



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou-Bakr Belkaid- TLEMEN

Faculté de Technologie

Département de Télécommunications

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Par :

BOUCHAIB ABDENNOUR

BOUDJENANEABOUBEKR

Thème

Conception D'antenne Lecteur RFID En Champ Proche

Soutenu le : 28-06-2021, devant le jury composé de :

Y. BELHADEF	Maître de Conférences à l'Université de Tlemcen	Président
F.Z. GOURARI	Maître-Assistante à l'Université de Tlemcen	Encadrant
N. BENMOSTEFA	Maître de Conférences à l'Université de Tlemcen	Examineur

Année Universitaire : 2020 / 2021

Remerciement

Ce mémoire n'aurait pas pu être confectionné si DIEU le tout puissant nous a avait pas doté d'une santé physique et morale à chaque instant ; c'est pourquoi, nous le remercions à l'infini pour ce don inestimable dont il nous a gratifié.

Nous tenons bien entendre à remercier particulièrement, notre cher encadrant, en l'occurrence Mme. **FATIMA ZOHRA GOURARI**, de l'Université de Tlemcen, qui par son encadrement ses précieux conseils, sa patience, sa générosité et enfin sa disponibilité ont fait notre œuvre a été largement facilité, nous ne saurions l'oublier.

Nous adressons nos remerciements pour les membres du jury :
Mme. **YAMINA BELHADEF** Maitre de conférences classe B à la Faculté de Technologie (Université de Tlemcen) et Mme. **NAIMA BENMOSTEF** Maitre de conférences classe B à la Faculté de Technologie (Université de Tlemcen) d'avoir accepté la participation à cette soutenance, qui feront l'honneur d'évaluer et d'examiner notre mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont participés à notre formation tout le long de notre cursus.

Nous ne pouvons pas oublier de remercier tous les membres de nos familles pour leurs soutiens et leurs encouragements et particulièrement nos très chers parents.

Merci à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Résumé

L'identification par radiofréquence (RFID), qui a été développée autour de la Seconde Guerre mondiale, est une technologie qui fournit une capacité d'identification et de suivi sans fil. Les systèmes RFID utilisent la technologie sans fil à base de semi-conducteurs pour identifier et suivre les objets. Ces systèmes nous permettent de lire ou d'écrire simultanément plusieurs étiquettes et d'activer des dispositifs de télédétection en fonction de leurs identifiants uniques.

Généralement, les systèmes RFID dans les bandes basse fréquence (LF, 125-134 KHz) et haute fréquence (HF, 13,56 MHz) sont basés sur le couplage inductif pour assurer le transfert de puissance et la transmission de données entre une antenne de lecteur et une étiquette tandis que les systèmes RFID à ultra haute fréquence (UHF, 840-960 MHz) et hyperfréquence (2,4 GHz et 5,8 GHz) sont basés sur la propagation des ondes électromagnétiques pour transférer les informations entre un lecteur et une étiquette. Actuellement, la technologie RFID à ultra haute fréquence (UHF) en champ proche reçoit beaucoup d'attention en raison de ses opportunités prometteuses dans les applications RFID au niveau des articles telles que le suivi au niveau des articles de produits sensibles, la logistique pharmaceutique, les transports, les produits médicaux et les produits biologiques -applications de détection.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est de concevoir des antennes de lecture RFID UHF en champ proche avec de larges zones de couverture et de longues distances de lecture.

Mots-clés : RFID UHF, tag, lecteur, Design, champ proche, champ lointain.

Abstract

Radio Frequency Identification (RFID), which was developed around World War II, is a technology that provides wireless identification and tracking capability. RFID systems use semiconductor-based wireless technology to identify and track objects. These systems allow us to read or write multiple tags simultaneously and activate remote sensing devices based on their unique identifiers.

Generally, RFID systems in the low frequency (LF, 125-134 KHz) and high frequency (HF, 13.56 MHz) bands are based on inductive coupling to provide power transfer and data transmission between a reader antenna and a tag while the ultra high frequency (UHF, 840-960 MHz) and microwave (2.4 GHz and 5.8 GHz) RFID systems are based on electromagnetic wave propagation to transfer information between a reader and a tag. Currently, near-field ultra high frequency (UHF) RFID technology is receiving a lot of attention due to its promising opportunities in item-level RFID applications such as item-level tracking of sensitive products, pharmaceutical logistics, transportation, medical products, and biologics-detection applications.

The objective of this final year project is to design UHF RFID near field reading antennas with large coverage areas and long reading distances.

Keywords : UHF RFID, tag, reader, design, near field, far field.

ملخص

تحديد الترددات الراديوية (RFID) ، الذي تم تطويره خلال الحرب العالمية الثانية ، هو تقنية توفر إمكانية تحديد الهوية والتتبع اللاسلكي. تستخدم أنظمة RFID تقنية لاسلكية قائمة على أشباه الموصلات لتحديد الكائنات وتتبعها. تسمح لنا هذه الأنظمة بقراءة أو كتابة علامات متعددة في وقت واحد وتفعيل أجهزة الاستشعار عن بعد بناءً على معرفاتها الفريدة بشكل عام، تعتمد أنظمة RFID في نطاقات التردد المنخفض (LF) ، 125-134 كيلو هرتز (وعالية التردد HF) 13.56 ميغا هرتز (على الاقتران الاستقرائي لتوفير نقل الطاقة ونقل البيانات بين هوائي القارئ والعلامة أثناء التردد الفائق UHF) ، 840-960 MHz والميكروويف (2.4 جيجا هرتز و5.8 جيجا هرتز) تعتمد أنظمة RFID على انتشار الموجات الكهرومغناطيسية لنقل المعلومات بين القارئ والملصق. في الوقت الحالي، تحظى تقنية RFID ذات التردد الفائق (UHF) بالمجال القريب باهتمام كبير نظرًا لفرصها الواعدة في تطبيقات RFID على مستوى العنصر مثل التتبع على مستوى العنصر للمنتجات الحساسة واللوجستيات الصيدلانية والنقل والمنتجات الطبية والبيولوجية - تطبيقات الكشف. الهدف من مشروع نهاية الدراسة هذا هو تصميم هوائيات القراءة UHF RFID ذات المجال القريب مع مناطق تغطية كبيرة ومسافات قراءة طويلة. الكلمات الرئيسية: UHF RFID ، العلامة ، القارئ ، التصميم ، المجال القريب ، المجال البعيد.

Table des Matières

Remerciement	
Résumé	
Table des Matières.....	I
Liste des figures	IV
Liste des Tableaux.....	VI
Introduction Générale.....	1
CHAPITRE I : Conception d'Antenne Lecteur RFID en Champs Proche	1
I.1 Introduction	4
I.2 Historique :	6
I.3 Principe de fonctionnement des systèmes RFID	6
I.4 Composants fondamentaux du système.....	7
I.4.1 Les puces RFID	8
I.4.2 Les Inlays et étiquettes RFID	8
I.4.3 Les lecteurs (interrogeurs) RFID	9
I.4.4 Middleware.....	10
I.5 Types d'étiquettes.....	11
I.6 Fonctionnement d'une étiquette RFID	11
I.6.1 RFID : types d'étiquette	12
I.6.1.1 Étiquettes passives :	12
I.6.1.2 Étiquettes actives	13
I.6.1.3 Étiquettes semi actives :	14
I.6.2 Choix de l'étiquette RFID	14
I.6.2.1 Principes	14
I.6.2.2 Fréquences utilisées.....	14
I.7 Bande de fréquence des systèmes RFID	14
I.7.1 Fréquences BF :	15
I.7.2 Fréquences HF :	15
I.7.3 Fréquences UHF :	15
I.8 Avantages et inconvénients	16
I.8.1 Avantages	17
I.8.1.1 Une plus grande capacité de contenu	17
I.8.1.2 La vitesse de marquage	17
I.8.1.3 Une sécurité d'accès au contenu.....	17
I.8.1.4 Une plus grande durée de vie	18
I.8.1.5 Une plus grande souplesse de positionnement	18

I.8.1.6	Une moindre sensibilité aux conditions environnementales	18
I.8.2	Inconvénients :	18
I.8.2.1	Le coût.....	18
I.8.2.2	La perturbation par l'environnement physique	19
I.8.2.3	Les perturbations induites par les étiquettes entre elles.....	19
I.8.2.4	La sensibilité aux ondes électromagnétiques parasites.....	19
I.8.2.5	Les interrogations sur l'impact de la radio fréquence sur la santé	19
I.9	Conclusion :	19
CHAPITRE II : La Conception d'Antenne Appliquée aux tags RFID UHD Passifs.....		21
II.1	Introduction	22
II.2	Les paramètres fondamentaux d'une antenne	22
II.2.1	L'impédance Dans une approche circuit.....	22
II.2.2	Le coefficient de réflexion et le coefficient de transmission.....	23
II.2.3	Les régions du champ électromagnétique	24
II.2.4	Polarisation.....	25
II.2.5	La distance de lecture	27
II.2.6	SER (Surface équivalente radar)	28
II.3	Les motifs classiques des antennes de tag RFID.....	29
II.3.1	Antenne dipolaire	29
II.3.2	Antenne à fente (slot antenna).....	30
II.3.3	Antenne microruban	31
II.3.4	Antenne en F Inversi(IFA)	31
II.3.5	Architecture des lecteurs RFID UHF	32
II.3.5.1	Description de la chaîne d'émission.....	33
II.3.5.2	Description de la chaîne de réception.....	33
II.3.5.3	Emission et réception L'émission et la réception des signaux peuvent se faire de deux façons :.....	33
CHAPITRE III : Conception d'Antenne Lecteur RFID.....		36
III.1	Introduction :	37
III.2	Régions de champ d'antenne.....	37
III.2.1	Région réactive en champ proche.....	38
III.2.2	Zone de champ proche rayonnant.....	38
III.2.3	Région de champ lointain.....	38
III.3	Fonctionnement dans les systèmes RFID en champ proche.....	39
III.4	Systèmes RFID HF et UHF en champ proche.....	40
III.5	Antenne de lecteur RFID UHF en champ proche.....	42

III.5.1	Considérations relatives à la conception de l'antenne de lecture RFID UHF en champ proche Portée de détection rapprochée.....	42
III.6	La méthodologie de la conception pour l'antenne de tag RFID UHF passif	43
III.6.1	Simulation	47
III.7	Conclusion.....	51
	Conclusion Générale	52
	Références	53

Liste des figures

Figure I.1 :	principe de fonctionnement des systèmes RFID.....	7
Figure I.2 :	Composants principale des systèmes RFID.....	8
Figure I.3 :	Etiquette d'un système RFID.....	9
Figure I.4 :	lecteur de Système RFID.....	9
Figure I.5 :	les fonctionnalités principales des middlewares RFID.....	11
Figure I.6 :	Borne de fréquence des systèmes RFID.....	15
Figure II.1 :	Shémas équivalentes d'une antenne en : (a) Transmission et (b) Réception.....	23
Figure II.2 :	les régions de rayonnement au voisinage d'une antenne	25
Figure II.3 :	Défférentes dispositions des tags dipolaires par rapport à la polarisation de l'antenne du lecture	26
Figure II.4 :	les tags di-polaires multi-polarisation.....	27
Figure II.5 :	SER mesurées de tags commerciaux	29
Figure II.6 :	Antenne Dipolaire classique.....	30
Figure II.7 :	Antenne à fente et son diagramme de rayonnement	30
Figure II.8 :	Antenne microruban et son diagramme de rayonnement.....	31
Figure II.9 :	Les motifs de l'antennet IFA et PIFA [19].....	31
Figure II.10	Schéma fonctionnel d'un lecteur RFID UHF.....	32
Figure II.11	Chaîne d'émission simplifiée d'un module UHF.....	33
Figure II.12	Chaîne de réception simplifiée d'un module UHF.....	33

Figure II.13 Emission/réception d'un lecteur RFID UHF. (a) Architecture bistatique. (b) Architecture monostatique.....	34
Figure II.14 Bloc de compensation dans la chaîne d'émission/réception.....	34
Figure III.1 Régions de champ d'antenne : (a) antenne électriquement petite et (b) antenne.....	36
Figure III.2. Mécanisme de couplage inductif de la RFID en champ proche	39
Figure III.3 - Méthodologie de conception d'antenne des tags RFID UHF passifs.....	42
Figure III.4. Configuration de l'antenne cadre segmentée couplée de haut en bas proposée (a) couche supérieure (b) couche inférieure, (c) vue latérale et (d) vue 3D.....	46
Figure III.5 : Structure de l'antenne top-to-bottom conçu sur CST MWS.....	47
Figure III.6 : Etude paramétrique sur le coefficient de réflexion de l'antenne boucle.....	48
Figure III.7 : Etude paramétrique sur le coefficient de réflexion de l'antenne boucle.....	48
Figure III.8 : Coefficient de réflexion S11 (dB) de l'antenne boocle.....	49
Figure III.9 : Diagramme de rayonnement 3-D (Gain) à $f = 880$ MHz de l'antenne boocle.....	50

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : avantage et Inconvénients des système RFID	16
Tableau III.1 Avantages de l'UHF en champ proche par rapport aux systèmes RFID HF traditionnels.....	40

Introduction Générale

La technologie est en plein essor da télécommunications passent en premier, parce a e est en plein essor dans nos jours et touche tous les secte normes telles que les réseaux sans fil. Ces nouvelles te ut en premier, parce qu'elles donnent constamment lieu à plusieurs sans fil. Ces nouvelles technologies sont devenues e. Elles contribuent à l'échange des informations, et omniprésentes dans notre société moderne, Elles contribuent à l'éché à leur diffusion. Les technologies d'identification ou l'identification automatique en font partie. L'Auto-ID est apparu depuis la Seconde Guerre mondiale avec le système identifiant ami ou ennemi IFF. Cette technologie est définit comme étant des techniques de collecte d'information qui identifient les objets de façon automatique, extraient les informations véhiculées par ces objets et les stockent dans une base de données.

Il existe plusieurs méthodes d'identification notamment les codes-barres qui est la technique la plus répandue au monde, Une autre technologie d'identification similaire, appelée RFID (Radio Frequency Dentification).

L'identification par radiofréquence, mieux connu comme la RFID, est une technologie intelligente qui est très performante, flexible et convient bien pour des opérations automatiques. La RFID est une méthode d'identification automatique qui utilise les ondes radio pour identifier et suivre des objets à distance. Les systèmes RFID actuels sont appliqués aux bandes LF (125-134 kHz), HF (13,56 MHz), UHF (433 MHz et 860-960 MHz) et hyperfréquences SHF (2.4 et 5.8 GHz), et la conception de l'antenne est axée sur ces bandes de fréquences.

Le système RFID se compose de trois composants de base: transpondeurs (tags) attachée ou incorporée à l'objet, lecteurs qui permet de lire et d'écrire les informations numériques dans la puce du tag, système d'information /middleware.

L'étiquette RFID, est composée d'une puce « chip »de circuit intégré reliée à une antenne qui communique avec le lecteur via d'ondes électromagnétiques. En fonction du type d'étiquette (active, passive ou semi-passive). Le but de la conception est de réaliser l'adaptation d'impédance conjuguée antenne / puce requise.

Dans la cadre de notre projet, nous nous sommes intéressés à étudier et adapter des antennes tag RFID.

Ce projet de fin d'étude est scindé en trois chapitres avec une conclusion générale, fruit de ce que nous avons pu et su réaliser tout au long de ce modeste projet.

Dans le premier chapitre, nous présentons le contexte général de la technologie RFID. Nous souhaitons mettre en évidence le principe de fonctionnement, des différents domaines d'application de la technologie ainsi que les avantages et les inconvénients de cette technologie RFID.

Le deuxième chapitre concerne La théorie de l'antenne et les mécanismes de couplage lecteur-étiquette sont discutés. Ensuite nous allons voir brièvement les principales caractéristiques de l'antenne, quelques types d'antennes et les puces commerciales utilisées dans la technologie RFID.

Le dernier chapitre est consacré à la conception d'antennes de tags RFID, donne un aperçu sur les techniques d'adaptation d'impédance et de miniaturisation des antennes RFID, ainsi les processus de conception de l'antenne de l'étiquette RFID. Aussi, présente l'ensemble des configurations d'antennes pour les tags RFID et dévoile les différents résultats obtenus.

Finalement, on termine par une conclusion générale sur ce travail qui est élaboré pour bien aider le lecteur à mieux assimiler cet angle de technologie.

CHAPITRE I

Conception d'Antenne Lecteur RFID en Champs Proche

I.1 Introduction

La RFID, pour "Radio Frequency Identification", est une technologie permettant de mémoriser, stocker, enregistrer des données sur un support et de les récupérer à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes » (« RFID tag » ou « RFID transponder » en anglais) [1]. Elle existe depuis les années 1940 et servait, à l'époque, à identifier les avions de guerre entrant dans l'espace aérien du Royaume-Uni afin de les distinguer. D'abord utilisée par l'armée, la RFID s'est répandue dans différents secteurs industriels à partir des années 1980, de l'agroalimentaire à la santé, en passant par les transports.

Les étiquettes RFID, qui peuvent aussi prendre la forme de balises ou de tags, sont composées d'une puce RFID et d'une antenne et sont collées sur un produit. Elles enregistrent les données et un lecteur électromagnétique lit ensuite les ondes radio présentes sur la puce RFID grâce à l'antenne. Le laboratoire de Conception et d'Intégration des Systèmes à Grenoble INP travaille sur de nouvelles solutions RFID pour accroître les possibilités. Les puces se différencient en grande partie par la fréquence utilisée et la distance de lecture. Plus la fréquence est élevée, plus la distance de lecture peut être élargie. Il existe par ailleurs trois types de puces RFID :

- Les puces actives qui émettent elles-mêmes un signal sur une portée de 100 mètres et ont leur propre source d'alimentation-Les puces semi-actives qui émettent un signal uniquement après en avoir reçu un.
- Les puces passives qui ne communiquent leurs informations en lecture seule que lorsque l'action est demandée dans un rayon de 25 mètres seulement par le lecteur, dans lequel elles puisent leur énergie.

