

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -

Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Référence :/MM/2021

المرجع:/م/م / 2021

Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Réalisé par :

ARAR Farouk

Et

ALI-AMMAR Abdellatif

Thème

Étude et simulation d'une antenne patch ULB pour application VSAT

Soutenu le:/10/2021

Devant la commission composée de :

Mr :	Prof.	Univ. Bouira	Président
.....	M.C.A	Univ. Bouira	Rapporteur
.....	M.C.B	Univ. Bouira	Examineur
.....	M.A.A	Univ. Bouira	Examineur

Année Universitaire: 2020-2021

Dédicace 1

Je dédie ce modeste mémoire :

À ma Chère Mère Halima

*À mon Père Ali Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de vivre
ce jour.*

À mon chère Frère Karim décédé récemment que dieu lui fasse miséricorde

À ma chère et unique sœur Atika.

À mes chères frères Hamid, Azzedine et Sofiane.

ARAR Farouk

Dédicace 2

Je dédie ce modeste mémoire :

*À mes chers parents mes amis et toute les personnes proches de moi, pour tous leurs
sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien
infaillible,*

Merci d'être toujours là pour moi.

ALI-AMMAR Abdellatif

Remerciements

Ce travail a été effectué au sein du Département des Sciences et sciences appliquées de l'Université de Bouira.

Je tiens à remercier, en premier lieu, Dr. AYAD Mouloud Directeur de ce mémoire pour ses conseils et son aide.

Nous remercions également tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Enfin, j'associe à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail.

Résumé

Le réseau VSAT (Ultra Small Aperture Terminal) peut répondre aux besoins de télécommunications dans des circonstances particulières, Ce sont donc des solutions de télécommunications importantes, utilisées par de nombreux secteurs publics et privés au vu de ces caractéristiques avantageuse (largeur de bande et sécurité). Afin de répondre aux exigences de cette technologie en matière d'antenne, l'antenne imprimée patch est privilégié. Donc ce travail sera autour de la conception de deux antennes patch, pour application VSAT

Dans deux bande de fréquences bien distincte [4 - 6] GHz et [1.39 – 1.40] GHz par le biais du logiciel CST microwave studio.

Mots clés : Antenne imprimée patch, Hyperfréquence, Système VSAT, CST STUDIO SUIT

Table des Matières

Remerciements.....	I
Résumé	II
Table des Matières.....	III
Liste des Figures.....	VI
Liste des Tableaux.....	VII
Listes des Acronymes et Symboles	VIII

Introduction Générale	1
------------------------------	----------

Chapitre 1 : Notions générale sur les systèmes VSAT et les antennes patch
--

1. Introduction	2
2. La technologie VSAT	2
3. Architecture de la technologie VSAT	2
3.1. Partie Spatial	3
3.1.1) Satellite	3
3.1.2) L'orbite	4
3.1.3) Bande de fréquence	4
3.2. Partie Terrestre.....	5
3.2.1. L'ODU (OutDoor Unit)	5
3.2.1.1) Antenne	5
3.2.1.2) BUC (Block Up Converter)	5
3.2.1.3) LNB (Low-Noise Block down converter).....	5
3.2.1.4) OMT (Orthomode transducer)	6
3.2.1.5) Cornet d'alimentation (feedhorn)	6
3.2.2. Indoor Unit (IDU)	6
3.2.2.1) Le HUB	6
3.2.2.2) Un modem	6
4. Définition d'antenne patch.....	7
5. Les caractéristiques des antennes	8
5.1. Impédance d'entrée de l'antenne	8
5.2. Le coefficient de réflexion.....	8
5.3. La bande passante	9
5.4. Directivité et gain.....	10
5.4.1. Directivité	10
5.4.2. Le gain	10
5.4. Rendement	11
5.4. Diagramme de rayonnement.....	11

6. Mécanisme du rayonnement	11
6.1. Région A	12
6.2. Région B	12
6.2. La région C	12
7. Champ d'application	12
8. Les avantages et les inconvénients des antennes patches.....	13
8.1. Avantages.....	13
8.2. Inconvénients	13
9. Conclusion	13

Chapitre 2 : Conception et simulation d'une antenne patch pour application VSAT

1. Introduction	14
2. Les techniques d'alimentation	14
2.1. Alimentation avec contact	15
2.1.1. Câble coaxiale	15
2.1.2. Ligne microbande.....	15
2.2. Alimentation sans contact.....	16
2.2.1. Alimentation par couplage par proximité	16
2.2.2. Couplage par fente.....	17
2.3. Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation.....	17
3. Technologie ULB	18
3.1. Les différentes applications	19
3.2. Caractéristique principale du système ULB	19
3.2.1. Capacité de la technologie ULB	19
3.2.2. Problème de propagation par multi trajet	20
3.3. Régulation.....	21
3.4. Protection de la communication.....	21
4. Logiciels de Simulation Electromagnétique.....	22
4.1. Présentations du logiciel CST Studio suite	22
4.2. Les étapes de simulation.....	22
4.2.1. Etape 1	23
4.2.2. Etape 2	23
4.2.3. Etape 3	23
5. Conclusion.....	23

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

1. Introduction	26
2. Simulation d'antenne patch.....	26
3. Largeur ligne de transmission(Wl)	26
4. Longueur ligne de transmission(Ll).....	28

5. Influence de la largeur du patch W_p	29
6. Influence de la longueur du patch L_p	31
7. Etude de l'antenne proposée.....	32
8. Diagramme de rayonnement en 3D	33
9. Diagramme de rayonnement en coordonnée polaire	34
10. Le gain et la directivité	36
11. Distribution du courant surfacique	37
12. Simulation d'une antenne patch pour une bande VSAT libre	37
13. Conclusion.....	39
Conclusion Générale	41
Références	42

Liste des Figures

Fig. 1.1. Technologie VSAT	2
Fig. 1.2. Composants de satellite.....	3
Fig. 1.3. Les modes orbitales GEO, MEO et LEO.....	4
Fig. 1.4. Les différents types d'antenne parabolique utilisée en VSAT	5
Fig. 1.5. Antenne (BUC & LNB).	6
Fig. 1.6. Structure générale d'une antenne.....	7
Fig. 1.7. Les différentes formes d'une antenne.....	8
Fig. 1.8. Le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence.....	9
Fig. 1.9. Bande passante.	10
Fig. 1.10. Diagramme de rayonnement (a) source isotrope, (b) source directive.....	11
Fig. 1.11. Trajectoires des rayons dans une antenne microruban (coupe).....	12
Fig. 2.1. Description d'une antenne imprimée.....	14
Fig. 2.2. Les techniques d'alimentation.....	15
Fig. 2.3. Alimentation du patch par un câble coaxial.	15
Fig. 2.4. Alimentation du patch par une ligne microbande.....	16
Fig. 2.5.L'alimentation par une ligne microbande axiale(a), décalée (b) et avec Encoche (....	16
Fig. 2.6. Ligne microbande en sandwich	17
Fig. 2.7. Spectre de fréquence ULB.	19
Fig. 2.8. Application de l'ULB.	20
Fig. 2.9. Propagation multi trajet.....	21
Fig. 2.10. Logo des principaux logiciels de simulations.	22
Fig. 2.11.Création d'un nouveau projet.....	22
Fig. 2.12.Choix de la zone de simulation.	23
Fig. 2.13.Choix de type de simulation.....	23
Fig. 2.14.Choix des unités de simulation.....	24
Fig. 2.15.Choix la bande de fréquence de simulation.	24
Fig. 2.16.Fin de création projet de simulation.	24
Fig. 2.17.Description générale de l'interface CST.....	25
Fig. 3.1. Design de l'antenne.	27
Fig. 3.2. Différentes largeurs et leurs coefficients de réflexion.	28

Fig. 3.3. Différentes largeurs et leurs VSWR.	29
Fig. 3.4. Différentes longueurs de ligne et leurs coefficients de réflexion.	30
Fig. 3.5. Différentes largeurs et leurs VSWR.	30
Fig. 3.6. Différentes largeurs de patch et leurs coefficients de réflexion.	31
Fig. 3.7. Différentes largeurs de patch et leurs VSWR.....	32
Fig. 3.8. Différentes longueurs de patch et leurs coefficients de réflexion.	33
Fig. 3.9. Différentes longueur de patch et leurs VSWR	33
Fig. 3.10.Coefficient de réflexion S11 de l'antenne.	34
Fig. 3.11.Diagramme de rayonnement en 3D directivité.....	35
Fig. 3.12.Diagramme de rayonnement en 3D du gain.....	35
Fig. 3.13.Diagramme de rayonnement du gain en coordonnée polaire dans le plan E et le plan H	36
Fig. 3.14.Gain de l'antenne.....	37
Fig. 3.15.Directivité de l'antenne	37
Fig. 3.16.Distribution du courant surfacique	38
Fig. 3.17.La bande passante libre en réception	39
Fig. 3.18.Géométrie de l'antenne patch.....	40
Fig. 3.19.Coefficient de réflexion (S11) de l'antenne patch.	40
Fig. 3.20.VSWR de l'antenne patch.....	41

Liste des Tableaux

Tab. 1.1. Bandes de fréquences et leurs services	5
Tab. 2.1. Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation	18
Tab. 3.1. Effet des différentes largeurs de la ligne sur l'antenne.....	27
Tab. 3.2. Effet des différentes longueurs de la ligne sur l'antenne	28
Tab. 3.3. Effet des différentes largeurs du patch sur l'antenne.....	30
Tab. 3.4. Effet des différentes longueur du patch sur l'antenne	31
Tab. 3.5. Dimensions du patch.....	33
Tab. 3.6. Dimension de l'antenne patch	38

Listes des Acronymes et Symboles

● Acronymes

3D	Trois Dimensions
AFP	Agence France-Presse
AMPC	Accès Multiple par Répartition par codes
AMPT	Accès Multiple par Répartition en temps
AMRF	Accès Multiple par Répartition en Fréquences
BS	Station de Base
BUC	Block UP Converter
CDMA	Code-Division Multiple Access
CST	Compute Simulation Technologie
dB	Décibel
F	Fréquence
Fax	Téléfax
FDMA	Frequency-Division Multiple Access
GEO	GeostationaryEarth Orbital
GHz	Gigahertz
GPS	Global Positioning System
IDU	InDoor Unit
Km	Kilomètre
LAN	Local Area Network
LEO	LowEarth Orbital
LHCP	Left-Hand CircularPolarization
LNB	LowNose Block
LO	Oscillateur Local

Max	Maximum
MEO	Medium Earth Orbital
MHz	Mégahertz
Min	Minimum
mm	Millimètre
ms	Milliseconde
NMS	Network Management System
ODU	OutDoor Unit
PP	Protocol Processeur
Qos	Qualité Of Service
RFT	Radio Fréquency Transformer
RHCP	Right-Hand CircularPolarization
SAT	Satellite
ST	Station terrestre
TDMA	Time-Division Multiple Access
TOS	Le Taux d'Onde Stationnaires
TV	Télévision
VoIP	Voice Over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
VSAT	Verry Small Aperture Terminal
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
Wifi	Wireless fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

• **Symboles**

\vec{E}	Le champ électrique	
F_{r1}	La fréquence de résonance de la ligne de transmission	GHz
F_{r2}	La fréquence de résonance de la ligne de transmission	GHz
F_{r3}	La fréquence de résonance de patch	GHz
F_{r4}	La fréquence de résonance de patch	GHz
L_l	La longueur de la ligne de transmission	Mm
L_p	La longueur de patch	Mm
P_A	La puissance d'alimentation d'une antenne	Watt
P_R	La puissance rayonnée dans la direction de rayonnement maximale	Watt
P_r	La puissance rayonnée	Watt
S_{11}	Le coefficient de réflexion	dB
W_l	La largeur de la ligne de transmission	Mm
W_p	La largeur de patch	Mm
W_1	La bande passante de la ligne de transmission	GHz
W_2	La bande passante de la ligne de transmission	GHz
W_3	La bande passante de patch	GHz
W_4	La bande passante de patch	GHz
f_c	La fréquence de résonance	Hz
f_1	La fréquence maximale	Hz
f_2	La fréquence minimale	Hz
$2\theta_3$	Angle 3 dB	Rad
BP	Bande passante	Hz
E	Plan Verticale	
h	Epaisseur du substrat	Mm
H	Plan Horizontale	

L	Longueur du patch	Mm
Phi	Angle	Degré °
t	Epaisseur du patch	Mm
W	Largeur du patch	Mm
θ	Angle	Rad
$D(\theta, \varphi)$	La directivité	dB
$G(\theta, \varphi)$	Gain d'une antenne	dB
$P(\theta, \varphi)$	La puissance reçue de l'émetteur	Watt
η	Le rendement	
π	Constant égale 3.14	Rad
φ	Angle	Rad

Introduction Générale

Ces dernières années, le domaine des communications par satellite a connu des développements très importants. Le réseau VSAT (Ultra Small Aperture Terminal) peut répondre aux besoins de télécommunications dans des circonstances particulières : protection des réseaux terrestres, gestion de crise, interconnexion en zone blanche, télécommunications mobiles, etc. Ce sont donc des solutions de télécommunications importantes utilisées par de nombreux secteurs publics et privés. Comme d'autres secteurs des télécommunications, les technologies liées aux réseaux VSAT subissent des changements rapides pour améliorer en permanence les performances et les fonctionnalités.

Et cette évolution du réseau passe aussi par l'évolution des antennes utiliser, plus précisément pour notre cas les antennes patch, muni d'un élément rayonnant, un substrat et un plan de masse en plus de sa capacité à supporter les hautes fréquences telles que la bande C [4 - 6] GHz et la bande libre [1.39 - 1.40] GHz ce qui fait d'elle en terme de rapport qualité/prix, la meilleure pour la technologie VSAT.

L'objectif de ce travail comprend la recherche et la conception d'une antenne patch très détaillé à travers l'outil de simulation CST Studio Suit Microwave, qui peut être utilisé pour diverses applications (TV, WIFI...). Ensuite, concevoir une autre antenne patch pour la bande passante de réception de la liaison VSAT [1,39 - 1,40] GHz. Donc pour ce travail qui va s'organiser sur trois chapitres :

Nous allons commencer dans le premier chapitre part le théorique et les principes de base, que ce soit la technologie VSAT, architecture, topologie et bande de fréquence, et l'antenne patch, structure, caractéristique et domaine d'application.

Pour le second chapitre, le travail va être accentué sur la conception et simulation de l'antenne patch pour application VSAT dans la bande C [4 - 6] GHz et la bande libre [1.39 - 1.40] GHz

Enfin, le troisième chapitre parlera des résultats des simulations des différentes antennes pour les différentes bandes et en clôture se travaille avec une conclusion générale.

Chapitre 1

Notions générales sur les systèmes VSAT et les antennes patch

1. Introduction

Dans ce premier chapitre nous allons nous atteler à introduire en premier lieu quelque notion sur la technologie satellite plus particulièrement la technologie VSAT c'est début, son fonctionnement, et les différents domaines d'utilisation de cette dernière.

Vient en suite en deuxième lieu les antennes patch ou imprimées avec leur principe de fonctionnement, et son introduction dans la VSAT.

2. La technologie VSAT

VSAT pour « Very Small Aperture Terminal » signifie en français « terminal à très petite ouverture ». Les ouvertures d'antenne de ces stations sont petites (par rapport à la longueur d'onde), avec des diamètres allant de 1,2 m à 2,4 m. Il s'agit d'un terminal au sol qui est généralement relié à un satellite géostationnaire par une liaison bidirectionnelle. Le terminal bidirectionnel est utilisé pour la transmission de données et peut fournir aux utilisateurs des services de communication intégrant la voix, les données et la vidéo. Les stations de radio VSAT ne peuvent pas prendre en charge seules les liaisons par satellite à haut débit, c'est pourquoi une station centrale appelée hub est nécessaire [1].

3. Architecture de la technologie VSAT

Le VSAT, ou micro terminal comme on l'appelle parfois en Europe, est généralement supposé être le terminal distant dans un réseau de données dédié basé sur la configuration d'étoile. Cette configuration comprend une station terrienne de moyen diamètre, avec une antenne de plus grande ouverture, contrôlant un groupe de VSATs, avec de petites antennes, généralement d'un diamètre de 2 mètres (m) [1].

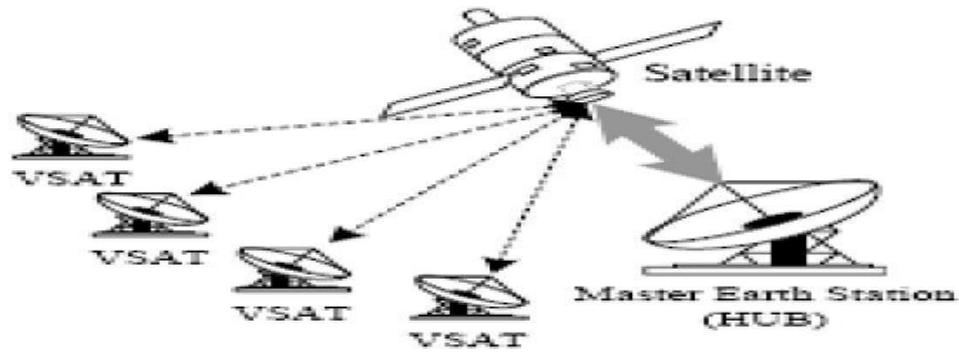


Figure 1.1 : Technologie VSAT [1].

1.1. Partie spatiale

1.1.1. Satellite

Le satellite de télécommunications peut être considéré comme un type d'émetteur hertzien. En effet, il n'analyse pas les données : ce n'est qu'un miroir. Son rôle consiste à régénérer le signal reçu et à le renvoyer avec amplification fréquence à la station de réception.

Le Satellite offre également capacité de transmission, c'est-à-dire peut retransmettre signaux reçus de la terre vers plusieurs stations, la démarche inverse fonctionne aussi ; peut collecter des informations provenant de plusieurs stations différentes puis les retransmettre à une station spécifique. De plus, il en est ainsi la possibilité d'établir des connexions directes entre satellites.

Dans l'ensemble, on peut dire que le satellite est un élément dans Le rôle dans l'espace est de générer ou de relayer des données a différents récepteurs au sol.

L'avantage évident des solutions satellitaires est que les stations terriennes ne dépendent plus des infrastructures Systèmes au sol existants dans le monde entier, pour qu'il puisse être Mobile. De plus, la transmission par satellite peut également être Facile à mettre en œuvre (par rapport à la structure filaire) en termes de Principes de communication [2].

