



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Djilali Bounaama Khemis Miliana

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de technologie

Mémoire du projet de fin d'études

Pour l'obtention de diplôme

Master

En

« Télécommunication »

Option :

« Systèmes de télécommunications »

THEME

***Conception et implémentation du système « Radio
Frequency Identification » à l'aide d'une carte Arduino et
lecteur RFID***

Réalisé par :

- Khaldi Meriem
- Boukoftane azzedine

Encadré par :

- Mr M.Benrebaya

Année universitaire : 2016-2017

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : Généralités sur les technologies sans fil

1.1. Introduction	2
1.2. le WPAN (IEEE 802.15).....	4
1.2.1. Définition.....	4
1.2.2. La relation entre le WPAN et IEEE 802.15.....	4
1.2.3. Bluetooth.....	4
1.2.4. Zigbee.....	9
1.2.5. NFC (Near Field communication).....	10
1.3. WLAN (IEEE 802.11)	11
1.3.1. Introduction	11
1.3.2. Les réseaux wi-fi (Wireless Fidelity).....	11
1.3.3. Le système Wi-Fi	11
1.4. WMAN (IEEE 802.16).....	12
1.4.1. WiMAX.....	12
1.5. WWAN (IEEE 802.20).....	13
1.5.1. Introduction.....	13
1.5.2. GSM.....	13
1.5.3. GPRS	15
1.5.4. UMTS.....	17

Chapitre 2: Rfid (Radio Frequency Identification)

2.1. Introduction.....	18
2.2. Définition.....	18
2.2.1. Comparaison entre RFID et code à barre.....	22
2.3. Historique.....	23
2.4. Principe de fonctionnement.....	24
2.4.1. Principe de la modulation RFID	25
2.5. Les fréquences de communication.....	27
2.6. Application	28
2.7. Avantages et inconvénients	31
2.7.1. Avantages.....	31
2.7.2. Inconvénients	32
2.8. Conclusion.....	34

Chapitre 3 : Réalisation du système RFID

3.1 Introduction.....	35
3.2 Principe de notre réalisation	35
3.3 Matériels utilisés	36
3.4 Réalisation du montage	43
3.4.1 Câblage module RFID.....	43
3.4.2 Câblage de LED.....	44

3.4.3 Câblage de servomoteur	45
3.4.4. Câblage de l'afficheur LCD.....	46
3.5. Le programme et le schéma général du montage.....	47
3.6. Paramètres et réglages	51
3.7. Le pratique	51
3.8. Conclusion.....	52
Conclusion générale.....	53
Bibliographie	

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le grand Dieu pour l'achèvement de ce mémoire.

Nous souhaiterons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur M.Benrebaya, qui, en tant qu'encadreur, s'est toujours montré à l'écoute et disponible tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait pas été réalisé.

Nous souhaiterons exprimer notre gratitude à nos enseignants de la spécialité systèmes de Télécommunications qui nous ont 'armé' pour attaquer et mener à bien ce travail.

Egalement nos remerciements à nos parents pour leur contribution, leur soutien.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'études

A

Mon très cher père et ma très chère mère

en témoignage de ma reconnaissance à leur contribution pour le soutien, les sacrifices et les efforts qu'ils ont déployé pour mon éducation ainsi que ma formation.

A

Mes chers frères

pour leur affection, compréhension et patience.

A

mon très cher fiançais Snoussi Zine El Abidine

Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein.

Khaldi Meriem

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude

A

ma mère et mon père pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué; avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.

A

mon cher frère YAKOUBE, BELGHAITH et MOUHAMED.

A

ma chère sœur INES ET JAMILA .

A

mes chers amis MOUHAMED, BENYOCEFE et ISSA et tous mes amis....

Boukoftane Azzedine

Résumé

Dans ce travail qui porte sur la conception et implémentation du système « Radio Frequency Identification» à l'aide d'une carte Arduino et lecteur RFID, nous avons conçu, réalisé et testé un prototype de contrôle d'accès avec des Tags et lecteur. Nous avons choisi un système parking comme application de ce montage.

Ce travail est basé sur l'étude théorique des technologies sans fil en général et le système RFID en particulier.

Un système RFID comprend cinq composants essentiels : une puce, une antenne, un lecteur, un ordinateur, une base de données.

Grâce à son antenne, la puce communique avec le lecteur qui transmet les informations recueillies à un ordinateur où elles sont enregistrées dans une base de données.

Mots clés: Radio Fréquence, identification, lecteur, étiquette, antenne...

Abstract

In this work which deals with the design and implementation of the "Radio Frequency Identification" system using an Arduino card and RFID reader, we designed, realized and tested a prototype of access control with Tags and reader. We chose a parking system as an application of this assembly.

This work is based on the theoretical study of wireless technologies in general and the RFID system in particular.

An RFID system consists of five essential components: a chip, an antenna, a reader, a computer, a database. With its antenna, the chip communicates with the reader, which transmits the collected information to a computer where it is stored in a database.

Key words: Radio Frequency, identification, Reader, Tag, antenna...

Liste des figures

Figure 1.1 : types de réseaux sans fil et leurs normes	2
Figure 1.2 : Principales normes des réseaux sans fil	3
Figure 1.3 : schéma de connexion de terminaux Bluetooth	8
Figure 1.4 : La technologie Zigbee	10
Figure 1.5 : Architecture d'un réseau WiFi	12
Figure 1.6 : Antenne d'un Wimax.....	13
Figure 1.7 : Un système cellulaire.....	14
Figure 2.1 : Schéma général d'un système RFID.....	19
Figure 2.2 : étiquette classique.....	20
Figure 2.3 : étiquette autocollante.....	20
Figure 2.4 : étiquette sous forme grain de riz.....	21
Figure 2.5 : Historique de la RFID.....	24
Figure 2.6 : Principe de fonctionnement de la RFID	25
Figure 2.7 : Système antivol.....	28
Figure 2.8 : contrôle d'accès.....	30
Figure 3.1 : système parking.....	35
Figure 3.2 : carte Arduino.....	36
Figure 3.3 : Logo Arduino.....	37
Figure 3.4 : Straps.....	38
Figure 3.5 : Plaque d'essai.....	39
Figure 3.6 : câble USB.....	39
Figure 3.7 : Résistances.....	40
Figure 3.8 : Afficheur LCD.....	40
Figure 3.9 : Buzzer.....	40
Figure 3.10 : Lecteur RFID avec ses accessoires.....	41
Figure 3.11 : LED.....	42
Figure 3.12 : Un servomoteur.....	42
Figure 3.13 : Montage carte arduino+lecteur RFID.....	43
Figure 3.14 : Montage carte arduino+LED.....	44
Figure 3.15 : Montage carte arduino+lecteur RFID + servomoteur.....	45
Figure 3.16 : Montage carte aduino+afficheur.....	46
Figure 3.17 : Schéma général du montage.....	49
Figure 3.18 : Shéma général du montage en Fritzing.....	50
Figure 3.19 : Fenêtre du moniteur série.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : L'évolution du Bluetooth.....	5
Tableau 1.2 : Les classes d'émetteurs en fonction de leur puissance d'émission.....	7
Tableau 2.1: Comparaison entre RFID et CAB.....	23
Tableau 2.2: Caractéristiques de différentes fréquences de communication.....	27

Introduction

Générale

Introduction générale

Les réseaux d'accès et réseaux domestiques ont répondu à des exigences d'usage telles que la mobilité, c'est-à-dire la possibilité de se connecter au réseau à partir d'un terminal mobile, sans avoir recours à un câble, ce qui assure une flexibilité et une facilité d'utilisation. C'est dans cette perspective que nous avons jugé utile de traiter ce sujet d'actualité et de porter notre choix sur " Conception et Implémentation du système « Radio Frequency Identification» à l'aide d'une carte arduino et lecteur RFID".

La RFID (de l'anglais radio frequency identification) est basée sur l'échange d'informations véhiculées par des ondes électromagnétiques entre une étiquette, ou encore notées « tag » et un lecteur. Actuellement, cette technologie est en plein essor sur le plan économique.

On dénombre aujourd'hui en milliers le nombre d'applications où l'on retrouve la RFID. Là aussi, le spectre est considérable, allant de la logistique aux passeports mais également à des domaines de niches dont la plupart sont largement insoupçonnés. Cette très grande variété d'applications se traduit par un nombre important de contraintes différentes les unes des autres selon le domaine d'utilisation envisagé.

Notre mémoire est divisé en trois chapitres. Dans le premier chapitre, nous allons traiter les différentes technologies sans fil et présenter en détail les matériels et architectures protocolaires nécessaire à leur construction ainsi que leurs historiques.

Au second chapitre, nous ferons tout d'abord une introduction sur la technologie RFID (Radio Frequency Identification), ensuite l'étude théorique de ce système qui donne une explication exhaustive de ce qu'est la technologie RFID, nous verrons ses fréquences de communication, son principe de fonctionnement ainsi que leurs applications et pour finir nous allons citer les avantages et les inconvénients de la RFID.

Le dernier chapitre consiste à une réalisation du système RFID avec le logiciel Arduino, cela nous donnera un aperçu sur la mise en place et le fonctionnement de cette technologie.

Enfin, les perspectives et extensions probable d'un tel projet, ainsi que les améliorations possibles seront discuté dans la conclusion.

Chapitre 1

*Généralités sur les
technologies sans
fil*

Chapitre 1 : généralités sur les technologies sans fil

1.1. Introduction

Les réseaux sans fil sont : transporter des données d'un équipement terminal vers un autre équipement terminal en permettant à un utilisateur de changer de place tout en restant connecté. Les communications entre machines ou équipements terminaux peuvent s'effectuer directement ou par le biais de stations de base, appelées points d'accès, ou AP (Access Point). Cette partie pose les différentes technologies sans fil et présente en détail les matériels et architectures protocolaires nécessaire à leur construction ainsi que leurs historiques.

Dans ce chapitre nous allons traiter les différentes technologies sans fil, leurs historiques et applications ainsi que les avantages et les inconvénients de chacun.

Il y a plusieurs gammes de produits qui sont commercialisées actuellement, mais la normalisation peut être modifiée les choses. Les groupes de travail qui proviennent de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) aux Etats-Unis et de l'ETSI (European Telecommunications Standards institute) en Europe ont pour mission de se charger de cette normalisation.

Les deux figures suivantes décrivent respectivement les différentes catégories de réseaux suivant leur étendue figure 1.1 [1] et les normes existantes figure 1.2.

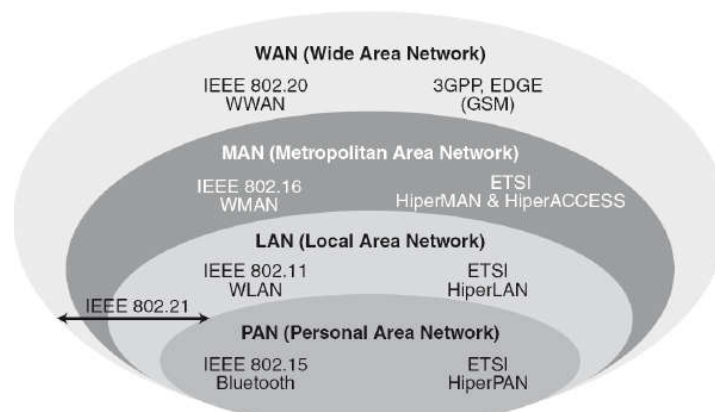


Figure1.1: types de réseaux sans fil et leurs normes

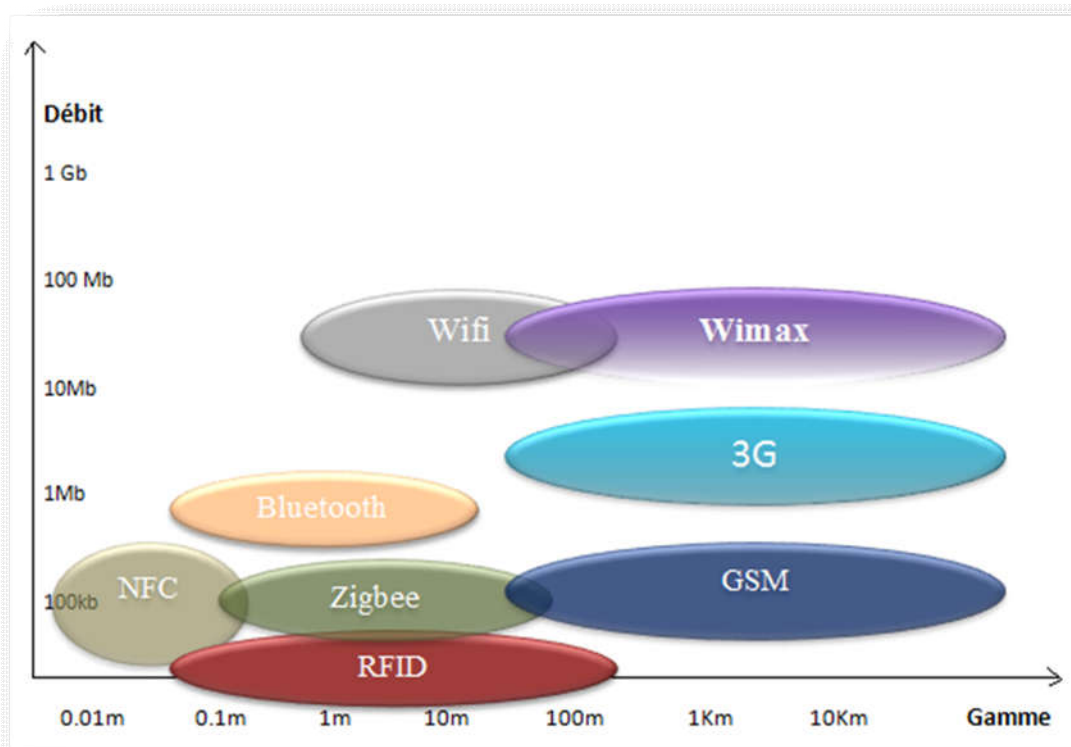


Figure 1.2 : Principales normes des réseaux sans fil

Dans le groupe 802.15, par exemple, trois sous-groupes normalisent des gammes de produits en parallèle :

- IEEE 802.15.1, le plus connu, prend en charge la norme Bluetooth, aujourd'hui largement commercialisé.
- IEEE 802.15.3, définit la norme UWB (Ultra-Wide Band), qui met en œuvre une technologie très spéciale, caractérisée par l'émission à une puissance extrêmement faible, sous le bruit ambiant, mais sur pratiquement l'ensemble du spectre radio (entre 3,1 et 10,6 GHz). Les débits atteints sont de l'ordre de gigabit par seconde sur une distance de 10 mètres.
- IEEE 802.15.4, s'occupe de la norme ZigBee, qui a pour objectif de promouvoir une puce offrant un débit relativement faible mais a un coût très bas. [2]

1.2. WPAN (IEEE 802.15)

1.2.1. Définition

C'est un réseau personnel sans fil appelé aussi réseau domestique sans fil, ou **WPAN** (Wireless Personal Area Network). Il est un réseau sans fil d'une faible portée, de l'ordre de quelques dizaines de mètres. Ce type de réseau sert généralement à relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques ...etc) ou bien permettre la liaison sans fil entre deux machines de petites distances. Il existe plusieurs technologies utilisées pour les WPAN.

