



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Télécommunications
Réseaux et Télécommunications

Réf.: V .../2019

Présenté et soutenu par :
ALDHAHERI Ali Salem Ahmed

Le : lundi 8 juillet 2019

CONCEPTION ET SIMULATION D'UNE ANTENNE MIMO

Jury :

Mr.	BOUKREDINE Salah Eddine	MAA	Université de Biskra	Président
Dr.	HAMAIZA Zahra	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme.	ATAMENA Noura	MAA	Université de Biskra	Examinatrice

Année universitaire : 2018 – 2019

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



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

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

MASTER

Thème

CONCEPTION ET SIMULATION D'UNE
ANTENNE MIMO

Présenté par :

ALDHAHERI Ali Salem Ahmed

Avis favorable de l'encadreur :

Dr HAMAIZIA Zahra

Avis favorable du Président du Jury

Mr **BOUKREDINE Salah Eddine**

Cachet et signature

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



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

Thème :

CONCEPTION ET SIMULATION D'UNE ANTENNE MIMO

Proposé par : ALDHAHERI Ali Salem Ahmed

Dirigé par : Dr HAMAIZIA Zahra

RESUME

Une présentation compacte imprimée et plane à sorties multiples (MIMO) pour les communications Ultra Wideband (UWB) est présentée. Deux éléments d'antenne unipolaires à disque circulaire constituent l'antenne UWB-MIMO proposée, fonctionnant dans la bande de fréquences de 3,2 à 10,6 GHz. L'isolation entre les ports d'antenne a été améliorée à une valeur supérieure à 15 dB dans toute la bande de fréquence considérée. Cette amélioration est obtenue en tirant parti d'un module en Y inversé inséré dans le plan de masse de l'antenne UWB-MIMO. L'insertion du tronçon a également facilité la réduction de la taille de l'antenne, c'est-à-dire que ses dimensions hors tout sont de 40 à 68 mm². L'antenne proposée est étudiée et simulé à l'aide d'un logiciel électromagnétique CSTMSW.

Mot -clés : MIMO-patch-UWB-conducteur -matériel-logiciel CST.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم
والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين
أهدي هذا العمل:

إلى من كلله الله بالهيبه والوقار .. إلى من علمنى العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار .. أرجو من
الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد
وإلى الأبد

والذي العزيز

سالم احمد الظاهري

إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفانى .. إلى بسمه الحياة وسر الوجود
إلى من كان دعائها سر نجاتي وحنانها بلسم جراحي إلى أعلى الحيايب

أمي الحبيبة

فددة على الجفنى

إلى سندي وقوتي وملاذي بعد الله

إلى من أثرونى على أنفسهم

إلى من علمونى علم الحياة

إلى من أظهروا لى ما هو أجمل من الحياة

إخوتى

صلاح - احمد - محمد

إلى من حبهم يجري فى عروقي

ويلهج بذكرهم فوادي

أخواتي

وسام - هدى

إلى من بها أكبر وعليها أعتد .. إلى شمعة متقدة تنير ظلمة حياتي

إلى من عرفت معها معنى الحياة إلى من بوجودها أكتسب قوة ومحبة لا حدود لها

زوجتي الحبيبة

اميرة محمد غليس

إلى من أرى التفاؤل بعينه .. والسعادة في ضحكته

إلى الوجه المفعم بالبراءة

أبنى

احمد

إلى جميع عائلة الظاهري وجميع الأقارب

إلى من أنسنى فى دراستى وشاركنى همومى و اصدقائى الذى جمعتنى بهم الغربية والدراسة

كمال المعصار- عبدالله المتوكل-صلاح الواح-عبدالرقيب العواضي-هشام البهلولى-عصام البهلوي-محمد الثمئي-

اسماعيل حميد حمود دائل-عمار زايد-مقبول الكامل-مصطفى الظاهري-ماهر الظاهري-جبر ابو جبر

إلى وطني الجريح الذي سيعود سعيدا ان شاء الله

اليمن

إلى وطني ارض الشهداء

الجزائر

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout **ALLAH** le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Je cite nommément :

Je remercie **ma famille** pour les sacrifices qu'ils ont faits Pour que nous puissions terminer nos études.

A mon encadreur Dr: **HAMAIZA Zahra** ; A pour avoir accepté de prendre en charge et pour leurs appréciations compétentes, leurs précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury, le président: Mr.**BOUKREDINE Salah Eddine** et l'examineur: Mme.**ATAMENA Noura** pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nos remerciements s'adressent à l'ensemble des professeurs et du personnel pédagogique de **l'université Mohamed Khider Biskra** surtout du département du génie électrique . qui nous ont accompagnés tout au long de ces années d'études, à l'ensemble des étudiants de notre promotion et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet de fin d'étude.

ALDHAFERJ Ali Salem Ahmed

Liste des Tableaux

Tableau III. 1 : Les dimensions de l'antenne proposée	25
---	----

Liste des Figures

Figure I. 1 : La ligne coaxiale	3
Figure I. 2 : La ligne bifilaire.....	4
Figure I. 3 : La ligne micro-ruban	4
Figure I. 4: Structure de base d'une antenne imprimée	5
Figure I. 5: Antenne imprimée alimentée par ligne micro-ruban.....	7
Figure I. 6 : Différentes formes d'antennes imprimées.....	7
Figure I. 7: Antenne imprimée alimentée par sonde coaxiale	8
Figure I. 8: Antenne imprimée alimentée par fente	9
Figure I. 9 : Antenne imprimée alimentée par proximité.	10
Figure II. 1 : système SISO.....	17
Figure II. 2 : système MISO.....	18
Figure II. 3 : Système SIMO.....	19
Figure II. 4 : système MIMO.....	19
Figure III. 1: (a) Disposition de l'antenne UWB MIMO. (b) Disposition détaillée du stub en forme de Y inversé.....	24
Figure III. 2 : Structure de l'antenne patch propose	24
Figure III. 3: S11 et S22 simulés du système d'antenne proposé.....	26
Figure III. 4: S21 et S12 simulés du système d'antenne proposé.....	26
Figure III. 5: Coefficient de réflexion S11 de l'antenne patch.	27
Figure III. 6 : Diagramme de rayonnement polaire à f = 3.5 GHz , f = 7 GHz et f = 9.5 GHz pour phi=90	28
Figure III. 7 : Diagramme de rayonnement en 3D a la f=7.5 GHz.....	28
Figure III. 8 : Simulations gains absolus et rendements totaux de l'antenne proposée.....	29

Liste des abréviations

UWB : Ultra Wide Band

ULB : Ultra large bande

MIMO : Multiple Input Multiple Output

SISO : Single-Input Single-Output

SIMO : Single-Input Multiple-Output

MISO : Multiple Input Single Output

CST : Computer Simulation Technologie

CEM : Compatibilité électromagnétique

FCC : Federal Communications Commission

GPR : Ground Penetrating Radar

DGS : Defected Ground Structure

EBG : Electromagnetic Band Gap

AMC : Artificial Magnetic Conductor.

LPI: faible probabilité d'interception

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers

WLAN : «Wireless Local Area Network» - les réseaux "locaux" sans fil

WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access

WCDMA : Wideband Code Division Multiple Access

Sommaire

RESUMES

Remerciements

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale..... 1

Chapitre I : GENERALITES SUR LES ANTENNES IMPRIMEES

I.1) Introduction..... 3

I.2) Lignes de transmission 3

I.2.1) La ligne coaxiale 3

I.2.2) La ligne bifilaire..... 4

I.2.3) La ligne micro-ruban 4

I.2.4) La ligne coplanaire 4

I.3) Structure d'une antenne imprimée 4

I.4) Domaine d'application des antennes imprimées..... 5

I.5) Avantages et inconvénients des antennes imprimées..... 5

I.6) Techniques d'alimentation..... 6

I.6.1) Alimentation par ligne micro-ruban dans le plan de l'élément rayonnant 7

I.6.2) Alimentation par sonde coaxiale..... 8

I.6.3) Alimentation par ouverture (ou par fente)..... 8

I.6.4) Alimentation par proximité 9

I.6.5) Les avantages et les inconvénients 10

I.7) Conclusion 11

Chapitre II : LES SYSTEMES MIMO ULTRA LARGE BANDE

II.1) Introduction..... 12

II.2) Les antennes ultra larges bande..... 12

II.2.1) Définition 12

II.2.2)	Classification d'antennes ultra large bande	13
II.2.2.1)	Antenne Independent de la fréquence.....	13
II.2.2.2)	Antennes omnidirectionnelles	13
II.2.2.3)	Les antennes directives.....	13
II.2.3)	Antenne ULB idéal	13
II.2.4)	Techniques d'élargissement de la bande passante	14
II.3)	Systèmes ultra large bande(UWB).....	14
II.3.1)	Avantages uwb	14
II.3.2)	Défis uwb	15
II.4)	Concept et capacité des canaux mimo	16
II.4.1)	Système SISO.....	17
II.4.2)	Système MISO	18
II.4.3)	Système SIMO	18
II.4.4)	Système MIMO.....	19
II.5)	Antennes mimo ultra-large bande.....	20
II.5.1)	Défis de conception des systèmes d'antenne UWB MIMO:.....	21
II.5.2)	Amélioration de l'isolation et de la bande passante:	21
II.6)	Conclusion	22

Chapitre III : SIMULATION D'UNE ANTENNE MIMO

III.1)	Introduction.....	23
III.2)	Geometrie et conception de l'antenne	23
III.3)	Conception et Simulation d'antenne MIMO.....	24
Tableau III. 1 : Les dimensions de l'antenne proposée		25
III.3.1)	Résultats de la simulation et caractéristiques de performance de l'antenne	25
III.3.1.1)	Caractéristiques de la bande passante	25
III.3.1.2)	Caractéristiques d'isolement	26
III.4)	Interprétation des résultats	27
III.5)	Conclusion	30
CONCLUSION GENERALE		31
Bibliographie		33
ANNEXE		35

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Les appareils sans fil sont la dernière tendance en matière de technologie de communication et il existe une demande constante de compacité ou de miniaturisation des appareils électroniques sans fil, ainsi qu'une augmentation de la vitesse et du débit de données de ces appareils. À cet égard, les systèmes d'antenne UWB MIMO sont considérés comme offrant de meilleures performances et posent aux ingénieurs en antenne de nombreux problèmes de conception.

La Federal Communications Commission (Commission fédérale de la communication) a autorisé l'utilisation non autorisée de la bande 3,1-10,6 GHz pour des applications intérieures à courte distance et à haut débit.

Récemment, le Secteur des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT-R) a défini UWB comme une transmission dans laquelle la largeur de bande du signal émis dépasse le minimum de 500 MHz ou 20% de la fréquence centrale, c'est-à-dire que la largeur de bande fractionnée doit être supérieure à 20% tout au long de la transmission. La largeur de bande fractionnelle B_f est définie comme le rapport de la largeur de bande avec une perte de rendement ($<- 10$ dB) à sa fréquence centrale.

La conception et l'analyse d'un système d'antenne MIMO à deux éléments sont présentées. Le système d'antenne MIMO proposé a une taille compacte de 68 mm × 40 mm et une bande de fonctionnement de 3,2 à 10,6 GHz, couvrant la quasi-totalité de l'UWB. Une structure en forme de Y est étendue à partir du plan de sol afin d'améliorer l'isolation jusqu'à <-20 dB dans la majeure partie de la bande UWB.

Multiple-Input-Multiple-Output ou MIMO est l'une des dernières formes de technologie d'antenne intelligente pour améliorer les performances de communication. Le concept de multiplexage spatial utilisant MIMO a été introduit pour la première fois en 1993. Dans le secteur commercial, le premier système a été développé en 2001, où MIMO était utilisé avec la technologie d'accès multiple par division de fréquence orthogonale (MIMO-OFDMA), qui prenait en charge le codage en diversité multiplexage spatial.

L'introduction de la technologie MIMO s'est révélée être l'une des meilleures techniques pour améliorer la capacité des canaux dans les limites de la bande passante et de la puissance disponibles.

INTRODUCTION GENERALE

Récemment, les concepteurs d'antennes à microruban utilisent également la technologie MIMO, dans laquelle ils utilisent deux patchs rayonnants ou plus dans la conception pour la transmission. Au cours des dix dernières années, plusieurs antennes MIMO / Diversity ont été proposées dans la littérature. Quelques-unes d'entre elles sont conçues pour fonctionner dans la gamme de fréquences de 3,1 à 10,6 GHz, adaptée aux applications UWB.

Ce mémoire est composé de trois chapitre

- ✓ Le premier chapitre en premier lieu, la définition des antennes imprimées. Nous donnerons ensuite leurs domaines d'utilisation, leurs avantages ainsi que leurs inconvénients et les différentes techniques d'alimentation.
- ✓ Le deuxième chapitre présente une brève introduction à la technologie UWB et aux techniques à plusieurs antennes pour augmenter la capacité de canal. Les concepts de modèle et de capacité de canal MMO sont passés en revue. Défis de conception n Les systèmes d'antenne UWB MIMO sont présentés et les systèmes existants sont étudiés.
- ✓ Le troisième chapitre propose deux systèmes d'antenne MIMO avec différentes structures de plan de sol pour fournir une isolation à large bande. Les résultats de la simulation sont montrés et analysés pour les caractéristiques de performance de l'antenne.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES

ANTENNES IMPRIMEES

I.1) Introduction

Dans les applications aéronautiques, aérospatiales et militaires où le faible volume, le faible poids, le faible coût, les hautes performances et la facilité de mise en œuvre sont les principales exigences, les antennes faiblement profilées sont une nécessité. Aujourd'hui, avec l'explosion des télécommunications, ces contraintes se retrouvent dans les applications commerciales sans fils. Pour répondre à ces exigences un nouveau type d'antenne a été proposé : les antennes imprimées.

Dans ce chapitre, nous présentons, en premier lieu, la définition des antennes imprimées. Nous donnerons ensuite leurs domaines d'utilisation, leurs avantages ainsi que leurs inconvénients et les différentes techniques d'alimentation.

I.2) Lignes de transmission

Une ligne de transmission est un ensemble de deux ou plusieurs conducteurs acheminant de concert un signal électrique, d'une source (ou émetteur) vers une charge (ou récepteur).

On s'intéresse aux phénomènes de propagation prenant naissance dans les câbles ou des structures de propagation en mode TEM, lors de leur utilisation pour le transport des signaux sur une distance grande devant la longueur d'onde.

es lignes de transmission les plus courantes sont la ligne coaxial, ligne bifilaire, ligne micro ruban et la ligne coplanaire.

