

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

---

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
Département d'Electronique



Mémoire de Master en Electronique

WIFI Outdoor

**Encadré par :**

Dr. Rabah SADOON

**Présenté par :**

Merouane MOKHFI

**Composition du jury :**

Président

M. Mourad ADNANE

Dr. ENP

Examineur

M. Mohamed TAGHI

Dr. ENP



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

---

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
Département d'Electronique



Mémoire de Master en Electronique

WIFI Outdoor

**Encadré par :**

Dr. Rabah SADOON

**Présenté par :**

Merouane MOKHFI

**Composition du jury :**

Président

M. Mourad ADNANE

Dr. ENP

Examineur

M. Mohamed TAGHI

Dr. ENP

## REMERCIEMENTS

*En premier lieu je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce travail.*

*J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce projet de Master et plus particulièrement Ilyès Benmansour.*

*Je remercie Dr Rabah SADOUN d'avoir accepté d'être mon encadrant, et de m'avoir fait confiance et cru en moi.*

*Puis, Je remercie les membres du jury : Dr. Mourad ADNANE et Dr. Mohamed TAGHI de m'avoir fait l'honneur d'examiner mon mémoire de Master.*

*Merouane MOKHFI*

## ملخص:

النمو المستمر لتطور التقنيات اللاسلكية وأجهزة الكمبيوتر، وكذلك الحاجة إلى إرضاء المستخدمين من خلال منحهم حرية التنقل مع الحفاظ على الاتصال، توعدهم بمستقبل مشرق لأنظمة WLAN لا سيما أنظمة الـ Wi-Fi.

في هذا الجزء الأول من المذكرة، سنقدم أساسيات الاتصالات اللاسلكية والعوامل الأساسية التي تعرف المعيار 802.11 لنظام الـ Wi-Fi.

**الدالة الكلمات:** WLAN، 802.11، Wifi، انتشار الموجات، التشكيل، تعدد الإرسال.

### Abstract :

The continued growth of wireless technologies and computers as well as the need to satisfy users by offering freedom of movement while maintaining connectivity promises a booming future for WLAN systems, particularly Wi-Fi systems.

In this first part of the paper, the bases of the radio communication will be presented as well as the essential factors that define the 802.11 standard of the Wifi system.

**Key Words:** Wifi, 802.11, WLAN, Wave propagation, Modulation, Multiplexing.

### Résumé:

La croissance continue du développement des technologies sans fils et des ordinateurs ainsi que la nécessité de satisfaire les utilisateurs en leur offrant une liberté de se déplacer tout en gardant la connectivité, promet un avenir florissant pour les systèmes WLAN en particulier les systèmes Wi-Fi.

Dans cette première partie du mémoire, on présentera les bases de la communication radio ainsi que les facteurs essentiels qui définissent la norme 802.11 du système Wi-fi.

**Mot clés:** Wifi, 802.11, WLAN, Propagation des ondes, Modulation, Multiplexage.

# TABLE DES MATIERES

TABLE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE.....	9
1. Qu'est ce que le WIFI Outdoor? .....	10
Différence entre Indoor et Outdoor .....	10
2. Propagation et réception .....	10
2.1. Puissance de transmission .....	11
2.2. Gain d'antenne .....	11
2.3. Sensibilité du récepteur .....	12
2.3.1. Bit Error Rate (BER) .....	12
2.3.2. Receiver Noise Floor .....	12
2.3.3. Calcul.....	13
2.3.4. Conclusion.....	13
2.4. Propagation et perte de liaison.....	14
2.4.1. Pertes dans l'espace libre ( Free Space Loss ): .....	14
2.4.2. Les chemins multiples (Multipath Fading).....	15
2.4.3. Atténuation du signal à l'intérieur.....	15
2.4.4. Ambient Noise Environment .....	16
2.4.5. Calculs et interprétation.....	16
2.5. MIMO Radio .....	17
3. Les bases de la communication Radio.....	17
3.1. Méthodes de transmission .....	17
3.1.1. Etalage du spectre.....	17
3.1.2. DSS spectrum a 2.4 GHZ ISM band .....	19
3.1.3. FHSS spectrum à 2.4GHz ISM band.....	19
3.1.4. Avantages et inconvénients de DSSS et FHSS .....	20
3.2. Techniques de multiplexage .....	20

3.2.1.	Time Division Multiple Access (TDMA) .....	21
3.2.2.	Frequency Division Multiple Access (FDMA) .....	21
3.2.3.	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) .....	21
3.2.4.	Space Division Multiple Access (SDMA).....	21
3.2.5.	Code division multiple access (CDMA).....	21
3.3.	Techniques de modulations .....	21
3.3.1.	Simple Modulation Techniques.....	22
3.3.2.	Phase Shift Keying .....	22
3.3.3.	Quadrature Amplitude Modulation (QAM) .....	23
3.3.4.	Dual Carrier Modulation .....	23
3.3.5.	Pulse Modulation Methods.....	23
	CONCLUSION GENERALE .....	25
	BIBLIOGRAPHIE .....	26

## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Bit Error Rate (BER) pour certaines méthodes de modulation communes

Figure 2: Pertes dans l'espace libre dans 2.4GHz et 5.8GHz

Figure 3: Principe d'étalement du spectre

Figure 4: Codage DSSS

Figure 5: Explication du FHSS

Figure 6: Un canal DSSS dans la bande ISM de 2.4 GHz

Figure 7: Un canal FHSS dans la bande ISM de 2.4 GHz

Figure 8: Différence entre FDMA et FDD

Figure 9: Constellation 16-QAM

Figure 10: Modulation 8-PPM



# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Puissance de transmission en mW et son équivalent en dBm

