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- BelhadjBouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département D'électronique et de Télécommunications

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Réseaux et Télécommunications
Domaine : Science et Technologie
Filière : Télécommunications
Spécialité : Réseaux et Télécommunications
Thème

Conception d'un Réseau d'antennes patch RFID pour l'IoT

Présenté Par :
1) FATMI Achouak
2) BENTOUIR Amina

Devant le jury composé de :

Dr Ayach Choukria MCA UAT.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr Moulessehoul Wassila MCB UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinatrice
Dr Ferouani Souheyla MCA UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrante
Dr Rabah Mohamed Amine MRA CDS (Oran)	Co-Encadrant

AnnéeUniversitaire 2020/2021

Remerciement

*En premier lieu nous tenons à remercier **« ALLAH »** le Tout Puissant et Miséricordieux de la bonne santé, de la volonté et de la patience qu'il nous a accordé tout au long de notre étude.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à **Dr FEROUANI SOUHEYLA**, Maitre de conférences classe A l'université de Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent, pour ses précieux conseils, ses incessants encouragements et surtout sa grande disponibilité et motivation tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi à notreco-encadrant, **Dr Rabah Mohamed Amine** pour codirigé ce travail, pour la qualité de son encadrement et ses remarques toujours pertinentes, qui nous ont permis de finaliser ce travail.*

Nous remercions tout particulièrement les membres de jury Dr Moulessehoul Wassila, MCB à l'université de Belhadj Bouchaib et DrAayachChoukria, profà l'université de Belhadj Bouchaib qui ont Accepté de lire et de juger notre travail, ainsi que tous les enseignants qui ont Contribué à notre formation.

Nous tenons à remercier aussi tout le corps professoral du département de Génie Electrique spécialement de Télécommunications.

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

A mes très chers parents qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études.

Ma chère Mère FATMI Malika
Mon père FATMI Mhamed

A mes chères sœurs *Imane, Fatouh, Ikram*
A mon frères *Yaccine*

A mes oncles et mes tantes.
A mes cousins et cousines.

A mes amies : *Bochra,Wafaa,Amine, Hicham*

Et plus particulièrement toutes les personnes qui n'ont pas hésité à m'apporter leur
soutien, à toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce mémoire.

A Ma belle et chère binôme *BENTOUIR Amina*

Achouak

Dédicace

Je dédie ce projet

A ma chère mère,*Kheira*
A mon père,*Mostpha*

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

Ames chère sœur Assia et Anfel
Zohra et leur marie mes chère petits Adam et Narimene
A mon frère amine

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études

A ma chèrebinôme*, FATMIAchouak*
Pour s'entente et sa sympathie

Pour leur indéfectibles soutient leur patiences
A mes chères amies (e)s, *Amine, Hichem, Mohamed, Yacine ,Mami ,Ilhem,Zineb,douaa,Yousra ,Safae,Bouchera,Wafae,Ferile.*

Amina

Résumé

Les antennes patch micro ruban présentent une révolution dans le domaine de la télécommunication sans fil. L'objectif de notre travail est l'étude et la conceptiond'un réseau d'antennes patch rectangulaire pour la technologie RFID en l'IoT à la fréquence 5,8GHz. Les résultats de simulations et de mesureen termes de paramètres de réflexion S11, le VSWR, le gain, et le diagramme de rayonnementsont très satisfaisant et notre antenne proposée est facile à mettre en œuvre.

Mot clé : réseau d'antennes patch, l'IoT, RFID, S11, Diagramme de rayonnement.

Abstract

Microstrip patch antennas present a revolution in wireless communications field. The objective of our work is the study and design of a rectangular patch antenna array for RFID technology in IoT at 5.8GHz frequency. The simulation and measure results in terms of S11 reflection parameters, VSWR, gain, and radiation pattern are very satisfactory and our proposed antenna is easy to implement.

Keyword: patch antenna network, IoT, RFID, S11, Radiation pattern.

ملخص

تقدم هوائيات ثورة في مجال الاتصالات السلكيةواللاسلكية. الهدف من عملنا هو دراسة وتصميم مصفوفة هوائي مستطيلة لتكنولوجياRFID في انترنت الأشياء بتردد 5.8 جيغاهرتز. نتائج المحاكاة والقياس S11وVSWR والكسب ومخطط الاشعاع مرضية للغاية والهوائي المقترح سهل التنفيذ

الكلمات المفتاحية: مجموعة هوائي مدقق, انترنت الأشياء IoT,و موجات الراديوS11,RFID, و الاشعاع.

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Table des figures

Liste des tableaux

Liste des acronymes et abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : Les antennes imprimées

I.1 Introduction 3

I.2Les antennes imprimées 3

I.2.1 Définition d'une Antenne 3

I.2.2.Description d'antenne imprimée 3

I.2.3. Paramètres Caractéristiques d'une Antenne 4

I.2.3.1. Coefficient de réflexion $S11$ 4

I.2.3.2. La Directivité 4

I.2.3.3. Le Gain 5

I.2.3.4. Le Rendement 5

I.2.3.5. L'Ouverture 5

I.2.3.6. Impédance d'entrée 6

I.2.3.7. Le Diagramme de rayonnement 6

I.2.3.8.La Bande passante 6

I.2.4. Techniques d'alimentation des antennes imprimées 7

I.2.4.1. Alimentation directe par ligne micro ruban 7

I.2.4.2. Alimentation par une sonde coaxiale 8

I.2.4.3. Alimentation couplée par fente (par ouverture) 8

I.2.4.4. Alimentation par couplage électromagnétique 9

I.2.5. Techniques d'adaptation des antennes imprimée 9

I.2.5.1. Adaptation par ligne quart d'onde 9
I.2.5.2. Adaptation par stub 9
I.2.5.3. Adaptation avec encoches 10
I.2.6. Les applications des antennes imprimées 11
I.2.7. Avantages et inconvénients des antennes imprimées 11
I.3 Réseau d'antennes imprimées 11
I.3.1 Technique d'alimentation d'un réseau d'antenne patch 12
I.3.1.1Alimentation en série 12
I.3.1.2Alimentation en parallèle 13
I.3.1.3 Réseaux bidimensionnels 13
I.4. Conclusion 14
II.1. Introduction 16
II.2 l'Internet des Objets (IoT) 16
II.2.1. Définition de L'Ido(Internet des Objets) 16
II.2.2. Les Aspects techniques 17
II.2.3Fonctionnement de l'IoT 17
II.2.4 Domaines d'applications de l'IoT 18
II.3.Identification par Radio Fréquence (RFID) 18
II.3.1. Historique de RFID 18
II.3.2. La Définition de La RFID 18
II.3.3. Le principe de fonctionnement des systèmes RFID 19
II.3.4 Les types de l'étiquette RFID 20
II.3.5 Gamme de Fréquence 20
II.3.6Les applications de la RFID 21
II.3.6.1La RFID dans le domaine de la logistique 21
II.3.6.2Le suivi des animaux 21
II.3.6.3La RFID dans le domaine de la santé 22

II.3.6.4Utilisation dans les documents d'identité 22
II.3.6.5La technologie RFID dans le cas de transport routière.....23
II .4 La technologie RAIN RFID.....23
II.5Conclusion.....23

Chapitre III: Simulations et résultats

III.1. Introduction 26
III.2. Choix de l'outil de simulation 26
III.3. Simulation de l'antenne patch rectangulaire résonante à 5,8 GHZ 27
III.3.1. Calcule des paramètres de l'antenne 27
III.3.2. Géométrie de base.....28
III.3.3 Résultats de simulations de l'antenne patch rectangulaire de base 29
III.4. Adaptation de l'Antenne patch à 5.8GHz par la ligne micro ruban quart d'onde.....29
III.5. L'ajout des fentes et d'encoches.....31
III.5.1. Résultats de simulations 32
III.5.1.1 coefficient de réflexion S11 :.....32
III.5.1.2 La bande passante : 33
III.5.1.3L'impédance d'entré.....33
III.5.1.4 Taux d'ondes stationnaires (TOS) 34
III.5.1.5 Diagramme de rayonnement du gain.....34
III.5.1.6Distribution de courant.....35
III.5.1.7La distance de lecteur RFID 36
III.6 Réseau d'antenne patch de 2 éléments.....36
III.6.1 Résultats de simulations 37
III.6.1.1 Coefficient de réflexion S11 37
III.6.1.2 La bandepassante 37
III.6.1.3Taux d'ondes stationnaires 38
III.6.1.4 Diagramme de rayonnement du gain.....38

III.6.1.5 Distribution de courant 39
III.6.1.6 La distance de lecteur RFID 40
III.7 Réseau d'antenne patch de 4 éléments 40
III.7.1Résultats de simulations 41
III.7.1.1 Coefficient de réflexion S11 41
III.7.1.2 La bande passante 41
III.7.1.3 Taux d'ondes stationnaires VSWR 42
III.7.1.4 Diagramme de rayonnement du gain 42
III.7.1.5Distribution de courant 43
III.7.1.6La distance de lecteur RFID 44
III.8. Prototype et mesures de l'antenne patch RFID proposé 45
III.8.1 Résultats de Mesure de l'antenne patch RFID 46
III.8.1.1 Paramètre de réflexion S11 46
III.8.1.2 VSWR 47
III.9Conclusion 47
Conclusion générale 50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 51

Liste des Figures

Chapitre I : Les antennes imprimées

Figure I-1 : une antenne imprimée. 3
Figure I- 2:Les différents types de patch. 4
Figure I- 3: Le diagramme de rayonnement 6
Figure I- 4: la bande passante. 6
Figure I- 5: les Techniques d'alimentations. 7
Figure I- 6: Alimentation directe par ligne micro ruban. 7
Figure I- 7: Alimentation par une sonde coaxiale....8
Figure I- 8: Alimentation par ligne microruban et fente. 8
Figure I- 9: Alimentation par couplage électromagnétique.....9
Figure I- 10: Adaptation par quart à adaptation quart d'onde. 9
Figure I- 11 : stub en circuit ouvert....10
Figure I- 12: Patch rectangulaire.....10
Figure I- 13 : L'équivalence en circuit……10
Figure I- 14: Patch adapté par encoches de longueur....10
Figure I- 15: Différents types de réseaux : (a) linéaire (b) bidimensionnels. 12
Figure I- 16: Alimentation série d'un réseau linéaire 13
Figure I- 17: Alimentation parallèle d'un réseau linéaire. 13
Figure I- 18: Alimentation parallèle d'un réseau plan 14
Figure I- 19: Alimentation série d'un réseau plan. 14

Chapitre II :Technologie RFID pour l'IoT

Figure II- 1: Les aspects techniques de l'IoT. 17
Figure II- 2: les domaines d'applications de l'IoT. 18
Figure II- 3: Fonctionnement d'un système RFID....19
Figure II- 4:la facilité de la logistique grâce à la RFID 21
Figure II- 5: suivre l'activité d'un chien à distance. 22
Figure II- 6: La RFID pour l'hôpital....22
Figure II- 7: la RFID dans le document d'identité....22

Chapitre III: Simulations et résultats

Figure III- 1: Outil de simulation CST 26
Figure III- 2: Antenne patch initiale. 28
Figure III- 3: Le coefficient de réflexion S11 de l'antenne initiale. 29
Figure III- 4: Antenne patch avec ligne quart d'onde non adapté. 29
Figure III- 5: Le coefficient de réflexion S11 de l'antenne quart d'onde. 30
Figure III- 6: Antenne patch proposée. 31
Figure III- 7: Coefficient de réflexion S11. 32
Figure III- 8: Coefficient de réflexion S11 de l'antenne patch adapté à la fréquence 5.8GHz. 32
Figure III- 9:la bande passante de l'antenne patch proposée. 33
Figure III- 10 : L'impédance d'entrée de l'antenne patch proposée. 33
Figure III- 11: VSWR en fonction de la fréquence. 34
Figure III- 12: variation de gain en fonction de la fréquence. 34
Figure III- 13: Diagramme de rayonnement, (a) en 3D, (b) polaire. 35
Figure III- 14: Distribution de courant de l'antenne. 35
Figure III- 15: la distance de lecture de la RFID. 36
Figure III- 16: Réseau d'antenne à deux éléments. 36
Figure III- 17: Coefficient de réflexion S11 d'un réseau d'antenne à 2 Éléments. 37
Figure III- 18: la bande passante d'un réseau de deux éléments. 37
Figure III- 19:VSWR d'un réseau d'antenne à deux éléments. 38
Figure III- 20:variation de gain en fonction de fréquences. 38
Figure III- 21 : Diagramme de rayonnement, (a) en 3D, (b) polaire. 39
Figure III- 22: Distribution de courant d'un réseau de deux éléments. 39
Figure III- 23:la distance de lecture de la RFID. 40
Figure III- 24: Réseau d'antenne à quatre éléments. 40
Figure III- 25: Coefficient de réflexion S11 d'un réseau d'antenne à quatre elements. 41
Figure III- 26: la bande passante d'un réseau de quatre éléments. 41
Figure III- 27: VSWR d'un réseau d'antenne à quatre éléments. 42
Figure III- 28: variation du gain en fonction de fréquence. 42
Figure III- 29: Diagramme de rayonnement, (a) en 3D, (b) polaire. 43
Figure III- 30: Distribution de courant d'un réseau de quatre éléments. 43
Figure III- 31 : La distance de lecture de la RFID. 44
Figure III- 32 : Prototype de l'antenne patch RFID proposée. 45

Figure III- 33 : Mesure de l'Antenne patch proposé à l'aide de l'analyseur réseau.....46
Figure III- 34 : Paramètre de réflexion S11 simulé et mesuré. 46
Figure III- 35: VSWR simulé et mesuré. 47

Liste des Tableaux

Tableau II-1:les gammes de fréquence de déférentes étiquettes 20
Tableau III- 1: Paramètres de l'antenne patch rectangulaire ……..…...27
Tableau III- 2: dimension de l'antenne patch initial 28
Tableau III- 3: Dimension de la ligne quart d'onde de l'antenne 30
Tableau III- 4: études paramétriques sur les fentes ajoutées. 31
Tableau III- 5: dimension d'une antenne à deux éléments. 37
Tableau III- 6: Les résultats pour les différentes structures d'antennes. 44

Liste des Acronymes et Abréviation

IoT	**I**nternet **o**f **T**hings.
Ido	**I**nternet **d**es **O**bjets.
RFID	**Id**entification par **R**adio **F**réquence.
TCP	**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol.
IP	**I**nternet **P**rotocol.
OEM	**O**nde **E**lectro**m**agnétique
HF	**H**aute **F**réquence.
UHF	**U**ltra **H**aute **F**réquence.
WLAN	**W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etwork.
RAIN	**Ra**dio fréquence **I**dentificatio**N**.
CST	**C**omputer **S**ystem **T**echnology.
MHz	**M**iga **H**ertz.
dB	**D**ici**B**el.
GHz	**G**iga **H**ert**z**.
FR4	**F**lame **R**etardant **4**.
3D	**T**rois **D**imension.
VSWR	**V**oltage **S**tanding **W**ave **R**atio.
TOS	**T**aux d'**O**ndes **S**tationnaires.

Introduction Générale

Introduction générale

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication sans fil nécessitent la conception des 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.

L'émergence de l'IoT offre un grand potentiel pour le développement de nouveaux services et applications connectant le monde physique au monde virtuel.

Dans le cadre de notre travail, Nous proposerons une antenne micro ruban de forme rectangulaire avec ligne quart d'onde pour la technologie RFID(radio Frequency identification).