I.2.1) La ligne coaxiale

Elle est constituée d'un conducteur intérieur et d'un conducteur extérieur comme le montre la Figure I. 1:

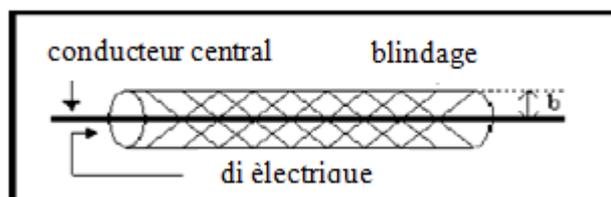


Figure I. 1 : La ligne coaxiale

I.2.2) La ligne bifilaire

Elle est constituée de 2 fils conducteurs cylindriques identiques parallèles comme le montre la figure I.2 :

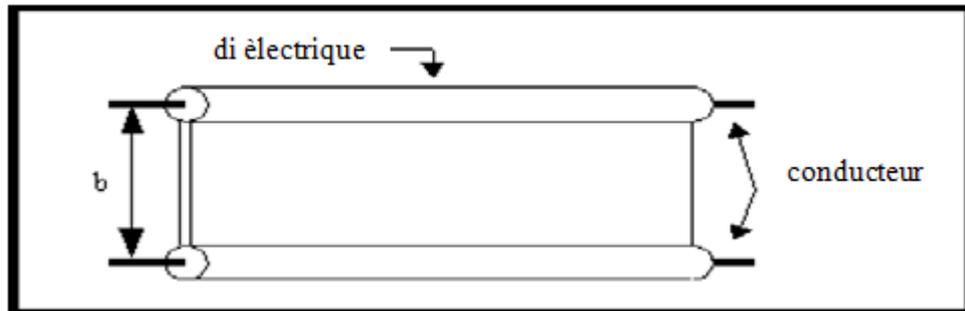


Figure I. 2 : La ligne bifilaire

I.2.3) La ligne micro-ruban

Elle est constituée d'un substrat en diélectrique (époxy, téflon..) entièrement métallisé sur une de ses faces (plan de masse), comportant une piste conductrice sur l'autre face comme le montre la figure I.3 :

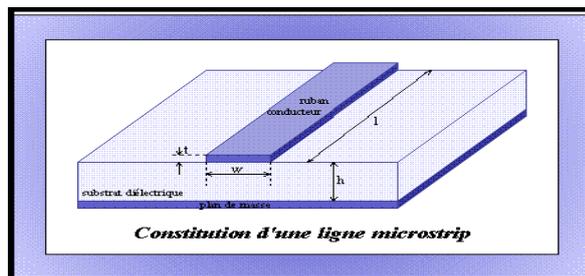


Figure I. 3 : La ligne micro-ruban

I.2.4) La ligne coplanaire

La ligne coplanaire est un guide d'onde souvent utilisé dans les circuits intégrés. Il ressemble à la ligne micro ruban, sauf que les mises à terre sont placées de chaque côté du met matériel.

I.3) Structure d'une antenne imprimée

Dans sa structure de base, une antenne imprimée est constituée d'un fin conducteur métallique de forme arbitraire, appelé élément rayonnant, déposé sur un

substrat diélectrique dont la face inférieure est entièrement métallisée pour constituer un plan de masse .

La figure I.1 montre la structure d'une antenne imprimée. Dans la pratique, les formes des éléments rayonnants les plus souvent utilisées sont le carré, le rectangle, le disque et l'anneau. Mais d'autres géométries plus complexes peuvent être rencontrées .

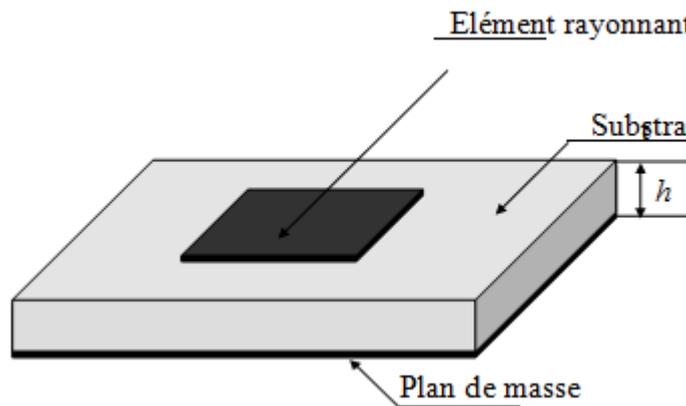


Figure I. 4: Structure de base d'une antenne imprimée

I.4) Domaine d'application des antennes imprimées

Les domaines d'applications des antennes imprimées sont de plus en plus variés, les principales applications sont :

- La téléphonie mobile;
- Les radars;
- Les télécommunications spatiales;
- La télémétrie des missiles et la télésurveillance;
- Guidage des missiles et télédétection.

I.5) Avantages et inconvénients des antennes imprimées

La technologie des antennes imprimées est issue de celle des circuits imprimés ce qui leur confère certains avantages par rapport aux antennes classiques (cornet, dipôle filaire,...) dont :

- Un poids léger et un volume petit;
- Possibilité d'intégration des éléments actifs, directement sur le même substrat (oscillateurs, amplificateurs, modulateurs,...);
- Simples, robustes et non encombrantes;
- La faculté de se conformer à des surfaces courbes (ailes d'avions, missiles,...);
- Faible coût de fabrication, par conséquent peuvent être fabriquées en grande quantité;
- Une épaisseur et un encombrement minimes;
- Elles peuvent être polarisées linéairement ou circulairement par simple changement de la position d'alimentation;

Elles présentent cependant quelques inconvénients tels que :

- Faible rendement;
- Faible puissance d'émission;
- Pureté de polarisation difficile à obtenir;
- Faible bande passante (1 à 5 %).

I.6) Techniques d'alimentation

Un point important dans la conception des antennes imprimées est leur alimentation.

Elle détermine les modes excités ainsi que l'adaptation.

L'excitation des éléments rayonnants se fait soit par contact direct soit par couplage. Plusieurs techniques d'alimentation existent. On présente ici quelques-unes des différentes alimentations utilisées.

I.6.1) Alimentation par ligne micro-ruban dans le plan de l'élément rayonnant

L'élément rayonnant et sa ligne micro-ruban d'alimentation sont imprimés sur la même face du substrat. Cette technique est facile à réaliser et permet une adaptation simple d'impédance, elle a l'inconvénient de générer un rayonnement parasite des lignes.

L'adaptation est obtenue soit en insérant un transformateur quart d'onde, soit en déplaçant le point d'alimentation (Figure I.2)

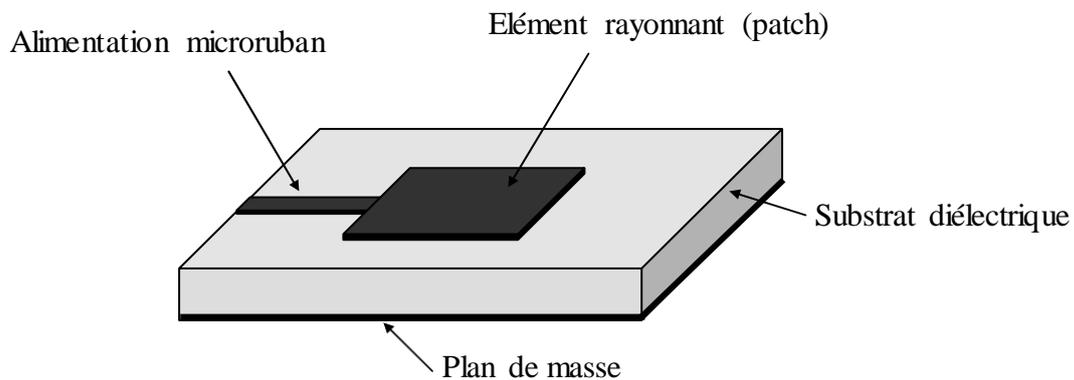


Figure I. 5: Antenne imprimée alimentée par ligne micro-ruban

Pour atteindre la grande performance d'antenne, un diélectrique épais qui a un constant diélectrique bas est nécessaire. Cela fournira une efficacité plus élevée, une plus grande bande passante et une plus grande radiation

Dans une structures micro ruban les conducteurs se présentent sous la forme de ruban très mince découpé suivant différentes géométries (rectangle, cercle, triangle ...) comme le montre la figure I.6:

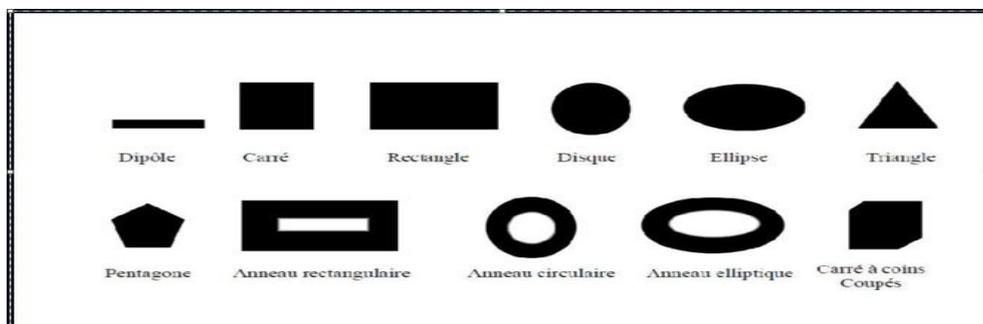


Figure I. 6 : Différentes formes de l'élément rayonnant.

Parmi toutes les formes des éléments rayonnants, le rectangle est le plus facile à appréhender pour la compréhension des mécanismes de rayonnement des antennes micro bandes.

I.6.2) Alimentation par sonde coaxiale

Le conducteur intérieur du connecteur coaxial traverse le plan de masse et le diélectrique, il est directement soudé à l'élément rayonnant en un point où l'adaptation est obtenue, alors que le conducteur extérieur est relié au plan de masse (Figure I.3).

Cette technique est adaptée à une alimentation séparée de chaque élément du réseau. Elle est simple à réaliser. La position de l'alimentation détermine le type de mode excité, de plus elle contrôle l'adaptation de l'élément. Cependant, cette technique d'alimentation pose des problèmes technologiques du fait du percement du substrat et des soudures sur chaque élément rayonnant, surtout pour les grands réseaux.

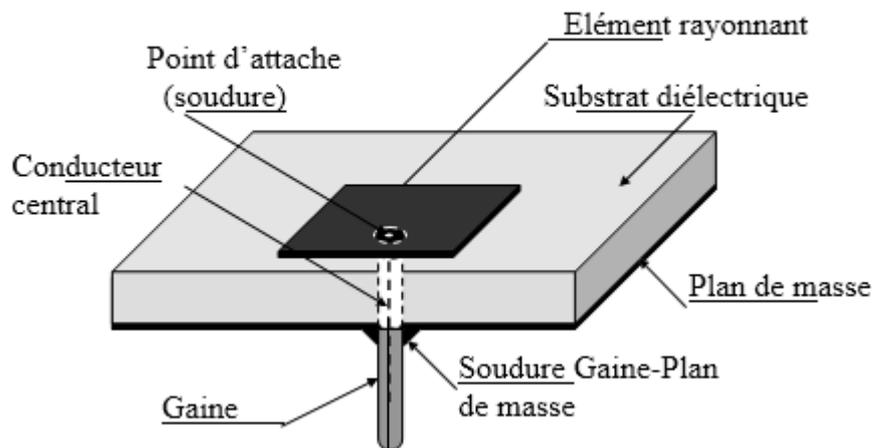


Figure I. 7: Antenne imprimée alimentée par sonde coaxiale

I.6.3) Alimentation par ouverture (ou par fente)

L'élément rayonnant et la ligne micro-ruban d'alimentation sont placés de part et d'autre du plan de masse. La fente de couplage dans le plan de masse permet la circulation de l'énergie entre la ligne d'alimentation et l'élément rayonnant (figure I.4). Cette méthode nécessite un positionnement précis de la fente. Elle apporte les avantages suivants :

- Isolation du circuit d'alimentation par l'intermédiaire du plan de masse. De ce fait, un rayonnement parasite faible, en fait ce rayonnement parasite se situe au dessous du plan de masse, ce qui n'est pas la direction de propagation;

- Adaptation facile à réaliser en raison de grand nombre de paramètres comme la taille de l'ouverture et la longueur du stub de la ligne d'alimentation.

Mais cette technique présente quelques inconvénients, tels que :

- Faible bande passante, mais peut être amélioré en jouant sur l'épaisseur du diélectrique et en superposant plusieurs éléments rayonnants;
- Difficile à mettre en œuvre.

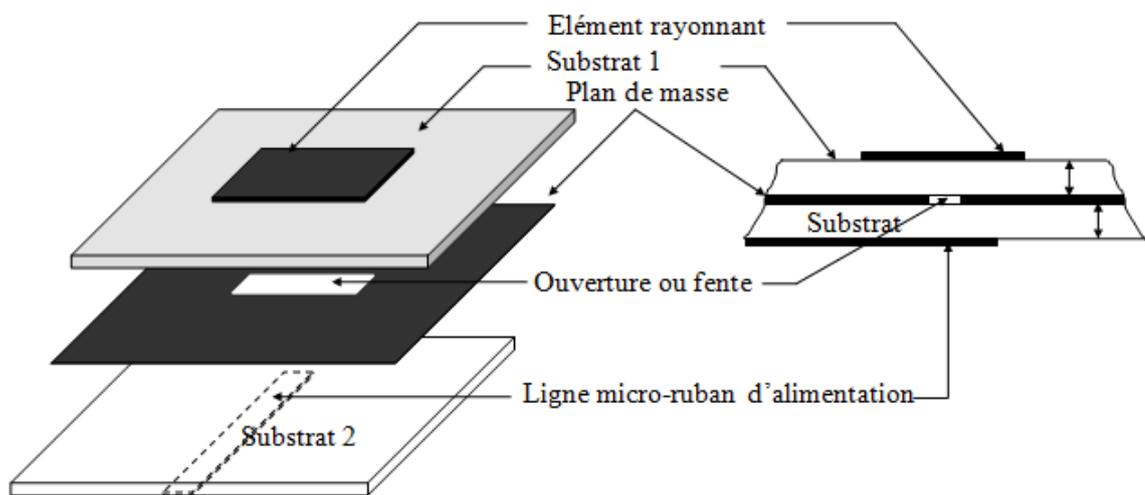


Figure I. 8: Antenne imprimée alimentée par fente

I.6.4) Alimentation par proximité

L'antenne est constituée de deux substrats diélectriques entre lesquels est située la ligne d'alimentation. L'élément rayonnant est imprimé sur le substrat supérieur (figure I.5). L'excitation se fait par couplage électromagnétique. Cette technique permet d'améliorer la bande passante mais elle est difficile à réaliser .

