

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
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : TECHNOLOGIE
Filière : Télécommunications
Spécialité : Télécommunications

Thème

Réalisation d'une Interface graphique de Calcul des paramètres d'antennes patch et conception logicielle

Présenté Par :

- 1) BEN TAHAR Zohra
- 2) BEN ABDESSELAM Sarah Yamina

Devant le jury composé de :

Pr Ayache choukria	Professeur	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr Ferouani Souheyla	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrante
Dr Moulessehoul Wassila	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examinatrice
Dr Rabah Mohammed Amine	Maitre de recherche B	Agence Spatiale Algérienne	Invité

Année universitaire 2018/2019

Remerciement

On tient tout d'abord à remercier « Allah » le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la force et la patience pour mener ce travail à terme.

Nous voudrions exprimer par ce modeste travail notre gratitude, notre Reconnaissance, et nos grands remerciements à notre encadrante Docteur Ferouani souheyla» pour nous avoir proposé ce sujet et pour nous avoir fait bénéficier de ses compétences scientifiques et aussi pour sa disponibilité.

Nous remercions tout particulièrement les membres de jury professeur Ayache Choukria et Docteur Moulessehoul Wassila qui ont Accepté de lire et de juger notre travail, ainsi que tous les enseignants qui ont Contribué à notre formation.

On tient à remercier tous ceux qui nous ont aidés de prêt ou de loin même pour un simple conseil.





DÉDICACE

A mon Père Abd El kader

A ma Chère Mère Mokhtaria

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

A mon Frères et mes sœurs

Amaria, Fatiha, Nassima, Sabrina, Said

A tous les gens m'aiment

Rabie, Sarah, Radia, Hanan.....

Dédicace

Dédicaces A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père mohamed.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman zohra que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères « ali, toufik, abdesslem » , je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements. Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, et sœurs de cœur « said, T.naïma, fatiha, rahma radia zohra ,hanane ,... ».

TABLE DES MATIERS

Chapitre I: Generalite Sur Les Antennes Imprimées

I. 1 Introduction.....	1
I.2 Antenne Imprimees	1
I.3 Differentes Formes D'une Antenne Patch.....	2
I.4 Principe De Fonctionnement.....	2
I.5 Caracteristiques Des Antennes	3
I.5.1 Coefficient De Reflexion S_{11}	3
I.5.2 Directivite	4
I.5.3 Gain.....	4
I.5.4 Rendement	4
I.5.5 Ouverture	5
I.5.6 Impedance D'entree	5
I.5.7 Diagramme De Rayonnement.....	5
I.6 Techniques D'alimentation.....	6
I.6.1 Alimentation Par Ligne Microruban	6
I.6.2 Alimentation Par Sonde Coaxiale	6
I.6.3 Alimentation Par Couplage Par Fente.....	7
I.6.4 Alimentation Par Couplage De Proximite	8
I.7 Modelisation Des Antennes Patch	8
I.7.1 Antenne Patch Rectangulaire	8
I.7.2 antenne Patch Circulaire	10
I.7.3 Antenne Patch Triangulaire	11
I.8 Techniques D'adaptation	13
I.8.1 Adaptation Par Ligne Quart D'onde	13
I.8.2 Adaptation Par Stub	13
I.8.3 Adaptation Avec Encoches	14
I.9 Avantage Et Limitation Des Antennes Patch.....	15
I.10 Applications Des Antennes Patchs Microruban	15
I.11 Conclusion	16

TABLE DES MATIERS

Chapitre II :Présentation De L'interface Graphique Sous Matlab

II.1 Introduction	18
II.2 Interface Du Guide Matlab	18
II.2 .1 Plan De Disposition	19
II.2.2 Objets Graphiques	19
II.2.3 Inspecteur De Propriétés Et Le Callback.....	23
II.3 Conclusion	25

Chapitre III:Simulation Et Résultats

III.1 Objectif.....	27
III.2 Cahier De Charge	27
III.3 Conception Et Réalisation De L'interface Graphique(Gui) :	27
III.3.1 Interface Principale	27
III.3.2 Interface Secondaire	28
III.3.2.1 Interface De L'antenne Patch Rectangulaire.....	29
III.3.2.2 Interface De L'antenne Patch Triangulaire	30
III.3.2.3 Interface D'antennes Patch Circulaire.....	31
III.4 Conception Et Réalisation Des Antennes Patch Par Logiciel Cst.....	33
III.4.1 Antenne Patch Rectangulaire Avec Ligne Microruban.....	33
III.4.1.1 Résultats De La Simulation.....	34
III.4.1.1.1 Coefficient De Réflexion S [1,1] De L'antenne Rectangulaire Avec Une Ligne Micro Ruban Simple	34
III.4.1.1.2 Adaptation De L'antenne Avec Une Ligne Quarte D'onde	35
III.4.1.1.2.1 Description	35
III.4.1.1.2.2 Coefficient De Réflexion S [1,1].....	35
III.4.1.1.2.3 Diagramme De Rayonnement De L'antenne Adaptée	36
III.4.2 Antenne Patch Triangulaire Avec Ligne Microruban	37
III.4.2.1 Résultats De La Simulation.....	38
III.4.2.1.1 Coefficient De Réflexion S [1,1] De L'antenne Triangulaire Avec Une Ligne Micro Ruban Simple	15
III.4.2.1.2 Adaptation De L'antenne Avec Une Ligne Quart D'onde.....	38
III.4.2.1.2.1 Description	38
III.4.2.1.2.2 Coefficient De Réflexion S [1,1].....	38

TABLE DES MATIERS

III.4.2.1.2.3 Diagramme De Rayonnement De L'antenne Adaptée	39
III.4.3 Antenne Patch Circulaire Avec Ligne Microruban.....	40
III.4.3.1 Résultats De La Simulation.....	41
III.4.3.1.1 Coefficient De Réflexion S [1,1] De L'antenne Circulaire Avec Une Ligne Micro Ruban Simple	41
III.4.3.1.2 Adaptation De L'antenne Avec Une Ligne Quart D'onde.....	42
III.4.3.1.2.1 Description	42
III.4.3.1.2.2 Coefficient De Réflexion S [1,1].....	42
III.4.3.1.2.3 Diagramme De Rayonnement De L'antenne Adaptée	43
III.5 Conclusion.....	44
Conclusion Général	45

LISTES DES FIGURES

Chapitre I:Generalite Sur Les Antennes Imprimees

Figure I .1- Structure De Base D'une Antenne Imprimee.....	1
Figure I.2- Les Differents Types D'elements Rayonnant.	2
Figure I.3 -Rayonnement D'une Antenne Patch Rectangulaire.	3
Figure I.4-Alimentation Par Ligne Micro Ruban.....	6
Figure I.5-Alimentation Par Sonde Coaxiale	7
Figure I.6-Alimentation Par Couplage Fente.	7
Figure I.7-Alimentation Par Couplage Par Fente.....	8
Figure I.8- Antenne Patch Microruban Rectangulaire	9
Figure I.9- Antenne Patch Microruban Rectangulaire Avec Une Ligne Quarte D'onde.....	9
Figure I.10 - Antenne Patch Circulaire Alimente Par Une Ligne Microruban Simple.....	10
Figure I.11-Antenne Patch Circulaire Alimente Par Une Ligne Microruban Quart D'onde ...	10
Figure I.12antenne Patch Triangulaire.	12
Figure I.13 Antenne Patch Triangulaire Avec Une Ligne Quarte D'onde.....	12
Figure I.14-Modelisation De L'antenne A ADAPTATION QUART D'ONDE.....	3
FIGURE I.15-ADAPTATION PAR Quart D'onde	13
Figure I.16-Modelisation De L'antenne A Adaptation Simple Stub	14
Figure I.17- Stub En Circuit Ouvert.....	14
Figure I.18-Patch Rectangulaire.....	14
Figure I.19- Equivalence En Circuit	14
Figure I.20-Patch Adapte Par Encoches De Longueur	14

CHAPITRE II : Présentation De L'interface Graphique Sous Matlab

Figure II.1-Fenêtre Principale Du Guide.....	18
Figure II.2- Plan De Disposition Du Gui	19
Figure II.3- Hiérarchie Parent-Enfants Des Objets	20
Figure II.4-Présentation D'une Figure.	20

LISTES DES FIGURES

Figure II.5- Présentation D'un Axe.....	21
Figure II.6- Création D'une Nouvelle Interface Graphique.....	22
Figure II.7- Objet Panel.....	23
Figure II.8-Inspector De Pushbutton.....	23
Figure II.9-Propriété De Pushbutton.....	25

chapitre III:Simulation Et Résultats

Figure III.1- Schéma Explicatif D'interface.....	27
Figure III.2- Interface Principale.....	28
Figure III.3- Interface Secondaire.....	28
Figure III.4-Interface De Patch Rectangulaire.....	29
Figure III.5-Paramètres De L'antenne Patch Rectangulaire.....	29
Figure III.6- Paramètre De S11.....	30
Figure III.7 -Interface D'antenne Patch Triangulaire.....	30
Figure III.8- Les Résultats D'antenne Patch Triangulaire.....	31
Figure III.9- Paramètres De S11.....	31
Figure III.10 -Interface Graphique D'antennes Patch Circulaire.....	32
Figure III.11-Les Résultats D'antenne Patch Circulaire.....	32
Figure III.12- Paramètres De S11.....	33
Figure III.13-Antenne Patch Rectangulaire Par Ligne Simple.....	33
Figure III.14-Paramètres De L'antenne Patch Rectangulaire. Avec Une Ligne Simple.....	34
Figure III.15- Coefficient De Réflexion S 11.....	34
Figure III.16-Paramètres De Ligne Quart D'onde.....	35
Figure III.17-Antenne Patch Rectangulaire Par Une Ligne Quarte D'onde.....	35
Figure III.18- Coefficient De Réflexion S 11.....	36
Figure III.19-Diagramme De Rayonnement 3d Et Polaire.....	36
Figure III.20-Antenne Patch Triangulaire Alimenté Avec Une Ligne Simple.....	37
Figure III.21-Paramètres De L'antenne Patch Triangulaire Alimenté Par Ligne Simple.....	37
FigureIII.22-Coefficient De Réflexion S11.....	38
Figure III.23-Dimensions De L'antenne Triangulaire Quarte D'onde.....	38
Figure III.24-Antenne Patch Triangulaire Alimenté Par Une Ligne Quarte D'onde.....	39
Figure III.25-Coefficient De Réflexion S11.....	39
FigureIII.26-Diagramme De Rayonnement 3d Et Polaire.....	40
FigureIII.27-Antenne Patch Circulaire Alimenté Par Une Ligne Simple.....	41

LISTES DES FIGURES

Figure III.28-Paramètres De L'antenne Patch Circulaire Par Ligne Simple.....	41
Figure III.29-Coefficient De Réflexion S11	42
Figure III.30-Antenne Patch Circulaire Alimenté Par Ligne Quart D'onde.	42
Figure III.31-Dimensions De L'antenne Circulaire Par Ligne Quart D'onde.	43
Figure III.32-Coefficient De Réflexion S11.	43
Figure III.33- Diagramme De Rayonnement 3d Et Polaire	44

Liste Des Tableaux

Tableau I.1-Equations D'antenne Patch Rectangulaire.....	9
TableauI.2-Equations D'antenne Patch Circulaire.....	11
TableauI.3 -Equations D'antenne Patch Triangulaire.....	12
Tableau III.1-Gain Et Directivité De L'antenne Patch Rectangulaire.....	36
Tableau III.2-Gain Et Directivité De L'antenne Patch Triangulaire.....	40
Tableau III.3- Gain Et Directivité De L'antenne Patch Circulaire.....	44

Résumé

De nos jours, le domaine des télécommunications et des nouvelles technologies connaît un véritable essor. L'antenne est un dispositif essentiel utilisée pour les applications de communication multimédia (données, voix, vidéos) et la demande est de plus en plus forte pour un transfert à haut débit entre des équipements communicants mobiles et à encombrement réduit.

Dans le cadre de notre étude, nous avons réalisé une interface graphique sous Matlab permettant de calculer les paramètres géométrique de trois types d'antennes patch de base à savoir la forme rectangulaire, triangulaire et la forme circulaire, puis affiche les résultats de simulations du paramètre de réflexion et d'adaptation S11 simulée à l'aide du logiciel CST

Mots clés : Antennes imprimées, MATLAB, CST, guide

Abstract.

Today, telecommunications and new technologies are booming. The antenna is an essential device used for multimedia communication applications (data, voice, video) and the demand is growing for a high-speed transfer between mobile communicating equipment and reduced space .As part of our study, we created a graphical interface under Matlab to compute the geometric parameters of three basic patch antenna types, namely the rectangular, triangular and circular shapes, and then display the results of the parameter simulations. reflection and adaptation S11 simulated using the CST software.

Keywords: Printed antennas, MATLAB, CST, guide

ملخص :

اليوم،الاتصالات السلكية و اللاسلكية و التكنولوجيات الجديدة تزدهر،الهوائي هو جهاز أساسي يستخدم لتطبيقات الاتصالات متعددة الوسائط كالبيانات الصور و الفيديو .

ويتزايد الطلب علي النقل عالي السرعة بين معدات الاتصال المحمولة ومساحة منخفضة .

أنشانا واجهة رسومية تحت اسم الهوائي كالأشكال المستطيلة و المثلثية و الدائرية. ثم عرضنا نتائج محاكاة المعلمة S11 محاكاة انعكاس و التكيف باستخدام برنامج CST .

Le Domaine des télécommunications a connu un progrès technologique au cours des dernières années grâce à la forte demande de la population et de l'industrie. Parmi les préoccupations de ce domaine, on trouve les antennes. Ce sont des éléments indispensables pour assurer une opération d'émission ou de réception des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère terrestre ou dans l'espace. Ces dernières sont présentes dans tous les systèmes de communications sans fil, elles présentent des caractéristiques très avantageuses en ce qui concerne le poids, le volume, le cout, la simplicité de fabrication et surtout la possibilité de les implanter sur tout type de dispositif électronique. Cependant les antennes patchs présente des limites notamment la bande passante étroite, le faible gain, et la possibilité de résonner à une seule fréquence.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier les caractéristiques des antennes imprimées « patch » de différentes formes (rectangulaire triangulaire et circulaire) et le calcul de leurs paramètres à l'aide d'une interface graphique MATLAB afin de faciliter sa conception logicielle. La caractérisation de l'antenne se poursuit également par la détermination de ses paramètres fréquence de résonance, diagramme de rayonnement et gain, ouverture, coefficient de réflexion à l'aide de création d'une interface graphique sur le logiciel Matlab et la simulation sous le logiciel CST. Pour atteindre cet objectif, le présent travail est scindé en trois chapitres.

Le chapitre I sera consacré à la description générale des antennes imprimées, Leurs propriétés et leurs caractéristiques, la structure de l'antenne imprimée, une présentation de différentes techniques d'alimentation et la modélisation de chaque forme (triangulaire. Rectangulaire. Circulaire).

Le Chapitre II est réservé à la présentation de l'interface graphique MATLAB et des panels utilisés lors de nôtres simulations.

En fin dans le Chapitre III, nous présenterons l'interface graphique MATLAB et les résultats de calcul des paramètres des antennes patch ainsi que la conception logicielle CST et les résultats de simulations des antennes imprimées étudiées.

CHAPITRE I:

Généralités sur les Antennes

Imprimées

I. 1 Introduction

Le concept d'antennes imprimées est apparu dans les années 1950, mais il faudra attendre les années 1970 pour voir apparaître les premières réalisations qui seront essentiellement réservées à des applications militaires, et les années 1990 pour un véritable passage au stade industriel.

Les antennes patch microruban présentent une révolution dans le domaine de la télécommunication sans fil, elles sont largement utilisées dans les communications mobiles et personnelles et trouvent plusieurs applications dans une large gamme de fréquence grâce à leurs petites tailles, simplicité, facilité de fabrication, de mise en œuvre et leurs faibles couts. Dans ce chapitre nous allons donner une vue globale sur les antennes imprimées tout en décrivant leurs caractéristiques de rayonnement, leurs modes d'alimentation et leurs techniques d'adaptations.

I.2 Antenne imprimées

Une antenne imprimées (appelée microruban ou microstrip) se compose d'une pièce métallique rayonnante (patch) sur un côté du substrat diélectrique [3] et un plan de masse de l'autre côté comme représenté sur la **Figure I .1**.

Le patch est généralement fabriqué à base d'un matériau conducteur tel que le cuivre ou l'or (à cause de leurs conductivités élevées) et il peut prendre n'importe quelle forme possible, mais on se donne des formes régulières (carré, circulaire, triangulaire)[3].

Dans le but de simplifier l'analyse de la structure. Le patch rayonnant et les lignes d'alimentation sont habituellement photogravés sur le substrat diélectrique [3].

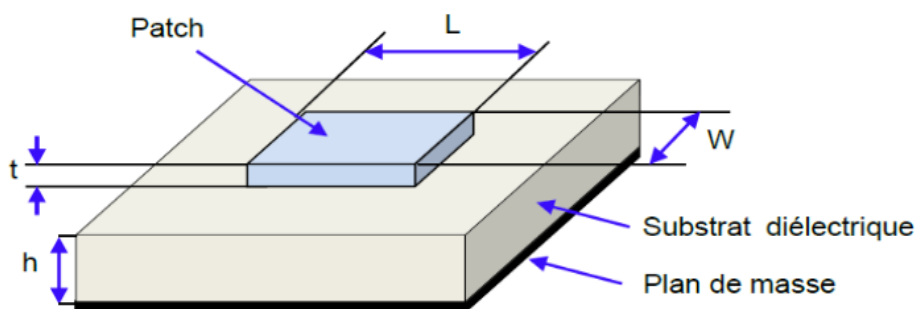


Figure I .1-Structure de base d'une antenne imprimée.

W=largeur (width)

L = longueur (length)

H = épaisseur du substrat (Height)

I.3 Différentes formes d'une antenne patch

L'antenne patch peut prendre plusieurs formes comme le montre sur la **Figure I.2** :

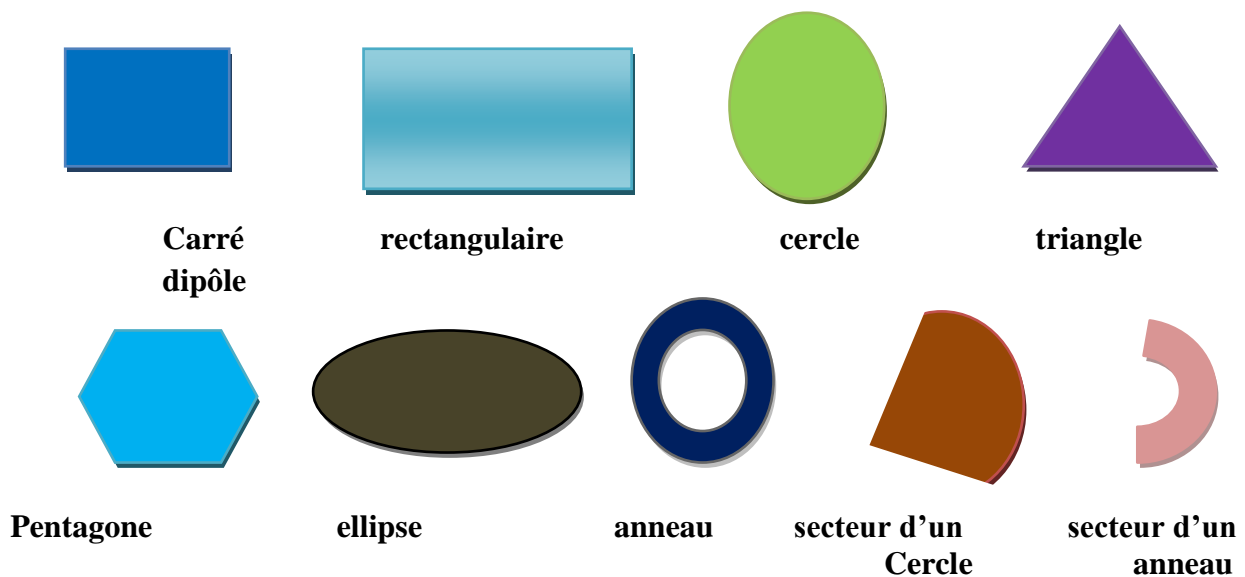


Figure I.2- Différents types d'éléments rayonnant.

Nous avons choisi dans notre travail de calculer les paramètres et de simuler des antennes patch de type rectangulaire, triangulaire et circulaire [3].

I.4 Principe de fonctionnement

Pour comprendre le fonctionnement d'un résonateur micro ruban, il est nécessaire de connaître les champs électromagnétiques notamment le champ proche. Lorsque la ligne d'alimentation est excitée par une source radiofréquence, une onde électromagnétique guidée entre la ligne et le plan de masse va se propager jusqu'à l'élément rayonnant (de largeur plus grande que la ligne, donc plus apte à rayonner). Une distribution de charge va s'établir sous l'élément rayonnant et sur le plan de masse[3].

