jardin à pour but d'accéder au service Internet. L'architecture de notre réseau Wi-Fi est composée de plusieurs point d'accès reliés à des Switchs par des câbles Ethernet, ce dernier relier d'un routeur.

Le premier chapitre présent les différents réseaux sans fil existes, tel que les réseaux LAN (Wi-Fi). Dans le deuxième chapitre on va expliquer la technologie sans fil Wi-Fi, en présentant les différents normes IEEE802.11x puis on va étudier l'aspect architecture des réseaux Wi-Fi. Dans le troisième chapitre on va commencer par le dimensionnement dans lequel on va étudier les processus de dimensionnement de réseau et on va simuler ce réseau sur le logiciel «*Packet Tracer*».

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES RESEAUX SANS FIL

Chapitre I : GENERALITES SUR LES RESEAUX SANS FIL

I.1 Introduction

Un réseau sans fils (en anglais Wireless network) est un réseau dans lequel au moins deux terminaux peuvent communiquer sans liaison filaire. 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, c'est la raison pour laquelle on entend parfois parler de "mobilité".

Les réseaux sans fils sont basés sur une liaison utilisant des ondes radioélectriques (radio et infrarouges) en lieu et place des câbles habituels. Il existe plusieurs technologies se distinguant d'une part par la fréquence d'émission utilisée ainsi que le débit et la portée des transmissions. Les réseaux sans fils permettent de relier très facilement des équipements distants d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres.

De plus, l'installation de tels réseaux ne demande pas de lourds aménagements des infrastructures existantes comme c'est le cas avec les réseaux filaires. En contrepartie se pose le problème de la réglementation relative aux transmissions radioélectriques.

Enfin, les ondes hertziennes sont difficiles à confiner dans une surface géographique restreinte, il est donc facile pour un pirate d'écouter le réseau si les informations circulent en clair. Il est donc nécessaire de mettre en place les dispositions nécessaires de telle manière à assurer une confidentialité des données circulant sur les réseaux sans fil.

I.2 Définition des réseaux sans fil

Un réseau sans fil, ou Wireless network, est un système où au moins deux appareils peuvent communiquer sans connexion filaire en utilisant des ondes radio. Ces réseaux informatiques connectent différents dispositifs tels que des ordinateurs, des ordinateurs portables, des assistants numériques personnels (PDA), des caméras wifi, etc., via des ondes radio. Ils sont composés d'une station de base (BTS) offrant une couverture soit en Point à Point, soit en Point Multipoint, également appelée cellulaire. Ce dernier type est couramment utilisé dans les réseaux locaux pour desservir un groupe d'abonnés dans une zone définie. Les liaisons de la BTS vers les abonnés sont appelées voies descendantes (down Stream), tandis que les liaisons des abonnés vers la BTS sont appelées voies montantes (up Stream).

Ces dernières années, les connexions sans fil ont connu une croissance significative pour répondre aux besoins des utilisateurs nomades. Elles permettent de connecter des périphériques mobiles aux réseaux informatiques sans recourir à des câbles, préservant ainsi la mobilité des utilisateurs. Les avantages principaux résident dans la couverture étendue de ces réseaux, pouvant aller de quelques mètres à plusieurs kilomètres (notamment avec le WiMax controversé). De plus, grâce à l'interopérabilité des différentes normes telles que 802.11a, 802.11b, 802.11g pour le Wi-Fi, les utilisateurs bénéficient d'une compatibilité accrue.

Le Wi-Fi, basé sur la norme ISO 802.11, utilise des ondes radio à une fréquence de 2,4 GHz pour propager le signal. Il permet, via un routeur ou un point d'accès, de couvrir une zone allant jusqu'à environ cent mètres en théorie. Cependant, comme pour les réseaux filaires, la qualité du signal se dégrade rapidement en fonction de la distance par rapport au point d'accès, ainsi que des obstacles présents entre le routeur et les appareils clients. Il est toutefois possible d'améliorer la couverture en associant plusieurs points d'accès Wi-Fi sur le même réseau.

En ce qui concerne les débits, le Wi-Fi peut offrir des vitesses allant jusqu'à 54 Mbps pour la norme G (Super G de D-Link) et 11 Mbps pour la norme B. Pour les appareils légers comme les PDA ou les téléphones portables, la technologie Bluetooth est souvent privilégiée en raison de sa faible consommation d'énergie. [1]



Figure I.1 Composition d'un réseau Wi-Fi

I.3 Classification des réseaux sans fil :

Plusieurs technologies de réseaux sans fil standardisées sont disponibles aujourd'hui [2] il n'existe pas de technologie parfaite et chacune d'elle représente un équilibre entre plusieurs facteurs dont les plus importants sont la fréquence d'émission utilisée, le type de modulation, la puissance du signal radio, la sensibilité des équipements de réception et le débit ; le choix d'une technologie sans fil dépend donc de l'usage que l'on souhaite en faire.

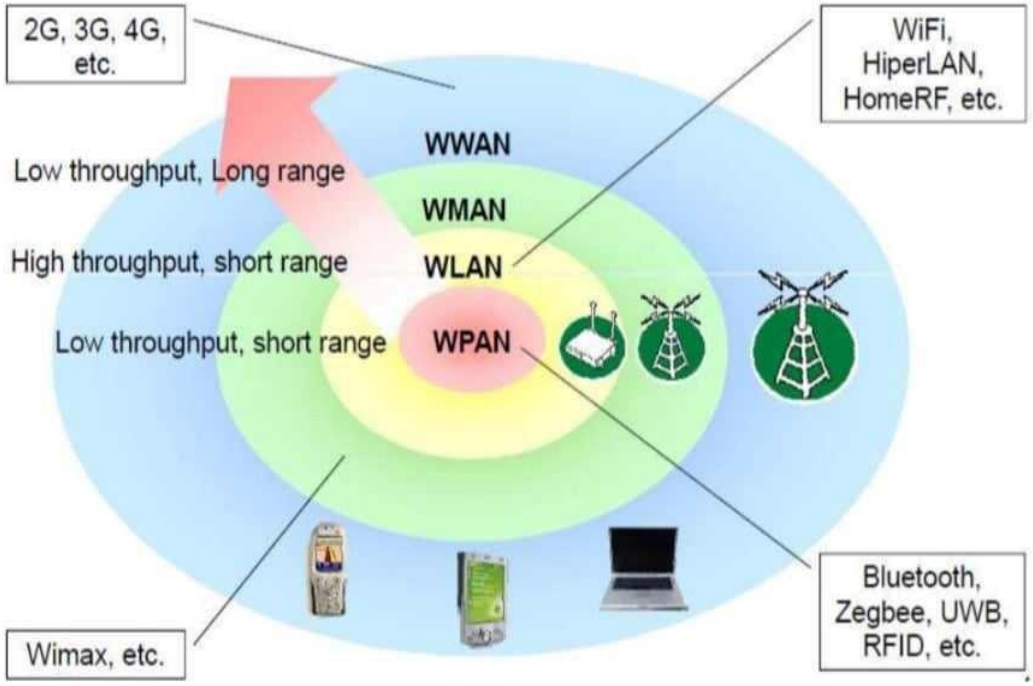


Figure I.2 Classification des réseaux sans fil

I.3.1. Les réseaux personnels sans fil (WPAN)

Le groupe IEEE 802.15 a été mis en place en mars 1999 dans le but de réfléchir aux réseaux hertziens d'une portée d'une dizaine de mètres, ou WPAN (Wireless Personale Area Network), avec pour objectif de réaliser des connexions entre les différents portables d'un même utilisateur ou de plusieurs utilisateurs. Ce réseau peut interconnecter un PC portable (laptop), un téléphone portable, un PDA ou tout autre terminal de ce type.

Dans ce cadre, trois groupes de services ont été définis, A, B et C. Le groupe A utilisent la bande du spectre sans licence d'utilisation (2,4 GHz) en visant un faible coût de mise en place et d'utilisation. La taille de la cellule autour du point d'émission est de l'ordre du mètre. La

consommation électrique doit être particulièrement faible pour permettre au terminal de tenir plusieurs mois sans recharge électrique. Le mode de transmission choisi est sans connexion. Le réseau doit pouvoir travailler en parallèle d'un réseau IEEE 802.11. Sur un même emplacement physique, il peut donc y avoir en même temps un réseau de chaque type, les deux pouvant fonctionner, éventuellement de façon dégradée [3].

Le groupe B affiche des performances en augmentation, avec un niveau MAC pouvant atteindre un débit de 100 Kbit/s. Le réseau de base doit pouvoir interconnecter au moins seize machines et proposer un algorithme de QoS, ou qualité de service, pour autoriser le fonctionnement de certaines applications, comme la parole téléphonique, qui demande une qualité de service assez stricte.

La portée entre l'émetteur et le récepteur atteint une dizaine de mètres, et le temps maximal pour se raccorder au réseau ne doit pas dépasser la seconde. Enfin, cette catégorie de réseau doit posséder des passerelles avec les autres catégories de réseaux 802.15 [3]. Le groupe C introduit de nouvelles fonctionnalités importantes pour particuliers ou entreprises, comme la sécurité de la communication, la transmission de la vidéo et la possibilité de roaming, ou itinérance, entre réseaux hertziens.

Pour répondre à ces objectifs, des groupements industriels se sont mis en place, comme Bluetooth ou Home RF. Bluetooth regroupe plus de 800 sociétés qui ont réalisé une spécification ouverte de connexion sans fil entre équipements personnels. Bluetooth est fondé sur une liaison radio entre deux équipements, tandis que Home RF s'intéresse à la connexion des PC avec toutes les machines domestiques sur une portée de 50 m. Le groupe de travail IEEE 802.15 s'est scindé en quatre sous-groupes :

- IEEE 802.15.1, pour les réseaux de catégorie C.
- IEEE 802.15.3 pour les réseaux de catégorie B.
- IEEE 802.15.4 pour les réseaux de catégorie A.
- IEEE 802.15.2 pour s'occuper des problèmes d'interférences avec les autres réseaux utilisant la bande des 2,4 GHz [3].

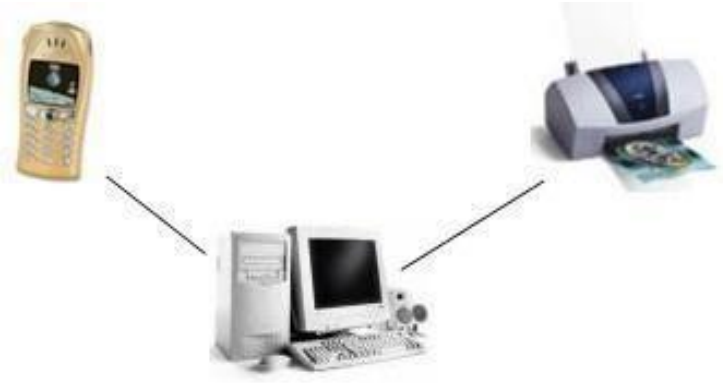


Figure I.3 Exemple d'un réseau personnel sans fil WPAN

.

Il existe plusieurs technologies utilisées pour les WPAN :

I.3.1.1 Le Bluetooth

Bluetooth est une norme de télécommunications permettant l'échange bidirectionnel de données à courte distance en utilisant des ondes radio UHF sur une bande de fréquence comprise entre 2,402Ghz et 2,480GHz. Son but est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques à proximité en supprimant des liaisons filaires. Elle peut remplacer par exemple les câbles entre ordinateurs, tablettes, haut-parleurs, téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes, scanneurs, claviers, souris, manettes de jeu vidéo, téléphones portables, assistants personnels, systèmes avec mains libres pour microphones ou écouteurs, autoradios, appareils photo numériques, lecteurs de code-barres et bornes publicitaires interactives.[4]

I.3.1.2 La technologie ZigBee

ZigBee est la norme de réseau maillé sans fil la plus populaire dans le secteur, utilisée pour connecter des capteurs, des systèmes d'instrumentation et de contrôle. Ce protocole, qui

fonctionne dans le cadre d'un réseau personnel sans fil (WPAN), est souvent qualifié de "l'Internet des objets". En théorie, votre cafetière compatible ZigBee pourrait communiquer avec votre grille-pain compatible ZigBee.

ZigBee est un protocole ouvert et mondial basé sur des paquets, conçu pour offrir une architecture conviviale pour la création de réseaux sans fil sûrs, fiables et à faible consommation d'énergie. Il est largement utilisé dans les applications industrielles pour sa capacité à réduire les coûts en éliminant les câblages coûteux et sujets aux dommages.

Avec Zig Bee et IEEE 802.15.4, les équipements de contrôle de flux ou de processus peuvent être déployés n'importe où dans un système tout en restant connectés au reste du réseau. Cette flexibilité permet de déplacer facilement les capteurs, les pompes ou les vannes, car le réseau ne dépend pas de l'emplacement physique des dispositifs. [5]

I.3.1.3 Les liaisons infrarouges

Les télécommandes sont largement présentes dans les foyers. Un exemple courant en est les télécommandes infrarouges. Cette technologie offre une solution simple et peu coûteuse. Cependant, elle est très sensible au positionnement des appareils, nécessitant qu'ils soient alignés face à face pour fonctionner correctement. De plus, les perturbations lumineuses peuvent interférer avec leur fonctionnement.

Ces télécommandes ont une portée limitée, fonctionnant généralement sur quelques mètres seulement. Leur vitesse de transmission est également relativement basse, se situant dans la plage de quelques mégabits par seconde. [6]

I.3.2 Les réseaux locaux sans fil (WLAN)

Le LAN sans fil (WLAN) est un système de transmission des données conçu pour assurer une liaison indépendante de l'emplacement des périphériques informatiques qui composent le réseau et utilisant les ondes radios plutôt qu'une infrastructure câblée. Il permet de relier entre eux les terminaux présents dans la zone de couverture. Ce qui est très intéressant c'est sa vitesse de transfert. Il existe différentes technologies utilisées pour les WLAN :

I.3.2.1 Le Wifi

Le Wi-Fi, ou Wifi, est un réseau local lancé en 1999 qui utilise des ondes radioélectriques pour relier entre eux, sans fil, plusieurs appareils informatiques dans le but de faciliter la transmission de données. Le terme est une abréviation de Wireless Fidélité qui peut être traduite en français par "fidélité sans fil". Régi par les normes IEEE 802.11, le Wifi est principalement utilisé pour relier des appareils (ordinateurs portables, PDA, etc.) à des liaisons haut débit. On le retrouve en particulier dans le domaine d'Internet avec des appareils nomades connectés au réseau Wifi plutôt que par un câble Ethernet [7].

I.3.2.2 Hyper LAN

Acronyme de « High Performance Radio Local Area Network » norme européenne élaborée par l'ETSI "Européen télécommunications Standards Institute »; Elle comprend plusieurs familles à savoir : HiperLAN type 1 destiné aux communications réseaux sans fil à l'intérieur des bâtiments, offrant un débit de 20Mbps, d'une portée d'environ 50 mètres. HiperLAN 2 étend la portée à 200 mètres et le débit à 54 Mbps. HiperLAN 3, appelée également Hiper-Access et HiperLAN 4 (HiperLink) sont réservées à des accès plus étendus.

Malgré la prédominance commerciale du Wi-Fi, les équipements HiperLAN sont relativement peu nombreux. Cependant, il est important de noter que certaines des recherches menées pour cette technologie européenne ont contribué au développement de techniques utilisées dans le projet 802.11, qui est à la base du Wi-Fi tel que nous le connaissons aujourd'hui..

I.3.2.3 Le Home RF

Lancé en 1998, n'a pas su conquérir les utilisateurs malgré le soutien d'Intel. Cette solution a été abandonnée en 2003. Ça vitesse était d'environ 10Mbits/s avec une portée avoisinant les 100 mètres.

I.3.3 Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16, et offrent un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres. Ce type de connexion est donc principalement destiné aux opérateurs de télécommunication.

- **WiMax**

Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN) basés sur la norme IEEE 802.16 sont souvent désignés sous le nom de Boucle Locale Radio (BLR), et la technologie la plus courante utilisée dans ce contexte est le WiMax. Le WiMax permet une connectivité sans fil à haut débit sur des distances plus étendues, ce qui en fait une solution adaptée aux réseaux métropolitains.

- **WiMax fixe et WiMax mobile**

Les révisions du standard IEEE 802.16 se déclinent en deux catégories:

- WiMax fixe, également appelé IEEE 802.16-2004, est prévu pour un usage fixe avec une antenne montée sur un toit, à la manière d'une antenne TV. Le WiMax fixe opère dans les bandes de fréquence 2.5 GHz et 3.5 GHz, pour lesquelles une licence d'exploitation est nécessaire, ainsi que la bande libre des 5.8 GHz.

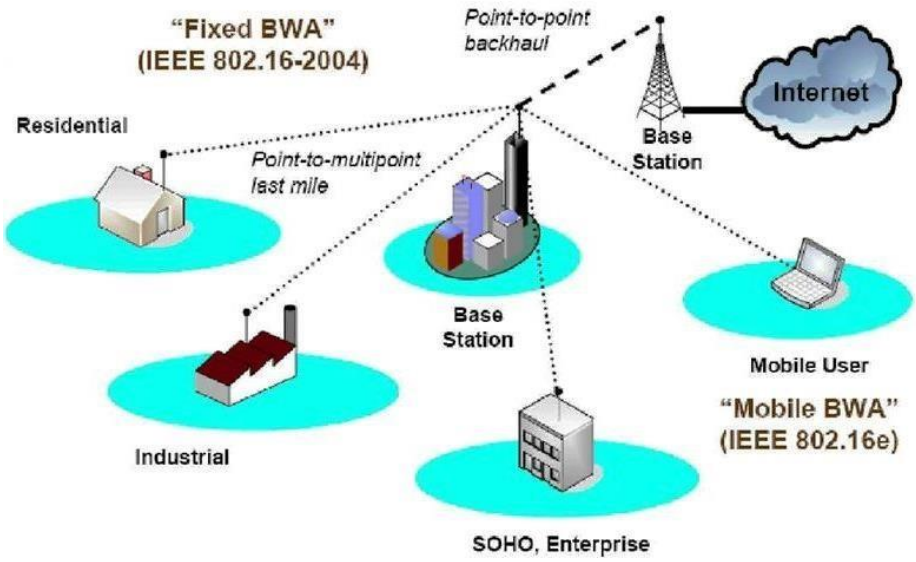


Figure I.4 Architecture du réseau métropolitain sans fil.

- WiMax mobile (en anglais WiMax portable), également baptisé IEEE 802.16e, prévoit la possibilité de connecter des clients mobiles au réseau internet. Le WiMax mobile ouvre ainsi la voie à la téléphonie mobile sur IP ou plus largement à des services mobiles haut débit.

I.3.4 Les réseaux étendus sans fil (WWAN)

Un réseau sans fil à large bande (WWAN) est une catégorie de réseau sans fil qui couvre une vaste zone géographique, offrant une connectivité sans fil à une large gamme d'appareils. Il facilite la communication entre des dispositifs éloignés, souvent sur de longues distances, englobant parfois plusieurs villes ou même plusieurs pays. Les WWAN sont conçus pour fournir un accès mobile et distant à Internet ainsi qu'à d'autres services réseau, les positionnant comme un élément essentiel de l'infrastructure moderne de communication.[8] Les principales technologies utilisées dans les WWAN sont les suivantes :

- **GSM (**Groupe Special Mobile).
- **GPRS** (General Racket Radio Service).
- **UMTS** (Universal Mobile Télécommunication System).
- **LTE (**Long Term Evolution)

I.3.4.1 GSM

GSM est une norme de communication cellulaire numérique universellement acceptée. L'Institut européen des normes en télécommunications a créé la norme GSM pour définir les procédures des réseaux mobiles numériques de 2G deuxième génération utilisés par des dispositifs tels que les téléphones mobiles. Il s'agit d'un programme de technologie de communication à grande échelle qui utilise le canal radio numérique pour mettre en place des systèmes de communication audio, d'information et multimédias**.** La Figure represent architecture du reseau GSM [9].

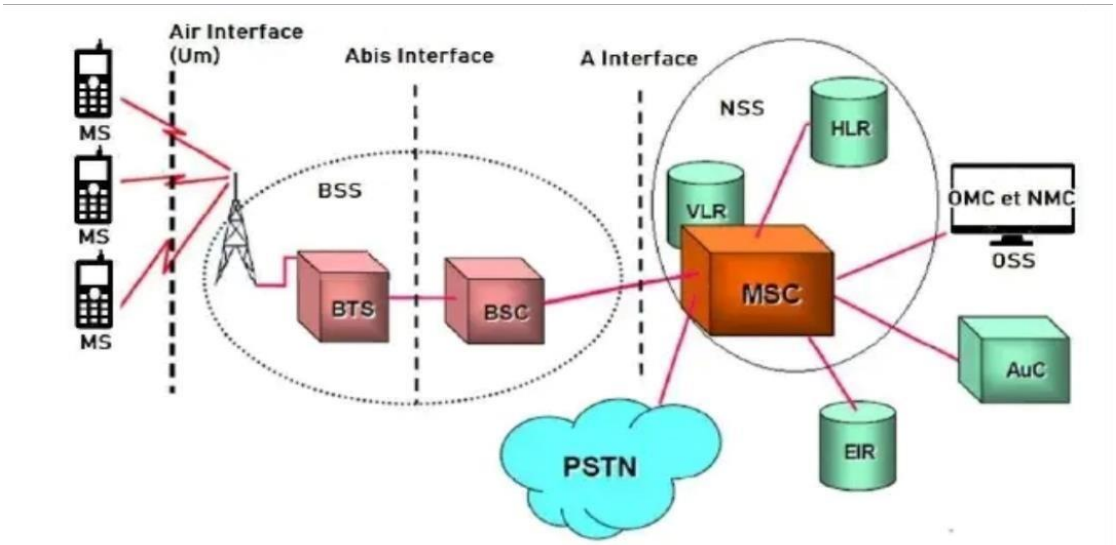


Figure I.5 Architecture du réseau GSM.

- **MS (La station mobile) :** est composée d'équipements mobiles et d'une carte d'identité de l'abonné appelée carte SIM. La carte SIM offre une mobilité personnelle, procure à l'utilisateur la liberté de se déplacer entre les stations et d'utiliser les services avec facilité et efficacité. [10]
- **BSS (Base Station Subsystem) :** utilise un réseau de stations de base composé principalement de deux éléments :
- **La Station de Transceiver de Base (BTS) :** gérer les protocoles de connexion radio avec la Station Mobile (MS) et contient les émetteurs-récepteurs radio qui définissent la cellule.
- **Le Contrôleur de Station de Base (BSC) :** superviser et gérer les ressources radio d'une ou plusieurs BTS.

Ces composants interagissent via l'interface standardisée Abis.

- **NSS (Système de Commutation du Réseau):** assure la gestion du flux et le traitement des appels pour les appareils mobiles lors de leurs déplacements entre les stations de base. Constitué de plusieurs unités fonctionnelles :
- **Centre de Commutation des Services Mobiles (MSC)** : Cette unité prend en charge la commutation des appels entre les téléphones cellulaires et d'autres utilisateurs du réseau fixe ou mobile. Elle surveille également les services cellulaires.
- **Registre de Localisation d'Abonné (HLR) :** considéré comme la base de données la plus importante car il conserve des enregistrements permanents sur les utilisateurs.
- **Registre de Localisation Visiteur (VLR) :** une base de données qui fournit des informations sur l'abonné nécessaires au MSC pour desservir les utilisateurs en itinérance.
- **Registre d'Identité d'Équipement (EIR)** : Ce composant détermine si un équipement mobile spécifique peut être utilisé sur le système.
- **Centre d'Authentification (AuC)** : une unité qui fournit des facteurs de vérification et de chiffrement pour garantir l'identité de l'utilisateur et la confidentialité de chaque appel.
- **OSS (Système de Support Opérationnel :** est interconnecté avec les composants NSS et BSC. L'objectif essentiel de l'OSS est de fournir une vue d'ensemble du réseau et d'assister divers services ainsi que les organisations de maintenance dans leurs opérations de maintenance routinières. [11]

I.3.4.2 GPRS

Le General Packet Radio Service ou GPRS :facilite la transition vers la troisième génération (3G), souvent désignée de manière générale comme 2.5G. Il étend l'architecture du standard GSM pour permettre le transfert de données par paquets, atteignant des vitesses allant jusqu'à 114 kbit/s. Contrairement à la facturation basée sur la durée de connexion, le standard GPRS facture l'utilisateur en fonction du volume de données échangé. Cela signifie, entre autres, qu'une connexion peut rester active sans nécessiter une reconnexion fréquente.

