



# ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES APPLIQUÉES DE KÉNITRA

Moroccan foundation for Advanced Science, Innovation  
and Research  
(MAScIR)

Rapport de Projet de Fin d'Année

## **Étude et réalisation d'un system RFID**

Réalisé par :  
Otmane BOUAYAD

Encadré par :

Mme Tomader MAZRI : Encadrante Académique  
Mme Ilham BOUZIDA : Encadrante professionnelle

(Du 15 Février au 25 Août 2016)



# Dédicace

I would like to dedicate this work to my wife, Oumaima, for her love, encouragement, and continuous support, my parents, who has taught me many things in life and include the one thing I've tried to live by : *"Never give up on your dreams. Hard work and diligence will see you through so long as you never give up."* So it is with all my love, respect, and admiration that I dedicate this to you. My sister and my best friends forever Reda and Nouhaila, my future engineers. remember *"Accomplishment is product of thoughts, mind is everything"*.



# Remerciements

*Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements, à ceux qui nous ont beaucoup aidé au cours de ce stage, et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.*

*Aussi, Nous tenons plus particulièrement à remercier Mme Ilham BOUZIDA, ingénieur qualité dans l'équipe packaging à MAScIR, et à M. Brahim LAKSSIR, chef de service packaging à MAScIR, nos maîtres de stage qui ont la part de lion dans notre formation et accompagnement professionnels avec beaucoup de patience et de savoir-faire.*

*Je souhaite remercier mon promoteur et mon encadrant à l'école Pr. Tomader MAZRI pour ses instructions et son aide lors du stage.*

*Finalement , nous remercions l'ensemble des employés de la Fondation MAScIR pour les conseils qu'ils ont pu nous prodiguer au cours de ce stage.*

*Enfin, j'adresse tous mes remerciements les plus sincères à tous les enseignants de l'ENSA de Kénitra pour avoir contribué à la formation que j'ai acquise lors de mon cursus.*



# Table des matières

Remerciements . . . . .	5
Introduction . . . . .	13
<b>1 Présentation de l'entreprise d'accueil</b>	<b>15</b>
1.1 Présentation générale de MAScIR . . . . .	15
1.1.1 Partenaires de la foundation . . . . .	16
1.1.2 Structure et hiérarchie . . . . .	16
1.2 Présentation du département microélectronique . . . . .	17
1.2.1 Mission . . . . .	17
1.2.2 Laboratoires . . . . .	17
1.2.3 Équipements . . . . .	18
1.3 Description et déroulement du stage . . . . .	19
1.3.1 Activités exercées . . . . .	19
1.3.2 Répartition des tâches . . . . .	19
<b>2 Contexte Général du projet</b>	<b>21</b>
2.1 Cahier des charges . . . . .	21
2.1.1 Objectif . . . . .	21
2.1.2 Cachier des charges . . . . .	21
2.1.3 Mise au point de la problématique . . . . .	21
2.2 Déroulement chronologique du stage . . . . .	22
2.2.1 Etapes de réalisaion . . . . .	22
2.2.2 Diagrammes de Gantt . . . . .	23
2.3 Décomposition du projet . . . . .	23
<b>3 Etude détaillée du Projet</b>	<b>25</b>
3.1 Description de la solution . . . . .	25
3.1.1 Le system de base RFID . . . . .	25
3.1.2 Les composants essential d'un system RFID . . . . .	26
3.1.3 Source d'énergie d'un Tag . . . . .	28
3.1.4 Fréquences de fonctionnement . . . . .	29
3.1.5 Fonctionnalité . . . . .	32
3.1.6 Normes . . . . .	33
3.1.7 Modes de transfert d'énergie et de communication . . . . .	33
3.1.8 Liaison montante et liaison descendante . . . . .	34
3.2 LLRP . . . . .	36
3.3 SmartFlah . . . . .	36
3.4 Antenne UHF . . . . .	37
3.4.1 Introduction . . . . .	37

3.4.2	Tag antenne et Base du die . . . . .	37
3.4.3	Design du Tag . . . . .	38
3.4.4	Conception de mise en œuvre pratique . . . . .	40
3.4.5	Minaturisation des antenne CLA . . . . .	41
3.5	conslution . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Réalisaion et simulation du projet</b>	<b>47</b>
4.1	Outils de réalisation et de simulation . . . . .	47
4.1.1	Visuel Studio et .net C sharp . . . . .	47
4.1.2	Android Studio . . . . .	47
4.1.3	CST studio . . . . .	47
4.2	Réalisation du projet . . . . .	47
4.2.1	Antenne UHF . . . . .	47
4.3	Test et vérification . . . . .	50
4.4	Mise en œuvre et plan de de maintenance . . . . .	50



# Table des figures

1.1	Localisation de la fondation MAScIR . . . . .	15
1.2	Salle blanche . . . . .	18
1.3	Laboratoire de fiabilité et analyse de défauts . . . . .	18
3.1	Illustration du système RFID . . . . .	26
3.2	Tag RFID . . . . .	26
3.3	Interaction du Lecteur RFID avec son environnement . . . . .	27
3.4	Mode de transfert d'énergie non simultané . . . . .	34
3.5	Mode de transfert d'énergie simultané . . . . .	34
3.6	L'antenne proposée . . . . .	37
3.7	le circuit équivalent pour (a) une antenne en boucle; (b) RFID tag puce .	38
3.8	Circuit d'adaptation L-shape . . . . .	39
3.9	Illustration RFID . . . . .	40
3.10	UHF étiquette considérée . . . . .	41
3.11	CLA - S11 . . . . .	42
3.12	far-field pattern avant miniaturisation . . . . .	42
3.13	CLA après miniaturisation . . . . .	43
3.14	X-Ray du tag UHF . . . . .	43
3.15	Tag UHF améliorer . . . . .	44
3.16	S11 apres coupage de 2mm . . . . .	44
3.17	S11du tag UHF améliorer . . . . .	45
4.1	Radiation pattern . . . . .	48
4.2	réflexion,conduction,perte de diélectrique . . . . .	49
4.3	Paramettre de sumulation CLA . . . . .	50
4.4	Paramettre de sumulation CLA . . . . .	50
4.5	Paramettre de sumulation CLA . . . . .	50



# Liste des tableaux

2.1	QQOQCP . . . . .	22
2.2	Répartition des tâches . . . . .	23
3.1	Comparaison de tag passif , semi- passif et actif . . . . .	29
3.2	fréquences de fonctionnement RFID . . . . .	30
3.3	Classes de fonctionnalité des Tags . . . . .	33
3.4	Réseau d'adaptation . . . . .	40
3.5	Distance de lecture . . . . .	41



# Introduction

Le terme RFID englobe toutes les techniques qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes. Le système RFID autrement dit l'identification par radio fréquence est une technique qui permet de mémoriser et de récupérer des informations à distance grâce à une étiquette qui émet des ondes radio.

Le système RFID (audiofréquence identification) est une technique très attractive pour l'entreprise qui offre la possibilité d'une gestion automatique du nombre conséquent d'informations qu'elle doit traiter. Les équipements adaptés à ce système permettent de synchroniser les flux physiques avec les flux d'informations.

Dans le cadre du projet de fin d'études, j'ai eu l'opportunité de travailler sur cette technique avec la fondation MAScIR qui occupe une position leader sur le marché de la micro-électronique.

Le projet de fin d'études porte alors, sur l'étude et la réalisation d'une solution RFID UHF qui assure l'identification et la traçabilité des entrées et sorties des palettes. Choisir les tags adaptés aux besoins en respectant les conditions d'utilisation et type de lecteur. Développer un logiciel de gestion des palettes. D'autre part, la réalisation d'un transpondeur RFID UHF et une application Android pour gestion du secteur d'agriculture.

Le mémoire que je présente est organisé en 6 chapitres.

- Chapitre 1 : présentation de l'entreprise d'accueil ainsi qu'une description du déroulement du stage.
- Chapitre 2 : contexte général du Projet.
- Chapitre 3 : étude bibliographique, et principe de fonctionnement d'un système RFID.
- Chapitre 4 : conception et test de la partie logiciel.
- Chapitre 5 : étude du besoin du secteur agriculture et développement de l'application Android.
- Chapitre 6 : conception d'un transpondeur RFID UHF.



# Chapitre 1

## Présentation de l'entreprise d'accueil

### 1.1 Présentation générale de MAScIR

MAScIR (Moroccan foundation for Advanced Science, Innovation and Research) est un organisme de recherche à caractère scientifique et technologique. Il est voué à la recherche en nanotechnologie, en biotechnologie, en technologie numérique, en micro-électronique, en énergie et en environnement, la fondation se veut présenter là où les enjeux de la société l'exigent.

La figure suivante montre l'emplacement de l'entreprise.

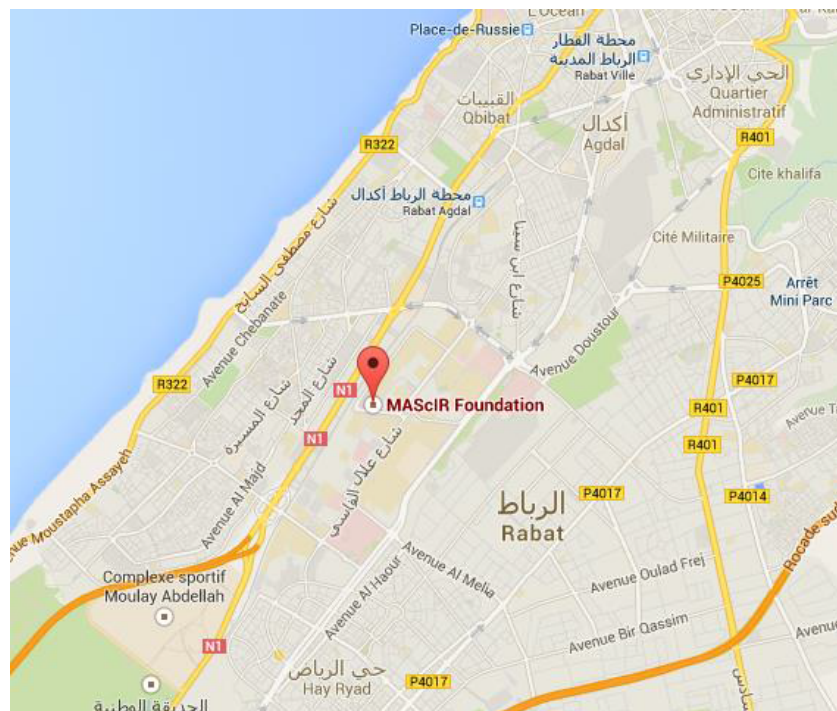


FIGURE 1.1 – Localisation de la fondation MAScIR

Rassemblant d'éminents chercheurs des quatre coins du monde, MAScIR regroupe

des équipes scientifiques œuvrant dans des domaines innovants et complémentaires et met à leur disposition une infrastructure scientifique de pointe.

Initialement fondée en 2007 par le Gouvernement Marocain en tant que fondation à but non lucratif MAScIR a continué son expansion en créant :

**MAScIR MicroElectronics** a pour objectif de devenir un centre de Recherche et Développement dans le domaine de la microélectronique.