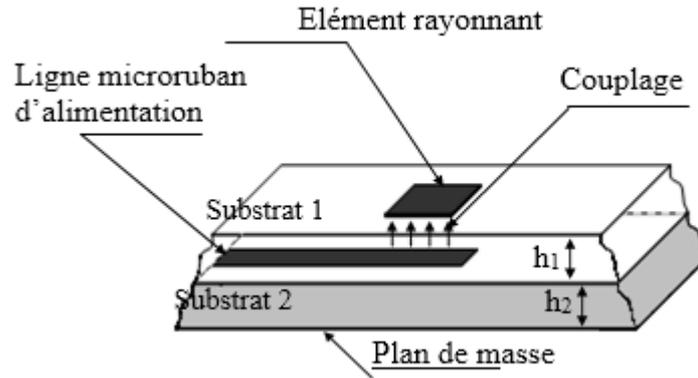


Figure I. 9 : Antenne imprimée alimentée par proximité.

I.6.5) Les avantages et les inconvénients

Des nombreux systèmes de communication utilisent les antennes microbandes non seulement comme des éléments indispensables pour assurer le couplage entre les équipements et le milieu de propagation, mais aussi puisque elles offrent certains avantages tel que:

- ✓ Faible poids, encombrement réduit, faible profile et structure plane ;
- ✓ Faible volume et épaisseur réduite ;
- ✓ Faible coût de fabrication ;
- ✓ Facile à fabriquer en masse on utilisant les techniques des circuits imprimés dont le faible cout ;
- ✓ Compatibilité avec des circuits intégrés (antennes actives) ;
- ✓ Réseaux d'alimentation et d'adaptation fabriqués simultanément avec l'antenne ;
- ✓ Antennes multi bandes multi polarisations possibles ;

Ces antennes présentent malheureusement, également des inconvénients :

- Bande passante étroite ;
- Faible gain ;
- Supporte uniquement des faibles puissances ;
- Faible efficacité de rayonnement ;
- La bande passante reste toujours un obstacle devant des divers systèmes de communication.

I.7) Conclusion

Ce chapitre a fait l'objet de généralités sur les antennes imprimées, leurs techniques d'alimentation les plus utilisées ainsi que leurs emplois dans différents services et secteurs de communication et autres.

CHAPITRE II

LES SYSTEMES MIMO

ULTRA LARGE BANDE

II.1) Introduction

La technologie ultra-large bande (UWB), anciennement connue sous le nom de «radio impulsion», est une technologie moderne de transmission d'informations sur une large bande passante (> 500 MHz), qui promet des débits élevés avec une faible consommation d'énergie.

Les systèmes MIMO (Multi-Input Multi-Output) sont devenus un des sujets les plus étudiés en recherches, car ils sont capables d'augmenter l'efficacité spectrale (capacité) sur une largeur de bande limitée. L'utilisation d'antennes multiples conduit à une dimension supplémentaire dans le degré d'accès multiple au réseau par rapport au cas mono-antenne et ainsi offre une solution efficace à l'accroissement des débits pour les générations futures de radiotéléphonie cellulaire.

Dans ce chapitre nous présentons d'abord brièvement les différents systèmes multi-antenne (SISO-MISO-SIMO) ainsi leurs capacités et bien sûr le MIMO qui est l'objectif de ce chapitre. Nous évoquons par la suite les trois approches systématiques des MIMO : le multiplexage spatial offrant un maximum de débit, l'implémentation de codes spatio-temporels offrant un maximum de diversité et le MIMO beamforming basant sur les antennes intelligentes.

II.2) Les antennes ultra larges bande**II.2.1) Définition**

La caractéristique première qui sert à distinguer une antenne ULB des antennes usuelles est, tout naturellement, la largeur de la bande passante. D'après l'approche de la FCC, la largeur de la bande passante représente une bande relative instantanée au-dessus de 0,2. Trois classes d'antennes ULB fondées sur les applications ont déjà fait surface depuis l'apparition de l'antenne ULB. En premier, la classe « DC to daylight » regroupe les antennes conçues pour obtenir le plus de bande passante possible. Il ya des applications typiques comportant à la fois des GPR (Ground Penetrating Radar), la CEM (compatibilité du Champ électromagnétique ou mesure du champ), les armes électromagnétiques, les radars en mode impulsionnelle (impulse radars) ainsi que les systèmes de communication discrets. Le but visé par ces antennes est de couvrir le spectre le plus large possible .

II.2.2) Classification d'antennes ultra large bande

II.2.2.1) Antenne Independent de la fréquence

Les antennes indépendantes de la fréquence ont été définies par Rumsley et Dyson en 1957. Ces antennes sont caractérisées par les angles géométriques formant la structure de l'antenne, leurs caractéristiques en termes de diagramme de rayonnement et d'impédance d'entrée restent virtuellement inchangées sur une bande de fréquence quasiment infinie. En effet, il est connu que si l'on multiplie toutes les dimensions de l'antenne par un facteur α , l'ensemble de ses performances restent inchangées, seule la fréquence de fonctionnement augmente du même facteur α . Ces antennes peuvent être divisées en deux catégories : les antennes log-périodiques, et les antennes équiangulaires.

II.2.2.2) Antennes omnidirectionnelles

On peut obtenir des antennes ayant naturellement à la fois une très large bande passante et un diagramme de rayonnement omnidirectionnel. Ces antennes sont une évolution directe des monopoles et des dipôles de base (doublet d'Hertz). On sait que plus un dipôle est épais, plus grande est sa bande passante. A partir de cette simple constatation, de nombreuses antennes large bande ont été conçues. On peut distinguer deux catégories d'antennes large bandes omnidirectionnelles : les antennes biconiques et les antennes monopoles/ dipôles large bandes.

II.2.2.3) Les antennes directives

En général, les antennes directives permettent d'augmenter la densité de puissance à l'endroit où l'on veut cibler/détecter l'information. La puissance rayonnée par ces antennes se trouve concentrée dans un ou plusieurs lobes. Dans cette catégorie, on peut mentionner ; l'antenne biconique, l'antenne discône, ainsi que les monopôles plans sur plan de masse .

II.2.3) Antenne ULB idéal

A l'émission, si on suppose que l'antenne est idéale, elle a les propriétés suivantes : l'antenne est de petite taille électrique, parfaitement adaptée avec un gain réalisé constant en fréquence et pour toutes les directions de l'espace une adaptation parfaite sur une bande de fréquence infinie. Sa fonction de transfert est constante quel que soit la fréquence et par conséquent sa réponse impulsionnelle est alors un Dirac retardé dans toutes les directions.

Cette antenne idéale rayonne exactement de la même façon que le signal d'excitation dans n'importe quelle direction de l'espace. Cette antenne ne distord pas l'impulsion émise.

La formule de Friis permet d'exprimer la puissance reçue sous la forme :

$$P_{Rx}PR = P_{Tx} \times G_{Tx} \frac{C^2 \cdot G_{Rx}}{(4\pi f)^2 d^2} = P_{Tx} \times G_{Tx} \times A_{Tx} \quad (\text{II-1})$$

Avec
$$A_{Rx} = \frac{C^2 \cdot G_{Rx}}{(4\pi f)^2 d^2}$$

Où C : la célérité de la lumière dans le vide, G_{Tx} (respectivement G_{Rx}) le gain d'antenne à l'émission (à la réception) et P_{Tx} (respectivement P_{Rx}) la puissance à l'émission (à la réception).

Dans le cas de la réception, l'ouverture pour l'antenne réceptrice notée A_{Rx} varie en $1/f^2$; sa réponse impulsionnelle est assimilable à un intégrateur idéal. On en déduit qu'une antenne qui ne distord pas à l'émission, distord forcément à la réception. Inversement, si l'antenne ne distord pas à la réception, alors elle distord à l'émission. Le comportement de cette antenne correspond au cas d'une antenne à ouverture constante sur toute la bande de fréquence et parfaitement adaptée sur une bande infinie .

II.2.4) Techniques d'élargissement de la bande passante

Différentes techniques ont été envisagées pour élargir la bande passante et stabiliser le diagramme de rayonnement. On peut citer pour augmenter la bande passante du monopole, l'utilisation d'un court-circuit, le décalage de l'alimentation, l'utilisation des encoches, et la technique de l'évasement symétrique.

Toutes ces méthodes se basent sur le même effet physique, à savoir le fait d'ajouter des modes supplémentaires à la structure.

Des méthodes existent aussi pour stabiliser le diagramme de rayonnement du monopole carré, par exemple :

- ajouter un second élément rayonnant, identique au précédent, perpendiculaire à l'élément rayonnant principal
- une méthode consiste à utiliser trois monopoles rectangulaires pliés espacés de 120°

II.3) Systèmes ultra large bande(UWB)

II.3.1) Avantages uwb

En raison de leur nature ultra-large bande, les systèmes UWB offrent des avantages uniques qui ont séduit les applications de radar et de communication. Les principaux avantages d'UWB peuvent être résumés comme suit:

a-Débits de données extrêmement élevés possibles

- Des vitesses jusqu'à 500 Mbps peuvent être atteintes avec la réglementation en vigueur.

b-Potentiel de grande capacité

- Peut atteindre un débit élevé.

c-Faible puissance de transmission et faible coût

- Peut moduler directement une impulsion en bande de base
- Énergie de transmission extrêmement faible (moins de 1 mW).

d-Diversité étendue par trajets multiples**e-Téléométrie de haute précision et localisation au centimètre près.****f-Très flexible**

- Peut arbitrairement compenser le débit pour la distance.

La très grande largeur de bande occupée par UWB offre le potentiel d'une très grande capacité théorique, générant des débits de données très élevés.

- La faible densité spectrale de puissance permet la coexistence avec les utilisateurs existants et présente une faible probabilité d'interception (LPI).
- Le débit de données peut être échangé contre la densité spectrale de puissance et les performances par trajets multiples.
- Une large bande passante permet une résolution temporelle précise pour la distribution de l'heure sur le réseau, une capacité de localisation de précision ou une utilisation en tant que radar.
- Les impulsions de courte durée sont capables de fournir des performances robustes dans des environnements à trajets multiples denses en exploitant des trajets plus résolubles.

II.3.2) Défis uwb

Bien que la technologie UWB présente plusieurs propriétés intéressantes qui en font une technologie prometteuse pour les futures communications sans fil à courte portée et pour de nombreuses autres applications, certains défis doivent également être surmontés pour répondre à ces attentes.

Le niveau de puissance transmis des signaux UWB est strictement limité afin que les dispositifs UWB puissent coexister de manière pacifique avec d'autres systèmes sans fil. Cette limitation stricte de la puissance pose d'importants défis pour la conception de systèmes UWB. Un défi majeur consiste à atteindre les performances souhaitées dans une plage de transmission adéquate en utilisant une puissance transmise limitée. Un autre défi

consiste à concevoir une forme d'onde UWB qui utilise efficacement la bande passante et la puissance permises par le masque spectral FCC. En outre, afin de garantir que le niveau de puissance transmis satisfasse le gabarit spectral, une caractérisation et une optimisation adéquates des techniques de transmission (par exemple, le contrôle de puissance adaptatif, l'optimisation du cycle de service) peuvent être nécessaires.

La durée ultra-courte des impulsions UWB entraîne un grand nombre de composants multitrajets pouvant être résolus au niveau du récepteur. En particulier, le signal UWB reçu contient de nombreuses répliques retardées et mises à l'échelle des impulsions transmises. De plus, chacune des impulsions pouvant être résolues subit un évanouissement de canal différent. C'est pourquoi la capture d'énergie par trajets multiples est un problème difficile dans la conception du système UWB. Par exemple, si un récepteur RAKE est utilisé pour collecter l'énergie de trajets multiples, un grand nombre de doigts est nécessaire pour obtenir les performances souhaitées.

Des problèmes de conception existent également dans les domaines des techniques de modulation et de codage adaptées aux systèmes UWB. À l'origine, la radio UWB était utilisée pour des applications militaires où la transmission multi-utilisateur et l'obtention d'une capacité multi-utilisateur élevée n'étaient pas une préoccupation majeure. Toutefois, ces problèmes deviennent plus fréquents dans les applications commerciales telles que les réseaux domestiques sans fil à haute vitesse. Des systèmes de codage et de modulation efficaces sont donc nécessaires pour améliorer la capacité multi-utilisateurs UWB en plus des performances du système.

L'impact des interférences à bande étroite sur les récepteurs UWB constitue un défi majeur en termes de conception. Plus précisément, la bande de fréquence UWB chevauche celle des réseaux locaux sans fil (WLAN) IEEE 802.11a. Les signaux des périphériques 802.11a représentent des interférences dans la bande pour le frontal du récepteur UWB.

II.4) Concept et capacité des canaux mimo

Les techniques MIMO utilisées dans des environnements riches en diffuseurs permettent d'améliorer la robustesse et la capacité utile du système comparé aux systèmes SISO. La technologie MIMO s'impose aujourd'hui comme la technologie la plus apte à répondre aux exigences des communications radio-mobiles. Ces techniques n'exigent pas de connaissance du canal au niveau de l'émetteur. Elles peuvent se décomposer en trois grandes familles d'algorithmes qui sont :

- Les codes espace-temps.

- Le multiplexage spatial.
- Le MIMO Beamforming.

Deux catégories de systèmes MIMO peuvent être distinguées. Ces différences dépendront de l'endroit où l'on met en œuvre la diversité spatiale, à savoir sur le réseau d'antennes à l'émission ou sur le réseau d'antennes à la réception. On parlera alors de systèmes MISO et de systèmes SIMO. La combinaison des deux systèmes aboutira donc à un système ayant un réseau de N_t antennes à l'émission et N_r antennes à la réception. On définira alors la diversité spatiale D_s par le produit du nombre d'antennes à l'émission par le nombre d'antennes en réception soit :

$$D_s = N_t \times N_r \quad (\text{II-2})$$

II.4.1) Système SISO

Il s'agit de l'architecture la plus traditionnelle où l'on dispose d'une seule antenne en émission et d'une autre en réception.

