

**Université Mohamed Boudiaf - M'sila**  
**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**



Numéro de série.....

**Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Filière** : Télécommunication.

**Option** : Systèmes des télécommunications.

Présenté par:

- KHADAR Salah Eddine

- FERHATI Miloud

**THEME**

**ETUDE ET CONCEPTION D'ANTENNES ULTRA  
LARGE BANDE**

Devant le jury composé de :

<b>Nom &amp; Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
CHALABI Izzeddine	MCA	Université de M'Sila	Président
DJELLID Asma	MCB	Université de M'Sila	Encadreur.
KENANE El Hadi	MCA	Université de M'Sila	Co-encadreur
GAREH Messaoud	MCA	Université de Bouira	Examineur

**Année Universitaire : 2020/2021**

I. Introduction général.....	01
------------------------------	----

## Chpitre 1: La Technologie Ultra Large Bande ULB

I.1 Introduction.....	4
I.2 Histoire et définition.....	4
I.3 Définition de l'Ultra large bande.....	5
I.4 Comparaison système ULB / Système à bande étroite.....	6
I.5 Caractéristiques générales de la technologie ULB.....	6
I.5.1 Forte densité d'utilisation potentielle.....	6
I.5.2 Haut débit de données.....	7
I.5.3 Sécurité des communications.....	7
I.5.4 Robustesse des communications.....	7
I.5.5 Capacité du système de communication.....	7
I.5.6 Spectre de puissance UWB.....	8
I.5.6.1 Nécessité d'une grande largeur de bande.....	8
I.5.6.2 Conformation des impulsions.....	8
I.5.6.3 Modulation UWB.....	8
I.6 Conservatoire National des Arts et Métiers.....	9
I.6.1 Problématique Réglementaire ULB.....	9
I.6.2 Réglementation Américaine.....	9
I.6.3 Réglementation Européenne.....	10
I.6.4 Panorama de cohabitation.....	12
I.6.5 Système ultra large bande (ULB).....	12
I.6.6 Systèmes ULB multi bande (MB-OFDM).....	13
I.6.7 Systèmes ULB impulsionnels (IR -ULB).....	14
I.7 Quelques Applications De 'ULB.....	15
I.7.1 ULB Pour la Communication.....	15
I.7.2 Localisation UWB.....	16
Figure 1.8 :Application d'ULB liées `a la géolocalisation.....	17
I.7.3 Détection.....	17
I.7.4 Radar ULB.....	18
I.7.5 Systèmes de communication.....	18
I.8 Avantages et Inconvénients de'ULB.....	19
I.8.1 Avantages.....	19
I.8.1 Inconvénients.....	19
1.9 Les Types d'antennes ULB.....	19
CONCLUSION.....	20

# Table des matières

---

## Chapitre 2 Généralités sur les antennes imprimées

II.1 Introduction .....	22
II.2 Historique .....	22
II.3 Description d'une antenne imprimée ou "patch" .....	23
II.4 Les caractéristiques des antennes "patch" .....	25
II.4.1 Mécanisme de rayonnement d'un "patch" .....	25
II.4.2 Polarisation de l'antenne "patch" .....	26
II.4.3 Bande passante de l'antenne "patch" .....	27
II.5 Alimentation des antennes "patch" .....	27
II.5.1 Alimentation par ligne micro-ruban .....	27
II.5.2 Alimentation coaxiale .....	28
II.5.3 Alimentation couplée par proximité .....	30
II.5.4 Alimentation couplée par ouverture .....	30
II.6 Méthodes d'analyse .....	33
II.6.1 Méthodes analytiques (approximatives) .....	33
II.6.2 Modèle de la ligne de transmission.....	33
II.6.3 Modèle de la cavité résonnante.....	37
II.6.4 Méthodes numériques .....	40
II.6.5 Méthode des éléments finis (FEM).....	40
II.6.6 Méthode des différences finies (FDTD).....	40
II.6.7 Méthode des moments .....	41
II.6.8 Méthode d'analyse spectral .....	41
II.7 Applications.....	42
II.8.1 Conclusion.....	42

## Chpitre 3 Conception et Simulation d'une antenne imprimée sous HFSS

III.1 INTRODUCTION .....	44
III.2 Géométrie de base .....	45
III.3 Le Substrat Utilisé .....	45
III.4 Ligne d'alimentation.....	46
III.5 Étude et conception d'une antenne ULB.....	48
III.5 .1 Effet de la largeur du Patch.....	48
III.5 .1.2 Etude paramétrique de la Rayon R2 .....	49
III.5 .2 Effet de la Insertion deux fentes en forme rectangulaire. ....	50
III.5 .2.1 Etude paramétrique de la longueur de fente N1 .....	51
III.5 .2.2 Etude paramétrique de la longueur de fente N2 .....	52
III.5.3 Effet de Variation Sous le plan de masse .....	53
III.5 .3.1 Etude paramétrique De la l'arrondissement dans les deux cotées du plan de masse.....	53
III.5 .3.2 Le Diagramme de Rayonnement 2D .3D.....	54
CONCLUSION .....	56

# Introduction générale

Ces dernières années, le domaine de la communication a connu d'énormes progrès dans le but de répondre aux besoins croissants des utilisateurs, ce qui nécessitera non seulement le développement de systèmes de communication performants, mais aussi leur adaptation aux besoins spécifiques. La technologie ULB est une des technologies émergentes qui a mobilisé une grande attention des scientifiques et de l'industrie dans le monde entier après la réservation de la bande 3.1-10.6 GHz pour les applications ULB.

Pour répondre aux besoins actuels du domaine des télécommunications, les concepteurs en hyperfréquences sont amenés à élaborer des dispositifs à base des antennes planaires. Ces antennes présentent des caractéristiques très avantageuses, surtout dans le cas où elles doivent opérer dans des fréquences élevées. La transmission des données à haut débit, liée à la demande toujours croissante des dispositifs mobiles, a généré un grand intérêt pour les antennes microbandes et qui sont probablement les antennes les plus utilisées dans les conceptions commerciales compactes. Les principaux avantages de ces antennes sont:

- Faibles poids, volume, épaisseur et coût,
- Simplicité de fabrication,
- Possibilité de mise en réseau,
- Intégration d'éléments discrets et conformabilité facilitant l'implantation sur tout type de support.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui consiste à étudier et concevoir les antennes microrubans qui répondent aux exigences citées ci-dessus. Leur première apparition était dans les années 1950 par Deschamps, mais il a fallu attendre les années 1970 pour voir apparaître les premières réalisations qui étaient essentiellement réservées à des applications militaires. Deux atouts majeurs ont entraîné un développement très important de ce type: leur faible coût de réalisation, et leur capacité d'intégration. Aujourd'hui ils sont implantés dans des nombreux dispositifs électroniques et constituent le type privilégié aux fréquences microondes dans les systèmes de communication intégrés modernes. Par ailleurs ce type présente des limites, notamment la bande passante étroite. Afin de compenser ces limitations et améliorer les performances des antennes microrubans [1]

Dans ce cadre, l'objectif de ce mémoire de master est de simuler une antenne patch circulaire ULB qui permet l'émission et la réception dans une très large bande de fréquence. Pour atteindre cet objectif, nous effectuons la simulation de l'antenne proposée à l'aide de logiciel électromagnétiques HFSS (High Frequency Structure Simulation)

L'inconvénient principal lié à l'utilisation des antennes ultra large bande tient au fait que les fréquences utilisées sont déjà employées par d'autres systèmes, ce qui rend possible l'existence d'interférences. Donc, nous allons étendre notre étude pour concevoir des antennes ULB à bande rejetée, en ajoutant des fentes sur l'élément rayonnant, l'antenne peut être désadaptée sur une certaine sous bande.

Ce travail se compose de trois chapitres :

**Chapitre1 :** Le premier chapitre a pour objectif de présenter la technologie ULB d'une manière générale et il est consacré à un bref historique et définition de l'ULB et une comparaison entre les systèmes ULB et les systèmes à bande étroite. La présentation de la réglementation imposée dans le monde à ce système est présentée. On cite par la suite, les différentes applications de la technologie ULB, quelques avantages et inconvénients des systèmes ULB sont présentés. On termine ce chapitre par une présentation des différents types d'antennes ULB.

**Chapitre2 :** Le deuxième chapitre, est consacré à une description générale des antennes imprimées, leurs propriétés et leurs caractéristiques, un rappel théorique sur l'antenne imprimée, une présentation des méthodes d'analyse ainsi les différentes méthodes d'alimentation

**Chapitre3 :** Dans le troisième chapitre, nous présentons un modèle d'une antenne ULB proposée. Ensuite, nous citons et commentons les résultats de simulation (coefficient de réflexion, Taux d'onde stationnaire, impédance d'entrée et diagramme de rayonnement. . . etc) obtenus par le logiciel HFSS. Une étude paramétrique est faite afin de comprendre l'influence de différents paramètres dimensionnels et diélectriques sur le comportement de l'antenne proposée.

Finalement, le mémoire se termine par une conclusion générale qui résume l'ensemble de ce travail et présente les perspectives envisagées.

# Chapitre 1

## La Technologie Ultra Large Bande (ULB)

## I.1 Introduction

La technique de l'Ultra Large Bande, utilisée dans le domaine des communications radio est très populaire de nos jours et les circuits électroniques relatifs à ces applications ont été réalisés grâce à de nombreuses recherches sur le sujet. Récemment, les règles d'utilisations du spectre de fréquence dans la bande passante établies par la FCC (Commission Fédéral des communications) se situent entre 3.1 et 10.6 GHz, ce qui rend cette technologie particulièrement intéressante: Possédant une bande passante beaucoup plus large que les systèmes large bande conventionnels.

## I.2 Histoire et définition

Durant les 3 dernières décennies, pour faire face à l'encombrement des bandes de fréquences utilisées pour la transmission d'informations, les spécialistes ont essentiellement cherché à réduire la largeur de bande nécessaire pour transmettre ces informations avec un taux d'erreurs acceptable. Ce n'est que récemment que le concept d'ultra large bande a retrouvé un intérêt principalement suscité par le développement des transmissions à courte distance. Si le terme "ultra large bande" est relativement récent le concept lui même est par contre bien plus ancien La grande majorité des techniques de transmission actuelles utilisent des modulations avec porteuses (Bluetooth, ...). Dès la fin du 19ème siècle, Heinrich Hertz – avait eu l'idée d'utiliser des décharges électriques pour produire des ondes électromagnétiques. C'était la base de la technique Ultra large band

En 1952, des travaux furent menés par Pierce et Hopper, mettant en œuvre une transmission de signaux téléphoniques analogiques, au moyen d'impulsions aléatoires espacées dans l'espace, cet article semble constituer le premier travail sur la radio par impulsion `a accès multiple [1].

Dans les années 60, Ross et Bennett [1] étudient pour la première fois la propagation d'ondes électromagnétiques d'un point de vue temporel plutôt que d'un point de vue fréquentiel. Dans leur publication, apparaissent pour la première fois, des applications liées à cette nouvelle technique : les communications et les radars

Dans les années 1970-1994, la majorité des travaux vise à améliorer certains sous-systèmes de cette nouvelle technique. A cette époque, on lui donne plusieurs noms: technologie "sans porteuse", ou en "bande de base" ou encore technologie "impulsionnelle".

C'est en 1989 que le terme ultra large bande apparaît dans une publication du ministère de la Défense aux Etats-Unis. Les travaux concernant cette technologie sont effectués, pour la plupart, dans le cadre de programmes confidentiels américains (militaires) [1]

En 1994, la confidentialité des travaux liés à l'ultra large bande est levée: La recherche se développe de façon importante aussi bien dans l'industrie que dans les universités. En 2002, la FCC (Fédéral Communication Commission) [1], l'organisme de régulation des communications américain, réglemente l'Ultra large bande: Elle en donne une définition précise, et définit les niveaux de puissance maximale autorisés (- 41 dBm /MHz pour la bande haute)

En 1998, l'organe de régulation des systèmes de communication des Etats-Unis, la FCC, propose une notification enquête pour inclure les systèmes ULB dans la réglementation section 802.15 qui gouverne les émissions radio libres [1]

En 2002, la FCC réglemente l'ultra large bande : elle en donne une définition précise, et définit les niveaux de puissance maximale autorisés (- 41 dBm /MHz pour la bande haute) .La FCC a attribué finalement 7.5 GHz de spectre dans de la bande [3.1-10.6 GHz] `a l'ULB, et elle a autorisé son utilisation commerciale pour les applications civiles [2].

### I.3 Définition de l'Ultra large bande

La définition de l'Ultra large bande donnée par la FCC en février 2002 est la suivante. Un signal est dit ultra large bande si

- sa bande passante est au minimum de 500 MHz (à -10 dB)
- sa bande passante relative est supérieure à 0.2 :

$$BP_{relative} = 2 \cdot \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} > 0.2 \quad (1)$$

Où  $f_h$  et  $f_l$  désignent respectivement les fréquences limites basses et hautes du spectre de signal, fréquences prises -10dB. Les deux conditions ne sont pas forcément remplies en même temps[2]

### I.4 Comparaison système ULB / Système à bande étroite

Les caractéristiques de la technique ultra à large bande (ULB) diffèrent largement de celles des techniques classiques. En effet, cette technique transmet et reçoit des formes d'onde basées sur des impulsions de très courtes durées (1ns) alors que les techniques

conventionnelles envoient et reçoivent des formes d'onde sinusoïdales étalées dans le temps ayant de ce fait une densité spectrale de puissance beaucoup plus étroite que celle des signaux ULB. [2]

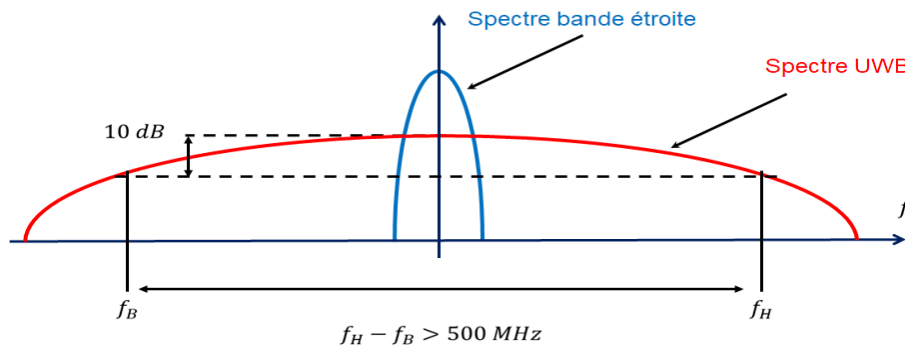


Figure I. 1 : Comparaison en temporel et fréquentiel d'un signal à bande étroite et d'un signal ULB

## I.5 Caractéristiques générales de la technologie ULB

Par rapport aux autres systèmes de transmission classique, l'ultra large bande dispose d'un certain nombre d'avantages remarquables:

### I.5.1 Forte densité d'utilisation potentielle

La technologie UWB peut être intégrée dans de nombreuses applications qui pourraient offrir des avantages au public, aux consommateurs, aux entreprises et aux industries. Elle pourrait par exemple être intégrée dans des applications visant à améliorer la sécurité publique grâce à l'utilisation de dispositifs radar de véhicule anticollisions, de capteurs activant des coussins de sécurité gonflables, de capteurs d'état de la route, de dispositifs de communication de données à haut débit et à courte portée, de dispositifs de repérage, de détecteurs et capteurs de niveau de liquide, de dispositifs de surveillance, de dispositifs de localisation; elle pourrait aussi être utilisée pour remplacer les connexions filaires à haut débit sur de courtes distances. Bien que la plupart des dispositifs UWB fonctionnent à une très faible puissance, le grand nombre d'applications UWB potentielles pourraient conduire à une forte densité d'utilisation de dispositifs UWB dans certains environnements tels que les bureaux et entreprises[3]

### I.5.2 Haut débit de données

Les dispositifs UWB peuvent fonctionner à des niveaux de puissance très faibles et peuvent prendre en charge des applications utilisées par de multiples utilisateurs à de hauts débits (par

exemple les réseaux personnels sans fil à courte portée (WPAN) ayant des débits supérieurs à 100 Mbit/s) [3]

### I.5.3 Sécurité des communications

Les signaux UWB peuvent être plus «voilés» et plus difficiles à détecter que les autres signaux de radiocommunication. C'est parce qu'ils occupent une grande largeur de bande, peuvent être davantage bruités et peuvent assurer une communication avec un code de synchronisation aléatoire unique à un débit de plusieurs millions de bits/s. Chaque bit est en général représenté par un grand nombre d'impulsions de très faible amplitude normalement au-dessous du niveau de bruit. Ces caractéristiques donnent des émissions sécurisées avec une faible probabilité de détection (LPD) et une faible probabilité d'interception (LPI). [3]

### I.5.4 Robustesse des communications

Les dispositifs UWB sont généralement conçus pour présenter un important gain de conditionnement, une des mesures de la robustesse d'un dispositif à l'égard des brouillages. [3]

### I.5.5 Capacité du système de communication

La capacité théorique de tout système de communication, notamment d'un système UWB, peut être calculée à partir de la relation de Shannon:

où:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{\int P_d(f) df}{\int_B N_0 df} \right) \quad (1.1)$$

C: capacité du canal (bit/s)

B: largeur de bande du canal (Hz)

$P_d(f)$ : densité spectrale de puissance du signal (W/Hz (ou dBm/Hz))

$N_0$ : densité spectrale de puissance du bruit (W/Hz (ou dBm/Hz)). [3]

La relation de Shannon montre que la capacité théorique du canal dans un système de communication UWB est très grande en raison de sa largeur de bande, même si sa densité spectrale de puissance est très faible et limitée en amplitude.

