

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE ELECTRONIQUE



DOMAINE: SCIENCE ET TECHNOLOGIE

FILIERE : ELECTRONIQUE

OPTION : SYSTEM EMBARQUE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par:

CHIKH Badereddine

BARKA Abdelwahab

Intitulé

**Systeme de verrouillage de la porte avec un système
d'alarme basé sur la technologie RFID et le clavier en
utilisant Arduino**

Soutenu devant le jury composé de:

Nom et prénom Enseignant :

... Dr. MEZACHE Amar.....	Université MOHAMED BOUDIAF - M'SIL	Président
... Dr. Garah Messaoud ...	Université MOHAMED BOUDIAF - M'SIL	Rapporteur
... Dr. Oudira Houcine.....	Université MOHAMED BOUDIAF - M'SIL	Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

Résumé en français :

Dans ce mémoire, nous aborderons le système de serrure de porte avec un système d'alarme, qui dépend dans son fonctionnement du contrôle et de la surveillance grâce à une étiquette RFID pour l'identification et le réseau GSM pour la communication. Ce système peut surveiller et empêcher les accès non autorisés en plus de la communication directe entre le système et les propriétaires en envoyant et recevant des messages SMS.

Pour réaliser ce projet, nous avons besoin d'un module MFRC RFID 522, d'un module GSM SIM800L, et d'un Arduino Uno, un écran LCD, keypad 4×4, buzzer, et un Servo moteur pour ouvrir et fermer la porte. Le code Arduino a été écrit en C++, compilé et débogué à l'aide du programme Arduino IDE. Le montage a été réalisé à l'aide du logiciel Fritzing.

Résumé en Anglais:

In this dissertation, we will discuss the door lock system with an alarm system, which in its operation depends on control and monitoring through an RFID tag for identification and the GSM network for communication. This system can monitor and prevent unauthorized access in addition to direct communication between the system and owners by sending and receiving SMS messages.

To carry out this project, we need an MFRC RFID 522 module, a GSM SIM800L module, and an Arduino Uno, an LCD screen, 4 × 4 keypad, buzzer, and a Servomotor to open and close the door. The Arduino code was written in C ++, compiled and debugged using the Arduino IDE program. The assembly was carried out using the Fritzing software.

Résumé en arabe:

في هذه الرسالة ، سناقش نظام قفل الباب مع نظام إنذار ، والذي يعتمد في تشغيله على التحكم والمراقبة من خلال علامة RFID لتحديد الهوية وشبكة GSM للاتصال. يمكن لهذا النظام مراقبة ومنع الوصول غير المصرح به بالإضافة إلى الاتصال المباشر بين النظام والمالكين عن طريق إرسال واستقبال رسائل SMS.

لتنفيذ هذا المشروع ، نحتاج إلى وحدة MFRC RFID 522 ، ووحدة GSM SIM800L ، و Arduino Uno ، وشاشة LCD ، ولوحة مفاتيح 4 × 4 ، وجرس ، ومحرك سيرفو لفتح وإغلاق الباب. تمت كتابة كود Arduino بلغة C ++ ، وتم تجميعه وتصحيحه باستخدام برنامج Arduino IDE. تم تنفيذ التجميع باستخدام برنامج Fritzing.

Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions le **bon Dieu** le tout Puissant de nous a donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail et qui nous a permis de vivre ce bonheur.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Monsieur **Dr. M GARAH**, pour le suivi de notre travail et pour l'encouragement constant qu'il n'a cessé de prodiguer tout au long de la durée de cette travaille.*

Ensuite nos remerciements s'adressent aux membres du jury qui nous a faits l'honneur de participer à notre soutenance, qui a bien voulu examiner et valoriser notre travaille.

Egalement nos remerciements les plus vifs reviennent aux enseignants du département d'électronique et étudiants de la classe électronique des systèmes embarqués sans exception pour leurs collaborations et la communication durant cette année.

Nous tenons à présenter nos vifs remerciements à nos familles et nos proches pour leur soutien et leurs encouragements.

Enfin un grand merci pour tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

- ❖ CHIKH Badereddine
- ❖ BARKA Abdelwahab

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils Ne cessent de me combler, je leur serai à jamais reconnaissant. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ;

Mon père qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui, que dieu le garde et le protège ;

Mes deux frères Ismail et Yasser et ma sœur Rihab-el-djana, et tous les membres de ma famille qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés,

Mes biens chers amis: Aziz khir, Abdenour benhalima, Mehdi Omar, Chemseddine faid, Houssef Abed pour leur soutien et leurs conseils qui m'ont été très utiles au long de mon travail.

À mon cher ami et à mon frère BARKA Abdelwahab, avec qui j'ai étudié et travaillé avec lui tout au long de mes années à l'université, et nous avons coopéré pour développer notre travail jusqu'à la fin.

Mes très cher cousins Ayoub, Abdellah, Oussama et Mohamed, qui m'ont soutenu et pour leurs encouragements, malgré leurs absences.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible,

Je vous dis merci

CHIKH Badereddine

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que : Je dédie ce rapport :

A mes très chers parents auxquels je dois tous les bonheurs du monde, pour leurs sacrifices et leur patience. Sans eux je ne serai jamais devenu l'homme dont les valeurs sont les leurs Ils m'ont TOUT donné, m'ont inculqué des valeurs telles que l'éducation, le travail, la dignité, le respect... Merci de m'avoir donné toutes les chances pour réussir.

Que ce travail soit pour vous le témoignage de mon infini amour.

A chers frères et soeurs Abdelfettah, Souaad, Khadidja, Karima, Abdelkarim

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous, Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

A toute ma famille Barka et Debbi.

A mon compagnon et frère CHIKH Badereddine.

Je dédie également ce travail à tous mes amis.

A mes collègues.

A notre Docteur Gareh messaoud.

BARKA Abdelwahab

Sommaire

<i>Résumé en français</i> :	2
<i>Remerciements</i>	4
<i>Dédicaces</i>	5
<i>Liste des abréviations</i> :	11
<i>Liste des figures</i>	12
<i>Liste des tableaux</i> :	14
Introduction général :	15
Chapitre I.....	17
I.1. Introduction :	18
I.2. Qu'est-ce que la technologie GSM ?	18
I.2.1. Définition du GSM/GPRS:	18
I.2.2. La différence entre les modems, les modules et les mobiles:	19
I.2.3. Qu'est-ce que ce module GSM?.....	19
I.2.4. Notion de réseau cellulaire :	19
I.2.5. Infrastructure du réseau :	20
I.2.6. Architecture de GSM:.....	21
I.2.6.1. Le sous-système radio BSS (Base Station Sub-system) :	22
I.2.6.2. Le sous-système réseau NSS (Network Station Sub-system) :	23
I.2.6.3. Le sous-système opérationnel OSS (Operating Sub-System) :	24
I.2.6.4. Les interfaces :	24
I.2.7. Bande de fréquence :	25
I.2.8. Carte SIM :	25
I.3. Applications du module GSM ou du module GPRS :	26
I.3.1. Commandes AT:.....	26
I.3.1.1. Usage :	27
I.3.1.2. Types de AT Commands :	27
I.3.1.3. Commande AT dédiées au service SMS :	28
I.3.2. Présentation du Système :	28
I.3.2.1. L'utilisateur :	29

I.3.2.2. Module GSM :	29
I.3.2.3. Carte électronique :	29
I.3.3. L'utilisation de GSM sur domotique :	30
I.3.3.1. Commande via le GSM :	30
I.3.3.2. Surveillance via le GSM :	31
I.3.4. Le module SIM800L GSM/ GPRS :	31
I.3.4.1. Présentation du matériel du module SIM800L GSM / GPRS :	31
I.3.4.2. Sélection de l'antenne :	33
I.3.4.3. Alimentation du module SIM800L :	34
I.3.4.4. Brochage du module GSM SIM800L :	36
Chapitre II	39
II.1. Introduction :	40
II.2. La technologie RFID, qu'est-ce que c'est ?	40
II.2.1. Définition :	40
II.2.2. Les constituants :	41
II.2.3. Les informations :	42
II.2.4. Classification des tags RFID :	42
II.2.4.1. Le tag RFID, avec ou sans puce électronique :	42
1. Le tag RFID SAW :	42
2. Le tag RFID 1 bit :	43
3. Le tag RFID à circuits intégrés :	43
II.2.4.2. Le tag RFID, avec ou sans émetteur RF (actif ou passif) :	44
1. Les tags passifs :	44
2. Les tags actifs :	44
3. Les tags semi-passifs :	45
II.2.4.3. Le couplage tag RFID / lecteur RFID :	45
1. Couplage magnétique :	45
2. Couplage électromagnétique :	45
II.2.4.4. Types des tags RFID :	46
II.2.4.5. Le principe de fonctionnement :	47
II.2.4.6. Les gammes de fréquences RFID :	49
II.2.4.7. Les tags RFID UHF, HF, LF:	50
1. Les tags RFID UHF à 900 MHz :	50

2. Les tags RFID HF 13.56 MHz :	50
3. Les tags RFID LF 125 kHz :	51
II.2.4.8. Applications de la RFID :	51
II.3. Module RFID MFRC522 :	52
II.3.1. Caractéristiques :	53
II.3.2. Applications:	54
II.3.3. Diagramme :	54
II.3.4. Les broches :	55
II.3.5. Branchement:	56
Chapitre III	58
III.1. Introduction :	59
III.2. Carte Arduino :	59
III.2.1. L'origine de l'Arduino :	59
III.2.2. Modèles d'Arduino :	59
III.2.2.1. Arduino Uno :	59
III.2.2.2. Arduino Nano :	60
III.2.2.3. Arduino Leonardo :	60
III.2.2.4. Arduino Mega 2560 :	61
III.2.3. La carte ARDUINO UNO :	61
III.2.3.1. Caractéristiques principales :	62
III.2.3.2. Zoom sur la carte Arduino Uno :	62
III.2.3.3. Les entrées ou sorties numériques :	63
III.2.3.4. Les entrées analogiques :	63
III.2.3.5. Tableau des entrées – sorties :	63
III.2.3.6. L'IDE Arduino :	64
III.3. Logiciel de simulation :	65
III.3.1. Fritzing :	65
III.4. Afficheur LCD 2x16 : (Liquid Crystal Display)	66
III.3.1. Fonctionnement d'un afficheur LCD :	66
67	
III.4.2. Rôle des différentes broches de l'afficheur LCD :	67
III.4.3. Montage avec Arduino :	68
III.4.4. I2C-LCD-module :	68

III.4.4.5. Connexion avec Arduino :.....	69
III.5. Clavier numérique 4x4: (Keypad Module)	69
III.5.1. Fonctionnement :.....	70
III.5.2. Connexion avec Arduino :.....	70
III.6. Servo-moteurs :	72
III.6.1. Description :	72
III.6.2. Caractéristiques :	72
III.6.3. Connexion avec Arduino :.....	73
III.7. Le buzzer :	73
III.7.1. Le Buzzer actif :	73
III.7.2. Le Buzzer passif :	74
III.8. Système de verrouillage de la porte avec un système d'alarme :	74
III.8.1. Principe de fonctionnement :.....	74
III.8.2. Circuit et composant :	76
III.8.3. L'organigramme de programmation :	77
III.8.4. Interfaces et prototype de projet :.....	78
III.8.4.1. Envoie et réception du message :	78
III.8.4.2. Prototype de projet :	80
Conclusion générale :	81

Liste des abréviations :

<i>BSC</i>	Base Station Controler
<i>BSS</i>	Base Station sub-system
<i>BTS</i>	Base Station Transceiver
<i>CN</i>	Core Network
<i>EPC</i>	Electronic Product Code
<i>GPRS</i>	General Packet Radio Service
<i>GSM</i>	Global System for Mobile
<i>HF</i>	High Frequency
<i>HLR</i>	Home Location Register
<i>I2C</i>	Inter Integrated Circuit
<i>IOT</i>	Internet Of Things
<i>LCD</i>	Liquid Crystal Display
<i>LF</i>	Low Frequency
<i>MS</i>	Mobile Station
<i>MSC</i>	Mobile Services Switching Center
<i>NFC</i>	Near Field Communication
<i>NSS</i>	Network Station Sub-System
<i>OSS</i>	Operating Sub-System
<i>PIN</i>	Personal Identification Code
<i>PUK</i>	Personal Unlock Code
<i>PWM</i>	Pluse Width Modulation
<i>RAN</i>	Radio Accès Network
<i>RFID</i>	Radio Frequency Identification
<i>SAW</i>	Surface Acoustic Wave
<i>SHF</i>	Super High Frequency
<i>SPI</i>	Serial Peripheral Interface
<i>UHF</i>	Ultra High Frequency
<i>USB</i>	Universal Serial Bus
<i>VLR</i>	Visitor Location Register

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I- 01: Représentation d'une cellule de réseau GSM.....	20
Figure I-02 : Infrastructure du réseau. [8].	21
Figure I-03 : Architecture d'un réseau GSM. [9].	21
Figure I-04 : Une carte SIM. [11].	25
Figure I-05 : Schéma de fonctionnement AT COMMANDS. [4].	26
Figure I-06 : Le schéma bloc du système. [4].	28
Figure I-07 : Schéma récapitulatif. [4].	29
Figure I-08 : Les fonctions de la domotique.....	30
Figure I-09 : Le module SIM800L GSM / GPRS.....	31
Figure I-10 : Matériel du module SIM800L GSM / GPRS	32
Figure I-11 : Les antennes de sim800L	34
Figure I-12 : Batterie Li-Po 3,7 V.	35
Figure I-13 : Convertisseur abaisseur DC-DCLM2596.....	35
Figure I-14 : Les pines de module GSM SIM 800L	36
Figure I-15 : Câblage du module SIM800L GSM GPRS avec Arduino UNO et l'alimentation. 38	
Figure I-16 : Câblage du module SIM800L GSM GPRS avec Arduino UNO et l'alimentation LM2596.....	38

Chapitre II :

figure II-01 : La technologie RFID. [20].	41
figure II-02 : La communication entre la lecture RFID et le tag. [22].	41
figure II-03 : LEWIS, Scott, RFID-Tag, Flickr (consulté le 26 avril 2017) CC BY 2.0.	42
figure II-04 : Classification des tags RFID avec ou sans puce électronique. [23].....	43
figure II-05 : Tags à couplage inductif.	44
figure II-06 : Couplage magnétique HF et LF champ proche.....	45
figure II-07 : Couplage électrique UHF et SHF champ lointain.....	46
figure II-08 : Le principe de base de la RFID. [28].	48
figure II-09 : Le principe de fonctionnement de la RFID. [20].	49
figure II-10 : Les fréquences RFID dans le spectre radio. [29].	50
figure II-11 : Classification des fréquences de RFID. [30].....	51
figure II-12 : La lecteur MFRC522 avec des tags	52
figure II-13 : Schéma fonctionnel simplifié du MFRC522. [34].....	55
figure II-14 : Module RFID MFRC522	55
figure II-15 : Brochage avec Arduino UNO. [15].	57
figure II-16 : Principe de communication radio entre étiquette et lecteur. [36].	57

Chapitre III :

figure III- 01 : Carte Arduino Uno	60
figure III- 02 : Carte Arduino Nano.....	60
figure III- 03 : Carte Arduino Leonardo	60

figure III- 04 : Carte Arduino Mega 2560	61
figure III- 05 : Le fonctionnement d'un Arduino Uno	61
figure III- 06 : Vu sur la carte Arduino Uno.....	62
figure III- 07 : L'interface du logiciel Arduino IDE	64
figure III- 08 : Page d'accueil du logiciel Fritzing. [44]	65
figure III- 09 : Ecran LCD 16x2.....	66
figure III- 10 : Schéma fonctionnel d'un écran LCD 16x2. [47].....	67
figure III- 11 : Brochage LCD16x2 avec Arduino. [45].....	68
figure III- 12 : Module Convertisseur I2C LCD.....	68
figure III- 13 : Câblage I2C avec Arduino	69
figure III- 14 : 4x4 Keypad Module	70
figure III- 15 : Circuit interne du module de clavier 4x4 [48]	70
figure III- 16 : Les broches de Keypad Module 4x4 [48]	71
figure III- 17 : Câblage 4x4 Keypad avec Arduino	71
figure III- 18 : Servo-moteurs (MICRO SERVO SG90 9G).....	72
figure III- 19 : Vue prototypage du montage (servomoteur avec Arduino).....	73
figure III- 20 : Buzzer actif.....	73
figure III- 21 : Buzzer passif.....	74
figure III- 22 : Architecture du système	75
figure III- 23 : Le schéma général de notre système	76
figure III- 24 : L'organigramme de fonctionnement du système	77
figure III- 25 : L'organigramme de protocole de communication avec le module	78
figure III- 26 : Envoie et réception du message à partir du système	79
figure III- 27 : Maquette de système de verrouillage de la porte avec un système	80

Liste des tableaux :

Chapitre I :

Tableau I-01 : Commande AT dédiées service SMS. [4].....	28
Tableau I-02 : Alimentation du module SIM800L.....	34

Chapitre II :

Tableau II-01 : Types des tags RFID.	47
Tableau II-02 : La fréquence est la caractéristique qui permet d'établir la communication entre la puce et l'antenne.	51
Tableau II-03 : Exemple d'applications RFID et fréquences associées.	52
Tableau II-04 : Brochage avec Arduino UNO	56

Chapitre III :

Tableau III-01 : Entrées – Sorties d'un carte Arduino Uno.	63
Tableau III-02 : Table de correspondance (I2C+Arduino)	69
Tableau III-0 3 : Table de correspondance (4x4 Keypad +Arduino).....	71

Introduction général :

Depuis l'avènement des réseaux sans fil et des systèmes de contrôle à distance, le monde tente de les adapter aux humains et de promouvoir la vie quotidienne dans tous les domaines de la vie civile. La sécurité et la santé sont l'un des domaines les plus importants, et le divertissement et les loisirs sont au moins les domaines les plus importants. Cela sera fait après avoir connecté autant des choses que possible les unes aux autres dans le soi-disant Internet des objets (IoT). Lorsque nous parlons d'Internet des objets, nous parlons de villes intelligentes, qui sont principalement composées des bâtiments intelligents / maisons et rues intelligentes, qui peuvent améliorer le mode de vie des gens, et peuvent concerner plusieurs domaines, tels que: la santé, l'environnement, énergie, sécurité, maison / bureau intelligente ainsi que gestion, industrie et transport. [1].

La sécurité est l'un des aspects les plus importants d'une entreprise. Le système de contrôle d'accès gère l'accès aux bâtiments ou aux zones à protéger sur la base du principe « qui, quand, où? ». Un système de contrôle d'accès est un outil électronique chargé de contrôler l'accès et de vérifier automatiquement si une personne a le droit d'accéder à un bâtiment, une zone ou une pièce spécifique. [2].

Après avoir défini la sécurité intelligente comme un domaine de recherche et d'étude, nous envisagerons de créer un système de suivi qui peut suivre et informer les propriétaires en envoyant des messages texte et des alertes sur leur sécurité en utilisant principalement le "tag RFID", le lecteur RFID et le module GSM.

Le but de ce travail est de mettre en place un système de sécurité et de suivi basé sur la technologie RFID. Le lecteur RFID détecte chaque mouvement de l'étiquette, l'unité de contrôle traite les données lues, puis le système envoie le message au propriétaire, via le réseau GSM (Global System for Mobile) et tout cela en temps réel, à faible coût et avec une efficacité importante. [1]

Ce mémoire est organisé en trois chapitres. L'objectif de premier chapitre est de donner des généralités sur la technologie GSM avec la présentation du module GSM SIM800L. Dans le deuxième chapitre nous présentons les généralités sur la technologie RFID (Radio Frequency Identification) et le lecteur RFID utilisé.

Le troisième chapitre est consacré pour la présentation de l'Arduino et la réalisation pratique de notre système de sécurité proposé et enfin notre mémoire se terminera par une conclusion générale et perspective.

Chapitre I

Généralités sur la technologie GSM et présentation du
module GSM SIM 800L

I.1. Introduction :

Actuellement, le réseau GSM compte des millions d'utilisateurs. « Portable » est devenu un produit de consommation ordinaire. Pour ceux qui savent s'interfacer avec des PC ou des microcontrôleurs, ce petit trésor de technologie ouvre la porte à de nombreuses applications électroniques sans fil. Il est possible de contrôler et de surveiller n'importe quel processus en envoyant et en recevant des SMS, la distance n'est plus un problème, car le réseau GSM couvre la plupart des pays et du monde.