Ce mémoire d'écrit l'ensemble de nos travaux et se décompose en trois chapitres :

Le premier chapitre du travail présent la description générale de l'antenne imprimée, les techniques d'alimentation et d'adaptation des différentes applications des antennes imprimées, leurs avantages et inconvénients. En fin, nous allons passer en revue les réseaux d'antenne patches

Le deuxième chapitre présente une vue générale sur l'IoT et les Domaines d'application précisément, la technologie RFID. Nous avons défini cette dernière, en parlant de son fonctionnement et ces applications

Le troisième chapitre concerne les résultats de simulations réalisées de notre antenne patch proposée à un élément, 2 et 4 éléments de réseau, pour savoir le paramètre de réflexion S11, le gain, la bande passante, le diagramme de rayonnement….

ChapitreI

Les antennes imprimées

I.2.3.6. Impédance d'entrée

C'est l'impédance vue de la part de la ligne d'alimentation au niveau de l'antenne [9], [10]. Donnée par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Ze} = Z0\frac{(1+S_{11})}{(1-S_{11})} \qquad \textbf{(I-7)}$$

I.2.3.7. Le Diagramme de rayonnement

La représentation graphique de la fonction caractéristique de l'antenne porte le nom de « diagramme de rayonnement ».Il présente les variations de la puissance rayonnée par unité d'angle solide dans les différentes directions de l'espace. [10].

Figure I- 3: Le diagramme de rayonnement [2].

I.2.3.8.La Bande passante

la bande de fréquences ou le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne (ou de l'antenne vers le récepteur) est maximale [11], Elle dépend de l'impédance de rayonnement, la directivité, la polarisation, l'adaptation ou le coefficient de réflexion de l'antenne respecte un certain niveau bien défini a sur la bande. Le rapport en % est donné par l'expression:

$$BP\% = \frac{f1-f2}{f0} \times 100 \qquad \textbf{(I-8)}$$

*f0 : L*a fréquence centrale d'utilisation

*f1, f 2: L*es fréquences limites supérieures et inférieures

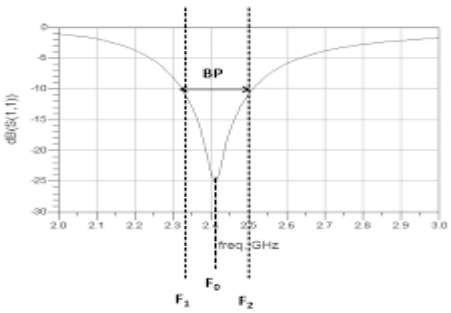

Figure I- 4: la bande passante [2].

I.2.4. Techniques d'alimentation des antennes imprimées

Il existe plusieurs méthodes d'alimentation des antennes micro rubans peuvent être classées en deux grandes catégories

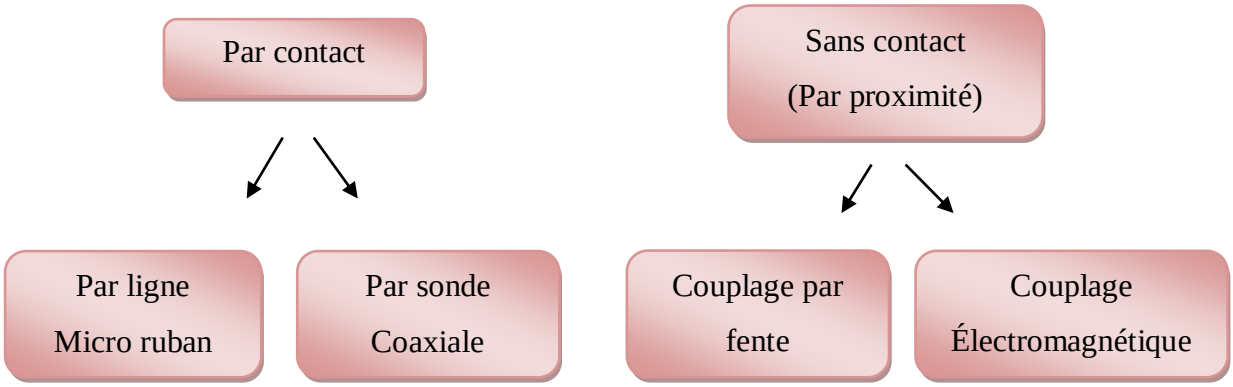

Figure I- 5: les Techniques d'alimentations [4].

I.2.4.1. Alimentation directe par ligne micro ruban

Le moyen d'alimenter un patch micro bande est de faire connecter directement la ligne dont le point de jonction et sur l'axe de symétrie de l'élément ou décalé par rapport à ce dernier si cela permet une meilleure adaptation d'impédance [12], Comme montrés sur la Figure (**I-6**).

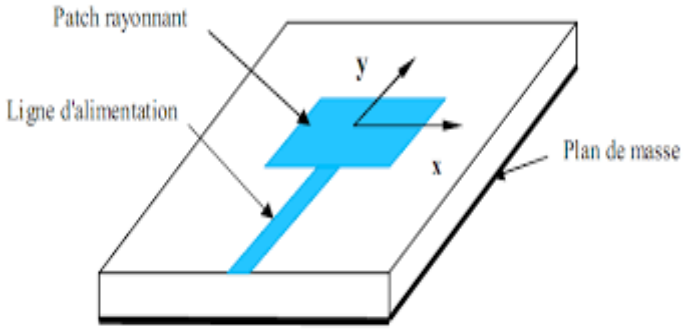

Figure I- 6: Alimentation directe par ligne micro ruban [4].

L'avantage de ce type d'alimentation est qu'elle peut être gravée sur la même face de l'antenne, facile à fabriquer, et simple à adapter à la résonance [13].

I.2.4.2. Alimentation par une sonde coaxiale

Cette méthode consiste à placer une ligne coaxiale perpendiculairement au plan de masse (figure (I-7)) [11], avec un conducteur central connecté sur l'élément rayonnant, et l'autre extérieur connecté au plan de masse [14].L'avantage principal est qu'elle peut être appliquée à n'importe quel endroit choisi à l'intérieur du patch, avec une facilité de fabrication [13]. Son inconvénient majeur est la bande passante étroite et la difficulté de modélisation surtout pour des substrats électriquement épais [1].

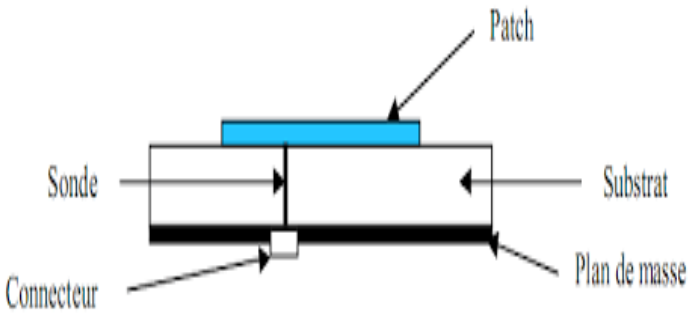

Figure I- 7: Alimentation par une sonde coaxiale [4].

I.2.4.3. Alimentation couplée par fente (par ouverture)

Le patch micro ruban et la ligne d'alimentation sont séparés par le plan de masse Le couplage entre eux est assuré par une fente dans ce dernier [15], Les matériaux à permittivité élevée, sont employés pour le substrat inférieur, d'une autre façon pour le substrat supérieur dans le but d'optimiser le rayonnement du patch [13]. Cette configuration permet une optimisation indépendante entre la ligne d'alimentation et le patch, facile à modéliser et présente un rayonnement parasite modéré [1].par contre la bande passante étroite, fabrication difficile à cause des multicouches incorporées ce qui croit l'épaisseur de l'antenne [11].

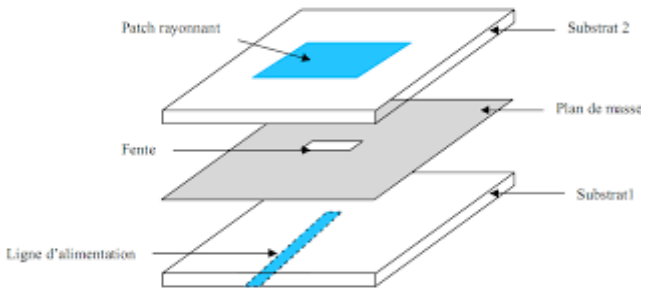

Figure I- 8: Alimentation par ligne micro ruban et fente [4].

I.2.4.4. Alimentation par couplage électromagnétique

L'antenne est constituée de deux substrats diélectriques entre lesquels est située la ligne d'alimentation. L'élément rayonnant est imprimé sur le substrat supérieur. L'excitation se fait par couplage électromagnétique. Cette technique permet d'améliorer la bande passante mais elle est difficile à réaliser [14].

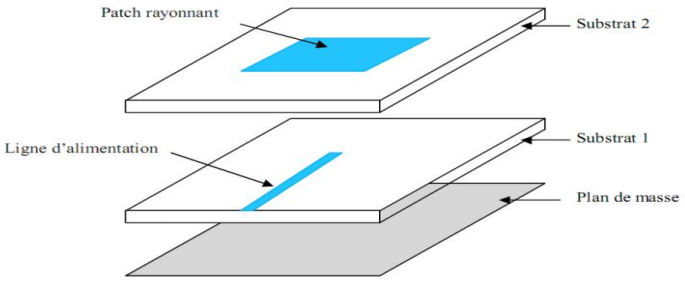

Figure I- 9: Alimentation par couplage électromagnétique [4].

I.2.5. Techniques d'adaptation des antennes imprimée

I.2.5.1. 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 [15-16].

.

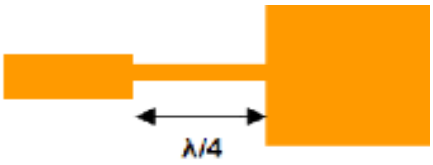

Figure I- 10: Adaptation par ligne quart d'onde [17].

I.2.5.2. Adaptation par stub

En utilisant un stub en un circuit ouvert (open stub) ou en court-circuit (short stub) pour arriver à l'adaptation d'une charge. La solution retenue est généralement celle présentant le plus faible encombrement. Le raisonnement dès le départ se faire en admittance pour faire la somme des impédances parallèles ramenées [17].

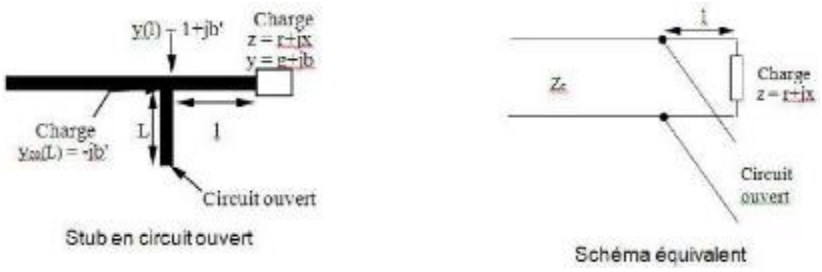

Figure I- 11 : stub en circuit ouvert [17].

I.2.5.3. Adaptation avec encoches

Dans cette technique, il suffit de modifier la géométrie du patch et Les dimensions des encoches pour obtenir l'adaptation [17].

Figure I- 12: Patch rectangulaire [17]

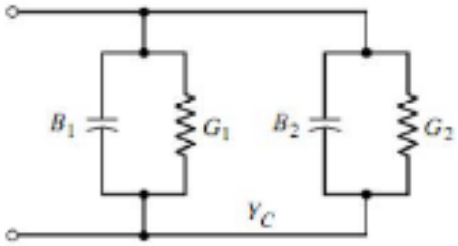

Figure I- 13 : L'équivalence en circuit [17].

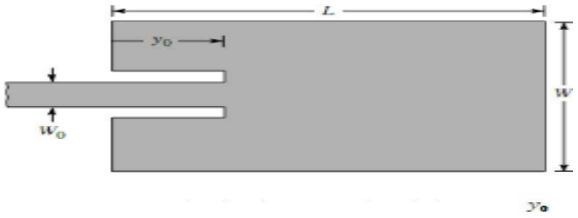

Figure I- 14: Patch adapté par encoches de longueur [17].

I.2.6. Les applications des antennes imprimées

Les principales applications des antennes imprimées sont :

- ✓ Télécommunication satellitaire.
- ✓ La téléphonie mobile
- ✓ Les radars,
- ✓ Commande et contrôle.
- ✓ Télémétrie (télémesure) par missile.
- ✓ Équipements portatifs.
- ✓ Éléments d'alimentation dans les antennes complexes.
- ✓ Antenne d'émission utilisée en médecine.
- ✓ Récepteur satellite de navigation.

I.2.7. Avantages et inconvénients des antennes imprimées

Parmi ces avantages [18][19]:

- Profil plat.
- Un poids qu'est faible.
- Un volume réduit.
- La possibilité d'intégrer les circuits micro-ondes au niveau des antennes et la conformabilité ;
- Simplicité de leurs structures;
- Faible coût.

Les inconvenient [20][21]:

- Une bande passante faible, le facteur de qualité Q (50 jusqu'à 75) ; Faible puissance ;
- Impureté de la polarization;
- Gain faible.

I.3 Réseau d'antennes imprimées

Le réseau d'antennes imprimées est constitué par des éléments rayonnants reliés en chaîne les uns aux autres par des tronçons de ligne microbandes avec des différentes géométries (linéaires et planaires). Ils se fonctionnent à la même fréquence et sont disposées

périodiquement selon une ou plusieurs directions et cela pour répandre au contrainte de rayonnement imposé [22][23].

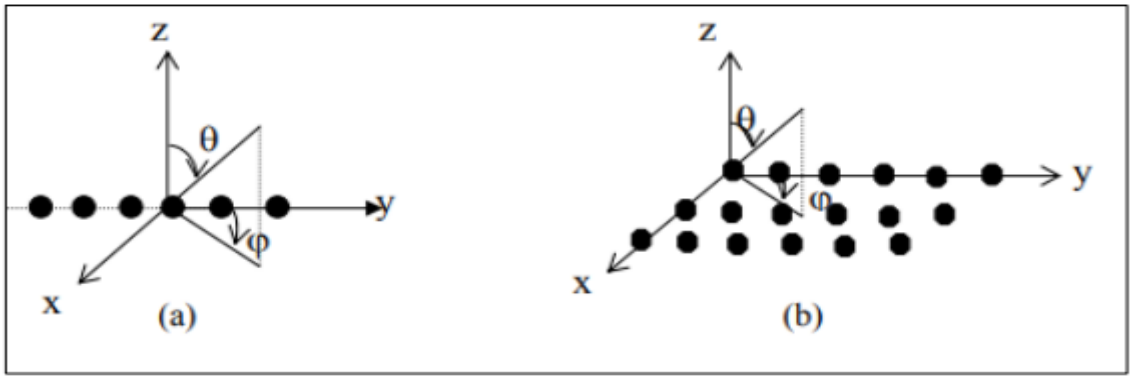

Figure I- 15: Différents types de réseaux : (a) linéaire (b) bidimensionnels [23].

I.3.1 Technique d'alimentation d'un réseau d'antenne patch

Le circuit d'excitation peut prendre plusieurs architectures ; on distingue deux types :

Alimentation en série ;

Alimentation en parallèle ;

Le choix du type d'alimentation se fait en fonction de différents paramètres qui sont :

- La loi de pondération souhaitée, en amplitude et/ou en phase ;
- La bande passante souhaitée;
- Un réseau série aura une bande passante plus faible dans la mesure où la loi de pondération sera plus sensible à la fréquence que dans le cas d'une alimentation parallèle [23].

I.3.1.1Alimentation en série

Les éléments multiples sont disposés linéairement et alimentés en série par une seule ligne de transmission constituée d'une configuration d'alimentation en série (figure I.16), la perte d'insertion est la plus faible, mais la moins polarisée et la bande passante la plus étroite, une largeur de bande de 1% [24].

