

République Algérienne Démocratique et Populaire  
 Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
 Université 8 Mai 1945 - Guelma  
 Faculté des Sciences et de la Technologie  
 Département d'Électronique et Télécommunications



**Mémoire de fin d'étude**  
**Pour l'obtention du diplôme de Master Académique**  
 Domaine : Science et Technologie  
 Pilière : Télécommunications  
 Spécialité : Système de Télécommunications




---

**Étude d'une nouvelle Antenne UWB avec suppression des bandes par l'utilisation des structures EBG**

---

Présenté par :  
**BENMARCE Zeyneb**  
**AMROUNE Soumia**  
 Sous la direction de :  
**M. CHAABANE Abdelhalim**

Juin 2015.

## Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ~~s~~ ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes sœurs et mon frère

A mes amies et mes camarades.

Sans oublier tout les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

BENMARCE Zeyneb

Je dédie ce travail à mes parents,

Aux quels je dois tous,

Pour toute la peine qu'ils se sont donnée,

Pour leur patience et générosité,

A ma sœur et mon frère,

Pour leurs soutiens continus

A toute ma famille et mes amies

A tous ceux qui j'estime et m'estiment.

AMROUNE Soumia

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I: Généralité sur les Antennes</b>	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Définition d'une antenne.....	3
I.2.1 Antenne isotrop.....	4
I.3 Les Paramètres Caractéristiques d'une Antenne .....	4
I.3.1 Caractéristiques de Rayonnements .....	5
I.3.2 Caractéristiques Electriques des Antennes .....	9
I.4 Différents types d'antennes .....	12
I.4.1 Antennes Filaires .....	12
I.4.1.1 Antenne dipôle.....	12
I.4.1.2 Antenne monopôle.....	14
I.4.2 Antennes planaires.....	16
I.4.2.1 Alimentation des Eléments Rayonnants.....	17
I.4.2.2 Les Méthodes de Simulation .....	18
I.4.3 Antennes volumiques .....	19
I.5 Conclusion.....	20
<b>Chapitre II : Etat de l'Art sur la Technologie UWB</b>	
II.1 Introduction .....	21
II.2 Bref historique.....	22
II.3 Définition d'un système UWB .....	22
II.4 Avantages et inconvénients de l'UWB.....	23
II.5 Réglementation de l'UWB .....	25
II.5.1. Réglementation FCC aux USA.....	25
II.5.2 Réglementation en Europe .....	26
II.5.3 Réglementation en Asie.....	27
II.6 Différentes types de modulations utilisées en UWB .....	28
II.6.1 Modulation D'impulsion en Position.....	29
II.6.2 Modulation D'impulsion par Inversion de Polarité.....	29
II.6.3 Modulation D'impulsion en Amplitude.....	29

II.6.4 Modulation TOUT OU RIEN (ON OFF KEYING OOK) .....	30
II.7 Normes IEEE.....	30
II.8 Application UWB.....	31
II.8.1 Systèmes d'imagerie radar .....	32
II.8.2 Systèmes radar de véhicule .....	33
II.8.3 Systèmes de radiocommunication.....	33
II.9 Conclusion.....	33

### **Chapitre III: Etat de l'Art sur les Antennes UWB**

III.1 Introduction.....	34
III.2 Antennes independantes de la frequence .....	34
III. 2. 1. Les antennes Equi-Angulaire .....	35
III.2.1.1 Antenne à Spirale Logarithmique.....	35
III.2.1.2 Antenne Spirale d'Archimède .....	36
III.2.1.3 L'antenne spirale conique .....	36
III .2.2 Les Antennes Log-Périodiques .....	37
III.2.2.1 L'Antenne Log-périodique Circulaire .....	37
III.2.2.2 L'antenne log-périodique trapézoïdale.....	38
III.2.2.3 L'Antenne Sinuëuse.....	38
III.2.2.4 Antenne Dipôle Log-Périodique.....	39
III.3 Antennes omnidirectionnelles.....	40
III.3.1 Antennes biconiques.....	40
III.3.2 Antenne discône.....	40
III.3.3 Monopole circulaire.....	41
III.4 Antennes directives .....	41
III.4.1 Cornet.....	42
III.4.2 Antenne à transition progressive (Vivaldi) .....	42
III.5 Antennes Imprimées UWB .....	43
III.5.1 Les Antennes Imprimées Monopôle.....	45
III.5.2 Les Antennes Imprimées Dipôle.....	46
III.5.3 Les Antennes Imprimées à Fente .....	47
III .5.4 Antenne UWB à sous bande coupée.....	47
III.5.4.1 Utilisation des Fentes.....	48
III.5.4.2 Utilisation des Eléments Parasitiques .....	50

III.6 Conclusion.....52

**Chapitre IV: Antenne UWB à sous-Bandes rejetées**

IV.1 Introduction.....53

IV.2 Antenne UWB de Forme Rectangulaire Modifiée.....54

IV.3 Antenne UWB à sous bande coupée WLAN.....56

IV.4 Antenne UWB à bande coupée (WiMax).....60

IV.5 Antenne UWB à deux sous bandes coupées WLAN /WiMax.....65

IV.6 :Conclusion.....69

**Conclusion générale.....70**

**Résumé.....72**

**Bibliographies.....73**

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Evolution de la densité de puissance en fonction de la distance.....	5
<b>Figure I.2:</b> Diagramme de rayonnement <b>(a)</b> source isotrope, <b>(b)</b> source directive.....	6
<b>Figure I.3:</b> Polarisation linéaire du champ électrique E.....	7
<b>Figure I.4:</b> Exemple de polarisation circulaire du champ électrique E.....	8
<b>Figure I.5:</b> Exemple de polarisation elliptique du champ électrique E.....	8
<b>Figure I.6:</b> Modèle d'impédance complexe d'une antenne.....	9
<b>Figure I.7:</b> Circulation du courant dans un dipôle .....	13
<b>Figure I.8:</b> Diagramme de rayonnement d'un dipôle <b>(a)</b> 3D, <b>(b)</b> 2D.....	13
<b>Figure I.9:</b> Diagrammes de rayonnement pour différentes longueurs du dipôle .....	14
<b>Figure I.10:</b> Antenne monopole .....	15
<b>Figure I.11:</b> Monopole avec un réflecteur à quatre brins.....	15
<b>Figure I.12:</b> Monopole avec un réflecteur incliné.....	15
<b>Figure I.13:</b> Différentes antennes filaires.....	16
<b>Figure I.14:</b> Antennes imprimées à plusieurs formes rayonnantes .....	17
<b>Figure I.15:</b> <b>(a)</b> Antenne cornet, <b>(b)</b> Antenne parabolique .....	19
<b>Figure I.16:</b> Exemples d'antennes 3D.....	19
<b>Figure II.1:</b> Masques d'émission en intérieur et extérieurs de la FCC .....	26
<b>Figure II.2:</b> Masque spectral proposé par l'ECC .....	27
<b>Figure II.3:</b> Masques spectral proposés en Asie .....	28
<b>Figure II.4:</b> Principe de la modulation PPM.....	29
<b>Figure II.5:</b> Modulation d'impulsion par inversion de polarité BPM.....	29
<b>Figure II.6:</b> Exemple de modulation d'impulsion en amplitude PAM .....	30
<b>Figure II.7 :</b> Modulation tout ou rien OOK .....	30
<b>Figure II.8:</b> L'Organisation de l'IEEE 802.15.....	31
<b>Figure II.9:</b> Les différentes applications de l'Ultra Large Bande.....	32
<b>Figure III.1:</b> Antenne spirale logarithmique.....	36
<b>Figure III.2:</b> Antenne spirale d'Archimède .....	36
<b>Figure III.3:</b> Antennes spirales coniques .....	37
<b>Figure III.4:</b> Antenne log-périodique circulaire .....	37
<b>Figure III.5:</b> Antenne log-périodique trapézoïdale.....	38
<b>Figure III.6:</b> Antenne sinueuse à double polarisation.....	39

<b>Figure III.7:</b> Antenne dipôle log-périodique .....	39
<b>Figure III.8:</b> Antenne biconique .....	40
<b>Figure III.9:</b> Antenne discône.....	41
<b>Figure III.10:</b> Antenne monopole circulaire.....	41
<b>Figure III.11:</b> Antenne cornet ULB à lèvres.....	42
<b>Figure III.12:</b> Différents profils d'antennes TSA.....	43
<b>Figure III.13:</b> Antenne imprimée alimentée par une ligne micro-ruban.....	44
<b>Figure III.14:</b> Alimentation par guide d'onde coplanaire.....	44
<b>Figure III.15:</b> Antennes monopoles imprimée avec diverses configurations .....	46
<b>Figure III.16:</b> Antenne imprimée dipôle UWB de forme elliptique.....	46
<b>Figure III.17:</b> Antenne imprimée UWB à fente circulaire.....	47
<b>Figure III.18:</b> l'interférence entre système UWB et les autres systèmes à bande étroite.....	47
<b>Figure III.19:</b> Système multi bande d'antenne UWB combine avec des filtres coupes bandes ne sont pas compacte.....	48
<b>Figure III.20:</b> (a) SRR unique, (b) Edge-couplé SRR, (c) SRR Co-directionnelle.....	49
<b>Figure III.21:</b> Antenne monopôle imprimée avec une fente de forme-U inversée.....	49
<b>Figure III.22:</b> Antenne avec une paire de fentes ouvertes en forme d'arc.....	50
<b>Figure III.23:</b> Antenne imprimée UWB à sous bande coupée utilisant une fente de forme- C .....	50
<b>Figure III.24:</b> Antenne monopôle circulaire à élément parasitique en forme de boucle ouverte.....	51
<b>Figure III.25:</b> Antenne de référence à élément parasitique en forme de boucle CLL résonateur .....	51
<b>Figure III.26:</b> Antenne monopôle UWB à sous-bande coupée .....	52
<b>Figure IV.1:</b> La coexistence de l'UWB avec autres systèmes de communications WiMax et WLAN.....	54
<b>Figure IV.2:</b> Géométrie de l'antenne monopole de forme rectangulaire modifiée.....	55
<b>Figure IV.3:</b> Variation de VSWR avec la fréquence de l'antenne UWB .....	56
<b>Figure IV.4:</b> Géométrie de l'antenne proposée avec structure EBG modifiée .....	57
<b>Figure IV.5:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de « $s_{xp}$ ».....	57
<b>Figure IV.6:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de « $g_p$ » .....	58
<b>Figure IV.7:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de « $w_m$ » .....	59
<b>Figure IV.8:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de « $L_{e1}$ » .....	60
<b>Figure IV.9:</b> Géométrie de l'antenne proposée avec la fente C inversée pour le filtrage de la bande WiMax.....	61

<b>Figure IV.10:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs du paramètre « L ».....	62
<b>Figure IV.11:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de paramètres »H «.....	63
<b>Figure IV.12:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de paramètre « W » .....	64
<b>Figure IV.13:</b> Simulation de VSWR pour différentes valeurs de paramètre « S ».....	64
<b>Figure IV.14:</b> Géométrie de l'antenne proposée avec la fente C-inversé pour le filtrage de la bande WiMax et les structures EBG pour le filtrage de la bande WLAN .....	65
<b>Figure IV.15:</b> Simulation de VSWR pour les deux bandes rejetées WLAN et WiMax.....	66
<b>Figure IV.16:</b> Diagramme de rayonnement pour l'antenne de référence .....	67
<b>Figure IV.17:</b> Diagramme de rayonnement pour l'antenne avec deux bandes rejetées.....	68

## Liste des tableaux

<b>Tableau IV.1:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WLAN rejetée.....	58
<b>Tableau IV.2 :</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WLAN rejetée.....	58
<b>Tableau IV.3:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WLAN rejetée.....	59
<b>Tableaux IV.4:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WLAN rejetée.....	60
<b>Tableau IV.5:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WiMax rejetée.....	62
<b>Tableau IV.6:</b> les fréquences rejetées avec la variation de paramètres « L ».....	62
<b>Tableau IV.7:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WiMax rejetée.....	63
<b>Tableau IV.8:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WiMax rejetée.....	64
<b>Tableau IV.9:</b> Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WiMax rejetée.....	65
<b>Tableau IV.10:</b> Le résumé des étude paramétrique.....	66

## Liste des Acronymes

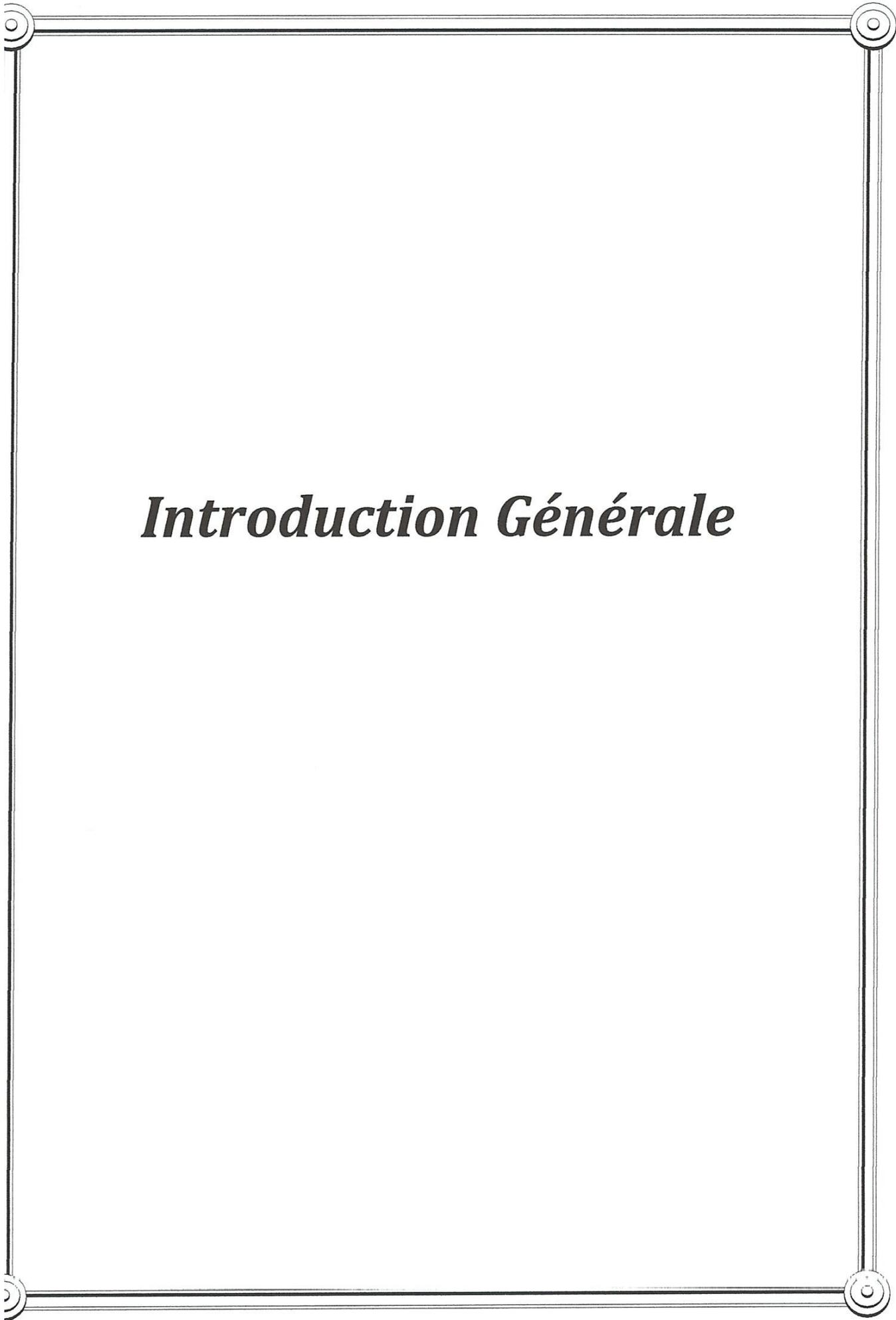
**UWB:** Ultra Wide Bande  
**ULB:** Ultra Large Bande  
**WiMax:** Worldwide Interoperability for Microwave Access  
**WLAN:** Wide Local Area Network  
**EBG:** Electromagnetic-Band Gap  
**ROS:** le Rapport d'Onde Stationnaire  
**VSWR:** Voltage Standing Wave Ratio  
**FDTD:** Finite Difference in Time Domain  
**ADS:** Advanced Design System  
**GPR:** Ground Penetrating Radar  
**WPAN:** Wide Personal Area Network  
**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers  
**IR:** Impulse Radio  
**FCC:** Federal Communications Commission  
**RSB:** Rapport Signal à Bruit  
**PSD:** Power Spectral Density  
**ECC:** Electronic Communications Committee  
**CEPT:** la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications  
**DAA:** Detect And Avoid  
**ETRI:** Electronics and Télécommunications Research Institute  
**PAM:** Pulse Amplitude Modulation  
**PPM:** Pulse Position Modulation  
**BPM:** BI-Phase Modulation  
**BPSK:** Bi-Phase Shift Keying Modulation  
**OOK:** On Off Keying  
**OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing  
**TSA:** Tapered Slot Antenna  
**LTSA:** Linearly Tapered Slot Antenna  
**CWSA:** Constant Width Slot Antenna  
**BLTSA:** Broken Linear Tapered Slot Antenna  
**SRR:** Split-Ring Resonator

**CPW:** Coplanar Waveguide

**CMT-EBG:** Conventional Mushroom-Type electromagnetic-Band Gap

**ELV-EBG:** Edge-Located Vias mushroom-type Electromagnetic Band Gap

**HFSS:** Hith frequency structure simulator



# ***Introduction Générale***

## Introduction Générale

Le domaine des télécommunications est en perpétuelle évolution. Ses axes d'investigation sont principalement motivés par un besoin toujours grandissant en termes de débit de données mais restent freinés par un spectre de fréquences de plus en plus occupé. Dans ce contexte, l'utilisation des signaux ultra large bande pour transmettre l'information semble être une alternative très prometteuse. Suite à la parution en 2002 de la réglementation des émissions UWB aux Etats-Unis, les applications s'orientent vers les communications très hautes débits à courte portée. La capacité du canal UWB est utilisée pour atteindre de très hauts débits plutôt qu'un accès multiutilisateurs étendu.

La technique UWB se distingue des systèmes traditionnels par différents atouts majeurs. D'une part, la largeur de bande occupée instantanément par le signal UWB conduit à une résolution temporelle très fine permettant d'envisager des applications de localisation et de communications basses ou hauts débits au sein d'un même appareil.

D'autre part, la très courte durée des impulsions émises assure une transmission robuste dans un canal multi-trajets dense. Enfin, la faible densité spectrale du signal permet au système UWB de coexister avec les applications existantes. La technique UWB se caractérise également par la possibilité d'une implémentation simple à faible consommation et faible coût.

De plus, la possibilité d'utiliser la bande UWB sans licence permet de produire et d'accéder au contenu librement et à moindre coût. Cela permet le développement d'un grand nombre d'applications impersonnelles telles que la transmission d'informations de machines à machines.

C'est dans ce cadre que la conception et l'étude du comportement d'antennes adaptées à ces systèmes prennent toute leur importance car celles-ci doivent répondre à chacun des challenges soulevés qu'elles affectent. Ainsi, l'antenne doit présenter un rendement optimal et des caractéristiques constantes sur une très large bande de fréquences mais conserver un coût limité. A cela s'ajoute bien entendu les problèmes d'intégration et donc le besoin de concevoir une structure d'encombrement minimal, sans toutefois détériorer ses performances.

Le premier chapitre présente une généralité sur les antennes et ses caractéristiques électriques et de rayonnements.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la technologie UWB et rappelant tout d'abord ses caractéristiques et quelques unes des principales applications qui peuvent tirer avantage de ses performances.

Le troisième chapitre, nous présente les différentes antennes existantes possédant des caractéristiques d'adaptation sur de très larges bandes de fréquences. Les antennes imprimées UWB à sous bande coupée soit avec l'utilisation des fentes ou des éléments parasitiques sont aussi présentés.

Le quatrième chapitre sera consacré à l'étude d'une antenne monopole UWB de forme rectangulaire modifiée à sous-bande coupée (WiMax et WLAN) par l'utilisation des structures parasitaires EBG et des fentes.

# **Chapitre I :**

## **Généralité sur les Antennes**

# Chapitre I

## Généralité sur les Antennes

### I.1 Introduction

Dès l'origine, l'antenne est l'élément qui est utilisé pour diffuser les ondes électromagnétiques par rayonnement. Elle joue deux rôles réciproques : la transmission et la réception. Ainsi, dans une chaîne de communication, elle est toujours le premier élément dans une chaîne de réception ou le dernier élément d'une chaîne d'émission.

Il y a une grande variété de techniques pour réaliser les antennes, chacune d'elles possède ses propres caractéristiques et sert à une application bien déterminée.

Ce chapitre rappelle les principales caractéristiques des antennes et leurs technologies. L'accent est ensuite porté sur les antennes en technologie imprimée.

### I.2 Définition d'une antenne

Une antenne est un élément passif qui assure la transformation d'une puissance électrique en une onde électromagnétique et réciproquement, elle permet de transférer vers un système de réception, l'énergie d'une onde se propageant dans le milieu ambiant. Les antennes sont indispensables pour les systèmes de communication sans fil. Elles sont le seul élément à pouvoir assurer l'émission ou la réception des ondes électromagnétiques. Elles peuvent prendre plusieurs formes et tailles différentes suivant la fréquence de fonctionnement et le type d'application.

L'antenne a donc pour principales fonctions :

- La transmission ou la réception de l'énergie dans des directions privilégiées.
- L'adaptation correcte entre les circuits électroniques terminaux (front-end) et le milieu de propagation.
- La transmission la plus fidèle possible de l'information souhaitée.

Nous rappelons ci-dessous les divers paramètres et définitions permettant de caractériser ces Fonctions [I.1].

### I.2.1 Antenne isotrope

Une antenne isotrope est par définition une source ponctuelle rayonnante, de façon identique dans toutes les directions. Dans un milieu homogène et isotrope, l'onde rayonnée est une onde sphérique c'est à dire que les surfaces équi-phases et équi-amplitudes sont des sphères centrées sur cette source. Une telle antenne n'a pas de réalité physique dans le domaine des ondes radioélectriques, mais elle est très utilisée comme une source de référence dans la plupart des études [I.2].

En admettant que la puissance  $P_a$  alimentant cette antenne isotrope soit totalement rayonnée.

La puissance rayonnée par unité d'angle solide dans une direction quelconque définie par deux angles ( $\phi$  et  $\theta$ ), est:

$$P_1(\phi, \theta) = \frac{P_a}{4\pi} \text{ (W/st)} \quad (\text{I.1})$$

Cette puissance est parfois appelée intensité de rayonnement, exprimée en Watts/stéradian.

La puissance rayonnée par unité de surface, ou la densité surfacique de puissance rayonnée, à la distance  $r$ , est donnée par :

$$P_2(r, \phi, \theta) = \frac{P_a}{4\pi r^2} \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (\text{I.2})$$

En pratique, on mesure soit la puissance rayonnée par unité de surface, à l'aide d'un wattmètre, soit le champ rayonné et il s'agit alors du champ électrique (V/m). D'après le théorème de Poynting, la puissance rayonnée par unité de surface ( $P_2$ ) est liée au champ  $E$  par la relation suivante:

$$P_r(r, \phi, \theta) = \frac{E^2}{240\pi} \text{ (W/m}^2\text{)} = \frac{P_a}{4\pi r^2} \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (\text{I.3})$$

Ce qui donne une intensité du champ électrique égale à :

$$E = \sqrt{\frac{60P_a}{r^2}} \text{ (V/m)} \quad (\text{I.4})$$

### I.3 Les Paramètres Caractéristiques d'une Antenne

Une antenne est caractérisée par différents paramètres qu'on peut classer soit en caractéristiques électriques soit en caractéristiques de rayonnement.

### I.3.1 Caractéristiques de Rayonnements

#### a) Zones de rayonnement

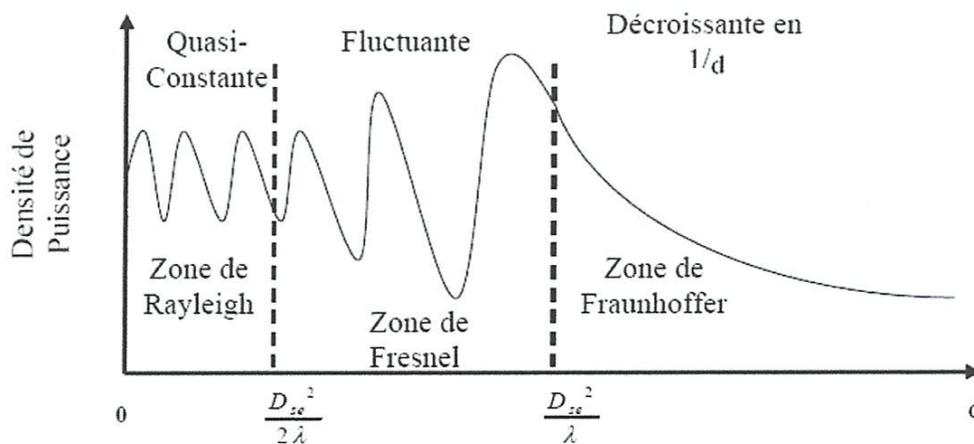
Le champ électromagnétique rayonné ne varie pas de la même façon en tout point extérieur aux antennes. Par analogie avec l'émission laser et d'après les travaux de G. Gobau et H. Kogelnik, on peut distinguer trois zones de rayonnement (**Figure I.1**).

- ✚ **La première zone** est la zone du champ proche (dite zone de Rayleigh). Cette zone est limitée pour une distance  $d$ , entre l'émetteur et le récepteur, comprise entre 0 et  $D^2/2\lambda$  ( $0 < d < \frac{D^2}{2\lambda}$ ).

La définition la plus employée est  $0 < d < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{2\lambda}}$ , avec  $D$  le diamètre de la surface circulaire équivalente à la surface effective de rayonnement de l'antenne. Dans cette zone la densité de puissance est quasi constante.

- ✚ **La deuxième zone** intermédiaire (dite zone de Fresnel), correspond à la zone telle que la distance  $d$  est comprise dans l'intervalle  $\frac{D^2}{2\lambda} < d < \frac{2D^2}{\lambda}$ . On remarque qu'il y a une fluctuation de la densité de puissance qui augmente en fonction de la distance (**Figure I.1**).

