

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE 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 : SYSTEMES DES TELECOMMUNICATIONS

Par

- MAHFOUDI AFAF
- ROUABAH NESSRINE

Intitulé

Conception d'antenne à base structure PSS pour les applications GNSS

Soutenu le :

Devant le Jury composé de :

| <i>Nom & Prénom</i> | <i>Grade</i> | <i>Qualité</i> | <i>Etablissement</i> |
|-----------------------------|--------------|---------------------|----------------------|
| <i>M.MEZAACHE S/E</i> | <i>MCB</i> | <i>Président</i> | <i>Univ-BBA</i> |
| <i>M. FLISSI MUSTAPHA</i> | <i>MCA</i> | <i>Encadreur</i> | <i>Univ-BBA</i> |
| <i>Mlle. BOULARAS ASSIA</i> | <i>Doc.</i> | <i>CO-Encadreur</i> | <i>Univ-BBA</i> |
| <i>M. BOUSSAHOUL</i> | <i>MAA</i> | <i>Examineur</i> | <i>Univ-BBA</i> |

Année Universitaire 2021/2022

Remerciement :

*Nous tenons à remercier tout d'abord, **ALLAH**, le tout puissant, qui nous a donné la force et le courage afin de parvenir à élaborer ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos remerciements à notre encadreur **Dr: Flissi Mustapha** et **Boularas Assia**, pour la grande bienveillance qu'elle nous a accordé et pour leur efficaces et précieuses aides, tout le long d'achèvement de ce mémoire.*

Nous adressons nos sincères remerciements aussi aux membres du jury pour avoir pris le temps d'examiner et juger ce travail

Nous tenons aussi à remercier nos chères familles pour leur soutien, leur engagement et leur amour inconditionnel.

Si ce document a pu voir le jour c'est grâce aux actions conjugués de plusieurs personnes, à qui nous devons toute notre reconnaissance.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents et ma grande famille.

A mes très chères sœurs Houda, Feriel, Dallel, Yassmina

A mon frère Lotfi

A tous les enseignants de département

*D'électronique à université de l'Université de Mohamed el
Bachir El Ibrahim.*

A tous mes amis surtout Affaf

Nessine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents et Mon oncle Saci qui était mon
deuxième père*

A mes très chères sœurs Ikram et Ikhlass

A mon petit prince Mohammed

A les gens que j'aime sont de ma famille surtout

Imane Marwa et Bouthaina

A tous les enseignants de département

*D'électronique à université de l'Université de Mohamed el
Bachir El Ibrahim.*

A tous mes amis.

Affaf

Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'étude et la conception d'antennes patch à polarisation circulaire compacte pour les applications GNSS.

L'objectif de ce travail est de trouver un design d'antenne patch simple de forme circulaire permettant d'émettre ou de recevoir à une seule fréquence, d'analyser les paramètres influençant son comportement, de mettre en place un modèle d'équations permettant de calculer avec précision sa géométrie et de trouver la solution pour avoir les meilleures performances possibles (gain ; coefficient de réflexion, bande passante et rayonnement), nous utilisons les différentes simulations en employant le simulateur CST Microwave Studio.

Abstract:

The work presented in this thesis concerns the study and design of patch antennas at compact circular polarization for GNSS applications. The objective of this work is to find a simple patch antenna design of circular shape allowing to transmit or receive at a single frequency, to analyze the parameters influencing its behavior, to set up a model of equations allowing to accurately calculate its geometry and find the solution to have the best possible performance (gain; reflection coefficient, bandwidth and radiation), we use the different simulations using the CST Microwave Studio simulator.

الملخص:

يتعلق العمل المقدم في هذه الأطروحة بدراسة وتصميم الهوائيات التصحيح في استقطاب دائري مضغوط لتطبيقات GNSS.

الهدف من هذا العمل هو إيجاد تصميم هوائي رقعي بسيط على شكل دائري يسمح بالإرسال أو الاستقبال بتردد واحد ، لتحليل المعلمات التي تؤثر على سلوكه ، لإعداد نموذج من المعادلات يسمح بحساب هندسيته بدقة والعثور على الحل للحصول على أفضل أداء ممكن (الكسب ؛

معامل الانعكاس وعرض النطاق الترددي والإشعاع) ، نستخدم عمليات المحاكاة المختلفة باستخدام CST Microwave Studio

simulator

Sommaire :

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I

| | | |
|---------|---|----|
| I.01 | Introduction : | 4 |
| I.02 | Définition de l'antenne : | 4 |
| I.03 | Coefficient de réflexion S11: | 5 |
| I.04 | Les caractéristiques d'antenne | 5 |
| I.04.01 | Diagramme de rayonnement : | 5 |
| I.04.02 | La directivité : | 6 |
| I.04.03 | Le Gain : | 6 |
| I.05 | Les types des antennes : | 7 |
| I.05.01 | Antenne dipolaire | 7 |
| I.05.02 | Antenne cornet | 8 |
| I.05.03 | Réseau de fente | 9 |
| I.05.04 | Antenne à réflecteur parabolique | 9 |
| I.05.05 | Antennes de type Cassegrain : | 10 |
| I.05.06 | Antennes plaquées PATCH : | 11 |
| I.06 | Les antennes GNSS : | 12 |
| I.06.01 | Exigences des performances de l'antenne GNSS: | 12 |
| I.07 | Conclusion : | 14 |

Chapitre II

| | | |
|----------|--|----|
| II.01 | Introduction : | 14 |
| II.02 | Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS): | 14 |
| II.03 | Caractéristiques principales de la FSS | 15 |
| II.04 | Les types des FSS | 16 |
| II.04.01 | Les FSSs à motifs gravés | 17 |
| II.04.02 | Influence des différents paramètres intervenant dans une FSS à motif gravé | 18 |
| II.04.03 | Les FSSs à grille (de type ouvertures) | 19 |
| II.05 | Classification des structures FSS | 22 |
| II.05.01 | FSS de type passe-haut | 22 |

| | | |
|----------|---|----|
| II.05.02 | FSS de type passe-bas | 23 |
| II.05.03 | FSS de type coupe bande | 24 |
| II.05.04 | FSS de type passe-bande..... | 25 |
| II.01 | Réflecteurs d'antenne | 26 |
| II.01.01 | Applications des surfaces sélectives en fréquence | 27 |
| II.01.02 | Radome | 27 |
| II.02 | Polarisation : | 28 |
| II.02.01 | Polarisation rectiligne : | 28 |
| II.02.02 | Polarisation circulaire : | 29 |
| II.02.03 | Polarisation elliptique : | 29 |
| II.03 | Conclusion : | 30 |

CHAPITRE III

| | | |
|-----------|---|----|
| III.01 | Introduction..... | 32 |
| III.02 | Définition du CST | 32 |
| III.02.01 | .Description générale de l'interface CST | 34 |
| III.02.02 | Démarrage du CST..... | 34 |
| III.03 | Design de l'antenne patch circulaire | 35 |
| III.04 | Conception d'antenne patch circulaire | 36 |
| III.05 | Techniques d'alimentation de l'antenne patch..... | 38 |
| III.05.01 | Alimentation par câble coaxiale..... | 38 |
| III.06 | Résultat de la conception d'antenne patch circulaire..... | 39 |
| III.07 | Géométrie de l'antenne circulaire avec PSS | 41 |
| III.08 | Conception de l'antenne circulaire avec PSS | 43 |
| III.09 | Rapport Axial..... | 47 |
| III.10 | Diagramme de rayonnement | 48 |
| III.11 | Conclusion..... | 51 |

Les références

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure .I.1: Constitution d'une antenne Yagi..... | 4 |
| Figure.I.2: Diagramme de rayonne | 6 |
| Figure.I.3: Antenne dipolaire | 7 |
| Figure.I.4: Antenne cornet | 8 |
| Figure.I.5: Réseau de fente..... | 9 |
| Figure.I.6: Antenne à réflecteur parabolique..... | 10 |
| Figure.I.7: Antennes de type Cassegrain..... | 11 |
| Figure.I.8: Antenne plaquée | 12 |
| Figure.II.1: Structure plane périodique bidimensionnelle..... | 15 |
| Figure.II.2. motifs élémentaires pouvant constituer une Surface Sélective en Fréquence. | 17 |
| Figure.II.3. Surface Sélective en Fréquence constituée d'une couche métallique | 19 |
| Figure.II.4 : Surface Sélective en Fréquence constituée de deux couches métalliques ayant des ouvertures arbitraires..... | 20 |
| Figure.II.5 Surface Sélective en Fréquence constituée d'une seule couche métallique ayant plusieurs ouvertures dans la cellule élémentaire..... | 21 |
| Figure.II.6: Surface Sélective en Fréquence constituée d'une couche de métal avec des ouvertures échelonnées | 21 |
| Figure.II.7. FSS de type passe-haut..... | 23 |
| Figure.II.8. FSS de type passe-bas | 24 |
| Figure II.9. FSS de type coupe-bande | 25 |
| Figure.II.10. FSS de type passe-bande | 26 |
| Figure.II.11. Application du FSS dans les sous-amplificateurs pour les communications par satellite. | 27 |
| Figure.II.12. Application des FSSs au radôme..... | 28 |
| Figure.II.13. Polarisation rectiligne..... | 28 |
| Figure.II.14. la lumière est polarisation à droite | 29 |
| Figure.II.15. Polarisation elliptique tracé du champ électrique..... | 30 |
| Figure. III.1. La fenêtre principale du logiciel CST MWS | 33 |
| Figure. III.2: interface du CST | 34 |
| Figure.III.3: schéma d'une antenne patch circulaire..... | 35 |
| Figure.III.4. Géométrie d'une antenne patch sous CST..... | 37 |
| Figure.III.5. géométrie d'antenne patch circulaire alimenté par câble coaxial sous CST. | 39 |
| Figure.III.6. Paramètres S (S11 et S21) de la structure simulée..... | 40 |
| Figure.III. 7. structure de l'antenne patch circulaire combinée avec PSS..... | 41 |
| Figure.III.8. Géométrie du PSS (a) Couche capacitive (b) Couche inductive (c) vue latérale..... | 42 |
| Figure.III.9. Géométrie de PSS sous CST (a) Couche capacitive (b) Couche inductive | 44 |
| Figure III.10. Géométrie Finale de l'antenne patch circulaire avec PSS sous CST..... | 45 |
| Figure.III.11. résultat de simulation de paramètre S (dB) de l'antenne patch circulaire avec le PSS. ... | 46 |
| Figure.III.12. variation du rapport axial(AR) en fonction de la fréquence de l'antenne seule et l'antenne avec PSS..... | 47 |

Figure.III.13. Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne seule dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulé pour les fréquences : (a) pour 1.2 GHz, (b) pour 1.57 GHz et (c) pour 1.8 GHz..... 49

Figure.III.14. Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne avec PSS dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulés pour les fréquences : (a) pour 1.2 GHz ,(b) pour 1.57 GHz et (c) pour 1.8 GHz. 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. III .1. les dimensions d'antenne patch circulaire..... 36

Tableau. III .2.Les dimensions Final de PSS.....43

LISTE DES ABRIVIATIONS :

AR : rapport axial.

CP: polarisation circulaire.

GNSS: Global Navigation Satellite System.

GPS : Global Positioning System.

FSS : Les Surfaces Sélectives en Fréquence

PSS : Polarisation Sélective Surface

CST : Computer Science Technology

INTRODUCTION

GENERAL

Chapitre I : les antennes

Introduction générale

Depuis l'antiquité, l'homme n'a cessé de chercher les différents moyens (parole, gestes de la main, signaux de fumée, document écrit,...) pour communiquer. Ainsi, l'être humain, à travers des époques successives, a fourni des efforts intellectuels aussi bien que physiques afin de découvrir des méthodes de communication adéquates.

En 1870, le britannique J.Maxwell réalise de très importants progrès lors de ses études des ondes électromagnétiques en démontrant que celles-ci voyagent aussi bien dans le vide que dans la matière. En effet, l'antenne est un des points clés des réseaux sans fil puisque cet élément est le dernier maillon de la chaîne permettant l'émission et la réception du signal et donc de l'information contenue dans celui-ci. L'antenne pour station de base doit être adaptée à chaque liaison en fonction de la couverture souhaitée.

Le concept d'antennes imprimées est apparu dans les années 1950, mais il faudra attendre les années 1970 pour voir apparaître les premières réalisations qui seront essentiellement réservées à des applications militaires, et les années 1990 pour un véritable passage au stade industriel. Deux atouts majeurs vont entraîner un développement très important de ce type d'antenne : leur faible coût de réalisation, et leur capacité d'intégration. Elles sont aujourd'hui implantées dans de nombreux dispositifs électroniques et constituent le type d'antenne privilégié aux fréquences microondes dans les systèmes de communication intégrés modernes.

Les antennes patches micro rubans sont largement utilisées dans les applications micro-ondes. Le substrat micro ruban utilisé dans leur réalisation est un paramètre clef, d'une part, au niveau technologique pour assurer de bonnes performances technologiques (efficacité, largeur de bande, radiation,...) et d'autre part au niveau économique afin d'obtenir des antennes à prix compétitif. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la conception de ce type d'antennes à base plusieurs matériaux tels que l'Epoxy, le DURIOD 6010, DUROID 5880, RO4003C pour la réalisation d'antennes patches micro rubans hyperfréquences en bande L pour des applications de communication sans fil.

Ce mémoire est organisé autour de trois chapitres :

Chapitre I : les antennes

Le premier chapitre présente les différentes antennes utilisées dans les systèmes de communications en donnant leurs propriétés et leurs caractéristiques.

Le second chapitre présente les surfaces sélectives en fréquences (FSS), le comportement fréquentiel de chaque configuration des FSS, les différents types de FSS et les différentes applications sont aussi présentés.

Le troisième chapitre est consacré aux résultats de simulation concernant la conception d'une antenne patch circulaire qui possède une bande passante centrée à la fréquence 1.575 GHZ correspondant à la bande L1 du GPS.

Ce mémoire est clôturé par une conclusion générale.

CHAPITRE I

LES ANTENNES

Chapitre I : les antennes

I.01 Introduction :

Une antenne est un dispositif qui assure la transmission entre un guide d'onde et l'espace libre dans inférieure à celle mesurable dans le vide

L'intérêt pour les antennes multi-bandes ne fait que croître, en particulier dans le but de réduire le nombre d'antennes embarquées en associant plusieurs applications sur une même antenne. Cependant, les performances des antennes multi-bandes actuelles sont traditionnellement limitées par la forme et l'arrangement de leurs éléments rayonnants.

Dans le premier chapitre introductif, contient une description générale des antennes et leurs propriétés on a présenté la définition de l'antenne et ces caractéristiques et les différents types de l'antenne et n parle aussi sur la différente application des GNSS.

I.02 Définition de l'antenne :

Une antenne est un dispositif qui convertit les ondes guidées en ondes rayonnement, et inversement. De nombreux paramètres peuvent caractériser l'antenne, tels que comme impédance d'entrée, coefficient de réflexion, directivité, gain absolu, efficacité et les diagrammes de rayonnement [1].

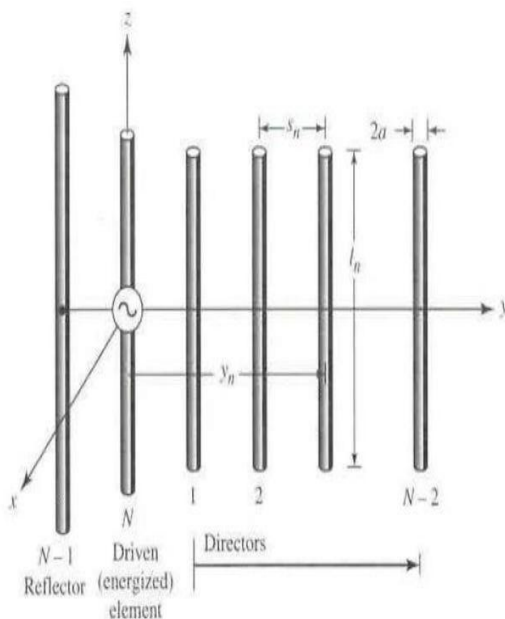


Figure.I.021:Constitution d'une antenne Yagi

Chapitre I : les antennes

I.03 Coefficient de réflexion S_{11} :

D'une manière générale, lorsqu'une onde incidente change de milieu de propagation ou rencontre une nouvelle interface, une partie de cette onde incidente est réfléchie et l'autre partie est transmise dans le nouveau milieu. Le coefficient de réflexion d'une antenne est défini comme étant le rapport des amplitudes des ondes réfléchies et ondes incidentes. Pour une antenne d'impédance Z , reliée à la source par une ligne d'impédance caractéristique Z_c , le coefficient de réflexion peut être défini comme suit : [2]

$$S_{11} = \frac{Z - Z_c}{Z + Z_c}$$

Souvent Z_c est égale à 50Ω .