### I.5.6 Spectre de puissance UWB

Les signaux UWB produits par une modulation de position d'impulsions de base comprennent de nombreuses crêtes spectrales. L'aléation permet de bruite davantage le signal. La forme de la densité spectrale de puissance d'un signal UWB émis dépend habituellement

du choix de la forme de l'impulsion, de la technique de modulation, de la gigue temporelle et des séquences de codes de pseudo-bruit utilisées pour l'aléation des impulsions UWB. La forme spectrale d'une émission UWB est en outre définie par des éléments tels que les antennes. [3]

#### **I.5.6.1 Nécessité d'une grande largeur de bande**

Les émissions UWB occupent une très grande largeur de bande par rapport aux autres émissions. Une des difficultés à surmonter sera de déterminer les fréquences appropriées et un moyen de mettre en place des applications UWB sans causer de brouillage aux services de radiocommunication. [3]

#### **I.5.6.2 Conformation des impulsions**

La conformation des impulsions permet de contrôler la teneur en fréquence de l'émission UWB, ce qui peut réduire les brouillages causés aux systèmes de radiocommunication. Il est primordial que la forme des impulsions se rapportant aux communications UWB présente une moyenne zéro car une antenne ne peut pas émettre de signaux à une fréquence nulle. Il est possible d'introduire des idées innovantes en matière de forme d'impulsion ainsi que diverses options de modulation dans la conception des systèmes de communication UWB[3]

#### **I.5.6.3 Modulation UWB**

Pour les impulsions UWB, les informations peuvent être codées à l'aide de la modulation des impulsions en position (modulation PPM binaire ou M-aire), de la PAM (modulation PAM binaire ou M-aire), de la modulation de phase binaire de la polarité des impulsions (modulation BPM), de la modulation au moyen d'un doublet constitué d'une impulsion positive suivie d'une impulsion négative ou vice versa, et de la modulation par tout ou rien (OOK). [3]

### **I.6 Conservatoire National des Arts et Métiers**

#### **I.6.1 Problématique Réglementaire ULB**

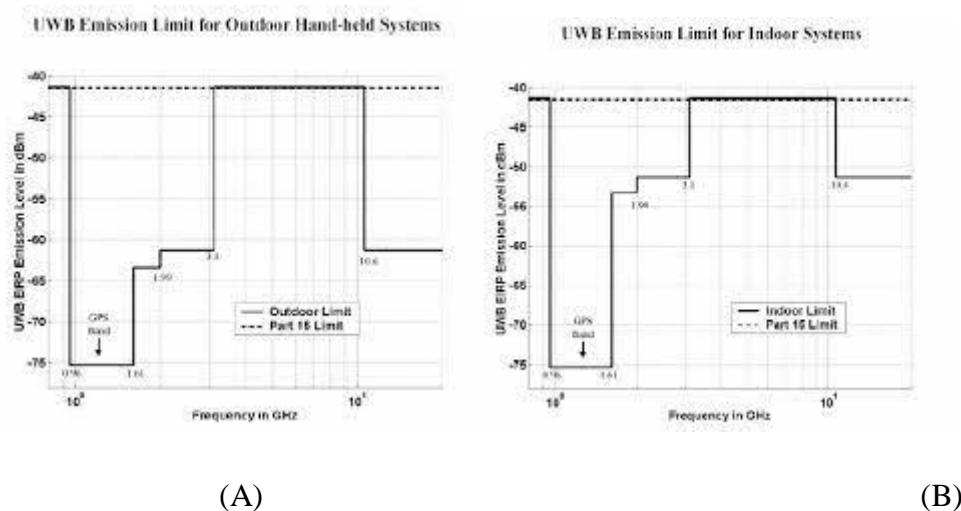
Une des idées maîtresses de l'ULB est de cohabiter dans des bandes de fréquences déjà utilisées par d'autres systèmes de communications. L'avantage est immense, il permet d'éviter de passer par un mécanisme d'allocation de licences pour utiliser des bandes de fréquence, et il permet aussi d'éviter de se retrouver confiné dans les seules bandes dites sans licences (exemple la bande ISM à 2.4 GHz) qui sont des bandes relativement étroites et qui risquent, un jour, de se trouver saturées. Bien entendu l'approche ULB a l'inconvénient majeur de

---

risquer de brouiller des systèmes existants. Dès lors, toute forme d'onde ULB doit "convaincre" ces autres systèmes, qui seront ses futures victimes, que le brouillage du signal ULB sera négligeable et que son niveau se situera en dessous du niveau bruit thermique naturel des équipements concernés. Dès lors on conçoit bien que le compromis réglementaire est absolument crucial pour que l'ULB puisse se développer. [4]

### I.6.2 Réglementation Américaine

La réglementation américaine des systèmes ULB a été définie en février 2002 par la FCC via un premier rapport et ordonnance sur la technologie ULB (First Report and Order on UWB). La FCC a indiqué que les règles définies dans cette loi sont très prudentes, ainsi elle considère que l'ULB ne perturberait pas les autres systèmes radio. Dans cette loi, la FCC a fixé les limites de la bande de fréquences et des puissances autorisées pour un système de communication ULB. Par ces limites, la FCC a tenu à protéger les systèmes de communication existants en proposant la bande de 3.1 GHz à 10.6 GHz afin d'éviter de perturber les services existants sur les bandes inférieures. Et toujours dans le souci de protéger ces services, la FCC a imposé une limite de densité spectrale de puissance très basse qui ne dépasse pas  $-41,3$  dBm/MHz en puissance moyenne et  $0$  dBm/50 MHz en puissance crête. Les figures 1-1(a) et 1-1(b) représentent respectivement les gabarits de puissance définis par cette réglementation lorsque les équipements sont censés fonctionner en intérieur (Indoor) ou en extérieur (Outdoor). [4]



**Figure I. 2: masques spectraux définis par la FCC (A) en Outdoor; (B) en Indoor ;**

La différence principale entre les masques spectraux d'une liaison en intérieur ou en extérieur, présentés respectivement sur les figure 1(a) et 1(b), est le degré de l'atténuation très élevée exigée sur la limite à gauche de la bande utile pour la liaison Outdoor. Ceci est justifié par le souhait de protéger les récepteurs du système mondial de radiorepérage GPS (Global Positioning System) situé dans la bande [0.96-1.61 GHz]. [4]

### I.6.3 Réglementation Européenne

La commission européenne a mandaté le CEPT pour recommander une réglementation de l'ULB en Europe. Ainsi, le groupe de travail TG3 s'est créé en mars 2004 au sein du CEPT afin de se pencher sur cette question. La première proposition de ce groupe de travail a été faite en octobre 2005, elle conserve les principales définitions faites par la FCC. Néanmoins, elle propose des limites de puissance différentes et plus sévères dans la partie basse du spectre par rapport aux gabarits de puissances de la FCC. Les figures 2(a) et 2(b) représentent respectivement les gabarits de puissance proposés par le CEPT en octobre 2005 et février 2006. [4]

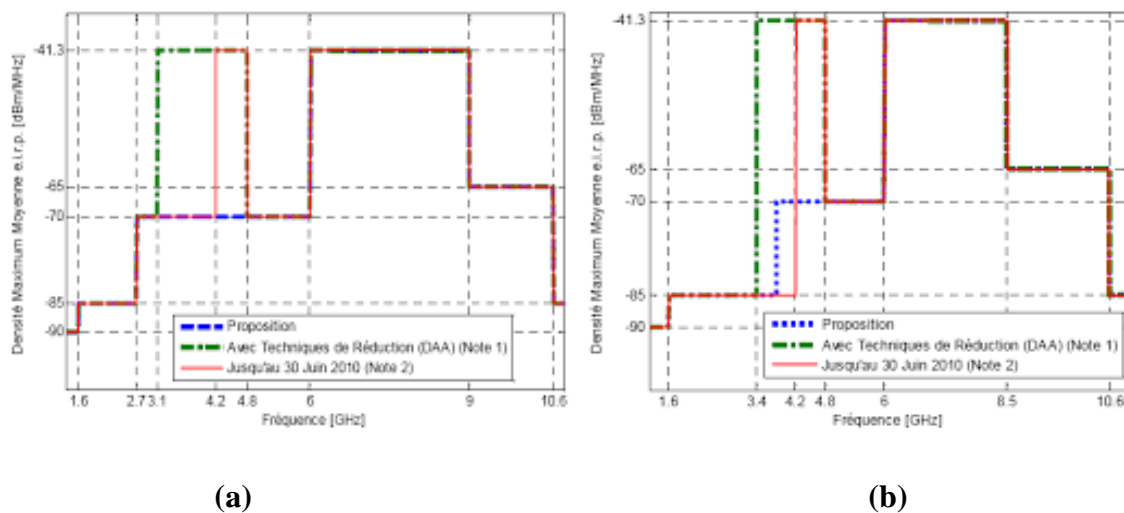


Figure I. 3: Masques spectraux définis par le CEPT (a) Proposition d'octobre 2005 ; (b) Proposition de février 2006

Ces deux masques à eux seuls illustrent bien la problématique de la réglementation de l'ULB en Europe où les niveaux autorisés sont sensiblement plus bas que les niveaux préconisés par la FCC. Les propositions européennes sont contraignantes en terme de protection des services de communication existants. Par rapport à la FCC elles ajoutent 30 dB de protection envers les bandes ISM (Industriel, Scientifique et Médical) centrées autour de 2,45 GHz ainsi qu'envers les bandes autour de 5.8 GHz. Elles n'autorisent

finalement les transmissions ULB à - 41 dBm/MHz que dans la bande [6-9 GHz]. Elles possèdent cependant une certaine flexibilité pour les bandes : [3,1-4,8 GHz] dans la proposition d'octobre 2005 et pour les bandes [3,4- 4,8 GHz] dans celle de février 2006. Ces deux bandes seraient ainsi autorisées avec la valeur FCC de -41 dBm/MHz, à condition de mettre en œuvre des mécanismes d'atténuation efficaces de type détection et évitement (DAA: Detect And Avoid). Enfin les deux propositions autorisent transitoirement l'utilisation de la bande [4,2-4,8 GHz] jusqu'au 30 juin 2010 sans recourir à ces techniques d'atténuation [4]

#### I.6.4 Panorama de cohabitation

Comme il vient d'être précisé l'ULB doit coexister avec d'autres systèmes de communications sans être la source de perturbation ou d'interférence pour ces systèmes. Quelques uns de ces systèmes sont illustrés sur la figure 3 :

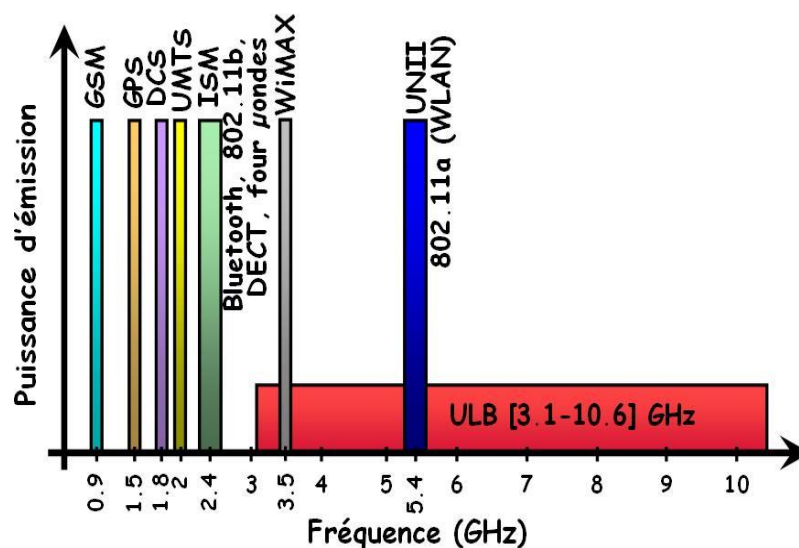


Figure I. 4: Les différents systèmes coexistant avec l'ULB

#### I.6.5 Système ultra large bande (ULB)

Le système ultra large bande (ULB) possède de nombreux avantages tel que : la saturation du spectre de fréquence, moins couteux, la simplicité de système haut débits grâce à ces avantages, ULB est très utilisé pour de nombreuses applications. L'ultra large bande, en comparaison à des systèmes classique ou à bande étroite, emploie une grande largeur de bande pour transmettre l'information. La puissance utilisée sur la bande entière est beaucoup plus petite que la puissance employée par les systèmes à bande étroite, très faible interférence lors de la transmission due aux

mêmes niveaux de transmission de signale par rapport a celui de bruit des systèmes en utilisant le même spectre, et permettant ainsi de partager le spectre et l'espace avec d'autres technologies établies.

En 2002 la FCC autorise la bande de fréquence entre 3,1 et 10,6 GHz pour la transmission ultra large bande non licenciée. La puissance rayonnée isotrope efficace (EIRP) devrait être inférieure à -41,3 dBm à l'intérieur de la bande de fréquence. L'utilisation de plusieurs sous bandes et l'envoi des impulsions très courtes ayant la largeur de bande désirée permettaient la découverte de la bande ultra large. [5]

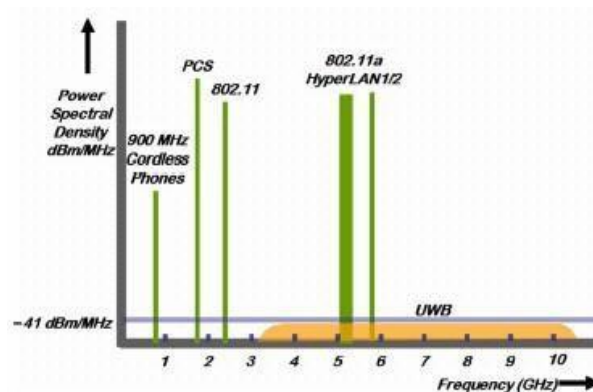


Figure I. 5: Fréquences pour l'ULB et d'autres systèmes existants sans fils.

### I.6.6 Systèmes ULB multi bande (MB-OFDM)

L'OFDM (Orthogonal Fréquence Division Multiplexions) multi band (MB-OFDM) consiste à diviser le spectre en cinq groupes avec trois bandes chacun, et le 5<sup>ème</sup> avec juste deux bandes conformément à l'utilisation dans les régulateurs de normalisation internationale.

Pour transmettre l'information, OFDM distribue les données sur un grand nombre de porteurs qui sont espacés par des fréquences précises. Cette méthode avait été largement étudiée et elle a été mise en œuvre par plusieurs compagnies. [5]

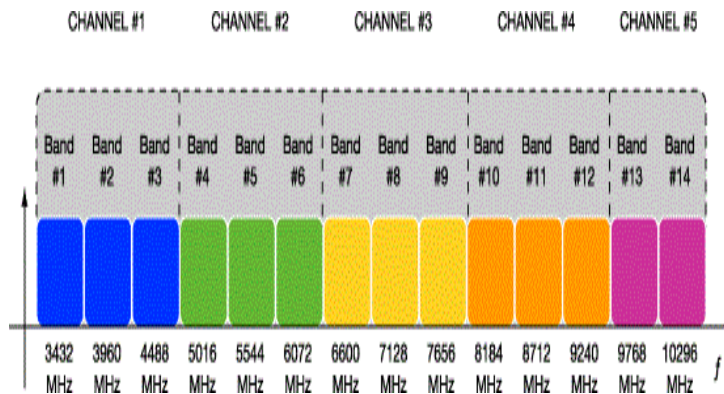


Figure I. 6: Spectre de fréquence de l'OFDM

### I.6.7 Systèmes ULB impulsions (IR-ULB)

Ce type d'ULB nommé par Impulse Radio ULB (IR-ULB) consiste à envoyer des impulsions ou un groupe d'impulsions très courtes en temps représentant un bit du signal codé. Afin de couvrir les spécifications exigées par la FCC, les impulsions devraient être au moins 2 ns de large ( $BW = 500$  MHz) et de faibles amplitudes (puissance transmise faible). [6]

Cette exigence rend les entreprises spécialisées dans ce domaine moins intéressantes sur cette technologie, mais elle est très intéressante pour les chercheurs universitaires ou pour les développeurs de domaines.

## I.7 Quelques Applications De 'ULB

La technologie ULB est présentée comme une solution très intéressante et innovatrice pour un grand nombre d'applications qui sont généralement classées en trois catégories : la détection, la géo localisation et les communications sans fil. Cette dernière demande un très haut débit à courte portée, alors que les deux premiers ne nécessitent pas un gros débit d'information. Les possibilités de l'utilisation commerciales sont présentées sur la Figure I- 7.

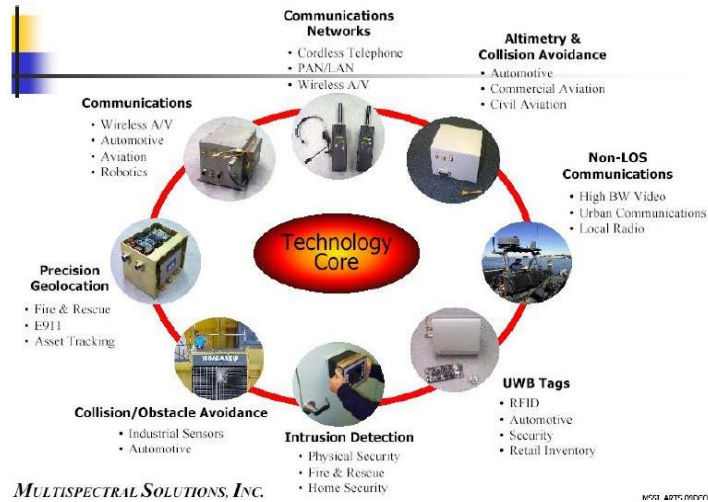


Figure I. 7: Utilisations commerciales de l'ULB.