Le module GSM / GPRS SIM800L nous fournit un moyen de recevoir des données à partir d'emplacements distants en utilisant le réseau GSM. Ce module nous permet de le faire de trois manières:

- Service de messages courts (SMS)
- Acoustique
- Service GPRS

GPRS SIM800L est compatible avec toutes les cartes qui ont les mêmes dimensions (et disposition des broches) que les cartes Arduino standard. GPRS SIM800L utilise des commandes AT simples pour la configuration et le contrôle via son UART. [4].

I.2. Qu'est-ce que la technologie GSM ?

Dans l'univers des télécommunications, plusieurs normes et standards existent. Parmi ces derniers, abordons l'un des plus utilisés : le GSM. Quel est réellement cette technologie ?

Comment fonctionne-t-elle ?

I.2.1. Définition du GSM/GPRS:

GSM ou « Global System for Mobile Communications » est la norme numérique pour les téléphones mobiles. Il a été créé lors de la Conférence de l'Autorité européenne des postes et télécommunications (CEPT) en 1982. Il a été utilisé au début de 1991. Quel est le but? En réponse à la demande croissante de communications mobiles sans fil, des normes internationales ont été élaborées. Sa création a marqué le début de la transmission de données numériques de petite capacité (comme les SMS ou MMS) bien connues aujourd'hui. [6].

(GPRS) « General Packet Radio Service » est un service de données mobiles orienté paquets sur le système mondial de communications mobiles (GSM) du système de communication cellulaire 2G et 3G. Le GPRS a été à l'origine normalisé par l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI) en réponse aux technologies cellulaires à commutation de paquets CDPD et i-mode antérieures. [7].

I.2.2. La différence entre les modems, les modules et les mobiles:

Le module GSM ou les modules GPRS sont similaires aux modems, mais il y a une différence: le modem GSM/GPRS est un équipement externe, tandis que le module GSM/GPRS est un module pouvant être intégré à un périphérique. C'est un élément de matériel intégré.

Le mobile GSM, d'autre part, est un système complet lui-même avec des processeurs embarqués dédiés à la fourniture d'une interface entre l'utilisateur et le réseau mobile. [7].

I.2.3. Qu'est-ce que ce module GSM?

Un module GSM ou un module GPRS est une puce ou un circuit qui sera utilisé pour configurer la communication entre un périphérique mobile ou une machine à ordinateur et un système GSM ou GPRS. Le modem (modulateur-démodulateur) est ici un élément critique.

Ces modules consistent en un module GSM ou un modem GPRS propulsé par un circuit d'alimentation et des interfaces de communication (tels que RS-232, USB 2.0 et autres) pour l'ordinateur.

Un modem GSM peut être un périphérique modem dédié avec une connexion série, USB ou Bluetooth, ou peut être un téléphone mobile offrant une fonctionnalité de modem GSM. [7].

I.2.4. Notion de réseau cellulaire :

Les réseaux de téléphonie mobile sont basés sur la notion de cellules, c'est-à-dire des zones circulaires se chevauchant afin de couvrir une zone géographique.

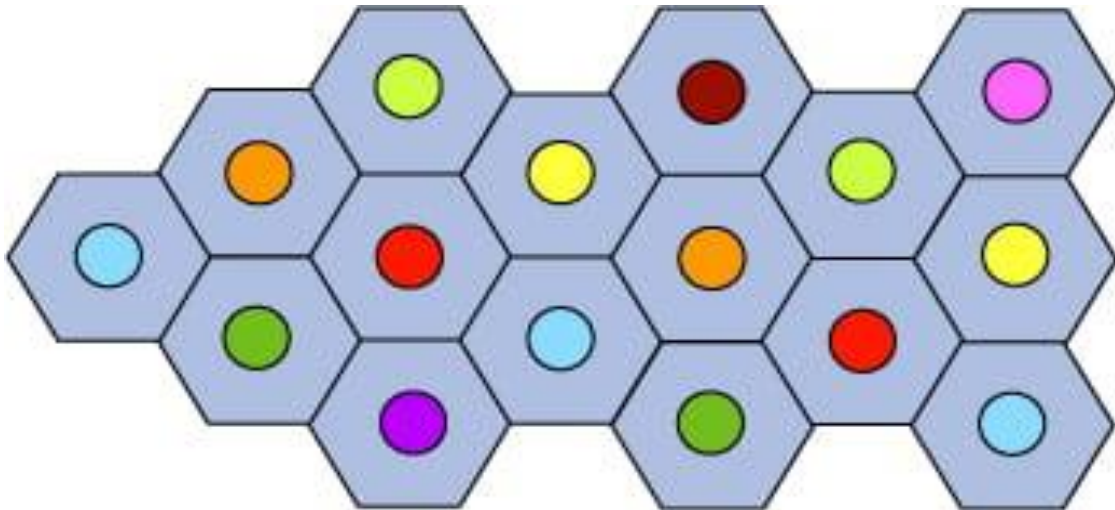


Figure I-01: Représentation d'une cellule de réseau GSM

Les réseaux cellulaires reposent sur l'utilisation d'un émetteur-récepteur central au niveau de chaque cellule, appelée « station de base » (en anglais Base Transceiver Station, notée BTS).

Plus le rayon d'une cellule est petit, plus la bande passante disponible est élevée. Ainsi, dans les zones urbaines fortement peuplées, des cellules d'une taille pouvant avoisiner quelques centaines mètres seront présentes, tandis que de vastes cellules d'une trentaine de kilomètres permettront de couvrir les zones rurales.

Dans un réseau cellulaire, chaque cellule est entourée de 6 cellules voisines (c'est la raison pour laquelle on représente généralement une cellule par un hexagone). Afin d'éviter les interférences, des cellules adjacentes ne peuvent utiliser la même fréquence. En pratique, deux cellules possédant la même gamme de fréquences doivent être éloignées d'une distance représentant deux à trois fois le diamètre de la cellule. [3].

I.2.5. Infrastructure du réseau :

Le réseau mobile se décompose en deux parties distinctes :

- Radio Accès Network (RAN) ou Réseau d'accès qui gère l'accès et les communications avec les mobiles

- Core Network (CN) ou Réseau Cœur qui représente les passerelles entre le réseau radio et l'infrastructure existante concernant les systèmes de téléphonies et de données. [8].

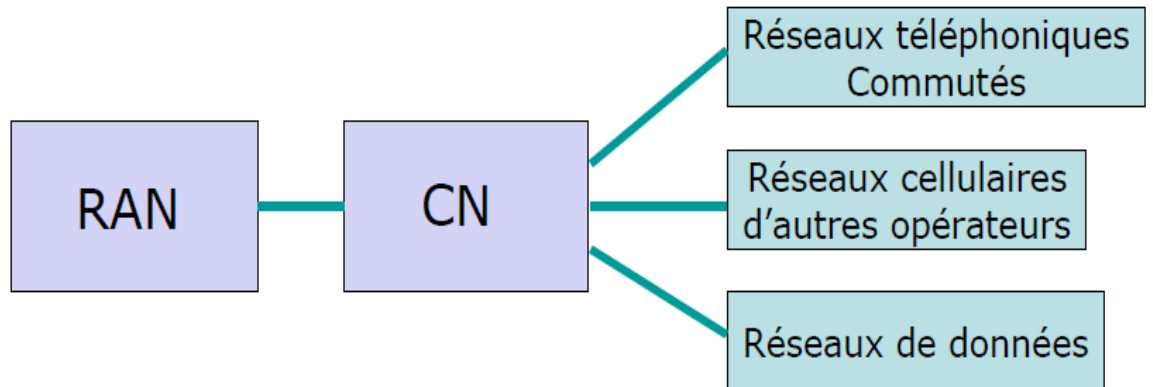


Figure I-02 : Infrastructure du réseau. [8].

I.2.6. Architecture de GSM:

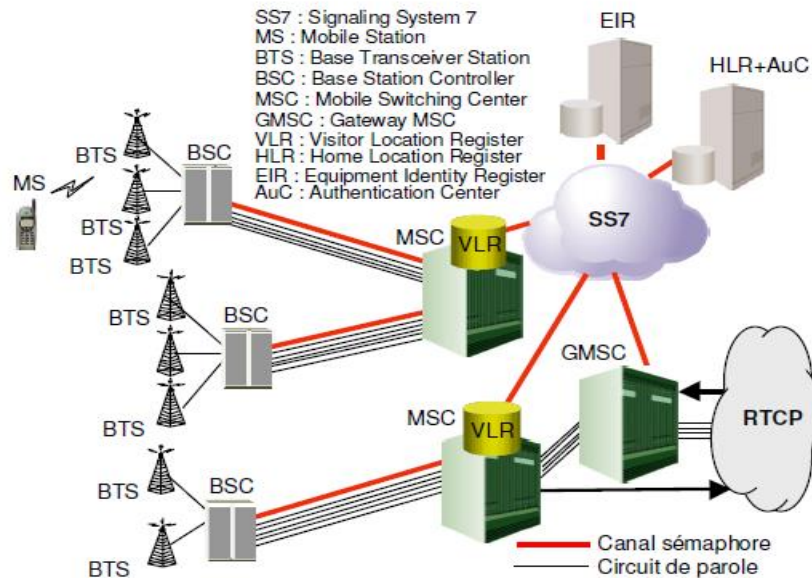


Figure I-03 : Architecture d'un réseau GSM. [9].

I.2.6.1. Le sous-système radio BSS (Base Station Sub-system) :

Sa fonction principale est la gestion de l'attribution des ressources radio, indépendamment des abonnés, de leur identité ou de leur communication. On distingue dans le BSS :

La station de base BTS (Base Transceiver Station)

Elle permet le dialogue avec le mobile sur l'interface Air (aussi appelée interface Radio ou interface Um). Ses principales fonctions sont :

- Contrôle de la couche physique (couche 1 de l'interface radio) : transmission de la parole et des données, transmission discontinue, ordres de contrôle de puissance et de handover...
- Mesures des interférences sur les canaux non alloués à des communications (idle channels).
- Mesures sur la liaison montante (uplink), servant à l'algorithme de décision du handover.
- Calcul du Timing Advance (avance de temps) pour la synchronisation temporelle, selon la distance qui sépare la BTS du mobile.
- Détection des demandes d'accès des mobiles reçus sur le canal de contrôle commun (RACH).
- Détection des messages de handover Access (HO ACCESS).

Le contrôleur de station de base BSC (Base Station Controller)

Il assure le contrôle d'une ou de plusieurs BTS. La plupart des fonctions intelligentes de BSS sont implantées à son niveau, notamment les fonctions de gestion des ressources radioélectriques:

- L'allocation des canaux.
- La gestion de la configuration des canaux.
- Le traitement des mesures et la décision de handovers intra BSC. [12].

I.2.6.2. Le sous-système réseau NSS (Network Station Sub-system) :

Il assure principalement les fonctions de commutation et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTCP ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM.

Le MSC (Mobile Services Switching Center)

C'est la partie centrale du NSS. Il prend en charge l'établissement des communications de et vers les abonnés GSM. Du fait de la mobilité, l'implantation de la seule fonction de commutation n'est pas suffisante. Le MSC gère la mobilité et les fréquences et enregistre la localisation des abonnés visiteurs (base de données VLR).

Le HLR (Home Location Register)

C'est la base de données qui gère les abonnés d'un PLMN donné. Elle contient toutes les informations relatives à l'abonnement et aux droits d'accès. D'autre part, le HLR est une base de données de localisation. Il mémorise pour chaque abonné le VLR où il est enregistré.

Le VLR (Visitor Location Register)

C'est la base de données qui gère les abonnés présents dans une certaine zone géographique. Ces informations sont une copie de l'original conservé dans le HLR.

L'AuC (Authentication Center)

Il mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour le chiffrement des communications. Un AuC est en général associé à chaque HLR. [12].

I.2.6.3. Le sous-système opérationnel OSS (Operating Sub-System) :

Il assure la gestion et la supervision du réseau. C'est la fonction dont l'implémentation est laissée avec le plus de liberté dans la norme GSM. La supervision du réseau intervient à de nombreux niveaux :

- Détection de pannes.
- Mise en service de sites.
- Modification de paramétrage.
- Réalisation de statistiques.

Dans les OMC (Operation and Maintenance Center), on distingue l'OMC/R (Radio) qui est relié à toutes les entités du BSS, à travers les BSC, l'OMC/S (System) qui est relié au sous-système NSS à travers les MSC.

Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S. [12].

I.2.6.4. Les interfaces :

C'est l'interface entre les deux sous-systèmes MS (Mobile Station) et le BSS (Base Station Sub-system). On la nomme couramment « interface radio » ou « interface air ».

L'interface Abis

C'est l'interface entre les deux composants du sous-système BSS : la BTS (Base Station Transceiver) et le BSC (Base Station Controller).

L'interface A

C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS (Base Station Sub System) et le NSS (Network Sub System).

I.2.7. Bande de fréquence :

En Europe, le GSM utilise les bandes de fréquences de 900 et 1800 MHz. Aux États-Unis, le GSM utilise les bandes de fréquences de 850 et 1900 MHz. Par conséquent, les téléphones mobiles utilisés aux États-Unis sont généralement incompatibles avec le réseau européen.

D'autre part, l'Afrique, l'Asie et l'Europe ont des réseaux GSM compatibles parfaits tout en utilisant toutes les bandes de fréquences identiques. [10].

I.2.8. Carte SIM :

La carte SIM est une puce de mémoire, trouvée sur les téléphones mobiles. Permet à son détenteur de personnaliser un terminal banalisé, de stocker des données (contacts téléphoniques, SMS...). [11].

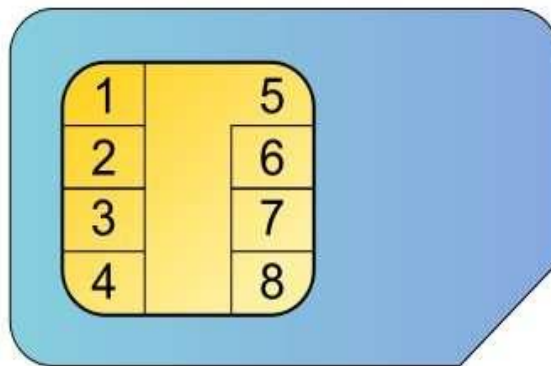


Figure I-04 : Une carte SIM. [11].

Une carte SIM contient les informations suivantes :

- Numéro de téléphone de l'abonné (MSISDN)
- Numéro d'abonné international (IMSI, international mobile subscriber identity)
- Etat de la carte SIM
- Code de service (opérateur)
- Clé d'authentification
- Code PIN (Personal Identification Code)
- Code PUK (Personal Unlock Code). [3].

I.3. Applications du module GSM ou du module GPRS :

Ils peuvent présenter toutes les fonctionnalités d'un téléphone mobile via un ordinateur, telles que passer et recevoir des appels, SMS, MMS, etc. Ils sont principalement utilisés pour les services SMS et MMS sur ordinateur.

Le module GSM / GPRS démontre l'utilisation des commandes AT. Ils peuvent présenter toutes les fonctionnalités d'un téléphone mobile via un ordinateur comme passer et recevoir des appels, SMS, MMS, etc. Ils sont principalement utilisés pour les services de SMS et MMS sur ordinateur. [7].

I.3.1. Commandes AT:

Les commandes AT sont des commandes utilisées pour contrôler les modems où AT signifie Attention. Ces commandes étaient dérivées des commandes Hayes utilisées par les modems intelligents Hayes. Chaque sans fil, ainsi que les modems commutés, nécessitent une commande AT pour interagir avec une machine informatique. Ces commandes AT ainsi que d'autres commandes étendues nécessitent également un ensemble de commandes Hayes en tant que sous-ensemble. [17].

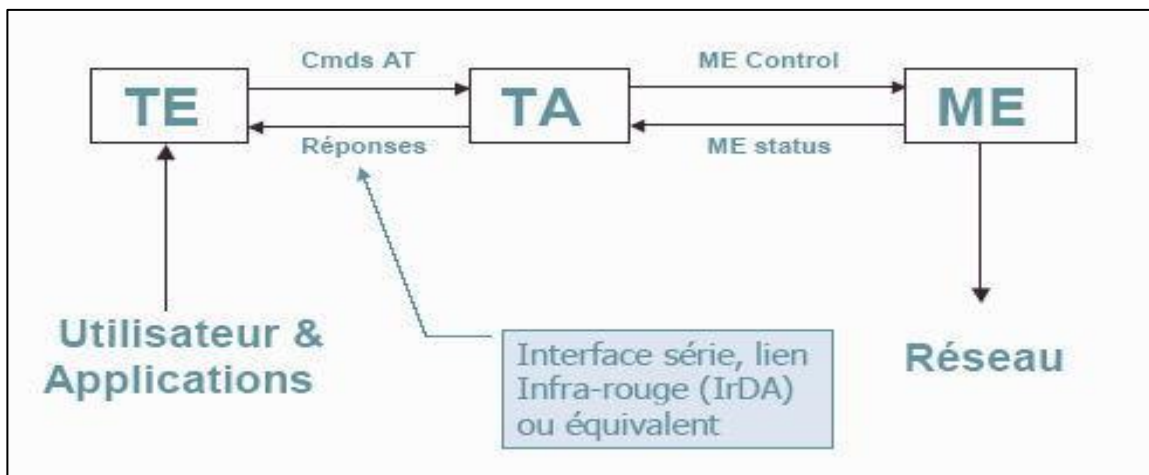


Figure I-01 : Schéma de fonctionnement AT COMMANDS. [4].

I.3.1.1. Usage :

Les commandes AT peuvent être utilisées avec le module GSM et les MODEM GPRS ou le téléphone pour accéder à ces services et informations:

- SMS
- MMS
- Fax
- Liaison vocale et autres données sur le réseau mobile
- Informations et configuration concernant les appareils mobiles ou MODEM et carte SIM. [17].

I.3.1.2. Types de AT Commands :

Il existe 4 types de commandes AT de base:

1. Test : La commande de test est utilisée pour vérifier la compatibilité d'une commande par un modem. *SYNTAX: AT=?*

2. Read : La commande Lire est utilisée pour extraire les paramètres du mobile ou du modem requis pour les opérations. *SYNTAX: AT?*

3. Set : Ces commandes sont utilisées pour apporter des modifications aux paramètres du téléphone mobile ou du modem requis pour l'opération.

SYNTAX: AT=value1, value2,..., valueN

4. Exécution : Comme son nom l'indique, cette commande est utilisée pour exécuter ladite opération. *SYNTAX: AT=parameter1, parameter2, ..., parameterN. [17].*

I.3.1.3. Commande AT dédiées au service SMS :

AT+CSMS	Sélection du service de messagerie
AT+CPMS	Sélection de ta zone mémoire pour le stockage des SMS
AT+CMGF	Sélection du format du SMS (PDU ou TEXT)
AT+CSCA	Définition de l'adresse du centre de messagerie
AT+CSDH	Affiche en mode TEXT le paramétrage des SMS
AT+CSAS	Sauvegarde du paramétrage
AT+CRES	Restauration du paramétrage par défaut
AT+CNMI	Indication concernant un nouveau SMS
AT+CMGL	Liste les SMS stockés en mémoire
AT+CMGR	Lecture d'un SMS
AT+CMGS	Envoie un SMS
AT+CMSS	Envoie d'un SMS stocké en mémoire
AT+CMGW	Écriture d'un SMS
AT+CMGD	Efface un SMS

Tableau I-01 : Commande AT dédiées service SMS. [4].

I.3.2. Présentation du Système :

Le schéma synoptique du système de contrôle GSM est donne par la figure suivante.

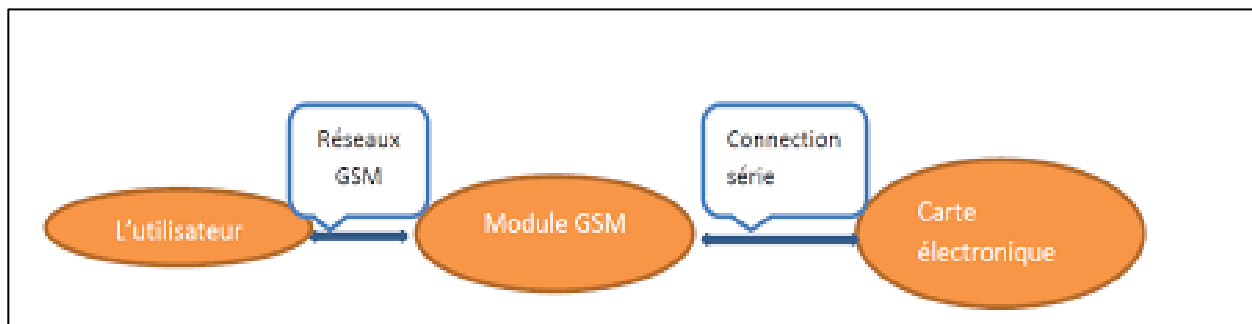


Figure I-02 : Le schéma bloc du système. [4].

