

Département d'Automatique, Télécommunication et d'Électronique

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes de Télécommunication

Thème

Conception d'une antenne monopole de forme pentagonale à bande de rejection

Préparé par :

➤ SKLAB Warda

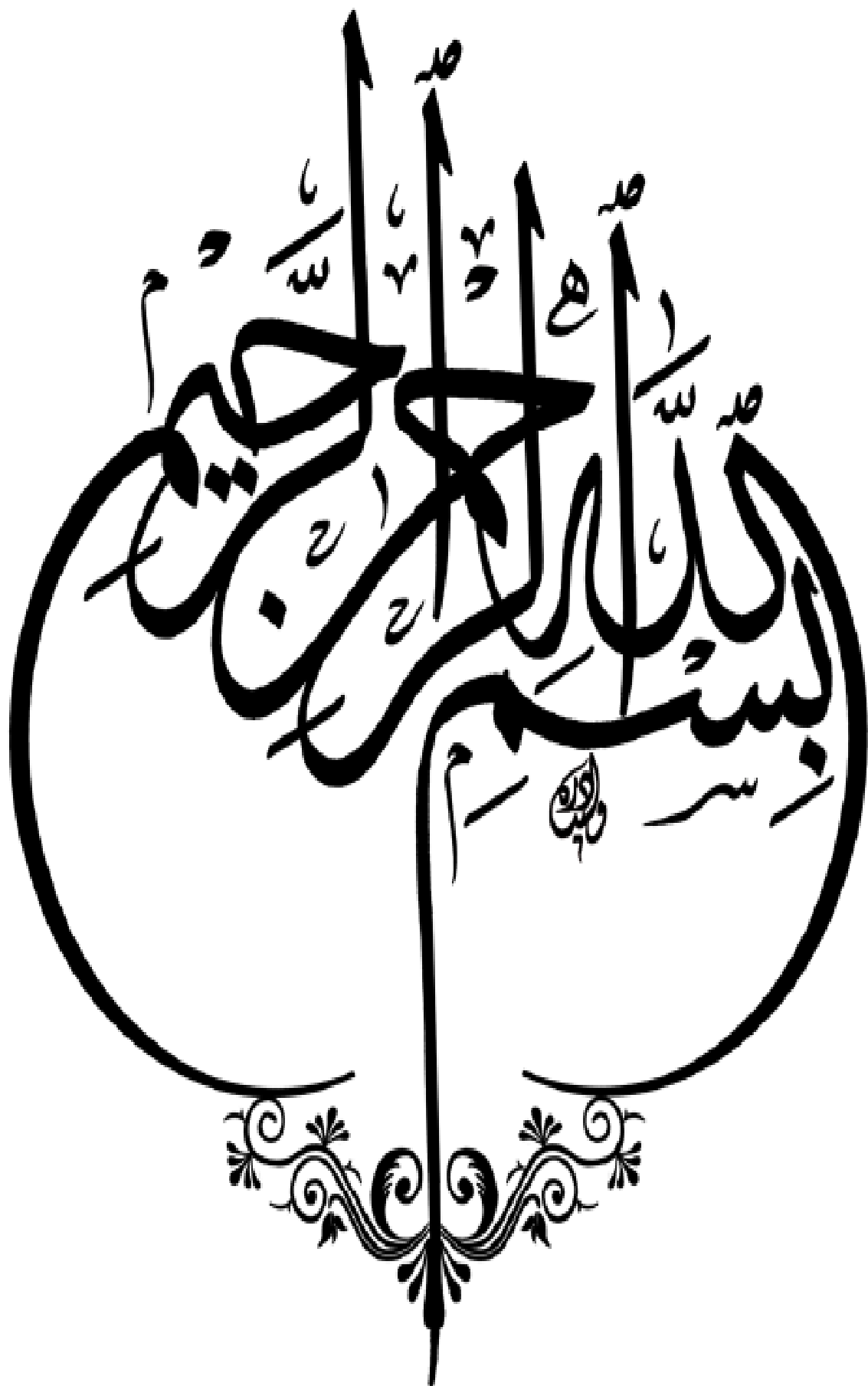
Dirigé par :

Mme. HAMZAOUI Dahbia.

Examiné par :

Mr. BERRAH Smail

Mr. KHIREDINE Abdelkrim



Remerciements

Avant de rentrer dans le vif du sujet, je remercie Dieu le Tout-Puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entreprendre et de terminer ce mémoire.

*Je tiens à remercier sincèrement et avec une profonde gratitude mon encadrante, **Mme. HAMZAOUI Dahbia** pour ses qualités scientifiques et humaines, que j'apprécie beaucoup ; pour son aide guidée tout au long de ce travail, et pour le temps qu'elle m'a accordé.*

Mes remerciements vont également aux membres du jury qui ont accepté d'examiner mon travail

Je souhaite exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce projet.

Merci à tous.

Dédicace

À mes parents adorés j' ai dédié ce travail

*À ma mère et mon père, pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur soutien toujours mes couts et m' ont toujours soutenu tout au
long de ces longues années d' études.*

Avec tout mon respect à mon encadreur: Mme.

HAMZAOUJ.

*À mes chers frères: Ahasen et sa femme et son fis, Samir et sa
fille, Farouk, Medjide, Fares.*

À ma chère sœur: Samira.

À mon cher fiancé: Mahmoud.

À mes chères amies

Liste des figures

Chapitre 1 Généralités sur les antennes monopoles

- Figure I-1 : a) Dipôle alimenté au centre et b) Monopole vertical au-dessus d'un sol infini. (7)
- Figure I.2 : Alimentation par ligne microban. (7)
- Figure I-3 : Monopole linéaire. (8)
- Figure I-4 : Charge monopole par là-haut. (9)
- Figure I-5 : Monopole spirale chargé par le haut. (9)
- Figure I-6 : L'antenne monopole repliée. (10)
- Figure I-7 : Charge monopole par diode. (10)
- Figure I-8 : Charge monopole par transistor. (10)
- Figure I-9 : Charge monopole par inductive. (11)
- Figure I.10 : Monopole manchon. (11)
- Figure I.11 : différentes Formes étudiées (13)

Chapitre 2 : Technologie ultra-large de bande et de rejet de bande de fréquence

- Figure II-1 : Densité spectrale de puissance (DSP) d'un signal ULB. (17)
- Figure II-2 : Configurations de l'antenne proposée en forme de E. (18)
- Figure II-3 : Coefficient de réflexion de la première antenne proposée. (18)
- Figure II-4 : Le schéma de l'antenne. (19)
- Figure II-5 : Coefficient de réflexion de l'antenne à ouverture couplée. (20)
- Figure II-6 : Géométrie de l'antenne proposée à la technologie CPW. (20)
- Figure II-7 : Coefficient de réflexion de l'antenne à technologie CPW. (21)
- Figure II-8 : Présentation d'une ligne coplanaire. (21)
- Figure II-9 : Géométrie d'une antenne monopole. (22)
- Figure II-10 : Coefficient de réflexion de l'antenne « monopole ». (23)
- Figure II-11 : Géométrie d'une antenne avec défaut dans le plan de masse. (23)
- Figure II-12 : Coefficient de réflexion de l'antenne avec défaut dans le plan de masse. (24)

Figure II-13 : Antenne I : antenne de référence, Antenne II : antenne avec une fente en forme de demi-cercle, Antenne III : antenne avec une fente en forme d'arc et deux fentes DGS en forme de U étendues, Antenne IV : antenne avec une fente en forme d'arc. (26)

Figure II-14 : La perte de retour simulée pour Ant I, Ant II, Ant III et Ant IV. (26)

Figure II-15 : Evaluation de l'antenne monopole ULB en forme d'escalier à encoches en bande. (a) Antenne monopole à bande alimentée par FG-CPW. (b) Antenne monopole chargée par le haut. (c) Antenne unipolaire ULB en forme d'escalier. (d) Antenne ULB en forme d'escalier à encoches et bande. (27)

Figure II-16 : Coefficients de réflexion simulés des quatre antennes. (27)

Figure II-17 : Géométrie d'une antenne avec intégration des stubs. (28)

Figure II-18 : Taux de réflexion mesuré (VSWR) pour l'antenne à intégration des stubs en fonction de L. (28)

Figure II-19 : Plusieurs schémas liés à un monopole circulaire imprimé et à un Dual SRR (Slit Ring Resonator) couplé (a) Schéma d'un monopole circulaire imprimé alimenté par une CPW (Coplanar Waveguide) couplée à un Dual SRR : Vue de dessus avec le SRR imprimé sur le côté arrière. (b) Vue latérale montrant le SRR imprimé séparé de la hauteur de l'alimentation CPW du monopole. (c) Schéma d'une cellule unitaire SRR carrée. (29)

Figure II-20 : Coefficient de réflexion et le gain calibré réalisés dans le plan E (x-y) par CPW chargée avec DF-DSRR. (30)

Figure II-21 : Coefficient de réflexion et gain calibrés réalisés correspondant dans le plan E (x-y) par CPW chargée avec WB-DSRR. (30)

Figure II. 22 : La géométrie de l'antenne UWB proposée avec les caractéristiques de réjection de bande WIMAX (Antenne 1) et WLAN (Antenne 2). (31)

Figure II-23 : Paramètre S de l'antenne 1 entre (a) simulation et (b) mesure en condition ON et OFF. (31)

CHAPITRE 03 : Simulation le concept d'une antenne monopole de forme pentagonale à band de réjection

Figure III-1 : (a) L'antenne UWB de forme pentagonale et (b) l'épaisseur de substrat [2]. (35)

Figure III-2 : Vue de face avant antenne par CST. (35)

Figure III-3 : La face arriérée de l'antenne par CST. (36)

Figure III. 4 : (a) Présentent le coefficient de réflexion, (b) les tracés de distribution de courant aux modes fTM_{11} et fTM_{21} , (c) fTM_{11} et (d) fTM_{21} . (36)

Figure III-5 : VSWR en fonction de la fréquence en (GHz). (37)

Figure III-6 : L'antenne UWB de forme pentagonale. (38)

Figure III-7 : Courbes de résonance simulées pour différentes dimensions de patch dans l'antenne unipolaire pentagonale imprimée et circulaire « Rc ». (39)

Figure III-8 : Courbes de résonance simulées pour différentes la longueur des fentes L_v . (40)

Figure III-9 : Courbes de résonance simulées pour différentes longueurs de fente L_v . (40)

Figure III-10 : (a) tracés de distribution de courant aux fréquences TM₂₁ pour une longueur de fente $L_h = 6$ mm et (b) $L_v = 9$ mm, (c) $L_v = 10$ mm. (41)

Figure III-11 : Dimensions d'une cellule unitaire hexagonale pour l'analyse d'Eigen [6]. (43)

Figure III-12 : (a) Structure de cellule unitaire de bande interdite électromagnétique hexagonale, (b) Structure EBG utilisée à proximité de la ligne micro-ruban et (c) Géométrie de l'antenne UWB à encoche double bande. (44)

Figure III-13 : : (a) Géométrie de l'antenne à double encoche de bande, (b) Graphique de la magnitude simulée de S_{11} pour la variation du diamètre du via avec un emplacement fixe à $x_v = 4,5$ mm, $y_v = 7$ mm. (c) Variation de l'emplacement y_v du via pour une valeur fixe de $x_v = 4,5$ mm et $d = 0,5$ mm. (d) Variation de l'emplacement x_v du via pour une valeur fixe de $y_v = 7$ mm et $d = 0,5$ mm. (46)

Figure III-14 : Courbe de gain de crête d'une antenne UWB à encoche double bande de forme pentagonale. (49)

Figure III-15 : Trace courbe de gain en fonction de fréquence. (49)

La liste des tableaux

Tableau I : Récapitulatif des propriétés du monopôle pour différentes longueurs.	(13)
Tableau III. 1 : Caractéristiques géométriques de l'antenne UWB.	(33)
Tableau III. 2 : Caractéristiques géométriques des fentes Lv.	(37)
Tableau III. 3 : Caractéristiques géométriques des structures EBG.	(43)

Liste des abréviations

BP	Bandwidth (Largeur de bande).
Γ	Coefficient de réflexion.
CST	Computer Simulation Technology.
CPW	Coplanar Waveguide.
DGS	Defected Ground Structure.
DSP	Densité spectrale.
EM	Electromagnétique.
EBG	Electromagnetic Band Gap.
Q	Facteur de qualité.
FCC	Federal Communications Commission.
FR4	Flame Retardant 4 (Matériau ignifuge 4).
IEEE	Institute of electrical and Electronics Engineers.
S11	Paramètre de diffusion S11.
ϵ	Permittivité.
ϵ_r	Relative permittivity (permittivité relative).
SRR	Slot Resonator Reflector.
ROS OU SWR	Standing Wave Ratio.
TM0	Transverse Magnetic Mode 0.
ULB	Ultra Large Bande.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio.
λ	Wavelength (Longueur d'onde).
WLAN	Wireless local area network.

Table des matières :

Remerciements.....	(I)
Dédicace.....	(II)
Liste des figures.....	(III)
Liste des tableaux.....	(VI)
Liste des abréviations.....	(VII)
Table des matières.....	(VIII)
Introduction générale.....	(1)

Chapitre 1 Généralités sur les antennes monopole

I.1 Introduction.....	(3)
I.2 Description d'une antenne monopole.....	(3)
I.3 Caractéristique d'une antenne monopole.....	(3)
I.3.1 Champs lointains.....	(3)
I.3.2 Impédance d'entrée.....	(4)
I.3.3 Diagramme de rayonnement.....	(4)
I.3.4 Directivité, gain et rendement d'une antenne monopole.....	(5)
I.3.4.1 Directivité.....	(5)
I.3.4.2 Gain.....	(5)
I.3.4.3 Rendement.....	(6)
I.3.5 Coefficients de réflexion.....	(6)
I.3.6 Polarisation de l'antenne.....	(6)
I.3.7 Rapport d'onde stationnaire de tension.....	(7)
I.4 Principe de fonctionnement.....	(7)
I.5 Types des antennes monopole.....	(8)
I.5.1 Monopole linéaire.....	(8)
I.5.2 Monopôle chargé par le haut.....	(9)
I.5.3 Monopôle replié.....	(10)
I.5.4 Monopôle chargé actif et passif.....	(10)
I.5.5 Monopôle à manchon.....	(11)
I.6 Applications.....	(12)
I.7 Avantages et inconvénients.....	(12)
I.7.1 Avantages.....	(12)

I.7.2 Inconvénients	(12)
I.8 Tableau récapitulatif des propriétés de l'antenne monopôle.....	(13)
I.9 Formes étudiées.....	(13)
I.10 Conclusion.....	(14)
Références	(15)
Chapitre 2 : La technologie ultra-large bande et la réjection de bande	
II.1 Introduction.....	(16)
II.2 Technologie ultra-large bande	(16)
II.3 Techniques d'élargissement de la bande passante	(17)
II.3.1 Augmentation de l'épaisseur du substrat	(17)
II.3.2 Forme de l'élément rayonnant	(18)
II.3.3 Techniques d'alimentation.....	(19)
II.3.3.1 Méthode d'ouverture couplée	(19)
II.3.3.2 Technologie CPW.....	(20)
II.3.4 Forme et dimensions du plan de masse	(22)
II.3.4.1 Antenne micro-rubans « monopole ».....	(22)
II.3.4.2 Défaut dans le plan de masse	(23)
II.4 Avantages et inconvénients.....	(24)
II.4.1 Avantage	(24)
II.4.2 Inconvénients	(24)
II-5 Application de l'ultra-large bande.....	(24)
II-6 Techniques de rejet de bande de fréquence spécifique à partir d'une antenne patch ULB	(25)
II.6.1 Géométrie des fentes.....	(25)
II.6.2 Éléments parasites.....	(26)
II.6.3 Intégration des stubs	(27)
II.6.4 Les SRR	(28)
II.6.5 Antennes reconfigurables	(30)
II.7 Conclusion	(32)
Références	(33)

CHAPITRE III : Antenne monopole de forme pentagonale à bande de réjection, simulations et résultats

III.1 Introduction	(34)
III.2 Antenne patch UWB pentagonale	(34)
III.2.1 Coefficient de réflexion (S11) et taux d'onde stationnaire.....	(36)
III.2.2 Étude paramétrique.....	(38)
III.3 Antenne UWB à encoche double bande de forme pentagonale	(39)
III.4 Les structures EBG.....	(42)
III.4.1 la structure EBG de forme hexagonale.....	(42)
III.4.2 Étude paramétrique.....	(43)
III.5 Conclusions	(50)
Références	(51)
Conclusion générale	(52)

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale

Avec le formidable développement observé dans le domaine des télécommunications sans fil ces dernières années, sa diffusion considérable à travers le monde a conduit à la nécessité de nouvelles fonctionnalités performantes, ce qui a poussé à travailler sur l'amélioration des antennes, en particulier des antennes monopôles, en raison de leur propagation sur le terrain. Les antennes WLAN jouent un rôle essentiel dans la transmission et la réception des signaux électromagnétiques, leur conception et leur caractérisation sont essentielles pour assurer des communications fiables et de haute qualité. L'objectif de ce travail est concentré sur la conception d'une antenne monopôle planaire, sur le choix de sa forme, sa largeur de bande et les techniques de rejet de certaines bandes de fréquence dans le but d'éviter les chevauchements et les interférences nuisibles entre antennes. Cela se fait par l'étude des antennes patch et de leurs propriétés, ainsi que sur les techniques visant à améliorer leurs performances. Les antennes patch se caractérisent par leur forme variable, comprenant un carré, un triangle, un rond, un pentagone et une forme circulaire, entre autres. Leur facilité de fabrication, leur intégration aisée et leur coût réduit en font des solutions intéressantes.

À travers la présentation des avantages, des inconvénients et des axes de développement, cette recherche vise à faire progresser nos connaissances sur les antennes patch et la technologie UWB. Les résultats créeront de nouvelles voies pour le développement de systèmes de communication sophistiqués et efficaces et contribueront à l'optimisation des antennes pour les applications sans fil. Pour répondre aux demandes croissantes des communications sans fil et relever les défis futurs, des recherches supplémentaires dans ce domaine, utilisant l'expansion de la bande passante et des techniques de rejet de bandes de fréquences spécifiques, sont nécessaires.


Pour ces raisons, le mémoire est divisé comme suit :

Le premier chapitre de ce mémoire introduit les généralités des antennes monopôles en mettant en évidence la description d'un monopôle et ses différentes caractéristiques, tels que le gain, la directivité, le diagramme de rayonnement, le coefficient de réflexion, l'impédance d'entrée et le rapport d'ondes stationnaires. Il présente également le principe de fonctionnement d'une antenne monopôle et les types de monopôles. Le texte décrit les avantages et les inconvénients ainsi que les propriétés, et se termine par un tableau récapitulatif des caractéristiques des antennes monopôles.

Le deuxième chapitre se concentre sur la technologie ultra-large bande (ULB) et les techniques visant à élargir la bande passante des antennes patch. Il explore diverses méthodes, telles que l'augmentation de l'épaisseur du substrat, la modification de la forme de l'élément rayonnant et les techniques d'alimentation telles que l'ouverture couplée et la technologie CPW. Il examine les avantages et les inconvénients de ces technologies. De plus, il analyse les techniques de rejet de bande pour des fréquences spécifiques issues d'une antenne patch ULB, telles que l'utilisation de certaines géométries de fentes, d'éléments parasites, d'intégration de stubs, de SRR et d'antennes reconfigurables.

Le troisième chapitre présente la partie pratique de ce mémoire. Nous avons étudié et simulé une antenne patch pentagonale pour valider son comportement ultra large bande (UWB). Pour créer des bandes de rejection, nous avons modélisé une fente en forme de V modifié dans le patch et simulé de nouveau le comportement de l'antenne. Par la suite, des patches en forme hexagonales jouant le rôle de structure à bande interdite électromagnétique EBG sont insérées de part et d'autre de la ligne micro-ruban d'alimentation. Leur but est de créer une deuxième bande de réjection.

Le mémoire se termine par une conclusion générale.

A blue decorative banner with a wavy, irregular shape, containing the chapter title.

Chapitre 1
Généralités sur les antennes
monopoles

I.1 Introduction

L'antenne monopole est un type d'antenne dipôle formé en remplaçant une moitié de l'antenne par un plan de masse perpendiculaire ou à angle droit par rapport à la moitié restante du dipôle [1], elle a été inventée en 1895. L'un des pionniers de la radio Guglielmo Marconi a découvert que s'il attachait un terminal de son émetteur sur une longue ligne suspendue en l'air, tandis que l'autre est connecté à la terre, il pourrait transmettre sur de longues distances [2]. L'antenne monopole ultra-large bande (UWB) a une double bande caractéristique [3].

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter une description de l'antenne monopole, ses caractéristiques, puis son principe de fonctionnement. Nous allons citer quelques types en introduire certaines applications. Pour finir, on énumère ses avantages et inconvénients et les différentes formes d'études que cette dernière présente.

I.2 Description de l'antenne monopole

L'antenne monopole ou antenne monobrin << quart d'onde >> est un type d'antenne radio utilisée dans diverses applications de communication sans fil. Une antenne est un classé d'antenne radioélectrique constituée d'un conducteur droit en forme de tige, souvent monté perpendiculairement sur une surface conductrice appelée plane de masse [4]. Le signal de la commande de l'émetteur est appliqué, ou pour les antennes de réception, le signal de sortie est obtenu. Le récepteur est situé entre l'extrémité inférieure du monopôle et le plan de masse. Un des côtés de la ligne d'alimentation de l'antenne est fixé à l'extrémité inférieure du monopôle, et l'autre côté est fixé au plan de masse, qui est souvent la Terre. Cela contraste avec une antenne dipôle qui est constituée de deux conducteurs en forme de tiges identiques, avec le signal de l'émetteur appliqué entre les deux demi-antennes.

I.3 Caractéristiques d'une antenne monopole

I.3.1 Champs lointains

Les champs lointains E et H pour le monopôle $\lambda/4$ au-dessus du plan de masse sont pareils que ceux de l'antenne dipôle [5].

$$\underline{E}_\theta = j\eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos(\theta)\right)}{\sin(\theta)} \right] \quad (1.1)$$

$$\underline{H}_\theta = j \frac{-I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos(\theta)\right)}{\sin(\theta)} \right] \quad (1.2)$$

$$\underline{H\phi} = \frac{E_{\theta}}{\eta} \quad (1.3)$$

Où :

η : Impédance intrinsèque.

I_0 : courant maximal.

K : nombre d'onde.

r : distance radiale.

I.3.2 Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée d'une antenne est le rapport entre le courant d'entrée et la tension. L'expression cette impédance se présente sous forme composée d'une partie réelle et d'une partie imaginaire reliée par l'expression suivante [5].

Puisque $Z_A = V / A$

On a :

$$Z_{in}(\text{dipôle}) = 73 + j42.5 \quad (1.4)$$

$$Z_{in}(\text{monopole}) = Z_{in}(\text{dipôle})/2 = (73 + j42.5)/2 = 36.5 + j21.25 \quad (1.5)$$

La résistance : $R_{in} = 36\Omega$.

La réactance : $X_{in} = 21\Omega$.

I.3.3 Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement ou d'émission est la représentation graphique de la distribution d'une grandeur caractérisant le rayonnement d'une antenne radioélectrique et de son extension à cette répartition elle-même. Le lobe principal correspond à la direction privilégiée de rayonnement. Les lobes secondaires sont généralement des lobes parasites dans lesquels l'énergie rayonnée est perdue donc on cherche à les atténuer.