### I.7.1 ULB Pour la Communication

L'UWB pourrait être utilisé en tant que technique de communication sans fil, qui fournirait des taux de transfert réseaux très élevés sur des distances relativement courtes et à faible puissance. Bien que la vitesse de communication décroisse rapidement en fonction de la distance, l'UWB pourrait être capable de remplacer les systèmes filaires actuels.

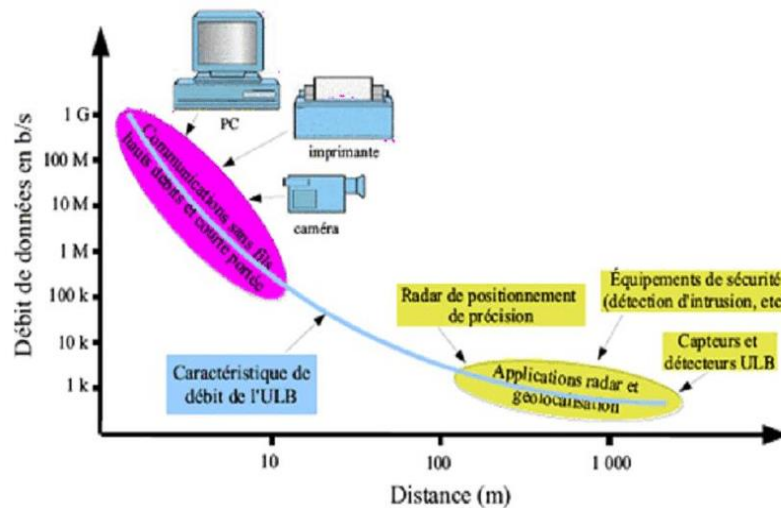


Figure I. 8: Applications du système ULB

Les différentes applications de Ultra Large Bande

Les bandes de fréquences pour ces applications sont [7] :

- Bande de fréquence  $< 1$  GHz : radar GPR
- Bande [1.99–10.6] GHz : Applications médicales (imagerie).
- Bande [3.1–10.6] GHz : Système de communications sans fil et applications liées à la localisation.
- Bande de fréquences : 24 GHz– 77 GHz : applications liées aux véhicules.

### I.7.2 Localisation UWB

La localisation d'objets à l'intérieur d'installations fermées est devenue une exigence commune. Un exemple pourrait être le suivi de personnes dans des bureaux ou le positionnement de véhicules guidés automatisés dans des environnements industriels. Être capable d'effectuer cela de manière précise peut ouvrir une gamme de nouvelles possibilités pour des applications plus avancées. Une des technologies qui peut être considérée dans ce contexte est UWB. En raison de sa grande bande passante de signal et de sa courte durée dans le domaine temporel, UWB semble être le candidat idéal pour des mesures précises de distance et de localisation. Dans cette section, plusieurs aspects du positionnement UWB seront traités. Pour la localisation d'une unité mobile (MU), plusieurs stations de base (BS) à des positions bien connues sont requises. Selon le concept du système, le MU peut être l'émetteur (Tx) ou le récepteur (Rx)



Figure I. 9: Application d'ULB liées à la géolocalisation.

### I.7.3 Détection

Cette catégorie d'application comprend la pénétration du sol (GPR), d'imagerie de l'intérieur des murs, d'imagerie médicale (figure 1.5) et d'imagerie de surveillance avec la fiabilité pour la mesure exacte de distance. Pour ces applications, la transmission se fait

par des impulsions très rapides et très courte durée, car la résolution des systèmes est proportionnelle à la largeur de l'impulsion [7]

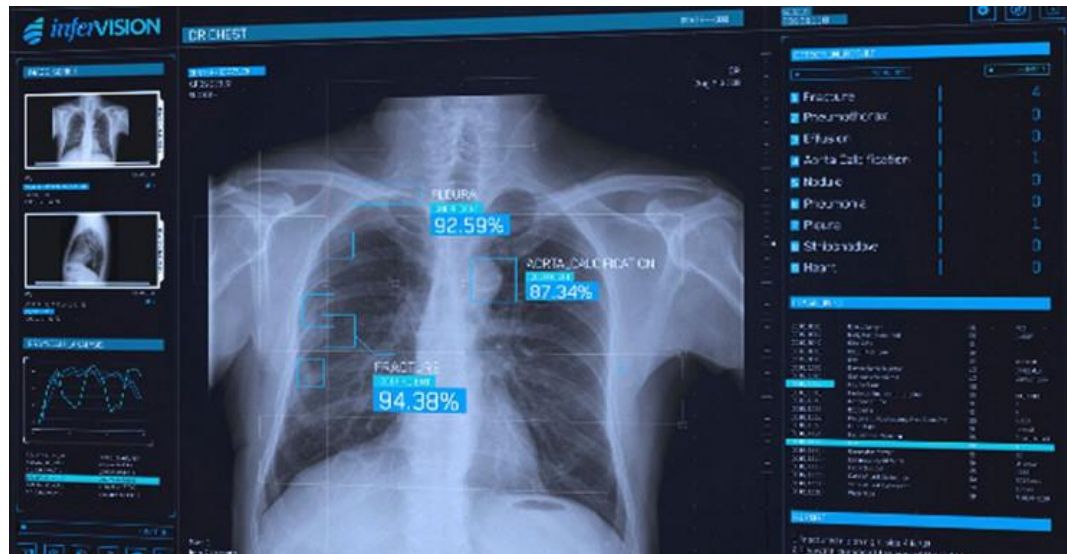


Figure I. 10: Applications d'imagerie médicale.

Les impulsions électromagnétiques ULB peuvent pénétrer à travers le corps humain et par conséquent elles peuvent être employées pour la formation d'image médicale. Le corps et le tissu de masse différente ont des indices de réflexions différents. Les signaux ULB étant des impulsions de courte durée, peuvent facilement exploiter la différence dans des indices de réflexion pour donner une image plus claire des organes, y compris des mouvements. Plusieurs organes peuvent être sondés par l'ULB tels que : les cordes vocales, les vaisseaux sanguins, les intestins, le cœur, les poumons, la poitrine, la vessie et le fœtus.

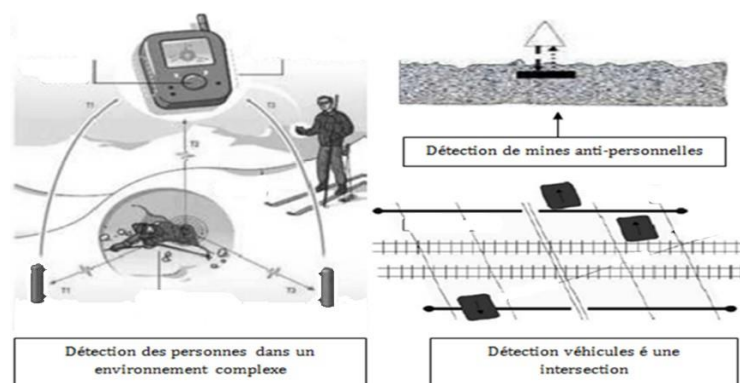


Figure I. 11: Application d'ULB liées au rada

### **I.7.4 Systèmes de communication**

L'ULB est utilisée dans de nombreuses applications dans le domaine des communications sans fil tels que : la connexion entre les différents composants de système multimédia, dans les systèmes embarqués en automobiles, en robotique. Ce système est aussi utilisé pour la conception des réseaux sans fil publiques ou privés dans les immeubles à bureaux, les salles de réunion et de conférence et les endroits publics (par exemple les aéroports ou les centres commerciaux) [8]. Ses hautes capacités de débit en font également une excellente concurrente pour les réseaux personnels sans fil (WPAN), locaux (WLAN), ainsi que pour les équipements de téléphonie sans fil.

## **I.8 Avantages et Inconvénients de l'ULB**

### **I.8.1 Avantages**

- Débit important pour un WLAN.
- Bonne capacité de pénétration dans les murs et obstacles.
- Précision temporelle élevée.
- Possibilité d'une architecture commune pour les applications de communications, de localisation et de radar.
- Réduction des évanouissements causés par les trajets multiples.
- Consommation électrique maîtrisable [9].

### **I.8.1 Inconvénients**

- Possibilité d'interférence : l'inconvénient principal de l'ULB se base sur un fait disant qu'elle interfère avec certains standards tels que le GPS à cause de la bande de fréquence 3.1 GHz et 10.6 GHz.
- La limite de la portée : à cause de la faible densité spectrale, la portée du signal ULB se limite à quelques dizaines de mètres [10].

## **1.9 Les Types d'antennes ULB**

Les antennes ULB sont classées selon certaines propriétés : particularités géométriques ou spécificité du diagramme de rayonnement (antenne omnidirectionnelle ou directive). Toutes ces antennes possèdent des caractéristiques d'adaptation sur de très larges bandes de fréquences. Les antennes ULB peuvent être réparties en plusieurs classes [7].

- Les antennes indépendantes de la fréquence.
- Les antennes élémentaires.
- Les antennes auto-complémentaires.
- Les antennes cornets.
- Les antennes à transition progressive.
- Les antennes papillons (bow-tie).
- Les antennes monopoles planes.

## CONCLUSION

Grâce à sa simplicité, l'efficacité, le faible coût et la rapidité de mise en service, la technologie ULB gagne de plus en plus le terrain d'utilisation dans divers domaines.

Les restrictions rigoureuses sur la puissance transmise (inférieurs à 0.5mW maximum) ont sensiblement limité le domaine d'applications des ULB aux applications à débit élevé et de courte portée ou à faible débit et de longue portée.

L'ULB consiste un véritable système pour développer les réseaux WPAN (les communications courte portée et de débit élevé; les applications multimédia et le remplacement de câbles). Pour cela les recherches sont toujours en cours pour développer et exploiter totalement les avantages du système ULB.

# Chapitre 2

## Généralités sur les antennes imprimées

## II.1 Introduction

De nos jours, l'industrie des télécommunications porte un grand intérêt à la miniaturisation des circuits et composants électroniques. En ce qui concerne les objets communicants cet effort se concentre notamment sur l'antenne qui est généralement l'un des éléments les plus encombrants du système. Les terminaux actuels doivent ainsi être capables de fonctionner dans les trois bande traditionnelle utilisées en téléphonie mobile (GSM 900 ; DCS1800 ; PCS1900).

Les systèmes micro-ondes à structure micro-ruban ont été à l'origine du développement des antennes imprimées qui sont les plus souvent utilisées en réseaux afin d'améliorer leur performances et de permettre la réalisation des fonctions très particulières.

Le concept des antennes imprimées (antennes micro-ruban aussi connues sous l'appellation anglaise patch antenna) est apparu dans les années 1950. Le véritable développement ne s'est fait que dans les années 1970, en faisant apparaître les premières réalisations qui seront essentiellement réservées à des applications militaires [26] [27].

La technologie actuelle qui vise de plus en plus la miniaturisation des composants a permis de mettre en évidence l'importance et l'utilité des antennes imprimées dans la radiocommunication.

Dans ce chapitre nous présentons en premier lieu la description de la structure simplifiée des antennes imprimées (antennes patch), leurs avantages et limitations, leurs caractéristiques, en suite on se penche sur les différents types d'alimentation et les méthodes d'analyse de ces antennes et on clôture le chapitre par bref aperçu de leurs domaines d'application.

## II.2 Historique

L'idée d'un élément rayonnant à micro-ruban date de 1950. Il a été proposé par Des champs. Quelques années plus tard en France Gutton et Baissinot ont breveté une antenne à base micro-ruban, à cause du manque des bons substrats la recherche a stagné pour une période de 15 ans. Mais le besoin d'une antenne mince pour l'industrie militaire et spatiale a réanimé le développement des antennes imprimées au début des années 1970. La structure planaire qui est constituée d'une plaque conductrice gravée sur un substrat diélectrique qui repose sur un plan de masse a été décrite par Byron, un peu plus tard Munson a réalisé la première antenne micro-ruban. En 1979 un colloque sur les antennes tenu au Mexique lance un intérêt international pour les antennes micro-ruban, plusieurs articles ont été proposés dans

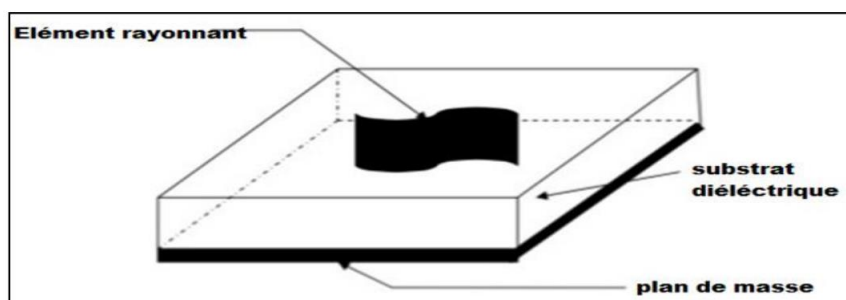
cette réunion. L'un des premiers livres qui définit les caractéristiques des antennes microruban a été écrit par Bahl et Bhartia. [36][37][38][23]

### II.3 Description d'une antenne imprimée ou "patch"

Une antenne à éléments rayonnants imprimés « figure II-1 », communément appelée antenne patch est une ligne micro-ruban (microstrip) de forme particulière. Elle effectue ainsi deux fonctions fondamentales qui définissent le principe d'antenne de manière générale, il s'agit bien du rayonnement (émission) et de la réception d'une onde électromagnétique. Elle se compose de :

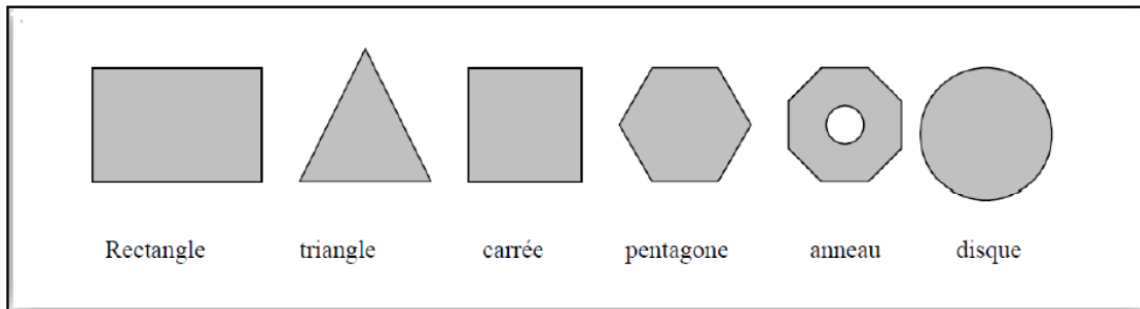
- **Le plan de masse (ground plane)** est une surface conductrice (cuivre) recouvrant la partie inférieure du substrat. Elle permet de faire rayonner la partie supérieure
- **Un substrat diélectrique (dielectric substrate)** composé d'un matériau isolant, d'épaisseur généralement faible devant la longueur d'onde et de permittivité relative ( $2,2 < \epsilon_r < 12$ ) Il est utilisé pour augmenter la puissance rayonnée par l'antenne et réduire les pertes par effet de joule et améliorer la bande passante de l'antenne. Parfois, il est préférable d'utiliser des substrats diélectriques d'épaisseur importante et de faible permittivité pour avoir une grande efficacité et une large bande passante.
- **L'élément rayonnant (patch)** est une partie métallique de forme et de taille à définir selon l'application, à géométrie variable (circulaire, rectangulaire, triangulaire ...etc.). Il doit être relié au reste du circuit par une ligne de transmission (micro-ruban) qui doit être adaptée d'impédance à l'antenne et au reste du circuit afin d'éviter le phénomène de réflexion. Dans la pratique, le rectangle et le disque représentent les formes de l'élément rayonnant les plus utilisées.

Il est constitué d'une partie conductrice qui va rayonner. La forme et les dimensions conditionnent la fréquence de fonctionnement de l'antenne. [22]



**FigureII. 1:** structure d'une antenne imprimée.

L'élément rayonnant de l'antenne patch peut prendre plusieurs formes qui peuvent être rectangulaire, carrée circulaire ou simplement un dipôle de dimension d'ordre de demi longueur d'onde ( $\lambda/2$ ). Les formes suivantes « Figure II-2 » sont les plus courantes car elles présentent une grande facilité d'analyse et de fabrication, mais également un diagramme de rayonnement très intéressant.



**FigureII. 2:** différentes formes d'élément rayonnant.

Parmi toutes les formes des éléments rayonnants, le rectangle est le plus facile à appréhender pour la compréhension des mécanismes de rayonnement des antennes patch.

