

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

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département d'Electronique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : TELECOMMUNICATION

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Par

➤ **Arafi Islam**

Intitulé :

**Etude et conception d'antenne à fente avec réflecteur FSS pour
les bandes GPS**

Soutenu le :

Devant le Jury compose de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>Dr. FLISSI Mustapha</i>	<i>MCA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mlle BOULARAS Assia</i>	<i>Doctorante</i>	<i>Co_encadreur</i>	<i>Univ_boumerdès</i>
<i>Pr ROUABAH KH</i>	<i>Professeur</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mme. Melizi N</i>		<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2021/2022

Remerciement

"... وَقَالُوا الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لَوْلَا أَنْ هَدَانَا اللَّهُ ^{عَلَيْهِ}
... " الأعراف.

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir permis de faire ce travail.

*Je tiens à remercier aussi mon promoteur **Dr flissi** qui a accepté de m'encadrer et pour son soutien, conseils judicieux et sa grande bienveillance durant l'élaboration de cette mémoire et pour avoir bénéficié de ses compétences scientifiques et aussi pour sa disponibilité.*

*A tous ceux qui m'ont aidés et encouragés de prêt ou de loin dans la concrétisation de ce projet, retrouvent mes meilleurs remerciements en particulier **Mlle boularas** qui ma soutenue tout le long de la préparation de mon mémoire de fin d'études .ses conseils et son soutien m'ont été de grande aide pour avancer et arriver à réaliser mon travail. Et aussi un grand merci à mes professeurs qui m'ont enseignés durant tout mon cursus universitaire, pour les fondements que j'ai acquis. Qui me permettrons à aller de l'avant pour un meilleur avenir professionnel qui soit.*



SOMMAIRE

Remerciement	
SOMMAIRE	
Liste des Figures	
Liste des tableaux.....	
Liste des Abréviations.....	
Introduction General.....	2

Chapitre I: Les structures périodiques FSS

Introduction	4
I.1 Historique des structures périodique (FSS)	4
I.1.1 définition	4
I. 3 Bande passante (Réponse fréquentielle pour les structures FSS)	5
I.4 types des éléments FSS	6
1.4.1. FSS de type passe-haut.....	6
1.4.2 FSS de type passe-bas.....	6
1.4.3. FSS de type coupe bande	7
I.4.4 FSS de type coupe bande	7
I.5 Les structures haute impédance (High Impedance Surface HIS)	8
I.5.1 Definition	8
I.5.2 Les types des surfaces hautes impédance.....	8
I.5.2.1 Les surfaces Corrugées.....	8
I.5.2.2Les surfaces bosselées (bumpy surfaces).....	9
I.5.3 Les différents motifs de FSS.....	9
I.5.3.1 Groupe 1	10
I.5.3.2 Groupe 2	10
I.5.3.3 Groupe 3	10
I.5.3.4 Groupe 4	11
I.6 Conclusion	11

Chapitre II: Généralité sur les antennes

Introduction	14
II.1 Définition d'antenne	14
II.3 Les types d'antennes	15
II.3.1 Antenne filaire	16
II.3.2 Antenne à fentes.....	16
II.3.3 Antenne à cornet.....	17
II.3.4 Antenne imprimée ou patch	18
II.4 Les caractéristiques des antennes	19
II.4.1 caractéristiques de rayonnement	19
II.4.1.1 Diagramme de rayonnement	19
II.4.1.3 Gain et l'efficacité d'une antenne	20
II.4.1.4 Polarisation d'une antenne	20
II.4.2 Caractéristiques électriques	21
II.4.2.1 Impédance d'entrée	21
II.4.2.2 Adaptation d'une antenne	21
II.4.2.3 La Bande passante.....	22
II.5 Méthode d'alimentation	22
II.5.1 Alimentation Par contact :.....	22
II.5.1.1 alimentation par ligne microruban :	22
II.5.1.1 alimentation par câble coaxiale.....	23
II.5.2 Alimentation par proximité:.....	24
II.5.2.1 Alimentation couplée par proximité	25
II.5.2.2 Alimentation couplée par ouverture (par fente).....	25
II.6 Les antennes avec réflecteur FSS (réflecteur HIS).....	26
II.7 Conclusion	27

Chapitre III: Résultats et Discussions

III.1. Introduction.....	30
III.2. Présentation du logiciel de simulation électromagnétique HFSS	30
III.3. Conception d'antenne à polarisation circulaire	31
III.4. Géométrie du réflecteur HIS	33

III.5. Conception de l'antenne avec réflecteur HIS.....	35
III.6. Diagramme de rayonnement.....	36
III.7.Rapport Axial	37
III.8.Gain	38
III.9.Conclusion	39
Conclusion générale.....	41
Références Bibliographiques

Liste des Figures

Figure I.1 différents types des antennes.

Figure I.2: Exemples d'applications des FSS. D'après Munk [5]

Figure I.3 : FSS de type passe-haut.

Figure 1.4: FSS de type passe-bas

Figure : I.5 FSS de type passe-bande et sa réponse de fréquence

Figure I.6: FSS de type stop-bande et sa réponse en fréquence

Figure I.7 : Surfaces corruguées a haute impédance, (a) : Fentes en métal, (b) : Antenne cornet a corrugation sur la surface intérieure [11], [12].

Figure I.8 Surface métallique bosselée, (a) : mode supérieur de la bande ou le champ électrique s'enroule sur les bosses, (b) : mode inférieur de la bande ou le champ électrique est entre les bosses

Figure.I.9 : Quelques structures du groupe 1

Figure.I.10 : Quelques structures du groupe 2

Figure.I.11 : Quelques structures du groupe 3

Figure.I.12 : Quelques structures du groupe 4

Fig II.1.(a) antenne dipolaire.

Fig II.1.(b) boucle magnétique.

Fig II.1.(c) antenne cornet.

Fig II.1.(d) antenne fente .

Fig II.1.(e) antenne à réflecteur parabolique.

Fig II.1.(a) antenne patch.

Figure II.2 antenne dipolaire.

Figure II.3 une représentation de l'antenne à fentes.

Figure II.4Antenne à cornet.

Figure II.5 structure d'une antenne patch.

Figure II.6 Exemple de diagramme de rayonnement d'antenne en 3D.

Figure II.7 : Coefficient de réflexion et bande passante.

Figure II.8 : alimentation par ligne micro-ruban.

Figure II.9 :les types des lignes micro-ruban.

Figure II.10 :alimentation coaxiale.

FigureII.11 : le circuit équivalent d'une antenne patch.

FigureII.12 : alimentation couplée par proximité.

Figure II.13: alimentation couplée par ouverture.

Figure III.1 Interface du simulateur HFSS.

Figure.III.2 Géométrie de l'antenne

Figure.III.3 Géométrie d'antenne polarisé circulaire sous HFSS

Figure.III.4 S11 de la structure simulé

Figure.III.5 géométrie de du réflecteur FSS

Figure.III.6 Géométrie du réflecteur FSS sous HFSS

Figure.III.7 Géométrie de l'antenne patch polarisé circulaire avec réflecteur FSS.

Figure.III.8 Géométrie de l'antenne polarisé circulaire avec réflecteur FSS sous HFSS

Figure.III.9 S11 de la structure simulée (résultat de l'antenne avec réflecteur HIS)

Figure.III.10 Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulé pour la fréquence : 1.4 GHz.

Figure.III.11 Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne avec réflecteur HIS dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulés pour les fréquences : (a) pour 1.23 GHz et (b) pour 1.57 GHz.

Figure.III.12 le Rapport axial de la structure simulée d'antenne seul et d'antenne avec HIS

Figure.III.13 Le Gain d'antenne seule et avec HIS.

Liste des Abréviations

FSS : Surfaces Sélectives en Fréquence

HFSS: High Frequency Structure Simulator

HIS : High Impedance Surface

S₁₁ : Coefficient de réflexion.

R : Résistance.

Z_{in} : Impédance d'entrée de l'antenne.

Z_c : Impédance caractéristique de la ligne de transmission.

Γ: Coefficient de réflexion

Liste des tableaux

Tableau II-1: caractéristiques de différentes techniques d'alimentation.

Tableau III-1 Dimensions d'antenne

Résumé

Dans ce travail, nous avons conçu et optimisé une antenne patch à polarisation circulaire avec réflecteur FSS (HIS) pour les bandes GPS dans le but d'atteindre l'objectif essentiel qui consiste en l'augmentation du gain, nous avons conçu et optimisé un réflecteur, basé sur la surface sélective en fréquence (FSS), intégré sous l'antenne, nous avons conçus l'antenne seule et l'antenne avec réflecteur HIS et nous avons étudié le différence et termes du gain, diagrammes de rayonnement et le rapport axial .

Les résultats de la simulation montrent que l'utilisation du réflecteur entrainer une augmentation dans le gain et un changement dans le diagramme de rayonnement une amélioration dans le rapport axial.

Mots clés : Antenne, FSS, polarisé circulaire, Gain, Réflecteur FSS, HIS.

Abstract

In this work, we designed and optimized a circular polarized correction antenna with a FSS reflector (HIS) for GPS bands with the primary objective of increasing the gain. With HIS reflector and we studied the conditions of difference, gain, radiation patterns and axial ratio, the simulation results show that using the inverter leads to an increase in the gain, a change in the radiation pattern and an improvement in the axial ratio All our work was carried out under HFSS simulation

Key words: Antenna, FSS, Gain, FSS reflector, HIS.

ملخص

في هذا العمل ، قمنا بتصميم وتحسين هوائي تصحيح مستقطب دائري مع عاكس FSS (HIS) لنطاقات GPS بهدف تحقيق الهدف الأساسي الذي يتمثل في زيادة الكسب ، وقد صممنا وقمنا بتحسين عاكس FSS ، بناءً على تردد السطح الانتقائي ، المدمج تحت الهوائي ، صممنا الهوائي فقط والهوائي بعاكس HIS ودرسنا شروط الاختلاف والكسب ومخططات الإشعاع والنسبة المحور ، تظهر نتائج المحاكاة أن استخدام العاكس يؤدي إلى زيادة في الكسب وتغيير في مخطط الإشعاع وتحسين النسبة المحورية تم تنفيذ جميع أعمالنا تحت محاكاة HFSS

الكلمات المفتاحية: هوائي ، FSS ، مستقطب دائري ، كسب ، عاكس FSS ، HIS.

Introduction General

Dans le domaine de télécommunication plusieurs travaux de recherche traitent les antennes imprimées pour l'amélioration de leurs caractéristiques de rayonnement. Les systèmes de télécommunications Large Bande jouent un rôle très important dans notre vie quotidienne et ont connu un développement fulgurant marqué, surtout dans le système médical, téléphonie mobile, les communications spatiales, radar, et les applications militaires ...etc

De nos jours, de nouvelles structures, combinées avec réflecteurs où des superstrats à base de structures à surfaces sélectives en fréquence ont été proposées dans la littérature. Les résultats obtenus ont démontré que cette combinaison (réflecteur-structure antennaire) peut améliorer considérablement les caractéristiques de rayonnement de l'antenne. En effet, le réflecteur est caractérisé par son coefficient de réflexion qui a une phase décroissante dans la bande de fréquence de fonctionnement. De plus, les structures à base de ces réflecteurs qui sont facile à fabriquer, présentent les caractéristiques d'un profil bas, un faible encombrement, un faible coût et elles peuvent avoir des gains maximaux sans avoir recours à des réseaux d'antennes. Dans cette perspective, nous proposons, dans le cadre de ce mémoire, une nouvelle structure de réflecteur FSS qui sera utilisée pour concevoir et mettre en œuvre une nouvelle antenne planaire à ouverture pour améliorer ses performances [1] [2].

Par conséquent, l'objectif principal de ce travail de recherche consiste à étudier et à concevoir cette nouvelle structure d'antenne planaire à base de surfaces sélectives en fréquences FSS dans le but d'améliorer les caractéristiques de rayonnement.

Notre contribution est structurée en trois chapitres : Le premier chapitre nous allons présenter les différents types de réflecteurs qui peuvent être intégrés aux antennes planaires notamment les réflecteurs à base de surfaces sélectives en fréquence (FSS) qui constituent en effet le point clé de notre structure proposée. A cet égard, nous donnons la définition des FSS, leurs différents types et les différentes formes de motifs métalliques qui peuvent être utilisées pour leurs compositions. De plus, nous montrons les réflecteurs électriques et magnétiques qui peuvent être utilisés pour améliorer les performances des antennes d'une part, et de protéger les appareils électroniques (situés à proximité de l'antenne) d'autre part.

Introduction Générale

Dans le deuxième chapitre, comprend quelques généralités sur les antennes. En effet, On commence par donner une définition d'une antenne ainsi que ses caractéristiques telles que ; le diagramme de rayonnement, le gain et la directivité et la polarisation et la bande passante.

