

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة ابوبكر بلقايد - تلمسان-

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen – Faculté de TECHNOLOGIE



Mémoire de Fin d'Etudes

Présentée pour l'obtention du **grade de Master**

En : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Par: MAMCHA ILYES

BELARBI MOHAMMED

Sujet

Etude et conception d'antennes bi-bande pour un système RFID

Soutenue publiquement, en Septembre 2020, devant le jury composé de :

M. Meriah Sidi Mohammed	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
M. Abdellaoui Ghourti	MCB	ESSAT. Tlemcen	Examineur
Mme. Gourari Fatima Zohra	MCB	Univ. Tlemcen	Encadron

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous tenons tout d'abord à adresser toute notre reconnaissance à la directrice de ce mémoire, Madame GOURARI Fatima Zohra, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Nous tenons également à remercier Mr Meriah et Mr Abdellaoui d'avoir accepté de nous prêter son attention, juger et évaluer notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous remercions nos très chers parents, qui ont toujours été là pour nous, ainsi que nos frères et sœurs pour leurs soutiens et encouragements.

Enfin, nous remercions nos amis qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide. À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Résumé

Dans un système de communication, les antennes sont des composants à part entier nécessitant une étude particulière. Tout en cherchant à améliorer les performances d'une antenne, on doit l'adapter aux applications les plus récentes. L'antenne doit également répondre aux contraintes de multiplication de bandes de fréquences et d'intégration dans l'architecture des terminaux. Enfin, les caractéristiques des antennes doivent être peu influençables par l'environnement.

L'intérêt pour les antennes multi-bandes ne fait que croître, en particulier dans le but de réduire le nombre d'antennes embarquées en associant plusieurs applications sur une même antenne. Cependant, les performances des antennes multi-bandes actuelles sont traditionnellement limitées par la forme et l'arrangement de leurs éléments rayonnants.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est d'étudier et concevoir des antennes bi-band pour les systèmes RFID

Mots clés : RFID UHF, tag, lecteur, Design, Bi-Band.

Abstract

In a communication system, antennas are separate components requiring special study. While seeking to improve the performance of an antenna, it must be adapted to the most recent applications. The antenna must also meet the constraints of multiplication of frequency bands and integration into the architecture of the terminals. Finally, the characteristics of the antennas must not be influenced by the environment.

Interest in multi-band antennas is only growing, in particular with the aim of reducing the number of on-board antennas by combining several applications on the same antenna. However, the performance of current multi-band antennas is traditionally limited by the shape and arrangement of their radiating elements.

The objective of this end of study project is to study and design bi-band antennas for RFID systems

Keywords: UHF RFID, tag, reader, Design, Bi-Band

ملخص

في نظام الاتصالات ، تعتبر الهوائيات مكونات منفصلة تتطلب دراسة خاصة. أثناء السعي إلى تحسين أداء الهوائي ، يجب تكييفه بأحدث التطبيقات . يجب أن يفي الهوائي أيضا بقيود مضاعفة نطاقات التردد والاندماج في هندسة مكوناتها. أخيراً ، يجب ألا تتأثر خصائص الهوائيات بالبيئة.

يتزايد الاهتمام بالهوائيات متعددة النطاقات ، لا سيما بهدف تقليل عدد الهوائيات الموجودة على متن الطائرة من خلال الجمع بين عدة تطبيقات على نفس الهوائي. ومع ذلك ، فإن أداء الهوائيات الحالية متعددة النطاقات مقيد تقليدياً بشكل وترتيب عناصرها المشعة.

الهدف من مشروع نهاية الدراسة هذا ، هو دراسة وتصميم هوائيات ثنائية النطاق أنظمة RFID .

الكلمات الرئيسية : RFID UHF ، بطاقة ، قارئ ، تصميم ، ثنائي النطاق.

Table de matières

Remerciements.....	i
Résumé	ii
Abstract.....	iii
ملخص	iv
Table de matières.....	ix
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Liste des abréviations	v
Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie RFID	4
I.1 Introduction :.....	5
I.2 Historique et normalisation de la RFID :.....	5
I.3 Les applications RFID :.....	7
I.3.1 Logistique et gestion de la chaîne d'approvisionnement :.....	8
I.3.2 Billetteries :.....	9
I.3.3 Santé :.....	9
I.3.4 Identification et sécurité :.....	9
I.3.5 Systèmes de péage et applications de paiement :.....	9
I.4 Vue d'ensemble du système RFID :	10
I.5 Formats de construction de la technologie RFID.....	11
I.6 Classifications RFID :	15
I.6.1 Mécanisme de communication :	15
I.6.2 Mémoire :.....	16
I.6.3 Fréquence de fonctionnement :.....	16
I.6.4 Source d'énergie :	18
I.7 Comment fonctionnent les étiquettes RFID passives :.....	20
I.8 Avantages et défis des systèmes RFID :.....	22
I.8.1 Les avantages de la RFID :.....	22
I.8.2 Les défis des systèmes RFID :.....	22

I.9	CONCLUSION	23
Chapitre II	: Le système RFID UHF	24
II.1	Introduction :	25
II.2	Paramètres fondamentaux d'une antenne :	25
II.2.1	Fréquence de résonance :	25
II.2.2	Impédance :	26
II.2.3	Diagramme de rayonnement :	26
II.2.4	Regions de terrain:	28
II.2.5	Directivité :	29
II.2.6	Efficacité du rayonnement de l'antenne:	30
II.2.7	Gain d'antenne :	30
II.2.8	Puissance rayonnée :	30
II.2.9	Polarisation :	31
II.3	Les antennes lecteur RFID.....	33
II.3.1	Antennes pour lecteurs fixes:.....	33
II.4	Les antennes d'étiquettes :	36
II.5	Conclusion :	38
Chapitre III	: Conceptions Et Caractérisation D'antennes Bi-Band RFID	39
III.1	Introduction :	40
III.2	Présentation du logiciel et méthodologie de conception :	40
III.3	Types d'antennes:	40
III.3.1	Antenne dipôle :	40
III.3.2	Antenne patch (micro ruban):	42
III.3.3	Antenne à cornet :	44
III.4	Modélisation d'une antenne patch micro ruban :	45
III.5	Modèle de ligne de transmission:.....	46

III.6	Exigences en matière de conception:	46
III.6.1	Matériau du substrat (ϵ_r):	46
III.6.2	Hauteur du substrat (h) :	47
III.6.3	Fréquence de résonance (f_r) :	47
III.7	Procédure de conception:	47
III.8	Méthodes d'alimentation des antennes patch :	48
III.8.1	Ligne micro ruban :	48
III.8.2	Sonde coaxiale :	48
III.8.3	Couplage d'ouverture :	49
III.8.4	Couplage de proximité :	50
III.9	Conception d'antenne :	51
III.10	Résultat de simulation :	55
III.11	Etude paramétrique :	59
III.12	Conclusion :	63
Conclusion Générale.....		64
Références bibliographiques		66

Liste des figures

Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie RFID	4
Figure I.1: Valeur du marché mondial de la RFID en 2016, selon le rapport [4]......	8
Figure I.2: le système RFID.....	10
Figure I.3: Schéma fonctionnel générique des étiquettes RFID.	11
Figure I.4: Une pièce RFID.	12
Figure I.5: RFID injectable dans un boîtier en verre.....	12
Figure I.6: Porte-clés RFID typiques utilisés dans les zones sécurisées.	13
Figure I.7: Les étiquettes intelligentes ont le transpondeur RFID imprimé sous l'étiquette codée par impression.	13
Figure I.8: Une carte à puce RFID typique.....	14
Figure I.9: Un bracelet RFID typique.....	14
Figure I.10: Approches de communication utilisées dans les systèmes RFID. (a) Communication par induction. (b) Communication par propagation.	15
Figure I.11: Différents types d'étiquettes RFID. (a) Tag active. (b) Tag semi-passive. (c) Tag passive.	18
Figure I.12: Un Tag passive typique.....	19
Figure I.13: Le couplage inductif.	21
Chapitre II : Le système RFID UHF	24
Figure II.1: antenne directionnel.	27
Figure II.2: antenne omnidirectionnel.	28
Figure II.3: Polarisation linéaire [20].	31
Figure II.4: Polarisation circulaire [20].	32
Figure II.5: Polarisation éclipique.....	33
Figure II.6: tag(s) passant dans la zone d'interrogation d'un lecteur fixe.	34
Figure II.7: Configuration typique d'une antenne portail.	35
Figure II.8: Un assortiment de dessins et modèles commerciaux pour les étiquettes UHF passives.	37
Chapitre III : Conceptions Et Caractérisation D'antennes Di-Band RFID	39
Figure III.1: Structure de l'antenne dipôle.	41
Figure III.2: Diagramme 3D du diagramme de rayonnement de l'antenne dipôle.....	41
Figure III.3: Différentes formes d'antennes patch.	42
Figure III.4: Antenne patch rectangulaire micro ruban avec paramètres de conception.	43
Figure III.5: Modèle de rayonnement 3D d'une antenne patch (micro ruban).....	43
Figure III.6: : La structure de base de l'antenne cône.....	44

Figure III.7: Diagramme de rayonnement 3D de l'antenne cône.	45
Figure III.8: Antenne patch rectangulaire et son modèle de ligne de transmission équivalent.	46
Figure III.9: Circuit équivalent de la ligne d'alimentation microruban.	48
Figure III.10: La méthode de la ligne d'alimentation.	49
Figure III.11: Le couplage à ouverture et son modèle de circuit équivalent.	50
Figure III.12: Le couplage de proximité et son modèle de circuit équivalent.	50
Figure III.13: La géométrie et les dimensions de la proposition de l'antenne (a) vue de dos, (b) vue de dessus, (c) vue de côté.	51
Figure III.14: ligne de transmission court-circuitée.	54
Figure III.15: La géométrie initiale de l'antenne proposée.	55
Figure III.16: le coefficient de réflexion obtenu de la simulation.	56
Figure III.17: Diagramme de rayonnement de l'antenne proposée.	56
Figure III.18 : a et b est ROS a 0.91 GHz et 2.45 GHz.	57
Figure III.19: Le coefficient de réflexion pour différentes longueurs du plan de masse (a) $f=0,91$ GHz et (b) $f=2,45$ GHz.	58
Figure III.20: Le coefficient de réflexion pour différentes longueurs du stub de plan de masse.	59
Figure III.21: Le coefficient de réflexion pour différentes longueurs du stub.	60

Liste des tableaux

Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie RFID	4
Tableau 1: Normes RFID.....	7
Tableau 2: Fréquences et distances de lecture.	17
Tableau 3: principale différence entre les étiquettes passifs, semi-passifs et actifs.....	20
Chapitre III : Conceptions Et Caractérisation D'antennes Bi-Band RFID	39
Tableau 1 : Paramètres de l'antenne A proposée.....	51

Liste des abréviations

ANA : Association de Numéro d'Article.

CEI : Commission Electronique International.

CI ; Circuit Intègres.

CST : Computer Simulation Technology Studio.

EAN : Groupe Européen de Numérotation d'article.

EAS : Surveillance Electronique des Articles.

EM : Electro Magnétiques.

EPC : Code Produit Electronique.

GSI : Générale de Service Informatique.

HF : Haute Fréquence

IFF : Identification Ami ou Ennemi (Identify : Friend or Foe).

IOM : Organisation Internationale pour les Migrations.

ISM : Industrie, Science et Médical.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

LF : Basse Fréquence.

MMIC : Circuit Intégré Monolithique hyperfréquence.

RF : Radio Fréquence.

RFID : Identification par radio fréquence.

UCC : Uniform Code Council.

UHF : Ultra-Haute Fréquence.

Introduction Générale

L'identification par radiofréquence (RFID) est une technologie qui est de plus en plus intégrés dans de nombreux aspects de la vie quotidienne. La prolifération des RFID a créé un changement de paradigme dans la manière dont les humains, les animaux domestiques, les marchandises et les biens sont traités, sont actuellement identifiés et suivis dans le monde entier. La technologie RFID utilise des puces ou tags RFID sans fil peu coûteuses qui stockent des données relatives à l'article. sont actuellement identifiés et suivis dans le monde entier.

La technologie RFID utilise des puces ou tags RFID sans fil peu coûteuses qui stockent des données relatives à l'article. Un lecteur à proximité peut avoir accès à ces données stockées. Contrairement à la bande magnétique correspondante et la technologie des codes à barres, la RFID ne nécessite pas de contact direct ni de ligne de contact visuel. Ce chapitre présente l'histoire et les principes de base de la technologie RFID et ses applications.

Au cours de la dernière décennie, le désir et la nécessité de développer de nouvelles technologies qui soutiennent les procédures d'identification automatique des objets et des articles se sont rapidement développées. Ces technologies offrent d'énormes avantages en termes de productivité, tels que le gain de temps, la réduction des erreurs et de fournir des capacités comme la détection et le suivi. De nombreuses entreprises modernes et de grandes organisations telles que Wal-Mart et le ministère américain de la défense a fait de grands efforts pour améliorer et appliquer la surveillance automatisée dans de nombreux applications liées au suivi des articles, à la gestion logistique, à l'approvisionnement, la gestion de la chaîne et le contrôle d'accès.

Dans le premier chapitre, nous présenterons le contexte général de la technologie RFID où nous rappellerons l'histoire de la technologie RFID et les définitions les concernant. Par la suite, nous allons décrire les composants de ce système et le principe de fonctionnement, Nous donnerons ensuite les différents domaines d'application, et les différents types de tags. Et pour finir, nous citerons les avantages et défis des systèmes RFID.

Le deuxième chapitre sera consacré aux paramètres fondamentaux des antennes RFID tels que la Fréquence de résonance, Bande passante, Impédance, Diagramme de rayonnement, Directivité, Efficacité du rayonnement de l'antenne etc. Dans les antennes utilisées en RFID, il est très nécessaire d'avoir une antenne plus directive, un gain élever et une grande ouverture

Introduction générale

par rapport à la longueur d'onde, nous découvrirons comment réaliser cela. Nous discuterons des antennes intelligentes, nous rappellerons par la suite l'utilisation des lecteurs RFID passif comment les configurer. Avant d'entamer le dernier chapitre, nous allons citer les caractéristiques importantes pour les antennes dans les applications fixes, et les différents défis pratiques des antennes à tags et au lecteur.

Concernant le troisième chapitre, nous allons d'abord définir le logiciel utilisé, et la méthodologie de travail. Dans un second temps, nous citerons les différents types d'antennes et leur fonctionnement. Nous aborderons par la suite, la conception de notre Tag et nous détaillerons les différentes étapes de simulation pour aboutir aux résultats finaux. Le travail est achevé par une conclusion générale.

Chapitre I

Etat de l'art sur la technologie RFID

I.1 Introduction :

L'identification par radiofréquence ou RFID est l'une des méthodes d'identification automatique des techniques qui permettent d'identifier des objets à distance par un canal de radiofréquence. En fait, la RFID n'est pas une technologie très nouvelle. À l'époque de la seconde Guerre mondiale, le radar était utilisé pour "détecter" les avions lorsqu'ils sont encore loin. Le problème du radar était le manque de moyens pour identifier les avions amis ou non amis. Ainsi, motivés, les Allemands ont remarqué que le signal radio renvoyé à la base sera différent si les pilotes ont fait rouler leur avion en rentrant à la base.

La méthode que les Allemands ont découvert était en fait la première utilisation de la technologie RFID, plus précisément, le premier système RFID passif. Plus tard, l'identification de l'ami ou de l'ennemi (IFF) a été développé par les Britanniques.

Aujourd'hui, grâce à la combinaison de la baisse des coûts et des progrès technologiques, la RFID peut être utilisée dans une variété d'applications et de nouvelles manières. Malgré l'attention portée aux systèmes RFID, les problèmes de protection de la vie privée des utilisateurs, tels que le suivi physique des objets et leur inventaire deviennent une grande préoccupation.

Dans ce chapitre, nous introduirons quelques notions sur la technologie RFID, ainsi que son évolution au fil du temps. Nous évoquerons quelques applications. Par la suite, nous citerons quelques Formats de construction de la technologie RFID et les Classifications des étiquettes RFID. Nous terminerons par l'exposition des avantages et défis des systèmes RFID.

I.2 Historique et normalisation de la RFID :

La technologie de la communication passive souvent utilisée dans la RFID a été présentée pour la première fois dans l'ouvrage de Henry Stockman « La communication par les moyens du pouvoir réfléchi" en 1948 [1]. Identifier un ami ou un ennemi (IFF) est l'une des premières applications du système d'identification par radiofréquence a été développé par la Royal Air Force britannique pendant la Seconde Guerre mondiale.

La surveillance électronique des articles (EAS) a été la première application commerciale de la RFID, qui a été utilisée comme système de prévention des vols. Ces systèmes étaient commercialement disponibles par l'intermédiaire d'entreprises dans les fins des années 1960

Des progrès importants ont été réalisés dans les années 1980 et 1990, avec des intérêts divers dans différentes parties du monde. Aux États-Unis, l'intérêt portait notamment sur les transports et l'accès au personnel, tandis que les pays européens s'intéressaient aux systèmes de suivi des animaux, applications industrielles et commerciales et le péage. Le premier système de péage basé sur la technologie RFID est devenu opérationnel en Octobre 1987 à Alesund, Norvège. L'augmentation de l'utilisation commerciale des RFID a suscité un besoin de normes, ce qui a conduit à de nombreuses activités de normalisation dans les années 1990s.

La plupart de ces normes ont été principalement développées par les Normes internationales (ISO) et la Commission électrotechnique internationale (CEI). Une étape importante a été franchie en 1996 avec la normalisation de la RFID en tant que support de données par l'association de numéro d'article (ANA) et les groupes européens de numérotation des articles (EAN).