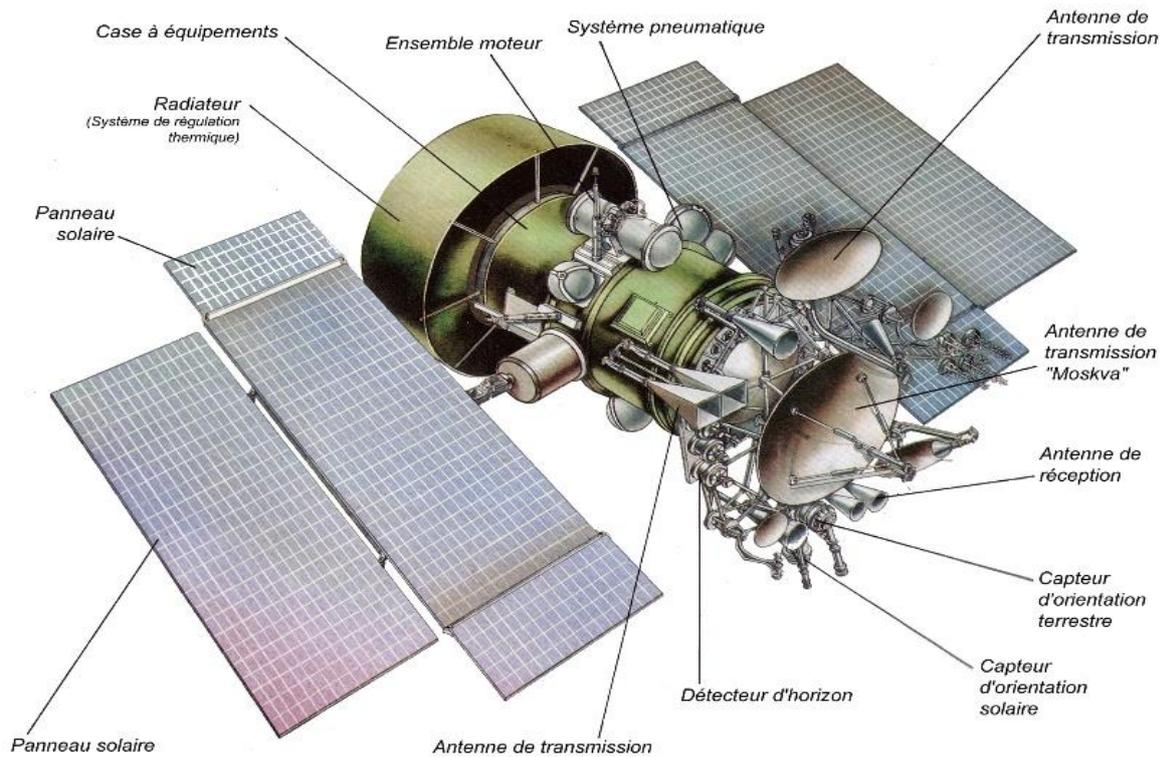


Figure 1.2 : Composants de satellite.

3.1.2. Orbite

Les altitudes des satellites au-dessus de la surface de la Terre varient sur trois orbites courantes.

L'altitude choisie pour un satellite dépend du travail pour lequel il est conçu, les satellites utilisés pour les communications sont presque exclusivement dans le domaine géostationnaire.

Orbite, située sur un arc à 36000 km au-dessus de l'équateur [2].

Le segment spatial est disponible auprès des organisations qui ont tacheté des satellites, organisé le lancement et les tests préliminaires en orbite et qui les exploitent ensuite sur une base commerciale.

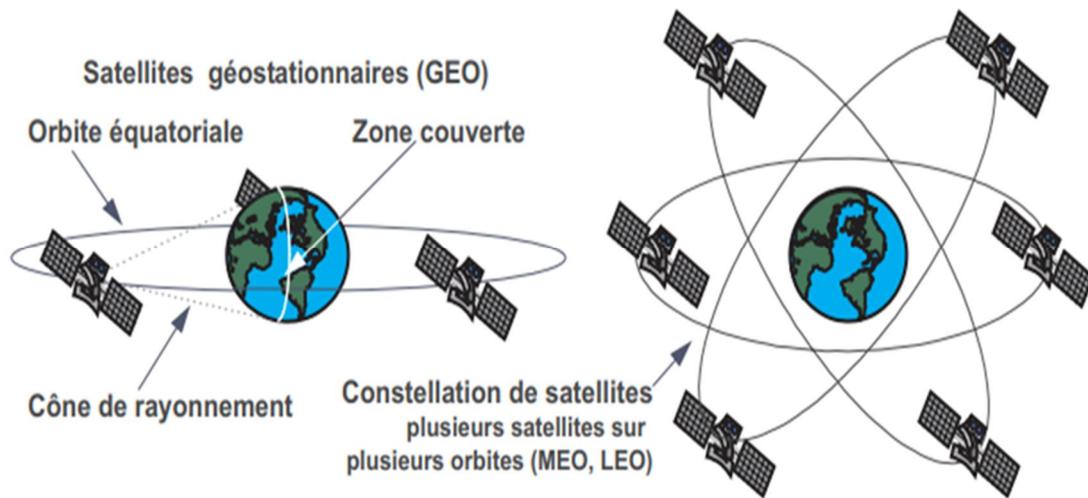


Figure 1.3 : Les modes orbitales GEO, MEO et LEO [3].

3.1.3. Bande de fréquence

En général, les systèmes VSAT commerciaux fixes utilisent des transpondeurs de satellite en bande C ou bande Ku au sein du service fixe par satellite (FSS). Plus récemment, le service de radiodiffusion par satellite (BSS) en bande Ku a été utilisé. Il y a aussi une allocation pour les services fixes en bande Ka [4].

Bandes	Fréquences	Service
L	1-2	Communications avec les mobiles
S	2-3	Communications avec les mobiles
C	4-6 GHz	Communications civiles internationales et nationales
X	7-8 GHz	Communications militaires
KU	11-14 GHz	Communications civiles internationales et nationales
KA	20-30 GHz	Nouveaux systèmes d'accès au réseau large bande
EHF	21-45 GHz	Communications militaires
V	60 GHz	Liaisons inter satellites

Tableau 1.1 : Bandes de fréquences et leurs services.

3.2. Partie terrestre

La partie terrestre de la technologie VSAT est constituée sur deux niveaux : le premier appelé outdoor unit et le second indoor unit.

3.2.1. Out Door Unit(ODU)

3.2.1.1. Antenne

Chapitre 1 : Notions générales sur les systèmes VSAT et les antennes patch

Une antenne est un appareil qui émet ou reçoit des ondes radio dans l'espace. Il existe des antennes d'émission et des antennes de réception. Selon la définition, une antenne émettrice est un dispositif qui transmet l'énergie entre un émetteur et l'espace libre dans lequel l'énergie sera propagée. Au contraire, une antenne réceptrice est un dispositif qui transmet l'énergie d'une onde se propageant dans l'espace, vers l'appareil récepteur.

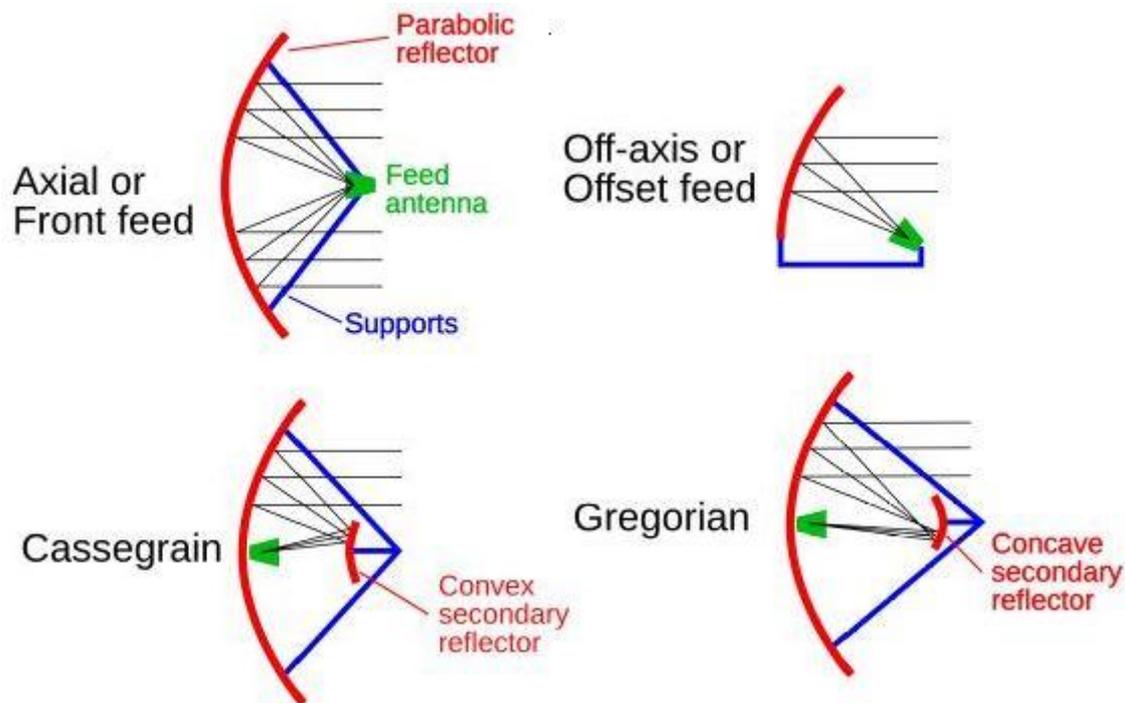


Figure 1.4 : Les différents types d'antenne parabolique utilisée en VSAT

3.2.1.2. BUC (Block Up converter)

Il convertit les signaux radio d'une fréquence inférieure à une fréquence supérieure Pour transmettre au satellite [5].

3.2.1.3. LNB (Low-Noise Block down converter)

L'abréviation LNB signifie "Low Noise Block", c'est l'appareil situé à l'avant d'une antenne parabolique qui reçoit le signal micro-ondes de très bas niveau du satellite, l'amplifie, change les signaux en bande de fréquence inférieure et les envoie par câble au récepteur intérieur [6].

3.2.1.4. OMT (Orthomode transducer)

Dispositif faisant partie d'une antenne d'alimentation et servant à combiner ou à séparer des signaux polarisés orthogonalement [7].

3.2.1.5. Cornet d'alimentation (feedhorn)

Chapitre 1 : Notions générales sur les systèmes VSAT et les antennes patch

Lors de la réception d'un signal du satellite, le signal est réfléchi par l'antenne parabolique vers le cornet d'alimentation qui le transmet ensuite par le Low Noise Block (LNB) où il est converti et traité plus loin [8].

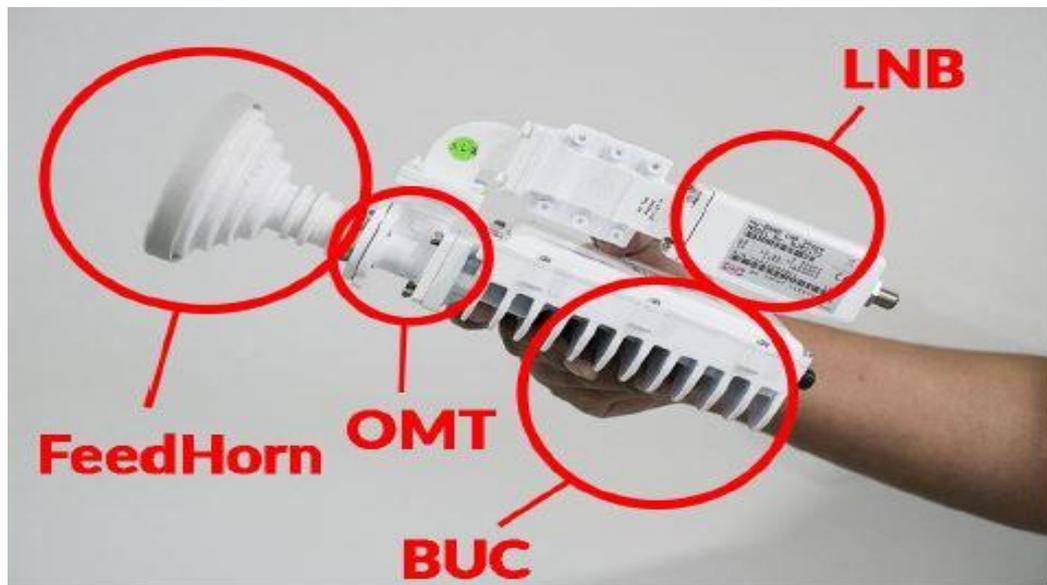


Figure 1.5 : Antenne (BUC & LNB) [9].

3.2.2. Indoor Unit (IDU)

3.2.2.1. HUB

Le hub est l'élément pivot du système de communication, il comporte l'ensemble des équipements qui gèrent les liaisons sortantes et entrantes, du host vers le site client et inversement.

Il offre des services de gestion et d'administration de réseau. En effet, comme sur un réseau classique, chaque station VSAT pourra se connecter, se déconnecter, émettre ou recevoir de manière totalement imprédictible. Un même hub peut gérer des réseaux VSAT pour différentes entreprises.

Le hub doit donc être en mesure de fournir tous les services d'un nœud classique (adressage, sécurité, conversion de protocole).

Le hub a également pour fonction de concentrer le trafic et de réaliser des conversions de protocole. Il remplit une fonction de routage basée sur le stockage des adresses attribuées aux différents sites distants. Dans le cas où le réseau VSAT comprend plusieurs centaines de sites, ces derniers ne partagent pas tous les mêmes canaux satellites : le hub doit donc faire transiter les flux sur le canal satellite correspondant au site émetteur ou destinataire [10].

4. Définition d'antenne patch

L'antenne imprimée est composée d'une ou plusieurs plaques métalliques minces de formes géométriques appropriées (carrées, rectangulaires, en forme de disque ou autres formes plus

Chapitre 1 : Notions générales sur les systèmes VSAT et les antennes patch

complexes) formant des éléments rayonnants, qui sont déposés d'un côté d'un substrat diélectrique et de l'autre il est déposé sur la couche de métallisation complète pour former un plan de masse.

Le concept d'antenne imprimé a été présenté pour la première fois en 1953 par Georb schamps. Lors du premier brevet contenant ce concept, 1956 a été déposé par Henroutton et Georges Boissinot [11].

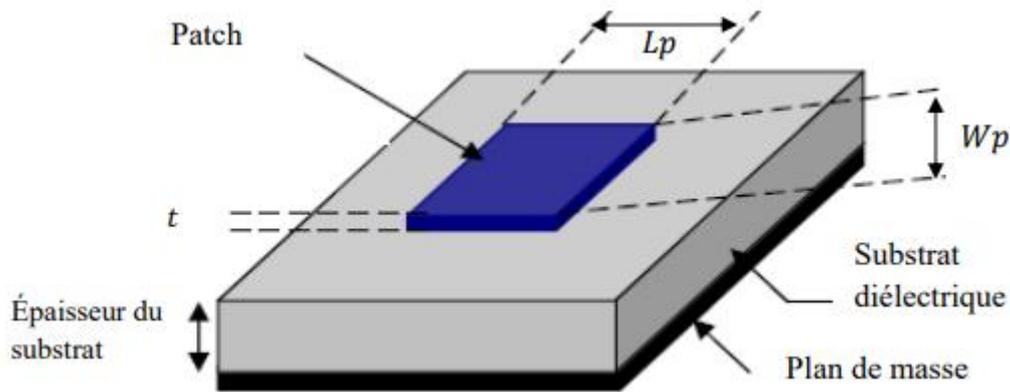


Figure 1.6 : Structure générale d'une antenne.

Avec :

L_p : Longueur du patch.

t : épaisseur du patch.

W_p : Largeur du patch.

h : épaisseur du substrat.

Outre la forme rectangulaire de l'élément de rayonnement de patch, il existe d'autres formes pouvant être utilisées plus spécifiquement, la forme triangulaire, la forme elliptique ou simplement un dipôle. Ces formes sont les plus courantes car elles attendent une excellente facilité d'analyse et de fabrication, en plus d'un drogué très intéressant.

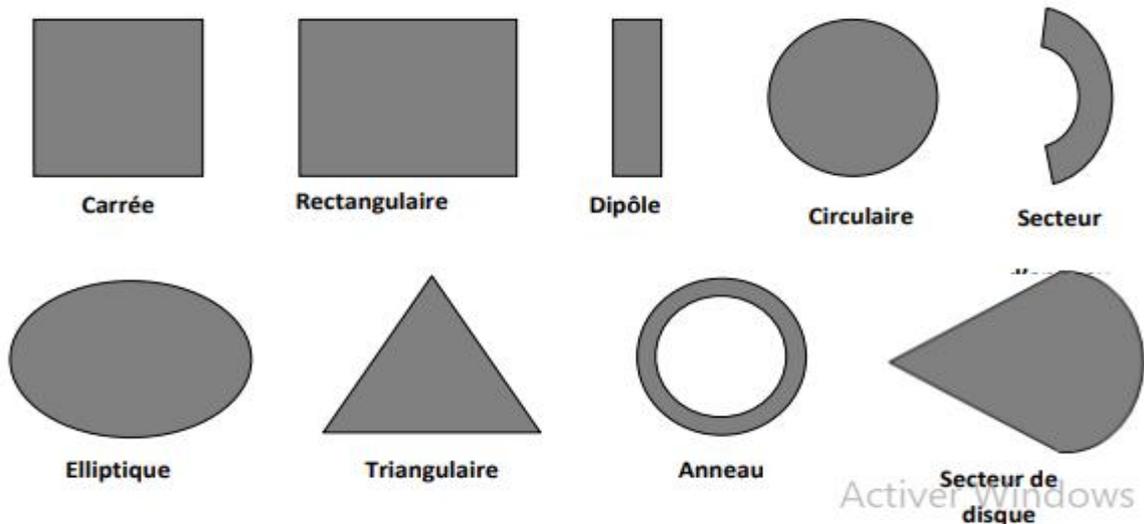


Figure 1.7 : Les différentes formes d'une antenne [12].

5. Les caractéristiques des antennes

Une antenne se définit par les caractéristiques principales suivantes : Le coefficient de réflexion, la bande passante, le diagramme de rayonnement la polarisation et le gain de l'antenne.

5.1. Impédance d'entrée de l'antenne

L'antenne est alimentée par une ligne de transmission à impédance caractéristique, qui peut être considérée comme une impédance complexe :

$$\mathbf{Z}_a = \mathbf{R}_a + j\mathbf{X}_a \quad (\text{I.1})$$

L'impédance d'entrée de l'antenne dépend évidemment de la géométrie de l'antenne, et elle dépend également du couplage entre la ligne et l'antenne. Nous espérons que l'impédance d'entrée de l'antenne est aussi proche que possible de 50Ω dans la partie réelle, et aussi nulle que possible dans la partie imaginaire, selon le type d'alimentation.