La RFID est un système de traçabilité. Grâce à une seule puce RFID, il est possible de tracer les produits pendant tout le processus de production, de transport et de distribution, voire même jusqu'à leur fin de vie. Toutes les marchandises équipées d'une puce RFID et présentes sur une palette sont par ailleurs scannées en même temps et automatiquement au moment de leur passage devant la porte RFID, ce qui facilite les inventaires. Plusieurs secteurs ont recours à la RFID :

- La logistique pour la traçabilité des produits

-Le Retail pour l'identification des produits en caisse et le fonctionnement des systèmes d'antivol

-Les transports pour la validation des titres

-L'agriculture pour l'identification des animaux etc.

La technologie de la RFID est basée sur la diffusion de champ électromagnétique par un « lecteur », ou « élément fixe », qui est reçu par l'antenne d'une ou plusieurs étiquettes, ou « éléments déportés » qui renvoient un signal selon une fréquence déterminée vers une ou plusieurs étiquettes situées dans son champ de lecture. Ce champ électrique ou magnétique sert de vecteur à l'information entre l'étiquette et son lecteur, ainsi que de support à l'énergie d'activation de ces étiquettes. Une fois "réveillées" par le lecteur, ces étiquettes transmettent alors en retour « un signal et un dialogue » s'établit selon un protocole de communication prédéfini et les données sont échangées.

Le principe d'identification repose sur le fait que chaque transpondeur possède son identifiant unique UID (Unique ID) fréquemment codé sur 32 bits et qui est stocké en zone mémoire à lecture seule. Ces différents éléments constituant une infrastructure RFID peuvent être nommés de différentes façons :

- L'élément déporté est appelé communément en français : identifiant, étiquette, transpondeur (pour Transmetteur – répondeur). En anglais, la première traduction d'étiquette est « Tag » et le second est « Label ».
- L'élément fixe (ou pouvant être considéré comme fixe) est appelé interrogateur, lecteur (Reader), Modem (Modulateur / Démodulateur). Ce système pouvant aussi bien lire qu'écrire, le terme le plus approprié semble être celui de « Station de Base » ou Station de Base.
- En amont de la station de base il peut aussi y avoir un système dit hôte (host) qui peut être un simple ordinateur, mais ce dernier peut aussi être un serveur ou lié à un serveur, un progiciel quelconque (type ERP), une base de données, etc.

Les termes de « tag », « transpondeur » et « station de base » pouvant être considérés comme étant les plus proches de la réalité physique, ils seront utilisés par la suite pour désigner ces éléments déportés et fixe.

I.2 Historique :

1940 La notion de RFID (identification par fréquences radio) date de la 2ème guerre mondiale ; il est lié au développement de la radio et du radar. Pour savoir si les avions qui arrivaient dans l'espace aérien britannique étaient amis ou ennemis, les alliés plaçaient dans leurs avions d'imposantes balises, ou transpondeurs, afin de répondre aux interrogations de leurs radars. Ce système, dit IFF (Identify : Friend or Foe ; de nos jours, le contrôle du trafic aérien reste basé sur ce principe), est la première utilisation de la RFID. La première étude dont on dispose sur le sujet est un travail Harry Stockman[2], qui sera suivi notamment par les travaux de F. L. Vernon [3] et ceux de D.B. Harris [4]. Ces deux derniers articles sont considérés comme les fondements de la RFID et décrivent les principes qui sont toujours utilisés aujourd'hui.

- 1970 Durant les années 1960 et 1970, les systèmes RFID restent une technologie confidentielle, à usage militaire pour le contrôle d'accès aux sites sensibles, notamment dans le secteur nucléaire.

-1980 Les avancées technologiques permettent l'apparition du tag passif. L'absence de source d'énergie embarquée rend le tag moins coûteux. Le tag reçoit son énergie par le signal du lecteur. Les distances de lecture obtenues sont de quelques centimètres. A la fin des années 1970, la technologie se répand dans le secteur privé. Une des premières applications commerciales est l'identification de bétail en Europe. Dès le début des années 1980, plusieurs sociétés européennes et américaines se mettent à fabriquer des tags RFID.

- 1990 Début de la normalisation pour une interopérabilité des équipements RFID. 2004 Le Auto-ID Center du MIT devient EPCglobal (voir la section 5), une organisation dont le but est de promouvoir la norme EPC (Electronic Product Code) — sorte de super code barre stocké dans un tag RFID —, élaborée par les universitaires et adoptée par l'industrie. Pour un historique complet et très bien documenté de la RFID [5].

I.3 Principe de fonctionnement des systèmes RFID

Les systèmes RFID offrent la possibilité d'identifier des personnes ou des biens sans contact ni vision directe. Le fonctionnement de ces systèmes de RFID est basé sur l'émission de champs électromagnétiques réceptionnés par une antenne couplée à une puce électronique[6].

Le système RFID fonctionne de la manière suivante :

- L'étiquette RFID (transpondeur ou tag) est elle-même équipée d'une puce
- Reliée à une antenne, l'antenne permet à la puce de transmettre les informations (numéro de série, poids...) qui peuvent être lues grâce à un lecteur émetteur-récepteur.

Une fois les informations transmises au lecteur RFID équipée d'une

- Antenne, celui-ci n'a plus qu'à convertir les ondes-radio en données et qui doivent être interprété par un logiciel.

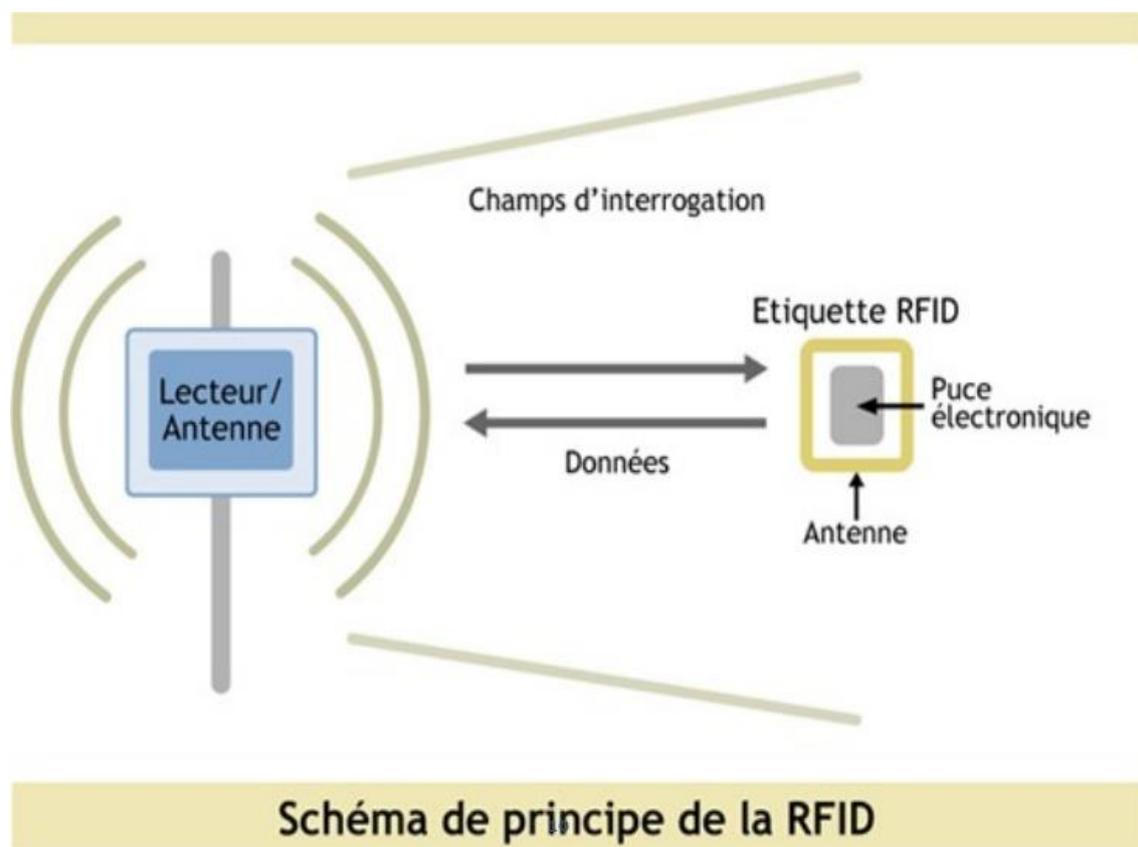


Figure I.1 : principe de fonctionnement des systèmes RFID

I.4 Composants fondamentaux du système

Un système RFID, quelle que soit sa fréquence, est composé de briques de base obligatoires telles que : des tags, des lecteurs et une interface logicielle appelée « Middleware ». Les tags et lecteurs sont eux-mêmes composés d'éléments comme les puces RFID et des antennes. Certains acteurs de la chaîne de valeur RFID sont spécialisés sur certaines briques

technologiques, d'autres comme les intégrateurs proposent des solutions complètes basées sur ces briques de base.



Figure I.2 : Composants principale des systèmes RFID

I.4.1 Les puces RFID

La puce électronique RFID (RFID chip) est l'élément constituant de base d'un système RFID. C'est cette puce qui contient les informations d'identification. Elle est généralement dotée d'autres espaces mémoire permettant de gérer les communications et de sécuriser les données. Certaines puces contiennent également un espace mémoire dédié à l'utilisateur final.

Parmi les acteurs impliqués dans la brique « RFID Chip », on peut distinguer ceux qui conçoivent et fabriquent les composants et ceux qui conçoivent mais font fabriquer les composants par des acteurs particuliers appelés « fondeurs ».[8]

I.4.2 Les Inlays et étiquettes RFID

On appelle inlay une antenne réalisée sur un support isolant et sur lequel est connectée une puce RFID. Une étape de transformation supplémentaire (impression, lamination) permet d'aboutir à l'étiquette RFID. Très souvent ces deux produits « inlay » et « étiquette » sont confondus. L'association entre la puce et l'antenne peut se faire soit par soudure (wirebonding) soit par collage (flip chip). La première solution est généralement réservée aux modules ou puces RFID HF utilisées dans des applications nécessitant une bonne résistance mécanique ou thermique. La seconde solution, moins onéreuse est réservée aux étiquettes « bas coût ». On fait souvent la distinction entre les « dry inlays » et les « wet inlays », les derniers étant autocollants au contraire des premiers.[8]

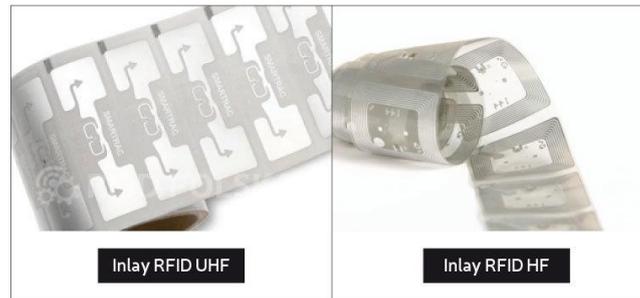


Figure I.3 :Etiquette d'un système RFID

I.4.3 Les lecteurs (interrogateurs) RFID

Un lecteur est un Trans receveur. Il peut communiquer avec un tag quand ce dernier est dans son champ électromagnétique. Il peut aussi communiquer avec d'autres lecteurs ou bien le back-end à travers d'autres canaux (p.ex. Ethernet ou Wi-Fi). Un lecteur est plus puissant qu'un tag. Ses capacités de calcul peuvent s'apparenter à celles d'un petit ordinateur. Il peut être fixe (p.ex. à l'entrée d'un immeuble) ou mobile (p.ex. un smartphone) et est généralement considéré comme étant inviolable [8]



Figure I.4 : lecteur de Système RFID

I.4.4 Middleware

De manière générale, un middleware est un ensemble de couches logicielles assurant l'interface entre plusieurs applications, qu'elles soient matérielles ou logicielles. Dans le cas spécifique des projets RFID, le middleware assurera l'interface entre les données collectées sur le terrain (contenues dans la mémoire des tags RFID) et le logiciel de gestion de l'entreprise exploitant ces données. Quel que soit le projet RFID, une couche logicielle est nécessaire pour interfacier les modules de gestion d'entreprise avec les données issues des tags RFID. Elle peut faire l'objet d'un développement spécifique, ou peut être sélectionnée parmi les solutions « clé en main » présentes sur le marché, nécessitant parfois quelques ajustements et personnalisations. La dimension du projet, l'environnement de travail, la quantité de données à traiter, le nombre de lecteurs RFID à déployer, la nécessité de piloter les données de manière centralisée sont autant de critères à prendre en compte dans le choix d'un middleware spécifique ou clé en main. Un développement spécifique, bien que généralement bien plus coûteux, peut parfois s'avérer pertinent notamment en cas de projet à petite échelle, ou les solutions du marché peuvent être surdimensionnées.

La fonctionnalité minimum d'un middleware RFID est de communiquer avec les équipements de capture de données (lecteurs RFID), mais les caractéristiques proposées par les produits sur le marché sont de plus en plus étendues. On peut notamment citer :

- Une gestion plus poussée des lecteurs RFID : paramétrage RF, définitions d'alertes...
- Une gestion des tags RFID déployés : lecture, écriture, formatage, fonction kill...
- Une gestion des données issues d'autres technologies : codes à barres, codes à barres 2D, réseaux de capteurs...
- Une gestion directe de processus métiers « matures » en RFID : Logistique et chaîne d'approvisionnement, production et contrôle qualité, traçabilité des produits et maintenance, contrôle d'accès et suivi des personnes, cartes de fidélités et de paiement...
- Une intégration complète des postes de travail pour les opérateurs et utilisateurs finaux.

Ce positionnement dans la chaîne d'information globale n'est pas lié uniquement à la technologie RFID mais également à la structure informatique de l'entreprise

(ServeurApplication, ERP, GPAO, WMS, Logiciels de Gestion etc..) et aux objectifs du projetRFID.[8]

On peut classer les fonctionnalités principales des middlewares RFID du marché en 5 catégories :

- Catégorie 1 : fonctionnalités natives de la gestion de la technologie RFID,
- Catégorie 2 : fonctionnalités de gestion des tags,
- Catégorie 3 : fonctionnalités de traitements de données contenues dans les tags,
- Catégorie 4 : fonctionnalités de gestion de processus métiers,
- Catégorie 5 : fonctionnalités de gestion de postes de travail pour les opérateurs finaux.

Lecteur fixe	Tags RFID	Données	Process	IHM - Poste de travail utilisateur
Gestion des lecteurs (catégorie 1)	Non géré			
Gestion matérielle globale (catégorie 1 + 2)		Non géré		
Gestion matérielle et gestion des données (catégorie 1 + 2 + 3)			Non géré	
Gestion matérielle, gestion des données et gestion de process standards (catégorie 1 + 2 + 3 + 4)				Non géré
Gestion matérielle, gestion des données et gestion de process standards + poste de travail utilisateur (catégorie 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				

Figure I.5 : les fonctionnalités principales des middlewares RFID

I.5 Types d'étiquettes

L'étiquette RFID également nommée étiquette intelligente, étiquette à puce ou tag est un support d'identification électronique qui n'a pas besoin d'être vu pour être lu.

Son utilisation est de ce fait, très attractive pour répondre aux exigences en matière de traçabilité.

I.6 Fonctionnement d'une étiquette RFID

L'étiquette RFID est le support RFID le plus utilisé, il consiste à abriter un numéro de série ou une série de données sur une puce reliée à une antenne.

L'étiquette est activée par un signal radio émis par le lecteur RFID lui-même équipé d'une carte RFID et d'une antenne, les étiquettes transmettent les données qu'elles contiennent en retour.

Cet ensemble puce/antenne qui constitue l'étiquette peut être :

- apposé sur un objet,
- inséré dans un objet.

I.6.1 RFID : types d'étiquette

Les catégories d'étiquette peuvent être classées de la manière suivante :

I.6.1.1 Étiquettes passives :

Les tags passifs ne disposent pas de batterie ; toute l'énergie nécessaire à leur fonctionnement leur est fournie par le lecteur. En conséquence, les étiquettes passives transmettent des données seulement quand « s'est réveillé » par un lecteur. [7]

Les tags passifs utilisent différentes bandes de fréquences radio selon :

- leur capacité à transmettre les données à des distances plus ou moins grandes.

les substances différentes que les données doivent traverser (air, eau, métal• etc.). Les applications où la technologie de RFID passive offre un avantage certain sont nombreuses et diverses, prenons l'exemple de l'identification d'animaux, veiller à la sécurité des nouvelles ainsi que la traçabilité des déchets et la gestion des stocks.

L'étiquette passive repose davantage sur le coût des tags moins onéreux que les tags actifs.

Ce système s'avère très utile pour les marchandises en volume important lorsque les marchandises peuvent être lues à courte distance (passage à la caisse des supermarchés).

Aussi, la distance de lecture est cependant un réel frein à ce système puisque le lecteur doit se situer dans le champ du tag afin d'en récupérer les données. [7]

I.6.1.2 Étiquettes actives

La radio identification active est une forme de technologie d'identification caractérisée par l'usage de tags actifs également appelés étiquettes actives.

Les tags sont de petits objets qui peuvent être collés sur des objets ou insérés dans ces mêmes objets, ils sont composés[7] :

- D'une puce électronique
- D'une antenne

Ainsi, on parle de radio-identification active lorsque les étiquettes ou les tags sont actifs c'est-à-dire qu'ils sont alimentés par une source d'énergie embarquée ; batterie, pile... Cette source d'énergie permet à la puce de diffuser un signal vers le lecteur RFID. [7]

Tout comme le système RFID passive, la RFID active connaît des domaines d'application très divers, prenons ces quelques exemples :

- Contrôle d'accès des véhicules et piétons.
- Protection de personnes dans le milieu industriel.
- Suivi de containers.