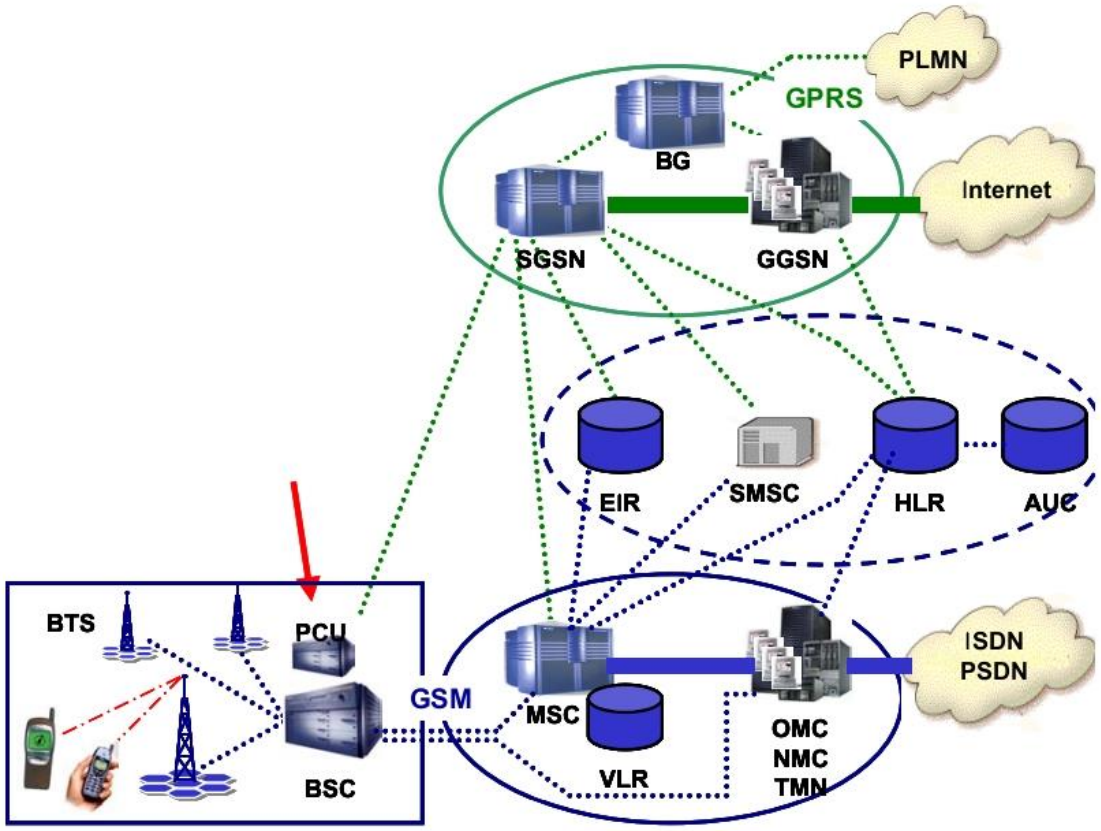


Figure I.6 Architecture du réseau GPRS.

.

- **Le SGSN** (Serving GPRS Support Node) gère la transmission de données entre les stations mobiles et le réseau mobile dans sa zone de service. Connecté au sous-système radio GSM par des liens Frame Relay et présent dans le site d'un MSC, le SGSN réalise plusieurs fonctions essentielles, dont l'authentification des stations mobiles, l'enregistrement dans le réseau GPRS, la gestion de la mobilité.
- **La GGSN** (Gateway GPRS Support Node)) est un composant central du système GPRS, servant d'interface avec des réseaux de données externes comme IP. Fonctionne comme un routeur relayant les paquets vers les stations mobiles, filtrant le trafic utilisateur, collectant les données de taxation, et interagissant avec d'autres nœuds notamment le SGSN.
- **PCU** (L'unité de contrôle de paquets) est une composante cruciale des réseaux GPRS, chargée de superviser le partage des ressources et de gérer la retransmission des données défectueuses dans le réseau d'accès. Son intégration nécessite des mises à jour matérielles

et logicielles dans les équipements existants, contribuant ainsi à un déploiement efficace de la technologie GPRS et à la transmission optimale de données par paquets. [12]

- **BG** (Border Gateway) La fonction consiste généralement à gérer l'interface Gp d'un PLMN (Public Land Mobile Network). En tant que routeur de bordure, la BG prend en charge des protocoles tels que le Border Gateway Protocol (BGP) et des mécanismes de sécurité comme IPS (Internet Protocol Security). Son rôle principal est de faciliter la connectivité et le routage sécurisé entre différents réseaux, assurant ainsi une communication efficace et sûre au sein du réseau mobile public. [13]

I.3.4.3 UMTS

L'Universal Mobile Télécommunication System (UMTS) est une norme de télécommunications mobiles de troisième génération (3G) qui offre des services de communication à large bande, permettant la transmission de la voix, de la vidéo et des données à des débits plus élevés que les réseaux de deuxième génération (2G). UMTS utilise la technologie **WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access) pour la liaison radio, offrant ainsi une meilleure efficacité spectrale. Il a été conçu pour fournir des services multimédias avancés, un accès à Internet à haut débit et une compatibilité descendante avec les réseaux GSM existants, facilitant ainsi une transition progressive vers des technologies plus avancées.

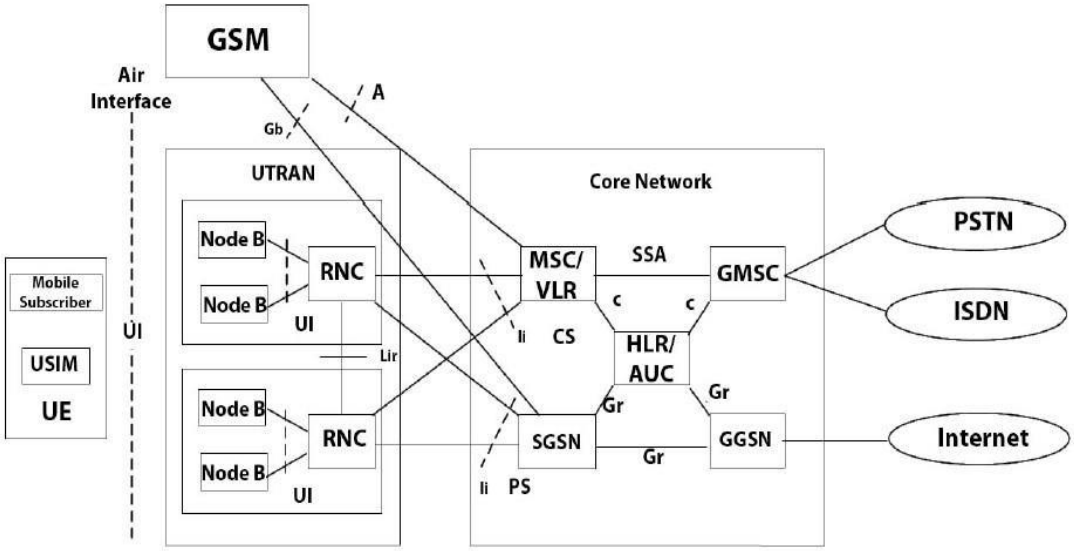


Figure I.7 Architecture générale de l'UMTS.

L'équipement utilisateur (UE)se compose de deux éléments distincts. D'abord il inclut l'équipement mobile qui a pour fonction de faciliter la communication à travers l'Interface Air, assurant ainsi la connectivité sans fil. Deuxièmement il englobe la carte USIM (Universal Subscriber Identity Module), qui équivaut à la carte SIM utilisée dans le GSM (Global System for Mobile Communications). Cette carte USIM joue un rôle essentiel en stockant et gérant les informations d'identification de l'abonné, permettant une authentification sécurisée et la fourniture des services associés à l'utilisateur au sein du réseau UMTS.

L'UTRAN (Universal Terrestriel Radio Access Network) est rôle principal est de faciliter le transport des flux de données entre les terminaux mobiles (UE) et le réseau cœur, en fournissant les ressources radio nécessaires pour l'accès au réseau cœur. Composé de sous-systèmes appelés RNS (Radio Network Subsystem), connectés au réseau cœur via l'interface Iu, l'UTRAN comprend un RNC (Radio Network Controller) et un ou plusieurs nœuds B (Node B). Ces composants travaillent en tandem pour gérer la mobilité, l'établissement des connexions radio et assurer une connectivité robuste et efficace entre les utilisateurs finaux et le réseau cœur. [14]

Le réseau cœur dans le contexte des télécommunications adopte une structure similaire à celle des réseaux GSM et GPRS, se divisant en deux parties distinctes. La première partie, le domaine Circuit Switched (CS), offre un débit de 384 Kbit/s, adapté aux services temps réel tels que la visioconférence. La seconde partie, le domaine Paquet Switched (PS), avec un débit de 2 Mbit/s, fonctionne en mode commutation de paquets, privilégiant le traitement des informations non temps réel comme les e-mails et la navigation sur Internet. Cette dualité permet d'optimiser la transmission en fonction des exigences temporelles des divers services.

I.3.4.3 La technologie LTE (4G)

Le projet de développement de la technologie LTE est mené par l'organisme de standardisation 3GPP, qui vise à établir les normes techniques pour la future quatrième génération de téléphonie mobile. Cette technologie a pour objectif de permettre le transfert de données à très haut débit, avec une portée étendue, une capacité accrue d'appels par cellule (les zones dans lesquelles les dispositifs mobiles peuvent se connecter aux réseaux), et une réduction du temps de latence.[15]

En théorie, le LTE permet d'atteindre des débits jusqu'à 50 Mb/s en montant et jusqu'à 100 Mb/s en descendant, partagés entre les utilisateurs mobiles au sein d'une même cellule. Pour les

opérateurs, qui sont essentiels pour la mise en place de cette technologie, le déploiement du LTE implique des modifications majeures au niveau du cœur du réseau et des équipements radio. De plus, il est nécessaire de développer des terminaux mobiles compatibles avec cette technologie.

I.3.4.4 Architecture générale d'un réseau LTE

Le réseau est constitué de deux parties: une partie radio (eUTRAN) et un cœur de réseau <EPC> (Evolved Pocket Core). [16]

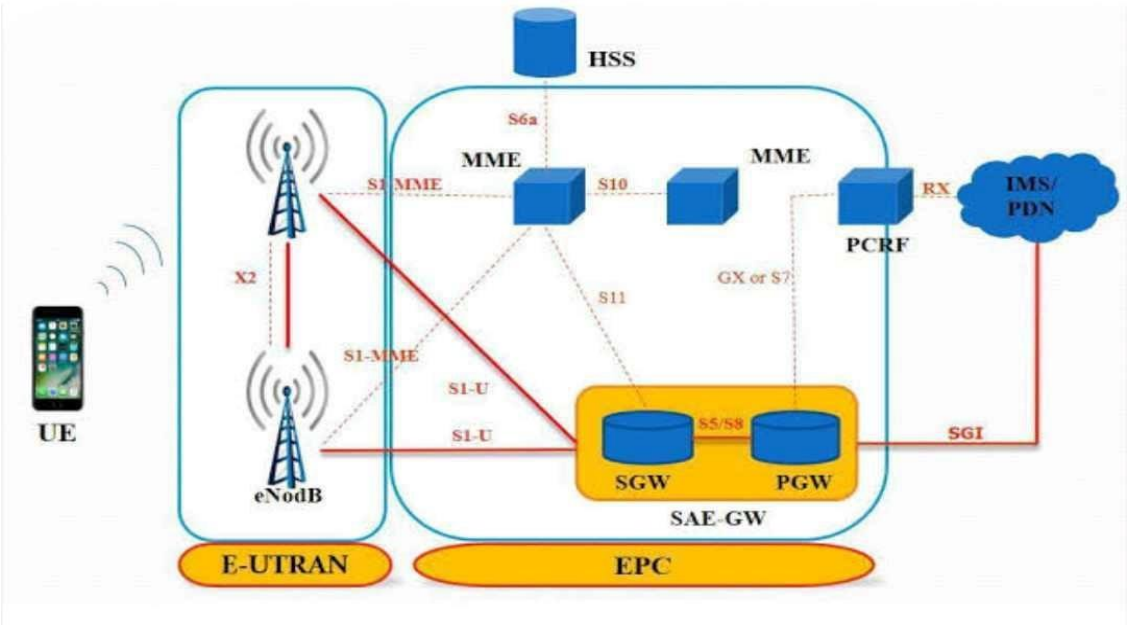


Figure I .8 Architecture générale d'un réseau LTE

I.3.4.4.1 Réseau cœur 4G/LTE

Le cœur de réseau, appelé «EPC » (Evolved Packet Core), repose sur des technologies « full IP », ce qui signifie qu'il utilise des protocoles Internet pour la signalisation, le transport de la voix et des données. Ce cœur de réseau permet l'interconnexion via des routeurs avec les eNodeB distants, les réseaux des autres opérateurs mobiles, les réseaux de téléphonie fixe, et également avec le réseau Internet.

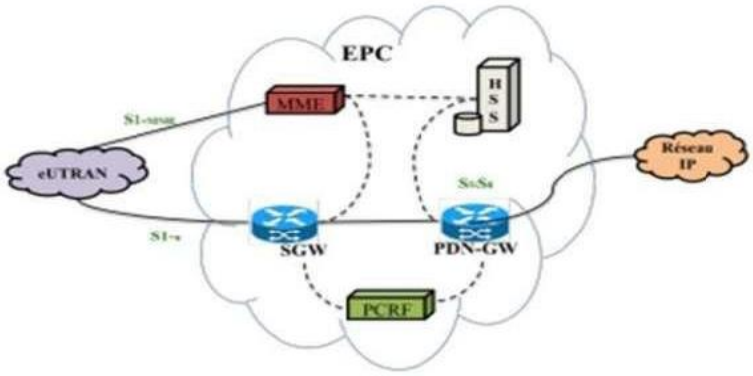


Figure I.9 Architecteur de l'EPC

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

- **Le MME**: gère la signalisation (plan de contrôle) et donne l'accès aux bases de données.
- **Le SGW**: qui transporte le trafic de données (plan utilisateur) et concentre le trafic de plusieurs eNodeB.
- **Le P-GW**: sert de passerelle vers le réseau Internet, a aussi pour rôle d'attribuer les adresses IP aux terminaux LTE.
- **Le HSS**: contient les identifiants et les droits des abonnés. PCRF: cette entité fournit les règles de taxation des flux usagers et permet également de demander au PDN-GW d'établir, de modifier et de libérer des « dedicated bearer >> sur la base de la qualité de service (QoS) souhaité par l'usage.

I.3.4.4.2. La partie radio eUTRAN

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

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

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

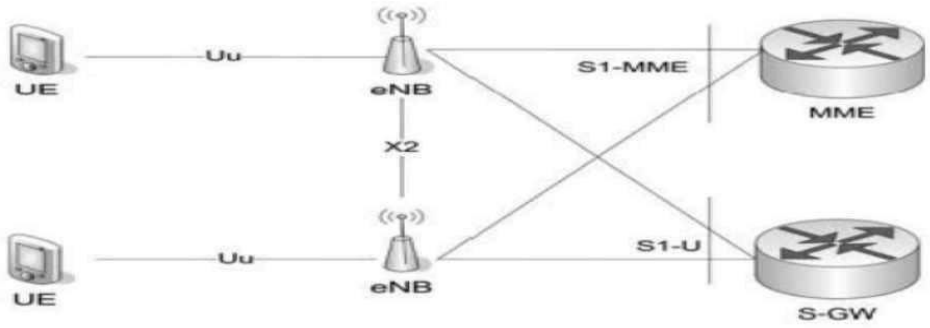


Figure I.10 La partie radio eUTRAN

- **Les interfaces:** L'interface X2 est une interface logique. Elle est introduite dans le but de permettre aux eNodeBs d'échanger des informations de signalisation durant le Handover

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

I.4 Avantages et inconvénients des réseaux sans fil :

Les réseaux sans fil et les réseaux câblés présentent des avantages et des inconvénients distincts. Voici une liste des principaux avantages et inconvénients de chaque type de réseau : [16]

I.4.1. Avantages des réseaux sans fil

Mobilité : Les réseaux sans fil offrent une connectivité sans restriction de câbles, ce qui permet aux utilisateurs de se déplacer librement dans une zone de couverture sans perdre la connexion réseau.

Facilité d'installation : Les réseaux sans fil ne nécessitent pas de câbles physiques, ce qui simplifie grandement le processus d'installation et de configuration du réseau.

Flexibilité de la topologie : Les réseaux sans fil permettent une plus grande flexibilité dans la conception de la topologie du réseau, car les appareils peuvent être ajoutés, déplacés ou retirés facilement sans avoir à reconfigurer l'infrastructure câblée.

Accès à distance : Les réseaux sans fil permettent un accès à distance, ce qui est pratique pour les utilisateurs qui ont besoin de se connecter à partir de différents endroits ou qui travaillent à domicile.

Évolutivité : Les réseaux sans fil peuvent être étendus facilement pour couvrir de plus grandes zones en ajoutant des points d'accès supplémentaires.

I.4.2. Inconvénients des réseaux sans fil

Interférences : Les réseaux sans fil sont susceptibles d'être affectés par des interférences provenant d'autres appareils sans fil, d'appareils électroniques ou de structures physiques, ce qui peut entraîner une dégradation des performances.

Portée limitée : Les signaux sans fil ont une portée limitée par rapport aux câbles physiques, ce qui peut nécessiter l'installation de points d'accès supplémentaires pour couvrir de grandes zones.

Sécurité : Les réseaux sans fil sont plus vulnérables aux attaques de sécurité, notamment le piratage, l'interception des données et l'accès non autorisé, à moins qu'ils ne soient correctement sécurisés par des protocoles de sécurité appropriés.

Débit variable : Le débit des réseaux sans fil peut varier en fonction de la distance entre les appareils, des interférences et de la charge du réseau, ce qui peut affecter les performances globales.

I.5 Conclusion :

En résumé, les réseaux sans fil, notamment le WIFI, sont des technologies intéressantes et largement utilisées dans divers domaines tels que l'industrie, la santé et le militaire. Cette diversité d'usages se résume aux différents avantages qu'apportent ces technologies, comme la mobilité, la simplicité d'installation (aucun câblage requis), c'est-à-dire que dans les réseaux sans fil les stations ne sont plus reliées entre elles par des câbles mais par des moyens physiques. Support sans fil. Disponibilité (commerciale et expérimentale). Mais la sécurité dans ce domaine reste un sujet très délicat, car de multiples vulnérabilités ont été détectées depuis l'utilisation de ce type de réseau. Enfin, les réseaux sans fil ne sont pas destinés à remplacer les réseaux filaires, mais à offrir de nombreux avantages que les réseaux filaires apportent avec les nouveaux services (mobilité des utilisateurs).

CHAPITRE II LE RESEAU SANS FIL WIFI

Chapitre II : LE RESEAU SANS FIL WIFI :

II.1 Introduction

Wifi (Wireless Fidelity) est un standard (802.11) décrivant le réseau local sans fil (WLAN). Il permet de relier des ordinateurs portables, machines du bureau, assistants personnels (PDA) et tous les autres périphériques à très haut débit. Le Wi-Fi utilise la gamme de fréquence de 2.4 ou 5 GHz. Dans ce chapitre on va présenter le réseau Wi-Fi et ses standards de la couche physique. Ainsi que les protocoles et l'architecture de l'IEEE 802.11. Enfin, on va parler sur la sécurité du réseau Wi-Fi.

II.2 Présentation

Le groupe de travail 802.11 a standardisé les réseaux de type Wireless LAN en 1997, avec des modifications en 1999. Comme le 802.3, il couvre les couches Physique et Liaison de données du modèle OSI, avec la Liaison de données divisée en sous-couches MAC et LLC. La couche Physique propose trois modes de transmission, mais seul le Direct Séquence Spread Spectrum (DSSS) sera largement utilisé. En 1999, les éditeurs ont formé WECA pour promouvoir et certifier les équipements Wi-Fi. Le label Wi-Fi, garantissant l'interopérabilité, peut être décerné par la Wi-Fi Alliance après des tests. Le standard Wi-Fi permet des communications sur quelques dizaines de mètres, mais des antennes à gain élevé peuvent étendre la portée à plusieurs centaines de mètres. [17]

II.3 Normes de couche physique :

Le terme 802.11 désigne plusieurs normes de réseau local sans fil qui sont aujourd'hui utilisées par la majorité des appareils capables de transmettre des données. Les débits et les vitesses de transmission ont considérablement augmenté depuis leur introduction en 1997. Il existe plusieurs générations de réseaux locaux sans fil.

II.3.1. 802.11b

Cette norme, publiée en septembre 1999, vient améliorer les vitesses de transmission insuffisantes du 802.11, toujours dans la bande de fréquence 2.4 GHz. Son succès concrétise l'avènement des RLAN Wi-Fi. La vitesse maximale de transmission est de 11 Mbps. Des replis

sont possibles à 5.5, 2 et 1 Mbps, pour agrandir la cellule ou permettre une communication dans des environnements très perturbés. [18]

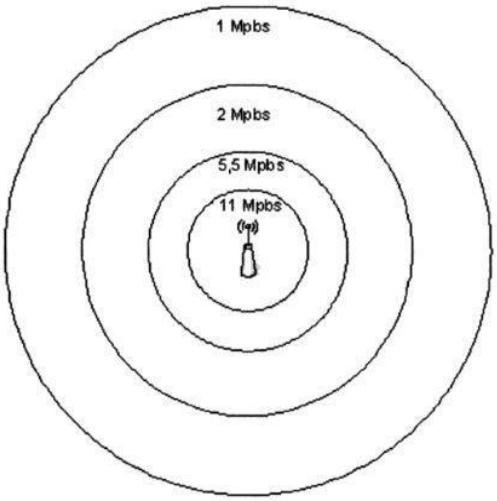


Figure II.1 Les vitesses de transmission du 802.11b, Autour d'une antenne omnidirectionnelle

Le 802.11b n'utilise plus la technologie FHSS, mais exclusivement DSSS. Les réseaux ESS et BSS portent désormais un nom commun de réseau : le SSID (Service Set Identifier).

II.3.2. La norme 802.11a

Publiée en septembre 1999, utilise la bande UNII en 5 GHz, offrant une plus grande largeur de bande et réduisant les interférences entre réseaux. Cependant, en Europe et particulièrement en France, ces fréquences se sont avérées moins pratiques que prévu. Les ondes à 5 GHz ont une portée plus limitée en raison de leur absorption plus rapide par l'environnement. Malgré cela, le 802.11a permet des débits allant jusqu'à 54 Mbps, grâce à la technique OFDM utilisant 52 sous-porteuses. Les antennes 802.11a sont incompatibles avec celles du 802.11b. [18]

II.3.3. 802.11g

Standard ratifié en juin 2003, succède au 802.11b en utilisant la bande des 2.4 GHz et permet des débits jusqu'à 54 Mbps, avec les mêmes replis que le 802.11a. Pour améliorer le débit et la couverture radio, plusieurs avancées sont mises en œuvre. D'abord, la segmentation des données par OFDM est améliorée, ce qui permet d'atteindre un débit de 65 Mbps. Ensuite, la technologie MIMO permet de traiter jusqu'à 4 flux simultanément en utilisant le multiplexage spatial, ce qui améliore la réception des signaux provenant de différents chemins. Ces systèmes,

bien que gourmands en énergie, sont utilisés uniquement lorsque nécessaire pour économiser de l'énergie.