I.3.2.1. L'utilisateur :

Envoyer un message SMS à un module GSM via un message téléphonique portable contient des informations codées pour les commandes. [4].

I.3.2.2. Module GSM :

Permet de recevoir ou d'envoyer des sms et communiquer avec une carte électronique par une communication série (UART), les commandes utilisées dans cette connexion se sont des AT COMMANDS. [4].

I.3.2.3. Carte électronique :

Cette carte permet de communiquer avec le module GSM les Messages et d'envoyer des commandes et d'effectuer divers processus tels que traitement, décodage et stockage d'informations, visualisation des messages, etc. [4].

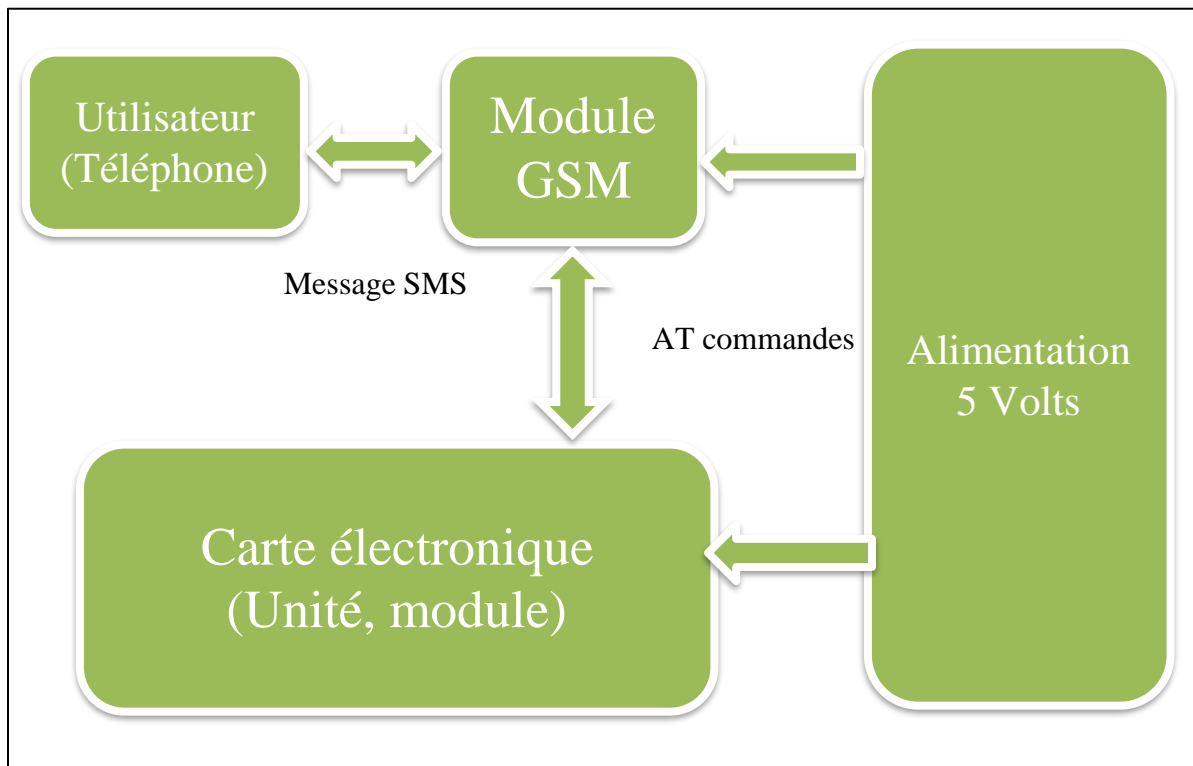


Figure I-03 : Schéma récapitulatif. [4].

I.3.3. L'utilisation de GSM sur domotique :

GSM est considéré comme une question nécessaire des usages de Domotique, où, avec le développement de la technologie, l'utilisation de la GSM est devenue nécessaire dans les maisons intelligentes et les entreprises, car elle contribue à faciliter la surveillance et le contrôle, facilitant l'accès à ses outils et le protéger de tous les risques qui l'entourent tels que le vol et les incendies et inondations.



Figure I-04 : Les fonctions de la domotique

La domotique par GSM est basée sur deux points essentiels, la commande et la surveillance.

I.3.3.1. Commande via le GSM :

La commande GSM peut se connecter/se déconnecter, tous les appareils électriques tels que les moteurs, les pompes, les portes, les portails, les appareils de chauffage, la climatisation, ...

Tous les systèmes qui rendent la connexion GSM avec le réseau de téléphonie et, comme chaque téléphone portable a sa propre carte SIM et son numéro et que la commande est protégée par le GSM et que seuls les chiffres que vous avez approuvés seront dites de votre commande à votre domicile. [13].

I.3.3.2. Surveillance via le GSM :

Avec la surveillance GSM, vous pouvez contrôler tous les paramètres de votre maison, votre bureau, votre entreprise, coupure de courant, mouvement ou intrusion, variation de température, des fuites de gaz, etc...

Sans vous déplacer, nous recevons des messages ou des notifications sur votre téléphone. [13].

I.3.4. Le module SIM800L GSM/ GPRS :

Le module SIM800L GSM / GPRS est un modem GSM miniature, qui peut être intégré dans un grand nombre de projets IoT. Nous pouvons utiliser ce module pour accomplir presque tout ce qu'un téléphone portable normal peut; SMS, passez ou recevez des appels téléphoniques, connectez-vous à Internet via GPRS, TCP / IP, et plus encore! Pour couronner le tout, le module prend en charge le réseau GSM / GPRS quadri-bande, ce qui signifie qu'il fonctionne à peu près partout dans le monde. [16].

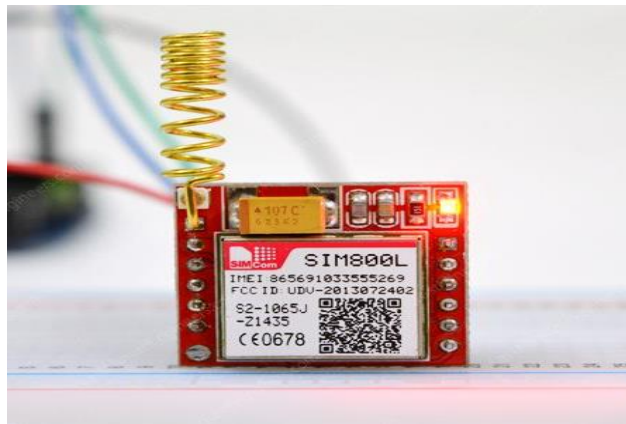


Figure I-05 : Le module SIM800L GSM / GPRS

I.3.4.1. Présentation du matériel du module SIM800L GSM / GPRS :

Au cœur du module se trouve une puce cellulaire GSM SIM800L de SimCom. La tension de fonctionnement de la puce est comprise entre 3,4 V et 4,4 V, ce qui en fait un candidat idéal pour une alimentation directe par batterie LiPo. Cela en fait un bon choix pour l'intégration dans des projets sans beaucoup d'espace.

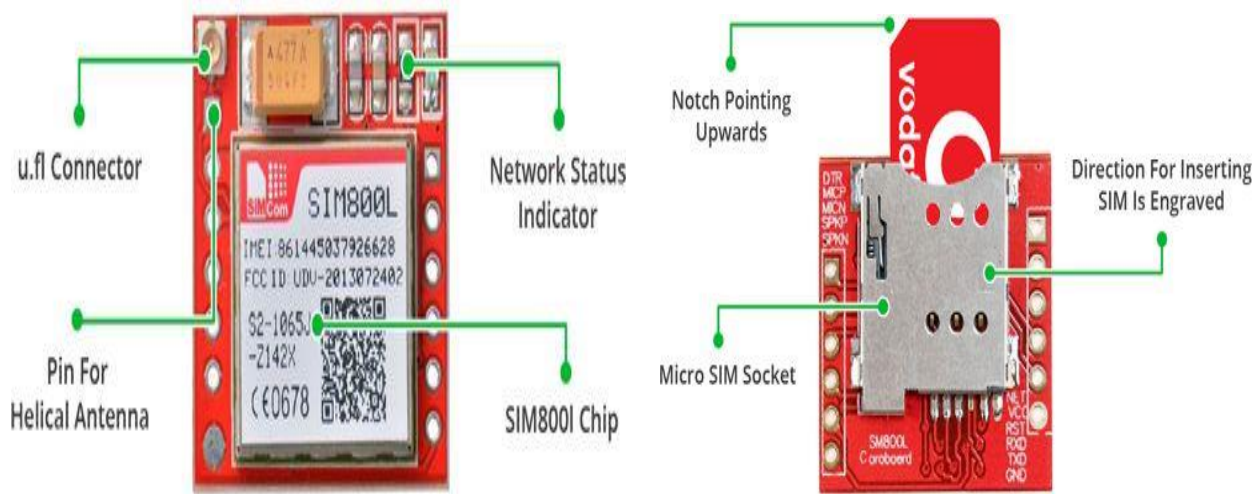


Figure I-6 : Matériel du module SIM800L GSM / GPRS

Toutes les broches de données nécessaires de la puce GSM SIM800L sont divisées en en-têtes de pas de 0,1 ". Cela inclut les broches requises pour la communication avec un microcontrôleur via UART. Le module prend en charge le débit en bauds de 1 200 bps à 115 200 bps avec détection automatique en bauds.

Le module a besoin d'une antenne externe pour se connecter à un réseau. Le module est généralement livré avec une antenne hélicoïdale et des soudures directement sur la broche NET sur le PCB. La carte dispose également d'un connecteur U.FL au cas où vous voudriez garder l'antenne éloignée de la carte.

Il y a une prise SIM à l'arrière! Toute carte micro SIM 2G activée fonctionnerait parfaitement. La direction correcte pour insérer la carte SIM est normalement gravée sur la surface de la prise SIM.

Ce module ne mesure que 1 pouce² mais contient une quantité surprenante de fonctionnalités dans son petit cadre. Certains d'entre eux sont énumérés ci-dessous:

- Prend en charge la quadri-bande: GSM850, EGSM900, DCS1800 et PCS1900
- Connectez-vous à n'importe quel réseau GSM mondial avec n'importe quelle carte SIM 2G

- Passer et recevoir des appels vocaux à l'aide d'un haut-parleur externe 8Ω et d'un microphone électret
- Envoyer et recevoir des SMS
- Envoyer et recevoir des données GPRS (TCP / IP, HTTP, etc.)
- Balayez et recevez des émissions de radio FM
- Puissance de transmission:
 - Classe 4 (2W) pour GSM850
 - Classe 1 (1W) pour DCS1800
- Jeu de commandes AT basé sur la série
- Connecteurs FL pour antennes cellulaires
- Accepte la carte micro SIM. [16].

I.3.4.2. Sélection de l'antenne :

Une antenne est nécessaire pour utiliser le module pour tout type de communication vocale ou de données ainsi que pour certaines commandes SIM. Ainsi, la sélection d'une antenne pourrait être une chose cruciale. Vous pouvez ajouter une antenne à votre module SIM800L de deux manières.

Le premier est une antenne GSM hélicoïdale qui est généralement livrée avec le module et les soudures directement à la broche NET sur le PCB. Cette antenne est très utile pour les projets qui ont besoin d'économiser de l'espace mais qui ont du mal à obtenir la connectivité, surtout si votre projet est à l'intérieur.

Le second est n'importe quelle antenne GSM 3dBi avec un adaptateur U.FL vers SMA qui peut être obtenu en ligne. Vous pouvez installer cette antenne par encliquetage sur le petit connecteur U.FL situé dans le coin supérieur gauche du module. Ce type d'antenne a de meilleures performances et permet de placer votre module dans un boîtier métallique - tant que l'antenne est à l'extérieur. [16].

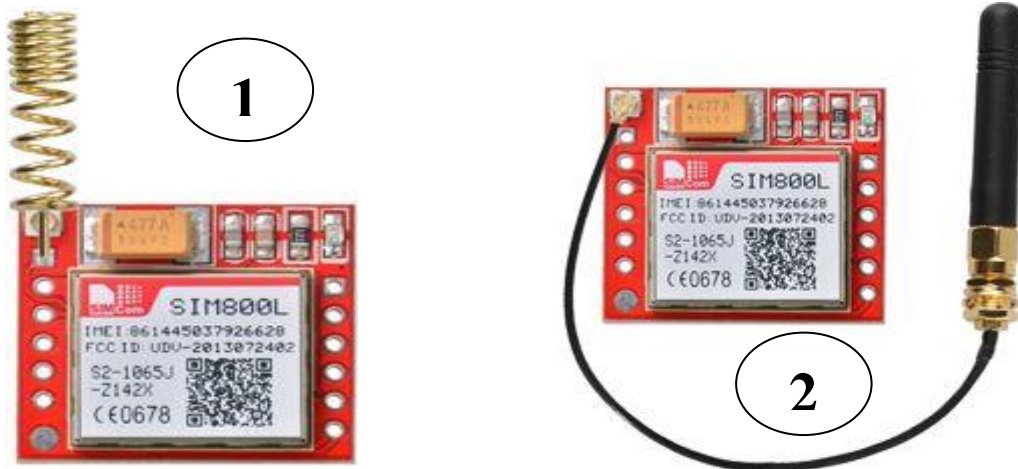


Figure I- 7 : Les antennes de sim800L

I.3.4.3. Alimentation du module SIM800L :

L'un des éléments les plus importants pour faire fonctionner le module SIM800L est de lui fournir suffisamment d'énergie.

Selon l'état dans lequel il se trouve, le SIM800L peut être un appareil relativement gourmand en énergie. La consommation maximale de courant du module est d'environ 2A pendant la rafale de transmission. Il ne tire généralement pas beaucoup, mais peut nécessiter environ 216 mA pendant les appels téléphoniques ou 80 mA pendant les transmissions réseau. Une fiche technique est présentée dans le tableau suivant:

Modes	Frequency	Current Consumption
Power down		60 uA
Sleep mode		1 mA
Standby		18 mA
Call	GSM850	199 mA
	EGSM900	216 mA
	DCS1800	146 mA
	PCS1900	131 mA
GPRS		453 mA
Transmission burst		2 A

Tableau I-02 : Alimentation du module SIM800L

Étant donné que le module SIM800L n'est pas livré avec un régulateur de tension intégré, une alimentation externe ajustée à une tension comprise entre 3,4 V et 4,4 V (idéal 4,1 V) est nécessaire. L'alimentation doit également être en mesure de fournir 2 A de courant de surtension, sinon le module continuera à s'éteindre. Voici quelques options que vous pouvez envisager pour alimenter correctement votre module GSM. [16].

- Batterie Li-Po 3,7 V :

L'une des choses intéressantes à propos des batteries Li-Po est que leur tension est généralement comprise entre 3,7 V et 4,2 V, ce qui est parfait pour le module SIM800L. Toute batterie lithium-ion / polymère de 1200 mAh ou plus est la meilleure car elle peut fournir la plage de tension correcte même pendant les pics de 2 ampères. [16].



Figure I- 8 : Batterie Li-Po 3,7 V.

- Convertisseur abaisseur DC-DC :

Tout convertisseur abaisseur DC-DC classé 2A comme le LM2596 fonctionnerait. Ceux-ci sont beaucoup plus efficaces qu'un régulateur de tension de ligne comme LM317 ou LM338. [16].



Figure I- 9 : Convertisseur abaisseur DC-DC LM2596

I.3.4.4. Brochage du module GSM SIM800L :

Le module SIM800L a un total de 12 broches qui l'interfacent avec le monde extérieur. Les connexions sont les suivantes:



Figure I- 10 : Les pines de module GSM SIM 800L

NET : Est une broche sur laquelle vous pouvez souder l'antenne hélicoïdale fournie avec le module.

VCC : Alimente le module. Cela peut aller de 3,4 V à 4,4 volts. N'oubliez pas que le connecter à la broche 5V détruira probablement votre module! Il ne fonctionne même pas sur 3,3 V! Une source d'alimentation externe comme une batterie Li-Po ou des convertisseurs abaisseur DC-DC de 3,7 V 2A fonctionnerait.

RST (Reset) : Est une broche de réinitialisation matérielle. Si vous avez absolument le module dans un mauvais espace, tirez cette broche vers le bas pendant 100 ms pour effectuer une réinitialisation matérielle.

RxD (récepteur) : La broche est utilisée pour la communication série.

TxD (émetteur) : La broche est utilisée pour la communication série.

GND : Est la broche de terre et doit être connectée à la broche GND sur l'Arduino.

RING : La broche agit comme un indicateur de sonnerie. Il s'agit essentiellement de la broche de sortie « interruption » du module. Il est par défaut élevé et émettra une impulsion faible pendant 120 ms lors de la réception d'un appel. Il peut également être configuré pour émettre des impulsions lorsqu'un SMS est reçu.

DTR : La broche active / désactive le mode veille. Le tirer sur HIGH mettra le module en mode veille, désactivant la communication série. En le tirant LOW, le module se réveillera.

MIC± : Est une entrée microphone différentielle. Les deux broches du microphone peuvent être connectées directement à ces broches.

SPK± : Est une interface de haut-parleur différentielle. Les deux broches d'un haut-parleur peuvent être liées directement à ces deux broches. [16].

I.3.4.5. La connexion entre l'Arduino et SIM800L :

Commencez par soldering/connecting l'antenne, insérez la carte Micro SIM entièrement activée dans la prise. Maintenant, connectez la broche Tx sur le module à la broche numérique n ° 3 sur Arduino car nous utiliserons le logiciel série pour parler au module.

Nous ne pouvons pas connecter directement la broche Rx sur le module à la broche numérique d'Arduino car Arduino Uno utilise un GPIO 5V alors que le module SIM800L utilise une logique de niveau 3,3V et n'est PAS tolérant à 5V. Cela signifie que le signal Tx provenant de l'Arduino Uno doit être réduit à 3,3 V pour ne pas endommager le module SIM800L. Il existe plusieurs façons de le faire, mais le plus simple est d'utiliser un simple diviseur de résistance. Une résistance de 10K entre SIM800L Rx et Arduino D2, et 20K entre SIM800L Rx et GND fonctionnerait bien.

Nous restons maintenant avec les broches qui servent à alimenter le module. Comme vous avez plusieurs choix pour mettre le module sous tension, nous avons fourni deux exemples de schémas. L'un utilise une batterie Li-Po de 1200 mAh et l'autre utilise un convertisseur abaisseur LM2596 DC-DC. [16].

