

Introduction générale

Le processus à propos de l'évolution industrielle dans le monde est lié par la réalisation et la recherche au niveau d'étude expérimentale qui est presque mécanique et archaïque, mais la conception évolutive humaine en principe après des siècles qui s'écoulent, rendent les hommes à engager des recherches pour faciliter la vie quotidienne grâce à un système de sécurité basant sur l'automatisation et l'informatisation électronique.

Cette conception qui m'anime, en me permettant d'opter le thème de cet ouvrage sur la contrôle d'accès domotique et identification par RFID correspondant à l'espace-temps de l'évolution technologique.

Le premier chapitre sera consacré à une étude approfondie sur les carte d'interface tel que l'Arduino, puis, on mettra la lumière sur un modèle de base qui est (Arduino MEGA) sa construction son environnement de programmation et son principe de fonctionnement afin de simplifier son utilisation.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude de la RFID, son définition, son historique, principe de fonctionnement, application ainsi ses avantages et ses inconvénients.

Dans le troisième chapitre, on présentera la réalisation de notre projet avec tous les matériels utilisés.

Chapitre I : Le dispositif programmable Arduino

Section I-1- Introduction

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle aussi de système embarquée ou d'informatique embarquée. Son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit.

Depuis que l'électronique existe, sa croissance est fulgurante et continue encore aujourd'hui. L'électronique est devenue accessible à toutes personnes en ayant l'envie : ce que nous allons apprendre dans ce travail est un mélange d'électronique et de programmation. On va en effet parler d'électronique embarquée qui est un sous-domaine de l'électronique et qui a l'habileté d'unir la puissance de la programmation à la puissance de l'électronique.

Section I-2- Définition du module Arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre. Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quarte 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise l'logiciel IDE Arduino. [3]

Section I-3- Les gammes de la carte Arduino

Actuellement, il existe plus de 20 versions de module Arduino, nous citons quelques un afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique:

- Le NG d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega8.
- L'extrémité d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un Microcontrôleur ATmega8.
- L'Arduino Mini, une version miniature de l'Arduino en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Nano, une petite carte programme à l'aide porte USB cette version utilisant un microcontrôleur ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version).
- Le LilyPad Arduino, une conception de minimaliste pour l'application wearable en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- Le NG d'Arduino plus, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega168.

- L'Arduino Bluetooth, avec une interface de Bluetooth pour programmer en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Diecimila, avec une interface d'USB et utilise un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Duemilanove ("2009"), en utilisant un microcontrôleur l'ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version) et actionné par l'intermédiaire de la puissance d'USB/DC.
- L'Arduino Mega, en utilisant un microcontrôleur ATmega1280 pour I/O additionnel et mémoire.
- L'Arduino UNO, utilisations microcontrôleur ATmega328.
- L'Arduino Mega2560, utilisations un microcontrôleur ATmega2560, et possède toute la mémoire à 256 KBS. Elle incorpore également le nouvel ATmega8U2 (ATmega16U2 dans le jeu de puces d'USB de révision 3).
- L'Arduino Leonardo, avec un morceau ATmega32U4 qui élimine le besoin de raccordement d'USB et peut être employé comme clavier.
- L'Arduino Esplora : ressemblant à un contrôleur visuel de jeu, avec un manche et des sondes intégrées pour le bruit, la lumière, la température, et l'accélération. [4]

Parmi ces types, nous avons choisi une carte Arduino MEGA. L'intérêt principal de cette carte est de faciliter la mise en œuvre d'une telle commande qui sera détaillée par la suite.

L'Arduino fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source comme interface de programmation. L'injection du programme déjà converti par l'environnement sous forme d'un code « HEX » dans la mémoire du microcontrôleur se fait d'une façon très simple par la liaison USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties. Cette carte est basée sur un microcontrôleur ATmega 2560 et des composants complémentaires. La carte Arduino contient une mémoire morte de 1 kilo. Elle est dotée de 54 entrées/sorties digitales (dont 6 peuvent être utilisées en tant que sortie PWM), 16 entrées analogiques et un cristal a 16 MHz, une connexion USB et Possède un bouton de remise à zéro et une prise jack d'alimentation.

La carte est illustrée dans la figure si dessous :

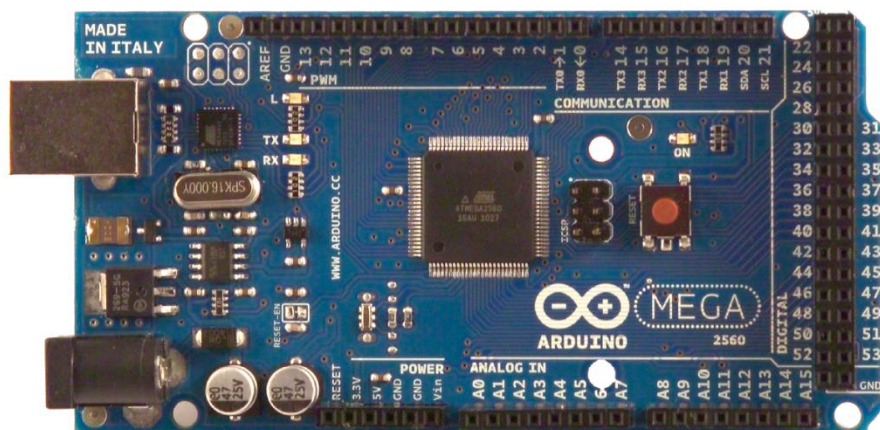


Figure I-1- La carte Arduino MEGA [1]

Section I-4- Pourquoi Arduino MEGA

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant à personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit:

- **Le prix (réduits)** : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino peut être assemblée à la main.
- **Multi plateforme** : le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- **Un environnement de programmation clair et simple** : l'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- **Logiciel Open Source et extensible** : le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).
- **Matériel Open source et extensible** : les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût. [19]

Section I-5- La constitution de la carte Arduino MEGA

Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur ATMEL AVR, et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Le microcontrôleur est préprogrammé avec un boot loader de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire.

Section I-5-1- Partie matérielle

Généralement tout module électronique qui possède une interface de programmation est basé toujours dans sa construction sur un circuit programmable ou plus.

Section I-5-1-1- Le Microcontrôleur ATmega2560

Un microcontrôleur ATmega2560 est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit au temps des pionniers de l'électronique. Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants; tels que les transistors; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C.

La figure suivante montre un microcontrôleur ATmega 2560, qu'on trouve sur la carte Arduino. [1]



Figure 2 – Le composant CMS [11]



Figure 3 – Le composant classique [11]

Section I-5-1-2- Les sources de l'alimentation de la carte

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée Sortie) et cela comme suit :

- ❖ **VIN** : La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- ❖ **5V** : La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- ❖ **3V3** : Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.

❖ **GND** : Ground pins. [02]

Section I-5-1-3- Les entrées & sorties

Cette carte possède 54 broches numériques (numérotée de 0 à 53) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode ( )`, `digitalWrite ( )` et `digitalRead ( )` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digital Write (broche, HIGH)`.

En plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Interruptions Externes** : Broches 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3) et 21 (interrupt 2). Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur.
- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée)** : Broches 0 à 13. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction `analog Write ( )`.
- **SPI** (Interface Série Périphérique): Broches 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS), Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.
- **I²C**: Broches 20 (SDA) et 21 (SCL). Supportent les communications de protocole I²C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie `Wire/I2C` (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils").
- **LED**: Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.
- **Série**: 0 (RX) et 1 (TX); Série 1: 19 (RX) et 18 (TX); Série 2: 17 (RX) et 16 (TX); Série 3: 15 (RX) et 14 (TX). Utiliser pour recevoir (RX) et transmettre (TX) des données. [02]

La carte MEGA dispose 16 entrées analogiques (numérotées de 0 à 15), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead ( )` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analog Reference ( )` du langage Arduino. La carte Arduino MEGA intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont

appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé. [3]

Section I-5-1-4- Les ports de communications

La carte Arduino MEGA a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur. L'ATmega2560 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX).

On utilise (RX) pour recevoir et (TX) transmettre (les données séries de niveau TTL). Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega2560 programmé en convertisseur USB – vers – séries de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.

Comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur l'ordinateur, la connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un PC, mais son inconvénient est le câble USB, pour éviter cela, il existe différentes méthodes pour utiliser ce dernier sans fil :

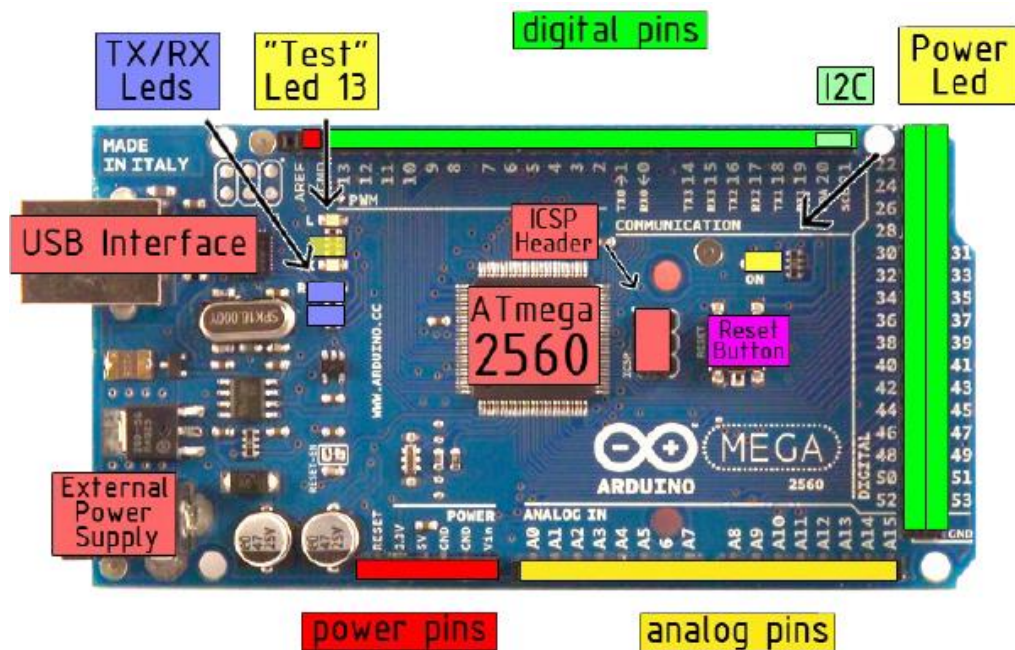


Figure 4 – Constitution de la carte Arduino MEGA [05]

Section I-5-2- Partie programme

Une telle carte d'acquisition qui se base sur sa construction sur un microcontrôleur doit être dotée d'une interface de programmation comme est le cas de notre carte. L'environnement de programmation open-source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux).

Section I-5-2-1- L'environnement de la programmation

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers de la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information ce programme appelé IDE Arduino. [7]

Section I-5-2-2- Structure générale du programme (IDE Arduino)

Comme n'importe quel langage de programmation, une interface souple et simple est exécutable sur n'importe quel système d'exploitation Arduino basé sur la programmation en C.

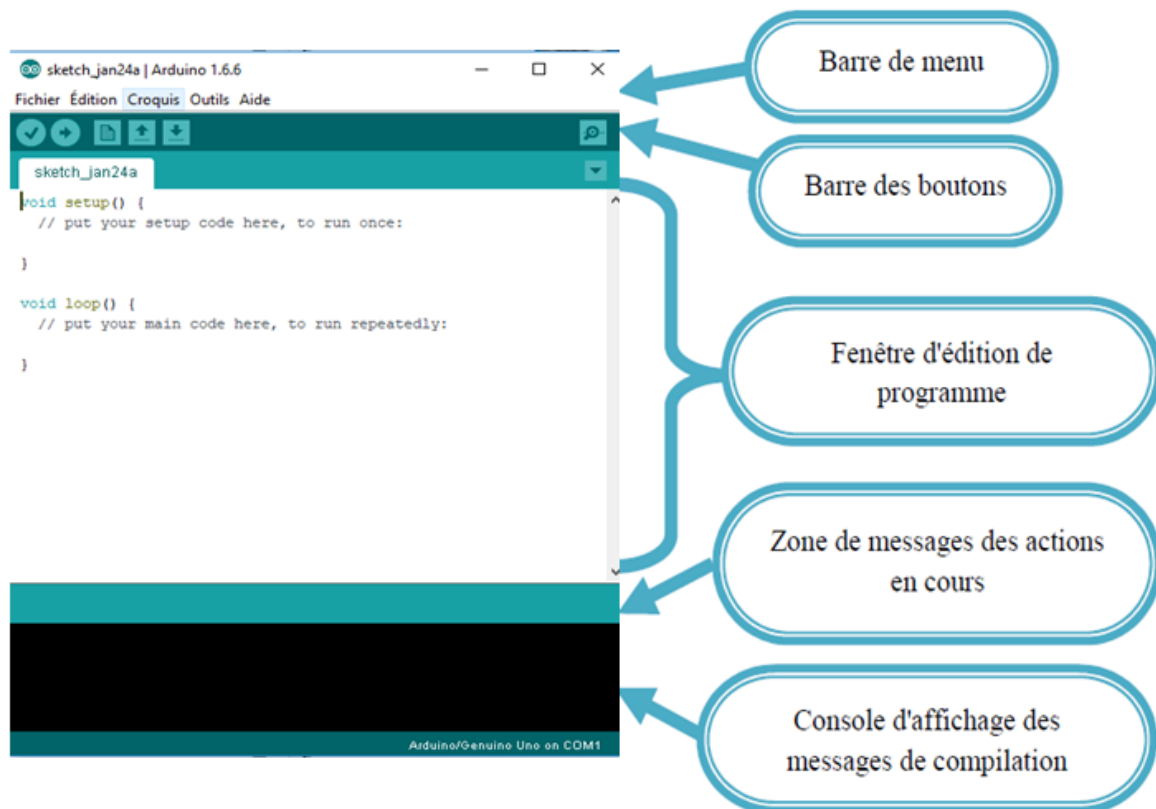


Figure 5 – Interface IDE Arduino

Section I-5-2-3- Injection du programme

Avant d'envoyer un programme dans la carte, il est nécessaire de sélectionner le type de la carte (Arduino MEGA) et le numéro de port USB (COM 3) comme à titre

d'exemple cette figure suivante :

