

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université–AinTemouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et Technologie
Département d'Electronique et Télécommunication



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en Réseau et
Télécommunication
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIE
Filière : Télécommunication
Spécialité : Réseaux Et Télécommunication
Thème

Conception d'une antenne UHF ISM pour l'IOT

Présenté Par :

1) Mr BENKHIRA Abdelghafour

Devant le jury composé de :

Dr DEBBAL Mohammed	MCA UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr BELGACEM Wahiba	MRB CDS (Oran)	Examinatrice
Dr MOULESSEHOUL Wassila	MCB UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrante

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement

Nous tenons à remercier tout d'abord ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné la force et le courage tout au long de notre parcours.

Nous tenons à remercier en premier notre Encadrante Docteur MOULESSEHOUL Wassila, pour nous avoir encadrées ainsi que pour ses remarques pertinentes et ses conseils judicieux donnés tout au long de notre travail.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous remercions les enseignants qui ont contribué à notre formation au cours de notre parcours universitaire et en particulier ceux du département de télécommunication. Pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploie de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée. Enfin, nous présentons nos plus sincères remerciements à nos parents pour leur soutien et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Avec joie, fierté et respect, Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de mon défunt père.

À la plus belle créature qu'ALLAH a créée sur terre,,,
À cette source de tendresse, de patience et de générosité,

À ma mère !

A mes très chers sœurs Sarah, Fatima et Kawther

A mon très cher oncle BAROUDI

A toute ma famille.

A tous mes amis sans exception.

A toute la promotion 2023

A tous ceux qui me sont chers.

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

ABDELGHAFOUR

Résumé :

Notre projet de fin d'études consiste à concevoir et miniaturiser une antenne patch rectangulaire pour une utilisation dans la bande industrielle, scientifique et médicale (ISM) de 868 MHz. Les caractéristiques de l'antenne, telles que le paramètre de réflexion S11, le gain et le diagramme de rayonnement, ont été simulées et validées à l'aide de l'outil de simulation CST. La miniaturisation de l'antenne imprimée a été réalisée en ajoutant des fentes à l'élément rayonnant ainsi qu'au plan de masse.

Abstract:

Our final-year project involved designing and miniaturizing a rectangular patch antenna for use in the 868 MHz industrial, scientific and medical (ISM) band. The antenna characteristics, such as the S11 reflection parameter, gain and radiation pattern, were simulated and validated using the CST simulation tool. Miniaturization of the printed antenna was achieved by adding slots to the radiating element and to the ground plane.

sommaire

REMERCIEMENT.....	II
DÉDICACE.....	III
RÉSUMÉ	IV
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX	IX
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
I.1 LES ANTENNES IMPRIMÉES	2
I.1.1 DEFINITION D'UNE ANTENNE MICRO RUBAN :	2
I.1.2 STRUCTURE D'UNE ANTENNE IMPRIMEE	2
I.1.3 LES DIFFERENTES FORMES DU PATCH :	2
I.1.4 DOMAINE D'APPLICATION DES ANTENNES IMPRIMEES :	3
I.1.5 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES ANTENNES PATCHS MICRO RUBANS	3
I.1.6 CARACTERISTIQUES DES ANTENNES IMPRIMEES	4
I.1.6.1 Coefficient de réflexion S_{11}	4
I.1.6.2 La Directivité	5
I.1.6.3 Le rendement de l'antenne	5
I.1.6.4 Le Gain.....	5
I.1.6.5 L'ouverture d'une Antenne	6
I.1.6.6 L'impédance d'entrée.....	6
I.1.6.7 Diagramme de rayonnement :.....	6
I.1.6.8 La Bande Passante	6
I.1.6.9 Le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio).....	7
I.1.7 MECANISME DE RAYONNEMENT D'UNE ANTENNE PATCH	7
I.1.8 TECHNIQUES D'ALIMENTATIONS DES ANTENNES IMPRIMEES	7
I.1.8.1 Alimentation par ligne micro ruban.....	8
I.1.8.2 Alimentation par la sonde coaxiale	8
I.1.8.3 Alimentation par couplage de proximité	8
I.1.8.4 Alimentation couplée par fente (ouverture).....	9
I.1.9 TECHNIQUES D'ADAPTATION DES ANTENNES IMPRIMEES :.....	10
I.1.9.1 Adaptation par ligne quart d'onde	10
I.1.9.2 Adaptation par stub :	10
I.1.9.3 Adaptation avec encoches	11
I.2 LA MINIATURISATION :	11
I.2.1 DEFINITION D'UNE ANTENNE MINIATURE:	12
I.2.2 LES TECHNIQUES DE MINIATURISATION	12
I.2.3 AVANTAGE ET INCONVENIENT DE LA MINIATURISATION :	13
I.3 UHF (ULTRAS HAUT FRÉQUENCE)	14
I.4 CONCLUSION	14
II INTERNET OF THING (IOT):	28
II.1 DEFINITION :	28
II.2 COMPOSANTES DE L'IOT	29
II.2.1 Les capteurs	29

II.2.2 Les réseaux de capteurs	29
II.2.3 L'énergie.....	30
II.2.4 Les actionneurs.....	30
II.2.5 La connectivité.....	30
II.3 DOMAINES D'APPLICATION DE L'INTERNET DES OBJETS	30
II.3.1 La domotique	31
II.3.2 Automobile.....	32
II.3.3 La sante	32
II.3.4 Les villes intelligentes	32
II.3.5 L'industrie	33
II.3.6L'agriculture.....	34
II.4 LES BANDES DE FREQUENCES DE L'IOT	34
II.5 LES ETAPES POUR LA MISE EN PLACE DE L'IOT :	35
II.5.1 Elément central du projet IoT l'objet	35
II.5.2 Connectivité pour la communication des objets connectés	35
II.5.3 Collecte de l'ensemble des données.....	35
II.5.4 Hébergement et le stockage des données	35
II.5.5 Développement de logiques applicatives	35
II.5.6 Restitution des données captées par les objets connectés	36
II.6 LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DES SYSTEMES D'IOT	36
II.3 CONCLUSION :	36
III.1 INTRODUCTION.....	38
III.2 PRÉSENTATION DE L'OUTIL DE SIMULATION	38
III.2.1 DESCRIPTION GENERALE DU LOGICIEL	38
• CREATION D'UN PROJET	38
III.3 ANTENNE PATCH RECTANGULAIRE ALIMENTÉE AVEC UNE LIGNE MICRO RUBAN.....	42
III.3.1 GEOMETRIE DE BASE	42
III.3.2 RESULTATS DE SIMULATION.....	44
III.3.2.1 Paramètre de réflexion $S [1,1]$	44
III.3.2.2 VOLTAGE STANDING WAVE RATIO (VSWR).....	45
III.3.2.3 Diagramme de rayonnement :.....	45
III.3.3MINIATURISATION DE L'ANTENNE PATCH RECTANGULAIRE	47
III.3.3.2 Antenne Rectangulaire miniature Adaptée	47
III.4 CONCLUSION	50
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	51
RÉFÉRENCES	52

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Présentation d'une antenne imprimée.

Figure I.2 : Divers formes d'éléments rayonnants.

Figure I.3 : Représentation du diagramme de rayonnement d'une antenne.

Figure I.4 : Alimentation par ligne micro ruban.

Figure I.5 : Alimentation par la sonde coaxiale.

Figure I.6 : alimentation par couplage de proximité.

Figure I.7 : Alimentation par couplage électromagnétique à une ligne microbande à travers une fente dans le plan de masse.

Figure I.8 : adaptation par quart d'onde.

Figure I.9 : Modélisation de l'antenne à Adaptation Simple stub.

Figure I.10 : stub en circuit ouvert.

Figure I.11 : Patch rectangulaire.

Figure I.12 : L'équivalence en circuit.

Figure I.13 : Patch adapté par encoches de longueur.

Figure II.1 : Architecture actuelle et future de l'IoT

Figure II.2 : Domain d'application de l'IOT.

Figure II.3 : une figure qui représente un bâtiment intelligente.

Figure II.4 : une figure qui représente les constituants d'une ville intelligente.

Figure II.5 : figure qui représente un schéma de l'industrie 4.0.

Figure III.1 : Création d'un nouveau projet.

Figure III.2 : Choix du type et de la zone de simulation.

Figure III.3 : Choix du type d'antenne.

Figure III.4 : Choix de la technique de simulation.

Figure III.5 : choix des unités de différents paramètres.

Figure III.6 : Fin de la création de projet.

Figure III.7 : Interface principal de logiciel CST.

Figure III.8 : Antenne patch rectangulaire initiale proposée.

Figure III.9 : Coefficient de réflexion S11.

Figure III.10 : Rapport d'onde stationnaire(VSWR).

Figure III.11: Diagramme de rayonnement en 3D (Directivité) de l'antenne initiale proposée.

Figure III.12 : Diagramme de rayonnement en 3D (Gain) de l'antenne initiale proposée.

Figure III.13 : Diagramme de rayonnement polaire (Gain) de l'antenne initiale proposée.

Figure III.14 : Diagramme de rayonnement en polaire (Directivité) de l'antenne initiale proposée.

Figure III.15: Antenne patch rectangulaire miniature adaptée à 868 MHz.

Figure III.16: Coefficient de réflexion S11 de l'antenne miniature finale.

Figure III.17: VSWR de l'antenne miniature finale.

Figure III.18: diagramme de rayonnement(Gain) en 3D de l'antenne miniature finale.

Figure III.19: diagramme de rayonnement (Directivity) en 3D de l'antenne miniature finale.

Figure III.20 : Diagramme de rayonnement en polaire (Gain) de l'antenne final.

Figure III.21 : Diagramme de rayonnement en polaire (Directivité) de l'antenne final.

Liste Des Tableaux

Tableau III.1: Equations de calculs des paramètres de l'antenne patch rectangulaire.

Tableau III.2 : Les valeurs des paramètres d'antenne initiale.

Tableau III.3: Les valeurs des paramètres d'antenne finale.

Liste des abréviations

2D : deux dimensions.

3D : trois dimensions.

CST : Computer Simulation Technology.

OEM : Onde électromagnétique.

S11 : Coefficient de réflexion.

ISM: Industrial, Scientific and Medical.

UHF: Ultra Haut Fréquence.

VSWR: Voltage Standing Wave Ratio.

f_r : la fréquence de résonance.

IOT : Internet of things.

Introduction Générale

Au cours de la dernière décennie, nous avons assisté à un développement remarquable dans les systèmes de télécommunications, en particulier avec la création de nouveaux standards et une révolution dans l'utilisation des antennes imprimées. De nos jours, les appareils électroniques jouent un rôle essentiel dans notre vie quotidienne, notamment grâce à leur utilisation de communications sans fils dans les domaines des télécommunications, du transport, des satellites et de la médecine, entre autres. Ces systèmes reposent sur des antennes, qui constituent un élément fondamental pour assurer l'émission et la réception des ondes électromagnétiques dans l'espace. En raison de leur importance dans différents domaines et de leur utilisation dans de nombreuses applications, les chercheurs dans le domaine des télécommunications ont manifesté un grand intérêt pour le développement d'antennes miniatures à faible coût, afin de les intégrer facilement dans les systèmes de communication tout en conservant leurs caractéristiques et leur bon fonctionnement.

Le but de notre travail est de concevoir et miniaturiser une antenne micro-ruban de forme rectangulaire permettant d'émettre et recevoir à une fréquence dans la bande ISM 868 MHz. en se concentrant sur la possibilité de faire fonctionner les appareils IoT dans la fréquence de 868 MHz. La conception et la simulation de cette antenne seront basées sur l'utilisation du logiciel de simulation CST MicroWAVE Studio. Ce logiciel permet l'optimisation et la simulation des composants et des systèmes électromagnétiques (OEM).

Notre travail est réparti en trois chapitres :

- ❖ **Le premier chapitre** de ce manuscrit est consacré à une description générale d'une antenne imprimée, ainsi que ses caractéristiques. Nous allons aborder aussi les différents types d'alimentations, d'adaptations et les techniques de miniaturisations.
- ❖ **Le deuxième chapitre** est consacré pour l'IOT ses composants, ses domaines d'application et les étapes pour sa mise en place.
- ❖ **Le troisième chapitre** est consacré aux résultats de simulations et de miniaturisation de notre antenne patch rectangulaire proposée.

Chapitre I :
Généralités sur les antennes
imprimées

I.1 Les antennes imprimées

I.1.1 Définition d'une antenne micro ruban :

Une antenne est un moyen de rayonnement ou de réception des ondes radio. Plus concrètement, c'est un dispositif qui reçoit des signaux d'une ligne de transmission, les convertit en ondes électromagnétiques et les diffuse dans l'espace libre lorsque l'antenne est en mode d'émission. En mode de réception, elle capte tout simplement les ondes électromagnétiques incidentes et les reconvertit en signaux [1].

L'antenne micro-ruban appelée aussi antenne imprimée ou encore antenne patch [2] est composée d'un patch métallique très mince, appelé élément rayonnant, déposé sur la face supérieure d'un substrat diélectrique de permittivité diélectrique ϵ_r et dans la face inférieure est gravé un plan de masse qui peut être partiellement ou entièrement métallisé.

I.1.2 Structure d'une antenne imprimée

La structure de base est rappelée sur la figure 1 :

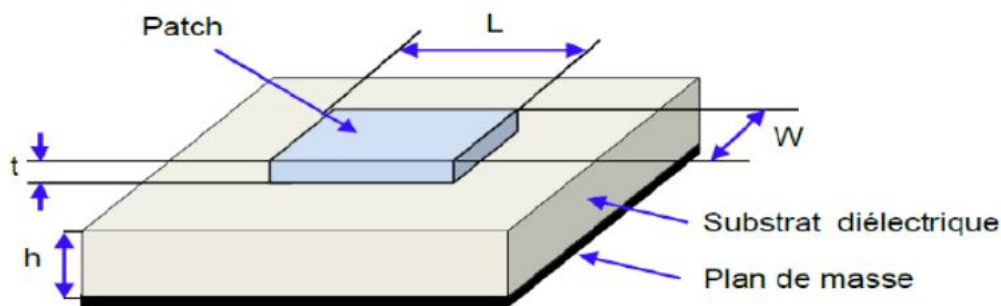


Figure I.1: Présentation d'une antenne imprimée [3].