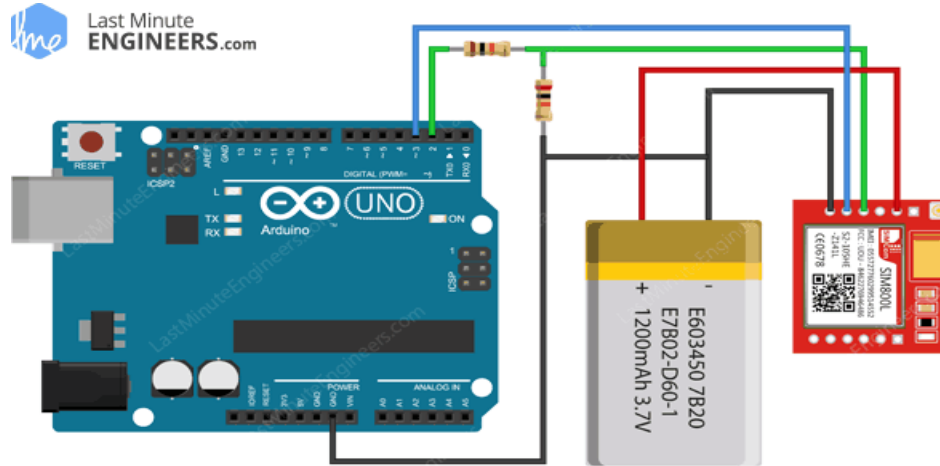


Figure I- 11 : Câblage du module SIM800L GSM GPRS avec Arduino UNO et l'alimentation

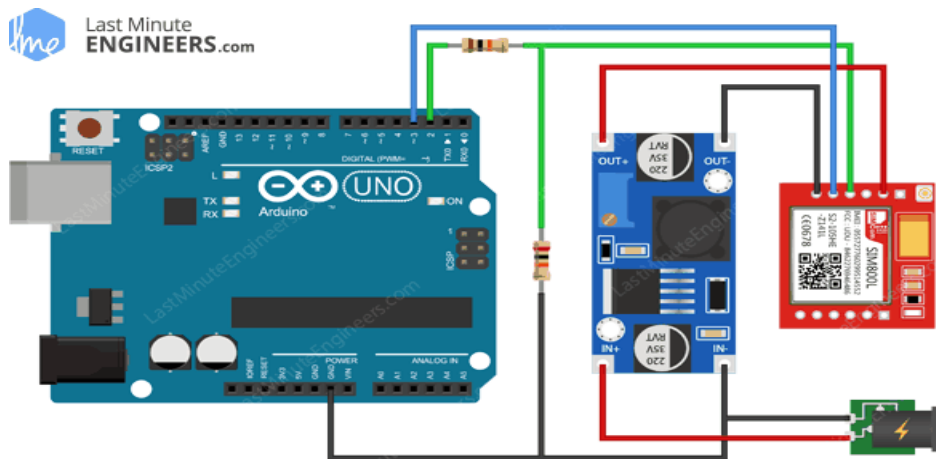


Figure I- 12 : Câblage du module SIM800L GSM GPRS avec Arduino UNO et l'alimentation LM2596

Chapitre II

Généralités sur RFID (Radio Frequency Identification) et
présentation du lecteur RFID MFRC522

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons les concepts utiles basés sur la technologie RFID, ses caractéristiques et ses utilisations, ainsi que sa contribution à l'amélioration du mode de vie humain, notamment en termes de sécurité, de surveillance et de contrôle d'accès.

II.2. La technologie RFID, qu'est-ce que c'est ?

Tous les secteurs de l'industrie et du commerce doivent identifier et suivre leurs produits. Au cours des cinquante dernières années, l'invention des codes-barres a répondu à ce besoin.

La technologie RFID augmente désormais la demande de sécurité des données et de flexibilité des étiquettes. En effet, la fragilité de l'étiquette code-barres imprimée, la distance nécessaire au lecteur et son absence de caractéristiques de protection des données la rendent insatisfaisante dans certains cas.

C'est pourquoi la technologie RFID (Radio Frequency Identification) a été développée et offre une bonne maturité pour de nombreuses applications, notamment dans l'industrie et la sécurité. [18].

II.2.1. Définition :

La technologie RFID permet d'identifier un objet, de collecter et de modifier des informations sur l'objet, et d'intégrer les informations dans une base de données sans intervention manuelle.

La RFID se compose d'un lecteur et d'une étiquette, et utilise des ondes radio pour transmettre des données dans les deux sens de l'étiquette au lecteur, et vice versa.

L'étiquette comprend une puce qui stocke des informations et une antenne qui reçoit et transmet ces informations.

Les lecteurs peuvent prendre de nombreuses formes (terminaux, portails, lecteurs portables, etc.). [19].



figure II-01 : La technologie RFID. [20].

II.2.2. Les constituants :

La RFID ne peut pas être réduite à une seule technologie.

En fait, la RFID utilise plusieurs radiofréquences, et plusieurs types d'étiquettes ont différents types de sources de communication et d'alimentation.

Afin d'envoyer des informations à un interrogateur (également appelé station de base ou plus généralement lecteur), une étiquette RFID est généralement équipée d'une puce électronique associée à une antenne.

Cet ensemble, appelé inlay, est ensuite packagé pour résister aux conditions dans lesquelles il est amené à vivre.

Les composants ainsi formés sont appelés tags, label ou encore transpondeurs. [21].

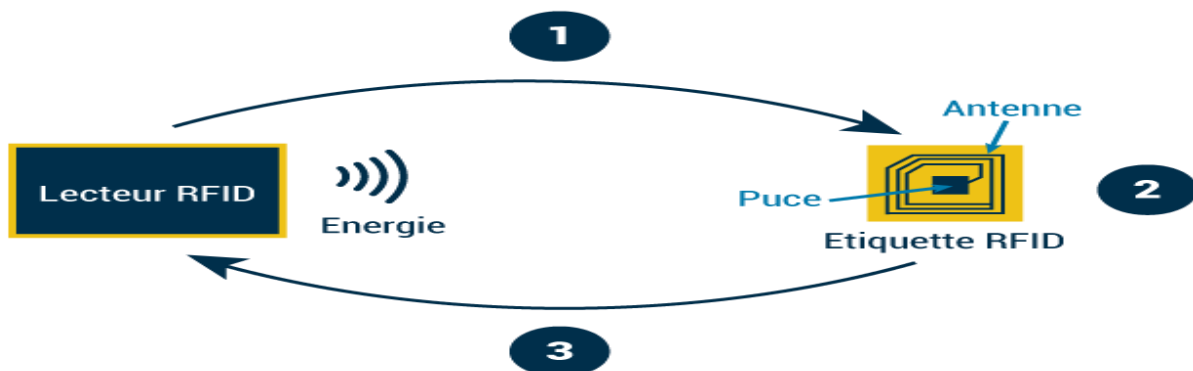


figure II-02 : La communication entre la lecture RFID et le tag. [22].

II.2.3. Les informations :

Les informations contenues dans la puce électronique de l'étiquette RFID dépendent de l'application.

Il peut s'agir d'un identifiant unique (UII, identifiant d'article unique ou code EPC, code produit électronique, etc.).

Une fois écrit dans le circuit électronique, l'identifiant ne peut plus être modifié, mais uniquement lu (WORM Write Once Read Multiple) « écrit une fois et lit plusieurs fois ».

Certaines puces électroniques ont une autre zone de stockage dans laquelle les utilisateurs peuvent écrire, modifier ou effacer leurs propres données.

La taille de ces mémoires va de quelques bits à des dizaines de milliers de bits. [21].



figure II-03 : LEWIS, Scott, RFID-Tag, Flickr (consulté le 26 avril 2017) CC BY 2.0.

II.2.4. Classification des tags RFID :

II.2.4.1. Le tag RFID, avec ou sans puce électronique :

La première classification possible des tags ou tags RFID est basée sur la présence ou l'absence de puces électroniques.

1. Le tag RFID SAW :

(Surface Acoustic Wave) n'est pas équipé de circuits intégrés. Il ne représente aujourd'hui qu'une très faible part du marché (quelques %). Il s'agit d'un transpondeur à lecture seule et ne comportant pas d'alimentation embarquée. On le nomme également code à barres RF. [24].

2. Le tag RFID 1 bit :

Est un système passif à diodes capacitives, dit « transpondeur 1 bit ». Ce bit permet d'indiquer la présence ou non du tag dans le champ d'action de l'interrogateur. Il est largement utilisé comme système antivol. [24].

3. Le tag RFID à circuits intégrés :

Est le système le plus utilisé sur le marché actuel. Il se compose d'une antenne et d'un circuit intégré plus ou moins complexe (simple machine d'état ou véritable microcontrôleur). [24].

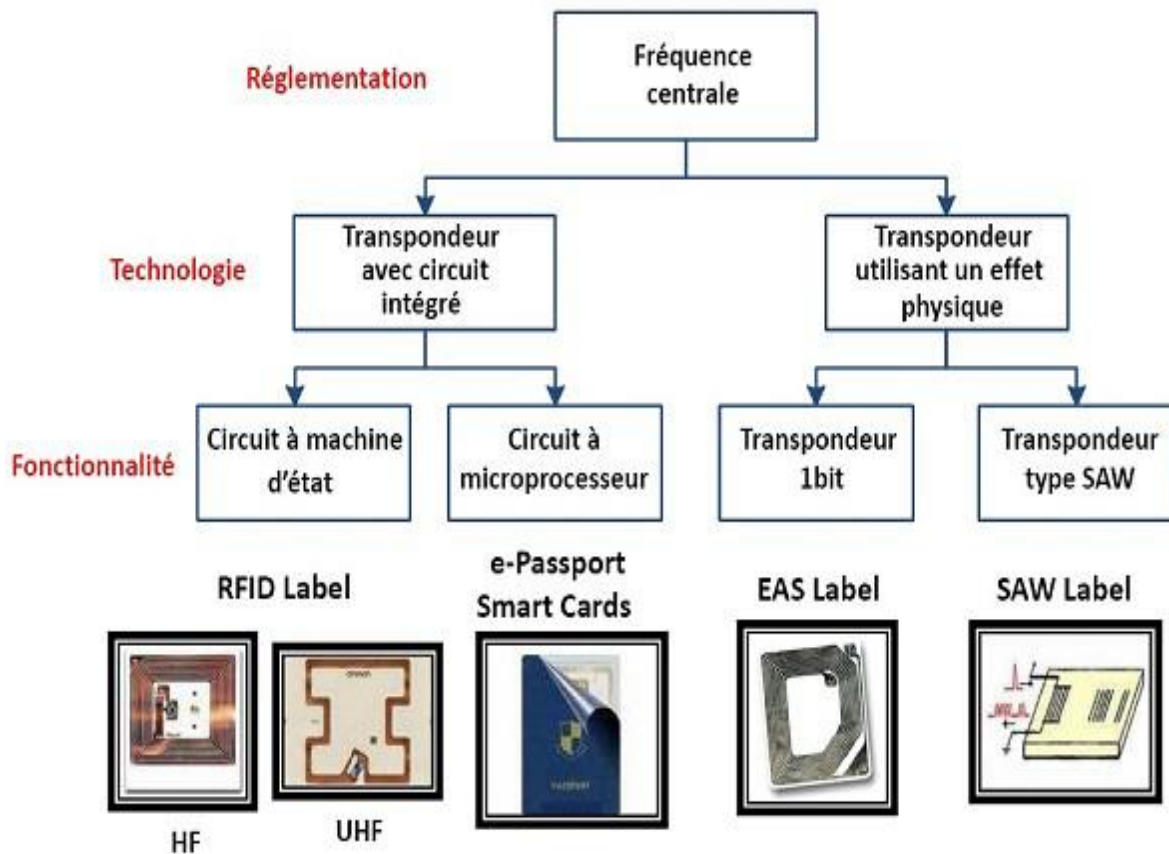


figure II-04 : Classification des tags RFID avec ou sans puce électronique. [23].

II.2.4.2. Le tag RFID, avec ou sans émetteur RF (actif ou passif) :

1. Les tags passifs :

Elles ne possèdent pas de source d'alimentation et utilisent l'énergie transmise par l'interrogateur. La distance de fonctionnement varie de quelques centimètres à quelques mètres selon la fréquence.

Elles sont bon marché sans entretien (badge d'accès, titre de transport.....). [25].

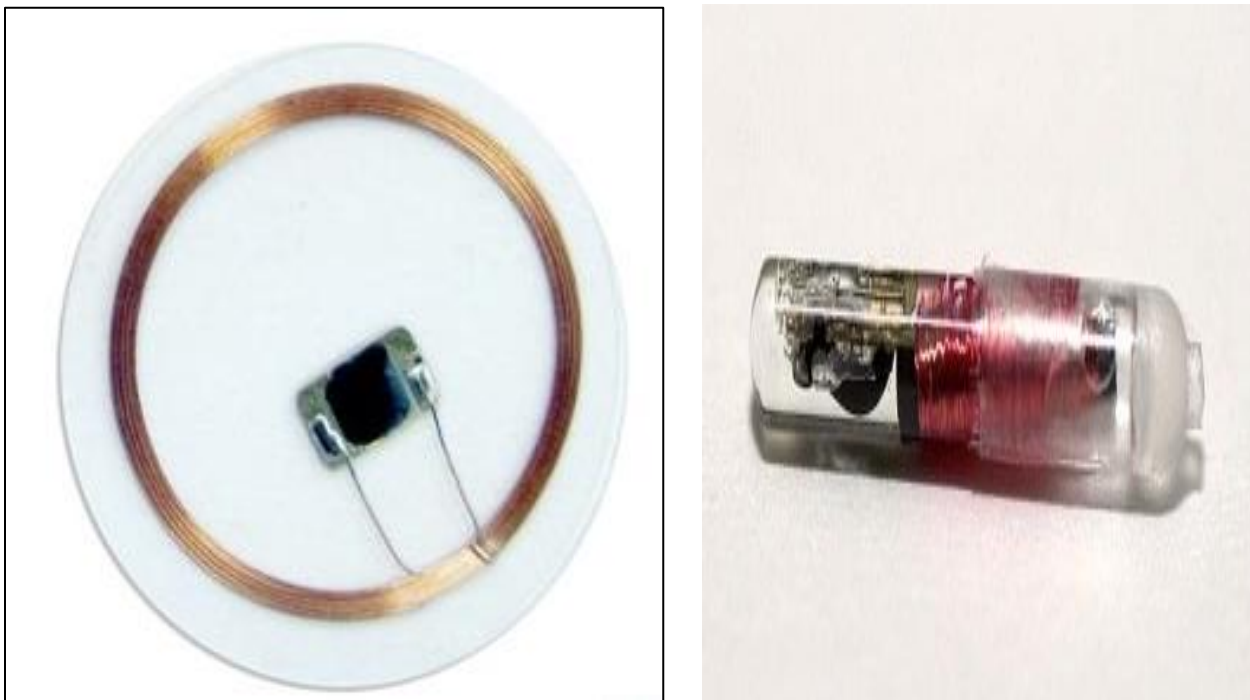


figure II-05 : Tags à couplage inductif.

2. Les tags actifs :

Elles tirent leur énergie d'une alimentation embarquée (pile, batterie...) leur permettant d'émettre un signal de façon autonome. Elles présentent un rayon d'action de l'ordre de quelques dizaines de mètres de la source d'énergie. [25].

3. Les tags semi-passifs :

Elles possèdent une batterie nécessaire uniquement à l'enregistrement et au maintien de l'information sur l'étiquette. Elles communiquent avec l'interrogateur en mode passif. [25].

II.2.4.3. Le couplage tag RFID / lecteur RFID :

La liaison entre tag et interrogateur se réalise par :

1. 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. [21].

2. Couplage électromagnétique :

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. [21].

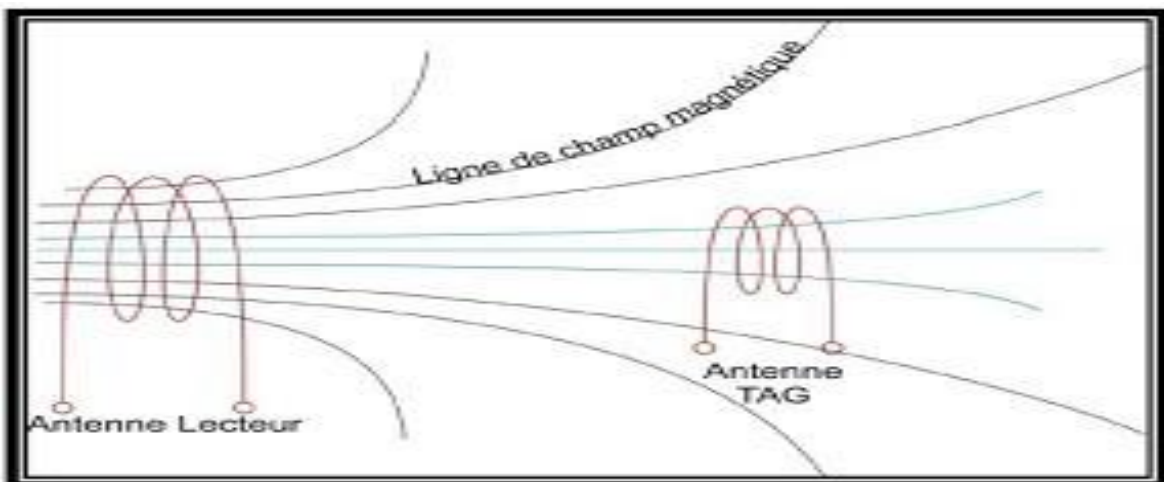


figure II-06 : Couplage magnétique HF et LF champ proche

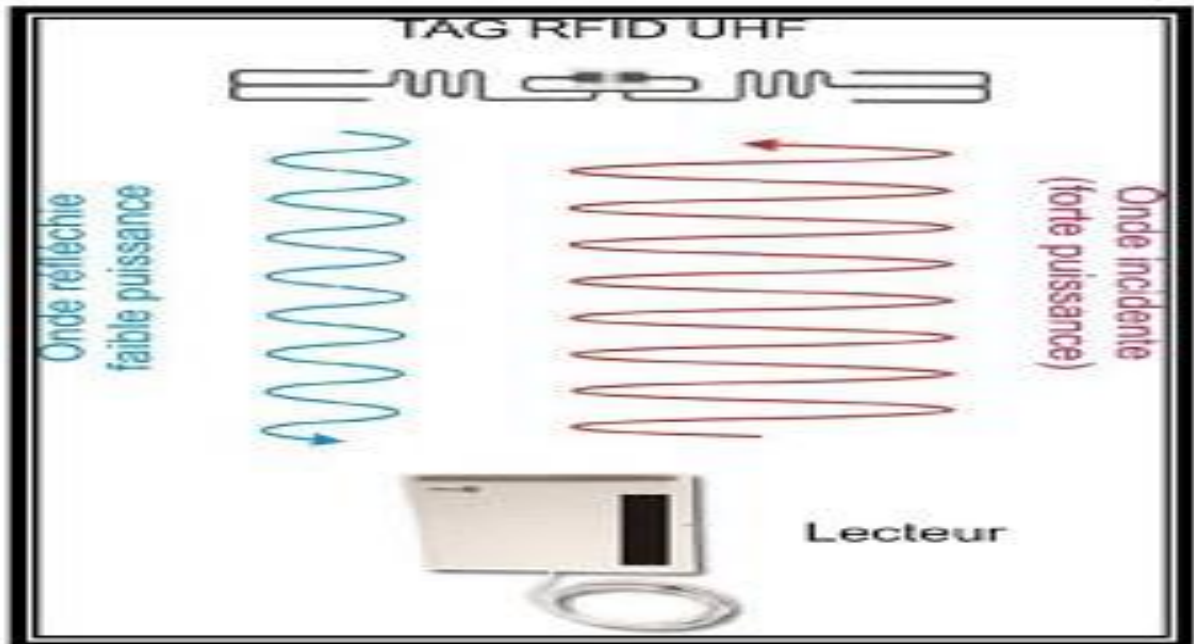
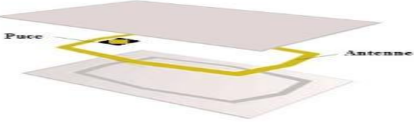



figure II-07 : Couplage électrique UHF et SHF champ lointain

II.2.4.4. Types des tags RFID :

Aujourd'hui, la RFID se développe dans différents supports:

Types de support	Objectifs
 <p><u>Cartes RFID et badges RFID</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des personnes • Paiement sans contact • Contrôle d'accès en entreprise • Transports Cartes de fidélité
 <p><u>Étiquette PVC sans contact RFID</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification & traçabilité • 3 formats d'étiquettes RFID normes ISO • Une technologie RFID performante et abordable • 4 types de puces RFID disponibles





 <p><u>Étiquettes et stickers</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des biens • Stockage et inventaire • Lutte contre la contrefaçon • Traçabilité des produits • Promotion dans les événements
 <p><u>Bracelets</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des personnes • Paiement sans contact • Promotion dans les événements
 <p><u>Porte-clés et tags</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Accès à des résidences, locaux et parking • Badge RFID d'accès en entreprise
 <p><u>Puces sous cutanées</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification d'animaux

Tableau II-01 : Types des tags RFID. [26].

II.2.4.5. Le principe de fonctionnement :

Une application d'identification automatique RFID se compose d'un lecteur ou interrogateur qui transmet un signal selon une fréquence déterminée vers une ou plusieurs étiquettes radio situées dans son champ de lecture. Celles-ci transmettent en retour un signal. Lorsque les étiquettes sont « Éveillées » par le lecteur, un dialogue s'établit selon un protocole de communications prédéfinies, et les données sont échangées.

Les étiquettes sont aussi appelées « transpondeur », c'est à dire un équipement destiné à recevoir un signal radio et à renvoyer immédiatement en réponse un signal radio différent et contenant une information pertinente.