5.2 Le coefficient de réflexion

La qualité adaptative d'une antenne est définie en donnant son impédance caractéristique (formule 1.2) (généralement 50 ohms) ou en donnant son coefficient de réflexion S_{11} .

$$\mathbf{Z}_e = \mathbf{R} + j\mathbf{X} \quad (\text{I.1})$$

$$|S_{11}|^2 = \frac{P_r}{P_t} \quad (\text{I.2})$$

Chapitre 1 : Notions générales sur les systèmes VSAT et les antennes patch

Le $|S_{11}|$ est le coefficient de tension spécifié par la formule et exprimé en décibels. C'est la proportion de la tension reflétée dans la tension transmise, sa valeur varie de 0 (sans réflexion) à 1 (réflexion totale) [11].

$$Z_e = Z_c \frac{1+S_{11}}{1-S_{11}} \quad (\text{I.3})$$

Paramètre S_{11} , qui est le coefficient de réflexion à l'entrée de l'antenne, appuie sur le transfert d'énergie à travers cette antenne. La valeur de ce paramètre varie en fonction de la fréquence. Pour assurer une bonne adaptation dans la bande de fréquences souhaitée, nous imposons le critère suivant $|S_{11}| \leq -10$ dB [13].

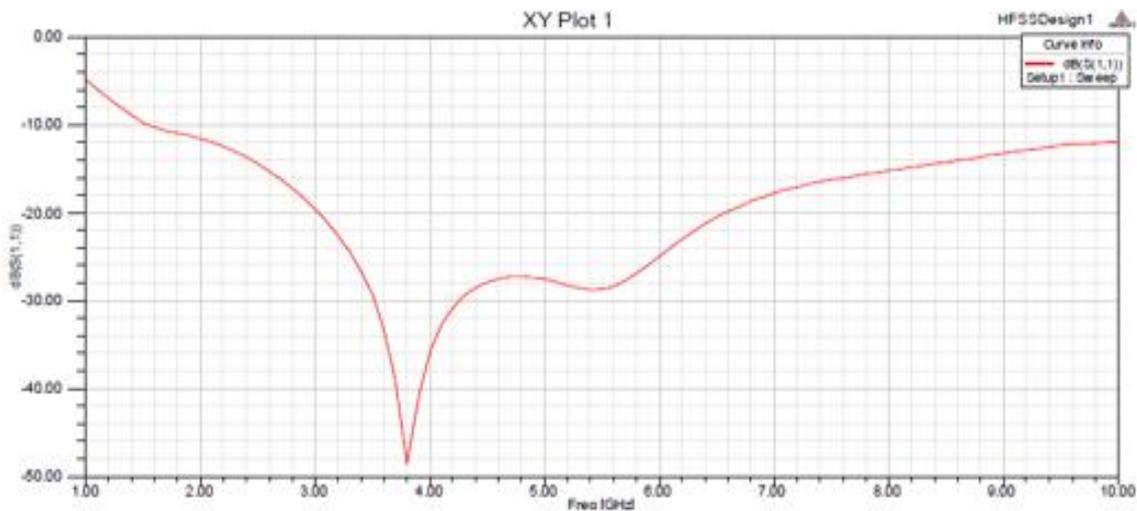


Figure 1.8 : Le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence [13].

5.3. La bande passante

La largeur de bande d'une antenne de correctif est définie comme une plage de fréquences pour laquelle le patch peut émettre et recevoir (la plage de fréquences dans laquelle elle peut fonctionner correctement). Pour augmenter la bande passante, l'épaisseur du substrat peut être augmentée. Il est donné par la relation suivante :

$$P = \frac{(f_L - f_H)}{f_c} \quad (\text{I.4})$$

Avec :

f_H : La fréquence maximale. f_L : La fréquence minimale. f_c : La fréquence centrale.

Dans la plupart des cas, la bande passante est définie sur la base 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 dans la bande passante.

Certaines antennes sont très sélectives (largeur de bande très étroite), d'autres peuvent être utilisées sur une bande de fréquences très large[14].

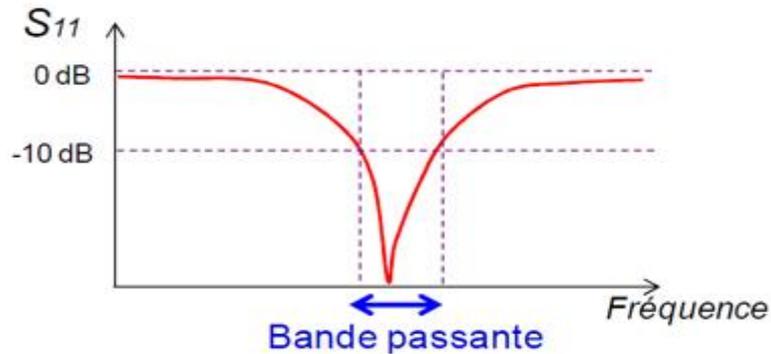


Figure 1.9 : Bande passante [14].

5.4. Directivité et gain

5.4.1. Directivité

- La directivité est un rapport de puissance
- C'est le rapport entre l'intensité de rayonnement dans une direction donnée, et l'intensité moyenne [15].

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{P_R} \quad (I.5)$$

Avec :

$P(\theta, \varphi)$: La puissance reçue de l'émetteur.

P_R : La puissance totale rayonnée d'une antenne.

5.4.2 Le gain

Le gain $g(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est la proportion entre la direction donnée dans une direction donnée $p(\theta, \varphi)$ sur la puissance qui éliminerait une antenne d'isotrope. Généralement, Gain G correspond au gain dans la direction radio maximale (θ_0, φ_0) .

Cette propriété identifie la capacité d'antenne à concentrer la radioprotection en déclin [16].

$$G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{P_A} \quad (I.6)$$

Avec

P_A : La puissance d'alimentation d'une antenne.

Si l'antenne est omnidirectionnelle et sans perte, votre profit est de 1 ou 0 dB. Le gain est généralement exprimé en DB (voir annexe A) ou DBI car une commercialisation d'antennes

isotropes est utilisée. Il existe parfois parfois le gain exprimé en DBD, lorsqu'une antenne dipolaire est utilisée par référence.

5.5. Rendement

La performance η de l'antenne traduit sa capacité à donner l'alimentation électrique P_A sous la forme d'être capable de rayonner P_R . Il est défini comme la relation entre la centrale de rayonnement de l'antenne et la performance l'a livrée. La performance est connectée aux pertes du réseau de polarisation et dans les éléments du rayonnement. Comparaison des équations 27 et 28, la performance qui relie le gain et l'action directionnelle [16].

$$\eta = \frac{P_R}{P_A} \quad (I.7)$$

5.6. Diagramme de rayonnement

Les antennes sont rarement omnidirectionnelles et elles sont émises ou reçoivent dans des directions mallées. Le diagramme de rayonnement représente les variétés de la radiation parlée dans les différentes directions de l'espace. Il indique les directions de l'espace (θ_0, φ_0) dans laquelle la puissance de rayonnement est maximale. Il est important de noter que le diagramme de suppression n'a de sens que si la vague est sphérique [16].

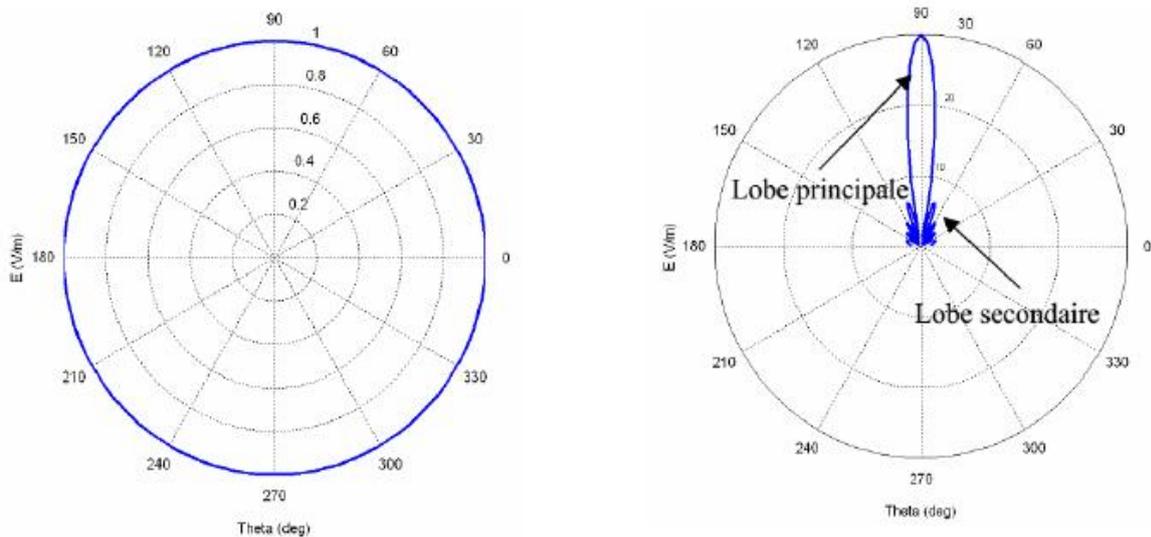


Figure 1.10 : Diagramme de rayonnement (gauche) source isotrope, (droite) source directive [16].

6. Mécanisme du rayonnement

Il existe trois types d'ondes se propagent lors du fonctionnement du patch d'antenne comme suit : région guidée (A), région rayonnée (B) et région de surface (C). Voir la figure 2. 4

6.1. Région A

C'est la région où le champ électromagnétique est le plus concentré. Cette fonction est également utilisée pour se propager le long de la ligne microruban. Le champ basse fréquence est toujours concentré dans cette zone, de sorte que la propagation de l'absence de rayonnement produira une ligne de transmission.

6.2. Région B

Occuper à tous les demi-espaces au-dessus de l'antenne, représente une zone où le champ est librement disponible dans l'air et ajouté au rayonnement correct de la source (bien qu'une source ad hoc de ce type omnidirectionnel et ne fonctionne pas. Avoir une réalité physique dans le domaine des ondes radio, elle est très utilisée comme source de référence). Si la fréquence est augmentée, le rayonnement électromagnétique dans l'espace libre, malgré les performances restreintes, devient important de l'opération d'antenne.

6.3. Région C

Caractérise une zone où les rayons inférieurs les plus rasants par rapport à la limite supérieure du diélectrique restent piégés dans le substrat. Une onde de surface est alors guidée par le bord du diélectrique ne contribuant pas directement au rayonnement de l'antenne. Toutefois, quand cette onde atteint le bord du substrat, elle est diffractée et génère un rayonnement parasite [11].

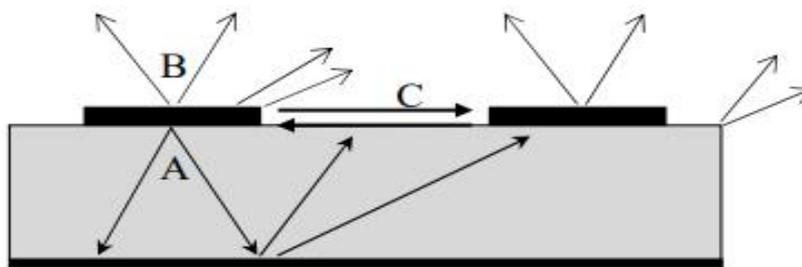


Figure 1.11 : Trajectoires des rayons dans une antenne microruban (coupe) [11].

7. Champ d'application

En raison du développement rapide de la technologie des télécommunications et de la recherche scientifique continue sur les antennes imprimées, et en raison de divers besoins dans le domaine de la communication, l'utilisation d'antennes hyperfréquences conventionnelles ne peut

plus répondre à ces exigences. Par conséquent, dans la plupart des applications, les antennes imprimées remplacent les antennes traditionnelles.

8. Les avantages et les inconvénients des antennes patchs

8.1. Avantages

- Poids léger, faible épaisseur et petite taille.
- Peut être intégré dans des appareils électroniques portables.
- Faible coût et facile à fabriquer.
- Capable de transmettre à deux ou trois fréquences.
- Production de masse facile.
- S'adapte facilement à plat et non plat [17] [18].

8.2. Inconvénients

- Faible efficacité, puissance de transmission (<100 W) et faible gain (6 dB).
- Bande passante étroite.
- L'efficacité du rayonnement est faible.
- Faible pureté de polarisation.
- Comparé aux antennes traditionnelles, la puissance d'émission est faible [17] [18].

9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier des généralités sur la technologie VSAT qui est une technologie de transmission de données par satellite peut vous fournir une connexion haute débit, en suite les antennes patch leurs propriétés et les caractéristiques (de rayonnement & électrique) et à la fin leurs avantages et leurs inconvénients.

Chapitre 2 : Conception et simulation d'une antenne patch pour une application VSAT

1. Introduction

La technologie ultra-large bande est une technologie sans fil qui peut effectuer des communications à courte distance à un débit de données élevé à une densité de puissance très faible. Il comprend l'utilisation d'un spectre qui s'étend sur une large bande de signaux. Les bandes de fréquences dont on parle souvent vont de 500 MHz à quelques GHz.

Ce chapitre présente spécifiquement la technologie ultra large bande, ses principales caractéristiques dans le domaine de la communication sans fil, et ses avantages en termes de sécurité et de lieux d'utilisation.

Les phases de la conception des antennes, l'utilisation d'un logiciel approprié est une étape nécessaire afin de gagner du temps et d'optimiser la structure des paramètres requis. La conception peut également prendre en compte les paramètres diélectriques et nous permettre de créer des antennes à l'avenir. Pour cela, nous avons choisi l'outil de simulation électromagnétique CST.

2. Les techniques d'alimentation

D'une manière générale, une antenne imprimée est constituée d'un plan de masse, d'un ou plusieurs La couche de substrat peut avoir des constantes diélectriques identiques ou différentes.

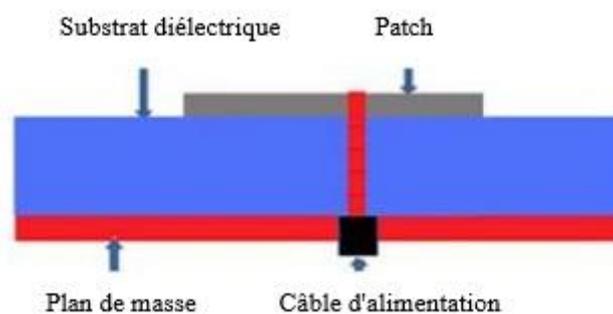


Figure 2.1 : Description d'une antenne imprimée

L'alimentation électrique de l'antenne imprimée repose principalement sur deux types d'excitation : l'excitation par contact et l'excitation sans contact. Dans la méthode d'excitation par contact, des éléments de contact tels que des câbles coaxiaux et des lignes microruban sont utilisés pour transmettre de l'énergie au patch de rayonnement. Dans le deuxième type d'excitation, le couplage électromagnétique est utilisé pour transférer la puissance de la ligne microruban au patch

Chapitre 2 : Conception et simulation d'une antenne patch pour application VSAT

rayonnant. Les deux technologies d'alimentation les plus couramment utilisées sont le couplage par proximité et le couplage par fente [19] [20].

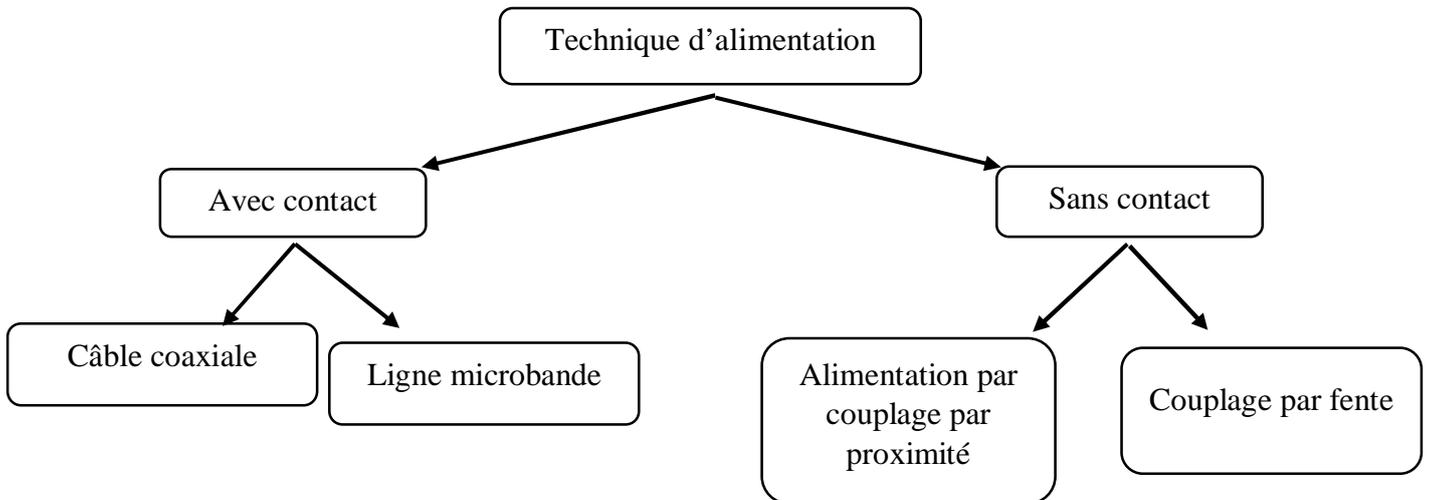


Figure 2.2 : Les techniques d'alimentation

2.1. Alimentation avec contact

2.1.1. Câble coaxiale

Le câble coaxial se compose de deux conducteurs (externe et interne). Le conducteur externe est relié au plan de masse tandis que le conducteur intérieur appelé l'âme est connecté sur l'élément rayonnant. On trouve Cette alimentation avec des patches de formes circulaire et annulaire [21].

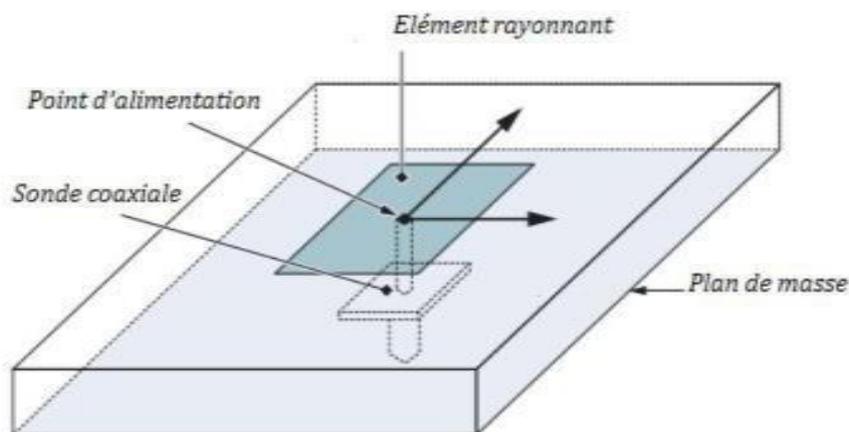


Figure 2.3 : Alimentation du patch par un câble coaxial.

2.1.2. Ligne microbande

Elle est constituée d'une ligne microruban d'une largeur inférieure à celle d'un patch. Cette ligne est gravée d'un patch en même temps. Il est largement utilisé dans les réseaux d'antennes imprimés de différentes formes [21].