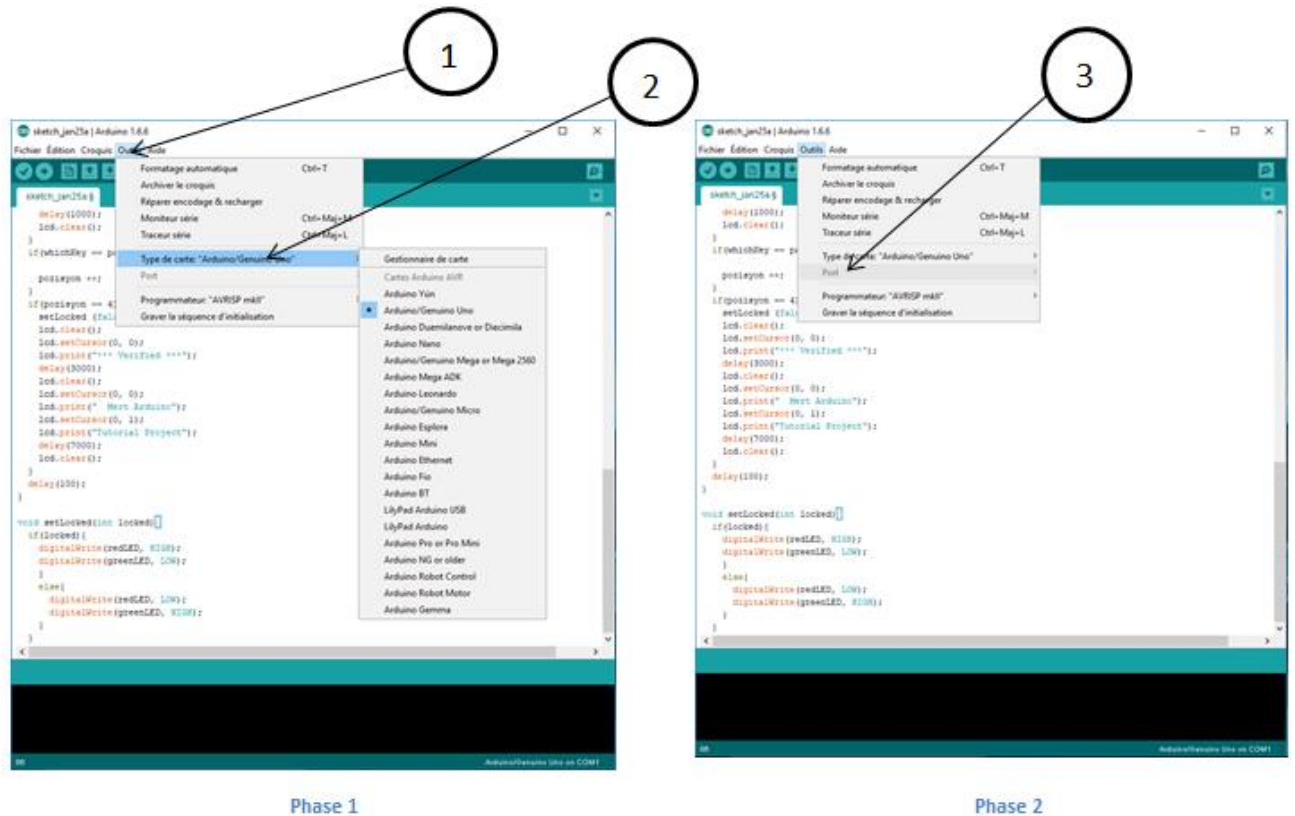


Figure 6 – Paramétrage de la carte

Section I-5-2-4- Description du programme

Un programme arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle (ligne par ligne). La carte lit puis effectue les instructions les unes après les autres dans l'ordre défini par les lignes de codes.

◆ Commentaires :

Les **commentaires** sont, en programmation informatique, des portions du code source ignorées par le compilateur ou l'interpréteur, car ils ne sont pas censés influencer l'exécution du programme.

- 1- // -----
- 2- // Programme : RFID - contrôle d'accès
- 3- // -----

◆ Définition des variables :

Pour notre montage, on va utiliser les sorties numériques (2, 6, 7, 8, 9, 12) de la carte; ces variables doivent être définie et nommée ici LED ; pour cela on utilise la syntaxe **#define** :

- 4- #define LED_G 6 // mettre la LED verte au pin 6

♦ **Configuration des entres et des sorties void setup () :**

Les broches numériques de l'arduino peuvent aussi bien être configurées en entrées numériques ou en sorties numériques; par exemple, ici on va configurer une LED pin en sortie ; pin mode (nom, état) est une des quatre fonctions relatives aux entrées – sorties numériques.

```
5- void setup () {-----
6- //mettre la LED verte comme sortie : -----
7- pinMode (LED_G, OUTPUT); //lorsque le pin 6 est activé, le LED
  s'allume -----
8- }-----
```

♦ **Programmation des interactions void loop :**

Dans cette boucle, on définit les opérations à effectuer dans l'ordre **digital Write** (nom, état) est une autre des quatre fonctions relatives aux entrées – sorties numériques.

- Delay (temps en milliseconde) est la commande d'attente entre deux instructions.
- Chaque ligne d'instruction est terminée par un point-virgule.
- Ne pas oublier les accolades qu'encadre la boucle.

```
9- void loop () {-----
10- digitalWrite(LED_G, HIGH);-----
11- delay(100) ;-----
12- digitalWrite(LED_G, LOW);-----
13- delay(100);-----
14- }-----
```

Section I-5-2-5- Les étapes de téléchargement du programme

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d'injecter un code vers la carte Arduino via le port USB.

1. On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel IDE Arduino.
2. On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
3. Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
4. On charge le programme sur la carte.
5. On câble le montage électronique.
6. L'exécution du programme est automatique après quelques secondes.
7. On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome (pile 9 volts par exemple).
8. On vérifie que notre montage fonctionne.

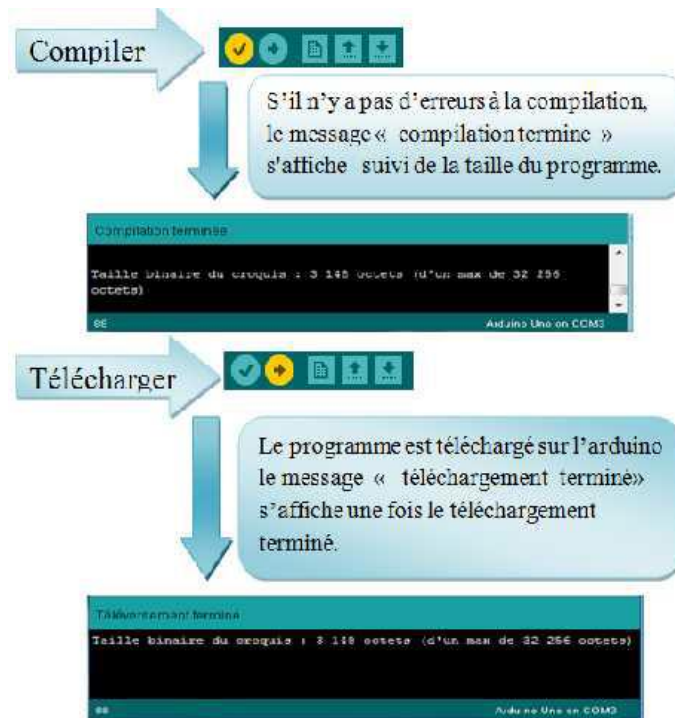


Figure 7 – Les étapes de téléchargement du code

Section I-6- Les Accessoires de la carte Arduino

La carte Arduino généralement est associée aux accessoires qui simplifient les réalisations.

Section I-6-1- Communication

Le constructeur a suggéré qu'une telle carte doit être dotée de plusieurs ports de communications ; on peut éclaircir actuellement quelques types.

Section I-6-1-1- Le module Arduino Bluetooth

Le Module Microcontrôleur Arduino Bluetooth est la plateforme populaire Arduino avec une connexion série Bluetooth à la place d'une connexion USB, très faible consommation d'énergie, très faible portée (sur un rayon de l'ordre d'une dizaine de mètres), faible débit, très bon marché et peu encombrant.



Figure 8 – Type de modules Bluetooth [11]

Section I-6-2- Les divers

Il existe plusieurs drivers comme des cartes auxiliaires qui peuvent être attachées avec l'Arduino afin de faciliter la commande ; on peut citer quelques types.

Section I-6-2-1- Des moteurs électriques



Figure 9 – Moteur électriques [11]

Section I-6-2-2- Les afficheurs LCD

Les afficheurs LCD (Liquid Crystal Display) sont devenus indispensables dans les systèmes techniques qui nécessitent l'affichage des paramètres de fonctionnement.

Ces Afficheurs permettent d'afficher des lettres, des chiffres et quelques caractères spéciaux. Les caractères sont prédéfinis. [6]

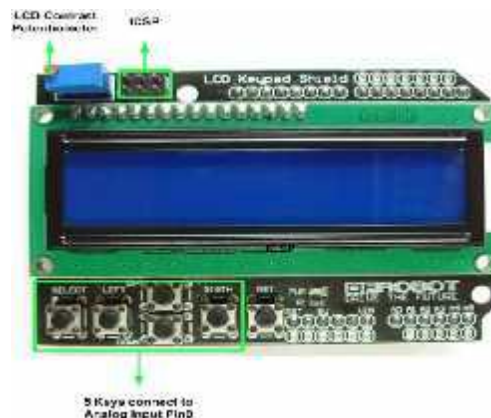


Figure 10 – Afficheur LCD [11]

Section I-7- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons projeté la lumière sur une carte d'acquisition qui est l'Arduino donnant ainsi les raisons pour lesquelles on l'a choisie, puis nous avons cité des différents types de cette dernière. Ensuite, nous avons expliqué les deux parties essentielles de

l'Arduino; (la partie matérielle et la partie de programmation) plus précisément. Nous avons également expliqué le principe de fonctionnement de la carte Arduino sans oublier ses caractéristiques.

Le chapitre suivant sera consacré à l'étude de la carte RFID (Radio Frequency Identification), le principe de fonctionnement du module, ses applications, ses avantages et ses inconvénients.

Chapitre II : RFID (Radio Frequency Identification)

Section II-

Section II-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.

Section II-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).

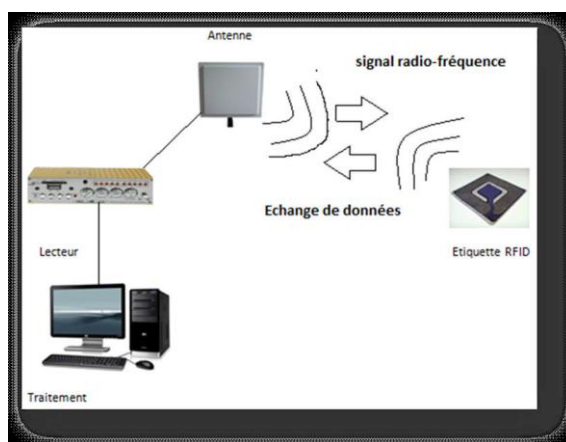


Figure 11 – Schéma général d'un système RFID

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.

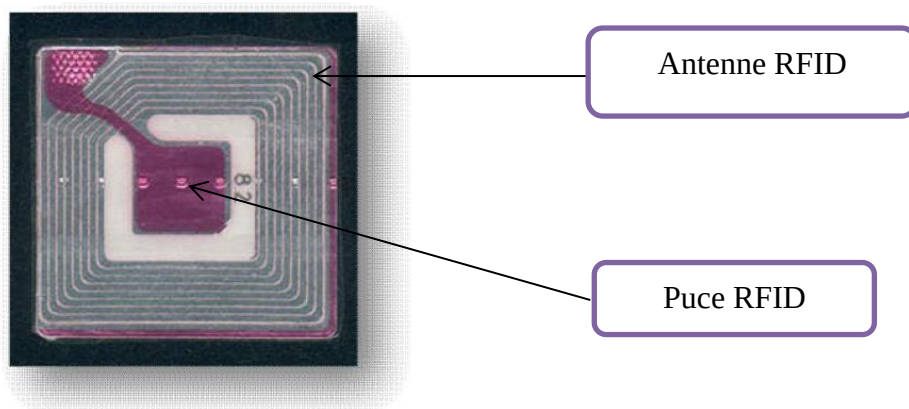


Figure 12 – étiquette classique [11]

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.

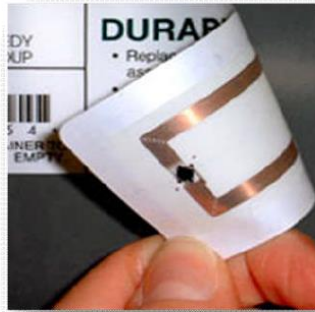


Figure 13 – *étiquette autocollante* [11]

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 14 – *étiquette sous forme grain de riz* [11]

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 125KHz 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 base 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.