Tableau 2: Atténuation en dBm dans l'air

Tableau 3: Atténuation typique des matériaux de construction à 2,4 GHz

Tableau 4: Exemple de calcul de l'atténuation

Tableau 5: Table de codage de la Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Tableau 6: Table de codage de la Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Tableau 7: Table de codage de la Frequency Shift Keying (FSK)

Tableau 8: Table de codage de la PSM

Tableau 9: Influence du type de modulation sur le débit

## ABBREVIATIONS

BER	: Bit Error Rate
BPSK	: Binary Phase Shift Keying
C/N	: Carrier to Noise Ratio
CDMA	: Code division multiple access
DPSK	: Differential Phase Shift Keying
DSSS	: Direct sequence spread spectrum
EIRP	: Equivalent Isotropic Radiated Power
FDMA	: Frequency Division Multiple Access
FHSS	: Frequency hopping spread spectrum
FSK	: Frequency Shift Keying
MIMO	: Multi Input Multi Output
OFDM	: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OOK	: On/Off keying
PPM	: Pulse Position Modulation
PSK	: Phase Shift Keying
PSM	: Pulse Shape Modulation
QAM	: Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	: Quadrature Phase Shift Keying
RZ	: Return to zero
SDMA	: Space Division Multiple Access
TDMA	: Time Division Multiple Access
TN	: Thermal Noise
WDS	: Wireless Distribution System

# INTRODUCTION GENERALE

Les réseaux sans fil ont été créés pour permettre aux utilisateurs d'effectuer des communications de telle sorte à garder la connectivité des équipements, tout en ayant gain de mobilité et sans avoir recours à utiliser des solutions filaires qui encombrent les réseaux.

Ces dernières années, les technologies sans fil ont connu un essor considérable que se soit au niveau commercial ou dans le domaine des recherches, ceci revient aux multiples avantages qu'elles offrent : mobilité, faibles coûts, haut débit, etc...

Il existe plusieurs technologies pour les réseaux sans fil se distinguant d'une part par la fréquence d'émission utilisée ainsi que le débit et la portée des transmissions (Bluetooth, Hiperlan, Wi-Fi qui est l'objet de ce mémoire), leur arrivée a soulevé un engouement nouveau pour les réseaux radio qui étaient jusqu'alors le domaine exclusif des militaires.

Afin d'effectuer une étude détaillée sur la norme Wi-Fi, notre mémoire est organisé comme suit :

La première partie présentera les bases de la communication radio comme les méthodes de transmission, les techniques de multiplexage et de modulation ainsi que les facteurs essentiels qui définissent la norme 802.11 du système Wi-fi.

Dans la deuxième partie du mémoire, qui sera présentée dans le master le standard WIFI 802.11, la norme 802.11 pour le WIFI sera traitée. De plus, la problématique du déploiement d'un réseau wifi outdoor ainsi que les étapes de réalisation seront présentées.

## 1. Qu'est ce que le WIFI Outdoor?

WiFi Outdoor est tout simplement quand l'accès WiFi est fourni à l'extérieur d'un bâtiment.

WiFi Outdoor est généralement utilisé comme une extension du réseau LAN sans fil interne d'une organisation, afin de donner aux utilisateurs un service WiFi continu.

Un scénario typique pour le WiFi Outdoor inclue les zones extérieures d'une école, un collège, une université, un parc de vacances, un hôpital, un hôtel ou un centre commercial.

Le WiFi Outdoor fonctionne dans la fréquence 2,4GHz ou 5 GHz et peut atteindre des débits théoriques allant jusqu'à 1,7 Gbit/s.

### **Différence entre Indoor et Outdoor**

- Il n'existe pas de différences opérationnelles entre les deux, c'est-à-dire les mêmes normes et fréquences sont utilisées.
- Amplificateurs de puissance intégrés pour des puissances supérieures.
- Prise en charge de WDS (Wireless Distribution System).
- Prise en charge de protocoles de mise en ponts (Bridging) sans fil propriétaires qui utilisent des schémas d'agrégation de trames pour une utilisation plus efficace des liaisons point à point sans fil à longue portée.
- Plus d'accès aux réglages de radio de bas niveau, comme ajuster le délai d'attente ACK pour augmenter les temps d'aller-retour (round-trip times or RTT) à longue portée.
- Prise en charge de protocoles de maillage.
- Des options pour les signaux directionnels (par exemple l'ajout des paraboles).
- Les appareils extérieurs sont étanches (waterproof) et conçus pour des températures plus élevées/basses.

## 2. Propagation et réception

Les facteurs ayant une incidence sur la transmission, la propagation et la réception des ondes radioélectriques sont les suivants:

- Puissance de l'émetteur,
- Gain d'antenne à l'émetteur / récepteur,
- Propagation et perte de liaison,
- Sensibilité du récepteur.

Ensemble, ces facteurs constituent le budget de liaison - la balance de puissance plus le gain nécessaire pour compenser les pertes dans la liaison de sorte que la puissance de signal transmis soit suffisante au récepteur pour permettre le décodage de données à un taux d'erreur acceptable.

### 2.1. Puissance de transmission

La puissance de transmission est mesurée de deux façons, soit dans l'unité Watts (ou milliwatts), soit en utilisant une unité relative appelée "dBm", tel que:  $\text{dBm} = 10 \times \log_{10}$  (puissance en milliwatts).

Puissance (mW)	Puissance (dBm)
0.01	-20
0.1	-10
0.5	-3
1	0
10	10
20	13
100	20
1000	30

Tableau 1: Puissance de transmission en mW et son équivalent en dBm

Les niveaux de puissance de l'émetteur pour les produits de réseau sans fil typiques sont de l'ordre de 100 milliwatt à 1 Watt (20 à 30 dBm).

La puissance émise d'une antenne est mesurée comme puissance rayonnée isotrope (EIRP) efficace. EIRP est la valeur que les organismes de réglementation, tels que la Federal Communications Commission (FCC) ou l'European Telecommunications Standards Institute (ETSI), utilisent pour déterminer et mesurer les limites de puissance dans des applications telles que l'équipement sans fil 2,4 GHz ou 5 GHz.