Pour simplifier le problème, la structure de la **Figure I.3** peut être assimilée à une cavité bornée par des murs électriques (plan de masse et élément rayonnant), et un mur latéral magnétique. Est accumulée selon un ensemble de fréquences modales (fréquences modales de résonance) auxquelles des configurations de répartition des champs sont permises, appelées modes. Ces cavités fonctionnent alors sur des modes TM_{mn} (Transverse Magnetic) [3].

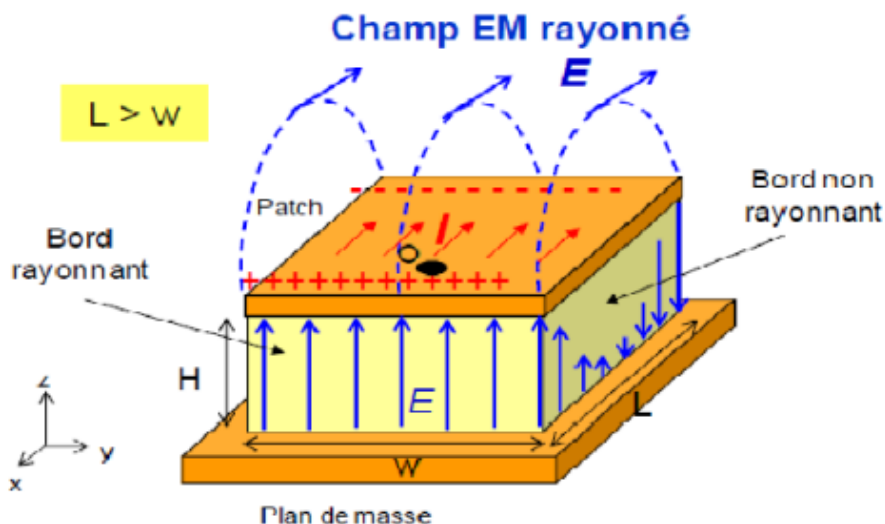


Figure I.3-Rayonnement d'une antenne patch rectangulaire [3].

Le champ présent entre les bords du patch et le plan de masse va déborder et contribuer à générer le champ électromagnétique rayonné : ceux générés par les bords séparés par L étant maximum et en opposition de phase vont avoir tendance à s'additionner de manière constructive et optimale, et générer un rayonnement inscrit dans le plan YZ . Ces 2 bords sont donc appelés bords rayonnants [3].

I.5 Caractéristiques des antennes

Une antenne peut être caractérisée par :

I.5.1 Coefficient de réflexion S_{11}

Le coefficient de réflexion S_{11} met en évidence l'absorption de l'énergie par l'antenne. C'est sur ce paramètre que l'on se base lors de l'optimisation et l'adaptation des antennes, sa valeur doit être inférieure ou égale à -10dB [4].

1.5.2 Directivité

La directivité d'une antenne caractérise la manière dont cette antenne concentre son rayonnement dans certaines directions de l'espace. La directivité d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport de la puissance $P(\theta, \varphi)$ à la puissance que rayonnerait la source isotrope par unité d'angle solide [4].

$$D(\theta, \varphi) = \frac{p(\theta, \varphi)}{p_r/4\pi} = 4\pi \frac{p(\theta, \varphi)}{p_r} \quad (\text{I-1})$$

$$D(\theta, \varphi) = \frac{p(\theta, \varphi)}{p_r/4\pi} \quad (\text{I-2})$$

$$p_r = \iint_0^{4\pi} P(\theta, \varphi) d\Omega \quad (\text{I-3})$$

$$d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi \quad (\text{I-4})$$

Dans la direction de rayonnement maximal (θ_0, φ_0) la directivité est exprimée. [4] :

$$D(\theta_0, \varphi_0) = 4\pi \frac{p(\theta_0, \varphi_0)}{p_r} \quad (\text{I-5})$$

1.5.3 Gain

Le gain $G(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance Rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ sur la puissance que rayonnerait une antenne isotrope sans pertes. En général, le gain G correspond au gain dans la direction de rayonnement maximal (θ_0, φ_0) [5].

Cette propriété caractérise la capacité d'une antenne à focaliser la puissance rayonnée dans une direction[5].

$$G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{p(\theta, \varphi)}{p_A} \quad G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{p(\theta_0, \varphi_0)}{p_A} \quad (\text{I-6})$$

1.5.4 Rendement

Le rendement η d'une antenne traduit sa capacité à transmettre la puissance électrique en entrée P_A sous forme de puissance rayonnée P_R On le définit comme le rapport entre la puissance totale rayonnée par une antenne et la puissance qui lui est fournie.

Le rendement est lié aux pertes dans le réseau de polarisation et dans les éléments rayonnants. Rendement relie le gain et la directivité [5].

$$P_R = \eta \cdot P_A \Rightarrow D = \eta \cdot G \quad (\text{I-7})$$

1.5.5 Ouverture

Si G_m est le gain maximal d'une antenne donnée dans un plan bien déterminé, alors son ouverture dans ce plan est l'angle qui se trouve entre deux directions de ce plan ayant la moitié du gain maximal (gain à -3 dB), soit $G_m / 2$ [5].

1.5.6 Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée de l'antenne est l'impédance vue de la part de la ligne d'alimentation au niveau de l'antenne. Cette impédance est donnée par la formule [5]:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{(1+S_{11})}{(1-S_{11})} \quad (\text{I-8})$$

Z_0 = impédance caractéristique de la ligne d'alimentation.

1.5.7 Diagramme de rayonnement

Les antennes sont rarement omnidirectionnelles et émettent ou reçoivent dans des directions privilégiées. Le diagramme de rayonnement représente les variations de la puissance rayonnée par l'antenne dans les différentes directions de l'espace. Il indique les directions de l'espace (θ_0, φ_0) dans lesquelles la puissance rayonnée est maximale. Il est important de noter que le diagramme de rayonnement n'a de sens que si l'onde est sphérique.

On trace dans le diagramme de rayonnement la fonction caractéristique de rayonnement $r(\theta, \varphi)$, qui varie entre 0 et 1 selon la direction.

En général, le diagramme de rayonnement d'une antenne est représenté dans les plans horizontaux ($\theta = 90^\circ$) et verticaux ($\varphi = \text{constante}$), [5] ou bien dans les plans E et H.

$$r(\theta, \varphi) = \frac{p(\theta, \varphi)}{p_0(\theta_0, \varphi_0)} \quad (\text{I-9})$$

$p(\theta, \varphi)$: Puissance rayonnée dans une direction quelconque

$p_0(\theta_0, \varphi_0)$: Puissance rayonnée max

I.6 Techniques d'alimentation

Il existe plusieurs techniques pour l'alimentation des antennes microruban, ces techniques peuvent être soit par contact direct soit par couplage, les plus communément utilisées sont l'alimentation par ligne microruban, par sonde coaxiale, par couplage de proximité ou par ouverture. Dans notre travail nous avons utilisé l'alimentation par ligne micro ruban et l'alimentation par sonde coaxiale [3].

✓ I.6.1 Alimentation par ligne microruban

Dans le premier cas, une ligne microruban est directement connectée à l'élément rayonnant comme le montre la Figure I.4, le point de jonction peut être sur l'axe de symétrie du patch ou complètement décalé pour permettre une meilleure adaptation d'impédance [3].

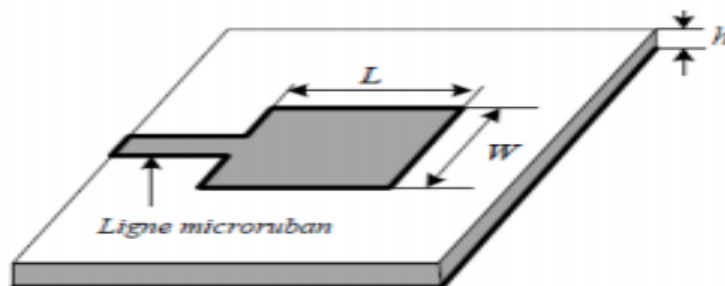


Figure I.4-Alimentation par ligne micro ruban [3].

Ce type d'alimentation est facile à mettre en œuvre et à modéliser, mais peut engendrer un rayonnement parasite qui peut devenir considérable et une bande passante typiquement entre 2 et 5 % [3].

✓ I.6.2 Alimentation par sonde coaxiale

L'alimentation par sonde coaxiale est réalisée par un contact direct de l'élément rayonnant au conducteur central d'une ligne coaxiale, tandis que son conducteur externe est relié au plan de masse Figure I.5. [3] L'adaptation d'impédance est réalisable en déplaçant le point d'alimentation sur le patch. L'inconvénient de ce type d'alimentation réside dans la bande passante étroite et la difficulté de modélisation surtout pour des substrats électriquement épais [3].

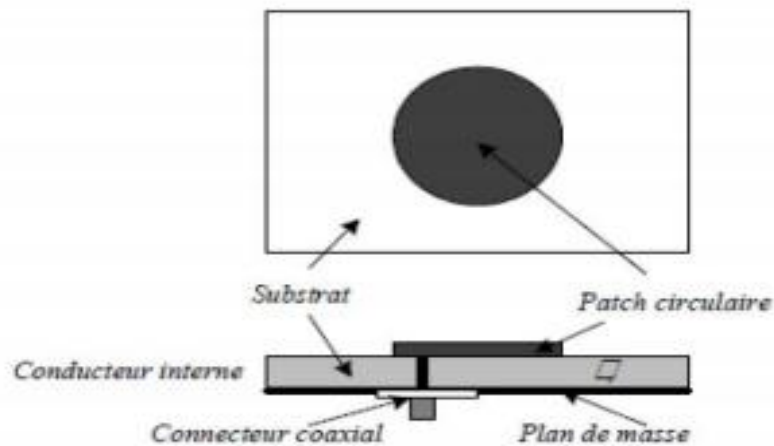


Figure I.5-Alimentation par sonde coaxiale [3].

✓ I.6.3 Alimentation par couplage par fente

L'alimentation par ligne microruban ou par ligne coaxiale présentent une asymétrie qui génère des modes d'ordres supérieurs produisant un rayonnement de polarisation croisée, pour y remédier à cet état de fait l'alimentation par fente a été introduite. Un couplage électromagnétique est introduit à travers une petite fente réalisée dans le plan de masse qui sépare deux substrats l'un portant l'élément rayonnant et l'autre la ligne microruban comme le montre la **Figure I.6**. Cette configuration permet une optimisation indépendante entre la ligne d'alimentation et le patch, facile à modéliser et présente un rayonnement parasite modéré. Cependant, elle est la plus difficile à mettre en œuvre et présente une bande passante étroite [3].

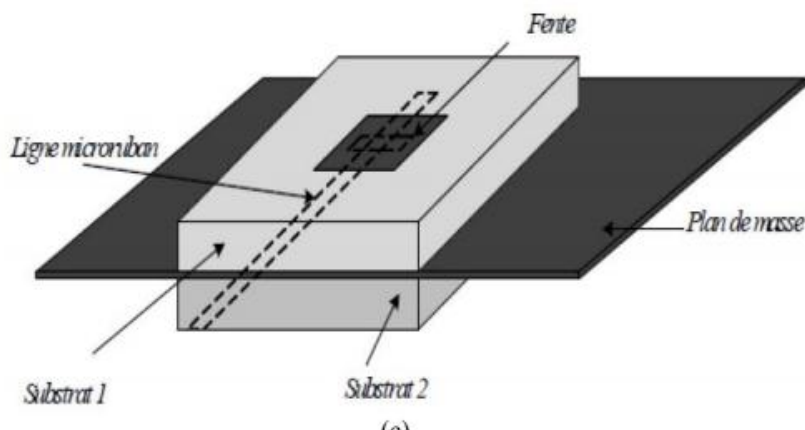


Figure I.6-Alimentation par couplage fente [3].

✓ 1.6.4 Alimentation par couplage de proximité

La meilleure bande passante pouvant atteindre 13% est réalisable en utilisant l'alimentation par couplage de proximité illustrée par la Figure I.7. L'avantage de cette technique d'alimentation réside dans l'affaiblissement du rayonnement parasite et la facilité du couplage, ce dernier peut être optimisé par l'ajustement des dimensions de la ligne. Cependant elle est très difficile à mettre en œuvre [3].

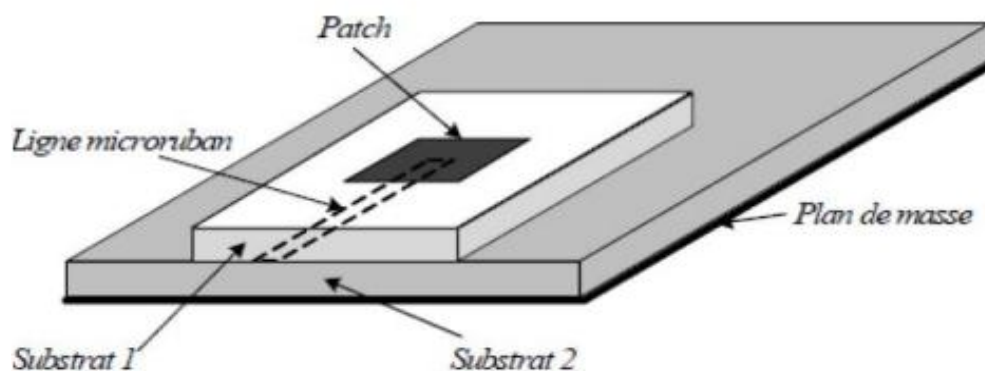


Figure I.7-Alimentation par couplage par fente[3].

I.7 Modélisation des antennes patch

Dans le domaine de télécommunication les antennes imprimées sont les plus utilisées avec des diverses structures, et parmi ces derniers nous avons choisi d'étudier et de simuler dans notre travail trois formes d'antennes : antenne patch rectangulaire, circulaire et triangulaire.

1.7.1 Antenne patch rectangulaire

Parmi toutes les formes, l'élément rectangulaire est sans contexte le plus facile à appréhender pour la compréhension des mécanismes de rayonnements des antennes microstrip. L'alimentation peut se faire par connexion directe avec une ligne microruban dont le point de jonction est sur l'axe de symétrie de l'élément [5-6].

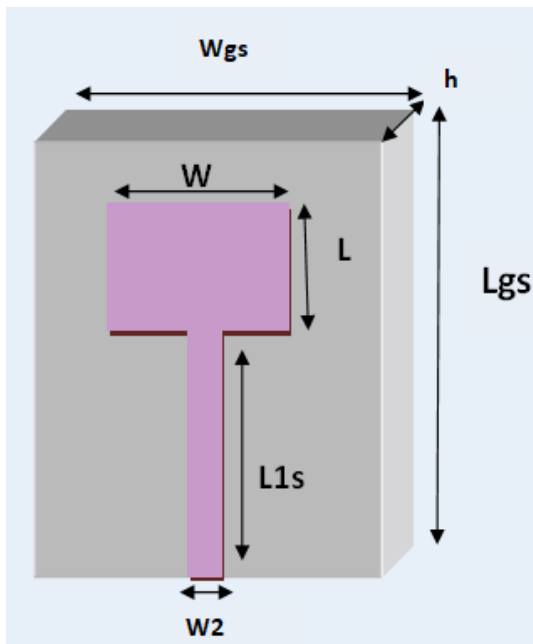


Figure I.8- Antenne patch microruban rectangulaire
Alimenté par une ligne microruban simple.

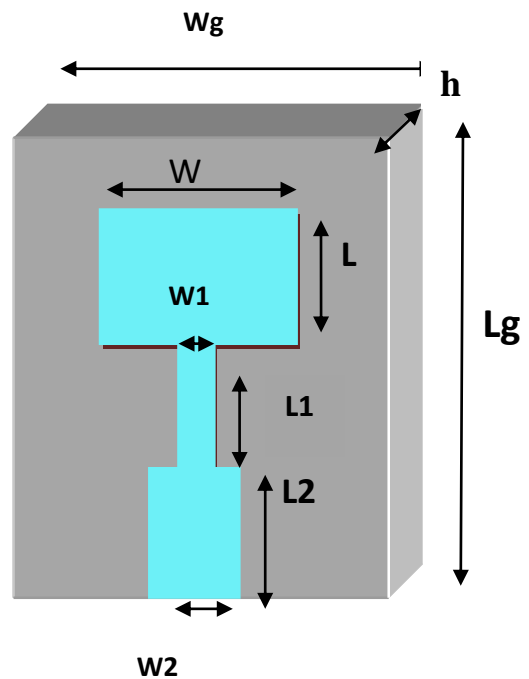


Figure I.9-Antenne patch microruban
rectangulaire avec une ligne quarte d'onde.

Le tableau I.1 suivant présente les équations d'antenne patch rectangulaire microruban :

Parameters de d'antenne patch rectangulaire		Equations
Patch	La largeur	$w = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$
	Fréquence de résonance	$f_r = \frac{c}{2L_{eff} \sqrt{\epsilon_{eff}}}$
	Constant diélectrique (ϵ_{eff})	$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}}$
	La longueur	$L = L_{eff} - 2\Delta L$
	L'extension	$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)}$

	de la longueur (ΔL)	
Substrat et plan de masse	La longueur	$L_{gs} = L1s + 2a + 6 \times h$
	La largeur	$W_{gs} = 2a + 6 \times h$
La longueur de la ligne	simple	$L1s = \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}$
	quarte d'onde	$L1 = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}$
l'impédance caractéristique de la ligne microruban		$Z_c = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \ln \left[\frac{8h}{W_2} + \frac{W_2}{4h} \right] \frac{W_2}{h} \leq 1 \\ \frac{120}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \left[\frac{W_2}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W_2}{h} + 1.44 \right) \right] \frac{W_2}{h} \geq 1 \end{cases}$

Tableau I.1- Les équations d'antenne patch rectangulaire

ϵ_{eff} : Permittivité effective du substrat

h : l'épaisseur du substrat

1.7.2 Antenne patch circulaire

Les patchs circulaires sont largement utilisés dans la pratique a cause de sans contexte le plus facile, L'alimentation est se fais par une ligne microruban.

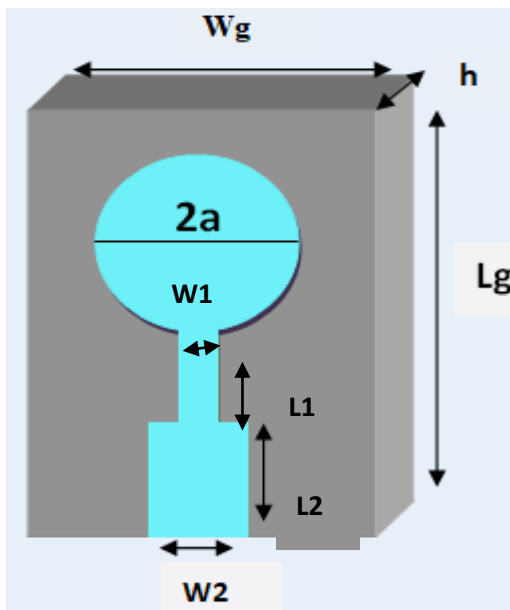


Figure I.11-Antenne patch circulaire alimenté par une ligne microruban quart d'onde

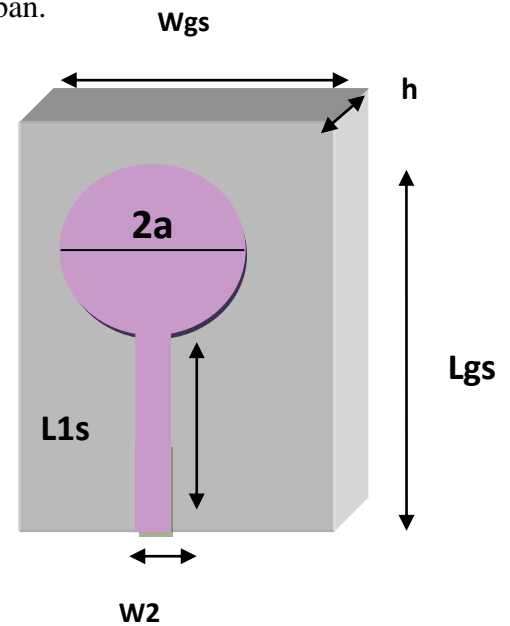


Figure I.10- Antenne patch circulaire alimenté par une ligne microruban simple

Les paramètres de modélisation sont présentés dans le tableau I.2 :

Parameters de d'antenne patch circulaire		Equations
Patch	Le rayon réel	$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}}$
		$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$
	Fréquence de résonance	$f_r = \frac{c}{2L_{eff} \sqrt{\epsilon_{eff}}}$
	Constant diélectrique (ϵ_{eff})	$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} - \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}}$
	L'extension de la longueur (ΔL)	$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)}$
Substrat et plan de masse	La longueur	$L_{gs} = L_{1s} + 2a + 6 \times h$
	La largeur	$W_{gs} = 2a + 6 \times h$
La longueur de la ligne	simple	$L_{1s} = \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$
	quarte d'onde	$L_1 = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$
l'impédance caractéristique de la ligne microruban	Z_c	$= \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left[\frac{8h}{W_2} + \frac{W_2}{4h} \right] \frac{W_2}{h} \leq 1 \\ \frac{120}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left[\frac{W_2}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W_2}{h} + 1.44 \right) \right]} \frac{W_2}{h} \geq 1 \end{cases}$

Tableau I.2 Equations d'antenne patch circulaire.

