

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE AKLI MOAND OULHADJ-BOUIRA**



Faculté des Sciences et Sciences Appliquées  
Département génie électrique

**Mémoire de fin d'étude**

Présenté par :

**BAHRI Lyliane**

**GHODBANE Asma**

En vue de l'obtention du diplôme de **Master en :**

Filière : Télécommunications

Option : systèmes des télécommunications

**Thème :**

**Conception et Réalisation d'une Antenne Ultra Large Bande**

**Devant le jury composé de :**

AYAD Mouloud	MCA	UAMOB	Président
DJELLID Asma	MCB	UAMOB	Encadreur
BOUCENA Med Lamin	MCB	UAMOB	Examinateur

**Année Universitaire 2019/2020**

# Remerciement

Au terme de ce travail réalisé nos profonds et sincères remerciements vont : Avant tout au bon DIEU de nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme notre travail.

A notre encadreur Mme. DJELLID Asma enseignante à l'Université de Msila pour sa précieuse aide et ses critiques constructives ainsi que pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

A Mr. Azrar Arab le professeur de l'institut INELEC pour nous avoir accueilli dans leurs laboratoires pour leur conseils et aide précieuse et efficace, et pour tout l'intérêt qu'ils ont porté à la recherche scientifique.

A Mr. Boucenna Mouhamed Lamine, enseignants au sein de la faculté des Sciences et Sciences Appliquées à l'UAMOB, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

A Mr. Ayad Mouloud, enseignants au sein de la faculté des Sciences et Sciences Appliquées à l'UAMOB pour l'honneur qu'il nous a fait de vouloir présider le jury.

A Md. Abbas Amina pour ces conseils, son aide et aussi pour son soutien moral.

On exprime aussi notre gratitude à tous nos enseignants qui ont intervenu dans la formation du master « Systèmes de Télécommunication ».

A nos très chers parents, nos frères, nos sœurs et nos grands-parents. Pour leurs encouragements durant tout notre cycle d'études.

Nous serions comment remercier nos chers amis qui ont été là pour nous et qui nous ont soutenu et tendu la main quand on en avait besoin.

Enfin nos reconnaissances vont à tous ceux qui nous ont rendu service et qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre au long de notre projet.

# Table des matières

<b>Table des figures</b>	<b>iv</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>1</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>2</b>
<b>1 Généralités sur la technologie ultra large bande</b>	<b>4</b>
1.1 INTRODUCTION . . . . .	4
1.2 TECHNOLOGIE ULTRA LARGE BANDE . . . . .	5
1.3 HISTORIQUE . . . . .	5
1.4 SYSTEMES ULB/ SYSTEMES A BANDE ETROITE . . . . .	6
1.5 REGLEMENTATION DE L'ULB DANS LE MONDE . . . . .	7
1.5.1 Réglementation aux USA . . . . .	7
1.5.2 Réglementation hors des Etats Unis . . . . .	8
1.6 CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES ULB . . . . .	8
1.6.1 Capacité du canal de transmission . . . . .	8
1.6.2 Faible susceptibilité à l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples . . . . .	9
1.6.3 Communications protégées . . . . .	9
1.6.4 Faible puissance . . . . .	9
1.6.5 Simplicité relative des systèmes . . . . .	9
1.7 APPLICATIONS DE L'ULTRA LARGE BANDE . . . . .	10
1.7.1 La détection . . . . .	11
1.7.2 Géolocalisation . . . . .	12
1.7.3 Systèmes de communication . . . . .	12
1.8 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ULB . . . . .	13
1.8.1 Avantages . . . . .	13
1.8.2 Inconvénients . . . . .	13
1.9 ANTENNES ULTRA LARGE BANDE . . . . .	13
1.9.1 Types d'antennes ULB . . . . .	14

TABLE DES MATIÈRES

---

1.10 CONCLUSION . . . . .	15
<b>2 Conception d'une antenne Ultra Large Bande.</b>	<b>16</b>
2.1 INTRODUCTION . . . . .	16
2.2 ANTENNE ULTRA LAGE BANDE . . . . .	17
2.2.1 Description du modèle . . . . .	17
2.2.2 Résultats de simulation par HFSS . . . . .	18
2.2.3 Etude paramétrique . . . . .	24
2.2.4 Résultats de simulation par CST . . . . .	28
2.2.5 Comparaison des résultats obtenus par les deux logiciels . . . . .	37
2.3 CONCLUSION . . . . .	37
<b>3 Réalisation de l'antenne ULB</b>	<b>38</b>
3.1 INTRODUCTION . . . . .	38
3.2 ETAPES DE REALISATION . . . . .	38
3.2.1 Préparation du film photo ploté (impression des masques) . . . . .	39
3.2.2 Perçage des structures et application du film bleu photosensible . . . . .	40
3.2.3 Insolation du film photo Ploter sur le substrat grâce à une insoleuse UV . . . . .	40
3.2.4 Processus chimique . . . . .	41
3.2.5 Soudure du connecteur SMA . . . . .	42
3.3 MESURES EXPERIMENTALE ET RESULTATS . . . . .	43
3.4 CONCLUSION . . . . .	47
<b>Conclusion générale</b>	<b>48</b>

# Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Nom complet en anglais</b>	<b>Nom complet en français</b>
<b>CST</b>	Computer Simulation Technology	Technogé de Simulation Informatique
<b>DSP</b>	Power Spectral Density	Densité Spéctrale de Puissance
<b>EIRP</b>	Equivalent Isotropic Radated Power	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standard Institut	Institut Européen des Normes de Télécommunications
<b>FCC</b>	European Federal Communications Commission	Commission Fédérale des Communications
<b>GPS</b>	Global Positioning System	Système Mondial de Positionnement
<b>GPR</b>	Ground Penetrating Radar	Radar Pénétration de Sol
<b>HFSS</b>	High Frequency Structure Simulator	Simulateur des Structures Haute Fréquence
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Institut des Ingénieurs Electriciens et Electroniciens
<b>LPD</b>	Low Probability of Detection	Faible Probabilité de Détection
<b>LPI</b>	Low Probability of Interception	Faible Probabilité de Interception
<b>RF</b>	Radio Frequency	Radio Fréquence
<b>SNR</b>	Signal to Noise Ratio	Rapport Signal sur Bruit
<b>TOS</b>	Voltage Standing Wave Ratio	Taux d'Donde Stationaire
<b>ULB</b>	Ultra Wide Band	Ultra Large Bande
<b>UV</b>	Ultra Violet	Ultra Violet
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network	Réseau local sans fil
<b>WPAN</b>	Wireless Personal Area Network	Réseau Persinel sans fil

# Table des figures

1.1	Comparaison entre les spectres fréquentiels d'un système ULB et un système à bande étroite. . . . .	7
1.2	Limites d'émission pour les systèmes ULB en intérieur et en extérieur. . . . .	7
1.3	Limites d'émission de signaux ULB en Europe. . . . .	8
1.4	Différentes applications de l'ULB. . . . .	10
1.5	Applications d'imagerie médicales. . . . .	11
1.6	Application d'ULB liées au radar. . . . .	11
1.7	Application d'ULB liées à la géolocalisation. . . . .	12
2.1	(a). L'élément rayonnant. (b). Plan de masse d'antenne ultra large bande. . . . .	17
2.2	Coefficient de réflexion S11 de l'antenne ULB . . . . .	18
2.3	Taux d'onde stationnaire de l'antenne ULB . . . . .	19
2.4	Partie réelle et imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne ULB proposée. . . . .	19
2.5	Gain en 3D, 2D de l'antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz et (d).17.57 GHz. . . . .	21
2.6	Densité surfacique de courant dans le plan de masse (droite) et le patch (gauche) à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz et (d). 17.57GHz. . . . .	23
2.7	Variation de la bande passante de l'antenne ULB en fonction de l'épaisseur du substrat. . . . .	24
2.8	Variation de la bande passante d'antenne en fonction la permittivité relative de substrat. . . . .	25
2.9	Variation de la bande passante d'antenne en fonction du rayon du patch. . . . .	26
2.10	Variation de la bande passante d'antenne en fonction de la largeur du plan de masse. . . . .	26
2.11	Variation de la bande passante d'antenne en fonction de la largeur de laligne de transmission d2. . . . .	27
2.12	Coefficient de réflexion S11 de l'antenne ultra large bande par le CST. . . . .	28
2.13	Taux d'onde stationnaire de l'antenne ultra large bande par le CST. . . . .	29
2.14	(a). Partie réelle, (b). Partie imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne ULB par CST. . . . .	30

---

2.15	Gain en 2D de l'antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz, (d).17.57GHz. . . . .	32
2.16	Gain en 3D de l'antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz, (d).17.57GHz. . . . .	34
2.17	Gain en 3D de l'antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz, (d).17.57GHz. . . . .	36
3.1	Préparation du film photo ploté. . . . .	39
3.2	Perçage de substrat. . . . .	40
3.3	Insolation du film photo ploter sur le substrat. . . . .	41
3.4	L'antenne après le processus chimique. . . . .	42
3.5	L'antenne ULB réalisée. . . . .	43
3.6	Prototype de la mesure d'antenne réalisée. . . . .	44
3.7	S11 simulé (HFSS et CST) et mesuré de l'antenne ULB. . . . .	45
3.8	TOS simulé (HFSS et CST) et mesuré de l'antenne ULB. . . . .	45
3.9	Partie réelle et imaginaire de l'impédance d'entrée simulée (HFSS et CST) et mesurée de l'antenne ULB. . . . .	46

# Liste des tableaux

2.1	Résultats obtenus par HFSS et CST. . . . .	37
-----	--	----

# Introduction générale

Le domaine des télécommunications est en évolution permanente grâce à la forte demande de la population et de l'industrie. Plus précisément, ses axes d'investigation sont motivés par un besoin grandissant en termes de débit de données mais restent freinés par un spectre des fréquences de plus en plus occupé [1]. Il est devenu essentiel de trouver des nouvelles solutions qui répondent à ces exigences. Dans ce contexte, l'utilisation de signaux Ultra Large Bande (ULB) pour transmettre l'information est devenue une solution très répondue.

Le principe des communications radio utilise la technique de l'ULB qui est aujourd'hui bien connue. Des nombreuses études sur le sujet ont permis de définir et de réaliser des circuits électroniques spécifiques à ces applications. Cette technologie basée principalement sur la modulation de très brèves impulsions permet l'émission de grands volumes de données tout en conservant une très faible densité spectrale de puissance [2]. La Commission Fédérale américaine des Communications (FCC) a autorisé la technologie ULB en février 2002 [3]. Cette commission a établi certaines régulations aux bandes de fréquences et aux limites de puissance d'émission allouées aux différentes applications ULB, elle a réservé la bande [3.1 – 10.6] GHz pour les applications radiocommunication [3]. La faible consommation, la facilité d'intégration, et surtout le coût sont des aspects essentiels qui doivent être pris en considération. Grâce à ses avantages, les antennes imprimées jouent un rôle critique dédié aux systèmes de communication ULB.

Dans ce cadre, l'objectif de ce mémoire de master est de simuler et réaliser une antenne patch circulaire ULB qui permet l'émission et la réception dans une très large bande de fréquence. Pour atteindre cet objectif, nous effectuons la simulation de l'antenne proposée à l'aide de deux logiciels électromagnétiques HFSS (High Frequency Structure Simulation) et CST (Computer Simulation Tool). Conserver la réalisation, nous la faisons au niveau d'une société spécialisée dans la

fabrication électronique des circuits imprimés qui s'appelle ALMITech à Alger. Les mesures de réalisation s'effectuent au niveau de l'Institut National d'Electronique et d'EleCtrique (INELEC) à Boumerdès.

Le manuscrit après l'introduction générale est organisé comme suit :

**Chapitre 1 :** Le premier chapitre a pour objectif de présenter la technologie ULB d'une manière générale et il est consacré à une bref historique et définition de l'ULB et une comparaison entre les systèmes ULB et les systèmes à bande étroite. La présentation de la réglementation imposée dans le monde à ce système est présentée. On cite par la suite, les différentes applications de la technologie ULB, quelques avantages et inconvénients des systèmes ULB sont présentés. On termine ce chapitre par une présentation des différents types d'antennes ULB.

**Chapitre 2 :** Dans le second chapitre, nous présentons un modèle d'une antenne ULB proposée. Ensuite, nous citons et commentons les résultats de simulation (coefficient de réflexion, Taux d'onde stationnaire, impédance d'entrée et diagramme de rayonnement. . . etc) obtenus par le logiciel HFSS et CST. Une étude paramétrique est faite afin de comprendre l'influence de différents paramètres dimensionnels et diélectriques sur le comportement de l'antenne proposée.

**Chapitre 3 :** Le troisième chapitre est consacré à la fabrication du prototypes proposé, ainsi qu'une comparaison entre les résultats des mesures effectuées et ceux obtenus par les simulateurs HFSS et CST est faite.

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

## Chapitre 1

# Généralités sur la technologie ultra large bande

### 1.1 INTRODUCTION

Depuis toujours le besoin de communiquer a guidé le développement des technologies de transport de l'information. Avec l'augmentation des besoins d'élargir la bande de fréquence de travail, la technologie ULB semble une solution très efficace et très ré pondue. Les systèmes de communication ULB sont devenus le sujet le plus intéressant depuis l'utilisation commerciale de la bande de fréquence de 3.1 GHz à 10.6 GHz qui a été approuvée par la FCC en 2002.

Les techniques de la communication ULB sont différentes des autres techniques de communication parce qu'elles utilisent des impulsions RF extrêmement étroites pour communiquer entre les émetteurs et les récepteurs. L'utilisation d'impulsions à courte durée comme module pour les communications produit directement une largeur de bande très grande et offre plusieurs avantages, tels que le grand débit, la sécurité, la robustesse au brouillage et la coexistence avec des services radio habituels [4].

Ce chapitre présente la technologie ULB de manière générale : une brève présentation de l'histoire et définition de l'ULB, comparaison entre système ULB et un système à bande étroite, présentation de la réglementation imposée dans le monde à ce système et ses différentes applications.

## 1.2 TECHNOLOGIE ULTRA LARGE BANDE

La technologie à bande ultra large est une technologie sans fil qui peut être exploitée à très faible densité de puissance pour la communication à des débits de données élevés sur de courtes distances.

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

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

$$BP_{relative} = 2 \cdot \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} > 0.2 \quad (1.1)$$

Où  $f_h$  et  $f_l$  désignent respectivement : la fréquence limite haute et basse du spectre de signal (à -10 dB) [5].

## 1.3 HISTORIQUE

Historiquement, l'utilisation de la technologie ULB remonte à l'époque où G. Marconi réalise la toute première transmission sans fil longue distance d'un code morse reliant l'île de Wight à Cornwall en Angleterre [6].

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 ULB [7].

En 1952, des travaux furent menés par Pierce et Hopper, mettant en œuvre une transmission de signaux téléphoniques analogiques, au moyen d'impulsions aléatoires espacées dans l'espace, cet article semble constituer le premier travail sur la radio par impulsion à accès multiple [2].

Dans les années soixante, 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 [2].

Dans les années 1970-1994, la majorité des travaux vise à améliorer certains sous-systèmes de cette nouvelle technique. A cette époque, on lui donne plusieurs

noms : technologie "sans porteuse", ou en "bande de base" ou encore technologie "impulsionnelle". C'est en 1989 que le terme ultra large bande apparaît dans une publication du ministère de la défense aux Etats-Unis. Les travaux concernant cette technologie sont effectués, pour la plupart dans le cadre de programmes confidentiels américains (militaires). [2]

En 1994, la confidentialité des travaux liés à l'ultra large bande est levée et la recherche se développe de façon importante aussi bien dans l'industrie que dans les universités [2].

En 1998, l'organe de régulation des systèmes de communication des Etats-Unis, la FCC, propose une notification d'enquête pour inclure les systèmes ULB dans la réglementation « section 802.15 » qui gouverne les émissions radio libres [2].

En 2002, la FCC réglemente l'ultra large bande : elle en donne une définition précise, et définit les niveaux de puissance maximale autorisés (- 41 dBm /MHz pour la bande haute) .La FCC a attribué finalement 7.5 GHz de spectre dans de la bande [3.1-10.6 GHz] à l'ULB, et elle a autorisé son utilisation commerciale pour les applications civiles [7].

## 1.4 SYSTEMES ULB/ SYSTEMES A BANDE ETROITE

La transmission dans le système de l'ULB est basé sur des impulsions de très courtes durées (1 ns) contrairement au système de transmission classique qui est basé sur des ondes sinusoïdales étalées dans le temps ayant de ce fait une densité spectrale de puissance beaucoup plus étroite que celle des signaux ULB [7].