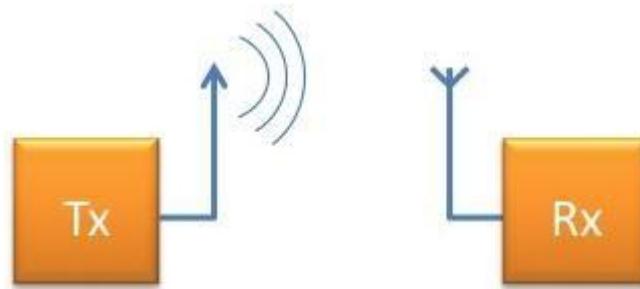


Figure II. 1 : système SISO

- **La capacité du canal SISO**

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 W} \right) \quad (\text{II-3})$$

P: La puissance du signal utile en (Watt) ;

N_0 : La densité spectrale de puissance du bruit (W/Hz) ;

W: La bande passante donnée (Hz) ;

En normalisant la capacité par la bande utile W, on obtient :

$$C = \log_2(1 + \rho) \quad (\text{II-4})$$

Avec ρ : Le rapport signal sur bruit.

II.4.2) Système MISO

C'est une technique de diversité spatiale en émission. C'est-à-dire Plusieurs antennes émettent des signaux qui sont interceptés par une seule antenne en réception . Dans ce mode de transmission, une superposition du signal transmis simultanément par les N_t antennes émettrices est reçue. Chaque antenne émet le même symbole d'énergie E_s/N_t . C'est-à-dire que la puissance émise est divisée sur le nombre d'antenne Telle que :

$$P = \sum_{i=1}^{N_t} P_i \tag{II-5}$$

Avec P_i est la puissance émise sur chaque antenne. Si cette puissance est égale sur toutes les antennes, alors on dira que $P = N_t \cdot P_i$.

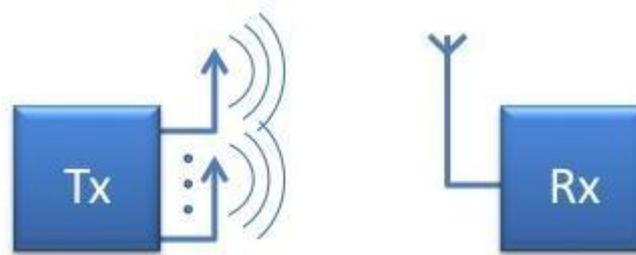


Figure II. 2 : système MISO

➤ La capacité du canal MISO :

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + N_t \frac{P_i}{N_0 W} \right) = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 W} \right) \tag{II-6}$$

En normalisant la capacité par la bande utile W , nous obtenons :

$$C = \log_2(1 + \rho) \tag{II-7}$$

L'équation II.2 et II.4 sont identiques, mais l'avantage de la technique MISO par rapport à la technique SISO est dans le fait que dans les multi trajets ; la probabilité d'évanouissement dans N_t antennes est inférieure à la probabilité d'évanouissement sur une seule antenne.

II.4.3) Système SIMO

C'est une technique qui utilise plusieurs antennes en réception pour lutter contre l'évanouissement dû au canal .

Le signal reçu est additionné et le rapport signal sur bruit total est la somme des rapports signaux sur bruits de chacun des antennes de la réception.

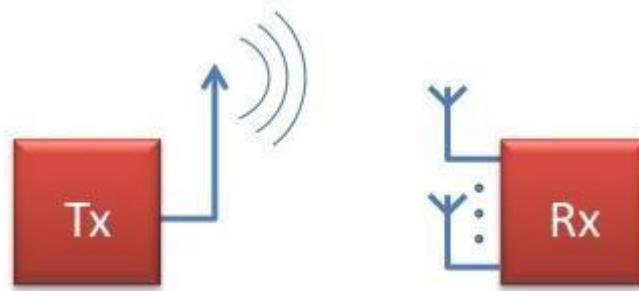


Figure II. 3 : Système SIMO

➤ **La capacité du canal SIMO :**

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + N_r^2 \frac{P}{N_0 W} \right) \quad (\text{II-8})$$

Nr: le nombre d'antenne réceptrice.

En normalisant la capacité en par la bande utile W, nous obtenons :

$$C = \log_2(1 + N_r^2 \rho) \quad (\text{II-9})$$

Avec ρ : Le rapport signal sur bruit

II.4.4) Système MIMO

Le besoin de transmettre de l'information dans des environnements complexes tout en augmentant le débit, a donné lieu à une solution originale qui fait appel non seulement à plusieurs antennes en réception mais aussi en émission. Cette technique connue sous l'appellation MIMO permet en utilisant la même bande spectrale de transmettre plus de débit ou d'améliorer la qualité de liaison. Plusieurs techniques sont proposées dans la littérature. On dispose ici plusieurs antennes en émission et en réception ; la configuration MIMO est la plus générale, elle englobe les systèmes MISO et SIMO comme des cas particuliers.

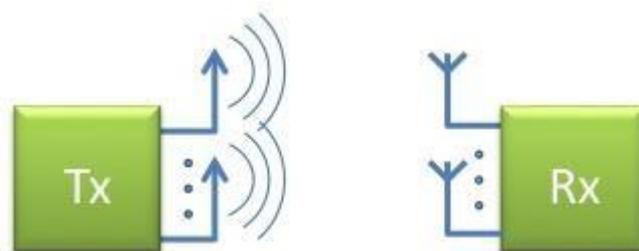


Figure II. 4 : système MIMO

Le canal MIMO est traduit par une matrice H de taille N×M dite matrice de canal ou N les antennes d'émission et M les antennes de réception

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1M} \\ h_{21} & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \dots & h_{NM} \end{bmatrix} \tag{II-10}$$

Où h_i est le gain complexe du canal entre la $j^{\text{ème}}$ antenne émettrice et la $i^{\text{ème}}$ antenne réceptrice.

On considérant l'émission d'une séquence $X=[X_1, X_2, \dots, X_N]^T$ avec réception de $Y=[Y_1, Y_2, \dots, Y_M]^T$

On peut écrire la relation suivante :

$$Y = HX + \eta \tag{II-11}$$

Où η représente le bruit qui corrompt le signal lors de la traversée du canal.

➤ **La capacité du canal MIMO**

La capacité des systèmes MIMO est un sujet d'actualité dans la littérature, la puissance totale moyenne émise P reste constante. Lorsque le nombre d'antennes varie à l'émetteur, alors la puissance est répartie entre les N_t antennes de façon à ce que leur somme reste égale à P. Si aucune connaissance du canal n'est disponible à l'émetteur, la répartition de puissance uniforme est optimale en terme de capacité (chaque antenne émet une puissance P/N_t)

Le calcul de la capacité dépend principalement de deux paramètres :

- Le modèle du canal MIMO.
- La distribution des puissances entre les antennes émettrices.

$$C = \log_2 \left(\det \left[I_{N_r} + \frac{\rho}{N_t} \cdot H \cdot H^* \right] \right) \text{ bps/Hz} \tag{II-12}$$

I_{N_r} : La matrice unité ;

H: La matrice du canal MIMO de taille $N_t \times N_r$

II.5) Antennes mimo ultra-large bande

Récemment, il y a une demande pour augmenter le débit de données des systèmes de communication sans fil existants. L'application de techniques de diversité, supposant le plus souvent deux antennes dans un terminal mobile, peut améliorer le débit et la fiabilité des données sans sacrifier le spectre supplémentaire ni la puissance transmise dans des environnements à forte diffusion. Les systèmes MIMO UWB peuvent augmenter davantage la capacité de canal par rapport aux systèmes MIMO classiques pour les **Promotion 2019**

applications à bande étroite. Pour lutter contre le problème d'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples dans un système de communication sans fil UWB d'intérieur, un système d'antenne en diversité UWB est un candidat prometteur. Cependant, pour qu'une antenne MIMO soit mise en œuvre dans un dispositif portable multifonctionnel, les défis suivants doivent être pris en compte lors de la conception de ces antennes.

II.5.1) Défis de conception des systèmes d'antenne UWB MIMO:

- **Isolement:** le couplage mutuel entre antennes est une préoccupation majeure lors de la conception de systèmes MIMO. Le couplage mutuel influe non seulement sur l'efficacité de l'antenne, mais également sur la corrélation. Une isolation supérieure à -16 dB est requise dans toute la région d'utilisation du système d'antenne.
- **Bande passante:** l'affaiblissement de retour (S_{11} en dB) doit être inférieur à -10 dB, de 3,1 à 10,6 GHz, de sorte que la largeur de bande d'impédance couvre l'intégralité de l'UWB. L'amélioration simultanée de la largeur de bande d'isolation et d'impédance dans une structure d'antenne unique est l'un des défis les plus difficiles rencontrés dans la conception d'un système d'antenne UWB MIMO.
- **Taille:** Récemment, MIMO a été adapté aux téléphones mobiles, qui utilisent diverses technologies de communication telles que WCDMA, WiMAX, WLAN et UWB afin de réaliser une transmission de données à haut débit. De toute évidence, une telle application nécessite une antenne MIMO large bande compacte en raison de l'espace limité disponible dans les périphériques sans fil.

Par conséquent, un système d'antenne UWB MIMO compact avec un faible couplage mutuel entre les antennes est souhaité pour les applications UWB.

II.5.2) Amélioration de l'isolation et de la bande passante:

Divers procédés et structures d'isolation peuvent être introduits pour améliorer simultanément la bande passante et l'isolation dans un système d'antenne UWB MIMO.

Le couplage mutuel peut être réduit en introduisant des réflecteurs dans le plan de sol. Des stubs sont introduits dans certaines conceptions pour réduire le couplage mutuel. Pour augmenter la bande passante d'impédance, des emplacements peuvent être introduits dans le patch. Plusieurs études ont été menées sur divers systèmes d'antenne MIMO à deux et quatre éléments rayonnants et diverses méthodes ont été proposées pour améliorer l'isolation entre les éléments d'antenne. Diverses structures, telles que des structures EBG en forme de champignon, ont été proposées pour réduire le couplage mutuel en supprimant

le courant de terre circulant entre les éléments rayonnants. Un faible couplage mutuel peut également être obtenu par des techniques de neutralisation et des réseaux de découplage. Récemment, les structures au sol défectées (DGS) ont été introduites pour améliorer les caractéristiques de performances des antennes, telles que la réduction de taille, l'amélioration du gain et la largeur de bande passante, et sont également utilisées pour réduire le couplage mutuel entre les éléments d'antenne.

II.6) Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur les antennes ULB, les différentes techniques MIMO ainsi que leurs capacités, ensuite nous avons présenté un bref état de l'art sur les différentes techniques multi antennes, tels que le codage spatio-temporel, multiplexage spatial et le MIMO beamforming.

CHAPITRE III

SIMULATION D'UNE

ANTENNE MIMO

III.1) Introduction

Les entrées multiples à sorties multiples (MIMO) se sont révélées être une technique importante pour les systèmes de communication sans fil. Cette technique profite de l'utilisation de plusieurs antennes sur les terminaux. Grâce à MIMO, la capacité du système sans fil ou la portée peuvent être considérablement augmentées. D'autre part, la technologie Ultra Wideband (UWB) est un candidat potentiel dans la course du monde sans fil depuis que la FCC (Federal Communications Commission) a publié un rapport pour approuver l'utilisation d'appareils UWB fonctionnant dans la gamme de fréquences 3.1 - 10.6 GHz. Mais cette technologie est limitée aux communications à courte portée en raison de la puissance transmise admissible extrêmement basse, c'est-à-dire -41.3 dBm / MHz. Pour surmonter cette limitation, la combinaison des techniques MIMO et de la technologie UWB s'est avérée être l'une des solutions. Cependant, lors de la mise en œuvre de la technique MIMO pour les appareils compacts ou portables, un autre goulot résulte de la mauvaise isolation et du fort couplage mutuel entre les éléments d'antenne compactés. Le couplage et l'isolation mutuels peuvent être améliorés en augmentant la distance entre les éléments d'antenne, mais la taille compacte des périphériques sans fil limite cette approche. Par conséquent, un bon défi semble être d'améliorer l'isolation ou de réduire le couplage mutuel en utilisant une autre technique.

Dans ce chapitre, une conception et une analyse d'un système d'antenne MIMO à deux éléments sont présentés. Le système d'antenne MIMO de forme circulaire proposé a une taille compacte de $40 \text{ mm} \times 68 \text{ mm}$ et a une bande de fonctionnement couvrant presque la totalité de l'UWB. Un tronçon de forme Y inversé est inséré sur le plan de masse pour améliorer et augmenter l'isolation à $<- 16$ dB dans la plupart des groupes UWB.

III.2) Géométrie et conception de l'antenne

L'antenne UWB-MIMO proposée, composée de deux éléments rayonnants, est illustrée à la Figure III. 1 (a). Parmi les nombreuses antennes UWB présentées dans la littérature, un monopôle à disque circulaire alimenté par une ligne à microruban de 50Ω est utilisé pour développer l'antenne UWB-MIMO proposée. Le choix de cette antenne peut être justifié par ses bonnes performances, sa taille et sa facilité d'intégration. L'antenne est conçue sur substrat epoxy FR-4 de 1.5 mm d'épaisseur et une permittivité relative de 4.3. Les éléments d'antenne optimisés individuellement sont placés sur un seul

substrat et sont à nouveau étudiés de manière paramétrique, puis optimisés. Enfin, un tronçon de stub en forme de Y inversé est inséré au milieu du plan de masse pour améliorer l'isolation entre les ports d'accès des éléments rayonnants dont les dimensions sont indiquées dans le tableau III 1, comme indiqué sur la Figure III. 1 (a). Les dimensions optimales visées à la Figure III. 1 (a) sont les suivantes: largeur du substrat $W = 68$ mm, longueur du substrat $L = 40$ mm, longueur du plan de masse $L_g = 11.5$ mm, intervalle d'alimentation $h = 0.3$ mm, rayon de chaque élément rayonnant $R = 12$ mm et la distance entre deux éléments $d = 34$ mm.