- ✚ **La troisième zone** est la zone de champ lointain (dite zone de Fraunhofer), telle qu'au-delà d'une distance  $d > \frac{2D^2}{\lambda}$ , la densité de puissance est inversement proportionnelle à la distance au carré. Ce qui implique une forte chute de la puissance rayonnée.

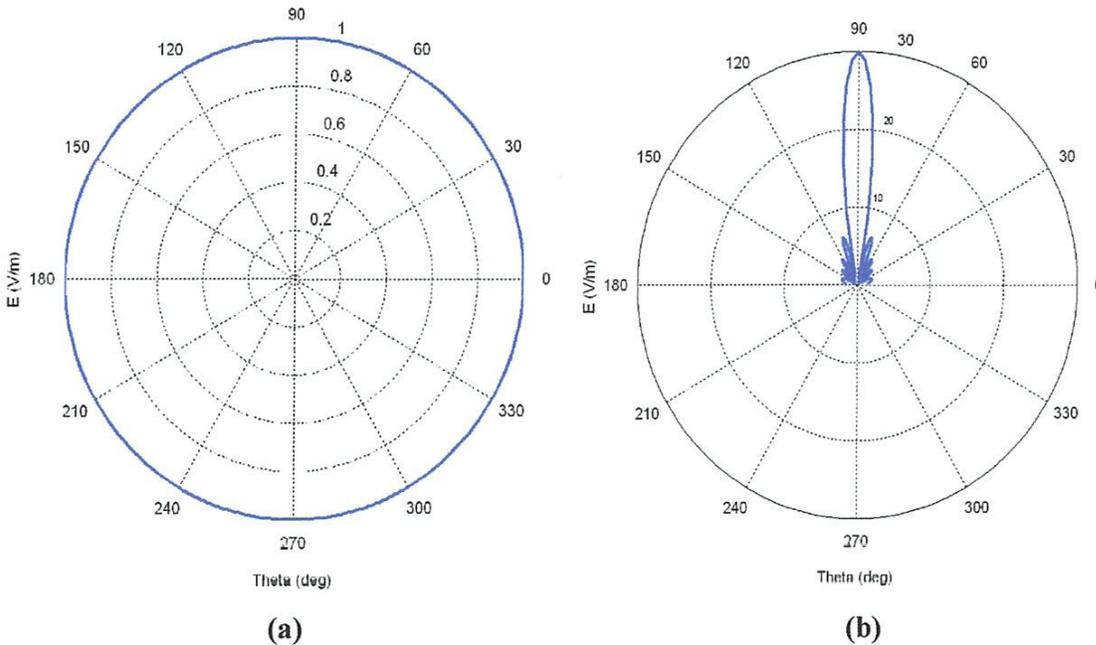


**Figure I.1:** Evolution de la densité de puissance en fonction de la distance

La zone la plus classiquement employée, pour la transmission sans fils des signaux informatifs, est la zone de champ lointain (ou zone de Fraunhofer).

### b) Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement représente la répartition de la puissance rayonnée par l'antenne à grande distance (champ lointain). Le diagramme de rayonnement change d'une antenne à une autre, il peut être omnidirectionnel comme dans le cas d'une antenne isotrope (**Figure I.2(a)**) ou directif, comme dans le cas d'une antenne parabolique (**Figure I.2(b)**).



**Figure I.2:** Diagramme de rayonnement (a) source isotrope, (b) source directive

### c) Directivité et gain

La directivité d'une antenne dans une direction  $(\phi, \theta)$  donnée peut être exprimée par le rapport de la densité de puissance rayonnée  $Pr$  par la puissance rayonnée par une antenne isotrope.

$$D(\phi, \theta) = \frac{Pr(\phi, \theta)}{Pr_{\text{isotrope}}/4\pi} \quad (\text{I.5})$$

Une antenne directive possède, généralement, un lobe principal nettement plus important que les autres lobes, dites lobes secondaires (**Figure I.2(b)**).

De même, le gain d'une antenne dans une direction peut être exprimé par le rapport de la puissance rayonnée dans une direction par la puissance absorbée par une antenne isotrope.

Dans une antenne, la puissance d'alimentation  $P_a$  n'est pas nécessairement rayonnée en totalité, du fait des pertes intrinsèques dans les matériaux constituant l'antenne. Par conséquent, si on remplace  $P_r$  par  $P_a$  dans la relation (I.5), on obtient une quantité  $G(\varphi, \theta)$  appelée gain dans la direction  $(\varphi, \theta)$ , tel que :

$$G(\varphi, \theta) = \frac{P_r(\varphi, \theta)}{P_a/4\pi} \quad (\text{I.6})$$

avec  $P_r = P_a \cdot \eta$  ;  $\eta$  est le rendement de l'antenne

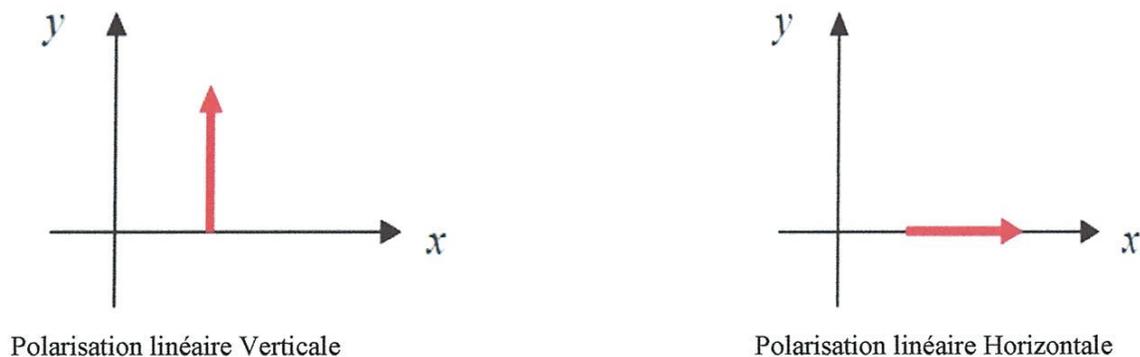
Généralement cette grandeur est exprimée en dB.

$$G_{dB}(\varphi, \theta) = 10 \log \left( 4\pi \cdot \frac{P_r(\varphi, \theta)}{P_a} \right) \quad (\text{I.7})$$

#### d) Polarisation d'antenne

La polarisation d'une antenne dans une direction donnée est caractérisée par la projection dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation, de la courbe décrite dans le temps par l'extrémité du champ électrique (ou magnétique) de l'onde rayonnée dans la zone lointaine. La puissance reçue par une antenne donnée dépend donc du rendement de la polarisation. Ce rendement est défini par le rapport entre la polarisation de l'antenne émettrice et la polarisation de l'antenne réceptrice. Il existe trois types de polarisation du champ électromagnétique :

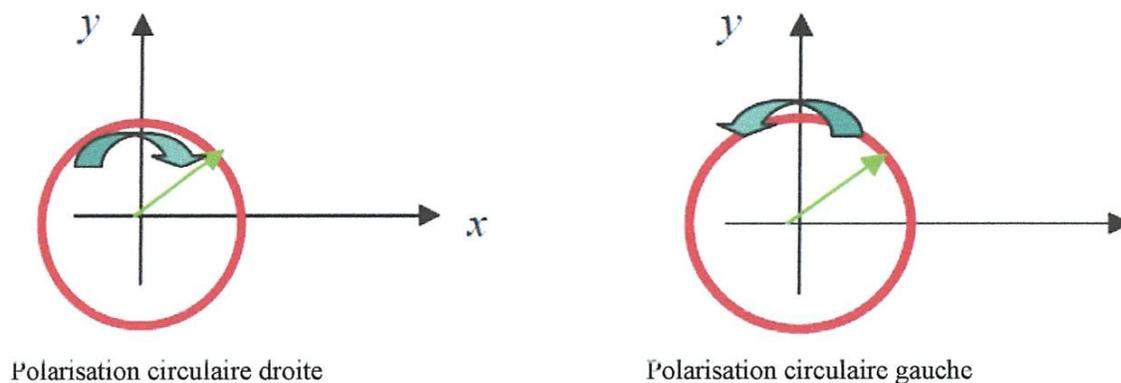
- ✦ **La polarisation linéaire** (dite aussi rectiligne). Elle est définie par l'orientation constante du champ électrique  $E$  par rapport à un repère, en fonction du temps et de l'espace. Cette polarisation est dite horizontale, si l'orientation du champ électrique  $E$  est horizontale par rapport au sol. Elle est dite verticale si l'orientation du champ est perpendiculaire au sol (**Figure I.3**).



**Figure I.3:** Polarisation linéaire du champ électrique  $E$

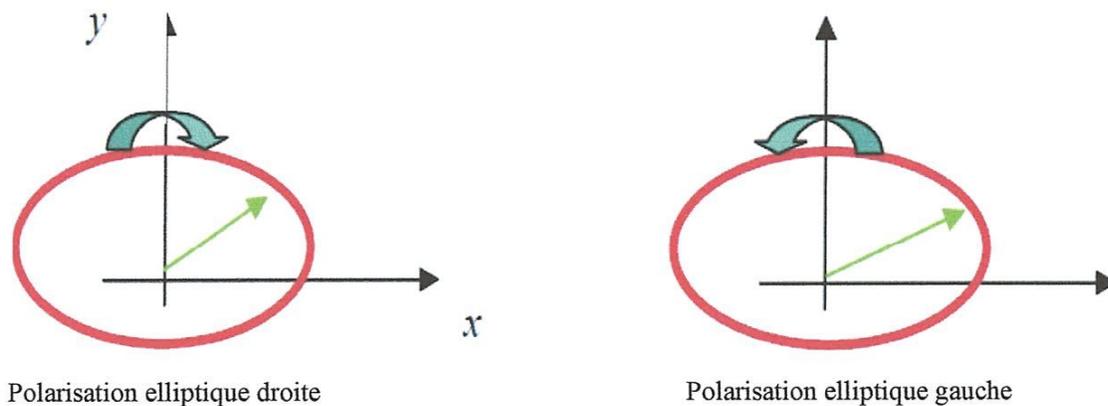
- ✦ **La polarisation circulaire**, est une polarisation du champ  $E$  qui varie en fonction du temps.

L'orientation du champ électrique  $E$  décrit un cercle. L'intensité du champ est toujours la même. L'orientation décrit une rotation vers la droite ou la gauche, d'où l'appellation de polarisation circulaire droite ou de polarisation circulaire gauche (**Figure I.4**).



**Figure I.4:** Exemple de polarisation circulaire du champ électrique  $E$

- ✦ **La polarisation elliptique**, est une polarisation du champ électrique  $E$  qui est variable en fonction de temps. L'orientation et module du champ  $E$  décrivent une ellipse. De même que la polarisation circulaire, deux cas sont possibles : la polarisation elliptique droite et la polarisation elliptique gauche (**Figure I.5**). La polarisation circulaire est un cas particuliers de la polarisation elliptique.



**Figure I.5:** Exemple de polarisation elliptique du champ électrique  $E$

Plus le rendement de polarisation est important plus la puissance captée par l'antenne réceptrice est importante. Le maximum de ce rendement de polarisation vaut un lorsque les deux antennes possèdent la même polarisation. La polarisation de l'onde est parallèle à celle de l'antenne.

### e) Puissance Rayonnée

La puissance rayonnée est la puissance qui traverse une sphère de rayon infini. Elle est déterminée en intégrant le vecteur de Poynting sur une surface sphérique.

Le vecteur de Poynting dans la zone de rayonnement est défini par :

$$\vec{P} = \frac{1}{2} \text{Re} (\vec{E} \times \vec{H}^*) \quad (\text{I.8})$$

La puissance rayonnée à travers une sphère de rayon infini est donnée par :

$$W = \lim_{r \rightarrow \infty} \oint n \cdot \langle P \rangle ds \quad (\text{I.9})$$

Avec  $n$  est un vecteur normal à tout point de la surface de la sphère.

### f) Résistance de rayonnement

Soit  $P_r$  la puissance active rayonnée par une antenne. S'il est possible de connaître le courant  $I_Q$  en un point  $Q$  de cette antenne, nous définissons la résistance de rayonnement en ce point par le rapport [I.3]:

$$R_Q = \frac{2 P_r}{I_Q^2} \quad (\text{I.10})$$

## I.3.2 Caractéristiques Electriques des Antennes

D'un point de vue électrique, une antenne passive peut donc être modélisée par un circuit équivalent RLC (Figure I.6, valable pour une antenne dipôle) et l'impédance  $Z_{in}$  vue à l'entrée de l'antenne est donnée par l'équation (I.11) [I.4].

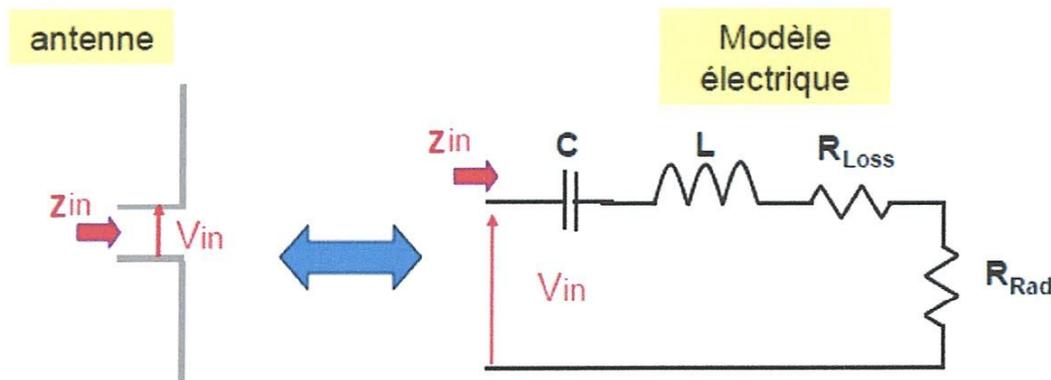


Figure I.6: Modèle d'impédance complexe d'une antenne

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = R_{in} + jX_{in} \quad (\text{I.11})$$

Partie Active
Partie Réactive

$$R_{in} = R_{rad} + R_{Loss} \qquad X_{in} = iLW + \frac{1}{i c W}$$

### a) Impédance d'Entrée

Considérons une antenne dont on peut définir les deux bornes d'entrée a et b.  
Soit  $V_e$  la tension entre les bornes a et b et  $I_e$  le courant d'alimentation de l'antenne.  
L'impédance d'entrée de l'antenne est donnée par :

$$Z_e = \frac{V_e}{I_e} \quad (\text{I.12})$$

Le rendement  $\eta$  d'une antenne est exprimé par le rapport du gain par sa directivité, qui correspond également au rapport de la puissance rayonnée par la puissance d'alimentation de l'antenne.

$$\eta = \frac{G}{D} = \frac{Pr}{Pa} \quad (\text{I.14})$$

### c) Coefficient de Réflexion

Le coefficient de réflexion  $S_{11}$  met en évidence l'absorption de l'énergie par l'antenne.  
C'est sur ce paramètre que l'on se base lors de l'optimisation.

$$|\Gamma| = \frac{\text{puissance Réfléchie}}{\text{puissance incidente}} \quad (\text{I.15})$$

### d) Perte de Retours

La perte de retour représente la puissance perdue ou reflétée due à une charge qui est mal adaptée et peut être calculé par :

$$R_L = -20 \log |\Gamma| = -10 \log |S_{11}|^2 \text{ [dB]} \quad (\text{I.16})$$

Une bonne adaptation d'impédance est indiquée par une perte de retour inférieur à -10dB.

### f) Le rapport d'onde stationnaire : ROS (VSWR)

Le rapport d'onde stationnaire ou **ROS** tout comme le coefficient de réflexion traduit l'adaptation ou la désadaptation d'impédance entre deux éléments. Lorsque l'adaptation n'est pas parfaite la partie de l'onde réfléchie se superpose à l'onde incidente pour ne former qu'une seule onde appelée onde stationnaire. Il se définit comme le rapport des valeurs maximales et minimales de l'amplitude de l'onde stationnaire. Le **ROS** ou en anglais **VSWR** pour **voltage standing Wave Ratio** peut également s'exprimer à partir du coefficient de réflexion que nous venons de définir à travers l'expression.

$$ROS = \frac{1+|r|}{1-|r|} \quad (I.17)$$

### g) Largeur de bande adaptée

Divers paramètres (gain, polarisation, adaptation, etc...) peuvent également être retenus comme critères, chacun conduisant à une définition différente de la bande passante.

En pratique et selon le type d'application de l'antenne, certaines de ces grandeurs seront plus critiques que d'autres. Néanmoins, et en particulier pour les antennes nous concernant, l'adaptation en puissance de l'antenne constitue le critère le plus limitatif. Dans ce cas, la bande passante d'une antenne est définie comme l'excursion de fréquence pour laquelle le coefficient de réflexion est inférieur à une valeur donnée, d'une façon générale – 10 dB. Ce coefficient de réflexion est défini par l'expression suivante :

$$S_{11} = \frac{Z_a - Z_s}{Z_a + Z_s} \quad (I.18)$$

Avec  $Z_s$  : Impédance de normalisation

$Z_a$  : Impédance d'entrée

## I.4 Différents types d'antennes

Les antennes sont utilisées dans des gammes de longueur d'onde très différentes et pour un très grand nombre d'applications dont nous ici citerons quelques exemples [I.5]:

- ✚ Ondes kilométriques (30 à 300 kHz) et hectométriques (300 à 3000 kHz) pour la radiodiffusion à modulation d'amplitude, les signaux horaires et les liaisons sous-marines.
- ✚ Ondes décamétriques (3 à 30MHz) pour les liaisons intercontinentales ou maritimes.
- ✚ Ondes métriques (30 à 300MHz) pour la radiodiffusion à modulation de fréquence, la télévision et les communications et radionavigations aéronautiques.
- ✚ Ondes décimétriques (300 à 3000MHz) pour la télévision, le radar et les liaisons avec les mobiles.
- ✚ Ondes centimétriques (3 à 30GHz) pour les liaisons terrestres par faisceaux hertziens et les liaisons spatiales.

Plusieurs types d'antennes sont connus et utilisés dans des applications de télécommunication.

On peut classer les antennes dans trois catégories, antennes filaires, antennes planaires et les antennes volumiques.

### I.4.1 Antennes Filaires

Les antennes filaires utilisent des éléments rayonnant constituées par un fil ou un réseau de fils métalliques. Elles sont très simples à réaliser et à faible coût.

#### I.4.1.1 Antenne dipôle

Une antenne dipôle est une antenne filaire. Elle est représentée par un fil de longueur multiple de  $\lambda/2$  ( $l=k\lambda/2$ ), généralement  $k=1$  et donc  $l=\lambda/2$ . Ce fil métallique, parcouru par un courant, rayonnera des ondes électromagnétiques dans toutes les directions à l'exception toutefois de la direction dans l'alignement des brins. L'intensité du rayonnement dépend de l'intensité du courant circulant dans le dipôle (**Figure I.7**, **Figure I.8**). Le maximum de rayonnement se situe dans le plan médian du dipôle où l'intensité du courant est maximale (**Figure I.7**). Ce type d'antenne est très utilisé dans les stations d'émissions radios, TV...

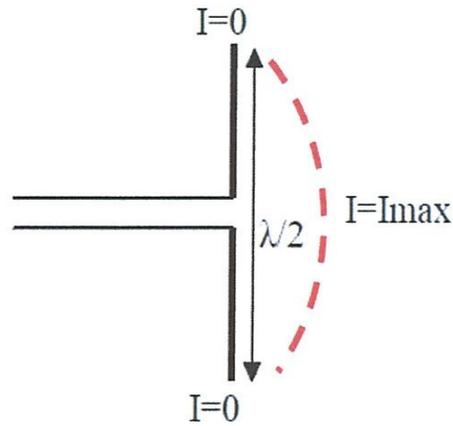


Figure I.7: Circulation du courant dans un dipôle

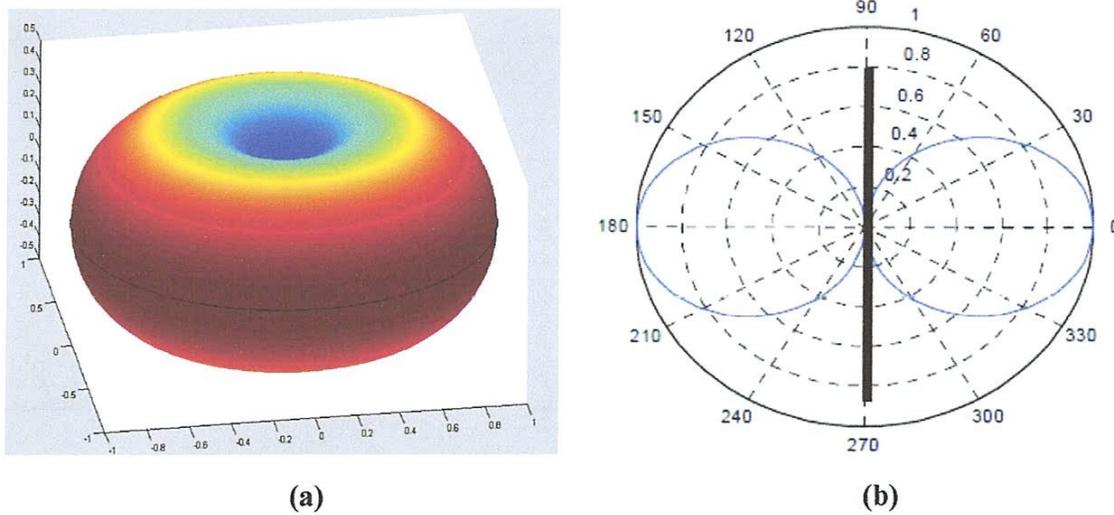


Figure I.8: Diagramme de rayonnement d'un dipôle (a) 3D, (b) 2D

Le diagramme de rayonnement dépend de la longueur de dipôle, ci-dessous quelques représentations (Figure I.9). Elles montrent que l'augmentation de la longueur d'antenne engendre une augmentation de la directivité et du nombre de lobes secondaires.

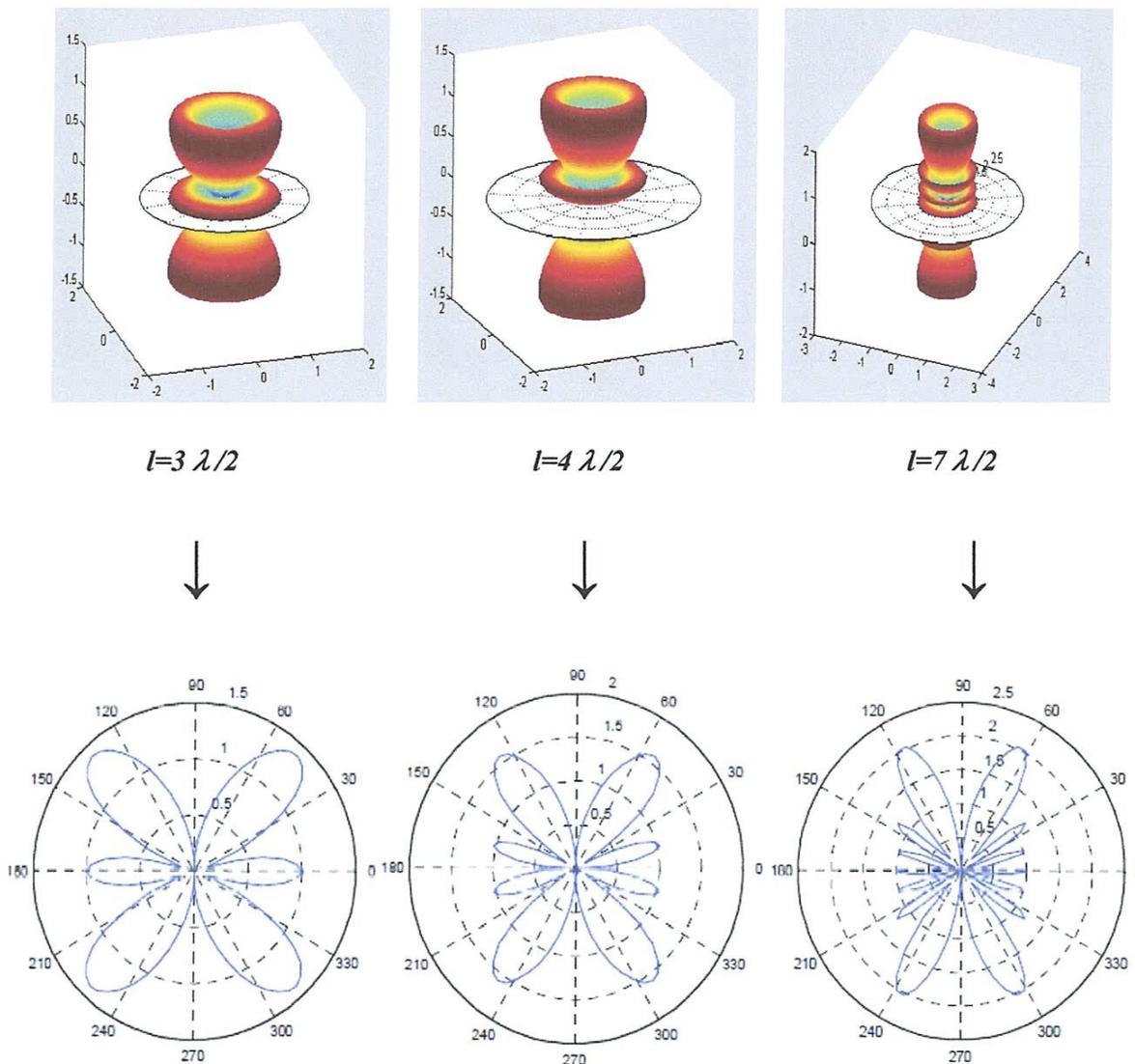
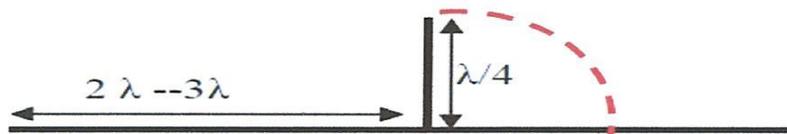


Figure I.9: Diagrammes de rayonnement pour différentes longueurs du dipôle

#### I.4.1.2 Antenne monopôle

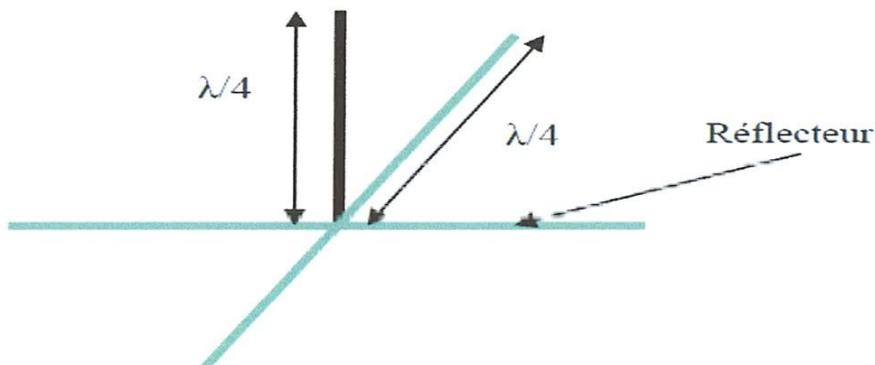
Théoriquement une antenne monopôle est constituée d'un brin placé au-dessus d'un réflecteur de dimension infinie. En pratique, le brin est placé au-dessus d'un plan métallique de grande dimension par rapport à la longueur d'onde (2 à 3 fois  $\lambda$  au minimum). Selon la théorie des images, l'antenne monopôle fonctionne comme une antenne dipôle, l'image du monopôle par rapport au plan de masse reconstitue la partie manquante du dipôle. La partie réelle de l'impédance de cette antenne est de l'ordre de  $37.5\Omega$ , ce qui nécessite une adaptation entre l'excitation et l'antenne qui est, souvent assurée par une ligne quart d'onde.



