

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سادح بلديا
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيات
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

En télécommunication

Spécialité : Systèmes des télécommunications

présenté par

Birane Mohamed amine & Ameer Ayoub

CONCEPTION D'ANTENNE MICRORUBAN POUR LES SYSTEMES DE COMMUNICATION MOBILE 5G.

Proposé par : Dr. TEMMAR Mohamed Nasreddine

Année Universitaire 2021-2022

REMERCIEMENT :

*Ce travail de recherche s'est déroulé au niveau de département de l'électronique de la faculté de technologie de l'université **SAAD DAHLEB BLIDA 1**.*

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos sincères remerciements et nos profondes reconnaissances à Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir et finir ce modeste travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier le meilleur promoteur qui a contribué jusqu'à la dernière seconde Dr. **TEMMAR Mohamed Nasreddine**, pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre recherche, ses avis éclairés et pour tout le savoir qu'il nous a transmis. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

A tous ceux qui m'ont aidé, Par une grande collaboration ou par une tendre parole.

Dédicace :

Je dédie cet événement marquant de ma vie :

- *À ma très chère mère et ma grand-mère, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à*

mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles, puisse dieu te protéger.

- *A **mon très cher père**, Qui était et est toujours un bon modèle et un premier soutien pour moi dans cette vie, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit puisse dieu te protéger.*
- *À **mes très chers frères et sœurs**, Puisse dieu vous donne santé, bonheur, et réussite.*

*Et à tous ceux qui ont contribué (**Mahfoud et Hichem et Mohamed**) de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je Vous dis merci.*

BIRANE Mohamed amine.

Dédicace :

Je dédie ce travail à toute la famille « AMEUR »

- ❖ ***A l'âme de mon cher papa**, j'aurais aimé qu'il soit avec moi dans un moment aussi important dans ma vie.*
- ❖ ***Aucune dédicace très chère maman**, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments qui j'éprouve pour vous, vos sacrifices innombrables et votre dévouement firent pour moi un encouragement. Vous guetté mes pas, et m'avez couvé de tendresse, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois*

attention renouvelée. Puisse dieu, tous puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

- ❖ *À mon petit frère « Mouad » et mes chers sœurs Pour votre soutien et votre amour inconditionnel.*
- ❖ *A mes amis sans exception et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

Je vous remercie infiniment.

AMEUR ayoub

ABSTRACT :

5G communication technology is considered as a revolution in the wireless communication industry, as today's smartphones demand extremely high bandwidth. This rapid development motivates researchers to advance communication technologies, whether in the software or infrastructure sectors. Additionally, antenna design is considered a fundamental point topic that requires continuous development in order to serve 5G wireless communication networks and beyond. The main objective of this thesis is to design a microstrip antenna to serve 5G communication systems by realizing the important characteristics of recent wireless communication systems. The project combines theoretical, methodological, and conceptual work, leading to the design and optimization of a printed rectangular slot antenna based on photonic crystals fed by a microstrip line, which resonates at the frequency 27GHz (5G) allowing the improvement of the antenna characteristics.

Keywords: 5G, microstrip antenna , slot antenna , photonic crystals , communication .

RÉSUMÉ :

La technologie de communication 5G est considérée comme une révolution dans l'industrie des communications sans fil, car les smartphones d'aujourd'hui exigent une bande passante extrêmement élevée. Ce développement rapide motive les chercheurs à faire progresser les technologies de la communication, que ce soit dans les secteurs des logiciels ou des infrastructures matérielles. De plus, la conception des antennes est considérée comme un sujet de pointe qui nécessite un développement continu afin de desservir les réseaux de communication sans fil 5G et au-delà. L'objectif principal de cette mémoire est de concevoir une antenne microruban pour desservir les systèmes de communication 5G en réalisant les caractéristiques importantes des systèmes de communication sans fil récents. Le projet combine des travaux théoriques, méthodologiques et conceptuels, aboutissant à la conception et à l'optimisation d'une antenne à fente rectangulaire imprimée à base de cristaux photoniques alimentés par une ligne microruban, qui résonne à la fréquence 27GHz (5G) permettant l'amélioration des caractéristiques de l'antenne.

Mots clés : 5G, antenne microruban , antenne fente , cristaux photoniques , communication .

ملخص :

تعتبر تقنية الاتصالات الجيل 5 ثورة في صناعة الاتصالات اللاسلكية، حيث تتطلب الهواتف الذكية اليوم نطاقًا تردديًا عاليًا للغاية. يحفز هذا التطور السريع الباحثين على تطوير تقنيات الاتصال ، سواء في قطاعات البنية التحتية للبرامج أو الأجهزة. بالإضافة إلى ذلك ، يعتبر تصميم الهوائي موضوعًا متطورًا يتطلب التطوير المستمر من أجل خدمة شبكات الاتصالات اللاسلكية الجيل 5 وما بعدها. الهدف الرئيسي من هذه الرسالة هو تصميم هوائي مكروستريب لخدمة أنظمة اتصالات الجيل 5 من خلال إدراك الخصائص المهمة لأنظمة الاتصالات اللاسلكية الحديثة. يجمع المشروع بين العمل النظري والمنهجي والمفاهيمي ، مما أدى إلى تصميم وتحسين الهوائي ذي الفتحة المستطيلة المطبوعة على أساس البلورات الضوئية التي يغذيها خط المكروستريب ، والتي يتردد صداها عند تردد 27 جيجا هرتز (الجيل 5) مما يسمح بخصائص الهوائي المحسنة .

الكلمات المفتاحية

هوائي فتحة ، بلورات ضوئية ، اتصال microstrip ، هوائي 5G

Table des matières

Introduction générale	1
<i>CHAPITRE 1 : ASPECTS GENERAUX SUR LA 5G.....</i>	3
1.1 INTRODUCTION :.....	4
1.1.1 HISTORIQUE :.....	4
1.1.2 ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE SANS FIL :	4
1.2 PREMIÈRE GÉNÉRATION (1G) :	5
1.3 DEUXIÈME GÉNÉRATION(2G) :.....	5
1.4 TROISIÈME GÉNÉRATION (3G) :.....	6
1.5 QUATRIÈME GÉNÉRATION (4G) :	7

1.6	CINQUIÈME GÉNÉRATION (5G) :	8
1.6.1	LES CAS D'USAGE DE LA 5G :	8
1.6.2	LARGE BONDE MOBILE AMÉLIORÉE (EMBB) :	8
1.6.3	COMMUNICATION MASSIVES DE TYPE MACHINE (MMTC MASSIVE MACHINE – TYPE COMMUNICATIONS) :	9
1.6.4	LA COMMUNICATION ULTRA –FIABLE A FAIBLE LATENCE (URLLC).....	9
1.6.5	QUELLE DIFFÉRENCE ENTRE LA 4G ET LA 5G?	10
1.6.6	APPLICATION :	11
1.6.7	ARCHITECTURE DE RESEAU MOBILE 5G :	11
1.6.8	AVANTAGES IMPOTANTS DE TECHNOLOGIE 5G SONT :	12
1.6.9	INCOVÉNIENTS :	12
1.6.10	.TECHOLOFIES ÉMERGENTES POUR EÉSEAUX 5G :	13
1.7	CONCLUSION :	16

CHAPITRE 2 : LA BANDE MILLIMETRIQUE ET LES ANTENNES IMPRIMEES.....17

2.1	INTRODUCTION :	18
2.2	BANDE MILLIMETRIQUE :	18
2.2.1	LES AVANTAGES ET LES INCOVÉNIENTS D'UNE UTILISATION DE CES BANDES MILLIMTRIQUES	18
2.3	DEFINITION D'UNE ANTENNE :	19
2.3.1	CARACTÉRISTIQUES DES ANTENNES :	19
2.4	DIAGRAMME DE RAYONNEMENT :	20
2.5	DIRECTIVITÉ :	21
2.6	GAIN :	22
2.6.1	Relation entre la directivité et le gain :	22
2.7	BANDE PASSANTE :	22
2.8	LES ANTENNES IMPRIMEES OU PATCH :	23
2.8.1	STRUCTURE D'UNE ANTENNE IMPRIMEE :	24
2.8.2	TECHINQUE D'ALIMENTATION DES ANTENNES PATCH :	25
2.8.3	SONDE COAXIALE :	25
2.8.4	LIGNE MICRO RUBAN / MICROS TRIP :	26
2.8.5	ALIMENTATION SANS CONTACT (PAR PROXIMITE) :	26
2.8.6	GUIDE D'ONDE COPLANAIRE :	27
2.8.7	COUPLAGE PAR FENTE	28
2.9	CRISTAUX PHOTONIQUES :	28
2.9.1	GENERALITES SUR LES CRISTAUX PHOTONIQUES :	28

2.9.2	DEFINITION DES CRISTAUX PHOTONIQUES :	28
2.9.3	PROPRIETES DE BASE DES CRISTAUX PHOTONIQUES :	29
2.9.4	MATERIAUX A BANDES INTERDITES PHOTONIQUES NATURELS :	31
2.9.5	DEFAUTS PONCTUELS	33
2.10	CONCLUSION :	33
<i>CHAPITRE III : simulation D'ANTENNE 5G.....</i>		34
3	INTRODUCTION :	35
3.1	OUTIL DE SMULATION :	35
3.2	DESCRIPTION DES MODULES A REALISER :	35
3.2.1	LES DIMENSIONS DONNES :	36
3.3	SIMULATION D'UNE ANTENNE PATCH MICRORUBAN BAS-Y SUR SUBSTRAT HOMOGENE (5G) :	36
3.3.1	ETUDE PARAMETRIQUE :	39
3.4	ANTENNE PATCH MICRORUBAN A FONTE BAS-Y SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE : ...	40
3.4.1	ETUDE PARAMETRIQUES :	41
3.4.2	GAIN D'ANTENNE PATCH MICRORUBAN BAS-Y SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE : 48	
3.5	ANTENNE PATCH MICRORUBAN BAS-Y SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE BAS-Y SUR SUBSTRAT CRISTAUX PHOTONIQUE :	49
3.5.1	Application de cristaux photonique :	49
3.6	CONCLUSION :	51
4	CONCLUSION GENERALE :	52
5	BIBLIOGRAPHIE :	53

Liste Des figures

Figure I.1: Scénarios d'utilisation de la 5G depuis la Recommandation de L'UT_R sur la vision pour Les IMT_2020.....	10
Figure I.2: Exemple du MASSIVE MIMO 5G.	13
Figure I.3: Small cell networks with wireless 5G.....	14
Figure I.4: Communications sans fil duplex intégral pour la 5G.....	15
Figure I.5: Beamforming 5G.....	15
Figure II.1: Représentation du diagramme de rayonnement d'une antenne.....	21
Figure II.2: Bande passante.....	23
Figure II.3: Présentation d'une antenne patch.....	24
Figure II.4:les formes de patchs	25

Figure II.5: Antenne patch alimenté par Sonde coaxial.....	26
Figure II.6: Antenne patch alimenté par ligne Micros trip.....	26
Figure II.7: Antenne patch alimenté par ligne Micros trip.....	27
Figure II.8: Forme générale de CPS	28
Figure II.9: BIP unidimensionnel, empilement de couches de permittivités différentes.	28
Figure II.10: Exemple de Bips 2D, réseaux de tiges dans l'air et de trous d'air dans un matériau ..	29
Figure II. 11: La première structure BIP 3D: la yablonovite.....	30
Figure II.12: la figure à droite présente l'agrandissement d'une aile de papillon. On voit un arrangement périodique des écailles	31
Figure II.13: Agrandissement d'une plume de paon au microscope montrant la structure des barbules. Chaque barbule est divisée en une série de cuvettes (flèche rouge). Ces cuvettes sont tapissées d'une multitude de micro lamelles régulièrement espacées.	32
Figure. III. 1: Bracelet monté d'une opale naturelle quasi-périodiques bille de silice[63] et Image au microscope électronique d'une opale naturelle	33
Figure III.2: antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène.....	38
Figure III.3: Structure l'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène.....	40
Figure III.4: Structure d'adaptation l'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène.....	41
Figure III.5: coefficients de réflexion de l'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène.....	41
Figure III.6: le gain l'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène	42
Figure III.7: antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène a fente.....	42
Figure III.8 :zomm sur la fente d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène a fente	43
Figure III.9: S11 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène a fente.....	43
Figure III.10: dis 4 en 1 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène a fente	43
Figure III.11 : dis 0.675 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène a fente	44

Figure III.12 : ls 0.1 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	45
Figure III.13 : ls les 4n en 1 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	46
Figure III.14: wa 0.625 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	47
Figure III.15 : wa les 4 en 1 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	48
Figure III.16 : ws d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente 1.075	48
Figure III.17 : ws 4 en 1 d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	49
Figure III.18 : La meilleure coefficient de réflexion (dis , ls , ws , wa) d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	50
Figure III.19 : le gain que l'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene	51
Figure III.20 : antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente bas-y sur substrat cristaux photonique	52
Figure III.21 : coefficient de réflexion S11 antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente bas-y sur substrat cristaux photonique qui rayonne dans 27 GHz	52
Figure III.22 : le gain d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente bas-y sur substrat cristaux photonique	53

Liste des tableaux :

Tableau 1 : de Dimensions d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene.....	39
Tableau 2 : variation de paramètre d_s d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente.....	44
Tableau 3 : variation de paramètre l_s d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	46
Tableau 4 : variation de paramètre w_a d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	47
Tableau 5 : variation de paramètre w_s d'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogene a fente	49

LISTE DES ABREVIATIONS

1G : première génération

2G : deuxième génération

3G : troisième génération

4G : quatrième génération

5G : cinquième génération

3GPP: 3rd Generation Partnership project

C-RAN Centralized Radio access network

CDMA: Code Division Multiple Access

CST (MWS): Computer Science Technology MICROWAVE STUDIO

D2D: Device to Device

MBB – Enhanced Mobile Broadband

FD: Full- Duplex

IOT: Internet of Things

GSM: Global System For Mobile Communication

GPRS: General Packet Radio Services

HSPA: High Speed Packet Access

HFSS: high-frequency structure simulator

IMT-A: International Mobil Telecommunication Advanced

LTE : Long Term Evolution

Massive MIMO: Massive Multi Input Multi Output

MU- MIMO: Multi Utilisateur Multi Input Multi Output

Mmtc: Massive Machine Type Communications

M2M: Machin to Machin

NOMA: No orthogonal Multiple Access

NFV: Network Function Virtualization

ROS: Rapport D'onde Stationaries

SDN: Software Defined Network

S11 Coefficient of reflection

UMTS: universal Mobile Telecommunications System

UIT-R: International Telecommunication Union Radio communication

URLLC : Ultra-Reliable and Low Latency

VSWR: The Voltage Standing Wave Radio

W-CDMA: Wide Band Code Division Multiple Access

INTRODUCTION GENERAL :

La technologie mobile a été évaluée d'une manière remarquable et c'est performances d'une manière extraordinaire. Commençons par le service voix, ensuite la messagerie et enfin l'internet mobile et l'utilisation des applications mobiles multi-services ont caractérisé l'évolution des passages d'une génération à l'autre.

La première génération de téléphonie mobile sans fil : est apparue dans les années 1980, depuis le cycle des générations de téléphonie mobile.

La naissance de la technologie LTE et de la quatrième génération, couplée à la démocratisation des smartphones et tablettes, a mené à une augmentation très forte des volumes de données échangés en mobilité.

L'utilisation d'un mobile et de ses applications est désormais fermement ancrée dans le quotidien de nos concitoyens.

La 5G se situe au carrefour de ces nouveaux usages ; elle ambitionne de répondre mieux et simultanément à cette grande variété de besoins et ces nouvelles demandes de cette diversité.

Les réseaux 5G sont conçus pour apporter le niveau de performance nécessaire à un déploiement massif d'objets connectés. Cette technologie permettra de proposer un monde parfaitement connecté.

Contrairement à d'autres technologies de réseaux mobiles, la 5G est une technologie de rupture. Dès le début de sa conception, elle a été prévue afin de répondre à une multitude de cas d'usage, sur un périmètre large, adressant non seulement le grand public mais également les grands secteurs économiques.

La 5G a recours à des ondes millimétriques, à savoir un réseau très cher, constitué d'un très grand nombre d'antennes très haut débit mais à faible portée.

Avec les télécommunications s'ouvrent des perspectives immenses dans le domaine du transport de l'information à l'échelle du monde. Toute communication sans fil est assujettie à l'utilisation d'antennes aux deux extrémités de la liaison de télécommunication. Il est impossible de réaliser une transmission sans fil sans l'emploi d'antennes d'émission et de réception.

De nombreuses antennes émettrices-réceptrices sont érigées afin de permettre la transmission des informations sous forme de signaux entre les utilisateurs. Ce dispositif

constitue une pièce maîtresse des systèmes de télécommunications sans fil, permettant aux utilisateurs de communiquer, d'échanger des informations et d'accéder à l'Internet partout où ils se trouvent. L'antenne est présente aux deux extrémités de la liaison.

Les systèmes de communication sans fil exigent inévitablement des débits très élevés, afin de répondre à l'augmentation exponentielle des quantités de données.

Dans ce contexte et dans le cadre de notre mémoire de master, nous allons nous focaliser sur l'étude et la conception d'une antenne imprimée millimétrique multiservice pour application 5G, devant aboutir à la réalisation d'une antenne intégrée qui rayonne dans la fréquence millimétrique 27GHz afin d'être utilisée dans des différents services de la 5ème génération.

Ce projet se veut pertinent en ce qui concerne les nouvelles approches et technologies des réseaux mobiles, ceci est détaillé en trois chapitres qui forment ce rapport :

Le premier chapitre traite les aspects généraux sur la 5G, nous présentons dans ce chapitre introductif les principes de base de la 5G, en mettant l'accent sur les objectifs, l'architecture physique et logique ainsi que les nouveaux concepts technologiques qui font de cette norme, une véritable révolution dans le domaine des communications mobiles.

Le deuxième chapitre, traite les antennes imprimées et la bande millimétrique. Nous proposons un rappel général sur les antennes imprimées, ensuite nous abordons les caractéristiques de la bande millimétrique du spectre radioélectrique, ainsi que les principales caractéristiques des antennes micro-ondes.

Le troisième chapitre, concerne la partie simulation et résultats. Nous présentons les différents designs et résultats à l'aide de l'outil logiciel CST Microwave Studio (MWS).

CHAPITRE 1 :
ASPECTS GÉNÉRAUX
SUR LA 5G

1.1 INTRODUCTION

Nous assistons aujourd'hui au début d'une révolution intelligente sans précédent sous l'impulsion de la dernière-née des technologies numériques et mobiles évoluées : la 5G.

La 5G devrait être synonyme de débits plus élevés, de temps de latence plus courts et de connectivité plus fiable. D'une certaine manière, ces améliorations sont déjà en cours, doucement mais sûrement, grâce aux technologies et services existants, comme les réseaux de quatrième génération évolution à long terme (4G LTE), le service large bande fixe, le Wi-Fi et l'Internet des objets [1].

1.1.1 HISTORIQUE

Rappelant le chemin parcouru les prédécesseurs de la 5G dans le domaine de la communication mobile (sans-fil) :

- **1982 aux années 1990 : 1G analogique**

La 1G : n'est compatible qu'avec les appels vocaux d'une Bande-passante de : 1,9 kbps

- **Années 1990 (l'arrivée de l'internet 1991) : 2G**

La 2G (numérique) permet d'envoyer des textes - images - messages multimédia (MMS, SMS) d'une Bande-passante : le débit évolue de 14,4 kbps à 384 kbps

- **Années 2000 (l'arrivée de smartphone) : 3G**

Les réseaux 3G permettent de transférer des vidéos de haute qualité, et de communication internationale d'une Bande-passante : 2 Mbps

- **2010 : 4G, l'ère du streaming**

4G et LTE sont compatibles avec le streaming vidéo HD

Bande-passante : le débit évolue de 2 Mbps à 1 Gbps.

1.1.2 ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE SANS FIL

Au cours des deux dernières années, les communications mobiles se sont avérées bien établies grâce au passage progressif de la 1G à la 4G de la technologie mobile.

Le changement découle du besoin de systèmes de transmission conviviaux et d'une augmentation considérable du nombre d'abonnés aux télécommunications.

La génération fait généralement référence à des systèmes de communication améliorés et à plusieurs gammes de fréquences compatibles avec opération. Le réseau cellulaire mobile a été mis en place pour la première fois en 1980, et depuis lors, il y a eu d'énormes améliorations dans les communications mobiles qui ont suivi sa grande durabilité [3].

