

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A/Mira de Béjaïa

Faculté des Technologie
Département d'Électronique



Mémoire de master académique

Spécialité Télécommunication

Thème

Technologie RFID : Étude et application

Réalisé par :

Mr YAHIAOUI Billal

Mr SFAÏHI Ali

Soutenu devant le jury composé de :

Promoteur Mr ALLICHE Abdenour

Promoteur Mr MEKHMOUKH Abdenour

Promoteur Mr IDOUGHI Djilali

Examineur Mr SADJI Mustapha

Examineur Mr MOKRANI Karim

Promotion 2014/2015

TABLE DES MATIÈRES

Table des Matières	i
Liste des tableaux	iv
Table des figures	v
Introduction générale	1
1 Etat de l'art de la technologie RFID	2
1.1 Introduction	3
1.2 fonctionnement de la RFID	3
1.3 Evolution de la technologie RFID	4
1.4 Les différents composants d'un système RFID	
1.4.1 Lecteur RFID	5
1.4.2 Le tag RFID	5
1.5 Les fréquences allouées	5
1.6 Les types de tag	7
1.6.1 Tag actif	7
1.6.2 Tag passif	7
1.7 Les standards et les normes RFID	8
1.7.1 Le standard EPCGlobal	9
1.7.2 Standard ISO (International Organization for Standards	10
1.8 Applications de la RFID	12
1.9 Conclusion	12

2	Architecture d'un système RFID	14
2.1	Introduction	15
2.2	Architecture d'un système RFID HF	16
2.2.1	Architecture d'un Lecteur RFID HF	16
2.2.1.1	Classification des Lecteurs	18
2.2.1.2	Antenne du Lecteur	20
2.2.2	Architecture du Tag RFID	22
2.2.2.1	L'interface RF	22
2.2.2.2	Modulation	23
2.2.2.3	L'antenne du tag RFID	24
2.3	Emission et réception	25
2.3.1	Principe d'émission/réception	25
2.3.2	L'émetteur	26
2.3.3	Le récepteur	28
2.4	Protocole de transfert d'énergie	30
2.4.1	Transfert d'énergie continu	30
2.4.2	Transfert d'énergie séquentiel	30
2.5	Protocole de communication	31
2.5.1	Protocole TTF (Tag Talk First)	31
2.5.2	Protocole ITF (Reader Talk First)	31
2.6	Codage	32
2.6.1	Codage à niveau	32
2.6.2	Codage par transition	32
2.7	La modulation	33
2.7.1	PSK	33
2.7.2	ASK	34
2.7.3	FSK	34
2.8	Conclusion	35
3	Domaines d'application de la RFID	36
3.1	Introduction	37
3.2	Traçage d'animaux	37
3.3	La RFID et les bibliothèques	37
3.4	E-paiement	38
3.5	E-passeport	39
3.6	E-santé	40
3.7	Conclusion	42

4	Modélisation d'un système RFID	43
4.1	Introduction	44
4.2	Présentation du matériel utilisé	44
4.2.1	Arduino UNO	44
4.2.2	Carte mifare RC522	44
4.2.3	Langage de programmation de l'Arduino	45
4.2.4	Réalisation	45
4.3	Application	46
4.3.1	Les acteurs du systèmes	46
4.4	Etude des cas d'utilisation	46
4.4.1	Identification des cas d'utilisation	46
4.4.2	Description des cas d'utilisation	47
4.5	Diagramme	49
4.5.1	Diagramme de cas d'utilisation général	49
4.6	Diagramme de séquence	50
4.7	Conclusion	50
	Conclusion Générale	51
	Bibliographie	51

LISTE DES TABLEAUX

1.1	Allocation des fréquences	6
1.2	Les applications de la RFID suivant les fréquences	12
4.1	Les cas d'utilisations possibles du système	47

TABLE DES FIGURES

1.1	Illustration d'un système RFID	4
1.2	Allocation des fréquences ISM pour la technologie RFID	6
1.3	Tag RFID actif	7
1.4	Tag RFID passif comparé à un grain de riz	8
2.1	Schéma typique d'un système RFID	15
2.2	Illustration de la relation maitre-esclave (Master-Slave)	16
2.3	Architecture fonctionnelle du lecteur	17
2.4	Orientation optimale des Tags à couplage inductif	21
2.5	Un lecteur constitué de deux antennes en phase.	21
2.6	Un lecteur constitué de deux antennes en opposition de phase	21
2.7	Architecture du Tag RFID	22
2.9	Avec modulation d'inductance L	23
2.10	Avec modulation de capacité C	23
2.11	Antennes de Tags RFID	24
2.12	Schéma du principe d'émission/réception d'un système RFID	25
2.13	Schéma bloc de l'émetteur	26
2.14	Circuit déphaseur	27
2.15	Schéma bloc du récepteur	28
2.16	Schéma du redresseur-filtre	28
2.17	Amplificateur filtre passe-bande	29
2.18	Comparateur de sortie	29
2.19	Protocole HDX et FDX	31
2.20	Modulation 2-PSK	33
2.21	Modulation 2-ASK	34

2.22	Modulation 2-FSK	35
3.1	Symbole utilisé pour la carte Visa Wave	39
4.1	Illustration du système	45
4.2	Diagramme de cas d'utilisation général	49
4.3	Diagramme de séquence du cas d'utilisation ouverture d'une porte	50

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Tout a commencé dans les années 40, durant la seconde guerre mondiale. Les Etats-Unis avaient beaucoup d'accident qui survenaient à cause d'avion qui s'entre-détruisaient. Dès lors la flotte a été équipée de systèmes qui permettent d'identifier un avion ennemi ou ami : d'où le nom IFF pour Identity Friend or Foe. Ce système s'est répandu pour être utilisé dans le parachutage mais aussi dans le bombardement aveugle. C'est de là qu'a germé les débuts de la RFID bien sûr comme beaucoup d'autres technologies destinées aux premiers abords au domaine militaire.

Depuis l'avènement de l'High Tech, les NTIC sont devenues au fil du temps une composante essentielle de notre vie quotidienne. Smartphone, bracelet et lunettes connectées... Un futur sans communication ou sans échange de données est inenvisageable autant dans le secteur privé qu'industriel. Identification, traçage, archivage ou encore stockage de données sont devenus indispensables.

La RFID pour <<Radio Frequency Identification>> vient remplacer des technologies en apportant des solutions efficaces dans différents domaines, elle permet de tracer les produits et les animaux, d'identifier des personnes, de sécuriser des lieux ... Les caractéristiques de cette technologie sont : la lecture distante et même sans ligne de vue directe, la rapidité, l'unicité des ID des tags...

Dans ce mémoire nous nous intéressons aux lecteurs HF associés aux tags passifs (vu le faible coût qu'engendre la réalisation du système mais aussi la disponibilité du matériels) afin de réaliser une application de contrôle d'accès dans le but d'implémenter notre réalisation dans un système de gestion sécurisé d'un personnel, d'un édifice étatique ou bien privé

Notre mémoire est structuré de la manière suivante :

Le premier chapitre est un état de l'art de la technologie qui présente les éléments et composants constituant un systèmes RFID, ainsi que les standards et les normes associés

Le deuxième chapitre présente l'architecture du système. Nous décrivons l'émetteur et le récepteur mais aussi les protocoles utilisés, nous abordons aussi le codage et la modulation.

Le troisième chapitre traite des applications de la RFID dans les domaines de la santé, de la gestion, de la sécurité et du paiement

Le quatrième chapitre est consacré à la réalisation et l'implémentation du système.

CHAPITRE 1

ETAT DE L'ART DE LA TECHNOLOGIE RFID

1.1 Introduction

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) est en plein développement. Equipée d'un émetteur fixe ou mobile, d'un récepteur sous forme d'antenne et d'une puce (une ou plusieurs) appelée tag. Ce type de communication par onde radio permet de faire un sondage quasi instantané de plusieurs puces. Ainsi on a accès à une identification d'un objet, de son suivi, de ces caractéristiques et on peut même suivre son cheminement. On les retrouve dans :

- Suivi des colis.
- Identification d'animaux.
- Gestion d'une bibliothèque.

Cette technologie fait face à plusieurs contraintes dont le coût, la gestion de la lecture simultanée, et la lecture à travers différentes matières de différentes épaisseurs.

Le terme RFID (Radio Frequency Identification) englobe toutes les technologies qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes. Un système RFID est composé généralement d'un lecteur et d'un marqueur (radio étiquette). Le lecteur émet en continu un champ électromagnétique et en entrant dans la périphérie de ce champ l'étiquette munie d'une puce nous délivre ses informations à travers son antenne. La technologie RFID a contribué d'une manière conséquente à l'amélioration des systèmes automatisés en détection et en traçabilité.

Souvent comparée aux codes-barres, la RFID nous permet aussi le scan et l'identification des objets. Mais la comparaison s'arrête là car l'utilisation des ondes électromagnétiques au lieu d'un lecteur optique nous permet de couvrir un plus grand espace et de détecter plusieurs éléments à la fois, et cela en présence ou non d'un obstacle ou matériaux quelconques entre le lecteur et l'étiquette ; ce qui est un gain de temps et d'efforts non négligeables pour l'utilisateur. Le système RFID est une technologie très attractive pour les entreprises, elle leur offre la possibilité d'une gestion automatique du nombre conséquent d'informations qu'elles doivent traiter. Les équipements adaptés à ce système permettent de synchroniser les flux physiques avec les flux d'informations.

1.2 Fonctionnement de la RFID

Un système complet utilisant la technologie RFID est composé des éléments suivants :

- **Un transpondeur** : ou étiquette qui est programmé avec des données identifiant l'objet sur lequel il sera placé.
- **Une antenne** : qui est généralement intégrée au lecteur RFID et à l'étiquette RFID. Elle permet d'activer les tags afin de recevoir des données et d'en transmettre les informations.

- **Un lecteur** : fixe ou portable, qui est un élément essentiel à l'utilisation de la RFID. Il transmet à travers des ondes-radio l'énergie au tag RFID, une requête d'informations est alors émise aux étiquettes RFID situées dans son champ magnétique, puis il réceptionne les réponses et les transmet aux applications concernées.
- **Le logiciel RFID** : ou middleware RFID, est le cerveau de la chaîne RFID. Il permet de transformer les données brutes émises par la puce RFID en informations compréhensibles, il est bien sûr géré par un ordinateur.

La figure 1.1 illustre les éléments composant le système RFID :

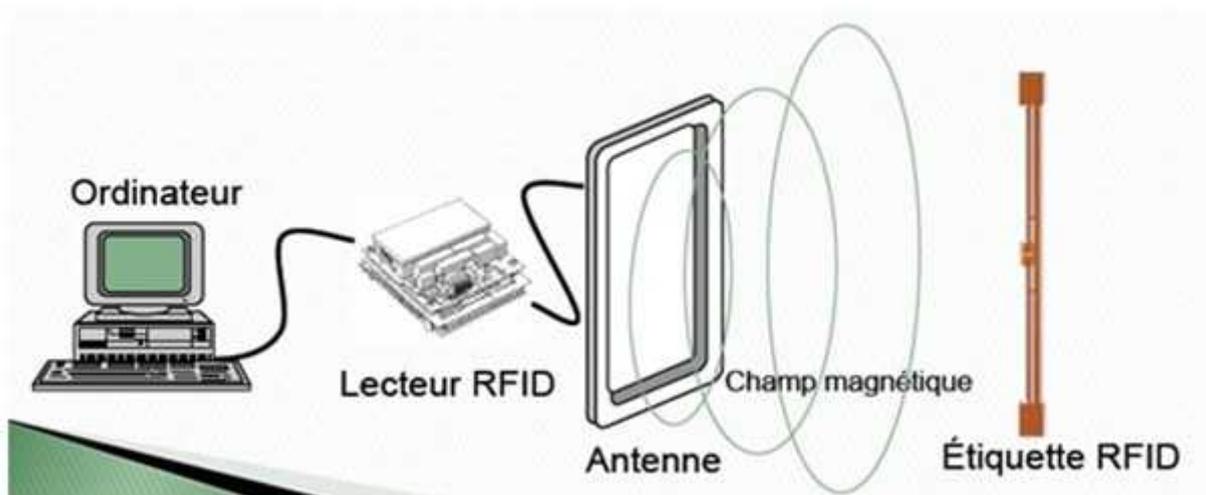


Figure 1.1 – Illustration d'un système RFID

1.3 Evolution de la technologie RFID

La RFID fut une technologie développée par l'armée durant la seconde guerre mondiale, son utilisation couplée au radar avait pour objectif d'identifier les appareils en vol (système d'identification longue distance «Ami ou Ennemi»). Le projet fut durant un temps réservé pour les sites sensibles comme les bases militaires ou les centrales nucléaires. Dès le début des années quatre-vingt, les tags RFID commençaient à être fabriqués par plusieurs sociétés européennes et américaines et durant les années qui suivirent la technologie RFID se répandit dans le secteur privé et notamment dans l'agriculture pour l'identification du bétail. En 1990 "IBM" prit l'initiative de miniaturiser le système RFID en l'intégrant dans une seule puce électrique, grâce à cela les années 2000 virent un boom des applications et une exploitation sans précédent de cette technologie. En 2003 L'entité américaine, à but non lucratif EPCglobal, joint-venture entre EAN International et l'Uniform Code Council (UCC) américain, crée le standard EPC (Electronic Product Code - système de codification international permettant l'identification unique de tous les biens de la chaîne d'approvisionnement). Le standard EPC

intègre les technologies RFID et Internet pour mettre en place le réseau de traçabilité des objets.

La technologie RFID est désormais répandue dans quasiment tout organisme mettant en jeu des systèmes automatisés, elle s'est répandue autant dans le secteur industriel que publique.

1.4 Les différents composants d'un système RFID

1.4.1 Lecteur RFID

Le lecteur RFID est un ensemble d'équipements fixes ou mobiles, constitué essentiellement d'une antenne et d'un module RF. Dès lors que le tag se retrouve dans la zone d'action du lecteur, une énergie est fournie au tag pour qu'il puisse fonctionner. Il envoie des commandes spécifiques et reçoit en retour des informations contenues dans la puce. Dans un autre cas de figure le lecteur peut lire et écrire, ainsi les informations reçues sont envoyées vers un autre dispositif qui va se charger du traitement des données (ordinateur). Les fréquences utilisées sont variables et dépendent du type d'application. On distingue deux types de lecteurs :

- **Lecteur fixe** : il est monté de manière fixe, sous forme de bornes ou bien de portiques.
- **lecteur mobile** : prend l'apparence d'un flasher. Dans ce cas c'est le lecteur qui se déplace donc plus besoin de déplacer le tag.

Le choix d'un lecteur est très important. Il varie suivant la fréquence d'utilisation et la puissance (champ d'action).

1.4.2 Le tag RFID

Le tag RFID est un circuit électronique qui comprend une puce et une antenne et qui répond aux commandes émises par le lecteur. Il y a deux catégories : actives et passive. Le tag actif fournit lui même son énergie à travers une batterie, le passif convertit le signal reçu en énergie afin de l'utiliser pour transmettre.