**Figure I.10:** Antenne monopole

Ce type d'antennes est très utilisé. on la trouve notamment sur les toits des véhicules, dans les stations d'émissions radios, etc.

Le plan de masse peut être remplacé par un plan réflecteur accordé, constitué de quatre brins ou plus, placés en quadrature et longs de  $\lambda/4$  (Figure I.11).



**Figure I.11:** Monopole avec un réflecteur à quatre brins

Le plan réflecteur peut être, constitué aussi, de 3 brins inclinés à  $60^\circ$  et longs de  $\lambda/4$ . Cette configuration, mécaniquement très simple à réaliser, permet d'avoir des propriétés intéressantes et notamment une impédance caractéristique nominale de 50 Ohms (Figure I.12).

Parmi les antennes filaires, on trouve aussi les antennes hélices, cadres, yagui, logarithmique, biconiques, etc... (Figure I.13).

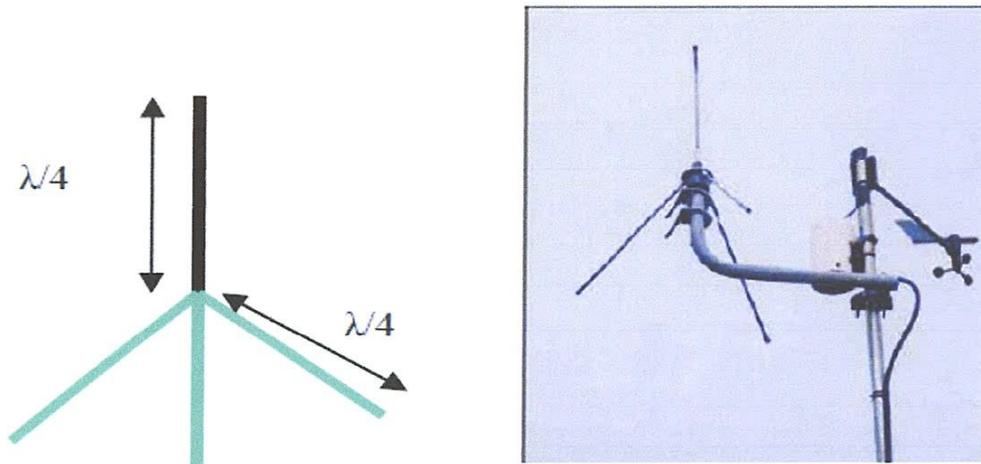
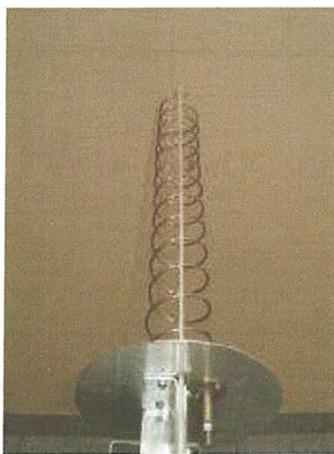


Figure I.12: Monopole avec un réflecteur incliné



Antenne hélice



Antenne biconique



Antenne logarithmique

Figure I.13: Différentes antennes filaires

#### I.4.2 Antennes planaires

Une antenne planaire ou imprimée est constituée généralement d'un plan de masse, d'une ou plusieurs couches de substrats diélectriques et d'un ou plusieurs motifs conducteurs rayonnants, de formes quelconques. Généralement, les antennes imprimées n'utilisent qu'une seule couche de substrat, et sont très répandues dans le domaine des micro-ondes et des ondes millimétriques. Ces éléments rayonnants présentent différentes formes: carrées,

rectangulaires, triangulaires, circulaires, elliptiques ou d'autres formes plus complexes (Figure I.14).

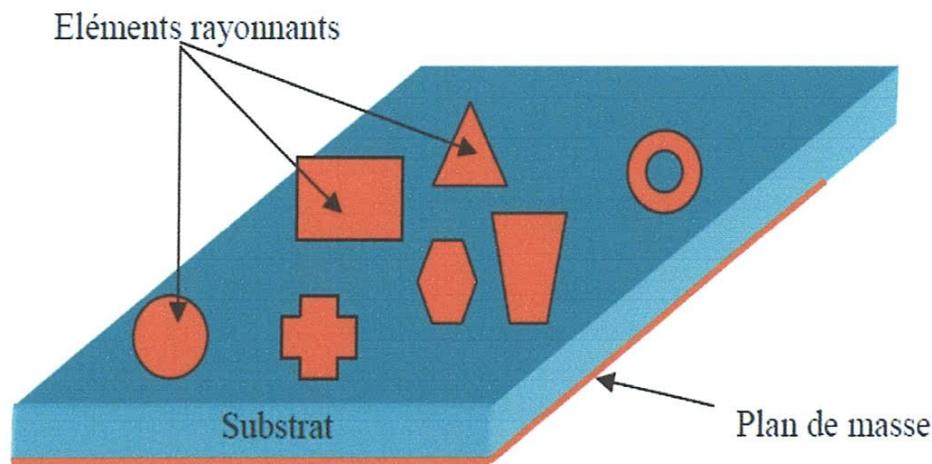


Figure I.14: Antennes imprimées à plusieurs formes rayonnantes

Les antennes imprimées sont caractérisées par une faible masse, un encombrement réduit et une facilité de réalisation. Ces avantages les rendent particulièrement intéressantes pour les systèmes de télécommunication, de mobiles terrestres, de télédétection et de télémétrie (Radar embarqué, avion, fusées, bateaux, véhicules...). Cependant, ces antennes présentent quelques inconvénients : leur largeur de bande est souvent limitée, et la modélisation théorique est particulièrement difficile [I.6].

#### I.4.2.1 Alimentation des Éléments Rayonnants

L'alimentation de l'élément rayonnant est classée en deux catégories :

✚ **Alimentation par contact** : sonde coaxiale, ligne d'amenée connectée à l'élément rayonnant et dont le point de jonction peut être sur l'axe de symétrie de ce dernier ou non.

✚ **Alimentation par couplage ou proximité** : l'élément rayonnant et la ligne d'alimentation ne sont pas connectés entre eux, l'excitation de l'élément rayonnant se fait par couplage électromagnétique.

On trouve aussi des techniques d'alimentation à travers une ouverture dans le plan de masse, dont l'élément rayonnant et le circuit microbande sont placés de part et d'autre de ce plan de masse. Une ouverture dans celui-ci permet l'excitation de l'antenne.

L'alimentation par ligne microbande (coplanaire, ou coaxiale) est la technique la plus utilisée pour les antennes imprimées [I.7].

### I.4.2.2 Les Méthodes de Simulation

Les antennes imprimées sont difficile à étudier en raison de non homogénéité du milieu qui les supporte (substrat/air). Les conditions aux limites deviennent très complexes, en particulier à l'interface air-substrat, ce qui rend difficile la résolution des équations de **Helmholtz [I.8] [I.9]**. En raison de cette difficulté, différentes méthodes numériques approchées ont été proposées pour la détermination des caractéristiques radioélectriques des antennes imprimées (fréquence de résonance, bande passante, gain, impédance d'entrée, directivité...) en se basant sur la détermination de la distribution surfacique du courant. Parmi ces méthodes on peut citer :

#### ✚ La Méthode des Moments (MOM)

Il s'agit d'une méthode du domaine fréquentiel à deux dimensions (2D). Elle nécessite un maillage triangulaire ou rectangulaire ou les deux combinés.

La fonction d'essai est exprimée sous forme de série de fonctions de base connus dont les coefficients de pondération sont déterminés en résolvant le système linéaire.

Les logiciels commerciaux les plus connus basés sur cette méthode sont : Zeland IE3D, Super NEC et Agilent ADS.

#### ✚ La méthode des éléments finis (FEM)

Est aussi, une méthode du domaine fréquentiel, elle nécessite un maillage en trois dimensions (3D) sous forme de petits éléments finis, souvent des tétraèdres.

L'avantage de cette méthode est lié au fait que la forme que la forme tétraédrique et la variation des dimensions des cellules élémentaires caractérisant le volume discrétisé, confère au maillage une très grande souplesse.

Le logiciel Ansoft HFSS est le simulateur le plus connu basé sur cette méthode.

#### ✚ La méthode des différences finies (FDTD)

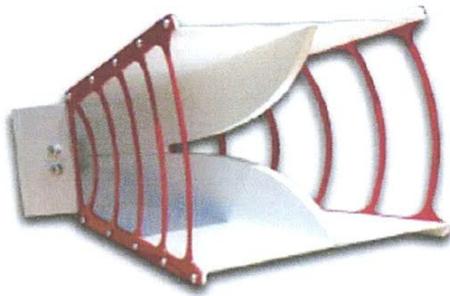
La méthode des différences finies ou en anglais « Finite Difference in Time Domain » est une méthode du domaine temporel. Elle nécessite un maillage en trois dimensions sous forme de cubes [I.10] [I.11].

La méthode consiste à approcher les dérivées ponctuelles spatiales et temporelles qui apparaissent dans les équations de Maxwell par des différences finies centrées.

Les logiciels commerciaux les plus connus basés sur cette méthode sont: CST Microwave et Empire.

### I.4.3 Antennes volumiques

Les antennes volumiques (3D) correspondent à un autre type d'antenne où la structure de l'élément rayonnant est répartie en trois dimensions à l'instar des antennes cornets ou paraboliques ( **Figure I.15**). Les dimensions de ces éléments jouent un rôle très important sur leurs caractéristiques (gain, directivité, largeur de bande). Ces dernières années, nous constatons un intérêt de plus en plus marqué pour ce type d'antenne. Plusieurs nouvelles antennes 3D ont été développées telles que l'antenne bouton ( **Figure I.16**) [I.12] [I.13].



(a)



(b)

Figure I.15: (a) antenne cornet, (b) antenne parabolique

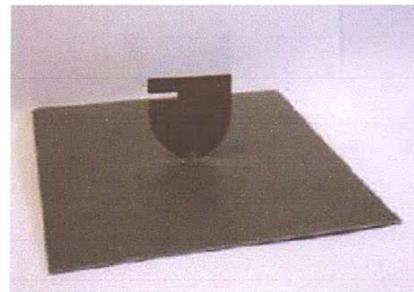
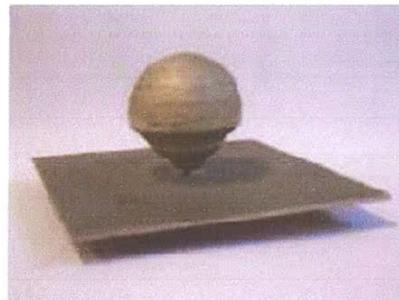
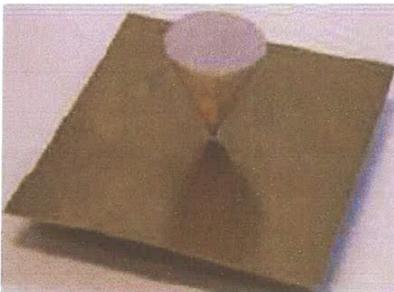


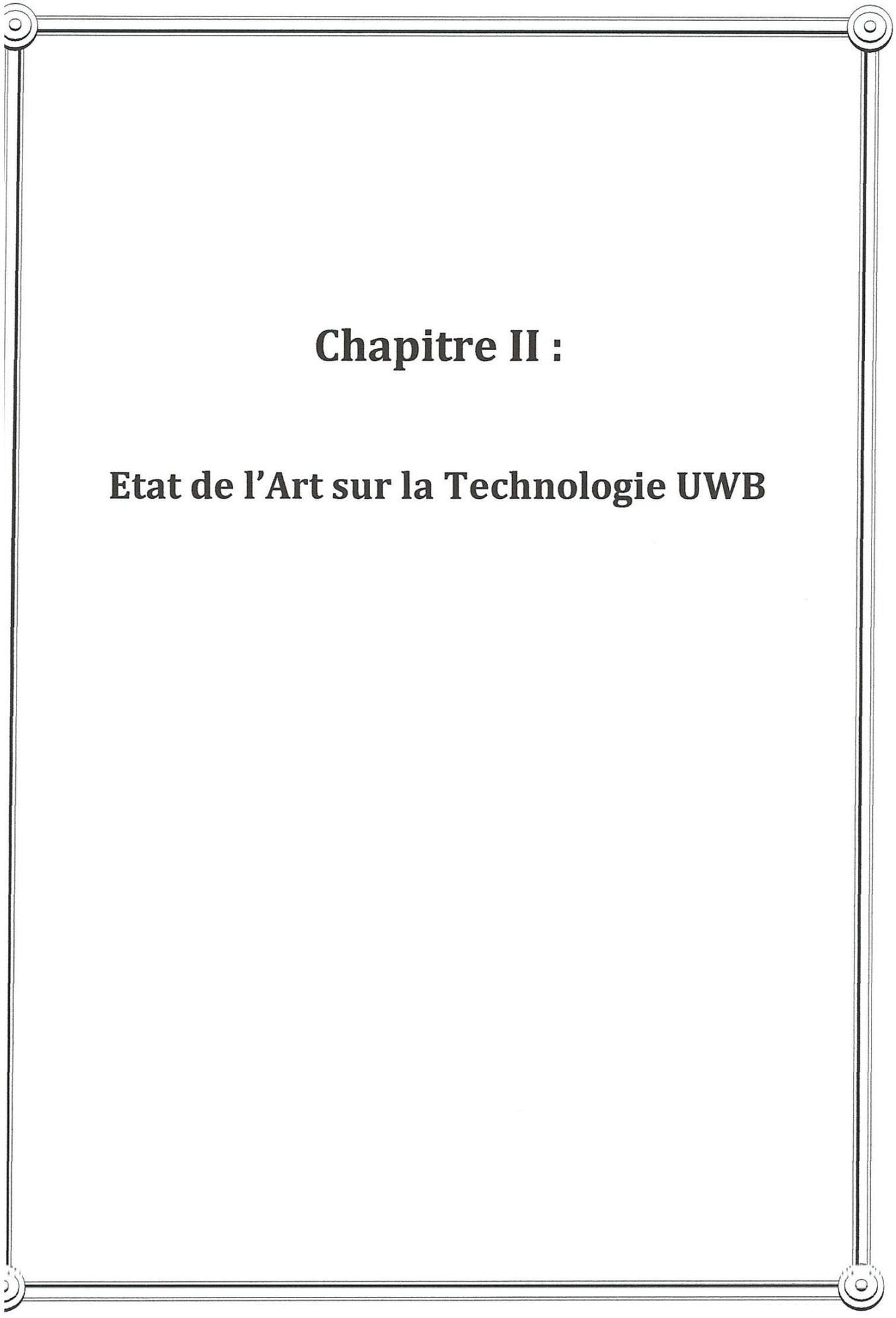
Figure I.16: Exemples d'antennes 3D [I.12]

**I.5 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté les principaux paramètres généralement utilisés pour caractériser les antennes. Nous avons vu qu'elles peuvent être modélisées par des circuits électriques mais aussi décrites par des paramètres de rayonnement, caractérisées par leurs propriétés de transmission ou encore étudiées comme des réseaux définis par les paramètres S.

L'essentiel de la théorie des antennes imprimées et les différentes méthodes pour l'analyse et la conception de ces antennes sont aussi présentées.

Dans le cas des antennes UWB il est nécessaire d'introduire une caractérisation complémentaire pour tenir compte de leurs propriétés spécifiques comme nous verrons dans le troisième chapitre.



## **Chapitre II :**

### **Etat de l'Art sur la Technologie UWB**

## Chapitre II

### Etat de l'Art sur la Technologie UWB

#### II.1 Introduction

La technologie à bande ultra-large est une technologie sans fil qui peut être exploitée à très faible densité de puissance pour la communication à des débits de données élevés sur de courtes distances. La technologie UWB a été mise au point à l'origine pour des applications militaires et on a commencé à l'utiliser dans des applications civiles. Les dispositifs UWB utilisent généralement des impulsions de très courte durée, de sorte qu'ils occupent de très grandes largeurs de bande d'émission.

La technologie UWB peut être intégrée à une grande variété d'applications, notamment au radar anticollision de véhicule, aux systèmes d'imagerie radar, par exemple le radar à pénétration du sol (GPR), et aux systèmes de radiocommunication sans fil à courte portée, par exemple les réseaux personnels sans fil (WPAN). La technologie UWB pourrait éliminer en partie le besoin de connecter différents appareils avec des câbles pour la transmission de données à débit élevé. Certaines applications UWB sont déjà offertes sur le marché, par exemple les systèmes radar à pénétration du sol et les systèmes d'imagerie à travers les murs. D'autres applications sont rendues à un stade avancé de conception et de mise au point.

On prévoit que l'utilisation de la technologie UWB pour les WPAN constituera une application clé. L'industrie de la technologie UWB élabore actuellement, par l'intermédiaire de l'**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)**, des normes portant sur les réseaux UWB sans fil. La disponibilité de normes de l'industrie relativement aux systèmes UWB facilitera l'élaboration de règlements et règles. Elle facilitera également l'introduction des dispositifs de UWB sur le marché.

## II.2 Bref historique

Les études sur la génération et l'utilisation des impulsions ultra brèves ont commencé avant les années soixante [II.1], mais le terme UWB n'a été introduit que vers 1989 par le département de la défense des Etats-Unis. Le premier brevet sur l'application de l'ultra large bande aux télécommunications est dû à G. F. Ross en 1973. Jusqu'en 1994, de nombreux travaux ont été financés par le gouvernement américain mais sous le couvert de la confidentialité. Depuis lors, l'étude des systèmes de transmission par impulsions tant dans le monde industriel qu'académique a fait l'objet de nombreuses publications [II.2]. Le premier article décrivant cette solution pour les télécommunications, connue sous le nom d'**Impulse Radio** (IR), est dû à P. Withington et L. Fullerton en 1992. Cet article a été suivi par des travaux académiques démarrés par Scholtz [II.3] en 1993, et ce n'est qu'en 1997 que le terme UWB apparaît dans le titre d'un article consacré à l'IR. Depuis lors, les deux appellations cohabitent suivant les auteurs.

En août 1998, la **Federal Communications Commission** (FCC) a fait paraître un avis d'information publique (Notice of Inquiry) afin d'évaluer la possibilité de permettre l'utilisation de systèmes employant l'ULB. Suite à cette publication, une centaine de réponses et commentaires ont été faits par les divers organismes et partenaires industriels impliqués de près ou de loin dans l'utilisation de l'ULB. A la suite de ces commentaires, la Federal Communication Commissions (FCC) aux Etats-Unis a adopté en mai 2000 un avis de proposition de réglementation (Notice of Proposed Rule Making) dans laquelle, elle reconnaissait les avantages que pourraient apporter les systèmes utilisant l'ULB dans de nombreux domaines. La FCC a attribué finalement 7.5 GHz de spectre dans la bande [3.1 - 10.6 GHz] à l'ULB, et elle a autorisé son utilisation commerciale pour les applications civiles.

## II.3 Définition d'un système UWB

La notion de signal ultra large bande s'oppose à celle de signal bande étroite.

En bande étroite, le signal peut être émis de façon continue ou non, et toute sa puissance est contenue dans une portion étroite du spectre. A l'opposé, le signal UWB occupe une très grande largeur de bande. Dans la littérature, un signal est dit UWB s'il satisfait l'une des conditions suivantes [II.4] :

- ✚ Une largeur de bande relative à  $-10\text{dB} > 20\%$  de la fréquence centrale.

✚ Une largeur de bande absolue à  $-10\text{dB} > 500\text{MHz}$ .

La bande de signal absolue correspond à l'intervalle entre les fréquences des points situés à  $-10\text{dB}$  de la fréquence de puissance maximale  $F_m$ . Les limites basses et hautes sont respectivement désignées par  $f_L$  et  $f_H$  et la fréquence centrale vaut :

$$f_c = \frac{f_L + f_H}{2} \quad (\text{II.1})$$

La bande relative correspond est donnée par :

$$B = 2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} \quad (\text{II.2})$$

L'UWB a suscité un grand intérêt par le fait qu'elle permet d'atteindre de très grands débits de transmission. Cet intérêt s'appuie sur la formule de **Shannon** portant sur la capacité d'un canal de communication Gaussien :

$$C = B \log (1 + \text{SNR}) \quad (\text{II.3})$$

$C$  est la capacité du canal exprimée en bits/s,  $B$  est la largeur de bande du canal exprimée en Hertz et  $\text{SNR}$  est le rapport signal à bruit (**RSB** ou **SNR**). Cette équation met en évidence une relation logarithmique entre capacité et **RSB**, tandis qu'elle est linéaire entre capacité et largeur de bande  $B$ .

## II.4 Avantages et inconvénients de l'UWB

Les avantages de l'UWB sont [II.5] :

- ✚ **Débit très élevé** en raison de la très grande bande passante.
- ✚ **Faible consommation d'énergie** : la transmission d'impulsions de courtes durées, quelques nanosecondes, permet aux générateurs d'impulsions, aux amplificateurs et aux récepteurs de ne pas fonctionner de manière permanente, mais de fonctionner pour quelques nanosecondes dans chaque période de répétition. En outre, les systèmes UWB peuvent transmettre les données à un débit beaucoup plus grand que les systèmes à bande étroite. La combinaison de haut débit et du signal intermittent réduit la consommation moyenne de puissance. Les systèmes UWB peuvent ainsi avoir des batteries plus petites.
- ✚ **Moins de composants analogiques** : il est possible de transmettre et de recevoir des impulsions sans générer une porteuse sinusoïdale. Ceci permet d'obtenir des puces de

petite taille, ce qui est important dans le contexte de récepteurs à faibles coûts de fabrication.

- ✚ **Robustesse face aux multi trajets** : un problème typique des communications sans fil est l'évanouissement du signal dû à la propagation par trajets multiples qui peuvent réduire l'efficacité des systèmes classiques. Dans un environnement intérieur confiné, la présence de nombreux diffuseurs va produire des signaux réfléchis qui peuvent causer une interférence destructive sur le signal direct entraînant la diminution de la puissance reçue. En UWB, en raison de la courte durée d'impulsions, il est facile de séparer, au niveau du récepteur, la composante directe de chaque réflexion. Il est donc possible d'atteindre une plus grande portée de transmission avec le même niveau de puissance.
- ✚ **Une plus grande précision** dans les systèmes de localisation. En effet, la précision est proportionnelle à la largeur de bande du signal. Les signaux UWB ayant une résolution temporelle de l'ordre de quelques nanosecondes à cause de leur grande largeur de bande, le retard du signal d'un signal peut être connu avec une précision de l'ordre de 0.1 à 1 ns. Il est donc possible de localiser l'émetteur avec une précision de 3 à 30 cm.
- ✚ **Plus de sécurité** pour l'utilisateur en raison de la très basse puissance émise (-41 dBm). De plus, dans les systèmes UWB, des impulsions de courtes durées sont transmises, l'utilisateur n'est pas continuellement exposé au rayonnement.
- ✚ **Communications protégées** : Les signaux UWB sont presque indétectables car ils sont transmis avec une faible densité spectrale de puissance proche du plancher du bruit de fond des récepteurs classiques de communications. La transmission UWB est donc protégée avec une faible probabilité de détection et une faible probabilité d'interception.

La technologie UWB ne présente toutefois pas que des avantages. Des inconvénients subsistent de par son utilisation. Nous pouvons entre autres citer :

- ✚ **Possibilité d'interférence** : les fréquences utilisées par la technologie UWB sont déjà employées par certains standards. Il existe donc une possibilité d'interférence entre ces différents systèmes.
- ✚ **Complexité de conception de circuits large bande** : la conception de dispositifs à large bande pour un émetteur-récepteur UWB est complexe. Il est difficile d'avoir des petites antennes UWB très efficaces. Il y a des distorsions de la forme de l'impulsion

en raison des caractéristiques de filtrage de l'antenne et du canal de communications.

Il existe aussi des pertes dues aux circuits d'adaptation et à la consommation de l'amplificateur large bande à faible bruit.

- ✚ **Les systèmes UWB sont sensibles** au brouillage d'ondes continues.
- ✚ **Une faible couverture.** La très large bande et la faible puissance du signal UWB limitent le type d'applications possibles qui utilise cette technologie.
- ✚ **Le haut débit induit** l'utilité du traitement d'un signal très dense à la réception, avec une rapidité raisonnable, ce qui est difficile à réaliser.

## II.5 Réglementation de l'UWB

Une telle technologie a ses propres propriétés et contraintes imposés par la physique aussi bien que par des réglementations. Les régulateurs définissent la manière dont les technologies actionnent afin de rendre la coexistence plus harmonieuse et assurer également la sûreté publique.

La réglementation est une question très importante, puisque les systèmes ULB fonctionnent sur un spectre de fréquence ultra large, ce qui peut se chevaucher avec les systèmes sans fil existant tels que le WLAN IEEE 802.11 et le système de positionnement global.