Section II-3- Historique de la RFID [13]

♣ Les années 30 :

Au début, on ne pouvait différencier les avions ennemis des avions alliés de retour de mission. Les Allemands ont découvert que, si les pilotes faisaient tourner leurs avions en rentrant à la base militaire, cela changerait le signal réfléchi. Cette méthode a ainsi permis aux pilotes d'être identifiés par les stations de radar comme des alliés et non des avions ennemis. C'est essentiellement le premier système RFID.

Cette notion est ainsi apparue la première fois pendant la Seconde Guerre Mondiale. Les allemands, mais également les Japonais, les Américains et les Britanniques ont utilisé le radar qui a été découvert en 1935 par un physicien écossais, Sir Robert Alexander Watson, pour opérer une distinction entre avions alliés et ennemis.

Menés par Watson-Watt, responsable d'un projet secret, les Britanniques ont développé le premier système pour identifier les alliés des ennemis : l'« *identifier Friend or Foe* » (IFF système) en incorporant un émetteur à chaque avion Britannique. Dès réception des signaux des stations du radar, un signal de retour permettait d'opérer la reconnaissance de l'avion allié.

La RFID fonctionne sur le même principe. Le signal émis active le transpondeur qui, soit reflète un signal (système passif), soit diffuse un signal (système actif). Ces principes sont toujours utilisés aujourd'hui.



Figure 15 – « Friend or Foe » [10]

♣ Les années 50 et 60 :

Le perfectionnement du radar et du système de communication radio a perduré durant les années 50 et 60. En effet, aux États-Unis, en Europe et au Japon, scientifiques et universitaires ont diffusé le résultat de leurs recherches et démontré comment l'énergie radio pourrait fonctionner pour identifier les objets à distance.

Ces découvertes sur les ondes radioélectriques ont permis à des entreprises de commercialiser des systèmes antivols identifiant les produits non payés. Les conditionnements des produits mis à la vente de nos jours sont encore munis de ce type d'étiquettes électroniques. Plus précisément, l'étiquette électronique possède 1 bit, activé en l'absence de paiement et désactivé dès que le client s'est acquitté de son achat, lui permettant ainsi de quitter le magasin. Le franchissement du portique de contrôle du magasin détecte toute étiquette électronique active en déclenchement l'alarme.

♣ Les années 70 :

Aux États-Unis, Mario W. Cardullo a déposé en 1973 le premier brevet lié à la technologie RFID afin de développer des solutions d'identification pour les locomotives, utilisant une étiquette RFID active avec mémoire réinscriptible. La même année, Charles Walton, entrepreneur Californien, a reçu un brevet d'un transpondeur passif utilisé pour débloquer une porte sans clé.

Dans les années 70, le département d'énergie a demandé au laboratoire national de Los Alamos de développer un système pour suivre les matériaux nucléaires. Les systèmes RFID restent une technologie confidentielle, à usage militaire pour le contrôle d'accès aux sites sensibles, notamment dans le nucléaire

♣ Les années 80 :

Les avancées technologiques permettent l'apparition du tag passif. Le tag RFID rétro module l'onde rayonnée par l'interrogateur pour transmettre des informations. Cette

technologie permet de s'affranchir de source d'énergie embarquée sur l'étiquette réduisant de ce fait son coût et sa maintenance.

Système commercialisé au milieu des années 1980 et largement utilisé sur les routes, les ponts et les tunnels.

♣ Les années 90 :

Au début des années 1990, les ingénieurs d'IBM ont développé et breveté un système RFID d'ultra-haute fréquence (*ultra-high frequency* (UHF)). L'UHF peut offrir une limite de lecture plus longue (jusqu'à 6 mètres dans de bonnes conditions) permettant un transfert de données plus rapide. Au milieu des années 90, IBM a vendu ses brevets à un fournisseur de code-barres, la société Intermec.

Les systèmes RFID d'Intermec ont permis la création de nombreuses applications différentes, du suivi des entrepôts à l'agriculture. Toutefois, en raison de faibles ventes et du manque de normes internationales ouvertes, cette technologie restait coûteuse.

♣ Les années 2000 :

C'est un « boom » des applications grâce à la miniaturisation de la technologie quelques années auparavant. En 2004, « *Auto-ID Center* » du MIT devient « *EPCglobal* », organisation dont le but est de promouvoir la norme EPC, sorte de super code barre stocké dans une étiquette RFID, élaborée par les universitaires et adoptée par l'industrie.

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.

Section II-4- Principe de fonctionnement

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

- ✓ Un lecteur, ou scanner, qui envoie une onde électromagnétique porteuse d'un signal selon une fréquence donnée vers un ou plusieurs tags situés 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).

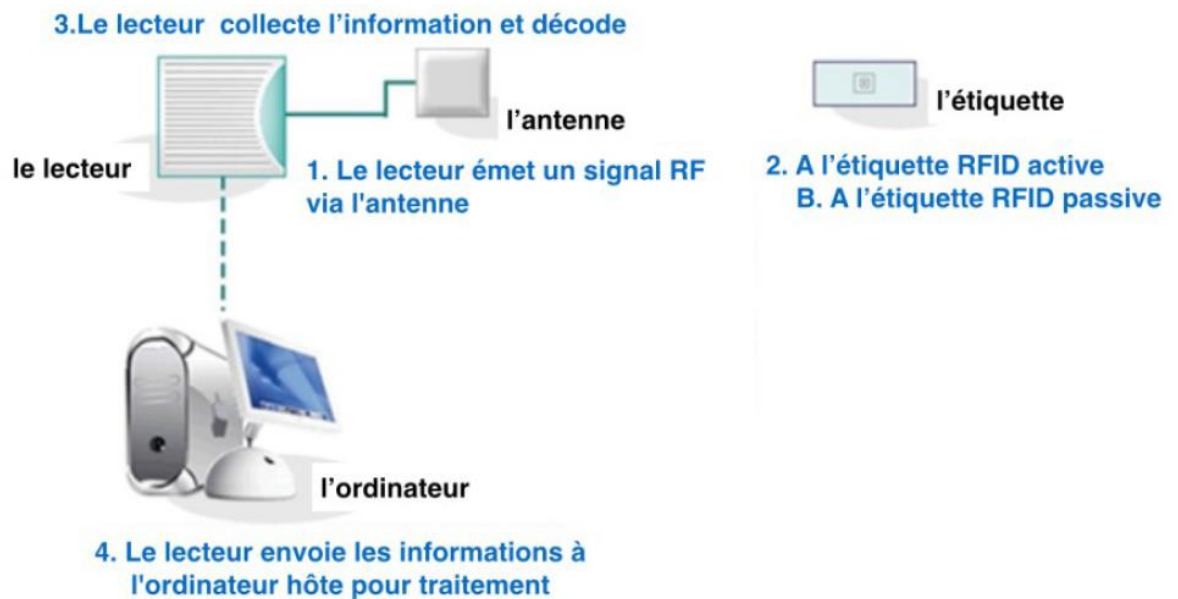


Figure 16 – Principe de fonctionnement de la RFID [14]

Il existe plusieurs types de fonctionnement et de communication possibles pour les transpondeurs :

- **Lecture seule** : il est uniquement possible de lire le transpondeur. Ses informations (et son identité) peuvent avoir été inscrites préalablement par le fabricant, ou le transpondeur peut avoir été livré vierge et c'est l'utilisateur qui en détermine le contenu. Dans ce dernier cas, il s'agit d'une seule écriture, et lecture multiple WORM (Write Once, Read Multiple). Les étiquettes des produits vendus en hypermarchés en sont un exemple.

- **Lectures et écritures multiples** : l'objectif est la réutilisation du transpondeur et/ou la mise à jour de ses informations. Certaines zones mémoires peuvent n'être programmées qu'un nombre déterminé de fois dans le cas du mode MTP (Multiple Time Programmable), ou programmées de manière illimitée (ou seulement par la technologie) dans le cas du mode R/W (Read/Write). Le suivi sur les chaînes de productions des produits (fabrication, puis mise au point, test, etc.) en est un exemple.

- **Lectures et/ou écritures protégées** : la protection des données « secrètes » lues ou écrites peut être faite de manière logicielle (mots de passe), ou matérielle (timing particulier, etc.), et appliquée pour tout ou partie de la mémoire. Dans le cas de l'écriture il peut aussi y avoir des zones mémoires programmables de manière unique, dite OTP (One Time Programmable) indépendamment du type de lecture possible.

- **Lecture et/ou écriture sécurisées, cryptées** : la sécurisation tient à l'authentification des partenaires (station de base – transpondeur) habilités à correspondre ensemble, par des codes évolutifs ou tournants par exemple. Le cryptage des données échangées entre la Station de base et le Transpondeur sert à contrer les écoutes clandestines et pirates. [8]

L'antenne de balayage émet des signaux de radiofréquence dans une plage relativement courte. Le rayonnement RF dispose d'une double fonction : fournir à l'étiquette RFID une énergie suffisante (dans le cas des étiquettes RFID passives) et lui permettre de communiquer.

Les étiquettes RFID sont autonomes en énergies et peuvent ainsi être utilisées durant de très longues périodes (peut-être des décennies). L'antenne de balayage peut être fixée de façon permanente sur une surface. Elle peut en outre être portable et, dès lors, prendre une forme adéquate à l'usage déterminé. Ainsi, elle peut être intégrée à un cadre de porte pour traiter les données de personnes ou d'objets le traversant. Lorsqu'une étiquette RFID passe dans le champ de l'antenne de balayage, elle détecte le signal de l'antenne. Cela « active » la puce RFID qui transmet l'information à sa micro-puce avant que celle-ci ne soit interceptée par l'antenne de balayage

Section II-5- Technique fondamentale

La carte RFID et le lecteur de carte ont chacun une bobine d'inductance. Quand la carte RFID passe près de son lecteur, la bobine de couplage d'inductance interne du lecteur de carte, d'une part, sert de bobine de transformateur primaire, pour alimenter la carte d'identification RFID passive. En ce moment, la carte RFID sur la bobine d'inductance équivaut à la bobine secondaire du transformateur.

D'autre part, les informations stockées dans les puces RFID ont été modulées sur la bobine de la carte RFID (le principe de modulation est un changement régulier de l'impédance de la bobine de la carte RFID pour changer régulièrement la charge de l'inductance de la bobine primaire). Ainsi, le lecteur lit les informations de la carte en détectant le changement interne de l'impédance de la bobine d'inductance.

Pour cette raison, la technologie RFID peut uniquement être utilisée pour la carte d'identification en lecture de proximité, les deux bobines d'inductance double devant nécessairement être proches. À défaut, l'énergie se décomposera rapidement.

Section II-5-1- Différentes types de l'étiquette RFID

Section II-5-1-1- Trois méthodes de classification

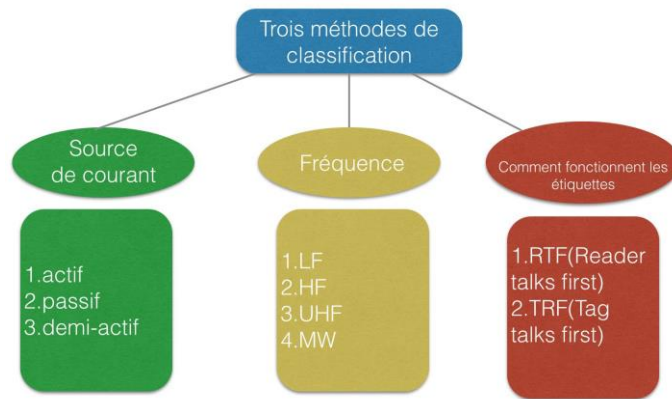


Figure 17 – Types de la fréquence [14]

Section II-5-1-2- Trois types d'étiquette RFID

❖ **L'étiquette RFID active :**

Les étiquettes actives sont les plus chères car elles sont plus complexes à produire et assurent, outre des fonctions de transmission, des fonctions soit de captage soit de traitement de l'information captée, soit les deux. De ce fait, elles ont besoin d'une alimentation embarquée et sont donc caractérisées par la durée de vie de celle-ci. Si le prix est un facteur discriminatif, il faut savoir que ces étiquettes s'avèrent particulièrement bien adaptées à certaines fonctions, dont notamment la création de systèmes d'authentification, de sécurisation, d'antivol, etc. Bref, elles sont idéales pour tout ce qui concerne le déclenchement d'une alerte ou d'une alarme. Elles peuvent émettre à plusieurs centaines de mètres. Le dernier cri est le tag «insensible à l'orientation du produit». Certains de ces appareils ont néanmoins une durée de vie limitée à 10 ans.

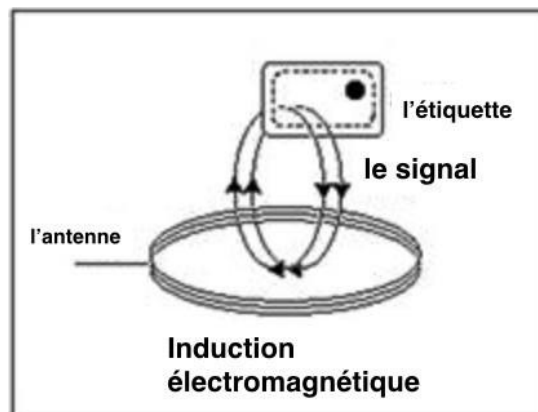


Figure 18 – Etiquette RFID active [11]

Avantages majeurs d'une étiquette RFID active :

- Elle peut être lue à des distances de 50 mètres ou plus, améliorant considérablement l'utilité de l'appareil ;
- Il se peut que d'autres capteurs puissent utiliser l'électricité afin d'en augmenter la longévité.