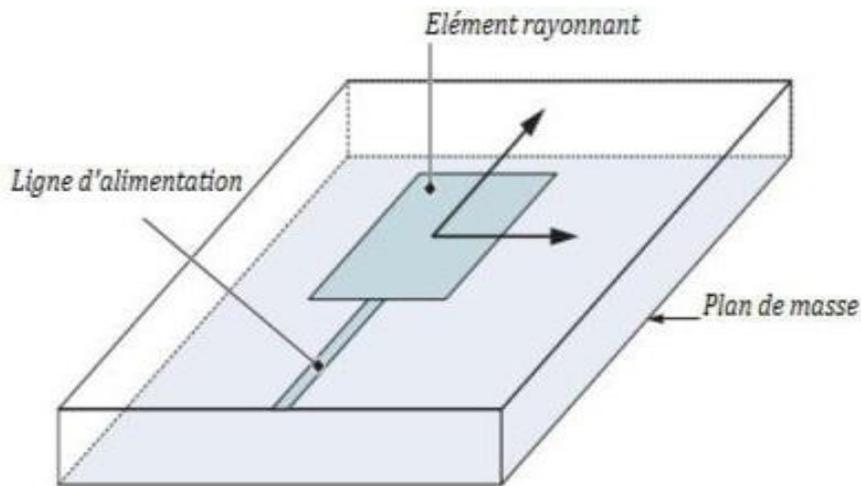


Figure 2.4 : Alimentation du patch par une ligne microbande.

L'alimentation peut se faire en se connectant directement à la ligne microruban, le point de connexion de la ligne microruban est situé sur l'axe de symétrie du composant ou décalé par rapport à cet axe de symétrie, si cela permet une meilleure adaptation à l'impédance. L'effet d'alimentation axiale de l'encoche est bon et il est largement utilisé dans diverses formes de réseaux d'antennes imprimés [22].

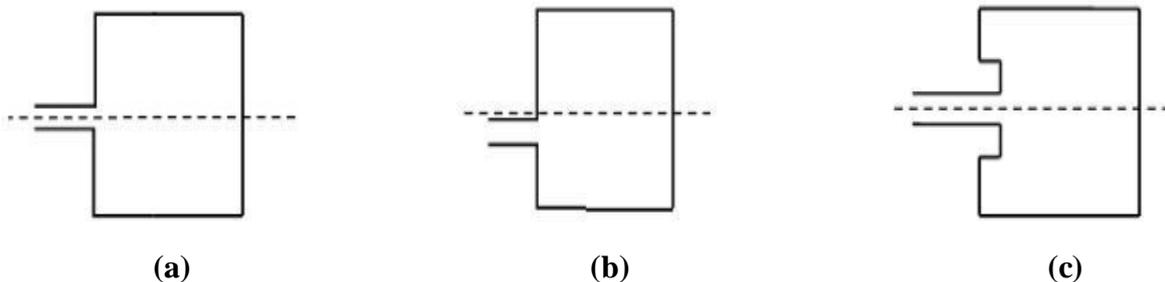


Figure 2.5 : L'alimentation par une ligne microbande axiale(a), décalée (b) et avec Encoche (c)

2.2. Alimentation sans contact

2.2.1. Alimentation par couplage par proximité

L'antenne galvanique peut également être alimentée par couplage électromagnétique de la ligne microruban et de l'élément rayonnant. Dans ce cas, le résonateur et la ligne électrique sont du même côté du plan de masse. L'antenne est constituée de deux substrats, et la ligne microruban sur le substrat inférieur se termine par un circuit ouvert sous le patch imprimé sur le substrat supérieur.

L'avantage du couplage électromagnétique est de permettre la réalisation de patches de rayonnement sur un substrat relativement épais pour augmenter la bande passante, tandis que la ligne électrique est imprimée sur un substrat plus fin pour réduire le rayonnement et le couplage parasite [20].

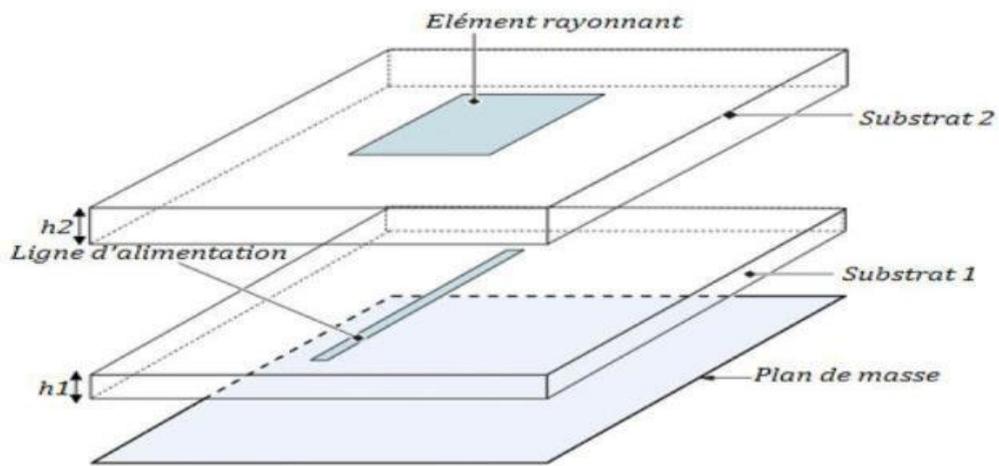


Figure 2.6 : Ligne microbande en sandwich.

2.2.2. Couplage par fente

Un fil est placé au-dessus du plan de masse et coupé avec une fente sous le patch pour transmettre l'énergie fournie par le fil à l'antenne [23].

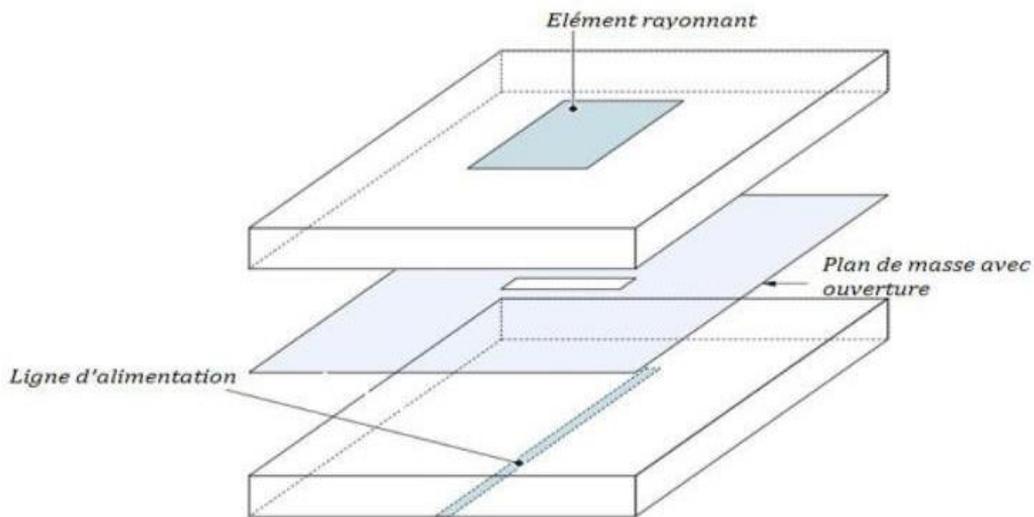


Figure 2.6 : Alimentation du patch par le couplage par fente.

2.3. Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation

Caractéristiques	Alimentation avec contact		Alimentation sans contact	
	Alimentation par Ligne microruban	alimentation Coaxiale	alimentation couplée par Proximité	Alimentation couplée par Ouverture
Rayonnement de parasite d'alimentation	Plus	Plus	Minimum	Moins
Fiabilité	Meilleur	Pauvre à cause de soudure	Bon	Bon

Chapitre 2 : Conception et simulation d'une antenne patch pour application VSAT

Facilité de fabrication	Facile	Soudure et forage requis	Alignement requis	Alignement requis
Adaptation d'impédance	Facile	Facile	Facile	Facile
Bande passante (réalisé avec adaptation d'impédance)	2-5%	2-5%	13%	2-5%

Tableau 2.1 : Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation [24]-[25].

3. Technologie ULB

La communication sans fil à très large bande (ULB) est une technologie révolutionnaire pour la transmission de grandes quantités de données numériques sur un large spectre de fréquences à l'aide de signaux radio à courte impulsion et de faible puissance.

L'ULB désigne généralement un signal ou un système qui a une large bande passante relative (LB) qui dépasse 20 % ou une large bande passante absolue de plus de 500 MHz. Un Rapport et Arrêté de la Fédéral Communications Commission du 14 février 2002 (FCC) autorise l'utilisation sans licence de l'ULB dans les fréquences de 3,1 à 10,6 GHz. Cela vise à fournir une utilisation efficace de la faible bande passante radio tout en permettant à la fois une connectivité sans fil de réseau personnel (PAN) à haut débit de données et des applications à plus longue portée et à faible débit de données, ainsi que des systèmes radar et d'imagerie [26].

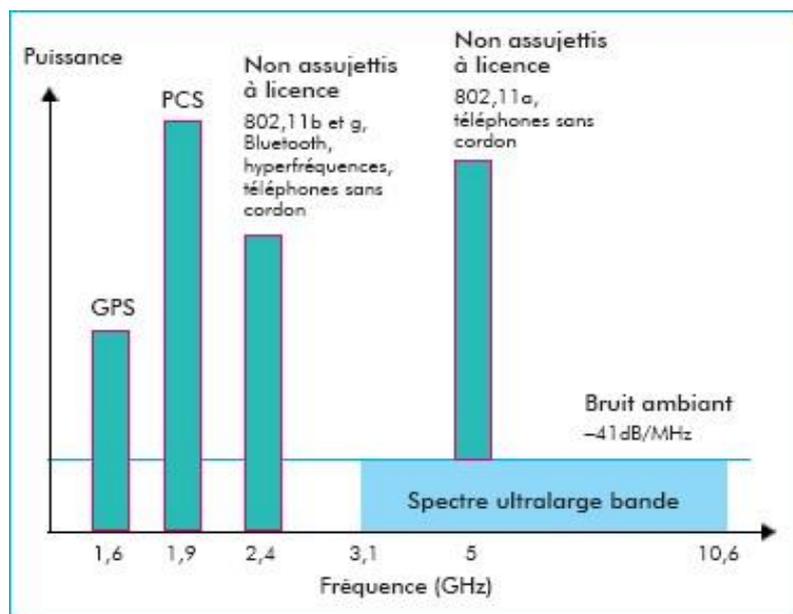


Figure 2.7 : Spectre de fréquence ULB [26].

3.1. Les différentes applications

La communication sans fil à courte portée de l'ULB diffère d'un système d'ondes porteuses traditionnel. Les courbes ULB sont de courte durée et ont des propriétés uniques. En répartissant les signaux sur des bandes passantes très larges, le concept ULB est particulièrement attrayant car il facilite le partage optimal d'une bande passante donnée entre différents systèmes et applications. Ces dernières années, des développements rapides ont été expérimentaux sur les technologies utilisant des signaux ULB. La technologie ULB offre des améliorations majeures dans trois domaines d'application sans fil : communications, radar et positionnement ou télémétrie. La technologie ULB peut également être livrée sur des fils et des câbles tels que l'application CATV (Câble Télévision). Chacune de ces applications illustre la valeur unique de l'ULB [27].

Si dessous nous aurons les différentes plages de fréquences fixées par la FCC pour les technologies ULB

- Bande 24 GHz et 77 GHz : applications véhicules
- Bande <1 GHz: radar GPR et radar "See Through Wall"
- Bande 1.99-10.6 GHz : domaine médicales (imagerie).
- Bande 3.1-10.6 GHz : communications sans fil et localisation [28].

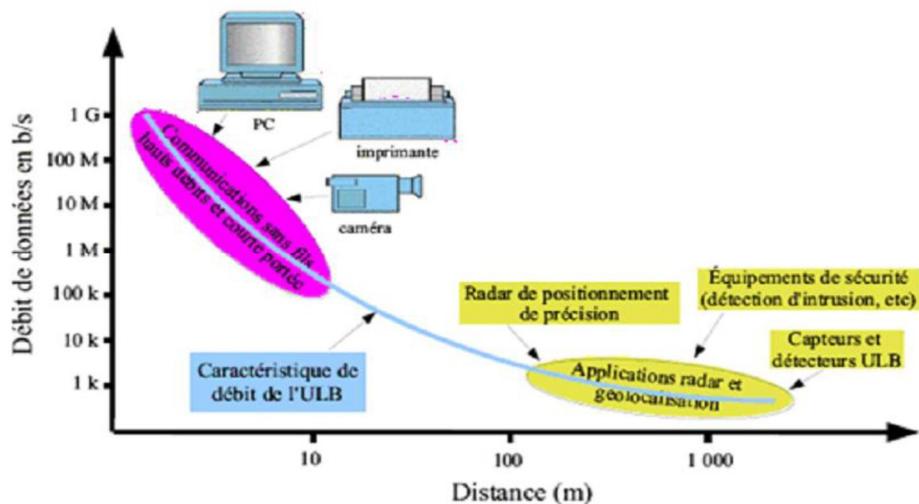


Figure 1.8 : application de l'ULB [28].

3.2. Caractéristique principale du système ULB

3.2.1. Capacité de la technologie ULB

La bande passante instantanée élevée, généralement de l'ordre de 500 MHz à plusieurs GHz, rend l'ULB plus apte à augmenter le débit que les systèmes existants à bande passante limitée. En

fait, la capacité du canal de transmission peut être calculée selon le théorème de Shannon comme suit :

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{B + N_0} \right)$$

C c'est la capacité maximale du canal (bit/s), B est la bande passante du canal (Hz), S est la puissance du signal (W) et N_0 est la densité spectrale de puissance de bruit. On peut voir à partir de l'équation que la capacité maximale du canal de transmission augmente linéairement avec la bande passante. De plus, la capacité du canal C est une indication du débit maximum théorique. Pour un canal donné, comme le sait la théorie de l'information, il est possible de transmettre des données avec un taux d'erreur binaire inférieur à un certain seuil fixé, à condition que le taux de transmission des données reste faible sous la capacité maximale du canal de transmission.

3.2.2. Problème de propagation par multi trajet

La large bande passante offre à l'ULB une résolution temporelle plus élevée que les systèmes traditionnels et convient aux applications radar et de positionnement précis. Cette résolution est généralement de l'ordre de la nanoseconde (ULB en mode impulsionnel).

La courte durée d'impulsion offre une robustesse élevée et peut résister à un évanouissement rapide par trajets multiples dans des environnements denses. Cette courte durée permet d'exploiter plus de routes.

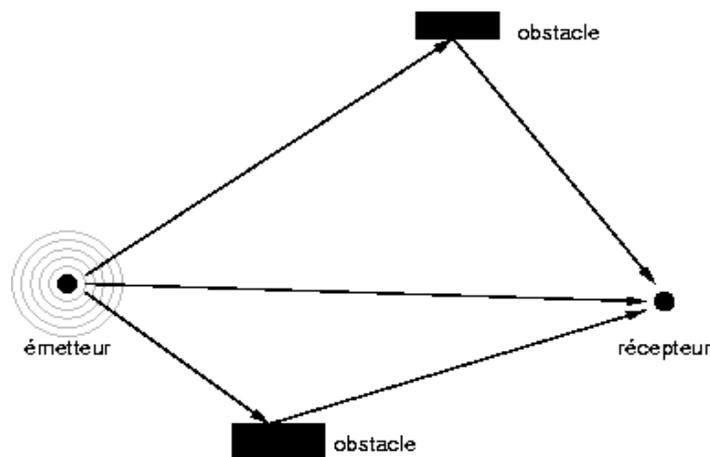


Figure 2.9 : propagation multi trajet

3.3. Régulation

Faible densité spectrale de puissance qui permet à l'ULB de cohabiter avec les services existants. En effet, la large bande de fréquence du signal ULB couvre les fréquences qui ont été attribuées à d'autres systèmes radio. Les régulateurs imposent alors cette caractéristique au signal de l'ULB pour permettre à l'ULB de coexister avec les services existants sans les interrompre.

3.4. Protection de la communication

En raison de cette faible densité spectrale de puissance, les signaux ULB sont plus difficiles à détecter et les communications ULB sont plus sûres. En revanche, cet attribut limite la portée de la communication ULB à des dizaines de mètres. Par conséquent, les applications cibles de l'ULB sont les applications à courte distance et à haut débit, telles que les réseaux Ad Hoc.

Une mise en œuvre simple, car ULB permet la transmission directe d'impulsions en bande de base sans avoir besoin d'une porteuse [29].

4. Logiciels de Simulation Electromagnétique

À l'heure actuelle, les concepteurs d'antennes utilisent souvent des logiciels de simulation électromagnétique. Ces logiciels permettent des conceptions multicouches 2D (c'est le cas, par exemple, de Momentum développé par KeysightTechnology) ou des conceptions de type 3D (comme HFSS d'Ansys, FEKO d'Altair et CST Microwave studio) . Outre l'interface homme-machine (IHM), la différence entre ces logiciels réside dans les méthodes numériques qu'ils utilisent pour calculer la réponse électromagnétique de la structure modélisée.



Figure 2.10 : Logo des principaux logiciels de simulations

4.1. Présentations du logiciel CST Studio suite

La première apparition de CST Microwave Studio suite aux logiciels de simulation remonte à 1998, au niveau de la société allemande CST Studio créée en 1992. Ce logiciel de simulation 3D repose sur la conception électromagnétique. Son principe de fonctionnement est l'étude précise des équipements, basée sur la haute fréquence, sur l'utilisation de la technologie des équations intégrales pour résoudre l'équation MAXWELL (finiteintegration technique). La particularité de ce dernier est qu'il peut gérer divers équipements selon la technologie utilisée (VSAT, WIFI ...)

4.2. Les étapes de simulation

- Déterminer les unités de base et les matériaux.
- Sélectionnez le modèle de structure et le type de simulation.
- Déterminer la gamme de fréquence.
- Définir les limites de la structure du projet, puis déterminer le port.

➤ Début de la simulation.

4.2.1. Etape 1 : Créer un nouveau projet. Après avoir exécuté le logiciel CST studio

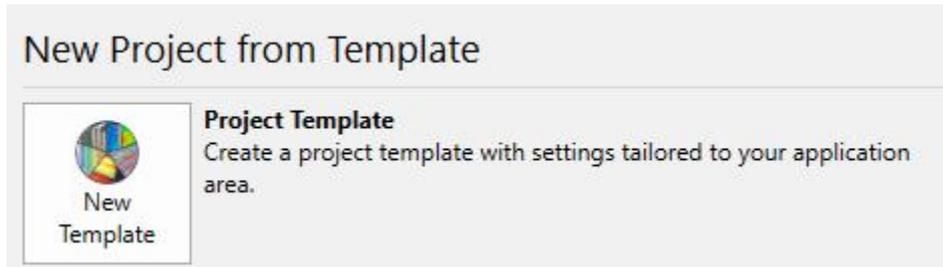


Figure 2.11 : Création d'un nouveau projet.