1.2 PREMIÈRE GÉNÉRATION (1G)

C'est le principal et le dernier téléphone portable utilisé ; ils ont été introduits en 1982 et lancés en mi-1990. Ceci est basé sur les technologies AMPS (Advanced Mobile Phone Système).

Le dispositif AMPS était modulé en fréquence et utilisait le FDMA, un canal de 30 KHz ainsi que la gamme de fréquences de 824 MHz à 894 MHz, Voix vocale dans un seul pays via un indicateur analogique, qualité sonore privée, durée de vie de la batterie privée, faible puissance téléphonique, stockage inadéquat, manipulation de mauvaise qualité, mauvaise santé et faible spectre performance. Il comprend Smartphone, système de téléphonie mobile ainsi que Advanced Mobile Système de télécommunications, Boost Mobile Services et Push to talk. Il contient une petite capacité, un transfert difficile et une qualité sonore faible ainsi qu'une absence totale de protection car la voix est jouée dans tours de radio et rend ces appels vocaux vulnérables à une écoute non autorisée à l'étranger. Le plus grand L'inconvénient du schéma 1G utilise des signaux analogiques plutôt que des signaux numériques. Cela signifie qu'il est moins fiable, plus lent et ne peut pas accéder au signal aussi loin que des endroits éloignés.

1.3 DEUXIÈME GÉNÉRATION (2G)

2G désigne l'onde secondaire du GSM, construite à la fin des années quatre-vingt. Il utilise des signaux numériques pour communiquer. Sa technologie était principalement basée sur la signalisation sans fil et fournit des relais de contenu et communication d'images à bas débit (kbps). La fréquence variait de 30 à 200 kHz [4].

CDMA et les fichiers d'exemple EDJE, sont commutés dans l'appareil et le circuit.

Les points les plus importants 2G et 2.5G sont les signaux numériques autorisés pour les signaux jusqu'à 64kbps, ce qui activé le contenu, tel que les messages texte, les images et les

messages multimédias (MMS), pour fournir une qualité et la fiabilité améliorées et de fournir des signaux numériques puissants pour faciliter l'utilisation des téléphones mobiles.

Les signaux numériques ne sont pas adaptés pour prendre en charge des informations sophistiquées, telles que la vidéo, le contrôle des appareils, la cellule les tours ont une portée étroite et des appels de chute mystérieux, s'il y a une certaine couverture réseau dans n'importe quel intervalle. Afin d'offrir de meilleurs services qui ont conduit à des améliorations technologiques avancées entre 2G et l'infrastructure 3G, GSM a été constamment améliorée. Facilite les appels téléphoniques, l'envoi d'e-mails et réception, navigation Internet, Vitesse : 64-144 kbps. Les principaux inconvénients du schéma 2G sont intimidés [5].

1.4 TROISIÈME GÉNÉRATION (3G)

3G établi sur la technologie GSM et en l'an 2000 a été propulsé. Cette technologie a été conçue pour offrir des performances à grande vitesse. Le premier matériel a été mis à jour, permettant un trafic égal à 14 Mbps ainsi que l'échange de forfaits. Il utilise un système à large bande sans fil qui augmente la clarté. Ce fournit des services à large bande, la télévision et la connectivité vidéo ainsi que de nouveaux services tels que roaming. Il fonctionne à 2100 MHz et a une bande passante d'environ 15-20 MHz pour la messagerie vidéo et haute vitesse de navigation.

Les points forts les plus importants pour la 3G incluent la capacité de 2 Mbps, généralement appelée cellule améliorée téléphones, augmentation de la bande passante et des taux de transmission de données, mise en réseau rapide, transmission à grande échelle

E-mail, Web rapide/vidéo haute vitesse/vidéo/jeux 3D, TV Streamer/TV mobile/appels téléphoniques, puissance immense et capacité à large bande, il n'a fallu que 11 secondes à 1,5 minute pour accéder à un réglage MP3 de 3 minutes,

Services de licence 3G frais coûteux, assemblage de cadre 3G, téléphones 3G coûteux et énormes puces les téléphones ont été surveillés pour une latence élevée.

Le réseau de télécommunications 3G a été baptisé en Europe UMTS [5] (Universal Télécommunications Network), tandis que la version américaine 3G porte la marque CDMA 2000. Les IMT 2000 ont également accepté du matériel 3G supplémentaire en provenance de Chine, c'est-à-dire le système d'interface radio pour l'UMTS est TD-SCDMA, WCDMA [6].

L'opérateur de services doit dépenser une somme importante pour les permis et arrangements 3G, le plus grand inconvénient de la 3G pour pallier cette 4G est la problématique de la fourniture de téléphones dans certaines zones et leurs coûts, les réseaux 3G nécessitent un matériel spécial et une utilisation à haute puissance.

1.5 QUATRIÈME GÉNÉRATION (4G)

L'infrastructure haute débit 4 G rassemble de nombreux réseaux de réseaux sans fil existants et futurs pour assurer le libre accès et l'itinérance d'un appareil à l'autre. La 4G est de 100 Mbps à pleine vitesse. Offres 4G les mêmes services que la 3G et d'autres services, tels que les médias numériques, pour les téléspectateurs et pour le transfert l'information encore plus simplement que jamais.

Il est entendu que LTE [7] désigné par 4G. La quatrième génération devrait se conformer à la QoS et exigences de débit fournies par les implémentations proposées, par exemple le service de messagerie à large bande sans fil et multimédia ainsi que la télévision mobile, etc.

Parmi les services de la 4G en a des vidéos numériques de haute qualité, la haute sécurité, la fourniture d'un certain type de contenu, l'amélioration du contenu télévisuel, faible coût de stockage par bit, utilisation plus élevée de la batterie, installation lourde, infrastructures et les infrastructures coûteuses nécessaires pour mettre à niveau les réseaux de nouvelle génération, sont les principaux points forts. La 4G fournissent un grand nombre de services.

Il est illégal d'obtenir des informations du public, les équipements 4G incluent la possibilité d'intrusion, néanmoins peu abondantes peuvent être ciblées (fréquences de brouillage) et les atteintes à la vie privée peuvent être amélioré. Les nouvelles fréquences signifient de nouvelles pièces sur les tours cellulaires, des vitesses de données plus élevées pour les utilisateurs, la technologie ne peut pas être compatible 4G avec le système actuel, et diverses bandes réseau pour différents téléphones sont disponibles. Les nouvelles fréquences signifient de nouvelles pièces pour la tour mobile. Les technologies 4G impliquent des installations de réseau coûteuses, représentées dans eNodeB et principalement dans les EPC, et la quatrième génération est parfaite pour les débits de données Internet, mais pas fondamentalement bon pour les installations vocales, qui sont toutes deux déchargées dans Wi-Fi ou technologies sans fil de troisième génération dans le réseau. Les inconvénients 4G ci-dessus seraient résolu par la 5G.

1.6 CINQUIÈME GÉNÉRATION (5G)

La 5G est un pilier de la transformation numérique ; c'est une réelle amélioration par rapport à tous les réseaux de la génération mobile précédente. La 5G apporte trois services différents pour l'utilisateur final comme le haut débit mobile extrême (eMBB). Il offre une connectivité Internet haut débit, une plus grande bande passante, une latence modérée, des vidéos en streaming UltraHD, des médias de réalité virtuelle et de réalité augmentée (AR/VR), et bien d'autres. Communication de type machine massive (eMTC), il fournit une communication de type machine à longue portée et à large bande à un prix très rentable avec une consommation d'énergie moindre. eMTC apporte un service à haut débit de données, une faible consommation d'énergie et une couverture étendue via une complexité moindre des appareils via des opérateurs mobiles pour les applications IoT. La communication ultra-fiable à faible latence (URLLC) offre une faible latence et une fiabilité ultra-élevée, une qualité de service (QoS) riche, ce qui n'est pas possible avec l'architecture de réseau mobile traditionnelle. URLLC est conçu pour une interaction en temps réel à la demande telle que la chirurgie à distance, la communication de véhicule à véhicule (V2V), l'industrie 4.0, les réseaux intelligents, le système de transport intelligent, etc. 5G plus rapide que la 4G et offre un fonctionnement télécommandé sur un réseau fiable avec zéro retard. Il fournit un débit maximal en liaison descendante allant jusqu'à 20 Gbit/s. De plus, la 5G prend également en charge la 4G WWW (4th Generation World Wide Wireless Web) [8] et est basée sur le protocole Internet version 6 (IPv6). La 5G fournit une connexion Internet illimitée à votre convenance, à tout moment et en tout lieu avec une vitesse extrêmement élevée, un débit élevé, une faible latence, une fiabilité et une évolutivité supérieure et une technologie de communication mobile économe en énergie [9].

1.6.1 LES CAS D'USAGE DE LA 5G

- Se définissent selon les trois catégories suivantes

1.6.2 LARGE BONDE MOBILE AMÉLIORÉE (EMBB)

Le haut débit mobile répond aux cas d'utilisation centrés sur l'homme pour l'accès au contenu, aux services et aux données multimédias.

La demande de haut débit mobile continuera d'augmenter, ce qui entraînera une amélioration du haut débit mobile.

Le scénario d'utilisation du haut débit mobile amélioré s'accompagnera de nouveaux domaines d'application et de nouvelles exigences, en plus des applications haut débit mobile existantes, pour des performances améliorées et une expérience utilisateur de plus en plus transparente.

Ce scénario d'utilisation couvre une série de cas, notamment la couverture étendue et le hotspot, qui ont des exigences différentes. Dans le cas d'un hotspot, c'est-à-dire d'une zone à forte densité d'utilisateurs, une très grande capacité de trafic est nécessaire, tandis que les exigences en matière de mobilité sont faibles et que le débit de données des utilisateurs est supérieur à celui d'une couverture étendue.

Dans le cas d'une couverture étendue, une couverture sans faille et une mobilité moyenne à élever sont souhaitées, avec un débit de données utilisateur nettement amélioré par rapport aux débits de données existants. Toutefois, l'exigence en matière de débit de données peut être assouplie par rapport au hotspot [10].

1.6.3 COMMUNICATION MASSIVES DE TYPE MACHINE (MMTC MASSIVE MACHINE – TYPE COMMUNICATIONS)

Le défi de la massivité a déclenché le développement de nouvelles technologies sans fil pour ce modèle de communication, en particulier dans le domaine des 15 dispositifs M2M. L'objectif principal est le développement de systèmes capables de prendre en charge un grand nombre d'appareils à faible coût, répartis dans une vaste zone, qui consommeront une puissance ultra-faible et prendront en charge divers types de services [11].

1.6.4 LA COMMUNICATION ULTRA –FIABLE A FAIBLE LATENCE (URLLC)

La communication ultra-fiable à faible latence, ou URLLC, est l'un des différents types de cas d'utilisation pris en charge par la norme 5G New Radio (NR), comme le stipule la version 15 du 3GPP (3rd Génération Partnership Project).

Les services pour les appareils connectés sensibles à la latence, tels que l'automatisation d'usine, la conduite autonome, l'internet industriel et les réseaux intelligents ou les chirurgies robotiques [12].

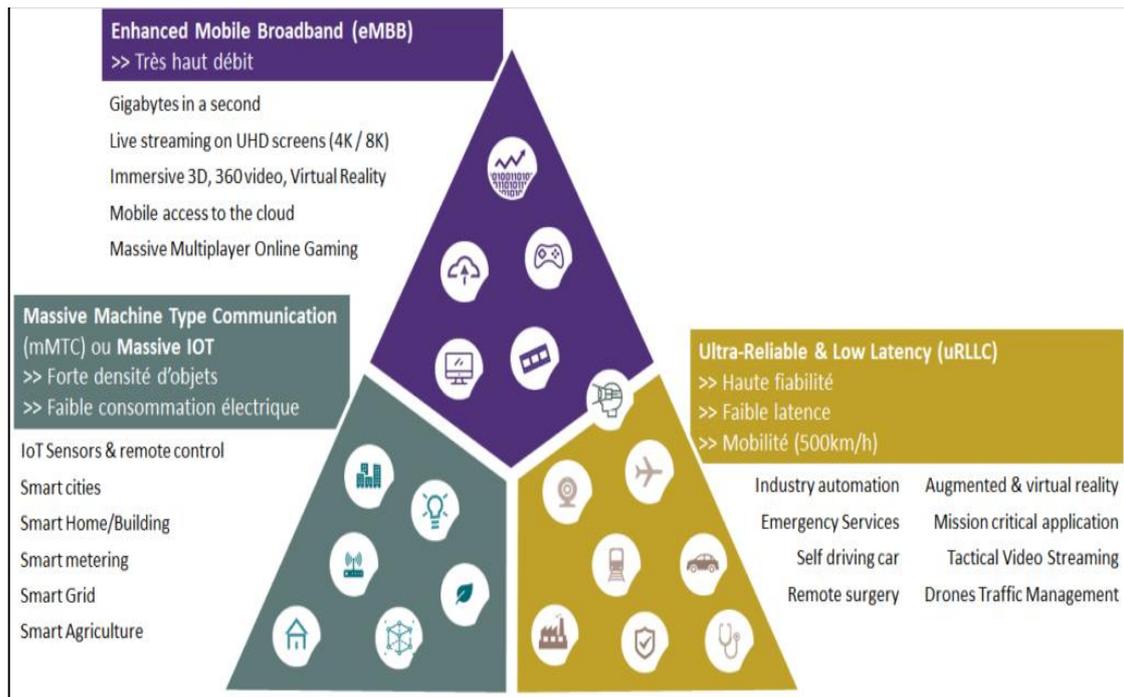


Figure I.1 : Scénarios d'utilisation de la 5G depuis la Recommandation de L'UT_R sur la vision pour Les IMT_2020 [13] .

1.6.5 DIFFÉRENCE ENTRE LA 4G ET LA 5G

Tout d'abord, on c'est que plus la fréquence est élevée, plus la vitesse est rapide et plus les données peuvent être transmission, donc plus la fréquence est élevée la bande passante est grande et plus la vitesse est rapide.

Par ce que la 4G utilise une bande basse fréquence qui veut dire si nombreuses personnes utilisent le réseau 4G, il y aura une congestion qui va donner une baisse du débit au contraire si en parle sur la 5G qui utilise une bande haute fréquence. Dans ce cas, de nombreuses personnes utilisent le réseau 5G affecte pas la réduction de débit, et l'utilisation de la haute fréquence peut permettre une meilleure utilisation des ressources. Par exemple le taux de téléchargement de données de la 5G atteint 10 Gbps, tandis que celui de la 4G est d'environ 100 Mbps, soit 100 fois plus rapide que celui de la 4G [14].

1.6.6 APPLICATION

1.6.6.1 TRANSPORT INTELLIGENT

La routière est un défi majeur pour la société maintenant, elle affecte directement pollue l'environnement et dégrade la qualité de la vie en société. La technologie 5G est capable de collecter d'énormes quantités des données en temps réel à cause de fréquence élevée des informations provenant des véhicules, des conducteurs, de la route a partie des capteurs et caméras installés au bord de la route. Qui va aidera à gérer le flux de trafic [15].

1.6.6.2 INTRNET DES VÉHICULES

5G peut faire partie des trains, métros, bus, taxis, voitures de police, etc. Le réseaux 5G est capable de fournir une mise à jour en temps réel de chaque destination [16].

1.6.6.3 SANTÉ INTELLIGENTE

Les récents progrès dans le domaine de la technologie médicale améliore considérablement le niveau de service de santé (5G) qui permet de sauver plusieurs personnes et les rend en meilleure santé [17].

1.6.6.4 SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

Les catastrophes naturelles menacent la vie de l'être vivant du au changement climatique, pour cela des dispositifs tel la 5G. Les nœuds de capteurs [18] sont fixés à distance pour surveiller l'environnement [19] à partir de réseau 5G qui transmet les informations immédiatement afin de sauver les êtres vivants.

1.6.7 ARCHITECTURE DE RESEAU MOBILE 5G

La figure dessous décrit l'architecture simplifiée du réseau 5G. Les stations de base sont soit des GNB fournissant des terminaisons de protocoles du plan utilisateur et du plan de contrôle, soit des NG-ENB. Les GNB sont les stations de base 5G natives supportant les fonctionnalités radio 5G par défaut alors que les stations de base NG-ENB sont des stations de base 4G mises à niveau pour supporter les services radio 5G dans le but d'assurer une migration progressive entre les deux standards.

Les stations GNB et NG-ENB sont interconnectées via l'interface XN. L'ensemble de ces stations constitue le réseau d'accès de nouvelle génération (NG-RAN, Next Génération-Radio Access Network). L'interconnexion des GNB et GN-ENB avec le réseau cœur (5GC, 5G Coré)

se fait avec les fonctions réseau AMF (Access and Mobilité Management Fonction) et UPF (User Plan Fonction) du cœur à travers l'interface NG [20].

1.6.8 AVANTAGES IMPOTANTS DE TECHNOLOGIE 5G SONT

- Haute résolution et grand bidirectionnel mise en forme de la bande passante.
- L'application des connaissances scientifiques pour rassembler les réseaux dans un seul espace.
- Plus efficace et efficient.
- Technologie pour aider abonner outils d'administration pour une réponse plus rapide.
- Encore une fois, cela donnera la gigantesque diffusion de données et support plus connectivité.
- Facilement gérable avec la précédente génération.
- Viable à fournir, identique, continu et connexion similaire dans le monde entier.
- Vous pouvez contrôler vos ordinateurs (PC) par combinés.
- Le traitement médical deviendra plus facile et économique, et les médecins peuvent donner des soins ou une attention médicale à un patient dans un endroit différent.
- L'observation sera simple et sans défi gouvernement entités pouvez surveiller n'importe quelle partie du monde pour minimiser délit.
- Pratique pour localiser et rechercher un objet perdu être humain.
- Catastrophes naturelles possibles, y compris tsunamis, tremblements de terre, etc., peuvent être détectés plus rapide.

1.6.9 INCOVÉNIENTS

La technologie 5G soit censée répondre à tous les problèmes liés aux télécommunications mais pour certains problèmes de sécurité et la technologie moderne insuffisante dans zones géographiques. Il a ces échecs :

- La technologie est encore en cours de développement et des recherches sur sa viabilité sont en cours.
- Le rythme de la technologie semble difficile à atteindre (à l'avenir, cela pourrait être).
- Coût élevé du développement des infrastructures [21].

1.6.10 .TECHOLOFIES ÉMERGENTES POUR EÉSEAUX 5G

1.6.10.1 MIMO MASSICE

Le MIMO massif (Multiple Input Multiple Output) est l'évolution du MIMO point à point unique et du MIMO multi-utilisateur (MU-MIMO). Dans MU-MIMO, un ensemble de stations de base équipées de plus d'une antenne (moins de 10) sert un ensemble d'utilisateurs. Chaque utilisateur est servi par une seule antenne. Le MIMO massif est le résultat d'une volonté d'entendre la vision MU-MIMO en un système d'antenne à grande échelle où chaque station de base est équipée d'environ 100 antennes ou plus [22].

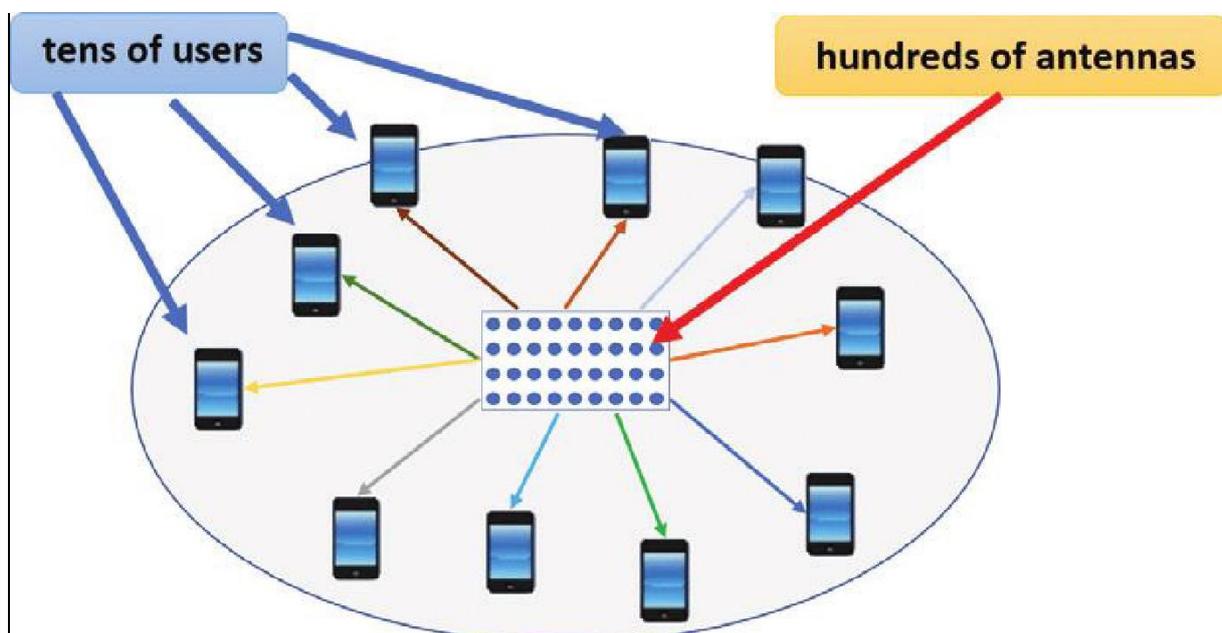


Figure I. 2 : Exemple du MASSIVE MIMO 5G [23].