1.5 Les fréquences allouées

Le système RFID utilise le canal hertzien pour ses communications. Il doit donc respecter quelques réglementations. La norme RFID fait l'objet d'études qui visent à déterminer des normes d'émission radiofréquences (une plage dédiée au système RFID), cette gamme de fréquence est de type ISM (Industrial Scientific Medical frequency range)[4]. On les classe ainsi en quatre catégories :

- BF : pour des fréquences inférieures à 135 MHz
- HF : Pour des fréquences qui avoisinent les 135 MHz
- UHF : Pour des fréquences autour de 434 MHz, de 869-915 MHz, 2.45 GHz
- SHF : Pour des fréquences aux alentours de 2.45 GHz

La figure 1.2 montre le découpage des régions (ainsi qu'un tableau) qui met en évidence les différentes fréquences allouées :

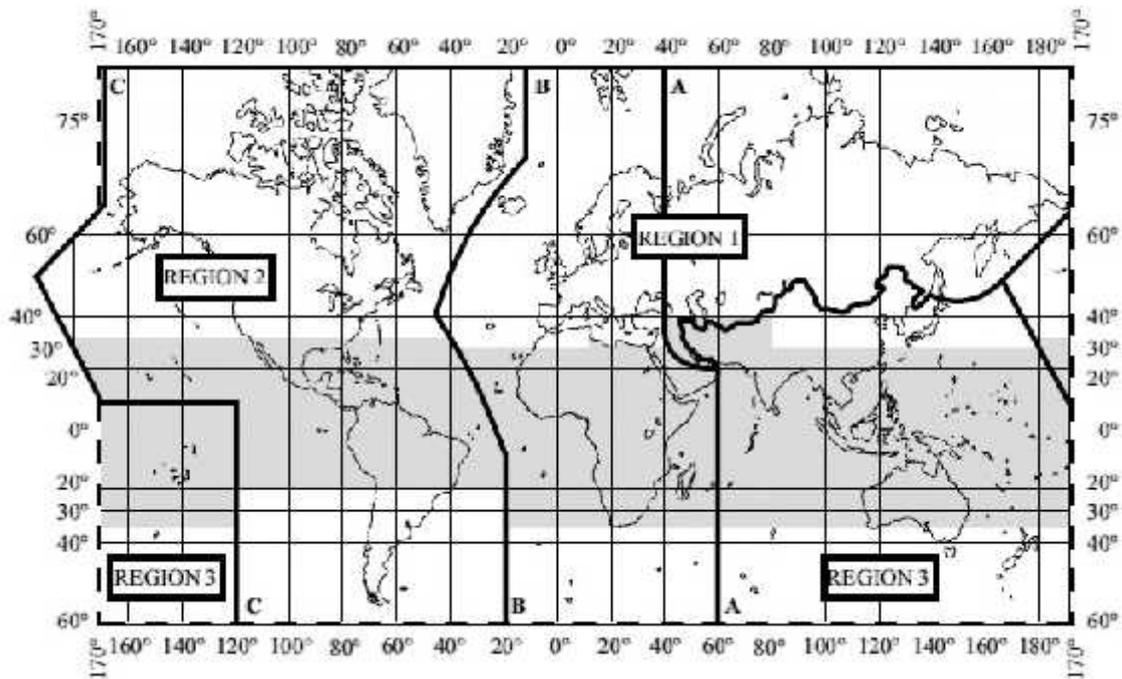


Figure 1.2 – Allocation des fréquences ISM pour la technologie RFID

Fréquences	Région 1	Région 2	Région 3
BF	<135 KHz	<135 KHz	<135 KHz
RF	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
UHF	865,5-869,65 MHz	902-928 MHz	860-960 MHz
Micro-ondes	2,4-2,4835 GHz	2,4-2,4835 GHz	2,4-2,4835 GHz

Table 1.1 – Allocation des fréquences

1.6 Les types de tag

1.6.1 Tag actif

Son alimentation provient d'une source interne qui se dessine sous forme d'une batterie, d'une pile, etc. Ceci peut effectivement augmenter la portée du signal et ainsi communiquer avec un type de lecteur de faible puissance et à des distances de 20 à 100 mètres environ [9]. De ce fait, on parle d'identification active lorsque l'étiquette elle-même est active. L'avantage principal de ce type de tag réside dans le fait que le tag n'est pas forcément obligé d'être à proximité du lecteur.



Figure 1.3 – Tag RFID actif

1.6.2 Tag passif

Comparé au tag actif, le tag passif est moins coûteux et peut être de plus petite dimension. Quand le tag reçoit un signal électromagnétique, il emmagasine l'énergie dans un condensateur embarqué (on-board capacitor) [9] et ce processus est appelé couplage inductif. Quand le condensateur est suffisamment chargé, il alimente le circuit du tag qui transmet à son tour un signal modulé au récepteur (lecteur) qui comprend des informations contenues dans le tag. La communication entre les deux dispositifs utilise deux méthodes pour moduler le signal à transmettre.

Deux autres méthodes de classification des tags RFID furent : la lecture seule (RO) et la lecture/écriture (RW).

Le type RO est caractérisé par une mémoire qui ne peut qu'être lue. On peut les assimiler à des codes bars de par sa mémoire statique. Ainsi cette dernière ne pouvant pas être altérée, ce type est fréquemment programmé avec une quantité de données limitées et statiques pour y stocker un numéro de série ou d'identification par exemple [4].

Le type RW aussi appelé "Smart", plus maniable que les tags RO peut stocker une large quantité de données avec une mémoire adressable qu'on peut modifier facilement, les données peuvent être modifiées ou bien effacées autant de fois qu'on le souhaite. Ainsi certains Tags sont



Figure 1.4 – Tag RFID passif comparé à un grain de riz

munis des deux types de mémoire RO et RW en même temps. Par exemple, le tag RFID d'une palette a un numéro de série contenu dans la section RO de la mémoire pour toute la durée d'utilisation de cette dernière et la section RW peut être utilisée pour indiquer le contenu à n'importe quel moment et quand la marchandise est renouvelée ou bien changée ; cette section de la mémoire est réécrite afin de suivre le changement du contenu.

1.7 Les standards et les normes RFID

Une norme est un document de référence approuvé par un institut de normalisation reconnu tel l'AFNOR. Elle définit des caractéristiques et des règles volontaires applicables aux activités. Elle est le consensus entre l'ensemble des parties prenantes d'un marché ou d'un secteur d'activité.

Une norme permet de :

- Définir un langage commun entre les acteurs économiques : producteurs, utilisateurs et consommateurs,
- Définir le niveau de qualité, de sécurité et du moindre impact environnemental des produits, services et pratiques,
- D'harmoniser les bonnes pratiques.

La norme facilite les échanges commerciaux, tant nationaux qu'internationaux, et contribue à mieux structurer l'économie et à faciliter la vie quotidienne de chacun. A la différence d'une réglementation, la norme a un caractère volontaire: s'y conformer n'est pas une obligation mais elle traduit un engagement des entreprises à satisfaire un niveau de qualité et de sécurité reconnues et approuvées.

Les champs couverts par les normes sont aussi variés que les activités économiques et touchent également la RFID, et on présente deux organisations qui prennent en charge la normalisation des systèmes RFID : l'ISO et l'EPCGlobal.

1.7.1 Le standard EPCGlobal

Le consortium EPCGlobal est né de la coopération de " l'Auto-ID labs" du "MIT" et du "GS1" (connu pour la création du format EAN). Il s'intéresse au développement et à l'établissement des standards pour les étiquettes électroniques, les codes produits électroniques et l'architecture EPCGlobal. Il a été créé dans le but de développer l'utilisation d'étiquettes électroniques au niveau mondial et de les intégrer dans un système global. Plusieurs axes ont été développés dans ce sens.

- Créer des étiquettes électroniques à bas coûts : les étiquettes apposées par un fabricant sur un produit ne lui sont pas retournées.
- Ces étiquettes doivent opérer en Ultra-Hautes Fréquence (UHF) pour avoir de bonnes propriétés physiques (permettant une distance de lecture par exemple) et rendre global le système RFID afin de rendre possible l'utilisation des étiquettes apposées sur les produits à chaque intermédiaire (voir scénario).
- Créer une architecture en réseau pour que tout un chacun puisse accéder aux informations associées à un numéro de série stocké sur une étiquette.

Ces deux derniers points mettent en avant le besoin d'interopérabilité (voir problèmes) et sont pour cela fondés sur des standards ouverts.

Le réseau EPC (codes produits électroniques) est une architecture d'interfaces standardisées et ouvertes, pensé pour supporter une meilleure visibilité de la localisation et des mouvements des objets dans les chaînes de production ; avec une granularité jusqu'à l'identifiant unique EPC de chacun.

Contrairement à l'ISO, le consortium est composé d'acteurs industriels (Cisco System, Sony Corporation, DHL Solutions Innovations entre autres), académiques (MIT), ou d'organisations à but non lucratif (GS1).

Le standard EPCglobal se compose :

1. D'un système de codification séquentielle des produits, le code produit électronique (Electronic Product Code) EPC.
2. D'un standard d'étiquette RFID, hiérarchisé en 4 classes :

Classe 1 : étiquettes epc simple lecture-seule

Classe 2 : fonctionnalités additionnelles :

lecture/écriture, sécurité des données,
détection de vol

Classe 3 : classe 2 + batterie

Classe 4 : relais RFID autonome

1.7.2 Standard ISO (International Organization for Standards)

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a rédigé des normes relatives à l'identification et la gestion des objets ou équipements dans la série des protocoles d'interface ISO 18000-x conçus pour des opérations de logistique. Ces normes couvrent toute la gamme des fréquences utilisées dans le monde en matière de RFID. Les sept éléments de cette norme sont les suivants :

- 18000-1 : Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objets – Partie 1 : architecture de référence et définition des paramètres à normaliser.
- 18000-2 : Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objets – Partie 2 : paramètres de communication d'une interface radioélectrique en dessous de 135 kHz.
- 18000-3 : Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objets – Partie 3 : paramètres de communication de l'interface radioélectrique à 13,56 MHz.
- 18000-4 : Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objets – Partie 4 : paramètres de communication de l'interface à 2,45 GHz.
- 18000-5 : Protocole de l'interface radio pour les systèmes RFID exploités à 5.8 GHz. Le but de cette norme était de définir la couche physique, le système anti collision et les valeurs des protocoles RFID exploités dans la bande des 5.8 à 5.9 GHz. Ce thème de normalisation a été abandonné faute d'un manque global d'intérêt.
- 18000-6 : Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objets – Partie 6 : paramètres de communication d'une interface radio entre 860 MHz et 960 MHz.
- 18000-7 : Paramètres de communications de l'interface radio pour les systèmes RFID passifs exploités à 433 MHz.

La plus importante de ces normes pour RFID en haute fréquence est l'ISO 18000-6C. Le protocole correspondant a été préparé par « GS1 EPCglobal » et il est souvent évoqué sous le nom de « norme EPC Gen 2 ». EPCglobal est également l'auteur d'une norme HF EPC basée

sur l'ISO 18000-3.

L'ISO 15693 se rapporte à l'interface radioélectrique des étiquettes à haute fréquence, dont le protocole est lu à moins de 0,9 mètre. Ces étiquettes trouvent leur emploi à l'occasion des inventaires de produits pharmaceutiques et, plus généralement, des petits objets. L'ISO 14443 a également traité un protocole utilisé sur une interface radioélectrique à haute fréquence et lu à faible distance. Il est principalement utilisé pour les transactions financières sécurisées.

1.8 Applications de la RFID

La RFID est actuellement une technologie en plein essor et qui se développe dans des domaines de plus en plus variés ; Sécurité, transport, logistique, fidélisation client, paiement, santé, etc. Son utilisation varie selon la fréquence (LF, HF, UHF) où chaque plage de fréquence répond à une norme qui décrit une série de technologies RFID (ISO 18000-x) comme nous pouvons le voir dans les exemples suivants :

Fréquence	Applications
<135 kHz	-Tri des déchets, -Identification animale (134,2 kHz), -Système d'alarme, surveillance des arbres de Paris...
13,56 MHz	-Cartes à puce sans contact, cartes de transport... -Réservation de billets d'avion, manutention des bagages -Forfait de station de ski...
443 et 900MHz	-Traçage de palettes, de conteneurs, -Télécommandes d'ouverture centralisée

2,45 et 5,8 GHz	-Télépéage, -Délivrance automatique du carburant dans les stations-service.
-----------------	--

Table 1.2 – Les applications de la RFID suivant les fréquences

1.9 Conclusion

Ce chapitre permet d'avoir une vue d'ensemble de la technologie RFID. Cette technologie permet de recueillir des informations sans pour autant avoir le tag en visuel, de modifier ces données, d'exécuter plusieurs lectures... Tant d'avantages qu'elle apporte en comparaison aux autres technologies tel que le code barre. Certes cette technologie est en plein essor, elle est mise en avant dans le secteur commercial mais ses applications sont colossales : prenant le domaine médicale où la RFID est en court de développement, que ce soit pour identification et localisation des patients, personnel, nourrissons ou des équipements et instruments chirurgicaux. Malgré la forte réglementation du secteur de la santé, des changements législatifs en faveur de la RFID au USA ont beaucoup contribué à son adoption, estimant ainsi le marché de la RFID dans cette industrie à environ 2,4 milliards de dollars avec un taux de croissance de 29,9 %.

CHAPITRE 2

ARCHITECTURE D'UN SYSTÈME RFID

2.1 Introduction

L'identification par radiofréquence (RFID) est une technique de capture de données sans fil qui utilise les ondes RF pour l'identification automatique des objets. Ces ondes RF transmettent les données depuis le dispositif porteur de données, appelé Etiquette RFID, et l'interrogateur, communément appelé Lecteur RFID[6].

La production de puces RFID opérant à la fréquence de 13,56MHz a subi une augmentation certaine comparée aux autres technologies qui sont à des fréquences ISM (industriel, scientifique et médical) différentes. Le succès de cette fréquence est en grande partie dû au bon compromis qu'elle offre entre vitesse de transfert, distance et sensibilité à l'environnement. En effet, la fréquence de 13,56MHz (HF) permet un transfert de données plus rapide comparée aux systèmes 125kHz (LHF) ; ce qui lui permet d'intégrer des fonctions comme l'anticollision et le cryptage des données. Elle offre aussi une meilleure résistance aux perturbations et une meilleure pénétration de la matière comparée aux ultras hautes fréquences (UHF) tel que le 868MHz[2].

Que ce soit pour un système BF, HF ou UHF, un système RFID peut être visualisé en tant que la somme des trois composants suivants:

1. **Un lecteur RFID ou émetteur** : qui envoie les signaux d'interrogation à une étiquette RFID, qui doit être identifiée.
2. **Une étiquette RFID ou transpondeur** : qui contient le code d'identification.
3. **Un logiciel (middleware)**: qui maintient l'interface et le logiciel de protocole pour coder et décoder les données d'identification du lecteur dans un ordinateur central ou un ordinateur personnel.

Le lecteur RFID peut lire les étiquettes que dans la zone d'interrogation du lecteur. Le lecteur est plus communément connecté à un ordinateur hôte qui effectue un traitement de signal supplémentaire et présente un affichage de l'identité de l'étiquette. L'ordinateur hôte peut également être connecté via Internet pour la mise en réseau (réseau global)[6].

Donc on peut représenter le schéma typique d'un système RFID comme suite :

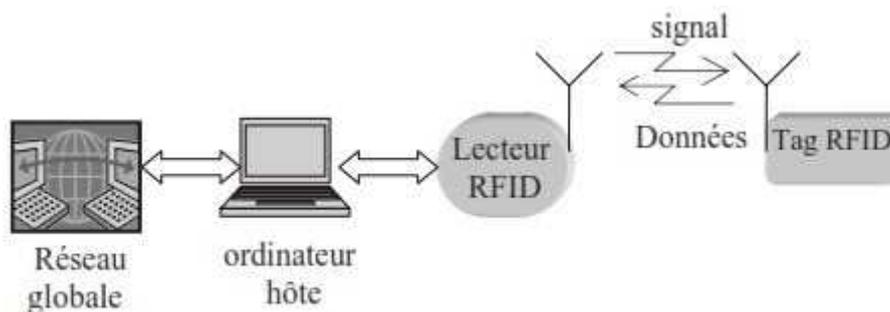


Figure 2.1 – schéma typique d'un système RFID

Le fonctionnement général des deux appareils (lecteur et tag) est expliqué à travers les architectures de ces derniers, dans ce chapitre nous aborderons la schématique et les explications sur les choix entrepris.

