

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة بلحاج بوشعيب

Université–Ain Temouchent- BELHADJ Bouchaib Faculté des Sciences
et de Technologie Département d'électronique et de Télécommunications



Projet fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en :Réseau
de Télécommunications

Domaine : sciences et technologie

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseau et Télécommunications

-THEME-

Conception d'une antenne patch pour les applications de la bande S

Présenté Par :

Melle MATALLAH Hind

Devant le jury composé de :

Dr BENGANA abd elfatih	MCA	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr MOULESSEHOUL wassila	MCB	UAT.B.B (AIN Temouchent)	Examinatrice

Encadre par :

Dr SOUIKI Sihem Zineb	MCB	UAT.B. B (Ain Temouchent)	encadrante
Dr BELGACEM Wahiba	MRB	CDS (Oran)	Co-Encadrant

Année universitaire

2022/2023



Remerciements

A travers ce modeste travail, je tiens à remercier vivement les encadreurs Dr. SOUIKI Sihem Zineb Et Dr. BELGASEM Wahiba pour leurs conseils précieux qui m'ont permis de corriger et finaliser ce travail et pour toutes les commodités qu'ils m'ont apportées durant notre étude de ce projet.

Pour finir, je remercie la famille pour leurs patiences et leurs sacrifices et leurs encouragements.

Hind



Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail ;

*A ma plus chère maman Fatima la héroïne de ma vie, la femme qui a souffert son laisse-moi souffrir,
mon ange le plus précieux*

*A mon très cher papa qui m'a tout donné, sans rien en retour, pour l'éducation qu'il m'a prodiguée ;
avec tous les moyens, pour son amour paternel, son soutien inconditionnel tout au long de mes études, et pour la
confiance qu'il m'a toujours témoignée.*

*A mes adorable sœur Maissa, Mariem, Nour, Nadaa et Imen les flames de mon cœur que dieu les
protèges.*

A mes frères Nadjib et Aabd Samie que dieu les offres le bonheur et la réussite

*A mes oncles Ali, Lakhdar, Mohamed, Ahmed, Rachid mes tantes Zhor, Fatna, et Ouissem pour tous les
conseils le soutien que dieux leur donne une langue vie.*

A mon grand-père Safi et Ma grande mère Fatna que dieux les gardes dans son veste paradis

Q mes petits ; Safico rt Sérine la source de joie de toute la famille

A tous les membres de ma famille, mes amis et toute personne occupe une place dans mon cœur.

Hind

Résumé

Le domaine des télécommunications a connu un progrès technologique au cours des dernières années grâce à la forte demande de la population et de l'industrie. Le but de cette étude est de présenter une méthode de conception d'antennes patch optimisée en bande S, en se concentrant sur le gain, la bande passante et la directivité. Divers aspects de conception tels que la sélection de la forme, l'optimisation des dimensions de patch, les techniques de polarisation prennent en compte toutes les spécifications de performances et de polarisation circulaire. Le logiciel CST utilisé est un outil de modélisation et de simulation en 3D qui permet d'évaluer les performances des antennes et d'optimiser les paramètres de conception basés sur la méthode des intégrales finit. Les résultats de simulation montrent une meilleure précision de l'adaptation de coefficient de réflexion fonctionnant en bande S avec une bonne efficacité. Ce travail contribue aux progrès des antennes patch fonctionnant en bande S et fournit une base solide pour leur utilisation dans diverses applications spatiales.

Les mots clé :

bande s . Polarisation circulaire. Logiciel CST

Abstract

The field of telecommunications has experienced technological progress in recent years thanks to the strong demand from the population and industry. The aim of this study is to present an optimized S-band patch antenna design method, focusing on gain, bandwidth and directivity. Various design aspects such as shape selection, patch size optimization, polarization techniques consider all performance and circular polarization specifications. The CST software used is a 3D modeling and simulation tool which makes it possible to evaluate the performance of the antennas and to optimize the design parameters based on the finite integral method. The simulation results show a better accuracy of the reflection coefficient adaptation operating in S-band with good efficiency. This work contributes to the progress of patch antennas operating in the S band and provides a solid basis for their use in various space applications.

The key words:

Band s. Circular polarization. CST software

ملخص

شهد مجال الاتصالات السلكية واللاسلكية تقدمًا تقنيًا في السنوات الأخيرة بفضل الطلب القوي من السكان والصناعة. الهدف من هذه الدراسة هو تقديم طريقة تصميم مُحسَّنة لهوائي التصحيح على شكل S ، مع التركيز على الكسب وعرض النطاق الترددي والاتجاهية. تأخذ جوانب التصميم المختلفة مثل اختيار الشكل وتحسين حجم التصحيح وتقنيات الاستقطاب في الاعتبار جميع مواصفات الأداء والاستقطاب الدائري. برنامج CST المستخدم هو أداة نمذجة ومحاكاة ثلاثية الأبعاد تجعل من الممكن تقييم أداء الهوائيات وتحسين معاملات التصميم بناءً على طريقة التكامل المحدود. تظهر نتائج المحاكاة دقة أفضل لتكييف معامل الانعكاس الذي يعمل في النطاق S بكفاءة جيدة. يساهم هذا العمل في تقدم هوائيات التصحيح العاملة في النطاق S ويوفر أساسًا متينًا لاستخدامها في تطبيقات فضائية مختلفة.

المفتاحية لكلمات:

النطاق S استقطاب دائري. برنامج CST

Liste des Symboles et Abréviations

CST : computer simulation technologie
CP :circularize polarization
LHCP : Left-Hand circular polarization
RHCP :Right -Hand circular polarization
 η : Le rendement.
D : la directivité.
G: Le gain
 λ_0 : La longueur d'onde dans le vide.
W : Puissance d'entrée.
 θ : Angle l'azimutal
 θ : Angle d'élévation.
Z : L'impédance d'entrée.
R : Partie réelle.
I : Partie imaginaire
L : Largeur de bande.
f 1 : Fréquence minimale.
f 2 : Fréquence maximale.
F0 : Fréquence centrale.
Q : Facteur de qualité.
W0 : La fréquence de résonance angulaire.
Qt: Facteurs de qualité totale
Qc : Facteurs de qualité conduction.
Qd: Facteurs de qualité diélectriques
 η_0 : Efficacité totale.
 η_r : Efficacité de réflexion.
 η_c : Efficacité de conduction.
 η_d : Efficacité diélectrique.
 Γ : Le coefficient de réflexion.
ZA : L'impédance d'antenne.
Zc : L'impédance caractéristique.
Db : Décibel
 ϵ_r : La constante diélectrique du substrat.

seff: Le constant diélectrique efficace

λ : La longueur d'onde.

S11 : Le coefficient de réflexion

Sommaire

Résumé	3
Abstract	3
Abréviation.....	5
Introduction général.....	6

Sommaires :

Chapitre I Généralités sur les antennes imprimées

I. Présentation de chapitre :	4
I.1. Introduction.....	4
I.2. Historique.....	5
I.3. Définition d'une antenne Imprimée	5
I.4. Principe de fonctionnement d'une antenne.....	6
I.5. Les types des antennes imprimées	6
I.6. Structure d'antenne patch.....	7
I.7. Les formes de patch (élément rayonnant).....	8
I.8. Les techniques d'alimentation.....	9
I.9. Analyse théorique	12
I.10. Caractéristique d'une antenne	13
I.13. Avantages et inconvénients des antennes	18
I.14. Conclusion	19

Chapitre II Technique de polarisation circulaire

II. Présentation de chapitre.....	21
II.1. Introduction	21
II.2 Onde électromagnétique	22
II.3 La polarisation	23
II.4 Propagation des ondes électromagnétiques.....	24

II.5 Vecteur de Poynting.....	26
II.6 Définition de la polarisation d'une antenne :	26
II.7 Types de polarisations.....	26
II.8 Polarisation horizontale et vertical :	29
II.9 Polarisation circulaire :	30
II.12 Le rapport axial en fonction de la fréquence :	32
II.13 Les modes de propagation dans la polarisation circulaire	33
II.14 Les types d'alimentation	33

Chapitre III Conception d'antenne patch en band S.

III. Présentation de chapitre	39
III.1 Introduction	39
III.2 La bande S :	39
III.3 Outil de simulation	39
III.4 Réalisation d'antenne Patch	39
III.2 Les paramètres de l'antenne patch rectangulaire sont donnés sur le tableau 1	40
III.3 Calculées à partir des équations du tableau :	41
III.6. Présentation des résultats de simulation.....	41
III.6.1 S ₁₁	41
III.6.2. Le Gain.....	42
III.7. Conclusion.....	44
Références bibliographiques	46

Liste des figures

Figure I.1 : Le principe d'une antenne	3
Figure I.2 : Structure d'antenne.....	4
Figure I.3 : Formes d'antenne patch.....	5
Figure I.4 : Alimentation par sonde coaxiale	9
Figure I.5 : Alimentation par ligne microbande	10
Figure I.6 : Alimentation à travers une fente	11
Figure I.7 : Alimentation de proximité.....	13
Figure II.1 : Onde électromagnétique	23
Figure II.2 : Polarisation de champ électromagnétique.....	24
Figure II.3 : Polarisation elliptique	25
Figure II.4 : Polarisation elliptique	25
Figure II.5 : Polarisation circulaire	26
Figure II.6 : Polarisation linéaire.....	27
Figure II.7 : Polarisation horizontale et vertical	29
Figure II.8 : Polarisation circulaire à séquence spatiale et à séquence temporelle dans un plan fixe.....	32
Figure II.9 : Polarisation elliptique et circulaire.....	32
Figure II.10 : Excitation en un point	33
Figure II.11 : polarisation circulaire droite	33
Figure II.12 : Polarisation circulaire gauche	33
Figure III.1 : antenne patch sous CST Studio	40
Figure III.2 : Diagramme de rayonnement en 3D de l'antenne patch.....	42
Figure III.3 : Coefficient de réflexion S11 de l'antenne patch.....	43
Figure III.4 : Le Rapport axial	43
Figure III.5 : Diagramme de rayonnement de l'antenne tronquée en représentation polaire (a)planE, (b) plan H.....	44

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Equations de calculs des paramètres de l'antenne patch.....	40
Tableau III.2 : Equations de calculs des paramètres de substrat et plan de mass.....	41
Tableaux III.3 Equations de calculs des paramètres de la longueur de la ligne.....	41
Tableaux III.4 : Les valeurs des paramètres d'antenne patch rectangulaire	41
Tableau III.5 Les valeurs des paramètres d'antenne patch rectangulaire	42

Introduction générale

Ces dernières années, l'exploitation de l'espace est bénéfique dans de nombreux domaines, comme la surveillance du climat, la météorologie, l'accès aux soins de santé, et le télé-enseignement. Leur développement rapide est très remarquable dans tous les secteurs de la vie humaine. Il concentre sur la miniaturisation des composantes électroniques, la conception des antennes patches est l'une des formes les plus couramment utilisées dans la charge utile de satellite. La géométrie d'antenne patch est constituée d'un substrat diélectrique, d'un conducteur métallique et d'un plan de masse qui agissent ensemble pour émettre ou recevoir des ondes électromagnétiques. Leur utilisation offre un large champ d'applications en raison de leurs caractéristiques qui n'ont pas de limites dans les applications innovantes. L'objectif de ce travail est la conception d'antennes patch pour les applications de bande S avec une polarisation circulaire droite (RHCP). La bande S est une bande de fréquences définie sur la partie du spectre électromagnétique allant de 2 à 4 GHz. La conception précise de l'antenne patch nécessite une modélisation et une simulation avancées à l'aide de logiciels spécialisés tels que CST. Ce travail comporte trois chapitres.