Contrairement au système d'étiquettes passives, les étiquettes actives sont équipées d'une énergie propre qui leur permet d'émettre un signal de manière autonome.

De ce fait le principal avantage repose sur la longue distance à laquelle elles peuvent communiquer les données sans qu'un lecteur RFID se situe à proximité du tag.

Sauf que la multiplication des échos radios engendre à leur tour des difficultés de localisations des puces par les lecteurs ce qu'on appelle le phénomène d'interférence. En plus de cet inconvénient, cette technologie repose aussi sur le coût des étiquettes, la confidentialité des informations transmises ainsi que l'impact sur la santé très controversé dû à l'émission d'ondes magnétiques et la durée de fonctionnement limité des étiquettes. [7]

I.6.1.3 Étiquettes semi actives :

Les tags semi-actifs fonctionnent comme les tags passifs, sauf qu'ils comportent une batterie. Ces tags semi-actifs, également appelés semi-passifs, ressemblent au fonctionnement des étiquettes actives puisqu'ils sont également alimentés par une source d'énergie embarquée. Seulement, la différence entre ces 2 types d'étiquettes repose sur l'alimentation de la batterie c'est-à-dire elle alimente la puce RFID non pas en continue mais à des intervalles de temps réguliers et programmables et n'envoie aucun signal.[7]

I.6.2 Choix de l'étiquette RFID

I.6.2.1 Principes

Le choix de l'étiquette RFID la plus appropriée pour l'identification et la traçabilité des objets/personnes visées repose sur :

- le choix de la fréquence d'utilisation : déterminé selon la nature de l'objet à identifier et de son environnement,
- l'utilisation de l'étiquette,
- le format d'étiquettes : déterminé selon les performances de lecture à avoir.

I.6.2.2 Fréquences utilisées

Tout comme le lecteur RFID et l'antenne RFID, le choix de l'étiquette RFID doit se faire en fonction de la fréquence souhaitée qui influencera la distance et la vitesse de lecture :

- l'étiquette basse fréquence (BF) 125 kHz,
- l'étiquette haute fréquence (HF) 13,56 MHz,
- l'étiquette RFID (UHF) 868 MHz.

I.7 Bande de fréquence des systèmes RFID

L'identification par radiofréquences (RFID) est un acronyme qui regroupe plusieurs technologies différentes avec un objectif commun : identifier de façon unique des objets, des personnes ou des processus en utilisant les rayonnements électromagnétiques.

Une solution RFID est composée des briques de base suivantes :

Un tag RFID (composé d'une puce électronique, d'une antenne et d'un packaging adapté à l'utilisation) Une station de lecture (composée d'un interrogateur et d'une ou plusieurs antennes)

-La classification des systèmes RFID peut se faire suivant la fréquence utilisée et la technique de communication.

-Les différentes fréquences RFID

Les fréquences utilisées par les systèmes RFID vont des basses fréquences (LF à 125kHz) aux ultra hautes fréquences (UHF à 433 MHz et entre 860 et 930 MHz) en passant par les hautes fréquences (HF à 13,56 MHz). Le choix d'une fréquence particulière peut être historique (traçabilité animale en LF, paiement sans contact en HF, etc.) et/ou basé sur des propriétés de propagation adaptées à l'application.

I.7.1 Fréquences BF :

(125kHz) ont été déployées les premières (dans les années 80) et sont principalement utilisées pour l'identification animale, le contrôle d'accès ou pour des applications industrielles en environnement difficile. On est typiquement dans des cas où le lecteur interroge un tag à la fois.[7]

I.7.2 Fréquences HF :

(13,56MHz) sont historiquement utilisées dans les applications de contrôle d'accès, de paiement et d'authentification des personnes (passeport électronique par exemple). Tous les systèmes sans contact utilisés dans le transport (pass Navigo par exemple) sont basés sur cette technologie [9]. Il existe quelques exemples d'utilisation de cette fréquence pour des applications logistiques mais cela tend à disparaître au profit des technologies UHF. Aujourd'hui, on utilise plutôt le terme NFC (Near Field Communication) que l'on trouve dans de plus en plus de Smartphones. Cette fréquence permet une lecture à une distance de l'ordre du mètre, mais est plus sensible à la proximité de métaux ou de liquides [10].

I.7.3 Fréquences UHF :

Ces fréquences ne sont pas harmonisées dans toutes les régions du monde, variant entre 860 et 960 MHz : 915 MHz aux Etats Unis, de 865 MHz à 868 MHz dans l'Union européenne pour l'UHF Les fréquences et les puissances d'émission dépendent des législations en vigueur. En

conséquence, les tags doivent généralement présenter des bandes passantes importantes qui réduisent leurs performances [9].

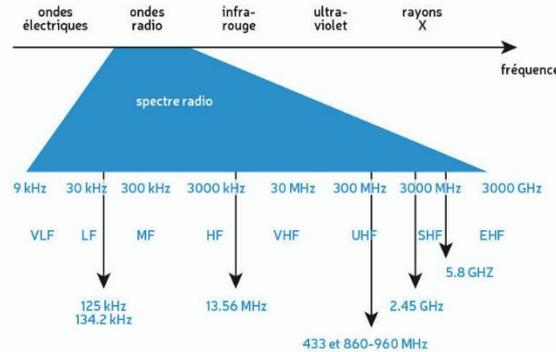


Figure I.6 : Borne de fréquence des systèmes RFID

I.8 Avantages et inconvénients

Les avantages et les inconvénients des systèmes RFID sont généralement discutés par comparaison aux autres moyens d'identification sans contact. La plupart des domaines d'application mentionnés plus haut peuvent remplacer les systèmes RFID par d'autres moyens d'identification visuelle permettant par exemple la lecture d'un code-barres ou d'un code QR. La technologie RFID présente dans ce contexte les avantages et les inconvénients suivants :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Transfert de données sans contact (même sans contact visuel) -Possibilité d'opter pour une grande distance de lecture/écriture (en fonction du matériel choisi) -Taux de transfert rapide possible (en fonction du matériel choisi) -Accès en lecture/écriture possible au travers de certains matériaux (comme le bois et le carton) -Lecture simultanée possible de plusieurs puces RFID -Usure réduite / Particulièrement solide 	<ul style="list-style-type: none"> -Perturbation du transfert radio par les liquides et les métaux (en fonction de la fréquence utilisée) -Encore très peu normalisée (surtout sur le plan international) -Transparence et protection des données -À la différence des codes-barres, les transpondeurs RFID ne peuvent être lus qu'au moyen d'un appareil (lecteur) technique.

selon le support -Possibilités de cryptage -Réinscriptible sur certains modèles	
---	--

Tableau I.1 : avantage et Inconvénients des système RFID

I.8.1 Avantages

La capacité de mise à jour du contenu par les intervenants à la différence du code à barres pour lequel les données sont figées une fois imprimée ou marquée, le contenu des données stockées dans une étiquette radio fréquence va pouvoir être modifié, augmenté ou diminué par les intervenants autorisés (étiquettes en lecture et écriture multiple).

I.8.1.1 Une plus grande capacité de contenu

Dans une étiquette radiofréquence une capacité de 1 000 caractères est aisément stockable sur 1mm², et peut atteindre sans difficulté particulière 10 000 caractères. Dans une étiquette logistique apposée sur une palette, les différentes unités contenues et leurs quantités respectives pourront être enregistrées et lues.

I.8.1.2 La vitesse de marquage

Le code à barres dans un contexte logistique nécessite le plus souvent l'impression d'un support papier. La manipulation et la pose des étiquettes restent des opérations manuelles ou mécaniques. Les étiquettes radio fréquence peuvent être incluses dans le support de manutention ou dans les conditionnements dès l'origine. Les données concernant les objets contenues ou transportées sont écrites en une fraction de seconde au moment de la constitution de l'unité logistique ou de transport, sans manipulation supplémentaire.

I.8.1.3 Une sécurité d'accès au contenu

Comme tout support numérique, l'étiquette radio fréquence peut être protégée par mot dépasse en écriture ou en lecture. Les données peuvent être chiffrées. Dans une même étiquette une partie de l'information peut être en accès libre, et l'autre protégée. Cette faculté fait des étiquette RF, un outil adapté à la lutte contre le vol et la contrefaçon.

I.8.1.4 Une plus grande durée de vie

Dans les applications où un même objet peut être utilisé plusieurs fois, comme l'identification des supports de manutention, ou la consignation du contenant, une étiquette radio fréquence peut être réutilisée 1 000 000 de fois.

I.8.1.5 Une plus grande souplesse de positionnement

Avec l'étiquette radio fréquence, il est possible de s'abstraire des contraintes liées à la lecture optique, elle n'a pas besoin d'être vue. Il lui suffit d'entrer dans le champ du lecteur pour que sa présence soit détectée.

I.8.1.6 Une moindre sensibilité aux conditions environnementales

Les étiquettes RFID n'ont pas besoin d'être positionnées à l'extérieur de l'objet à identifier. Elles peuvent donc être mieux protégées des agressions liées aux stockages, aux manutentions ou au transport. De plus leur principe de fonctionnement ne les rend pas sensibles aux souillures, ou taches diverses qui nuisent à l'utilisation du code à barres.

I.8.2 Inconvénients :

I.8.2.1 Le coût

Les prix restent nettement supérieurs à ceux des étiquettes code à barres pour des unités consommateurs. Utiliser les étiquettes radio fréquence en lieu et place du code à barres sur les produits de grande consommation, n'est donc pas aujourd'hui économiquement réaliste. Cela devient pour lutter contre le vol ou la contrefaçon sur les produits à forte valeur ajoutée, ou pour tracer les produits dans le cadre du service après-vente, comme l'électroménager ou la hi-fi. Par contre au-delà du conditionnement unitaire, le coût de l'étiquette radio fréquence peut devenir marginal par rapport à la valeur des produits contenus. C'est pourquoi dans le domaine des produits de grande consommation, les premières applications de ces étiquettes peuvent voir le jour sur les cartons, sur les palettes et sur les unités de transport. Par ailleurs, si la comparaison se fait au niveau du système d'identification et de traçage, il faut prendre en compte les coûts lecteurs, favorables à la RFID, ainsi que le gain de temps venant de la non obligation de manipuler les objets pour présenter le code à barres devant le lecteur.

I.8.2.2 La perturbation par l'environnement physique

La lecture des étiquettes radio fréquences est perturbée par la présence, par exemple, de métaux dans leur environnement immédiat. Des solutions doivent être étudiées au cas par cas pour minimiser ces perturbations, comme cela a été fait par exemple pour l'identification des bouteilles de gaz.

I.8.2.3 Les perturbations induites par les étiquettes entre elles

Dans de nombreuses applications, plusieurs étiquettes radio fréquences peuvent se présenterent même temps dans le champ du lecteur volontairement ou involontairement. Ceci peut être voulu en magasin, au moment du passage à la caisse ou entre les portiques antivols.

I.8.2.4 La sensibilité aux ondes électromagnétiques parasites

Les systèmes de lecture RFID sont dans certaines circonstances sensibles aux ondes électromagnétiques parasites émises par des équipements informatiques (des écrans d'ordinateurs) ou des systèmes d'éclairages plus généralement par les équipements électriques. Leur emploi doit donc être testé en tenant compte de l'environnement.

I.8.2.5 Les interrogations sur l'impact de la radio fréquence sur la santé

Cette question fait débat depuis quelques années, en particulier concernant les portiques antivols et les téléphones portables. Les étiquettes passives ne présentent aucun risque quel que soit leur nombre puisqu'elles ne sont actives que lorsqu'elles se trouvent dans le champ d'un lecteur. Les études portent donc essentiellement sur les lecteurs et visent à définir les critères de régulation de leur puissance d'émission afin d'éviter qu'ils ne créent des perturbations sur les équipements de santé tels que les pacemakers, mais aussi sur l'organisme humain.

I.9 Conclusion :

Depuis 2005 et après quelques expériences, parfois malheureuses, de certains industriels, les technologies RFID ont gagné en maturité et en fiabilité. Sans pour autant être à présent destechnologies « plug and play », leur mise en œuvre est aujourd'hui grandement simplifiée.

Cela est dû en grande partie à l'élaboration de normes techniques internationales associées àdes normes de conformité et de performance. Néanmoins, comme pour tout

système radioélectrique, la RFID est sensible à l'environnement dans lequel elle sera mise en place (présence de métal, d'eau, cohabitation avec d'autres systèmes radioélectriques, voire présence de nombreux interrogateurs dans un espace restreint). Des laboratoires (publics ou privés) proposent non seulement de tester facilement l'interopérabilité et l'interchangeabilité mais proposent également des analyses de sites. Ces analyses permettent aux utilisateurs de la RFID d'intégrer ces informations dans la rédaction de leur cahier des charges et par conséquent de trouver la solution optimale répondant à leurs besoins et contraintes. L'intégration de la RFID demande encore de pouvoir (vouloir) changer les process industriels afin de tirer le meilleur parti de la technologie. Des programmes d'aide, tels que ceux mis en place en France par la DGCIS (Délégation Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services) permettent de tester l'utilisation de la RFID à travers la mise en place de démonstrateurs. Les résultats attendus de telles expériences sont une meilleure maîtrise des technologies par les utilisateurs et un calcul plus précis et basé sur l'expérience, des retours sur investissements. Enfin, la RFID est aujourd'hui à l'aube d'une nouvelle révolution technologique. Les réseaux de capteurs, la récupération d'énergie, l'électronique imprimée, les méta matériaux sont autant de nouvelles technologies qui permettront à la RFID d'élargir son champ des possibles. La relation entre la RFID et les réseaux internet permettra à l'internet des objets de voir le jour dans un avenir certainement très proche.

CHAPITRE II

La Conception d'Antenne Appliquée aux tags RFID UHD Passifs

II.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception des antennes pour les tags RFID UHF passifs. Les techniques de conception de ces antennes sont différentes de la conception des antennes conventionnelles, car les applications et les contraintes sont fondamentalement différentes. En effet, l'antenne du tag, en plus de permettre la transmission des données par rétro-réflexion joue un rôle prédominant dans l'alimentation en énergie de la puce RFID. De plus, la méthode de conception qui est décrite dans cette section sera appliquée pour la conception des tags capteur dans les prochains chapitres. Dans ce chapitre, nous présenterons la méthodologie de conception que nous avons mise en place, puis exploitée toute au long de ce travail.

II.2 Les paramètres fondamentaux d'une antenne

II.2.1 L'impédance Dans une approche circuit

Une antenne est caractérisée par son impédance complexe Z_a . Cette impédance est composée d'une partie réelle R_a et d'une partie imaginaire X_a .

$$Z_a = R_a + jX_a \quad (2.1)$$

La partie réelle dans l'équation (2.1) est composée de la résistance de rayonnement R , et de la résistance des pertes R_l . L'énergie dissipée dans R , correspond à l'énergie rayonnée par l'antenne. L'énergie dissipée par R_l correspond quant à elle aux pertes de conduction, aux pertes diélectriques et aux pertes d'onde de surface de l'antenne.

$$R_a = R_r + R_l \quad (2.2)$$

Dans le cas de l'émission, un générateur connecté à l'antenne possède également une impédance d'interne Z_g , constituée d'une partie réelle R_g , et d'une partie imaginaire

$$Z_g = R_g + jX_g \quad (2.3)$$

Le schéma équivalent d'une antenne en transmission est représenté sur la Figure II.1a.

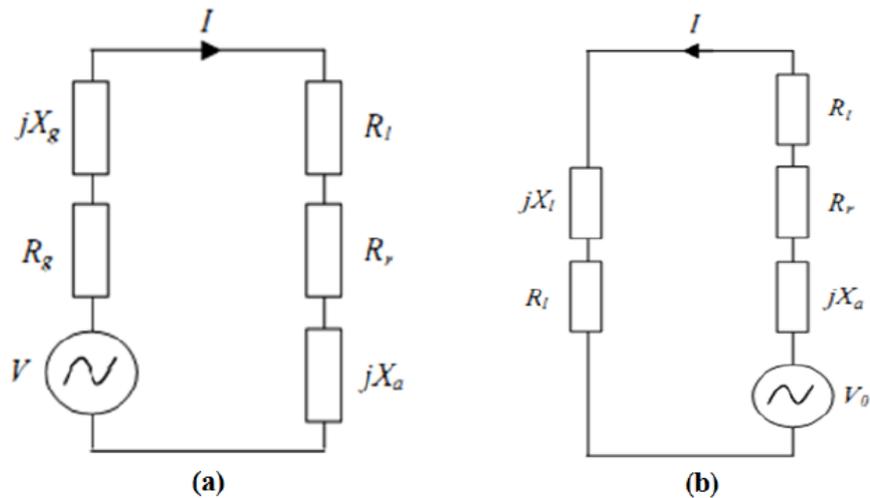


Figure II.1 : Schémas équivalentes d'une antenne en :

(a) Transmission et (b) Réception

Dans le cas de la réception, l'antenne est connectée à une charge ayant une impédance Z_l composée pareillement d'une partie réelle R_l et d'une partie imaginaire X_l .

$$Z_l = R_l + jX_l \quad (2.4)$$

Le schéma équivalent d'une antenne en réception est représenté sur la Figure II.1b. représente la tension générée aux bornes de l'antenne en mode réception. Dans le cas de l'adaptation, elle est reliée à la densité de puissance S de l'onde incidente par l'équation [11]:

$$\frac{V_0}{8R_a} = S \frac{\lambda^2}{4} G \quad (2.5)$$

Où G est le gain de l'antenne que nous introduirons par la suite, λ est la longueur d'onde à la fréquence considérée.

