

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

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEM
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE TELECOMMUNICATIONS



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Par :

LAMOURI Merwa

KHOUANI Madjida

Sujet

**Etude et conception des antennes micro ruban
pour la technologie ULB**

Soutenu publiquement, le 23 septembre 2020, devant le jury composé de :

Mme H.BENOSMAN	MCB	Univ.Tlemcen	Présidente
Mme F.Z.GOURARI	MCB	Univ.Tlemcen	Examinatrice
Mme Y.BELHADEF	MCA	Univ.Tlemcen	Encadrante

2019 -2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord et avant tout, DIEU le tout puissant qui nous a donné, durant toutes nos années de l'éducation, la santé, le courage et la patience pour arriver à ce jour.

Notre gratitude va à l'égard de tout le corps professoral pour toutes nos connaissances acquises durant notre formation, spécialement **Mme BELHADEF Yamina**, Maître de conférence classe A à l'université de Tlemcen, pour son bon encadrement, ses conseils, sa patience et son attention qui nous ont énormément dans ce travail.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à **Mme BENOSMAN Hayet**, Maître de conférence classe B à l'université de Tlemcen, qui nous avons faite l'honneur et le plaisir de présider le jury de notre soutenance.

Nous exprimons aussi nos sincères remerciements à **Mme GOURARI Fatima Zohra**, Maître de conférence classe B à l'université de Tlemcen, d'avoir acceptée d'examiner et d'évaluer notre travail et l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions tous les enseignants qui ont participé à notre formation au département de télécommunication et tout le personnel administratif de la faculté de Technologie.

Un remerciement spécial pour **Monsieur kedjar Abdelhak**, Doctorant à l'université de Blida pour tout l'aide, l'orientation, la guidance il nous a apportés ainsi que pour ces précieux conseils et ses encouragements lors de la réalisation de ce travail.

Nous sommes adressées nos remerciements à tous nos collègues, particulièrement la promotion de la 2^{ème} année Master en Systèmes des Télécommunications.

Enfin nous sommes reconnaissants à toute personne qui a contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce présent mémoire

Merci à toutes et à tous...

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que je dédie ce travail à :

Mes parents les plus chers au monde, Papa et Maman, que dieu les garde et les protège insha'Allah.

Mes sœurs: Sarah et son époux Mohamed, Asma et son époux Abderrazek et Manel, Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours,

Mes trois chers neveux: Mohamed, Diyae et Firas Abdelhak.

A toute ma famille.

A ma chère binôme Marwa pour son travail fructueux,

*Mes chères copines: Narimene, Kawther
, Djamilia, Kaouther et Lamia.*

Madjda

Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec grand amour,

Sincérité & fierté

A mes Très chers Parents

*pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs
encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes
études.*

*Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect,
ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont
consentis pour mon instruction et mon bien-être.*

*Trouvez ici, chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le
fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression
de ma gratitude et de mon profond amour.*

*Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie, en espérant
qu'ils seront toujours fiers de moi.*

A mes sœurs Fatima Zohra et Amina

pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

A mon frère Mohamed

pour leur appui et leur encouragement

A ma tante Hafida

*mon amie fidèle, qui m'a assisté dans les moments difficiles et m'a
pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves
pénibles...*

*Je te suis très reconnaissante, et je ne te remercierai jamais assez
pour ton amabilité, ta générosité, ton aide précieuse.*

A ma chère binôme Madjida

Avec laquelle j'ai partagé ce travail et mes moments de joie et de bonheur.

A mes chères copines

Soumia, Rania, Zineb, Djazila, Fatima et Asma

Pour tous les instants inoubliables que j'ai passés avec eux, je vous souhaite une vie pleine de joie et de réussite.

A la famille Lamouri & Medbouhi

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Merwa

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Table de matières	V
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XI
Liste d'abréviations	XII
Résumé	XIII
Abstract	XIII
ملخص	XIV

Introduction générale

Introduction générale	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I : NOTIONS DE BASE SUR LES ANTENNES MICRORUBANS

I.1.Introduction	3
I.2.Structure des antennes micro rubans	3
I.3.Différentes formes de l'antenne micro ruban	4
I.4.Techniques d'alimentation	4
I.4.1.Alimentation par contact	4
I.4.1.1.Alimentation par ligne micro ruban	4
I.4.1.2.Alimentation par sonde coaxiale	5
I.4.2.Alimentation sans contact (par couplage)	6

I.4.2.1. Alimentation par le couplage par fente (ouverture)	6
I.4.2.2. Alimentation par couplage de proximité	7
I.4.3. Comparaison entre les différents types d'alimentation	8
I.5. Caractéristiques des antennes micro rubans	8
I.5.1. Coefficient de réflexion S11	8
I.5.2. Rapport d'ondes stationnaires R.O.S.....	9
I.5.3. Bande passante	10
I.5.4. Impédance d'entrée	10
I.5.5. Diagramme de rayonnement	11
I.5.5.1. Isotrope	12
I.5.5.2. Omnidirectionnel.....	12
I.5.5.3. Directive.....	13
I.5.6. Directivité	13
I.5.7. Gain	14
I.5.8. Rendement	14
I.5.9. facteur de qualité	14
I.6. Modélisation des antennes patch	15
I.6.1. Antenne patch rectangulaire	15
I.6.2. Antenne patch circulaire	16
I.7. Avantages et Inconvénients des antennes micro rubans	18
I.8. Domaines d'applications des antennes micro rubans	19
I.9. Conclusion	19
I.10. Bibliographie.....	20

Chapitre II : LA TECHNOLOGIE ULTRA LARGE BANDE (ULB)

II.1. Introduction	21
II.2. Généralité sur les ULB	21

II.2.1.Historique	21
II.2.2.Définition.....	22
II.2.3.Comparaison système ULB / système à bande étroite	23
II.3.Processus de réglementation ULB dans le monde	23
II.3.1.Réglementation aux États-Unis	24
II.3.2.Réglementation en Europe.....	24
II.3.3.Réglementation en Asie.....	25
✓ Au Japon.....	25
✓ En Corée.....	25
✓ Au Singapour.....	25
II.4.Applications de la technologie ULB	26
II.4.1.Systèmes d'imagerie radar.....	27
II.4.2.Systèmes radars de véhicule	27
II.4.3.Systèmes de communication.....	27
II.4.4.Application médicale	28
II.4.5.Réseaux de communication WPAN.....	28
II.4.6.Réseau de capteurs sans file ULB	28
II.4.7.RFID.....	29
II.5.Différents types des antennes ULB	29
II.5.1.Antennes indépendantes de la fréquence	29
II.5.1.1.Antennes log-périodiques	30
✓ Antenne log périodique de forme circulaire	30
✓ Antenne log périodique de forme trapézoïdale	31
✓ Antenne dipôle log-périodique LPDA (Log Periodic DipoleArray)	32
II.5.1.2.Antennes spirales	33
✓ Antennes spirales logarithmiques	34

✓ Antenne spirale conique	35
✓ Antenne à spirale d'Archimède.....	36
II.5.2. Antennes omnidirectionnelles (élémentaires).....	36
II.5.2.1. Antenne biconique.....	37
II.5.2.2. Antenne discône	37
II.5.2.3. Monopôles plans	38
II.5.3. Antennes directives	38
II.5.3.1. Cornet	39
II.5.3.2. Antenne à transition progressive (Vivaldi).....	39
II.6. Avantages et inconvénients de l'ULB.....	40
II.6.1. Avantage de l'ULB	40
II.6.2. Inconvénients de l'ULB	40
II.7. Conclusion.....	40
II.8. Bibliographie.....	41

CHAPITRE III : CONCEPTION DES ANTENNES ULB

III.1. Introduction.....	43
III.2. Description du logiciel de simulation.....	43
III.3. Conception d'une antenne patch rectangulaire à la fréquence 6.8 GHz.....	44
III.3.1. Antenne patch modifiée à partir de l'antenne initiale	46
III.3.2. Antenne patch rectangulaire ULB	48
III. 4. Conception d'une antenne patch circulaire à la fréquence 6.8 GHz	54
III.5. Antenne patch circulaire ULB à éléments parasites	58
III.6. Conclusion	63
Conclusion générale.....	62

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : NOTIONS DE BASE SUR LES ANTENNES MICRORUBANS

Figure I.1 :Présentation d'une antenne micro ruban	3
Figure I.2 :Différentes formes d'antenne micro ruban.....	4
Figure I.3 :Alimentation par une ligne micro ruban	5
Figure I.4 :Alimentation par une ligne micro ruban a) axiale b) décalée et c) axiale avec encoche.....	5
Figure I.5 :Alimentation par sonde coaxiale.....	6
Figure I.6 :Alimentation par le couplage par fente	7
Figure I.7 :Alimentation par couplage électromagnétique	7
Figure I.8 :Schéma d'une antenne connectée à une ligne de transmission et un générateur	8
Figure I.9 :Représentation du coefficient de réflexion.....	9
Figure I.10 :Mesure de la bande passante à partir du coefficient De réflexion	10
Figure I.11 :Représentation de l'impédance d'antenne.....	11
Figure I.12 :Diagramme de rayonnement de l'antenne isotrope	12
Figure I.13 :Diagramme de rayonnement de l'antenne Omnidirectionnelle	12
Figure I.14 :Diagramme de rayonnement de l'antenne directive	13
Figure I.15 :Antenne patch microruban rectangulaire	15
Figure I.16 :Antenne patch microruban circulaire	17

CHAPITRE II : LA TECHNOLOGIE ULTRA LARGE BANDE (ULB)

Figure II.1 :Comparaison en temporel et fréquentiel d'un signal à bande étroite et d'un signal ULB	23
Figure II.2 :Masque d'émission ULB de la FCC en 2002	24
Figure II.3 :Masque proposé par l'ECC de l'ULB en Europe.....	25
Figure II.4 :Masque spectral proposé à l'Asie.....	26
Figure II.5 :Différentes applications de large bande.....	26

Figure II.6 :Exemple d'utilisation de radar UWB destiné À la détection de Collisions	27
Figure II.7 :Réseaux personnels sans fil (WPAN).....	28
Figure II.8 :Antenne log périodique de forme circulaire	31
Figure II.9 :Antenne log-périodique trapézoïdale	32
Figure II.10 :Réalisation pratique d'une antenne LPDA	32
Figure II.11 :Alimentation de l'antenne LPD.....	33
Figure II.12 :Antenne spirale logarithmique	34
Figure II.13 :Antenne spirale conique.....	35
Figure II.14 :Antenne spirale d'Archimède	36
Figure II.15 :Structure de l'antenne biconique.....	37
Figure II.16 :Antenne discône	37
Figure II.17 :Exemple de réalisation pratique d'un monopole circulaire	38
Figure II.18 :Antenne cornet	39
Figure II.19 :Différents profils d'antennes TSA.....	39

CHAPITRE III : CONCEPTION DES ANTENNES ULB

Figure III.1 :Géométrie de l'antenne initiale et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.....	44
Figure III.2 : (a) Coefficient de réflexion , (b) : Taux d'onde stationnaire (c) : Gain de l'antenne	45
Figure III.3 :Géométrie de l'antenne modifiée et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.....	46
Figure III.4 : (a) : Coefficient de réflexion de l'antenne initiale et de l'antenne modifié. (b) : Taux d'onde stationnaire de l'antenne initiale et de l'antenne Modifiée.....	48
Figure III.5 :Géométrie de l'antenne ULB dans le rédacteur du CST microwave Studio.....	49
Figure III.6 : (a) :Coefficient de réflexion (b) : Taux d'onde stationnaire. (c) : Gain de l'antenne	51

Figure III.7 :Diagramme de rayonnement en 2D et en 3D pour quelques fréquences de Résonances.....	53
Figure III.8 :Géométrie de l'antenne initiale et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.....	54
Figure III.9 :Coefficient de réflexion de l'antenne circulaire initiale.....	55
Figure III.10 :Géométrie de l'antenne modifiée et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.....	55
Figure III.11 : (a) : Coefficient de réflexion de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée. (b) :Taux d'onde stationnaire de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée	56
Figure III.12 :Géométrie de l'antenne ULB proposée dans le rédacteur du CST microwave Studio.....	58
Figure III.13 :(a) : Coefficient de réflexion (b) : Taux d'onde stationnaire (c) :Gain de l'antenne	59
Figure III.14 :Diagramme de rayonnement en 2D et en 3D pour quelques fréquences de résonances de l'antenne finale	60

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : NOTIONS DE BASE SUR LES ANTENNES

MICRORUBANS

Tableau I.1 :Comparaison entre les différents types d'alimentations.....	8
---	----------

CHAPITRE III : CONCEPTION DES ANTENNES ULB

Tableau III.1 : Dimensions des paramètres de l'antenne initiale	44
Tableau III.2 :Dimensions des paramètres de l'antenne modifiée	46
Tableau III.3 :Dimensions des paramètres de l'antenne ULB	49
Tableau III.4 :Tailles des fentes et les éléments parasites insérés sur le patch	50
Tableau III.5 :Dimensions des paramètres de l'antenne patch circulaire initiale	54
Tableau III.6 : Dimensions des paramètres de l'antenne patch circulaire modifiée.....	55
Tableau III.7 :Tailles des éléments parasites insérés à côté de la ligne d'alimentation	58

Liste des abréviations

2D	Deux Dimension
3D	Trois Dimension
BP	Bande passante
CEPT	European Conference of Postal and Télécommunications Administration
CST	Computer Simulation Technology
dB	Décibel
dBi	Décibel isotopique
ECC	Comité électronique de communications
ETRI	Institut de recherche de l'électronique et de télécommunications
ETSI	European Technical Standard Institute
FCC	Fédéral Communication Commission
GHZ	Gigahertz
GPR	Ground Penetrating Radar
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LPDA	Log Periodic Dipole Array
MIC	Ministry of International affairs and Communication
RFID	Radio Frequency Identification
ROS	Rapport d'Onde Stationnaires
ULB	Ultra Large Bande.
UWB	Ultra Wide Band
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WPAN	Wireless Personal Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network

Résumé

La technologie ULB est présentée comme une solution très intéressante et innovatrice pour un grand nombre d'applications. L'essor récent des communications Ultra large bande a nécessité des antennes spécialement adaptées à cette technologie. Les antennes patchs sont la meilleure solution, puisque ces antennes présentent des caractéristiques très avantageuses par rapport aux antennes classiques.

Dans le cadre de notre travail, nous avons proposé deux nouvelles géométries d'antennes imprimées pour des applications ultra large bande (ULB). Nous avons inséré plusieurs fentes de formes différentes dans l'élément rayonnant et dans le plan de masse partiel. En plus, nous avons ajouté des éléments parasites à côté de l'élément rayonnement afin d'élargir la bande passante de l'antenne.

Les deux antennes sont réalisées à l'aide du logiciel CST MWS. Les performances obtenues des antennes conçues : gain, coefficient de réflexion, bande passante ainsi que les diagrammes de rayonnement, démontrent que les résultats obtenus sont en bon accord avec les exigences demandées.

Mots clés : Antenne microruban, Antenne ultra large bande, ULB, Fentes, Eléments parasites, Plan de masse partiel, Conception, Logiciel CST MWS.

Abstract

UWB technology is presented as a very interesting and innovative solution for many applications. The recent rise in Ultra-wide band communications has required specially adapted antennas for this technology. Patch antennas are the best solution, because they have very advantageous characteristics compared to the conventional antennas.

As part of our work, we have proposed two new printed antenna geometries for Ultra Wideband applications. We have embedded several slots of different shapes in the radiating element and in the partial ground plane. In addition, we have added parasitic elements next to the radiating patch in order to widen the bandwidth of the antenna.

The two antennas are made using the CST MWS software. The performance obtained antennas designed: gain, return loss, bandwidth and radiation patterns demonstrate that the results obtained are in concord with the required requirements

Keywords: Microstrip Antenna, Ultra-Wideband Antenna, UWB, Slots, Parasitic elements, partial ground plane, Design, CST MWS software.

ملخص

تعتبر تكنولوجيا الاتصالات واسعة النطاق (ULB) كحل جد هام ومبتكر لعدد كبير من التطبيقات. تحتاج الاتصالات ذات النطاق الواسع الى هوائيات ملائمة خصيصا لهذه التقنية. ان الهوائيات المطبوعة هي أفضل حل تتميز هذه الهوائيات بميزة مفيدة للغاية مقارنة بالهوائيات التقليدية. كجزء من عملنا ، اقترحنا تصميمين جديدين للهوائي المطبوع لتطبيقات النطاق العريض للغاية (ULB). أدخلنا عدة فتحات بأشكال مختلفة في العنصر المشع وفي مستوى القاعدة الكتلية الجزئية. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بإضافة عناصر طفيلية بجوار العنصر المشع من أجل توسيع نطاقها الترددي للهوائي. تم تصنيع الهوائيين باستخدام برنامج CST MWS. العروض التي تم الحصول عليه من الهوائيات المصممة: الكسب، معامل الانعكاس، عرض النطاق الترددي وانماط الإشعاع أثبتت أن النتائج التي تم الحصول عليها تتوافق جيداً مع المتطلبات المطلوبة.

كلمات البحث:

الهوائيات المطبوعة ، هوائيات ذات النطاق الواسع ، فتحات ، عناصر طفيلية ، مستوى أرضي جزئي ، تصميم برنامج CST

MWS

Introduction générale

Les télécommunications sont l'ensemble des moyens techniques nécessaires à l'acheminement fidèle et fiable que possible d'informations entre deux points quelconques, à n'importe quelle distance, avec des coûts raisonnables et à des instants différents.

De nos jours, la télécommunication est caractérisée comme suit : «l'émission, la transmission à distance et la réception d'informations de toutes natures par fil, radioélectricité, système optique ou électromagnétique». Autrement dit, la télécommunication est d'abord et avant tout un échange d'information dans n'importe quel espace donné. La spécificité de la télécommunication, contrairement à une communication ordinaire, est que l'information est véhiculée à l'aide d'un support (matériel ou non), lui permettant d'être transmise sur de longues distances.

La transmission de données à haut débit, liée à la demande toujours croissante des dispositifs mobiles, a générée un grand intérêt pour les antennes microbandes et qui sont probablement les antennes les plus utilisées dans les conceptions commerciales compactes. Les avantages principaux de ces antennes sont : le faible poids, le volume et l'épaisseur faibles, la simplicité de fabrication, le faible coût, la possibilité de la mise en réseau, l'intégration d'éléments discrets et la conformabilité facilitant l'implantation sur tout type de support. Cependant, ce type d'éléments présente des limites, notamment la bande passante étroite, le faible gain et la possibilité de résonner avec une seule fréquence.

Le domaine des télécommunications évolue de plus en plus, et cela requière un débit toujours grandissant mais qui reste freiné par un spectre de fréquence de plus en plus occupé. Récemment, la technologie Ultra Large Bande a attiré une grande attention aussi bien dans les domaines académiques qu'industriels.

En effet, l'ULB permet d'atteindre des débits de plusieurs centaines de mégabits par seconde, tout en conservant une complexité et des coûts limités. 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 établie par la FCC (Commission Fédérale 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, cette technologie nouvelle a le mérite de mieux performer en environnement bruyant.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui consiste à étudier et concevoir des antennes micro rubans ULB (Ultra Large Bande) dont la plage de fréquence est comprise entre 3.1-10.6 GHz). De ce fait, notre mémoire est repartie en trois chapitres :

En premier chapitre, nous rappelons quelques définitions des antennes micro rubans. Nous définirons la structure de l'antenne micro ruban et nous donnerons les endroits de l'alimentation qui jouent un rôle important dans l'étude du couplage. Puis, nous allons présenter quelques caractéristiques de cette antenne et nous citerons leurs avantages ainsi que leurs inconvénients.

Dans le deuxième chapitre, nous allons présenter les principes fondamentaux de la technologie Ultra Large Bande. Après une histoire sur la naissance de cette technologie. Nous sommes attachés à souligner les processus de réglementation de l'ULB dans le monde entier ainsi nous donnerons les différents domaines d'applications de cette technologie. On passe par la suite à la présentation des types des antennes ULB. On termine ce chapitre par une exposition des avantages et des inconvénients de l'ULB.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude et à la conception des antennes micro rubans ULB avec le simulateur CST MicrowaveStudio. Plusieurs techniques de miniaturisation et d'élargissement de la bande passante comme les fentes et les éléments parasites que nous allons insérer sur des antennes patches conventionnelles afin d'augmenter la bande passante de ces derniers. Ensuite, nous présentons les résultats de simulation des antennes patches ULB alimentées par une ligne micro ruban. Toutes les simulations sont suivies par des discussions et des commentaires. A la fin de ce mémoire, nous donnerons une conclusion générale .

Chapitre I

**Notions de base sur les antennes
micro-rubans**

I.1.Introduction

Actuellement, les antennes micro rubans deviennent de plus en plus essentielles grâce à leurs faibles coûts, faibles poids, hautes performances et leurs formes différentes.