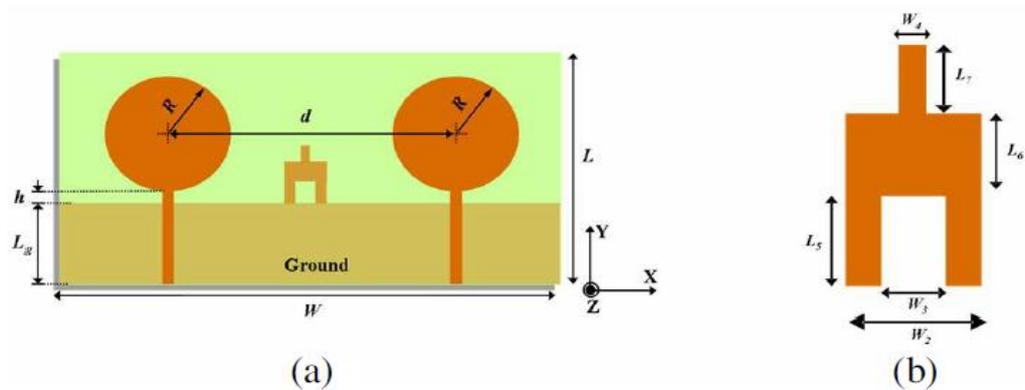


Figure III. 1: (a) Disposition de l'antenne UWB MIMO. (b) Disposition détaillée du stub en forme de Y inversé.

III.3) Conception et Simulation d'antenne MIMO

La structure de l'antenne patch proposée est représentée sur la Figure III. 1. Dans ce travail, l'antenne patch de forme circulaire est conçue sur le substrat époxy FR-4 avec une épaisseur $h = 1.6$ mm, une permittivité diélectrique relative de $\epsilon_r = 4,4$ et une tangente de perte de $0,035$. L'impédance caractéristique de la ligne de transmission est 50Ω .

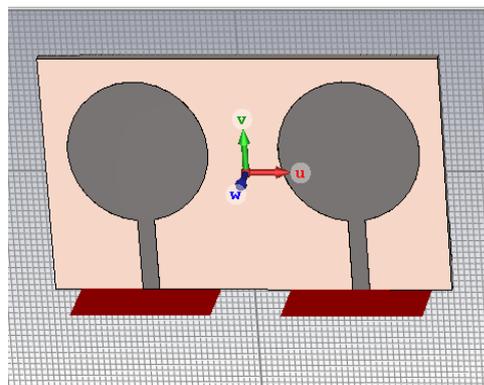


Figure III. 2 : Structure de l'antenne patch proposée

Les dimensions de l'antenne patch sont présentées sur le Tableau III. 1

Paramètres	Dimensions (mm)
W	68
L	40
h	1.6
e	0.036
R	12
Lg	11.5
W ₂	6
W ₃	4
W ₄	1.5
L ₅	6
L ₆	4
L ₇	2

Tableau III. 1 : Les dimensions de l'antenne proposée

III.3.1) Résultats de la simulation et caractéristiques de performance de l'antenne

L'antenne proposée avec les différentes structures du plan de mass est simulée à l'aide du logiciel commercial CST MICROWAVE STUDIO. Les résultats simulés des paramètres S et du diagramme de rayonnement sont obtenus dans la gamme de fréquences de 3,2 à 10,6 GHz et analysés pour les caractéristiques de performance d'isolation et de largeur de bande.

III.3.1.1) Caractéristiques de la bande passante

Les résultats simulés de S₁₁ et S₂₂ du système d'antenne MIMO avec et sans la structure en forme de Y inversé sont illustrés à la Fig.III.2. S₁₁ et S₂₂ se révèlent identiques en raison de la symétrie des antennes. Selon les résultats simulés, il a été trouvé que S₁₁ (affaiblissement de réflexion) était inférieur à -10 dB entre 4 et 10,7 GHz après l'ajout de la structure en forme de Y inversée. Par conséquent, la bande passante est augmentée pour couvrir presque toute la bande UWB en introduisant la structure en forme de Y inversée.

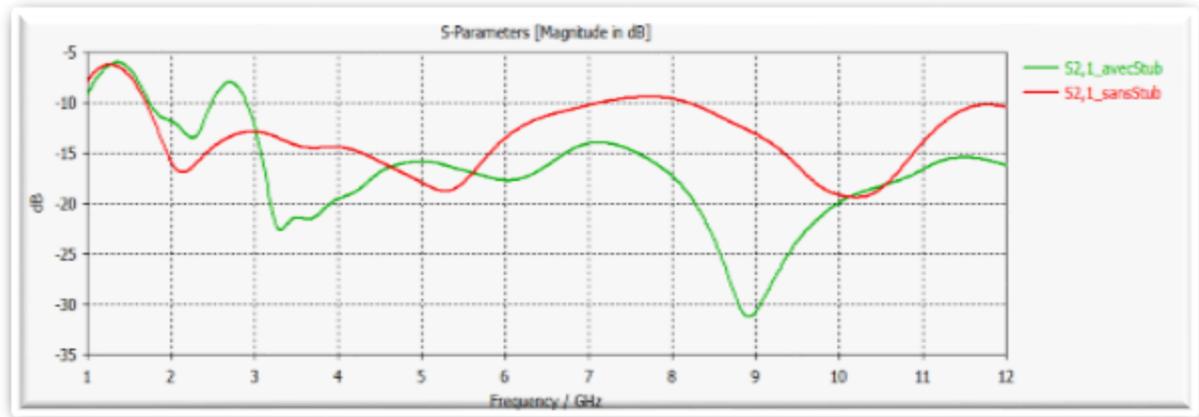


Figure III. 3: S11 et S22 simulés du système d'antenne proposé

III.3.1.2) Caractéristiques d'isolement

Les résultats simulés de S21 et S12 sont illustrés à la Figure III. 3. S21 est inférieur à -15 dB dans toute la bande après l'introduction de la structure en forme de Y inversé. Ce résultat satisfait à la condition requise selon laquelle le couplage mutuel entre les antennes doit être inférieur à -15 dB pour un fonctionnement correct du système MIMO dans la plage UWB.

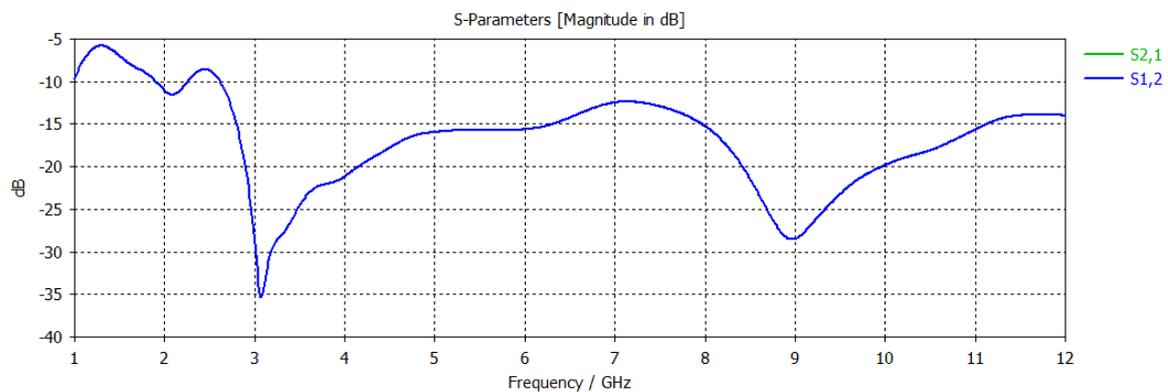


Figure III. 4: S21 et S12 simulés du système d'antenne proposé.

III.4) Interprétation des résultats

Le coefficient de réflexion est un paramètre qui permet de quantifier la quantité du signal réfléchi par rapport au signal incident.

Le coefficient de réflexion de l'antenne patch sans stub comme est indiqué dans la Figure III. 5, la perte de retour est inférieure à -10 dB dans la bande passante comprise entre 3.27 GHz et 10.93 GHz. Ce qui est suffisant pour couvrir l'antenne patch de 7.65 GHz avec une bande passante d'impédance comprise entre l'application de détermination radio et système de défense. Cette antenne a trouvé des applications pour l'application en bande C.

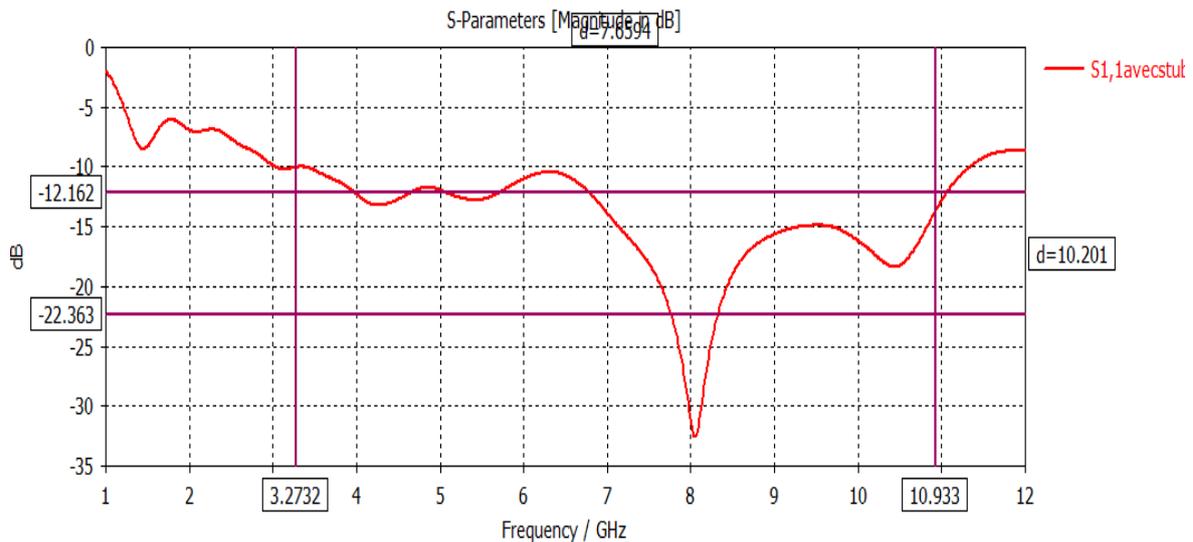


Figure III. 5: Coefficient de réflexion S11 de l'antenne patch.

Pour calculer la fréquence de résonance d'antenne, on utilise l'équation suivante :

$$F_0 = \frac{F1+F2}{2}$$

Donc : $F_0 = 7.6 \text{ GHz}$

La bande passante de cette antenne est donnée par :

$$\Delta F = F2 - F1$$

Alors $\Delta F = 3.26 \text{ GHz}$

$$\text{FBP \%} = \frac{\Delta F}{F_0} \times 100$$

Donc : $\text{FBP \%} = 42.8 \%$

Dans la Figure III. 6, on trace le diagramme de rayonnement de la directivité en coordonnées polaires à la fréquence 3.5,7.5 et 9.5 GHz pour $\phi=90^\circ$.

A la fréquence 7 GHz et pour $\phi=90^\circ$, un lobe principal a la direction $\theta=138^\circ$ et possède un gain égale 4.570 dB. Les résultats montrent que l'antenne se comporte de manière presque omnidirectionnelle dans le plan H

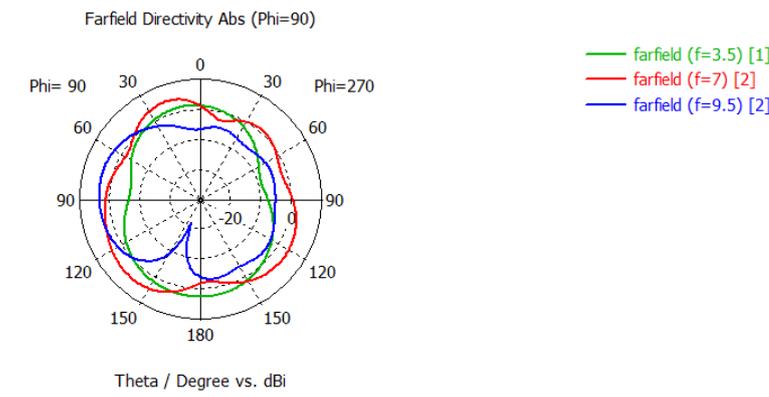


Figure III. 6 : Diagramme de rayonnement polaire à $f = 3.5$ GHz , $f = 7$ GHz et $f = 9.5$ GHz pour $\phi=90$

La Figure III. 7 illustre le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence $=7.5$ GHz , on remarque qu'à cette fréquence, la valeur de gain maximale est égale 5.75 dB.

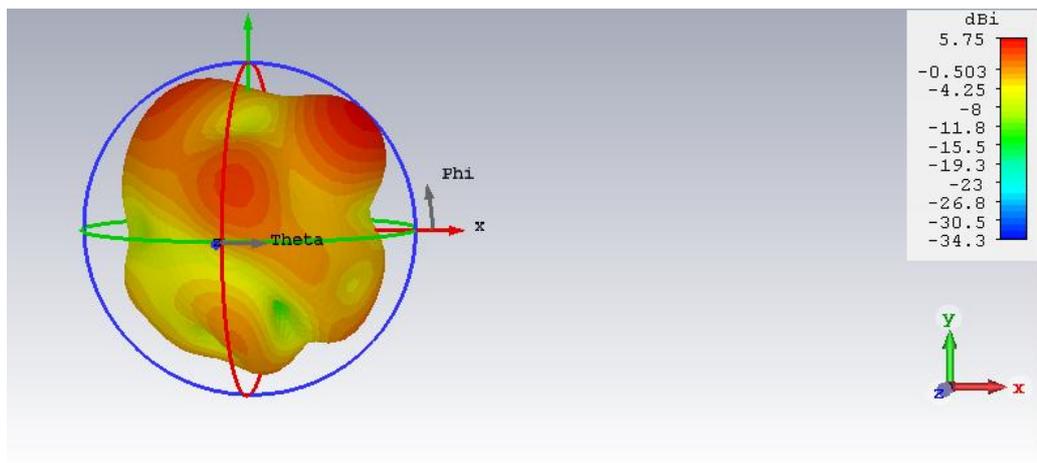


Figure III. 7 : Diagramme de rayonnement en 3D a la $f=7.5$ GHz

La Figure III. 8 donne les tracés des gains absolus maximaux et des rendements totaux de l'antenne proposée par rapport à l'antenne sans stub. En regardant ces graphiques, on peut constater que le gain est réduit en moyenne d'environ 1 dBi lorsque le stub est inséré. Les systèmes UWB nécessitent une faible variation des valeurs de gain sur la plage de fonctionnement de l'antenne. Sur la Figure III. 8 , il est possible de constater que la variation des valeurs de gain est inférieure à 2,5 dBi, ce qui est plutôt bon. En outre, la variation d'efficacité indiquée sur la Figure III. 7 sur toute la largeur de bande n'est pas