Avec :

W : Largeur de la ligne micro ruban

h : Epaisseur du substrat diélectrique

ϵ_r : Permittivité relative

ϵ_{eff} : Permittivité effective

1.7.3 Antenne patch triangulaire

L'antenne triangulaire est choisie parce qu'elle occupe moins de surface sur le substrat que d'autres formes existantes telles que le substrat rectangulaire et circulaire. Le substrat FR4 est choisi pour fabriquer l'antenne avec une épaisseur de $h = 1,6$ mm et une constante diélectrique de $\epsilon_r = 4.3$. Le substrat FR4 est choisi pour son faible coût et sa résistance à

l'eau. Le côté de l'antenne patch triangulaire équilatérale illustré à la Figure I.10 est calculé. A l'aide de la formule citée au tableau I.3 [7].

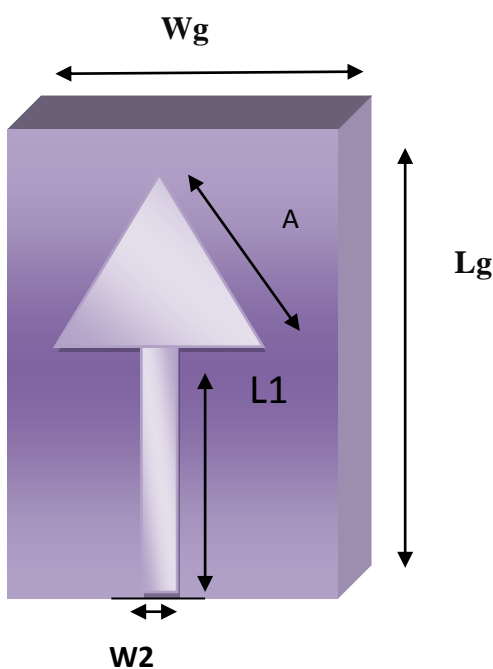


Figure I.12 antenne patch triangulaire.

Avec ligne simple

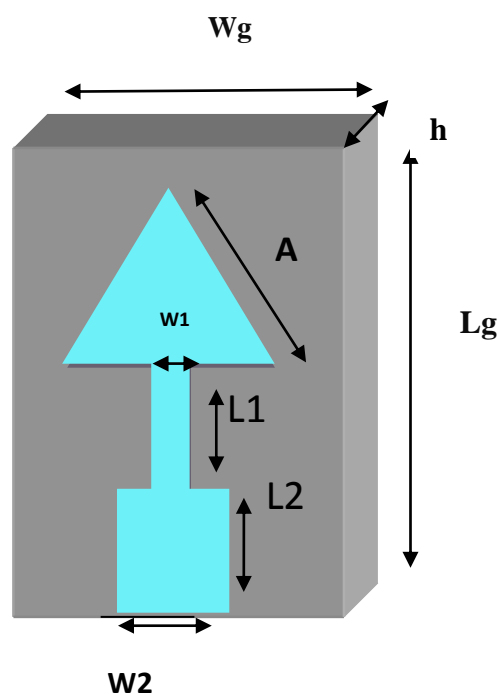


Figure I.13 antenne patch triangulaire

avec une ligne quart d'onde.

Le tableau.3 suivante presente les paramètres de l'antenne patch triangulaire :

Parameters de d'antenne patch triangulaire		Equations
Patch	Longueur de triangle	$a = \frac{2c}{3f\sqrt{\epsilon_r}}$
	Fréquence de résonance	$f_r = \frac{c}{2L_{eff}\sqrt{\epsilon_{eff}}}$
	Constant diélectrique (ϵ_{eff})	$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}}$
	L'extension de la longueur (ΔL)	$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)}$
Substrat et plan de masse	La longueur	$L_{gs} = L1s + 2a + 6 \times h$
	La largeur	$W_{gs} = 2a + 6 \times h$
La longueur de la ligne	simple	$L1s = \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$
	quarte d'onde	$L1 = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$
l'impédance caractéristique de la ligne microruban		$Z_c = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left[\frac{8h}{W_2} + \frac{W_2}{4h} \right] \frac{W_2}{h} \leq 1 \\ \frac{120}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left[\frac{W_2}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W_2}{h} + 1.44 \right) \right]} \frac{W_2}{h} \geq 1 \end{cases}$

Tableau I.3-les équations d'antenne patch triangulaire

a : longueur du triangle en mm,

C : vitesse de la lumière

ϵ_r : constante diélectrique relative du matériau (FR4).

F_r : fréquences de résonance.

W : la largeur du patch, pour une bonne efficacité de rayonnement

h : l'épaisseur du substrat diélectrique.

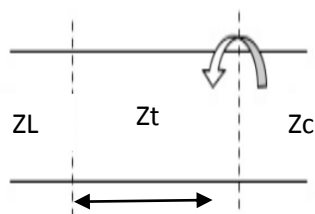
ϵ_{eff} : Permittivité effective du substrat.

I.8 Techniques d'adaptation

Pour chaque système qui transforme l'énergie sur une ligne de transmission a besoin d'adaptation car la ligne transforme l'impédance de charge en une autre valeur d'impédance au droit de la source. Ce que voit la source dépend donc de l'impédance de charge, de la longueur électrique de la ligne et de son impédance caractéristique [8].

I.8.1 Adaptation par ligne quart d'onde

Dans la construction de circuits hyperfréquences, on recherche souvent l'adaptation, c'est à dire à se ramener à une impédance différente (qui est souvent l'impédance caractéristique) de celle obtenue en fin de circuit [8].



$$L = \frac{\lambda}{4}$$

Figure I.14-Modélisation de l'antenne quart d'onde

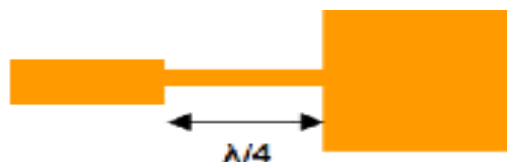


Figure I.15-adaptation par quart à adaptation d'onde

I.8.2 Adaptation par stub

Une autre façon de procéder pour arriver à l'adaptation d'une charge quelconque consiste à utiliser un stub. Grâce à un stub en un circuit ouvert (open stub) ou en court-circuit (short stub). La solution retenue est généralement celle présentant le plus faible encombrement. Le raisonnement peut se faire en impédance mais il est plus facile de travailler dès le départ en admittance pour faire la somme des impédances parallèles ramenées [8].

Un stub est un tronçonneau de ligne de longueur s que l'on branche en dérivation sur la ligne principale à une distance d de la charge [8].

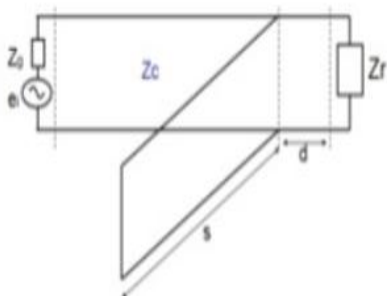


Figure I.16-Modélisation de l'antenne à adaptation Simple stub

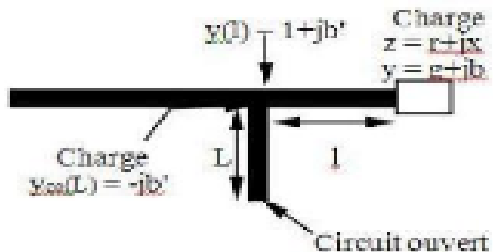


Figure I.17-stub en circuit ouvert

I.8.3 Adaptation avec encoches

Pour adapter l'antenne, on utilise des encoches, il suffit de modifier la géométrie du patch. Les dimensions des encoches [8].



Figure I.18-Patch rectangulaire

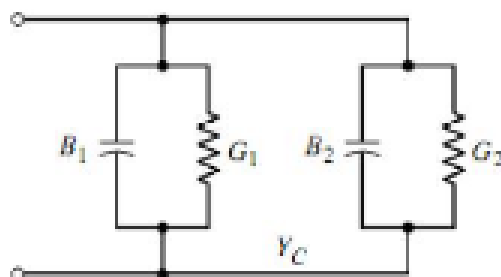


Figure I.19- L'équivalence en circuit

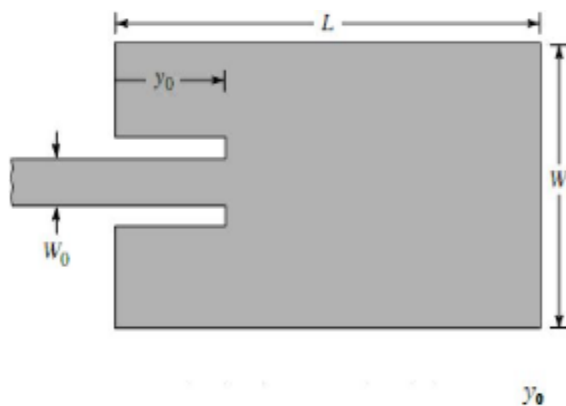


Figure I.20-Patch adapté par encoches de longueur

I.9 Avantage et limitation des antennes patch

Les antennes microstrip présentent de nombreux avantages comparés aux antennes micro-ondes classiques et leurs applications couvrent le large domaine de fréquence: 100 MHz À100 GHz[9]. Certains avantages sont les suivants:

- Faible poids, encombrement réduit, configurations conformes possibles;
- Faible coût de fabrication, production en masse possible;
- Polarisation linéaire et circulaire pour les télécommunications;
- Antennes multi bandes, multi polarisations possibles;
- Compatibilité avec les circuits hybrides et MMIC(Microwave Monolithic Integrated Circuit).Réseaux d'alimentation et d'adaptation fabriqués simultanément avec l'antenne [9].

Toutefois, les antennes micro ruban ont également des limitations que ne présentent pas les antennes traditionnelles:

- Bande passante étroite, souvent associée avec les problèmes de tolérances (géométriques et physiques);
- Généralement faible gain (6 dB);
- La plus part des antennes rayonnent uniquement dans le demi-plan;
- Supportent uniquement des faibles puissances (100 W);
- Pertes de rayonnement par ondes de surfaces.

Ces limitations sont connues depuis plusieurs années et des progrès considérables ont été réalisés depuis pour améliorer les performances des antennes patch. Notamment, leur bande passante peut être augmentée jusqu'à 70 % en utilisant une configuration multicouche et leur gain peut s'accroître de 30 % en mettant en réseau plusieurs antennes[9].

I.10 Applications des antennes patches microruban

Vu l'explosion technologique dans la télécommunication et les recherches scientifiques continues concernant les antennes imprimés, et vu les exigences multiples dans le domaine de communication, l'utilisation des antennes micro-ondes classiques devient incapable de répondre à ces exigences. Pour cette raison, les antennes microbandes remplacent les antennes classiques dans la plupart des applications

[10], Parmi ces applications on cite :

- Les télécommunications par satellites.
- La commande et contrôle.
- La télémétrie par missile.
- Les équipements portatifs.
- Les éléments d'alimentation dans les antennes complexes.
- Les antennes d'émission utilisées en médecine.
- Les récepteurs satellite de navigation.

I.11 Conclusion

La technologie microruban en général, et les antennes patch en particulier connaissent un succès croissant auprès des industriels et des professionnels de télécommunication, qu'elle soit spatial ou terrestre. Il est nécessaires de bien définir l'intégralité des paramètres des antennes, afin de prévoir son comportement avant même la réalisation d'une part, et de s'assurer qu'elle se conformera aux exigences des systèmes d'autre part.

Dans ce chapitre, on a présenté une description générale des antennes imprimées, leurs fonctionnement, leur caractéristique et leur les technique d'alimentation, ainsi quelles avantages et limitation et leurs applications. Nous nous intéresserons sur les calculs des paramètres des trois formes rectangulaires, triangulaires et circulaires, dont nous allons présenter les principales fonctionnalités de l'interface graphique sous matlab dans le chapitre suivant.

Chapitre II :

Présentation de l'INTERFACE

GRAPHIQUE SOUS MATLAB

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

II.1 Introduction :

MATLAB est un système interactif et convivial de calcul numérique et de visualisation graphique destiné aux ingénieurs et scientifiques. Il possède un langage de programmation à la fois puissant et simple d'utilisation. Il permet d'exprimer les problèmes et solutions d'une façon aisée[11].

Dans ce chapitre nous allons présenter l'interface graphique MATLAB et les objets utilisés lors de nos simulations.

II.2 Interface du Guide MATLAB

Guide MATLAB est doté d'une interface facile à utiliser composé d'un menu, d'une barre à outils, d'une palette d'objets et d'un espace dédié au placement des objets dont on est besoin. La figure suivante présente l'interface du GUIDE Matlab et ses différents éléments de base[11].

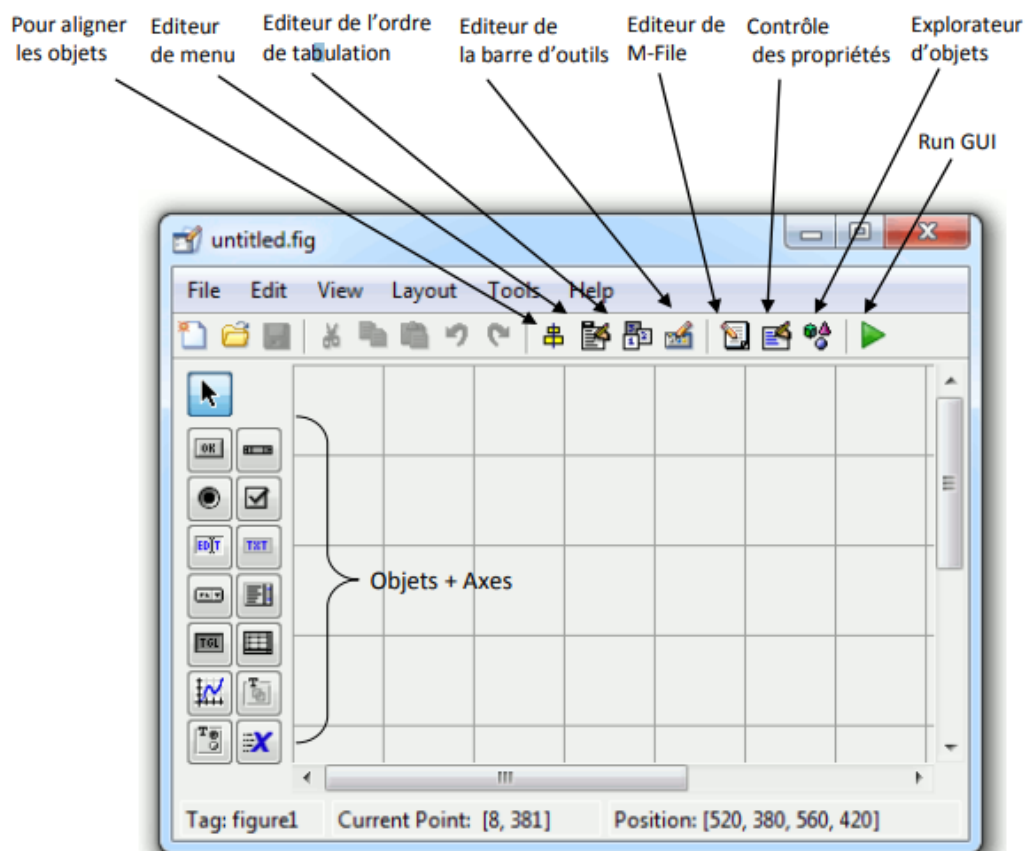


Figure II.1-Fenêtre principale du Guide

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

II.2 .1 Plan de disposition

C'est le plan sur lequel seront disposés les différents composants. Il constitue l'interface graphique GUI qui sera présentée à l'utilisateur. Le plan de disposition lui-même possède un inspecteur de propriétés au même titre que les composants.

Pour le GUI de notre projet, le plan de disposition de l'interface est présenté figure II.2. Il comprend à gauche un certain nombre de boutons et à droite trois axes où seront affichés les résultats.

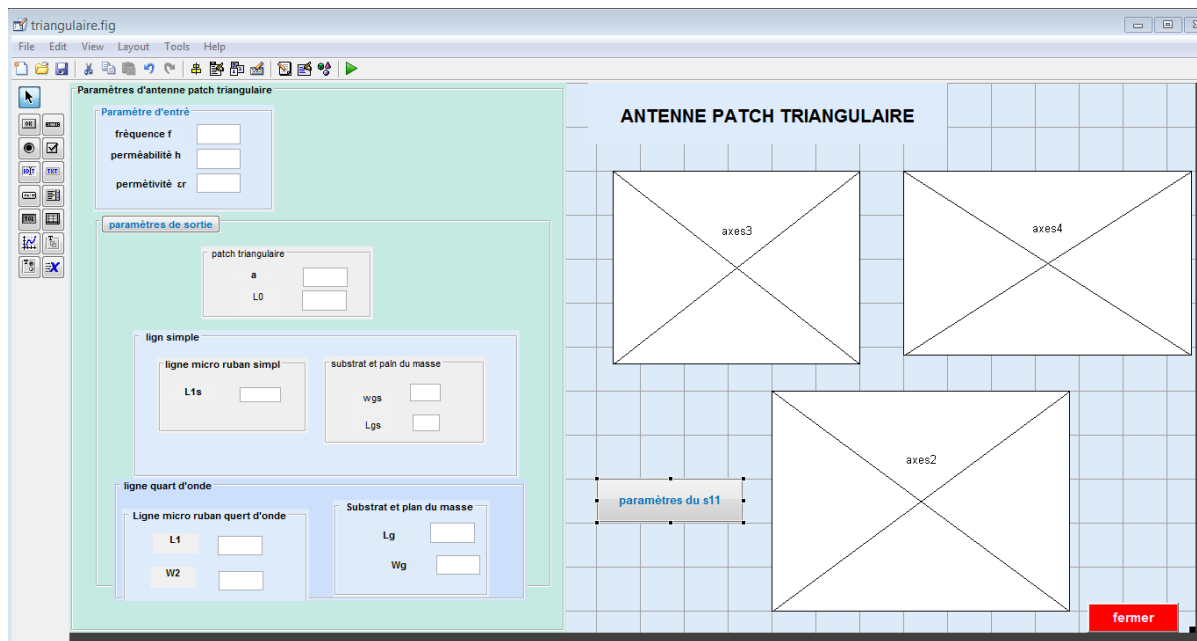


Figure II.2 – Plan de disposition du GUI

II.2.2 Objets graphiques

Sous MATLAB, les objets graphiques sont disposés selon une hiérarchie pyramidale parent-enfant, voir la figure suivante :

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

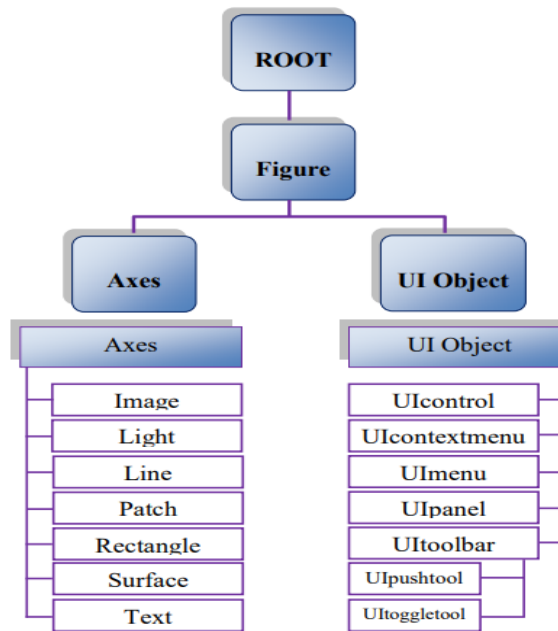


Figure II.3- Hiérarchie parent-enfants des objets

Au sommet de la hiérarchie se trouve l'objet Root. Cet objet est invisible (on peut le représenter comme étant l'écran de l'ordinateur). Ensuite, on trouve les objets de type Figure. Ce sont les conteneurs visibles où sont disposés tous les autres objets enfants. Plusieurs objets Figure peuvent être ouverts simultanément et peuvent éventuellement communiquer entre eux [12].