1.6.10.2 PETITE CELLUE :

Les réseaux ayant mûri et les demandes de trafic de données ayant augmenté de manière exponentielle, l'idée de fournir des ressources localisées, de combler les lacunes de la couverture et de maintenir la qualité du service par le biais de déploiements de petites cellules s'est avérée être une solution intéressante, permettant aux opérateurs de suivre de plus près les demandes de trafic et d'utiliser les ressources du spectre plus efficacement, ce qui augmente la capacité des réseaux. Par conséquent, les micros-celles sont des points d'accès sans fil de faible puissance qui fonctionnent dans un spectre sous licence, sont gérés par les opérateurs et offrent une Meilleure couverture cellulaire, une capacité et des applications améliorées pour les foyers

et les entreprises ainsi que pour les espaces publics métropolitains et ruraux. Les micros-celles sont également une composante essentielle des réseaux hétérogènes (HetNets), qui doivent fournir une capacité plus élevée et une efficacité accrue du spectre et améliorer l'expérience des abonnés tout en réduisant le coût par bit du transport des données [24].

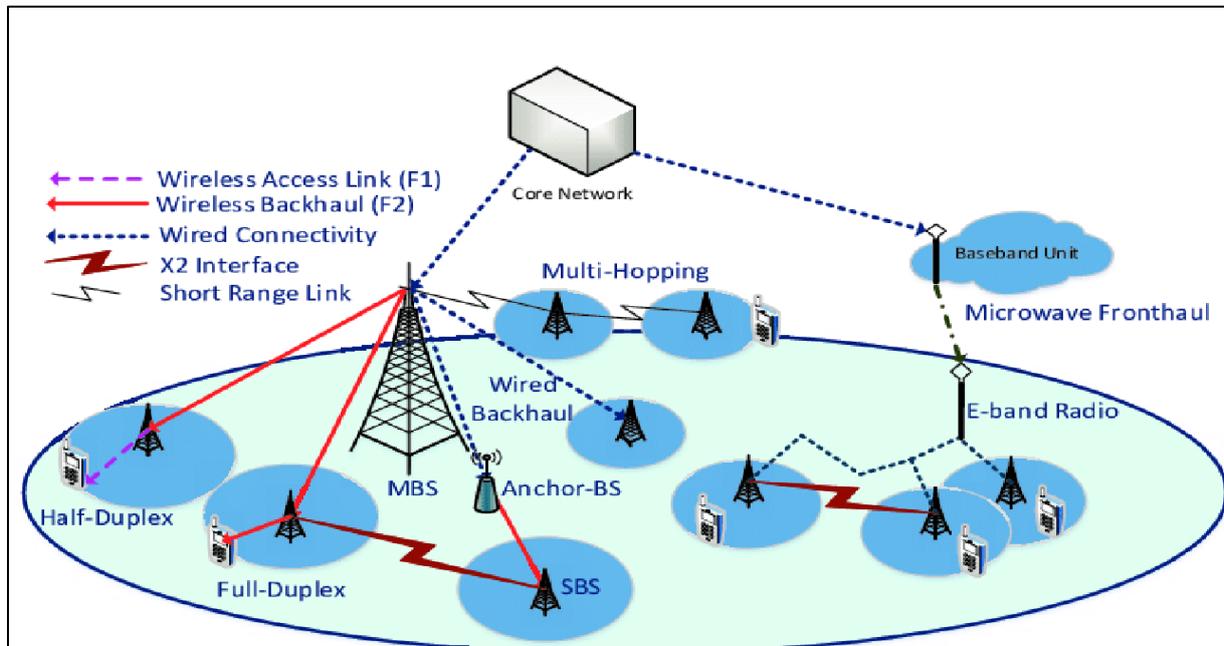


Figure I.3: Small cell networks with wireless 5G [25] .

1.6.10.3 FULL DUPLEX :

La communication Full Duplex (FD) permet à un dispositif sans fil de transmettre et de recevoir simultanément des données sur la même bande de fréquence. La communication sans fil a toujours fonctionné en mode semi-duplex, en partant de l'hypothèse que les nœuds sans fil ne peuvent pas transmettre en recevant des signaux en raison de l'interférence générée entre les circuits émetteur et récepteur. Ce type de perturbation du signal est appelé auto-interférence. Pour pouvoir utiliser la communication FD, il faut annuler l'effet de l'auto-interférence lors du décodage des signaux. Des études récentes ont abordé ce problème afin d'obtenir un système FD [26].

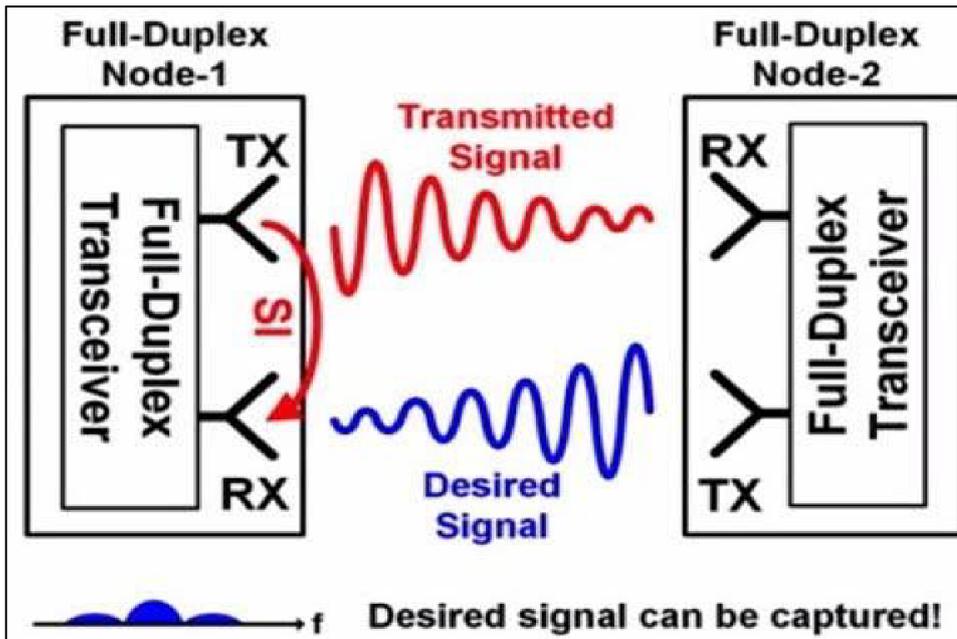


Figure I.4 : Communications sans fil duplex intégral pour la 5G [27].

1.6.10.4 FORMATION DE FAISCEAUX (BEAFOMING) :

Le Beamforming, autrement dit la formation de faisceau est la combinaison de signaux radio provenant d'un ensemble de petites antennes non directionnelles pour simuler une grande antenne directionnelle. L'antenne simulée peut être pointée électroniquement, bien que l'antenne ne se déplace pas physiquement.

Dans les communications, le Beamforming est utilisée pour pointer une antenne vers la source du signal afin de réduire les interférences et d'améliorer la qualité de la communication [28].

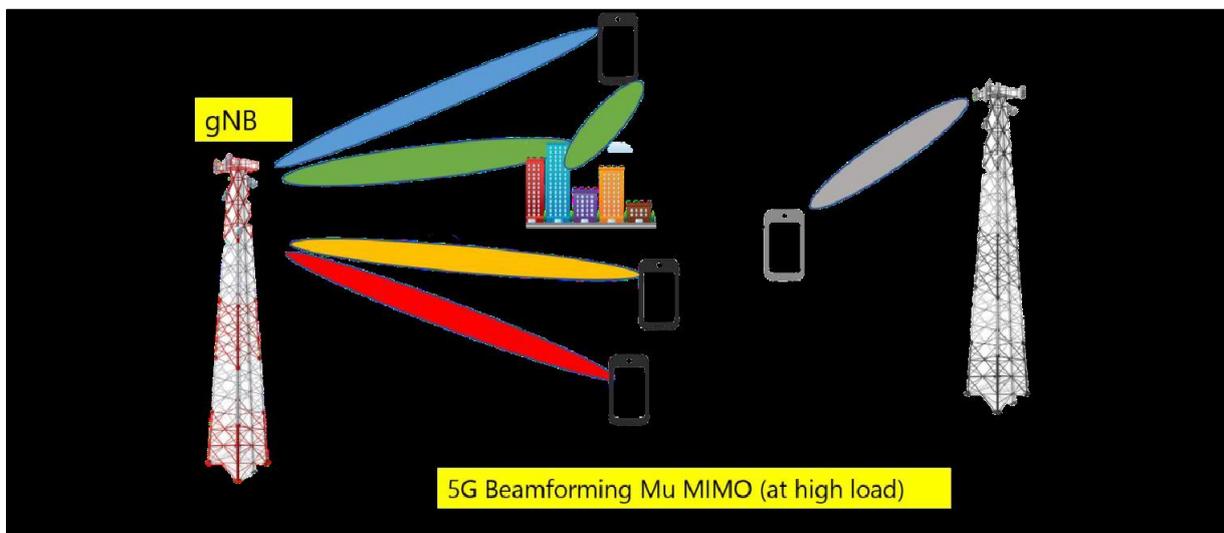


Figure I.5 : Beamforming 5G [29].

1.7 CONCLUSION

Nous avons parcouru dans ce chapitre une description de l'évolution de la 5G que c'est un ensemble de technologie dans le domaine des télécommunications d'après les 4 autres générations et l'importance de cette nouvelle génération visant à atteindre un niveau d'intelligence et vitesse sans limite à partir de technologies récentes.

CHAPITRE 2 :
LA BANDE MILLIMETRIQUE ET LES
ANTENNES IMPRIMEES.

2.1 INTRODUCTION

La communication sans fil de tous types a connu un grand changement durant ces dernières décennies. Apparemment c'est le besoin de communiquer sur des distances (multi trajet) de plus en plus, avec une grande capacité de transfert des informations (débit élevée) qui a donné naissance aux nouvelles techniques quand va explorée.

Afin de répondre à l'augmentation exponentielle des quantités de données c'est derniers temps la télécommunication ouvre des perspectives immenses dans le domaine du transfert.

Toute communication sans fil est assujettie à l'utilisation d'antennes aux deux extrémités de la liaison de télécommunication veut dire il est impossible de réaliser une transmission sans fil sans l'emploi d'antennes d'émission et de réception.

De nombreuses antennes (émettrices-réceptrices) sont érigées afin de permettre la transmission des informations sous forme de signaux entre les utilisateurs. Ce dispositif constitue une pièce maitresse des systèmes de télécommunications sans fil, permettant aux utilisateurs de communiquer, d'échanger des informations et d'accéder à l'Internet partout où ils se trouvent. L'antenne est présente aux deux extrémités de la liaison (émettrices-réceptrices).

2.2 BANDE MILLIMETRIQUE

La bande millimétrique est une bande du spectre électromagnétique correspondant à des longueurs d'onde entre [1mm-10mm] à une propagation sur la plage de fréquence de [26 GHz-300GHz]. En effet, la communication par les ondes millimétriques est une solution d'un avenir proche pour la transmission des réseaux cellulaires mobiles sans fil, les réseaux locaux sans fil, les réseaux personnels

2.2.1 IES AVANTAGES ET LES INCOVÉNIENTS D'UNE UTILISATION DE CES BANDES MILLIMTRIQUES

- L'utilisation d'une large bande passante de (26 GHz-300 GHz) par rapport aux autres ondes radio des réseaux sans fil
- Faisceaux étroits : avec la même taille d'antenne, il est possible d'emballer plus d'éléments d'antenne aux fréquences mmW
- Elle offre au moins une bande passante continue de 5 GHz au monde dans le cas de certaines bandes, comme la bande autour de 60 GHz.

✚ Malgré ces avantages, la bande millimétrique fait face à certains inconvénients comme :

- Une courte portée.
- Une grande atténuation [30].

2.3 DEFINITION D'UNE ANTENNE

L'antenne est un des organes clés de la télécommunication terrestre et spatiale permettant de rayonner ou de capter les ondes électromagnétiques. Son rôle est de transformer l'énergie électrique en énergie électromagnétique rayonnée dans l'espace libre. La même antenne peut être utilisée pour émettre et recevoir [31].

2.3.1 CARACTÉRISTIQUES DES ANTENNES

Il existe 2 grandes familles de caractéristiques pour une antenne utilisée dans une liaison spatiale :

2.3.1.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

- ✓ Ses dimensions et sa masse sont tout particulièrement critiques à bord d'un satellite ;
- ✓ Ses propriétés mécaniques : par exemple, pour une station sol, sa résistance au vent...

2.3.1.2 CARACTÉRISTIQUES RADIO-ÉLECTRIQUES

- ✓ L'impédance d'entrée de l'antenne
- ✓ Son diagramme de rayonnement et son gain
- ✓ Sa polarisation

2.3.1.3 IMPÉDANCE D'ENTÉE

Considérons une antenne dont on peut définir les deux bornes d'entrée A et B.

Soient V_e la tension entre les bornes A et B et I_e le courant d'alimentation de l'antenne. L'impédance d'entrée de l'antenne est donnée par :

$$Z_e = \frac{V_e}{I_e} \quad \dots\dots\dots (1)$$

2.3.1.4 COEFFICIENT DE RÉFLEXION

Nous définissons la qualité d'adaptation d'une antenne

- ✓ Soit en donnant son impédance caractéristique (souvent 50 ohms)
- ✓ Soit en donnant son niveau de coefficient de réflexion.

- ✓ Le plan situé entre la source d'émission et l'antenne présente une discontinuité caractérisée par le coefficient de réflexion.[32]
- ✓ Ce coefficient s'exprime par dB (généralement), est présenté par le rapport entre l'onde réfléchie et l'onde incidente à l'antenne

Donnée par la relation suivante :

$$\Gamma = \frac{Z_e - Z_c}{Z_e + Z_c} \quad \dots\dots\dots (2)$$

2.3.1.5 RAPPORT D'ONDE STATIONNAIRE (ROS)

- ✓ Le Rapport d'ondes Stationnaires (R.O.S) quantifie le niveau d'adaptation (ou plus exactement de désadaptation).
- ✓ Ce rapport tend vers « 1 » **lorsque** la chaîne est parfaitement adaptée et à l'infini lorsque la chaîne est totalement désadaptée.
- ✓ Afin d'assurer une meilleure transmission d'énergie :
- ✓ Plusieurs techniques d'adaptation se présentent telles que l'adaptation

2.3.1.6 SIMPLE STUB, DOUBLE STUB ET QUART D'ONDE

Est donné par la relation suivante

$$\mathbf{ROS} = \frac{(+V) + (-V)}{(+V) - (-V)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Ou bien **ROS** en fonction de coefficient de réflexion Γ :

$$\mathbf{ROS} = \frac{1 - |\Gamma|^2}{1 + |\Gamma|^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

2.4 DIAGRAMME DE RAYONNEMENT

Il s'agit de la représentation des propriétés de rayonnement suivant « les coordonnées spatiales ».

La propriété de rayonnement la plus préoccupante est la distribution spatiale à deux ou à trois dimensions (2D ou 3D) de l'énergie rayonnée en fonction de la position de l'observateur le long d'un chemin ou d'une surface de rayon constant.

- Il existe 3 modèles de rayonnement couramment utilisés pour décrire la propriété du rayonnement d'une antenne :
 - ✓ **Isotrope :** Une antenne hypothétique sans perte ayant un rayonnement égal dans toutes les directions. Il est valable uniquement pour une antenne idéale et est souvent pris comme référence pour exprimer les propriétés directives des antennes pratiques.
 - ✓ **Directionnel :** Une antenne qui possède la propriété de rayonnement ou réception des ondes électromagnétiques d'une manière plus efficace dans certaines directions que dans d'autres. Cela est généralement applicable à une antenne où sa directivité maximale est significativement supérieure à celle d'un dipôle demi-onde.
 - ✓ **Omnidirectionnel :** Une antenne ayant un modèle non-directionnel essentiellement dans un plan donné et un modèle directionnel dans n'importe quel plan orthogonal [34].

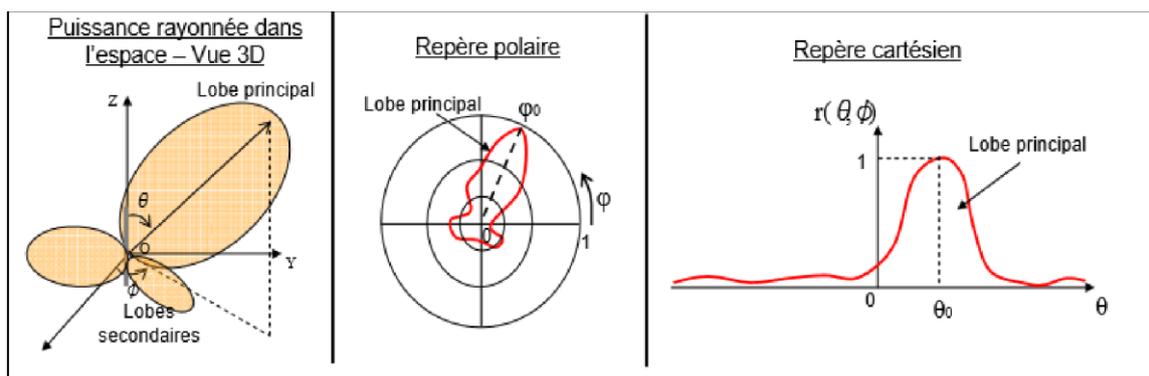


Figure II.6 : Représentation du diagramme de rayonnement d'une antenne [32].

2.5 DIRECTIVITÉ

La directivité d'une antenne est le rapport de la puissance rayonnée par unité d'angle solide dans la direction (φ, Θ) à la puissance que rayonnerait la source isotrope de référence par unité d'angle solide pour une même puissance totale rayonnée [36].

Est donné par la relation suivante :

$$D(\theta, \varphi) = \frac{4\pi U(\theta, \varphi)}{P} \quad \dots\dots\dots (4)$$

- U : est l'intensité de rayonnement de l'antenne
- P est la puissance totale rayonnée

2.6 GAIN

Le gain d'une antenne dans une direction (Θ, φ) est le rapport de la puissance rayonnée dans cette direction $P(\Theta, \varphi)$ à la puissance que rayonnerait la source isotrope de référence par unité d'angle solide avec la même puissance d'alimentation [37].

Est donné par la relation suivante :

$$G(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P_o(\theta, \varphi)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

2.6.1 Relation entre la directivité et le gain

$$G(\theta, \varphi) = \eta D(\theta, \varphi) \quad \dots\dots\dots (6)$$

2.7 BANDE PASSANTE

La bande passante est une bande où le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne (ou de l'antenne vers le récepteur) est maximal. Dans la plupart des cas, la bande passante est définie en fonction du coefficient de réflexion. Il n'y a pas de critères précis pour la limite du coefficient de réflexion. Cependant, un critère typique est d'avoir un coefficient de réflexion inférieur à -10 dB sur toute la bande passante. Certaines antennes sont très sélectives (bandes passantes très étroites), d'autres peuvent être utilisées sur une très large bande de fréquences [38].