En 1999, EAN International, et le Uniform Code Council (UCC) des États-Unis, désormais tous deux connus sous le nom de GS1, ont adopté une bande UHF (ultra-haute fréquence) pour la RFID et a créé le Centre Auto-ID au Massachusetts Institute de Technologie. Cette organisation a été chargée d'élaborer une norme RFID mondiale pour les produits d'étiquetage appelé code produit électronique (EPC) [2].

Les récents progrès de la technologie du silicium a rendu aux étiquettes RFID un bon marché et fiables. L'annonce faite par Wal-Mart Inc. aux États-Unis, était de rendre obligatoire la RFID pour ses fournisseurs dans un "avenir proche", dans une conférence sur les systèmes s'est tenue à Chicago en juin 2003. Cette conférence a été suivie par la publication de la première norme EPCglobal en janvier 2005. Plus de 1 000 magasins Wal-Mart ont déjà mis en œuvre la norme EPC RFID [3, 2].

En raison du large éventail d'applications et de cas d'utilisation de la RFID, plusieurs normes ont été développées pour ces applications RFID. Le tableau 1.1 résume les normes RFID et leur application ciblée.

I.3 Les applications RFID :

Les étiquettes RFID présentent d'énormes avantages par rapport à de nombreux systèmes car elles ont la capacité être lues si elles passent à proximité d'un lecteur, même si celui-ci est couvert par des objets ou non visibles comme lorsqu'il est dans un conteneur ou une boîte. De plus, des centaines d'étiquettes peuvent être lues sur le site au même moment.

Standard	Fréquence d'opération	Application
ISO 11785	135 kHz	Identification des animaux
ISO 18000-2	135 KHz	Gestion des postes
ISO 18092	13.56 MHz	communications Near-field (NFC)
EPC HF 1	13.56 MHz	Code produit électronique (EPC)
ISO 15693	13.56 MHz	Cartes à puce sans contact
ISO 18000-3	13.56 MHz	Gestion des postes
ISO 18000-7	433 MHz	Gestion des postes (tags active)
EPC UHF 1	900 MHz	Electronic product code (EPC)
ISO 18000-6	900 MHz	Gestion des postes
ISO 18000-4	2.4 GHz	Gestion des postes

Tableau 1: Normes RFID.

Ces avantages offrent de nouvelles solutions pour une variété d'applications. En analysant le marché de la RFID de différentes manières, les experts techniques s'attendent à ce que dans un avenir proche, le vente du détail dominera le marché (**Figure. 1.1**) [4].

Dans un monde où les objets quotidiens portent des étiquettes RFID, des choses remarquables peuvent être possible. Dans cette section, nous examinons brièvement quelques applications RFID les plus importantes sont axées sur la logistique, gestion de la chaîne d'approvisionnement, système de péage, suivi, billetterie, soins de santé, et les systèmes d'identification [5].

I.3.1 Logistique et gestion de la chaîne d'approvisionnement :

L'une des applications les plus connues de la RFID est la gestion de la chaîne d'approvisionnement. En fixant des étiquettes RFID à chaque produit, outil, ressource et article, tous les articles sont suivis par des lecteurs RFID de la fabrication aux points de vente. Ainsi, les fabricants pourront obtenir de meilleurs signaux de demande de la part des clients. La RFID offre simplement la possibilité d'améliorer la gestion du cycle de vie des produits, l'une des 100 premières entreprises de logistique au monde, a appliqué le plan RFID de Motorola à sa chaîne d'approvisionnement. [6].

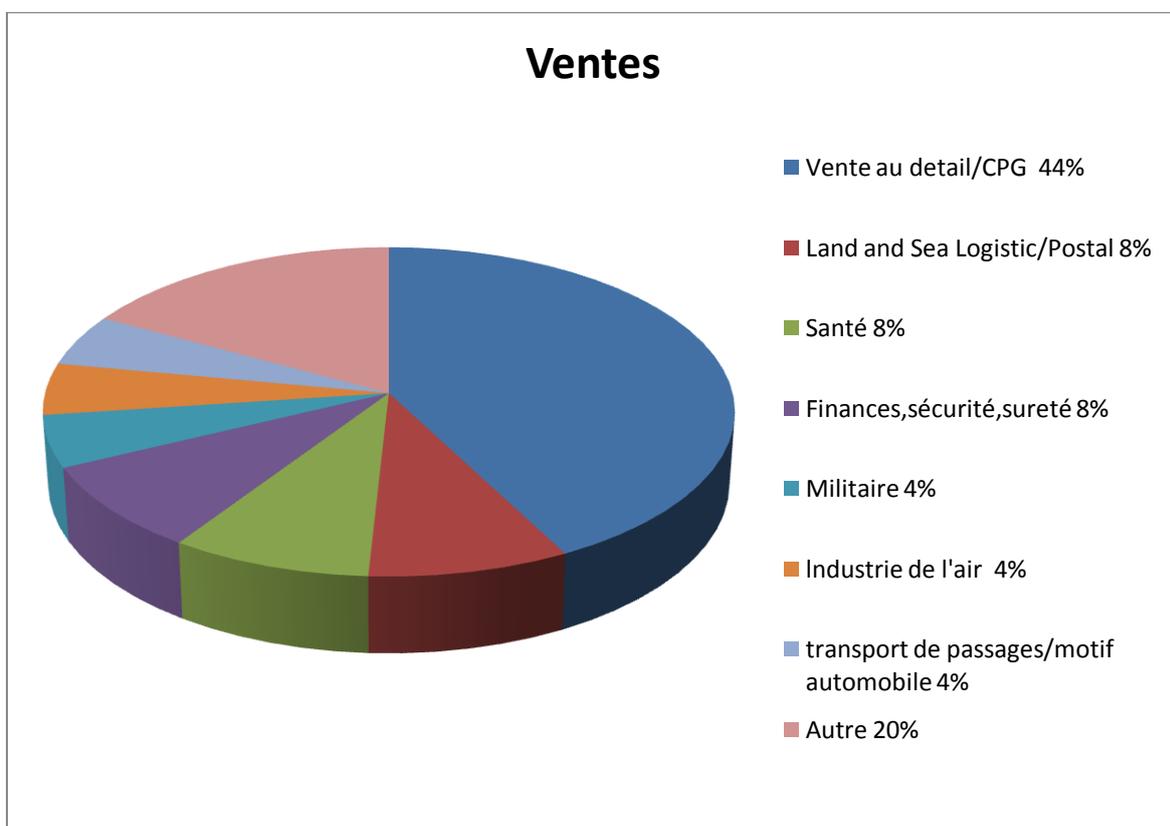


Figure I.1: Valeur du marché mondial de la RFID en 2016, selon le rapport [4].

La RFID a également une grande valeur pour la livraison des produits. Nous pourrions suivre la distribution le processus et l'emplacement actuel du produit, de l'enlèvement à la livraison, grâce à la RFID qui y est attachée. Elle permet de remédier à une livraison incorrecte due à des erreurs humaines.

I.3.2 Billetteries :

En raison de leur petite taille et de leur antenne flexible, les étiquettes RFID ont été largement appliquées dans les billets électroniques pour les expositions, les stades, les parcs à thèmes et les spectacles. Par rapport à un billet ordinaire, le billet électronique est plus résistant aux faux billets et facilite l'identification automatique sans contact. En outre, il fournit également des fonctions, telles que l'attribution de suppositions, le contrôle des flux de personnes, etc. Il n'y a pas de faux billet trouvé lors de la Coupe du monde 2006 parce que des étiquettes RFID avaient été apposées dans ses billets. Il attire l'attention des sponsors de l'exposition. Les Jeux olympiques de Pékin 2008 augmentent l'application d'étiquettes RFID dans ses billets [7].

I.3.3 Santé :

Les soins de santé exigent une extrême précision dans la distribution, la manipulation et le traitement. L'Institut de médecine (IOM) a indiqué que l'insouciance humaine est une des principales causes d'erreurs médicales [8]. La technologie RFID aiderait le corps médical dans les exercices, leurs fonctions et de réduire les erreurs médicales [1].

Un autre grand projet de L'application RFID dans les centres de soins de santé est le contrôle d'accès du personnel et des patients. Chacun deux reçoivent une carte RFID enregistrant leurs autorisations d'accès. Le centre de contrôle peut localiser les patients ou les membres du personnel grâce aux lecteurs déployés dans différents endroits.

I.3.4 Identification et sécurité :

Applications de sécurité et d'identification personnelle, dans lesquelles sont intégrées des étiquettes RFID dans les cartes d'identité, est une autre application majeure de la RFID [9]. Aujourd'hui, une nouvelle génération des cartes d'identité et des cartes d'étudiant adopte la technologie RFID.

Certaines applications de haute sécurité permettent d'identifier les personnes en leur injectant des puces RFID sous la peau pour une utilisation dans une variété de milieux, notamment la sécurité financière et des transports, l'armée et la sécurité gouvernement pour contrôler les accès aux zones sécurisées.

I.3.5 Systèmes de péage et applications de paiement :

Les systèmes de péage utilisant la technologie RFID pour faciliter la perception électronique du péage sont largement déployées, notamment dans les autoroutes et les parkings. Le système de péage RFID permet pour l'enregistrement et le contrôle automatique des véhicules dans le cadre d'un système rapide, sans contact et sécurisé et un environnement pratique. Cependant, les voitures doivent faire la queue et passer par le système de péage porte par porte [10].

I.4 Vue d'ensemble du système RFID :

En général, chaque système RFID se compose de trois parties (**Figure I.2**) : (1) un tag ou une étiquette qui porte les données d'identification, (2) un lecteur pour interroger l'étiquette et d'en extraire des informations, et (3) un serveur dorsal avec une application logicielle agissant comme une interface entre l'utilisateur et le système RFID.

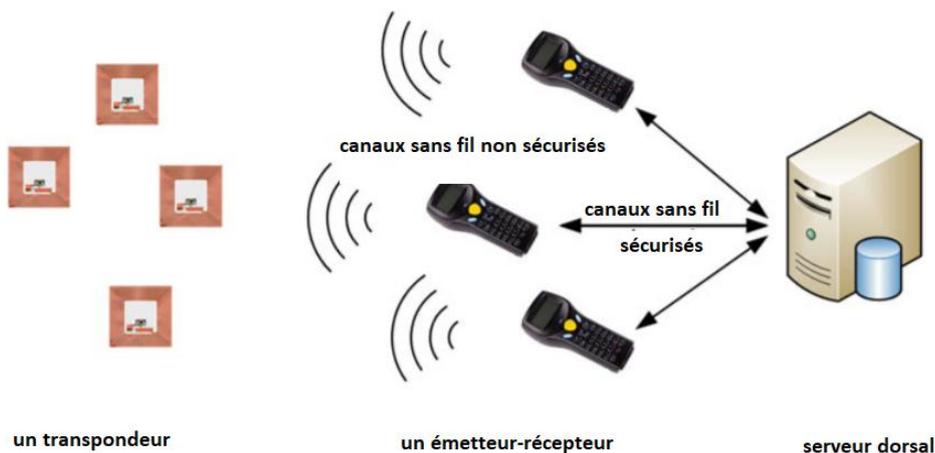


Figure I.2: le système RFID.

Un transpondeur ou une étiquette RFID est un dispositif de transport de données qui est ajouté aux articles puis interrogés par un lecteur RFID. Le principal objectif d'un transpondeur est de porter les informations d'identification de l'objet auquel il est attaché.

Une étiquette peut être aussi simple que d'être composée d'un circuit électronique avec un unique identifiant et une antenne, utilisée pour la communication. Ces balises sont appelées balises passives (c'est-à-dire sans pile). Comme le montre la **Figure 1.3**, les balises avalanches peuvent être composées d'une antenne, une section d'émetteur-récepteur à radiofréquence (RF), une détection analogique qui détecte, et dans les balises passives, rectifie la puissance RF en une tension continue équivalente, et une section de contrôle numérique qui est soit un

microprocesseur ou un autre système numérique. En outre, une balise peut utiliser une batterie dans le cas de balise active et les balises semi-passives.

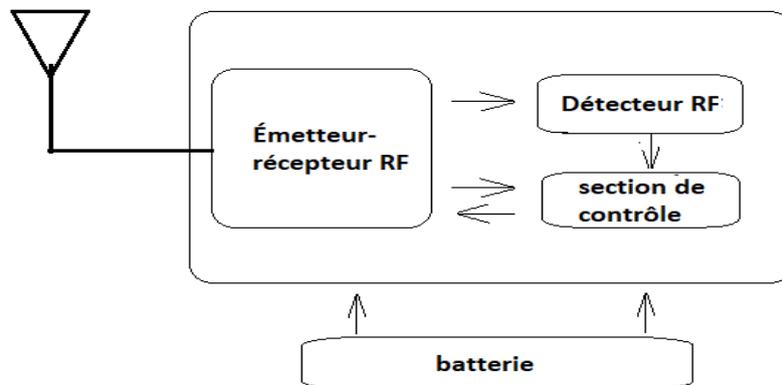


Figure I.3: Schéma fonctionnel générique des étiquettes RFID.

Un lecteur est un émetteur-récepteur radio bidirectionnel qui reçoit à la fois et transmet des ondes radio, contrairement aux étiquettes qui ne transmettent des signaux qu'en réponse aux signaux reçus. Le lecteur dispose d'une antenne puissante et d'une alimentation électrique, entourant lui-même avec un champ électromagnétique afin d'activer les tags et de lire leurs données par des ondes radioélectriques. Les données recueillies par le lecteur à partir des étiquettes sont envoyées au serveur dorsal.

I.5 Formats de construction de la technologie RFID

En raison de la diversité des applications RFID, chaque système RFID a une exigence en matière de transpondeur qui impose des contraintes différentes sur les caractéristiques de l'étiquette RFID. Certains formats de construction des tags courants incluent les disques ou les pièces de monnaie, les boîtiers en verre ou en plastique, les clés et les porte-clés, les étiquettes intelligentes, les bobines sur puce et celles qui sont intégrées dans les cartes à puce [11, 12].

Les différentes constructions des formats peuvent être résumés comme suit :

- **Disque et pièces RFID** : Il s'agit du format de construction d'étiquettes RFID le plus courant comme le montre la **Figure 1.4**. Le moulage en résine époxy peut permettre à ce format de résister à des niveaux de température.



Figure I.4: Une pièce RFID.

- **RFID avec boîtier en verre/plastique** : Certaines applications, telles que le suivi des animaux et l'identification, nécessitent l'injection de l'étiquette RFID sous la peau de l'animal. Les étiquettes RFID développées pour ces applications sont donc généralement enfermées dans un ou une capsule en plastique comme indiqué à la **Figure 1.5**, d'une façon qu'elle puisse être injectée sous la peau de l'animal sans danger pour l'animal ni pour l'étiquette elle-même.



Figure I.5: RFID injectable dans un boîtier en verre.

- **Porte-clés RFID** : Le format de construction RFID présenté dans la **Figure 1.6** est largement utilisé pour les dispositifs d'immobilisation ou les applications de verrouillage des portes dans les zones de haute sécurité.



Figure I.6: Porte-clés RFID typiques utilisés dans les zones sécurisées.

- **Étiquettes intelligentes RFID** : Ce format est un transpondeur de faible épaisseur, comme le montre la **Figure 1.7**. Les étiquettes sont généralement composées de papier, tissu ou plastique. Dans ce format, l'étiquette est produite soit par impression, soit par la gravure.



Figure I.7: Les étiquettes intelligentes ont le transpondeur RFID imprimé sous l'étiquette codée par impression.

- **Cartes à puce RFID** : Les cartes à puce sans contact ont plusieurs applications allant des cartes d'accès sans contact aux cartes de crédit sans contact. Ces cartes facilitent la transaction de communication sans effacer une bande magnétique.



Figure I.8: Une carte à puce RFID typique.

- **Bracelets RFID** : qui est largement utilisé pour l'identification. Le transpondeur RFID est généralement dans un matériel durable et imperméable.



Figure I.9: Un bracelet RFID typique.

I.6 Classifications RFID :

Les étiquettes RFID peuvent être classées en plusieurs types selon la source d'énergie, la mémoire, les gammes de fréquences radio et la façon dont elles communiquent avec le lecteur.

I.6.1 Mécanisme de communication :

Basés sur un mécanisme de communication entre le lecteur et les étiquettes, les systèmes RFID sont classés en deux types [13,14,15].

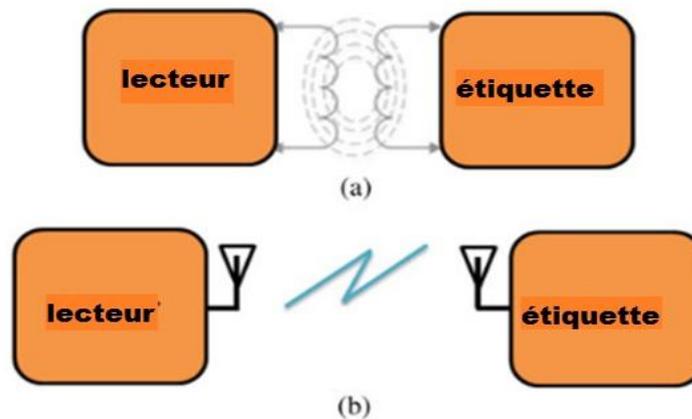


Figure I.10: Approches de communication utilisées dans les systèmes RFID. (a) Communication par induction. (b) Communication par propagation.

- **Induction ou communication en champ proche :** Le lecteur lit les données stockées dans l'étiquette RFID en utilisant le couplage inductif comme le montre la **Figure 1.10 (a.)** Cela nécessite que le lecteur soit à proximité immédiate des tags.
- **Propagation ou communication en champ lointain :** Le lecteur communique avec les tags en propageant des ondes électromagnétiques, comme le montre la **Figure 1.10(b)**. Par conséquent, le lecteur peut communiquer avec des étiquettes plus éloignées que les étiquettes par induction.