Dans le troisième chapitre, on propose de concevoir une antenne patch polarisé circulaire avec des paramètres de rayonnement satisfaisants en utilisant un réflecteur basé sur un écran FSS monocouche. Afin d'obtenir les paramètres de rayonnement requis, le gain, le rapport axial.

Enfin nous terminerons ce manuscrit par une conclusion générale récapitulative

Chapitre I

Les structures périodiques FSS

Introduction

Lors de la fabrication d'antennes, le rayonnement arrière peut être gênant. C'est pourquoi il est nécessaire d'éviter que le rayonnement arrière ne soit absorbé (l'inconvénient est que la moitié de l'énergie est perdue) ou d'utiliser des surfaces sélectives en fréquence. Dans de bonnes conditions d'utilisation, ces plans permettent de ne pas avoir de rayonnement arrière, et peuvent également doubler le gain d'antenne pour le rayonnement réfléchi.

Dans ce chapitre nous allons présenter les structures périodiques (les réflecteurs de type FSS). Au début, nous allons montrer l'historique des structures périodiques FSS, après nous définirons les Surfaces Sélectives en Fréquence, ainsi que les Classifications des FSSs en fonction de leurs réponses en fréquence (les types des FSSs), enfin nous allons parler des structures haute impédance (High Impédance Surface HIS).

I.1 Historique des structures périodique (FSS)

Les surfaces sélectives ne datent pas d'aujourd'hui, elles ont été découvertes en 1783 par les scientifiques David Rittenhouse et Francis Hopkinson [1].

Depuis cette époque, les physiciens se sont intéressés aux propriétés de ces structures; au début c'était dans le domaine de l'optique puis dans le domaine des Micro-ondes [2].

Au début des années 1960, en raison des applications militaires potentielles, les structures FSS ont fait l'objet d'études intensives. Marconi et Franklin, cependant, sont crus être les pionniers dans ce domaine pour leur contribution d'un réflecteur parabolique en utilisant des sections de fil demi-onde en 1919. Les FSS ont été utilisés traditionnellement dans la technologie furtive pour réduire les surfaces équivalentes radar (Radar Cross Section RCS) des systèmes de communication. Le concept de la furtivité a toujours été un objectif de la technologie militaire. Afin de minimiser la détection, les couches de FSS couvrent les installations afin de réduire la RCS [3]

I.1.1 définition

Les Surfaces Sélectives en Fréquences FSS sont des structures généralement planes ou quasiplanaires présentant une ou deux périodicités longitudinales. Ces structures sont également obtenues par la répétition d'un motif métallique, généralement imprimé sur un

substrat diélectrique .Selon la forme du motif métallique, ce type de structure peut obtenir différentes caractéristiques de réflexion



Figure I.1: Exemple de FSS imprimé

Selon la forme du motif métallique, différentes propriétés de réflexion peuvent être obtenues avec ce type de structure [4].

A l'origine, la technologie des FSS faisait partie du domaine militaire. Aujourd'hui, les FSS ont trouvé de nombreuses applications en électromagnétisme, micro-ondes, antennes, radar, et communications par satellite.

La figure suivante présente des exemples d'applications des FSS :

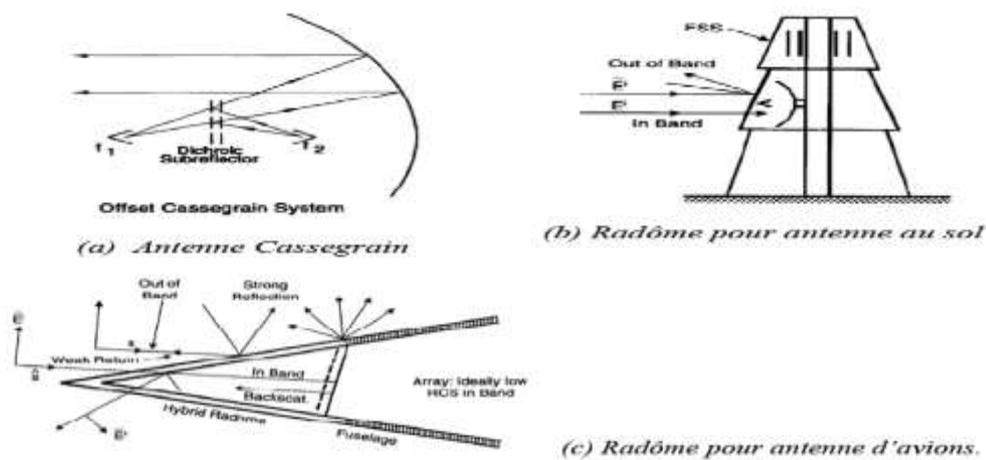


Figure I.2: Exemples d'applications des FSS. D'après Munk [5]

I. 3 Bande passante (Réponse fréquentielle pour les structures FSS)

Les surfaces sélectives en fréquences sont des structures périodiques gravées dans une surface diélectrique ou un groupe de structures métalliques dans le vide. Ses formes résonnent avec certaines fréquences en fonction des longueurs et du type de matériaux. Les FSS sont classées en fonction de leurs réponses spectrales comme suit [6]

I.4 types des éléments FSS

Une Surface Sélective en Fréquence (FSS) est généralement formée soit d'un plan métallique perforé périodiquement avec des ouvertures (grille métallique), soit d'un réseau périodique de motifs métalliques imprimés sur du substrat. Pour chaque type de FSS, nous pouvons étudier les ondes électromagnétiques à la structure en deux polarisations distinctes: TE (transverses électriques) et TM (transverses magnétiques). Les FSS sont classées en fonction de leurs réponses spectrales comme suit :

1.4.1. FSS de type passe-haut

Ces structures se comportent comme un miroir quasi parfait, elles sont complètement réfléchissantes pour les basses fréquences. Pour réaliser ces structures métalliques à bipolarisation de l'onde, il suffit d'utiliser des grilles métalliques, comme illustré sur la figure (I.3). Le coefficient de réflexion de cette structure répond d'une manière identique en polarisation TE et TM. Cette structure est transparente pour les hautes fréquences et réfléchissante pour les basses fréquences et ceci pour les deux polarisations.[7]

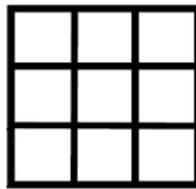


Figure I.3 : FSS de type passe-haut.

1.4.2 FSS de type passe-bas

Cette structure est le dual de la structure passe haut c.à.d. que la proportion du métal est plus importante que l'air. Elle est complètement réfléchissante pour les hautes fréquences dans lesquelles elle se comporte comme un miroir quasi parfait. Cette structure est composée de patches déconnectés comme la montre la figure (1.4), elle présente une réflectivité qui tend vers 1 pour les hautes fréquences.[8]

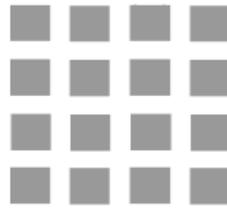


Figure 1.4: FSS de type passe-bas.

1.4.3. FSS de type coupe bande

Cette structure est la dualité de la structure précédente, donc son comportement est Type de filtre passe-bande, composé d'un agencement de fentes en anneaux, comme illustré sur la Figure I.5, Cette structure est presque transparente autour d'une fréquence Résonance, et il réfléchit aux autres fréquences et aux deux fréquences polarisation. Il peut donc être assimilé au plan métallique, à l'exception de la bande de fréquence et de ces deux polarisations.[9]

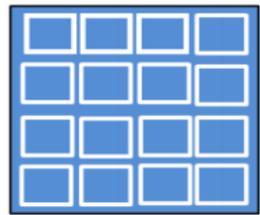


Figure : I.5 FSS de type passe-bande et sa réponse de fréquence

I.4.4 FSS de type coupe bande

Ces structures fournissent un comportement de filtre coupe-bande. Ils sont composés d'anneaux métalliques disposés périodiquement (Figure I.6). Cette disposition permet d'obtenir une structure avec le même comportement de type coupe-bande pour les deux polarisations. Ce type de structure se réfléchit complètement autour de la fréquence de résonance du circuit de couplage, et est quasiment transparent aux autres fréquences. [10]

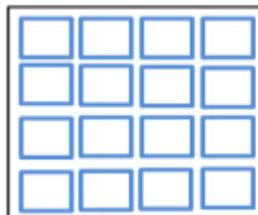


Figure I.6: FSS de type stop-bande et sa réponse en fréquence

I.5 Les structures haute impédance (High Impedance Surface HIS)

I.5.1 Definition

Les surfaces à haute impédance (High impedance surfaces ou HIS en anglais) sont des structures à motif périodique fixées ou imprimées sur un plan de masse. Elles possèdent des propriétés très intéressantes d'un point de vue électromagnétique, car elles n'autorisent la propagation des ondes électromagnétiques le long de leur surface que pour certaines bandes de fréquences. En d'autres termes, ces structures exhibent une ou des bandes interdites en fréquence, pour lesquelles la propagation des ondes de surfaces est interdite. Les surfaces à haute impédance appartiennent à la classe des structures à bande interdite photonique (BIP) ou encore cristaux photoniques.[11]

I.5.2 Les types des surfaces hautes impédance

Pour les types des surfaces hautes impédance Il ya Trois techniques au totale seront présentées: les surfaces corruguées, les surfaces bosselées et les surfaces texturées.

I.5.2.1 Les surfaces Corruguées

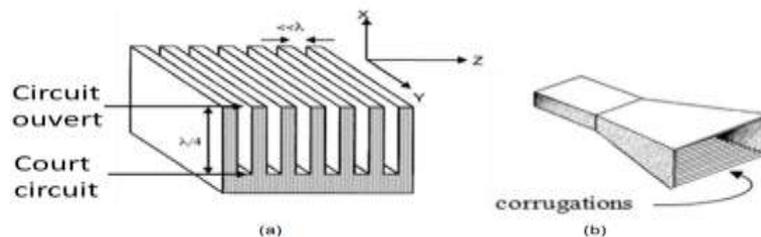


Figure I.7 : Surfaces corruguées a haute impédance, (a) : Fentes en métal, (b) : Antenne cornet a corrugation sur la surface intérieure [11], [12].

Comme il a été mentionné dans la figure I.7, l'introduction des corrugations sur un substrat de métal est l'une des méthodes utilisées pour obtenir des surfaces à haute impédance. L'introduction de ces fentes profondes de $\lambda/4$ dans un métal permet de transformer le court-circuit du bas du métal en un circuit-ouvert en haut de la surface. La Figure I.7 (a) montre le principe des surfaces corruguées (appelée également dents de peigne) tandis que la Figure I.7 (b) montre des corrugations sur la surface interne d'une antenne cornet. Les surfaces corruguées se divisent en deux parties; les surfaces corruguées douces (soft) et les surfaces corruguées dures (hard). En fait, quand les fentes sont vidées de tout matériau elles sont appelées surfaces (a) (b) douces et quand elles sont chargées par un matériau quelconque, généralement un diélectrique, elles sont appelées surfaces dures [12].

Les surfaces corruguées ont trouvé leurs applications dans les lignes de transmission, les filtres et les antennes [13], [14]. À titre d'exemple, cette technique a été utilisée pour les antennes dans le but de supprimer la polarisation croisée afin d'améliorer le gain comme nous pouvons le voir sur la Figure I.7 (b). Un des inconvénients les plus importants de cette méthode est leur grande dimension ainsi leurs difficultés de fabrication, cette inconvénient n'est pas à négliger surtout quand il s'agit de les intégrer aux systèmes compacts.

I.5.2.2 Les surfaces bosselées (bumpy surfaces)

Les surfaces bosselées, sont des surfaces conductrices sur lesquelles on introduit d'une manière périodique des bosses métalliques comme il est illustré sur la Figure I.8. Dans [11], il est expliqué que les ondes de surface qui rencontrent les rangées de bosses se diffractent créant ainsi une interférence qui à son tour empêche la propagation des courants de surface. Quand la longueur d'onde est plus grande que la période du réseau bidimensionnel, les ondes de surface n'aperçoivent pas les petits bosses métalliques. Contrairement, ces bosses deviennent plus visibles quand la longueur d'onde est un peu plus petite. Si une demi longueur d'onde est semblable à la distance entre deux bosses, une onde stationnaire apparaît sur la surface et peut avoir deux positions tel qu'il est montré sur la Figure I.8 (a) et (b). Ces deux modes ont deux fréquences légèrement espacées par une étroite bande de fréquences interdite où les ondes de surface ne peuvent pas se propager. Les surfaces bosselées ont été étudiées avant [11] par Barnes et al et Kitson et al [15], [16].