L : Longueur du patch, t : épaisseur du patch. W : Largeur du patch, h : épaisseur du substrat.

Dans sa structure de base (**figure I.1**), une antenne imprimée est constituée d'un conducteur métallique, déposé sur un substrat diélectrique au-dessus d'un plan de masse. Le patch doit être relié au reste du circuit à l'aide d'une ligne de transmission de type micro ruban. Cette ligne va également permettre d'adapter l'impédance de l'antenne au reste du circuit pour éviter un phénomène de réflexion [4].

I.1.3 Les différentes formes du patch :

L'antenne patch peut prendre plusieurs formes (rectangle, triangle, disque, anneau, ellipse...). Ces formes sont les plus courantes car elles présentent une grande facilité d'analyse et de fabrication. La figure 2 montre ces différentes formes.

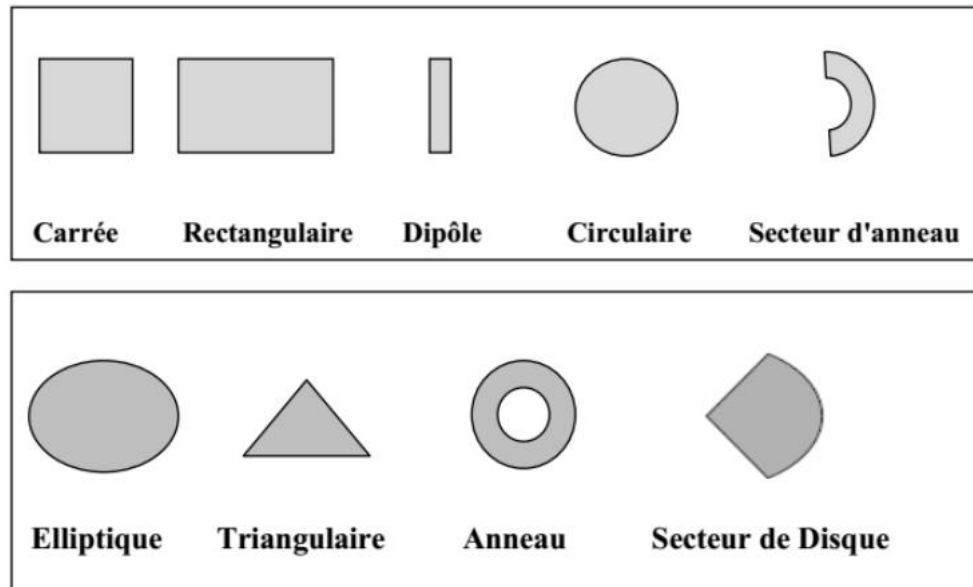


Figure I.2 : Divers formes d'éléments rayonnants.

Ainsi, les dimensions de l'antenne sont déterminées en fonction de la hauteur et la permittivité du substrat ainsi que la fréquence de fonctionnement. Les formes rectangulaire et circulaire sont les plus couramment utilisées vue leur facilité d'analyse. Le patch et le plan de masse sont généralement fabriqués à base d'un matériau conducteur tel que le cuivre ou l'or (à cause de leurs conductivités élevées) et ils peuvent prendre n'importe quelle forme possible, mais on se donne des formes régulières (carré, circulaire . . . etc.) dans le but de simplifier l'analyse de la structure. Le patch rayonnant et la ligne d'alimentation sont habituellement photogravés sur le substrat.

I.1.4 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.1.5 Avantages et inconvénients des antennes patchs micro rubans

L'utilisation des antennes imprimées est devenue une évidence grâce à ses différents avantages qui les rendent attrayants pour beaucoup d'applications. Parmi ces avantages nous citons [5] :

Chapitre I : Généralités sur les antennes imprimées

- Faible poids.
- conforme sur les surfaces planaires et non planaires.
- facile à fabriquer.
- Une forme très simple et robuste
- faible coût de fabrication
- Ces antennes peuvent être placées sur les missiles, les fusées et les satellites sans modifications importantes.
- L'utilisation de deux fréquences de travail est possible.

D'autre part, elles ont quelques inconvénients principaux comprenant [6] [7]:

- Bande passante étroite
- Gain plus faible cause à des pertes
- Capacité de manipulation à faible énergie
- Faible efficacité de rayonnement.
- L'isolation entre les éléments rayonnants et l'alimentation est faible.
- Des limitations pratiques sur le gain au maximum à 20dB.

I.1.6 Caractéristiques des antennes imprimées

Pour évaluer la performance de n'importe qu'elle antenne fonctionnant dans n'importe qu'elle fréquence, plusieurs caractéristiques sont prises en compte. Parmi ces caractéristiques telles que nous les récapitulons

La définition de ces paramètres est standardisée par la norme IEEE qui fait autorité dans le domaine des télécommunications [8]

I.1.6.1 Coefficient de réflexion **S11**

Le coefficient de réflexion d'une antenne se définit comme étant le rapport des d'impédance, reliée à la source par une ligne d'impédance caractéristique Z_0 (souvent égale à 50Ω), le coefficient de réflexion peut être défini comme suite :

$$\mathbf{S11} = \frac{(Z_e - Z_0)}{(Z_e + Z_0)} \quad (1)$$

Avec

Z_e : est l'impédance d'entrée de l'antenne.

Z_0 : est l'impédance caractéristique (Généralement égale à 50Ω).

Le module du coefficient de réflexion est souvent exprimé en décibel (dB) est noté $|\mathbf{S11}|$ et se définit comme suit :

$$|\mathbf{S11}|_{dB} = 20 \log |\mathbf{S11}| \quad (2)$$

Le coefficient de réflexion permet de connaître la qualité d'adaptation d'une antenne. En effet, plus son module tend vers l'infini, plus l'antenne est adaptée. Souvent, la fréquence de résonance d'une antenne est celle où le coefficient de réflexion est minimal.

I.1.6.2 La Directivité

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée (θ, φ) et la puissance que rayonnerait une antenne isotrope [9], [10]

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{\eta P_a} \quad (3)$$

La directivité indique dans quelles directions la densité de puissance est meilleure ou moins bonne que celle de l'antenne isotrope.

I.1.6.3 Le rendement de l'antenne

Le rendement d'une antenne ou également appelé efficacité est le rapport entre la puissance rayonnée et la puissance fournie à l'antenne, soit :

$$\eta = \frac{P}{P_a} \quad (4)$$

Et peut être exprimée en fonction du gain et de la directivité :

$$\eta = \frac{\text{Gain}}{\text{directivité}} \quad (5)$$

Avec :

P : Puissance totale rayonnée.

P_a : Puissance d'alimentation de l'antenne.

Ce rapport caractérise la perte à l'intérieur de l'antenne [9].

I.1.6.4 Le Gain

Le gain représente le rapport entre puissance rayonnée P_r sur la puissance d'alimentation P_a . Il dépend de sa directivité, c'est le rapport entre la puissance rayonnante dans le lobe principal et la puissance rayonnée par une antenne de référence [11], [12]. Il est présenté par l'équation suivante :

$$G(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P_0(\theta, \varphi)} = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{P_a} \quad (6)$$

Il peut aussi exprimer en fonction de rendement et la directivité :

$$G(\theta, \varphi) = \eta \times D(\theta, \varphi) \quad (7)$$

I.1.6.5 L'ouverture d'une Antenne

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 a -3 dB) [3]

I.6.6 L'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 [3], [13]. Cette impédance est donnée par la formule :

$$Z_e = Z_0 = \frac{(1+S_{11})}{(1-S_{11})} \quad (8)$$

I.1.6.7 Diagramme de rayonnement :

Le diagramme de rayonnement présente les changements de la puissance rayonnée par l'antenne dans les différentes directions de l'espace, il indique les directions dans lesquels la puissance rayonnée est maximale [14]. Le diagramme de rayonnement (figure 3) peut être représenté soit en distribution 3D qui nous permette une meilleur visualisation du lobe principale et des lobes secondaires, soit en 2D en une représentation polaire ou cartésienne.

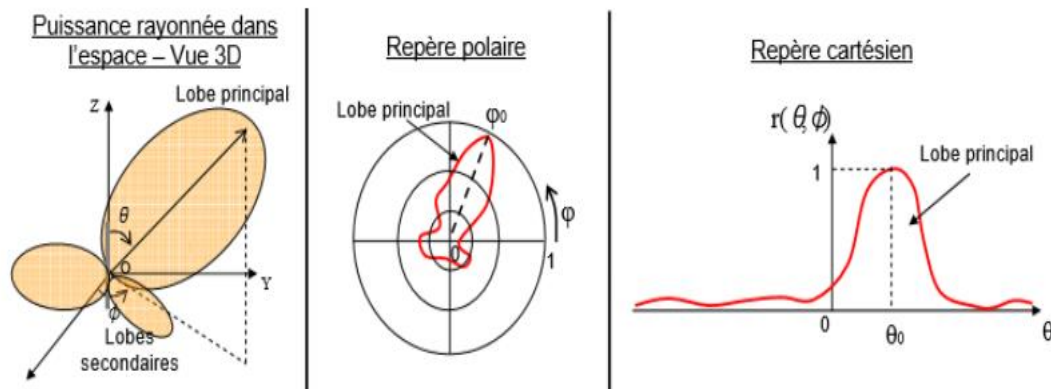


Figure I.3 : Représentation du diagramme de rayonnement d'une antenne [14].

I.1.6.8 La Bande Passante

La bande passante d'une antenne peut être définie comme étant la gamme des fréquences utile, en laquelle l'antenne possède des capacités optimales pour émettre ou

recevoir l'énergie électromagnétique correspondante dans l'espace environnement. La valeur des limites sur les critères de fonctionnement de l'antenne définit un domaine de fréquences situées entre une valeur minimale f_{min} et une valeur maximale f_{max} et la fréquence centrale ou de résonance f_r .

I.1.6.9 Le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

Le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) est une mesure utilisée pour évaluer la correspondance d'impédance entre une ligne de transmission (comme un câble coaxial) et une charge (comme une antenne). Il indique à quel point l'impédance de la ligne de transmission est adaptée à l'impédance de la charge, et il est exprimé sous la forme d'un rapport de tension.

$$VSWR = \frac{1+S_{11}}{1-S_{11}} \quad (9)$$

Un VSWR représente une correspondance parfaite, ce qui signifie qu'il n'y a pas de réflexion de signal et que toute la puissance est transférée de la source à la charge sans perte. Plus le VSWR s'éloigne, plus il y a de réflexions et de pertes d'énergie dans la ligne de transmission.

Un VSWR élevé peut entraîner des problèmes tels qu'une diminution de l'efficacité de l'antenne, une détérioration de la qualité du signal, une augmentation de la consommation d'énergie et une réduction de la portée de communication. Il est donc important de minimiser le VSWR en utilisant des techniques d'adaptation d'impédance appropriées, comme l'utilisation de lignes de transmission et d'antennes de la bonne impédance, ainsi que des techniques de réglage et de calibration.

I.1.7 Mécanisme de rayonnement d'une antenne patch

La forme géométrique de l'antenne patch nous permet de mieux comprendre son mécanisme de rayonnement. Après l'excitation de la ligne d'alimentation, une onde électromagnétique va se propager sur cette dernière pour rencontrer l'élément rayonnant qui est généralement plus large que la ligne. Dans ce cas, on a une distribution de charge qui va s'établir sur et sous le composant rayonnant et entre le plan de masse et substrat.

Sa répartition s'étend autour et dans la structure dépend essentiellement : de la largeur w des circuits de métallisation, des caractéristiques du substrat : à savoir sa constante diélectrique et son épaisseur h [15].

I.1.8 Techniques d'alimentations des antennes imprimées

Il existe plusieurs techniques pour l'alimentation des antennes micro rubans, ces techniques peuvent être soit par contact direct soit par couplage, les plus communément utilisées sont l'alimentation par ligne micro ruban, par sonde coaxiale, par couplage de proximité ou par ouverture. Les techniques les plus utilisées dans la bande millimétrique sont la ligne micro ruban ou le couplage par ouverture (fente) dans le plan de masse [16].

I.1.8.1 Alimentation par ligne micro ruban

L'alimentation par ligne micro ruban est facilement réalisable, telle que l'on imprime sur la même face du substrat, l'élément rayonnant et sa ligne d'alimentation (figure 4). Cette ligne lui amène de l'énergie. Il existe cependant un inconvénient dans ce type d'alimentation vu qu'elle génère un rayonnement parasite [17].

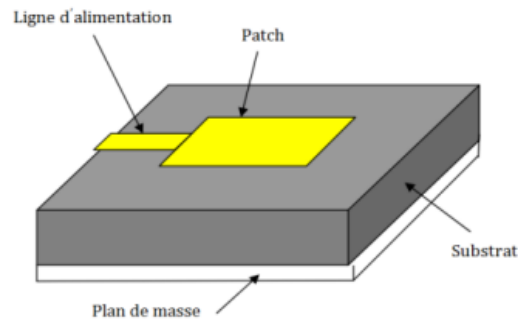


Figure I.4 : Alimentation par ligne micro ruban [17]

I.1.8.2 Alimentation par la sonde coaxiale

Un autre moyen pour alimenter le patch consiste à placer une ligne coaxiale perpendiculairement au plan de masse. Dans cette alimentation le conducteur externe du connecteur coaxial est relié au plan de masse et le connecteur intérieur est relié au 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 [18]. Parmi ses avantages, elle peut être appliquée à n'importe quel emplacement du patch [19], [20].