L'antenne micro ruban, appelée aussi antenne patch est un type récent d'antenne dont le développement et l'utilisation sont de plus en plus fréquent. Le concept d'antenne patch est apparu dans les années 1950 par Deschamps aux U.S.A, mais le véritable développement ne s'est fait que dans les années 1970. Ce type d'antenne s'adapte facilement aux surfaces planes et non planes, elles sont aujourd'hui implantées dans de nombreux dispositifs électroniques et constituent le type d'antenne privilégié aux fréquences microondes dans les systèmes modernes de communications intégrés.

Dans ce chapitre, nous allons donner une présentation générale des antennes imprimées ainsi que leurs caractéristiques, les différentes méthodes d'alimentation et le principe de fonctionnement en terminant par les avantages et les limitations de ces derniers.

I.2. Structure des antennes micro ruban

La structure d'antenne micro ruban est composée d'une plaque métallique de forme quelconque, appelé élément rayonnant (patch) qui se trouve sur la face supérieure du substrat diélectrique (constitué d'une permittivité relative ϵ_r et une perméabilité relative μ_r), et en dessous un plan de masse comme montre la figure I.1.

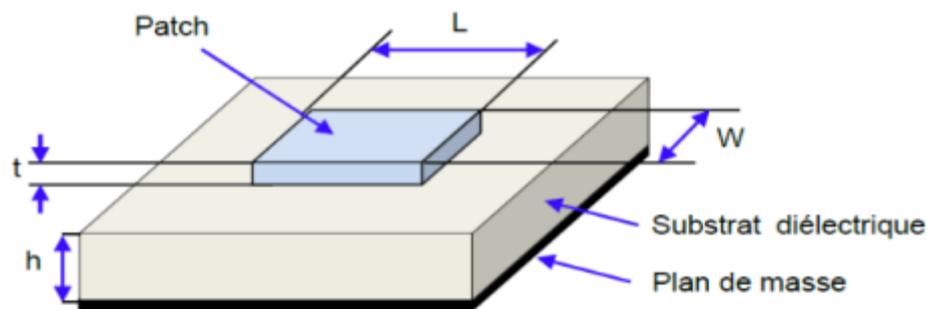


Figure I.1 : Présentation d'une antenne micro ruban.

I.3. Différentes formes de l'antenne micro ruban

L'antenne micro ruban peut prendre plusieurs formes : rectangulaire, carrée, circulaire ou triangulaire. Ces formes sont les plus utilisées car elles présentent une grande facilité d'analyse et de fabrication. La figure ci-dessous montre ces différentes formes [I.1].

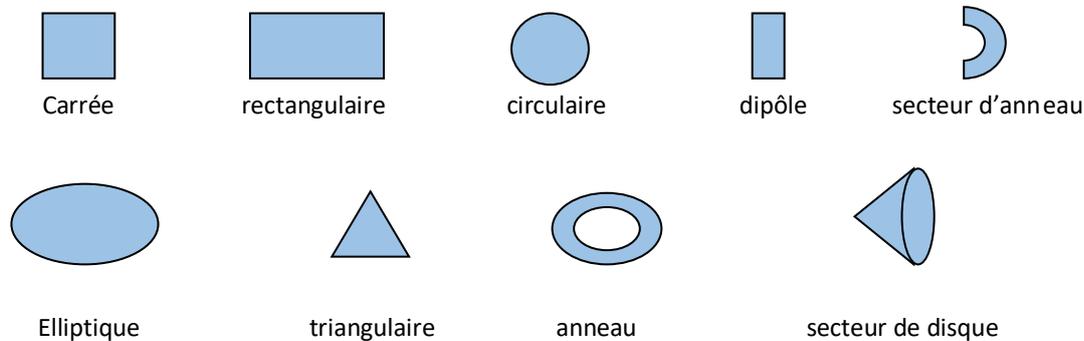


Figure I.2 : Différentes formes d'antenne micro ruban.

I.4. Techniques d'alimentation [II.2],[II.3]

Il existe plusieurs techniques d'alimentation des antennes micro rubans, ces techniques doivent être soit par contact soit sans contact (par couplage). Dans la classe d'alimentation avec contact, le patch rayonnant doit être relié directement par un câble coaxial ou bien par une ligne micro ruban. Dans la deuxième classe, le couplage électromagnétique est utilisé pour transmettre la puissance de la ligne au patch rayonnant [II.2].

I.4.1. Alimentation par contact

I.4.1.1. Alimentation par ligne micro ruban

Dans ce cas, la ligne micro ruban est connectée directement à l'élément rayonnant comme le montre la figure I.3.

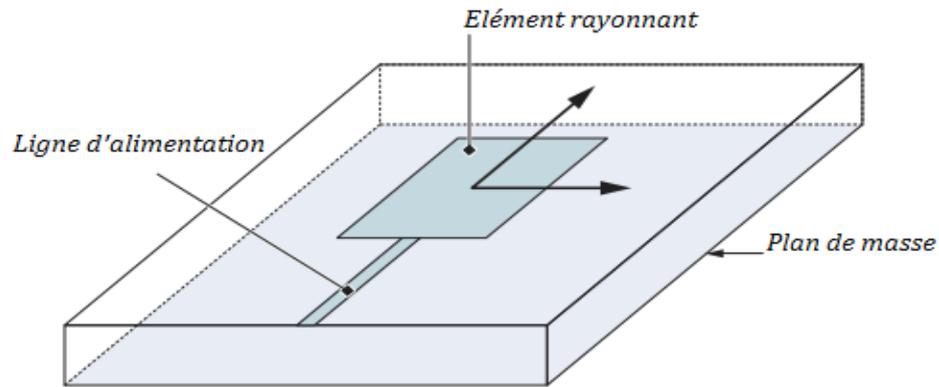
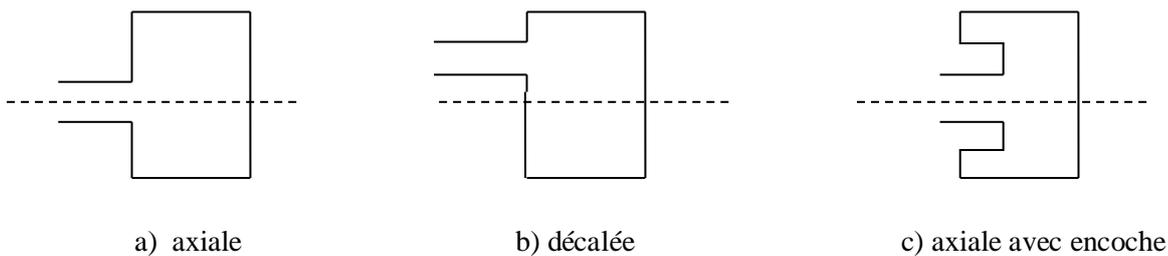


Figure I.3 : Alimentation par une ligne micro ruban.

Le point de jonction peut être sur l'axe de symétrie de l'élément rayonnant (figure I.4. a) ou décalé par rapport à cet axe de symétrie (figure I.4.b) pour avoir une meilleure adaptation d'impédance. L'alimentation axiale avec une encoche donne de bons résultats (figure I.4.c).



a) axiale

b) décalée

c) axiale avec encoche

Figure I.4 : Alimentation par une ligne micro ruban.

a) axiale b) décalée et c) axiale avec encoche.

Cette technique d'alimentation est la plus utilisée dans les antennes imprimées grâce à sa facilité de réalisation et son faible coût.

I.4.1.2. Alimentation par sonde coaxiale

Cette alimentation est réalisée par une connexion directe de l'élément rayonnant au conducteur central d'une ligne coaxiale, le conducteur extérieur est relié au plan de masse comme le montre la Figure I.5. Cette technique est très utilisée avec les patches de la forme circulaire et annulaire.

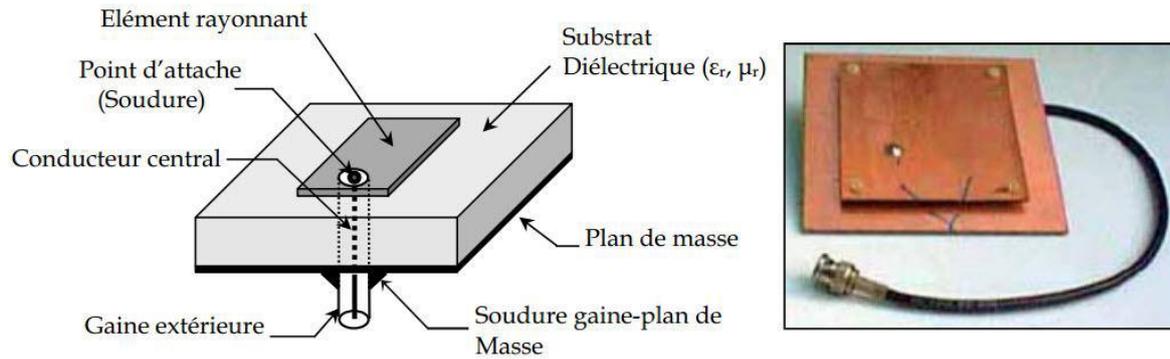


Figure I.5 :Alimentation par sonde coaxiale.

Ce type d'alimentation présente les inconvénients suivants :

- ✚ Difficulté de modélisation surtout pour les substrats électriquement épais.
- ✚ Rayonnement parasite de la sonde mono polaire.
- ✚ Les pertes apparaissent avec le perçage du plan de masse.

I.4.2. Alimentation sans contact (par couplage)

I.4.2.1. Alimentation par le couplage par fente (ouverture)

Dans ce type d'alimentation, le patch de rayonnement et la ligne d'alimentation du micro ruban sont séparés par un plan de masse comme indique la Figure I.6. La liaison entre eux est faite par une ouverture ou une fente dans le plan de masse.

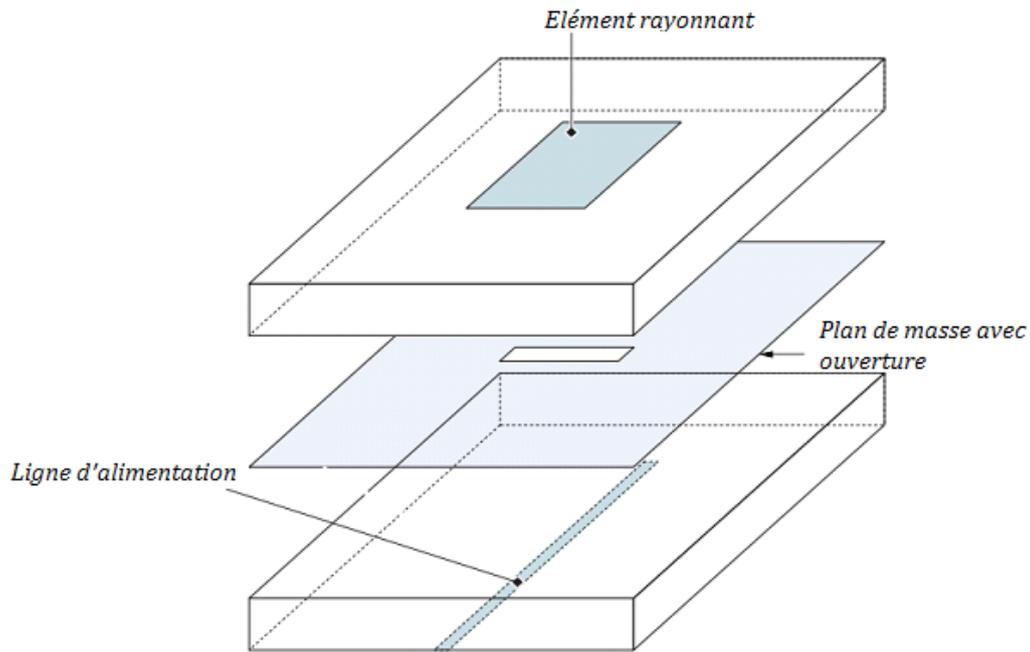


Figure I.6 : Alimentation par le couplage par fente.

I.4.2.2. Alimentation par couplage de proximité

Cette technique est appelée aussi le couplage électromagnétique, la ligne d'alimentation se trouve entre deux substrats diélectriques (en sandwich) de permittivité ϵ_{r1} , ϵ_{r2} et de hauteur h_1 et h_2 comme le montre la figure I.7.

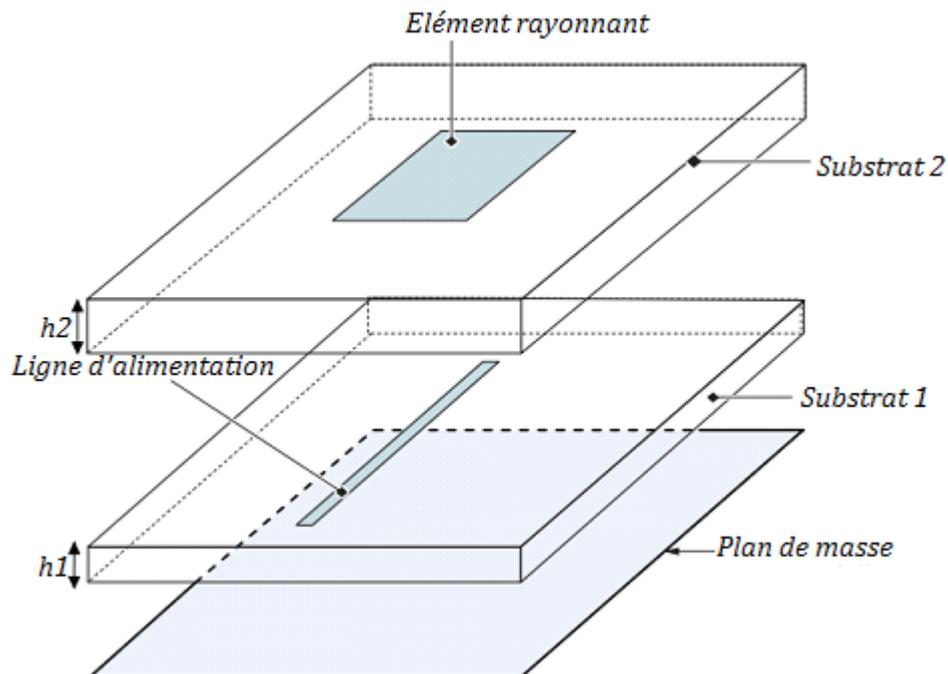


Figure I.7 : Alimentation par couplage électromagnétique.

- L'avantage de cette alimentation est de fournir une bande passante très élevée (plus que 13%) et aussi d'éliminer le rayonnement parasite.

I.4.3. Comparaison entre les différents types d'alimentation [I.1]

	Alimentation avec contact		Alimentation sans contact	
caractéristiques	Ligne micro ruban	Sonde coaxiale	Couplage par fente	Couplage par proximité
Rayonnement parasite de l'alimentation	Plus	plus	moins	minimum
Fiabilité	meilleur	Pauvre à cause de soudure	bon	bon
Facilité de fabrication	Facile	Soudure et forage de requis	Alignement requis	Alignement requis
Adaptation d'impédance	Facile	facile	facile	facile
Bande passante	2-5%	2-5%	2-5%	13%

Tableau I.1 : Comparaison entre les différents types d'alimentations.

I.5. Caractéristiques des antennes micro rubans [II.1], [II.4]

I.5.1. Coefficient de réflexion S11

On considère un système comportant l'antenne, un générateur et une ligne de transmission d'impédance caractéristique Z_c [II.5].

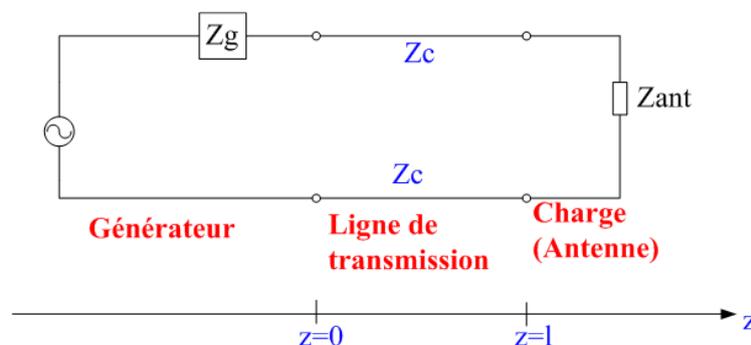


Figure I.8 : Schéma d'une antenne connectée à une ligne de transmission et un générateur.

On donne le paramètre de réflexion S_{11} ou Γ en $z = l$ par la formule suivante :

$$S_{11} = \Gamma = \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \quad (I.1)$$

Le coefficient de réflexion assure la transmission d'énergie à travers l'antenne. Dans un système électrique caractérisé par le paramètre S, le S_{11} peut avoir une forte atténuation à une fréquence spécifiée qu'on l'appelle la 'fréquence de résonance', on obtient un maximum de transmission de puissance entre le générateur et la charge. C'est la façon d'optimiser l'antenne à l'aide de ce paramètre. Il faut que ce dernier soit égale à -10 dB pour avoir une adaptation au niveau de l'antenne si non les valeurs inférieurs à -10dB l'empêchent. Ceci est représenté dans la Figure I.9.

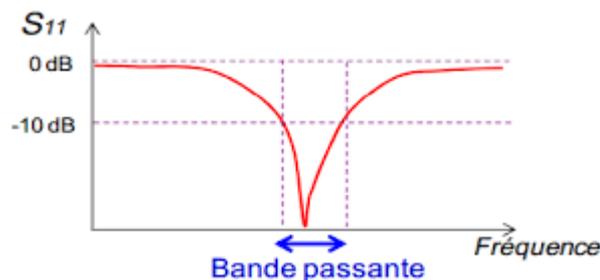


Figure I.9 : Représentation du coefficient de réflexion.

I.5.2. Rapport d'ondes stationnaires R.O.S

Le ROS ou le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) rassemble au coefficient de réflexion qui traduit l'adaptation ou la désadaptation de l'impédance entre deux éléments. Quand l'adaptation n'est pas parfaite, une superposition se passe entre l'onde réfléchie et l'onde incidente afin de former une seule onde qu'on l'appelle onde stationnaire.

En cas de séparation d'impédance, l'émetteur émet une partie de la puissance P_1 qui sera réfléchie au point de séparation, vers l'émetteur soit P_2 . Un $VSWR < 2$ assure une bonne performance.

Le VSWR est donné par :

$$VSWR = \frac{P_1 + P_2}{P_1 - P_2} \quad (I.2)$$

On donne le rapport d'onde stationnaire en fonction du coefficient de réflexion par:

$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad (I.3)$$

I.5.3. Bande passante

On peut définir la bande passante d'une antenne par un intervalle de fréquences utiles, dans lequel se produit un transfert d'énergie électromagnétique idéal de l'alimentation vers l'antenne et ensuite de l'antenne vers le récepteur. L'obtention de la bande passante se fait en limitant des valeurs selon les conditions de fonctionnement de l'antenne qui définissent un ensemble de fréquences situées entre une valeur minimale F_1 et une valeur maximale F_2 .

La formule de la bande passante est donnée par :

$$BP(\%) = \left[\frac{F_2 - F_1}{F_0} \right] * 100 \quad (I.4)$$

Avec : F_0 représente la fréquence de résonance (centrale).

La mesure de la bande passante d'une antenne patch est représentée dans la figure I.10.

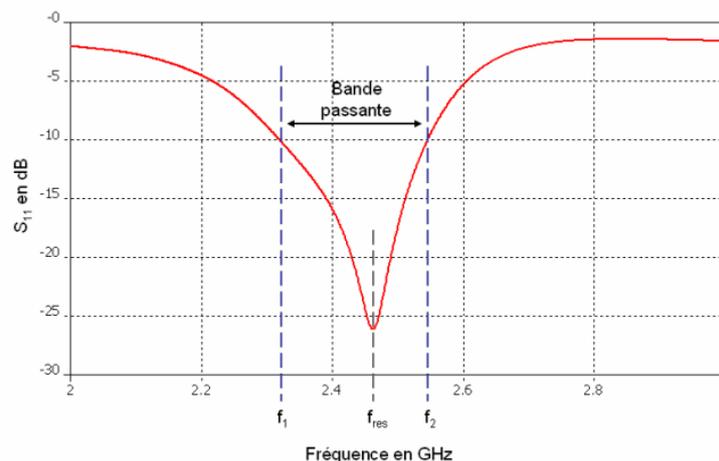


Figure I.10 : Mesure de la bande passante à partir du coefficient de réflexion.

I.5.4. Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée d'une antenne est définie comme le rapport entre la tension V_{int} et le courant I_{int} aux terminaux de l'antenne ou comme le rapport entre les composantes appropriées des champs électriques et magnétiques. L'expression de l'impédance d'entrée d'une antenne Z_{ant} se décompose en partie réelle R_a qui caractérise la puissance dissipée par l'antenne sous forme de rayonnement et de pertes diverses dans sa structure (effet Joule, onde de surface, etc.), et une partie imaginaire X_a qui représente la puissance stockée dans les régions proches du champ rayonné.

$$Z_{ant} = \frac{V_{int}}{I_{int}} \quad (I.5)$$

$$Z_{ant} = R_a + jX_a \text{ (I.6)}$$

La partie réelle de l'impédance R_a regroupe une partie due aux pertes ohmiques et diélectriques des matériaux et la résistance de rayonnement de l'antenne. Cette dernière s'écrit comme suit :

$$R_a = R_{pertes} + R_{ray} \text{ (I.7)}$$

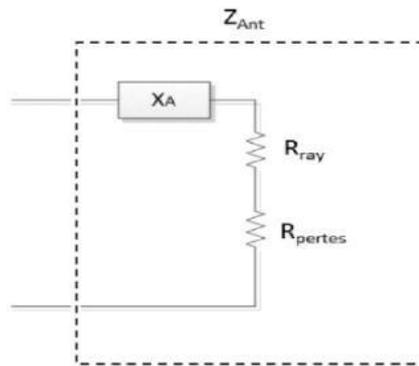


Figure I.11 : Représentation de l'impédance d'antenne.