Les antennes imprimées possèdent comme on a déjà souligné une facilité d'intégration et elles sont largement utilisées, leur applications couvrent un large domaine de fréquences (100 MHz à 100 GHz), elles ont beaucoup d'avantages parmi eux :

- Faible poids, masse, épaisseur, et volume.
- Possibilité d'être intégrées dans des appareils électroniques transportable.
- Faible cout et facilité de fabrication.
- Capables d'émettre à deux ou trois fréquences.
- Simples, robustes, et moins encombrantes et adaptables aux surfaces planes et non planes. [23] [24]

Néanmoins ces antennes présentent des limitations à savoir :

- Faible rendement, puissance d'émission (<100W) et un faible gain (6 dB).
- Facteur de qualité Q trop élevé (50 jusqu'à 75) et bande passante étroite (de 1 à 5 %).
- Faible pureté de polarisation.
- Pertes de rayonnement par onde de surfaces dans le substrat diélectrique.

Donc la conception des antennes doit répondre à des compromis en termes de performance et de complexité de réalisation. [25]

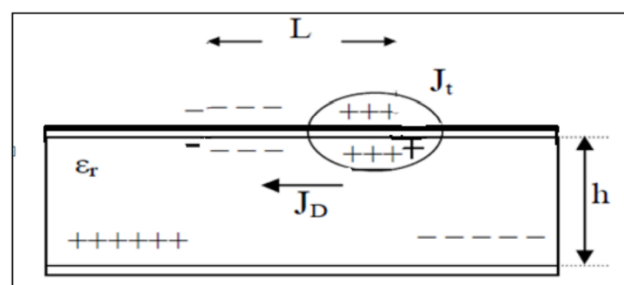
Les antennes patch ont un facteur de qualité (Q) très élevé. Q représente les pertes lié à l'antenne et un grand facteur de qualité mène à une largeur de bande étroite et un faible rendement. Le facteur de qualité peut être réduit en augmentant l'épaisseur du substrat diélectrique. [28]

## II.4 Les caractéristiques des antennes "patch"

### II.4.1 Mécanisme de rayonnement d'un "patch"

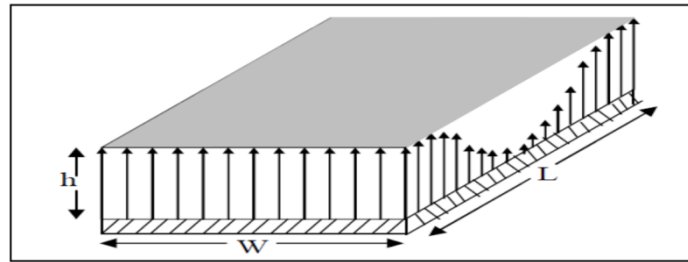
Le mécanisme de rayonnement d'une antenne patch s'effectue à partir de sa forme géométrique. Lorsqu'on excite la ligne d'alimentation avec une source RF, une onde électromagnétique va se propager sur cette ligne, puis attaque l'élément rayonnant (de largeur plus grande que la ligne, donc plus apte à rayonner). Une distribution de charge « figure II3 » va se s'établir à l'interface substrat /plan de masse, sur et sous l'élément rayonnant, et crée un champ électrique vertical « figure II-4 » entre le patch et le plan de masse ce qui va provoquer :

- Une inversion des phases des composantes verticales du champ électrique sur la longueur de l'antenne.
- Contrairement à précédemment, des rayonnements qui sont en phase dans le plan de l'antenne et dus aux composantes horizontales des lignes de champ qui entoure l'élément imprimé.
- Une modélisation de l'antenne patch par une cavité à 4 murs magnétiques (bords de la cavité) et 2 murs électriques (formés par les métallisations).



**FigureII. 3:** distribution de charge et de densité de courant.

Avec : JD courant de déplacement ; Jt Courant de surface.



**FigureII. 4:** distribution du champ électrique vertical.

#### II.4.2 Polarisation de l'antenne "patch"

La polarisation d'une antenne est déterminée par celle de l'onde radiée dans une direction donnée, elle est identique à la direction du champ électrique c'est-à-dire à celle des brins rayonnant de l'antenne. Si le plan E (électrique) est parallèle au vecteur E de l'onde émise, on parle de polarisation verticale si le plan E est perpendiculaire au sol, s'il est parallèle au sol on parle de polarisation horizontale. Aussi le vecteur du champ électrique instantané trace dans le temps une figure, la figure est généralement une ellipse. Si le chemin du vecteur de champ électrique suit une ligne l'antenne est dite linéairement polarisée. Si le vecteur de champ électrique tourne selon un cercle on dit a polarisation circulaire. [29]

#### II.4.3 Bande passante de l'antenne "patch"

La bande passante d'une antenne patch est définie comme la gamme de fréquence pour laquelle le patch est adapté a sa ligne d'alimentation, elle est relativement faible. Pour accroître la bande passante il est possible d'augmenter l'épaisseur du substrat. Elle est donnée par la relation :

$$BP (\%) = [(f_{r2} - f_{r1}) / f_r] \cdot 100 \quad (2.1)$$

Avec  $f_r$  la fréquence à la résonance,  $f_{r1}$  et  $f_{r2}$  les deux fréquences minimale et maximale.

D'autres paramètres sont considérées pour la caractérisation des antennes imprimées comme la directivité qui caractérise la concentration du rayonnement dans une direction donnée, le coefficient de réflexion ( $S_{11}$ ) sur ce que l'on se base lors de l'optimisation, ou bien encor le gin, l'impédance d'entrée et le rendement.

#### II.5 Alimentation des antennes "patch"

L'excitation est un point très important en étudiant des antennes imprimées. En effet, l'énergie est fournie à l'élément rayonnant d'une manière où on peut influencer directement sur son rayonnement et modifier ses performances. L'alimentation de l'antenne dépend de la

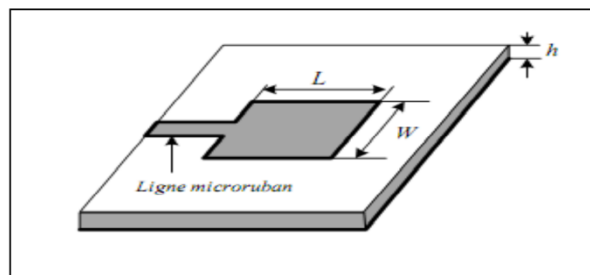
manière dont l'antenne est intégrée dans le dispositif. Alimentation par contact (par sonde ou ligne micro-ruban).

Les méthodes d'alimentation des antennes plaques peuvent être classées en deux catégories :

- Les alimentations par contact (par sonde ou ligne micro ruban).
- Les alimentations par proximité (couplage électromagnétique par ligne ou fente).

### II.5.1 Alimentation par ligne micro-ruban

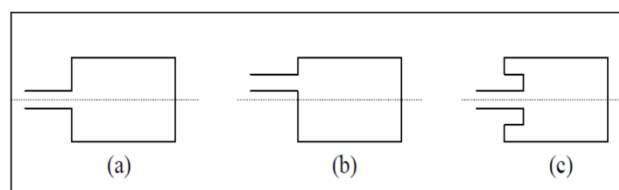
L'alimentation peut se faire par connexion directe avec une ligne micro-ruban « figure II-5 », (généralement de  $50\Omega$ ), [30] c'est-à-dire en reliant cette ligne au patch rayonnant tel que la largeur de la ligne est petite par rapport à celle du patch rayonnant. Ce genre d'alimentation a l'avantage qu'elle peut être gravée sur le même substrat pour fournir une structure plane ; Il existe cependant un inconvénient dans ce type d'alimentation vu qu'elle génère un rayonnement parasite. Cette technique est facile à réaliser, simple à modéliser et facilite l'adaptation d'impédance.



**FigureII. 5:** alimentation par ligne micro-ruban.

On trouve trois cas illustrés sur la figure (II-6) :

- Le point de jonction est sur l'axe de symétrie de l'élément (a).
- Le point de jonction est décalé par rapport à cet axe et cela permet une meilleure adaptation d'impédance (b).
- Alimentation axiale avec une encoche (c).



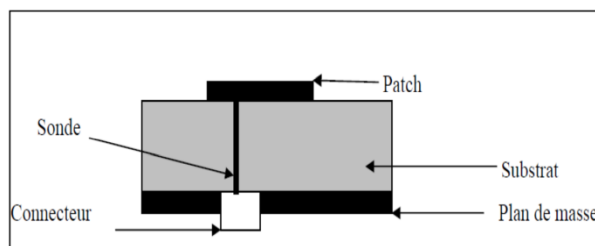
**FigureII. 6:** alimentation par ligne micro-ruban (a) axiale (b) décalée (c) axiale avec encoche

Dont le premier (a) et deuxième (b) cas permettent une meilleure adaptation d'impédance et l'alimentation axiale avec encoche donne de bons résultats concernant l'adaptation, elle est très utilisée dans les réseaux d'antennes imprimées.

### II.5.2 Alimentation coaxiale

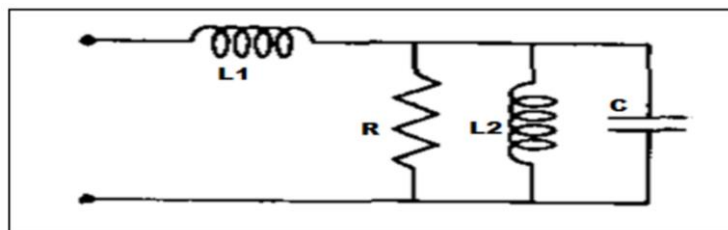
Dans ce cas l'élément rayonnant est connecté au conducteur intérieur du connecteur coaxial traversant le diélectrique, tandis que le conducteur externe est soudé directement au plan de masse « Figure II-7 ».

L'avantage principal de ce type d'alimentation est qu'elle peut être appliquée à n'importe quel endroit désiré du patch afin d'assurer l'adaptation d'impédance, cependant cette méthode présente des inconvénients au niveau du diagramme du rayonnement. En effet, la connexion génère un pic de courant localisé au niveau de l'élément rayonnant qui peut induire une dissymétrie dans le diagramme du rayonnement, de plus des pertes apparaissent avec les perçages du plan de masse ainsi que de l'élément plaqué. [31]



**FigureII. 7:** alimentation coaxiale.

Le circuit équivalent, des deux types d'alimentation, est formé d'un réseau parallèle RLC qui représente la pièce métallique (patch) rayonnante résonnante et un inducteur série représentant l'inductance de la sonde coaxiale d'alimentation ou de la ligne d'alimentation micro-ruban « Figure II-8 ». [43]



**FigureII. 8:** le circuit équivalent d'une antenne patch.

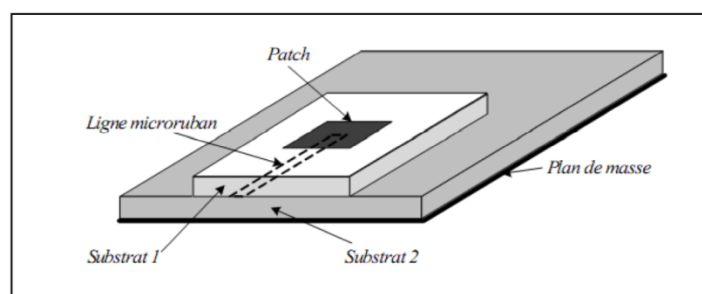
De telles méthodes d'alimentation entrant en contact direct, ont l'avantage de la simplicité, mais elles ont également plusieurs inconvénients. L'augmentation, par exemple, de l'épaisseur du substrat dans le but d'augmenter la largeur de la bande passante, mène à une augmentation des faux rayonnements d'alimentation et une augmentation de la puissance d'onde surfacique [32]. Pour ces raisons et d'autres, de telles antennes sont ainsi limitées dans la largeur de bande. Ces deux méthodes d'alimentation offrent essentiellement un degré de liberté dans la conception par le choix de positionnement du point d'alimentation afin d'ajuster le niveau d'impédance d'entrée.

Ces dernières années, une variété d'alimentations sans contact direct ont été développées pour les antennes micro-rubans, d'où la nécessité de détailler deux de ces types:

### II.5.3 Alimentation couplée par proximité

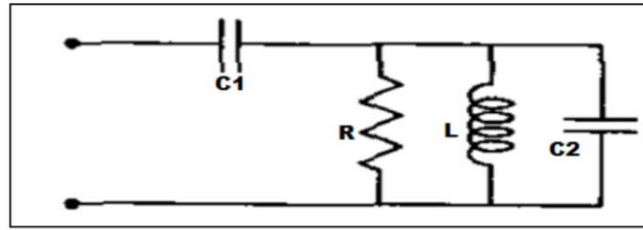
Ce type d'alimentation est représenté sur la « figure II-9 », deux substrats diélectriques sont employés tels que la ligne d'alimentation est entre les deux substrats et le patch de rayonnement est sur le substrat supérieur.

L'avantage principal de cette technique d'alimentation est l'élimination du rayonnement parasite et l'obtention d'une bande passante plus large et cela par l'augmentation globale de l'épaisseur de l'antenne, la distance entre la ligne d'alimentation et le patch peut être utilisé pour adapter l'impédance de l'antenne. Parmi les inconvénients de cette méthode d'alimentation nous citons la difficulté de fabrication à cause des deux couches diélectriques nécessitant un alignement approprié, ainsi que la difficulté d'intégration de dispositifs actifs. L'adaptation est réalisée en contrôlant la longueur de la ligne d'alimentation.



**FigureII. 9** : alimentation couplée par proximité.

La nature capacitive de cette méthode d'accouplement est reflétée dans le fait que le circuit équivalent, montré dans « la figure II-10 » à un condensateur en série avec le résonateur parallèle RLC qui représente le patch. [43] [44]



**Figure II.10:** circuit équivalent d'un patch alimenté par proximité.

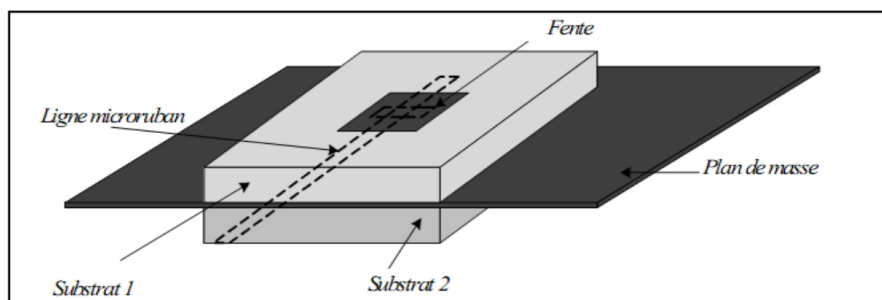
#### II.5.4 Alimentation couplée par ouverture

Dans ce type d'alimentation illustré dans la « figure II-11 » la pièce rayonnante et la ligne d'alimentation sont séparées par le plan de masse, L'élément rayonnant est gravé sur le sommet du substrat d'antenne (substrat 1), et la ligne d'alimentation est gravée sur le fond (bas) du substrat d'alimentation (substrat 2). Le couplage entre le patch et la ligne d'alimentation est donc assuré par une fente (ouverture) dans le plan de masse, centrée sous le patch.

Généralement, un matériau ayant une constante diélectrique élevée est employé pour le substrat inférieur, alors qu'un matériau épais ayant une constante diélectrique faible est employé pour le substrat supérieur afin d'optimiser le rayonnement du patch [26].

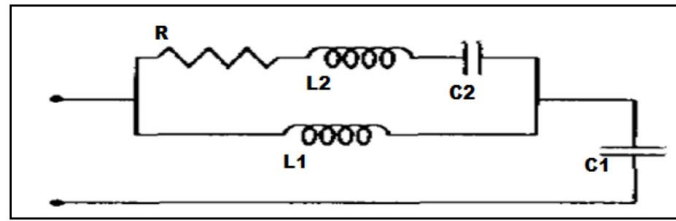
L'avantage principal de cette technique est la réduction des rayonnements indésirables qui est due à la séparation entre le patch et la ligne d'alimentation par le plan

de masse. Cependant son l'inconvénient majeur est qu'elle présente des difficultés au niveau de la fabrication en raison des couches multiples et fournit aussi une largeur de bande étroite.



**FigureII. 10:** alimentation couplée par ouverture.

Le circuit équivalent d'une antenne couplée par ouverture est représenté par la « figure II- 12 » suivante [43]:



**Figure II.12:** circuit équivalent d'une antenne couplée par ouverture.

## II.6 Méthodes d'analyse

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'analyse des antennes imprimées. Elles peuvent être classées dans une des deux catégories : méthodes analytiques (approximatives) et méthodes numériques (rigoureuses). [39]

Les méthodes approximatives sont basées sur des hypothèses simplificatrices donc elles ont des limitations et elles fournissent des solutions moins précises, elles sont généralement utilisées pour la modélisation des antennes à élément unique à cause de la difficulté rencontrée dans la modélisation du couplage entre les différents éléments. Cependant elles offrent un bon aperçu physique avec un temps de calcul généralement très petit. [40]

Les méthodes numériques dites aussi rigoureuses tiennent compte de tous les mécanismes importants de l'onde et s'appuient énormément sur l'utilisation d'algorithmes numériques efficaces. Ces méthodes sont plus précises elles peuvent être employées pour des modélisations d'une variété d'antennes y compris les antennes réseaux et elles ont tendance à être plus complexes et fournissent moins d'aperçu physique. Souvent elles nécessitent plus de calculs donc un temps de calculs plus élevé. [40]

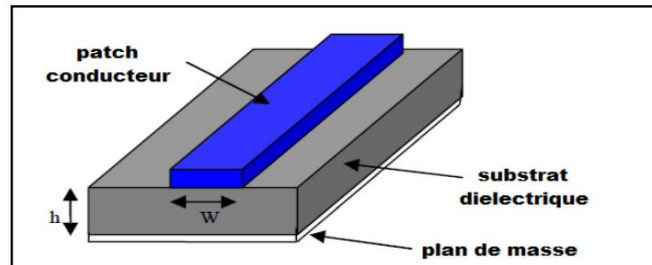
### II.6.1 Méthodes analytiques (approximatives)

Ces méthodes sont basées sur la distribution du courant magnétique du patch, les principes de cette catégorie sont le modèle de la ligne de transmission et le modèle de la cavité.

