

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : électronique
Option : Télécommunications

Réf:

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:**

MASTER

Thème

Conception et Simulation d'une
antenne micro-ruban circulaire

Présenté par :
Touati Mohamed Houssef Eddine
Soutenu le : 05 Juin 2014

Devant le jury composé de :

Mr. BENAKCHA Abdelhamid

M.C.A

Président

Mr. HAMAIZIA Zohra

M.C.A

Encadreur

Mr. DJAALAL Nedjwa

M .A.A

Examineur

Année universitaire : 2013 / 2014

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : électrotechnique
Option : réseaux électriques

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

Conception et Simulation d'une antenne micro-ruban circulaire

Présenté par :

Touati Mohamed Housseem Eddine

Avis favorable de l'encadreur :

signature

Avis favorable du Président du Jury

Nom Prénom

Signature

Cachet et signature



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : électrotechnique
Option : réseaux électriques

Thème : Conception et Simulation d'une antenne micro-ruban circulaire

Proposé par : Touati Mohamed Houssef Eddine

Dirigé par : Dr. HAMAIZIA Zohra

RESUMES (Français et Arabe)

L'antenne est un élément important dans le domaine de la communication pour émettre et recevoir des informations sous la forme d'ondes électromagnétiques, elle est également utilisée dans plusieurs domaines tels que les systèmes de détection, de satellites et d'avions de surveillance, des réseaux de communications et GPS automobiles et de communications par satellite grâce au système

La conception des antennes utilisant le logiciel HFSS «Ansoft- High Frequency Structure Simulator» se base essentiellement sur la variation de la forme de l'antenne et de son matériau conducteur, la nature et l'épaisseur du substrat afin d'avoir une structure qui résonne dans les fréquences désirées pour des applications précises.

L'objectif de notre travail est d'étudier et de concevoir d'antenne patch ayant des caractéristiques satisfaisantes de point de vue coefficient de réflexion, gain, et rayonnement utilisant le logiciel HFSS.

الهوائي هو عنصر هام في مجال الاتصالات لنقل وتلقي المعلومات في شكل موجات كهرومغناطيسية، كما أنها تستخدم في عدة مجالات مثل أنظمة الكشف والأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع، شبكات الاتصالات و ذاتية الحركة GPS والأقمار الصناعية للاتصالات من خلال نظام تصميم الهوائي باستخدام برنامج " HFSS بناء النظم الميكانيكية الكهربائية، عالية التردد هيكل جهاز محاكاة "ويستند في المقام الأول على اختلاف شكل الهوائي والمواد الموصلة، وطبيعة وسمك الركيزة وأن يكون لها هيكل و صدى في الترددات المطلوبة لتطبيقات محددة . الهدف من عملنا هو دراسة وتصميم هوائي التصحيح وجود معامل الانعكاس منظور خصائص مرضية، وزيادة، والإشعاع باستخدام برنامج

HFSS.

A mes parents

À mes frères et sœurs et leurs enfants

À mes deux familles et mes ami(e)s.

Remerciements

Ce travail a été effectué dirigé par monsieur le Mme. HAMAIZIA Zohra.

J'adresse mes remerciements en premier lieu, à Dieu tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et surtout la patience qui m'a donné pour mener ce travail à terme.

Je voudrais exprimer, par ce modeste travail, ma gratitude, ma reconnaissance, ma considération et mes grands remerciements à Mme. HAMAIZIA Zohra pour avoir suivi mon travail avec une attention soutenue, une grande disponibilité et beaucoup d'encouragements.

Je remercie très sincèrement, monsieur le Professeur BENAKCHA ABDELHAMID, de l'université de Biskra, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse.

Je remercie également le Professeur DJAALAL NEDJWA, pour accepter du jury de ce travail.

J'exprime mes remerciements également, à mon amis Abdelbaset zarrada et Amaur Bilal ; Zbaidi Saddam ; Sami Aoun ; Kahoul Islam ; Bacha Zakaria; Alice et Gina Degleri lors de la préparation de ma projet.

Que mes parents, mes frères et soeurs, toute ma famille et tous mes ami(e)s trouvent ici l'expression de ma gratitude et mes remerciements pour leur soutien et leurs encouragements.

Merci à toutes et à tous...

Liste des Figures

Figure I.1. Les différentes catégories de réseaux informatiques

Figure. I.2. Les réseaux sans fil.

Figure I. 3. Schéma de connexion de terminaux Bluetooth.

Figure II.1. Géométrie d'une antenne microruban de forme arbitraire.

Figure II.2. Différentes formes d'antennes patch

Figure II.3. Représentation en quadripôle

Figure II.4. Techniques d'alimentation :

a) Par ligne microruban,

b) Par ligne coaxiale,

c) Par couplage par fente,

d) Par couplage par proximité.

Figure III.1. La géométrie de l'antenne circulaire Duroid 5880 en 3D alimentée par une ligne coaxiale.

Figure III.2. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

Figure III.3. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

Figure III.4. Diagramme de rayonnement du gain.

Figure III.5. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.

Figure III.6. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

Figure III.7. La géométrie de l'antenne circulaire Duroid 5880 en 3D alimentée par une ligne microruban.

Figure III.8. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

Figure III.9. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

Figure III.10. Diagramme de rayonnement du gain.

Figure III.11. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.

Figure III.12. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

Figure III.13. La géométrie de l'antenne circulaire avec des encoches sur le Duroid 5880 en 3D alimentée par une ligne microruban.

Figure III.14. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence de l'antenne adaptée avec des encoches.

Figure III.15. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

Figure III.16. Diagramme de rayonnement du gain.

Figure III.17. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.

Figure III.18. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

Figure III.19. La géométrie de l'antenne rectangulaire L'époxy –FR4 en 3D alimentée par une sonde coaxiale.

Figure III.20. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

Figure III.21. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

Figure III.22. Diagramme de rayonnement du gain.

Figure III.23. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.

Figure III.24. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

Liste des Tableaux

Tableau III.1 : Paramètres géométriques de l'antenne rectangulaire réalisée sur le Duroid 5880 et Epoxy-FR4.

Tableau III.2 : Comparaison géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur Duroid 588 et Epoxy-FR4.

Tableau III.3. Paramètres géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur Duroid 5880 pour $h=1.575$ mm.

Tableau III.4. Paramètres du l'antenne rectangulaire Duroid 5880 excité par une ligne de transmission microruban pour $h=1.575$ mm.

Tableau III.5. Paramètres géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur L'époxy –FR4 pour $h=1.575$ mm.

Tableau III.6. Les paramètres caractéristiques de patch sur le substrat Duroid5880 et L'époxy –FR4.

Liste des abréviations

WPAN (Wireless Personal Area Network) : les réseaux "personnels" sans fil.

WLAN (Wireless Local Area Network) : les réseaux "locaux" sans fil.

WWAN (Wireless Wide Area Network): les réseaux "étendus" sans fil.

GSM: Global System for Mobile communication.

GPRS: General Packet Radio Service.

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System.

PAN: Personal Area Network.

LAN: Local Area Network.

MAN: Metropolitan Area Networks.

WAN: Wide Area Networks.

RTC : réseau téléphonique commuté.

RNIS : Réseau numérique à intégration de services.

IEEE: Institut of Electrical and Electronics Engineers.

HiperLAN : High Performance Local Area Network.

Wi-Fi et WiFi : contraction de Wireless Fidelity.

MLT : modèle de la ligne de transmission.

TM: transverse magnétique

HFSS: High Frequency Structure Simulator.

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des figures	i
Liste des tableaux	iii
Liste des abréviations.....	iv
Résumés	

Sommaire

Introduction general	A
Chapitre I : Les systèmes de communication mobile et sans fil	
I.1. Introduction.....	4
I.2. Généralités sur les réseaux et les réseaux sans fils.....	5
I.2.1 Définition	5
I.2.2. Les réseaux filaires.....	5
I.2.3. Les réseaux mobiles et sans fil	6
I.3. Les réseaux cellulaires	8
I.3.1 Le GSM.....	8
I.3.2. GPRS.....	9
I.3.3. EDGE.....	9
I.3.4. L'UMTS.....	10
I.4. Les réseaux sans fil	11
I.4.1. Les WPAN	11
I.4.1.a. Bluetooth.....	11
II.4.2. Les WLAN.....	13

I.4.3. Les différentes normes wifi.....	13
I.5. Conclusion.....	14

Chapitre II : Etude des antennes micro ruban

II.1. Introduction	16
II .2. Avantages et inconvénients	16
II.3. Les différentes formes d'une antenne patch	17
II.4 Caractéristiques des antennes	18
II.4.1. Représentation en quadripôles	18
II.4.2. Coefficient de réflexion S_{11}	19
II.4.3. Directivité.....	19
II.4.4. Rendement de l'antenne.....	19
II.4.5. Gain.....	19
II.4.6. Ouverture.....	19
II.4.7. Impédance d'entrée.....	19
II.4.8. Diagramme de rayonnement	20
II.5. Techniques d'alimentation	20
II.5.1. Alimentation par ligne microruban	20
II.5.2. Alimentation par sonde coaxiale	20
II.5.3. Alimentation par couplage par fente	21
II.5.4. Alimentation par couplage de proximité	21
II.6. Méthodes d'analyse	23
II.6.1. Analyse et calcul des paramètres d'une antenne microruban circulaire	23
II.6.1.a. Rayon physique et effectif du patch circulaire	23
II.6.1.b. Conductibilité	24
II.6.1.c. Directivité	25
II.6.1.d. L'impédance d'entrée	25
II.7. Conclusion.....	26

Chapitre III : conception et simulation d'une antenne microruban

III.1. Introduction	28
III.2. Logiciel HFSS (High Frequency Structure Simulator)	28
III.2.1. Description des modules à réaliser	29
III.2.2. Définition des frontières (Boundaries).....	29
III.3. Cahier de charge.....	30
III.4. Simulation et optimisation d'une antenne circulaire.....	30
III.4.1. Calcul des paramètres géométriques de l'antenne.....	30
III.4.2 L'influence du type de substrat sur les caractéristiques de l'antenne	31
III.5. Les résultats de simulation pour le substrat Duroid 5880.....	31
III.5.1. Alimentation du patch par une sonde coaxiale	32
III.5.2. Alimentation du patch par une ligne microruban.....	35
III.5.3 L'adaptation d'impédance de l'antenne.....	39
III.6. Les résultats de simulation pour le substrat l'époxy –FR4	42
III.6.1. Alimentation par une sonde coaxiale	42
III.7. Discussion et interprétation des résultats.....	46
III.8. Conclusion	47
Conclusion général.....	49
Bibliographiques	52

Annexe

Introduction général

Introduction générale

Le développement des nouveaux systèmes de Télécommunications sans fil nécessite la conception d'antennes de plus en plus difficiles à élaborer. Dans le cas des communications entre mobiles, la diversité des systèmes et standards (GSM, DCS, UMTS, WLAN...) amène les ingénieurs à concevoir des antennes satisfaisant de nombreuses contraintes telles que : compacité, faible coût de fabrication, large bande passante et fonctionnement multi-fréquence.

De ce fait, les études se sont orientées vers une miniaturisation importante, vers l'utilisation de nouveaux matériaux diélectriques et vers le développement de capacités multifonctionnelles.... Afin de répondre à ces besoins, des méthodologies de conception innovatrices d'antenne sont nécessaires.

Les nouvelles technologies pour les systèmes de télécommunication devront démontrer des potentialités très attractives en matière minimisée, des pertes de réglage et de reconfiguration des circuits, et aussi la fiabilité, faire diminuer coûts de fabrication. Dans lesquels les caractéristiques pourront évoluer par une commande électronique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui consiste à étudier les antennes microrubans minimisées. Leur première apparition était dans les années 1950 par Deschamps, mais il a fallu attendre les années 1970 pour voir apparaître les premières réalisations qui étaient essentiellement réservées à des applications militaires.

Deux atouts majeurs ont entraîné un développement très important de ce type: leur faible coût de réalisation, et leur capacité d'intégration. Aujourd'hui ils sont implantés dans des nombreux dispositifs électroniques et constituent le type privilégié aux fréquences microondes dans les systèmes de communication intégrés modernes. Par ailleurs ce type présente des limites, notamment la bande passante étroite. Afin de compenser ces limitations et améliorer les performances des antennes microrubans. Alors, nous proposons l'utilisation d'une structure circulaire.

La technique de modélisation des antennes est effectuée à l'aide d'outils de CAO (conception assistée par ordinateur) basés sur la résolution numérique des équations de Maxwell par la méthode des moments (ADS, CST), des éléments finis (HFSS) et par la méthode FDTD. Pour cette modélisation précise, les méthodes analytiques permettant de décrire simplement le fonctionnement des antennes imprimées résonnantes est le modèle de la ligne de transmission (pour les antennes rectangulaires) et le modèle de cavité (pour tout autre élément rayonnant de géométrie quelconque).

Introduction générale

L'objectif de notre travail est d'étudier, modéliser et de concevoir une antenne patch de forme circulaire en utilisant un logiciel électromagnétique 3D HFSS (High Frequency Software Simulation).

Dans cette étude, nous présentons une analyse de deux antennes imprimées de forme circulaire alimentées par deux façons différentes :

- par une ligne micro ruban
- par câble coaxial.

Ce travail se compose de trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons donner des généralités sur les réseaux et les réseaux sans fil. Puis, nous allons passer en revue la plupart des systèmes utilisés dans les réseaux sans fil.

Le deuxième chapitre est consacré à une description générale des antennes imprimées, leurs propriétés et leurs caractéristiques, un rappel théorique sur l'antenne imprimée, une présentation des méthodes d'analyse ainsi que les différentes méthodes d'alimentation.

Le troisième chapitre présente dans la première partie une description de l'environnement de l'outil de simulation HFSS (High Frequency Structure Simulator) utilisé dans ce travail qui est un logiciel électromagnétique 3D. La deuxième partie de ce chapitre est consacrée à la modélisation, la conception de deux antennes circulaires et les résultats de simulation en analysant l'effet de type substrat, son épaisseur, le type d'alimentation sur les caractéristiques de l'antenne imprimée.

On termine par une conclusion générale.

Chapitre I :
Les systèmes de
communication mobile et sans
fil

I.1. Introduction

Les progrès technologiques font que la quantité d'information n'a jamais été aussi importante qu'aujourd'hui, elle augmente à une vitesse vertigineuse et se présente sous forme de données, d'images, de sons, de films. Sa circulation instantané autour du globe à travers les réseaux de communication la rend omniprésente, puisqu'on peut quasiment y accéder en tout temps et de partout. Les applications sans fils connaissent aussi des développement important. Parallèlement important à l'évolution de la téléphonie mobile et la minaturisation des composants.

L'informatique mobile s'est développée avec la production des micro-ordinateurs portables d'une part, des téléphones portables d'autre part avec la possibilité de se connecter à des réseaux fixes via des liaisons radio ou lumineuses.

Il en résulte des réseaux "sans fil" qui permettent à un terminal mobile de rester connecté à un réseau "universel" même en se déplaçant. Pour des raisons développées plus loin, les réseaux sans-fil ont une portée limitée et on distingue les types suivants :

- les réseaux "personnels" sans fil ou WPAN (Wireless Personal Area Network) qui ont une étendue de l'ordre de la dizaine de mètres. Les technologies correspondantes sont notamment Bluetooth, HomeRF,...
- les réseaux "locaux" sans fil ou WLAN (Wireless Local Area Network) qui ont une étendue de l'ordre de la centaine de mètres. Les technologies correspondantes ont WiFi, HiperLAN2,...
- les réseaux "étendus" sans fil ou WWAN (Wireless Wide Area Network) sont bien connus des utilisateurs de téléphones portables puisqu'ils correspondent aux réseaux cellulaires décrits au chapitre. : GSM, GPRS, EDGE, UMTS

Dans ce chapitre, nous allons donner quelques informations généralistes sur les réseaux et les réseaux sans fil. Puis, nous allons passer en revue la plupart des systèmes utilisés dans les réseaux sans fil.

I.2. Généralités sur les réseaux et les réseaux sans fils

I.2.1 Définition

Un réseau sans fil (en anglais : *wireless network*) est un réseau informatique de machines (ou numérisé) qui n'utilisent pas de câbles et qui connecte différents postes ou systèmes entre eux par ondes radio. C'est une technique qui permet aux particuliers, aux réseaux de télécommunications et aux entreprises de limiter l'utilisation de câbles entre diverses localisations. Il peut-être associé à un réseau de télécommunications pour réaliser des interconnexions entre nœuds.

I.2.2. Les réseaux filaires

On distingue des réseaux (Figure 1):

- Personnels : PAN "*Personal Area Network* " aux dimensions d'une pièce, qui permettent l'interconnexion de matériel informatique comme les souris et claviers sans fil.
- Locaux : LAN "*Local Area Network* " aux dimensions de locaux d'une entreprise qui permettent d'interconnecter différents ordinateurs ensemble.
- Métropolitains : MAN "*Metropolitan Area Networks*" aux dimensions d'une ville, ce sont typiquement les réseaux auxquels on se connecte de chez soi pour l'accès à Internet. (ADSL, Câble)
- Elargis : WAN "*Wide Area Networks*" aux dimensions d'un pays ou de la planète (Internet).