II.2.2 Le coefficient de réflexion et le coefficient de transmission

Communément une antenne est conçue pour être adaptée à l'impédance caractéristique Z_0 réelle d'une ligne de transmission (généralement 50 Ω ou 75 Ω) afin de minimiser le taux d'onde stationnaire (TOS). On définit alors le coefficient de réflexion d'une antenne Γ par [11][12]:

$$\tau = \frac{Z_a - Z_o}{Z_a + Z_o} \quad (2.6)$$

Le TOS est quant à lui donné par (2.7):

$$\text{TOS} = \frac{|1 + \tau|}{|1 - \tau|} \quad (2.7)$$

On peut définir le coefficient de transmission en puissance T par (2.8). Il correspond au rapport de la puissance transférée à une charge sur la puissance totale maximum pouvant lui être transférée.

$$T = 1 - |\tau|^2 \quad (2.8)$$

À partir de (2.6) et (2.8), on peut obtenir la relation (2.9) reliant le coefficient de transmission aux impédances d'une antenne et de sa charge (Z_a et Z_l) en considérant l'antenne en réception (Figure II.1b). Cette relation est très utile en RFID, car elle correspond au rapport de la puissance transférée à une puce RFID sur la puissance totale maximum pouvant lui être transférée.

$$T = \frac{4R_a R_l}{|Z_a + Z_l|^2} \quad (2.9)$$

II.2.3 Les régions du champ électromagnétique

Le champ électromagnétique rayonnée par une antenne peut être divisé en plusieurs régions telles que illustrées sur la Figure II.2, où «a» désigne la plus grande dimension de l'antenne. Ces différentes régions sont délimitées par les sphères de rayon R, et R2 respectivement définies comme dans la Figure II.2 [11]:

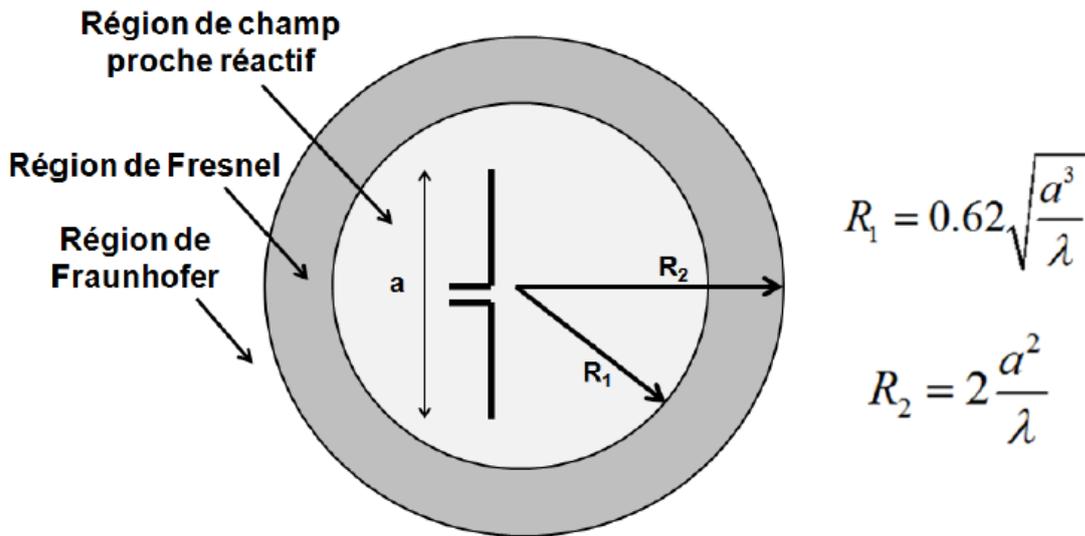


Figure II.2 : les régions de rayonnement au voisinage d'une antenne

La région de champ proche réactif est la région immédiatement entourant une antenne. Dans cette région le champ réactif est dominant. Pour une petite antenne, cette région est communément comprise dans une sphère de rayon $N2n$.

La région de Fresnel (ou région de champ proche radiatif) est une région intermédiaire entre la région de champ proche et la région de Fraunhofer. Si l'antenne a une dimension petite comparée à la longueur d'onde cette région peut ne pas exister. Dans cette région, la distribution du champ électromagnétique est dépendante de la distance par rapport à l'antenne.

La région de Fraunhofer (ou région de champ lointain) est définie comme étant la région où l'onde électromagnétique générée par l'antenne est formée. La distribution du champ rayonné et donc le diagramme de rayonnement sont indépendants de la distance par rapport à l'antenne.

II.2.4 Polarisation

Les champs électromagnétiques ont une orientation spatiale qui peut être constante ou variable dans le temps et cette orientation définit la polarisation de l'onde [13]. Les champs électriques incidents sur un conducteur génèrent des courants de surface parallèles à eux. Si le champ incident sur une antenne est majoritairement perpendiculaire à la polarisation de l'antenne, alors le signal généré sera très faible et ne permettra pas le fonctionnement du tag dans le cas de la RFID. La plupart des antennes que nous avons examinées sont allongées

(notamment de forme dipolaire) dans une direction et communiqueront facilement avec les champs polarisés le long de cette direction.

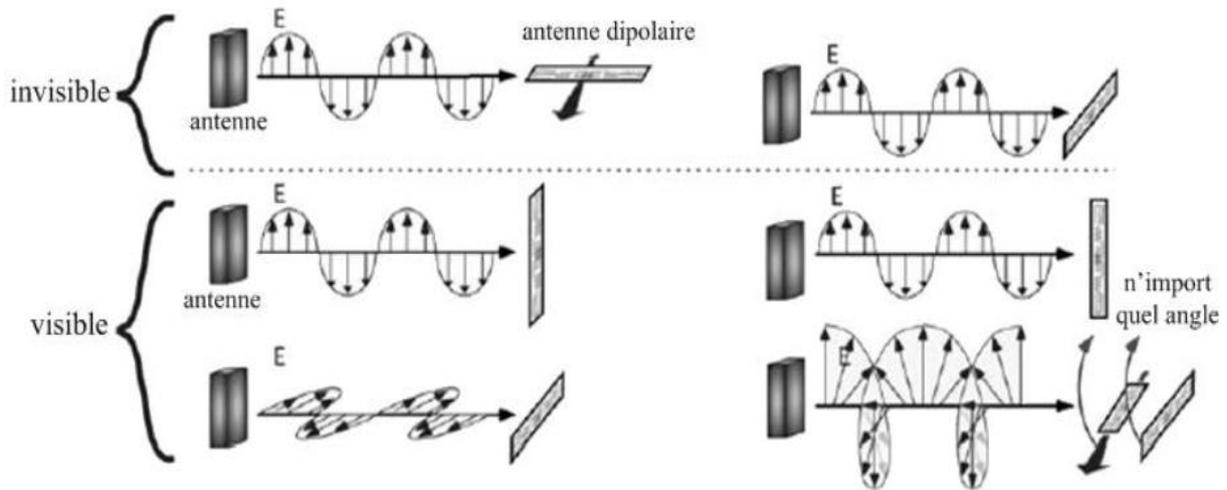


Figure II.3 : Différentes dispositions des tags dipolaires par rapport à la polarisation de l'antenne du lecteur [13]

Cela signifie que quelques combinaisons de polarisation et d'orientation permettront aux tags d'être lus et d'autres combinaisons laisseront les tags quasi-invisibles à l'illumination du lecteur (Figure.II.3) [11][13]. En conséquence, les antennes de tag dipolaires doivent être alignées selon la polarisation de l'antenne de lecteur pour être lues. Cette configuration peut être obtenue de plusieurs façons : Contrôle d'orientation ; une antenne de lecteur à polarisation linéaire peut être utilisée si les tags sont toujours orientés de telle manière que leurs axes longs soient parallèles à la direction de polarisation, ou si l'antenne de lecteur peut être physiquement tournée pour accomplir cet alignement. 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.

Bi-dipôle ou antennes de tag avec multipolarisation ; une structure d'antenne avec les caractéristiques allongées orthogonalement dans deux directions, ou presque

orthogonalement, communiquera avec les champs électriques dans n'importe quelle direction dans le plan de l'antenne (Figure II.4).

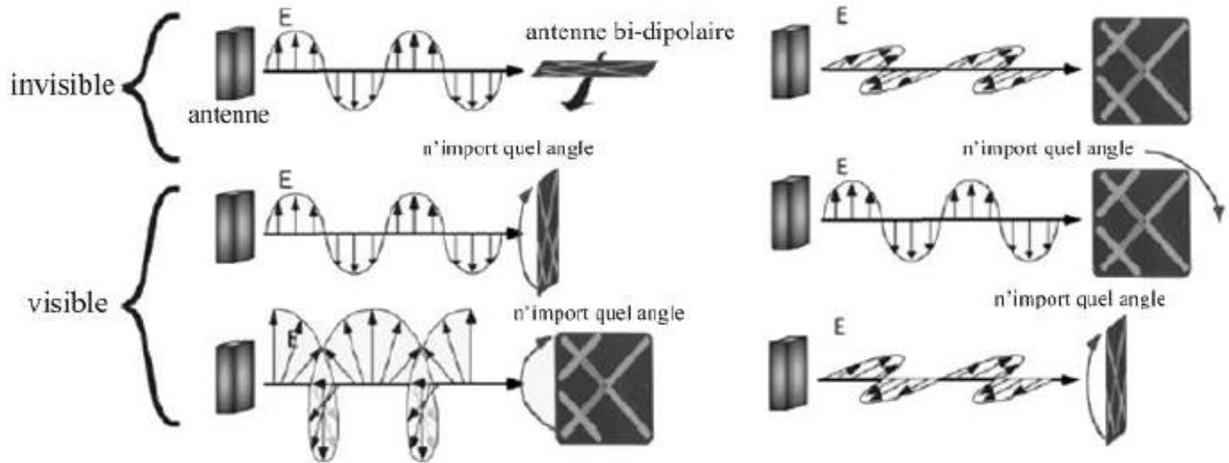


Figure II.4 : les tags di-polaires multi-polarisation

II.2.5 La distance de lecture

La distance de lecture est un facteurs les plus importants pour évaluer la performance de la conception de l'antenne d'un tag. Cette distance, connue également sous le nom de « read-range » est donnée par la formule (2.10) [14][15] :

$$d_{max}(\theta, \phi) = \frac{c}{4\pi f} \sqrt{\frac{EIRP_R}{P_{th}}} \tau G_{tag}(\theta, \phi) \quad (2.10)$$

Ou $G_{tag}(\theta, \phi)$ est le gain de l'antenne du tag

$$G(\phi, \theta) = e \cdot D(\phi, \theta) (1 - |\tau|^2) \quad (2.11)$$

e est l'efficacité de rayonnement qui tient compte de la polarisation de l'onde, $D(\theta, \phi)$ est la directivité de l'antenne du tag et T est le coefficient de réflexion de l'antenne.

Le coefficient de transmission τ est donné comme dans l'équation (2.9)

$$t = \frac{4R_{chip}R_A}{|Z_{chip} + Z_A|^2} \leq 1 \quad (2.12)$$

Selon la formule ci-dessus, la distance de lecture dépend des paramètres suivants :

Fréquence(f), puissance isotrope rayonnée équivalente (EIRP), sensibilité de la puce P_{th} , le coefficient de transmission (τ) et le gain de l'antenne ($G_{tag}(\theta, \phi)$). Les trois premiers paramètres sont fixés au départ et seront inchangés au cours de la conception. Puisque le coefficient de transmission τ dépend de l'adaptation de l'impédance entre la puce et l'antenne. La distance de lecture sera affectée de manière significative si l'adaptation entre la puce et l'antenne n'est pas assurée. D'autre part, le gain de l'antenne dépend la structure retenue lors de la conception et influe sur la distance de lecture de système. En outre, la distance de lecture dépend aussi de l'objet sur lequel le tag est placé. En effet, la constante diélectrique, la tangente des pertes, l'épaisseur de l'objet ... sont des facteurs qui ont beaucoup d'influence sur le gain de l'antenne, la fréquence de résonance et l'adaptation de l'impédance.

II.2.6 SER (Surface équivalente radar)

La surface équivalente radar (SER ou RCS pour radar cross section en anglais), ou surface efficace radar, est une propriété physique inhérente des objets indiquant l'importance relative de la surface de réflexion d'un faisceau électromagnétique qu'ils provoquent. La surface équivalente radar est fonction de la forme de l'objet, de la nature de son(s) matériau(x) constitutif(s) ainsi que de la longueur d'onde, des angles d'incidence et de réflexion du rayonnement.

La SER est un paramètre spécifique à un chaque objet (cible, véhicule, avion, navire...) influant grandement sur sa susceptibilité d'être détecté par un radar. Représenté dans une formule mathématique (équation) la SER est désignée par la lettre grecque σ (sigma) exprimée en mètre carré. La SER est composée de plusieurs paramètres. La puissance reçue par une antenne est le produit de la densité de puissance incidente et de l'ouverture efficace de l'antenne. L'ouverture efficace est le produit du gain d'antenne et de l'ouverture d'une antenne isotrope idéale, qui est proportionnelle au carré de la longueur d'onde.

Dans notre modèle de circuit équivalent simple la puissance rayonnée par le tag est la puissance dissipée par la résistance de radiation. La puissance rayonnée dans la direction incidente est alors plus élevée que pour le cas isotrope :

$$A_{sc} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G^2 \left| \frac{2R_{rad}}{Z_{load} + Z_{ant}} \right|^2 \quad (2.13) \quad [13]$$

Ainsi, la SER est déterminée par le gain d'antenne et le rapport de la résistance de radiation à l'impédance de charge de l'antenne. La SER d'une antenne dépend seulement de la longueur d'onde et du gain, et pour les petites antennes utilisées dans les tags, le gain est près de celui d'un dipôle (soit 2.2 dBi). Quelques données mesurées pour les tags commerciaux réalisés sur un substrat papier sont résumées sur la Figure II.5 [13]. Les plus grands tags ont les plus grandes SER sur une plus large bande de fréquence. Les tags compacts de Rafsec et Alien ((d) et (e) dans la figure) ont de petites valeurs de SER. Le tag très compact, fortement serpenté (f) a une SER mesurée de seulement quelques centimètres carrés. Il est conçu pour être déposés sur des substrats à forte permittivité.

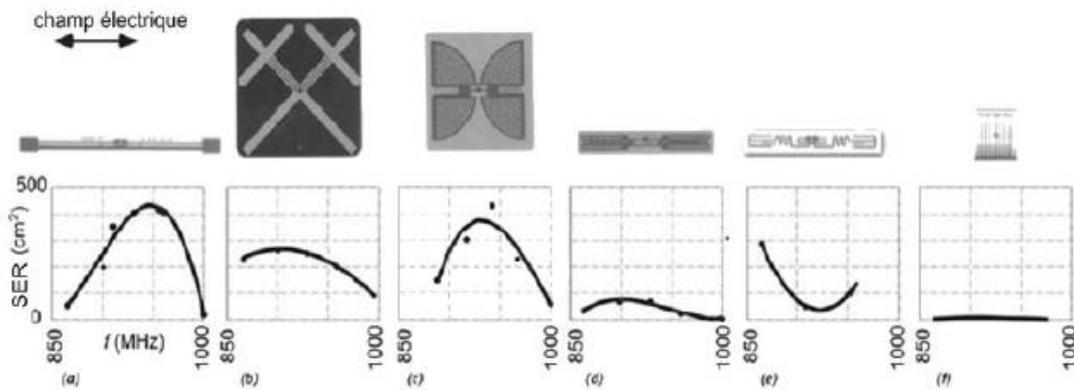


Figure II.5 : SER mesurées de tags commerciaux [13]

II.3 Les motifs classiques des antennes de tag RFID

Dans les technologies sans fil, la communication entre le récepteur et l'émetteur est conditionnée par les paramètres et performances des antennes. En fonction des besoins spécifiques de chaque application, l'antenne sera conçue pour répondre aux contraintes correspondantes. Dans cette section, les motifs les plus courants des antennes pour la conception des étiquettes RFID sont revus.

II.3.1 Antenne dipolaire

L'antenne dipolaire est le motif le plus couramment utilisé pour l'antenne RFID, en raison de sa simplicité en termes de conception et de fabrication, notamment par rapport à d'autres types d'antennes. Une des caractéristiques de l'antenne dipôle est sa polarisation linéaire. Pour l'application RFID, le dipôle se caractérise par une faible directivité et une haute

impédance ce qui ne permet pas d'obtenir des performances élevées. Par ailleurs, la longueur de l'antenne dipôle classique est environ une demie de la longueur d'onde ($\lambda/2$). Cette taille est en fait un désavantage important pour ce motif dans les conceptions de tag RFID. Pour remédier à cela, les techniques de miniaturisation pour l'antenne dipolaire, comme le méandre ou le couplage mutuel... seront appliquées afin d'obtenir des dipôles modifiés de plus petite taille [11][16].

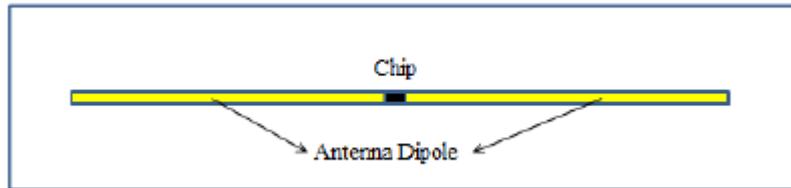


Figure II.6 : Antenne Dipolaire classique

II.3.2 Antenne à fente (slot antenna)

L'antenne à fente est un motif qui possède une large bande de passante et l'intégration avec des composants ou circuits électroniques est relativement aisée. En outre, l'antenne à fente est très facile à fabriquer et présente un bas cout. Ce type de l'antenne est particulièrement adapté pour une exploitation dans les environnements métalliques [11].