1.2.2. La relation entre WPAN et IEEE 802.15

Le groupe 802.15 a été mis en place en mars 1999 dans le but de réfléchir aux réseaux hertziens d'une portée d'une dizaine de mètres, ou WPAN (Wireless Personal Area Network), avec pour objectif de réaliser des connexions entre les différents portables d'un même utilisateur ou de plusieurs. Ce réseau peut interconnecter un PC portable (Laptop), un téléphone portable, un PDA (Personal Digital Assistant) ou toute autre terminale de ce type.

Le groupe de travail IEEE 802.15 s'est scindé en quatre sous-groupes :

- IEEE 802.15.1, pour les réseaux du groupe C.
- IEEE 802.15.3, pour les réseaux du groupe B.
- IEEE 802.15.4, pour les réseaux du groupe A.
- IEEE 802.15.2, pour s'occuper des problèmes d'interférences avec les autres réseaux utilisant la bande des 2,4 GHz. [3]

La principale technologie WPAN est la technologie **Bluetooth**.



1.2.3. Bluetooth :

C'est une technologie de réseau personnel WPAN, c'est-à-dire une technologie de réseaux sans fil à faible portée (quelques dizaines de mètres). Elle permet de relier plusieurs appareils entre eux sans liaison filaire, en utilisant les ondes radio comme support de transmission (bande de fréquence des 2,4 GHz).

Pour remonter aux origines de la technologie Bluetooth, il nous faut faire un lointain retour en arrière, aux années 60. Le port série a été inventé afin de relier des périphériques (clavier, terminaux, matériels de mesure) à des ordinateurs.

Cette technologie a été originairement mise au point par Ericsson en 1994. En février 1998 un groupe d'intérêt baptisé Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), réunissant plus de 2000 entreprises dont Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia et Toshiba.

❖ L'évolution du Bluetooth

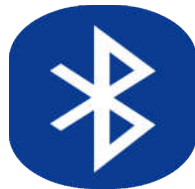
Version du Bluetooth	Date officialisée	Caractéristiques et débits
1.0	Juillet 1999	1 Mb/s
1.2	---	- Correction des problèmes de connexion et du débit de la version 1.0
2.0	2004	- Sécurité et stabilité - Débit plus grand de 2.1 à 3 Mb/s
3.0	21 Avril 2009	- Vitesse de transport plus grande - Débit théorique 24 Mb/s
4.0	---	- Vitesse plus grande - économie d'énergie (Low Energy)
4.1	Décembre 2013	- mise à jour mineur de la version 4.0 - communication de la 4G et Bluetooth
4.2	2014	-protocole IP sécurisé pour les objets connectés
5	Décembre 2016	-Débit théorique jusqu'à 2 Mb/s à communication d'énergies inchangée, rayon d'action passant de 60 mètres à 140 mètres théorique.

Tableau 1.1 : l'évolution du Bluetooth

Bluetooth, connue aussi sous le nom IEEE 802.15.1, possède l'avantage d'être très peu gourmande en énergie, ce qui la rend particulièrement adaptée à une utilisation au sein de petits périphériques.

Le terme Bluetooth signifie littéralement en français : «dent bleue» et fait référence au roi danois Harald 1er qui justement avait une dent bleue, et qui pour la petite histoire est celui qui a de son temps réussi à unifier les pays scandinaves.

Le logo de Bluetooth est d'ailleurs inspiré des initiales en alphabet runique (Futhark récent) de Harald Blåtand : ᚼ (Hagall) (H) et Bjarkan) (ᚷ).



Bluetooth est donc peu onéreux, grâce à sa forte intégration sur une puce unique de (9mm / 9mm). Les fréquences utilisées sont comprises entre 2400 et 2483,5 GHz. On retrouve la même gamme de fréquences dans la plupart des réseaux sans fil utilisés dans un environnement privé, que ce dernier soit personnel ou d'entreprise.

❖ Description

Bluetooth a pour principal objectif de remplacer les câbles. En effet, les fils qui permettent de relier des périphériques à des ordinateurs par exemple sont assez souvent contraignants, et ne permettent pas une grande liberté de mouvement en plus d'être encombrants. C'est pour cela que cette technologie supporte les caractéristiques suivantes :

- Configurable dynamiquement.
- Supports des transferts voix et données.
- Destiné à un usage personnel (PAN : Personal Area Network).
- Certification Bluetooth pour assurer la compatibilité des produits entre eux.

❖ Caractéristiques

Le débit du Bluetooth correspondant à 1600 échanges par seconde en full-duplex, avec une portée d'une dizaine de mètres environ avec un émetteur de classe II et d'un peu moins d'une centaine de mètres avec un émetteur de classe I.

Le standard Bluetooth définit en effet 3 classes d'émetteurs proposant des portées différentes en fonction de leur puissance d'émission : [4]

Classe	Puissance (affaiblissement)	portée
I	100 mW (20dBw)	100 mètres
II	2,5 mW (4 dBm)	15-20 mètres
III	1 mW (0 dBm)	10 mètres

Tableau 1.2 : Classes d'émetteurs en fonction de leur puissance d'émission

La plupart des fabricants d'appareils électroniques utilisent des modules classe II.

❖ Utilisation du Bluetooth

Bluetooth est aujourd'hui utilisé dans de nombreux secteurs dont voici quelques exemples :

- Périphériques informatiques sans fil

On peut désormais utiliser clavier, souris et casque audio en toute liberté.

- Téléphonie mobile

Il est possible de se connecter à partir de son ordinateur portable vers un téléphone GSM avec fonction de modem et obtenir une connexion internet.

Une autre fonction plus répandue est l'apparition des Kits main libre Bluetooth (oreillette).

- Synchronisation de périphérique

La synchronisation des contacts VIA Bluetooth est également possible.

- Automobile

Je donne l'exemple des récepteurs GPS et les Kits main libre.

- Domotique

La domotique permet de piloter une maison via un ordinateur. Il est par exemple possible de gérer le chauffage électrique, le lave-linge, l'arrosage automatique,... etc [5]

❖ Schémas de connexion

Plusieurs schéma de connexion ont été définis par les normalisateurs. Le premier d'entre eux correspond à un réseau unique, appelé piconet, qui peut prendre en charge jusqu'à huit terminaux, avec un maître et huit esclaves. Le terminal maître gère les communications avec les différents esclaves. La communication entre deux terminaux esclaves transite obligatoirement par le terminal maître. Dans un même piconet, tous les terminaux utilisent les mêmes séquences de saut de fréquence.

Un autre schéma de communication consiste à interconnecter des piconets pour former un scatternet, d'après le mot anglais scatter, dispersion. Comme les communications se font toujours sous la forme maître-esclave, le maître d'un piconet peut devenir l'esclave du maître d'un autre piconet. De son côté, un esclave peut être l'esclave de plusieurs maîtres. Un esclave peut se détacher provisoirement d'un maître pour se raccrocher à un autre piconet puis revenir vers le premier maître, une fois sa communication terminée avec le second.

La figure suivante illustre des connexions de terminaux Bluetooth dans lesquelles un maître d'un piconet est esclave du maître d'un autre piconet et un esclave est esclave de deux maîtres. Globalement, trois piconets sont interconnectés par un maître pour former un scatternet. [6]

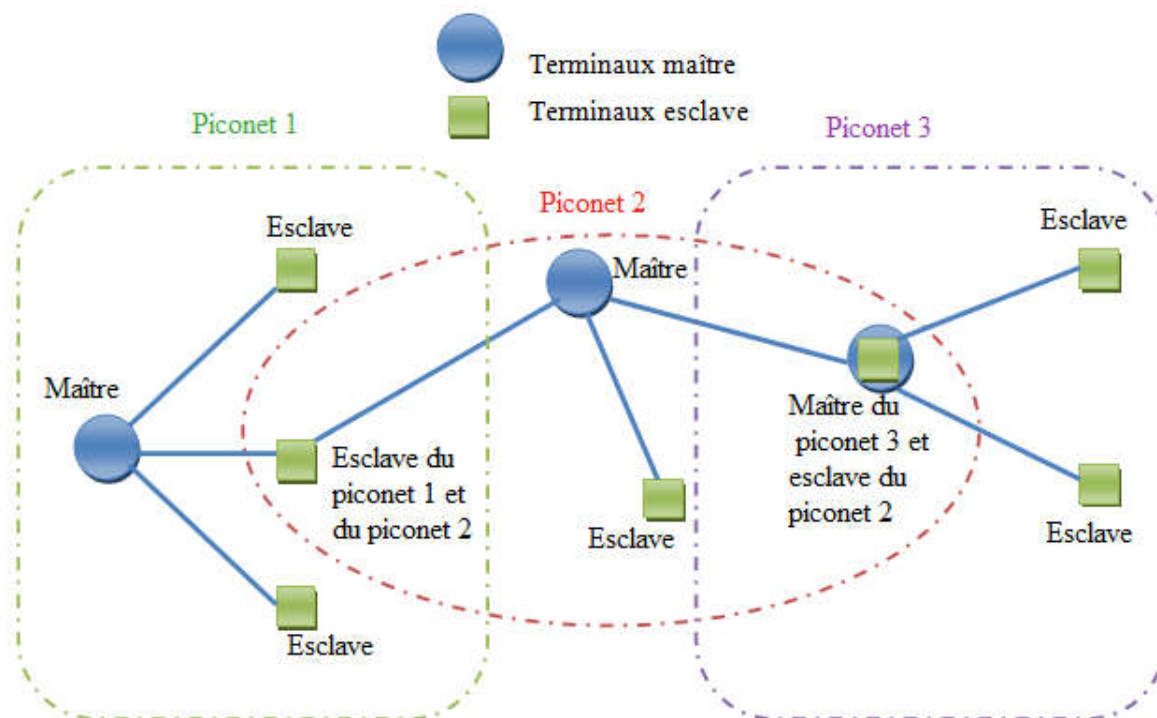


Figure 1.3 : schéma de connexion de terminaux Bluetooth

La communication à l'intérieur d'un piconet peut atteindre près de 1 Mbit/s. comme il peut y avoir jusqu'à huit terminaux, la vitesse effective diminue rapidement en fonction du nombre de terminaux connectés dans une même picocellule. Un maître peut cependant accélérer sa communication en travaillant avec deux esclaves en utilisant des fréquences différentes.

❖ Avantages et inconvénients

Bluetooth est une technologie qui se caractérise par :

- Un Faible cout.
- Une Faible consommation d'énergie (donc adapté aux produits portables).
- Une Performances modestes (1Mbps).
- une taille réduite.
- disponible dans le monde entier.
- ayant une bonne résistance aux interférences.

Cependant Bluetooth est limité et les principaux reproches sont :

- Problèmes de compatibilité entre les puces provenant de divers industriels.
- Débit faible.
- Faible puissance d'émission (quelques dizaines de mètres).
- Nombre de périphériques en réseau limité.
- Technique de partage de l'interface radio peu apte à passer à des vitesses plus élevées.

1.2.4. Zigbee



La technologie **ZigBee** (aussi connue sous le nom IEEE 802.15.4) permet d'obtenir des liaisons sans fil à très bas prix et avec une très faible consommation d'énergie, ce qui la rend particulièrement adaptée pour être directement intégrée dans de petits appareils électroniques (appareils électroménagers, jouets, ...).

La technologie Zigbee, opérant sur la bande de fréquences des 2,4 GHz, permet d'obtenir des débits pouvant atteindre 250 Kb/s avec une portée maximale de 100 mètres environ.

Dans la figure suivante, l'ouverture de la porte déclenche plusieurs fonctions : éclairage, climatisation, four, TV, musique. [7]



Figure 1.4 : la technologie Zigbee

1.2.5. NFC (Near Field communication)

Le système NFC est une application particulière des RFID destiné à la reconnaissance mutuelle à très courte distance, typiquement de 0 à 20 cm.

Ce système, utilisant la technologie RFID à 13.56 MHz, vise à mettre en relations, après identification mutuelle, deux dispositifs électroniques tels que téléphone cellulaire, PCs, PDAs, appareils photo numérique, téléviseurs etc... Qui après une brève session d'authentification, pourront échanger leurs données en utilisant des systèmes plus performants tels que Bluetooth.

Ce système, dont le protocole NFCIP est normalisé par l'ISO, pourrait simplifier la vie quotidienne, faciliter le développement de nouveaux services (paiement par téléphone portable) ou offrir de nouvelles applications (obtention d'informations dans une oreillette Bluetooth par effleurement des objets dans un magasin). [8]

1.3. WLAN (IEEE 802.11)

1.3.1. Introduction

Les réseaux locaux sans fil (**WLAN** pour wireless local area network), sont en plein développement du fait de la flexibilité de leur interface, qui permet à un utilisateur de changer de place dans l'entreprise tout en restant connecté. Ces réseaux atteignent des débits de plusieurs mégabits par seconde, voire de plusieurs dizaines de mégabits par seconde.

1.3.2. Les réseaux wi-fi (Wireless Fidelity)

La norme IEEE 802.11 a donné lieu à deux types de réseaux sans fil, ceux qui travaillent à la vitesse de 11 Mbit/s et ceux qui montent à 54 Mbit/s. Les fréquences choisies se situent dans la gamme 2,4 GHz. Dans cette solution de réseau local par voie hertzienne, les communications peuvent se faire soit directement de station à station, mais sans qu'une station puisse relayer les paquets vers une autre station terminale, soit en passant par une borne de concentration, que l'on appelle point d'accès, ou AP (Access Point).

1.3.3. Le système Wi-Fi

L'architecture d'un réseau Wi-Fi est de type cellulaire. Le standard 802.11 offre deux modes de fonctionnement, le mode infrastructure et le mode ad hoc. Le mode infrastructure se caractérise par l'utilisation des points qui jouent le rôle de station de base dans une cellule.

Le plus petit élément constitutif d'un réseau sans fil est le BSS (Basic Server Set). Il est formé par un certain nombre de stations exécutant le même protocole MAC et ayant l'accès à un même support sans fil. Un BSS peut être isolé ou relié à un système de distribution (DS) central à travers un point d'accès (AP).