D'autre part, l'impédance d'entrée de l'antenne peut s'écrire en fonction du coefficient de réflexion S_{11} sous la formule :

$$Z_{ant} = Z_c \frac{1+S_{11}}{1-S_{11}} \text{ (I.8)}$$

I.5.5. Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement d'une antenne représente le changement de la puissance rayonnée issue de l'antenne dans tous les trajets de l'espace. Ce paramètre dépend de la structure globale de l'antenne.

Le diagramme de rayonnement limite les zones de faible ou immense rayonnement dans l'entourage de l'antenne. On peut diviser le diagramme de rayonnement en trois formes typiques malgré chacun d'eux se varie en fonction de l'antenne. Ces formes sont :

I.5.5.1. Isotrope

Une antenne isotrope (Figure I.12) est une antenne qui émet également dans toutes les directions. Un bon exemple donné de ce type est le soleil dont la radiation moyenne prise dans une direction et à une distance donnée sera la même dans toute autre direction à la même distance.

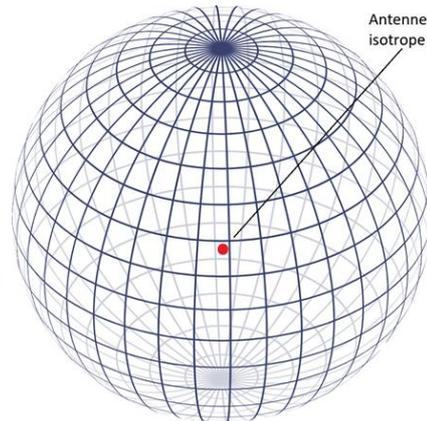


Figure I.12 : Diagramme de rayonnement de l'antenne isotrope.

I.5.5.2.Omnidirectionnel

Une antenne omnidirectionnelle (Figure I.13) est une antenne qui fournit un diagramme de rayonnement horizontal de 360 degrés. Celle-ci est utilisée quand la couverture est requise dans toutes les directions (horizontalement) à partir de l'antenne avec des degrés divers de couverture verticale. Mais cette antenne n'est qu'une antenne théorique qui sert à fonder la directivité ou le gain d'une antenne réelle.

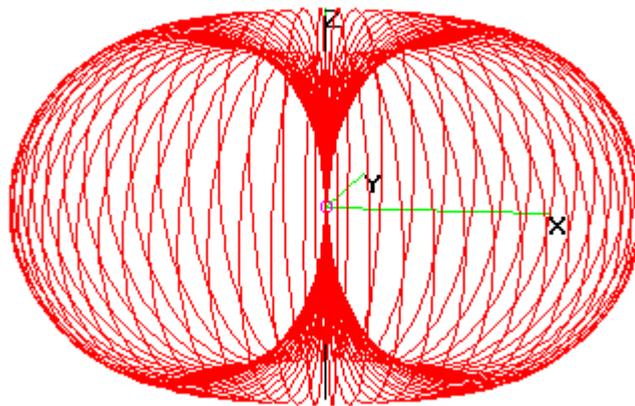


Figure I.13 : Diagramme de rayonnement de l'antenne omnidirectionnelle[I.6].

I.5.5.3.Directif

Une antenne directive est l'antenne la plus typique qui est caractérisée par son rayonnement qui se fait en une seule direction dans l'espace (Figure I.14).

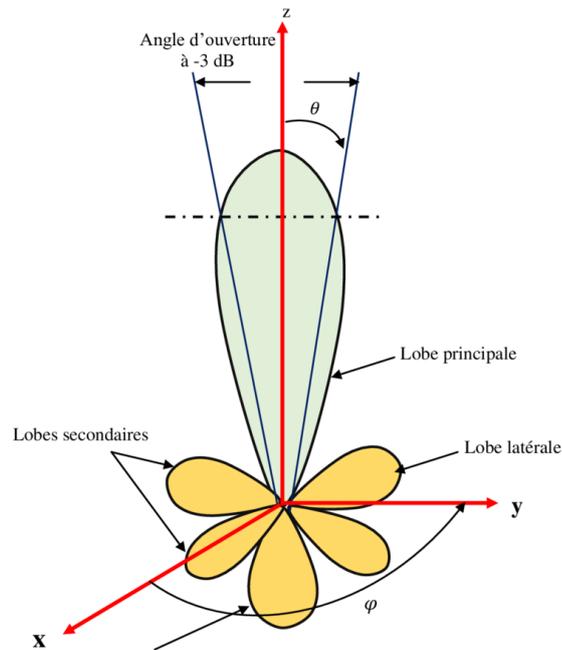


Figure I.14 : Diagramme de rayonnement de l'antenne directive.

I.5.6.Directivité

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans la direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée par unité d'angle solide dans la direction (θ, φ) et la puissance que rayonnerait la source isotrope de référence par unité d'angle pour une même puissance totale rayonnée.

$$D = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{P_r} \quad (I.9)$$

Avec :

$P(\theta, \varphi)$: puissance rayonnée par unité d'angle solide (θ, φ) .

P_r : puissance totale rayonnée.

I.5.7.Gain

Le gain d'une antenne dans la direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans cette direction (θ, φ) et la puissance que rayonnerait la source isotrope de référence par unité d'angle solide avec la même puissance d'alimentation, il est donné par la relation suivante :

$$G = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{P_a} \quad (\text{I.10})$$

Avec :

P_a : puissance d'alimentation de l'antenne.

La directivité et le gain sont liés par la relation suivante :

$$G(\theta, \varphi) = \eta D(\theta, \varphi) \quad (\text{I.11})$$

Tels que η : le rendement.

Remarque : généralement, le gain d'une antenne patch doit être supérieur à 2 dB.

I.5.8. Rendement

Le rendement d'une antenne est alors défini comme étant le rapport de la puissance totale P qu'elle rayonne à sa puissance d'alimentation P_a , on le note η :

$$\eta = \frac{P}{P_a} \quad (\text{I.12})$$

I.5.9. Facteur de qualité

D'une vision électrique, Nous avons constaté qu'une antenne peut être considérée comme un circuit résonnant RLC. La bande passante BW (à 3 dB) est jointe au facteur de qualité Q du circuit RLC à la fréquence de résonance f_r .

On peut définir le facteur de qualité par la quantité de résistance présente pendant la résonance.

$$Q = \frac{f_r}{BW} \quad (\text{I.13})$$

Une antenne ayant un facteur de qualité fort rayonne efficacement à la fréquence de rayonnement sur une bande de fréquence très petite, en voulant la limitation des interférences hors bande. Néanmoins, si la bande passante est trop étroite, tout signal émis ou reçu à côté des bornes de la bande de fréquence de fonctionnement sera atténué.

Par contre, une antenne ayant un facteur de qualité faible est considérée comme large bande si la fréquence supérieure f_2 est au moins égale à environs deux fois la fréquence inférieure f_1 [I.7].

I.6. Modélisation des antennes patch

I.6.1. Antenne patch rectangulaire

Parmi toutes les formes, l'élément rectangulaire est sans contexte le plus facile à appréhender pour la compréhension des mécanismes de rayonnements des antennes micro strip.

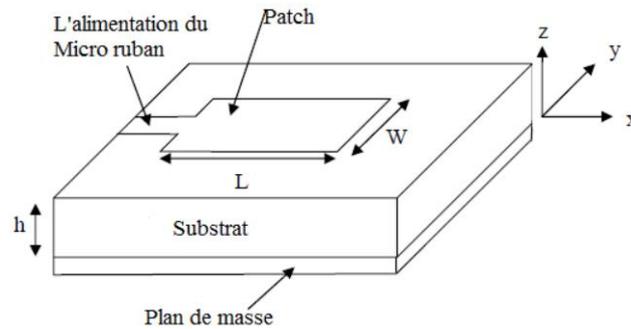


Figure I.15 : Antenne patch micro ruban rectangulaire.

Selon Huang, Boyle et Balanis[I.1], [I.3], la fréquence de résonance pour une antenne patch rectangulaire en mode TM_{010} est donnée par:

$$f_r = \frac{c}{2L_{eff}\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (I.14)$$

Pour un rayonnement efficace, la largeur du patch est donnée par BAHAL et BHARTIA comme [I.8] :

$$W = \frac{c}{2f_r\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (I.15)$$

Avec : C : vitesse de la lumière dans le vide.

ϵ_r : permittivité relative du substrat.

f_r : fréquence de résonance (centrale).

L'expression de la constante diélectrique efficace ϵ_{reff} est donnée par Balanis[I.9] comme :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (I.16)$$

Ou

ϵ_r = constante diélectrique du substrat.

h = hauteur du substrat diélectrique.

w = largeur du patch.

Les dimensions du patch sur toute sa longueur ont maintenant été étendues à chaque extrémité par une distance ΔL qui est donnée empiriquement par HAMMERSTAD [I.10] comme :

$$\Delta L = \frac{0.412h(\epsilon_{\text{eff}}+0.3)\left(\frac{w}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{\text{eff}}-0.258)\left(\frac{w}{h}+0.8\right)} \quad (\text{I.17})$$

Pour une fréquence de résonance f_r , la longueur effective est donnée par [I.11] :

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2 f_r \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \quad (\text{I.18})$$

La longueur du patch L est donnée par l'équation suivante :

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \quad (\text{I.19})$$

La longueur du substrat L_g et la largeur du substrat W_g sont données par les équations suivantes :

$$L_g = L + 6h \quad (\text{I.20})$$

$$W_g = W + 6h \quad (\text{I.21})$$

I.6.2. Antenne patch circulaire

Les patches circulaires sont largement utilisés dans la pratique à cause de sans contexte le plus facile.

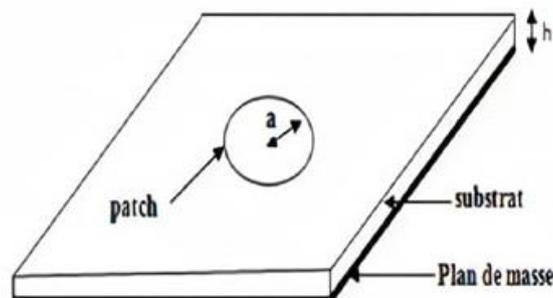


Figure I.16 : Antenne patch micro ruban circulaire.

- Le rayon de l'antenne patch circulaire est donné par la relation suivante **[I.12]** :

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \varepsilon_r F} \left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (\text{I.22})$$

D'où :

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\varepsilon_r}} \quad (\text{I.23})$$

Avec h : l'épaisseur du substrat.

ε_r : permittivité relative.

f_r : fréquence de résonance.

- Généralement la longueur de la ligne d'alimentation est de l'ordre de la demi-longueur d'onde (équation (I.24) **[I.14]**).

$$L_L = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2F} \quad (\text{I.24})$$

Avec : C : c'est la vitesse de la lumière.

λ : la longueur d'onde.

- La largeur de l'antenne est exprimée par la relation suivante **[I.14]** :

$$W_G = 2 \times a + 6 \times h \quad (\text{I.25})$$

où :

a : le rayon du patch.

h : l'épaisseur.

- L'équation de la longueur de l'antenne est donnée par **[I.14]** :

$$L_G = 2 \times a + L_L + 6 \times h \quad (\text{I.26})$$

a : le rayon du patch.

h : l'épaisseur.

L_L : la longueur de la ligne d'alimentation.

I.7. Avantages et Inconvénients des antennes micro rubans

Les antennes micro rubans deviennent de plus en plus très importantes en raison de leurs grandes variétés des formes géométriques qu'elles peuvent prendre et qu'elles rendent applicables aux différentes situations d'intégration [I.3].

Ces antennes présentent de nombreux avantages par rapport aux antennes microbandes classiques, on peut citer :

- ✚ Faible poids, encombrement réduit, faible profile et structure plane.
- ✚ Polarisation linéaire et circulaire possibles.
- ✚ Facilité d'adaptation aux surfaces planes où non planes.
- ✚ Faible coût de fabrication, production en masse possible.
- ✚ Antennes multi bandes et multi polarisations possibles.
- ✚ Facile à intégrer avec les circuits MMICs (Monolithic Microwave Integrated Circuit ou circuit intégré monolithique hyperfréquence) est un type de circuit intégré fonctionnant aux fréquences radio intermédiaires entre l'infrarouge et les ondes de radiodiffusion dites « micro rubans » (de 300 MHz à 300 GHz) sur un même substrat.
- ✚ Réseaux d'alimentation et d'adaptation fabriqués simultanément avec l'antenne.

Comme ces antennes ont des avantages, elles ont aussi quelques inconvénients tels que :

- ✚ Bande passante étroite.
- ✚ La plupart des antennes microbandes rayonnent par un demi-plan.
- ✚ Capacité de manipulation à faible énergie.
- ✚ Généralement faible gain (6 dB).
- ✚ Circuit d'alimentation parfois très complexe.
- ✚ La performance du rayonnement longitudinal est faible.

I.8. Domaines d'applications des antennes micro rubans

Vu les exigences du marché industriel et son besoin plus le développement technologique dans le domaine des télécommunications, les antennes classiques deviennent incapables de combler ces besoins. C'est pour cela, les concepteurs des systèmes de télécommunications remplacent les

antennes classiques par des antennes micro rubans dans plusieurs applications. Parmi ces applications on cite [I.13]:

- Les télécommunications satellitaires.
- Commande et contrôle.
- La télémétrie par missile.
- Les équipements portatifs.
- Les éléments d'alimentation dans les antennes complexes.
- Les antennes d'émission utilisées en médecine.
- Les récepteurs satellitaires de navigation.

I.9.Conclusion

La technologie microbande en général, et les antennes micro rubans en particulier connaissent un succès croissant et une grande évolution. Dans ce premier chapitre, nous avons présenté d'une manière générale les antennes micro rubans ainsi que ses caractéristiques, leurs différentes formes et leurs techniques d'alimentations les plus utilisées. Nous citons quelques domaines d'applications de ce type d'antennes, les avantages et les inconvénients. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter un état de l'art sur la technologie Ultra Large Bande.

I.10. Bibliographie

[I.1] Walid DEGHEFEL et Rami MERZOUGUI, «Etude et conception d'une antenne patch ultra large bande ULB à bande rejetée», Mémoire de master en électronique, 2017.

[I.2] Boualem MEKIMAH, «Etude du fonctionnement en mode bi-fréquence des patchs microbandes empilés et excentrés», Mémoire de Magister en électronique, Novembre 2013.

[I.3] Soumia BOUSAHA, «Contribution à l'étude et à la modélisation des antennes imprimées rectangulaires Applications aux systèmes de communication», Mémoire de master en télécommunications, 2012.

[I.4] Faiza TCHOUAR et Rabea BENSENOUCI, «Etude et conception d'une antenne micro ruban pour des applications WBAN», Mémoire de master en électronique, 2017.

[I.5] Laurence BABOUR, « Etude et conception d'antennes ultra large bande miniaturisées en impulsionsnel », Thèse de Doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble, 2009.

[I.6] Emmanuel DREINA, «Conception, optimisation et intégration RF d'un système d'antennes miniatures multi capteurs utilisant la diversité en vue d'augmenter les performances radio d'un terminal mobile 4G», Thèse de Doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble, 2010.

[I.7] Ahmed BENOMAR, «Etude des antennes à résonateurs diélectriques. Applications aux réseaux de Télécommunications», Thèse de doctorat en Télécommunications, 2015.

[I.8] I.J. BAHL, P.BHARTIA, «Microstrip Antennas», Artech House- 1980.

[I.9] C.A. BALANIS, «Advanced engineering electromagnetics», John Wiley & Sons, New York, 1989.

[I.10] E.O. Hammerstad, « Equations for microstrip circuit design », Proc. Fifth European Microwave Conf., pp. 268-272, September 1975.

[I.11] G. KUMAR and K.P. RAY, «Broadband microstrip antennas», Artech House, Inc, 2003.

[I.12] Ghouti BENZAOUZ, Ikram BENSENANE, «Conception et réalisation d'une antenne miniature pour l'application LTE», Mémoire de master en télécommunications, Université de Tlemcen, Juillet 2019.

[I.13] Daouia BELGUELLAOUI, «Analyse et conception des antennes micro rubans alimentées par guide d'onde coplanaire», Mémoire de master en génie électronique, 2016.

[I.14] A. BALANIS «Antenna theory analysis and design», Arizona State University tempe, 2005.

Chapitre II

Technologie Ultra Large Bande

II.1.Introduction

La technologie ULB (Ultra Large Bande ou en anglais UWB que signifie Ultra Wide Band) c'est la technologie de communication par impulsions, également connue sous le nom de base-band communication (communication en bande de base), no-carrier communication (communication sans porteuse), time domain radio (radio dans le domaine temporel, elle a remontée dans les années 1960, mais cette dernière a été utilisée principalement pour les systèmes de radar, de positionnement et de communication militaires[II.1].

Dans ce chapitre, nous présentons, en premier lieu, l'histoire de la naissance de la technologie Ultra Large Bande ainsi que la réglementation de l'ULB qui reste 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. Nous passerons ensuite à la représentation des différents domaines d'applications de l'ULB et les divers types d'antennes ULB qui sont classées en trois types : les antennes indépendantes de la fréquence, les antennes omnidirectionnelles et les antennes directives. Finalement, nous allons citer aussi leurs avantages et leurs inconvénients.

II.2.Généralité sur les ULB

II.2.1. Historique

Durant les 3 dernières décennies, pour faire face à l'encombrement des bandes de fréquences utilisées pour la transmission d'informations, on a essentiellement cherché à réduire la largeur de bande nécessaire pour transmettre ces informations avec un taux d'erreurs acceptable. Ce n'est que récemment -une dizaine d'années – 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 - une dizaine d'années- 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 bande.

- Dans les années 60, Ross et Bennett 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 visent 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).
- 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 (Federal Communication Commission), l'organisme de régulation des communications américains, réglemente l'Ultra large bande: Elle est donnée une définition précise, et définit les niveaux de puissance maximale autorisés (- 41 dBm /MHz pour la bande haute).

II.2.2.Définition [II.18]

Une antenne est dite ultra large bande si :

- Selon DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency 1990), l'antenne à une valeur de la bande passante (BP) supérieure à 0.25.
- Selon la FCC (Federal Communications Commission), l'antenne à une valeur de BP supérieure à 0.2. Tels que :

$$BP_{\text{relative}} = 2 \frac{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}}{f_{\text{max}} + f_{\text{min}}} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

BP_{relative} : la bande passante relative à la fréquence centrale.

f_{max} : la valeur supérieure de la bande passante.

f_{min} : la valeur inférieure de la bande passante.

De plus, la FCC définit l'antenne ULB comme toute antenne ayant une bande passante supérieure à 500 MHz. La fréquence la plus élevée et la fréquence la plus basse de la bande

passante sont définies selon la FCC par les fréquences auxquelles la puissance rayonnée est -10dB de sa valeur maximale.

II.2.3. Comparaison système ULB / système à bande étroite

Il y a une certaine différence de caractéristiques entre la technique ultra large bande et la technique classique. La figure II.1 montre que la technologie ULB transmet et reçoit des formes d'onde basées sur des impulsions de très courtes durées (1 ns), 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 [II.2].

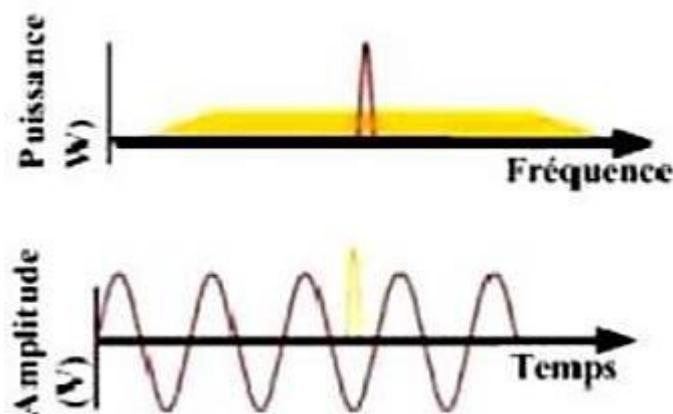


Figure II.1: Comparaison en temporel et fréquentiel d'un signal à bande étroite et d'un signal ULB.

II.3. Processus de réglementation ULB dans le monde

Systématiquement, le marché exige l'accord des organismes de réglementations et certifications pour l'accès d'une nouvelle façon de communication afin de garantir la coexistence compatible avec les périphériques qui existent déjà. Les systèmes sans fil sont de plus en plus présents, ce qui peut engendrer un chevauchement avec les systèmes ULB qui fonctionnent dans un spectre de fréquences ultra large. Donc, on peut considérer la réglementation comme une étape très essentielle pour se débarrasser de ces problèmes de coexistence.