Le diagramme de rayonnement d'une antenne permet de visualiser les lobes d'émission en champ lointain dans les trois dimensions, dans le plan horizontal ($\theta=90^\circ$) ou dans le plan vertical ($\phi=\text{constante}$), incluant le lobe le plus important, ou bien dans les plans E et H. L'effet général des plans de masse électriquement petits, ainsi que des terres inclinées dans de mauvaise direction du rayonnement maximal vers des angles d'élévation plus élevés, ce qui est l'objectif des conducteurs pour augmenter et diminuer le gain [7].

I.3.4 Directivité, gain et rendement d'une antenne monopôle

Les antennes monopôles présentent plusieurs caractéristiques distinctes.

I.3.4.1 Directivité

Elles ont une directivité omnidirectionnelle dans le plan horizontal, ce qui signifie qu'elles sont réceptives aux ondes provenant de toutes les directions. Elles rayonnent également le signal dans toutes les directions horizontales.

La directivité $D(\theta, \phi)$ d'une antenne monopole est directement liée à celle d'une antenne dipôle. Si la directivité d'un dipôle de longueur $2L$ est de $1D$ (décibels). Donc, la directivité d'une antenne monopole de longueur L aura une directivité de $D+3$ (décibels). Autrement dit, la directivité (en unités linéaires) d'une antenne monopole est le double de celle d'une antenne dipôle, de longueur double. La raison est simplement parce qu'aucun rayonnement ne se produit sous le plan de sol. Par conséquent, l'antenne est effectivement deux fois plus directrice. Les antennes monopôles sont deux fois plus petites que leurs homologues dipolaires et sont donc intéressantes lorsqu'une antenne de petite taille est nécessaire [8].

I.3.4.2 Gain

Le gain d'antenne est le pouvoir d'amplification passif d'une antenne. Il s'agit du rapport entre la puissance reçue par l'antenne et celle qui serait reçue par une antenne de référence dans les mêmes conditions.

Le gain $G(\theta, \phi)$ d'une antenne dans une direction (θ, ϕ) est le rapport entre la puissance de rayonnement dans une direction donnée $P(\theta, \phi)$ et la puissance que rayonnerait une antenne sans pertes isotrope ou dipolaire. Rappelons qu'il s'agit de puissances par unités d'angle solide.

C'est le facteur qui indique à quel point l'antenne est efficace. Transmettre ou recevoir des signaux dépend de plusieurs facteurs, notamment de la longueur de l'antenne et de son environnement. Plus le gain est élevé, plus l'antenne est capable de transmettre ou de recevoir des signaux à une distance plus grande [8].

I.3.4.3 Taux de rendement

Le rendement d'une antenne monopole est mesuré par son efficacité à convertir l'énergie. Il s'agit de la conversion de l'énergie électrique en énergie électromagnétique. Elle est exprimée en pourcentage et représente la proportion de puissance électrique réellement rayonnée par rapport à la puissance électrique totale fournie à l'antenne. Un rendement élevé

indique une meilleure performance de l'antenne en termes de transmission ou de réception des signaux [8].

$$\eta = \frac{G(\theta,\varphi)}{D(\theta,\varphi)} \quad (1,7)$$

Où

D : Directivité d'une antenne en dB.

G : Gain d'une antenne en dB.

η : Rendement d'une antenne.

I.3.5 Coefficient de réflexion

Le coefficient de réflexion d'une antenne symbolisé par Γ est un paramètre qui indique la quantité d'onde réfléchie, Il est prend naissance quand l'onde électromagnétique est réfléchie par une discontinuité d'impédance dans le milieu de transmission. Il représente le paramètre S_{11} dans la matrice S, le plus souvent, il est exprimé en dB.

Ce coefficient est important, car il affecte la performance de rayonnement de l'antenne en termes de qualité de signal, de sa transmission et de sa réception.

En général, on cherche à minimiser les coefficients de réflexion pour améliorer l'efficacité de l'antenne.

I.3.6 Polarisation de l'antenne

La polarisation d'une antenne se réfère à l'orientation du champ électrique généré par elle-même. Cette dernière peut être verticale, horizontale, circulaire ou elliptique. La polarisation de l'antenne d'émission doit être alignée avec celle de l'antenne de réception pour une transmission optimale des signaux.

Par exemple, si l'antenne monopole émet une polarisation verticale, l'antenne de réception doit être polarisée verticalement pour une réception optimale du signal.

I.3.7 Rapport d'onde stationnaire de tension

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) est une mesure de la qualité de l'adaptation d'une ligne de transmission ou d'un système d'antenne. Le VSWR est le rapport entre la tension maximale et la tension minimale tout au long de la ligne de transmission. Il est exprimé en fonction du coefficient de réflexion par :

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (1.8)$$

Un VSWR élevé indique une mauvaise adaptation d'impédance, ce qui peut entraîner une réflexion d'une partie du signal et une perte de puissance. Un VSWR = 1 signifie qu'il n'y a pas de réflexion et que l'impédance d'entrée de l'antenne est parfaitement adaptée à la source du signal.

I.4 Principe de fonctionnement

L'antenne monopole fonctionne sur le principe méthode image. Elle est constituée d'un élément conducteur vertical, généralement une tige métallique, qui est alimentée par un signal électrique. Un conducteur peut être plaqué pour devenir un élément plat, puis être positionné parallèlement au sol pour former un monopôle planaire bas (figure I-1). L'élément planaire peut prendre en compte différentes options.

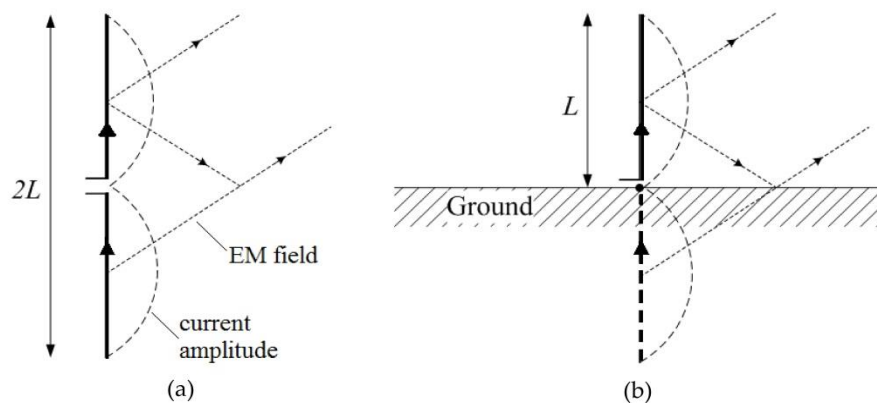


Figure I-1 : a) Dipôle alimenté au centre

ET b) Monopole vertical au-dessus d'un sol infini.

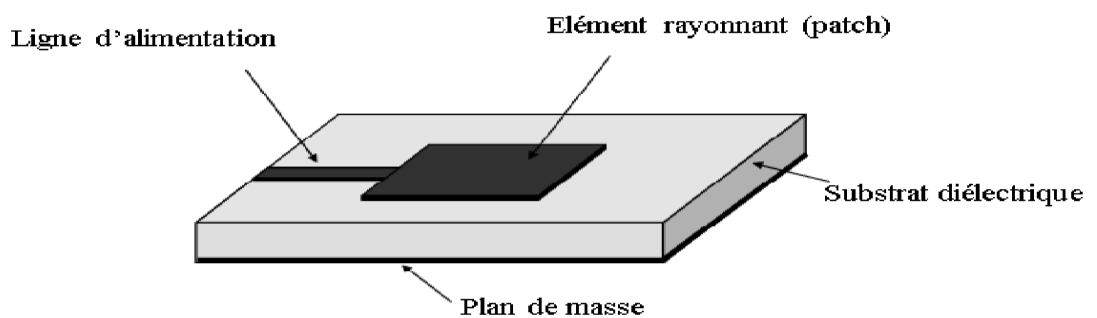


Figure I.2 : Alimentation par ligne microban. [1]

Le champ électromagnétique varie en fonction de la fréquence du courant, permettant ainsi la transmission et la réception de signaux radio. Pour une performance optimale, la longueur de l'antenne doit être ajustée en fonction de la fréquence du signal. La règle générale étant de la configurer à une fraction ou un multiple de la longueur d'onde du signal.

Théorie d'image

L'antenne monopole peut être modélisée par la méthode des images comme un dipôle avec la moitié de l'impédance d'entrée et le double de la directivité maximale du dipôle [7]. Après avoir transformé une antenne dipôle, en retirant un brin et en le remplaçant par un plan de masse, ce dernier produira un effet similaire à un gain élevé. Cette technique est utilisée géométriquement pour calculer le diagramme de rayonnement de l'antenne. Lorsqu'une antenne radio est montée près d'une surface conductrice comme le sol de la Terre, une plaque métallique plate ou un écran, les ondes radio dirigées vers cette surface se réfléchissent sur celle-ci.

I.5 Types des antennes monopoles

I.5.1 Monopole linéaire

L'antenne monopole linéaire est constituée d'un seul élément conducteur vertical, généralement une tige métallique, qui émet ou reçoit des signaux radio. C'est l'une des formes les plus simples d'antenne et elle est largement utilisée dans les applications telles que la télévision, la radio et autres communications mobiles.

Il est capacitif et a un faible rendement lorsqu'il est adapté en raison des pertes de puissance dans le réseau correspondant (généralement de 30 à 70 %) [10].



Figure I-3 : Monopole linéaire

I.5.2 Monopôle chargé supérieure

Dans ce type d'antennes, En augmentant le courant dans la section verticale de l'antenne, les structures correspondantes dans ce type d'antenne produisent une diminution de l'impédance d'entrée et une augmentation de la résistance au rayonnement. La distribution uniforme du courant le long du conducteur d'antenne est une caractéristique de cette conception

On trouve plusieurs types d'antennes à charge filaire [10] :



Figure I-4 : Monopole chargé.

I-5 : monopole en spirale chargé par le haut.

I.5.3 Monopôle replié

L'antenne monopole replié est souvent utilisée dans les applications mobiles avec des directeurs et/ou réflecteurs. Dans ces dernières, les antennes sont directives. La résistance de rayonnement de cette antenne est d'environ 10 à 15. La structure est illustrée dans la figure suivante :

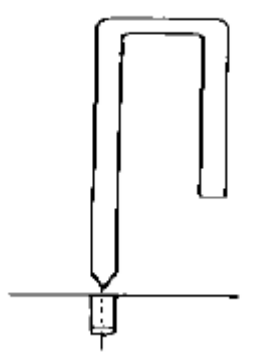


Figure I-6 : Antenne monopole repliée.

I.5.4 Monopôle chargé actif et passif

Dans ce genre d'antennes, les monopoles sont chargés d'éléments actifs (transistor) et passifs (inductance). La charge est utilisée pour augmenter la résistance au rayonnement, la bande passante effective et modifier le diagramme de rayonnement du monopole linéaire. Les performances du monopole changent en fonction de la position de la charge sur le conducteur de l'antenne.

Quelques exemples de ce groupe d'antennes unipolaires sont illustrés dans les figures (I-6) à (I-8) [10].

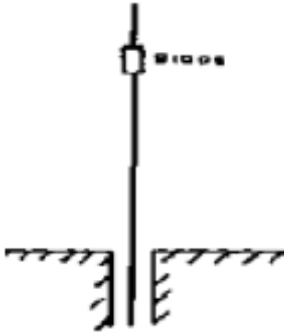


Figure I-7 : Monopole chargé par diode.

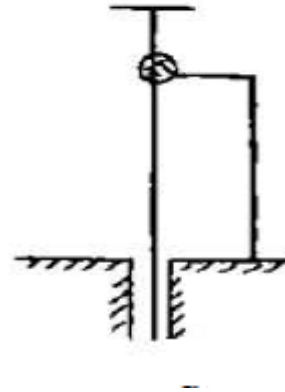


Figure I-8 : Monopole chargé par transistor.

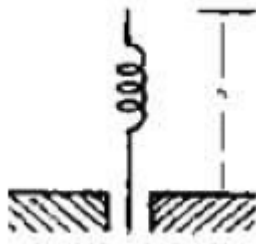


Figure I-9 : Monopole chargé inductive.

I.5.5 Monopôle à manchon

Une antenne monopole simple avec modification du plan la masse est la forme la plus simple d'antenne à manchon [11].

Celle-là est utilisée pour augmenter la résistance au rayonnement de l'antenne et pour réduire sa hauteur. R.A. Burberry a calculé la résistance d'entrée du manchon monopole d'une hauteur $\frac{1}{4}$ de longueur d'onde rapport à un monopole linéaire [10].

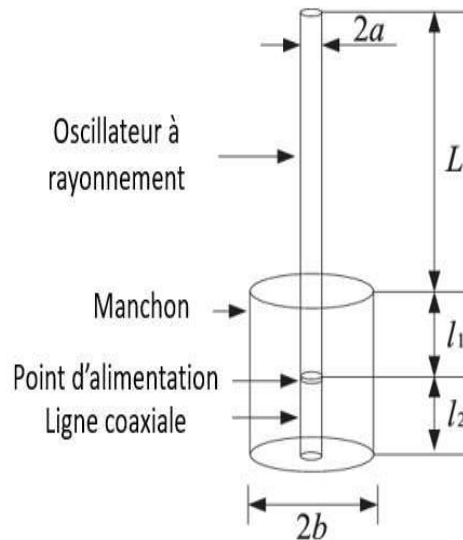


Figure I.10 : Monopole à manchon

I.6 Applications

Les antennes monopoles sont largement utilisées dans divers domaines, elles sont couramment utilisées dans les systèmes :

- Radiocommunication : notamment pour les émetteurs de radio FM et les dispositifs de communication mobiles.
- De nombreuses antennes de voiture sont des antennes monopoles en raison de leur taille compacte et efficacité à des fréquences spécifiques.
- Les technologies sans fil trouvent également des applications militaires et civiles. Telles que : contrairement au WI-FI au Bluetooth.

I.7 Avantages et Inconvénients

L'antenne monopole présente plusieurs avantages et inconvénients [10] :

I.7.1 Avantages :

- Format compact ;
- Faible coût de fabrication et simplicité de fabrication ;
- Diagramme de rayonnement omnidirectionnel, ce qui lui permet de transmettre et de recevoir à 360 degrés ;
- Possibilité d'obtention d'une polarisation circulaire ;
- Antenne résonante ;
- Grande bande passante (en utilisant les valeurs optimales des charges).

I.7.2 Inconvénients

- Bande passante opérationnelle relativement étroite.
- Pertes importantes de gain de puissance, à hautes fréquences.

I.8 Tableau récapitulatif des propriétés de l'antenne monopôle

Le tableau 1 résume les caractéristiques du monopôle [12].

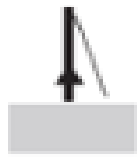
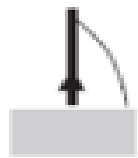

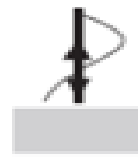
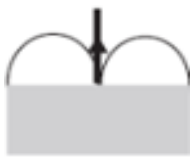
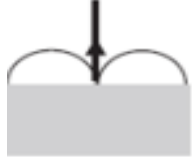
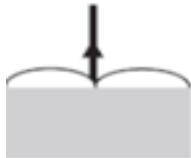
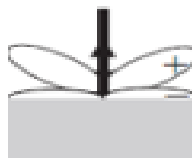
Monopole length l	$\lambda/20$	$\lambda/4$	$\lambda/2$	$3/4 \lambda$
Current distribution				
Radiation pattern				
Directivity	3.0 or 4.7dBi	3.28 or 5.15dBi	4.8 or 6.8dBi	A bout 4.6
HPBW	45°	39°	23.5°	NA
Input impedance	R : very small (~1Ω) jX : capacitive	R : ~ 37Ω jX : ~ 0Ω	R : ~ very large jX : ~ 0Ω for thin dipole	R : ~ 50Ω jX : ~ 0Ω for thin dipole
Note	jX sensitive to the radius	R+jX not sensitive to the radius	R+jX sensitive to the radius	R+jX sensitive to the radius

Tableau 1 : Récapitulatif des propriétés du monopôle pour différentes longueurs [12].

I.9 Formes étudiées

On peut trouver des antennes monopoles de différentes tailles et formes :

- Antenne monopole annulaire.
- Antenne monopole planaire rectangulaire compacte à large bande.
- Antenne monopole plan à court-circuit circulaire en treillis métallique.
- Antenne monopole carrée orthogonale à large bande avec band semi-circulaire.

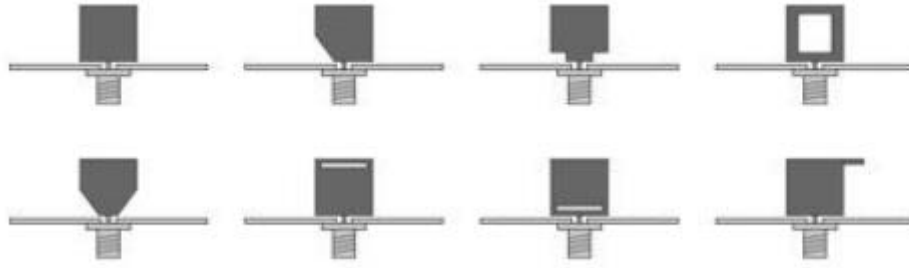


Figure I.11 : différentes Formes étudiées

I.10 Conclusion

En conclusion, ce chapitre montre que l'antenne monopôle demeure un élément fondamental dans le domaine des communications sans fil, nous avons présenté la forme générale des antennes monopoles et leurs caractéristiques fondamentales comme le gain, la directivité, le coefficient de réflexions, etc.

On a aussi présenté les types d'antennes monopoles, le domaine d'application, les différentes formes étudiées, leurs avantages et inconvénients.

Dans le chapitre qui suit, nous allons aborder la technologie ultra-large bande et ses concepts. Cette technologie concerne les antennes monopoles et les techniques de rejet de la bande fréquence.

Références

- [1] M. Paul Sanghera, [sciencedirect.com/topics/computer-science/monopole-antenna](https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/monopole-antenna), 2007.
- [2] US patent 586193, Guglielmo Marconi Transmitting electrical signal [archive], déposé le 7 décembre 1896, accepté le 14 juillet 1897.
- [3] Guichi, F., M. Challal et TA Denidni, “Une nouvelle antenne monopôle ultra-large bande à double bande utilisant des stubs et des fentes parasites”, *Microw. Opt. Technologie. Lett.* Vol. 60, n° 7, 1737-1744, 2018.
- [4] Richard A. Poisel, “Antenna system and electronic warfare applications”, Artech House, 2012.
- [5] Girish Kumar, <Monopole Antenna=, Project, Electrical Engineering Department, IIT Bombay. Mai 2014.
- [6] Youcef Braham , Conception d’antennes planaires reconfigurables pour l’opération large bande et multibande (page 29-37), 2 Jul 2021.
- [7] Melvin M. Weiner, “Monopole Antennas”, Boca Raton, FL, CRC press, 2023.
- [8] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele. “Antenna theory and design”, wiley, 2012.
- [9] Dr. Omer El Saraereh, <monopole antenna analysis=, design and simulation using computer, project, Hashemite University, 2007.
- [10] “Investigation of loaded monopole antenna”, Master, University of Leeds Department of Electronic & Electrical Engineering, 2000.
- [11] Mohammad Matin, Salman Naeem Khan and Muhammad Ashfaq Ahmed, “Printed Sleeve Monopole Antenna”, Department of Physics, Pakistan, pp.216 , 2011.
- [12] Yi Huang et Kevin Boyle, <Antennas from theory to practice=, John Wiley & sons, United Kingdom, pp.139, 2008.

Chapitre 2 :
Technologie ultra-large bande et
Rejet de Bande de Fréquence

II.1 Introduction

La technologie à bande ultra-large (UWB) est une technologie de communication sans fil à appliquer pour les antennes filaires dans le cadre des systèmes de télécommunications ou de brouillage, l'avantage de cette technologie permet des transmissions de données à haute vitesse et très faible latence densité de puissance pour la communication à débits de données élevés sur de courtes distances. Elles consomment peu d'énergie. Les dispositifs UWB utilisent généralement des impulsions très courtes. Pour une courte durée, ces impulsions brèves contiennent une grande quantité d'informations et sont utilisées pour des transmissions rapides et efficaces dans les systèmes de communication.

Dans ce chapitre nous présentent d'abord la technologie de l'ultra-large bande et les techniques d'élargissement de la bande passante ensuite, on passe aux avantages et aux inconvénients de cette technologie et domaine applications, enfin technique de rejet de bande de fréquence spécifique à partir d'une antenne patch ULB.

II.2 La technologie de l'ultra-large bande

La technologie UWB, est une technologie de communication sans fil qui utilise des signaux à large bande de fréquence, c'est une technologie ancienne utilisée principalement pour l'avancement de la communication sans fil sur longue distance.

Par contre, la définition donnée par la FCC en février 2002 est que le signal est ultra-large bande si la bande passante de coupure est d'au moins 500 MHz (à -10 dB) et la bande passante relative est supérieure à 20%.

Où

$$BP \text{ relatives} = \frac{f_2 - f_1}{f_2 + f_1} \geq 0.2 \quad (\text{II-1})$$

F1 et F2 désignent respectivement les fréquences limites basses et hautes du spectre de signal, fréquences prises à -10 dB.

Une bande passante trop large détériore la réponse du système et s'avère donc contre-productive.

L'espace de fréquence dont il est question relève de la Commission Fédérale Américaine des Communications (FCC) est attribué une bande de fréquences allant de 3.1 GHz à 10.6 GHz [1].

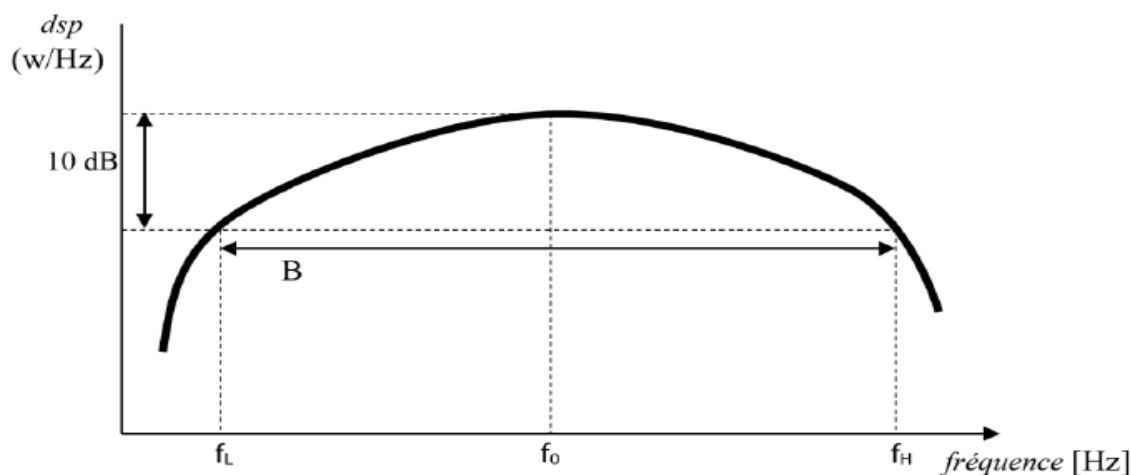


Figure II-1 : Densité spectrale de puissance (DSP) d'un signal ULB [1].

$$\text{La bande fractionnaire} \cong 2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} = B f_0 = 1 Q \geq 0.2$$

II.3 Techniques d'élargissement de la bande passante

Grace aux travaux menés par les chercheurs pour améliorer les performances de l'antenne Metteur ou Récepteur de micro-ruban, en particulier en élargissant sa bande passante. Pour cela, il faut pour parvenir, différentes techniques ont été utilisées : comme les techniques d'alimentation, l'augmentation de l'épaisseur du substrat et de la forme de l'élément rayonnant.