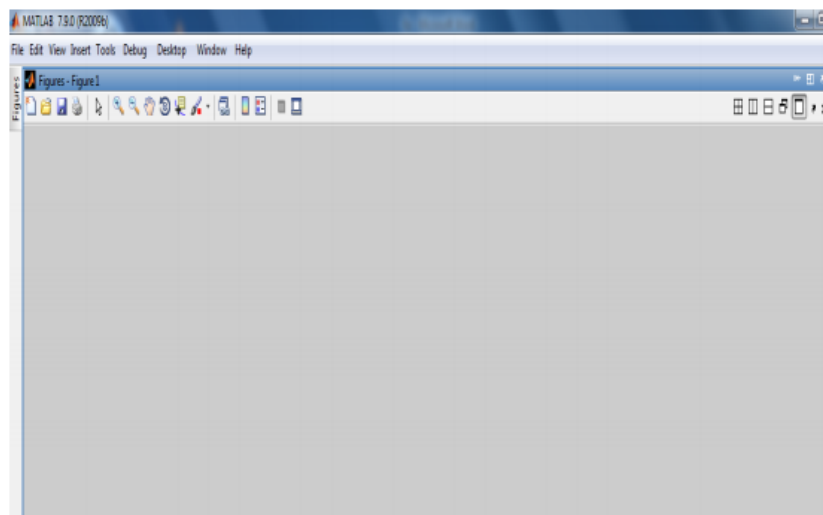


Figure II.4-Présentation d'une figure.

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

Viennent ensuite les objets de type Axes qui sont les zones de traçage des graphiques (2D ou 3D). Ces objets ont pour enfants, tous les objets représentant des résultats mathématiques (courbes, surfaces, images, .. etc.). Un objet Figure peut contenir plusieurs objets Axes simultanément [12].

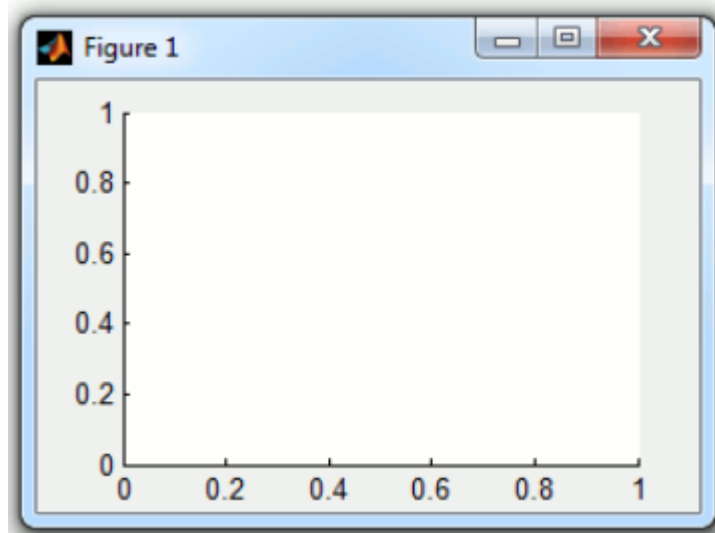


Figure II.5- Présentation d'un Axe.

On trouve également au même niveau les objets UI (User Interface), tels que des boutons, des menus, des cases à cocher...etc. Ces objets permettent à l'utilisateur d'interagir dynamiquement à la souris avec le GUI. Pour chaque nouvelle interface créée, nous avons dû réfléchir aux différentes composantes dont nous avons besoin (champs d'affichage simples, champs où l'utilisateur peut écrire, boutons, panneaux d'affichage, etc.) et les mettre en place en les sélectionnant dans la liste de composants située à gauche de la fenêtre et en déplaçant sur l'interface à créer (voir figure 1.3)[12].

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

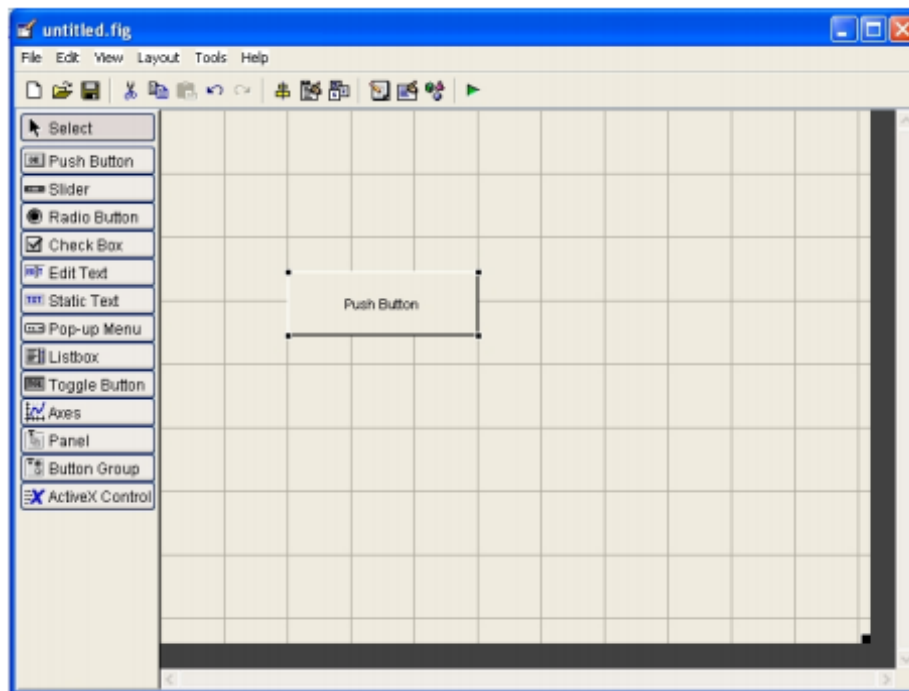


Figure II.6- Création d'une nouvelle interface graphique

Une fois tous les composants mis en place, il a fallu leur définir des valeurs par défaut. Par exemple, pour les champs où l'utilisateur peut entrer des données, il a fallu indiquer ce qu'ils affichent au départ, lorsque l'utilisateur n'a encore rien entre. On peut également choisir, entre autres, la taille, la couleur et la position d'un composant donne. Enfin, on sauvegarde le tout en un fichier avec l'extension [12].

Pour notre interface graphique nous avons élaboré les objets suivants :

Axes : permet l'affichage de l'image d'antenne désiré et deux autres pour afficher les résultats du logiciel CST citer au chapitre III.

Static Text : Pour nos titres et nos sous titres.

Push Button : « ouvrir » pour passer à l'interface suivante et une Botton pour fermer la fenêtre de l'interface et une autre pour afficher notre paramètres de sortie

Edit Text : pour entrer et sortir notre paramètres de calcules.

panel : permet de grouper plusieurs objets exemple : paramètre d'entré.

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

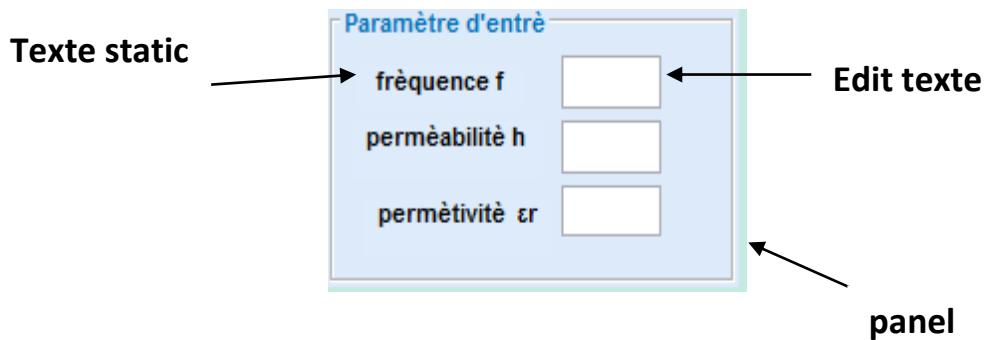


Figure II.7- Objet panel

II.2.3 Inspecteur de propriétés et le callback

Chacun de ces composants ainsi que le plan de disposition possèdent un inspecteur de propriétés obtenu par clic droit "Property Inspector" ou par double clic sur le composant ou plan de disposition. C'est au travers de cet inspecteur que sont définies les propriétés, les données et les actions relatifs au composant sélectionné. (Position, couleur, action, etc.) qui sont définies à sa création et qui peuvent être modifiées dynamiquement au cours du fonctionnement du GUI [13]. Un exemple d'inspecteur de propriétés du pushbutton est présenté Figure II.8.

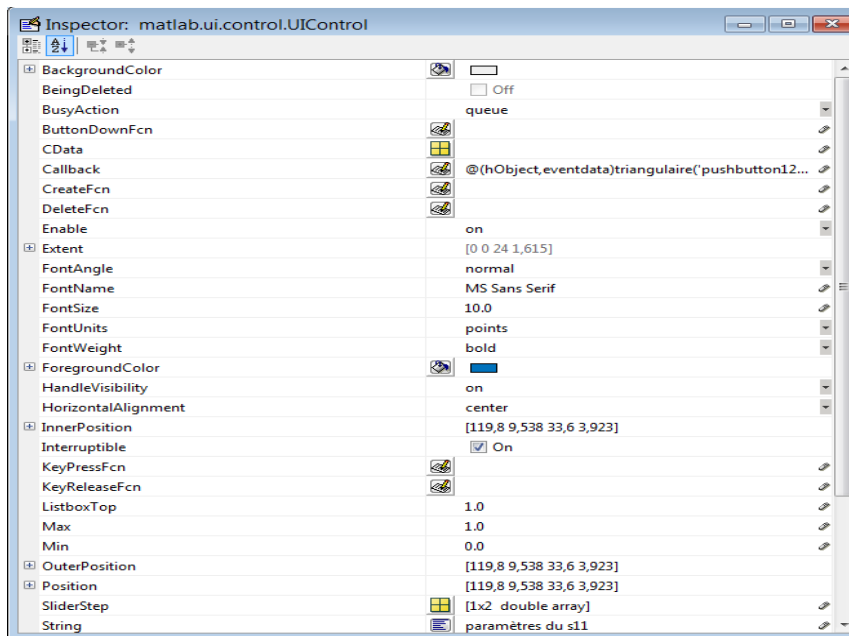


Figure II.8-Inspector de pushbutton.

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

Parmi ces propriétés, les plus importantes concernant l'interaction avec l'utilisateur sont les callbacks. Quand un évènement est généré par l'utilisateur (click sur la souris, activation d'une touche...), le logiciel Matlab fait appel au callback lié à cet évènement et exécute le code défini par le programmeur qui y est associé [13]. Il existe vingt types de callback qui sont disponibles en fonction du type de composant choisi.

Pour le Pushbutton de l'exemple figure 4.4, il en contient cinq types qui sont :

ButtonDownFcn : s'exécute lors de l'appui sur un bouton de la souris alors que le pointeur de la souris est sur un composant ou une figure.

Callback : s'exécute, par exemple, lorsque l'utilisateur clique sur un Push Button, sélectionne un Radio Buttons, choisit une option d'un Pop-up Menu...

CreateFunction : s'exécute entre la création du composant et son affichage ;

DeleteFunction : s'exécute juste avant la destruction du composant ;

KeyPressFunction : s'exécute lorsque l'utilisateur appuie sur une touche du clavier tout en ayant le focus sur ce composant.

Chaque callback est défini comme une fonction prenant trois arguments en entrée :

HObject : nombre correspondant à l'identifiant du composant dont le callback dépend,

EventData : structure contenant les données des évènements générés par le composant ou le plan de disposition (pour les Pushbutton et autres composants qui ne génèrent aucune donnée d'évènement, cet argument contient une matrice vide).

Par exemple, le callback KeyPressFcn associé au plan de disposition permet de connaître la touche du clavier activée par l'utilisateur, sa valeur (a, b, c,...x, y, z, return...) est alors mémorisée dans la structure eventdata. Il est ainsi possible d'utiliser ces données pour effectuer des actions [13].

Handles : structure des identifiants et des variables du programme, elle peut être modifiée et mis à jour si nécessaire [13].

Chapitre II Présentation de l'interface graphique sous MATLAB

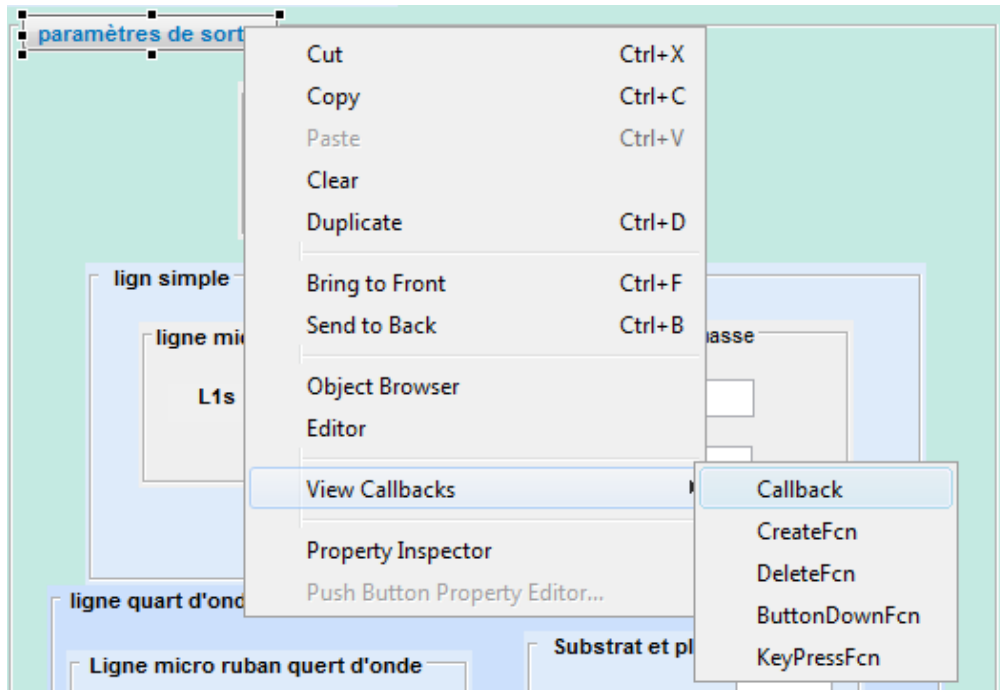


Figure II.9-Propriété de pushbutton.

Ces propriétés peuvent être récupérées et modifiées en utilisant l'identifiant de l'objet et les fonctions GET et SET [11].

- SET : attribuer des valeurs à un paramètre spécifique d'un objet
- GET : obtenir des valeurs d'un objet

On utilise les syntaxes suivantes :

- GET (handles. Nom de l'objet. 'le paramètre')
- SET (handles. Nom de l'objet. 'le paramètre', 'valeur') [11].

La fonction « str2num »: elle permet de convertir un tableau de caractères ou une chaîne scalaire en matrice numérique.

II.3 Conclusion

Le programme GUIDE de Matlab permet de construire des GUI permettant de configurer des paramètres et visualiser les résultats d'un code Matlab souvent complexe:

Grace à ce projet, nous avons pu découvrir une grande partie du logiciel MATLAB que nous n'avons pu voir en cours par manque de temps. Ce projet nous a appris à prendre en compte l'ergonomie d'un programme, et de se placer du point de vue d'un utilisateur n'ayant pas de connaissances particulières en géométrie et en analyse numérique.

Chapitre III :

Simulation et Résultats

III.1 Objectif

L'objectif de notre travail est de réaliser une interface graphique sous MATLAB permettant de calculer les paramètres des antennes patch : rectangulaire, triangulaire et circulaire puis de tracer leurs caractéristiques à l'aide du logiciel CST.

III.2 Cahier de charge

Nous avons choisi de simuler nos antennes patch sous CST avec les données suivantes :

Patch : rectangulaire, circulaire, triangulaire.

Substrat: FR4 Lossy ($h=1.6\text{mm}$, $\epsilon_r=4.3$).

Fréquence de résonance : $f_r = 5\text{GHz}$.

III.3 Conception et réalisation de l'interface graphique(GUI) :

Dans cette partie on va créer des interfaces sous logiciel Matlab « gui », la figure III.1 montre un schéma explicatif de notre travail. Une interface principale est créée avec des sous-interfaces pour chaque forme d'antennes patch proposé.

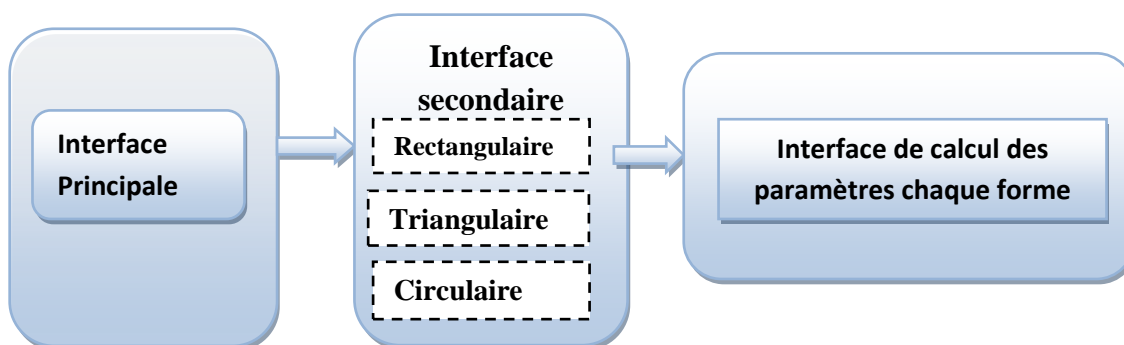


Figure III.1-Schéma explicatif d'interface.

III.3.1 interface principale

C'est une interface simple, comporte une page de garde de notre travail :

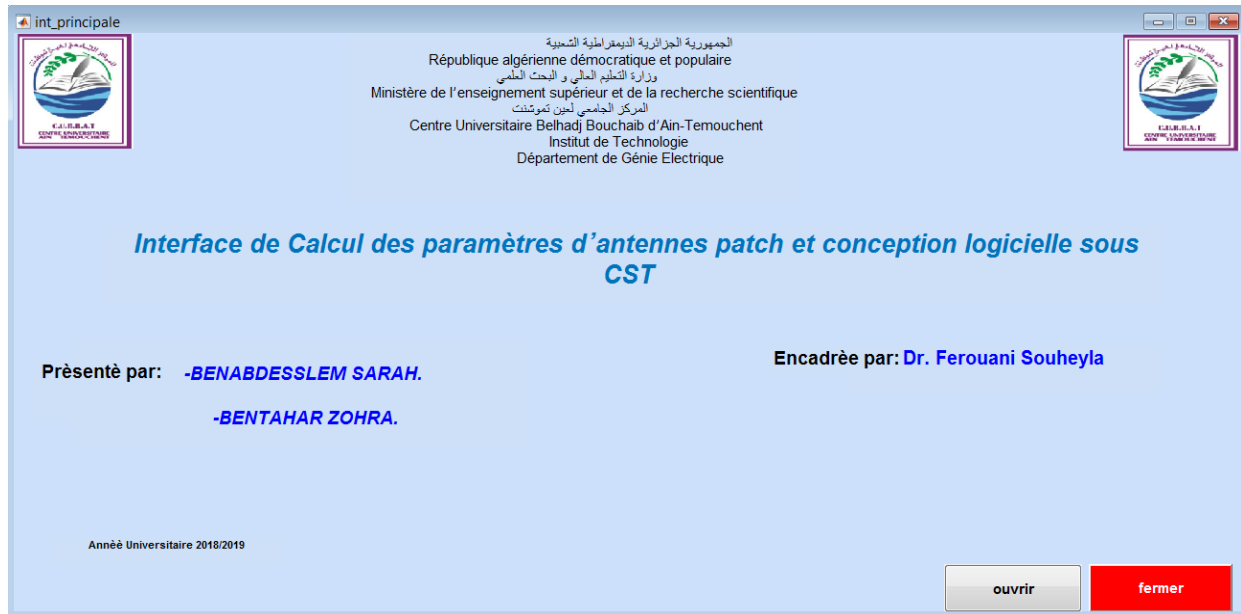


Figure III.2- Interface principale.