Le module du coefficient de réflexion est souvent exprimé en décibel (dB) et est noté $|S_{11}|$ et se définit

comme suit : [2]

$$|S_{11}|_{dB} = 20 \log(S_{11})$$

I.04 Les caractéristiques d'antenne

I.04.01 Diagramme de rayonnement :

Le diagramme de rayonnement est la représentation en polaire de la fonction caractéristique de l'antenne. Ce diagramme secondaire est constitué d'un lobe principal, des lobes et un lobe arrière (Figure I.04.1). Il décrit le type de rayonnement de l'antenne, soit omnidirectionnel ou directif, tout en observant le lobe principal et le lobe arrière. Si ce dernier soit ouvert avec un angle qui s'approche à 180° on dit que l'antenne est pseudo-isotrope donc un rayonnement casi-omnidirectionnel, et si ce lobe soit ouvert avec un angle $< 90^\circ$ on dit que l'antenne est plus ou moins directif. [3]

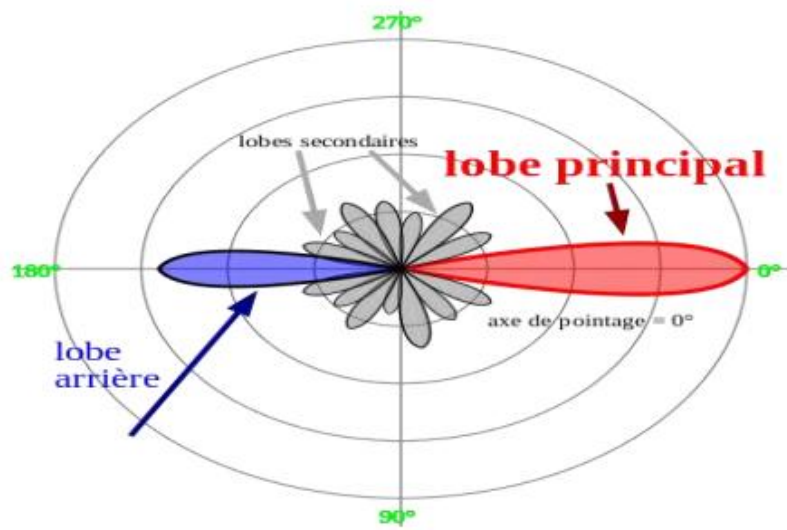


Figure I.04.2

Figure.I.04.3: Diagramme de rayonne

I.04.02 La directivité :

La directivité d'une antenne est définie par :

$$D(\theta, \varphi) = \frac{\psi(\theta, \varphi)}{\psi_{iso}}$$

Où Ψ_{iso} y est l'intensité de rayonnement d'une antenne isotrope qui aurait la même puissance rayonnée. La directivité indique dans quelle direction la densité de puissance est meilleur ou moins bonne que celle de l'antenne isotrope. Pour rappel, une antenne isotrope est une antenne théorique rayonnant uniformément dans toutes les directions de l'espace. Une telle antenne n'a donc pas de direction privilégiée, on dit qu'elle n'est pas directive [4]

I.04.03 Le Gain :

. Le gain d'une antenne dans une direction peut être exprimé par le rapport de la puissance rayonnée dans une direction par la puissance absorbée par une antenne isotrope.

Chapitre I : les antennes

Dans une antenne, la puissance d'alimentation P_a n'est pas nécessairement rayonnée en totalité, du fait des pertes intrinsèques dans les matériaux constituant l'antenne. Par conséquent, si on remplace P_r par P_a dans la relation, on obtient une quantité $G(\varphi, \theta)$ appelée gain dans la direction (φ, θ) , tel que :

$$G(\varphi, \theta) = \frac{P_r(\varphi, \theta)}{P_a/4\pi}$$

Avec : $P_r = \eta P_a$. où η est le rendement d'antenne.

Si l'antenne est omnidirectionnelle et sans pertes, son gain vaut 1 ou 0 dB. Le gain est généralement exprimé

en dB ou en dBi car une antenne isotrope est utilisée comme référence. [5]

I.05 Les types des antennes :

I.05.01 Antenne dipolaire

L'antenne dipolaire est constituée de deux fils alignés, très courts et reliés chacun à deux fils parallèles et très proches constituant une ligne bifilaire (figure I.05.3). 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 [2].

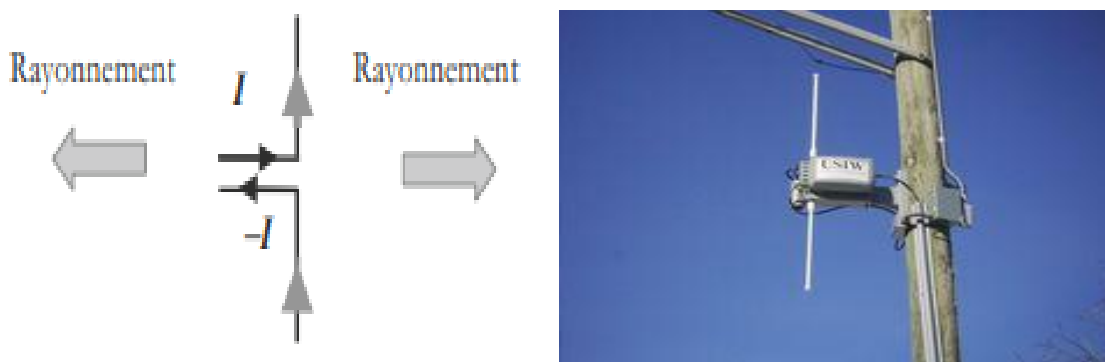


Figure. I.3: Antenne dipolaire

Chapitre I : les antennes

I.05.02 Antenne 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 en fréquence. Son utilisation est très répandue en hyperfréquences. Le transformateur de puissance électromagnétique guidée en puissance rayonnée est l'antenne cornet (figure I.05.4). 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. C'est le même principe que le cornet acoustique. Les transitions présentent des formes variées : linéaires, exponentielles... Le cornet sert de dispositif d'adaptation entre l'impédance du cornet et celle du vide.

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. Le guide d'onde est un dispositif hyperfréquence très utilisé du fait des pertes très faibles engendrées par la propagation dans celui-ci, même à hautes fréquences et de sa capacité à supporter de la puissance. Les antennes cornets qui lui sont associées sont donc aussi très utilisées comme moyen de transformation de l'onde guidée en onde rayonnée. On les retrouve, dans toutes les bandes de fréquences, dans de nombreux systèmes tels que les radars, les antennes satellites...[6]

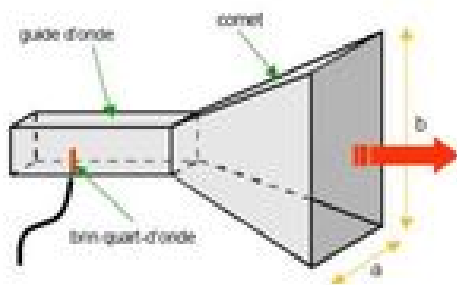


Figure. I.4: Antenne cornet

Chapitre I : les antennes

I.05.03 Réseau de fente

Toujours en utilisant le guide d'onde comme dispositif de transmission, il est possible d'envisager un rayonnement dans une direction différente de l'axe du guide, en usinant des fentes dans le corps du guide (figure I.05. 5) Le rayonnement s'effectue alors perpendiculairement au plan troué du guide. Ce type de dispositif est utilisé lorsque le rayonnement doit être localisé. Par exemple, dans des tunnels, où la transmission des ondes s'effectue mal, on peut placer un réseau de fentes rayonnantes. En général la ligne est en haut du tunnel avec émission vers le bas. [6]

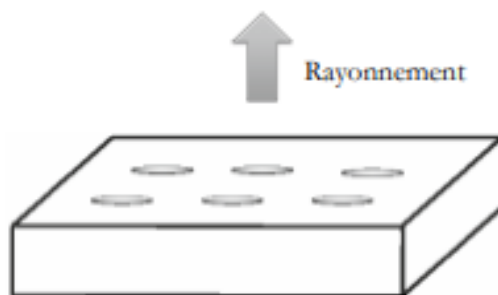


Figure. I.5: Réseau de fente

I.05.04 Antenne à réflecteur parabolique

L'antenne à réflecteur est constituée de la source d'émission associée à une partie métallique réfléchissante, souvent de forme parabolique (figure I.05. 6) La source, placée au foyer de la parabole envoie l'onde vers le réflecteur parabolique. Selon la propriété bien connue de la parabole, tous les rayons sont réfléchis parallèlement. Ce type d'antenne est utilisé pour viser dans une direction très précise, puisque tous les rayons passant par le foyer sortent parallèles. Par décalage de la source dans le plan focal, les rayons parallèles à la sortie du réflecteur, peuvent présenter une inclinaison par rapport à l'axe de la parabole. Ces antennes permettent de recevoir un signal d'un satellite, placé à très grande distance. Les antennes de ce type sont très répandues pour la réception de la télévision. Leur orientation est choisie de façon à viser un satellite particulier. Afin d'éviter les perturbations par la pluie ou la neige, ces antennes sont souvent recouvertes d'un radôme. C'est le cas des antennes très exposées aux conditions

Chapitre I : les antennes

climatiques, utilisées pour les transmissions hertziennes. Elles sont reconnaissables par leur forme, parabolique à l'arrière et conique à l'avant du fait de la forme du radôme qui protège la source, placée au foyer.[6]

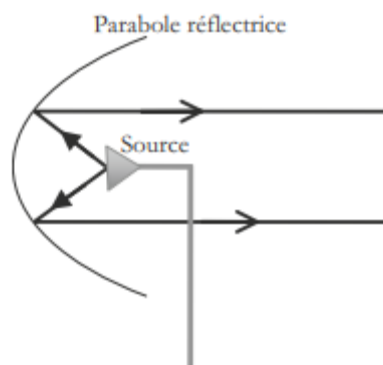


Figure.I.05: Antenne à réflecteur parabolique

I.05.05 Antennes de type Cassegrain :

Une variante des antennes précédentes consiste à utiliser un réflecteur principal et un réflecteur secondaire, comme dans le montage Cassegrain (figure I.05. 7). Ce nom provient du télescope du même nom reposant sur le même principe. Les rayons issus de la source se réfléchissent sur un premier réflecteur de forme hyperbolique, puis sur le réflecteur principal de forme parabolique. Les rayons ressortent parallèlement. La propriété de l'antenne parabolique est ainsi conservée. L'intérêt de ce type d'antenne est d'être moins sensible aux parasites provenant de l'extérieur de la parabole. De plus, les câbles reliant la source à l'électronique sont plus courts que dans les systèmes d'alimentation d'une antenne parabolique. La qualité du signal s'en trouve améliorée. [6]

Chapitre I : les antennes

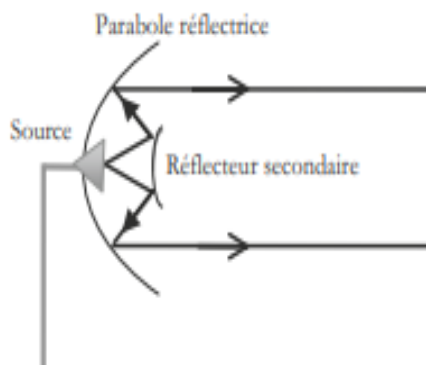


Figure. I.7: Antennes de type Cassegrain

I.05.06 Antennes plaquées PATCH :

Lors de la conception d'une antenne pour une application où la taille, le poids, le coût, les performances et la facilité d'installation sont des facteurs à prendre en compte, l'antenne micro ruban est le choix idéal. Ces antennes sont profil bas, conforme aux surfaces planes et non planes, simple et économique à fabrication utilisant la technologie moderne des circuits imprimés. Ils sont mécaniquement robustes lorsqu'ils sont montés sur des surfaces rigides, compatible avec les conceptions MMIC et lorsque la forme et le mode des patchs sont sélectionnés, ils sont très polyvalents en termes de fréquence de résonance, la polarisation, le motif et l'impédance. Les antennes patch ont un facteur de qualité Q élevé, qui leur donne un profil de bande passante étroite, ce qui est souhaitable dans les applications à bande étroite. Les antennes à plaque sont constituées d'une fine couche de bande métallique (plaque) montée au-dessus d'un matériau diélectrique, également appelé substrat, qui sépare la plaque du plan de masse. Il existe différentes formes d'antennes patch, en fonction des propriétés requises et de la méthode d'alimentation, comme la montre la Figure [7]

Chapitre I : les antennes

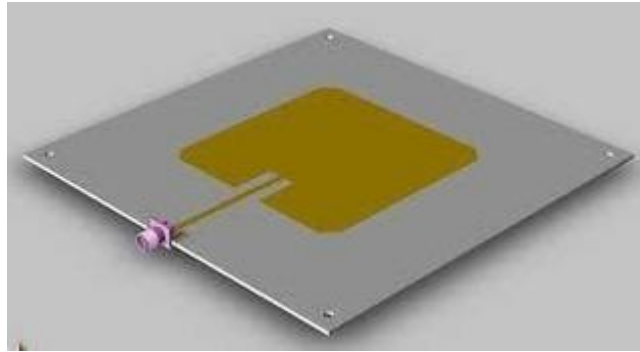


Figure. I.8: Antenne plaquée

I.06 Les antennes GNSS :

Dans cette section, les objectifs de performances de l'antenne GNSS sont répertoriés à partir de performance du système GNSS, suivi par des critères de sélection d'antenne basé sur des considérations de performance combinés, de coût et de l'application .Différents conceptions d'antennes patch GNSS sont disponibles dans le commerce des antennes.[5]

I.06.01 Exigences des performances de l'antenne GNSS:

Plusieurs caractéristiques [4] du point de vue conception de l'antenne en général, tels que la fréquence centrale, la bande passante, et la polarisation, sont d'abord définis avec des applications GNSS à l'esprit. Puis quelques autres critiques et exigences de performance d'antenne sont pris en considération pour applications GNSS diverses décrit.

I.06.01.01 Fréquence de résonance

En réalité, la fréquence de résonance se déplacerait à cause de l'emballage d'antenne, donc la conception des éléments sera de 5MHz "haute», une fois le radôme est installé, la fréquence sera décaler vers le bas à la fréquence de fonctionnement. Entoure, la fréquence de décalage peut résulter de différentes tailles de plan de masse pour les antennes micro ruban.

Chapitre I : les antennes

I.06.01.02 **Taux d'ondes stationnaires**

Le TOS est très important pour les antennes GNSS parce que les signaux reçus des satellites sont généralement très faible et les réflexions sont indésirables sur la ligne de transmission reliant l'antenne et le récepteur GNSS. Une valeur de TOS inférieur à 2:1 est considéré comme acceptable pour la plupart des applications GNSS.

I.06.01.03 **Bande passante**

Les antennes GNSS devrait avoir juste assez suffisante bande passante pour les signaux GNSS, qui est environ 20 MHz pour les signaux GNSS modernisées autour de la fréquence centrale.

I.06.01.04 **Polarisation:**

Dans les applications du GNSS, les signaux transmis par satellites ont une polarisation circulaire pour minimiser les fluctuations de puissance du signal dues aux effets de propagation et de l'orientation plate-forme de l'utilisateur.

I.06.01.05 **Diagramme der rayonnement:**

Une bonne couverture sur l'hémisphère supérieur pour une antenne GNSS signifie idéalement l'antenne aurait un gain uniforme dans la région où les satellites sont visibles du zénith. En raison de la taille d'ouverture, le coût, et d'autres raisons, les performances souhaitables de l'antenne réelle est souvent inférieure à ces caractéristiques. Le gain de l'antenne devrait être suffisant pour maintenir le signal reçu à partir des satellites pour répondre à la réception de signal minimum demande de puissance du récepteur GNSS pour bonne localisation par satellite. [5]

Chapitre I : les antennes

I.07 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons vu la Définition d'une antenne, ainsi que les types d'antenne, mais surtout les caractéristiques des antennes, qui nous renseignent sur la qualité et la portée de notre système, et pour déterminer ces caractéristiques, il faut connaître les antennes GNSS, afin qu'ils soient un outil pour le prochain chapitre.

Chapitre II

Les Surfaces

Sélectives en

Fréquence (FSS)

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

II.01 Introduction :

Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS) sont un élément clé dans la conception de systèmes multifréquences. Les surfaces sélectives ne datent pas d'aujourd'hui, elles ont été découvertes en 1783 par les scientifiques David Rittenhouse et Francis Hopkinson. Depuis cette époque, les physiciens se sont intéressés aux propriétés de ces structures, premièrement dans le domaine de l'optique puis dans le domaine des Micro-ondes.

Dans ce 2eme chapitre de cette thèse est consacré à la présentation des Surfaces Sélectives en Fréquence. Au début, le comportement fréquentiel de chaque configuration des FSS. Ensuite les différents types de FSS et les différentes applications sont aussi présentés.

II.02 Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS):

La performance de la FSS a été étudiée par de nombreux auteurs au cours des dernières décennies [8] - [9]. La plupart des études sur les FSS concernent des techniques et des structures analytiques fournissant de multiples bandes de fréquences, une largeur de bande étendue, des structures réduites pour les applications hyperfréquences et optiques dans les zones commerciales et militaires.

Récemment, plusieurs géométries ont été analysées en fonction des exigences applicatives de la FSS [9]. Différents matériaux de substrat ont fait l'objet d'études approfondies, comme c'est le cas des diélectriques isotropes, des diélectriques anisotropes et des méta matériaux [10]. Les surfaces sélectives en fréquence (FSS) sont référées à un réseau infini bidimensionnel de pièces métalliques ou à un réseau d'ouvertures dans une feuille de métal. Le premier prototype de FSS a été signalé en 1919 par Marconi et Franklin. Cependant, en raison de l'intérêt fortement demandé pour les militaires, d'intenses recherches théoriques et expérimentales ont été lancées sur ce sujet au milieu des années 1960

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

[11]. A l'origine, la technologie des FSS faisait partie du domaine militaire. Aujourd'hui, les FSS ont trouvé de nombreuses applications en micro-ondes, antennes, radar, et communications par satellite. Parmi ces applications diverses, on peut citer : Radôme, Réflecteurs, Filtres, Absorbants ... [12].