I.6.2 Mémoire :

En fonction de la mémoire, les étiquettes RFID peuvent être classées en deux catégories principales [13,14,15] :

- **Les étiquettes à mémoire morte** : Ces étiquettes permettent uniquement des opérations de lecture pour récupérer les données stockées.
- **les étiquettes à mémoire de lecture/écriture** : Ces étiquettes permettent à la fois des opérations de lecture et d'écriture, ce qui signifie que les données stockées peuvent être modifiées si nécessaire, contrairement aux étiquettes en lecture seule.

I.6.3 Fréquence de fonctionnement :

Les étiquettes RFID existantes fonctionnent généralement dans quatre gammes de fréquences [13,14,15] :

- **Basse fréquence (LF, 30-500 kHz)** : les portées de communication de ces étiquettes sont d'environ un demi-mètre et sont principalement utilisées pour les lectures à courte distance. Ces étiquettes à basse fréquence sont moins affectées lorsqu'elles sont appliquées sur des surfaces humides et près de surfaces métalliques.
- **Haute fréquence (HF, 10-15 MHz)** : ces étiquettes ont des taux de transfert de données plus élevés que les étiquettes LF, et pourtant elles sont encore peu coûteuses. Elles sont généralement utilisées pour le contrôle d'accès, l'identification d'articles ou de produits, etc.
- **Ultra haute fréquence (UHF, 850-950 MHz)** : les étiquettes UHF ont une portée beaucoup plus élevée que les étiquettes LF et HF. Leur portée typique pour les étiquettes passives est d'environ 3 à 6 m, alors que pour les étiquettes actives, des portées de plus de 30 m peuvent être atteintes. Ces tags ont des taux de transfert de données élevés qui permettent de lire une seule balise dans un délai très court.
Ces tags sont comparativement très coûteux. Les fluides et les métaux affectent les performances de ces tags.
- **Super haute fréquence Ou Micro-ondes (SHF, 2,4-2,5 GHz et 5,8 GHz)** : le taux de lecture des micro-ondes est élevé et même supérieur à celui des étiquettes UHF. À ces fréquences micro-ondes, les taux de lecture ne sont pas les mêmes sur les zones humides et à proximité des métaux. Ces fréquences offrent de meilleurs résultats dans des applications telles que le suivi de véhicules, dans une portée de lecture d'une étiquette de 1 m.

Le **Tableau 1.2** compare les différents systèmes RFID en fonction de leurs fréquences de fonctionnement.

Bande	Fréquence	Distance	Transfert d'énergie
Basse fréquence (LF)	125 kHz	1-90 cm, généralement autour de 45 cm	Couplage inductif
Haute fréquence (HF)	13,56 MHz	1-75 cm, généralement autour de 40 cm	Couplage inductif
Ultra haute fréquence (UHF)	865-868 MHz 902-928 MHz 433 MHz 2,45-5,8 GHz	Jusqu'à 9 m	Couplage électromagnétique
Micro-ondes (W)	2,45-5,8 GHz	Généralement 0,3-0,9 m	Couplage électromagnétique

Tableau 2: Fréquences et distances de lecture.

I.6.4 Source d'énergie :

Les étiquettes RFID sont classées en trois catégories selon leur source d'énergie intégrée : les tags actifs, les tags semi-passifs et les tags passifs, comme le montre la **Figure 1.11**..

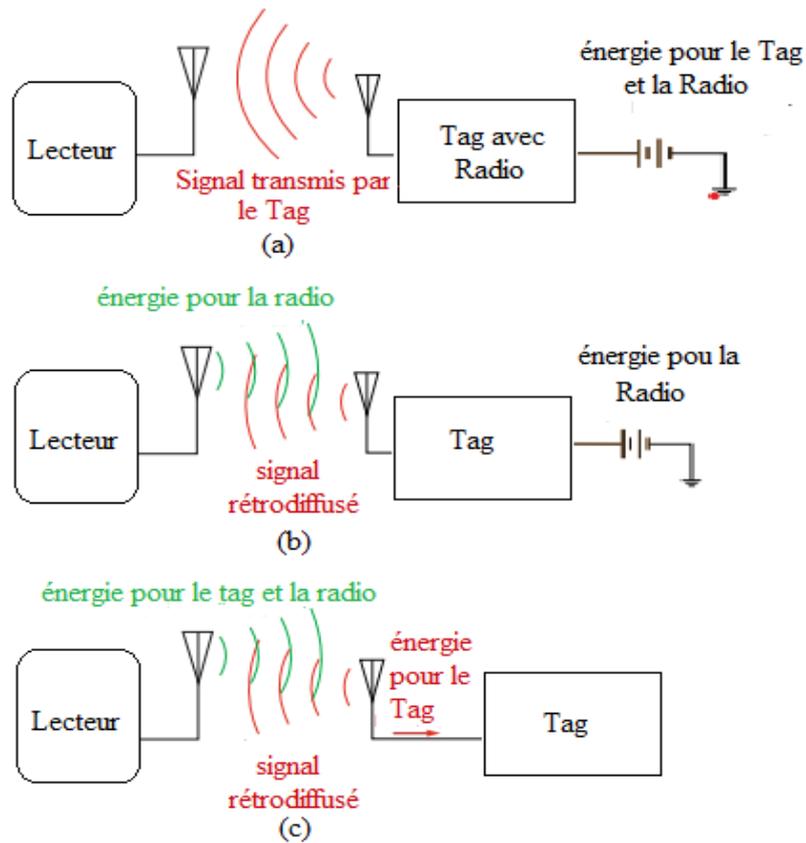


Figure I.11: Différents types d'étiquettes RFID. (a) Tag active. (b) Tag semi-passive. (c) Tag passif.

I.6.4.1 Tags actifs :

Dans les tags actifs, un émetteur-récepteur de signaux radio est intégré avec une source d'énergie, généralement sous la forme d'une petite batterie pour l'alimenter (**Figure 1.11a**). Grâce à la batterie embarquée, les étiquettes RFID actives peuvent lancer la communication et s'activer d'elles-mêmes, indépendamment de la présence d'un lecteur à proximité. Cependant, les tags actifs restent généralement à faible puissance jusqu'à ce qu'elles détectent la présence d'un champ RF envoyé par un lecteur afin de préserver la batterie. Chaque fois que l'étiquette quitte le voisinage d'un lecteur, elle revient à l'état de faible puissance.

I.6.4.2 Tags semi-passifs :

Les tags semi-passifs ont leur propre alimentation électrique qui ne supporte que la micro-puce intégrée. Lorsque la batterie est déchargée, ces étiquettes ne peuvent plus transmettre de signaux. Contrairement aux étiquettes actives, les étiquettes semi-passives n'ont pas d'émetteur actif et communiquent avec le lecteur en utilisant la technique de rétrodiffusion (**Figure 1.11b**). Dans cette technique, l'énergie des radiofréquences transférée par le lecteur est recueillie et modifiée pour transmettre des données d'une manière détectable par le lecteur puisse les détecter. Par conséquent, ils ne peuvent pas initier la communication.

I.6.4.3 Tags passifs :

Les tags passifs n'ont pas de source d'énergie interne. Elles tirent leur énergie du champ électromagnétique généré par le lecteur RFID (**Figure 1.11c**). Elles sont également dotées d'un émetteur actif et ne dépendent que de l'énergie provenant du signal du lecteur. Les tags passifs sont inactifs à moins qu'un lecteur ne les active. Par rapport à d'autres types de tags, les tags passifs sont moins chères et plus petites, et leur portée est plus courte. Comme les tags passifs ne nécessitent pas de batterie pour supporter leur calcul et leur communication, elles peuvent rester utilisables pendant de très longues périodes. En raison de la nature des étiquettes RFID, les concepteurs doivent faire face à de nombreuses limitations techniques, telles que :

- Consommation d'énergie limitée
- Surface limitée
- Temps d'exécution limité
- Canal de retour limité
- Accès limité à la mémoire

I.7 Comment fonctionnent les étiquettes RFID passives :



Figure I.12: Un Tag passive typique.

Type d'étiquette	Passif	Semi-passif	Actif
Source d'énergie	Énergie incidente	Batterie	Batterie
Type de communication	Réponse au lecteur	Réponse au lecteur	Initiation/réponse au lecteur
Portée maximale	10m	>100 m	>100 m
Mémoire	En lecture seule	Lire-écrire	Lire-écrire
Coût relatif	La moins cher	La Plus cher	La plus cher
Exemple d'application	EPC	Péages électroniques	Suivi des gros actifs

Tableau 3: principale différence entre les étiquettes passifs, semi-passifs et actifs.

Le **Tableau 1.3** résume la principale différence entre les tags passifs, semi-passifs et actifs. En raison de l'étendue des tags passifs et de leur caractéristique unique de fonctionnement sans pile, la section suivante explique plus en détail leur mécanisme de fonctionnement.

La communication entre un tag passif et un lecteur se fait par le transfert d'énergie et de données. L'énergie, fournie par le lecteur, est transférée vers le tag par couplage au moyen de champs électromagnétiques [16]. Pour recevoir de l'énergie, les tag RFID peuvent utiliser à la fois le champ électrique et le champ magnétique ou l'un des deux. Les tag RFID passifs n'ont pas d'énergie pour communiquer tant qu'elles n'entrent pas dans l'un de ces champs.

En fonction du champ fourni, il existe différentes méthodes pour transférer les données du tag au lecteur. L'une des techniques contemporaines est la rétrodiffusion, décrite précédemment. Dans cette méthode, le lecteur transmet une onde continue de signal de radiofréquence dans l'environnement. Lorsqu'une étiquette pénètre dans cette zone, elle reçoit le signal du lecteur et le démodule. L'onde transmise consiste en des commandes pour informer la Tag des opérations à effectuer.

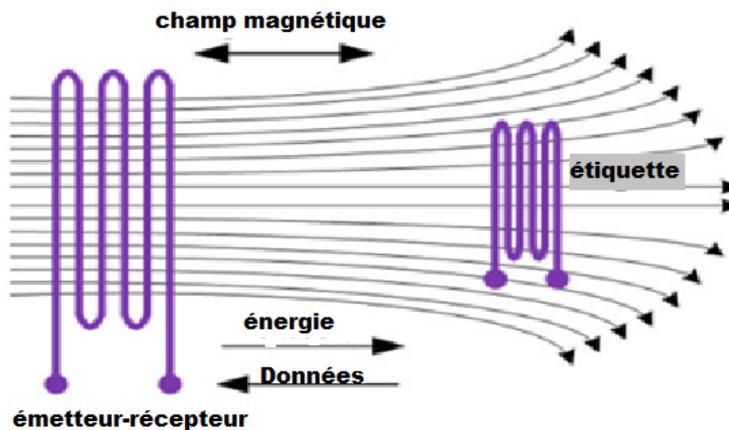


Figure I.13: Le couplage inductif.

En réponse, le tag module sa réponse et la renvoie au lecteur. Le couplage inductif est une autre méthode courante pour transférer de l'énergie aux tags passifs (**Figure 1.13**). Cette méthode est basée sur le fait que lorsqu'un conducteur apparaît dans un champ magnétique, le champ magnétique produit un flux de courant dans le conducteur [17]. Dans cette méthode, l'antenne du lecteur fournit le champ magnétique et le tag se comporte comme un conducteur. Lorsque le tag entre dans le champ magnétique, son antenne génère un courant dans le tag pour l'alimenter.

La méthode de couplage électromagnétique est similaire à la méthode de couplage inductif, à la différence qu'au lieu d'utiliser un champ magnétique, on utilise un champ électromagnétique qui couvre une plus grande distance pour transférer l'énergie aux étiquettes. Les étiquettes à ultra-haute fréquence (UHF) et à micro-ondes utilisent cette méthode.

I.8 Avantages et défis des systèmes RFID :

La technologie RFID s'est considérablement répandue au fil des ans en raison de ses multiples avantages. Cette section est consacrée aux avantages et aux défis des systèmes RFID.

I.8.1 Les avantages de la RFID :

Les systèmes RFID vont remplacer les systèmes de codes à barres et autres systèmes d'identification traditionnels [14]. Les points suivants résument les principaux avantages des systèmes RFID qui soutiennent une telle affirmation :

- Le système RFID ne nécessite pas la participation d'êtres humains dans le processus d'identification. Cela réduit le nombre d'employés, et par conséquent, élimine l'erreur humaine et réduit le coût total.
- Le système RFID peut fonctionner même en l'absence de communication en visibilité directe entre les étiquettes et le lecteur. Par conséquent, l'emplacement des étiquettes RFID est moins contraignant que celui des systèmes de codes à barres et autres systèmes d'identification automatique.
- Les lecteurs RFID sont capables de lire simultanément plusieurs étiquettes.
- Les systèmes RFID ont des portées de lecture beaucoup plus longues que les systèmes de codes à barres et les autres systèmes d'identification traditionnels.
- Les systèmes RFID sont plus fiables que les systèmes d'identification traditionnels tels que les systèmes de codes à barres.
- Contrairement aux systèmes d'identification automatique traditionnels, les étiquettes RFID ont la capacité de stocker des informations supplémentaires en plus de l'identification de l'étiquette.
- Les systèmes RFID permettent d'ajouter une capacité de détection à l'étiquette afin de détecter les conditions ambiantes (par exemple, la température, l'humidité, etc.) et de stocker les informations détectées dans les étiquettes. Une telle capacité n'existe ni dans les systèmes à code à barres ni dans les autres systèmes d'identification automatique.

I.8.2 Les défis des systèmes RFID :

Les systèmes RFID doivent toutefois relever plusieurs défis pour garantir la fiabilité du système, la qualité du service ou le coût du système. Les défis les plus importants pour les systèmes RFID sont [14] :

- Coût des composants : l'un des avantages des systèmes RFID est qu'ils contribuent à réduire le coût global du système. Toutefois, cela pose un problème en ce qui concerne le coût des étiquettes et des lecteurs RFID eux-mêmes. Par exemple, le coût des étiquettes RFID ne devrait être que de l'ordre de quelques centimes de dollars.
- Collision : l'un des avantages des systèmes RFID est que les lecteurs peuvent lire plusieurs étiquettes en même temps. Par conséquent, les paquets des différentes étiquettes peuvent entrer en collision avec les paquets d'autres étiquettes. Les lecteurs doivent donc appliquer des techniques anti-collision pour résoudre ces collisions et pour diminuer la latence du système [14].

- Sécurité du système : l'un des plus grands défis auxquels est confronté tout système RF est sa sécurité. Comme les systèmes RFID utilisent des moyens de communication sans fil entre l'émetteur et les étiquettes, ils peuvent être confrontés à des menaces d'écoute, de contrefaçon, de lecture et de suivi, ce qui soulève des problèmes de sécurité des communications, en particulier des fuites de données personnelles.

I.9 CONCLUSION

Ce chapitre nous permet d'avoir une vue d'ensemble sur la technologie RFID. Les étiquettes de cette technologie, sont brièvement présentées dans ce chapitre avec la description de ses composants, les types de transpondeurs et leurs communications. Ce chapitre donne également un aperçu des nombreux domaines d'application de la technologie RFID. Il décrit également les principaux avantages et les défis d'une telle technologie.

Chapitre II

Le système RFID UHF

II.1 Introduction :

Les antennes sont un élément clé de tout système sans fil. Ce sont des appareils pour rayonner ou recevoir des ondes radio. Dans les systèmes RFID, les antennes sont utilisées pour communiquer entre les lecteurs et les tags. Dans cette section, les paramètres de base de l'antenne sont discutés.

Dans ce deuxième chapitre, D'abord, nous allons définir quelques paramètres fondamentaux, Ensuite, nous discuterons de la façon dont les antennes gère le stock et le suivis des colis, on terminera par les défis qui font face aux antenne d'étiquette et aux antenne lecteur

II.2 Paramètres fondamentaux d'une antenne :

II.2.1 Fréquence de résonance :

La fréquence de résonance d'une antenne est la fréquence dans laquelle l'antenne transforme le plus efficacement la puissance entre les oscillations électriques dans l'alimentation et les ondes radio. Dans ce mémoire, la fréquence de résonance considérée est la bande [860-960] Mhz et 2,45 GHz.

II.2.1.1 Bande passante :

C'est la largeur de bande de l'antenne est la gamme de fréquences autour de la fréquence de résonance à laquelle l'efficacité de l'antenne, dans la transmission ou la réception des ondes électromagnétiques est plus grande qu'une certaine proportion de l'efficacité de la fréquence résonante.

La largeur de bande (BP) est calculée par :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_{\text{resonant}}} \times 100\% \quad (\text{II.1})$$

Où :

f1 et f2 sont les fréquences auxquelles l'efficacité de l'antenne est la proportion donnée.

II.2.2 Impédance :

Dans [18], l'impédance de l'antenne est définie comme « l'impédance présentée par une antenne à ses bornes ou le rapport de la tension au courant à une paire de bornes ou le rapport

entre les composants appropriés des champs électriques et magnétiques en un point".

Toute antenne a trois composantes d'impédance différentes : radiative, résistive et réactive.

L'impédance de l'antenne (Z_A) peut être écrite :

$$Z_A = (R_r + R_L) + jX_A \quad (\text{II.2})$$

Où :

R_r est la résistance de rayonnement.

R_L est la résistance à la perte.

X_A est la réactivité de l'antenne.

La résistance radiative est proportionnelle à la puissance rayonnée. La résistance à la perte représente la dissipation thermique de l'antenne. À la fréquence de résonance, la résistance réactive devient zéro, et l'antenne est à son efficacité maximale.

II.2.3 Diagramme de rayonnement :

Le diagramme de rayonnement est habituellement une représentation graphique des propriétés du rayonnement, y compris la densité du flux de puissance, l'intensité du rayonnement, l'intensité du champ et la polarisation en fonction de l'angle. Parmi ces modèles, le modèle de puissance qui représente la distribution spatiale de la puissance rayonnée, est généralement de plus grand intérêt [18]. Les coordonnées sphériques sont les plus pratiques et les plus utiles pour décrire le rayonnement dans la région du champ lointain. Il peut être présenté dans une distribution à deux dimensions (2D) ou trois dimensions (3D) de puissance normalisée par rapport aux paramètres de coordonnées sphériques.