4.2.2. Etape 2 : choisir la zone de simulation qui correspond aux antennes.

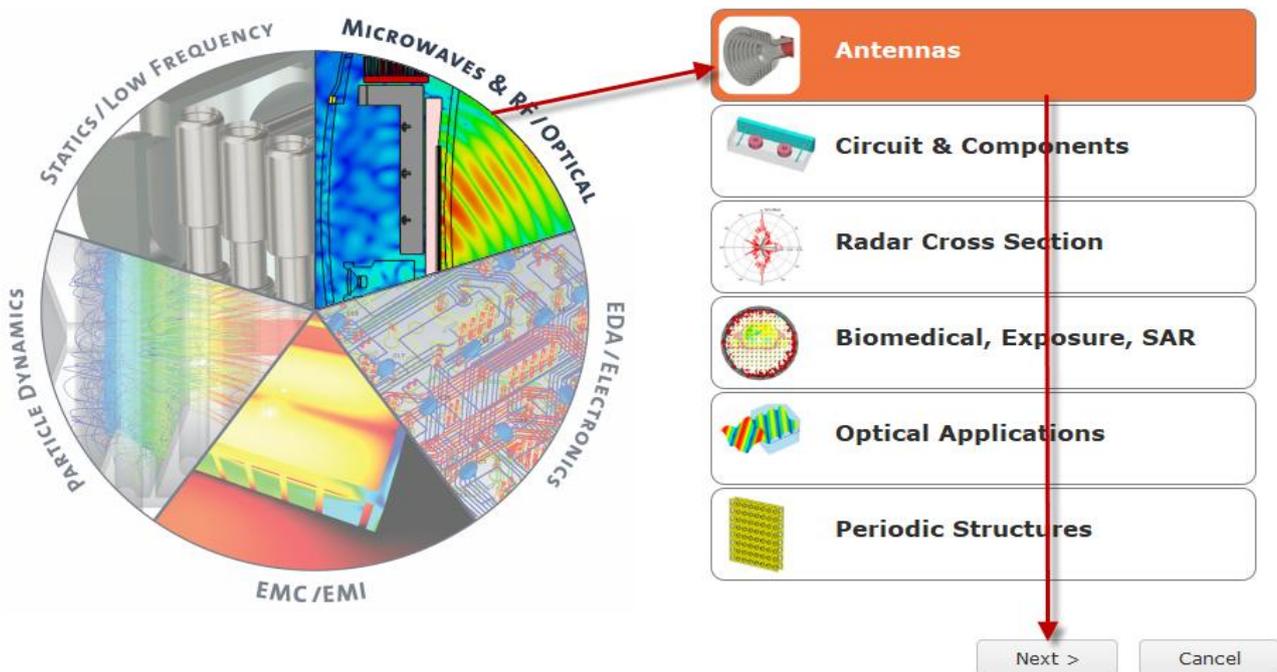


Figure 2.12 : Choix de la zone de simulation.

Après avoir sélectionné la zone de simulation, vous devez sélectionner le modèle structurel que vous souhaitez réaliser parmi les modèles existants, à savoir : guide d'onde, résonateur diélectrique, réflecteur,... et également sélectionner le type de simulation.



Figure 2.13 : Choix de type de simulation.

Chapitre 2 : Conception et simulation d'une antenne patch pour application VSAT

4.2.3. Etape 3 : Dans cette étape, on doit sélectionner les unités des grandeurs comme les dimensions, le courant, la fréquence,...

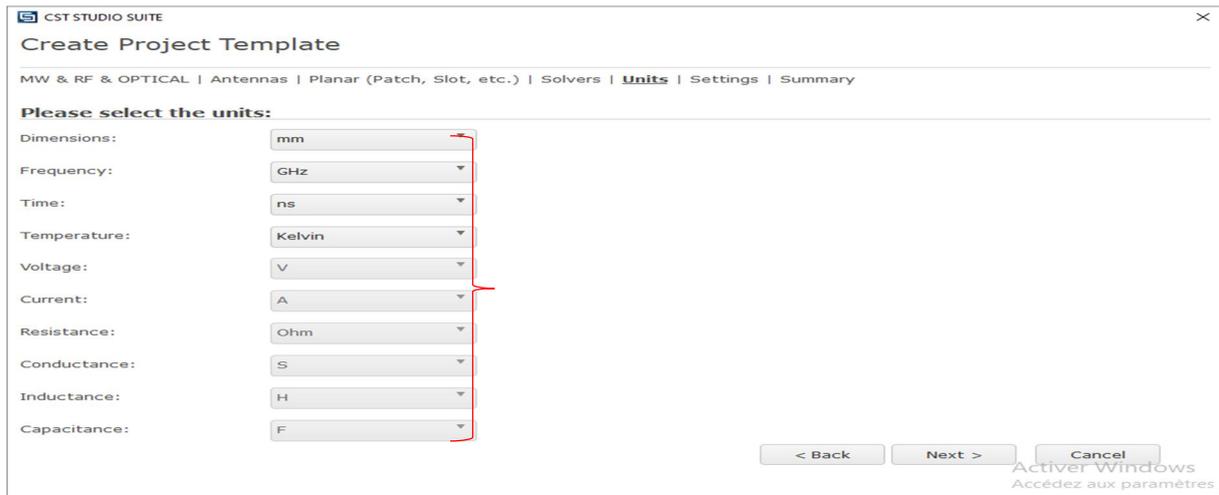


Figure 2.14 : Choix des unités de simulation.

Le choix de la bande de fréquences est relatif aux applications, d'où la nécessité de cette étape.

Frequency Min.: GHz

Frequency Max.: GHz

Monitors: E-field H-field Farfield Power flow Power loss

Define at GHz
Use semicolon as a separator to specify multiple values.
e.g. 20;30;30.1;30.2;30.3

Figure 2.15 : Choix la bande de fréquence de simulation.

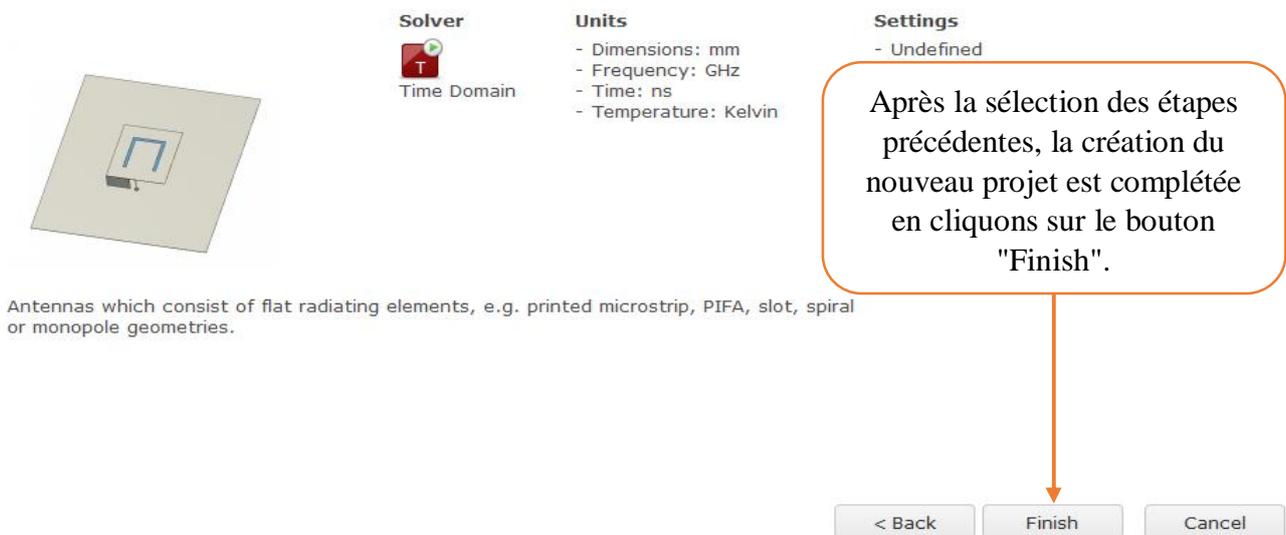


Figure 2.16 : Fin de création projet de simulation

Chapitre 2 : Conception et simulation d'une antenne patch pour application VSAT

Après avoir créé le projet, nous obtenons l'interface CST comme le montre la figure ci-dessous

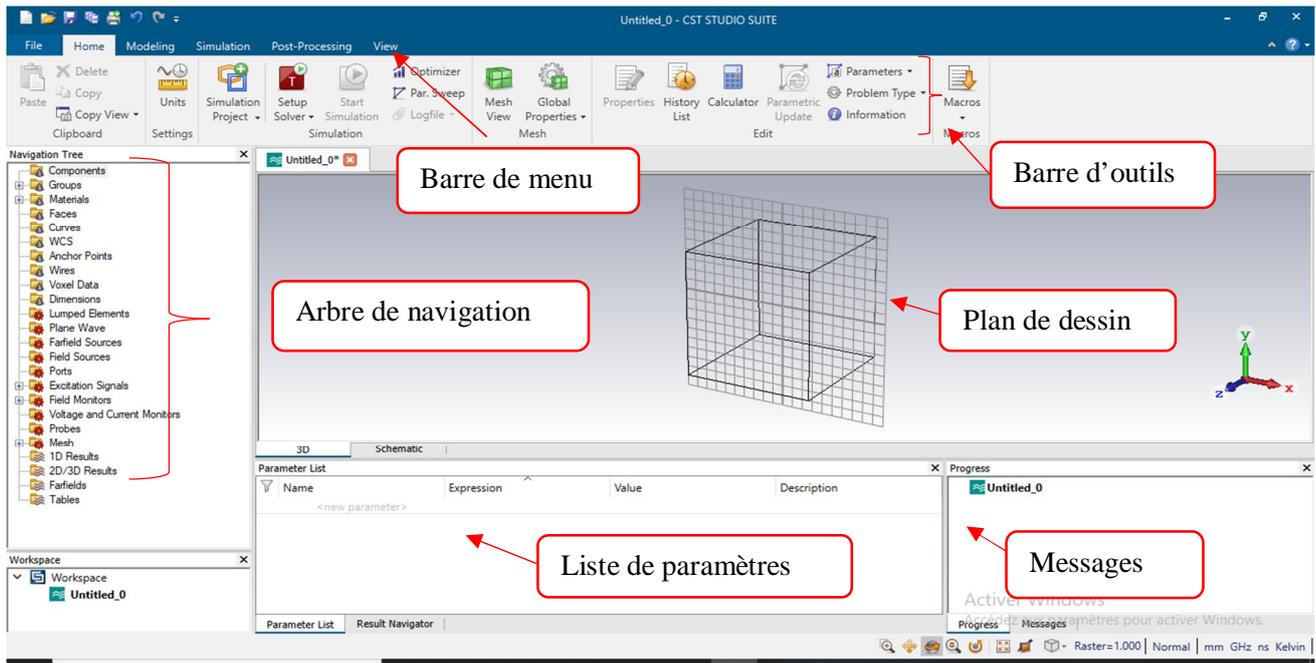


Figure 2.17 : Description générale de l'interface CST.

De la partie précédente, nous avons conclu que pour réussir la simulation et obtenir de bons résultats, les étapes de simulation ci-dessus sont très importantes pour terminer la création du projet.

5. Conclusion :

En résumé ce qui précède, nous pouvons conclure que pour réussir la simulation et obtenir les résultats satisfaisants, les étapes de base de a simulation sont très importantes pour la réussite de projet .on a pu également conclure que l'logiciel CST a un rôle important dans la conception des antennes et de systèmes microondes, aussi il permet de résoudre numériquement les différents étapes de maxwell.

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons voir les différents résultats de la simulation de l'antenne patch rectangulaire pour une application VSAT grâce au logiciel de simulation CST Microwave Studio.

En deuxième lieu, dans les différentes bandes, la bande C [4-6] GHz et la bande libre [1.39-1.40] GHz. Et voir les différentes manières pour optimiser cette antenne et avoir une bonne adaptation.

L'outil de simulation utilisé est le logiciel de conception CST Microwave Studio Suite. Tout d'abord, calculez théoriquement la taille de l'antenne, puis nous essaierons de trouver une bonne correspondance dans la bande de fréquence requise afin d'apporter quelques modifications à la structure de l'antenne.

2. Simulation d'antenne patch

Pour cette étude, nous avons choisi une antenne de type imprimée (Patch) et de forme rectangulaire, alimentée par une ligne de transmission micro-ruban.

Le design de l'antenne se trouve dans la Figure (3.1)

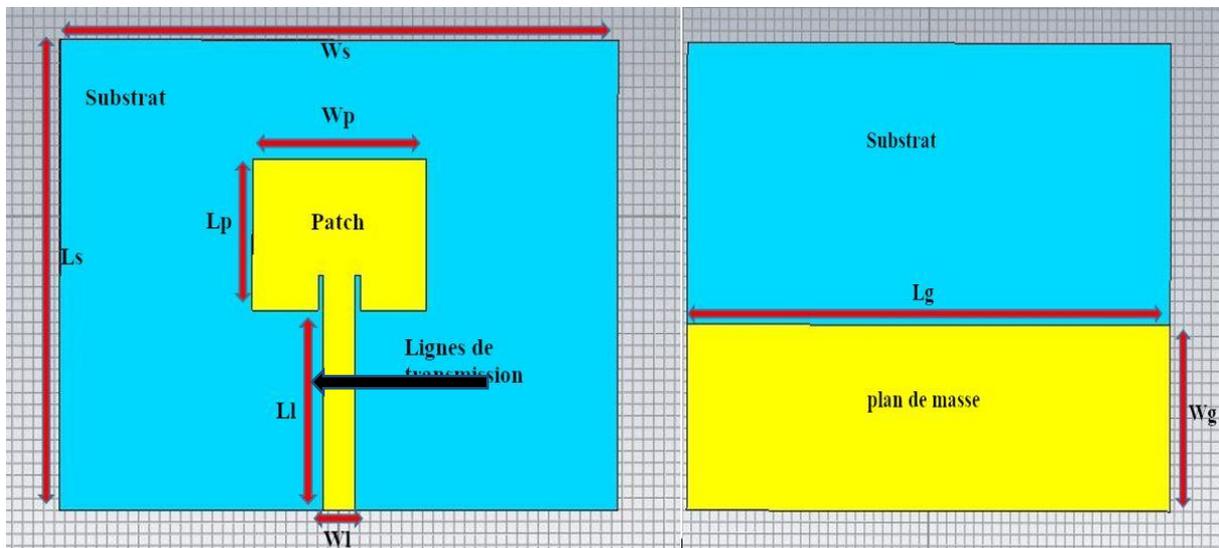


Figure 3.1 : design de l'antenne

3. Largeur ligne de transmission(WI)

Pour cette étape, nous allons voir la manière dans laquelle l'antenne réagit aux différentes valeurs de la largeur de ligne de transmission (W_1) par rapport à la bande passante (W_1), fréquence de résonance (f_{r1}), coefficient de réflexion (S_{11}) et le rapport d'ondes stationnaires (VSWR).

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

Les résultats des simulations sont dans le Tableau (3.1)

W1	W11	W12	W13	W14	W15
Largeur W1(mm)	2	2.5	3	3.5	4
Fr1(Ghz)	4.14	5.285	5.315	5.385	5.495
S11(dB)	-36.828	-36.847	-69.669	-44.395	-48.864
W1(Ghz)	[3.66-6.09]	[3.58-6.24]	[3.49-6.43]	[3.28-6.66]	[4.13-6.90]
VSWR	≤ 2				

Tableau 3.1 : Effet des différentes largeurs de la ligne sur l'antenne.

La Figure (3.2) représente les résultats de la variation de la largeur de la ligne sur le coefficient de réflexion (S11).

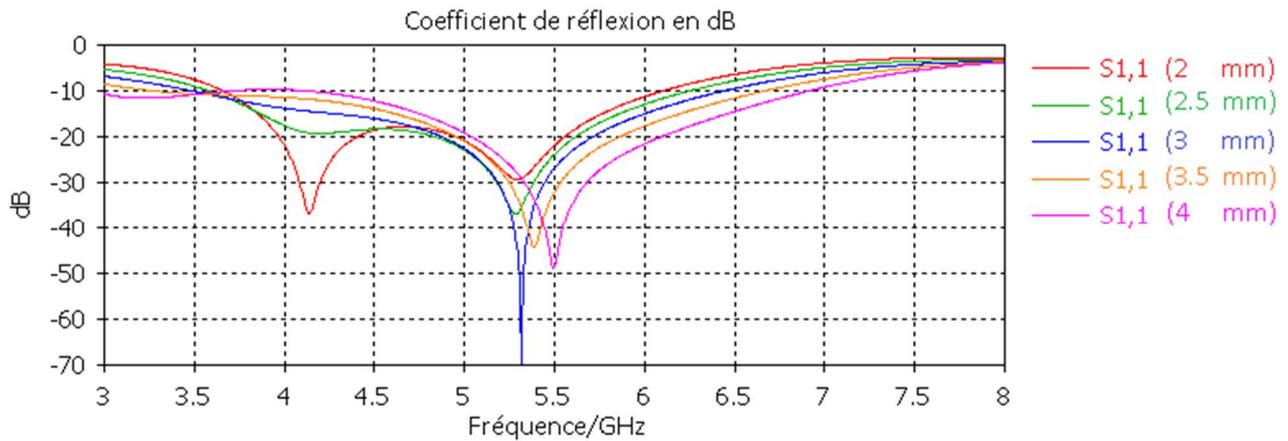


Figure 3.2 : différentes largeurs et leurs coefficients de réflexion

Dans la Figure (3.2) on remarque que plus (W1) augmente plus la fréquence de résonance augmente aussi mais ne varie pas grandement à partir de (W12) en ce qui concerne la bande passante, elle augmente au fur à mesure qu'on augmente la largeur de la ligne jusqu'à (W14) où elle diminue. Pour le coefficient de réflexion il est inversement proportionnel jusqu'à (W13) là où il devient proportionnel avec la largeur de la ligne (W1)

L'influence de la largeur de la ligne sur le rapport d'ondes stationnaires (VSWR) se trouve dans la Figure (3.3)

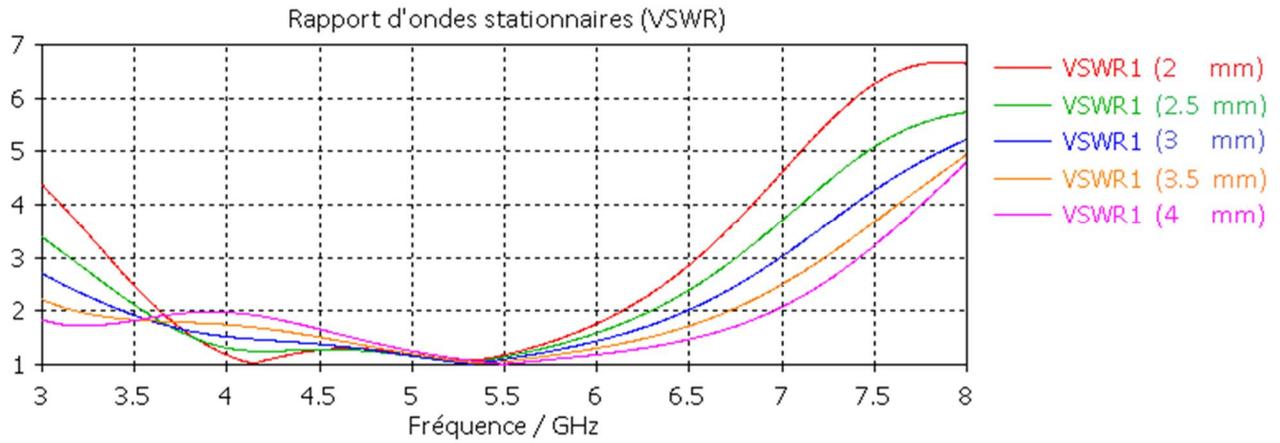


Figure 3.3 : différentes largeurs et leurs VSWR

La Figure (3.3) nous montre que pour toute les valeurs de (W1) le VSWR pour la bande C [4-6] GHz est en dessous de 2 donc toute les largeurs (W1) sont compatible avec la bande C donc le meilleurs paramètre pour notre antenne est le (W13) car il nous donne les performances les plus élever avec le coefficient de réflexion -69.669dB

4. Longueur ligne de transmission (L1)

Pour cette étape, nous allons voir la manière dans réagie l’antenne aux différentes valeurs de la longueur de ligne transmission (L1) par rapport à la bande passante (W2), fréquence de résonance (Fr2), coefficient de réflexion (S11) et le rapport d'ondes stationnaires (VSWR).