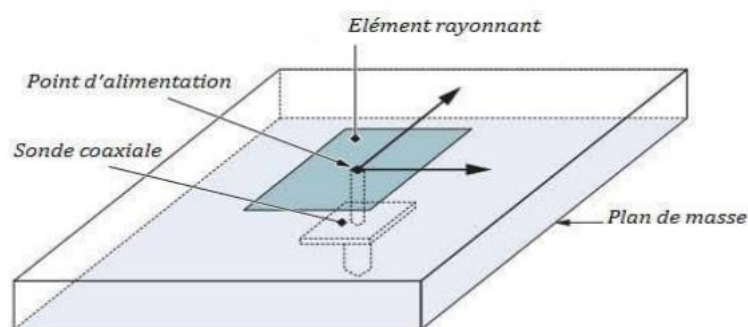


Figure I.5: Alimentation par la sonde coaxiale [19], [20]

I.1.8.3 Alimentation par couplage de proximité

Ce type d'alimentation est représenté sur « la figure I.6 », deux substrats diélectriques sont employés tels que la ligne d'alimentation est entre les deux substrats et le patch de rayonnement est sur le substrat supérieur [21].

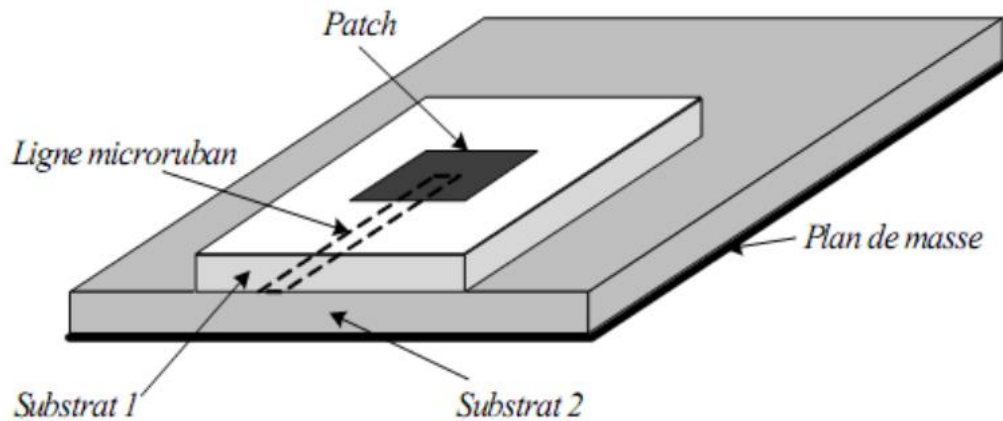


Figure I.6 : alimentation par couplage de proximité [21].

I.1.8.4 Alimentation couplée par fente (ouverture)

Dans la structure représentée à la «Figure I.7», un plan de masse commun sépare la ligne micro bande d'alimentation, située en dessous, de l'antenne et l'élément imprimé, situé au-dessus. L'ouverture de couplage est habituellement centrée sous le patch. La quantité de couplage à partir de la ligne d'alimentation au patch est déterminée par la forme, la taille et l'emplacement de l'ouverture. Puisque le plan de masse sépare le patch et la ligne d'alimentation, le rayonnement parasite est minimisé [22].

L'inconvénient d'une telle technique est sa complexité de fabrication qui réside dans l'ouverture creusée dans le plan de masse et la réalisation de deux couches diélectriques.

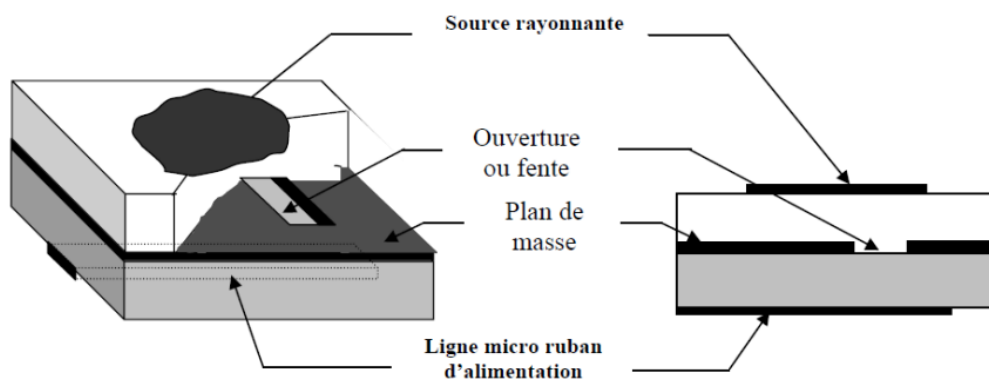


Figure I.7 : Alimentation par couplage électromagnétique à une ligne microbande à travers une fente dans le plan de masse [22].

I.1.9 Techniques d'adaptation des antennes imprimées :

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 [23], [17]

I.1.9.1 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 [23], [17].

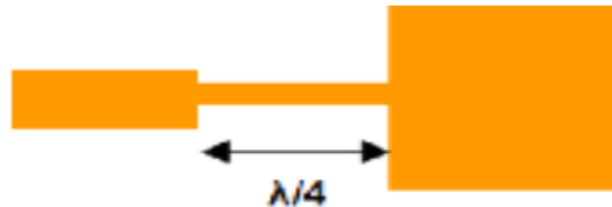


Figure I.8: adaptation par quart d'onde [23][17]

I.1.9.2 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 [23], [17]. Un stub est un tronçon de ligne de longueur s que l'on branche en dérivation sur la ligne principale a une distance d de la charge [23], [17].

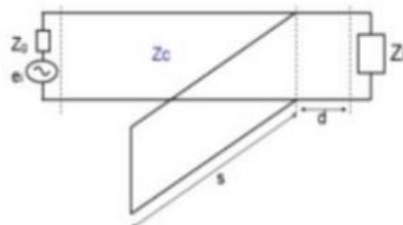


Figure I.9 : Modélisation de l'antenne à Adaptation Simple stub [23], [17]

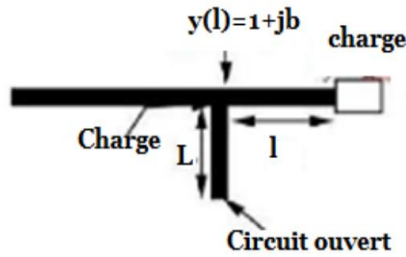


Figure I.10 : stub en circuit ouvert [17].

I.1.9.3 Adaptation avec encoches

Pour adapter l'antenne, on utilise des encoches, il suffit de modifier la géométrie du patch. Les dimensions des encoches [23], [17].

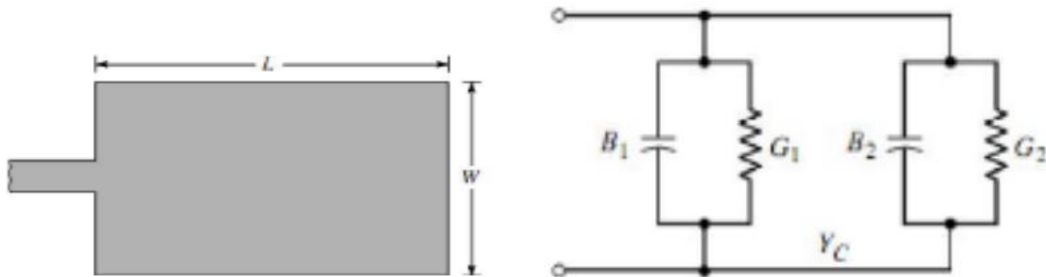


Figure I.11 : Patch rectangulaire [23], [17]. Figure I.12 : L'équivalence en circuit [23], [17]

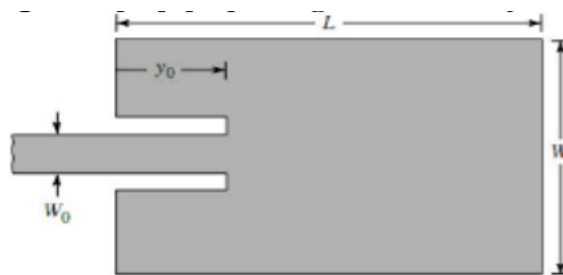


Figure I.13 : L'équivalence en circuit [23], [17]

I.2 La Miniaturisation :

Une antenne miniature est une antenne conçue pour occuper un espace physique réduit tout en maintenant des performances de communication adéquates. Contrairement aux antennes traditionnelles, qui peuvent être relativement grandes et imposantes, les antennes miniatures sont conçues pour s'adapter à des appareils et des systèmes où l'espace est limité, tels que les téléphones portables, les objets connectés, les drones, les wearables (appareils électroniques portables) et autres dispositifs compacts. Les antennes miniatures utilisent des

techniques de conception spécifiques pour réduire leur taille tout en maintenant une efficacité de rayonnement suffisante.

I.2.1 Définition d'une antenne miniature:

Une antenne miniature est une antenne électriquement petite avec un élément rayonnant tenue dans une sphère appelée la sphère de Chu de rayon inférieur à la valeur « $\lambda / 2 \times \pi$ ». Cette valeur correspond à la distance de transition entre les champs proches et les champs lointains ou la distance est entre l'énergie électromagnétique stockée dans l'antenne et l'énergie électromagnétique rayonnée [24].

Nous pouvons donc dire que l'antenne est miniature si l'élément rayonnant est renfermé dans une sphère de rayon $\frac{\lambda_0}{2}$ où λ_0 c'est la longueur d'onde fonctionnelle de cette antenne et si l'antenne vérifie les conditions suivant [25]:

- Ses dimensions sont plus petites que le quart de la longueur d'onde opérationnel
- Sa plus grande taille est inférieure au quart d'onde (équation 10).

$$L_{\max} < \frac{\lambda_0}{\pi} \quad (10)$$

I.2.2 Les techniques de miniaturisation

De nombreuses techniques, largement détaillées dans des ouvrages de référence et de nombreux documents internationaux, ont été utilisées pour réduire la taille des antennes pour une fréquence donnée. Plusieurs catégories des méthodes de miniaturisation intéressent à l'élément rayonnant. Il s'agit d'une part, de changer localement la structure rayonnante en utilisant des éléments localisés ou des courts-circuits et d'autre part de modifier ponctuellement sa géométrie. Parmi les techniques de miniaturisation des antennes, nous citons [26] :

✓ Modification de la géométrie :

- Le repliement du l'élément rayonnant.
- La réduction de la taille d'antenne patch jusqu'à 50%

✓ Modification de la forme de l'élément rayonnant :

- En forme triangulaire.
- En forme de nœud-papillon.
- Méandres verticaux ou repliement de la structure.
- Méandres latéraux ou verticaux très étroits.

- ✓ **Utilisation d'un substrat à haute constante diélectrique.**
- ✓ **Ajout des courts circuits verticaux entre l'élément rayonnant et le plan de masse en deux façons :**

- Court-circuit plain.

- Court-circuit languette.

- ✓ **Ajout de résonateurs parasites :**

- Juxtaposés.

- Juxtaposés avec un ajout de court-circuit.

- Superposés.

- Superposés avec un ajout de court-circuit.

- ✓ **Insertion de fentes dans l'élément rayonnant pour :**

- Fente demi-onde (non-débouchant).

- Fente quart d'onde (débouchant).

- L'allongement des longueurs électriques.

- La création de nouveaux résonateurs.

- ✓ **Insertion d'une charge capacitive insérée :**

- En bout d'élément.

- Dans l'élément

- ✓ **Utilisation des charge capacitif et ou inductif réalisé par des composante localisés.**

I.2.3 Avantage et Inconvénient de la miniaturisation :

La miniaturisation offre un énorme nombre d'avantages [24] à l'antenne. Elle permet la réduction de l'espace occupé c'est à dire les éléments qui prennent moins de place sont plus désirables que les structures qui sont de plus en plus volumineux, car ils sont plus faciles à transporter, à stocker, à se mettre dans un réseau sans l'encombrer et souvent plus pratiques à utiliser. Elle permet aussi la réduction du poids, des prix et de la consommation d'énergie et de matière. Par ailleurs la miniaturisation admet la production d'appareils multifonctionnels.

Comme beaucoup de technologies, la miniaturisation possédant des avantages, elle présente aussi des inconvénients [27] tels que la complexité de l'opération de séparation des métaux lors du recyclage, ce qui limite d'autant l'avantage obtenu par les économies en matière et en énergie. Dans le cas des nanotechnologies, le recyclage des nano-éléments est

Chapitre I : Généralités sur les antennes imprimées

quasi impossible. À puissance égale, l'échauffement des circuits électroniques miniaturisés est plus important, la surface d'échanges étant réduite. D'autre part, en miniaturisant l'antenne, la dégradation de ses performances est impliquée.

I.3 UHF (Ultras Haut Fréquence)

Un meilleur signal complet pour la communication longue distance. Ça bande passante se varie entre 300MHz - 3000MHz, UHF est meilleure lorsque vous utilisez des radios pour une utilisation intérieure comme les bâtiments ou les villes. Un plus à utiliser UHF est que vous êtes moins susceptible d'être interféré par d'autres radios bidirectionnelles. La raison pour laquelle l'UHF est meilleure pour l'utilisation intérieure opposée au VHF est que le signal UHF fait un meilleur travail pour atteindre le bois, l'acier et le béton.

I.4 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons donné en première partie un aperçu sur les antennes imprimées, sa définition, ses techniques d'alimentations, ses techniques d'adaptation,....et en deuxième partie nous avons parlé sur la miniaturisation de ces derniers, en donnant les techniques de miniaturisations, ainsi les avantages et les inconvénients de ces techniques.

Chapitre II

IOT(Internet of things)

II Internet of Thing (IOT):

Au cours des dernières années, nous avons été témoins de l'excitation de l'Internet des objets, également connu sous le nom d'IoT. Il est possible de remarquer l'engagement des entreprises et des universités à la recherche de solutions pour faire le concept de «l'Internet des objets» réelles.

De nos jours, nous vivons entourés de dispositifs électroniques, à la maison, au travail ou dans d'autres environnements.

Dans cette section, nous présentons l'IoT (Internet of things) définition, ses composantes, ses domaines d'application, son fonctionnement, ses avantages et inconvénients ainsi que ses axes de recherche.

II.1 Définition :

L'IoT (Internet of Things), ou Internet des objets en français, est un concept qui fait référence à la connexion et à la communication entre des objets physiques du quotidien via Internet. Il s'agit d'un réseau d'objets interconnectés capables de collecter, d'échanger et d'analyser des données.