Les applications RFID fonctionnant à basse ou moyenne fréquence (fréquences de 9 KHz à quelques Mhz), utilisent le champ électromagnétique créé par l'antenne du lecteur et l'antenne / bobine de l'étiquette pour communiquer. Le champ électromagnétique alimente l'étiquette et active la puce.

Cette dernière va exécuter les programmes pour lesquels elle a été conçue. Pour transmettre les informations qu'elle contient, elle va créer une modulation d'amplitude ou de phase sur la fréquence porteuse. Le lecteur reçoit ces informations et les transforme en binaire (0 ou 1). Dans le sens lecteur vers étiquette, l'opération est symétrique, le lecteur émet des informations par modulation sur la porteuse. Les modulations sont analysées par la puce et numérisées.

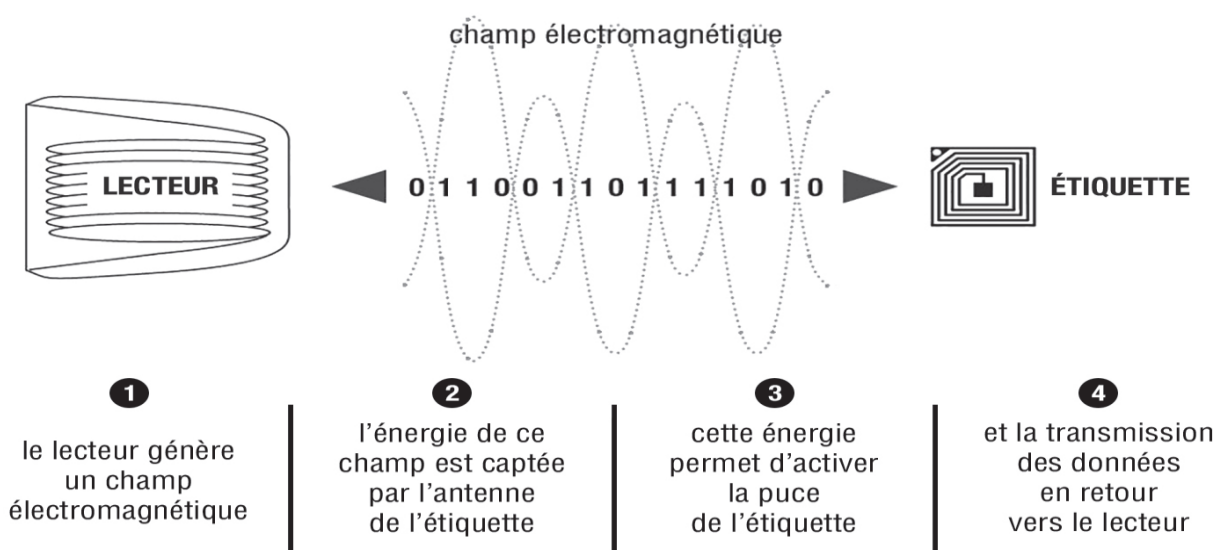


figure II-08 : Le principe de base de la RFID. [28].

Une des particularités de ce principe est que plus la fréquence porteuse est basse plus le nombre de tours de l'antenne de la puce doit être important pour créer un voltage suffisant pour alimenter la puce et par voie de conséquence augmente la complexité du processus de fabrication en grande quantité.

L'étiquette peut être apposée, portée, insérée dans un objet. Le mot « objet » est entendu au sens large, ce peut être un colis, une carte intelligente (téléphone, banque), un véhicule,

Plus les différents éléments composants ces applications sont standardisés, plus est grand le nombre d'utilisateurs potentiels et de processus industriels ou marchands pouvant bénéficier de cette technologie

C'est tout l'enjeu de la normalisation entreprise au sein de l'ISO/JTC1/SC31/WG4.

Cette normalisation doit permettre:

- La coexistence des étiquettes entre elles, c'est à dire permettre que plusieurs objets porteurs d'étiquette dans un même champ de lecture ne se polluent pas entre elles,
- L'interopérabilité des systèmes RFID, c'est à dire permettre que plusieurs étiquettes utilisant la même fréquence, provenant de fabricants différents, puissent dialoguer avec tout lecteur. [27].

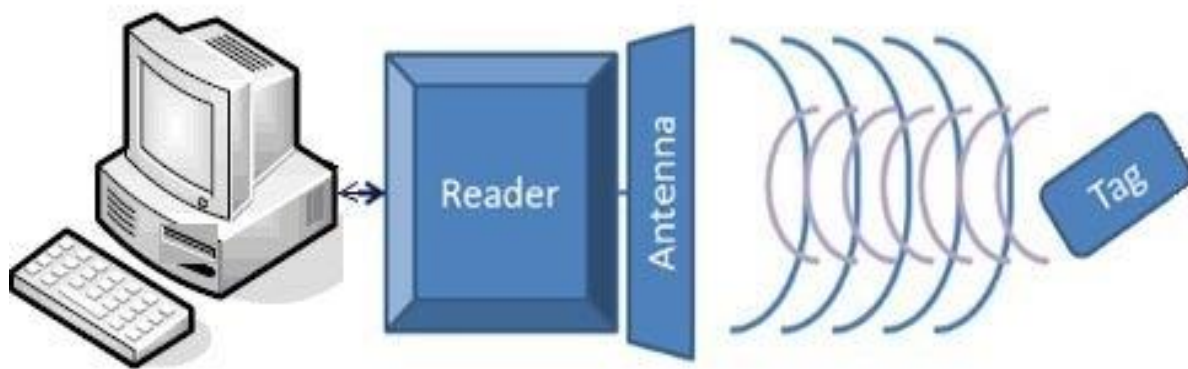


figure II-09 : Le principe de fonctionnement de la RFID. [20].

II.2.4.6. Les gammes de fréquences RFID :

L'utilisation de ressources radio est soumise à autorisation et suit des règlements nationaux ou internationaux :

- LF : 125 kHz - 134,2 kHz : basses fréquences,
- HF : 13,56 MHz : hautes fréquences,
- UHF : 860 MHz - 960 MHz : ultra hautes fréquences,
- SHF : 2,45 GHz : super hautes fréquences. [21].

Voici un aperçu des fréquences de la RFID dans le spectre radio :

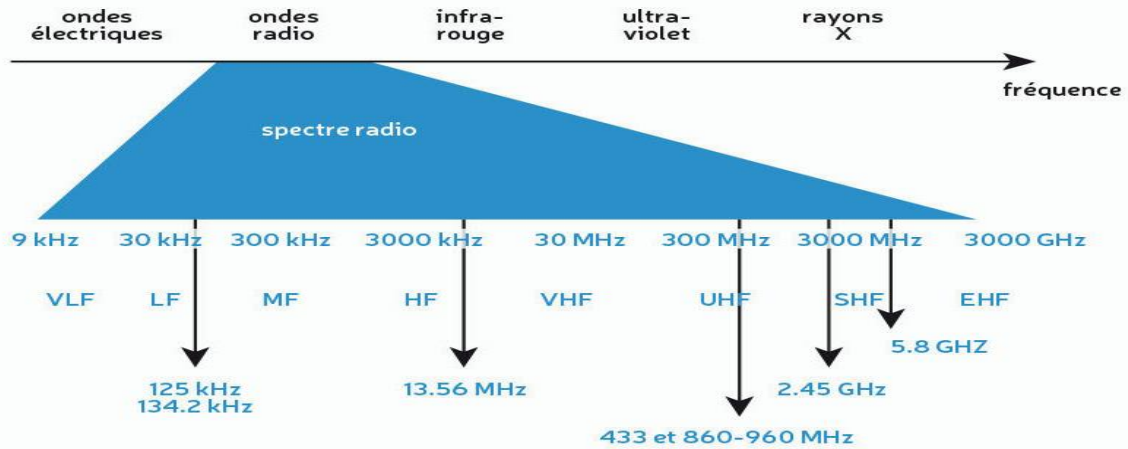


figure II-10 : Les fréquences RFID dans le spectre radio. [29].

Voici les trois fréquences de tags RFID :

1. Les tags RFID UHF à 900 MHz :

Possèdent des antennes imprimées ou gravées. En technologie passive, ils peuvent être lus à plusieurs mètres. Ils sont plus sensibles à l'environnement (métal, eau) du fait de la fréquence utilisée mais des design particuliers d'antenne et de packaging permettent de les utiliser sur des supports métalliques. Les fréquences UHF réservées à la RFID n'étant pas harmonisées dans toutes les régions du monde (entre 860 et 960 MHz), les tags doivent généralement présenter des bandes passantes importantes qui réduisent leurs performances. [21]

2. Les tags RFID HF 13.56 MHz :

Sont utilisés dans des applications de logistique et de traçabilité. Les antennes boucle peuvent être imprimées ou gravées ce qui rend les tags particulièrement fins. Ils sont largement répandus dans les applications de transport et d'identité (passeport, pass Navigo, cartes sans contact). Cette technologie est à la base des applications NFC (Near Field Communication) que l'on trouve dans de plus en plus de smartphones. [21].

3. Les tags RFID LF 125 kHz :

Sont adaptés aux applications de logistique et traçabilité. Les caractéristiques physiques de ces tags, d'un poids et une taille réduits, font d'eux des candidats idéals pour être intégrés dans tout type de matériaux, textiles, métaux, plastiques, etc. [21].

Types de fréquence	Fréquence de fonctionnement	Distance de lecture (m)	Taux de transfert	Normes
Basse fréquence	<125 kHz	0.5	1 kb/s	ISO 142231 ISO 18000-2
Haute fréquence	13.54 MHz	1	25 kb/s	ISO 14443 ISO 15693 ISO 18000-3
Très haute fréquence	863 à 915 MHz	3 à 6	28 kb/s	ISO 18000-6

Tableau II-02 : La fréquence est la caractéristique qui permet d'établir la communication entre la puce et l'antenne. [26].

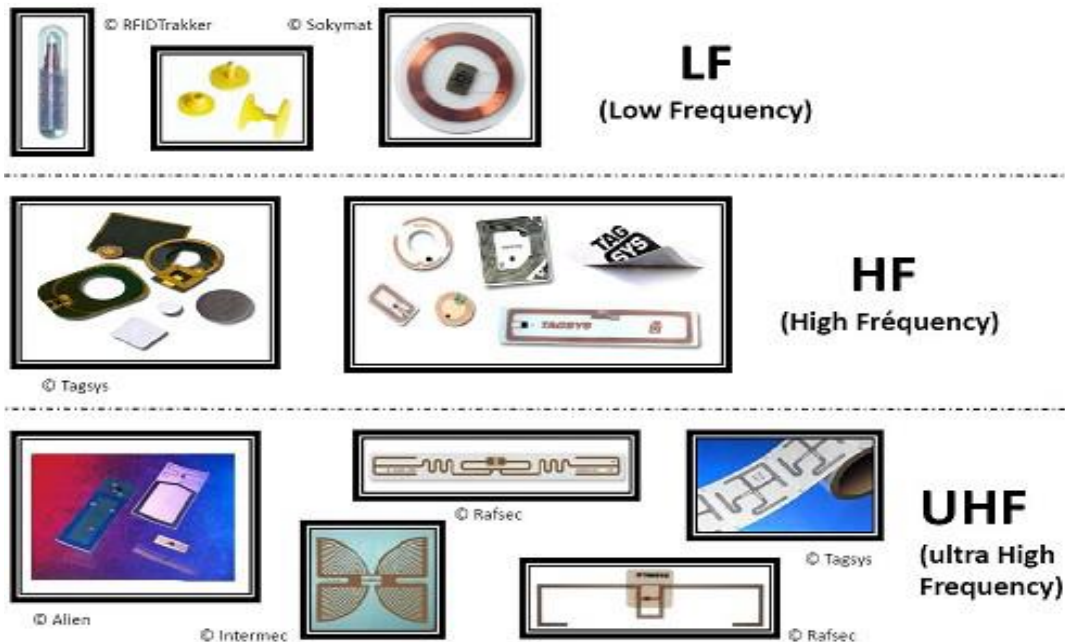


figure II-11 : Classification des fréquences de RFID. [30].

II.2.4.8. Applications de la RFID :

Les applications de la technologie RFID sont nombreuses. Le Tab06 donne un aperçu de certaines utilisations.

	Technologie	Fréquence
Badge d'accès	Passive	125 kHz
Identification d'animaux	Passive	134,2 kHz
Colis postaux	Passive	13,56 MHz
Passeport biométrique	Passive	13,56 MHz
Identification textiles blanchisserie	Passive	13,56 MHz
Titre de transport	Passive	13,56 MHz
Paieement sans contact	Passive	13,56 MHz
Bagagerie aéroport	Passive	UHF
Identification wagons	Passive	UHF
Logistique chaîne d'approvisionnement	Passive	UHF
Péage autoroutier	Active	2,45 GHz

Tableau II-03 : Exemple d'applications RFID et fréquences associées. [25].

II.3. Module RFID MFRC522 :

Le module RC522 est une interface qui permet l'identification sans contact à partir d'un badge ou une clé RFID. Lancé par la société NXP, Il est basé sur le circuit intégré Philip RC522, il communique avec Arduino via l'interface SPI. Il utilise la bande ISM 13.56MHz, la distance de communication peut aller jusqu'à 6cm mais la plupart des modules NFC marchent très bien avec 1cm de distance, il s'agit d'une puce sans contact à basse tension, à faible cout et de petite taille, un choix idéal pour les instruments intelligents et portables.

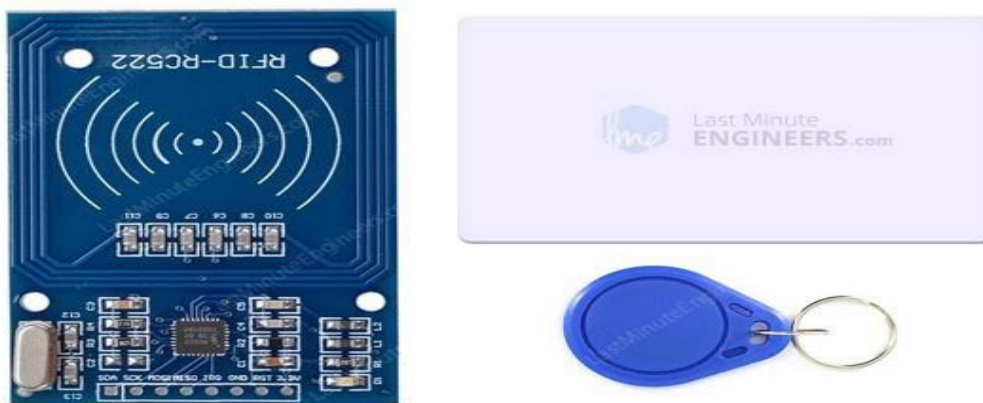


figure II-12 : La lecteur MFRC522 avec des tags

Le mécanisme RFID/NFC se base sur une radio communication de courte distance, ils utilisent la norme ECM-A340 et ISO/IEC 18092. Le MFRC522 utilise un concept avancé de modulation et de démodulation qui est entièrement présenté dans tous les types de protocoles et de méthodes de communication sans contact à 13,56 MHz, il prend en charge l'algorithme de cryptage CRYPTO1 pour vérifier les produits MIFARE de communications sans contact à haute vitesse, avec un débit de transmission de données bidirectionnel pouvant atteindre 424 kbits/ S. En tant que nouveau produit de la série de cartes de lecteur hautement intégrées de 13,56 MHz, il communique avec la machine hôte via le mode série, vous pouvez choisir entre I2C, SPI, UART en série. Ce module est idéal pour des projets de domotique pour identifier la personne avec son badge avant d'ouvrir la porte. Il peut être utilisé dans n'importe quel projet d'identification.

II.3.1. Caractéristiques :

- ❖ Basée sur la puce Philips MFRC522
- ❖ Power Voltage : 3.3V
- ❖ Current :13-26mA
- ❖ Fréquence d'utilisation : 13.56MHz
- ❖ Distance opérationnelle : 0 ~ 60mm
- ❖ Interface : SPI
- ❖ Dimensions : 40mm × 60mm
- ❖ Module Name : MF522-ED
- ❖ Working current : 13—26mA/ DC 3.3V
- ❖ Standby current : 10-13mA/DC 3.3V
- ❖ Sleeping current : <80uA

- ❖ Peak current : <30mA
- ❖ Data communication speed : Maximum 10Mbit/s
- ❖ Card types supported : mifare1 S50、mifare1 S70、mifare UltraLight mifare Pro mifare Desfire
- ❖ Working temperature : -20—80 degree. [31].

II.3.2. Applications:

- Gestion de l'inventaire
- Suivi des actifs
- Suivi du personnel
- Contrôle de l'accès aux zones restreintes
- Badge d'identification
- Gestion de la chaîne logistique
- Prévention de la contrefaçon (par exemple dans l'industrie pharmaceutique). [33].

II.3.3. Diagramme :

L'interface analogique gère la modulation et la démodulation des signaux analogiques.

L'UART sans contact gère les exigences du protocole pour la communication protocoles en coopération avec l'hôte. Le tampon FIFO garantit des données rapides et pratiques transfert vers et depuis l'hôte et l'UART sans contact et vice versa.

Diverses interfaces hôtes sont implémentées pour répondre aux différentes exigences des clients.

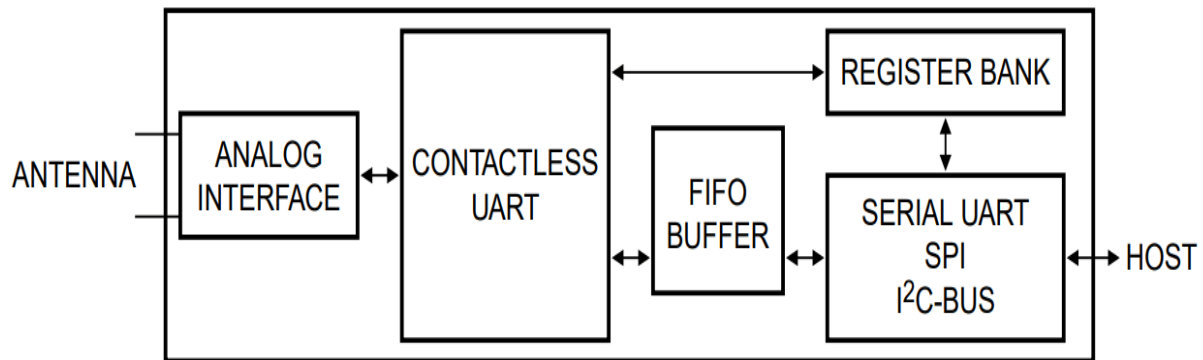


figure II-13 : Schéma fonctionnel simplifié du MFRC522. [34].

II.3.4. Les broches :

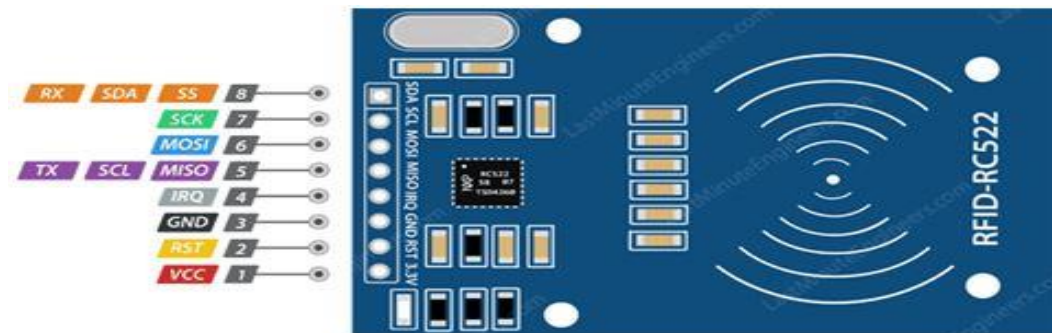


figure II-14 : Module RFID MFRC522

- **Vcc:** alimente le module. Cela peut être de 2,5 à 3,3 volts. Vous pouvez le connecter à la sortie 3.3V de votre Arduino. N'oubliez pas que le connecter à la broche 5V détruira probablement votre module!
- **RST:** Est une entrée pour la réinitialisation et la mise hors tension. Lorsque cette broche devient faible, la mise hors tension matérielle est activée. Cela désactive tous les puits de courant internes, y compris l'oscillateur et les broches d'entrée sont déconnectées du monde extérieur. Sur front montant, le module est réinitialisé.
- **IRQ:** Est une broche d'interruption qui peut alerter le microcontrôleur lorsque l'étiquette RFID se trouve à proximité.
- **GND:** est la broche de terre et doit être connectée à la broche GND sur l'Arduino

- **MISO / SCL / TX:** La broche agit comme Master-In-Slave-Out lorsque l'interface SPI est activée, agit comme horloge série lorsque l'interface I2C est activée et agit comme sortie de données série lorsque l'interface UART est activée.
- **MOSI (Master out Slave In):** Est l'entrée SPI du module RC522.
- **SCK (Serial Clock):** Accepte les impulsions d'horloge fournies par le maître du bus SPI, c'est-à-dire Arduino.
- **SS / SDA / RX:** La broche agit comme une entrée de signal lorsque l'interface SPI est activée, agit comme des données série lorsque l'interface I2C est activée et agit comme une entrée de données série lorsque l'interface UART est activée. Cette broche est généralement marquée par l'enrobage de la broche dans un carré afin qu'elle puisse être utilisée comme référence pour identifier les autres broches. [32].