Depuis février 2002, la FCC a alloué le spectre de 3.1–10.6 GHz pour l'utilisation de l'ULB. La densité spectrale de puissance de l'ULB est présentée sur la figure 1.1. Il présente une très faible DSP (DSP maximale = -41.3 dBm/MHz) sur toute la bande de fréquences [1]. Cette faible puissance sur une très large bande passante permet à d'autres systèmes à bande étroite de coexister. Ces caractéristiques ont présenté une multitude de défis aux concepteurs dans une grande variété de domaines comprenant la conception de circuit et de système RF mais aussi la conception d'antenne.

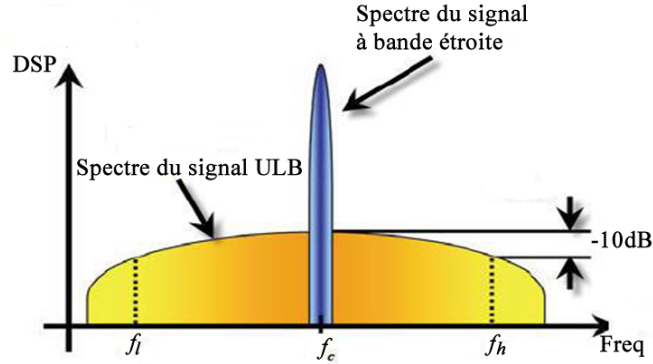


FIGURE 1.1 – Comparaison entre les spectres fréquentiels d’un système ULB et un système à bande étroite.

## 1.5 REGLEMENTATION DE L’ULB DANS LE MONDE

### 1.5.1 Réglementation aux USA

Les Etats-Unis ont été le premier pays à réglementer l’utilisation de l’Ultra large bande. En février 2002, la FCC a limité les niveaux d’émission des signaux ULB (EIRP = -41.3 dBm/MHz) pour un spectre de fréquences allant de 3.1 GHz à 10.6 GHz. La figure 1.2 représente le spectre d’émission imposé par la FCC pour les systèmes opérant en intérieur et en extérieur [5].

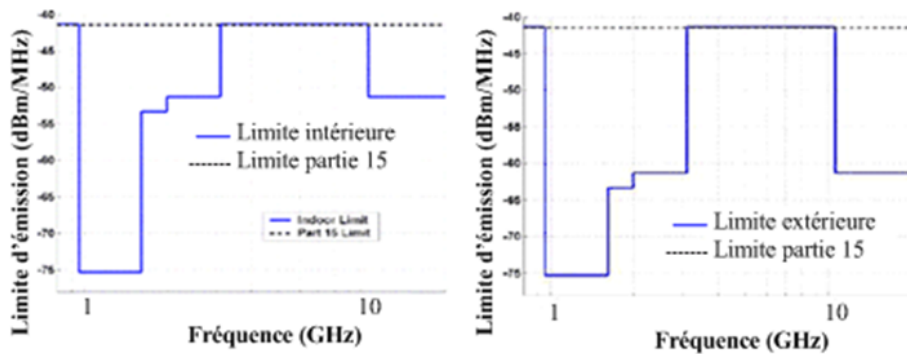


FIGURE 1.2 – Limites d’émission pour les systèmes ULB en intérieur et en extérieur.

### 1.5.2 Réglementation hors des Etats Unis

L'Europe et le Japon ont commencé à établir les spécifications de leurs propres spectres d'émission pour les systèmes ULB. Le département européen des standards de télécommunications(ETSI) a proposé des limites similaires à celles de la FCC; le spectre d'émission proposé (figure 1.3) est plus restrictif que celui défini par la FCC. En juillet 2007, l'ETSI a proposé un standard pour les niveaux d'émissions des signaux ULB ( $EIRP = -41,3$  dBm/MHz) pour un spectre de fréquences allant de 6 GHz à 9 GHz [8].

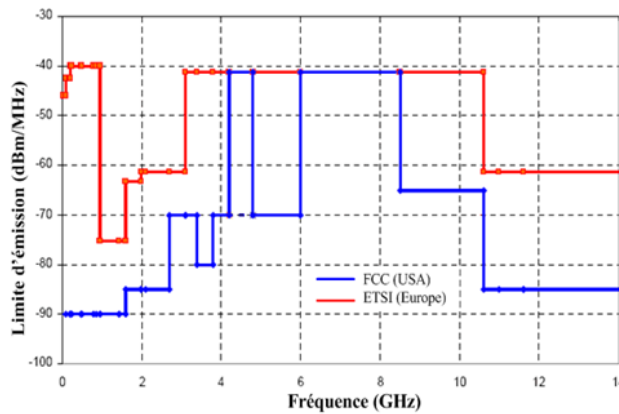


FIGURE 1.3 – Limites d'émission de signaux ULB en Europe.

## 1.6 CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES ULB

### 1.6.1 Capacité du canal de transmission

D'après le théorème de Shannon, la capacité d'un système est définie par la formule suivante :

$$C = B \cdot \log_2(1 + SNR) \quad (1.2)$$

Avec  $C$  la capacité du système,  $B$  la bande passante et  $SNR$  est le rapport signal sur bruit. D'après l'équation, la capacité d'un système croît linéairement avec la bande passante. Pour augmenter la capacité, il vaudra augmenter la bande passante, ce qui est réalisé par l'ULB [9].

### 1.6.2 Faible susceptibilité à l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples

L'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples peut réduire l'efficacité des systèmes de communication classiques (non ULB). Dans le cas des communications ULB, le signal transmis possède une grande largeur de bande (résolution temporelle très fine). Comme la fenêtre d'observation au récepteur est étroite, les réflexions multiples avec des retards inférieurs à la nanoseconde peuvent être résolues et additionnées de manière constructive pour donner un gain comparable à celui d'une propagation par trajet unique direct [10].

### 1.6.3 Communications protégées

Les signaux ULB peuvent être produits sous une forme semblable au bruit, ou être transmis à un niveau de densité spectrale de puissance bien inférieur au bruit de fond des récepteurs de radiocommunication classique [11], et peuvent être transmis avec un code de synchronisation unique à des millions de bits par seconde. Ces caractéristiques permettent la transmission protégée de signaux avec une faible probabilité de détection et une faible probabilité d'interception [1].

### 1.6.4 Faible puissance

La caractéristique la plus importante de la technologie ULB est la faible puissance utilisée. Elle permet de ne pas interférer avec d'autres systèmes à bande étroite. Elle permet ainsi d'améliorer l'utilisation d'un spectre des fréquences très occupé en permettant un partage de ce spectre avec d'autres systèmes [11].

### 1.6.5 Simplicité relative des systèmes

La transmission ULB est sans porteuse, donc les données ne sont pas modulées avec une onde sinusoïdale, comme pour la technologie à bande étroite. La transmission sans porteuse exige moins de composants RF. Pour cette raison l'architecture des émetteurs/récepteurs ULB est plus simple [5]. Ce qui pourrait se traduire par des coûts inférieurs de l'équipement.

## 1.7 APPLICATIONS DE L'ULTRA LARGE BANDE

En février 2002, la FCC a défini trois grandes catégories d'application principales pour les systèmes ULB : la détection, la géolocalisation et les communications sans fil [12, 13]. Les deux premières applications ne demandent pas un débit d'information élevé, mais nécessitent une bonne précision sur de grandes distances et une robustesse aux trajets multiples, tandis que les communications sans fils peuvent tirer profit des très hauts débits à courte portée offerte par la technologie ULB (figure1.4) [1].

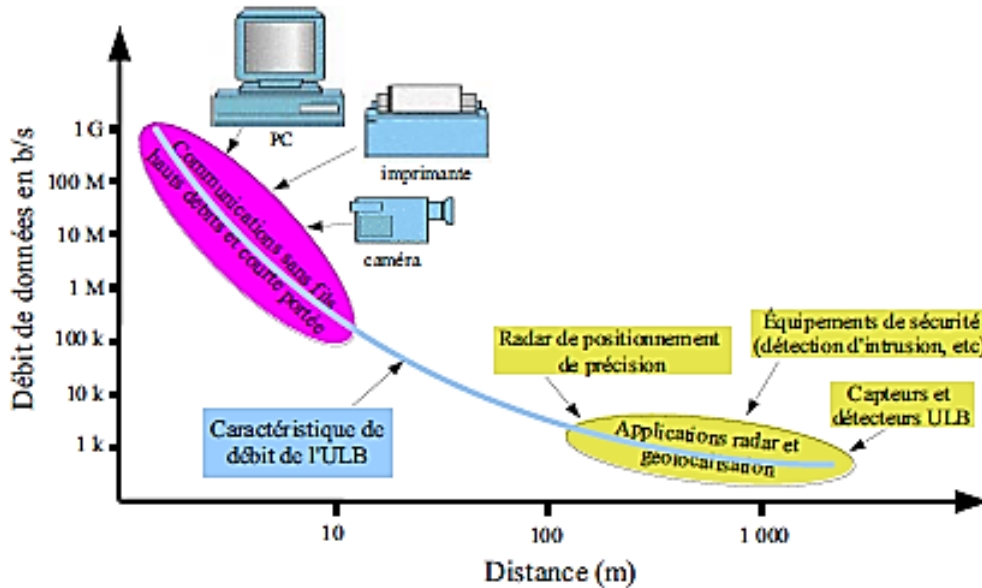


FIGURE 1.4 – Différentes applications de l'ULB.

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

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

### 1.7.1 La détection

Cette catégorie d'application comprend la pénétration du sol (GPR), d'imagerie de l'intérieur des murs, d'imagerie médicale (figure 1.5) et d'imagerie de surveillance avec la fiabilité pour la mesure exacte de distance. Pour ces applications, la transmission se fait par des impulsions très rapides et très courte durée, car la résolution des systèmes est proportionnelle à la largeur de l'impulsion [14].



FIGURE 1.5 – Applications d'imagerie médicales.

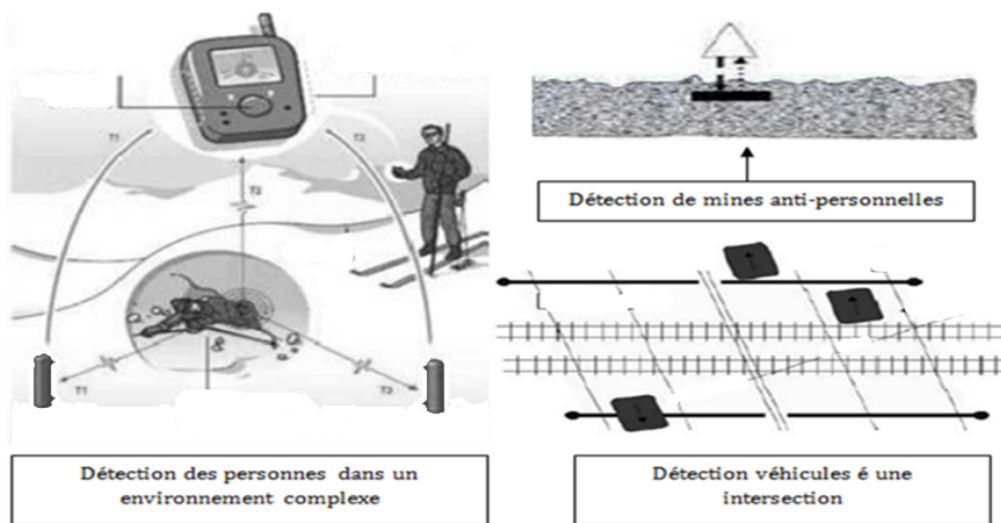


FIGURE 1.6 – Application d'ULB liées au radar.

### 1.7.2 Géolocalisation

Il est essentiel dans plusieurs applications militaires et commerciales de connaître l'emplacement des objets de petites dimensions et parfois sur de très grandes distances. D'un point de vue commercial, ULB est applicable pour l'identification radio fréquence, sécurité et automobile, à titre d'exemple amélioration d'activation des Air bag grâce à l'utilisation des radars d'avertissement de collision qu'ils sont intégrés au système de navigation du véhicule [14]. La figure 1.7 représente un exemple de localisation d'objet dans un entrepôt .



FIGURE 1.7 – Application d'ULB liées à la géolocalisation.

### 1.7.3 Systèmes de communication

L'ULB est utilisée dans de nombreuses applications dans le domaine des communications sans fil tels que : la connexion entre les différents composants de système multimédia, dans les systèmes embarqués en automobiles, en robotique. Ce système est aussi utilisé pour la conception des réseaux sans fil publiques ou privés dans les immeubles à bureaux, les salles de réunion et de conférence et les endroits publics (par exemple les aéroports ou les centres commerciaux)

[5]. Ses hautes capacités de débit en font également une excellente concurrente pour les réseaux personnels sans fil (WPAN), locaux (WLAN), ainsi que pour les équipements de téléphonie sans fil.

## 1.8 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ULB

### 1.8.1 Avantages

- Débit important pour un WLAN.
- Bonne capacité de pénétration dans les murs et obstacles.
- Précision temporelle élevée.
- Possibilité d'une architecture commune pour les applications de communications, de localisation et de radar.
- Réduction des évanouissements causés par les trajets multiples.
- Consommation électrique maîtrisable [15].

### 1.8.2 Inconvénients

- Possibilité d'interférence : l'inconvénient principal de l'ULB se base sur un fait disant qu'elle interfère avec certains standards tels que le GPS à cause de la bande de fréquence 3.1 GHz et 10.6 GHz.
- La limite de la portée : à cause de la faible densité spectrale, la portée du signal ULB se limite à quelques dizaines de mètres [16].

## 1.9 ANTENNES ULTRA LARGE BANDE

De même que dans le cas des systèmes de communication sans fil conventionnels, une antenne joue également un rôle crucial dans les systèmes ULB. Cependant, il y a plus de défis en concevant une antenne ULB qu'à bande étroite.

- Ce qui caractérise une antenne ULB aux autres antennes est sa largeur de bande de fréquence ultra large. Selon la définition FCC, une antenne ULB convenable devrait pouvoir rapporter une largeur de bande absolue non inférieure à 500MHz.
- La performance d'une antenne ULB doit être constante sur toute la bande de fonctionnement. Dans le meilleur des cas, les diagrammes de rayonnement

de l'antenne, les gains et l'adaptation d'impédance devraient être stables sur la bande entière. Parfois, on exige également que l'antenne ULB fournisse la caractéristique stop-bande pour coexister avec d'autres dispositifs et services à bande étroite occupant la même bande de fonctionnement [17, 18].

- Les propriétés directionnelles ou omnidirectionnelles de rayonnement sont nécessaires selon l'utilisation pratique. Les diagrammes omnidirectionnels sont normalement souhaitables dans les systèmes mobiles et portatifs. Pour les systèmes de radar et d'autres systèmes directionnels où un gain élevé est désiré, des caractéristiques de rayonnement directionnelles sont préférées.
- Une antenne appropriée doit être assez petite pour être compatible à l'unité ULB particulièrement dans des dispositifs mobiles et portatifs. Il est également très souhaitable que l'antenne présente un profil réduit et la compatibilité d'intégration avec les cartes de circuit imprimé.
- Finalement, une bonne conception d'antenne ULB devrait être optimale pour le fonctionnement du système global. Par exemple, l'antenne devrait être conçue tels que le dispositif global (antenne et circuit RF avant l'antenne) est conforme au masque obligatoire d'émission de puissance donné par la FCC ou d'autres organismes de normalisation.

### 1.9.1 Types d'antennes ULB

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

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

## 1.10 CONCLUSION

Dans ce premier chapitre, on a présenté quelques aspects de la technologie ULB et rappelant tout d'abord : un bref historique sur l'origine de l'ULB, les caractéristiques propres à l'ULB comme son occupation spectrale et son fort pouvoir de résolution qui ont permis de placer l'ULB comme un système avec de forts potentiels qui pousse les communautés académiques et industrielles à entrevoir plusieurs applications pour cette technologie.

Ensuite on a cité les nombreux domaines d'application. Nous avons présenté aussi l'exigence d'antennes ULB et ces différents types les plus utilisées.

Enfin, la technologie ULB est aussi vue comme un bon candidat pour le futur c'est aussi parce qu'elle peut être combinée avec d'autres technologies de communication, de façon à fournir une solution de communication avec une plus large gamme d'applications.