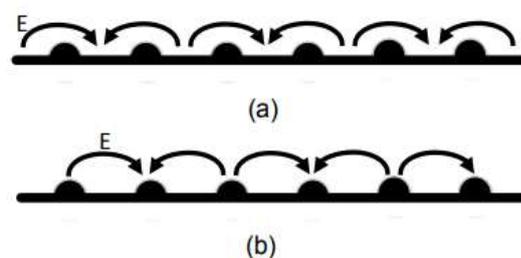


Figure I.8 Surface métallique bosselée, (a) : mode supérieur de la bande où le champ électrique s'enroule sur les bosses, (b) : mode inférieur de la bande où le champ électrique est entre les bosses

I.5.3 Les différents motifs de FSS

Malgré des années de recherche sur les FSS, de nouveaux modèles apparaissent toujours et continueront sans aucun doute à apparaître. Comme le montre Munk, les motifs utilisés dans FSS sont divisés en quatre groupes de base. [10]

I.5.3.1 Groupe 1

Formé des éléments connectés au centre ayant N pôles, tels que des dipôles, des tripodes et des croix de Jérusalem. Les éléments les plus populaires de ce groupe sont : la croix de Jérusalem, le tripode. Certains de ces éléments ont été combinés avec d'autres types d'éléments pour produire de nouvelles configurations FSS. [17]



Figure.I.9 : Quelques structures du groupe 1

I.5.3.2 Groupe 2

Type d'anneau ; comme anneau circulaire, l'anneau carré et l'anneau hexagonal. Ce groupe est probablement le plus populaire. De nombreux articles sont écrits sur les anneaux carrés et les anneaux (simples et concentriques). Les anneaux tripolaires appartiennent également à cette catégorie. [7]



Figure.I.10: Quelques structures du groupe 2

I.5.3.3 Groupe 3

Il est formé par des ouvertures de forme quelconque sur le plan conducteur ou des patches de formes diverses imprimées sur le substrat. Ces structures prennent généralement la forme d'ouvertures ou de patches. Ils peuvent apparaître dans des configurations multicouches ou à couche unique et les configurations à simple couche avec des ouvertures sont utilisées comme filtres dichroïques [8].

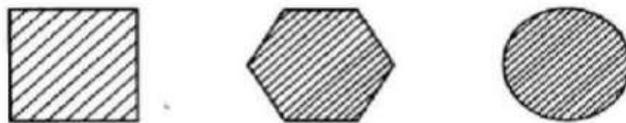


Figure.I.11: Quelques structures du groupe 3

I.5.3.4 Groupe 4

combinaison des éléments ci-dessus. Ces dernières années, la combinaison de différents types d'éléments de FSS a été utilisée pour atténuer certains des problèmes associés aux FSSs composés d'un seul type d'élément (motif). Par exemple, une FSS formée par des anneaux carrés avec des fentes a été utilisée pour tenter de surmonter les problèmes des sensibilités angulaires observées dans les FSSs formé uniquement par les anneaux carrés. Ces nouvelles structures permettent également de réduire le SER (Radar Equivalent Cross Section) du radôme.

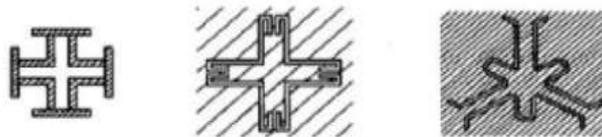


Figure.I.12: Quelques structures du groupe 4

Ces quatre modèles de base peuvent être combinés pour générer de nombreuses nouvelles FSSs dont les caractéristiques sont uniques. [9]

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les structures FSS à (des structures périodiques) qui peuvent être ut. Au début, Comme nous l'avons vu précédemment, il existe plusieurs motifs intervenant dans la constitution des FSSs. Il y a également l'existence de plusieurs configurations ayant chacune une réponse fréquentielle bien précise.

Chapitre II

Généralité sur les antennes

Introduction

Dans notre vie quotidien les antennes sont devenues les éléments de base pour une liaison radioélectrique. Les antennes sont utilisées dans tous les domaines (GPS, télélocalisation, radar..) ainsi que nos besoins dans la vie courante.

Dans ce chapitre, nous présentons, en premier lieu, la définition des antennes. Nous donnerons ensuite leurs caractéristiques et types. Dans la suite nous allons nous intéresser principalement aux antennes Antenne imprimée ou patch, et ont été présentée une technique la plus utilisée pour obtenir une antenne multi-bande, les performances obtenues sont discutées et conclues par un tableau résumant les différents points faibles et forts de cette technique. Enfin, les avantages et les inconvénients des antennes multi-bandes.

II.1 Définition d'antenne

Une antenne d'émission est un dispositif qui assure la transformation de l'énergie électrique d'un signal guidé, issu d'un générateur, en énergie électromagnétique rayonnée. De façon inverse une antenne de réception assure la transmission de l'énergie transportée par une onde électromagnétique provenant de l'espace environnant vers un appareil récepteur, l'antenne donc est un transducteur réciproque. Il existe plusieurs types d'antennes, la figure II.1 illustre les plus utilisées [18].

Dans la figure (1) on a les différents types d'antenne existant : (a) antenne dipolaire, (b) boucle magnétique, (c) antenne cornet, (d) antenne fente, (e) antenne à réflecteur parabolique, (f) antenne patch.

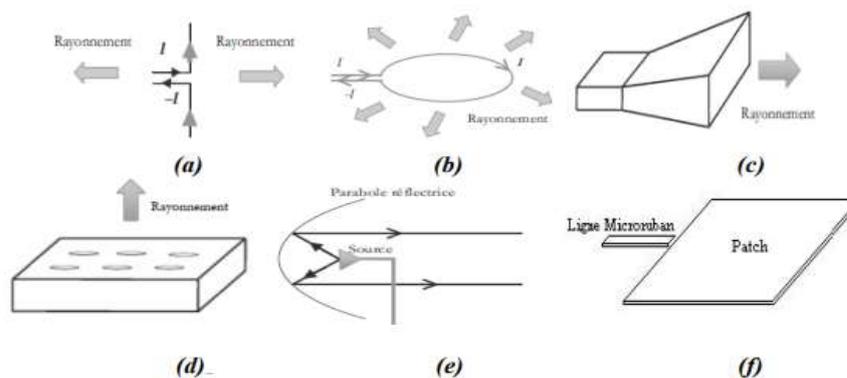


Fig II.1 différents types des antennes

II.3 Les types d'antennes

Il existe plusieurs types d'antennes selon la géométrie, le gain, la forme du faisceau et la bande passante. On peut les classer comme suit, selon [19] :

- **les formes ou les géométries :**

- filaires : dipôle, boucle, spirale,...

- à ouverture : cornet, fente,...

- imprimées : patch, dipôle imprimé, spirale.

- **le gain :**

- élevé : planaire,

- moyen : cornet,

- bas : dipôle, fente, patch.

- **la forme de faisceau :**

- omnidirectionnelle : dipôle,

- étroit : planaire,

- large : réseau.

parmi ces types on va traiter quelque exemples qui est considéré le plus populaire et le plus utilisé :

II.3.1 Antenne filaire

Les antennes filaires sont également connues sous le nom d'antennes linéaires ou courbes. Ces antennes sont très simples, bon marché et sont utilisées dans un large éventail d'applications.

Par exemple l'antenne dipolaire c'est un antenne filaire ,cette antenne constituée de deux fils alignés, très courts et reliés chacun à deux fils parallèles et très proches constituant une ligne bifilaire (figure II.2). En émission, cette ligne est reliée à un générateur alternatif, caractérisé par sa fréquence et son impédance interne. À la réception, la ligne bifilaire est branchée sur un récepteur [20].

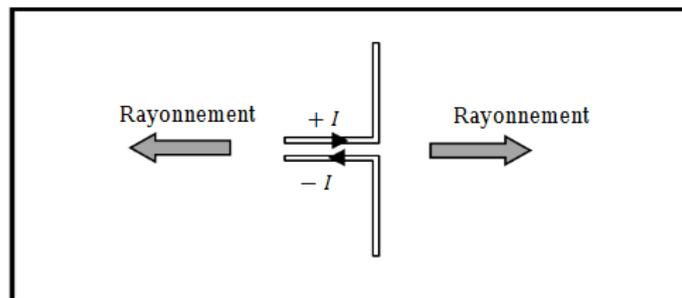


Figure II.2. antenne dipolaire

II.3.2 Antenne à fentes

Une antenne à fentes est constituée d'un assemblage de guides d'ondes souvent rectangulaire, sur lesquels sont taillées des fentes régulièrement espacées, soit sur le grand côté, soit sur le petit côté, ayant d'excellentes performances quant aux pertes et au niveau de rayonnement diffus dû aux erreurs de fabrication. Le couplage de la ligne d'alimentation (le guide) avec les fentes se règle facilement par leur position sur le guide. Le réseau de sources élémentaires ainsi constitué peut être contrôlé finement en amplitude et en phase en « jouant » sur la géométrie ou la position des fentes sur les guides. La figure (II.3) en donne une représentation de l'antenne à fentes où les flèches représentent le sens de la polarisation (ou vecteur champ électrique). Cependant, il y a des avantages significatifs à l'antenne à fentes à la fois dans la fabrication et les performances des applications telles que les systèmes radar [21],[22].

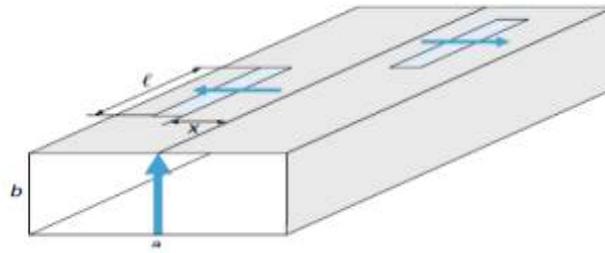


Figure II.3 une représentation de l'antenne à fentes

II.3.3 Antenne à cornet

Un dispositif très utilisé pour la propagation d'ondes guidées est le guide d'onde rectangulaire. Sa qualité de transmission est excellente. Pour cette raison, il est utilisé en haute fréquence. Son utilisation est très répandue en hyperfréquences. Le transformateur de puissance électromagnétique guidée en puissance rayonnée est l'antenne cornet (figure II.4) [23]. Sa forme permet de passer graduellement des dimensions du guide d'onde à l'espace libre. L'onde est ainsi naturellement projetée dans l'espace libre. De façon très naturelle, le rayonnement a lieu dans l'axe du guide d'onde. Cette antenne est plus directive que les précédentes, dans la mesure où la puissance n'est émise que dans une région de l'espace limitée. Elle a de nombreux avantages, en termes de qualité et de puissance. Elle a une largeur de bande supérieure à celle des dipôles ou des antennes à fentes. Elle présente une bonne adaptation au guide d'onde en s'évasant lentement à partir de celui-ci. Son rapport d'onde stationnaire (TOS) est de l'ordre de 1,05 à 1,2 [21], [23].

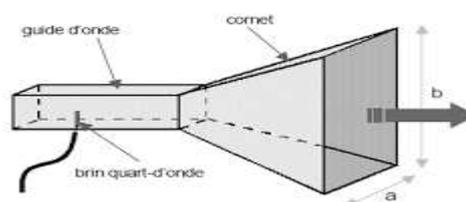


Figure II.4 Antenne à cornet

II.3.4 Antenne imprimée ou patch

Une antenne à éléments rayonnants imprimés « figure II-5 », communément appelée antenne patch est une ligne micro-ruban (microstrip) de forme particulière. Elle effectue ainsi deux fonctions fondamentales qui définissent le principe d'antenne de manière générale, il s'agit bien du rayonnement (émission) et de la réception d'une onde électromagnétique. Elle se compose de :

- **Le plan de masse** (ground plane) est une surface conductrice (cuivre) recouvrant la partie inférieure du substrat. Elle permet de faire rayonner la partie supérieure.

- **Un substrat diélectrique** (dielectric substrat) composé d'un matériau isolant, d'épaisseur généralement faible devant la longueur d'onde et de permittivité relative ($2,2 < \epsilon_r < 12$). Il est utilisé pour augmenter la puissance rayonnée par l'antenne et réduire les pertes par effet de joule et améliorer la bande passante de l'antenne. Parfois, il est préférable d'utiliser des substrats diélectriques d'épaisseur importante et de faible permittivité pour avoir une grande efficacité et une large bande passante.

- **L'élément rayonnant (patch)** : est une partie métallique de forme et de taille à définir selon l'application, à géométrie variable (circulaire, rectangulaire, triangulaire ...etc.). Il doit être relié au reste du circuit par une ligne de transmission (micro-ruban) qui doit être adaptée d'impédance à l'antenne et au reste du circuit afin d'éviter le phénomène de réflexion. Dans la pratique, le rectangle et le disque représentent les formes de l'élément rayonnant les plus utilisées. Il est constitué d'une partie conductrice qui va rayonner. La forme et les dimensions conditionnent la fréquence de fonctionnement de l'antenne. [40]

Une antenne imprimée est généralement constituée d'un plan de masse, d'une ou plusieurs couches de substrat qui de permittivités ϵ_r égales ou différentes. Sur la surface, on a un élément rayonnant de géométrie quelconque (rectangulaire, circulaire, carrée,...). Il existe plusieurs mécanismes d'excitations qui permettent d'avoir des diagrammes de rayonnements en polarisations linéaires ou circulaires [28], [29], [30].