Il existe plusieurs types de model : isotrope, omnidirectionnel et directionnel.

- **Model isotropic:**

Un modèle isotrope est produit par un radiateur isotrope, qui rayonne également dans toutes les directions. Un radiateur isotrope n'est pas physiquement réalisable. Cependant, il est souvent utilisé comme référence pour les antennes réelles lors de l'expression des propriétés directionnelles.

- **Modèle directionnel :**

Une antenne directionnelle transmet et reçoit plus efficacement dans certaines directions spécifiques que d'autres. Toutes les antennes pratiques sont directionnelles.

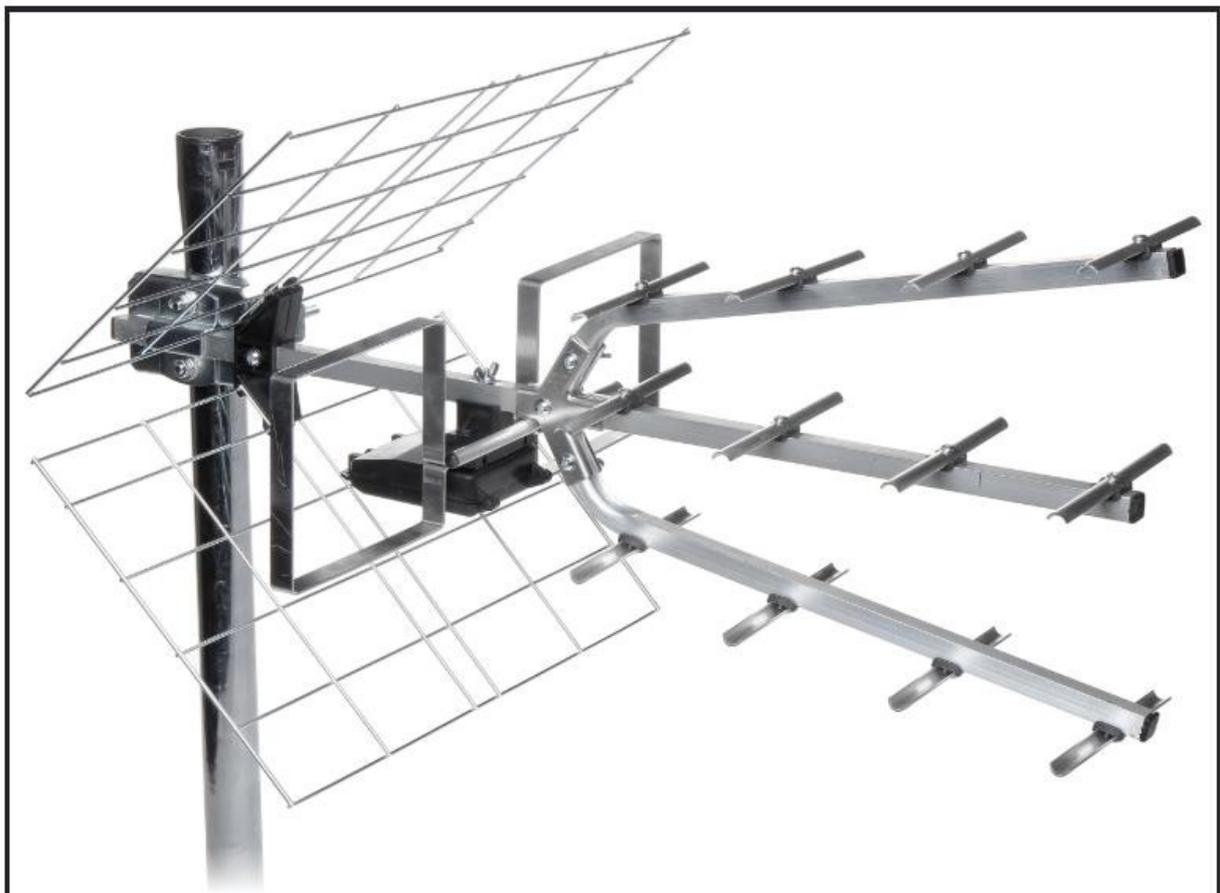


Figure II.1: antenne directionnel.

- **Modèle omnidirectionnel :**

Un modèle omnidirectionnel est un cas particulier de directionnels. Ce modèle est uniforme dans un plan spécifique. [18]



Figure II.2: antenne omnidirectionnel.

II.2.4 Regions de terrain:

Trois régions notionnelles entourent une antenne : la région réactive proche du champ, la région de rayonnement proche du champ (Fresnel) et la région lointaine du champ (Fraunhofer).

- **la région réactive proche du champ :**

Le champ proche réactif entoure immédiatement l'antenne. Dans cette région, le champ réactif est dominant. Cette région existe dans l'espace autour des antennes limité par la distance définie par [18].

$$R_1 = 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (\text{II.3})$$

où λ est la longueur d'onde et D est la plus grande dimension de l'antenne.

- **Zone de rayonnement proche (Fresnel) :**

La région du champ proche rayonnant (Fresnel) est la région intermédiaire entre la région du champ proche réactif et la région du champ éloigné. Dans cette région, les champs de rayonnement sont dominants et la distribution du champ angulaire dépend de la distance par rapport à l'antenne. On suppose généralement que cette région existe dans une région ayant la limite intérieure R_1 et la limite extérieure de rayon [18] :

$$R_2 = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (\text{II.4})$$

- **Région du Far-Field (Fraunhofer) :**

Dans la région dite du champ lointain (Fraunhofer), la distribution du champ est indépendante de la distance de l'antenne. Dans la plupart des cas, la distance minimale entre l'antenne et la région du champ lointain est définie par l'équation R_2 (4).

II.2.5 Directivité :

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne est un paramètre qui exprime le rapport de l'intensité du rayonnement dans une direction donnée par rapport à l'intensité moyenne dans toutes les directions. Pour une antenne isotrope la directivité est l'unité.

Lors de la description d'une antenne, sa directivité se réfère souvent à la directivité maximale, dans la direction dans laquelle l'antenne émet l'intensité de rayonnement maximale.

II.2.6 Efficacité du rayonnement de l'antenne:

En mode transmission, une antenne est entraînée par un générateur. La puissance totale rayonnée par l'antenne ne peut être supérieure à la puissance totale fournie par le générateur. L'efficacité du rayonnement (e_r) de l'antenne est le rapport entre la puissance rayonnée totale (P_{rad}) et la puissance totale fournie à l'antenne (P_{total}).

$$e_r = \frac{P_{rad}}{P_{total}} = \frac{P_{rad}}{P_{rad} + P_{in}} = \frac{R_r}{R_r + R_l} \quad (\text{II.5})$$

II.2.7 Gain d'antenne :

Le gain $G(\theta, \varphi)$ d'une antenne est le rapport entre la densité de puissance rayonnée en un point éloigné et la puissance d'entrée totale (P_{in}) isotrope rayonnée.

Le gain est le produit de l'efficacité et de la directivité :

$$G(\theta, \varphi) = e_r D(\theta, \varphi) \quad (\text{II.6})$$

II.2.8 Puissance rayonnée :

La puissance rayonnée de toute antenne est exprimée en puissance apparente rayonnée (PAR) et la puissance isotrope rayonnée (PIRE). La PAR est définie par :

$$P_{PAR} = P_{fournit} G_d \quad (\text{II.7})$$

Ou :

$P_{fournit}$ est la puissance fournie à l'antenne .

G_d est le gain relatif de l'antenne à une antenne dipôle.

De même, la PIRE est le produit de la puissance fournie et du gain relatif isotrope :

$$P_{PIRE} = P_{fournit} G_i \quad (\text{II.8})$$

Ou :

G_i est le gain de l'antenne par rapport à une antenne isotrope.

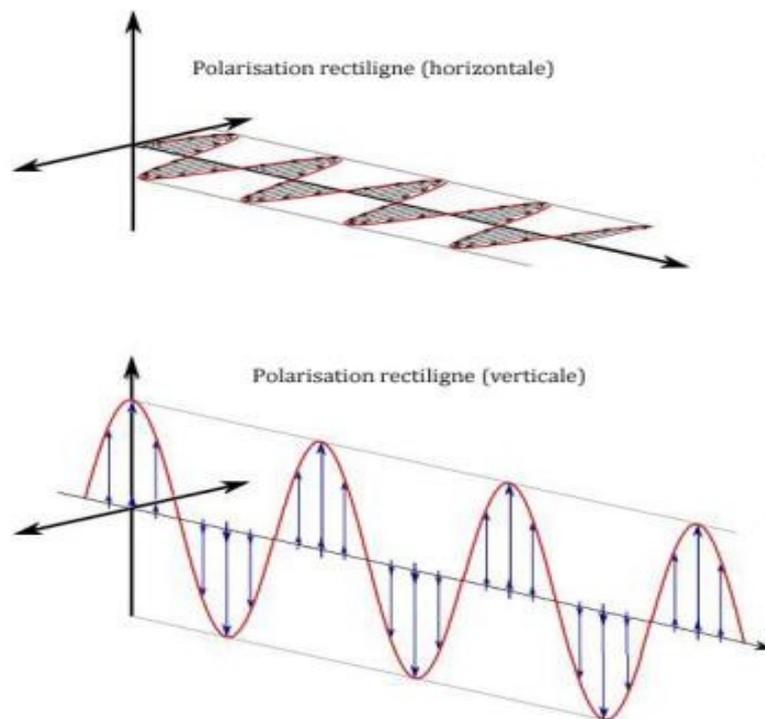
II.2.9 Polarisation :

La polarisation d'une antenne dans une direction donnée est la polarisation de l'onde rayonnée par l'antenne dans cette direction. La polarisation d'une onde rayonnée est « la propriété d'une onde électromagnétique décrivant la direction variable dans le temps et la magnitude relative du vecteur de champ électrique; plus précisément, la figure tracée en fonction du temps par l'extrémité du vecteur à un endroit fixe dans l'espace, et le sens dans lequel elle est tracée, selon la direction de propagation » [18].

Il existe trois classes spéciales de polarisation : linéaire, circulaire et elliptique.

- **Polarisation rectiligne ou linéaire :** L'orientation du vecteur de champ électrique E est définie par le diagramme de rayonnement de l'antenne, en particulier la direction de la propagation. Le champ magnétique H perpendiculaire au champ électrique E maintient la même direction pendant la propagation. Tant que l'onde ne rencontre aucun obstacle ou est réfléchi, on dit que la polarisation est rectiligne. La direction du vecteur E crée un angle d'une certaine valeur avec le cadre de référence (la terre), ce qui génère une polarisation oblique, qui peut être divisée en deux ondes, l'une en polarisation horizontale et l'autre en polarisation verticale. Il existe deux cas particuliers, celui où l'angle prend la valeur de 0° de polarisation est dit horizontal. On dit qu'elle est verticale si l'angle est de 90° [19].

Figure II.3: Polarisation linéaire [20].



- **Polarisation circulaire:** une antenne de lecteur circulairement polarisée communiquera avec les tags dans n'importe quelle orientation dans le plan perpendiculaire à la ligne de tag-lecteur. Une antenne circulairement polarisée lira aussi des tags alignés le long de la direction de propagation (par contre invisible quand ils sont placés directement en face de l'antenne), si les objets auxquels les tags sont attachés se déplacent dans la zone de lecture, pour qu'ils soient vus sous des angles variables.

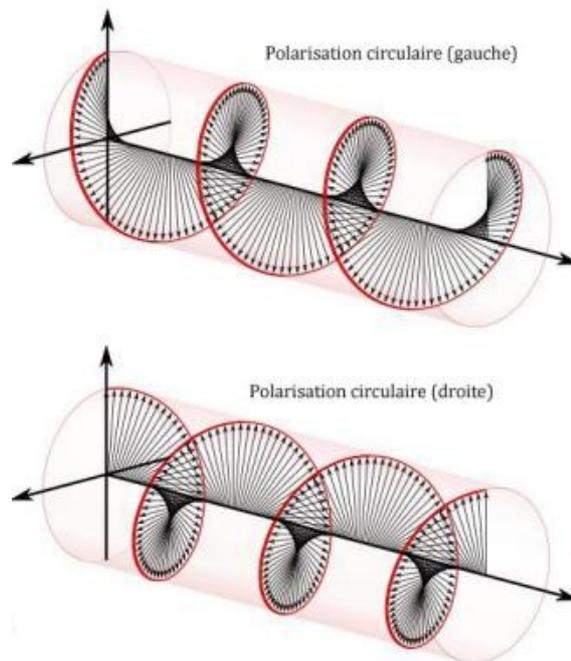


Figure II.4: Polarisation circulaire [20].

- **Polarisation elliptique:** Dans ce type de polarisation, le vecteur électrique E change de direction au cours de la propagation en synchronisme avec la longueur d'onde. Une onde polarisée elliptiquement peut être divisée en trois ondes différentes : une onde polarisée horizontalement, verticalement et circulairement [19].

La phase du champ électrique E produit avec une telle polarisation peut tourner dans deux directions différentes, soit dans le sens des aiguilles d'une montre, soit dans le sens inverse. Si le champ E décrit une ellipse de polarisation sage dans le sens des aiguilles d'une montre, l'onde générée est appelée polarisation elliptique gauche. En revanche, dans le cas d'une ellipse de polarisation θ .

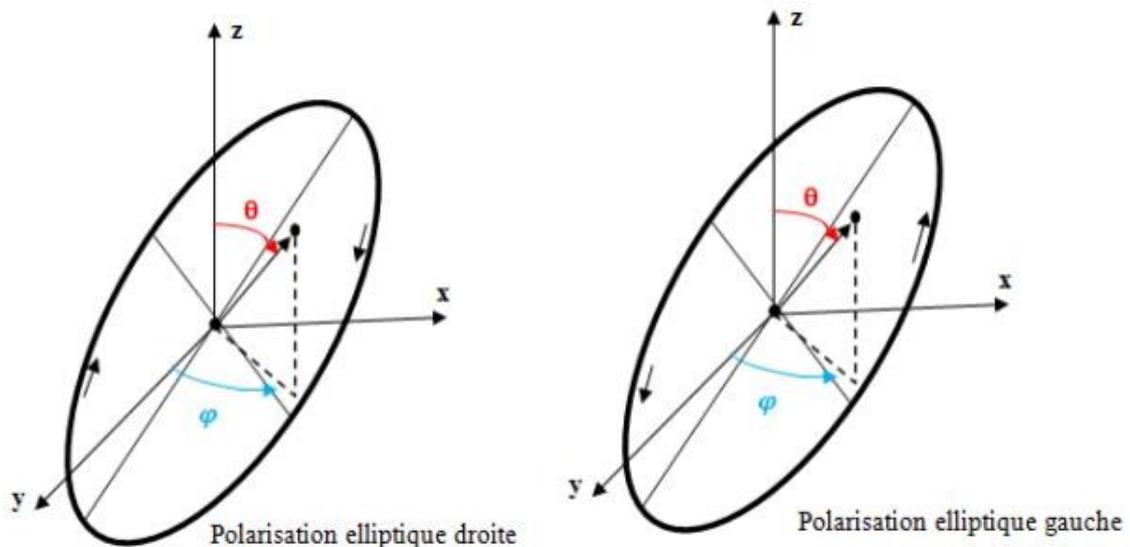


Figure II.5: Polarisation éclipique.

II.3 Les antennes lecteur RFID

II.3.1 Antennes pour lecteurs fixes:

- portes et portails

Les lecteurs RFID passifs sont souvent utilisés pour surveiller le passage de cartons ou d'objets à travers une porte, un portail, une passerelle ou un autre point d'accès localisé entre différentes zones. Les antennes à cet effet seront fixées en place pendant la plus grande partie ou la totalité de leur durée de vie utile.

Dans un cas typique, où il est souhaitable de surveiller le quai de chargement d'une installation d'expédition (un entrepôt, un centre de distribution ou une zone de réception), la porte est de 3 à 5 m de diamètre, et la hauteur de l'antenne avec un faisceau unique et un gain élevé est nécessaire pour atteindre à la fois la plage de lecture souhaitée (au moins la moitié de la largeur de la porte). Il est également souhaitable de voir la zone du portail des deux côtés, pour détecter les étiquettes de chaque côté d'une charge de palette sans exiger que le faisceau passe à travers le contenu du carton peut-être opaque. En outre, le faisceau doit également couvrir toute la région d'intérêt.

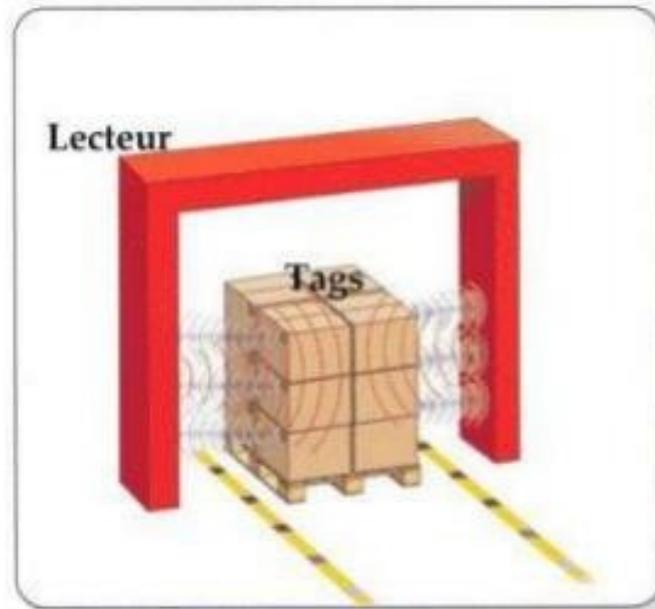


Figure II.6: tag(s) passant dans la zone d'interrogation d'un lecteur fixe.