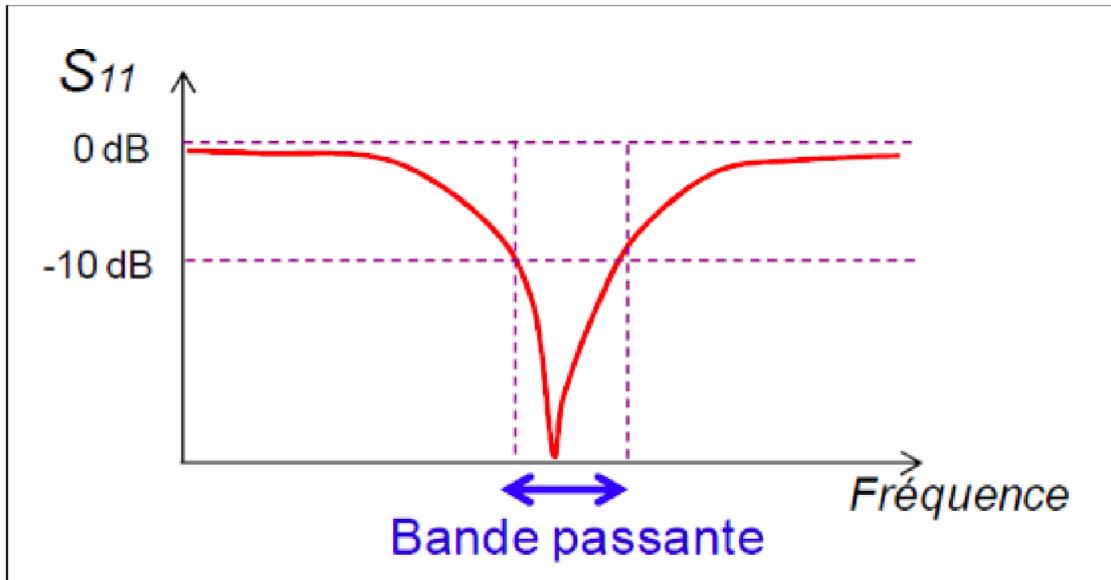


Figure II.7: Bande passante [38].

2.8 ANTENNES IMPRIMEES OU PATCH

Une antenne imprimée est constituée d'un plan de masse, d'une ou plusieurs couches de substrat de permittivités (ϵ_r) égales ou différentes. L'élément rayonnant de géométrie quelconque (rectangulaire, circulaire, carrée, parmi d'autre) est situé sur la surface supérieur

Il existe plusieurs mécanismes d'alimentation pour exciter l'antenne [39].

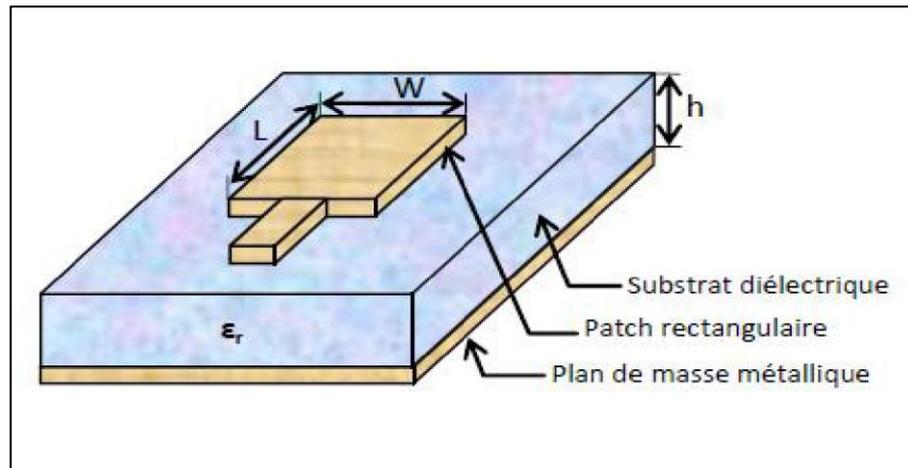


Figure II.8: Présentation d'une antenne patch [39].

2.8.1 STRUCTURE D'UNE ANTENNE IMPRIMEE

Une antenne imprimée est constituée d'une métallisation de forme géométrique appropriée (rectangulaire, circulaire) appelée élément rayonnant déposé sur une face d'un substrat diélectrique, l'autre face est complètement ou partiellement métallisée, elle représente le plan de masse. Une représentation schématique d'une antenne imprimée de forme rectangulaire est donnée par **la Figure 3** [40].

Il faut savoir que les paramètres de l'antenne imprimée (fréquence de résonance, impédance d'entrée) sont caractérisés par l'épaisseur et la permittivité ainsi que les dimensions de l'élément rayonnant. Il existe plusieurs formes d'antennes imprimées, les plus courantes et les plus faciles à mettre en œuvre sont : la forme rectangulaire, circulaire, triangulaire, en anneau et elliptique (**Figure9**) [41].

L'antenne patch peut prendre plusieurs formes comme la montre sur **la Figure9** :

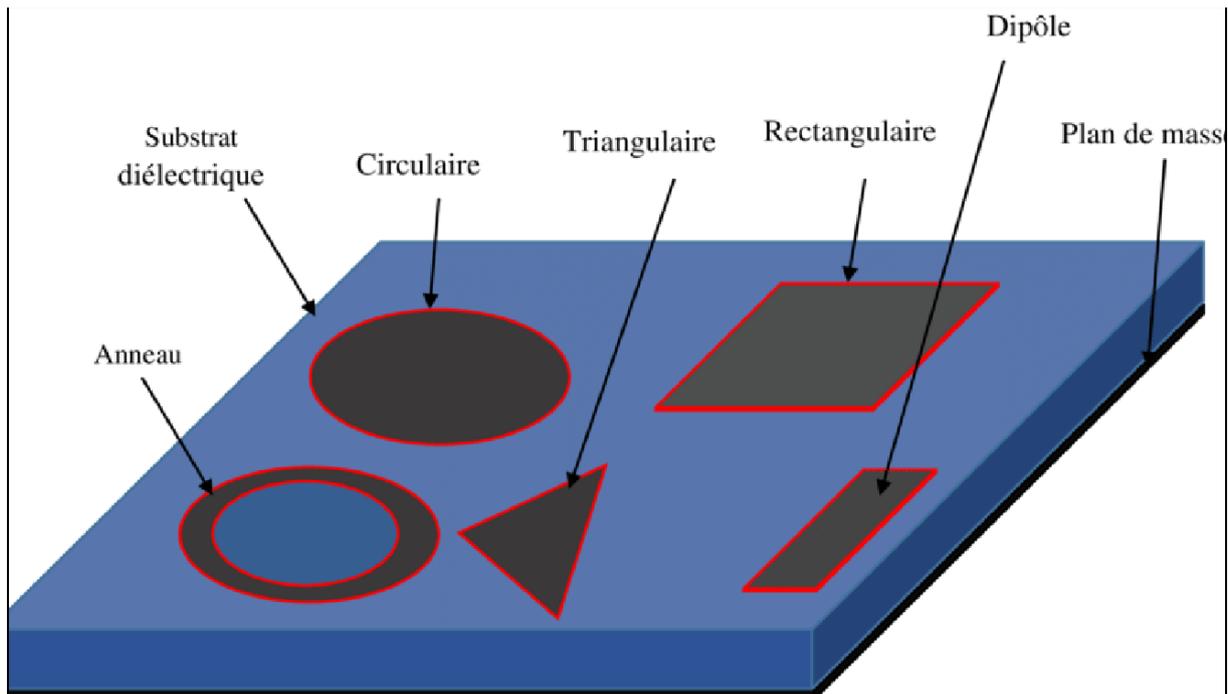


Figure II.9 : les formes de patch [42].

2.8.2 TECHNIQUE D'ALIMENTATION DES ANTENNES PATCH

Les antennes patch peuvent être alimentées par une diversité de techniques qui peuvent être classifiées en deux catégories, avec contact et sans contact. Dans les méthodes avec contact, la plaque rayonnante est directement alimentée en utilisant un élément de connexion comme une ligne Microstrip tandis que dans les méthodes sans contact, le transfert de la puissance entre la ligne Microstrip et le patch rayonnant est assuré par le couplage de champ électromagnétique.

Les cinq modes d'alimentation les plus répandues sont :

2.8.3 SONDE COAXIALE

Le câble de la sonde coaxiale traverse le plan de masse et le substrat. Le Conducteur central est connecté sur l'élément rayonnant, et le conducteur extérieur est connecté au plan de masse.

- ✓ Cette alimentation est très utilisée avec les patches de formes circulaire et annulaire.

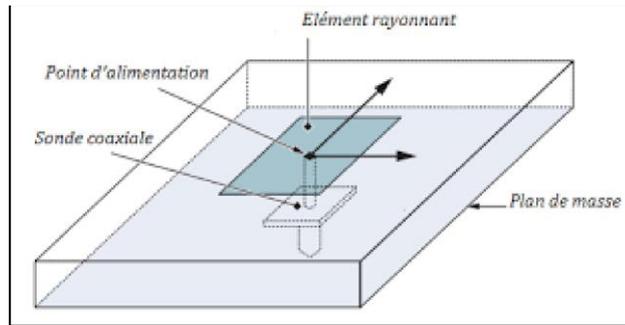


Figure II. 10 : Antenne patch alimenté par Sonde coaxiale [44].

2.8.4 LIGNE MICRO RUBAN / MICROS TRIP

La ligne micro ruban est de largeur plus petite par rapport au patch, elle est gravée avec le patch en même temps. Elle est très utilisée dans les réseaux d'antennes imprimées de différentes formes [45]. L'alimentation peut se faire par la connexion directe à une ligne micro ruban, dont le point de jonction est situé sur l'axe de symétrie de l'élément ou décalé par rapport à cet axe de symétrie, si cela permet une meilleure adaptation d'impédance. L'alimentation axiale avec encoche donne de bons résultats [46].

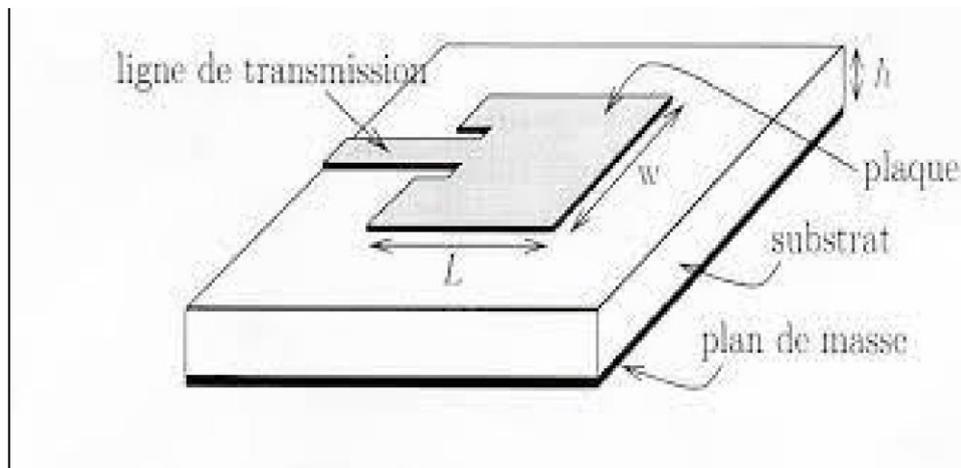


Figure II. 11 : Antenne patch alimenté par ligne Micros trip [47].

2.8.5 ALIMENTATION SANS CONTACT (PAR PROXIMITE)

2.8.5.1 LIGNE MICROBANDE EN SANDWICH

Une antenne plaquée peut être aussi alimentée par couplage électromagnétique de la ligne micro-ruban à l'élément rayonnant. Dans ce cas, le résonateur et la ligne d'alimentation sont situés du même côté du plan de masse. L'antenne est formée de deux substrats, avec une ligne

micro-ruban sur le substrat inférieur qui se termine en circuit ouvert sous le patch imprimé sur le substrat supérieur.

Le couplage électromagnétique a l'avantage de permettre la réalisation du patch rayonnant sur un substrat relativement épais, afin d'améliorer la bande passante, pendant que la ligne d'alimentation est imprimée sur un substrat plus mince, afin de

Réduire les rayonnements et les couplages parasites [48].

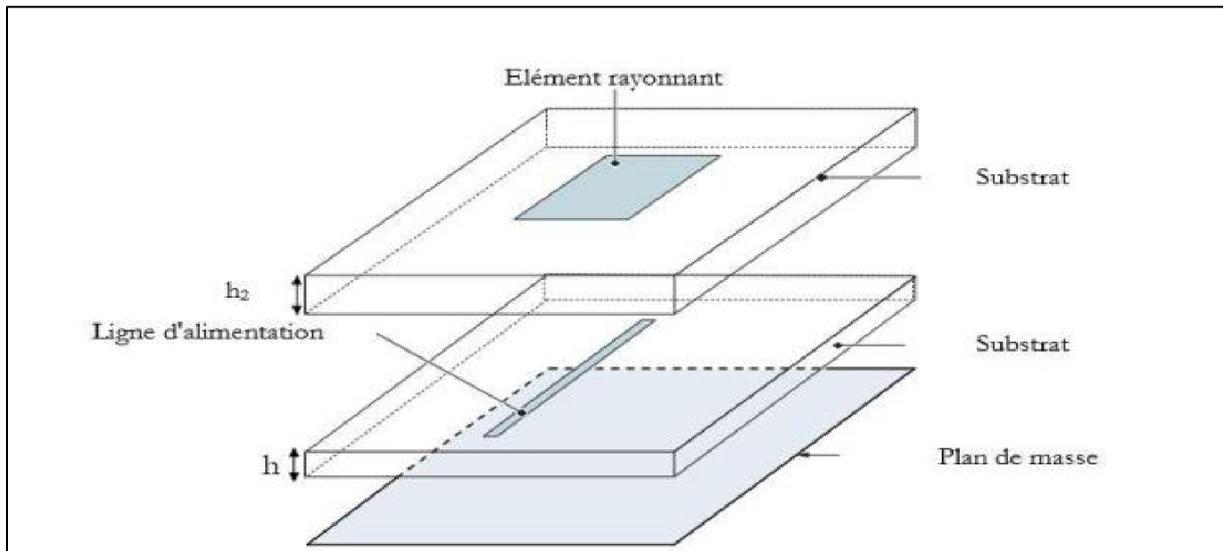


Figure II.12: Antenne patch alimenté par ligne Micros trip [49].

2.8.6 GUIDE D'ONDE COPLANAIRE

L'élément rayonnant se trouve sur la face supérieure du substrat de fente Rayonnante. La ligne d'alimentation et le plan de masse se trouvent à la même Façade inférieure du substrat [50].

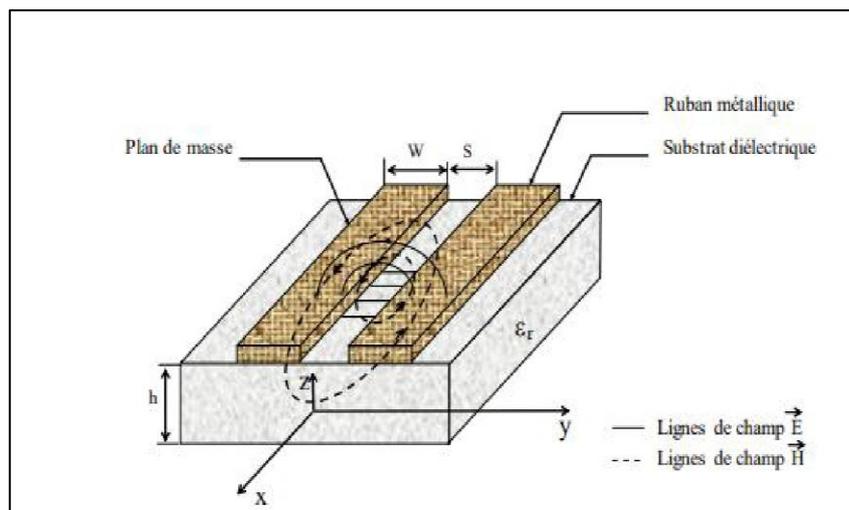


Figure II. 13: Forme générale de CPS [51].

2.8.7 COUPLAGE PAR FENTE

Une ligne est disposée au-dessus du plan de masse, qui est entaillé d'une fente sous le patch afin que l'énergie amenée par la ligne soit communiquée à l'antenne [52].

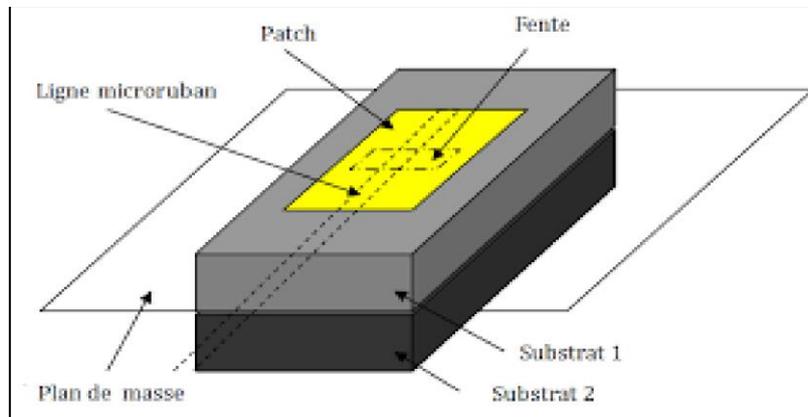


Figure II.14 : Antenne patch alimenté par le couplage par ouverture [53].

2.9 CRISTAUX PHOTONIQUES

2.9.1 GENERALITES SUR LES CRISTAUX PHOTONIQUES

La notion de "cristaux photoniques" a été proposée pour la première fois en 1987 [54,55]. Le premier cristal photonique a été réalisé en 1991 [56]. Les cristaux photoniques sont des structures dont l'indice de réfraction varie périodiquement dans une, deux ou trois dimensions. Ce milieu périodique produit sur la lumière qui se propage dans le cristal photonique un effet analogue à celui du potentiel périodique sur les électrons dans un cristal.

2.9.2 DEFINITION DES CRISTAUX PHOTONIQUES

La première structure périodique à connaître est le matériau à bande interdite photonique (B.I.P.) que l'on appelle plutôt en hyperfréquences « matériau à bande interdite

électromagnétique ». L'intérêt des chercheurs pour le thème des cristaux photoniques est important, Surtout depuis la fin des années 90, car ces matériaux périodiques artificiels ont été promis à révolutionner le domaine des télécommunications. Depuis des années, la recherche scientifique pense pouvoir contrôler la propagation de la lumière grâce à ces matériaux afin de remplacer la communication classique à courant électrique. Ceci entraînerait un gain énorme en termes de rapidité de la communication.

2.9.3 PROPRIETES DE BASE DES CRISTAUX PHOTONIQUES

2.9.3.1 PERIODICITE A UNE DIMENSION

Les matériaux à bandes photoniques interdites unidimensionnels (1D) possèdent une permittivité électrique périodique dans une direction et uniforme dans les deux autres directions. La figure 1 montre qu'ils consistent en un empilement de deux couches alternées de matériaux homogènes ayant des constantes diélectriques ϵ différentes. Ces structures existent depuis longtemps et sont utilisées en optique pour Obtenir des miroirs sans pertes (miroirs de Bragg) ou des filtres.

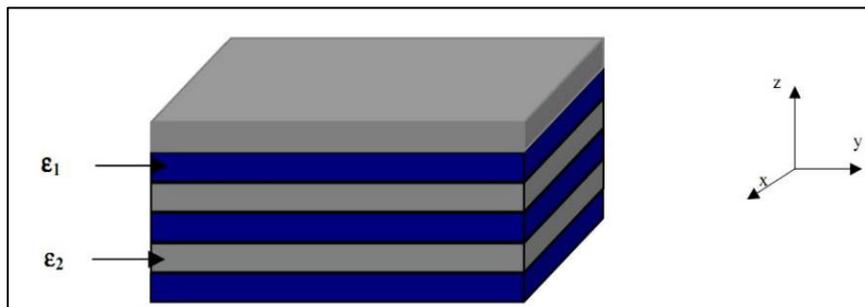


Figure II.15 : BIP unidimensionnel, empilement de couches de permittivités différentes [57].

2.9.3.2 PERIODICITE A DEUX DIMENSIONS

Un cristal photonique bidimensionnel est une structure qui présente une modulation périodique de la permittivité diélectrique suivant deux directions de l'espace, et homogène dans la troisième. Les propriétés optiques des structures bidimensionnelles (ainsi que les structures unidimensionnelles en incidence non normale) sont fortement dépendantes de la polarisation de l'onde électromagnétique.

Il existe plusieurs façons de réaliser ces structures bidimensionnelles. Par exemple, on peut placer des tiges diélectriques dans l'air ou encore dans un autre diélectrique. Afin d'ouvrir des bandes interdites larges, il faut un contraste d'indice (différence entre les indices du milieu et des tiges) suffisamment grand. Un BIP bidimensionnel peut aussi être constitué d'un ensemble de trous percés dans un diélectrique. Les réponses optiques de ces structures dépendent de la polarisation et peuvent ne pas posséder une bande interdite complète. On parle d'une bande interdite complète lorsque la structure interdit la propagation pour toutes les directions dans le plan de la périodicité, quelle que soit la polarisation.