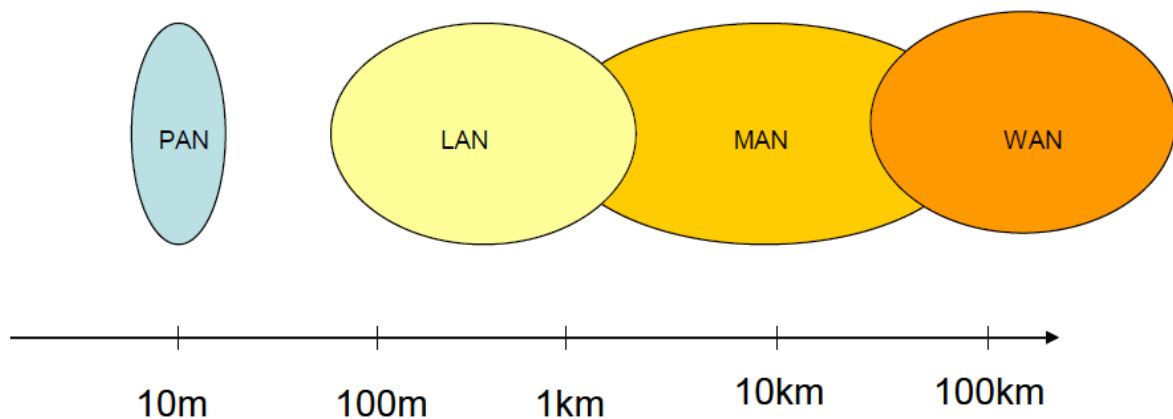


Figure I.1 : Les différentes catégories de réseaux informatiques

I.2.3. Les réseaux mobiles et sans fil

Les termes mobile et sans fil sont souvent utilisés pour décrire les systèmes existants, tels que le GSM, IEEE 802.11, Bluetooth, etc. Il est cependant important de distinguer les deux catégories de réseaux que recoupent les concepts de mobile et de sans fil de façon à éviter toute confusion.

Prenez l'exemple du téléphone sans cordon de résidence. Ce téléphone donne accès au RTC (réseau téléphonique commuté), le réseau classique de téléphone, ou au RNIS (Réseau numérique à intégration de services).

Le support de communication utilise l'interface radio pour qu'un abonné puisse appeler depuis son jardin ou sa cuisine, mais ce dernier doit toujours rester au voisinage de son réseau d'abonnement. En cas de mobilité dépassant ces limites, l'utilisateur est contraint de contacter un opérateur local pour souscrire un nouvel abonnement ce genre de systèmes offrent le sans fil sans la mobilité.

Un utilisateur mobile est défini théoriquement comme un utilisateur capable de communiquer à l'extérieur de son réseau d'abonnement tout en conservant une même adresse. Certains systèmes tels que le GSM, UMTS offrent la mobilité et sans fil simultanément.

Il est possible de classer les réseaux sans fil de plusieurs manières, selon que nous nous intéressons à un critère ou à un autre. La figure suivante présente une classification possible selon les critères suivants : l'étendue géographique, la topologie et l'infrastructure utilisée.

Le concept cellulaire consiste à diviser une zone de couverture relativement grande, généralement appelée réseau sans fil large (WWAN, pour Wireless Wide Area Network) en plusieurs zones plus petites appelées cellules..

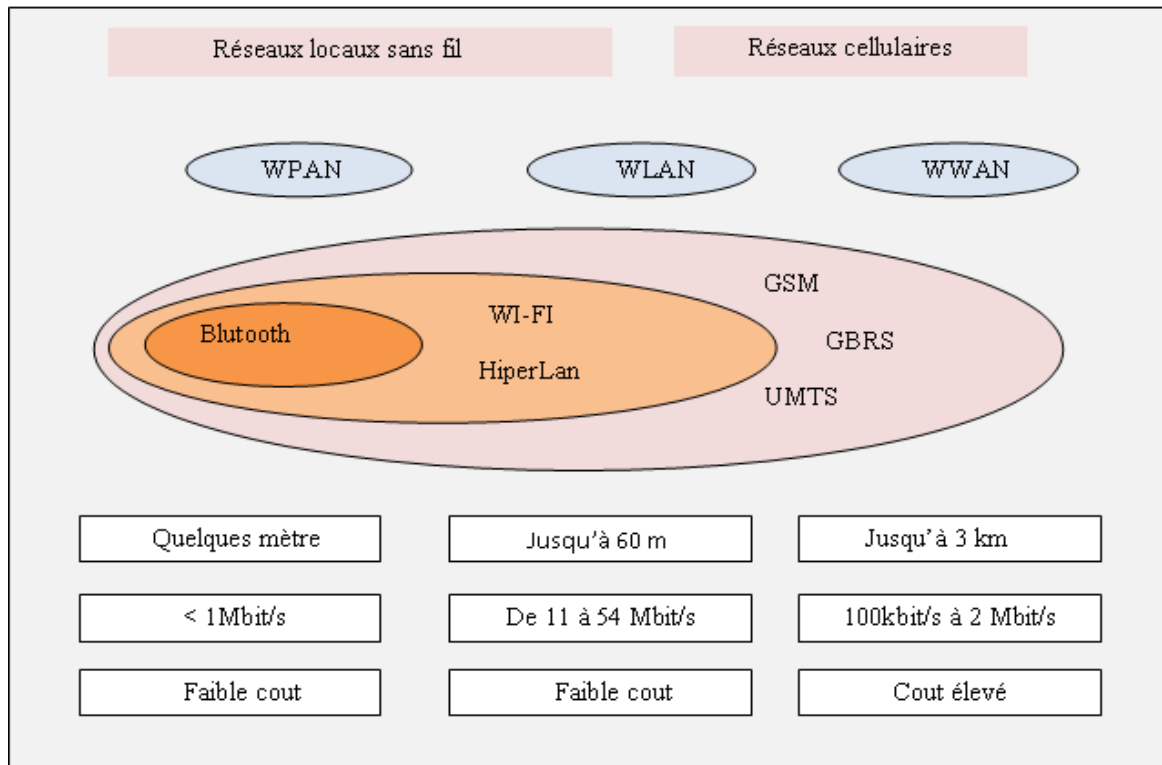


Figure. I.2 : Les réseaux sans fil.

Chaque cellule possède sa propre station de base (ou antenne relais). Chaque station de base utilise une bande de fréquence spécifique et gère l'ensemble des nœuds se trouvant dans la cellule. Les systèmes de communication cellulaires se sont développés en plusieurs générations. La première génération était analogique. La deuxième génération (2G) est numérique mais orienté mode circuit avec le standard le plus répandu dans le monde GSM (Global System for Mobile communication) qui offre un service de voix de 9,6 kbits/s et qui permet un transfert de données à faible vitesse. Il existe une génération dite deux et demi (2G+) avec le GPRS (General Packet Radio Service) qui est une évolution du système GSM qui permet en agrégeant plusieurs canaux de voix d'offrir une commutation en mode paquet allant jusqu'à 115 kbits/s.

La troisième génération (3G) permet d'utiliser la commutation en mode paquet dans contexte multimédia.

Le concept du réseau local sans fil est né du besoin d'offrir par le sans fil les services habituellement accessibles par voie filaire (Ethernet). Au sein des entreprises ou des laboratoires, ces réseaux sont souvent utilisés en complément des réseaux filaires existants. Du réseau personnel (WPAN, pour wireless Personnel Area Network) au réseau local (WLAN, Wireless LAN), plusieurs standards existent : Bluetooth, IEEE 802.11, HiperLAN.

Ces standards permettent aux mobiles de communiquer entre eux dans un même réseau d'accès, mais ils ne sont pas prévus généralement pour permettre de passer d'un réseau d'accès à un autre comme les systèmes mobiles cellulaires.

Ils sont donc plus adaptés à des réseaux locaux dans des lieux identifiés tels qu'une salle de conférence, un campus universitaire et des lieux de passage : aéroports, gares, etc.

I.3. Les réseaux cellulaires

La propriété d'atténuation, caractéristique de l'interface radio, a permis de développer le concept cellulaire. Dans ce modèle, la zone de couverture est divisée en cellules, à chaque cellule est affectée à une bande de fréquence. Du fait de la rareté du spectre hertzien, cette bande de fréquence est étroite, d'où la faible capacité de l'ensemble du système.

Pour faire face à l'augmentation ininterrompue du nombre d'utilisateurs des réseaux cellulaires, il a fallu tout à la fois accroître la capacité du système, diminuer la dimension des cellules et installer un nombre plus important de relais. Le GSM est le premier système cellulaire de téléphonie mobile efficace, économique et universel. Il a été très rapidement adopté par les utilisateurs ces dix dernières années. Le GSM évolue constamment vers le transfert de données (GPRS).

I.3.1 Le GSM

Le GSM (Global System for Mobile communication) est un standard Européen établie par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute), qui est conçu essentiellement pour la téléphonie mobile sans fil, mais il peut supporter des transferts de données à faible débit (14.4 Kbits/s de base). Les mobiles ne communiquent pas directement entre eux mais ils doivent passer par la station de base, même s'ils sont proches. Le réseau global est formé d'une multitude de stations de base, chacune couvrant une cellule indépendante. Les cellules adjacentes doivent utiliser des fréquences différentes pour éviter les interférences entre les communications.

Le GSM utilise la méthode d'accès F-TDMA (Frequency Time Division Multiple Access).

Chaque mobile doit réserver un slot dans une première phase de contrôle avant de pouvoir commencer

la communication. Le GSM utilise deux plages de fréquences différentes, la première est réservée pour les communications des mobiles vers les stations de base (890-915 MHz et

1710- 1785 MHz pour le GSM 1800) et la deuxième dans le sens des stations de base vers les mobiles (935-960 MHz et 1805-1880 MHz pour le GSM 1800).

Certains choix de la technique du GSM sont fait en conséquence, notamment en matière d'architecture réseau et de mise en forme des ondes (modulation, codage, etc). Ces choix se révèlent

toutefois contraignantes pour les services de données (transfert de fichier, vidéo, etc). Pour pallier ces limitations, le standard du GSM évolue sans cesse. Dans un premier temps, le GSM a standardisé des règles pour réaliser un transfert de données en utilisant les circuits de voix. Avec le HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), on assiste à un premier développement du standard vers des débits supérieurs, mais toujours en mode circuit [1].

I.3.2. GPRS

Le standard GPRS (General Packet Radio Service) est une évolution de la norme GSM, ce qui lui vaut parfois l'appellation GSM++ (ou GMS 2+). Etant donné qu'il s'agit d'une norme de téléphonie de seconde génération permettant de faire la transition vers la troisième génération (3G), on parle généralement de 2.5G pour classer le standard GPRS.

Le GPRS permet d'étendre l'architecture du standard GSM, afin d'autoriser le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s). Grâce au mode de transfert par paquets, les transmissions de données n'utilisent le réseau que lorsque c'est nécessaire. Le standard GPRS permet donc de facturer l'utilisateur au volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût.

I.3.3. EDGE

Le standard EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution.) est une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation. Tout comme la norme GPRS, le standard EDGE est utilisé comme transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G). On parle ainsi de 2.75G pour désigner le standard EDGE.

EDGE utilise une modulation différente de la modulation utilisée par GSM (EDGE utilise la modulation 8-PSK), ce qui implique une modification des stations de base et des terminaux mobiles.

L'EDGE permet ainsi de multiplier par un facteur 3 le débit des données avec une couverture plus réduite. Dans la théorie EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384

kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides).

Cette technique a l'avantage de toujours s'appuyer sur les réseaux GSM existants. Mais la mise en place de l'UMTS, réseau de 3^{ème} génération est maintenant très proche. [2]

I.3.4. L'UMTS

Après de nombreux atermoiements, le déploiement de la téléphonie de troisième génération en Europe a enfin débuté. La norme UMTS/W-CDMA a été retenue sur le Vieux Continent par l'association 3GPP (Third Generation Partnership Project) regroupant les principaux acteurs des télécommunications. Elle implique, pour chaque opérateur mobile qui souhaite se lancer dans l'aventure, l'achat d'une licence émise par l'État et la mise en place d'infrastructures en parallèle du réseau GSM/GPRS. Ce qui représente une facture de plusieurs milliards d'euros.

La norme UMTS exploite le nouveau protocole de communication W-CDMA et de nouvelles bandes de fréquences situées entre 1900 et 2200 MHz. À la différence du GSM qui fait passer les données par une cellule (antenne) divisée en canaux de fréquences différentes, elles-mêmes réparties selon des créneaux de temps, le W-CDMA permet d'envoyer simultanément toutes les données, par paquets et dans le désordre (sur n'importe quelle fréquence), reste au téléphone à réceptionner les paquets de données et les rassembler.

Cette technologie permet de faire transiter davantage de données simultanément et offre un débit bien supérieur à ceux permis par les GSM et GPRS. En théorie, il peut atteindre 2 Mbps à partir d'un lieu fixe et 384 kbps en mouvement. Bien qu'on soit encore loin de la promesse initiale, le maximum en Europe a été fixé à 384 kbps (kilobits par seconde) : soit 64 à 128 kbps en émission et 128 à 384 kbps en réception, même en mouvement (train, voiture). Ce "haut débit" mobile n'est pas si éloigné des vitesses de transmission proposées dans le cadre des premières offres d'accès à l'internet par l'ADSL ou le câble.

L'UMTS présente des avantages qui s'appliquent autant aux communications vocales qu'aux transferts de données. Comme la technologie exploite une bande de fréquences plus large, elle permet de passer trois fois plus d'appels. En théorie, l'UMTS devrait donc remédier à la saturation des réseaux existants et proposer des services de meilleure qualité. Le débit cinq à dix fois plus rapide laisse apparaître le développement de nouvelles applications, notamment dans le domaine du multimédia (visiophonie, diffusion de contenu vidéo et audio, MMS vidéo ou audio, etc.). Le haut débit mobile facilite aussi l'accès aux données, web et e-mails, en situation de mobilité. [3]

I.4. Les réseaux sans fil

Les réseaux locaux sans fil se sont des réseaux géographiquement limités, dans lesquels les terminaux se trouvent tous dans un milieu restreint en taille, correspondant soit à une entreprise, soit à un environnement personnel. Plusieurs possibilités peuvent être envisagées pour la réalisation de ces réseaux : soit la communication hertzienne s'effectue sur l'ensemble du site, soit les communications s'effectuent à l'intérieur de petites cellules reliées entre elles.

Les communications entre les équipements terminaux peuvent s'effectuer directement ou par le biais d'une borne intermédiaire.

Quant aux communications entre bornes de concentrations, elles peuvent s'effectuer de façon hertzienne ou par câble.

Les réseaux locaux sans fil connaissent actuellement d'important développement de fait de la flexibilité de leur interface, qui permet à un utilisateur de se déplacer dans son entreprise, tout en restant connecté. Plusieurs gammes de produits sont actuellement commercialisées, et plusieurs tendances se dégagent : les réseaux sans fil, qui desservent les équipements d'un seul utilisateur (les réseaux personnels, ou PAN : Personal Area Network), ceux qui desservent une entreprise et ceux qui connecte des utilisateurs sur une distance métropolitaine. Ces réseaux peuvent atteindre des débits de plusieurs mégabits par seconde, voire de plusieurs dizaines de mégabits par seconde.

La normalisation devrait avoir un fort impact sur les réseaux locaux sans fil. Aux États-Unis, ce sont principalement deux groupes de travail de l'IEEE (Institut of Electrical and Electronics Engineers), l'IEEE 802.11 et l'IEEE 802.15, qui sont en charge de cette normalisation, tandis que le groupe HiperLAN (High Performance Local Area Network) s'en occupe en Europe.

I.4.1. Les WPAN

I.4.1.a. Bluetooth

Le standard Bluetooth a été initié par Ericsson et un groupe de travail réunissant plusieurs grands industriels (dont 3Com, IBM, Nokia, Toshiba, etc). C'est une technologie peu onéreuse grâce à la forte intégration des composants électroniques. Les fréquences utilisées sont comprises entre 2400 et 2483,5 MHz. La même gamme de fréquences se retrouve dans la plupart des réseaux sans fil utilisés dans un environnement privé, que ce dernier soit personnel ou d'entreprise.

Cette bande ne demande pas de licence d'exploitation. Bluetooth est destiné à un usage qui remplacera les câbles de connexion entre les machines ou entre les machines et leurs accessoires (par exemple : connexion entre un ordinateur, le clavier, ou bien la souris, ou encore l'imprimante, etc ; ou encore communication entre la télévision et le lecteur DVD). Plus généralement Bluetooth permet de construire des petits réseaux personnels de quelques dizaines de mètres de portée.

Le réseau de base appelé piconet, est formé d'un maître et plusieurs esclaves (jusqu'à sept esclaves). C'est le maître qui se charge de gérer les communications comme dans le cas des réseaux à station de base. Plusieurs piconets peuvent être interconnectés pour former un scatternet, d'après le mot anglais scatter, dispersion. Dans ce scatternet, un esclave peut être l'esclave de plusieurs maîtres à la fois, en plus, un maître d'un piconet peut devenir un esclave du maître d'un autre piconet. La figure I.3 donne un exemple de connexion de terminaux Bluetooth.