II.03 Caractéristiques principales de la FSS

Les FSS sont généralement des structures périodiques à deux dimensions qui fonctionnent comme des filtres spatiaux. La figure II.1 montre un exemple de structure plane périodique à deux dimensions où P_x et P_y sont les périodicités respectives des axes x et y et h est l'épaisseur du substrat [13].

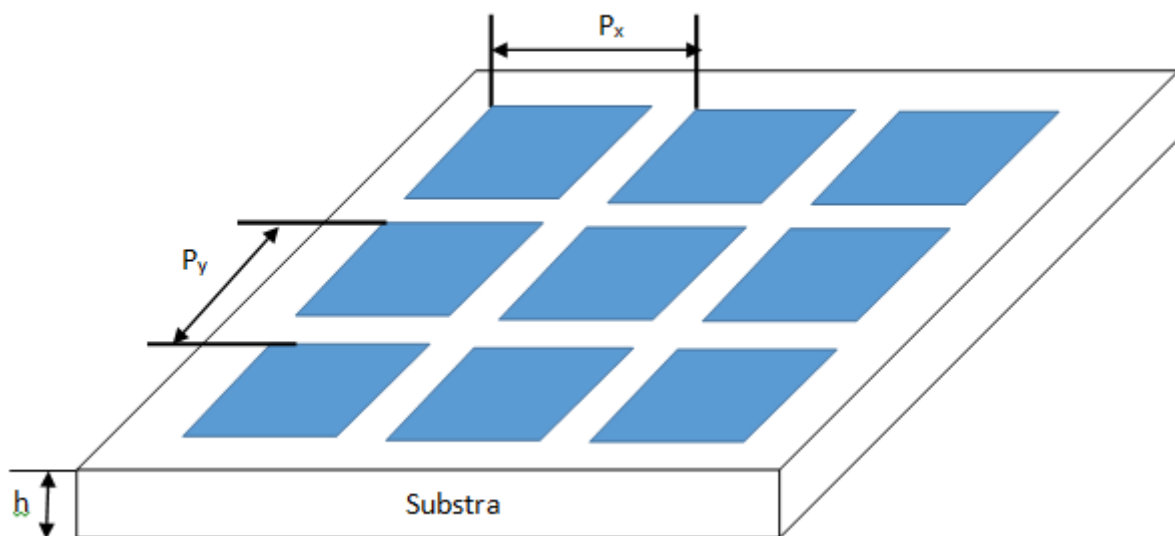


Figure.II.03.1: Structure plane périodique bidimensionnelle

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 un substrat. Pour chaque type de FSS, les ondes électromagnétiques à la structure en deux polarisations distinctes, TE

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

(transverses électriques) et TM (transverses magnétiques), peuvent être étudiées.

II.04 Les types des FSS

Malgré les nombreuses années de recherche sur les FSSs, de nouveaux modèles apparaissent toujours et continuerons sans doute à apparaître. Comme le montre Munk, les motifs utilisés dans les FSSs sont classés en quatre groupes de base (voir figure II.2). [14]

Groupe 1 : Formé des éléments connectés au centre ayant N pôles comme: dipôles, tripodes et les croix de Jérusalem. Les éléments les plus populaires de ce groupe sont les suivants: (a) Croix de Jérusalem ; (b) tripodes . Certains de ces éléments ont été combinés avec d'autres types d'éléments pour produire de nouvelles configurations de FSS . [15]

Groupe 2 : Types en anneau ; comme anneau circulaire, anneau carré et hexagonal. Ce groupe est probablement le plus populaire, avec de nombreux articles écrits sur les anneaux carrés, anneaux (simple et concentriques) . Les anneaux tripolaires entrent aussi dans cette catégorie. [16]

Groupe 3 : Formé par des ouvertures de forme quelconque dans un plan conducteur ou des patches de formes diverses imprimés sur du substrat. Ces structures prennent généralement la forme d'ouvertures ou de patches. Ils peuvent apparaître dans des configurations multicouches ou à couche unique .La configuration à simple couche avec des ouvertures est utilisée comme filtres dichroïques .

Groupe 4 : Combinaisons des éléments ci-dessus. Des combinaisons de différents types d'éléments des FSSs ont été employées au cours de ces dernières années afin d'atténuer certains des problèmes liés à des FSSs constituées par un seul type d'élément (motif).[17] Par exemple, une FSS formée par des anneaux carrés avec des fentes a été employée pour tenter de surmonter les problèmes de sensibilité angulaire observés dans les FSSs formées par les anneaux carrés seuls. Ces nouvelles structures ont également été utilisées pour réduire la SER (Section Equivalente Radar) des radômes Ces quatre modèles de base peuvent être combinés pour générer de nombreuses nouvelles FSSs dont les caractéristiques sont uniques.[18]

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

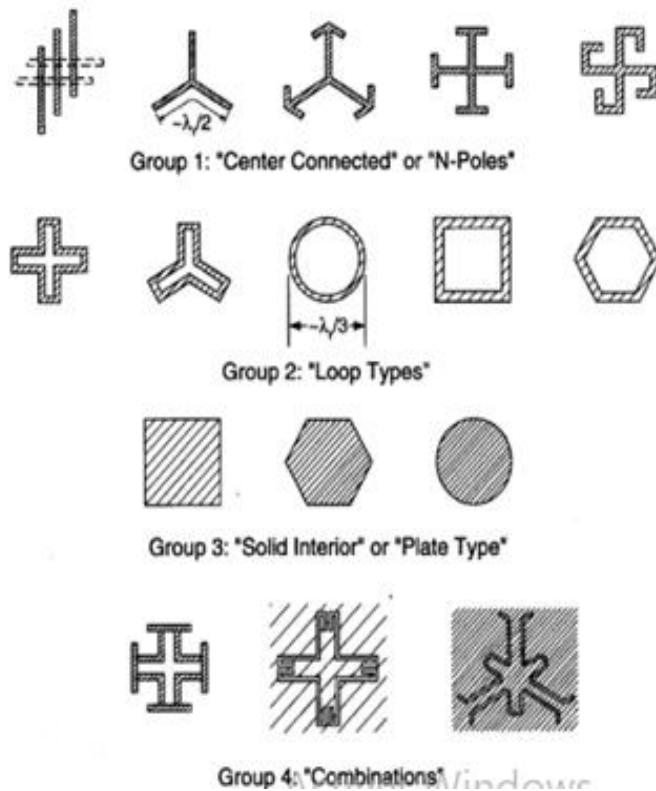


Figure. II.04.2. motifs élémentaires pouvant constituer une Surface Sélective en Fréquence.

II.04.01 Les FSSs à motifs gravés

Les surfaces sélectives à motifs gravés sont généralement assimilables à un filtre passe-bas.

Pour les fréquences basses la structure diélectrique de l'écran ne provoque qu'une atténuation de l'onde dépendant de la permittivité et de la tangente de pertes du milieu considéré. Pour les fréquences hautes, le motif entre alors en résonance, le courant induit sur les métallisations est important et provoque la réflexion de l'onde incidente. L'efficacité de la réflexion dépend de différents paramètres, comme la géométrie des gravures, leur taille vis-à-vis de la période du réseau, mais aussi de la permittivité ou de l'épaisseur du substrat sur lequel est imprimé le motif. [18]

II.04.02 Influence des différents paramètres intervenant dans une FSS à motif gravé

II.04.02.01 Période du réseau

Lorsque l'on varie la période du réseau, la variation est surtout présente au niveau de la largeur de bande de la réponse. Pour une même taille de motif, plus la période est petite, plus la largeur de bande sera importante [15].

Influence de l'épaisseur du substrat : La variation de l'épaisseur du substrat provoque un décalage de la fréquence de résonance du motif. Mais ce déplacement tend vers une limite lorsque le substrat atteint une épaisseur de quelques millimètres [15].

II.04.02.02 Influence de la permittivité du substrat

Une variation de la permittivité du substrat a les mêmes conséquences qu'une modification des dimensions du motif : la fréquence de résonance est modifiée. En augmentant la permittivité du substrat, la fréquence de résonance des patches baisse. Ce constat est très problématique, car la plupart des fabricants ne peuvent certifier la valeur de permittivité de leurs matériaux à moins de $\pm 2\%$ près pour les forts indices [15].

II.04.02.03 Différentes variantes des FSSs à motif gravé

Il existe une multitude de variantes aussi bien au niveau des motifs, qu'au niveau des empilements de matériaux.

Il y a des FSSs à une seule couche formée par des patches imprimés sur du substrat ; des FSSs à plusieurs couches, où les patches sont mis en sandwich entre les substrats, et bien d'autres configurations.

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

II.04.03 Les FSSs à grille (de type ouvertures)

Les grilles ou plaques métalliques trouées ont un comportement fréquentiel de type passe- haut.

Pour les fréquences basses, la grille dichroïque est vue comme un plan parfaitement conducteur, l'onde incidente est donc totalement réfléchi.

Pour les fréquences hautes, l'effet prépondérant est celui des trous. La fréquence de l'onde incidente étant supérieure à la fréquence de coupure du guide, nous avons donc une propagation guidée. Le signal est alors principalement transmis.

Les FSSs à grille sont largement utilisées dans le domaine des micro-ondes [19]. La forme et la taille des ouvertures, leur périodicité, l'épaisseur de l'écran métallique, déterminent le comportement fréquentiel de la FSS. Les ouvertures les plus courantes sont rectangulaires ou circulaires, des ouvertures en forme de Croix sont également utilisées.

II.04.03.01 Différentes variantes des FSSs à grille

La configuration la plus courante de la FSS à grille est celle formée d'une couche métallique perforée périodiquement avec des ouvertures. Dans la plupart des cas, les ouvertures sont de formes rectangulaires [18], [21] ou circulaires [19], [20] en raison de la facilité de la modélisation électromagnétique, et aussi le fait que ce soit les formes de motifs qui permettent la concentration de trous la plus forte. [22]-[26]

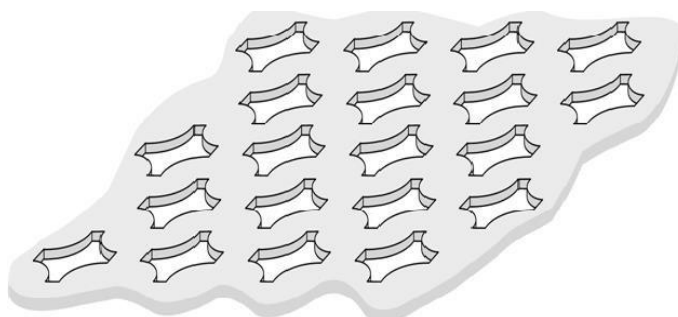


Figure.II.04. Surface Sélective en Fréquence constituée d'une couche métallique

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

Une configuration multi écrans est parfois utilisée, elle consiste en l'empilement de deux ou plusieurs couches métalliques perforées (grille métallique). [25]-[28] Les FSSs à écran multiple fournissent plus de degrés de liberté, permettant ainsi de répondre aux exigences de conception strictes : la configuration multi écrans permet d'une part, d'obtenir une réponse en fréquence plus sélective, d'autre part, elle permet de mieux contrôler à la fois la bande de réflexion et la bande de transmission.

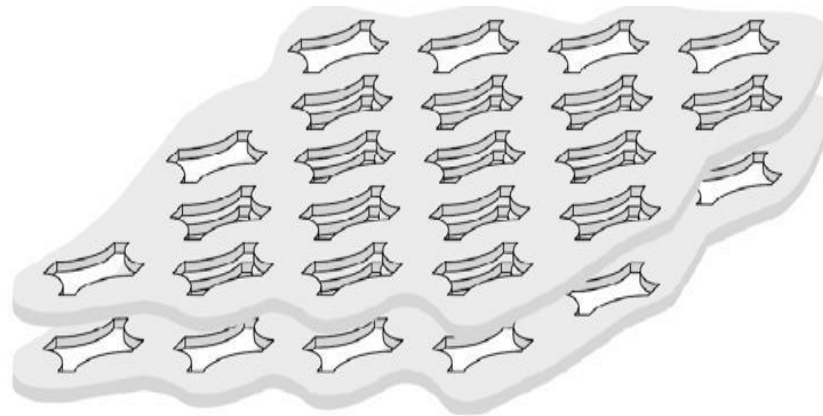


Figure.II.04. :Surface Sélective en Fréquence constituée de deux couches métalliques ayant des ouvertures arbitraires.

Une grille métallique avec des ouvertures multiples par cellule élémentaire (voir **figure II.5**) [29], peut être utilisée afin d'obtenir une réponse à double bande de fréquence. Une grille métallique avec des ouvertures multiples au sein d'une cellule élémentaire présente certains avantages. En fait, en considérant deux ouvertures par cellule élémentaire, la grille

Métallique peut fonctionner dans deux bandes de fréquence rapprochées, et deux polarisations orthogonales peuvent être ajustées séparément.

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

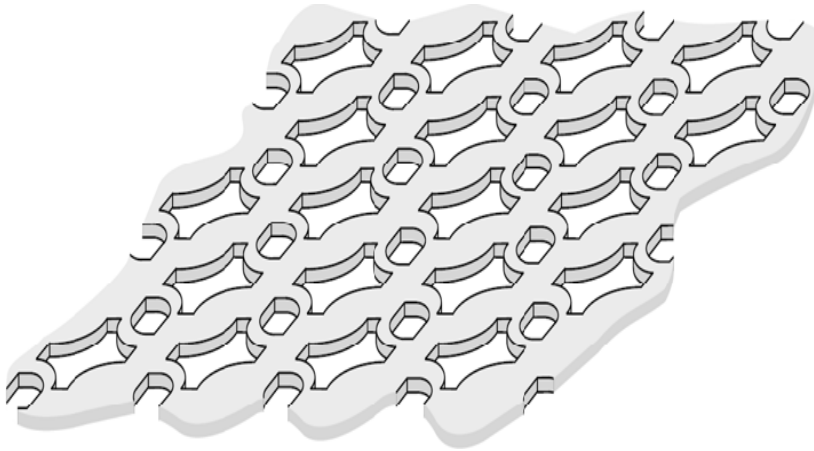


Figure.II.04. Surface Sélective en Fréquence constituée d'une seule couche métallique ayant plusieurs ouvertures dans la cellule élémentaire

Des grilles métalliques avec des ouvertures intensifiées peuvent parfois être utilisées (voir **figure II.6**), notamment pour les applications de radioastronomie, elles permettent l'obtention de transition très raide, de la coupe-bande à la passe- bande, avec des taux de Fréquence faible. Cela est dû à l'effet de filtrage supplémentaire de l'ouverture intensifiée.

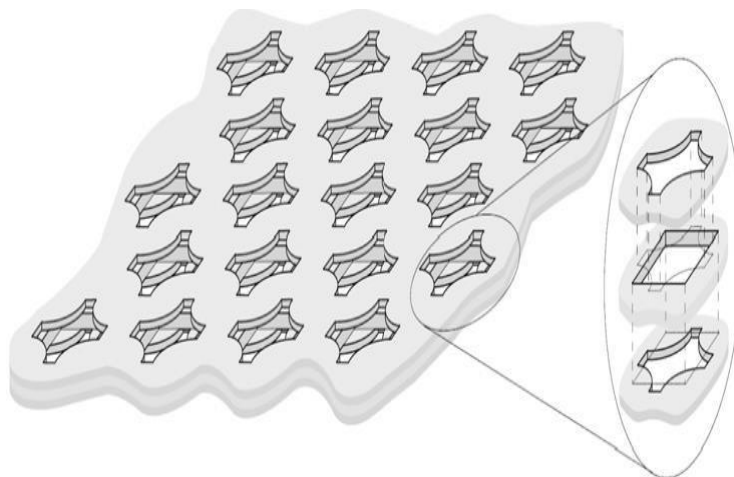


Figure.II.04: Surface Sélective en Fréquence constituée d'une couche de métal avec des ouvertures échelonnées

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

D'autres solutions apparaissent comme celle qui consiste à incliner les trous lorsque la plaque est éclairée sous incidence oblique. Cette solution a pour principal inconvénient de réduire notablement la largeur de bande utile.[30]

D'autres conceptions utilisant des matériaux diélectriques favorisant l'adaptation de la grille ont également été testées [31]. Les sections de guides sont alors remplies de diélectriques et, des couches de même permittivité sont alors placées de part et d'autres de la grille. Cette architecture permet d'améliorer les performances de la grille, mais présentement, il est assez difficile de trouver un matériau diélectrique homogène intéressant.

Il serait intéressant d'indiquer que pour certaines applications des Surfaces Sélectives en Fréquence non planaires sont utiles (par exemple l'antenne CASSINI avec sub-rélecteur hyperbolique).