## Chapitre 2

# Conception d'une antenne Ultra Large Bande.

### 2.1 INTRODUCTION

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

Dans ce chapitre, on présente en premier lieu une antenne ultra large bande d'un élément rayonnant circulaire, utilisant le HFSS.15. l'antenne est simulée et ses paramètres (coefficient de réflexion, taux d'onde stationnaire, l'impédance d'entrée, diagramme de rayonnement, distribution de courants...) sont présentés et commentés. En second lieu, une étude paramétrique est faite pour mieux comprendre le comportement de l'antenne en fonction des différents paramètres dimensionnels et diélectriques de l'antenne. Par la suite, l'antenne est simulée par un deuxième logiciel (CST.18). Les résultats des deux logiciels sont comparés afin de les valider l'un avec l'autre.

## 2.2 ANTENNE ULTRA LARGE BANDE

### 2.2.1 Description du modèle

L'antenne ultra large bande proposée est présentée sur la figure 2.1, constituée d'un élément rayonnant circulaire de rayon  $R=10.975$  mm, alimenté par une ligne micro ruban non uniforme  $50\Omega$  d'une largeur  $d2=3.5$  mm et  $d1=2.625$ mm, qui sont imprimés sur la face supérieure d'un substrat diélectrique de type FR4 avec une épaisseur de  $H=1.6$  mm, une permittivité relative de  $\epsilon_r = 4.4$  et une tangente de perte diélectrique de  $\tan \delta = 0.02$ . De l'autre côté du substrat, un plan de masse de taille  $L \times W_s=30 \times 15\text{mm}^2$  est imprimé. La taille de l'antenne est  $39.3 \times 30 \times 1.6\text{mm}^3$

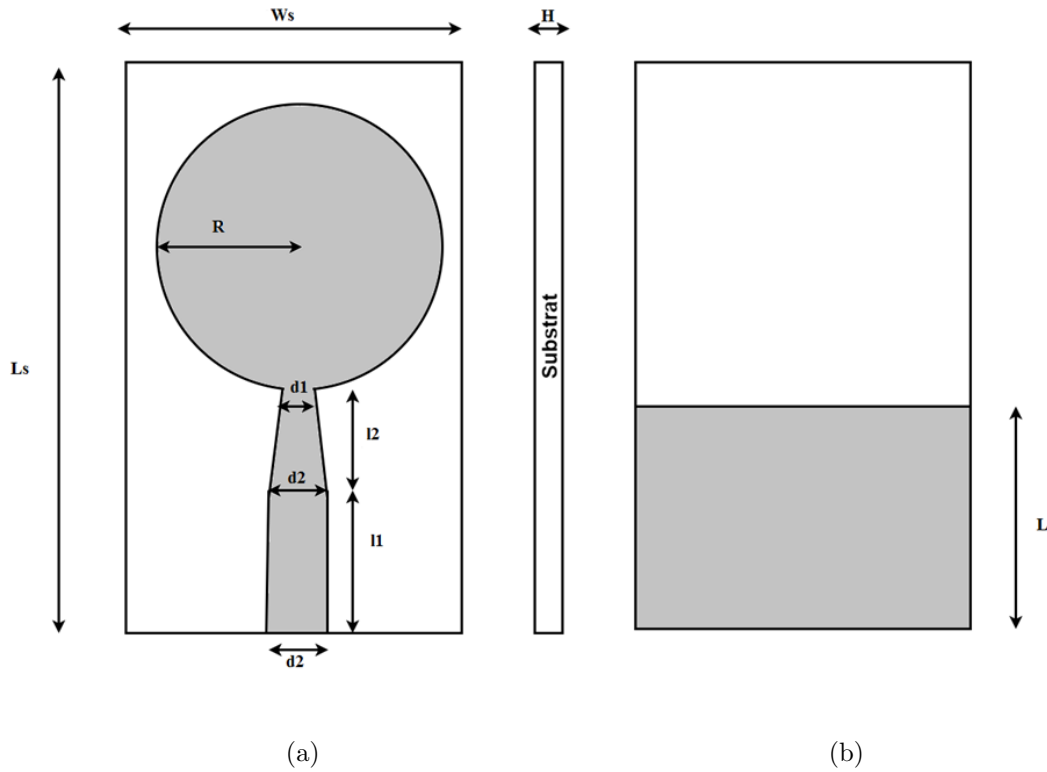


FIGURE 2.1 – (a). L'élément rayonnant. (b). Plan de masse d'antenne ultra large bande.

Le modèle d'antenne ULB a été simulé en utilisant le logiciel HFSS.15.

## 2.2.2 Résultats de simulation par HFSS

### a. Coefficient de réflexion

La figure 2.2 illustre le  $|S_{11}|$  simulé de l'antenne ULB en fonction de la fréquence. L'antenne présente une bande passante  $-10$  dB de 2.63GHz à 20GHz. Ces résultats montrent que l'antenne proposée présente une bande passante ultra large dans un interval de fréquence plus de 17.37GHz.

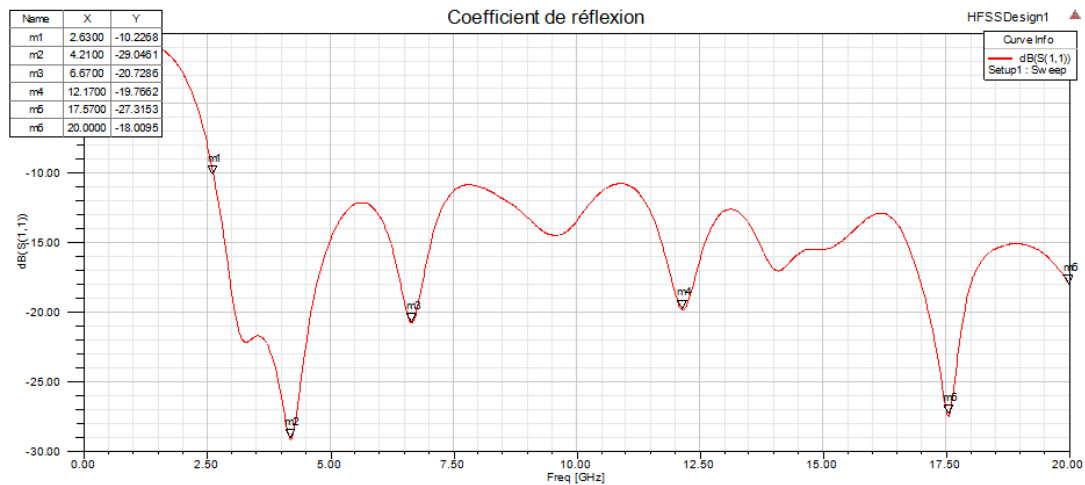


FIGURE 2.2 – Coefficient de réflexion S11 de l'antenne ULB

### b. Taux d'onde stationnaire

La figure 2.3 illustre le TOS (Taux d'onde stationnaire) obtenu par la simulation. Nous avons remarqué que l'antenne a une bande passante allant de 2.61GHz à 20GHz où le  $TOS \leq 2$ .

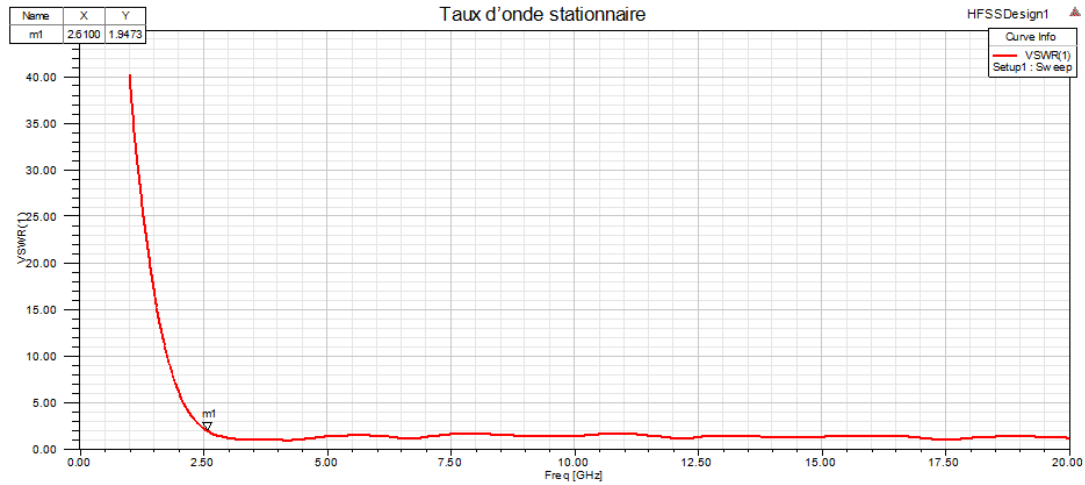


FIGURE 2.3 – Taux d'onde stationnaire de l'antenne ULB

### c. L'impédance d'entrée

Dans cette partie, nous étudions un paramètre très important qui permet d'assurer l'adaptation de notre antenne, ce paramètre est l'impédance d'entrée. Les résultats de simulation de la partie réelle et imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne sont représentés dans la figure 2.4. Ces résultats montrent que l'antenne présente une bonne adaptation dans la bande [2.63- 20GHz], où la partie réelle de l'impédance d'entrée de l'antenne varie autour de  $50\Omega$  et la partie imaginaire varie autour de zéro.

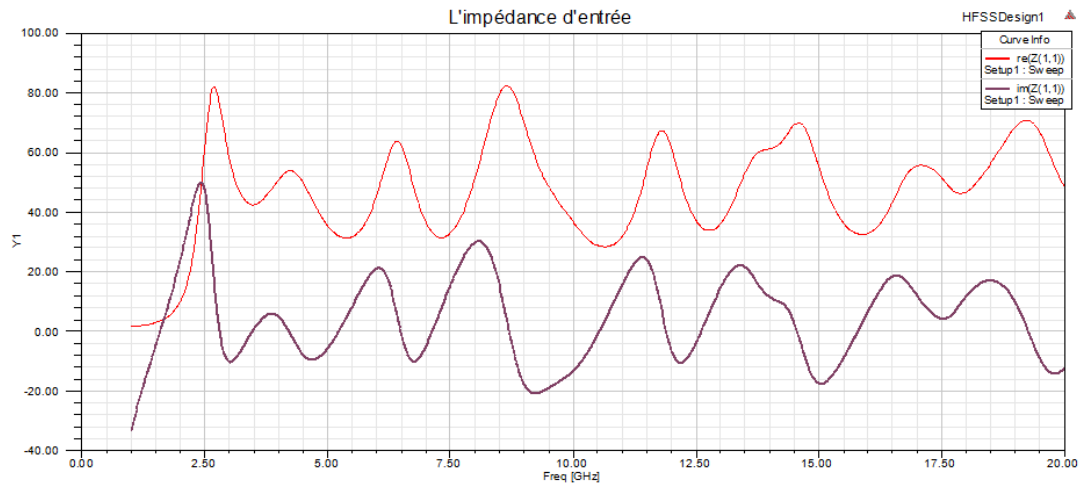


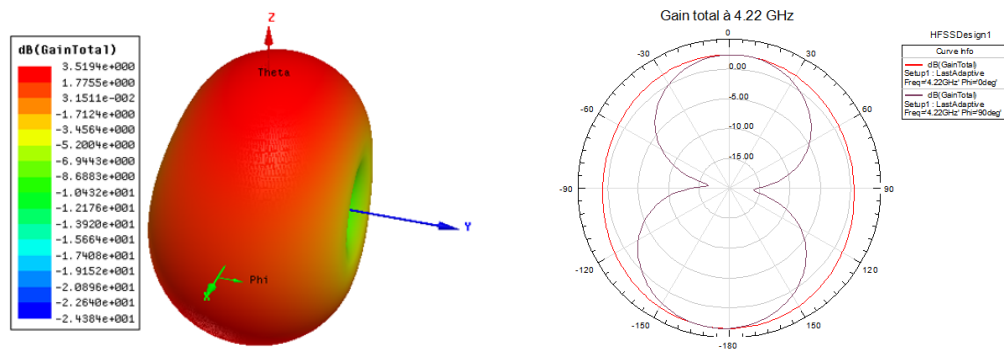
FIGURE 2.4 – Partie réelle et imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne ULB proposée.

d. Diagramme de rayonnement

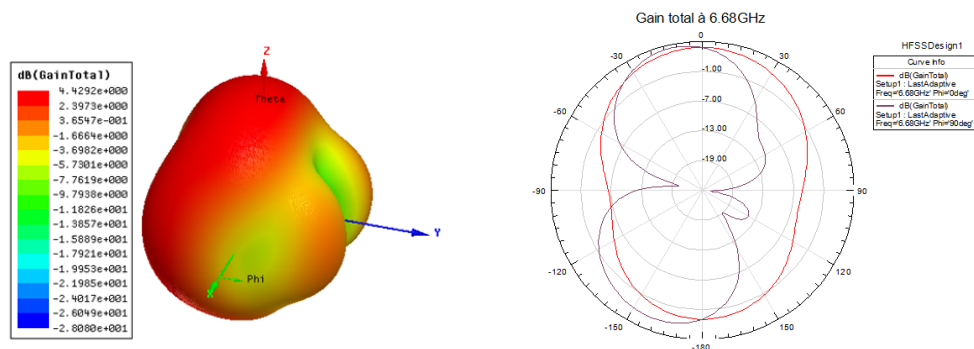
La figure 2.5 montre le gain champ lointain en 3D et 2D (Plan E et Plan H) pour les quatre fréquences de résonance 4.22 GHz, 6.68 GHz, 12.17 GHz et 17.57 GHz. Nous remarquons que :

- Le diagramme de rayonnement du plan H se rapproche du diagramme directionnel avec l'augmentation de la fréquence .
- Pour le plan E, avec l'augmentation de la fréquence, l'antenne présente plus des lobes (2, 3 et 4) lobes pour (4.22, 12.17 et 17.57) GHz respectivement. L'antenne sur le plan E devient plus en plus omnidirectionnel.

Le rayonnement de notre antenne ULB se transforme d'un rayonnement vertical (selon l'axe z) vers un autre horizontal (plan xy) avec l'augmentation de la fréquence.



(a)



(b)

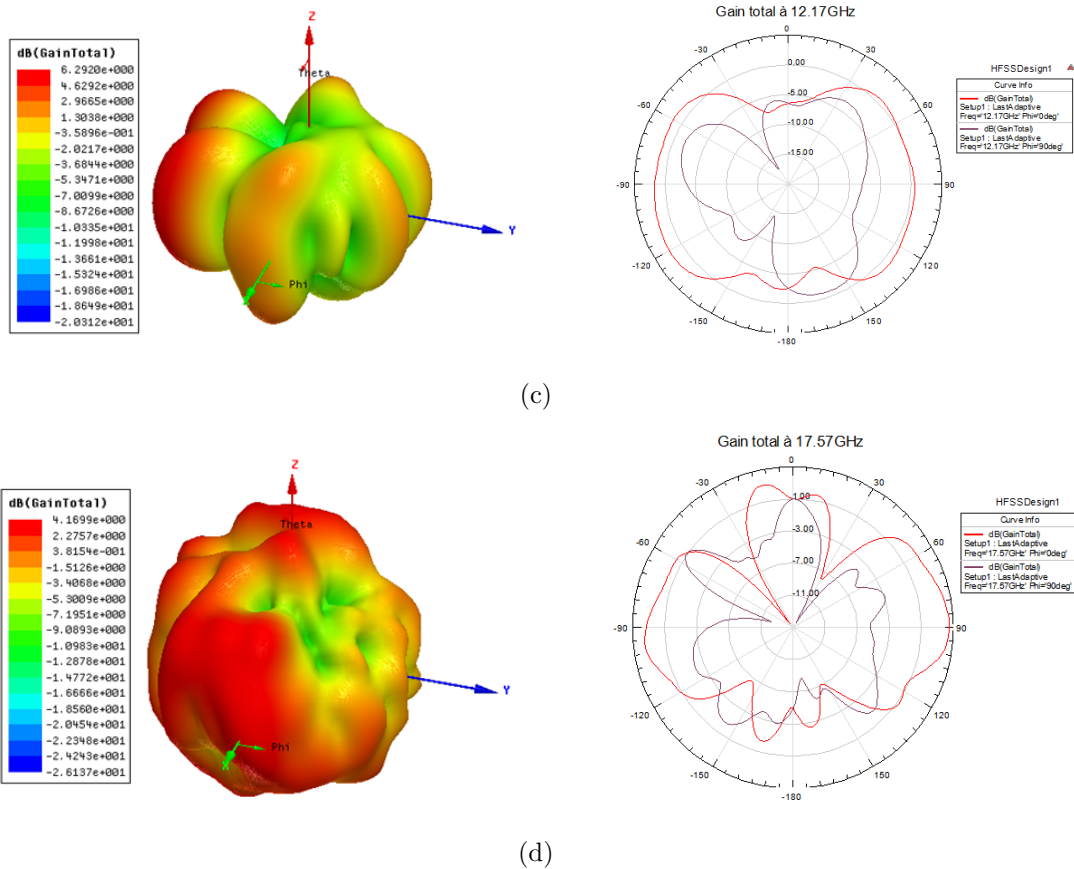
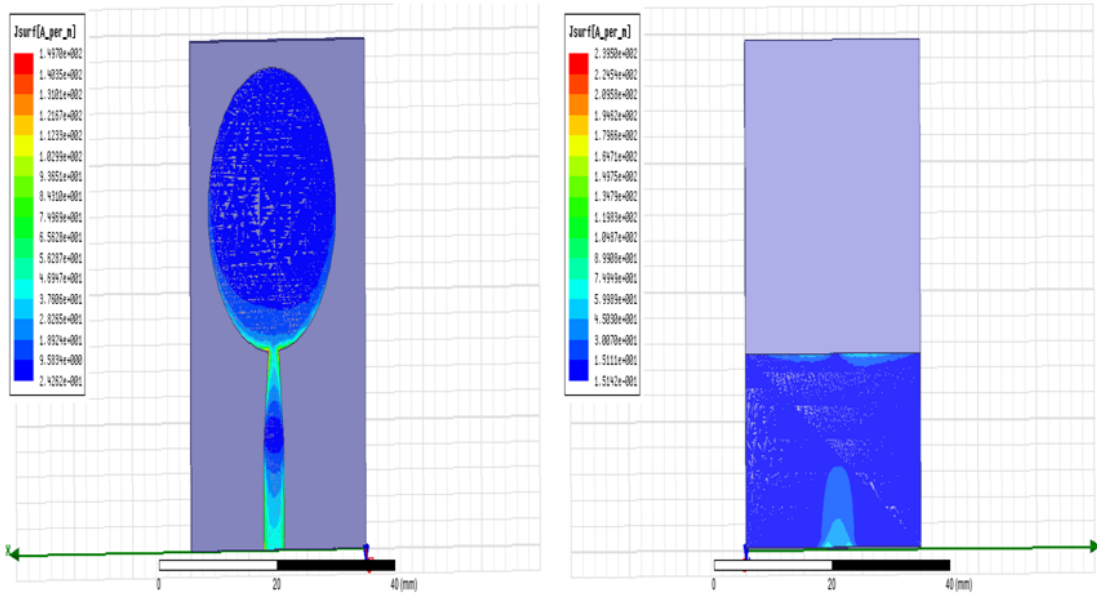