**MAScIR BioTechnology** deuxième centre inscrit dans MAScIR œuvrant dans le domaine de la biotechnologie : recherche et développement des médicaments ou des biocides.

**NanoTechnology** qui a pour mission de mener des recherches appliquées, innovantes et à la fine pointe de la technologie dans le domaine des nanomatériaux et des nanotechnologies. Ces recherches sont menées par une équipe internationale de haut calibre travaillant dans un environnement unique et utilisant une infrastructure de pointe.

### 1.1.1 Partenaires de la foundation

Les principaux partenaires de la fondation MAScIR MicroElectronics sont :

**Lear Corporation** est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de sièges automobiles et les systèmes de gestion de l'énergie électrique.

**Thales** figure parmi les leaders européens de la fabrication et de la commercialisation d'équipements et de systèmes électroniques destinés aux secteurs de l'aérospatial, du transport, de la défense et de la sécurité.

**OCP** est un acteur incontournable sur le marché des phosphates et de ses produits dérivés. Présent sur toute la chaîne de valeur, il est le premier exportateur de cette matière dans le monde.

**COSUMAR** est un groupe marocain, filiale de la Société nationale d'investissement, spécialisé dans l'extraction, le raffinage et le conditionnement du sucre sous différentes formes. Il est devenu l'unique opérateur sucrier marocain après l'acquisition de SUTA, SUCRAFOR, SUNABEL et SURAC en 2005.

**STERIMED** est une société spécialisée dans le domaine de l'eau et des technologies de l'environnement. Son objectif est d'accompagner les entreprises et collectivités dans la résolution des problématiques liées à l'eau, l'environnement.

### 1.1.2 Structure et hiérarchie

La Fondation est gérée par un conseil d'administration qui est investi de pouvoirs de gestion à cet égard. Le Conseil dispose de quatre comités distincts : un Comité d'Investissement, un Comité de suivi, un comité de vérification et un Comité de Rémunération ; qui assurent une gestion rapprochée des sujets relatifs à leur mission.

**Conseil d'administration** détermine les orientations stratégiques de MAScIR et veille à leur mise en œuvre dans des réunions régulières. En prenant des décisions, le Conseil compte sur le travail des comités spécialisés.

**Comité de vérification** le rôle principal du Comité d'audit est de permettre à la Commission de veiller à la qualité des contrôles internes et l'intégrité de l'information divulguée aux intervenants et aux partenaires.



**Comité des Rémunérations** est responsable de faire des recommandations au Conseil sur la nomination des administrateurs. Il est également responsable de l'examen de la politique en matière de rémunération de la haute direction au sein de MAScIR.

**Comité de suivi** surveille la mise en œuvre effective et correcte des projets dans le cadre de l'accord signé entre MAScIR et le Gouvernement marocain.

**Comité d'Investissement** assiste le Conseil d'administration dans l'accomplissement de sa responsabilité de surveillance pour les actifs d'investissement liés à l'équipement scientifique.

## 1.2 Présentation du département microélectronique

MAScIR Micro est un centre d'innovation et développement de technologie dans le domaine de la microélectronique. Il se focalise sur la simulation, les tests, le design, le packaging, la qualification et le prototypage des produits microélectroniques.

### 1.2.1 Mission

Le programme Microélectronique a réuni une équipe de direction de classe mondiale pour assurer la traction initiale sous licence des technologies de pointe qui sont disponibles pour une utilisation immédiate.

Le programme Microélectronique a réuni une équipe de direction de classe mondiale pour assurer la traction initiale sous licence des technologies de pointe qui sont disponibles pour une utilisation immédiate.

MAScIR Micro fournit des services pour des clients industriels, mais elle développe aussi son propre business dans les domaines suivants :

- L'intégration et la miniaturisation des systèmes microélectroniques.
- L'analyse de fiabilité et défaillance des produits.
- Modélisation des systèmes complexes.
- Prototypage et industrialisation des produits innovants.
- Industrialisation des idées et résultats académiques.

### 1.2.2 Laboratoires

Le département microélectronique de MAScIR possède plusieurs laboratoires équipés de technologie avancée :

- Salle blanche
- Laboratoire de fiabilité et analyse de défauts
- Laboratoire électronique



FIGURE 1.2 – Salle blanche



FIGURE 1.3 – Laboratoire de fiabilité et analyse de défauts

### 1.2.3 Équipements

- Ligne CSP (Chip Scaled Packaging)
- Ligne SMT (Surface Mount Technology)
- SAM (Scanning Accoustic Microscope)
- X-Ray
- Chambres climatiques

Pour plus d'informations, visiter le site de l'entreprise : <http://www.mascir.ma>.

## 1.3 Description et déroulement du stage

### 1.3.1 Activités exercées

Durant ce stage de fin d'études, j'ai eu l'opportunité de côtoyer le monde industriel et plus précisément de la microélectronique ce qui m'a permis d'assister et participer à plusieurs missions et projets que ce soit au sein de MAScIR ou à l'extérieur.

Mis à part le travail sur mon projet, j'ai pu suivre le processus du packaging allant du découpage wafer au marquage boîtier et sciage.

Parallèlement, J'ai assisté à des manœuvres de vérification de qualité des produits livrés à MAScIR.

Par ailleurs, j'ai pu bénéficier d'un encadrement étroit en préparant des réunions pour garantir un bon état d'avancement du projet.

### 1.3.2 Répartition des tâches

1<sup>ÈRE</sup> ET 2<sup>ÈME</sup> SEMAINES :

- Visite du local et réunions pour cerner le projet.
- Bibliographie sur les system RFID.

3<sup>ÈME</sup> ET 4<sup>ÈME</sup> SEMAINES :

- Etude du marcher et choix des tags et lecteur rfid.
- Participer à la résolution des problèmes du lecteur existant.

5<sup>ÈME</sup> ET 6<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- Etude et familiarisation avec le langage *.NET C#*
- Realisation d'un prototype de test de lecture de tages.

7<sup>ÈME</sup> ET 8<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- Proposition d'algorithme d'amelioration des performance de la commincation client-lecteur
- Implementation final du prototype du nouveau protocol de communiacion client lecteur.

9<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- Developpement d'une interface utilisateur pour le control du flux des donnee et gestion de stockage.
- Etude du marcher marcaine de l'agrigulture et Etude de besoin .

10<sup>ÈME</sup> ET 11<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- Developpement de la Version une de l'application SmartFlah.
- Amelioration de la version une de l'application SmartFlah

12<sup>ÈME</sup> ET 13<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- Etude Profondis sur les Tag RFID UHF.
- Realisation du 1er prototype d'antenne UHF RFID

14<sup>ÈME</sup> ET 15<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- Etude des methode d'optimisation du tailet performance d'antenne.
- simulation sur CST du 2eme prototype d'antenne

16<sup>ÈME</sup> ET 17<sup>ÈME</sup> SEMAINE :

- simulation sur CST du 3eme prototype d'antenne
- Redaction du rapport



## Chapitre 2

# Contexte Général du projet

Le but de ce chapitre est de présenter la problématique du projet, le cahier des charges, la démarche suivie pour répondre au besoin de l'ensemble des parties prenantes du projet et le plan d'action.

### 2.1 Cahier des charges

#### 2.1.1 Objectif

L'objectif de ce projet est l'étude et la réalisation d'une solution RFID UHF qui assure l'identification et la traçabilité des entrées et sorties des palettes. Choisir les tags adaptés aux besoins en respectant les conditions d'utilisation et type de lecteur et de développer un logiciel de gestion des palettes. Et comme deuxième axe, la réalisation d'un transpondeur RFID UHF et une application Android pour gestion du secteur d'agriculture qui permet à l'utilisateur de profiter des fonctions offertes par le système à distance.

#### 2.1.2 Cahier des charges

Assurer l'identification et la traçabilité des entrées / sorties palettes

- Choix des puces/tags adaptés aux besoins (conditions d'utilisation et type de lecteur).
- Établir un programme de gestion des palettes en assurant la traçabilité de leur mouvement.
- Réalisation et test d'un prototype.

#### 2.1.3 Mise au point de la problématique

Ce projet consiste à développer un système de traçabilité des entrées et sorties des palettes. Trouver les causes racines, choisir les solutions optimales pour un problème ou une situation nécessite une grande compréhension du problème. Dans ce sens, la méthode QQOQCP permet d'avoir des informations élémentaires suffisantes sur toutes les dimensions du problème, pour identifier ses aspects essentiels.

Quoi	Activité : Développement d'un un système de traçabilité Produit : logiciel de reconnaissance faciale, Application Android, Tag UHF
Qui	Division : Client MAcIR
Où	MAcIR
Quand	Du 15/02/2016 au 15/06/2015
Comment	État d'art sur les techniques RFID existantes afin de développer un autre plus adapté.
Pourquoi	Fournir un système de traçabilité des entrées et sorties des palettes.

TABLE 2.1: QQQQCP

## 2.2 Déroulement chronologique du stage

Durant les 4 mois de mon stage, les tâches relatives à mon projet de stage sont organisé de la façon suivante :

### 2.2.1 Etapes de réalisaion

Tâche	Date de début	Date de fin	Durée
Visites et réunions	16/02/16	18/02/16	3 jours
Bibliographie RFID	15/02/16	26/02/16	10 jours
Étude du marcher et choix des tags et lecteur RFID	29/02/16	04/03/16	5 jours
Participer à la résolution des problèmes du lecteur existant.	07/03/16	11/03/16	5 jours
Étude et familiarisation avec le langage <i>.NET C#</i>	14/03/16	18/03/15	5 jours
Réalisation d'un prototype de test de lecture de tags	14/03/15	25/03/15	10 jours
Étude et proposition d'algorithme pour amélioration des performance de la communication client-lecteur	28/03/16	30/03/16	3 jours
Implémentation final du prototype du nouveau protocole de communication client lecteur.	30/03/16	10/04/16	11 jours
Développement d'une interface utilisateur pour le contrôle du flux des données et gestion de stockage.	11/04/16	19/04/16	7 jours
Étude du marcher marocaine de l'agriculture et Étude de besoin	20/04/16	22/04/16	3 jours
Développement de la Version une de l'application Smart-Flah.	20/04/16	25/04/16	5 jours

Étude Approfondis sur les Tag RFID UHF	25/04/16	28/04/16	4 jours
Prestation de MAsIR a SIAM	29/04/16	29/04/16	1 jours
Amélioration de la version une de l'application SmartFlah	02/05/16	04/05/15	3 jours
Réalisation du 1 er prototype d'antenne UHF RFID	05/05/16	13/05/16	7 jours
Étude des méthode d'optimisation du taille et performance d'antenne.	16/05/16	20/05/16	2 jours
simulation sur CST du 2 ème et 3 ème prototype d'antenne	23/06/16	10/06/16	15 jours
Rédaction du rapport	11/06/16	15/06/16	4 jours

TABLE 2.2: Répartition des tâches

### 2.2.2 Diagrammes de Gantt

figures...

## 2.3 Décomposition du projet

Le projet est décomposé principalement en 3 parties :

- Développement du Middleware et de l'interface graphique : une partie qui consiste a assurer la communication entre le serveur et le lecteur RFID.
- Développement de l'application SmartFlah pour la gestion des tags animal.
- Le transpondeur : la conception du transpondeur UHF RFID de petite taille.