Le premier chapitre présente une généralité sur les antennes imprimées comprend la définition de l'antenne patch et ses caractéristiques, un bref aperçu sur le principe de fonctionnement, ainsi que leurs propriétés principales, par la suite la méthode de calcul des dimensions et des paramètres électriques de l'antenne patch. Nous parlons notamment des types d'antennes imprimées, et nous introduisons également la configuration de base, leurs mécanismes de rayonnement, les différentes techniques d'alimentation des antennes patch ainsi que les spécifications des antennes imprimées. Ainsi leurs avantages et inconvénients.

Le deuxième chapitre comprend la polarisation circulaire (CP), leur principe de fonctionnement, la technique d'orthogonalité avec la présentation de certaines modifications de la géométrie de base de l'antenne patch, les types de polarisation et leur technique, et les avantages pour chaque technique, la méthode d'alimentation et les techniques d'adaptation en bande S.

Finally, the third chapter presents the conception of a rectangular patch antenna fed with a coaxial cable characterized by a circular polarization. Our work is based essentially on the variation of the shape of the patch of the antenna, the size of the substrate, the width of the ground plane, the feeding line and the calculation of the position of the feeding in the diagonal of the antenna, in order to reach a better performance of the patch antenna. The representation of the simulation results was done by the software CST suit studio.

Chapitre I

Généralités sur les

antennes

imprimées

I. Présentation de chapitre :

Les antennes patch sont des éléments essentiels dans la configuration d'un satellite, offrant une combinaison de compacité, souplesse des performances et la facilité d'intégration, ce qui en fait un choix populaire pour de nombreuses applications modernes en raison de leur facilité de fabrication, et de leur flexibilité de conception. Ce chapitre fournit un état de l'art sur les antennes imprimées et leurs propriétés, ainsi que sur la technique d'alimentation et les mécanismes de rayonnement, la théorie de base des antennes imprimées. Aussi que des avantages et des inconvénients.

I.1. Introduction

Les antennes sont des composants essentiels des systèmes de communication utilisés pour transmettre et recevoir des signaux. Les antennes micro-ruban deviennent de plus en plus pratiques car elles peuvent être imprimées directement sur le circuit imprimé (PCB). Ils ne deviennent pas coûteux en termes de fabrication, fines et faciles à intégrer dans une apparence. Leur spécification est très intéressante en termes de la taille miniature, la forme simple, la bande passante, le gain, la polarisation, etc. Actuellement les recherches concentrent sur le développement d'antennes patch utilisées dans les téléphones portables, ordinateurs, GPS, radar, etc....

L'objectif de premier chapitre présente un état de l'art sur les antennes imprimées comprend la définition de l'antenne patch, ses caractéristiques, un bref aperçu sur le principe de fonctionnement, ainsi que leurs propriétés principales, par la suite la méthode de calcul, les dimensions des paramètres électriques de l'antenne patch. Nous parlons notamment des types antennes imprimées, et nous introduisons également la configuration de base leurs mécanismes de rayonnement, les différentes techniques d'alimentation des antennes patch ainsi que les spécifications des antennes imprimées. Ainsi leurs avantages et inconvénients, et enfin nous citerons leurs domaines d'applications.

I.2. Historique

Les équations de Maxwell publiées en 1865 décrivent comment le champ électrique et magnétique sont générés et modifiés l'un et l'autre par les charges et les courants. Ils sont nommés d'après le physicien et mathématicien écossais James Clerk Maxwell, qui a publié ces équations constituant le fondement de l'électrodynamique classique. En fait, il avait vingt équations à vingt inconnus, en 1873, MAXWELL a réécrit sa théorie sous la forme de huit équations à huit inconnus. Il a fallu encore quelques années jusqu'à ce qu'ils soient compris et réécrits par le physicien britannique Oliver HEAVISIDE sous la forme des quatre équations vectorielles aux dérivées partielles que l'on connaît maintenant. En 1888, le physicien allemand Heinrich HERTZ utilisera pour la première fois des antennes pour la démonstration de l'existence des ondes électromagnétiques prédites par la théorie de MAXWELL. Un bref historique sur le développement des antennes patch micro-ruban présente dans cette partie. Dans un premier temps, le concept d'antennes imprimées est apparu dans les années 50, mais ce n'est que vingt ans plus tard que les premières réalisations apparaissent. Dans un premier temps sont réservés à des applications militaires puis à l'industrie à partir des années 1990. Elles sont aujourd'hui implantées dans de nombreux dispositifs électroniques et constituent le type d'antenne privilégié pour les applications VHF (Very High Frequency) et notamment pour la Wi-Fi et la radio amateur [2].

I.3. Définition d'une antenne Imprimée

L'antenne imprime convertit l'énergie électrique du signal en ondes électromagnétiques transportées dans l'espace libre. L'antenne d'émission reçoit des signaux électriques de l'émetteur et émet des ondes radio électromagnétique. Ce dernier se propage dans l'espace autour de l'antenne d'émission. Il existe des directions de propagation spécifiques selon le type et la forme de l'antenne utilisée. La puissance générée par l'émetteur est appliquée à l'antenne, la propagation dans l'espace de l'antenne de réception ne représente qu'une petite fraction de cette puissance et convertit en un signal électrique [4].

I.4. Principe de fonctionnement d'une antenne

Le principe de fonctionnement d'une antenne patch repose sur la génération d'un champ électromagnétique radiatif à partir d'une plaque conductrice. Les antennes patch micro-ruban fonctionnent sur le principe de la résonance électromagnétique. Lorsqu'un courant électrique est appliqué au patch, un champ électromagnétique est créé autour du patch qui émet des ondes électromagnétiques. La résonance électromagnétique se produit lorsque les ondes électromagnétiques émises par un patch se réfléchissent sur le plan de masse et interagissent avec les ondes électromagnétiques émises par le patch. Cette interaction crée un champ stationnaire autour du patch, qui est utilisé pour transmettre et recevoir des ondes électromagnétiques. [23].

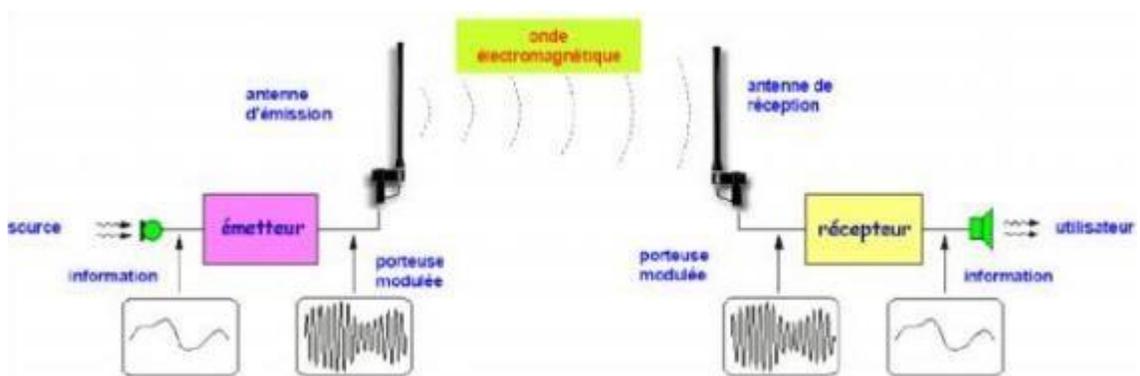


Figure I.1. Le principe d'une antenne

I.5. Les types des antennes patches

Il existe plusieurs types d'antennes, notamment les antennes patch micro ruban, les antennes à fente, les antennes F inversées planaires (PIFA) et les antennes fractales. Les antennes patch micro ruban sont largement utilisées dans les systèmes de communication sans fil en raison de leur profil bas, de leur légèreté et de leur facilité de fabrication. Ils sont constitués de fines pastilles conductrices imprimées sur un substrat diélectrique et alimentées par des lignes micro ruban. L'extension de la bande passante en fréquence des antennes est l'un des thèmes majeurs du développement de la technologie des antennes. De plus, les deux principaux thèmes des antennes micro-ruban qui sont entrées sur le marché dans les années 1970 étaient l'augmentation de la bande passante de fréquence et le partage de plusieurs bandes de fréquence. La technologie large-bandes et multi-bandes dans les antennes imprimées présentent l'utilisation des techniques de la

miniaturisation. Par la suite on introduit des antennes micro-ruban résonnantes, des antennes monopôles planaires, des antennes fractales et des antennes ultra-large bande imprimées. Des méthodes de conception optimales utilisant des algorithmes génétiques sont introduites pour le développement d'antennes imprimées à large bande et multi-bandes. L'utilité de cette méthode a été confirmée par des simulations et des résultats expérimentaux d'une antenne monopôle planaire fabriquée avec des caractéristiques ultra-large bande. [5] Ces différents types d'antennes patch offrent des caractéristiques et des performances différentes, ce qui permet de les adapter à diverses applications et contraintes de conception. Le choix de l'antenne patch appropriée dépend des besoins spécifiques de l'application, tels que la bande passante, la directivité, la polarisation et les contraintes d'encombrement.

I.6. Structure d'antenne patch

Il y a trois éléments essentiels pour créer une antenne patch. Une antenne patch micro-ruban se compose d'un patch métallique mince imprimé sur un substrat diélectrique avec un plan de masse de l'autre côté. La forme du patch peut être carrée, rectangulaire, circulaire ou triangulaire et est choisie en fonction de la fréquence de fonctionnement. Le patch est alimenté par une ligne de transmission micro-ruban. Une ligne de transmission micro-ruban est une fine bande de métal qui va d'un patch à un point de connexion. La structure de base d'une antenne patch micro-ruban est illustrée. Les antennes ou patches imprimés sont généralement constitués d'éléments métalliques.

Rayonner n'importe quelle forme sur un substrat diélectrique. Affronter Le bas de la lame diélectrique est métallisé pour former un plan de masse.

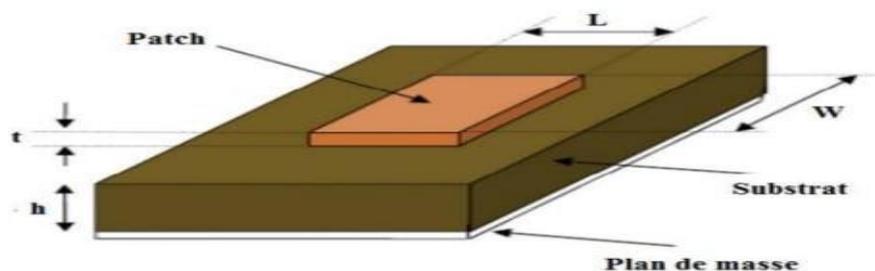


Figure I.2. Structure d'antenne

- L : longueur de patch
- W : largeur de patch
- t : épaisseur de patch
- h : hauteur de substrat

Les paramètres physiques et géométriques liés à cette structure

Les antennes patch sont caractérisées par plusieurs paramètres physiques et géométriques qui déterminent leurs performances et leurs propriétés de rayonnement. Voici quelques paramètres importants liés à la conception de structure d'antenne patch.