### II.5.1. Réglementation FCC aux USA

Au niveau national, les Etats-Unis étaient le premier pays qui a autorisé l'usage commercial pour ULB. En février 2002, la FCC a exigé que la transmission radio ULB puisse fonctionner légalement dans la gamme de 3.1 à 10.6 GHz [II.6], avec une densité spectrale de puissance (PSD) satisfaisant un masque spectral spécifique assigné par la FCC. En général, le masque spectral relié avec le règlement ULB de la FCC a été conçu pour empêcher l'interférence d'autres utilisateurs de spectre causée par des systèmes ULB. Les niveaux de puissance réglés par la FCC sont extrêmement bas ( $EIRP = -41.3$  dBm/MHz), pour des communications sans fil, qui permet à la technologie ULB de recouvrir avec des services existants (tels que le GPS et le WLAN) [II.6][II.7] La **figure II.1** représente le spectre d'émission exigé par la FCC pour les systèmes d'émissions opérant en intérieur et en extérieur.

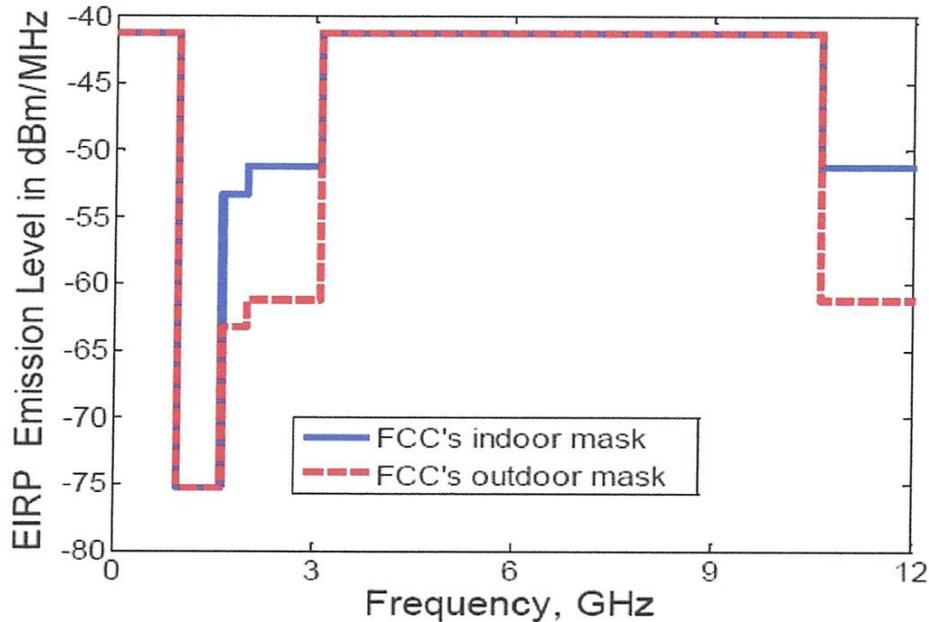


Figure II.1: Masques d'émission en intérieur et extérieurs de la FCC

### II.5.2 Réglementation en Europe

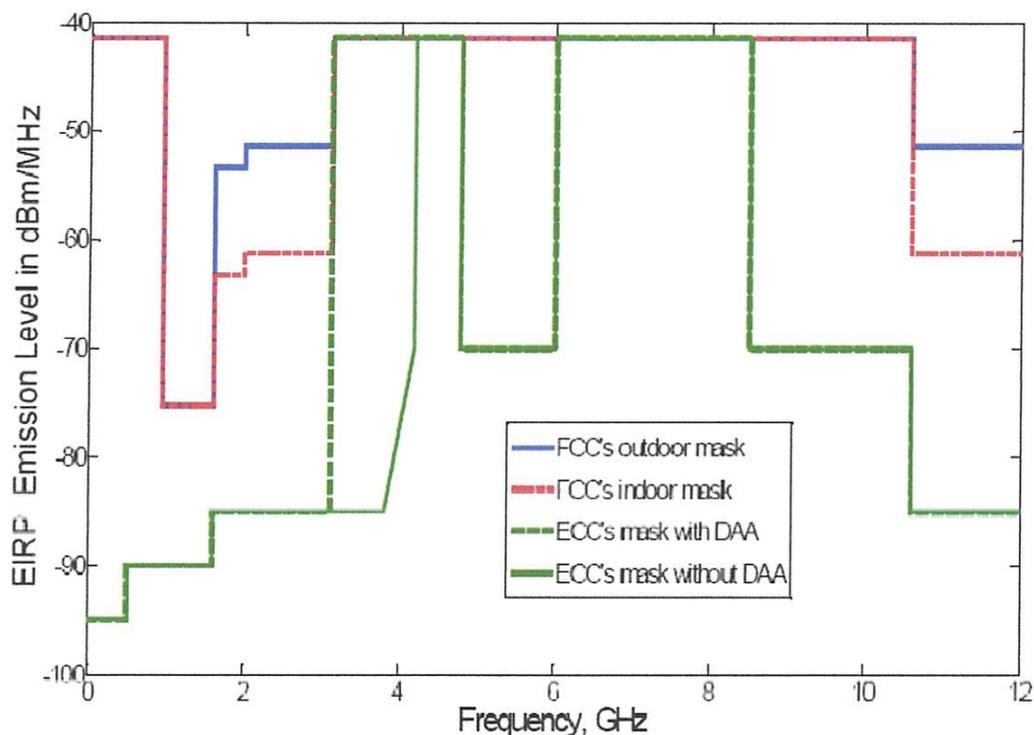
En Europe, le Comité électronique de communications (ECC) de la conférence des postes et des télécommunications européennes (CEPT) a accompli le projet de rapport sur l'exigence de protection des systèmes de communication radio des applications ULB [II.8]. Contrairement à la FCC, ce rapport a proposé deux sous-bandes, une basse bande basse de 3.1 à 4.8 GHz et une bande haute de 6 à 8.5 GHz, respectivement. La limite d'émission dans la bande haute est -41.3 dBm/MHz.

Au UK, l'organisme de normalisation, appelé le bureau des communications (Ofcom), a ouvert une consultation sur les sujets de l'ULB en janvier 2005. Ofcom voit l'ULB comme une technologie positive qui, si elle est correctement réglée peut apporter la croissance économique au UK.

En août 2007, Ofcom a finalement accordé l'utilisation de la technologie sans fil ultra large bande sans permis pour l'utilisation au UK. Jusqu'à 31 décembre 2010, la bande 4.2 à 4.8 GHz est assignée à l'ULB sans des techniques de réduction exigées et les limites autorisées de transmission sont -41.3 dBm/MHz ; après 31 décembre 2010, cette bande sera assignée à l'ULB avec des techniques de réduction exigées. Un niveau d'émission de -70 dBm/MHz sera autorisé [II.9][II.10].

Afin d'assurer la coexistence avec d'autres systèmes qui peuvent résider dans la bande basse, la proposition de l'ECC inclut la condition DAA (Detect And Avoid) qui est une

technique de réduction d'interférence. Le niveau d'émission est  $-41.3$  dBm/MHz dans la bande de fréquence de 3.1 à 4.2 GHz si le mécanisme de protection DAA est disponible. Le masque proposé par l'ECC vis-à-vis du masque de la FCC est représenté à la **figure II.2**.



**Figure II.2:** Masque spectral proposé par l'ECC

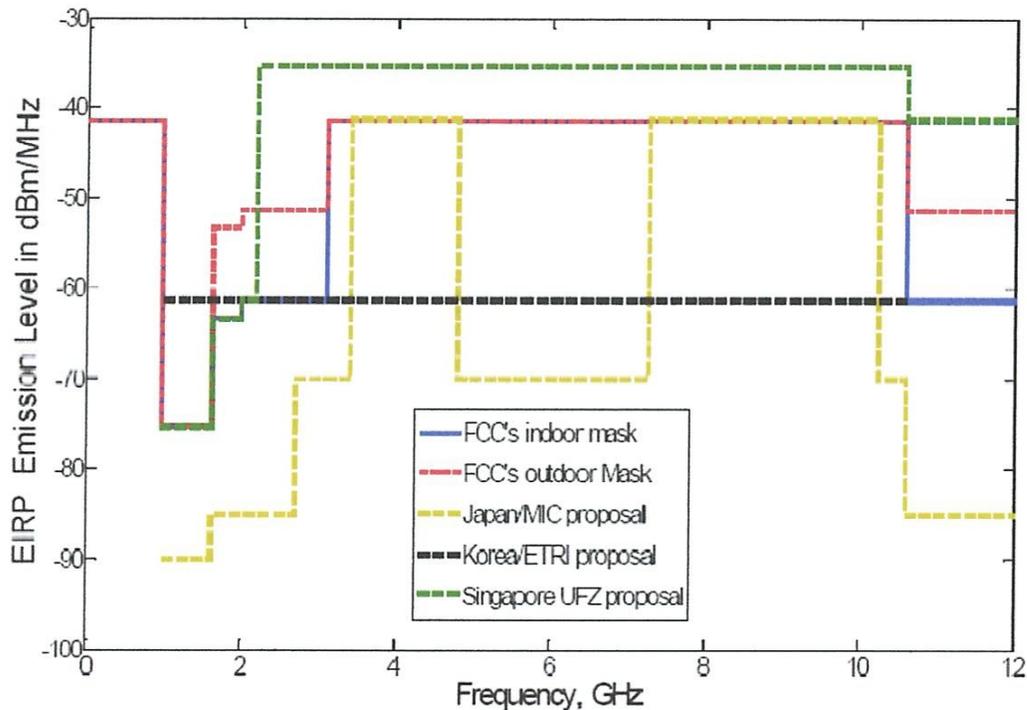
### II.5.3 Réglementation en Asie

Au Japon, l'organisme de normalisation de l'ULB s'appelle le ministère des affaires et des communications internes (MIC). Pour les dispositifs d'intérieur, le masque japonais de rayonnement de l'ULB a deux bandes; de 3.4 à 4.8 GHz et de 7.25 à 10.25 GHz. Pour réduire l'interférence avec d'autres systèmes radio. La bande 3.4 à 4.8 GHz, doit utiliser une technologie appelée la DAA (Detect and Avoid) [II.11], pour s'assurer de la coexistence avec des systèmes qui peuvent apparaître et de nouveaux services tels que les systèmes 4G. Par contre pour la bande 7.25 à 10.25 GHz cette technologie n'est pas exigée. Des mesures provisoires sont prises à ce jour pour permettre l'utilisation de la bande 4.2 à 4.8 GHz sans technologie de réduction d'interférence. La densité spectrale de puissance est limitée à  $-41.3$  dBm/MHz ou inférieur sur les deux bandes, semblable au masque de la FCC.

En Corée, l'institut de recherche de l'électronique et de télécommunications (ETRI) a proposé un masque d'émission beaucoup plus bas que le masque spectral de la FCC. Le

niveau coréen d'émission est  $-66.5$  dBm/MHz, qui est inférieur à environ 25 dB de la limite de la FCC.

À Singapour, la zone amicale de l'ULB (UFZ) établie, permet l'essai et l'épreuve de la technologie ULB par des réalisateurs. Le masque d'émission dans la gamme de fréquence de 2.2 à 10.6 GHz est  $-35$  dBm/MHz, qui est plus haut de 6 dB que la limite FCC. Les propositions ULB dans le Japon, la Corée et au Singapour vis-à-vis de la FCC sont montrées sur la **figure II.3 [II.12]**.



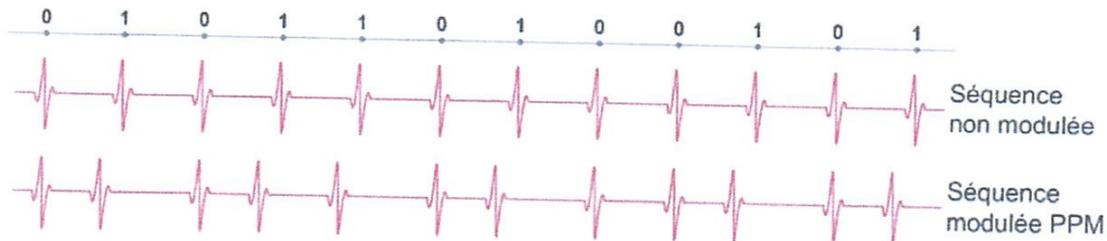
**Figure II.3:** Masques spectraux proposés en Asie

## II.6 Différentes types de modulations utilisées en UWB

Une grande variété de schémas de modulation peut être mise en œuvre dans un système UWB. La majorité de ces schémas sont basés sur une modulation de l'information soit en amplitude telle que la Pulse Amplitude Modulation (PAM) soit en position avec la Pulse Position Modulation (PPM). Ces modulations sont populaires de part leur simplicité et leur flexibilité les systèmes impulsionnels à faible rapport cyclique. Par ailleurs, il est possible de mélanger ces deux modulations afin de transmettre plusieurs bits d'information par impulsion comme dans le cas d'une modulation conjointe amplitude/position ou d'utiliser la différence d'information entre deux impulsions afin de mettre en œuvre des modulations différentielles.

### II.6.1 Modulation D'impulsion en Position

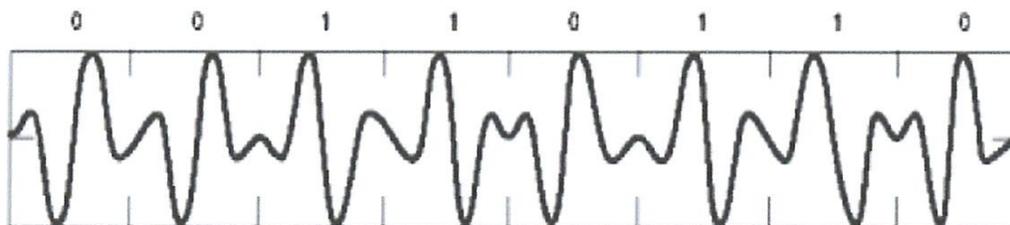
La PPM (Pulse Position Modulation) est une modulation dans laquelle l'information est codée par la position temporelle de l'impulsion et non pas par son amplitude. Dès lors, toutes les impulsions transmises sont identiques comme l'illustre la **Figure II.4**. cette modulation est à plusieurs états car plusieurs positions temporelles sont possibles pour l'impulsion.



**Figure II.4:** Modulation d'impulsion par position

### II.6.2 Modulation D'impulsion par Inversion de Polarité

Une autre approche de modulation consiste à coder l'information par la polarité (positive ou négative) de l'impulsion. On peut parler alors de BPM (Modulation Bi-Phase) d'impulsions. Cette modulation est aussi bien connue sous le nom du BPSK (Bi-Phase Shift Keying Modulation) .



**Figure II.5:** Modulation d'impulsion par inversion de polarité BPM

Pour un bit '0', le monocycle utilisé commence d'abord par le pic négatif. Alors que pour un bit '1', le monocycle utilisé commence d'abord par le pic positif.

### II.6.3 Modulation D'impulsion en Amplitude

Un autre type de modulation qui est utilisé dans les systèmes ultra large bande est la modulation d'impulsion en amplitude. Ici, l'information est modulée suivant plusieurs niveaux possibles d'amplitude.

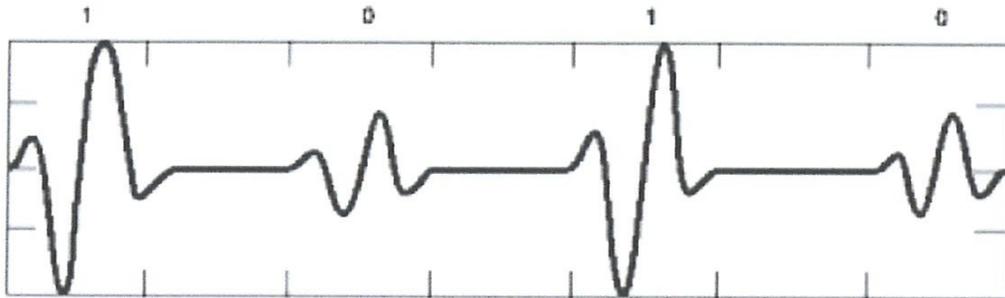


Figure II.6: Exemple de modulation d'impulsion en amplitude PAM

#### II.6.4 Modulation TOUT OU RIEN (ON OFF KEYING OOK)

Cette méthode est basée sur un principe simple qui consiste à envoyer une impulsion (ou une série d'impulsions) pour le bit '1' et à envoyer un zéro (ou une série de zéros) pour un bit '0'. Un exemple de cette modulation est donné dans la **figure II.7** :

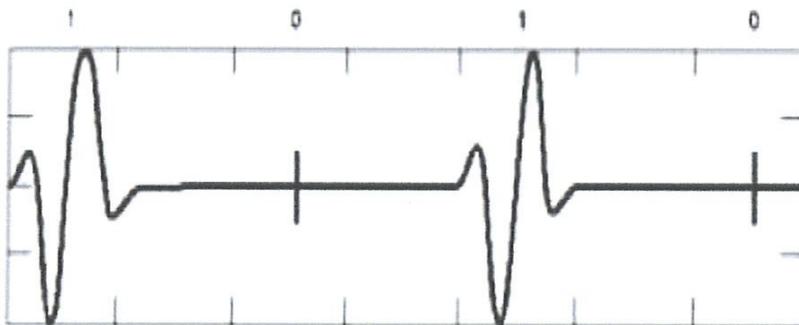


Figure II.7: Modulation tout ou rien OOK

Parmi toutes ces techniques de modulations, ce sont surtout la modulation en position PPM, la modulation par inversion de polarité BPM et la modulation par tout ou rien qui sont les plus populaires auprès des grandes entreprises mondiales spécialisées en ultra large bande. La modulation PPM est utilisée surtout par la compagnie Time Domain qui est l'un des leaders mondiaux en ultra large bande, et la modulation BPM est utilisée entre autre par la compagnie américaine Xtrem Spectrum. La modulation OOK sous sa forme multi-bande (MB-OOK) est par contre proposée par la société Mitsubishi.

### II.7 Normes IEEE

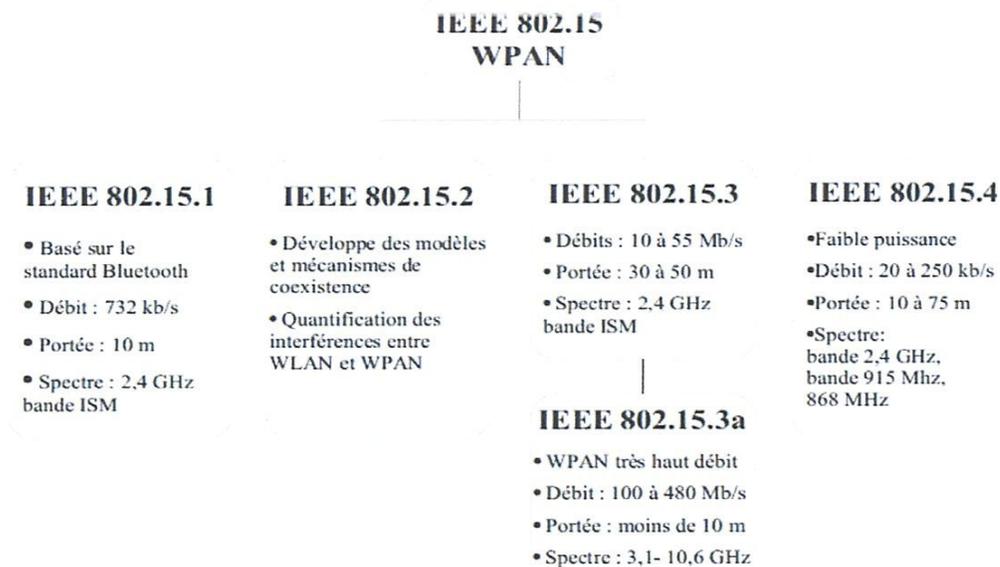
Les comités de normalisation de l'IEEE envisagent l'utilisation de la technologie à bande ultra-large pour les réseaux sans fil à courte portée de faible puissance spécialisés, y compris les réseaux personnels sans fil. Le groupe de travail 3a du comité IEEE 802.15 (IEEE

802.15.3a) élabore actuellement une norme sur la couche physique (PHY) des réseaux personnels sans fil à débits de données élevés (> 100 Mbit/s). De plus, le groupe de travail IEEE 802.15.4a envisage l'utilisation de la technologie à bande ultra-large pour les applications sans fil à courte portée à des débits de données allant de 500 kbit/s à quelques Mbit/s.

Au moment de la rédaction du présent document, certaines propositions faites au groupe de travail 3a sont basées sur la mise en œuvre de l'OFDM (multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence) multi bande qui divise la bande 3,1-10,6 GHz en un certain nombre de canaux de 528 MHz. D'autres propositions sont basées sur une mise en œuvre d'étalement du spectre en séquence directe qui divise la bande 3,1-10,6 GHz en deux canaux.

L'élaboration d'une norme détaillée pourrait prendre plus d'une année à compter de la date de conclusion d'une entente sur une proposition générale de norme.

L'élaboration de normes de l'industrie sur les applications UWB facilitera l'introduction des systèmes UWB (en particulier les réseaux personnels sans fil) sur le marché.



**Figure II.8:** L'organisation de l'IEEE 802.15 [II.13]

## II.8 Application UWB

La technologie UWB connaît aujourd'hui plusieurs domaines d'applications, certains sont présentés sur la **figure II.9**.

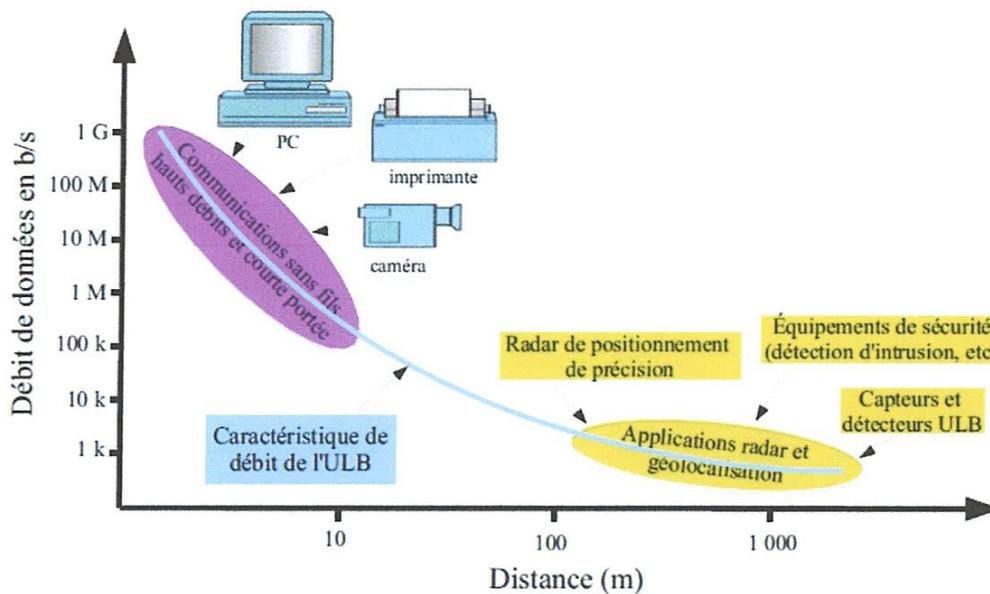


Figure II.9: Les différentes applications de l'Ultra Large Bande [II.14]

### II.8.1 Systèmes d'imagerie radar

-Utilisation principalement occasionnelle par des spécialistes.

-Utilisation dans des endroits ou des régions géographiques habituellement limitées ou particulières.

#### ✚ Systèmes radar à pénétration du sol

Les GPR (Ground Penetrating Radar), ne sont pas destinés à émettre des signaux devant être transmis dans l'air. Leurs signaux sont émis en direction du sol.

Utilisation occasionnelle par des spécialistes, à intervalles espacés et à des emplacements particuliers.

#### ✚ Systèmes d'imagerie de l'intérieur des murs

-Utilisation occasionnelle par des spécialistes, à intervalles espacés et à des emplacements particuliers.

-Leurs signaux sont émis de façon à pénétrer dans un mur et ils sont atténués par le matériau constituant du mur pour le sauvetage des personnes ensevelies.

#### ✚ Systèmes d'imagerie à travers les murs

-Utilisation occasionnelle par des spécialistes, à intervalles espacés et à des emplacements particuliers.

-Leurs signaux sont émis de façon à pénétrer dans un mur et ils sont atténués par le matériau constituant du mur pour la détection des armatures d'acier dans le béton.

**✚ Systèmes de surveillance**

-Utilisation continue à des emplacements fixes.

**✚ Systèmes médicaux**

-Utilisation occasionnelle à l'intérieur par des spécialistes du domaine médical à des emplacements particuliers.

-Leurs signaux sont émis en direction d'un corps.

**II.8.2 Systèmes radar de véhicule**

-Utilisation principalement à l'extérieur en condition de déplacement dans le domaine du transport terrestre (moteur en marche).

-Émission directive.

**II.8.3 Systèmes de radiocommunication**

-Certains dispositifs seront utilisés de manière occasionnelle (p.ex. souris sans fil); d'autres seront utilisés de façon presque continue, par exemple un réseau personnel sans fil dans un immeuble à bureaux

-Utilisation principalement à des fins de communication intérieure ou comme dispositifs portatifs de communication extérieure d'égal à égal.

**II.9 Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de dresser une première vision de la technologie ultra large bande. Un bref historique a permis de voir l'origine de cette technologie et ainsi de remettre ce travail dans son contexte historique.

Son très large support spectrale lui permet en effet de proposer des débits élevés, jusqu'à plusieurs centaines de mégabits par secondes.

Parmi ces autres avantages nous pouvons compter sur sa grande robustesse aux évanouissements rapides dus aux trajets multiple et une transmission possible sans fréquence porteuse. Il faut souligner que le monde de la télécommunication sans fil n'est pas simple et qu'il est difficile de s'y retrouver. C'est pour quoi nous avons choisie de restituer la technologie ultra large bande par rapport à ce contexte tout en la présentant.

## **Chapitre III :**

### **Etat de l'Art sur les Antennes UWB**

## Chapitre III

### Etat de l'Art sur les Antennes UWB

#### III.1 Introduction

Le déploiement commercial répandu des systèmes ultra large bande (ULB) a renouvelé l'intérêt au sujet des antennes ultra large bande. Les niveaux de puissance autorisés par la FCC signifient que chaque dB compte dans un système ULB autant ou peut être encore plus que dans un système à bande étroite standard. Ainsi, une antenne ULB efficace est une partie critique de la conception globale du système ULB.