II.3.5. Branchement:

Pin	Wiring to Arduino Uno
SDA	Digital 10
SCK	Digital 13
MOSI	Digital 11
MISO	Digital 12
IRQ	unconnected
GND	GND
RST	Digital 9
3.3V	3.3V

Tableau II-04 : Brochage avec Arduino UNO [23].

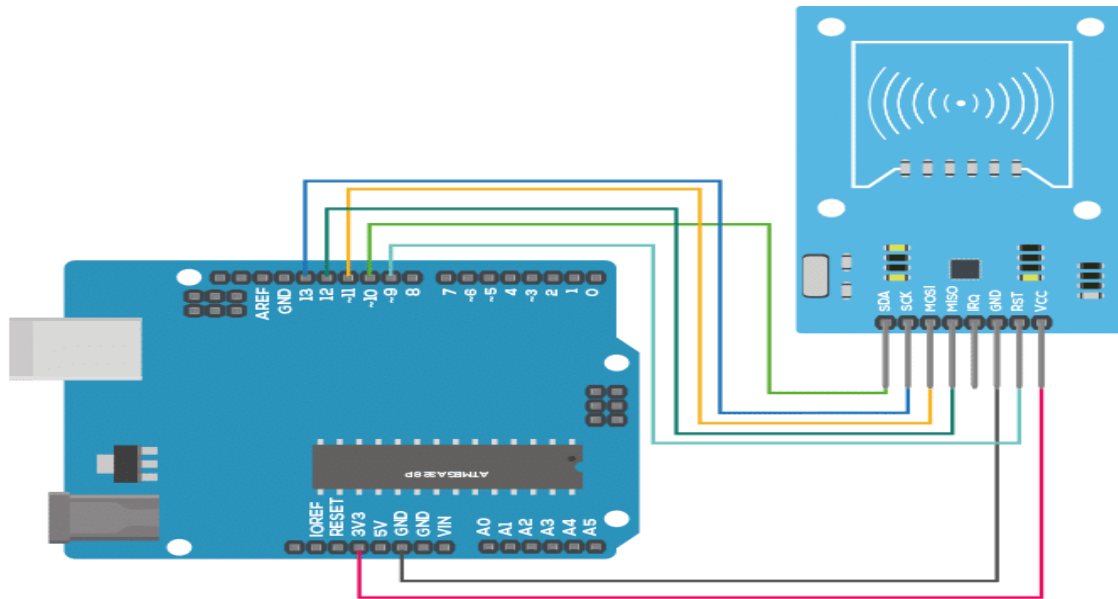


figure II-15 : Brochage avec Arduino UNO. [15].

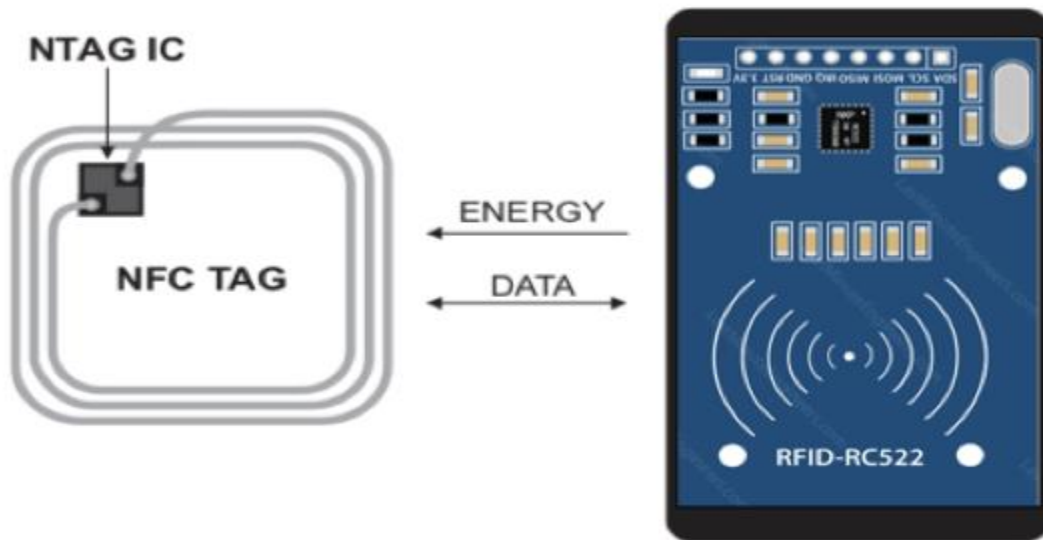


figure II-16 : Principe de communication radio entre étiquette et lecteur. [36].

Chapitre III

Etude et Réalisation Pratique d'un Système de
verrouillage de la porte avec un système d'alarme

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va concevoir un système de verrouillage de la porte avec un système d'alarme dans une petite maquette prototypique, en présentant les différents composants électroniques utilisés. D'autre part, la structure générale et le schéma électronique, langage de programmation, ainsi qu'une simulation de système seront présentés afin de réaliser notre maquette.

III.2. Carte Arduino :

La carte Arduino est une carte électronique programmable (appelée microcontrôleur) utilisée pour réaliser des montages électroniques. Facile d'utilisation, elle permet de s'initier aisément à l'électronique et à la programmation. Elle devra se connecter sur un ordinateur pour permettre le téléversement des commandes à exécuter (le code ou le programme).

Elle est open source ce qui signifie que chacun peut construire son propre microcontrôleur et la diffuser (sans toutefois utiliser le terme Arduino dans le nom de la carte). [37]

III.2.1. L'origine de l'Arduino :

Une équipe de développeurs composée de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti a imaginé un projet portant le nom de Arduino et mettant en oeuvre une petite carte électronique programmable et un logiciel multiplateforme, qui puisse être accessible à tout le monde dans le but de créer facilement des systèmes électroniques.

III.2.2. Modèles d'Arduino :

III.2.2.1. Arduino Uno :

C'est l'Arduino standard, le plus utilisé mais le microcontrôleur (ATMega328P) ne gère pas la communication en USB, il doit donc utiliser une puce secondaire (atmega16u2, CH340, CH341 ou FTDI).

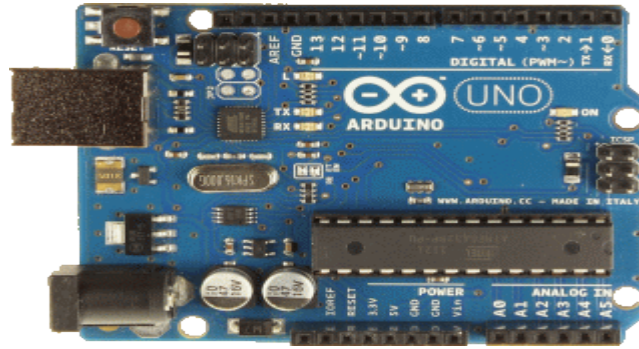


figure III- 01 : Carte Arduino Uno

III.2.2.2. Arduino Nano :

C'est la version miniature de l'Arduino UNO (même microcontrôleur), spécialement adaptée aux breadboard ou à une intégration dans un petit boîtier.

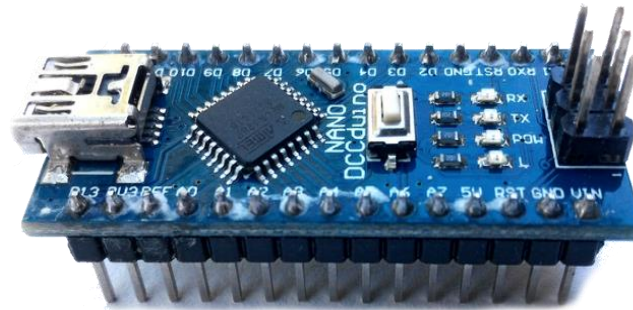


figure III- 02 : Carte Arduino Nano

III.2.2.3. Arduino Leonardo :

Une évolution de l'Arduino Uno, il possède le même format, mais son microcontrôleur (ATMega32U4) gère directement l'USB, ce qui lui permet d'être reconnu comme un périphérique USB (clavier, souris, manette de jeu) par l'ordinateur.

Cependant l'Arduino Uno reste indétrônable et n'a pas été remplacé par le Leonardo...

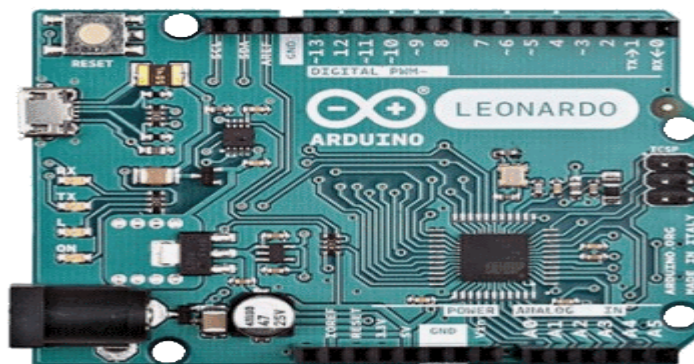


figure III- 03 : Carte Arduino Leonardo

III.2.2.4. Arduino Mega 2560 :

Une autre évolution de l'Arduino, il propose 16 entrée analogiques et 54 entrées/sorties numériques dont 15 sorties analogiques virtuelles PWM. EEPROM 4 Ko, SRAM 8 Ko, FLASH 256 Ko fréquence 16 MHz

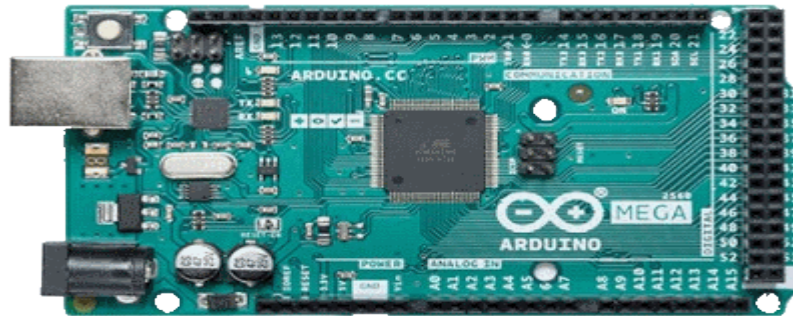


figure III- 04 : Carte Arduino Mega 2560

Il existe d'autres modèles et chacun possède sa spécificité (Lilypad, Ethernet, plus puissant, bi-processeur linux...). [38]

- ❖ Dans ce projet, nous utiliserons le plus célèbre Arduino et c'est : ARDUINO UNO

III.2.3. La carte ARDUINO UNO :

La carte Arduino Uno est basée sur un ATmega328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus simple et la plus économique carte à microcontrôleur d'Arduino. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une série de modules complémentaires.

Cette carte peut se programmer avec le logiciel Arduino disponible gratuitement en téléchargement.

Le microcontrôleur ATmega328 contient un bootloader qui permet de modifier le programme sans passer par un programmeur. [39]



figure III- 05 : Le fonctionnement d'un Arduino Uno

III.2.3.1. Caractéristiques principales :

- Micro-contrôleur : ATmega328
- Tension de fonctionnement nominale : 5V
- Tension d'alimentation (recommandé) : 7-12V
- Tension d'alimentation (limites) : 6-20V
- Entrées/sorties digitales : 14 (dont 6 pouvant être utilisées comme sorties PWM)
- Entrées Analogiques : 6
- DC Current per I/O Pin : 40 mA
- DC Current for 3.3V Pin: 50 mA
- Memoire Flash : 32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB utilisé par le bootloader
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Fréquence d'horloge : 16 MHz. [40]

III.2.3.2. Zoom sur la carte Arduino Uno :

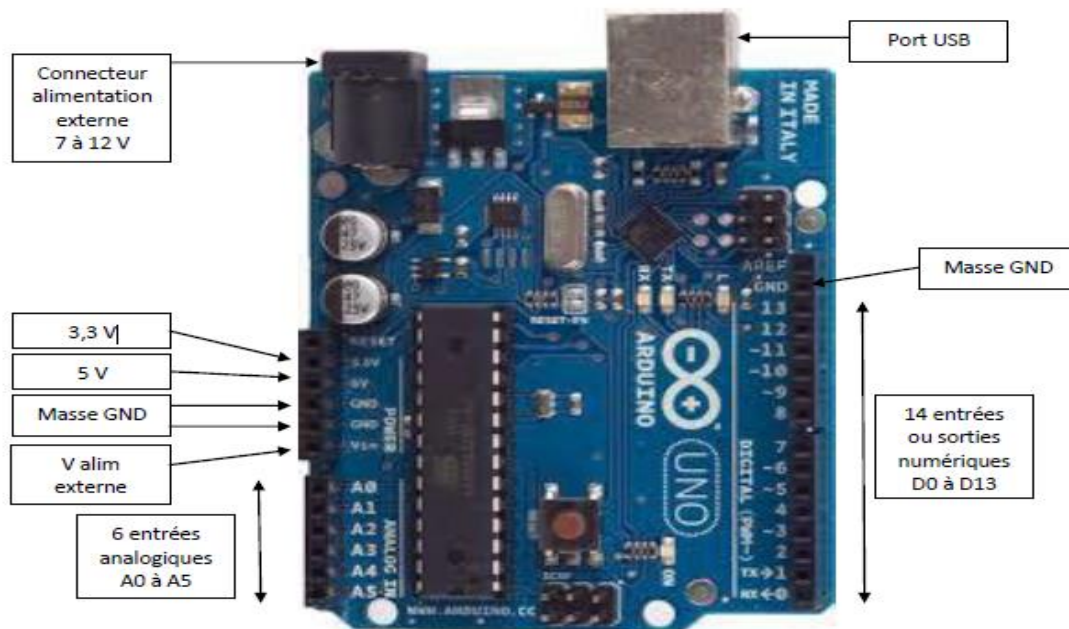


figure III- 06 : Vu sur la carte Arduino Uno

III.2.3.3. Les entrées ou sorties numériques :

14 entrées ou sorties numériques : de D0 à D13 Les signaux véhiculés par ces connecteurs ne peuvent prendre que deux états HAUT (5 Volts) ou BAS (0 Volt). Courant de 40 mA maximum par sortie. Les connecteurs D0 et D1 sont réservés pour la liaison USB et ne sont donc pas utilisés (RX et TX sont utilisés pour gérer les flux de données entrants et sortants)

Les connecteurs D3, D5, D6, D9, D10 et D11, repérés par un ~, peuvent être utilisés en sortie PWM, pour faire varier la luminosité d'une LDE ou la vitesse d'un moteur.

Les sorties PWM peuvent avoir 2^8 , soit 256 valeurs, allant de 0 à 255. [41]

III.2.3.4. Les entrées analogiques :

6 entrées analogiques : A0, A1, A2, A3, A4 et A5.

Les entrées analogiques peuvent avoir 2^{10} , soit 1024 valeurs, allant de 0 à 1023. [41]

III.2.3.5. Tableau des entrées – sorties :

Broche	Entrée/Sortie	Analogique/Numérique	Valeurs possibles
A0	Entrée	Analogique	0 à 1023 (2^{10})
A1	Entrée	Analogique	0 à 1023 (2^{10})
A2	Entrée	Analogique	0 à 1023 (2^{10})
A3	Entrée	Analogique	0 à 1023 (2^{10})
A4	Entrée	Analogique	0 à 1023 (2^{10})
D0	RX	Non utilisées	
D1	TX		
D2	Entrée/Sortie	Numérique	haut/bas
D3	Entrée/Sortie	Numérique pwm	haut/bas ou 0 à 255 (2^8)
D4	Entrée/Sortie	Numérique	haut/bas
D5	Entrée/Sortie	Numérique pwm	haut/bas ou 0 à 255 (2^8)
D6	Entrée/Sortie	Numérique pwm	haut/bas ou 0 à 255 (2^8)
D7	Entrée/Sortie	Numérique	haut/bas
D8	Entrée/Sortie	Numérique	haut/bas
D9	Entrée/Sortie	Numérique pwm	haut/bas ou 0 à 255 (2^8)
D10	Entrée/Sortie	Numérique pwm	haut/bas ou 0 à 255 (2^8)
D11	Entrée/Sortie	Numérique pwm	haut/bas ou 0 à 255 (2^8)
D12	Entrée/Sortie	Numérique	haut/bas
D13	Entrée/Sortie	Numérique	haut/bas

Tableau III-01 : Entrées – Sorties d'un carte Arduino Uno. [41]

III.2.3.6. L'IDE Arduino :

Le logiciel Arduino est un Environnement de Développement Intégré (IDE) open source et gratuit, téléchargeable sur le site officiel Arduino.

L'IDE Arduino permet :

- ❖ D'éditer un programme : des croquis (sketch en Anglais), les programmes sont écrits en langage C.
- ❖ De compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino, la compilation est une traduction du langage C vers le langage du microcontrôleur, la console donne des informations sur le déroulement de la compilation et affiche les messages d'erreur.
- ❖ De téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino, le téléversement (upload) se passe via le port USB de l'ordinateur une fois dans la mémoire de l'Arduino, le logiciel s'appelle un microgiciel. La console donne des informations sur le déroulement du téléversement et affiche les messages d'erreur.
- ❖ De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal (ou moniteur série). Pendant le fonctionnement du programme en mémoire sur l'Arduino, il peut communiquer avec l'ordinateur tant que la connexion est active (câble USB, ...). [42]

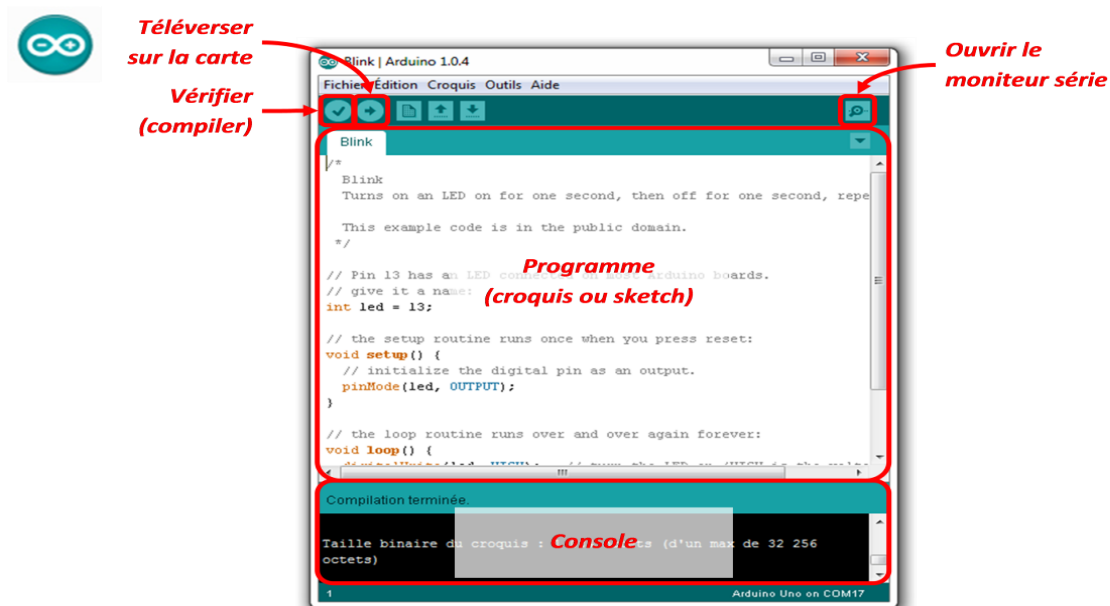


figure III- 07 : L'interface du logiciel Arduino IDE

III.3. Logiciel de simulation :

Pour simuler notre projet on va utiliser le logiciel Fritzing.