II.3.1 Augmentation de l'épaisseur du substrat

L'augmentation de l'épaisseur du substrat joue un rôle crucial dans l'intermédiaire entre l'antenne patch et le plan de masse, très important pour l'antenne à cause du substrat plus épais, plus la réflexion totale.

Le choix du matériau pour le substrat dépend des caractéristiques requises pour l'obtenir performances optimales en fonction des spécifications et des fréquences de classe [2]. Le facteur la qualité peut être exprimé sous la forme suivante :

$$Q = \frac{\omega * \text{Energie stockée}}{\text{Puissance perdue}} \quad (\text{II.2})$$

Où ω représente la pulsation.

Les antennes peuvent stocker l'énergie électromagnétique à travers leur structure. Cette énergie peut provenir de signaux émis par l'antenne ou reçus. Si la constante diélectrique ϵ_r augmente, la réduction de l'épaisseur du substrat entraîne une augmentation de l'énergie

stockée, ce qui entraîne une augmentation du facteur de qualité Q et une diminution de la bande passante d'impédance.

En pratique, l'augmentation de l'épaisseur n'est pas une méthode efficace pour augmenter la largeur de bande d'impédance [3].

II.3.2 Forme de l'élément rayonnant

Les formes des éléments rayonnants d'antenne varient en fonction de la conception et de leur utilisation, l'application spécifique.

La forme de l'élément rayonnant a un impact direct sur la largeur de bande d'impédance, certaines formes ont un facteur de qualité plus faible que d'autres [4].

Les antennes spécialement conçues pour les communications sans fil ont des patches en forme de E, comme illustré dans la figure II-2 [5].

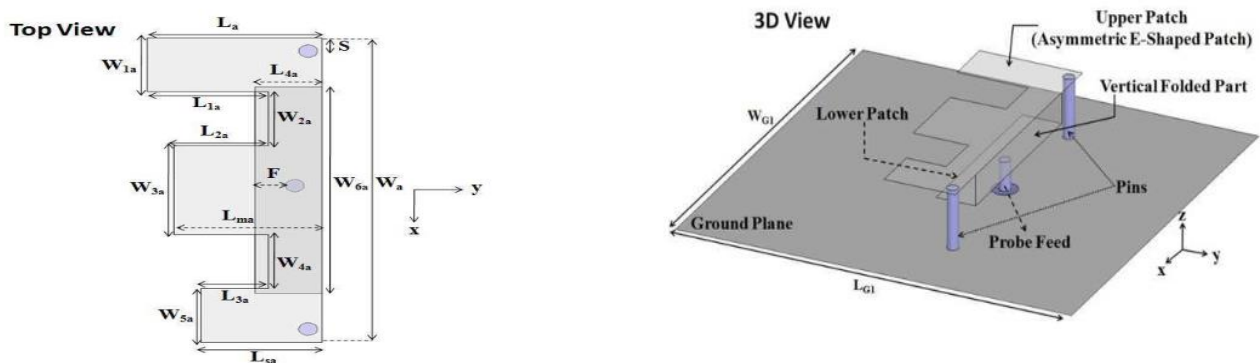


Figure II-2 : Configurations de l'antenne proposée en forme de E [5].

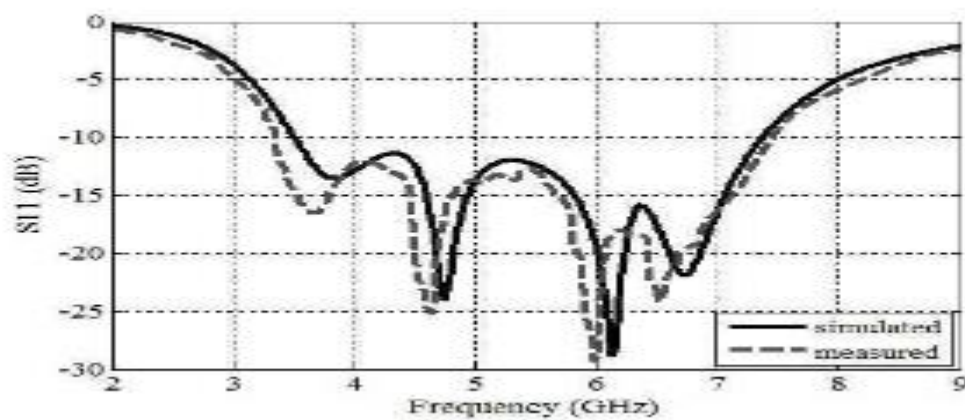


Figure II-3 : Coefficients de réflexion de la première antenne proposée [5].

II.3.3 Techniques d'alimentations

Les techniques d'alimentation des antennes sont cruciales pour assurer une efficacité maximale transmission de signaux. Il est très important d'augmenter la bande passante des antennes microbande. Ces techniques d'alimentation sont :

II.3.3.1 Méthode d'ouverture couplée

La méthode d'ouverture couplée est une technique utilisée pour l'alimentation des antennes, une fente ou une ouverture pour transmettre le signal. Cette méthode est utilisée pour les antennes large bande pour élargir la plage de fréquences. Elle peut augmenter la bande passante de l'antenne jusqu'à 70 % [3].

Technique l'alimentation d'ouverture couplée est utilisée pour alimenter le patch, comme ceci illustré dans la figure II-5 [2].

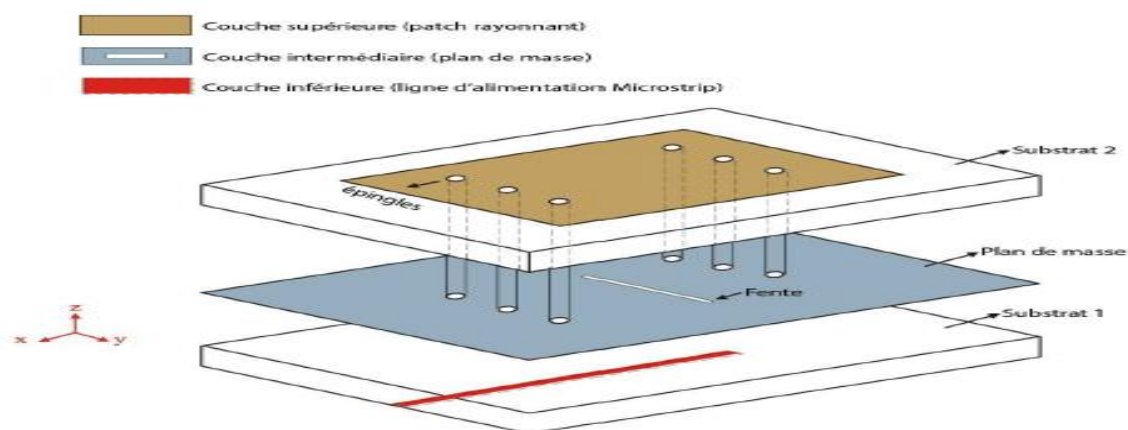


Figure II-4 : Le schéma de l'antenne [2].

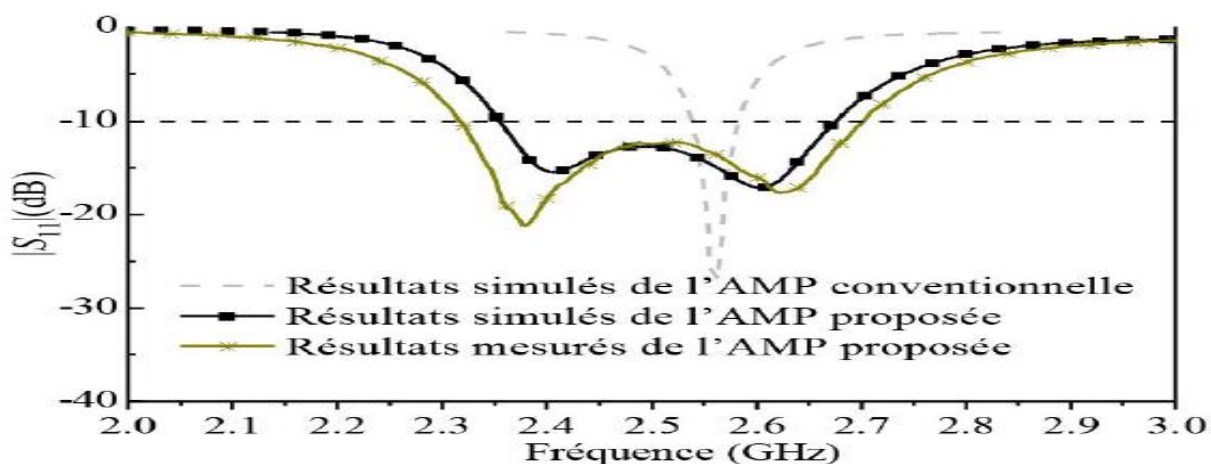


Figure II-5 : Coefficient de réflexion de l'antenne à ouverture couplée [2].

II.3.3.2 Technologie CPW

La technologie CPW (coplanar waveguide) est une technique d'alimentation utilisée dans la conception d'antennes imprimées. Avantage de cette technologie le notamment en large bande Faible perte d'insertion et passante. Dans l'article [6], l'élément rayonnant alimenté par la technique d'alimentation CPW est présentée dans la figure II-6

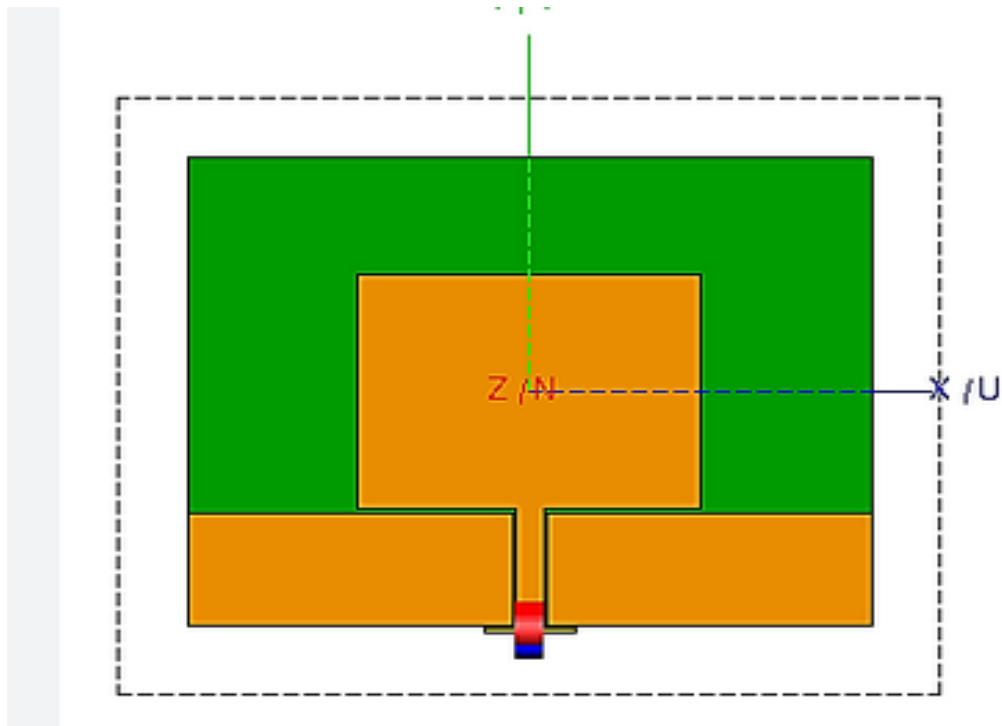


Figure II-6 : Géométrie de l'antenne proposée en technologie CPW.

Nous remarquons que lorsqu'on utilise la technologie CPW, la largeur de la bande passante augmente considérablement dans l'antenne, ce qui conduit à la résolution du problème de recherche de la limite d'espace pour la technologie micro-ruban qui utilisant les deux côtés du substrat.

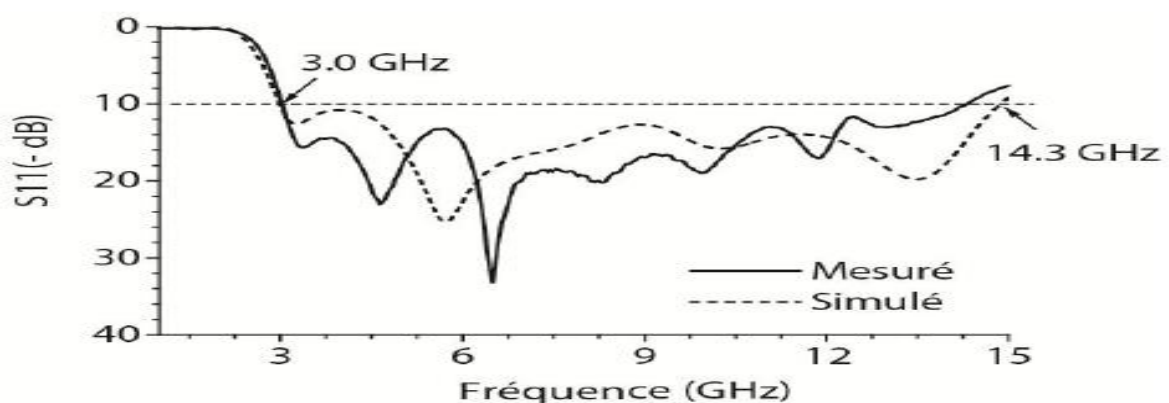


Figure II-7 : Coefficient de réflexion de l'antenne à technologie CPW [7].

Ligne de transmission coplanaire CPW

La technologie coplanaire CPW est une ligne de transmission largement utilisée en micro-onde. Cette conception permet une large bande passante et une facilité d'intégration avec des circuits micro-onde.

Le guide d'onde coplanaire (CPW) est un composant planaire fabriqué à partir de la technologie CPW. Les circuits imprimés sont avantageux par rapport guides d'ondes, malgré cela les coplanaires(CPW) n'ont pas été largement utilisés comme sondes pour le couplage d'ondes, circuits mélangeurs [8].

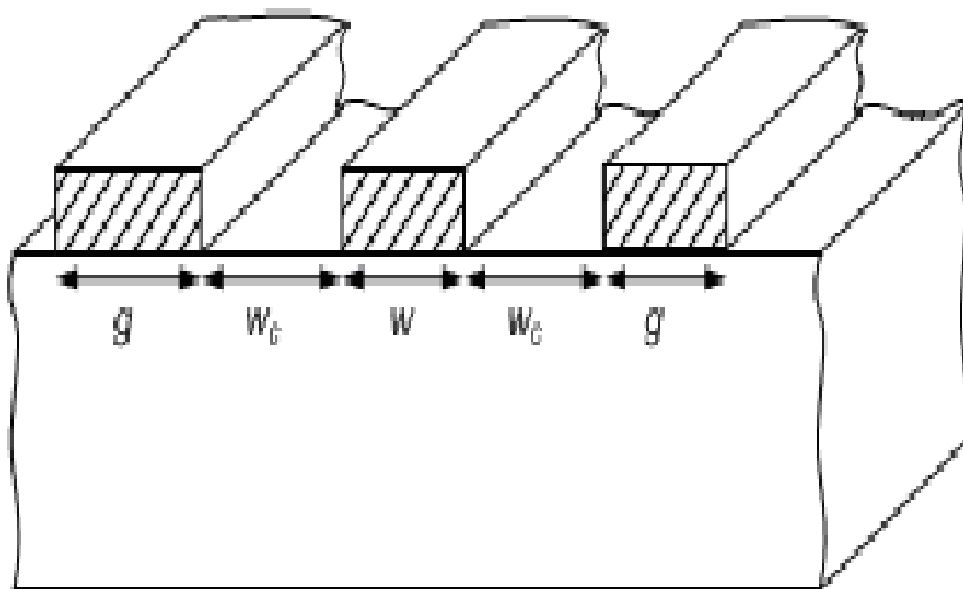


Figure II-8 : Présentation d'une ligne coplanaire [8].

II.3.4 Forme et dimensions du plan de masse

La forme et la taille du plan de masse jouent un rôle majeur dans sa détermination caractéristique de rayonnement, y compris le gain et l'adaptation. Par exemple des antennes micro-rubans modifiés.

II.3.4.1 Les antennes micro-rubans « monopoles »

Une nouvelle antenne monopôle planaire à bande micro-ruban est présentée pour les systèmes en communication à bande ultra-large (UWB), il est caractérisé par un plan de masse, selon sa définition dans l'article [9], des modifications ont été apportées principalement au niveau du plan de masse de l'antenne, comme on peut le voir sur la Figure II-9.

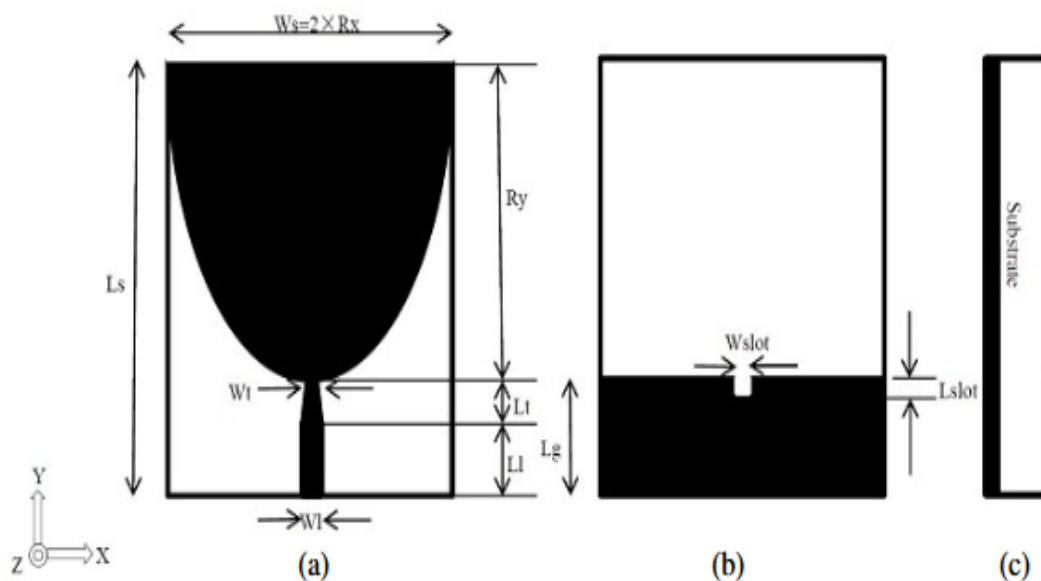


Figure II-9 : Géométrie d'une antenne monopôle [9].

Cette forme particulière permet d'obtenir une bande passante pour un $S_{11} < -10$ dB allant jusqu'à 2,65 GHz à 13 GHz, (132%) qui présente de la figure II-10.

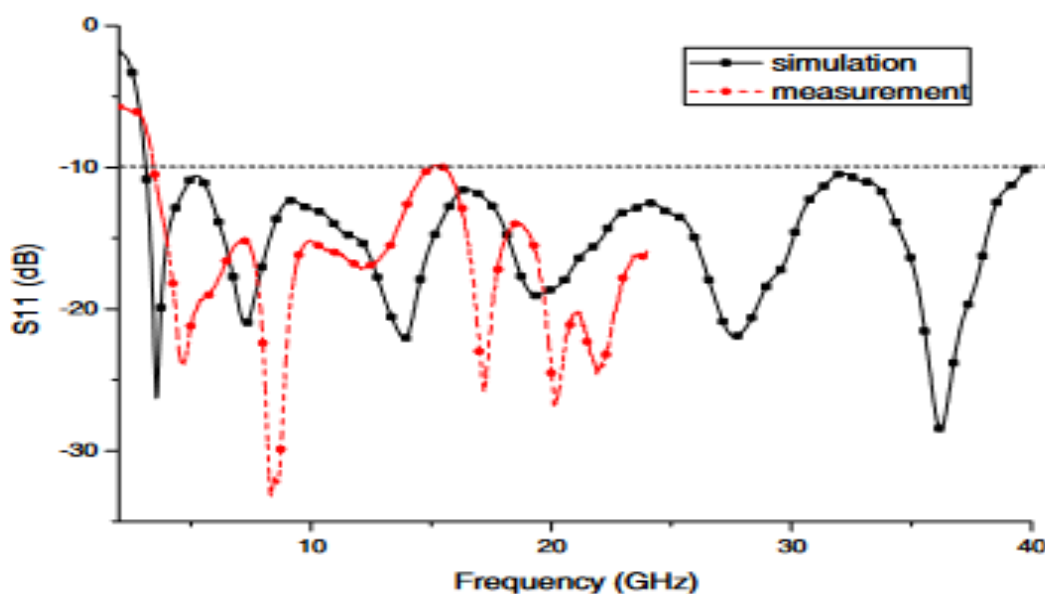


Figure II-10 : Coefficient de réflexion de l'antenne « monopôle » [9].

II.3.4.2 Défaut dans le plan de masse

Un défaut dans le plan de masse crée une fente dans le plan de masse de l'antenne pour améliorer performances en termes de bande passante, comme le montre de la figure II-11.

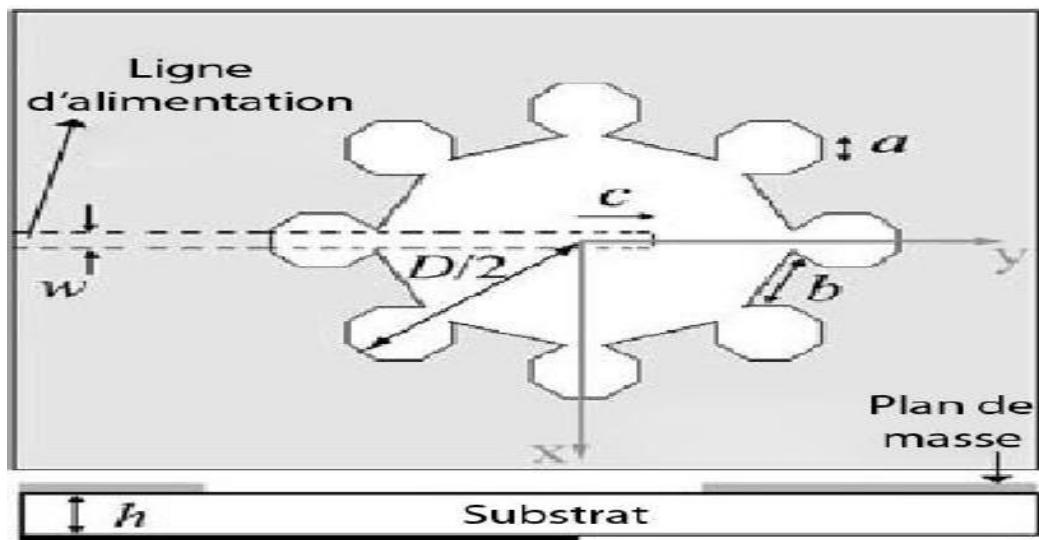


Figure II-11 : Géométrie d'une antenne avec de défaut dans le plan de masse

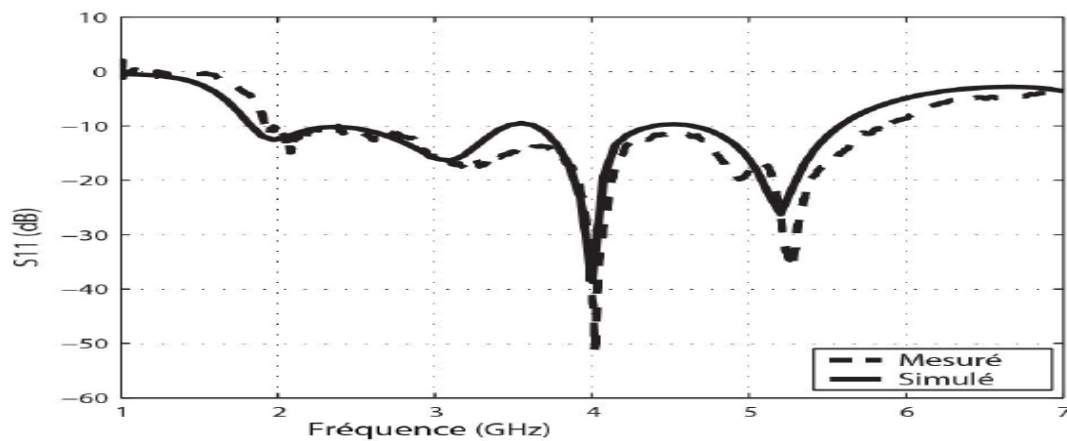


Figure II-12 : Coefficient de réflexion L'antenne avec défaut dans le plan de masse.