Une antenne peut être décrite comme un capteur qui convertit l'énergie électromagnétique guidée dans une ligne de transmission en énergie électromagnétique rayonnée. En général, cette définition se tient pour les antennes à bande étroite et large bande, mais une définition plus spécifique pour une antenne ultra large bande (ULB) est un élément rayonnant dont les caractéristiques désirés restent inchangeables sur une large bande de fréquence de fonctionnement. Ces caractéristiques incluent la largeur de bande d'impédance, le diagramme de rayonnement et la stabilité de centre de phase. Ce type d'antenne exige une bonne transition d'adaptation à l'espace pour éviter la réflexion d'énergie. Une caractéristique remarquable d'une antenne ULB est qu'elle a une capacité non dispersive pour éviter davantage la compensation d'impulsion. En ce qui concerne l'éclateur à étincelle rapporté dans la littérature ouverte, qui était une forme primitive de transmission d'impulsion radio, elle est considérée comme le premier système de communication ultra large bande, mais malheureusement, certaines conceptions importantes d'antenne ULB ont été oubliées et redécouvertes par la suite pour des applications modernes.

#### III.2 Antennes Indépendantes de la Fréquence

Les antennes indépendantes de la fréquence sont connues depuis longtemps et ont été définies par Rumsey en 1957 [III.1]. Ceux sont des antennes qui sont entièrement définies par leurs dimensions angulaires. Les performances de l'antenne (diagramme de rayonnement,

impédance d'entrée) sont indépendantes de la fréquence. Pour ce type d'antenne, si l'on multiplie toutes les dimensions de l'antenne par un facteur  $X$ , les performances de l'antenne restent inchangées, seule la fréquence de travail augmente du même facteur  $X$ .

Théoriquement, ces antennes présentent une bande passante infinie. Cependant, en pratique leur bande passante est finie à cause des dimensions finies de l'antenne.

On présentera dans ce paragraphe plusieurs antennes indépendantes de la fréquence couramment utilisées en étudiant leur comportement fréquentiel (diagramme de rayonnement et adaptation) et leur comportement en régime impulsionnel: les antennes spirales et les antennes log-périodiques font partie de ce groupe d'antennes.

Une autre condition est décrite dans BALANIS [III.2]. Elle exclut de cette définition les antennes dont la distribution de courant le long des cônes ne décroît pas en amplitude en s'éloignant du point d'alimentation. Or, pour dessiner une structure idéalement « infinie », il est normalement requis que le courant diminue avec la distance en se propageant sur l'antenne. Ainsi, lorsque celui-ci devient négligeable, la structure peut être tronquée et considérée comme infinie.

Cette troncature fixe également la fréquence la plus basse rayonnée par l'antenne. Les antennes équiangulaires introduites par RUMSEY et Dyson remplissent ces conditions, tandis qu'une antenne biconique par exemple qui pourrait également être décrite uniquement par des angles, ne peut être considérée comme indépendante de la fréquence.

### III.2.1 Les antennes Equi-Angulaire

Les antennes équi-angulaire introduites par RUMSEY et DYSON vers la fin des années 1950 [III.3] remplissent ces conditions, tandis qu'une antenne biconique par exemple qui pourrait également être décrite uniquement par des angles, ne peut être considérée comme indépendante de la fréquence. Cette section présente quelques structures d'antenne équi-angulaires indépendantes de la fréquence.

#### III.2.1.1 Antenne à Spirale Logarithmique

L'antenne spirale logarithmique entre tout à fait dans la définition des structures dont la géométrie peut être entièrement définie par des angles. De plus, à chaque fréquence, seule une certaine région de l'antenne correspondant à une longueur d'onde participe au rayonnement, ce qui atténue fortement les courants au-delà de cette région.

Elle remplit donc bien les conditions de dessin d'une antenne indépendante de la fréquence. La **figure III.1** montre la forme d'une antenne spirale logarithmique.

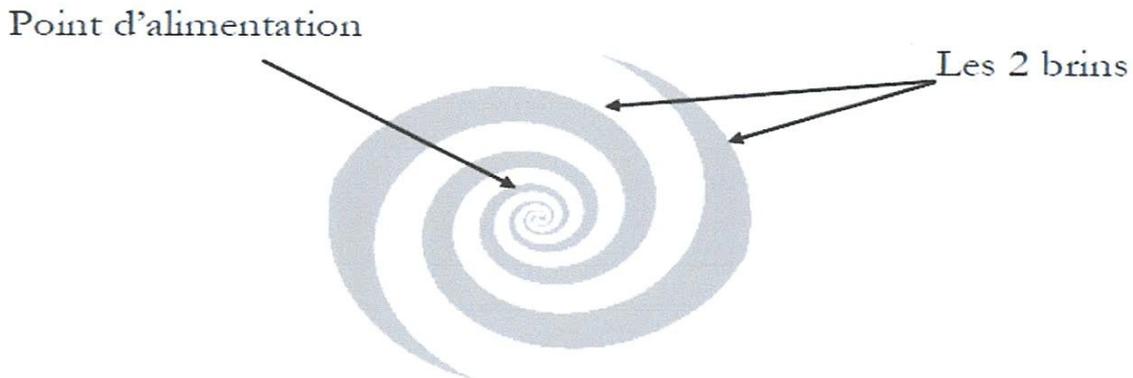


Figure III.1: Antenne spirale logarithmique [III.4]

### III.2.1.2 Antenne Spirale d'Archimède

Les spirales d'Archimède (Figure III.2) se présente sous la forme de deux spirales imbriquées autour d'un même centre d'expansion, imprimées sur un substrat plan servant de support à la structure.

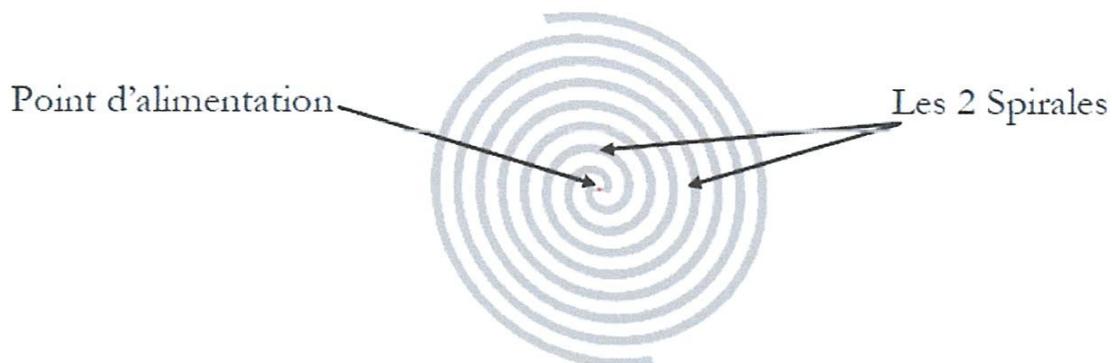


Figure III.2: Antenne spirale d'Archimède

### III.2.1.3 L'antenne spirale conique

L'antenne spirale conique est la version à 3D de l'antenne spirale logarithmique. Son principe de fonctionnement équi-angulaire est donc le même. L'antenne est dimensionnée identiquement sur une très large bande de fréquences.

L'antenne UWB spirale conique est formée sur un cône, l'antenne rayonne principalement vers le sommet (Figure III.3).

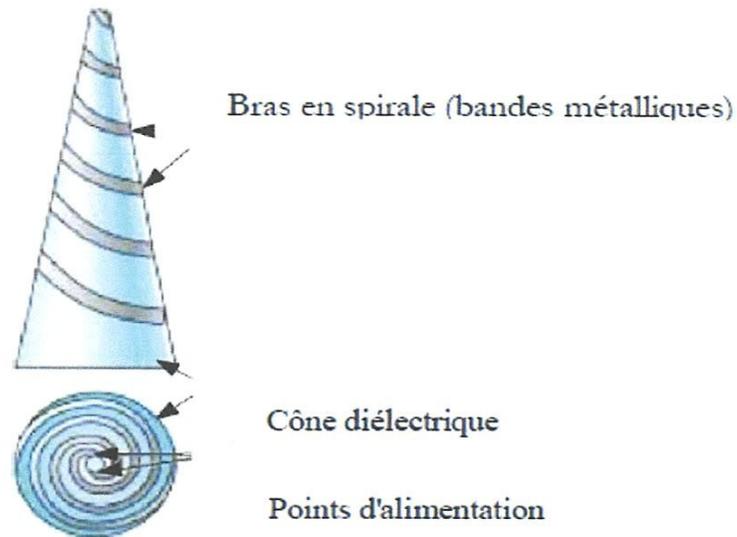


Figure III.3: Antennes spirales coniques

### III.2.2 Les Antennes Log-Périodiques

Les antennes log-périodiques introduites en 1959 par DUHAMEL et ISBELL [III.5] de l'université de l'Illinois s'appuient sur le concept d'antennes dimensionnées pour toutes les fréquences, mais apportent un caractère périodique plutôt que linéaire aux structures. En effet, les antennes indépendantes de la fréquence subissent un phénomène de répétition dans leur structure qui induit une répétition en fréquence de leurs caractéristiques.

#### III.2.2.1 L'Antenne Log-périodique Circulaire

Cette antenne est généralement réalisée avec deux brins symétriques, comme dans la figure III.4, ce qui implique l'emploi d'un symétriseur dans le circuit d'alimentation.

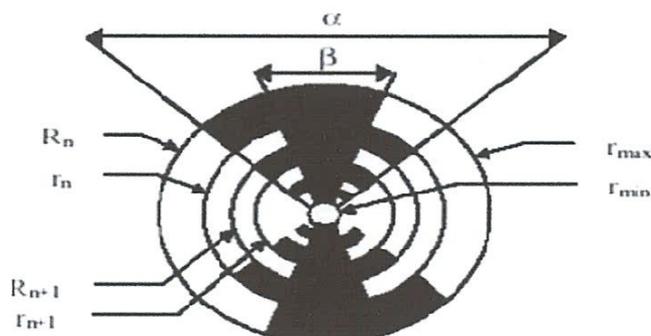
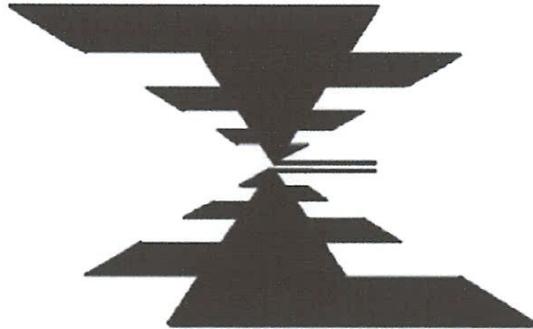


Figure III.4: antenne log-périodique circulaire

### III.2.2.2 L'antenne log-périodique trapézoïdale

L'antenne log-périodique trapézoïdale n'est autre qu'une antenne log-périodique circulaire dont tous les bords (extrémités de l'antenne, forme des «dents») présentent un profil plat plutôt qu'incurvé (Figure III.5).



**Figure III.5:** Antenne log-périodique trapézoïdale

Cette antenne étant plus facile à fabriquer que la précédente, est plus couramment utilisée que l'antenne circulaire. Elle possède exactement les mêmes caractéristiques bidirectionnelles, bande passante de plusieurs octaves, antenne dispersive.

### III.2.2.3 L'Antenne Sinueuse

La géométrie de l'antenne sinueuse peut être présentée comme une structure hybride entre l'antenne spirale et l'antenne log-périodique. La géométrie des brins rappelle l'antenne log-périodique et permet la double polarisation. Lorsque l'Antenne sinueuse est auto-périodique son impédance d'entrée est indépendante de la fréquence.

La **figure III.6** montre l'antenne sinueuse à double polarisation [III.6].

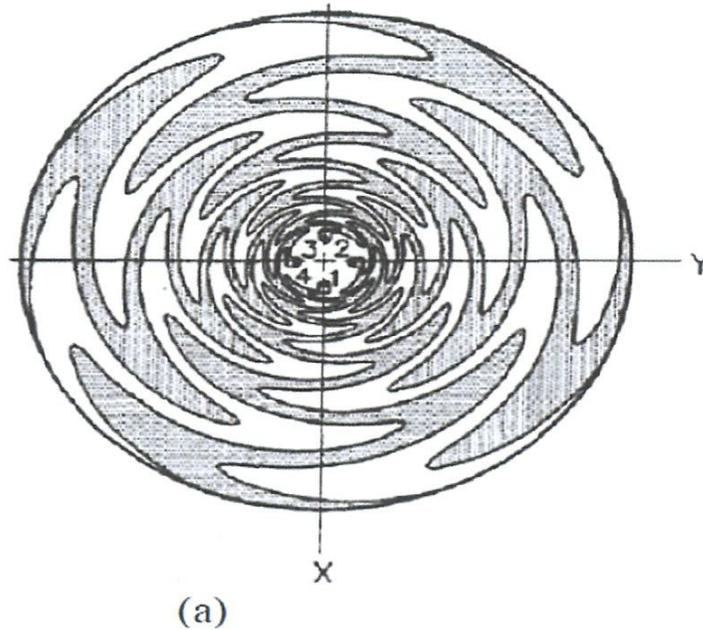


Figure III.6: Antenne sinueuse à double polarisation

#### III.2.2.4 Antenne Dipôle Log-Périodique

Une antenne de type log périodique est l'antenne dipôle log périodique.

Ce type d'antenne peut être réalisé soit à base de fils métalliques (Figure III.7), soit être imprimé sur un substrat.



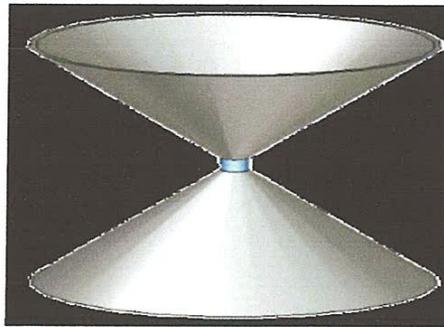
Figure III.7: antenne dipôle log-périodique

### III.3 Antennes omnidirectionnelles

On peut obtenir des antennes ayant naturellement à la fois une très large bande passante et un diagramme de rayonnement omnidirectionnel. Ces antennes sont une évolution directe des monopoles et des dipôles de base (doublet de Hertz). On sait que plus un dipôle est épais, plus sa bande passante est grande. A partir de cette simple constatation, de nombreuses antennes large bande ont été conçues. On peut distinguer deux catégories d'antennes large bandes omnidirectionnelles: les antennes biconiques et les antennes monopoles/ dipôles large bandes.

#### III.3.1 Antennes biconiques

Les antennes biconiques ont été inventées en 1943 par Schelkunoff [III.7]. Le concept de l'antenne biconique est basé sur le fait qu'un dipôle construit à l'aide d'un fil épais offre une bande passante plus grande que celle construite avec un fil fin. Ce concept peut être étendu pour obtenir une bande passante encore plus importante en utilisant des conducteurs évasés. On forme ainsi la structure biconique montrée sur la **figure III.8** [III.8]. L'antenne biconique peut être analysée comme si la ligne de transmission biconique de l'antenne était évasée jusqu'à l'infini. L'antenne biconique infinie agit comme un guide pour une onde sphérique.



**Figure III.8:** antenne biconique

#### III.3.2 Antenne discône

L'antenne discône est une antenne biconique dont un des cônes est remplacé par un plan de masse de dimensions infini par rapport à la longueur d'onde la plus basse (**Figure III.9**). Ce plan de masse est généralement de forme circulaire ce qui fait que la structure totale de l'antenne est constituée d'un disque et d'un cône (d'où son appellation).



**Figure III.9:** antenne discône

### III.3.3 Monopole circulaire

C'est la première antenne large bande du type monopoles plans qui a été conçue et réalisée en 1992 par Honda (**Figure III.10**).



**Figure III.10:** antenne monopole circulaire

Le monopole circulaire plan est de forme circulaire avec un plan de masse de dimensions supérieures à une longueur d'onde maximale pour éviter les réflexions qui proviennent du plan de masse. L'élément peut être de forme elliptique, cependant un fort rapport d'ellipticité dégrade la bande passante de l'antenne. L'antenne planaire de forme elliptique a été la première antenne large bande commercialisée.

### III.4 Antennes directives

Les antennes ULB directives peuvent être décrites comme des systèmes de transition entre un guide d'onde et l'espace libre.

L'antenne ULB directive est souvent utilisée dans des applications particulières; par exemple dans le cas d'une station de base en communication avec des stations fixes. D'autres systèmes requièrent que l'antenne rayonne plutôt dans un demi-espace. On peut citer comme exemple l'antenne de point d'accès accrochée au mur ou encore une antenne en façade d'appareils électroniques. Certaines antennes ULB directives sont aussi couramment utilisées

dans le cadre de mesure d'antennes en chambre anéchoïde. Contrairement aux antennes étudiées précédemment, il est très difficile de miniaturiser ce type d'antenne.

#### III.4.1 Cornet

Les cornets constituent une première catégorie d'antennes ultra large bande directives. Ces antennes sont couramment utilisées pour des mesures de diagramme de rayonnement ou encore dans le cadre d'applications GPR. Ces antennes sont constituées de guides d'onde rectangulaires ou circulaires (intrinsèquement large bande) et d'une transition (adaptateur d'impédance). La bande passante est relativement large (50-180%).

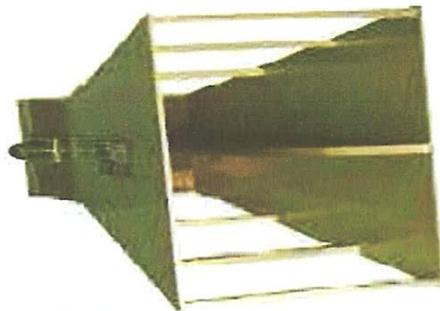


Figure III.11: antenne cornet ULB à lèvres

#### III.4.2 Antenne à transition progressive (Vivaldi)

Les antennes à fente à transition progressive (TSA Tapered Slot Antenna) constituent une autre catégorie importante d'antennes ULB directives. Ce sont des antennes à deux dimensions présentant une transition à partir d'une ligne ou d'un guide d'onde imprimé. Elles ont été imaginées en 1974 par Lewis et Gibson. Elles sont généralement constituées par une ligne de fente s'élargissant suivant un profil donné jusqu'à la discontinuité finale. Le profil de ces ouvertures peut prendre différentes formes: profil linéaire (antennes LTSA), profil constant (CWSA), profil linéaire par morceau (BLTSA) ou encore profil exponentiel (antenne Vivaldi).

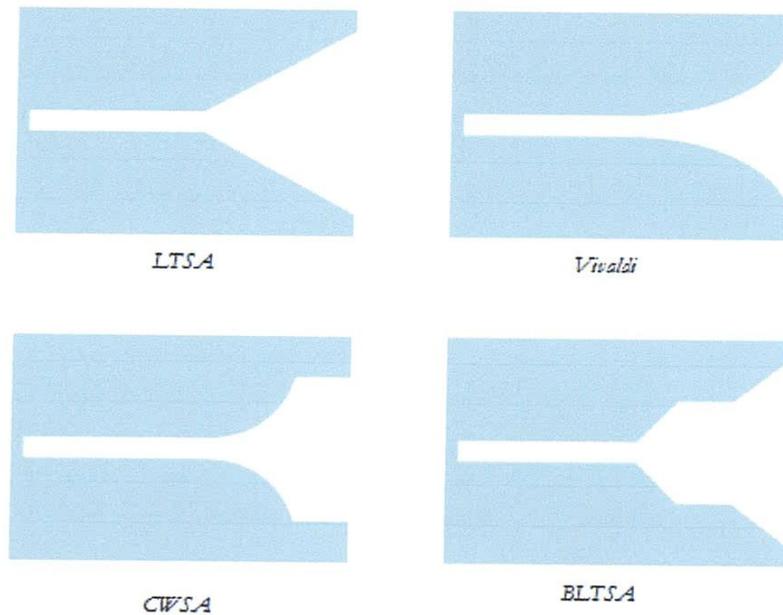


Figure III.12: Différents profils d'antennes TSA

### III.5 Antennes Imprimées UWB

Le concept des antennes microrubans est apparu dans les années 1950 avec G.A.Deschamps [III.9], mais il faudra attendre les années 1970 pour voir apparaître les premières réalisations qui seront essentiellement réservées à des applications militaires, et les années 1990 pour un véritable passage au stade industriel.

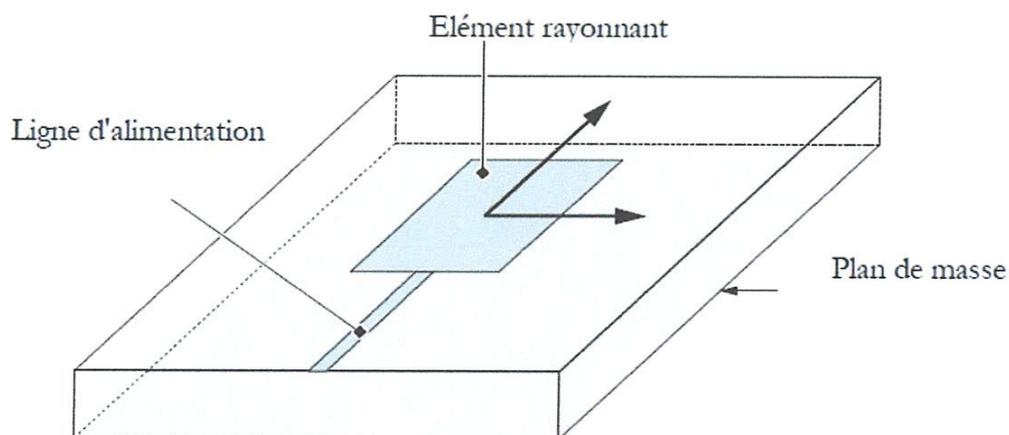
L'intérêt d'une structure d'antenne imprimée possédant les mêmes performances qu'une antenne sur plan de masse (adaptation d'impédance, rayonnement) est évident ; l'antenne est ainsi compacte, légère, faible cout et facile à fabriquer,... etc. les antennes imprimées se composent d'une paire de couches conductrices parallèles séparées par un diélectrique, connue sous le nom du substrat.

La flexibilité des antennes imprimées permet aux concepteurs de choisir entre plusieurs techniques d'alimentation. Les configurations les plus populaires employées pour alimenter des antennes UWB sont :

#### ✚ Alimentation par une ligne Micro-ruban

Dans cette technique la ligne microruban et l'élément rayonnant sont situées sur la même face du substrat et le plan de masse sur l'autre face. C'est la manière la plus simple d'alimenter un élément rayonnant.

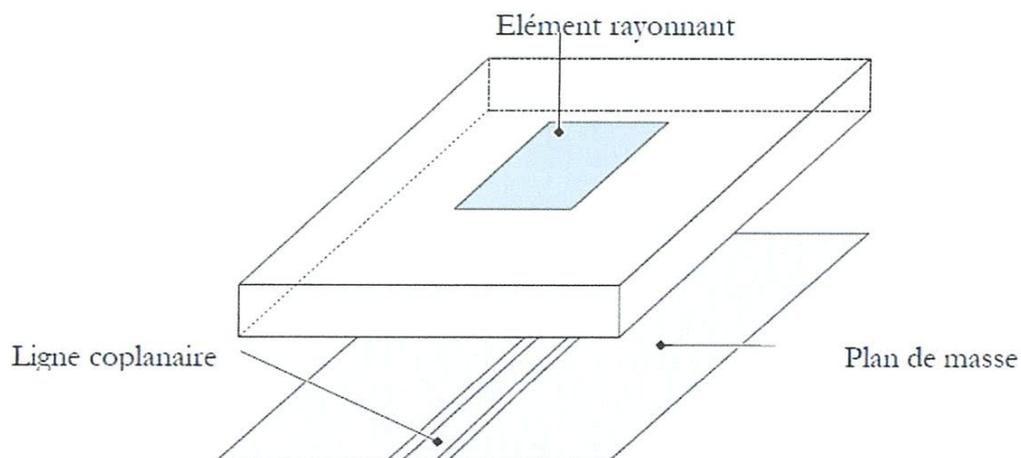
La figure III.13 présente un élément rayonnant rectangulaire alimenté par une ligne microruban.



**Figure III.13:** antenne imprimée alimentée par une ligne micro-ruban

#### ✚ Alimentation par ligne coplanaire(CPW)

Ce mode d'excitation permet d'avoir sur la même face inférieure d'un substrat la ligne d'alimentation et le plan de masse et sur sa face supérieure l'antenne microruban (**Figure III.14**). Le pavé est alors excité par couplage électromagnétique.



**Figure III.14:** Alimentation par guide d'onde coplanaire

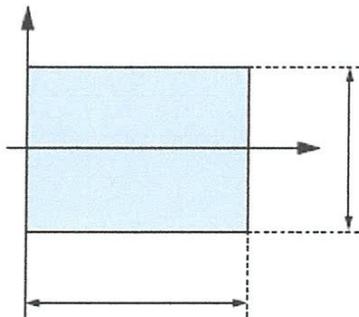
### III.5.1 Les Antennes Imprimées Monopôle

Les monopôles possèdent un élément rayonnant (patch) et un plan de masse, comme les deux figures III.15 et III.16. Elle est constituée par plusieurs éléments décrits ci-dessous.

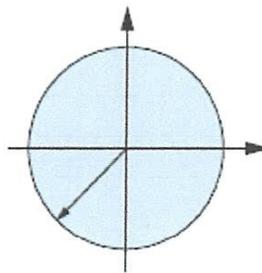
- ✚ **Le substrat** est caractérisé par sa constante diélectrique et son épaisseur. Il en existe diverses sortes, l'un des plus standard est le « FR4 » qui présente une constante diélectrique de type verre époxy égale à 4,4 environ.
- ✚ **La ligne d'alimentation** par laquelle l'excitation est appliquée à l'antenne. Cette ligne doit être adaptée au circuit qui alimente l'antenne, c'est-à-dire que son impédance soit égale à celle de sortie du générateur, généralement égale à  $50\Omega$ . L'impédance de la ligne dépend de la distance qui la sépare du plan de masse (ici épaisseur du substrat), de la constante diélectrique du substrat et de la géométrie de la ligne (ici sa largeur).
- ✚ **Le plan de masse** sert à référencer le signal par rapport à l'air par effet capacitif. Sa forme agit également sur l'adaptation.
- ✚ **L'élément rayonnant** est communément appelé « patch » et constitue l'élément principal de l'antenne. Il doit réaliser l'adaptation entre les impédances de la ligne de transmission ( $50\Omega$ ) et de l'air ( $377\Omega$ ), mais aussi garantir peu de réflexion au niveau des différentes transitions.

Pour cela, il peut présenter n'importe quelle forme.