Ces exigences ne sont pas facilement satisfaites par une seule antenne ; il est typique d'utiliser quatre antennes placées sur les faces opposées de la porte (figure II.1). Les antennes sont multiplexées : connectées successivement au lecteur.

Si une configuration bi-statique est utilisée, quatre paires d'antennes sont utilisées. Dans la plupart des cas, les étiquettes à lire sont sur des palettes ou des cartons transportés par des chariots élévateurs ou des transpalettes et nécessitent plusieurs secondes pour se déplacer à travers la porte. La vitesse de lecture n'est pas critique, mais il y a manipulation rapide de plusieurs balises. Lorsque plusieurs portes adjacentes sont présentes, les lecteurs intérieurs sont connectés pour voir deux portes adjacentes (c'est-à-dire que les antennes d'un lecteur unique couvrent le côté gauche de la porte à droite du lecteur et le côté droit de la porte à gauche) pour éviter de faire passer les câbles RF par-dessus ou sous les portes [21].

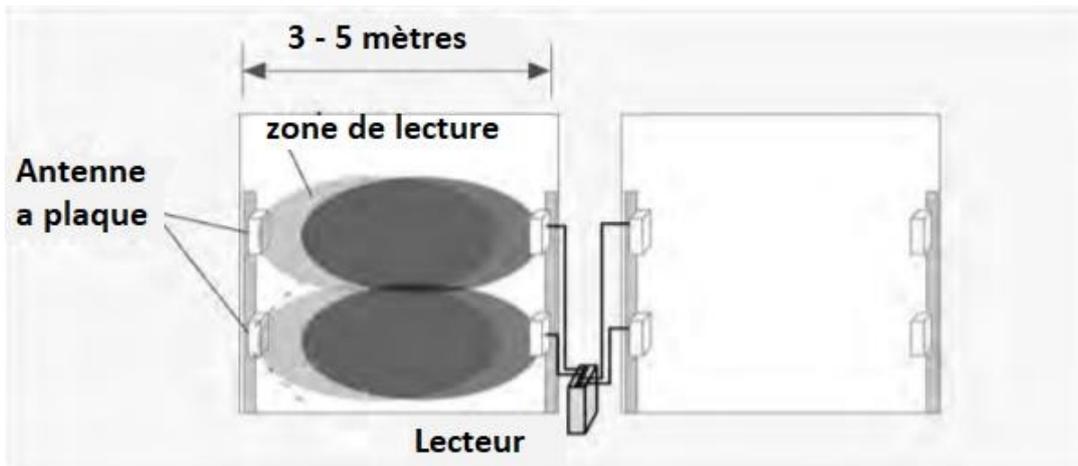


Figure II.7: Configuration typique d'une antenne portail.

Les caractéristiques qui sont importantes pour les antennes dans les applications fixes sont:

- **Gain :**

Nous voulons clairement une antenne avec un seul faisceau raisonnablement bien défini plutôt qu'une antenne omnidirectionnelle comme un dipôle. La plus grande valeur de gain que nous pouvons utiliser à pleine puissance rayonnée aux États-Unis est 6 dBi.

- **Bande passante :**

L'antenne doit être bien adaptée au lecteur sur la bande que nous souhaitons utiliser. Aux États-Unis, ce sera la bande ISM 902-928 Mhz dans la plupart des cas ; en Europe, 865-868 Mhz est normalement attribué pour l'RFID, et en Asie, des tranches peuvent être disponibles dans les régions européennes et américaines, ou à d'autres fréquences s'étendant de 860 à 960 Mhz environ.

- **Forme du faisceau :**

Il se peut que le faisceau unique ne soit pas nécessairement symétrique. Nous pourrions souhaiter une poutre de ventilateur (par ex. haute et mince) de sorte que nous pouvons limiter la zone de lecture à l'étendue de la porte et éviter de voir les étiquettes dans un camion, ou lire seulement les étiquettes qui sont à l'extérieur de la

porte. (Une poutre en éventail est également utile pour un lecteur surveillant les cartons se déplaçant sur un convoyeur, où il n'est pas vraiment nécessaire de regarder très haut ou bas, mais il est utile de maximiser la largeur de la zone de lecture le long du convoyeur afin de s'assurer que les cartons marqués rester longtemps dans la zone de lecture et avoir ainsi les meilleures chances d'être lu).

- **Polarisation :**

Le choix de la polarisation est dominé par notre choix du type d'antenne tag et de l'orientation. Les antennes mono-dipôle ne peuvent être lues que lorsque ils sont co-polarisés (c'est-à-dire lorsque le long axe de l'étiquette est le long de la direction du champ électrique de l'antenne du lecteur)[21].

II.4 Les antennes d'étiquettes :

Les antennes d'étiquettes fonctionnent sur les mêmes principes que les antennes lecteurs, mais font face à des défis pratiques très différents [21].

- **Coût :**

Le coût total, y compris les puces (CI), le substrat, l'antenne, l'attache et les essais, doit être inférieur à 1 \$ US pour la plupart des applications, et pour les applications de chaîne d'approvisionnement à grand volume, l'objectif à long terme est de réduire le coût total des étiquettes à moins de 0,05 \$ US. En revanche, une antenne patch de qualité moyenne pour une application de lecteur a un prix d'achat autour 150 dollars américains.

- **Taille :**

Dans les applications de la chaîne d'approvisionnement, les étiquettes doivent tenir sur une étiquette de 4 pouces (100 mm) de largeur. Comme la taille de résonance naturelle, la moitié d'une longueur d'onde, est d'environ 16 cm, de nombreuses antennes a étiquette doivent réduire leur taille. En outre, de nombreuses applications nécessitent une épaisseur totale de 1 mm, ce qui élimine de nombreuses structures potentielles à prendre en considération.

- **Polarisation :**

Dans de nombreuses applications, l'orientation des étiquettes, ou les objets auxquels elles sont attachées, ne peuvent être contrôlés. Un compromis doit être fait entre l'utilisation d'antennes de lecture à polarisation circulaire, qui sacrifient la portée, et l'utilisation d'antennes d'étiquettes à polarisation variable, qui augmentent le coût et la taille de la structure de l'antenne.

- **L'adaptation à la charge de la puce CI :**

Les circuits intégrés de marquage consomment très peu de courant et ont besoin d'une tension d'entrée raisonnable (au moins suffisante pour activer les diodes de la pompe de charge), c'est-à-dire que les circuits intégrés ont une impédance d'entrée (parallèle) élevée. Les antennes et les structures d'adaptation associées doivent fournir une tension de sortie aussi élevée que possible à partir d'un champ électrique incident donné, malgré les contraintes de taille, et correspondre à la haute impédance d'entrée pour un bon transfert de puissance.

- **S'entendre avec les voisins :**

Une antenne de lecture peut être placée dans un radôme en plastique de forme précise et de composition connue, et a généralement un certain espoir d'avoir un champ de vision clair dans la direction du faisceau. En revanche, les étiquettes étiquettent les objets et devraient idéalement le faire indépendamment des propriétés diélectriques ou conductrices de ces objets.

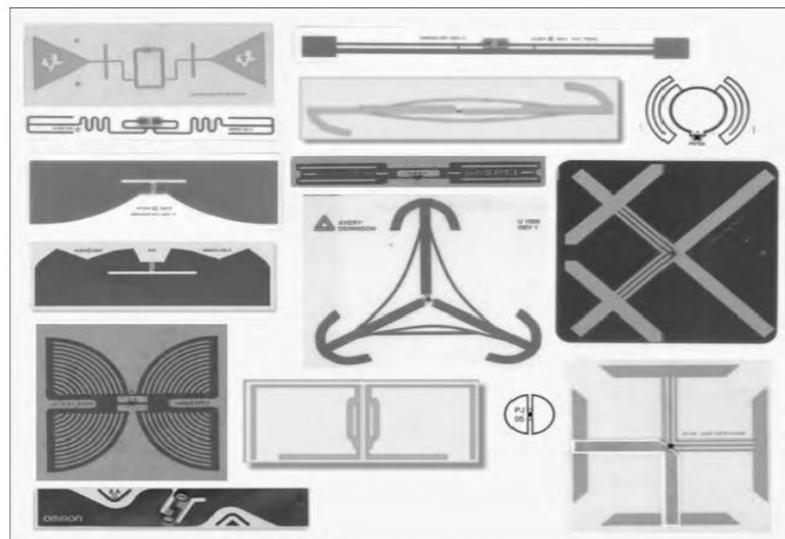


Figure II.8: Un assortiment de dessins et modèles commerciaux pour les étiquettes UHF passives.

Pour répondre à ces contraintes, les concepteurs d'étiquettes ont créé une variété de structures d'antenne inhabituelles [22].

II.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons d'abord présenté les différents paramètres fondamentaux. La communication entre le lecteur et l'étiquette se fait par l'intermédiaire des antennes qui équipent l'un et l'autre, qui sont responsables du rayonnement des radiofréquences. Les antennes disponibles pour le lecteur sont plus ou moins standardisées, mais elles offrent la même différence qui ne sera bonne qu'avec le choix de la solution. De même, si le lecteur s'avère de qualité insuffisante, le traitement des données en sera affecté. Il y a donc un équilibre entre ces deux composants et le lecteur se caractérise par plusieurs caractéristiques, notamment la fréquence et la puissance d'émission, et la qualité et la sensibilité de l'antenne doivent être définies avec précision en ce qui concerne La qualité de la puce, lui permettant de remplir ses fonctions. Les antennes sont des éléments essentiels pour établir la communication entre l'étiquette et le lecteur. Nous avons terminé par les défis qui face aux étiquettes et au lecteur RFID.

Chapitre III

Conceptions Et Caractérisation D'antennes Bi-Band RFID

III.1 Introduction:

Les antennes sont exploitées dans plusieurs domaines grâce à sa facilité d'adaptation aux diverses situations, notamment dans la RFID.

Dans cette partie, nous présentons une antenne micro-ruban simple et compacte utilisant une forme rectangulaire avec deux bandes de résonance, l'un sur UHF et l'autre dans la bande SHF. Pour l'antenne proposée la modélisation et la simulation sont effectuées à l'aide du logiciel CST Microwave Studio.

III.2 Présentation du logiciel et méthodologie de conception :

CST (Computer Simulation Technology) est un logiciel capable de simuler et de résoudre tous les problèmes électromagnétiques, des problèmes de basse fréquence aux micro-ondes, aux problèmes optiques ainsi qu'aux problèmes thermiques et mécaniques. Il est constitué de plusieurs studios [27].

Pour notre projet, nous allons utiliser le Microwave Studio qui est un outil spécialisé dans la simulation 3D EM de composantes hautes fréquences [28].

III.3 Types d'antennes:

Les types d'antennes peuvent différer par leur forme physique, leur dimension, leur méthode d'alimentation, leur gain, la largeur de bande, l'impédance et d'autres facteurs. Un certain nombre de types d'antennes couramment utilisés sont expliqués, en se concentrant sur le gain et la directivité qu'ils procurent.

III.3.1 Antenne dipôle :

Les antennes dipôles sont l'un des types d'antennes les plus simples et les moins chers. Une antenne dipôle est une antenne radio qui peut être faite d'un simple fil avec un élément central alimenté. Elle se compose de deux fils conducteurs métalliques orientés parallèlement et colinéaires l'un par rapport à l'autre, avec un petit espace entre eux (Figure III.1).

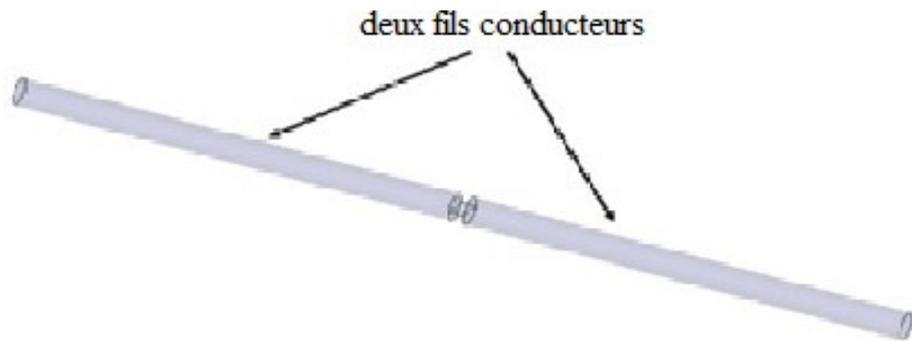


Figure III.1: Structure de l'antenne dipôle.

Le signal de radiofréquence est appliqué à l'antenne centrale, entre les deux conducteurs. Il existe différents types d'antennes dipôles, chacune fournissant un gain donné ;

En général, une antenne dipôle offre un gain d'antenne compris entre 1,5 et 2,15 dBi avec un schéma typique présenté dans (Figure III.2).

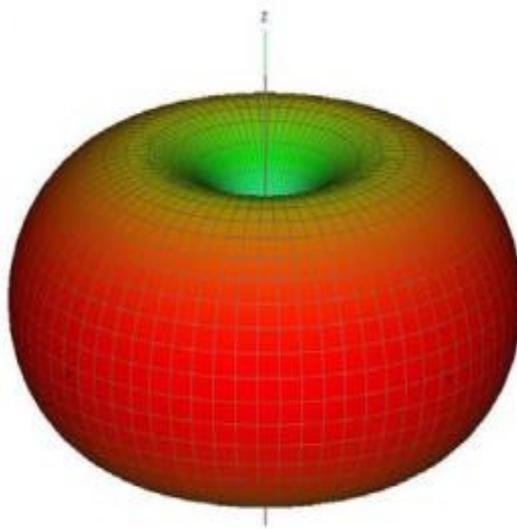


Figure III.2: Diagramme 3D du diagramme de rayonnement de l'antenne dipôle.

III.3.2 Antenne patch (micro ruban):

Lors de la conception d'une antenne pour une application où la taille, le poids, le coût, les performances et la facilité d'installation sont des facteurs à prendre en compte, l'antenne micro ruban est le choix idéal. Ces antennes sont profil bas, conforme aux surfaces planes et non planes, simple et économique à fabrication utilisant la technologie moderne des circuits imprimés. Ils sont mécaniquement robustes lorsqu'ils sont monté sur des surfaces rigides, compatible avec les conceptions MMIC et lorsque la forme et le mode des patchs sont sélectionnés, ils sont très polyvalents en termes de fréquence de résonance, la polarisation, le motif et l'impédance.

Les antennes patch ont un facteur de qualité Q élevé, qui leur donne un profil de bande passante étroite, ce qui est souhaitable dans les applications à bande étroite. Les antennes à plaque sont constituées d'une fine couche de bande métallique (plaque) montée au-dessus d'un matériau dialectique, également appelé substrat, qui sépare la plaque du plan de masse. Il existe différentes formes d'antennes patch, en fonction des propriétés requises et de la méthode d'alimentation, comme le montre la Figure III.3.

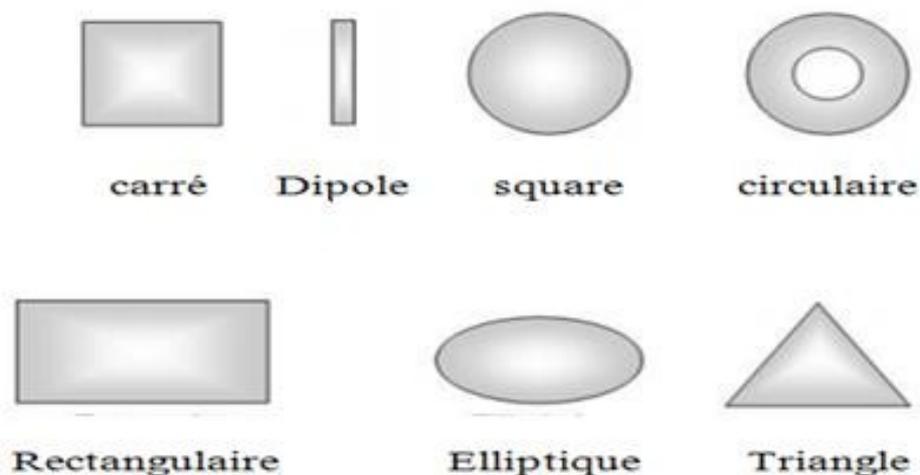
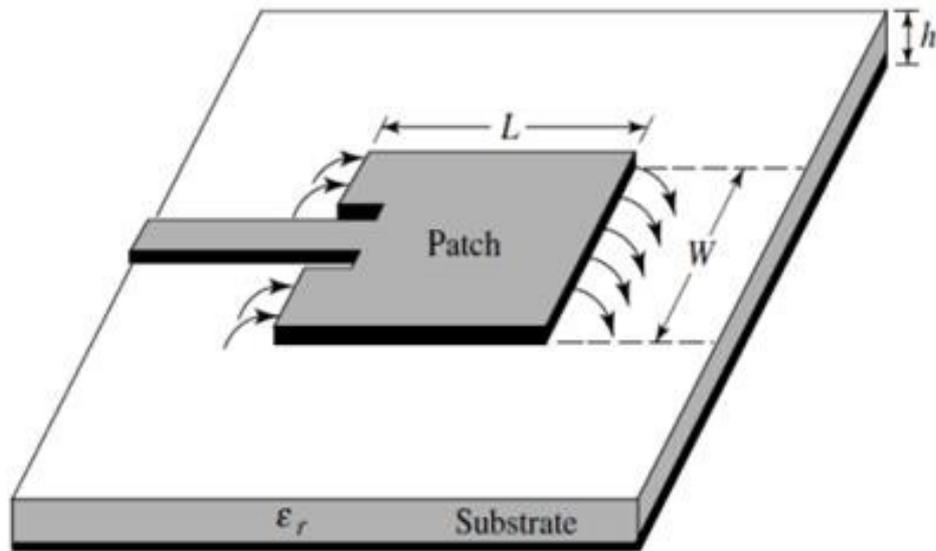


Figure III.3: Différentes formes d'antennes patch.