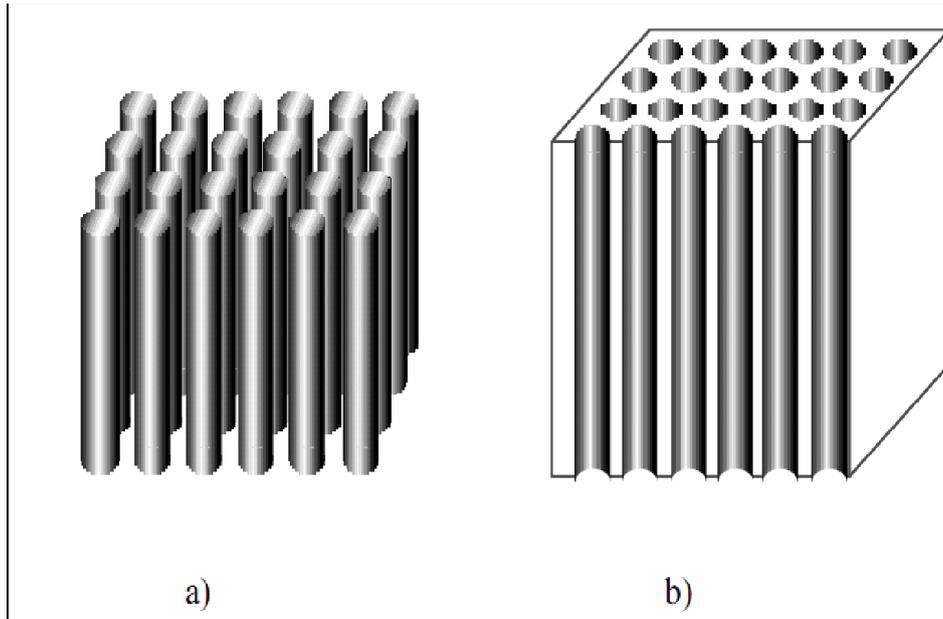


Figure II.16 : Exemple de Bips 2D, réseaux de tiges dans l'air et de trous d'air dans un matériau [57].

2.9.3.3 PERIODICITE A TROIS DIMENSIONS

Les cristaux photoniques tridimensionnels sont des structures dont la permittivité diélectrique est structurée périodiquement dans les trois directions. Elles ont été les deuxièmes à être réalisées par **Yablonovitch** après les réseaux de Bragg. Son objectif était d'obtenir une bande interdite complète pour toutes les directions de l'espace afin d'inhiber l'émission spontanée de la lumière [57].

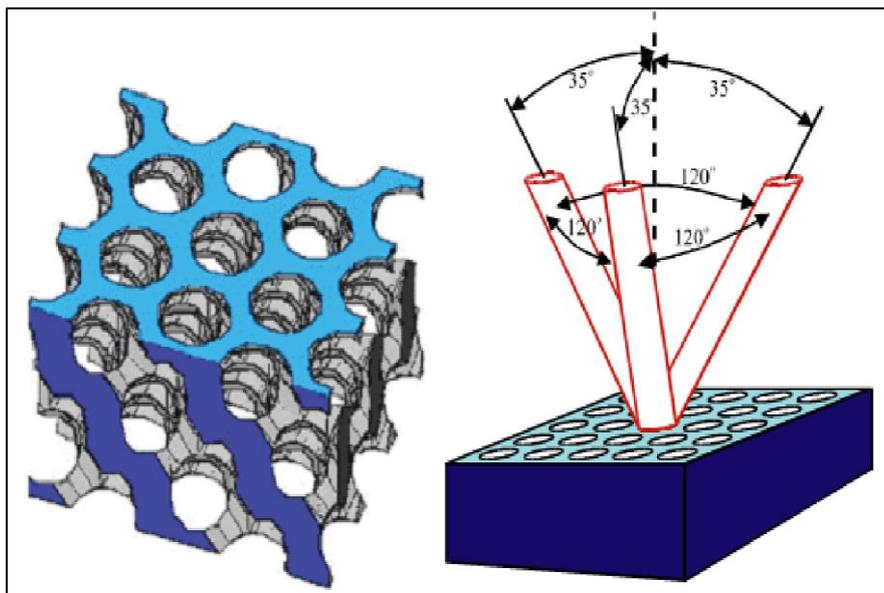


Figure II.17 : La première structure BIP 3D: la yablonovite [58].

2.9.4 MATERIAUX A BANDES INTERDITES PHOTONIQUES NATURELS

Il existe des structures naturelles qui peuvent avoir des propriétés ayant les mêmes caractéristiques que les cristaux photoniques artificiels. On va présenter trois de ces matériaux.

2.9.4.1 LES PAPILLONS

Les Papillons sont parmi les insectes les plus colorés que nous offre la nature. Ils sont en fait très largement tributaires de la lumière et ont développé un arsenal impressionnant pour gérer cette interaction avec les ondes électromagnétiques au mieux de leur intérêt [59]. Si on effectue une analyse microscopique des ailes on trouve que celles-ci sont constituées par des écailles qui ont des structures géométriques dans lesquelles un des paramètres varie en continu. Sur la figure 14 apparaît un papillon et la coupe d'une aile, dont un détail apparaît en insert en bas à droite. Sur cette coupe observée au microscope électronique apparaît une structure qui a un comportement de matériau à bande photonique interdite.

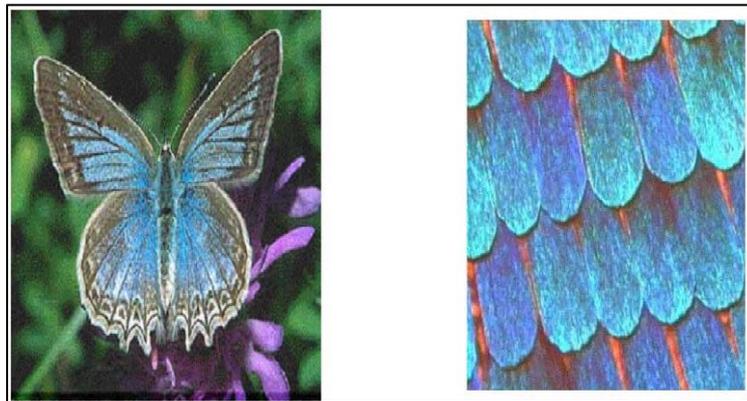


Figure II.18 : la figure à droite présente l'agrandissement d'une aile de papillon. On voit un arrangement périodique des écailles [59].

2.9.4.2 LES OISEAUX

Une des caractéristiques les plus admirables des oiseaux est leurs couleurs. Elles leur permettent d'affirmer leur identité. Pour produire une telle couleur, ils emploient la technologie structurale des plumes et leurs pigments dans leurs pièces de corps [60]. Les pigments et la structure périodique des plumes contribuent à l'absorption et la diffraction de la lumière. Les couleurs pigmentaires sont liées au phénomène d'absorption. En effet, les pigments absorbent une partie de la lumière solaire et renvoient d'autres couleurs vers l'œil. A ces couleurs « pigmentaires » s'opposent les couleurs structurales, qui naissent de la diffraction du rayonnement lumineux par des microstructures des plumes. Alors que les couleurs pigmentaires sont stables, les couleurs structurales varient souvent selon l'incidence de la lumière. En effet

quand on observe une plume de paon au microscope, on voit que toutes les couleurs naissent dans les barbules des plumes. Les barbules sont des lames étroites faites d'une succession de petites cuvettes séparées par un seuil transversal. Au fond de ces cuvettes se trouvent de minces lamelles parallèles. **Figure II.19** Agrandissement d'une plume de paon au microscope montrant la structure des barbules. Chaque barbule est divisée en une série de cuvettes (flèche rouge). Ces cuvettes sont tapissées d'une multitude de micro lamelles régulièrement espacées [60].

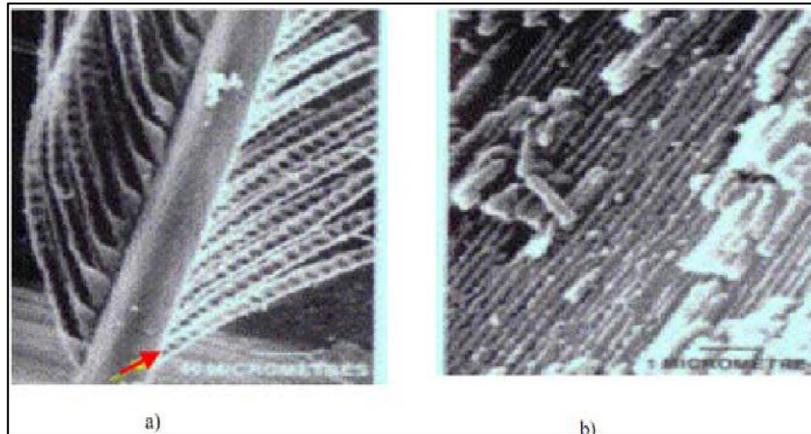


Figure II.19 : Agrandissement d'une plume de paon au microscope montrant la structure des barbules [60].

2.9.4.3 LES OPALES

Des opales sont obtenues chimiquement par auto-organisation. La première opale a été obtenue par sédimentation de sphères de silice en solution : par sédimentation ces sphères s'arrangent selon un réseau cubique à faces centrées [61].



Figure II.20 : Bracelet monté d'une opale naturelle quasi-périodiques bille de silice [63] et Image au microscope électronique d'une opale naturelle [62].

2.9.4.4 DES DEFAUTS

Les défauts dans les cristaux photoniques peuvent localiser des modes. Dans des cristaux 1D, on peut confiner la lumière dans un plan défaut [64]. Dans des cristaux 2D on peut localiser la lumière dans un défaut linéaire. Finalement en 3D, on peut confiner la lumière a un défaut localise, donc en un point du réseau [65]. Dans le cas d'un réseau de trous, le défaut peut consister en l'absence d'un Ou plusieurs trous [66]. Il existe principalement deux types de défauts, les défauts ponctuels (cavités)[67] et les défauts linéaires (guide d'ondes). Il reste néanmoins possible de jouer sur plusieurs paramètres pour obtenir une grande variété de défauts (variation de la taille des trous et de leurs formes par exemple).

- Les deux façons les plus faciles à perturber la périodicité du réseau sont :
 - ✓ Ajouter du matériau diélectrique en plus : un défaut diélectrique
 - ✓ Supprimer du matériau diélectrique : un défaut d'air [68]

2.9.5 DEFAUTS PONCTUELS

Les défauts ponctuels sont créés en modifiant les caractéristiques d'une cellule du réseau. Pour les cristaux photoniques composés de cylindres diélectriques, la constante diélectrique d'un cylindre peut être changée. Le cylindre peut être enlevé, ce qui crée une lacune dans le cristal. Cela correspond à une microcavité à l'intérieur du cristal photonique. Pour les cristaux photoniques constitués de trous dans un matériau diélectrique, ces trous peuvent être modifiés géométriquement.

2.10 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'une manière générale les antennes et cristaux photoniques, où on s'est intéressé plus précisément aux antennes imprimées. Nous avons abordé les paramètres et les caractéristiques de ces antennes ainsi que les techniques d'alimentation des antennes patch et leurs principaux avantages.

Nous avons également abordé la bande millimétrique qui revêt une importance capitale pour les mobiles de cinquième génération, bien que les antennes patch présentent un grand intérêt grâce à leur commodité et compatibilité avec les instruments de télécommunication les plus récents. Ce type d'antennes présente toujours des problèmes notamment leur faible gain et limitation de leur bande, qu'on essaye d'optimiser afin d'obtenir de meilleures performances et à moindre coût. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui consiste en la simulation d'un réseau d'antennes pour les mobiles 5G avec CST Microwave Studio.

CHAPITRE III :
SIMULATION D'ANTENNE 5G

3 INTRODUCTION :

Ce chapitre traite les différentes étapes pour concevoir une antenne imprimée pour une application 5G à l'aide d'un simulateur CST.

En premier, nous avons choisi le logiciel de simulation électromagnétique CST MICROWAVE STUDIO (MWS), qui se caractérise par son analyse rapide et précise des structures hautes fréquences (HF) tels que les antennes.

Ensuite dans un second lieu nous aborderons en détail les étapes impliquées pour déterminer les paramètres géométriques de l'antenne imprimée (patch rectangulaire) en se basant sur la théorie des antennes.

3.1 OUTIL DE SMULATION :

L'outil CST MICROWAVE STUDIO (CST MWS) est basé sur la technique d'intégration finie (FIT), une approche très générale, qui décrit les équations de Maxwell sur un espace de grille et peut être écrite dans le domaine temporel ainsi que dans le domaine fréquentiel et n'est pas restreinte à un certain type de grille. Un grand pas en avant dans le domaine du maillage a été introduit par une méthode appelée "Perfect Boundary Approximation (PBA)" et a permis à une technique de représenter les courbes et les inclinaisons très précisément dans une discrétisation grossière. Il est basé sur la technique d'intégration finie, une approche très générale, qui décrit les équations de Maxwell sur un espace de grille et peut être écrite dans le domaine temporel ainsi que dans le domaine fréquentiel et n'est pas restreinte à un certain type de grille [69].

3.2 DESCRIPTION DES MODULES A REALISER :

Pour une première structure nous calculons les dimensions d'antenne (patch, ligne d'alimentation, ligne d'adaptation) en fonction des caractéristiques du substrat (permittivité relative ϵ_r , l'épaisseur h) et le choix de la fréquence de résonance (27 GHz), et pour l'alimentation nous avons choisi l'alimentation par ligne (microruban).

Caractéristiques du substrat :

Ce projet consiste à réaliser une antenne patch Microstrip pour l'application 5 G à une fréquence (27 GHz). Les valeurs des différents éléments de l'antenne sont présentées dans le cahier de charge (**tableau 1**) .

3.2.1 LES DIMENSIONS DONNES

Concernant le type de matériaux on a FR-4 (Lossy) d'un composant d'antenne et substrat d'une hauteur 1.6 mm et permittivité de 4.3 avec un autre matériau copper (anneales) il s'agit d'une d'antenne de plan de masse et le patch d'un auteur 0.035 mm.

3.3 SIMULATION D'UNE ANTENNE PATCH MICRORUBAN BASEE SUR SUBSTRAT HOMOGENE (5G)

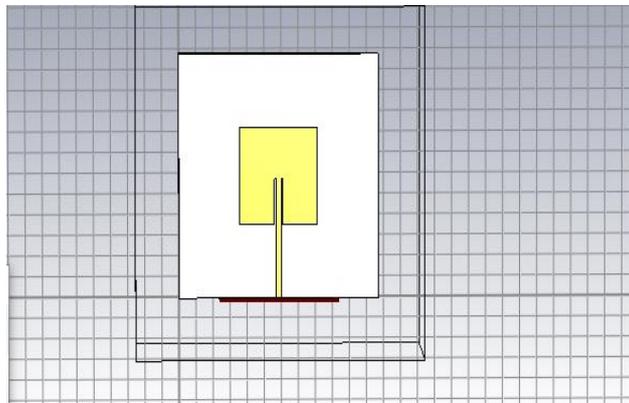


Figure III. 21: antenne patch microruban basée sur substrat homogène.

Le tableau ci-dessous présent un résumé de toutes les dimensions de l'antenne patch microruban a fonte basée sur substrat homogène :

Name	Expression(mm)
h	0.035
hs	0.79
Wp	4.558
Lp	4.67
Wf	0.3
Wf1	Wf
Lf1	Lf
Ws	0.7
dis	0.7
Wa	0.1
ls	1.8
Wins	0.5
Lins	2.2

Tableau 1 : de Dimensions d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène

La figure 18 représente les dimensions de l'antenne patch microruban à fonte basée sur substrat homogène conçue :

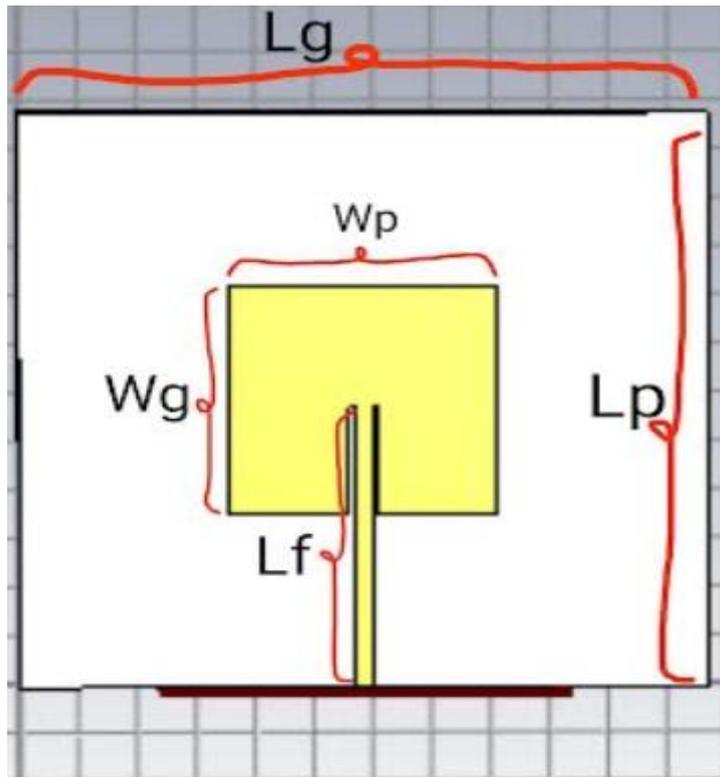


Figure III.22 : Structure l'antenne patch microruban basée sur substrat homogène

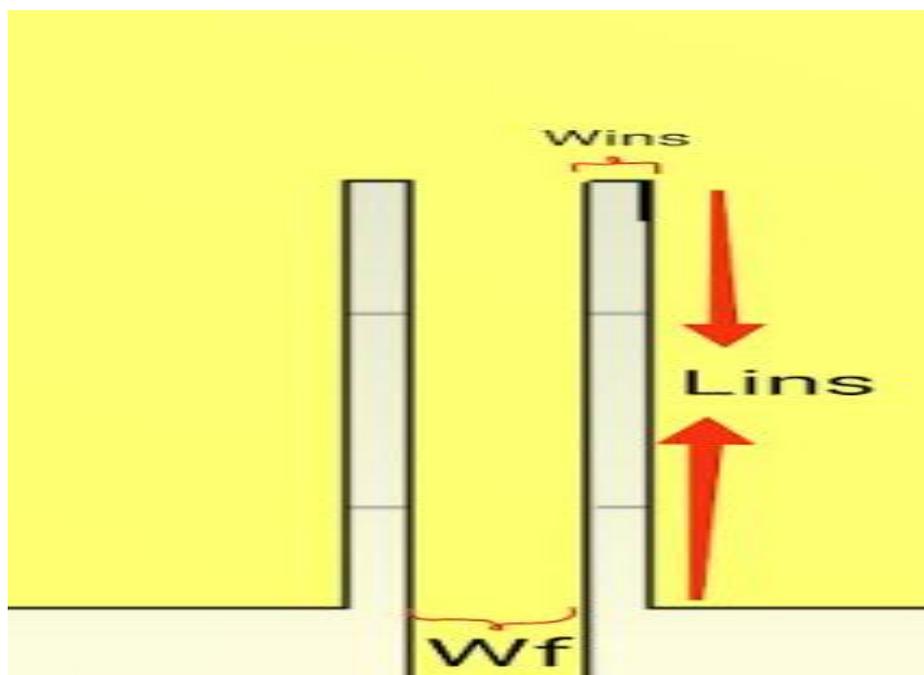


Figure III.22 : Structure d'adaptation l'antenne patch microruban basée sur substrat homogène

La figure 19 montre les résultats de simulation du paramètre S11 de l'antenne :

Nous remarquons que le coefficient de réflexion S11 cette rayonne dans notre fréquence de résonance 27 GHz.

S11 est au -10dB dans la fréquence de résonance 27Ghz, ce qui conduit à une adaptation de l'antenne. Dans le cas ou en remarque une désadaptation, on doit faire une étude paramétrique sur la longueur de patch et la largeur de la ligne d'adaptation il nous affiche plusieurs courbes qui nous permettra de connaître la courbe exacte d'une dimension spécifique qui nous donne une antenne d'une adaptation dans la fréquence 27Ghz.