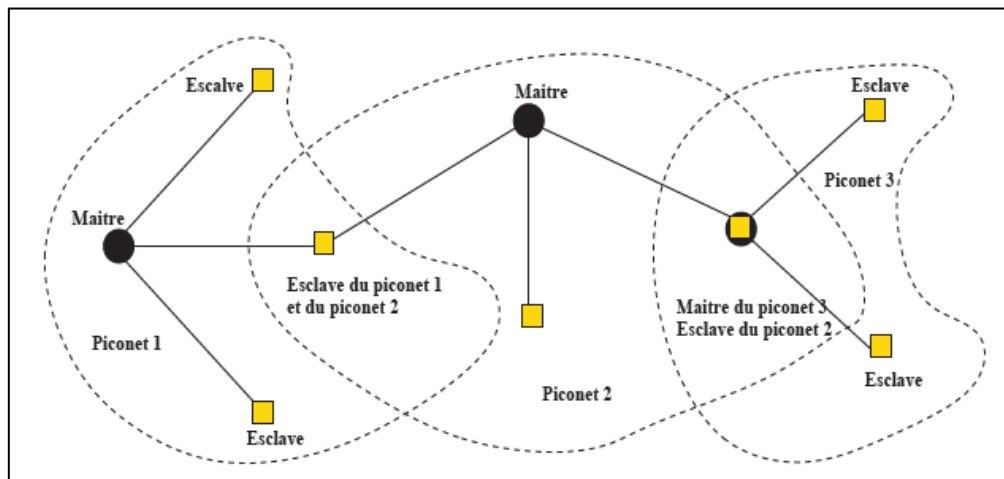


Figure I. 3: Schéma de connexion de terminaux Bluetooth.

Le débit à l'intérieur d'un *piconet* peut atteindre près de 1 Mbps entre les terminaux participant à la communication. Le temps est découpé en slots égaux. Un terminal utilise une fréquence et un slot puis, par un saut de fréquence (*Frequency Hop*), il change de fréquence sur la tranche de temps suivante, et ainsi de suite. C'est le maître qui sollicite ses esclaves pour parler d'une façon synchronisée.

La proposition de Bluetooth a été prise en compte par l'IEEE dans le groupe de travail IEEE

802.15 qui s'occupe de la standardisation des réseaux personnels (*PAN : Personal Area Network*).

D'autres sous-groupes de travail de l'IEEE 802.15 se concentrent sur des applications particulières.

Par exemple, Car Profile s'intéresse aux communications à l'intérieur d'une voiture, et le sous-groupe AV (Audio/Video) à la problématique du transport de parole de bonne qualité ou de CD audio ainsi qu'à l'échange de vidéo. [1]

II.4.2. Les WLAN

En terme simplifié, Wi-Fi (contraction de Wireless Fidelity) fait référence à une « connectivité » [4]. C'est une technique de réseau informatique sans fils mise en place pour fonctionner en réseau interne et, depuis devenue un moyen d'accès haut débit à internet. Cette technique est fondée sur la norme IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11).

Tout d'abord, il est important de lever la nuance entre les écritures « WI-FI » et « WiFi » :

- Un réseau ou un matériel « WiFi » répond à la norme IEEE 802.11 alors qu'un matériel

« WiFi » répond aux exigences de la certification du même nom [5]. Par abus de langage (et pour des raisons de marketing) le nom de la norme se confond aujourd'hui avec le nom de la certification. Ainsi un réseau WiFi est en réalité un réseau répondant à la norme 802.11.

- WiFi est donc un ensemble de protocoles de communication sans fils régis par les normes du groupe IEEE 802.11 qui permet de relier sans fils plusieurs appareils informatiques (ordinateur, routeur, décodeur Internet, etc.) au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données entre eux.

I.4.3. Les différentes normes wifi

La norme IEEE 802.11 est en réalité la norme initiale offrant des débits de 1 ou 2 Mbps. Des révisions ont été apportées à la norme originale afin d'optimiser le débit (c'est le cas des normes 802.11a, 802.11b et 802.11g, appelées normes 802.11 physiques) ou bien préciser des éléments afin d'assurer une meilleure sécurité ou une meilleure interopérabilité. Le tableau I.1 présente les différentes révisions de la norme 802.11 et leur signification [6] : voir annexe

I.5. Conclusion

Nous avons dans, ce chapitre présenté, Les réseaux mobiles et sans fil, les différents systèmes de communication utilisés dans le domaine de télécommunication ainsi que les différents types de réseaux sans fil existant. Nous nous intéresserons à la présentation générale d'une antenne microruban dans ce qui suit.

Chapitre II :
Etude des antennes micro
ruban

II.1. Introduction

Le concept des antennes microrubans a été proposé la première fois en 1953 par Deschamps [7], mais ce n'est qu'aux années soixante dix que les premières applications de ce type d'antennes ont vu le jour. Faiblement profilées, ces antennes sont largement utilisées en particulier dans les communications mobiles et personnelles [8] [9].

Dans sa forme la plus simple, une antenne microruban est constitué d'un élément conducteur appelé patch imprimé sur la face supérieure d'un substrat diélectrique, la face inférieure complètement métallisée constitue le plan de masse (Figure II.1). L'élément rayonnant peut être de forme arbitraire, cependant les formes rectangulaire, circulaire, triangulaire et leurs dérivées sont les plus communément utilisées vue leur facilité d'analyse.

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'analyse des antennes planaires, certaines sont relativement simples, partent d'un certain nombre d'approximations donnant naissance à des modélisations, d'autres sont plus élaborées et permettent d'étudier les antennes de formes les plus variées. De nouvelles méthodes dites d'optimisation viennent s'ajouter aux premières, plus simples et d'un degré de précision de plus en plus compétitif.

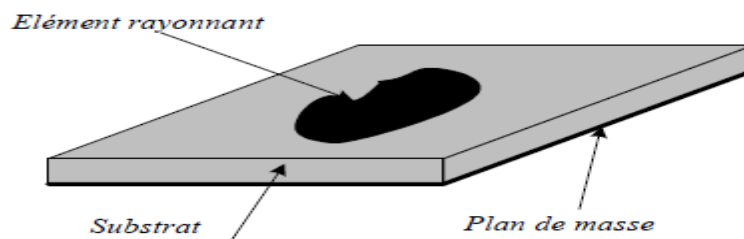


Figure II.1: Géométrie d'une antenne microruban de forme arbitraire.

Dans ce chapitre nous présentons la description et le mécanisme de fonctionnement, les avantages, les inconvénients des antennes patches, ainsi que les différents types d'alimentation. En effet, nous détaillons le principe des méthodes usuelles les plus utilisées dans le domaine des antennes.

II .2. Avantages et inconvénients :

L'antenne microruban présente de nombreux avantages par rapport aux antennes microondes classiques, on peut citer entre autres [9] [10] [11]:

- Faible poids, encombrement réduit, faible profile et structure plane.
- S'adapte facilement aux surfaces planes et non planes.

- Facile à fabriquer en masse en utilisant les techniques des circuits imprimés dont le faible coût.
- Facile à intégrer avec les circuits MMICs sur un même substrat.
- Polarisation linéaire et circulaire possibles.
- Réseaux d'alimentation et d'adaptation fabriqués simultanément avec l'antenne.
- Antennes multibandes multipolarisations possibles.

Toutefois, elle présente certains inconvénients limitant son efficacité à savoir:

- Bande passante étroite.
- Faible gain.
- Supporte uniquement des faibles puissances.
- Faible efficacité de rayonnement.
- Faible pureté de polarisation.

Pour y remédier à ces inconvénients plusieurs travaux de recherches ont été menés et ont abouti à des progrès considérables améliorant les performances de ces antennes.

II.3. Les différentes formes d'une antenne patch

L'antenne patch peut prendre plusieurs formes qui peuvent être rectangulaire, carré, circulaire ou simplement un dipôle. Ces formes sont les plus courantes car elles présentent une grande facilité d'analyse et de fabrication, mais également un diagramme de rayonnement très intéressant. La figure suivante montre ces différentes formes [12]

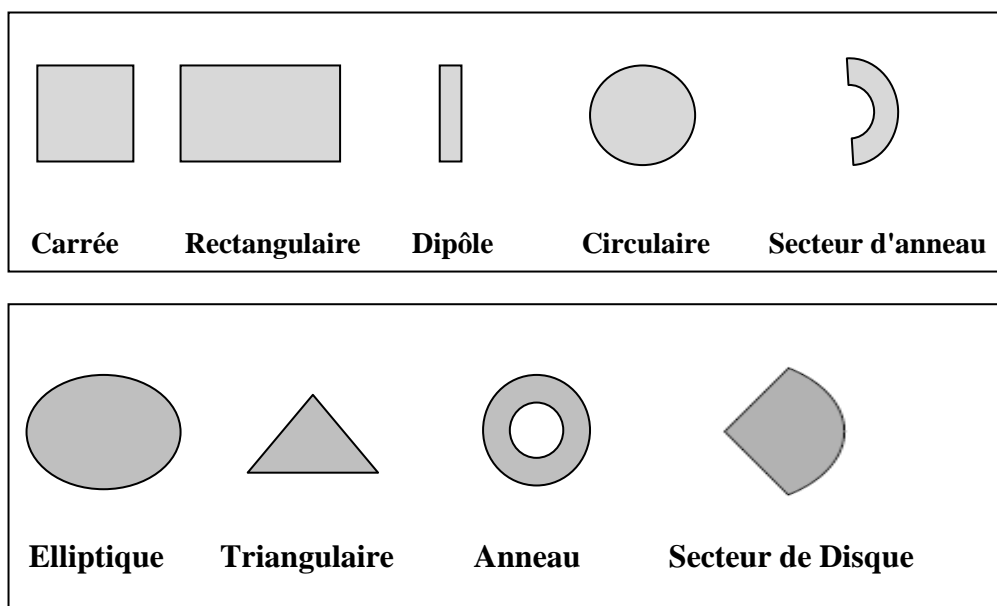


Figure II.2: Différentes formes d'antennes patch

- **Remarque:** Parmi toutes ces formes, l'élément rectangulaire est sans contexte le plus facile à appréhender pour la compréhension des mécanismes de rayonnements des antennes planaires.

II.4 Caractéristiques des antennes

Dans les communications sans fil, chaque application met en relief certaines caractéristiques des antennes. D'une manière générale, une antenne utilisée dans un type d'application ne peut pas l'être dans d'autres.

Une antenne peut être caractérisée par [13]:

II.4.1. Représentation en quadripôles :

Une antenne peut être représentée comme un quadripôle (*Figure II.3*), défini par les paramètres S :

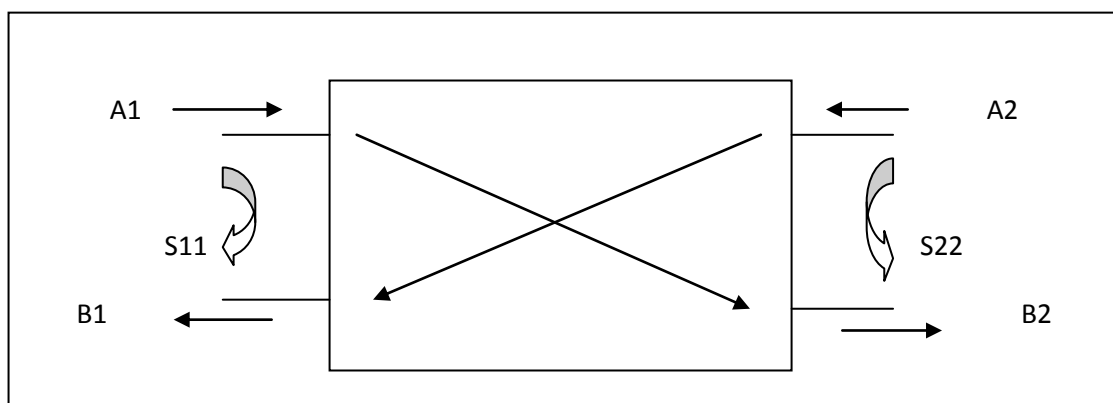


Figure II.3 : Représentation en quadripôle

A_1 , A_2 , B_1 et B_2 sont des ondes de puissance.

On a les relations suivantes :

$$\begin{aligned} B_1 &= S_{11} \times A_1 + S_{12} \times A_2 \\ B_2 &= S_{21} \times A_1 + S_{22} \times A_2 \end{aligned} \quad \text{Equ(II.1)}$$

Le coefficient S_{11} correspond à la réflexion en entrée des quadripôles lorsque $A_2 = 0$.

Le coefficient S_{12} représente la transmission de la puissance entrant en sortie vers l'entrée lorsque $A_1 = 0$.

Le coefficient S_{21} est le gain du quadripôle lorsque $A_2 = 0$.

Le coefficient S_{22} est la réflexion en sortie du quadripôle lorsque $A_1 = 0$.

II.4.2. Coefficient de réflexion S_{11} :

Le coefficient de réflexion S_{11} met en évidence l'absorption de l'énergie par l'antenne. C'est sur ce paramètre que l'on se base lors de l'optimisation.

II.4.3. Directivité :

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ et la puissance que rayonnerait une antenne isotrope. [14]

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

II.4.4. Rendement de l'antenne : Le rendement de l'antenne est le rapport entre la puissance rayonnée et la puissance fournie à l'antenne, soit :

$$\eta = \frac{P_r}{P_f} \quad \text{Equ(II.3)}$$

Ce rapport caractérise la perte à l'intérieur de l'antenne.

II.4.5. Gain : Le gain est le résultat de deux effets : la directivité et la perte.

Si G est le gain, alors :

$$G(\theta, \varphi) = \eta \times D(\theta, \varphi) \quad \text{Equ(II.4)}$$

II.4.6. Ouverture : Si G_m est le gain maximal d'une antenne donnée dans un plan bien déterminé, alors son ouverture dans ce plan est l'angle qui se trouve entre deux directions de ce plan ayant la moitié du gain maximal (gain à -3 dB), soit $G_m/2$

II.4.7. Impédance d'entrée : L'impédance d'entrée de l'antenne est l'impédance vue de la part de la ligne d'alimentation au niveau de l'antenne.

Cette impédance est donnée par la formule :

$$Z_{in} = Z_0 \frac{(1+S_{11})}{(1-S_{11})} \quad \text{Equ(II.5)}$$

$Z_0 =$ impédance caractéristique de la ligne d'alimentation.

N.B. Comme S_{11} est fonction de la fréquence, alors Z_{in} varie aussi avec la fréquence.

II.4.8. Diagramme de rayonnement :

Le diagramme de rayonnement d'une antenne présente les variations de la puissance rayonnée par unité d'angle solide dans les différentes directions de l'espace. En dehors du cas des antennes omnidirectionnelles dans certains plans, les antennes ne rayonnent pas leurs puissances de façon uniforme dans toutes les directions de l'espace.

Il y a généralement une direction de rayonnement maximale autour de laquelle se trouve concentrée une grande partie de la puissance rayonnée et des directions secondaires autour desquelles se répartit la fraction de la puissance restante.

La fonction caractéristique de rayonnement $F(\theta, \phi)$ de l'antenne permet d'avoir une vision globale du rayonnement. Elle est définie comme étant le rapport de la puissance transmise dans une direction donnée $P(\theta, \phi)$ à la puissance P_{\max} de la direction où le rayonnement est maximal [15].

$$P(\theta, \phi) = \frac{P_a}{4\pi} \quad \text{Equ(II.6)}$$

II.5. Techniques d'alimentation

Il existe plusieurs techniques pour l'alimentation des antennes microrubans, ces techniques peuvent être soit par contact direct soit par couplage, les plus communément utilisées sont l'alimentation par ligne microruban, par sonde coaxiale, par couplage de proximité ou par ouverture.

II.5.1. Alimentation par ligne microruban

Dans le premier cas, une ligne microruban est directement connectée à l'élément rayonnant comme le montre la figure (II.4.a), le point de jonction peut être sur l'axe de symétrie du patch ou complètement décalé pour permettre une meilleure adaptation d'impédance.

Ce type d'alimentation est facile à mettre en œuvre et à modéliser, mais peut engendrer un rayonnement parasite qui peut devenir considérable et une bande passante typiquement entre 2 et 5%.

II.5.2. Alimentation par sonde coaxiale

L'alimentation par sonde coaxiale est réalisée par un contact direct de l'élément rayonnant au conducteur central d'une ligne coaxiale, tandis que son conducteur externe est relié au plan de masse (Figure II.4.b). L'adaptation d'impédance est réalisable en déplaçant le point d'alimentation sur le patch. L'inconvénient de ce type d'alimentation réside dans la bande passante étroite et la difficulté de modélisation surtout pour des substrats électriquement épais.

II.5.3. Alimentation par couplage par fente

L'alimentation par ligne microruban ou par ligne coaxiale présentent une asymétrie qui génère des modes d'ordres supérieurs produisant un rayonnement de polarisation croisée, pour y remédier à cet état de fait l'alimentation par fente a été introduite. Un couplage électromagnétique est introduit à travers une petite fente réalisée dans le plan de masse qui sépare deux substrats l'un portant l'élément rayonnant et l'autre la ligne microruban comme le montre la figure (II.4.c). Cette configuration permet une optimisation indépendante entre la ligne d'alimentation et le patch, facile à modéliser et présente un rayonnement parasite modéré. Cependant, elle est la plus difficile à mettre en œuvre et présente une bande passante étroite.