I.6.1 Plan de masse

Le plan de masse est un élément très fin ce positionné en dessous le substrat, leur dimension doit être grand pour éviter la réflexion du rayonnement au bords, mais en pratique, il ne peut pas être infini, il doit donc être grand et multiple de demi-onde ($\lambda/2$). [6]

I.6.2 Substrat

Il s'agit d'un matériau diélectrique qui est utilisé comme support pour le patch et qui influence sur ses performances, il existe de nombreux substrats disponibles pour concevoir des antennes. Leurs constantes diélectriques sont généralement de l'ordre de 2, $2 < \epsilon_r < 12$. Un substrat épais est le plus souhaitable pour de bonnes performances de ces d'antenne La constante diélectrique est à l'extrémité inférieure de la plage car il est plus effacé et a plus de bande passante, mais il prend plus de place [8]. Le substrat est caractérisé par sa constante diélectrique ϵ_r (généralement $1 \leq \epsilon_r \leq 12$) et la hauteur h . par rapport au plan du sol ($h \ll 0,003\lambda \leq h \leq 0,05\lambda$) et son facteur de dissipation $\tan \delta$ (de l'ordre de 10^{-3}) [9]. Par exemple, dans la conception d'antennes imprimées, nous constatons que : Composés à base de fibres de verre téflon ($2 < \epsilon_r < 3$, $\tan \delta = 10^{-3}$), du polypropylène ($\epsilon_r = 2.2$, $\tan \delta = 3 \cdot 10^{-4}$) mais également des mousses synthétiques ($\epsilon_r = 1.03$, $\tan \delta = 10^{-3}$) [10].

I.6.3 Élément rayonnant

Le matériel le plus couramment utilisé pour les patches est le cuivre, qui a une bonne conductivité électrique est : $\sigma = 5,80 \times 10^7$ et un élément qui rayonne comme le cuivre (conducteur), l'argent ou l'or (de conductivités respectives ($\sigma = 5.8 \cdot 10^7 - 6.2 \cdot 10^7$) et ($4.1 \cdot 10^7 S \cdot m^{-1}$), mince ($t \ll \lambda$) [11].

I.7. Les formes de patch (élément rayonnant)

Les éléments rayonnants dans la configuration d'antennes patch présentent sous différentes formes présentées dans la figure (I.3). Cette variation dépend en fonction de leur configuration et de leur domaine d'application. En trouve les antennes patch notamment : circulaire, rectangulaire, carré, triangle.....ex.

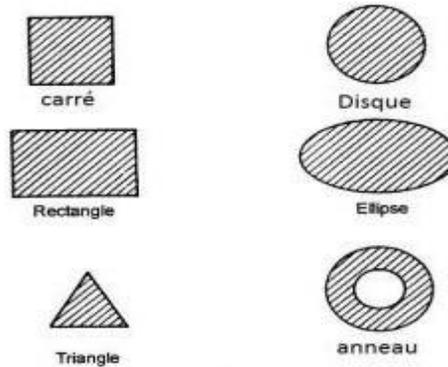


Figure I. 3. Formes d'antenne patch.

I.8. Les techniques d'alimentation

Les quatre techniques d'alimentation les plus utilisées sont la ligne micro ruban. Les antennes patch sont alimentées de différentes manières selon les exigences de conception et les performances souhaitées. Voici quelques techniques courantes d'alimentation des antennes patch : la sonde coaxiale (techniques avec contact), le couplage par ouverture et le couplage par proximité (technique sans contact).

I.8.1 Alimentation par sonde coaxiale

Un connecteur coaxial est passé à travers un diélectrique et le conducteur est soudé au patch. Connecté extérieur émet au plan de masse. Le principal avantage de ce type de système d'alimentation est que l'alimentation peut être placée à n'importe quel endroit souhaité à l'intérieur du patch afin de correspondre à son impédance d'entrée. Cette méthode d'alimentation est facile à fabriquer et présente un faible rayonnement parasite. L'avantage est qu'il peut être placé n'importe où dans le patch, ce qui est facile à fabriquer. Cependant, il a une bande passante étroite et est difficile à modéliser. Surtout lorsque l'épaisseur du substrat est supérieure à $0,02\lambda_0$ (où λ_0 est la longueur d'onde en espace libre). Cette alimentation économise de l'espace par rapport aux

alimentations micro-ruban. [12] Le principal avantage de ce type d'alimentation est qu'il peut être installé n'importe où. Sélectionnez l'emplacement de patch souhaité pour assurer la correspondance d'impédance. Cette méthode Cette alimentation est facile à fabriquer et présente de faibles émissions parasites. Cependant, Son principal inconvénient est sa faible bande passante et sa difficulté d'utilisation. Modèle, car vous devez percer un trou dans le sol et le bouchon dépasse de l'avion Du fait de son encombrement, il ne sera pas totalement plan ($h > 0.002\lambda_0$) pour les substrats.

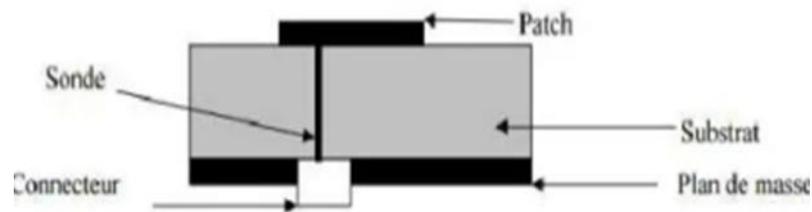


Figure 1.4. Alimentation par sonde coaxiale.

I.8.2 Alimentation par ligne microbande

La figure (I.5) parente une ligne micro ruban est connectée directement au bord du patch pour transporter une puissance maximale. L'impédance de bord doit correspond réel 'impédance de la ligne électrique. Cette technique consiste à acheminer le signal (RF) depuis une source externe jusqu'à l'élément rayonnant de l'antenne en utilisant une ligne de transmission microstrip. Est la longueur de Cette méthode d'alimentation présente un avantage car la bande conductrice est petite par rapport au patch. Capacité à graver et fournir des structures planes sur le même substrat. Donc c'est une technique.

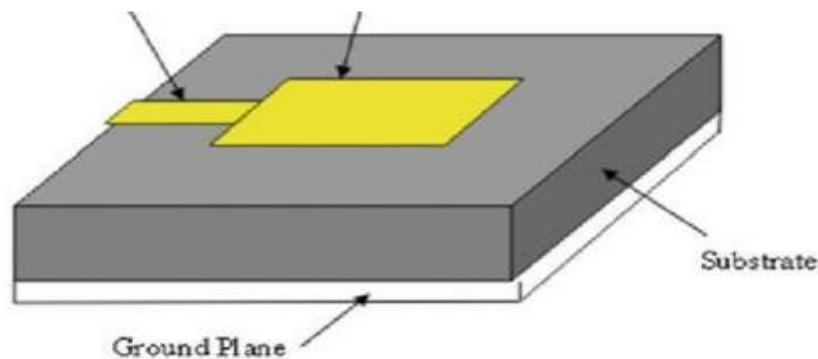


Figure I. 5. Alimentation par ligne microbande.

I.8.3. Alimentation par ouverture

La méthode d'alimentation utilisée dans la conception des antennes pour fournir le signal RF à l'élément rayonnant principal de l'antenne. Il se compose de deux substrats séparés par un plan de masse. Sur la face inférieure du substrat Il a une ligne d'alimentation micro ruban et son à alimentation est couplé au patch à travers une fente dans le plan de masse. [13]. Le principal inconvénient de cette technique d'alimentation réside dans les difficultés de fabrication impliquées. Plusieurs couches augmentent également l'épaisseur de l'antenne. Cette technique offre également une bande passante étroite.

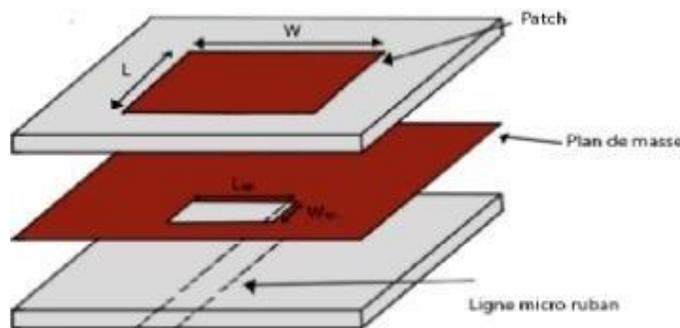


Figure I. 6. Alimentation à travers une fente.

I.8.4. Alimentation de proximité

Une méthode sans fil utilisée pour transférer de l'énergie électrique sur de courtes distances. Elle offre une solution pratique pour la recharge sans fil des appareils électroniques, éliminant ainsi le besoin de câbles et de connecteurs. Il est réalisé par couplage électromagnétique de lignes micro ruban et comporte un élément rayonnant. Le principal inconvénient de cette technique d'alimentation est qu'elle est difficile à fabriquer. C'est un avantage de cette technique en raison des deux couches diélectriques qui nécessitent un alignement correct. L'alimentation élimine le rayonnement lumineux parasite causé par l'alimentation, Bande passante très élevée (13 % ou plus). [21]

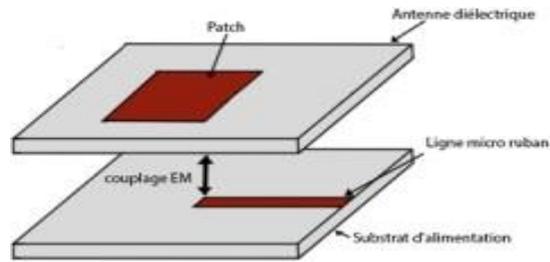


Figure I. 7. Alimentation de proximité.

I.9. Analyse théorique

On résume les étapes de conception dans l'ordre suivant :

- Calculer la valeur de W en utilisant :

$$W = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}}$$

- Calculez le champ de franges à l'aide de l'extension de la longueur :

$$\Delta l = 0.41 h \frac{\epsilon_{eff} + 0.3 \frac{W}{h} + 0.264}{\epsilon_{eff} - 0.258 \frac{W}{h} + 0.8}$$

- Calculez la longueur L en utilisant :

$$L = l_{eff} - 2\Delta L$$

- Longueur effective (l_{eff})

$$l_{eff} = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

- Substrat et plan de mass :
 1. longueur de substrat et plan de mass (l_g) :

$$L_g = L + L_1 + 6h$$

2. Largeur du substrat et plan de masse (w_g) :

$$W_g = W + 6h$$

3. La longueur (L_1) :

$$L_1 = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}$$

I.10. Caractéristique d'une antenne

Les caractéristiques d'une antenne patch, également appelée antenne à plaque ou antenne plane, sont déterminées par sa conception et ses paramètres. Voici quelques caractéristiques importantes d'antenne patch :

I.10.1. Impédance d'entrée

Une relation complexe observée entre la tension et le courant à l'entrée d'une antenne de transmission.

$$z_e = \frac{v_e}{l_e}$$

Une antenne coincée entre les deux bornes d'accès est donc un dipôle avec une impédance complexe.

$$z_e = R + jXL$$

La partie réelle de l'impédance entre combine la résistance des pertes et la résistance de la radiation de l'antenne, il définit comme l'application suivante :

$$R_{ant} = R_{pertes} + R_{ray}$$

I.10.2. Le coefficient de réflexion S₁₁

Dans un système électrique caractérisé par le paramètre S, la fréquence donnée est appelée fréquence de résonance. En résumé, la relation entre les ondes réfléchies et incidentes est défini par cette équation :

$$S_{11} = \frac{zr - zc}{zr + zc}$$

Les extrêmes de tension et de courant se produisent en présence d'ondes stationnaires. Le facteur qui transforme cet état est le taux d'ondes stationnaires. [14] :

$$ROS = \frac{u_{max}}{u_{min}}$$

Le ROS peut être rédigé selon le coefficient de réflexion [14] :

$$ROS = \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}$$

I.10.3. Le diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement d'une antenne patch fournit une représentation visuelle de la façon dont l'énergie est rayonnée dans l'espace. Cela aide à comprendre la directivité et les performances de l'antenne dans différentes directions. Ceci est important pour optimiser la conception et le déploiement des antennes dans les applications de communication sans fil. Considérez ces lobes en trois dimensions. Dans les plans horizontaux aux et verticaux. Généralement, il existe une direction de rayonnement maximale où la majeure partie de la puissance rayonnée est concentrée et une direction secondaire où une partie de la puissance restante est distribuée. C'est-à-dire 'il rayonne de la même manière dans toutes les directions. La fonction caractéristique des rayons $F(\theta, \varphi)$ de l'antenne en de la vision possible .Elle est définie comme le rapport de la puissance $P(\theta, \varphi)$ transmise dans une direction particulière à la puissance P

max dans la direction du rayonnement maximum.

$$F(\theta|\varphi) = \frac{P(\theta|\varphi)}{P_{max}}$$

I.10.4. Facteur de qualité

Le facteur de qualité d'une antenne patch est une mesure de son efficacité par rapport à la résonance et à la perte d'énergie. Affecté par la perte diélectrique, la perte de ligne et la géométrie de l'antenne. Cela correspond au rapport entre l'énergie maximal est stockée dans l'antenne et la puissance totale rayonnée. Il s'agit d'un facteur démerite et y pique pour la perte d'antenne telle que :

$$Q = \frac{W_{e.}}{p_a}$$

Q : facteur de qualité.