L'IoT repose sur l'intégration de capteurs, d'actuateurs et de dispositifs embarqués dans des objets tels que des appareils électroménagers, des véhicules, des équipements industriels, des vêtements, des montres intelligentes, des capteurs environnementaux, etc. Ces objets sont dotés de la capacité de se connecter à Internet, d'échanger des informations avec d'autres objets et de communiquer avec des systèmes informatiques.

La figure (**FigureII.1**) [29] montre l'architecture passée, présente et future de l'IOT. A l'avenir, les appareils ne devraient pas seulement être connectés à Internet et à d'autres appareils locaux, mais devraient également communiqué directement avec d'autres appareils sur Internet.

L'IoT continue de se développer et d'évoluer, stimulant l'innovation et la transformation dans de nombreux secteurs, y compris l'industrie, l'agriculture, les transports, la santé, l'énergie et les services publics.

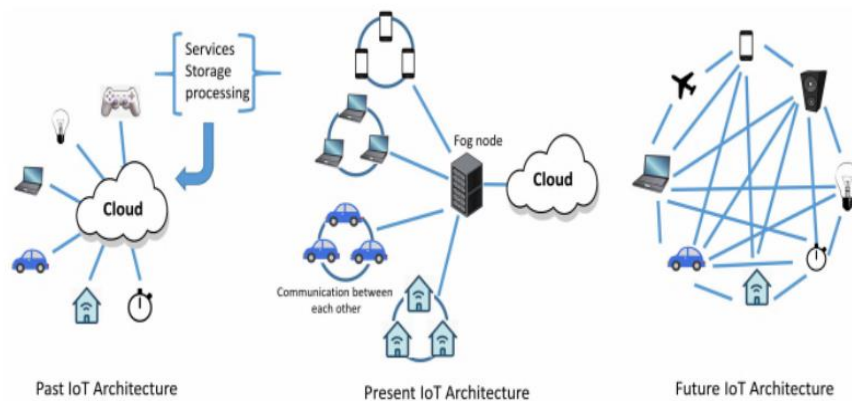


Figure II.1: Architecture actuelle et future de l'IoT. [28]

II.2 Composantes de l'IOT

L'objet connecté est d'abord un objet qui a une fonction mécanique et/ou électrique propre, il peut soit être conçu directement connectable, soit il est déjà existant et la connectivité est rajoutée postérieurement. L'objet connecté a pour fonction de collecter des données de capteurs, de traiter ces données et de les communiquer à l'aide d'une fonction de connectivité et de recevoir des instructions pour exécuter une action. Généralement ces fonctions de l'objet connecté nécessitent une source d'énergie, surtout quand les données sont prétraitées directement dans l'objet [29], les composantes sont:

II.2.1 Les capteurs

Les capteurs sont des dispositifs permettant de transformer une grandeur physique observée (température, luminosité, mouvement etc.) en une grandeur digitale utilisable par des logiciels. Les objets connectés ont souvent la fonction de captation de ces grandeurs physiques sur leurs lieux d'utilisation.

Les capteurs IoT sont généralement de petite taille, ont un faible coût et consomment moins d'énergie [29].

II.2.2 Les réseaux de capteurs

Afin de satisfaire les besoins de communication entre eux, les capteurs sont équipés de dispositifs sans fil pour l'émission et la réception de données. Cela ne suffit cependant pas à rendre un ensemble de capteurs accessibles ou du moins de manière interopérable, Transparente et simplifiée Pour cela, les capteurs doivent aussi s'organiser, ce qui caractérise un réseau de capteurs, c'est que ses éléments sont de très petits appareils, dotés de capacités de transmission sans fil [30].

II.2.3 L'énergie

La plus importante contrainte à laquelle sont soumis les réseaux capteurs concernant l'énergie. L'autonomie temporelle des nœuds s'évalue en termes d'années [31].

II.2.4 Les actionneurs

Les actionneurs sont des dispositifs qui transforment une donnée digitale en phénomène physique pour créer une action, ils sont en quelque sorte l'inverse du capteur. Exemple d'actionneurs: Afficheurs, Alarmes, Caméras, Haut-parleurs, Interrupteurs, Lampes, Moteurs, Pompes, Serrures, Vannes, Ventilateur, Vérins [29].

II.2.5 La connectivité

La connectivité de l'objet est assurée par une petite antenne Radio Fréquence qui va permettre la communication de l'objet vers un ou plusieurs réseaux (qui sont détaillés dans la section réseaux IOT). Les objets pourront d'une part remonter des informations telles que leur identité, leur état, une alerte ou les données de capteurs, et d'autre part recevoir des informations telles que des commandes d'action et des données. Le module de connectivité permet aussi de gérer le cycle de vie de l'objet, c'est-à-dire, l'authentification et l'enregistrement dans le réseau, la mise en service, la mise à jour et la suppression de l'objet du réseau [29].

II.3 Domaines d'application de l'Internet des objets

Les objets connectés ont envahi notre quotidien sans même que nous y prêtions attention. De la télé intelligente à la voiture connectée, nos loisirs, nos déplacements sont facilités par ces nouveaux outils qui augmentent grandement notre confort.

Les applications sont variées et recouvrent de nombreux domaines: industrie, sciences, santé, Transport,....



Figure II.2: Domaine d'application de l'IOT [32].

L'utilisation de l'IOT permettra le développement de plusieurs applications intelligentes qui toucheront essentiellement ceux qu'on citera dans ce qui suit, nous citons brièvement des exemples d'applications de l'IOT:

II.3.1 La domotique

La domotique regroupe l'ensemble des technologies informatique, électrotechnique et électronique, qui permettant l'automatisation des équipements d'un habitat et transforment une maison en une maison intelligente. [32]

Elle est conçue dans le but d'améliorer le confort des habitants, d'accroître la sécurité (système d'alarmes), des biens et des personnes et facilite la gestion de l'énergie (optimisation de l'éclairage et du chauffage). La maison intelligente peut être contrôlée par un ordinateur ou un simple smart phone.

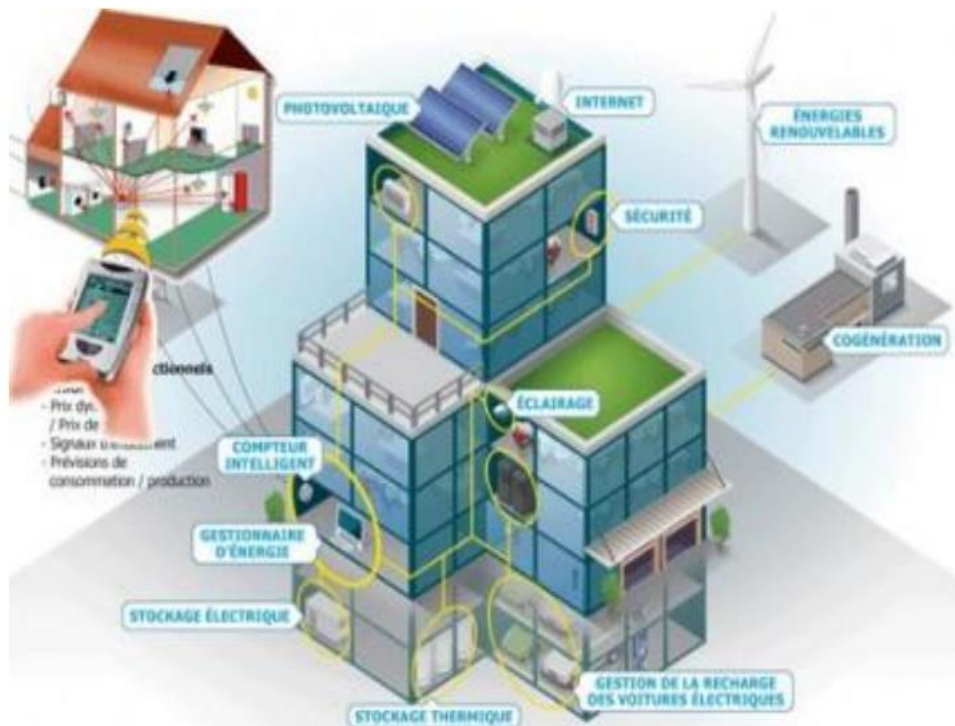


Figure II.3 : une figure qui représente un bâtiment intelligent

II.3.2 Automobile

Des voitures connectées ou autonomes aux systèmes de transport/logistique intelligents, l'IoT peut sauver des vies, réduire le trafic et minimiser l'impact des véhicules sur l'environnement [33].

II.3.3 La sante

Dans le domaine de la santé, l'IoT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques, notamment pour des personnes âgées, les objets connectés permettent de suivre la tension, le rythme cardiaque, la qualité de respiration ou encore la masse grasseuse. Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domicile, et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite [34].

II.3.4 Les villes intelligentes

Les villes intelligentes sont en croissance dans les pays qui connaissent une avancée technologique. Il existe dans ce cas, des systèmes qui permettent de contrôler le fonctionnement de ville, les activités des populations, la gestion des bâtiments, la sécurité.

L'IoT permettra une meilleure gestion des réseaux divers qui alimentent nos villes (eaux, électricité, gaz, etc.) en permettant un contrôle continu en temps réel et précis. Des

capteurs peuvent être utilisés pour l'économie de l'eau et pour améliorer la gestion des parkings et du trafic urbain et diminuer les embouteillages et les émissions en CO2 [34].



Figure II.4: une figure qui représente les constituants d'une ville intelligente

II.3.5 L'industrie

La technologie IoT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production, jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement. Cette traçabilité de bout en bout permet aux usines d'améliorer l'efficacité de ses opérations, d'optimiser la production et d'améliorer la sécurité des employés [34].

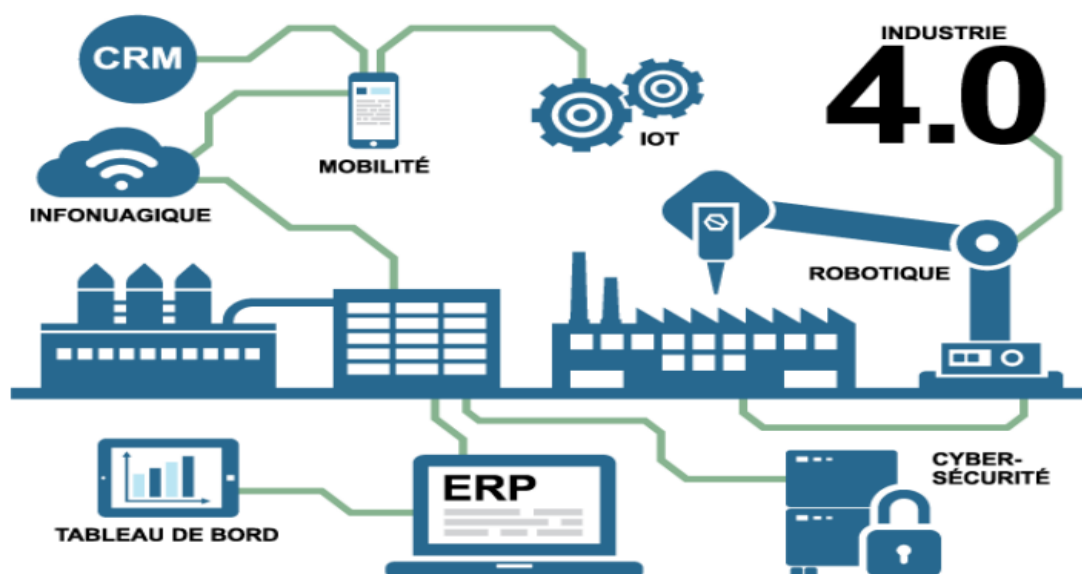


Figure II.5 : figure qui représente un schéma de l'industrie 4.0

II.3.6 L'agriculture

L'agriculture intelligente a pour objet de renforcer la capacité des systèmes agricoles, de contribuer à la sécurité alimentaire en intégrant le besoin d'adaptation et le potentiel d'atténuation dans les stratégies de développement de l'agriculture durable [32].

Cet objectif a été atteint enfin par l'utilisation des nouvelles technologies, telles que l'imagerie satellitaire et l'informatique, les systèmes de positionnement par satellite de comme GPS, aussi par l'utilisation des capteurs qui vont s'occuper de récolter les informations utiles sur l'état du sol, taux d'humidité, taux des sels minéraux, etc. Et envoyer ces informations au fermier pour prendre les mesures nécessaires garantissant la bonne production [32].

II.4 Les Bandes de fréquences de l'IoT

La technologie IoT utilise aussi bien les bandes de fréquences à usage Industriel, Scientifique et Médical (ISM) dites « bandes libres », que les bandes de fréquences dont l'usage est soumis à une autorisation individuelle.

L'exploitation des bandes de fréquences ISM ne nécessite pas d'avoir une autorisation individuelle, mais elle est soumise à un certain nombre de contraintes liées au partage du spectre disponible entre plusieurs applications. Les applications IoT dans la bande ISM fonctionnent principalement autour des bandes de fréquences suivantes : 13,56 MHz, 169

MHz, 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz, 2,45 GHz, 5,8 GHz ([5,150 GHz - 5,350 GHz] et [5,470 - 5,725]) [38].

II.5 Les étapes pour la mise en place de l'IOT :

La mise en place d'un projet IOT nécessite 6 étapes incontournables [36]:

II.5.1 Élément central du projet IoT l'objet

Boîtier inséré dans un véhicule pour surveiller les déplacements, capteur permettant de mesurer les éléments de température ou de pression d'un équipement industriel, ou encore pour gérer des matériels médicaux dans les hôpitaux (maintenance, taux d'utilisation), l'objet connecté peut être représentatif d'éléments extrêmement différents et diversifiés.

La première étape est donc d'acquérir, ou de construire le cas échéant, l'objet adapté aux contraintes physiques du cas d'usage de l'entreprise.

II.5.2 Connectivité pour la communication des objets connectés

Une fois cette problématique de l'objet traitée, l'objectif est de le rendre communicant. Si l'objet capte les données, elles n'ont aucun sens si elles ne sont pas transférées. Un ensemble de solutions de connectivité existe pour faire 'parler' l'objet. En fonction de la nature de l'objet et des données qu'il capte, il faudra choisir le bon réseau: 2G/3G/4G, réseaux bas débit et basse consommation (type Sigfox, NB-IoT).