II.5.4. Alimentation par couplage de proximité

La meilleure bande passante pouvant atteindre 13% est réalisable en utilisant l'alimentation par couplage de proximité illustrée par la figure (II.4.d). L'avantage de cette technique d'alimentation réside dans l'affaiblissement du rayonnement parasite et la facilité du couplage, ce dernier peut être optimisé par l'ajustement des dimensions de la ligne. Cependant elle est très difficile à mettre en œuvre. [16]

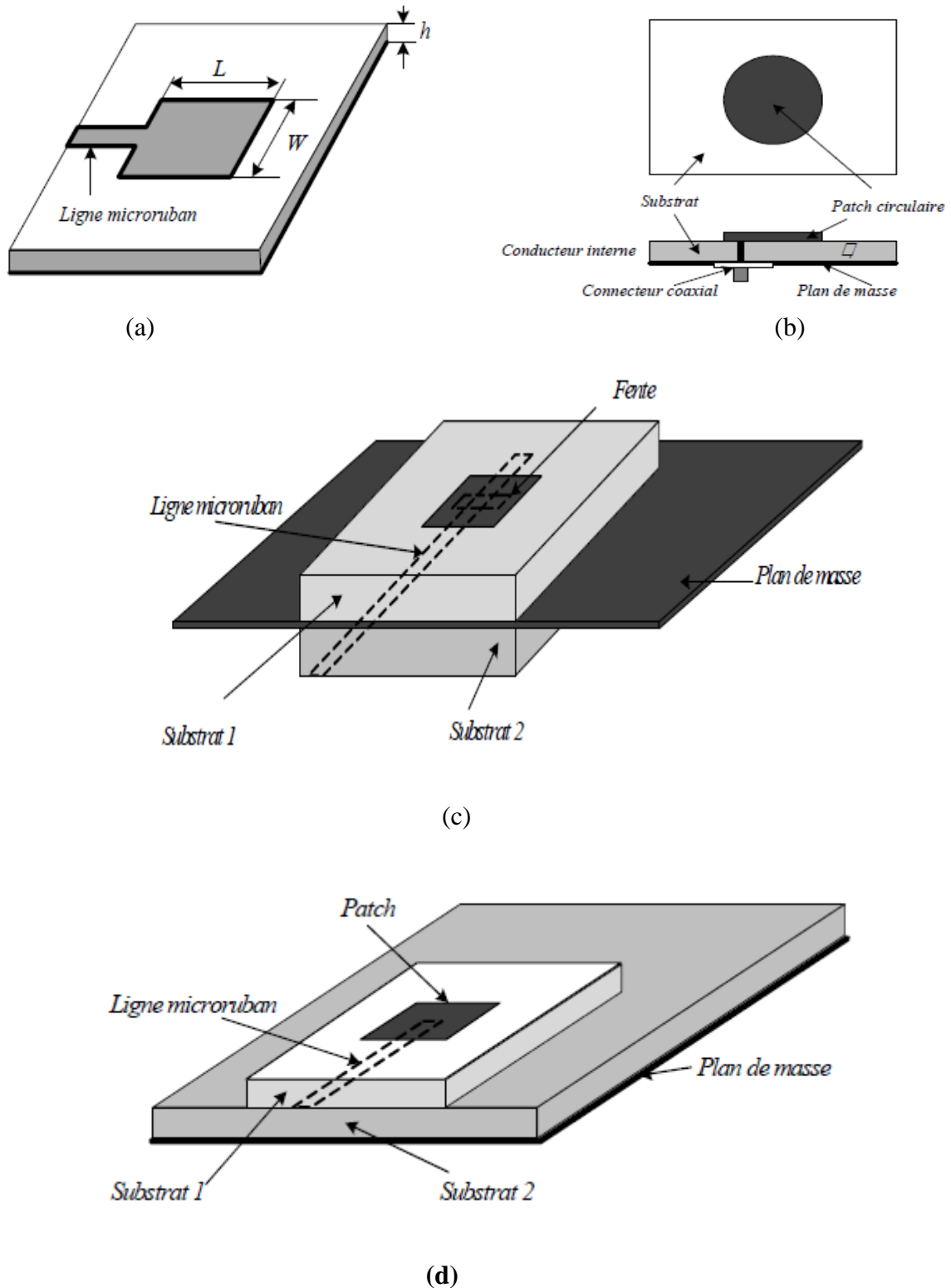


Figure II.4. Techniques d'alimentation :

- a) Par ligne microruban,
- b) Par ligne coaxiale,
- c) Par couplage par fente,
- d) Par couplage par proximité.

II.6. Méthodes d'analyse

Il y a trois modèles populaires pour l'analyse des antennes de microruban - à savoir le modèle de la ligne de transmission (MLT), le modèle de cavité,

Modèle de la ligne de transmission est la plus simple. Elle donne un bon aperçu physique mais elle est moins précise. Le modèle de cavité, est tout à fait complexe mais donne la bonne aperçu physique et est plus précis.

La quantité associée à rayonnement des ondes électromagnétique est le potentiel vecteur (vecteur dont la direction indique) donné que [17] :

$$S = E \times H \quad \text{Equ (II.7)}$$

Où S est le vecteur instantané de potentiel, E est l'intensité de champ électrique instantané et H est l'intensité instantané de champ magnétique. Les champs complexes E et H sont liés à leurs équivalent instantanées par :

$$\left. \begin{aligned} E(x,y,z,t) &= \text{Re} [E(x,y,z)e^{i\omega t}] \\ H(x,y,z,t) &= \text{Re} [H(x,y,z)e^{i\omega t}] \end{aligned} \right\} \quad \text{Equ (II.8)}$$

$\text{Re}[Xe^{i\omega t}] = \frac{1}{2}[Xe^{i\omega t} + X^*e^{-i\omega t}]$ L'équation (II.7) peut être réécrite comme :

$$S = \frac{1}{2} \text{Re}[E \times H^*] + \frac{1}{2} \text{Re}[E \times He^{i\omega t}] \quad \text{Equ (II.9)}$$

Par conséquent, le vecteur de potentiel de moyenne de temps peut être écrit comme [18]

$$S_{av} = \frac{1}{2} \text{Re}[E \times H] \quad \text{Wm}^{-2} \quad \text{Equ(II.10)}$$

Le $\frac{1}{2}$ de facteur apparaît parce que les champs d' E et de H sont des valeurs de crête et pas RMS.

Les objectifs de ces recherches pour concevoir et mettre en application une antenne circulaire de pièce rapportée de microruban appropriée pour l'usage aux fréquences micro-ondes. Ses paramètres d'optimisation du traitement seront déterminés par un calcul manuel ou un programme informatique développés sous des logiciels évolués comme le MATLAB. Les deux résultats obtenus seront comparés pour l'exactitude.

II.6.1. Analyse et calcul des paramètres d'une antenne microruban circulaire

II.6.1.a. Rayon physique et effectif du patch circulaire

le rayon réel du patch est indiqué par [17]

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r F} \left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad \text{Equ (II.11)}$$

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

L'équation (II.11) ne prend pas en compte l'effet marginal. Depuis le marginal rend le patch électriquement plus grande, le rayon effectif du patch est employé et est donné par :

$$a_e = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r a} \left[\ln \left(\frac{\pi a}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2} \quad \text{Equ (II.12)}$$

Par conséquent, la fréquence de résonance pour le TM_{110}^z dominant est indiquée par [17]

$$(f_r)_{110} = \frac{1.8412 V_0}{2\pi a_e \sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{Equ (II.13)}$$

Où V_0 est la vitesse de la lumière d'espace libre.

II.6.1.b. Conductibilité

La conductibilité due à la puissance rayonnée de l'antenne microruban circulaire peut être calculée en se basant sur la la puissance rayonnée exprimée par [17] :

$$P_{\text{rad}} = |V_0| \left(\frac{k_0 a_e}{960} \right)^2 \int_0^{\pi/2} \left[J_{02}'^2 + \cos^2 \theta J_{02}^2 \right] \sin \theta \, d\theta \quad \text{Equ (II.14.a)}$$

l'équation (II.14.a) peut être encore décomposée à

$$P_{\text{rad}} = |V_0| \left(\frac{k_0 a_e}{960} \right)^2 \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{3}{2^3} \sin^2 \theta + \frac{1}{3 \times 2^3} \alpha^4 \sin^2 \theta - \frac{7}{12 \times 12^{10}} \alpha^6 \sin^6 \theta \right] \\ + 0.333 \left[1 - \frac{3}{2^3} \sin^2 \theta + \frac{1}{3 \times 2^3} \alpha^4 \sin^2 \theta - \frac{7}{12 \times 12^{10}} \alpha^6 \sin^6 \theta \right] \end{array} \right\} \quad \text{Equ (II.14.b)}$$

$$\text{Où } V_0 = h E_0 J_1(k a_e), a = k_0 a_e \text{ et } k_0 = \frac{2\pi f_r}{V_0} \quad \text{Equ(II.15)}$$

k_0 est la constante de phase de l'espace libre. La conductibilité à travers l'espace entre patch et plan de masse au $\phi' = 0^\circ$, est donnée comme [17]:

$$G_{P_{\text{rad}}} = \left(\frac{k_0 a_e}{480} \right)^2 \int_0^{\pi/2} \left[J_{02}'^2 + \cos^2 \theta J_{02}^2 \right] \sin \theta \, d\theta \quad \text{Equ (II.16)}$$

L'équation (II.16) est réduit à :

$$G_{\text{rad}} = \left(\frac{k_0 a_e}{480} \right)^2 \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{3}{2^3} \sin^2 \theta + \frac{1}{3 \times 2^3} \alpha^4 \sin^2 \theta - \frac{7}{12 \times 12^{10}} \alpha^6 \sin^6 \theta \right] + \\ 0.333 \left[1 - \frac{3}{2^3} \alpha^2 \sin^2 \theta + \frac{1}{3 \times 2^3} \alpha^4 \sin^2 \theta - \frac{7}{12 \times 12^{10}} \alpha^6 \sin^6 \theta \right] \end{array} \right\} \quad \text{Equ (II.17)}$$

G_{rad} explique le rayonnement et les pertes diélectriques et est exprimé comme suit[17] :

$$G_c = \frac{\varepsilon_{mo} \pi (\pi \mu_0 (f_r)_{10})^{-3/2}}{4h^2 \sqrt{\sigma}} [(ka_e)^2 - m^2] \quad \text{Equ (II.18)}$$

$$G_d = \frac{\varepsilon_{mo} \tan \delta}{4\mu_{0h} (f_r)_{10}} [(ka_e)^2 - m^2] \quad \text{Equ (II.19)}$$

Où G_c est la conductibilité due aux pertes de conduction, G_d est la conductibilité due aux pertes diélectriques et le f_r est la fréquence de résonance du mode dominant. La conductibilité totale peut être exprimée par la relation suivante :

$$G_t = G_{rad} + G_c + G_d \quad \text{Equ (II.20)}$$

La conductivité du substrat, $\sigma = \frac{G_1 I}{A}$, et la profondeur de pénétration (ou épaisseur de peau pour les bons conducteurs),

$$\sigma = \sqrt{2 / (\omega \mu_{0\sigma})} \quad \text{Equ (II.21)}$$

II.6.1.c. Directivité

Pour toutes les antennes, la directivité est l'une des caractéristiques les plus importantes et elle est donnée par [18] :

$$D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad \text{Equ (II.22.a)}$$

l'intensité de rayonnement maximum et la puissance rayonnée dans (14), la directivité d'une fente simple peuvent être écrites par [17] :

$$D_0 = \frac{(k_0 a_e)^2}{120 G_{rad}} \quad \text{Equ (II.23.b)}$$

Cette directivité n'est pas fortement influencée par l'épaisseur du substrat tant que elle est électriquement maintenue petite. C'est une fonction du rayon de patch.

II.6.1.d. L'impédance d'entrée

L'impédance d'entrée d'un patch circulaire à la résonance est réelle (purement résistive) et la puissance d'entrée est indépendante de la position de point d'alimentation sur la patch. En prenant la référence de l'alimentation se diriger à $\vartheta' = 0^\circ$, la résistance d'entrée à n'importe quelle distance radiale $\rho' = \rho_0$ du centre de patch peut être écrit comme [17] :

$$R_{in}(\rho' = \rho_0) = \frac{1}{G_t} \frac{J^2 m(k\rho_0)}{J^2 m(ka_e)} \quad \text{Equ (II.24)}$$

Pour l'antenne circulaire de patch, la résistance d'entrée résonnante avec une alimentation d'encart est

$$R_{in}(\rho' = \rho_0) = R_{in}(\rho' = a_e) \frac{J^2 m(k\rho_0)}{J^2 m(ka_e)} \quad \text{Equ (II.25)}$$

$$R_{in}(\rho' = a_e) = \frac{1}{G_t} \quad \text{Equ (II.26)}$$

là où la distance radiale est indiquée comme

$$\rho = \frac{2(2a)}{\lambda} \quad \text{Equ(II.27)}$$

Pour les substrats épais, la réactance peut être significative et qui doit être pris en compte lors de l'adaptation d'impédance et pour déterminer la fréquence de résonance d'un élément chargé. [19]

II.7.Conclusion

Le concept des antennes microrubans a été introduit brièvement dans ce chapitre, les avantages, les inconvénients, les techniques d'alimentation ont été énumérées et quelques techniques améliorant les performances de ce type d'antennes ont été rapportées. Les principales méthodes d'analyses analytiques.

Chapitre III :
conception et simulation
d'une antenne microruban
circulaire

III.1. Introduction

La phase de conception d'une antenne, à l'aide d'un logiciel adapté est une étape incontournable dans un souci de gain de temps et d'optimisation de structure aux paramètres désirés. La conception permet également de prendre en compte les paramètres diélectriques et conducteurs des matériaux bas coût choisis, qui ne sont pas parfaits, et de nous permet de rapprocher des futures antennes réalisées. Pour cela, nous avons choisi un outil de simulation électromagnétique HFSS qui étudie et simule des structures complexes en trois dimensions, il est exploité notamment pour calculer les paramètres S, les fréquences de résonances ainsi que les champs électromagnétiques et la visualisation du diagramme de rayonnement en 3D.

Nous développerons dans ce chapitre la phase de conception en présentant la structure de l'antenne réalisés ainsi les résultats de simulation pour des antennes à seul patch rayonnant de forme circulaire alimenté par deux méthode : par câble coaxiale et par ligne microruban.

III.2. Logiciel HFSS (High Frequency Structure Simulator)

HFSS est un logiciel de simulation électromagnétique qui étudie des structures complexes en trois dimensions en simulant ces structures et en proposant des visualisations claires des résultats en 2D et en 3D.

HFSS est utilisé essentiellement pour les expérimentations et les études de systèmes fonctionnant en hautes fréquences, il est exploité notamment pour calculer les paramètres S, les fréquences de résonances ainsi que les champs électromagnétiques.

En utilisant les équations de Maxwell, le HFSS divise les structures géométriques complexes en des formes géométriques plus simples, précisément des tétraèdres sur lesquels le calcul mathématique sera plus faisable, d'où on commence à parler de la convergence qui est la persistance des résultats obtenus. Le logiciel présenté ici utilise la méthode des éléments finis. [20]

Et qu'on a des avantages, des inconvénients se présentent pour ce logiciel, et qui résident dans les points suivants :

- Complexité de travail et de création des structures ayant des larges détails de conception.

- La nécessité d'avoir maîtrisé l'utilisation du logiciel, avant d'aborder le projet, parce qu'on est obligé de se servir des opérations booléennes parfois, pour dessiner des surfaces ou formes n'ayant pas une forme géométrique bien définie. En plus on doit faire attention aux frontières (Boundaries), il ne faut pas avoir des conflits entre une surface de radiation par exemple et une surface conductrice.
- La simulation pourra prendre une durée de plusieurs heures jusqu'aux plusieurs jours parfois, surtout si le projet à simuler est d'un volume relativement grand, et présente beaucoup de détails. [21]

III.2.1. Description des modules à réaliser

Comme une première approche les dimensions du patch, vont être calculées en fonction des caractéristiques du substrat (permittivité relative ϵ_r , l'épaisseur h) et le choix de la fréquence de résonance. L'alimentation sera faite à l'intermédiaire d'une ligne coaxiale et une ligne micro-ruban. L'épaisseur du substrat doit être suffisante pour implanter la sonde [22]. Les extrémités du diélectrique doivent être éloignées de au moins $\lambda/2\pi$ à partir de l'antenne, alors l'espacement du plan de masse situé au fond du diélectrique est inclus. Pour le choix de l'épaisseur du substrat, une bonne épaisseur favorise l'extension des champs alors la radiation vers l'extérieur. [23]

Pour le choix du type de matériau bien que le RT-DUROID ayant une permittivité de 2.2 est plus performant mais il est plus couteux que le FR4-EPOXY qui va être notre choix car il présente un bon rapport Prix/Qualité et sa permittivité étant 4.4 ce qui est parfait, pour le rayon du cylindre de masse et de la sonde d'alimentation pour le coaxial ils seront affectés respectivement les valeurs, 0.16mm et 0.07mm afin d'avoir une impédance d'entrée de 50 Ohms. L'alimentation du coaxial s'assure par un (Wave Port), simulant une source d'ondes d'excitation.

III.2.2. Définition des frontières (Boundaries)

l'antenne et les plans du coaxial et le plan de masse seront désignés comme des conducteurs, Perfect E qui se traduit par l'affectation d'un champ électrique normal à ses plans simulant un bon conducteur électrique, pour les plans tout autour du substrat et les plans de la boîte de l'air au dessus de l'antenne sauf le plan confondu avec la structure rayonnante , ils seront définis comme surface de radiation Assign Boundary ➔ Radiation , pour que le

logiciel les traite comme des extrémités de propagation de l'énergie magnétique vers l'extérieur on note que 2 frontières définies d'une manière différente ne doivent pas entrer en collision, ou être confondus.

III.3. Cahier de charge

On se propose de réaliser deux conceptions d'une antenne imprimée à polarisation circulaire, à la fréquence 2.45 GHz. Le travail de ce projet consiste à faire une étude de l'effet des paramètres géométriques (type de substrat) et le type d'alimentation sur les caractéristiques des antennes (le coefficient de réflexion, la fréquence de résonance et le gain). L'objectif essentiel serait de garantir la fréquence de résonance entre 2.45 et 2,5 GHz avec la meilleure adaptation possible et un gain élevé.