II.4 Avantages et inconvénients de la technologie ultra-large bande [10]

II.4.1 Avantages

- ✓ Bonne capacité de pénétration à travers les murs et les obstacles.
- ✓ Réduction des évanouissements causés par les multiples trajets.
- ✓ Possibilité d'une architecture.
- ✓ Meilleure utilisation du spectre, débits plus grands.

II.4.2 Inconvénients

Le principal inconvénient de cette technologie est l'existence d'interférences dues aux fréquences déjà utilisées par d'autres systèmes.

II.5 Application de l'ultra-large bande

La technologie de UWB est utilisée depuis quelque temps déjà dans les applications des radars et elle travaille actuellement sur développement de nouveaux types de systèmes d'imagerie, qui sont dans des situations de crise ou d'opérations de secours.

L'ultra-large bande peut être utilisée dans les domaines de la santé, de la réalité virtuelle et des transports des intellectuels.

Avantage de l'UWB pour la réalité virtuelle, permettre des transferts de données rapides et une meilleure immersion, connectivité fiable, ce qui est essentiel pour une expérience immersive sans décalage ni latence.

Dans d'autres domaines d'application, l'UWB peut également être utilisée pour la connectivité internet des objets.

II.6 Techniques de rejet de bande de fréquence spécifique à partir d'une antenne patch ULB

On utilise les antennes patch ultra-large bande dans les nouveaux systèmes de communications modernes en raison de leur largeur de bande et de leur faible encombrement.

Pourtant, une antenne ULB à bandes rejetées est une antenne ULB combinée avec une structure de rejet de bandes résonantes spécifique qui permet d'éliminer les interférences indésirables. Pour rejeter une bande de fréquence spécifique à partir d'une antenne patch ultra-large band (ULB), on peut utiliser différentes techniques qui sont représentées dans :

II.6.1 Géométrie des fentes

La géométrie des fentes est une technique qui peut être utilisée pour améliorer les Performances des réjections des bandes dans les antennes ULB, ce qui conduit à la répartition du courant. Ils jouent un rôle crucial dans la conception des antennes, qui est de permettre une large bande passante et peut aussi de faire des contrôles sur les propriétés de rayonnement de l'antenne et de s'assurer qu'elle fonctionne correctement, efficacement sur une large gamme de fréquence.

Et dans l'article [11], il est parlé du premier brevet dans ce domaine qui a été déposé par Schantz en 2003, pour une antenne ULB ayant une caractéristique de filtrage obtenue en découpant des formes triangulaires dans l'élément rayonnant. Ils ont proposé plusieurs formes et suggestions pour créer des fonctionnalités de filtrage.

Quelques exemples sur la géométrie des fentes :

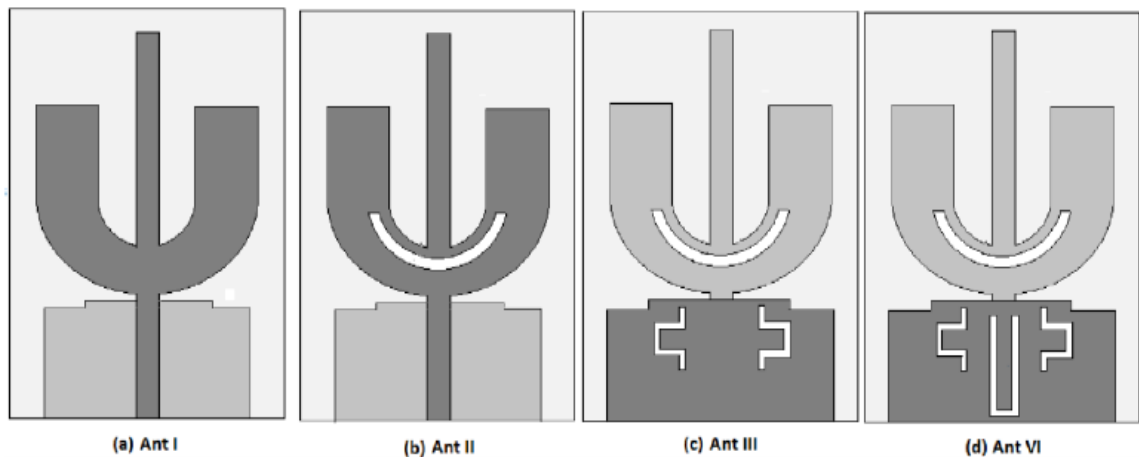


Figure II. 13 : Antenne I : antenne de référence, Antenne II : antenne avec une fente en forme de demi-cercle, Antenne III : antenne avec une fente en forme d'arc et deux fentes DGS en forme de U étendues, Antenne IV : antenne avec une fente en forme d'arc [12].

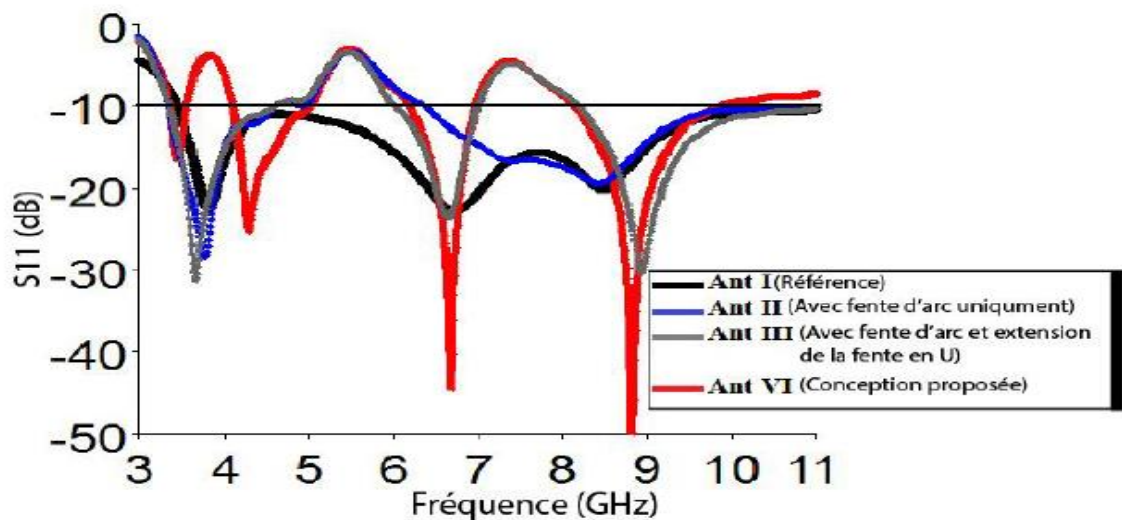


Figure II-14 : La perte de retour simulée pour l'antenne I, II, III et IV[12].

II.6.2 Éléments parasites

Les éléments parasites sont une technique qui peut perturber le fonctionnement optimal des antennes à ultra-large bande, en introduisant là des interférences ou en affectant la directivité du rayonnement. La deuxième technique pour améliorer les performances de filtrage selon le géomètre des fentes. C'est une méthode populaire pour améliorer les capacités de filtrage de l'antenne [13].

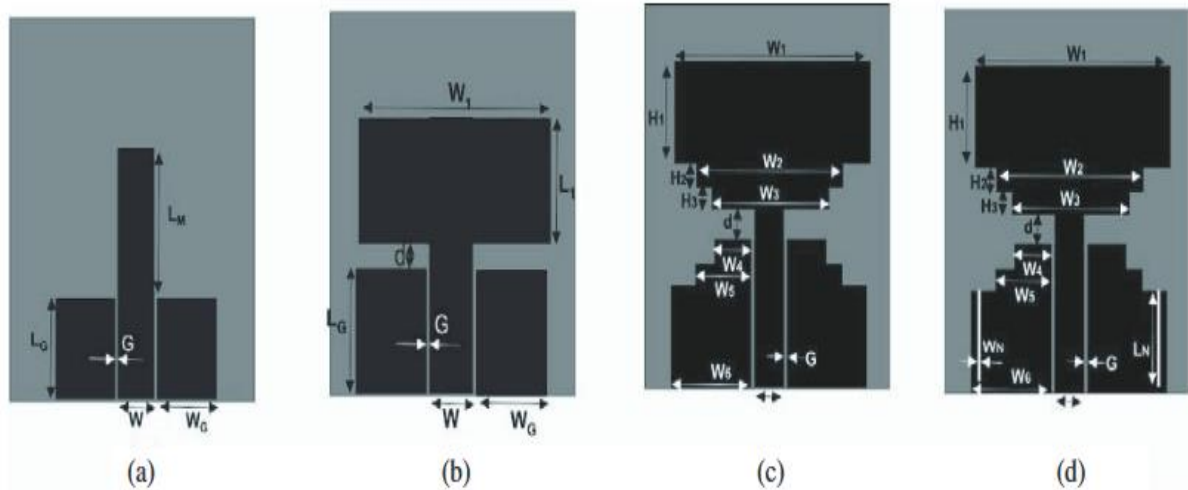


Figure II-15 : Evaluation de l'antenne monopole ULB en forme d'escalier à encoches en bande. (a) Antenne monopole à bande alimentée par FG-CPW. (b) Antenne monopole chargée par le haut. (c) Antenne unipolaire ULB en forme d'escalier. (d) Antenne ULB en forme d'escalier avec encoches et bande.

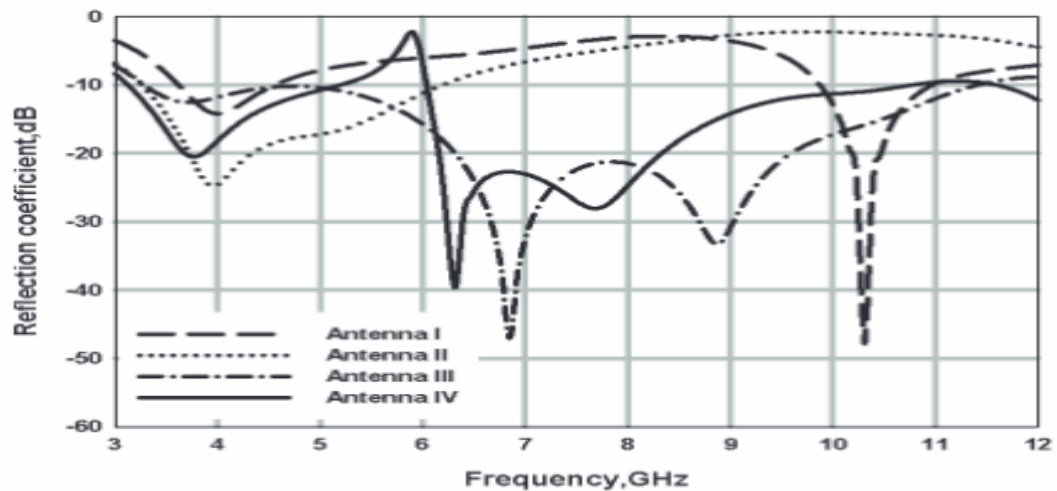


Figure II-16 Coefficients de réflexion simulés des quatre antennes [13].

II.6.3 Intégration des stubs

Cette technique qui travaille sur l'amélioration de ses performances d'antennes, stub est un élément qui est ajouté l'antenne pour ajuster ses caractéristiques électriques, telles que l'impédance ou la résonance. On peut optimiser l'efficacité de l'antenne et minimiser les interférences.

Équipée de deux patches de parasitisme, elle permet d'obtenir un VSWR inférieur à 2 et de rejeter la bande 5,15 à 5,825 GHz conformément aux normes IEEE 802.11a et HYPERPLAN-2 [14].

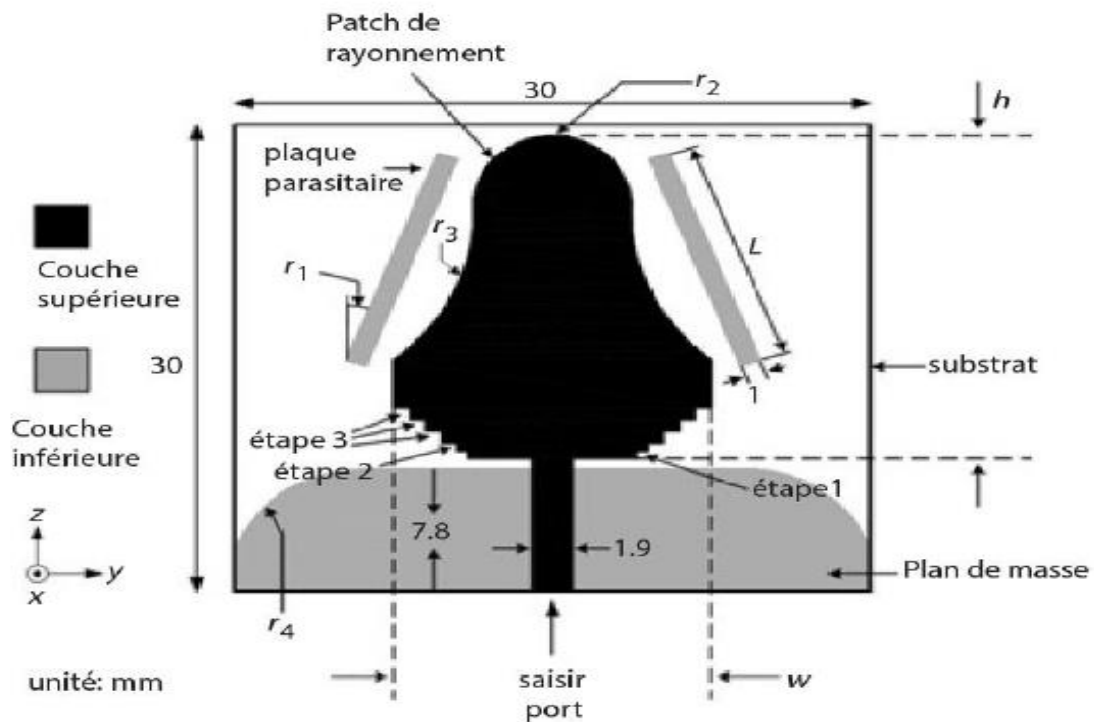


Figure II-17 : géométrie d'une antenne avec intégration des stubs [14].

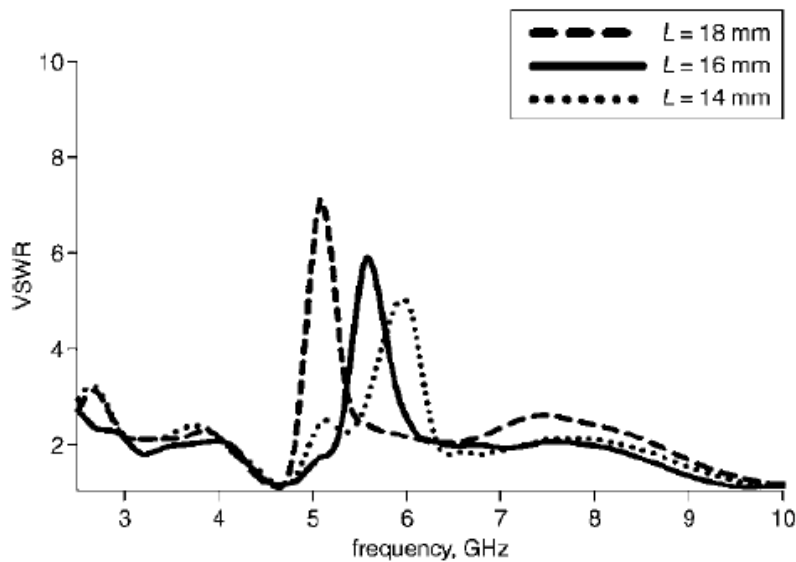


Figure II-18 : Taux de réflexion mesuré pour l'antenne à intégration des stubs en fonction de L [14].

II.6.4 Les SRR

La technique SRR (Slot Resonator Reflectore) est une méthode couramment utilisée dans le domaine conception d'antenne de communication à ultra-large bande(UWB).

Elle implique l'utilisation de la technique SRR pour les appareils pouvant optimiser leur performance. L'antenne présente une bande passante et un rejet de fréquence, mais fournit une bande étroite de fréquence de résonance en fonction des dimensions de la structure résonnante [15].

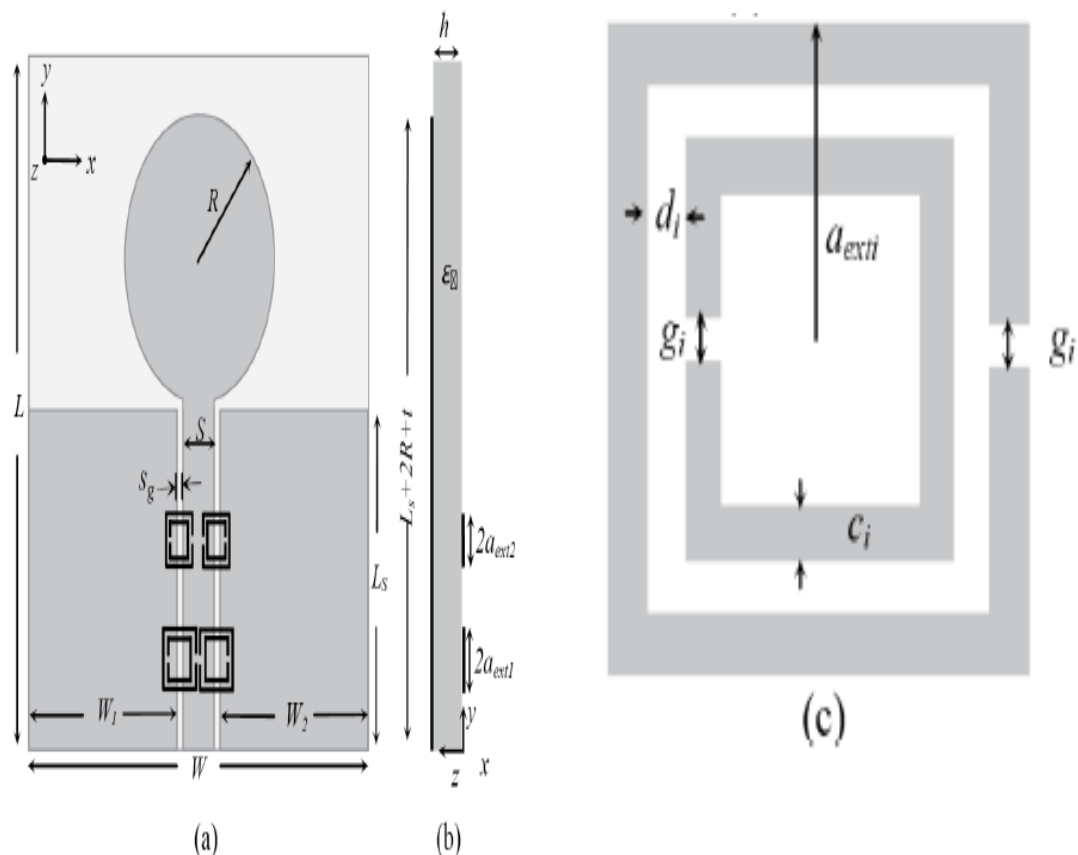


Figure II-19 : Plusieurs schémas liés à un monopole circulaire imprimé et à un Dual SRR (Split Ring Resonator) couplé (a) Schéma d'un monopole circulaire imprimé alimenté par une CPW (Coplanar Waveguide) couplée à un Dual SRR : Vue de dessus avec le SRR imprimé sur le côté arrière. (b) Vue latérale montrant le SRR imprimé séparé de la hauteur de l'alimentation CPW du monopole. (c) Schéma d'une cellule unitaire SRR carrée [15].

Module mesuré du coefficient de réflexion et du gain calibré réalisé dans le plan E (x-y) en fonction de la fréquence pour une antenne monopole circulaire alimentée par CPW (Coplanar Waveguide) chargée avec DF-DSRR qui se présente sur la figure II-22 [16].

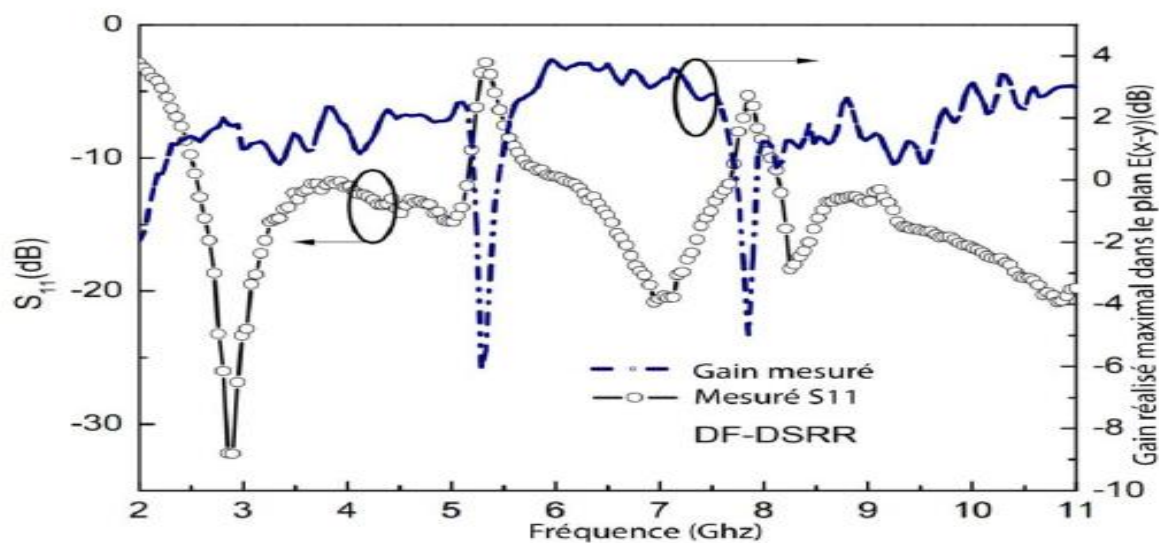


Figure II-20 : Du coefficient de réflexion et du gain calibré dans le plan E (x-y) par (CPW) chargée avec DF-DSRR.