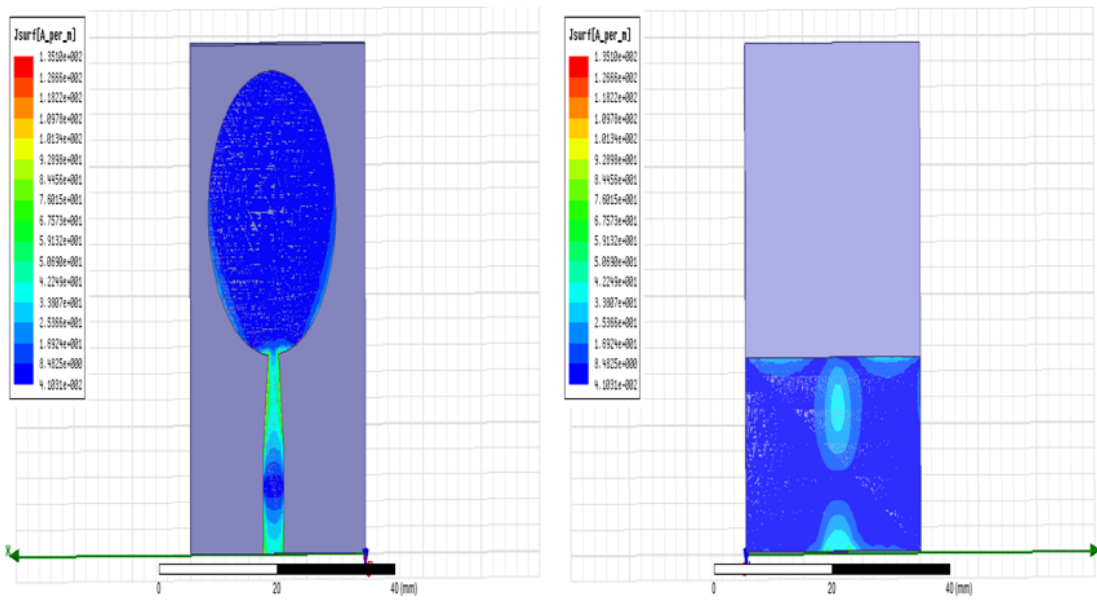
FIGURE 2.5 – Gain en 3D, 2D de l’antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz et (d).17.57 GHz.

### c. Distribution de courant

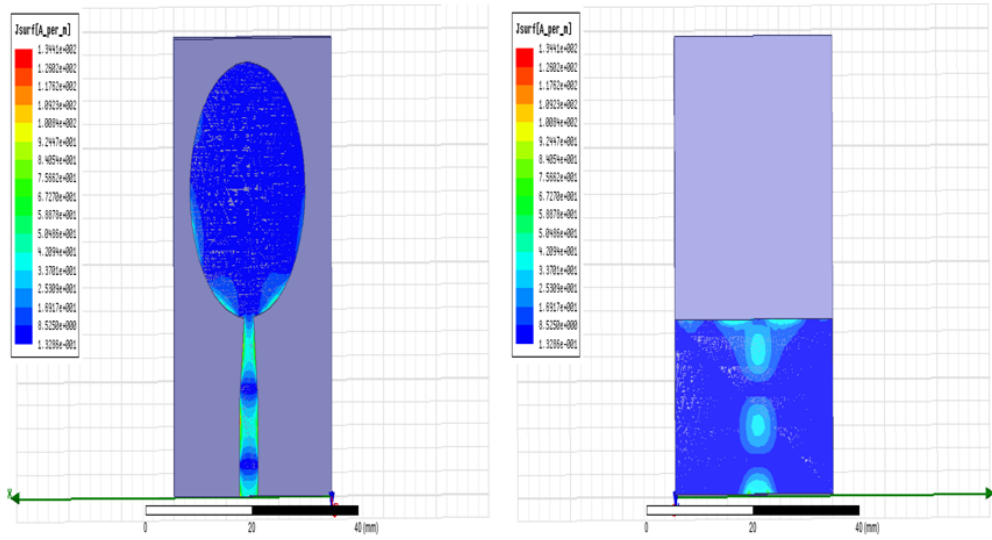
Une présentation de distribution de courant sur l’élément rayonnant (gauche) et le plan de masse (droite) dans les quatre fréquence 4.22GHz, 6.68GHz, 12.17GHz et 17.57GHz est faite pour se rendre compte de fonctionnement de l’antenne ULB. La figure 2.6 (a, b, c et d) illustre la distribution de courant dans les quatre différentes fréquences : 4.22GHz, 6.68GHz, 12.17GHz et 17.57GHz respectivement. On remarque que dans les quatre fréquences, le courant sur le patch induit des courants inverses sur le plan de masse, de sorte que les courants sur le patch et le plan de masse sont anti-phase.



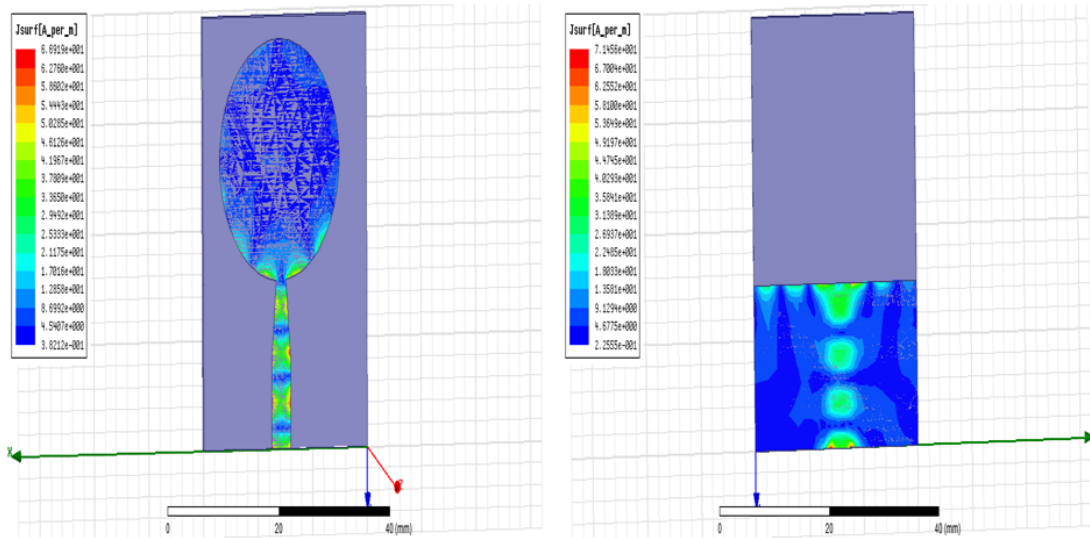
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURE 2.6 – Densité surfacique de courant dans le plan de masse (droite) et le patch (gauche) à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz et (d). 17.57GHz.

### 2.2.3 Etude paramétrique

Dans cette partie, nous allons étudier l'influence des différents paramètres géométriques et diélectriques sur la bande passante de l'antenne. Nous choisissons pour cette étude : l'épaisseur de substrat et sa constante diélectrique, le rayon de patch, la largeur de plan de masse et la largeur de la ligne micro ruban  $d_2$ . Pour cela et pour étudier un paramètre, on fixe les valeurs des autres paramètres de l'antenne aux valeurs initiales cités dans la description de l'antenne et on varie le paramètre étudié.

#### a. Effet de l'épaisseur $H$ .

Pour déterminer l'influence de l'épaisseur du substrat sur la bande passante, la simulation a été faite pour différentes valeurs de  $H$  varie de 1.3mm à 3.5mm. La figure 2.7 présente la bande passante de l'antenne en fonction de  $H$ . L'observation des résultats présentés sur la figure 2.7 permet de constater que : lorsque l'épaisseur de substrat est entre 1.3 à 1.6 mm, l'antenne présente une bande ultra large mais pour les autres valeurs de  $H$  qui sont inférieure à 1.3mm et supérieure à 1.6 mm, l'antenne a perdu sa bande ultra large.

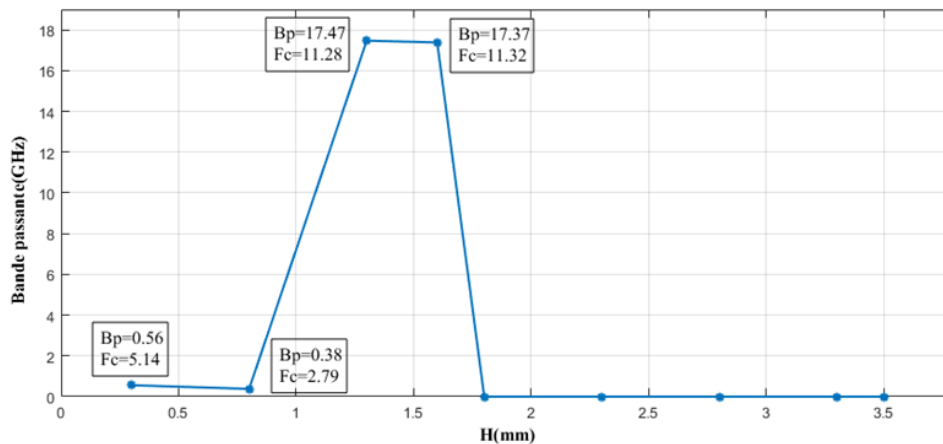


FIGURE 2.7 – Variation de la bande passante de l'antenne ULB en fonction de l'épaisseur du substrat.

### b. Effet de la permittivité relative du substrat $\epsilon_r$ .

Cette étude a été faite pour découvrir l'effet de la permittivité relative de substrat sur la bande passante de l'antenne. D'après la Figure 2.8, nous avons remarqué que pour toutes les valeurs de permittivités relative de 2 jusqu'à 6, l'antenne a un comportement ultra large bande. Ces bandes diffèrent en fonction de la permittivité relative du substrat. Aussi, nous avons remarqué que lorsque la permittivité est supérieure à 4.5, la bande passante est diminuée.

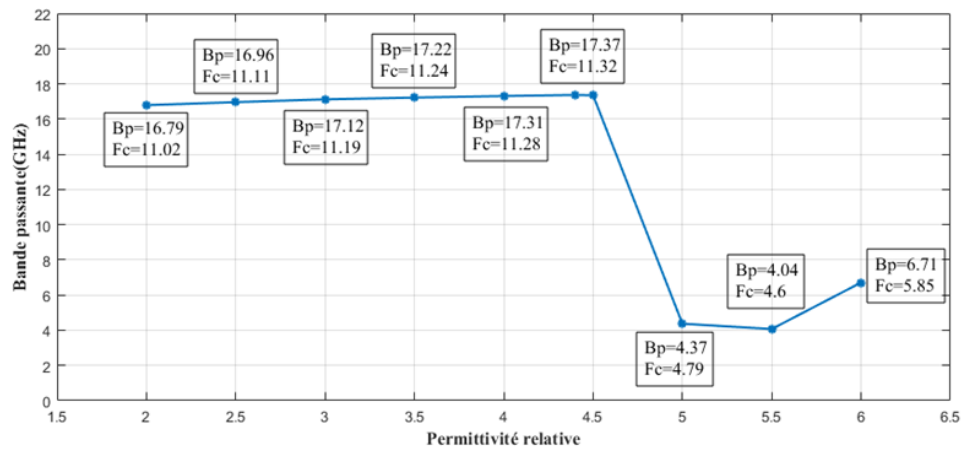


FIGURE 2.8 – Variation de la bande passante d'antenne en fonction la permittivité relative de substrat.

### c. Effet du rayon du patch ( $R$ ).

Pour mieux comprendre l'influence du rayon de l'élément rayonnant qui a une forme circulaire sur la largeur de la bande passante, nous allons faire varier le rayon de patch tout en gardant les dimensions de l'antenne aux valeurs initiales. La Figure 2.9 montre que l'antenne présente une large bande passante pour la valeur du rayon de patch égale à 10.975mm, mais l'augmentation de cette valeur donne une diminution considérable de la bande passante.

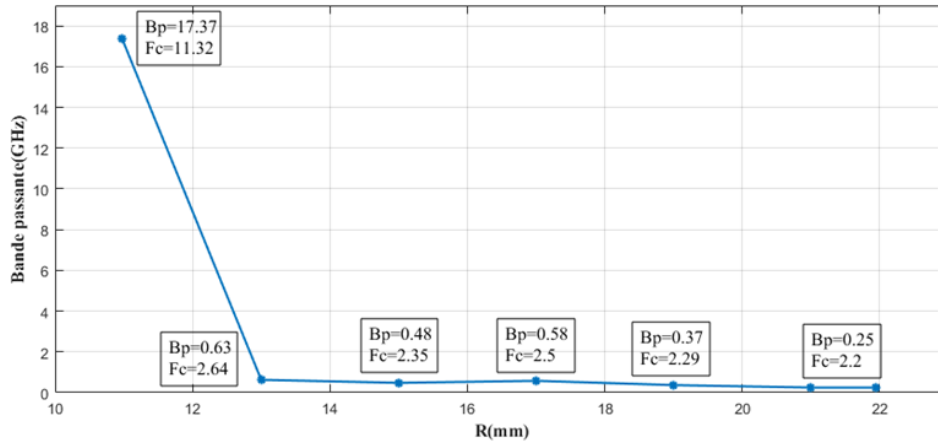


FIGURE 2.9 – Variation de la bande passante d'antenne en fonction du rayon du patch.

**d. Effet de la largeur de plan de masse (L).**

Ce paragraphe est consacré à l'étude de l'influence de la largeur de plan de masse (L), et son influence sur le comportement de l'antenne en terme de la bande passante. La figure 2.10 montre le changement de la bande passante de l'antenne en fonction de L. Selon ces, nous avons constaté que : La variation de la bande passante en fonction du L est très faible, sauf pour la valeur de L=15 mm où la bande passante est de 17.37 GHz et une fréquence de résonance centrale  $f_c=11.32$ GHz.