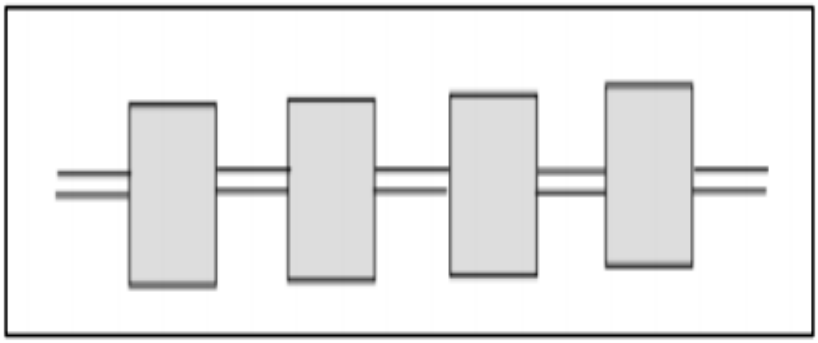

Figure I- 16: Alimentation série d'un réseau linéaire [24].

I.3.1.2Alimentation en parallèle

Le réseau parallèle (Figure I.17) est plus encombrant qu'un réseau série (Figure I.16),De plus, il est à noter qu'un réseau parallèle présente des longueurs de lignes supérieures et un plus grand nombre de coudes, Si la structure du réseau à 2n éléments rayonnants qui peuvent être alimentés en parallèle par n étages de $(2m - 1)$ diviseurs de puissance à chaque étage m. Afin que cette alimentation soit totalement adaptée, il est judicieux d'utiliser des diviseurs de type Wilkinson [23].

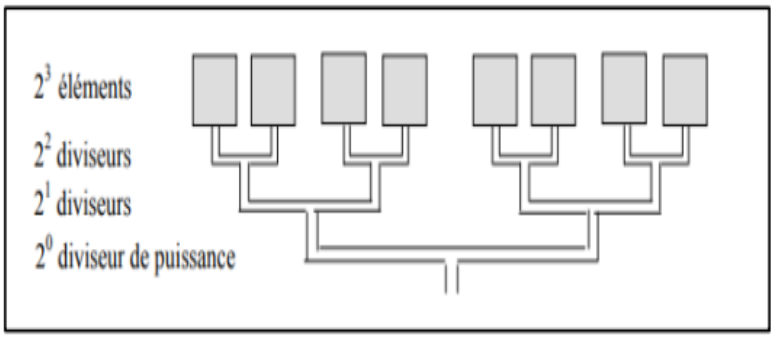

Figure I- 17: Alimentation parallèle d'un réseau linéaire [24].

I.3.1.3 Réseaux bidimensionnels

Les réseaux linéaires permettent de conformer le diagramme de rayonnement dans un plan passant par les sources du réseau. Afin d'obtenir un effet de réseau dans tout l'espace et, en particulier dans les plan E et H, il est nécessaire d'avoir recours à des réseaux bidimensionnels (Figures I. 18- I.19). Ils peuvent être obtenus en mode non résonant à partir des réseaux linéaires à alimentation série ou parallèle [24].

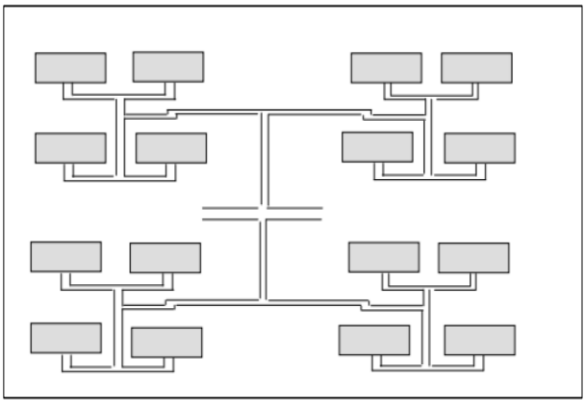

Figure I- 18: Alimentation parallèle d'un réseau plan [24].

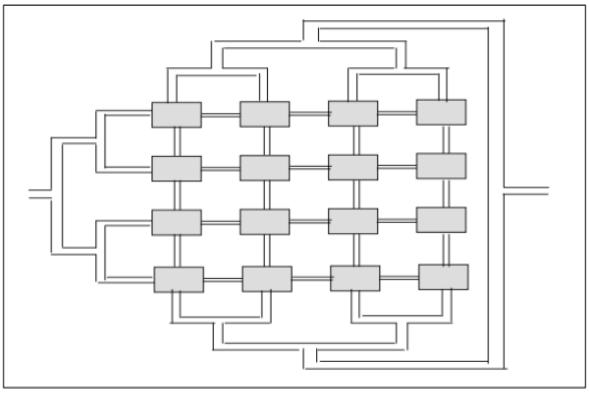

Figure I- 19: Alimentation série d'unréseau plan [24].

I.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une vue globale sur les antennes imprimées. Nous avons parlé sur les caractéristiques des antennes patch, sur les techniques d'alimentations et d'adaptations. Enfin nous avons terminé par une description générale du réseau d'antennes et ses différents modes d'alimentations.

Chapitre II :
Technologie RFID
pour l'IoT

II.1. Introduction

L'Internet des Objets fait partie des mots faisant le buzz dans le domaine des nouvelles technologies depuis déjà quelques années, L'émergence de l' IoT offre un grand potentiel pour le développement de nouveaux services et applications connectant le monde physique au monde virtuel, et de travailler sur la standardisation de ce nouveau système en développant de nouvelles applications et de nouveaux environnements ainsi que de nouveaux protocoles de communication. Par exemple, ont proposé un système qui permet l'identification et la localisation des objets en temps réel en utilisant : le système RFID (identification par radiofréquence). [25].

L'objectif du ce chapitre est la découverte de l'Internet des Objets à travers notamment une étude de cas sur la technologie de la RFID.

II.2 l'Internet des Objets (IoT)

II.2.1. Définition de L'Ido (Internet des Objets)

Le terme « Internet of Things » est un concept relativement nouveau. A l'origine en 1999, I'IoT est un réseau qui relie et combine les objets avec l'Internet, en suivant les protocoles qui assurent leurs communication et échange d'informations à travers une variété de dispositifs entre les mondes physiques et virtuels [26].

- **Les objets physiques** peuvent être à la fois commandés, détectés et connectés. Tout l'environnement qui nous entoure, les différents robots ainsi que tous les biens et équipements électriques sont des exemples d'objets physiques.

- **Les objets virtuels** font, quant à eux, partie du monde de l'information. C'est-à-dire que nous pouvons les stocker, les traiter et y accéder. Les contenus multimédias ou différents logiciels sont des exemples d'objets virtuels [27].

II.2.2. Les Aspects techniques

C'est un ensemble de progrès récents des différentes technologies qui a permis de le concrétiser :

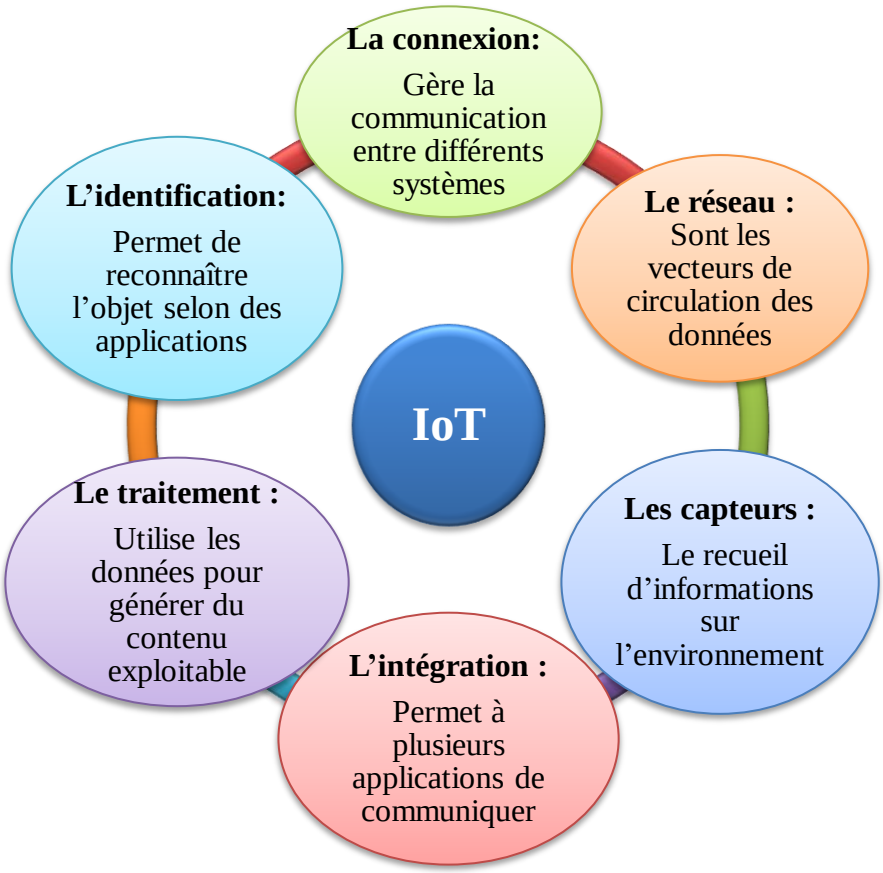

Figure II- 1: Les aspects techniques de l'IoT [28].

II.2.3Fonctionnement de l'IoT

L'IoT permet l'interconnexion des différents objets intelligents via l'Internet. Ainsi, pour son fonctionnement, plusieurs systèmes technologiques sont nécessaires, qui permettent d'identifier des objets, de capter, stocker, traiter, et transférer des données dans les environnements physiques, mais aussi entre des contextes physiques et des univers virtuels. Citons quelques exemples de ces technologies. L'IoT désigne diverses solutions techniques (RFID, TCP/IP, technologies mobiles, etc.) [25].

En effet, bien qu'il existe plusieurs technologies utilisées dans le fonctionnement de l'IoT, nous mettons l'accent seulement sur La RFID.

II.2.4 Domaines d'applications de l'IoT

Plusieurs domaines d'application sont touchés par l'IoT

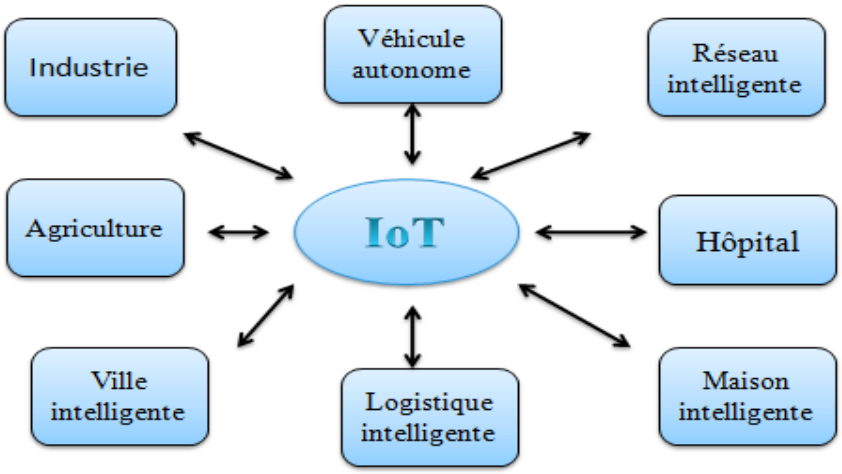

Figure II- 2:les domaines d'applications de l'IoT [25].

II.3.Identification par Radio Fréquence (RFID)

II.3.1. Historique de RFID

On retrouve les premières traces d'un système RFID durant la seconde guerre mondiale, à cette époque, la RFID est utilisée par les militaires américains pour la reconnaissance des avions ennemis ou alliés. Il s'agissait de compléter la signature RADAR des avions en lisant un identifiant fixe permettant l'authentification des avions alliés, Aux Etats-Unis, Mario W. Cardullo a déposé en 1973 le premier brevet lié à la technologie RFID afin de développer des solutions d'identification pour les locomotives [29].

II.3.2. La Définition de La RFID

La technologie RFID (en anglais Radio Frequency Identification, ou encore nommée identification par radiofréquence, ou plus simplement radio-identification), fait partie des technologies d'identification automatique dans le but toujours d'identifier des objets avec un système sans intervention humaine. Un système RFID ressemble à un système à cartes intelligentes ou les données des objets à identifier sont stockées dans des étiquettes

électroniques (tag) basées sur des puces électronique où la lecture et l'écriture de ces données va se faire à distance (sans contact) avec un lecteur spéciale [30].

II.3.3. Le principe de fonctionnement des systèmes RFID

Un système RFID est composé de [30] :

- **Un tag ou étiquette intelligente** (aussi appelé **transpondeur**), associé à l'élément à identifier. Il est capable de répondre à une demande venant d'un lecteur.
- **Une station de base ou lecteur RFID**, elle contient la majorité des commandes qui permet de gérer les tags grâce à une communication qui repose sur les ondes électromagnétique.
- **Un système de traitement les données**, les données captées par le lecteur sont transmises et traitées par un système informatique comportant un logiciel.

La Fig. (II-3) présente le fonctionnement général d'un système RFID. Le lecteur agit généralement en maître par rapport au tag; si le tag est dans la zone de lecture du lecteur, ce dernier l'active en lui envoyant une onde électromagnétique et entame la communication. Le lecteur est relié à une application hôte qui récupère l'information pour la traiter. Un lecteur RFID est donc chargé de l'interface avec le système global relatif à l'application et de la gestion de l'identification des tags qui se présentent à lui. Le tag est, quant à lui, constitué d'une antenne et d'une puce électronique [31].

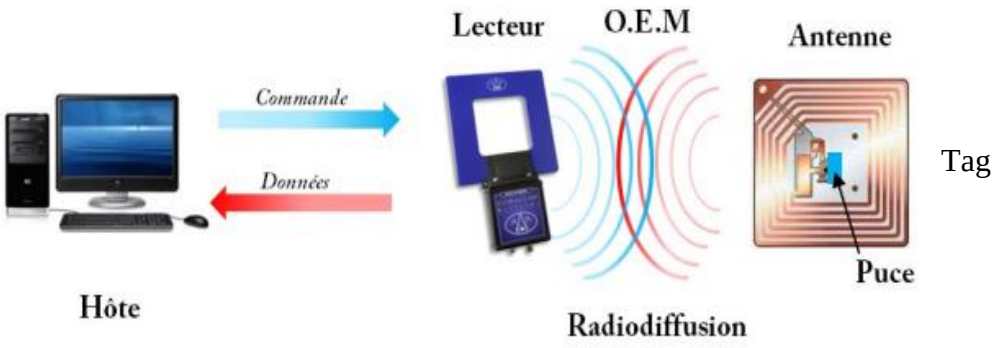

Figure II- 3: Fonctionnement d'un système RFID [35].

II.3.4 Les types de l'étiquette RFID [32]

- **Passive :** les étiquettes sont alimentées par les ondes émises de l'interrogateur. Ces ondes sont captées et transformées en signal électrique. Les étiquettes RFID passives sont basées sur la technique de rétro-module.
- **Active :** Les étiquettes sont alimentées par une source d'énergie embarquée (une batterie ou une pile). Ce qui permet aux étiquettes d'envoyer ou de recevoir des informations en temps continue.
- **Semi-active :** également appelé semi-passifs, l'étiquette est alimentée par une source non continue d'énergie embarquée. Différemment à l'étiquette active, les semi passifs envoient ou reçoivent les informations à des intervalles du temps réguliers et programmable

II.3.5Gamme de Fréquence

Type d'étiquette	Passif	Actif	Passif /actif		Passif/actif	
Fréquence	HF 13.56MHZ	UHF 433MHZ	UHF 840-845MHZ 920-925MHZ		Microwave 2.4GHZ 5.8GHZ	
Distance de lecture	60cm	50-100cm	Passif 10m	Actif 100m	Passif 1m	Actif 150m
Directivité	Large	Milieu	Étroit		Très étroit	
Caractéristiques	-faible influence pour l'environnement -plus de sécurité	-distance loin -lisible en grande quantité	-longue distance -lisible en grand quantité -sensible pour metal		-lisible en grande quantité -même fréquence WLAN	
Application	-entrée surveillée -carte de transport -bibliothèque -passport	-surveillance de patient -service d'amateur de radio	-vente au détail -information logistique -management de transport		-Traffic routiers -information logistique	

Tableau II-1:les gammes de fréquence de déférentes étiquettes[25].