Module mesuré du coefficient de réflexion et gain calibré réalisé correspondant réalisé dans le plan E (x-y) en fonction de la fréquence de l'antenne monopole circulaire alimentée par CPW chargée avec WB-DSRR[16] qui se représente sur la figure II-22.

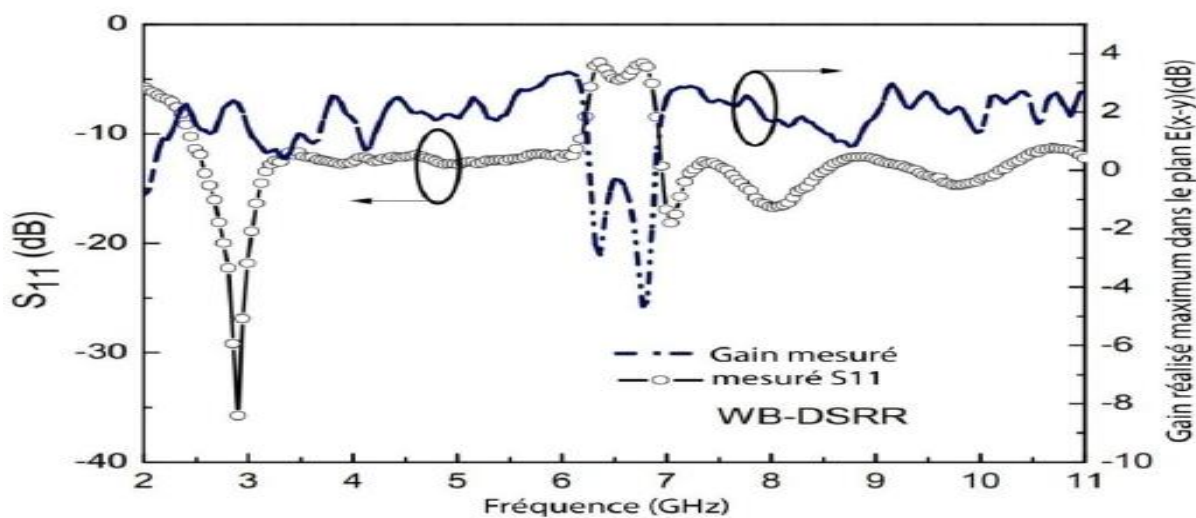


Figure II-21 : Du coefficient de réflexion et du gain calibré dans le plan E (x-y) par (CPW) chargée avec WB-DSRR[16].

II.6.5 Antennes reconfigurables

La dernière technique de pour améliorer les performances de rejet des bandes dans les antennes ULB utilisent la technique des antennes reconfigurables, qui peuvent modifier leur configuration caractéristique de rayonnement, telles que la fréquence de résonance, le diagramme de rayonnement ou la polarisation lequel a besoin de fonctionner.

Les antennes se reconfigurent en modifiant leur configuration pour générer une fonction de filtrage de bande.

Par exemple, les antennes WLAN en mode OFF et en mode ON fonctionne à pleine fréquence de fonctionnement UWB [15].

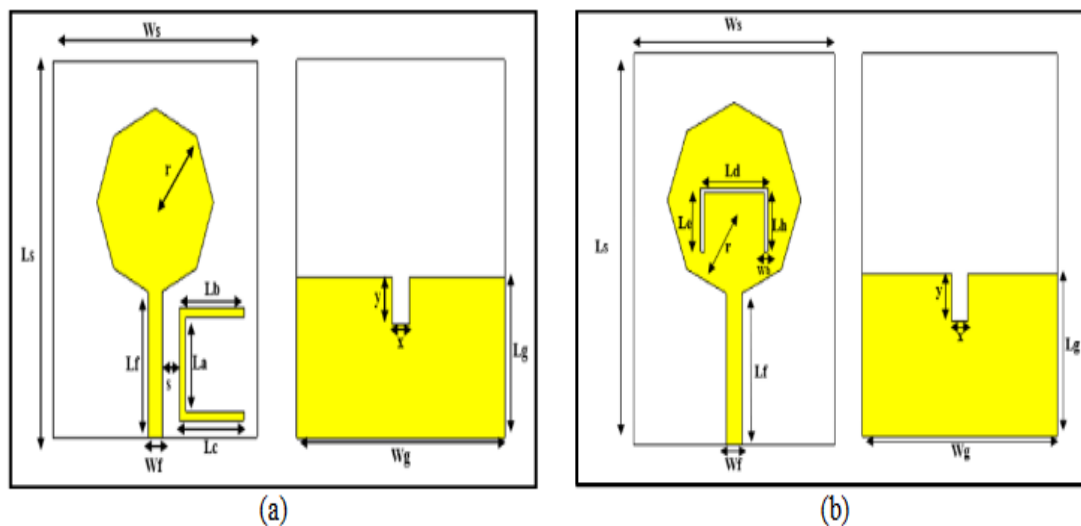


Figure II-22 : La géométrie de l'antenne UWB proposée avec les caractéristiques de réjection de la bande WIMAX (Antenne 1) et WLAN (Antenne 2) [15].

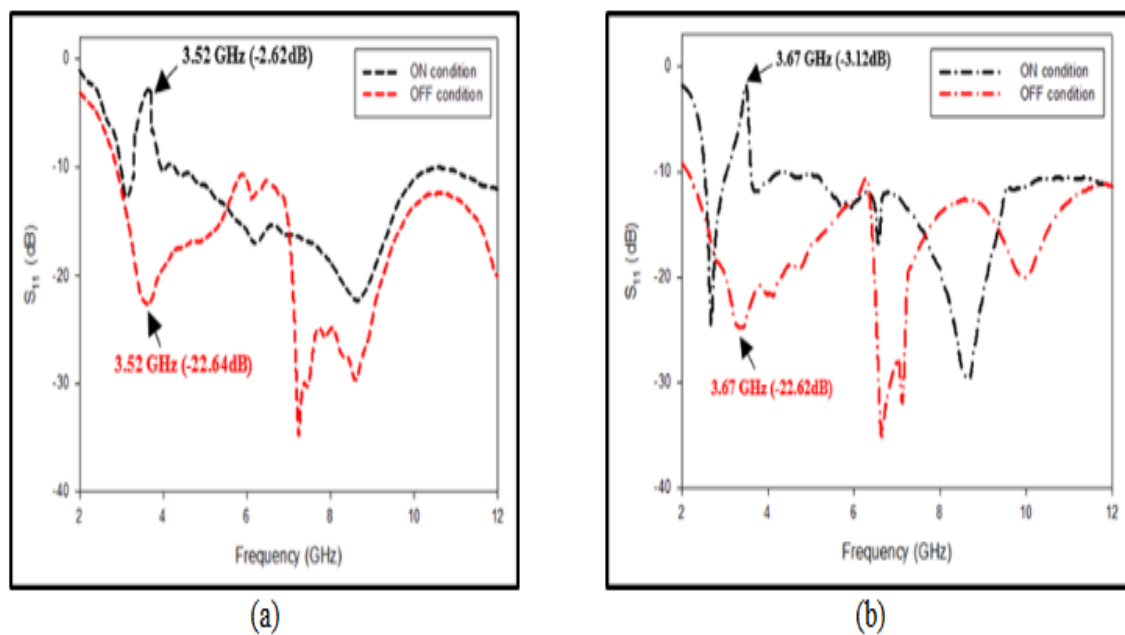


Figure II. 23 : Paramètre S de l'antenne 1 entre (a) simulation et (b) mesure en conditions ON et OFF [15].

II.7 Conclusion

Nous avons conclu dans ce chapitre que la technologie ultra-large bande joue un rôle très important dans le domaine des systèmes de communication sans fil. Nous avons présenté cette technologie, une explication de la façon dont les techniques d'élargissement de la bande passante fonctionnent.

Ensuite, nous avons parlé du domaine d'application de cette technologie avec ses besoins d'alimentation. Avantages et inconvénients.

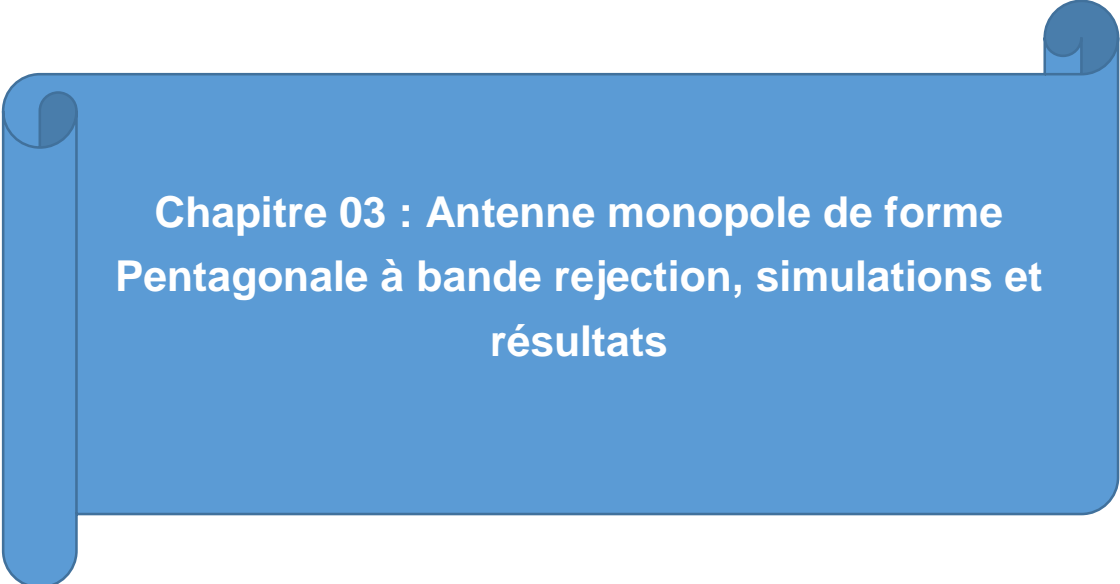
Enfin, nous avons également présenté une antenne patch ULB avec des caractéristiques de rejet de bandes WLAN et WiMax, ainsi que des dimensions optimisées pour garantir une performance de filtrage de bande élevée.

La technologie d'ultra-large bande et les techniques de rejet de bande sont nécessaires dans ce domaine des antennes pour améliorer les performances. La conception d'antennes ULB avec de telles améliorations est essentielle. Les caractéristiques offrent une solution prometteuse pour répondre à ces besoins.

Dans le chapitre qui suit, nous allons pencher sur la partie de simulation et d'optimisation des antennes patch large bande en utilisant des logiciels de simulation CST (Computer Simulation Technology).

Références

- [1] Z.H chen. Antennes for portable devicer John Wiley & sons lid. England.ISBN 978-0-470-03073-8.
- [2] LIU, Neng-Wu, ZHU, Lei, CHOI, Wai-Wa, et al. À low-profile aperture-coupled microstrip antenna with enhanced bandwidth under dual resonance. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2017, vol. 65, no 3, p. 1055-1062
- [3] CHEN, Zhi Ning et CHIA, Michael Yan Wah. Broadband planar antennas: design and applications. John Wiley & Sons, 2006.
- [4] GARG, Ramesh, BHARTIA, Prakash, BAHL, Inder J., et al. Microstrip antenna design handbook. Artech house, 2001.
- [5] MALEKPOOR, Hossein et JAM, Shahrokh. Ultra-wideband shorted patch antennas fed by folded-patch with multi resonances. Progress In Electromagnetics Research B, 2012, vol. 44, p. 309-326.
- [6] KRISHNA, RVS Ram et KUMAR, Raj. A slotted UWB monopole antenna with single port and double ports for dual polarization. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2016, vol. 19, no 1, p. 470-484.
- [7] GUHA, Debatosh et ANTAR, Yahia MM (ed.). Microstrip and printed antennas: new trends, techniques and applications. John Wiley & Sons, 2011.
- [8] YEAP, Kim Ho, LAI, KOON CHUN, LIM, Soo King, et al. Analysis and comparison of wave propagation in microstrip lines and coplanar waveguides. Journal of Engineering Science and Technology, 2017, vol. 12, no 7, p. 1755-1765.
- [9] KOOHESTANI, M., MOGHADASI, M. N., et VIRDEE, B. S. Miniature microstrip-fed ultra-wideband printed monopole antenna with a partial ground plane structure. IET microwaves, antennas & propagation, 2011, vol. 5, no 14, p. 1683-1689
- [10] Junding Zhao, Hao Zhang : 'Ultra wide band printed antenna block satellite and WLAN signals', Microwave & rf, technology editor, 2017
- [11] SCHANTZ, Hans G. et WOLENEC, Glenn P. Ultra wideband antenna having frequency selectivity. U.S. Patent No 6,774,859, 10 août 2004 2
- [12] ELHABCHI, Mourad, SRIFI, Mohamed Nabil, et TOUAHNI, Rajae. A tri-band-notched UWB planar monopole antenna using DGS and semi arc-shaped slot for WiMAX/WLAN/X-band rejection. Progress in electromagnetics research letters, 2017, vol. 70, p. 7-14
- [13] AL-ZAYED, Ayman Sulaiman, AL-BAGLI, Mariam A., et SHAMEENA, Valiyakath Abdul. Design and analysis of a band-notched staircase ultra-wideband antenna. Progress In Electromagnetics Research C, 2017, vol. 75, p. 121-130
- [14] KIM, K. H., CHO, Y. J., HWANG, S. H., et al. Band-notched UWB planar monopole antenna with two parasitic patches. Electronics Letters, 2005, vol. 41, no 14, p. 1.
- [15] MISWADI, N. F. et ALI, M. T. Design of compact reconfigurable UWB antenna with WiMAX and WLAN band rejection. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer science (IJECS), 2020, vol. 17, no 3, p. 1427-1433.
- [16] SIDDIQUI, Jawad Y., SAHA, Chinmoy, et ANTAR, Yahia MM. Compact dual-SRR-loaded UWB monopole antenna with dual frequency and wideband notch characteristics. IEEE antennas and wireless propagation letters, 2014, vol. 14, p. 100-103

A blue graphic element resembling a scroll, with a vertical bar on the left and a horizontal bar on the right, both with rounded ends. The text is centered within the horizontal bar.

**Chapitre 03 : Antenne monopole de forme
Pentagonale à bande rejection, simulations et
résultats**

III.1 Introduction

D'après toutes les études que nous avons réalisées dans les deux premiers chapitres, la présentation théorique a porté sur les antennes monopoles en général ainsi que sur leur importance dans la technologie ultra-large bande (UWB) en communication sans fil. Cette technologie a reçu un large accueil dans le monde depuis que la Fédéral Communications Commission (FCC) a accordé une licence de bande de fréquence de 3,1 GHz à 10,6 GHz pour les applications de communication commerciales en 2002 [1]. Après cela, nous avons discuté des techniques de rejet de bandes de fréquences.

Dans ce chapitre, nous allons simuler et optimiser la conception d'une antenne UWB de forme pentagonale intégrée avec une fente en forme de V modifiée et des structures de bande interdite électromagnétique (EBG) hexagonales, en utilisant un logiciel de simulation tel que CST (Computer Simulation Technology).

D'abord, nous étudierons l'antenne UWB de forme pentagonale sur la bande de fréquence de 3,1 à 10,6 GHz. Ensuite, nous introduirons une fente en V dans l'antenne pour obtenir une réponse dans les bandes de fréquences souhaitées. Enfin, nous ajouterons deux structures EBG hexagonales de chaque côté de la ligne d'alimentation par micro-ruban.

Nous concluons par la simulation de cette antenne UWB en utilisant le logiciel CST (Computer Simulation Technology).

III.2 Antenne patch UWB pentagonale

Les antennes patch UWB de forme pentagonale réalisées comme suit ont un substrat qui est un matériau diélectrique caractérisé par la permittivité (ϵ_r). Ce substrat est la base sur laquelle d'autres couches ou composants sont construits dans un circuit électrique. Pour notre conception, nous utilisons un substrat FR4 à faible coût ($h = 0,8$ mm, $\epsilon_r = 4,3$ et $\tan \delta = 0,02$).

Le deuxième élément est le plan de masse, qui est une couche métallique (couche de référence) ayant les dimensions " L_g " = 18 mm et " W_g " = 33 mm. La séparation horizontale entre le patch et le plan de masse (p) est prise égale à 1 mm. Au-dessus du substrat, nous ajoutons une antenne patch en forme de pentagone ayant une longueur de côté " s " = 10,5 mm, sélectionnée de telle sorte que sa fréquence de mode TM₁₁ fondamentale soit d'environ 2,7 GHz, tandis que la fréquence de bord de bande inférieure est d'environ 2,92 GHz.

Enfin, nous créons une ligne d'alimentation micro-ruban avec une largeur $W_f = 1,9$ mm et une longueur égale à $L_g + p$.

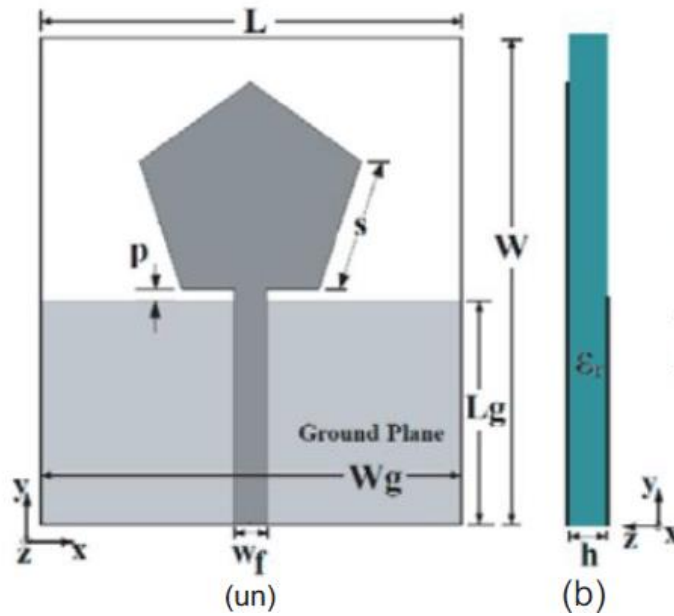


Figure III-1 : (un) L'antenne UWB de forme pentagonale et (b) l'épaisseur du substrat [2].

Les caractéristiques géométriques de l'antenne sont répertoriées dans le tableau ci-dessus :

Paramètres	L	W	Lg	Wg	Wf	Zsub	Zgrud , Zpent Zmicr
Valeur (mm)	38.5	33	18	33	1.9	0.8	0.035

Tableau III. 1 : Caractéristiques géométriques de l'antenne UWB.

En utilisant le logiciel CST, nous avons créé l'antenne ULB avec les étapes de conception qui sont présentées dans les annexes.

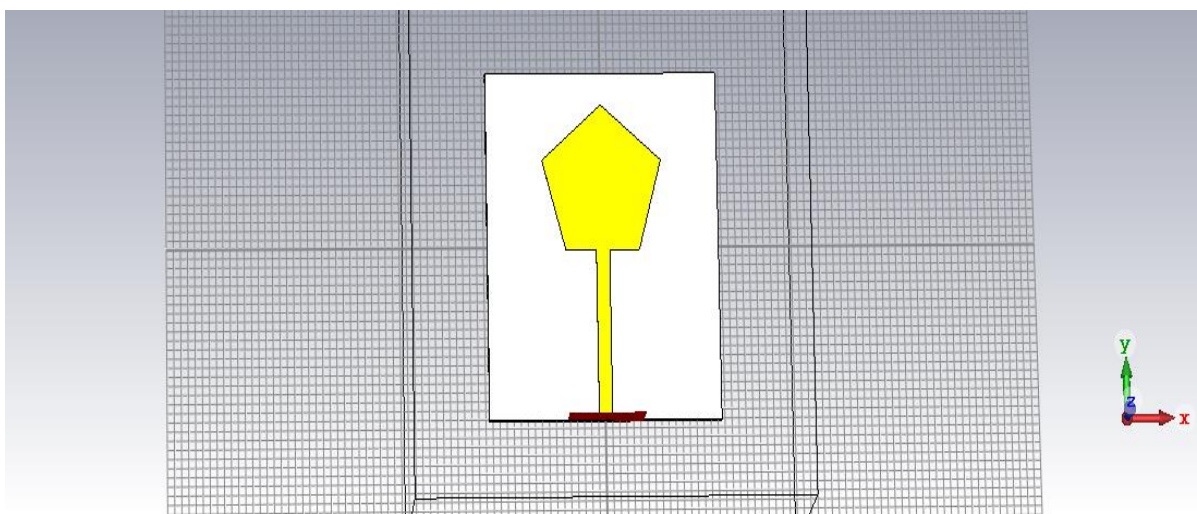


Figure III-2 : vue de face avant antenne sous CST.

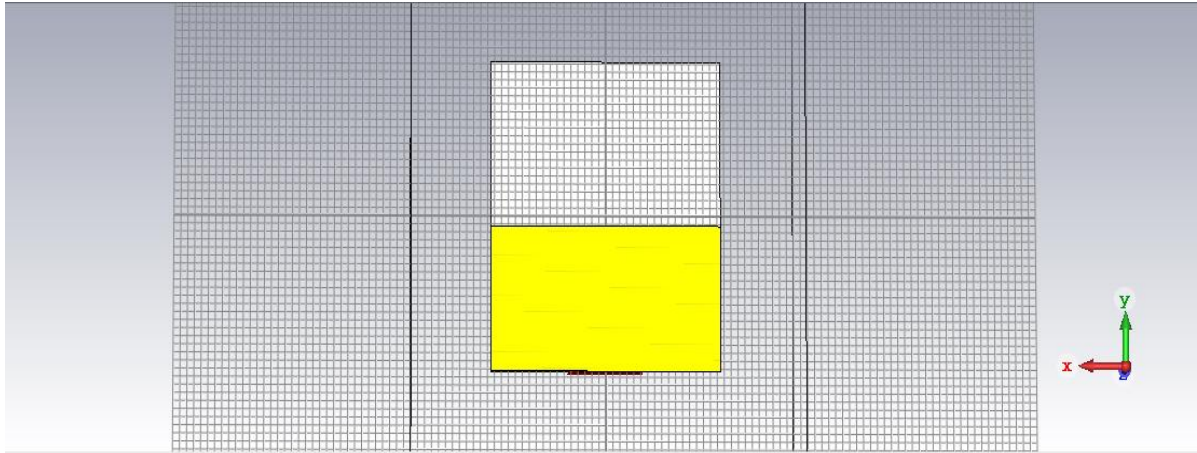
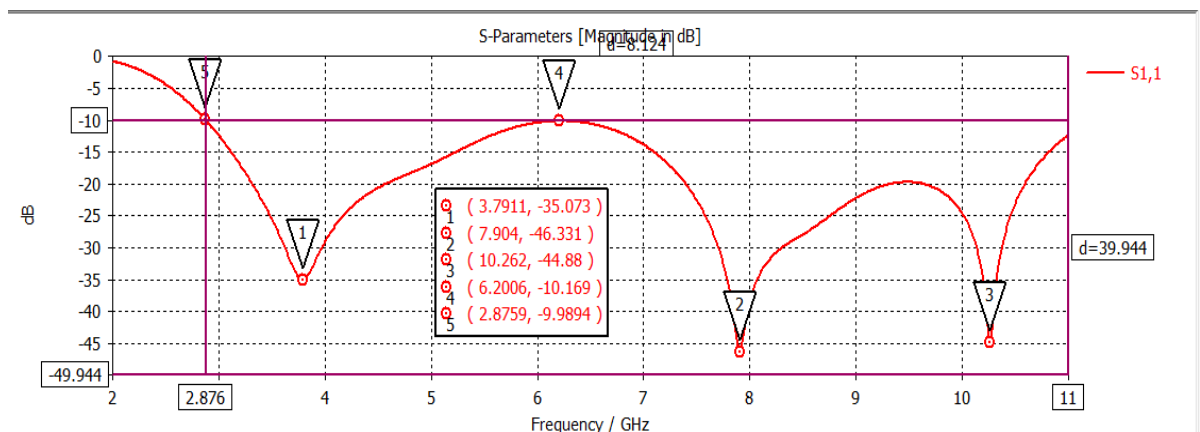


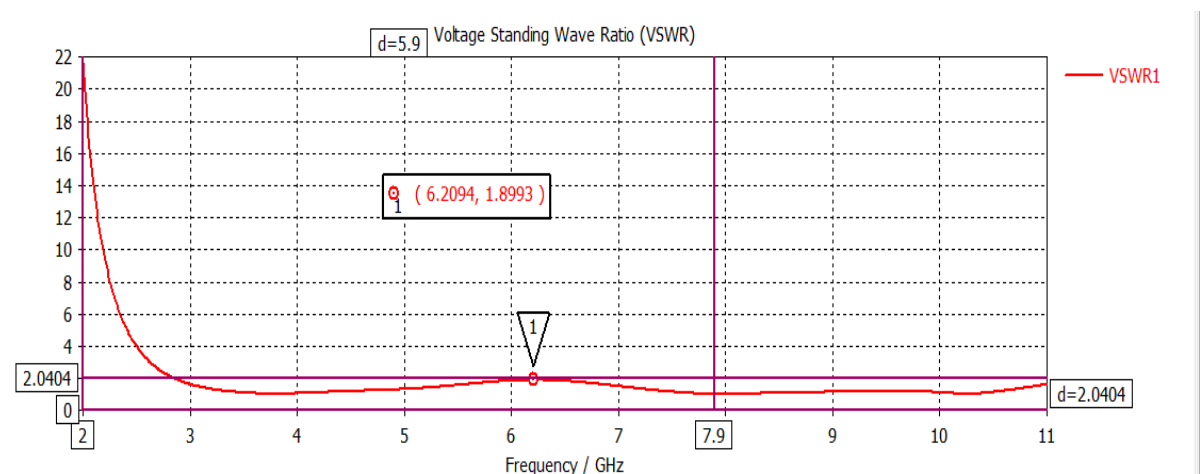
Figure III-3 : vue de face arrière de l'antenne sous CST.