$\text{EIRP} = \text{Puissance de transmission (dBm)} + \text{Gain de l'antenne (dBi)} - \text{Pertes dans les câbles}$

### 2.2. Gain d'antenne

Par définition, le gain d'antenne est le pouvoir d'amplification passif d'une antenne. C'est le rapport entre la puissance rayonnée dans le lobe principal et la puissance rayonnée par une antenne de référence, isotrope ou dipolaire. La puissance d'antenne isotrope est la mesure idéale à laquelle les antennes sont comparées. Tous les calculs utilisent la mesure en (dBi). Les antennes dipolaires sont des antennes plus réelles, mesure le gain en dBd. la différence entre dBi est dBm est approximativement 2.2 par exemple:  $3\text{dBi} = 5.2\text{dBd}$ .

### 2.3. Sensibilité du récepteur

La sensibilité d'un récepteur définit sa capacité à recevoir des signaux faibles ou lointains. La limite de sensibilité du récepteur est déterminée par le taux d'erreur binaire (bit error rate) admissible et le niveau de bruit du récepteur (receiver noise floor).

#### 2.3.1. Bit Error Rate (BER)

Généralement donnée par le constructeur, elle dépend du débit et du type de modulation utilisée.

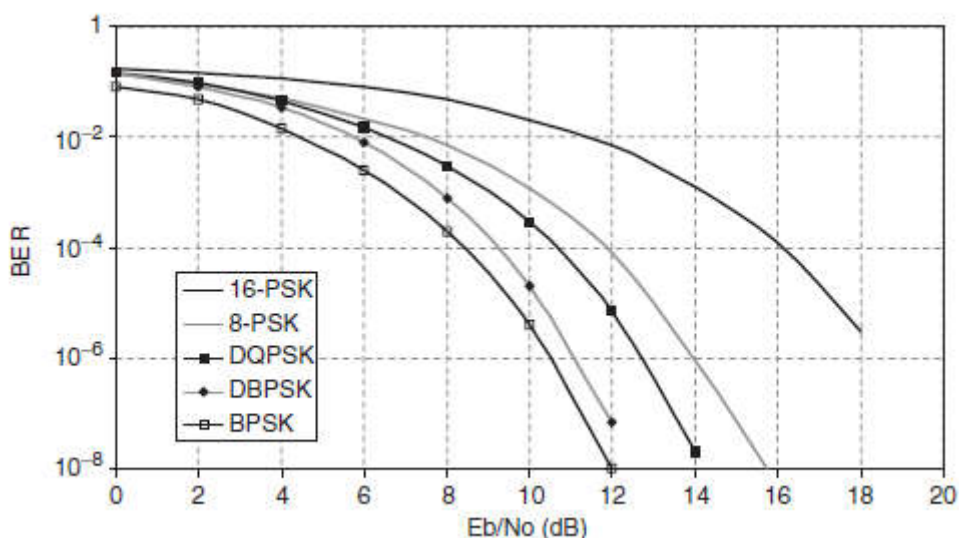


Figure 1: Bit Error Rate (BER) pour certaines méthodes de modulation connues

#### 2.3.2. Receiver Noise Floor

Le bruit de fond du récepteur a deux composantes, le bruit de fond thermique théorique (N) pour un récepteur idéal, et le bruit de forme du récepteur (NF) qui est la mesure des bruits additionnels et des pertes dans un récepteur.

La sensibilité du récepteur est définie comme le niveau minimum de puissance du signal (en dBm ou mW) qui est nécessaire pour que le récepteur décode un signal donné.

Plus la valeur de la sensibilité est petite plus l'équipement est sensible c'est-à-dire meilleur. Une carte Wi-fi dont la sensibilité est mesurée à -87dBm est plus sensible qu'une autre dont la sensibilité est de -82dBm.

## 2. Propagation et réception

---

### 2.3.3. Calcul

Dans les systèmes numériques, la qualité du signal de réception est mesurée en calculant le rapport des bits reçus erronés par rapport au nombre total de bits reçus. C'est ce que l'on appelle Bit Error Rate (BER).

La sensibilité d'un récepteur peut être calculée si l'on connaît les paramètres de performances suivants: le facteur de bruit (NF), l'ENBW et le rapport porteuse / bruit (C / N) requis pour obtenir le signal de qualité souhaité.

$$\text{Sensibilité} = 10 \times \log_{10}(kTB) + \text{NF} + C / N$$

a/ Thermal Noise floor =  $k(\text{Joules} / ^\circ\text{K}) \times T(^{\circ}\text{K}) \times B(\text{Hz})$ :

- 1) la constante de Boltzmann "k" en Joules / °K,
- 2) la température en °Kelvin,
- 3) la largeur de bande globale du filtrage sélectif de canal dans le récepteur.

b/ Noise Figure:

La valeur de bruit est la quantité de puissance de bruit ajoutée par les circuits électroniques dans le récepteur à la puissance de bruit thermique à l'entrée du récepteur.

c/ Carrier to Noise Ratio (C/N):

Bit Error Rate (BER) est le point de référence de la sensibilité pour les systèmes de modulation numérique.  $E_b / N_0$  est le rapport de l'Énergie par bit ( $E_b$ ) à la densité spectrale de bruit ( $N_0$  - la puissance de bruit présente en 1 Hz). Le rapport porteuse / bruit requis pour un certain BER est une fonction du  $E_b / N_0$  du signal. Il s'agit d'une représentation du système numérique du rapport signal / bruit. Chaque type de modulation numérique présente une courbe  $E_b / N_0$  en fonction du BER. Afin de déterminer la sensibilité, on utilise la courbe appropriée et on retrouve le taux d'erreur binaire désiré pour déterminer l' $E_b / N_0$  nécessaire. Ensuite, on calcule le rapport Carrier / bruit par la relation suivante:

$$\text{Carrier/Noise} = 10 \log(E_b/N_0) + 10 \log(F/B)$$

### 2.3.4. Conclusion

Malgré l'existence d'une formule pour calculer la sensibilité d'un récepteur, ça reste difficile de déterminer avec précision la puissance du bruit car il dépend fortement de l'environnement.