La technologie RFID étant à l'heure actuelle assez vaste, il est nécessaire d'introduire quelques notions supplémentaires avant de pouvoir expliquer les choix et comprendre l'ambition du projet. Nous nous sommes orientés et concentrés sur les systèmes RFID HF sachant que ces systèmes (fonctionnant à 13,56 MHz) opèrent à des distances très courtes allant de quelques millimètres jusqu'à une distance ne dépassant pas les 1,5 mètres[18].

2.2 Architecture d'un système RFID HF

2.2.1 Architecture d'un Lecteur RFID HF

Les lecteurs RFID d'aujourd'hui sont composés de systèmes d'antenne intelligents, d'unités numériques dédiées au traitement du signal et de systèmes embarqués aux côtés de middleware et de composants réseaux. Ces composants permettent une intégration facile de lecteurs RFID dans les réseaux de données conformes aux protocoles de transfert de données normalisés[6].

Les lecteurs RFID sont des dispositifs qui effectuent l'interrogatoire d'étiquettes RFID. Dans un système RFID, le lecteur détecte le tag en utilisant des techniques de traitement du signal, de démodulation pour extraire des données à partir du signal du tag. Une étiquette passive RFID ne peut pas générer un signal sans que le lecteur n'envoie d'abord un signal d'interrogation au tag[2]. Par conséquent, le lecteur et les étiquettes sont dans une relation maître-esclave dans laquelle le lecteur agit comme un maître tandis que les étiquettes fonctionnent comme des esclaves. Néanmoins, les lecteurs RFID eux-mêmes sont également dans une position esclave avec le logiciel qui gère l'application appelée middleware et qui traite les données de la RFID

[6].

Voici un schéma bloc qui illustre la relation maître-esclave (Master-Slave) entre les composants du système RFID :

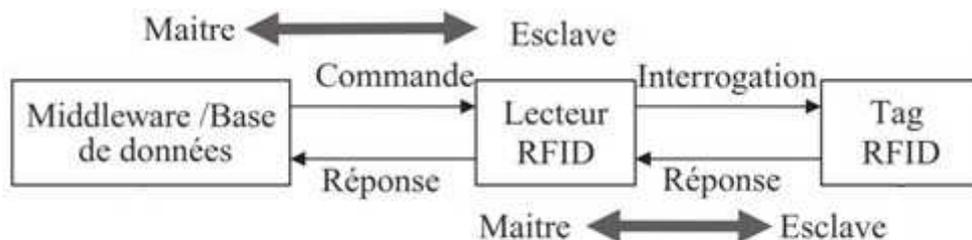


Figure 2.2 – Illustration de la relation maître-esclave (Master-Slave)

La qualité des lecteurs RFID est souvent proportionnelle à leurs prix sur le marché, on en trouve plusieurs types avec plus au moins d'options qui simplifie et multiplie les possibilités d'utilisations. Il en existe bien sûr de moins complexes et moins chère mais c'est en vue de l'utilisation que se fait le choix du système à acquérir.

Le schéma suivant présente globalement la composition du lecteur RFID. Tous les éléments principaux y sont représentés avec les directions des interactions. Les flèches en tireté représentent les alimentations et les flèches pleines les signaux[18].

Cette architecture du lecteur est certes complexe mais aussi complète, représentant un lecteur RFID HF fonctionnant à 13.56 MHz comme celui présenté dans notre projet avec des éléments externe permettant l'interactivité avec l'utilisateur (écran LCD, joystick, LEDs)[18].

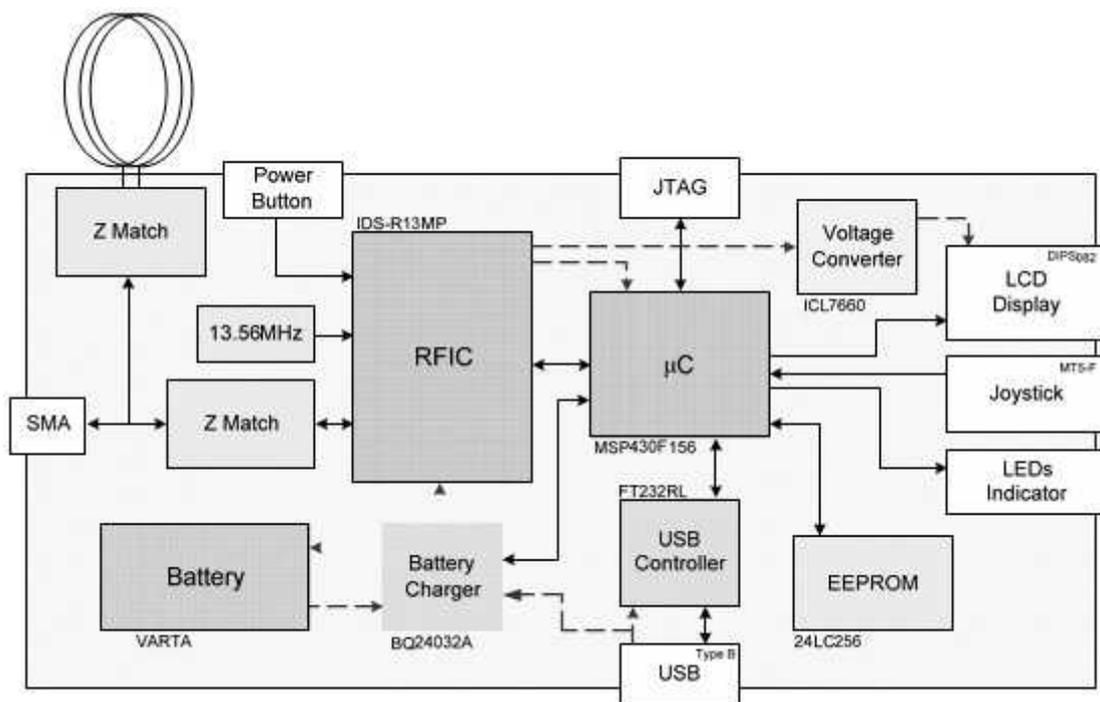


Figure 2.3 – Architecture fonctionnelle du lecteur

Pour communiquer avec le tag, le lecteur utilise une interface RF (partie de gauche) qui est complètement réalisée, au moyen de quelques composants externes (blocs Z Match), par un circuit intégré qui est représenté sur le schéma par le bloc RFIC.

Le **RFIC** utilisé est très intéressant pour les systèmes embarqués car il dispose de deux régulateurs intégrés : un pour la partie digitale et l'autre pour la partie analogique. Ces régulateurs peuvent être activés et désactivés séparément. Cette petite particularité permet de réaliser des économies d'énergie considérables sur un système embarqué car on peut grâce à cela déconnecter toute la partie analogique tout en gardant le microcontrôleur (MCU) activé[18].

Le **MCU** utilisé doit posséder suffisamment de ports de connexion et ne consommer que très peu de courant. Il est alimenté par le régulateur du RFIC. Il reçoit également l'horloge de

la part de ce dernier. La communication entre ces deux composants se fait par une interface parallèle[18].

La **mémoire externe** (24LC256 de 256kB) est prévue pour stocker les informations des capteurs de manière à les préserver même si la batterie est à plat.

Le **connecteur USB** Type B sert d'une part à communiquer avec le PC et d'autre part à recharger la batterie. Grâce à un chargeur de batterie sophistiqué, l'appareil peut être alimenté par la connexion USB en même temps que la batterie se recharge[18].

Pour finir, un **joystick** cinq axes et un écran LCD sont utilisés pour permettre l'interactivité avec l'utilisateur. Le convertisseur de tension est utilisé afin de créer une tension négative nécessaire à l'écran LCD pour fonctionner s'il n'est pas alimenté avec une tension de 5v[18].

L'interface **JTAG** est utilisée pour programmer le microcontrôleur. Un bouton **POWER** pour allumer et éteindre le lecteur est connecté sur une entrée du RFIC qui est spécialement conçue pour cela. Le connecteur **SMA** sert dans un premier temps à régler l'adaptation, puis dans un deuxième temps il permet d'y connecter une autre antenne adaptée[18].

2.2.1.1 Classification des Lecteurs

La classification est basée sur les capacités de lecture des lecteurs RFID, la mobilité, l'alimentation, l'interface de communication, protocoles de codage de données et les protocoles de soutien du lecteur et ainsi de suite [6]. Le choix du lecteur se fait donc selon le besoin mais surtout en se référant aux paramètres de classification suivants:

1. L'Alimentation: La classification du lecteur RFID en fonction de leur alimentation engendre deux types de lecteurs[6] :
 - Les lecteurs alimentés par le **réseau électrique**.
 - lecteurs alimentés par **batterie** (BP).
2. Interface de communication: ce classement est basé sur l'interface qui fournit un lecteur de communication. les lecteurs peuvent être classés en tant que :
 - **Lecteurs série:** utilisant une liaison de communication série pour communiquer avec leurs ordinateurs hôtes (connecté physiquement via le RS-232, RS-485, IC2, ou USB) [6].
 - **Lecteurs réseau :** qui sont connectés à l'ordinateur hôte via un réseau filaire ou sans fil. Ces types de lecteurs se comportent comme un dispositif de réseau standard. Les lecteurs RFID d'aujourd'hui supportent plusieurs protocoles réseau comme Ethernet, TCP / IP, UDP / IP, HTTP, LAN, WLAN, et d'autres. Ceci permet le suivi et la maintenance plus facile, et aussi d'un meilleur débit de données ; et il en résulte un plus petit nombre d'ordinateurs pour l'installation d'un grand nombre de lecteurs par rapport aux lecteurs série[6].

3. La Mobilité : nous distinguons deux types de lecteurs : stationnaires et portables.
 - **Lecteur stationnaire (fixe)** : ce terme vient de la capacité des lecteurs à être montés sur les murs, portails, portes ou autres objets où ils peuvent effectuer des lectures de transpondeur efficaces et ne sont pas destinés à être déplacés ou transportés. Les lecteurs RFID fixes sont principalement utilisés pour la capture de données sans fil dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement, le suivi des actifs et le contrôle des produits[6].
 - **Lecteurs portables** : ce sont des lecteurs mobiles qui peuvent être exploités par des utilisateurs comme des unités portables. Les lecteurs portables sont intégrés dans les antennes et ne sont généralement pas des connecteurs pour antennes supplémentaires. Ils sont alimentés par batterie et sont légers et ont de plus courtes distances de lecture que les lecteurs fixes. Les lecteurs portables sont utilisés dans le suivi de l'élevage (animaux d'élevage comme les porcs, les moutons, les chèvres et les vaches), la localisation des produits dans les magasins et en stock, et ainsi de suite [6].
4. Protocoles d'interrogation : cela concerne le lecteur en termes d'être Passif ou Actif.
 - **Lecteurs passifs** : ils sont limités à "l'écoute" et à ne pas effectuer d'interrogations supplémentaires de Tags, le lecteur envoie un signal comme une source d'énergie pour le traitement des données au transpondeur RFID. Le transpondeur permet la transmission de données qui est un code d'identification unique, donc pas de message ou de commande nécessaire à partir du lecteur RFID [6].
 - **Lecteurs actifs**: ce sont de véritables interrogateurs qui interrogent et écoutent les transpondeurs en fonction du nombre de transpondeurs et des protocoles de communication intégrés dans le système de transmission de données entre les transpondeurs et les lecteurs. Les lecteurs actifs sont plus capables et «agiles» que les lecteurs passifs. Les lecteurs actifs effectuent la transmission de données en tant que signal modulé vers les Tags. Par conséquent, les transpondeurs doivent avoir un circuit de démodulation leur permettant de décoder la commande du lecteur [6].
5. Spectre de fréquences : En plus d'utiliser les fréquences de porteuse pour effectuer la transmission et la réception des données, le lecteur RFID utilise également d'autres bandes de fréquences. La plupart des lecteurs envoient des commandes de balises sur une certaine bande de fréquence et reçoivent la réponse du transpondeur sur une bande de fréquence différente [6]. Par conséquent nous pouvons classer les lecteurs basés sur les réponses en fréquence du transpondeur qu'ils écoutent comme :
 - **Lecteurs à base de réponse en fréquence unique** : fonctionnent à une unique (ou courte largeur de bande <80 MHz) gamme de fréquence et utilisent cette fréquence à la fois pour la transmission de données et la réception.

- **Lecteurs à base de réponse en fréquences non-unique** : fonctionnent en utilisant une fréquence d'envoi d'une commande ou simplement fournissent un signal porteur à une certaine fréquence et écoutent un multiple entier de sa fréquence porteuse ; généralement sous la forme d'une seconde harmonique ou en fréquence signal divisé comme la réponse du tag. Deux fréquences RF, utilisées pour la communication par le lecteur au système RFID permettent une communication en duplex intégral, rapide et fiable [6].
6. Protocoles données-encodage : les lecteurs RFID peuvent utiliser de multiples fréquences pour la transmission de données et la réception, mais ils peuvent également utiliser plusieurs protocoles pour communiquer avec les transpondeurs. Par conséquent nous pouvons classer les lecteurs RFID en fonction de leur capacité à communiquer avec des transpondeurs en utilisant divers protocoles[6]. Nous pouvons distinguer deux types de lecteurs RFID, en fonction de leur capacité à communiquer avec des transpondeurs en ce qui concerne les protocoles de données de codage :
- **Lecteurs RFID simples** : ils utilisent un protocole unique pour la communication et la transmission de données entre les Tags dans la zone d'interrogation du lecteur[6]
 - **Lecteurs RFID Agile** : ils peuvent fonctionner et effectuer les interrogatoires et la transmission de données avec des étiquettes en utilisant plusieurs protocoles[6].

2.2.1.2 Antenne du Lecteur

La conception des antennes nécessite dans un premier lieu de déterminer les propriétés de l'antenne du Tag en fonction de l'application visée. La famille des systèmes RFID comprend des systèmes BF, HF et UHF. Notre intérêt portant sur l'HF, on sait que leurs transpondeurs utilisent des antennes magnétiques, ils sont constitués d'une bobine inductive (d'inductance L) qui joue le rôle d'antenne, d'une puce électronique réalisant les opérations de communication et d'une capacité C pour faire résonner le circuit LC à la fréquence de travail[3].

L'antenne du lecteur est un circuit résonnant LC. La lecture est optimale lorsque la bobine du Tag se trouve orthogonale aux lignes de champ magnétique générées par le lecteur[3], comme on le voit dans la figure suivante :

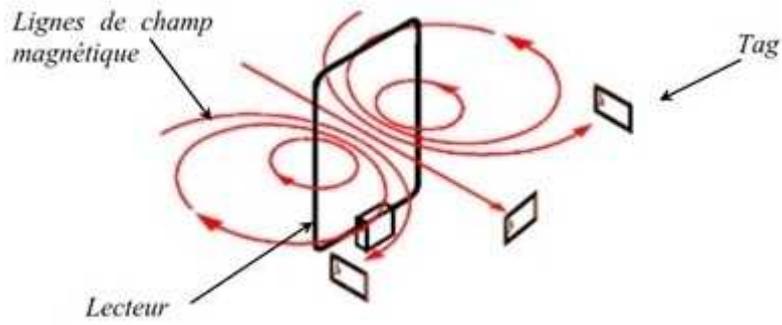


Figure 2.4 – Orientation optimale des Tags a couplage inductif

Afin de remédier à l'incertitude sur la lecture en fonction de la position du lecteur, dans des applications qui le permettent, la mise en œuvre d'un lecteur composé de deux antennes a vu le jour. Deux configurations permettent une lecture optimale du tag dans une position soit parallèle ou orthogonale aux antennes du lecteur[3] comme on peut le voir ci-dessous :

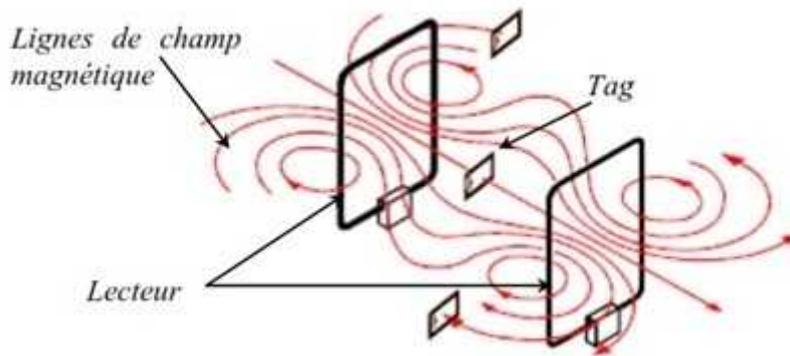


Figure 2.5 – Un lecteur constitué de deux antennes en phase.