III.3.2 interface secondaire

Cette interface rassemble trois autre interface du calculs des paramètres de chaque forme :

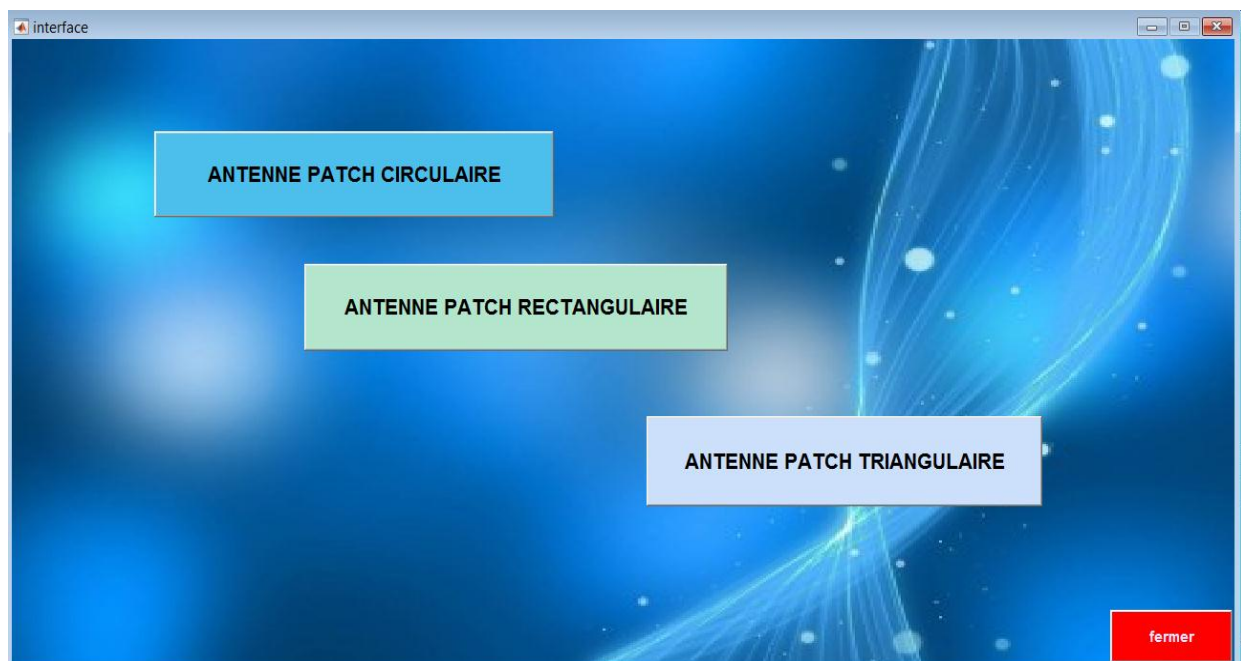


Figure III.3- Interface secondaire.

III.3.2.1 Interface de l'antenne patch rectangulaire

La Figure III.4 présente l'interface graphique de l'antenne patch rectangulaire :

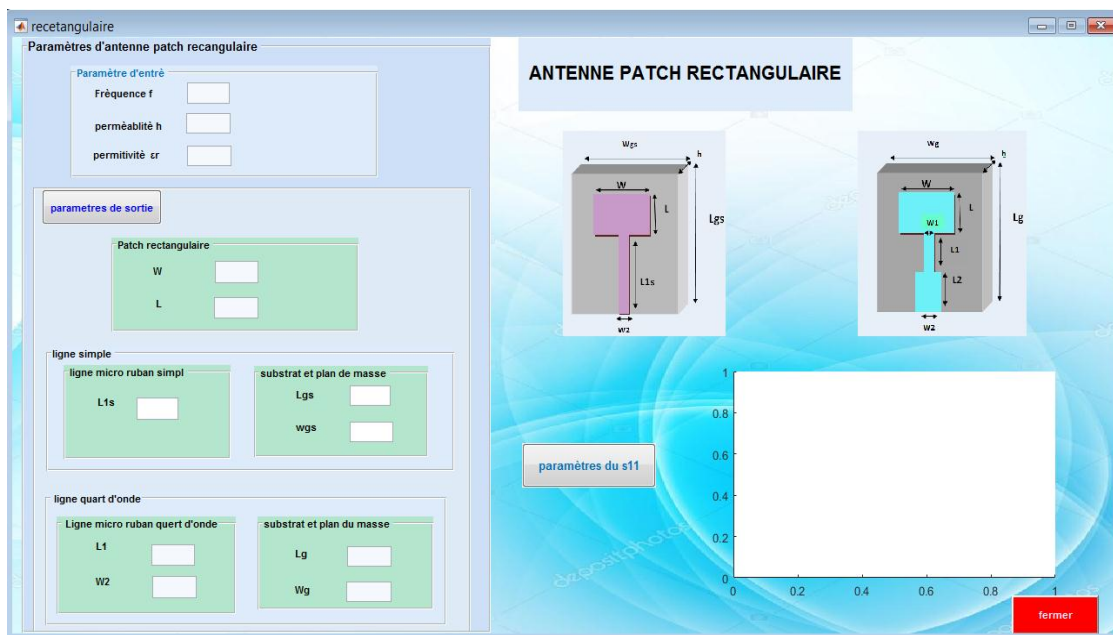


Figure III.4-Interface de patch rectangulaire.

Selon le cahier de charges citées ci-dessus, les résultats de calcul des paramètres et le paramètres de S11 sont affichés sur les figures III.5- III.6 :

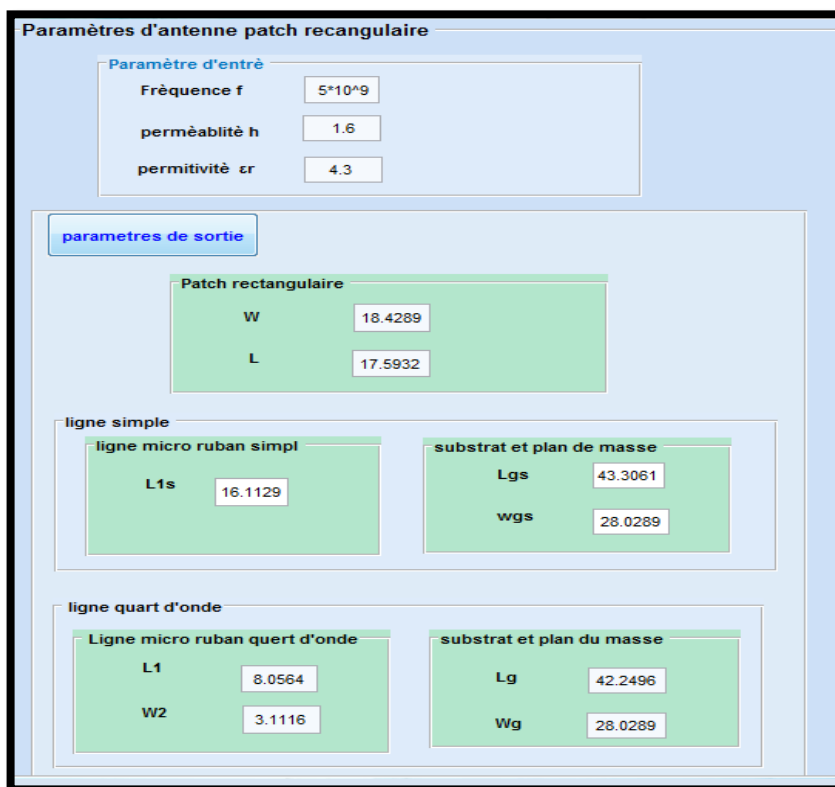


Figure III.5-Paramètres de l'antenne patch rectangulaire.

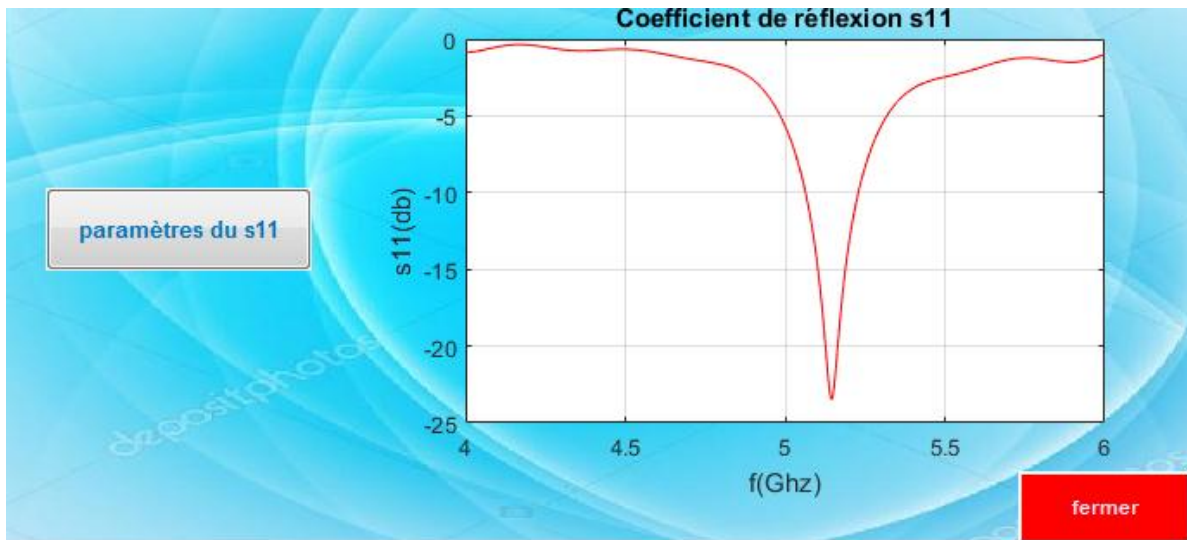


Figure III.6-Paramètre de S11.

III.3.2.2 interface de l’antenne patch triangulaire

La Figure III.7 présente l’interface graphique de l’antenne patch triangulaire :

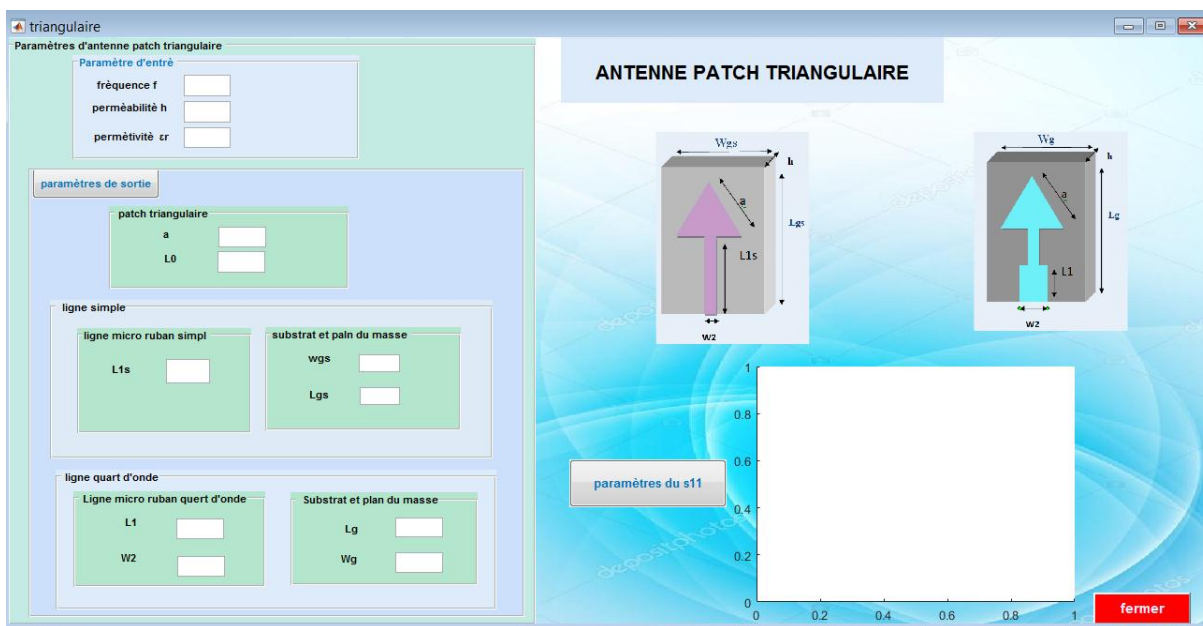


Figure III.7-Interface d’antenne patch triangulaire.

Selon le cahier de charge cité ci-dessus, les résultats de calcul des paramètres et du S11 sont affichés sur les figure III.8 et figure III.9 :

Paramètres d'antenne patch triangulaire

Paramètre d'entrée

fréquence f	5*10^9
perméabilité h	1.6
perméabilité ϵ_r	4.3

paramètres de sortie

patch triangulaire

a	19.2897
L0	14.9894

ligne simple

ligne micro ruban simpl		substrat et pain du masse	
L1s	18.4289	wgs	28.8897
		Lgs	43.0183

ligne quart d'onde

Ligne micro ruban quart d'onde		Substrat et plan du masse	
L1	9.2144	Lg	38.8038
W2	3.1116	Wg	28.8897

Figure III.8-Résultats d'antenne patch triangulaire.

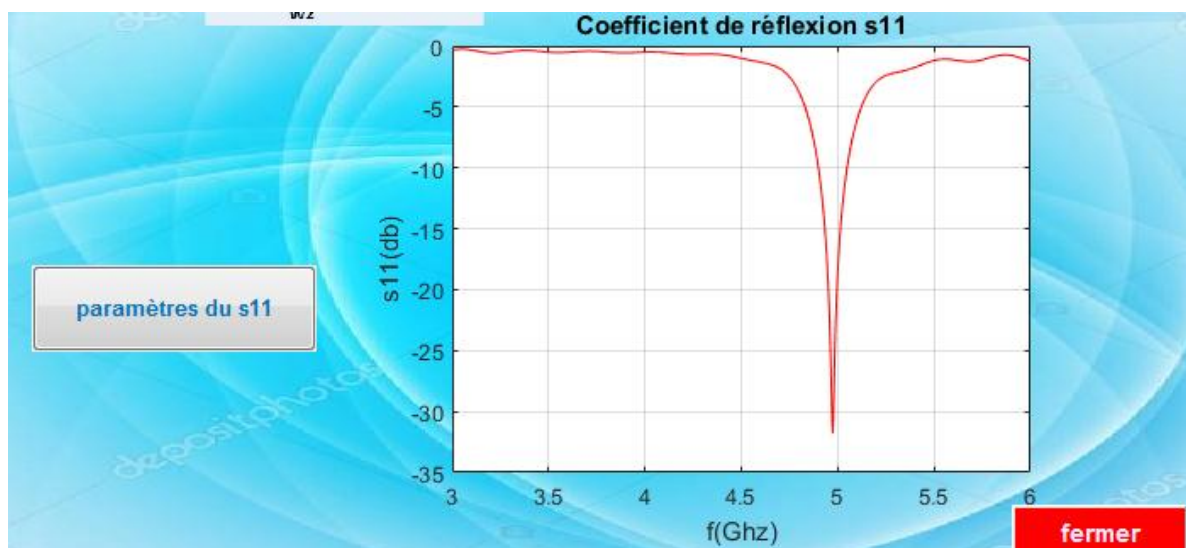


Figure III.9-Paramètres de S11.

II.3.2.3 Interface d'antennes patch circulaire

La Figure III.8 présente l'interface graphique de l'antenne patch circulaire :

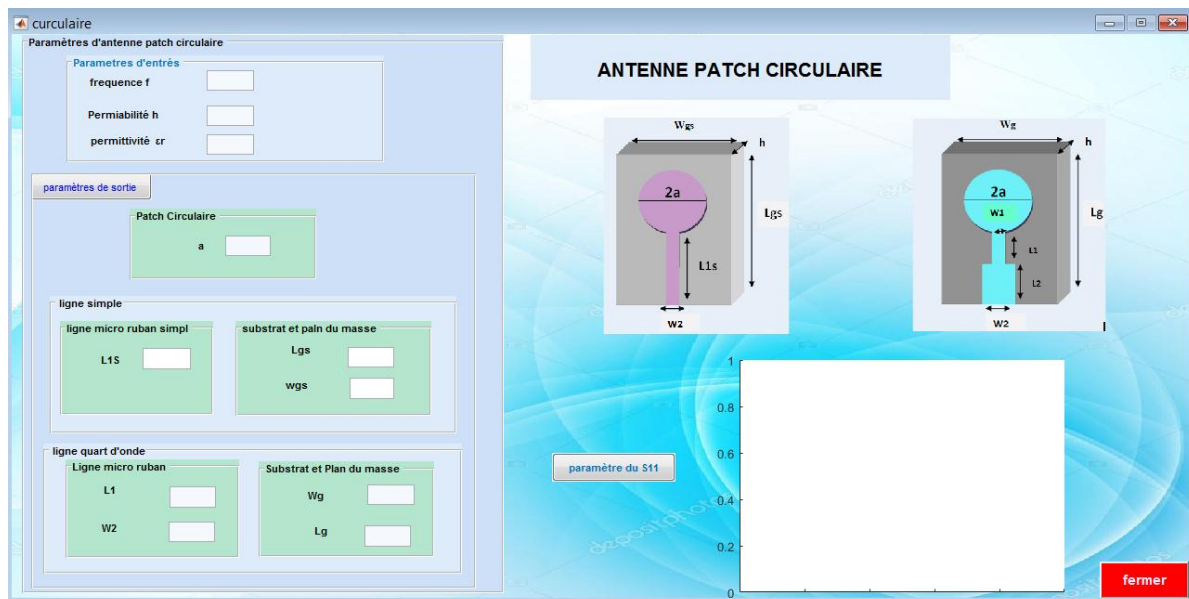


Figure III.10-Interface graphique d'antennes patch circulaire.

Selon le cahier de charges citées ci-dessus, les résultats de calcul des paramètres et le paramètre de S11 sont affichés sur la figure III.11-12 :

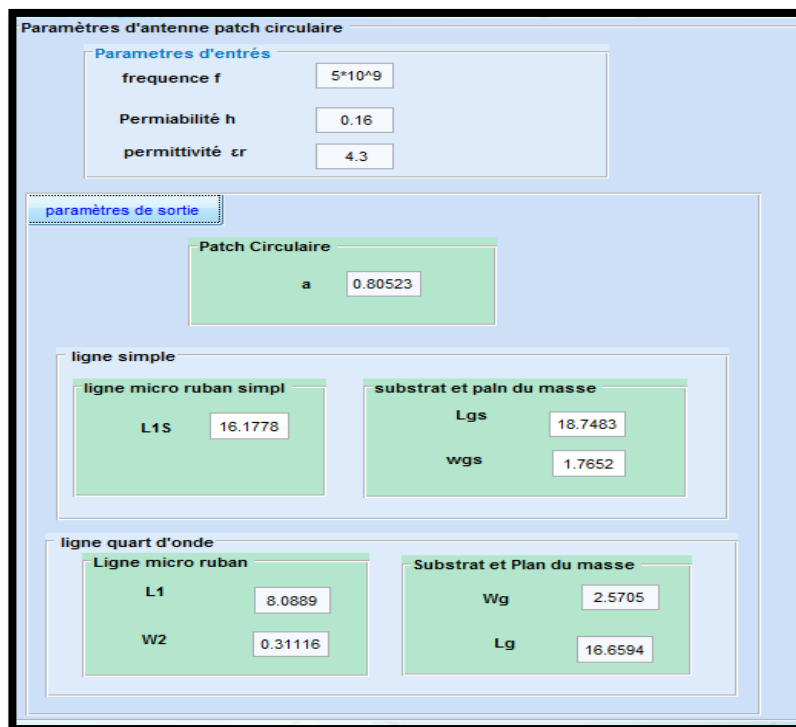


Figure III.11-Résultats d'antenne patch circulaire.



Figure III.12- Paramètres de S11.

III.4 Conception et réalisation des antennes patch par logiciel cst

III.4.1 Antenne patch rectangulaire avec ligne microruban

La première antenne étudiée est une antenne patch rectangulaire, alimentée et adaptée par une ligne micro ruban simple. Les dimensions de notre antenne sont calculées à partir du tableau 1 cité au chapitre I.

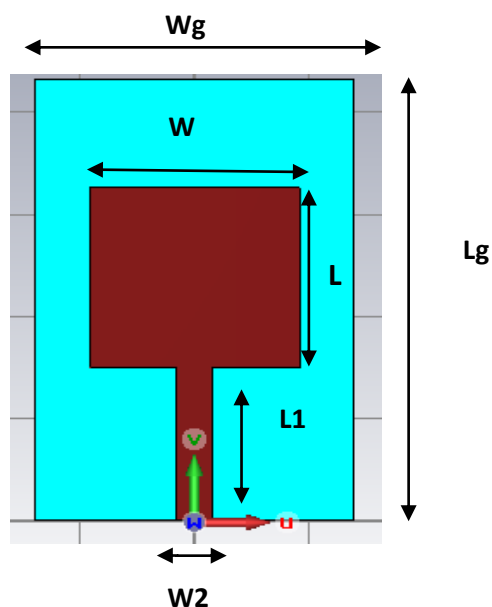


Figure III.13-Antenne patch rectangulaire par ligne simple.

Les valeurs des paramètres de l'antenne patch rectangulaire calculé à l'aide de l'interface graphique sont données par :

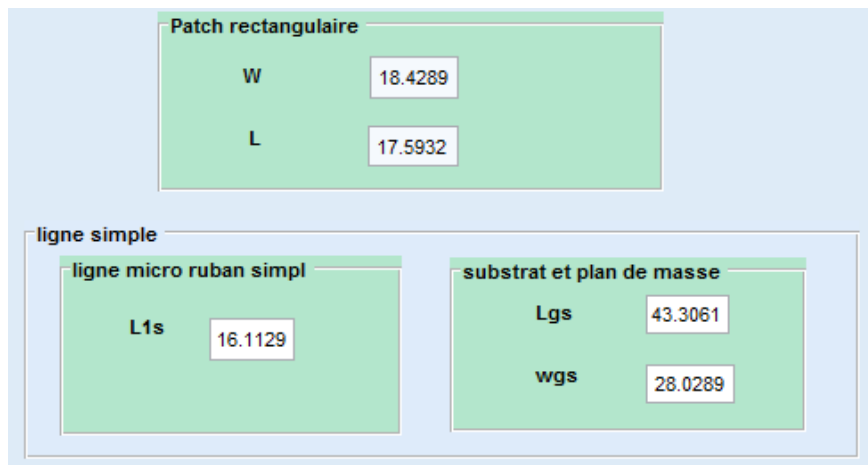


Figure III.14-Paramètres de l'antenne patch rectangulaire.