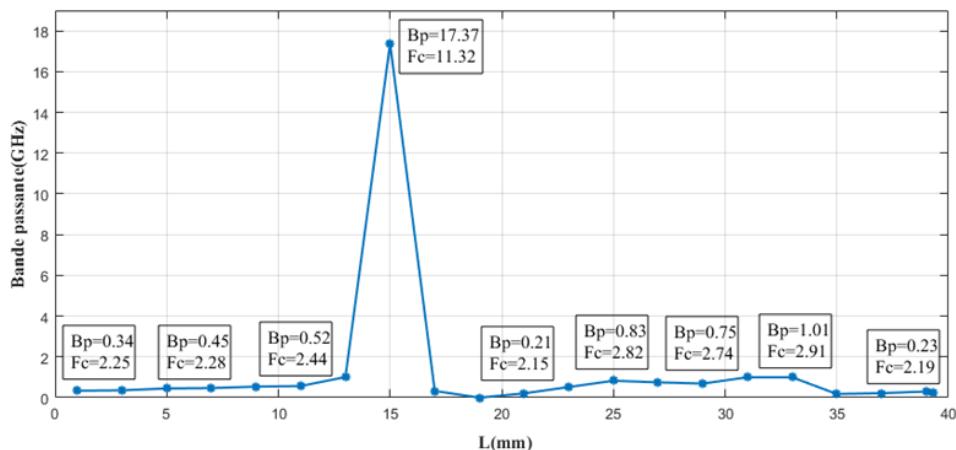


FIGURE 2.10 – Variation de la bande passante d'antenne en fonction de la largeur du plan de masse.

**e. Effet de la largeur de la ligne micro ruban ( $d_2$ ).**

La figure 2.11 représente le changement de la bande passante en fonction de la largeur de la ligne micro ruban. Nous avons constaté que la largeur de la bande passante augmente avec l'augmentation de  $d_2$ .

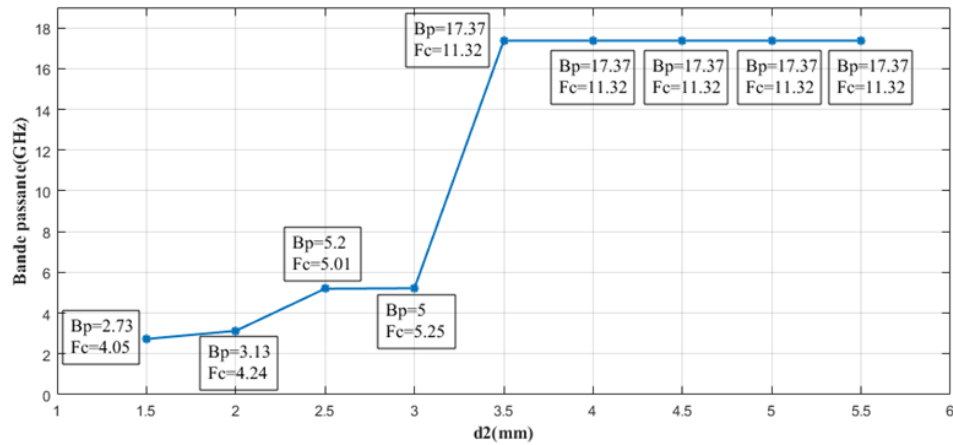


FIGURE 2.11 – Variation de la bande passante d'antenne en fonction de la largeur de la ligne de transmission  $d_2$ .

### 2.2.4 Résultats de simulation par CST

Pour valider les résultats obtenus par HFSS, nous avons simulé la même structure représentée dans la figure 2.1 en utilisant le logiciel CST. Nous avons obtenus les résultats suivants :

#### a. Coefficient de réflexion

Le résultat de simulations du coefficient de réflexion de l'antenne obtenu par CST est illustré dans la figure 2.12. Les résultats montrent que l'antenne couvre une bande passante allant de [2.51–20] GHz pour les valeurs de  $S_{11}$  inférieur ou égale à  $-10$  dB où l'antenne présente une bonne adaptation.

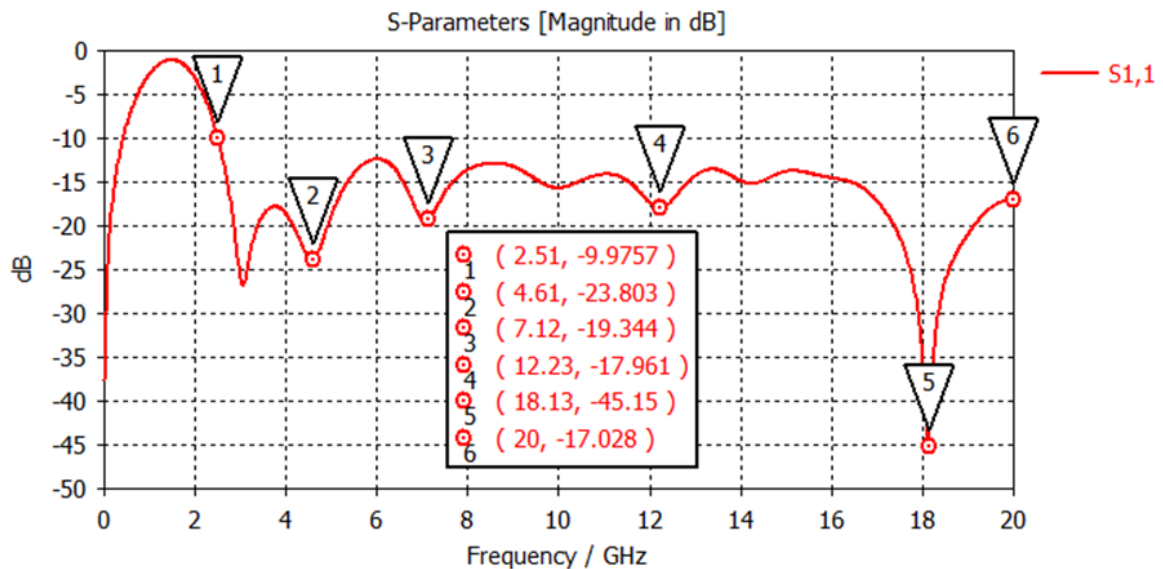


FIGURE 2.12 – Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne ultra large bande par le CST.

#### b. Taux d'onde stationnaire

D'après la figure 2.13 qui représente le taux d'onde stationnaire de l'antenne ULB par CST, nous avons remarqué que les valeurs de TOS sont inférieures à 2 sur une bande de fréquence allant de [2.58 à 20] GHz.

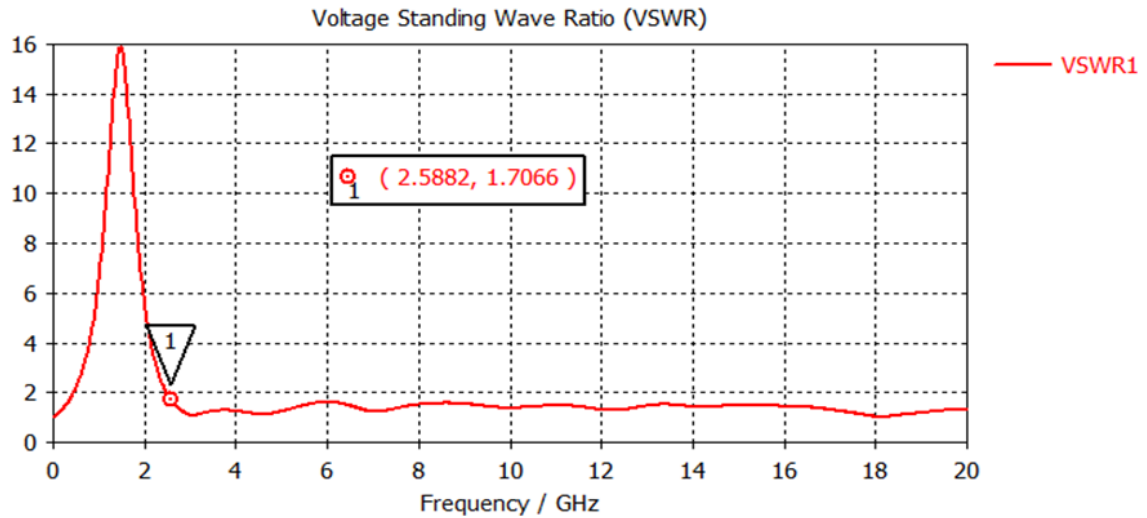
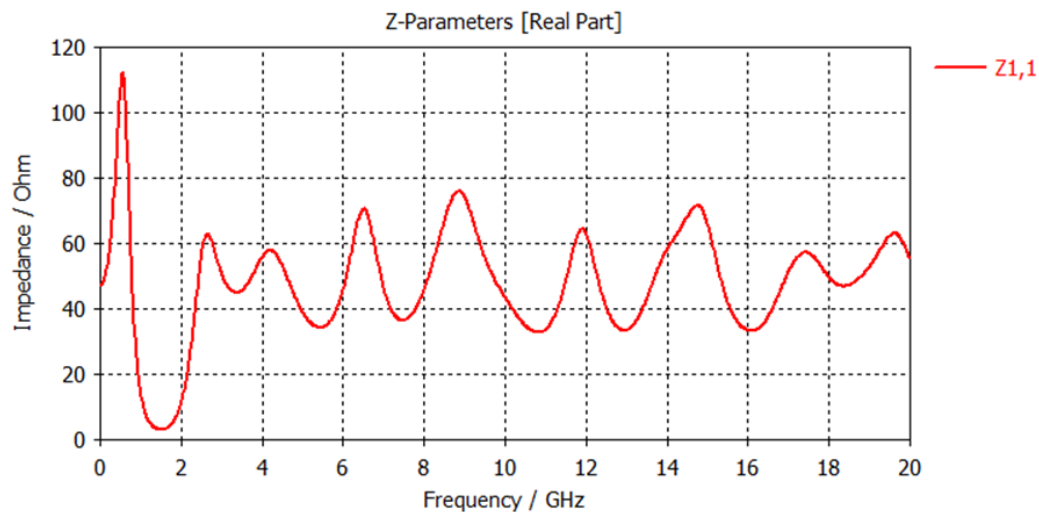


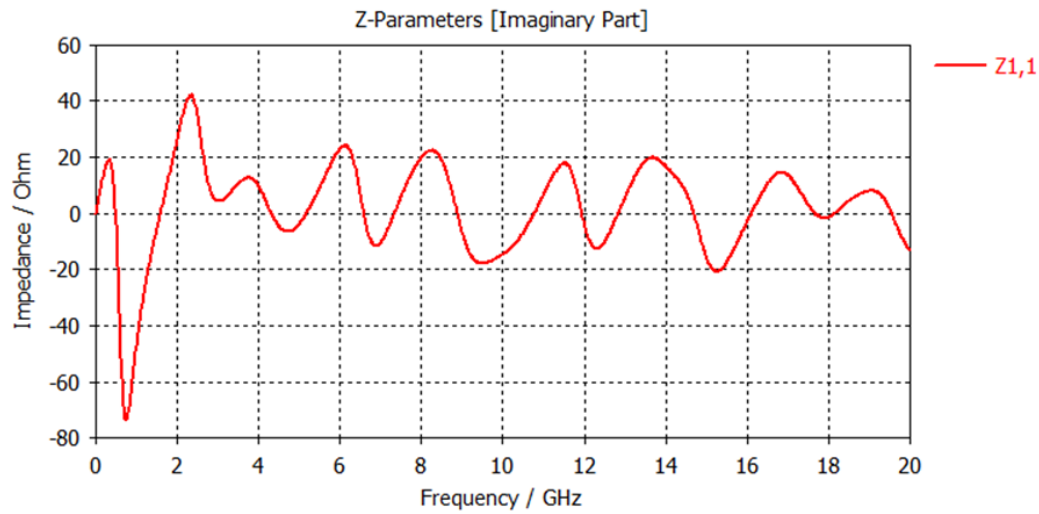
FIGURE 2.13 – Taux d'onde stationnaire de l'antenne ultra large bande par le CST.

### c. L'impédance d'entrée

Les résultats de simulation obtenus par la figure 2.14 montrent que la partie réelle de l'impédance d'entrée de l'antenne varie autour de 50  $\Omega$  dans la bande d'adaptation de l'antenne. Pour la partie imaginaire de l'impédance d'entrée, on obtient une variation autour de zéro dans la même bande passante.



(a)

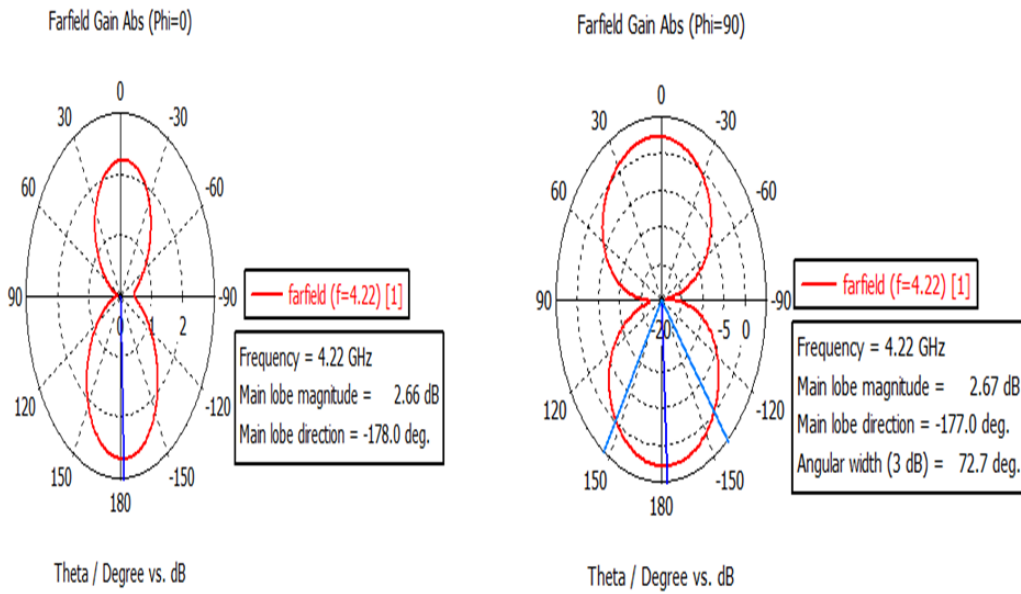


(b)

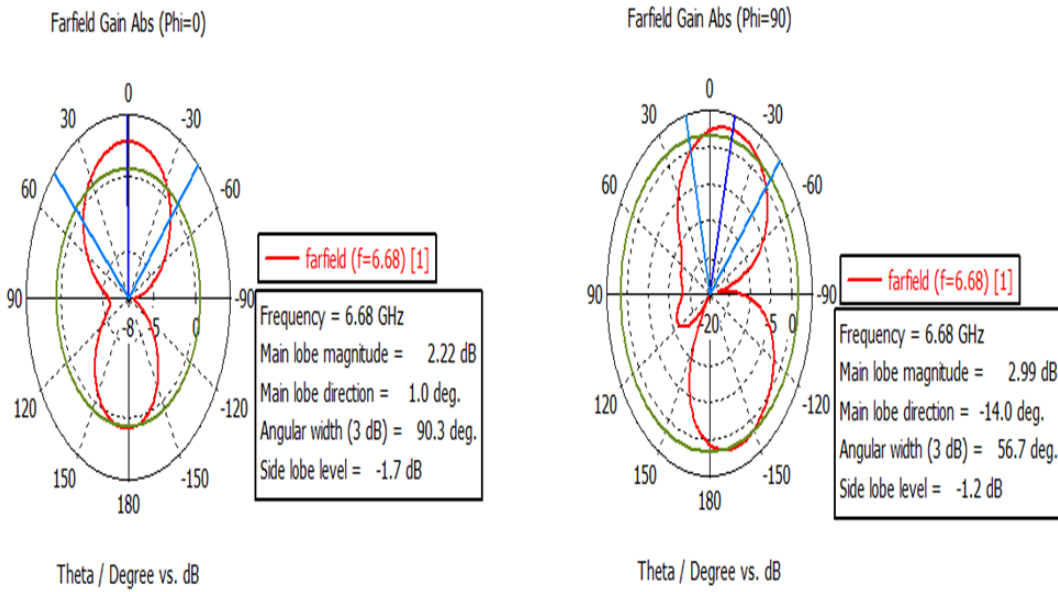
FIGURE 2.14 – (a). Partie réelle, (b). Partie imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne ULB par CST.