II.5.3 Collecte de l'ensemble des données

Face à la multitude des objets, la collecte et la modélisation de l'ensemble des données produites est un point crucial. Pour les traiter, toutes les données doivent être collectées et traitées afin d'être exploitable et ce à travers un seul outil simple et ergonomique.

II.5.4 Hébergement et le stockage des données

Les données doivent être stockées, gérées et administrées en toute sécurité. Face à la criticité des données (exemple données de santé ou de géolocalisation), il est important de bénéficier d'une infrastructure qui garantit la sécurité des données et qui soit en mesure de s'adapter à la montée en charge du projet.

II.5.5 Développement de logiques applicatives

Pour donner un sens aux données collectées et en d'engager toute la valeur (optimisation de l'activité de l'entreprise, fidélisation de ses clients ou encore proposition de nouveaux services innovants), il faut pouvoir les utiliser et les lier entre elles. Cela se traduit par le développement et la mise en œuvre d'une application IoT. Au travers d'une telle

application, l'entreprise peut utiliser au mieux ces données et piloter les objets ou les processus.

II.5.6 Restitution des données captées par les objets connectés

Pour proposer ces nouveaux services innovants à ses clients, l'entreprise doit mettre une interface à leur disposition pour interagir avec eux. Cette application IoT, proposée sous forme d'interface web, d'application mobile permet de partager les données avec ses clients ou ses fournisseurs, en toute simplicité et d'améliorer l'expérience client par exemple.

II.6 Les avantages et les inconvénients des systèmes d'IoT

Les objets connectés offrent de nombreux avantages aux utilisateurs principalement la facilitation de la vie quotidienne. Notamment, dans certains domaines comme la santé, par exemple les patients évitent certains déplacements vers les établissements de santé, en se servant des objets connectés pour transmettre des éléments permettant de diagnostiquer leurs états [37].

Dans le domaine de la domotique, les objets connectés améliorent considérablement la sécurisation et le contrôle des habitats, notamment, en multipliant les détecteurs d'anomalie dans un domaine, et en automatisant l'envoi d'alerte vers les autorités, en cas d'intrusion. Les principaux soucis des utilisateurs des objets connectés resté donc dans le problème de la sécurité des informations (dit objet connecté dit échange d'informations « la sécurisation des données personnelles confidentielles ») et donc risque d'interception ou de détournement. On peut dire aussi que Les objets connectés vont nous rendre fainéants et la maîtrise des informations est un peu difficile, auquel les éditeurs et concepteurs continuent de focaliser leurs efforts et innovations [38]

II.3 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exposé l'Internet des objets (IOT) d'une manière générale, ses différentes composantes, applications, et ses caractéristiques.

Dans le chapitre suivant, nous allons miniaturiser et simuler l'antenne patch afin de retirer ses caractéristiques à savoir : le S11, le gain, le diagramme de rayonnement etc.... pour assurer le bon fonctionnement de cette antenne dans la bande ISM désirée.

Chapitre III :

Simulations

et

Résultats

III.1 Introduction

L'objectif de notre travail est de miniaturiser et simuler une antenne patch rectangulaire. Les résultats de simulations présentés ont été obtenus à l'aide d'un logiciel de simulation électromagnétique CST (MICROWAVE STUDIO) en termes de paramètre de réflexion S11, de diagramme de rayonnement. Cette antenne miniature proposée doit être adaptée dans la fréquence 868MHz, et de pouvoir être utilisé pour des appareils IOT.

III.2 Présentation de l'outil de simulation

Fondé en 1992, le logiciel de simulation électromagnétique CST STUDIO SUITE est l'aboutissement de nombreuses années de recherche et de développement dans les solutions les plus efficaces et précises de calcul pour la conception électromagnétique [39], [40].

III.2.1 Description générale du logiciel

• Création d'un projet

Tout d'abord, on lance le logiciel de simulation, une interface est apparue pour créer un nouveau projet (Figure III.1). Puis on clique sur 'create Project' et on choisit le type et la zone de simulation qu'on va réaliser (Figure III.2).

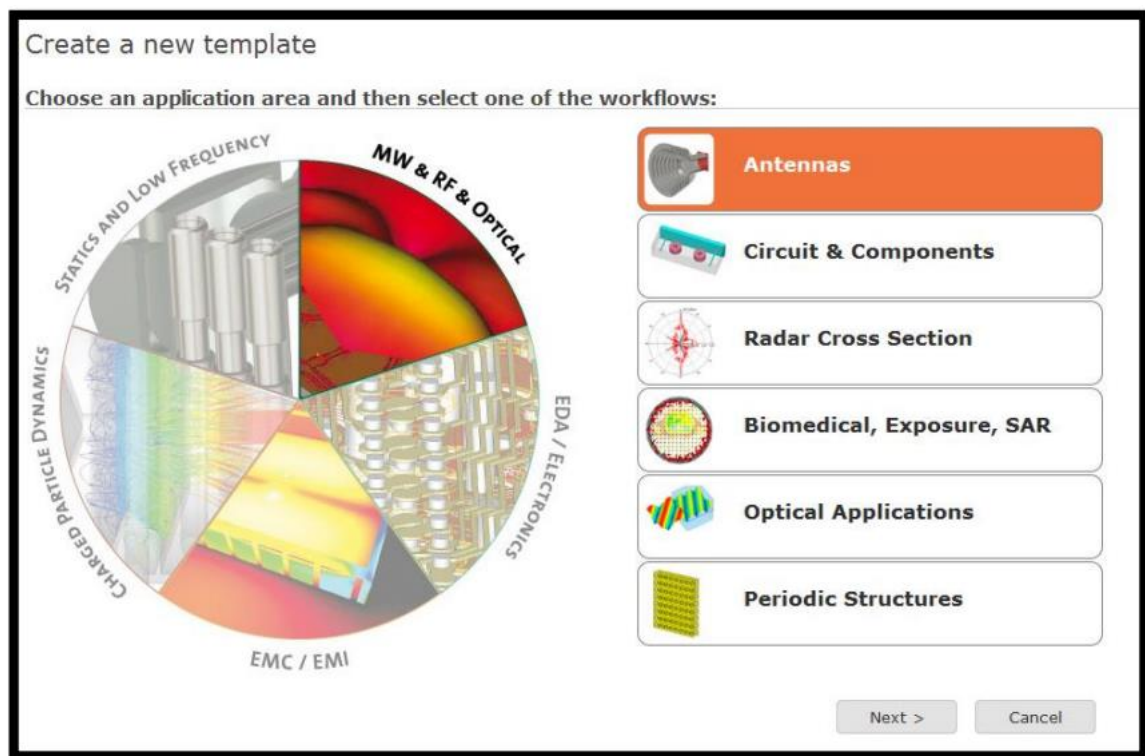


Figure III.1 : Création d'un nouveau projet

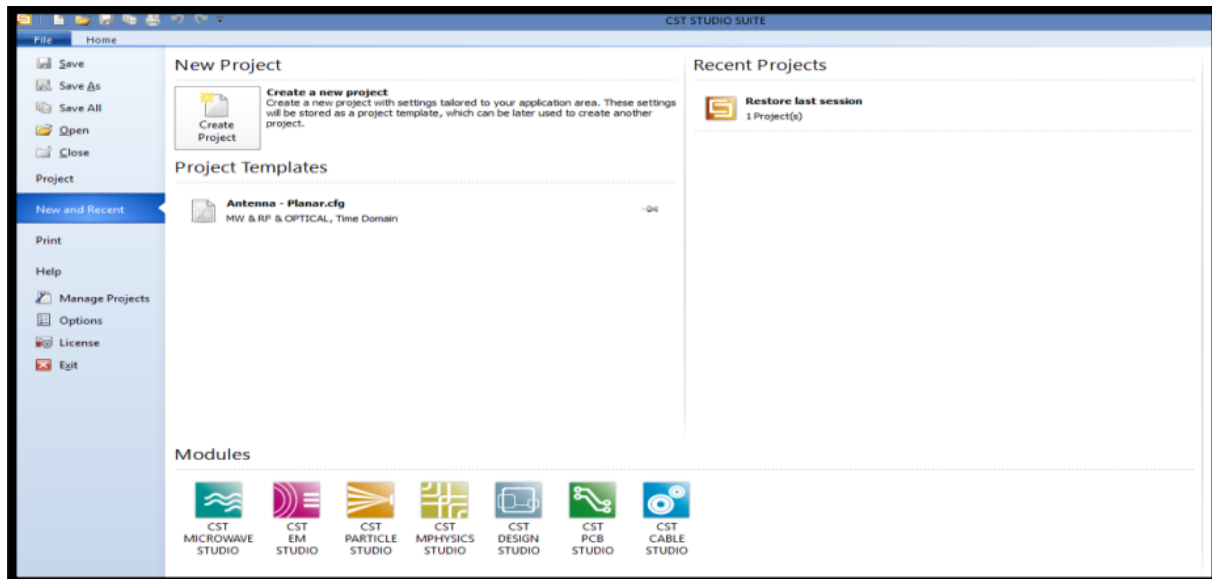


Figure III.2 : Choix du type et de la zone de simulation

Après avoir cliqué sur 'NEXT', on passera au choix de type d'antenne qu'on va la réaliser.

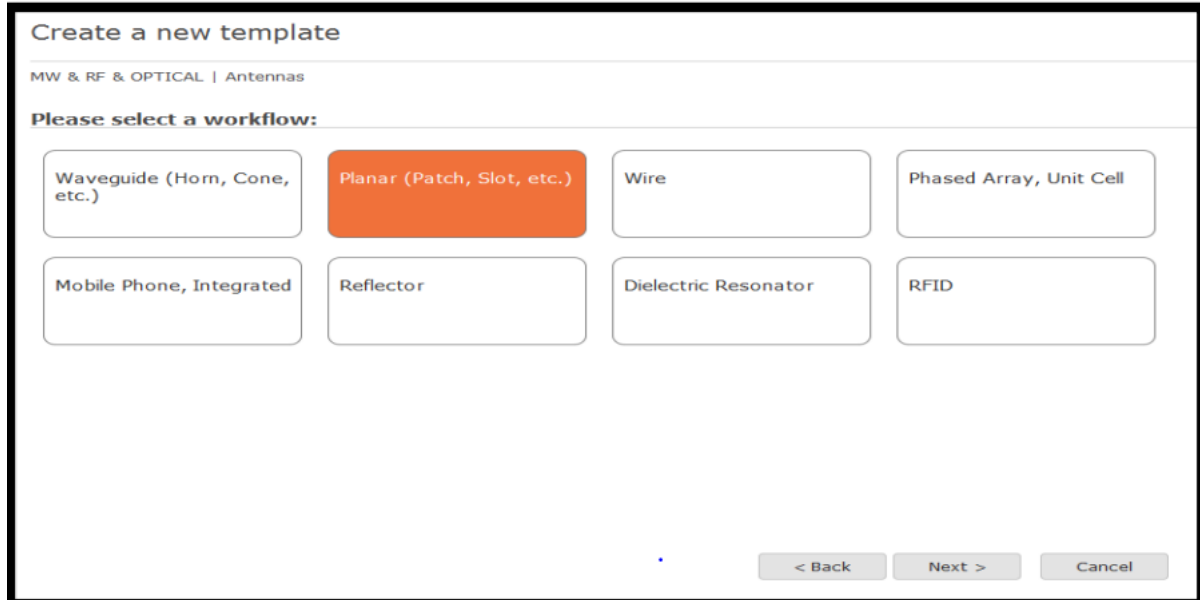


Figure III.3 : Choix du type d'antenne

Au contraire des autres logiciels de simulation électromagnétique, le CST dispose différentes techniques de simulation dont le but qu'il soit utilisé dans plusieurs domaines de recherche. Parmi ceux proposés par le CST, on s'intéresse au « **Time Domain** ».

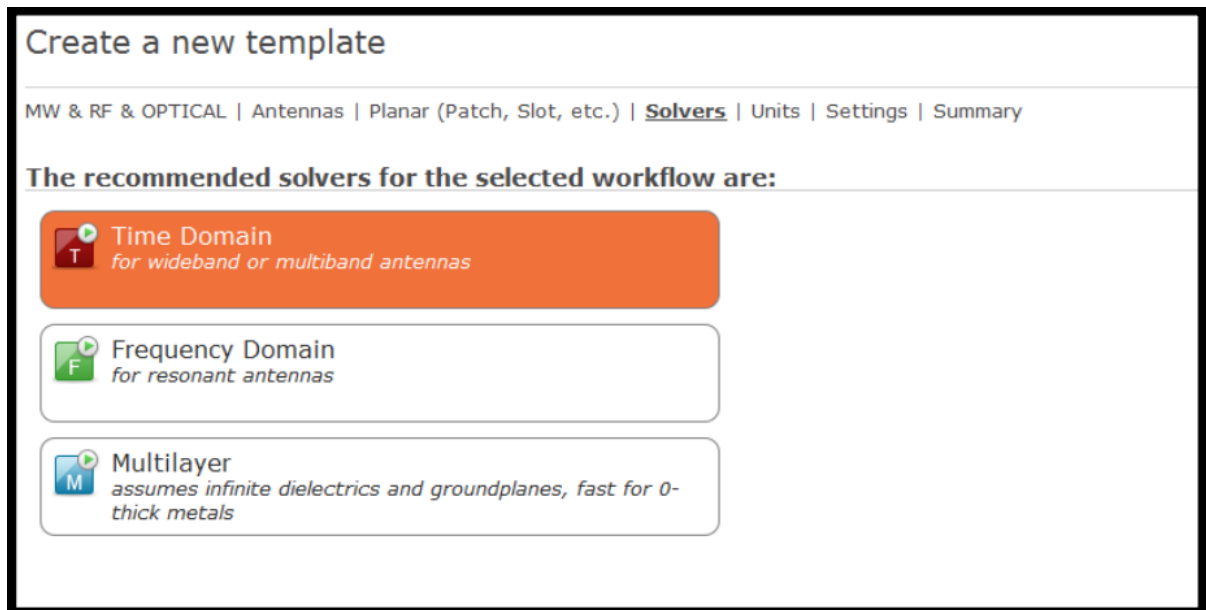


Figure III.4: Choix de la technique de simulation

Puis, on effectue les unités de différents paramètres utilisés pour la conception de l'antenne proposée.