III.4.1.1 Résultats de la simulation

III.4.1.1.1 Coefficient de réflexion S [1,1] de l'antenne rectangulaire avec une ligne micro ruban simple

Nous avons représenté le coefficient de réflexion S11 permettant de visualiser le niveau d'adaptation à la fréquence de résonance 5GHz :

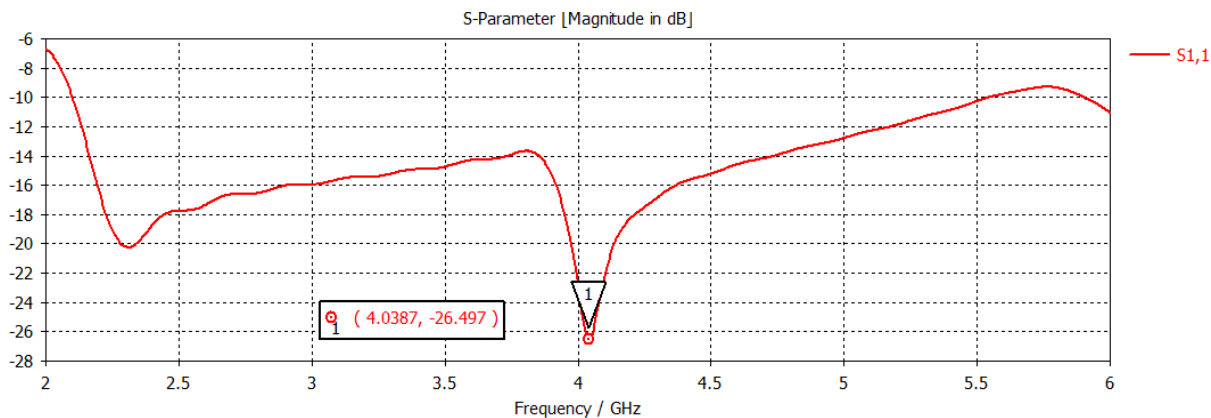


Figure III.15- Coefficient de réflexion S11.

Nous avons obtenu une fréquence de 4.03GHz avec un paramètre S11 de -26.4 dB.

III.4.1.1.2 Adaptation de l'antenne avec une ligne quart d'onde

III.4.1.1.2.1 Description

L'antenne de la Figure III.15 résonne à la fréquence 4.03GHz, nous devons l'adapter à une fréquence de 5GHz, pour cela nous avons utilisé deux techniques d'adaptation à savoir l'usage de ligne microruban quart d'onde reliée au bord de l'antenne et les fentes au niveau du patch rectangulaire.

III.4.1.1.2.2 Coefficient de réflexion S_{11}

Les dimensions de l'antenne patch avec ligne quart d'onde sont données sur la figure III.16 :

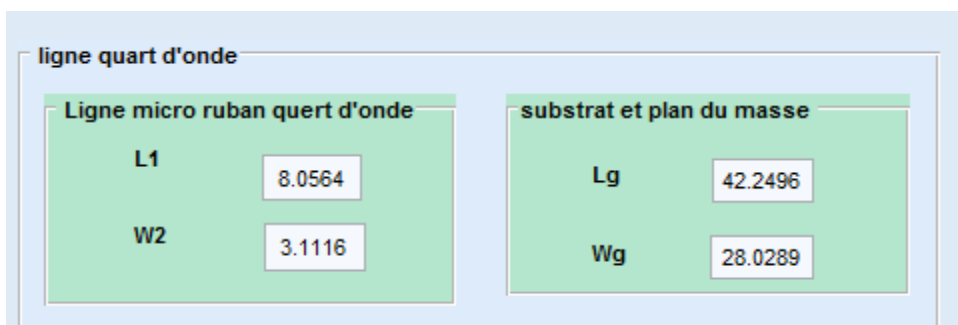


Figure III.16-Paramètres de ligne quart d'onde

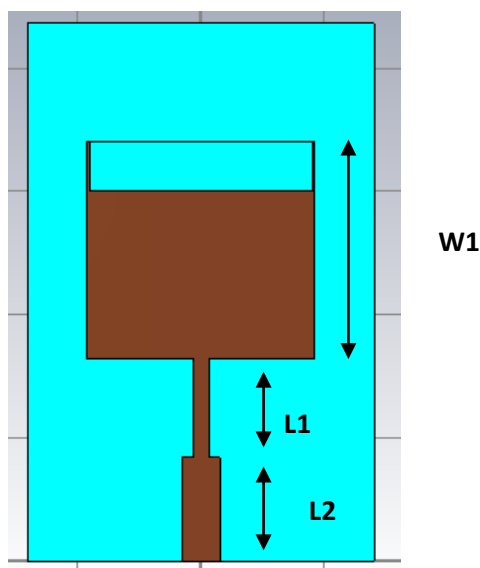


Figure III.17-Antenne patch rectangulaire pa rune ligne quart d'onde.

Les résultats du coefficient de réflexion obtenue par le logiciel CST Microwave studio sont Présentés dans la figure (III.18).

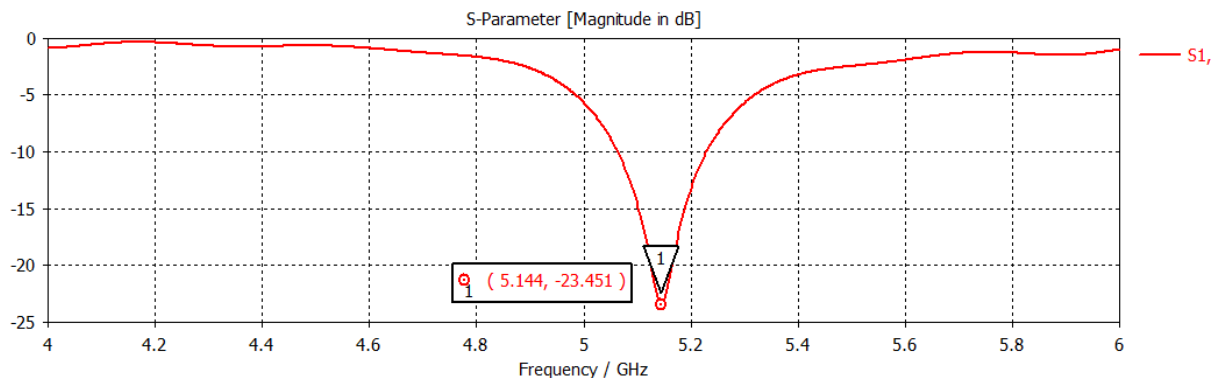


Figure III.18-Coefficient de réflexion S_{11} .

Nous avons pu obtenir une fréquence 5.1GHz avec un S_{11} de -23.45 dB.

III.4.1.1.2.3 Diagramme de rayonnement de l'antenne adaptée

CST permet de visualiser les diagrammes de rayonnement 3D de l'antenne. C'est une représentation qui nous informe sur le gain et la directivité de l'antenne. Il nous donne la possibilité de visualiser le rayonnement sur un plan polaire ; ceci nous donne une idée sur l'angle d'ouverture .La figure III.19montre les diagrammes de rayonnements polaire et 3D:

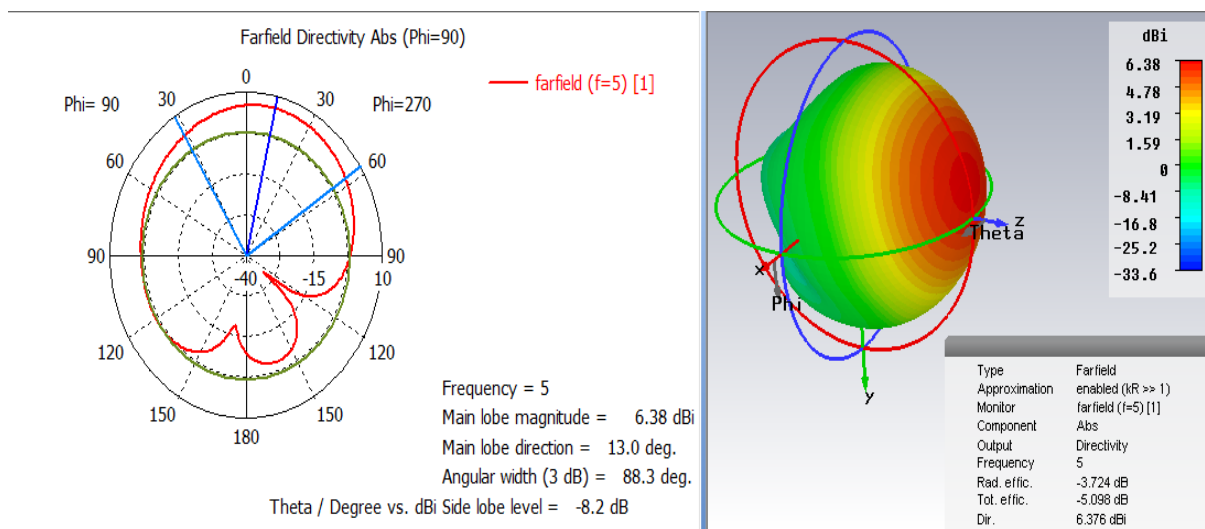


Figure III.19-Diagramme de rayonnement 3D et polaire.

Le tableau III.1présente les résultats du gain et directivité et l'angle d'ouverture à la fréquence 5 GHz :

Fréquence	Gain	Directivité	L'angle D'ouverture
5GHZ	2.653Db	6.376dBi	88.3°

Tableau III.1- Gain et directivité de l'antenne patch rectangulaire.

III.4.2 Antenne patch triangulaire avec ligne microruban

La deuxième antenne étudiée est une antenne patch triangulaire, alimentée et adaptée par une Ligne micro ruban. Les dimensions de notre antenne sont calculées à partir des équations de tableau [2] cités en chapitre I.

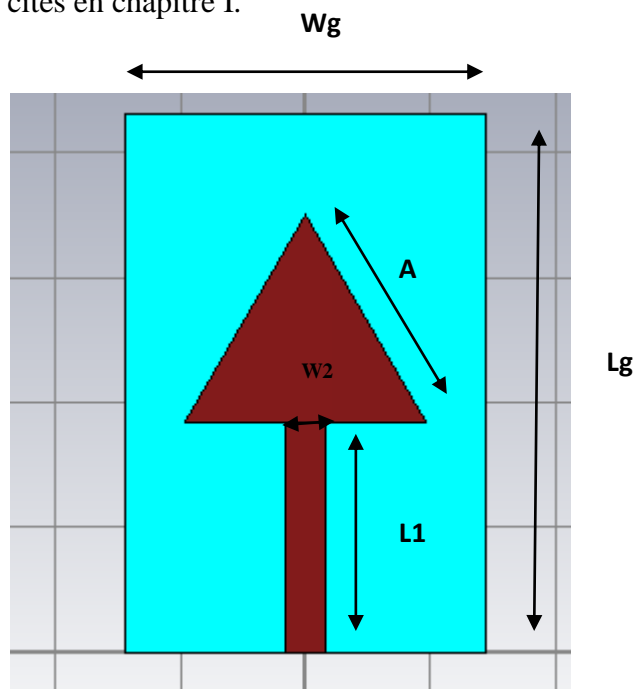


Figure III.20-Antenne patch triangulaire alimenté avec une ligne simple.

Les valeurs de ces paramètres sont mentionnées dans la figure III.21.

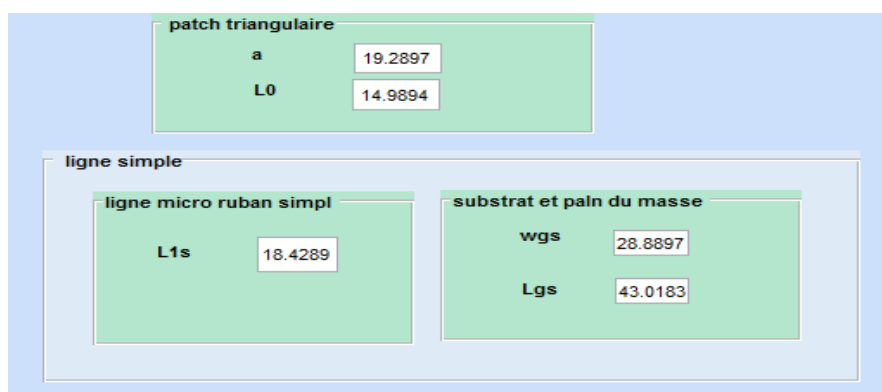


Figure III.21-Paramètres de L'antenne patch triangulaire alimenté par ligne simple.

III.4.2.1 Résultats de la simulation

III.4.2.1.1 Coefficient de réflexion $S_{1,1}$ de l'antenne triangulaire avec une ligne micro ruban simple

Nous allons représenter le coefficient de réflexion S_{11} , qui va nous permettre de visualiser le niveau d'adaptation et à fréquence de résonance désirée pour cette antenne triangulaire.

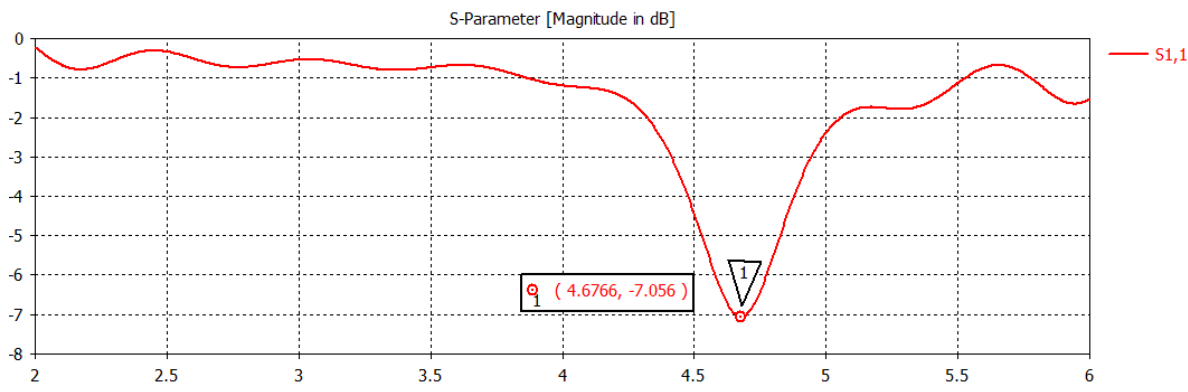


Figure III.22-Coefficient de réflexion S_{11}

Nous avons obtenu une fréquence de 4.6 GHz avec un paramètre S_{11} de -7.056dB.

III.4.2.1.2 Adaptation de l'antenne avec une ligne quart d'onde

III.4.2.1.2.1 Description

Nous devons adapter le paramètre S_{11} de la figure III. 22à une valeur inferieur à -10dB ; pour cela nous allons alimenter notre antenne par une ligne micro ruban quart d'onde reliée au bord de l'antenne. Dans ce cas le transformateur quart d'onde doit être placé entre la ligne microruban et l'antenne pour l'assortiment de l'impédance 50Ω comme l'antenne précédente.

III.4.2.1.2.2 Coefficient de réflexion $S_{1,1}$

Les dimensions de l'antenne triangulaire quarte d'onde sont données sur la figure III.23

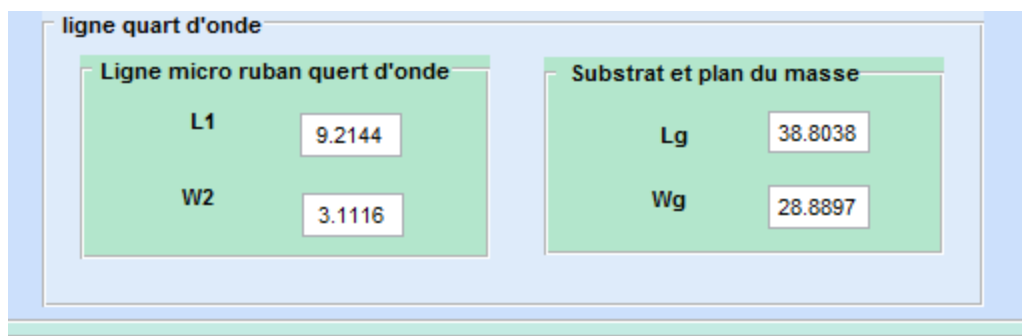


Figure III.23-Les dimensions de l'antenne triangulaire quarte d'onde.

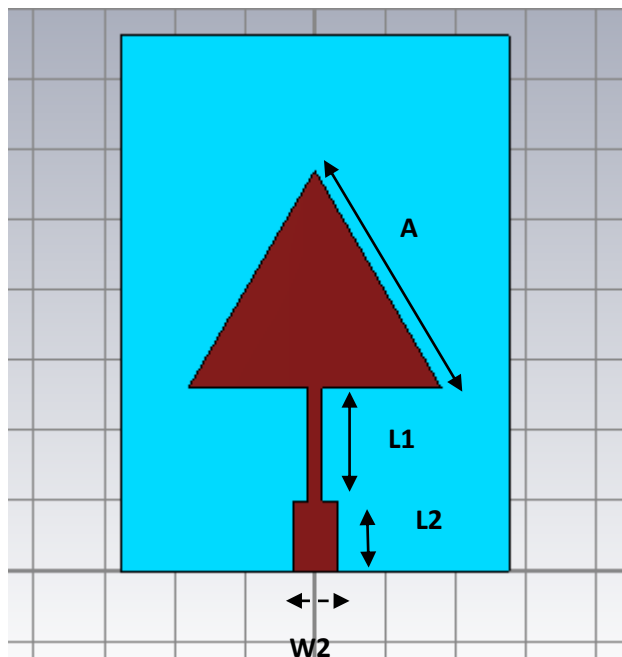


Figure III.24-Antenne patch triangulaire alimenté Par une ligne quarte d'onde

Les résultats du coefficient de réflexion obtenue par le logiciel CST Microwave studio sont Présentés dans la figure (III.25).

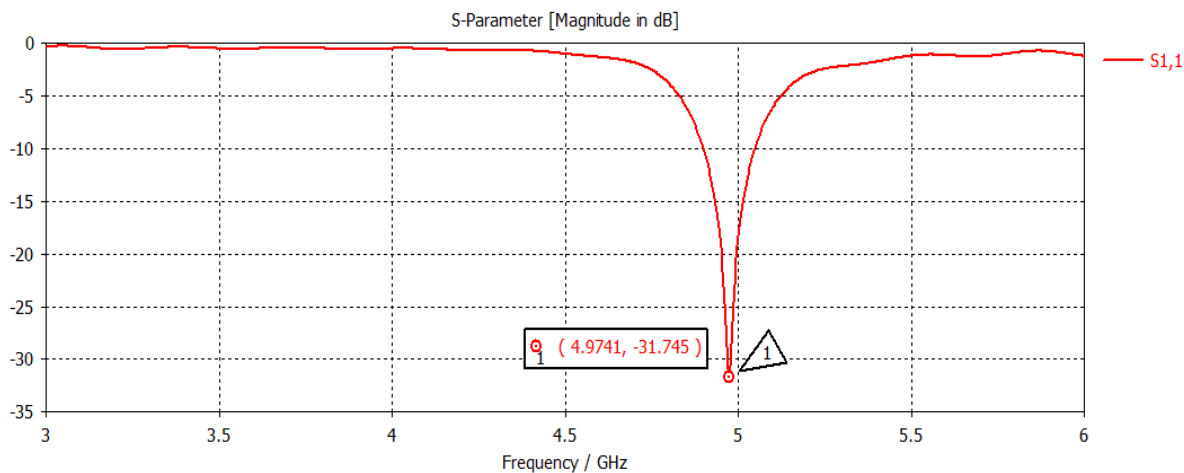


Figure III.25-Coefficient de réflexion 11

Nous avons obtenir une fréquence 4.97GHZ avec un S11 de -31.745dB.