II.05 Classification des structures FSS

II.05.01 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, il suffit d'utiliser des grilles métalliques, [32] comme illustré sur la figure II.7. Le coefficient de

transmission de cette structure est illustre par la Figure II.7

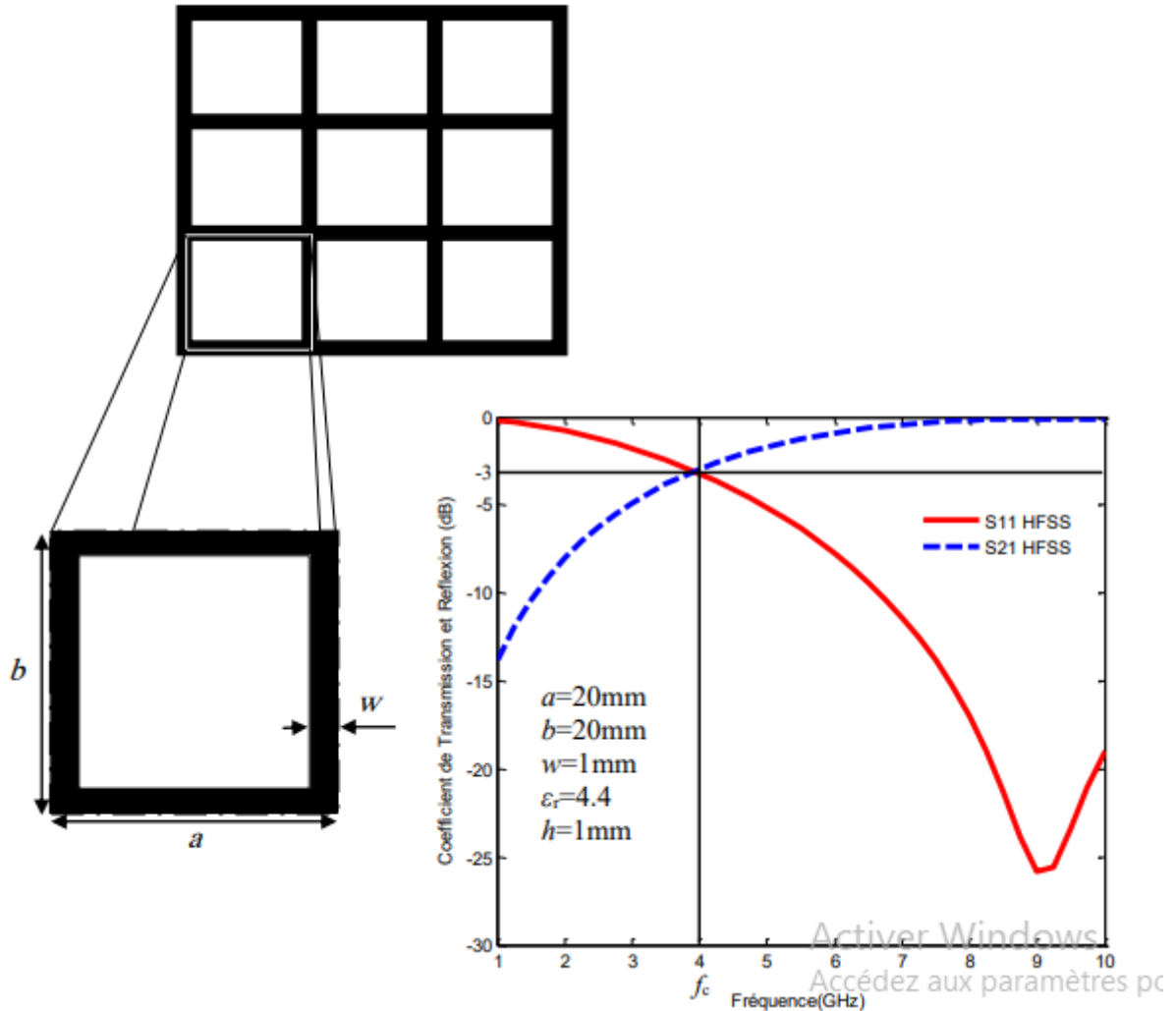


Figure.II.05.FSS de type passe-haut

II.05.02 FSS de type passe-bas

Cette structure est l'inverse de la structure passe haut c.à.d. que la proportion du métal est plus importante que l'air (Figure II.8). Elle est complètement réfléchissante pour les hautes fréquences dans lesquelles elle se comporte comme un miroir quasi parfait comme le montre ses coefficients de transmission et de réflexion de la Figure II.8 [32]

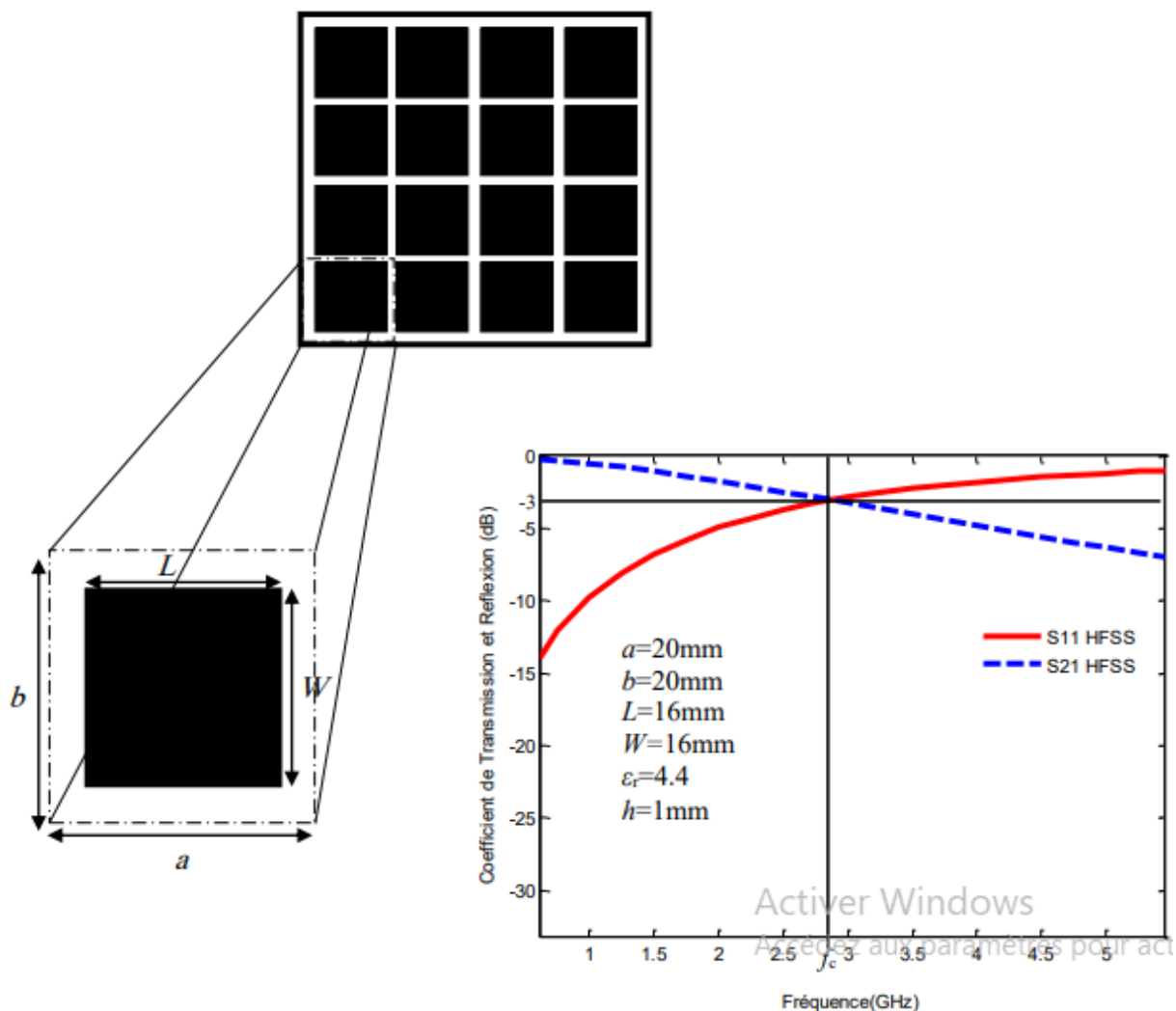


Figure.II.05.FSS de type passe-bas

II.05.03 FSS de type coupe bande

Ces structures offrent un comportement de filtre coupe-bande. Elles sont composées d'un agencement périodique de boucles métalliques comme présenté dans la figure II.9. Cet agencement permet d'obtenir une structure avec un comportement identique de type coupe-bande pour les deux polarisations [32]

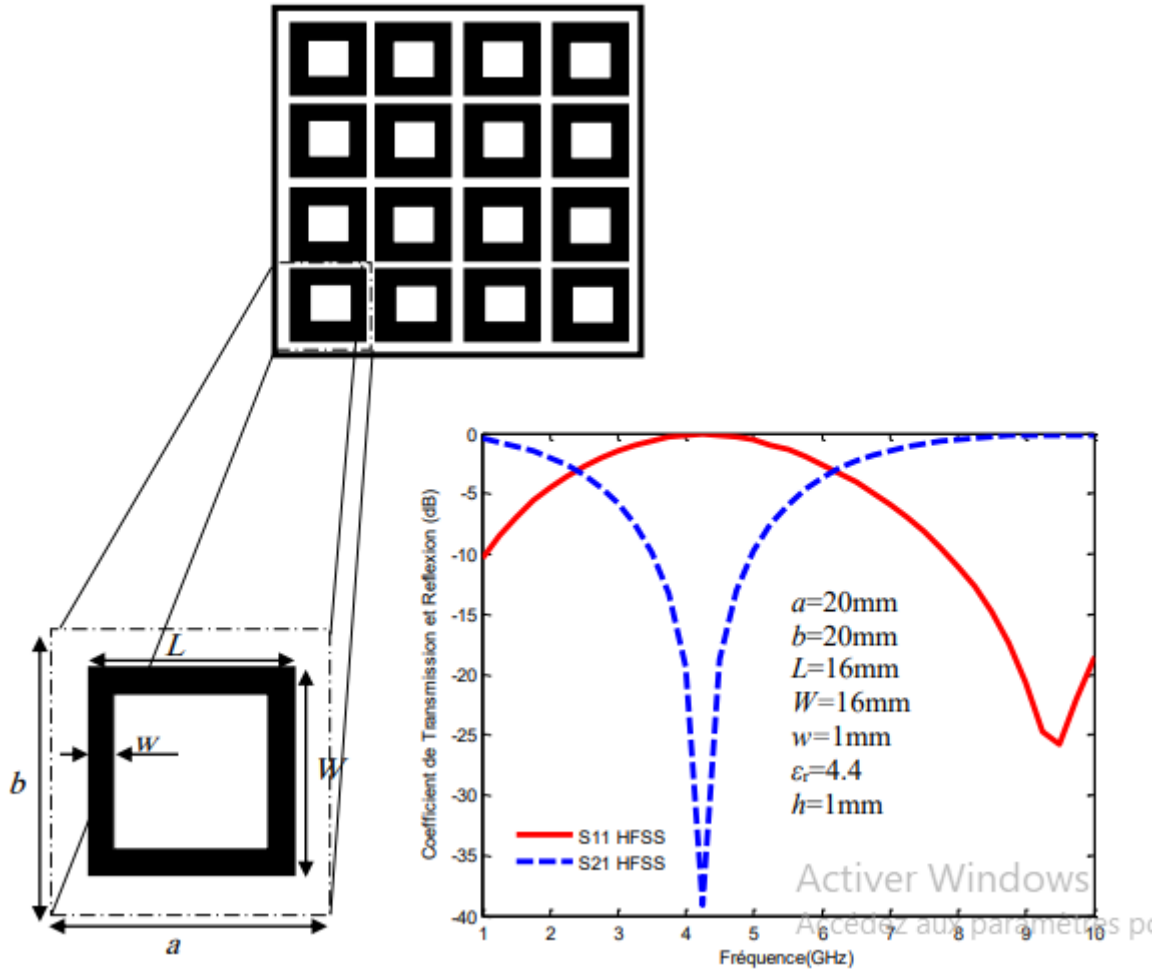


Figure II.05.FSS de type coupe-bande

II.05.04 FSS de type passe-bande

Cette structure est l'opposé de la structure précédente, elle présente donc un comportement de type filtre passe-bande et elle est composée d'un arrangement de fentes en anneaux, comme illustré dans la figure II.10. Cette structure peut être assimilée à un plan métallique sauf pour une bande de fréquence et ceci pour les deux polarisations.

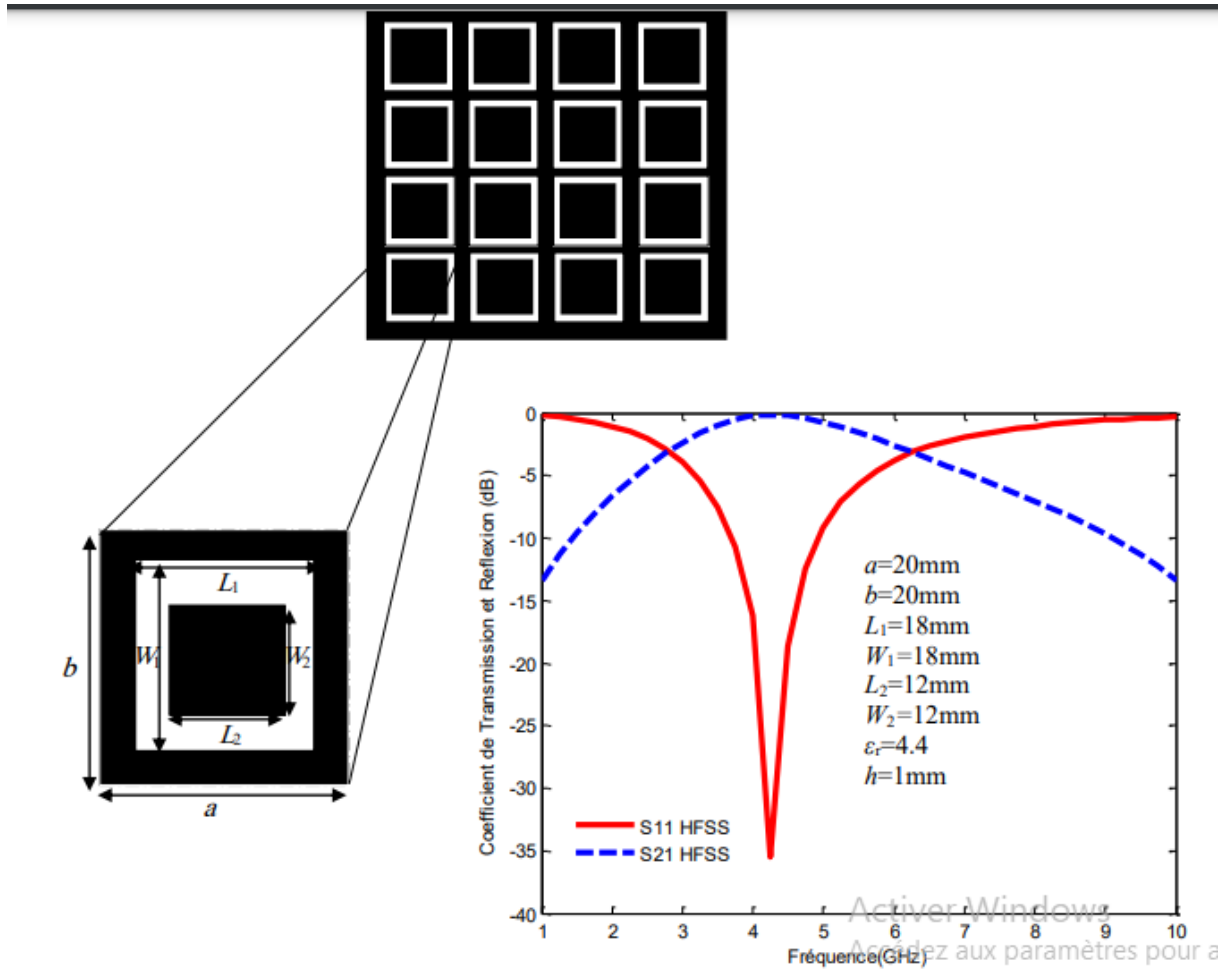


Figure.II.05.FSS de type passe-bande

II.01 Réflecteurs d'antenne

L'utilisation de la FSS dans les sous-réflecteurs pour les communications par satellite est illustrée à la Figure II.11, dans laquelle un seul sous-réflecteur principal peut séparer différentes bandes de fréquences. Pour améliorer les capacités du réflecteur auxiliaire, des FSS fonctionnant à

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

plusieurs fréquences sont utilisées. Dans de tels systèmes, la structure FSS présente de bonnes caractéristiques de réflexion des fréquences spécifiques [34].