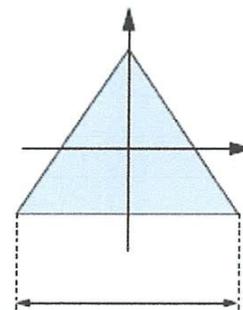
Afin de faciliter les études analytiques des formes régulières sont souvent rencontrées : rectangulaires, circulaires, triangulaires, annulaire, elliptique, diamant, ... etc (Figure III.15).



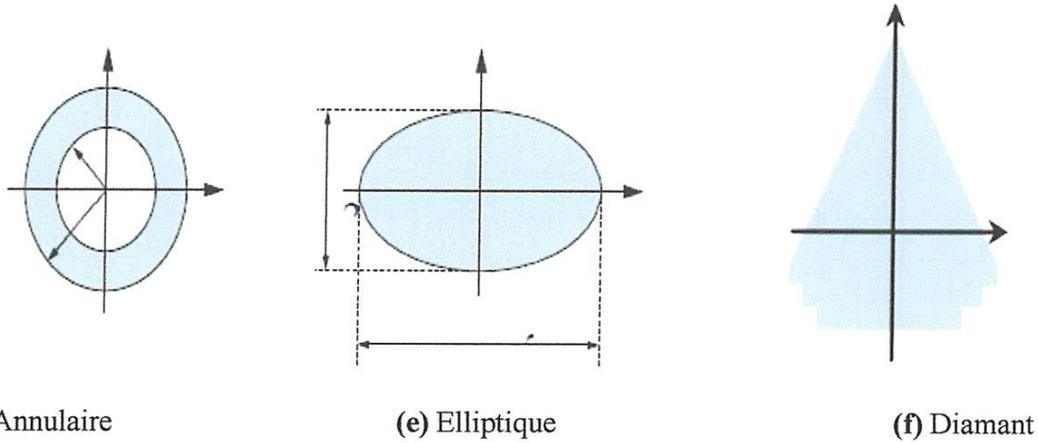
(a) Rectangle



(b) Circulaire



(c) Triangle



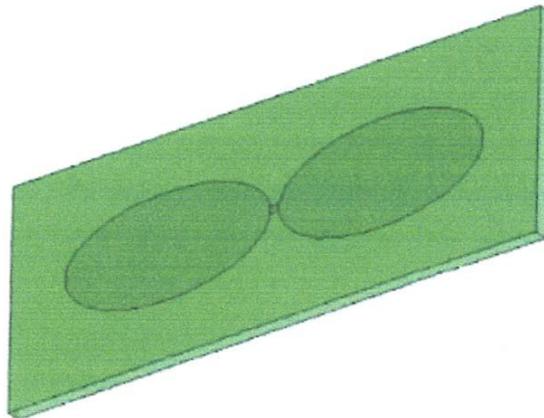
**Figure III.15:** Antennes monopoles imprimée avec diverses configurations

Cependant, un profil monotone (sans rupture ni angle) permettra d'obtenir une meilleure circulation du flux d'énergie et ainsi minimiser la puissance réinjectée dans l'antenne. Il existe aussi des autres formes d'antenne monopole imprimée caractérisée par son élément rayonnant de forme coupée et modifiée.

### III.5.2 Les Antennes Imprimées Dipôle

Les dipôles sont constitués de deux éléments rayonnant symétriques et sont alimentés en différentiel.

La **figure III.16** montre un exemple d'une antenne imprimée dipôle UWB de forme elliptique.



**Figure III.16:** Antenne imprimée dipôle UWB de forme elliptique

### III.5.3 Les Antennes Imprimées à Fente

Il existe des autres antennes imprimées ultra large bande, c'est les antennes à fente. La figure III.17 montre un exemple d'une antenne à fente circulaire.

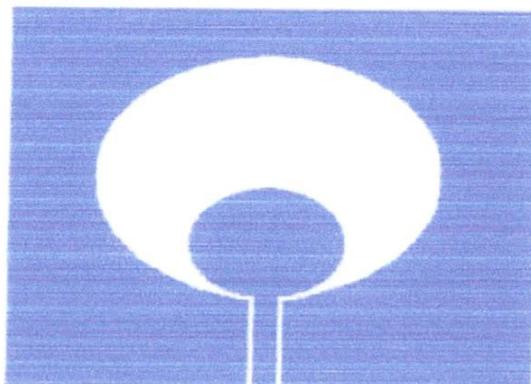


Figure III.17: Antenne imprimée UWB à fente circulaire

### III .5.4 Antenne UWB à sous bande coupée

Pour éviter certaines interférences avec les systèmes à bande étroite déjà existantes, l'antenne ULB doit pouvoir rejeter certaines fréquences (bande 5-6GHz pour le WLAN, ou (2,4GHz) pour le Bluetooth,( 3,3-3,7GHz) pour WiMAX, ou( 7,5-7,7)GHz. Pour la transmission par satellite) (Figure III.18).

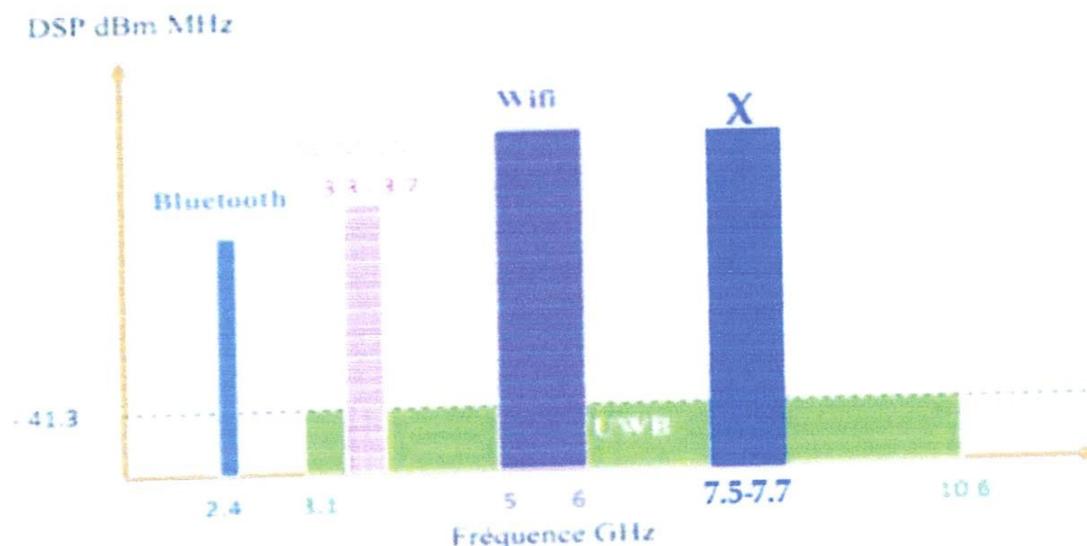
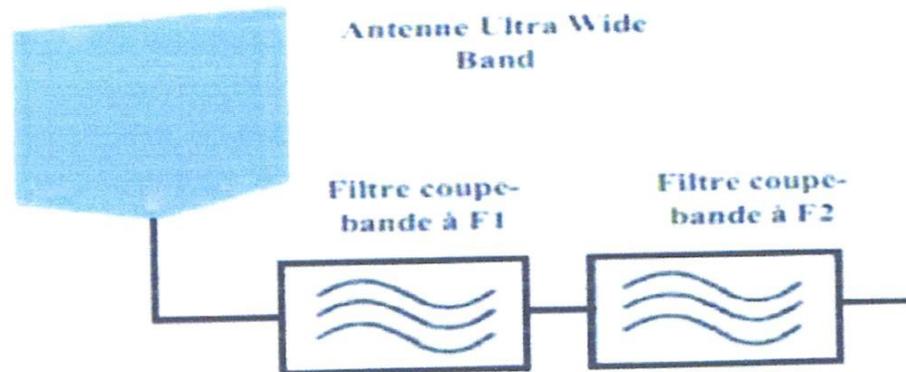


Figure III.18: l'interférence entre système UWB et les autres systèmes à bande étroite

Pour ce faire l'antenne doit pouvoir jouer le rôle de filtre coupe bande. En utilisant des filtres coupes bandes. La **figure III.19** montre un exemple de système multi bande d'antenne combinée avec des filtres coupes bandes.



**Figure III.19:** Système multi bande d'antenne UWB combine avec des filtres coupes bandes ne sont pas compacte

Il existe deux familles de techniques pour créer un filtre coupe-bande au niveau de la structure de l'antenne :

- ✦ Utilisation des fentes de différente forme.
- ✦ Utilisation des éléments parasitiques.

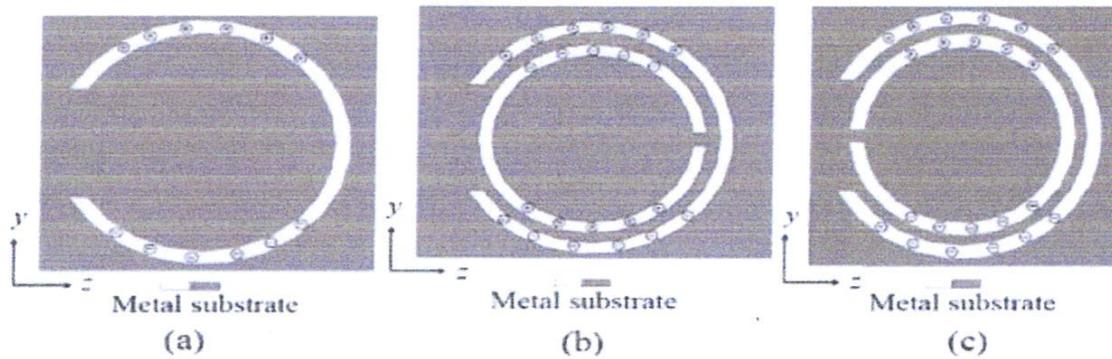
L'antenne peut être désadaptée sur une certaine sous bande. La position et la dimension de la fente et d'élément parasitaire sont immédiatement reliées par la bande de fréquence rejetée.

#### III.5.4.1 Utilisation des Fentes

Il existe différentes formes des fentes (exemple : en forme de U, en forme de V, arc-formé, ou anneau formé...) sont insérées un (deux ou trois...) sur l'antenne imprimée pour obtenir un (deux ou trois...) sous bande de fréquence coupée respectivement. Dans cette section nous présentons quelques formes des fentes.

##### ✦ Fentes en Forme de SRR (split-ring resonator)

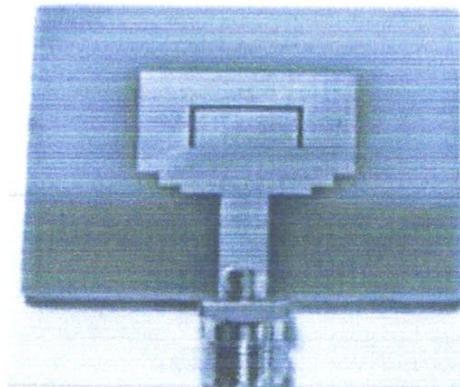
La **figure III.20(a)** montre une topologie de SRR pour une sous bande coupée. Et les deux **figures III.20(a)** et **(b)** présentent deux types de double-SRR structure pour deux sous bandes coupées [III.10].



**Figure III.20:** (a) SRR unique, (b) Edge-couplé SRR, (c) SRR Co-directionnelle

#### ✚ Fente de forme U-inversé

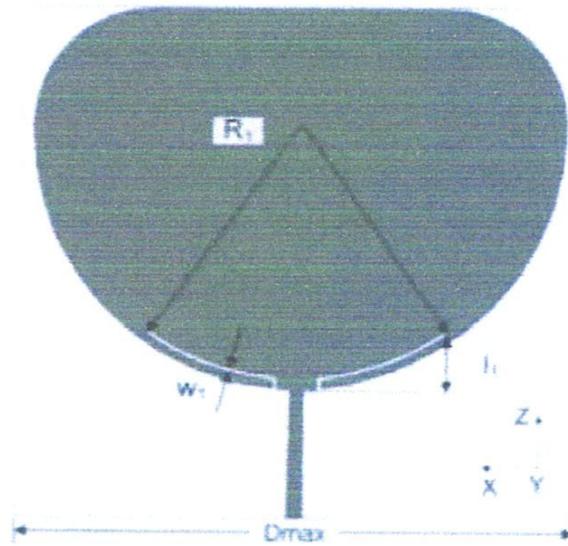
La **figure III.21** montre un exemple de la structure d'une antenne monopôle imprimée avec une fente de forme-U inversé.



**Figure III.21:** Antenne monopôle imprimée avec une fente de forme-U inversée

#### ✚ Fente en Forme d'Arc

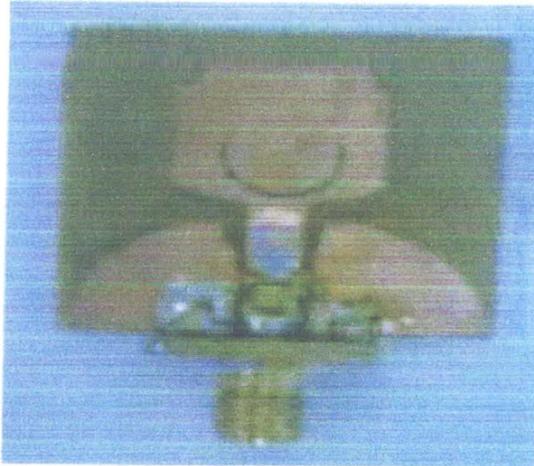
Comme le montre la **figure III.22**, une paire de fentes ouvertes en forme d'arc est positionné de façon symétrique sur la plaque de rayonnement pour atteindre des sous-bandes coupées avec des fréquences centrales autour de 2,4GHz et 7,5GHz [III.11].



**Figure III.22:** Antenne avec une paire de fentes ouvertes en forme d'arc

#### ✚ Fente en forme de C

La **figure III.23** montre une photo d'une antenne imprimée UWB avec alimentation coplanaire (CPW) à sous bande coupée utilisant une fente de forme C.



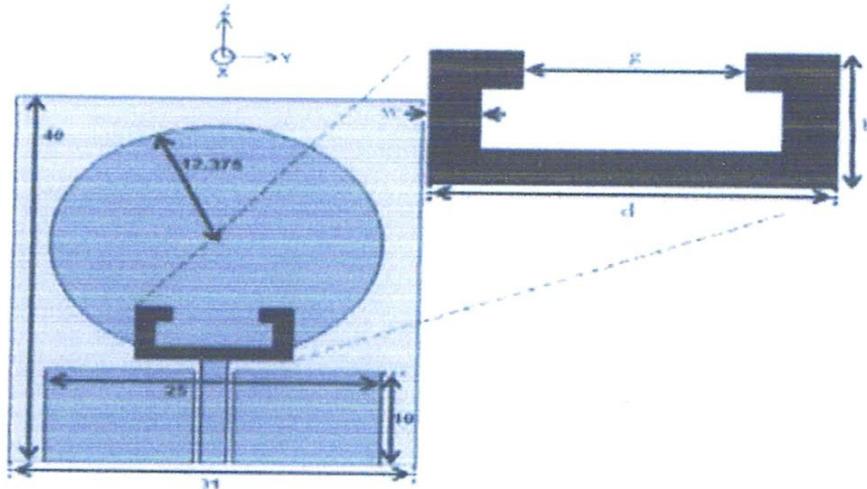
**Figure III.23:** Antenne imprimée UWB à sous bande coupée utilisant une fente de forme- C

#### III.5.4.2 Utilisation des Eléments Parasitiques

Comme la technique des fentes, aussi il existe diverses configurations des éléments parasites ajoutés proche à la ligne d'alimentation. Dans cette section nous présentons trois configurations des éléments parasites.

#### ✚ Élément Parasitique en forme de Boucle Ouverte Résonateur

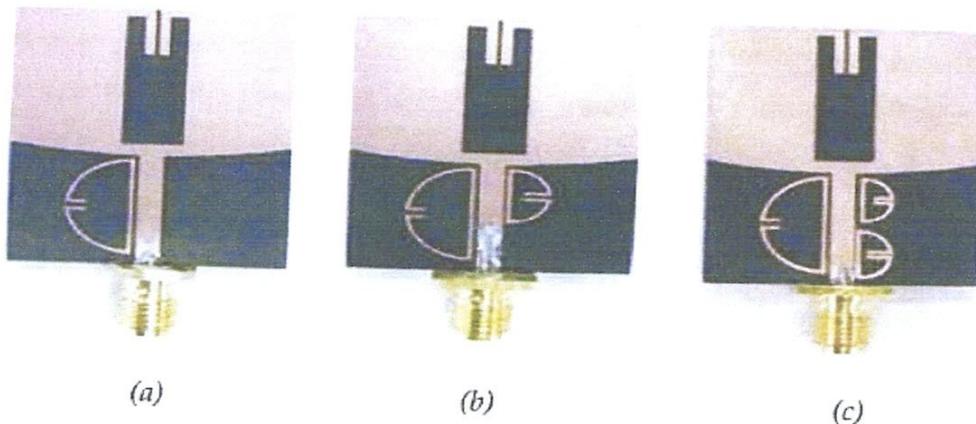
La **figure III.24** montre un exemple de la structure d'une antenne monopôle circulaire à élément parasitique en forme de boucle ouverte [III.12], pour atteindre de sous-bande coupée avec de fréquence centrale autour de 5GHz (WLAN).



**Figure III.24:** Antenne monopôle circulaire à élément parasitique en forme de boucle ouverte

✦ **Elément Parasitique en Forme de Boucle CLL Résonateur**

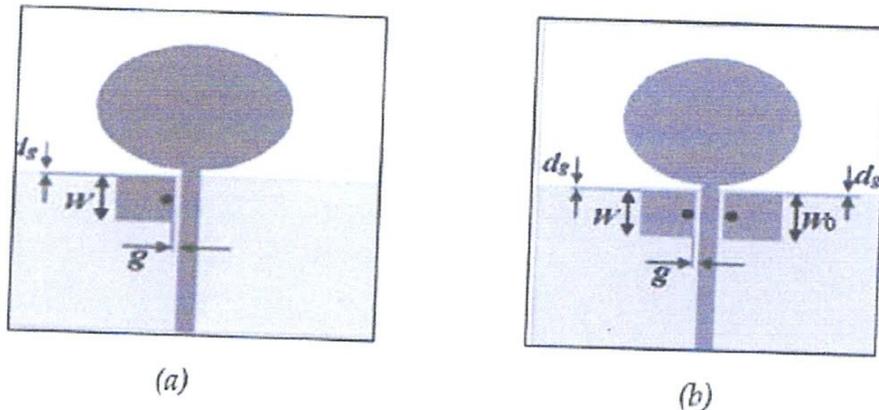
La **figure III.25** montre une antenne de référence à élément parasitique en forme de boucle CLL résonateur, (a) une sous-bande coupée, (b) deux sous-bandes coupées, (c) trois sous-bandes coupées [III.13].



**Figure III.25:** Antenne de référence à élément parasitique en forme de boucle CLL résonateur

✦ **Utilisation des structures de l'EBG (Electromagnétique-Bandgap)**

La **figure III.26** montre une antenne monopôle UWB à sous-bande coupée : (**Figure III.26(a)**) une seule sous-bande coupée utilisant CMT-EBG (conventional mushroom-type electromagnetic bandgap), (**Figure III.26(b)**) deux sous-bandes coupées utilisant ELV-EBG (Edge-located vias mushroom-type electromagnetic bandgap).



**Figure III.26:** Antenne monopôle UWB à sous bande coupée

### III.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté un état de l'art sur les antennes Ultra Large Bande nous avons présenté les différents types d'antennes ULB qui sont communément utilisées. Ces antennes ont été classées selon certaines propriétés: particularités géométriques ou spécificité du diagramme de rayonnement (antenne omnidirectionnel ou directive). Toutes ces antennes possèdent naturellement une bande passante assez élevée. Il existe plusieurs façons de réaliser une antenne ayant une bande passante très large. La première d'entre elles consiste à utiliser des géométries particulières. Ces antennes sont appelées antennes indépendantes de la fréquence : leur géométrie permet d'avoir une bande passante d'une décade.

Concernant les antennes omnidirectionnelles, il existe deux grandes catégories d'antennes présentant naturellement une bande passante élevée: les antennes biconiques et les antennes monopoles large bande. Nous avons présenté aussi les antennes directives (antennes à transition progressive et les cornets) Ces antennes se caractérisent par un passage progressif de l'impédance caractéristique de la ligne (ou du guide) à l'impédance d'onde de l'espace libre.

# **Chapitre IV :**

## **Antenne UWB à sous-bandes rejetées**

## Chapitre IV

### Antenne UWB à Sous-Bandes rejetées

#### IV.1 Introduction

L'essor récent des communications ultra large bande a nécessité des antennes spéciales possédantes des caractéristiques d'adaptation sur la bande de fréquence [3.1GHz-10.6GHz] spectre alloué à l'UWB par la commission FCC, mais dans cette bande il existe plusieurs systèmes à bande étroite.

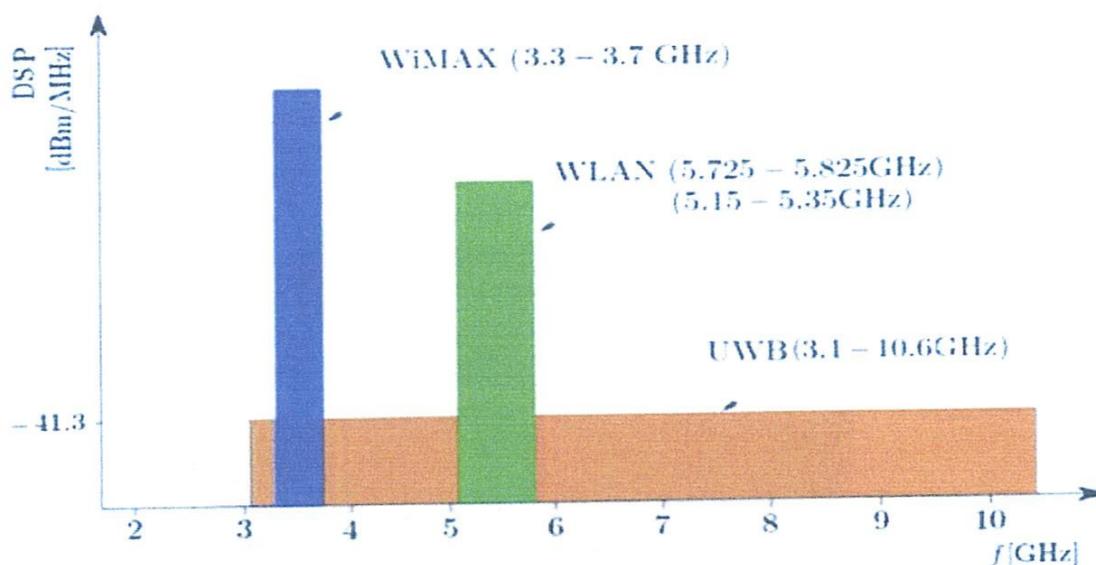
Les bandes étroites coexistant sont illustrées sur la **figure IV.1**. cette coexistence crée un problème d'interférence entre l'UWB et les systèmes de communications déjà existants.

Afin de résoudre ce problème, les antennes sont généralement suivies par des filtres réalisés en technologie microstrip, qui permettent le filtrage de certaines bandes fréquentielles. L'inconvénient majeur de cette technique réside dans l'espace additionnel réservé à ces filtres au niveau de l'émetteur et /ou récepteur.

La tendance actuelle se dirige de plus en plus vers l'intégration de ce genre de filtre sur la structure de l'antenne UWB. C'est un assemblage qui permettra de faire évoluer les aspects liés, à la miniaturisation des dispositifs communicants qui est actuellement un challenge important pour le développement des systèmes de communications UWB.

Dans ce chapitre nous présentons une antenne UWB monopole de forme rectangulaire modifiée, miniaturisée et avec une caractéristique de filtrage dans les bandes WLAN et WiMax avec l'utilisation de fente et les structures **EBG**.

Les différents paramètres qui définissent la fente et les éléments parasitiques sont étudiés et optimisés afin d'améliorer les caractéristiques de filtrage, en gardant la bonne adaptation de l'antenne dans le reste de la bande UWB.



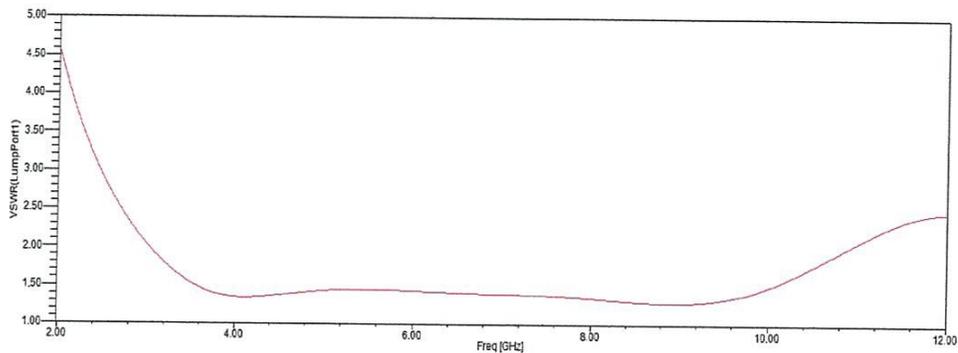
**Figure IV.1:** La coexistence de l'UWB avec autres systèmes de communications WiMax et WLAN

## IV.2 Antenne UWB de Forme Rectangulaire Modifiée

Dans cette section nous proposons une nouvelle antenne imprimée de forme rectangulaire modifiée, destinée aux systèmes de communications UWB. L'antenne est représentée sur la **figure IV.2**. Elle est conçue pour couvrir la bande [3.1-10.6 GHz].

L'antenne se compose d'un élément rayonnant de forme rectangulaire modifiée imprimée sur la coté supérieure d'un substrat **FR4**, de permittivité électrique  $\epsilon_r = 4.4$ , d'une dimension de **(22x22x1.6) mm<sup>3</sup>**. L'antenne est alimentée par une **ligne microruban** de 50Ω.

La variation de **VSWR** avec la fréquence de l'antenne UWB est représentée dans la **figure IV.3**.



**Figure IV.3:** Variation de **VSWR** avec la fréquence de l'antenne UWB

D'après le graph il est clair que l'antenne UWB possède une bande passante de [2.9 GHz à 10.8GHz] avec **VSWR** < 2 qui couvre la bande UWB de FCC [3.1GHz-10.6GHz].