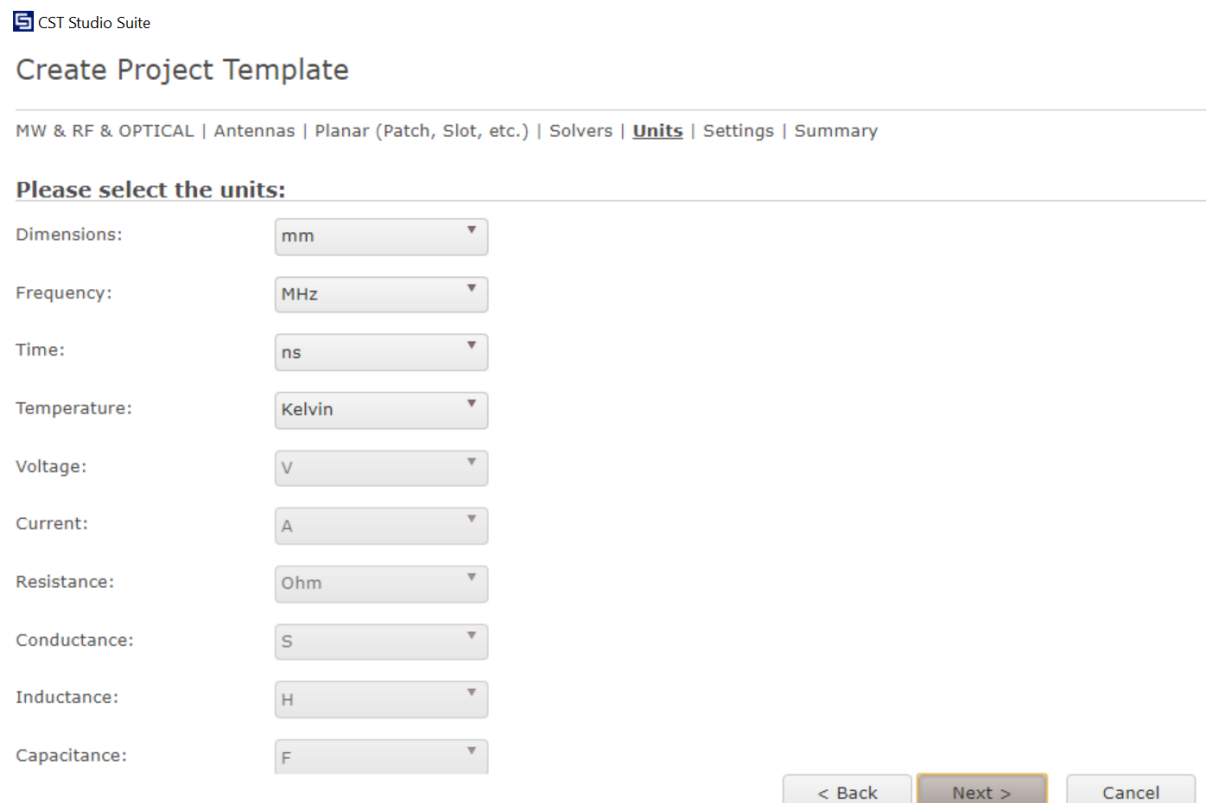


Figure III.5 : choix des unités de différents paramètres

En fin, on clique sur 'Finish' dans la fenêtre ci-dessous pour terminer la création du projet.

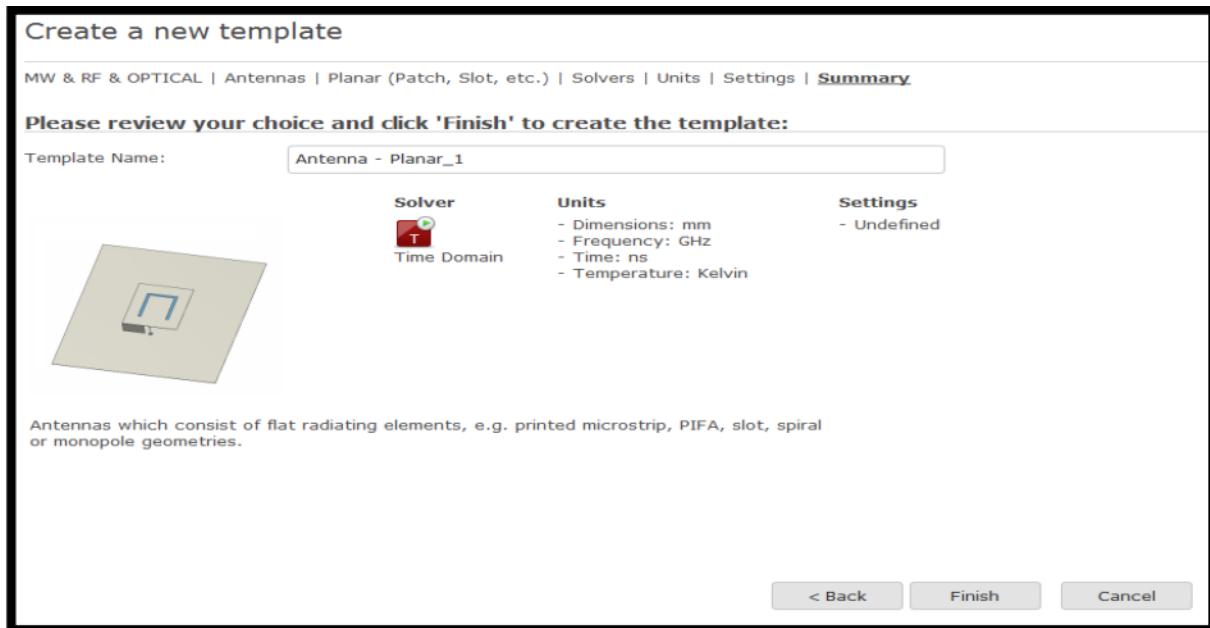


Figure III.6 : Fin de la création de projet.

• L'Interface de CST

L'interface utilisateur est commune à tous les modules, assurant un environnement cohérent, qui accélère la prise en main lors de la diversification des simulations. Les outils principaux sont accessibles sur le ruban.

L'interface contient les fonctionnalités permettant la modélisation, la gestion de la simulation et le post-traitement.

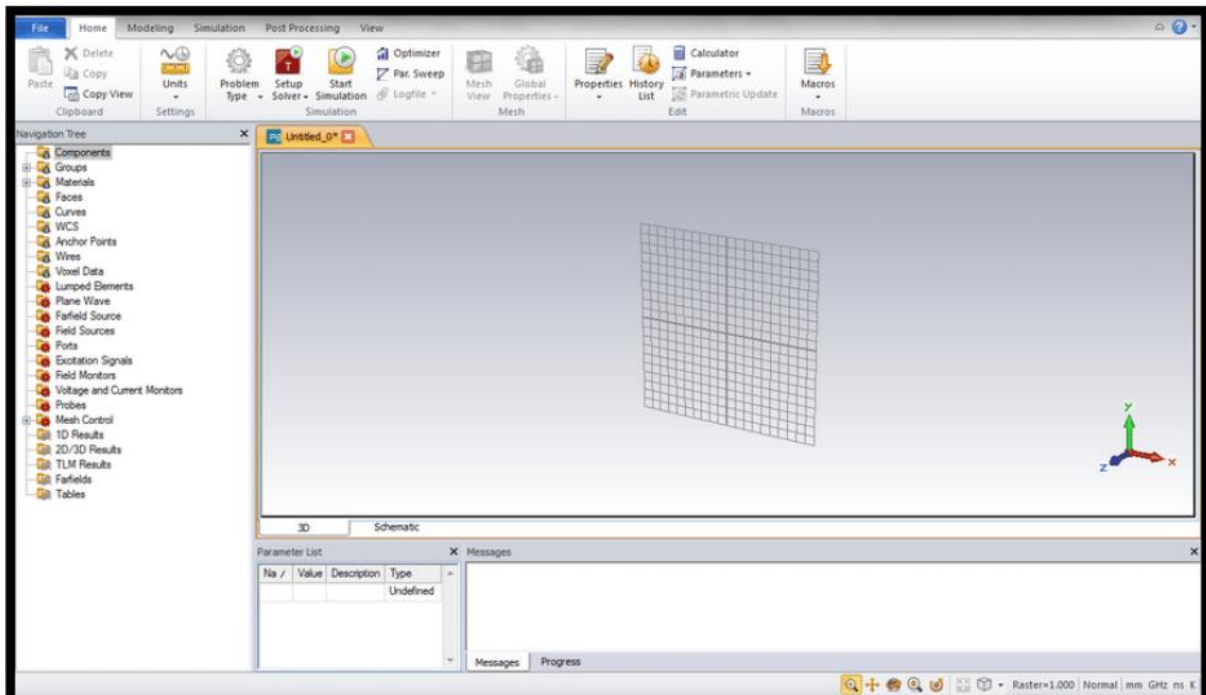


Figure III.7 : Interface principal de logiciel CST

III.3 Antenne patch Rectangulaire alimentée avec une ligne micro ruban

III.3.1 Géométrie de base

Dans ce Travail, nous avons choisi une antenne patch rectangulaire dans la bande de fréquence [700-900] MHz tel que la montre la **Figure III.8**. Elle est alimentée par une ligne micro ruban (50Ω). Le substrat utilisé est de type Rogers RO3003, de permittivité $\epsilon_r = 2.2$ et d'une épaisseur $h=1.575\text{mm}$, Le plan de masse et le patch de type matériaux Copper (annealed). La **figure III.8** nous présente la structure d'une antenne patch rectangulaire simple.

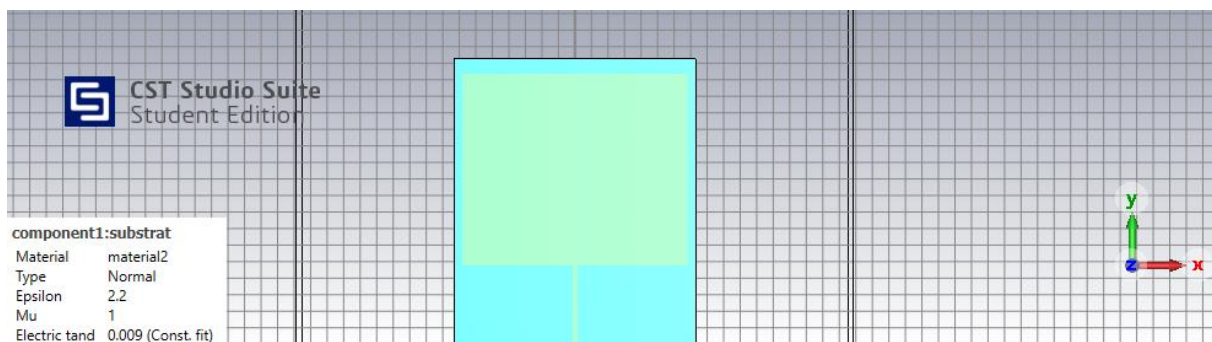


Figure III.8: Antenne patch rectangulaire initiale proposée

Chapitre III : Simulations et Résultats

Les paramètres de calculs de cette antenne sont donnés sur le **tableau III.1** :

Paramètre de l'antenne patch rectangulaire		Equations
Patch	La largeur	$W_p = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$
	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	$L_p = \frac{c}{2fr \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L$
	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	$L_g = L_p + L + (6 \times h)$
	La largeur	$W_g = W_p + (6 \times h)$
La longueur de la ligne	Simple	$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2fr \sqrt{\epsilon_{eff}}}$

Tableau III.1 : Equations de calculs des paramètres de l'antenne patch rectangulaire [41].

Tel que :

ϵ_{eff} : Permittivité effective du substrat

h : l'épaisseur du substrat

f_r : Fréquence de résonance

Les dimensions du substrat et du plan de masse (L_g , W_g) sont données en fonction des dimensions du patch par les relations empiriques suivantes :

$$L_g = l_f + L_p + 6 * h$$

$$W_g = W_p + 6 * h$$

Les valeurs des paramètres de l'antenne patch initiale sont mentionnées dans le tableau **III.2** qui est calculées à partir des équations du **tableau III.1**

Paramètres	Dimensions (mm)
W_p	136.6
L_p	115.8
W_g	146.05
L_g	242.65

Tableau III.2 : Les valeurs des paramètres d'antenne initiale.

III.3.2 Résultats de simulation

III.3.2.1 Paramètre de réflexion S [1,1]

Nous allons représenter le coefficient de réflexion S11 (**Figure III.9**), qui va nous permettre de visualiser le niveau d'adaptation et la bande passante à la fréquence de résonance entre [700- 900] MHz pour cette antenne initiale proposée.

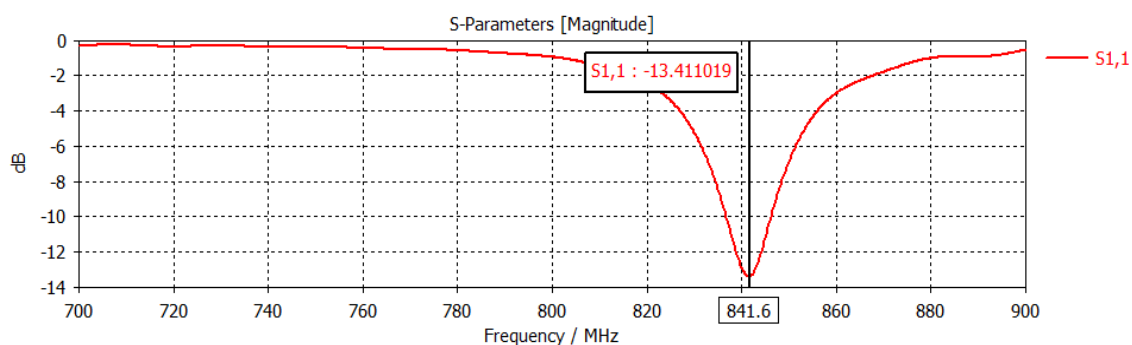


Figure III.9: Coefficient de réflexion S11.