III.4.2.1.2.3 Diagramme de rayonnement de l'antenne adaptée

La figure (III.26) représente le diagramme de rayonnement de l'antenne patch triangulaire

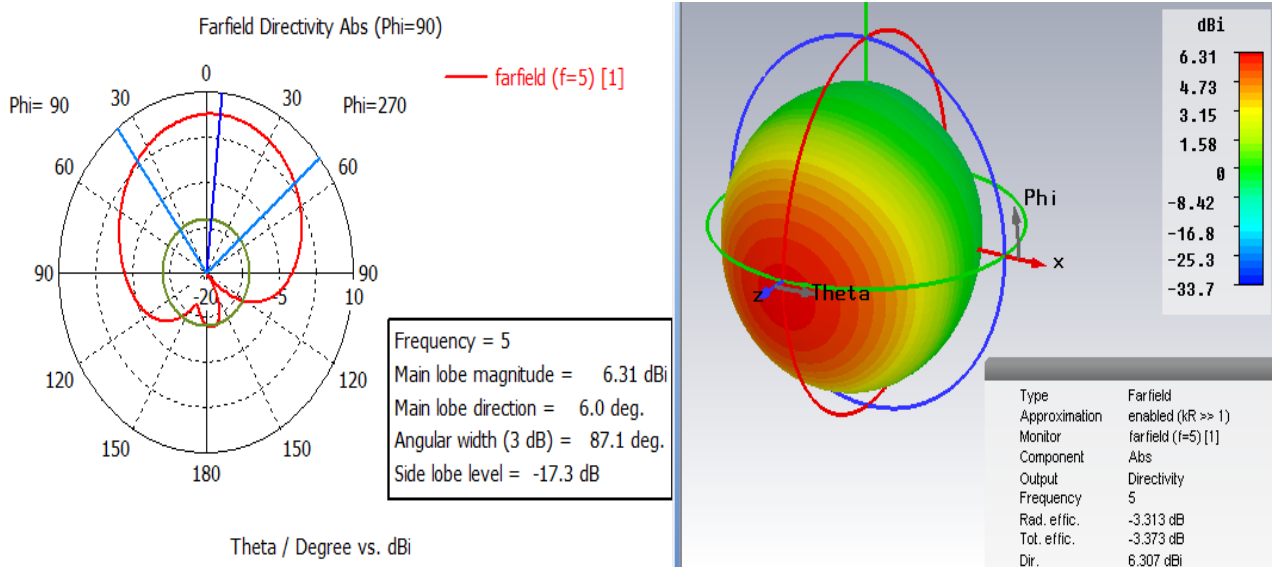


Figure III.26-Diagramme de rayonnement 3D et polaire.

Le tableau III.2 présente les résultats du gain et directivité et l'angle d'ouverture à la fréquence 5 GHz :

Fréquence	Gain	Directivité	L'angle D'ouverture
5GHZ	2.995Db	6.307dBi	87.1°

Tableau III.2-Gain et directivité de l'antenne patch triangulaire.

II.4.3 Antenne patch circulaire avec ligne microruban

La dernière antenne patch choisie est d'une forme circulaire alimenté par une ligne micro ruban avec les paramètres désiré dans les antennes précédente présentée dans la figure II.27 :

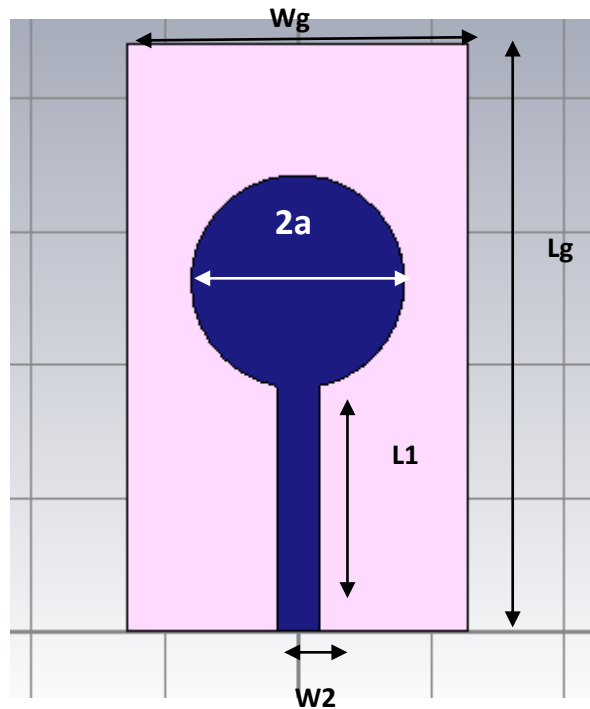


Figure III.27-Antenne patch circulaire alimenté par une ligne simple.

Les valeurs de ces paramètres sont mentionnées dans la figure III.28 :

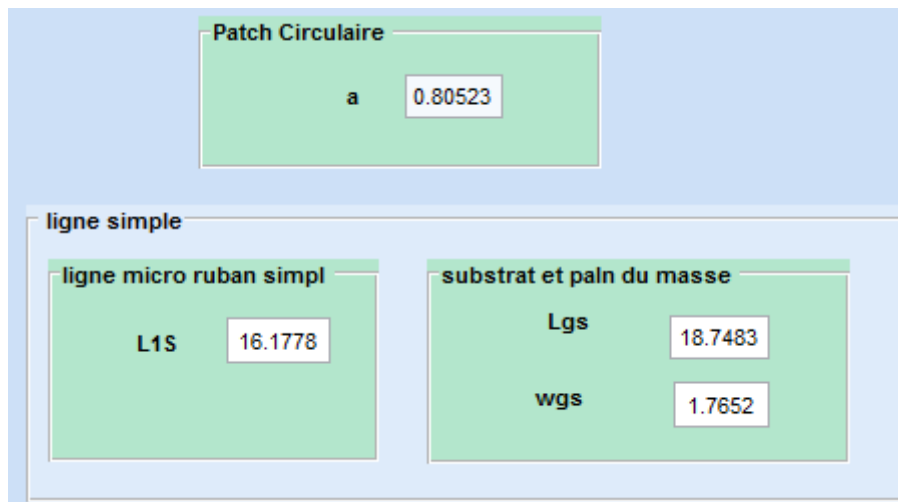


Figure III.28-Paramètres de l'antenne patch circulaire par Ligne simple.

III.4.3.1 Résultats de la simulation

III.4.3.1.1 Coefficient de réflexion S_{11} de l'antenne circulaire avec une ligne micro ruban simple

Nous allons représenter le coefficient de réflexion S_{11} , qui va nous permettre de visualiser le niveau d'adaptation et la fréquence de résonance désirée pour cette antenne circulaire.

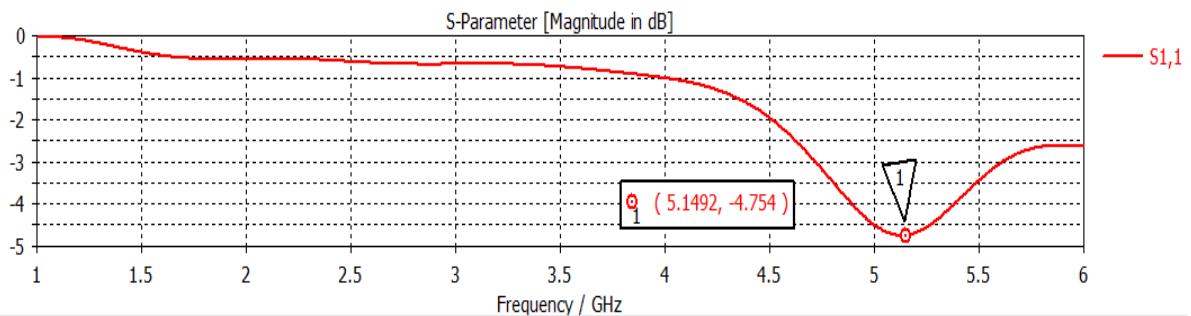


Figure III.29-Coefficient de réflexion S₁₁

Nous avons obtenu une fréquence de 5.1GHz avec un paramètre S₁₁ de -4.754dB, nous allons donc adapter l’antenne patch circulaire à la fréquence 5GHz.

III.4.3.1.2 Adaptation de l’antenne avec une ligne quart d’onde

III.4.3.1.2.1 Description

Nous devons adapter le paramètre S₁₁ de la figure II.29 à une valeur inférieure à -10 dB, pour cela nous allons alimenter notre antenne par une ligne microruban quart d’onde reliée au bord de l’antenne. Dans ce cas le transformateur quart d’onde doit être placé entre la ligne microruban et l’antenne pour l’assortiment de l’impédance 50Ω comme l’antenne précédente.

III.4.3.1.2.2 Coefficient de réflexion S [1,1]

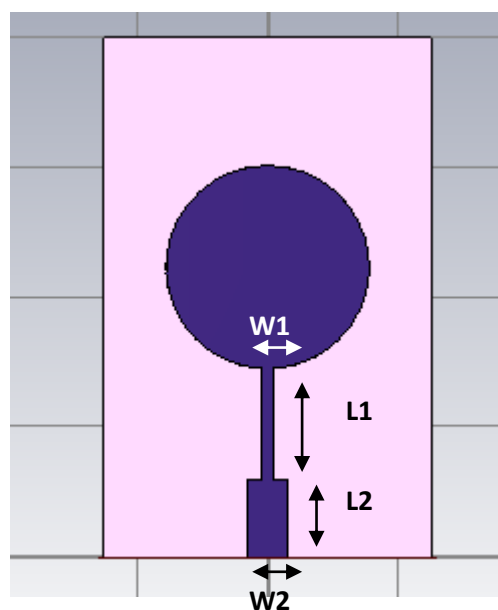


Figure III.30-Antenne patch circulaire alimenté par ligne quart d’onde.

Les dimensions de l’antenne circulaire quart d’onde sont données sur la figure III.31

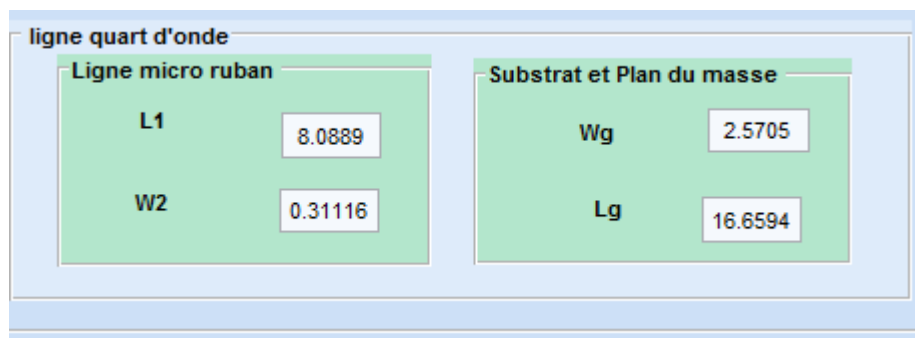


Figure III.31-Dimensions de l'antenne Circulaire par ligne quart d'onde.

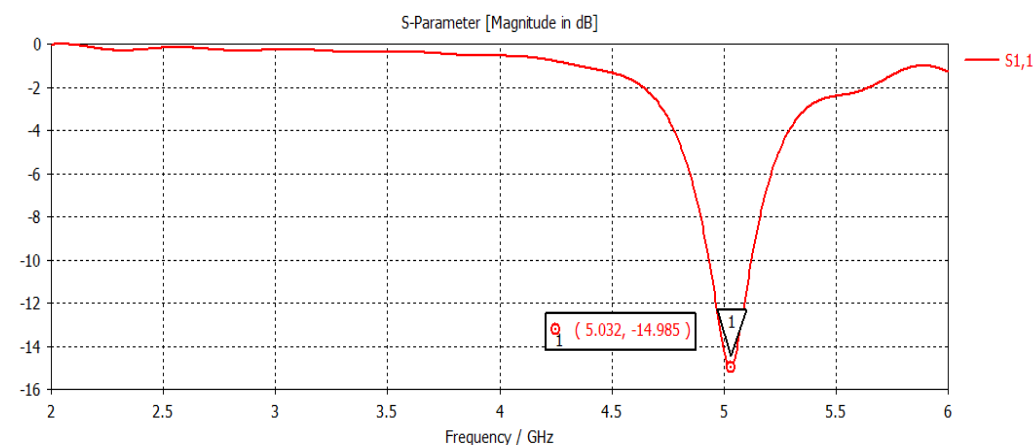


Figure III.32-Coefficient de réflexion S11.

Nous avons pu obtenir une fréquence 5.03GHZ avec un S11 de -14.985dB.

II.4.3.1.2.3 Diagramme de rayonnement de l'antenne adaptée

.La figure (III.33) montre le diagramme de rayonnement polaire et 3D :

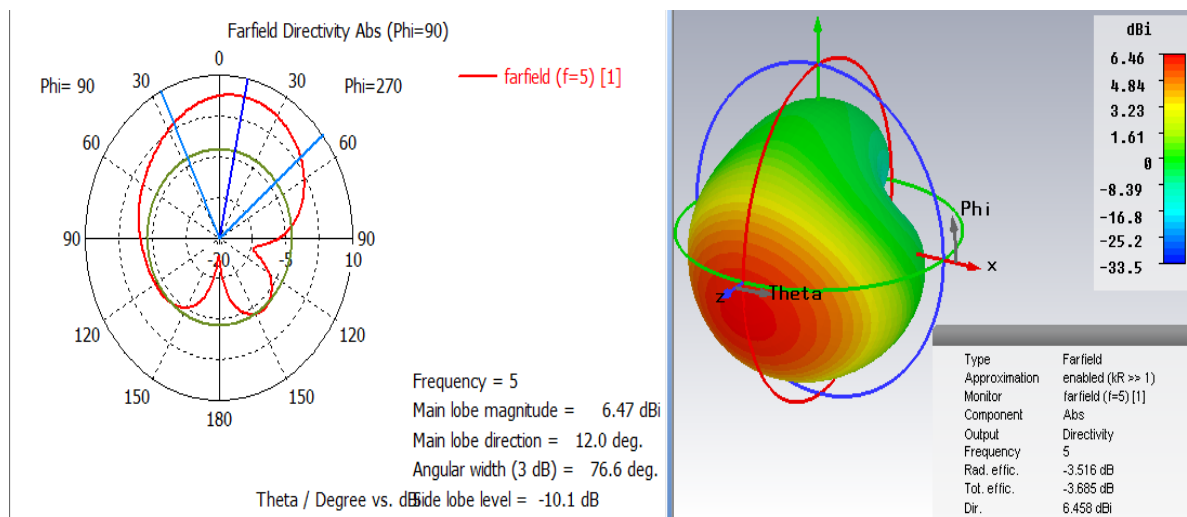


Figure III.33-- Diagramme de rayonnement 3D et polaire .

Le tableau II.3 présente les résultats du gain et directivité à la fréquence 5 GHz :

Fréquence	Gain	Directivité	L'angle D'ouverture
5GHZ	2.942dB	6.458dBi	76.6°

Tableau II.3- Gain et directivité de l'antenne patch circulaire.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons simulé trois antennes patch rectangulaire , triangulaire et circulaire avec une ligne microruban simple et quart d'onde dans le but d'obtenir une bonne adaptation. Nous avons tout d'abord présenté nos résultats de calculs des paramètres de chaque forme dans une interface graphiques sous logiciel MATLAB, puis nous avons essayé de simulé chaque antenne sous le logiciel CST .Les performances de chaque type d'antenne sont évaluées en termes de paramètre de réflexion S11.

Conclusion générale

Notre Travail de mémoire nous a permis de bien assimiler l'ensemble des connaissances collectées dans le domaine des antennes à savoir la technologie imprimée.

Nous avons vu dans le premier chapitre des généralités sur les antennes imprimées, ce qui nous a aidés à comprendre quelques éléments fondamentaux caractérisant l'antenne imprimée tel que le paramètre S_{11} , la directivité, le gain etc....

Ensuite nous avons réalisé une interface graphique sous matlab permettant de calculer les paramètres géométriques des antennes étudiées, puis nous avons simulé ces derniers avec le logiciel CST Software. La conception logicielle des trois formes d'antennes vise à optimiser leurs performances afin d'avoir une meilleure adaptation en termes de paramètre S_{11} à une fréquence de résonance bien déterminée et en terme de diagrammes de rayonnement. Les configurations réalisées sont simple, facile à concevoir pratiquement et présentent un diagramme de rayonnement presque omnidirectionnelle.

Comme perspective, nous envisagerons de poursuivre ce travail en miniaturisant nos antennes afin de faciliter leurs intégrations dans des dispositifs électroniques actuels ou pour les nouvelles technologies téléphoniques ou bien pour les systèmes radars de nouvelle génération etc....

Références bibliographique



[1]

Drif chahinez et Hasni Youssouf, « Conception, modélisation et réalisation d'une antenne micro ruban circulaire bi bande pour des applications sans fil» .mémoire de master en Télécommunications, **Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2016/2017.**



[2]

Zianecherif abderahman et benhaddoudi abderahim « «conception. Modélisation et réalisation d'une antenne ».centre universitaire Belhadj bouchaib.2016/2017.



[3]

DeghfelWalid et Merzougui Rami. « Etude et conception d'une antenne patch ultra large bande ULB à bande rejetée »**Université Mohamed Boudiaf – Msila .2016/2017.**



[4]

Atti Bakouche et Mekaouche Magdoua, « L'effet des caractéristiques de l'antenne patch sur sa directivité »**Université A. Mira de Bejaia.2013/2014.**



[5]

Alexandre Boyer.« Antennes » Support De Cours Enonce De Travaux Diriges. **Institut National Des Sciences Appliquées De Toulouse, octobre 2011.**



[6]

Mr. ARAB Tarek. « Etude des matériaux composites (Titanate oxyde) : application pour la réalisation des substrats d'antennes miniatures ».UNIVERSITE SETIF-1 .UFAS (ALGERIE).4/11/2014.



[7]

M.Arulaalan and L.Nithyanandan. « Analysis of Microstrip Line Feed Triangular Patch Antenna for WLAN (2.4GHz). **Proc. of Int. Conf. on Advances in Communication, Network, and Computing, CNC,2014.**



[8]

Par fouedbenamrane. « Conception d'une antenne patch microstrip ».mémoire online, **uneversité sidi mohamed ben abedellah (Fès) maroc.2011.**



[9]

Sara mansar et madihaalaoui et Tahar elbahri. « rapport antenne patch ».école national de science appliqué de khouribgua.**2014/2015.**



[10]

Amina MEFTAHI et RabiaOUZZIR « Conception des nouvelles topologies des antennes multi fonctionnelles »**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN.2016/2017.**



[11]

Mr. BrahmiFateh - Mr. MELAHI Ahmed -Mr. CHIKHI Wahib « Simulation d'un Automate Thème : Programmable Industriel Sous MATLAB » .**Université Abderrahmane MIRA-BEJAIA Faculté de Technologie Département d'Electrotechnique.2012/2013.**



[12]

Guillaume BOUSQUET Caroline FRITEYRE Soutenance : Chef de projet : Jonas KOKO « Interface graphique MATLAB de génération de surfaces pour le maillage 2D ».ISIMA**Institut Supérieur d'Informatique de Modélisation et de leurs Applications Complexedes C´ezeaux 63173 Aubiere ` Cedex France. lundi23marc2009.**



[13]

M. Didier LE RUYET - Professeur des Universités - CNAM« Réalisation d'une interface graphique de reconstruction d'un signal TNT pour le radar passif » **CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS PARIS. le 24 Novembre 2014.**

SITES INTERNET

[14]

<http://eee.guc.edu.eg/Courses/Communications/COMM703%20Communication%20Lab/Lab%20Experimnts/CST%20sessions/Manual%201%20Transmission%20lines.pdf> .**2013/2014.**

ANNEXE A : ANNEXE GUIDE MATLAB

Les callbacks de chaque interface

```
51 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
52 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
53 % varargin command line arguments to int_principale (see VARARGIN)
54
55 % Choose default command line output for int_principale
56 handles.output = hObject;
57
58
59 guidata(hObject, handles);
60
61 % UIWAIT makes int_principale wait for user response (see UIRESUME)
62 % uiwait(handles.figure1);
63 I=imread('logo.png');
64 axes(handles.axes1)
65 imshow(I);
66
67 v=imread('logo.png');
68 axes(handles.axes2)
```

```
21 % --- Executes on button press in pushbutton3.
22 function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
23 % hObject handle to pushbutton3 (see GCBO)
24 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
25 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
26 uicontrol(interface);
27
28 % --- Executes on button press in pushbutton4.
29 function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
30 % hObject handle to pushbutton4 (see GCBO)
31 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
32 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
33 close(int_principale);
34
35
```

```

76 % --- Executes on button press in pushbutton1.
77 function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
78 % hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
79 % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
80 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
81 uicontrol(curculaire);
82
83 % --- Executes on button press in pushbutton2.
84 function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
85 % hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
86 % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
87 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
88 uicontrol(recetangulaire);
89
90 % --- Executes on button press in pushbutton3.
91 function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
92 % hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
93 % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
94 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
95 uicontrol(triangulaire);
96
97