ω_0 : la fréquence de résonance angulaire

W_e : l'énergie électrique stockée.

W_m : l'énergie magnétique stockée.

P_a : puissance acceptée par l'antenne.

Le facteur de qualité est une mesure de largeur de bande. Une antenne en relation à la fréquence centrale de la bande passante. Si l'antenne est exécutée sur une bande comprise entre 1 et 2 avec une fréquence centrale, le facteur de qualité est indiqué par [15] :

$$Q = \frac{f_c}{f_2 - f_1}$$

$$f_c = (f_1 + f_2) / 2$$

Par conséquent, le facteur de qualité totale Q_t est influencé par toutes ces pertes et s'écrit généralement comme suit [14].

$$\frac{1}{Q_t} = \frac{1}{Q_r} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_s}$$

Q_t : facteur de qualité total.

Q_r : facteur de qualité des pertes par rayonnement.

Q_c : facteur de qualité de conduction.

Q_d : facteur de qualité du diélectrique.

Q_s : facteur de qualité des ondes de surface

I.10.5. Bande passante

Un coefficient de réflexion doit être inférieure à -10 dB ou -15 dB sur la bande passante [16], la variation de l'amplitude dépend de la taille de la plaque et de la structure d'alimentation utilisée.

I.10.6. Directivité

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne patch fait référence à sa capacité pour focaliser le rayonnement dans une direction particulière. Elle mesure l'efficacité d'une antenne dans la transmission et la réception de signaux dans une direction spécifique, elle dépend de sa forme, de sa taille et de son diagramme de rayonnement.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P_R} = 4\pi \frac{((\theta, \varphi))}{R_P}$$

I.10.7. Le gain

Le gain est le paramètre de performance le plus important d'une antenne. Cependant, dans de nombreuses situations pratiques, il n'est pas possible de mesurer ou de calculer le gain d'une antenne. De plus, l'intérêt pour les applications sans fil a accru la nécessité une estimation avec précision le gain d'antenne. Il existe de nombreuses formules simples pour estimer le profit. Cependant, toutes les formules ont une plage et une mauvaise utilisation de ces formules entraînera des valeurs de gain inexacts [17]. η est l'efficacité de l'antenne : c'est un chiffre compris entre 0 et 1 qui reflète les pertes présentes sur l'antenne (c'est la différence entre P_{ant} et P_{ray} vue que $P_{ray} = \eta P_{ant}$). Plus η est proche de 1, plus la

puissance injectée dans l'antenne est rayonnée, donc plus l'antenne est efficace [18].

$$G(\theta, \varphi) = 3D(\theta, \varphi)$$

I.11.IOT

L'IoT (Internet of Things) est un domaine en plein essor qui nécessite des solutions de communication sans fil efficaces et compactes. Depuis l'avènement de cette technologie, de nombreuses antennes ont été proposées dans la littérature pouvant répondre aux besoins de l'IoT. Les antennes patch sont un choix populaire et efficace pour les applications IoT car elles ont un faible encombrement, sont économiques à fabriquer et ont de bonnes performances pour les fréquences IoT. Cependant, lors du choix et de l'utilisation d'antennes patch, il est important de prendre en compte les spécifications de conception, la bande passante et les conditions environnementales pour garantir des performances optimales dans les applications IoT. Ces antennes fonctionnent principalement dans la bande de fréquence ISM inférieure à 1 GHz. Selon l'application visée, les antennes varient en taille et en type, et ont des performances différentes (bande passante, efficacité, etc.). Par conséquent, dans la littérature, nous pouvons trouver différents types d'antennes pour les applications IoT. Les plus courantes d'entre elles sont les antennes monopôle imprimées ou quart d'onde de type IFA [5-6].

I.12.Domaine d'application des antennes imprimées

L'explosion technologique des télécommunications et de la recherche. Compte tenu de la recherche scientifique, des travaux sont en cours sur les antennes imprimées. Il devient impossible de communiquer plusieurs demandes de terrain sur l'antenne. Les antennes micro-ruban offrent un large champ d'application.

I.12.1. Application de télémédecine

Les applications télématiques, il fonctionne à 2,45 GHz. Les antennes micro-ruban portables conviennent aux boîtiers sans fil Réseau local (WBAN). L'antenne avait proposé un gain et un rapport avant-arrière plus élevé que les autres antennes. Antenne en plus d'un diagramme de rayonnement semi-directionnel, ce qui est préférable à un diagramme omnidirectionnel. Élimine les rayonnements indésirables sur le corps de l'utilisateur et répond aux exigences des applications sur le corps et hors du corps. Pour la télémédecine, une antenne avec un gain de 6,7 dB, un rapport F/N

de 11,7 dB et un 2,45 GHz correspondant convient. Application.

I.12.2. Applications radars

Le radar peut être utilisé pour détecter des cibles mobiles telles que des personnes ou des véhicules. Besoin d'être mince et léger Sous-système d'antenne, l'antenne micro-ruban est un choix idéal. Technologie de fabrication par photolithographie Production de masse rapide et à faible coût d'antennes micro-ruban avec des performances reproductibles. Comparaison avec les antennes conventionnelles.

I.12.3. Applications militaires

Les antennes patch sont largement utilisées dans les applications militaires, notamment la communication tactique, le renseignement, la surveillance et la reconnaissance.

I.12.4. Téléphone mobile

Les antennes patch sont couramment utilisées dans les réseaux cellulaires tels que les réseaux 4G et 5G pour connecter sans fil des appareils mobiles tels que les smart phones et les tablettes.

I.13. Avantages et inconvénients des antennes

Les antennes patch présentent plusieurs avantages et inconvénients. Il est important de noter que des antennes patch peuvent varier en fonction de la conception spécifique, des paramètres de performance, et des exigences de l'application. Une liste générale de ces avantages et inconvénients présente par la suite

I.13.1. Avantage d'une antenne

- Fable poids
- Polarisation linéaire et circulaire pour les télécommunications
- Adaptation fabriques simultanément avec l'antenne.
- Possible de placer sur une surface courbe
- Très utiles dans de nombreuses applications ...
- Robuste
- Flexibilité et de facilité de fabrication peut être produit par la technologie des circuits imprimés

I.13.2. Inconvénients d'une antenne

- Faible gain
- Perte d'impédance de l'alimentation
- Bande passante étroite
- Nous avons du mal à développer des antennes avec une pureté de polarisation élevée
- Il y'a un Risque de rayonnement parasite dû aux jonctions avec l'alimentation [20]
- Bande étroite de l'ordre de 1 à 5% pour le Bande passante (pour les éléments résonants de géométrie simple) [20].

I.14. Conclusion

Les antennes imprimées sont des éléments clés dans les systèmes de communication modernes en raison de leur compacité, de leur facilité de fabrication et de leur flexibilité de conception. Ils fournissent des solutions efficaces pour intégrer la fonctionnalité sans fil dans une large gamme d'appareils électroniques. Cependant, une conception et une optimisation minutieuses sont nécessaires pour garantir des performances optimales dans certaines conditions de fonctionnement. Ce chapitre a fourni des informations générales sur les antennes patch, leurs caractéristiques, les techniques d'alimentation, et nous avons représenté le rôle et l'évolution technologique des patches et comment fonctionner. Tels que le type d'alimentation et montré l'impact de Certains paramètres, alimentent les méthodes sur les caractéristiques de ces antennes, divers domaines d'application ont également été introduits nous avons présentées les différents domaines d'application, aussi les avantages et les inconvénients.

Chapitre II

Technique de polarisation circulaire

II. Présentation de chapitre

La polarisation circulaire est une technique utilisée dans les antennes pour transmettre et recevoir des signaux dans un plan de rotation circulaire. Les avantages incluent une meilleure immunité au bruit et une meilleure couverture dans les environnements difficiles. Les antennes à polarisation circulaire sont largement utilisées dans diverses applications sans fil pour fournir une communication fiable et robuste. Vous pouvez obtenir un procédé générer un rayonnement polarisé circulairement à partir d'un réseau composé d'éléments polarisés linéairement ayant des arrangements angulaires et de phase unique. La polarisation circulaire est une technique couramment utilisée dans le domaine des ondes électromagnétiques pour contrôler la direction et l'orientation du champ électrique de ces ondes. Contrairement à la polarisation linéaire, où le champ électrique oscille dans une seule direction, la polarisation circulaire implique une oscillation du champ électrique dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation, formant une rotation complète dans le temps. La polarisation circulaire peut être classée en deux types : la polarisation circulaire droite et la polarisation circulaire gauche. Dans la polarisation circulaire droite, le champ électrique effectue une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre lorsqu'il est observé dans la direction de propagation de l'onde. En revanche, dans la polarisation circulaire gauche, le champ électrique effectue une rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Pour obtenir une polarisation circulaire, on peut utiliser différents dispositifs et techniques. L'une des méthodes les plus courantes consiste à utiliser des éléments optiques appelés retardateurs quart d'onde ou retardateurs demi-onde. Ces composants introduisent un déphasage spécifique entre les composantes du champ électrique de l'onde, ce qui permet de générer la polarisation circulaire. Dans ce chapitre Nous verrons quel est le sens de technique de la polarisation circulaire et ses avantages et inconvénients.

II.1. Introduction

Une technique a été développée pour mettre en œuvre une polarisation circulaire dans une antenne micro-ruban en utilisant un radiateur symétrique qui est toujours plus petit que celui de la conception à polarisation linéaire correspondante. En augmentant la taille de la tache de polarisation au lieu d'augmenter la taille de l'antenne, le radiateur peut être polarisé circulairement aux basses

fréquences. Le type d'alimentation est le même que pour la polarisation linéaire, on obtient donc le même type de réseau d'alimentation de travail pour les réseaux à polarisation circulaire. La technique du patch étendu peut également être utilisée pour mettre en œuvre des antennes à deux fréquences polarisées orthogonalement avec des radiateurs symétriques, ou utiliser des radiateurs rectangulaires pour améliorer les performances de telles antennes.

Dans ce chapitre, nous introduisons d'abord la propagation des ondes. Nous donnons la polarisation et sa définition Pour différents types (elliptique, linéaire, circulaire). L'auteur papier [réf 2] dit que dans leur forme de base, les antennes micro-ruban offrent généralement les fonctionnalités suivantes : Capable de fonctionnement en polarisation linéaire et en polarisation circulaire (CP). Il est obtenu en changeant la forme de base de l'antenne.et/ou nourrir. Ces changements comprennent des ajustements dimensionnels chaussée de fondation tronquée avec un ou plusieurs ruisseaux Patch carré, alimentation de patch sur le côté adjacent, alimentation de patch Faire une fente le long de la ligne diagonale à partir du coin de (rectangle) patch [2].