- **En remarque :**

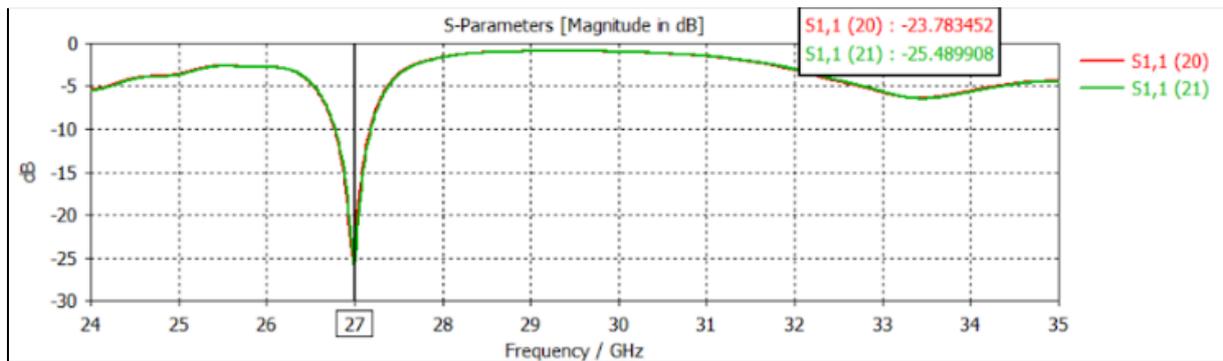


Figure III.23 : coefficients de réflexion de l'antenne patch microruban basée sur substrat homogène

3.3.1 ETUDE PARAMETRIQUE

3.3.1.1 Etude paramétrique sur la largeur de ligne d'adaptation

Ce paragraphe est consacré à l'étude de l'influence de différents paramètres sur le coefficient de réflexion S11, une étude paramétrique a été menée pour comprendre les effets des divers paramètres afin de les optimiser et aboutir à une structure finale efficace.

La figure 20 montre les résultats de simulation avec le changement de paramètres et chaque fois en observe une nouvelle simulation déférente de l'autre afin d'avoir la bonne simulation qui nous convienne avec un gain de : 3.371 dB dans la fréquence 27Ghz

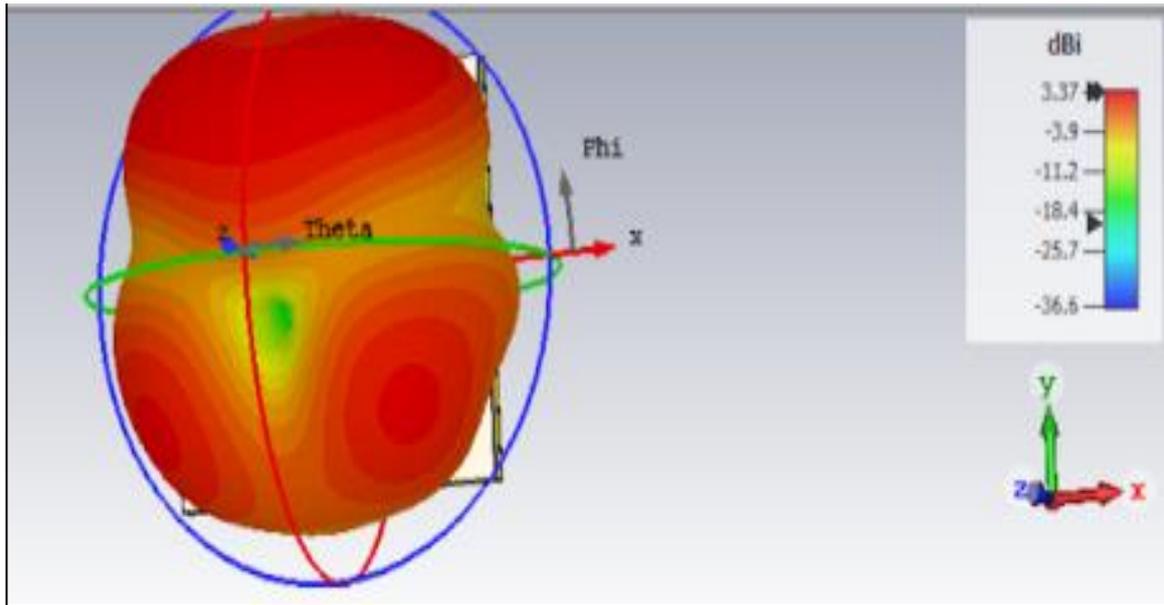


Figure III.24: le gain l'antenne patch microruban basée sur substrat homogène

3.4 ANTENNE PATCH MICRORUBAN A FONTE BASEE SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE

Dans notre cas on a introduit une fente sur le patch de notre l'antenne exactement dans le pour voir la modification et le changement qui ramène « fente » (**Figure 21**)

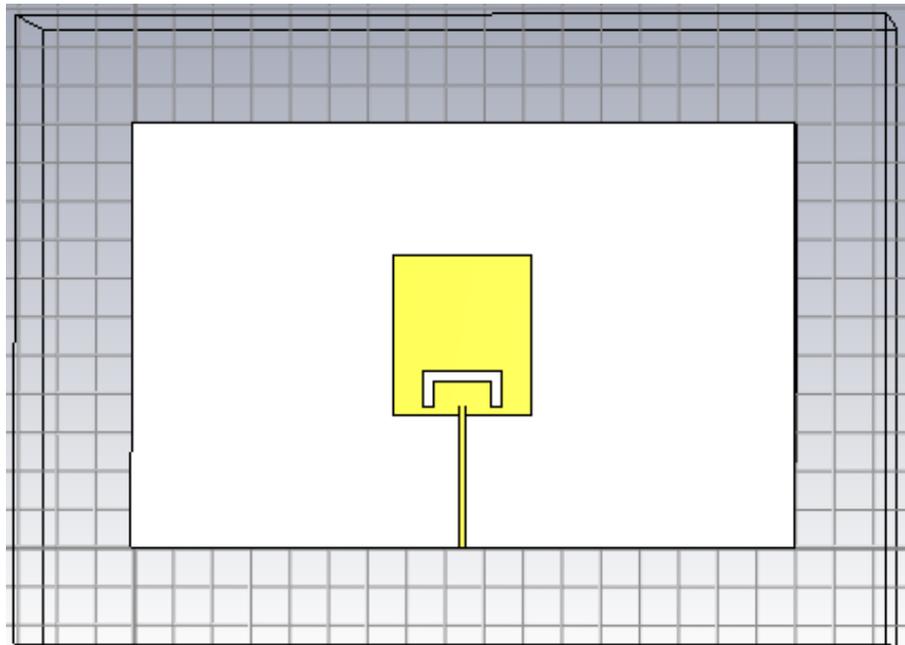


figure III.25: antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente.

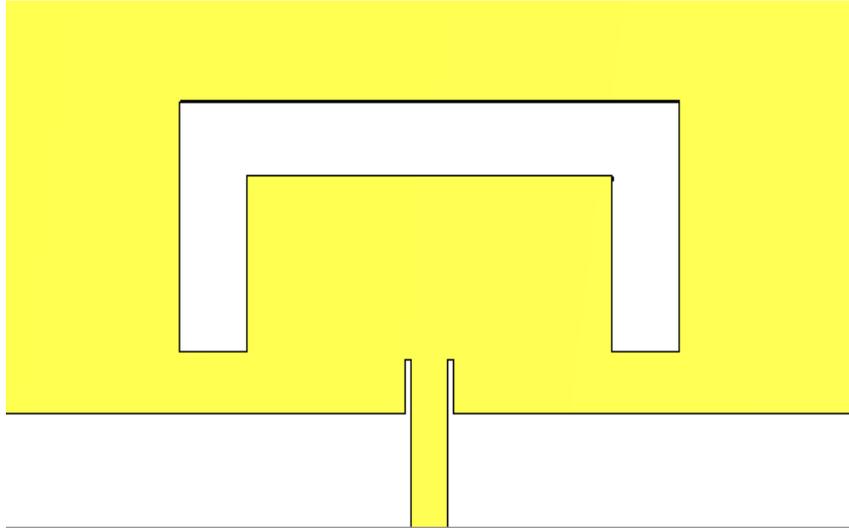


Figure III.25: zomme sur la fente d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente.

Après la simulation de l'antenne (fente patch) en observer que il n'ya pas de résonance comme elle montre **la figure 25** ca veut dire quand va étudier les paramètres concernant la fente patch.

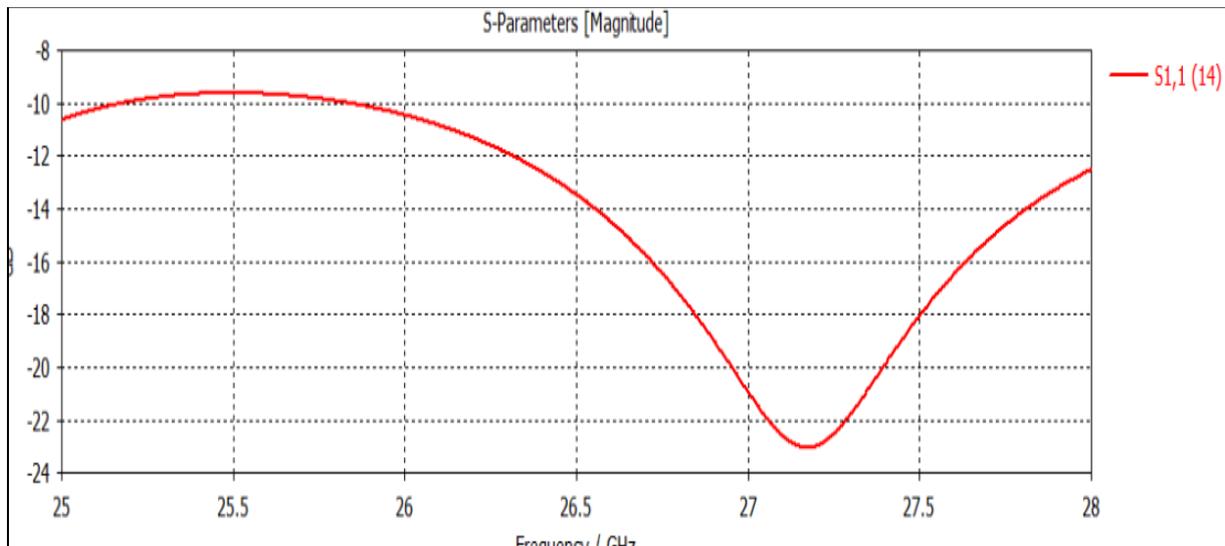


Figure III.26: S11 d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente .

3.4.1 ETUDE PARAMETRIQUES :

Dans études paramétrique en a utiliser la fonction par-sweep sur le fente pour avoir les meilleurs paramètres de fente qui nous permet d'avoir une bonne adaptation sur la fréquence 27Ghz. Après la simulation en observe le changement de dimension (fente patch) (dis , ls , wa , ws) pour obtenir un bon coefficient de réflexion qui nous convient .

3.4.1.1 *Commençant par (dis) d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente :*

En a 4 déférents courbes mais bien en va choisir un seul qui nous convient d'après le résultat dans S11 d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente.

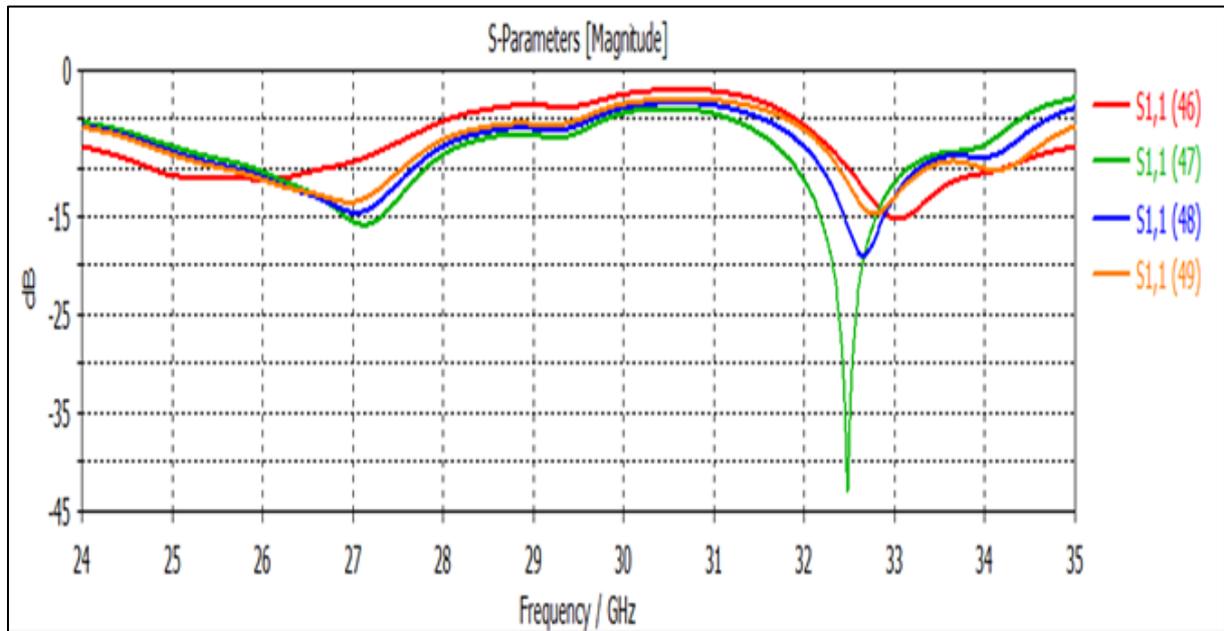


Figure III.27: dis 4 en 1 d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente

Tableau 2 : variation de paramètre dis d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente

courbes	Dis(mm)	Lp(mm)	Ls(mm)	Wa(mm)	Ws(mm)
46	0	4.17	0.5	0.1	1.2
47	0.225	4.17	0.5	0.1	1.2
48	0.45	4.17	0.5	0.1	1.2
49	0.675	4.17	0.5	0.1	1.2

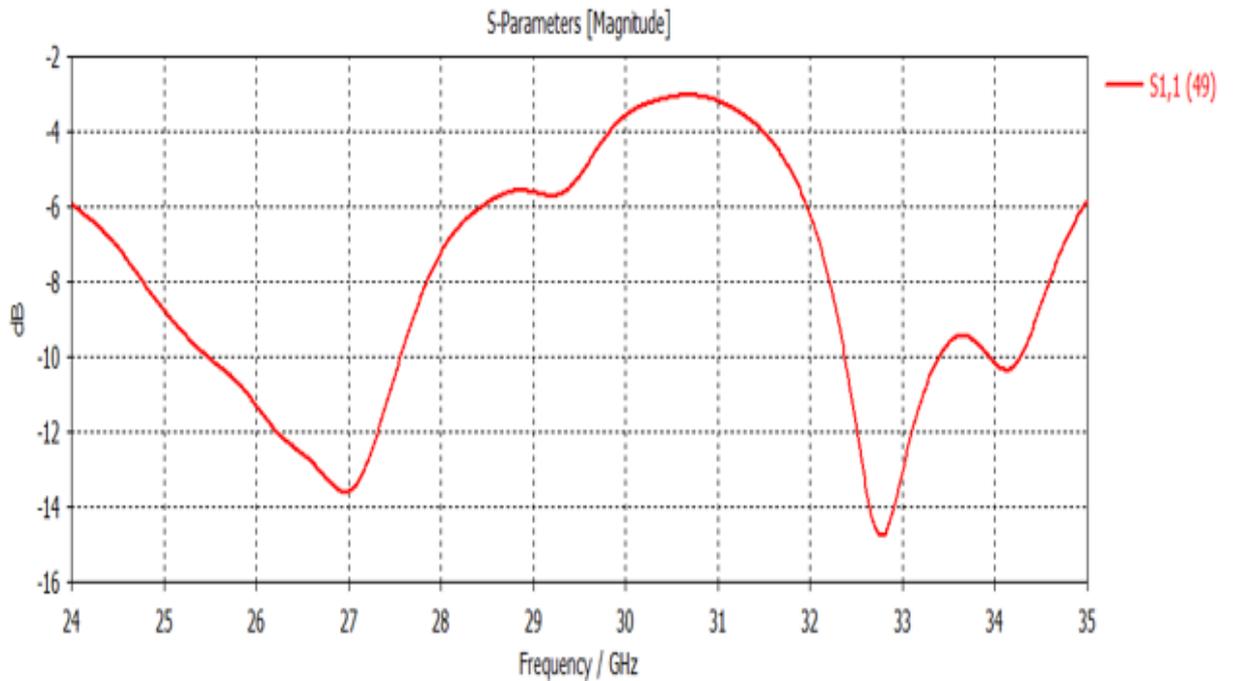


Figure III.28 : dis 0.675 d'antenne patch microruban basee sur substrat homogène a fente.

D'après les résultats en conclue que le meilleur paramètre (dis) est 0.675

3.4.1.2 PARAMETRE LS : IS (0.1) D'ANTENNE PATCH MICRORUBAN BASEE SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE

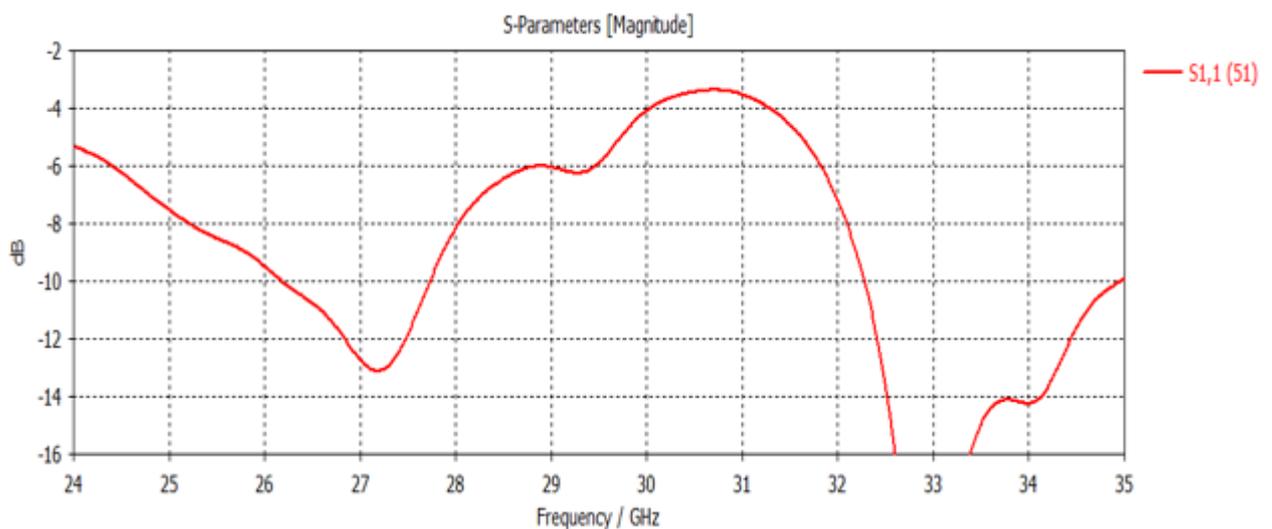


Figure III.29 : ls 0.1 d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente.

Tableau 3 : variation de paramétré ls d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente

Courbes	Dis(mm)	Lp(mm)	Ls(mm)	Wa(mm)	Ws(mm)
49	0.675	4.17	0.5	0.1	1.2
50	0.9	4.17	0.5	0.1	1.2
51	0.5	4.17	0.1	0.1	1.2
52	0.5	4.17	0.65	0.1	1.2

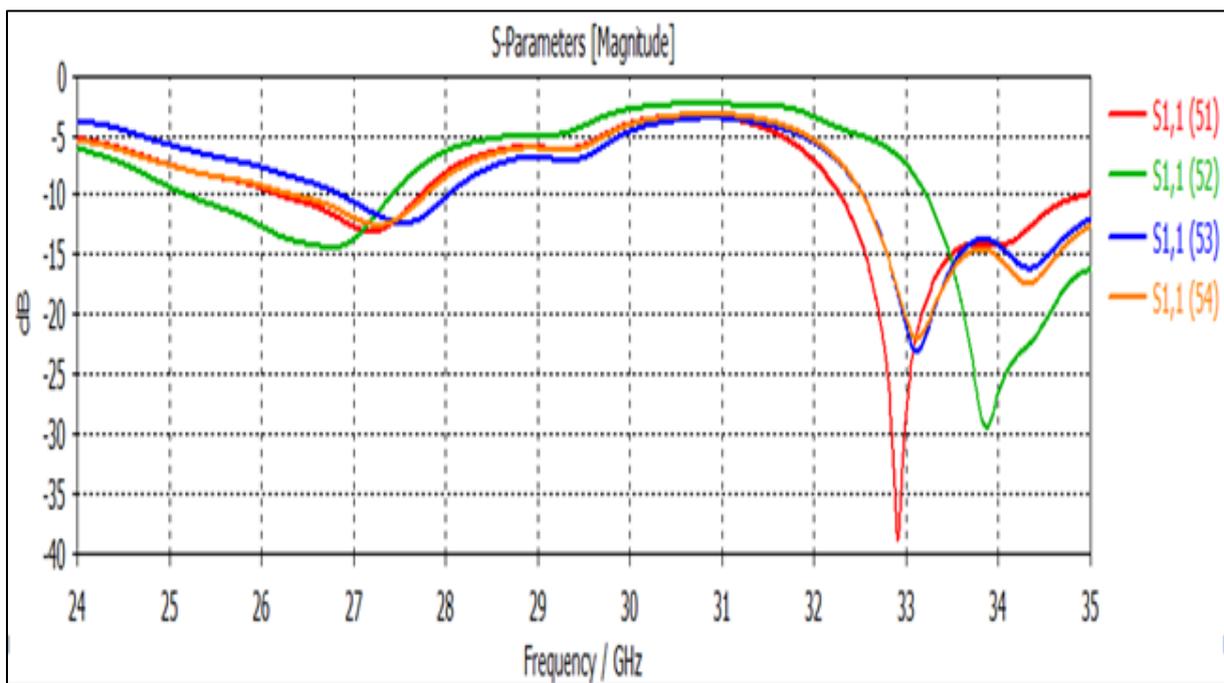


Figure III.30 : Is les 4n en 1 d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente.