III.3.1. Fritzing :

Fritzing est un logiciel avancé et complet développé dans le but de fournir aux ingénieurs et aux artistes un moyen fiable de mener leurs projets et leurs idées aux stade de prototype fonctionnel.

Ce programme conçu pour fonctionner comme un instrument d'enseignement, permettant aux utilisateurs d'apprendre à créer et à utiliser des cartes de circuits imprimés et d'autres composants électroniques. Dans la fenêtre principale de Fritzing, on peut visualiser le circuit virtuel en cours de construction, ce qui nous permet de basculer entre trois modes de vue: "Breadboard", "Schematic" et "PCB View". La "planche à pain" ou "Breadboard" est le mode dans lequel nous commençons notre travail, car il offre la possibilité de créer un circuit imitant la réalité, évitant ainsi que des erreurs ne se produisent lors du passage du projet d'un état virtuel à un objet physique.

Fritzing nous fournit une bibliothèque de pièce complète que nous pouvons directement glisser et déposer dans notre projet. Toutes les pièces disponibles sont organisées par catégories. De plus, grâce à l'inspecteur de composants, on peut visualiser et modifier les informations des composants individuels du circuit. [43]



figure III- 08 : Page d'accueil du logiciel Fritzing. [44]

III.4. Afficheur LCD 2x16 : (Liquid Crystal Display)

Les écrans LCD existent depuis 1971. Ils n'ont pas cessé de se développer depuis, et équipent maintenant bien des appareils à affichage embarqué (appareils photo, digicodes, montres, téléphones...).

LCD est l'abréviation anglaise de "liquid crystal display" qui veut dire : afficheur à cristaux liquides [45].

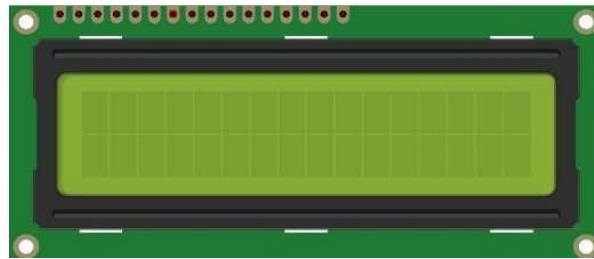


figure III- 09 : Ecran LCD 16x2

Les afficheurs LCD sont devenus incontournables dans toutes applications qui demandent la visualisation de paramètres, il s'agit donc d'une interface Homme/Machine. Ils sont très utilisés dans les montages à microcontrôleur, et permettent une grande convivialité. Ils peuvent aussi être utilisés lors de la phase de développement d'un programme, car on peut facilement y afficher les valeurs de différentes variables. Au paravent onéreux et difficile à mettre en œuvre, ils sont maintenant bon marchés et l'interface parallèle au standard Hitachi permet un pilotage facile. [46].

On rencontre aussi de plus en plus d'afficheur pilotable avec un port série ou I2C, les instructions sont restées les mêmes.

L'écran LCD que nous allons utiliser est un écran permettant l'affichage de 16x2 caractères, c'est-à-dire deux lignes de 16 caractères.

III.3.1. Fonctionnement d'un afficheur LCD :

Schéma fonctionnel :

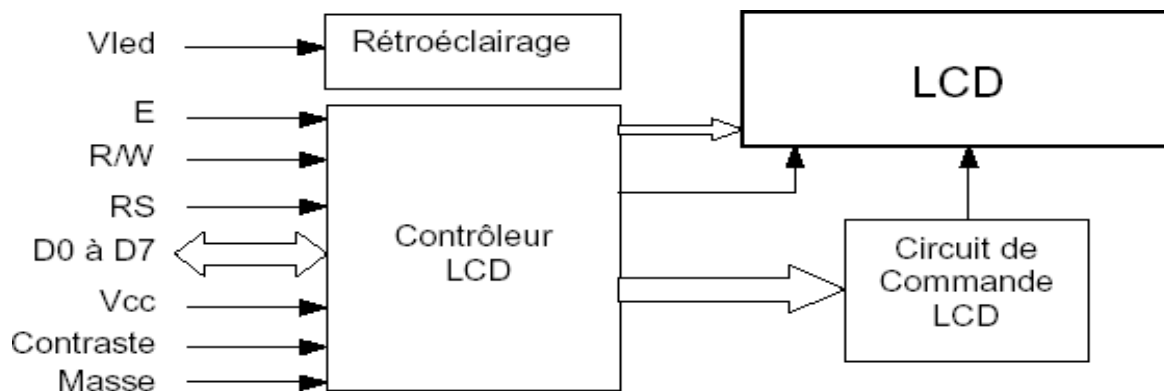


figure III- 10 : Schéma fonctionnel d'un écran LCD 16x2. [47]

III.4.2. Rôle des différentes broches de l'afficheur LCD :

En retournant l'écran LCD on trouve au verso au niveau de broches deux numéro 1 et 16 désignant respectivement la première et la dernière broche. Pour pouvoir brancher correctement l'écran il faut respecter le schéma suivant

- Les deux premiers pins servent à l'alimentation de l'écran respectivement le GND et le 5V.
- Le troisième pin est connecté à un potentiomètre et sert pour régler l'affichage (le contraste de l'écran).
- Le quatrième, est connecté au pin 12 de l'Arduino par exemple. Il sert à sélectionner la zone mémoire de l'écran LCD dans laquelle nous allons écrire.
- Le cinquième doit toujours être connecté au ground. C'est un sélecteur de mode lecture ou écriture.
- Le sixième, est connecté au pin 11 par exemple de l'Arduino. Il permet de lancer ou non l'écriture dans les zones mémoires.
- Les quatre suivants (reliés au ground) servent pour la communication 8 bits. Pour la communication 4 bits, il est conseillé de les relier au ground (facultatif).
- Les quatre pins qui suivent, se connectent par exemple sur les pins 2, 3, 4, 5 de l'Arduino. Ils servent pour la communication
- Les deux pins tout à droite servent pour alimenter la LED du rétro-éclairage. [45]

III.4.3. Montage avec Arduino :

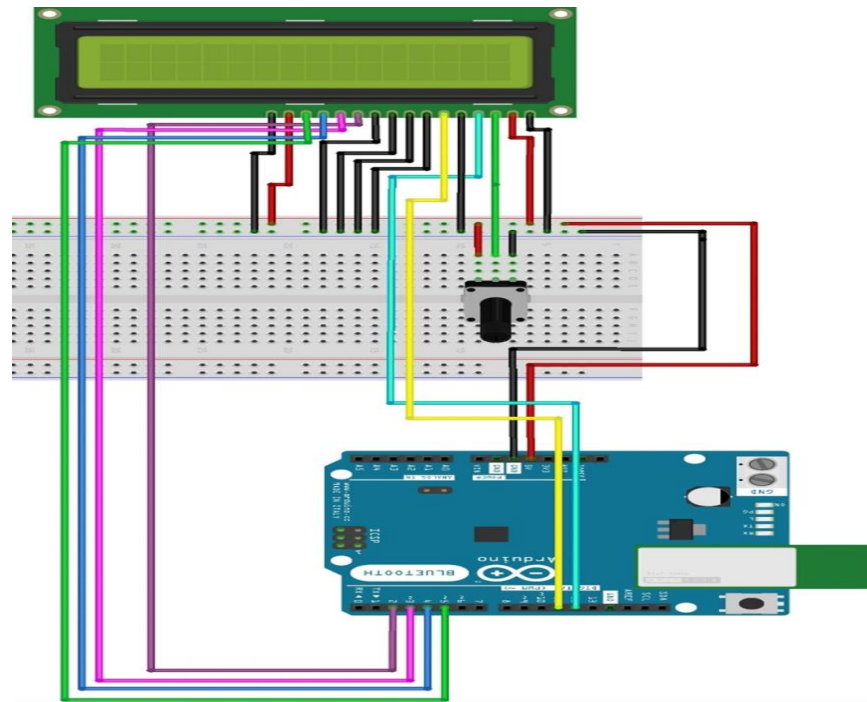


figure III- 11 : Brochage LCD16x2 avec Arduino. [45]

III.4.4. I2C-LCD-module :

Le module s'ajoute simplement à un afficheur LCD standard afin de le commander en I2C.

Le module est un petit PCB qui peut être soudée à l'arrière d'un écran LCD de sorte que vous puissiez le commander au travers d'un bus I2C. Il est basé sur le composant PCA 8574.

De manière générale, en utilisant ce produit pour réduire le nombre de broches (seulement 2 broches sont nécessaires pour l'I2C), et simplifier la connectivité avec les écrans LCD.

Il est compatible avec plusieurs types d'écrans LCD à cristaux liquides, tels que le LCD16x01, le LCD16x02, le LCD16x04 et le LCD20x04. [54]



figure III- 12 : Module Convertisseur I2C LCD

III.4.4.5. Connexion avec Arduino :

La connexion entre le module I2C-LCD et de l'Arduino est représenté ci-dessous :

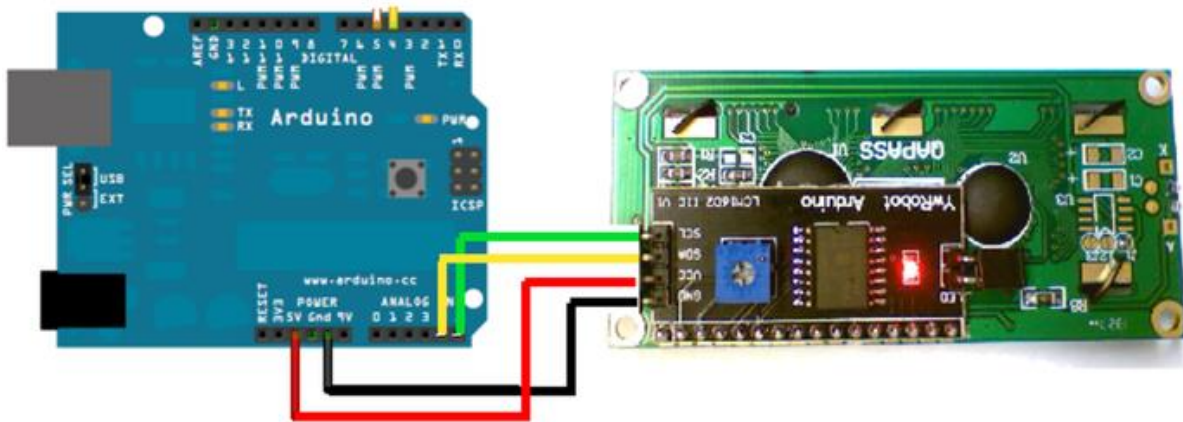


figure III- 13 : Câblage I2C avec Arduino

GND	GND
VCC	+5V
SDA	A4
SCL	A5

Tableau III-02 : Table de correspondance (I2C+Arduino)

III.5. Clavier numérique 4x4: (Keypad Module)

Le clavier est un élément fondamental d'un système de microcontrôleur, afin d'affecter les performances des fonctions à exécuter, de saisir des données et de pouvoir interagir avec la machine. Cela a une disposition matricielle des touches qui nous permet d'exploiter efficacement les broches des microcontrôleurs. Les 16 touches sont mappables en utilisant seulement 8 broches de données de microcontrôleur, la programmation est très rationalisée et simple à mettre en œuvre. L'épaisseur très réduite lui permet d'être installé confortablement et avec n'importe quel appareil. [50]

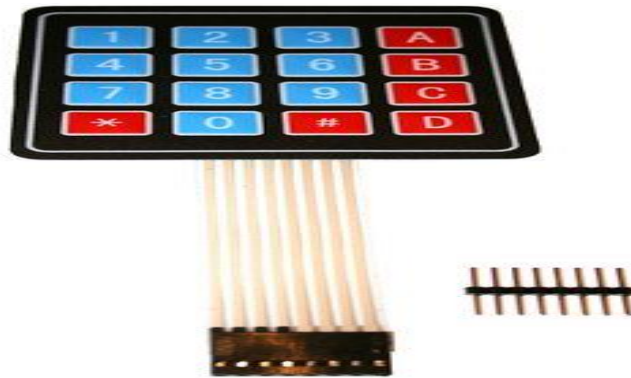


figure III- 14 : 4x4 Keypad Module

III.5.1. Fonctionnement :

Le module clavier 4 x4 (*4 lignes et 4 colonnes*) se compose de 16 touches, ces touches sont organisées dans une matrice de lignes et de colonnes. Tous ces interrupteurs sont connectés les uns aux autres avec une trace conductrice. Normalement, il n'y a pas de connexion entre les lignes et les colonnes. Lorsque nous appuyerons sur une touche, une ligne et une colonne se contactent. [52]

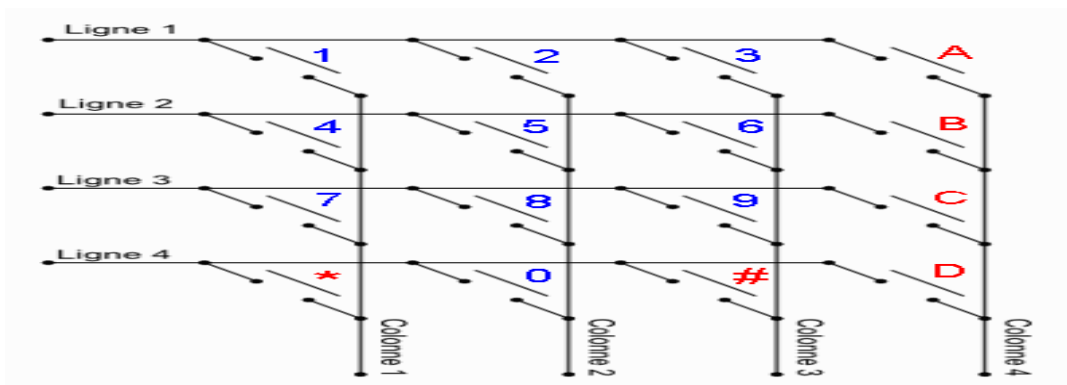


figure III- 15 : Circuit interne du module de clavier 4x4 [48]

III.5.2. Connexion avec Arduino :

Les lignes sont des sorties. Les colonnes sont des entrées maintenues au niveau haut par une résistance interne à Arduino.

Le système envoie par balayage un niveau bas sur chaque ligne (1 seule à la fois) et balaye les colonnes en lecture.

Quand il lit un niveau bas, c'est que la colonne est reliée par une touche appuyée à la ligne qui est

basse à ce moment.

On n'a pas besoin de programmer ce balayage : c'est la bibliothèque qui le fait. [48].

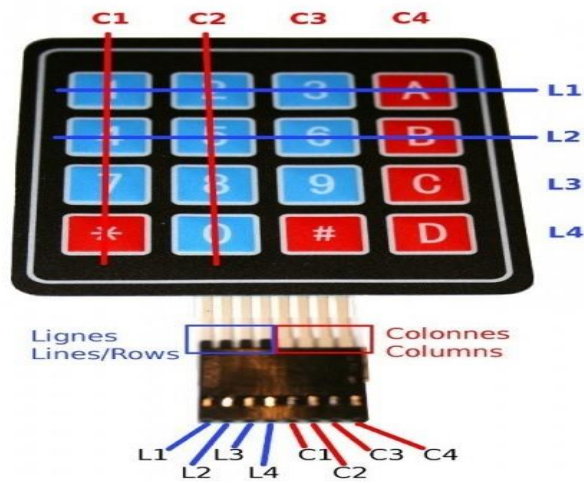


figure III- 16 : Les broches de Keypad Module 4×4 [48]

On le branche sur les 8 entrées digitales successives de la carte Arduino Uno de D9 à D2 :

4x4 Keypad Module	Arduino
Pin 1	D9
Pin 2	D8
Pin 3	D7
Pin 4	D6
Pin 5	D5
Pin 6	D4
Pin 7	D3
Pin 8	D2

Tableau III-0 3 : Table de correspondance (4x4 Keypad +Arduino)



figure III- 17 : Câblage 4x4 Keypad avec Arduino

III.6. Servo-moteurs :

Le Micro Servo Module dispose d'une connectique standard 3 points.

C'est un choix idéal pour réaliser nos projets de robotique et mécatronique piloté par Arduino.



figure III- 18 : Servo-moteurs (MICRO SERVO SG90 9G)

III.6.1. Description :

Le Micro Servo Module est composé d'un moteur électrique mécaniquement lié à un potentiomètre. On utilise la librairie Servo Library pour pouvoir piloter facilement ce module avec un kit Arduino.

L'électronique à l'intérieur du Servo-moteurs transforme une largeur d'impulsion PWM en position physique : Quand le Servo est commandé, le moteur sera actionné jusqu'à atteindre la valeur du potentiomètre correspondante à la position demandée.

Un kit de 3 extrémités en plastique et une vis est fourni avec le micro Servo-moteurs pour pouvoir facilement le relier à l'univers mécanique.

III.6.2. Caractéristiques :

- ❖ Modulation : Analogique
- ❖ Force : 4.8V (1.6 kg-cm)
- ❖ Vitesse : 4.8V 0.1 sec/60°
- ❖ Poids : 9g
- ❖ Dimensions : 23mm x 12.2mm x 29 mm
- ❖ Angle de rotation : 180°
- ❖ Connectique : Connecteur 3 points. [53].

III.6.3. Connexion avec Arduino :

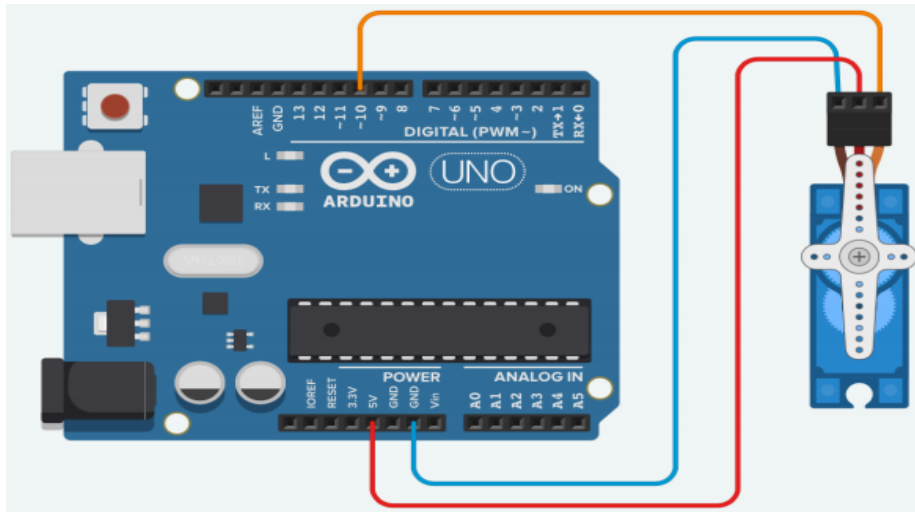


figure III- 19 : Vue prototypage du montage (servomoteur avec Arduino)

- ❖ On va utiliser le servomoteur pour ouvrir et fermer la vachette de porte

III.7. Le buzzer :

Ce composant électromagnétique ou piézoélectrique qui transforme l'énergie électrique en vibration, donc en son.

III.7.1. Le Buzzer actif :

Qui peut recevoir une tension continue. On le différencie du Buzzer passif, car l'électronique n'est pas apparent sur la face inférieure du buzzer. De plus le Buzzer actif possède souvent une étiquette sur le dessus.



figure III- 20 : Buzzer actif

III.7.2. Le Buzzer passif :

Qui fonctionne avec une tension alternative, dont la fréquence est généralement comprise entre 500 Hz et 5 kHz. Celui-ci fonctionnera donc sur une broche PWM...

On peut le reconnaître aisément car sur la face du dessous (celle des broches) on peut voir les composants électroniques.



figure III- 21 : Buzzer passif

Dans notre cas on à utiliser un buzzer actif qui fonctionne sous une tension varie entre 3V jusqu'à 24V [49].