II.2 Onde électromagnétique

Les ondes électromagnétiques sont des ondes non mécaniques qui se propagent rapidement avec la même que la vitesse de la lumière (C'est une onde transversale). Dans la sous-section les ondes électromagnétiques et leurs propriétés considère comme une source d'ondes électromagnétiques pour la classification de spectre électromagnétique [24]. La propagation et la diffusion des ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques présentent un grand intérêt théorique et expérimental. La compréhension des observations nécessite généralement des solutions numériques aux équations de Maxwell. La propagation de champs électriques, Un aimant qui change le temps et l'espace utilise la vitesse de la lumière. Elle est caractérisée par la longueur d'onde. Les ondes électromagnétiques consistent en :

- ✓ D'un champ électrique E
 - ✓ D'un champ magnétique H
 - ✓ Orthogonaux et transverses (perpendiculaires à la direction de propagation)
- [3]

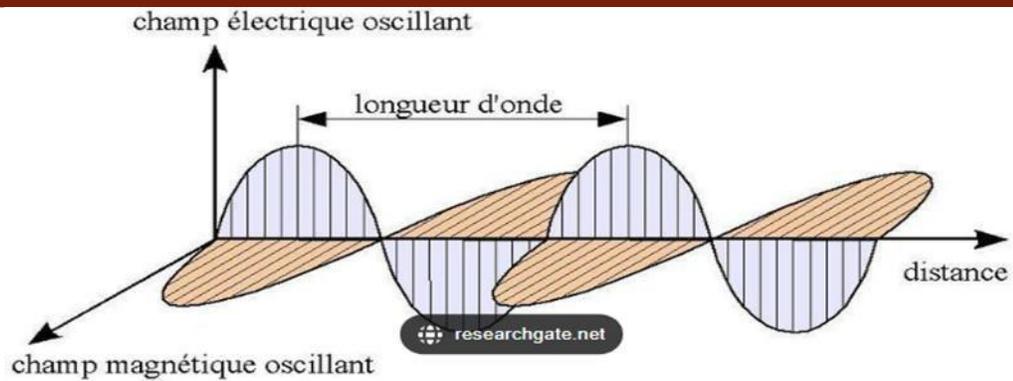


Figure II.1 onde électromagnétique

II.3 La polarisation

Le plan dans lequel varie le champ électrique est également appelé plan de polarisation. Le patch de base couvert jusqu'à présent est polarisé linéairement puisque le champ électrique varie dans un seul sens. Cette polarisation peut être verticale ou horizontale selon l'orientation du patch. la polarisation est la direction du champ électrique selon le plan E et H. La polarisation d'une onde est une grandeur fondamentale pour étudier les antennes. Ainsi Les ondes électromagnétiques sont constituées de champs électriques et magnétiques variant dans le temps qui satisfont ensemble aux conditions de Maxwell é [4]. La polarisation d'une onde électromagnétique rayonnée est déterminée par l'orientation du champ électrique de l'onde.

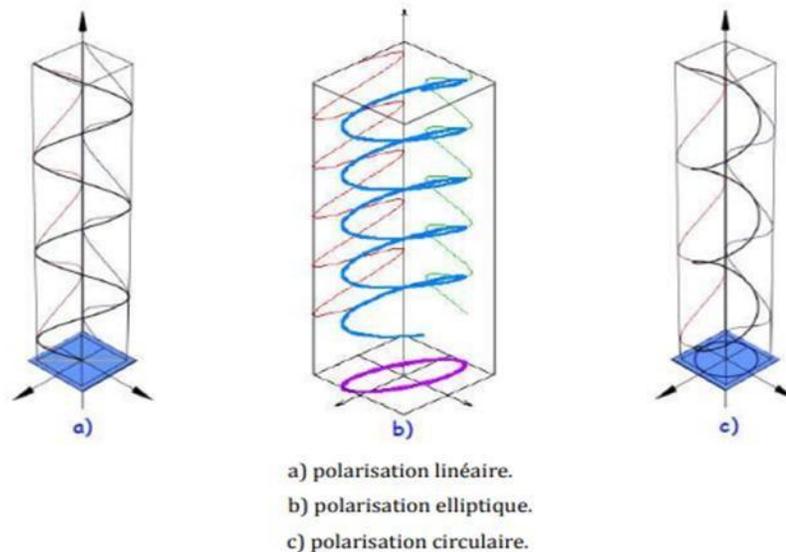


Figure II.2 Polarisation du champ électromagnétique.

II.4 Propagation des ondes électromagnétiques

La polarisation circulaire est couplée du champ électrique (E) et du champ magnétique (H). Cette vague se propage dans une direction définie, souvent à la vitesse de la lumière dans le vide. $C=3.10^8$ m/s suit un mouvement sinusoïdal. Les ondes électromagnétiques sont utilisées pour transmettre des informations via des supports sans fil ou des structures de routage point à point [5]. Ainsi que Le rayonnement de champ électromagnétique est le résultat de création d'un champ électrique et de champ magnétique à cause de la circulation de charge. Ses phénomènes sont toutes régissent aux équations de Maxwell.

$$\text{Div}(E) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

(Maxwell-Gauss)

$$\text{Rot}(E) = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

(Maxwell-Faraday)

$$\text{Div}(B)=0$$

(Maxwell-Flux)

$$\text{Rot}(B)=\mu_0 J + \frac{1}{c^2} \frac{\partial E}{\partial t}$$

(Maxwell-Ampère)

Avec :

- E : Champ électrique.
- H : Champ magnétique.
- $D = \epsilon \cdot E$: Induction électrique.
- $B = \mu \cdot H$: Induction magnétique.
- $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$: permittivité diélectrique, ϵ_0 permittivité diélectrique du vide ET ϵ_r permittivité relative au milieu de propagation.
- $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$: perméabilité magnétique, μ_0 perméabilité magnétique du vide ET μ_r perméabilité magnétique relative au milieu de propagation.
- J : Densité volumique de charge.
- ρ : Densité volumique de courant.

Et nous avons un cas particulier dans le vide en trouve $\epsilon = \epsilon_0$ et $\mu = \mu_0$, $J = 0$ et $\rho = 0$ et peut déterminer l'équation de propagation pour champs électriques et magnétiques. Équation de propagation ou l'équation suivante

D'Alembert est la suivante :

$$\Delta \mathbf{E} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = \mathbf{0}$$

$$\Delta \mathbf{B} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} = \mathbf{0}$$

Définissez les corps complexes E et H associés à l'équivalence. Instantanés E et H et Pour des variations harmoniques dans le temps de la forme expo $(-j\omega t)$ [5]

$$E(x, y, z, t) = \text{Re} [E(x, y, z) e^{-j\omega t}]$$

$$H(x, y, z, t) = \text{Re} [H(x, y, z) e^{-j\omega t}]$$

II.5 Vecteur de Poynting

La direction de propagation est donnée par la direction du vecteur de montrer du doigt. Ce vecteur est le champ électrique E et le champ magnétique H .

Donnée par :

$$P = E \times H$$

II.6 Définition de la polarisation d'une antenne :

La polarisation d'une antenne est la propriété que l'antenne réfléchit adaptées à la direction du champ électrique rayonné ou reçu privilégié.

II.7 Types de polarisations

Il y'a trois type de polarisation : polarisation elliptique, circulaire et linéaire

II.7.1 Polarisation elliptique :

Les harmoniques temporelles sont dites polarisées elliptiques si le pic du vecteur de champ électrique trace un lieu elliptique dans l'espace. Le champ électrique d'une onde électromagnétique plane peut-être décrit comme suit. Somme vectorielle de deux composants orthogonaux (horizontal et vertical) [6]. Lorsque le déphasage relatif est $\Delta\phi = 5\pi/2$, l'angle d'orientation est $\phi = 135^\circ$ et l'ellipticité est Varie de 45° à -45° .

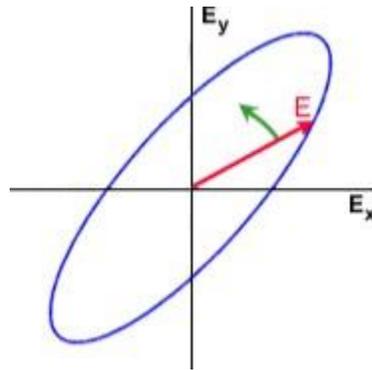


Figure II.3 polarisation elliptique

Il contient demi-major axe qu'est compris entre -45° et 45° et angle d'orientation φ de l'onde électromagnétique qu'est compris entre 0° et 180°

Cette équation est illustrative :

$$X = \tan^{-1}(b/a)$$

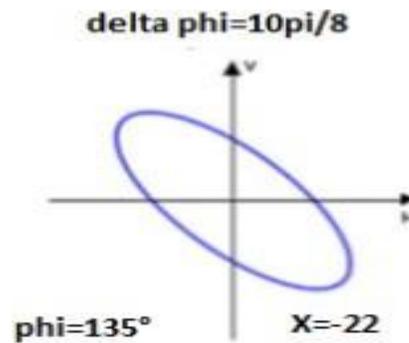


Figure II.4 Polarisation elliptique

II.7.2 Polarisation circulaire

Si le déphasage relatif est $\Delta\varphi = \pi/2$, l'angle d'orientation est $\varphi = 45^\circ$ et l'ellipticité est $X = 45^\circ$. La polarisation est circulaire :

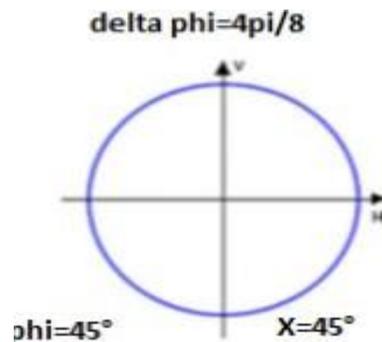


Figure II.5 Polarisation circulaire

II.7.3 Polarisation linéaire

La polarisation linéaire c'est le champ électrique garde sa direction chemin en cours de propagation. Le champ électrique est parallèle au champ électrique est le vecteur unitaire u_x et le champ magnétique est parallèle au vecteur unitaire u_y . Vecteur de La propagation k se produit parallèlement au vecteur unitaire u . [7] Si les deux composantes sont en phase $\Delta\varphi = 0$, la polarisation est linéaire (angulaire). Ellipticité $X = 0$ et azimut ($\varphi = 45^\circ$) :

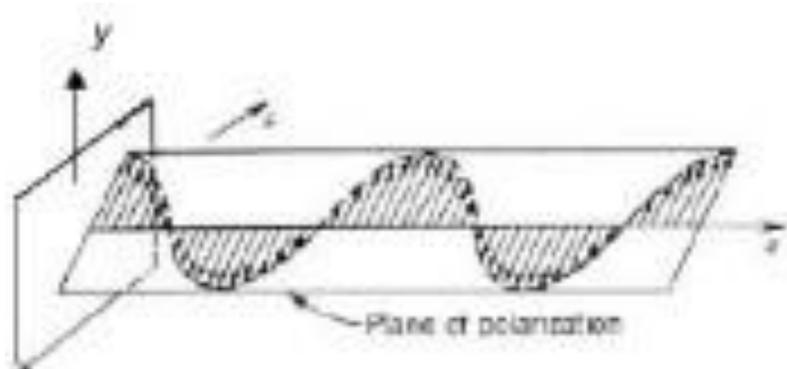


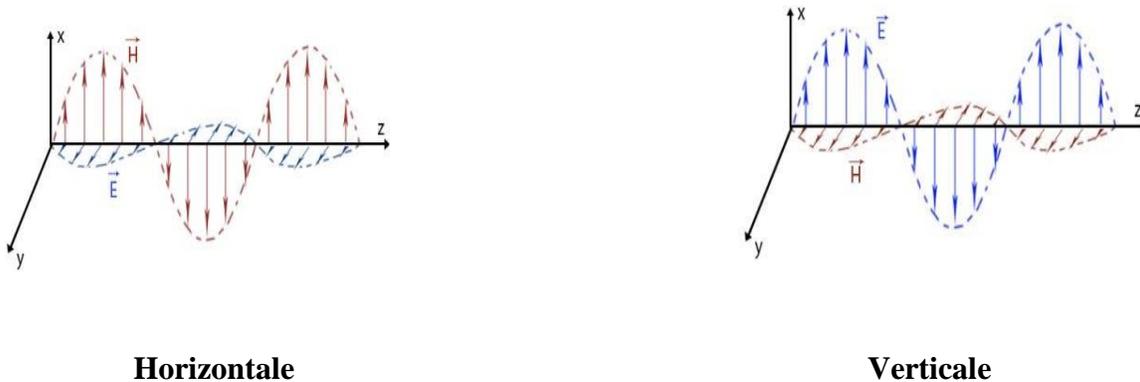
Figure II.6 Polarisation linéaire

II.8 Polarisations horizontale et vertical :

Les ondes électromagnétiques peuvent être émises horizontalement (H) ou verticalement (V) linéairement, Selon l'orientation du champ électrique par rapport au sol.