Les substrats choisis sont :

- Le Duroid 5880 de permittivité relative $\epsilon_r=2.2$; pour ce substrat et d'épaisseurs :
 $h= 1.575$ mm, $f =2.45$ GHz.
- L'époxy –FR4 de permittivité relative $\epsilon_r=4.4$ et d'épaisseur $h=1.575$ mm,
 $f =2.45$ GHz.

III.4. Simulation et optimisation d'une antenne circulaire

III.4.1. Calcul des paramètres géométriques de l'antenne

Etant donné un substrat (Duroid et Epoxy FR4) et une fréquence d'utilisation ($f=2.45$ GHz), on a calculé les dimensions de l'antenne patch circulaire en utilisant les équations du chapitre 2 à l'aide du logiciel Matlab (tableau III.1). Il y a principalement 3 étapes :

1. Calcul de F paramètre pour faciliter les calculs (équation II.5b).
2. Calcul de a rayon physique de l'antenne (équation II.5a).
3. Calcul de a_e rayon effectif de l'antenne (équation II.6).

Substrats	ϵ_r	h (mm)	Paramètre F	Rayon physique (a) et effectif a_e (mm)	a_e ajustées (mm)
Duroid 5880	2.2	1.575	2.4191	$a = 19.528$ $a_e = 24.752$	$a_e = 24.0509$
Epoxy-FR4	4.4	1.575	1.7106	$a = 14.852$ $a_e = 17.269$	$a_e = 16.77$

Tableau III.1 : Paramètres géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur le Duroid 5880 et Epoxy-FR4.

III.4.2 L'influence du type de substrat sur les caractéristiques de l'antenne

Dans cette section, on va étudier l'effet du type du substrat sur les performances des antennes. A partir des valeurs calculées précédemment, on fait une simulation électromagnétique à l'aide de logiciel HFSS dans une bande de fréquence 1.225 GHz-3.675 GHz.

Substrat	ϵ	h(mm)	$f_{\text{désirée}}$ (GHZ)	a_e (mm)	S_{11} (dB)	$f_{\text{trouvée}}$ (GHZ)	Plan de masse (mm ²)
Duroid 5880	2.2	1.575	2.45	24.05	-16.1072	2.4069	34x34
Epoxy-FR4	4.4	1.575	2.45	16.77	-12.3014	2.4562	43.3 ×43.3

Tableau III.2 : Comparaison géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur Duroid 5880 et Epoxy-FR4.

D'après le tableau III.2, on remarque que le substrat Duroid 5880 de faible permittivité a donné de bon résultats surtout au niveau du coefficient de réflexion à la fréquence 2.4 GHz par rapport au substrat l'époxy FR4 qui garantit la fréquence de résonance désirée mais l'adaptation est insuffisante.

III.5. Les résultats de simulation pour le substrat Duroid 5880

Dans cette partie, on a conçu et simulé des conceptions sur le substrat Duroid 5880 en utilisant deux types d'alimentation (par câble coaxial et ligne microruban) dans le but

d'améliorer l'adaptation de l'antenne et augmenter le gain. On présente les résultats de simulation pour l'épaisseur: $h=1.575$ mm.

III.5.1. Alimentation du patch par une sonde coaxiale

Le tableau III.3 regroupe les dimensions de l'antenne, le coefficient de réflexion et la fréquence résonance. Les paramètres caractéristiques de l'antenne (coefficient de réflexion, diagramme de rayonnement) sont présentés dans les figures III.1-III.6

Substrat	ϵ	h (mm)	f_r désire (GHZ)	a_e (mm)	S_{11} (dB)	f_r trouve (GHZ)	Gain (dB)	Plan de masse (mm ²)
Duroid 5880	2.2	1.575	2.45	24.05	-16.1072	2.4069	7.27	34x34

Tableau III.3. Paramètres géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur Duroid 5880 pour $h=1.575$ mm.

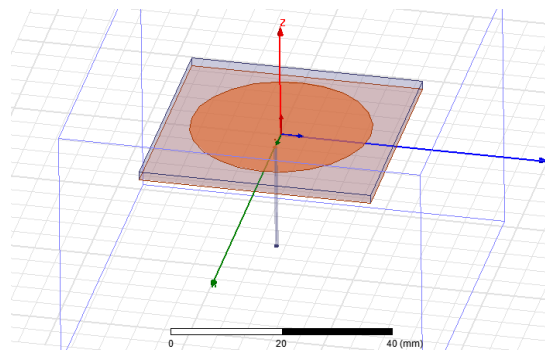


Figure III.1. La géométrie de l'antenne circulaire Duroid 5880 en 3D alimentée par une ligne coaxiale.

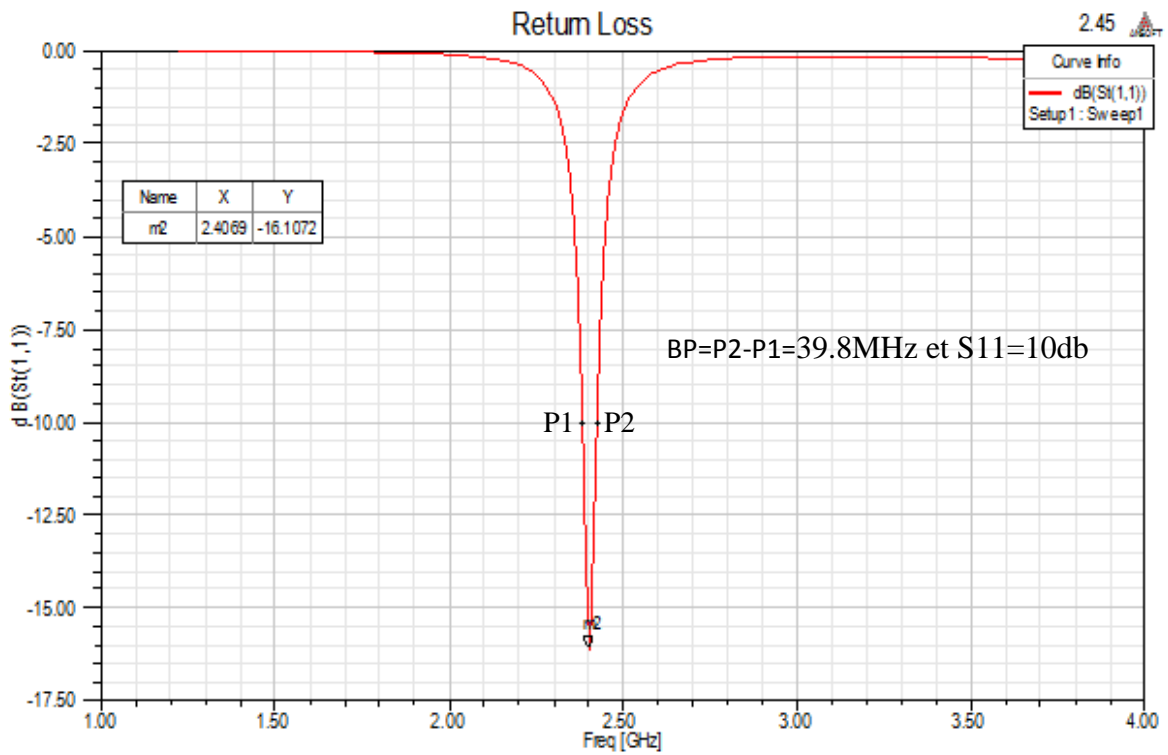


Figure III.2. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

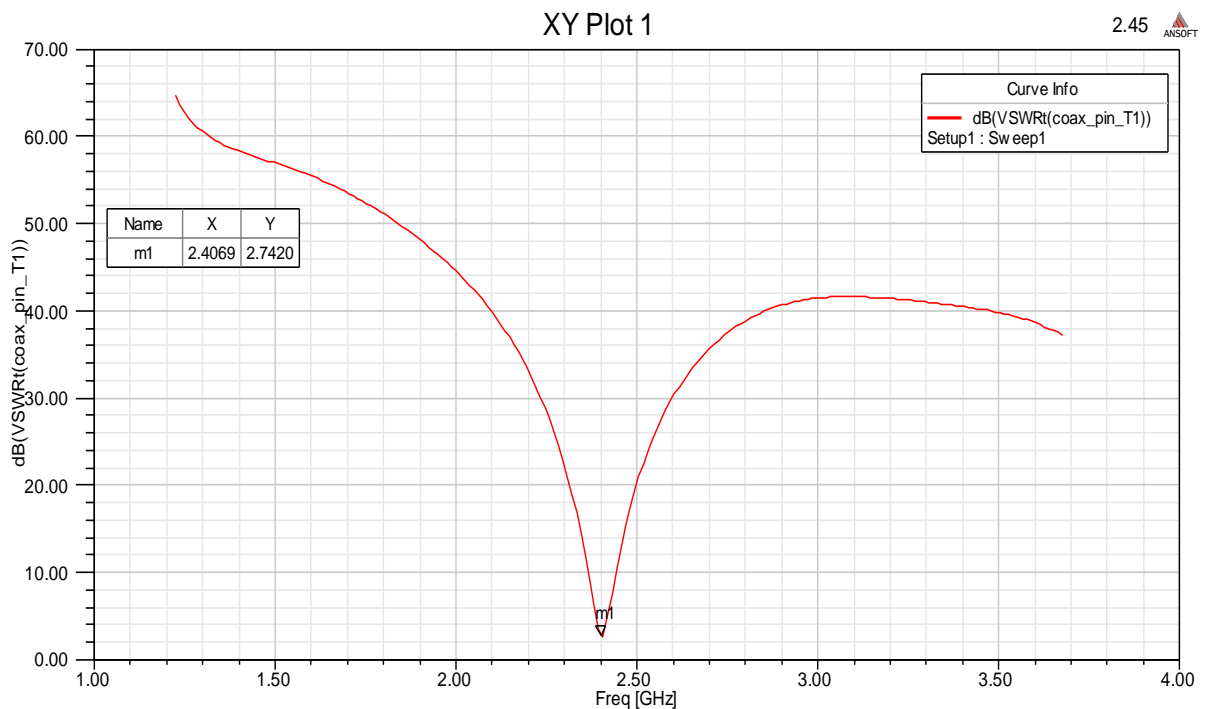


Figure III.3. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

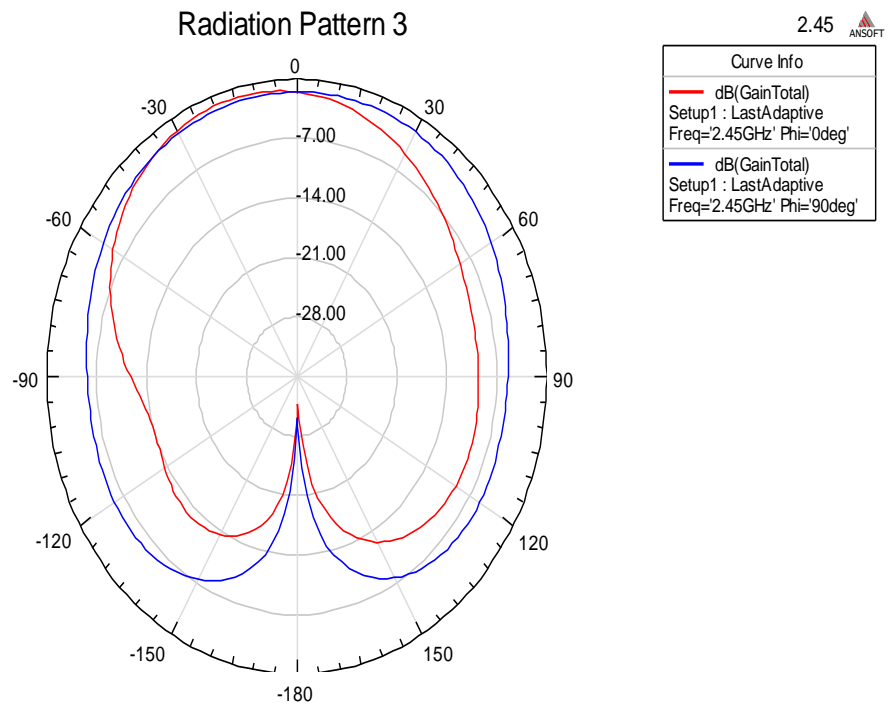


Figure III.4. Diagramme de rayonnement du gain.

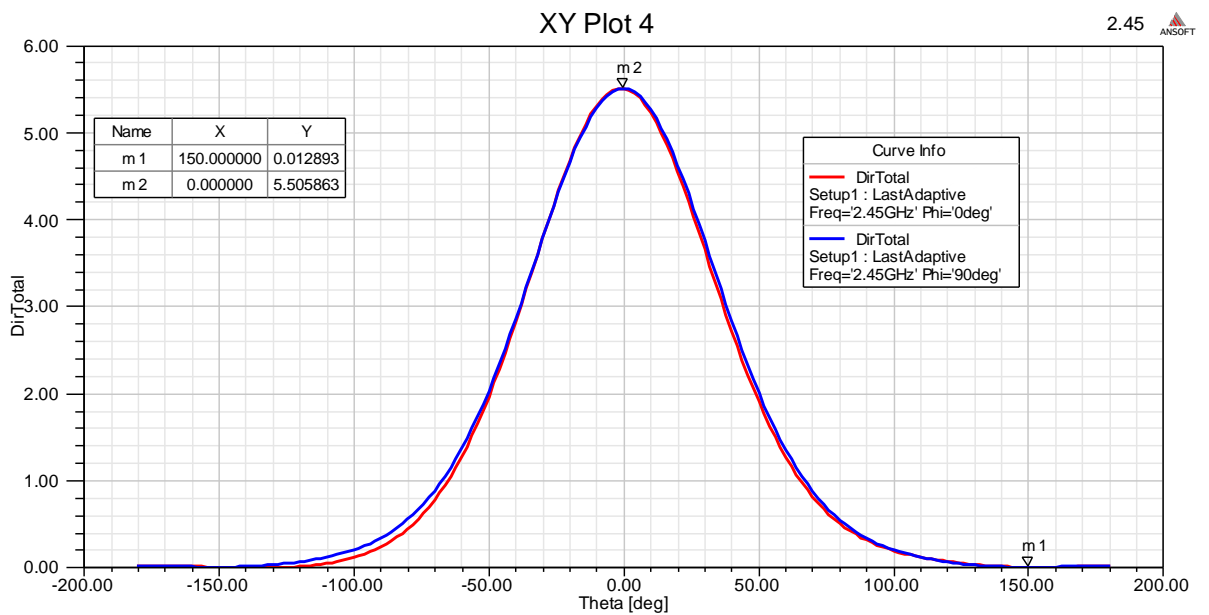
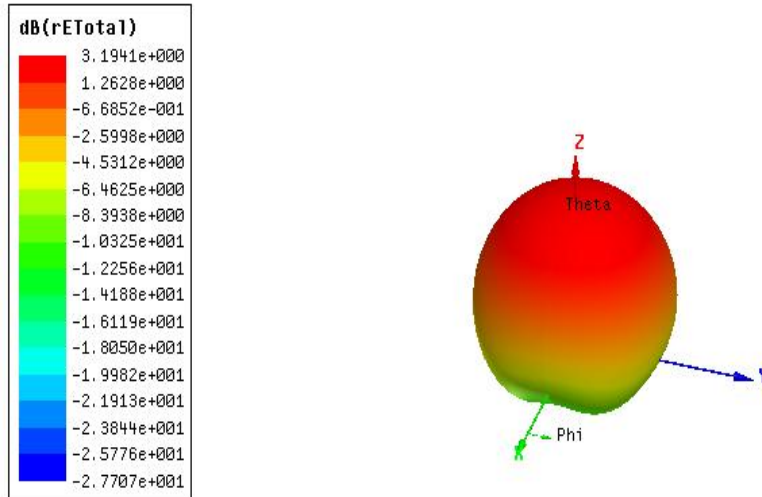
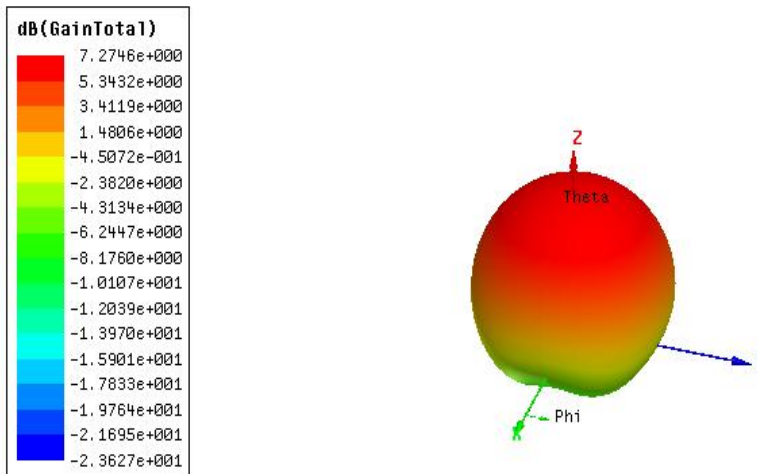


Figure III.5. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.



(a)



(b)

Figure III.6. Diagramme de rayonnement 3D : **(a)** du champ électrique, **(b)** : du gain.

III.5.2. Alimentation du patch par une ligne microruban

Les paramètres géométriques et caractéristiques du patch alimenté par une ligne micro ruban sont présentés dans le tableau III.4 et les figures III.7-III.12 respectivement.