Nous remarquons bien d'après **la figure III.9** que l'antenne est adaptée à la bande de fréquence [700-900] MHz, le S11 est de -13.411dB mais reste insuffisant.

III.3.2.2 Voltage standing wave ratio (VSWR)

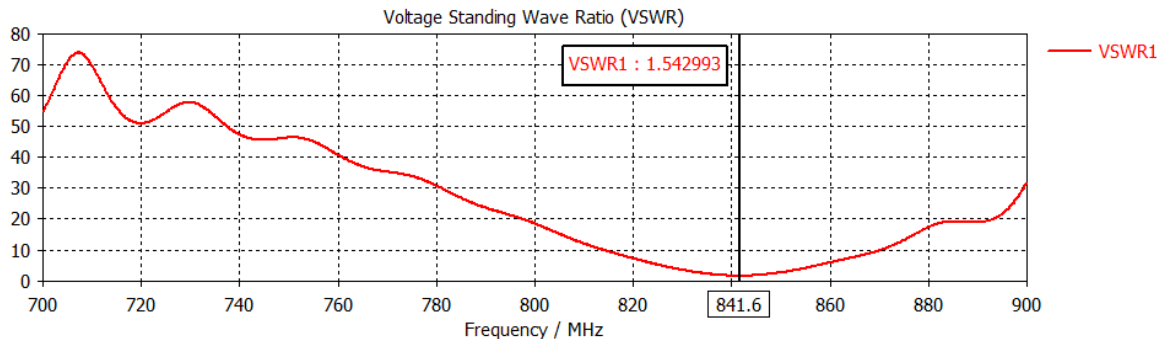


Figure III.10:Rapport d'onde stationnaire(VSWR).

Le VSWR (Voltage State Wave Ratio) est égal à 1.54 qui est inférieur à 2, donc l'antenne est bien adaptée avec la ligne d'alimentation à la fréquence de résonance.

III.3.2.3 Diagramme de rayonnement :

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 cette dernière. Il nous donne la possibilité de visualiser le rayonnement sur un plan polaire ; ceci nous donne une idée sur l'angle d'ouverture [42]. **Les figures (III.11) et (III.12)** montrent le diagramme de rayonnement en 3D et **les figures (III.13) et (III.14)** montrent le diagramme de rayonnement en polaire de notre antenne initiale proposée :

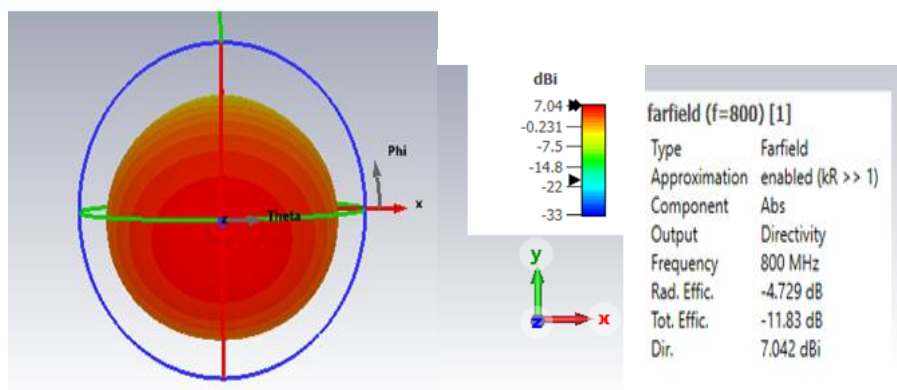


Figure III.11 : Diagramme de rayonnement en 3D (Directivité) de l'antenne initiale proposée.

Chapitre III : Simulations et Résultats

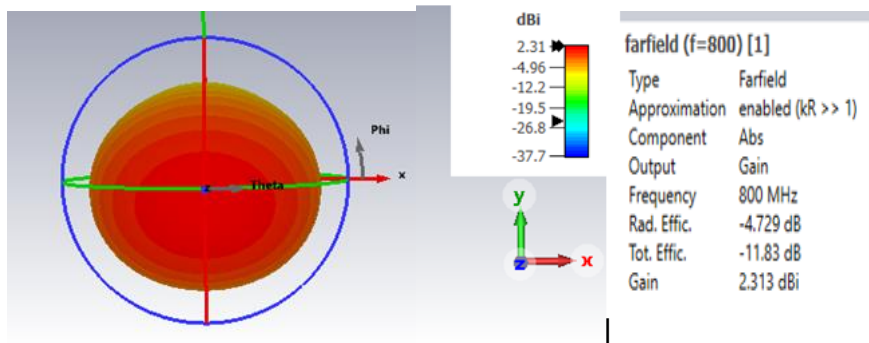


Figure III.12 : Diagramme de rayonnement en 3D (Gain) de l'antenne initiale proposée.



Figure III.13 : Diagramme de rayonnement polaire (Gain) de l'antenne initiale proposée.

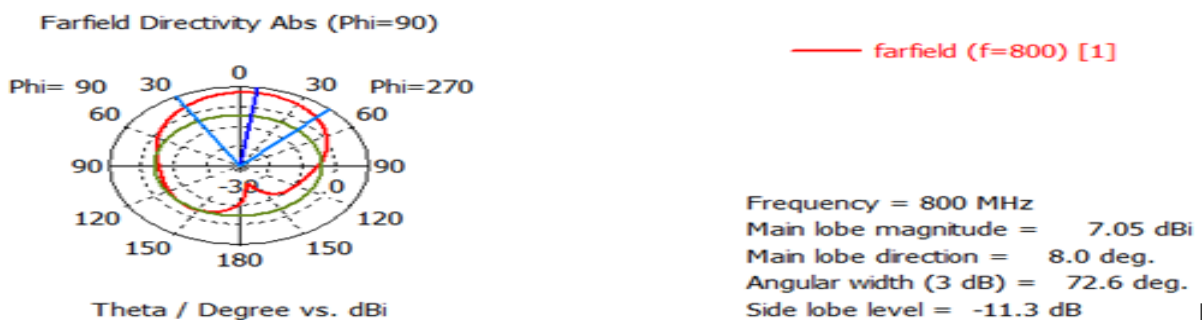


Figure III.14 : Diagramme de rayonnement en polaire (Directivité) de l'antenne initiale proposée.

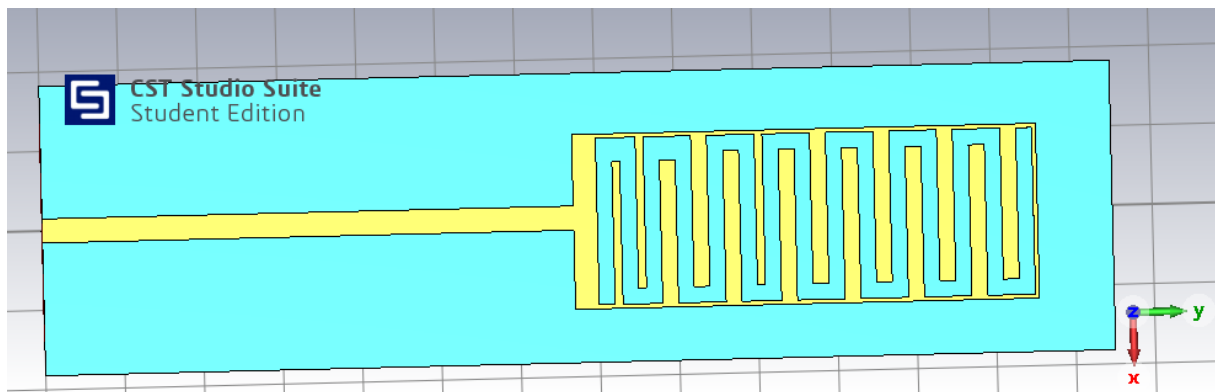
D'après les figures III-11 et III.12, nous voyons bien que les diagrammes de rayonnement de l'antenne initiale présentés et simulés sous CST sont omnidirectionnels avec une directivité de 7.04 dB, un gain positif de 2.31 dB, et une ouverture de 72.6 deg.

III.3.3 Miniaturisation de l'antenne patch rectangulaire

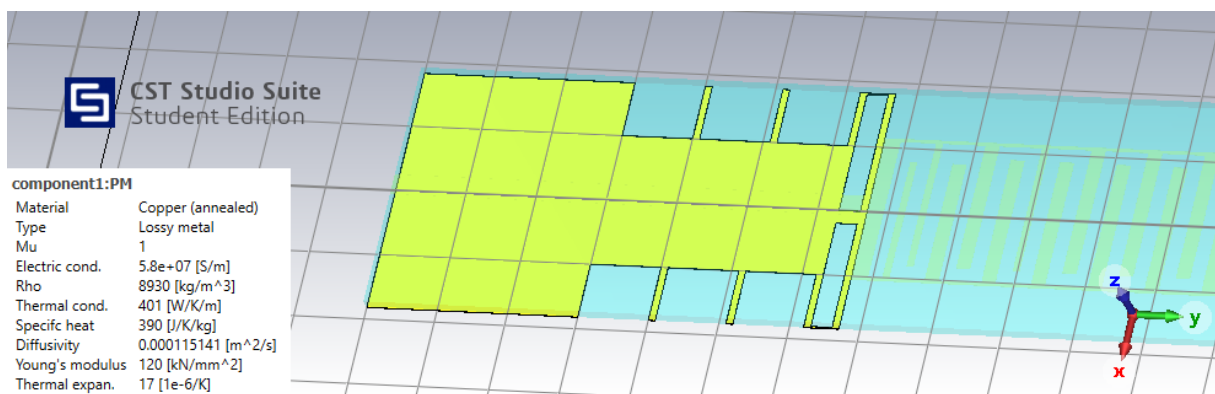
La technique d'insertion des fentes et des encoches est celle que nous avons choisie pour miniaturiser notre antenne patch rectangulaire est proposée.

III.3.3.2 Antenne Rectangulaire miniature Adaptée

Afin que nous puissions atteindre notre objectif, nous allons faire une étude paramétrique sur les dimensions de la fente du patch pour atteindre la fréquence souhaitée à la fréquence de 868MHz. **La figure III.13** montre la structure de notre antenne miniature proposée.



(a) Structure du patch



(b) Structure du plan de Masse

Figure III.15 : Antenne patch rectangulaire miniature adaptée à 868 MHz.

Les dimensions de l'antenne patch miniature sont données sur le **Tableau III.4** :

Paramètres	Dimensions (mm)
Wp	27
Lp	58.5
Wg	36.45
Lg	184.95

Tableau III.3 : Les valeurs des paramètres de l'antenne finale.

a. Résultats de simulations du Coefficient de réflexion S [1,1]

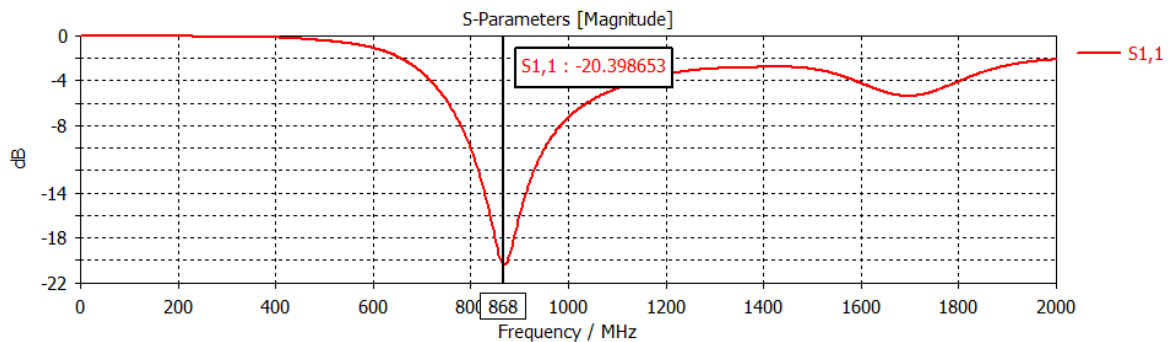


Figure III.16 : Coefficient de réflexion S₁₁ de l'antenne miniature finale.

La **figure III.16** montre que le coefficient de réflexion obtenu est adapté à un pic de $-20,39$ dB pour une fréquence de 868 MHz, ce qui donne une bonne valeur à cette fréquence de travail.

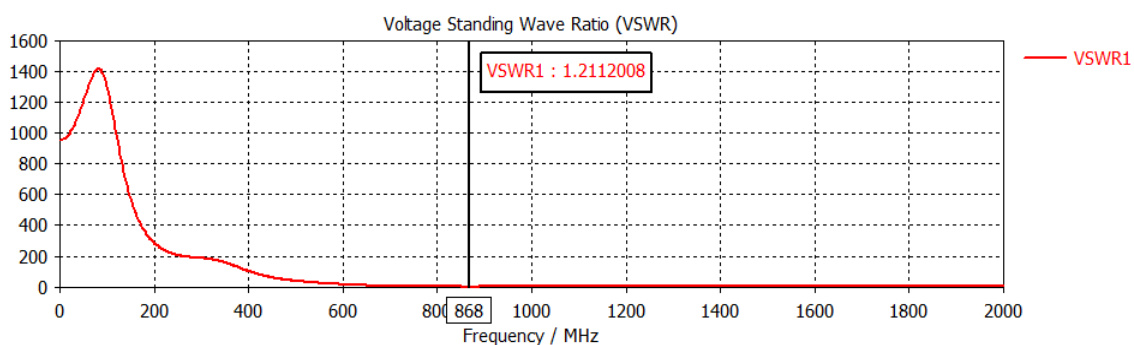


Figure III.17 : VSWR de l'antenne miniature finale

Le VSWR est égal à 1.21 qui est inférieur à 2, donc nous avons une bonne adaptation de la ligne avec le patch.