- Pour le cas de notre étude, nous avons choisi la fréquence 5.8 GHz pour concevoir notre antenne patch RFID.

II.3.6Les applications de la RFID

Des étiquettes RFID sont déjà très nombreuse, il s'agit simplement de donnes quelques exemples des possibilités offertes par cette technologie

II.3.6.1La RFID dans le domaine de la logistique

C'est l'un des secteurs d'activités principales de la technologie RFID. Les codes à barres ont été remplacés par les tags. C'est en repérant plusieurs tags en temps réels que la RFID était employée dans les grands conteneurs. On peut la trouver aussi dans différentes applications comme les médicaments et les marchandises [29]

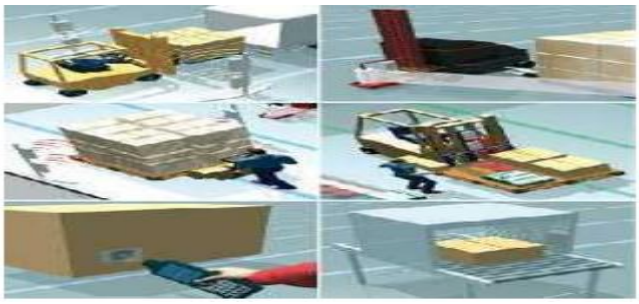

Figure II- 4:la facilité de la logistique grâce à la RFID [29].

II.3.6.2Le suivi des animaux

Des applications de plus en plus nombreuses de traçabilité des animaux se développent que ce soit les étiquettes auriculaires sur les animaux d'élevage ou l'étiquette sous cutanées pour les animaux domestiques dans tous les cas il s'agit d'assurer une traçabilité des animaux dans un but de contrôle sanitaire [34].

Figure II- 5: suivre l'activité d'un chien à distance [29].

II.3.6.3La RFID dans le domaine de la santé

C'est une dérivation de la précédente application. Les informations sur l'historique de déplacement et le temps de stockage peuvent être transmise grâce aux tags installés sur les différents produits. Cette technique est utilisée dans les hôpitaux pour suivre le processus de soin ainsi que le déplacement des patients [34].

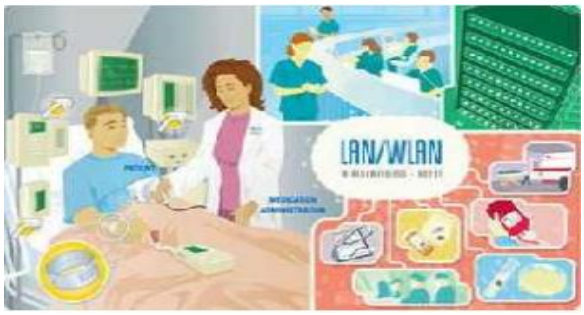

Figure II- 6: La RFID pour l'hôpital[29].

II.3.6.4Utilisation dans les documents d'identité

Dans la majorité des pays les cartes d'identité et les passeports sont munis d'étiquettes RFID pour éviter la falsification et aussi permettent le control rapide des personnes surtout pour les pays qui luttent contre le terrorisme [34].

Figure II- 7: la RFID dans le document d'identité [29].

II.3.6.5La technologie RFID dans le cas de transport routière

Plusieurs de personnes murent sur la route chaque année, la technologie RFID peut résoudre ce problème avec l'aide de l'IoT

Les routes et les différents véhicules seront équipés de capteurs qui auront la capacité de fournir des informations précises et importantes à tout usager. Cela aura comme conséquences de fournir une meilleure navigation et une meilleure sécurité pour tous les utilisateurs des infrastructures, tout en permettant de fournir des informations précises aux gouvernements.

Ces derniers auront dès lors la possibilité de disposer de schémas ou de modèles de la circulation routière plus précis et efficaces, dans le but d'effectuer un planning plus performant (par exemple pour les entretiens des routes). En plus des avantages liés aux informations sur les embouteillages et les accidents sur la route [27].

Pour notre travail, nous avons étudié la technologie RFID pour l'IoT pour le cas de transport routier. Ce dernier utilise la fréquence à 5,8 GHz.

II .4 La technologie RAIN RFID

Le terme RAIN est dérivé de **R**adio fréquence **I**dentificatio**N**, aussi connu sous le nom de RFID. La technologie UHF RFID Passive RAIN est une composante de l'Internet des objets car c'est une méthode économique d'identification des objets permettant de la détection à distance et sans que ceux-ci soient visibles tout en ne nécessitant pas que ceux-ci soient eux même connectés au réseau.

La technologie RAIN RFID est structurée autour du triptyque Tags – Lecteur – Logiciel:

- Intégré dans l'objet, le tag RAIN RFID donne une carte d'identité à l'objet,
- Doté d'une antenne pour établir la communication avec les tags et récupérer ses données, le lecteur peut être autonome ou intégré à un autre appareil,
- Installé sur un serveur, le logiciel permet de collecter, de stocker et de trier les données, de les partager via Internet ou un réseau privé [26].

II.5Conclusion

Dans ce chapitre nous sommes intéressées tout d'abord aux l'internet des objets et quelques paramètres importants (la définition, les aspects techniques, leurs applications et leur fonctionnement), puis nous détaillé la technologie RFID tout en décrivant leur historique, la définition, leurs fonctionnements, et les applications fréquentes dans ce système.

Chapitre III:

Simulations et

Résultats

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons conçu une antenne patch rectangulaire alimentée par une ligne micro ruban avec des fentes, Nous avons utilisé la technique des réseaux d'antennes à deux éléments et quatre éléments alimentés en parallèle pour améliorer le gain de notre antenne patch proposé.

III.2. Choix de l'outil de simulation

CST MICROWAVE STUDIO est un outil spécialisé pour la simulation et la conception électromagnétique trois dimensions (3D) des composantes hautes fréquences. Il simplifie le processus de saisie de la structure et la définition des équipements en fournissant une interface graphique de modélisation puissante et solide. Après la modélisation du composant, une procédure de maillage automatique peut être appliquée avant que le moteur de simulation ne soit lancé [33].

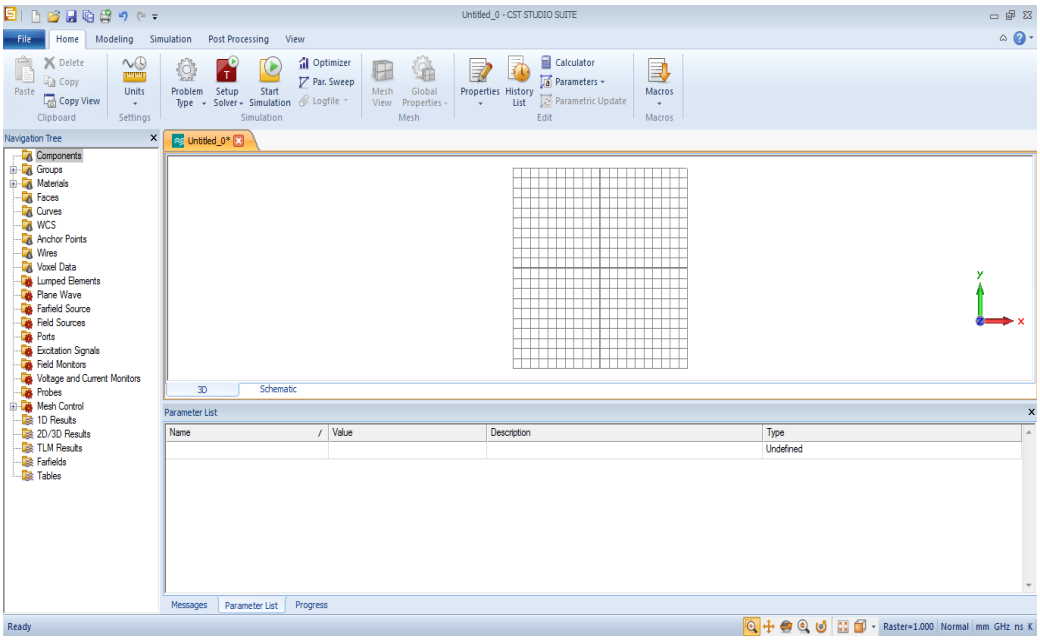

Figure III- 1: Outil de simulation CST [36]

III.3. Simulation de l'antenne patch rectangulaire résonante à 5,8 GHZ

III.3.1. Calcule des paramètres de l'antenne

Le tableau suivant représente les équations utilisées pour le calcul de notre antenne initial à une fréquence de 5,8 GHZ :

Paramètre d'antenne patch rectangulaire		Equation	
Patch	La largeur(w)	$W=\frac{1}{2fr\sqrt{\mu_\circ\varepsilon_\circ}}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon r+1}}$	(III.1)
	Constante diélectrique (εeff)	$\varepsilon eff=\frac{\varepsilon r+1}{2}+\frac{\varepsilon r-1}{2}\left[1+12\frac{h}{w}\right]^{-\frac{1}{2}}$	(III.2)
	Longueur (L)	$L = Leff - 2\Delta L Leff$	(III.3)
	L'extension de la longueur (ΔL)	$\frac{\Delta L}{h}=0.412\frac{(\varepsilon reff+0.3)(\frac{W}{h}+0.264)}{(\varepsilon reff-0.258)(\frac{w}{h}+0.8)}$	(III.4)
Substrat et plan de masse	La largeur (Wg)	$Wg = W + 6h$	(III.5)
	La longueur (Lg)	$Lg = L + L1 + 6h$	(III.6)
La longueur de la ligne	Simple	$L1=\frac{\lambda}{2}=\frac{c/f}{2\sqrt{\varepsilon reff}}$	(III.7)
	quart d'onde	$L2=\frac{\lambda}{4}=\frac{c/f}{2\sqrt{\varepsilon reff}}$	(III.8)

Tableau III- 1: Paramètres de l'antenne patch rectangulaire [36].

Avec:

h : l'épaisseur du substrat=1,5mm

c: la vitesse de la lumière= $3.10^8 m/s$

fr : fréquence de résonance=5,8 GHz

εr : permittivité du substrat =4,3

III.3.2. Géométrie de base

Dans cette partie on s'intéresse à la conception d'une antenne imprimée de type patch rectangulaire travaillant à la fréquence central de 5,8 GHz, le substrat utilisé est le FR4 de permittivité 4.3 et d'une hauteur de 1.5mm, la figure (III.2) montre la structure de base:

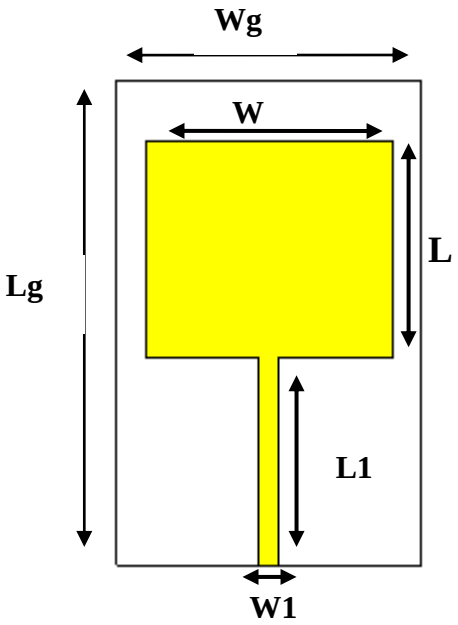

Figure III- 2: Antenne patch initiale.

Les dimensions analytiques de cette antenne sont calculées à partir du tableau (III.1) et sont résumées dans le tableau (III.2) :

Paramètre	Dimension (mm)
Lg	34.59
Wg	24.88
L	12.112
W	15,88
L1	13.48
W1	2.92

Tableau III- 2: dimension de l'antenne patch initial

III.3.3 Résultats de simulations de l'antenne patch rectangulaire de base

- **Paramètre de réflexion S11**

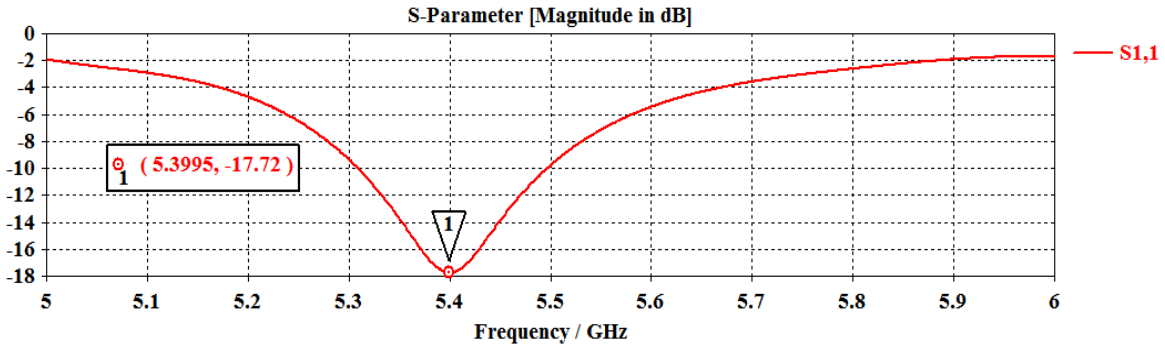

Figure III- 3: Le coefficient de réflexion S11 de l'antenne initiale.

La figure (III-3) donne une fréquence de 3,59 GHz avec un S11 de -20,84dB, l'antenne patch n'est pas adaptée à la fréquence désirée.

III.4. Adaptation de l'Antenne patch à 5.8GHz par la ligne micro ruban quart d'onde

Nous avons adapté notre antenne avec la ligne quart d'onde comme la montre la figure **(**III-4**)**

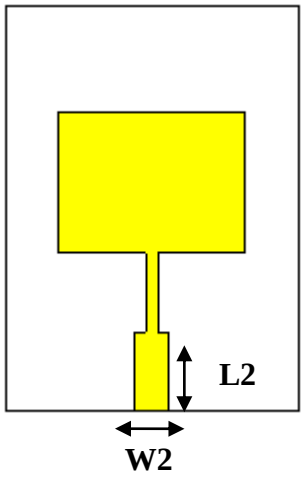

Figure III- 4: Antenne patch avec ligne quart d'onde non adapté.

Paramètre	Dimension(mm)
W2	2.92
L2	6.74

Tableau III- 3: Dimension de la ligne quart d'onde de l'antenne

La figure (III.5) représente le coefficient de réflexion à l'entrée de l'antenne ayant les dimensions optimisées des tableaux 2 et 3 :

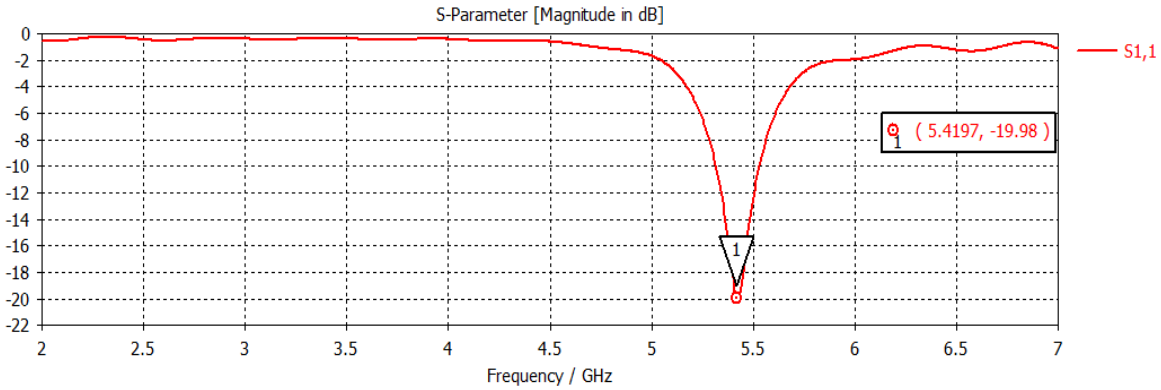

Figure III- 5: Le coefficient de réflexion S11 de l'antenne quart d'onde.