La figure II.5 montre la structure d'antenne patch

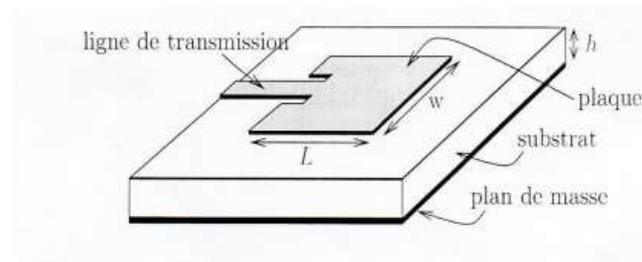


Figure II.5 structure d'une antenne patch

II.4 Les caractéristiques des antennes

II.4.1 caractéristiques de rayonnement

II.4.1.1 Diagramme de rayonnement

La représentation graphique de la fonction caractéristique de l'antenne porte le nom de diagramme de rayonnement. La direction du maximum de rayonnement est appelée l'axe de rayonnement de l'antenne. La représentation de cette fonction donne les caractéristiques du rayonnement dans l'espace. Classiquement, on a pris l'habitude de représenter le diagramme de rayonnement dans deux plans perpendiculaires qui sont : le plan E et le plan H. Le plan E est défini comme le plan contenant l'axe de l'antenne et le champ électrique. Le plan H est défini comme le plan contenant l'axe de l'antenne et le champ magnétique. Le diagramme de rayonnement, généralement en coordonnées logarithmiques, est présenté soit en coordonnées rectangulaires, soit en coordonnées polaires, dans les deux plans perpendiculaires (E et H) [24,26].

Une onde électromagnétique rayonné par une antenne on espace libre transporte une puissance exprimé sous la forme d'une vecteur de poyting ,il est donnée par :

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (\text{II.1})$$

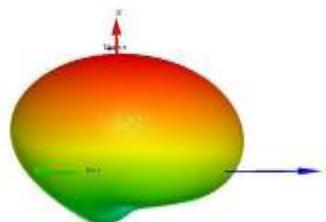


Figure II.6 Exemple de diagramme de rayonnement d'antenne en 3D.

II.4.1.2 La directivité

La directivité d'une antenne caractérise la façon dont cette antenne concentre son rayonnement dans certaines directions dans l'espace. La directivité d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport de la puissance $P(\theta, \varphi)$ à la puissance rayonnée par la source isotrope par unité d'angle solide. [31,32].

La directivité (θ, φ) est une mesure relative de la puissance rayonnée dans une direction $P(\theta, \varphi)$ par rapport à la puissance totale rayonnée notée P_R [24] :

$$D(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P_R/4\pi} = \frac{4\pi \cdot P(\theta, \varphi)}{P_R} \quad (\text{II.2})$$

II.4.1.3 Gain et l'efficacité d'une antenne

En général, une antenne rayonne une puissance qui varie en fonction de la direction considérée. On appelle gain (θ, φ) d'une antenne dans une direction (θ, φ) , le rapport de la puissance $P(\theta, \varphi)$ dans cette direction à la puissance $P_0(\theta_0, \varphi_0)$ d'une source isotrope de référence par unité d'angle solide avec la même puissance d'alimentation [24,33]. Le gain est proportionnel à la directivité. Il porte la même information sur les directions de rayonnement. Le gain s'exprime en décibel (dB).

le gain G peut s'écrire comme suit:

$$G(\theta, \varphi) = \frac{4\pi \cdot P(\theta, \varphi)}{P_A} \quad (\text{II.3})$$

II.4.1.4 Polarisation d'une antenne

la polarisation de l'onde électromagnétique rayonnée par cette antenne, elle est donnée par la direction du champ électrique \vec{E} . Lors de l'émission, la connaissance des polarisations de l'antenne d'émission et de réception est indispensable, si les deux polarisations ne sont pas accordées, la puissance reçue ne sera pas maximale. L'équation de propagation d'une onde électromagnétique dans l'espace libre est obtenue à partir des équations de Maxwell. Les deux équations différentielles de propagation sont :

$$\begin{cases} \Delta \vec{E} - \varepsilon_0 \mu_0 \left(\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \right) = \vec{0} \\ \Delta \vec{H} - \varepsilon_0 \mu_0 \left(\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} \right) = \vec{0} \end{cases} \quad (\text{II.4})$$

II.4.2 Caractéristiques électriques

II.4.2.1 Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée de l'antenne est donnée par [34] :

$$Z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = R_{in} + jX_{in} \quad (\text{II.5})$$

$$\text{Où : } \begin{cases} R_{in} = R_{rad} + R_{Loss} \\ X_{in} = jL\omega + \frac{1}{jC\omega} \end{cases}$$

L'expression de la résistance de l'antenne est constituée de deux termes ; l'un correspondant au rayonnement "R_{rad}" qui exprime la capacité de l'antenne à convertir l'énergie électrique incidente en une énergie électromagnétique rayonnée, et l'autre correspond à l'effet Joule "R_{Loss}". La puissance rayonnée par l'antenne et la puissance totale d'entrée s'écrivent alors :

$$\begin{cases} P_{ray} = \frac{1}{2} R_{rad} * I^2_{in} \\ P_{tot} = \frac{1}{2} R_{in} * I^2_{in} \end{cases} \quad (\text{II.6})$$

Le rendement d'une antenne est défini par le rapport de la puissance rayonnée à la puissance à l'entrée de l'antenne :

$$\eta = \frac{P_{ray}}{P_{tot}} = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{Loss}} \quad (\text{II.7})$$

II.4.2.2 Adaptation d'une antenne

Pour assurer le transfert maximal de puissance entre le générateur et l'antenne il faut avoir une adaptation d'impédance. Si l'impédance caractéristique de la ligne de propagation est Z_c et l'impédance d'entrée de l'antenne Z_{in}, le signal se réfléchit à l'entrée de l'antenne avec un coefficient Γ (ou S₁₁) dont l'expression est :

$$\Gamma = S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_c}{Z_{in} + Z_c} \quad (\text{II.8})$$

L'adaptation permet d'annuler le coefficient de réflexion Γ ou S_{11} à l'entrée de l'antenne ($S_{11}=0 \Rightarrow Z_{in}=Z_c$). La réalisation pratique d'une antenne nous oblige de concevoir l'antenne de telle manière à ce qu'elle présente une impédance d'entrée égale à Z_c à la fréquence de résonance. Il suffit d'ajouter, à l'entrée de l'antenne, un circuit de transformation d'impédance qui modifiera l'impédance d'entrée afin d'assurer l'adaptation d'impédance.

II.4.2.3 La Bande passante

On appelle bande passante d'une antenne, la bande de fréquence où le transfert de puissance du générateur vers l'antenne est maximal. Elle peut être définie en fonction du coefficient de réflexion pour les valeurs inférieures à -10 dB.

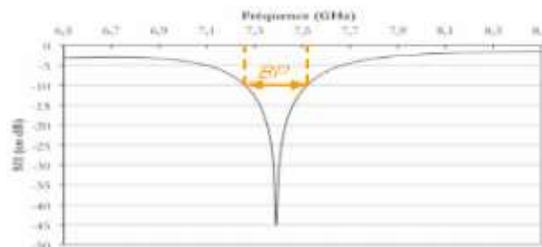


Figure II.7 : Coefficient de réflexion et bande passante.

II.5 Méthode d'alimentation

L'alimentation des antennes patch est l'une des parties les plus importantes dans le processus de la conception. Pour cela, plusieurs techniques ont été considérées dans ce but. En effet, elles peuvent être classées en ces catégories [35] :

II.5.1 Alimentation Par contact :

II.5.1.1 alimentation par ligne microruban :

L'alimentation peut se faire par connexion directe avec une ligne micro-ruban « figure II-5 », (généralement de 50Ω) [36], c'est-à-dire en reliant cette ligne au patch rayonnant tel que la largeur de la ligne est petite par rapport à celle du patch rayonnant. Ce genre d'alimentation a l'avantage qu'elle peut être gravée sur le même substrat pour fournir une structure planaire ; Il existe cependant un inconvénient dans ce type d'alimentation vu qu'elle

génère un rayonnement parasite. Cette technique est facile à réaliser, simple à modéliser et facilite l'adaptation d'impédance.

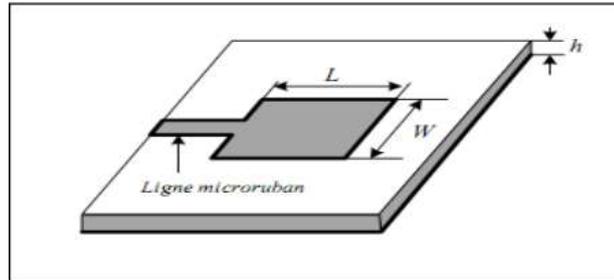


Figure II.8 : alimentation par ligne micro-ruban.

On trouve trois cas illustrés sur la figure (II-8) :

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

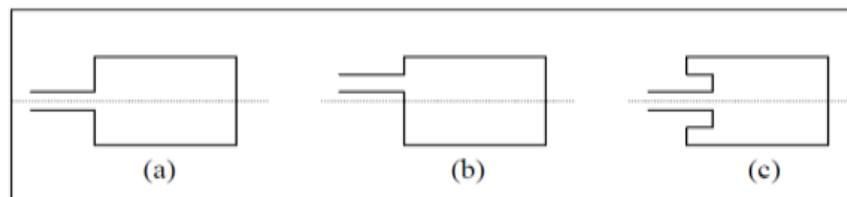


Figure II.9 : les types des lignes micro-ruban.

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

II.5.1.1 alimentation par câble coaxiale

Dans ce cas l'élément rayonnant est connecté au conducteur intérieur du connecteur coaxial traversant le diélectrique, tandis que le conducteur externe est soudé directement au plan de masse « Figure II.10 ». L'avantage principal de ce type d'alimentation est qu'elle peut être appliquée à n'importe quel endroit désiré du patch afin d'assurer l'adaptation

d'impédance, cependant cette méthode présente des inconvénients au niveau du diagramme du rayonnement. En effet, la connexion génère un pic de courant localisé au niveau de l'élément rayonnant qui peut induire une dissymétrie dans le diagramme du rayonnement, de plus des pertes apparaissent avec les perçages du plan de masse ainsi que de l'élément plaqué. [42]

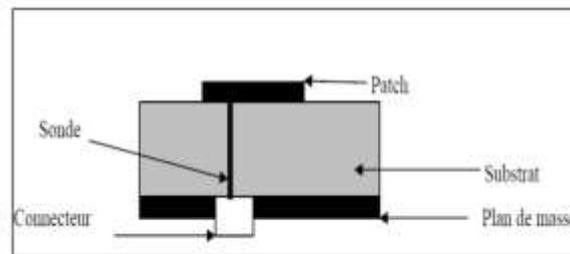


Figure II.10 : alimentation coaxiale.

Le circuit équivalent, des deux types d'alimentation, est formé d'un réseau parallèle RLC qui représente la pièce métallique (patch) rayonnante résonnante et un inducteur série représentant l'inductance de la sonde coaxiale d'alimentation ou de la ligne d'alimentation micro-ruban « FigureII-11 ». [35]

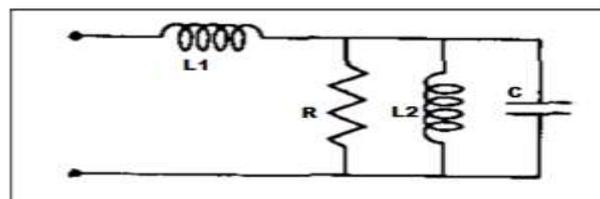


Figure II.11 : le circuit équivalent d'une antenne patch.

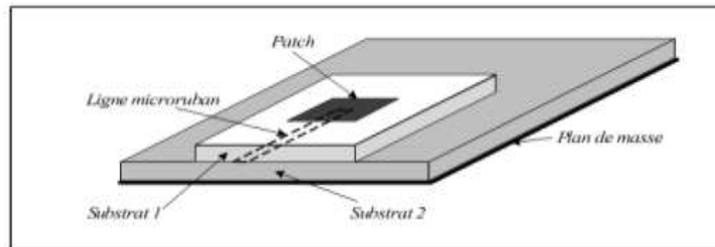
Ces types précédant d'alimentation sont les types les plus simple , ont l'avantage de la simplicité, mais elles ont également plusieurs inconvénients. L'augmentation, par exemple, de l'épaisseur du substrat dans le but d'augmenter la largeur de la bande passante, mène à une augmentation des faux rayonnements d'alimentation et une augmentation de lapuissance d'onde surfacique [37]

II.5.2 Alimentation par proximité:

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

II.5.2.1 Alimentation couplée par proximité

Ce type d'alimentation est basé fondamentalement sur deux substrats diélectriques sont employés tels que la ligne d'alimentation est entre les deux substrats et le patch de rayonnement est sur le substrat supérieur, la FigureII-12 montre ce type d'alimentation :



FigureII.12 : alimentation couplée par proximité.