Pour clarifier plus :

- Si le champ électrique est parallèle au sol, la polarisation sera horizontale.
- Si le champ électrique est perpendiculaire au sol, la polarisation sera verticale.



Horizontale

Verticale

Figure II.7 Polarisations horizontale et vertical

II.9 Polarisation circulaire :

Si le vecteur champ électrique se termine à 1, nous disons que nous avons une polarisation circulaire. Au fur et à mesure que les ondes se propagent, les points dans l'espace décrivent des cercles. Ondes électromagnétiques. Cela peut être vu comme la somme de deux ondes planes polarisées linéairement. Par conséquent, les champs électriques perpendiculaires les uns aux autres auront la même amplitude.

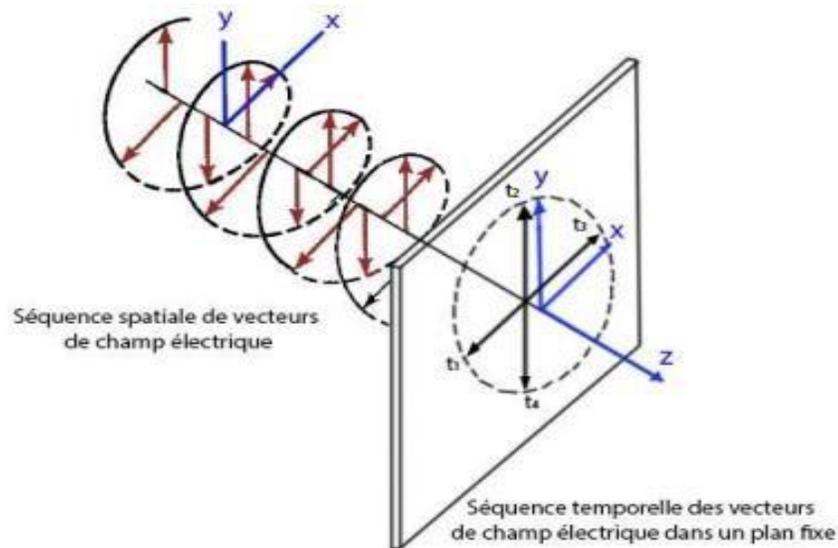


Figure II.8. Polarisation circulaire à séquence spatiale et à séquence temporelle dans un plan fixe.

Mais aussi :

Polarisation elliptique se retourne les changements dans son axe et son amplitude changent de forme ellipse. Polarisé circulairement, leur axe forme un cercle. Ces schémas sont conservés lorsqu'il y a deux champs, la figure II.9 présente la forme de polarisation avec différence de phase et d'amplitude.

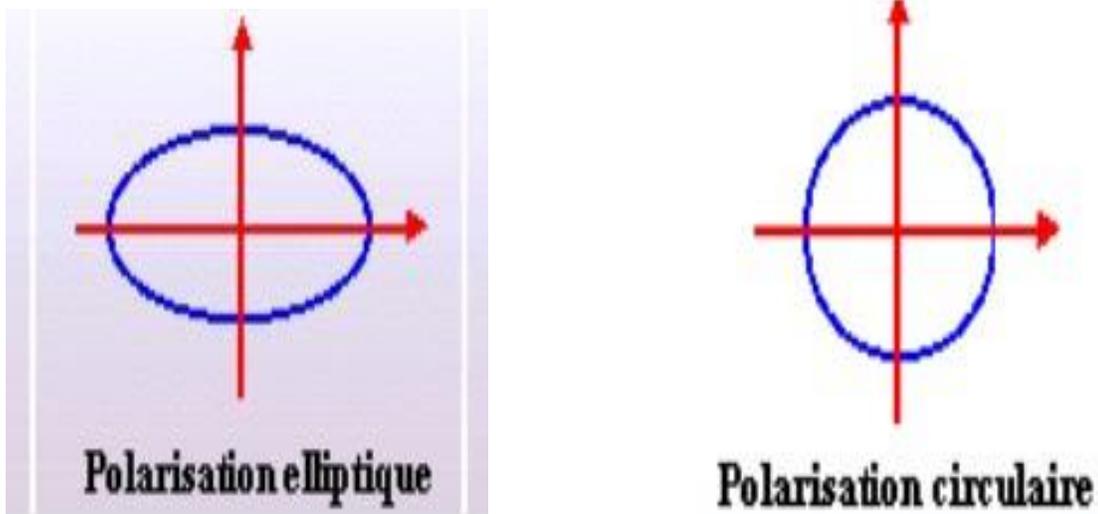


Figure II.9. Polarisation Elliptique et Circulaire.

Il existe deux principes fondamentaux pour obtenir une polarisation circulaire : excitation de l'élément rayonnant en 2 points ou en 1 point.

II.10.1 Excitation en 2 points :

Deux points d'attaque excitent deux modes orthogonaux pondération d'amplitude égale en tenant compte de la symétrie des éléments. Deux points d'attaque excitent deux modes orthogonaux utilisez une pondération d'amplitude égale pour tenir compte de la symétrie des éléments rayonnants. Deux exemples de mise au carré de l'énergie et de division par 2.

- Un coupleur hybride à large bande par nature et présentant un déphasage de $\pi/2$ entre ses bandes Sortir. Vous pouvez soit y accéder avec une polarisation circulaire gauche, soit vous pouvez y accéder. Avec une polarisation circulaire droite.

II.10.2 Excitation en 1 point :

Le principe est de déterminer la position du point d'attaque excitez deux modes de polarisation orthogonaux.



Figure II.10. Excitation en un point.

II.11 Différents types d'asymétrie et d'excitation Activer la polarisation circulaire droite ou gauche

Ces différentes techniques peuvent être utilisées dans des domaines tels que l'optique, la photonique et les communications pour générer et manipuler la polarisation circulaire droite ou gauche selon les besoins spécifiques des applications.

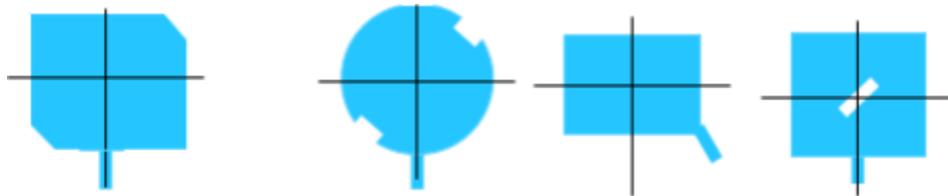


Figure II.11. Polarisation circulaire droite

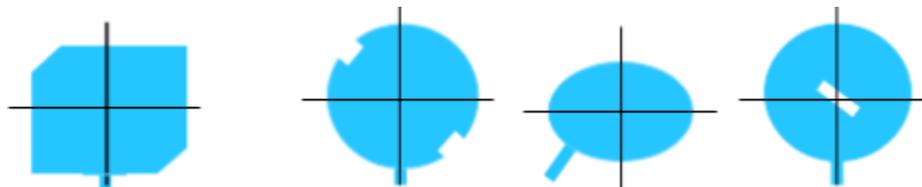


Figure II.12. Polarisation circulaire gauche.

II.12 Le rapport axial en fonction de la fréquence :

Le rapport axial est un paramètre très important qui aide à quantifier la polarisation d'une antenne. Le rapport axial d'une onde elliptiquement polarisée, et la relation entre le grand et le petit axe de l'ellipse est démontré par l'équation suivante :

$$AR = \frac{\text{Axe Majeur}}{\text{Axe Mineur}} = \frac{OA}{oB} \quad \text{avec } 1 \leq AR \leq \infty$$

$$\text{AR (dB)} = 20 \log \left(\frac{OA}{OB} \right) \quad \text{avec } 0 \leq \text{AR} \leq \infty$$

Pour une antenne parfaitement polarisée circulairement, le rapport axial est égal à 1. Soit 0 dB car les composantes du champ électrique ont la même valeur. Les valeurs de rapport axial variant entre 0 et 3 dB indiquent une polarisation circulaire.

II.13 Les modes de propagation dans la polarisation circulaire

Une petite déformation avec une symétrie azimutale appropriée peut être utilisée pour convertir entre la polarisation rotationnelle et fixe d'un mode particulier dans un guide d'ondes circulaire. Les cas particuliers incluent les convertisseurs linéaires à circulaires ou elliptiques et les rotateurs de polarisation linéaire tous angles. La déformation rotationnelle (type tire-bouchon) peut également être utilisée pour convertir entre les modes TE_{0m} non déformé et TE_{pm} rotationnel. Les convertisseurs de polarisation sont utiles dans les guides d'ondes monomode (TE_{11}) ou sur mode. Pour des applications telles que la puissance du gyrotron et le chauffage par cyclotron électronique (ECH), nous discutons de la conception de convertisseurs de polarisation pour minimiser la conversion de mode dans les guides d'ondes en surmode et donnons des exemples pour les modes TE_{11} , TM_{11} et TE_{23} . Les performances d'un polariseur elliptique TM_{11} fabriqué pour les expériences ECH ont été validées [7].

II.14 Les types d'alimentation utilisée dans la technologie imprimée pour l'obtention de la polarisation circulaire

Dans la technologie des antennes patch imprimées, il existe plusieurs méthodes d'alimentation utilisées pour obtenir une polarisation circulaire. Voici quelques méthodes couramment utilisées.

II.14.1. Alimentation par quadrature

Cette méthode consiste à diviser le signal d'entrée en deux voies déphasées de 90 degrés, puis à les appliquer aux deux côtés opposés du patch. En ajustant correctement les amplitudes et les phases des signaux d'entrée, une polarisation circulaire peut être obtenue.

II.14.2. Alimentation par fente

Une fente est découpée dans le plan de masse du substrat, et le signal est introduit à travers cette fente pour alimenter le patch. L'utilisation de différentes positions et formes de fentes peut générer une polarisation circulaire.

II.14.3. Alimentation à travers un stub

Un stub est une courte ligne de transmission qui se connecte à un patch pour injecter un signal. La longueur et la position du tronçon peuvent être ajustées pour obtenir la polarisation circulaire souhaitée.