III.2.1 Coefficient de réflexion (S_{11}) et taux d'onde stationnaire

Les figures III.4 présentent respectivement le coefficient de réflexion (S_{11}) et le taux d'onde stationnaire (VSWR) en fonction de la fréquence obtenue.



(a)

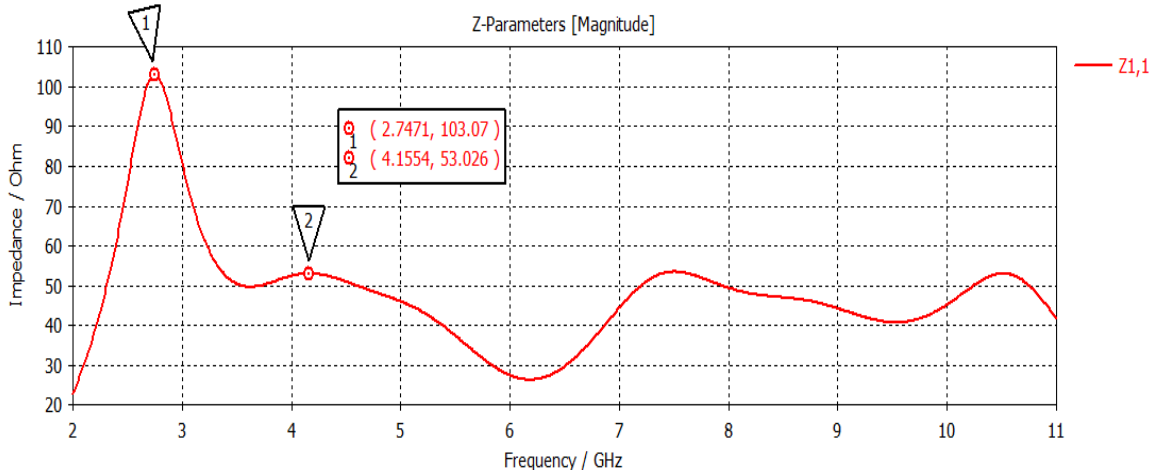


(b)

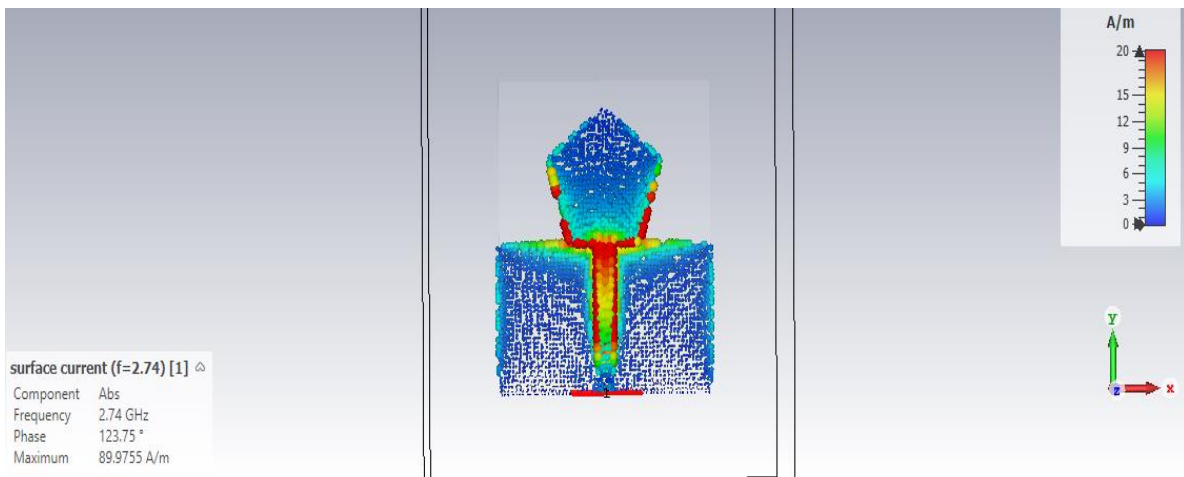
Figure III. 4 (a) Représente le coefficient de réflexion, (b) VSWR en fonction de la fréquence en (GHz).

On remarque dans la figure III-4 (a) que la bonne adaptation est sur tout l'intervalle de fréquence à partir de 2.9 GHz et est supérieur à la fréquence 11GHz. $S_{11} < -42.72$ dB.

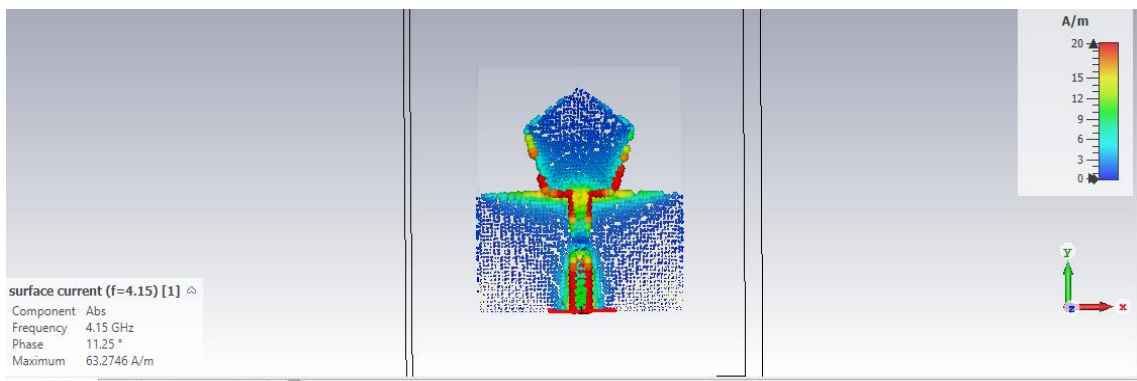
Le taux d'onde stationnaire inférieur à 2 a partie 2.9 GHz, (VSWR) <1.01 à $f=7.90$.



(a)



(b) $f_{TM11}=2.74$ GHz.



(c) $f_{TM21}=4.15$ GHz.

Figure III-5 : (a) Tracés de distribution de courant pour les modes f_{TM11} et f_{TM21} , (b) f_{TM11} et (c) f_{TM21} .

On remarque, d'après la figure III-5, la distribution du courant de surface sur l'antenne pentagonale. Pour la fréquence $f_{TM11} = 2,74$ GHz, le courant est principalement concentré à l'intérieur de la ligne de micro-ruban et sur les côtés du pentagone. En revanche, pour la fréquence $f_{TM21} = 4,15$ GHz, le courant se répartit sur les côtés de la ligne de micro-ruban et également sur l'ensemble de la surface pentagonale.

III.2.2 Étude paramétrique

Pour optimiser les performances de l'antenne précédente, une étude paramétrique a été réalisée pour différentes longueurs de côté de l'antenne pentagonale avec $s = \{8 ; 10,5 ; 13\}$ mm. Une étude paramétrique a également été réalisée pour l'antenne circulaire avec des rayons $R_c = \{5,25 ; 7,78 ; 9,68\}$ mm. Les résultats obtenus sont les suivants :

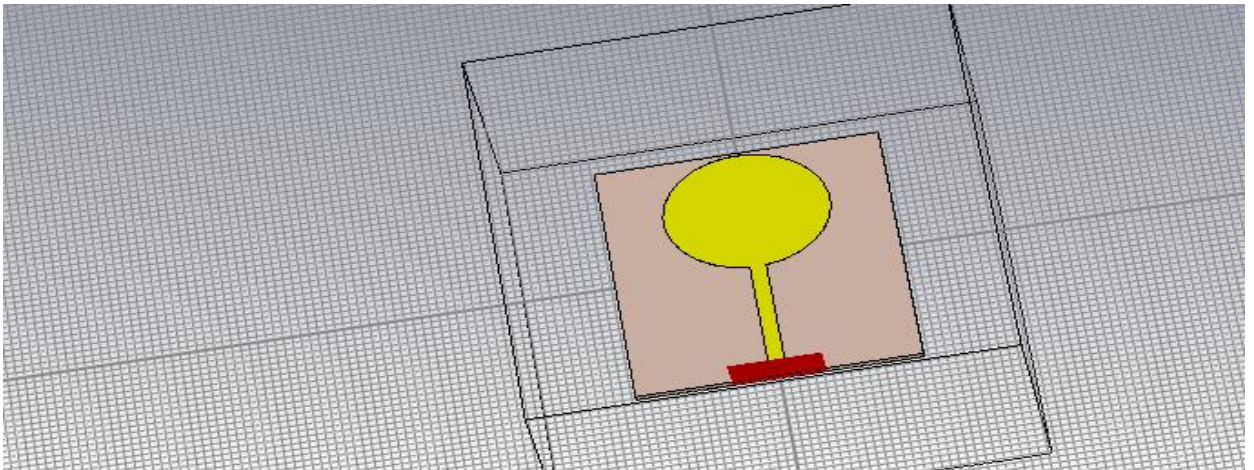
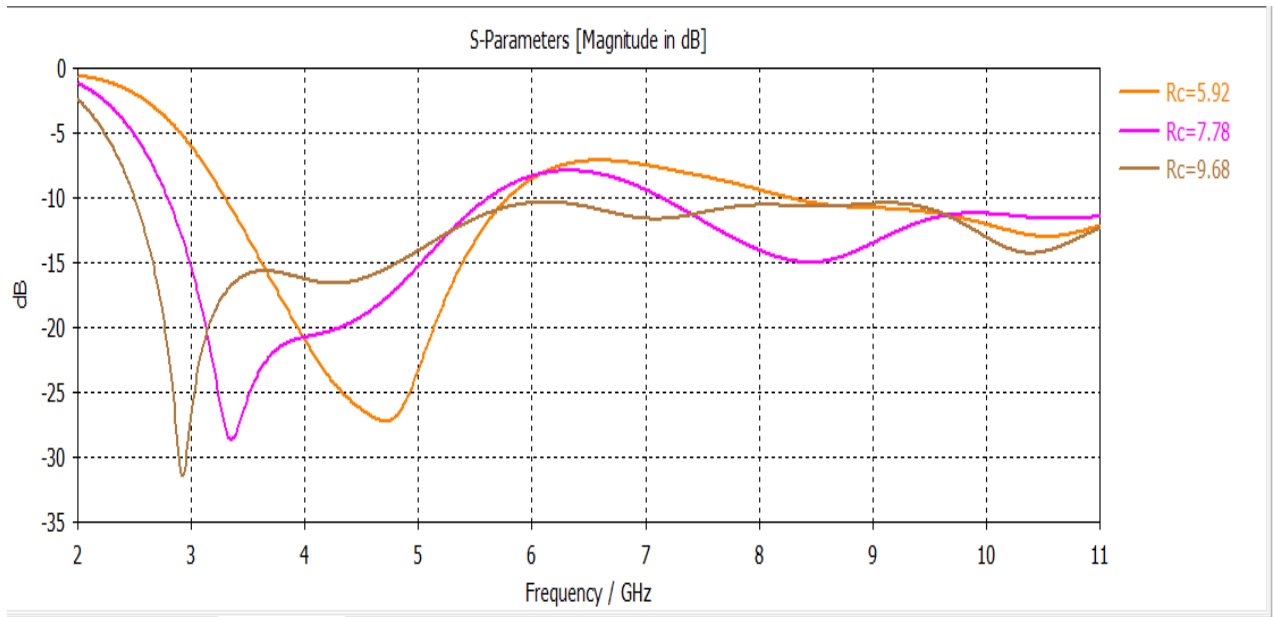
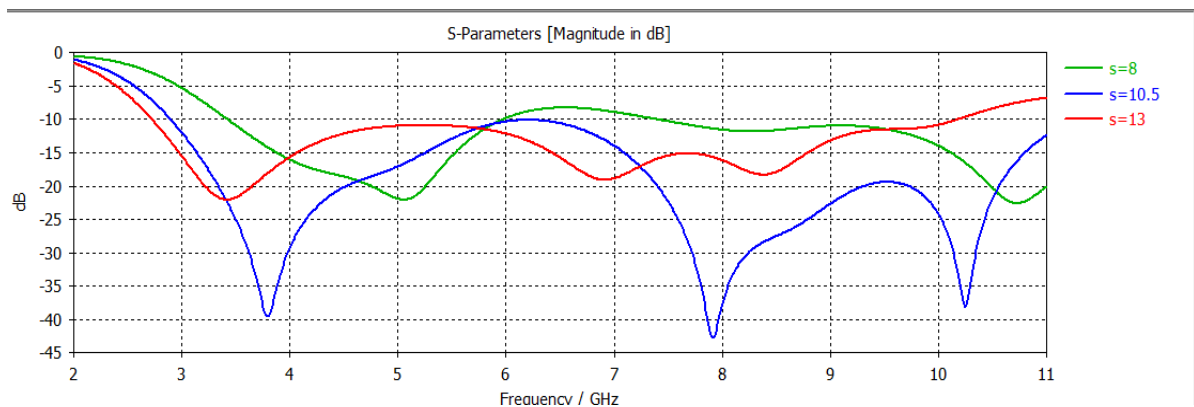


Figure III-6 : l'antenne UWB de forme circulaire

Coefficient de réflexion (S_{11}) et taux d'onde stationnaire



(a)



(b)

Figure III-7 (a) : Courbes de résonance simulées pour différentes dimensions de patch dans l'antenne circulaire « Rc » et (b) pour l'antenne unipolaire pentagonale imprimée « s ».

On remarque que lorsque l'on augmente la longueur du côté « s » pour l'antenne patch de forme pentagonale ou le rayon « Rc » pour l'antenne patch de forme circulaire, cela permet d'améliorer significativement la réception et de garantir une performance optimale.

Il est évident que les effets de « s » sur les longueurs des côtés de l'antenne pentagonale sont très efficaces, ce qui confère à cette antenne de meilleures propriétés de rayonnement par rapport à l'antenne circulaire.

III.3 Antenne UWB à double bande de forme pentagonale

Dans cette partie, nous allons reconfigurer l'antenne patch de forme pentagonale en modifiant la fente en forme de V pour ajuster la répartition du courant de surface, particulièrement pour le mode TM₂₁, afin d'améliorer sa réponse dans la plage inférieure de fréquences.

Pour étudier les effets paramétriques de la fente en forme de V modifiée, nous utilisons une longueur horizontale de fente notée « L_h » et une longueur inclinée notée « L_v ». La longueur totale de la fente est $L_h + 2 * L_v = L_s$. Après avoir choisi la position de la fente, nous avons obtenu les résultats suivants :

Les caractéristiques géométriques des fentes L_v sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

L _v	L _h	Wa	A
0-8-9-10 mm	6 mm	3 mm	0.25 mm

Tableau III. 2 : Caractéristiques géométriques des fentes L_v.

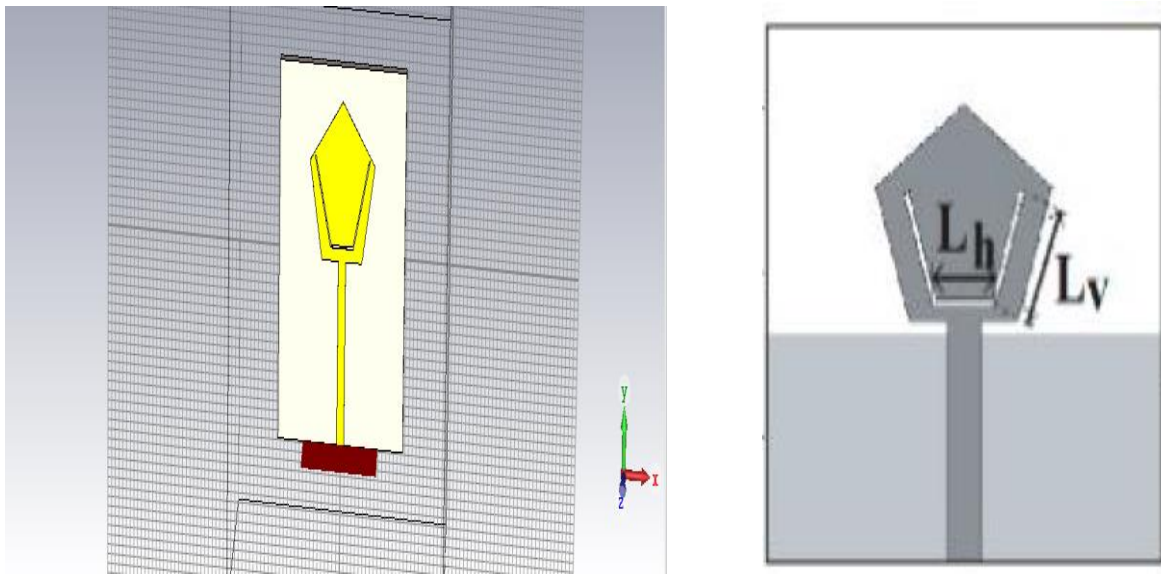


Figure III-8 : Courbes de résonance simulées pour différentes longueurs de fentes L_v

Coefficient de réflexion (S₁₁) et taux d'onde stationnaire

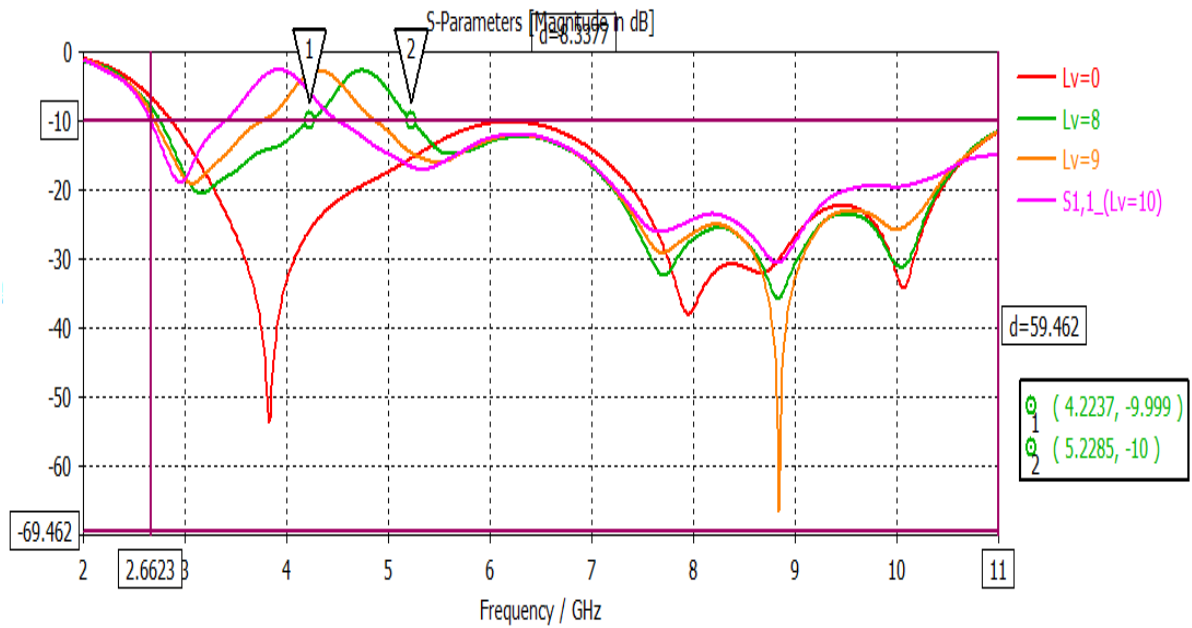
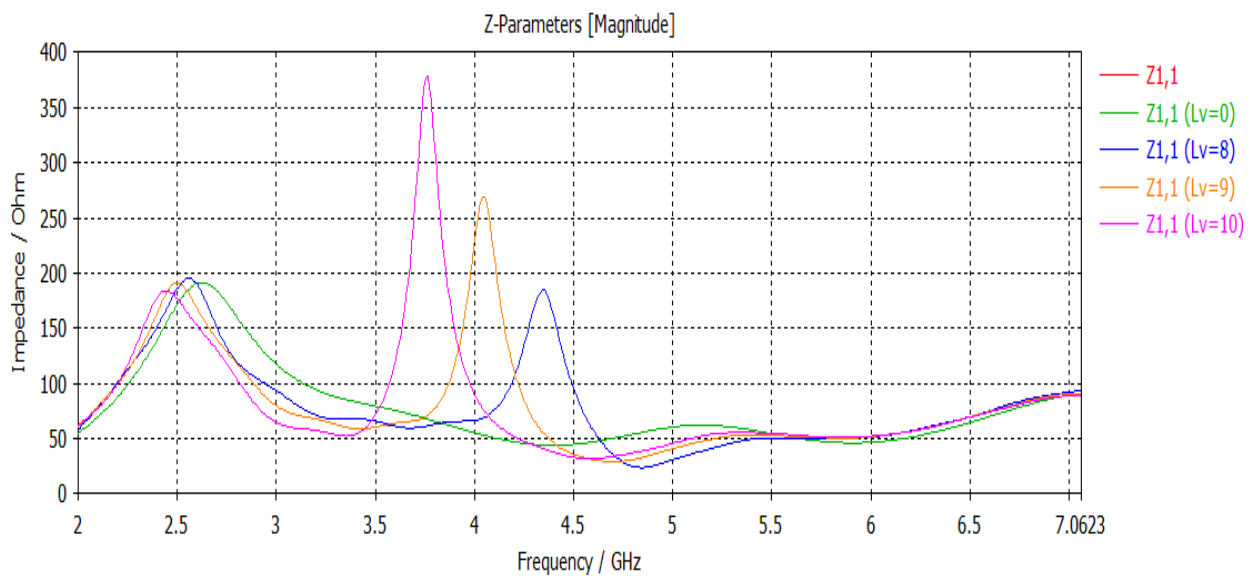


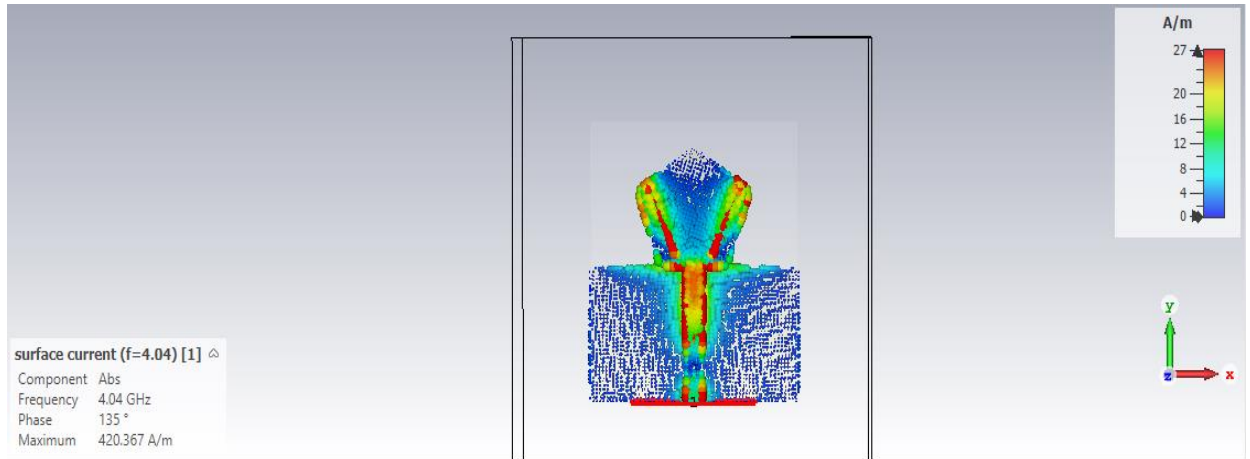
Figure III-9 : courbes de résonance simulées pour différentes longueurs de fente L_v .