II.3.4. Le standard 802.11n

Utilise les bandes de fréquence 2.4 GHz et 5 GHz, permettant de doubler la largeur de canal dans cette dernière pour augmenter la vitesse. Le débit maximal de la version finale du 802.11n est de 300 Mbps, avec théoriquement la possibilité d'atteindre jusqu'à 600 Mbps. Sa publication a été retardée, entraînant des interprétations propriétaires et des incompatibilités entre les constructeurs. La Wi-Fi Alliance a proposé une certification "802.11n Draft" en avril 2007 pour mettre fin à ces spéculations.[18]



Figure II.2 logo de n-draft

En étant certifiés, les matériels redeviennent enfin compatibles entre eux. II est très probable qu'une simple mise à jour du firmware des puces incluses permette de leur faire adopter la norme définitive. La tendance la plus marquée est l'inclusion dans ces puces de 3 émetteurs et 3 récepteurs, au lieu d'un seul de chaque précédemment. Les appareils adoptent ainsi 3 antennes, externes ou internes. [18]



Figure II.3 Exemple d'une carte réseau compatible- N draft

II.3.5. La norme 802.11ac

Opère exclusivement dans la bande de 5 GHz et propose théoriquement des débits de données supérieurs à 1 Gbps. Elle étend les spécifications du 802.11n en élargissant la largeur de bande du canal à 80 MHz et en ajoutant des canaux optionnels de 160 MHz.

De plus, elle utilise MIMO avec jusqu'à 8 flux spatiaux et une modulation d'amplitude en quadrature à 256 états (256-QAM) pour un schéma de modulation d'ordre supérieur.

Cette norme inclut également des fonctionnalités avancées telles que le beamforming , où un point d'accès utilise plusieurs antennes pour diriger un signal vers les appareils clients, et le Low Density Parity Check (LDPC) pour améliorer le rapport signal sur bruit (SNR). [19]

II.3.6. La norme IEEE 802.11ax

Également appelée Wi-Fi 6 par la Wi-Fi Alliance, succède au Wi-Fi 5 et a été ratifiée en février 2021. Elle permet le fonctionnement sur tout le spectre fréquentiel entre 1 et 7,1 GHz, en plus des bandes 2,4 GHz et 5 GHz déjà utilisées.

Les appareils compatibles peuvent atteindre des vitesses de transmission maximales jusqu'à 11 Gbit/s. Son objectif principal est d'optimiser les performances dans les environnements denses en termes de connexions, avec des débits crêtes jusqu'à quatre fois plus élevés que ceux de la norme précédente (802.11ac), et une réduction de la latence jusqu'à 75 %. [20].

Tableau II.1 montre une comparaison entre les normes IEEE 802.11 de la couche physique

Protocol	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
Annéee approvée	1999	1999	2003	2009	2014	2019
Fréquences	2.4GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz	5 GHz	2.4/5 GHz
Débit maximum théorique	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	1 Gbps	11 Gbps
Portée	35m	35m	38m	70m	35m	35m

II.3.7 Comparaison entre les fréquences wifi

Pour transmettre des informations, la technologie Wifi utilise des canaux hertziens sur des fréquences spécifiques, notamment 2,4 GHz et 5 GHz. La fréquence de 2,4 GHz permet des débits théoriques jusqu'à 600 Mbps et a l'avantage d'avoir une meilleure portée, convenant ainsi mieux aux longues distances et à la traversée d'obstacles.

Cependant, elle est sujette à la saturation due à son utilisation par de nombreux équipements. En revanche, la fréquence de 5 GHz offre des débits théoriques plus élevés jusqu'à 3500 Mbps, avec moins de saturation, mais sa portée est réduite en raison de l'utilisation d'ondes courtes.

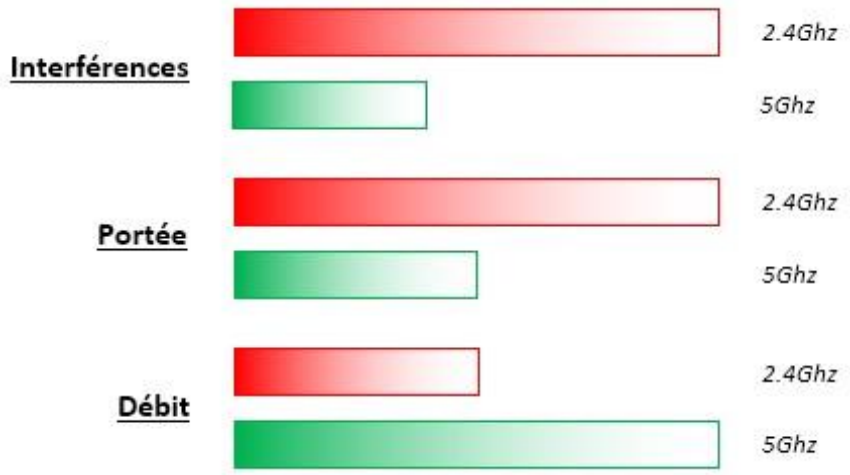


Figure II.4 comparaisons de débit/portée entre les fréquences 2.4GHz et 5GHz

II.4 Les protocoles IEEE 802

Le moyen le plus efficace de représenter une architecture de LAN est d'organiser ses fonctions dans une pile de protocoles. Cette section débute par une description de l'architecture de protocoles normalisée pour les LAN, laquelle comprend la couche physique, celle de contrôle d'accès au support (MAC), et celle de contrôle de liaison logique (LLC). Nous nous attarderons ensuite sur le modèle OSI (Organizations) et le modèle IEEE802 [21].

II.4 .1 Architecture de protocoles

Les protocoles définis spécifiquement pour les LAN et les MAN (réseaux métropolitains) gèrent les aspects relatifs à la transmission de blocs de données à travers le réseau. Dans le modèle OSI, les protocoles de niveau supérieur (couche 3 ou 4 et plus) sont indépendants de

l'architecture de réseau et applicables à des LAN, des MAN et des WAN. Par conséquent, une étude sur les protocoles de LAN se limitera principalement aux couches inférieures du modèle OSI. La figure 14.1 compare les protocoles de LAN au modèle OSI (voir figure II.5). Cette architecture de protocoles a été développée par le comité IEEE 802 et adoptée par toutes les organisations participant à l'élaboration de normes de LAN. Elle est souvent qualifiée de modèle de référence IEEE 802.

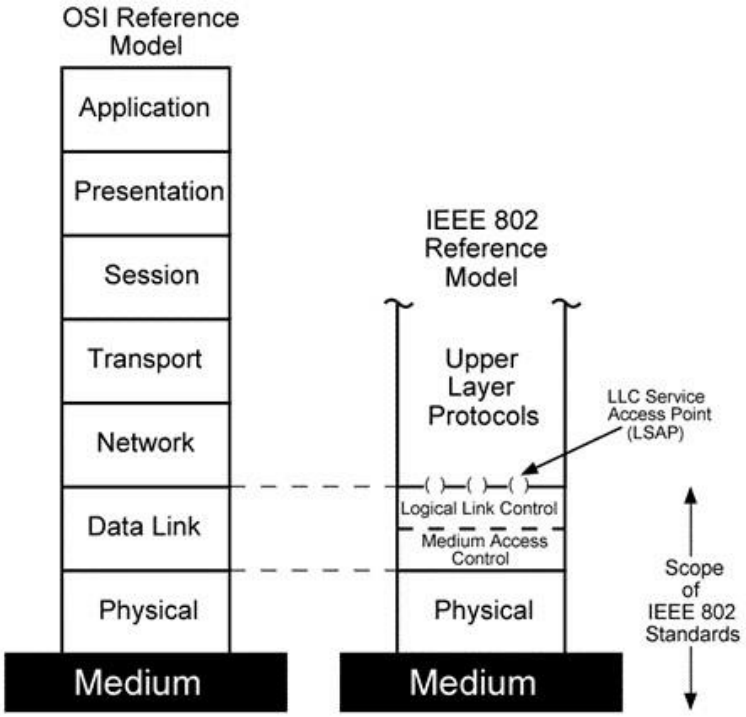


Figure II.5 comparaison de l'architecture de protocole IEEE802 et modèle OSI

Le modèle de référence IEEE 802 correspond à une norme de réseaux locaux et inclut la couche physique, qui est équivalente à la couche 1 du modèle OSI. Cette couche physique assure plusieurs fonctions, notamment le codage/décodage des signaux, la génération/suppression de préambules pour la synchronisation, et la transmission/réception des bits. Elle spécifie également les détails relatifs au support de transmission et à la topologie. Dans certaines normes IEEE 802, comme IEEE 802.11, la couche physique est subdivisée en sous-couches, telles que la souscouche de convergence physique (PLCP) et la sous-couche dépendante du support (PMD). Ces subdivisions sont importantes pour la conception et la gestion efficace des réseaux locaux : [21]

- PLCP (Physical Layer Convergence Procedure). Définit une méthode qui sert à convertir des unités de données de protocole MAC, ou MPDU (MAC Layer Proto- col Data Unit), 802.11, en un format de trame adapté à l'émission et la réception de données utilisateur et d'informations de gestion, entre deux stations ou plus, à l'aide de la sous-couche PMD associée.

- PMD (Physical Medium Dépendent). Définit les caractéristiques des données utilisateur ainsi que la méthode utilisée pour leur transmission et leur réception à travers le support sans fil entre deux stations ou plus.

Au-dessus de la couche physique interviennent les fonctions chargées de fournir un service aux utilisateurs du LAN. Voici en quoi elles consistent :

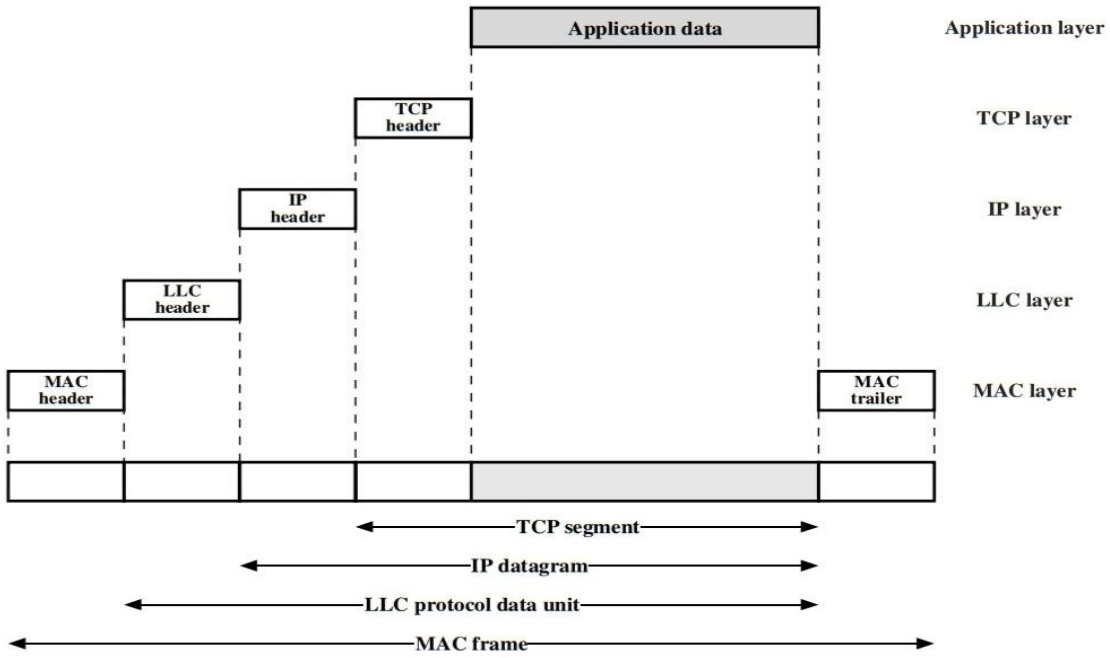
- Pour la transmission, assemblage des données en trames avec des champs d'adresse et de détection d'erreurs ;
- Pour la réception, désassemblage des trames, reconnaissance d'adresse et détection d'erreur ;
- Gestion de l'accès au support de transmission du LA ;
- Interfaçage avec les couches supérieures et contrôle de flux et d'erreurs.

Ces fonctions sont typiquement associées à la couche 2 du modèle OSI. Plus précisé- ment, celles de la dernière puce sont regroupées dans la couche LLC (Logical Link Control) et celles des trois premières puces sont regroupées dans la couche MAC (Medium Access Control). Cette séparation a été réalisée pour les raisons suivantes :

La figure *II.6* illustre le rapport entre les différents niveaux de l'architecture. Les données de niveau supérieur sont passées à la couche LLC, qui y ajoute des informations de contrôle sous la forme d'un en-tête, créant une PDU LLC. Ces informations sont utiles au protocole LLC. La PDU entière est ensuite transmise à la couche MAC qui y ajoute des informations de contrôle au début et à la fin, à l'intention du protocole MAC, formant une trame MAC. Outre TCP/IP, une couche application apparaît également au-dessus des protocoles de LAN. [21]

II.4.2 Format de trame MAC

La couche MAC reçoit des blocs de données de la couche LLC et est chargée d'exécuter des fonctions relatives à l'accès au support et à la transmission de ces données. Comme les autres couches de protocole, MAC implémente ces fonctions au moyen d'une unité de données de



protocole, ici une PDU MAC appelée trame MAC.

Figure II.6 mise en situation des protocoles IEEE 802

Le format exact d'une trame MAC diffère quelque peu selon le protocole utilisé à ce niveau. Généralement, toutes les trames MAC ont un format semblable à celui de la figure *II.6* et incluent les champs suivants :

- Contrôle MAC. Contient les informations de contrôle nécessaires au fonctionnement du protocole MAC. Par exemple, un niveau de priorité pourrait y être indiqué.
- Adresse MAC de destination. Désigne le point de connexion physique de destination sur le LAN pour cette trame.
- Adresse MAC source. Désigne le point de connexion physique source sur le LAN pour cette trame.

- Données. Représente le corps (charge utile) de la trame. Il peut s'agir de données LLC provenant de la couche supérieure ou d'informations de contrôle du protocole MAC.

- CRC (Cyclic Redundancy Check). Contient une séquence de contrôle de trame, ou FCS (Frame Check Séquence), servant à la détection d'erreurs, comme décrit à la section 8.1. Ce champ est utilisé par presque tous les protocoles de liaison de données tels que HDLC.

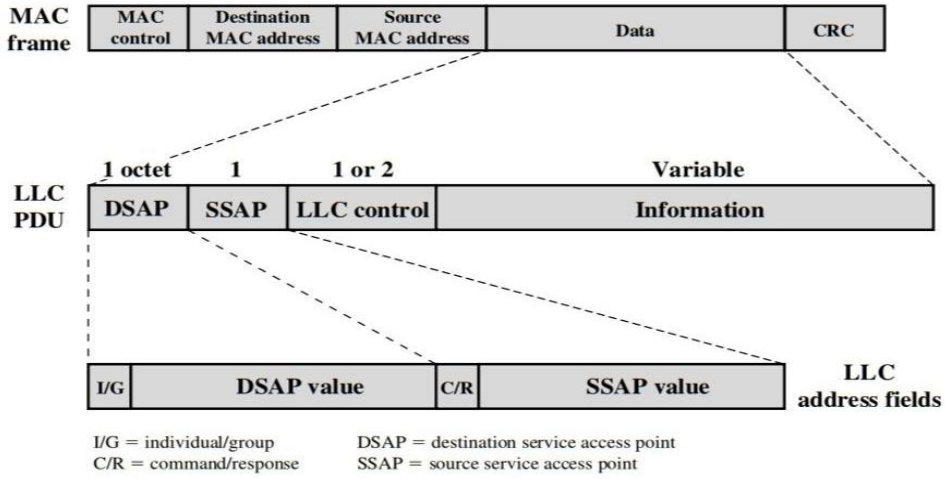


Figure II.7 PDU LLC dans une trame MAC au format générique

La plupart des protocoles de contrôle de liaison de données doivent non seulement détecter les erreurs à l'aide du code CRC mais aussi les corriger en retransmettant les trames erronées. Dans les protocoles de LAN, ces deux fonctions sont réparties entre la couche MAC et la couche LLC, la première s'occupant de la détection des erreurs et de la suppression des trames concernées, et la seconde assurant (optionnellement) le suivi des trames transmises et reçues et retransmettant les trames incorrectes ou perdues. [21]

II.4.3 Contrôle de liaison logique (LLC)

La couche LLC des LAN ressemble à bien des égards aux autres couches liaison de données communément employées, c'est-à-dire qu'elle concerne la transmission d'une PDU de niveau liaison entre deux stations, sans nécessiter de nœud inter- médiaire. Elle possède en revanche deux caractéristiques :

1. Elle doit pouvoir gérer la nature partagée et à accès multiples de la liaison (ce qui diffère d'une liaison multipoint en ce qu'il n'y a pas de nœud principal).

2. Elle ne s'occupe pas de certains détails liés à l'accès au canal pris en charge par la couche MAC.

L'adressage au niveau de cette couche nécessite que les utilisateurs LLC source et de destination soient spécifiés. Typiquement, un utilisateur LLC est un protocole de niveau supérieur ou une fonction de gestion de réseau sur la station. Ces adresses LLC sont qualifiées de points d'accès au service, ou SAP (Service Access Point), pour employer la terminologie OSI.

Nous allons d'abord décrire les services que la couche LLC offre à un utilisateur de niveau supérieur puis nous examinerons le protocole LLC. [21]

- **Services LLC**

Le protocole LLC (Logical Link Control) spécifie des mécanismes pour adresser les stations à travers le support et contrôler les échanges de données entre deux utilisateurs. Il s'appuie sur le protocole HDLC et offre plusieurs services aux équipements connectés :

- **Service sans connexion non acquitté:** Un service simple de type datagramme sans mécanismes de contrôle de flux ou d'erreurs. Il ne garantit pas la livraison des données, mais dans de nombreux cas, une couche logicielle supérieure assure la fiabilité de la connexion, comme TCP.
- **Service avec connexion:** Similaire au HDLC, ce service établit une connexion logique entre deux utilisateurs avec un contrôle de flux et d'erreurs assuré.
- **Service sans connexion acquitté**: Un compromis entre les deux précédents. Les datagrammes sont acquittés, mais il n'y a pas de connexion logique préalable.

Ces services sont souvent proposés en option par les fabricants, et les clients peuvent choisir en fonction de leurs besoins spécifiques.

Le protocole LLC s'inspire du HDLC et offre différents types de fonctionnements :

- **Type 1:** Utilisé pour le service sans connexion non acquitté, il utilise une PDU d'informations non numérotée (UI) pour transférer les données utilisateur sans acquittement ni contrôle de flux/erreurs.
- **Type 2:** Pour le service avec connexion, il utilise le mode opératoire équilibré asynchrone (ABM) du HDLC. Une connexion logique est établie entre deux SAP LLC avant l'échange de données.

- **Type 3:** Pour le service sans connexion acquitté, il utilise une PDU d'informations sans connexion acquittée (AC) où chaque PDU transmise est acquittée. Un numéro de séquence de 1 bit est utilisé pour éviter la perte de PDU.

Le format de PDU utilisé par le LLC comprend quatre champs, notamment DSAP et SSAP pour les adresses source et de destination, un champ de contrôle similaire à celui du HDLC, et des PDU spécifiques pour différents types de fonctionnements, comme XID et TEST pour la gestion et SABME, UA, DISC pour l'établissement et la fin des connexions logiques.

II.5 Architecture des réseaux IEEE 802.11

La figure *II.8* suivante illustre le modèle développé par le groupe de travail 802.11. Le plus petit élément constitutif d'un WLAN est le BSS (Basic Service Set), lequel consiste en un certain nombre de stations exécutant le même protocole MAC et se disputant l'accès à un même support sans fil partagé. Un BSS peut être isolé ou bien relié à un système de distribution (DS) central via un point d'accès (AP), ce dernier faisant office de pont et de relais. Au sein d'un BSS, les stations clientes ne communiquent pas directement entre elles mais par l'intermédiaire d'un point d'accès. Une station envoie donc d'abord ses trames MAC au point d'accès qui se charge de les transmettre à la station destinataire. De même, une trame MAC émise par une station du BSS et destinée à une station distante est relayée par le point d'accès vers le système de distribution jusqu'à la destination. Le BSS correspond généralement à ce que l'on appelle une cellule dans la littérature du sans fil. Le système de distribution peut être un commutateur, un réseau câblé ou un réseau sans fil. [21]

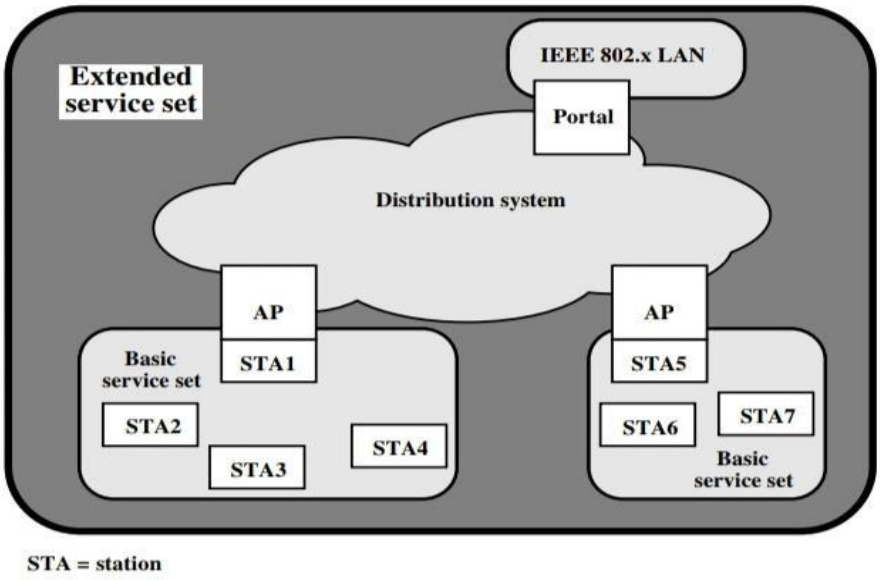


Figure II .8 architecture 802.11

Lorsque toutes les stations d'un BSS sont mobiles, et qu'il n'y a aucune connexion vers d'autres BSS, on parle de BSS indépendant, ou IBSS (Independent BSS). Un IBSS est une sorte de réseau ad hoc, c'est-à-dire que les stations communiquent directement sans passer par un point d'accès.

Dans la configuration simple de la figure *II.8,* chaque station appartient à un seul BSS, autrement dit elle se trouve uniquement dans la portée sans fil des stations de ce BSS. Il est néanmoins possible que deux BSS se chevauchent géographiquement, auquel cas une station pourrait participer aux deux. A noter que l'association entre une station et un BSS est dynamique, les stations pouvant donc arriver dans une zone couverture et la quitter à tout moment.

Un ESS (Extended Service Set) inclut deux BSS ou plus, interconnectés via un système de distribution. Ce dernier consiste le plus souvent en une épine dorsale LAN câblée mais il peut aussi s'agir de n'importe quel autre réseau de communication. L'ESS apparaît comme un seul LAN logique à la couche LLC.