Les stations appartenant à un BSS ne communiquent pas directement entre elles mais par l'intermédiaire d'un point d'accès. Une station envoie donc d'abord ses trames MAC au point d'accès qui se charge de les transmettre à la station destinataire. Le point d'accès dirige les trames destinées à des stations distantes vers le (DS) jusqu'à la destination. Le (DS) peut être matérialisé par un commutateur, un réseau câblé ou un réseau sans fil.

Plusieurs BSS interconnectés via un (DS) forment un ESS (Extended Set Service).

Un réseau en mode Ad hoc est un groupe de terminaux formant un IBSS (Independent Basic Set Service). Dans ce cas les stations se communiquent sans l'aide d'un AP ou une connexion

au (DS). Ce mode peut être utile pour mettre en place un réseau sans fil lorsqu'une infrastructure ou fixe n'est pas accessible.

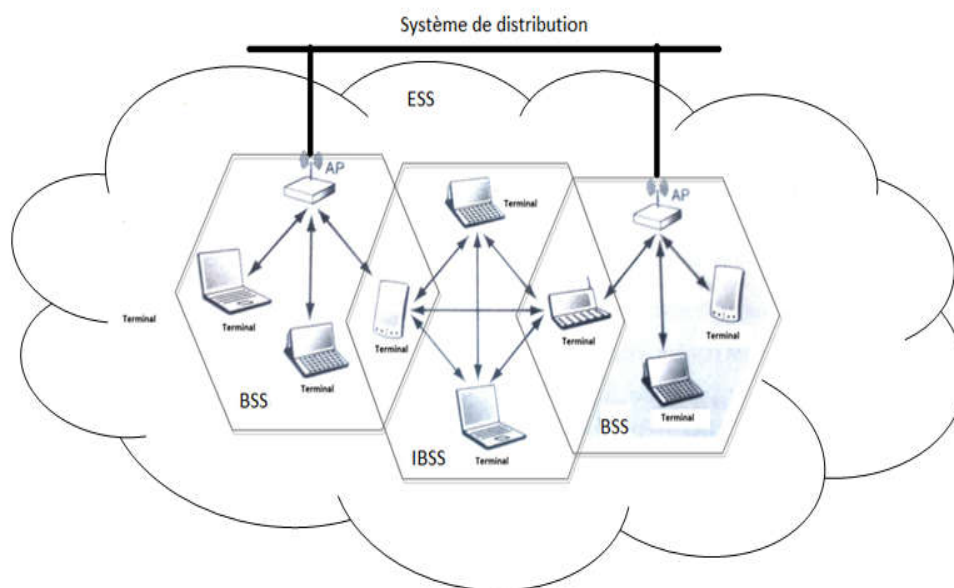


Figure 1.5 : Architecture d'un réseau Wi-Fi.

1.4. WMAN (IEEE 802.16)

Le réseau métropolitain sans fil (WMAN pour Wireless Metropolitan Area Network) est connu sous le nom de **Boucle Locale Radio (BLR)**. Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16. La boucle locale radio offre un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres, ce qui destine principalement cette technologie aux opérateurs de télécommunication.

La norme de réseau métropolitain sans fil la plus connue est le WiMAX.

1.4.1. WiMAX

Le **WiMAX** (Worldwide interoperability for Microwave Access), est le nom d'une marque destinée à labéliser des équipements compatibles avec le standard américain IEEE 802.16. Il permet un débit théorique de 70 Mb/s sur un rayon de 50 km maximum. Le WiMAX est particulièrement bien adapté pour interconnecter entre eux à l'échelle d'une ville.



Figure 1.6. : Antenne d'un WiMAX [9]

1.5. WWAN (IEEE 802.20)

1.5.1. Introduction

Le WWAN est un réseau étendu sans fil (Wireless Wide Area Network). Il est également connu sous le nom de **réseau cellulaire mobile**. Il s'agit des réseaux sans fil les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fil. Les principales technologies sont les suivantes :

1.5.2. GSM

Le GSM a été déployé au départ en Europe et partout dans le monde, à l'exception de l'Amérique, avant d'être adopté par plusieurs opérateurs américains.

La CEPT (Conférences européenne des Postes et Télécommunications) entreprend en 1970 d'établir une norme unique en matière de communication avec les mobiles. Dans le même temps, elle affecte une bande de 25 MHz dans la bande des 900 MHz pour réaliser un réseau cellulaire. Un groupe de travail, le groupe spécial mobile (GSM), est constitué pour réaliser ces études. En 1987, treize pays européens se mettent d'accord pour développer un réseau GSM. En 1990, une adaptation de la bande des 1800 MHz est mise en place sous le nom de DCS 1800 (Digital communication System 1800 MHz). A cette époque, l'ETSI remplace la CEPT pour finaliser la normalisation du GSM900 et du DCS 1800. De leur côté, les Américains reprennent une version du GSM dans la bande des 1900 MHz, sous le nom de DCS1900.

Le GSM est un environnement complet, rassemblant l'interface air, mais aussi les interfaces entre le système radio et le système de communication et l'interface utilisateur.

La station mobile est constituée de deux éléments, le terminal portatif et la carte SIM (Subscriber Identity Module). Cette carte à puce contient les caractéristiques de l'utilisateur et les éléments de son abonnement.

Plusieurs extensions de GSM ont été définies depuis. Elles ont surtout pour but d'augmenter le débit binaire. On peut mentionner :

- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)
- GPRS (General Packet Radio Service)
- EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

❖ Système cellulaire

Dans un système cellulaire, la région couverte est divisée en cellule, comme illustré à la figure 1.7. Une cellule est de forme circulaire mais dépend en réalité de la topographie de la région qui est servie par l'antenne de la cellule. Pour plus de clarté, on peut les illustrer par des hexagones. Au centre d'une cellule on retrouve un ou un ensemble d'émetteurs-récepteurs correspondant à une bande de fréquences.

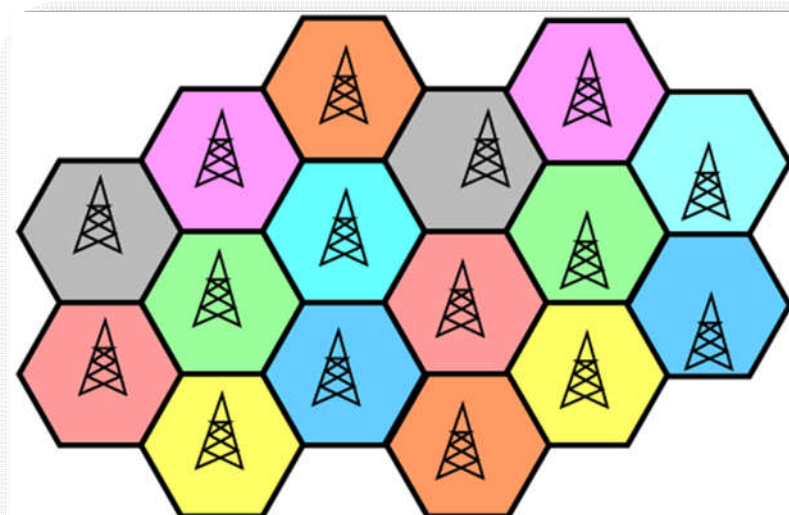


Figure 1.7 : un système cellulaire [10]

La dimension d'une cellule est fonction de la puissance de son émetteur-récepteur. Si un émetteur-récepteur est très puissant, alors son champ d'action sera vaste, mais sa bande de fréquence peut être rapidement saturée par des communications. Par contre, en utilisant des cellules plus petites, (émetteur-récepteur moins puissant) alors la même bande de fréquence pourra être réutilisée plus loin, ce qui augmente le nombre de communications possibles.

La taille des cellules peut varier entre 0.1 et 35 km et dépend de la densité d'utilisateur et de la topographie. Les cellules sont regroupées en bloc (appelé motif ou cluster). Typiquement, le nombre de cellules par bloc est de 4, 7, 12 ou 21. La forme et la dimension des blocs et le nombre de cellules est fonction du nombre de fréquences (canaux) disponibles.

❖ Système d'un réseau GSM

Un réseau GSM compte une (ou plusieurs) station de base par cellule. La station mobile choisit la cellule selon la puissance du signal. Une communication en cours peut passer d'une cellule à l'autre permettant ainsi la mobilité des utilisateurs. Les composantes principales sont :

- Le contrôleur de station de base : BSC (Base Station Controller)
- La station de base : BTS (Base Transceiver Station)
- Le commutateur de service mobile : MSC (Mobile Switching Center)

1.5.3. GPRS

Avec le développement d'Internet, réseau à commutation par paquets, les terminaux mobiles reposant sur le service GSM ne pouvaient y accéder qu'avec de faibles débits (9,6 kbit/s) de par la commutation en mode circuit.

Ainsi, avec le service GPRS (General Packet Radio Service), ces données sont transmises par paquets un débit élevé (jusqu'à 171,2 kbit/s), ce qui diminue le temps de téléchargement pour les pages WEB.

En effet, GPRS est le premier protocole à commutation par paquets dans le monde de l'Internet mobile, et constitue une couche supplémentaire à un réseau GSM existant. Le GPRS s'appuie sur ce dernier, ils se complètent alors tous les deux.

L'architecture GSM fournit les services voix, tandis que l'architecture GPRS fournit les services de données par paquets avec un débit élevé.

❖ Système de GPRS

Le réseau GPRS et le réseau GSM fonctionnent en parallèle : le premier est utilisé pour le transport des données, et le second pour les services classiques de voix. Tous deux utilisent les mêmes équipements BSS, c'est-à-dire les stations de base BTS et leurs contrôleurs BSC.

De nouveaux éléments de réseau doivent être ajoutés au GSM pour offrir le GPRS. Ces éléments sont le SGSN (Serving GPRS Support Node) et le GGSN (Gateway GPRS Support Node), des routeurs paquet dotés de fonctionnalités dédiées à la gestion d'un réseau mobile.

❖ Les classes de mobiles en GPRS

Le GPRS a défini trois classes de mobiles :

- Mobile de classe A : Peut communiquer simultanément dans les deux modes.
- Mobile de classe B : Peut écouter simultanément le réseau GSM et le réseau GPRS et donc répondre à un appel entrant dans le mode adéquat.
- Mobile de classe C : Ne peut avoir simultanément une connexion circuit et une connexion paquet. L'utilisateur doit positionner son terminal dans le mode souhaité.

1.5.4. UMTS

❖ Introduction

UMTS a été conçu comme le successeur de GSM et annonce le mouvement vers les réseaux de télécommunication de 3^{ème} génération (3G). UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), définie par la WARC (*World Administrative Radio Conférence*) de l'ITU (*International Telecommunications Institute*). La technologie UMTS (dite technologie de 3^e génération (3G)) représente l'évolution de la 2^e génération vers la 3^e génération, permettant de fournir aux utilisateurs une meilleure qualité de service quant aux télécommunications. La WARC a, en fait, défini et normalisé le standard IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications-2000*) dont fait partie la technologie UMTS. Cette technologie est au point de convergence d'Internet, de la téléphonie mobile et de la télévision.

❖ Architecture du réseau UMTS

L'architecture générale d'un réseau UMTS est modélisée de deux points de vue : l'un physique et l'autre fonctionnel.

Du point de vue physique, on utilise le concept de domaine pour parler des équipements qui composent le réseau et la façon dont ils sont délimités, du point de vue fonctionnel on parle de strate afin d'identifier les protocoles mis en œuvre dans ces domaines pour qu'ils puissent communiquer entre eux.

Chapitre 2

RFID (Radio

Frequency

IDentification)

Chapitre 2: RFID (Radio Frequency Identification)

2.1. Introduction

Souvent référencée comme la nouvelle tendance, l'identification par radiofréquence **RFID** est une technologie sans contact qui permet de détecter des objets grâce à des codes à barres et à des cartes à puce ou d'identifier à distance et sans contact visuel des transpondeurs, communément appelés « tags » ou « étiquettes ». Le dispositif permettant d'interroger les tags est appelé « lecteur ».



Cette technologie suscite un intérêt marqué auprès des entreprises, en raison de son efficacité opérationnelle et de la réduction des coûts proposés. Toutefois, elle conduit à une préoccupation en regard de la protection des renseignements personnels et de la vie privée des citoyens.

Dans ce chapitre, nous traitons de différentes questions relatives à la technologie RFID (Radio Frequency Identification), nous donnons aussi une définition, le principe de fonctionnement, les avantages et inconvénients, un large éventail des applications dans plusieurs domaines et enfin nous terminons par une conclusion.

2.2. Définition

La technologie d'identification par radiofréquence (Radio Frequency Identification RFID) est une technologie de capture automatique de données basées sur les ondes et rayonnements radiofréquence, elle est formée de trois composantes : une étiquette (ou plusieurs étiquettes), un lecteur ou un interrogateur ainsi que l'infrastructure de soutien correspondante (soit les composantes matérielles et les logiciels nécessaires).

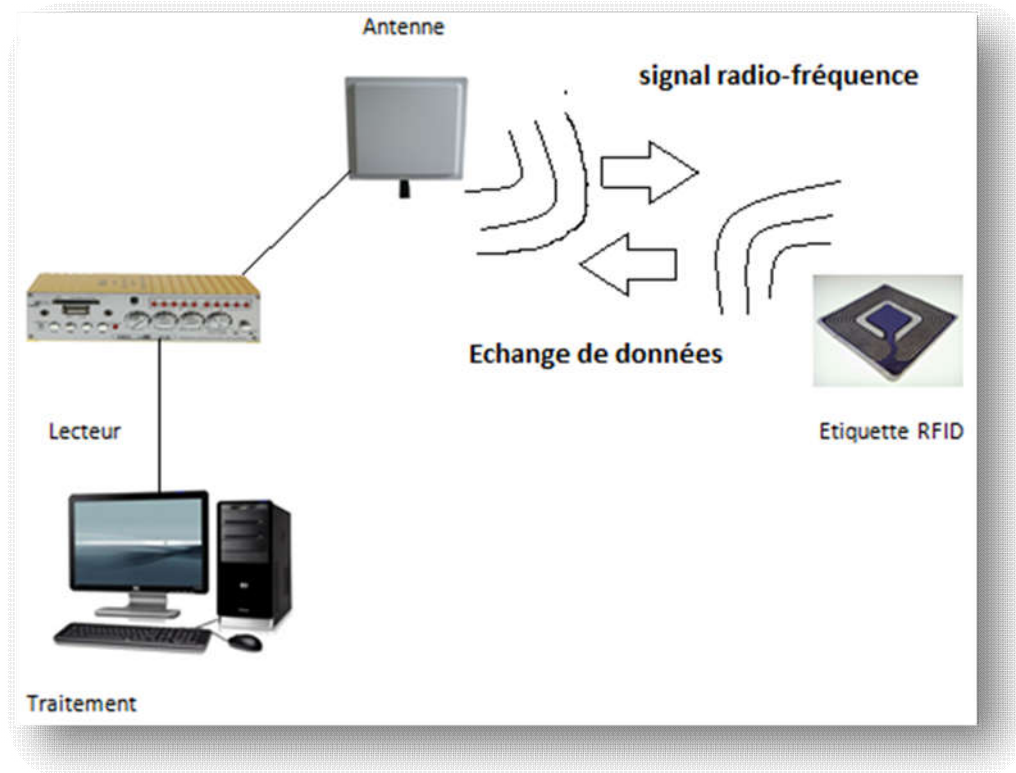


Figure 2.1 : Schéma général d'un système RFID

Le lecteur, ou interrogateur, est un dispositif servant à communiquer avec l'étiquette de RFID, et ce, grâce à l'émission d'un signal radio que capte l'étiquette. Celle-ci renvoie ensuite l'information au lecteur. Le lecteur peut prendre la forme d'un dispositif portable à main ou d'un dispositif que l'on fixe dans des lieux stratégiques.