L'antenne patch la plus couramment utilisée est l'antenne patch rectangulaire qui est conçue principalement en contrôlant deux paramètres : la longueur (L) et la largeur (W). Le paramètre (L) contrôle la fréquence de résonance et (W) a un impact important sur l'impédance d'entrée (Figure III.4).



plan de masse

Figure III.4: Antenne patch rectangulaire micro ruban avec paramètres de conception.

Une antenne patch rectangulaire fournit un gain élevé qui atteint généralement 5dBi à 7dBi, tout en maintenant un diagramme qui est plus dirigé dans une direction, normale à la surface du patch, comme le montre la (Figure III.5).

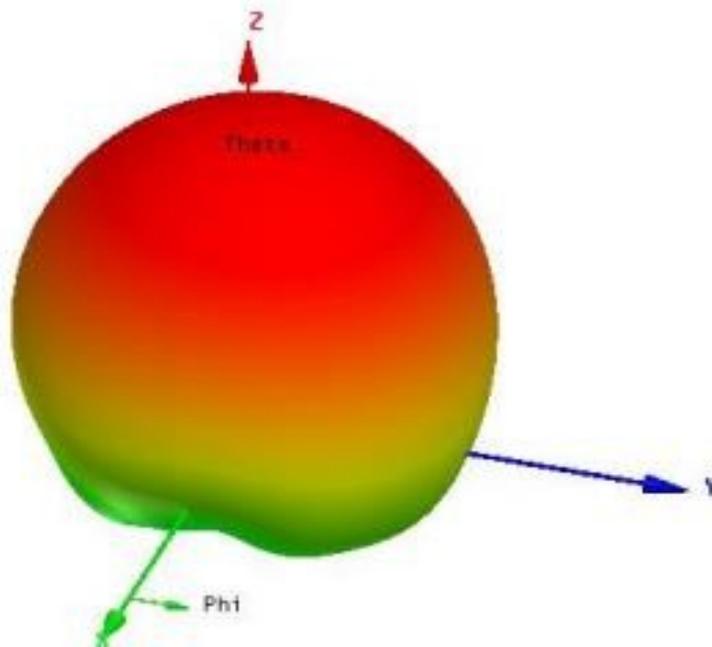


Figure III.5: Modèle de rayonnement 3D d'une antenne patch (micro ruban).

III.3.3 Antenne à corne :

Une antenne corne est une antenne qui consiste en un guide d'onde métallique évasé en forme de corne.

Cette saillie est utile pour diriger les ondes radio en formation de faisceau (Figure III.6).

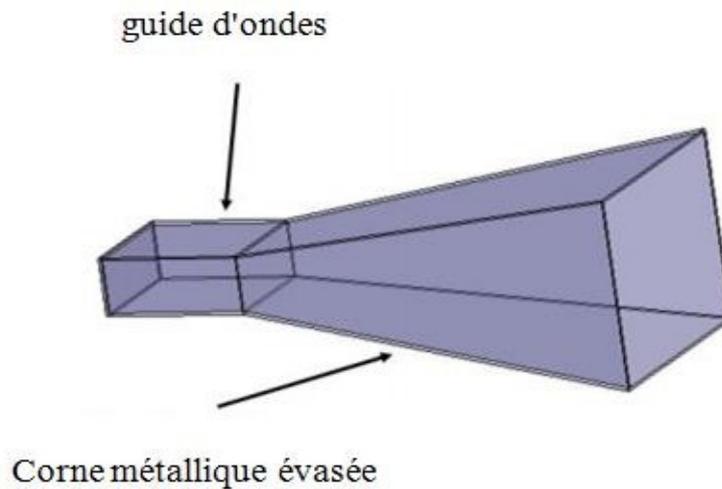


Figure III.6: : La structure de base de l'antenne corne.

Les antennes à corne sont largement utilisées comme antennes à des fréquences UHF et micro-ondes, au-dessus de 300 MHz. Elles sont utilisées comme sources d'alimentation pour des structures d'antennes plus grandes telles que les antennes paraboliques, et comme antennes directives pour des dispositifs tels que les canons radar ou les radiomètres à micro-ondes.

Leurs avantages sont :

- une directivité modérée (gain).
- une large bande passante.
- ainsi qu'une construction et un réglage simples..

Ce type d'antenne représente une conception plus complexe et une taille plus importante que les antennes dipôles et patchs mentionnés précédemment ; cependant, elle offre un gain plus élevé, allant de 10dBi à 20dBi. En outre, son diagramme de rayonnement est similaire à celui de l'antenne patch, dans la mesure où elle projette le rayonnement principalement dans une seule direction, comme indiqué dans la (Figure III.7).

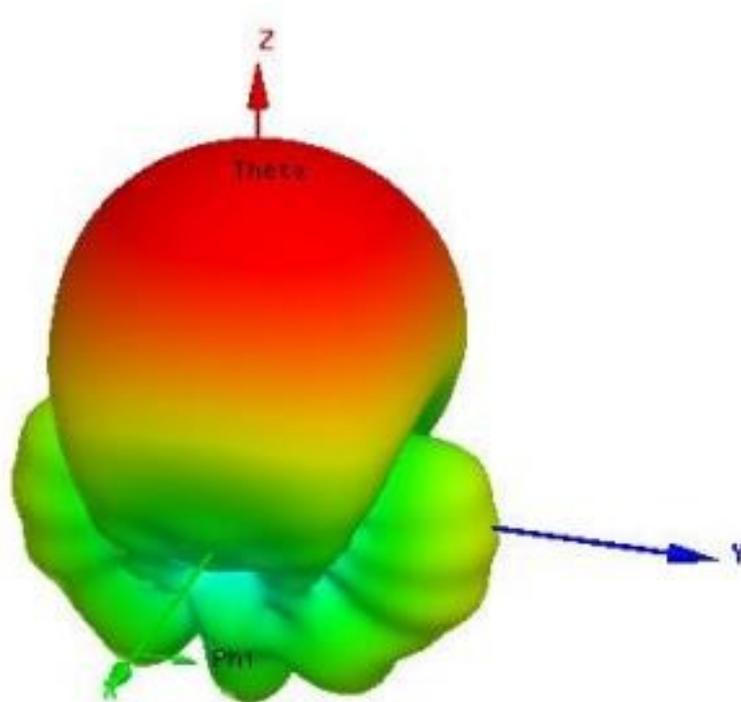


Figure III.7: Diagramme de rayonnement 3D de l'antenne cône.

De nombreuses autres antennes sont utilisées dans des applications de la vie quotidienne, que nous pouvons trouver dans la littérature, bien que ce mémoire n'en ait présenté que une.

III.4 Modélisation d'une antenne patch micro ruban :

Une antenne micro ruban peut être modélisée ou analysée en utilisant différentes méthodes et techniques. La technique la plus populaire est la ligne de transmission.

Le modèle de ligne de transmission est utilisé dans ce travail et les étapes de conception d'une antenne patch rectangulaire.

III.5 Modèle de ligne de transmission:

Ce modèle traite l'antenne comme s'il s'agissait d'une ligne de transmission micro ruban, puis la représente sous la forme de deux fentes étroites rayonnant parallèlement, qui ont une largeur de W et une hauteur de h , séparées par une longueur de L (Figure III.8).

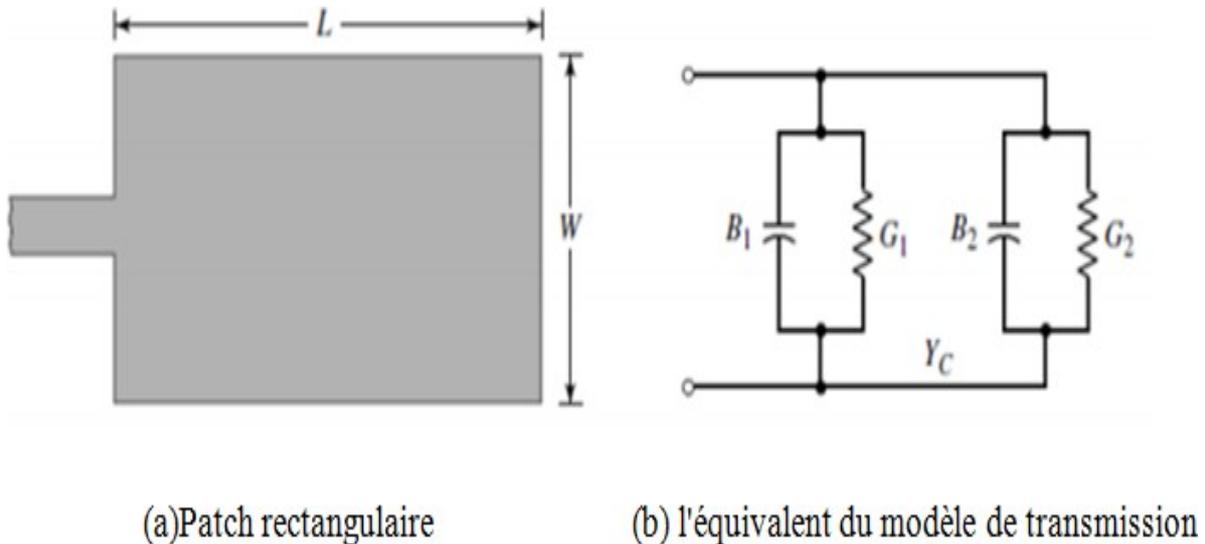


Figure III.8: Antenne patch rectangulaire et son modèle de ligne de transmission équivalent.

Lors de la conception de l'antenne, il faut tenir compte de plusieurs effets et facteurs.

III.6 Exigences en matière de conception:

Pour concevoir l'antenne, un certain nombre de variables d'entrée sont nécessaires, qui peuvent être choisies en fonction des exigences de conception. Les entrées sont :

III.6.1 Matériau du substrat (ϵ_r):

Il existe de nombreux types de matériaux de substrat qui peuvent être utilisés pour concevoir une antenne patch micro ruban. La constante diélectrique de ces matériaux est comprise entre 2,2 et 12. Les constantes diélectriques qui sont hautement souhaitables pour les performances des antennes se situent dans la partie inférieure de la gamme parce qu'elles fournissent une meilleure efficacité, une plus grande largeur de bande et des champs plus lâches, mais au prix d'une plus grande taille des éléments de patch.

III.6.2 Hauteur du substrat (h) :

La hauteur du substrat est normalement bien inférieure à la longueur d'onde en espace libre (λ_0), et elle varie entre $0,003\lambda_0 < h < 0,05\lambda_0$. Plus cette couche est épaisse, mieux les champs de rayonnement dans l'espace sont liés de manière lâche. Lorsqu'une couche plus fine est choisie, l'efficacité de l'antenne diminue.

III.6.3 Fréquence de résonance (fr) :

Il s'agit de la fréquence sur laquelle l'antenne doit fonctionner et qui est réglée pour répondre aux normes sur lesquelles le système RFID fonctionne.

III.7 Procédure de conception:

A partir des entrées données (h , ϵ_r , et f_r), les étapes suivantes sont suivies pour trouver la largeur de

la largeur (W) et la longueur (L) de l'antenne patch requise :

- La largeur de l'antenne est calculée à l'aide de l'équation (III.1).

$$W = \frac{c}{2 \cdot f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (\text{III.1})$$

où (c), est la vitesse de la lumière dans l'espace libre.

- La longueur de l'antenne patch est déterminée en utilisant (III.1), (III.2), et la en suivant l'équation (4-5).

$$L = \frac{c}{2 \cdot f_r \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (\text{III.2})$$

III.8 Méthodes d'alimentation des antennes patch :

Il existe différents types d'alimentation pour les antennes patch à micro pointes. Les plus courantes sont

III.8.1 Ligne micro ruban :

Comme le patch micro ruban, la ligne d'alimentation micro ruban est une ligne conductrice qui est généralement plus petite en largeur que l'antenne patch. La ligne d'alimentation micro ruban a un certain nombre de propriétés qui en font une méthode d'alimentation souhaitable.

Parmi les avantages, une ligne d'alimentation micro ruban est relativement simple à fabriquer, facile à adapter à l'antenne, et simple à modéliser. **Figure III.9** montre le modèle de circuit équivalent de la ligne d'alimentation micro ruban qui consiste en un condensateur, une inductance et une résistance en parallèle, connectés à une autre inductance en série.

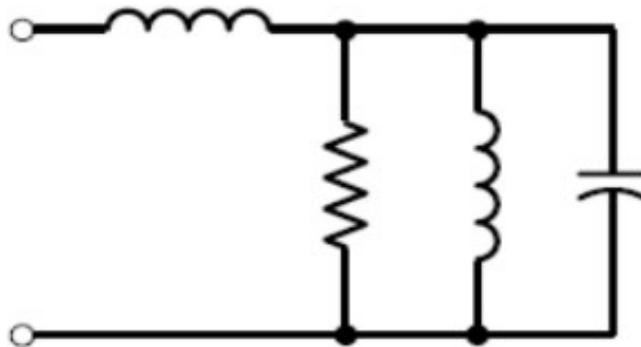


Figure III.9: Circuit équivalent de la ligne d'alimentation micro ruban.

III.8.2 Sonde coaxiale :

Contrairement à la ligne d'alimentation micro ruban où le signal est alimenté en parallèle à l'antenne patch, le signal de la sonde coaxiale est alimenté par le dessous de l'antenne patch. Ici, le conducteur interne du coaxial est connecté à la plaque rayonnante et le conducteur externe du coaxial est connecté à la plaque de masse de l'antenne. Cette méthode d'alimentation, illustrée à la **Figure III.10**, est également facile à fabriquer.

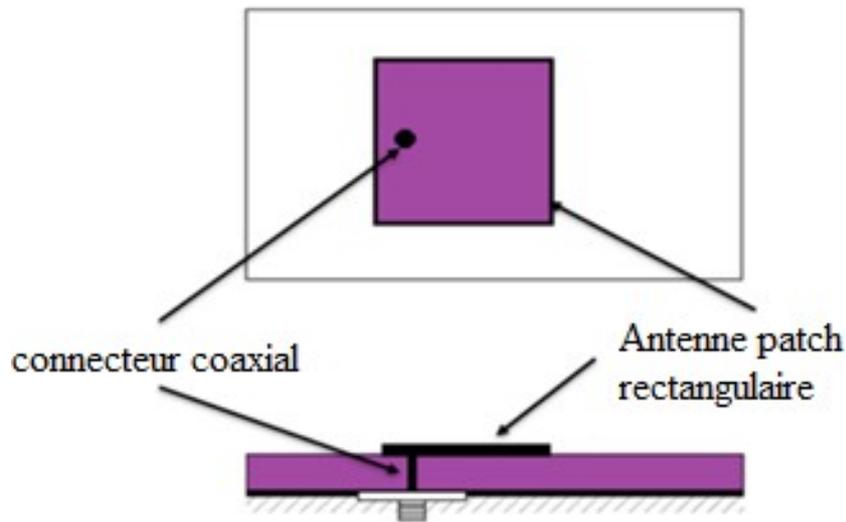


Figure III.10: La méthode de la ligne d'alimentation.

III.8.3 Couplage d'ouverture :

La géométrie de l'antenne patch à ouverture couplée est illustrée à la **Figure III.11** (a). L'élément de patch micro ruban rayonnant est gravé sur le dessus du substrat d'antenne, et la ligne d'alimentation micro ruban est gravée sur le fond du substrat d'alimentation. L'épaisseur et les constantes diélectriques de ces deux substrats peuvent ainsi être choisies indépendamment pour optimiser les fonctions électriques distinctes du rayonnement et des circuits.

Ce type d'alimentation surmonte certains problèmes que présentent les alimentations conductrices, mais il est également le plus difficile à fabriquer. La **Figure III.11** (b) montre le circuit équivalent.

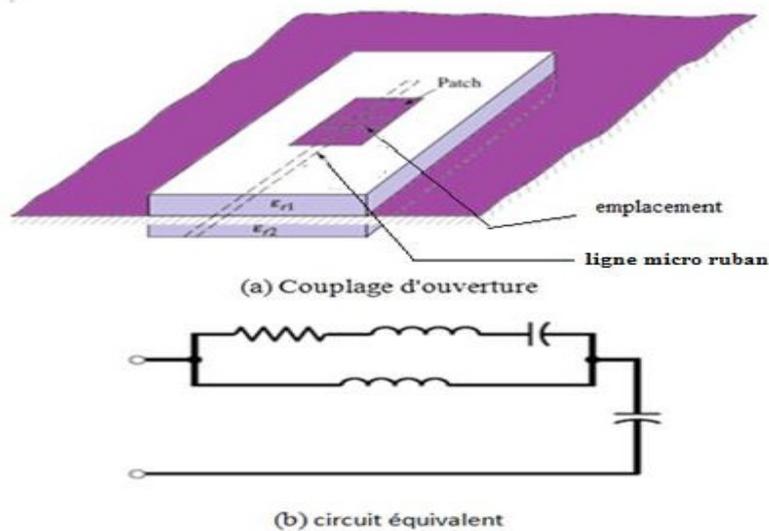


Figure III.11: Le couplage à ouverture et son modèle de circuit équivalent.

III.8.4 Couplage de proximité :

Le couplage de proximité est une méthode d'alimentation où un mécanisme de couplage est utilisé pour alimenter une antenne (Figure III.12 (a)), bien que cette méthode d'alimentation ait une bande passante plus large par rapport aux autres méthodes qui sont introduites.

Le couplage de proximité est simple à modéliser, cependant, dans la fabrication, cette conception a une complexité accrue. Comme le montre la Figure III.12 (b), le circuit équivalent de la ligne.