II.14.4. Alimentation à travers un réseau de lignes de transmission

Cette méthode utilise plusieurs lignes de transmission pour fournir le signal d'alimentation au patch. La polarisation circulaire peut être obtenue en modifiant la longueur et la position de la ligne de transmission.

II.14.5. Alimentation par une boucle

Une boucle métallique est utilisée pour alimenter le patch. La forme et la taille de la boucle peuvent être modifiées pour ajuster la polarisation circulaire.

II.15. Des travaux de la littérature sur les antennes patches avec la polarisation circulaire

1. L'article "Circularly Polarized Microstrip Patch Antennas: A Review" par R. Garg, publié en 2017, propose un examen détaillé des antennes patch à polarisation circulaire. Voici un résumé des principaux points abordés dans cet article . L'auteur commence par introduire l'importance de la polarisation circulaire dans de nombreuses applications, telles que les communications sans fil, la télédétection et la navigation par satellite. Il explique que les antennes patch à polarisation circulaire sont largement utilisées en raison de leur faible encombrement, de leur facilité de fabrication et de leur intégration avec des circuits imprimés.
2. article leur intitulé est. "Circularly Polarized Microstrip Antenna with L-Shaped Probe Feed" par S. K. Sharma et al. : Ce travail propose une antenne patch circulairement polarisée avec une alimentation à sonde en forme de L. Il présente une analyse approfondie de la structure de l'antenne et des résultats expérimentaux démontrant la polarisation circulaire obtenue..

3. L'article intitulé "Design and Optimization of Circularly Polarized Patch Antennas" a été présenté par S. Gupta et al. L'article pourrait aborder des aspects tels que les différentes techniques de conception utilisées pour générer une polarisation circulaire, les paramètres clés qui influencent les performances de l'antenne, les méthodes d'optimisation pour améliorer ces performances, ainsi que des considérations pratiques liées à la fabrication et à l'intégration des antennes patch à polarisation circulaire. L'article pourrait fournir des informations précieuses pour les chercheurs, les ingénieurs et les professionnels du domaine des antennes intéressés par la conception et l'optimisation des antennes patch à polarisation circulaire.
4. L'article "Design and Optimization of Circularly Polarized Patch Antennas" porte sur la conception et l'optimisation d'antennes patch à polarisation circulaire. Le but de l'article est d'explorer les différentes techniques et méthodologies utilisées pour concevoir des antennes patch qui génèrent une polarisation circulaire. L'article commence par introduire l'importance de la polarisation circulaire dans diverses applications, notamment les communications sans fil, la télédétection et les systèmes de navigation par satellite. Il explique que la polarisation circulaire offre des avantages en termes de robustesse aux interférences et d'amélioration de la qualité du signal dans des scénarios de propagation complexe

II.16. Avantages et des Inconvénients des techniques de polarisation circulaire

Les avantages et les inconvénients de la polarisation circulaire peuvent varier en fonction des besoins spécifiques de l'application, de l'environnement et des contraintes de conception.

II.16.1. Avantages des techniques de polarisation circulaire

1. Résistance aux écarts de polarisation : étant donné que les signaux polarisés circulairement peuvent maintenir leur état de polarisation même si l'antenne réceptrice n'est pas alignée avec l'antenne émettrice.
2. Utilisation efficace de la bande passante : la polarisation circulaire peut être utilisée pour transmettre deux signaux à la même fréquence, avec un signal utilisant la polarisation RHCP et l'autre utilisant la polarisation LHCP.
3. Meilleure qualité de signal : les signaux polarisés circulairement peuvent produire une meilleure qualité de signal par rapport aux signaux polarisés linéairement dans certaines applications, telles que les communications par satellite.

II.16.2. Inconvénients des techniques de polarisation circulaire

1. Interférence accrue : les signaux polarisés circulairement peuvent interférer avec les signaux polarisés linéairement qui fonctionnent sur la même fréquence.
2. Complexité accrue : la mise en œuvre des techniques de polarisation circulaire nécessite des composants supplémentaires.
3. Réduction de la puissance du signal : l'utilisation de la polarisation circulaire peut réduire la puissance du signal jusqu'à 3 dB par rapport à la polarisation linéaire.

II.17.Conclusion

Les antennes à polarisation circulaire sont largement utilisées dans les systèmes de communication par satellite, les systèmes de communication mobile, les équipements radar et d'autres applications qui nécessitent une transmission et une réception de signal robustes et fiables. Sa capacité à surmonter les obstacles et les interférences le rend adapté aux environnements exigeants. Polarisation circulaire est plus effective et plus des avantage para port les autres types de polarisation comme cela facilite le processus de transfert de l'onde électromagnétique.

Chapitre III

Conception d'antenne

patch en band S.

III. Présentation de chapitre

Une antenne patch en bande S est un dispositif utilisé pour transmettre et recevoir des signaux dans la gamme de fréquences en bande S, généralement entre 2 et 4 (GHz). La conception de telles antennes implique plusieurs facteurs importants. Tout d'abord, les substrats sont sélectionnés pour leurs propriétés diélectriques, leur stabilité thermique et leur coût. La forme et les dimensions du patch sont ensuite déterminées sur la base de la fréquence de fonctionnement centrale. Pour de meilleures performances, la taille du patch est généralement d'environ une demi-longueur d'onde autour de la fréquence centrale. Un substrat diélectrique et un matériau conducteur sont ensuite utilisés pour former le patch. Des structures précises peuvent être obtenues en utilisant des techniques de fabrication avancées telles que la photolithographie. Enfin, les éléments d'alimentation et de masse sont intégrés pour assurer une adaptation d'impédance et une adaptation d'impédance efficace. Ces facteurs permettent à l'antenne patch en bande S d'obtenir des performances d'émission et de réception optimales dans la plage de fréquences souhaitée. La conception d'antennes patch en bande S nécessite une approche multidisciplinaire qui prend en compte les aspects techniques tels que la géométrie, les matériaux, les techniques de fabrication et l'analyse électromagnétique. En examinant attentivement chaque étape du processus de conception, nous pouvons développer des antennes patch en bande S hautes performances qui fournissent des connexions fiables et une communication efficace dans la gamme de fréquences en bande S. Dans ce chapitre en fait simulation d'une antenne patch rectangulaire de polarisation circulaire avec logiciel cst

III.1 Introduction

Les antennes patch en bande S sont des composants essentiels dans de nombreuses applications de télécommunications et systèmes sans fil fonctionnant dans la gamme de fréquences en bande S. Cette gamme de fréquences est utilisée pour des applications telles que les communications par satellite, les radars, les systèmes de surveillance et les réseaux sans fil à haut débit. La conception des antennes patch en bande S nécessite une attention particulière pour garantir des performances optimales en termes de directivité, de gain, de bande passante et d'adaptation d'impédance. l'objectif principal est de concevoir une antenne patch en bande S qui est polarisée circulairement dédié aux les applications des nano satellites en bande S, Cette

préface souligne l'importance des antennes patch en bande S dans le domaine des télécommunications et des systèmes radio. Présente les principales caractéristiques de conception qui doivent être prises en compte pour garantir des performances efficaces.

III.2 La bande S :

La bande S est la partie du spectre de fréquences comprise entre 2 GHz et 4 GHz. De nombreux satellites émettent sur des fréquences en bande S. Cependant, il est également très utilisé pour les satellites en orbite basse.

III.3 Outil de simulation

CST (Computer Simulation Technology) est une société spécialisée dans le développement de logiciels de simulation électromagnétique utilisés pour la conception et l'analyse d'antennes, de circuits imprimés et d'autres dispositifs électroniques. CST Studio Suite offre des fonctionnalités avancées pour la modélisation géométrique, la définition des matériaux, la simulation électromagnétique, l'analyse des circuits, l'optimisation des performances et la visualisation et l'interprétation des résultats. Il permet aux ingénieurs et aux concepteurs de créer des modèles virtuels précis d'appareils, de les exposer à différentes conditions de fonctionnement et d'analyser les propriétés électromagnétiques telles que les champs électriques et magnétiques, la réflexion, la transmission et le rayonnement. Le logiciel CST est largement utilisé dans l'industrie électronique, les télécommunications, l'aérospatiale, l'automobile et d'autres domaines où la conception et l'optimisation des dispositifs électromagnétiques jouent un rôle clé. CST Studio Suite offre des fonctionnalités de simulation avancées pour accélérer le processus de conception, réduire les coûts de prototypage et améliorer les performances du produit final.

III.4 Réalisation d'antenne Patch

Dans cette partie, nous avons réalisé une antenne patch qui est alimentée par une ligne coaxiale (50Ω). Le substrat utilisé est de type FR-4, de permittivité $\epsilon_r = 4.3$ et d'une épaisseur $h=1.5\text{mm}$, La **figure 1** nous présente l'antenne patch

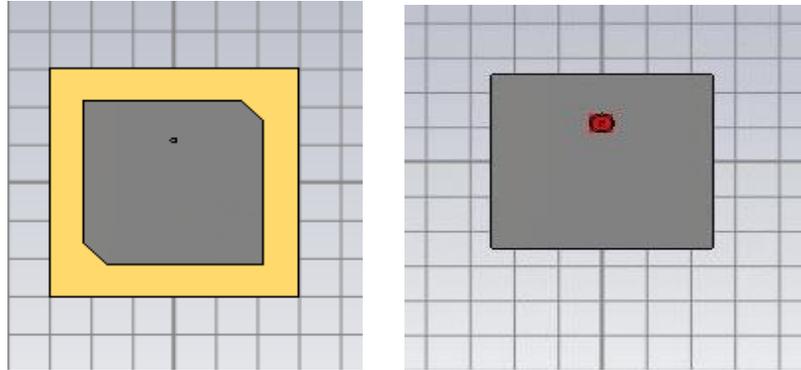


Figure III.1 : antenne patch sous CST Studio

III.2 Les paramètres de l'antenne patch rectangulaire sont donnés sur le tableau 1

III.2.1 Patch :

Tableau 1 : Equations de calculs des paramètres de l'antenne patch

Paramètre de l'antenne patch rectangulaire	Equations
La largeur	$W = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$
Constant diélectrique (ϵ_{reff})	$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-1/2}$
La longueur	$L = L_{eff} - 2\Delta L$
L'extension de la longueur (Δl)	$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{w + 0.264}{h}\right)}{(\epsilon_{reff} + 0.258) \left(\frac{w + 0.8}{h}\right)}$

III.4.1 Substrat et plan de mass

Tableau 2 : Equations de calculs des paramètres de substrat et plan de mass

La longueur	$L_g = L_p + L + (6 \times h)$
La largeur	$W_g = W_p + (6 \times h)$

III.3 Calculées à partir des équations du tableau :

Tableau 4 : Les valeurs des paramètres d'antenne patch rectangulaire

Paramètres	Dimensions (mm)
La largeur (W)	44.7302
La longueur(L)	34.818
Longueur du substrat et pan de mass L_g	47.445
Largeur substrat et plan de mass w_g	53.7302

III.6. Présentation des résultats de simulation

La simulation de l'antenne patch est effectuée par le logiciel de simulation CST qui base sur la méthode des intégrales finit et l'algorithme génétique d'ans l'optimisation des résultats présenté dans la partie suivante :

III.6.1 S11

La figure 3 présente le coefficient de réflexion de l'antenne proposé à la fréquence 2.06 GHz avec $|S_{11}|$ égale à -34dB.