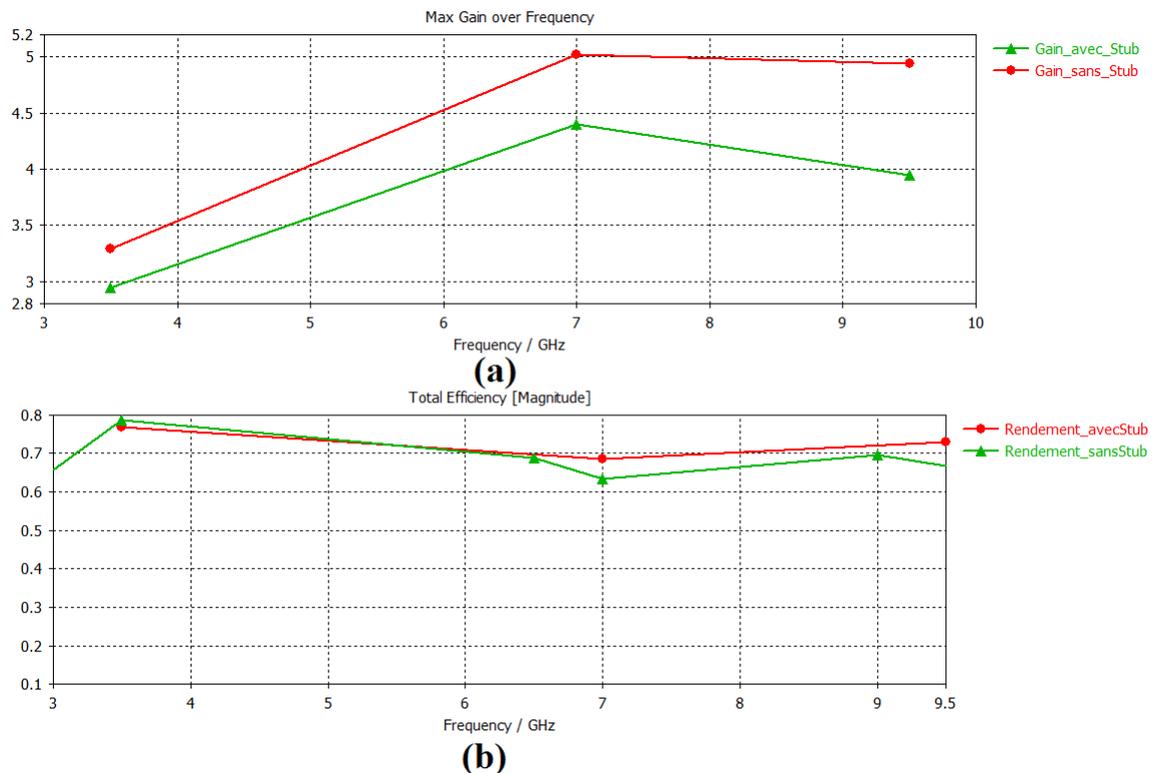


Figure III. 8 : Simulations gains absolus et rendements totaux de l'antenne proposée.

III.5) Conclusion

Une antenne MIMO compacte imprimée pour les applications ultra-large bande est conçue et développée. L'isolation est renforcée par l'ajout d'une structure en forme de Y inversé sur le plan de mass. L'augmentation significative de l'isolation des ports ainsi que la réduction du couplage mutuel grâce à l'utilisation du stub ont permis de miniaturiser l'antenne. L'antenne UWB-MIMO développée est plus compacte et plus efficace

Enfin, on peut conclure que l'antenne proposée présente de bonnes performances en tirant parti du stub en Y inversé et qu'elle peut être utilisée dans des dispositifs portables utilisant la technologie UWB combinée aux techniques MIMO.

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La technologie Ultrawideband (UWB) a rapidement gagné en popularité et en demande pour les systèmes de communication sans fil récents après l'attribution de 3.1 à 10.6 GHz par la Federal Communications Commission (FCC) pour les applications UWB. Depuis lors, il existe une myriade d'opportunités de recherche et de défis pour la conception de systèmes d'antenne UWB destinés à être appliqués à des appareils sans fil à haute vitesse. Les systèmes MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output) offrent une augmentation significative de la capacité de canal sans nécessiter de bande passante ni de puissance d'émission supplémentaire en déployant plusieurs antennes pour la transmission afin d'obtenir un gain en matrice et un gain en diversité, améliorant ainsi l'efficacité et la fiabilité spectrales. Les systèmes MIMO utilisant plusieurs antennes, ils nécessitent un découplage élevé entre les éléments d'antenne. Les systèmes UWB MIMO globaux nécessitent une isolation élevée inférieure à -16 dB et une taille compacte pour la compatibilité avec les circuits intégrés.

Ce travail porte sur l'analyse et la conception d'antennes MIMO à profil plan compact, dotées d'une plage de fonctionnement dans toute la bande UWB (3,1-10,6 GHz) et des caractéristiques de performance d'antenne souhaitées.

Ce mémoire présente les travaux sur la conception d'antennes MIMO à deux éléments et de diverses structures et mécanismes d'isolation afin de réduire le couplage mutuel entre les deux éléments. Deux grandes conceptions d'antennes sont proposées et analysées séparément pour leurs caractéristiques d'isolation, de bande passante et de rayonnement. . Tout d'abord, un système d'antenne MIMO imprimé à ultra large bande (UWB) est proposé pour les applications UWB portables. Le système d'antenne MIMO se compose de deux éléments rayonnants semi-circulaires reposant sur un substrat FR4 peu coûteux, de dimensions compactes de 68 mm × 40 mm et alimenté par une ligne microruban de 50 Ω. Le système d'antenne proposé fonctionne sur une large plage de fréquences allant de 3,2 à 10,6 GHz. Une structure en forme de Y est introduite dans le plan de masse pour augmenter l'isolation entre les antennes. Les résultats simulés des paramètres S du système d'antenne proposé sont obtenus et une isolation élevée de -20 dB est obtenue dans la majeure partie de la bande, ce qui convient aux applications MIMO. La deuxième antenne consiste en un système d'antenne MIMO plane et plan de 68 mm × 40

CONCLUSION GENERALE

mm. Les résultats S21 montrent que l'isolation dépasse 15 dB dans la bande requise et 20 dB dans la majeure partie de la bande.

Les deux systèmes d'antenne MIMO ont une largeur de bande de fonctionnement importante couvrant la quasi-totalité de l'UWB et, avec les structures d'isolation proposées, peuvent atteindre une isolation supérieure à -16 dB.

Il convient de noter que les performances globales de l'antenne proposée pourraient être améliorées en utilisant un autre substrat avec une tangente de perte plus faible et une réponse plus stable aux fréquences plus élevées, telles que Duroid au lieu de FR4 (substrat à faible coût).

A partir de ce travail quelques perspectives peuvent être envisagées :

- Une des perspectives serait d'utiliser des fentes et des encoches de forme U, V, forchette et croix sur l'élément rayonnant et aussi sur le plan de masse afin de palier le problème de l'étroitesse de la bande passante et d'améliorer l'isolation.
- Application des méthodes d'isolation d'antennes basées sur des mécanismes variables comme la modification de la structure du plan de masse (méthode Defected Ground Structure DGS), l'utilisation d'un réseau d'isolation, l'utilisation d'une structure EBG (Electromagnetic Band-Gap) et l'utilisation d'une ligne de neutralisation.
- Etude de l'influence de la forme et la position de la fente sur la caractéristique de l'antenne, et principalement sur le coefficient de réflexion, l'isolation, le diagramme de rayonnement et la largeur de la bande passante.
- Utilisation des surfaces à haute impédance et les conducteurs magnétiques artificielle (AMC, EBG) comme plan de masse, ou plan réflecteur.
- Utilisation de l'alimentation par ligne coplanaire CPW
- L'ajout d'une reconfiguration de l'antenne.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- [1] LALMI Hadda , " Conception et simulation d'un réseau d'antennes microrubans circulaires pour les applications radar ", Mémoire de Master Université de Biskra,2015.
- [2] AMEZIANE Djamel, "Etude et Optimisation d'Antennes Fractales Plaquées ", Mémoire de Magister, universite abou-bekr belkaid-tlemcen , 2009.
- [3] Kim, I., C. W. Jung, Y. Kim et Y. Kim, «Antenne MIMO large bande à profil bas avec suppression du couplage mutuel entre deux antennes», Microwave Optical Technology Letters, Vol. 50, n ° 5, 1336-1339, mai 2008.
- [4] Hong, S., K. Chung, J. Lee, S. Jung, S. S. Lee et J. Choi, «Conception d'une antenne en diversité avec des raccords pour applications UWB», Microwave Optical Technology Letters, Vol. 50, n ° 5, 1352–1356, mai 2008.
- [5] A.Najam, Y. Duroc, and S. Tedjni, “ANTENNE UWB-MIMO À NOUVELLE STRUCTURE DE BOBINE,” Institut de Technologie de Grenoble, Vol. 19, 245–257, 2011.
- [6] Cheng, Y., W.J. Lu, C.H. Cheng, W. Cao et Y. Li, «Antenne en diversité imprimée avec souche en forme de croix pour applications ultra-large bande», Proc. IEEE International Conference Communications Systems, 813–816, novembre 2008.
- [7] Najam, A. I., Y. Duroc et S. Tedjini, «Conception et analyse d'antennes MIMO pour les communications UWB», Proc. Conférence européenne sur les antennes et la propagation, avril 2010.
- [8] Choi, S. H., J. K. Park, S. K. Kim et J. Y. Park, «Une nouvelle antenne ultra-large bande pour les applications UWB», Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 40, n ° 5, 399–401, mai 2004.
- [9] Sheng, H., P. Orlik, A.M. Haimovich, L.J. Cimini et J. Zhang, «Sur les exigences spectrales et en puissance pour la transmission à très large bande», Proc. Conférence internationale de l'IEEE sur les communications, vol. 1, 738–742, mai 2003.
- [10] Salonen, I. et P. Vainikainen, «Estimation de la corrélation de signaux dans des réseaux d'antennes», Proc. Symposium international sur les antennes, vol. 2, 383 à 386, nov. 2002.
- [11] Manteghi, M. et Y. Rahmat-Samii, «Caractéristiques multiport d'une antenne patch annulaire à cavité large bande pour les opérations de multipolarisation»,

BIBLIOGRAPHIE

- IEEE Transactions on Antenn and Propagation, vol. 53, n ° 1, 466 à 474, janvier 2005.
- [12] Foschini, G. J. et M. J. Gans, «Limites des communications sans fil dans un environnement à la décoloration lors de l'utilisation de plusieurs antennes», Communications personnelles sans fil, vol. 6, n ° 3, 311-335, 1998.
- [13] Commission fédérale de la communication (FCC), «Révision de la partie 15 des règles de la Commission relatives aux systèmes de transmission à très large bande», ET Docket 98–153, FCC 02–48, Premier rapport et ordonnance, avril 2002.

ANNEXE

ANNEXE

✓ **Creation de l'antenne patch**

Dans le menu Démarrer, sélectionnez Programmes> CST STUDIO SUITE 2018 et après trouve cette fenêtre.

Dans la fenêtre principale, cliquez sur-Créer un nouveau projet, une nouvelle fenêtre pop-up apparaîtra, à partir de cette fenêtre qui apparaît dans la figure1

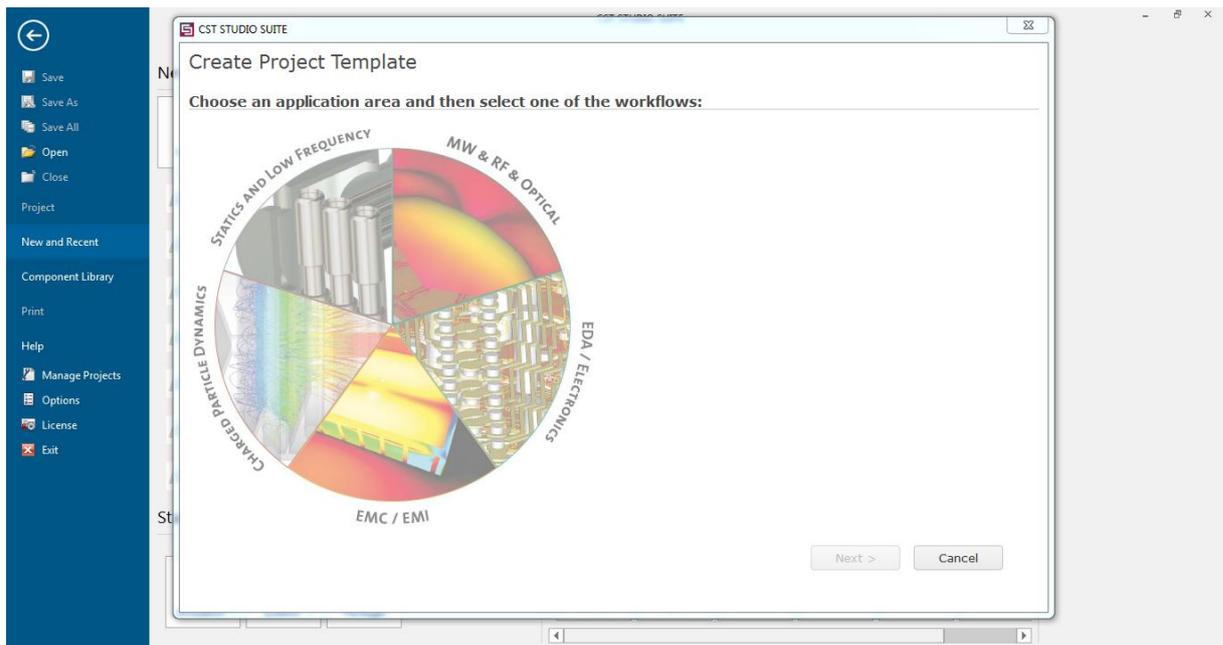


Figure 1

ANNEXE

vous pouvez sélectionner le type de projet sur lequel vous travaillez, par exemple Antenne (sur un substrat plan) Figure.2.