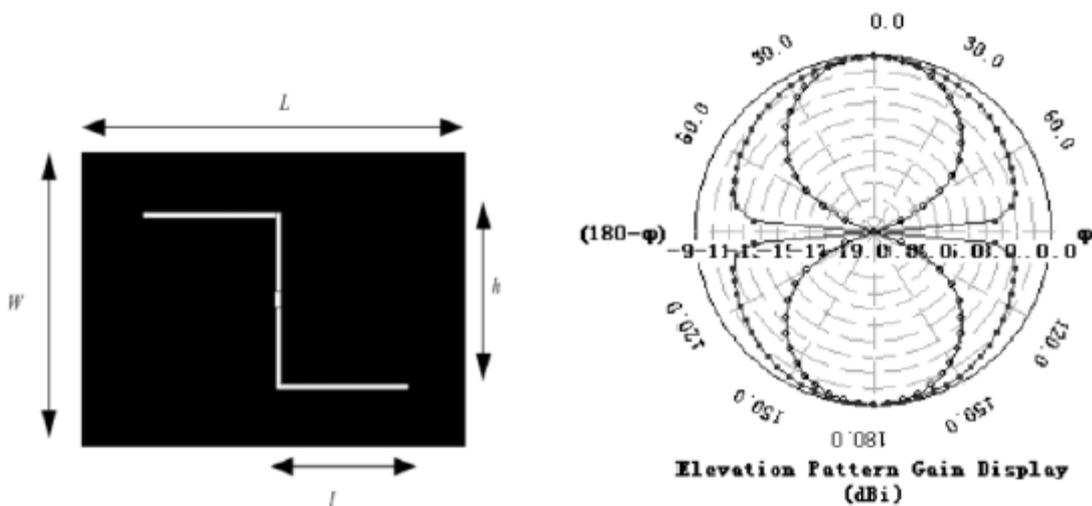


Figure II.7 : Antenne à fente et son diagramme de rayonnement [17]

II.3.3 Antenne microruban

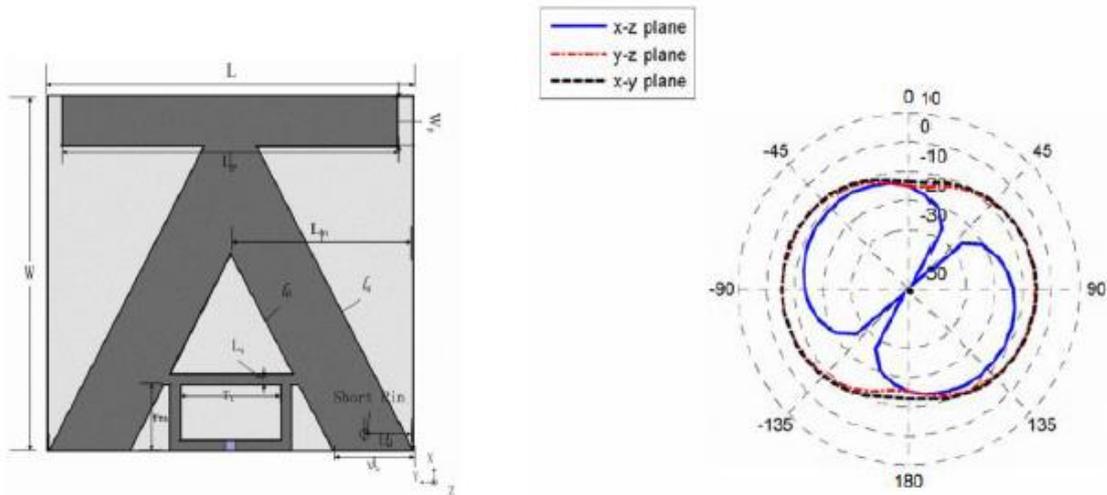


Figure II.8 : Antenne microruban et son diagramme de rayonnement[18]

L'antenne microruban est aussi couramment utilisée dans la conception d'antenne pour la RFID. Les avantages de l'antenne micro-ruban sont la taille, généralement plus petite que les autres types de l'antenne, un faible coût de fabrication, une alimentation électrique très flexible et la robustesse à l'environnement où le tag est placé. Cette robustesse est due à la présence du plan de masse. Les inconvénients les plus importants de ce motif sont une bande passante très étroite et une polarisation linéaire qui limitent sa gamme d'application dans la RFID.

II.3.4 Antenne en F Inversi(IFA)

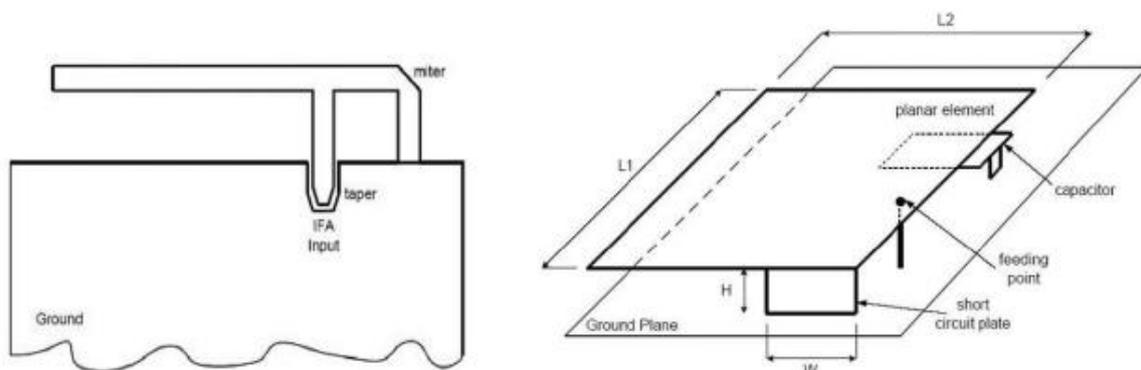


Figure II.9 : Les motifs de l'antennet IFA et PIFA [19]

Un autre motif utilisé pour les tags RFID est l'antenne en F inversé (Inverted F Antenna-IFA). L'IFA se compose d'un fil conducteur placé parallèlement au plan de masse, un morceau de fil assurant la connexion au plan de masse et un fil d'alimentation pour l'antenne. La longueur du fil vertical qui est relié entre le fil de conducteur et le plan de masse peut être utilisée pour ajuster la résistance et la capacité de l'antenne. Le principal élément rayonnant est la ligne de conducteur parallèle au plan de masse, tandis que le fil de liaison est la cause des pertes de puissance. Pour améliorer la bande passante de l'IFA, le fil de rayonnement sera remplacé par un plan de rayonnement et nous permet d'obtenir un nouveau motif appelé PIFA (Figure II.9).

II.3.5 Architecture des lecteurs RFID UHF

Un lecteur RFID est l'interface entre une application hôte et les tags RFID. Son rôle est de réaliser la gestion de la communication avec les tags RFID et de transmettre leurs données à l'application hôte. Un lecteur est composé de différentes fonctions illustrées sur la Figure II.10:

- Une unité de contrôle numérique. C'est cette unité de contrôle qui génère et met en forme le signal numérique contenant l'information à transmettre aux tags et traite en retour, la réponse de celui-ci. Elle est en charge du codage et du décodage des signaux et éventuellement du cryptage et du décryptage des données.
- Un front-end radio constitué d'un émetteur et d'un récepteur radiofréquence. Cette partie est en charge de la génération d'une porteuse radiofréquence, de sa modulation avec un signal numérique généré par l'unité de contrôle et de la démodulation de la réponse des tags.
- D'une ou plusieurs antennes permettant de transmettre et de recevoir les données, et de propager l'énergie radiofréquence télé-alimentant les tags.

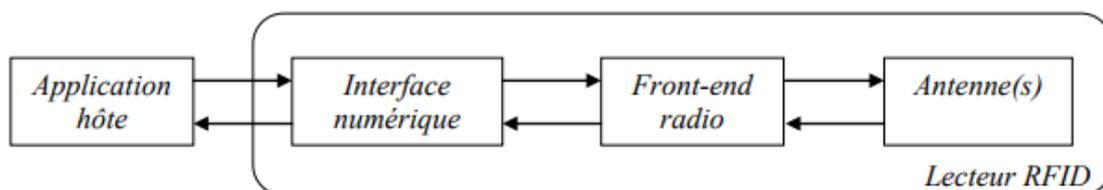


Figure II.10 Schéma fonctionnel d'un lecteur RFID UHF

II.3.5.1 Description de la chaîne d'émission

Un schéma bloc simplifié d'une chaîne d'émission d'un lecteur RFID est donné en Figure II.11. Les données arrivent codées de la partie numérique, elles sont modulées grâce à une porteuse générée par une PLL (Phase Locked Loop). Le signal modulé est ensuite amplifié puis filtré avant d'être transmis.

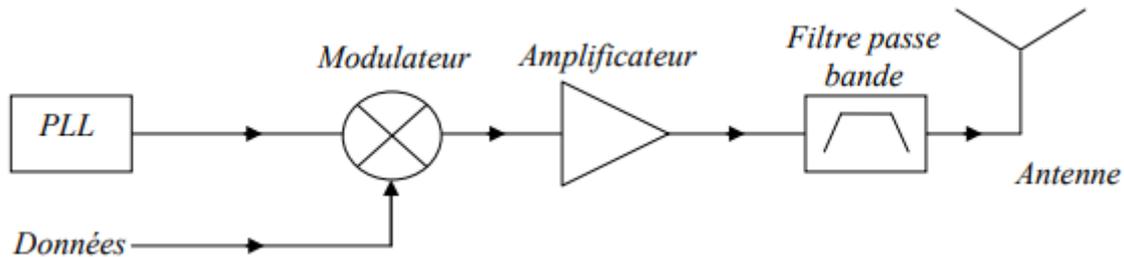


Figure II.11 Chaîne d'émission simplifiée d'un module UHF.

II.3.5.2 Description de la chaîne de réception

Un schéma bloc simplifié de l'architecture d'un récepteur est donné en Figure II.12. Le signal reçu est d'abord amplifié à l'aide d'un amplificateur faible bruit (LNA - Low Noise Amplifier), filtré, démodulé (souvent par un démodulateur I/Q) et numérisé par un convertisseur analogique / numérique.

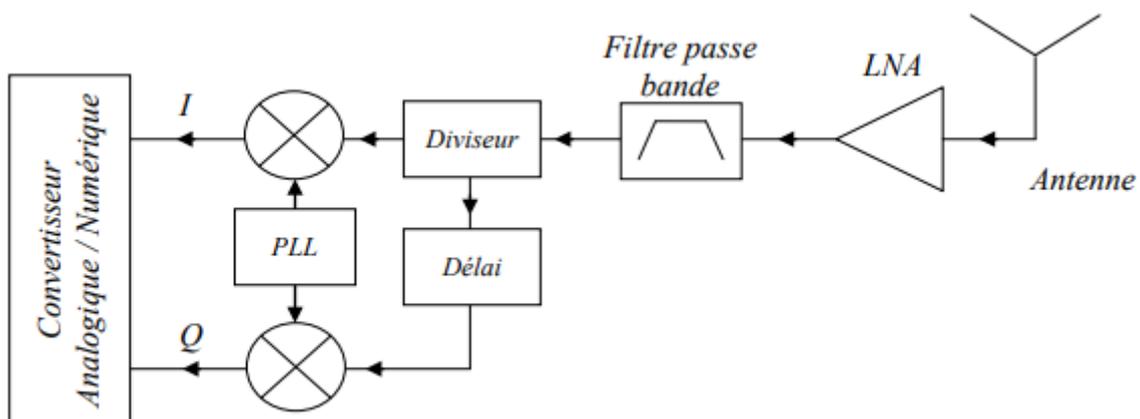


Figure II.12 Chaîne de réception simplifiée d'un module UHF

II.3.5.3 Emission et réception L'émission et la réception des signaux peuvent se faire de deux façons :

- Par l'utilisation de deux antennes, l'une réalisant l'émission et l'autre réalisant la réception (Figure II.13(a)). Ce type d'architecture est dit bistatique. Il demande une bonne isolation entre les deux antennes. Un système de ce genre est composé en général de deux antennes à

polarisation circulaire croisée (polarisation droite et polarisation gauche). - Par l'utilisation d'une seule antenne réalisant l'émission et la réception (Figure II.13 (b)). Ce type d'architecture est dit monostatique. La séparation des signaux émis et reçus se fait à l'aide d'un coupleur directionnel ou d'un circulateur. La seconde architecture est souvent la plus rencontrée car moins encombrante et économiquement plus intéressante. Elle est implémentée dans les lecteurs portables où l'encombrement doit être minimum. Cependant les performances en termes de niveau signal à bruit sont meilleures pour un lecteur à deux antennes.

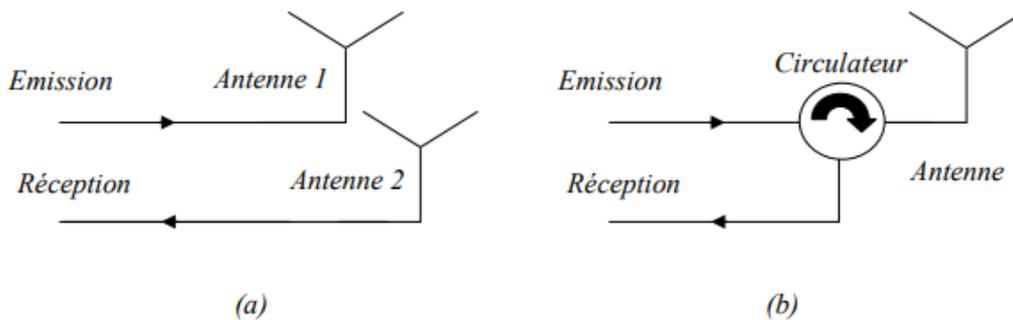


Figure II.13 Emission/réception d'un lecteur RFID UHF. (a) Architecture bistatique. (b) Architecture monostatique.

Malheureusement, les antennes, les coupleurs directionnels et les circulateurs ne sont pas parfaits. L'isolation entre l'émission et la réception n'est généralement pas suffisante et la perturbation qui vient s'ajouter au signal reçu peut limiter la sensibilité de la réception et donc abaisser les performances globales du système. Ce défaut est corrigé à l'aide d'un bloc de compensation tel qu'illustré sur la Figure II.14. Le signal d'émission est envoyé vers le bloc de compensation à l'aide d'un coupleur. Le bloc de compensation amplifie (ou atténue) et déphase ce signal afin d'annuler au niveau de la réception le défaut d'isolation des antennes, du coupleur ou du circulateur.

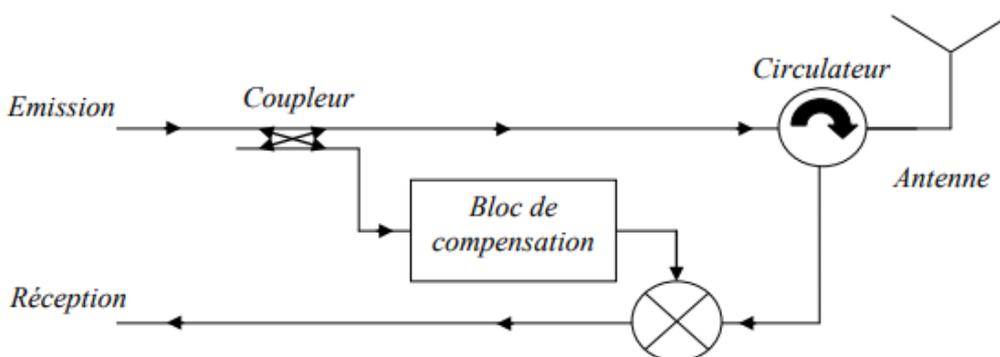


Figure II.14 Bloc de compensation dans la chaîne d'émission/réception.

CHAPITRE III

Conception d'Antenne Lecteur RFID

III.1 Introduction :

Une revue de la littérature a été menée dans le but d'obtenir les connaissances théoriques nécessaires dans le sujet de recherche et d'acquérir les techniques et applications actuelles impliquées dans le sujet de recherche.

Dans ce chapitre, les aspects examinés sont les régions de champ de l'antenne, le fonctionnement des systèmes RFID en champ proche, les avantages des systèmes RFID UHF en champ proche par rapport aux systèmes RFID HF et la conception de l'antenne du lecteur RFID UHF en champ proche.

III.2 Régions de champ d'antenne

L'espace autour d'une antenne peut être divisé en deux régions principales : la région de champ lointain et la région de champ proche, selon la nature du champ électromagnétique produit par l'antenne. Bien qu'aucun changement brusque dans les configurations de champ ne soit noté entre les limites, il existe des différences distinctes entre ces régions [31]–[32].

La région de champ proche peut être encore divisée en deux sections, à savoir la région de champ proche réactive et la région de champ proche rayonnant. La Figure. III.1 montre les régions de champ pour une antenne électriquement petite et une antenne électriquement grande.