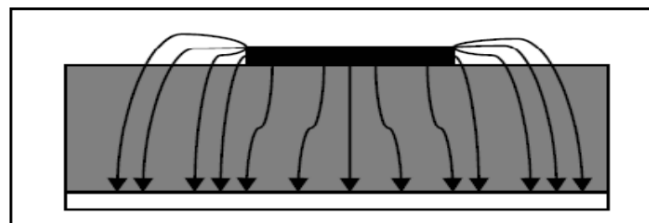
### II.6.2 Modèle de la ligne de transmission

Le traitement théorique basé sur le modèle de la ligne de transmission (MLT) était le premier et le plus simple modèle utilisé pour l'analyse et la synthèse des antennes microrubans. Dans ce modèle l'élément rayonnant est vu comme un prolongement d'une ligne de transmission, ce modèle est utilisé pour les antennes Patch rectangulaires [34] [35]. La « figure II-13 » représente l'antenne patch rectangulaire par deux fentes de largeur « W »

et de hauteur « h » séparée par une ligne de transmission de longueur « L ». le micro-ruban est essentiellement une ligne non homogène de deux diélectriques, généralement le substrat et l'air.



**FigureII. 11:** ligne micro-ruban.



**FigureII. 12:** lignes de champ électrique.

A partir de la « figure II-14 » on voit que la plupart des lignes de champ électrique résident dans le substrat et dans quelque partie de l'air.

Par la suite cette ligne de transmission ne peut pas soutenir le mode de transmission TEM étant donné que les vitesses de phase seraient différentes dans l'air et le substrat

Au lieu de cela le mode de transmission dominant serait le mode quasi-TEM. Par conséquent une constante diélectrique efficace ( $\epsilon_{reff}$ ) doit être obtenue afin d'expliquer la propagation des ondes frangeantes dans la ligne

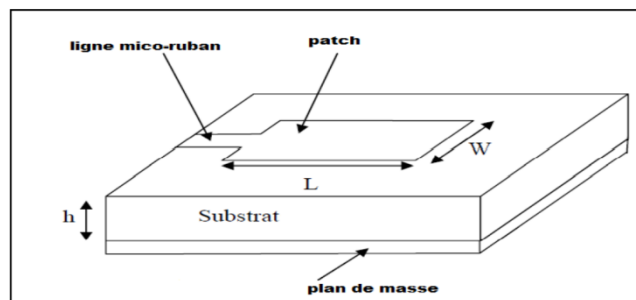
La valeur de ( $\epsilon_{reff}$ ) est légèrement inférieur de ( $\epsilon_r$ ) par ce que les champs frangeants (marginaux) autour de la périphérie de l'élément rayonnant ne sont pas confinés dans le substrat diélectrique mais sont aussi étendus dans l'air. « Figure II-14 »

L'expression de ( $\epsilon_{reff}$ ) est donnée par : [26]

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (II.2)$$

- $\epsilon_{reff}$  constante diélectrique efficace.
- $\epsilon_r$  constante diélectrique du substrat.
- $h$  hauteur du substrat. et  $w$  largeur du patch.

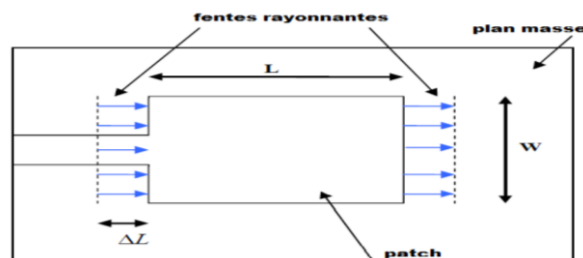
Considérant la « figure II-15 » qui montre une antenne patch rectangulaire de longueur «  $L$  » et de largeur «  $W$  » reposant sur un substrat de hauteur «  $h$  ». L'axe de coordonnées est choisit de telle sorte que la longueur est dans la direction X, la largeur est dans la direction Y et la hauteur est dans la direction Z.



**Figure II. 13:** antenne patch rectangulaire

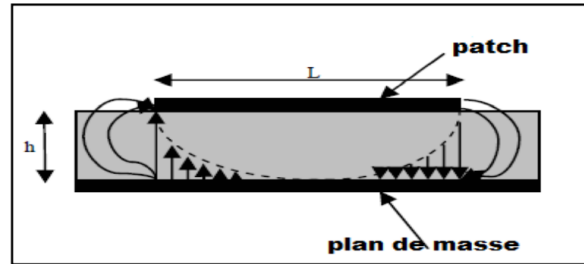
Pour faire fonctionner en mode fondamental  $TM_{10}$ , la longueur du patch doit être légèrement inférieure à  $\lambda/2$  ou  $\lambda$  est la longueur d'onde dans le milieu diélectrique qui est égale à  $\lambda_0/\sqrt{\epsilon_{reff}}$ . Ou  $\lambda_0$  est la longueur d'onde dans l'espace libre.

Le mode  $TM_{10}$  implique que le champ varie au moins de  $\lambda/2$  le long de la longueur et il n'ya aucune variation sur toute la largeur du patch. La « figure II-16 » représente une antenne patch rectangulaire en deux fentes séparées par une ligne de transmission de longueur «  $L$  » et en circuit ouvert pour les deux autres extrémités. Toute au long de la largeur du patch la tension est maximal et le courant est minimal due aux extrémités ouvertes. Les champs aux bords peuvent être résolus en composantes normales et tangentiels par rapport au plan de masse.



**Figure II. 14:** vue du haut de l'antenne.

Comme il le montre « la figure II-17 » les composante du champ électrique aux deux extrémités sur toute la largeur sont dans des directions opposées et donc sont déphasées puisque le patch est de  $\lambda/2$  de largeur et donc qu'ils s'annulent l'un de l'autre dans les extrémités. Les composantes tangentiels, « figure II-17 » sont en phase, signifient que les champs résultants se combinent pour donner le maximum de champ normal rayonné à la surface de la structure.



**FigureII. 157:** vue latérale de l'antenne.

D'où sur toute la largeur, les extrémités peuvent être représentées par deux fentes rayonnantes, qui sont en phase de  $\lambda/2$  et rayonnants dans le demi-espace au dessus du plan de masse. Alors électriquement le patch de l'antenne micro-ruban apparaisse plus grand que ses dimensions physiques. Les dimensions du patch sur toute sa longueur sont étendues à chaque extrémité par une distance  $\Delta L$  qui est donnée empiriquement par [42] :

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left( \frac{w}{h} + 0.8 \right)} \quad (II.3)$$

Et la longueur effective  $L_{eff}$  du patch devient :

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (II.4)$$

Pour une fréquence de résonance  $f_r$ , la longueur effective est donnée par :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (II.5)$$

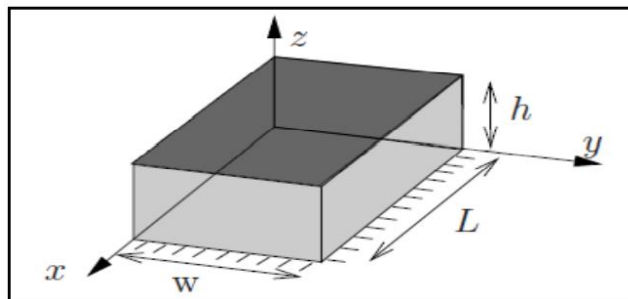
Et pour un rayonnement efficace la largeur est donné par Bahal et Bhartia comme [41] :

$$w = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (II.6)$$

### II.6.3 Modèle de la cavité résonnante

Malgré que le précédent modèle « MLT » soit facile à utiliser, il souffre de nombreux inconvénients ; il est seulement utile pour des patchs de forme rectangulaire, et il ne tient pas compte des variations des champs rayonnant sur toutes les extrémités. Ces inconvénients et d'autres peuvent être éliminés dans le modèle de cavité. [33] [34]

Dans ce modèle l'antenne imprimée peut être assimilée à une cavité fermée par deux murs électriques horizontaux (le plan de masse et l'élément rayonnant) et quatre murs magnétiques verticaux. Le champ électrique dans la cavité admet une composante suivant l'axe ( $Oz$ ) et le champ magnétique comporte deux composantes suivant ( $Oy$ ) et ( $Ox$ ) illustré par la « figure II-18 ».

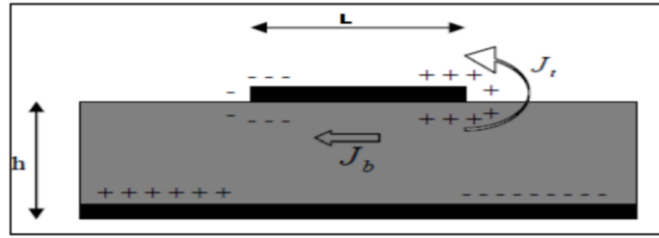


**FigureII. 18:** modèle de la cavité.

Considérant la « figure II-19 » ci-dessous, quand on alimente l'élément rayonnant micro-ruban on voit une distribution de charge sur les surfaces supérieure et inférieure du patch et à la partie inférieure du plan de masse. Cette distribution de charge est contrôlée par deux mécanismes [40] :

- Mécanisme attractif est compris entre les charges opposées sur le côté inférieur du patch et le côté supérieur du plan de masse.
- Mécanisme répulsif est compris entre les charges identiques sur la face inférieure du patch, qui cause la poussée de quelques charges du fond au dessus du patch.

En raison de ce mouvement de charges, les courants circulent sur la face supérieure et inférieure du patch, mais comme ce modèle suppose que le rapport (hauteur / largeur) est très petit ( $L > h$ ) le mécanisme dominant est le mécanisme attractif qui provoque plus de concentration de charges et moins de courant sur la surface du patch.



**Figure II. 16:** distribution de charge et densité de courant sur le patch.

Plus que le courant qui passe a la surface supérieure du patch est petit, et plus que le rapport hauteur sur largeur est diminué donc le courant sur la surface supérieure du patch est presque égale à zéro, ce qui ne permet pas la création d'aucune composantes tangentielle des champs magnétique au bord du patch. Par conséquent les quartes parois latérales peuvent être modélisées comme des surfaces magnétiques électriquement conductrices.

Etant donné que les parois et le matériel au sien de la cavité sont sans pertes la cavité ne rayonnerait pas et son impédance d'entrée serait purement réactive. Et pour tenir compte du rayonnement et du mécanisme de perte il faut introduire une résistance de rayonnement  $R_r$  et une résistance de perte  $R_p$ .

Une cavité avec perte peut représenter une antenne et ces pertes sont prises en considération par la tangente de perte effective  $\delta_{eff}$  donnée par la relation suivante

$$\delta_{eff} = \frac{1}{Q_T} \quad (II.7)$$

Sachant que  $Q_T$  est le facteur de qualité totale de l'antenne donné par la relation suivante [42] :

$$\frac{1}{Q_T} = \frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_r} \quad (II.8)$$

Avec :  $Q_d$  représente facteur de qualité du diélectrique qui est donné par :

$$Q_d = \frac{\omega_r W_T}{P_d} = \frac{1}{\tan \delta} \quad (II.9)$$

Avec ;  $\omega_r$  : est la fréquence de résonance angulaire.  $W_T$  : est l'énergie totale emmagasinée dans le patch à la résonance.  $P_d$  : est la perte diélectrique.  $\tan \delta$  : est la tangente de perte de diélectrique.

$Q_c$  représente le facteur de qualité du conducteur est donné par :

$$Q_c = \frac{\omega_r W_T}{P_c} = \frac{h}{\Delta} \quad (II.10)$$

Avec ;  $P_c$ : est la perte du conducteur.

$\Delta$  : est la profondeur de pénétration du conducteur.

$h$  : est la hauteur du substrat.

$Q_r$  est le facteur de qualité du rayonnement défini par :

$$Q_r = \frac{\omega_r W_T}{P_r} \quad (II.11)$$

Où ;  $P_r$  : est la puissance rayonnée à partir du patch.

#### II.6.4 Méthodes numériques

Le principe de ces méthodes repose sur la résolution numérique des équations de Maxwell et la détermination de la répartition de champs et courants sur la surface du patch, parmi ces méthodes on peut citer :

#### II.6.5 Méthode des éléments finis (FEM)

Cette méthode est beaucoup plus employée dans le domaine fréquentiel, elle s'applique aux dispositifs de forme quelconque, consiste à discrétiser les équations de Maxwell, la première étape consiste à mailler le domaine de calcul grâce à des éléments géométriques adaptés (les triangles pour les problèmes à deux dimensions et les tétraèdres dans les cas tridimensionnels). A chacun de ces éléments géométriques est associé un certain nombre de nœuds aux quelles sont attribuées des fonctions de base linéairement indépendantes les unes des autres et sont une approximation continue de la solution du problème.

La deuxième étape consiste à choisir une distribution de fonctions de test, respectant les conditions de dérivabilité et de continuité dans le domaine de calcul, ceci permet alors de reformuler les équations d'onde et d'éliminer les dérivées à l'ordre un et d'aboutir ainsi à une formulation variationnelle. Le cas particulier où les fonctions 'test' et 'd'essai' sont les mêmes est appelé procédure de Galerkin.

L'avantage de cette méthode réside dans la simplicité du traitement pour les géométries complexes et les matériaux non homogènes. [46][47]

### **II.6.6 Méthode des différences finies (FDTD)**

La méthode des différences finies dans le domaine temporel la FDTD (Finité Différence Time Domain) est une approche numérique permettant la résolution des équations différentielles dans le domaine temporel dans une structure uniformément maillée. La méthode consiste à approcher les dérivées ponctuelles spatiales et temporelles qui apparaissent dans les équations de Maxwell par des différences finies centrées. Les composantes électrique et magnétique sont décalées d'une demi-cellule spatiale et calculées d'une manière alternative et itérative, à des multiples pairs et impairs du demi-pas temporel. Cette technique a l'avantage de permettre une caractérisation dans une large bande de fréquence d'une structure en une seule simulation. [35] [48]

### **II.6.7 Méthode des moments**

La méthode des moments a été développée pour la première fois par Newman, c'est une méthode utilisée essentiellement dans le domaine fréquentiel, est une technique numérique qui permet de résoudre efficacement le système d'équations intégrales en le transformant en un système matriciel résolu par ordinateur [5]. Pour utiliser cette méthode il faut décomposer la structure étudiée en plusieurs parties ou cellules. Elle est basée sur le critère de nullité d'une fonctionnelle constitué à partir d'une intégrale des résidus, due à la différence entre la solution approximative et la solution exacte, pondérée par des fonctions de test. La fonction d'essai est exprimée sous forme de fonction de base dont les coefficients de pondération sont déterminés en résolvant le système linéaire. La procédure de Galerkin qui consiste à choisir des fonctions test identiques aux fonctions de base est applicable aussi dans cette méthode.

La méthode des moments est très précise, très souple, peut traiter un élément seul ou plusieurs en réseau ou empilés. Cependant, elle est très complexe, permet moins l'interprétation physique et nécessite un temps de calculs considérable. [49]

### **II.6.8 Méthode d'analyse spectral**

Ce modèle prend en considération l'équation intégrale du champ électrique, dans le domaine spectral. Cette méthode permet de résoudre efficacement le système d'équations intégrales dans le domaine spatial. Elle est basée sur la connaissance des champs électromagnétiques dans chaque région, le système d'équations à résoudre peut s'écrire sous la forme matricielle, le choix de la condition de continuité surfacique et le vecteur de courant sur le patch permet de réduire une relation entre les composantes tangentes des champs électromagnétiques et les courants surfaciques. L'approche de l'équation intégrale dans le

domaine spectral est largement utilisée dans l'analyse et la conception de structures imprimées.

Il ya d'autre différentes méthodes approché ont été proposé comme la méthode des moindres carrés, les méthodes de raccordement des modes, l'approche quasi-statique ...etc.

## II.7 Applications

Vu l'explosion technologique dans la télécommunication et les recherches scientifiques continues concernant les antennes imprimés, et vu les exigences multiples dans le domaine de communication l'utilisation des antennes micro-ondes classiques devient incapable de répondre a ces exigences. Pour cette raison les antennes imprimées remplacent les antennes classiques dans la plupart des applications parmi ces application on cite :

- La commande et contrôle.
- La télémessure par missile.
- Les équipements portatifs.
- Les éléments d'alimentation dans les antennes complexes.
- Les antennes d'émission utilisées en médecine
- Les récepteurs satellite de navigation.

## II.8. Conclusion

Les antennes ont des propriétés et des caractéristiques, selon lesquelles elles sont valorisées. Plusieurs techniques existent pour les réaliser et pour assurer un bon fonctionnement il faut choisir celle la plus adaptée à l'application envisagée.

Dans notre travail, le choix s'est porté sur la technologie des antennes imprimées, leurs avantages nombreux permettent de les utiliser dans divers secteurs et surtout les communications ULB.