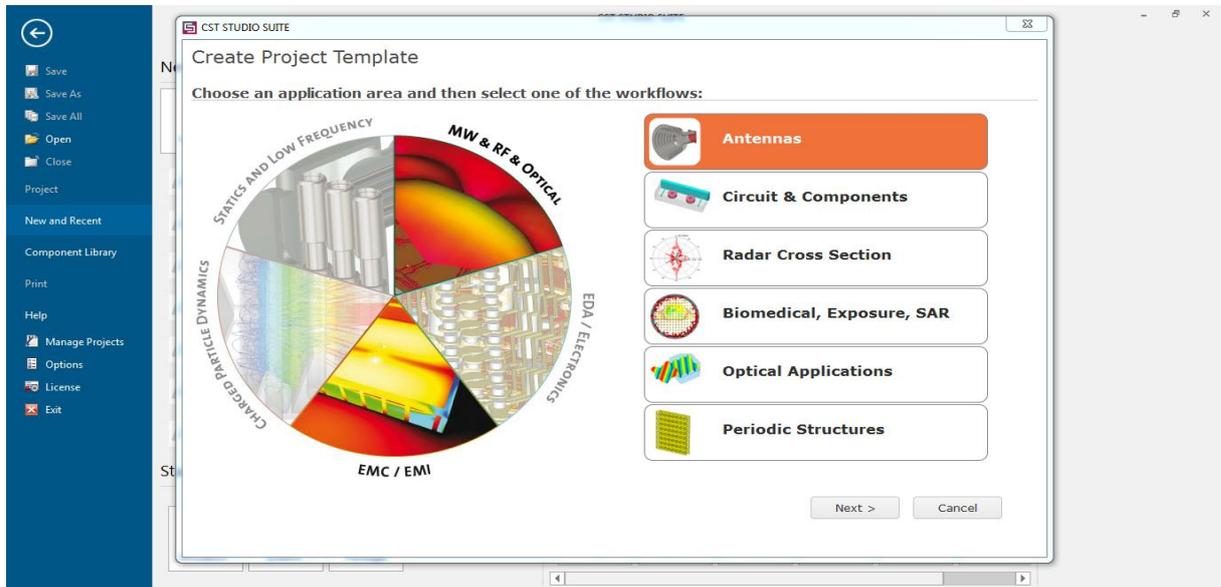


Figure 2

Nous avons choisi planer (Patch, Slot, etc.) En cas de conception de l'antenne patch micro ruban comme figure 3.

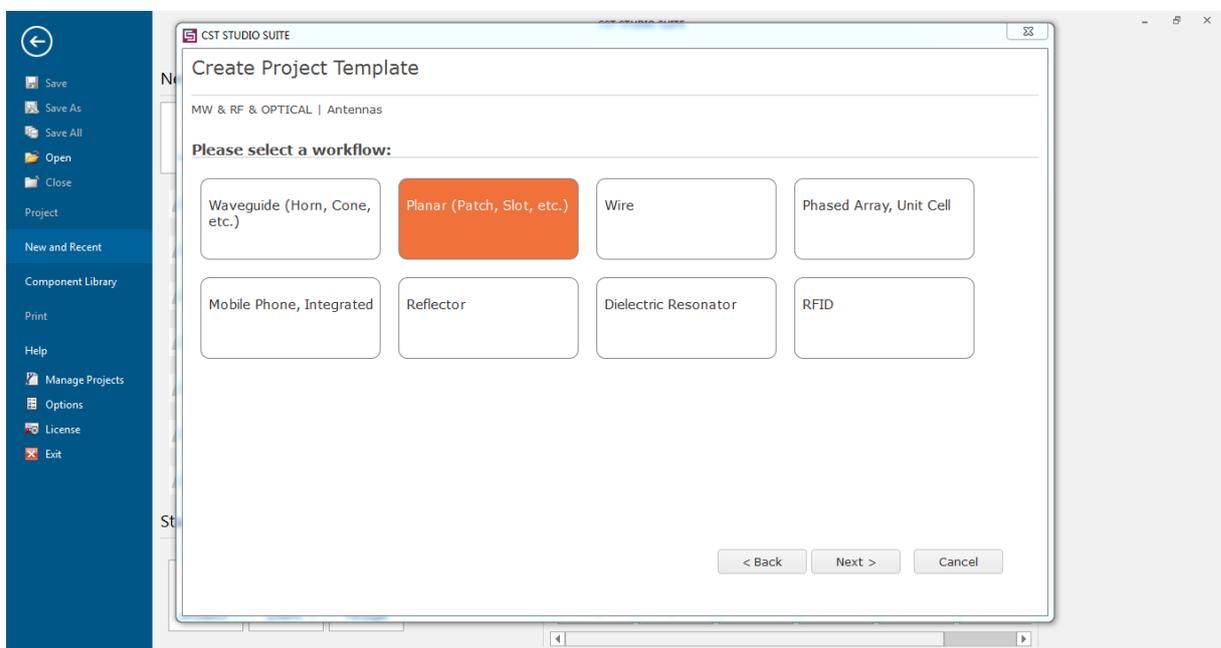


Figure 3

ANNEXE

Ensuite Choisissez les paramètres qui font définir les unités des dimensions, fréquences, temps et température...etc comme figure 4.

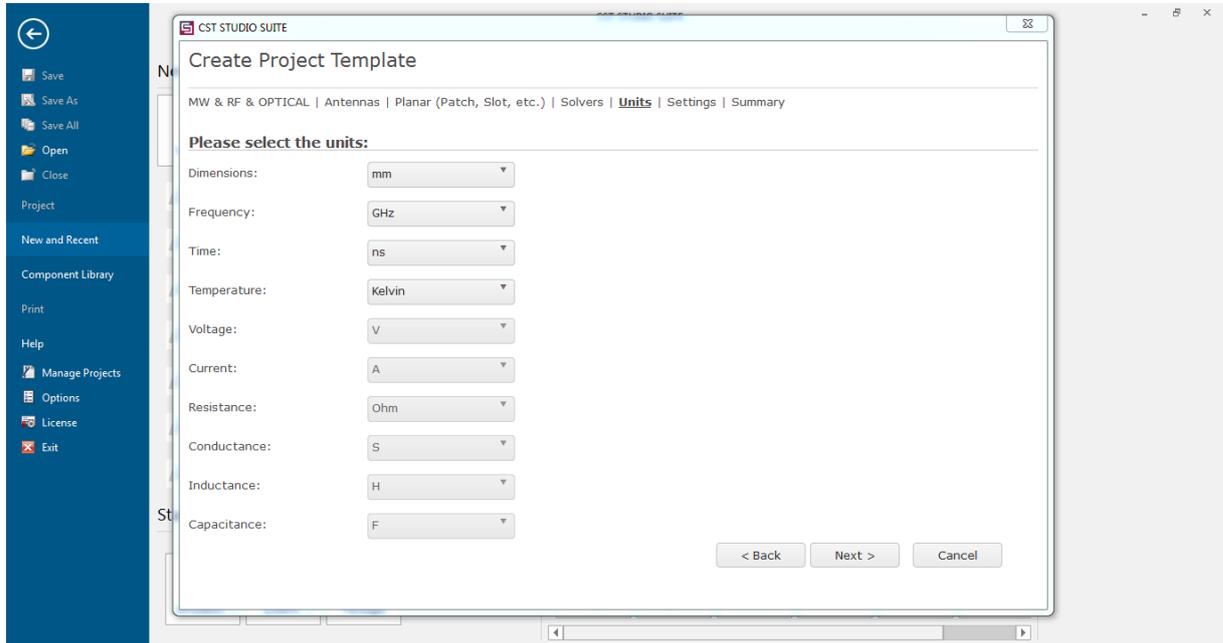


Figure 4

Nous avons choisi le domaine temporel comme figure 5

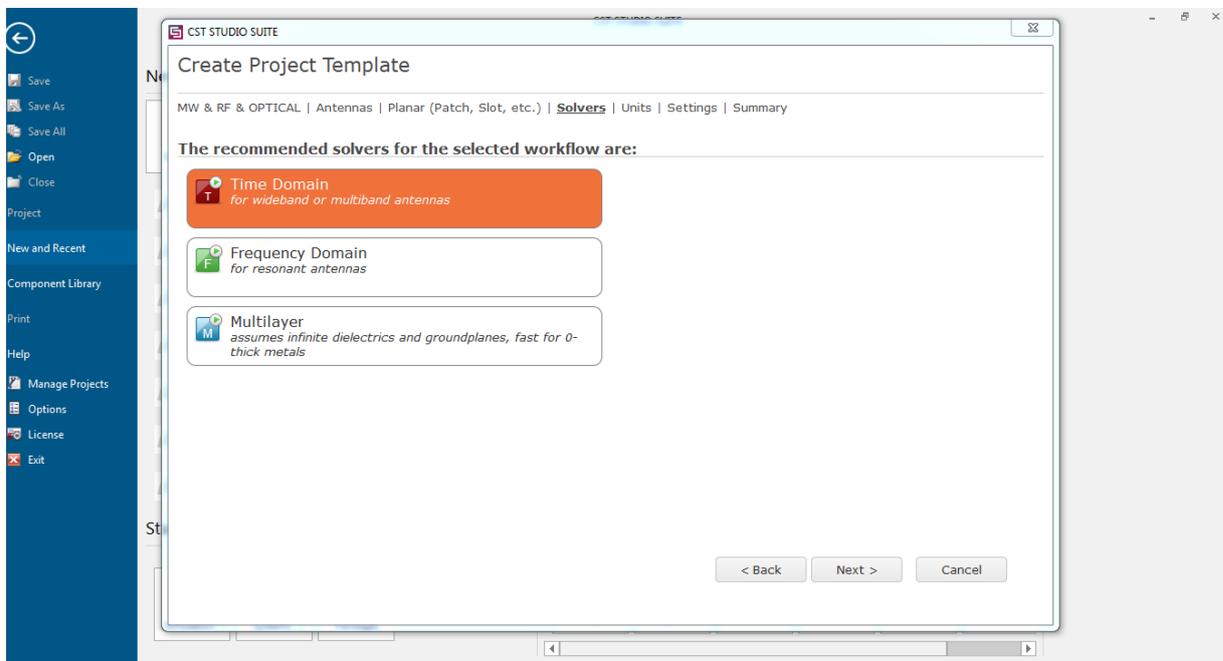


Figure5

ANNEXE

✓ Dessiner la structure

Pour dessiner la structure d'antenne patch .il y'a 3 étape :

- Créations le plan de masse
- Créations le substrat
- Créations le patch comme utilise dans les figure dessues

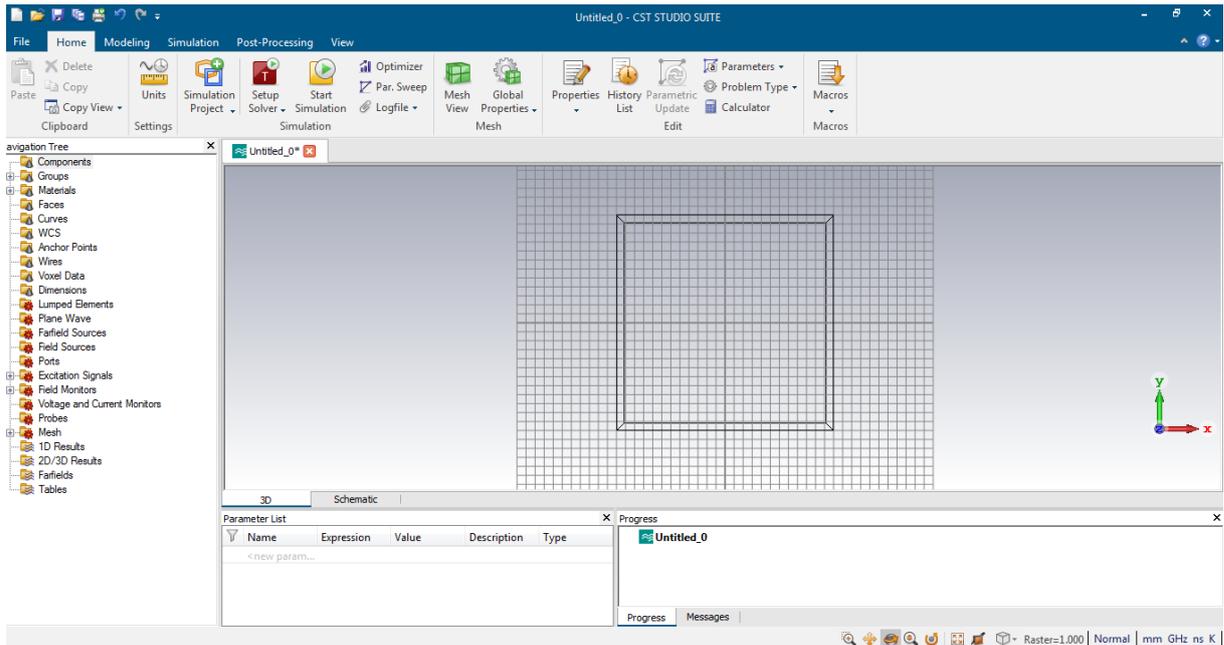


Figure6

Pour dessiner le substrat et plan de masse par exemple :

- sélectionnez > Modélisation > Formes de base > Brique, puis double-cliquez sur la zone de travail et faites glisser la souris et double-cliquez à nouveau pour terminer le mode de dessin figure 7,8