On remarque que lorsque la dimension de la fente L_v augmente, la fréquence de résonance diminue. En même temps, cela crée une bande de rejet.

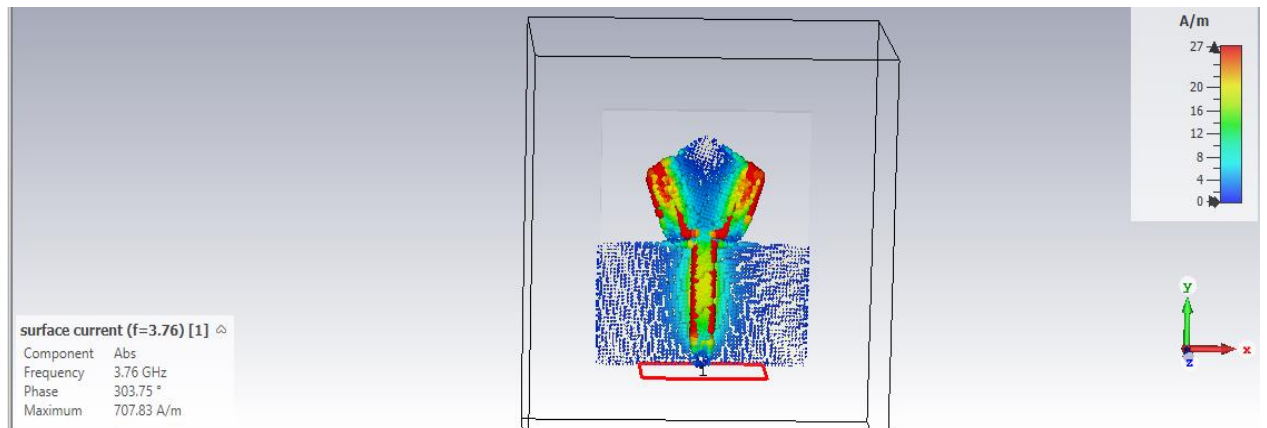
Les courbes de résonance simulées et les tracés S_{11} pour différentes longueurs d'inclinaison de la fente L_v , avec une longueur de fente horizontale $L_h = 6$ mm et $L_v = 9$ mm, sont représentés sur la figure III-10 (c). Pour $L_v = 10$ mm, ils sont représentés sur la figure III-10 (d). Les distributions de courant scalaire et vectoriel à la fréquence TM_{21} sont également tracées.



(a)



(b) $f_{TM11}=4.04$ GHz.



(c) $f_{TM21}= 4.32$ GHz

Figure III-10. (a) Courbe de Tracés de distribution de courant aux fréquences TM_{21} pour une longueur de fente $L_h = 6$ mm, et (b) $L_v = 9$ mm, (c) $L_v = 10$ mm.

Les caractéristiques de la bande de rejet actuelles dans le patch en mode TM_{21} sont affichées sur la figure III-10 (b), où l'impédance d'entrée du mode TM_{21} augmente au-delà de 200Ω , entraînant une diminution significative de sa fréquence de résonance. Cependant, la fréquence du mode de résonance TM_{11} du patch reste inchangée, car les courants sont principalement parallèles à la fente en forme de V modifiée.

Comme illustré sur la figure III-10 (b), pour une plage de fréquences de 3,75 à 4,87 GHz, une longueur de fente inclinée L_v de 9 mm, correspondant à une longueur totale L_s de 24 mm, produit une perte de réflexion simulée supérieure à -10 dB. La bande de fréquence de la bande de rejet s'étend de 3,38 à 4,50 GHz lorsque la longueur de la fente inclinée L_v est augmentée à 10 mm, correspondant à une longueur totale L_s de 26 mm.

Ainsi, en modifiant la longueur de la fente L_v , il est possible d'ajuster la bande de rejet. Les figures III-10 (b) et (c) montrent les distributions de courant de surface dans l'antenne pour

$L_v = 9$ mm et 10 mm, aux fréquences de résonance de 3,96 GHz et 4,2 GHz respectivement pour le mode TM₂₁. À la fréquence de résonance du mode TM₂₁, la fente modifiée en forme de V présente un maximum de densité de courant.

Pour réduire davantage les interférences avec les bandes WLAN, des structures EBG de forme hexagonale mesurant 8 mm sont intégrées.

III.4 Les structures de EBG

La technologie EBG (Electromagnetic Band Gap, Bande Interdite Électromagnétique en français) a attiré beaucoup d'attention au cours des dix dernières années pour ses propriétés de passe-bande et de rejet de groupe à des fréquences spécifiques en micro-ondes. Les performances des antennes et des circuits micro-rubans peuvent être améliorées en utilisant cette technologie en raison de ses propriétés uniques [3-4]. L'application de la technologie EBG améliore des caractéristiques telles que le gain et l'efficacité du rayonnement des antennes [5]. Les structures EBG agissent comme des filtres en bloquant certaines fréquences tout en permettant le passage d'autres fréquences spécifiques.

Les structures EBG 2D consistent en un réseau de bâtonnets disposés dans une cellule élémentaire pouvant être de forme carrée, rectangulaire, triangulaire ou hexagonale. Ces structures peuvent être métalliques ou diélectriques.

III.4.1 La structure de EBG hexagonale

La cellule unitaire hexagonale est simulée dans le mode propre de CST2019 [2]. Les cellules EBG avec des surfaces et des largeurs d'écartement uniformes sont prises en considération. L'effet de la largeur de l'intervalle sur les caractéristiques de réjection et de bande est exploré, avec une attention particulière portée aux formes fractales [6]. La largeur de l'entrefer joue un rôle crucial dans la capacité et la bande passante de la structure EBG [6]. Les structures EBG hexagonales montrent une disposition régulière entre les cellules voisines, comme illustré dans la figure [6].

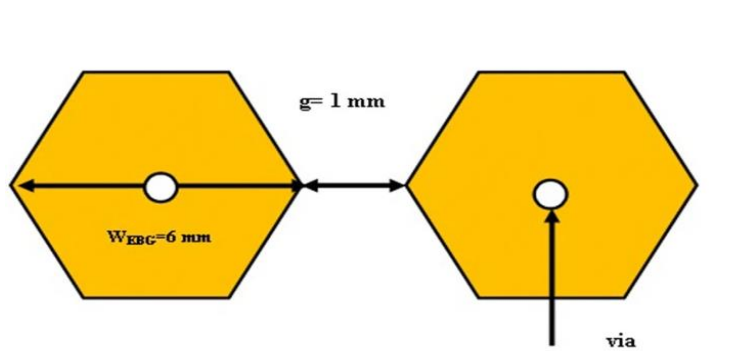
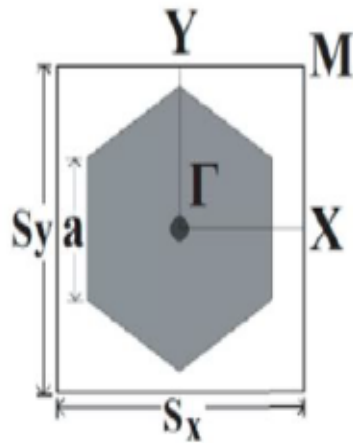


Figure III-11 : dimensions d'une cellule unitaire hexagonale pour l'analyse d'Eigen [6]

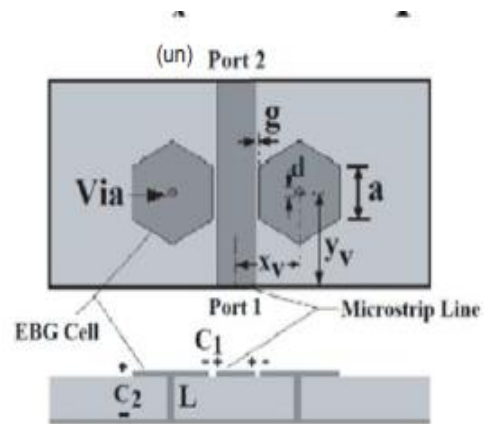
Afin de minimiser les interférences avec les bandes WLAN, des structures EBG de forme hexagonale sont positionnées à proximité immédiate d'une ligne d'alimentation micro-ruban, avec une largeur V ajustée à la fréquence de résonance du mode correspondant.

III.4.2 Étude paramétrique

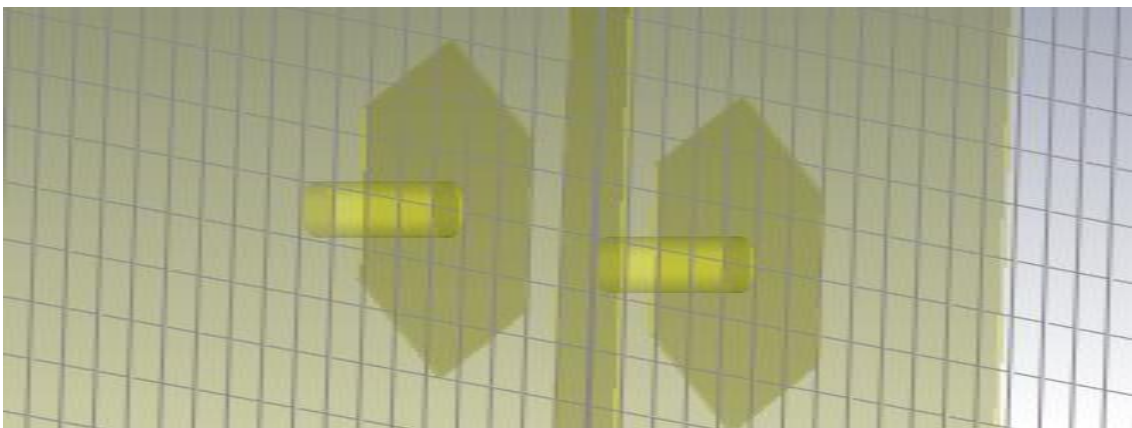
Les valeurs suivantes sont utilisées pour calculer les paramètres de la cellule unitaire : le diamètre de chaque via (d) est de 0,5 mm, le côté de la pastille hexagonale (a) est de 3 mm, et la constante diélectrique du substrat (ϵ_r). La bande interdite pour la structure EBG en forme d'hexagone est visible dans le nuage de points. Avec une fréquence centrale de $f_c = 5,88$ GHz, la bande interdite, ou zone grise, est observée entre les modes 1 et 2, avec une fréquence de coupure supérieure de $f_h = 7,1$ GHz et une fréquence de coupure inférieure de $f_l = 6,56$ GHz. Le mécanisme de la structure EBG couplée à une ligne d'alimentation micro-ruban est expliqué par la géométrie des structures EBG et le modèle de circuit équivalent basé sur le résonateur LC, modifié pour le mode TM₂₁.



(a)



(b)



(c)

Figure III-12 : (a) Structure de la cellule unitaire de la bande interdite électromagnétique hexagonale [2], (b) structure EBG utilisée à proximité de la ligne micro-ruban [2], et (c) géométrie du via à double encoche de bande.

« C2 » représente la capacité entre le patch EBG et le plan de masse, tandis que « C1 » est la capacité de bord entre le patch EBG et la ligne micro-ruban. En raison du courant circulant dans le via, une inductance « L » est également présente. Des études paramétriques ont été menées pour analyser l'impact des paramètres importants de la structure EBG sur ses caractéristiques de bande interdite. Une augmentation du diamètre du via entraîne une diminution de l'inductance associée au via, augmentant ainsi la fréquence centrale de la bande de rejet.

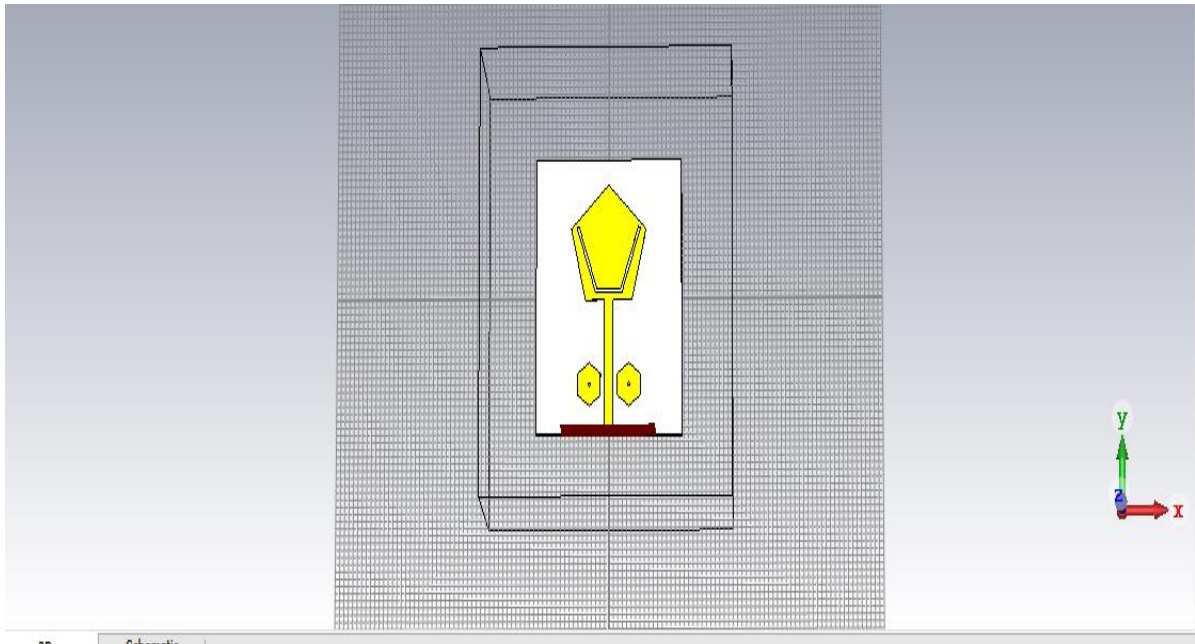
Nous avons également simulé et étudié l'effet du déplacement des vias dans les directions horizontale et verticale sur l'amplitude S11 [2]. L'effet de la variation le long de la direction verticale (Y_v) est tracé sur la figure 12(c) pour une position horizontale fixe à « X_v » = 4,5 mm. En déplaçant les vias du point le plus bas ($Y_v = 4,3$ mm) au point le plus élevé ($Y_v = 9,75$ mm) dans la structure hexagonale EBG, la fréquence centrale de la bande de rejet augmente d'abord jusqu'à atteindre une position centrale ($Y_v = 7$ mm), puis diminue. Il est cependant important de noter qu'une légère inadéquation d'impédance se produit dans la plage de fréquences de 7 à 7,8 GHz, à l'exception de la position centrale des vias ($X_v = 4,5$ mm, $Y_v = 7$ mm). Ainsi, « Y_v » = 7 mm est identifiée comme la position verticale optimale pour le via.

En déplaçant horizontalement les vias par rapport à la ligne d'alimentation ($X_v = 2,5$ à 6,8 mm), la fréquence centrale de la bande de rejet augmente initialement jusqu'à atteindre la position centrale ($X_v = 4,5$ mm).

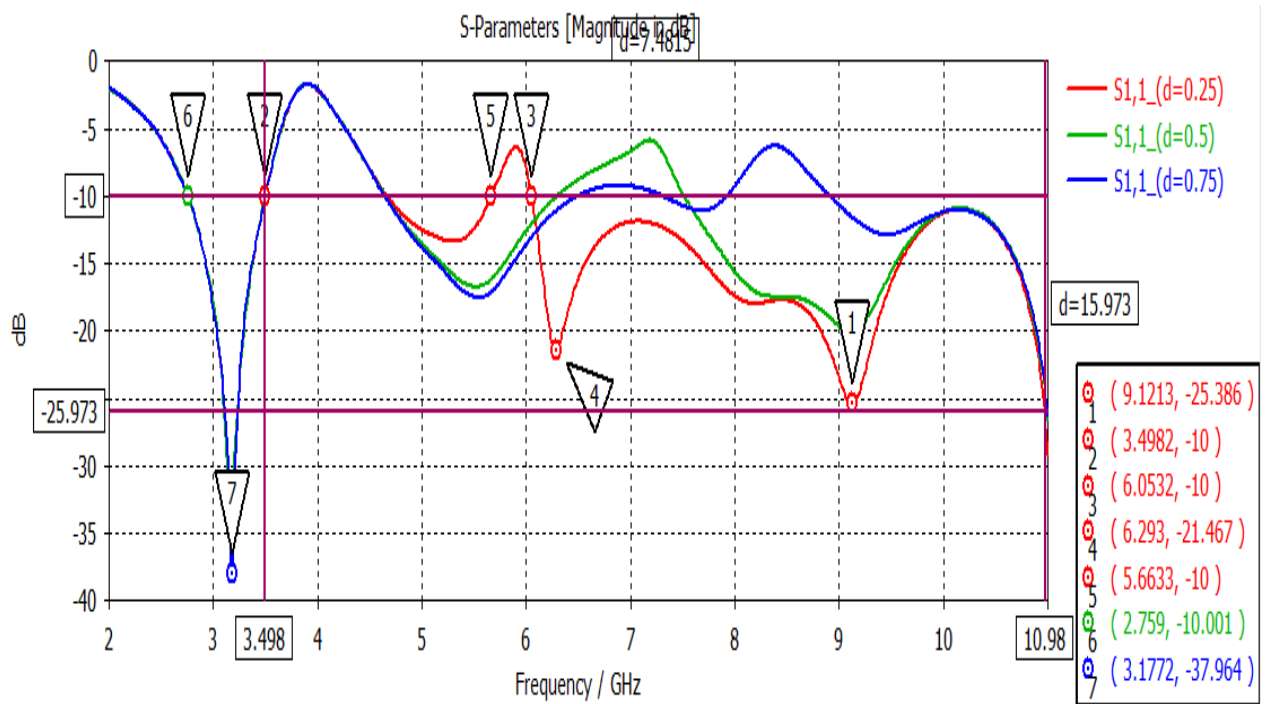
Les caractéristiques géométriques détaillées des structures EBG sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	D	x	Hexg	Yv	Xv
Valeur (mm)	(0.25, 0.5, 0.75) mm	3mm	0.035mm	(4.3, 7, 5.6, 9.75) mm	(2.5, 3.4, 4.5, 6.8) mm

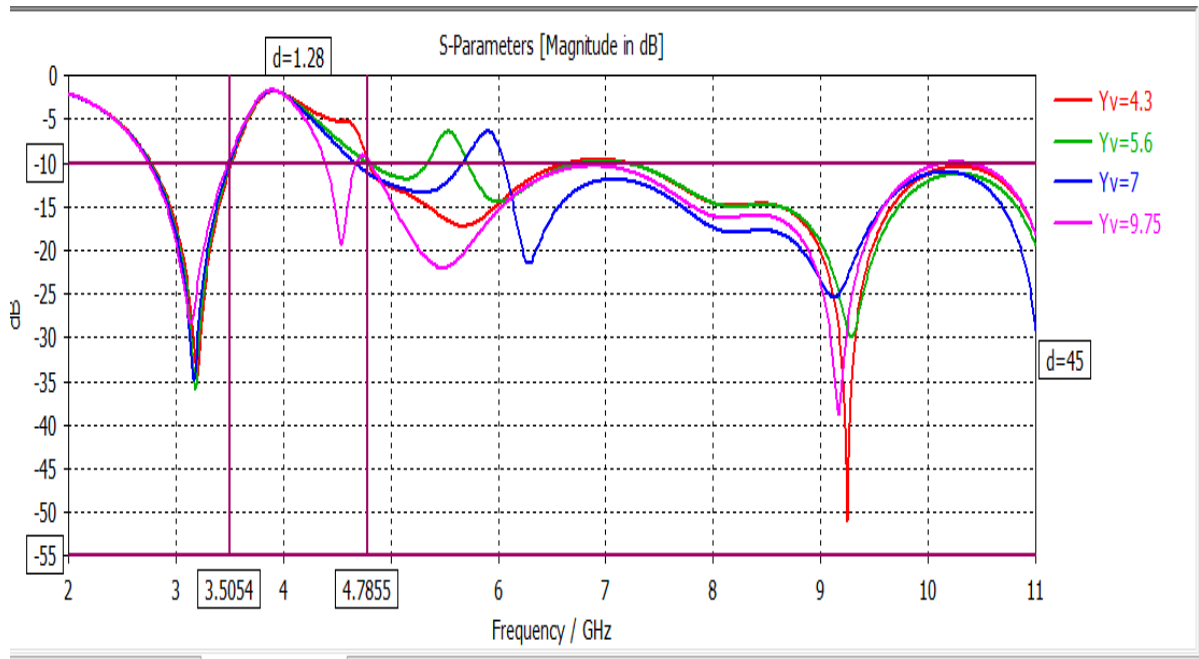
Tableau III. 3 : caractéristiques géométriques des structures EBG.