Problèmes et inconvénients d'une étiquette RFID active :

- L'étiquette ne peut pas fonctionner sans batterie, ce qui limite la durée de vie de la balise ;
- L'étiquette est généralement plus coûteuse, au minimum 20 \$ l'unité ;
- L'étiquette est physiquement plus grande, ce qui peut restreindre les applications ;
- Les coûts de maintenance à long terme pour une étiquette RFID active peuvent être supérieurs à ceux d'une étiquette passive si les piles sont remplacées ;
- Les pannes de batterie dans une étiquette active peuvent entraîner des erreurs de diffusion.

Les étiquettes RFID actives peuvent avoir toutes ou une partie des fonctionnalités suivantes :

- La plus longue gamme de communication de toute étiquette ;
 - La capacité d'effectuer une surveillance et un contrôle indépendant ;
 - La capacité de lancer des communications ;
 - La capacité d'effectuer des diagnostics ;
 - La bande passante de données la plus élevée ;
 - Les étiquettes RFID actives peuvent même être équipées de réseaux autonomes, permettant aux balises de déterminer seules le meilleur chemin de communication.
- [14]

❖ **L'étiquette RFID passive :**

Ne disposant d'aucune alimentation externe, ils dépendent de l'effet électromagnétique de réception d'un signal émis par le lecteur. C'est ce courant qui leur permet d'alimenter leurs microcircuits. Ils sont peu coûteux à produire et sont généralement réservés à des productions en volume. Ce sont eux que l'on trouve plus particulièrement dans la logistique et le transport. Ils utilisent différentes bandes de fréquences radio selon leur capacité à transmettre à distance plus ou moins importante et au travers de substances différentes (air, eau, métal). La distance de lecture est inférieure à un mètre. Les basses et hautes fréquences sont normalisées au niveau mondial. Ces puces sont collées sur les produits pour un suivi allant jusqu'aux inventaires.

Elles sont jetables ou réutilisables suivant les cas. Les puces avec une antenne de type "papillon" ont une portée courante de 1 à 6 mètres. Ces puces UHF (Ultra Haute Fréquence) sont utilisées pour la traçabilité des palettes dans les entrepôts. Par contre, la tolérance aux obstacles est moyenne. Pour les très hautes fréquences (UHF), l'Europe, l'Asie et les Etats-Unis se distinguent par des fréquences et des réglementations différentes. Beaucoup plus petite que la RFID active, sa durée de vie est, en outre, pratiquement illimitée.

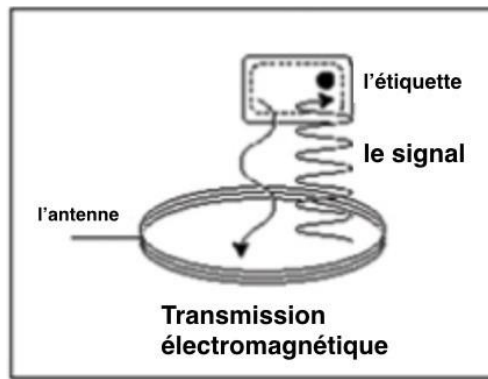


Figure 19 – Etiquette RFID passive [11]

Avantages d'une étiquette passive :

- L'étiquette fonctionne sans batterie, avec une durée de vie utile de vingt ans ou plus ;
- Son coût de fabrication est moins coûteux que celui d'une étiquette active ;
- L'étiquette est beaucoup plus petite (parfois de la taille d'un grain de riz). Ces étiquettes ont des applications presque illimitées, notamment dans les biens de consommation.

Inconvénients majeurs d'une étiquette passive :

- L'étiquette ne peut être lue qu'à des distances très courtes, généralement quelques mètres au plus, limitant considérablement ses applications ;
- Il n'est peut-être pas possible d'inclure des capteurs qui peuvent utiliser de l'électricité afin d'en augmenter la longévité.
- La durée de vie de l'étiquette est bien supérieure à son usage commercial. [14]

❖ L'étiquette RFID semi-passifs :

Ces tags sont similaires aux cartes d'identification passive. Ils emploient des technologies proches, mais avec quelques différences importantes. Ils disposent en effet eux aussi d'une petite batterie qui fonctionne en permanence, ce qui libère l'antenne pour d'autres tâches. Ces tags sont plus robustes et plus rapides en lecture et en transmission que les tags passifs, mais ils sont aussi plus chers.

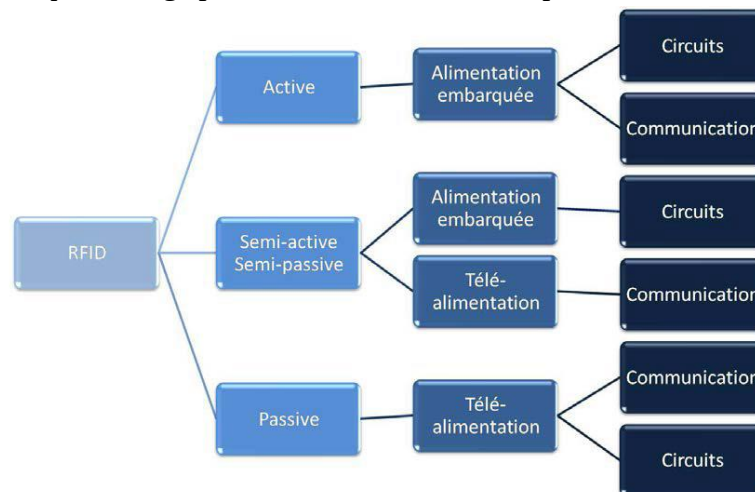


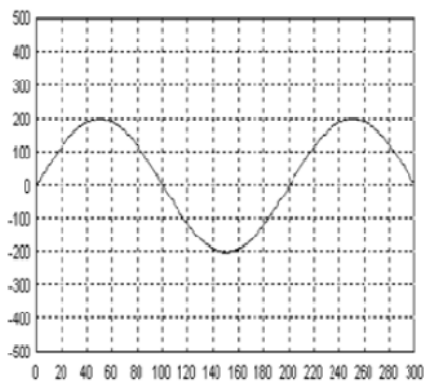
Figure 20 – Utilisation type de tags [08]

Section II-6- Principe de la modulation [15]

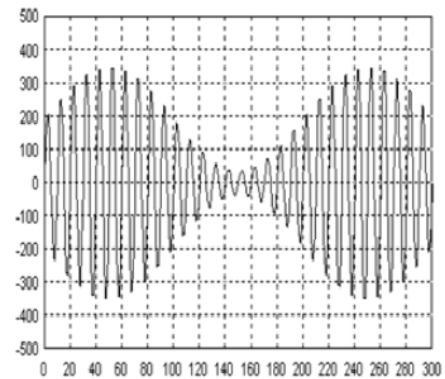
En RFID, les dispositifs qui communiquent ne sont pas technologiquement conçus de la même façon. Pour cette raison, des types de modulation différents sont utilisés selon le sens de la communication :

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.



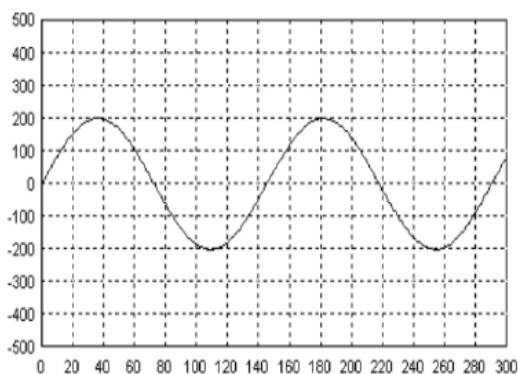
Signal à transmettre



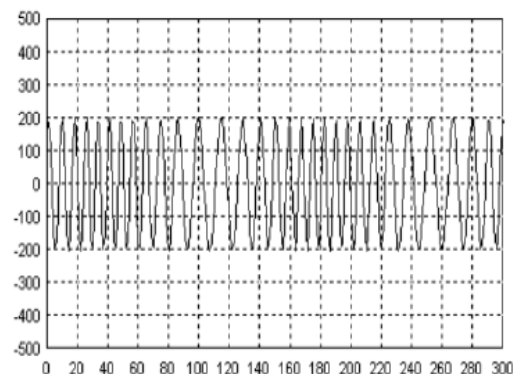
Porteuse modulée en amplitude

Figure I-21 – Modulation d'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

Figure 22 – Modulation de fréquence

Section II-7- Le couplage tag RFID et lecteur RFID

La liaison entre tag et interrogateur se réalise par :

Couplage magnétique dans le cas d'un champ proche (quelques cm à 1,5 m). L'interrogateur utilise alors des LF (Basses Fréquences) ou des HF (Hautes Fréquences). Les antennes sont alors constituées de boucles inductives.

Couplage électrique dans le cas d'un champ lointain (jusqu'à 6m). L'interrogateur utilise alors des UHF (Ultra Hautes Fréquences) ou des SHF (Super Hautes Fréquences). Les antennes de base sont alors des dipôles ou des patchs. [16]

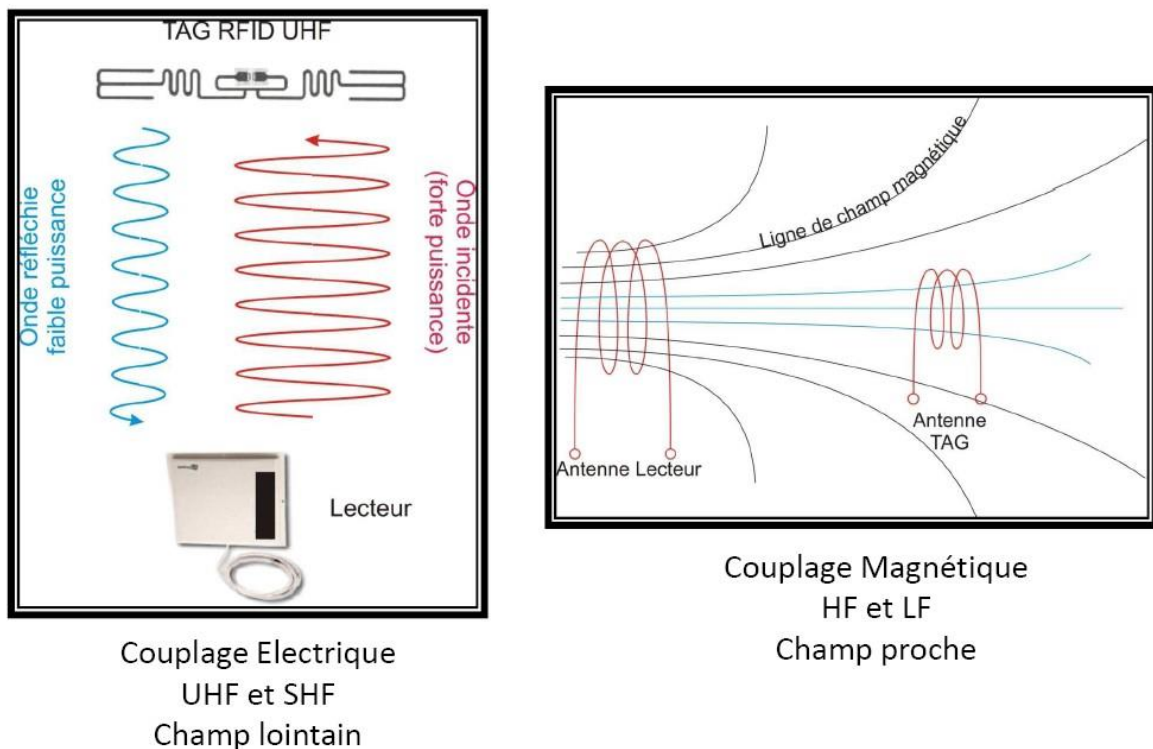


Figure 23 – Couplage tag et lecteur [11]

Section II-8- 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	LF : Basses fréquences	Distance < 1m	Utilisées pour le contrôle d'accès ou d'identification des animaux et système d'alarme.	Passive
13,56 MHz	HF : Haute	1 m	Utilisée notamment dans la	Passive

	fréquence		logistique d'objets, les cartes de crédit sans contact (technologie NFC), le transport public, le document électronique, la carte multiservices ou la logistique.	
433 MHz et entre 860 et 960 MHz	UHF : 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 fréquence	Distance > 100 mètres	Elles se retrouvent notamment dans des applications de gestion de containers. Les péages autoroutiers ou encore les systèmes de géolocalisation. Logistique militaire.	Active