Les résultats des simulations sont dans le Tableau (3.2).

L1	L11	L12	L13	L14	L15
Longueur L1(mm)	18	17.5	17	16.5	16
Fr2(GHz)	5.44	5.405	5.315	4.22	4.1
S11(dB)	-14.239	-19.707	-69.671	-21.177	-33.264
W2(GHz)	[4.44-6.43]	[3.58-6.49]	[3.49-6.43]	[3.51-6.24]	[3.57-5.75]
VSWR	≤ 2				

Tableau 3.2 : Effet des différentes longueurs de la ligne sur l’antenne.

La Figure (3.4) et (3.5) représente respectivement les résultats de la variation de la longueur de la ligne sur le coefficient de réflexion (S11) et sur le rapport d’onde stationnaire (VSWR)

De par la Figure (3.4) on remarque que la bande passant W2 avec la fréquence de coupure ne varie pas grandement comparer à la fréquence de résonance qui elle a une relation proportionnelle avec (L1)

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

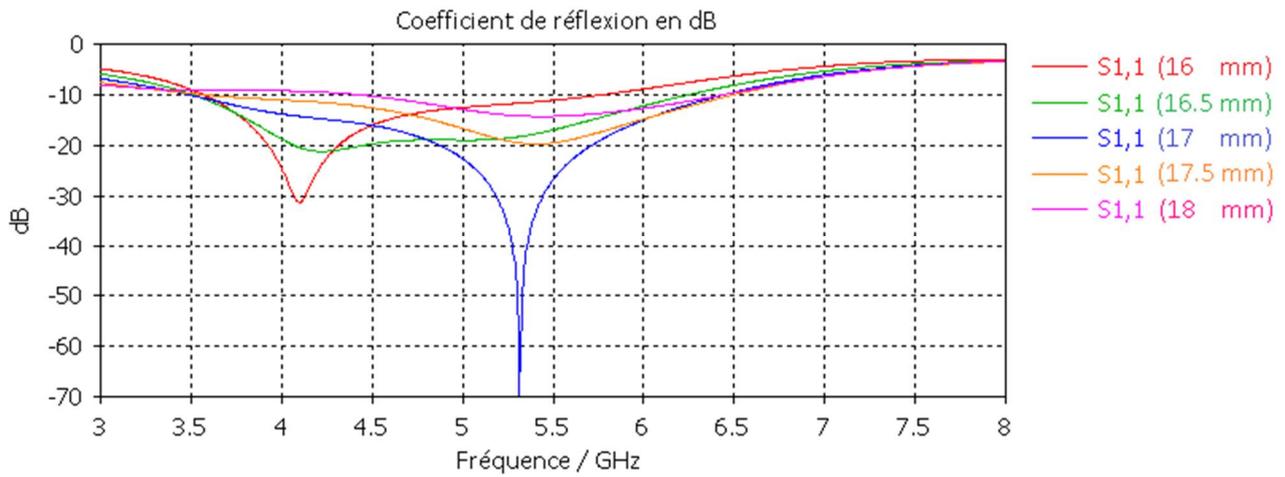


Figure 3.4 : Différentes longueurs de ligne et leurs coefficients de réflexion.

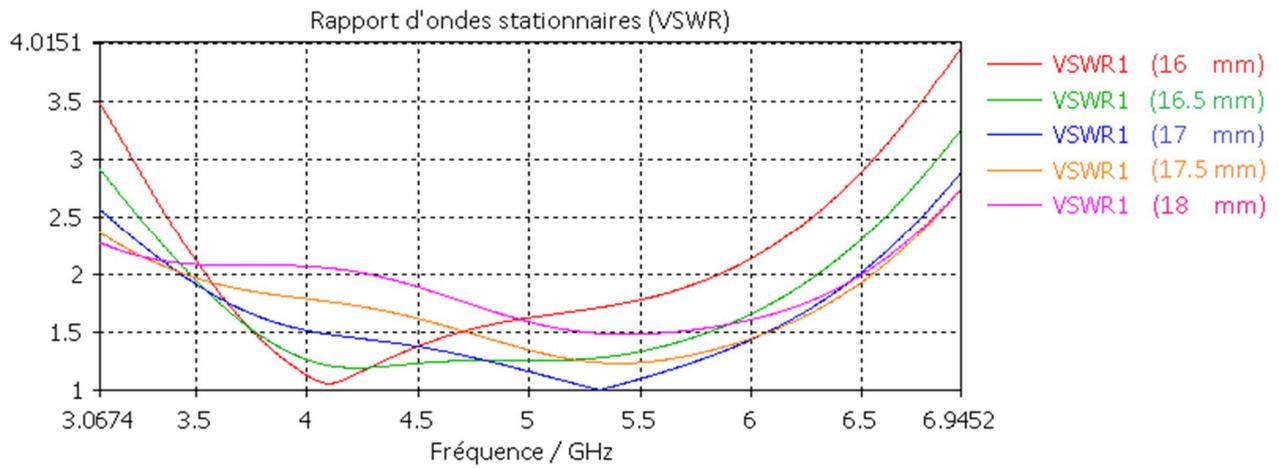


Figure 3.5 : différentes largeur et leurs VSWR.

La Figure (3.5) montre que la plupart des résultats pour $VSWR \leq 2$ sont compatible avec la bande C et donc pour notre antenne $L13=17\text{mm}$ est plus adéquat

5. Influence de la largeur du patch W_p

La Figure (3.6) présente un ensemble de courbes qui représentent la variation du coefficient de réflexion avec la fréquence pour différentes valeurs d'espacement entre les éléments. On va avoir l'influence de la variation de La largeur du Patch (W_p) sur l'antenne étudiée. Cela varie entre 15.5 mm et 17.5 mm, avec un pas de 0,5 mm . Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau (3.3).

W_p	W_{p1}	W_{p2}	W_{p3}	W_{p4}	W_{p5}
La largeur $W_p(\text{mm})$	15.5	16	16.5	17	17.5
Fr3 (GHz)	5.52	5.41	5.32	5.23	5.14

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

S11 (dB)	-65.69	-61.77	-69.97	-53.05	-46.37
W3 (GHz)	[3.45-6.61]	[3.47-6.51]	[3.49-6.43]	[3.52-6.35]	[3.54-6.27]
VSWR	≤ 2				

Tableau 3.3 : Effet des différentes largeurs du patch sur l'antenne.

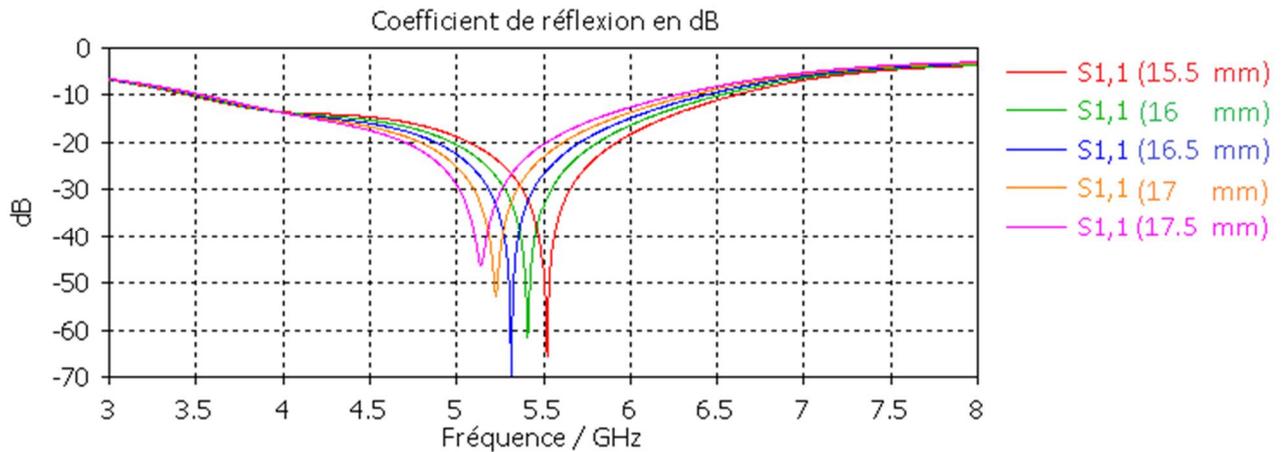


Figure 3.6: différentes largeurs de patch et leurs coefficients de réflexion

Selon la Figure (3.6), nous avons remarqué que si la valeur augmente plus que W_{p3} , la fréquence de résonance diminue, ce qui donne une relation inverse entre elles, ce qui signifie que cette augmentation affectera la paroi de la ligne. Onde qui la fait se propager à sa surface, la dispersion est donc très faible.

La Figure (3.7) représente le résultat de l'influence de la largeur du patch sur VSWR.

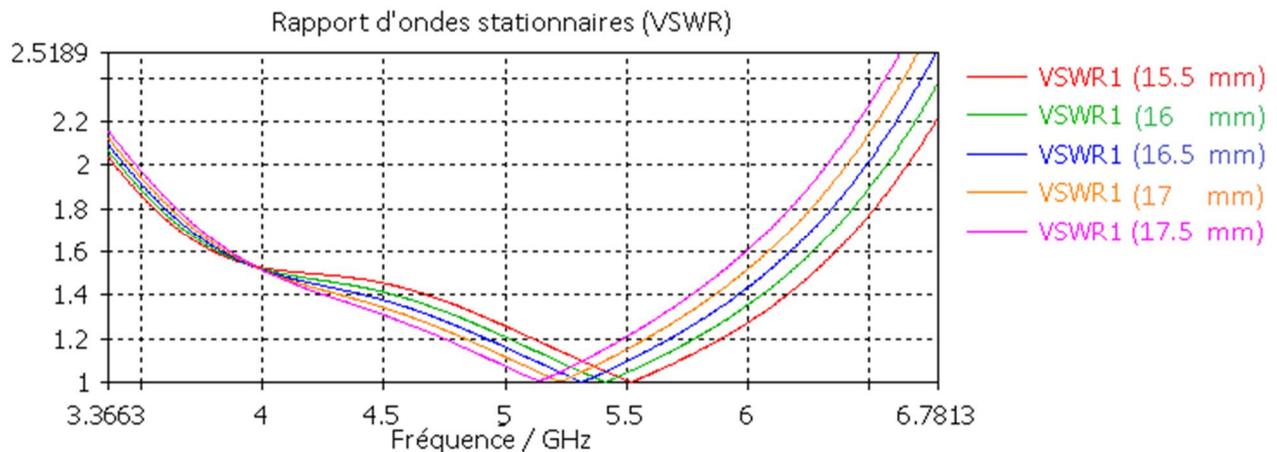


Figure 3.7 : différentes largeurs de patch et leurs VSWR.

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

La Figure (3.7) montre le VSWR(dB) en fonction de la fréquence (GHz). Noté aussi que notre $VSWR \leq 2$ pour toutes les largeurs de patch utilisées. Sur la base de ces résultats, nous concluons que largeur de 16.5 mm est la meilleure pour améliorer la bande de fréquence qu'est de [3.42-6.5] GHz.

6. Influence de la longueur du patch L_p

Pour cette étape, nous allons voir la manière dans régie l'antenne aux différentes valeurs de la longueur du patch (L_p) par rapport à la bande passante (W_4), fréquence de résonance (Fr_4), coefficient de réflexion (S_{11}) et le rapport d'ondes stationnaires (VSWR).

Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau (3.4) qui suit

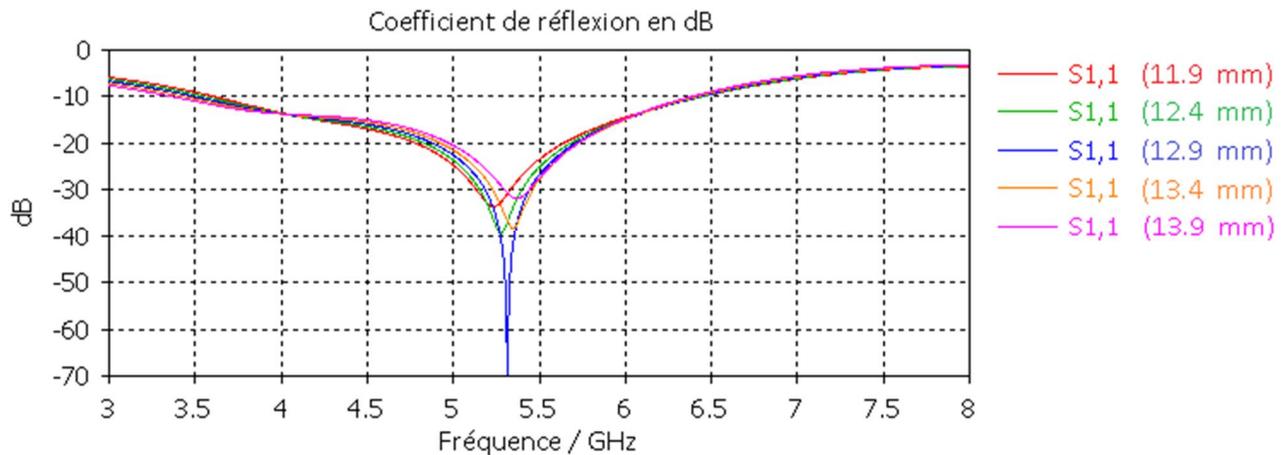


Figure 3.8 : différentes longueurs de patch et leurs coefficients de réflexion

L_p	L_{p1}	L_{p2}	L_{p3}	L_{p4}	L_{p5}
La longueur L_p (mm)	11.9	12.4	12.9	13.4	13.9
Fr_4 (GHz)	5.23	5.28	5.31	5.35	5.37
S_{11} (dB)	-33.56	-39.34	-69.67	-38.30	-31.90
W_4 (GHz)	[3.61-6.45]	[3.55-6.45]	[3.49-6.43]	[3.43-6.41]	[3.36-6.39]
VSWR	≤ 2				

Tableau 1.4: Effet des différentes longueur du patch sur l'antenne.

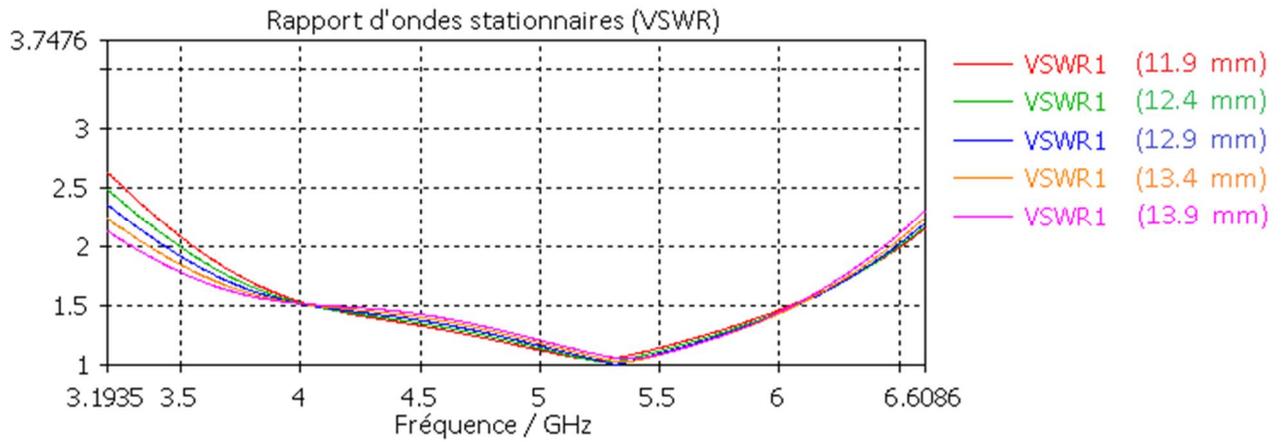


Figure 3.9 : différentes largeurs de patch et leurs VSWR

Le Tableau (3.4) et les Figure (3.8) et (3.9) nous montre que le seul grand changement opère au niveau des performances de l'antenne qu'est proportionnelle à la longueur jusqu'à (L_{p3}) ou il devient l'inverse donc pour notre bande C le meilleur des résultats se trouve être (L_{p3}) avec un $S_{11} = -69.67$ dB.

7. Etude de l'antenne proposée

Après avoir fait la simulation sur les différentes variantes des longueurs (W_l , L_l , W_p , L_p), les meilleurs résultats pour améliorer la bande de fréquence C seront représenté dans le Tableau (3.5) qui suit

Dimension de l'antenne	Valeurs (mm)	Matériel utilisé
Largeur substrat W_s	53	Rogers RO3003 (lossy)
Longueur substrat L_s	40	
Epaisseur substrat T_s	1.5	
Largeur patch W_p	16.5	Copper (anneded)
Longueur patch L_p	12.9	
Epaisseur patch T_p	0.035	
Largeur ligne W_l	3	Copper (anneded)
Longueur ligne L_l	17	
Epaisseur ligne T_l	0.035	
Largeur plan de masse W_g	15.9	Copper (anneded)
Longueur plan de masse L_p	53	
Epaisseur plan de masse T_g	0.035	

Tableau 3.5 : Dimensions du patch.