## 2.4. Propagation et perte de liaison

Malgré un bilan radio satisfaisant, un certain nombre de perturbations peuvent venir altérer les prédictions : le bruit, les obstacles, les réflexions, la polarisation, la diffraction... Parmi ces perturbations, on cite les pertes suivantes:

### 2.4.1. Pertes dans l'espace libre ( Free Space Loss ):

Une fois que le signal rayonne de l'antenne, la puissance du signal diminue avec la distance due à l'étalement des ondes radio, c'est le facteur le plus important affectant la puissance du signal reçu. Il peut être calculer suivant la formule qui suit:

$$L_{FS} = 92.45 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(D)$$

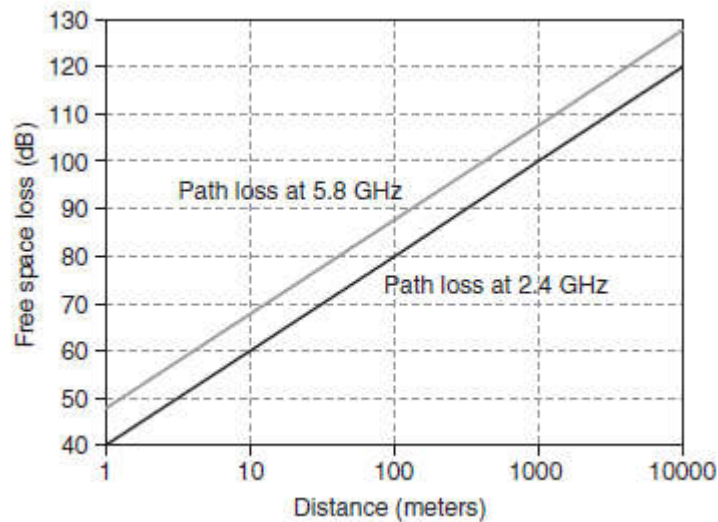


Figure 2: Pertes dans l'espace libre dans 2.4GHz et 5.8GHz

Atténuation en dBm dans l'air:

Distance (m)	2.4 GHz	5 GHz
2	46	54
4	52	58
6	56	63
10	60	68
15	64	71
20	66	74
50	74	82
100	80	88
250	88	96
500	94	102

Tableau 2: Atténuation en dBm dans l'air



### 2.4.2. Les chemins multiples (Multipath Fading)

La décoloration par trajets multiples se produit lorsque les signaux réfléchis, réfractés ou diffractés se déplacent vers le récepteur le long de trajets différents. Si le décalage dans le temps est tel que les différentes ondes soient en opposition de phase, le signal est atténué, voire même complètement annulé si les ondes opposées ont une puissance identique. L'erreur introduite par les chemins multiples est généralement autour de 20 à 30 dB.

### 2.4.3. Atténuation du signal à l'intérieur

Pour un réseau sans fil dans une maison ou un petit bureau, les obstacles telles que les murs, les planchers, les meubles et autres objets bloquent le trajet de propagation du signal de l'émetteur vers le récepteur et la réception du signal aura tendance à être très variable. Selon sa construction, la transmission à travers un mur peut introduire une perte de 3 à 6 dB ou plus, comme le montre le tableau suivant:

Atténuation en dBm par matériaux:

Matériaux	2.4 GHz	5 GHz
Plaque de plâtre	3	4
Parois intérieure	4	5
Parois de cabine	5	9
Porte en bois	4	7
Mur en brique <14cm	6	10
Mur en béton <10cm	9	13
Mur en béton >25cm	15	25
Mur en béton armé	18	30
Dalle de béton	23	35
Verre simple ( non tenté )	3	8
Double vitrage	13	20
Verre pare-balles	10	20
Porte blindée	19	32

Tableau 3: Atténuation typique des matériaux de construction

## 2. Propagation et réception

---

### 2.4.4. Ambient Noise Environment

Comme pour le bruit de fond du récepteur, qui définit la limite de sensibilité du récepteur, d'autres sources de bruit RF externe auront également un impact sur la fiabilité de la détection des signaux RF et le décodage des données. Il peut être divisé en 2 catégories:

a- Ambient noise floor: c'est le bruit de fond provenant de sources éloignées telles que l'allumage de la voiture, les systèmes de distribution et de transmission d'énergie, les équipements industriels, les produits de consommation, les tempêtes électriques éloignées et les sources cosmiques.

b- Bruits accidentels: c'est des bruit imprévisible et peu fiable causés par les appareils tels que les micro-ondes. Généralement représenté sous forme d'un bruit blanc gaussien de puissance constante.

### 2.4.5. Calculs et interprétation

$$L_{FS} = 92.45 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(D)$$

- -40 à -77 Excellente
- -78 à -86 Bonne
- -87 à -92 Faible
- -93 Nulle

Exemple:

Emission à 20dbm (puissance max légale) traversant deux pièces de 6m, premier mur a 3m.

Fréquence	2.4 GHz	5 GHz
Air	-64	-71
Mur en béton armé	-18	-30
Bilan	-80	-111
Qualité du signal	Bonne	Nulle

Tableau 4: Exemple de calcul de l'atténuation

Remarque: En général, pour chaque diminution de 6 dB, la distance de couverture est divisée en deux en outdoor, et pour chaque diminution de 9 dB, la distance de couverture est divisée en deux en indoor.