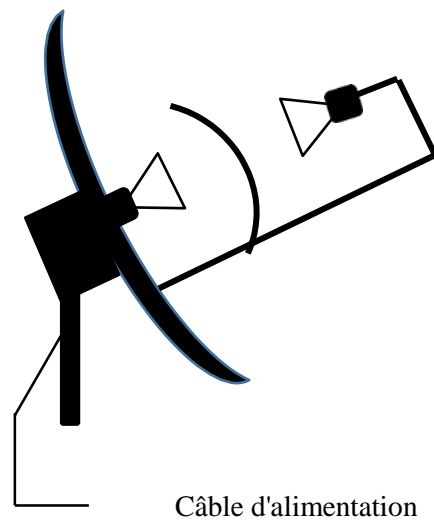


Figure.II.01. Application du FSS dans les sous-amplificateurs pour les communications par satellite

II.01.01 Applications des surfaces sélectives en fréquence

Actuellement, plusieurs applications impliquent les FSS, telles que les réflecteur d'antennes, la sécurité dans les réseaux sans fil, les radômes, les missiles, les boucliers électromagnétiques... [33]

II.01.02 Radome

Les FSS sont également largement utilisées dans les radomes, fournissant un filtre passe-bande. [35],[36]. Un exemple de FSS utilisé comme radôme est illustré à la figure II.12

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)



Figure.II.012. Application des FSS au radôme

II.02 Polarisation :

D'une façon générale, la polarisation d'une onde est décrite par le lieu de l'extrémité du champ électrique lors de sa propagation. La polarisation d'une antenne est une donnée fondamentale pour l'étude des antennes. En effet, selon la constitution de l'antenne, elle ne recevra qu'une certaine forme de polarisation. Donc si la polarisation de l'antenne de réception n'est pas accordée sur la polarisation de l'antenne d'émission, la puissance reçue ne sera pas maximale .

II.02.01 Polarisation rectiligne :

La polarisation rectiligne est la plus simple à étudier. C'est celle d'un champ électromagnétique dont l'orientation reste la même au cours de la propagation Figure II.13. Le champ électrique est parallèle au vecteur unitaire \hat{i}_r et le champ magnétique est parallèle au vecteur unitaire \hat{j}_r . Le vecteur de propagation est alors parallèle au vecteur unitaire \hat{k}_r

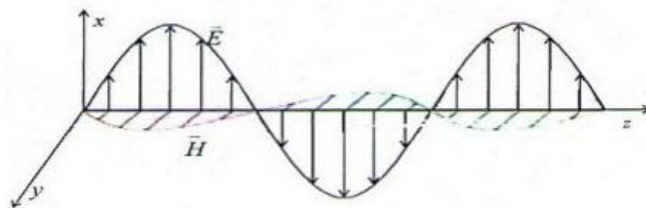


Figure.II.02. Polarisation rectiligne

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

II.02.02 Polarisation circulaire :

Les vecteurs \vec{E} et \vec{B} tournent autour de la direction de propagation z et leur extrémité décrit un cercle sur un plan perpendiculaire ; on dit que l'onde est polarisée circulairement. L'exemple familier est le mouvement d'une corde à sauter.

Dans la figure, la lumière est polarisée à droite : un observateur regardant la source voit \vec{E} tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. \vec{E} reste constant en module mais tourne tout en progressant, effectuant un tour complet pour chaque parcours égalé à une longueur d'onde.[38]

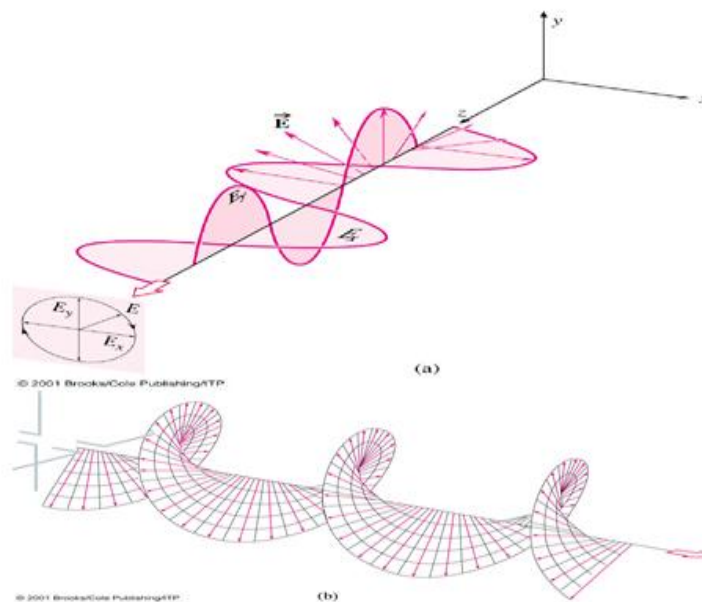


Figure.II.02 la lumière est polarisation à droite

II.02.03 Polarisation elliptique :

La polarisation elliptique correspond au cas général d'un champ E comprenant deux composantes E_x et E_y d'amplitudes et phases quelconque. Ces deux composantes peuvent être d'amplitudes différentes et ne pas être en phase. Il en résulte qu'en chaque point M ,

Chapitre II : Les Surfaces Sélectives en Fréquence (FSS)

L'extrémité du vecteur E ur décrit une ellipse, dont le plan est perpendiculaire à la direction de propagation. [37]

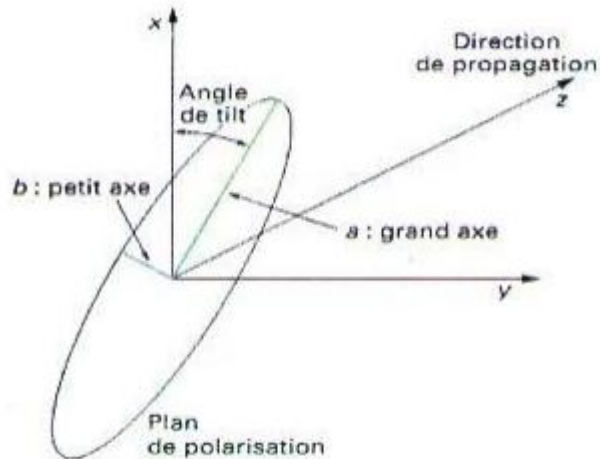


Figure.II.02.Polarisation elliptique tracé du champ électrique

II.03 Conclusion :

Comme nous l'avons vu précédemment, il existe plusieurs motifs intervenant dans la conception des FSS. On a parlé aussi dans ce chapitre sur les caractéristiques principales des FSS, ainsi on à voir, les différents types de FSS, Classification des structures FSS et on dernier les applications des surfaces sélectives en fréquence

CHAPITRE III

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

III.01 Introduction

Le but de ce chapitre est d'étudier les antennes imprimées (une antenne patch circulaire), leurs mécanismes de fonctionnement et de conception, notamment la détermination des paramètres internes (paramètres S..., bande passante) et des caractéristiques externes (gain, directivité et diagramme de rayonnement) de l'antenne GNSS proposée en utilisant le logiciel **CST MWS** (Computer Science Technology Microwave Studio).

Dans la première partie, on va présenter le logiciel **CST MWS** (Computer Science Technology Microwave Studio), et leurs étapes de simulation nécessaires, ensuite on va présenter une antenne patch circulaire qui possède une bande passante centrée à la fréquence 1.575 GHz correspondant à la bande L1 du GPS.

Dans la deuxième partie, on va présenter la géométrie finale de l'antenne patch circulaire et le PSS.

Enfin, Nous effectuerons une comparaison entre les résultats de simulation. Nous terminerons par une conclusion générale.

III.02 Définition du CST

CST MWS (Computer Science Technology Microwave Studio) est un logiciel de simulation électromagnétique de structures passives en 3-Dimensions. Les simulations **MWS** sont basées sur la technique des intégrales finies (**FIT**: Finite Integration Technique), pour déterminer les solutions aux problèmes électromagnétiques régis par les équations de Maxwell sous formes intégrales. En ce qui concerne la technique **FIT**, cette méthode numérique offre une discrétisation de l'espace, identique à celle de la méthode **FDTD** (Finite Difference Time Domain). Le logiciel **MWS** maille la structure en utilisant des éléments volumiques parallélépipèdes, permettant la description en 3-D de tous les composants des systèmes décrits, ce qui lui permet d'être appliqué à de nombreux problèmes électromagnétiques allant de la statique aux hyperfréquences en analyses temporelle et fréquentielle. Il permet aussi de décrire les dispositifs hyperfréquences, tels qu'ils ont été

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

réalisés en pratique, par un empilement des couches de matériaux avec ses propres caractéristiques (permittivité et tangente de pertes dans le cas d'un semi-conducteur et conductivité électrique dans le cas d'un métal à pertes) [39].

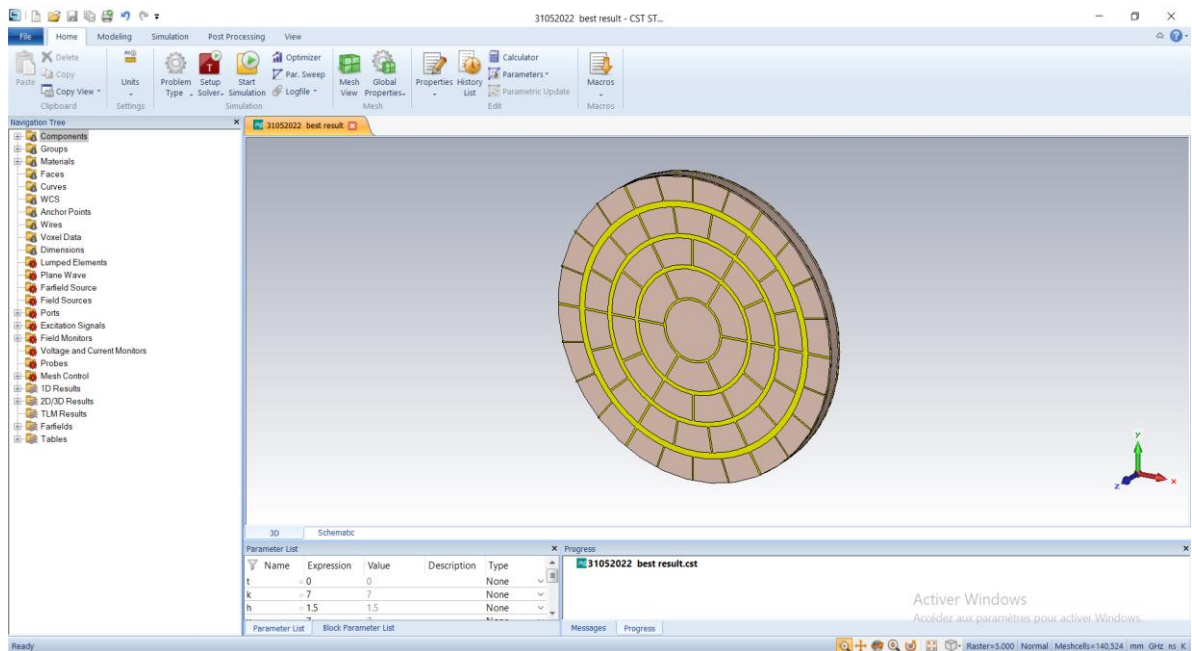


Figure. III.1. La fenêtre principale du logiciel CST MWS

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

III.02.01 .Description générale de l'interface CST

Une fois le projet est créé, on accède à l'interface d'utilisateur du CST:

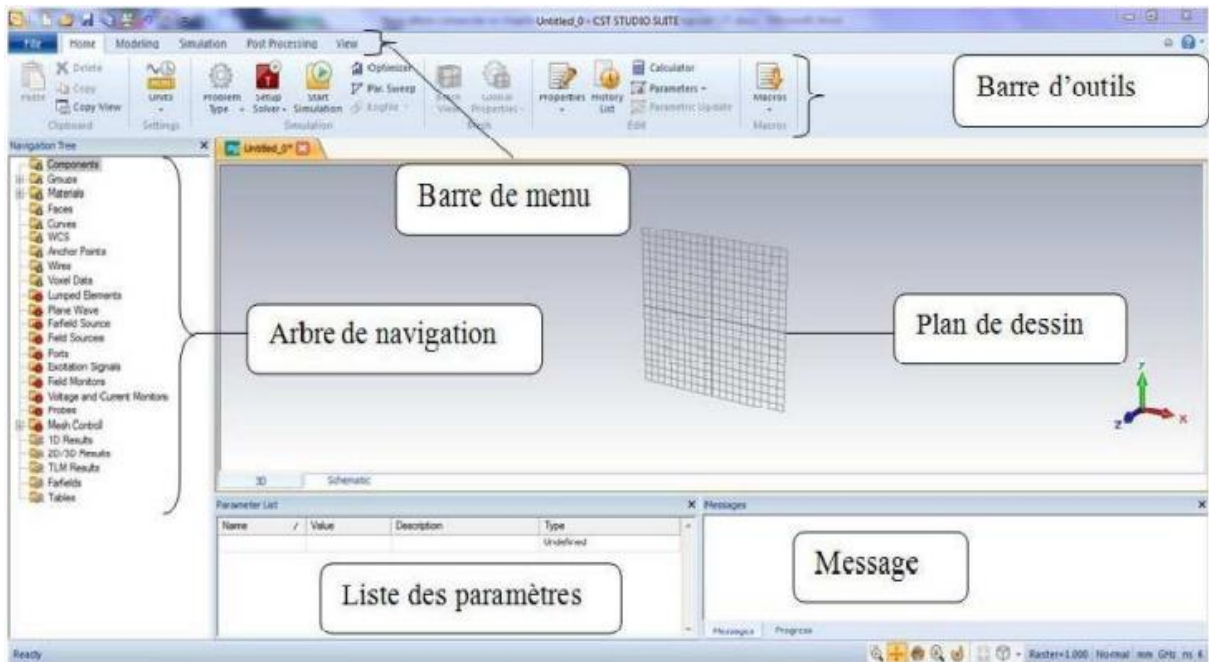


Figure.III.2: interface du CST

- A l'entête de l'interface, on trouve la barre d'outils qui est un ensemble de raccourcis de la barre de menu.
- A gauche de l'interface, nous avons l'arbre de navigation d'où on peut accéder aux éléments structuraux et aux résultats de simulation.
- Au corps de l'interface se trouve le plan de travail sur lequel la structure est en 3D.
- Au pied de l'interface, nous avons : la liste des paramètres d'où on trouve les variables utilisées pendant la simulation le message qui informe si chaque étape est simulée avec succès. Dans le cas contraire, un message d'erreur apparaît [40].

III.02.02 Démarrage du CST

Avant d'avoir accès à la fenêtre principale du CST, quelques étapes sont nécessaires:

Lorsque vous cliquez sur l'icône du CST, une fenêtre d'accueil s'ouvre, choisir **CST**

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

MICROWAVE STUDIO, puis choisir **CREATE AND USE A NEW PROJECT TEMPLATE**, puis choisir **MW& RF & OPTICAL**, puis choisir **ANTENNAS** puis choisir **PLANAR (PATCH, SLOT, ETC)** puis choisir **TIME DOMAIN** puis définir les unités, puis on définit la gamme de fréquence d'étude, enfin click sur **FINISH** [20].

III.03 Design de l'antenne patch circulaire

Dans cette section, les champs rayonnés par une simple antenne patch circulaire seront analysés. Cavity modèle sera utilisé pour évaluer les champs d'un patch circulaire puis le rayonnement en champ lointain modèle sera dérivé sur un plan de masse infini et excité sur deux côtés orthogonaux avec une différence de phase de 90 degrés, les champs rayonnés en champ lointain, ignorant les SW.

Cela motiver une enquête sur d'autres facteurs à l'origine interfaces des ondes de surface et examen des équations décrivant les champs rayonnés d'une antenne patch circulaire [41].

Le patch circulaire est conçu pour fonctionner dans la bande GPS L1 avec un rayon de 26mm, un substrat diélectrique RF-43 Taconic de constante diélectrique (ϵ_r) égale à 4.3, une tangente de 0.0033, une épaisseur de 1,5 mm et un diamètre de plan de masse de 200 mm. La figure 26 représente la description physique de l'antenne patch circulaire.