En obtient la meilleure adaptation pour les paramètres ls d'antenne microruban basée sur substrat homogène a fente est : ls de 0.1

3.4.1.3 PARAMETRE (wa) D'ANTENNE MICRORUBAN BAS-Y SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE

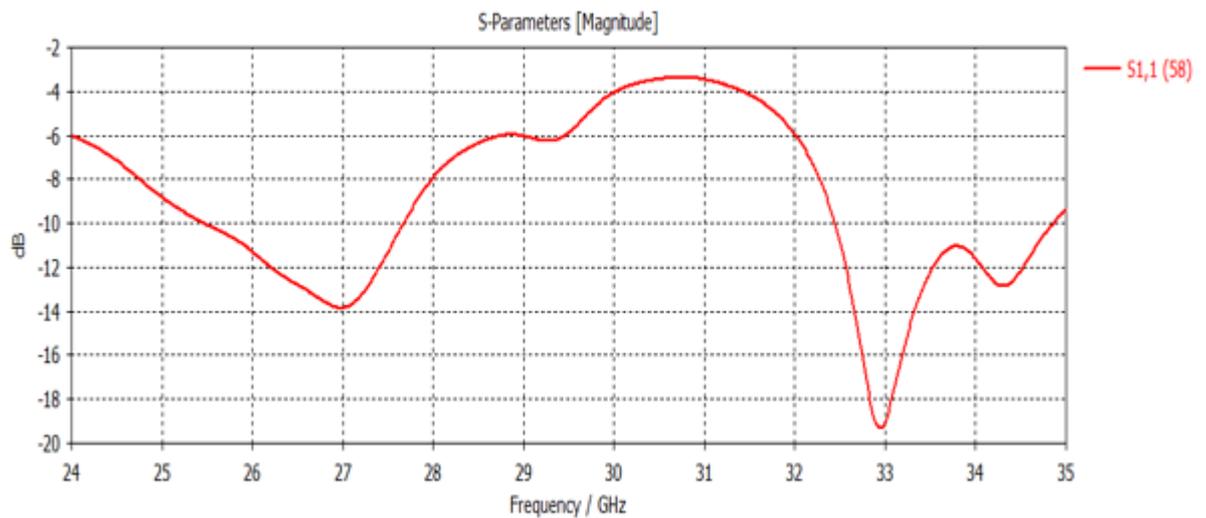


Figure III.30 : wa 0.625 d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente.

Tableau 4 : variation de paramètre wa d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente.

Courbes	dis(mm)	lp(mm)	Ls(mm)	Wa(mm)	ws(mm)
56	0.5	4.17	0.5	0.275	1.2
57	0.5	4.17	0.5	0.45	1.2
58	0.5	4.17	0.5	0.625	1.2
59	0.5	4.17	0.5	0.8	1.2

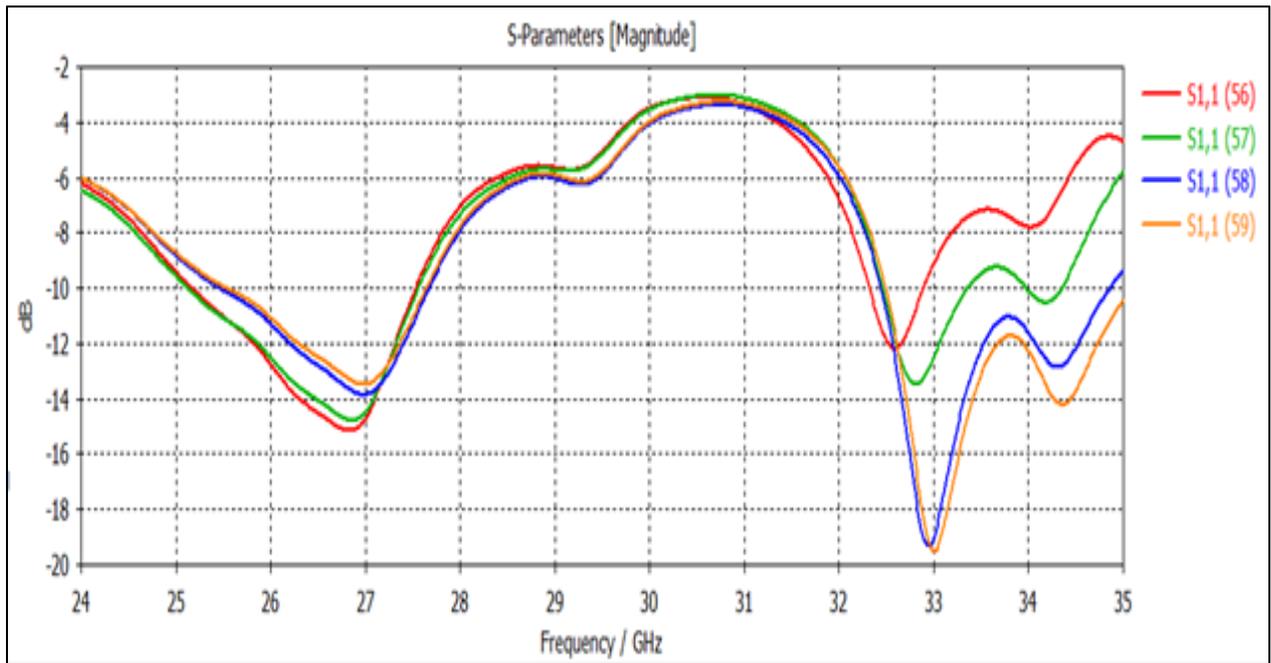


Figure III.31 : wa les 4 en 1 d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente

En obtient la meilleure adaptation pour le paramètre (wa) de antenne microruban bas-y sur substrat homogène a fente est 0.625mm

3.4.1.4 PARAMETRES (WS) D'ANTENNE PATCH MICRORUBAN BASEE SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE

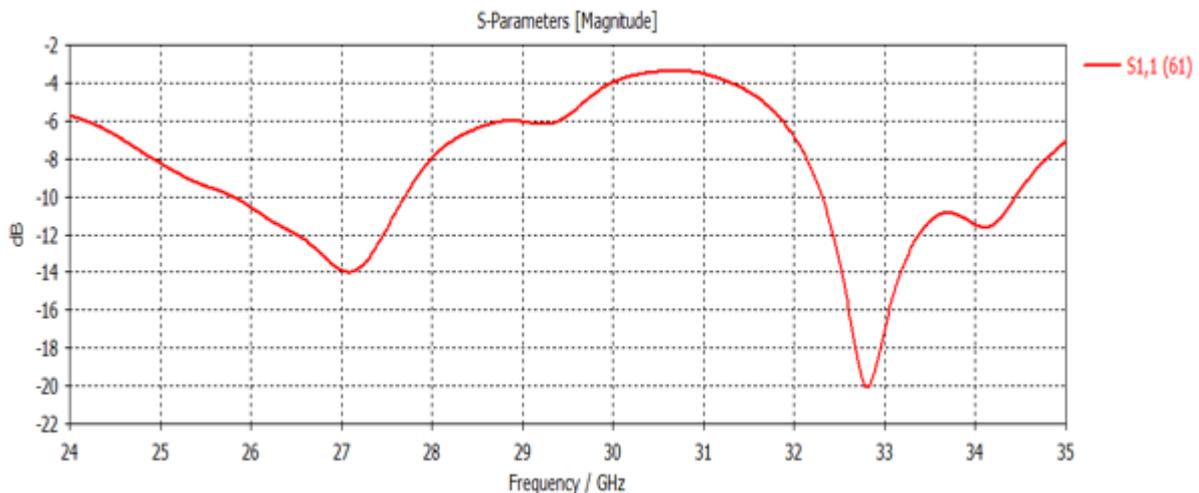


Figure III.32 : ws d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente

1.075

Tableau 5 : variation de paramètre w_s d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente

courbes	Dis(mm)	Lp(mm)	Ls(mm)	wa(mm)	Ws(mm)
59	0.5	4.17	0.5	0.8	1.2
60	0.5	4.17	0.5	0.1	0.1
61	0.5	4.17	0.5	0.1	1.075
62	0.5	4.17	0.5	0.1	2.05

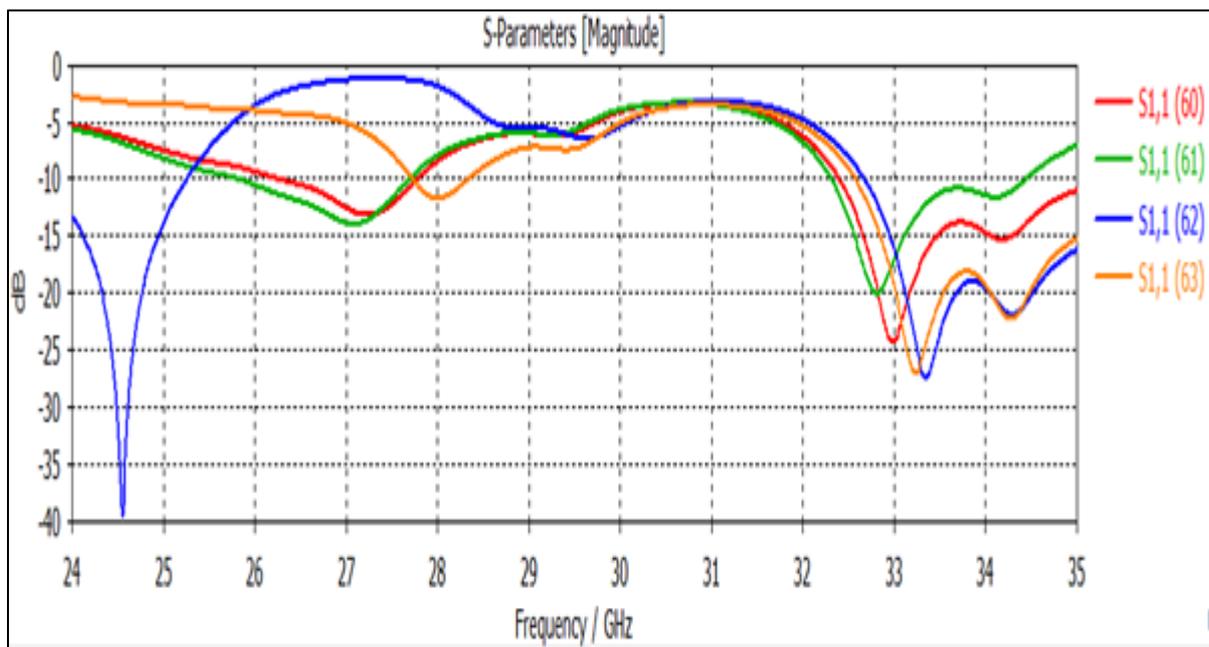


Figure III.33 : w_s 4 en 1 d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente

En obtient la meilleure adaptation pour le paramètre (w_s) de antenne microruban bas-y sur substrat homogène a fente est 1.075 mm.

Après avoir nos paramètres qui nous conviennent (Dis : 0.675 / Ls : 0.1 / Wa : 0.625 / Ws : 1.075) paramètres en va faire une simulation pour obtenir une courbe finale on observe un résultat qui nous permettra de choisir la bonne courbe qui va rayonner dans (27GHz) pour quand on peut l'étudier .

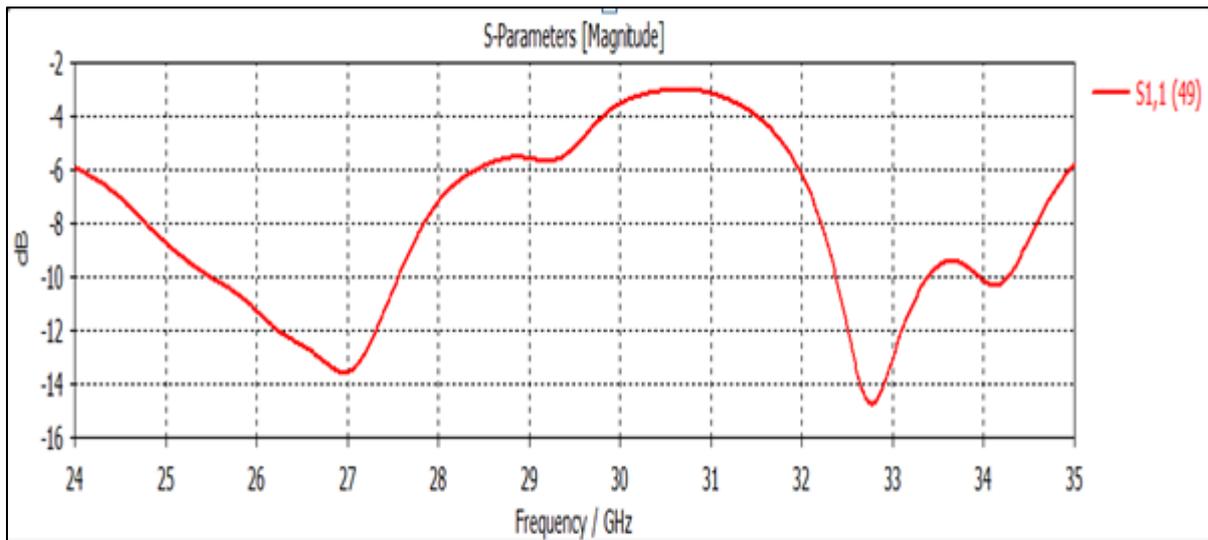


Figure III.34 : La meilleure coefficient de réflexion (dis , ls , ws , wa) d'antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente

3.4.2 GAIN D'ANTENNE PATCH MICRORUBAN BASEE SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE :

La figure 35 représente Le diagramme de gain Nous remarquons que l'antenne patch microruban bas-y sur substrat homogène a fente présente un rayonnement directionnel dans la fréquence 27 (GHz) .

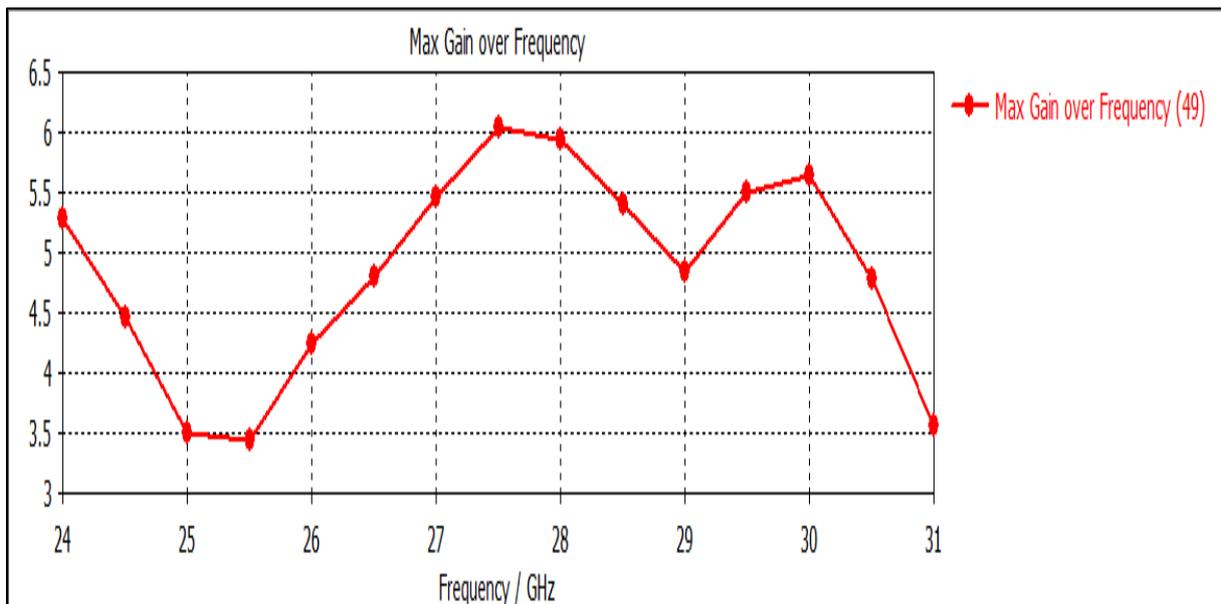


Figure III.35 : le gain que l'antenne patch microruban basée sur substrat homogène

En obtient que le gain a augmenté de 3dB jusqu'à 5.5dB qui veut dire que funet le patch à ramener une augmentation d'antennes avec un rayonnement dans notre fréquence (27GHz) mieux que notre premier antenne.

3.5 ANTENNE PATCH MICRORUBAN BASEE SUR SUBSTRAT HOMOGENE A FENTE BASEE SUR SUBSTRAT CRISTAUX PHOTONIQUE :

En utiliser cristaux photonique dans l'antenne précédent a fin de diminue les perdes de l'antenne ce qui nous permettra d'avoir une augmentation du gain.

3.5.1 Application de cristaux photonique :

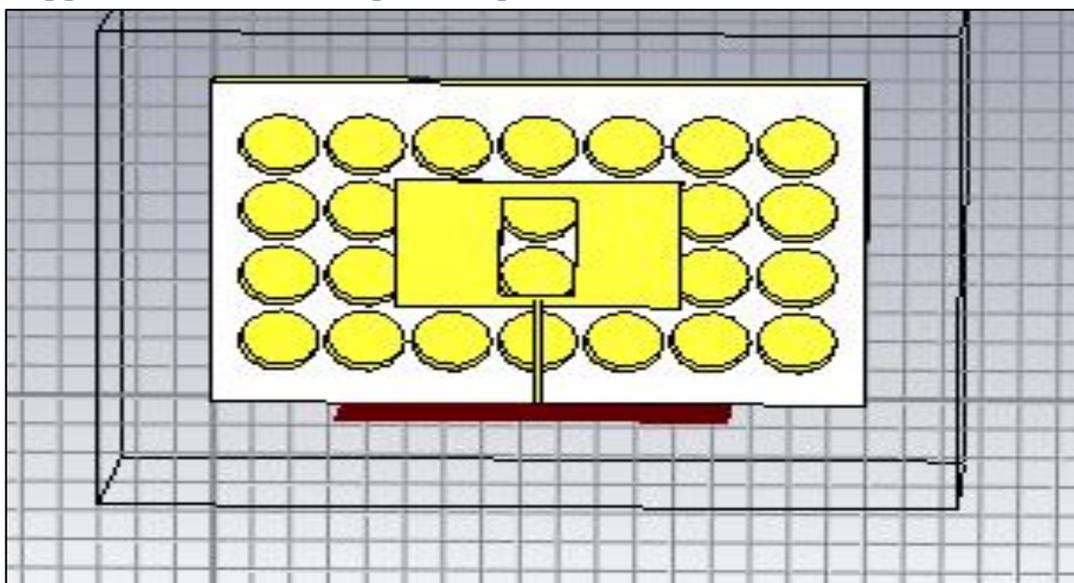


Figure III.36 : antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente basée sur substrat cristaux photonique

D'après applique cristaux photonique dans le patch en a fait simulation d'antenne pour obtenir un résultat qui nous permettra d'observer le changement obtenue quand peut faire une comparaison avec les autres antennes.

En a obtenue plusieurs coefficient de réflexion mais en a choisis qui nous convient pour quand peut comparer avec les autres.