- On remarque d'après la figure (III.5) que l'antenne n'est pas adaptée à la fréquence désirée de 5,8 GHz, Nous allons insérer dans ce qui suit des encoches et des fentes pour atteindre notre objectif.

III.5. L'ajout des fentes et d'encoches

Nous avons inséré cinq fentes tel que le montre la figure (III-6)

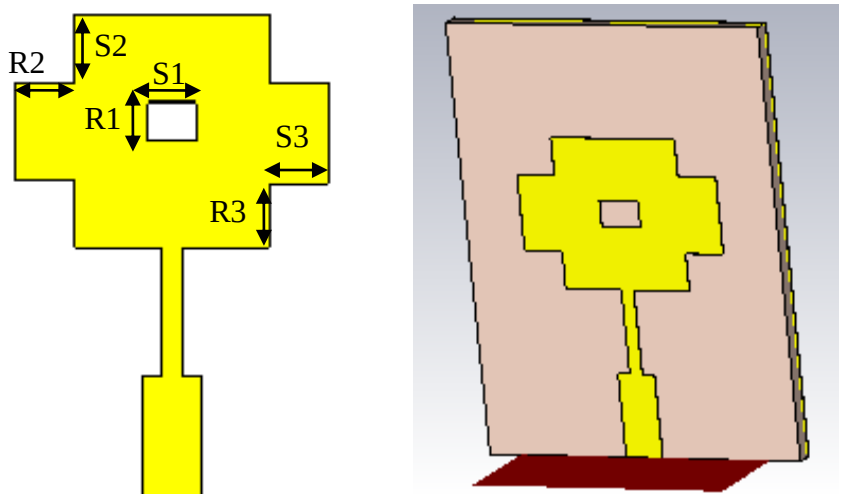

Figure III- 6: Antenne patch proposée.

Une étude paramétrique a été faite sur les fentes, cette dernière a pour but d'adapter l'antenne, à la fréquence de 5,8GHz, nous trouvant les résultats mentionnés dans le tableau suivant :

S1	**R1**	**S2**	**R2**	**S3**	**R3**	**Fréquence(GHz)**	**S(11) (dB)**
2	2	3	4	4	4	4.97	-8.98
1	2	4	2	4	4	4.98	-8.74
3.6	3	3	3	3.5	4	5.29	-11.51
3.6	3	3	4	3	4	5.69	-11.93
3.08	2.13	3	3	3	3	5.80	-13.53

Tableau III- 4: études paramétriques sur les fentes ajoutées.

III.5.1. Résultats de simulations

III.5.1.1 coefficient de réflexion S11 :

La figure (III.7) montre les résultats de simulations obtenues après études paramétriques sur les fentes :

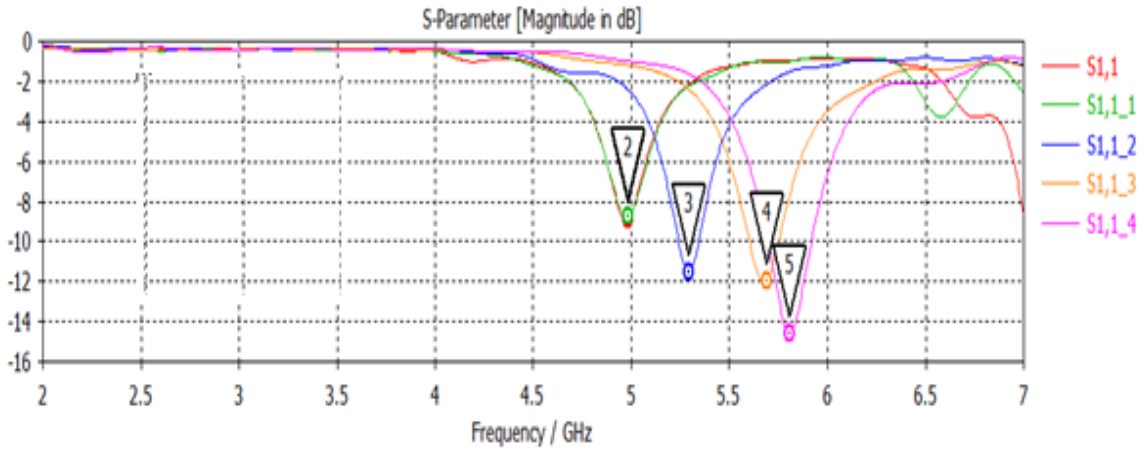

Figure III- 7: Coefficient de réflexion S11.

D'après plusieurs essais sur les dimensions des fentes et des encoches, Nous avons réussi à avoir un coefficient de réflexion S11= -13.53 dB à la fréquence de résonance 5,8 GHZ.

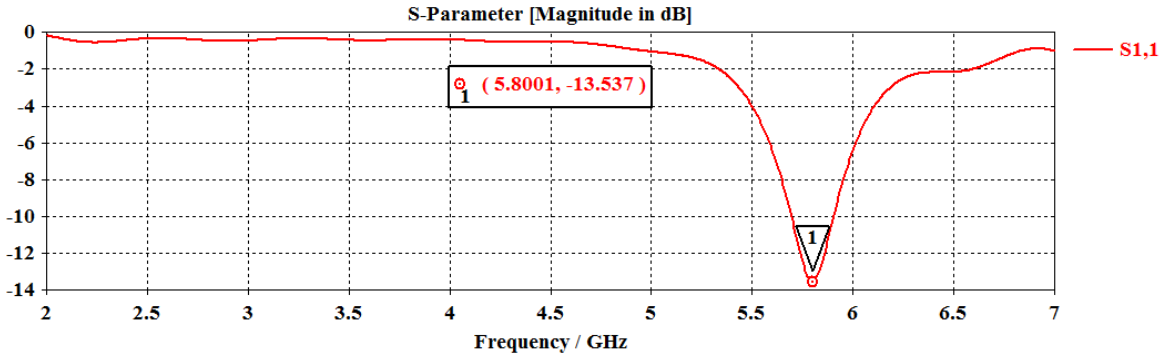

Figure III- 8: Coefficient de réflexion S11 de l'antenne patch adapté à la fréquence 5.8GHz.

III.5.1.2 La bande passante :

Notre antenne rayonne dans la plage de fréquence [5,69GHz-5,90GHZ]

- La bande passante obtenue est de 210MHz ce qui correspond à 3,62%

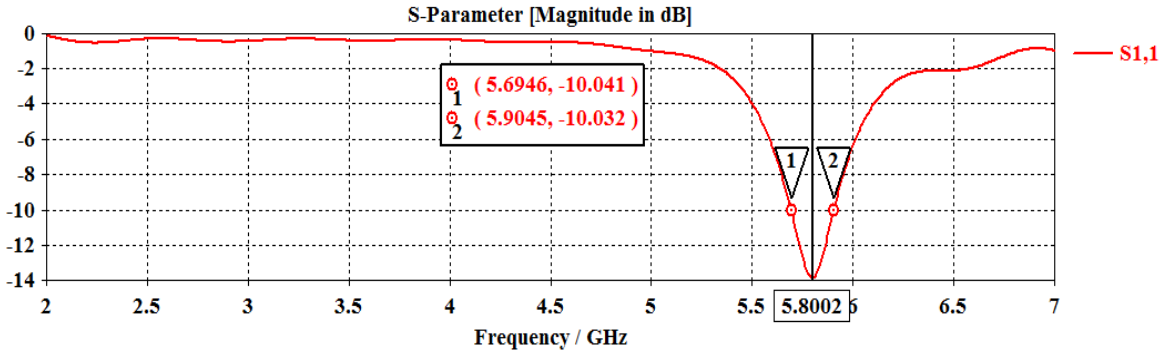

Figure III- 9:la bande passante de l'antenne patch proposée.

III.5.1.3L'impédance d'entré

Le résultat de l'impédance d'entrée de l'antenne a été trouvée 50hom, On constate qu'il y a une bonne adaptation pour la fréquence 5,8 GHz.

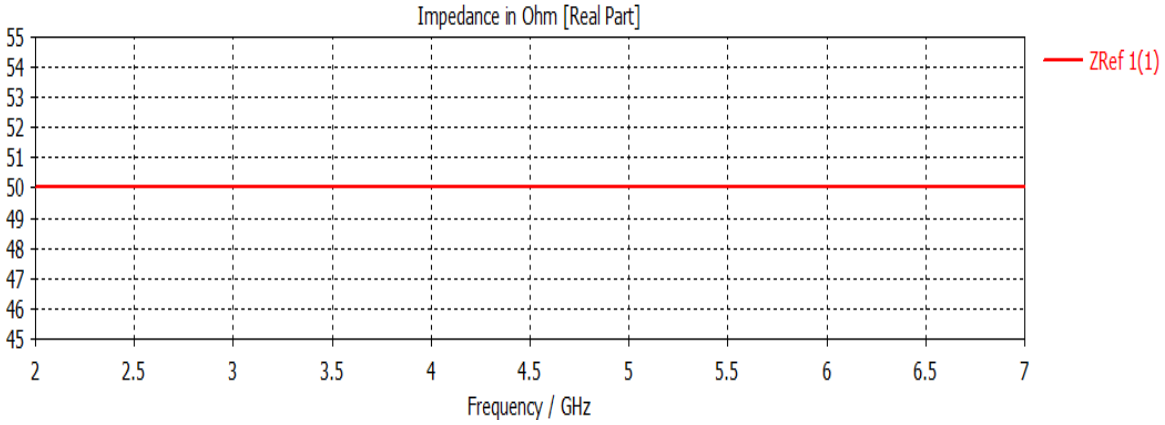

Figure III- 10 : L'impédance d'entrée de l'antenne patch proposée.

III.5.1.4 Taux d'ondes stationnaires (TOS)

Le VSWR de notre antenne est 1,53 ce qui indique une bonne adaptation d'impédance entre l'antenne et la ligne d'alimentation.

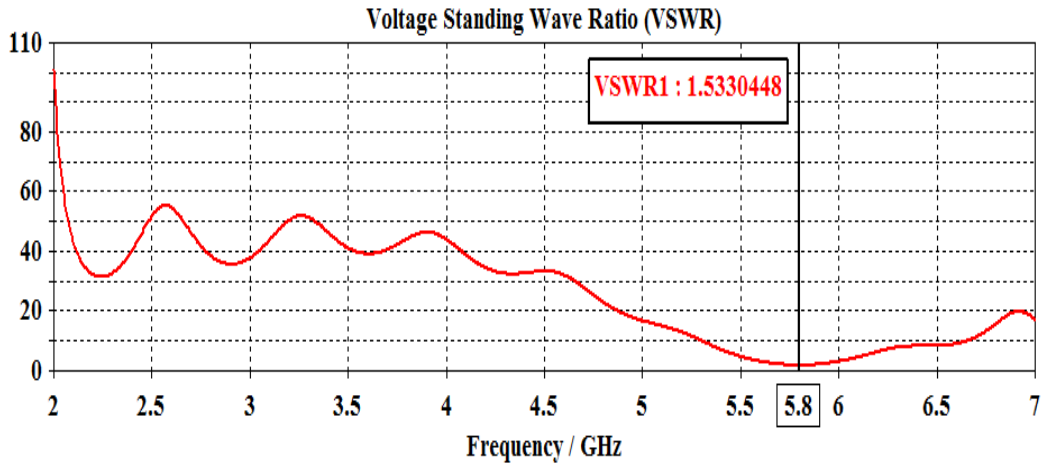

Figure III- 11: VSWR en fonction de la fréquence.

III.5.1.5 Diagramme de rayonnement du gain

Le diagramme de rayonnement 3D de cette antenne reflète la valeur du Gain et sur le plan polar on peut voir l'ongle d'ouverture de ce réseau d'antennes :

- La valeur du gain est 2,63 dB à 5,8GHz
- L'ongle d'ouverture est 95, 4 deg

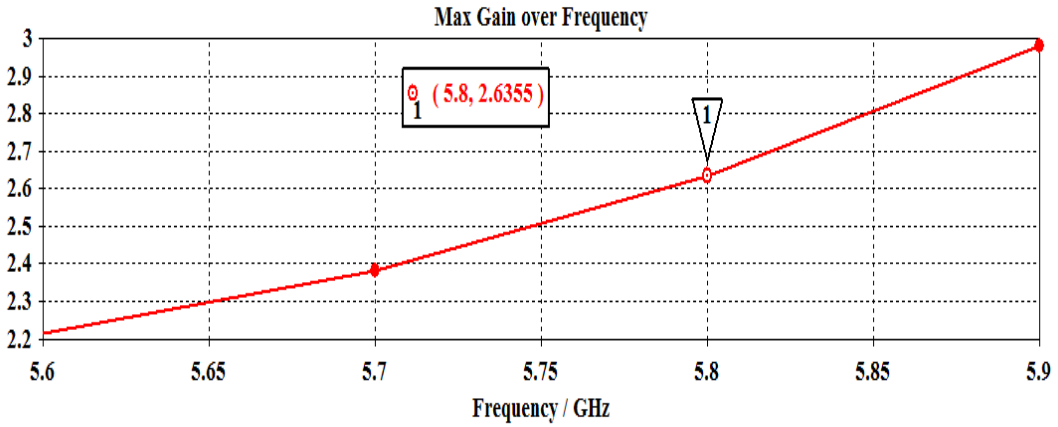

Figure III- 12: variation de gain en fonction de la fréquence.

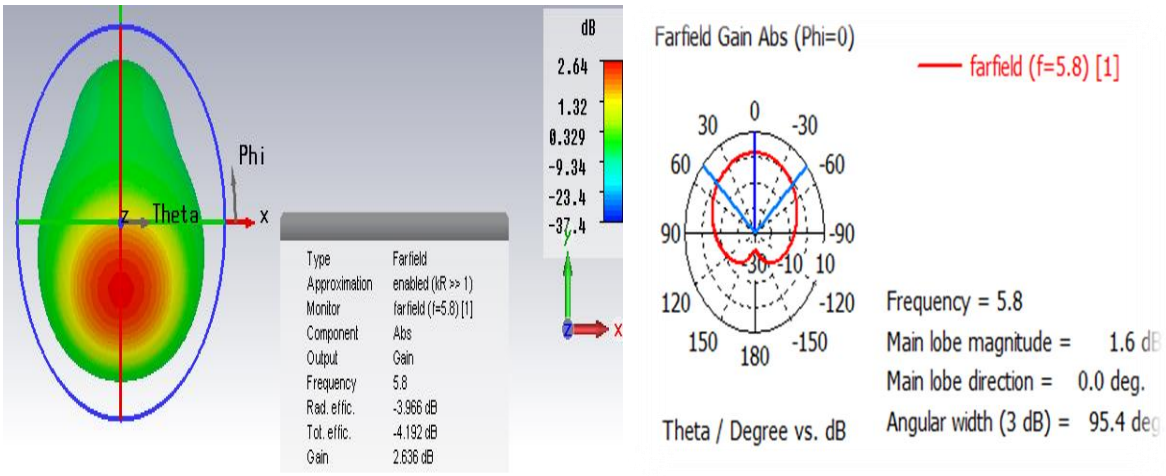

Figure III- 13: Diagramme de rayonnement, (a) en 3D, (b) polaire.