L'avantage principal de cette technique d'alimentation est l'élimination du rayonnement parasite et l'obtention d'une bande passante plus large et cela par l'augmentation globale de l'épaisseur de l'antenne, la distance entre la ligne d'alimentation et le patch peut être utilisé pour adapter l'impédance de l'antenne. Parmi les inconvénients de cette méthode d'alimentation nous citons la difficulté de fabrication à cause des deux couches diélectriques nécessitant un alignement approprié, ainsi que la difficulté d'intégration de dispositifs actifs. L'adaptation est réalisée en contrôlant la longueur de la ligne d'alimentation.[35], [38]

II.5.2.2 Alimentation couplée par ouverture (par fente)

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

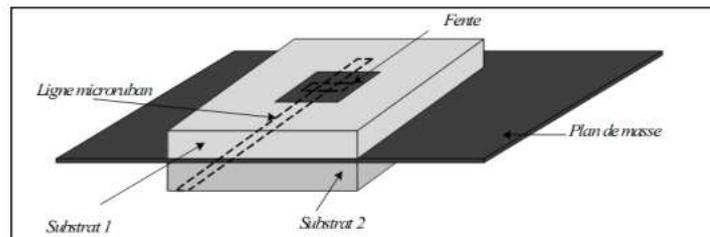


Figure II.13: alimentation couplée par ouverture.

le tableau (II-1) suivant récapitule les caractéristiques des différentes techniques d'alimentation :

Caractéristiques	Alimentation par ligne micro-ruban	Alimentation par câble coaxial	Alimentation par couplage de proximité
Rayonnement parasite d'alimentation	Plus	Plus	Minimum
Fiabilité	Meilleure	Bonne	Faible à cause de la soudure
Facilité de fabrication	Facile	Nécessite une soudure et un perçage	Nécessité d'alignement
Adaptation d'impédance	Facile	Facile	Facile
Bande passante	2-5 %	2-5 %	13%

Tableau (II-1) : caractéristiques de différentes techniques d'alimentation. [40]

II.6 Les antennes avec réflecteur FSS (réflecteur HIS)

L'antenne à réflecteur parabolique est l'une des antennes les plus utilisées. C'est un type particulier d'antennes à réflecteurs, Le réflecteur le plus simple et le plus confortable à mettre en œuvre l'antenne réflecteur est l'antenne «Plane Reflector». Il existe également d'autres types de réflecteurs, tels que: réflecteur d'angle, réflecteur parabolique, réflecteurs Cassegrain, réflecteurs sphériques. Les réflecteurs paraboliques ont un autre type appelé «antenne à réflecteur parabolique alimenté par l'avant».

Sont principalement utilisés pour les communications par satellite en raison de les grandes distances. L'antenne parabolique (réflecteur) est la forme la plus populaire pour ce type d'antennes.

Dans ce type d'antenne, plus le diamètre de l'antenne est grand, plus le gain est élevé pour l'émission et la réception. Gain peut être atteint pour l'émission et la réception. Leurs formes sont illustrées à la Figure II.14. [42]

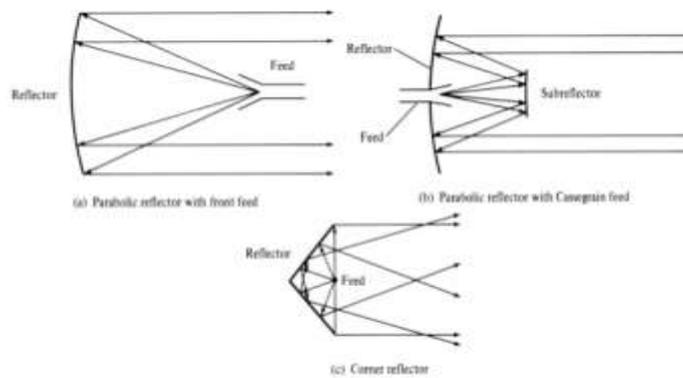


Figure II.14 : Configurations typiques des réflecteurs

II.7 Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre nous avons présenté, d'une manière générale, les caractéristiques principales des antennes et leurs types ainsi que les différentes modes d'alimentation, la deuxième partie du chapitre a été consacrée aux les antennes avec réflecteurs FSS

Chapitre III

Résultats et Discussions

III.1. Introduction

Ce chapitre propose la conception d'une antenne double bande à polarisation circulaire avec des paramètres de rayonnement satisfaisants (bande passante, gain, directivité et rapport avant-arrière, Rapport Axial...) grâce à l'utilisation d'un réflecteur basé sur un écran FSS monocouche. Afin d'obtenir les paramètres de rayonnement souhaités, la bande d'arrêt FSS a été conçue pour fonctionner dans la même bande de fréquence que l'antenne. Tous nos travaux ont été effectués avec le simulateur HFSS.

III.2. Présentation du logiciel de simulation électromagnétique HFSS

Le logiciel Ansoft HFSS (High Frequency Structure Simulator) est un logiciel de modélisation électromagnétique 3 Dimensions, basé sur la méthode des éléments finis (FEM) en régime harmonique. Ce logiciel offre une interface graphique conviviale qui permet par exemple, de générer très simplement des cartographies de champ dans le volume de calcul. De plus, il utilise une méthode fréquentielle qui permet d'obtenir rapidement des résultats en un point de fréquence. Néanmoins, dans le cas particulier de l'étude du comportement d'une cellule en fonction de la fréquence, la méthode fréquentielle utilisée nous oblige à réaliser une simulation par point de fréquence (sans toutefois recalculer le maillage qui est constant sur la bande de fréquence), ce qui conduit à des temps de calcul importants [44].

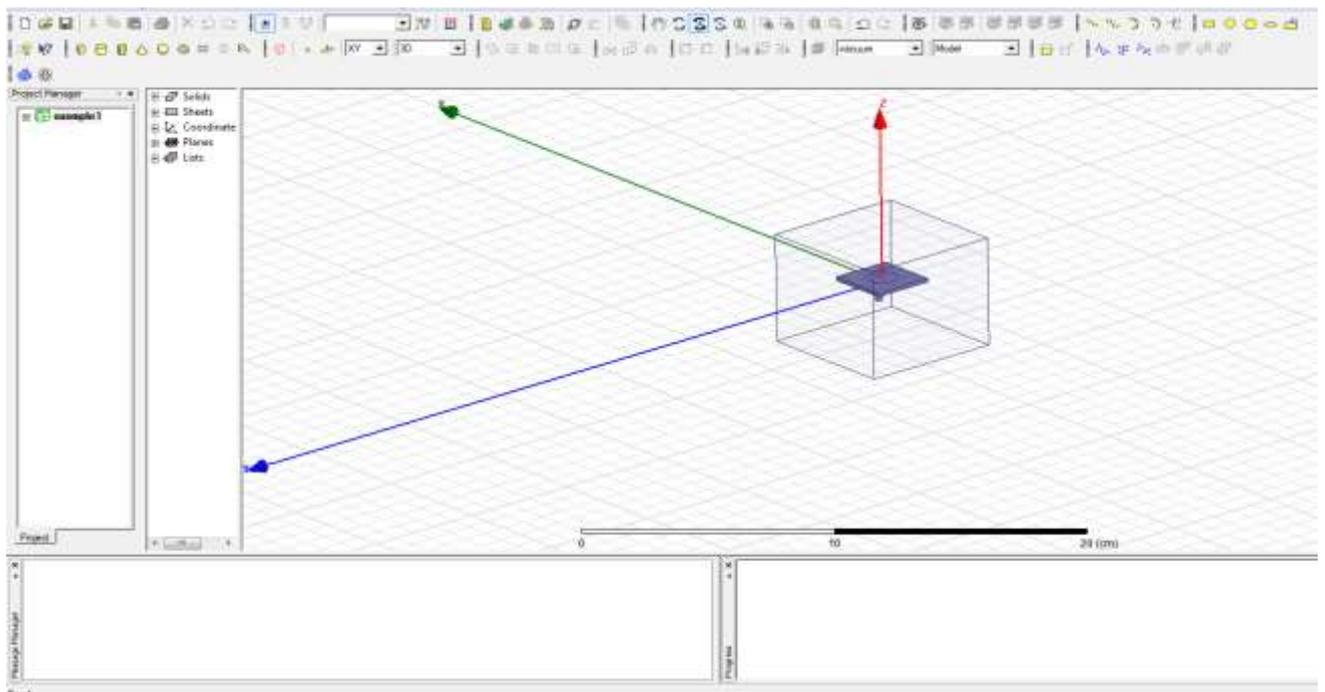


Figure.III.1 Interface du simulateur HFSS.

III.3. Conception d'antenne à polarisation circulaire

L'antenne à polarisation circulaire (CP) est largement utilisée dans des applications satellites [45], en raison des caractéristiques du multi-effet de réflexion de trajectoire et réduction de l'effet rotation de Faraday dans certaines applications telles que le GPS.

Les dimensions de l'antenne ont été modifiées afin d'obtenir de meilleures performances en fonction des exigences de la conception. Cependant, un écran basé sur le FSS a été incorporé, composant une nouvelle structure avec une amélioration des paramètres de rayonnement qui sera décrite et analysée dans ce travail. La structure d'antenne proposée est illustrée à la figure III.2 [46].

Ce antenne se compose d'un substrat carré et d'une ligne coaxiale. Le PTFE est choisi comme un substrat diélectrique avec une permittivité relative de 2.65, une tangente de perte de 0,0012 et une épaisseur de 1 mm. Une fente pliée annulaire est gravée sur la face arrière conductrice de la plaque de PTFE et la structure d'alimentation microruban imprimée de l'autre côté.

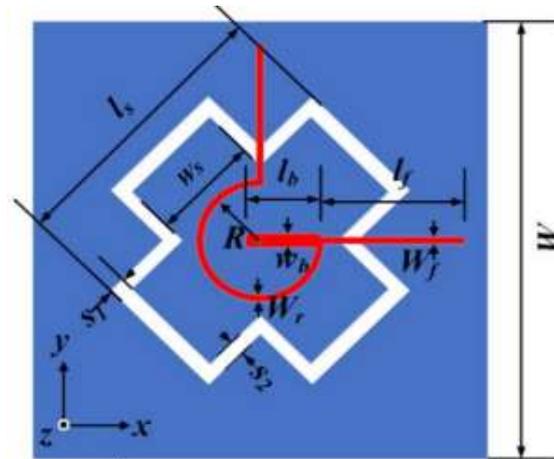


Figure.III.2 Géométrie de l'antenne.

La structure d'alimentation microruban est composée de deux lignes microruban perpendiculaires à travers la fente annulaire le long de l'axe x et de l'axe y, respectivement. Les deux lignes microruban possèdent la même largeur W_f et la même longueur L_f et les deux sont reliés à un anneau de quart vacant.

Le tableau III.1 montre les dimensions d'antenne à polarisation circulaire.

<i>Paramètres</i>	<i>Ls</i>	<i>ws</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>R</i>	<i>Wb</i>	<i>Lb</i>	<i>Wr</i>	<i>Wf</i>	<i>Lf</i>	<i>W</i>
<i>Valeur (mm)</i>	50	15	2.5	1	9	2.78	9.4	0.78	0.78	27.6	78

Tableau III-1 Dimensions d'antenne à polarisation circulaire.

Pour implémenter la structure de la figure III.2 sous HFSS, nous utilisons un substrat diélectrique PTFE (Teflon) avec une constante diélectrique relatif égal à 2.65, une longueur de 78 mm et une épaisseur de 1 mm.

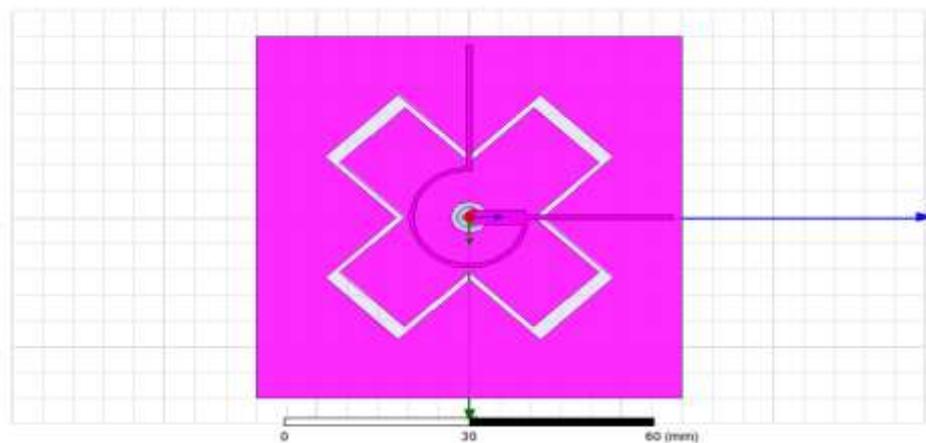


Figure.III.3 Géométrie d'antenne à polarisation circulaire sous HFSS.