## 2.5. MIMO Radio

D'abord, on retrouve ces techniques:

- Si l'émetteur n'utilise qu'une seule antenne pour émettre et le récepteur n'utilise qu'une seule antenne pour recevoir, on parle de *Single Input Single Output* (SISO).
- Si l'émetteur n'utilise toujours qu'une seule antenne mais que le récepteur en utilise plusieurs, alors on parle de *Single Input Multiple Output* (SIMO).
- Si l'émetteur utilise plusieurs antennes et le récepteur une seule, on parle de *Multiple Input Single Output* (MISO).
- S'il y a plusieurs antennes en émission et en réception, il s'agit de *Multiple Input Single Output* (MIMO).

La norme 802.11n exploite plusieurs techniques MIMO et MISO pour améliorer considérablement le débit, la portée et la fiabilité du Wi-Fi.

## 3. Les bases de la communication Radio

### 3.1. Méthodes de transmission

#### 3.1.1. Etalage du spectre

A la différence des autres techniques de transmission radio, cette méthode a l'avantage de réduire les interférences à bande étroite. Cette méthode consiste à étaler le spectre du signal et le transmettre avec une large bande au lieu de transmettre la bande originale du signal. Les interférences à bande étroite sont rejetées lorsque la bande du signal est contracté.

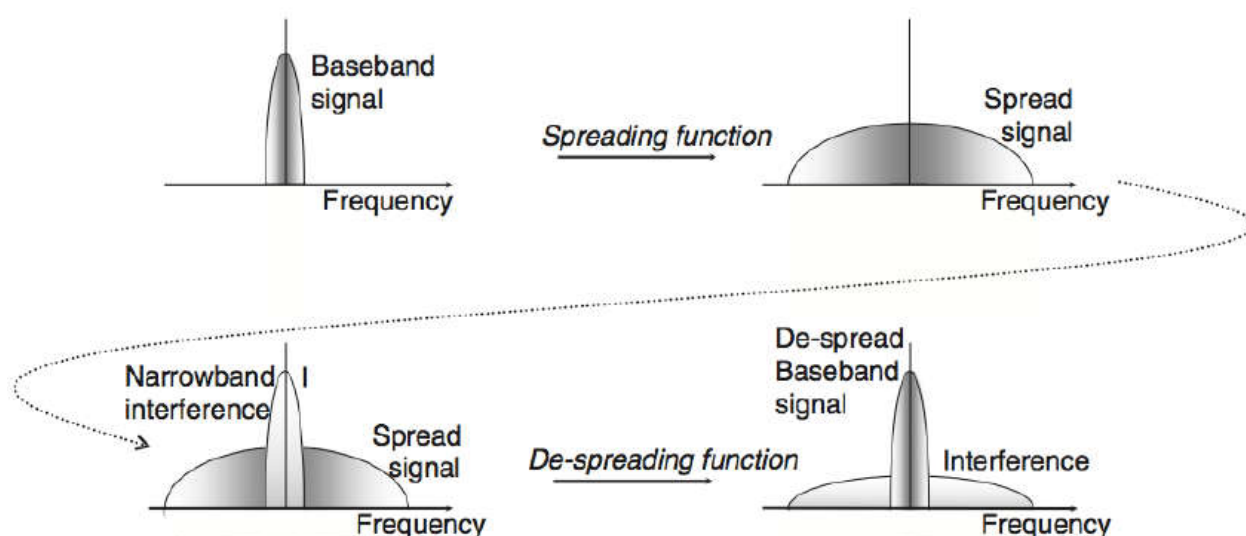


Figure 3: Principe d'étalage du spectre

### 3. Les bases de la communication Radio

Il y'a deux types de méthode d'étalement du spectre :

#### a- Direct sequence spread spectrum (DSSS)

La fonction d'étalement du spectre est un code numérique (suite de bits) appelé PN, on utilise 11-bits pour 1Mbps ou 2 Mbps sous le standard IEEE 802.11b standard. Le signal est soumis à l'opération XOR avec cette fonction et se transforme alors en une suite de chirp au lieu d'une suite de bits, c'est ce signal qu'on envoie (ayant une large bande passante) après modulation avec une porteuse.

Au niveau du récepteur, sachant le code PN, le signal est décodé.

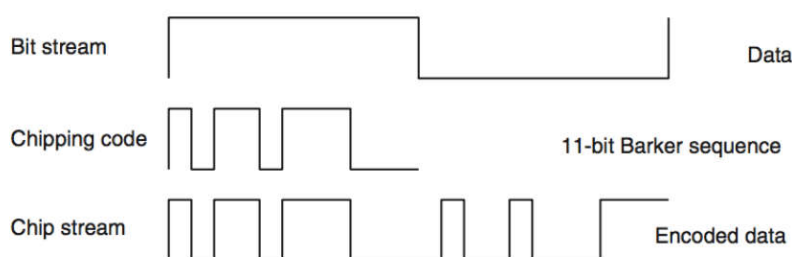


Figure 4: Codage DSSS

#### b- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

Le signal module directement la porteuse, la fonction d'étalement du spectre indique quelle fréquence de la porteuse il faut utiliser parmi un intervalle de fréquences données.