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

L'antenne est préparée pour l'application VSAT donc notre antenne est étudiée dans la bande de fréquence [4-6] GHz.

Grâce au logiciel de simulation CST microwave studio, nous avons simulé l'antenne proposée afin d'avoir tous les paramètres liés à cette dernière que ce soit le coefficient de réflexion (S11), VSWR, diagramme de rayonnement, gain et la directivité

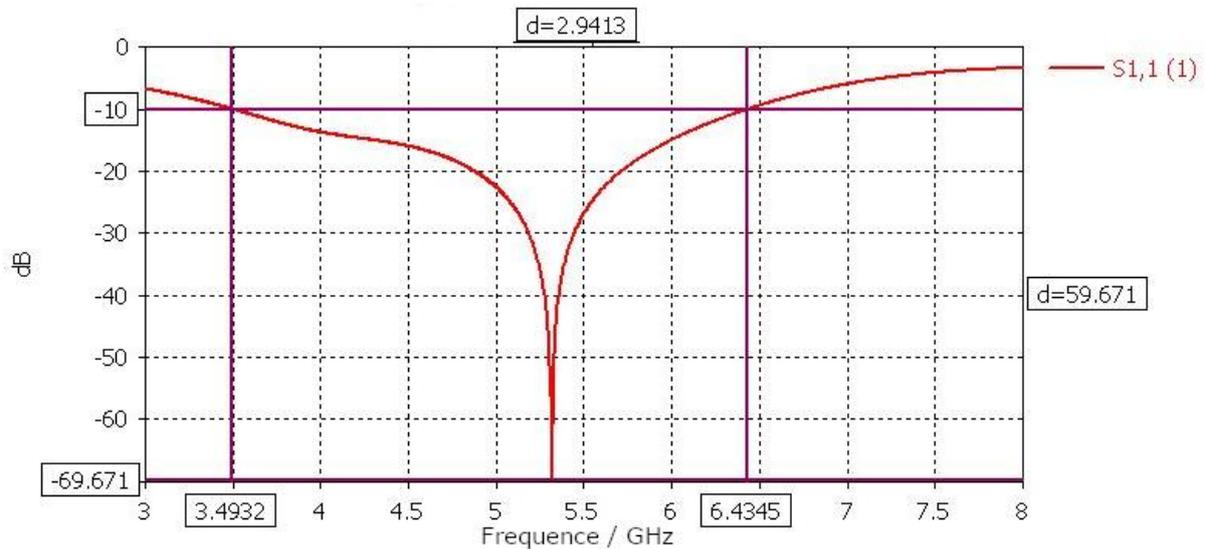


Figure 3.10 : Coefficient de réflexion S11 de l'antenne.

La Figure (3.10) représente le coefficient de réflexion de l'antenne et il démontre que cette dernière est très bien adaptée pour la bande C [4-6] GHz avec un coefficient en dessous de (-10dB) et minimal à (-69.671dB) avec une fréquence de résonance $f_r=5.315$ GHz

8. Diagramme de rayonnement en 3D

Les diagrammes de rayonnement 3D du gain et de la directivité dans la bande C sont représentés comme suit :

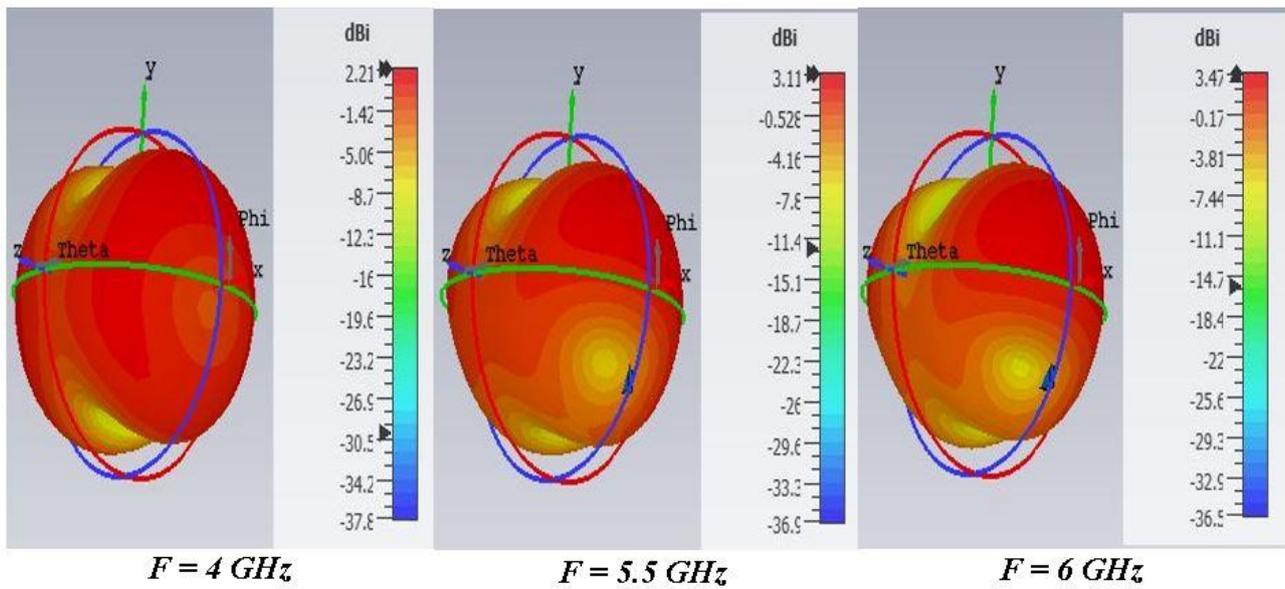


Figure 3.11 : Diagramme de rayonnement en 3D de la directivité

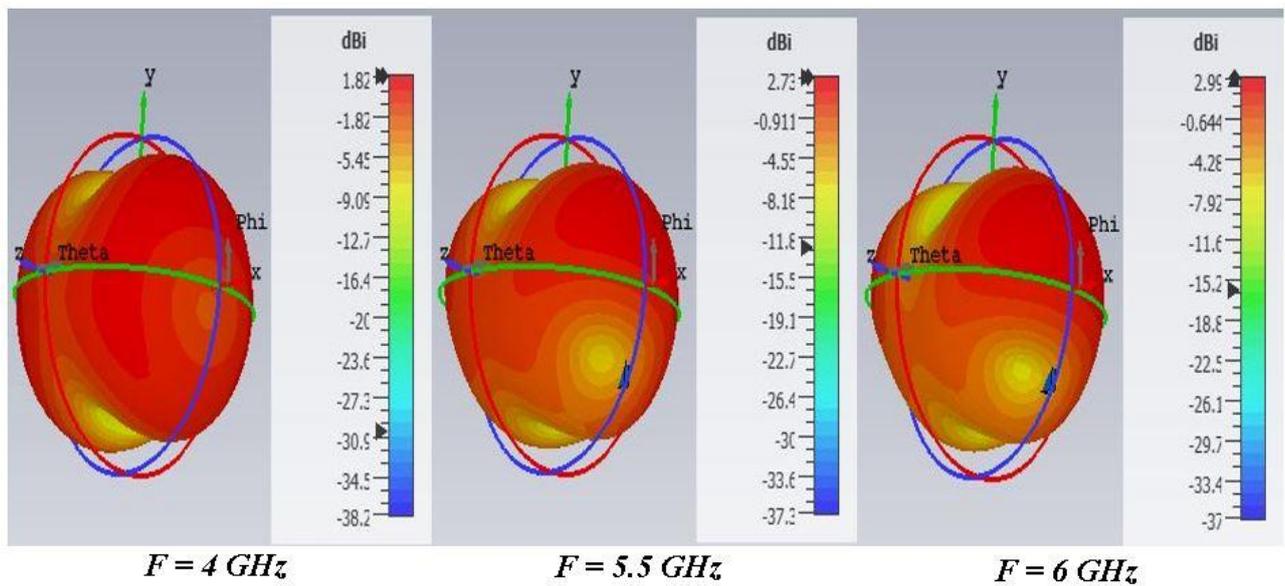


Figure 3.12 : Diagramme de rayonnement en 3D du gain

Les Figures (3.11) et (3.12) nous montre que l'antenne rayonne sur toute la bande de fréquence [4-6] GHz avec un gain et une directivité positive qui augmente avec la fréquence.

9. Diagramme de rayonnement en coordonnée polaire

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

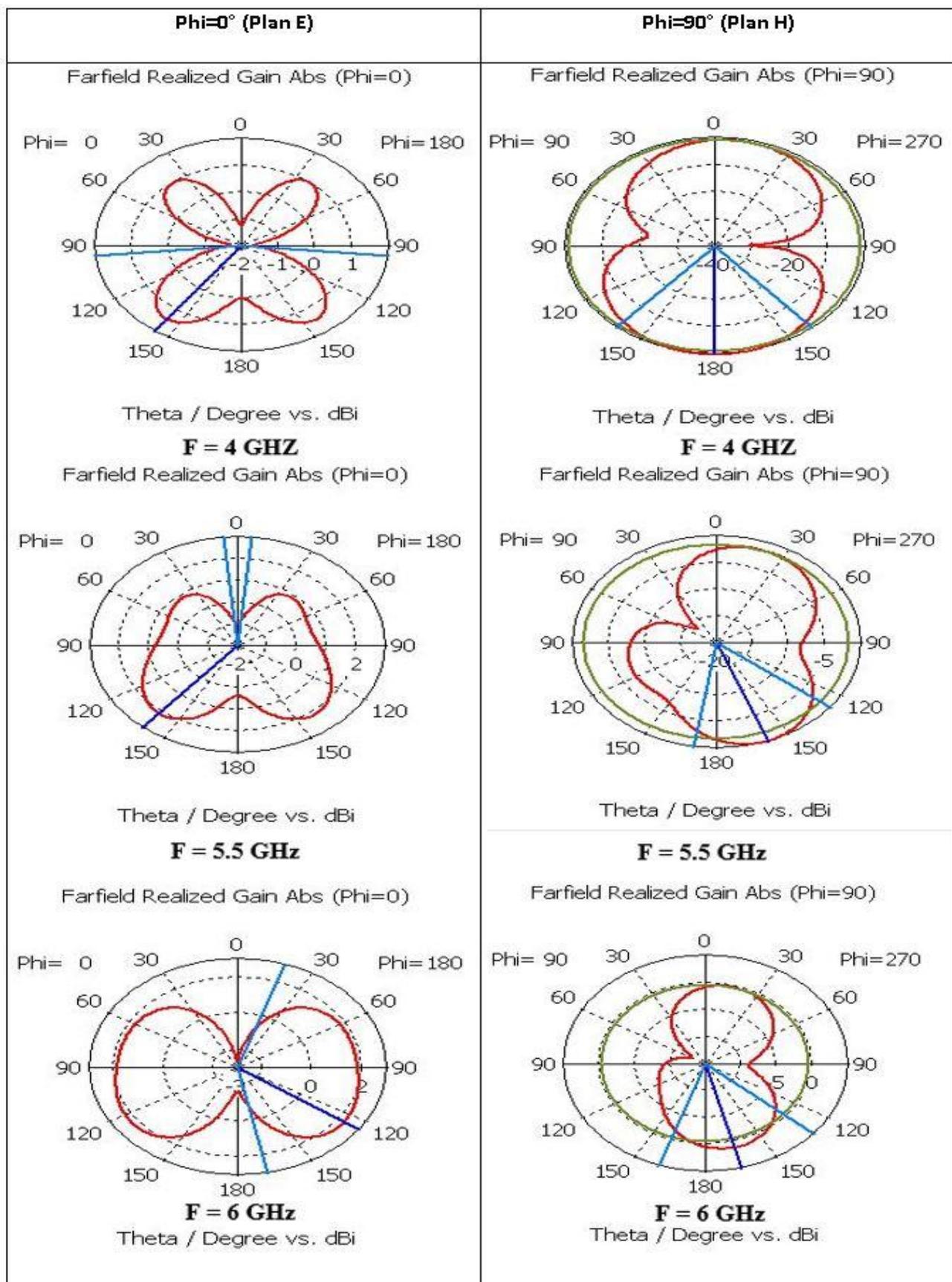


Figure 3.13 : Diagramme de rayonnement du gain en coordonnée polaire dans le plan E et le plan H.

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

De par la Figure (3.13) on notera que plus la fréquence augmente, que ce soit dans le plan E ou le plan H, le diagramme de rayonnement se déformera de sorte que ce dernier rayonnera sur toute la bande de fréquence [4-6] GHz

10. Le gain et la directivité

Les résultats liés au gain et à la directivité sont dans les figures suivantes :

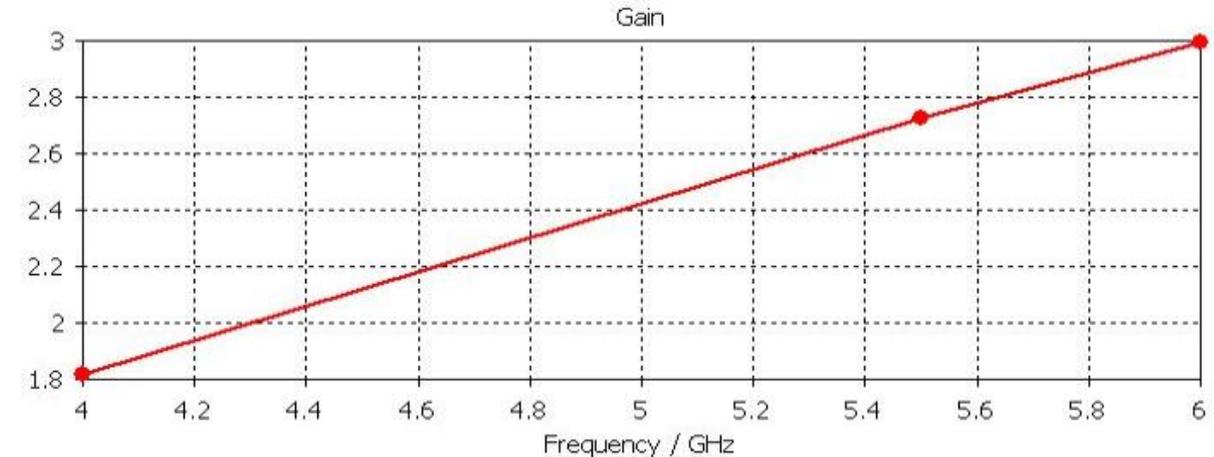


Figure 3.14 : Gain de l'antenne.

La Figure (3.14) représente le gain (dB) en fonction de la fréquence (GHz) de la figure nous voyons que le gain a une relation proportionnelle avec la fréquence jusqu'à 3 dB à 6 GHz

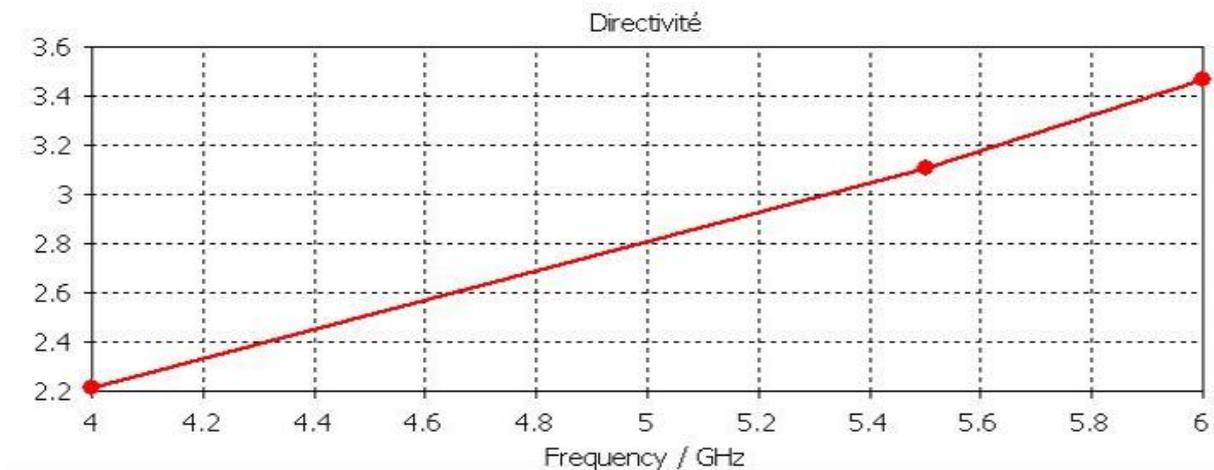


Figure 3.15 : Directivité de l'antenne.

La Figure (3.15) représente la Directivité (dB) en fonction de la fréquence (GHz) de la figure nous voyons que la directivité a aussi une relation proportionnelle avec la fréquence jusqu'à 3.46 dB à 6 GHz.

11. Distribution du courant surfacique :

La distribution du courant surfacique sur les différentes pages de fréquence de la bande [4-6] GHz :

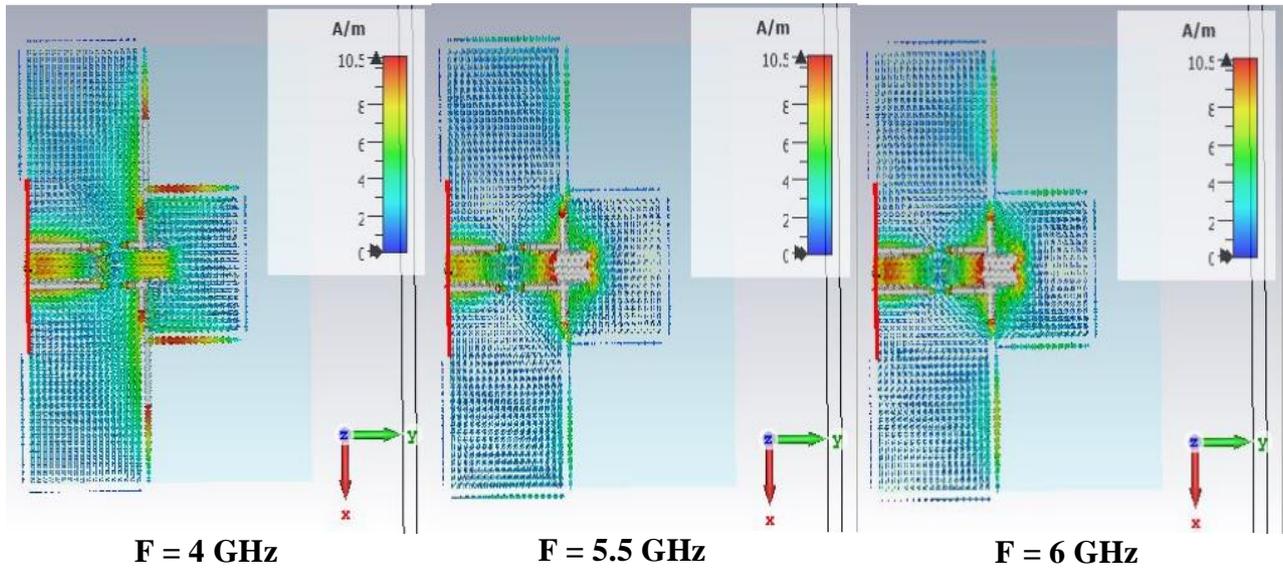


Figure 3.16 : Distribution du courant surfacique.