La figure II.6 montre qu'un point d'accès est implémenté sur une station. Le point d'accès est en fait la logique qui permet à la station de procurer un accès au système de distribution en offrant certains services tout en se comportant comme n'importe quelle autre station. Pour intégrer l'architecture IEEE 802.11 à un LAN filaire traditionnel, on emploie un portail. La

logique de portail est mise en œuvre sur un équipement tel qu'un pont ou un routeur faisant partie du LAN câblé et rattaché au système de distribution. [21]

II.6. Les topologies d'un réseau WI-FI

Le Wi-Fi connaît deux modes d'utilisation distincts ayant chacun des caractéristiques propres. Il s'agit du mode ad-Hoc et du mode infrastructure, ces deux modes de fonctionnement permettent de définir la topologie du réseau : [22]

II.6.1. Le mode Ad-Hoc

Les réseaux Ad-Hoc sont composés d'un ensemble de stations utilisant chacune une interface radio, toute station peut communiquer directement avec toute autre station du réseau pourvu qu'elle soit à portée, c'est-à-dire, dans la zone définie par les limites induites par les conditions de propagation radio. C'est une architecture totalement décentralisée. Ce mode qui nécessite que chaque station soit à portée radio des autres stations pour se connecter les unes aux autres donne lieu à un réseau point à point où chaque machine ou terminal joue en même temps le rôle de client et le rôle de point d'accès , ceci limite la taille du réseau et l'ensemble constitué par les différentes stations est appelé un IBSS.

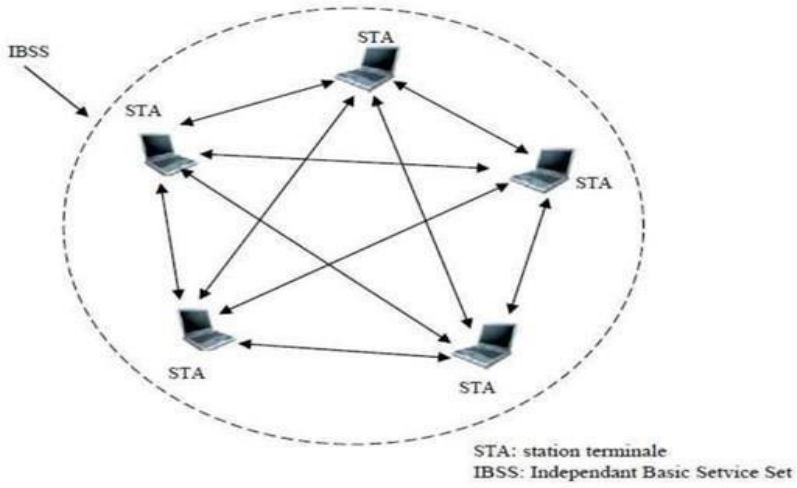


Figure II.9 réseau wifi en mode Adhoc

II.6.2. Le mode infrastructure

En mode infrastructure, les réseaux se caractérisent par la présence de points d'accès (AP : Access Point) où chaque station stationnaire ou en mouvement, notée STA, se connecte à un point d'accès via une liaison sans fil. Ceci permet d'assurer la communication entre une station d'un BSS avec toutes les autres stations du même BSS ou même la communication avec d'autres stations plus éloignées mais connectées à un réseau filaire ou sans fil à travers un système de distribution. Cette architecture permet d'étendre les réseaux, c'est une architecture centralisée ou toute communication doit passer par l'AP même s'il s'agit d'une communication entre deux stations du même BSS. [22]

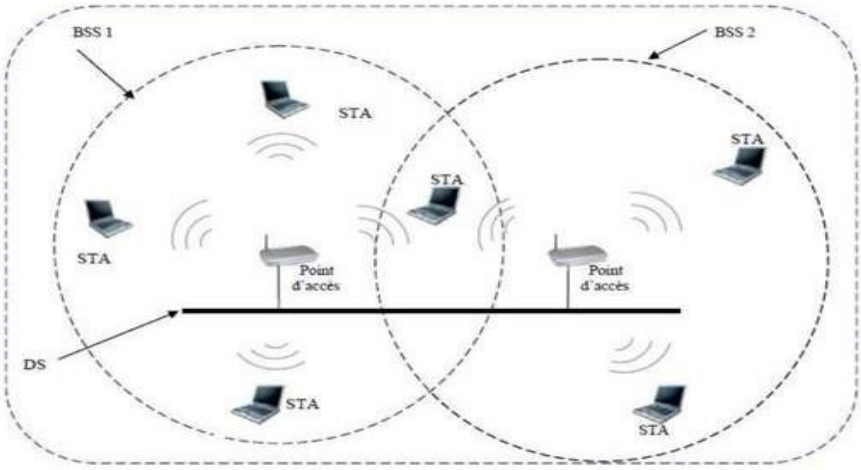


Figure II .10 réseau Wifi en mode infrastructure

Les équipements d'infrastructure ont pour fonction d'interconnecter le réseau Wi-Fi au réseau filaire servant de système de distribution, 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 afin de construire un ensemble de services étendu ESS.

Essentiellement, il existe trois catégories d'équipements d'infrastructure :

- Point d'accès: noté AP (Access Point) est le composant principal d'un réseau Wi-Fi qui fonctionne comme un concentrateur et centralise les communications provenant de toutes les stations d'utilisateurs ou clients qui sont associées, permettant de fournir un accès pour les différents stations avoisinantes équipées de cartes Wi-Fi au réseau filaire auquel il est raccordé.

- Pont Wi-Fi: est utilisé principalement pour interconnecter plusieurs réseaux filaires Ethernet via une interface sans fil. Cette solution est bien adéquate pour relier des réseaux filaires ou sans fil de différents bâtiments en évitant le câblage entre eux.

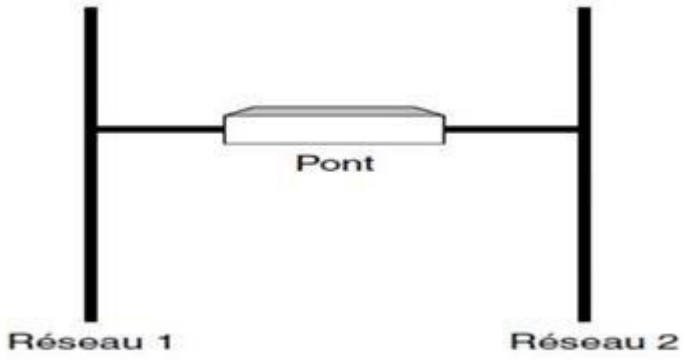


Figure II.11 un pont wifi

Les adaptateurs sans fil ou carte d'accès notée NIC, il s'agit d'une carte réseau satisfaisant les caractéristiques d'interface de la norme 802.11 permettant à une machine de se connecter à un réseau sans fils, les adaptateurs Wi-Fi sont disponibles selon de nombreux formats ; tout équipement possédant cette carte est appelé station. [22]

II.7. Les matériels

Le choix d'un matériel Wi-Fi nécessite d'abord de s'assurer de sa correspondance avec la norme de couche Physique souhaitée. [17]

II.7.1 La carte réseau

Un adaptateur Wi-Fi est avant tout composé d'une puce, connectée à une antenne. Il est intégré à l'équipement informatique, ordinateur portable, PDA..., ou inséré sur une carte périphérique. Dans le cas d'une solution intégrée, l'antenne l'est également.

Elle est, par exemple, positionnée le long de l'écran de l'ordinateur portable. Les constructeurs peuvent également adopter la technologie Intel Centrino, incluant le Wi-Fi dans une solution complète. De très nombreux modèles de cartes réseau Wi-Fi permettent d'ajouter une telle fonction à un ordinateur. On retrouve des formats PC Card/PCMCIA, Compact Flash, PCI ou USB. [17]

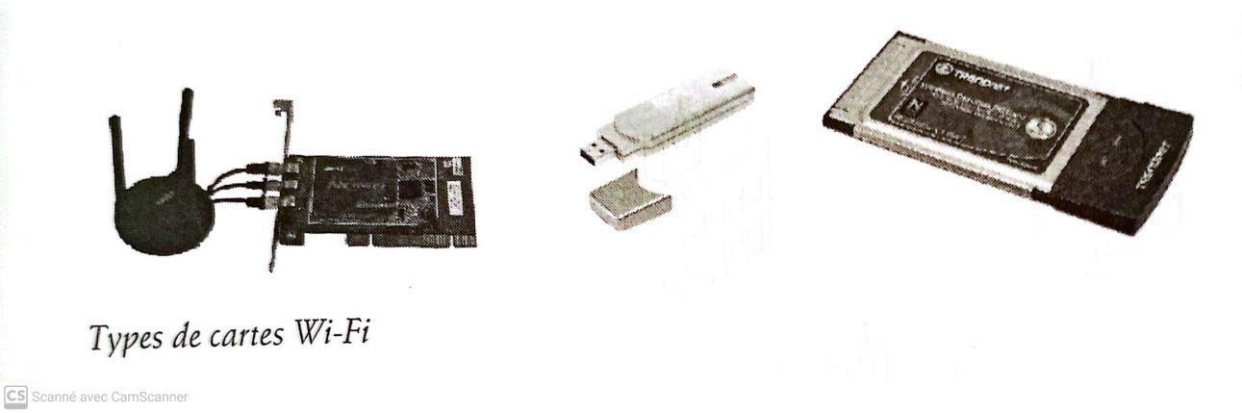


Figure II. 12 types de carte wifi

II.7.2. L'équipement d'infrastructure

Deux matériels sont essentiellement utilisés ici. Leur but est l'interconnexion du réseau Wi-Fi au réseau filaire Ethernet, qualifié de système de distribution (DS-Distribution System). [17]

Point d'accès : Le point d'accès (AP - Access Point) est le principal composant d'infrastructure d'un réseau Wi-Fi. Concentrateur, il centralise toutes les communications des stations qui lui sont associées.

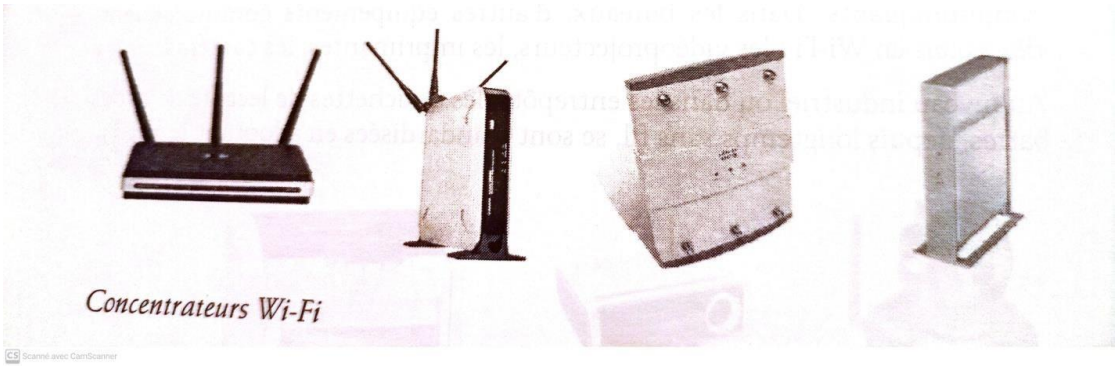


Figure II. 13 concentrateurs wifi

Pont : La fonction principale d'un pont (bridge) Wi-Fi est d'interconnecter deux réseaux filaires Ethernet par l'interface air. Les ponts Wi-Fi fournissent ainsi une solution à prix réduit pour relier les réseaux Ethernet de plusieurs bâtiments, sans avoir recours à la fibre optique. Bien sûr, cette dernière sera nettement plus rapide.

II.7.3. Les périphériques Wi-Fi :

Les terminaux Wi-Fi les plus courants restent les ordinateurs, particulièrement les portables, et les périphériques mobiles de type assistants personnels communiquant. Dans les bureaux, d'autres équipements communiquent désormais en Wi-Fi : les vidéoprojecteurs, les imprimantes, les caméras...

Au niveau industriel ou dans les entrepôts, les douchettes de lecture de codes-barres, depuis longtemps sans fil, se sont standardisées en adoptant le Wi-Fi.

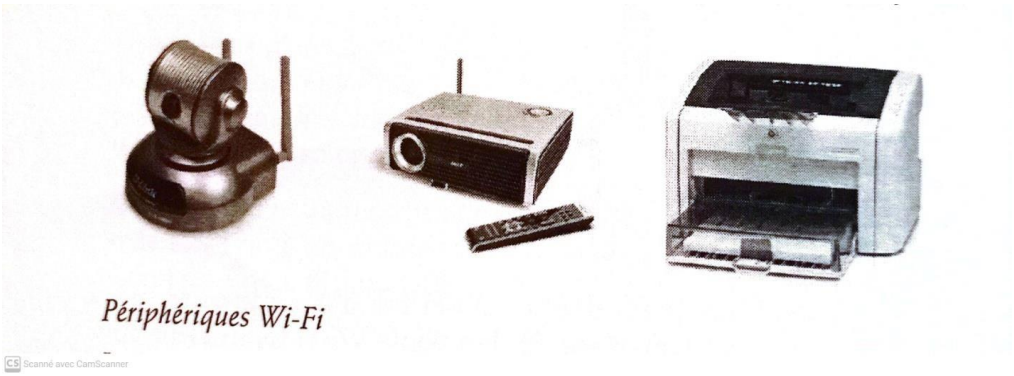


Figure II. 14 Périphériques WIFI

Le succès de la téléphonie sur IP (VoIP) a même conduit des constructeurs à proposer des solutions sans fil exploitant le réseau Wi-Fi (VoWi-Fi). Celles-ci ont actuellement plutôt recours à des fonctionnements propriétaires, par exemple pour l'itinérance, en attendant les standards. [17]

II.8. Sécurisation

II.8.1. WPA

Le Wi-Fi Protected Access a été finalisé en 2003 en réponse aux nombreuses faiblesses identifiées avec WEP (Wired Equivalent Privacy). Il implémente la plupart des fonctionnalités décrites dans la norme 802.11i qui n'était pas encore complètement finalisée à l'époque.

La conception même du protocole repose sur l'utilisation d'un serveur d'authentification basé sur 802.1X nécessaire à la distribution des clés pour chacun des utilisateurs.

Une autre implémentation plus basique et disponible généralement chez les particuliers et les PME, est l'utilisation d'une clé partagée (Pre-Shared Key ou PSK). [17]

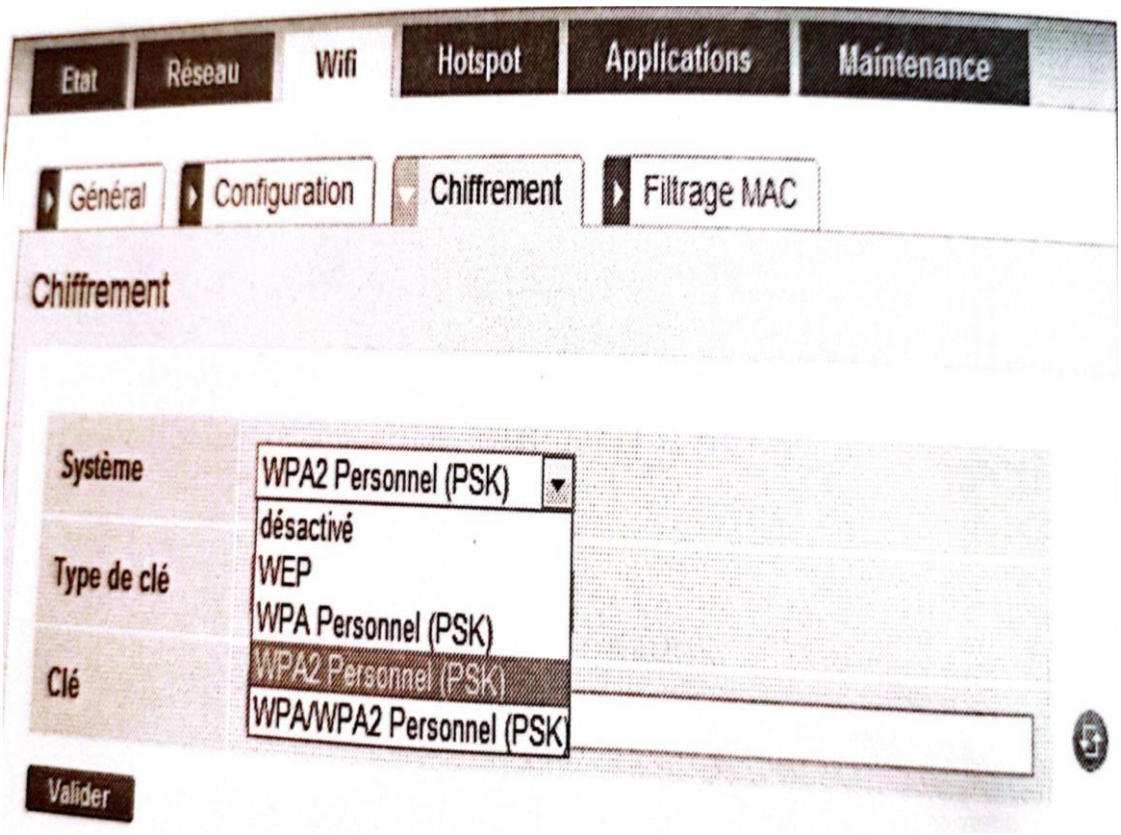


Figure II.15 Exemple de choix d'une sécurité Wi-Fi sur une box Internet [17]

WPA s'appuie généralement sur le protocole TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) qui utilise des clés plus longues que les clés WEP. Ce protocole TKIP permet l'échange dynamique des clés. Il existe deux variantes pour le WPA (v1 ou v2):

- WPA-Personnel
- WPA-Entreprise

Le WPA-Personnel ne nécessite pas de serveur d'authentification; chaque équipement s'authentifie directement auprès du point d'accès au moyen d'une même clé de 256 bits.

La version Entreprise repose sur l'utilisation d'un service RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) et s'appuie nécessairement sur un chiffrement AES (Advanced Encryption Standard).

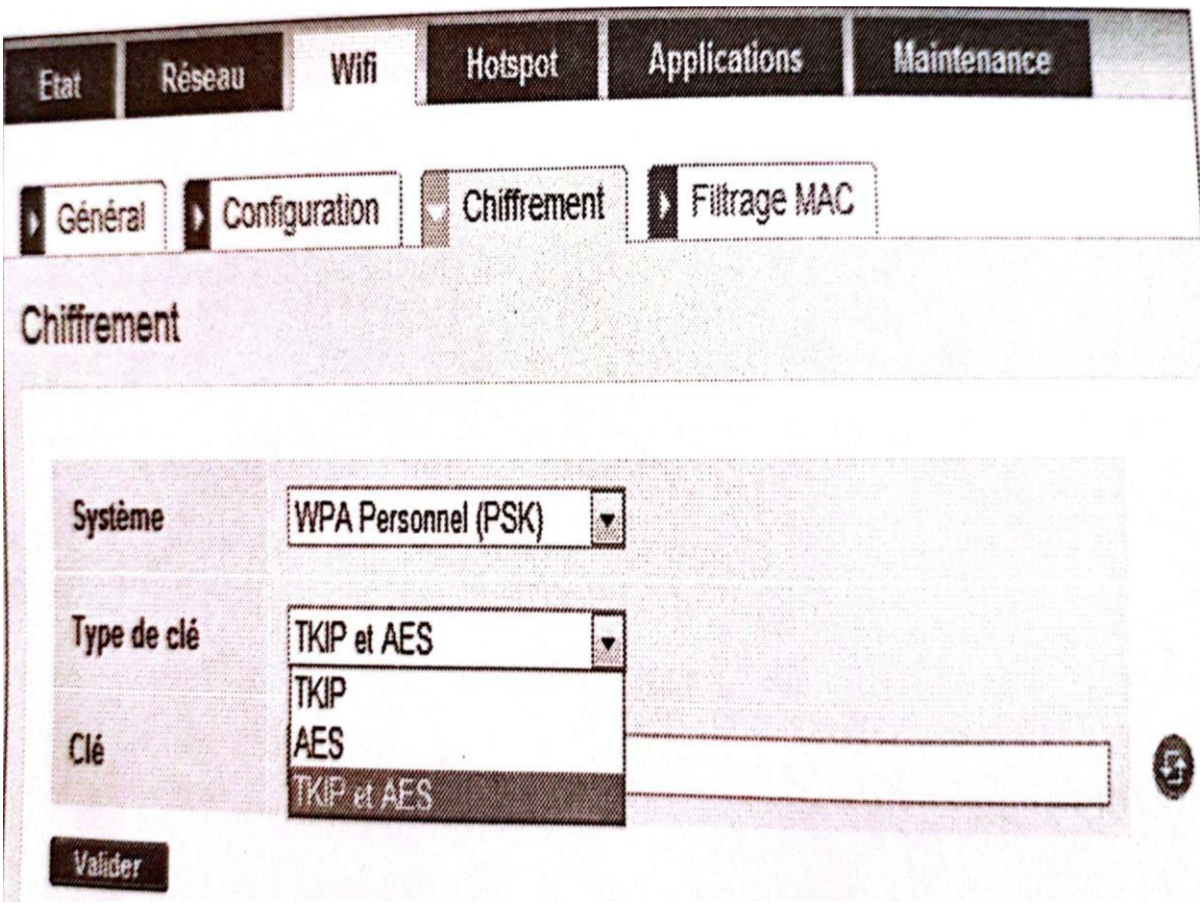


Figure II.16 Configuration du protocole de chiffrement

Ainsi, WPA garantit non seulement l'authentification, mais aussi le chiffrement. Il protège également l'intégrité des trames en les signant. Il est ainsi quasi impossible de réaliser des attaques par modification des trames et de leur CRC (Cyclic Redundancy Check) comme avec le WEP. II propose également un mécanisme de comptage de trames qui empêche le rejeu par des attaquants.

L'algorithme utilisé pour l'identification des messages est le MIC (Message Integrity Code), appelé aussi "Mickael".

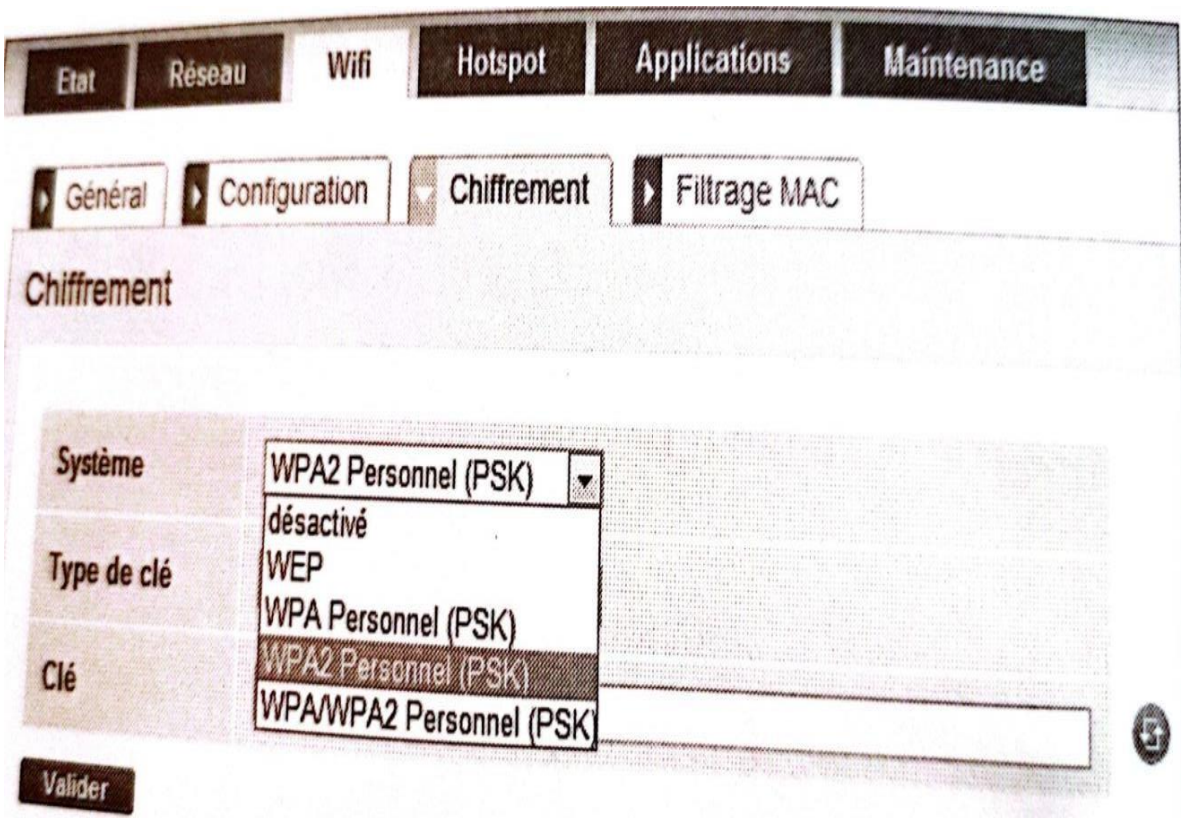


Figure II.17 Configuration WPA2 avec AES

II.8.2. WPA2

Il s'agit de la version de protocole qui respecte scrupuleusement la norme IEEE 802.11i. Le chiffrement est mis en œuvre au moyen du protocole AES. [17]
Depuis 2006, la compatibilité WPA2 est obligatoire pour les équipements certifiés Wi-Fi.