Généralement, on distingue quatre modalités :

- Lecture de proximité : entre 10 et 25 cm ;
- Lecture de voisinage : jusqu'à 1 mètre ;
- Lecture à moyenne distance : de 1 à 9 mètres ;
- Lecture longue portée : jusqu'à plusieurs centaines de mètres.

Les étiquettes de RFID, également appelées transpondeurs, sont généralement composées de trois petites pièces, soit une antenne miniature, une micro-puce contenant une mémoire de stockage ainsi qu'une pièce enveloppant les deux premières composantes. Les étiquettes peuvent être conçues pour la lecture seulement ou encore pour la lecture et l'écriture; dans le

premier cas, l'information stockée peut être lue mais ne peut être modifiée, et dans le deuxième cas, l'information peut être lue, modifiée et effacée. Les étiquettes de lecture comportent un code d'identification (code de produit électronique) enregistré au moment de la fabrication ou lorsqu'on attribue une étiquette à un objet. Une fois enregistrées, les données d'une étiquette ne peuvent être modifiées ou annexées mais peuvent être lues et relues. Généralement on a trois exemples d'étiquettes [12] :

1. La première catégorie de transpondeurs est la plus classique. Il s'agit de tags simples, dont l'antenne de cuivre est disposée en "carré" et plate. Les tags sont contenus dans des films plastiques transparents.

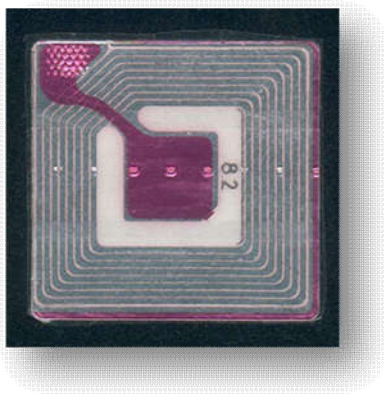


Figure 2.2 : étiquette classique

2. Le second type de transpondeurs s'apparente à un croisement entre les tags et les codes à barres. Ce sont en fait des étiquettes souvent autocollantes contenant un tag RFID et un code sur l'une de ces faces.

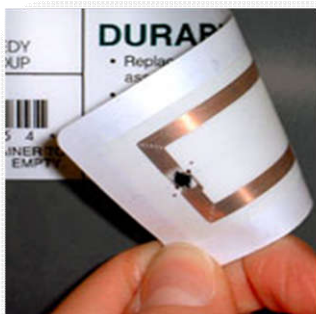


Figure 2.3 : étiquette autocollante

3. La dernière sorte de transpondeurs présentée est une gamme un peu plus coûteuse et destinée à des usages bien spécifiques. Les tags sont ici composés d'une antenne en bobine de cuivre cylindrique et sont enfermés dans des capsules de verre. Sa taille est environ de 11 millimètres de longueur et 1 millimètre de diamètre. Cette catégorie de tags est destinée à l'implantation animale.



Figure 2.4 : étiquette sous forme grain de riz

La technologie RFID opère généralement de façon passive, sans énergie propre, en attente d'être activée par des fréquences radio envoyées par des émetteurs-récepteurs (lecteurs RFID) et utilisant l'énergie du signal radio reçu pour le refléter et y répondre.

La RFID passive a une portée maximale d'environ dix mètres tandis que la technologie RFID active, qui possède une batterie interne, a une plus grande marge de rayonnement en fonction du lecteur utilisé.

L'étiquette semi-passive également appelée semi-active, contient une batterie comme l'étiquette active. Elle n'utilise pas leur batterie pour émettre des signaux mais elle l'utilise pour rafraîchir la mémoire en se basant sur des informations émises par des capteurs intégrés. Ce genre d'étiquette s'utilise (suivi de température, humidité...).

L'antenne RFID est un élément primordial du système RFID qui est généralement intégré au lecteur et à l'étiquette, elle permet d'activer les tags afin de recevoir des données et

d'en transmettre les informations. Elles sont connectées au lecteur et au transpondeur, pour un lecteur on peut trouver de une à plusieurs antennes et pour la puce une antenne. Elles peuvent être de taille et de structure diverses, selon la distance de communication requise pour un système donné.

Les antennes peuvent être bobinées ou imprimées, celles-ci, souvent composées de cuivre.

La dimension de l'antenne dépend de la fréquence à laquelle elle doit fonctionner. Une antenne qui fonctionne à 125 KHz sera de dimension plus importante qu'une antenne à 13.56 MHz, au niveau du nombre de tours.

Plus la fréquence porteuse est basse et plus le nombre de tours de l'antenne de la puce doit être important pour créer un voltage suffisant pour alimenter la puce.

Deux types principaux d'antennes se distinguent :

- les antennes intégrées : elles sont intégrées au lecteur, leur utilisation est conseillée pour les lecteurs de basse fréquence à portée limitée ;
- les antennes externes : elles ne font pas partie du lecteur, elles sont plus puissantes et s'avèrent donc utiles pour obtenir une plus grande portée.

2.2.1. Comparaison entre RFID et code à barre

Les étiquettes RFID qui sont actuellement testées seront probablement les remplaçantes des codes-barres actuels. De fait, depuis que les prix des étiquettes et des lecteurs RFID ont chuté, leur diffusion devient de plus en plus viable économiquement. Leur stockage et leur capacité de communication interactive en font des produits bien plus puissants que les codes-barres. De plus, une étiquette RFID fournit un identifiant unique pour chaque produit qui en est équipé, alors que les codes-barres sont identiques pour tous les exemplaires d'un même produit.

	RFID	CAB
Pas besoin d'un contact visuel pour assurer la lecture	×	
Forte capacité mémoire	×	
Lecture simultanée/multiple	×	
Réutilisation des étiquettes	×	
Technologie moins chère		×
Résistances aux environnements difficiles	×	×
Lecture avec une faible distance entre l'étiquette et le lecteur		×
L'information peut être effacée, modifiée, ajoutée	×	
En train d'évoluer	×	
Disponibilité de l'information en consultant la base de données		×
Lecture plus rapide	×	

Tableau 2.1 : Comparaison entre RFID et CAB

2.3. Historique

La technologie RFID existe depuis longtemps. Au départ, on l'a notamment utilisée pour l'identification des avions amis et ennemis pendant la Seconde Guerre mondiale. D'important les tags (transpondeurs) sont placés dans les avions amis afin de répondre comme amical à l'interrogation des radars. Ce système IFF (Identify : Friend or Foe) fut la première utilisation de la RFID. On considérait, jusqu'à tout récemment, qu'il s'agissait d'une technologie trop coûteuse pour l'utiliser à des fins commerciales et que ses fonctionnalités étaient trop limitées.

Aujourd'hui, la RFID avec de réelles capacités de calcul est le résultat d'un croisement de connaissances entre les domaines des puces électroniques et de l'identification par radiofréquence. Les années 80 ont marqué un tournant décisif dans l'histoire de la technologie sans contact avec les premières applications commerciales, comme l'identification du bétail et les péages autoroutiers.

Plusieurs centaines de millions de copies ont été vendues depuis son introduction sur le marché (les années 90). Le grand public n'a pris conscience de l'ampleur du phénomène

RFID qu'avec le déploiement d'applications qui sont maintenant incontournables, comme les cartes de transports publics, l'identification animale ou encore les passeports électroniques.

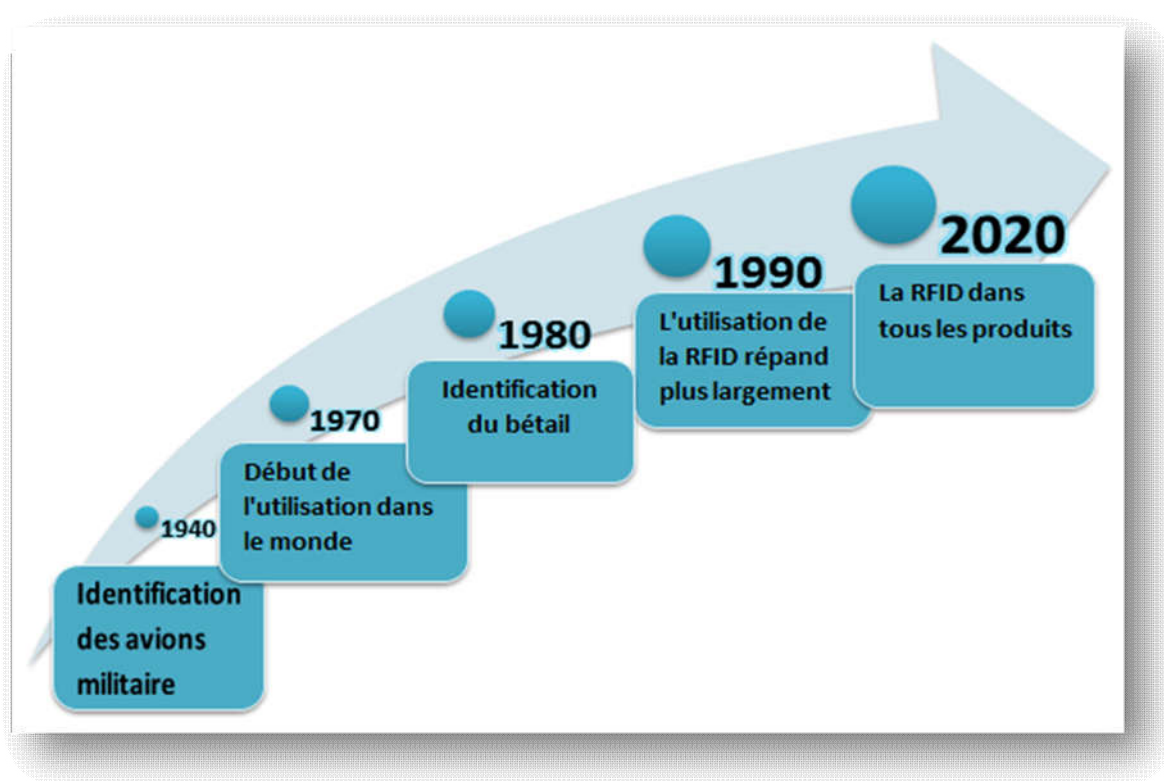


Figure 2.5 : historique de la RFID

2.4. Principe de fonctionnement

Dans tout système RFID, on retrouve les mêmes constituants de base [13] :

- Un lecteur, ou scanner, qui envoie une onde électromagnétique porteuse d'un signal selon une fréquence donnée vers un ou plusieurs tags situés sur des objets à identifier ou à contrôler. En retour, le lecteur reçoit l'information renvoyée par ces objets après un dialogue s'est établi selon un protocole de communications prédéfinies, et les données sont échangées.
- Une étiquette, ou tag, contient l'identité à transmettre est fixé sur ces objets, qui réagit à la réception du signal envoyé par le lecteur en envoyant vers ce dernier l'information demandée. Pour la transmission des informations, se fait via une modulation d'amplitude ou de phase sur la fréquence porteuse.

- Un ordinateur de stockage et de traitement des informations recueillies par le lecteur. Cet ordinateur peut travailler en boucle fermée (cas des systèmes locaux) ou en boucle ouverte (connexion à un système de gestion de niveau supérieur).

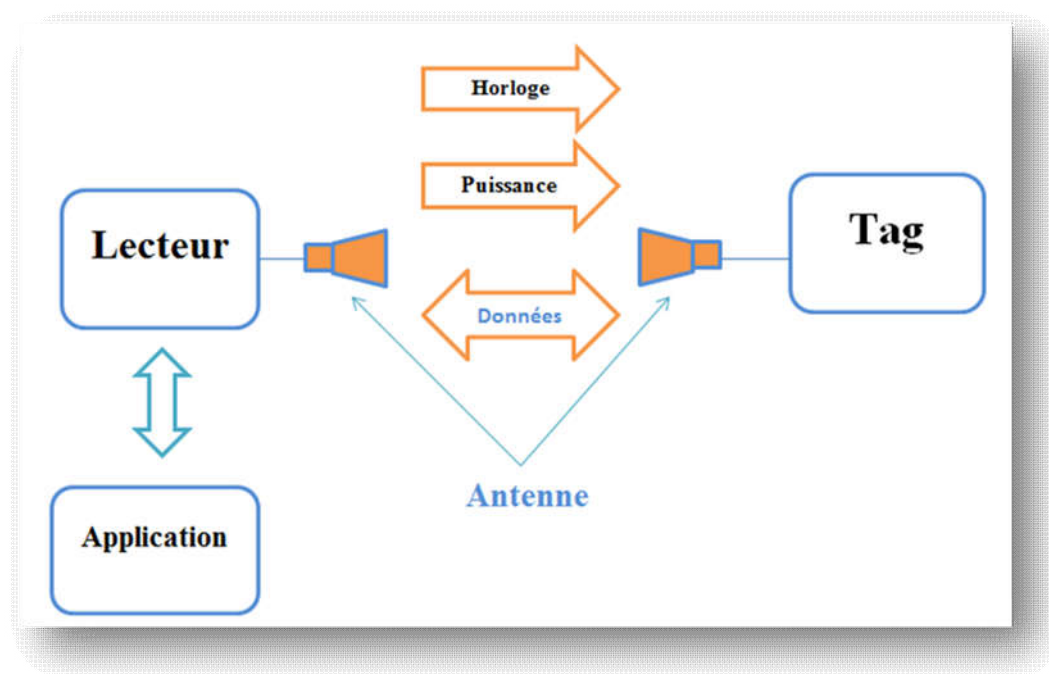


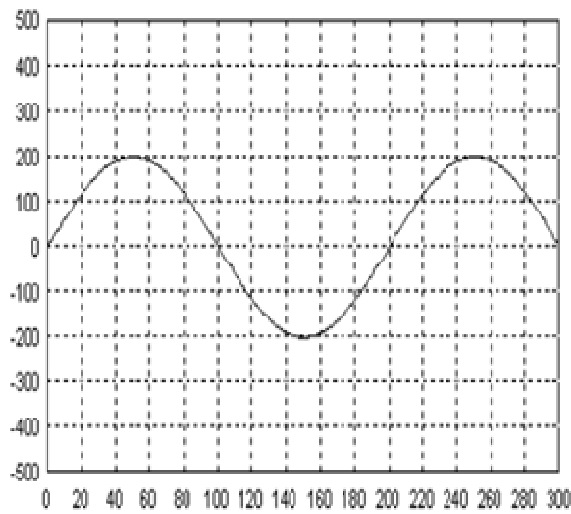
Figure 2.6 : principe de fonctionnement de la RFID