Tableau 1 : Caractéristiques de différentes fréquences de communication

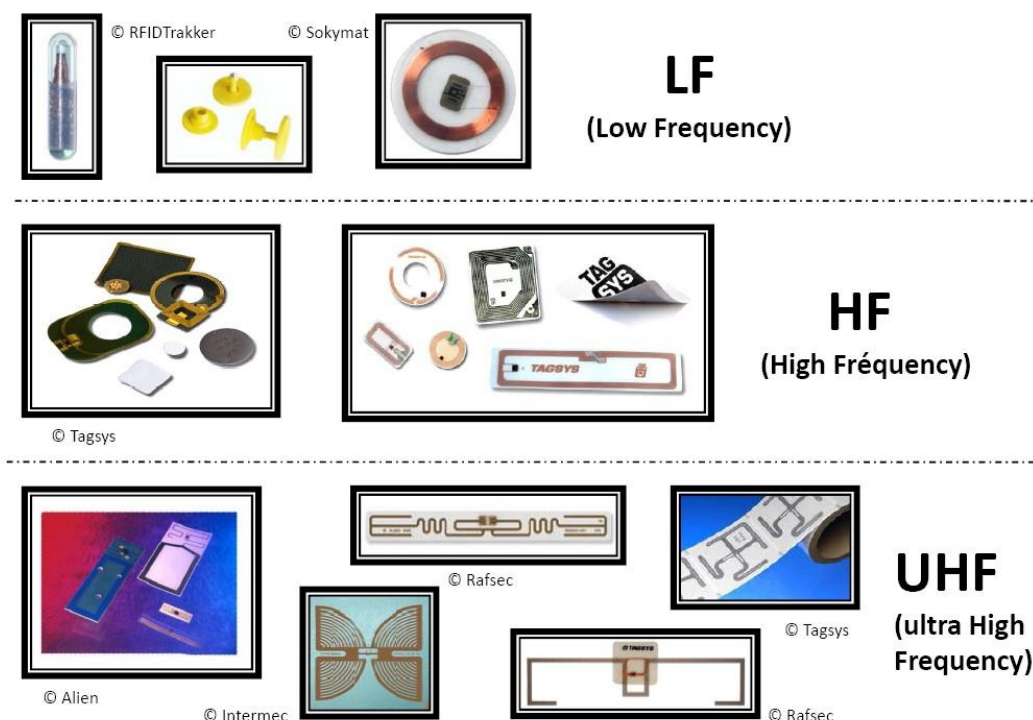


Figure 24 – Les tags RFID [17]

Section II-9- 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'alimentation 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 e 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 [18] :

❖ Le domaine commercial

- Les étiquettes ayant recours à la technologie RFID peuvent être utilisée 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 25 – Système antivol [11]

❖ 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 pochette 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'Etat 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 26 – Contrôle d'accès [11]

❖ **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 certain parc 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 localisation 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.

Section II-10- **Avantages et inconvénients** [09]

Section II-10-1- **Avantages**

La RFID a de nombreux avantages par rapport à son ancêtre, le code-barres, que nous allons maintenant évoquer :

➤ **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 résistance 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.

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

Section II-10-2- 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.

Les prix restent nettement supérieurs à ceux des étiquettes code à barres pour des unités consommateurs. Utiliser les étiquettes radio fréquence en lieu et place du code à barres sur les produits de grande consommation, n'est donc pas aujourd'hui économiquement réaliste. Cela le devient pour lutter contre le vol ou la contrefaçon sur les produits à forte valeur ajoutée, ou pour tracer les

produits dans le cadre du service après-vente, comme l'électroménager ou l'hi-fi. Par contre au-delà du conditionnement unitaire, le coût de l'étiquette radio fréquence peut devenir marginal par rapport à la valeur des produits contenus. C'est pourquoi dans le domaine des produits de grande consommation, les premières applications de ces étiquettes peuvent voir le jour sur les cartons, sur les palettes et sur les unités de transport. Par ailleurs, si la comparaison se fait au niveau du système d'identification et de traçage, il faut prendre en compte les coûts lecteurs, favorables à la RFID, ainsi que le gain de temps venant du non obligation de manipuler les objets pour présenter le code à barres devant le lecteur.

➤ **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.

➤ **Perturbation 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 subvenir dans 3% des cas.

Section II-11- Conclusion

A travers le travail de recherche et de synthèse, nous nous sommes rendu compte que l'Internet des Objets fait partie intégrante de notre quotidien. Nous avons aussi compris qu'il n'était qu'à ses débuts et que les applications futures sont au moins aussi importantes que celles présentes. La RFID, une des applications majeures de l'Internet des Objets, a été au centre de notre projet. Aucun de nous ne connaissait cette technologie alors qu'elle est utilisée tout autour de nous. Ce fut assez surprenant de voir que l'on ne connaît pas vraiment totalement le monde qui nous entoure. Cependant, pendant le déroulement du projet, nous en avons appris beaucoup sur celui-ci et, au final, comment fonctionne notre société.

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 III : Réalisation

Section III-

Section III-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 une maison, un parking, le garage, la cour, l'ensemble immobilier avec une ouverture automatique des portes.



Figure 27 – Système portier

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.

Section III-2- Principe de notre réalisation

Notre système travaille automatiquement, en ouvrant la porte 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 porte 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.

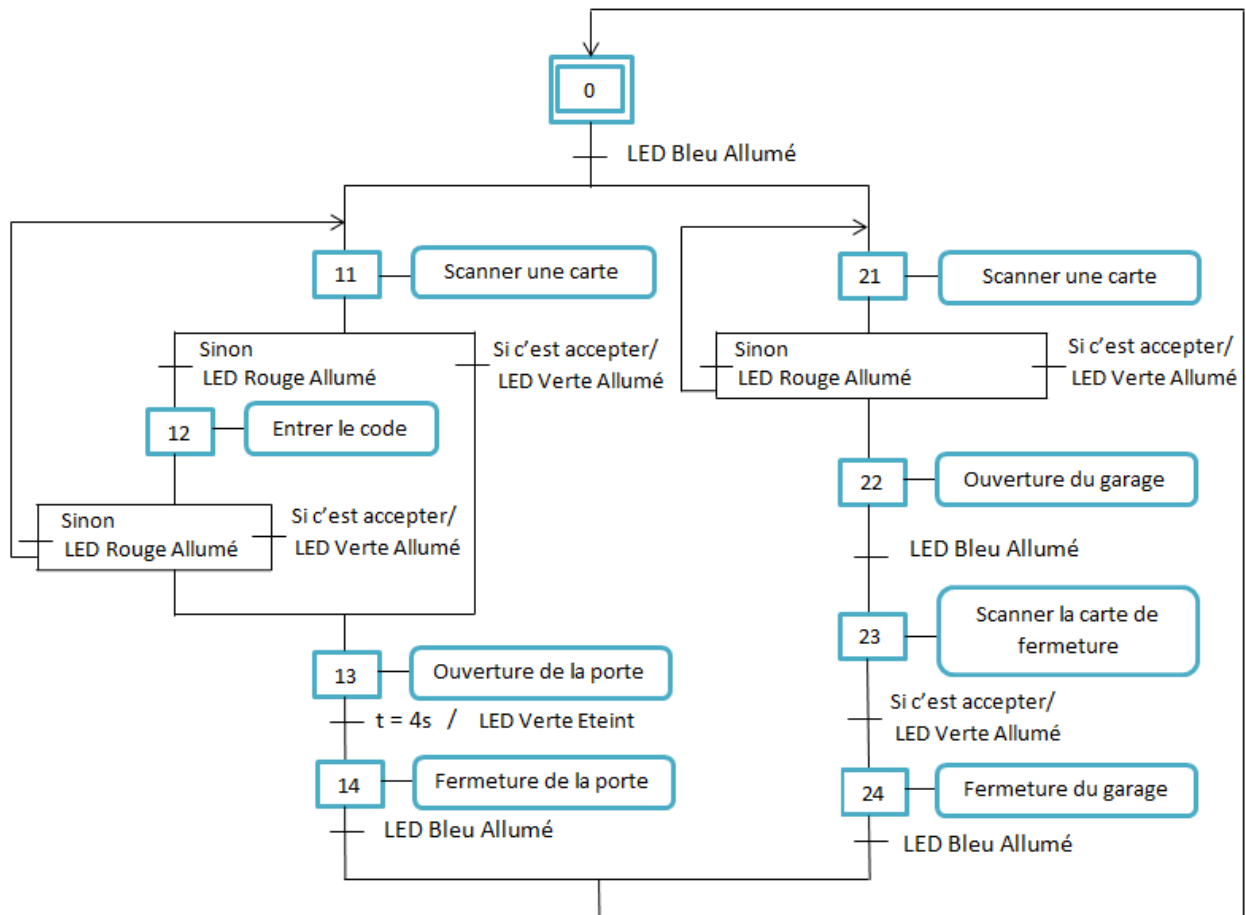


Figure 28 – *grafcet du système*

Section III-3- Matériels utilisés

Section III-3-1- 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.

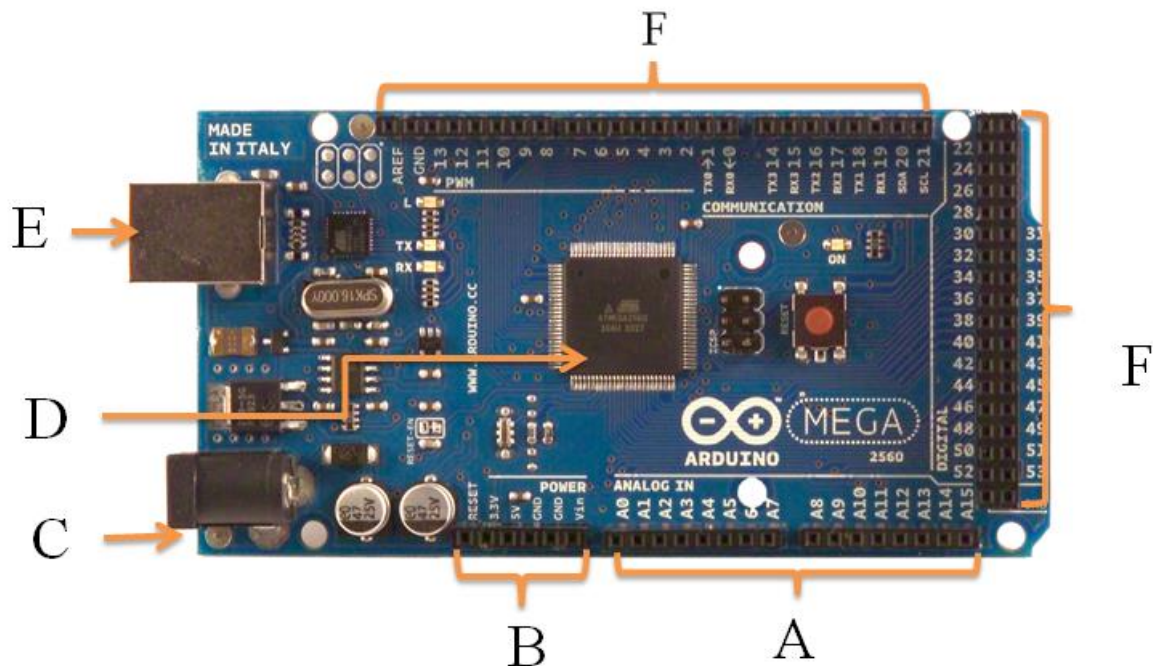


Figure 29 – Les éléments de la carte Arduino MEGA

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

D : le microcontrôleur ATmega2560.

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.

Section III-3-2- Logiciel



Figure 30 – 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 bibliothèques 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 à réaliser au démarrage (utilisation des broches en entrées ou en sorties...)
 - 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 MEGA.
8. Sélectionner le port série.
9. Changer le programme dans la carte Arduino.

Section III-3-3- 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 rectangulaire. Il y a plusieurs rangées de trous: certaines rangées sont verticales tandis que d'autres sont horizontales. Elle

s'utilise avec des « straps » qui sont des fils de cuivre isolés, de longueur et couleur variables.

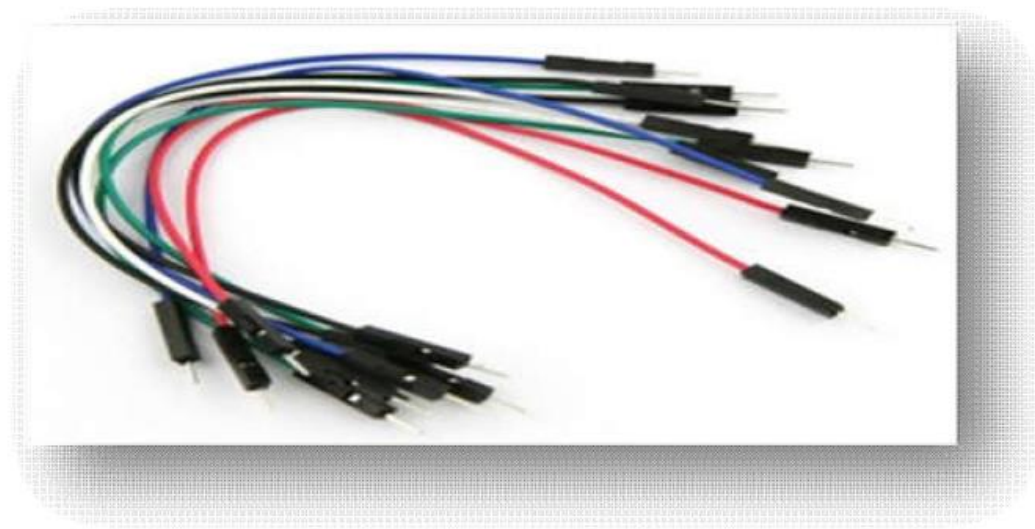


Figure 31 – Straps [11]

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).