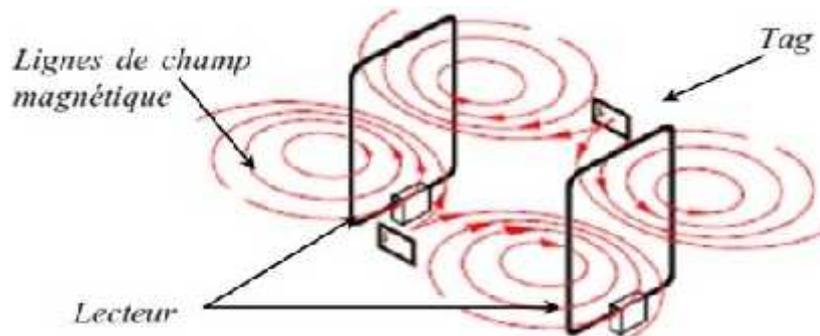


Figure 2.6 – Un lecteur constitué de deux antennes en opposition de phase

2.2.2 Architecture du Tag RFID

Les systèmes RFID peuvent être classés comme des systèmes de balises passives et actives. Alimentées par des piles, les étiquettes actives ont une amplification et une modulation du signal intégré. Les étiquettes passives n'ont pas de piles et comptent sur l'énergie rayonnée du lecteur pour faire certaines tâches de modulation et de transmission de données. Par conséquent, les étiquettes actives ne comptent pas sur le lecteur autant que les étiquettes passives le font. Les étiquettes actives jouissent de performances bien supérieures à l'interrogation et la transmission de données en raison de leur indépendance de l'alimentation sur le lecteur. On peut trouver des étiquettes RFID sous différentes formes, cartes, implants sous-cutanées, porte-clefs ou simplement sous forme de tag. Le schéma suivant représente l'architecture opérationnelle du transpondeur, il est à une différence près de celle utilisée pour notre projet[18].

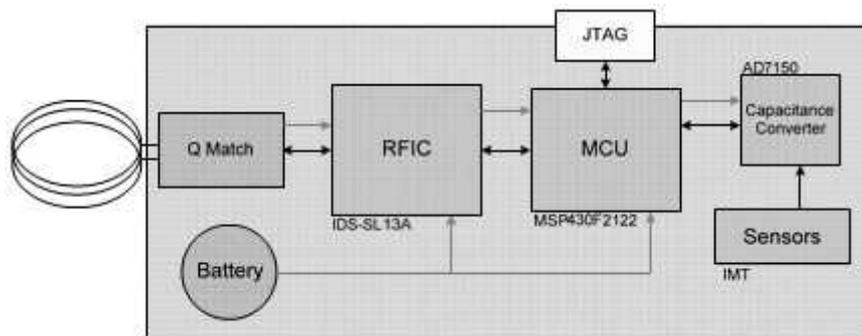


Figure 2.7 – Architecture du Tag RFID

Le tag du système RFID a deux modes de fonctionnement : soit semi-actif soit complètement passif. La présence de la pile détermine dans lequel de ces modes le tag se trouve. Dans le mode semi-actif, le tag doit être capable d'enregistrer périodiquement les valeurs des capteurs, de les sauvegarder dans sa mémoire et de les restituer au lecteur lorsque celui-ci vient l'interroger. Il peut également fournir les valeurs instantanées des capteurs lorsque le lecteur le lui demande. Dans le mode passif, qui est le cas qui nous intéresse, le tag s'alimente uniquement avec le champ RF et doit seulement fournir les valeurs instantanées des capteurs[18].

La puce RF n'étant pas capable de gérer plus d'un capteur branché à l'extérieur, un microcontrôleur (MCU) est nécessaire. Avec ce dernier, il est possible de brancher autant de capteurs qu'il en est capable d'interfacier sur ses ports[18].

2.2.2.1 L'interface RF

Pour que le RFIC transmette à l'antenne sa puissance maximale, il faut que la sortie RF de la puce « voie » une certaine impédance. On règle cette contrainte grâce à un étage d'adaptation d'impédance. L'effet du circuit d'adaptation doit être calculé en prenant également en considération les deux diviseurs capacitifs. Ces derniers sont utilisés dans le chemin inverse pour acheminer le signal RF reçu sur les deux entrées RF_{IN} du RF IC [18].

2.2.2.2 Modulation

Pour les systèmes RFID HF, la modulation est réalisée en variant le couplage magnétique existant entre le lecteur et le tag, cela se fait par la puce en modifiant l'un des éléments du circuits de résonance LC du tag qui peut être sous forme d'un circuit série ou parallèle [18].

- Résonance série : cette configuration résulte en une impédance minimum à la fréquence de résonance, on a donc un courant maximum à la résonance. Cette configuration simple est utilisée pour la lecture à proximité du lecteur.
- Résonance parallèle : ce type de configuration résulte en une impédance maximum à la fréquence de résonance. Cela permet d'avoir une tension maximum. Le courant est donc minimum, mais assez important et proportionnel au facteur de qualité Q du circuit LC. Cette configuration est de loin la plus utilisée. Dans ce mode parallèle, on peut trouver deux façons de moduler le signal : la première consiste à agir sur l'inductance L du circuit LC, la seconde sur la capacité C du circuit LC, comme représenté dans ces circuits [18] :

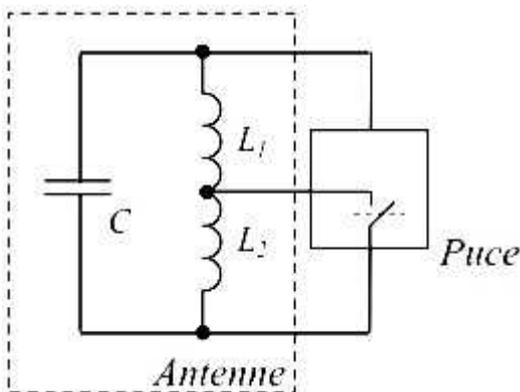


Figure 2.9 – Avec modulation d'inductance L

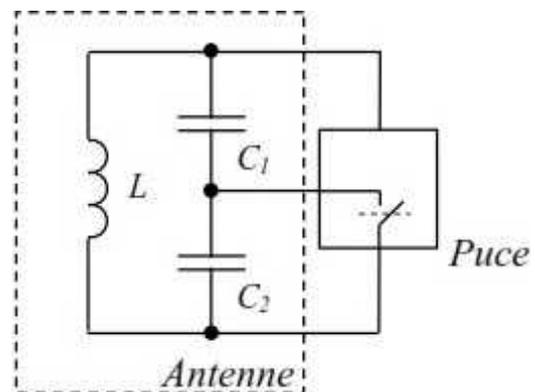


Figure 2.10 – Avec modulation de capacité C

2.2.2.3 L'antenne du tag RFID

L'antenne est un élément conducteur qui transforme une énergie électrique en énergie électromagnétique, les critères de performance sont indispensables pour choisir l'antenne appropriée à un tag. En effet, les fonctions de récupération d'énergie et de rétro-modulation dépendent directement de la qualité de l'adaptation entre les impédances de la puce et de l'antenne. Il est donc primordial de prendre en compte les caractéristiques propres de l'antenne comme son impédance d'entrée et sa bande passante lors de la conception globale du système RFID.

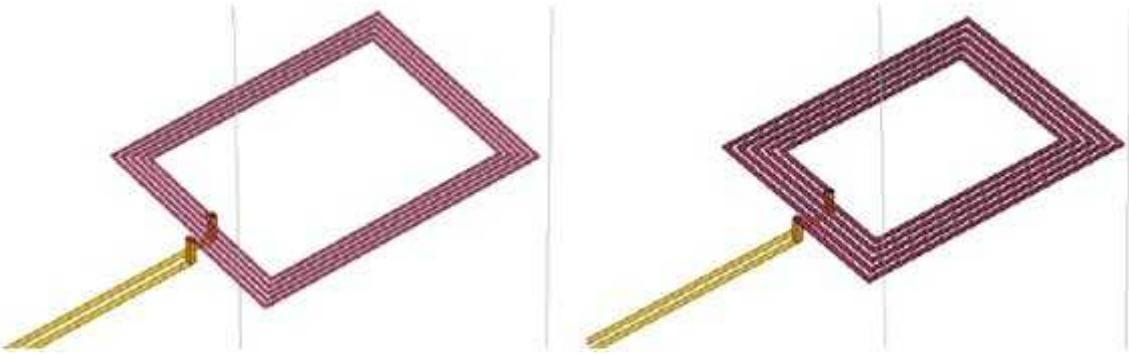


Figure 2.11 – Antennes de Tags RFID

Généralement, le paramètre recherché pour concevoir une antenne est le facteur de qualité. Des simulations réalisées entre 2 types d'antennes possédant des largeurs et espacement des conducteurs différents, comme nous le démontre la figure au-dessus, l'antenne de droite est meilleure de ce point de vue-là que celle de gauche. Mais les expériences tendent à prouver que l'antenne de gauche serait en réalité un meilleur choix. En effet, les essais menés avec le lecteur sur les Tags ont montré que celui de gauche avait une plus grande distance de lecture. Certes la spirale de celui-ci est plus grande, mais il semblerait que celle-ci soit plus performante grâce à sa plus grande surface interne[18].

Le facteur de qualité reste toutefois important, mais une spirale qui a une plus grande surface interne englobe plus de champ magnétique. Le tag gagne de ce fait en distance de lecture. Puisque de toute façon le facteur de qualité de l'antenne est diminué avec une résistance en parallèle, l'antenne de gauche sur la figure est à préférer pour le développement d'autres futurs Tags.

2.3 Emission et réception

2.3.1 Principe d'émission/réception

Un émetteur envoie une onde radio de fréquence plus ou moins élevée. L'énergie rayonnée est suffisamment importante pour alimenter l'étiquette (passive), qui va dès lors envoyer de la même façon un code d'identification numérique. L'interaction entre les champs magnétiques émis et reçus permet au récepteur de décoder la trame émise par le Tag RFID.

La distance de détection va de quelques centimètres jusqu'à quelques mètres, en fonction de la fréquence utilisée, ce qui permet des identifications éloignées. La plupart du temps les Tags sont passifs et ne peuvent qu'émettre un code unique et leur durée de vie est pratiquement illimitée.

Mais il existe des tags actifs, alimentés par pile, qui peuvent recevoir et stocker des données. Ces Tags RFID posent néanmoins un problème de confidentialité puisqu'ils peuvent être lus, voir modifiés, sans le consentement du propriétaire du Tag.

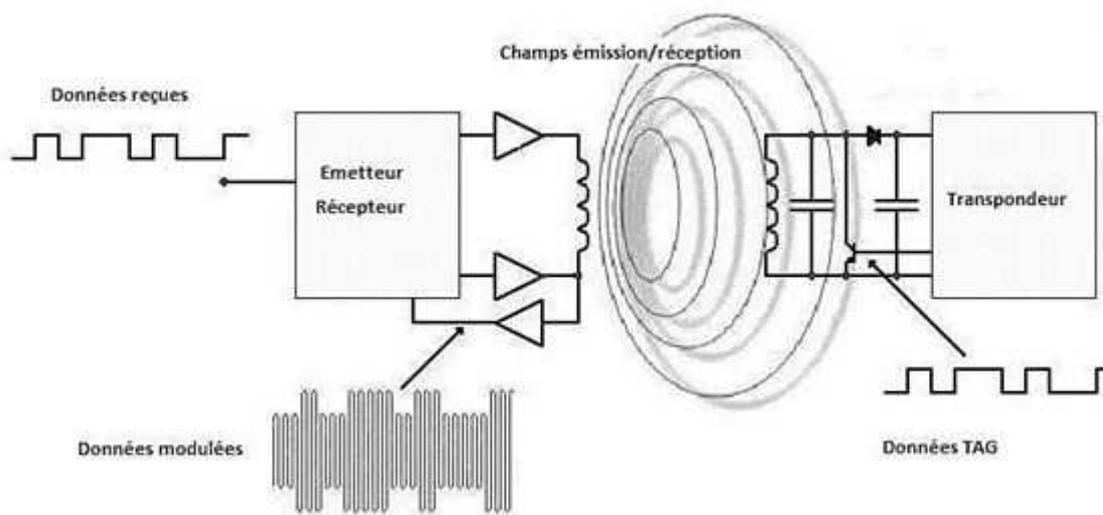
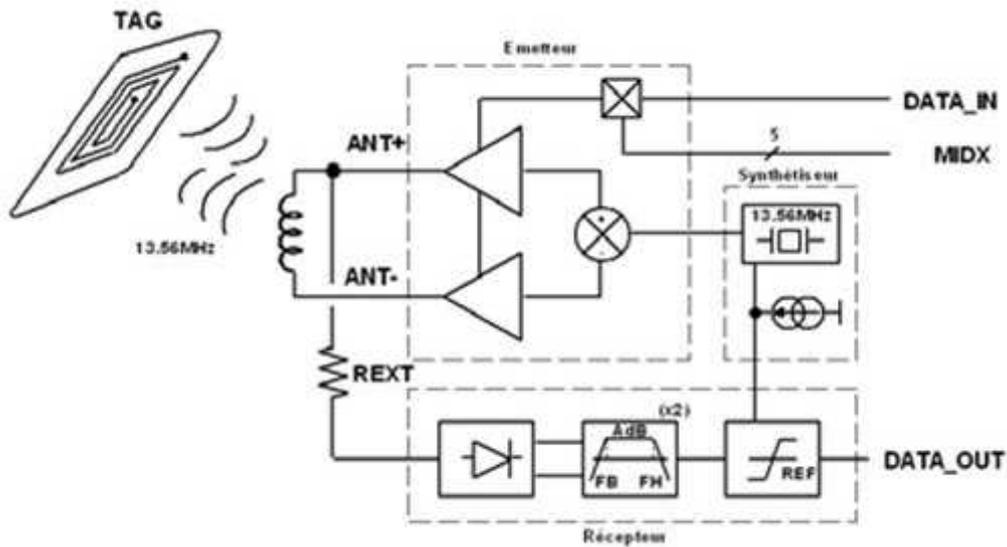


Figure 2.12 – Schéma du principe d'émission/réception d'un système RFID

Le schéma bloc général du circuit est composé de deux parties principales. La partie synthétiseur générant la fréquence porteuse de 13,56MHz et le courant de polarisation. L'inductance d'émission et de réception (connectée entre les nœuds ANT+ et ANT-)[17] ainsi que la résistance R_{ext} sont quand à elles externes.

On peut voir dans ce schéma un système RFID qui présente les éléments essentiels pour l'émission et la réception.



En mode de réception, le démodulateur reçoit de l'étiquette un signal sur l'antenne qui correspond à un générateur de tension d'impédance caractéristique Z . Le rôle du récepteur est de reconstruire sur le nœud DATA_OUT une donnée ASK transmise par le TAG. L'antenne pouvant fournir une tension à ses bornes de quelque Voltes, une résistance série R_{ext} est utilisée pour transformer le signal entrant en un signal de type courant. Les signaux DATA_IN et DATA_OUT sont des signaux séries dans le temps à une fréquence en kHz suivant le mode de transmission. Le signal MIDX est un signal numérique permettant le contrôle du taux de modulation, il sera fourni par une partie numérique extérieure[17].