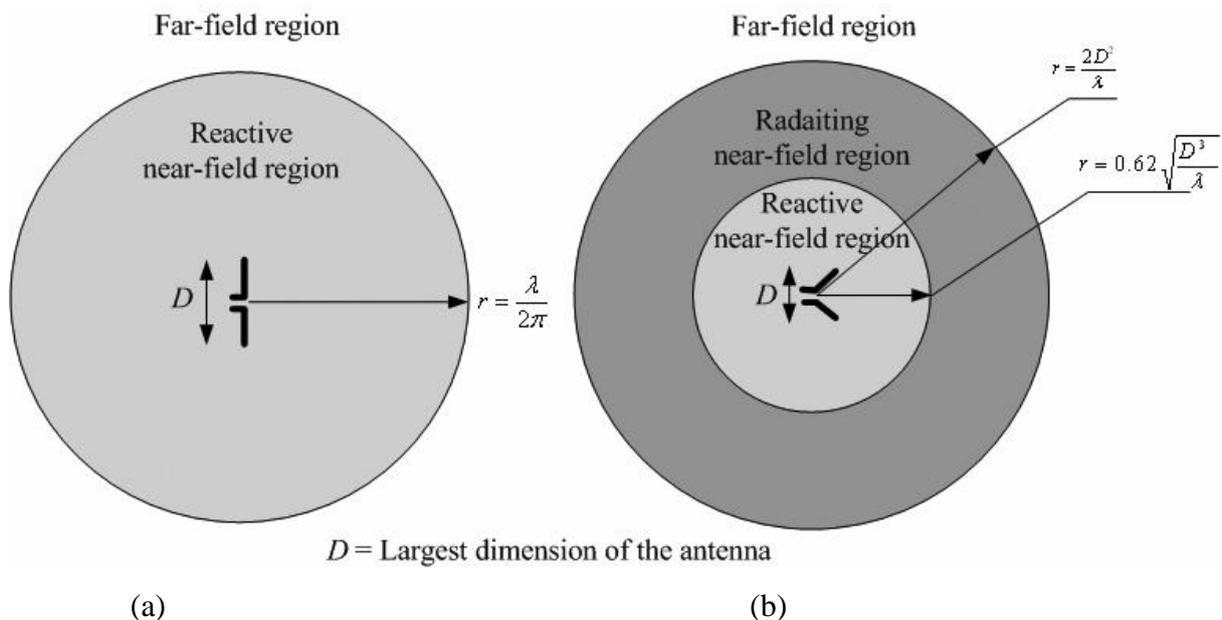


Figure III.1 Régions de champ d'antenne : (a) antenne électriquement petite et (b) antenne électriquement grande.

III.2.1 Région réactive en champ proche

La région réactive de champ proche est l'espace environnant immédiat renfermant l'antenne. Dans la région réactive du champ proche, l'énergie est stockée dans les champs électrique et magnétique mais n'est pas rayonnée. Cette énergie est échangée entre la source de signal et les champs. Dans la région de champ proche, le rapport entre le magnétique et l'électrique quasi-statique n'est plus de 377Ω .

Le champ électrique (E) ou le champ magnétique (H) peut être la composante dominante de l'énergie. Pour un dipôle électrique, les composantes du champ E dominant. Pour un dipôle magnétique, ou une boucle, les composantes du champ H dominant. Pour les antennes électriquement petites, dans lesquelles la dimension maximale de l'antenne est petite par rapport à une longueur d'onde de fonctionnement, la limite de champ proche réactif est donnée par :

$$r = \frac{\lambda}{2\pi} \quad (III.1)$$

Pour les antennes électriquement grandes, la limite de champ proche réactif est décrite par :

$$r = 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (III.2)$$

Où D est la plus grande dimension de l'antenne.

III.2.2 Zone de champ proche rayonnant

Dans la région du champ proche rayonnant, la distribution angulaire du champ dépend de la distance par rapport à l'antenne. L'énergie est rayonnée et échangée entre la source et un champ proche réactif. Dans cette région, le diagramme d'amplitude de l'antenne commence à se lisser et forme des lobes. Si l'antenne est électriquement petite, cette région de champ peut ne pas exister. Pour les antennes électriquement grandes, la limite de la région est définie par

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq r \leq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (III.3)$$

III.2.3 Région de champ lointain

Dans la région du champ lointain, les champs électriques et magnétiques se propagent vers l'extérieur sous forme d'onde électromagnétique et sont perpendiculaires l'un à l'autre et à la direction de propagation. La distribution angulaire du champ ne dépend pas de la distance à l'antenne.

Les champs sont uniquement liés les uns aux autres via l'impédance d'espace libre (377 Ω). Dans la région du champ lointain, l'onde EM décroît en $1/r$. Le modèle d'amplitude dans cette région est bien formé, généralement constitué de lobes majeurs et mineurs. Si l'antenne a une dimension globale maximale D , la limite intérieure de la région du champ lointain est donnée par

$$r \leq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (III.4)$$

III.3 Fonctionnement dans les systèmes RFID en champ proche

Dans le système RFID passif, la puissance est transférée du lecteur à l'étiquette. L'étiquette, lors de la réception de l'énergie du lecteur RFID, est induite et transfère de l'énergie au lecteur avec les informations requises dont le lecteur a besoin [33].

En champ proche, les composantes quasi statique et inductive sont les principales composantes du champ électromagnétique. Le champ électrique est découplé du champ magnétique. Pour une antenne cadre, le champ magnétique domine dans la zone de champ proche.

Pour une antenne dipôle, le champ électrique domine la zone de champ proche. Le champ dominant dans la zone de champ proche est utilisé comme mécanisme de couplage pour le système RFID. Le système RFID avec antenne cadre utilise un couplage inductif tandis que le système RFID avec antenne dipôle adopte un couplage capacitif pour le transfert d'informations dans la zone de champ proche [34].

Le couplage inductif, comme illustré sur la Figure II.2, une antenne cadre du lecteur RFID produit un champ magnétique puissant dans la région du champ proche. Le champ magnétique variable, lorsqu'il atteint l'étiquette de champ proche, crée une tension alternative à travers l'étiquette RFID. L'étiquette RFID, constituée d'une antenne cadre avec une inductance L et de condensateurs avec une capacité C (formant un circuit LC), produit un courant alternatif important à la fréquence de résonance [35].

Le courant alternatif va alors produire un champ magnétique qui se propage jusqu'au lecteur. Pendant ce temps, la puce de l'antenne de l'étiquette, qui est d'impédance de charge variable, fera varier l'impédance pour coder des informations sur le champ magnétique qui sont ensuite propagées vers le lecteur. Pour le couplage capacitif, une antenne dipôle est adoptée. La distribution de charge à travers l'antenne du lecteur dipôle fournit des champs

électriques à coupler à l'antenne d'étiquette dipôle. L'antenne de l'étiquette, lors de la réception du champ électrique variable, générera alors un champ électrique se propageant vers le lecteur RFID.

Dans le système RFID en champ proche, le couplage inductif est largement utilisé. Contrairement au champ électrique, le champ magnétique est moins sensible à l'absorption lorsqu'il se propage à travers un milieu à haute perméabilité magnétique. Il convient à un fonctionnement à proximité immédiate de métaux et de liquides. En revanche, les systèmes de couplage capacitif ne sont guère utilisés dans les applications pratiques car l'énergie est stockée dans un champ électrique et elle est gravement affectée par les objets à permittivité diélectrique et perte élevées [36][37].

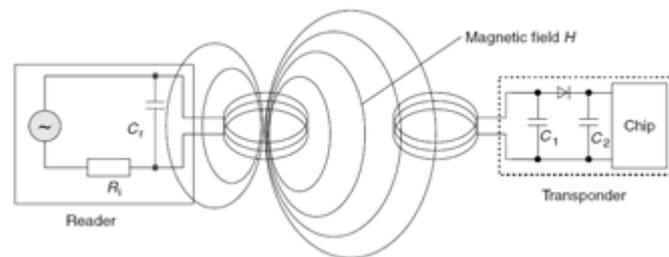


Figure II.2. Mécanisme de couplage inductif de la RFID en champ proche [34].

III.4 Systèmes RFID HF et UHF en champ proche

La bande haute fréquence (HF) s'étend de 3 à 30 MHz. Le système RFID HF utilise la fréquence de 13,56 MHz. Il adopte normalement un couplage magnétique en champ proche pour le marquage au niveau de l'article et utilise rarement le champ lointain comme mode de communication [34]. Les étiquettes HF se trouvent souvent sur les livres de bibliothèque, les billets de transport, les vêtements et les produits pharmaceutiques [38].

L'ultra haute fréquence (UHF) s'adapte à la bande de fréquence de 300 MHz à 1 GHz. La RFID UHF adopte 840 à 960 MHz pour couvrir les bandes attribuées par différents pays [39]. La RFID UHF fonctionne à la fois en champ proche et en champ lointain.

Dans les systèmes RFID UHF en champ proche, on peut appliquer le couplage magnétique (inductif) ou le couplage électrique (capacitif) pour réaliser le transfert d'informations entre un lecteur et un transpondeur [40]. Dans la RFID UHF en champ lointain, les informations sont transférées à l'aide d'ondes électromagnétiques (EM). En

champ lointain, la polarisation de l'onde EM est un facteur qui doit être pris en compte afin d'obtenir une meilleure efficacité en émission et en réception [40].

La capacité des systèmes RFID UHF à fonctionner en champ proche et en champ lointain a permis de couvrir tous les types d'applications RFID, de l'étiquetage au niveau de l'article à l'étiquetage au niveau de la palette [41]. Cela a incité les chercheurs et les ingénieurs à explorer les possibilités d'application des systèmes RFID UHF en champ proche.

UHF en champ proche	UHF
<p>Sur la conception de l'antenne tag :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les balises peuvent être construites par boucle unique sans aucun croisement (pont). La complexité de fabrication des antennes est considérablement réduite [41]. 	<p>Sur la conception de l'antenne tag :</p> <p>Des boucles multiples sont nécessaires pour les conceptions d'antennes de balise afin d'obtenir une fréquence de fonctionnement correcte. Un croisement est nécessaire. La formation de nombreuses boucles demande plus de précision dans la fabrication des antennes [41].</p>
<p>Sur l'interférence entre les balises :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les étiquettes peuvent être placées très près les unes des autres, avec moins d'interférences, tout en permettant une lecture précise [42]. 	<p>Sur l'interférence entre les balises :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Séparation plus grande (comparée à celle de l'UHF en champ proche) peut être nécessaire pour avoir une précision lecture, comme une interférence entre les tags est plus sévère [42]
<ul style="list-style-type: none"> • Sur le taux de transfert de données des systèmes RFID : • Les informations sont transférées entre les étiquettes et le lecteur à un débit de données plus élevé [42]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sur le taux de transfert de données des systèmes RFID : • Les informations sont transférées entre les étiquettes et le lecteur à un débit de données inférieur à celui du système RFID UHF en champ proche [42].
	<ul style="list-style-type: none"> •

Tableau III.1 Avantages de l'UHF en champ proche par rapport aux systèmes RFID HF traditionnels

Le tableau III.1 montre les avantages de l'UHF en champ proche par rapport aux systèmes RFID HF traditionnels.

On remarque que les systèmes UHF en champ proche nécessitent des étiquettes de petite taille et de structure simple. La RFID UHF en champ proche est moins sensible aux interférences et les étiquettes peuvent être placées plus près les unes des autres tout en obtenant des performances de lecture précises.

De tels systèmes offrent un taux de transfert de données plus élevé par rapport aux systèmes RFID HF. En tant que tels, les systèmes RFID UHF en champ proche reçoivent beaucoup d'attention en raison des opportunités prometteuses dans les applications RFID au niveau des articles telles que le suivi au niveau des articles de produits sensibles, la logistique pharmaceutique, les transports, les produits médicaux et les applications de biodétection [40]–[43].

De tels avantages stimulent la recherche dans la conception d'antennes de lecteur RFID UHF en champ proche pour fournir une détection efficace des étiquettes aux systèmes RFID.

Présentation des systèmes RFID UHF en champ proche Le concept de base de la RFID UHF en champ proche est de faire fonctionner les systèmes RFID UHF sur de courtes distances et sur différents objets de manière aussi fiable que celle de la RFID LF/HF [39].

III.5 Antenne de lecteur RFID UHF en champ proche

III.5.1 Considérations relatives à la conception de l'antenne de lecture RFID UHF en champ proche Portée de détection rapprochée

L'antenne du lecteur en champ proche, lorsqu'elle est connectée aux systèmes RFID en champ proche, devrait fournir une bonne capacité de détection à une distance en champ proche [44]. Les performances de l'antenne du lecteur en champ proche peuvent être déterminées en obtenant la distance maximale de l'antenne avec un taux de lecture prédéterminé (par exemple, la distance maximale de l'antenne pour atteindre un taux de lecture de 80 % de l'étiquette).

Répartition uniforme du champ dans la zone de couverture sans zone nulle

Dans les systèmes RFID en champ proche, les étiquettes RFID sont réparties de manière aléatoire sur la région d'interrogation de l'antenne du lecteur. Pour s'assurer que les étiquettes peuvent être détectées efficacement partout dans la zone d'interrogation, une antenne de lecture avec une distribution de champ uniforme est obligatoire. Même la distribution sur le terrain est importante pour assurer un taux de lecture des étiquettes de 100 %. Avec cela, la fiabilité de l'antenne est améliorée. L'antenne du lecteur de champ proche doit fournir un champ uniforme sur une large couverture sans zone nulle à la distance du champ proche.

Attribut physique de l'antenne

La conception de l'antenne du lecteur doit être de nature discrète, afin qu'elle puisse s'intégrer dans les étagères [45], sous les bandes transporteuses [46], ou être rendue portable pour l'étiquetage au niveau de l'article [47].

Objet à proximité de l'antenne

L'antenne de lecture conçue devrait bien fonctionner avec l'existence d'objets de différentes tailles, propriétés RF ou compositions de matériaux à proximité de l'antenne [37], [48]. L'étiquette qui est attachée autour du métal ou du liquide doit être détectée efficacement par l'antenne du lecteur adoptant un champ magnétique dans le mécanisme de détection du système RFID.

III.6 La méthodologie de la conception pour l'antenne du tag RFID UHF passif

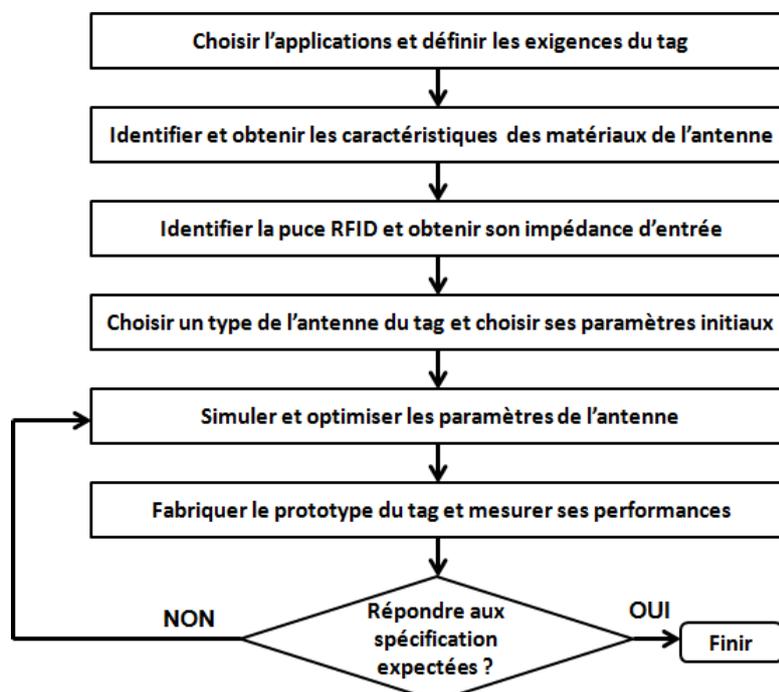


Figure III.3 - Méthodologie de conception d'antenne de tags RFID UHF passifs

La conception d'antenne de tag RFID UHF passif nécessite de mettre en œuvre une méthodologie de développement dont l'organigramme est présenté dans la figure III.3[49]. Lors de la sélection des applications RFID, les exigences et contraintes du système seront mises en correspondance avec les exigences de l'étiquette. L'étiquette sera conçue le plus souvent à l'aide de logiciels de simulation électromagnétique 3D afin d'optimiser les performances comme la distance de lecture, le gain, l'impédance de l'antenne... Une fois la conception terminée, nous réalisons les antennes et les mesurons pour s'assurer si la conception a satisfait aux besoins de l'application. Si elle est satisfaisante, le processus de conception sera réussi. Dans le cas contraire, il faut continuer à l'adapter et l'optimiser jusqu'à ce que les exigences soient satisfaites.

Conception d'antenne

La Figure III.4 montre le schéma de l'antenne cadre segmentée (top-to-bottom) couplée de haut en bas proposée. Un système de coordonnées cartésiennes est orienté dans une position telle que la surface supérieure du substrat se trouve dans le plan x-y. Le centre de la boucle segmentée carrée est situé à l'origine du système de coordonnées.

L'antenne cadre segmentée est constituée de deux boucles en pointillés. Chacune des boucles de ligne est structurée symétriquement par rapport à l'axe y. Les lignes en pointillés sont imprimées en haut et en bas d'un substrat comme le montre la figure III.4.