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'évolution technologique des antennes imprimées, on a donné une petite description ; quelques techniques d'alimentations ainsi que son mécanisme de base a savoir le modèle (MLT et cavité résonante), nous nous somme également étalé sur les méthodes d'analyse les plus utilisées pour des structures de forme quelconque. Aucune de ces méthodes citées n'est parfaite toutes présentent des avantages et des inconvénients, la méthode des moments peut être considéré comme rigoureuse pour son utilisation assez large.

Après ce bref aperçu sur les bases des antennes imprimées, le chapitre suivant sera consacré pour la conception et la simulation de ces antennes ULB par le logiciel **HFSS**

# Chapitre 3

## Conception et Simulation d'une antenne ULB sous HFSS

### III.1 INTRODUCTION

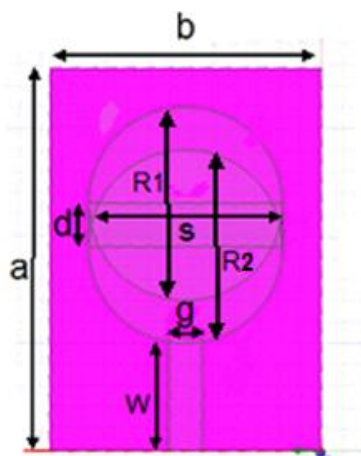
Les systèmes de communication Ultra Large Bande sont devenus le sujet le plus intéressant depuis que l'utilisation commerciale de la bande de fréquence de 3.1 GHz à 10.6GHz a été approuvée par la FCC en 2002. Cependant, pour satisfaire la demande croissante de la communication sans fil, diverses antennes ultra large bande ont été étudiées. Mais la gamme de fréquence pour les systèmes ULB cause des interférences avec des systèmes de communications existants, tels que le service WiMAX de 3.3 à 3.6 GHz; WLAN AUX Etats-Unis (5.15-5.35 GHz, 5.725-5.825 GHz) et HIPERLAN/2 en Europe (5.15-5.35 GHz, 5.47-5.725 GHz) et les bandes de service par satellite comme la bande ITU de 8GHz et la bande S-DMB de 2.63-2,655 GHz. Ainsi, les antennes ULB avec une caractéristique à bande rejetée (filtrée) sont exigées. Pour répondre à de telle exigence, diverses antennes ultra à large bande à bande filtrée ont été étudiées.

Dans ce chapitre, on propose une nouvelle antenne ultra large bande pour des applications ULB. L'antenne proposée se compose d'un patch microruban circulaire à et un plan de masse partiel. Les différents résultats de simulation des performances de l'antenne sont réalisés à l'aide du logiciel de simulation électromagnétique Ansoft HFSS.

Par la suite, une étude paramétrique de l'antenne ULB est effectuée, afin de mieux analyser l'influence de différents paramètres géométrique de l'antenne tel que la position et la largeur des fentes, la forme et la largeur du plan de masse et l'épaisseur du substrat sur les performances de l'antenne.

### III.2 Géométrie de base

Une nouvelle structure d'antenne circulaire, composée de deux cercles l'un sur l'autre ce qui nous ramène à une forme (Figure III-1). Cet élément alimenté par une ligne microruban  $50 \Omega$  de longueur « a » et largeur « b »,



**Figure III. 1:** l'antenne circulaire « Candy Bar »

Les paramètres géométriques de cette antenne «Candy Bar» sont représentés dans la Figure III-1, avec une dimension totale de  $35 \times 25.2 \text{ mm}^2$ . Les valeurs de ces paramètres sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III-1 : La valeur de chaque variable - per la version initiale de l'antenne.

la valeur	a	b	W	g	R1	R2	S	D	D1
mm	-35	25.2	11	3	9	9	3	-4	5.4

Le substrat utilisé pour la simulation de cette antenne est du type FR4 avec une permittivité relative  $\epsilon_r = 4.5$  et une épaisseur  $H = 1.6 \text{ mm}$  Largeur « D ». (Figure III-2).

Nous allons représenté pour cette antenne le coefficient de réflexion et VSWR, qui va nous permettre de visualiser le niveau d'adaptation et la bande passante de la version initiale d'antenne.

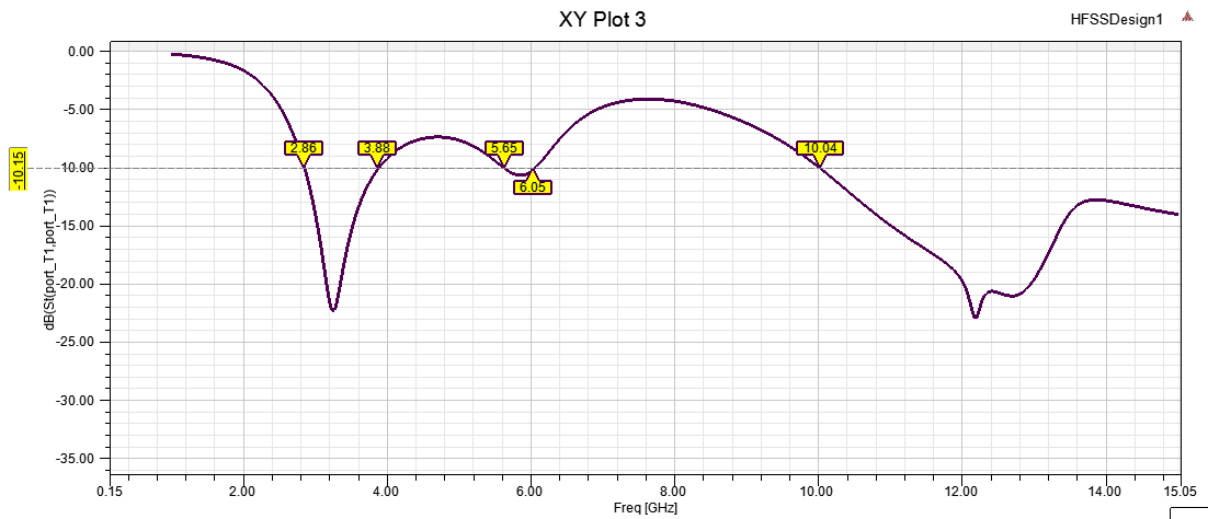


Figure III. 2: Coefficient de réflexion de l'antenne candy Bar.

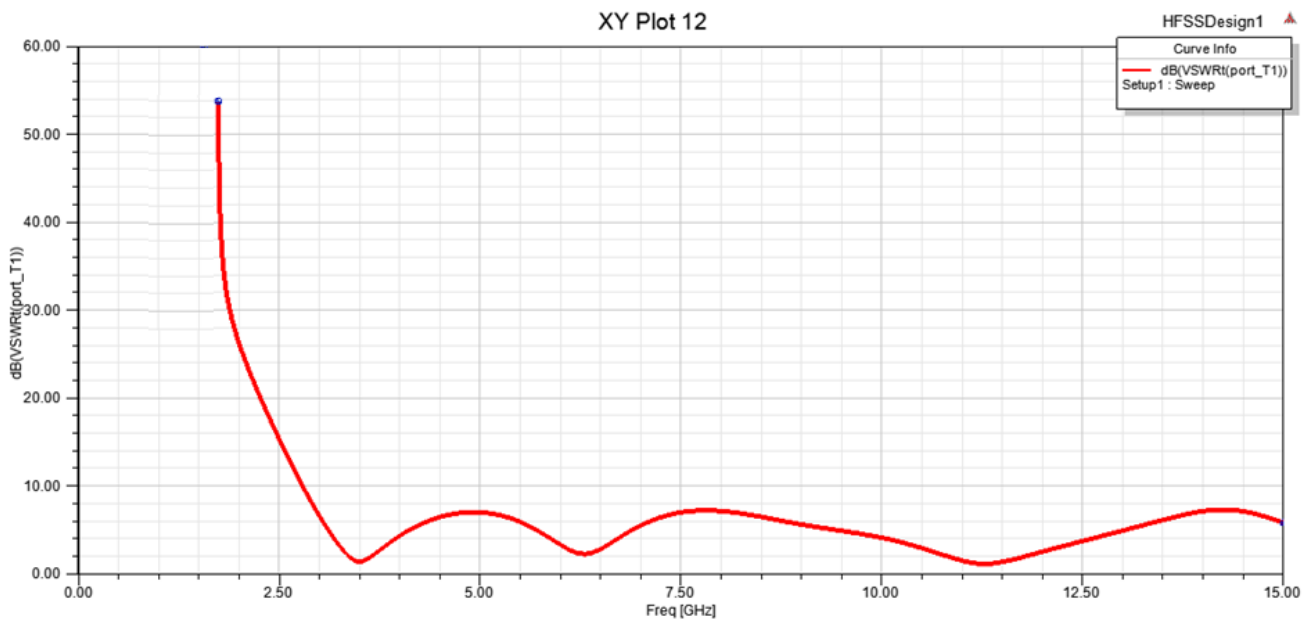
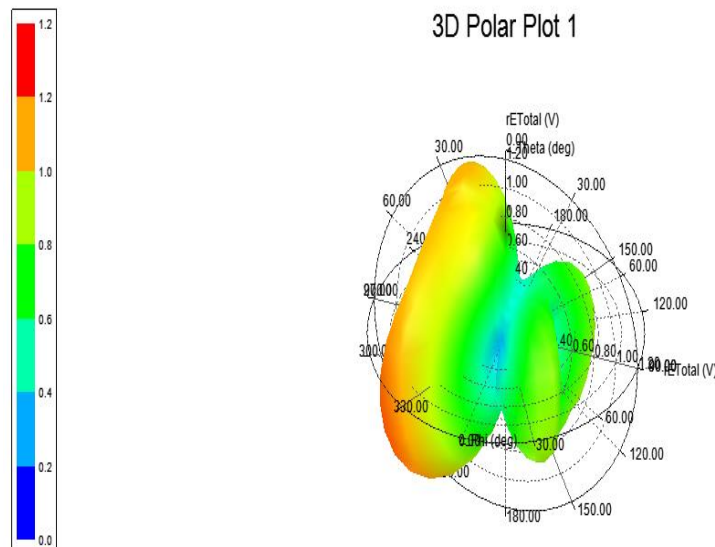


Figure III. 3: VSWR de l'antenne Candy Bar.



**Figure III. 4:** Gain total en 3D de l'antenne Candy Bar.

Une étude sous HFSS, sera menée par la suite pour voir l'influence des dimensions du substrat sur les caractéristiques de l'antenne.

Quelques paramètres définissant la géométrie de l'antenne circulaire seront modifiés, afin de constater leurs influences sur les performances de la structure, notamment en termes d'adaptation sur une large bande de fréquences.

### III.5 Étude et conception d'une antenne ULB

L'antenne imprimée ultra large bande choisie est de forme circulaire alimentée par ligne micro ruban. La géométrie de cette antenne est donnée à la Figure III-1. L'antenne est constituée d'un patch circulaire, imprimé sur la face de dessus d'un substrat de type FR4 de permittivité relative = 4.4, de tangente de pertes  $\tan \delta = 0.02$  et d'épaisseur  $H = 1.6$  mm. Le plan de masse est un plan partiel imprimé sur la surface de dessous du substrat. Le patch est alimenté par une ligne micro ruban.

#### III.5 .1 Effet de la largeur du Patch

##### III.5 .1.1 Etude paramétrique de la Rayon R1

Dans la partie précédente de simulation, nous avons constaté que les dimensions du Patch sur les caractéristiques d'adaptation de l'antenne, dans cette partie d'étude, nous essayons de varier les dimensions du Patch dans l'outil HFSS avec une variable notée «R1 ». On fait varier le Rayon R1 [5 mm; 9 mm] par un pas de 1.25mm

Les résultats de simulation pour le coefficient de réflexion et la Bande passante pour différentes valeurs de R1 sont donnés dans les Figures III-6 et III-7.

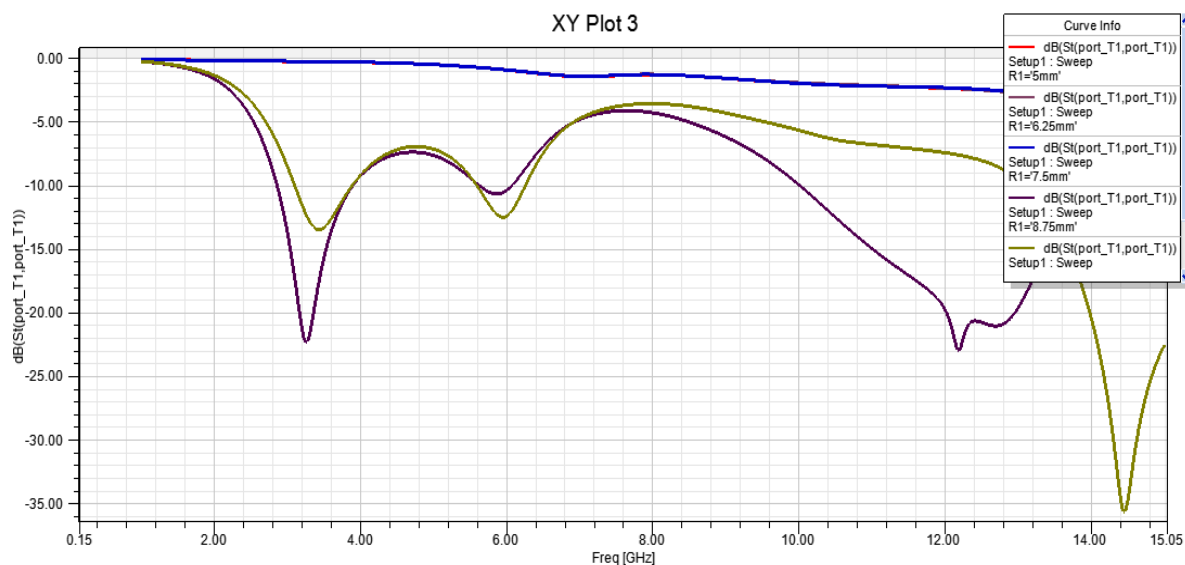


Figure III. 5: coefficient de réflexion  $S_{11}$  d'Antenne proposée.

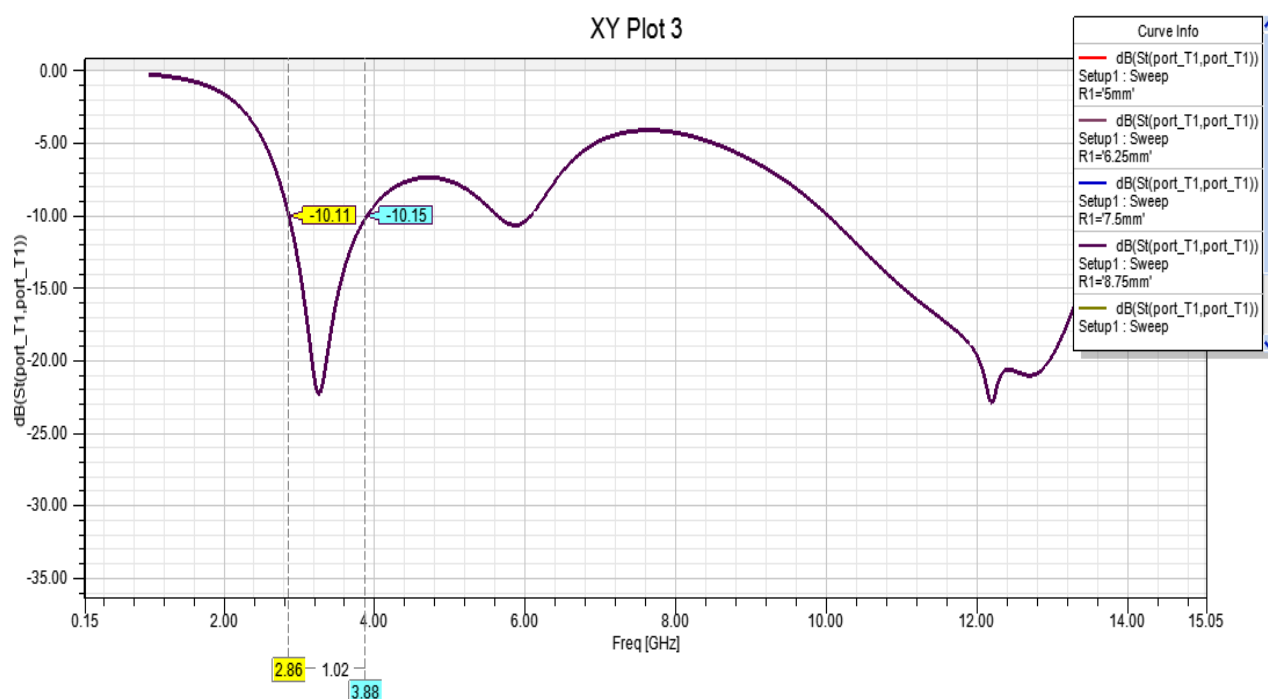


Figure III. 6: La Bande passante de la courbe sélectionnée.