```

```

39 function pushbutton15_Callback(hObject, eventdata, handles)
40 % hObject    handle to pushbutton15 (see GCBO)
41 % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
42 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
43 h=str2num(get(handles.edit3, 'string'));
44 epsilon_r=str2num(get(handles.edit15, 'string'));
45 f=str2num(get(handles.edit2, 'string'));
46 F=(8.791*10^9)/(f*sqrt(epsilon_r));
47 a=F/[1+(2*h)/(pi*(epsilon_r*F))*log((pi*F)/(2*h))+1.7726]]^(1/2)
48 set(handles.edit8, 'string', num2str(a));
49
50 c=3*10^8;
51 w=2*a;
52 a=str2num(get(handles.edit8, 'string'));
53 epsilon_reff=((epsilon_r+1)/2)+((epsilon_r-1)/2)*((1/(1+sqrt(12*(h/w)))));
54 L1=((c/f)*10^3)/(4*sqrt(epsilon_reff))
55 set(handles.edit12, 'string', num2str(L1));
56
57 a=str2num(get(handles.edit8, 'string'));
58 zc=50;
59 x=(zc*sqrt(2*(epsilon_r+1))/119.9)+1/2*((epsilon_r-1)/(epsilon_r+1))*log(pi/2)+(1/(epsilon_r)*log(4/pi)))
60 w2=(2*(exp(x)*4*h))/(exp(2*x)-2)
61 set(handles.edit14, 'string', num2str(w2));

```

```

56 - L2=6;
57 - a=str2num(get(handles.edit8,'string'));
58 - L1=str2num(get(handles.edit12,'string'));
59
60 - Lg=L1+(2*a)+L2+(6*h)
61 - set(handles.edit4,'string',num2str(Lg));
62 - a=str2num(get(handles.edit8,'string'));
63 - wg=2*a+6*h
64 - set(handles.edit6,'string',num2str(wg));
65
66
67
68 - epsilomereff=((epsilomr+1)/2)+((epsilomr-1)/2)*((1/(1+sqrt(12*(h/w)))));
69 - L1s=((c/f)*10^3)/(2*sqrt(epsilomereff))
70
71 - set(handles.edit17,'string',num2str(L1s));
72 - wgs=a+6*h
73
74 - set(handles.edit19,'string',num2str(wgs));
75 - Lgs=2*a+L1s+6*h
76 - L1s=str2num(get(handles.edit17,'string'));
77
78 - set(handles.edit18,'string',num2str(Lgs));

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton15.
function pushbutton15_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton15 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
c= 3*10^8;
f=str2num(get(handles.edit2,'string'));
h=str2num(get(handles.edit3,'string'));
epsilomr=str2num(get(handles.edit7,'string'));
w=(c/(2*f))*(sqrt(2/(epsilomr+1)))*10^3

set(handles.edit4,'string',num2str(w));
w=str2num(get(handles.edit4,'string'));

epsilomereff=((epsilomr+1)/2)+((epsilomr-1)/2)*((1/(1+sqrt(12*(h/w)))));

deltaL=(0.412*((epsilomereff+0.3)*(w/h+0.264))/((epsilomereff-0.258)*(w/h-

Leff= (c/(2*f*(sqrt(epsilomereff))))*10^3;

L=Leff+(2*deltaL);
set(handles.edit11,'string',num2str(L));
epsilomereff=((epsilomr+1)/2)+((epsilomr-1)/2)*((1/(1+sqrt(12*(h/w)))));
L1=((c/f)*10^3)/(4*sqrt(epsilomereff))

```

```

7 - w=str2num(get(handles.edit4,'string'));
8 - |wg=w+6*h
9 - set(handles.edit13,'string',num2str(wg));
0 - L2=7;
1 - L=str2num(get(handles.edit11,'string'));
2 - L1=str2num(get(handles.edit12,'string'));
3 - Lg=L+L1+L2+6*h
4 - set(handles.edit15,'string',num2str(Lg));
5 - zc=50;
6 - x=(zc*sqrt(2*(epsilomr+1))/119.9)+1/2*((epsilomr-1)/(epsilomr+1))*(log(pi/2)+(1/(epsilomr)*(log(4/pi))))
7
8 - w2=(2*(exp(x)*4*h))/(exp(2*x)-2)
9 - set(handles.edit18,'string',num2str(w2));
0 - epsilomereff=((epsilomr+1)/2)+((epsilomr-1)/2)*((1/(1+sqrt(12*(h/w)))));
1 - L1s=((c/f)*10^3)/(2*sqrt(epsilomereff))
2 - set(handles.edit20,'string',num2str(L1s));
3 - w=str2num(get(handles.edit4,'string'));
4 - wgs=w+6*h
5 - set(handles.edit22,'string',num2str(wgs));
6 - L=str2num(get(handles.edit11,'string'));
7 - L1s=str2num(get(handles.edit20,'string'));
8 - Lgs=L+L1s+6*h
9 - set(handles.edit21,'string',num2str(Lgs));

```

```

0 - function pushbutton13_Callback(hObject, eventdata, handles)
1 - % hObject handle to pushbutton13 (see GCBO)
2 - % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
3 - % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
4 - h=str2num(get(handles.edit3,'string'));
5 - f=str2num(get(handles.edit2,'string'));
6 - c=3*10^8;
7 - epsilomr=str2num(get(handles.edit7,'string'));
8 - a=(2*c/(3*f*sqrt(epsilomr)))*10^3
9
10 - set(handles.edit12,'string',num2str(a));
11 - a=str2num(get(handles.edit12,'string'));
12 - wg=a+6*h
13
14 - set(handles.edit6,'string',num2str(wg));
15 - a=str2num(get(handles.edit12,'string'));
16
17 - L0=(a/2)*(atan(60))
18
19 - set(handles.edit15,'string',num2str(L0));
20 - epsilomereff=(epsilomr+1)*0.5
21 - L1=((c/f)*10^3)/(4*sqrt(epsilomereff))
22
23 - set(handles.edit9,'string',num2str(L1));
24 - L2=5;

```

```

6 - L1=str2num(get(handles.edit9,'string'));
7 - L0=str2num(get(handles.edit15,'string'));
8
9 - Lg=L0+L1+L2+6*h
0
1 - set(handles.edit4,'string',num2str(Lg));
2 - zc=50;
3 - x=(zc*sqrt(2*(epsilomr+1))/119.9)+1/2*((epsilomr-1)/(epsilomr+1))*(log(pi/2)+(1/(epsilomr))*(log(4/pi)))
4
5 - w2=(2*(exp(x)*4*h))/(exp(2*x)-2)
6
7 - set(handles.edit11,'string',num2str(w2));
8
9 - epsilomereff=(epsilomr+1)*0.5
0 - L1s=((c/f)*10^3)/(2*sqrt(epsilomereff))
1
2 - set(handles.edit16,'string',num2str(L1s));
3
4 - wgs=a+6*h
5
6 - set(handles.edit17,'string',num2str(wgs));
7 - Lgs=L0+L1s+6*h
8 - L1s=str2num(get(handles.edit16,'string'));
9 - set(handles.edit18,'string',num2str(Lgs));

```

Annexe B : CST

1- Introduction

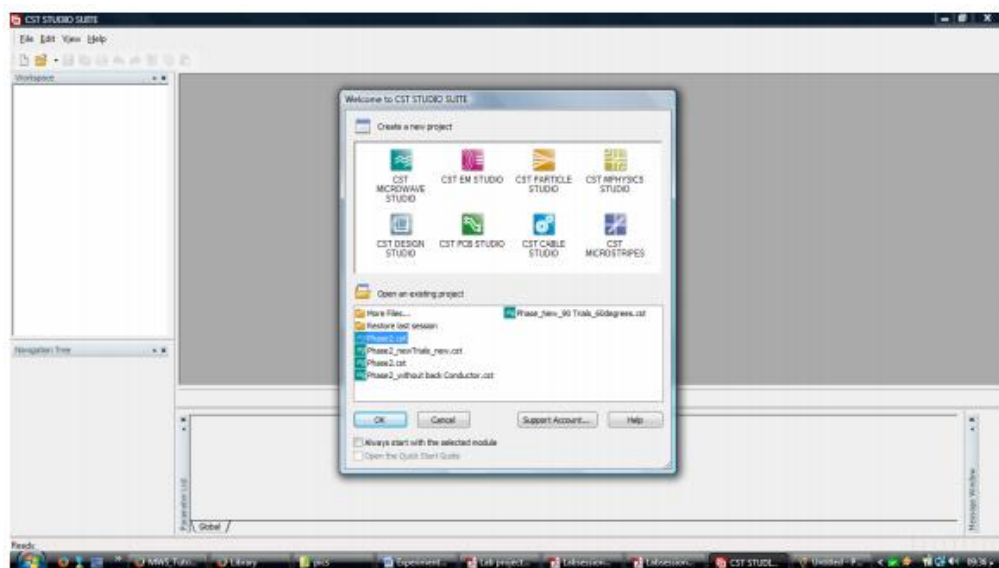
Logiciel CST (Computer Simulation Technologie) qui est puissant simulateur numérique complet électromagnétique. Il simplifie la résolution de structures complexes en résolvant les équations de Maxwell numériquement à l'intérieur de la structure. CST donne un aperçu complet sur le E& H champs des comportements au sein de la structure dans le domaine temporel ou fréquentiel. Il permet également de prédire la réponse du circuit conçu avant d'entrer dans le processus de fabrication compliqué et coûteux [14].

Cette expérience introduit les éléments suivants:

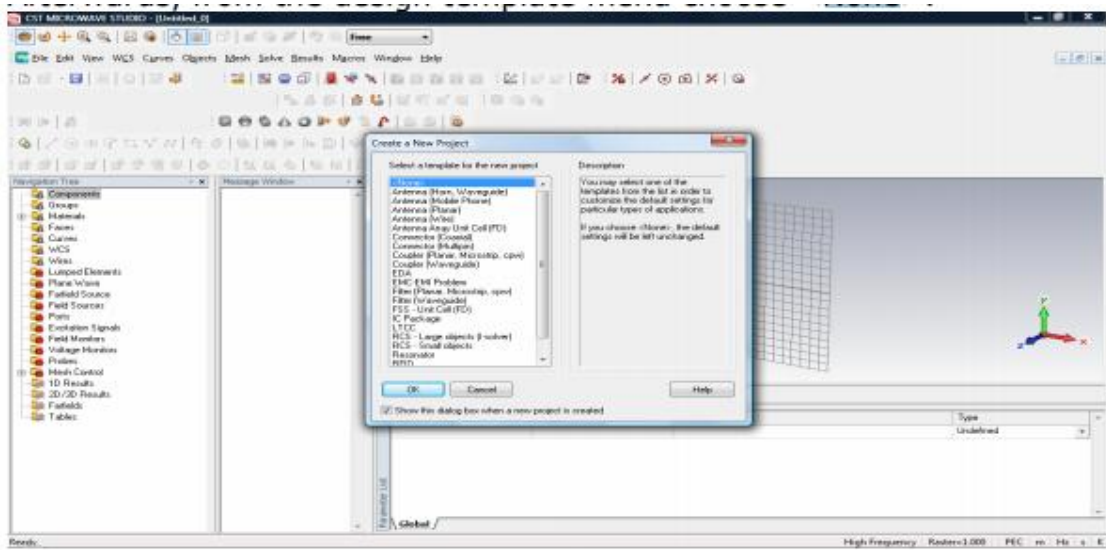
- Créer un nouveau projet
- Configurer un nouveau design
- Introduction à l'interface graphique
- Création d'une conception de ligne de transmission microstrip (MLIN).
- Simulation du MLIN
- Extraction et évaluation des résultats

2-Créer un nouveau projet

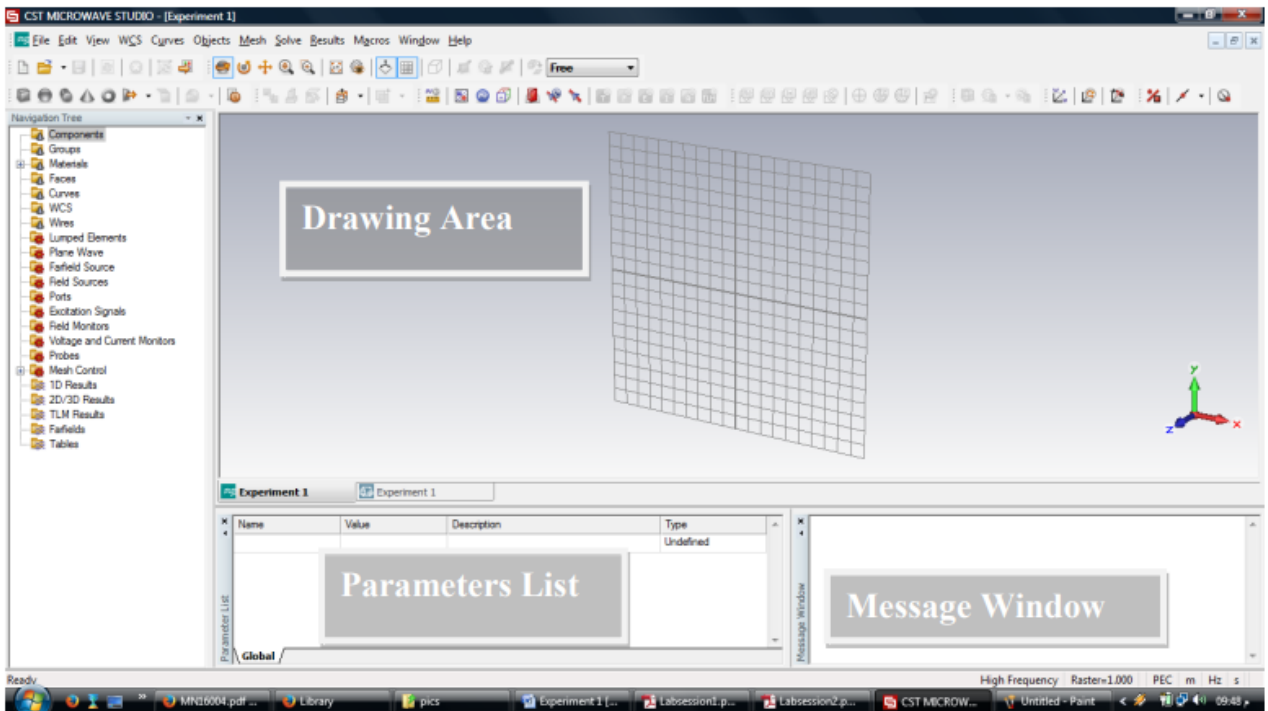
- 1) Dans le menu de démarrage illustré ci-dessous, choisissez CST Microwave Studio[14].



2) Ensuite, dans le menu du modèle de conception, choisissez <None>.

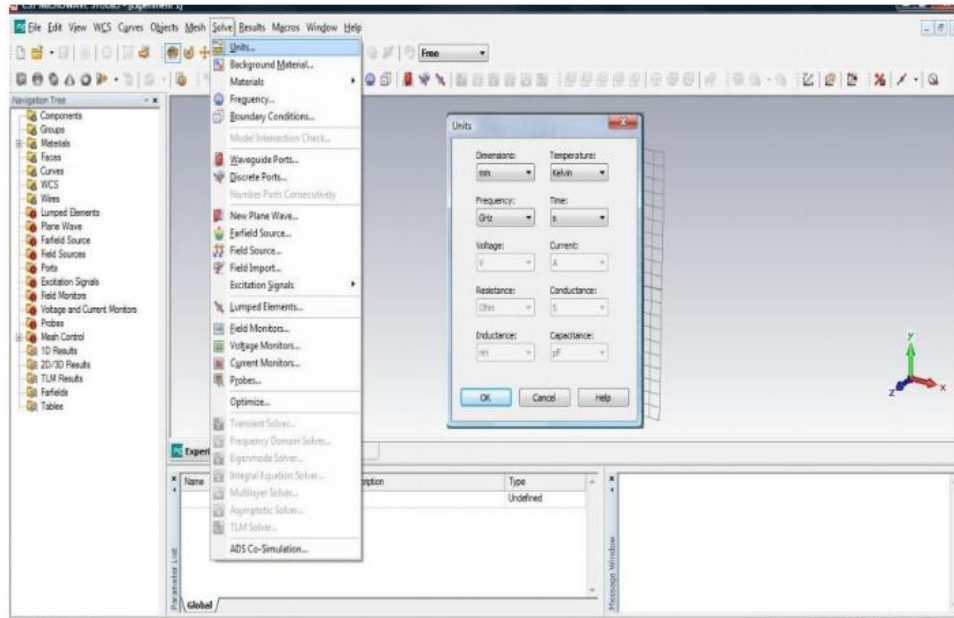


3) Ensuite, l'interface CST Microwave Studio apparaît comme indiqué au dessous de.



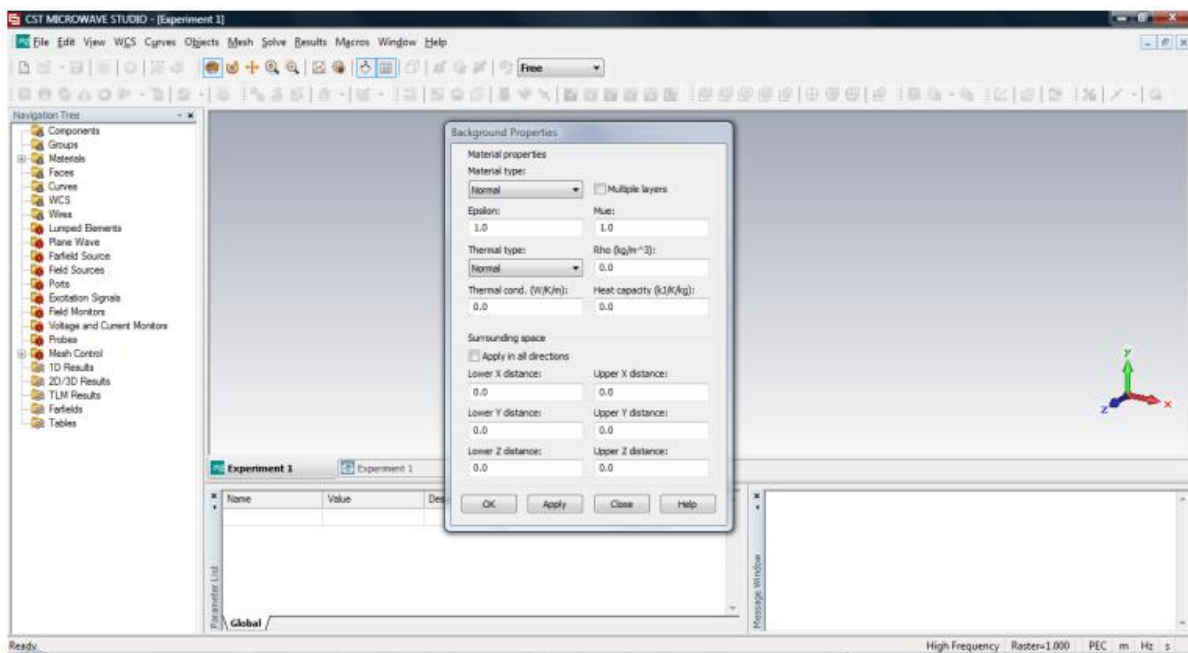
3-Définition des unités

- Dans la barre d'outils du menu principal, choisissez Résoudre >> Unités.
- Réglez les dimensions sur (mm) et la fréquence sur GHz



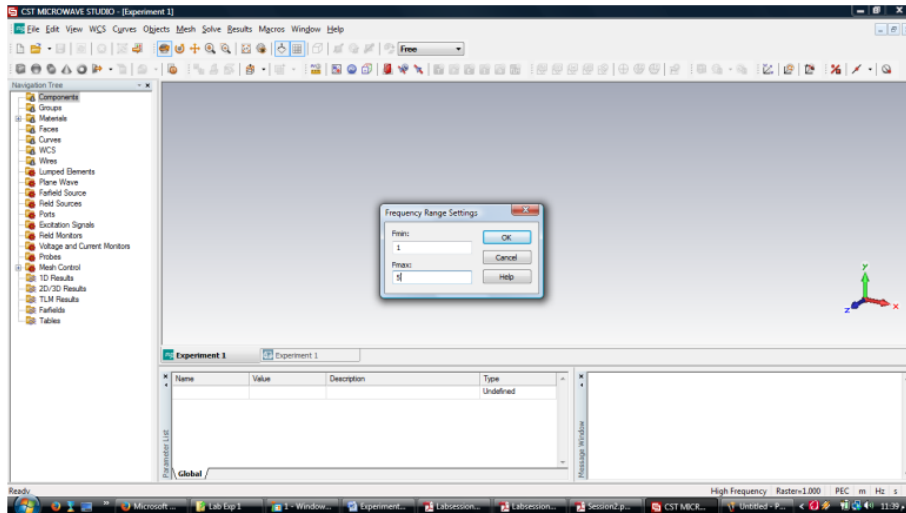
4-Propriétés de fond

- Dans la barre d'outils du menu principal, choisissez Résolution >> Arrière-plan. Matériel.
- Définissez le type de matériau sur >> Normal, comme indiqué ci-dessous.



5-Gamme de fréquences

- Dans la barre d'outils du menu principal, choisissez Résolution >> Fréquence.
- Ajustez les fréquences min et max.



6-Conditions aux limites

- Dans la barre d'outils du menu principal, choisissez Résolution >> Limite Conditions. (Espace libre)
- Choisissez la condition limite à ouvrir et cochez la case «Appliquer à toutes directions [14].