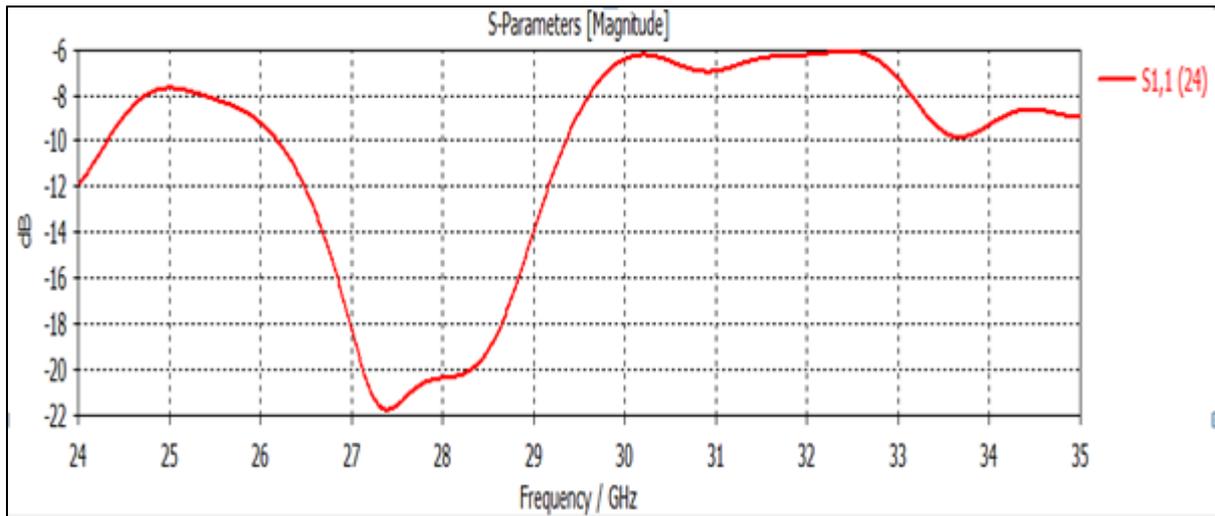


Figure 37 : coefficient de réflexion S11 antenne patch microruban basée sur substrat homogène a fente basée sur substrat cristaux photonique qui rayonne dans 27 GHz

On a obtenu un bon rayonnement quand a voulu a la fréquence étudié (27 GHz) Avec un gain de : 6.8 dB mieux que le gain précédant.

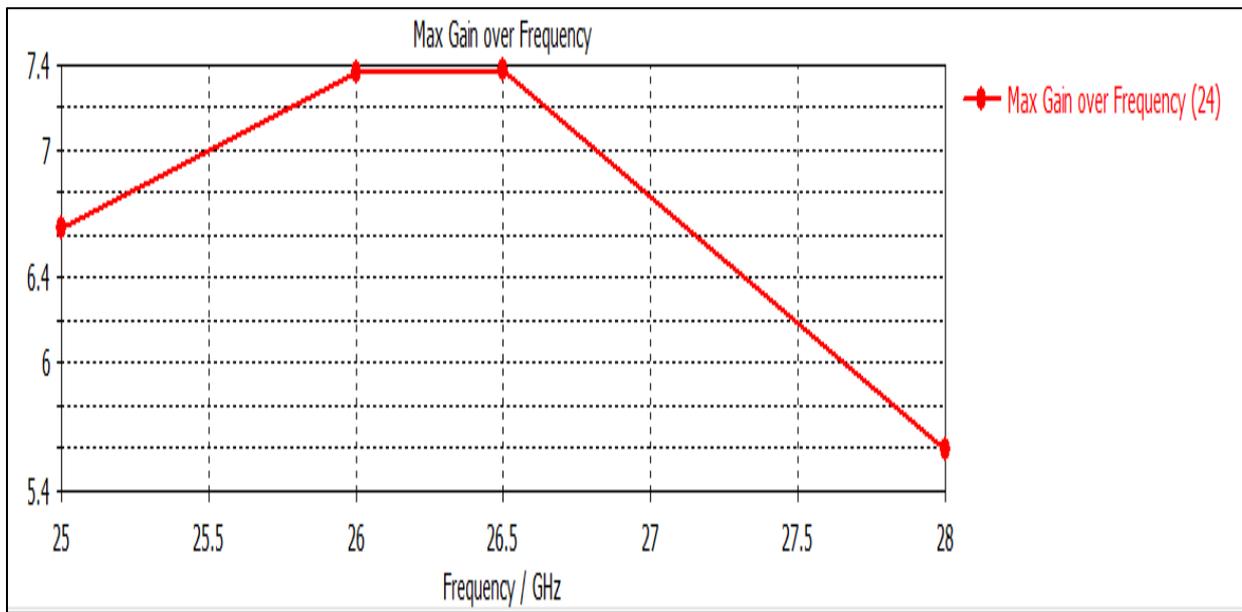


Figure 38 : le gain d'antenne patch micro ruban basée sur substrat homogène a fente bas-y sur substrat cristaux photonique

On a observé que le gain à augmenter de 5.5 dB jusqu'à 6.8 dB c'est un changement remarquable qui nous permettra de conclure que les cristaux photoniques baisse les perdes de l'antenne et avoir un gain plus élevée veut dire la fonction cristaux photonique et la bonne fonction qui nous convient pour une construction d'une antenne 5G dans la fréquence 27Ghz.

3.6 CONCLUSION :

A travers ce chapitre, nous avons traité les différentes étapes pour concevoir une antenne imprimée rectangulaire alimentée par une ligne microstrip, qui résonne à la fréquence 5G (27GHz).

Dans le but de réaliser cette antenne, en faisant plusieurs simulations sous CST, tout d'abord nous avons commencé par la conception d'une antenne initiale, après cette simulation en termes de coefficients de réflexion, nous avons vu une adaptation à la fréquence demandée (27GHz) mais avec un gain très bas et étude paramétriques comparaison avec les autres fonctions comme la fonction « fente » nous avons vu dans cette fonction que le coefficient de réflexion concernant le gain a été augmenté et même après l'utilisation de cristaux photoniques le gain a augmenté d'une façon visible comparaison avec la première antenne initiale .

Ce qui veut dire la meilleure fonction pour avoir une antenne d'un gain augmenté il faut bien utiliser les cristaux photoniques.

CONCLUSION GENERALE :

Les travaux de recherche académique et industrielle sur la technologie 5G a connu un essor notoire ces dernières années, l'ambition première a été de proposer une antenne planaire afin de satisfaire les besoins des exigences du standard 5G. Les travaux qui ont été effectués dans le cadre de ce mémoire sont consacrés à la conception et la réalisation d'une antenne microruban de la forme rectangulaire alimentée par une ligne qui rayonne dans les bandes millimétriques.

Pour atteindre notre objectif, une simulation a été faite, sous le logiciel CST MWS studio qui utilise la méthode d'intégration. Ce simulateurs nous ont permis de modéliser et d'analyser cette antenne rapidement et précisément.

Dans le premier chapitre on s'est intéressé à la représentation des besoins des systèmes de communication. Nous avons fait un rappel historique des générations de réseaux mobiles, les différentes visions et applications du nouveau standard 5G, nous avons montré que l'utilisation des bandes de fréquences millimétriques est une solution pour augmenter la bande passante afin d'éliminer le problème de saturation du réseau.

Ensuite dans le deuxième chapitre nous avons abordé les antennes de façon générale et les antennes imprimées de façon particulière tel que le principal avantage de la technologie des antennes microruban et la simplicité qui contient, et par la suite le choix de la fréquence

27 GHz.

Dans le chapitre 3 , en faisant plusieurs simulations sous CST, tout d’abord nous avons commencé par la conception d’une antenne initiale, après cette simulation en termes de coefficients de réflexion, nous avons vu une adaptation à la fréquence demandé (27GHz) mais avec un gain très bas et étude paramétriques comparaison avec les autres fonction comme la fonction « fente » nous avons vu dans cette fonction que le coefficient de réflexion concernant le gain a été augmenter et même après l’utilisation de cristaux photonique le gain a augmenté d’une façon visible comparaison avec le premier antenne initiale qui nous aider a savoir que la simulation de l’antenne utilisant les cristaux photonique donne une meilleur résultat concernant le gain et la résonance .

BIBLIOGRAPHIE :

[1] Dongmyun Lee Directeur technique, KT (République de Corée)

[2] Luka Lemorentin -12/06/2020

[3] F. Rebecchi, M. Dias De Amorim, V. Conan, A. Passarella, R. Bruno, and M. Conti, “Data offloading techniques in cellular networks: A survey,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, 2015, doi: 10.1109/COMST.2014.2369742

[4] S. Lee, G. Tewolde, and J. Kwon, “Design and implementation of vehicle tracking system using GPS/GSM/GPRS technology and smartphone application,” in 2014 IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2014, 2014, doi: 10.1109/WF-IoT.2014.6803187.

[5] J. Sanchez and M. Thioune, UMTS. 2010.

[6] WCDMA for UMTS. 2010.

[7] E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Skold, 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. 2013 .

[8] Agiwal, M.; Roy, A.; Saxena, N. Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Commun. Surv.* **2016**, *18*, 1617–1655.

- [9] Buzzi, S.; Chih-Lin, I.; Klein, T.E.; Poor, H.V.; Yang, C.; Zappone, A. A survey of energy-efficient techniques for 5G networks and challenges ahead. *IEEE J. Sel. Areas Commun.* **2016**, *34*, 697–709.
- [10] ITU: The International Telecommunication Union. IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond M Series Mobile, radio determination, amateur and related satellite services. 2015 .38
- [11] Ejaz et al. «Internet des objets (IoT) dans les communications sans fil 5G», dans *IEEE Access*, vol. 4, pages 10310-10314, 2016
- [12] Jonathan Rodriguez. Principes de base des réseaux mobiles 5G. Wiley, 1 édition, 2015. P :40 »
- [13] par ANTHONY JACQUEMIN
- [14] Ling, R. (2020) *Mobile Communication*. Wiley, Hoboken, 21-58
- [15] Agachai Sumalee, Hung Wai Ho, "Smarter and more connected: Future intelligent transportation system", *IATSS Research*, vol. 42, Issue 2, 2018, pp. 67-71.
- [16] Shweta Singh and Arun Kumar Tripathi, "A Comparative Study of Internet Protocols in MANET", *International Conference on Advances in Computer Sciences (ICACDS-16)*, vol. 721, pp. 221-231.
- [17] A. Solanas, C. Patsakis, M. Conti et al., « Smart health : a context-aware paradigme de la santé dans les villes intelligentes », *IEEE Communications Revue*, vol. 52, non. 8, 2014, p. 74-81.
- [18] Arun Kumar Tripathi and Ajay Agarwal, "An Approach towards Time Synchronization Based Secure Protocol for Wireless Sensor Network", *International Conference on Networked Digital Technologies (NDT-2010)*, vol. 88, issue 2, 2010, pp. 321-332.
- [19] Muhammad Saqib Jamil, Muhammad Atif Jamil, Anam Mazhar, Ahsan Ikram, Abdullah Ahmed, Usman Munawar, "Smart Environment Monitoring System by Employing Wireless Sensor Networks on Vehicles for Pollution Free Smart Cities", *Procedia Engineering*, vol. 107, 2015, pp. 480-484
- [20] Emine Moutaly, 'Etude d'une architecture radio-sur-fibre pour le fronthaul 5G', Thèse de doctorat d'Université Paris-Est, Soutenue le 09 décembre 2019

- [21] Dilsha, M.D; Neenu, W., 2015, Introduction to 5G Wireless Technology. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) NSDMCC, 4 (6), <https://www.ijert.org> »
- [22] T. L. Marzetta, “Noncooperative Cellular Wireless with Unlimited Numbers of Base Station Antennas,” IEEE Trans. Wirel. Commun., vol. 9, no. 11, pp. 3590–3600, Nov. 2010.
- [23] Conception de simulation de modèle de systèmes d'antenne intelligente pour les systèmes de réseau sans fil 5G ,novembre 2018 ,DOI : 10.5772/intechopen.79933 ,Dans le livre : Array Pattern Optimization [Titre de travail], Auteurs: Vincenzo Inzillo ; Floriano De Rango(Université de la Calabre) ,Luigi Zampogna , Alfonso Ariza Quintana (Université de Malaga)
- [24] Jonathan Rodriguez. Principes de base des réseaux mobiles 5G. Wiley, 1 édition, 2015. P :40
- [25] Backhauling sans fil de petites cellules 5G : défis et approches de solution ;Octobre 2015Communications sans fil IEEE 22(5):22-31, DOI : 10.1109/MWC.2015.7306534
- [26] A. Sabharwal, P. Schniter, D. Guo, D. W. Bliss, S. Rangarajan, and R. Wichman, “In-Band Full-Duplex Wireless: Challenges and Opportunities,” IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 32, no. 9, pp. 1637–1652, Sep. 2014
- [27] A. Sabharwal, P. Schniter, D. Guo, D. W. Bliss, S. Rangarajan, and R. Wichman, “In-Band Full-Duplex Wireless: Challenges and Opportunities,” IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 32, no. 9, pp. 1637–1652, Sep. 2014.
- [28] Toby Haynes. (Une introduction à la formation de faisceaux numérique, au traitement du signal spectral) ,1998 p :41
- [29] MERZOUGUI Sidi Mohammed Anes Belkacem, thèse master (Transmission simultanée fixe FTTH et Mobile 5G sur fibre optique basé sur les modulations à double polarisation), Soutenu le 17 novembre 2020 University of Tlemcen
- [30] Theodore S. Rappaport Robert W. Heath, Jr. Robert C. Daniels James N. Murdock, (Millimeter wave wireless communications), Pearson Education, 2015
- [31] Hafedh Ben IBRAHIM GAHA, (Analyse et Conception des Antennes Fractales Applications aux Télécommunications Large Bande), Ecole doctorale GEET&Ecole doctorale STI, 18 Juillet 2007

- [32] Yazid Hmeydi, Institut supérieur des études technologiques en communications de Tunis - Projet de fin d'études 2009
- [33] Yazid Hmeydi, Institut supérieur des études technologiques en communications de Tunis - Projet de fin d'études 2009
- [34] ADIL KAMIL, Université du Québec « INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE », 'conception d'une antenne patch ultra-large bande' (3.1 ghz-10.6 ghz)', 2011. »
- [35] ADIL KAMIL, Université du Québec « INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE », 'conception d'une antenne patch ultra-large bande' (3.1 ghz-10.6 ghz)', 2011.
- [36] P. F. Combes, «Circuits Passifs, Propagation, Antennes," Micro-ondes Tome 2, Dunod, 1997 , Paris : Dunod , 1 vol. (XI-383 p.
- [37] P. F. Combes, «Circuits Passifs, Propagation, Antennes," Micro-ondes Tome 2, Dunod, 1997 , Paris : Dunod , 1 vol. (XI-383 p.)
- [38] « Constantine A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", 2005, John Wiley & Sons, INC. »
- [39] Mr. REFICE Mohamed Lamine, « Modélisation et simulation des antennes en onde Millimétrique à base de méta matériaux », Mémoire Magister en micro-ondes .UniversitéZiane Achour de Djelfa Faculté des Sciences et de la Technologie2013-2014.
- [40] J.Q. Howell Microstrip Antennas IEEE Transaction on Antennas and Propagation, vol. 23, Issue 1, p. 90-93, janvier 1975.
- [41] G. Kossiavas, A. Papiernik, R. Staraj, C. Luxey Antennes imprimées - Bases et principes Dossier E 3310, Antenne, Techniques de l'Ingénieur, 2012
- [42] K. Lu. Wong, "Compact and broadband Microstrip antennas" John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 0-471-41717-3, 2002
- [43] Ouadiaa Barrou, Abdelati REHA, Abdelkebir EL AMRI, « Etude Paramétrique Des Antennes Patches Rectangulaires Alimentées Par Proximité », Revue Méditerranéenne des Télécommunication Méditerranéen Télécommunication journal, Vol.6, N°2, June2016
- [44] D. Aissaoui, « Analyse à l'aide de modèles équivalents d'antennes impriméesAlimentées par ligne adaptées », Mémoire de Magister, Université de Abou BakerBelkaidTlemcen, 03/2007. »

- [44] Ouadiaa Barrou, Abdelati REHA, Abdelkebir EL AMRI, « Etude Paramétrique Des Antennes Patches Rectangulaires Alimentées Par Proximité », Revue Méditerranéenne des Télécommunication Méditerranéen Télécommunication journal, Vol.6, N°2, June2016
- [45] M. Titaouine, « Analyse des antennes microrubans de forme arbitraire par la Méthode des moments et le modèle généralisé de la cavité », Thèse de Doctorat, Université de Sétif, 09/2007.
- [46] B. Zaoui, « Modélisation d'une antenne micro ruban compacte », Master académique, Université Echahid Hamma Lakhdar El oued, 06/2015
- [47] Ouadiaa Barrou, Abdelati REHA, Abdelkebir EL AMRI, « Etude Paramétrique Des Antennes Patches Rectangulaires Alimentées Par Proximité », Revue Méditerranéenne des Télécommunication Méditerranéen Télécommunication journal, Vol.6, N°2, June2016
- [48] D. Aissaoui, « Analyse à l'aide de modèles équivalents d'antennes imprimées Alimentées par ligne adaptées », Mémoire de Magister, Université de Abou Baker Belkaid Tlemcen, 03/2007.
- [49] J.Q. Howell Microstrip Antennas IEEE Transaction on Antennas and Propagation, vol. 23, Issue 1, p. 90-93, janvier 1975.
- [50] Mohamed Mansouri et El haithem Ezzeroug, « Conception et simulation d'une antenne Patch ultra large bande [1-8 GHz] », Mémoire Master en aéronautique. l'institut d'aéronautique et des études spatiales.
- [51] Laib, S. & Djahli, F. & Mayouf, Abdelhalim & Jean-Claude, Carru & Devers, Thierry. (2012). A generalized CAD model for the full-wave modeling of Coplanar striplines discontinuities. International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields. 25. 82 - 95. 10.1002/jnm.816.
- [52] O. Picon, Coll, « Les Antennes, théorie, conception et applications », Dunod, Paris, 978-2-10-051989-7, 2009.
- [53] Ouadiaa Barrou, Abdelati REHA, Abdelkebir EL AMRI, « Etude Paramétrique Des Antennes Patches Rectangulaires Alimentées Par Proximité », Revue Méditerranéenne des Télécommunication Méditerranéen Télécommunication journal, Vol.6, N°2, June 2016
- [54] E. Yablonovitch. Physical Review Letters 58(20), 2059-2062 (1987).
- [55] S. John. Physical Review Letters 58, 2059 (1987).
- [56] E. Yablonovitch, T.J. Gmitter, and K.M. Leung. Physical Review Letters 67(17), 2295–2298.

- [57] E. Yablonovitch. *Physical Review Letters* 58(20), 20592062 (1987).
- [I6666666I.58] E. Yablonovitch, T. J. Gmitter, K. M. Leung. «Photonic band structure: The facecentered-cubic case employing nonspherical atoms.» *Phys. Rev. Lett.*, Vol.67, 1991: 2295-2298.
- [59] Graydon, Nature's nanostructures color wings and stones, *Opto Lser Europe*, 51, pp.31-36 June 1998.
- [60] M. Pomarède, la couleur des oiseaux, *Pour la Science*, n° 261,p.92, juillet 1999.
- [61] J.D.Joannopoulos. *Nature* 414(6861), 257–258(2001).
- [62] Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Win, *Photonic Crystal: Molding the Flow of Light*,Princeton Univ. Press (1995)
- [63] Kittel, *Introduction à la physique de l'état solide*, collection DUNOD, 1970.
- [64] E. Yablonivitch, T. J. Gmitter, K. M. Leung, *Photonic Band Structure: The Face-centred-Cubic Case Employing Nonspherical Atoms*, *Phy. Rev. Lett.*,67,p2295-2298 (1991).
- [65] R. D. Meade, Karl D. Brommer, Andrew M. R, and J. D. Joannopoulos, *Photonic bound states in periodic dielectric materials*, *Phs. Rev. B*, 44,pp13772-13774(1991).
- [66] M. Sigalas, C. M. Soukoulis, E. N. Economou, C. T. Chan, and K. M. Ho, *Photonic band gaps and defects in two dimensions: Studies of the transmission coefficient*, *Phys. Rev. B* 48, 14121(1993).
- [67] F. Gadot, *Modélisation et caractérisation expérimentale de matériaux à Bandes Interdites Photoniques (BIP) en Micro-ondes*, thèse de Doctorat, Univ. De Paris sud, Janvier(1999) .
- [68] K. Sakoda: *Optical Properties of Photonic Crystals Manual*, Springer, (2001).
- [69] F. Hirtenfelder, "Effective Antenna Simulations using CST MICROWAVE STUDIO®," 2007 2nd International ITG Conference on Antennas, 2007, pp. 239-239, doi: 10.1109/INICA.2007.4353972.