La figure III.4 montre la géométrie d'antenne à polarisation circulaire alimenté par un câble coaxial sous HFSS.

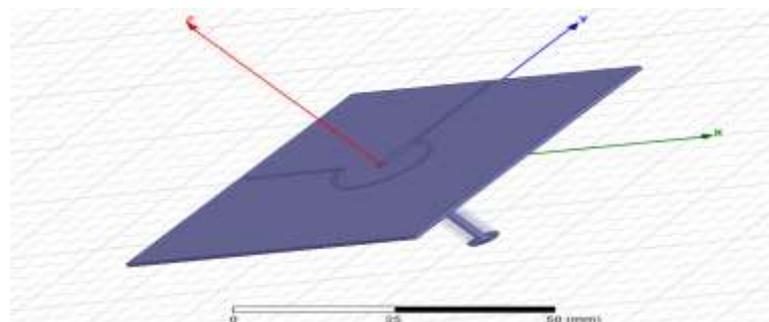


Figure.III.4 Géométrie d'antenne à polarisation circulaire alimenté par un câble coaxial sous HFSS.

Le résultat obtenu pour le coefficient de réflexion (S_{11}) de la structure de l'antenne simulée dans la bande [1.1 – 1.7 GHz] est représenté dans la Figure.III.5.

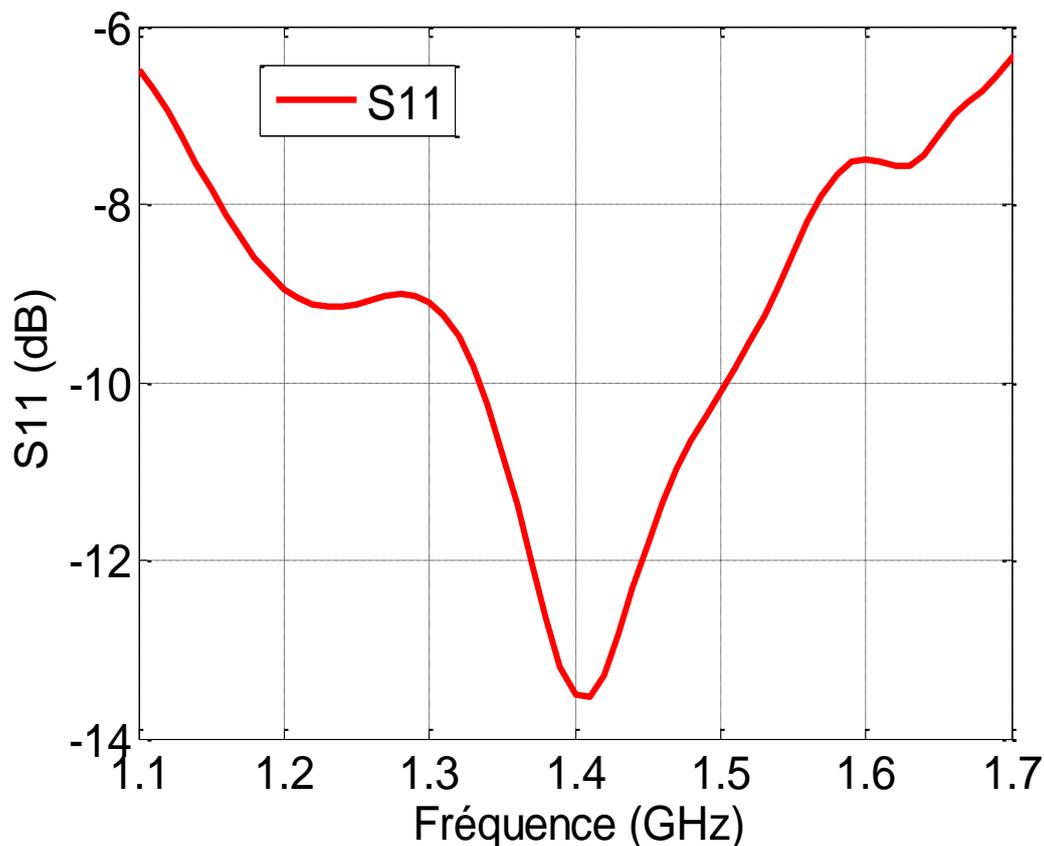


Figure.III.5 Coefficient de réflexion S11 de la structure simulé.

Les deux figures III.3 et III.4 présente la géométrie d'antenne implémentée sous HFSS. Le résultat de cette implémentation est illustré dans la figure III.5.

D'après le résultat de simulation de l'antenne à polarisation circulaire, on remarque que cette antenne possède une seule bande de fréquence à partir de **1.33 GHz** à **1.5 GHz** avec une fréquence de résonance $f_r = 1.4 \text{ GHz}$ pour un coefficient de réflexion en dB $|S_{11}| = -13.54 \text{ dB}$.

III.4.Géométrie du réflecteur HIS

Les structures HIS sont imprimées sur un substrat FR4, avec un constant diélectrique de 4.4, perte de tangente de 0,02 et épaisseur de 2 mm. Le réflecteur HIS est construit comme un réseau compact 2D de patches carrés imprimés périodiquement sur le substrat diélectrique. La taille du patch carré pour une cellule unitaire est $a \times a$, la largeur de la fente entre les carrés d'unité adjacents est S. un câble coaxial rigide de 50 ohms passe à travers le réflecteur HIS pour alimenter le radiateur à fente. Le conducteur extérieur du câble est connecté à la fois avec le dos métallique du réflecteur HIS et l'arrière face de surface métallique du substrat en

PTFE. Le conducteur interne du câble coaxial est soudé avec la structure d'alimentation microruban. La structure du réflecteur HIS proposée est illustrée à la figure III.6.

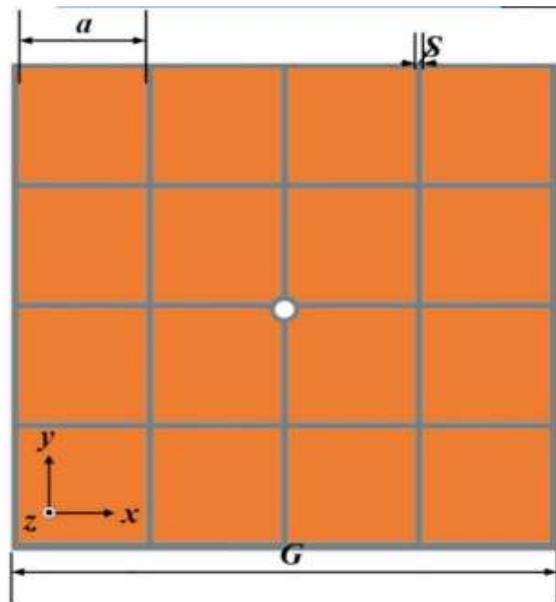


Figure.III.6 Géométrie de réflecteur HIS.

La structure HIS est conçue pour fonctionner comme un filtre à bande d'arrêt, elle est placée en bas de l'antenne, de sorte qu'il peut être utilisé comme élément réflecteur. La distance entre le HIS et l'antenne a été définie comme un quart de la longueur d'onde de la fréquence de résonance de l'antenne. Une fois que l'antenne est à double bande, la valeur de distance a été optimisée pour fournir de meilleures caractéristiques de rayonnement dans les deux bandes de fréquences. La meilleure performance a été obtenue avec un espacement de 15 mm entre le HIS et l'antenne.

La figure III.7 présente la Géométrie du réflecteur FSS sous HFSS.

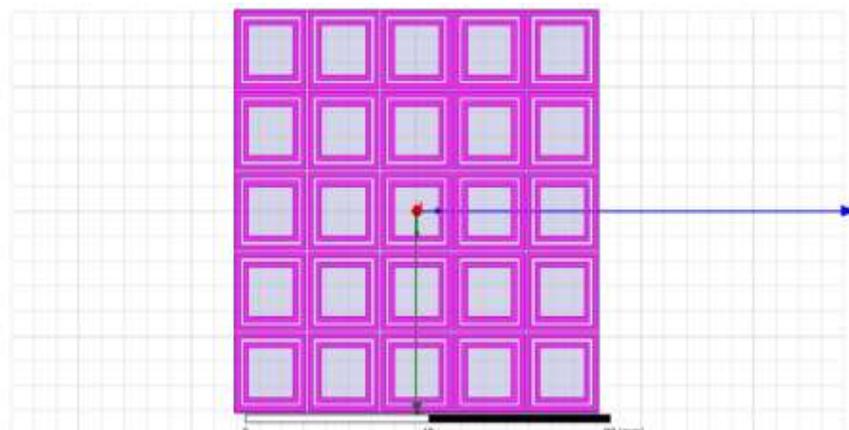


Figure.III.7 Géométrie du réflecteur FSS sous HFSS.

III.5. Conception de l'antenne avec réflecteur HIS

La figure.III.8 présente la structure de l'antenne à polarisation circulaire avec réflecteur HIS. L'espace entre l'antenne et le réflecteur HIS est de $H=15$ mm.

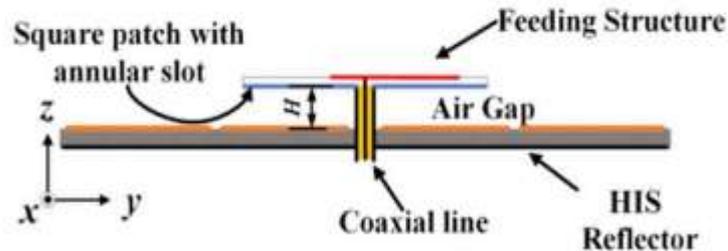


Figure.III.8 Structure de l'antenne patch à polarisation circulaire avec réflecteur HIS.

D'une manière générale, ce type de structure repose sur le rayonnement et la réflexion simultanés de l'antenne et du réflecteur. En effet, lorsqu'un réflecteur FSS (monocouche ou multicouche) est installé sous l'antenne, la puissance maximale peut être obtenue dans la direction de propagation principale.

La Géométrie de l'antenne à polarisation circulaire avec le réflecteur HIS sous HFSS est illustrée dans la figure.III.9.

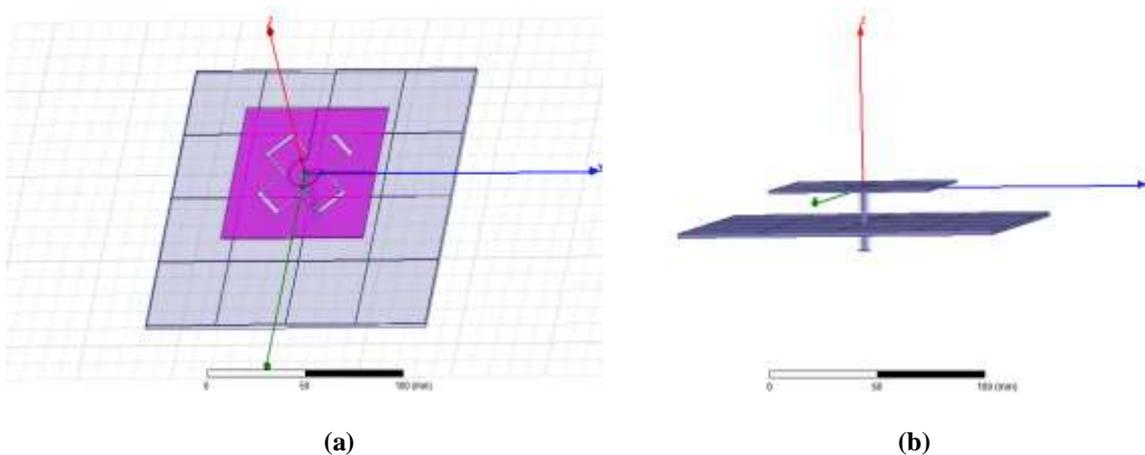


Figure.III.9 Géométrie de l'antenne à polarisation circulaire avec réflecteur HIS sous HFSS.

(a) vue en face (b) vue latérale.

Le résultat obtenu pour le coefficient de réflexion (S_{11}) de la structure d'antenne double bande avec réflecteur HIS simulée dans la bande $[1.1 - 1.7GHz]$ est représenté dans la Figure.III.10.