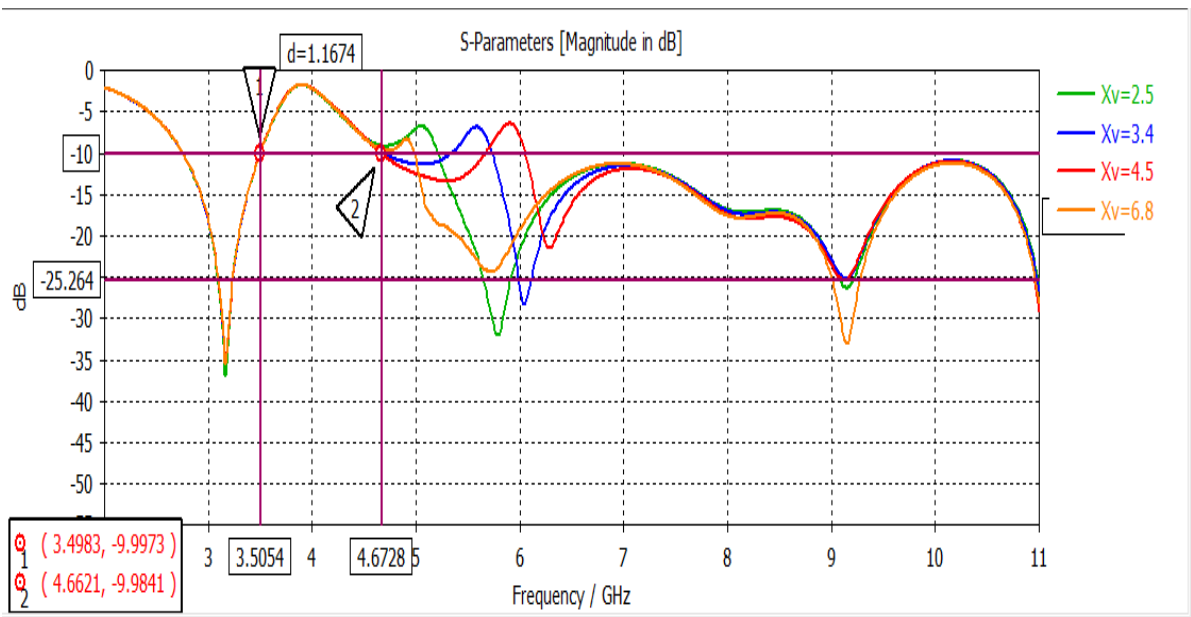
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure III-13 : (a) Géométrie de l'antenne à double encoche de bande,

(b) Graphique de la magnitude simulée de S11 pour la variation du diamètre du via avec un emplacement fixe à $x_v = 4,5$ mm, $y_v = 7$ mm.

(c) Variation de l'emplacement y_v du via pour une valeur fixe de $x_v = 4,5$ mm et $d = 0,5$ mm.

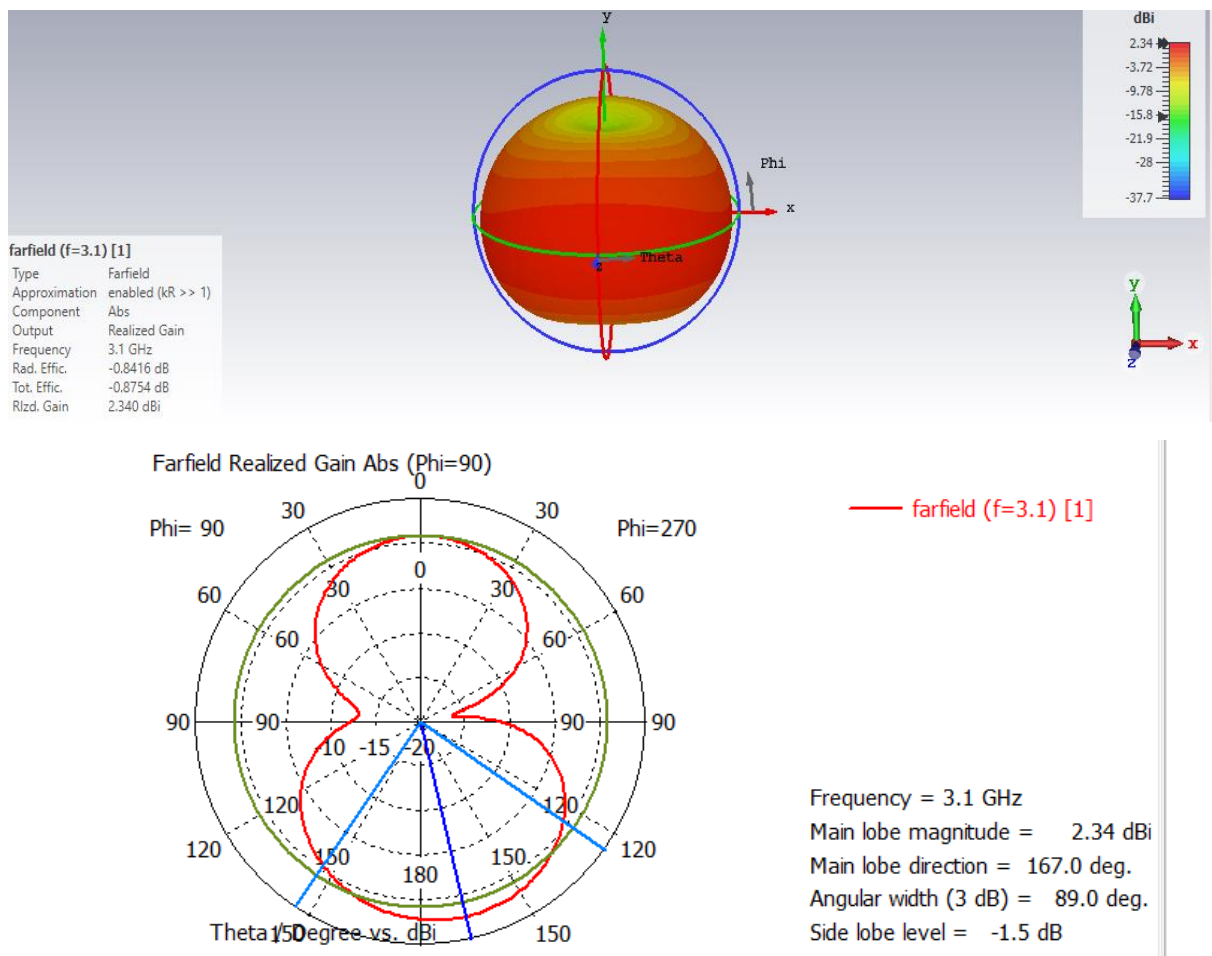
(d) Variation de l'emplacement x_v du via pour une valeur fixe de $y_v = 7$ mm et $d = 0,5$ mm.

Dans la figure III-13 (b), on observe comment la bande passante de la réponse en fréquence de l'encoche se multiplie à mesure que le diamètre « d » du via augmente.

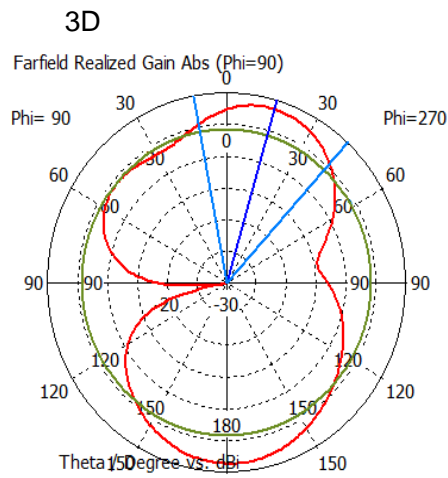
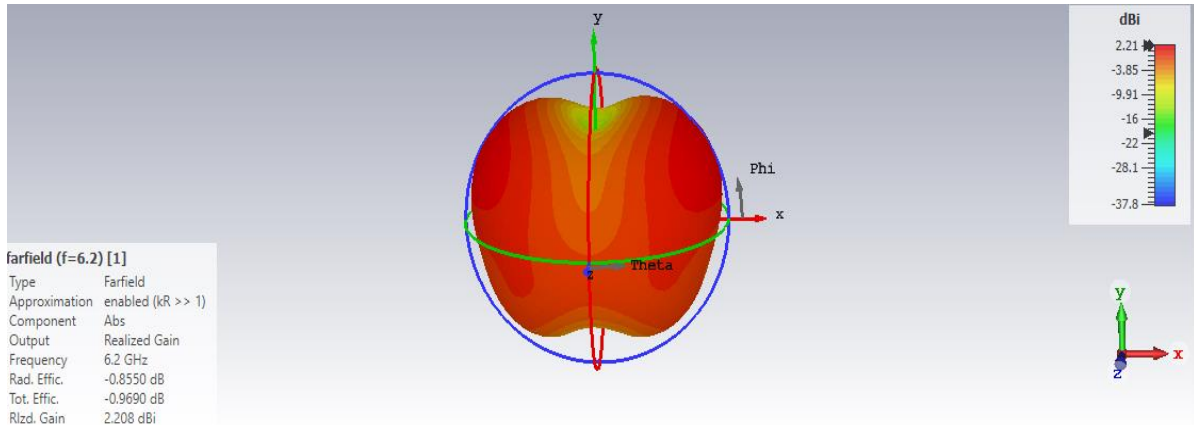
La figure III-13 (c) montre que lorsque le déplacement vertical de l'emplacement du via diminue, la bande de l'encoche diminue également. En revanche.

La figure III-13 (d) montre que lorsque le déplacement horizontal de l'emplacement du via augmente, la bande de l'encoche augmente.

La bande passante de l'encoche reste relativement constante, produisant une réponse en fréquence de coupure comprise entre 5,5 et 6,05 GHz. Ces observations sont basées sur une étude paramétrique.

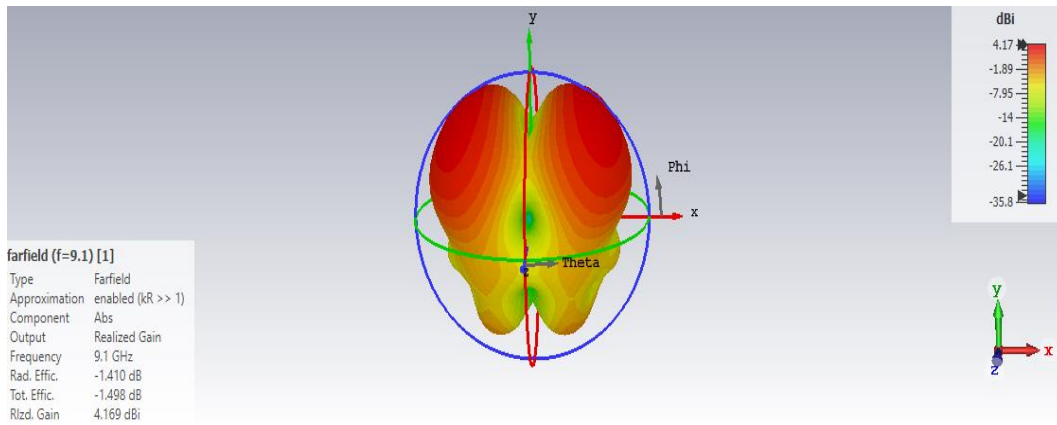


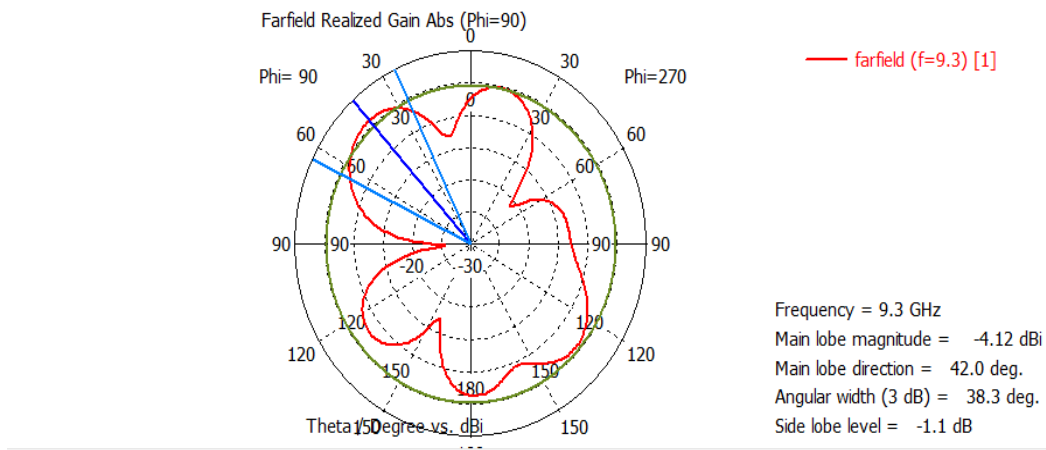
F=3.1



Frequency = 6.2 GHz
 Main lobe magnitude = -1.46 dBi
 Main lobe direction = 16.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 53.1 deg.
 Side lobe level = -4.3 dB

F=6.2 polaire





f= 9.1

Figure III-14 : Courbe de gain de crête d'une antenne UWB à double encoche de forme pentagonale.

Le gain commence à augmenter à partir de $f = 6,3$ GHz. Lorsque le gain augmente, la fréquence de résonance augmente également.

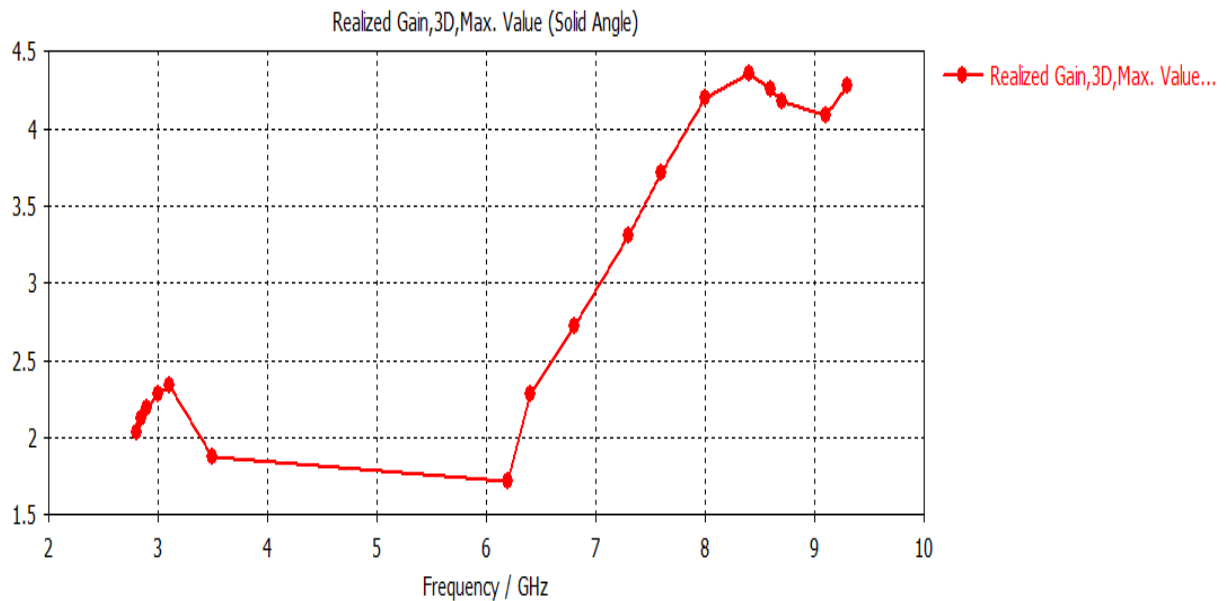


Figure III-15 : Courbe de gain en fonction de la fréquence.

Sur cette courbe, on observe que le gain varie sur l'intervalle [2,9 - 9,2] GHz. Le gain augmente dans les intervalles [2,9 - 3,1] GHz, [6,1 - 8,3] GHz, et [9,05 - 9,2] GHz, tandis qu'il diminue dans les intervalles [3,1 - 6,1] GHz et [8,3 - 9,05] GHz.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de la simulation d'une antenne monopole micro-ruban avec une fente de forme V et des structures EBG utilisant le logiciel CST. La bande de fréquence de fonctionnement de l'antenne proposée est large, s'étendant de 2 GHz à 11 GHz ($S_{11} \leq -10$ dB).

La première partie de ce travail était dédiée à la conception de l'antenne, avec pour objectif principal la construction et l'évaluation de ses performances [5]. Initialement, deux bandes de rejet ont été introduites pour les WLAN et WIMAX en ajoutant une fente de forme V.

Pour réduire encore davantage les interférences avec les bandes WLAN, des structures EBG de forme hexagonale ont été utilisées.

Références

- [1] Premier rapport et ordonnance, « Révision de la partie 15 des règles de la commission concernant l'ultra-large bande des systèmes de transmission », Commission fédérale des communications, FCC 0248, 2002.
- [2] Ameya Kadam pentagonal-UWB-antenna-with-slot-and-EBG-for-dual-notched-response-kadam_20_à-proposer. January 2020.
- [3] D. Qu, L. Shafai and A. Foroozesh, "Improving microstrip patch antenna performance using EBG substrates". IEEE Proceedings -Microwave and Antennas Propagation, Vol. 153, No. 6, December 2006.
- [4] M. Fallah-Rad, et.al"Enhanced Performance of a microstrip patch antenna using a high impedance EBG structure", IEE Proc. Microw., AP- 149, No. 3, pp. 141-146,June. 2002.
- [5] M. Soumia," Étude théorique et expérimentale des matériaux à bandes interdites photoniques bidimensionnels (BIP 2D) en Micro-Ondes : Application à l'ultra réfraction", PhDthèses Université Paris XI Orsay, 2005.
- [6] Rajshri C. Mahajan EBG structure and its mathematical analysis. rticle number 30, (2020).

Conclusion générale

Ces dernières années ont été marquées par des avancées technologiques considérables dans le secteur des télécommunications en raison de l'explosion de leurs champs d'applications dans les différentes disciplines scientifiques, médicales, militaires, etc. Les antennes font partie des éléments les plus cruciaux des systèmes de communication contemporains.

Le travail présenté dans ce mémoire est porté sur la conception d'une antenne monopole planaire. Le choix s'est porté sur la forme pentagonale à cause de sa bande passante ultra-large. Cette dernière est alimentée par le biais d'une ligne micro-ruban. Pour créer des bandes de réjection à des intervalles de fréquence alloués au Wi-Fi et à la bande C, une fente a été creusée dans le patch pentagonal. Sa forme a été choisie minutieusement pour répondre à ces besoins. Pour accentuer l'effet de réjection, deux structures de forme hexagonale avec des Vais ont été rajoutées. Ces dernières vont créer une bande électromagnétique interdite EBG dans l'intervalle de fréquence souhaité.

Les simulations ont été élaborées grâce au logiciel CST, qui repose sur la technique d'intégration des éléments finis (FIT). L'étude menée montre que l'antenne proposée présente des avantages significatifs en termes de performances de rejet de la bande Wi-Fi 6E, e taille compacte et d'occupation de surface minimale. Ces résultats renforcent ainsi l'intérêt et l'applicabilité de l'antenne proposée dans les systèmes UWB nécessitant une coexistence efficace avec la technologie Wi-Fi 6e. Les antennes patches offrent des avantages significatifs, mais nécessitent également des améliorations pour surmonter certains inconvénients. Les techniques d'élargissement de la bande passante et de rejet de bande de fréquence spécifique ont montré des résultats prometteurs pour améliorer les performances des antennes patches. Il convient de poursuivre la recherche dans ce domaine pour optimiser davantage ces antennes et les adapter aux besoins spécifiques des applications.

Résumé

Les télécommunications ne cessent de prendre de l'ampleur à mesure que les applications qui en découlent touchent tous les domaines : scientifiques, culturels, militaires, sanitaire, sans oublier le quotidien de l'être humain. L'élément indispensable à tout système de télécommunication étant l'antenne, cette dernière doit suivre l'évolution pour répondre aux exigences de coûts, de poids, de facilité de fabrication, d'intégration et surtout de couverture spectrale large bande. L'antenne monopole planaire est le candidat le plus prisé.

Dans ce travail, on commence par concevoir une antenne planaire de type monopole, couvrant la bande de 2 GHz à 11 GHz, cette dernière est de forme octogonale. Pour créer deux bandes de réjection (à savoir la bande C et la bande du Wi-Fi), des fentes en forme de V sont extraites du patch initial. Enfin, pour affiner les résultats, des patches hexagonaux avec Vais, insérés de part et d'autre de la ligne microruban d'alimentation, vont jouer le rôle de structures EBG. Ces dernières vont accentuer davantage la bande de réjection aux fréquences désirées. Plusieurs simulations paramétrées sont menées pour aboutir aux résultats voulus.

Les résultats de simulations obtenus à l'aide du logiciel CST (Computer Simulation Technology) sont présentés et discutés pour chaque étape.

Mots clés : antenne, monopole, patch, ultra-large bande (ULB), CST, EBG, fente V, coupe-bande.

Abstract

Télécommunications are in continuous development due to the resulting applications which affect all areas: scientific, cultural, military and health fields, without forgetting the daily lives of human beings. The essential element of any telecommunications system being the antenna, the latter must follow developments to meet the requirements of cost, weight, ease of manufacturing, integration and above all broadband spectral coverage. The planar monopole antenna is the most popular candidate.

In this work, we start by designing a monopolar-type planar antenna, covering the 2 GHz to 11 GHz band, the patch is octagonal in shape. To create two rejection bands (namely the C band and the WiFi band), V-shaped slots are extracted from the initial patch. Finally, to refine the results, hexagonal patches with vias, inserted on either side of the microstrip feeding line, will play the role of EBG structures. The latter will further accentuate the rejection band at the desired frequencies. Several parameterized simulations are carried out to achieve the desired objectives.

The simulation results obtained using the CST (Computer Simulation Technology) software are presented and discussed step by step.

Keywords: monopole antenna, Patch, Ultra Wide Bande (UWB), CST, EBG, V slot, notch.

ملخص

إن الاتصالات في تطور مستمر نتيجة للتطبيقات الناتجة عنها والتي تمس كافة المجالات: العلمية، الثقافية، العسكرية والصحية، دون أن ننسى الحياة اليومية للإنسان. إن العنصر الأساسي في أي نظام اتصالات هو الهوائي، ويجب أن يتبع هذا الأخير التطورات لتلبية متطلبات التكلفة، الوزن سهولة التصنيع والتكامل وقبل كل شيء التغطية الطيفية للنطاق العريض. الهوائي الاحادي القطب المستوي هو المرشح الأكثر شعبية.

في هذا العمل، نبدأ بتصميم هوائي مستو أحادي القطب، يغطي النطاق من 2 جيجا هرتز الى 11 , جيجا هرتز، وتكون الرقعة خماسية الشكل. لإنشاء نطاق رفض (أي النطاق C ونطاق WiFi)، يتم استخراج فتحات على شكل حرف V من التصحيح الأولي. أخيراً، لتحسين النتائج، ستلعب الرقعة السداسية المزودة بفتحات، والتي يتم إدخالها على جانبي خط تغذية الشرائح الدقيقة، دور هياكل EBG. هذا الأخير سوف يزيد من إبراز نطاق الرفض عند الترددات المطلوبة. يتم إجراء العديد من عمليات المحاكاة ذات المعلمات لتحقيق الأهداف المرجوة.

يتم عرض نتائج المحاكاة التي تم الحصول عليها باستخدام برنامج CST (تقنية محاكاة الكمبيوتر) ومناقشتها خطوة بخطوة.

الكلمات الرئيسية: هوائي أحادي القطب، تصحيح، النطاق العريض للغاية (UWB)، CST، EBG، فتحة V، الشق.