2.4.1. Principe de la modulation RFID [14]

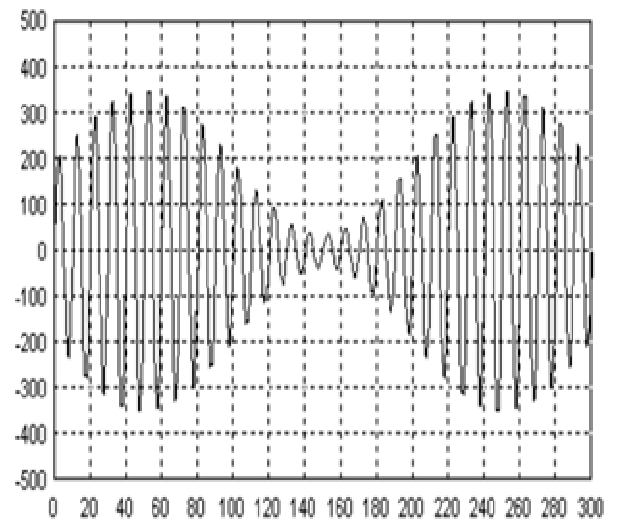
En RFID, les dispositifs qui communiquent ne sont pas technologiquement conçus de la même façon. Pour cette raison, des types de modulation différents sont utilisés selon le sens de la communication :

Les modulations les plus couramment utilisées sont :

- **Modulation d'amplitude** : Dans ce type de modulation, la porteuse est modulée en amplitude, c'est-à-dire que des variations d'amplitude de ce signal permettent de traduire le message à transmettre.

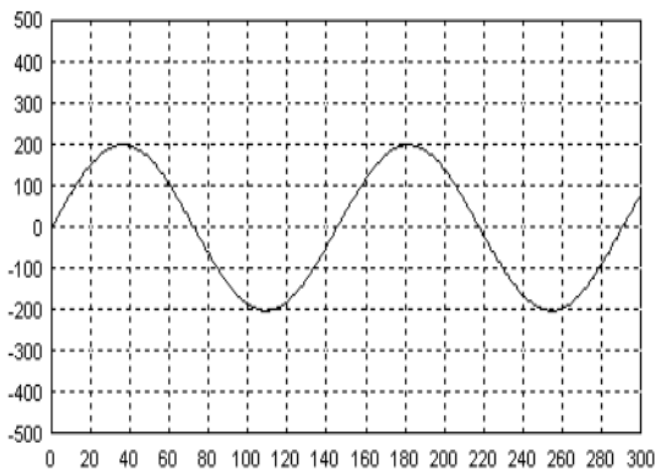


Signal à transmettre

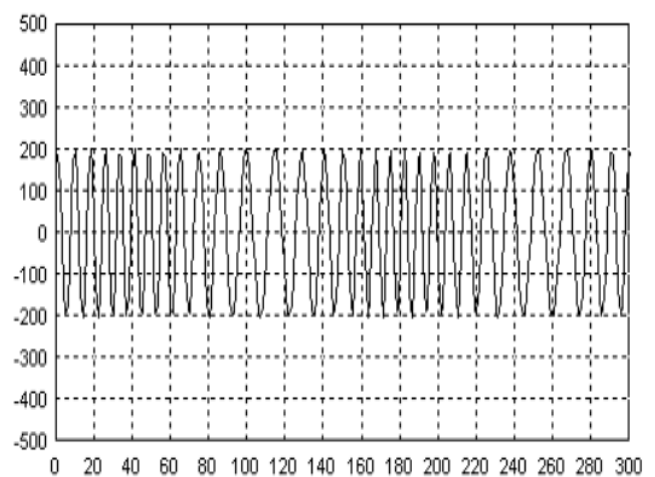


Porteuse modulée en amplitude

- **Modulation de fréquence** : Dans ce type de modulation, la porteuse est modulée en fréquence, c'est-à-dire que des variations de fréquence de ce signal permettent de traduire le message à transmettre.



Signal à transmettre



Porteuse modulée en fréquence

2.5. Les fréquences de communication

La détermination de la fréquence à privilégier dépend du type d'usage que l'on souhaite en faire, les contraintes géométriques telles que la distance séparant l'interrogateur du transpondeur. Ces fréquences peuvent être classées en quatre groupes :

fréquences	Dénomination	distance	application	Types d'étiquette
125-135 KHz	Basses fréquences	Distance <1m	Utilisées pour le contrôle d'accès ou d'identification Des animaux et système d'alarme.	Passive
13,56 Mhz	Hautes fréquences	Quelques mètres	Utilisée notamment dans la Logistique d'objets, les cartes de crédit sans contact (technologie NFC), le transport public, le document électronique, la carte multiservices ou la logistique.	passive
433 MHz et entre 860 et 960MHz	Ultra hautes fréquences	Elles permettent d'obtenir des portées de plusieurs mètres.	Très utilisées dans le domaine la logistique industrielle, du suivi des palettes ou encore dans la gestion d'inventaires.	Passive et active
2,45 GHz et 5,8 GHz.	Super hautes fréquences	Distance >100mètres	Elles se retrouvent notamment dans des applications de gestion de containers. les péages autoroutiers ou encore les systèmes de géolocalisation. Logistique militaire.	Active

Tableau 2.2 : Caractéristiques de différentes fréquences de communication

2.6. Application

Les applications en RFID sont nombreuses et concernent tous les secteurs d'activité elles s'enrichissent tous les jours de nouvelles idées : Dans le secteur de l'alimentaire ou de la santé, du transport de marchandises ou du transport humain, dans l'industrie (la traçabilité de la chaîne de production ou des services vétérinaires qui suivent leur troupeaux par la carte à puce) ou dans la justice ou dans le secteur de la sécurité (bracelet de libération conditionnelle), dans le domaine de la logistique (inventaire dans un magasin très rapidement via un lecteur mobile). Ces secteurs présentent chaque domaine avec des exemples concrets de la vie de tous les jours [15]:

➤ Le domaine commercial

- Les étiquettes ayant recours à la technologie RFID peuvent être utilisées pour permettre le paiement sans contact aux points de vente; par exemple, les articles possédant une technologie RFID sont automatiquement lus à la sortie du magasin pour paiement et éviter la fraude.
- Des étiquettes RFID lavables peuvent être incorporées dans les vêtements (*wearable computing*) afin de prévenir ou détecter les contrefaçons de marques spécifiques et de prouver l'authenticité d'un produit.
- Dans le commerce des bovins, une agence canadienne recommande que tous les veaux nés à partir de 2005 soient contrôlés à l'aide de la technologie RFID.
- L'étiquette RFID contient un élément antivol qui envoie un signal à l'antenne, sauf s'il a été désactivé au moment de l'opération de prêt. Une alarme visuelle et/ou sonore se manifeste.



Figure 2.7 : Système antivol

➤ **Le domaine de la santé**

Les applications de la RFID dans le secteur santé sont nombreuses :

- L'industrie pharmaceutique voit un avantage à adopter cette technologie, notamment pour la gestion des retours, des contre-indications, des diversions et des contrefaçons de produits. Par exemple, la Food and Drug Administration (FDA) américaine a lancé un programme de lutte contre la contrefaçon de médicaments reposant sur l'utilisation de la technologie RFID dans les emballages.
- gestion du matériel médical, de son nettoyage et de son recyclage, suivi de la traçabilité de poche de sang...
- La présence de transpondeurs dans les implants permet à la fois de stocker le dossier médical du patient et également de le localiser lorsqu'il présente des pathologies comme la maladie d'Alzheimer.
- La technologie RFID trouve d'innombrables applications dans les centres hospitaliers. Ces applications couvrent la gestion des équipements, le suivi des dossiers médicaux, le suivi et l'identification de patients.

➤ **Le domaine du transport**

- Les documents de voyage tels que le passeport et le visa pourraient en être munis. D'ailleurs, le gouvernement américain vise l'introduction du « e-passeport », lequel utilisera la technologie RFID.
- Le Parlement de l'État de Virginie prévoit l'adoption d'une résolution afin de doter les permis de conduire d'une puce RFID
- Dans le secteur de l'aviation, les deux géants Boeing et Airbus visent l'adoption de la technologie RFID.
- Les péages sur les autoroutes, les transports publics sont utilisés dans la plupart de villes asiatiques (Japon, Corée, Chine...) et aux Etats-Unis.
- A Tokyo, des chauffeurs de taxi sont payés pour leurs courses via un système RFID et le téléphone mobile. Un lecteur est placé dans le taxi, et les clients ont des étiquettes incorporées à leur téléphone mobile. A leur montée dans le taxi le client est identifié, et après la course, le montant est directement déduit de sa carte de crédit.



Figure 2.8 : contrôle d'accès

➤ **Le domaine de sport, loisirs et biens domestiques :**

- Le contrôle des coureurs aux différents points de passage d'un marathon peut être assuré par transpondeurs RFID.
- Les systèmes de localisation ont très souvent recours à la RFID pour l'identification des DVD, des skis, des livres...
- Pour améliorer l'interactivité avec l'enfant, certains jeux intègrent des transpondeurs RFID.
- Dans certains parcs d'attraction, le système d'utilisation des puces RFID et de réseaux locaux (LAN) hertziens ont été mis pour la surveillance des enfants et même de personnes âgées.
- Les bracelets pourvus de puces RFID sont disponibles pour la location auprès de l'administration du parc pour les parents soucieux de suivre les allées et venues de leurs enfants. Les parents peuvent à tout moment questionner sur la localisation de leurs enfants en envoyant par leur téléphone mobile un message texte à une application appelée kidspotter (repérer votre enfant), laquelle indique par un message texte réponse la localisation de l'enfant dans le parc.

2.7. Avantages et inconvénients [16]

2.7.1 Avantages

❖ Possibilité de modification de données

Pour les étiquettes à lectures et écritures multiples, les données gravées peuvent subir des modifications à tout moment par les personnes autorisées. Pour le code à barres les données inscrites restent figées une fois qu'elles sont imprimées.

❖ Grand volume de données

Les étiquettes RFID peuvent contenir de données dont les caractères peuvent aller jusqu'à plus de 15000 caractères. Ce nombre élevé de caractères ne nécessite qu'une minime proportion pour être stockés à raison de 1000 caractères/mm², contrairement aux codes à barres dont la capacité est inférieure aux centaines à raison de 50 caractères/3 dm².

❖ La vitesse de marquage

Les étiquettes RFID peuvent être incorporées dans le support de manutention ou les emballages, et les données concernant les produits sont introduites ou modifiées en une fraction de seconde au moment de la constitution de groupage logistique par les serveurs (ordinateurs), ce qui permet aussi une grande vitesse de lecture.

Le code à barres dont le principe est d'être imprimé sur un support en papier (de caractères) qui devra ensuite être codé en opération manuelle ou mécanique nécessite un temps beaucoup plus long.

❖ Protection des contenus

Les contenus des étiquettes RFID étant de données numériques peuvent être en partie ou en tout sujets à une réglementation d'accès ou une protection par un mot de passe en lecture ou écriture. Avec cette protection contre l'accès des informations imprimées sur l'étiquette, la contrefaçon et le vol s'avèrent difficiles.

❖ Durée de vie

Les étiquettes RFID peuvent avoir une durée de vie de dizaines d'années. Les données au cours de ces années peuvent subir de modifications plus d'un million de fois selon le type de l'étiquette avec un maximum de fiabilité.

❖ **Meilleure accessibilité et résistante aux effets extérieurs**

Les étiquettes de la technologie RFID fonctionnant avec les ondes électromagnétiques n'ont pas besoin de contact ou de visée optique. Leur liaison avec le système est établie dès qu'elles entrent dans les champs électromagnétiques.

Les étiquettes RFID sont insensibles à la poussière, aux taches, aux frottements, à l'humidité. En plus la lecture peut être effectuée en vrac, permettant la lecture simultanée de plusieurs étiquettes.

2.7.2. Inconvénients

Il est bien entendu que la technologie du système RFID présente d'énormes avantages rendant son utilisation la plus attrayante. On se retrouve avec des multitudes d'applications rendant l'usage de la technologie illimité, cependant d'autre part la technologie présente des inconvénients. Pour tout déploiement de la technologie RFID, il sera plus indiqué d'examiner de plus près les avantages et les inconvénients par rapport à l'application concernée. Dans les lignes qui suivent nous présentons les grands risques et inconvénients que la technologie du système RFID peut présenter.

❖ **Prix**

Le coût d'implantation d'un système RFID est relativement élevé, ce qui suscite des préoccupations concernant le retour sur investissement. Bien que les coûts d'acquisition des étiquettes RFID soient élevés, elles sont facilement rentabilisées sur les produits à grand coût et grande importance. Cependant pour les produits à grande consommation et à faible coût, les étiquettes code-barres s'avèrent rentables compte tenu de leurs coûts bas.

❖ Interférence des ondes

Les informations et données gravées sur une étiquette peuvent être sujettes à des interférences des ondes entre elles. Et dès que plusieurs étiquettes se retrouvent dans le champ de lecture, les données sont saisies par le lecteur en même temps.

Les études sont en cours de finalisation pour la parcellisation et le groupage des fréquences en fonction des applications, et pour assurer l'unicité de captage des informations rien que par le lecteur autorisé.

❖ Perturbations métalliques

La lecture des étiquettes RFID peut aussi être perturbée par la proximité dans le champ électromagnétique des éléments métalliques ce qui affecterait fortement la réussite de la technologie dans le domaine de production métallique.

❖ Interchangeabilité

La plupart de compagnies utilisent déjà la technologie des étiquettes RFID pour le suivi et la traçabilité de produits en circuit interne, c'est-à-dire leur suivi et traçabilité en ne quittant pas la compagnie. Étant donné qu'à ce jour la plupart de compagnies utilisent chacune ses propres logiciels RFID, un produit qui quitte une compagnie pour une autre ne pourra pas être lu à moins que les deux compagnies utilisent le même système RFID.