II.9 Conclusion

En conclusion, l'étude des réseaux sans fil Wi-Fi englobe une multitude de concepts et de normes qui sont essentiels pour comprendre leur fonctionnement et leur déploiement efficace. En explorant les normes de la couche physique, nous avons pu comparer les différentes fréquences Wi-Fi et comprendre comment elles influent sur la portée et la vitesse des réseaux sans fil.

L'analyse des protocoles IEEE 802 a permis de mettre en lumière les normes qui régissent les réseaux sans fil, ainsi que leurs spécificités et leurs différences. De plus, la comparaison des protocoles de LAN avec le modèle OSI a illustré comment ces standards s'insèrent dans la structure plus large des réseaux informatiques.

Le format de trame MAC et le contrôle de liaison logique (LLC) ont été examinés en détail pour comprendre la manière dont les données sont échangées et gérées au niveau de la couche liaison de données. Ceci est crucial pour assurer une communication fluide et fiable entre les appareils connectés au réseau.

L'architecture du réseau IEEE 802.11, qui forme la base des réseaux Wi-Fi, a été décortiquée pour comprendre comment les points d'accès, les stations et les canaux travaillent ensemble pour créer un réseau sans fil fonctionnel. L'exploration des topologies d'un réseau Wi-Fi a souligné les différentes configurations possibles et leurs implications en termes de performance et de gestion du réseau. La question de la sécurisation des réseaux sans fil a été abordée, mettant en évidence l'importance des mesures de sécurité telles que le chiffrement, l'authentification et la gestion des accès pour protéger les données et prévenir les intrusions.

En résumé, cette étude approfondie des réseaux sans fil Wi-Fi offre un aperçu complet des normes, des protocoles et des pratiques qui sous-tendent ces technologies essentielles dans le paysage moderne des communications.

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU WI-FI DANS BIBLIOTHEQUE AVEC JARDIN ET CONFIGURATION PAR PAQUET TRACER

Chapitre III : DIMENTIONNEMENT D'UN RESEAU WIFI DANS BIBLIOTHEQUE AVEC JARDIN ET CONFIGURATION PAR PAQUET TRACER

III.1 Introduction

Le dimensionnement des équipements d'un réseau Wi-Fi est crucial. Il permet de déterminer le nombre d'équipements tels que les points d'accès et les switches nécessaires. Un concepteur de réseau ou un ingénieur en télécommunication, qui souhaite dimensionner un réseau Wi-Fi, doit principalement prendre en compte les paramètres suivants : la puissance d'émission et la bande passante offerte par le réseau, afin de fournir aux utilisateurs une bonne qualité de service, tout en assurant un déploiement du réseau avec un coût d'investissement minimum et en tenant compte de la fiabilité du système.

Après avoir mis en place tous les dispositifs nécessaires pour un bon dimensionnement d'un réseau Wi-Fi et après avoir déterminé comment obtenir un réseau optimal, il est nécessaire de réaliser une interface de calcul permettant de résumer les opérations les plus courantes lors de l'utilisation des différentes applications et utilitaires.

Ce chapitre étudiera les différents processus de dimensionnement d'un réseau Wi-Fi et l'Objective du chapitre est la simulation dans le logiciel pakcet tracer

III.2 Dimensionnement d'un réseau WIFI public dans un projet Bibliothèque avec jardin

III.2.1 Explication de besoin

Le projet bibliothèques avec jardins et Wi-Fi incarne une vision moderne des espaces de lecture et de travail, où la nature et la technologie se réunissent pour offrir une expérience riche aux utilisateurs. Ce concept innovant répond aux besoins contemporains de calme et de connexion, vous permettant de travailler, étudier ou vous détendre dans un environnement inspirant et fonctionnel.

Dans ce travail, nous allons effectuer un dimensionnement pour l'installation d'un réseau wifi dans une bibliothèque avec un grand jardin. La bibliothèque a une surface totale de 900 m² et se compose de trois étages : le rez-de-chaussée, le premier étage et le deuxième étage. Le jardin a

une surface de 3911 m². Il contient une chambre de contrôle de 64 m² et une cafétéria située au centre du jardin, ayant une surface de 225 m². (Voir la figure **III.1**)

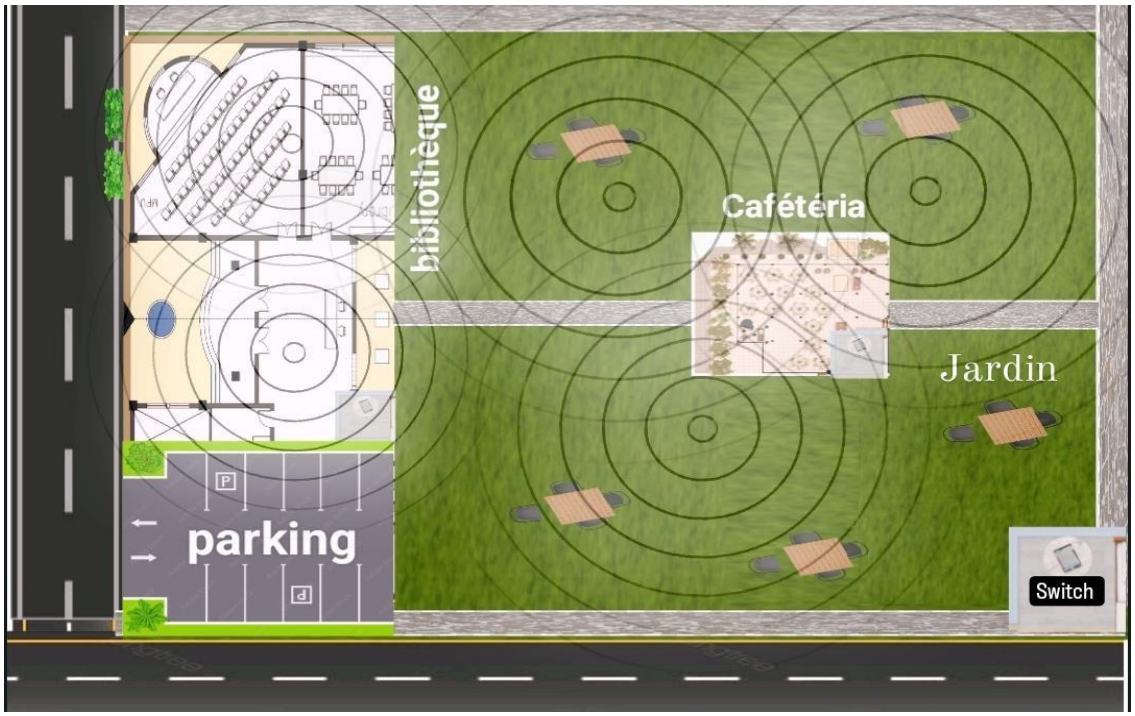


Figure III.1 plan de projet

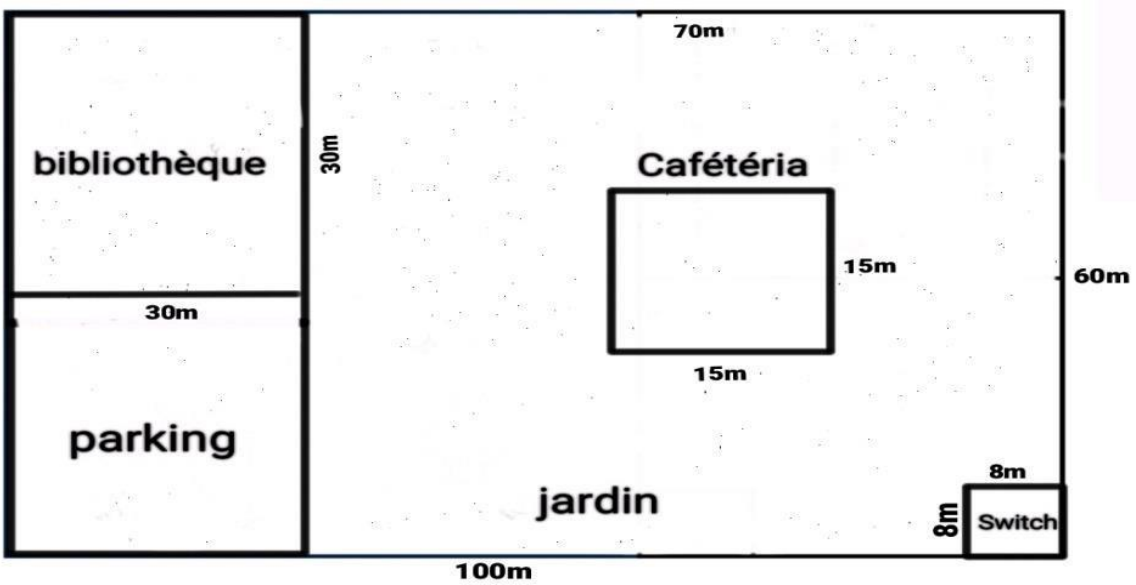


Figure III.2 Dimension de zone de projet

III.2.2 Schéma général de dimensionnement d'un réseau wifi

Après l'installation d'un réseau Wi-Fi et l'autorisation de l'ARPT, nous suivons les prochaines étapes [3] :

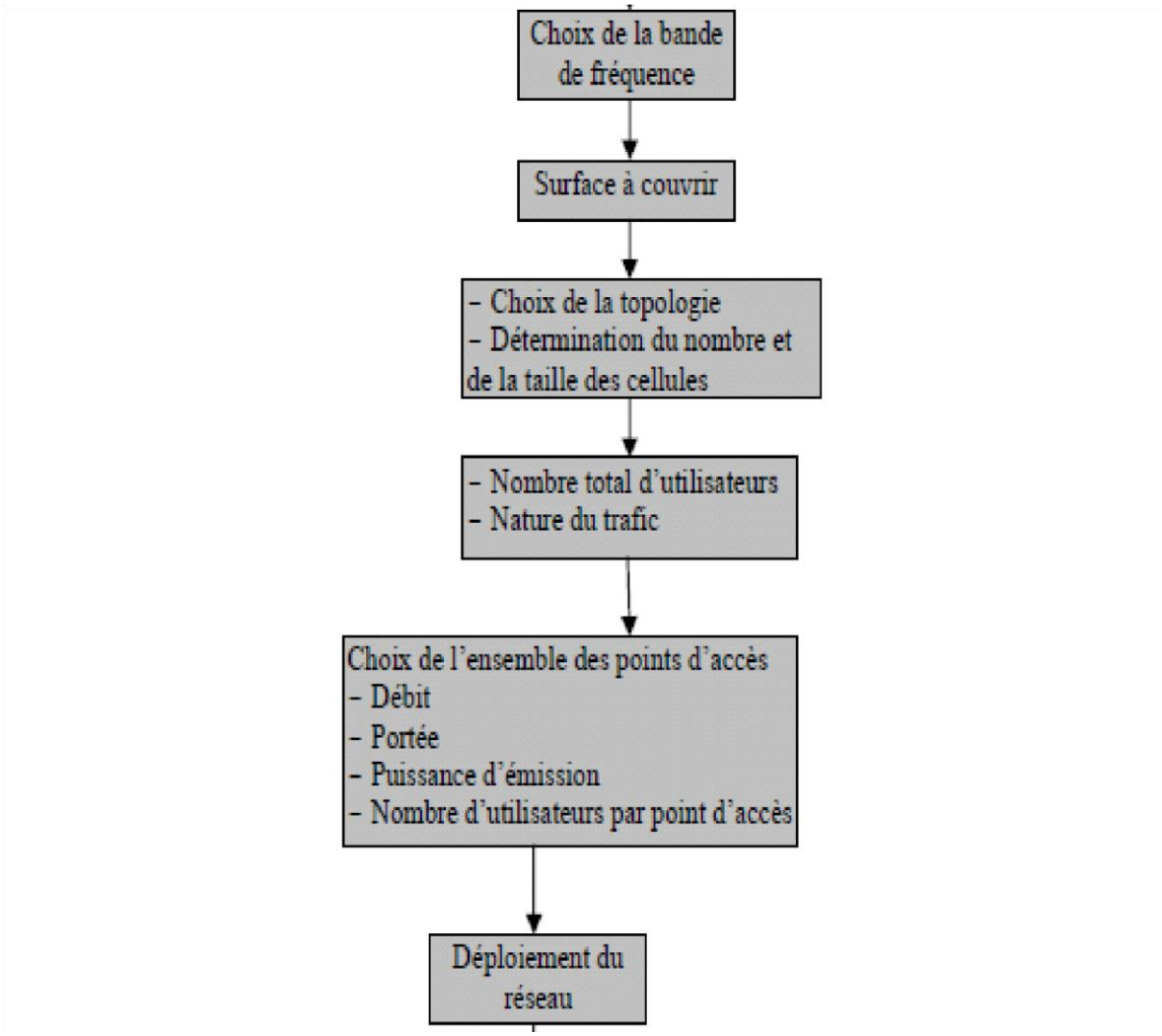


Figure III. 3 Algorithme de dimensionnement

III.2.3 Problématiques de dimensionnement d'un réseau wifi

III.2.3.1 Les zones et les surfaces de couverture dans le projet

La portée d'un réseau Wi-Fi peut varier en fonction de l'environnement où il est installé. Dans un espace clos, comme un bâtiment, les murs, les meubles, les ascenseurs et même les personnes peuvent constituer des obstacles à la transmission des ondes.

En extérieur, la portée est principalement limitée par la puissance du signal émis. Un signal plus faible entraîne une zone de couverture plus restreinte. De plus, la qualité du signal diminue lorsque celui-ci rencontre des obstacles ou des interférences.

Pour ce projet, il y a deux environnements à considérer :

a. Milieu intérieur (bibliothèque)

La bibliothèque comprend un rez-de-chaussée, un premier étage et un deuxième étage. Toutes les façades sont en verre coloré, et l'intérieur est divisé par des murs en brique, avec des séparations entre les étages en ciment. Les zones que nous souhaitons couvrir dans la bibliothèque sont :

- **Rez-de-chaussée** couvre le hall de réception, la salle d'attente et la première salle Internet. Il n'y a aucune séparation entre le hall de réception et la salle d'attente, tandis que les murs de la salle Internet sont en brique.(voir la *Figure III.4*)

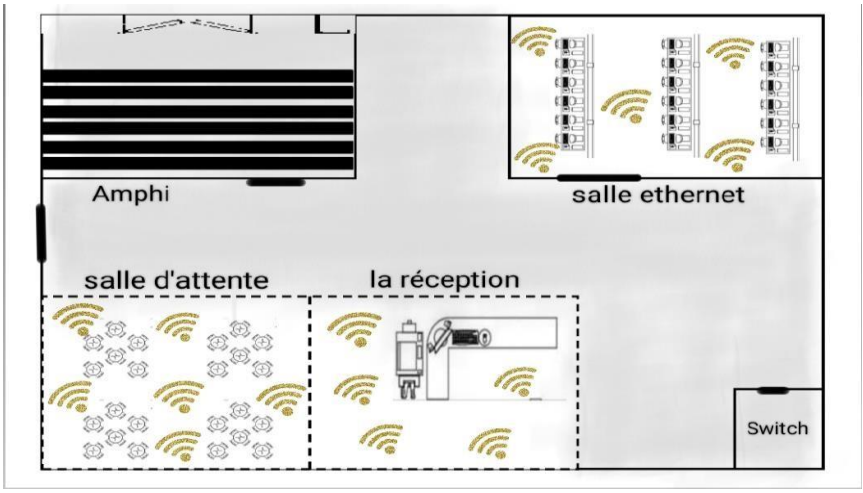


Figure III. 4 Les zones à couvrir dans le RC

Le premier étage couvre la deuxième salle Internet et une salle de lecture. Une séparation en briques existe entre ces deux salles (voir figure III.5).

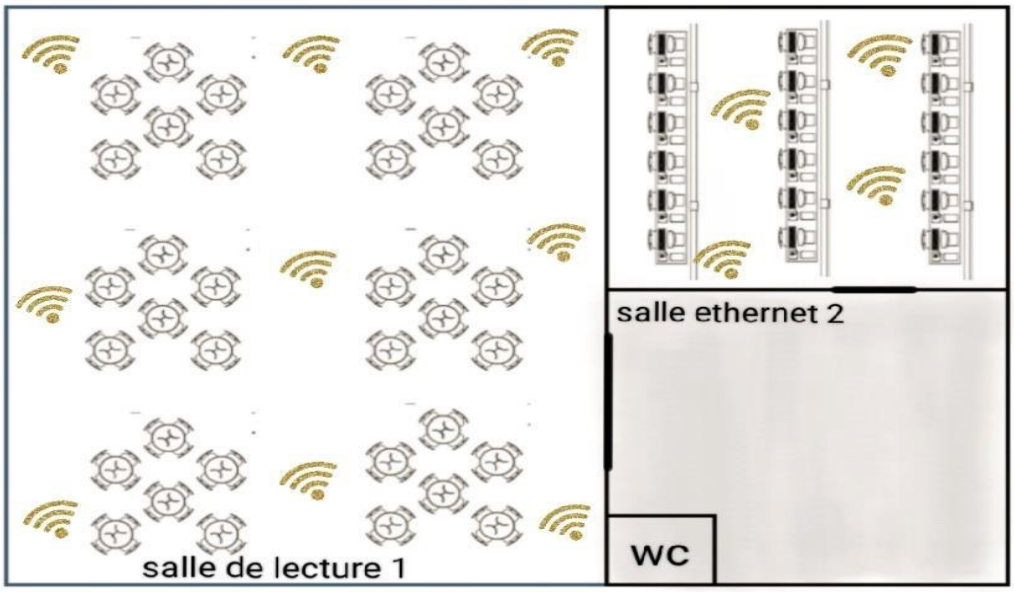


Figure III. 5 Les zones à couvrir dans l'étage 1

Le deuxième étage couvre la deuxième salle de lecture et les deux salles des bureaux, avec des murs en brique (voir figure III.6).

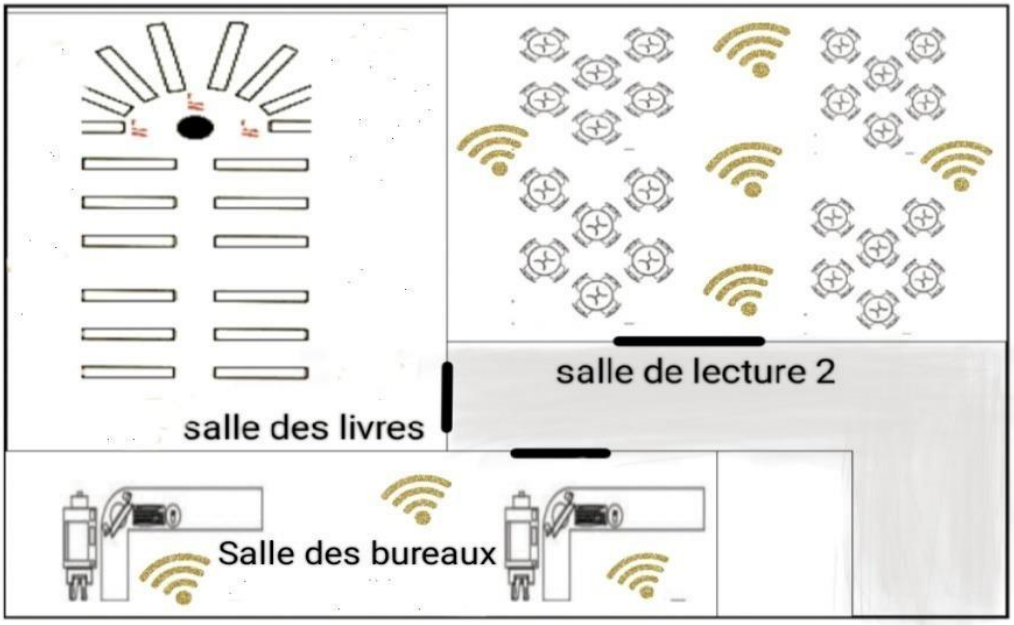


Figure III. 6 Les zones à couvrir dans l'étage 2

- **Atténuation du signal causée par différents matériaux**

L'affaiblissement des ondes radio dans les différents obstacles définis dans le tableau ci-dessus [23].

.