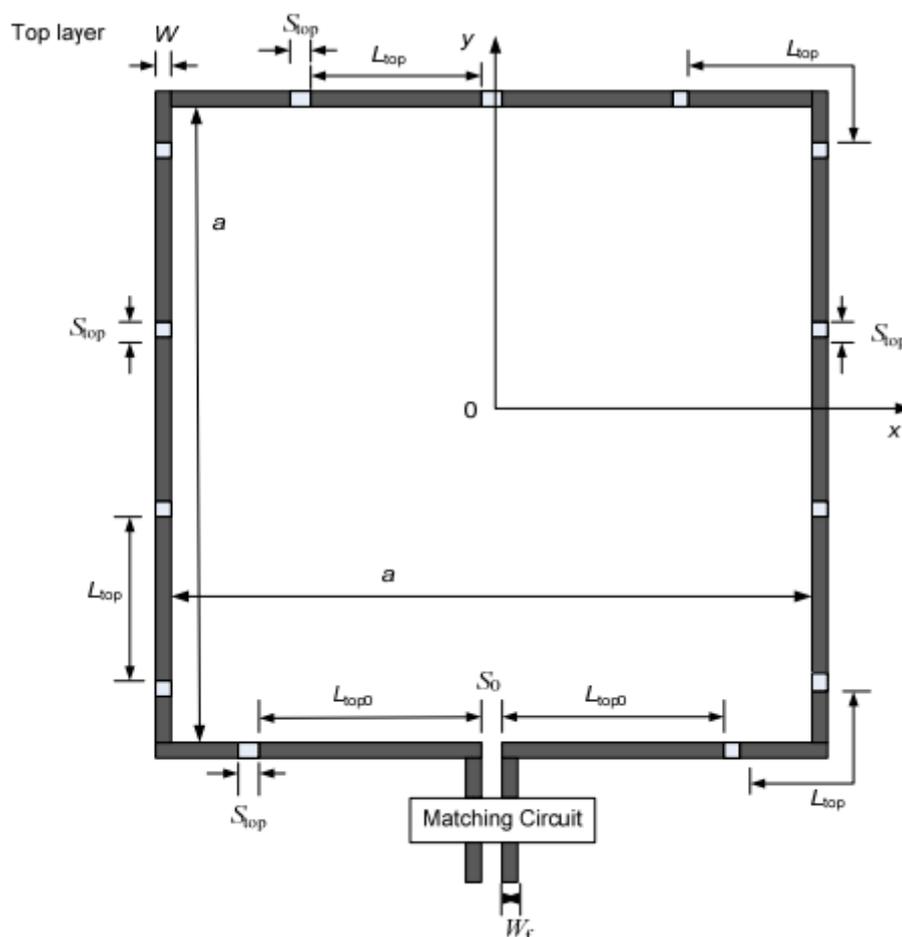
La ligne pointillée au sommet de la boucle de substrat est composée de plusieurs sections de ligne de même longueur, L_{top} , à l'exception des deux premières sections, chacune ayant la longueur L_{top0} . Ces deux premières lignes des segments sont connectées aux lignes d'alimentation parallèles dans le but d'adapter l'impédance.

La boucle en pointillés sur le dessus du substrat est indiquée par la largeur de la ligne, W , et l'espacement entre les sections de ligne adjacentes est indiqué par la largeur de l'espace, S_{top} . La boucle en pointillés sur le fond du substrat, d'autre part, est à extrémité ouverte. Chaque bande segmentée sur la boucle extérieure est de longueur égale, L_{bot} .

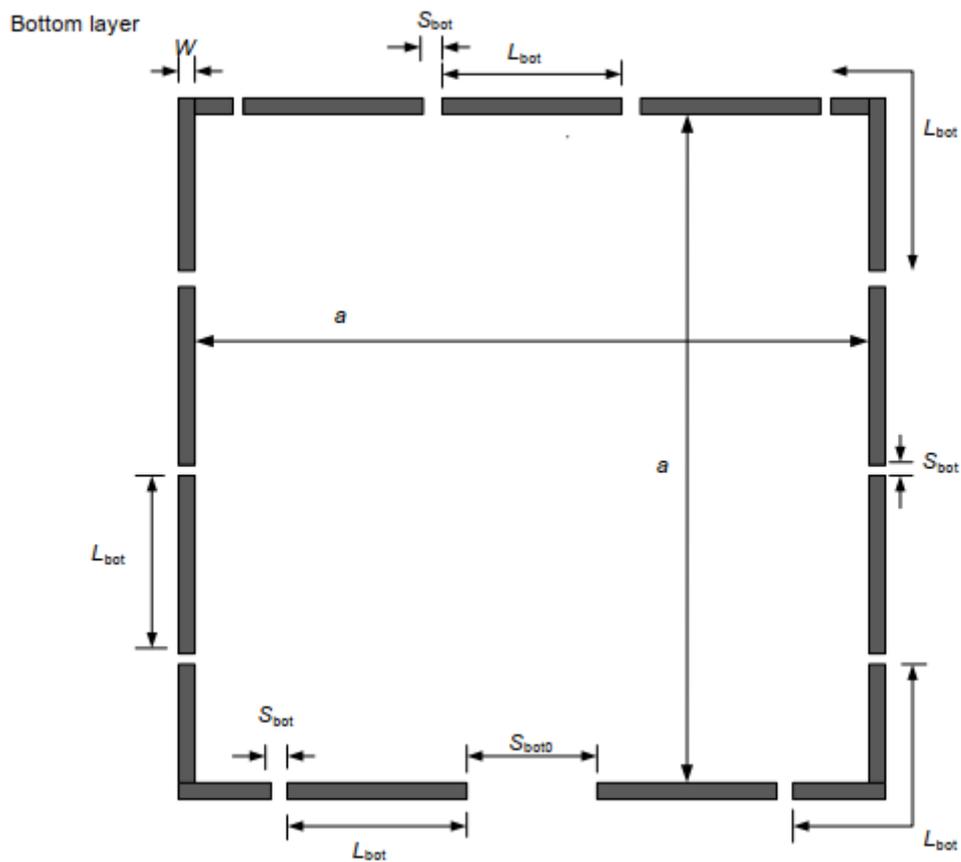
La largeur de ligne de la boucle extérieure est indiquée par la largeur de ligne, W , et chaque section de ligne est séparée par la largeur d'espace, S_{bot} , à l'exception de la première et de la dernière section de la boucle extérieure au bas de l'antenne, qui sont séparées par une plus grande largeur d'espace, S_{bot0} .

Ces deux boucles sont séparées par une distance, H . De plus, ces deux boucles en pointillés sont positionnées de telle sorte que les points brisés des lignes pointillées imprimées sur la couche supérieure soient situés autour des points médians des lignes pointillées imprimées sur la couche inférieure, et vice versa. La zone interne ($a \times a$) des boucles en pointillés est indiquée comme la zone d'interrogation avec un périmètre de $4a$. L'antenne est alimentée par une paire de lignes à ruban parallèles avec une largeur de ruban de W_f .

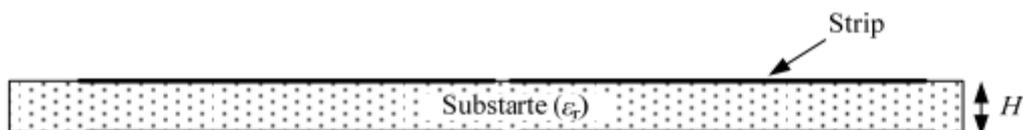
Un circuit d'adaptation peut être utilisé pour obtenir l'adaptation d'impédance d'antenne requise sur une plage de fréquences spécifique. La taille de l'antenne est déterminée par le périmètre de l'antenne cadre segmentée. La vue 3D de l'antenne est fournie sur la figure III.4(d).



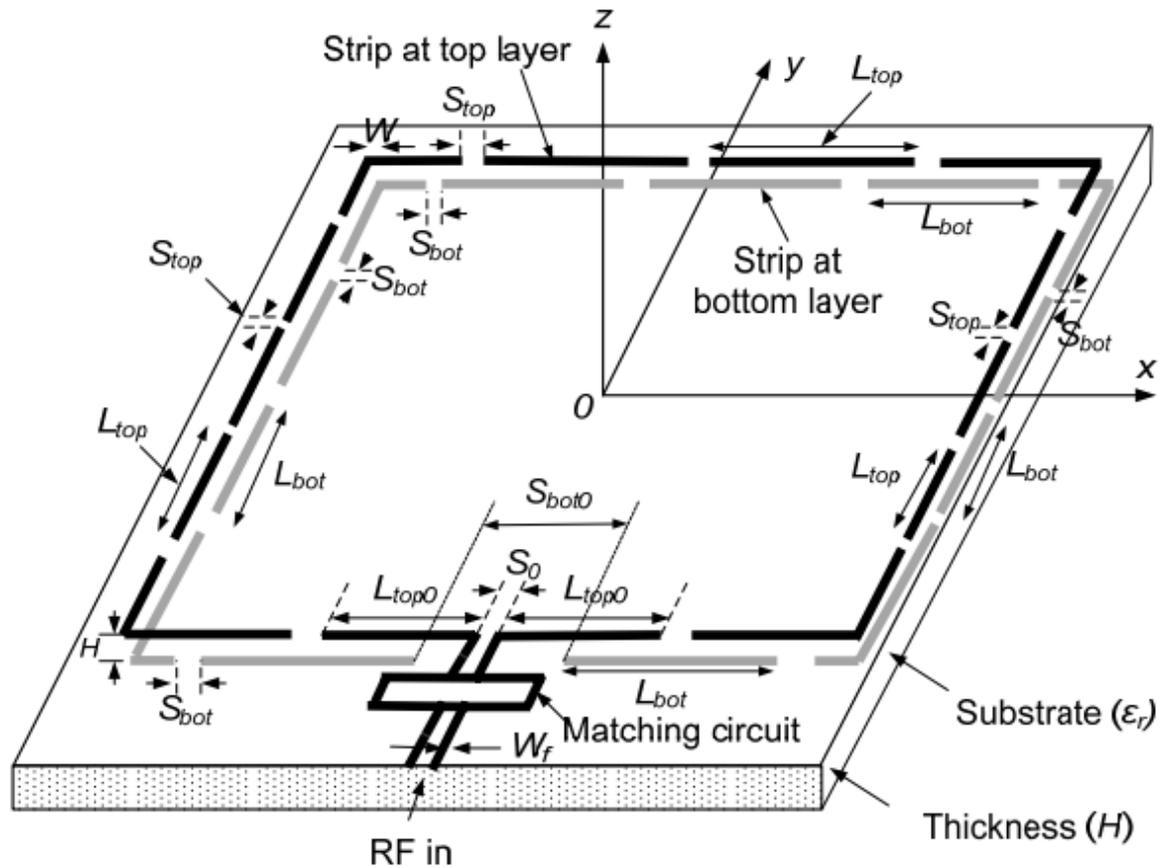
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure III.4. Configuration de l'antenne cadre segmentée couplée de haut en bas proposée :

(a) couche supérieure (b) couche inférieure, (c) vue latérale et (d) vue 3D.

III.6.1 Simulation

Nous avons simulé cette antenne avec le logiciel CST, la figure III.5 montre le modèle de l'antenne dans CST MWS, où un port discret au centre a été appliqué comme l'excitation de l'antenne.

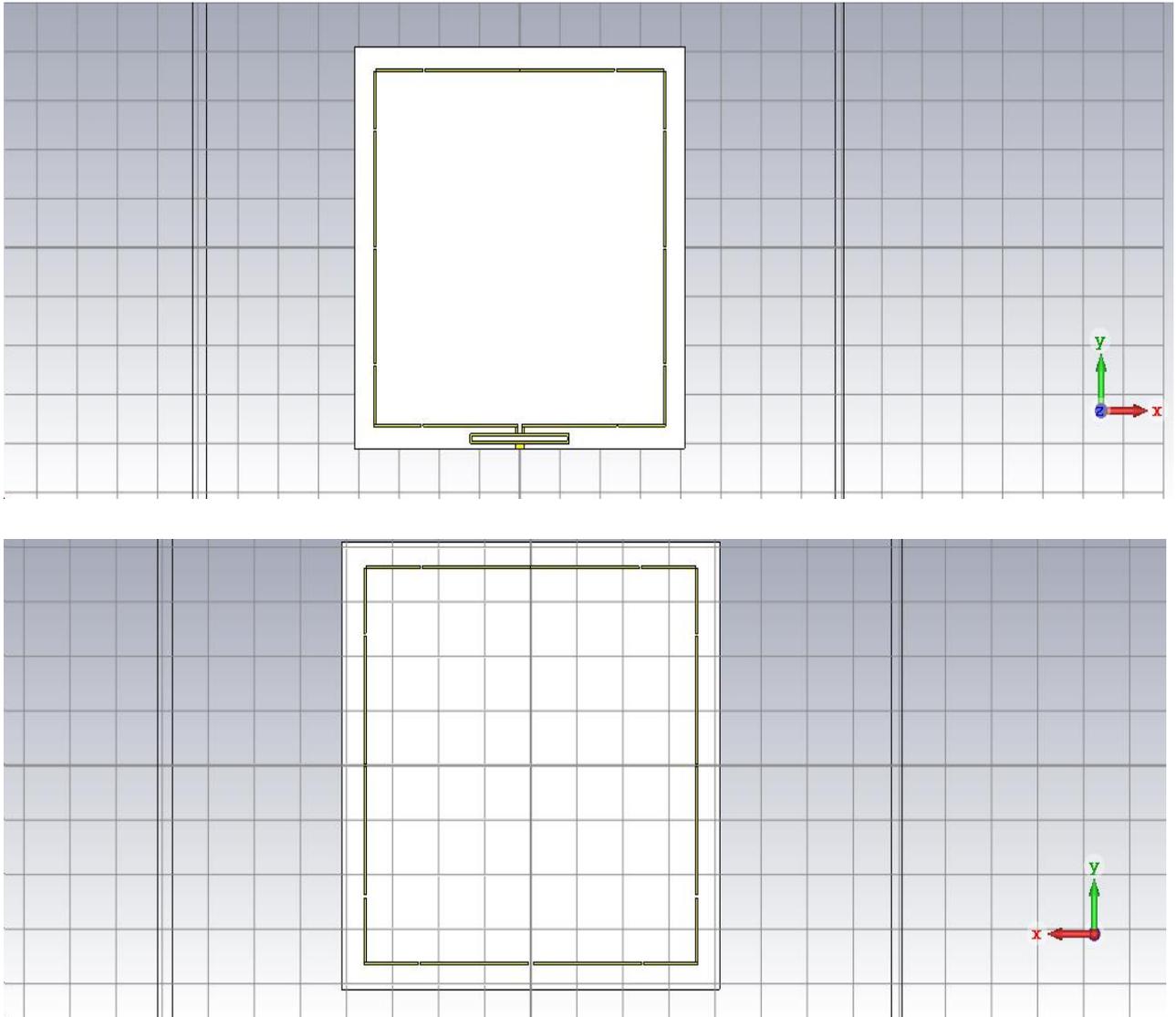


Figure III.5 : Structure de l'antenne **top-to-bottom** conçu sur CST MWS.

- Effet de la longueur " $L_{top0}=14$ " :

Ce paramètre peut être modifié pour améliorer l'adaptation. Comme la montre la Figure III.6 la longueur du stub " L_{top} " varie de 37 mm à 47 mm, nous observons ainsi, que plus la longueur augmente , l'adaptation déplace vers des fréquence plus bas .

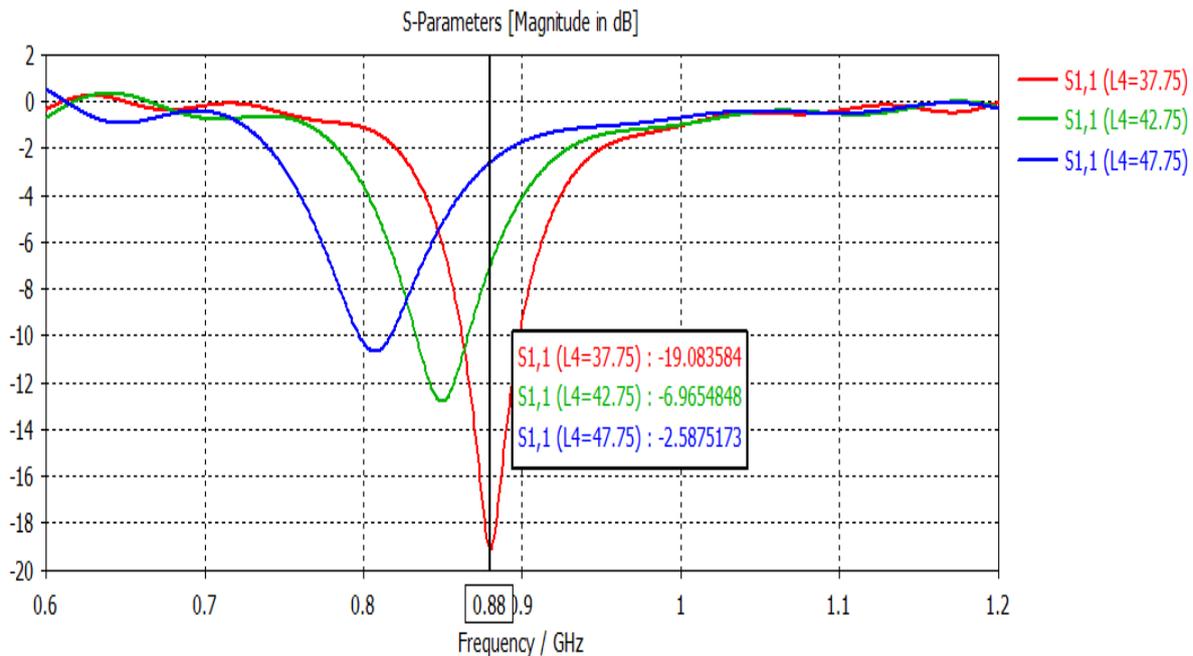


Figure III.6 : Etude paramétrique sur le coefficient de réflexion de l'antenne boucle

➤ Effet de la largeur "Wf" :

. Comme le montre la Figure III.7, On observe qu'une grande variation de ± 3 mm autour de la valeur nominale $Wf = 30$ mm ce qui déplace l'adaptation vers des fréquences plus élevées.