#### d. Diagramme de rayonnement

Le rayonnement de notre antenne ULB se transforme d'un rayonnement horizontal vers un autre vertical avec l'augmentation de la fréquence. La figure 2.16 montre les diagrammes de rayonnement en gain à 3 Dimensions obtenus à l'aide du logiciel CST pour les quatre fréquences de résonance 4.22GHz, 6.68GHz, 12.17GHz et 17.57GHz avec des valeurs maximales de gain respectivement : 2.676dB, 3.465dB, 5.952dB et 2.308dB.



(a)



(b)

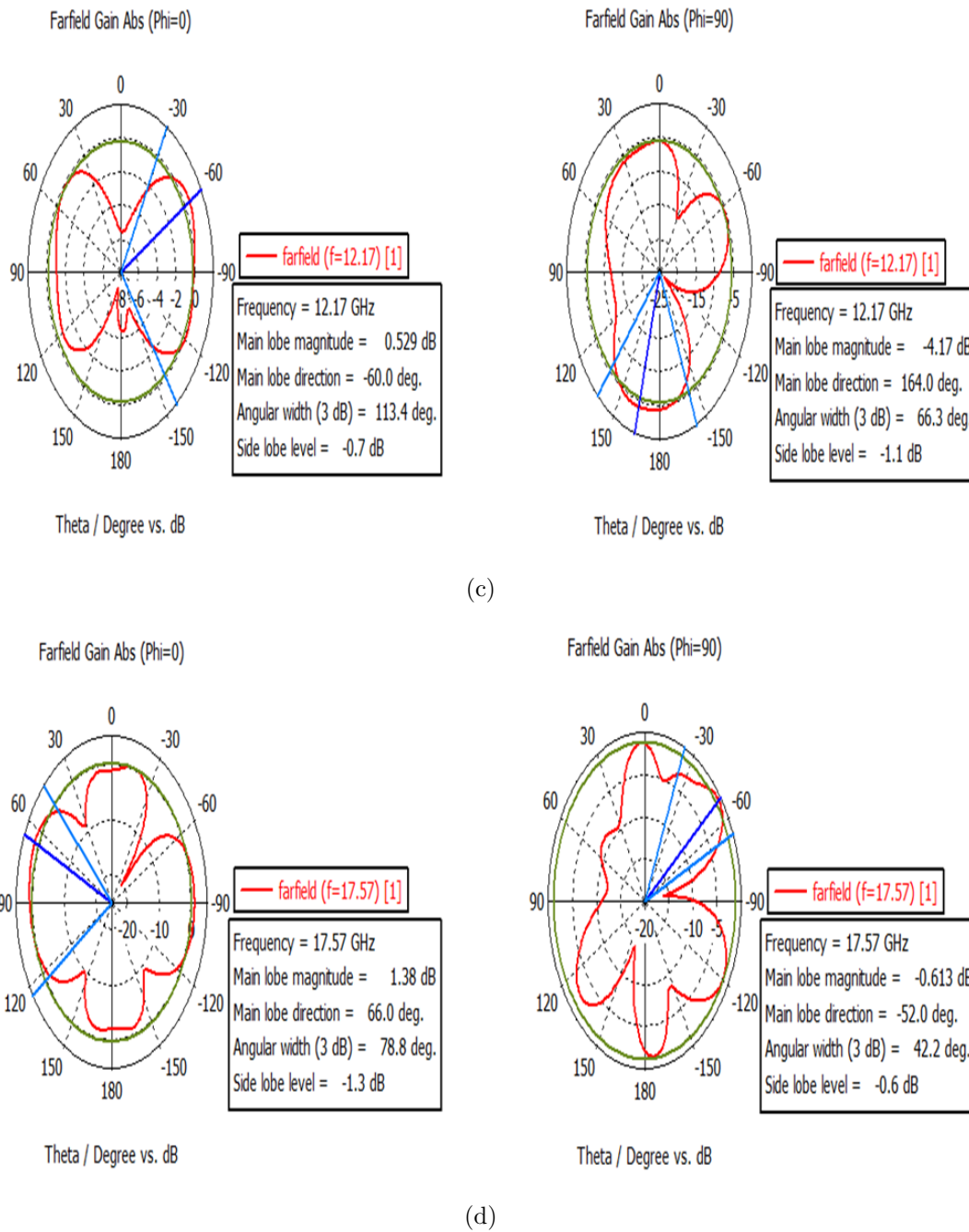
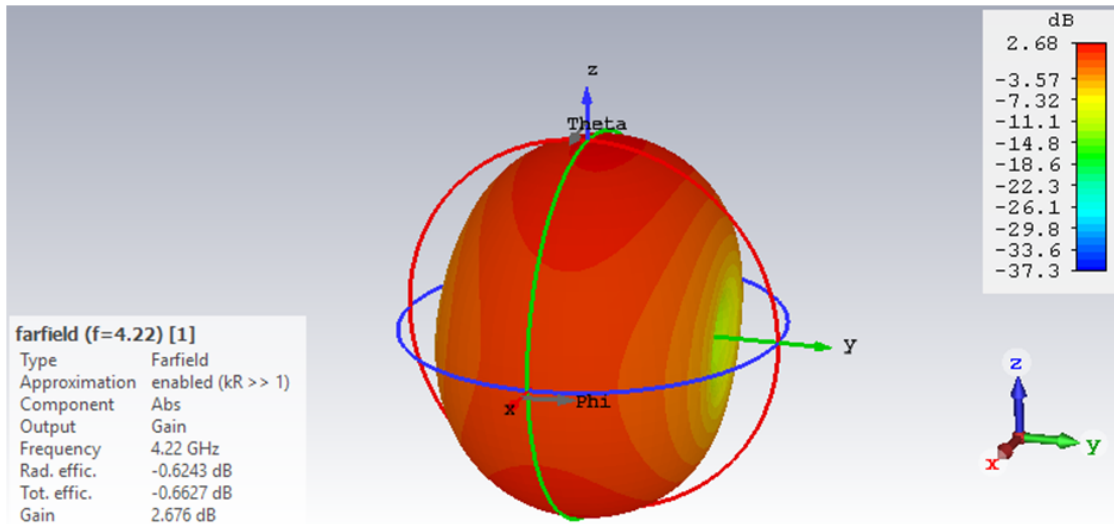
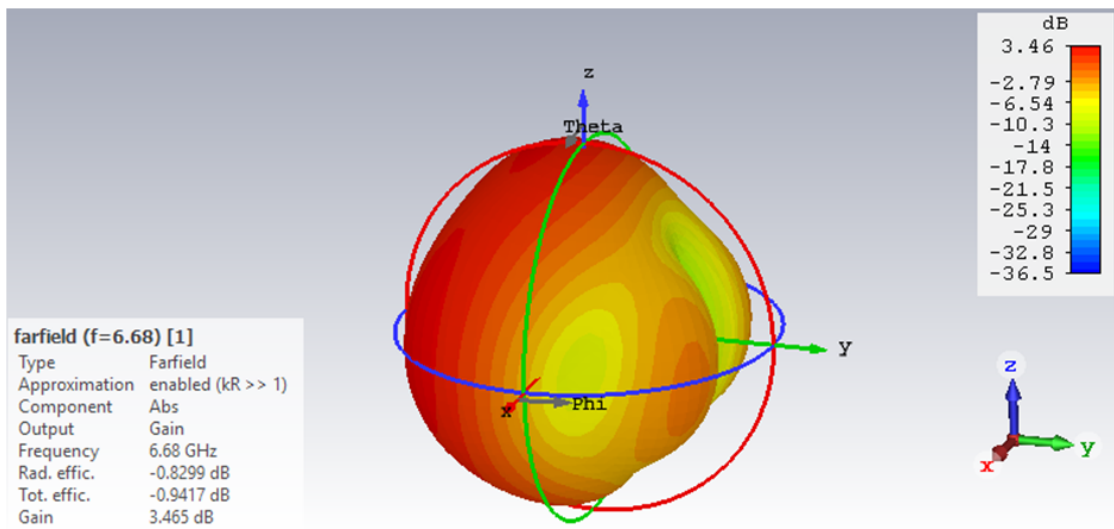


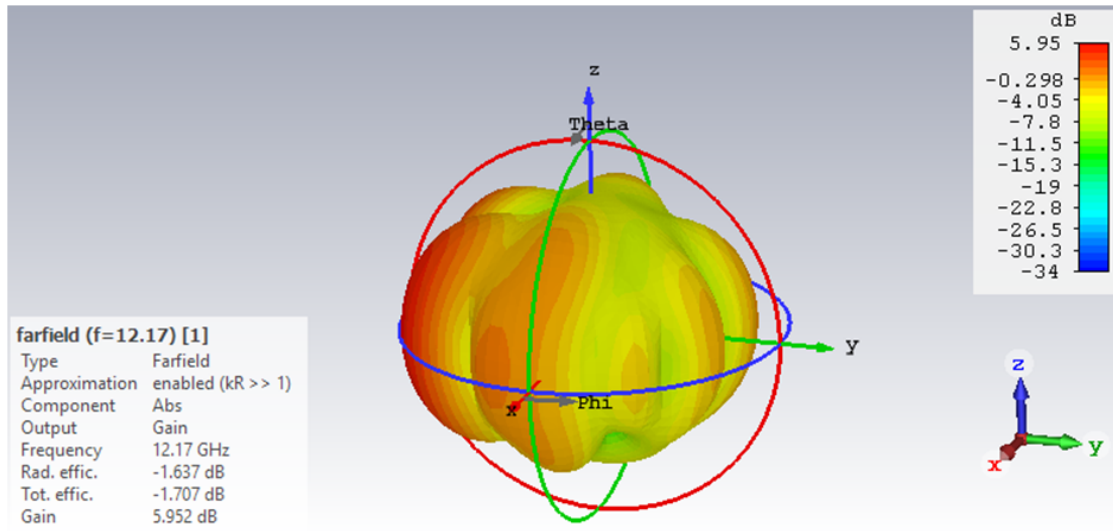
FIGURE 2.15 – Gain en 2D de l’antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz, (d).17.57GHz.



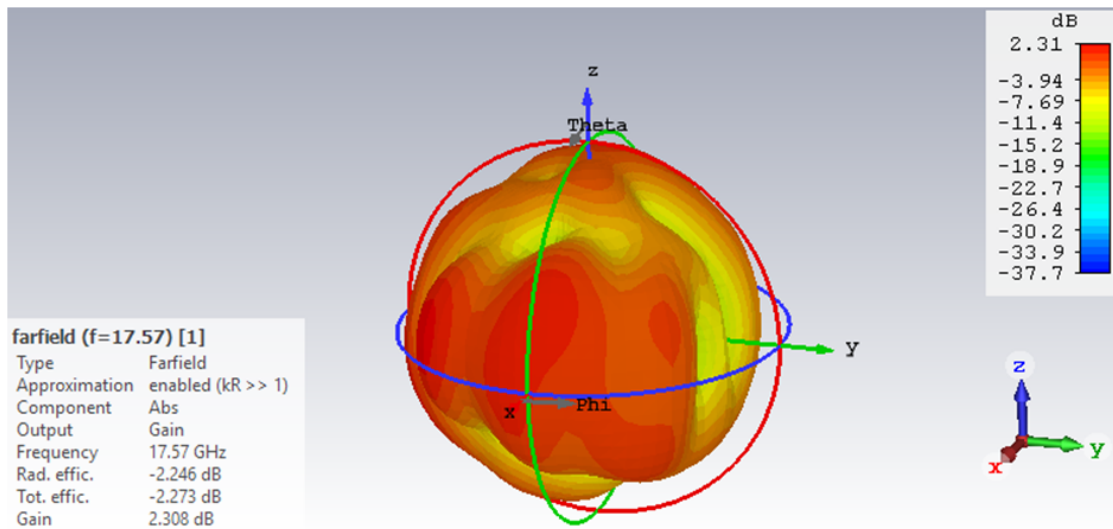
(a)



(b)



(c)



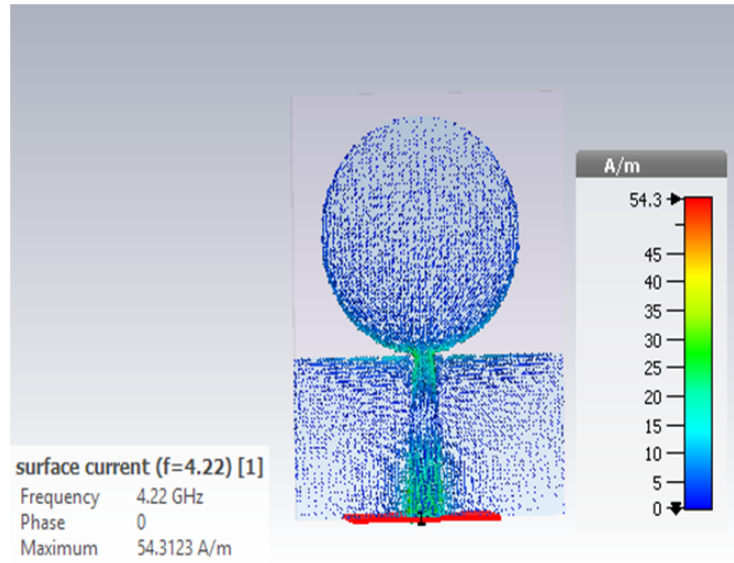
(d)

FIGURE 2.16 – Gain en 3D de l'antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz, (d).17.57GHz.

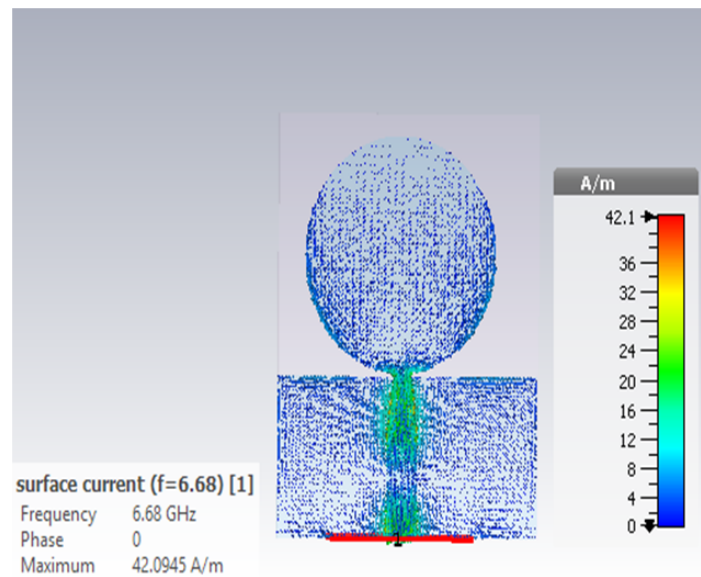
#### e. Distribution de courant

La figure 2.17 (a, b, c et d) illustre la distribution de courant dans les quatre fréquences : 4.22GHz, 6.68GHz, 12.17GHz et 17.57GHz respectivement obtenues

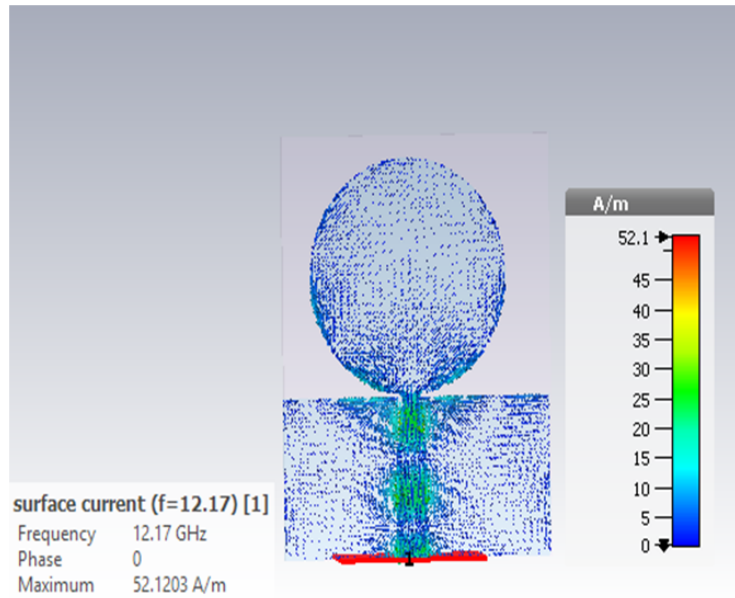
par CST. On remarque que dans les quatre fréquences, le courant sur le patch sur le plan de masse sont anti-phase.