Tableau III.1 Atténuation du signal causée par différents matériaux

MATÉRIAUX	AFFAIBLISSEMENT		EXEMPLES
	2,4 GHz	5 GHz	
Air	0 dB	0 dB	Espace ouvert intérieur ou extérieur
Porte de bois pleine	3 dB	6 dB	Porte, plancher, cloison
Porte en acier	15 dB	25 dB	Porte Coupe-feu, issue secours
Verre simple (5 mm)	1 dB	2 dB	Fenêtre simple vitrage
Double vitrage athermique	10 dB	18 dB	Fenêtre haute performance thermique
Cloison sèche (plaque plâtre)	3 dB	4 dB	Cloisons internes
Briques pleine, Béton (150 mm)	8 dB	15 dB	Murs porteurs

b. En milieu extérieur (jardin)

Au cœur de l'espace extérieur du projet se trouve un jardin avec une cafétéria entourée de murs en verre. Notre objectif est de couvrir l'intégralité de l'environnement externe du projet (voir figure III.7)

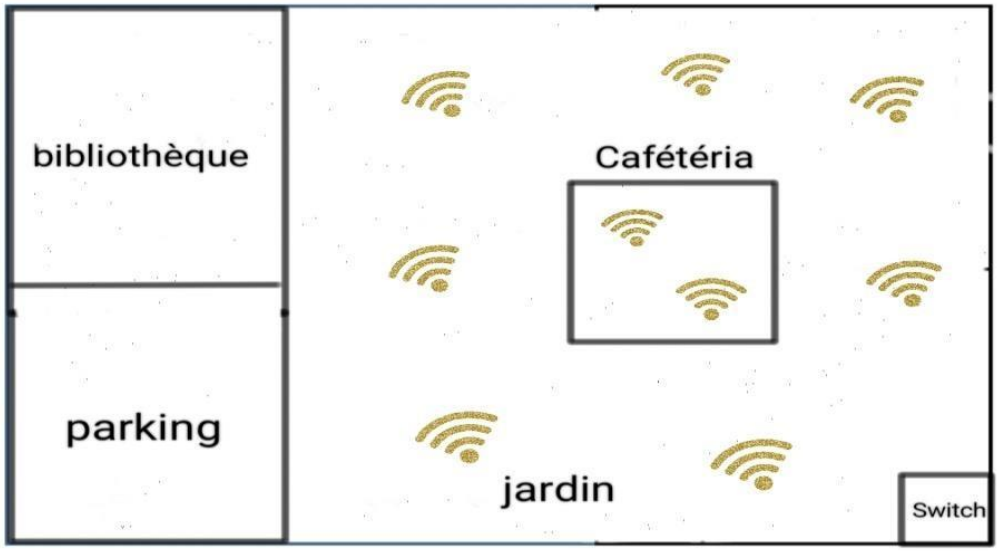


Figure III.7 Les zones à couvrir dans un jardin

- **Atténuation du signal en espace libre**

En émission libre, une onde radio subit une atténuation naturelle en fonction de la distance qui la sépare de son émetteur. Cet affaiblissement est proportionnel au carré de la distance. Ainsi, chaque fois que la distance double, le signal est réduit d'un facteur de 4, ce qui équivaut à une atténuation de 6 dB. [23]

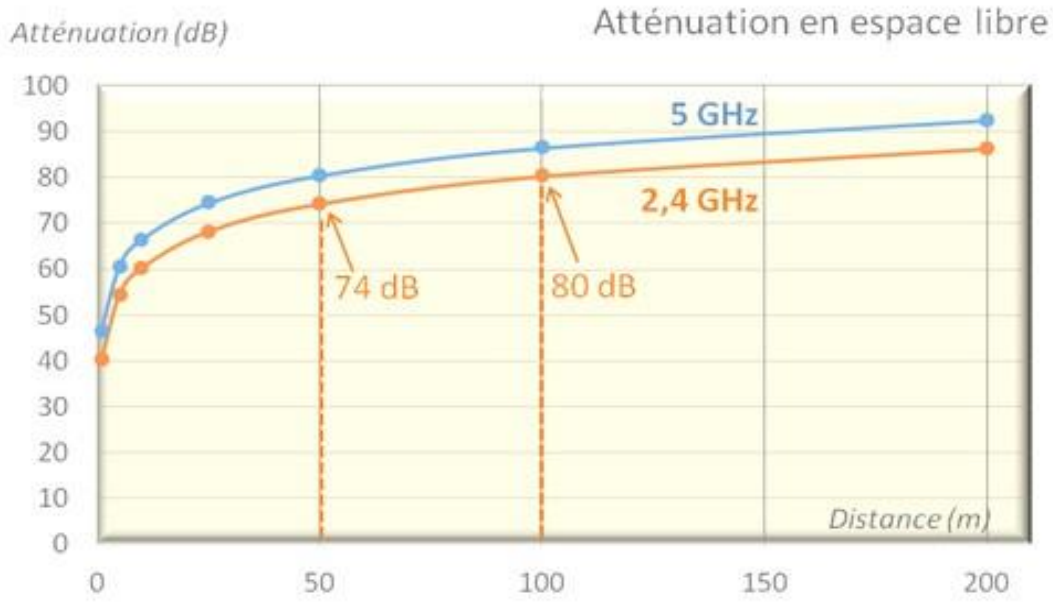


Figure III.8 Exemple pour une distance de 50 m l'atténuation est de 74 dB, elle passe à 80 dB pour 100 m

Tableau III.2 Tableau de la surface

Milieu	Etage	Zone de couverture		Surface
Intérieur	RC	1	Salle D'internet 1	$S_1 = 10 \times 20 = 200m^2$
		2	Salle d'attente	$S_2 = 10 \times 20 = 200m^2$
	1er étage	3	Salle d'Internet	$S_3 = 10 \times 20 = 200m^2$
		4	Salle Lecture 1	$S_4 = 15 \times 25 = 375m^2$
	2eme étage	5	Sale Lecture 2	$S_5 = 15 \times 25 = 375m^2$
		6	Deux salles des bureaux	$S_1 = 20 \times 10 = 200m^2$
Extérieur	Jardin	7	Tout le jardin	$S_7 = (60 \times 70) - (15 \times 15) - (8 \times 8) = 3911m^2$
	Cafeteria	8	Tout le Cafeteria	$S_8 = 15 \times 15 = 225m^2$

III.2.3.2 Affectations des canaux

La bande ISM correspond à trois sous bandes (902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz) la bande de 2.400-2.4835 GHz et 5.725-5.850 GHz est utilisée par la norme 802.11. [24]

AFFECTATION DES CANAUX de la fréquence 5 GHz :

Les fréquences utilisables dans cette bande sont définies par l'IEEE dans les normes IEEE 802.11n et IEEE 802.11ac. Elles occupent 2 larges sous-bandes allant respectivement de 5,150 à 5,350 GHz et de 5,470 à 5,850 GHz.

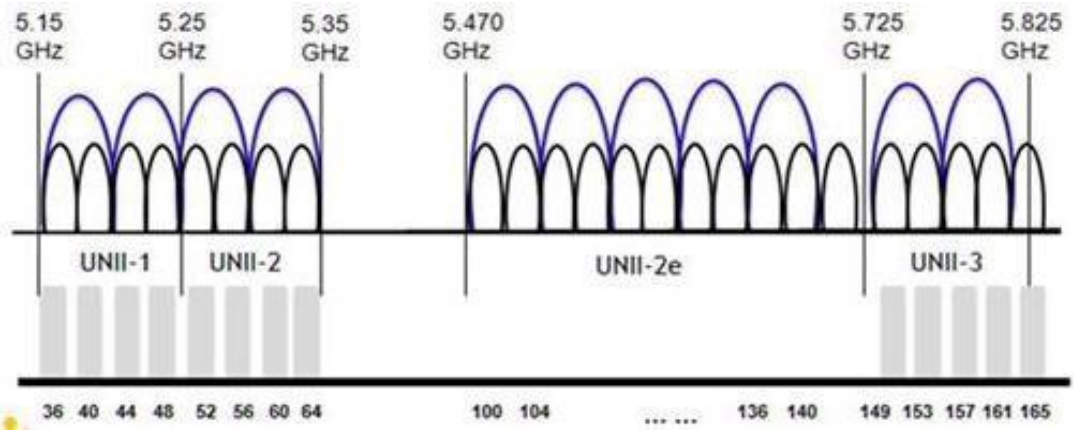


Figure III.9 Représentation graphique des canaux wifi dans la bande ISM (5 GHz).

Affectation des canaux de la fréquence 2.4GHz :

En WiFi, les normes 802.11b et 802.11g utilisent la bande de fréquence ISM Industriel Scientific Médical qui va de 2,4 à 2,4835 GHz, soit une largeur totale de 83,5 MHz. Celle-ci a été découpée en 14 canaux, séparés de 5 MHz. Ci-dessous les fréquences affectées aux 14 canaux : [24]

Tableau III. 3 les quatorze canaux de la bande ISM (2.4GHz).

Canal	Fréquence inférieure	Fréquence centrale	Fréquence supérieure
1	**2401**	**2412**	**2423**
2	**2406**	**2417**	**2428**
3	**2411**	**2422**	**2433**
4	**2416**	**2427**	**2438**
5	**2421**	**2432**	**2443**
6	**2426**	**2437**	**2448**
7	**2431**	**2442**	**2453**
8	**2436**	**2447**	**2458**
9	**2441**	**2452**	**2463**
10	**2443**	**2457**	**2468**
11	**2451**	**2462**	**2473**

12	**2456**	**2467**	**2478**
13	**2461**	**2472**	**2483**
14	**2466**	**2477**	**2488**

En fait la BP Bande Passante utilisée par un canal de transmission est de 22 MHz.

Ou si plusieurs cellules WiFi sont voisines, leurs plages de fréquences ne doivent pas se recouvrir sous peine d'interférences (phénomènes de battements, voir les applets java à récupérer sur le site: Pratiquement il faut respecter un écart de 5 canaux.

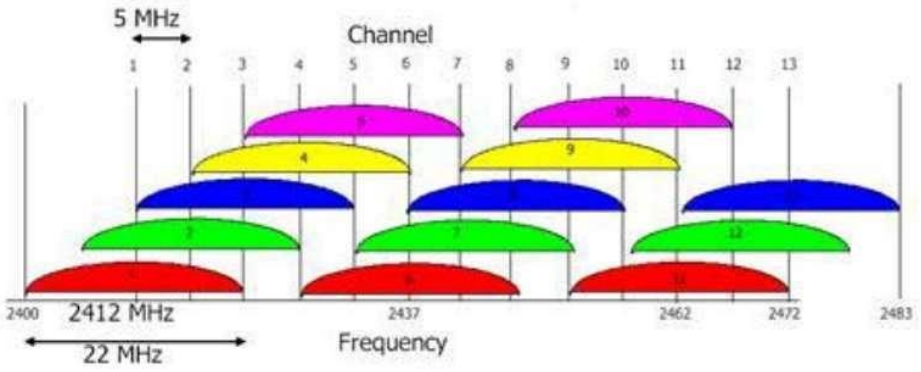


Figure III. 10 Représentation graphique des canaux wifi dans la bande ISM (2,4 GHz).

Ainsi, dans le cas de trois cellules voisines, quatre configurations sont possibles pour l'affectation des canaux aux AP Access Point. - canaux 1 - 6 - 11 - canaux 2 - 7 - 12 - canaux 3 - 8 - 13 - canaux 4 - 9 - 14 Exemple de couverture de zone Soit la salle omnisport rectangulaire suivante à couvrir en WiFi.

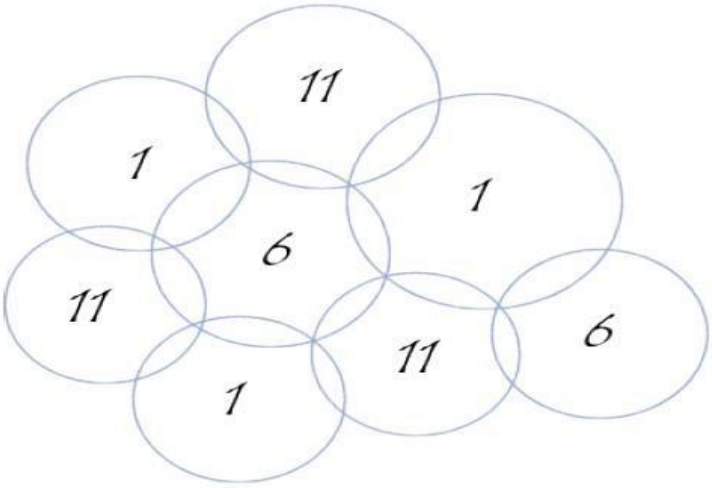


Figure III.11 Affectation de 3 canaux dans la bande ISM (2.4 GHz).

III.2.3.3 Choix de fréquences dans le projet

a. Pour la bibliothèque:

La fréquence 5 GHz est privilégiée dans les zones à forte densité d'utilisateurs en raison de ses vitesses de transfert de données élevées et de sa capacité à réduire les interférences grâce à un plus grand nombre de canaux. Elle est idéale pour les appareils nécessitant une bande passante élevée comme les ordinateurs portables et les Smartphones. Par conséquent, nous l'utiliserons dans la bibliothèque, en particulier dans les salles d'internet.

Quant à la fréquence 2,4 GHz, elle est utilisée dans les grandes salles de lecture et de réception car elle offre une meilleure couverture, surtout sur les étages avec de nombreux obstacles tels que les murs et les meubles. Elle permet une portée plus longue et une meilleure pénétration des obstacles, ce qui la rend adaptée aux appareils nécessitant une connexion stable mais pas des vitesses très élevées, comme les imprimantes et les tablettes.

Nous pouvons utiliser des points d'accès fonctionner à la fois sur les fréquences 2,4 GHz et 5 GHz et permettant aux utilisateurs de choisir la fréquence la plus appropriée en fonction de leurs besoins et des appareils utilisés.

b. Pour le jardin

Dans le jardin, on préfère utiliser la fréquence 2,4 GHz car elle offre une portée plus longue et une meilleure capacité à pénétrer les obstacles tels que les arbres et les murs extérieurs. Elle convient aux espaces ouverts où la propagation du signal est une priorité.

III.2.3.4 Les topologies des cellules

En mode infrastructure, plusieurs topologies peuvent être adoptées en fonction des caractéristiques de la zone à couvrir, du nombre d'utilisateurs, des besoins en mobilité, du choix des canaux et du trafic. En tenant compte de ces critères, on choisit l'une des topologies suivantes : cellules disjointes, cellules recouvertes, ou cellules partiellement recouvertes. [25]

III.2.3.5 Choix de topologie dans le projet

Dans le RC Nous utilisons une topologie à cellules disjointes parce que les salles à couvrir sont éloignées les unes des autres.

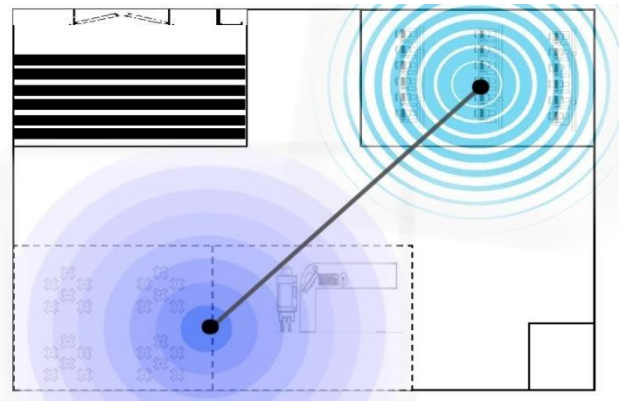


Figure III. 12 Topologie des cellules dans le RC disjointes

Au premier et au deuxième étage nous utilisons une topologie où les cellules se *recouvrent*, car les salles à couvrir sont situées à proximité les unes des autres.

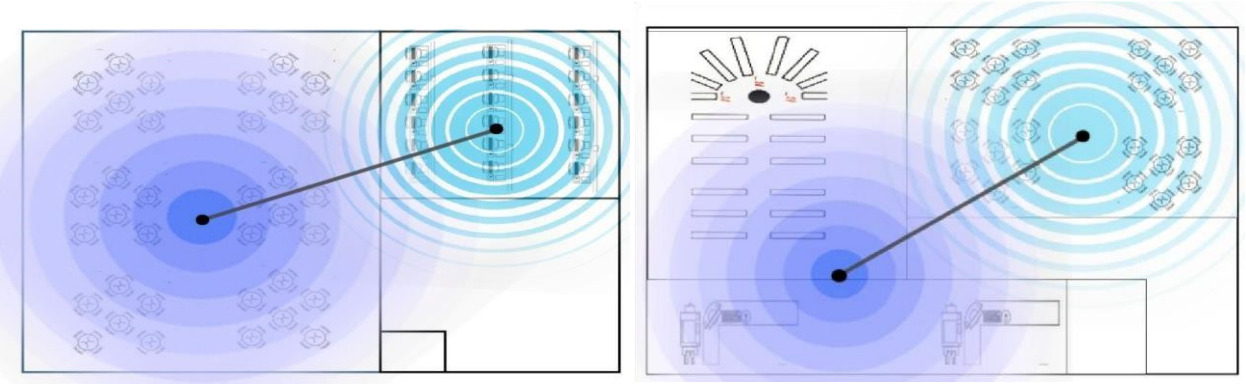


Figure III .13 Topologie des cellules dans le 1are étage et 2éme étage recouvrent

Dans le jardin et la cafétéria nous adoptons une topologie où les cellules se *recouvrent mutuellement*, car notre objectif est de couvrir l'ensemble de la zone.

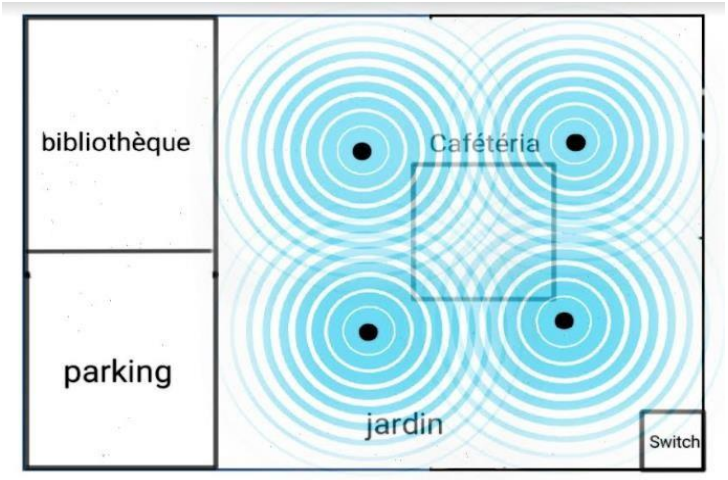


Figure III. 14 Topologie des cellules dans le jardin et les cafeterias recouvrent mutuellement

III.3 Processus de dimensionnement d'un réseau WIFI dans le projet

III.3.1 Calcule théorique du rayon de cellule.

Pour calculer la distance théorique d'un lien Wi-Fi en espace libre sans obstacle, nous pouvons utiliser la formule du bilan de liaison, qui prend en compte la puissance du signal émis, la sensibilité du récepteur, et d'autres facteurs tels que la fréquence du signal, le gain des antennes, et les pertes de propagation. [3]

a) Puissance émise

La puissance du signal émis est appelée **P**uissance **I**sotrope **R**ayonnée **E**quivalente (PIRE), et notée Tx_1. Elle dépend de la chaine appareil-câble-antenne. L'appareil émetteur (le point d'accès

AP) émet le signal avec une certaine puissance notéePx_1, le câble reliant l'appareil à l'antenne engendre une atténuation notée L_1, et l'antenne fournît elle aussi un gain supplémentaire notée G_1.

En exprimant ces gains et atténuation en décibel (dB), la PIRE s'obtient par simple addition :

$$\boldsymbol{Tx_1 = Px_1 - L_1 + G_1} \qquad (\boldsymbol{III.1})$$

b) Sensibilité de réception

La sensibilité d'utilisateur est simplement la capacité à recevoir les signaux wifi. Elle s'exprime aussi en dBm (valeur négative). La sensibilité du récepteur est définie comme le signal minimum de niveaux de puissance (en dBm ou mW) pour que le récepteur décode exactement un signal donné.

c) Affaiblissement de propagation

L'affaiblissement de propagation caractérise l'affaiblissement que subit la puissance d'une onde électromagnétique lorsqu'elle parcourt une certaine distance. Cet affaiblissement est dû à la dispersion de la puissance, mais également aux obstacles rencontrés sur le chemin.

Cas d'espace libre

Pour calculer cet affaiblissement en espace libre qui est exprimé en dB(pl), on utilise la formule de Friis donnée par :

$$Pl = 20\log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \qquad \text{(III.2)}$$

Avec d est la distance entre l'émetteur/récepteur et λ longueur d'onde.

On peut simplifier l'affaiblissement par l'équation suivant

Avec fréquence$f = 2.4GHz$, et $\lambda = 0.125m$:

$$pl_{\text{espace libre}} = 20\log_{10}(d) + 40.05 \qquad \text{(III.3)}$$

Avec fréquence $f = 5GHz$, et $\lambda = 0.06m$:

$$pl_{\text{espace libre}} = 20\log_{10}(d) + 46.42 \qquad \text{(III.4)}$$

Cas d'un environnement de propagation autre que l'espace

Il est important de prendre en compte les propriétés des milieux de propagation, car ceuxci représentent des obstacles pour la transmission radio en introduisant des affaiblissements supplémentaires. Parmi ces obstacles, on peut citer les murs de briques à simple ou à double cloison, les vitres en verre, les pertes dues au corps humain, les rideaux d'arbres, l'eau, l'humidité, etc. Pour déterminer l'affaiblissement dû à chaque obstacle présent dans le milieu de propagation, nous estimons le nombre d'unités de l'obstacle concerné que l'onde radio traverse au cours de sa propagation.

Alors pour un obstacle donné, l'affaiblissement qui le produit est donné par :

$$pl_{\text{obstacle i}} = \alpha_i \times pl_i \qquad \text{(III. 5)}$$

α_i **:** nombre entier de l'obstacle i que l'onde le traverse au cours de son propagation;

pl_i **:** Affaiblissement produit par une unité de l'obstacle i.

$pl_{\text{obstacle i}}$ **:** Affaiblissement total produit par l'obstacle i.

On peut déterminer alors les pertes totales de telle sorte qu'on prend en considération toutes ces pertes supplémentaires. On trouve alors :

$$pl_{\text{total}} = pl_{\text{espace libre}} - \sum_i pl_{\text{obstacle i}} \qquad \text{(III.6)}$$

pl_{total} **:** Affaiblissement total dans le milieu de propagation ;

$pl_{\text{espace libre}}$ **:** Affaiblissement tolérable dans l'espace libre ;

$pl_{\text{obstacle i}}$ **:** Affaiblissement total produit par l'obstacle i.

d) Bilan de liaison

Le bilan de liaison radio entre le point d'accès et un utilisateur offre une estimation de la puissance du signal attendue au niveau du récepteur est noté par *Rx*, compte tenu de toutes les sources possibles de gain et de perte le long de la liaison sans fil. Bilan de liaison dans le cas de liaison descendant (point d'accès – utilisateur) est donné par la relation suivant :

$$Rx_2 = Tx_1\,(\text{dBm}) - pl(\text{dB}) + G_2(\text{dBi}) \qquad \text{(III.7)}$$

Avec Rx_2 est la puissance reçue au niveau d'utilisateur, Tx_1 est la puissance transmit au niveau de point d'accès, et G_2 et le gain d'antenne d'utilisateur.

Le bilan de liaison dans le cas de liaison montant (utilisateur - point d'accès) est donné par la relation suivant:

$$Rx_1 = Tx_2\,(dBm) - pl(dB) + G_1(dBi) \qquad \text{(III.8)}$$

Avec Rx_1 est la puissance reçue au niveau de point d'accès, Tx_2 est la puissance transmit au niveau d'utilisateur, et G_1 et le gain d'antenne de point d'accès.

Pour une liaison stable, le bilan doit être supérieur à la sensibilité plus une marge. La figure III.15 montre un schéma de bilan de liaison entre le point d'accès et l'utilisateur.

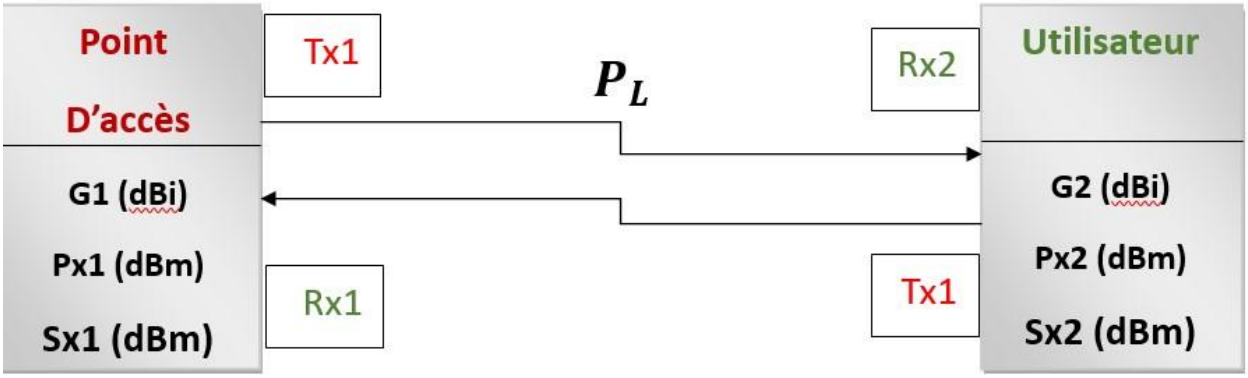


Figure III. 15 Connexions d'un réseau sans fil WIFI entre un point d'accès et un utilisateur

e) Affaiblissement maximal

L'affaiblissement maximal est la valeur de l'affaiblissement du canal de sorte que la puissance reçue soit minimal (c.à.d. égale à la sensibilité plus une marge). Donc l'affaiblissement maximal dans le cas de liaison descendant est donné par:

$$Tx_1\,(\text{dBm}) - pl_{\max}(\text{dB}) + G_2(\text{dBi}) = S_2 + M \qquad \text{(III. 9)}$$

$$pl_{\max} = Tx_1 + G_2 - S_2 - M$$

Avec S_2 la sensibilité d'utilisateur et M est la marge.