III.5.1.6Distribution de courant

La figure (III.14) donne la distribution du courant sur l'antenne patch rectangulaire proposée.

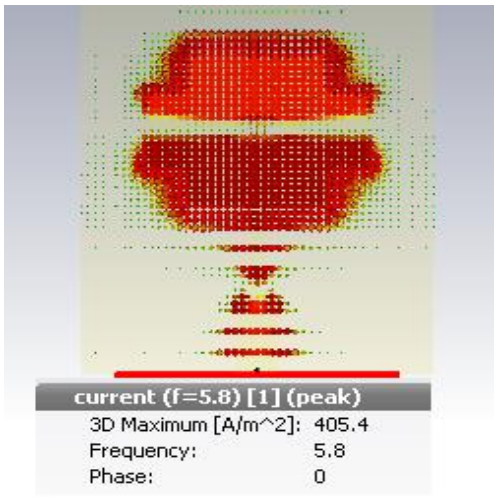

Figure III- 14: Distribution de courant de l'antenne.

III.5.1.7La distance de lecteur RFID

La distance de lecteur RFID est 1,11 mètre

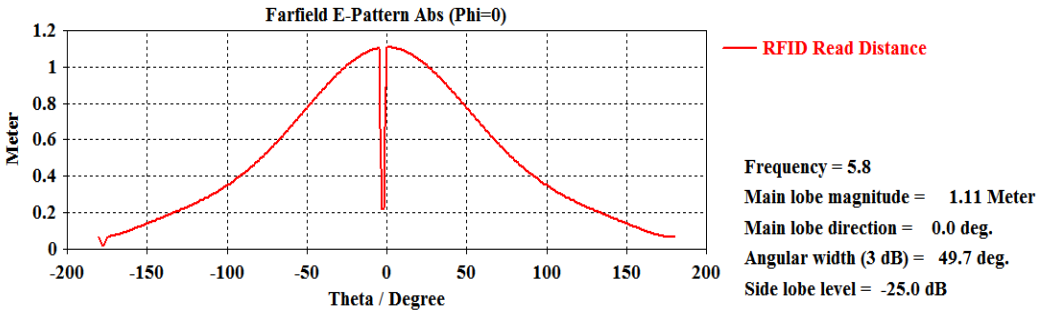

Figure III- 15:la distance de lecture de la RFID.

III.6 Réseau d'antenne patch de 2 éléments

La figure (III.15) représente un réseau de deux antennes patch rectangulaire, séparées par une distance$\boldsymbol{d = 0,5\,\lambda}$, Nous optant la méthode d'alimentation en parallèle. Nous avons utilisé cette structure afin d'améliorer le gain de notre antenne patch proposée.

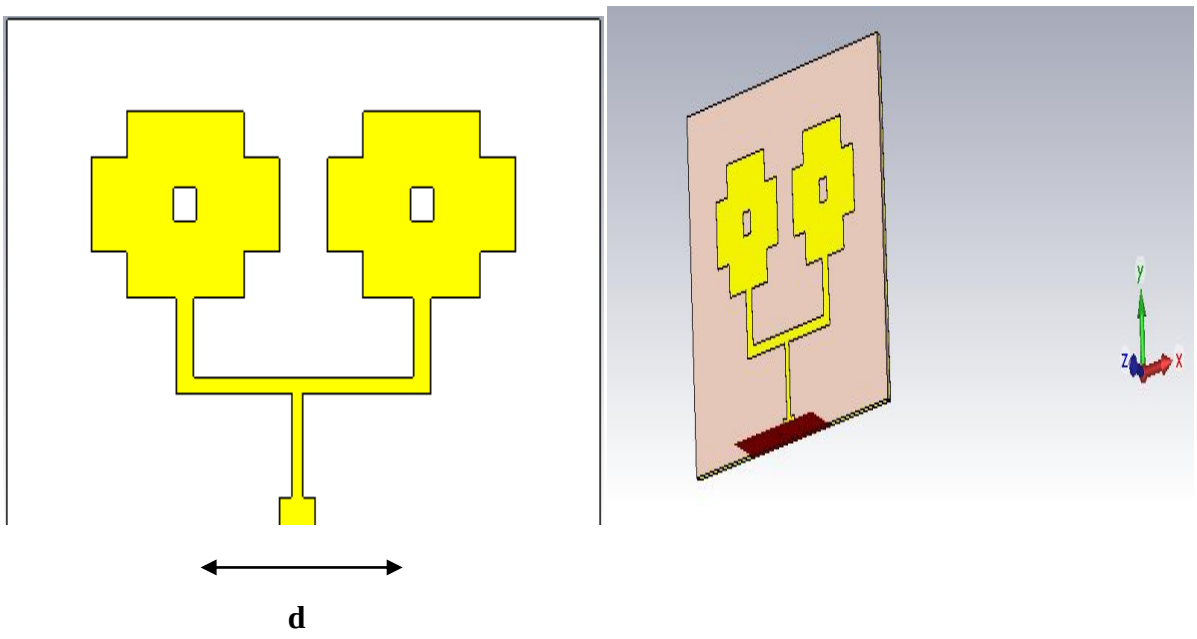

Figure III- 16:Réseau d'antenne à deux éléments.

Paramètre	Dimension(mm)
Wg	60.76
Lg	35.05

Tableau III- 5: dimension d'une antenne à deux éléments.

III.6.1 Résultats de simulations

III.6.1.1 Coefficient de réflexion S11

La figure (III.17) montre que le paramètre S11 est adapté à une valeur de -21,36 dB et le fréquence de résonance est 5,8 GHz.

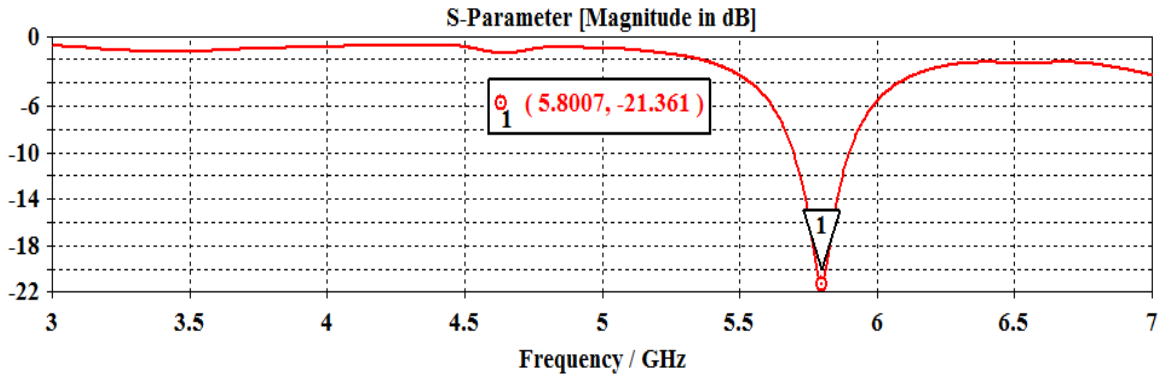

Figure III- 17: Coefficient de réflexion S11 d'un réseau d'antenne à 2 Éléments.

III.6.1.2 La bande passante

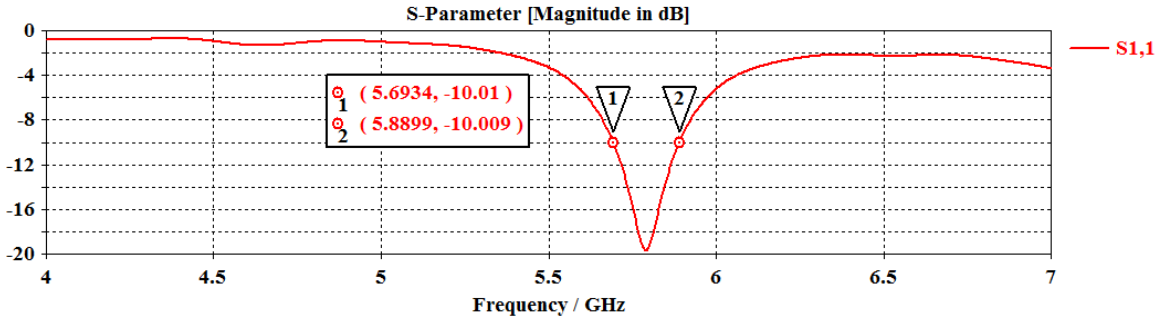

Figure III- 18: la bande passante d'un réseau de deux éléments.

On peut visualiser que l'antenne à une largeur de bande de 196 MHz autour de la fréquence de résonance 5,8GHz dans l'intervalle (5,693 – 5,889) GHz.

III.6.1.3Taux d'ondes stationnaires

La valeur de VSWR obtenue à la fréquence de résonance de 5,8 GHz est de 1,18 et ce qui est acceptable

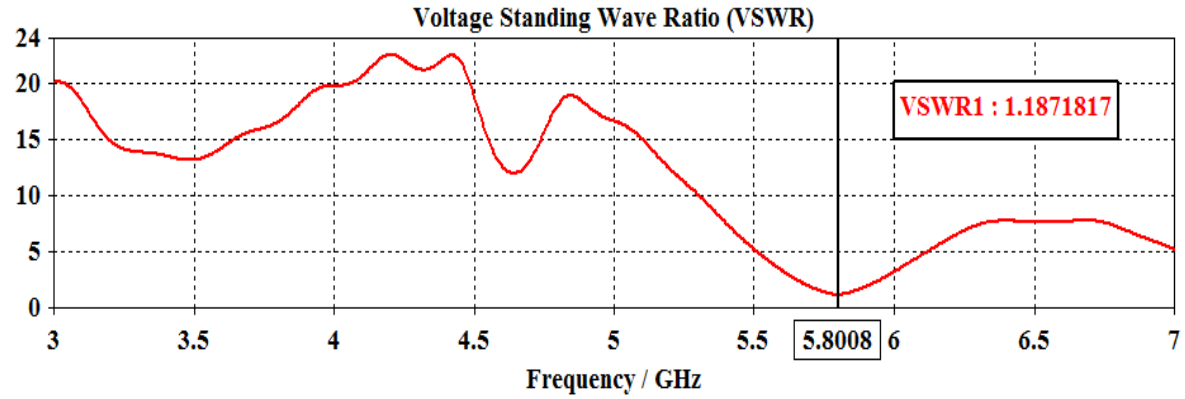

Figure III- 19:VSWR d'un réseau d'antenne à deux éléments.

III.6.1.4Diagramme de rayonnement du gain

On remarque :

- La valeur du gain est 5,9dB
- L'ongle d'ouverture est 56,2 deg

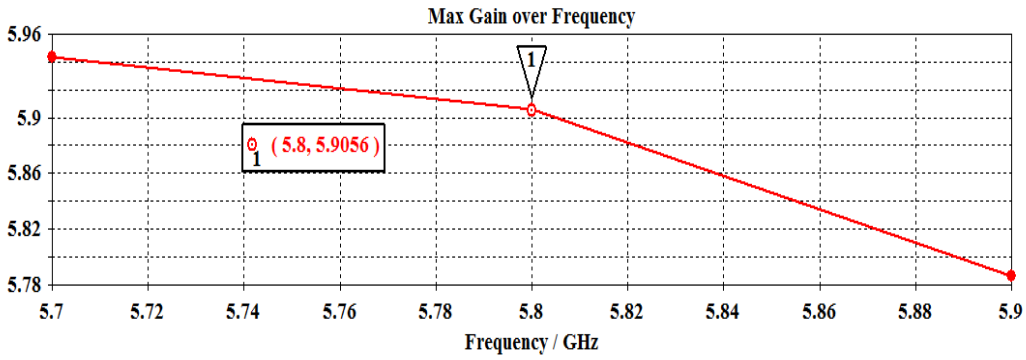

Figure III- 20:variation de gain en fonction de fréquences.

- Nous remarquons que le gain est amélioré d'une façon très significative.

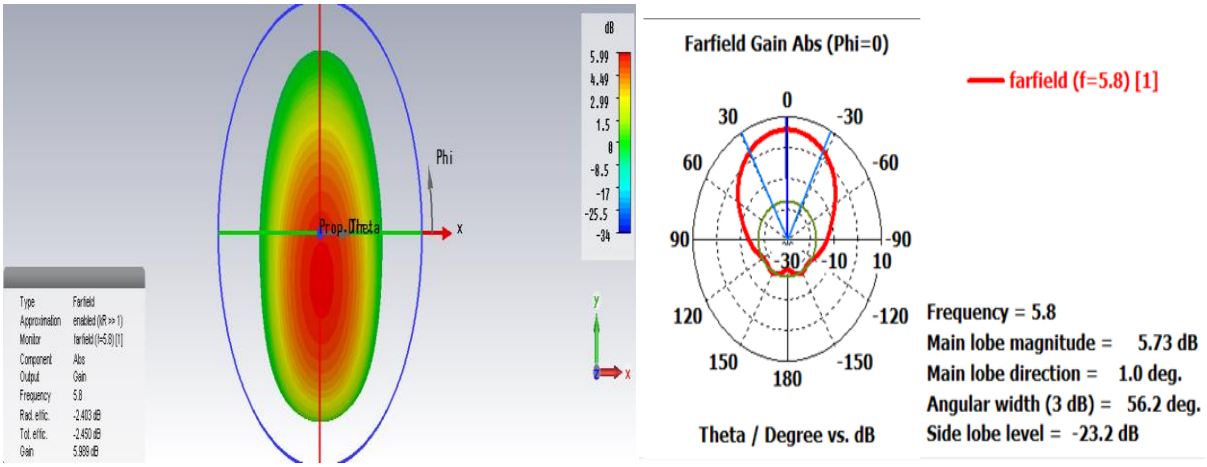

Figure III- 21 : Diagramme de rayonnement, (a) en 3D, (b) polaire.

III.6.1.5 Distribution de courant

Nous observons que le rayonnement est répandu dans les zones les plus importantes de l'antenneFigure (III.22) :

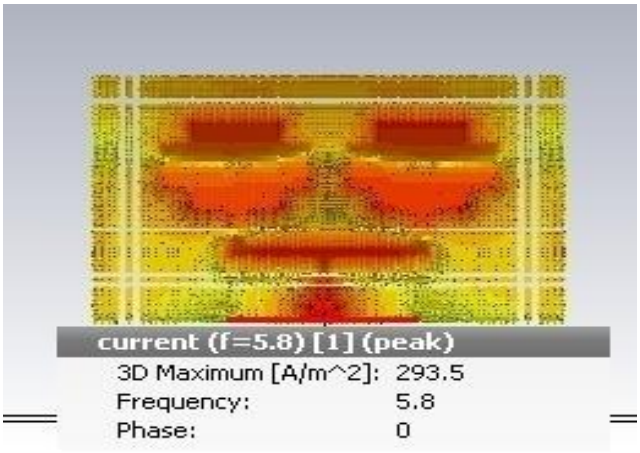

Figure III- 22: Distribution de courant d'un réseau de deux éléments.

III.6.1.6 La distance de lecteur RFID

On remarque que la largeur de couverture est 1,92 mètre

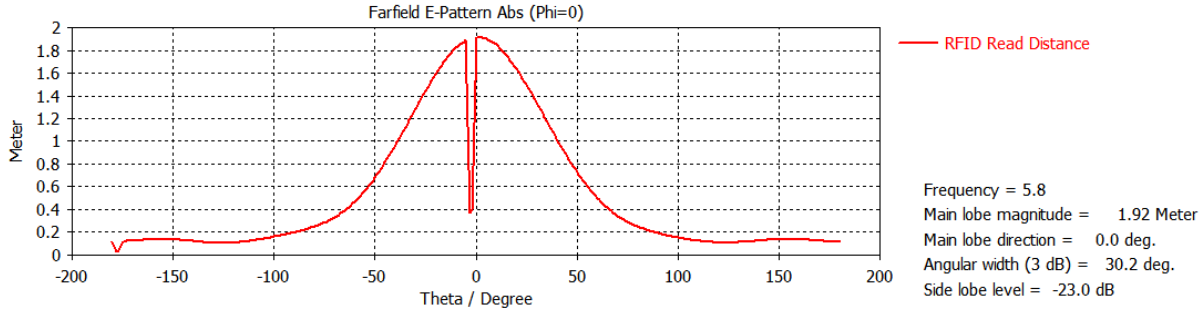

Figure III- 23:la distance de lecture de la RFID.