Chaque partie sera étudiée indépendamment dans les chapitres qui suivent.





## Chapitre 3

# Etude détaillée du Projet

RFID ou identification par fréquence radio, est une technologie en croissance rapide qui a le potentiel de faire de grands impacts économiques sur de nombreuses industries. Bien que la RFID est une technologie relativement ancienne, les progrès les plus récents dans la technologie de fabrication de puces RFID font pratique pour de nouvelles applications et paramètres.

Ce chapitre est dédié à l'étude détaillée de la solution RFID.

### 3.1 Description de la solution

Cette section présente les bases des systèmes RFID et offre la taxonomie des différents types de systèmes RFID. Nous discutons brièvement deux normes RFID majeures et comment ils se rapportent à la pratique.

#### 3.1.1 Le system de base RFID

La discussion de la technologie RFID a tendance à se concentrer uniquement sur les étiquettes. Il est plus exact de voir RFID comme un système complet qui comprend non seulement des étiquettes, mais aussi d'autres éléments importants. Les systèmes RFID sont constitués d'au moins trois composants principaux :

- Les étiquettes RFID ou transpondeurs, qui transportent des données d'objet d'identification.
- Lecteurs RFID, ou des émetteurs-récepteurs, lire et écrire des données dans l'étiquette.
- Bases de données associés pour l'enregistrement de la donnée d'identification

Nous illustrons l'interaction de ces composants dans la figure 3.1. Sur cette figure, trois étiquettes sont lisibles par un ou les deux lecteurs, A et B. Par exemple, l'étiquette 1 est lisible que par A, tandis que l'étiquette 2 est lisible par A et B, peut-être en raison de restrictions l'accès. Les lecteurs peuvent alors se connecter à des bases de données avec des enregistrements associés à des données d'identification. Dans ce cas, deux bases de données ont chacun leur propre record.

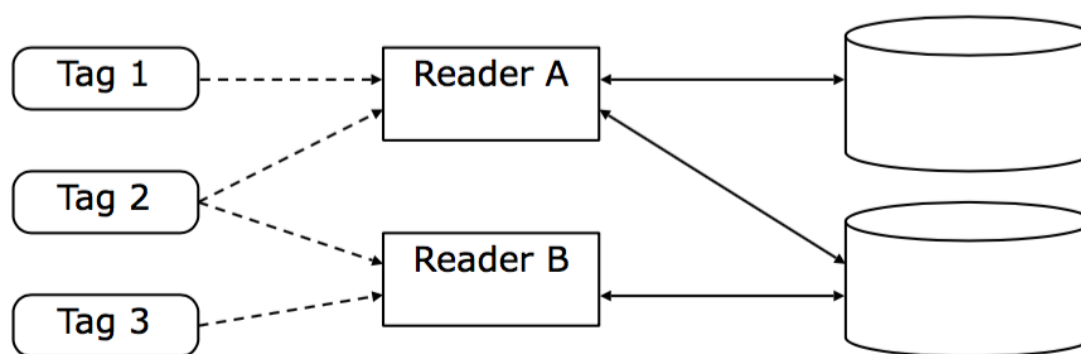


FIGURE 3.1 – Illustration du système RFID

### 3.1.2 Les composants essentiel d'un system RFID

#### Les tags

Les tags sont attachés à tous les objets à identifier dans un système RFID. Un tag est généralement composé d'une antenne ou un élément de couplage, et un circuit intégré. Un important distinction qui sera discuté plus tard est la source d'alimentation d'un tag. Souvent, les étiquettes ne portent pas une source d'alimentation et doit passivement récolter toute l'énergie d'un signal RF.

Il existe plusieurs types de tags qui offrent des fonctionnalités différentes, ont des puissances différentes de sources ou fonctionnent à des fréquences radio différentes. Chacune de ces variables permet de déterminer quelles applications une étiquette particulière peut être approprié. Ces différences seront examinées plus loin dans ce chapitre.

Les étiquettes modernes ont tendance à mettre en œuvre la fonctionnalité d'identification sur un circuit intégré (IC) qui assure le calcul et le stockage. Dans le procédé de fabrication, ce circuit intégré est fixé ou "Attaché" à une antenne avant d'être emballés dans un facteur de forme, comme une capsule de verre ou d'une feuille, qui est intégré dans un produit final. Dans la pratique, les différents fournisseurs effectuent souvent chacune de ces étapes de fabrication. Autres RFID dessins peuvent être «chipless» ou avoir des informations d'identification au moment de la fabrication, à savoir "Écriture une fois, lecture nombreuse".

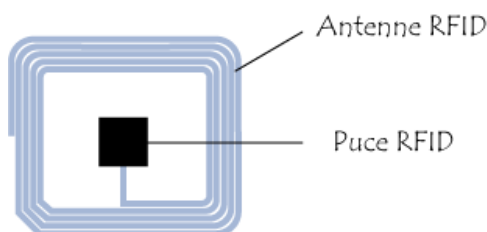


FIGURE 3.2 – Tag RFID

#### Reader/Lecteur

Les lecteurs RFID communiquent avec des tag à travers un canal RF pour obtenir l'identification. Selon le type de l'étiquette, cette communication peut être un simple ping

ou peut être un protocole plus complexe de caractère multi-tour. Dans les environnements avec de nombreux points, un lecteur peut avoir à effectuer une algorithmme d'anti-collision pour veiller à ce que les conflits ne peuvent pas se produire. Les protocoles anti-collision permettent aux lecteurs de communiquer rapidement avec beaucoup de tags en série.

Les lecteurs alimentent souvent ce que l'on appelle les étiquettes passives à travers leur canal de communication RF. Ces types d'étiquettes ne portent aucune puissance à bord et comptent uniquement sur un lecteur pour fonctionner. Étant donné que ces tag sont si limitées, il compter sur un lecteur pour effectuer des calculs. Les lecteurs se présentent sous plusieurs formes, fonctionnent sur de nombreuses fréquences différentes, et peuvent offrir un large éventail de fonctionnalités. Les lecteurs peuvent avoir leur propre puissance de traitement et de stockage interne, et peuvent offrir une connectivité réseau. Les lecteurs pourraient être une simple conduit à un système externe, ou pourraient stocker toutes les données pertinentes au niveau local.

À l'heure actuelle, de nombreuses applications reposent sur des dispositifs de lecture fixes. Les premiers essais de EPC à une grande chaîne de supermarchés intégrés dans les lecteurs entrées accueil baies fixes. Ces lecteurs scannent les étiquettes au niveau de la palette que les livraisons de produits arrivent.

Les lecteurs RFID peuvent également être intégrés dans des appareils mobiles portatifs. Ces lecteurs mobiles permettraient à quelqu'un, par exemple, faire l'inventaire d'un entrepôt en marchant à travers ses allées. Le fabricant de téléphone cellulaire Nokia propose déjà des fonctionnalités RFID de lecture dans certains de leurs téléphones cellulaires. les balises de type EPC deviennent très réussie, intéressante et les applications grand public utiles pourraient se poser. Si cela se produit, la fonctionnalité de lecture RFID pourrait devenir une caractéristique commune sur les téléphones, PDA, ou d'autres dispositifs informatiques portables cellulaires.

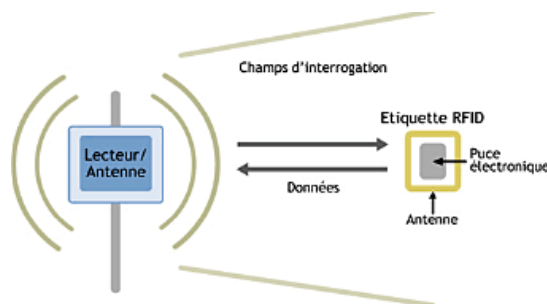


FIGURE 3.3 – Interaction du Lecteur RFID avec son environnement

### La bases de donnée

bases de données RFID associent l'identifiant de tag avec un enregistrements. Ces enregistrements peuvent contenir des informations sur les produits, les journaux de suivi, les données de ventes, ou les dates d'expiration. Des bases de données indépendantes peuvent être construites tout au long de la chaîne d'approvisionnement par des utilisateurs indépendants, ou peuvent être intégrés dans un système de base de données centralisée ou fédérée.

Les bases de données sont supposées avoir une connexion sécurisée aux lecteurs. Bien qu'il existe des scénarios où les lecteurs peuvent ne pas être dignes de confiance, il est souvent utile de faire écrouler les notions de lecteur et la base de données en une seule

entité. Par exemple, si les étiquettes contiennent toutes les informations de produits en cause, il n'y a pas besoin de faire un appel à une base de données hors site.

On peut imaginer un système fédéré de bases de données back-end, où chaque fabricant de produit conserve son propre service de consultation produit. Dans ces paramètres, il peut être utile de déployer un (ONS)<sup>1</sup> pour localiser les bases de données associées à une valeur d'identification d'étiquette. Un ONS permet au lecteur de trouver un ensemble de bases de données associées à une valeur d'identification d'étiquette particulière. Ceci est analogue à l'Internet avec le (DNS)<sup>2</sup> qui renvoie les adresses des serveurs de noms qui peuvent traduire les noms de domaine en adresses IP numériques. ONS n'a pas encore été largement adopté dans la pratique.

### 3.1.3 Source d'énergie d'un Tag

Comme brièvement mentionné précédemment, les étiquettes peuvent obtenir leur pouvoir de plusieurs manières différentes. La source d'énergie est une propriété essentielle d'une étiquette, car il va déterminer la distance de lecture potentielle d'une balise, la durée de vie, le coût, et quel genre de fonctionnalités qu'il peut offrir. La source d'énergie sera également important pour déterminer comment une étiquette peut être orienté et quelles formes physiques qu'il peut prendre. Il existe trois catégories principales de sources d'énergie de tag : actifs, semi-passifs, et passifs.

Les étiquettes actives ont leur propre source d'énergie, telle qu'une batterie, et peuvent initier une communication à un lecteur ou d'autres balises actives. Parce qu'ils contiennent leur propre source d'alimentation, les étiquettes actives ont généralement une plage de fonctionnement beaucoup plus large que passifs-tags. Une caractéristique clé de balises actives est qu'ils sont en mesure de lancer leur propre communication avec les lecteurs. Les balises actives avancées, pourraient même former des réseaux ad hoc les uns avec les autres. Une application utile est les balises actives dans des conteneurs d'expédition, qui peuvent tomber hors navires sur les mers agitées. Ces conteneurs manquants parfois ne sont pas reconnus jusqu'à ce que le navire à quai. Une étiquette à puce avec un capteur accéléromètre pouvait détecter quand il est tombé et distribuer un journal de sa disparition avant de sombrer dans l'océan.

Par contre, un semi-passif (ou semi-actif) tag ont une batterie interne, mais ne sont pas en mesure d'initier des communications. Cela garantit que les étiquettes semi-passives ne sont actives que lorsqu'il est interrogé par un lecteur. Parce que les étiquettes semi-passives ont une source d'énergie interne, ils offrent un lecteur plus large que les passives, mais à un coût plus élevé.