❖ La sécurité

À ce jour et au niveau actuel de la technologie du système RFID, il ressort que les risques sur le plan des équipements notamment les puces RFID utilisées pour l'identification et le stockage de données, il y a risque de piraterie ou contrefaçon par clonage. Et de plus en plus, on parle de virus RFID. Ces virus sont capables de se reproduire et ainsi perturber les identifications des étiquettes ou le transfert des données dans le réseau.

Il y a aussi le risque de fuites d'informations contenues dans les puces, c.-à-d. les informations peuvent être lues par un lecteur non autorisé dans le cas où de précautions ne sont prises, mais il faut noter que le cryptage assure une protection très efficace.

Les risques existant en ce qui concerne la disponibilité des informations contenues dans une puce est le non capture de l'information par le lecteur. Ces erreurs de lecture peuvent survenir dans 3% des cas.

2.8. Conclusion

Nous venons de présenter la technologie RFID ou l'identification par radiofréquence, cette technologie est de systèmes sans fil permettant une lecture d'information sans contact. Comme expliqué précédemment le système fonctionne sur base des informations et données qui sont collectées des étiquettes par de lecteurs puis transférées à un serveur.

Nous avons eu le plaisir de présenter dans ce travail, le principe de fonctionnement, avantages, inconvénients, les différentes applications dans des domaines variés de la technologie RFID.

Chapitre 3

Réalisation du système RFID

Chapitre 3 : Réalisation du système RFID

3.1 Introduction

Le bon déroulement de toute réalisation nécessite une étude théorique, dans ce chapitre nous allons voir comment réaliser un système RFID à l'aide d'une carte Arduino et lecteur RFID.

Notre réalisation est parmi les applications les plus connus par la RFID : une carte d'accès à un parking, le garage, la cour, l'ensemble immobilier avec une ouverture automatique de la barrière ou des portes.

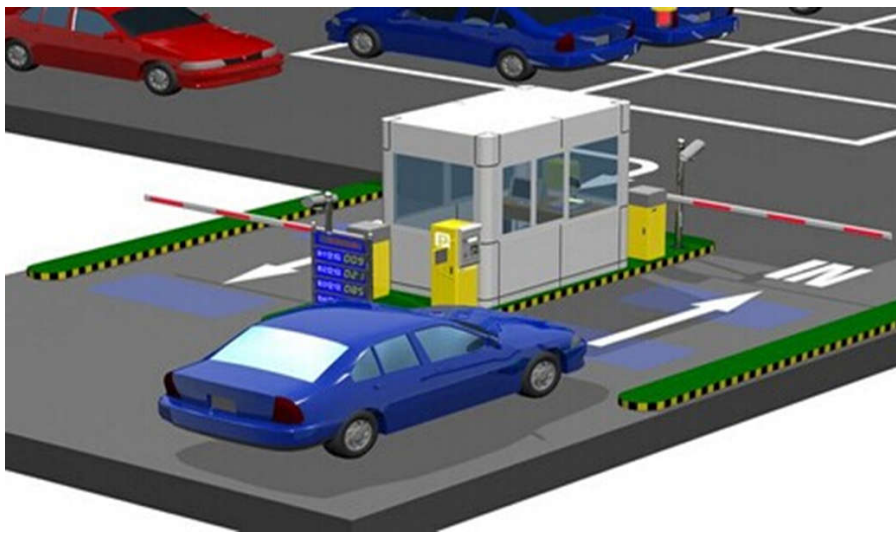


Figure 3.1 : système parking

Cette série de montage permet de découvrir l'univers pratique de l'électronique pour réussir des montages et du bricolage électronique. Il est possible d'apprendre à se servir des techniques et outils indispensables en électronique numérique et analogique.

3.2 Principe de notre réalisation

Notre système travaille automatiquement, en levant la barrière sans pression des boutons et sans utilisation des télécommandes. La carte d'accès passe par le lecteur, elle va définir par ce dernier qui ouvre la barrière automatiquement à l'aide d'un servo moteur. Si l'accès est accepté : une LED verte va s'allumer avec une écriture « accès autorisé » sur l'afficheur. Si le cas contraire une LED rouge s'allume avec l'écriture « accès refusé » affichée.

3.3 Matériels utilisés

➤ Arduino

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation.

Sans tout connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne.

Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités de relations humain/machine ou environnement/machine.

Arduino est un projet en source ouverte : la communauté importante d'utilisateurs et de concepteurs permet à chacun de trouver les réponses à ses questions.

La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un mini-ordinateur appelé également microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes.

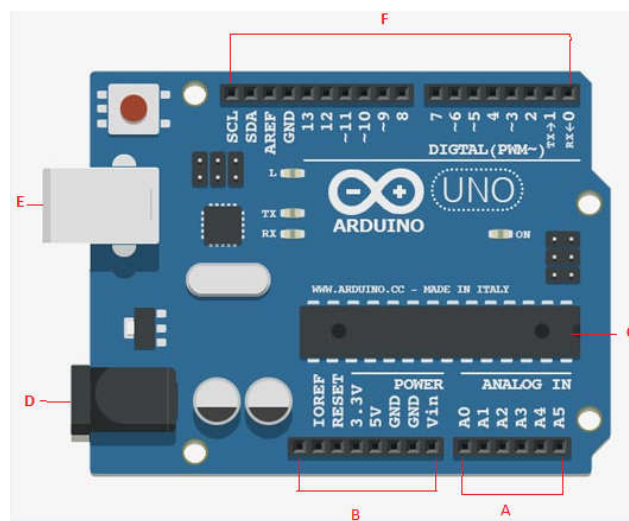


Figure 3.2 : carte arduino uno

A : ce sont les pattes (pin) dites digitales (0,1) ; elles offrent en sortie du 5V et acceptent en entrée du 5V sur le même principe.

B : les différentes pattes d'alimentation : la sortie 5v (+), la sortie 3.3v(+), les masses (GND) (-), entrée reliée à l'alimentation (7v-12v).

C : le microcontrôleur.

D : l'alimentation 7v-12v servira à alimenter la carte lorsqu'elle est en production (non reliée à l'ordinateur).

E : USB sert pour l'alimentation de la carte et le transfert des programmes qu'on souhaite téléverser dans le microcontrôleur.

F : ce sont les pattes dites analogiques, valeur entre 0V et 5V

➤ **Logiciel**



Figure 3.3 : logo Arduino

L'environnement de programmation Arduino (IDE en anglais) est une application écrite en Java inspirée du langage Processing. L'IDE permet d'écrire, de modifier un programme et de le convertir en une série d'instructions compréhensibles pour la carte. Le logiciel va nous permettre de programmer la carte Arduino. Il nous offre une multitude de fonctionnalités.

La structure des programmes Arduino est un peu particulier, en apparence, des structures habituelles du langage C. La syntaxe est la même qu'en langage C.

Au début du programme, la déclaration des librairies utilisée par le programme et à compiler avec le programme.

Nouveau : pour créer un nouveau programme (sketch).

Ouvrir : ouvrir un programme existant. Le menu n'est pas déroulant à cause d'un bug...pour obtenir un menu déroulant passer par file/open

Enregistrer : sauvegarde le programme, si vous voulez le sauvegarder sous un autre nom, passer par file/save as.

Moniteur série : pour ouvrir la fenêtre qui permet de visualiser les données transmises par le port série de l'Arduino.

1- Le programme est lu par le microcontrôleur de haut vers le bas.

2- Une variable doit être déclarée avant d'être utilisée par une fonction.

3- La structure minimale est constituée :

- en tête : déclaration des variables, des constantes, indication de l'utilisation de bibliothèques etc...
- un setup (= initialisation) cette partie n'est lue qu'une seule fois, elle comprend les fonctions être réalisées au démarrage (utilisation des broches en entrées ou en sortie.....)
- une loop (boucle) : cette partie est lue en boucle ! C'est ici que les fonctions sont réalisées.

Démarrer avec Arduino sous Windows :

1. Obtenir une carte Arduino et un câble USB
2. Télécharger l'environnement Arduino
3. Raccorder la carte à l'ordinateur : La diode verte doit s'allumer.
4. Installation des pilotes du périphérique Série-USB
5. Lancer l'application Arduino
6. Ouvrir l'exemple « blink »
7. choisir la carte UNO
8. sélectionner le port série
9. charger le programme dans la carte Arduino

➤ Plaque d'essai

Une plaque d'essai permet de réaliser des montages électroniques sans soudure. En règle générale les plaques d'essais sont de forme rectangle. Il y a plusieurs rangés de trous: certaines rangés sont verticale tandis que d'autres sont horizontal. Elle s'utilise avec des « **straps** » qui sont des fils de cuivre isolés, de longueur et couleur variables.

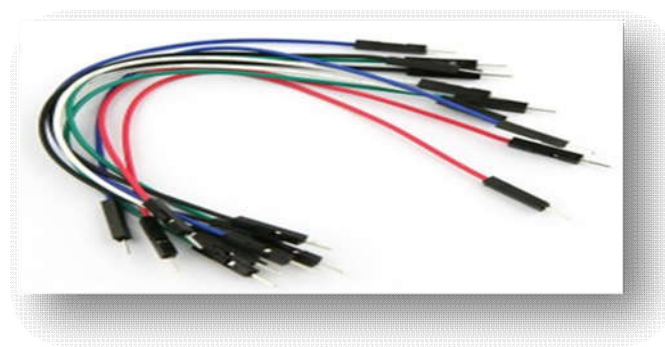


Figure 3.4 : straps

Plusieurs modèles existent, nous utiliserons des plaques d'essai comme celle représentée ci-dessous. La plaque d'essai comporte des **connexions cachées**, chaque bande de cuivre met en contact 5 trous. Les trous sont espacés exactement de 2,54 mm (un dixième de pouce).

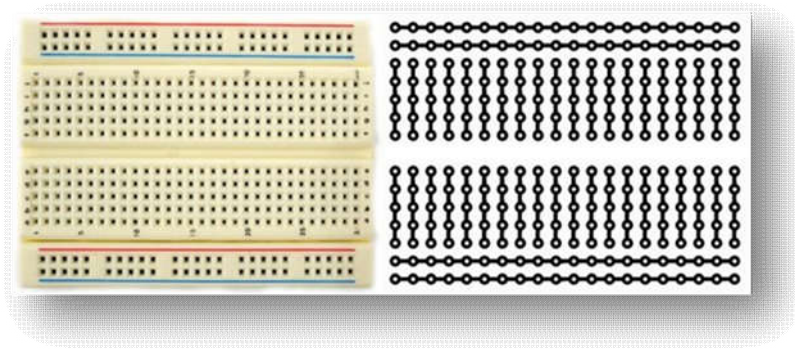


Figure 3.5 : plaque d'essai

➤ **Câble USB**

Ce câble USB permet à la fois d'alimenter les projets Arduino, de programmer la carte (via Arduino IDE) mais aussi d'utiliser le Moniteur Série. La longueur du câble est d'environ 1 m.



Figure 3.6 : câble USB

➤ **Résistance**

Une résistance est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance (*mesurée en ohms*) à la circulation du courant électrique.

La résistance électronique est l'un des composants primordiaux dans le domaine de l'électricité.

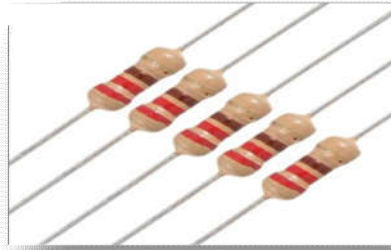


Figure 3.7 : Résistances

➤ **Afficheur LCD**

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité.



Figure 3.8 : Afficheur LCD

➤ **Buzzer**

Les buzzers sont de petits composants qui émettent un son lorsqu'une tension est présente à leurs bornes



Figure 3.9 : Buzzer

➤ Module RFID

Porte clé

Le porte-clés RFID est un produit simple et pratique qui s'adapte à toutes les situations. Cette clé RFID permet un contrôle d'accès fiable et sécuritaire à l'entrée des immeubles, des parkings ou de portes sécurisées grâce au tag RFID.

Badge RFID

Le badge RFID devient incontournable pour faciliter et sécuriser l'accès aux bâtiments des entreprises. Ces badges RFID sont munis d'une antenne et d'une puce aussi, pour permettre la transmission de données avec un lecteur. Il est réalisé à partir d'un PVC ultra blanc offrant une résistance parfaite lors de manipulations répétées. Le badge RFID est au format : 84 x 56 x 0.76 mm.

Le module RC522

Est une interface qui permet l'identification sans contact à partir d'un badge ou une clé RFID. Il est basé sur le circuit intégré Philips RC522. Il utilise la bande 13.56MHz, la distance de communication peut aller jusqu'à 6cm.

- Voltage : 3.3V, courant : 13-25mA
- Fréquence d'utilisation: 13.56MHz, Distance opérationnelle: 0 ~ 60mm

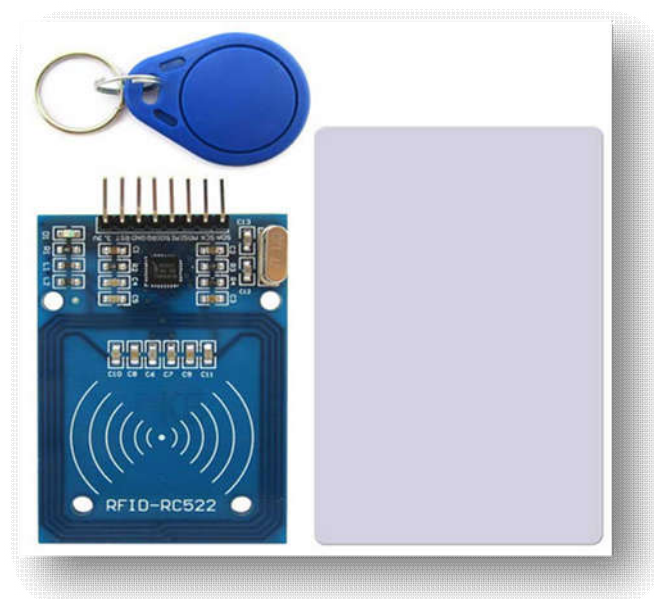


Figure 3.10 : lecteur RFID avec ses accessoires

➤ **La LED**

LED (Diode électro-luminescente) : lorsque vous observez une LED, vous notez que l'un des connecteurs est plus long que l'autre. Le plus long (anode) sera connecté à la borne positive du circuit, alors que le plus court (cathode) sera connecté à la borne négative aussi appelée "ground" (GND) ou "masse". Elle sert principalement pour la signalisation.