III.7 Réseau d'antenne patch de 4 éléments

La figure (III.24) représente un réseau de quatre antennes patch rectangulaire, séparées par une distance***d***

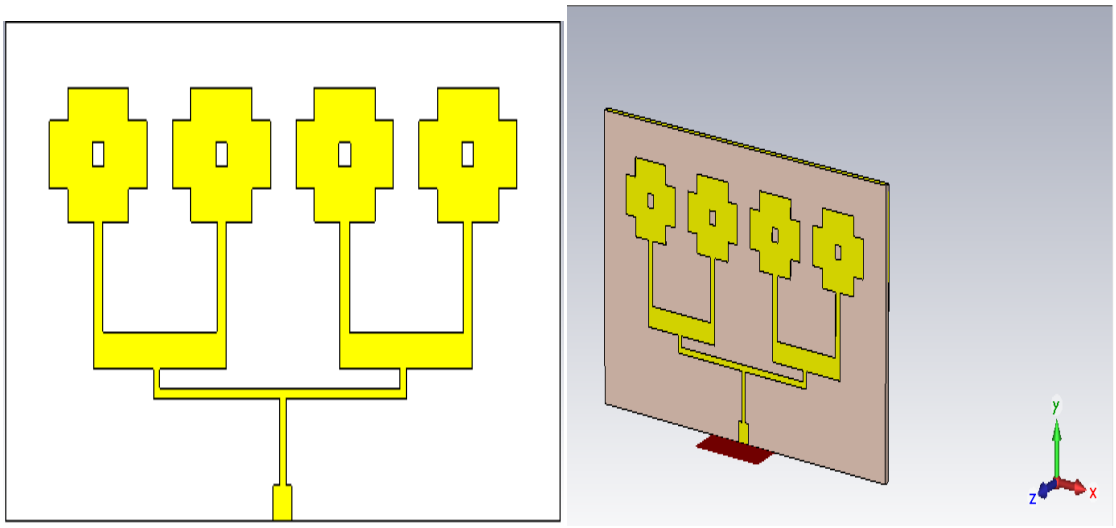

Figure III- 24: Réseau d'antenne à quatre éléments.

III.7.1Résultats de simulations

III.7.1.1 Coefficient de réflexion S11

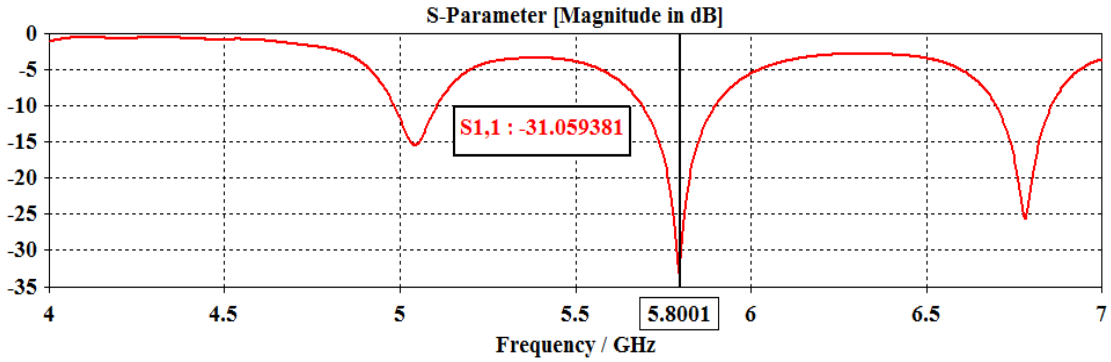

Figure III- 25: Coefficient de réflexion S11 d'un réseau d'antenne à quatre elements.

- On remarque d'après la figue que l'antenne est adaptée à la fréquence de 5,8 GHZ, et le coefficient de réflexion est -31,05 dB

III.7.1.2 La bande passante

Notre antenne rayonne dans la plage de fréquence [5,69-5,88],

La valeur de la bande passante est de l'ordre de : Bp=3,27%

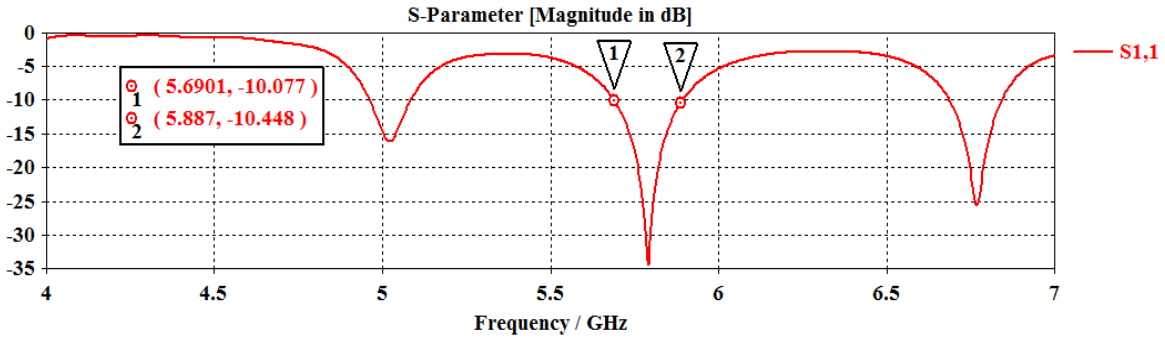

Figure III- 26: la bande passante d'un réseau de quatre éléments.

III.7.1.3 Taux d'ondes stationnaires VSWR

On Remarque quele VSWR= 1,07< 2

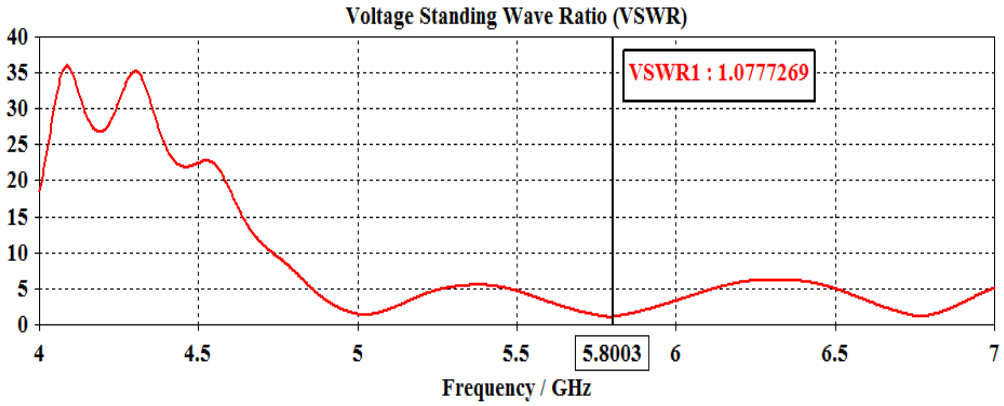

Figure III- 27: VSWR d'un réseau d'antenne à quatre éléments.

III.7.1.4Diagramme de rayonnement du gain

Le diagramme de rayonnement 3D de cette antenne reflète la valeur du Gain et sur le plan polar on peut voir l'ongle d'ouverture de ce réseau d'antennes :

- La valeur du gain est 6,9 dB
- L'ongle d'ouverture est 34,6deg

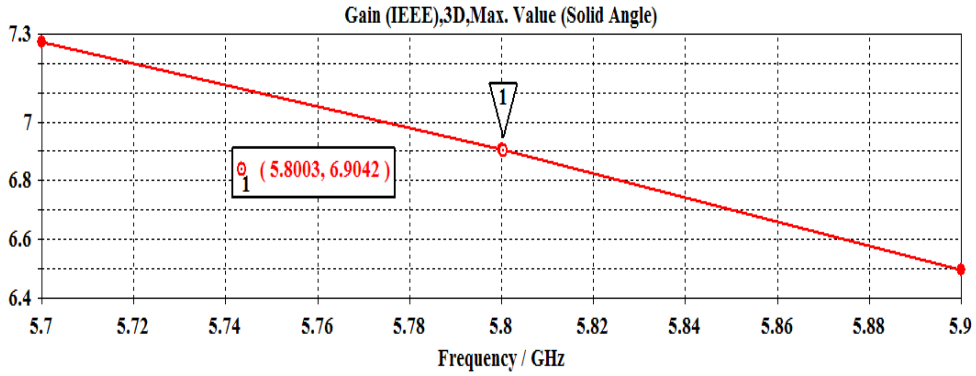

Figure III- 28: variation du gain en fonction de fréquence.

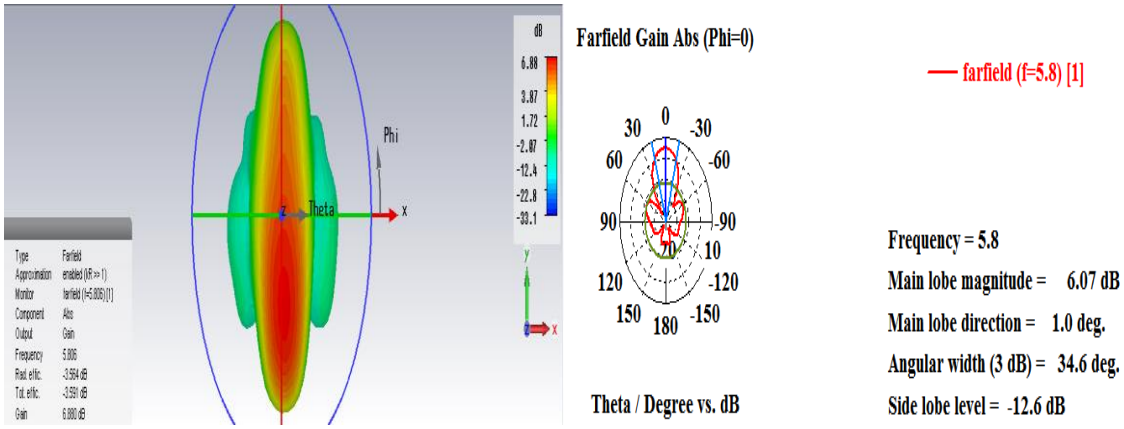

Figure III- 29: Diagramme de rayonnement, (a) en 3D, (b) polaire.

- Nous voyons bien que le gain augmenter encore plus par rapport au réseau à 2 éléments.

III.7.1.5Distribution de courant

Nous observons que le rayonnement est répandu dans les zones les plus importantes de l'antenne. Cela indique que celafonctionneparfaitement.

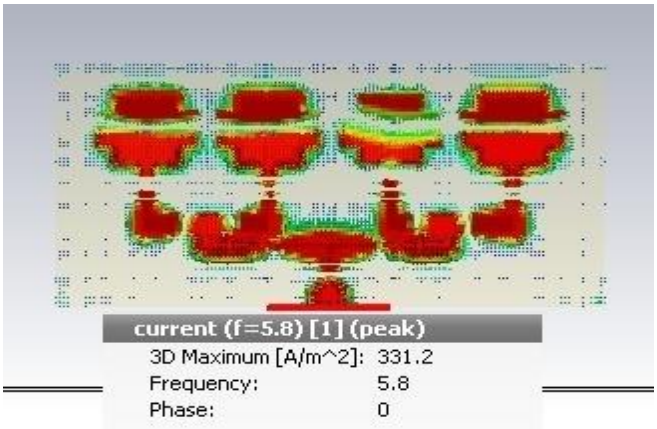

Figure III- 30: Distribution de courant d'un réseau de quatre éléments.

III.7.1.6La distance de lecteur RFID

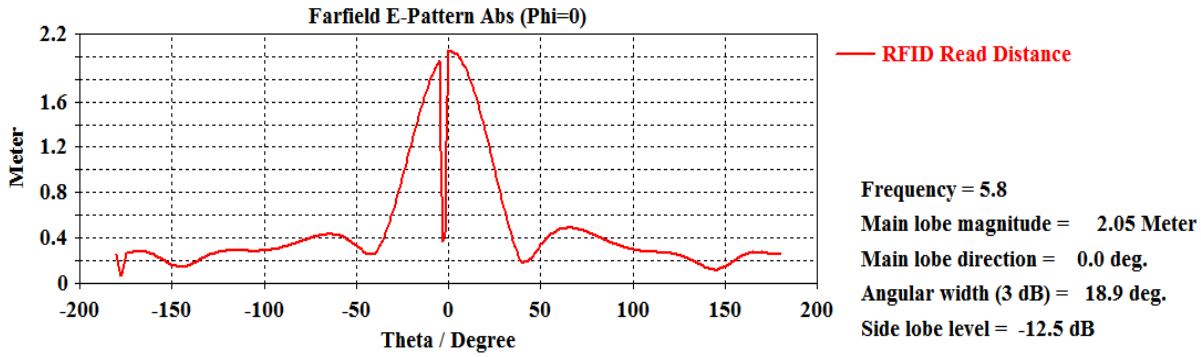

Figure III- 31 : La distance de lecture de la RFID.

Nous allons récapituler tous les résultats des paramètres trouvés dans Le tableau III.6 :

	Coefficient de réflexion S11	La fréquence de résonance (GHz)	La bande Passante(MHz)	Le gain (dB)	La distance de lecture (m)
Antenne 1 patch	-13.53	5.80	210	2.6	1,11
Réseau 2 patch en Parallèle	-21,36	5.80	196	5.9	1.92
Réseau 4 patch en Parallèle	-31,05	5.80	197	6,9	2.05

Tableau III- 6: Les résultats pour les différentes structures d'antennes.

On Remarque que :

- ✓ Le coefficient de réflexion d'un réseau deux et quatre à alimentation parallèle est meilleur par rapport à un seul élément
- ✓ L'adaptation en fréquence est meilleure pour toutes les structures d'antennes
- ✓ Le gain pour un réseau deux éléments et quatre éléments est améliorée par rapport à une antenne à un seul élément.

III.8. Prototype et mesures de l'antenne patch RFID proposé

Nous avons réalisé le prototype de l'antenne patch proposé au laboratoire de télécommunication LTT de l'université de Tlemcen sous la direction de Mme Ferouani souheyla, notre encadrante. Les mesures de coefficient de réflexion et VSWR ont été effectué au laboratoire d'Instrumentation & de Metrologie-AIT au département d'Assemblage, Intégration et Test au niveau du Centre du développement des satellites CDS sous la direction du Docteur Rabah. Nous avons utilisé un 'analyseur de réseau type « Agilent technologie de type PNA network analyzer n5222a ». Ce dernier permet de mesurer les paramètres S dans la plage de fréquence entre 10 MHz jusqu'à 26.5 GHz avec calibration. Pour notre application RFID nous avons utilisé une calibration entre 4-8 GHz. La figure(III.32) montre le prototype de l'antenne patch RFID réalisé.

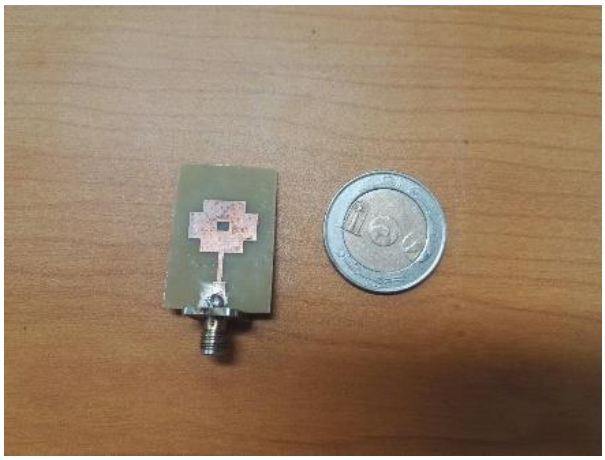

Figure III- 32 : Prototype de l'antenne patch RFID proposée.