2.3.2 L'émetteur

Le respect des normes ISO, nous impose de dimensionner les amplificateurs de puissance de façon à générer un champ électromagnétique dans l'antenne variant entre 1,5A/m et 7,5A/m. La figure suivante représente la structure de l'émetteur. Il se décompose en trois modules distincts et nécessite la présence de trois signaux extérieurs [17].

DATA correspond aux données à transmettre. MIDX est un bus de 5 bits permettant le contrôle de l'indice de modulation et le signal de fréquence 13,56MHz qui peut prendre la forme d'un signal carré. Cependant, l'émission d'une donnée n'est pas obligatoire dans un lecteur de carte sans contact. Cette fonction reste donc une option intéressante pour l'évolution du système

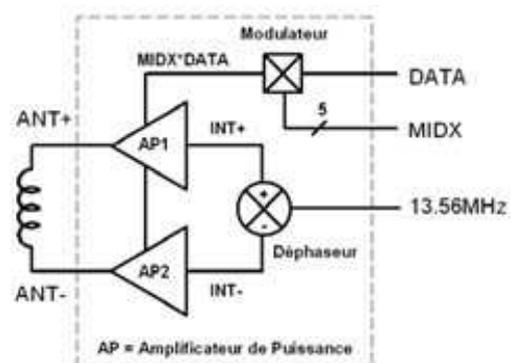


Figure 2.13 – Schéma bloc de l'émetteur

Le circuit déphaseur : permet la génération de deux signaux INT+ et INT- en opposition de phase « parfaite » à partir d'un signal unique. Les signaux ont une forme rectangulaire. Il est très important de créer un déphasage « parfait » entre les deux signaux afin de garantir une attaque différentielle de l'antenne[14]. Ceci permettra de ne pas transmettre la masse du signal et aussi d'augmenter la puissance transmise à la charge.

Les cellules XOR sont réalisées à partir des dimensions minimales et possèdent une architecture symétrique, c'est-à-dire que les deux entrées voient le même nombre de cellules. Les inverseurs qui suivent servent à adapter la charge. En effet, les amplificateurs de puissance sont constitués par des transistors MOS avec une largeur très importante, ils possèdent une capacitance très forte. C'est pourquoi, il est nécessaire de respecter la sortance maximale des cellules. Les valeurs 1x, 3x et 9x correspondent directement au coefficient multiplicateur de la largeur de l'élément minimal[17].

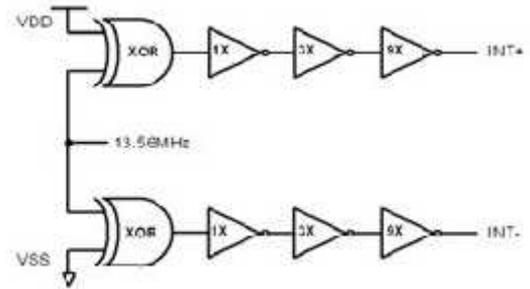
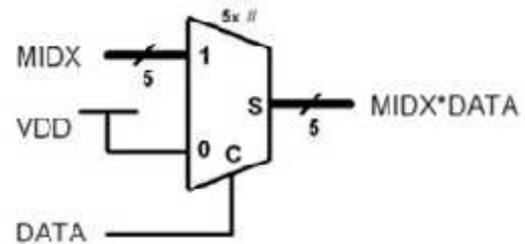


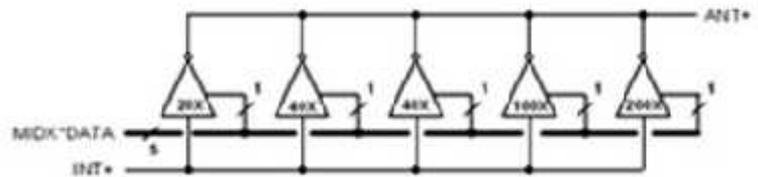
Figure 2.14 – Circuit déphaseur

Le modulateur : Le circuit de la figure suivante re-présente la sélection du taux de modulation. En effet, le signal de sortie MIDX*DATA est un signal numérique créé à partir du signal DATA et du signal MIDX. La norme de transmission de la donnée indique que lorsque la donnée DATA prend la valeur binaire 1, le signal dans l'antenne doit correspondre au maximum de puissance, réciproquement lorsque DATA prend la valeur binaire 0, dans ce cas, la puissance dans l'antenne doit correspondre à un indice de modulation de



10% ou 100% suivant le type de transmission[14]. Le réglage s'effectue par le contrôle de cinq multiplexeurs mis en parallèle et gérant chacun un des bits du signal MIDX. Remarquons que l'utilisation de l'émetteur sans transmission de données vers le TAG correspond à prendre DATA = 1.

L'amplificateur de puissance : Nous avons placé en parallèle un jeu de cinq inverseurs possédant une taille bien spécifique[17]. La structure interne de l'amplificateur de puissance est représentée comme suite.



2.3.3 Le récepteur

Le récepteur est représenté sur la figure suivante, l'entrée RE du circuit s'effectue à une borne d'une résistance extérieure (non intégrée) de valeur R_k . Cette valeur peut être changée afin d'améliorer la quantité de courant présent aux bornes de l'antenne ANT.

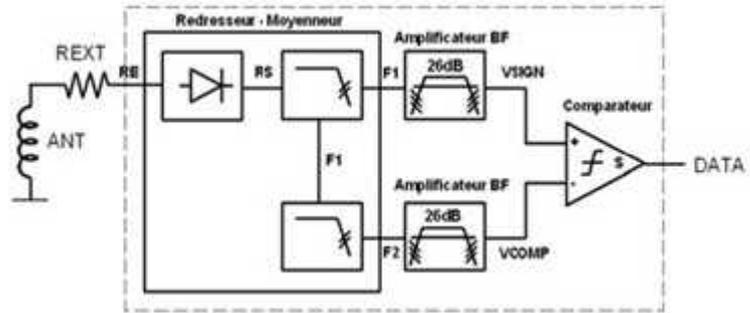


Figure 2.15 – Schéma bloc du récepteur

La sortie DATA du récepteur est une mise en forme du signal présent aux bornes de l'antenne, DATA est un signal numérique de fréquence variant (en KHz). La chaîne de traitement se décompose en quatre phases, le redressement, l'amplification, la comparaison par rapport à une référence et le filtrage. Ce dernier n'est pas intégré dans une structure dédiée mais plutôt dans chacune des trois autres parties de façon à optimiser la réjection du signal de fréquence porteuse à 13,56MHz tout le long du traitement du signal utile[17].

Le filtre redresseur : la figure suivante représente le circuit de redressement et de filtrage :

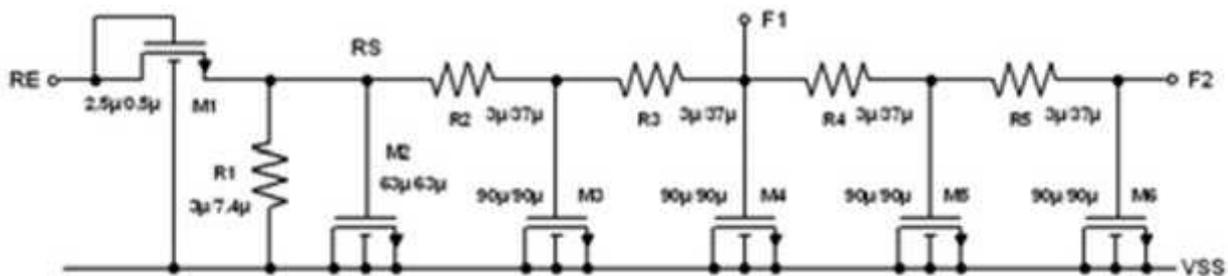


Figure 2.16 – Schéma du redresseur-filtre

La structure se base sur le principe de la détection d'enveloppe à diode, réalisée par les transistors M1, M2 et la résistance R1. Le transistor M1 est connecté en diode et M2 joue le

rôle d'une capacité. Les transistors M3, M4 et les résistances R2, R3 réalisent un filtre pass-bas d'ordre 2 permettant une atténuation relative de la fréquence de porteuse de 40dB. Les transistors M5, M6 et les résistances R4, R5 réalisent la même fonction. Cependant, l'adjonction de filtres d'ordre 2 permet de créer un signal F2 qui représente la moyenne du signal F1. La réalisation de la moyenne du signal F1 nous permettra par la suite de comparer les deux informations en temps réel et ainsi discriminer les niveaux logiques haut et bas[17].

L'amplificateur filtre pass-bande :

Il existe un certain nombre de structures d'amplificateurs monolithiques[14], mais il apparaît clairement que la réalisation combinée d'une amplification et d'un filtrage conséquent du signal reste difficile. Voici une structure représentative de l'amplificateur :

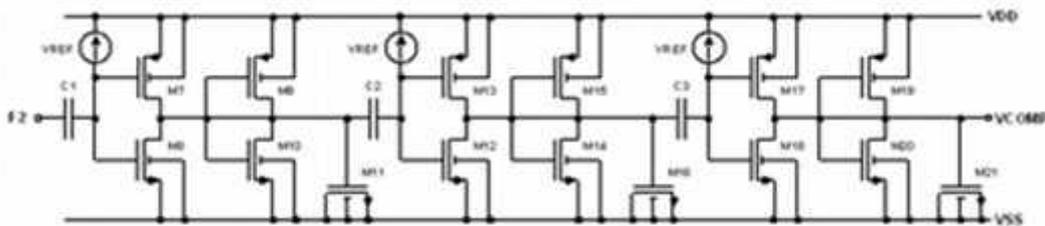
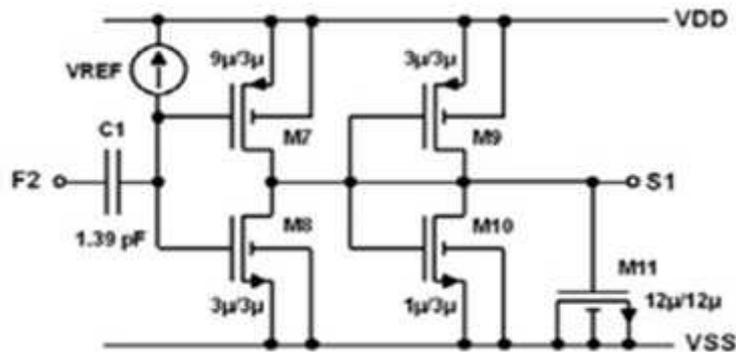


Figure 2.17 – Amplificateur filtre passe-bande

Il utilise trois structures identiques à la cellule suivante :



Le comparateur : La mise en forme du signal étant réalisée, il ne reste plus qu'à prendre une décision sur la valeur du signal de sortie. Cette structure est basée sur une double paire totalement différentielle en entrée, fonctionnant en classe AB, offrant une bonne linéarité à la

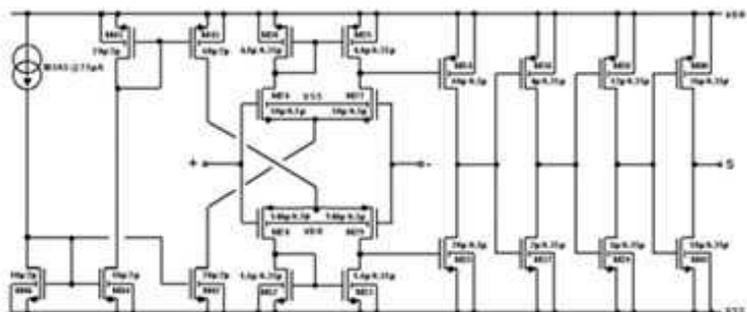


Figure 2.18 – Comparateur de sortie

structure. La double paire différentielle nous obtient une rapidité de balayage très forte, ainsi qu'un gain de boucle ouverte élevé[17]. La sensibilité d'entrée très basse permet d'obtenir une bonne reconstitution du signal utile tout en maintenant des seuils très faibles du signal d'entrée.

2.4 Protocole de transfert d'énergie

On peut classer les systèmes RFID suivant plusieurs caractéristiques, l'une d'elle est le transfert d'énergie, d'en il en existe deux types : continu et séquentiel[4].

2.4.1 Transfert d'énergie continu

L'énergie est transmise continuellement et sans interruption durant tout l'intervalle de communication, les données peuvent être transférées simultanément ou bien en alternance. Ces deux modes sont appelés FDX (Full-Duplex) et HDX (Half-Duplex).

- **Mode FDX** : la transmission d'énergie est toujours continue, l'échange de données est simultanée entre le lecteur et le Tag. Ces deux éléments jouent à la fois le rôle d'émetteur et récepteur. Pour pouvoir différencier entre les liaisons montante et descendante, il faut donc deux modulations ; en général la puce RFID crée une sous porteuse pour réaliser un décalage fréquentiel[4].
- **Mode HDX** : le transfert d'énergie est continu, mais dans ce cas l'échange de données se fait en alternance, ce qui implique que la modulation aussi. Le tag et le lecteur prennent le rôle d'émetteur et récepteur chacun à leur tour, ce type est d'une grande simplicité par rapport au précédent, mais il reste la question du stockage externe d'énergie qui engendre un coût élevé de fabrication[4].

2.4.2 Transfert d'énergie séquentiel

Le transfert d'énergie est discontinu et régulier, les données sont transférées en même temps lors de la liaison descendante, ce type de protocole est très utilisé lorsque les communication s'effectuent du Tag vers le lecteur.

Voici une figure qui résume les deux modes HDX et FDX :

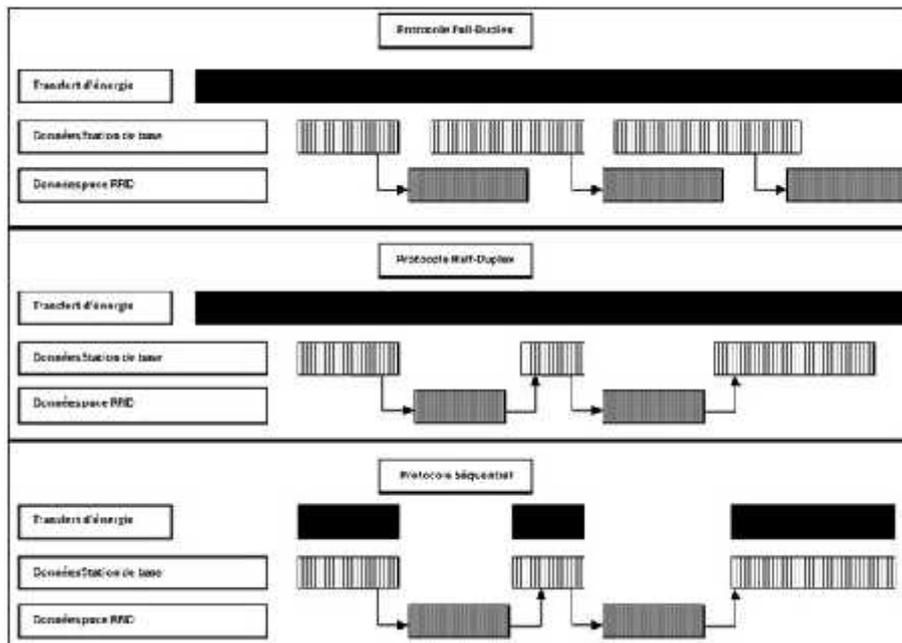


Figure 2.19 – Protocole HDX et FDX

2.5 Protocol de communication

Lors d'une communication, un signal est émis sans modulation du lecteur vers le tag (liaison montante), dès lors que le tag se trouve à proximité du lecteur la puce sera alimentée. A ce moment-là, la communication, proprement dite, peut débuter et ainsi le tag peut commencer à transmettre ou bien attendre une requête du lecteur et répondre par la suite.

On peut donc différencier deux types de protocoles qui sont : le TTF et ITF.

2.5.1 Protocole TTF (Tag Talk First)

Dans ce type, dès que la puce est alimentée la communication est entamée par le tag, ainsi la liaison montante n'existe pas, seule la liaison descendante est présente, mais lorsque qu'un nombre important de tags annoncent leur présence ceci peut créer un conflit. Pour remédier au problème, il existe une autre variante du protocole TTF qui est le TOTAL (Tag Only Talk After Listening)[15].