II.3.1. Réglementation aux États-Unis

En 1998, l'États-Unis ce fut le première qui a autorisé le processus de réglementation de l'ULB par la FCC (Federal Communication Commission), ce qui s'est terminé en février 2002 par la limitation des niveaux d'émission des signaux ULB (EIRP=-41,3 dBm/MHz) dans une gamme allant de 3.1GHz à 10.6GHz, avec une puissance totale de l'ordre de 0,5mW pour cette bande. La figure ci-dessous (figure II.2) représente le spectre d'émission imposé par la FCC pour les systèmes opérant en intérieur et en extérieur.

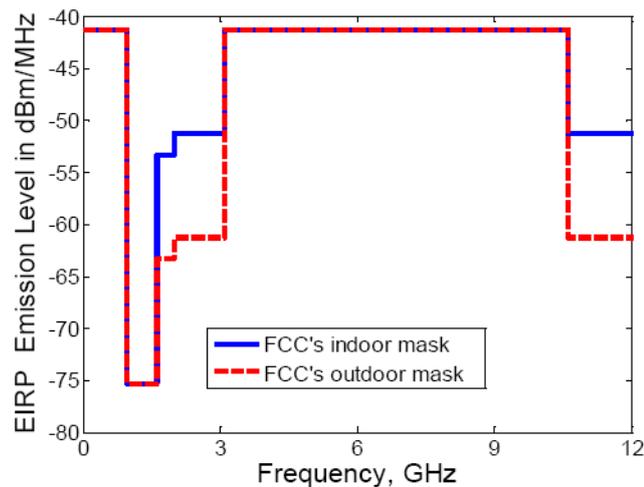


Figure II.2 : Masque d'émission ULB de la FCC en 2002[II.3].

II.3.2. Réglementation en Europe

En Europe, deux organismes sont responsables de la réglementation des systèmes de télécommunications. L'ETSI (European Technical Standard Institute) est chargé de la normalisation de l'ULB alors que le CEPT (European Conference of Postal and Télécommunications Administration) étudie l'influence des systèmes ULB sur les dispositifs déjà existants, ainsi que la décision concernant la réglementation spectrale. Contrairement à la FCC, la division ECC (Comité électronique de communications) de la CEPT adopte une approche séquentielle en divisant le 7,5 GHz de bande de la FCC en plusieurs sous-bandes afin d'analyser les problèmes de coexistence relatifs à chacune de ces sous-bandes [II.4], une bande basse de 3.1 à 4.8 GHz et une bande haute de 6 à 8.5 GHz, avec une limite d'émission dans la bande haute égale à -41.3 dBm/MHz. Le masque proposé par l'ECC est représenté à la figure II.3.

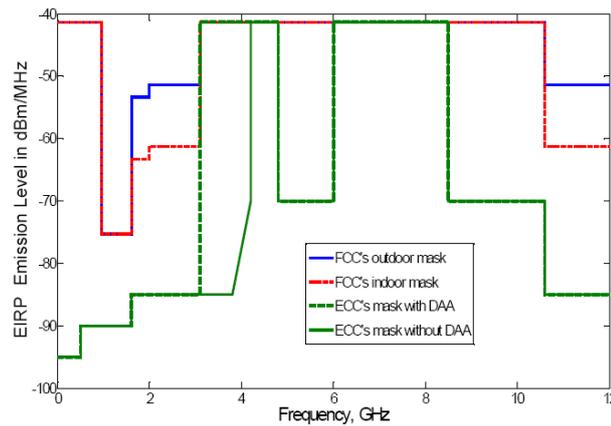


Figure II.3 :Masque proposé par l'ECC de l'ULB en Europe[II.4].

II.3.3.Réglementation en Asie

En Asie, plusieurs pays, nous citons le Japon, la Corée et Singapour ont fait leurs propres masques.

❖ Au Japon

Au Japon, en 2006, la MIC (Ministry of International Affairs and Communication) qui gère la réglementation des télécommunications a permis l'émission des signaux ULB sans licence. Dans un premier temps. Cette autorisation concerne les bandes 3.4 à 4.8 GHz et 7.5 à 10.25 GHz avec les mêmes contraintes en puissance que la FCC [II.5].

❖ En Corée

Le ETRI (Institut de recherche de l'électronique et de télécommunications) 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 [II.6, II.7].

❖ Au Singapour

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 [II.6, II.8]. Les propositions ULB dans le Japon, la Corée et au Singapour vis-à-vis de la FCC sont montrées sur la figure II.4[II.9].

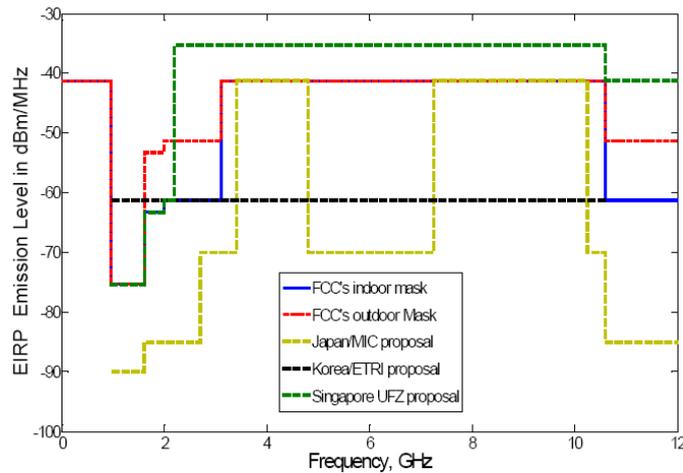


Figure II.4 :Masque spectral proposé à l'Asie[II.10].

II.4.Applications de la technologie ULB

Il existe trois grandes catégories d'applications principales pour les systèmes ULB : la détection, la géolocalisation et les communications sans fils[II.11].Les deux premières ne nécessitent pas un débit d'informations immense, mais elles comptent sur la précision sur des grandes distances et la force aux trajets multiples, malgré que les communications sans fils bénéficient des très hauts débits à courtes portées par la technologie ULB (figure II.5).

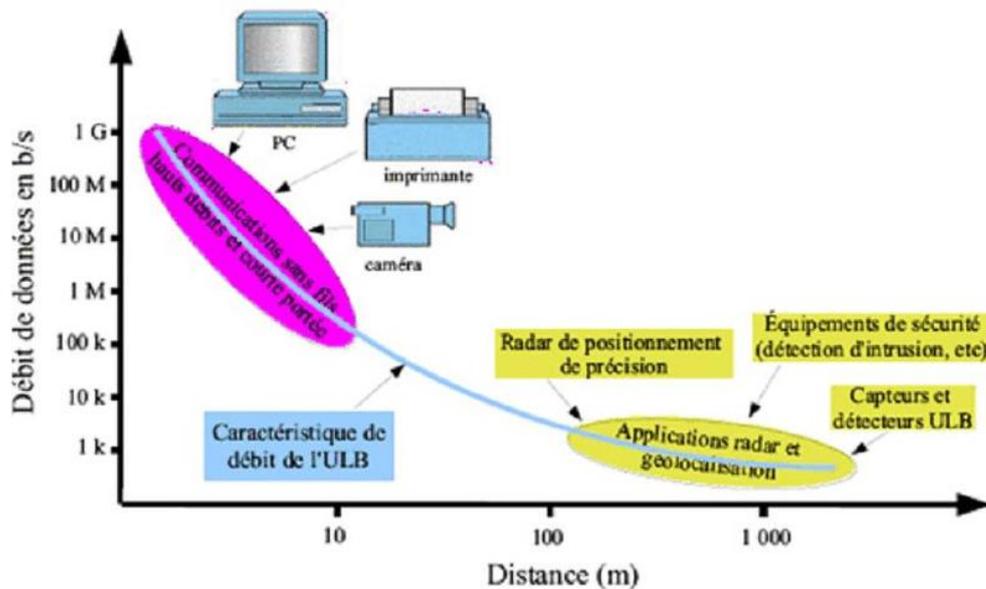


Figure II.5 :Différentes applications de large bande [II.12].

II.4.1.Systèmes d'imagerie radar

Cette catégorie comprend les systèmes d'imagerie par radar à pénétration du sol (GPR: Ground Penetrating Radar), d'imagerie de l'intérieur des murs et à travers les murs, d'imagerie médicale, d'imagerie pour la construction et les réparations à domicile, d'imagerie pour l'exploitation minière et d'imagerie de surveillance. La bande de ces systèmes doit être inférieure à 960MHz ou comprise entre 1.99 et 10.6 GHz[II.5].

II.4.2.Systèmes radars de véhicule

Cette catégorie comprend les radars d'avertissement de collision (figure II.6), les systèmes radar de véhicule peuvent déterminer la distance entre des objets et un véhicule et ils peuvent être intégrés aux systèmes de navigation du véhicule. Certains dispositifs radar de véhicule installés sur des voitures de luxe ont fait leurs apparitions dans des salons de l'automobile[II.5].

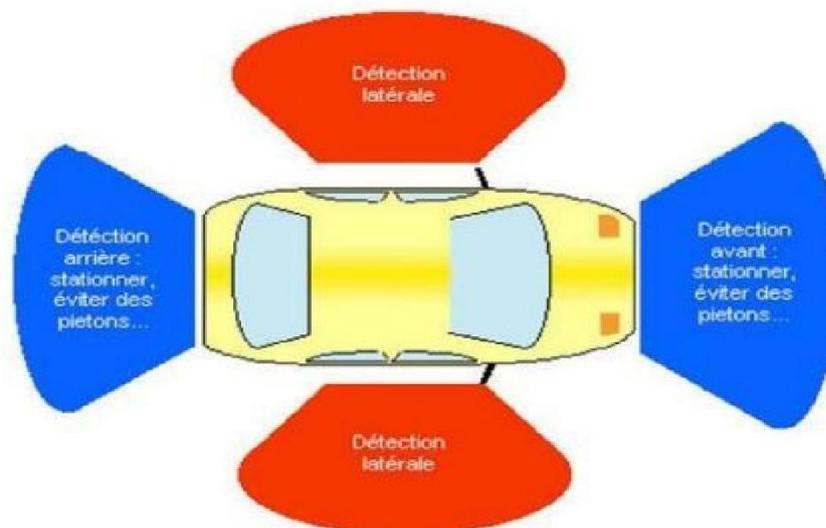


Figure II.6:Exemple d'utilisation de radar UWB destiné à la détection de collisions[II.13].

II.4.3.Systèmes de communication

Cette catégorie présentera certainement la plus grande prolifération en raison de possibilité d'utilisation massive des dispositifs UWB dans les immeubles à bureaux, les salles de réunion et de conférence et les endroits publics (par exemple les aéroports ou les centres commerciaux). Cette catégorie comprend les systèmes de communication à courte distance, notamment les réseaux personnels sans fils et les systèmes de mesure [II.14].

II.4.4. Application médicale

Les signaux ULB peuvent pénétrer à travers le corps humain, les murs, la terre, la neige, la boue, et beaucoup d'applications intéressantes de l'ULB peuvent être envisagées dans le domaine de la médecine. Les hôpitaux, plateaux opératoires, soin domestique, les services de réanimations, la pédiatrie clinique, opérations de sauvetages (pour rechercher le battement de cœur sous des ruines, ou le sol, ou la neige) sont certains domaines d'applications potentiels [II.15].

II.4.5. Réseaux de communication WPAN

Le réseau personnel sans fil WPAN (Wireless Personal Area Network) concerne les réseaux sans fil d'une faible portée, de l'ordre de quelques mètres. Ce type de réseau sert généralement à relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques,...etc) ou un assistant personnel (PDA) à un ordinateur sans liaison filaire ou bien permettre la liaison sans fil entre deux machines très peu distantes [II.5].

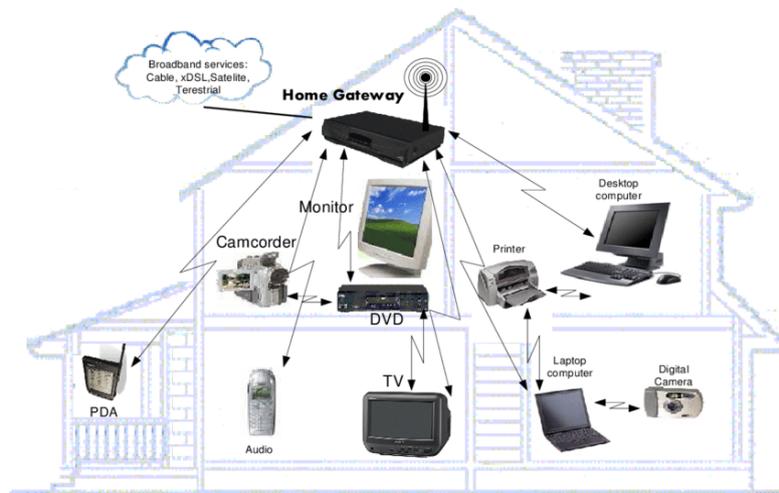


Figure II.7 : Réseaux personnels sans fil (WPAN).

II.4.6. Réseaux de capteurs sans file ULB

Les réseaux de capteurs sans fil sont utilisés pour surveiller quelques phénomènes physiques dans l'environnement (tel que la température, l'humidité, la position, la vitesse, le mouvement ,etc). L'ULB peut être une bonne technologie pour les réseaux de capteurs sans fil en raison de ses dispositifs de petits taille et faible puissance qui combinent la sensation d'endroit et les possibilités de communication sans fil.

L'application de l'ULB est possible dans les réseaux de capteurs sans fil dans la configuration des routes intelligentes. Le réseau se compose d'un grand nombre de capteurs ULB placés à environ chaque dix mètres le long des deux côtés de la route qui forment un réseau dense et distribué. Le but sera de réaliser des routes intelligentes : communication véhicule à véhicule, communication route à véhicule et vice versa aussi bien que l'avertissement précoce des situations de trafic potentiellement dangereuses, détermination d'endroit et cheminement des véhicules.

II.4.7.RFID[II.3]

L'identification radio fréquence (RFID) est une technologie d'identification automatique, semblable au système code barre. L'avantage de RFID est qu'il n'exige pas le fonctionnement en visibilité direct. La portée de lecture de RFID est plus grande que le système code barre. Les lecteurs RFID peuvent communiquer simultanément avec des étiquettes multiples RFID et pour cette raison le lecteur RFID peut capturer le contenu entier de l'expédition pendant qu'il est chargé dans un entrepôt. Puisque l'ULB peut fournir de bonne connectivité aussi bien que la possibilité d'une identification précise de position elle est une meilleure perspective pour des applications RFID. Les étiquettes RFID ULB et leurs lecteurs peuvent être petits et de faible coût.

II.5. Différents types des antennes ULB

Il existe plusieurs types d'antennes ultra large bande ULB. Les antennes ULB les plus utilisées ont été classées selon quelques propriétés : particularités géométriques ou spécificité du diagramme de rayonnement (antenne omnidirectionnelle ou directive). Toutes ces antennes possèdent des caractéristiques d'adaptation sur de très large bande de fréquence[II.17].

II.5.1. Antennes indépendantes de la fréquence

Les antennes indépendantes de la fréquence sont connues depuis longtemps et ont été définies en 1957 par Rumsay et Dyson [II.16]. Ces antennes sont caractérisées par leurs dimensions angulaires formant la structure de l'antenne. Théoriquement, les antennes indépendantes de la fréquence sont des antennes dont le diagramme de rayonnement, l'impédance d'entrée et la polarisation restent virtuellement inchangés sur une bande passante quasiment infinie.

En effet, si on multiplie toutes les dimensions de l'antenne par un facteur α , les performances de l'antenne restent inchangées, seule la fréquence de travail augmente du même facteur α , donc l'expression générale de leur forme géométrique peut s'écrire sous la forme suivante :

$$r = e^{\alpha(\varphi+\varphi_0)}F(\theta) \quad (\text{II.2})$$

Avec :

φ, θ : sont des coordonnées sphériques.

α et φ_0 : sont deux constantes.

F : est une fonctionne dépend que de θ .

Cette classe d'antennes peut être divisée en deux catégories :

- ✚ les antennes log-périodiques.
- ✚ Les antennes spirales.

II.5.1.1. Antennes log-périodiques

Les antennes log-périodiques ont été présentées par DuHamel et Isbell en 1959 de l'université de l'Illinois. Elles englobent sur le principe d'une antenne dimensionnée pour toutes les fréquences mais de façon périodique et non répétitive comme c'est le cas des antennes que l'on a vues précédemment. Ainsi, si une structure rayonnante est transformée en une autre structure identique par la multiplication de ses dimensions par τ , toutes les deux présentent les mêmes performances (adaptation et diagramme de rayonnement) l'une à la fréquence f et l'autre à la fréquence f/τ . En répétant cette transformation N fois les performances sont les mêmes aux fréquences $f_0 * \tau^N$ où f_0 est la fréquence de référence et en une période de répétition de $\log(\tau)$ en fonction de $\log f$ d'où leur appellation. Leur principe est donc bien analogue aux antennes dites indépendantes de la fréquence.

Dans ce type d'antenne, on distingue différentes catégories des antennes log-périodiques :

➤ Antenne log périodique de forme circulaire

La figure [II.8] ci-dessous représente la structure d'une antenne log périodique circulaire.

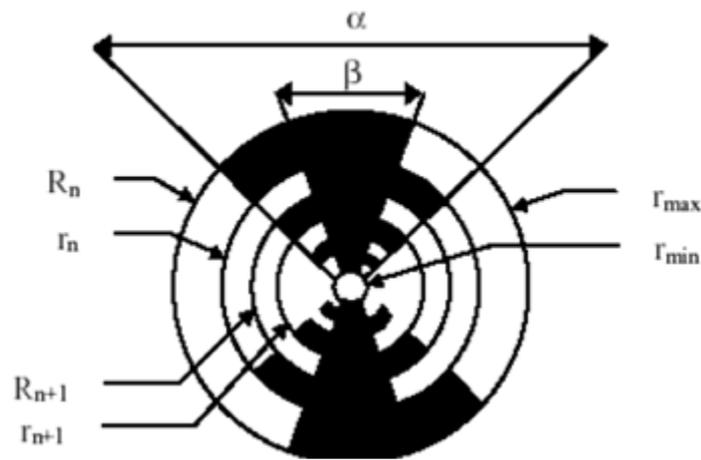


Figure II.8 :Antenne log périodique de forme circulaire.

On peut déterminer cette antenne par les relations suivantes :

✚ La périodicité des caractéristiques de l'antenne : $\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{r_{n+1}}{r_n}$ (II.3)

✚ La largeur des dents : $X = \frac{r_n}{R_n}$ (II.4)

✚ α et β : la longueur des dents.

✚ r_{\min} et r_{\max} : les extrémités de la structure.

Cette antenne peut avoir une bande passante de plusieurs octaves. La fréquence basse d'adaptation est fixée par la dimension de la plus longue des dents ($\lambda/4$ à cette fréquence) et la fréquence haute d'adaptation est reliée à la dent de plus petite dimension. La conséquence immédiate de ceci est que l'antenne est dispersive, comme pour les autres antennes indépendantes de la fréquence.

Le diagramme de rayonnement est bidirectionnel. Il est symétrique par rapport au plan de l'antenne avec des maxima suivant la normale à ce plan et des minima dans ce plan. L'ouverture dépend fortement du rapport de périodicité. Le gain vaut typiquement 4 dBi. La polarisation est linéaire avec des ouvertures identiques dans les plans E et H.

➤ Antenne log périodique de forme trapézoïdale

L'antenne log périodique trapézoïdale est une autre catégorie d'antenne log périodique. La figure [II.11] montre une représentation de cette antenne.



Figure II.9:Antenne log-périodique trapézoïdale.

Cette antenne étant plus facile à construire, dont les performances sont identiques à la version circulaire que ce soit en terme de la bande passante (plusieurs octaves), de dimensionnement, ou de rayonnement toujours bidirectionnel en polarisation linéaire et dont la directivité est en fonction du rapport de périodicité de la structure. Son alimentation est symétrique et son caractère est toujours dispersif.

➤ **Antenne dipôle log-périodique LPDA (Log Periodic Dipole Array)**

L'antenne dipôle log-périodique correspond à une antenne log-périodique trapézoïdale dont l'angle tend vers 0, ce qui réduit alors les triangles alimentant les dipôles parallèles en simples lignes comme montre la figure II.10.



Figure II.10 :Réalisation pratique d'une antenne LPDA.

L'alimentation de l'antenne est représentée dans la figure II.11.