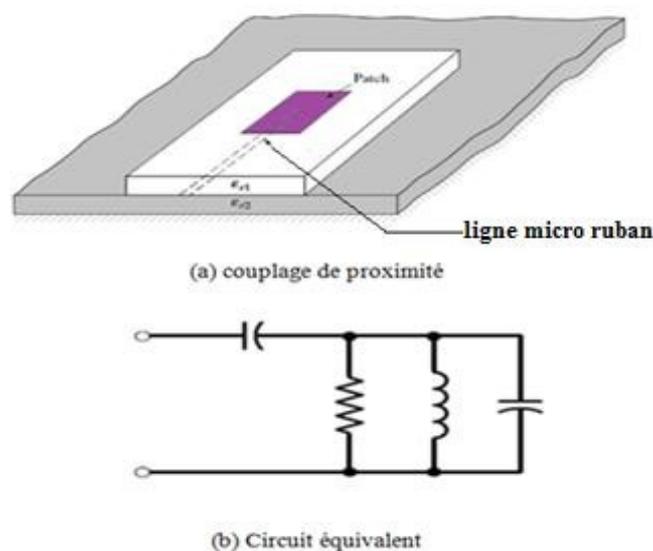


Figure III.12: Le couplage de proximité et son modèle de circuit équivalent.

La ligne micro ruban s'avère avoir les propriétés requises pour la conception de l'antenne patch souhaitée.

III.9 Conception d'antenne :

La figure III.13 montre la géométrie de l'antenne proposée. Elle est composée d'un seul patch au sommet d'une forme rectangulaire et de deux Stubs. Le premier stub est dans le plan de masse partiel et le second, appelé Stub Tuning, est perpendiculaire à la ligne d'alimentation de la micro ruban. L'antenne est fabriquée sur un substrat FR4 avec une permittivité relative $\epsilon_r=4.4$ et épaisseur $h = 1.6\text{mm}$. L'antenne est alimentée par une ligne micro ruban de 50Ω .

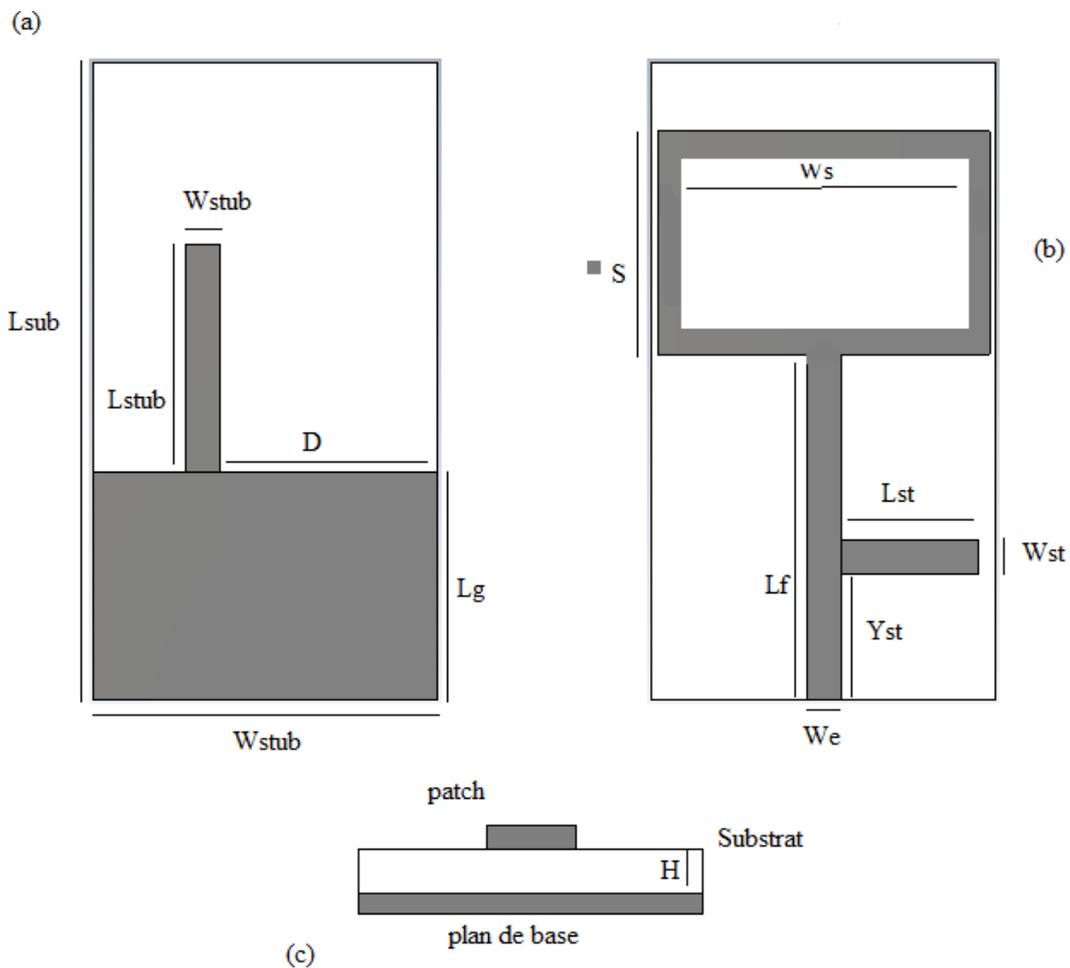


Figure III.13: La géométrie et les dimensions de la proposition de l'antenne (a) vue de dos, (b) vue de dessus, (c) vue de côté.

	Paramètre	Taille (mm)
Substrat	(Wsub ,Lsub)	(56 , 56)
ligne d'alimentation	(We ,Lf)	(3 , 40)
plan de masse	(Wg , Lg)	(Wsub , 35)
stubs	(Yst ,Lst)	(2 , 25)
Forme du rectangle	(Ws , S)	(43 . 5,7)
Patch	(Wp ,Lp)	(3 , 4,4)
stubs du plan de base	(Wstub ,Lstub , d)	(3 , 9 , 12)

Tableau III.1: Paramètres de l'antenne proposée.

Deux fréquences de résonance sont clairement visibles dans l'antenne, Nous avons utilisé stub dans la ligne d'alimentation pour l'adaptation. Les dimensions de notre antenne proposée sont présentées en fonction des Figure III.17 et le Tableau III.1.

La géométrie initiale de l'antenne proposée comme illustrée à la Figure III.15, a d'abord été conçue à l'aide des équations classiques suivantes [32]:

$$W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} \quad (\text{III.3})$$

$$L = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_r}} - 2\Delta l \quad (\text{III.4})$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r + 1}{2} \sqrt{1 + \frac{10h}{w}} \quad (\text{III.5})$$

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_r - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8\right)} \quad (\text{III.6})$$

Ou :

W est la largeur de la tâche, L est la longueur du patch, ϵ_r est la constante diélectrique du substrat, ϵ_{eff} est la constante diélectrique effective, f_0 est la fréquence cible et h est

l'épaisseur du substrat. W La largeur de la ligne d'alimentation est calculé en utilisant l'équation (5),

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left[\frac{Wf}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{Wf}{h} + 1.444 \right) \right]} \quad (III.7)$$

Où

Z_0 est l'impédance de la ligne d'alimentation ($Z_0 = 50\Omega$) [30].

Les techniques d'adaptation utilisant une seule longueur de ligne de transmission court-circuitée ou le stub connectées en série avec la ligne d'alimentation sont appliquées dans ce travail. Les deux paramètres ajustables sont la distance d et la réactivité fournie par le stub de la série telle que décrite dans la Figure III.14. L'admittance Y à la distance d de la charge Z_L est [33]: $Y = \frac{1}{Z}$

Avec :

$$Z = R + jX = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 t}{Z_0 + jZ_L t}, \quad t = \tan \beta d \quad (III.8)$$

$(-jX)$ est la réactance de la longueur de ligne de transmission court-circuitée et Z_L est l'impédance de charge avec :

$$Z_L = \frac{1}{Y_L} \quad \text{ET} \quad Y_L = G_L + jB_L$$

Alors :

$$R = \frac{G_L(1+t^2)}{G_L^2 + (B_L + Y_0 t^2)} \quad (III.9a)$$

Et :

$$X = \frac{G_L^2 t - (Y_0 - tB_L)(B_L - tY_0)}{Y_0 [G_L^2 + (B_L - tY_0)^2]} \quad (III.9b)$$

d est choisi de telle sorte que

$$R = Z_0 = \frac{1}{Y_0}$$

L'équation (7a) donne :

$$Y_0 (G_l - Y_0) t^2 - 2B_l Y_0 t + (G_l Y_0 - G_l^2 - B_l^2) = 0$$

Résoudre pour t donne :

$$t = \frac{B_l \pm \sqrt{G_l [(Y_0 - G_l)^2 + B_l^2] - Y_0}}{G_l - Y_0} \quad \text{pour } G_l \neq Y_0$$

$$t = -B_l / 2Y_0 \quad \text{pour } G_l = Y_0$$

Les deux solutions pour d sont :

$$d = \frac{\lambda}{2\pi} \tan^{-1} t \quad \text{pour } t \geq 0 \quad \text{(III.10a)}$$

$$d = \frac{\lambda}{2\pi} (\pi + \tan^{-1} t) \quad \text{pour } t < 0 \quad \text{(III.10b)}$$

Lorsque t est déterminé, la longueur L de la ligne de transmission court-circuitée est calculé comme suit :

$$L = \frac{\lambda}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{X}{Z_0} \right) \quad \text{(III.11)}$$

Si la longueur donnée par l'équation (11) est négative, on peut ajouter $\frac{\lambda}{2}$ pour obtenir un résultat positif

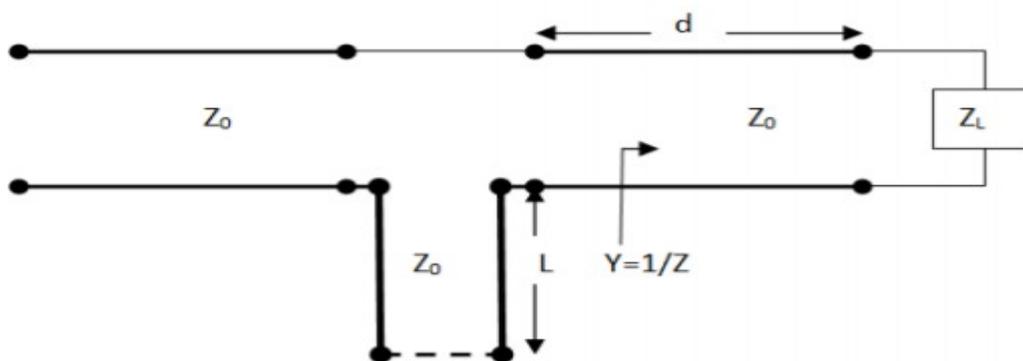


Figure III.14: ligne de transmission court-circuitée.

La Z_l de l'élément rayonnant dans la proposition peut être calculée à l'aide de cette équation :

$$Z_l = (Z_r - Z_s) + Z_p \quad (\text{III.12})$$

Avec

$$Z_r = 90 \frac{\epsilon r^2}{\epsilon r - 1} \left(\frac{L_r}{W_r} \right)^2 \quad \text{Est l'impédance de l'élément de rectangle.}$$

$$Z_s = 90 \frac{\epsilon r^2}{\epsilon r - 1} \left(\frac{S}{W_s} \right)^2 \quad \text{Est l'impédance l'élément créneau.}$$

$$Z_p = 90 \frac{\epsilon r^2}{\epsilon r - 1} \left(\frac{L_p}{W_p} \right)^2 \quad \text{Est l'impédance l'élément patch.}$$

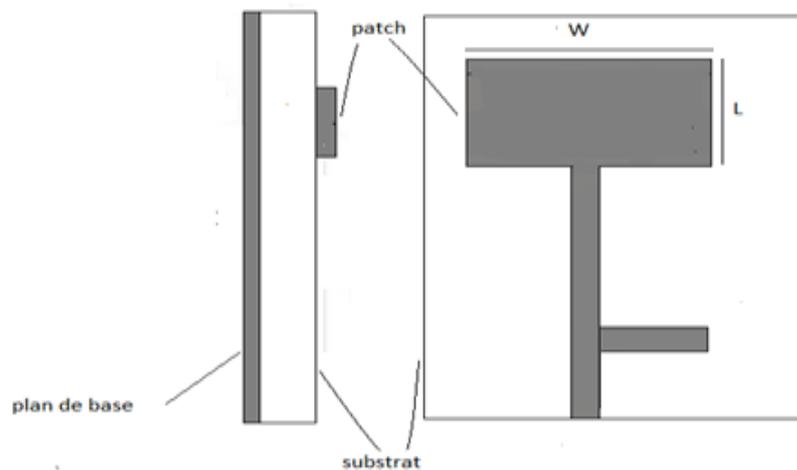


Figure III.15: La géométrie initiale de l'antenne proposée.

III.10 Résultat de simulation :

Les antennes patch jouent un rôle important dans les facteurs de performance globaux d'un système RFID. La plupart des antennes omnidirectionnelles UHF passives sont généralement fabriquées sous forme de dipôles imprimés personnalisés [34]. la performance de l'antenne a été étudiée en utilisant le logiciel CST.

La Figure III.16 illustre le coefficient de réflexion obtenu de la simulation.

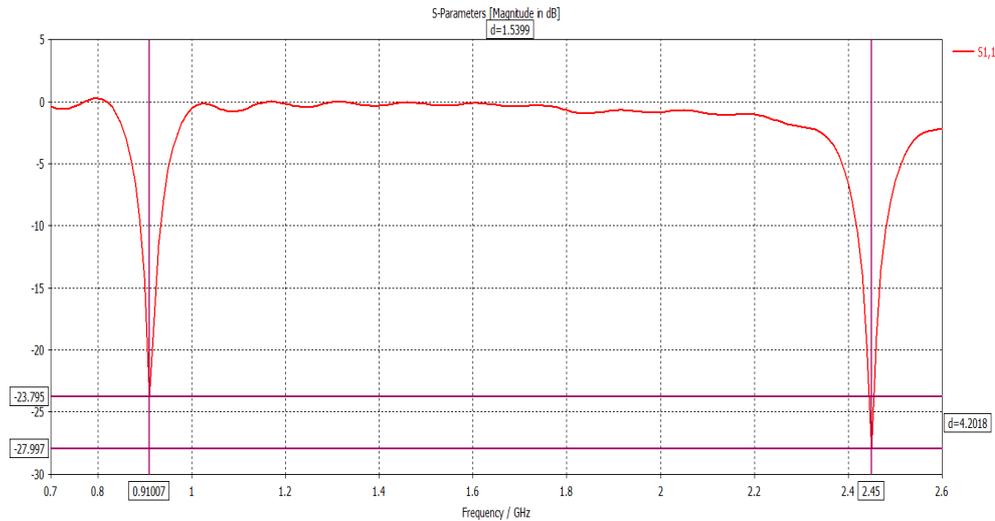


Figure III.16: le coefficient de réflexion obtenu de la simulation.

La courbe du coefficient de réflexion montre que l'antenne conçue résonne à 0.91 GHz avec une largeur de bande de 20 MHz (0.91-0.92 GHz) et à 2.45 GHz avec une largeur de bande d'impédance de 30 MHz (2.43-2.46 GHz). Le coefficient de réflexion maximale de -23.79 dB et -27.99 dB est obtenue aux fréquences de résonance de 0.91GHz et 2.45GHz respectivement.

La Figure III.17 montre les diagrammes de rayonnement de l'antenne proposée à 0.91GHz et 2.45GHz. nous pouvons voir que l'antenne offre un diagramme de rayonnement omnidirectionnel à $f_1=0.91\text{GHz}$, avec un gain maximum de 2,22dBi. À $f_2=2.45\text{GHz}$, nous avons un gain maximal de 5,12dBi.

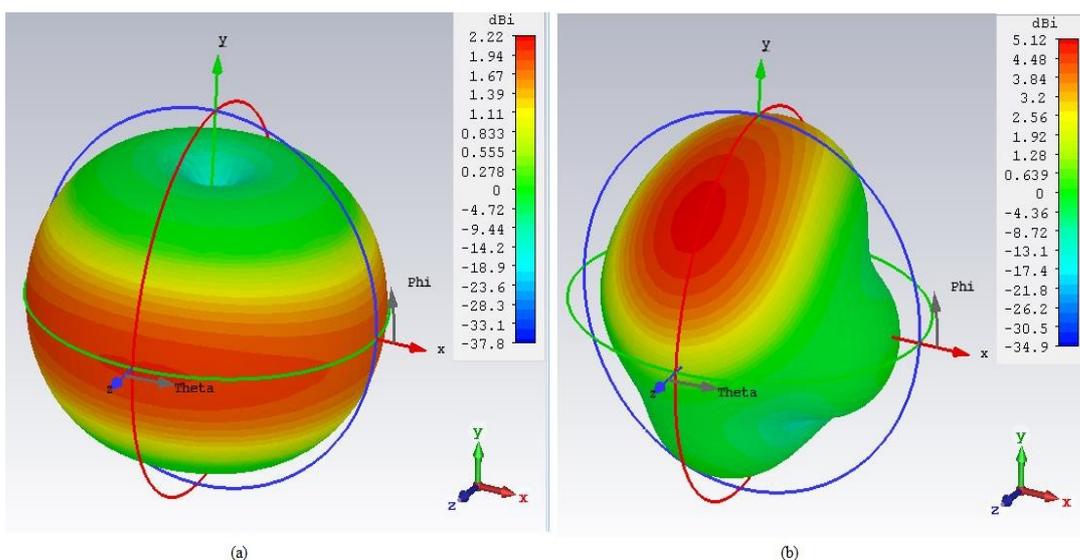


Figure III.17: Diagramme de rayonnement de l'antenne proposée.

Le rapport d'onde stationnaire de tension (ROS) est représenté sur la **Figure III.18**. nous voyons que l'antenne résonne correctement à 0.91 et 2.45 GHz. Comme indiqué, elle fonctionne de 0.88 à 0.94 GHz (largeur de bande d'impédance de 60 MHz) et de 2.34 à 2.56 GHz (largeur de bande d'impédance de 220 MHz).