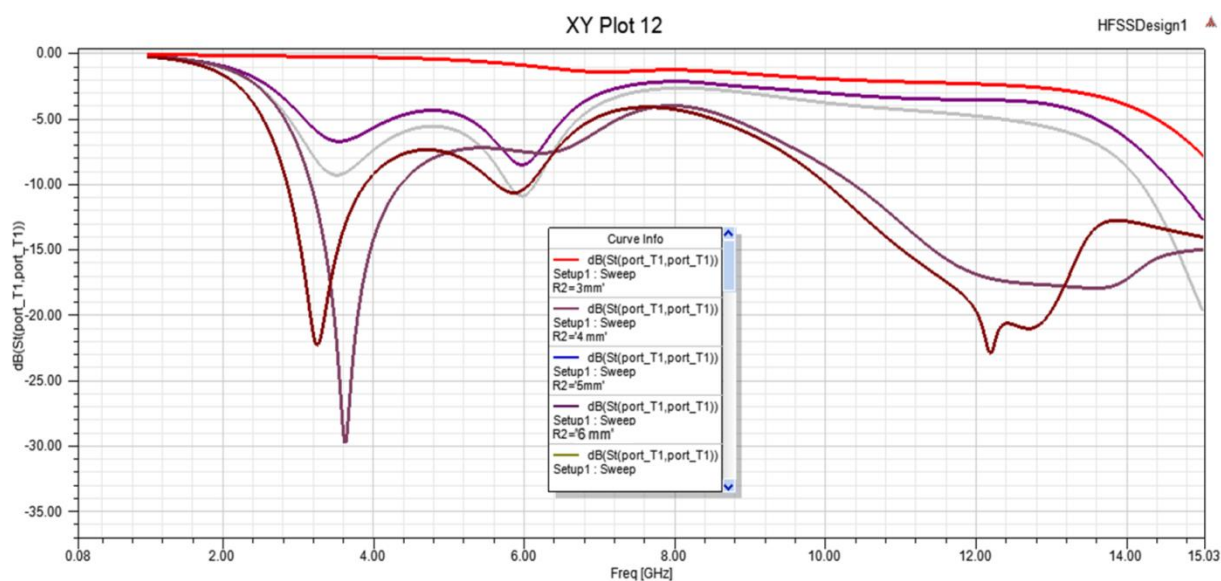
A partir des Figures III-6 et III-7, on constate que la Rayon optimale de la ligne et  $R_1 = 9.00$  mm tel que la bande passante est égale à 1.02 GHz. (allant de 2.86 à 3.88 GHz)

### III.5 .1.2 Etude paramétrique de la Rayon R2

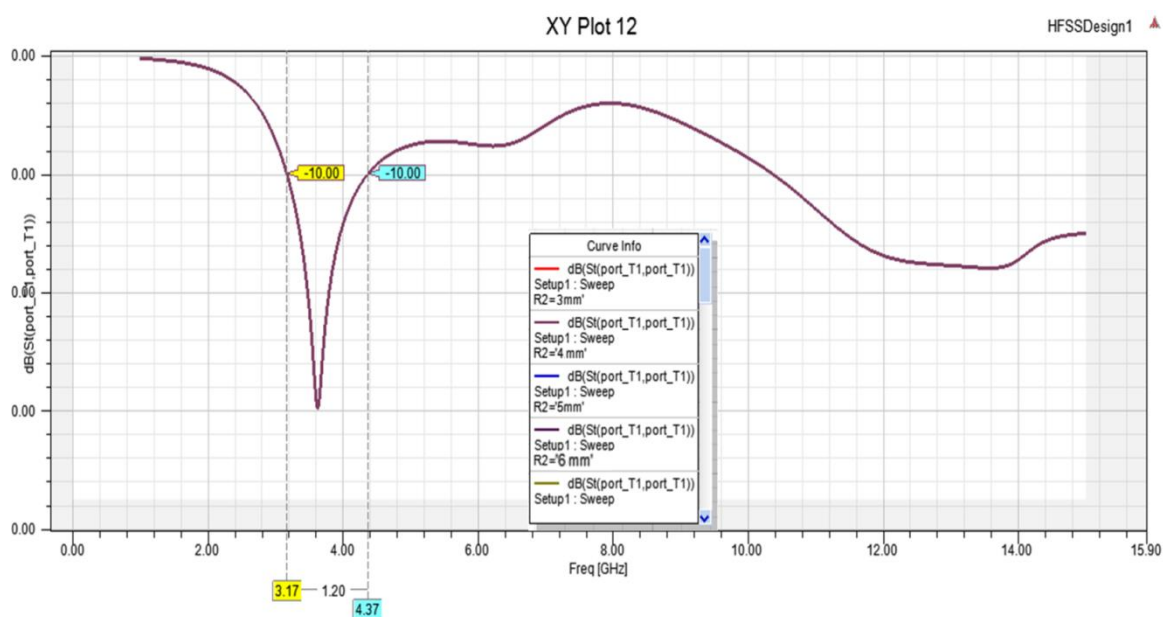
On fait varier le Rayon R2 [3 mm  $\rightarrow$  7 mm] par un pas de 1 mm

Les résultats de simulation pour le coefficient de réflexion pour différentes valeurs de R2 sont

donnés dans les Figures III-8 et III-9.



**Figure III. 7:** coefficient de réflexion S11 d'Antenne Candy.



**Figure III. 8:** La Bande passante de la courbe sélectionnée.

A partir des Figures III-8 et III-9, on constate que le rayon optimal de la ligne est  $R1 = 5.00$  mm tel que la bande passante est égale à 1.20 GHz. (allant de 3.17 à 4.37 GHz)

### III.5.2 Effet de la Insertion deux fentes en forme rectangulaire.

La bande de fréquence pour les systèmes ULB cause des interférences aux systèmes de communications radio existants, afin d'éviter ces interférences, des modifications peuvent être faites sur l'antenne précédente pour réaliser la fonction stop bande. Ainsi des fentes en forme rectangulaire sont introduites dans l'élément rayonnant

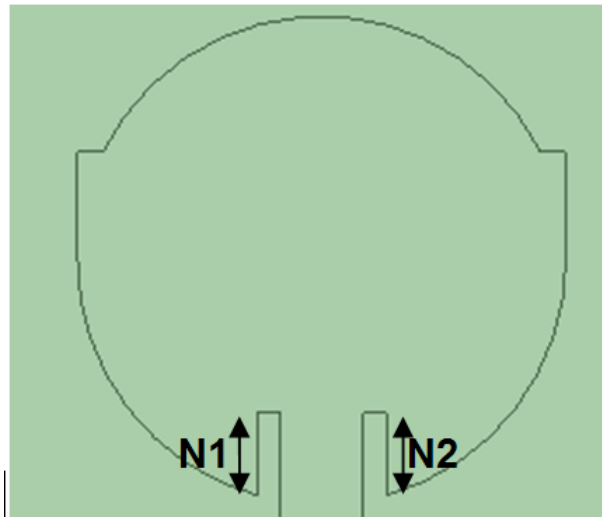


Figure III. 9: Antenne avec deux fentes.

### III.5 .2.1 Etude paramétrique de la longueur de fente N1

On fait varier La Longueur N1 [3 mm → 7 mm] par un pas de 1 mm

Les résultats de simulation pour le coefficient de réflexion pour différentes valeurs de N1 sont donnés dans les Figures III-11 et III-12.

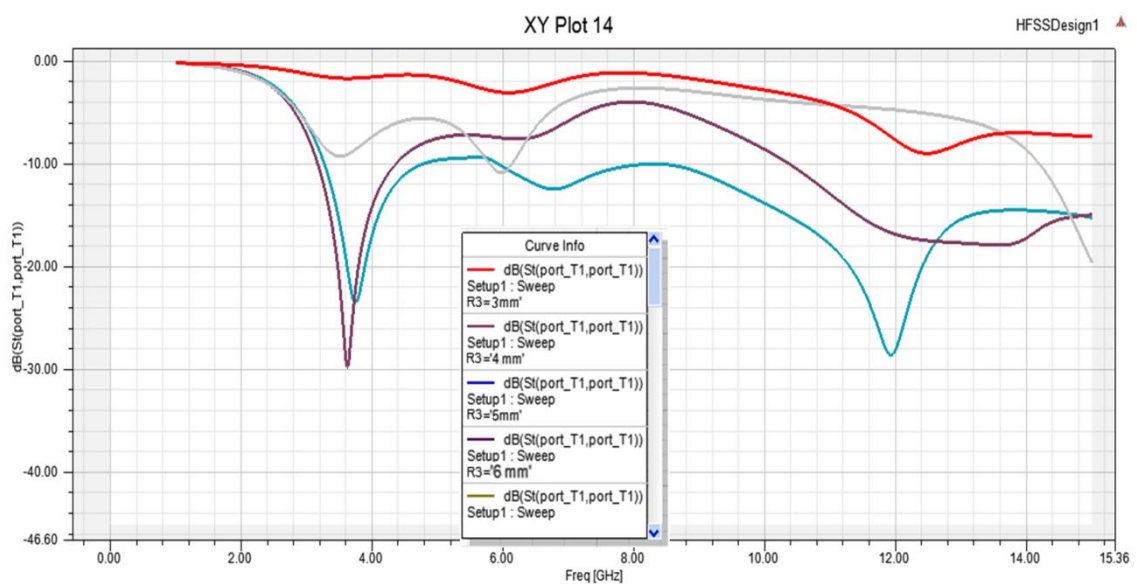


Figure III. 10: coefficient de réflexion S11 d'Antenne.

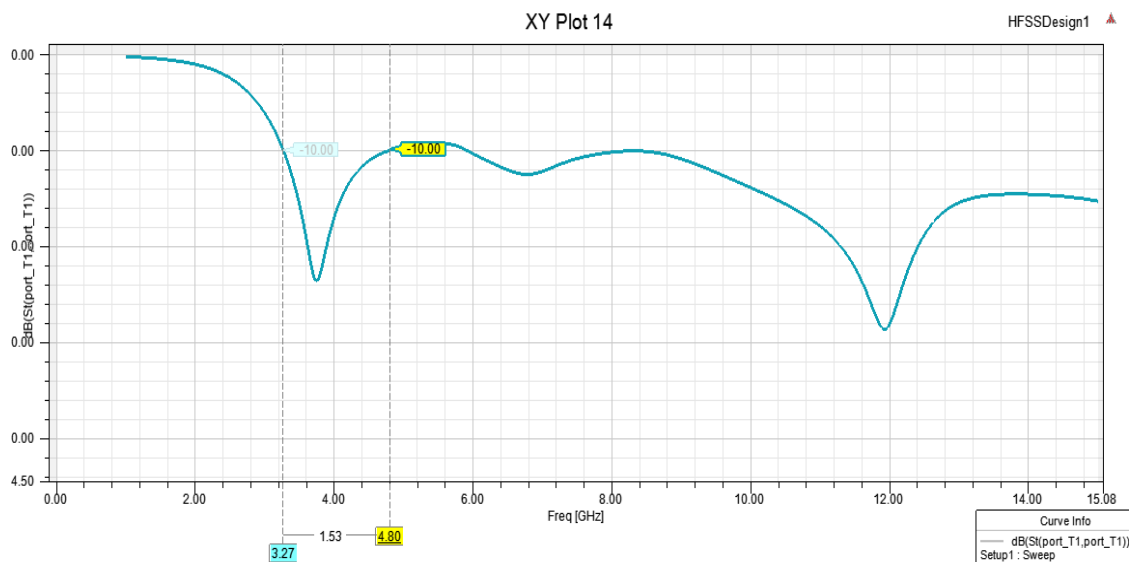


Figure III. 11: La Bande passante de la courbe sélectionnée.

A partir des Figures III-11 et III-12, on constate que la Longueur optimale de la ligne est  $N2 = 4.00$  mm tel que la bande passante est égale à 1.53 GHz. (allant de 3.27 à 4.80 GHz)

### III.5 .2.2 Etude paramétrique de la longueur de fente $N2$

On fait varier La Longueur  $N2$  [3 mm  $\rightarrow$  7 mm] par un pas de 1 mm

Les résultats de simulation pour le coefficient de réflexion pour différentes valeurs de  $N2$  sont donnés dans les Figures III-13 et III-14.

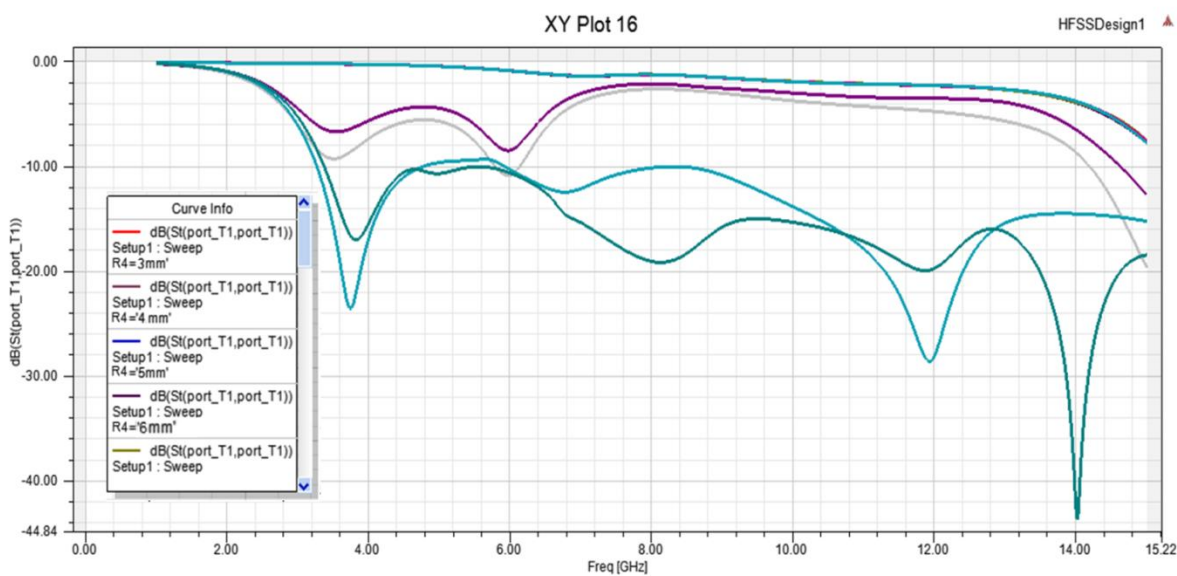
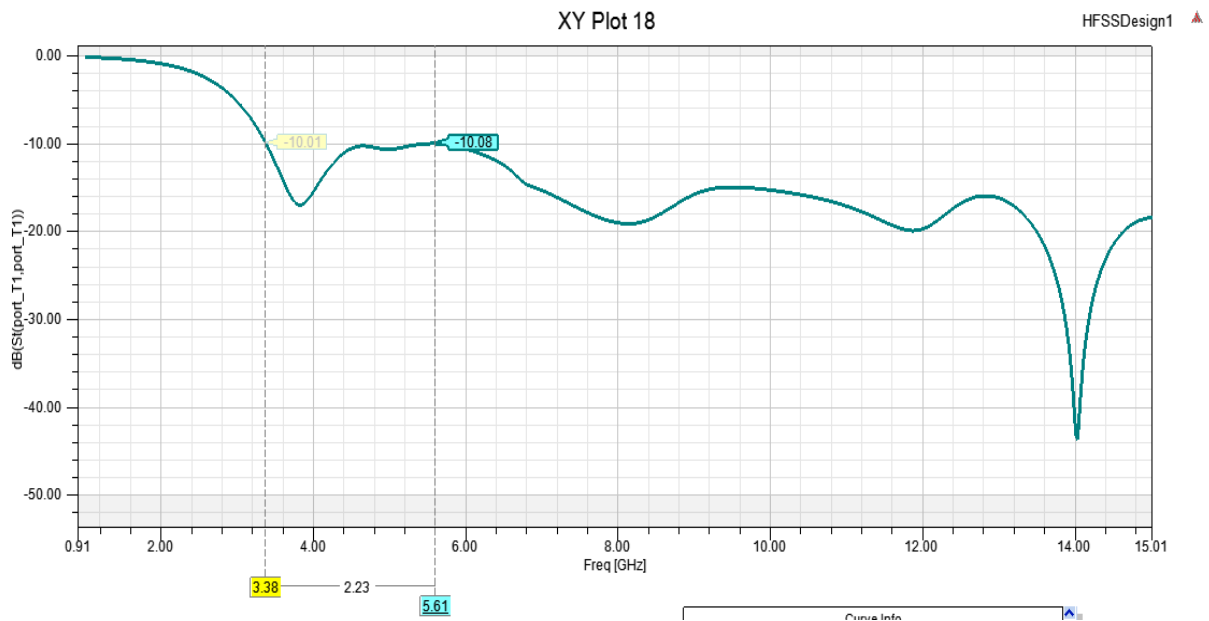


Figure III. 12: coefficient de réflexion  $S_{11}$  d'Antenne.



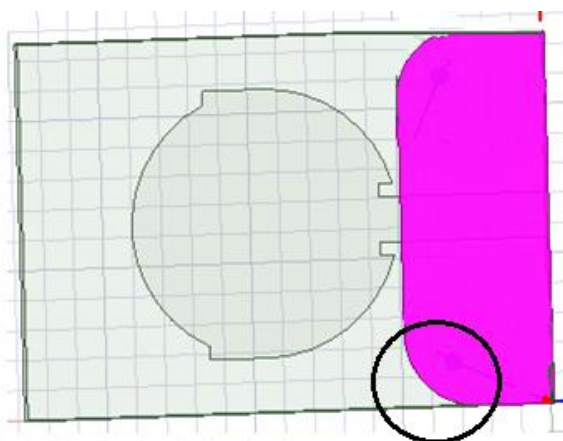
**Figure III. 13:** La Bande passante de la courbe sélectionnée.