Un exemple d'application qui utilise souvent des étiquettes semi-passives est *tollbooths* électroniques. les étiquettes passives sont généralement collée à l'intérieur du pare-brise d'une voiture. Lorsque la voiture passe par un péage, il lancera une requête à l'étiquette et lire un compte identifiant de l'étiquette. La batterie de bord permet la balise être lues à une distance considérable. Cependant, étant donné que l'étiquette ne doit diffuser lorsqu'il est interrogé, il peut rester inactif la plupart du temps et économiser de l'énergie. Les étiquettes semi-passives sont également souvent utilisés dans les palettes au niveau

---

1. service Object Naming  
2. Domain Naming Service

de suivi ou de suivi des composants tels que des pièces d'automobile lors de la fabrication.

Les étiquettes passives ont ni leur propre source d'énergie, ni la capacité d'initier la communication. Les étiquettes passives obtiennent de l'énergie par la récolte à partir d'un signal de communication RF entrant. À des fréquences plus basses, cette énergie est typiquement récoltée par induction, tandis qu'à des fréquences plus élevées, il est récolté par capacité.

Bien que les étiquettes passives ont la plus courte distance de lecture de tous les trois types alimentant, ils sont les moins chers à fabriquer et plus facile à intégrer dans des produits. Les batteries sont relativement coûteux et ne peuvent pas facilement être incorporés dans certains articles, comme les emballages en papier. Pour cette raison, les étiquettes passives sont des balises les plus courantes.

En l'absence d'une source d'énergie interne dicte de nombreuses propriétés des étiquettes passives. D'abord, ils ne peuvent pas fonctionner sans la présence d'un lecteur, bien que étiquette passive pourrait temporairement en cache un peu d'énergie dans un condensateur. En raison de leur faible nécessairement signal de réponse, les étiquettes passives sont souvent plus sensibles au bruit ambiant ou des interférences. Le tableau 1 compare diverses propriétés des étiquettes passives, semi-passives et actives.

Type	Passif	Semi-Passif	Active
Source d'énergie	énergie récolté du RF	Batterie	Batterie
Communication	Réponse seulement	Réponse seulement	Répondre ou initier
Max Range	10 M	100 M	100 M
Coût relatif	Le moins cher	Plus cher	Très cher
Exemple Applications	EPC cartes de proximité	télé péage	<i>Livestock tracking</i>

TABLE 3.1: Comparaison de tag passif , semi- passif et actif

### 3.1.4 Fréquences de fonctionnement

Les systèmes RFID a une variété de fréquences radio. Chaque bande de fréquences offre sa propre avantage d'exploitation, les exigences de puissance et de performance. Différentes gammes peuvent être soumis à des règlements ou des restrictions qui limitent ce que les applications peuvent être utilisés pour. Les métaux et les liquides présentent généralement le plus gros problème dans la pratique. En particulier, les balises actives dans l'ultra-haute fréquence (UHF) ne fonctionnent pas correctement à proximité de liquides ou de métal.

Fréquence de fonctionnement est également important dans la détermination des dimensions physiques d'une étiquette RFID. Différentes tailles et formes des antennes fonctionnent à des fréquences différentes. La fréquence de fonctionnement détermine également la possibilité d'interagir physiquement avec les autres. Par exemple, l'empilage des étiquettes plates feuille d'incrustation sur le dessus de l'autre peut interférer ou empê-

cher les balises de la lecture correctement. Le tableau 2 énumère les fréquences standard et leurs distances de lecture passifs respectifs.

Gamme de fréquences	fréquences	Distance de lecture
Basse fréquence	120-140 KHz	10-20 cm
Haute Fréquence (HF)	13,56 MHz	10-20 cm
Ultra-haute fréquence (UHF)	868-928 MHz	3 mètres
Micro onde	2,45 et 5,8 GHz	3 mètres
Ultra-Wideband (UWB)	3,1-10,6 GHz	10 m

TABLE 3.2: fréquences de fonctionnement RFID

### Basse fréquence (LF)

Basse fréquence (LF) étiquettes RFID fonctionnent généralement dans la gamme 120-140 kilohertz. Le plus souvent, les balises LF sont passivement alimentés par induction. En conséquence, ils ont généralement de très courts intervalles de lecture 10-20 centimètres.

Les balises LF peuvent être utilisés dans des environnements difficiles et peuvent fonctionner à proximité de métal, des liquides, ou de la saleté. Cela les rend utiles pour des applications comme les étiquettes d'identification pour animaux de compagnie implantables ou des étiquettes de gestion de blanchisserie. Un inconvénient de balises LF est qu'ils ont une très faible taux de lecture de données par rapport à d'autres fréquences de fonctionnement.

LF balises sont souvent utilisés dans les systèmes d'immobilisation de la voiture et de contrôle d'accès. Dans ces systèmes, une voiture ne démarre que si une balise de LF, généralement attaché à la clé de contact, est à proximité de l'allumage. Cela prend avantage de courte portée de lecture de LF et l'utilise comme un élément de sécurité.

En 20016, LF étiquettes passives peuvent être achetés en vrac pour 10 DH par tag ou moins. Deux grands fabricants de balises LF sont Texas Instruments et Phillips Semiconductor. La norme *ISO 18000-2 standard* offre des spécifications pour les étiquettes RFID LF.

### Haute fréquence

Haute fréquence (HF) étiquettes RFID fonctionnent à la fréquence de 13,56 MHz. étiquettes HF sont souvent emballés dans un facteur d'incrustation de feuille ou sous forme de carte de crédit. Cela rend les balises HF utiles pour la construction de contrôle d'accès, les cartes de crédit sans contact, et des badges d'identification. Encore une fois.

Les étiquettes HF sont également utilisés dans de nombreuses applications de suivi. Les bibliothèques et les librairies utilisent souvent HF incrustations de feuilles pour suivre les livres. Certains aéroports ont commencé à utiliser HF RFID étiquettes à bagages pour les applications de manutention de bagages.

les étiquettes HF offrent un taux de lecture de données plus élevé que les balises LF, mais ne réussissent pas aussi bien que les balises de LF à proximité de métaux ou de liquides. balises HF font, cependant, offrent de meilleures performances à proximité de métaux ou de liquides que les tags UHF font.

La gamme de fréquence HF se trouve sur une partie fortement réglementée du spectre radio. Les signaux transmis par les lecteurs doivent fonctionner dans une bande de fréquence étroite. Cela pose un problème pour les environnements électroniques sensibles, tels que les équipements médicaux, qui fonctionnent sur des fréquences voisines. Cela rend les balises HF inappropriée pour les environnements comme les hôpitaux.

En 2016, HF étiquettes passives peuvent être achetés pour 5DH ou moins par étiquette en quantité. Texas Instruments et Phillips offrent tous deux lignes tag HF, bien qu'il existe de nombreux fabricants plus petits et spécialisés ou intégrateurs dans l'espace de HF. Organisation internationale de normalisation (ISO) spécifications pour les étiquettes RFID HF sont spécifiées par la norme *ISO 18000-3 norme* [11]. spécifications connexes HF sans contact des cartes à puce et les cartes de proximité apparaissent dans les normes ISO 14443 [9] et 15693.

### Ultra-haute fréquence

Ultra-haute fréquence (UHF) étiquettes RFID fonctionnent dans la gamme de 868 à 928 mégahertz. balises européennes fonctionnent généralement dans la gamme 868-870 MHz, tandis que les États-Unis et au Canada fonctionnent à 902-928 MHz. tags UHF sont les plus couramment utilisés pour les applications de suivi et de gestion de la chaîne logistique article. Ceci est en grande partie parce qu'ils offrent une gamme plus lu et sont moins chers à fabriquer en vrac que LF ou HF tags. Les étiquettes EPC de première génération fonctionnent à des fréquences UHF.

Un inconvénient majeur de tags UHF est qu'ils éprouvent des interférences à proximité de liquides ou de métaux. De nombreuses applications telles que le suivi des animaux, suivi des conteneurs en métal, ou même de nombreux systèmes de contrôle d'accès sont irréalisables avec des étiquettes UHF. Certains matériaux ont été développés qui peuvent protéger les tags UHF de distorsion liés à métal, mais ceux-ci peuvent être coûts prohibitifs à utiliser dans la pratique. lecteurs UHF peuvent également interférer avec l'électronique sensible comme l'équipement médical.

tags UHF sont une technologie relativement récente que LF ou HF, et les coûts de lecteur sont généralement plus élevés que les lecteurs de LF faible largeur de bande. En 2016, les tags UHF peuvent être achetés en quantités pour moins de 1DH par étiquette passive. étiquettes UHF coûts aussi bas 0.5DH sont susceptibles d'arriver sur le marché dans les prochaines années. Spécifications pour les étiquettes RFID fonctionnant à des fréquences UHF sont définies à la fois par l'ISO 18000-6 et à la norme EPCGlobal .

### Micro-ondes

étiquettes de micro-ondes fonctionnent soit à 2,45 ou 5,8 GHz. Cette gamme de fréquences est parfois appelée fréquences de super-haute (SHF). La technologie RFID de

micro-ondes est entré en usage assez récemment et se développe rapidement. étiquettes à micro-ondes utilisées dans la pratique sont généralement semi-passif ou actif, mais peuvent aussi se présenter sous forme passive. balises à micro-ondes semi-passives sont souvent utilisés dans l'identification de la flotte et des applications de télé-péage.

Les systèmes à micro-ondes offrent plus les taux de lecture que UHF et gammes équivalentes de lecture passive. Plages de lecture semi-passives et actives des systèmes de micro-ondes sont souvent plus grandes que leurs homologues UHF. Certains micro-ondes balises actives peuvent être lues à partir des distances allant jusqu'à 30 mètres, ce qui est moins de tags UHF comparables. Cependant, les implémentations physiques des micro-ondes étiquettes RFID peuvent être beaucoup plus petit et compact que basse fréquence des étiquettes RFID.

Il y a plusieurs inconvénients à des balises à micro-ondes. La première est qu'ils consomment relativement plus d'énergie que leurs homologues de fréquence inférieure. étiquettes de micro-ondes sont généralement plus chers que les tags UHF. Commercialement balises actives disponibles coûtent autant que 250 DH par tag en 2016. Un autre problème est que le sans fil 802.11b / g réseaux (WiFi) peuvent interférer avec les systèmes micro-ondes RFID. Dispositifs d'application de la ZigBee 802.15 prochaine norme sans fil pourraient potentiellement entrer en conflit avec des dispositifs micro-ondes RFID ainsi. L'ISO 18000-4 et ISO 18000-5 rejeté [11] Les normes offrent des spécifications respectives pour 2,45 et 5,8 gigahertz étiquettes RFID.

### Ultra-Wideband

Ultra-wideband (UWB) appliquée à la RFID est assez récente. Plutôt que d'envoyer un signal fort sur une fréquence particulière, UWB utilise des signaux de faible puissance sur une très large gamme de fréquences. Le signal sur une fréquence particulière utilisée par UWB est très faible, mais dans l'ensemble, la communication est assez robuste. Dans la pratique, certaines implémentations de UWB fonctionnent de 3,1 à 10,6 GHz.

Les avantages de l'UWB sont qu'il a une très longue portée en ligne de mire de lecture, peut-être 200 mètres dans certains contextes. UWB est également compatible avec le métal ou les liquides. Comme le signal sur une fréquence particulière est très faible, UWB ne pas interférer avec les équipements sensibles. Par conséquent, une application anticipée était suivi des actifs dans un milieu hospitalier.