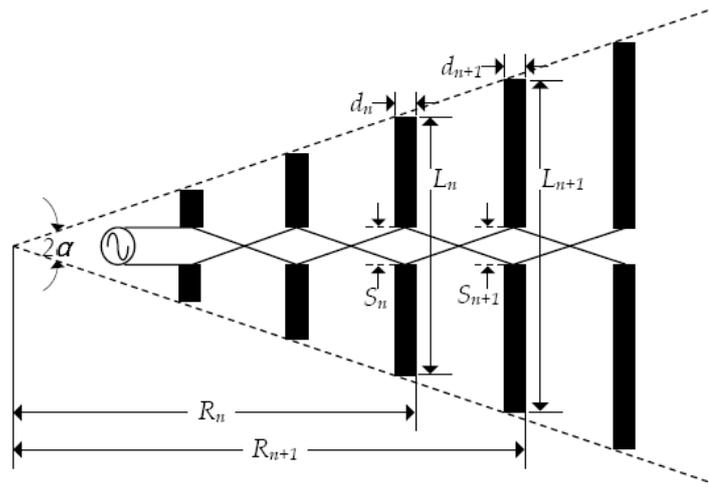


Figure II.11 :Alimentation de l'antenne LPD.

Les paramètres de cette antenne sont calculés par les relations suivantes :

✚ Le facteur d'échelle : $\tau = \frac{R_n}{R_{n+1}} = \frac{L_n}{L_{n+1}} \frac{S_n}{S_{n+1}} \frac{d_n}{d_{n+1}} < 1$ (II.5)

✚ Le facteur d'espacement : $\sigma = \frac{R_{n+1} - R_n}{2 L_n} = \frac{1 - \tau}{4} \cos \alpha$ (II.6)

✚ $L_1 = \frac{\lambda_{max}}{2}$ (II.7)

✚ $L_n = \frac{\lambda_{min}}{2}$ (II.8)

Où λ_{max} et λ_{min} sont les longueurs d'onde correspondant aux limites inférieure et supérieure de la fréquence.

✚ Le nombre de dipôles $N = 1 + \frac{\log(L_1/L_n)}{\log(1/\tau)}$ (II.9)

II.5.1.2. Antennes spirales

Ce type d'antenne est défini par Dyson en 1959. Il est composé de 3 catégories de spirales : spirale logarithmique (spirale équiangulaire), spirale conique et la spirale de type Archimède.

➤ **Antennes spirales logarithmiques**

L'antenne spirale ou logarithmique fait partie des antennes indépendantes de la fréquence, puisqu'elle peut être définie uniquement par ses angles. La figure II.12 montre un exemple d'antenne spirale logarithmique.

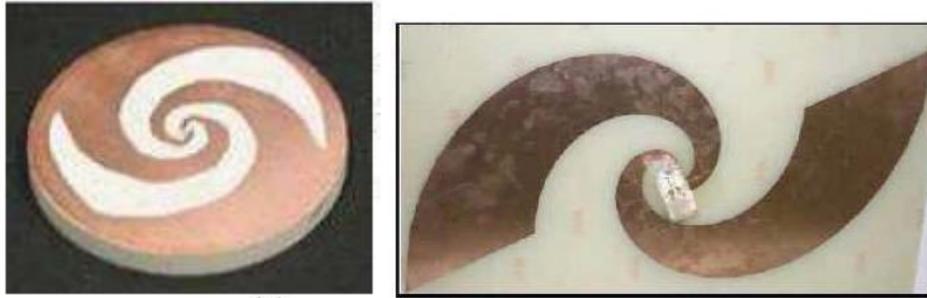


Figure II.12 : Antenne spirale logarithmique.

L'équation de l'antenne en coordonnées polaires (ρ, θ) peut s'écrire sous la forme :

$$\rho = ke^{\alpha\theta} \quad (\text{II.10})$$

Avec :

k : le rayon vecteur à l'origine ($\theta = 0$).

α : le coefficient réglant l'expansion de la spirale.

Remarque : plus la fréquence est basse, plus les parties de la spirale qui vont participer au rayonnement sont éloignées de l'alimentation et donc du centre de l'antenne, et inversement, plus la fréquence est élevée, plus les parties participant au rayonnement sont rapprochées du centre de l'antenne. Ce comportement qui caractérise des antennes indépendantes de la fréquence montre que le centre de phase varie en fonction de la fréquence et par conséquent cette antenne est dispersive.

➤ Antenne spirale conique

Cette antenne est la version à trois dimensions de l'antenne spirale logarithmique. Les spirales formant l'antenne sont imprimées sur un substrat diélectrique qui a une forme conique. Le principe de fonctionnement est le même avec l'antenne logarithmique, l'antenne est dimensionnée sur une très large bande de fréquence. La structure de l'antenne est montrée sur la figure II.13.

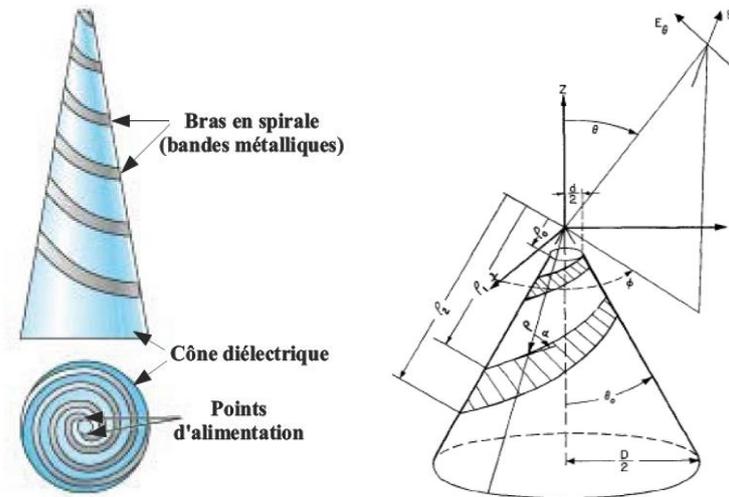


Figure II.13 : Antenne spirale conique.

L'antenne spirale conique est régie par un ensemble d'équations:

$$\rho = \rho_1 e^{\varphi b} \text{ avec } b = \frac{\sin \theta_0}{\tan \alpha} \text{ (II.11)}$$

$$h = \frac{\rho_2}{\tan \alpha} \text{ (II.12)}$$

$$t = \frac{\ln(\frac{\rho_2}{\rho_1}) \tan \alpha}{2\pi \sin \theta_0} \text{ (II.13)}$$

Avec :

α : l'angle d'enroulement.

t : le nombre de tours.

h : la hauteur du cône.

θ_0 : l'angle du demi-cône.

ρ_1 et ρ_2 : constituent respectivement le rayon du sommet et de la base.

➤ Antenne à spirale d'Archimède

L'antenne spirale d'Archimède est un autre type d'antennes indépendantes de la fréquence. Elle se présente sous forme de deux spirales imbriquées autour d'un même centre d'expansion, imprimées sur un substrat plan servant de support à la structure selon la figure II.14.



Figure II.14 : Antenne spirale d'Archimède.

L'expression de l'antenne s'écrit sous la forme suivante : $\rho = \rho_0 + \alpha\theta$ (II.14)

ρ : le rayon vecteur à l'origine.

α : le coefficient exprimant l'expansion de la spirale.

II.5.2. Antennes omnidirectionnelles (élémentaires)

On peut obtenir des antennes ayant naturellement à la fois une très large bande passante et un diagramme de rayonnement omnidirectionnel. Dans cette catégorie, on peut mentionner : l'antenne biconique, l'antenne discône, ainsi que les monopôles plans sur un plan de masse.

II.5.2.1. Antenne biconique

L'antenne biconique a été inventée par Lodge en 1890 et intensivement étudiée par Schelkunoff dans les années 30. Elle se compose de deux cônes métalliques opposés comme montre la figure II.15. Le concept de l'antenne biconique est basé sur un dipôle construit à l'aide d'un fil épais offre une bande passante plus grande. Son utilisation dans ULB est basée sur le fait qu'elle serait théoriquement capable de fournir une impédance indépendante de la fréquence si elle était de longueur infinie.

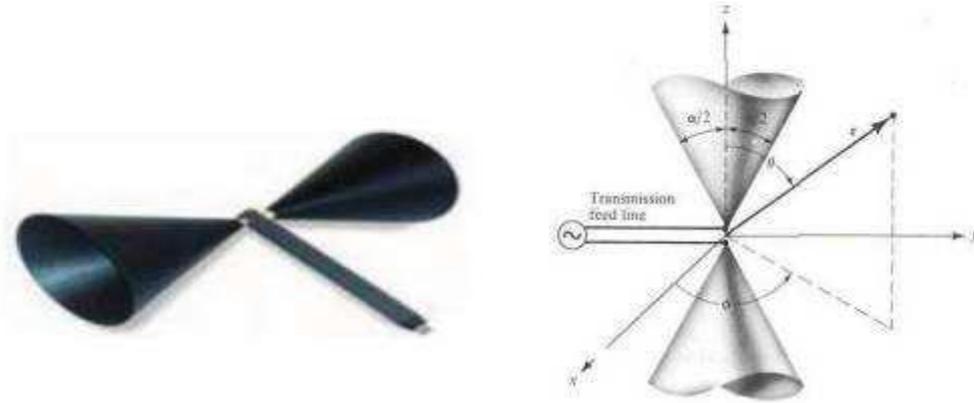


Figure II.15: Structure de l'antenne biconique.

II.5.2.2. Antenne discône

Une des dérivées de l'antenne biconique infinie est l'antenne discône. Dans l'antenne discône, un des cônes est remplacé par un plan de masse qui peut être circulaire ou rectangulaire. Donc sa structure est constituée d'un disque et d'un cône comme indique la figure II.16.



Figure II.16 : Antenne discône.

Remarque : L'antenne est alimentée par un câble coaxial dont l'âme centrale, elle est connectée directement au sommet du cône et dont la masse est reliée au plan de masse circulaire.

II.5.2.3. Monopôles plans

Une autre catégorie d'antenne large bande est constituée par les monopoles plans ou dipôles. De nombreuses études ont été menées sur ce type d'antenne et différentes formes ont été conçues: carrée, circulaire ou elliptique.

Exemple :

❖ **Monopole circulaire :** c'est la première antenne large bande du type monopoles plans qui a été conçue et réalisée en 1992 par Honda (figure II.17).

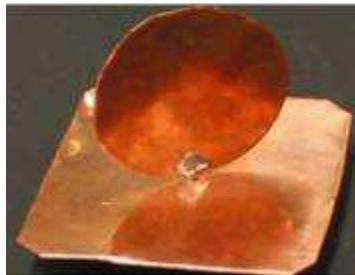


Figure II.17 : Exemple de réalisation pratique d'un monopole circulaire.

II.5.3. Antennes directives

Les antennes ULB directives peuvent être décrites comme des systèmes de transition entre un guide d'onde et l'espace libre. On part d'une ligne de transmission dont l'un des paramètres est une impédance caractéristique constante quelque soit la fréquence. Elles sont souvent utilisées dans des applications particulières; par exemple dans le cas d'une station de base en communication avec des stations fixes.

II.5.3.1. 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%). Elles sont encombrantes et leur coût de production est élevé. La figure II.18 montre une antenne cornet.

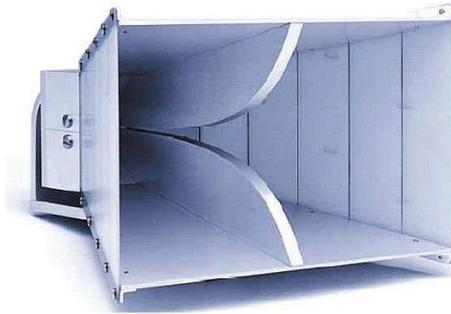


Figure II.18 : Antenne cornet.

II.5.3.2. Antenne à transition progressive (Vivaldi)

Les antennes à transition progressive ont été proposées la première fois par Gibson vers la fin des années 70. Ce sont des antennes à deux dimensions présentant une transition à partir d'une ligne ou d'un guide d'onde imprimé. Ces antennes sont généralement constituées par une ligne de fente s'élargissant suivant un profil donné jusqu'à la discontinuité finale.

Les profils de ces ouvertures peuvent prendre différentes formes: profil linéaire (antennes LTSA), profil constant (antennes CWSA), profil linéaire par morceau (BLTSA) ou encore profil exponentiel ou antenne Vivaldi. Les différents profils des antennes TSA sont décrits dans la figure II.19.

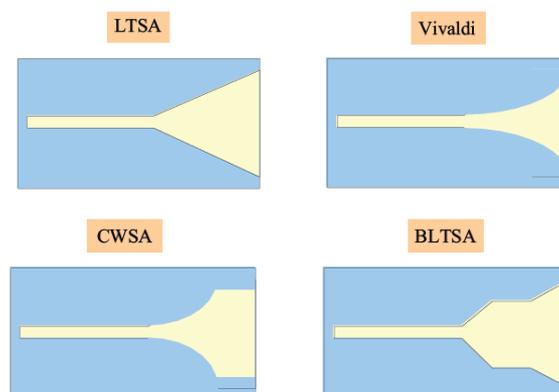


Figure II.19 : Différents profils d'antennes TSA.

II.6. Avantages et inconvénients de l'ULB [II.17]

II.6.1. Avantage de l'ULB

- Aptitude de partager le spectre de fréquence.
- Grande capacité du canal.
- Capacité de fonctionner avec de faibles SNR.
- Faible probabilité d'interception et de détection.
- Performance élevée dans les canaux à trajets multiples.
- Architecture simple d'émetteur/récepteur.
- Complexité réduite et faible coût.

II.6.2. Inconvénients de l'ULB

- Difficile à adapté.
- 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.
- Une faible couverture de la bande.

II.7. Conclusion

Le fait que la technologie ULB a été depuis de nombreuses années et a été employée pour une grande variété d'applications est une forte évidence de la viabilité et de la flexibilité de la technologie. La technologie ULB est potentiellement puissante pour les communications à faible coûts et à complexité réduite. Les caractéristiques physiques du signal supportent également les possibilités de localisation et de cheminement de l'ULB beaucoup plus que les technologies à bande étroite existantes. 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.

Ce chapitre est consacré à la représentation de la technologie ULB d'une manière générale. Initialement, une comparaison entre le système ULB et le système à bande étroite sera d'abord présenté. Ensuite, nous avons cités ces réglementations dans le monde entier et ces domaines d'applications. Enfin, nous avons présentés aussi les différentes antennes ULB couramment utilisées dans des communications radio et les circuits électroniques relatifs à ces applications. Pour mieux comprendre leur comportement, ces antennes seront classifiées par

catégories présentant chacune des spécificités précises. Le comportement des antennes les plus caractéristiques et les plus étudiées de chaque catégorie sera donc détaillé.

Dans le troisième chapitre, nous allons concevoir des antennes ULB par le logiciel CST Micro wave Studio. Les résultats de simulation seront présentés et discutés.

II.8.Bibliographie

- [II.1] Xiaoli LV a,b, Fengming Baia*, « Review of Ultra-Wideband Communication Technology Based on Compressed Sensing », International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE),2012.
- [II.2]L.BABOUR, «Etude et conception d'antennes ultra large bande miniaturisées enimpulsionnel», Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble, juin 2009.
- [II.3] Ahmed. ZITOUNI, «Etude et conception d'antennes ULB standards et à bandes rejetées», Thèse de Doctorat en télécommunication, Juin 2014.
- [II.4] David MARCHALAND, « Architectures et circuits dédiés aux émetteurs ultra large bande bas débit», Thèse de Doctorat en Électronique, Optronique et Systèmes (CNU 63), Décembre 2007.
- [II.5] Elhadi. MEHALLEL, «Contribution au traitement des signaux en communication ultra large bande(ulb)», Thèse de doctorat en Science, Université 8 Mai 1945 Guelma,Avril 2019.
- [II.6] H. NIKOOKAR and R. PRASAD, «Introduction to ultra wideband for wireless communications »,Springer, 2009.
- [II.7] Y. RAHAYU, T. RAHMAN, R. NGAH and P. HALL, «Ultra wideband technology and its applications», International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN 2008), Surabaya, Indonesia, 5-7 May, 2008.
- [II.8] K. SIWIAK and D. MCKEOWN, «Ultra-wideband radio technology»,John Wiley& Sons,Ltd., 2004.
- [II.9]William WEBB, «Ultra Wideband-The Final Few RegulatoryProcesses»,2006 IET Seminar on Ultra Wideband Systems, Technologies and Applications, London, U. K.April, 2006.
- [II.10]HELSINKI, «The protection requirements of radiocommunications systems below 10.6GHz from generic UWB applications», Electronic Communications Committee (ECC) Report 64, February 2005.
- [II.11]Laid. SOUICI et Bilal. NESRI, «Conception et simulation d'une antenne ultra large bande», Mémoire de master en Systèmes de télécommunications, Département de génie électrique, Juin 2018.

[II.12] Djalal. ZIANI KERARTI, «Etude et conception d'antenne ultra large bande», Mémoire de magister en Télécommunications, Université de Tlemcen, 2011.

[II.13] Omar. MAHRI, «Conception et réalisation des antennes fractales imprimées ultra large bande (ulb) a bande rejetée», Mémoire de master en télécommunications, Université 8Mai 1945 – Guelma, 2019.

[II.14]Abdelmounaim.BARKA, «Conception d'antennes ultra large bande (ULB) pour imagerie micro-onde», Mémoire de Master en Télécommunications, Université de Tlemcen, 2013.

[II.15] R. NATALIA, «Ultra Wide Band (UWB) and Health Applications», ' IREAN Research Workshop, Virginia Tech, 2005.

[II.16] V.H. RAMSEY, «Frequency independent antennas», IRE International Convention Record Vol. 5, pp. 114-118, March 1957.

[II.17] Halima. KERZABI, Ikram. MEDJDOUB, «Conception d'antennes Ultra Large Bande (ULB) dans un environnement du corps Humain»,Mémoire de master en Télécommunications, Université de Tlemcen, Juin 2017.

Chapitre III

Conception des antennes ULB

III.1. Introduction

Pour répondre aux besoins croissants de communications sans fils à haut débit, les futures générations d'équipements vont faire appel à des antennes de plus en plus performantes. Celles-ci devront fonctionner sur plusieurs bandes de fréquences ou sur une large bande. La technologie ultra large bande ULB (UWB) semble des solutions très prometteuse. En 2002, la Fédéral Communication Commission (FCC) à libérée la bande passante 3.1 GHz à 10.6 GHz pour l'utilisation ultra large bande. L'essor récent des communications ultra large bande nécessite des antennes spécialement adaptées à cette technologie.

Dans ce chapitre, nous proposons des nouvelles antennes ultra large bande pour des applications ULB. Les antennes conçues sont alimentées par une ligne micro ruban avec un plan de masse partiel. Plusieurs fentes de formes différentes sont insérées sur l'élément rayonnant et le plan de masse à fin d'élargir la bande passante de l'antenne. De plus, Nous avons ajoutées aussi des éléments parasités à côté de l'élément rayonnant qui permettent d'avoir une antenne à bande passante large. La simulation est effectuée à l'aide du logiciel de simulation CST MWS (Computer Simulation Technology Microwave Studio).

III.2. Description du logiciel de simulation

CST Microwave Studio est un logiciel de simulation électromagnétique de structure passives en 3 Dimensions basé sur la résolution des équations de Maxwell suivant la technique des équations intégrales (Finite Intégration Technique). Cette méthode numérique offre une discrétisation de l'espace permettant la description directement en 3 Dimensions de tous les composants des systèmes décrits, ce qui lui permet d'être appliqué à de nombreux problèmes électromagnétiques allant de la statique aux hyperfréquences en analyses temporelle et fréquentielle. De plus, contrairement à la plupart des logiciels de simulation électromagnétique, CST, d'une part sa méthode, discrétise la forme intégrale des équations de Maxwell plutôt que leurs formes différentielles. La méthode est une caractéristique clé de CST Microwave qui approche est donne le choix de type de simulateur ou un treillis qui est le mieux adapté à un problème particulier [III.1]

III.3. Conception d'une antenne patch rectangulaire à la fréquence 6.8 GHz

La structure de l'antenne patch choisie est de forme rectangulaire alimentée au centre par une ligne micro-ruban de longueur L_a . L'antenne est constituée d'un élément rayonnant rectangulaire ($L_p \times W_p$) avec des encoches qui est imprimé sur la face supérieure d'un substrat diélectrique ($L_g \times w_g$) de type FR4 de permittivité relative 4.3 et d'épaisseur h . Le plan de masse est imprimé sur la surface de dessous du substrat. La géométrie de cette antenne et sa structure dans le rédacteur du CST Microwave Studio sont données par la figure III.1.