2.5.2 Protocol ITF (Reader Talk First)

Le lecteur engage la communication en envoyant des requêtes, quand le tag se trouve dans le champs d'action ce dernier transmet alors son identifiant, il est mis en place dans la

majorité des systèmes RFID. Dans ce cas l'identification simultanée de tous les objets peut s'avérer difficile [15].

2.6 Codage

Dans les systèmes RFID on rencontre généralement deux types de codage de signaux : le codage à niveau et le codage à transition.

2.6.1 Codage à niveau

Dans ce type de codage chaque bit est représenté par un niveau d'énergie, on peut citer l'exemple le plus utilisé qui est le code NRZ (Non Return to Zero) attribuer un niveau haut pour une valeur de "1" et un niveau logique bas pour une valeur de "0" mais à cause de la succession des 1 ou des 0 on se retrouve avec des pertes de synchronisation et des complications lors de la reconstitution c'est donc le codage RZ (Return to Zero) qui vient pallier ce problème, une transition sur front descendant est associée à une valeur de 1 tandis que le 0 reste au niveau bas, l'impulsion générée est de durée égale à la moitié de la période du symbole, entre autre le codage d'une donnée n'est pas dépendante de la précédente[4].

2.6.2 Codage par transition

Dans ce cas la valeur d'un bit de donnée correspond à une variation de la tension du signal, la synchronisation est plus facile, un exemple à citer est le code de Manchester ainsi un front descendant (sur une demi période) représente un bit 1 et un front montant désigne le bit 0, ces transitions au milieu d'une période d'un symbole est très utile lorsque plusieurs Tag RFID se trouvent dans le champs d'action du lecteur et utilisent ce codage néanmoins (détection d'anticollision)[4]. D'autres codes sont utilisés, comme le code Miller ou bien le code Miller modifié mais il reste que la bande passante est beaucoup plus importante. Il existe aussi des codes par modulations d'impulsions (PWM, PPM) mais toutes ces méthodes doivent prendre en considération plusieurs critères qui rentrent en jeu dans la fabrication du Tag et du lecteur :

- Maintient d'une transmission de puissance.
- Faible consommation de la bande passante.
- Faciliter la détection de l'anticollision (dans le cas de plusieurs puces RFID).

Ainsi les codes à modulation d'impulsions vérifient les deux premiers critères, mais pour la communication descendante le code de Manchester est plus adéquat vu qu'il comprend une des transition durant la période de bit ce qui simplifie la détection du signal retour.

2.7 La modulation

Après avoir choisis le protocole de transfert d'énergie de communication ainsi que le code ainsi ? on passe maintenant à la modulation numérique. D'une manière générale, cela consiste à moduler un signal porteur (HF) avec un signal contenant l'information, le signal transmis à un certain nombre d'état déterminé par la taille de l'alphabet ou de la constellation (Fréquences, phases, amplitudes) et cela de plusieurs façons :

- PSK : Modulation de phase ou bien "Phase Shift Keying" , ici la phase de la porteuse subit des variations.
- ASK : Modulation d'amplitude "Amplitude Shift Keying", c'est l'amplitude du signal porteur qui est modulé.
- FSK : Modulation de fréquence "Frequency Shift Keying", c'est le paramètre fréquence qui subit des variations.

2.7.1 PSK

Dans la modulation PSK, l'information transmise se trouve dans la phase, la phase de la porteuse change suivant différentes valeurs déterminées par des états logiques de l'entrée (M-), on peut citer l'exemple de la BPSK qui est une modulation de phase binaire, ainsi une valeur qui ne produit aucun changement de phase et un 0 produit un déphasage de 180° .

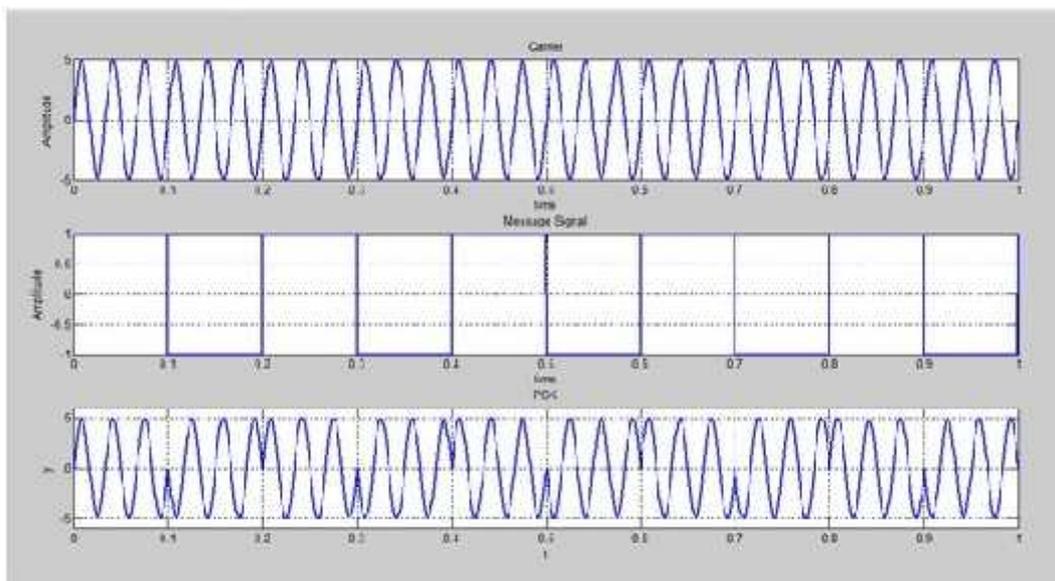


Figure 2.20 – Modulation 2-PSK

2.7.2 ASK

Est une forme de modulation qui fait varier l'amplitude de la porteuse, on assigne à chaque symbole une amplitude précise, en quelque sorte c'est une version numérique de la modulation AM. Le récepteur se repose sur l'amplitude du signal afin de décoder de manière fiable les données, mais la modulation ASK nécessite une puissance importante d'émission, ce qui est un inconvénient pour les systèmes embarqués. De plus, elle est sensible aux changements d'amplitude causé par le canal de communication et ceci la rend sujette à des erreurs, son avantage réside sur la simplicité de son architecture de démodulation.

Un cas particulier de la modulation ASK est la modulation binaire (2-ASK) aussi appelée OOK pour "On Off Keying", un seul bit est transmit par période et on observe des extinctions de porteuse pour la valeur 0.

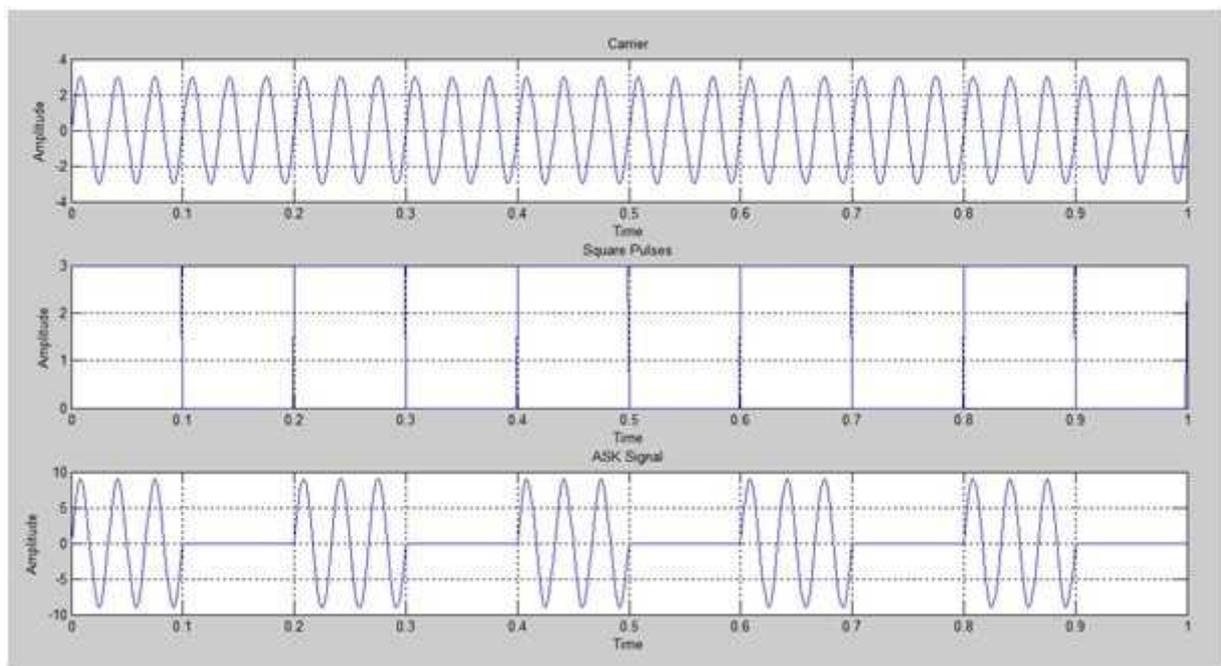


Figure 2.21 – Modulation 2-ASK

2.7.3 FSK

Dans cette modulation, la fréquence du signal porteur varie en fonction des données à transmettre. L'exemple ci-dessous montre une modulation dite 2-FSK qui est binaire, chaque valeur de 0 et 1 sont représentées par un signal de fréquences différentes. Dans la modulation FSK, l'espacement entre les deux fréquences est un paramètre important car il est préférable de minimiser cette valeur afin d'augmenter l'efficacité de la bande passante du système mais pour éviter les interférences entre les différentes fréquences un minimum est requis : la moitié de la période de la porteuse.

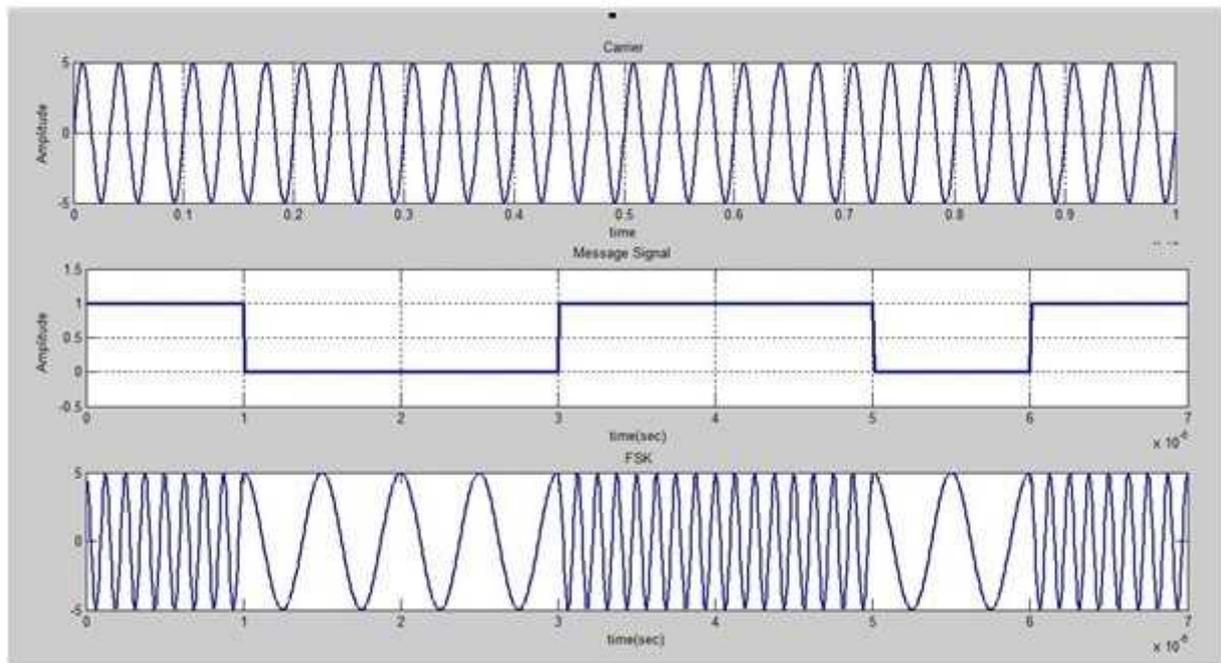


Figure 2.22 – Modulation 2-FSK

En conclusion, la modulation PSK est simple et répandue dans les applications commerciales (WIFI, RFID...). Pour l'FSK, elle présente un avantage dans sa répartition énergétique, et en ce qui concerne l'ASK l'architecture du système de modulation est simple et son coût de réalisation est faible et très répandue dans les systèmes RFID vu que le système est généralement embarqué[4].

Ainsi on doit faire un compromis entre la simplicité de l'architecture du système et de sa sécurité, la robustesse, le coût et la taille puisque le but principal est le déploiement en masse

2.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu voir et étudier les différents blocs constituant un lecteur RFID HF ainsi que les tags, nous avons abordé les différents protocoles utilisés ainsi que le codage et la modulation. Ceci nous a permis de comprendre le fonctionnement d'une communication entre un lecteur et un tag, ce qui va apporter un plus lors de la réalisation, mais aussi de pouvoir évaluer les meilleurs choix concernant leurs conceptions (choix du codage, modulation ...).

CHAPITRE 3

DOMAINES D'APPLICATION DE LA RFID

3.1 Introduction

Les tags RFID est une innovation par rapport aux codes barres, leurs propriétés permettent de tracer les déplacements ou bien de suivre une chaîne de froid. De ce fait, cette technologie représente une avancée majeure dans le monde de l'industrie, de la médecine, du commerce... car elle est vue comme la solution finale aux problèmes liés à la logistique. Les communications seront automatiques ainsi que les mises à jour si cela est nécessaire, votre pull indiquera au lave-linge la température de lavage ou bien le programme adéquat, le réfrigérateur sera capable de connaître les produits qui s'y trouvent mais aussi de contrôler les dates limites d'utilisations.

Tant de domaines et tant d'applications s'offrent au monde. Certains seront abordés dans ce chapitre dans le but de se faire une idée globale de cette technologie et des avantages qu'elle véhicule.

3.2 Traçage d'animaux

Parmi l'une des applications de la RFID, le traçage des animaux qui est devenu une culture et qui est même des fois obligatoire comme l'exemple de la Belgique. Ceci se fait par l'implémentation d'un tag RFID pour les animaux domestiques et sauvages, pour les animaux sauvages, cela est utilisé pour étudier leurs migrations, leurs captures mais aussi pour le suivi et la surveillance des espèces en voie de disparition, tandis que l'utilisation de tag pour les animaux domestiques présente un avantage côté santé, surtout depuis l'augmentation des épidémies animales et aussi de la question du bioterrorisme. Mais l'implémentation de tag RFID doit prendre en considération plusieurs facteurs dont la méthode de placement, la technologie utilisée, la taille de l'animal, la présence ou non d'autres tags et l'aspect esthétique.[1]

3.3 La RFID et les bibliothèques

Le développement de la technologie RFID a même atteint les bibliothèques, ses avantages résident dans la sécurité, l'automatisation, le temps d'inventaire, le "self check-in" et le "self check-out"[1]. Le but de l'implémentation de la RFID dans les bibliothèques est d'augmenter l'efficacité et de réduire les coûts, et c'est pour cela que cette automatisation et le "self-service" peuvent aider à parer au problème. Mais les tags peuvent être utilisés juste pour informer comme dans les galeries d'art ou dans un musée : muni d'un lecteur qui diffuse soit une forme audio ou vidéo, le visiteur peut ainsi profiter d'une visite interactive.