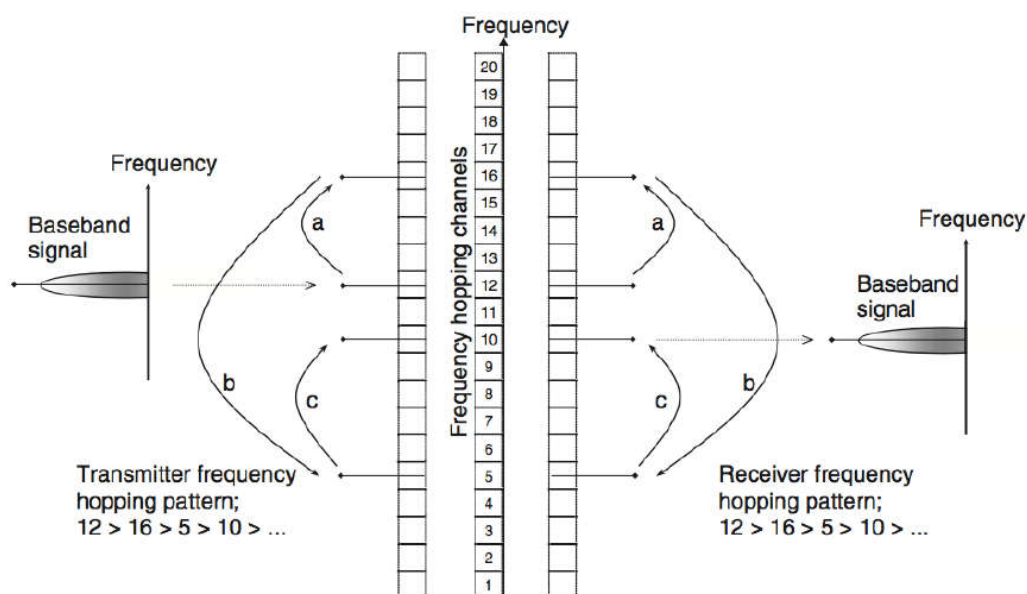


Figure 5: Explication du FHSS

### 3.1.2. DSS spectrum a 2.4 GHZ ISM band

Une largeur de bande de 83.5 divisé en 11 canaux pour les USA (13 en Europe) avec un espacement de 5 MHz entre les canaux, on peut alors un recouvrement entre les canaux sauf pour 3 comme le montre le schéma.

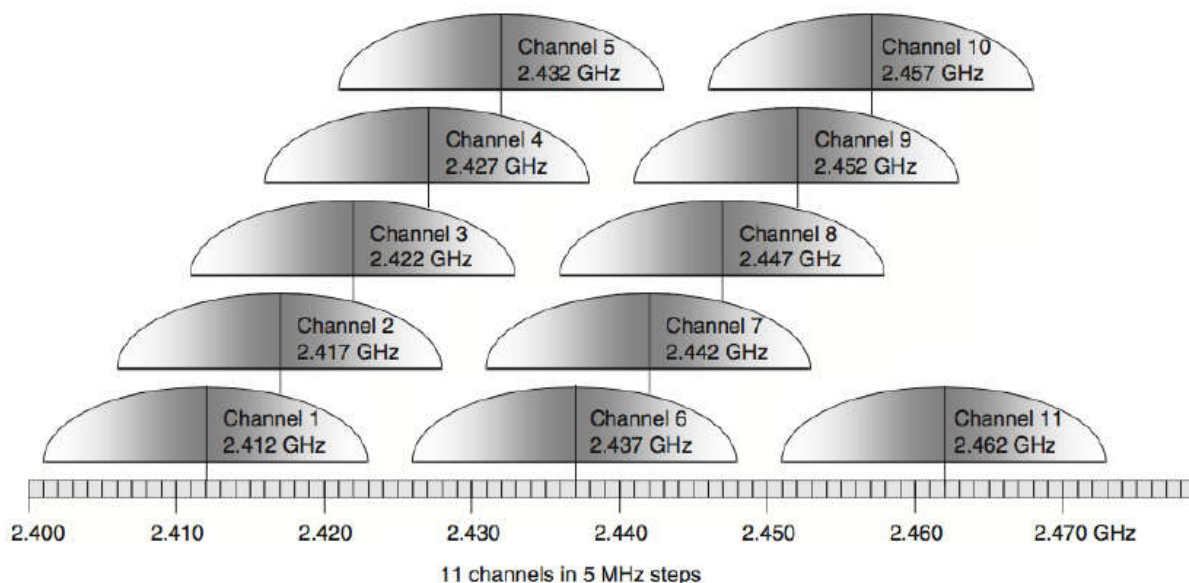


Figure 6: Un canal DSSS dans la bande ISM de 2.4 GHz

### 3.1.3. FHSS spectrum à 2.4GHz ISM band

La donnée à transmettre est module directement la porteuse et la fréquence de la porteuse saute (hops) un canal a un autre utilisant un comportement de saut bien spécifique. Pour la bande 2.4 GHz ISM band, 1 MHz est le maximum pour le canal a utilisé ce qui nous donne 79 canaux, le transmetteur switch un canal a un autre plusieurs fois après un temps bien déterminé appelé "dwell-time".

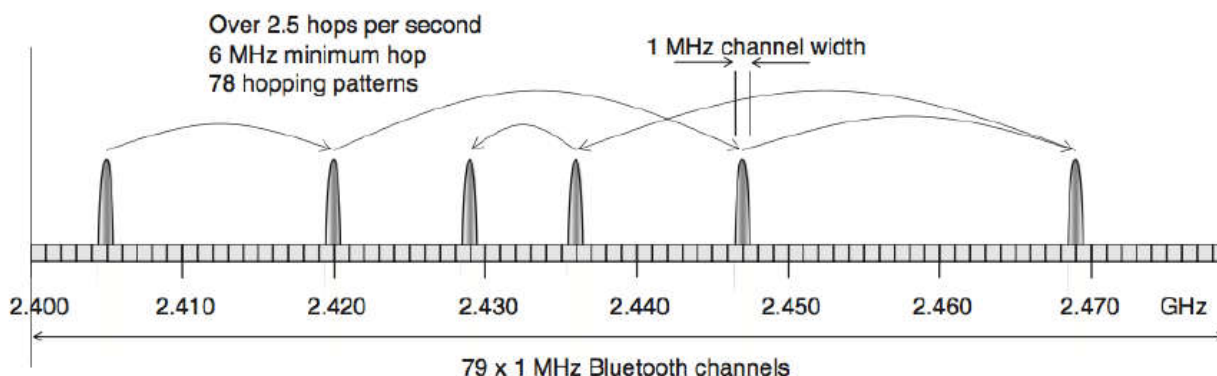


Figure 7: Un canal FHSS dans la bande ISM de 2.4 GHz

### 3. Les bases de la communication Radio

---

Le standard IEEE 802.11b spécifie que:

- Le saut entre un canal a un autre de dois pas dépasser 6MHz.
- Un saut doit s'effectuer toute les 2.5 secondes.