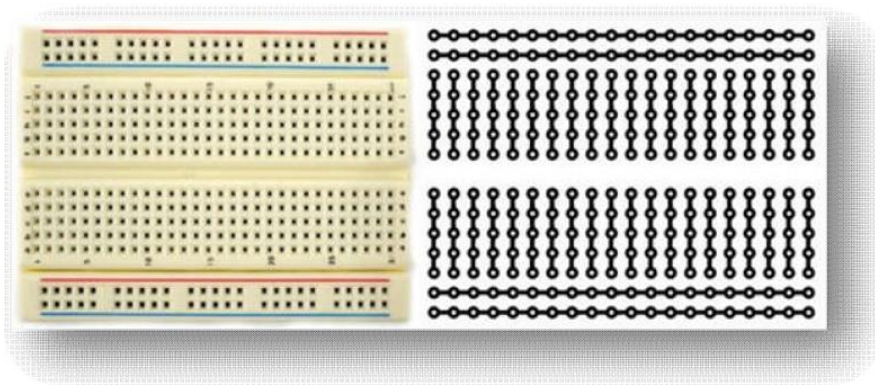


Figure 32 – Plaque d'essai [11]

Section III-3-4- 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 33 – Câble USB [11]

Section III-3-5- 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 34 – Afficheur LCD [11]

Section III-3-6- Un potentiomètre

Ce sont des résistances que l'on peut faire varier manuellement (les potentiomètres de tableau) ou avec un tournevis (les potentiomètres ajustables). Ils peuvent être aussi appelés rhéostat ou résistance variable.

Le montage potentiométrique est un diviseur de tension dont le coefficient varie selon la position du curseur.

Dans notre montage, on l'a utilisé pour ajuster la luminosité de l'afficheur LCD.



Figure 35 – *Un potentiomètre* [11]

Section III-3-7- 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.



Figure 36 – *Porte clé* [11]

➤ 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.



Figure 37 – Badge [11]

➤ Le module RC522

C'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 – 25 mA.
- Fréquence d'utilisation : 13,56MHz, Distance opérationnelle : 0 – 60mm.



Figure 38 – le module RC522 [11]

Section III-3-8- La LED

LED (Diode électroluminescente) : 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.

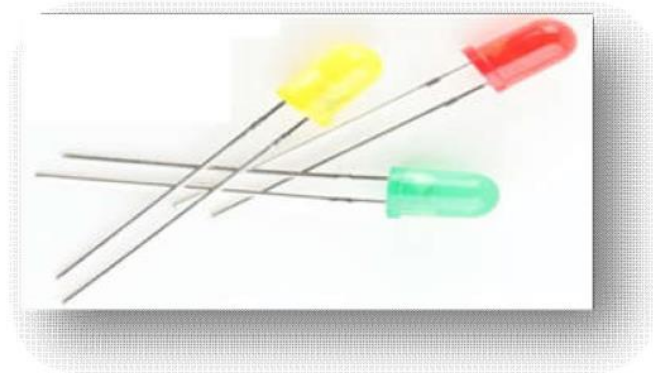


Figure 39 – LED [11]

Section III-3-9- Servomoteur

Le servomoteur intègre un système électronique qui converti 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 crêteaux à rapport cyclique variable et ce signal numérique va alors contrôler le servomoteur en position.



Figure 40 – Un servomoteur [11]

Caractéristiques :

- Alimentation : **4,8 à 6V**
- Angle de rotation : **180°**
- Couple : **1,3kg.cm**
- Vitesse : **0,12 sec/ 60°**

- Dimensions : 23,2 X 12,5 X 22mm
- Poids : 9g

Formule

$$C = F \cdot R$$

C : Couple

F : Force

R : Rayon

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 90°.

Section III-3-10- Le clavier matriciel

C'est un petit clavier comportant 16 touches : en plus des chiffres, j'ai les 4 premières lettres de l'alphabet, ainsi que les symboles « * » et « # ». Il y a 8 connecteurs permettent de le brancher à l'Arduino. Les 4 premiers connecteurs sont reliés aux lignes alors que les 4 derniers sont reliés aux colonnes.



Figure 41 – Clavier matriciel [11]

Section III-4- Réalisation du montage

Section III-4-1- Présentation

La RFID est une méthode qui consiste à échanger des données à très courte distance entre un lecteur et un tag RFID. Le principe est simple, lorsque le lecteur composé d'un bobinage est alimenté en tension il génère un champ magnétique et lorsqu'un tag composé aussi d'un bobinage approche, par un effet électromagnétique, cela génère un courant et donc une différence de potentiel, c'est donc cette différence de potentiel qui permet à la puce électronique dans le tag d'être alimentée en tension. A partir de cet instant, le lecteur et la puce utilisent leur antenne pour échanger des données à très courtes distances dont le numéro d'identification du tag.

Un tag RFID contient un peu plus qu'un numéro d'identification mais également une mémoire de quelques kilooctets (système en block et secteurs). Le module RFID que l'on va utiliser dans ce projet est le RC522.

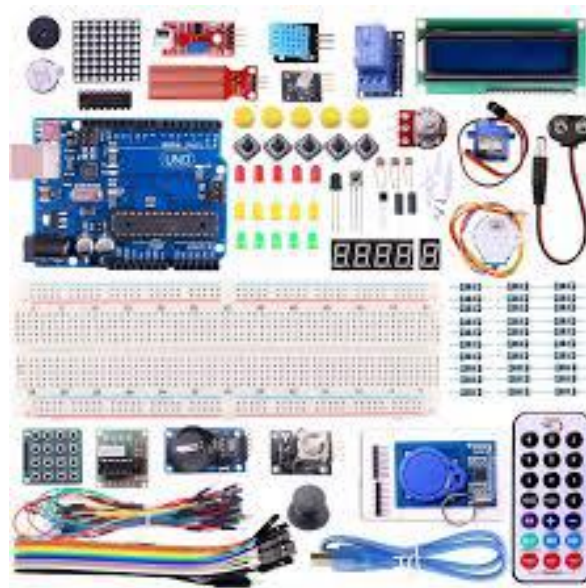


Figure 42 – contenu du kit RFID [11]

Notre but sera de mettre en place une architecture simple d'une carte d'accès qui passée devant le lecteur donnera suite à deux cas de figures :

- Soit la carte possède le code d'accès valide et donc la LED verte s'allumera.
- Soit il ne s'agit pas de la bonne carte et donc c'est la LED rouge qui s'allumera.

Section III-4-2- Connexions et câblages

Section III-4-2-1- Câblage du module RFID

Il s'agira d'abord de mettre en place les connections nécessaires entre l'Arduino et le module RC522.

Nous allons donc raccorder comme ceci :

RC 522	Arduino
3.3v	3.3v
GND	GND
SDA	Pin 53
SCK	Pin 52
MOSI	Pin 51
MISO	Pin 50
RST	Pin 5

Tableau 2 : Raccordement de l'Arduino et le module RC522

Notre montage devrait donc ressembler à ça

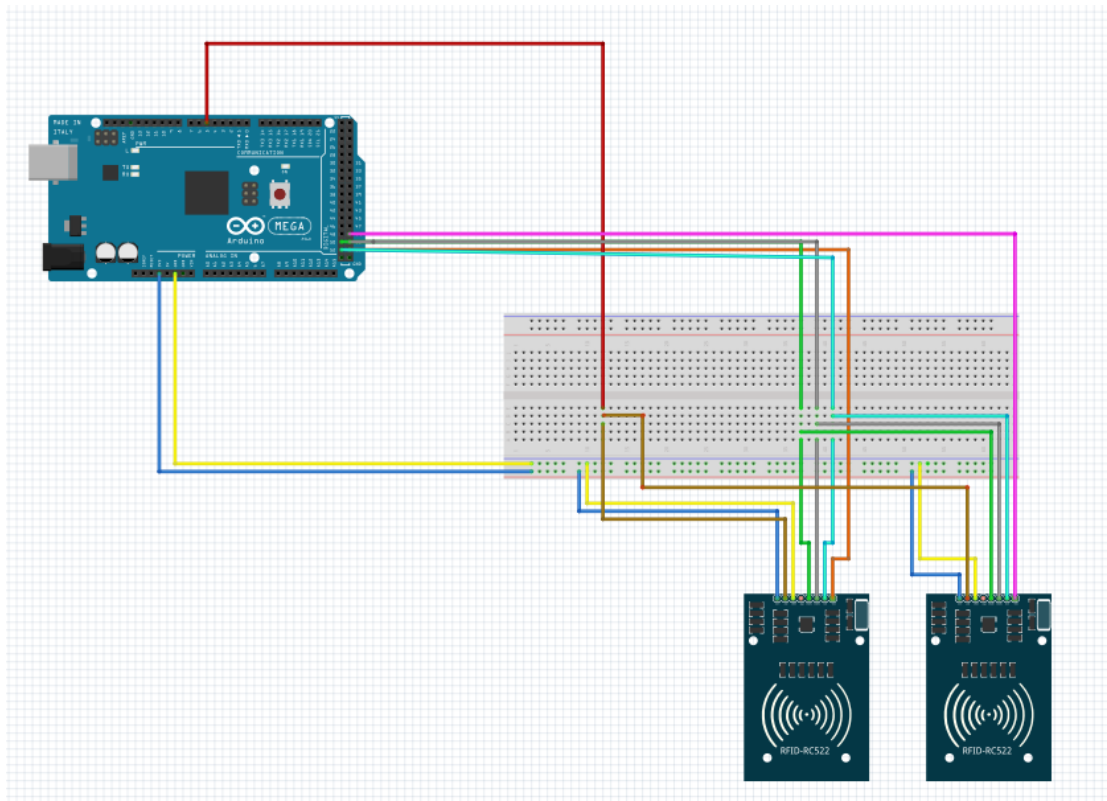


Figure 43 – Montage de l'Arduino et les modules RC522

Section III-4-2-2- Câblage de LED

Une fois que notre module sera raccordé il nous faudra mettre en place notre témoin lumineux (LED verte, LED rouge et LED bleu). On raccorde la LED verte sur une sortie numérique, Sortie numérique de l'Arduino vers l'anode de la LED. La LED rouge sur une sortie numérique. La LED verte va s'allumer si la carte autorisée passe devant la RFID sinon la LED rouge s'allume lorsque la carte non autorisée passe devant le lecteur. La LED bleu signifie l'attente de la carte devant le lecteur.

Pour ce faire nous allons donc procéder ainsi :

Arduino —> LED

- LED verte : sortie sur le pin 6
- LED rouge : sortie sur le pin 7
- LED bleu : sortie sur le pin 8

Le montage avec les LED est ressemblé à ça :

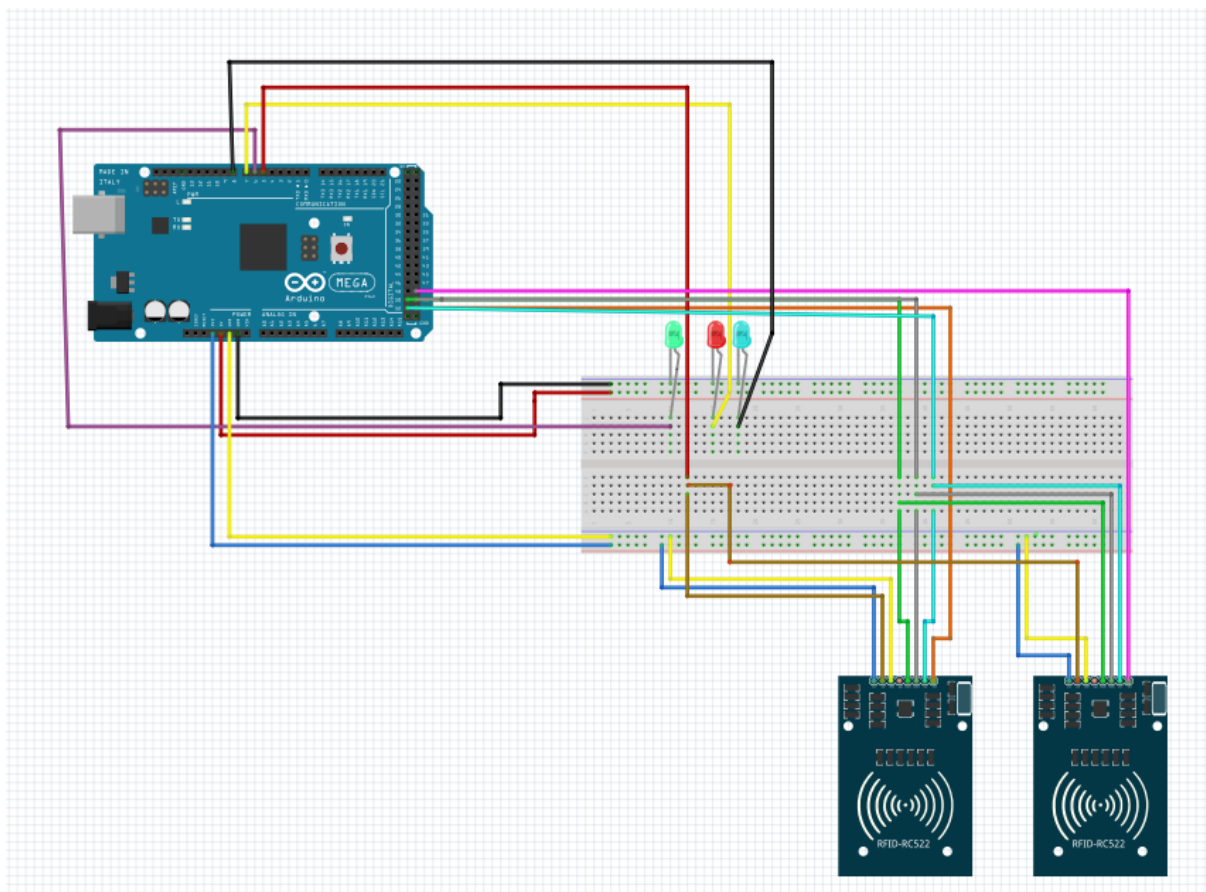


Figure 44 – Montage avec les LED

Section III-4-2-3- 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 (Pin 3) 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 selon le schéma ci-dessous :