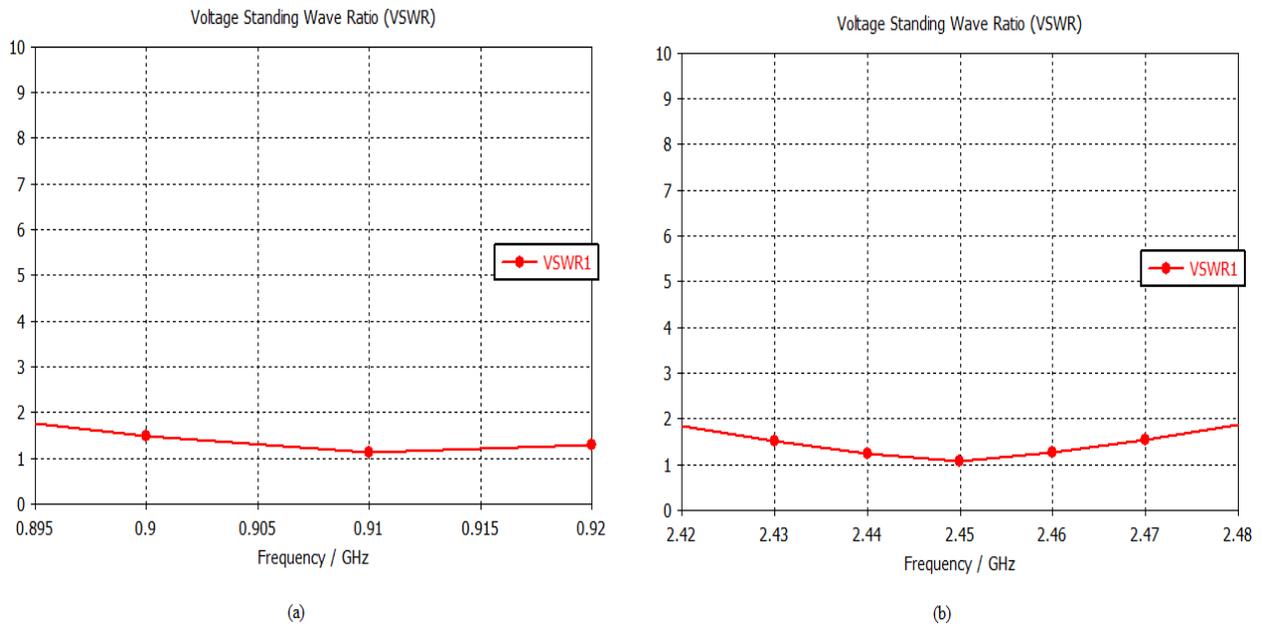


Figure III.18 : a et b est ROS a 0.91 GHz et 2.45 GHz.

III. 1 Etude paramétrique :

L'objectif de cette étude est de montrer les effets de changement de différents éléments de l'antenne sur le coefficient de réflexion. L'étude paramétrique de l'antenne proposée est réalisée par simulation informatique (CST), un studio de micro-ondes.

La **Figure III.19** montre le coefficient de réflexion des valeurs successives de la longueur du plan de masse (L_{gnd}) lorsque les autres paramètres restent constants. A partir de ce chiffre, nous pouvons constater que lorsque (L_g) augmente, la performance de la première fréquence de résonance $f_1 = 0,91$ GHz un léger changement du coefficient de réflexion ainsi que la fréquence diminue. D'autre part, la seconde résonance la fréquence $f_2=2,45$ GHz se dégrade mais reste presque constant à 2,25 GHz, ce qui signifie que la seconde résonance diminue lorsque L_{gnd} augmente.

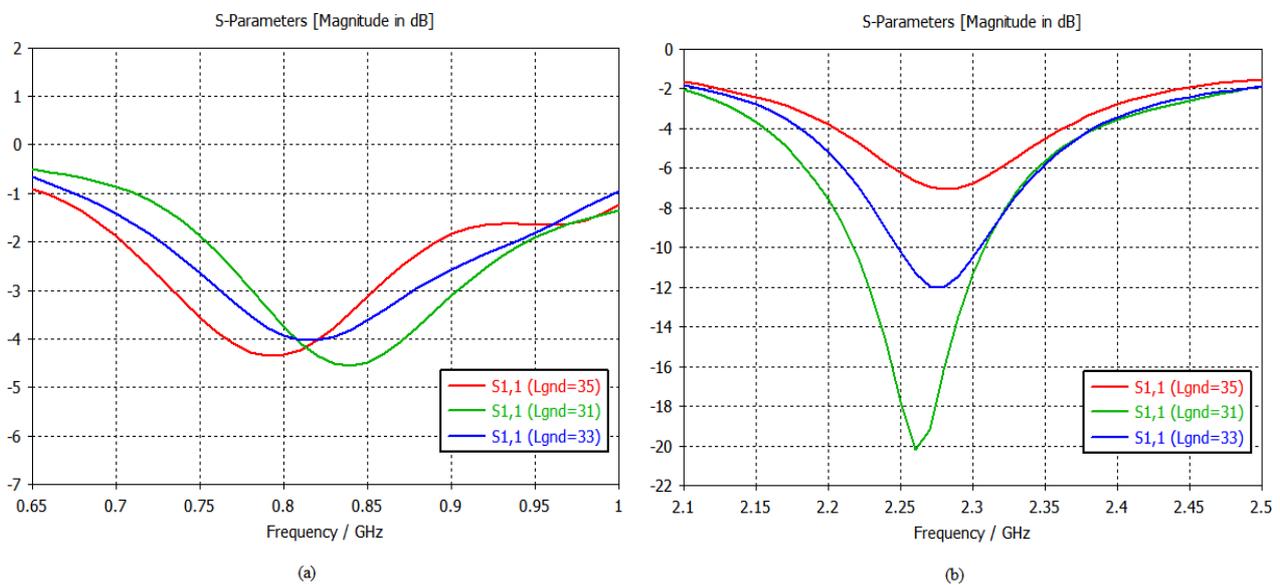


Figure III.19: Le coefficient de réflexion pour différentes longueurs du plan de masse (a) $f=0,91$ GHz et (b) $f=2,45$ GHz.

De même, la **Figure III.20** montre la perte de rendement pour différentes valeurs de la longueur du stub de plan de masse (L_{stub}) lorsque d'autres paramètres restent constants. Nous pouvons constater que quand L_{stub} augmente la première résonance de f_1 se déplace vers la gauche, ce qui signifie que la fréquence f_1 diminue avec l'augmentation de L_{stub} . En outre, la deuxième résonance de la fréquence f_2 reste presque constante à 2.45 GHz, mais les performances se dégradent. Ainsi, la deuxième fréquence de résonance est presque indépendante de la variation de la longueur du stub (L_{stub}) dans le plan de masse.

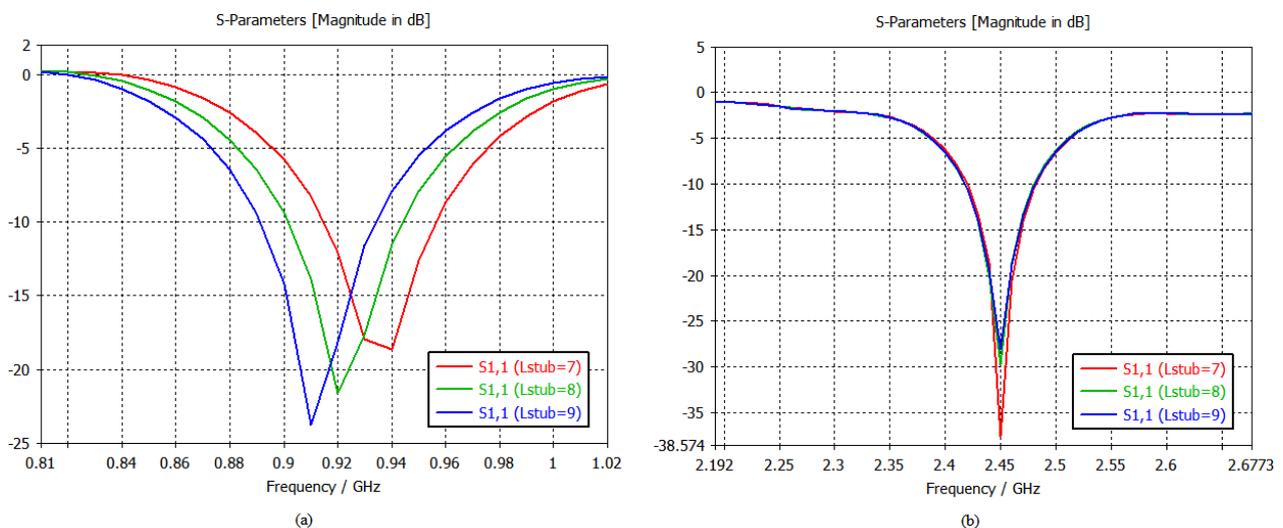


Figure III.20: Le coefficient de réflexion pour différentes longueurs du stub de plan de masse.

La **Figure III.21** montre la relation entre la fréquence de résonance et la longueur du stub. Nous pouvons voir que lorsque L_{st} diminue le coefficient de réflexion dans les deux fréquences de résonance également diminue avec un déplacement minimal de la première fréquence de résonance. C'est pourquoi nous utilisons le stub, pour améliorer l'adaptation de l'antenne.

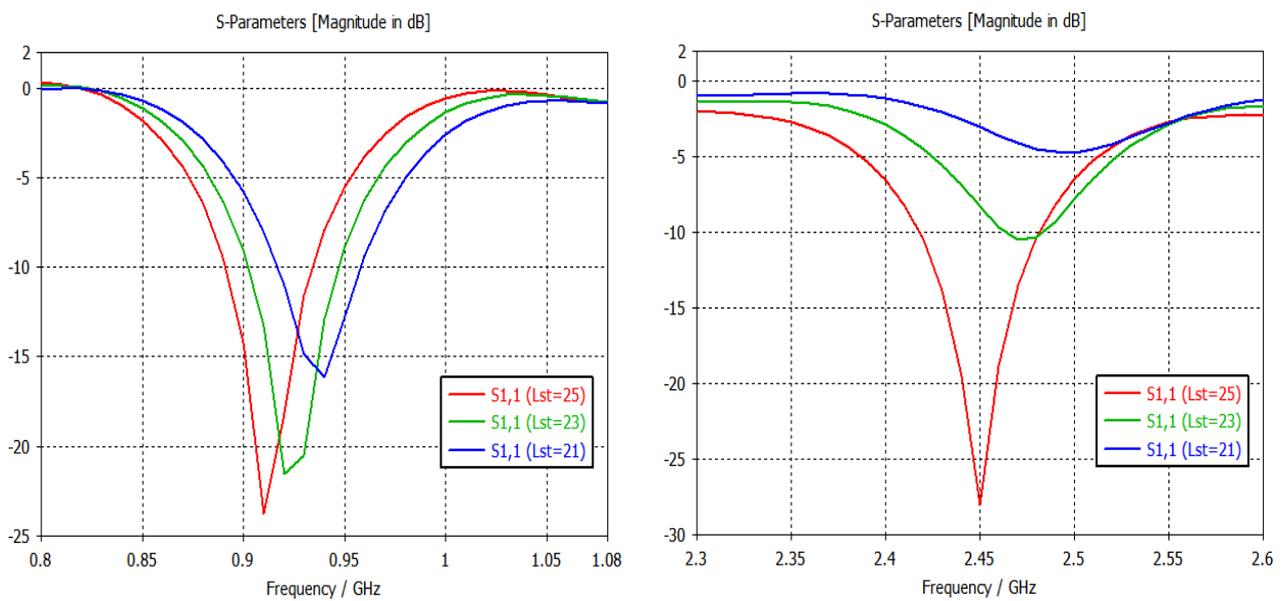


Figure III.21: Le coefficient de réflexion pour différentes longueurs du stub.

III.12 Conclusion :

Ce chapitre présente une antenne micro ruban à double bande simple et peu coûteuse, avec deux voies de résonance. La première, dans l'élément rayonnant et la seconde dans le stub du plan de masse. L'antenne comprend deux résonances à 0.91GHz avec une bande passante de 60MHz et à 2.45GHz avec une bande passante d'impédance de 220MHz. L'antenne proposée a été étudiée, analysée numériquement, simulée à l'aide des logiciels CST, fabriquée avec le substrat FR4. Elle est de taille compacte, offre un gain approprié, des diagrammes de rayonnement cohérents, une bonne adaptation d'impédance. Ces avantages qualifient cette antenne pour les opérations à double bande dans les applications portables RFID et WLAN.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Ce mémoire présente notre travail qui concerne la conception d'un tag RFID à polarisation rectiligne. Après une exploration générale du domaine de la RFID, nous avons abordé le vif du sujet en donnant quelques notions sur la technologie RFID ainsi que son historique. Par la suite, nous avons étudié les paramètres fondamentaux des antennes, cité la manière dont les antennes affectent la mise en œuvre, afin d'avoir un aperçu sur ce que nous allons faire par la suite. Enfin, nous sommes passés à la pratique en concevant notre tag sous le logiciel de simulation CST Microwave Studio où nous avons abouti aux résultats espérés.

L'étude et la réalisation de ce projet nous ont permis d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques acquises. Nous avons pu appréhender différents points importants comme le fait de travailler en équipe et de concevoir et mener à bien notre projet.

Bien que ce modeste travail ait atteint son objectif principal, on estime qu'il pourrait être encore amélioré. En effet, les travaux décrits dans ce mémoire peuvent se poursuivre sur plusieurs voies. Tout d'abord, il serait intéressant de concevoir un autre tag à polarisation rectangulaire travaillant sur toute la bande RFID, ce qui n'est pas le cas dans cette étude. Il serait également bien de réduire la taille du tag pour être utilisée dans des applications nécessitant une taille réduite des dispositifs. Cela constituerait une bonne extension à ce projet.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Cangialosi, A., Monaly, J., S.C., Yang: Leveraging RFID in hospitals: patient life cycle and mobility perspectives. *IEEE Commun. Mag.* 45(9), 18–23 (2007)
- [2] Weis, S.A.: RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications. 2(3) (2007)
- [3] Chawlaand, V., Ha, D.S.: An overview of passive RFID. *Int. J. Comput. Electr. Eng.* 45(9), 11–17 (2007)
- [4] . IDTechEx. <http://www.idtechex.com> (2016)
- [5] Wu, D.L., Ng, W.W.Y., Yeung, D.S., Ding, H.L.: A brief survey on current RFID applications. In: *International Conference on Machine Learning and Cybernetics* (2009)
- [6] Motorola: The next-generation warehouse megatrux improves service and reduces costs with RFID. *RFID World, Rancho Cucamonga.* http://www.bendercomm.com/dealer-downloads/CS_Megatrux_1007.pdf
- [7] Guangjin, L.: RFID application in 2008 Olympic Beijing. *Radio Freq. Identif. Technol. Appl.* 29(4) (2008)
- [8] Institute of Medicine: *Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century.* Institute of Medicine Publication/National Academy Press, Washington (2001)
- [9] Weinstein, R.: A technical overview and its application to the enterprise. *IT Prof.* 7(3), 27–33 (2005)
- [10] Apriso Corporation: Japanese sankei implements apriso’s FlexNet. *fire2fashion.*
- [11] Finkenzeller, K.: *RFID Handbook.* Wiley, West Sussex (2003)
- [12] Grover, A., Berghel, H.: A survey of RFID deployment and security issues. *J. Inf. Process. Syst.* 7(4), 561–580 (2011)
- [13] Chauhan, M., Sharma, E.: A survey on RFID technology. *Int. J. Res.* 1(10), 1316–1322 (2014)
- [14] Kaur, M., Sandhu, M., Mohan, N., Sandhu, P.S.: RFID technology principles, advantages, limitations & its applications. *Int. J. Comput. Electr. Eng.* 3, 151–157 (2011)
- [15] Qing, X., Goh, C.K., Chen, Z.N.: Segmented loop antenna for UHF near-field RFID applications. *Electron. Lett.* 45(17), 872–873 (2009)
- [16] Glover, B., Bhatt, H.: *RFID Essentials.* O’Reilly, Sebastopol (2006)

- [17] Brown, M., Zeisel, E., Sabella, R.: RFID+ Exam Cram. Que, Indianapolis, IN (2006)
- [18] Balanis (2005)
- [19] Par le radio-club F6KRK. Comment ça marche ? La POLARISATION des ondes et des antennes.
- [20] Satellite géostationnaire. Disponible sur : <http://www.arnoldsat.com/francais.htm>.
- [21] Dat Son Nguyen, Développement des capteurs sans fil basés sur les tags RFID uhf passifs pour la détection de la qualité des aliments
- [22] Ahmed Khattab , Zahra Jeddi , Esmail Amini , Magdy Bayoumi : RFID Security A Lightweight Paradigm
- [23] RF Plus, studied at Iran University of Science and Technology. *What is cst studio software?* 04 Septembre 2016.
- [24] CST MICROWAVE STUDIO. Disponible sur : <https://www.cst.com/products/estmws>
- [25] A. Popov, S. Dudnikov, and A. Mikhaylov, “Passive UHF RFID Tag with Increased Read Range,” Microwave Conference, 2008. EuMC 2008. 38th European, 2008, pp.1106-1108.
- [26] H. Bhatt, and B. Glover, RFID essentials, O’Reilly, 2006.
- [27] C. A. Balanis, Antenna Theory, Third Edition, Wiley, 2005.
- [28] N. Misran, M. T. Islam, N. M. Yusob and A. T. Mobashsher, “Design of a compact dual band microstrip antenna for ku-band application” *Electrical Engineering and Informatics, 2009. ICEEI’09. International Conference on. Vol. 2. IEEE, Aug 5-7, 2009.*
- [29] David M. Pozar *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, Inc. Third Edition, 2005.
- [30] P.P. Lopez, J.C. Hernandez-castro, J.M. Estevez-Tapiador, and A. Ribagorda “RFID Systems: A Survey on Security Threats and Proposed Solution,” Pw06, vol 4217, pp, 159170, September 2006.