### IV.3 Antenne UWB à sous bande coupée WLAN

Dans cette section nous développons l'antenne UWB de forme rectangulaire modifiée présentée dans la **section IV.2** à une antenne à sous bande coupée capable de rejeter la bande WLAN. La technique utilisée dans cette partie pour le filtrage de bande WLAN est la technique des éléments parasites. L'idée principale de cette section est d'insérer un élément parasite (patch avec des fentes) à côté de la ligne d'alimentation de patch rayonnant. La **figure IV.4** montre l'antenne proposée avec l'élément parasite.

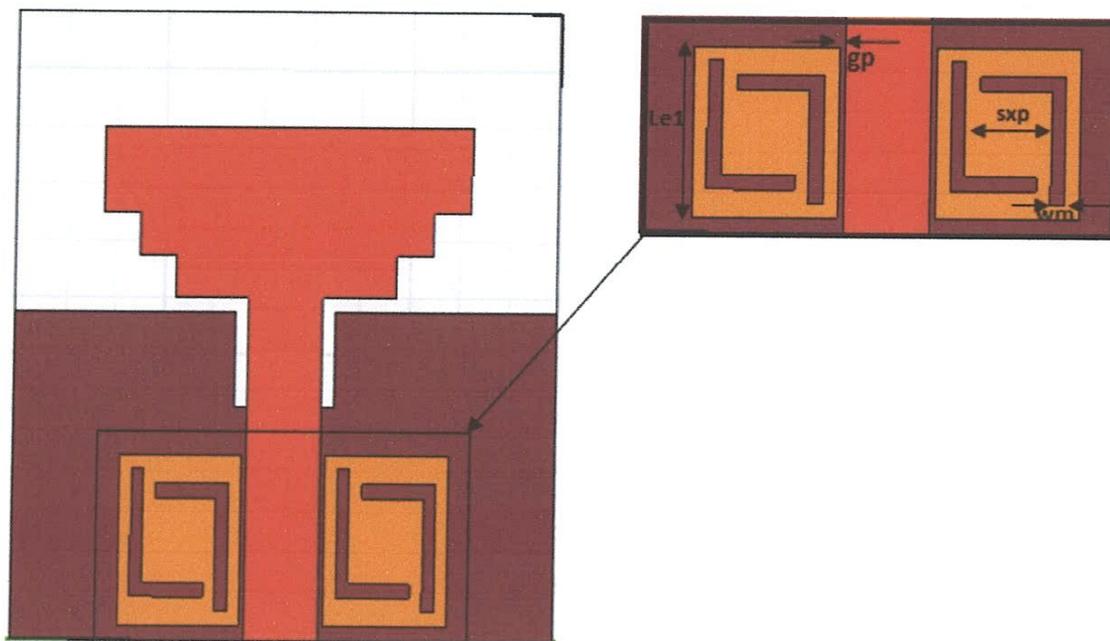


Figure IV.4: Géométrie de l'antenne proposée avec structure EBG modifiée

Les paramètres «  $Le1$  », «  $sxp$  », «  $wm$  », «  $gp$  » de l'élément parasitaire ont été optimisés afin d'avoir une caractéristique de filtrage dans la bande WLAN.

#### ✚ Etude paramétrique

##### a) Effet du paramètre $sxp$

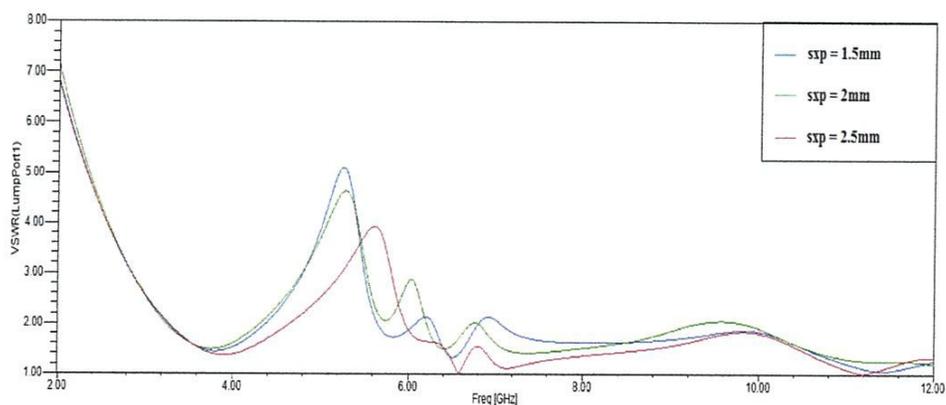


Figure IV.5: Simulation de VSWR pour différentes valeurs de «  $sxp$  »

Les paramètres	sxp	gp	wm	Le1
Les valeurs(mm)	1.5	0.2	0.3	5.8
	2	0.2	0.3	5.8
	2.5	0.2	0.3	5.8

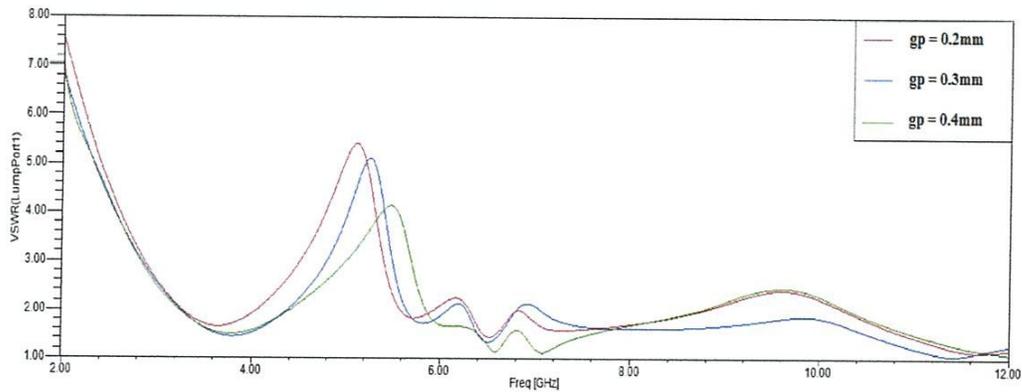
**Tableaux IV.1:** Les différentes valeurs des paramètres de l’antenne UWB à bande WLAN rejetée

La **figure IV.5** montre la variation de **VSWR** avec la fréquence en fonction de la distance (**sxp**) entre les deux fentes de forme **L** sur la plaque EBG. On observe que le centre de fréquence de la bande rejetée augmente avec l’augmentation de la distance « **sxp** » tandis que le coefficient **VSWR** diminue.

La valeur optimale correspondante est « **sxp** » = 1.5mm ( $f=5.3\text{GHz}$ ).

**b) Effet du paramètre « gp »**

Les coefficients **VSWR** de l’antenne proposée avec les structures EBG ont été simulés en fonction de la fréquence pour les trois valeurs différentes de « **gp** » comme le montre la **figure IV.6**.



**Figure IV.6:** Simulation de **VSWR** pour différentes valeurs de « **gp** »

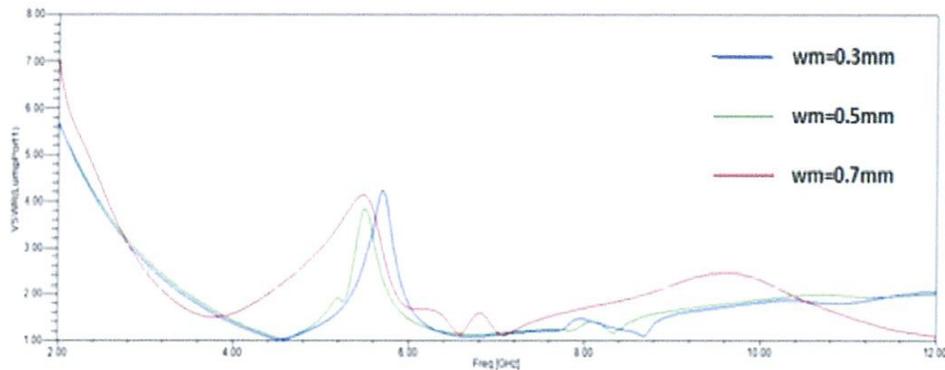
Les paramètres	gp	sxp	wm	Le1
Les valeurs(mm)	0.2	1.5	0.3	5.8
	0.3	1.5	0.3	5.8
	0.4	1.5	0.3	5.8

**Tableaux IV.2 :** Les différentes valeurs des paramètres de l’antenne UWB à bande WLAN rejetée

La **figure IV.6** montre la variation du **VSWR** pour divers gap « **gp** » entre patch EBG et la ligne d'alimentation. On observe que, avec augmentation de la gap entre la ligne d'alimentation et le patch EBG, le couplage entre eux réduit qui reflète une réduction de **VSWR**. alors la valeur optimale qui correspond à la rejection de la bande WLAN est « **gp** » = 0.2mm (f= 5.2GHz).

**c) Effet du paramètre « **wm** » :**

La **figure IV.7** représente les coefficients **VSWR** en fonction de la fréquence pour l'antenne étudiée avec la structure EBG pour différentes valeurs de paramètre « **wm** ».



**Figure IV.7:** Simulation de **VSWR** pour différentes valeurs de « **wm** »

Les paramètres	wm	sxp	gp	Le1
Les valeurs(mm)	0.3	1.5	0.2	5.8
	0.5	1.5	0.2	5.8
	0.7	1.5	0.2	5.8

**Tableaux3.IV:** Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WLAN rejetée

On voit que le centre de fréquence de la bande rejetée WLAN diminue avec l'augmentation de la largeur de fente « **wm** », qui peut être utilisé pour régler avec précision la bande. La valeur optimale de la largeur de fente est « **wm** » = 0.3mm (f=5.6GHz).

d) Effet du paramètre « Le1 »

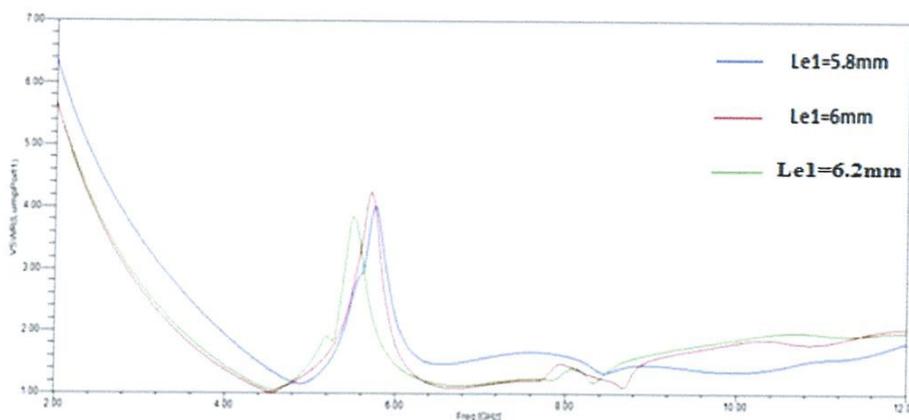


Figure IV.8: Simulation de VSWR pour différentes valeurs de « Le1 »

Les paramètres	Le1	sxp	gp	wm
Les valeurs(mm)	5.8	1.5	0.2	0.3
	6	1.5	0.2	0.3
	6.2	1.5	0.2	0.3

Tableaux4.IV: Les différentes valeurs des paramètres de l’antenne UWB à bande WLAN rejetée

La figure IV.8 montre la variation de VSWR pour différentes tailles de « Le1 ». Il est noté que lorsque la taille diminue le centre de fréquence de la bande rejetée augmente avec une bande passante presque constante. Avec l’aide de ce paramètre nous pouvons régler le centre de fréquence de la bande rejetée la valeur optimale correspondante est « Le1 » = 6mm.

Les caractéristiques de la bande WLAN rejetée sont réalisées par le réglage des paramètres des deux structures EBG modifiées placées à côté de la ligne d’alimentation.

#### IV.4 Antenne UWB à bande coupée (WiMax)

Dans cette section nous développons l’antenne UWB présentée précédemment afin d’être capable de filtrer la bande WiMax [3.4 -3.7 GHz]. Pour ce faire, l’antenne doit pouvoir intégrer un filtre coupe-bande sur sa structure. L’idée de cette section est l’utilisation d’une fente de forme C- inversé dans le centre de l’élément rayonnant.

La figure IV.9 montre l’antenne proposée avec la fente de forme C- inversé.

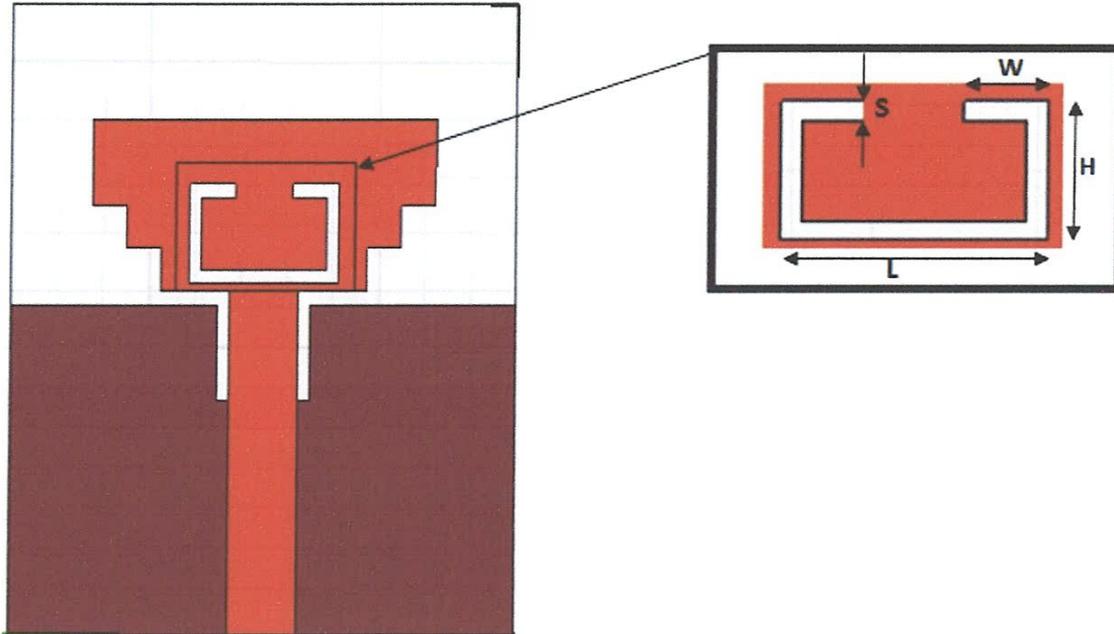


Figure IV.9: Géométrie de l'antenne proposée avec la fente C inversée pour le filtrage de la bande WiMax

Le reste de cette section est réservé à l'étude paramétrique de la fente C-inversé en employant le simulateur HFSS.

#### ✚ Etude des paramètres

##### a) Effet de paramètre « L »

Le coefficient **VSWR** de l'antenne proposée avec la fente C- inversée a été simulé en fonction de la fréquence pour les trois valeurs différentes de « L ».

La **figure IV.10** illustre le **VSWR** de notre antenne pour différentes valeurs de « L ».

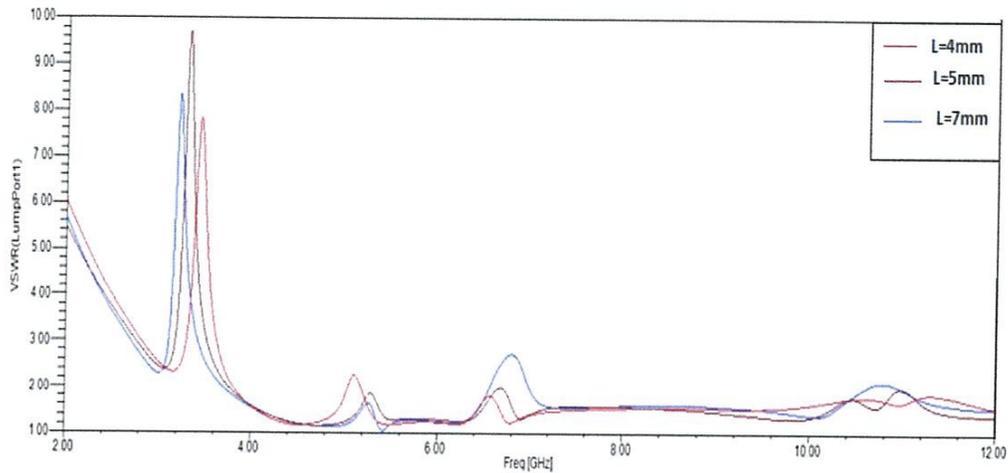


Figure IV.10: Simulation de VSWR pour différentes valeurs du paramètre « L »

Les paramètres	L	H	W	S
Les valeurs(mm)	4	2	0.5	0.1
	5	2	0.5	0.1
	7	2	0.5	0.1

Tableaux IV.5: Les différentes valeurs des paramètres de l’antenne UWB à bande WiMax rejetée

On observe que le coefficient VSWR ne dépasse pas 2 sauf dans la bande WiMax donc une désadaptation crée par l’insertion de la fente C-inversée. Avec l’augmentation de la taille de « L » on remarque une diminution du centre de fréquence de la bande rejetée. Alors ce paramètre peut régler le centre de fréquence rejetée.

Valeurs de L(mm)	La fréquence centrale de la Bande rejetée (GHz)	VSWR
4	3.4	7.8
5	3.3	9.7
7	3.2	8.4

Tableau IV.6: les fréquences rejetées avec la variation de paramètres « L »

La valeur optimale de « L » qui correspond à la rejection de la bande WiMax par l’antenne proposée est égale à L=5mm.

**b) Effet de paramètre H**

La figure IV.11 représente la variation de VSWR en fonction de la fréquence pour l’antenne étudiée avec la fente C-inversée pour différentes valeurs de paramètre « H ».

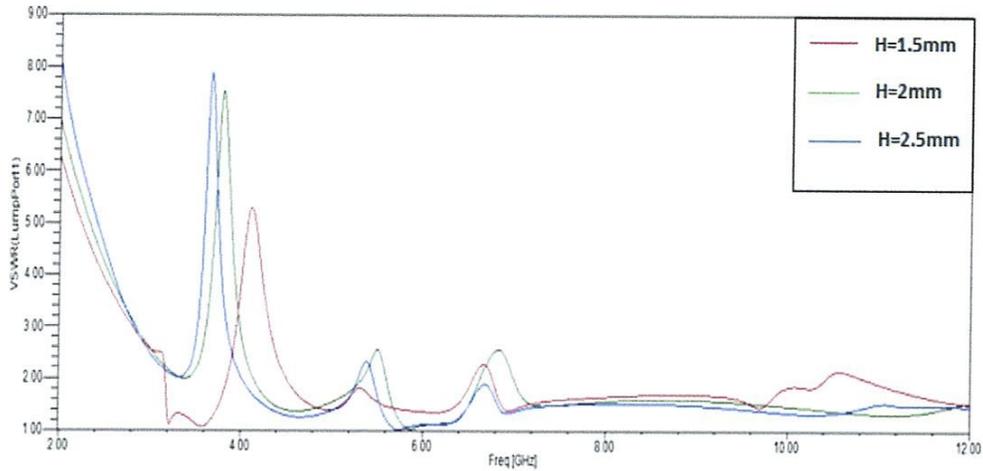


Figure IV.11: Simulation de VSWR pour différentes valeurs de paramètres «H »

Les paramètres	H	L	W	S
Les valeurs(mm)	1.5	4	0.5	0.1
	2	4	0.5	0.1
	2.5	4	0.5	0.1

Tableaux 7.IV: Les différentes valeurs des paramètres de l’antenne UWB à bande WiMax rejetée

On remarque que quand la valeur de « H » augmente le centre de fréquence de la bande rejetée diminue et l’augmentation de la valeur du VSWR aussi avec une bande passante constante. On constate qu’on peut utiliser le paramètre « H » pour contrôler la position de la bande rejetée. La valeur optimale qui permet le filtrage de la bande WiMax est  $H=2\text{mm}(f=3.7\text{GHz})$ .

**c) Effet de paramètre W**

La figure IV.12 représente les coefficients d’atténuation en fonction de la fréquence pour l’antenne étudiée avec la fente C-inversée pour différentes valeurs de paramètre « W ». d’après la figure IV.12, on remarque que la\* valeur optimale qui permet le filtrage de la bande WiMax est 1.2mm ( $f=3.7\text{GHz}$ ).

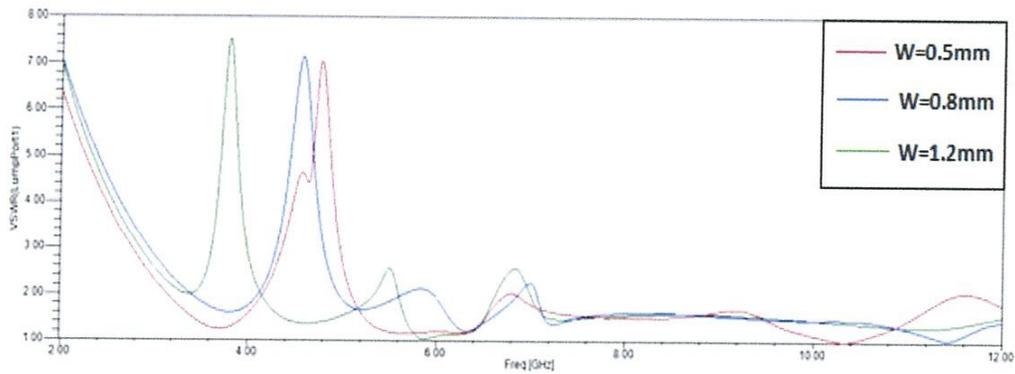


Figure IV.12: Simulation de VSWR pour différentes valeurs de paramètre « W »

Les paramètres	W	L	H	S
Les valeurs(mm)	0.5	4	2	0.1
	0.8	4	2	0.1
	1.2	4	2	0.1

Tableaux 8.IV: Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WiMax rejetée

d) Effet du paramètre « S »

La figure IV.13 illustre la variation de VSWR en fonction de la fréquence de l'antenne UWB avec la fente C-inversée pour différentes valeurs de paramètre « S ».

On observe que la valeur optimale trouvée est  $S=0.25\text{mm}$  ( $f=3.7\text{GHz}$ ).

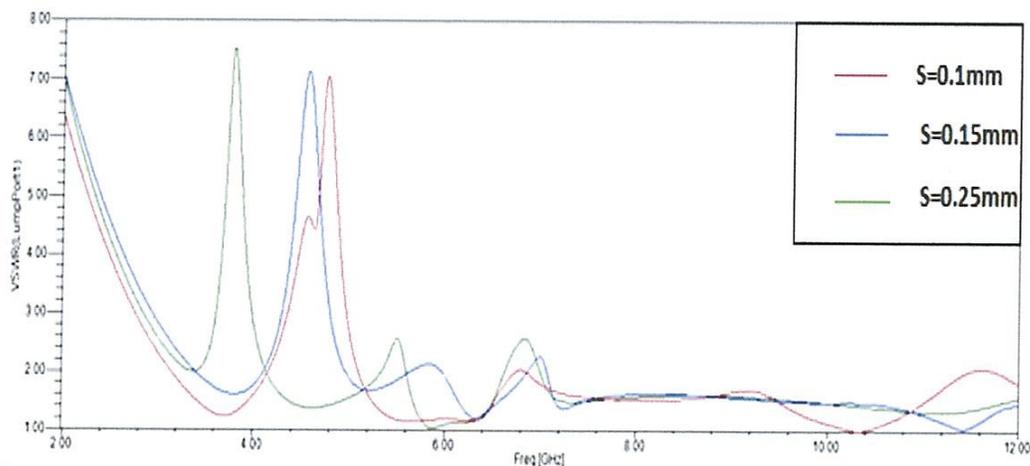


Figure IV.13: Simulation de VSWR pour différentes valeurs de paramètre « S »

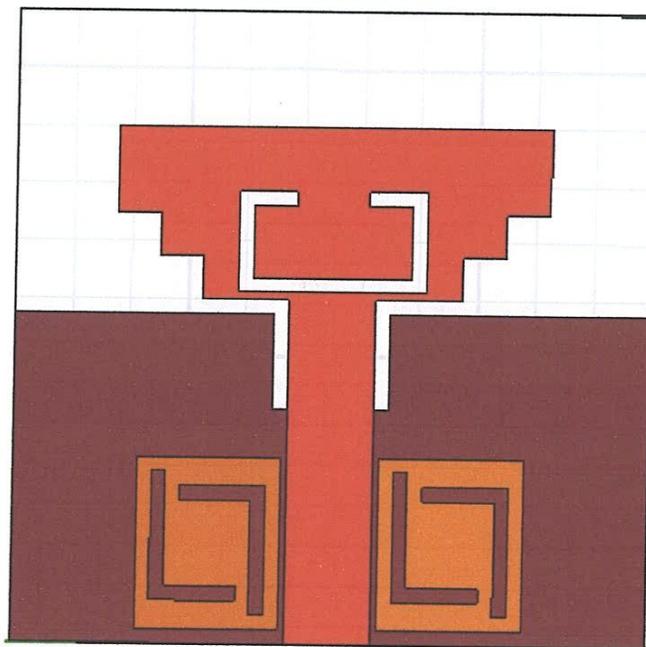
Les paramètres	S	L	H	W
Les valeurs(mm)	0.1	4	2	0.5
	0.15	4	2	0.5
	0.25	4	2	0.5

**Tableaux 9.IV:** Les différentes valeurs des paramètres de l'antenne UWB à bande WiMax rejetée

Après cette étude paramétrique de la fente C-inversée en utilisant le logiciel de simulation HFSS on remarque que ces paramètres « L » « H » « W » « S » jouent sur l'optimisation de la bande rejetée.

#### IV.5 Antenne UWB à deux sous bandes coupées WLAN /WiMax

Dans cette section nous combinons les deux techniques de filtrage, la technique des structures EBG de forme L et la technique de la fente de la forme C-inversé présentés dans les sections (IV.3) et (IV.4) respectivement. L'objectif est d'avoir une antenne UWB capable de filtrer deux sous-bandes en même temps la bande WLAN et la bande WiMax.