Un inconvénient d'implémentations actuelles de UWB est qu'il doit être actif ou au moins semi-passive. Cependant, étant donné que les balises UWB diffusent des signaux très faibles, ils ont relativement faible consommation d'énergie. En 2006, il est difficile de savoir si la technologie existe pour créer un UWB tag passive. La technologie RFID UWB est encore dans ses premières phases et il y a peu de produits disponibles dans le commerce. Les coûts de 50DH par tag en vrac sont raisonnables dans un proche avenir.

#### 3.1.5 Fonctionnalité

La fonctionnalité RFID de base est l'identification. Lorsqu'il a été interrogé par un lecteur, les balises retournent un autre identificateur qui peut être utilisé pour récupérer d'autres enregistrements de données. Cependant, les étiquettes peuvent offrir d'autres



fonctionnalités utiles dans différentes applications. Les principes et les technologies de ces différents types de balises sous-jacentes sont si étroitement liés aux étiquettes RFID strictes, qu'ils ont souvent collectivement appelés «RFID». Bien que pas strictement RFID, nous discutons de plusieurs classes majeures d'appareils liés à la RFID.

Nous avons partagé des étiquettes RFID de style en cinq grandes catégories : EAS, en lecture seule EPC, EPC, étiquettes de capteurs, et motes. Ceux-ci seront appelés classes A à E. EPCglobal propose cinq classes similaires de tag basé sur la fonctionnalité baptisée classe 0 à la classe 4 [6]. Les classes EPCglobal aligner étroitement avec les nôtres, mais diffèrent quelque peu. Ces cinq classes sont résumés dans le tableau 3.

Classe	Nom	Mémoire	Source d'énergie	Caractéristiques
A	EAS	Aucun	Passif	article surveillance
B	Lecture seule EPC	Lecture seulement	Passif	identification seulement
C	EPC	Lire et écrire	Passif	Enregistrement de données
D	capteur Balises	Lire écrire	Semi-passif	capteurs environnementaux
E	motes	Lire écrire	actif	Réseautage ad hoc

TABLE 3.3: Classes de fonctionnalité des Tags

### 3.1.6 Normes

Les deux normes RFID les plus pertinents sont l'Organisation internationale de la norme ISO / IEC 18000 de normalisation norme [11] et les normes de EPCglobal [6]. Ces normes ne sont pas en concurrence, et il est concevable que la norme EPCglobal pourrait éventuellement être adopté dans une norme ISO. EPCglobal définit des spécifications pour les étiquettes de type EPC fonctionnant dans la gamme UHF. La norme ISO 18000 a 6 parties d'adressage différentes gammes de fréquences :

- Partie 1 - Généralités normes
- Partie 2 - LF
- Partie 3 - HF
- Partie 4 - Micro-ondes, 2,45 GHz
- Partie 5 - Micro-ondes, 5,8 GHz
- Partie 6 - UHF

### 3.1.7 Modes de transfert d'énergie et de communication

Dans ce premier cas ( figure 3.4) , l'onde RF se propageant de la base station vers le tag n'a pour but unique que de fournir de l'énergie au tag de façon à charger la capacité d'alimentation présente à son bord afin que celle-ci puisse être capable d'alimenter l'ensemble du tag pour assurer son bon fonctionnement. Après cette phase d'alimentation, le tag est apte à recevoir des ordres de commande provenant de la base station et de

retourner des informations vers celle-ci. Puis le cycle recommence et il est à nouveau nécessaire de lui fournir de l'énergie pour continuer la communication et ainsi de suite. Bien évidemment, ceci prend du temps et manque parfois de souplesse.



FIGURE 3.4 – Mode de transfert d'énergie non simultané

Dans ce deuxième cas ( figure 3.5), au travers des principes et types de modulation utilisés, l'onde provenant de la base station est capable pendant la phase de l'échange base station vers tag d'assurer simultanément la fourniture de l'énergie et l'échange des informations (données).

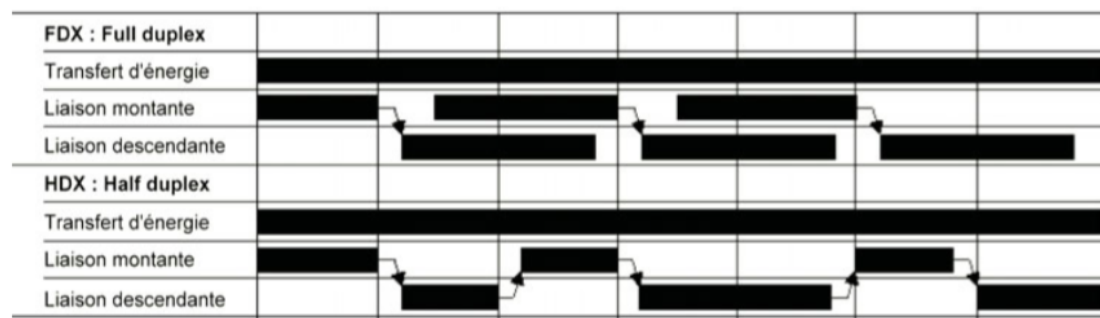


FIGURE 3.5 – Mode de transfert d'énergie simultané

**Note :**

*À noter que la très grande majorité des tags du commerce fonctionnent selon ce dernier principe.*

### 3.1.8 Liaison montante et liaison descendante

Intéressons-nous d'abord aux échanges ayant lieu entre bases stations et tags. Ils sont de deux sortes et seront définis une fois pour toutes dans cet ouvrage de la manière suivante :

- de la base station vers le tag, dits liaison montante ;
- du tag vers la base station, dits liaison descendante.

De plus afin d'éviter quelques problèmes de compréhension, quelle que soit l'intelligence embarquée dans le tag, nous supposons que celui-ci ne fonctionne que sous des ordres commandes provenant de la base station.

#### Liaison montante ( forward link) de la base station vers le tag

La liaison montante (de la base station vers le tag) a pour mission :

- d'assurer, si cela est possible, le transport de l'énergie vers le tag afin que celui-ci puisse assurer la tâche qui lui incombe ;
- de servir de support à l'envoi de données de la base station vers le tag ;
- d'assurer, si cela est possible, le transport de l'énergie vers le tag afin que celui-ci puisse assurer
- dans le cas des systèmes fonctionnant en mode passif (voir définition un peu plus loin), lors de la phase de communication en liaison descendante, d'assurer la présence d'un support physique à la communication du tag vers la base station.

La communication montante est par principe assurée par un dispositif – la base station – qui émet une onde radiofréquence. Celle-ci est donc dotée d'un émetteur, un TRANSmitter. De par la présence de cet émetteur, la liaison montante est dite active. De plus, la base station comporte également à son bord un récepteur, un reCEIVER. La base station est donc un TRANSCEIVER. Dans le sens montant, la base station doit se faire comprendre par le tag au travers d'un codage numérique (binaire), d'un protocole de communication et d'un système de modulation de la fréquence porteuse ne devant pas ou peu affecter (le plus faiblement possible) la qualité d'une hypothétique télé-alimentation simultanée. Pour cela on peut employer des techniques de modulation de fréquence FSK<sup>3</sup>, ou encore de nombreuses méthodes de modulation d'amplitude ASK<sup>4</sup>

### Liaison descendante de la modulation

Contrairement à ce qu'on pourrait initialement penser, le transpondeur ne peut pas se comporter comme un émetteur de signaux RF. En effet, il ne dispose pas, dans son interface RF, des mécanismes permettant d'émettre un signal radio-fréquence vers la station de base. Les transpondeurs utilisent ce qu'on appelle la réflexion d'ondes pour se faire comprendre des lecteurs.

Pour cela, les tags utilisent une modulation différente que l'on nomme modulation de charge (Load Modulation) qui consiste à faire varier la charge résistive du circuit. Effectivement, en faisant varier la charge, le tag fait varier l'intensité du courant dans son circuit et donc l'intensité qui circule dans l'antenne. La consommation d'énergie qu'il représente dans le champ magnétique s'en trouve alors également modifiée et, par couplage magnétique, cela influe sur l'intensité du courant dans l'antenne de la station de base. De proche en proche, les signaux RF reçus de la station de base, qui sont réfléchis par le transpondeur, permettent donc de transporter des réponses en faisant varier l'intensité du circuit du lecteur.

Il s'agit ici d'un procédé assez complexe mais qui repose à la base sur de la modulation. Cette modulation de charge résistive à l'origine de la transmission de la réponse s'appuie sur une modulation courante appelée OOK<sup>5</sup> et correspond à la modulation d'amplitude "tout ou rien". A l'aide d'une modulation de type OOK, comme présentée précédemment, on crée une modulation de charge qui fait varier la charge résistive du circuit et donc la tension aux bornes du circuit RF du transpondeur comme montré dans la figure 3.5.

---

3. Frequency-Shift Keying

4. Amplitude-Shift Keying

5. On Off Keying

## 3.2 LLRP

## 3.3 SmartFlah

### 3.4 Antenne UHF

RFID a des nombreuses applications, une utilisation de cette technologie est pour l'identification des objets dans un stock. Les objets tels que palettes et les cartons sont étiquetés ce façon à lutter contre, le vole et la mauvaise gestion du stock. la détection des objets encapsuler dans les cartons a était une taches impossible sans ouverture des cartons, maintenant avec la RFID cette tâches et devenu une question de quelque seconds.

#### 3.4.1 Introduction

Les étiquettes RFID utilisé au paravent pour cette application sont passifs et surtout opèrent dans le bas fréquence (LF). Cependant, les balises LF ne peuvent être lus qu'à courte portée et peuvent ne pas se comporte bien lorsque plusieurs balises sont simultanément présents dans le domaine.les solution se tourne maintenant vers l'utilisation des tags UHF. tags UHF non seulement donnent une meilleur distance de lecture, mais prennent également en charge des débits plus élevés.

Dans cet section, une simple petite étiquette RFID passive opérant dans la fréquence de 915MHz (UHF) est présenté. Dans la section suivante, une brève théorie sur l'antenne de l'étiquette et la puce utilisée dans notre conception, ainsi que la topologie de la conception théorique et pratique utilisée, suivie d'une discussion sur les points forts de la conception et les détails de sa mise en œuvre pratique avant que des conclusions sont présentées dans la dernière section.

#### 3.4.2 Tag antenne et Base du die

L'antenne choisie pour l'étiquette est une antenne en boucle. La figure 1 montre une antenne en boucle ayant un diamètre  $D$  de la boucle et un fil de diamètre  $d$ . Une antenne en boucle est choisie car car elle dispose d'une structre circulaire qui permet de minimiser la taille par rapport au autre technologie comme les middredded et les Microstrip.

Une antenne dipôle électrique est non plus possible. le problème du dipôle électrique demi-onde pour la fréquence de fonctionnement qu'on utilise serait de trop grande taille alors qu'un petit dipôle électrique peut être utilisé, mais l'expérience montre qu'il est difficile à l'adaptation.