On a alors 78 types de saut possibles.

Au niveau du récepteur, sachant la suite de sauts effectué (hopping pattern), le signal est ainsi décodé.

L'avantage de FHSS comparé à DSSS est que la probabilité que deux réseaux utilisent la même canal est très faible ce qui permet a deux réseaux de recouvrir (overlap) physiquement sans pour autant causé une interférence.

#### 3.1.4. Avantages et inconvénients de DSSS et FHSS

DSSS: rapidité de transmission des données, et une large porté ce qui est très important c'est pour quoi elle est la plus utilisé pour le Wifi.

FHSS : facile et pas cher a implémenter et permet un recouvrement entre réseaux mais connais une dégradation du débit a cause des interférences.

### 3.2. Techniques de multiplexage

Le but du multiplexage est de permettre un accès multiple ou un débit plus important à un utilisateur.

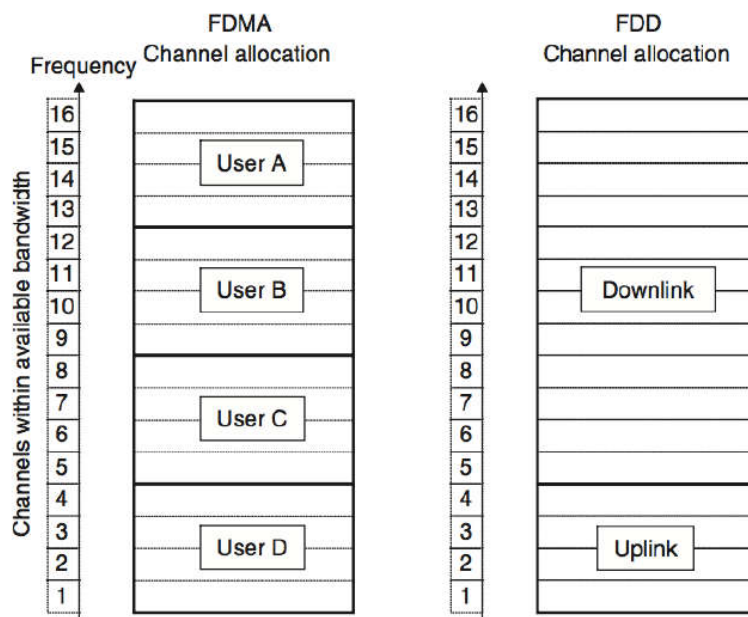


Figure 8: Différence entre FDMA et FDD

### 3. Les bases de la communication Radio

---

L'Accès des utilisateurs à la bande peut être séparé : en temps (TDMA) , en fréquence (FDMA ou OFDMA) , en espace (SDMA) , par un code (CDMA).

#### 3.2.1. Time Division Multiple Access (TDMA)

Allouer à chaque utilisateur un canal temporel pour une même fréquence. (utile pour éliminer les interférences).

#### 3.2.2. Frequency Division Multiple Access (FDMA)

Diviser la bande passante disponible en un nombre de canaux et allouer à chaque utilisateur un canal. La 3G utilise FDD (une forme de FDMA où la bande est divisée en 2 canaux (uplink and downlink)).

FDMA/TDMA qui est la combinaison des deux consiste à diviser la bande en canaux fréquentiels puis diviser chaque canal en canaux temporels (utilisé pour le GSM).

#### 3.2.3. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

C'est une variante de FDMA, où un nombre de fréquences porteuses est transmis dans une bande de telle sorte que les fréquences sont choisies pour éliminer les interférences, ceci est réalisé en coïncidant la fréquence d'une porteuse avec le minimum de la porteuse adjacente dans le domaine fréquentiel.

#### 3.2.4. Space Division Multiple Access (SDMA)

Diviser l'espace en plusieurs canaux et contrôler l'accès des utilisateurs en fonction de ces canaux spatiaux.

#### 3.2.5. Code division multiple access (CDMA)

Coder les données selon un code propre à chaque utilisateur, alors plusieurs transmetteurs peuvent émettre dans la même bande de fréquence (utilisée pour la 3G).

### 3.3. Techniques de modulations

La modulation est une étape dans la transmission numérique qui transforme le flux de données à transmettre en un signal RF.

La qualité des techniques de modulations est déterminée selon des critères : L'efficacité spectrale (bits/ Hz) , taux d'erreur binaire, Efficacité de puissance, la complexité d'implémentation.

Les types de modulation numérique :

### 3.3.1. Simple Modulation Techniques

a- On/Off keying (OOK) est la plus simple des technique de modulation, elle consiste à mettre a zero la porteuse pour un bit 0 et l'utiliser pour un bit 1. C'est un cas special de la méthode ASK ou chaque bits est associé a un niveau d'amplitude de la porteuse.

b- Return to zero (RZ), le bit 1 est représenté par l'état haut et le bit 0 par l'état bas avec un retour à l'état bas après une demi période, et la transition de l'état haut à l'état bas ne se fais que quand un bit 1 est suivi par un bit 0.

c- Return to Zero inverted (RZi), c'est l'inverse de RZ c'est à dire que la 1 est codé par l'état bas et le 0 par l'état haut avec un retour à zéro.