III.8.1 Résultats de Mesure de l'antenne patch RFID

III.8.1.1 Paramètre de réflexion S11

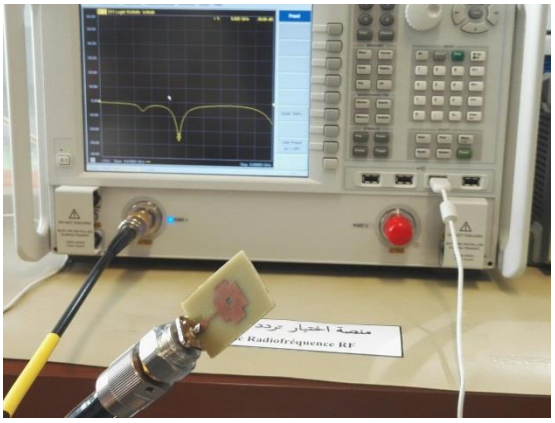

Figure III- 33 : Mesure de l'Antenne patch proposé à l'aide del'analyseur réseau.

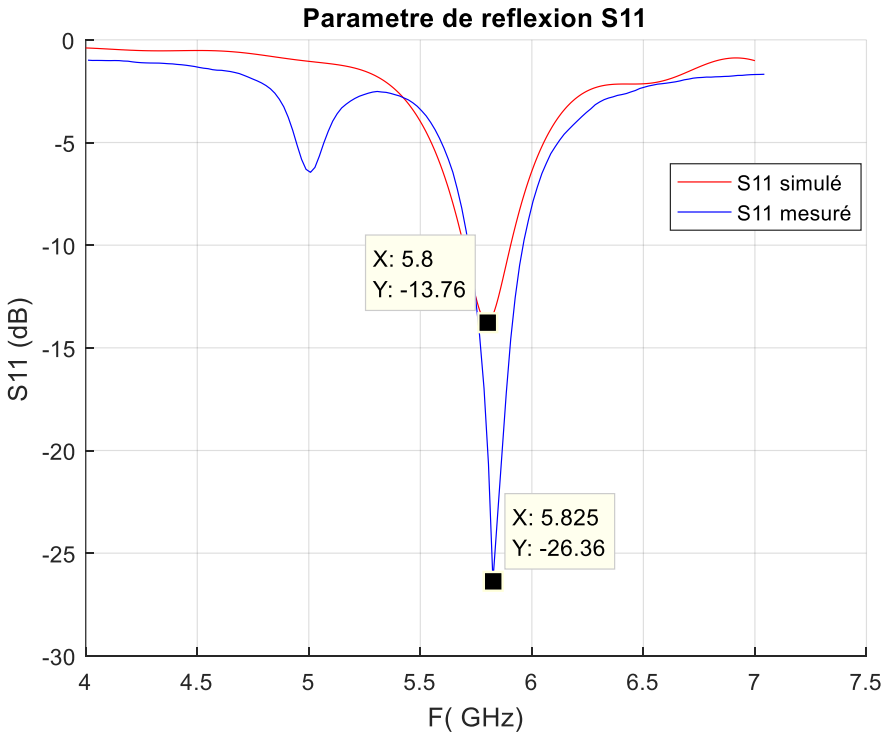

Figure III- 34 : Paramètre de réflexion S11 simulé et mesuré.

La figure III.34 montre un coefficient de réflexion de -13.76GHz à 5.8GHz avec le simulateur CST Microwave, et -26.36 à 5.825 GHz avec l'analyseur réseau. Nous avons

obtenu presque les mêmes valeurs entre les résultats de simulation et les résultats de mesures effectués à l'aide de l'analyseur réseau.

III.8.1.2 VSWR

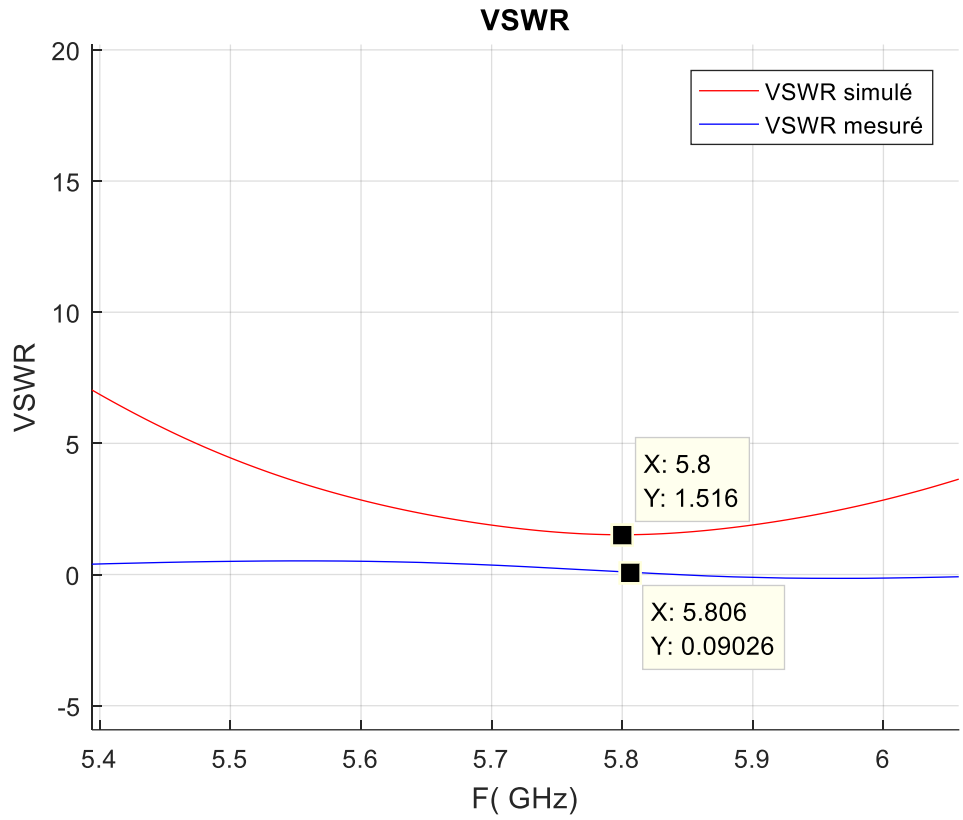

Figure III- 35: VSWR simulé et mesuré.

La figure III.35 montre un VSWR < 2 pour la simulation et les mesures à l'aide de l'analyseur réseau.

III.9Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une antenne patch rectangulaire RFID pour l'IoT. Afin d'augmenter le gain de notre antenne patch proposé, nous avons utilisé la technique du réseau d'antennes alimenté en parallèle. Nous avons remarqué une augmentation très significative du gain du réseau à 2 et à 4 éléments.

Les résultats de simulations et de mesure en termes de paramètres S11, VSWR sont très satisfaisantes. L'antenne patch et le réseau d'antennes proposé sont facile à concevoir et à implémenter dans des dispositifs électroniques RFID pour l'IoT.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire consiste à la conception des antennes pour les applications RFID. Ce présent travail nous a permis de réalisée une antenne patch adapter à une fréquence de 5.8 GHz avec un gain acceptable pour la technologie RFID, en utilisant la technique d'ajoute des fentes, nous avons explorés d'une manière générale les caractéristiques ainsi les techniques d'alimentation et d'adaptation pour cette antenne et l'état de l'art des de cette technologie ainsi que leurs différentes applications qui ont été réalisé dans ce domaine.

De ce point on a introduit au logiciel (CST Microwave studio) les paramètre calculés pour concevoir une antenne rectangulaire à 5.8GHz les résultats de cette opération ont révèle des répercutions a notre but chercher ce qu'a provoqués des études paramétrique ainsi l'introduction des fentes pour arriver au performance souhaitées ,une fois l'antenne patch est bien adapte on est passé a la réalisation d'un réseau de deux élément après de quatre élément de ce fait des évolution remarquables ont été révèle sur certain caractéristique (le coefficient de réflexions le gain la directivité le VSWR)

A la fin nous sommes arrivés à réaliser notre antenne patch rectangulaire de fréquence 5.8GHZ avec un gain de 2dB. Ce dernier est très suffisant pour une application en RFID en IoT. Nous tontons de poursuivre ce travail en utilisant la même antenne patch ou le réseau proposé avec ses gains qui dépasse 5dB pour d'autres applications de future génération.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Paul F. Combes, "Micro-ondes tome II circuits passifs, propagation, antennes," Dunod, Paris, 2-10-002753-0, 1997

[2] C.A. Balanis, «Analysis Design, Third Edition», John Wiley & Sons, Inc. page 811, 2015.

[3]BOUAKA Asma, TEMMAR Louiza, « Simulation d'un réseau d'antennes pour les mobiles 5G avec CST Microwave Studio », Projet de Fin d'Etude, Université Kasdi Merbah Ouargla, 25/06/2018.

[4] Mr. SOUIKEUR Abderrahmane, « Contribution à la modélisation des antennes multifonction à métamatériaux », Projet de Fin d'Etude, Université Ziane Achour de Djelfa, 24/05/2014.

[5] James, J. R., and P. S. Hall (Eds), «Handbook of Microstrip Antennas, Peter Pereginus», London, UK, 1989.

[6] B. Kadri, F.T. Bendimerad, E. Cambiaggio, "Modelisation of the feed network application to synthesis unequally spaced microstrip antennas arrays'', International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications ICEAA 99, pp. 371-374, Torino 13-17 September 1999.

[7] Dr Youssef Daher, « Antenne – Cours Universitaire », Université Libanaise, Faculté deGénie, Branche 1.

[8] BenazzouzGhouti et BensenaneIkram, « Conception et réalisation d'une antenne miniature pour l'application LTE », »,Projet de Fin d'EtudeUniversitéAboubakrBelkaïd Tlemcen, 2018/2019.

[9] C. Hamid, « Conception D'un Nouveau System D'antenne Réseau Conforme En Onde Millimétrique » Maitrise En Ingénierie, Université De Québec A Chicoutimi. Mai 2012.

[10] H. Chorfi « Conception D'un Nouveau Système D'antenne Réseau Conforme En Onde Millimétrique » Mémoire de Master, Université Québec Abitibi-Témiscamingue 2012.

[11] Baudrand, H. and R. S. N'Gongo, «Application of wave concept iterative procedure in planar circuits», Special Issue on Recent Research Developments in Microwave Theory and Techniques, Vol. 1, 187–197, Trans world Research Network, January 1999.

[12] S. Wane, H. Baudrand ,«A new full-wave hybrid differential-integral approach for the investigation of multiplayer structures including non-uniformly doped diffusion», IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 53, n°1, pp. 200-213, January 2005.

[13] M. Ayari, T. Aguili and H. Baudrand, «An EM Simulation Software Based on Transverse Wave Approach (TWA) for EM Field Modeling of Planar Structures»,IJCSS, Vol.1, No.1, 2009 ISSN: 1803-8336 © USAR Publications.

[14] Méjri Fathi, « Modélisation électromagnétique des structure active planaires par une méthode itérative avec une source auxiliaire localisée ». Thèse de doctorat ENIT. Soutenue le 4 février 2006.

[15] J. Q. Howell, « MicrostripAntennas », AntennasPropogat. Soc., Williamsburg, VA, pp. 177-180, Dec. 1972.

[16] Ziane Cherif abderrahman, ben Haddoud abderrahim, « conception, modélisation et réalisation d'une antenne micro ruban triangulaire miniature ULB », Projet de Fin d'Etude, Centre universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2017.

[17] k. Wong, L. Chou et C.M. Su, « dual-band flat-plate antenna with a shorted parasite inclement for laptop applications». IEEE transaction son antennas and propagation, vol. 53, no. 1, pp 539–544, janvier 2005.

[18] Fouad Benamrane, « Conception d'une antenne patch microstrip », Université Sidi Mohamed Ben Abdellah (Fès) MAROC - Master telecom hyperfréquence 2011.

[19] CHOUTI Leila « Contribution à l'étude d'antennes imprimées rectangulaires double bande et multi bandes tenant compte de l'effet de couplage » Mémoire de magister en électroniqueuniversitémentouri-constantine13 Jan 2009.

[20]GUELLIL Nasser « Etude et conception d'un réseau d'antennes beamforming à base de la matrice de Butler en utilisant ADS Momentum**»** Université Ferhat Abbas –SETIF1, 2014.

[21]B.Mekimah « Etude Du Fonctionnement en Mode Bifréquence Des Patchs Microbandes Empilés Et Excentrés » Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah de Ouargla.

[22]H.Oulad Mansour « Les Effets de l'anisotropie Uniaxiale et de la Tangente de Perte Sur La Résonance Des Antennes Microbandes » Mémoire de Master, Université KasdiMerbah de Ouargla 2015.

[23]M. H. Abu Saada « Design Of Efficient MillimeterWave Planar Antennas For 5g Communication Systems » Mémoire de Master, Université Islamique de Gaza 2017.

[24]Ben kherbache Ahlam, Salemasma, « Etude D'un Réseau D'antenne Patch Rectangulaire A Bande Interdite Electromagnétique (BIE) 1D Opérant Dans La Bande X », Mémoire de Fin d'Etude MASTER, Université Mohamed Boudiaf - M'sila,2018 /2019.

[25]Rabab Saad, « modèle collaboratif pour l'internet of things (iot) **»,** Université du Québec à Chicoutimi, mémoire de master, mai 2016.

[26]M. Han and H. Zhang,"Business intelligence architecture based on internet of things " Journal of Theoretical & Applied Information Technology, vol. 50, no. 1, pp. 90-95, 2013.

[27] Dechany, Maxime, « L'impact de l'internet des objets sur le futur de la logistique et du transport : cas du transport routier », projet de Fin d'Etude MASTER, l'Université de Liège, 2017-2018.

[28] Mengru GAO Xinyu HU Benjamin PELTIER Gauthier WIEMANN Handi ZHANG, « Internet des Objets (IoT) : État de l'art, RFID »,projet de physique, institut national des sciences appliquées Rouen, 2017.

[29]Gourari Fatima Zohra, « conception d'antennes en technologie micro ruban pour des applications RFID passifs », Projet de Fin d'Etude MASTER, Université Abou Bekr Bel Kaid, Tlemcen, juin 2014.

[30] Bouhazam Abdelatif, GuesmiHoucine « Mise en marche et validation d'un système RFID UHF à ICOSNET », Projet Fin d'Etude MASTER, Université Saad Dahleb de Blida,2015-2016.

[31]AnthonyGiotto, « Conception d'antennes de tags RFID UHF, application a la réalisation par jet de matière ». Thèse de Docteur, L'Institut polytechnique de Grenoble-France,le 26 Novembre 2008.

[32]IYADH GAMMOUDI, « Application des antennes RFID à base de liquide Crystal polymère dans un environnement souterrain »,mémoire présenté comme exigence partielle, université du que bec en Abitibi Témiscamingue, aout 2017.

[33] AddaSekrane Keira et Cherier Ouissam,« Etude et conception d'antenne reconfigurables pour radiocommunications », d'Ingénieur d'Etat en Télécommunications, Institut National des Télécommunications et des Technologies de l'Information et de la Communication,2016- 2017.

[34]Nessma Technologie, «les technologies RFID et NFC: du contrôle d'accès a l'internet des objets »,LTE Magazine, 2021.

[35] Fatima Zahra Marouf, « Etude et conception d'antenne imprimées pour identification Radio Fréquence RFID UHF », thèse de doctorat, Université Abou Bakr Belkaïd, 2013.

[36]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 Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2018/2019.