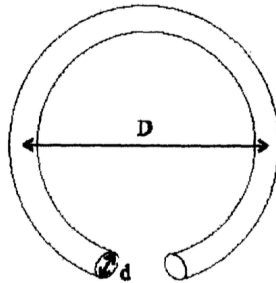


FIGURE 3.6 – L'antenne proposée

Le circuit équivalent de l'antenne est telle que représentée sur la Figure 3.7 a. En se référant à ce circuit,  $R_r$  est la résistance de rayonnement de l'antenne en boucle alors que  $L$  est l'inductance de l'antenne à boucle. Dans l'hypothèse de l'uniforme flux de courant,

un tour de la résistance de rayonnement  $R_r$ , de l'antenne de la boucle peut être calculée en utilisant l'expression [1] :

$$R_r = 20(\pi)^2(\beta a)^4 \quad (3.1)$$

Sur l'hypothèse des courants circulant sur la la surface, l'inductance  $L$  de l'antenne peut être calculée en utilisant l'expression suivante [1] :

$$L = \frac{\mu_0 D}{2} \left[ \ln\left(\frac{8D}{d}\right) - 2 \right] \quad (3.2)$$

Dans la figure 3.7b montre le circuit équivalent de la puce RFID, qui peut être représenté par une résistance  $R$  et d'un condensateur  $C$  en parallèle .  $R$  et  $C$  utilisé dans l'analyse et la conception de l'étiquette sont 1.3 k $\Omega$  et 1.15 pF respectivement.

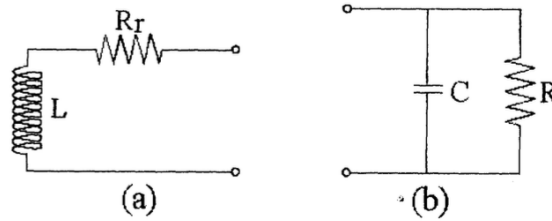


FIGURE 3.7 – le circuit équivalent pour (a) une antenne en boucle; (b) RFID tag puce

### 3.4.3 Design du Tag

La fréquence de fonctionnement de l'étiquette se trouve dans la bande UHF. Aux fins des calculs de conception, la fréquence de 915 MHz a été choisie. Dans la conception initiale, le diamètre de l'antenne de la boucle a été d'environ 2,2 cm à l'aide de 0,2 cm de diamètre fil rond ( $D = 2.2\text{cm}$  and  $d = 0.2\text{cm}$ ).

En se référant à la figure 3.7a et se référant à l'équation (3.1) et (3.2), la résistance de rayonnement  $R$  de l'antenne en boucle peut être calculée pour être de 0,39  $\Omega$  et la valeur de l'inductance  $L$  pour être nH 34,24.

Le circuit RC parallèle pour le circuit équivalent de la puce RFID, comme représenté sur la Figure 3.7 b peut être transformer en circuit équivalent en série constitué d'une résistance  $R'$  et une capacité localisée  $C'$ . les valeurs  $R'$  et  $C'$  peuvent être calculées à environ 17.36  $\Omega$  et 1,17 pF respectivement sur la base des valeurs  $R$  et  $C$  indiqué ci-dessus.

Par conséquent, à 915 MHz, l'impédance de source, l'impédance à savoir l'antenne,  $Z_{\text{antenne}}$  est de  $0,39 \pm j199 \Omega$  tandis que l'impédance de charge,  $Z_{\text{charge}}$  est 17.36-j149.2  $\Omega$ . On sait que le transfert de puissance maximale se produire lorsque l'impédance de source est égale au conjugué de l'impédance de charge. Par conséquent, un réseau d'adaptation est nécessaire pour obtenir un transfert de puissance raisonnable.

Il existe trois réseaux d'adaptation de base utilisés dans les conceptions RF - ils sont L,  $\Pi$  et la configuration T. Chacun d'eux a ses avantages et ses inconvénients. Le réseau d'adaptation plus couramment utilisés est le circuit de L. Les raisons sont les suivantes :

- Simplicité - Facile à construire des réseaux d'adaptation automatique. Il n'a que deux éléments à contrôler pour ajuster la partie réelle et imaginaire de l'impédance.

- valeurs de composantes pratiques - certaines des configurations nécessitent soit des valeurs d'inductance très basses ou très hautes valeurs de capacité qui est impossible à faire surtout quand vous devez concevoir réseau d'adaptation automatique avec une gamme très large.

Le facteur de qualité  $Q$  du circuit est déterminée uniquement à partir de la source (générateur) et la charge (impédance du Circuit d'impédance) et ne dépend pas de composants externes - ce qui est peut-être la propriété la plus importante du circuit. Ce que cela signifie est que pour certaine impédance de charge il n'y a qu'une combinaison de  $L$  et  $C$  pour correspondre à cette charge.

$$Q = \sqrt{\frac{R_{source}}{R_{charge}} - 1} \quad (3.3)$$

Maintenant, en utilisant la définition de  $Q$  à vide pour trouver les séries et parallèles branches.

$$X_1 = QR_{source} \quad (3.4)$$

$$X_2 = \frac{R_p}{Q} \quad (3.5)$$

T et le réseau II nécessitent une algorithmme de contrôle plus complexe pour la conception automatique de réseau d'adaptation. Elle Nécessité de contrôler de trois composants qui le rend plus cher. Et l'inconvénient du circuit de  $L$  est qu'elle peut correspondre à des charges égale ou inférieure à 50 Ohm. Si le circuit de  $L$  est inversé, il peut correspondre à des charges égale ou supérieure à 50 Ohm. Il ne peut pas correspondre aux des deux côtés. Par exemple, si la charge est en train de changer de 35 à 100 ohms, le réseau de  $L$  inversé correspond uniquement à partir de 50 à 100 ohms et ne correspondra pas à 35-50 ohms.

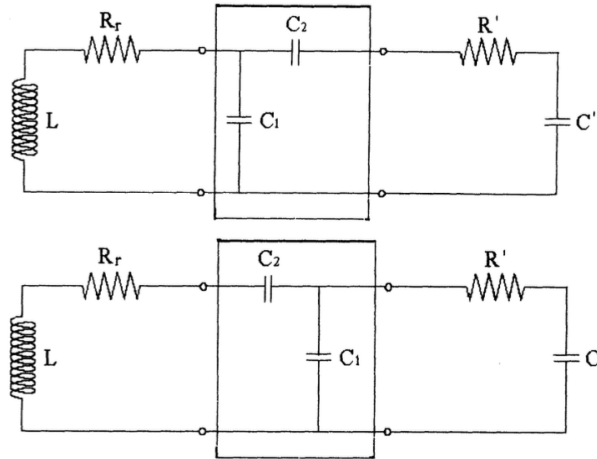


FIGURE 3.8 – Circuit d'adaptation L-shape

La figures 3.8 montre deux différents réseaux d'adaptation qui sont utilisés dans notre design.  $C_1$  et  $C_2$  peuvent être calculées numériquement ou en utilisant *Smith Chart*. Les valeurs calculées de  $C_1$  et  $C_2$  pour ces deux topologies que nous considérons sont présentés dans tableau 3.4.

	Figure 3.8a	Figure 3.8b
$C_1$ / pF	0.743 pF	6.557 pF
$C_2$ / pF	0.148 pF	0.998 pF

TABLE 3.4: Réseau d'adaptation

### 3.4.4 Conception de mise en œuvre pratique

La conception a été démarré à l'aide d'une antenne en boucle et un réseau d'adaptation conçu comme indiqué dans les sections précédentes. L'étape suivante a consisté à examiner la mise en œuvre pratique de l'étiquette. Il a été décidé de mettre en œuvre la conception sur une très mince substrat avec une couche de cuivre sur l'avant côtés. La vue d'arrière du produit final est montré dans la conception figure 3.9. En utilisant le réseau d'adaptation représenté sur la figure. 3.8 b. Cela ne signifie pas que le réseau de d'adaptation représenté sur la figure 3.8a est meilleur que l'autre. Les deux réseaux d'adaptation sont équivalents à la fréquence de résonance, les raisons pour lesquelles l'une représentée sur la figure 3.8b a été choisi était parce qu'il est plus facile à mettre en œuvre par la méthode utilisée ici.

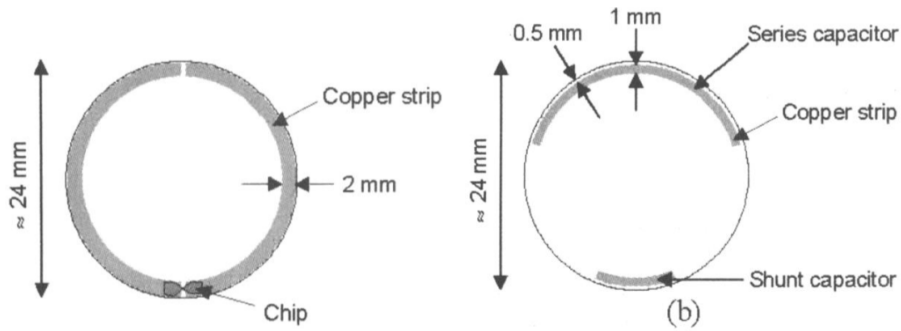


FIGURE 3.9 – Illustration RFID

Cette conception UHF de tag est constitué d'une antenne de boucle circulaire avec un réseau d'adaptation à deux éléments pour faire correspondre les impédances de l'antenne de l'étiquette et l'étiquette puce. Cependant, l'étiquette a été rendue légèrement plus grand diamètre par rapport à celui présenté dans la figure 3.10 en fonction de l'application étudiée.

Notre conception UHF étiquette (figure 3.10) considérée est constituée d'une antenne à dipôle électrique avec une piste courbe d'inductance à travers le dipôle à des fins d'adaptation d'impédance. La structure et les dimensions de cette balise est représenté sur la figure 3. Cette balise est faite en utilisant une carte FR4 avec une épaisseur de substrat  $h = 1,6$  mm et de permittivité diélectrique  $\epsilon_r = 4,4$ . Cette conception de l'étiquette est de simple face.

La structure d'antenne est simulée en utilisant CST studio 2014 et l'impédance simulée est de  $20 + j152 \Omega$ . Comme on peut le voir, l'impédance de la structure d'antenne de l'étiquette est pas exactement le conjugué de l'impédance de la puce [6] et donc, l'étiquette et l'impédance de la puce ne sont pas tout à fait adapté.



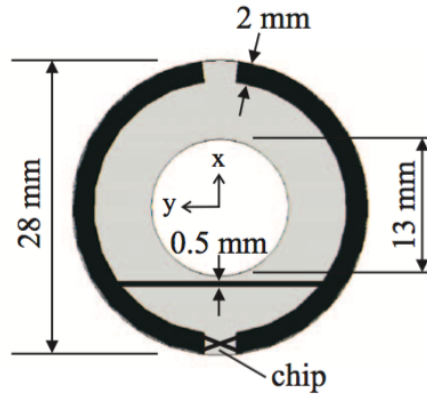


FIGURE 3.10 – UHF étiquette considérée

Cependant, la piste d'inductance à travers le dipôle ne fournit pas d'inductance suffisante pour accorder à la capacité de la puce de l'étiquette. Le diagramme de rayonnement de l'antenne, avec un maximum de directivité de 1,83 dB. Comme on le voit sur la section de simulation, bien que la forme générale du motif de rayonnement du première et seconde étiquettes UHF est presque identique, la directivité maximale de ces deux balises se produisent à différentes directions par rapport au plan des étiquettes. Les deux tags UHF ne sont pas testés et les résultats théorique de la distance de lecture sont présentés dans le tableau 3.5.