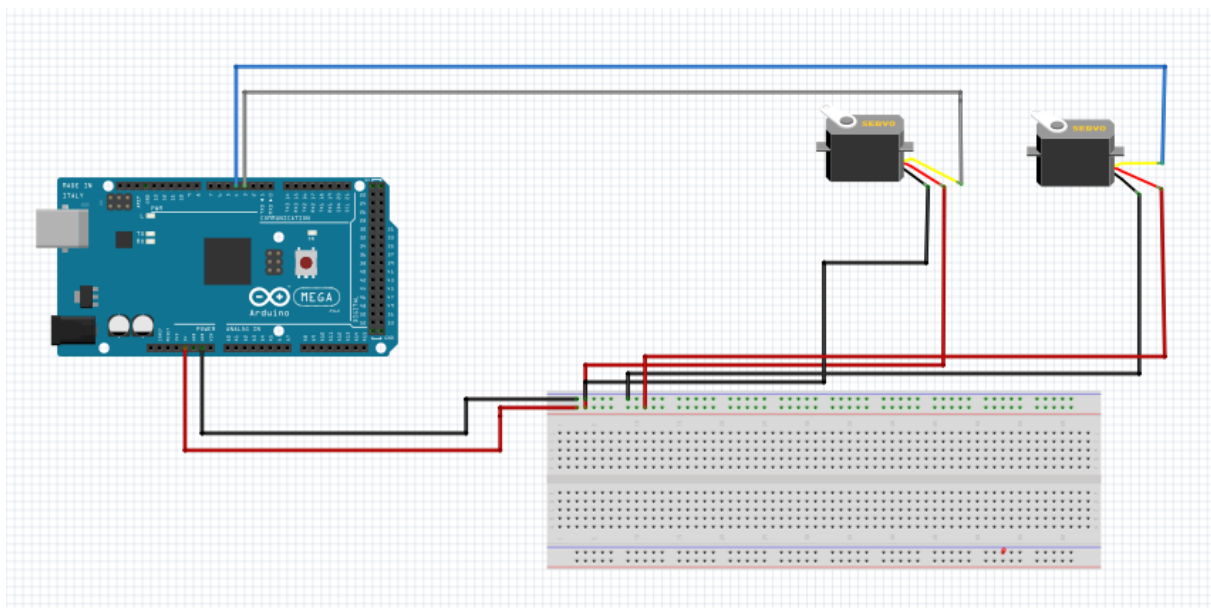


Figure 45 – Montage avec les servomoteurs

Section III-4-2-4- 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. Le transfert des données sous forme de bits est pris en compte par la bibliothèque LiquidCrystal.

LCD —————> Arduino

LCD	Arduino
VSS	GND
VDD	5v
V0	GND
RS	A0
RW	GND (une façon de lui donner une valeur base pour passer en mode écriture.)
E	A1
D4 à D7	A2 à A5

Tableau 3 : Raccordement de l'Arduino et le LCD

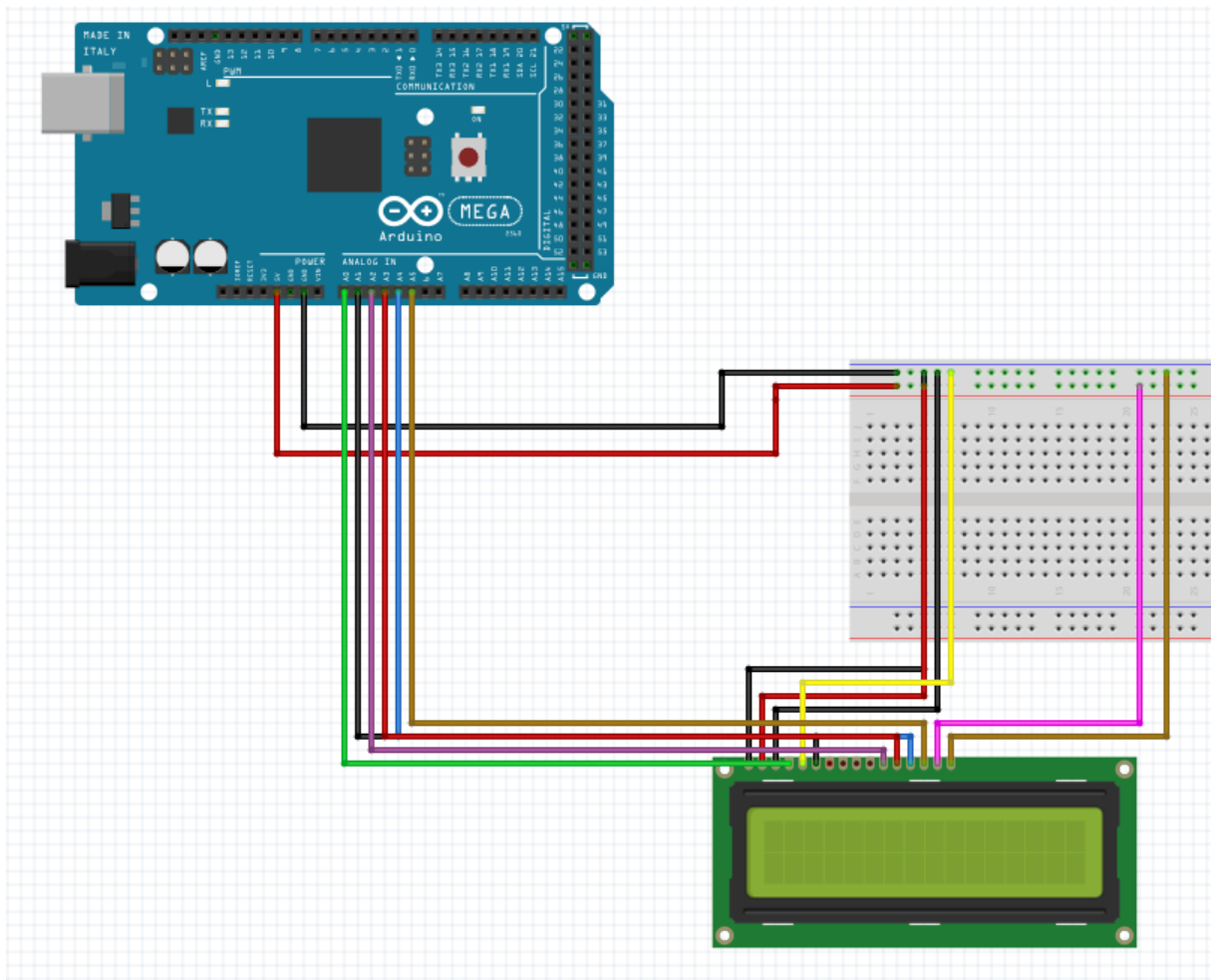


Figure 46 – Montage avec l'afficheur LCD

Section III-4-2-5- Câblage du clavier numérique

Dans notre montage, nous avons utilisé le pavé numérique 4x4, c'est-à-dire un clavier comportant 4 lignes et 4 colonnes.

Clavier (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) —————> Arduino (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21)

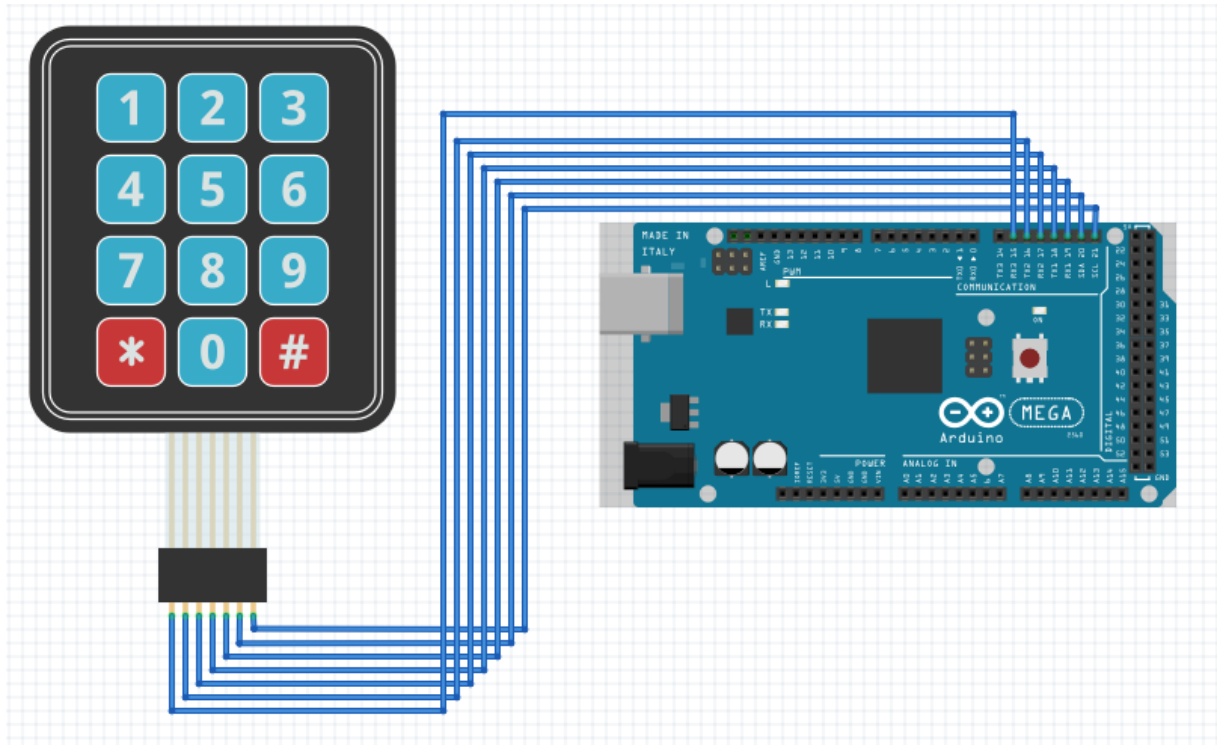


Figure 47 – Montage avec le Clavier numérique

Section III-4-3- La structure de la maquette

Pour procéder la structure de la maquette pour pouvoir amener l'élaboration du système plan. On a conçu la maquette de la maison sur un plan 3D sur le logiciel AutoCAD 2014. On est parti sur un projet de maquette de 49x22cm. Nous avons assemblé virtuellement dans l'AutoCAD les pièces de la maison.

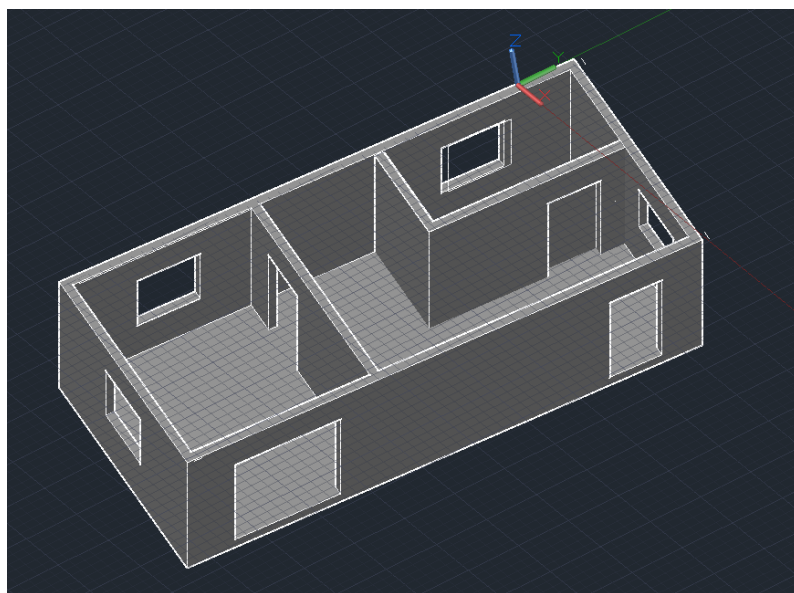


Figure 48 – Le plan de la maquette en 3D [AutoCAD]



Photo 1 – *La photo réelle de la maquette*

Après avoir fait le gros de la maquette, on est passé aux montages et programme Arduino nécessaires au système, la mise en place des matériels.

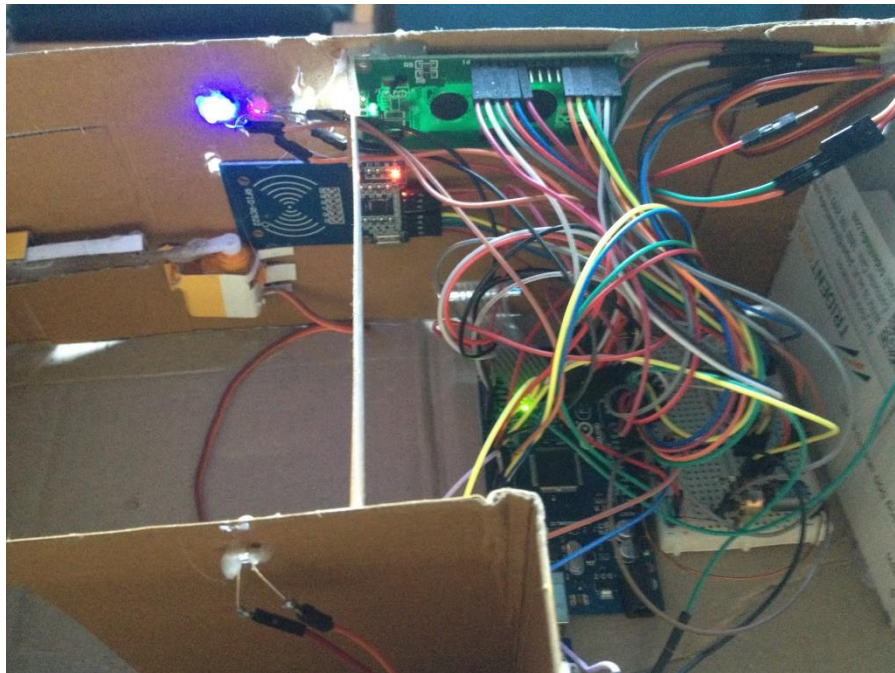


Photo 2 – *Les câblages réels*

Pour avoir de la bonne image à notre montage, on met trois LED respectivement dans le salon, chambre et le garage qui sont commandés à distance par un Android.