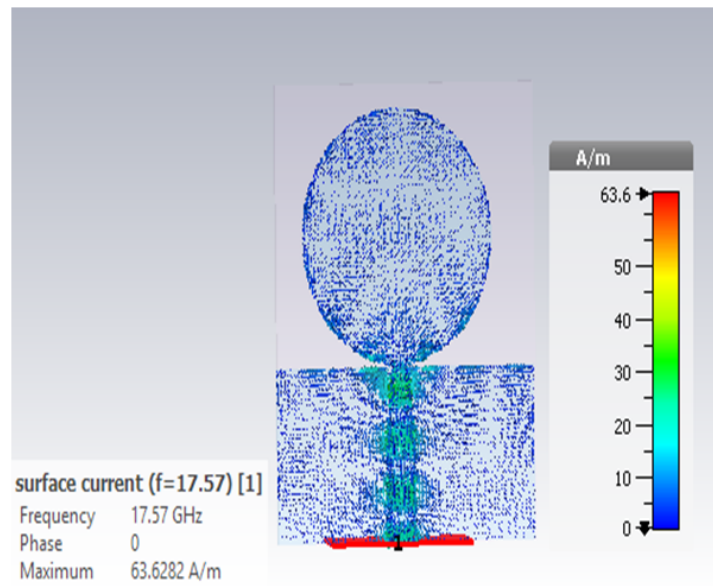
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURE 2.17 – Gain en 3D de l'antenne ULB à la fréquence (a).4.22GHz, (b).6.68GHz, (c).12.17GHz, (d).17.57GHz.

### 2.2.5 Comparaison des résultats obtenus par les deux logiciels

Dans le tableau ci dessous, on résume une comparaison entre les résultats obtenus par HFSS et CST de trois paramètres : bande passante, fréquence de résonance et le gain.

TABLE 2.1 – Résultats obtenus par HFSS et CST.

Paramètre	HFSS	CST
Bande passante (GHz)	[2.63 – 20]	[2.51 — 20]
Fréquences de résonance(GHz)	4.22	4.61
	6.68	7.12
	12.17	12.23
	17.57	18.13
Gain (dB)	3.52	2.68
	4.43	3.47
	6.29	5.95
	4.17	2.31

D'après les résultats obtenus par les deux logiciels, nous remarquons un léger décalage en termes de trois paramètres qui sont illustrés dans le tableau 2.1 entre les deux simulations à cause de la différence de calcul de chaque logiciel tel que le HFSS utilise la méthode des éléments finis et CST utilise la méthode des intégrales finis.

## 2.3 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressés à la conception d'antennes ULB en utilisant les deux logiciels de simulation HFSS.15 et CST.18. Afin de comprendre les performances de l'antenne ULB, une étude complète de l'effet de chaque paramètre a été représentée. Les résultats obtenus montrent que chaque paramètre a un effet différent sur le rayonnement de l'antenne. A la fin, une partie de validation des résultats obtenus par le HFSS est faite utilisant le logiciel CST. Les résultats obtenus nous a permet de conclure que l'antenne proposée présente des meilleurs performances avec un largeur de bande passante considérable, ce qui va être pris en compte dans le chapitre suivant.

## Chapitre 3

# Réalisation de l'antenne ULB

### 3.1 INTRODUCTION

De nos jours, les applications ULB deviennent très populaires en raison de leurs nombreux avantages surtout dans le domaine de communication sans fil et portable moderne. Elles traitent une bande passante de fréquence en GHz. Pour cela les antennes imprimées ULB sont préférés en raison de leurs avantages comme la petite taille, le faible coût, poids et la facilité de fabrication.

Ce chapitre consacre à la réalisation du prototype ULB. Pour sa, des différents procédures sont suivies afin de réaliser notre antenne Ultra Large Bande qui a un élément de rayonnement circulaire utilisant un substrat FR4. Ainsi, nous entamons par la suite les mesures des caractéristiques de prototype réalisé, une comparaison des résultats mesurés et simulés dans les deux logiciels (HFSS et CST) est faite afin de valider la comportement ULB d'antenne proposée .

### 3.2 ETAPES DE REALISATION

En tenant compte la conception d'antenne citée dans le chapitre précédent, nous réalisons cette antenne en utilisant le substrat FR4 ayant une permittivité relative 4.4 et un épaisseur 1.6 mm. La réalisation est faite au niveau d'une société ALMITech qui est spécialisée dans la fabrication électronique des circuits imprimés.

Avant d'entamer la fabrication d'antenne simulée, tout d'abord nous avons met l'élément rayonnant et le plan de masse dans un fichier en format DXF en utilisant

le logiciel HFSS.

L'antenne ULB est réalisée en utilisant la procédure de gravure chimique, les étapes de réalisation sont comme suite :

### 3.2.1 Préparation du film photo ploté (impression des masques)

Nous avons transformé le fichier de format DXF qui contient la structure de l'antenne à réaliser en un fichier pdf. Après, nous avons vérifié les dimensions de notre design. Ensuite, les structures qui sont représentées dans la Figure 3.1 sont imprimées sur un papier glacé transparent à l'aide d'une imprimante industriel.

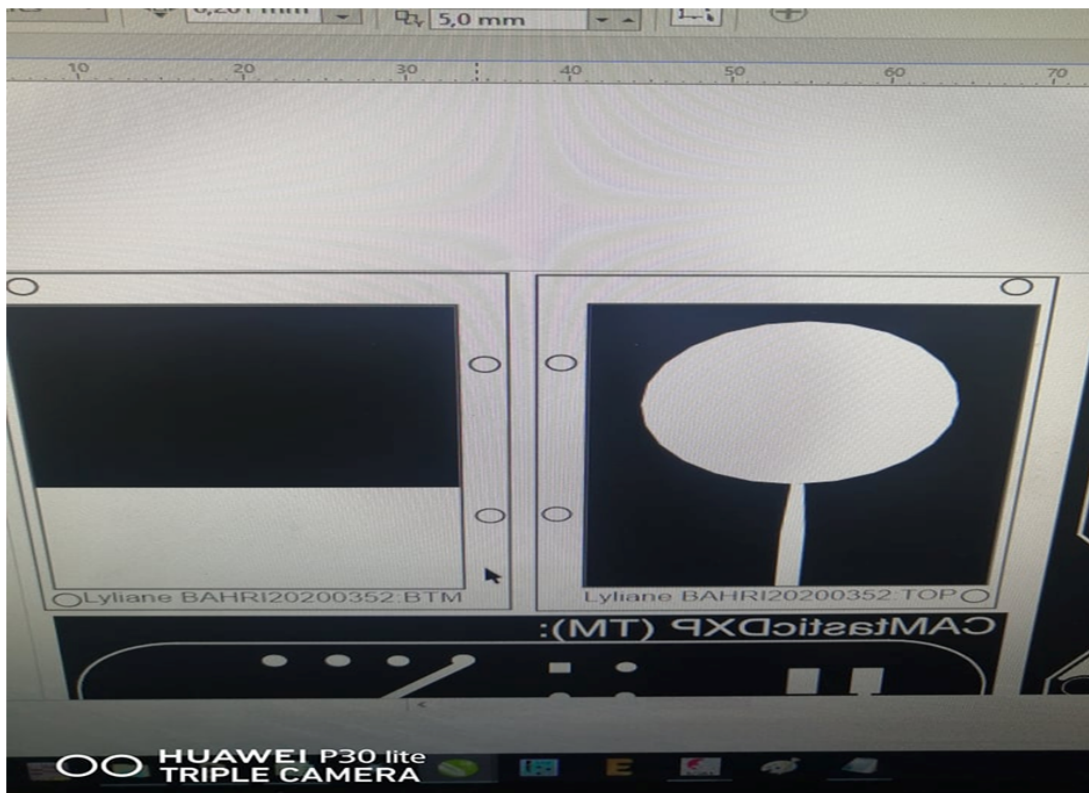


FIGURE 3.1 – Préparation du film photo ploté.

A la fin de cette étape, nous avons obtenu deux masques : le patch et le plan de masse ont la couleur transparente et la partie noire représente le substrat.

### 3.2.2 Perçage des structures et application du film bleu photosensible

Dans cette étape, nous avons couvert le substrat avec un film bleu photosensible (Figure 3.2). Ensuite, nous avons percé le substrat FR4 selon les dimensions de notre antenne avec une machine de perçage CNC pour prendre des points de repère afin d'avoir un bon alignement lors de la position des masques.

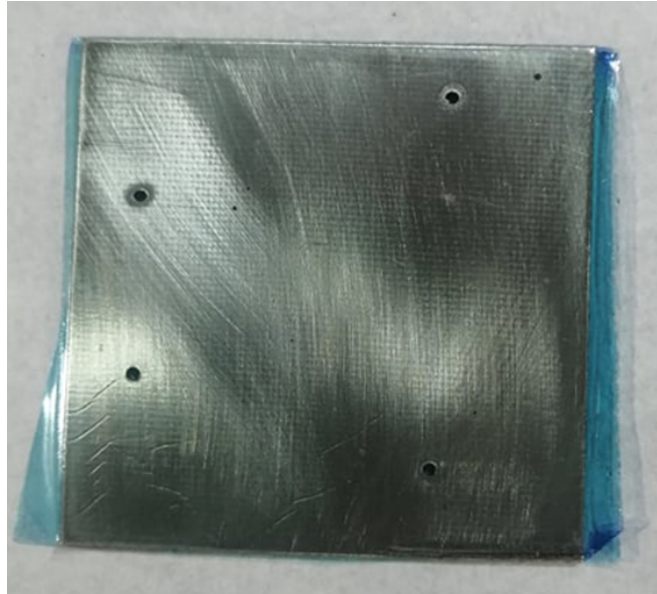


FIGURE 3.2 – Perçage de substrat.

Après le perçage de substrat nous avons positionné le film photo ploter sur les deux faces de substrat.

### 3.2.3 Insolation du film photo Ploter sur le substrat grâce à une insoleuse UV

Après avoir les masques qui sont placés sur le substrat FR4. Nous avons passé à la partie d'insolation à l'aide d'une machine insoleuse UV. Cette opération va durer environ 2 minutes. La représentation finale de cette étape est illustré dans la Figure 3.3.

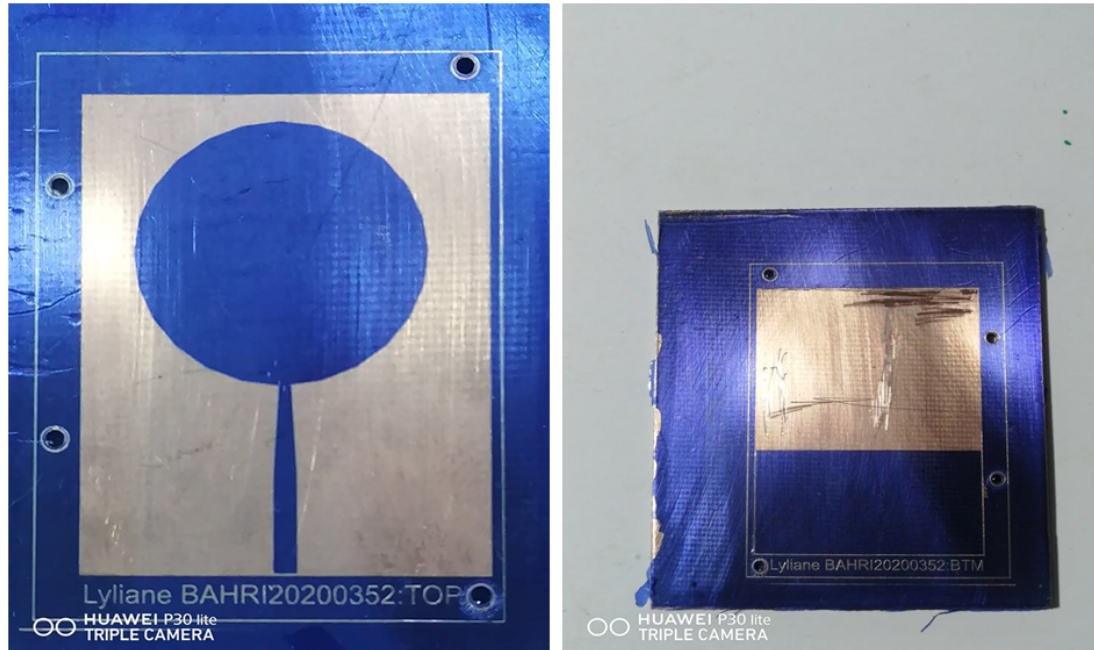


FIGURE 3.3 – Insolation du film photo plotter sur le substrat.

### 3.2.4 Processus chimique

Dans cette partie, nous avons utilisé deux produits chimiques ( $\text{NaOH}$  pour développer et  $\text{FeCl}_3$  pour graver le cuivre). Les deux produits chimiques sont insérés dans les baignoires appropriés. Le processus chimique commence par l'insertion de la planche dans le réservoir de développement ( $\text{NaOH}$ ) pendant 1 min. Ensuite, nous avons rincé la carte par l'eau.

Après, nous avons passé à la partie qui nous permet de graver le circuit souhaité. Pour cela, la carte est insérée dans le graveur ( $\text{FeCl}_3$ ) où le cuivre sera gravé par toutes les zones exposées aux UV.

Il doit rester dans le graveur suffisamment de temps pour graver le cuivre au moins 9 min dans notre cas. Le cuivre a été gravé selon la conception souhaitée tel que la partie non protégée est retirée. Finalement, nous avons rincé la carte encore une fois dans l'eau et la sécher. Le résultat obtenu de cette étape est illustré dans la Figure 3.4.

Après, nous avons coupé les extrémités en excès pour obtenir la forme finale de notre antenne.

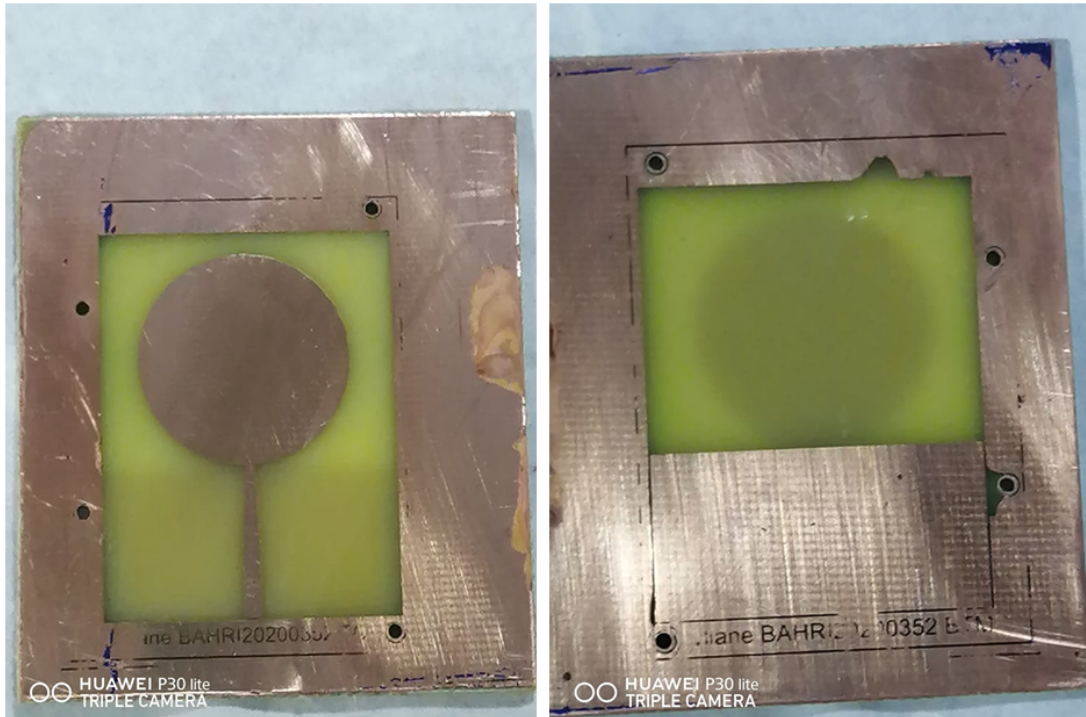


FIGURE 3.4 – L'antenne après le processus chimique.

### 3.2.5 Soudure du connecteur SMA

Nous avons utilisé un connecteur SMA pour lier une source d'alimentation externe avec la ligne d'alimentation de l'antenne.