Dans ce travail, le calcul de l'affaiblissement maximal est basé pour la liaison descendant.

f) Rayon d'une cellule:

Le Rayon de la cellule d'un point d'accès dans les deux cas : espace libre et l'intérieur est obtenait.

A partir de l'affaiblissement maximal on déduit donc le rayon du point d'accès

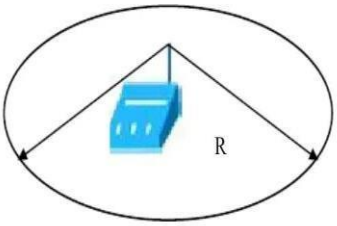


Figure III. 16 Rayon d'une cellule

Pour fréquence 2.4Ghz :

$$R = 10^{\frac{-40.05+pl_{\max}}{20}} \qquad \textbf{(III.10)}$$

Pour fréquence 5Ghz :

$$R = 10^{\frac{-46.42+pl_{\max}}{20}} \qquad \textbf{(III.11)}$$

III.3.2. Prévision de trafic

III.3.2.1 Nombre d'utilisateurs

Il est important d'évaluer le nombre d'utilisateur pouvant être gérées par un seul point d'accès afin de déterminer le nombre de points d'accès pour une même zone à couvrir. Les d'utilisateurs peuvent évaluer la distance qui les sépare du point d'accès grâce au niveau du signal reçu. [3]

III.3.2.2 Nature des applications et du trafic

Le type d'application (données, voix, vidéo) influence la nature du trafic que le réseau doit prendre en charge. De cette manière, on veille à ce que les performances du réseau répondent aux attentes des utilisateurs. Par exemple, il peut être nécessaire d'ajouter un nouveau point d'accès ou un adaptateur IEEE 802.11 supplémentaire au point d'accès existant afin d'offrir plus de bande passante et d'assurer de meilleurs délais d'accès aux utilisateurs connectés à ce point d'accès.

III.3.2.3 Capacité de système

Le choix du débit est crucial car il impacte directement les coûts. Il est donc essentiel de ne pas surestimer le débit par rapport à nos besoins pour éviter des coûts excessifs. De même, le sousévaluer n'est pas conseillé car les abonnés exigent des performances bien définies.

a. Estimation de débit crête par application

Pour estimer le débit crête par application, il faut évaluer le débit maximal individuel requis pour chaque service offert.[24]

Tableau III. 4 Exemple d'estimation des débits crête par application

Services offerts	Bande passante (Kbps)
Web Browsing	256
E-mails	14
FTP	1000
VPN	2000
Vidéo conférence	384
VoD	1800

b. Calcul de la bande passante totale

Le taux de simultanéité, défini comme le rapport du nombre d'abonnés entrant simultanément dans le réseau au nombre total d'abonnés présents dans le réseau, est introduit avant le calcul de la bande passante totale. La bande passante est calculée pour chaque cellule du réseau en fonction du nombre d'abonnés et des services qu'elle doit fournir, selon l'équation :

$$B = \sum_j n_j c_j \tau_j \qquad \textbf{(III.12)}$$

B : bande passante utile dans une cellule ;

n_j : nombre d'abonnés servis par le service j ;

c_j : bande passante par abonnés pour le service j ;

τ_j : taux de simultanéité pour la catégorie d'abonnés servis par le service j.

III.4 Dimensionnement des cellules WIFI dans le projet

III.4.1 Détermine les rayons des cellules et le nombre des cellules

Les facteurs qui changent la valeur du rayon sont : la puissance d'émission, le gain de l'émetteur, l'affaiblissement entre l'émetteur et le récepteur. Pour ajuster le rayon de chaque cellule, On varie la puissance d'émission.

On peut obtenir le rayon de chaque cellule grâce à l'équation suivant:

• Pour fréquence 2.4Ghz (III.10), Pour fréquence 5Ghz (III.11), L'affaiblissement maximal ($pl_{\max}$) est donné par(III.9).

Le nombre des cellules (Nc) est calculé par l'équation suivant:

$$\mathrm{Nc} = \frac{S}{\pi R^2} \qquad \textbf{(III.13)}$$

Avec S est la surface de la zone.

III.4.2 Les calculs des rayons et le nombre des cellules

La figure III.17 présente les valeurs des paramètres du point d'accès et de l'utilisateur (terminal) dans les différentes zones de la bibliothèque, d'une surface de 200 m². Les rayons et le nombre de cellules ont été calculés à l'aide d'Excel en utilisant des équations préalablement définies. Selon les calculs, chaque cellule couvre une seule zone, que ce soit à une fréquence de 2,4 GHz ou de 5 GHz. Les zones 1, 2, 3 et 6 ont également une surface de 200 m² et des obstacles similaires, avec une valeur d'affaiblissement des obstacles de 8 dB.

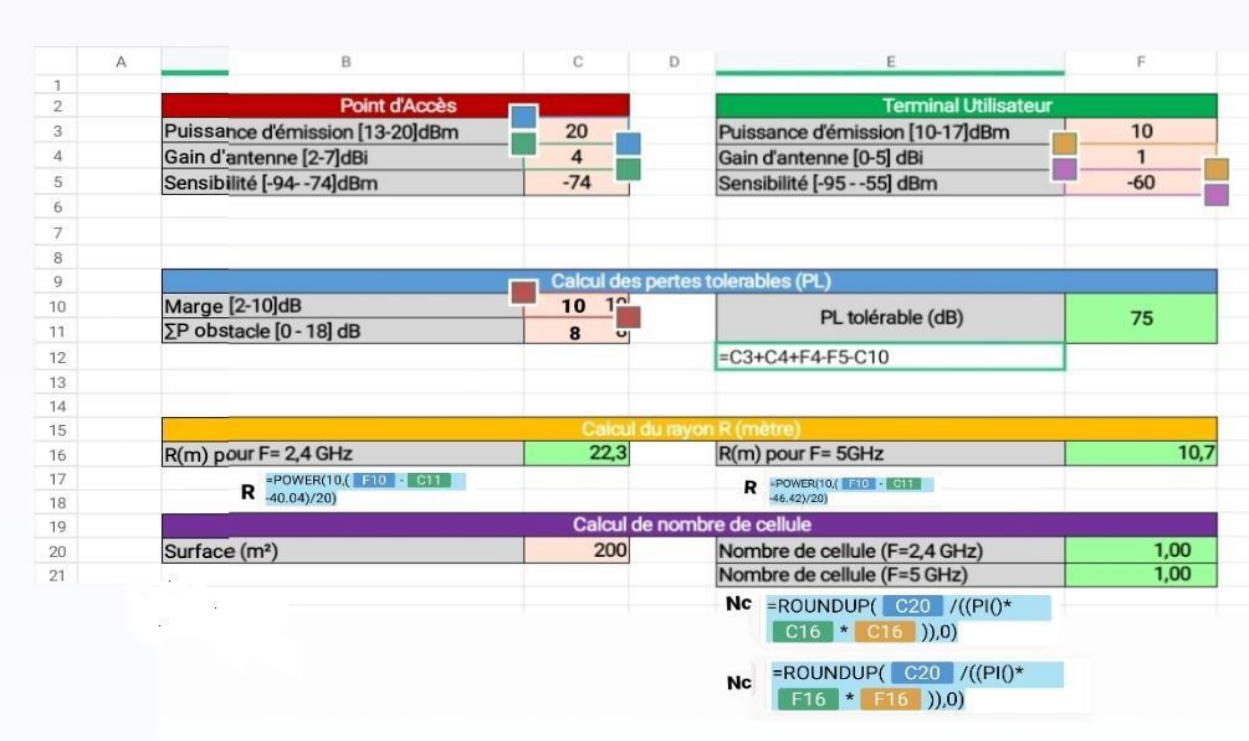


Figure III. 17 Les rayons et le nombre des cellules dans les zones de surface 200m^2

La figure III.18 illustre les rayons et le nombre de cellules calculés par Excel pour les zones de la bibliothèque d'une surface de 375 m². Les paramètres du point d'accès et de l'utilisateur pour les zones de 200 m² et 375 m² sont identiques. On observe que le nombre de cellules calculé est de deux pour une fréquence de 5 GHz dans les zones de 375 m², et d'une seule cellule pour une fréquence de 2,4 GHz.

Point d'Accès		
Puissance d'émission [13-20]dBm	20	
Gain d'antenne [2-7]dBi	4	
Sensibilité [-94- -74]dBm	-74	

Terminal Utilisateur	
Puissance d'émission [10-17]dBm	10
Gain d'antenne [0-5] dBi	1
Sensibilité [-95 - -55] dBm	-60

Calcul des pertes tolerables (PL)			
Marge [2-10]dB	10	PL tolérable (dB)	75
∑P obstacle [0 - 18] dB	8		
		75	

Calcul du rayon R (mètre)			
R(m) pour F= 2,4 GHz	22,3	R(m) pour F= 5GHz	10,7

Calcul de nombre de cellule			
Surface (m²)	375	Nombre de cellule (F=2,4 GHz)	1,00
		Nombre de cellule (F=5 GHz)	2,00

Figure III. 18 Les rayons et le nombre des cellules dans les deux zones de surface 375m^2.

Les rayons et le nombre de cellules calculés par Excel pour le jardin et la cafétéria sont présentés dans la figure III.19. On observe que le nombre de cellules est de quatre pour une fréquence de 2,4 GHz et de dix pour une fréquence de 5 GHz. L'affaiblissement dû aux obstacles dans le jardin est de 2 dB en raison de quelques arbres.

Spatial Traffic Nombre de switch

	Point d'Accès		Terminal Utilisateur	
	Puissance d'émission [13-20]dBm	15	Puissance d'émission [10-17]dBm	10
	Gain d'antenne [2-7]dBi	4	Gain d'antenne [0-5] dBi	1
	Sensibilité [-94- -74]dBm	-74	Sensibilité [-95 - -55] dBm	-60
	Calcul des pertes tolerables (PL)			
	Marge [2-10]dB	10	PL tolérable (dB)	70
	∑P obstacle [0 - 18] dB	2		
	Calcul du rayon R (mètre)			
	R(m) pour F= 2,4 GHz	25,0	R(m) pour F= 5GHz	12,0
	Calcul de nombre de cellule			
	Surface (m²)	4200	Nombre de cellule (F=2,4 GHz)	3,00
			Nombre de cellule (F=5 GHz)	10,00

Figure III. 19 Les rayons et le nombre des cellules dans la zone de surface 4200m2

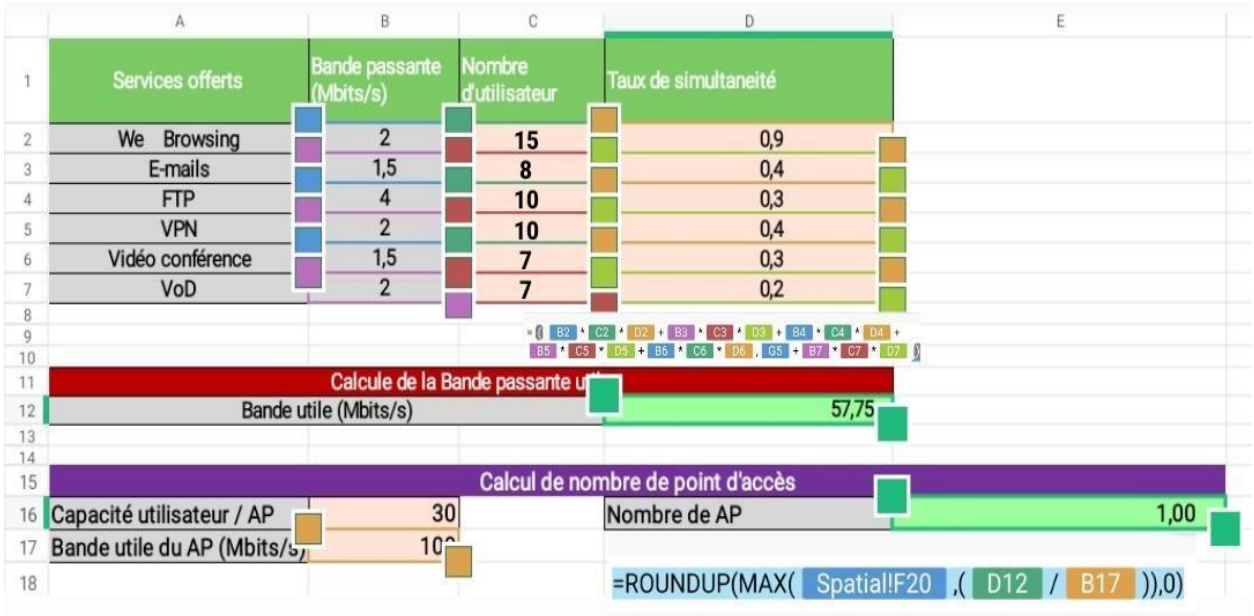
III.5 Les calculs de la bande passante et le nombre de point d'accès

Les figures III.20-III.21-III.22.III.23 présentent la valeur de la bande passante pour chaque service ainsi que le nombre d'utilisateurs de chaque service et le taux de simultanéité pour la catégorie d'abonnés et la bande passante par abonnés pour le service. Elles montrent également les bandes passantes utiles et le nombre de points d'accès pour chaque cellule.

La bande passante utile d'une cellule est calculée à l'aide de l'équation (III.12).

Le nombre de points d'accès est déterminé par l'équation suivante :

$$\text{Nbre point d'accé}(n_{AP}) = \frac{\text{Bande passante totale dans la cellule}}{\text{Bande passante offerte par un point daccés}} \qquad (\mathbf{III.14})$$



Services offerts	Bande passante (Mbits/s)	Nombre d'utilisateur	Taux de simultaneité
We Browsing	2	15	0,9
E-mails	1,5	8	0,4
FTP	4	10	0,3
VPN	2	10	0,4
Vidéo conférence	1,5	7	0,3
VoD	2	7	0,2

Calcule de la Bande passante u

Bande utile (Mbits/s) 57,75

Calcul de nombre de point d'accès

Capacité utilisateur / AP 30

Bande utile du AP (Mbits/s) 10

Nombre de AP 1,00

=ROUNDUP(MAX(Spatial!F20 ,(D12 / B17)),0)

Figure III. 20 La bande passant et le nombre de point d'accès de la zone 2 et 6



Spatial Traffic Nombre de switch

Services offerts	Bande passante (Mbits/s)	Nombre d'utilisateur	Taux de simultaneité
We Browsing	2	18	0,9
E-mails	1,5	11	0,3
FTP	4	10	0,5
VPN	2	13	0,5
Vidéo conférence	1,5	10	0,3
VoD	2	9	0,3

Calcule de la Bande passante utile

Bande utile (Mbits/s) 80,25

Calcul de nombre de point d'accès

Capacité utilisateur / AP 30

Bande utile du AP (Mbits/s) 100

Nombre de AP 1,00

Figure III. 21 La bande passant et le nombre de point d'accès de la zone 1 et 3

Spatial Traffic Nombre de switch • • •

	Services offerts	Bande passante (Mbits/s)	Nombre d'utilisateur	Taux de simultaneité
2	We Browsing	2	50	0,9
3	E-mails	1,5	15	0,4
4	FTP	4	10	0,3
5	VPN	2	20	0,4
6	Vidéo conférence	1,5	10	0,3
7	VoD	2	10	0,2

Calcule de la Bande passante utile	
Bande utile (Mbits/s)	135,50

Calcul de nombre de point d'accès			
Capacité utilisateur / AP	30	Nombre de AP	1,00
Bande utile du AP (Mbits/s)	150		

Figure III. 22 La bande passant et le nombre de point d'accès de la zone 4 et 5

Spatial Traffic Nombre de switch • • •

	Services offerts	Bande passante (Mbits/s)	Nombre d'utilisateur	Taux de simultaneité
2	We Browsing	2	120	0,9
3	E-mails	1,5	50	0,4
4	FTP	4	20	0,5
5	VPN	2	40	0,4
6	Vidéo conférence	1,5	20	0,3
7	VoD	2	20	0,3

Calcule de la Bande passante utile	
Bande utile (Mbits/s)	339,00

Calcul de nombre de point d'accès			
Capacité utilisateur / AP	30	Nombre de AP	4,00
Bande utile du AP (Mbits/s)	100		

Figure III. 23 La bande passant et le nombre de point d'accès dans le jardin et cafétéria

III.6 Nombre des switchs

Les Switch sont utilisés pour concentrer le trafic émanant des points d'accès vers le réseau de transport. Ces derniers doivent être dimensionnés d'une manière flexible pour garantir les performances du réseau.

Le nombre de Switch nécessaire dépend du nombre de point d'accès et il sera déterminé selon le modèle suivant :

Nbre _ Switchs = n_{AP}/ Nbre_ ports switch **(III.15)**

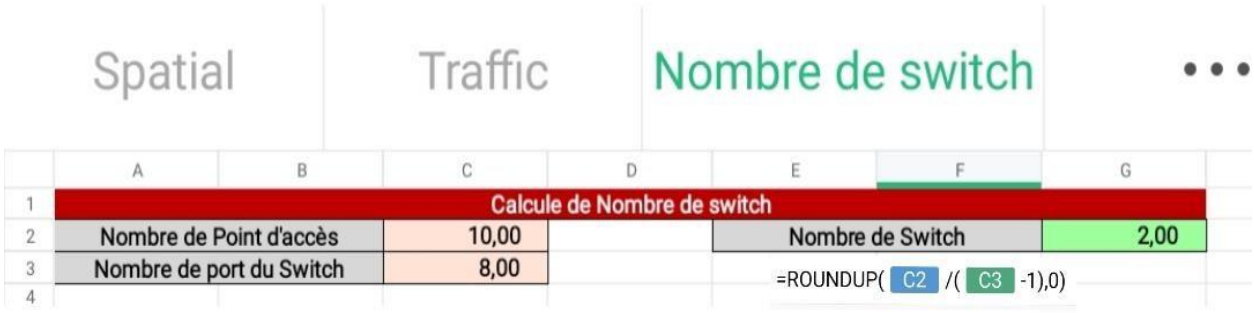


Figure III. 24 Calcule du nombre de switch

III.7 Résultats final de dimensionnement dans le projet

La Tableau III.5 montre pour chaque zone la surface, le nombre des cellules, le nombre de point d'accès, le nombre d'utilisateur, le nombre total de point d'accès, le nombre de Switch, et la bande passante total.

Tableau III.5 le résultat final dans le projet

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Zones	Surface (m^2)	Nbrs. Cellule	Nbrs. Point d'accès	Nombre utilisateur	Bande utile (Mbits/s)	Nombre AP totale	Nombre de switch	Bande passante Totale
2	1	200	1	1	20	57.50	10	2	885 Mbits/s
3	2	200	1	1	30	80			
4	3	200	1	1	30	80			
5	4	375	1	1	100	135,5			
6	5	375	1	1	100	135,5			
7	6	200	1	1	10	57,5			
8	7 et 8	4200	2	4	200	339			

III.8 Simulateur packet tracer

Packet Tracer est un outil de simulation réseau développé par Cisco Systèmes. Il permet aux utilisateurs de créer des réseaux virtuels en utilisant des équipements réseau réels de Cisco tels que des routeurs, des commutateurs et des ordinateurs, et de simuler le comportement des protocoles réseau sur ces réseaux. Les utilisateurs peuvent connecter ces équipements en utilisant différents types de connexions telles que des câbles Ethernet, des liaisons sans fil, etc. Une fois le réseau configuré, les utilisateurs peuvent tester la communication entre les différents appareils pour valider leur configuration. Dans notre thèse, on va utiliser Packet Tracer pour simuler le fonctionnement du réseau Wi-Fi public dans un projet bibliothèque avec jardin.

III.8.1. Configuration de matériels sur packet tracer

Dans cette partie, on a simulé notre projet sur Packet Tracer. On a utilisé un exemple de juste 14 utilisateurs situés dans 7 points d'accès. Donc, on a configuré ces points d'accès, un routeur et un serveur DHCP.

III.8.1.1. La classe de l'adresse IP utilisée

Le tableau suivant explique les classes des adresses IP A, B et C. Dans notre travail, on a utilisé la classe B.[26]

Tableau III. 6 les classe A, B et C de l'adresse IP

LES CLASSES	Adresse IP	Subnet Mask	Nombre Adresse
A	10.0.0.0	255.0.0.0	2_{24}
B	172.16.0.0	255.255.0.0	2_{16}
C	192.168.1.0	255.255.255.0	2_{8}

III.8.1.2 Architecture proposée du réseau LAN sur Packet tracer

Notre réseau est composé de : (1) un routeur, qui a pour but de relier entre notre réseau LAN et le réseau externe qui peut être accédé à l'internet, (2) un serveur DHCP, (3) sept points d'accès, (4) deux switches, qui sont reliés les points d'accès et le routeur et le serveur DHCP entre eux (voir Figure III.25***)***. Le support de transmission utilisé entre le routeur et le switch et entre les

deux switches est une fibre optique sous terrine. Entre le switch et le point d'accès, on utilise le câble Ethernet de 100 Mbit/s.

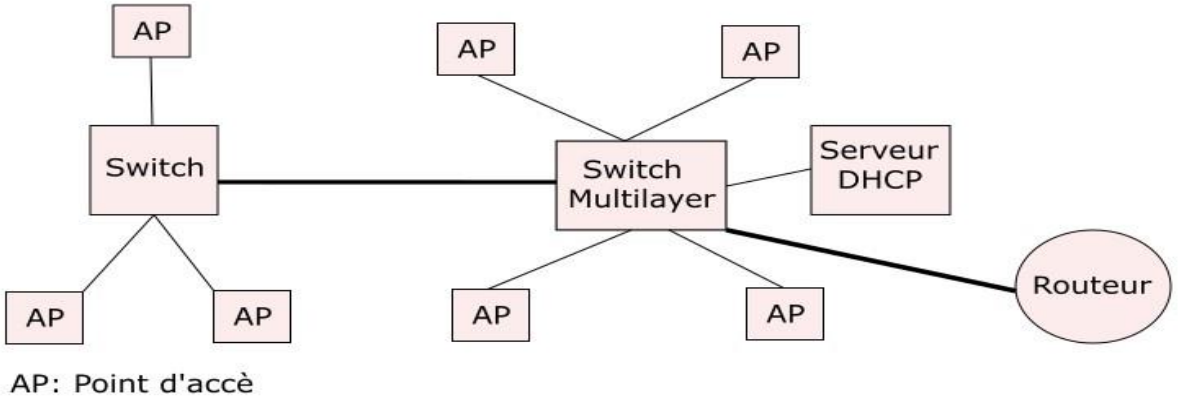


Figure III. 25 Schémas synoptiques de réseau LAN dans le projet

III.8.1.3 configurations de routeur

On utilise un routeur qui supporte à l'entrée la fibre optique. Une ligne de fibre optique de 1 Gbits/s de bande passante est accédée à l'entrée du routeur. Le routeur ayant deux interfaces, une interface Giga Ethernet (0/0) liée au Switch et une interface Fibre optique (Giga Ethernet 0/1). Pour l'interface Giga-Ethernet, l'adresse IP choisie est 172.16.1.1 et le masque sous-réseau est 255.255.0.0. Pour la deuxième interface, on a mis l'adresse IP 8.8.8.1, qui est une adresse IP entre notre réseau local et le réseau externe, par exemple un serveur HTTP d'adresse 8.8.8.8. Dans notre projet, on a trouvé que la bande passante totale requise est presque 900 Mbit/s. Alors, la bande passante maximale acceptée par le routeur qui est égale à 1000 Mbits/s est suffisante (voir les figures III.26 et III.27).