A partir des Figures III-13 et III-14, on constate que la Longueur optimale de la ligne est  $N2 = 4$  mm tel que la bande passante est égale à 2.23 GHz. (allant de 3.38 à 5.61 GHz)

### III.5.3 Effet de variation sous le plan de masse

#### III.5 .3.1 Etude paramétrique de l'arrondissement dans les deux cotées du plan de masse

Nous allons arrondir les cotés du plan de masse et étudier son effet sur l'adaptation de l'antenne (Figure III-11). Notons que  $F$  représente le rayon de l'arc qui définit l'arrondissement aux deux cotées du plan de masse.

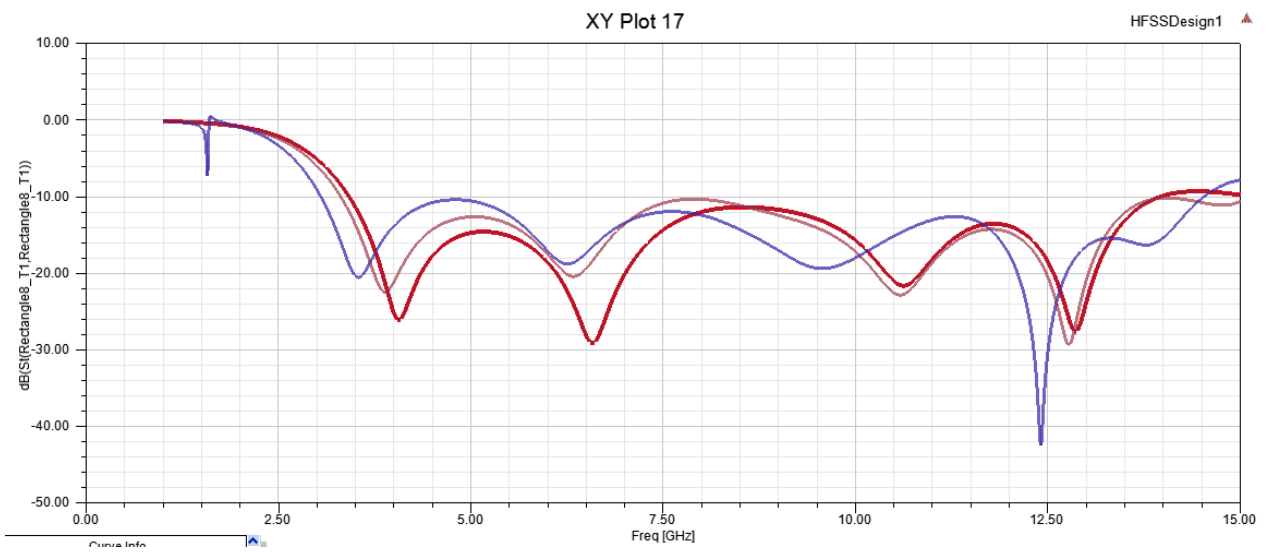


**Figure III. 14:** Position de l'arrondissement aux deux cotées.

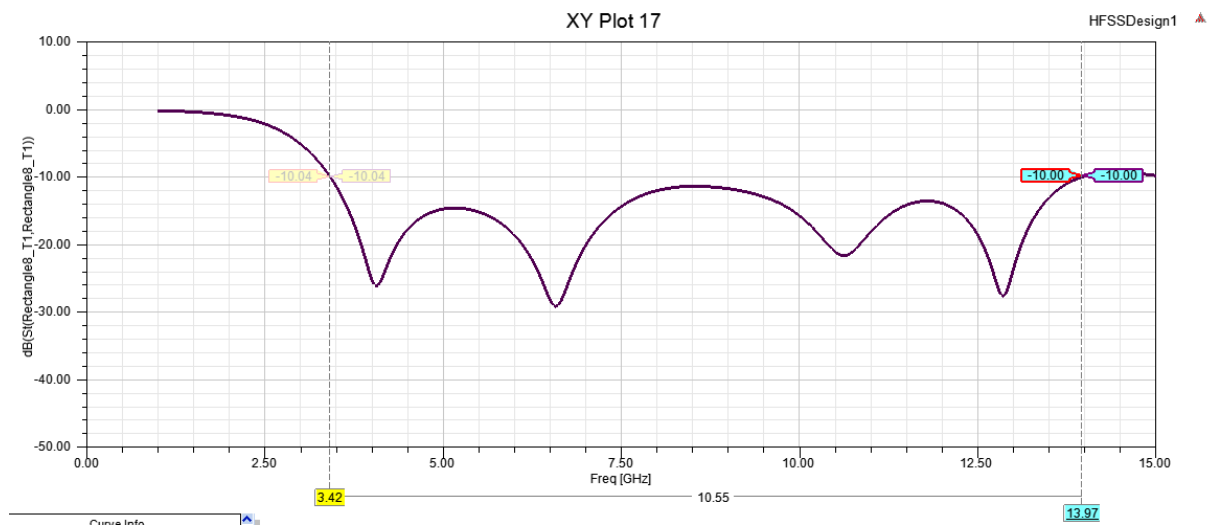
On fait varier Le rayon  $F$  [2 mm, 6 mm] par un pas de 1 mm

Les résultats de simulation pour le coefficient de réflexion pour différentes valeurs de  $F$  sont

donnés dans les Figures III-16 et III-17.



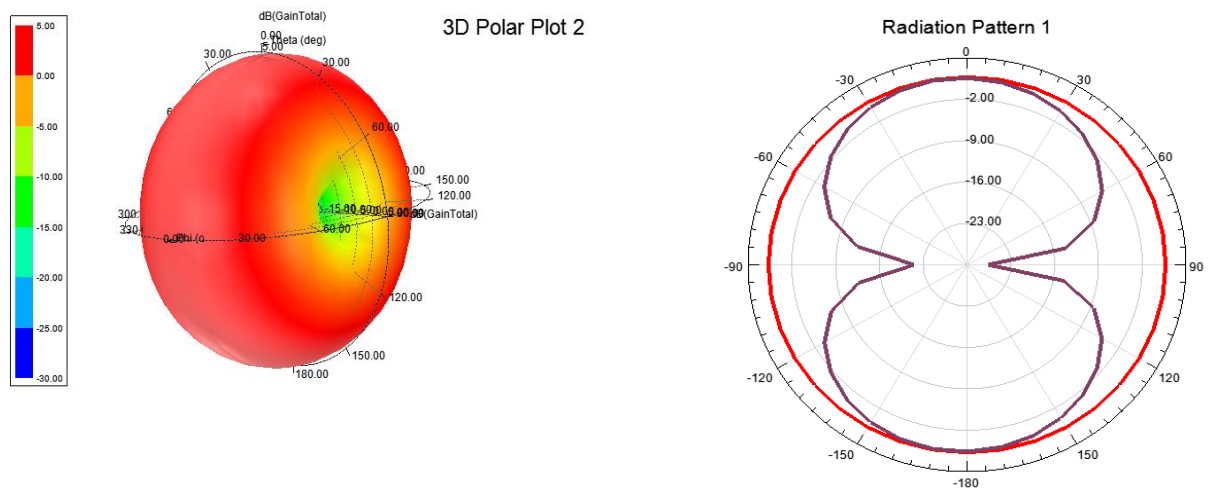
**Figure III. 15:** coefficient de réflexion  $S_{11}$  d'Antenne.



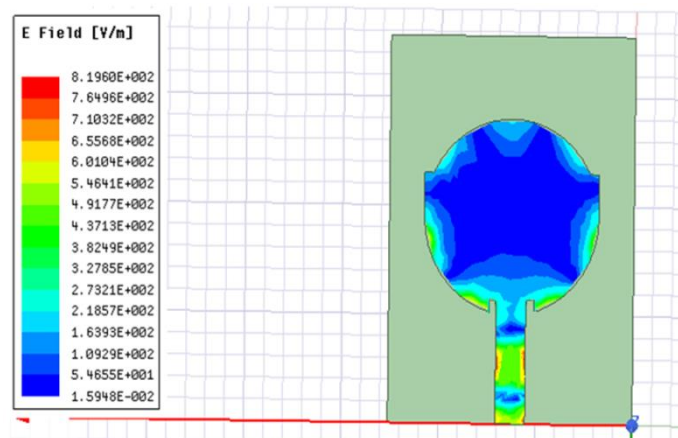
**Figure III. 16:** La Bande passante de la courbe sélectionnée.

A partir des Figures III-16 et III-17, on constate que la longueur optimale de la ligne est  $F=2.00$  mm tel que la bande passante est égale à 10.55 GHz. (allant de 3.42 à 13.97 GHz)

### III.5 .3.2 Le Diagramme de Rayonnement 2D .3D



**Figure III. 17:** Diagrammes de rayonnement de l'antenne 3D (Gauche), 2D (droite).



**Figure III. 19:** La distribution des courants surfaciques

## CONCLUSION

Dans ce chapitre, on a présenter une antenne imprimée ultra large bande. L'antenne proposée présente une large bande de fréquence de fonctionnement de 2.86 GHz a plus de 3.88 GHz ( $S_{11} \leq -10$  dB). La première partie de ce travail a été consacrée à la mise au point d'une nouvelle antenne imprimée ULB. Une étude paramétrique à été réalisé, afin d'analyser l'effet de certains paramètres géométriques de l'antenne sur les performances de l'antenne.

# Conclusion générale

L'essor récent des communications Ultra Large Bande a nécessité des antennes spécialement adaptées à cette technologie qui est basée originellement sur la modulation de très brèves impulsions permettant l'émission de grands volumes de données tout en conservant une très faible densité spectrale de puissance. Son utilisation dans de nombreux laboratoires et industries, dans des domaines tels que le radar et la géo localisation a permis de valider sa faisabilité. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de mémoire. Il s'agit de concevoir et d'étudier des antennes planaires imprimées adaptées au système Ultra Large Bande.

On a représenté la technologie Ultra Large bande avec ses principales caractéristiques et applications, la technologie des antennes imprimées est résumée à travers la donnée de ses différentes configurations, alimentations et principales applications.

L'essentiel du travail que nous avons entrepris sur les généralités des antennes imprimées porte sur la description de ces antennes, les différentes techniques d'alimentation et aussi sur les méthodes d'analyse. Cela nous a aidés à constater que les méthodes analytiques sont plus faciles pour le calcul des différents paramètres tel que, la fréquence de résonance, la bande passante, le facteur de qualité... etc. Mais ces méthodes restent imprécises et se limitent à des formes géométriques simples où le substrat devrait être mince. Par contre les méthodes numériques sont plus complexes et peuvent ne pas converger si le choix des fonctions de base est mauvais. Mais elles permettent de traiter des formes géométriques plus complexes.

L'objectif principal de ce travail était de concevoir et caractériser des antennes imprimées de formes circulaire. L'utilisation des fréquences d'opération dans la bande Ultra large a pour intérêt la réduction de la taille des antennes imprimées et leur poids pour faciliter leurs intégrations dans les dispositifs de télécommunications sans fil, Durant ce travail, une étude théorique d'un prototype d'antenne patch circulaire ULB a été présentée. Nous avons donc abordé les différentes étapes nécessaires à la modélisation de cette antenne pour simuler la structure proposée. Une étude paramétrique a été menée qui nous a permis de se rapprocher du meilleur cas réel pour adapter la structure à la bande de fréquence souhaitée

Les résultats numériques obtenus ont montré que la fréquence de résonance et la bande passante sont liées directement avec les paramètres physiques de l'antenne (épaisseur du substrat, longueur latérale du patch, constante diélectrique).

Comme perspectives à notre travail, il serait souhaitable de:

- étendre l'étude à d'autres configurations d'antennes ULB avec d'autres types d'alimentations,
- effectuer une optimisation des différents paramètres,
- étudier une structure en réseau d'antennes imprimées afin de tenir compte de l'effet de couplage entre les éléments rayonnants.

# Bibliographie

- 
- [1]. N. Fortino, "Conception et Caractérisation d'Antennes Imprimées pour Systèmes Ultra Large Bande Impulsionnels," Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis. France. 2006.
- [2]. L. Babour, "Etude et Conception d'Antennes Ultra Large Bande Miniaturisées en Impulsionnel," Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble. France. 2009.
- [4]. Michel Terré, "Conservatoire National des Arts et Métiers", Cours. 2006.
- [5]. S. Somia, "Etude et caractérisation d'antenne imprimées pour système ULB", Mémoire Magister, université Biskra, 2015.
- [7]. O. K. Omar, "Conception et Modélisation d'une Antenne pour les Communications Ultra Large Bande," Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf, Oran. Algérie. 2013.
- [8]. Z. Ahmed, "Etude et conception d'antenne standards et a bandes rejetées," tlemcen, 2014.
- [9]. A. Chami, "Miniaturisation et Intégration d'Antennes Imprimées pour Systèmes communicants ULB Pulsés," Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis. France. 2011.
- [10]. R. Kebbab, "Conception d'Antennes Ultra Large Bande en Technologie Imprimée," Thèse de magister, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. Algérie. 2010.
- [11]. S. N. Marcov, "Antenna EM modeling with matlab", Josh Wiley & sons, N.J 2002.
- [12]. Leila Chouitti, "contribution à l'étude d'antenne imprimées rectangulaires doubles bandes et multi-bandes tenant compte de l'effet de couplage", Thèse magistère, Institut d'électronique, Université de Constantine, 2009.
- [13]. I. J. Bahl et P. Bhartia, "Microstript Antenna", Dedham, Artech House, 1980.
- [14]. D.M. POZAR, "Microstipt Antennas ", IEEE, Vol.80 N° 1, pp .79-91, January 1992.
- [15]. G. Kumar et KP. Ray, "Broad band microstript antennas", Aartech house baston. London 2003.
- [16]. C.A Balanis "Antenna theory: Analysis and design" third edition, John Wiley & Sons, NY, 2005.
- [17]. J. L. volakis, "Antenna engineering " HAND BOOK University Stuttgart.2007.
- [18]. Y. Qian et al, "A microstript patch antenna using novel photonic band gap structures", Microwave Journal, Vol. 42, pp. 66-67, Jan 1999.

- 
- [19]. Hubregt .J. Visser, "Array and phased array antenna basics," Antenna Engineer, the Netherlands. 2005.
- [20]. A.K. Bha Hacharyya "Long rectangular patch antenna with a single feed", IEEE Trams Antennas Propagate, Vol.38, pp. 987-993 July 1990.
- [21]. M. Diblng, "Développement du concept de l'antenne à résonateur bie pour la génération de la polarisation circulaire", thèse de Doctorat, Université de Limoges, 2006.
- [22]. D. H. Schaubert, D. M. Pozar et A. Adran "Effect of microstrip antenna substrate thickness and Permittivity: comparison of theories and experiment" IEEE Trams. Antennas propagation, Vol.37, PP.677-682, 1989.
- [23]. K.R. Car Ver et E.L coffe, "Theoretical investigation of the microstrip antenna", physics and Sci lab New mexico state University las cruces, tech.Rep PTOO929, 1979.
- [24]. Y.T. LO, D. D Harrison D. Solomon, G A Deschamps et .F.R, Ore, "Study of microstrip antennas, microstrip phased Arrays, And Mircostrip Feed Networks ", Rome Air Development centre The Rep TR. 77-406, 1977.
- [25]. P.A Turkis et C.A Balanis, "Finite-difference time-domain method for Antenna radiation", IEEE transactions Antennas and propagation, Vol. 40, PP.334-340, 1992.
- [26]. G.A Dechamps, "Microstip Microwave Antenna", third USAF symp. On antennas 1953.
- [27]. H.Gutton, G. Baissinot, "Flat Aerial For Ultra High Frequencies", French patten, N° 703-113, 1955.
- [28]. M. Tiaouine, "Analyse des Antennes micro rubans de formes arbitraires par la méthode des moments et le modèle générale de la cavité " thèse Doctorat. Université de Sétif 2007.
- [29]. F. Chebbara, " Etude des caractéristiques de résonance et de rayonnement des antennes microbandes réalisées avec des matériaux ayant une anisotropie de type électrique et magnétique ", thèse doctorat Université de Batna, Juin 2011.
- [30]. Garg, R ,Bhartia, P, Bahl, I. Ittipi boon, "A Microstrip Antenna Design handbook ", Artech House Inc, 2001.
- [31]. Hamerstad, E.O, "Equation for Microstrip circuit design", Proc. Fifth European Microwave, Conf, PP.268-272, 1975.
- [32]. D.M. Pozar et B. Kaufman, "Increasing the Baud with of a microstrip antenna by proximity coupling", Electron, Lett, Vol.23, PP.368-369, 1987.

- [33]. Ansoft HFSS 9.1 user manual.
- [34]. J. M. Jin and J. L. Volakis, "A hybrid finite element method for scattering and radiation by microstrip patch antennas and arrays residing in a cavity", *IEEE Transactions on antennas and Propagation*, Vol. 39, pp. 1598-1604. 1991.
- [35]. Z. Lou et J. M. Jin, "Finite element analysis of phased array antennas", *Microwave Optical Technologic Letters*, Vol. 40, no 6, pp. 490-496. 2004.
- [36]. K. L. Shlager et G. S. Smith, "Near field to near field transformation for use with FDTD method and its application to pulsed antenna problem", *Electronic Letters*, Vol. 30, pp. 1262-1264, 4. 1994.
- [37]. T. Farkas, et P. Hajach, "Analysis of aperture-coupled microstrip antenna using Method of Moments", *Radioengineering*, Vol. 10, no. 4, pp. 5-8. 2001.