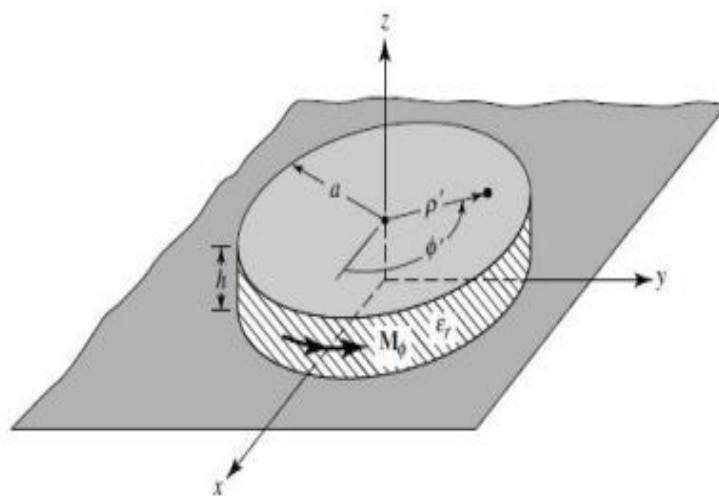


Figure.III.03: schéma d'une antenne patch circulaire.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

Les dimensions de l'antenne sont illustrées dans le tableau 1:

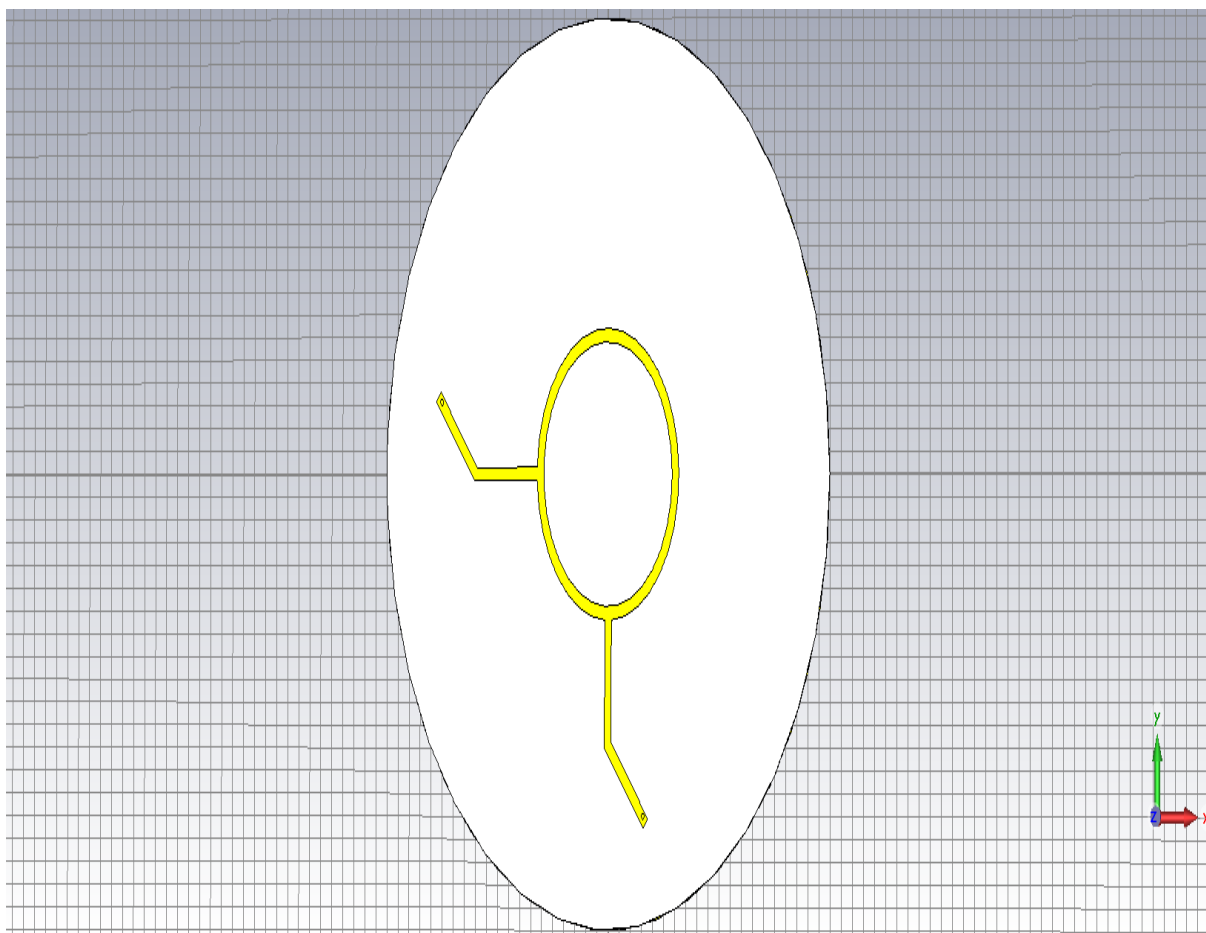
| Paramètres | ϵ_r | tg | Epaisseur | rayon | diamètre | impédance |
|-----------------|--------------|--------|-----------|-------|----------|-----------|
| Valeurs (mm) | 4.3 | 0.0033 | 1.5 | 26 | 200 | 50 |

Tableau.III.1. les dimensions d'antenne patch circulaire.

III.04 Conception d'antenne patch circulaire

Dans un premier temps, la figure III.4 montre la structure de l'antenne patch circulaire sous le logiciel CST avec un plan de masse

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch



circulaire excité sur deux côtes orthogonaux.

Figure.III.04.Géométrie d'une antenne patch sous CST

Pour simuler la structure de la figure III.4, nous utilisons Taconic RF-43 comme un substrat diélectrique avec une constante diélectrique (ϵ_r) égale à 4.3, une tangente de 0.0033, une épaisseur de 1,5 mm, un diamètre de plan de masse de 200 mm et un rayon d'antenne circulaire est égal à 29mm.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

III.05 Techniques d'alimentation de l'antenne patch

L'alimentation des antennes patch est l'une des parties les plus importantes dans le processus de conception, plusieurs techniques ont été alors bloquées l'une de ces techniques c'est l'alimentation par câble coaxiale.

III.05.01 Alimentation par câble coaxiale

L'alimentation par sonde coaxiale est une technique très couramment utilisée pour l'alimentation des antennes micro ruban patch. Comme le montre la figure III.5, le conducteur interne du connecteur coaxial s'étend à travers le diélectrique pour être connecté au patch, tandis que le conducteur extérieur est relié au plan de masse. Le principal avantage de ce type d'alimentation est la possibilité de placer la sonde coaxiale à n'importe quel endroit à l'intérieur du patch afin d'obtenir la bonne adaptation. Malgré que cette méthode d'alimentation soit simple à concevoir, son inconvénient majeur est la bande passante très étroite résultante et la difficulté de fabrication qu'elle présente parce qu'un trou doit être percé dans le substrat. Pour les antennes à substrats épais ($h \geq 3.2$).

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

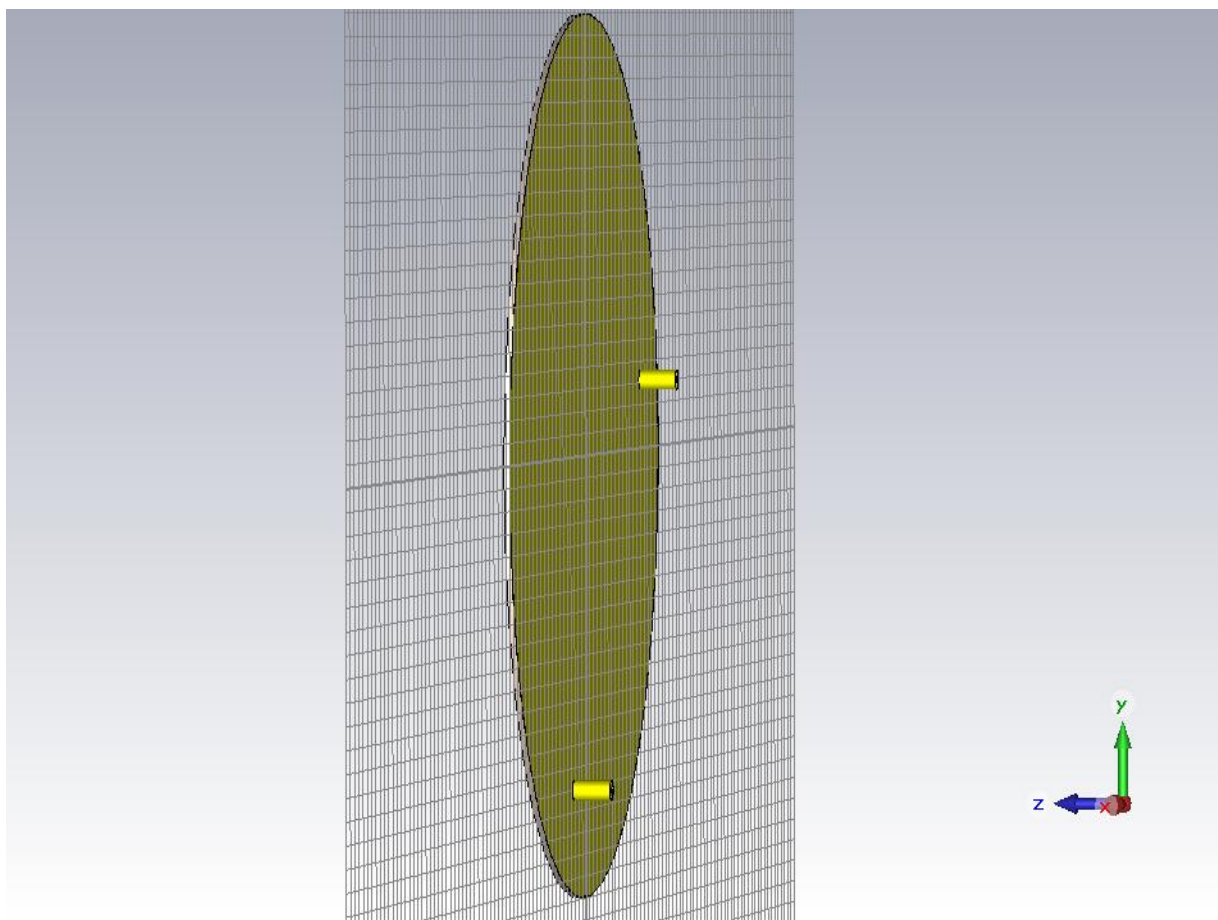


Figure.III.05.géométrie d'antenne patch circulaire alimenté par câble coaxial sous CST.

III.06 Résultat de la conception d'antenne patch circulaire

Dans la figure III.6, on observe les résultats de simulation de l'antenne patch circulaire simulée dans la bande [1.2 – 1.8 GHz].

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

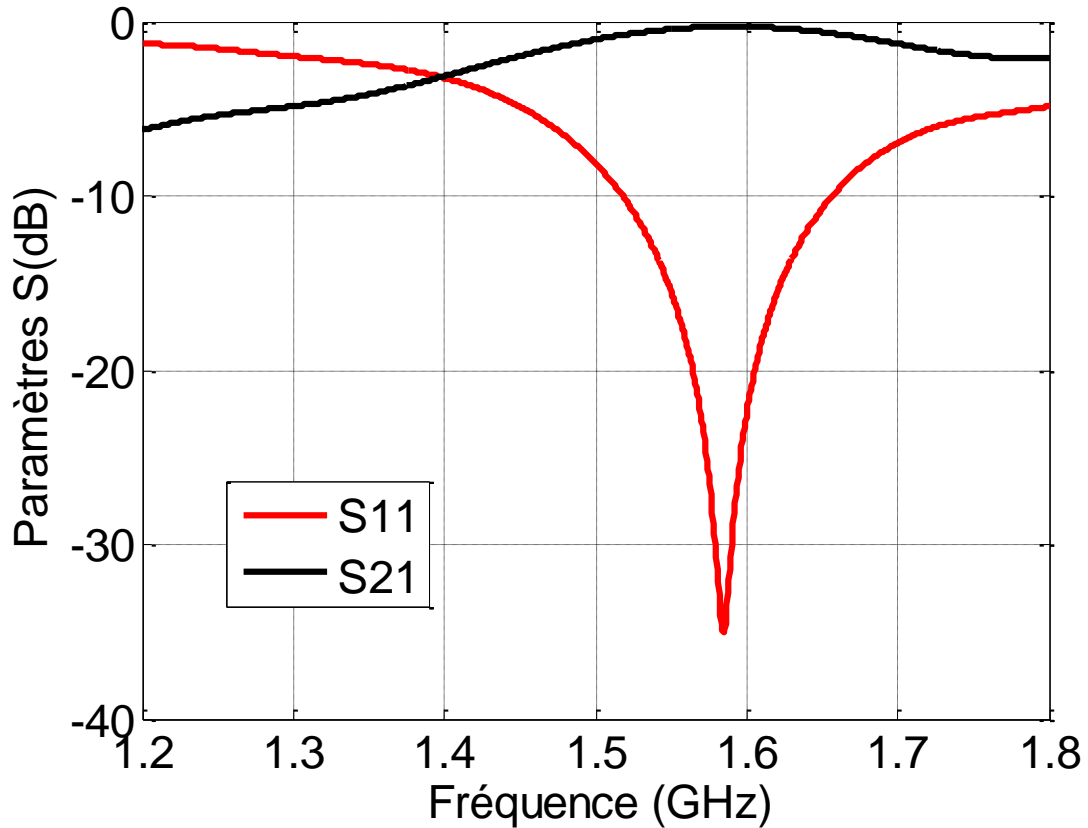


Figure.III.06. Paramètres S (S11 et S21) de la structure simulée

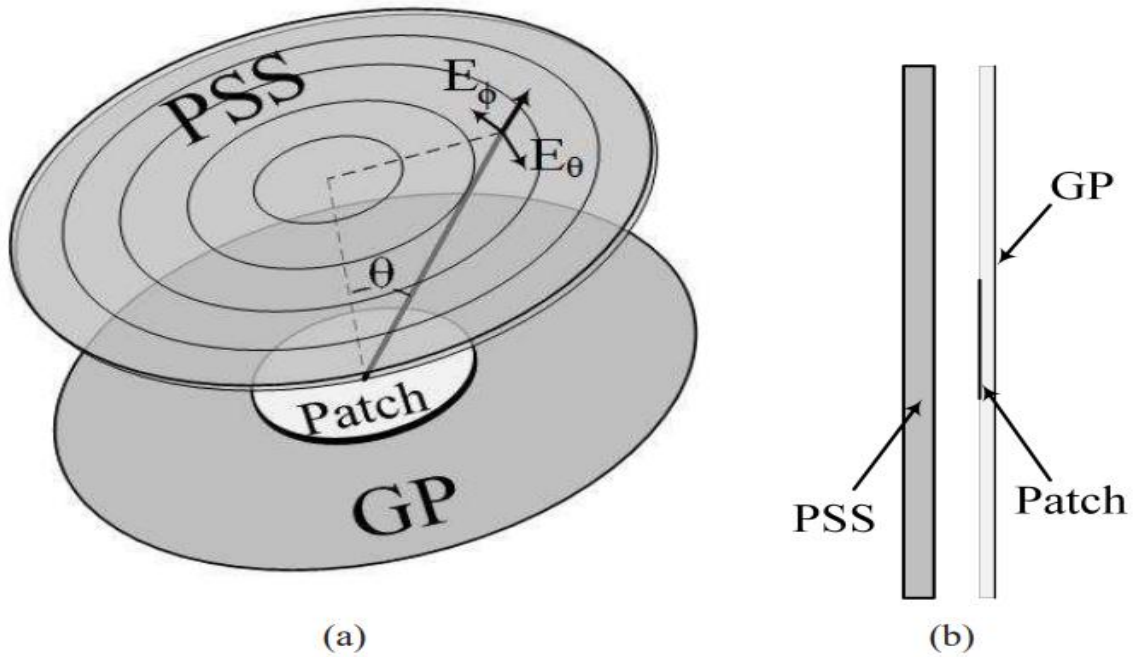
La Figure III.6 présente les coefficients de réflexion S11 et de transmission S21 de l'antenne patch circulaire.

D'après ces résultats de simulations, on remarque une bonne adaptation autour de la bande L1 du GPS à partir de $f_{r1} = 1.5178 \text{ GHz}$ à $f_{r2} = 1.6565 \text{ GHz}$, avec une fréquence de résonance $f_r = 1.5849 \text{ GHz}$ pour un coefficient de réflexion en dB $|S11| = -34.920 \text{ dB}$, alors cette antenne possède une importante bande passante de 138.7 MHz.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

III.07 Géométrie de l'antenne circulaire avec PSS

La figure III.7 montre la structure compacte de l'antenne patch circulaire avec PSS.



La figure III.7 présente la géométrie des couches PSS (a) est la couche capacitive, (b) est la couche inductive et (c) est la vue latérale de la structure.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

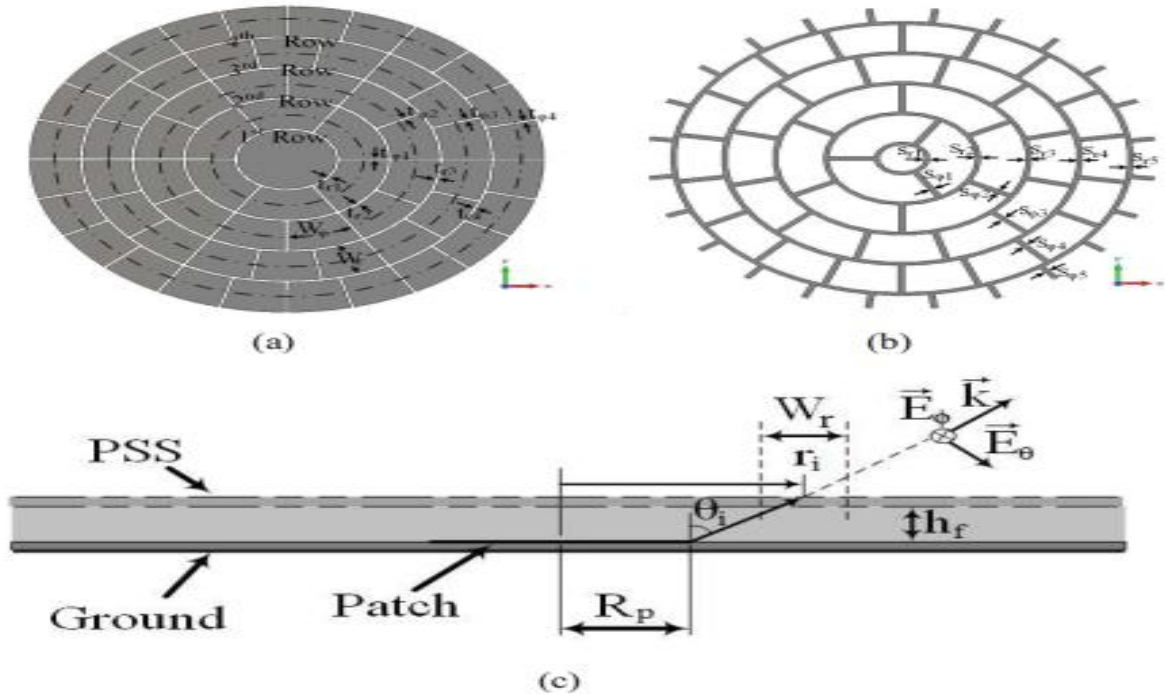


Figure.III.07.Géométrie du PSS (a) Couche capacitive (b) Couche inductive (c) vue latérale.