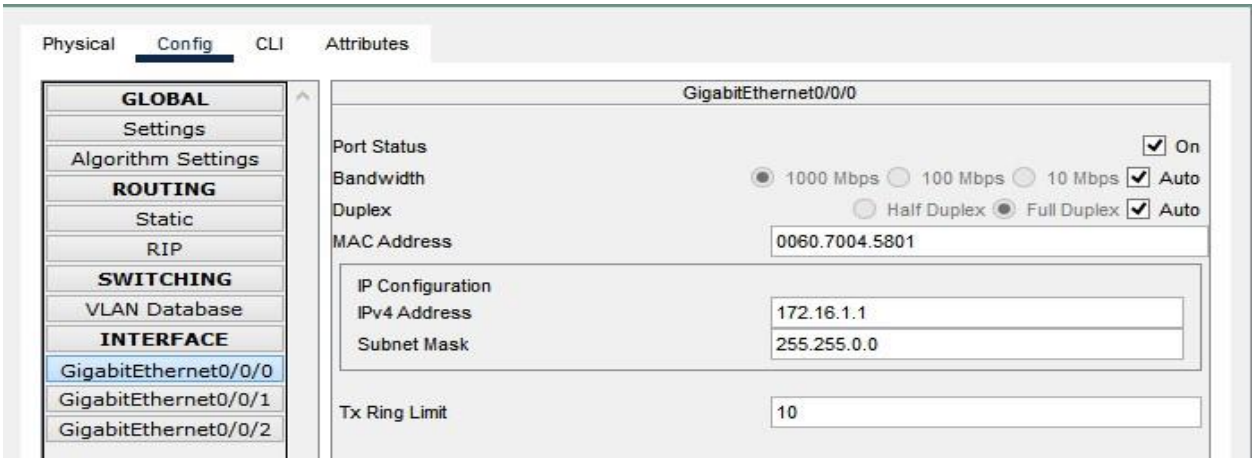


Figure III. 26 Configuration de l'interface Giga Ethernet/0/0

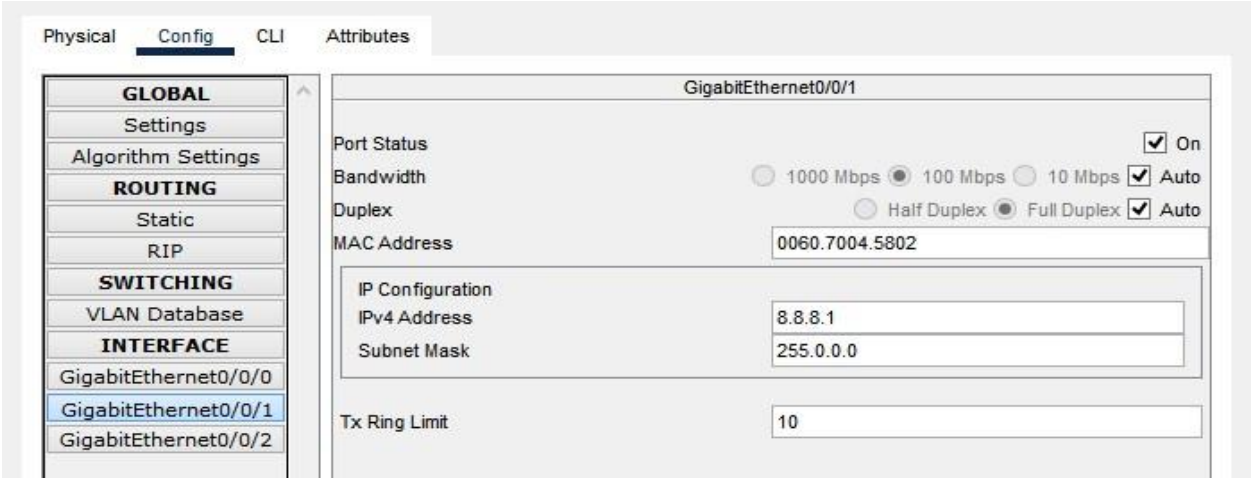


Figure III .27 Configuration de l'interface Giga Ethernet/0/1

III.8.1.4 Configurations de serveur DHCP

Le but du serveur DHCP est de donner des adresses IP aux utilisateurs de façon automatique.

- L'adresse IP donné du cette serveur est: 172.16.1.2.
- L'adresse masque de sous réseau est 255.255.0.0.
- L'adresse IP de démarrage des utilisateurs donné est: 172.16.1.10. (C.-à-d. les adresse IP des utilisateurs est supérieur ou égale à 172.16.1.10)
- Le nombre maximal des adresses donné est: 300.

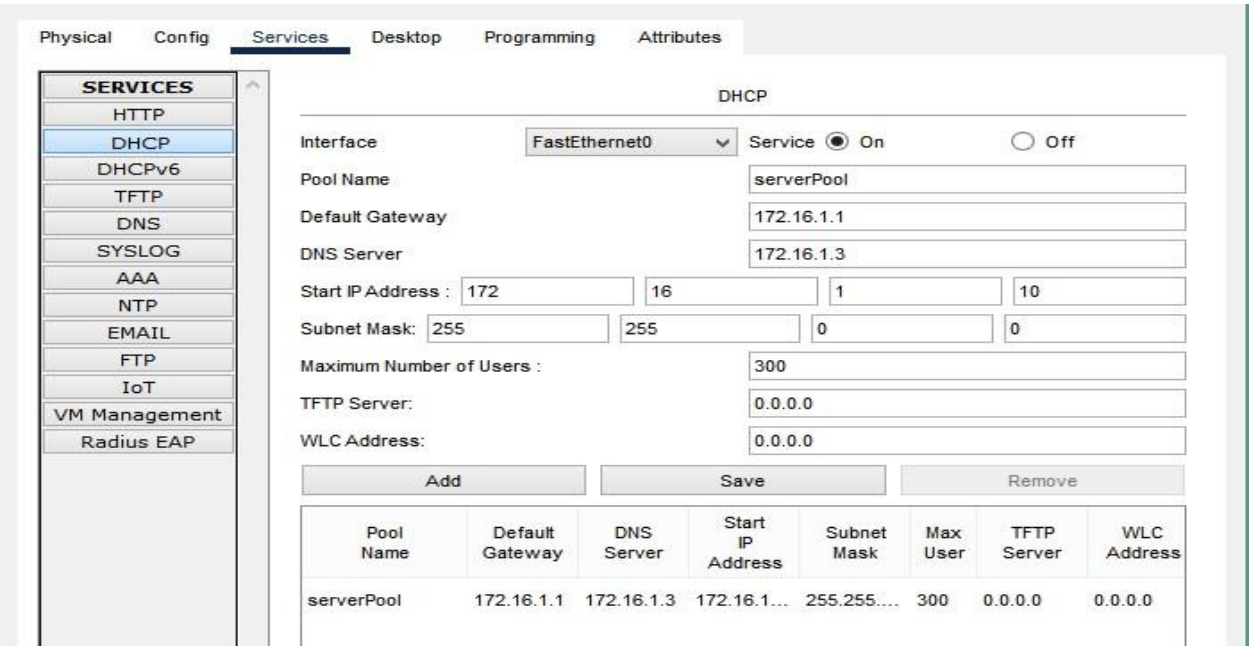


Figure III.28 : Configuration de serveur DHCP

III.8.1.5 Configurations des points d'accès

Dans chaque point d'accès, on a donné le SSID, canal et rayon. Pour l'authentification, on a utilisé le type WPA2-PSK, de mot de passe identique pour tous les points d'accès, comme il est montré dans la figure III.29.

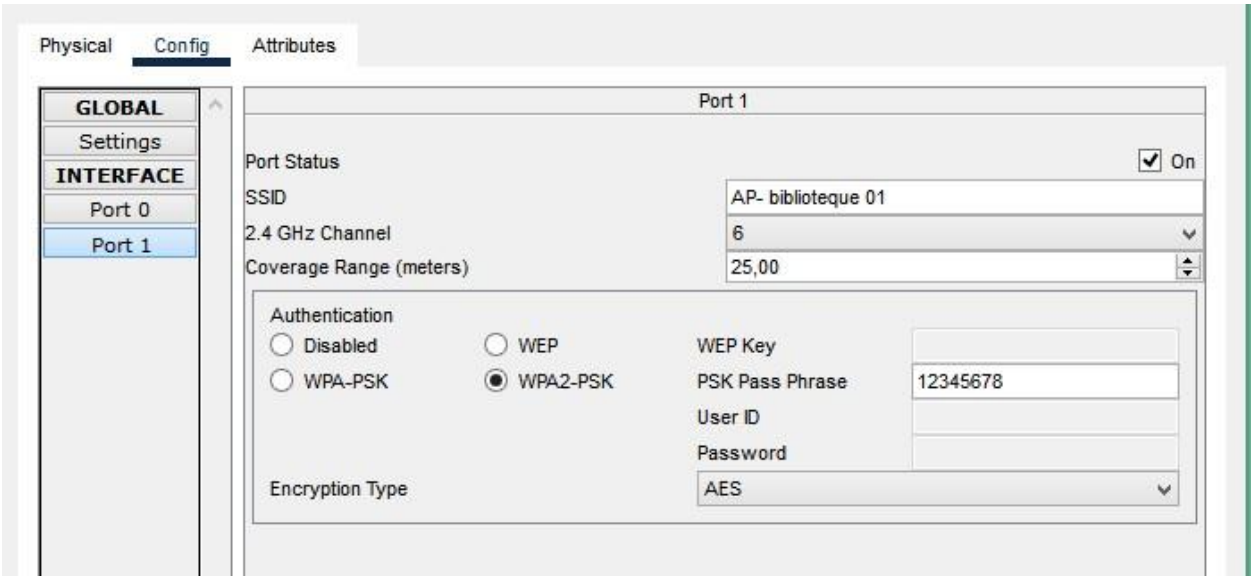


Figure III. 29 Exemple de Configuration point d'accès

Le tableau suivant montre le SSID, Fréquance , canal et rayon de tous les dix points d'accès du projet.

Tableau III. 7 Les paramètres de points d'accès

Point d'accès	Fréquence (GHz)	SSID	Canal	Rayon (m)
1	5	AP-01 bibliothèque	6	10.7
2	2.4	AP-02 bibliothèque	1	22.3
3	5	AP-03 bibliothèque	1	10.7
4	2.4	AP-04 bibliothèque	6	25
5	2.4	AP-05 bibliothèque	11	25
6	5	AP-06 bibliothèque	11	10.7
7	2.4	AP-01 jardin	1	30
8	2.4	AP-02 jardin	5	30
9	2.4	AP-03 jardin	9	30
10	2.4	AP-04 jardin	13	30

III.8.2 Architecture final de réseau LAN dans le projet

Après la configuration, on a relié ces derniers matériels entre eux et on a obtenu le résultat montré dans la figure suivante. On ajoute aussi un serveur DNS et un serveur HTTP pour émuler un serveur HTTP (Internet) et pour tester la connexion entre le serveur HTTP et l'utilisateur.

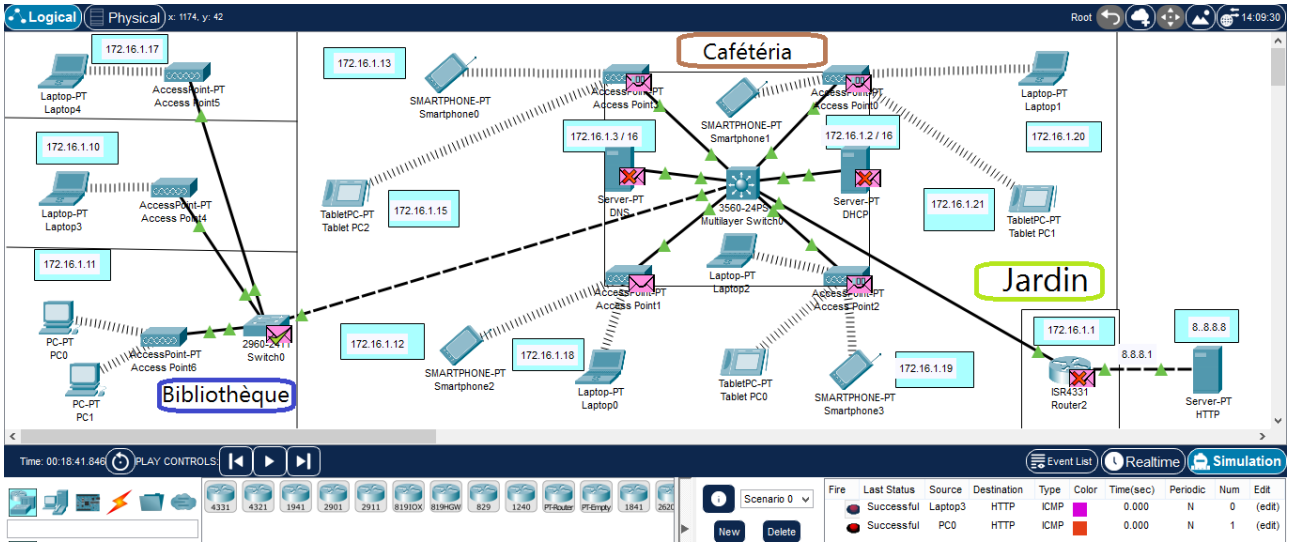


Figure III. 30 L'architecture globale de notre réseau Wi-Fi

III.8.3 Simulation sur packet tracer

Maintenant, on a fait des tests pour confirmer que tous les utilisateurs peuvent se connecter à Internet. On a utilisé la commande "ping 8.8.8.8" dans un utilisateur pour tester la communication entre cet utilisateur et le serveur HTTP. On a transmis quatre paquets et sont arrivés sans erreur au destinataire. Le temps de transmission moyen est de 81 ms (voir figure III.31).

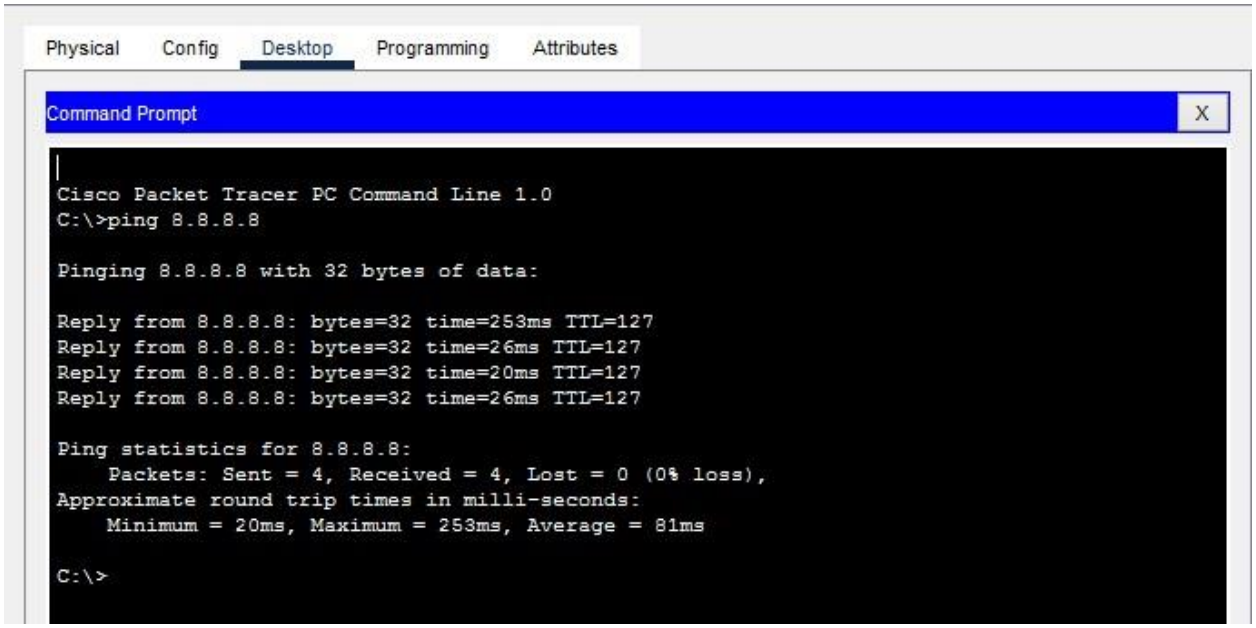


Figure III .31 Test avec la commande "ping"

III.9 Conclusion

En conclusion, le dimensionnement d'un réseau Wi-Fi pour une bibliothèque avec jardin représente un défi complexe qui nécessite une compréhension approfondie de plusieurs aspects techniques. Les problématiques clés incluent la couverture des interfaces, l'atténuation des signaux, l'affectation des canaux et le choix de la topologie adéquate. Chacune de ces considérations joue un rôle crucial dans la création d'un réseau performant et fiable. L'application des théories de la portée permet de déterminer la distance optimale que peut couvrir chaque point d'accès, ce qui est essentiel pour définir le rayon des cellules et, par conséquent, le nombre de cellules nécessaires pour une couverture complète. Le calcul de la bande passante totale requise et la détermination du nombre de points d'accès et de switches à déployer sont des étapes critiques pour assurer une capacité suffisante pour tous les utilisateurs. La configuration finale du réseau via un simulateur tel que Packet Tracer permet de valider ces plans théoriques en testant les scénarios réels et en apportant les ajustements nécessaires avant la mise en œuvre réelle. Cela garantit que le réseau sera non seulement fonctionnel, mais également optimisé pour offrir la meilleure expérience utilisateur possible. Ainsi, cette étude démontre que la réussite du dimensionnement et de la configuration d'un réseau Wi-Fi dans une bibliothèque avec jardin repose sur une approche méthodique et intégrée, alliant théorie et pratique pour répondre efficacement aux besoins en connectivité.

Conclusion générale

En conclusion, la conception et le dimensionnement d'un réseau Wi-Fi pour une bibliothèque avec jardin impliquent une compréhension approfondie des principes fondamentaux des réseaux sans fil. Les généralités sur les réseaux sans fil mettent en lumière les avantages, les inconvénients et les divers standards technologiques, tandis que le focus sur le Wi-Fi permet de détailler les spécificités et les performances attendues de ce type de réseau.

L'étude de cas spécifique au dimensionnement d'un réseau Wi-Fi pour une bibliothèque avec jardin nécessite une planification minutieuse. Cela inclut l'évaluation des besoins en termes de couverture, de capacité et de performance, ainsi que la prise en compte des obstacles physiques et des interférences potentielles. L'analyse des besoins utilisateurs et des zones d'utilisation intensive guide la répartition des points d'accès pour garantir une connectivité optimale.

La configuration du réseau à l'aide de Packet Tracer offre une simulation réaliste de l'infrastructure proposée, permettant de tester et de valider les configurations avant leur mise en œuvre. Ce processus assure que le réseau final est à la fois robuste et capable de répondre aux attentes des utilisateurs, tout en étant flexible pour s'adapter aux évolutions futures.

Ainsi, en combinant une approche théorique et pratique, cette étude sur le dimensionnement et la configuration d'un réseau Wi-Fi pour une bibliothèque avec jardin démontre l'importance d'une planification rigoureuse et d'une simulation préalable, afin de créer un environnement connecté efficace et fiable.

Bibliographie

[1] HADIOUCHE Karim, GUIDOUM Said. «Etude et implantation d'un réseau WIFI sécurise au sein de l'INPED », Mémoire de fin d'études. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZIOUZOU.2011.

[2] DIGALLO Frédéric: ' L'essentiel qu'il faut savoir ', Extrait de source diverses récoltées en 2003.

[3] Belabdelli Abdelheq,Oukaz Mokhtar. « Dimensionnement D'un Réseau Sans Fil Wifi », Mémoire de fin d'études. University abou bekr belkaid .2012.

[4] Brent A. Miller, «Bluetooth: A Wireless Personal Area Network» , dans Hossein Bidgol, The Internet Encyclopedia, volume 1, John Wiley & Sons, 2004, p. 84-85.

[5] Introduction to Zibgbee Technology, Ankur Tomar– Global Technology Centre Volume 1, July 2011

[6] BENZITOUNI Mounira & MOUMEN Radia , Implémentation d'une stratégie d'offloading dans un milieu << 4G/WIFI >>> en utilisant NS3 Année Universitaire 2013-2014.

[7] https://www.journaldunet.fr

[8] https://www.telecomtrainer.com/wwan-wireless-wide-area-network-2/

[9] Réseaux Radiomobiles : Des systèmes analogiques au haut débit mobile, La quatrième génération des systèmes mobiles Article November 2013, Article extrait de la REE 2011-5

[10] Overview of the Global System for Mobile Communications , John Scourias University of Waterloo jscourias neumann.uwaterloo.ca May 19, 1995

[11] Chiradeep BasuMallick, This article explains how GSM works, its architecture, and its top applications in 2022. Last Updated: July 11, 2022.

[12] Les réseaux GSM/GPRS, École Supérieure Privée d'Ingénierie et de Technologies 20132014, Mohamed Koubaa, Courriel: mohamed.koubaa@enit.mu.tn.

[13] https://www.cloudflare.com/learning/security/glossary/what-is-bgp/

[14] Etude de l'impact du protocole TCP Sur les performances et Capacites du systeme UMTS-HSDPA par Abdessamad Darim Faculte Science Technique Marrakech - DESA 2008

[15] Imen ben chaabane ,4G LTE (Long Term Evolution),Regional Forum for ARAB Region: IMTSystems TEchnology, Evolution and Implementation Tunis, Tunisia, 7-9 May 2013.

[16] KHELIFI Salim Et HADDAD Aissa , Planification et dimensionnement d'un réseau mobile 4G/LTE , Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira , Année universitaire : 2018

[17] José DORDOIGNE ،Réseaux informatiques Notaions fondamentales , 6éme édition, Copyright Editions ENI - Mars 2015, dirigée par Joëlle MUSSET ،p 288 , pp [292-294] , pp [295-298]

[18] Philip ATELIN ،Wi-Fi Réseaux sans fil 802.11, Copyright Editions ENI - Août 2008,dirigée par Joëlle MUSSET, pp [97-101].

[19] Farhan Siddiqui, Sherali Zeadally and Khaled Salah, Gigabit Wireless Networking with IEEE 802.11ac: Technical Overview and Challenges ،JOURNAL OF NETWORKS, VOL. 10, NO. 3, MARCH 2015

[20] «IEEE 802.11 Working Group Project Timelines [archive]» , IEEE, 17 mai 2021 (consulté le 22 mai 2021

[21] William Stallings , Réseaux et communication sans fil , 2éme édition, Copyright © 2005 Pearson Education France pp [485-492],pp[495-496]

[22] BENZITOUNI Mounira & MOUMEN Radia. «Implémentation d'une stratégie d'offloading dans un milieu << 4G/WIFI >> en utilisant NS3», Mémoire de fin d'études. UNIVERSITE BLIDA. Année Universitaire 2013-2014.

[23] https://agilicom.fr/tutoriels/wifi

[24] M. Rached HAMZA, M. Jamel SAKKA Etude «planification et dimensionnement d'un réseau d'accès WI-FI» Année universitaire: 2004/2005

[25] https://www.ibm.com/docs/fr/was-nd/8.5.5?topic=operations-topology-configurationsmulti-cell-routing

[26] https://www.formip.com/pages/blog/adressage-classe-ip-rappel