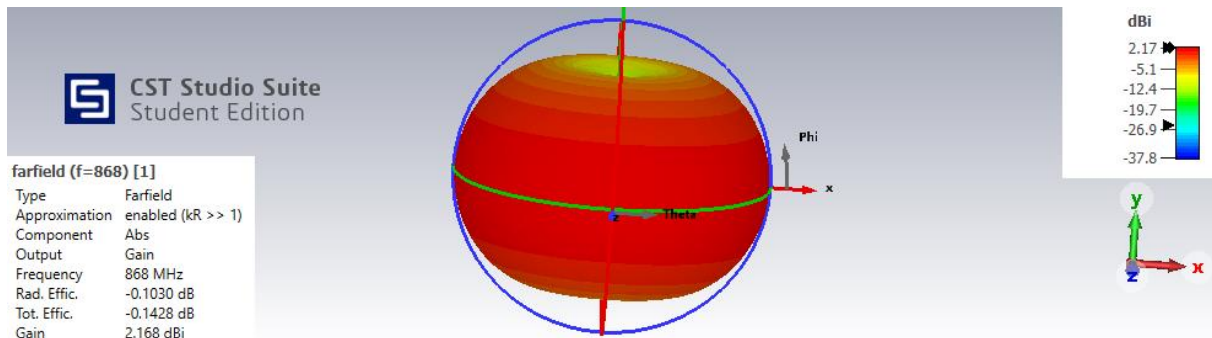


Figure III.18: diagramme de rayonnement(Gain) en 3D de l'antenne miniature finale

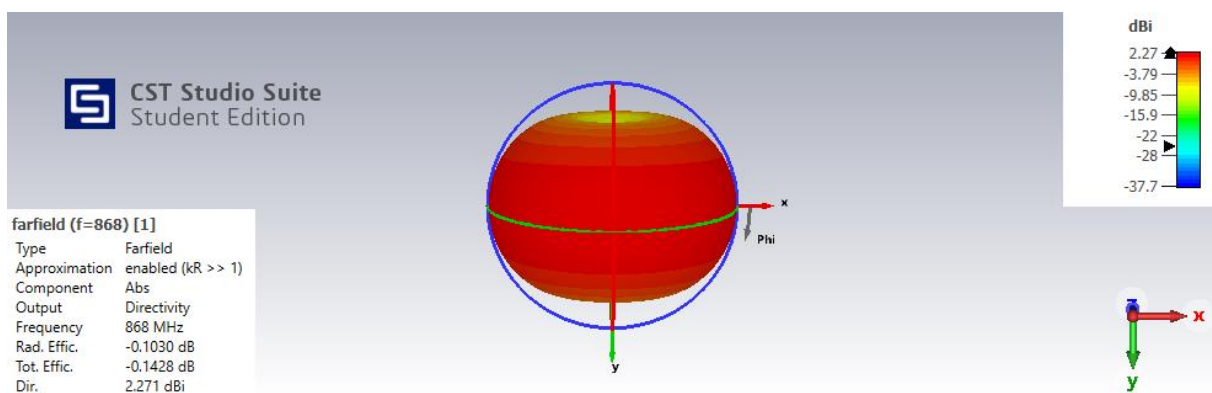


Figure III.19: diagramme de rayonnement (Directivity) en 3D de l'antenne miniature finale

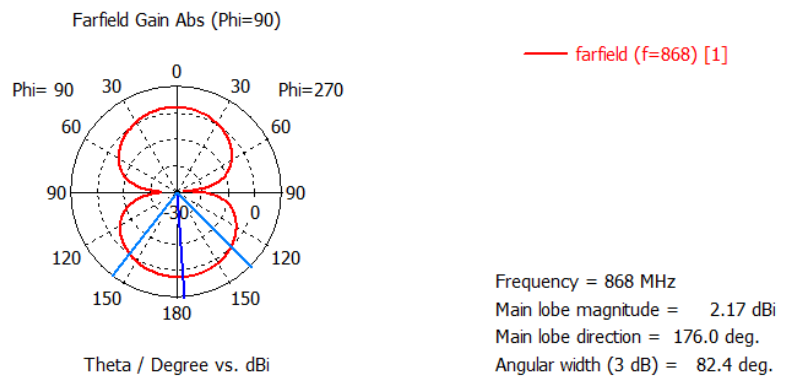


Figure III.20 : Diagramme de rayonnement en polaire (Gain) de l'antenne final.

Chapitre III : Simulations et Résultats

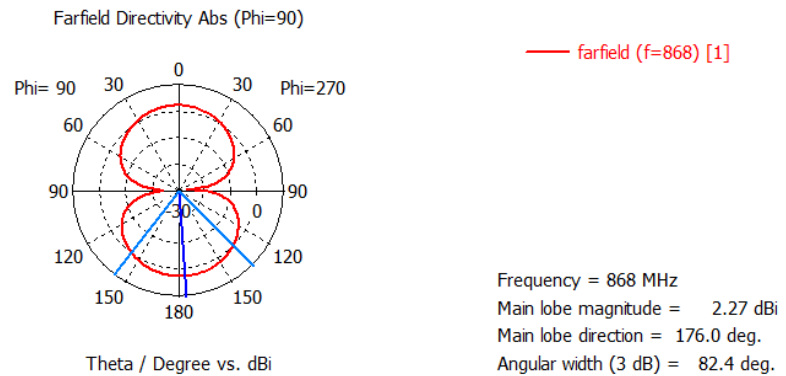


Figure III.21 : Diagramme de rayonnement en polaire (Directivité) de l'antenne final.

Le diagramme de rayonnement obtenu est omnidirectionnelle avec un gain de 2.16dB, la directivité est de 2.27dB, ainsi l'ouverture est de 82.4 deg.

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait la conception sous le logiciel CST MWS d'une antenne imprimée rectangulaire miniature fonctionnant dans la fréquence 868MHz, et en utilisant la technique d'insertion des fentes sur le patch et sur le plan de masse, afin qu'elle soit utilisable pour la technologie d'IOT.

Les résultats de simulations sont très satisfaisants en termes de paramètres de réflexion S11, de VSWR, de gain et de directivité.

Conclusion générale

La présente étude avait pour but la conception logicielle, la miniaturisation et la simulation d'une antenne patch qui résonne à une fréquence 868MHZ. Pour entamer ce travail, il nous a fallu faire des recherches sur divers supports bibliographiques. Nous avons donc, dans un premier temps, présenté l'antenne micro-ruban, leurs caractéristiques en général, mécanismes d'alimentation, techniques de miniaturisation et nous avons fini par une brève présentation sur celle proposée avec la technique de miniaturisation utilisée. De façon complémentaire, une partie consacrée à la présentation de l'outil de simulation CST utilisé dans ce travail.

Nous avons miniaturisé une antenne patch alimentée par une ligne micro ruban et adaptée à la bande ISM.. Enfin nous pouvons dire que les résultats de simulations sont très satisfaisants et l'antenne est prête pour être utilisé dans plusieurs applications dans la bande ISM.

Références

- [1] Kamil, « Conception d'une antenne patch ultra-large bande (3.1 GHz-10.6 GHz) ». Mémoire de Magister, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 2011.
- [2] M. N. Moghadasi, R. A. Sadeghzadeh, T. Sedghi, T. Aribi, And B. S. Virdee, Member, IEEE « UWB CPW-Fed Fractal Patch Antenna With Band-Notched Function Employing Folded T-Shaped Element » IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters.12. 2013.
- [3] DEGHEFEL, W., & MERZOUGUI, « Etude et conception d'une antenne patch ultra large bande ULB à bande rejetée ». Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf-M'SILA, 2017.
- [4] Soltane, « Etude et caractérisation d'antennes imprimées pour système ultra-large bande ». Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider-Biskra, 2015.
- [5] L. J. Volakis « Antenna Engineering » Handbook, University Stuttgart.2007
- [6] K. Buell, D. Cruickshank, H. Mosallaei, et K. Sarabandi, "Patch antenna over RIS substrate: A novel miniaturized wideband planar antenna design", IEEE Antennas Propagate Symposium, Columbus, OH, 2003, p. 269-272. [8] K. Sarabandi, "Scattering from variable resistive and impedance sheets," J. Electromagn. Waves Applicat., vol. 4, no. 9, pp. 865-891, 1990.
- [7] Jérémy Valleau, « Miniaturisation d'antennes très large bande pour applications spatiales » Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), Jeudi, 1 décembre 2016
- [9] Ziane Cherif Abderrahmane, Benhaddoudi Abderrahim, « Conception, modélisation et réalisation d'une antenne micro ruban triangulaire miniature ULB », Mémoire de Fin d'Etudes MASTER. Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb d'Ain-Temouchent, 2016/2017.
- [10] Rabih A Slim, « Conception Antenne WIFI », Université Antonine Faculté des Ingénieurs en Télécommunications, Informatique.
- [11] Belabas Lynda, Chemmoun Lila : « Miniaturisation de l'antenne PATCH sous CST » ; Mémoire de Fin d'Etudes MASTER, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 2017 / 2018.
- [12] Chorfi Hamid, « Conception d'un nouveau système d'antenne réseau en onde », Thèse de doctorat, Université De Québec, Mai 2012
- [13] C. Hamid « Conception D'un Nouveau System D'antenne Réseau Conforme En Onde Millimétrique » Maitrise En Ingénierie, Université De Québec A Chicoutimi. Mai 2012.
- [14] A. Boyer « Antennes, Support De Cours Enonce De Travaux Diriges » Institut National Des Sciences Appliquées De Toulouse.

- [15] Mekaouche, M., Atti, B., & Rouha, « L'effet des caractéristiques de l'antenne patch sur sa directivité ». Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira Bejaia, 2014
- [16] CHORFI Hamid, « conception d'un nouveau système d'antenne réseau conforme en onde millimétrique », Thèse de doctorat, Université du Québec, 2012
- [17] Fouad Benamrane, « Conception d'une antenne Patch Microstrip »; Master télécom hyperfréquence mémoire online; Université Sidi Mohamed Ben Abdallah (Fès) Maroc 2011.
- [18] Yamina TIGHILT, « Identification des antennes microrubans multicouches par la méthode spectrale et les réseaux de neurones ». Thèse de Doctorat, 2010/2011.
- [19] Benazzouz Ghouti et Bensenane Ikram, « Conception et réalisation d'une antenne miniature pour l'application LTE », Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen, 2018/2019.
- [20] S. E. Sandstorm, « A Compact Micro strip Patch Antenna For LTE Application, Master Thesis, Submitted For Degree Of Master In Electrical Engineering Specialization In Signal Processing Wave Propagation », 22-2-2013
- [21] Souhila, M., & Tine-hinane, « Antenne de téléphonie mobile, caractérisation et optimisation ». Mémoire de Master, l'Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2016.
- [22] Aissaoui, C., & Benghalia, « Contribution à l'analyse des antennes microbandes avec excitation par la méthode du domaine spectral-Application à un réseau d'antennes microbandes ». Thèse de Doctorat, 2017.
- [23] Ben Tahar Zohra, Ben Abdesselam Sarah Yamina, « Réalisation d'une Interface graphique de Calcul des paramètres d'antennes patch et conception logicielle » Mémoire de Fin d'Etudes MASTER. Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb d'Ain-Temouchent, 2018/2019
- [24] K.R. Carver And J. W. Mink « Microstrip Antenna technology » IEEE Trans. Antennas Propagat , Vol AP-29, PP2-24, JAN 1981.
- [25] F. Z. Marouf « Conception D'antennes Pifa Bi-Bande » Mémoire De Master II Université De Tlemcen. 2009
- [26] J. Dauvignac, N. Fortino, S. Tourette, G. Kassivas, P. Ciais « Miniaturisation Des Antennes UWB Planaires » Université De Nice-Sophia Antipolis. 25 OCT 2006.
- [27] A. Chami « Miniaturisation Et Intégration D'antennes Imprimées Pour Systèmes ULB Pulsés » Université Nice Sophia Antipolis. France. 2011.
- [28] Vikas Hassija, Vinay Chamola, Vikas Saxena, Divyansh Jain, Pranav Goyal, and Biplob Sikdar. A survey on IoT security: application areas, security threats, and solution architectures. IEEE Access, 7:82721–82743, 2019
- [29] <https://www.connectwave.fr/techno-appli-iot/iot/reseaux-et-infrastructures-iot>.

- [30] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, and Dipak Ghosal. Wireless sensor network survey. *Computer networks*, 52(12):2292–2330, 2008.
- [31] Daniele Puccinelli and Martin Haenggi. Wireless sensor networks: applications and challenges of ubiquitous sensing. *IEEE Circuits and systems magazine*, 5(3):19–31, 2005.
- [32] <https://wikimemoires.net/2019/09/domaines-d-applications-de-l-iot/>.
- [33] Intel. Applications pour l'internet des objets dans l'industrie. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.intel.fr/content/www/fr/fr/internet-of-things/industry-solutions.html> (Consulté le 02/02/2019)
- [34] CHALLAL, Yacine. Sécurité de l'Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique. Thèse de doctorat : Technologies de l'Information et des Systèmes. France : Juin 2012, 78 p.
- [35] Votis, C., G. Tatsis, and P. Kostarakis, "Envelope correlation parameter measurements in a MIMO antenna array configuration" *IJCNS*, Vol. 3, No. 4, 350–354, 2010.
- [36] <https://www.sfrbusiness.fr/room/internet-des-objets/les-etapes-projetiot.html?fbclid=IwAR0nLWsPDGiJKCaBssC94wU5YtkcdKifb9VX0MV0FbFaLez7mm1pxOtpfwU>.
- [37] Limit Internet of Things IoT Readiness, http://www.ti.com/ww/en/internet_of_things/iotlimit.html
- [38] Christian, Fnac, blog, <http://www.fnac.com/Avec-les-objets-connectes-le-changement-cestmaintenant-MAJ-Mars-2017/cp20440/w-4>, page consultée le 04/04/2018.
- [39] Mr. MERIAH S.M. « Présentation du logiciel de simulation CST Studio Suite présente ». Université Abou bekr belkaid de Tlemcen, 2013.
- [40] Belgacem Nassima, Mémoire de fin d'étude de master académique : « Conception des antennes PIFA mono-bande et multi-bande GSM, DCS, PCS, UMTS et WIFI » Université de Tlemcen, 2013.
- [41] Tchouar Faiza et Bensenouci Rabea, « Etude et Conception D'une Antenne Micro ruban pour des applications WBAN », Master en Génie de Télécommunications, Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb d'Ain-Temouchent, 2016/2017.
- [42] Bruno Delorme, « Les antennes dans les réseaux de téléphonie mobile », Paris, 2010.