Substrat	ϵ_r	h (mm)	f_r désire (GHZ)	a_e (mm)	S_{11} (dB)	f r trouve	Plan de Masse (mm^2)	Gain (dB)
Duroid5880	2.2	1.575	2.45	24.2	-2.2509	2.4315	83.1x 83.1	7.67

Tableau III.4. Paramètres de l'antenne circulaire Duroid 5880 excitée par une ligne de transmission microruban pour h=1.575mm.

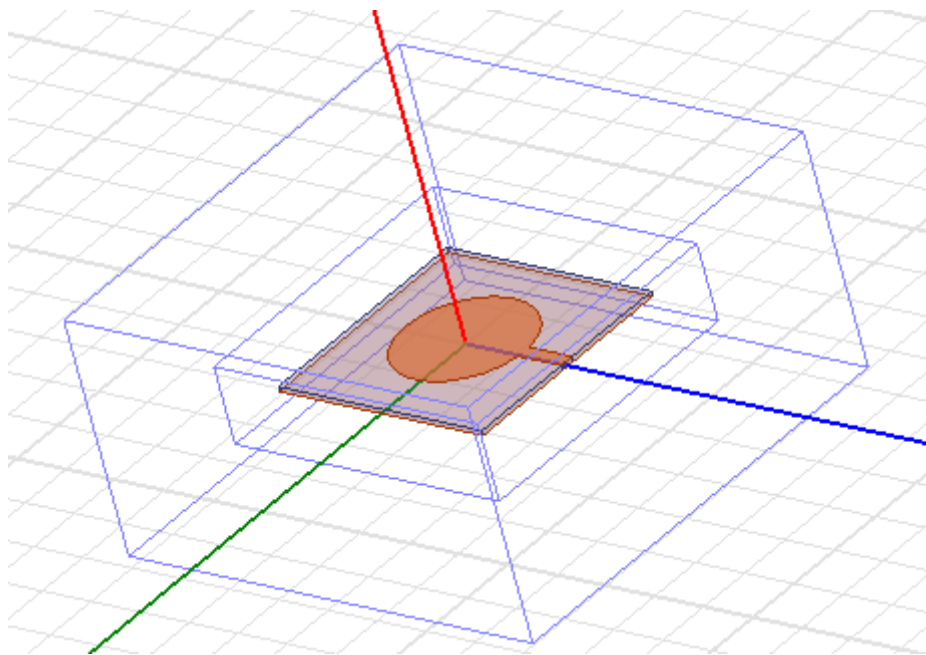


Figure III.7. La géométrie de l'antenne circulaire sur le Duroid 5880 en 3D alimentée par une ligne microruban.

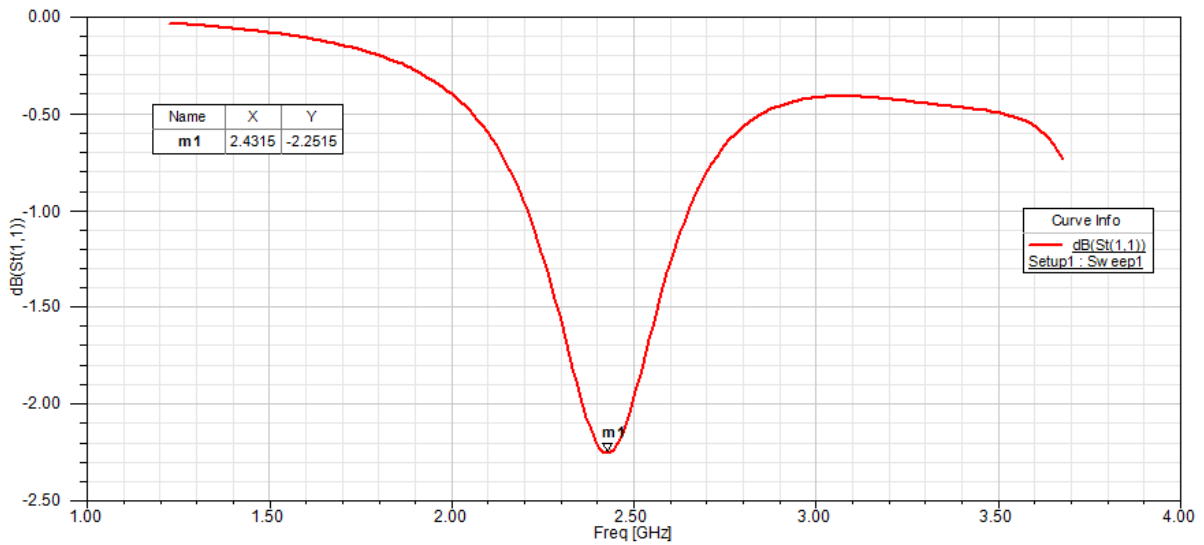


Figure III.8. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

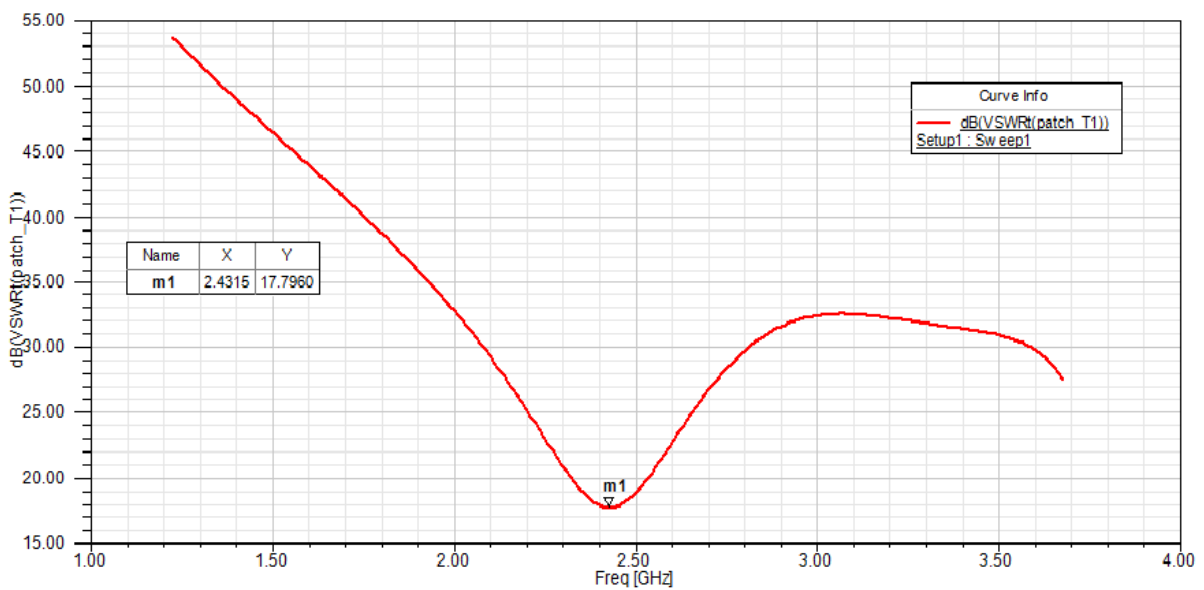


Figure III.9. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

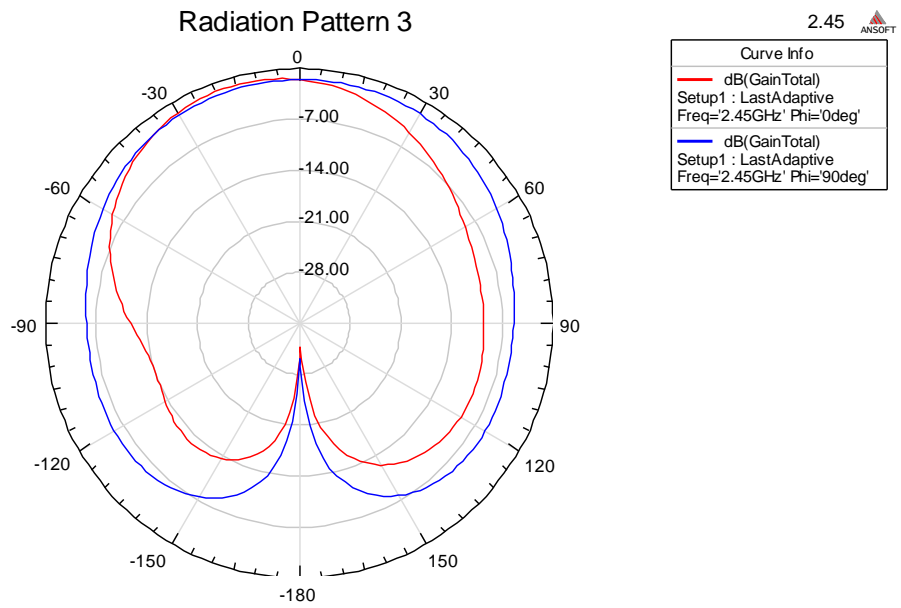


Figure III.10. Diagramme de rayonnement du gain.

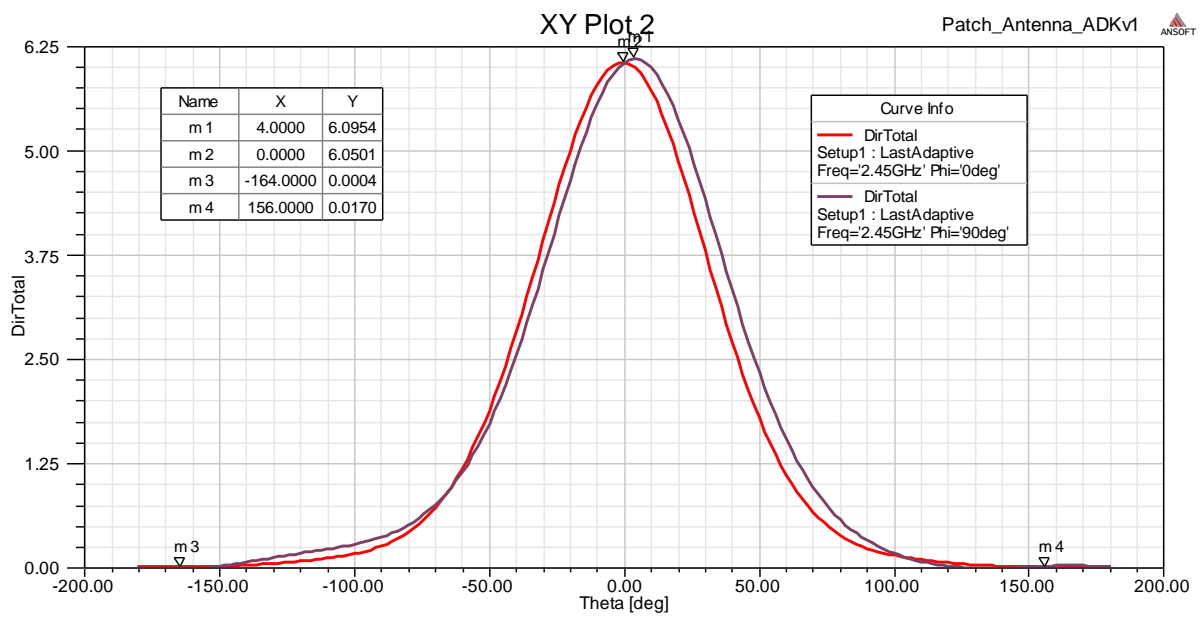


Figure III.11. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.

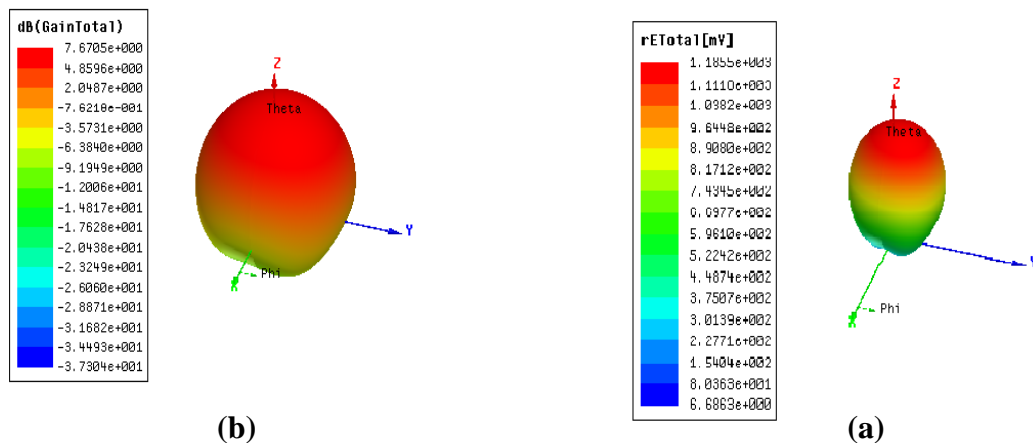


Figure III.12. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

III .5.3 L'adaptation d'impédance de l'antenne

Les antennes microbandes ont employé une ligne d'alimentation microruban ou une alimentation coaxiale via une sonde, l'adaptation est souvent nécessaire entre la ligne d'excitation et l'antenne, cela peut être assuré par un choix convenable de la position de la ligne d'excitation sur la plaque. L'alimentation peut se faire par connexion directe avec une ligne microbande dont le point de jonction est sur l'axe de symétrie de l'élément, ou d'écalé par rapport à cet axe de symétrie, ou l'utilisation des encoches. Ce dernier permet une meilleure adaptation d'impédance et donne de bons résultats.

L'objectif essentiel serait de garantir l'émission ou la réception aux fréquences désirée avec la meilleure adaptation possible ($S_{11} < -10$ dB). Pour adapter l'antenne, on a utilisé des encoches, il suffit de modifier la géométrie du patch en utilisant les potentialités de HFSS (Figure III.13).

Au cours de ce travail, on remarque d'après la simulation de l'antenne conçue en utilisant l'alimentation par ligne microruban (dans la section III.5.2) que l'adaptation est mauvaises $S_{11} = -2.25$ dB. Pour adapter notre antenne, on a réalisé des encoches, on a obtenu une adaptation de -17.24 dB ; on est bien adapté mais on n'a pas une bande passante suffisante (44 dB) (Figure III.14).

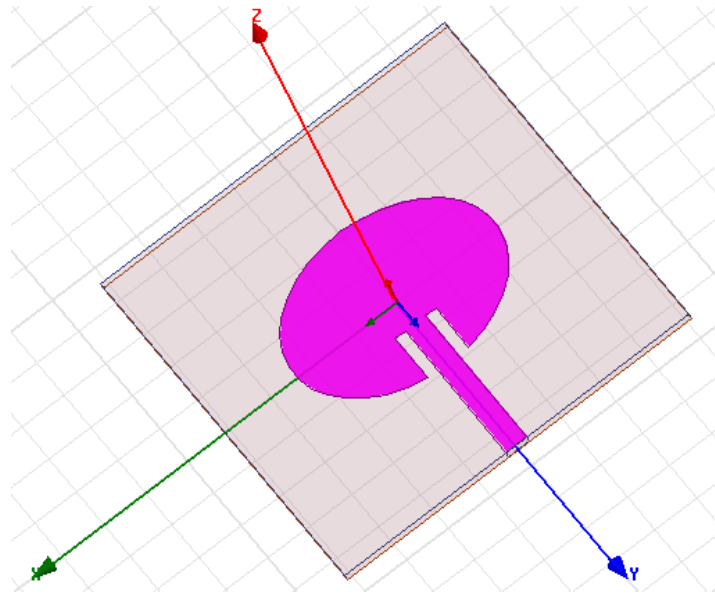


Figure III.13. La géométrie de l'antenne circulaire avec des encoches sur le Duroid 5880 en 3D alimentée par une ligne microruban.