	UHF tag 1	UHF tag 2
Tag dans l'espace libre	1.00	0.48
Tag attaché à la main	0.20	0.27

TABLE 3.5: Distance de lecture

### 3.4.5 Minaturisation des antenne CLA

Le cahier de charge impose par la nature de la solution à concevoir une antenne de petite taille ( $>2\text{cm}$ ), la radiation doit être dans la bande autorisée par l'ANRT et la puissance reçue au niveau de la puce doit être suffisante pour alimenter le circuit. Les deux antennes précédemment présentées en une taille relativement grande et les résultats de la simulation prédisent une mauvaise alimentation du circuit de la puce. Donc on a été obligé de penser à une solution pour réduire la taille et améliorer les performances de l'antenne. La littérature [3] propose une solution possible qui peut miniaturiser une antenne en boucle circulaire (CLA) à l'aide de *short stubs* insérés dans la partie interne de la boucle. Dans le cas d'une longueur d'onde et une demi-longueur d'onde, respectivement, l'antenne est réduite jusqu'à 83% et 92,1% de sa taille par rapport au type CLA général. Par ailleurs la perte de retour, la bande passante -10dB et le gain d'une longueur d'onde et une demi-longueur d'onde sont de 12MHz (1,3%), et de 48MHz (5%). La deuxième méthode sera présentée dans la partie simulation dans le chapitre suivant.

La figure 3.11 présente des caractéristiques de changement de fréquence de résonance lorsqu'un *short stubs* est mis en œuvre à l'intérieur de la boucle de l'antenne. La longueur du *short stubs* est de 20 mm et la fréquence de résonance chute 30MHz (3,3%) à partir de 911.25MHz à 881.25MHz lorsque l'écart de la ligne est 2mm. En effet, le courant

est distribué le long la longueur totale de la boucle est augmentée à 13%. En outre, non seulement les capacitances sont augmentées par la dilatation de la longueur de la boucle, mais aussi les inductances sont augmentées par la structure de *short stubs*. Par conséquent, l'impédance de l'antenne permet une adaptation d'impédance que la longueur de boucle est supérieure à une longueur d'onde, de sorte que la fréquence est éventuellement diminuée. Si elle est résonant à la même fréquence, le diamètre total de la boucle devient plus petit, de sorte que l'antenne cadre est miniaturisé par les bouts joints.

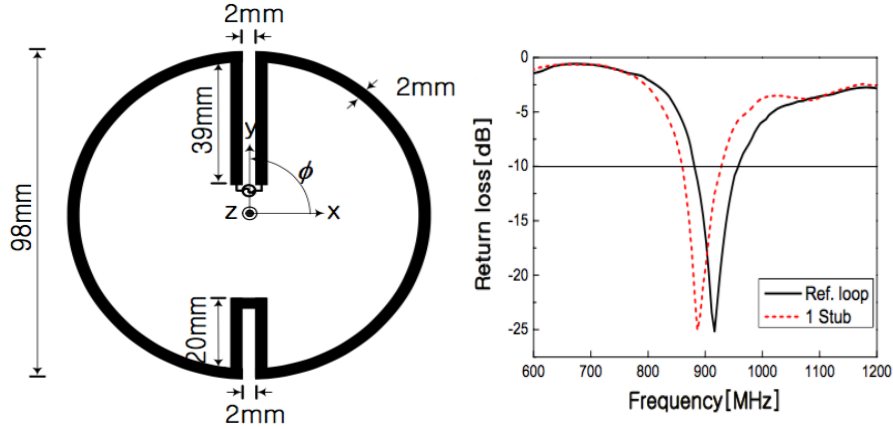


FIGURE 3.11 – CLA - S11

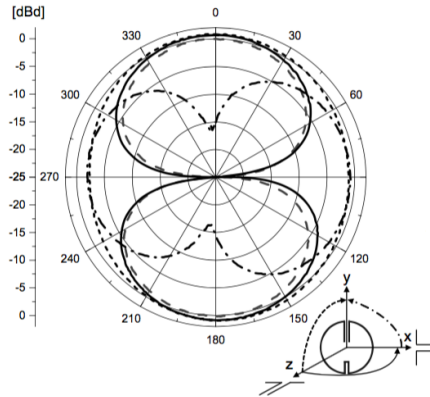


FIGURE 3.12 – far-field pattern avant miniaturisation

Au moyen du procédé de miniaturisation de l'antenne en boucle, l'antenne de la figure 3.11 est miniaturisé avec des *short stubs* de 11,5 mm et 7 mm. La largeur de la ligne est de 0.3 mm et l'intervalle entre les lignes est de 0.3 mm. Il est adapté à la longueur et l'intervalle de la ligne d'alimentation est de 8 mm et 1 mm. Le diamètre d'une antenne est miniaturisé à 40 mm.

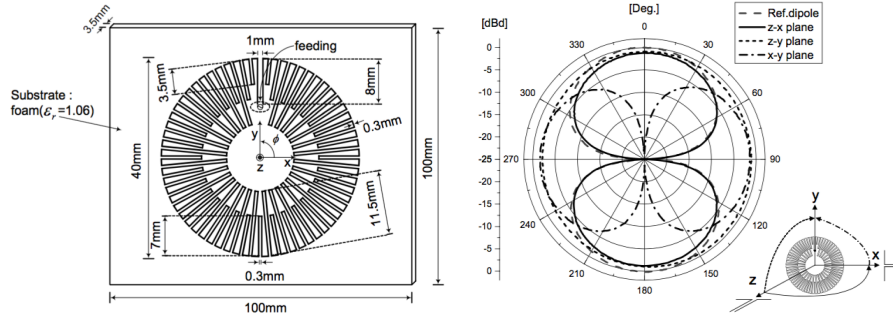


FIGURE 3.13 – CLA après miniaturisation

Une autre méthode a été conçue après des expériences de *Reverse Engineering* des tag UHF achetés du marché. Cette méthode consiste à boucler l'antenne en interne de telle sorte à minimiser le diamètre sans changer la longueur des deux pôles. La figure suivante présente les résultats de l'analyse par *X-RAY Reverse engineering* qui permet de voir en interne sans massacrer la pièce. La figure suivante présente les résultats du *Reverse engineering*. L'étiquette est constituée de deux couches de cuivre, la puce est fixée sur l'antenne avec *wire bonding*. La simulation de cette antenne sera présentée dans le chapitre suivant.

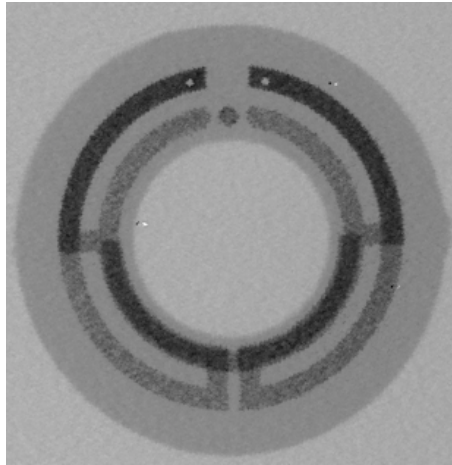


FIGURE 3.14 – X-Ray du tag UHF

On s'inspire de cette méthode qu'on appellerait dans ce rapport *bouclage interne* pour améliorer notre antenne et l'optimiser au niveau de taille. La figure suivante montre la nouvelle version de l'antenne en figure 3.15. La taille a été réduite de 30 %. On a passé de 28 mm à 22 mm. La nouvelle structure permet un contrôle facile de fréquence et d'impédance. Dans la section qui suit, on présente une étude détaillée sur les avantages de cette nouvelle structure et aussi quelques améliorations qui nous ont permis de descendre encore plus bas en terme de diamètre de l'antenne. Une étude plus approfondie a été consacrée sur cette base afin de relever toutes les secrets de cette méthode.

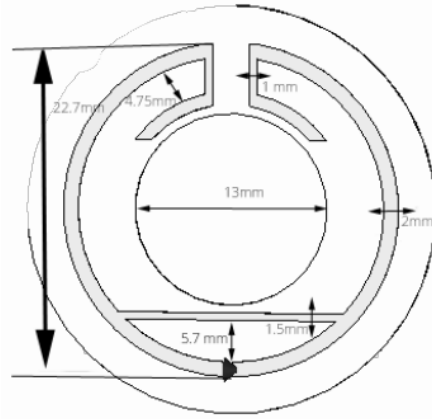


FIGURE 3.15 – Tag UHF améliorer

Comme le montre la figure 3.15 la taille a été énormément améliorée et les performances de cette antenne gardant les mêmes. Cette structure nous a permis un bon contrôle de fréquence. Toute variation de longueur de 2mm nous donne un décalage de fréquence de 10MHz. La figure 3.16 est le S11 après chaque coupure de boucle intérieure de 2mm. Plus de détails sur la simulation seront présentés dans le chapitre suivant.

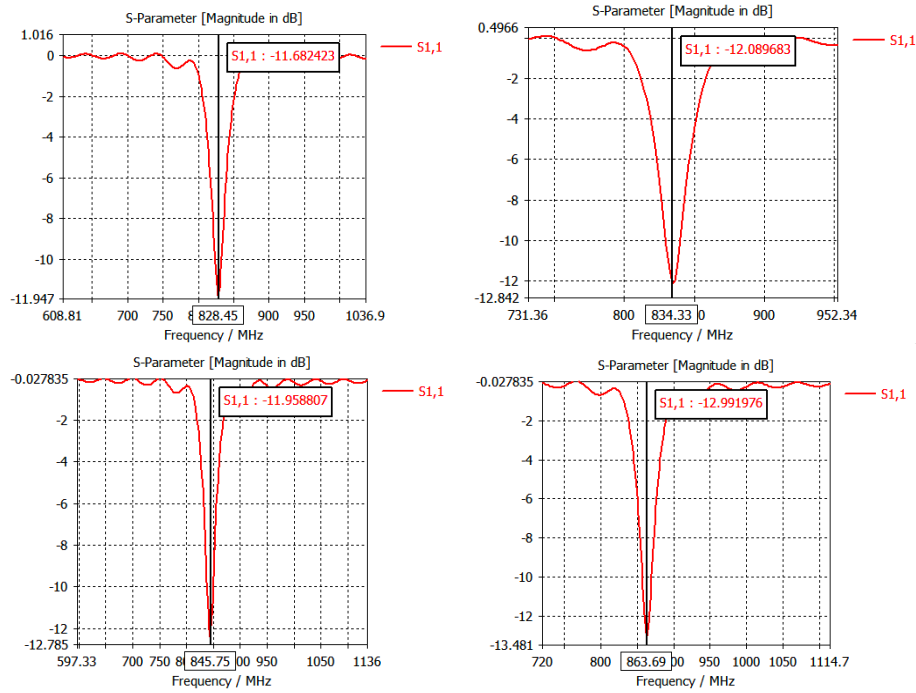


FIGURE 3.16 – S11 après coupure de 2mm

La troisième étape consiste à réaliser l'antenne de la figure 3.17. Avant de concevoir un prototype de tag RFID destiné à la traçabilité des palettes, un modèle a été mis à notre disposition pour être analysé dans les laboratoires de MAScIR. Le but de cette analyse est de caractériser le produit et de déterminer les différents matériaux utilisés.