Section III-4-4- Le programme

```
// -----  
// Programme : RFID - contrôle d'accès  
// Auteurs : RANDRIAMBOLOLONA Herinjatovo Lucien Thierry  
// AEII : 389  
// Niveau : Licence  
// -----  
// bibliothèque  
#include <SPI.h>  
#include <MFRC522.h>  
#include <Servo.h>  
#include <Password.h>  
#include <Keypad.h>  
#include <LiquidCrystal.h>  
#include <EEPROM.h>  
// -----  
// initialize the library with the numbers of the interface pins  
LiquidCrystal lcd(A0, A1, A2, A3, A4, A5); // pins de la LCD. (RS, E, D4, D5, D6, D7)  
  
// declaration des LED  
#define LED_G 6 //define green LED pin  
#define LED_R 7 //define red LED  
#define LED_B 8 //define blue LED  
  
// declaration des lecteurs RFID  
const byte SS_PIN[] = {49, 53};  
const byte RST_PIN = 5;  
const byte numReaders = 2;  
MFRC522 mfrc522_1{49, 5};  
MFRC522 mfrc522_2{53, 5};  
  
// declaration des servo  
Servo myServo1;  
Servo myServo2;  
  
//declaration du clavier  
char password[4];  
char pass[4],pass1[4];  
int i=0;  
char customKey=0;  
// -----  
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600); // Initialisation de communication série  
  SPI.begin(); // Initialisation SPI bus  
  mfrc522_1.PCD_Init(); // Initialisation du RFID 2  
  mfrc522_2.PCD_Init(); // Initialisation du RFID 2  
  myServo1.attach(3); //servo pin  
  myServo1.write(0); //servo start position  
  myServo2.attach(4); //servo pin
```

```

myServo2.write(0);//servo start position
pinMode(LED_G, OUTPUT);
pinMode(LED_R, OUTPUT);
pinMode(LED_B, OUTPUT);
Serial.println("scaner votre carte...");
Serial.println();

//initialise le nombre de caractère et de ligne
lcd.begin(16, 2);

lcd.setCursor(0,1);
for(int j=0;j<4;j++)
EEPROM.write(j, j+49);
for(int j=0;j<4;j++)
pass[j]=EEPROM.read(j);
}
// -----
void loop() {
// affichage sur l'ecran d'accueil
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("Bienvenu");
lcd.setCursor ( 11, 0 );
lcd.print ( char(0));
lcd.setCursor ( 13, 0 );
lcd.print ( char(3));
lcd.setCursor(0,1);
{
if ( mfrc522_1.PICC_IsNewCardPresent() && mfrc522_1.PICC_ReadCardSerial() )
{
//Show UID on serial monitor
Serial.print("UID tag :");
String content_1 = "";
//String content_2 = "";
byte letter;
for (byte i = 0; i < mfrc522_1.uid.size; i++)
{
Serial.print(mfrc522_1.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(mfrc522_1.uid.uidByte[i], HEX);
content_1.concat(String(mfrc522_1.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
content_1.concat(String(mfrc522_1.uid.uidByte[i], HEX));
}
Serial.println();
Serial.print("Message : ");
content_1.toUpperCase();
// procédures pour les cartes Autorisées
if (content_1.substring(1) == "B9 14 86 52")
digitalWrite(LED_B, LOW);
digitalWrite(LED_G, HIGH);
//define valid tag
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Acces autoriser");
Serial.println("Acces autoriser");
Serial.println();
delay(1000);

```

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Bienvenu Thierry");
delay(2000);
Serial.println("Bienvenu Thierry");
Serial.println();
lcd.clear();
myServo1.write(180);
Serial.println("servo 1 en action");
Serial.println();
delay(2500);
myServo1.write(0);
digitalWrite(LED_G, LOW);
}
else if (content_1.substring(1) == "06 6B 7F 39"){
digitalWrite(LED_B, LOW);
digitalWrite(LED_G, HIGH);
//define valid tag
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Acces autoriser");
Serial.println("Acces autoriser");
Serial.println();
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Bienvenu Anjara");
delay(2000);
Serial.println("Bienvenu Anjara");
Serial.println();
lcd.clear();
myServo1.write(180);
Serial.println("servo 1 en action");
Serial.println();
delay(2500);
myServo1.write(0);
digitalWrite(LED_G, LOW);
}
else if (content_1.substring(1) == "B9 95 92 52"){
digitalWrite(LED_B, LOW);
digitalWrite(LED_G, HIGH);
//define valid tag
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Acces autoriser");
Serial.println("Acces autoriser");
Serial.println();
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Bienvenu Grid");
delay(2000);
Serial.println("Bienvenu Grid");
Serial.println();
lcd.clear();

```



```

myServo1.write(180);
Serial.println("servo 1 en action");
Serial.println();
delay(2500);
myServo1.write(0);
digitalWrite(LED_G, LOW);
}
else if (content_2.substring(1) == "41 07 48 29"){
digitalWrite(LED_G, LOW);
delay(100);
digitalWrite(LED_G, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(LED_G, LOW);
delay(100);
digitalWrite(LED_G, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(LED_G, LOW);
delay(100);
lcd.clear();
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.print("Fermeture");
delay(2500);
lcd.clear();
myServo2.write(0);
Serial.println("fermeture");
Serial.println();
} // procédures pour les cartes Réfusées
else {
//define invalid tag
digitalWrite(LED_B, LOW);
digitalWrite(LED_R, HIGH);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("carte non autoriser");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("veuillez reessayer");
Serial.println("Attention!!! Accès non autoriser");
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 3; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(600);
} for (int positionCounter = 0; positionCounter < 4; positionCounter++) {
// scroll one position right:
lcd.scrollDisplayRight();
// wait a bit:
delay(600);
}
delay(100);
digitalWrite(LED_R, LOW);
lcd.clear();}}}
// -----

```

Section III-4-5- La 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.

La LED bleu allumé signifie une attente d'un badge ou une carte sur le lecteur. Lorsque le badge sera présenté, notre LED verte devrait s'allumer et l'écran affiche l'identification du personnel dans le badge, « accès autorisé » et la porte s'ouvre. Dans le cas contraire lorsqu'on utilise les badges qui lui ne sont pas autorisé, nous devrions voir la LED rouge allumer, l'écran s'affiche « carte non identifier » et indique d'entrer le Code sur le clavier numérique ; si le Code est accepter, la LED verte devrait s'allumer et la porte s'ouvre, si c'est le cas contraire, la LED rouge s'allume et la porte reste fermer.

Section III-4-6- Guide d'utilisation

1. Connecter la carte sur le lecteur

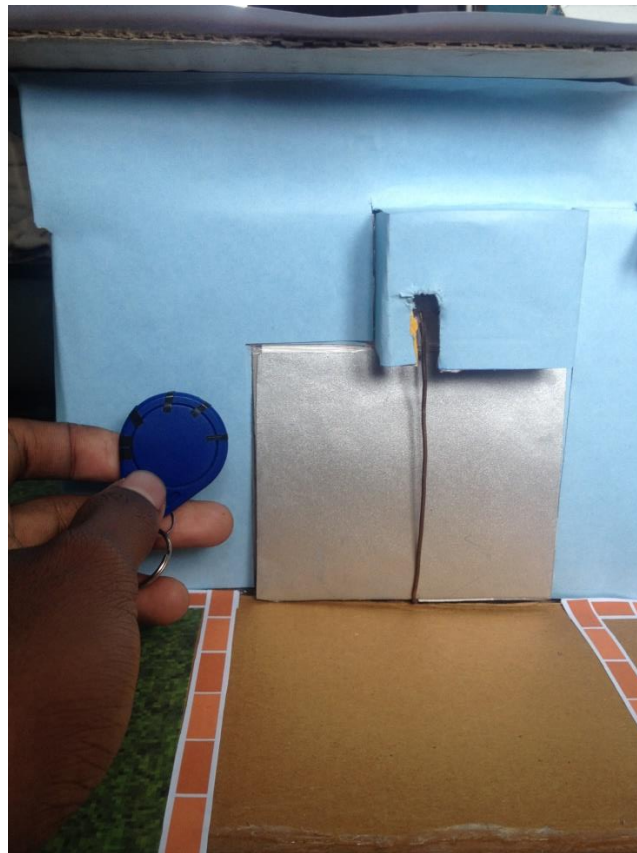


Photo 3 – *Connection de la carte sur le lecteur*

2. Détection et lecture
3. Identification

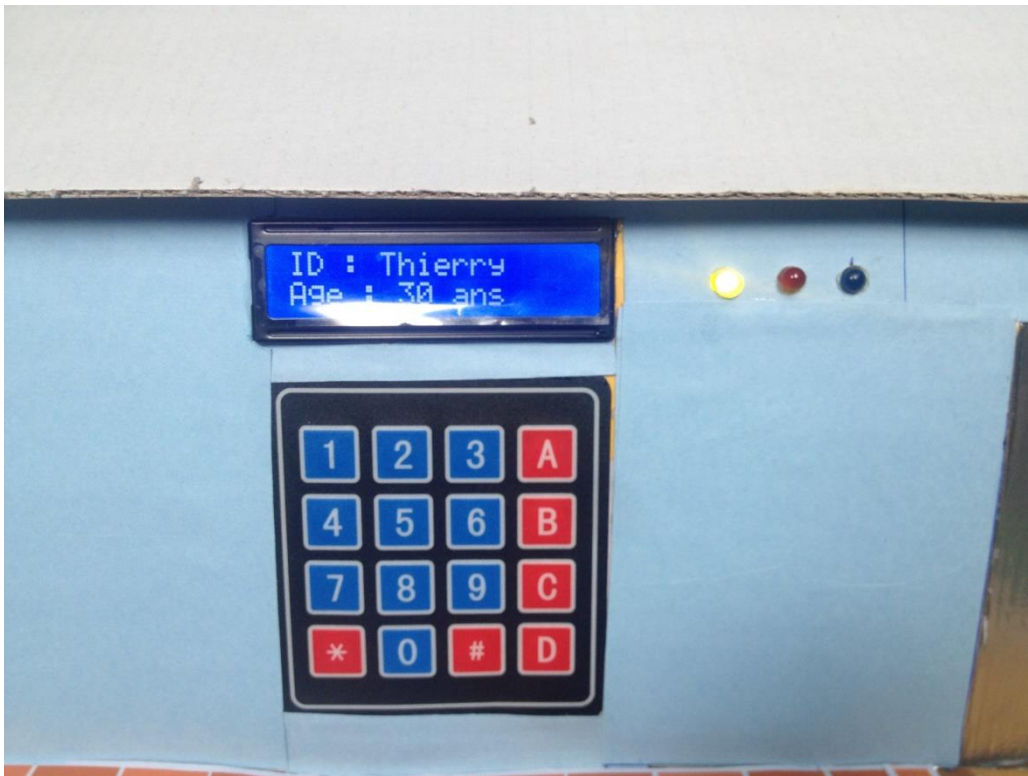


Photo 4 – Identification de la carte

4. Ouverture



Photo 5 – Ouverture

Section III-5- 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 des deux lecteurs RC522, deux servomoteurs qui sert à ouvrir une porte et un garage, un afficheur qui affiche si l'accès est accepté ou refusé et aussi trois LED bleu, rouge et verte pour la signalisation.

Enfin, l'identification par radio fréquence est un terrain qui devrait encore être développé dans les années à venir, et plusieurs ingénieurs et chercheurs travaillent déjà sur des standards pour mieux l'encadrer et parvenir à unifier les modulations et techniques pour traiter les informations qui circulent s'appuyant sur ce système.

Conclusion générale

Pour conclure l'enseignement majeur que nous avons vécu pendant le stage nous a permis de connaître l'analyse de système électronique et automatisme ainsi que des expériences dans le domaine industriel, que cette expérience nous insuffle optant le choix de ce projet par la réalisation d'un module de contrôle d'accès et identification par RFID basant par un montage électronique qui nécessite à maîtriser la base de contrôle au niveau de la sécurisation qui a un atout majeur et indispensable pour contribuer le développement et la révolution d'un pays lors d'une recherche et la découverte expérimentale qui suit le norme internationale.

En effet le résultat de cette recherche est certainement objectif dans le cadre de contrôle d'accès par un réseau de commande automatique qui est capable d'identifier quelques chose pour mieux assurer la sécurité d'un périmètre. Ce projet de réalisation d'un module de contrôle d'accès et identification par RFID investi des besoins matériel, financière et aussi de la connaissance approfondi dans tous les domaines théorique, pratique, expérimentale.

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.

Dorénavant, ce projet est très utile afin d'assurer les contrôles de sécurité dans tous les différentes secteurs industriels, sociaux et professionnels.