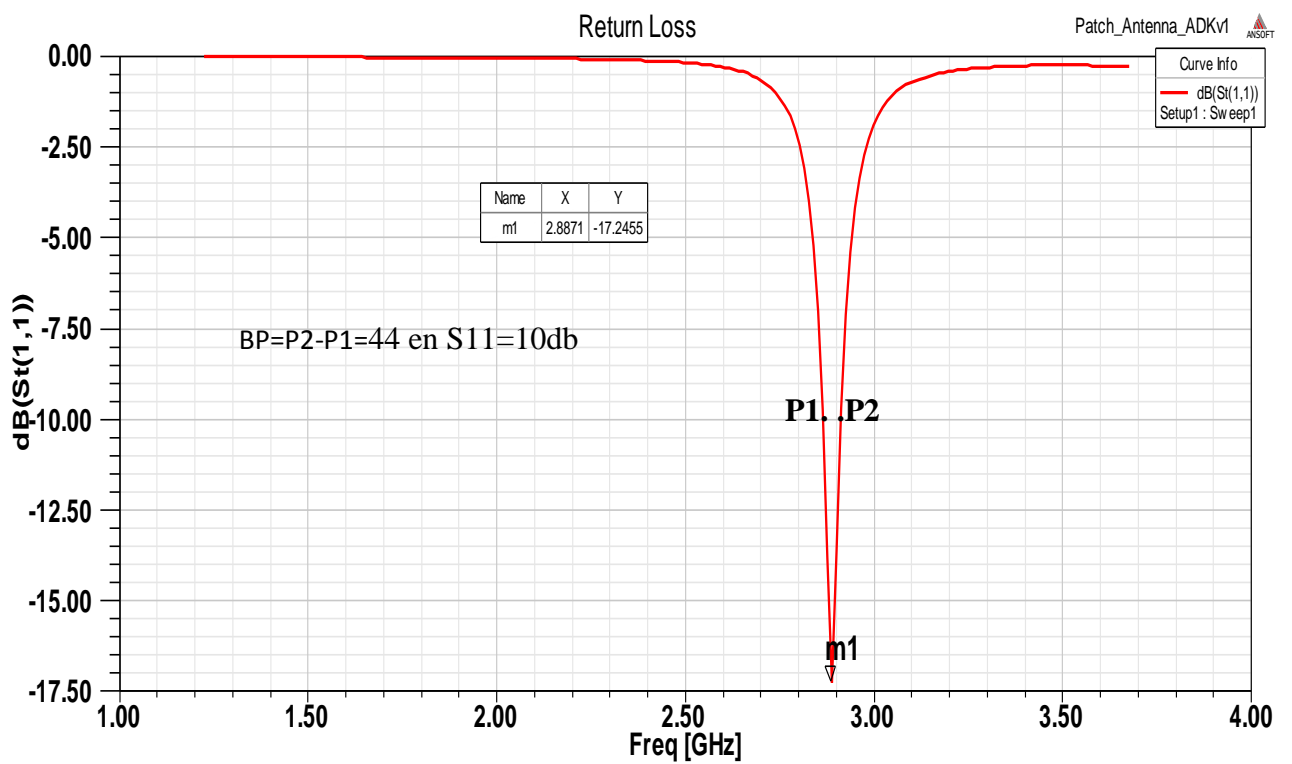


Figure III.14. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence de l'antenne adaptée avec des encoches

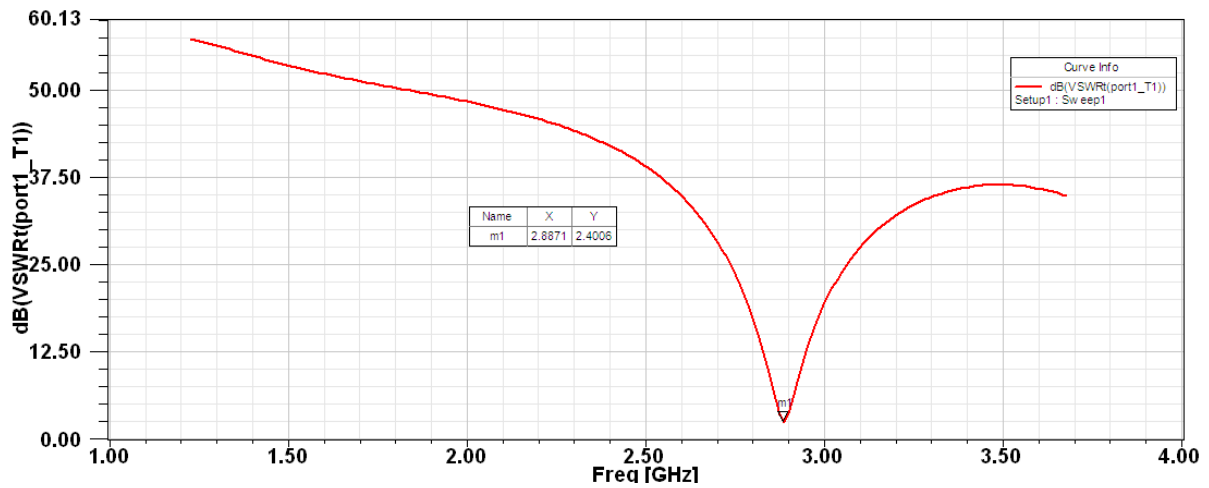


Figure III.15. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

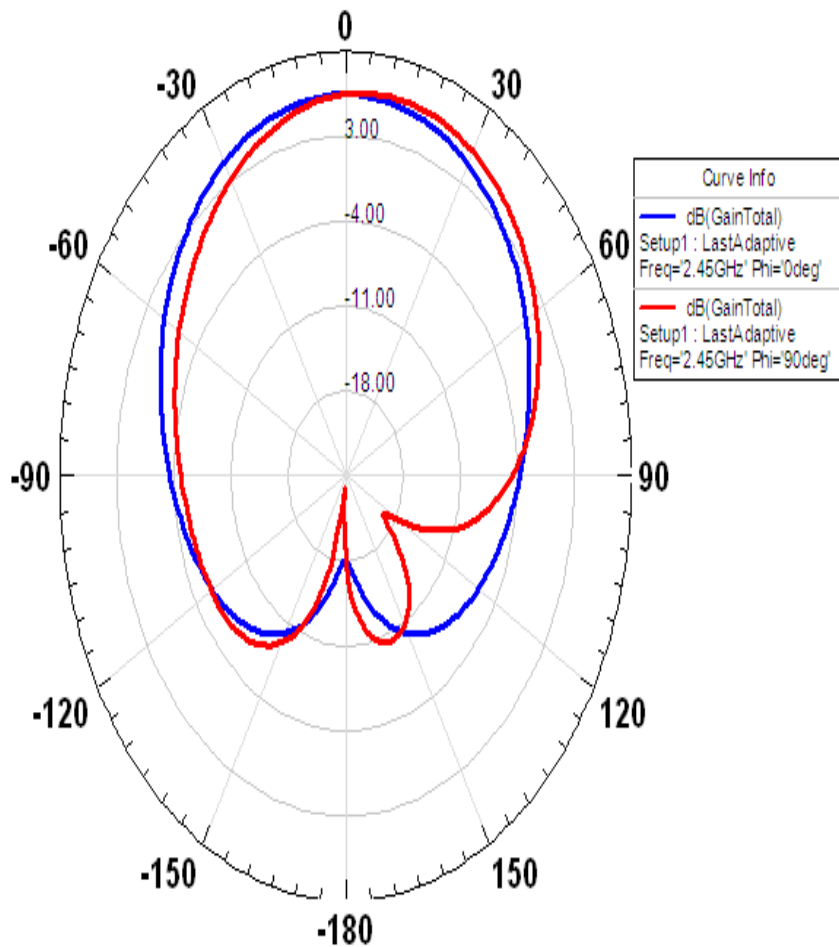


Figure III.16. Diagramme de rayonnement du gain.

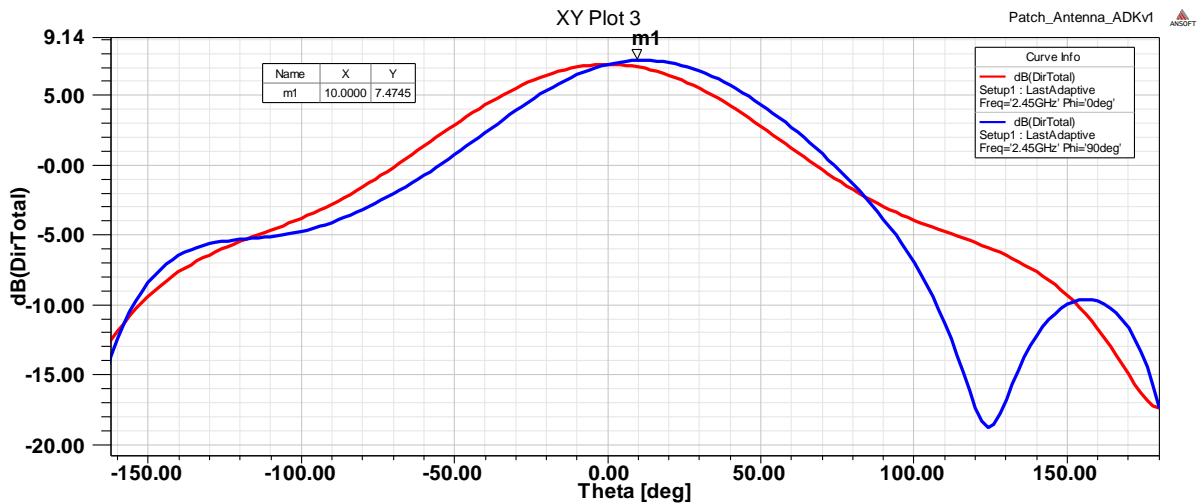


Figure III.17. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.

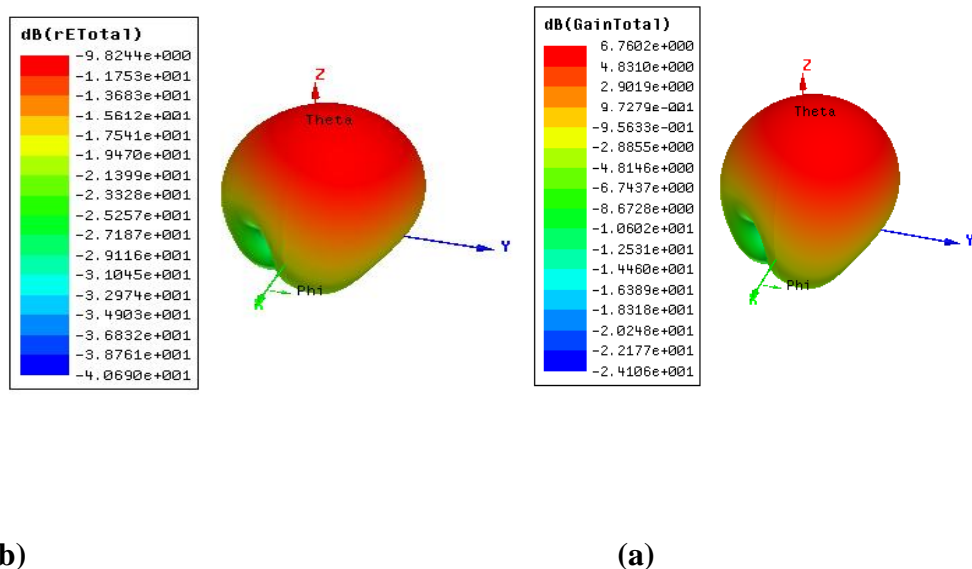


Figure III.18. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

III.6. Les résultats de simulation pour le substrat l'époxy –FR4

On présente les résultats de simulation d'un patch, réalisé sur le substrat L'époxy – FR4 ayant l'épaisseur 1.575 mm alimentés par câble coaxiale.

III.6.1. Alimentation par une sonde coaxiale

Le tableau III.5 regroupe les dimensions de l'antenne, le coefficient de réflexion et la fréquence de résonance. Les paramètres caractéristiques de l'antenne (coefficient de réflexion, diagramme de rayonnement) son présentés dans les figures III.19-III.24

Chapitre III : Conception et simulation des antennes microruban circulaire

Substrat	ϵ_r	h (mm)	f_r désire (GHZ)	a_e (mm)	S_{11} (DB)	f r trouve(GHz)	Gain (dB)	Plan de masse (mm ²)
L'epoxy FR4	4.4	1.575	2.45	16.77	-12.3014	2.4562	3.11	43.3x43.3

Tableau III.5. Paramètres géométriques de l'antenne circulaire réalisée sur L'epoxy –FR4 pour h=1.575 mm.

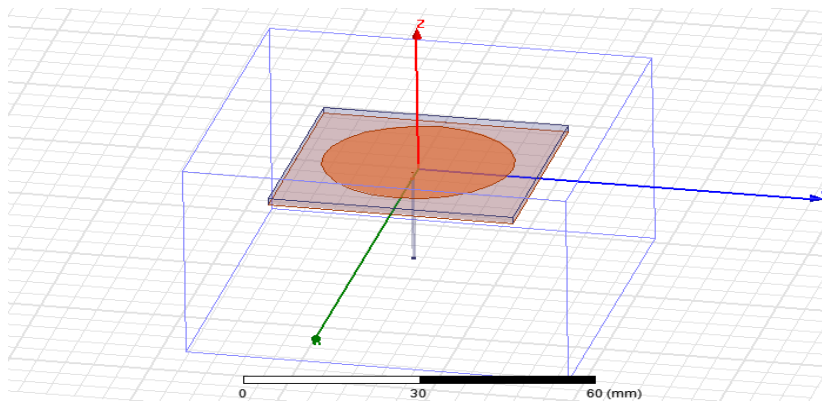


Figure III.19. La géométrie de l'antenne circulaire sur L'epoxy –FR4 en 3D alimentée par une sonde coaxiale.

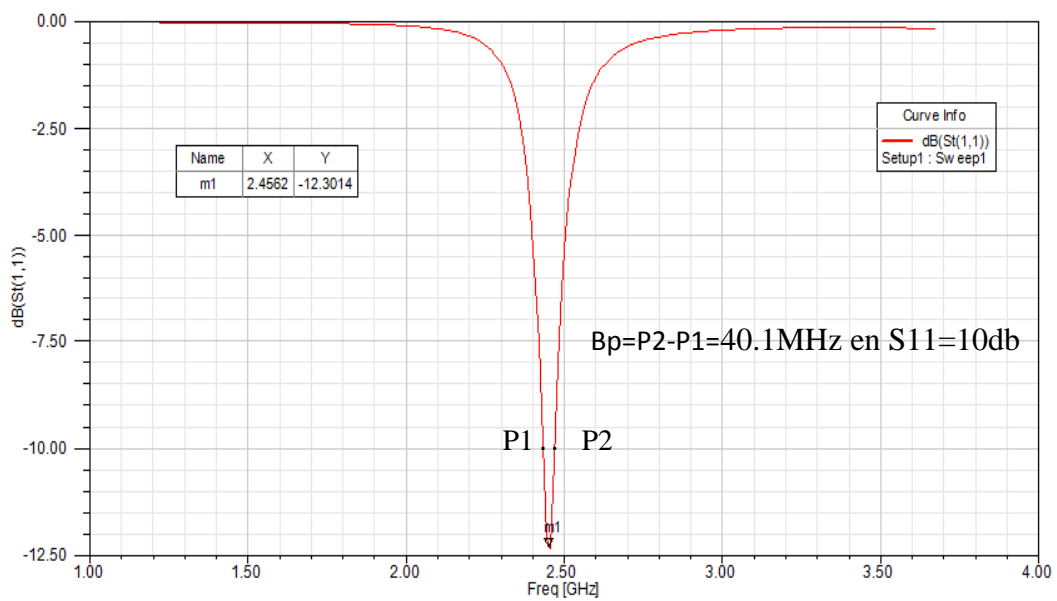


Figure III.20. Le coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

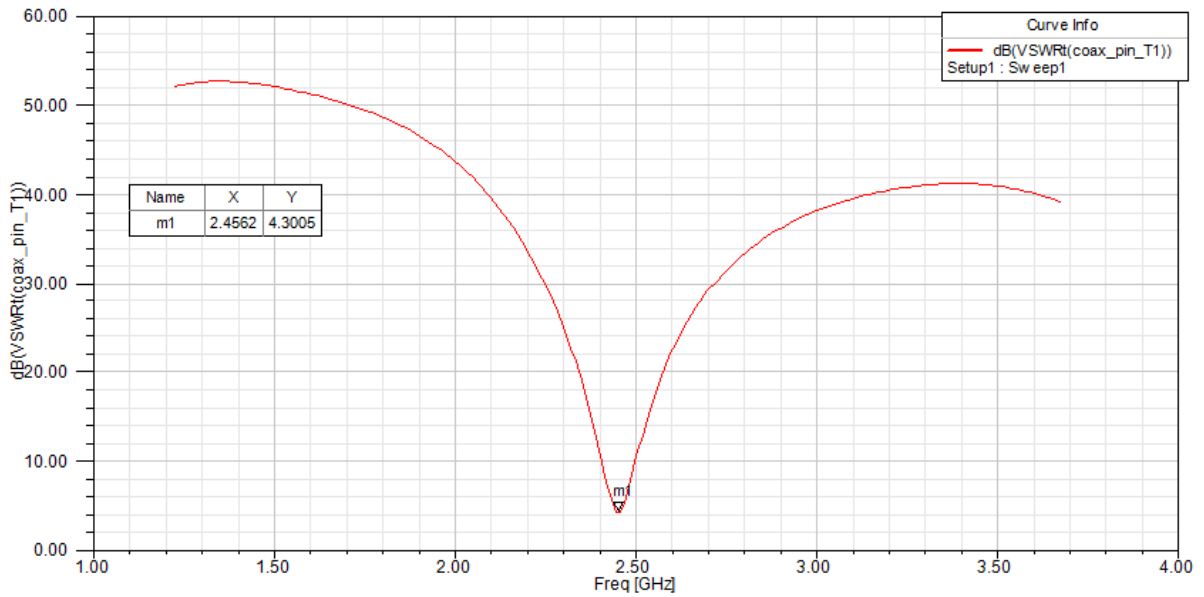


Figure III.21. Résultat du VSWR (taux d'onde stationnaire).

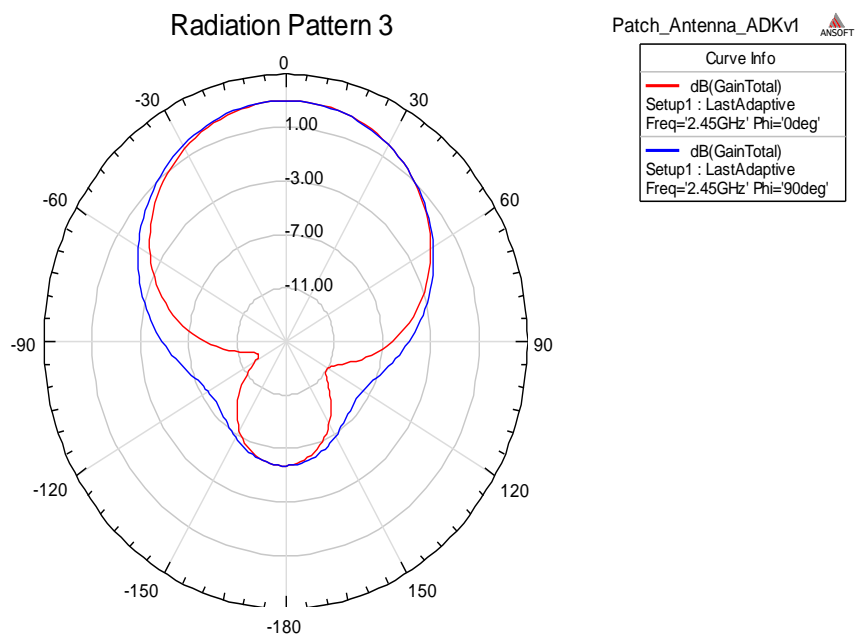


Figure III.22. Diagramme de rayonnement du gain.