Pour faire on comance pare une Analyse non destructive qui consiste a faire une analyse générale du boitier puis une description générale du package vu de l'extérieur, Puis avec les Rayons X comme illustre la figure 3.14. En suite on procede a une l'analyse destructive qui consiste a décapsulation le package puis faire une décapsulation du System.

Dans la figure suivante. Cette structure a était inspire de l'analyse avec x-ray d'une antenne acheté du marche qui rayonne dans la fréquence 915MHz. l'expérience montre que sa distance de lecture est de 2m. plus de détail sur la simulation seront présenter dans le chapitre suivant.

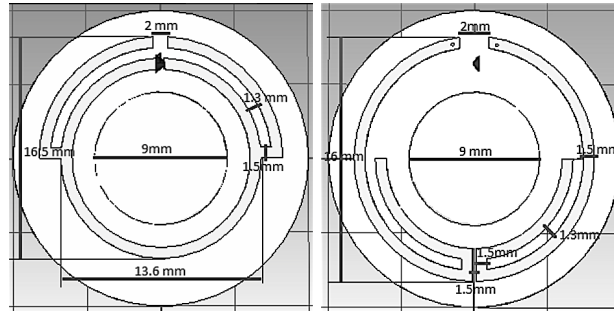


FIGURE 3.17 – S11du tag UHF améliorer

Dans cette section on a discuter les notion théorique qui régie les antenne a boucle circulaire qui représente une excellente solution pour les antenne de petite taille. Une étude sur les méthode d'optimisation on était détaille dans cette section comme le *Short stub* et le bouclage interne qui permettent de réduire la taille et garder le caractère omnidirectionnel, après cette étape on a élaboré un plan d'expérience qui consiste a examiner une tag achète du marche et puis l'analyser avec un *X-RAY* pour s'inspirer de sa structure. le produit final de cette étude est une tag UHF marocaine d'excellente performance.

### 3.5 conslution



## Chapitre 4

# Réalisation et simulation du projet

Dans ce chapitre je présente les outils de réalisation et de simulation en suite la réalisation du projet et les étape de test et vérification et finalement un plan de mise en œuvre et plan de maintenance.

### 4.1 Outils de réalisation et de simulation

#### 4.1.1 Visuel Studio et .net C sharp

Visuel Studio

.net C sharp

#### 4.1.2 Android Studio

#### 4.1.3 CST studio

### 4.2 Réalisation du projet

#### 4.2.1 Antenne UHF

Pour décrire la performance d'une antenne , les définitions des différents paramètres sont nécessaires . Certains paramètres sont interdépendants et pas tous d'entre eux doivent être indiquées pour une description complète de la performance de l'antenne. La définitions des paramètres seront donnés dans section suivante. Beaucoup de ceux sont des standard IEEE ( IEEE Std 145-1983 ). Ensuite je vais présenter les différentes résultats et simulation sur les antennes RFID UHF. La puce utiliser est la H3 de Alien. Le logiciel de simulation est CST studio 2014 qui permet de calculer un grand nombre des paramètres d'antenne.

#### Les paramètres de l'antenne

- *RADIATION PATTERN* Un motif de motif ou une antenne rayonnement de l'antenne est définie comme : une fonction mathématique ou d'une représentation graphique des propriétés de rayonnement de l' antenne en fonction des coordonnées spatiales. Dans la plupart des cas, le diagramme de rayonnement est déterminée dans la région de champ *Far-Field* est représentée comme une fonction des coordonnées de direction . Propriétés de rayonnement comprennent la densité de

flux de puissance , l'intensité du rayonnement, l'intensité du champ , directivité , de phase ou de polarisation.

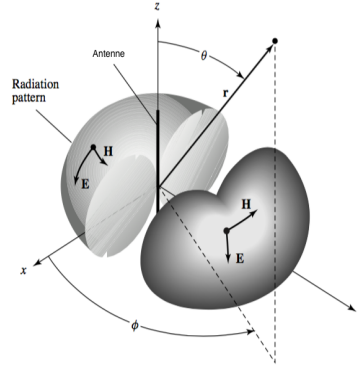


FIGURE 4.1 – Radiation pattern

- *la directivité* la directivité d'une antenne est définie comme : le rapport de l'intensité du rayonnement dans une direction donnée de l'antenne à l'intensité de rayonnement moyenne de toutes les directions. L'intensité de rayonnement moyenne est égale à la puissance totale rayonnée par l'antenne divisée par  $4\pi$ . En forme mathématique elle peut être écrite comme :

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (4.1)$$

Si la direction n'est pas spécifiée, elle implique la direction de l'intensité maximale de rayonnement (Directivité maximum) exprimé comme :

$$D_{max} = D_0 = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (4.2)$$

$D$  = directivité (sans dimension)

$D_0$  = directivité maximale (sans dimension)

$U$  = intensité du rayonnement ( W / unité d'angle solide )

$U_{max}$  = intensité maximale de rayonnement ( W / unité d'angle solide )

$U_0$  = intensité du rayonnement de la source isotrope ( W / unité d'angle solide )

$P_{rad}$  = puissance totale rayonnée ( W )

- *EFFICACITÉ*

elle peut être définie comme suite : *comment bien l'antenne rayonne la puissance qui lui est donnée.* Le total efficacité de l'antenne est utilisée pour prendre en compte les pertes au niveau des bornes d'entrée et à l'intérieur de la structure de l'antenne. Ces pertes peuvent être dues à la réflexion en raison de mal adaptation entre la ligne de transmission et la source de l'antenne, la conduction et diélectrique



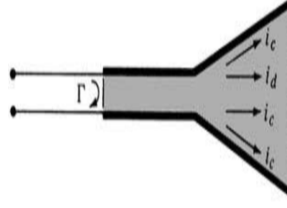


FIGURE 4.2 – réflexion, conduction, perte de diélectrique

D'une manière générale , le rendement global peut être écrite comme :

$$e_0 = e_r e_c e_d \quad (4.3)$$

$e_0$  = l'efficacité totale ( dimension)

$e_r$  = réflexion *mismatch*

$e_c$  = l'efficacité de conduction ( sans dimension)

$e_d$  = efficacité diélectrique ( sans dimension)

- *VSWR* Pour une radio ( émetteur ou récepteur ) pour délivrer une puissance à une antenne , l'impédance de la ligne de transmission radio et doit être bien adaptée à l'impédance de l'antenne . Le paramètre ROS ou VSWR est une mesure qui décrit numériquement la façon dont l' antenne a une adaptation d'impédance à la ligne de la radio ou de la transmission , il est connecté.

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (4.4)$$

- *S paramètres* décrivent la relation d' entrée-sortie entre les ports (ou terminaux) dans un système électrique . Par exemple, si nous avons 2 ports ( intelligemment appelé Port 1 et Port 2), puis S12 représente la puissance transférée de Port 2 à Port 1. S21 représente la puissance transférée de Port 1 à Port 2. En général, SNM représente la puissance transférés de Port M à Port N dans un réseau multi-port.

### Le premier prototype UHF

La conception UHF étiquette considérée est constituée d'une antenne à dipôle électrique avec une piste courbe d'inductance à travers le dipôle à des fins d'adaptation d'impédance. La structure et les dimensions de cette balise est représenté sur la figure 3. Cette balise est faite en utilisant une carte FR4 avec une épaisseur de substrat  $h = 1,6$  mm et de permittivité diélectrique  $\epsilon_r = 4,4$ . Cette conception de l'étiquette est de simple face.

l'impédance simulée est de  $20 + j152 \Omega$ . l'impédance de la structure d'antenne de l'étiquette est pas exactement le conjugué de l'impédance de la puce [6] et donc, l'étiquette et l'impédance de la puce ne sont pas tout à fait adapté.

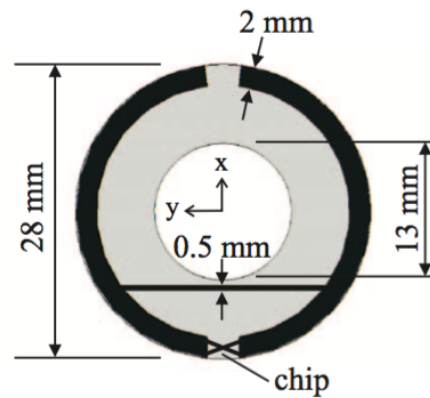


FIGURE 4.3 – Parametre de simulation CLA

Les figures suivante représente les quatre importante paramétrés a prendre en considération pour le jugement d'une antenne. la première valeur est la s11

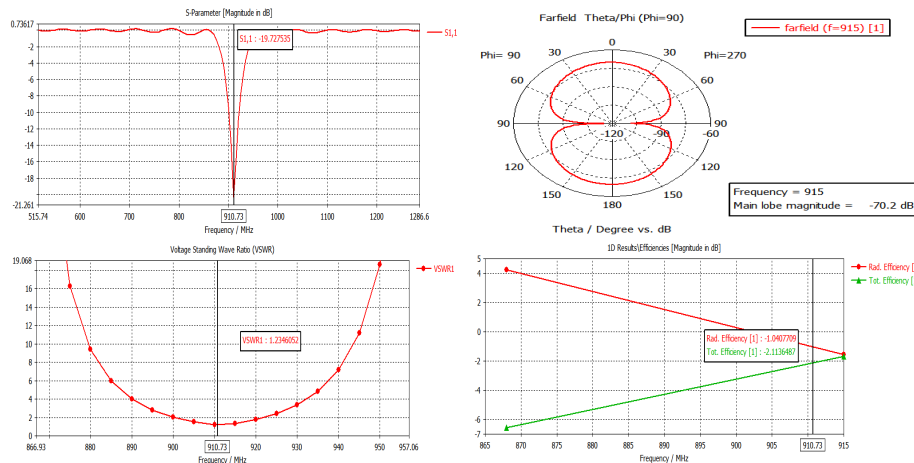


FIGURE 4.4 – Parametre de simulation CLA

antenne a boucle circulaire (CLA)

### 4.3 Test et vérification

### 4.4 Mise en œuvre et plan de de maintenance

# Bibliographie

- [1] C. A. Balanis, "Antenna Theory : Analysis and Design", 2nd Edition, 1997, John Wiley and Sons.
- [2] J. Landt, "The history of RFID," Potentials, IEEE, vol. 24, no. 4, pp. 8–11, 2005.
- [3] Small Circular Loop Antenna for RFID Tag Hong-Kyun Ryu and Jong-Myung Woo  
Department of Radio Science and Engineering, College of Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea
- [4] G. S. Pope, M. Y. Loukine, D. M. Hall, and P. H. Cole, "Innovative systems design for 13.56 MHz RFID," in Wireless and Portable Design Conference, Burlington, Massachusetts, 1997, pp. 240–245.
- [5] Texas Instruments, "Tag-it HF-I standard transponder IC - reference guide," 15 Jan. 2007.
- [6] "HF antenna design notes," Technical Application Report, 2003. [7] Alien Technologies, "915MHz EPC Class 1 RFID tags," 15 Jan. 2007. [Online]. Available : [http://www.alientechnology.com/products/documents/alien\\_915mhz\\_128\\_bit](http://www.alientechnology.com/products/documents/alien_915mhz_128_bit).