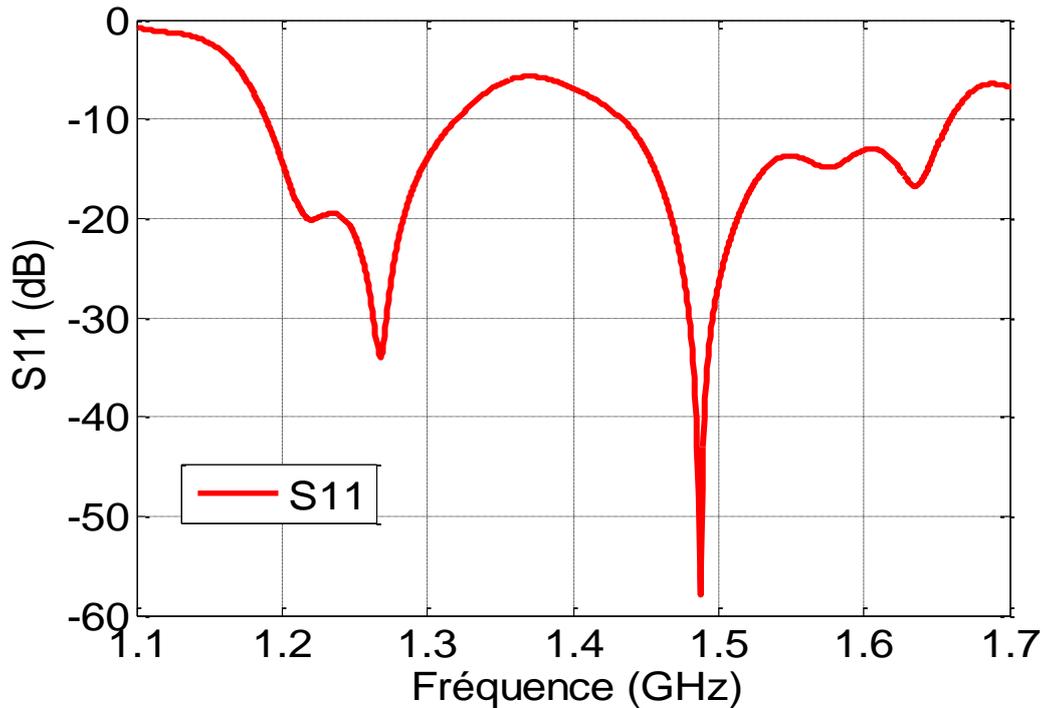


Figure.III.10 Coefficient de réflexion S_{11} de la structure simulé.

D'après le résultat de simulation de l'antenne avec le réflecteur HIS, on remarque que cette antenne présente deux bandes de fréquences, la première bande correspondant à la bande L2 du GPS est située entre **1.18 GHz** et **1.32 GHz** avec une fréquence de résonance **$fr1 = 1.26 GHz$** pour un coefficient de réflexion en dB $|S_{11}| = -35 dB$. La deuxième bande correspondant à la bande L1 du GPS est située entre **1.43 GHz** et **1.66 GHz** avec une fréquence de résonance **$fr2 = 1.49GHz$** pour un coefficient de réflexion égale à **$-57dB$** .

III.6. Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement pour la structure d'antenne seul dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulé pour la fréquence 1.4 GHz est illustré dans la figure.III.11.

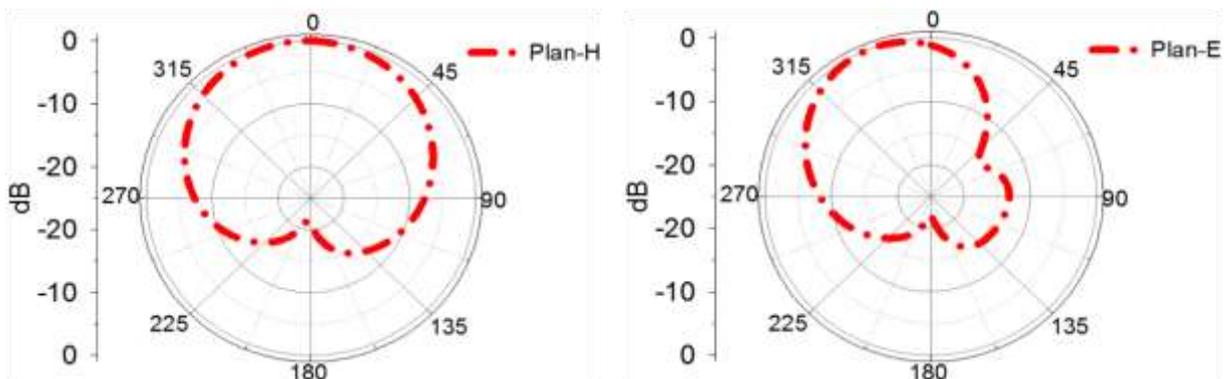


Figure.III.11 Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulé pour la fréquence : 1.4 GHz.

Le diagramme de rayonnement pour la structure simulée de l'antenne avec réflecteur HIS dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulés pour les fréquences : (a) pour 1.23 GHz et (b) pour 1.57 GHz est illustrée dans la figures.III.12.

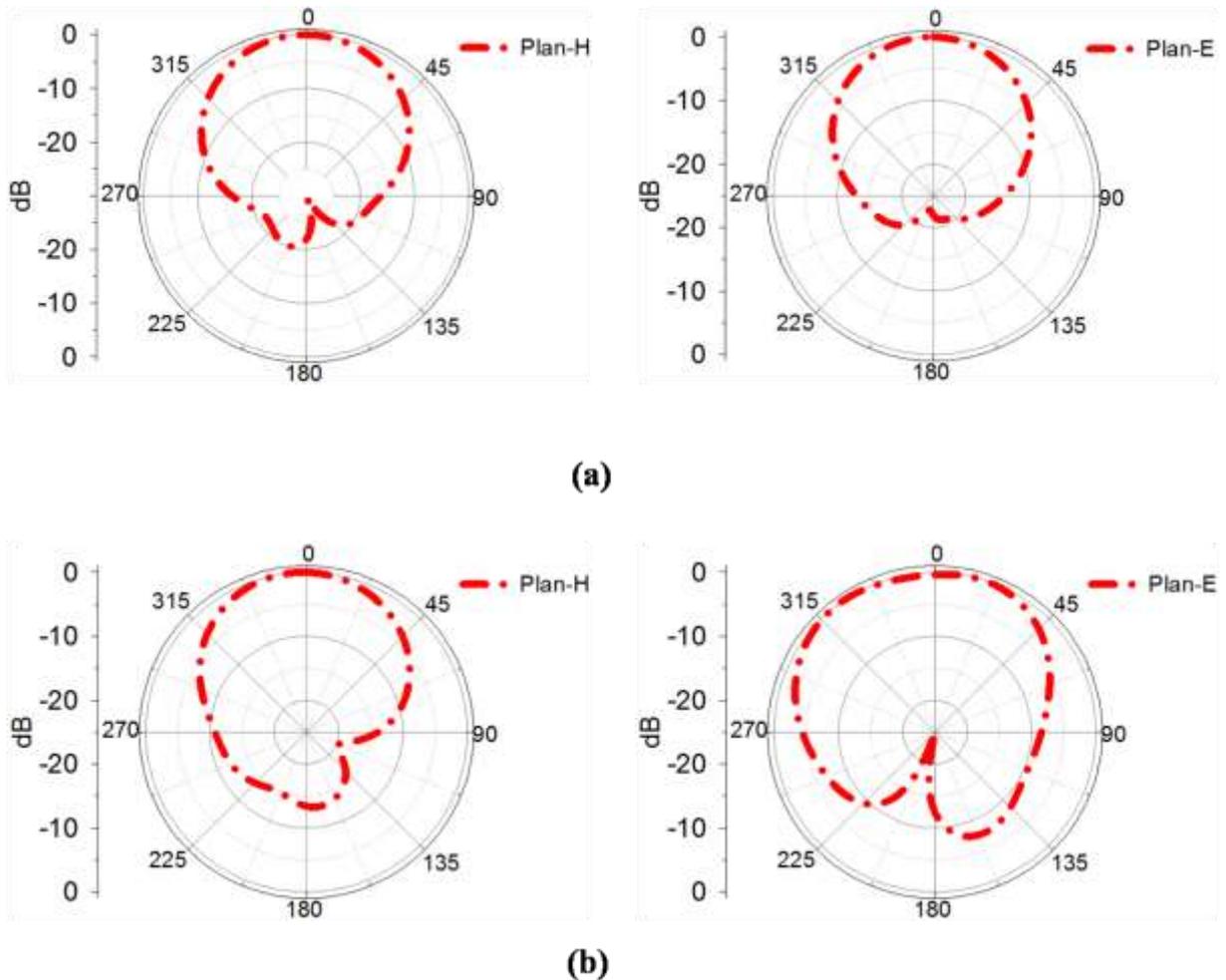


Figure.III.12 Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne avec réflecteur HIS dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulés pour les fréquences : (a) pour 1.23 GHz et (b) pour 1.57 GHz.

D'après les deux figures précédentes, caractérisant les résultats des diagrammes de rayonnement, on remarque que l'efficacité de rayonnement de l'antenne a augmenté et les niveaux des lobes secondaires de l'antenne, intégrée avec le réflecteur FSS, sont inférieurs par rapport ceux de l'antenne seule. On note aussi que la réduction des lobes secondaires était plus importante dans la première fréquence de résonance (1.23 GHz) par rapport la deuxième fréquence de résonance (1.57 GHz).

III.7.Rapport Axial

La figure.III.13 représente le résultat de simulation du rapport axial (AR) d'antenne seule et d'antenne avec HIS.

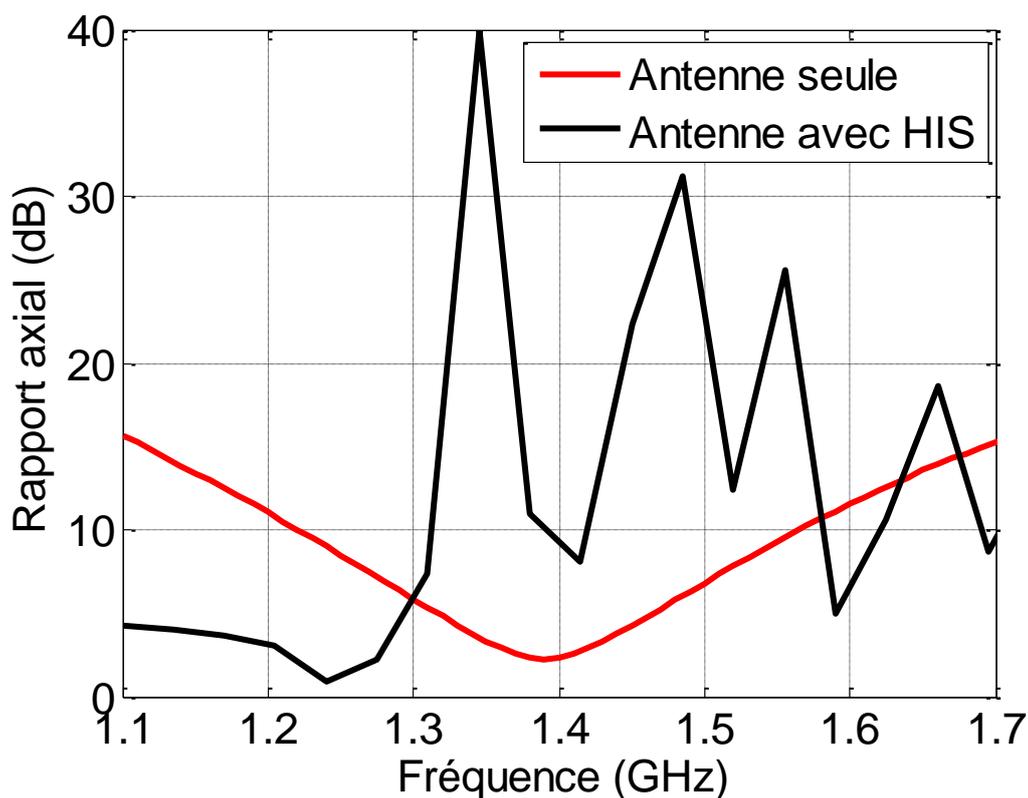


Figure.III.13 variation du Rapport axial de l'antenne seule et l'antenne avec HIS.

Le seuil maximal du rapport axial pour obtenir une polarisation circulaire est de 3 dB. Pour l'antenne seule on remarque que la bande passante AR à 3 dB mesurée est de 80 MHz à partir de 1,35 à 1,43 GHz, et pour la première bande de l'antenne avec réflecteur HIS la bande passante AR à 3 dB mesurée est de 110 MHz à partir de 1,17 à 1,28 GHz, mais dans la deuxième bande de l'antenne avec réflecteur HIS la valeur du rapport axial est autour de 5 dB.

Les résultats de simulation du rapport axial montrent bien que l'antenne avec réflecteur HIS possède une bonne polarisation circulaire autour de les deux bandes **L1** et **L2** du **GPS**.

III.8.Gain

La figure.III.14 présente le Gain d'antenne seule et d'antenne avec réflecteur HIS.