Cette technologie est largement supérieure à celles des code barres, la promesse d'un gain de temps considérable et d'une grande efficacité est tenue, mais les bibliothèques restent réticentes face aux coûts engendrés et au temps d'adaptation (de 11.8 mois), les applications au sein des bibliothèques sont nombreuses :

- Rapidité et simplicité de la procédure de prêt et un vrai gain de temps
- L'inventaire qui devient facile, des centaines ou des milliers de livres sont inventoriés en un jour, comparé à un mois avec un ancien système utilisant les codes à barres.
- la vérification du contenu de documents numériques (CD/DVD) devient facile.
- Le " self chek-in" et le "self check-out" sont automatiques et aisés, on parle même de bornes de retour automatiques.
- Option d'antivol.

Mais comme toutes technologie, celle-ci présente elle aussi des inconvénients dont :

- Les objets contenant des éléments métalliques interférents avec les tags.
- Les tags RFID sont faciles à décoller, ce qui rend l'objet en question vulnérable face au vol.
- L'installation d'un tel système est onéreux.

Au Etats-unis environ 60 bibliothèques avec près de 10 millions de livres utilisent les tag RFID[1], l'industrie de la RFID connaît un boom économique rapide, cette technologie sans fil offre beaucoup d'avantage qui poussent à reconsidérer la question du coût et de l'investissement.

3.4 E-paiement

L'application de la RFID dans les cartes de crédit et de paiement n'a pas connue de front succès puisqu'elle rencontre quelque obstacles à son déploiement liés la sécurité, le programme pilote qui a initialisé ce programme de carte sans contact à eu lieu en 2003. Malgré les efforts fournis par les compagnies de cartes de crédit et les banques, son expansion reste toujours minime. On peut citer l'exemple de la MasterCard, seul 1% du milliard de cartes en circulation utilisent le système sans contact[1]. En vu des faits, plusieurs autres entreprises investissent massivement dans ce système, on peut prendre l'exemple de la carte Visa connue sous le nom de Visa Wave ou bien le programme de l'American Express connu sous le nom de Express Pay, ces programmes font référence aux cartes sans contact, l'avantage principal de ce système comparé à l'ancien est que l'utilisateur n'a pas besoin d'insérer la carte dans une fente magnétique.

La carte sans contact sert à créditer ou bien débiter comme dans les cartes conventionnelles, avec les carte magnétiques l'utilisateur doit saisir un mot de passe après avoir insérer le carte dans la fonte, contrairement au cartes sans contact, il suffit de l'approcher du lecteur et les informations requises seront transmises : une série de flashes et de

tonalités suivent pour confirmer la transaction, l'avantage est que cette carte ne quitte pas l'utilisateur, diminuant ainsi le risque d'usurpation. Les études entreprises par le programme pilote indiquent un gain de 22 secondes pour chaque transactions utilisant de la liquidité. Un autre grand avantage des cartes sans contact est qu'elles ne s'usent pas aussi rapidement contrairement aux autres, la bande magnétique à tendance à s'user du fait de son utilisation répétée. Malgré les nombreux avantages qu'offrent cette technologie, le grand public reste réticent face à son déploiement, du fait que le principe de paiement sans contact soit associé à des signaux qui peuvent donc être interceptés. Certains commentaires assimilent même le fait de posséder une carte sans contact à un T-Shirt avec le nom et numéro de carte au dos, par conséquent aux Etats-Unis certains états vont même aller à établir des lois imposant ainsi un logo sur les cartes munies de tags RFID (recto et verso) pour différencier les types de cartes comme c'est illustré dans la figure ci-dessous avec le symbole utilisé sur les cartes Visa Wave. Bien que l'industrie des cartes de crédit fournisse des efforts considérables pour sécuriser les données des clients, cette peur d'un scan non autorisé, de la fraude ou du vol d'identité reste présente.

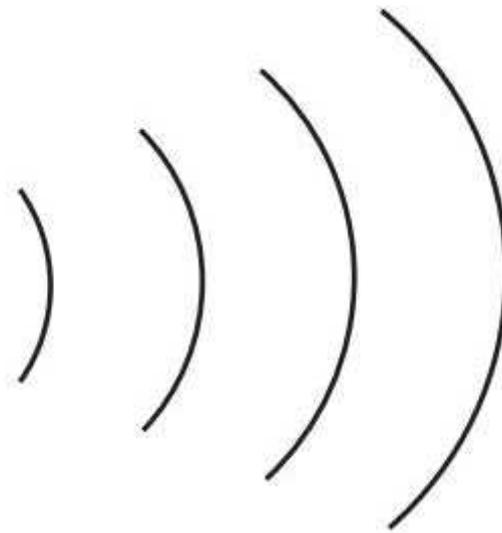


Figure 3.1 – Symbole utilisé pour la carte Visa Wave

3.5 E-passeport

Le E-passeport, qui en apparence est identique au conventionnel, possède toutefois une différence qu'est la puce RFID, c'est l'une des applications les plus sensibles vue la nature du contenu. La puce est placée dans la couverture du passeport, elle a une capacité de 64K de données cryptées, les informations qui sont à l'intérieur sont les mêmes que sur le passeport: numéro de série du passeport, le nom de l'individu, date et lieu de naissance, sexe et une photo.

L'intégration de cette dernière permettrait à l'avenir un scan à l'entrée, ainsi le scan en temps réel sera comparé directement à la photo contenue dans la puce RFID, les données sont régies par l'International Civil Aviation Organization.

Le e-passeport suit les standards de l'ICAO, le point le plus significatif dans ce protocole est que la distance du scan soit très petite (4in) mais quelque réclamations indiquent comme quoi le passeport peut être scanné à une plus grande distance, cette lecture non autorisée est appelée " Skimming"[1]. Face à ce problème, le département d'état au USA a incorporé plusieurs niveaux de sécurité, le premier niveau consiste en une protection électronique intégrée dans la couverture du passeport qui prévoyait pour bloquer un lecteur RFID essayant d'activer la puce. Le second niveau est connu sous le nom de " Basic Access Control " et qui consiste en une clé de session pour chiffrer les communications entre le lecteur et la puce, en théorie la seule façon de décoder les données et d'ouvrir d'abord le passeport et d'obtenir la clé de cryptage.

Durant l'été 2006 , des hackers allemands ont réussi à franchir les sécurités et à décrypter des informations, le groupe en question a déterminé que la clé était basée sur les informations contenues dans la page où se trouve la photo.

Un autre problème associé au E-passeport est connu en tant que " eavesdropping ", c'est une surveillance des signaux échangés entre le lecteur et la puce, ceci a été démontré par un groupe de hackers néerlandais qui a décrypté une empreinte digitale numérisée, une photographie et d'autres informations en seulement deux heures. La solution proposée par le gouvernement fut la détection des équipements électroniques nécessaires à l'opération au niveau des portiques de sécurité.

3.6 E-santé

La population mondiale est estimée à près de 7 milliards et ne cesse d'augmenter avec une hausse (86 millions de personnes par an), ces statistiques affecteront sans aucun doute le secteur de la santé vue la forte demande qui accompagnera cette évolution démographique. Cela va sans dire qu'une forte et rapide demande de soins médicaux va s'ensuivre, de plus un défaut du personnel de santé qualifié sera un challenge important pour les centres de soins, mais le problème le plus important auquel fera face ce secteur sera les erreurs médicales qui sont de l'ordre du nombre de patients. Face à de telles difficultés, les services de soins et de santé auront un grand intérêt à investir dans un nouveau système basé sur la technologie RFID qui minimisera les impacts de cette expansion qualifiée de baby boom. La FDA (Food and Drug Administration) encourage cette technologie [1], leurs principaux objectifs sont :

- La sécurité des patients
- La contrefaçon des médicaments
- Le rappel des produits
- La consolidation de la chaîne d'approvisionnement et de distribution des produits pharmaceutiques.

On estime que l'investissement du secteur de la santé dans les NTIC (y compris la RFID et les technologies sans fil) pour les dix prochaines années est de 78 milliards de dollars. Les applications dans ce domaine sont nombreuses, chaque système présente ses propres avantages et inconvénients, ainsi on peut citer des exemples d'application qui sont :

Réseau d'approvisionnement en médicaments :

De nos jours, l'industrie pharmaceutique fait face à un problème lié à la contrefaçon des médicaments, c'est les organismes tel que la FDA qui ont encouragé l'implémentation de la RFID pour la lutte contre la vente de produits pharmaceutiques contrefaits. En prenant compte de l'aspect de sécurité du patient et de la distance de lecture, le tag HF passif est le plus approprié pour cette application. Toutefois, la dimension pose problème.

Les avantages qu'offre cette technologie dans la chaîne d'approvisionnement sont :

- Le personnel pourra reconnaître les informations liées au médicament tels que le nom, le dosage, la date d'expiration... ces données pourront être comparées avec les prescriptions médicales et pourront être partagées avec les médecins et les infirmiers immédiatement.
- La gestion en temps réel aidera à gérer le stock avec des opérations plus précises, un gain de temps et par suite prévenir le fournisseur si les quantités tombent en dessous d'un certain seuil.
- En exploitant l'unicité de l'ID des tags, on peut ainsi tracer les produits pharmaceutiques distribués par les fournisseurs, ce qui permettra d'éviter les produits de contrefaçon.
- Les infirmiers munis de lecteurs seront en mesure de d'administrer des médicaments au bon patient et au bon moment.

Gestion des patients :

La gestion des patients se fera à travers des bracelets électroniques munis de tag RFID UHF afin de vérifier les informations du patient au niveau de différents points de contrôle, c'est un atout car il peut communiquer immédiatement la position du patient et le dossier médical ; une combinaison de technologie passive et active aideront à surveiller le patient. Parmi les avantages de cette gestion on peut citer :

- Optimisation du flux des patients à travers leur historique médical.
- Diminution des patients perdus ou bien mal dirigés, une alarme sera utilisée pour l'indiquer.
- Une meilleure sécurité du patient et le respect des bonnes procédures.
- L'identification des patients est automatisée et sans risque, ainsi le staff pourra se concentrer sur la maladie tandis que les résultats, les médicaments utilisés et toutes les informations le concernant seront enregistrés.

Processus des opérations chirurgicales :

Avant de procéder à une opération chirurgicale, on doit passer par plusieurs étapes dont la préparation du patient : préparation des documents et de la salle d'opération, etc.

La réussite d'une opération réside dans une bonne coordination entre les différents processus, c'est-là qu'entre en jeu la RFID : en apportant des solutions rapides, efficaces et méthodiques et en alliant la technologie passive, active et les systèmes de poche.

Ces interventions chirurgicales nécessitent un ensemble d'instruments qui doivent être préparés et vérifiés avant chaque interventions, ces instruments munis de tag RFID vont être automatiquement détectés grâce à un plateau intelligent ou à l'aide de portails RFID. Les inventaires seront rapides et tous les instruments manquants peuvent être détectés en toute simplicité ne laissant pas ainsi de place à l'erreur.

3.7 Conclusion

A travers ce chapitre nous pouvons dire que la technologie RFID apporte des solutions efficaces dans de nombreux domaines, mais elle est très critiquée. L'avenir de cette technologie repose entièrement sur les investissements fournis par les acteurs des différents secteurs telles que la santé, la sécurité, la grande distribution... mais le plus gros problème reste le coût important pour le déploiement. A l'avenir cette technologie peut soit se développer et conquérir les nombreux marchés qui s'offrent à elle, ou bien stagner, voire même être abandonnée. En effet des voix s'élèvent pour mettre en évidence l'impact qu'a la RFID sur le vie privée des consommateurs, l'utilisation des informations à l'insu du client comme nous avons pu le voir avec le E-passeport ou encore le danger que représente les ondes radios sur la santé : le cas de puces sous cutanée. Néanmoins, nous pouvons envisager un avenir radieux, une application positive accompagnée de lois et de sécurité accrues pourront favoriser une ouverture et une expansion de la RFID. Les domaines d'applications sont nombreux, réduisant ainsi le coût de fabrication.

L'évolution de cette technologie repose sur un débat qui oppose sécurité, vie privée, éthique et intégrité au progrès technologique, l'apparition de certains problèmes ou interrogations trancheront sur le sort de la RFID.

CHAPITRE 4

MODÉLISATION D'UN SYSTÈME RFID

4.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons aborder la conception d'un lecteur RFID HF en se basant sur une carte Arduino et une carte Mifare RC522. En effet la lecture des cartes se fait à une courte distance (40mm environ), ce qui procure un avantage pour une application tel que les contrôles d'accès sécurisés pour des sites sensibles et où la présence de l'utilisateur est requise ainsi que son badge (carte).

4.2 Présentation du matériel utilisé

4.2.1 Arduino UNO

L'Arduino est une carte de dimensions 52mm sur 65mm équipée d'un microcontrôleur Atmel ATmega 328, munie d'entrées et sorties, une horloge, un reset, une mémoire, etc.

1. L'horloge : elle fonctionne à une fréquence de 16 MHz piloté par un quartz.
2. Reset : on le retrouve sous forme de bouton poussoir, dont toutes les cartes sont équipées afin d'effectuer un reset manuel pour pouvoir relancer un programme, mais il y a d'autres sources tel que le reset automatique à la mise sous tension.
3. La mémoire : L'ATmega 328 dispose de 32 Ko de mémoire de programme de type flash, elle se programme à travers un connecteur USB qui équipe les Arduino. Il contient aussi une RAM de 2 Ko utilisée pour les variables employées dans un programme, pour stocker les résultats temporaires lors de calculs. L'ATmega 328 dispose aussi d'une mémoire EEPROM de 1KO dans laquelle des données ou des paramètres sont conservés que l'on retrouve d'une utilisation à une autre.
4. Les entrées et sorties : Il ya deux rangées d'entrées/sorties, c'est grâce à elle que le microcontrôleur communique avec les cartes d'interfaces (modèles commerciaux ou non).
 - Entrées/Sorties numériques: la carte dispose de 14 lignes entrées/sorties numérotées de 0 à 13, pouvant fonctionner en entrée ou bien en sortie contrôlées par le programme et elles peuvent même changer de manière dynamique pendant l'exécution.
 - Entrées analogiques: la carte dispose de six entrées numérotées de A0 à A5 qui admettent toute tension comprise entre 0 et 5v

4.2.2 Carte mifare RC522

La carte mifare RC522 est un lecteur de puce RFID HF fonctionnant à 13.56 MHz, sous une tension de 3.3v, permettant de lire et d'écrire des tags RFID passifs. De dimensions 40mmX60mm, très faciles à utiliser et de faible coût.

4.2.3 langage de programmation de l'Arduino

La programmation de l'Arduino se fait grâce à un mélange de C et C++ adapté aux possibilités de la carte, cet environnement de développement est disponible pour les PC fonctionnant sous Windows, linux e Mac, il comporte un éditeur de texte permettant d'écrire le programme source en langage évolué, un compilateur permet de traduire le programme source en programme objet prêt à être placé en mémoire de l'Arduino.