12. Simulation d'une antenne patch pour une bande VSAT libre

Pour cette partie nous essayons de proposer une antenne VSAT spécifique pour la bande libre [1.39-1.40] GHz qui est une liaison réel VSAT représenté dans la Figure (3.17)

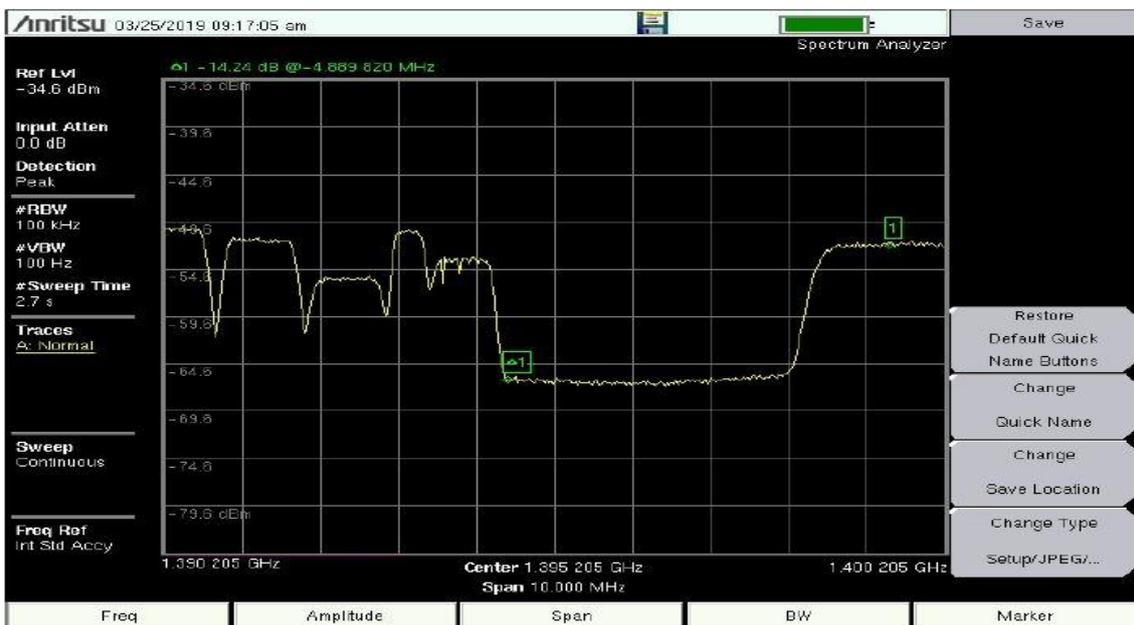


Figure 3.17: La bande passante libre en réception.

Figure (3.17) montre la bande passante disponible lors de l'utilisation d'un analyseur de spectre pour recevoir la liaison VSAT. Par conséquent, une fois les calculs théoriques faits, les meilleures formes géométriques pour une utilisation optimale de la bande sont dans le tableau (6) suivant :

Chapitre 3 : Résultats de la réalisation

Dimension de l'antenne	Valeurs (mm)	Matériel utilisé
Largeur du substrat W_s	79	FR-4 (Lossy)
Longueur du substrat L_s	130	
Épaisseur du substrat h_s	1.6	
Largeur du patch W_p	79	Copper (anneded)
Longueur du patch L_p	102	
Épaisseur du patch h_p	0.05	
Largeur du plane de masse W_g	77	Copper (anneded)
Longueur du plane de masse L_g	69.005	
Épaisseur du plane de masse h_g	0.05	
Largeur du linge W_l	2	Copper (anneded)
Longueur du linge L_l	20	
Épaisseur du linge h_l	0.05	
Décalage dans le plane de masse S_1	2	

Tableau 3.6 : Dimension de l'antenne patch.



Figure 2.18 : Géométrie de l'antenne patch.

Sur les base des différentes longueurs précédente et en utilisant le logiciel CST Microwave Studio, nous avons simulé une antenne patch pour la bande de fréquence libre (1,39-140) GHz. Les résultats obtenus à partir des paramètres de base de l'étude, sont le coefficient de réflexion (S_{11}) et le VSWR, comme le montrent les Figures (3.19) et (3.20) :

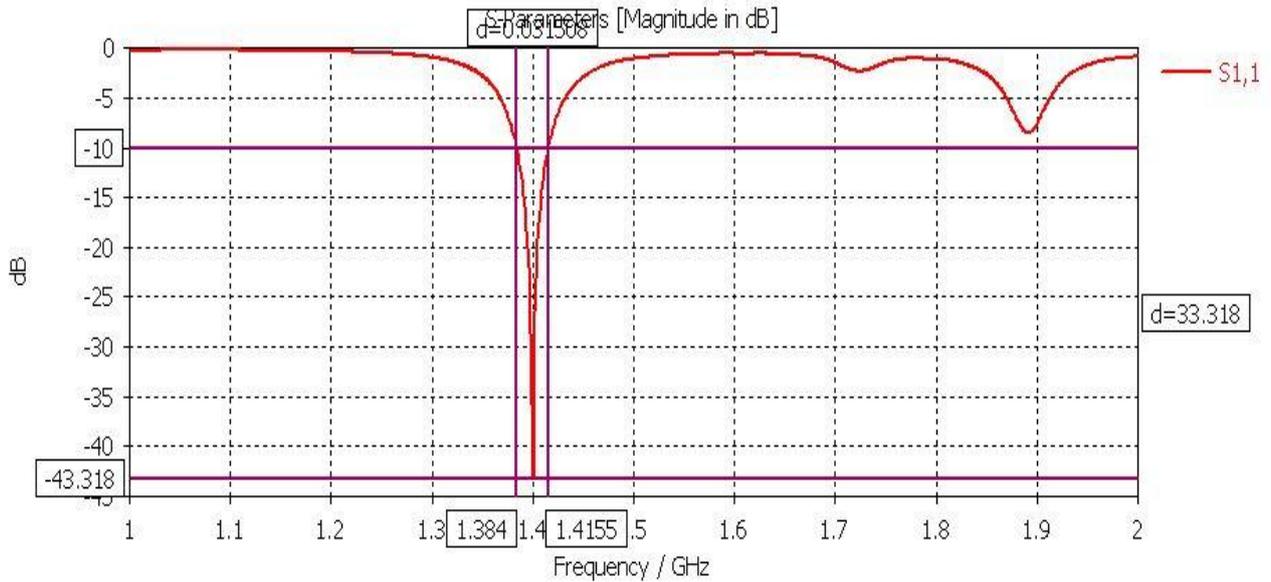


Figure 3.19 : Coefficient de réflexion (S11) de l'antenne patch

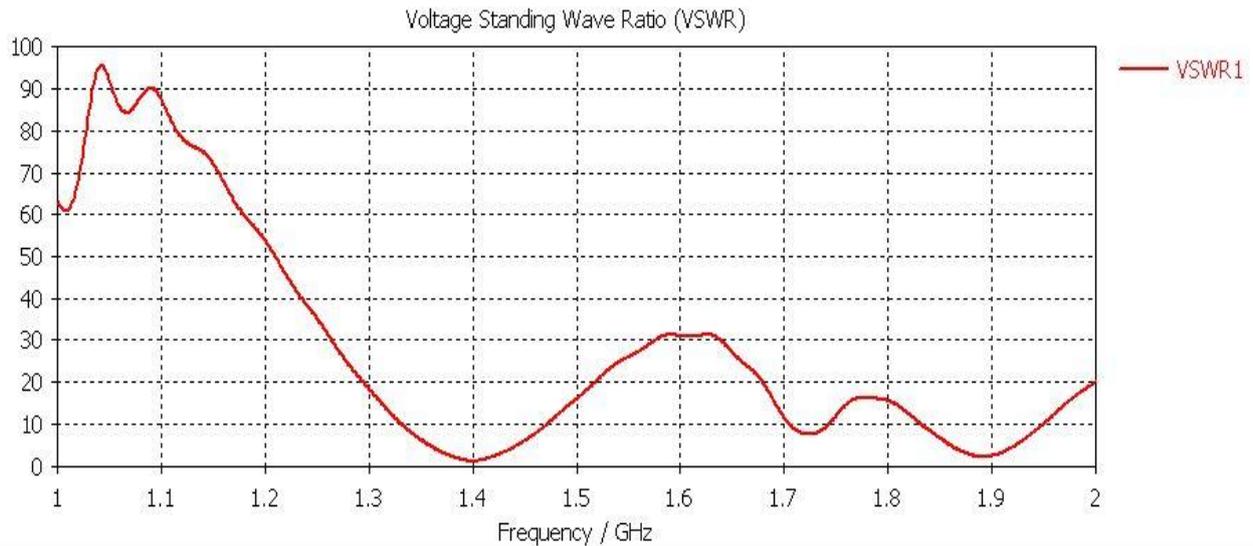


Figure 3.20 : VSWR de l'antenne patch.

La Figure (3.19) représente le résultat de la simulation du coefficient de réflexion S11(dB) en fonction de la fréquence(GHz), Nous observons que l'antenne montre une bonne adaptabilité dans la bande de fréquence libre [1,39-1,40] GHz, la valeur du coefficient de réflexion et de la fréquence de résonance sont respectivement (-43.318 dB) et $f_r=1.4$ GHz

La Figure (3.20) Affiche les résultats du VSWR en fonction de la fréquence (GHz). La figure montre que ($VSWR \leq 2$) correspond à ($S_{11} \leq -10$) dB dans la même bande de fréquence précédente. De ces résultats, on peut conclure que l'antenne proposée peut être utilisée dans la bande de fréquence libre de la liaison VSAT avec une bonne adaptabilité

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons conçue deux antenne patch pour les bande fréquences VSAT suivante bande C [4-6] GHz et bande libre [1.39-1.40] GHz en terme de simulation elle a été faites grâce ou logiciel CST studio qui nous as permis de faire plusieurs modifications dans la structure de l'antenne (Wl , Ll , Wp , Lp) et de voir l'influence de ces changements sur le fonctionnement de l'antenne.

Enfin, et d'après les résultats obtenus les meilleurs paramètres pour la bande C a été obtenue avec une bande de [3.49-6.43] GHz et pour la bande libre [1.384-1.415] GHz pour une liaison VSAT avec une bonne adaptation les résultats sont donner avec le coefficient de réflexion S_{11} , le taux d'onde stationnaire TOS (VSWR), le gain, la directivité, le diagramme de rayonnement et la distribution du courant surfacique.

Conclusion Générale

Le concept de réseau VSAT couvre un très large éventail de réalités, tant en termes de technologie que d'applications. La principale caractéristique de cette technologie de transmission est l'utilisation de satellites comme relais pour réaliser une liaison directe entre le « client » et le système central. Grâce au logiciel de simulation CST microwave studio nous avons pu concevoir et simuler et optimiser deux antennes patch pour application VSAT de forme rectangulaire pour les bandes de fréquences suivante bande C [4 - 6] GHz et bande libre [1.39 - 1.40] GHz, la réalisation s'est faite d'abord par un calcul théorique des dimensions ensuite des modifications ont été apporté à ces dernières pour qu'elles soient optimisé avec une bonne adaptation dans la bande de fréquences souhaitée. Et cela a été possible grâce à l'étude des différents résultats de simulation à savoir le S11, VSWR, diagramme de rayonnement, gain et directivité.

Et enfin ce travail nous a permis d'accroître nos connaissances dans la technologie VSAT et le domaine des hyperfréquences.

Références bibliographiques

- [1] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sat.4600110406>, consulté le : 10/04/2020.
- [2] C. Servin, "Réseaux et Télécoms", Dunod, 3ème édition, Paris, 2006.
- [3] G. Maral, M. Bousquet, "Satellite communication systems, Systems techniques and technology", 6ème édition, University of surrey , UK, pp 9-11, 2009.
- [4] M O. Kolawole, "Satellite communication engineering", 2ème édition, New York Basel, 2002
- [5] <https://raditek.com/difference-between-buc-and-lnb/>, consulté le : 12/04/2021.
- [6] <https://www.satsig.net/lnb/explanation-description-lnb.htm>consulté le : 14/04/2021.
- [7] https://www.its.blrdoc.gov/fs-1037/dir-026/_3772.htmconsulté le : 15/04/2021.
- [8] <https://www.everythingrf.com/community/what-is-a-feed-horn>consulté le : 16/04/2021.
- [9] G. Kossiavas, R. Staraj, C. Luxey, A. Papiernik, "Antennes imprimées- Bases et principes", Technique de l'ingénieur, Référence E3310, 05/ 2007.
- [10].<http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio1999/capart-mazurier/VSAT/composants/hub.htm>consulté le : 16/04/2021.
- [11] Bahloul Mohammed Salim "étude et conception de réseaux d'antennes imprimées larges bandes à polarisation diverse par l'utilisation d'architectures log périodiques", Thèse doctorat , Université AboubakrBelkaïd–Tlemcen–
- [12] G. Le Ray C. Marchais et A. Sharaiha, "Stripline slot antenna for uwb communications", IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett., 5, 2006.
- [13] M. Bellanger, "Les Antennes théorie conception et application", Dunod, 2ème édition, Paris, 2009.
- [14] Abdellatif HAFIANE, "Étude du couplage d'antenne imprimées par la méthode des différences finies et extraction du modèle électrique", Thèse de doctorat, université de Marne la vallée, France, 2003.
- [15] [http://perso.citi.insa-lyon.fr/Communications Hertziennes \(COH\) Deuxième partie : Antennes](http://perso.citi.insa-lyon.fr/Communications_Hertziennes_(COH)_Deuxieme_partie:_Antennes) consulté le : 17/04/2021.
- [16] <https://www.yumpu.com/fr/document/read/28509467/documentation-des-logiciels-feko-et-npsw-alexandre-boyerfr> Alexandre Boyer, "antennes", support de cours, institut national des sciences appliquees de toulouse 5 ème Année Réseau et Télécom ». Consulté le : 19/04/2021.

- [17] L. Djouablia, "Contribution à l'étude des structures microbandes rayonnantes Par la méthode des moments application a la forme triangulaire ", Thèse de doctorat, département d'électronique, Université Skikda, 2012.
- [18] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", Third edition, pp 27-108, Canada, 2005.
- [19] D. Khedrouche, " Modélisation des antennes microbandes par une analyse tridimensionnelle rigoureuse en utilisant une méthode intégrale," Thèse de Doctorat, Université de Constantine, 06/ 2009.
- [20] D. Aissaoui, "Analyse à l'aide de modèles équivalents d'antennes imprimées alimentées par ligne adaptées ", Mémoire de Magister, département d'électronique, Université de Abou Baker BelkaidTlemcen , 03/2007.
- [21] M. Titaouine, " Analyse des antennes microrubans de forme arbitraire par la méthode des moments et le modèle généralisé de la cavité", Thèse de Doctorat, département d'électronique, Université de Sétif, 09/ 2007.
- [22] L. I. Basilio, M. A. Khayat, J. Williams, S. A. Long, "The dependence of the input impedance on feed position of probe and microstrip line fed patch antennas ", IEEE transaction Antennas Propagation, Vol. 49, pp. 45-47, 01/ 2001.
- [23] O. Picon, Coll, "Les Antennes, théorie, conception et applications", Dunod, Paris, 978-2-10-051989-7, 2009.
- [24] R. M. Nelson and D.A. Rogers and A. Gomes Dassunção "Resonant frequency of a rectangular microstrip patch on several uniaxial substrates" IEEE Transaction Antennas Propagation, vol.38, pp 973-981, 1990.
- [25] L. Djouane " Analyse rigoureuse d'une plaque microbande rectangulaire sur plan de masse avec ouverture rectangulaire par la méthode des moments et les dyades hybrides de Green", Thèse de Magister, Institut d'électronique, Université de Batna, 2005-2006.
- [26] R. Kshetrimayum, "An introduction to UWB communication systems", IEEE Potentials, 3, 2009]
- [27] Y. Rahayu, T. Abd-Rahman R. Ngah, P. Hall, "Ultra Wideband Technology and Its Applications", IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, 5, 2008.
- [28] H. Schantz, "The art and science of ultras wideband antennas", Artech House, Boston. 2005.

[29] Z. Djalal "Étude et conception d'antennes ultra large bande", Mémoire de magister, Université Aboubakr Belkaïd–Tlemcen, 2011.

ملخص

إن شبكة VSAT (محطة الفتحات الصغيرة الفائقة) قادرة على تلبية احتياجات الاتصالات في ظروف خاصة ، وبالتالي فإن هذه الحلول هي حلول مهمة للاتصالات السلكية واللاسلكية ، والتي يستخدمها العديد من القطاعين العام والخاص في ضوء هذه الخصائص المفيدة (عرض النطاق الترددي والأمن). وللوفاء بمتطلبات الهوائي لهذه التكنولوجيا ، يفضل الهوائي المطبوع. لذلك هذا العمل سيكون حول تصميم اثنين من هوائيات الرقعة ، لتطبيق VSAT في نطاقين متميزين للترددات [4-6] غيغاهرتز و [1.39-1.40] غيغاهرتز من خلال برنامج CST microwave studio.

الكلمات المفتاحية: هوائي ميكروويف مطبوع ، ميكروويف ، نظام VSAT ، CST STUDIO SUITE.

Résumé

Le réseau VSAT (Ultra Small Aperture Terminal) peut répondre aux besoins de télécommunications dans des circonstances particulières, Ce sont donc des solutions de télécommunications importantes, utilisées par de nombreux secteurs publics et privés au vu de ces caractéristiques avantageuse (largeur de bande et sécurité). Afin de répondre aux exigences de cette technologie en matière d'antenne, l'antenne imprimée patch est privilégiée. Donc ce travail sera autour de la conception de deux antennes patch, pour application VSAT

Dans deux bande de fréquences bien distincte [4 - 6] GHz et [1.39 – 1.40] GHz par le biais du logiciel CST microwave studio.

Mots clés : Antenne imprimée patch, Hyperfréquence, Système VSAT, CST STUDIO SUIT.

Abstract

The VSAT (Ultra Small Aperture Terminal) network can meet telecommunications needs in special circumstances, so these are important telecommunications solutions, used by many public and private sectors in view of these advantageous characteristics (bandwidth and security).

In order to meet the antenna requirements of this technology, the patch printed antenna is preferred. So this work will be around the design of two patch antennas, for VSAT application in two distinct frequency bands [4 - 6] GHz and [1.39 – 1.40] GHz through the CST microwave studio software.

Keywords: patch antenna, high frequency, VSAT system, CST STUDIO SUIT