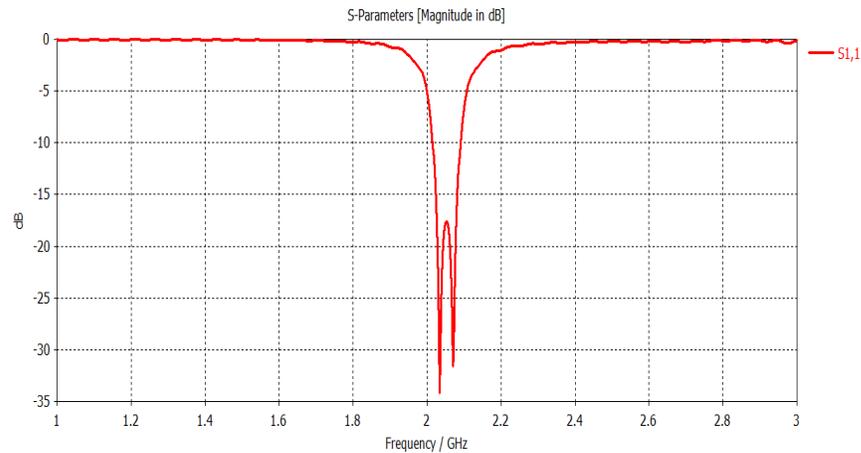


Figure III.3 : Coefficient de réflexion S11 de l'antenne patch.

III.6.2. Le Gain

La figure 2 donne un gain qui est 13.6 dBi à la fréquence de résonance 2.06 GHz.

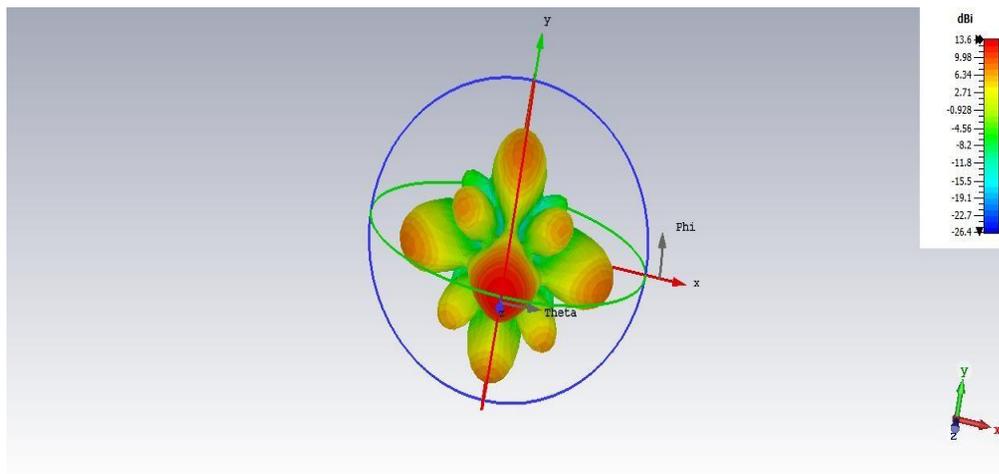


Figure III.2 : Diagramme de rayonnement en 3D de l'antenne patch

Les paramètres précédemment analysés de l'antenne patch proposée pour la bande des 2.06 GHz sont résumés dans le **tableau 5**.

Tableau 5 : Les valeurs des paramètres d'antenne patch rectangulaire.

Paramètre	Valeur
Paramètre S11	-34
Gain	13.6
VSWR	1.37
Rapport axial	1.38

III.6.3. Rapport axial

Le rapport axial présente dans la figure (4) est égale de $1.37 < 3\text{dB}$.

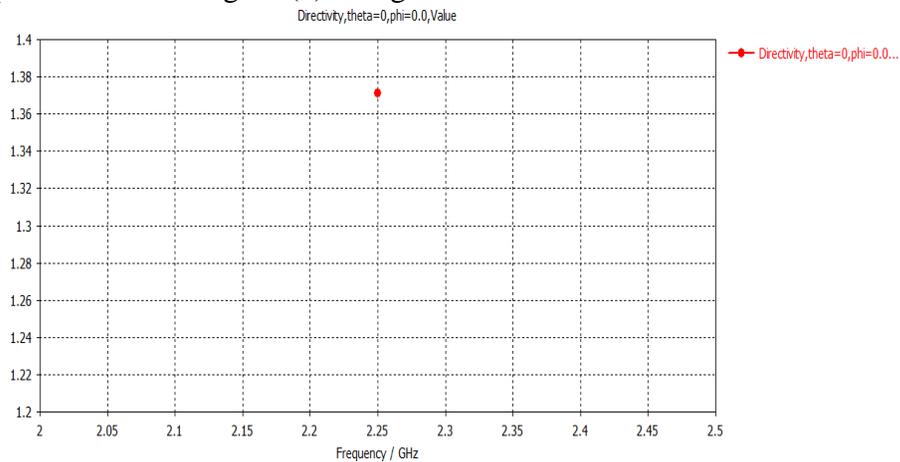


Figure III.4 : Le Rapport Axial.

III.6.4. Le diagramme de rayonnement en polaire

Le diagramme de rayonnement de l'antenne patch tronquée en représentation polaire sur le plan E, plan H est montré que l'antenne est polarisée circulairement.



Figure III.5 : Diagramme de rayonnement de l'antenne tronquée en représentation polaire
(a) plan E, (b) plan H

III.7. Conclusion

La conception d'une antenne patch en bande S nécessite une approche minutieuse et approfondie pour garantir les performances optimales dans la plage de fréquences en bande S. Les facteurs clés sont la sélection rigoureuse du substrat en fonction de ses propriétés diélectriques et thermiques, ainsi que la taille et la forme appropriées du patch en fonction de la fréquence centrale de fonctionnement. La simulation électromagnétique, à l'aide de logiciels spécialisés tels que CST Studio Suite, facilite la validation et l'analyse des performances de l'antenne patch en bande S, réduisant ainsi les coûts de prototypage et accélérant le processus de conception.

Conclusion General

Plusieurs années, les domaines de télécommunications et de nouvelles technologies connaissent un véritable essor. On assiste aujourd'hui à un engouement sans précédent du grand public pour les applications de communication multimédia (données, voix, photos, vidéos) et la demande est de plus en plus forte pour un transfert à haut débit entre des équipements communicants mobiles et à encombrement réduit. La conception d'une antenne patch en bande S implique la détermination des spécifications, le choix du substrat, la conception de la géométrie, l'alimentation, l'adaptation d'impédance, la simulation, l'analyse, le prototypage et l'optimisation. C'est un processus itératif qui nécessite des compétences en conception d'antennes et l'utilisation. La conception d'une antenne patch en bande S commence par l'établissement des spécifications requises pour l'antenne, telles que la fréquence centrale, la bande passante, le gain et la polarisation souhaités. Ensuite, un substrat diélectrique approprié est sélectionné, en tenant compte de ses propriétés diélectriques et de sa compatibilité avec les hautes fréquences. la conception d'une antenne patch en bande S implique la définition des spécifications, la sélection du substrat, la conception de la géométrie, l'alimentation, la simulation, le prototypage et l'optimisation. Chaque étape est cruciale pour obtenir une antenne fonctionnelle et performante dans la bande S. La première partie est consacré aux antennes imprimées et à la définition de sa structure, ses propriétés, ses modes d'alimentation, ses avantages, etc. comprend la polarisation circulaire (CP), leur principe de fonctionnement, la technique d'orthogonalité avec la présentation de certaines modifications de la géométrie de base de l'antenne patch, finalement en fait. La simulation électromagnétique, à l'aide de logiciels spécialisés tels que CST Studio Suite, facilite la validation et l'analyse des performances de l'antenne patch en bande S, réduisant ainsi les coûts de prototypage et accélérant le processus de conception.

Références bibliographiques

- 1) [1]I. J. Bahl and P. E. Bhartia, "Microstrip antenna". Dedham, MA: Artech House, 1980.
- 2) [2]Karl J. Bois et al, "Dielectric Plug-loaded Two-Port Transmission Line Measurement Technique for Dielectric Property Characterization of Granular and Liquid Materials," IEEE Trans. On Instrumentation & Measurement, vol. 48, n°. 6, pp. 1141-1148, December 1999
- 3) [3]Odile Picon et Coll : << Les Antennes Théorie, conception et application >>, Paris, 2009
- 4) [4]MELHI SOUHILA, FENGAL TINE-HINANE. « Antenne de téléphone mobile caractérisation et optimisations » mémoire de fin d'étude. Université ABDERRAHMANE MIRA 2016 Bejaia
- 5) [5] 10.1093/ietcom/e88-b.5.1809 IEICE TRANSACTIONS on Communication VolE88 N0.5 PP 1809-1817
- 6) [6]Boussahasoumia (contribution à l'étude et à la modélisation des antennes imprimées rectangulaire application aux systèmes de communication) Université 8 Mai 1945 Guelma
- 7) [7]Boussaha Somia « Contribution à l'étude et à la modélisation des antennes imprimées rectangulaires : Application aux systèmes de communication », mémoire de fin d'étudeUniversité 8Mai 1945, 2012
- 8) [8]Constantine A. Balanis{ Antenna Theory: Analysis and Design} April 1982
- 9) [9]A.Balanis « Antenna theory: Analysis and Design », Constantine third edition, 2005.
- 10) [10]Odile Picon et coll. « Les antennes : théorie, conception et applications », Dunod, Paris,2009.
- 11) [11]A.Balanis « Antenna theory: Analysis and Design », Constantine third edition, 2005.
- 12) [12]P. G. -. I. -. X. -, «Philippe GENOT - IG3 - Xposés - 2014/2015,» 2014/2015. [En ligne]
- 13) [13]Z. N. Chen and M.-Y.-W. Chia, «, "Broadband Planer Antennes,"Jhonwiley& sons,Ltd, 2006.
- 14) [14]C. A. Balanis, "Antenna theory", New York: third edition, John Wiley, 2005.
- 15) [15]R. R. K. Mongia, A. Ittibipoon ET M. Cuhaci, «Low profile dielectric resonator antennas using a very high permittivity material, » Electronics Letters, vol. 30, n° percentage117, pp. 1362- 1363, 18 Aout 1994.
- 16) [16]A. Boyer, "Antennes, Support De Cours Enonce De Travaux Diriges", Institut NationalDes Sciences Appliques De Toulouse, pp. 16-22.

[17]A. k. E. F.Bilotti, «Equivalent circuit model for the design of metamateriels based on artificial magnetic inclusion,» IEEE Trans.Microw .Theory Tech, vol. 55, n° % 1no.12,pp. pp 2865-2873, 2007

17) [18]IEEE Antennas and Propagation Magazine (Volume : 40, Issue : 4, August 1998

18) [19]T. Donal, «Système de positionnement par satellite,» avril 2019.

19) [20]Les antennes pour applications IoT - Etat de l'art (123dok.net)

20) [21]ABDELLAOUI WAHIBA .CHERGUI FARIDA. Étude de l'antenne patch rectangulaire par le modèle de la cavité mémoire de fin d'étude. Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou.2012

21) [22]C. A. Balanis, "Antenna theory—analysis and design", 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc, 1997

23) [23]ISSN 2277-1956/V2N1-306-316

24) [24] T. Chiba, Y. Suzuki and N. Miyano, "Suppression of higher modes and cross polarized component for microstrip antennas", IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Dig., pp. 285-288, 1982-May.

25) [25]Balanis, C. A., Antenna Theory, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2004.

26) [26]O. Picon et coll, " les Antennes Théorie, conception et application," Dunod. Paris, 2009.

27) [27]D.M. Pozar, Microwave Engineering, second ed. (John Wiley, New York, 1998).

28) [28]A. Balanis, "ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN," Fourth edition JohnWiley& Sons, 2016.

29) [29]<https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9>

30) [30]Received 28 Mar 1986, Accepted 26 Jun 1986, Published online: 24 Feb 2007