L'antenne ULB réalisé après la soudure de connecteur est montrée dans la Figure 3.5

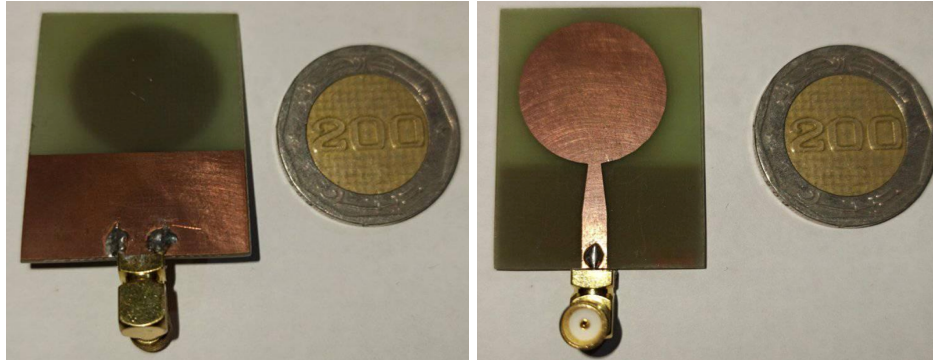


FIGURE 3.5 – L'antenne ULB réalisée.

### 3.3 MESURES EXPERIMENTALE ET RESULTATS

Afin de valider le design de l'antenne proposée dans le chapitre précédent. L'antenne proposée est fabriquée sur un substrat FR4 dont la constante diélectrique  $\epsilon_r = 4,4$  et une épaisseur  $H = 1,6\text{mm}$  comme indiqué sur la figure 3.5. Cette antenne est testée lors de la mesure au niveau de laboratoire l'INILEC à l'aide d'un analyseur de réseau illustré dans la figure 3.6. Cet instrument de mesure permet de déterminer plusieurs paramètres tels que : le coefficient de réflexion  $S_{11}$ , le taux d'onde stationnaire TOS (VSWR), l'impédance d'entrée.

Notre antenne est branchée en utilisant un câble coaxial à l'analyseur de spectre pour mesurer le coefficient de réflexion ( $S_{11}$ ).



FIGURE 3.6 – Prototype de la mesure d'antenne réalisée.

Les résultats de mesure de (coefficient de réflexion  $S_{11}$  (Figure 3.7), Taux d'Onde Stationnaire TOS (Figure 3.8) et l'impédance d'entrée (Figure 3.9)) simulé avec les logiciels (HFSS, CST) et mesuré de l'antenne ULB sont tracés à l'aide de logiciel MATLAB pour faire une comparaison entre eux.

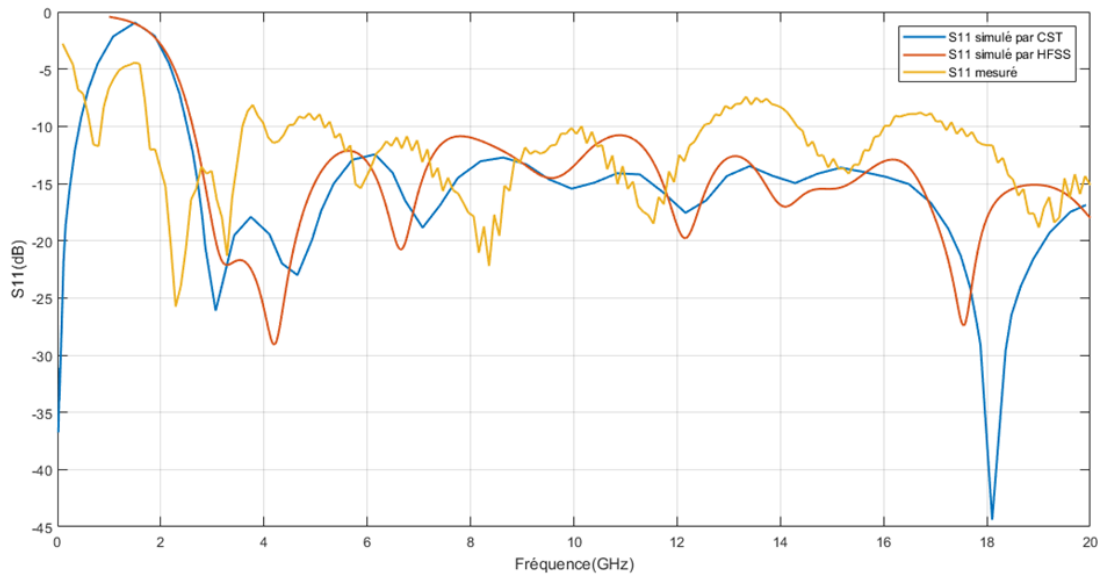


FIGURE 3.7 – S11 simulé (HFSS et CST) et mesuré de l'antenne ULB.

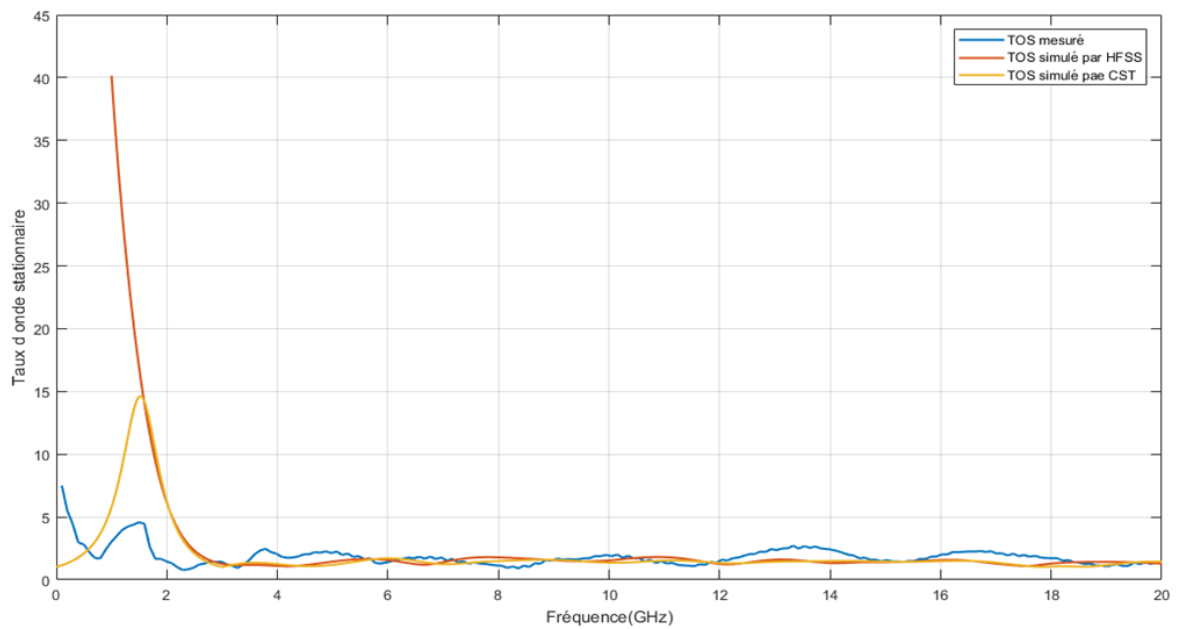


FIGURE 3.8 – TOS simulé (HFSS et CST) et mesuré de l'antenne ULB.

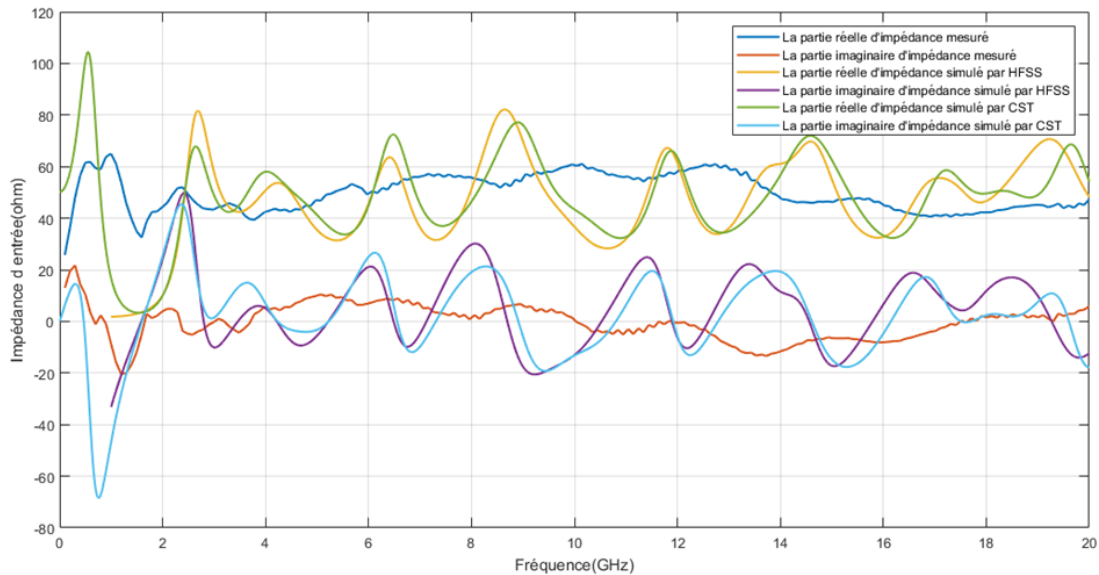


FIGURE 3.9 – Partie réelle et imaginaire de l'impédance d'entrée simulée (HFSS et CST) et mesurée de l'antenne ULB.

D'après les figures illustrés au dessus qui montrent une comparaison entre les résultats simulés et mesurés des trois paramètres (S11, TOS et l'impédance d'entrée). Nous avons observé un accord entre eux avec un décalage des résultats mesurés par rapport aux résultats simulés qui sont presque identique dans la plupart de la plage de fréquences souhaitée. Comme nous savons que le seuil classique utilisés pour juger l'adaptation d'une antenne est le S11 qui doit être inférieur ou égale à  $-10$  dB et le TOS soit inférieur à 2. Pour cela, nous avons remarqué que l'antenne simulé montre une bonne adaptation dans une bande passante élevée [2.63- 20] GHz mais pour l'antenne réalisée qui présente une adaptation dans la bande passante [1.5-12.5] GHz avec une petite perte d'adaptation dans la bande passante [2.5-4.5] GHz.

Cette différence entre les résultats simulés et mesurés est issue aux pertes de connecteur (puisque nous avons utilisé un connecteur SMA incliné), la précision de fabrication, la soudure incorrecte de connecteur SMA et les interférences de milieu. Il existe également d'autres facteurs qui affectent le comportement de l'antenne qui sont dus aux pertes dans le substrat qui a une permittivité diélectrique supérieure à celle de l'air .

### 3.4 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons réalisé une antenne Ultra large bande d'un patch circulaire à alimentation directe par ligne micro ruban non uniforme. Les différentes étapes de fabrication de notre antenne sont détaillées dans la première partie. Ainsi, dans la deuxième partie, les résultats de mesure sont comparés avec ceux de simulation obtenues par les deux logiciels HFSS et CST afin de tester le comportement de notre antenne ULB proposée. Nous pouvons dire que les résultats trouvés par la réalisation de notre antenne patch ULB qui rayonne dans la bande [1.5-12.5] sont décalés par rapport à ceux trouvés par les simulations.

Les différences entre les résultats simulés et mesurés trouvés sont dues essentiellement à l'incertitude de dimensionnement des antennes imprimées lors de la réalisation et les performances de connecteur utilisé et les interférences de milieu de mesure.

## Conclusion générale

Ces dernières années, on connu un important développement des travaux de recherche tant académique qu'industriel concernant les antennes imprimées ULB. Dans ce contexte nous avons simulé et réalisé une antenne imprimée qui présente un comportement ULB.

Durant ce travail, une étude théorique et expérimentale d'un prototype d'antenne patch circulaire ULB a été présentée . Nous avons donc abordé les différentes étapes nécessaires à la modélisation de cette antenne pour simuler et réaliser la structure proposée. Une étude paramétrique a été menée qui nous a permis de se rapprocher du meilleur cas réel pour adapter la structure à la bande de fréquence souhaitée. Par la suite, nous avons fait la réalisation de notre prototype, des mesures d'antenne réalisées sont faites afin de tester le comportement ULB de l'antenne proposée. On remarque par la comparaison entre les résultats simulés et celles de la réalisation, un accord entre la simulation et la réalisation avec un décalage dans la bande passante. Cette différence entre les résultats simulés et mesurés est dûe aux pertes de connecteur SMA (puisque nous avons utilisé un connecteur SMA incliné), la précision de fabrication, la soudure incorrecte de connecteur SMA et les interférences de milieu.

L'élaboration de ce travail nous a permis de découvrir les antennes ULB et leurs avantages et apprendre à manipuler par les logiciels HFSS et CST et découvrir la procédure de la réalisation et les mesures des antennes.

Dans ce travail, plusieurs aspects liés aux antennes ULB ont été adressés. Cependant, les perspectives de recherche liées à ce travail sont nombreuses :

- Il serait intéressant d'appliquer les techniques de miniaturisation afin de réduire la taille de notre prototype.
- Il serait intéressant de modifier le prototype pour couper des bandes de fréquence afin d'éliminer le problème de chevauchement avec des autres bandes de fréquence.
- Il serait intéressant de créer une antenne ULB où sa bande passante commence de la fréquence inférieure à 1GHz, due que cette bande présente plus des applications.

# Bibliographie

[1]. S. Soltane, “Etude et Caractérisation d’Antennes Imprimées pour Système Ultra Large Bande,” Mémoire de magister, Université Mohamed Khider-Biskra. Algérie. 2015.

[2]. N. Fortino, “Conception et Caractérisation d’Antennes Imprimées pour Systèmes Ultra Large Bande Impulsionnels,” Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis. France. 2006.

[3]. S. Lakrit, H. Ammor, “Conception et Simulation d’Antenne Rectangulaire Multicouches Pour Les Systèmes de Communication ULB,” Revue Méditerranéenne de Télécommunication, Vol. 4, N.2, pp. 81–82, Maroc. 2014.

[4].M. Tabaa, “Conception d’un Système de Transmission Ultra Large Bande par Impulsions Orthogonales,” Thèse de doctorat, Université de Lorraine. France.2014.

[5]. A. Zitouni, “ Etude et Conception d’Antennes ULB Standards et à Bandes Rejetées,” Thèse de doctorat, Université de Tlemcen. Algérie. 2014.

[6]. B. Fall, “ Evaluation des Performances d’un Système de Localisation de Véhicules de Transports Guidés Fondé sur l’Association d’une Technique Radio ULB et d’une Technique de Retournement Temporel,” Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut– Cambresis. France. 2013.

[7].L. Babour, “Etude et Conception d’Antennes Ultra Large Bande Miniaturisées en Impulsionnel,” Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble. France. 2009.

[8]. D. Z. Kerarti, “Etude et Conception d’Antennes Ultra Large Bande,” Mémoire de magister, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. Algérie.2011.

- [9]. T. Tahri, “Systèmes Radars Coopératifs Multi-Modes pour la Détection, l’Identification des Obstacles sur les Voies, la Localisation et la Transmission de Données Trains Infrastructures,” Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, France. 2014.
- [10]. R. Kebbab, “Conception d’Antennes Ultra Large Bande en Technologie Imprimée,” Thèse de magister, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. Algérie. 2010.
- [11]. H. Nadir, “Contribution à la Conception d’Antennes Ultra Large Bande Impulsionnelles d’Encombrement Réduit,” Thèse de doctorat, Université de Limoges. France. 2018.
- [12]. N. Chahat, M. Zhadobov et R. Sauleau, “A Compact UWB Antenna for On-Body Applications,” *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 59, N. 4, pp. 1123–1124, 2011.
- [13]. A. Roussafi, “Modélisation Compacte du Rayonnement d’Antennes ULB en Champ Proche/Champ Lointain - Mise en Application en Présence d’Interface,” Thèse de doctorat, Université Cote d’Azur. France. 2016.
- [14]. O. K. Omar, “Conception et Modélisation d’une Antenne pour les Communications Ultra Large Bande,” Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf-Oran. Algérie. 2013.
- [15]. A. Chami, “Miniaturisation et Intégration d’Antennes Imprimées pour Systèmes Communicants ULB Pulsés,” Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis. France. 2011.
- [16]. J. Valteau, “Miniaturisation d’Antennes Très Large Bande pour Application spatiales,” Thèse de doctorat, Université Toulouse. France. 2016.
- [17]. M. Devulder, “Etude et Faisabilité d’un Système Ultra Large Bande (ULB) en Gamme Millimétrique en Technologie Silicium Avancé,” Thèse de doctorat, Université de Lille. France. 2008.
- [18]. S. Loizeau, “Conception et Optimisation d’Antennes Reconfigurables Multifonctionnelles et Ultra Large Bande,” Thèse de doctorat, Université Paris-SUD11. France. 2009.