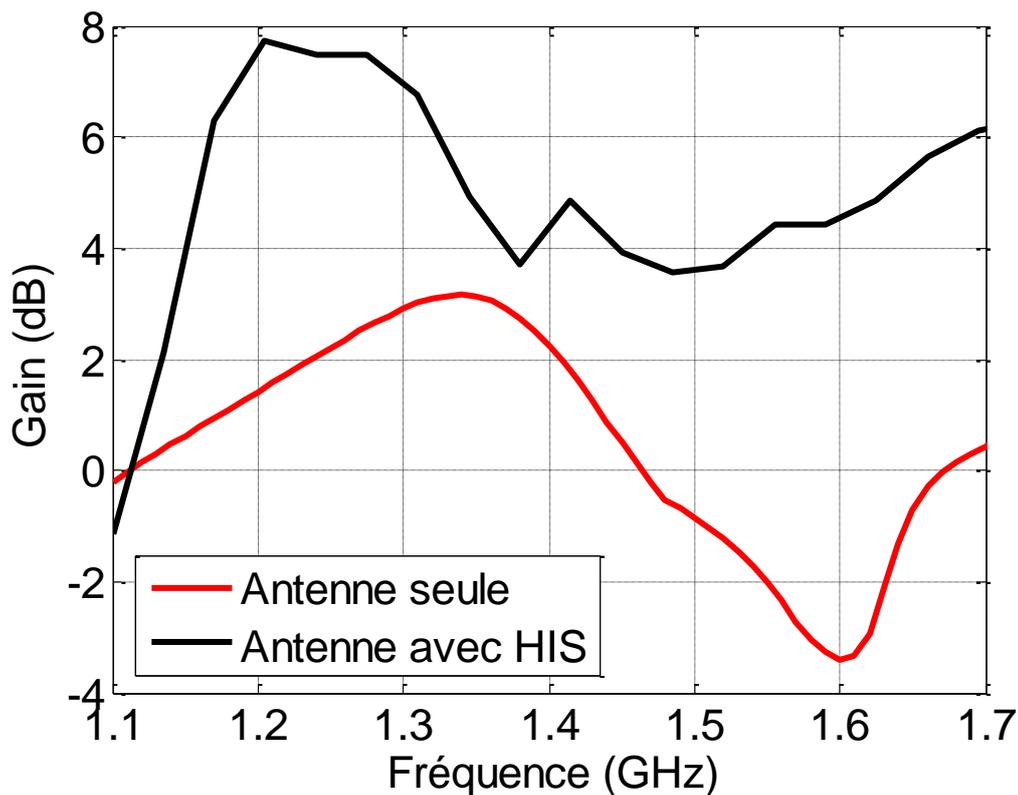


Figure.III.14 Le Gain d'antenne seule et de l'antenne avec HIS.

D'après les deux courbes de variation de gain en fonction de la fréquence, on remarque que le niveau du gain de l'antenne avec le réflecteur HIS est très élevé par rapport le niveau du gain de l'antenne seul, avec un gain maximal égal à $7.9dB$ pour une fréquence égal à $1.22GHz$.

III.9.Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la conception d'une antenne à polarisation circulaire avec réflecteur HIS avec des caractéristiques de rayonnement. A cet effet, on a proposé d'utiliser une structure à base des FSS, comme plan réflecteur. On a traité les paramètres d'antenne avec et sans réflecteur (diagramme de rayonnement, le gain, le rapport axial d'antenne).

L'antenne à polarisation circulaire double bande proposée peut être un bon candidat pour la fonctionnement d' haute précision des applications GPS à les deux bandes L1 (1575 MHz) et L2 (1227 MHz).

Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les antennes patch sont au cœur des développements actuels. Elles présentent certains avantages, notamment un poids léger, une conception simple, une intégration facile et une bande passante plus élevée. D'autre part, leurs principaux inconvénients sont un faible gain et des diagrammes de rayonnement bidirectionnels. Pour remédier à ce problème, nous avons proposé, dans le cadre de ce travail, l'intégration d'un réflecteur magnétique FSS au-dessous de cette antenne ce qui nous a donné une nouvelle structure d'antenne basée sur FSS fonctionnant sur une large bande passante avec un gain élevé, un profil bas et un volume réduit. Cette structure a été réalisée via le simulateur HFSS (High Frequency Structure Simulation). Ce dernier est utilisé pour concevoir une nouvelle unité FSS compacte avec un substrat époxy FR4 monocouche, qui est utilisé comme filtre coupe-bande. De bonnes caractéristiques de rayonnement ont été obtenues grâce à la combinaison d'une antenne avec un réflecteur FSS. Les résultats obtenus montrent que, par rapport à ces structures, la structure proposée présente de meilleures performances en termes de taille, de profil, de gain et d'amélioration de la bande passante. Cela le rend très utile pour les applications qui nécessitent des antennes à haut gain, miniaturisation et profil bas à large bande passante.

Références Bibliographiques

Références Bibliographique

Références Bibliographiques

[1] Mohamad HAJJ, "Conception, réalisation et caractérisation de nouveaux types d'antennes sectorielles à base de matériaux BIE métalliques pour télécommunications terrestres ", Thèse doctorat de l'université de Limoges, Octobre 2009.

[2] Euloge Budet Tchikaya, "Modélisation électromagnétique des Surfaces Sélectives en Fréquence finies uniformes et non-uniformes par la Technique par Changements d'Echelle (SCT) ", Thèse doctorat l'université Toulouse III-INP Toulouse, Octobre 2010.

[3] Farhad Bayatpur, "Metamaterial-Inspired Frequency-Selective Surfaces ", Thèse doctorat de l'université Michigan, 2009.

[4] Halim BOUTAYEB, "Etude des structures périodiques planaires et conformes associées aux antennes. application aux communications mobiles", Thèse doctorat DE l'université de Rennes 1, décembre 2003.

[5] B. A. Munk, "Frequency selective surfaces: Theory and Design ", John Wiley & sons, 2000.

[6] A. G. D'Assunção Jr., "A New Proposal for Multiband Planar Antenna for Mobile Communications," in portuguese, Master Dissertation, UFRN, Natal, 2007.

[7] Chang, Kai, and Lung-Hwa Hsieh. Microwave ring circuits and related structures. Vol. 156. John Wiley & Sons, 2004.

[8] Ullah, Irfan. "Measuring and filtering microwave radiations using frequency selective surface through energy saving glass." (2012).

[9] Euloge Budet TCHIKAYA, "Modélisation électromagnétique des Surfaces Sélectives en Fréquence finies uniformes et non-uniformes par la Technique par Changements d'Echelle (SCT)», thèse de doctorat, Université Toulouse III, 2010

Références Bibliographique

- [10] OUAZIB Nadia, " Métamatériaux, applications aux filtres ", mémoire de master, Université Abderrahmane MIRA- Béjaïa, 2013
- [11] D. Sievenpiper, L. Zhang, R.F.J. Broas, N.G. Alexopolous, and E. Yablonovitch, "High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques , Vol. 47, No. 11, pp. 2059-2074, Nov. 1999.
- [12] R. Elliott, "On the theory of corrugated plane surfaces," IRE Trans. Antennas Propag., vol. 2, pp. 71-81, 1954.
- [13] E. Lier and T. Schaug-Pettersen, "The strip-loaded hybrid-mode feed horn," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 35, pp. 1086-1089, 1987.
- [14] T. Scharfen, J. Nellen, and F. v. d. Bogaart, "Longitudinally slotted conical horn antenna with small flare angle," IEE Proc H on Microwaves, Optics and Antennas., vol. 128, pp. 117-123, 1981.
- [15] S. C. Kitson, W. L. Barnes, and J. R. Sambles, "Full Photonic Band Gap for Surface Modes in the Visible," Physical Review Letters., vol. 77, pp. 2670-2673, 09/23/ 1996.
- [16] W. L. Barnes, T. W. Preist, S. C. Kitson, and J. R. Sambles, "Physical origin of photonic energy gaps in the propagation of surface plasmons on gratings," Physical Review B., vol. 54, pp. 6227-6244, 09/01/ 1996.
- [17] Vardaxoglou J. C.: Frequency Selective Surfaces: Analysis and Design, Research Studies Press LTD, 1997.
- [18] O. Picon, Coll les antennes, Théorie, conception et application l'usine du nouvelle, Dunod, 2009.
- [19] G. Kumar and K. P. Ray, Broadband microstrip antennas, Artech House Boston, London 2003.
- [20] Mémoire , « Étude et conception des antennes planaires repliées» ,UNIVERSITE MUSTAPHA STAMBOULI DE MASCARA .

Références Bibliographique

- [21] W. Huang, A.A. Kishk, "Compact wideband multi-layer cylindrical dielectric resonator antennas", *Microwaves, Antennas & Propagation, IET*, vol.1, Issue.5, 2007.
- [22] W. Huang, A.A. Kishk, " Multi-Layer Cylindrical Dielectric Resonator Antenna for Wideband Applications", *Antennas, Propagation & EM Theory, IEEE*, 2006.
- [23] Raghvendra Kumar Chaudhary, Gautam Kumar Singh, Kumar Vaibhav Srivastava, Animesh Biswas, " Coaxial Fed Half-Split Multilayer Cylindrical Dielectric Resonator Antenna for Wideband Applications", *Microwave Conference (EuMC), 41st European, IEEE*, 2011
- [24] G. Dubost , S. Zisler, "Les Antennes indépendantes de la fréquence", French, Book, Illustrated edition, Paris , New York : Masson, 1976.
- [25] S.S. Aljaafreh, Yi Huang, A. Lei Xing, "small wideband Ushaped dielectric resonator antenna," *Antennas and Propagation Conference (LAPC), Loughborough*, Page(s): 1 - 4, 2012.
- [26] H. Raggad, M. Latrach, A. Gharsallah, T. Razban, "A New Shape of Dielectric Resonator Antenna for Wideband Applications," *Mediterranean Telecommunications Journal*, vol. 3 no 1, Février 2013.
- [27] P. Troughton, "High Q factor resonators in microstrip", *Electronics Letters*, vol. 4, pp. 520- 522, 1968.
- [28] H. J. Visser, "Array and phased array antenna basics", *Antenna Engineer*, the Netherlands 2005.
- [29] C. A. Balanis, *Antenna theory analysis and design*, 2nd edition John Wiley and Sons, 1997.
- [30] D. R. Smith & al., "Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity", *Phys. Rev. Lett.* 84, pp. 4184-4187, 2000.
- [31] C. Nannini, "Etude de nouvelles antennes à résonateur diélectrique multifréquence, large bande et à polarisation circulaire," *Université de Nice* 2004.

Références Bibliographique

[32] A.Petosa, , N. Simons, R. Siushansian, A. Ittipiboon, M. Cuhaci, "Design and analysis of multisegment dielectric resonator antennas ," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on* , vol.48, no.5, pp.738-742, May 2000

[33] T.A Denidni, Zibin Weng , M. Niroo- Jazi," Shaped Dielectric Resonator Antenna for Ultra wideband Applications ", *IEEE Transactions on* volume: 58, Page(s): 4059 - 4062, 2010.

[34] A. Boyer antennes institut national des sciences appliquées de Toulouse, Support de Cours, 2011.

[35] D. M. Pozar and S. M. Voda,"A rigorous analysis of a microstrip line fed patch antenna", *IEEE Transactions on Antennas and Propagations*, vol. 35, n° 12, pp. 1343- 1350, December 1987.

[36] A.K. Bha Hacharyya "Long rectangular patch antenna with a single feed" *IEEE Trams Antennas Propagate*, Vol.38, pp. 987-993 July 1990.

[37] D. H. Schaubert, D. M. Pozar and A. Adran "Effect of microstrip antenna substrate thickness and Permittivity: comparison of theories and experiment" *IEEE Trams. Antennas propagation*, Vol.37, PP.677-682, June 1989.

[38] Ansoft HFSS 9.1 user manual. Pdf

[39] M. Diblng "Développement du concept de l'antenne à résonateur bie pour la génération de la polarisation circulaire", Université de Limoges, thèse de Doctorat, 20 mars 2006.

[40] Leila Chouitti, "contribution à l'étude d'antenne imprimées rectangulaires doublesbandes et multi-bandes tenant compte de l'effet de couplage", Thèse magistère, Institu d'électronique, Université de Constantine, 2009.

[41] G. Kossiavas, A. Papiernik, R. Staraj, C. Luxey *Antennes imprimées - Bases et principes* Dossier E 3310, Antenne, Techniques de l'Ingé

Références Bibliographique

[42] C. A. Balanis "Antenna Theory: Analysis Design", 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. 2005

[43] D. E. N. Davies Circular Arrays: Their Properties and Potential Applications IEE Second International Conference on Antennas and Propagation, pp. 1–10, April 1981.

[44] Oualli, L : "Simulations des antennes sous HFSS" mémoire de master présentée à l'université de mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou ,2013

[45] S. Gao, Q. Luo, and F. Zhu, Circularly Polarized Antenna. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2014

[46] Fernandes, Elidiane Mirella Farias, et al. "2.4–5.8 GHz dual-band patch antenna with FSS reflector for radiation parameters enhancement." AEU-International Journal of Electronics and Communications 108 (2019): 235-241.

[47] RUSSEK, Johannes A., XIONG, Ying, ABDELLAH, Alaa, et al. Organic millimeterwave fishnet metamaterial structures. In : 2014 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014). IEEE, 2014. p. 1-3.