### 3.3.2. Phase Shift Keying

a- Binary Phase Shift Keying (BPSK): est la plus simple de cette catégorie, la phase de la porteuse peut avoir deux état comme le montre de tableau suivant :

Symbol	Phase de la porteuse
0	0°
1	180°

Tableau 5: Table de codage de la Binary Phase Shift Keying (BPSK)

b- Quadrature Phase Shift Keying (QPSK): Pour cette technique la phase de la porteuse peut avoir quatre états :

Symbole	Phase de la porteuse
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

Tableau 6: Table de codage de la Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

c- Differential Phase Shift Keying (DPSK): c'est une variante de BPSK et de QPSK, ou la donné est codé par une différence de phase et non pas en associant à chaque bit une phase bien déterminé. Le 0 correspond au fait de ne pas changer la phase, l'avantage c'est que le récepteur de dois détecter que le changement de phase et non pas connaitre à période la phase de la porteuse.

d- Frequency Shift Keying (FSK): c'est une méthode qui consiste à associer les bits a des fréquences porteuses différentes :



Symbole	Fréquence de la porteuse
0	$f_0 - f_1$
1	$f_0 + f_1$

Tableau 7: Table de codage de la Frequency Shift Keying (FSK)

Cette méthode est inefficace car elle implique une large utilisation de la bande passante ce qui n'est pas très intéressant.

### 3.3.3. Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Elle combine la modulation de phase et la modulation d'amplitude (16-QAM and 64-QAM, 256-QAM).

Comme exemple, la constellation de la 16-QAM :

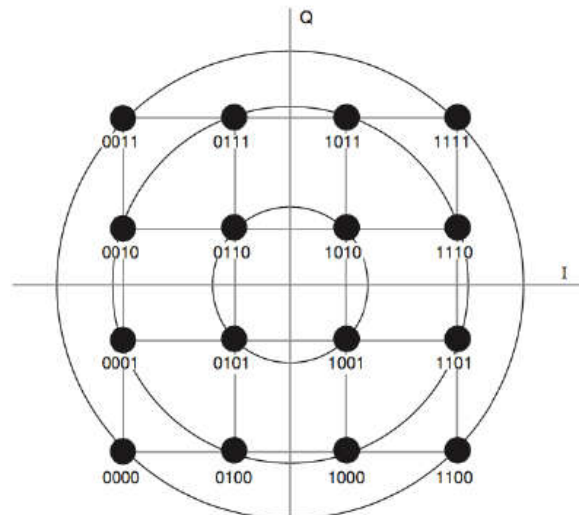


Figure 9: Constellation 16-QAM

### 3.3.4. Dual Carrier Modulation

Consiste à moduler en utilisant deux porteuse au lieu d'une, la transmission est plus robuste mais elle demande une plus large bande.

### 3.3.5. Pulse Modulation Methods

a- Pulse Position Modulation (PPM): Chaque suite de bits est transmise durant un laps de temps bien déterminé, c'est le positionnement de ce laps de temps spécifique à chaque suite qui permet de porter l'information.

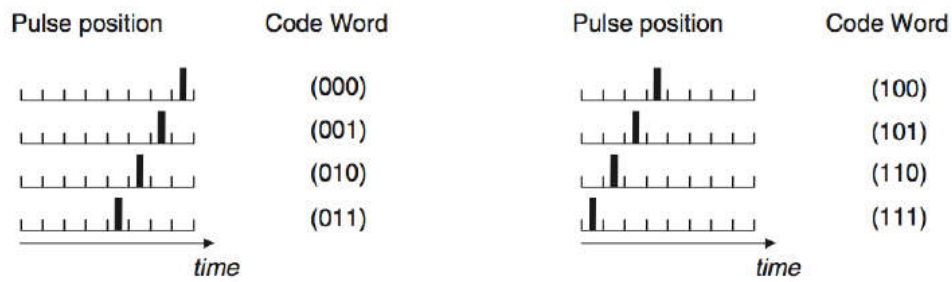


Figure 10: Modulation 8-PPM

b- Pulse Shape Modulation (PSM): Elle code le flux de données par une forme d'impulsion. La forme la plus simple de ce type de modulation est la modulation d'impulsion en amplitude (PAM), ou le niveau d'amplitude des impulsions code les données à transmettre.

Symbole de données entrantes	Amplitude de la pulsation
00	0
01	1
10	2
11	3

Tableau 8: Table de codage de la PSM

Influence du type de modulation sur le débit

Type de modulation	Débit
PSK	1 Mbps
QPSK	11 Mbps
OFDM	54 Mbps

Tableau 9: Influence du type de modulation sur le débit

## **CONCLUSION GENERALE**

Les réseaux sans fil en général, et le Wi-Fi en particulier sont des technologies intéressantes et très utilisées dans de divers domaines comme l'industrie, la santé et le domaine militaire. Cette diversification d'utilisation revient aux différents avantages qu'apportent ces technologies, comme la mobilité, la simplicité d'installation (absence de câblage) et la disponibilité.

L'élasticité du WiFi, c'est-à-dire sa capacité à s'adapter à des usages très variés, explique sans doute en grande partie son succès. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'il a été conçu pour réaliser des réseaux de type WLAN.

Dans la prochaine partie du mémoire, la norme 802.11 et les étapes de déploiement d'un réseau WIFI outdoor seront présentées.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Aurélien Géron, *WIFI PROFESSIONNEL*, 3rd ed., Dunod, Ed. Paris, France, 2009.
  
- [2] Steven Rackley, *Wireless Networking Technology*. Grande Bretagne: ELSEVIER, 2007.
  
- [3] Ahmed Hassan Mabrouk, Amitava Mukherjee, Francisco Falcone, and Daniel Wong Rashid Saeed, "WiMAX, LTE, and WiFi Interworking," *Computer Systems, Networks, and Communications*, vol. 2010, no. 754187, 2010.
  
- [4] Raymond CLAVEL, *DELTA, a fast robot with parallel geometry.*: 18th International Symposium on Industrial Robots, p.91-100, IFS Publications, 1988.