4.2.4 Réalisation

Grâce aux éléments utilisés, nous pouvons réaliser un système d'identification, la connexion entre le lecteur et l'arduino se fait de la manière suivante :

- 3.3v vers le pin 3.3v
- RST vers le pin 9
- Gnd vers le pin Gnd
- SDA vers le pin 10
- SCK vers le pin 13
- MISO vers le pin 12
- MOSI vers le pin 11

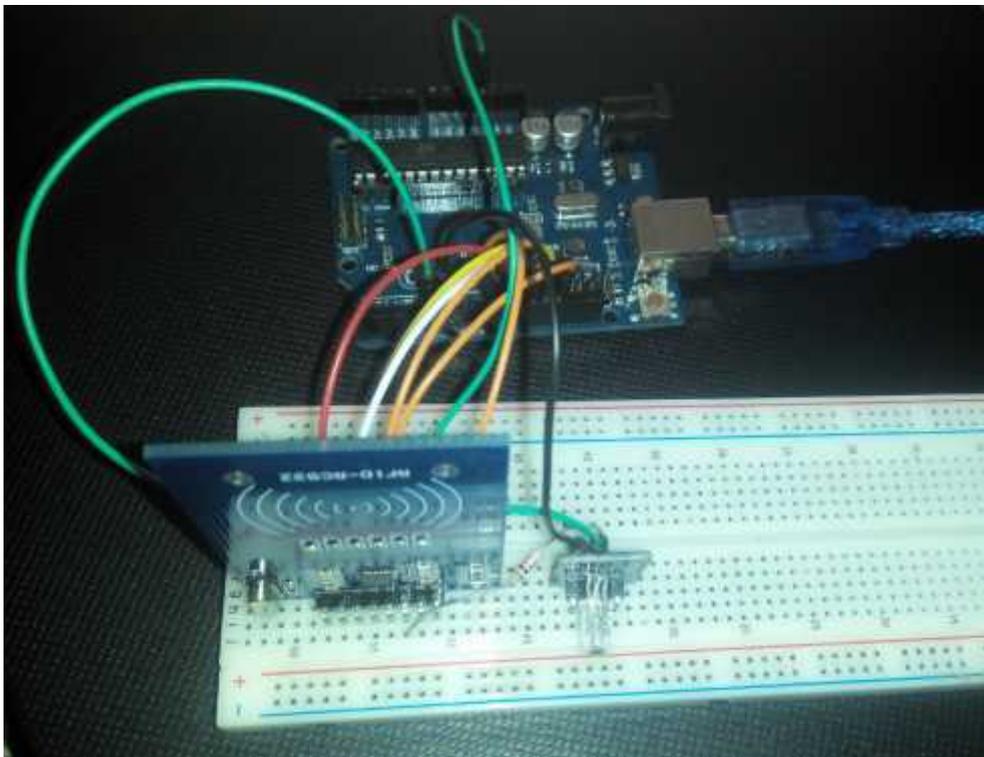


Figure 4.1 – Illustration du système

4.3 Application

Avec l'introduction de la RFID dans les passeport (mis en circulation en janvier 2012), ceci ouvre des portes vers d'autres applications, toujours dans le domaine de l'identification, on peut citer l'exemple de STid qui est une entreprise française spécialisée dans les technologies d'identification sans contact par radio fréquence (RFID). Comme nous l'avons cité précédemment, le but de cette réalisation est qu'elle soit appliquée à l'accès sécurisé d'un site ou d'un édifice.

Nous avons envisagé d'implémenter notre réalisation dans un système de gestion sécurisé du personnel d'un poste de police afin de moderniser ce dernier grâce à un contrôle d'accès utilisant la technologie RFID. Pour se faire nous allons identifier les différents acteurs qui interagissent avec le système, puis nous allons présenter des diagrammes de cas d'utilisation qui décrivent les scénarios de chaque acteur.

4.3.1 Les acteurs du systèmes

Les acteurs représentent des entités (des utilisateurs) qui interagissent directement avec le système, dans notre cas les utilisateurs sont les suivants :

- Policier,
- Personnel de maintenance,
- Administrateur.

4.4 Etude des cas d'utilisation

4.4.1 Identification des cas d'utilisation

Le cas d'utilisation représente toutes les interactions possibles entre l'utilisateur et le système.

Cas d'utilisation	Acteur
Ouverture de la porte	-Policier -Personnel de maintenance -Administrateur

Authentification		-Policier -Personnel de maintenance -Administrateur
Mise à jour de la BDD	-Ajouter -Supprimer -Gérer les habilitations	-Administrateur
Consulter l'historique		-Administrateur

Table 4.1 – Les cas d'utilisations possibles du système

4.4.2 Description des cas d'utilisation

Description de l'ouverture de la porte

Identification

Nom du cas : ouverture d'une porte

But : détailler les étapes de déverrouillage d'une porte réclamée par l'utilisateur.

Acteur principal: policier

Séquencement

Pré-condition : le policier possède un badge.

1. Le policier scanne son badge.
2. Le lecteur récupère l'ID du badge et l'envoie vers le système central.
3. Le système central vérifie l'identité du policier grâce à son ID.
4. Le système central envoie une requête au système qui gère le déverrouillage.
5. Le système déverrouille la porte.
6. Le policier tourne et accède au lieu

4.5 Diagramme

4.5.1 Diagramme de cas d'utilisation général

Ce diagramme apporte une vision globale de notre système, il représente toutes les interactions possibles entre l'utilisateur et le système.

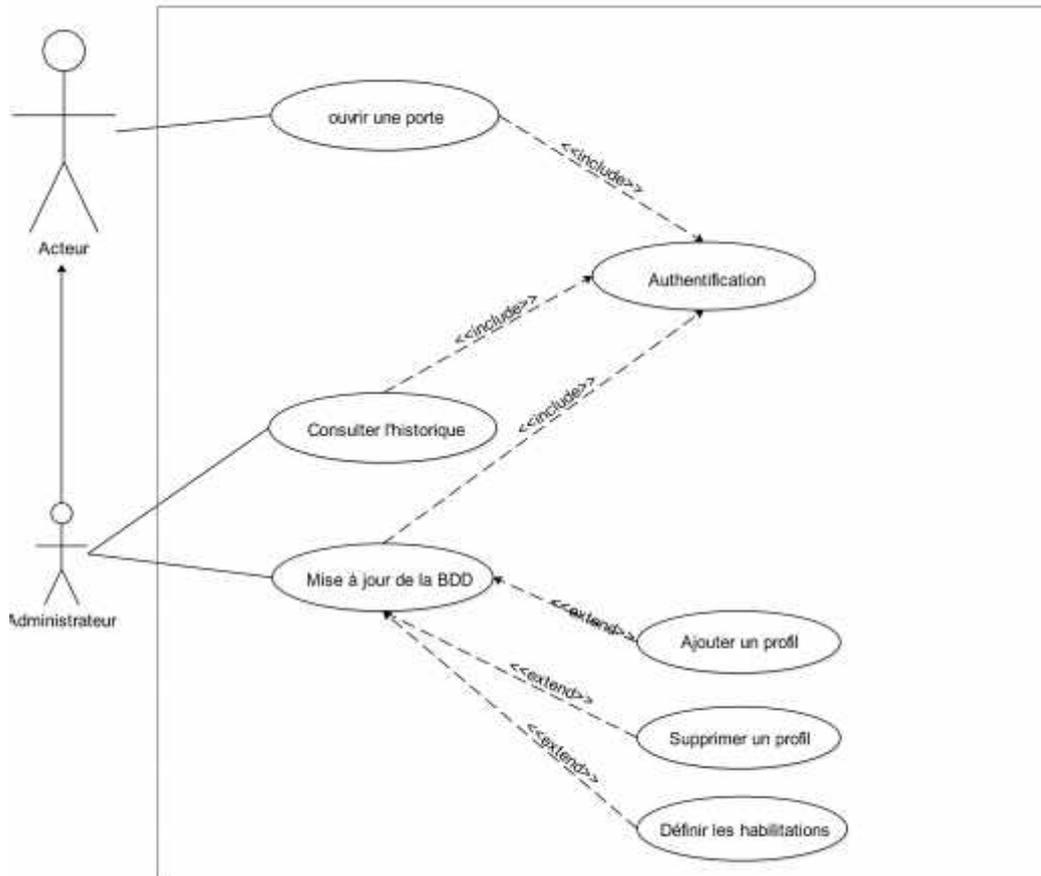


Figure 4.2 – Diagramme de cas d'utilisation général

4.6 Diagramme de séquence

Ce diagramme présente les interactions suivant un ordre chronologique de notre cas d'utilisation.

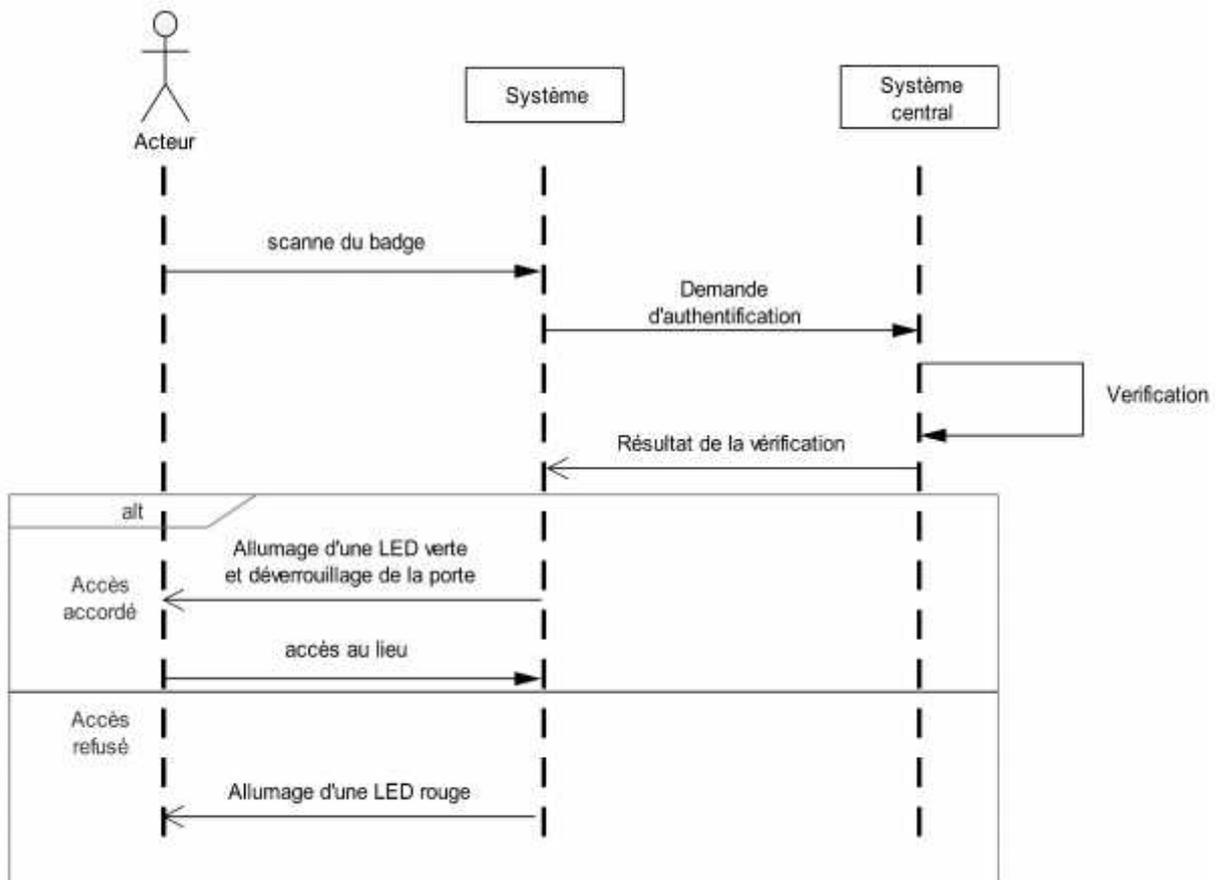


Figure 4.3 – Diagramme de séquence du cas d'utilisation ouverture d'une porte

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé l'aspect application à travers la réalisation d'un système RFID HF fonctionnant à 13.56 MHz, cela nous a permis d'élaborer une application démontrant l'utilité et l'efficacité du système dans un poste de police.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Grâce à ce travail nous avons pu faire un état de l'art de la technologie RFID mais aussi des différents types de tags et de communications utilisées, de même que nous avons aussi cité les normes associées à la RFID.

Nous avons abordé en détail l'architecture d'un lecteur RFID HF, ainsi qu'un tag en mettant l'accent sur les différents blocs ; sans oublier l'aspect codage et la modulation.

Nous avons consacré un chapitre pour les domaines d'applications de la RFID que nous jugeons essentiel vu que le but de notre mémoire est de trouver une application à notre réalisation.

L'utilisation de l'Arduino des cartes d'interfaces ont grandement facilité la réalisation du système et nous a permis d'obtenir un résultat assez concluant. Dans le dernier chapitre, nous avons imaginé un scénario pour appuyer l'utilité de notre idée en prenant pour exemple un poste de police. Nous avons démontré la simplicité mais surtout l'intérêt d'un tel système, axé à la fois sur l'identification, la sécurité et la gestion.

BIBLIOGRAPHIE

-
- [1] Erick C. Jones, Christopher A. Chung. RFID in logistics : A practical introduction, Taylor and Francis Group
- [2] Klaus Finkenzeller. RFID Handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication. John Wiley Sons,2010.
- [3] Anthony Ghiotto. Conception d'antennes de tags rfid uhf, application a la réalisation par jet de matière. 2008.
- [4] Jean-Ferdinand Susini Hervé Chabanne, Pascal Urien. RFID et l'internet des choses.Hermes Science Publications, 2010.
- [5] Cheng Tao Jin Li. Analysis and simulation of uhf rfid system.
- [6] Nemaï Chandra Karmakar. Handbook of Smart Antennas for RFID Systems. John Wiley Sons, 20100.
- [7] Rob Van Kranenburg. The internet of things. Network Notebooks, 2008.
- [8] Harvey Lehpamer. RFID Design principles. Artech House Publishers, 2012.
- [9] Joe Carr Steve Winder. RFID a guide to radio frequency identification. Newnes, 2002.
- [10] Christian Tavenier. Arduino : Maitrisez sa programmation et ses carte d'interface (shields). Dunod, 2014.
- [11] Mike Puglia V. Daniel Hunt, Albert Puglia. RFID a guide to radio frequency identification.Wiley-Interscience, 2007.
- [12] Cedric Besse Xavier Blanc, Isabelle Mounier. UML2 pour les développeurs cours avec exercices corrigés. Eyrolles, 2006.
- [13] Guang Xu. Rfid application simulation environment in sdr workbench. 10 2007.
- [14] C.Toumazou, F.J Lidgey, D.G. Haigh. Analog IC design : the current mode approach. Peter Peregrinus. 1990.
- [15] Y. Han, H. Min. System modelling and simulation of RFID, 2009.
- [16] [http ://www.centrenational-rfid.com/](http://www.centrenational-rfid.com/).
- [17] S.MEILLÈRE, W.RAHAJANDRAIBE, P.MASSON, C.GUILLAUME, W.TATINIAN, P.PANNIER, R.BOUCHAKOUR, G.JACQUEMOD. Emetteur Recepteur RFID A 13,56 MHZ. Polytech ?Marseille (Nice-Sophia), IMT-Technopôle de Château Gombert.
- [18] Système RFID pour la lecture de capteurs ; ISO 15693, 13.56MHz. HES-SO Valais-Wallis, institue de microtechnique IMT ; université de Neuchâtel.

Résumé :

Les applications qu'offre la RFID sont nombreuses, notre pays commence tout juste à adopter cette technologie à travers les passeports biométriques, ce qui nous offre des perspectives d'avenir pour cette technologie.

Ce mémoire a pour but de présenter cette technologie afin d'introduire une application réalisée par nos soins dans un système d'identification.

Mot-clefs : RFID, HF, Tag, Arduino, sécurité.

Abstract :

The rfid offers many applications, our country is beginning to adopt this technology through the E-passport , which provides us future prospects for this technology.

This work present this technology and introduce an application developed by us in an identification system .

Keywords : RFID, HF, Tag, Arduino, security.

Dédicaces

A nos chers parents et
familles ;

A nos
promoteurs ;

A tous les enseignants qui ont fait de nous ce que nous sommes
aujourd'hui ;

A nos amis qui nous ont soutenus tout au long de notre
parcours,

Nous vous dédions ce travail.

Remerciements

Avant de commencer la présentation de ce modeste travail, on profite de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre projet de fin d'étude.

On tient à exprimer nos vifs remerciements à nos respectueux professeurs. Merci d'avoir accepté de nous encadrer pour notre projet de fin d'étude, ainsi que pour votre soutien, vos remarques pertinentes et vos encouragements.

On tient à remercier aussi les membres du jury de nous avoir honorés en acceptant de juger notre modeste travail. Veuillez trouver, ici, le témoignage de notre respect le plus profond.

Nos remerciements vont aussi à nos familles, amis et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout et qui n'ont pas cessé de nous donner des conseils et le courage afin de réaliser ce modeste travail.