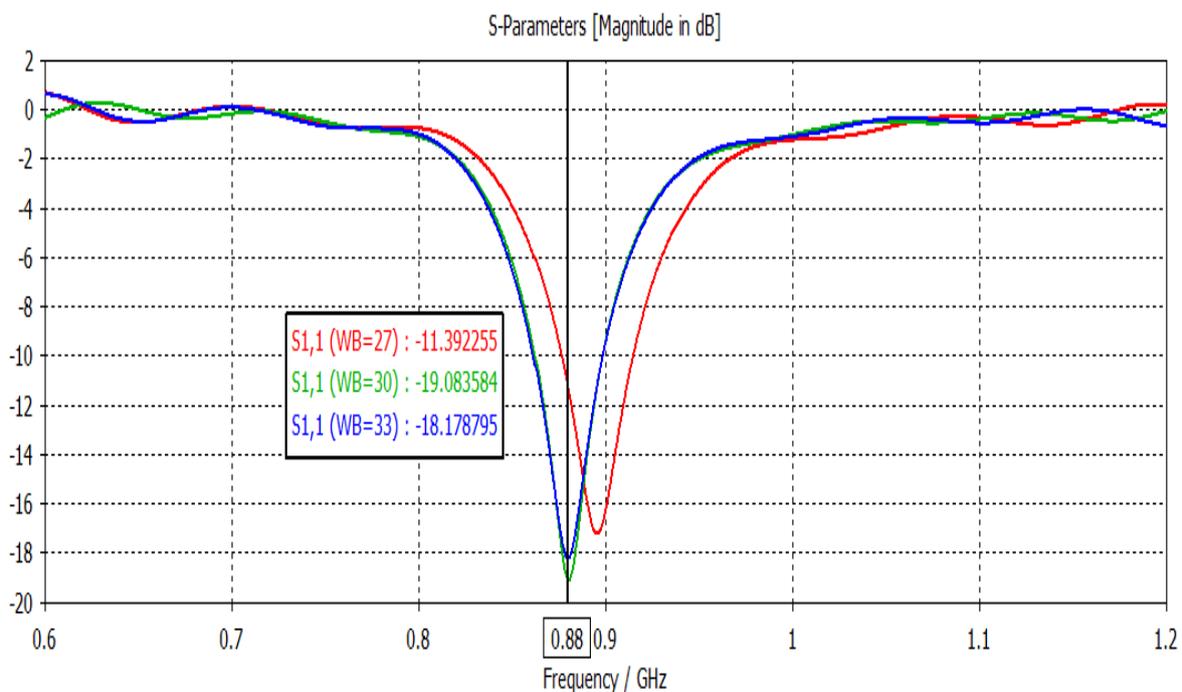


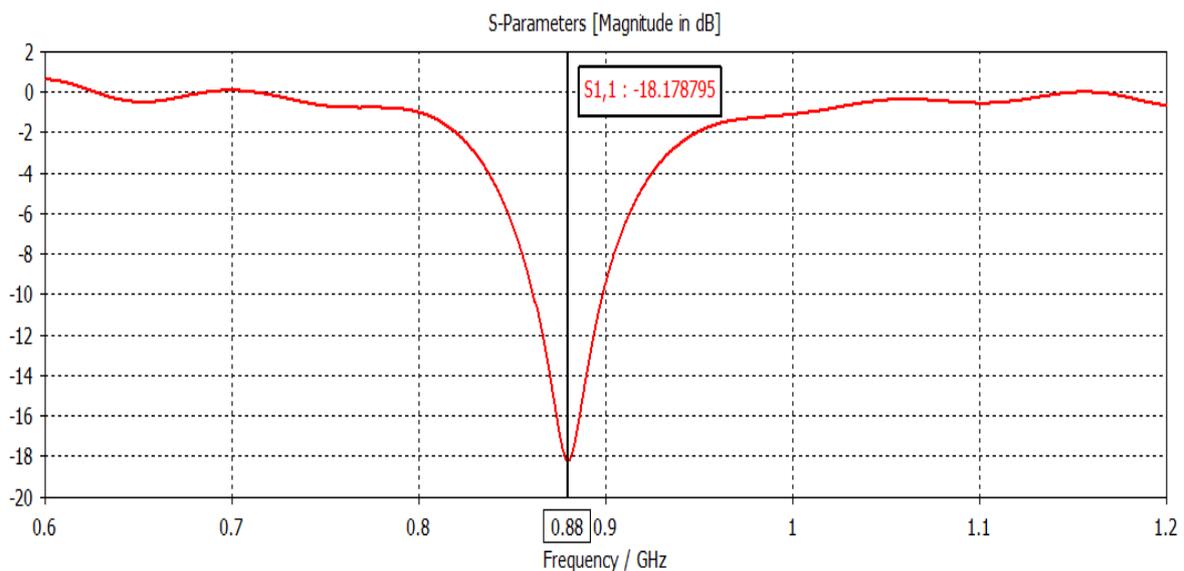
Figure III.7 : Etude paramétrique sur le coefficient de réflexion de l'antenne boucle

❖ Interprétation des performances

. Une antenne cadre segmentée couplée de haut en bas fonctionnant à $f_0 = 880$ MHz est conçue. Les paramètres géométriques détaillés de la conception de l'antenne sont : $a = 154$ mm, $N = 12$, $W = 2$ mm, $H = 1$ mm, $L_{top0} = 37$ mm, $S_0 = 1,3$ mm, $L_{top} = 47$ mm, $S_{top} = 1$ mm, $L_{bot} = 47$ mm, $S_{bot0} = 49,3$ mm et $S_{bot} = 1$ mm. L'antenne est conçue sur un substrat. La source d'alimentation est placée directement à travers les sections de ligne d'excitation de la boucle en pointillés de la couche supérieure. L'antenne segmentée offre une zone d'interrogation de 164×164 mm²,

Donc, pour concevoir ce type d'antenne pour une puce désirée, nous devons commencer avec des paramètres de longueur variable de barres pour approcher l'impédance désirée, et quand cela est atteint.

Pour l'antenne tag proposée, la combinaison de ces deux paramètres géométriques permet d'avoir une bonne adaptation. Le tracé du module du coefficient de réflexion, en fonction de la fréquence est représenté dans la Figure III-8. Nous avons atteint une bonne adaptation $S_{11} \approx -18$ dB à notre fréquence de travail (880 MHz).

**Figure III.8** : Coefficient de réflexion S₁₁ (dB) de l'antenne boucle.

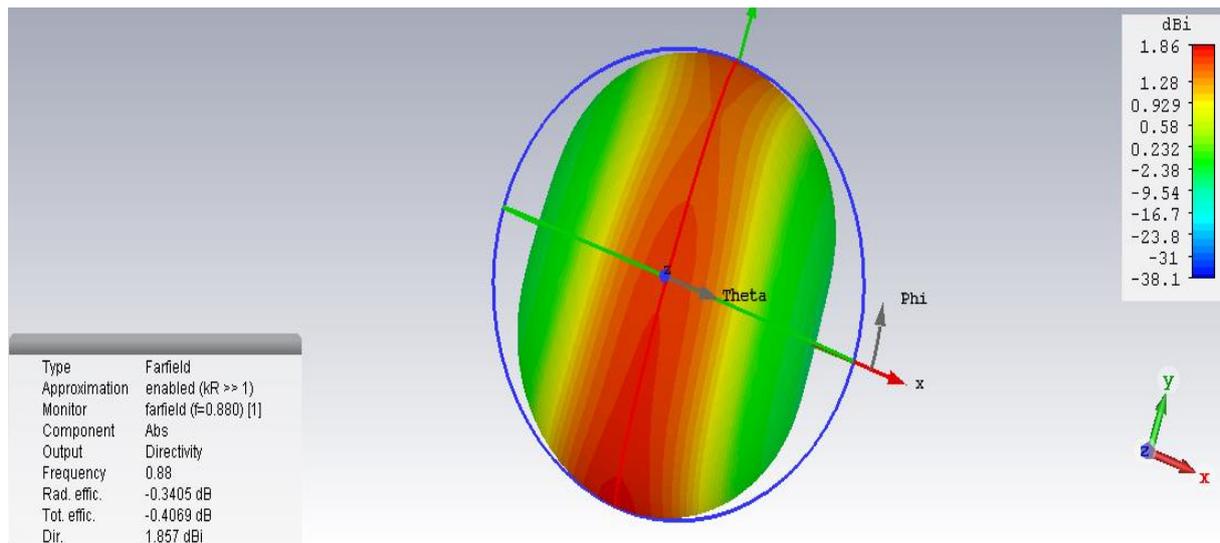


Figure III.9 : Diagramme de rayonnement 3-D (Gain) à $f = 880$ MHz de l'antenne boocle.

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les regions de champs d'antennes RFID UHF. Une nouvelle antennes lecteur géométrie a été conçue, simulées et optimisées. Ce type d'antenne utilise des techniques des stubs pour la miniaturisation et différentes techniques d'adaptation de l'antenne.

L'antenne lecteur conçue est de taille relativement compacte, ont un faible coût et peuvent être utilisées dans une variété d'applications RFID.pris en compte dans la conception pratique.

Conclusion Générale

L'identification par radiofréquence (RFID) est une technologie en plein développement qui utilise les signaux RF pour l'identification automatique des objets. Bien que la RFID soit devenue très populaires ces dernières années, il subsiste un écart important en ce qui concerne la conception précise des étiquettes basée sur une application ou une utilisation spécifique, telle que les stocks, les vêtements, les produits pharmaceutiques, etc. Le système RFID comprend généralement une étiquette RFID, un lecteur et un système d'application (ordinateur). Le tag RFID Constituées d'une puce électronique qui est placée au centre d'une antenne encapsulée ou imprimée. La valeur absolue de la partie imaginaire de l'impédance d'entrée de la puce est beaucoup plus grande que la partie réelle. Les performances de l'étiquette RFID reposent principalement sur l'état d'appariement conjugué entre la puce et l'antenne. Une conception d'antenne réussie doit satisfaire à une condition d'adaptation d'impédance conjuguée. La première partie de cette mémoire était consacrée à un état de l'art sur la technologie RFID, ainsi nous exposons des différentes propriétés fondamentales des antennes utilisées dans le système RFID. La seconde partie, les différentes techniques d'adaptation antenne-puce et de miniaturisation avec les processus de conception ont été exposées. Enfin, les résultats de simulation d'antenne d'étiquette ont été traités. Perspectives En perspectives, nous envisageons de passer à la conception des antennes lecteur RFID, avec différentes polarisations. Aussi concevoir le système RFID global et étudier en particulier la partie récupération d'énergie.

Références

- [1] legifrance.gouv.fr - décision de la Commission générale de terminologie et de néologie sur le terme français radio-identification, le 9 septembre 2006[PDF].
- [2] Harry Stockmaby, Communication by Means of Reflected Power, Proceedings of the IRE, pp. 1196–1204, October 1948
- [3] F.L. Vernon, Jr., Application of the Microwave, Homodyne, IRE Transactions on Antennas and Propagation AP-4, 110 (1952)
- [4] D. B. Harris, Radio transmission systems with modulated passive responder, Brevet. 1959
- [5] « Introduction à la RFID » (version du 13 décembre 2017 sur l'Internet Archive), sur <http://www.centrenational-rfid.com> (consulté février 2021 à
- [6] Meziani Fadia & Mesli F. Zohra, « Implémentation et application de la technologie RFID », Université ABOU-BEKR BELKAID-TLEMCEM, Septembre 2006.
- [7] Christophe Poupinel article sur site web en juin 2007 (consulté février 2021) site Web : <http://rfid.comprendrechoisir.com/comprendre/systeme-rfid>
- [8] Connectwave, la référence des Objets Connectés Professionnels (consulté mai 2021) sur site web : www.connectwave.fr/techno-appli-iot/rfid/les-gammes-de-frequences-rfid/
- [9] « Les gammes de fréquences RFID www.connectwave.fr/techno-appli-iot/rfid/les-gammes-de-frequences-rfid/ », sur <http://www.centrenational-rfid.com> (consulté le 28 février 2021)
- [10] Fatima Zahra Marouf, Etude et conception d'antennes imprimées pour identification radio fréquence RFID UHF (Thèse d'exercice), Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen, 2013 ([PDF])
- [11] Constantine A. Balanis, "Antenna theory: Analysis and Design", 2nd edition, John Wiley & Sons, 1996
- [12] D. M. Pozar, "Microwave Engineering". John Wiley & Sons, second edition, 1998
- [13] Daniel Dobkin, "RF in RFID: Passive RFID UHF in Practice", Newnes, 2008.

- [14] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification", 2nd edition, John Wiley & Sons, 2003
- [15] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, "Theory and measurement of backscattering from RFID tags", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 48, No. 6, December 2006, pp. 212-218.
- [16] Richard C. Johnson, "Antenna Engineering Handbook", 3rd edition, McGraw - Hill, 1992
- [17] Yongming Zhou (2010), "A Novel Slot Antenna for UHF RFID Tag", Wireless, Mobile and Multimedia Networks (ICWMNN 2010), IET 3rd International Conference, Sept. 2010
- [18] Jingmin Yan (2010), "A Novel Patch Antenna for UHF band RFID tag", Wireless and Optical Communications Networks (WOCN), Seventh International Conference On 2010
- [19] Iulian Rosu, "PIFA-Planar Inverted F Antenna", YO3DAC/VAZIUL, <http://www.qsl.net/vaziul>
- [20] K. V. Seshagiri Rao, Pavel V. Nikitin, Sander F. Lam (2005), "Antenna Design for UHF RFID Tags: A Review and a Practical Application", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 12, December
- [21] Harvey Lehpamer, "Design Principles", Artech House, 2008
- [22] M. Fairley, "RFID Smart Labels - A 'How to Guide to Manufacturing and Performance for the Label Converter", second edition, Labels and Labeling, 2007
- [23] G. Marocco, "The art of UHF RFID antenna design: impedance matching and size reduction techniques", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 50, No 1, Jan 2008
- [24] N. Dat Son, et al., "Novel design of RFID UHF passive tag for wideband applications by direct and contactless chip connection," in RFID-Technologies and Applications (RFIDTA), 2012 IEEE International Conference on, 2012, pp. 131-136
- [25] Psion Teklogix, RFID reader products brochure, Available from: http://www.pSION.com/documents/comspecSheets/RFID_brochure010912_EN_A4.pdf
- [26] <http://www.tagsysrfid.com/Products-Services/RFID-Tags/AK>

- [27] AmitRawal, Nemai C. Karmakar, "A Novel L-Shaped RFID Tag Antenna", Proceedings of the 10th EuropeanConference on Wireless Technology, 2007, p. 245-248.
- [28] Youngbaek Choi, Visheon Kim, Jaehoon Choi, "Design of a Dipole Tag AntennaEnclosed by a Short-Stub for UHF RFID Application", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2008, pp. 1-4
- [29]W. Son and C. S. Pyo, "Design of RFID tag antennasusing an inductivelycoupledfeed," IEE Electronics Letters, vol. 41, no. 18, pp. 994–996, Sept. 2005
- [30] T. Lecklider, "The world of the nearfield", Evaluation Engineering, Oct. 2005, available at http://www.evaluationengineering.com/archive/articles/1005/1005the_world.asp
- [31] Packaging Digest, "HF versus UHF technologies, Part Two", available at <http://www.packagingdigest.com/articles/200503/36.php>
- [32] P. Adamcova and Z. Tobes, "UHF RFID Technology and its Applications", 17th International ConferenceRadioelektronika, Apr. 2007, pp. 1–5.
- [33] K. Finkenzeller, RFID Handbook, 2nd Ed, New York: J. Wiley& Sons, 2004.
- [34] R. Bansal, "Near-fieldmagnetic communication," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 46, no. 2, Apr. 2004, pp. 114–115
- [35] P. Raumonon, L. Sydanbeimo, L. Ukkonen, M. Keskilammi and M. Kivikoski, "FoldedDipoleAntenna Near Metal Plate," Proc. IEEE Antennas and Propagation Soc. Int. Symp., Jun. 2003, pp. 848–851.
- [36] X. Qing, Z. N. Chen, and C. K. Goh, "Platform Effect on RFID Tag Antennas and Co-design Considerations", Proc. Asia Pacific Microw. Conf., 2008, APMC2008, Dec. 2008.
- [37] T. Lecklider, "The world of the nearfield", Evaluation Engineering, Oct. 2005, available at http://www.evaluationengineering.com/archive/articles/1005/1005the_world.asp
- [38] H. Barthel, "Regulatorystatus for RFID in the UHF spectrum," EPCGlobal, Brussels, Belgium, Sep. 2007, available at http://www.epcglobalinc.org/tech/freq_reg/RFID_at_UHF_Regulations_20070504.pdf
- [39] P. Harrop, "Near field UHF vs. HF for item leveltagging", IDTechEx article available at http://www.eurotag.org/?Articles_and_Publications

[40] Impinj, available at <http://www.impinj.com>

[41] Packaging Digest, “HF versus UHF technologies, Part Two”, available at <http://www.packagingdigest.com/articles/200503/36.php>

[42] R. Glidden et al., “Design of ultra-low-cost UHF RFID tags for supplychain applications”, IEEE Communications Magazine, vol. 42, no. 8, Aug. 2004, pp. 140– 151.

[43] R. L. Copeland and G. M. Shafer, "RFID nearfieldmeanderline-like microstripantenna", US Patent, US 2007/0268143 A1, Nov. 22, 2007.

[44] X. Qing, Z. N. Chen, A. Cai, "Multi-loopantenna for high frequency RFID smart shelf application", IEEE Antennas and Propagation International Symposium, Jun. 2007, pp. 5467– 5470.

[45] Z. Liu, R. R. Hillegass, “A 3 patchsnearfieldantenna for conveyorbottomread in RFID sortation application”, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2006, pp. 1043–1046.

[46] J. Flores et al., “Performance of RFID tags in near and far field”, IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, Jan. 2005, pp. 353–357

[47] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, “Performance Limitations of Passive UHF RFID Systems”, Proceedings of IEEE Antennas and Propagation Symposium, Jul. 2006, pp. 1011– 1014

[48] T. A. Milligan, Modern Antenna Design, 2nd ed.: John Willey& Sons, Inc, 2005, pp.260–264