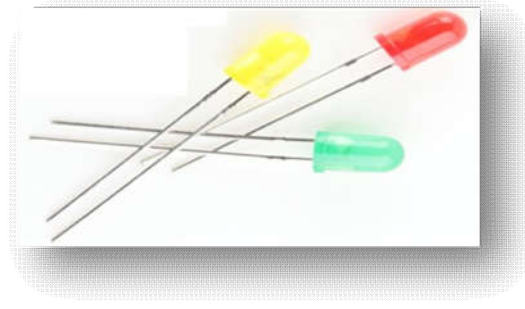


Figure 3.11 : LED

➤ **Servomoteur**

Le servomoteur intègre un système électronique qui convertit un signal numérique en un angle qui sera reproduit grâce au moteur électrique à courant continu présent dans le servomoteur. Le servomoteur est alimenté avec 3 fils: une entrée 5V, une masse et une entrée d'impulsion (la commande du servomoteur). C'est dans cette entrée d'impulsion qu'est envoyé le signal numérique modulé en impulsions. Ces impulsions sont des créneaux à rapport cyclique variable et ce signal numérique va alors contrôler le servomoteur en position.



Figure 3.12 : Un servomoteur

Dans notre projet, le choix du servomoteur a été fait selon les besoins et les fonctions qu'il doit accomplir. Il s'agit d'un servomoteur commandant la rotation horizontale à un angle de 180°.

3.4 Réalisation du montage

Dans ce teste nous allons voir comment utiliser un module RFID nous utiliserons pour notre exemple un module RC-522. Celui-ci nous permettra de contrôler un accès et ainsi être utilisé dans notre exemple une simple LED.

3.4.1 Câblage module RFID

Nous allons donc raccorder comme ceci: Arduino → RC-522

- 3.3v sur 3.3v
- GND sur gnd
- SDA sur D10
- SCK sur D13
- MOSI sur D11
- MISO sur D12
- RST sur D9

Notre montage devrait donc ressembler à ça :

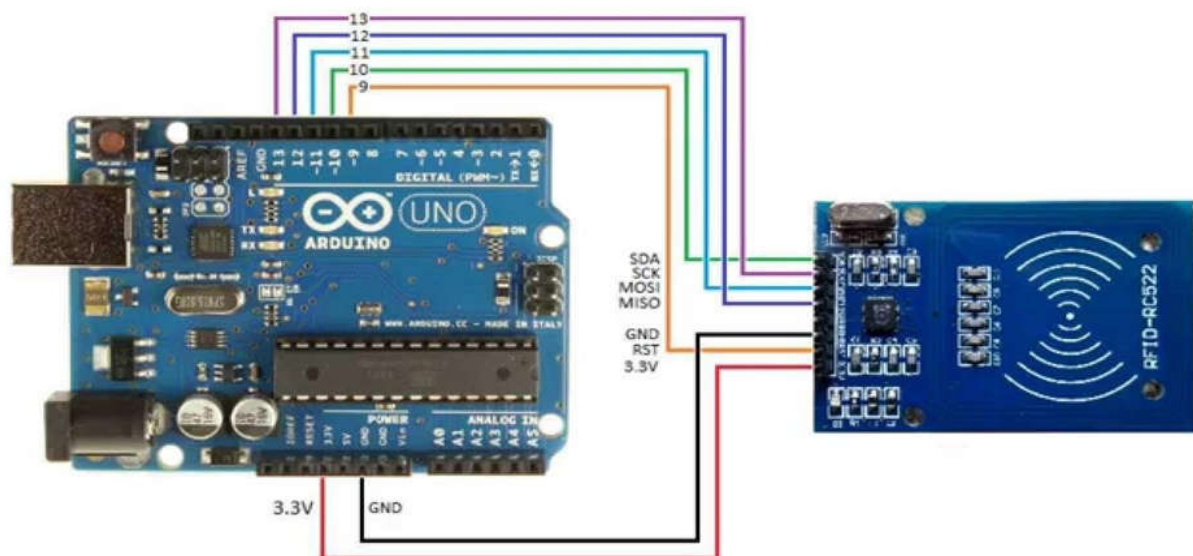


Figure 3.13: Montage carte arduino+lecteur RFID

3.4.2 Câblage de LED

Une fois que notre module sera raccordé il nous faudra mettre en place notre témoin lumineux (LED verte et LED rouge). On câble la LED verte + résistance sur une sortie numérique, Sortie numérique de l'Arduino vers l'anode de la LED ou la résistance. La LED rouge + résistance sur une sortie numérique. La LED verte va s'allumer si la carte autorisée passe devant la RFID puis la LED rouge va s'éteindre si la carte non autorisée passe devant le lecteur.

Pour ce faire nous allons donc procéder ainsi :

Arduino → LED

- LED verte
- LED rouge

Le montage de base d'une LED est ressemblé à ça :

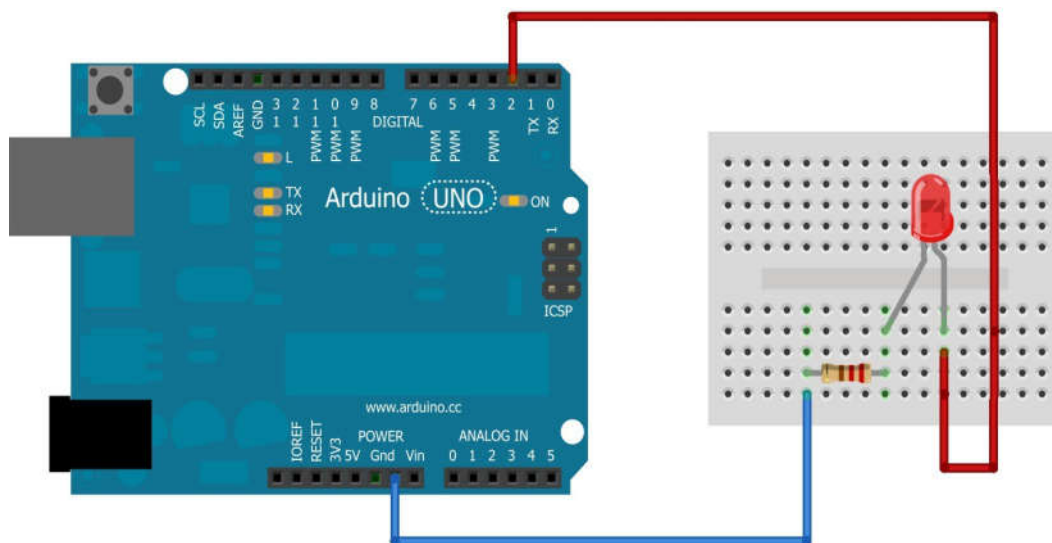


Figure 3.14 : Montage carte arduino+LED

3.4.3 Câblage de servomoteur

Les servomoteurs sont des moteurs un peu particuliers, qui peuvent tourner avec une liberté d'environ 180° et garder de manière relativement précise l'angle de rotation que l'on souhaite obtenir.

Nous avons utilisé une broche qui est une entrée numérique afin de commander notre moteur qui est alimenté de 5V à partir de notre carte Arduino.

Dans notre programme nous utilisons la librairie SERVO qui regroupe un grand nombre de fonctions permettant de contrôler le servomoteur.

La carte Arduino a été liée au servomoteur et un module RFID selon le schéma ci-dessous :

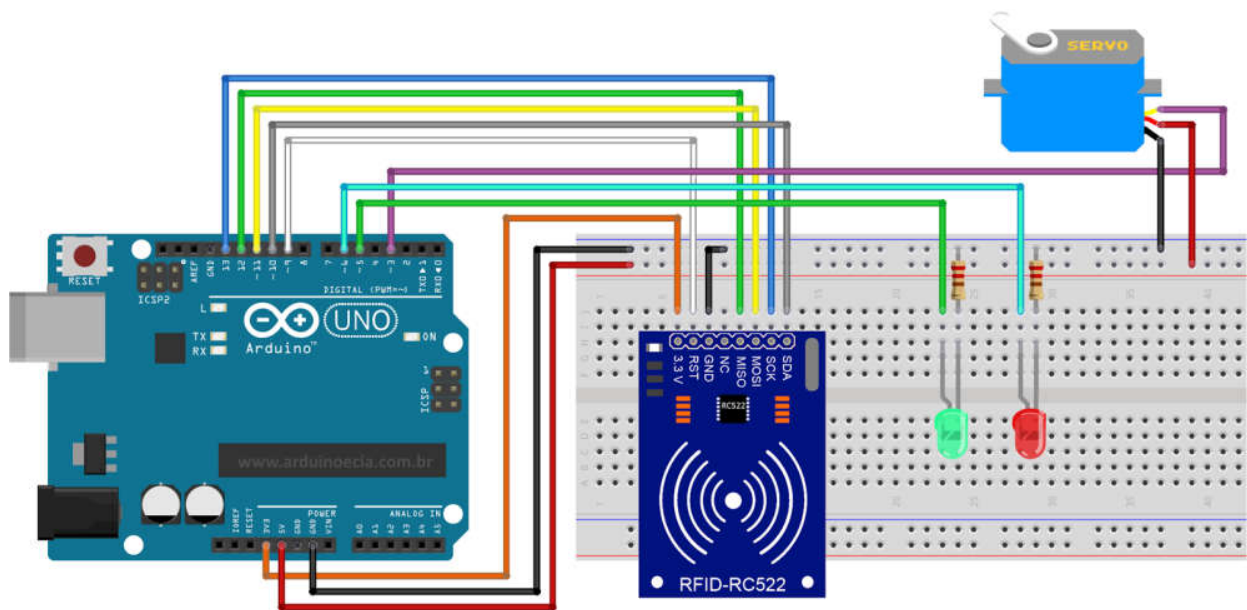


Figure 3.15 : Montage carte arduino+lecteur RFID + servomoteur

3.4.4. Câblage d'un afficheur LCD

L'afficheur LCD que nous proposons d'étudier est un écran permettant l'affichage de 16x2 caractères, c'est-à-dire deux lignes de 16 caractères.

Le montage que nous allons réaliser va connecter le LCD à l'Arduino, et ajouter un potentiomètre pour ajuster le contraste. Le transfert des données sous forme de bits est pris en compte par la bibliothèque LiquidCrystal.

Arduino → LCD

- La broche VSS est reliée à la masse (Gnd).
- La broche VDD est reliée à l'alimentation 5v.
- RS est reliée au port digital 12.
- RW est reliée à la masse, une façon de lui donner une valeur basse pour passer en mode écriture.
- E est relié au port digital 11.
- V0 est reliée à la broche de données du potentiomètre, au centre.
- La broche à gauche derrière la broche seule sur sa rangée (3) du potentiomètre est reliée à 5v.
- La broche à droite à la masse.
- Les broches D4 à D7 du LCD sont reliées aux ports digitaux 4 à 7 de l'Arduino.

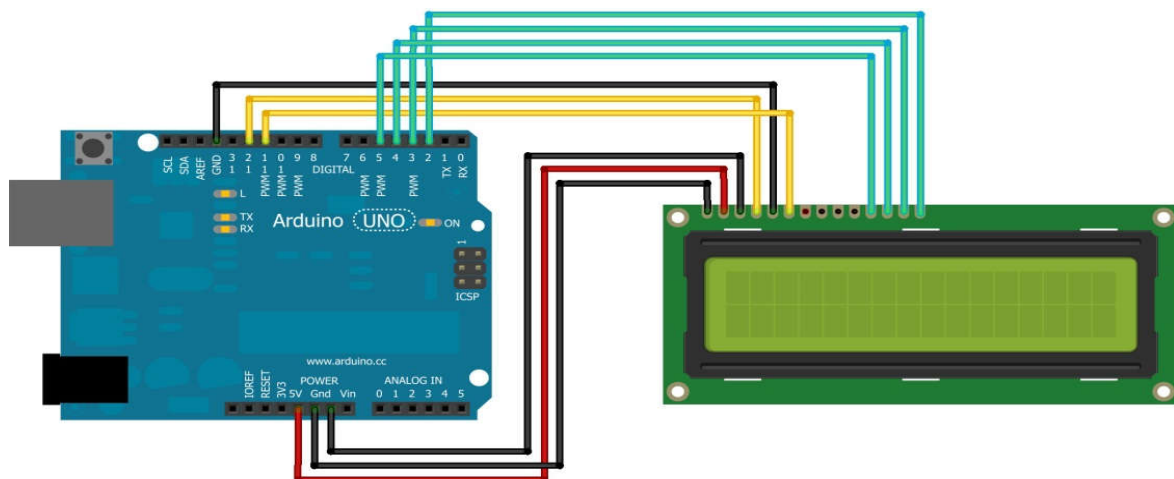


Figure 3.16 : Montage carte aduino+afficheur

3.5. Le programme et le schéma général du montage

➤ Le programme général

```
// -----
//   Programme : RFID - Contrôle d'accès
//   Auteurs : BOUKEFTANE AZEDDINE et KHALDI MERIEM
//   PFE:M1 :Systélécoms
//   Université Djillali Bounaama -Khemis Miliana
//   Année universitaire 2016 - 2017
// -----
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal.h>
Servo microservo9g;
LiquidCrystal lcd(1, 0, 8, 7, 6, 2);
#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
int led_ok = 5; // LED d'accès autorisé est attachée au port num 5
int led_no = 4; // LED d'accès refusé est attachée au port num 5
const int buzzer = A5; //brancher buzzer au port pin A5
//-----
void setup()
{
  pinMode(led_ok, OUTPUT);
  pinMode(led_no, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  microservo9g.attach(3); // servo est attaché avec le port num 3
  microservo9g.write(90); // angle du mouvement de servo
  SPI.begin(); // Initialisation de SPI bus
  mfrc522.PCD_Init(); // Initialisation de MFRC522
  lcd.begin(16, 2); // nombres de ligne et de colonnes de LCD:
  lcd.print("SVP, INSERER LA "); // message afficher sur LCD.
  lcd.setCursor(4,2); //on place le curseur sur le caractere 4 de la ligne 2.
  lcd.print(" CARTE "); // Message affiché sur deuxieme Ligne
}
//-----
void loop()
{
  // Attend le rapprochement des cartes
  if (!mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
  {
    return;
  }
  // lecture des cartes
  if (!mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
  {
    return;
  }
  String contenu= "";

  for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
  {
    contenu.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
  }
}
```

```
    contenu.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
  }
  contenu.toUpperCase();
  // procédures pour les cartes Autorisées
  if (contenu.substring(1) == "EC 58 2F CB" || contenu.substring(1) == "B5 29 CF 65" )
  {
    lcd.begin(16, 2);
    digitalWrite(led_ok, HIGH);
    lcd.print("Acces Autorise");
    delay(1000);
    microservo9g.write(-90);
    delay(3000);
    microservo9g.write(90);
    digitalWrite(led_ok, LOW);
  }
  // procédures pour les cartes Refusées
  if (contenu.substring(1) == "D6 3C F4 08" )
  {
    lcd.begin(16, 2);
    digitalWrite(led_no, HIGH);
    tone(buzzer, 1000); // Send 1KHz sound signal...
    lcd.print("Acces refuse");
    delay(1000);
    lcd.noDisplay();
    delay(500);
    lcd.display();
    delay(1000);
    lcd.noDisplay();
    delay(500);
    lcd.display();
    delay(1000);
    digitalWrite(led_no, LOW);
    noTone(buzzer); // Stop sound...
  }
  lcd.clear();
  lcd.print("SVP, INSERER LA ");
  lcd.setCursor(4,2);
  lcd.print(" CARTE ");
  delay(1000);
}
```