La Figure III.8 montre la distribution du FSS dans un circulaire arrangement pour construire le PSS. Le but est de maintenir la périodicité des PSS dans les directions φ et r . Le nombre de cellules ainsi augmente à mesure que nous passons des rangées intérieures aux rangées extérieures. $r_i = W_r i$ est la distance entre la i^{th} rangée de PSS et le centre. W_r est la largeur de chaque rangée dans la direction radiale r . W_φ est la largeur de chaque cellule unitaire le long de la direction azimutale φ . H_f est l'espacement entre l'antenne et le PSS. Nous tenons à évaluer le θ_i (angle d'incidence des vagues) le plus proche pour chaque ligne du PSS. Ainsi, en supposant que les champs émanent de bord de l'antenne patch [article].

Dans notre cas, avec le matériau RF-43, H_f est choisi à 6,35 mm. Les paramètres RF-43 Taconic sont $\epsilon_r = 4,3$ et $\tan \delta = 0,0033$. Comme indiqué précédemment, notre choix de

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

W_r et W_ϕ sont 15 mm et 15,7 mm Étant donné que chaque anneau de PSS doit avoir un nombre entier de cellules unitaires.

Le tableau.1 présente les dimensions final de PSS.

| Numéro de ligne | i =2 | i =3 | i =4 | i =5 |
|-------------------|------|------|------|------|
| t_{ri} (mm) | 1 | 2 | 2.2 | 3 |
| $t_{\phi i}$ (mm) | 1 | 1 | 0.85 | 0.65 |
| s_{ri} (mm) | 1.5 | 1.45 | 1.35 | 1.2 |
| $s_{\phi i}$ (mm) | 2 | 2.9 | 4 | 7.8 |

Tableau.III.1.Les dimensions Final de PSS

III.08 Conception de l'antenne circulaire avec PSS

La Figure III.9 représente la géométrie de PSS sous CST, pour implémenté la structure finale de l'antenne avec réflecteur PSS on utilise le RF-43 matériel, H_f c'est l'espacement entre l'antenne et la couche PSS est égale à 6.35mm. Le RF-43 Taconic paramètres sont $\epsilon_r = 4.3$ and $\tan \delta = 0.0033$. L'espacement entre les deux couches PSS est égal à 1.5 mm.

Pour la conception de cette géométrie on a fait une miniaturisation de plan de masse, plan de masse de l'antenne seule est égale à 200mm et pour l'antenne avec réflecteur PSS est égale à 150 mm.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

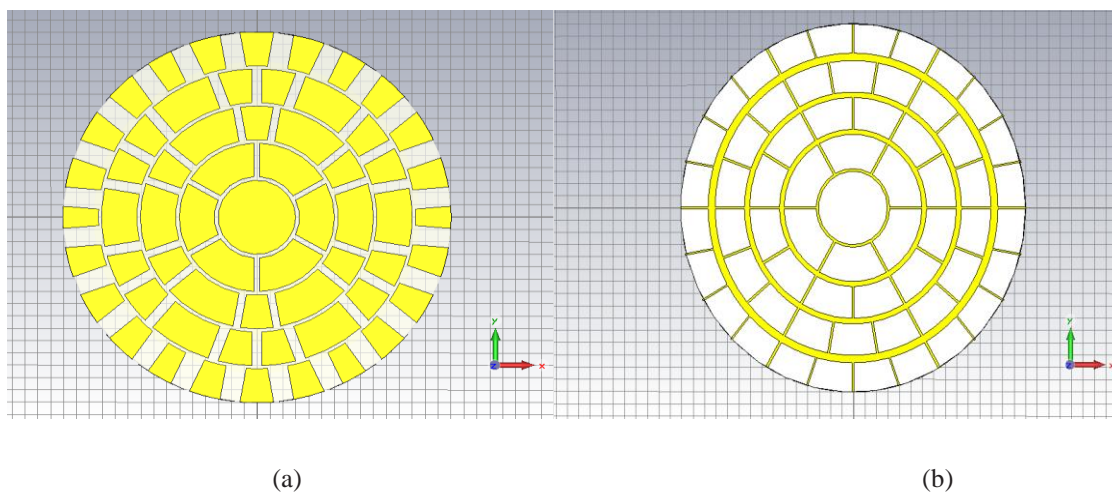


Figure.III.08.Géométrie de PSS sous CST (a) Couche capacitive (b) Couche inductive

La Figure III.10 représente la géométrie finale de l'antenne patch circulaire avec PSS sous CST.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

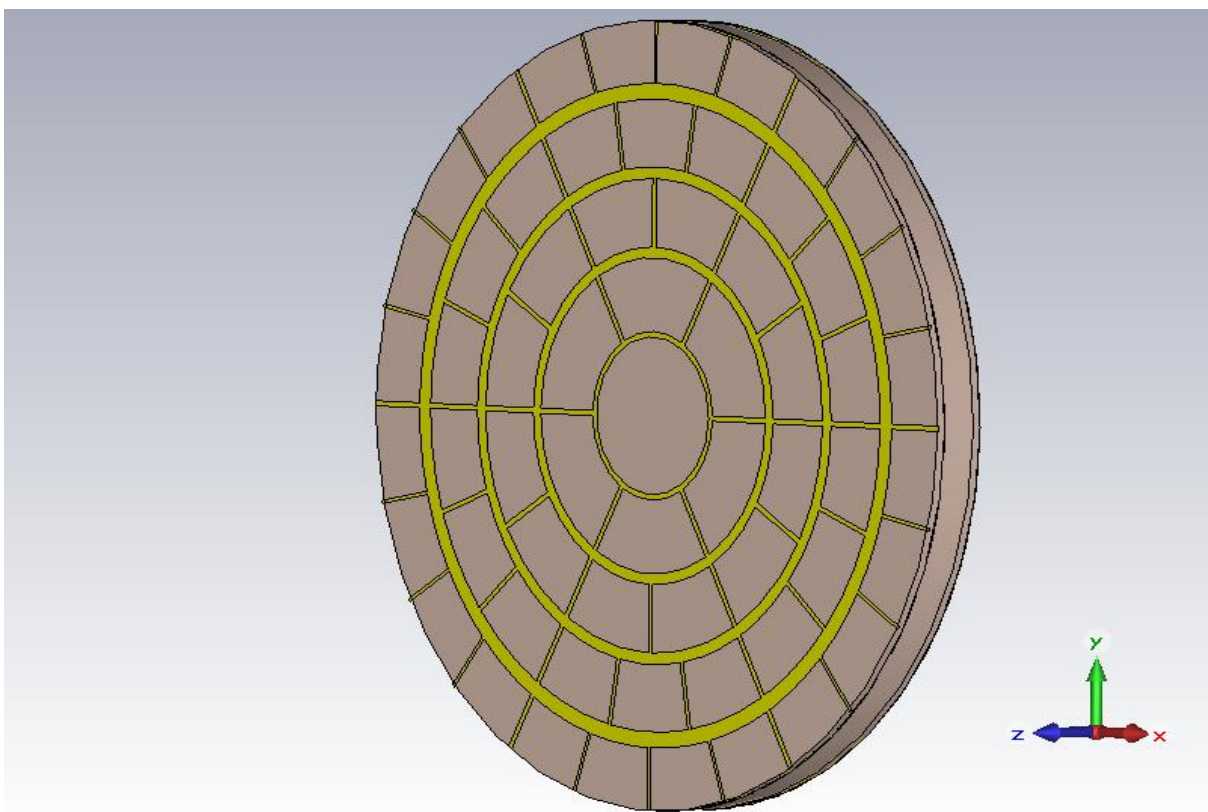


Figure III.10 .Géométrie Finale de l'antenne patch circulaire avec PSS sous CST.

La figure. III.11 représente le résultat de simulation de paramètres S (dB) de l'antenne patch circulaire avec le PSS.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

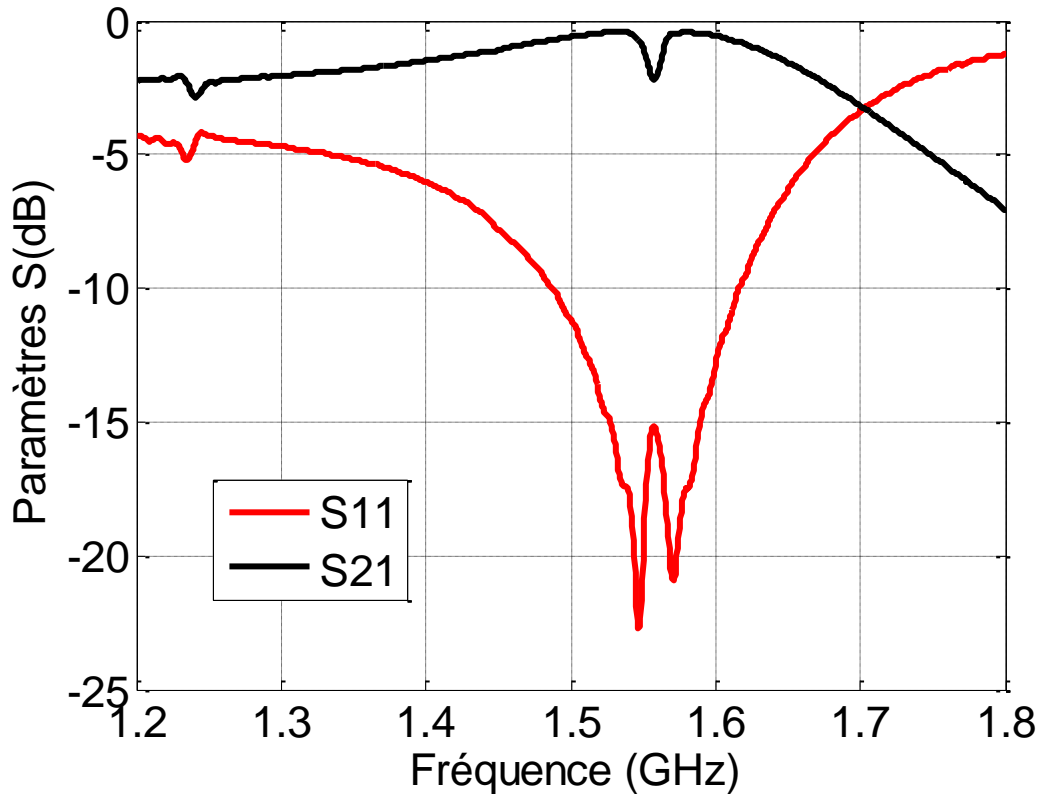


Figure.III.08. résultat de simulation de paramètre S (dB) de l'antenne patch circulaire avec le PSS.

La Figure III.11 présente les coefficients de réflexion S11 et de transmission S21 de l'antenne patch circulaire avec le PSS.

D'après ces résultats de simulations, on remarque une bonne adaptation autour de la bande L1 du GPS à partir de $f_{r1} = 1.4872 \text{ GHz}$ à $f_{r2} = 1.6159 \text{ GHz}$, avec une fréquence de résonance $f_r = 1.57 \text{ GHz}$ pour un coefficient de réflexion en dB $|S_{11}| = -21 \text{ dB}$, alors ce antenne possède une importante bande passante de 128.7 MHz.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

III.09 Rapport Axial

La figure III.12 représente le résultat de simulation du rapport axial (AR) de l'antenne seule et de l'antenne avec PSS.

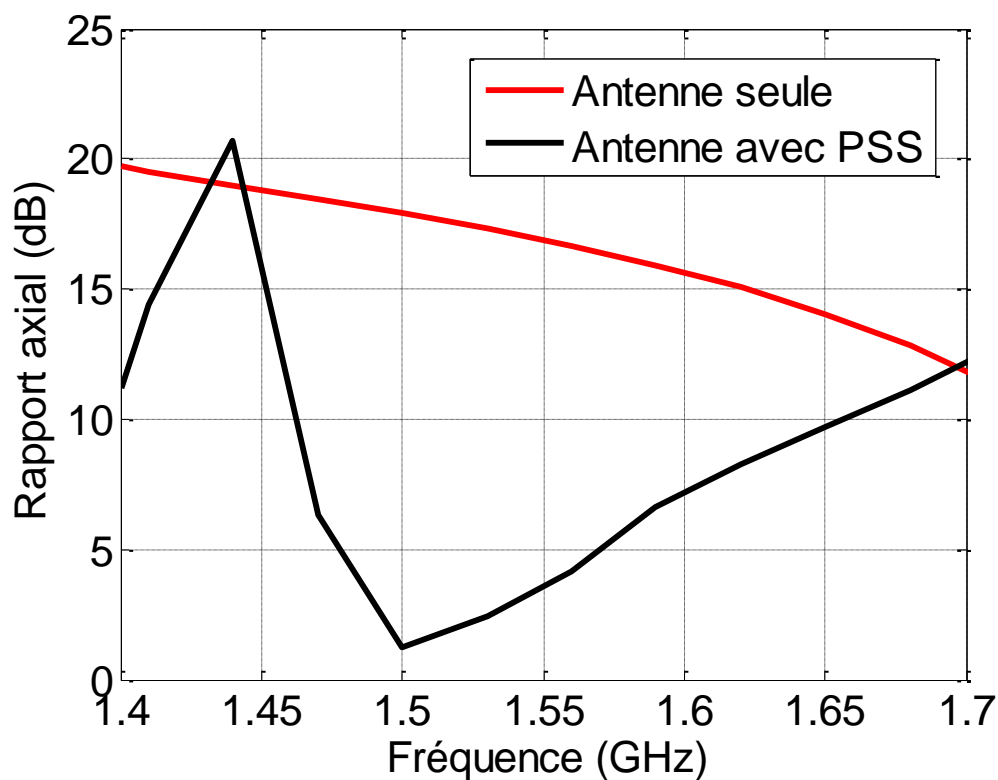


Figure.III.09.variation du rapport axial(AR) en fonction de la fréquence de l'antenne seule et l'antenne avec PSS.

Le seuil maximal du rapport axial pour obtenir une polarisation circulaire est de 3 dB. D'après la figure III.12 le rapport axial de l'antenne seule est très élevée par rapport l'antenne combinée avec la structure PSS.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

Les résultats de simulation du rapport axial montrent bien que l'antenne avec PSS possède une bonne polarisation circulaire autour de la bande **GPS L1** centrée sur la fréquence de **1.575 GHz**.