ANNEXE

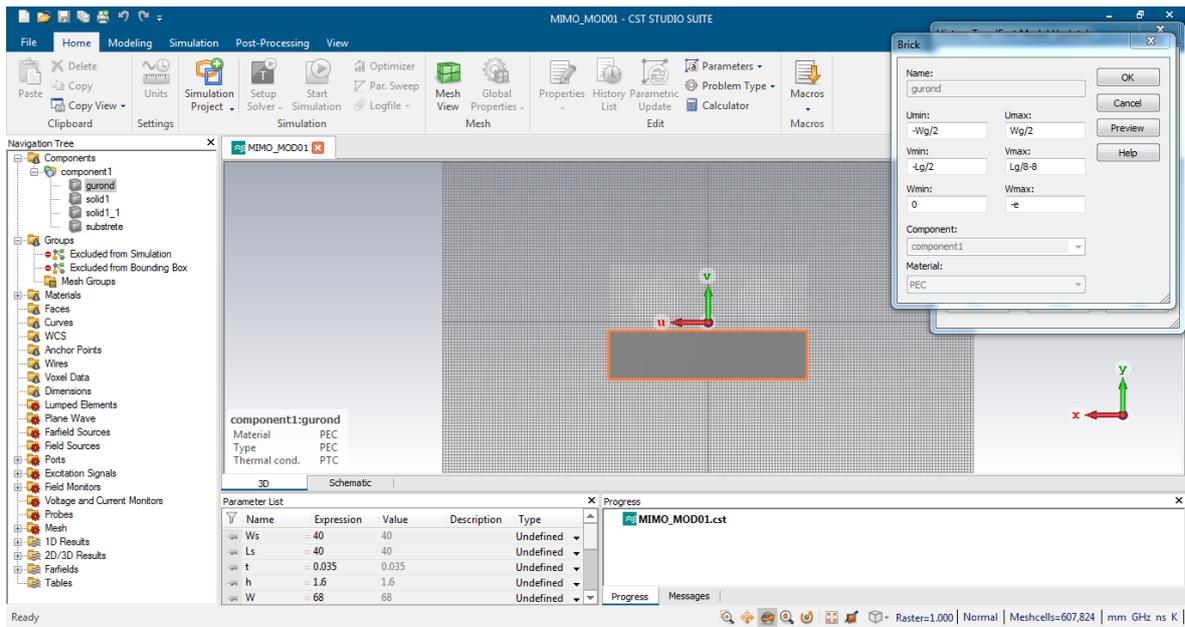


Figure 7

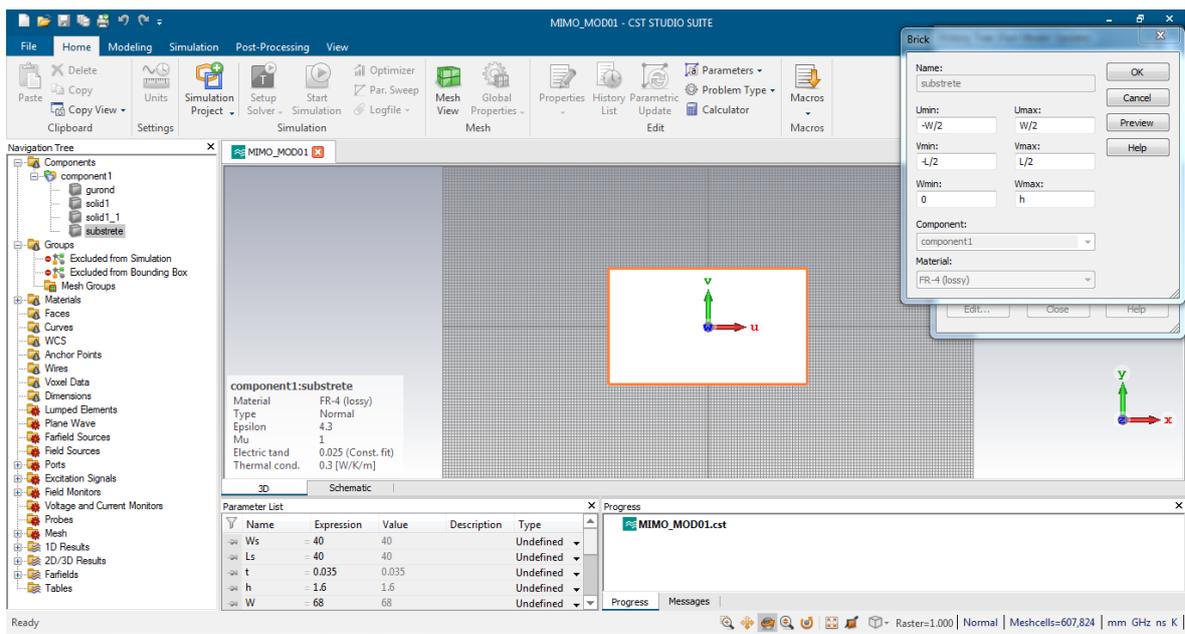


Figure 8

✓ Définir le port d'onde pour l'antenne

- Dans le menu principal, sélectionnez > Simulation > ports de guide d'ondes ou cliquez sur l'icône des ports de guide d'ondes dans la barre d'outils
- Dans la fenêtre du port du guide d'ondes, sélectionnez Normal pour être Y
- Sélectionnez libre dans la case de position et entrez vos dimensions pour le port d'onde.

ANNEXE

- Cochez la case "position normale" dans la case de position et changez Y pose à la position de votre port d'onde comme indiqué dans la Figure 9.
- Après avoir cliqué sur OK, vous devriez voir le port 1 défini comme indiqué dans la Figure9

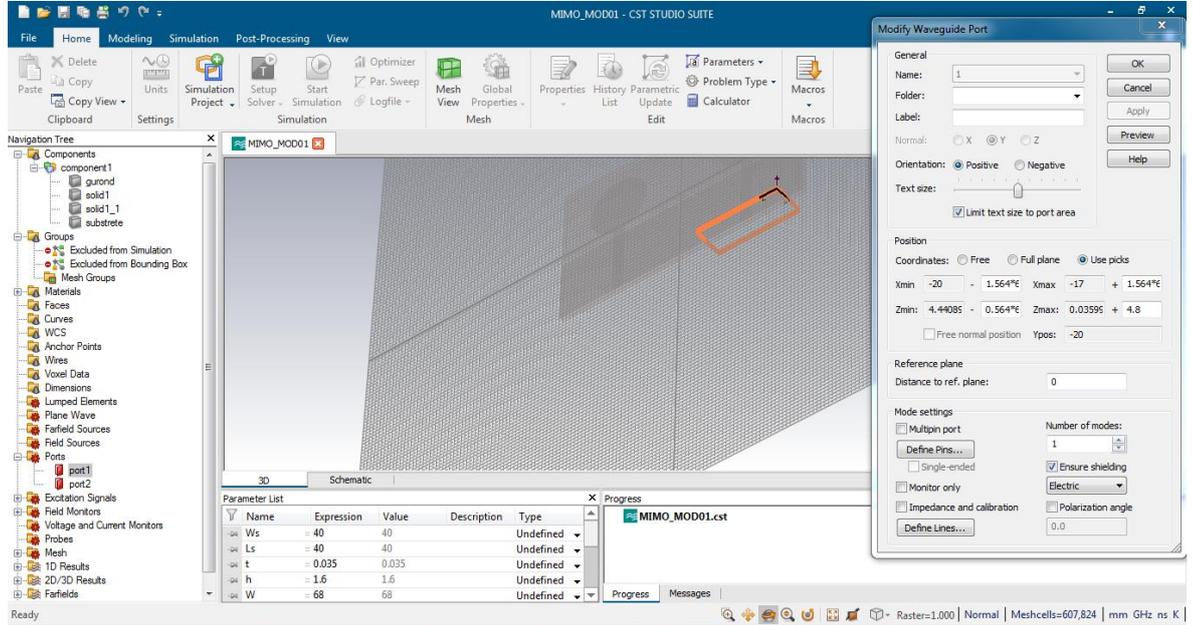


Figure 9

✓ Exécuter la simulation

A partir du menu principal, sélectionnez simulation > solveur d'installation

Et Formez la fenêtre du solveur transitoire, vous pouvez ajuster la précision du solveur comme la figure 10.

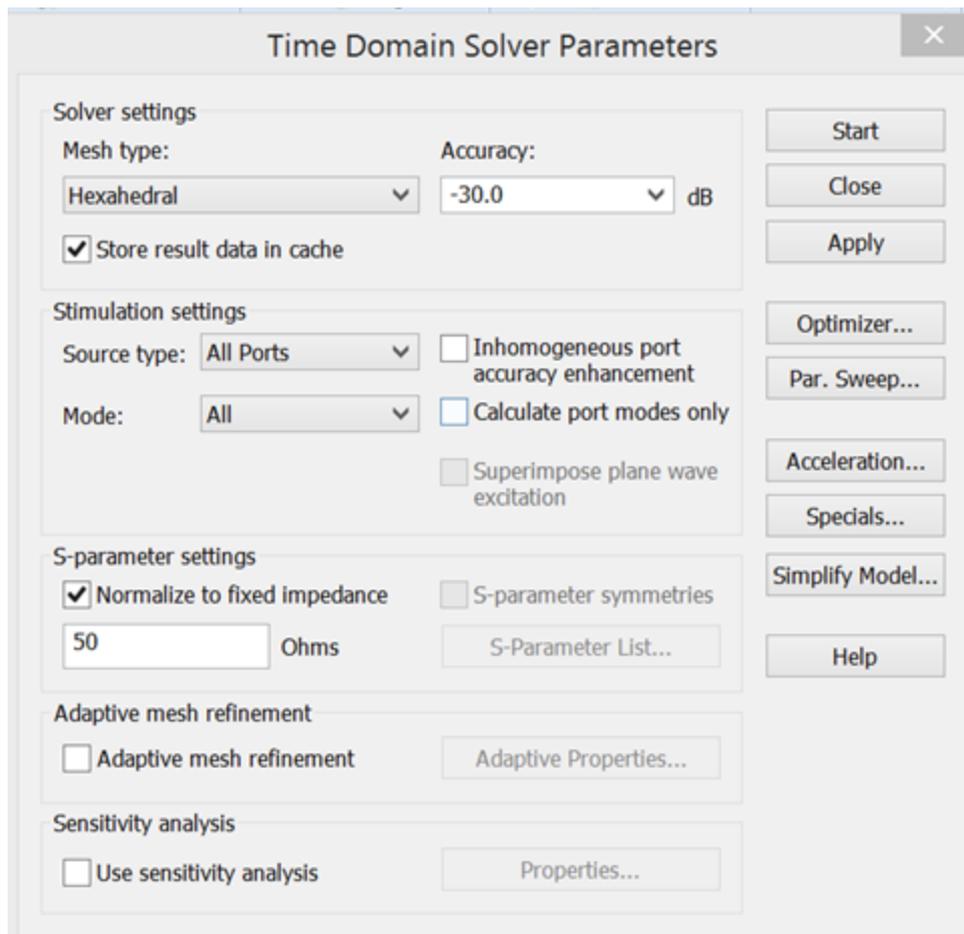


Figure 10

✓ **Afficher les résultats de la simulation**

Pour afficher les courbes du paramètre S (linéaire, dB, phase, graphique smith,), Les différentes graphes que nous pouvons visualiser telle que le coefficient de Réflexion comme figure 11-12.

ANNEXE

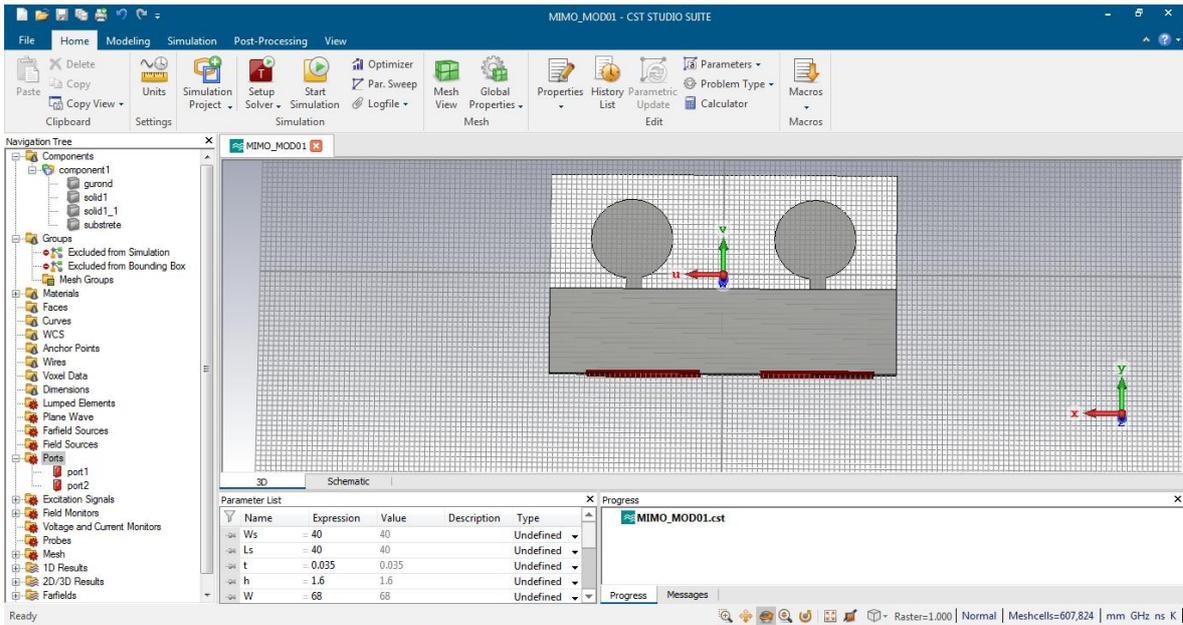


Figure 11

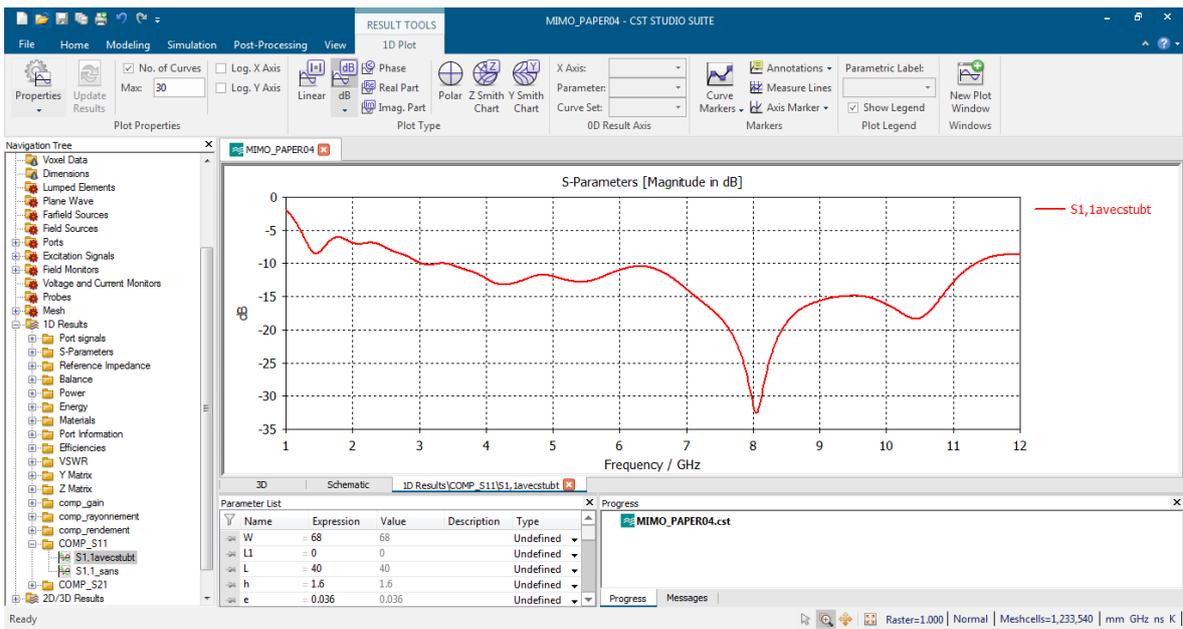


Figure 12