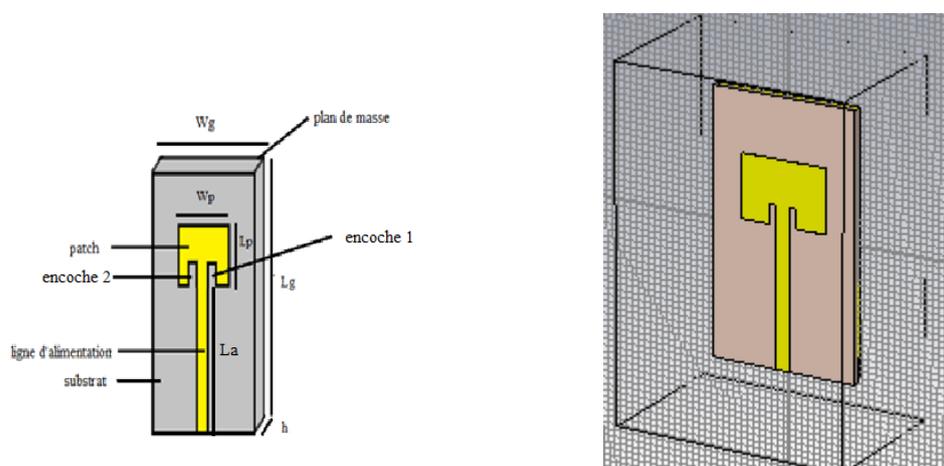


Figure III.1. Géométrie de l'antenne initiale et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio

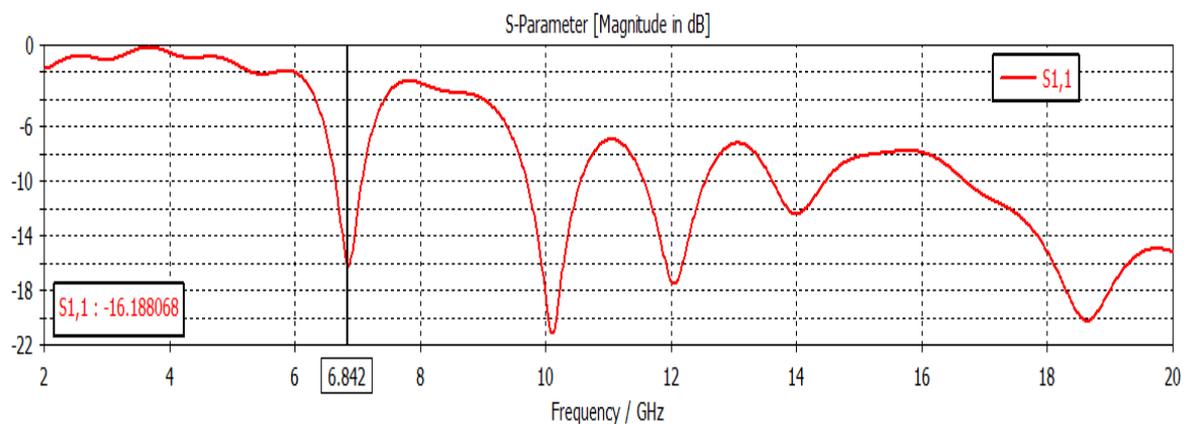
Les dimensions de notre antenne sont obtenues par les calculs théoriques de l'antenne micro ruban à la fréquence 6.8 GHz (les équations sont indiquées dans le chapitre I). Les dimensions de l'antenne initiale sont mentionnées dans le Tableau III.1 :

Paramètres	Dimensions (mm)
L_p	9.952
W_p	13.45
L_g	41.202
W_g	22.81
h	1.56

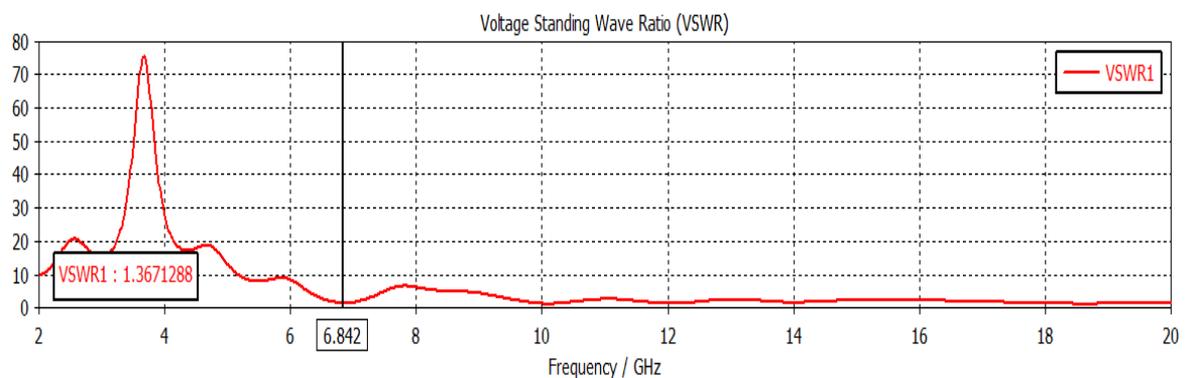
L_a	21.891
Encoche ($W \times L$)	(2 × 3)

Tableau III.1 : Dimensions des paramètres de l'antenne initiale.

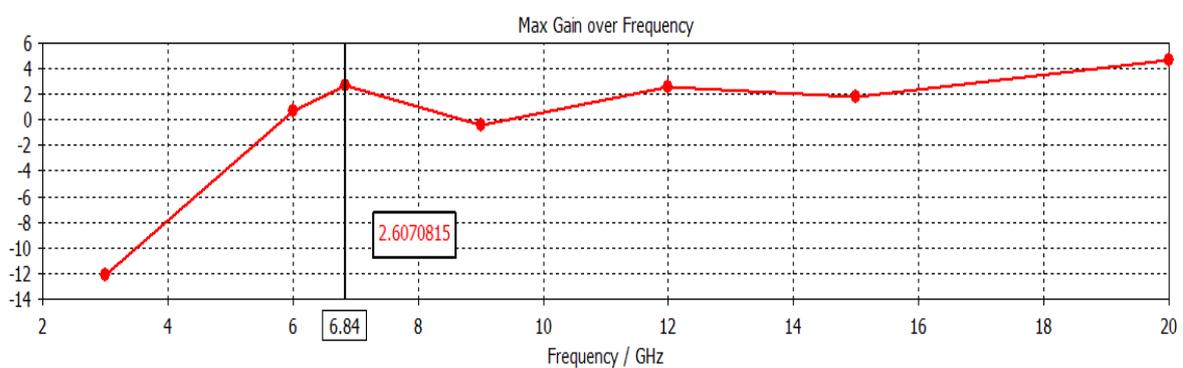
Sur les figures suivantes III.2.(a), (b) et (c)), on représente respectivement le coefficient de réflexion, le taux d'onde stationnaire et le gain de l'antenne initiale.



(a)



(b)



(c)

Figure III.2. (a) : Coefficient de réflexion.
 (b) : Taux d'onde stationnaire.
 (c) : Gain de l'antenne.

Sur la figure III.2.(a), on représente le coefficient de réflexion qui va nous permettre de visualiser le niveau d'adaptation et la bande passante à la fréquence de résonance de l'antenne initiale. On remarque alors que l'antenne présente une bonne adaptation à la fréquence de résonance 6.84 GHz avec un niveau inférieur à -16.18dB et une bande passante autour de 5.79%. On visualise aussi plusieurs pics qui sont inférieurs à -6.9dB sur toute la gamme de fréquence de 9.48 GHz à 20 GHz. Donc l'antenne s'approche d'un fonctionnement très large bande dans les hautes fréquences.

La figure III.2.(b) montre bien que le taux d'onde stationnaire est inférieur à 1.37 à la fréquence de résonance 6.84 GHz ce qui traduit une bonne adaptation à la fréquence de résonance choisie. Nous avons également tracé le gain de l'antenne en fonction de la fréquence, on constate qu'il est bien égal à 2.6 à la fréquence de résonance 6.84 GHz.

III.3.1. Antenne patch modifiée à partir de l'antenne initiale

Pour améliorer le niveau d'adaptation de l'antenne dans la gamme de fréquence de [2 – 20] GHz, nous avons effectuées des modifications sur les dimensions de l'antenne initiale selon le tableau III.2. La géométrie de l'antenne obtenue est représentée dans la figure III.3.

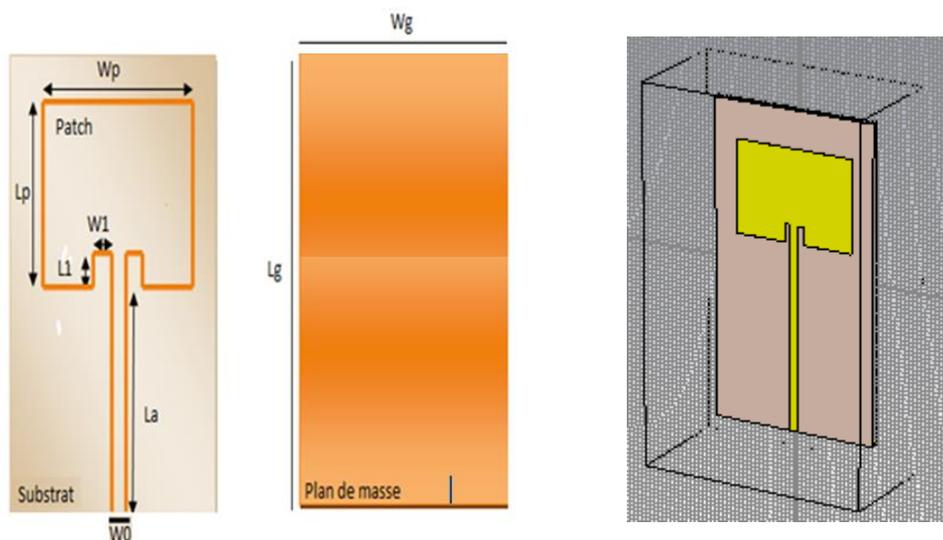


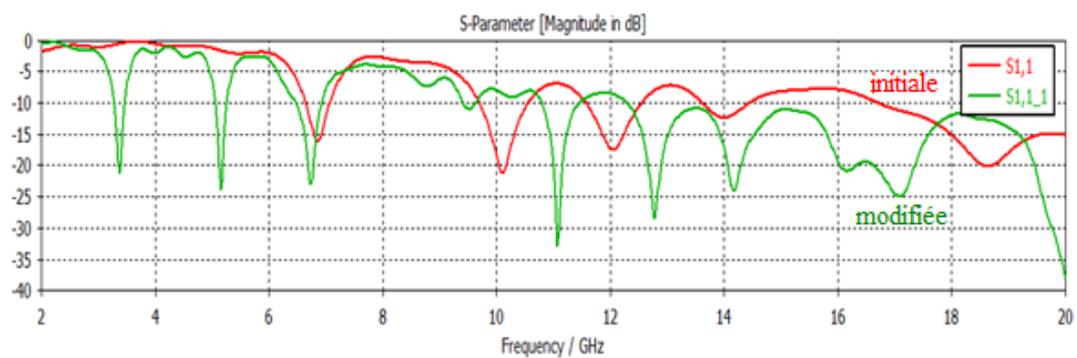
Figure III.3 : Géométrie de l'antenne modifiée et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.

Le tableau III.2 résume les nouvelles dimensions des paramètres de l'antenne modifiée.

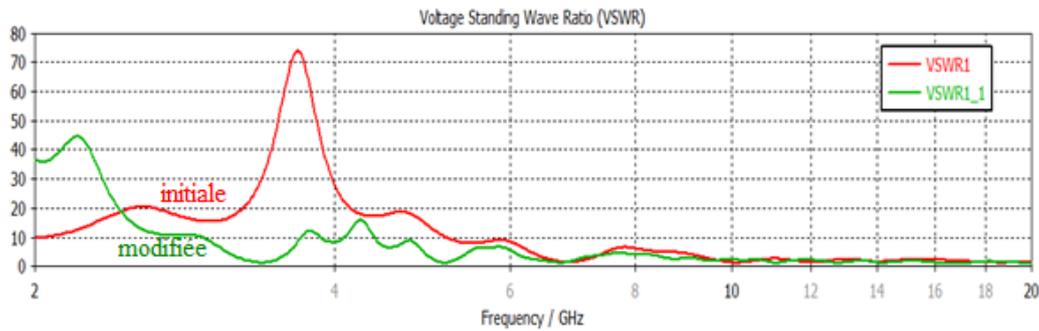
Paramètres	Dimensions(mm)
L_p	27
W_p	27
L_g	70.68
W_g	37
H	1.56
L_a	6.32
Encoche ($L \times W$)	(6.32 \times 2.25)

Tableau III.2 : Dimensions des paramètres de l'antenne modifiée.

Sur la figure III.4 ((a) et (b)), on représente le coefficient de réflexion et le taux d'onde stationnaire de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée.



(a)



(b)

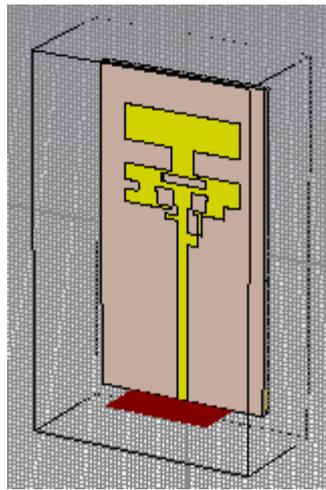
Figure III.4. (a) : Coefficient de réflexion de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée.
(b) : Taux d'onde stationnaire de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée

Les modifications effectuées se voient clairement sur les résultats de simulation, cette différence est due aux nouvelles valeurs des paramètres qu'on a utilisés pour la conception.

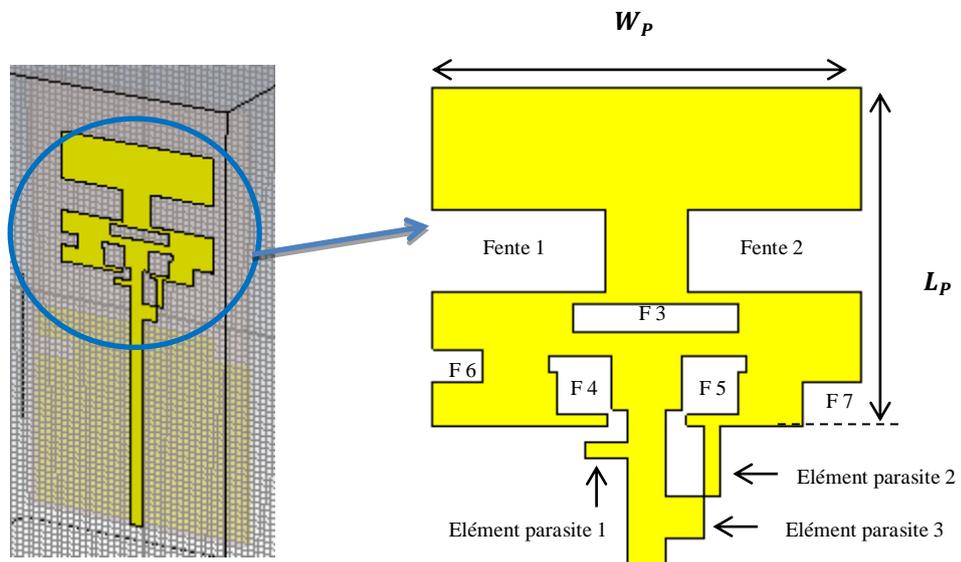
On peut observer d'après les résultats de simulation que la nouvelle antenne présente un niveau d'adaptation très important par rapport à l'antenne initiale dans la plage de fréquence de [2-20] GHz. Il est important de noter que la largeur de la bande passante a été améliorée jusqu'à 7.7 GHz (47.70%) dans les hautes fréquences à partir de 12.29 GHz.

III.3.2. Antenne patch rectangulaire ULB

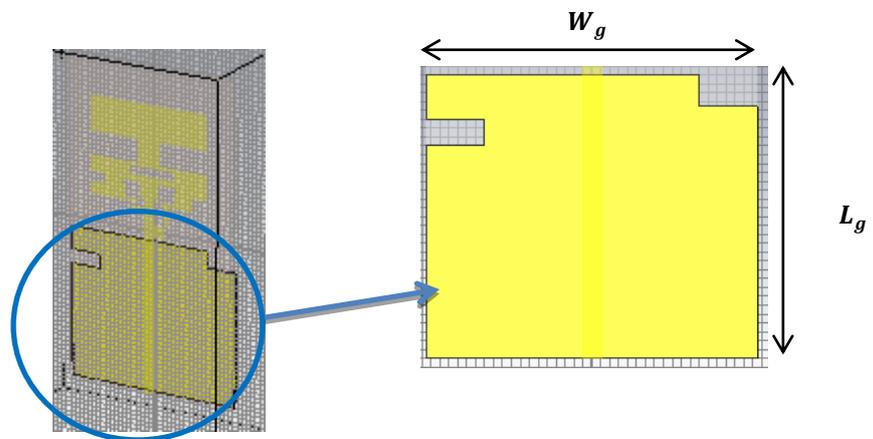
La structure de l'antenne ULB est basée principalement sur l'antenne précédente (Figure III.3) où nous avons appliquées plusieurs techniques d'élargissement de la bande passante de l'antenne qui sont principalement les fentes et les éléments parasites. Dans ce cas, nous avons insérées plusieurs fentes de formes rectangulaires sur l'élément rayonnant et nous avons ajoutées également trois éléments parasites comme montre la figure III.6.(b). Les tailles des principales fentes plus les éléments parasites sont indiquées sur le tableau III.4. Le patch de l'antenne désirée est imprimé sur un substrat diélectrique de type FR4. Le plan de masse de cuivre est placé au-dessous du substrat de façon partiel avec deux fentes insérées dans ces extrémités selon la figure III.6.(c). Les dimensions du patch, du substrat et du plan de masse sont données par le tableau III.3.



(a) : Antenne entière



(b) : Elément rayonnant



(c) : Plan de masse

Figure III.5 : Géométrie de l'antenne ULB dans le rédacteur du CST microwave Studio.

Sur le tableau III.3, on donne les dimensions des paramètres de l'antenne ULB.

Eléments	Paramètres	Dimensions(mm)
Patch	L_p	20.68
	W_p	26
Plan de masse	L_g	32
	W_g	37
Substrat	H	1.7
	L_s	69
	W_s	37

Tableau III.3 : Dimensions des paramètres de l'antenne ULB.

Dans le tableau III.4, on donne les tailles des fentes insérées sur l'élément rayonnant et les éléments parasites que nous avons ajoutées à ce dernier.

Techniques	Tailles (longueur × largeur)(mm ²)
Fente1 = fente 2	11.5 × 5
Fente3	10 × 1.75
Fente 4 = fente 5	3.62 × 3.375
Fente 6	3 × 2
Fente 7	3.5 × 3
Élément parasite 1	2.625 × 1
Élément parasite 2	4.32 × 1
Élément parasite 3	2.375 × 2.5

Tableau III.4 : Tailles des fentes et les éléments parasites insérés sur le patch.

Sur la figure III.6. ((a), (b) et (c)), on représente le coefficient de réflexion, le taux d'onde stationnaire et le gain de l'antenne ULB.

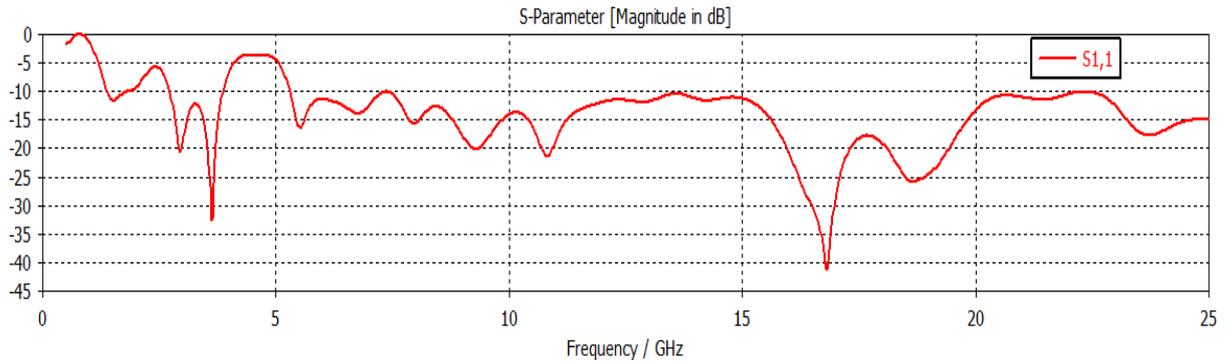
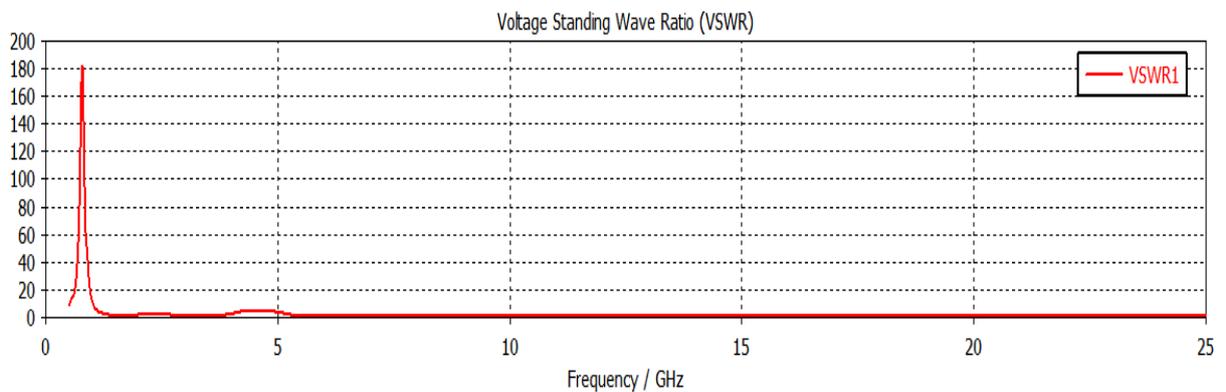
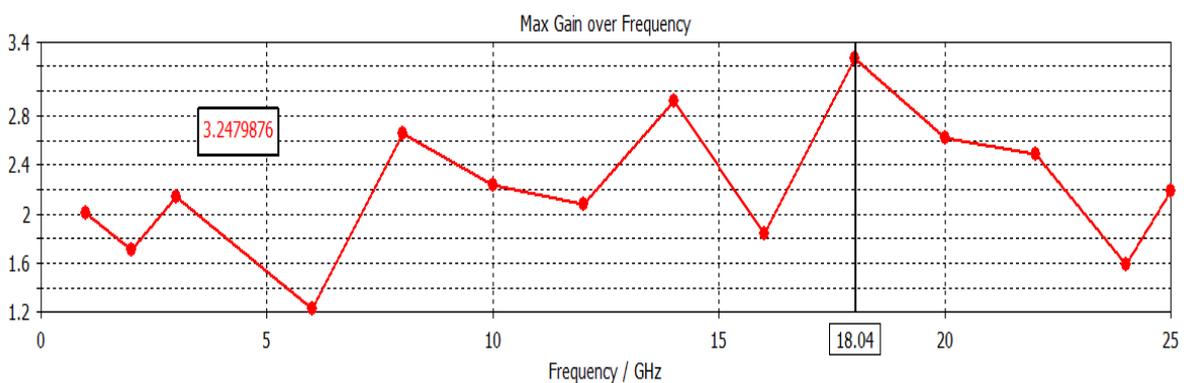
**(a)****(b)****(c)**

Figure III.6. (a) : Coefficient de réflexion.