III.10 Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement représente les variations de la puissance rayonnée par l'antenne dans les différentes directions de l'espace, les résultats de diagramme de rayonnement indiqués pour l'antenne seule et l'antenne avec PSS sont illustrés dans La figure III.13 et la figure III.14 respectivement.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

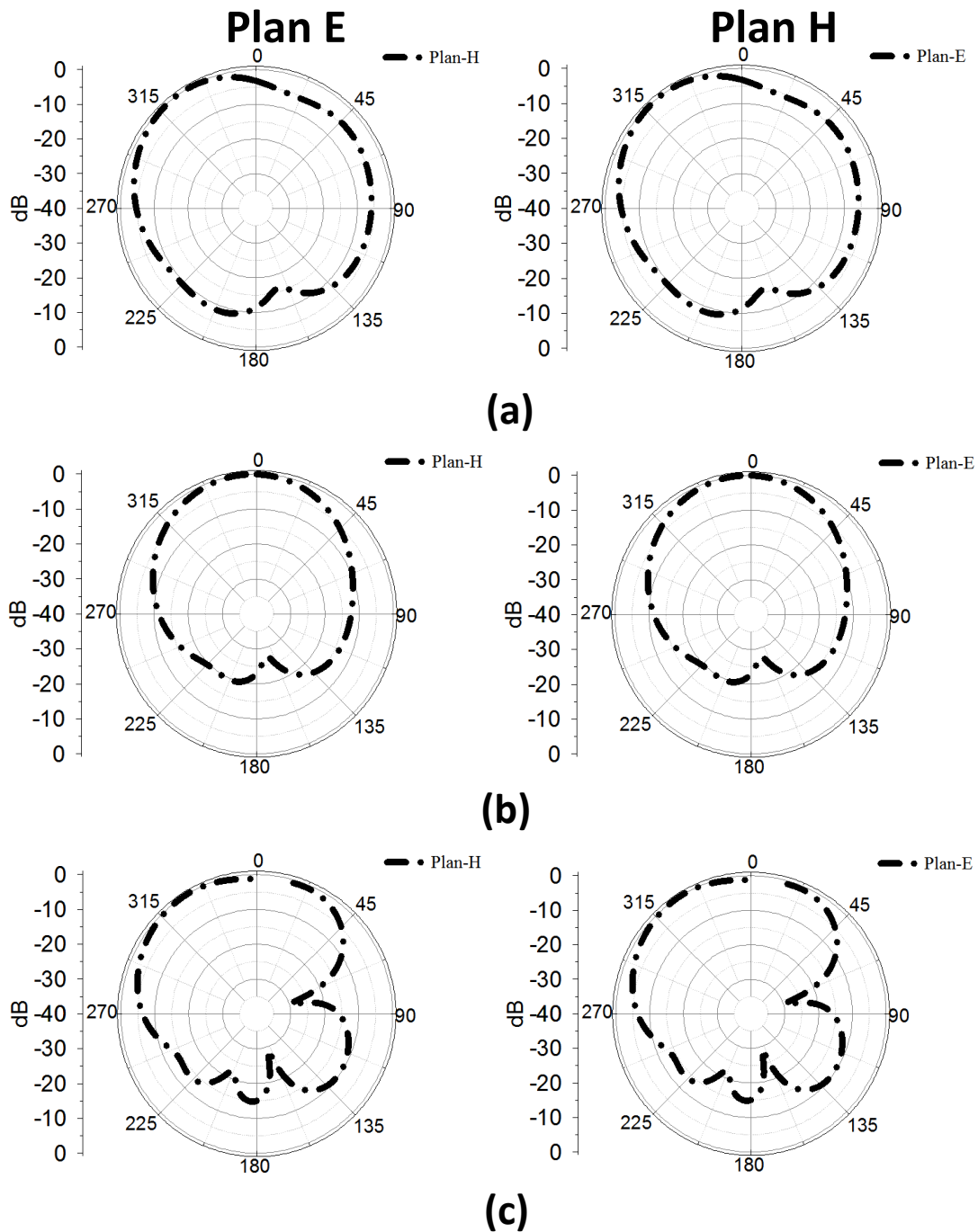
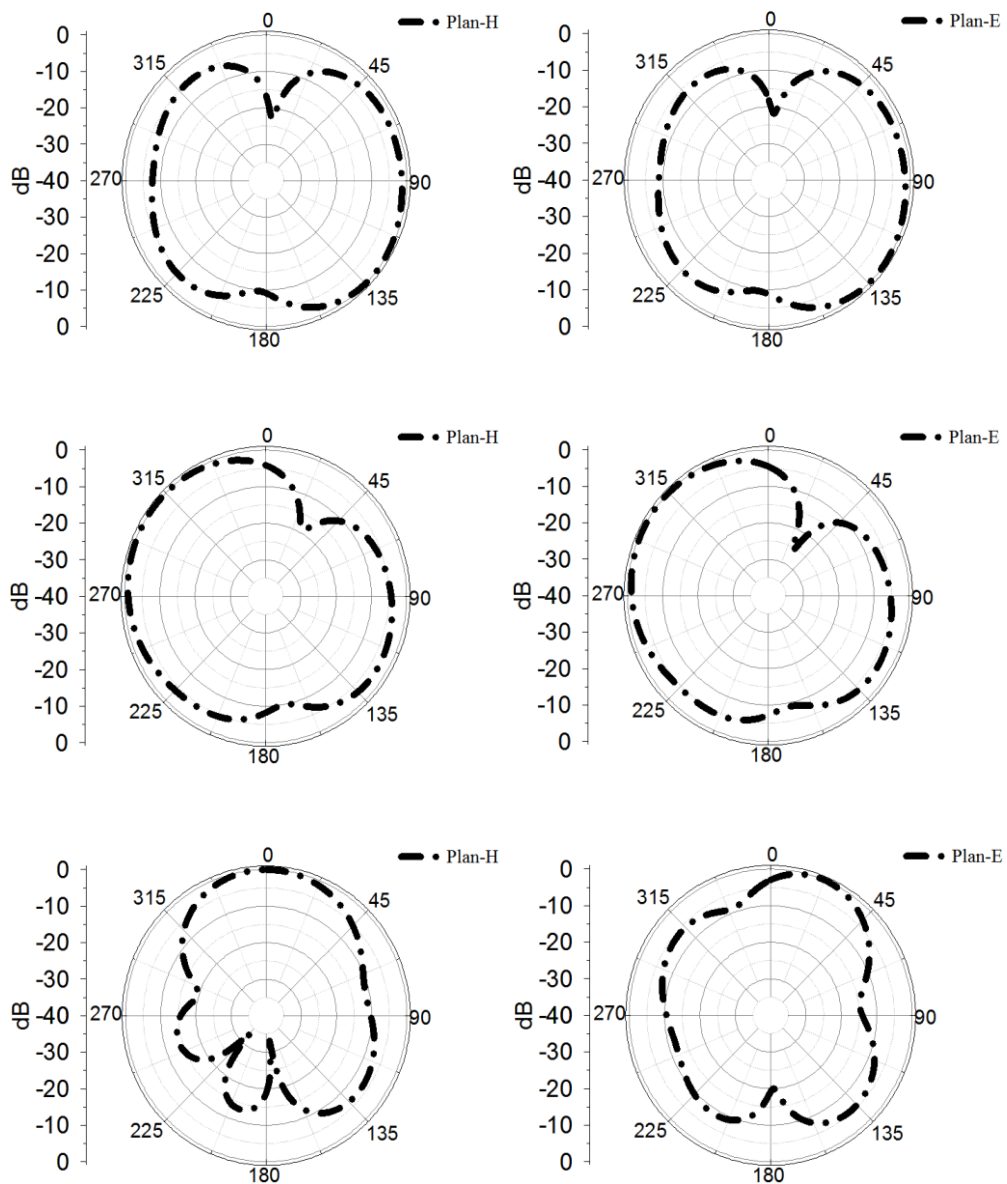


Figure.III.10 Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne seule dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulé pour les fréquences : (a) pour 1.2 GHz, (b) pour 1.57 GHz et (c) pour 1.8 GHz.

Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

D'après les résultats de diagramme de rayonnement 2D de l'antenne seule dans les deux plans E et H simulés pour des différentes fréquences spécifiquement dans la fréquence de résonance 1.57 GHz de la bande L1 du GPS, on dit que l'antenne est directive parce que la puissance rayonnée maximale rassemblée dans un seul lobe principal



Chapitre III : Conception, simulation et réalisation d'une antenne patch

Figure.III.10. Diagramme de rayonnement 2D de l'antenne avec PSS dans les deux plans E ($\varphi=0$) et H ($\varphi=90$) simulés pour les fréquences : (a) pour 1.2 GHz ,(b) pour 1.57 GHz et (c) pour 1.8 GHz.

D'après les résultats de diagramme de rayonnement 2D de l'antenne avec PSS dans les deux plans E et H simulés pour des différentes fréquences spécifiquement dans la fréquence de résonance 1.57 GHz de la bande L1 du GPS , on dire que l'antenne avec la structure PSS est un antenne directive parce que la puissance rayonnée maximale rassemblé dans un seule lobe principale.

III.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes phases de conception d'une antenne patch circulaire avec la structure PSS alimentée par un câble coaxial, pour résoudre le problème de la distorsion par trajets multiples dans les antennes GNSS. l'antenne possède une bonne adaptation autour de la bande L1 du GPS à partir de $f_{r1} = 1.4872 \text{ GHz}$ à $f_{r2} = 1.6159 \text{ GHz}$, avec une fréquence de résonance $f_r = 1.57 \text{ GHz}$ pour un coefficient de réflexion en dB $|S_{11}| = -21 \text{ dB}$. On a aussi une bonne polarisation circulaire avec un rapport axial inférieur à 3 dB trouvée autour de la bande L1 du GPS. Cette solution surpasse les techniques de la littérature en termes de rapport axial, profil, diameter et simplicité.

CONCLUSION GENERALE

Les travaux présentés dans ce projet de fin d'études se sont portés sur l'étude et la conception d'antenne à base structure PSS pour les applications GNSS en particulier, pour résoudre le problème de la distorsion par trajets multiples dans les antennes GNSS.

Nous avons présenté, dans un premier temps des généralités sur les antennes, leurs caractéristiques principales, leurs différents types. Par la suite nous avons établi une définition sur les antennes GNSS ainsi que leurs exigences des performances.

Dans la deuxième partie nous avons vu un aperçu sur les surfaces sélectives en fréquence FSS et leurs différentes caractéristiques principales, types, et les classifications de la structures FSS, ainsi que les applications des surfaces sélectives en fréquences.

La dernière partie a été consacrée à la conception et la simulation de l'antenne patch circulaire seule et avec PSS alimentée par un câble coaxial à l'aide du logiciel CST Microwave Studio. Les résultats de simulation des caractéristiques de l'antenne telles que le rapport Axial, le coefficient de réflexion et la bande passante confirme que l'antenne est à polarisation circulaire et résonne à la fréquence 1.57 GHz dans la bande de fréquence de 1.148 GHz à 1.62 GHz. Une importante bande passante d'AR mesurée à 3 dB est trouvée, ce qui est capable de couvrir la bande GPS L1 à la fréquence centrale de 1575,42 MHz.

En plus, on a constaté que la fréquence de résonance est inversement proportionnelle à la longueur L du patch. L'épaisseur du substrat, le choix du type d'alimentation, la position de la ligne d'alimentation (câble coaxial) influent considérablement sur les performances de l'antenne (coefficient de réflexion, bande passante et le rayonnement). On a montré aussi qu'une étude paramétrique de l'antenne est possible et de manière aisée.

REFERANCES
BIBLIOGRAPHIQUE

Les références

- [1] HOCINE. K, LARBES.S, OUKIL.A, « Etude des antennes filaire et leur Technique de miniaturisation », MASTER, 2013.
- [2] CYRIL.L, OUMY.D, « Etude et Minimisation du Facteur de Qualité d'Antennes Miniatures conçues pour de Petits Objets Communicants», Doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis, 2013.
- [3] Mme. BENOSMAN, BENACHOUR.W, ALLALI. H, «Conception d'une Antenne Patch en Fonctionnement Multi-bandes Inspirée des Méta-matériaux», Master ,2020.
- [4] Hamaizia. Z, Mounib. H, « Conception et simulation d'une antenne micro ruban», Master, 2012.
- [5] DC. Djebrani. M, Abdelali. A, «conception et simulation d'une antenne multi bande pour le système GNSS », Master, 2012.
- [6] Odile. P, et coll. Préface de Maurice Bellanger « Les antennes Théorie, conception et applications » Paris, le 26 juin 2009.
- [7] Gourari F. Z, Mamcha. I, Belarbi. M, « Etude et conception d'antennes bi-bande pour un système RFI » Master 2020
- [8] Munk, B. A, « Frequency Selective Surfaces - Theory and Design, John Wiley & Sons » New York, 2000..
- [9] Brito. D, B, D'Assunção, A. G, Maniçoba, R. H. C, e Begaud, X, « Metamaterial Inspired Fabry– Pérot Antenna with Cascaded Frequency Selective Surfaces, Microwave and Optical Technology Letters » vol. 55, pp. 981-985, 2013
- [10] Tennant. A, Hurley. W, et Dias. T, « Experimental Knitted, Textile Frequency Selective Surfaces, Electronics Letters » vol. 48, Iss. 22, pp. 1386-1388, 2012.
- [11] Mahmoud. N, « Nimble Radiation-Pattern Antennas Using Agile Frequency Selective » Thèse de Doctorat en Telecommunication, Université du Québec, Juin 2012

- [12] Jia-Sheng Hong, M. J. Lancaster « Microstrip Filters for RF/Microwave Applications, John Wiley & Sons » Inc., 2001.
- [13] A. G. D'Assunção Jr., « A New Proposal for Multiband Planar Antenna for Mobile Communications, » in portuguese, Master Dissertation » UFRN, Natal, 2007
- [14] Wu T.K., Lee S.W., « Multi band frequency selective surface with multi ring elements », IEEE Transactions on Antennas and Propagation » Vol. 42, No. 11, 1994, pp. 1484-1490.
- [15] Winnewisser. C., Lewen F., Weinzierl J., Helm H., « Frequency-selective surfaces analyzed by THz-time-domain spectroscopy » IEEE Sixth International Conference on Terahertz Electronics Proceedings. THZ 98, IEEE 1998, New York, NY, USA, pp.196-198.
- [16] Wakabayashi H., Kominami M., Kusaka H., Nakashima H., « Numerical simulations for frequency selective screen with complementary elements » IEE Proceedings Microwave Antennas and Propagation, Vol. 141, No. 6, December 1994, pp. 477-482.
- [17] Kondo A., « Design and characteristics of ring slot type FSS », Electronics Letters, Vol. 27, No. 3, January 1991, pp. 240-241
- [18] Mohammed T, Alfrêdo G, , Henry B, Farid D, « WCIP Method Applied to Active Frequency Selective Surface » Journal of Microwaves and Optoelectronics, Vol. 6, No.1, pp 1-16, June 2007.
- [19] C. C. Chen, « Diffraction of Electromagnetic Waves by a Conducting Screen Perforated Periodically with Circular Holes » IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., Vol. MTT-19, No. 5, pp. 475-481, May 1971.
- [20] R. Mittra, C. H. Chan, and T. Cwik, « Techniques for Analyzing Frequency Selective Surfaces A Review, » Proc. of the IEEE, Vol. 76, No. 12, pp. 1593-1615, Dec. 1988

- [21] S. W. Schneider and B. A. Munk, « The Scattering Properties of ‘Super Dense’ Arrays of Dipoles, » IEEE Trans. Antennes Propageât., Vol. AP- 42, No. 4, pp. 463-472, Apr. 1994.
- [22] E. L. Pelton and B. A. Munk, « Scattering from Periodic Arrays of Cross Dipoles » IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-27, No. 3, pp. 323-330, Mar. 1979.
- [23] C. H. Tsao and R. Mittra, « Spectral-Domain Analysis of Frequency Selective Surfaces Comprised of Periodic Arrays of Cross Dipoles and Jerusalem Crosses, » IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol. AP-32, No. 5, pp. 478-486, May 1984.
- [24] J. C. Chen, « Study of Narrow-Band Dichroic Plates with Circular, Rectangular, or Pyleguide Apertures, » TDA Progress Report 42-111, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, pp. 41-47, Nov. 1992.
- [25] S. Contu and R. Tascone, « Scattering from Passive Arrays in Plane Stratified Regions, » Electromagnétiques, Vol. 5, No. 4, pp. 285-306, July-Aug. 1985.
- [26] C. Antonopoulos, R. Cahill, E. A. Parker, and I. M. Sturland, « Multilayer Frequency Selective Surfaces for Millimetre and Submillimetre Wave Applications, » IEE ProceedingsMicrowaves Antennas & Propagation, Vol. 144, No. 6, pp. 415-420, Déc. 1997.
- [27] R. Sauleau, Ph. Coquet, J. P. Daniel, T. Matsui, and N. Hirose, « Analysis of Millimeter Wave Fabry-Perot Cavities Using the FDTD Technique, » IEEE Microwave & Guided Wave Letters, Vol. 9, No. 5, pp. 189-191, May 1999.

- [28] J. A. Reed and D. M. Byrne, "Frequency Selective Surfaces with Multiple Apertures within a Periodic Cell," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 15, No. 3, pp. 660-668, Mar. 1998.
- [29] M. Bozzi and L. Perregrini, « Analysis of FSS with Multiple, Arbitrarily Shaped Elements within a Periodic Cell, » *IEEE APS/URSI Symp. 2000 Digest*, Vol. 2, pp. 838-841, 2000
- [30] J. C. Chen, P. H. Stanton, and H. F. Reilly, Jr., « A Prototype Ka-Band Dichroic Plate With Stepped Rectangular Apertures, » *TDA Progress Report 42-124*, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, pp. 143-152, Feb. 1996
- [31] W. A. Imbriale, « A New All-Metal Low-Pass Dichroic Plate, » *TDA Progress Report 42- 129*, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, pp. 1-10, May. 1997.
- [32] A. Edalati e T. A. Denidni, « Frequency selective surfaces for beam-switching applications, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* » vol. 61, no. 1, pp. 195–200, Jan. 201
- [33] Gustavo. A. C, « Développement de circuits planaires sur des substrats textiles, Thèse de doctorat en génie électrique et informatique, Université fédérale de Rio grande de nord centre de Technologie » Avril 2014.
- [34] Alfrêdo Gomes Neto et al, « Analysis of Frequency Selective Surface with U-Shaped Geometry », *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, Vol. 14, SI-1, pp 113-122, July 2015.
- [35] A. Edalati e T. A. Denidni, « Frequency selective surfaces for beam-switching applications » *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 1, pp. 195–200, Jan. 2013.
- [36] R. Mittra, C. H. Chan e T. Cwik, « Techniques for Analyzing Frequency Selective Surfaces – A Review » *Proceedings of the IEEE*, vol.76, no. 12, pp. 1593–1615, Dec. 1988.

- [37] Roger. J, « technique d'ingénieur E3280 bases et principes d'antennes » 10 nov. 1998
- [38] C. Leluc « LA POLARISATION» Université de Genève
- [39] KHEDROUCHE. Djamel, Tahar. B, « analyse et conception des antennes microstripa base de metamateriaux » DOCTORAT LMD, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 2018.
- [40] Mr H.KANANE ,BELABAS .L, CHEMMOUN. L, » Miniaturisation de l'antenne PATCH sous CST «», Mémoire MASTER, Université de Tizi-Ouzou, 2018.
- [41] FarhadKhosravi, *StudentMember, IEEE*, Hamid Moghadas, *Member, IEEE* and PedramMousavi, *Senior*