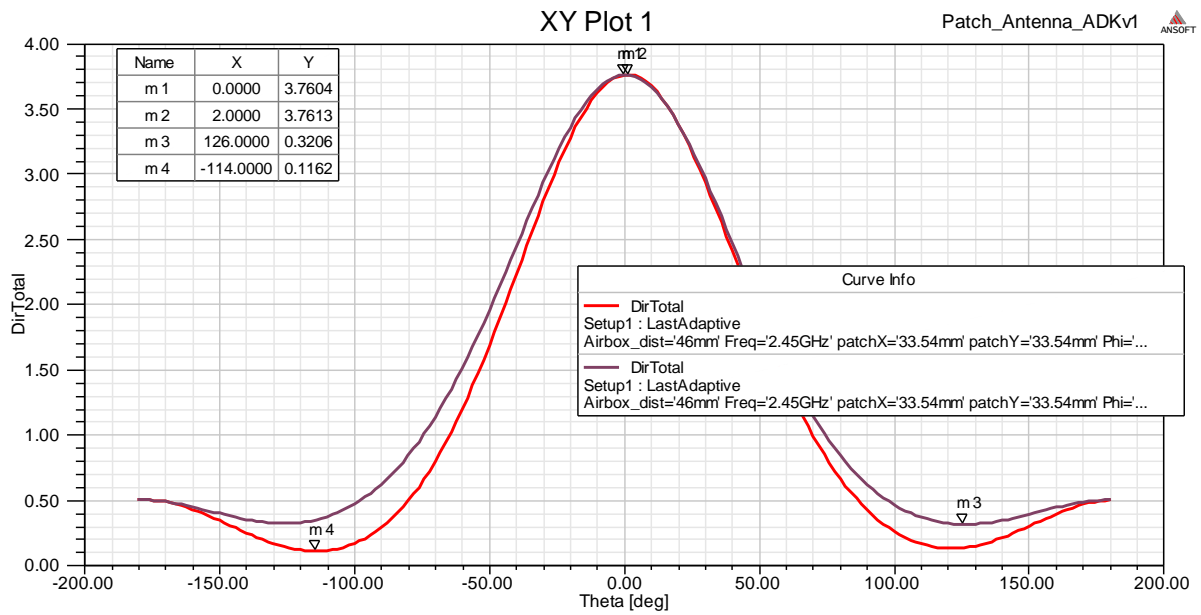
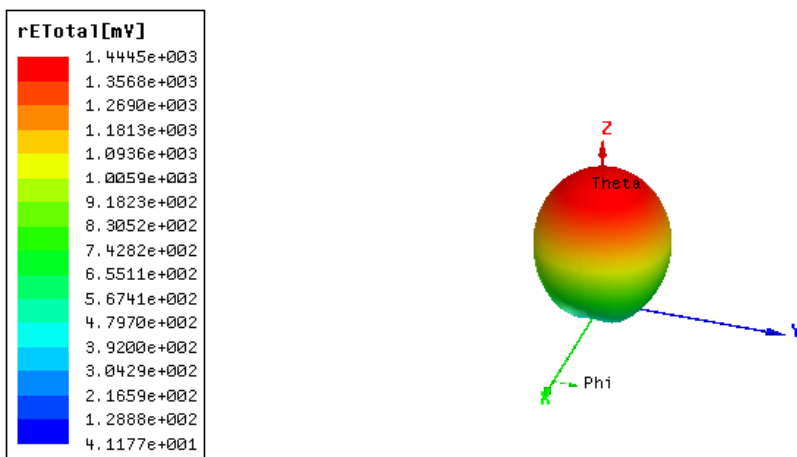
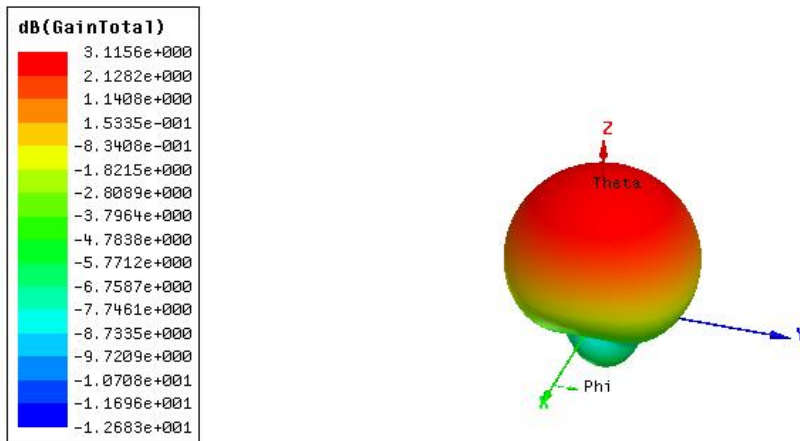


Figure III.23. Diagramme de rayonnement de la directivité totale.



(a)



(b)

Figure III.24. Diagramme de rayonnement 3D : (a) du champ électrique, (b) : du gain.

III.7. Discussion et interprétation des résultats

Les résultats de l'antenne simulée sur le substrat Duroid 5880 présentent un bon coefficient de réflexion et un gain satisfaisant par rapport au substrat Epoxy FR4. Le rayonnement est moins important pour les constants diélectriques élevés.

Le Duroid 5880 est un meilleur substrat pour la réalisation des antennes microruban

Le paramètre S est un plus important coefficient pour conception des antennes imprimées parce qu'il agit comme une perturbation de transmission de données.

D'après le tableau III.6 et les résultats présentés dans les sections III.5 et III.6 et pour un patch, les résultats pour l'épaisseur $h=1.575\text{mm}$ donne une bonne adaptation $S_{11}=-$

16.1072dB à une fréquence de résonance proche de la fréquence souhaitée qui est de l'ordre de 2.45GHz , cette différence de fréquence entre celle de résonance et de simulation est due à la structure géométrique et les paramètres typiques qu'on a utilisé pour la conception. La bande passante à -10 dB est de 10 MHz autour de la fréquence de résonance (2.45 GHz) et une bande passante de 39.8MHz dans l'intervalle 2.3844 GHz 2.4235 GHz .

Chapitre III : Conception et simulation des antennes microruban circulaire

Le diagramme de rayonnement d'une antenne permet de visualiser les lobes dans deux ou trois dimensions, dans le plan horizontal ($\phi=0^\circ$ ou dans le plan vertical ($\phi=90^\circ$) incluant le lobe le plus important.

En observant les diagrammes de rayonnement 3D, on peut constater que la plupart du rayonnement va dans la direction Z. Dans le champ rouge haut, la valeur maximale du rayonnement total est 3,36V.

Les antennes simulés dans ce travail sont directives, ils ont un gain important, le gain maximal atteint est de l'ordre 7.3 dB à l'angle $\theta=0^\circ$.

Les résultats des antennes alimentées par câble coaxial sont satisfaisants par rapport à celles alimenté par ligne microruban, l'inconvénient de l'alimentation par câble coaxiale est qu'elle fournit une bande passante étroite. Les résultats du VSWR sont satisfaisants.

	L'épaisseur du substrat (h (mm))	Fr trouve (GHZ)	S ₁₁ (dB)	G _{maximal} (dB)	VSWR	directivité totale	Bande passante [MHz]	Type de substrat
Alimentation par ligne microruban	h=1.575	2.88	-17.25	7.67	1	7.47	44	Duroid5880
Alimentation par câble coaxiale	h=1.575	2.47	-16.11	7.27	1	5.50	39.8	
Alimentation par câble coaxiale	h=1.575	2.46	-12.30	3.11	1	3.76	40.1	L'époxy – FR4.

Tableau III.6. Les paramètres caractéristiques de patch sur le substrat Duroid5880 et L'époxy –FR4.

III.8. Conclusion

Ce chapitre est une représentation de la conception et la simulation d'une antenne microruban de forme circulaire par le logiciel de la simulation HFSS.

À la fin, Nous concluons que le type du substrat, son épaisseur, le choix du type d'alimentation, la position de la ligne d'alimentation (soit le câble coaxial, soit la ligne microruban) influent considérablement sur les performances de l'antenne (gain, coefficient de réflexion, bande passante et le rayonnement).

Conclusion général

Conclusion générale

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. Parmi les applications de ce domaine qui ont attiré plus d'attentions- sont les antennes. Elles sont des éléments indispensables pour assurer une opération d'émission ou de réception des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère terrestre ou dans l'espace. Elles sont présentées dans tous les systèmes de communication sans fil.

L'objectif de ce travail est la conception d'une antenne patch de forme circulaire permettant d'émettre ou de recevoir à une seule fréquence 2.45GHz.

Pour ce faire, on a utilisé un logiciel de simulation électromagnétique 3D HFSS (High Frequency Structure Simulator) qui est un outil performant à onde électromagnétique (EM) commercial qui fait la simulation du champ d'un modèle arbitraires en 3D. Il intègre la simulation, visualisation, modélisation des solides, et l'automatisation dans un environnement facile à utiliser où les solutions des problèmes EM 3D sont obtenus rapidement et avec précision. HFSS emploie la méthode des éléments finis (FEM) pour la résolution des équations de Maxwell.

A travers de ce mémoire, nous nous sommes attachés à modéliser et concevoir des antennes microruban pour différents systèmes de communication sans fils.

Nous avons simulé sous HFSS deux antennes microrubans de forme circulaire : Une antenne imprimé sur le substrat Duroid 5880 de faible permittivité relative $\epsilon_r=2.2$, l'autre sur l'Epoxy-FR4 dont la permittivité relative $\epsilon_r=4.4$, d'épaisseur 1.575 mm à bande étroite qui résonnent à 2.45 GHz

Dans cette étude, l'épaisseur du patch et le plan de masse sont considérée comme étant nulle.

Les résultats obtenus sont satisfaisants et vérifient complètement et parfaitement le cahier de charge, toutes les caractéristiques de l'antenne (coefficients de réflexion, le gain et le rayonnement) obéissent au cahier de charge. Le seul défaut et l'unique problème rencontré est le décalage de la fréquence résonance. Pour être plus exact, et s'approcher un peu de la valeur désirée, nous avons fait un ajustement de l'antenne en agrandissant ou en diminuant légèrement le rayon du patch.

On constate que le rayonnement est moins important pour les constants diélectriques élevés. Le Duroid5880 est le meilleur substrat pour la réalisation des antennes microruban.

Conclusion générale

Nous remarquons que le substrat DUROID 5880 a donné des bons résultats surtout au niveau du coefficient de réflexion et le gain mais la fréquence de résonance n'est pas centrée et par contre le substrat l'Epoxy -FR4 présente un coefficient de réflexion inférieur à 10 dB à la de fréquence de résonance désirée.

Les résultats des antennes alimentées par câble coaxial sont satisfaisants par rapport à celles alimentées par ligne microruban, l'inconvénient de l'alimentation par câble coaxiale est qu'elle fournit une bande passante étroite.

Dans les perspectives de ce travail, nous proposerons une conception d'un réseau d'antennes micro rubans à fente multi bandes alimenté par ouverture couplée ou couplage par proximité, des antennes compact fonctionnant dans la bandes millimétriques en utilisant d'autres forme géométrique (circulaire, annulaire, triangulaire, E, H,...), à l'aide d'autre logiciel électromagnétique 3D.

Bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hakim badis, étude et conception d'algorithmes pour les réseaux mobiles et ad hoc, doctorat de l'université paris-sud , spécialité : informatique
- [2] <http://www.commentcamarche.net>- Mars -Avril 2014
- [3] <http://www.cnetfrance.fr>
- [4] <http://www.wi-fi.org/>
- [5] <http://www.commentcamarche.net/contents/wifi/wifiintro.php3>
- [6] Fabrice LEMAINQUE, Tous sur les réseaux sans fils-imprimerie Nouvelle-45800 Saint-jean de Braye-imprimeur :428185 Z-Dépol legal :avril 2009
- [7] G . A. Deschamps, "Microstrip microwave antennas", Third USAF Symposium on antennas, USA, 1953.
- [8] C. A. Balanis, "Antenna theory: Analysis and design", Third edition, John Wiley & Sons, NY, 2005.
- [9] R. J. James and P. S. Hall, "Handbook of microstrip antennas", Peter Peregrinus, NY, 1989.(15)
- [10] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, "Microstrip antenna design handbook", Artech house, Boston, MA, 2001.
- [11] J. R. James, P. S. Hall and C. Wood, "Microstrip antenna: Theory and design", Peter Peregrinus, London, UK, 1981.
- [12] C.A. Balanis «Analysis Design, Third Edition» Copyright 2005 John Wiley & Sons, Inc. page 811
- [13] Antenne – Cours Universitaire Préparé par Dr Youssef DAHER Université Libanaise – Faculté de Génie – Branche 1

[14] De Recherche- **Rabih A Slim** Conception Antenne WIFI -Microruban - HFSS_Methodologie -Université Antonine Faculté des Ingénieurs en Télécommunications, Informatique

[15] :http://www.highfrequencyelectronics.com/Archives/Mar09/HFE0309_Tutorial.pdf

[16] Mme. Yamina tighil doctorat en sciences - tidentification des antennes micorubans multicouches par la methode spectrale et les reseaux de neurones-univesite ferhat abbas - setifufas(ALGERIE)

[17] Balanis C.A(1982) Handbook of Microstrip Antennas. John Wiley and Sons New York.

[18] Gonca, C. (2005) Design, Simulation and Tests of Low-cost Microstrip Patch Antenna Arrays for the Wireless Communication Turk J Elect Engin, 13 (1);
-Akande S. F. (2003) VHF/UHF Communications. A Postgraduate Course in the Department of Physics, University of Jos. Unpublished .

[19] Richards (1988),Microstrip Antennas Theory, Application and Design. Van Reinhold Co., New York.

[20] Ansoft HFSS 9.1 User Manual.pdf

[21] <http://membres.multimania.fr/aliouneba/pdf/partie2.pdf>, pp.6-7

[22] TP Simulation Hyperfréquence De la ligne microbande à l'antenne patch, DESS enOptoélectronique et Hyperfréquence, pp. 2, Université de Limoges ,Limoges, France.

Annexe

ANNEXE

Nom de la norme	Nom	Description
802.11a	Wifi5	La norme 802.11a (baptisé <i>WiFi 5</i>) permet d'obtenir un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels). La norme 802.11a spécifie 8 canaux radio dans la bande de fréquence des 5 GHz.
802.11b	Wifi	La norme 802.11b est la norme la plus répandue actuellement. Elle propose un débit théorique de 11 Mbps (6 Mbps réels) avec une portée pouvant aller jusqu'à 300 mètres dans un environnement dégagé. La plage de fréquence utilisée est la bande des 2.4 GHz, avec 3 canaux radio disponibles.
802.11c	Pontage 802.11 vers 802.1d	La norme 802.11c n'a pas d'intérêt pour le grand public. Il s'agit uniquement d'une modification de la

		norme 802.1d afin de pouvoir établir un pont avec les trames 802.11 (niveau <i>liaison de données</i>).
802.11e	Amélioration de la qualité de service	La norme 802.11e vise à donner des possibilités en matière de qualité de service au niveau de la couche <i>liaison de données</i> . Ainsi cette norme a pour but de définir les besoins des différents paquets en termes de bande passante et de délai de transmission de telle manière à permettre notamment une meilleure transmission de la voix et de la vidéo.
802.11f	Itinérance (roaming)	La norme 802.11f est une recommandation à l'intention des vendeurs de point d'accès pour une meilleure interopérabilité des produits. Elle propose le protocole <i>Inter-Access point roaming protocol</i> permettant à un utilisateur itinérant de changer de point d'accès de façon transparente lors d'un déplacement, quelles que soient les marques des points d'accès présentes dans

		l'infrastructure réseau. Cette possibilité est appelée <i>itinérance</i> (ou <i>roaming en anglais</i>)
802.11g		La norme 802.11g offre un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels) sur la bande de fréquence des 2.4 GHz. La norme 802.11g a une compatibilité ascendante avec la norme 802.11b, ce qui signifie que des matériels conformes à la norme 802.11g peuvent fonctionner en 802.11b
802.11h		La norme <i>802.11h</i> vise à rapprocher la norme 802.11 du standard Européen (HiperLAN 2, d'où le <i>h</i> de 802.11h) et être en conformité avec la réglementation européenne en matière de fréquence et d'économie d'énergie.
802.11i		La norme <i>802.11i</i> a pour but d'améliorer la sécurité des transmissions (gestion et distribution des clés, chiffrement et authentification). Cette norme s'appuie sur l'AES (<i>Advanced Encryption</i>

		<i>Standard</i>) et propose un chiffrement des communications pour les transmissions utilisant les technologies 802.11a, 802.11b et 802.11g.
802.11r		La norme <i>802.11r</i> a été élaborée de telle manière à utiliser des signaux infrarouges. Cette norme est désormais dépassée techniquement.
802.11j		La norme <i>802.11j</i> est à la réglementation japonaise ce que le 802.11h est à la réglementation européenne.

Les différentes normes WiFi.