(b) : Taux d'onde stationnaire.

(c) : Gain de l'antenne.

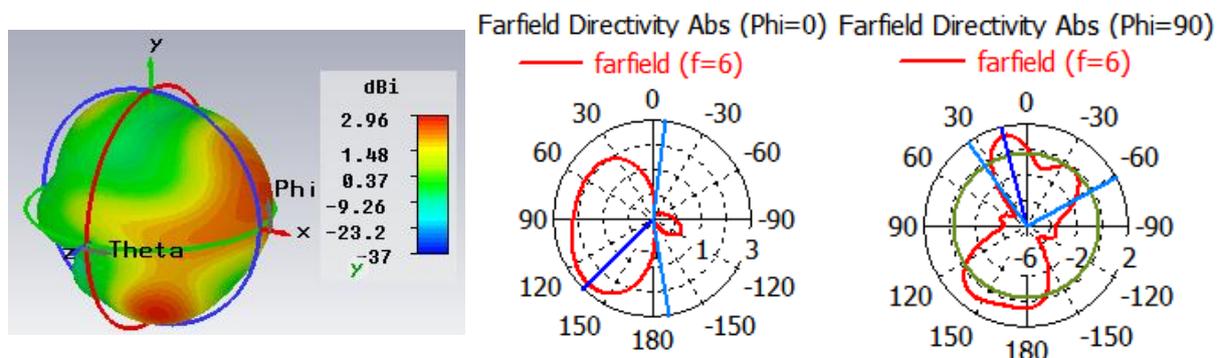
D'après cette étude, nous constatons que les techniques d'élargissement de la bande passante que nous avons appliquées sur l'antenne précédente ont données de bons résultats en termes du coefficient de réflexion, de la bande passante et de gain.

Les résultats de simulation montrent bien que le coefficient de réflexion à une valeur minimale inférieur à -10 dB dans la plage de fréquence basse de [2.73 -3.85]GHz et la plage de fréquence haute qui ce débute à partir de 5.30 GHz jusqu'à 25 GHz. En conséquence, les bandes passantes pour les deux intervalles de fréquences sont de l'ordre de 1.12 GHz et plus de 19.7 GHz respectivement. Ses résultats obtenus lors de ce travail ont apportés une contribution à la conception d'une antenne qui se caractérise par une très large bande passante adaptée aux communications ULB.

De même la représentation du rapport d'onde stationnaire (ROS) où le VSWR confirme les performances de l'antenne conçue, où la valeur de VSWR reste inférieure à 2 dans les deux gammes de fréquences que nous avons citées précédemment. On remarque que le gain maximal de l'antenne finale égal à 3.25dB à la fréquence de résonance 18.04GHz. Comme, il atteint des valeurs différentes comprises entre 1.20 dB et 2.92 dB dans la plage de fréquence de [0.5 – 25]GHz.

Le logiciel CST MWS permet de visualiser aussi les diagrammes de rayonnement en 2D et en 3D de l'antenne. C'est une représentation qui nous informe sur le gain et la directivité de l'antenne. Il nous donne la possibilité de visualiser le rayonnement sur un plan polaire; ceci nous donne une idée sur l'angle d'ouverture.

Les résultats du diagramme de rayonnement pour les deux principaux plans en 2D et en 3D pour les différentes fréquences de résonances 6GHz, 8GHz, 12GHz, 14 GHz, 18 GHz sont montrés sur les figures suivantes :



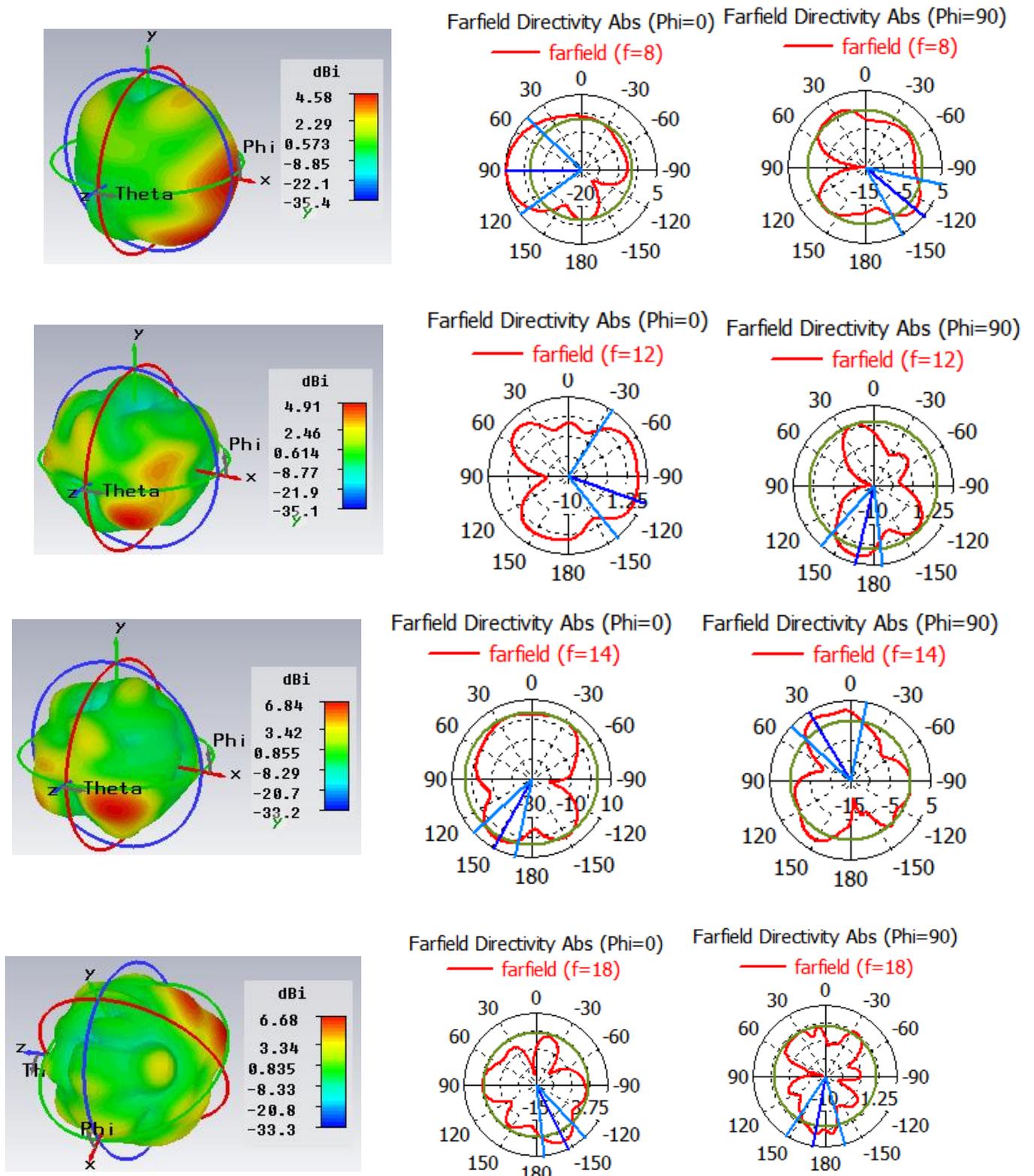


Figure III.7: Diagramme de rayonnement en 2D et en 3D pour quelques fréquences de résonances.

Le diagramme de rayonnement permet de visualiser les lobes dans deux ou trois dimensions, dans le plan horizontal ($\phi=0^\circ$) ou dans le plan vertical ($\phi=90^\circ$) incluant le lobe le plus important.

Pour la fréquence 6 GHz, on remarque que le diagramme de rayonnement en 2D dans le plan E ($\phi=0^\circ$) est constitué d'un seul lobe principale à la direction $\theta=135^\circ$. Et pour le plan H ($\phi=90^\circ$), on visualise deux lobes d'ouvertures presque égaux et dans deux directions opposées, où le lobe principale est à la direction $\theta=15^\circ$. Ceci montre que le diagramme de rayonnement est presque quasi omnidirectionnel.

Pour les fréquences 8GHz, 12GHz, 14GHz et 18GHz, les diagrammes de rayonnements en 2D pour les deux plans E et H sont constitués de plusieurs lobes d'ouvertures différentes. Ce qui signifié que le rayonnement est quasi omnidirectionnel pour chacune des quatre fréquences choisies.

D'après la figure III.7, on remarque que pour $\phi=0^\circ$, les lobes principaux sont à la direction $\theta=90^\circ, -115^\circ, 150^\circ$ et -155° pour les fréquences 8GHz, 12GHz, 14GHz et 18GHz respectivement. De même, pour le plan $\phi=90^\circ$, les lobes principaux sont à la direction $\theta=-130^\circ, 170^\circ, 30^\circ$ et 170° pour les mêmes fréquences respectivement.

Le tracé en 3D donne une meilleure exploration du diagramme de rayonnement, les tracées précédents en 2D sont alors vérifiés sur les tracés en 3D pour chaque fréquence. Ainsi, on peut constater que la plupart du rayonnement est dans la direction Z.

III. 4. Conception d'une antenne patch circulaire à la fréquence 6.8 GHz

La structure de l'antenne patch choisie est de forme circulaire alimentée au centre par une ligne micro-ruban de longueur $\frac{\lambda}{2}$. L'antenne est constituée d'un élément rayonnant circulaire de rayon a qui est imprimé sur la face supérieure d'un substrat diélectrique des dimensions ($L_g \times w_g$). Le patch rayonnant et le plan de masse sont de cuivre et le substrat diélectrique est de type FR4 de permittivité relative 4.3 et d'épaisseur h . La géométrie de l'antenne initiale et sa structure dans le rédacteur du CST Microwave Studio sont données par la figure III.8.

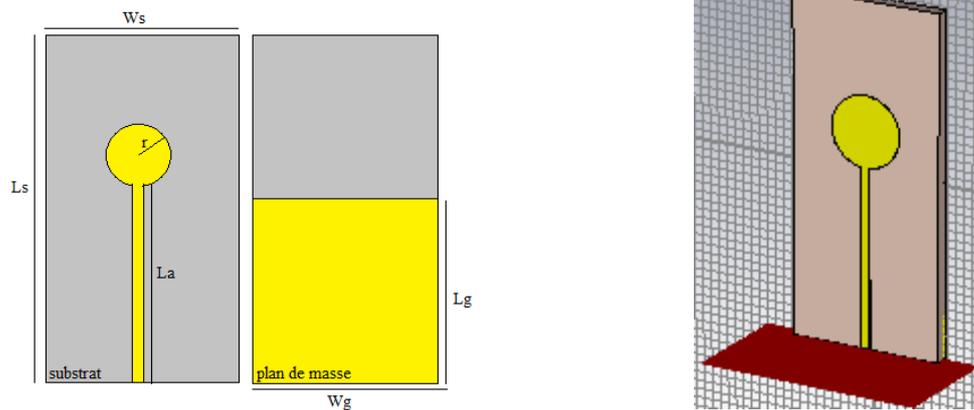


Figure III.8: Géométrie de l'antenne initiale et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.

Les dimensions de l'antenne initiale sont obtenues par les calculs théoriques de l'antenne micro ruban circulaire à la fréquence 6.8 GHz (les équations sont indiquées dans le chapitre I). Ces dimensions sont mentionnées dans le Tableau III.5:

Eléments	Paramètres	Dimensions (mm)
Patch	r	4.1
Longueur de la ligne d'alimentation	La	22.05
Plan de masse	Wg	17.56
	Lg	39.36
Substrat	h	1.56
	Ws	17.56
	Ls	39.36

Tableau III.5 : Dimensions des paramètres de l'antenne patch circulaire initiale.

Sur la figure suivante III.9, on représente le coefficient de réflexion de l'antenne circulaire initiale.

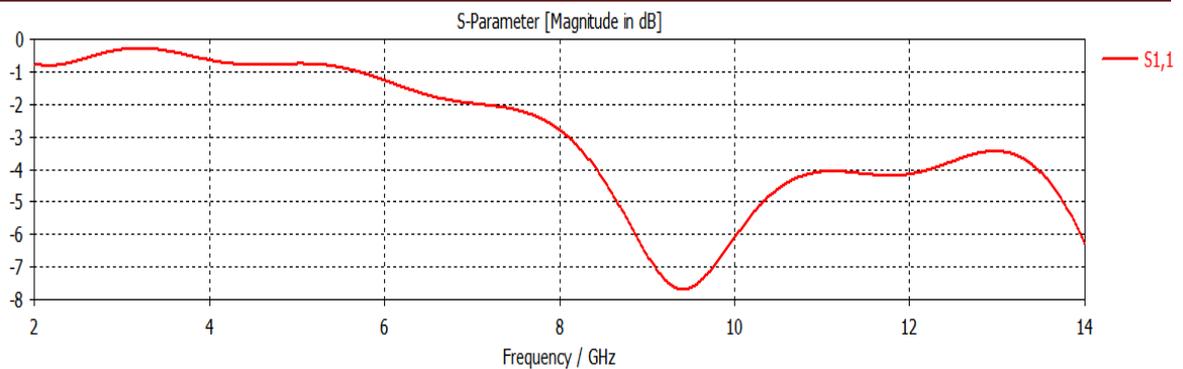


Figure III.9 : Coefficient de réflexion de l'antenne circulaire initiale.

Nous remarquons que le coefficient de réflexion S_{11} de cette antenne est au-dessus de -10 dB ce qui conduit à une désadaptation de l'antenne notamment à la fréquence désirée.

Pour améliorer le niveau d'adaptation de l'antenne initiale dans la gamme de fréquence de $[2 - 14]$ GHz, nous avons effectuées des modifications sur les dimensions de l'antenne initiale selon le tableau III.6. La géométrie de l'antenne obtenue et sa structure dans le rédacteur du CST MWS sont représentées par la figure III.10.

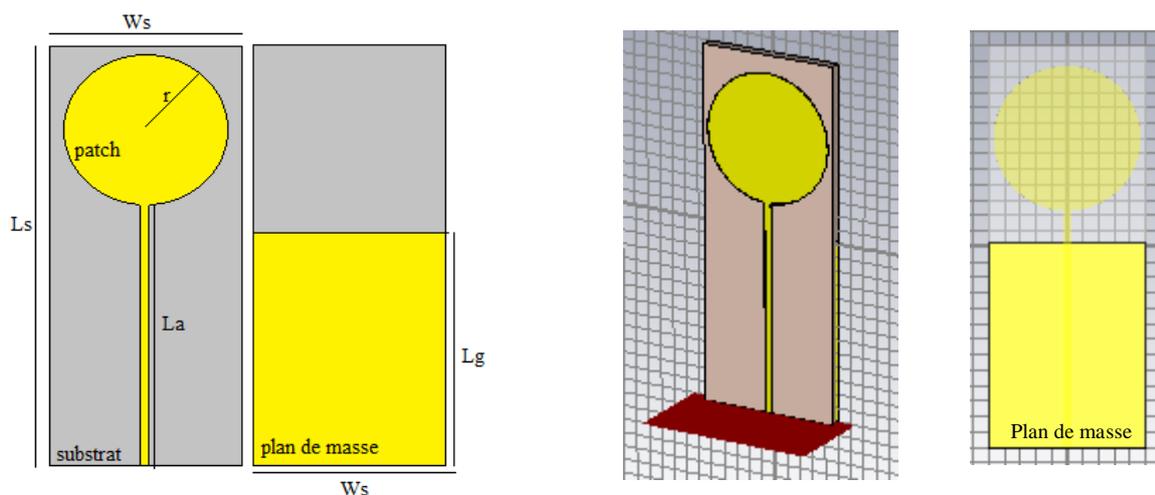


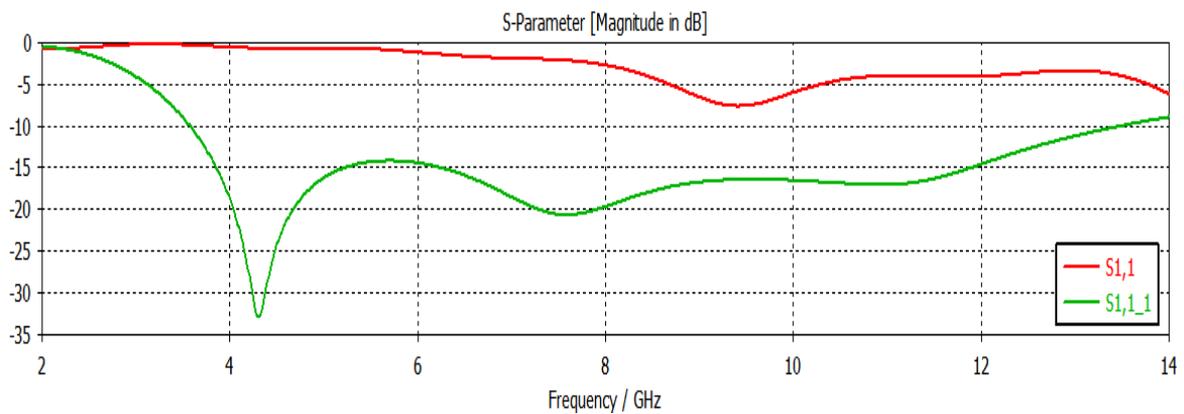
Figure III.10 : Géométrie de l'antenne modifiée et sa structure dans le rédacteur du CST microwave Studio.

Le tableau III.6 résume les nouvelles dimensions des paramètres de l'antenne modifiée.

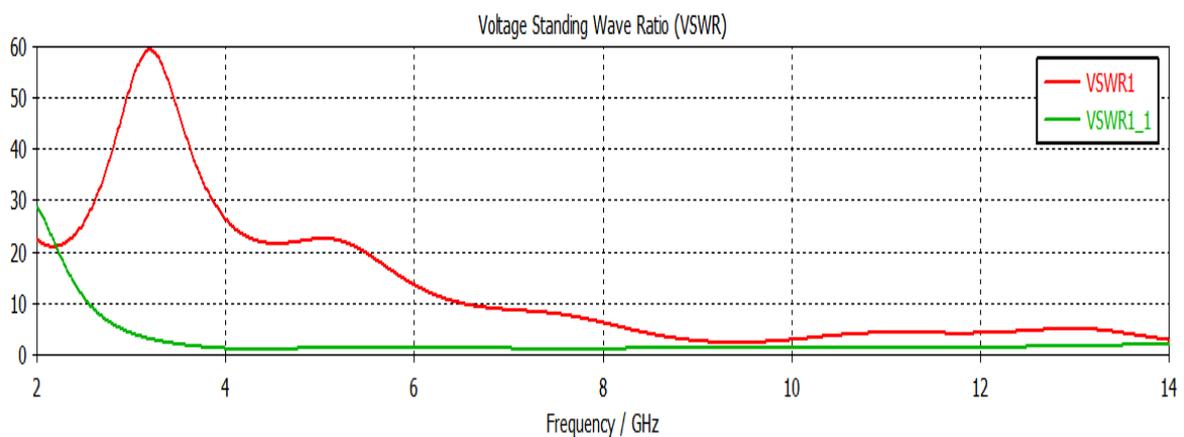
Eléments	Paramètres	Dimensions (mm)
Patch	r	4.7
Longueur de la ligne d'alimentation	La	18.5
Plan de masse	Wg	10
	Lg	13.25
Substrat	h	0.8
	Ws	10
	Ls	26

Tableau III.6 : Dimensions des paramètres de l'antenne patch circulaire modifiée.

Sur la figure III.11 ((a) et (b)), on représente le coefficient de réflexion et le taux d'onde stationnaire de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée respectivement.