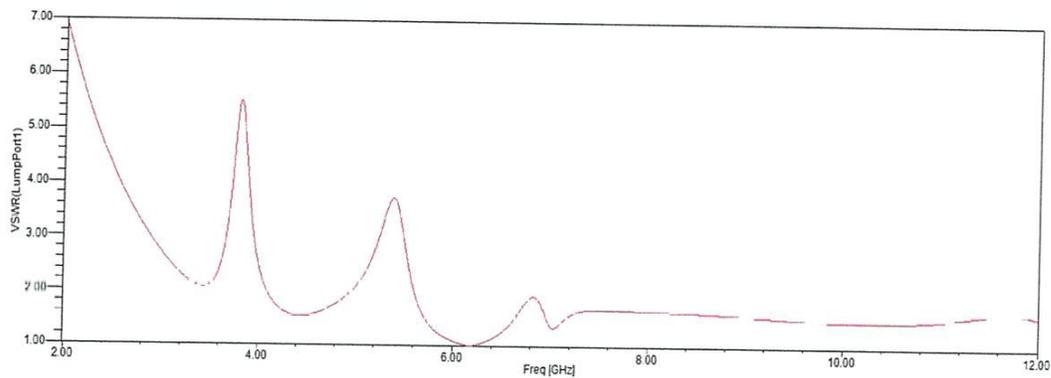


**Figure IV.14:** Géométrie de l'antenne proposée avec la fente C-inversé pour le filtrage de la bande WiMax et les structures EBG pour le filtrage de la bande WLAN

Les paramètres	sxp	Le1	gp	Wm	H	S	L	W
Les valeurs(mm)	1.5	6	0.2	0.3	2	0.25	5	1.2

**Tableau IV.10:** Le résumé des étude paramétrique

La **figure IV.15** montre la variation de **VSWR** avec la fréquence de l'antenne UWB proposée pour les deux bandes rejetée WLAN et WiMax.



**Figure IV.15:** Simulation de **VSWR** pour les deux bandes rejetées WLAN et WiMax

Les résultats de simulation montrent clairement que l'antenne proposée fournit une bande passante large ( $VSWR < 2$ ) de 3-12GHz avec la rejection de deux bandes inférieures WiMax et WLAN couvrant [3.4 -4.1GHz] ;[ 4.9-5.5GHz] respectivement.

✦ Diagramme de rayonnement

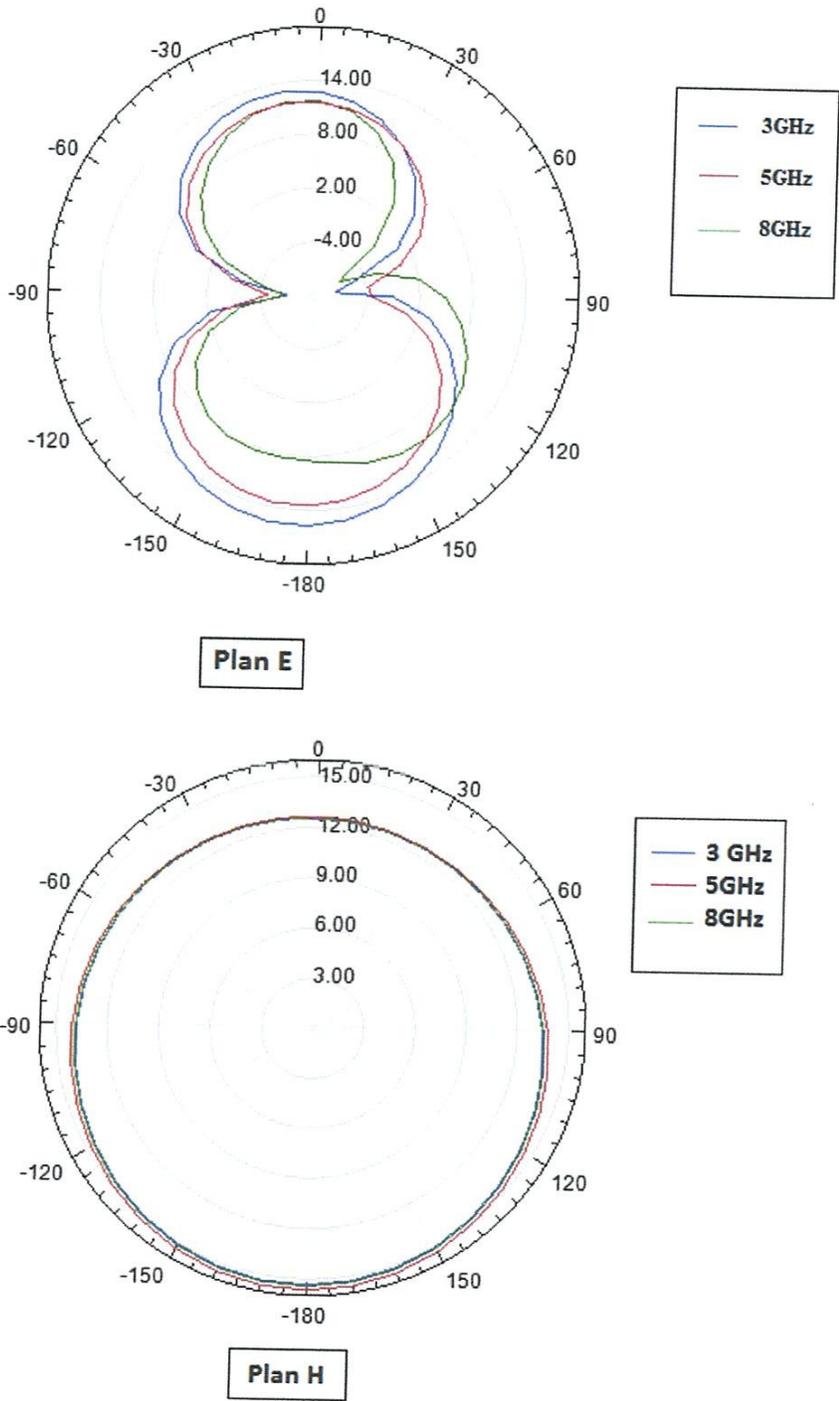


Figure IV.16: Diagramme de rayonnement pour l'antenne de référence

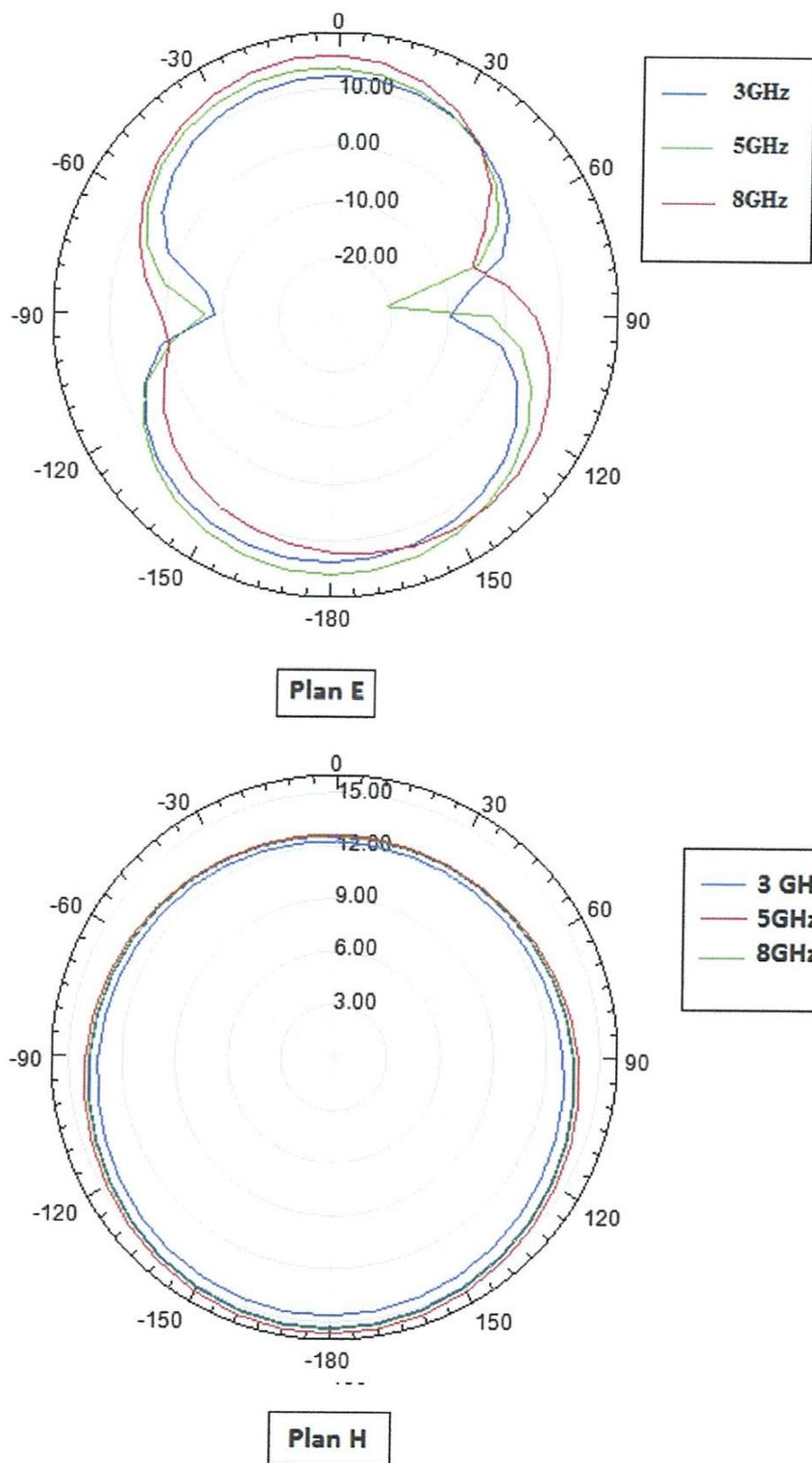


Figure IV.17: Diagramme de rayonnement pour l'antenne avec deux bandes rejetées

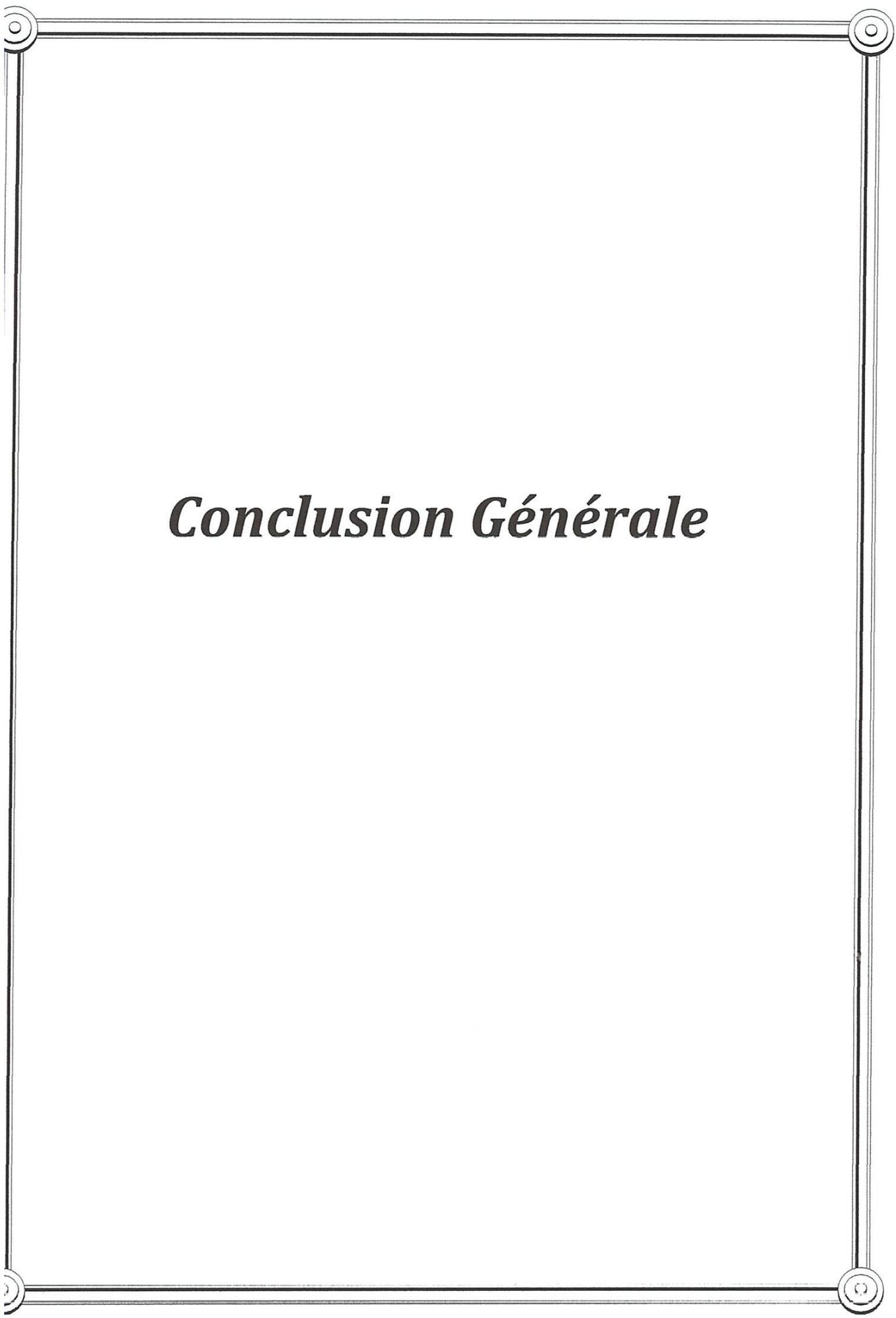
La **figure IV.16 et IV.17** montre le diagramme de rayonnement pour l'antenne UWB de référence et l'antenne UWB avec deux bandes rejetées.

D'après la figure on voit que le diagramme de rayonnement reste presque le même pour les deux antennes donc on peut conclure que les techniques utilisées pour créer une bande rejetée ne détruisent pas le diagramme de rayonnement.

#### IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une nouvelle configuration d'antenne monopole UWB de forme rectangulaire modifiée alimentée par une ligne microstrip. Dans un premier lieu l'antenne est développée pour le filtrage de la bande WLAN par l'insertion des structures parasites EBG de forme L à côté de la ligne d'alimentation. On conclut que la concentration de la densité de courant est forte autour et à l'intérieur de ces éléments en raison de laquelle moins de courant est propagé à l'antenne pour rayonner ce qui implique la faiblesse de la puissance rayonnée dans cette bande par conséquent le dysfonctionnement de l'antenne dans cette bande. Dans la deuxième étape de développement nous avons utilisé une fente de forme C-inversé au centre de l'élément de rayonnement pour le filtrage de la bande WiMax.

La combinaison de la technique de la fente C-inversé et la technique des éléments parasites permet d'avoir une antenne UWB à deux sous-bandes coupées WiMax et WLAN.



# ***Conclusion Générale***

## Conclusion Générale

Les antennes sont généralement suivies par des filtres réalisés en technologie microstrip, afin de filtrer quelques bandes de fréquence pour éviter le brouillage ou l'interférence entre les diverses normes de communication, la difficulté de miniaturiser ce type de filtre ne diffère pas à la difficulté de réaliser les antennes miniature. La tendance actuelle de diriger de plus en plus vers l'intégration de ce genre de filtre sur l'antenne, leur assemblage permettra de faire évoluer les aspects liés, à l'encombrement ainsi que le couplage direct à l'antenne. L'objectif de ce projet est la conception d'une antenne UWB à sous-bandes rejetées.

Dans le premier chapitre nous avons présenté les principaux paramètres généralement utilisés pour caractériser les antennes. Nous avons vu qu'elles peuvent être modélisées par des circuits électriques mais aussi décrites par des paramètres de rayonnement, caractérisées par leurs propriétés de transmission ou encore étudiées comme des réseaux définis par les paramètres  $S$ .

Dans le deuxième chapitre nous avons introduit la technologie UWB. Le bref historique a présenté l'UWB depuis son origine lorsqu'elle était utilisée dans les radars pour la localisation à aujourd'hui où elle présente un grand intérêt pour les communications sans fil. Les principales caractéristiques de cette technologie, sa large occupation spectrale et son fort pouvoir de résolution temporelle, ont permis à la communauté scientifique et industrielle d'envisager un certain nombre d'applications attrayantes comme les réseaux WPAN très haut débit, des applications domotiques, etc. Des masques de puissance imposant les règles d'émissions des signaux UWB ont été mises en place par les instances de réglementation des différents continents et pays. Comme nous l'avons vu, les systèmes UWB peuvent être essentiellement divisés en deux catégories utilisant différemment la totalité du masque fréquentiel (3.1GHz-10.6GHz pour la réglementation américaine).

Dans le troisième chapitre nous avons présenté les antennes UWB, Les antennes indépendantes de fréquence sont certainement les antennes UWB les plus connues. Ces antennes présentent des structures équi-angulaires et log-périodiques. Dans des applications UWB pratiques les antennes imprimées (intégrées) directement sur des cartes électroniques sont les antennes les plus préférées. Pour éviter certaines interférences entre l'UWB et les systèmes à bande étroite déjà existants, les concepteurs ont trouvé une structure simple pour filtrer ces bandes avec des antennes UWB à sous bande coupée en utilisant des fentes ou des éléments parasites.

Dans le quatrième chapitre, nous avons proposé une nouvelle configuration d'antenne monopole UWB de forme rectangulaire modifiée alimentée par une ligne microstrip. Dans un premier lieu l'antenne est développée pour le filtrage de la bande WLAN par l'insertion des structures EBG à coté de la ligne d'alimentation.

Dans la deuxième étape de développement nous avons utilisé une fente de forme C-inversé au centre de l'élément rayonnant pour rejeter la bande WiMax.

La combinaison de la technique des éléments parasites et la technique de la fente C-inversé permet d'avoir une antenne UWB à deux sous-bandes rejetées WLAN et WiMax.

## Résumé

L'essor récent des communications Ultra Large Bande a nécessité des antennes spécialement possédantes des caractéristiques d'adaptation sur la bande de fréquence [3.1GHz-10.6GHz] spectre alloué à l'ULB par la commission FCC, mais dans cette bande il existe plusieurs systèmes à bande étroite comme : WiMax 3.3-3.7GHz, WLAN 5-6GHz, la transmission par satellite 7.5-7.7GHz...

Les antennes sont généralement suivies des filtres réalisés en technologie microstrip, afin de filtrer quelques bandes de fréquence pour éviter le brouillage ou l'interférence entre les diverses normes de communication, la difficulté de miniaturiser ce type de filtre ne diffère pas à la difficulté de réaliser les antennes miniature. La tendance actuelle se dirige de plus en plus vers l'intégration ce genre de filtre sur l'antenne, leur assemblage permettra de faire évoluer les aspects liés, à l'encombrement ainsi que le couplage direct à l'antenne.

La miniaturisation de ces dispositifs antennes-filtres est actuellement un challenge important pour le développement des systèmes de communications mobiles de futures générations.

Dans ce mémoire nous proposons une antenne monopole UWB compacte à une caractéristique de filtrage dans les bandes WiMax et WLAN avec l'utilisation de fente dans l'élément rayonnant et deux éléments parasitiques proche à la ligne d'alimentation.

## Bibliographies

- [I.1] : Dhaou BOUCHOUICHA. UNIVERSITÉ FRANÇOIS – RABELAIS DE TOURS ÉCOLE DOCTORALE SANTE, SCIENCES, TECHNIQUES .Laboratoire de Microélectronique de Puissance(LMP). THÈSE Soutenue le 22 novembre 2010.
- [I.2] : COSTANTINE A.BALANIS. “Antenna Theory Analysis and Design” second edition Arizona state university, copyright 1989, John Wiley & Sons.
- [I.3] : Jacques PEZZANI et Philippe PICARD .« Antennes Radioastronomie Basses Fréquences » - Goutelas- 4 au 8 juin 2007.
- [I.4] : Alexandre Boyer . ANTENNES SUPPORT DE COURS ENONCE DE TRAVAUX DIRIGES. INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE TOULOUSE 5ème Année Réseau et Télécom. Alexandre Boyer [alexandre.boyer@insa-toulouse.fr](mailto:alexandre.boyer@insa-toulouse.fr).
- [I.5] : <http://www.anfr.fr/>
- [I.6] : VAN BLADEL, J.: Some remarks on green's dyadic for infinite space. Antennas and Propagation, IEEE Transactions. Vol. 9, Issue 6, Nov 1961 pp. 563–566.
- [I.7] : BERAMOU, J., D. ; DESPRÈS, B. : A domain decomposition Method for the Helmholtz .equation and related optimal control problems. INRIA, - @ [www.inria.fr/rrrt/rr2791.html](http://www.inria.fr/rrrt/rr2791.html), Feb. 1996.
- [I.8] : Sylvain Loizeau, Alain Sibille, “OPTIMIZATION OF A MULTI-BAND RECONFIGURABLE PIFA ANTENNA” Antennas and Propagation, 2009. EuCAP 2009. 3rd European Conference on 23-27 March 2009.
- [I.9] : J.M. Floc'h, F. Queudet, E. Fourn “Radio-electric characterizations of jeans buttons Antennas and Propagation, 2007. EuCAP 2007. The Second European Conference on 11-16 Nov. 2007.
- [I.10] : Douglas H. Werner, “A Method of Moments Approach for the Efficient and Accurate Modeling of Moderately Thick Cylindrical Wire Antennas” IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 46, NO. 3, MARCH 1998.
- [I.11] : P. D'Atanasio, A. Zambotti, A. Moro and R. Casilli “Application of FDTD/Kirchhoff Method for Radiation Pattern Calculation” Microwave Conference, 2005 European, Volume 2, 4-6 Oct. 2005.
- [I :12] :Sami HABIB “Nouvelle topologie d'antennes multi-bandes pour applications spatiales” thèse doctorat de l'université de Toulouse Paul SABATIER, 24 Novembre 2008.

- [I.13] : B. Sanz-Izquierdo, F. Huang and J.C. Batchelor, “Covert dual-band wearable button antenna” *Electronics Letters*, Volume 42, Issue 12, 8 June 2006.
- [II.1] : J. R. Pierce, A. L. Hopper, “*Nonsynchronous time division with holding and with random sampling*”, *Proc. of the IRE*, vol. 40, pp. 1079-1088, Sept. 1952.
- [II.2] : M. K. Simon, B. K. Levitt, R. A. Scholtz R.A, J. K. Omura, “*Spread spectrum communications handbook*”, Mac Graw Hill, 1994.
- [II.3] : R. A. Scholtz, “*Multiple Access with Time-Hopping Impulse Radio*”, *Proc. of the IEEE Milcom Conference*, Boston, MA, USA, pp 447-450, Oct. 1993.
- [II.4] : Stéphane Mebaley Ekome, Etude et conception d’une couche physique UWB-IR pour les réseaux BAN, Ecole doctorale n°532 : Mathématiques et Sciences et Technologies de l’information et de la communication, Laboratoire ESYCOM, ESIEE Paris. Thèse de Doctorat.
- [II.5] : BERTRAND. CARACTÉRISATION D'UN CANAL ULTRA LARGE BANDE (UWB) EN MILIEU CONFINÉ SOUTERRAIN. MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN INGÉNIERIE.
- [II.6] : FCC, Revision of part 15 of the commission’s rules regarding Ultra Wide Band transmission systems, First report and order, and Docket 98-153, FCC 02-03, adopted/released, 14 February / 22 April 2002.
- [II.7] : A. Safarian and P. Heydari, “Silicon-Based RF Front-Ends for Ultra Wideband Radios,” Springer, 2008.
- [II.8] : **Electronic Communications Committee (ECC) Report 64**, “The protection requirements of radiocommunications systems below 10.6GHz from generic *UWB* applications,” February 2005.
- [II.9] : M. Ghavami; L. B. Michael and R. Kohno, “Ultra Wideband – signals and systems in communication engineering,” John Wiley & Sons, Ltd, 2nd ed., 2007.
- [II.10] : “Decision to make The Wireless Telegraphy (Ultra-Wideband Equipment) (Exemption) Regulations 2007,” <http://www.ofcom.org.uk>.
- [II.11] : “Detect and Avoid Technology- for Ultra Wideband (UWB) Spectrum Usage,” Wisair White Paper, <http://www.wisair.com>.
- [II.12] : William Webb, “*Ultra Wideband-The Final Few Regulatory Processes*,” 2006 IET Seminar on Ultra Wideband Systems, Technologies and Applications, London, U. K. April, 2006.

- [II.13] : N. Fortino. Conception et caractérisation d'antennes imprimées pour systèmes Ultra-Large-Bande impulsionsnels. Université Nice Sophia Antipolis, 2006.
- [II.14] : Zeiani Kerarti Djalal. Université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen Faculté de technologie-Departement du Genie Eléctrique et Electronique Lboratoire de Télécommunications-Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Télécommunications.
- [III.1] : V.H Ramsey, "Frequency independent antennas," IRE International Convention Record Vol. 5, pp. 114-118, March 1957.
- [III.2] : C. A. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design," third edition, John Wiley Sons, Hoboken, New Jersey, Etats-Unis, 2005.
- [III.3] : V.H. Rumsey, « Frequency Independant Antenna », academic Press, New York, 1966
- [III.4] : Zeiani Kerarti Djalal. : Université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen Faculté de technologie-Departement du Genie Eléctrique et Electronique Lboratoire de Télécommunications-Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Télécommunications. Etudes et Conception d'Antennes Ultra Large Bande 2011.
- [III.5] : J.A.Kaiser, The Archimedean two-wire spiral antenna, IRE Transaction on Antennas and propagation, vol. AP-8 ?May 1960.
- [III.6] : J.ROGER, « Antennes techniques traité d'électronique E3284, » Technique de l'Ingénieur.
- [III.7] : H.G.Schantz, »A Brief History of UWB Antennas, » IEEE UWBST Conference Brownsboro 2003.
- [III.8] : C.A.Balanis Antenna Theory Analysis and Disign 2ed edition J .Wileys and sons 1997.
- [III.9] : DUHAMEL R. H., « Dual Polarized Sinuous Antennas », U.S. Patent 4, 658,262,avril 14, 1987.
- [III.10] : G.A. Deschamps, Microstrip microwave antenna 3rd USAF. Symposium on Antennas, 1953.
- [III.11] : J.Kim, C.S Cho, and J. W.Lee, "5.2 GHz notched ultra-wideband antenna using slot-type SRR, « Electron. Lett., vol. 42, no.6,Mar.2006.
- [III.12] : S.J.Hong, J. W. Shin, H. Park, and J. H. Choi, « Analysis of the band-stop techniques for ultrawideband antenna, « Microw. Opt. Technol. Lett.

[III.13] : J.Hong and M. Lancaster, « Theory and experiment of novel microstrip slow-wave open-loop resonator filters, « IEEE Trans. Microw.Theory Tech., vol. 45, no. 12, pt. 2,pp. 2358-2365,Dec.1997.