➤ Le schéma général (réel)

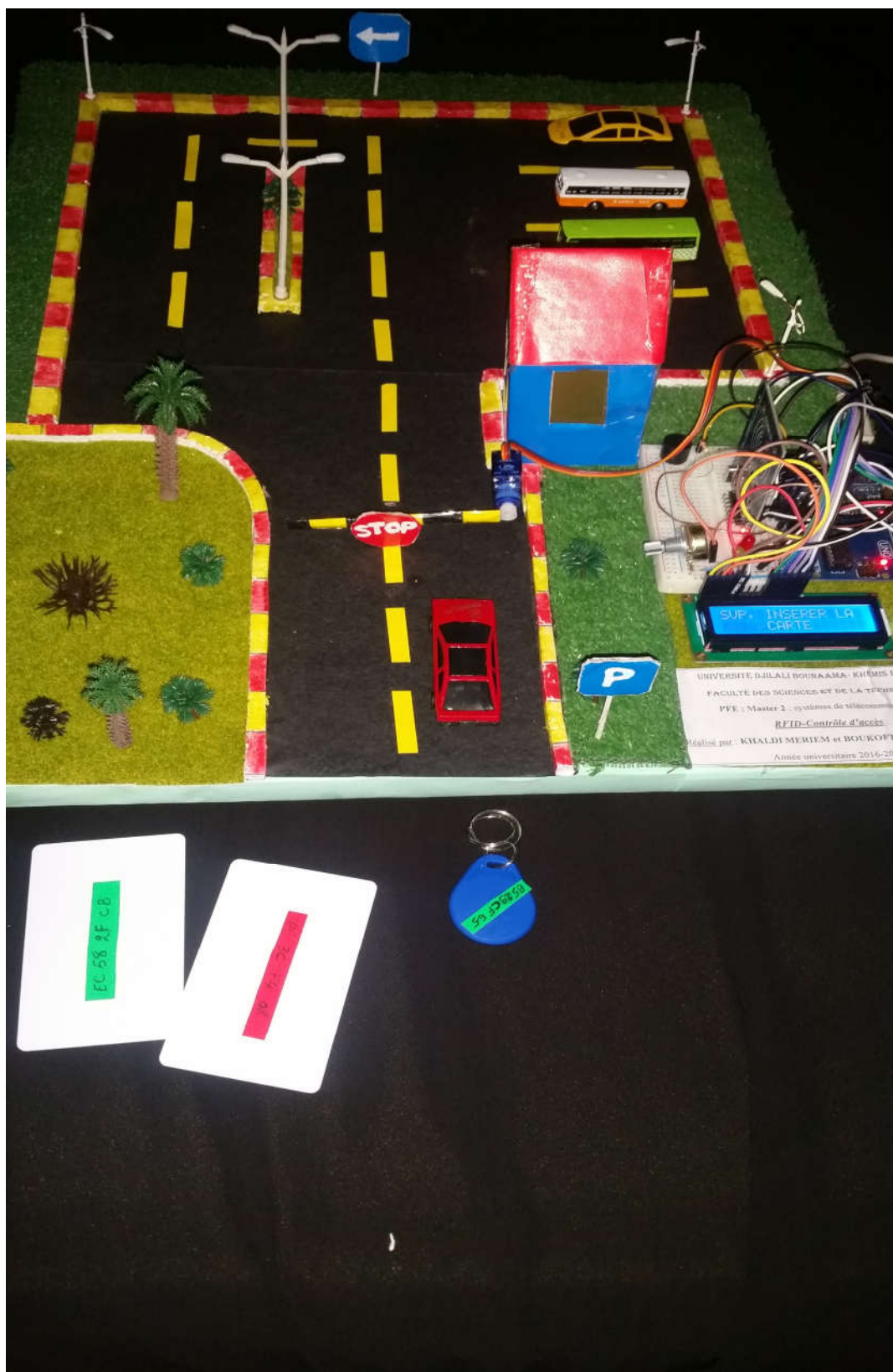


Figure 3.17 : Le schéma général du montage

➤ Le schéma général (Fritzing)

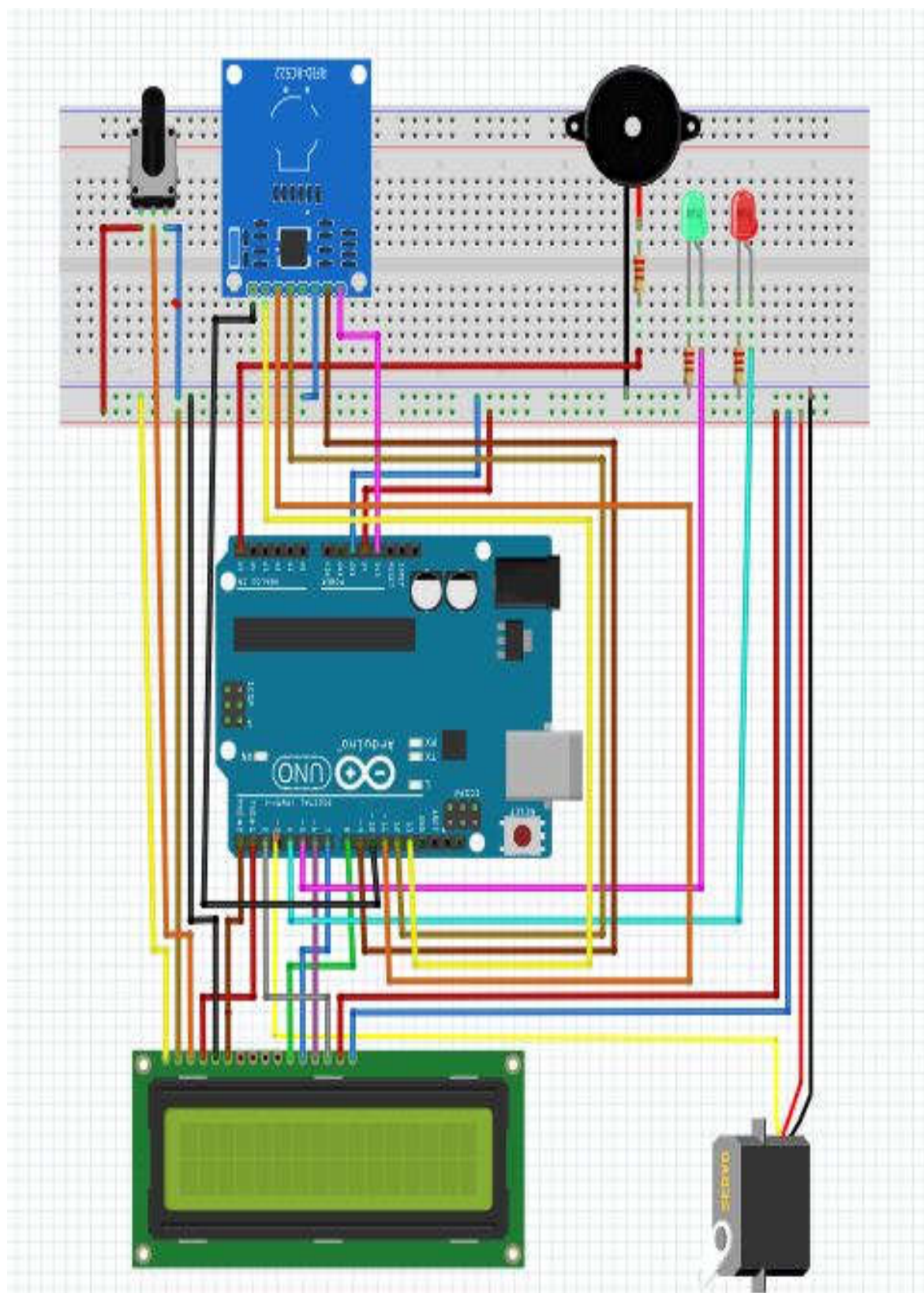


Figure 3.18 : schéma général en Fritzing

3.6. Paramètres et réglages

Afin de pouvoir utiliser le montage il faudra donc entrer un tag RFID dans notre programme qui corresponde à une carte ou un badge.

La procédure est la suivante dans le programme arduino, cliquez sur Outils puis Moniteur série (pour afficher des données, des résultats ou une page de présentation). Pour que cela fonctionne il faut évidemment que notre Arduino soit relié au PC.

En présentant les badges devant le capteur nous devrions donc avoir quelque chose comme cela :

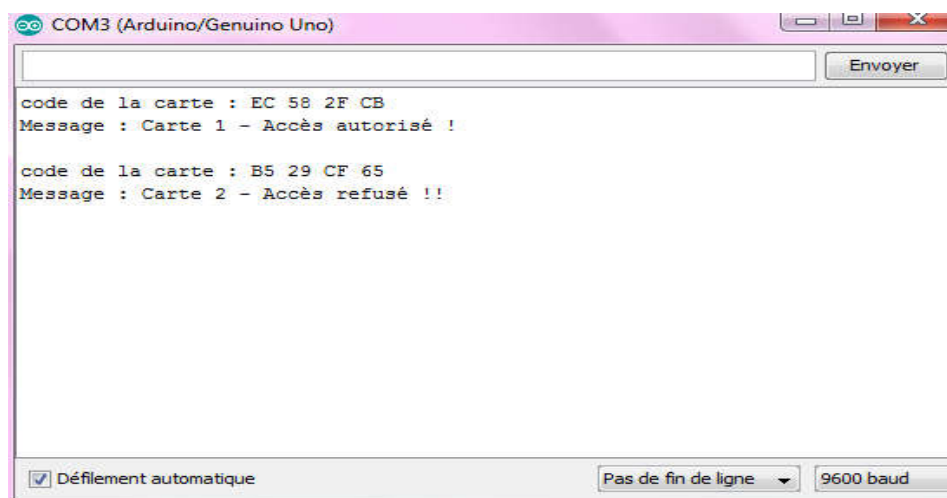


Figure 3.19 : Fenêtre du moniteur série

3.7. Le pratique

Nous remarquons les deux boutons en haut à gauche de logiciel Arduino, le premier (« Vérifier »), c'est lui qui nous servira à vérifier notre programme et il nous permettra donc d'être sûr que celui-ci est bien compatible avec la carte que nous aurons sélectionné, il vérifiera également que le code ne contient pas d'erreur. Le second (« Téléverser »), il nous permettra tout simplement d'envoyer notre programme sur l'Arduino. Quelques secondes d'attente et ça y est notre microcontrôleur est prêt.

Lorsque le badge sera présenté notre LED verte devrait s'allumer et l'écran s'affiche « accès autorisé » et la barrière s'ouvre. Dans le cas contraire lorsqu'on utilise le second badge qui lui n'est pas autorisé nous devrions voir la LED rouge l'écran s'affiche « accès refusé » et la barrière reste fermer, et le Buzzer sonne, nous montrant ainsi que nous ne sommes pas autorisé à entrer.

3.8. Conclusion :

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique.

Le système RFID est lié à l'Arduino en utilisant un lecteur USB qui permet de communiquer un tag RFID placé à son proximité avec ce langage. Grâce à cette communication on peut identifier la carte de contrôle d'accès. Durant ce projet nous avons réalisé un système de RFID à base d'un lecteur RC522, un servomoteur qui sert à monter une barrière, un afficheur qui affiche si l'accès est accepté ou refusé et aussi deux LED rouge et verte pour la signalisation.

Conclusion

générale

Conclusion générale

L'identification par radio fréquence RFID fait référence aux technologies qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des articles individuels ou groupés. La RFID promet de devenir la technologie de pointe dans l'identification automatique. De plus la RFID permet d'améliorer les services, réduire les coûts et réaliser des traitements professionnels comme la gestion des stocks, l'expédition, l'identification, et un suivi réellement efficace.

La venue de cette nouvelle technologie soulève plusieurs réactions des organismes de défense des droits et libertés des citoyens. Du point de vue strictement de la protection des renseignements personnels, cette technologie soulève des questionnements pour lesquels il n'y a actuellement aucune réponse complète. Par conséquent, cet état de fait doit inciter les individus concernés à être vigilants en présence de risques nouveaux pour la protection de leurs renseignements personnels et de leur vie privée.

Nous souhaitons en perspectives que ce projet ne reste pas une simple conception classique, mais plutôt une référence afin de concrétiser le concept d'identification rapide et opérationnelle dans les différents services de l'entreprise, et appliquer une méthode de résolution graphique pour rétrécir la zone d'identification.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Guy PUJOLLE, les réseaux, 5^{ème} édition, 2006
- [2] E.H. CALLAWAY, wireless Sensor Network: Architectures and Protocols, Auerbach Publications, 2003
- [3] D. KOFMAN, M. GAGNAIRE – Réseaux haut débit, InterEditions, 1996
- [4] J. LA ROCCA – 802.11 Demystified: Wi-Fi Made Easy, McGraw – Hill, 2002
- [5] G. Heine. GSM networks: protocols, terminology, and implementation. Artech House, 1999.
- [6] X. Lagrange, P. Godlewski, et S. Tabbane. Réseaux GSM-DCS. Hermès, troisième édition, 1997.
- [7] J. Tisal. Le réseau GSM. L'évolution GPRS : une étape vers UMTS. Dunod, troisième édition, 1999.
- [8] B. Walke. Mobile Radio Networks: networking, protocols and traf_c performance. John Wiley & Sons, 2002.
- [9] Harri Holma & Antti Tosala “ les réseaux mobiles de troisième génération”, 2001
- [10] Pierre Lescuyer “UMTS les_origines l'architecture, la norme”, juin 2002
- [11] Guy PUJOLLE, les réseaux, 5^{ème} édition, 2006
- [12] PERRET E, HAMDI M, VENA A, GARET F, BERNIER M, DUVILLARET L, TEDJINI S, -RF and THz Identification Using a new Generation of Chipless RFID Tags. RADIOENGINEERING, 2011
- [13] DISCOVER RFID, Facts and Figures- rendre le monde un peu meilleur grâce à la RFID – Sécurité du travail (consulté le 9/12/2011). <http://www.discoverrfid.org/fr/>
- [14] HELMUS M; OFFERGELD B, l'identification par radiofréquence ouvre de nouvelles possibilités à la prévention. KANBrief du 03/2007.
- [15] Network World, 3 mai 2004, Volume 21, édition 18
- [16] CHAE, YOSHIDA T. Application of RFID technology to prevention of collision accident with heavy equipemnt. Elsevier, 2009.