(a)



(b)

Figure III.11. (a) : Coefficient de réflexion de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée.
(b) : Taux d'onde stationnaire de l'antenne initiale et de l'antenne modifiée

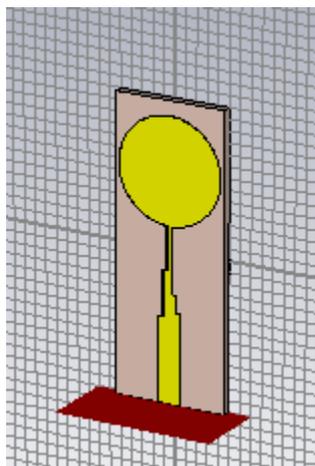
Les modifications effectuées se voient clairement sur les résultats de simulation, cette différence est due aux nouvelles valeurs des paramètres qu'on a utilisés pour la conception.

Nous notons également un élargissement de la bande passante de manière considérable attribuant à l'antenne un comportement ULB (Ultra Large Bande). En effet, la bande passante mesurée à -10 dB est de : 9.91 GHz [3.58 – 13.49] GHz.

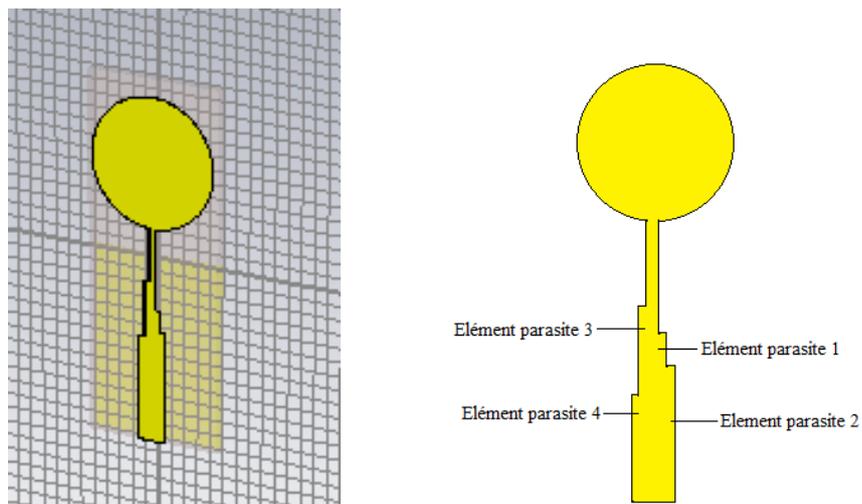
Nous nous sommes intéressés aussi à la représentation du rapport d'onde stationnaire ROS (VSWR). On remarque qu'il est inférieur à 2 sur la bande de fréquence de [3.58 – 13.49] GHz ce qui correspond à une puissance réfléchie nulle à l'entrée de l'antenne.

III.5. Antenne patch circulaire ULB à éléments parasites

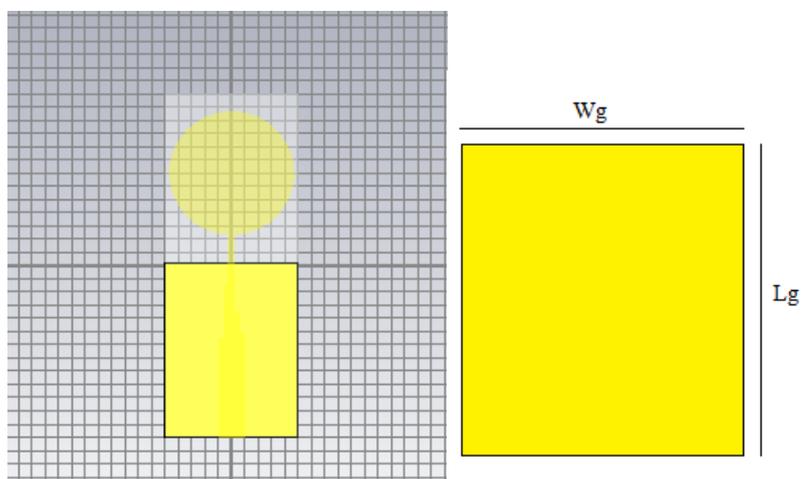
Nous allons procéder d'élargir encore la bande de fréquence par rapport à l'antenne précédente(Figure III.10) en utilisant la méthode d'insertion des éléments parasites parmi les méthodes d'élargissement qui existent dans la littérature. Dans ce cas, nous avons ajoutées quatre éléments parasites à côté de la ligne d'alimentation de l'antenne précédente. Les dimensions de ces derniers sont indiquées sur le tableau III.7. Le substrat est de type FR-4 et le plan de masse est imprimé sur la moitié inférieure de l'arrière du substrat.



(a)Antenne entière



(b) Elément rayonnant



(c) Plan de masse

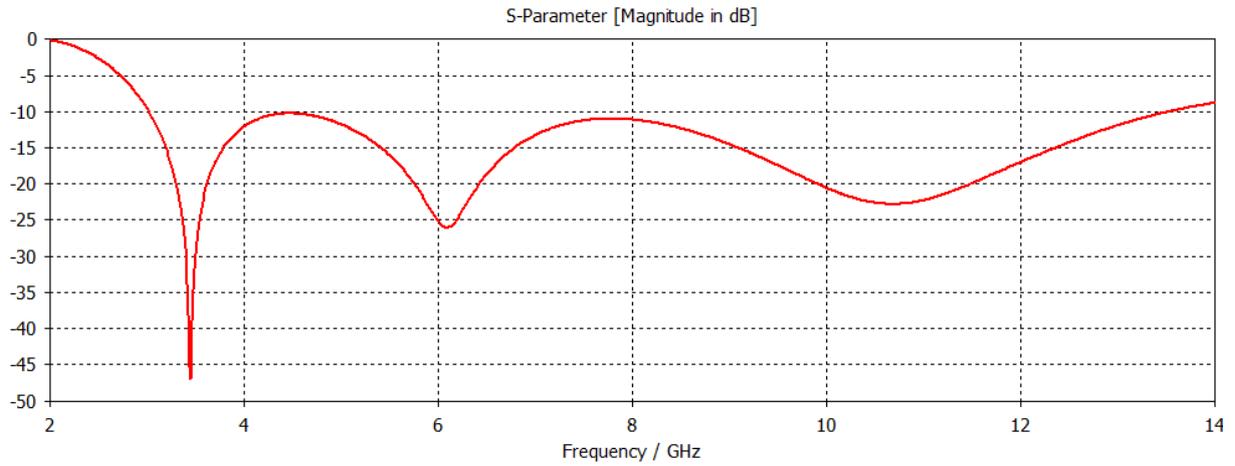
Figure III.12. Géométrie de l'antenne ULB proposée dans le rédacteur du CST microwave Studio.

Dans le tableau III.7, on donne les tailles des éléments parasites insérés à côté de la ligne d'alimentation.

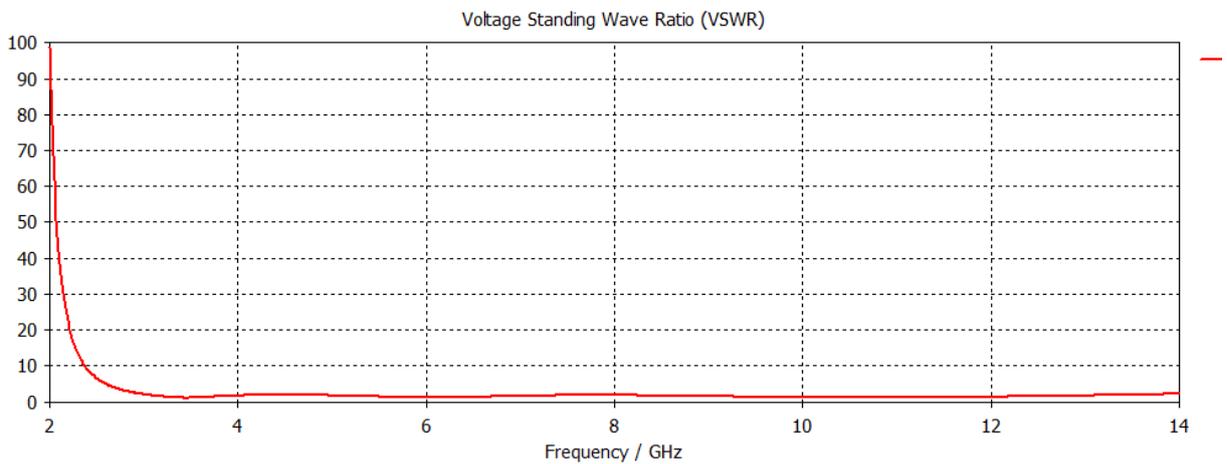
Techniques	Tailles (longueur×largeur)(mm ²)
Elément parasite 1	9.5× 0.625
Elément parasite 2	8 × 1
Elément parasite 3	7.5× 1
Elément parasite 4	11.5× 0.625

Tableau III.7 : Tailles des éléments parasites insérés à côté de la ligne d'alimentation.

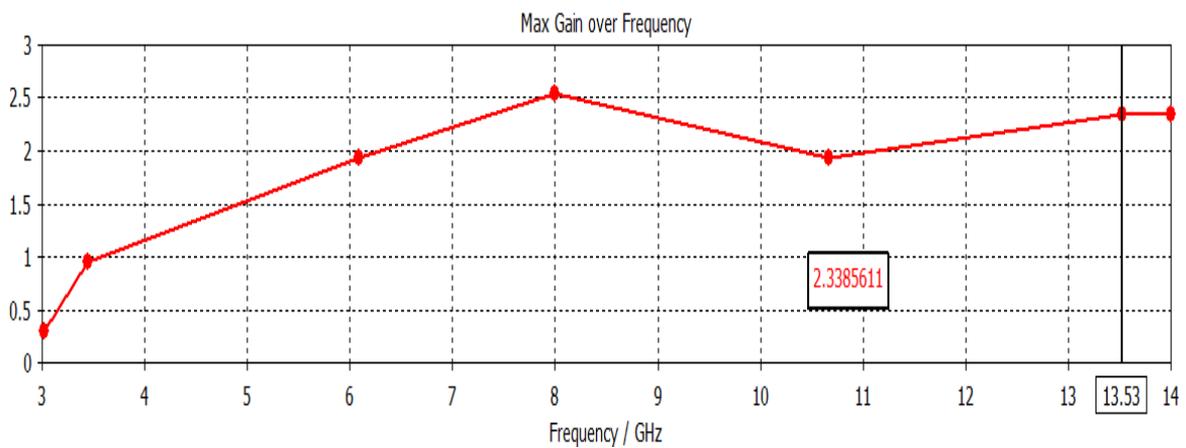
Sur les figures III.13.(a), (b) et (c)), on représente respectivement le coefficient de réflexion, le taux d'onde stationnaire et le gain de l'antenne finale.



(a)



(b)



(c)

Figure III.13. (a) : Coefficient de réflexion.
 (b) : Taux d'onde stationnaire.
 (c) : Gain de l'antenne.

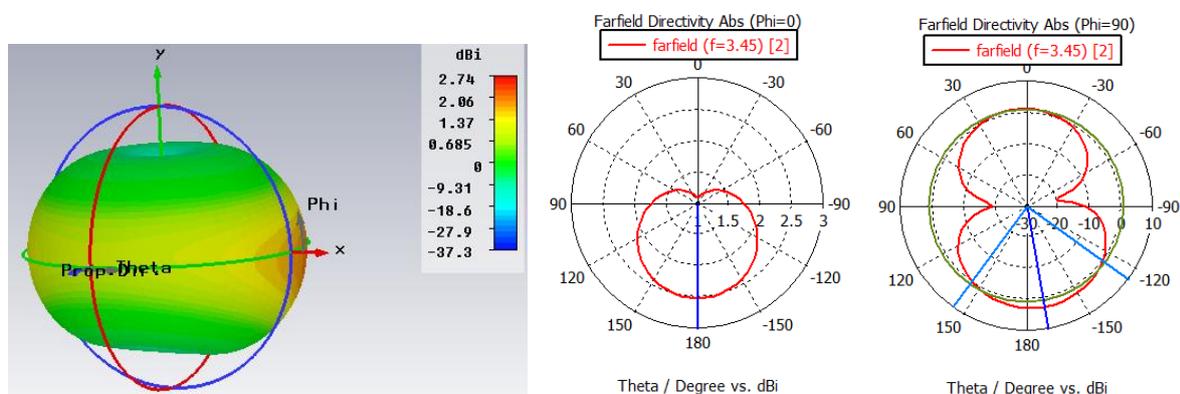
D'après cette étude, nous avons obtenu des bons résultats en termes du coefficient de réflexion, de la bande passante et du gain.

Sur la figure III.13.(a), on représente le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence. Les résultats de simulation montrent bien que le coefficient de réflexion est à une valeur inférieure à -10 dB sur toute la plage de fréquence de [3.02-13.53] GHz. Ce qui correspond à une puissance réfléchie nulle à l'entrée de l'antenne. La bande passante est extrêmement très large correspond à la gamme de fréquence sur laquelle l'antenne est adaptée à sa ligne d'alimentation, elle est de l'ordre de 10.51 GHz, donc cette structure est bien adaptée aux communications ULB.

De même la représentation du rapport d'onde stationnaire (ROS) où le VSWR confirme les performances de l'antenne conçue, où la valeur de VSWR reste inférieure à 2 dans toute la gamme de fréquence de [3.02-13.53] GHz. On remarque que le gain maximal de l'antenne proposée est égal à 2.54 dB à la fréquence de résonance

8 GHz. Comme, il prend des valeurs différentes comprises entre 1 dB et 2.338 dB dans la plage de fréquence de [3.45-13.53] GHz.

Nous avons présenté aussi les diagrammes de rayonnements en 2D et en 3D pour des différentes fréquences de résonances : 3.45 GHz, 6.09 GHz et 10.67 GHz simulés sous CST MWS selon les figures suivantes.



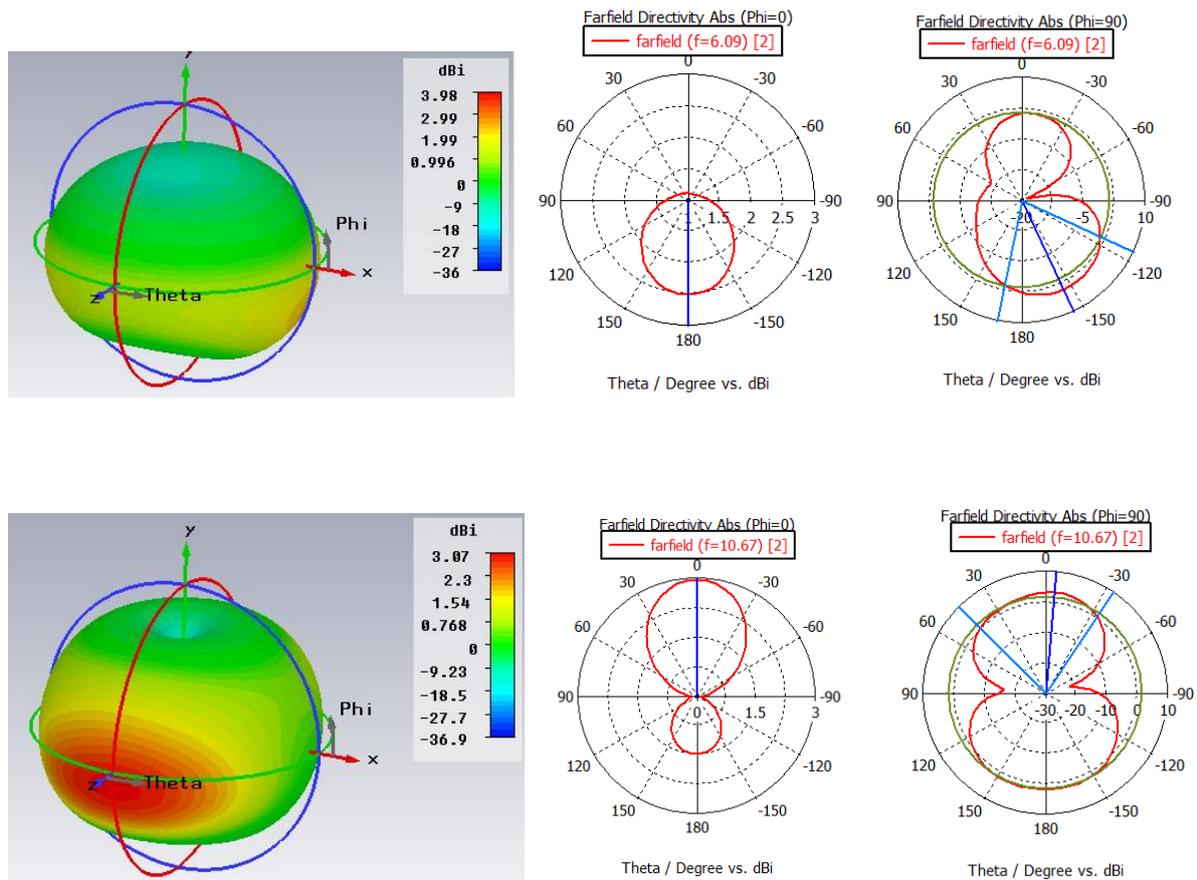


Figure III.14 : Diagramme de rayonnement en 2D et en 3D pour quelques fréquences de résonances de l'antenne finale.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne dans le plan $\Phi=0^\circ$ change lorsque la fréquence augmente, on constate une modification importante du diagramme de rayonnement avec la variation de la fréquence. Cette modification sera plus visible pour la fréquence de résonance de 10.67 GHz, où le diagramme est composé de deux lobes opposés d'ouvertures différentes. Ce qui donne un fonctionnement presque quasi omnidirectionnel.

Par ailleurs, le diagramme de rayonnement de l'antenne dans le plan $\Phi=90^\circ$ est celui d'un dipôle dans le plan vertical. Pareillement, lorsque la fréquence augmente, le diagramme de rayonnement de l'antenne dans ce plan subit des déformations très légères, ou le diagramme de rayonnement pour chacun des deux fréquences : 3.45 GHz et 10.67 GHz est composé de deux lobes d'ouvertures presque identiques.

D'après la figure III.14, on remarque que pour $\Phi=0^\circ$, les lobes principaux sont à la direction $\theta=180^\circ$, 180° et 0° pour les fréquences 3.45 GHz, 6.09 GHz et 10.67 GHz respectivement. De même, pour le plan $\Phi=90^\circ$, les lobes principaux sont à la direction $\theta=-170^\circ$, -153° , -6° pour les mêmes fréquences respectivement.

Le tracé en 3D donne une meilleure exploration du diagramme de rayonnement.

III.6. Conclusion

Ce chapitre a fait l'objet de la conception de deux nouvelles antennes imprimées à structures différentes. Ces antennes sont conçues pour servir à un fonctionnement ULB. Plusieurs techniques d'élargissement de la bande passante ont été insérées sur les antennes patchs conventionnelles de type rectangulaire et circulaire afin d'augmenter la bande passante de ces derniers. Toutes les simulations ont été effectuées par le simulateur CST MICROWAVE STUDIO. Nous avons abouti à des meilleurs résultats de simulation pour les deux antennes proposées correspondent à un fonctionnement ULB.

Conclusion générale

Compte tenu du besoin des antennes ultra large bande dans les systèmes de radiocommunications mobiles, ce mémoire a été consacré à la conception et la simulation des antennes patches ultra large bande. Les résultats de simulation ont été trouvés par le logiciel de simulation CST MWS qui est basé sur la technique des intégrales finies (FIT, Finite Integration Technique).

Dans le premier chapitre, nous avons effectué dans un premier temps une revue de la théorie des antennes imprimées, en parlant de leur structure, leurs différentes formes et les différents types d'alimentations, leurs avantages et inconvénients, ces caractéristiques liées à ce type d'antenne, sans oublier ces domaines d'applications dans les divers systèmes de communications mobiles et sans fils.

Dans le deuxième chapitre, on s'est intéressé à la représentation des principes fondamentaux de la technologie Ultra Large Bande, en commençant d'abord par des généralités de cette technologie. Par la suite, nous avons fait une petite comparaison entre le système ULB et le système à bande étroite, aussi, nous avons expliqué son processus de réglementation dans le monde et ces divers types applications. Enfin, on a terminé par la présentation de ces différents types d'antennes ULB, ces avantages et ces inconvénients.

Enfin, le troisième chapitre a été consacré à l'étude et la conception des nouvelles antennes imprimées ULB alimentées par une ligne microruban. Nous avons insérés plusieurs techniques sur l'antenne patch pour laquelle on peut élargir la bande passante de ce dernier, comme les fentes, les éléments parasites et le plan de masse partiel. Le logiciel CST studio nous a permis de simuler les performances des antennes proposées. Les résultats de simulation sont alors présentés et commentés.

Ce mémoire de recherche peut être considéré comme étant un lien vers d'autres travaux futurs sur les systèmes ULB. Comme perspective à ce travail, on envisage la conception de nouveaux types d'antennes ULB qui couvrent une très large bande de fréquence sans que leurs caractéristiques ne soient dégradées.