III.8. Système de verrouillage de la porte avec un système d'alarme :

III.8.1. Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement de notre système de sécurité est résumé dans les points suivants

- En scannant la mauvaise étiquette ou en entrant le mauvais mot de passe, il nous enverra une alerte
- En scannant l'étiquette correcte et en entrant le mot de passe correct, il nous enverra un message de confirmation que la porte s'est ouverte.
- Nous pouvons arrêter le système en envoyant un message "fermer" à Arduino et il ne reviendra pas en mode normal tant que nous n'aurons pas envoyé le message "ouvert" à Arduino.
- Pendant la période d'arrêt, il n'analysera aucune étiquette et ne recherchera que les messages. On peut également ouvrir la porte en envoyant un message à Arduino.

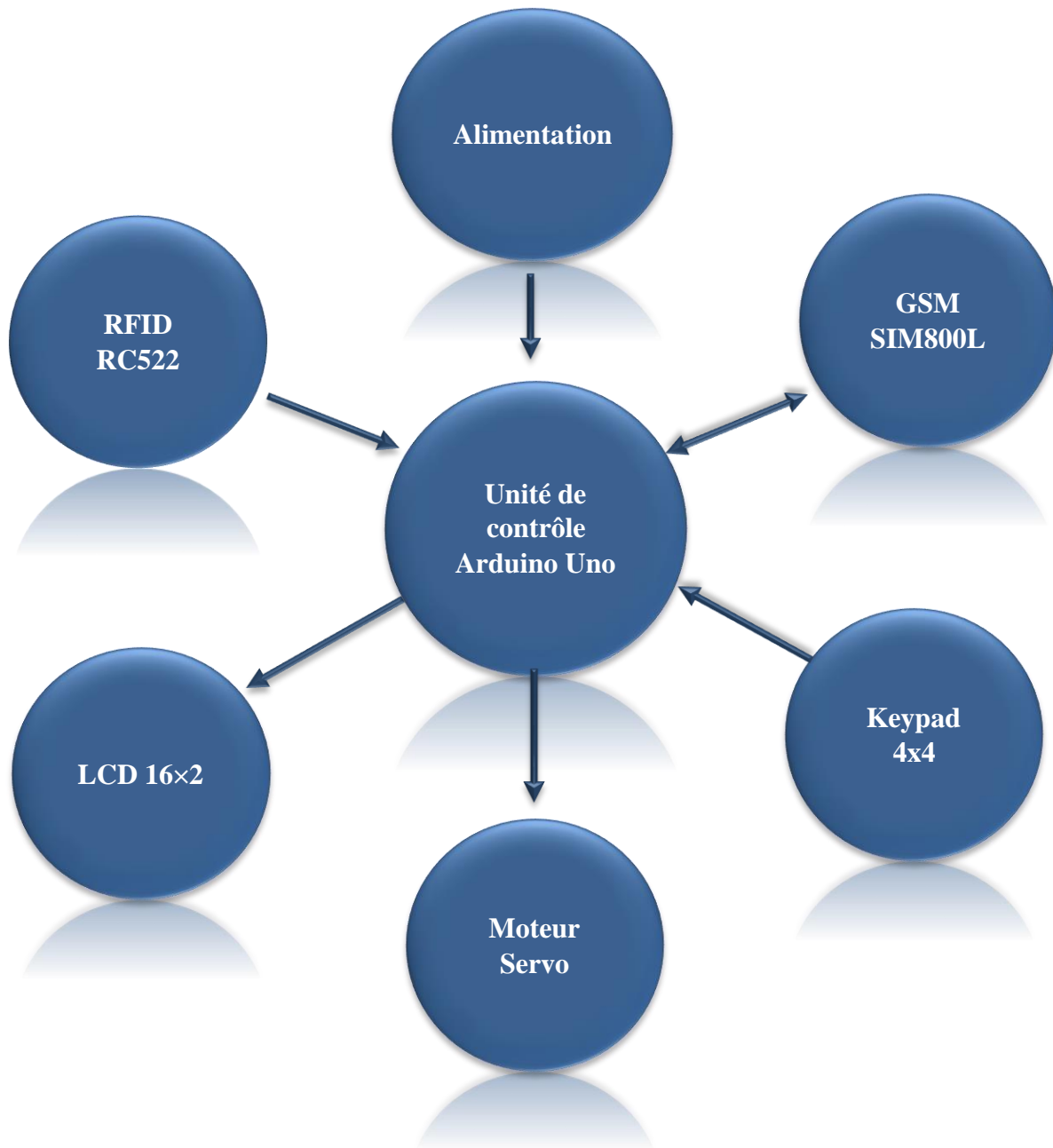


figure III- 22 : Architecture du système

III.8.2. Circuit et composant :

Le schéma de La figure (III-23) représente la configuration générale de notre projet et la connexion avec tous les périphériques de la maquette en utilisant le logiciel Fritzing.

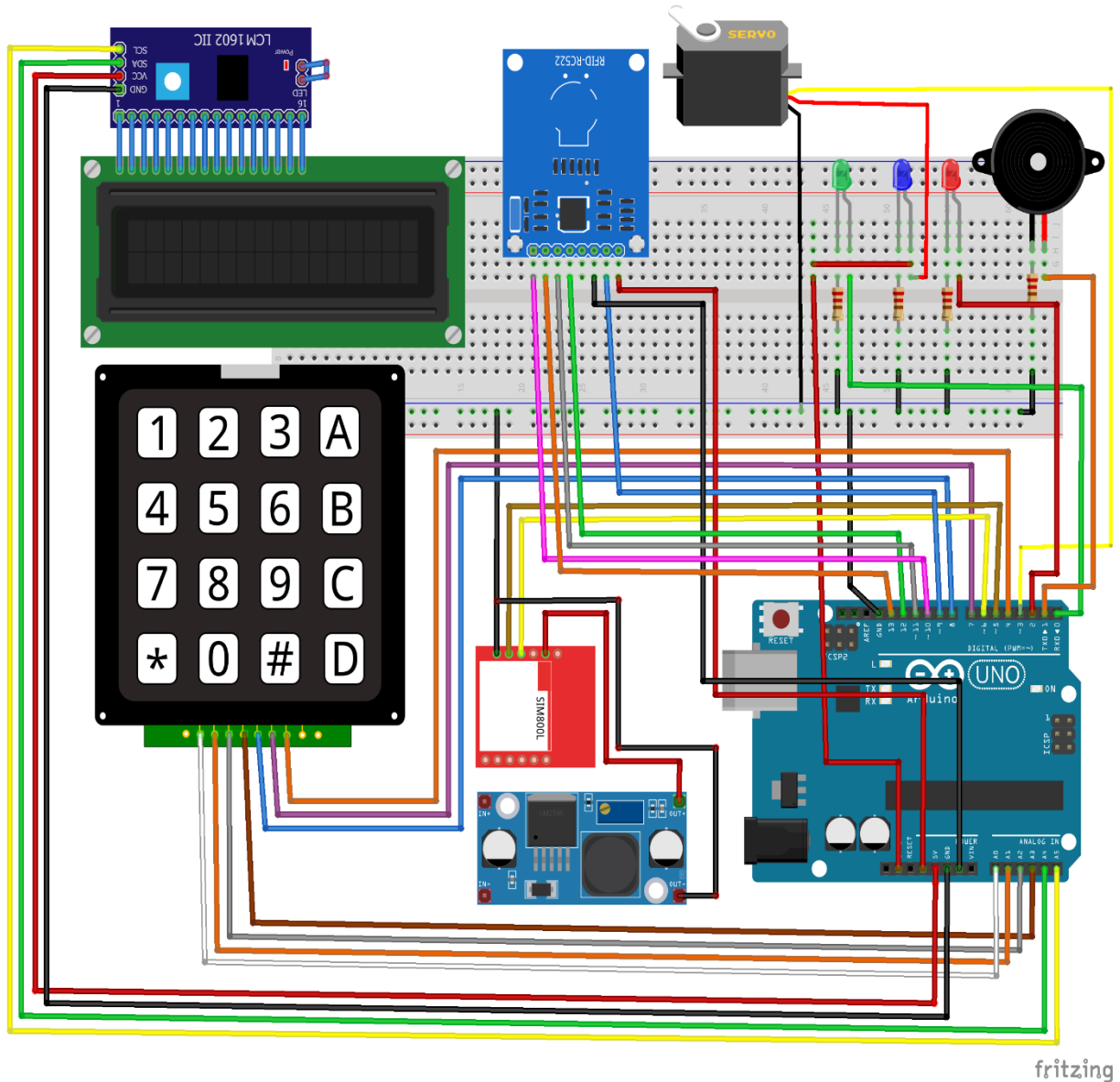


figure III- 23 : Le schéma général de notre système

III.8.3. L'organigramme de programmation :

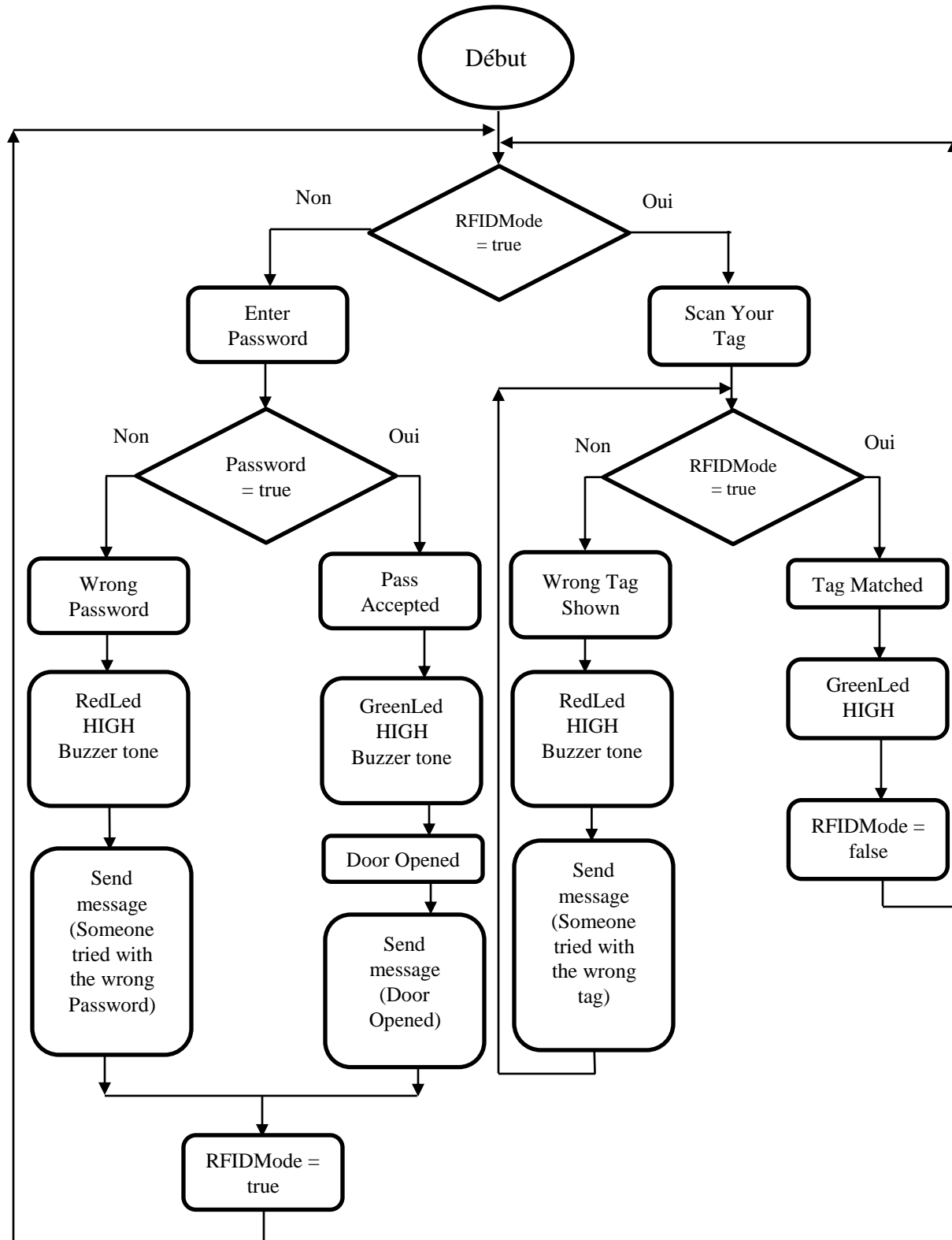


figure III- 24 : L'organigramme de fonctionnement du système

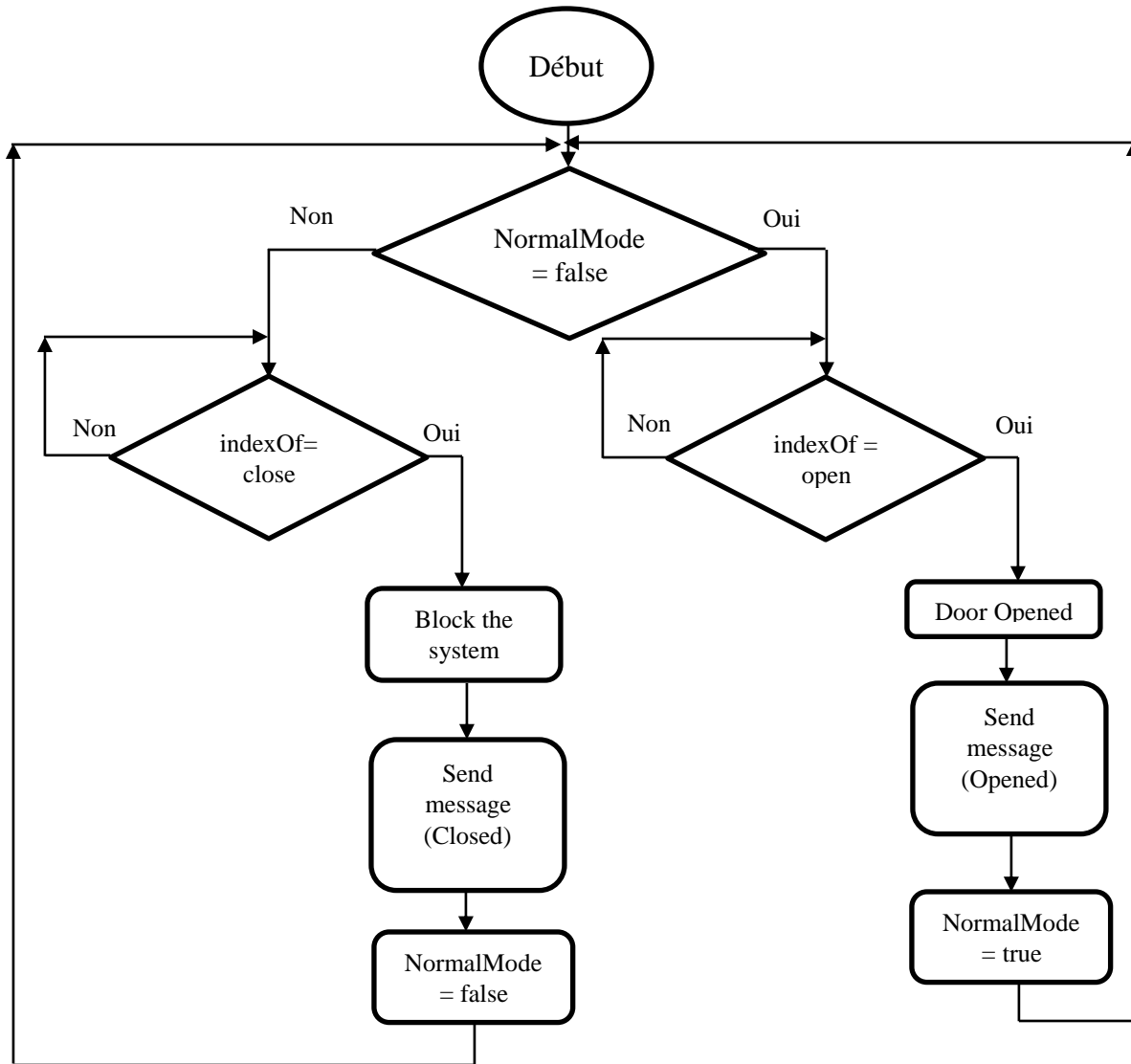


figure III- 25 : L'organigramme de protocole de communication avec le module

III.8.4. Interfaces et prototype de projet :

III.8.4.1. Envoie et réception du message :

Le propriétaire reçoit de courts SMS sur son téléphone indiquant l'état de sécurité (l'étiquette RFID détectée via le lecteur RFID et le mot de passe saisi via le clavier.

On peut également contrôler le système en envoyant un message texte « open » pour ouvrir la porte et « close » pour désactiver le système et ne pas ouvrir même si l'étiquette et le mot de passe sont corrects.

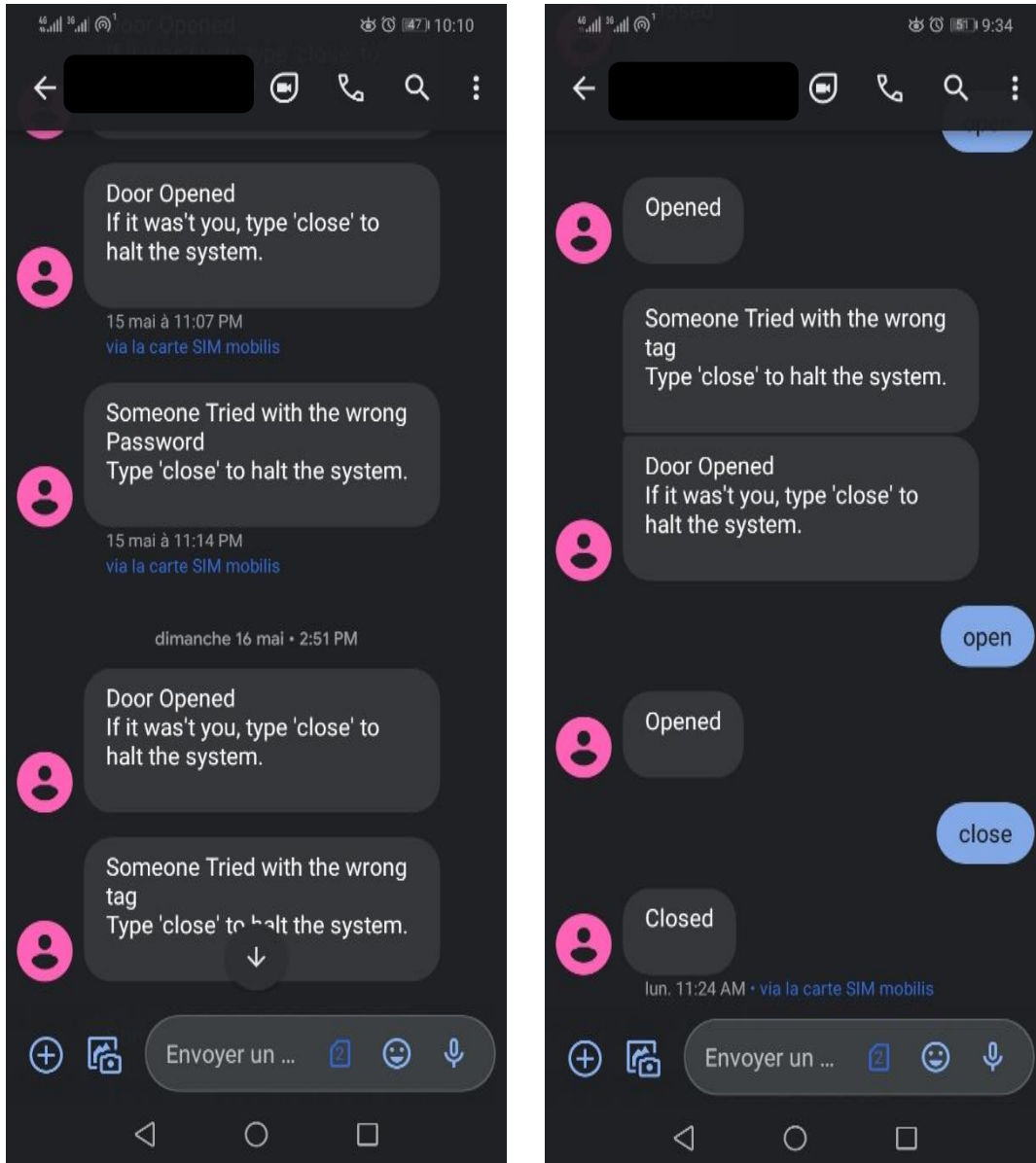


figure III- 26 : Envoie et réception du message à partir du système

III.8.4.2. Prototype de projet :

Dans ce prototype, nous avons installé tous les composants du système et reliés entre eux de manière organisée.

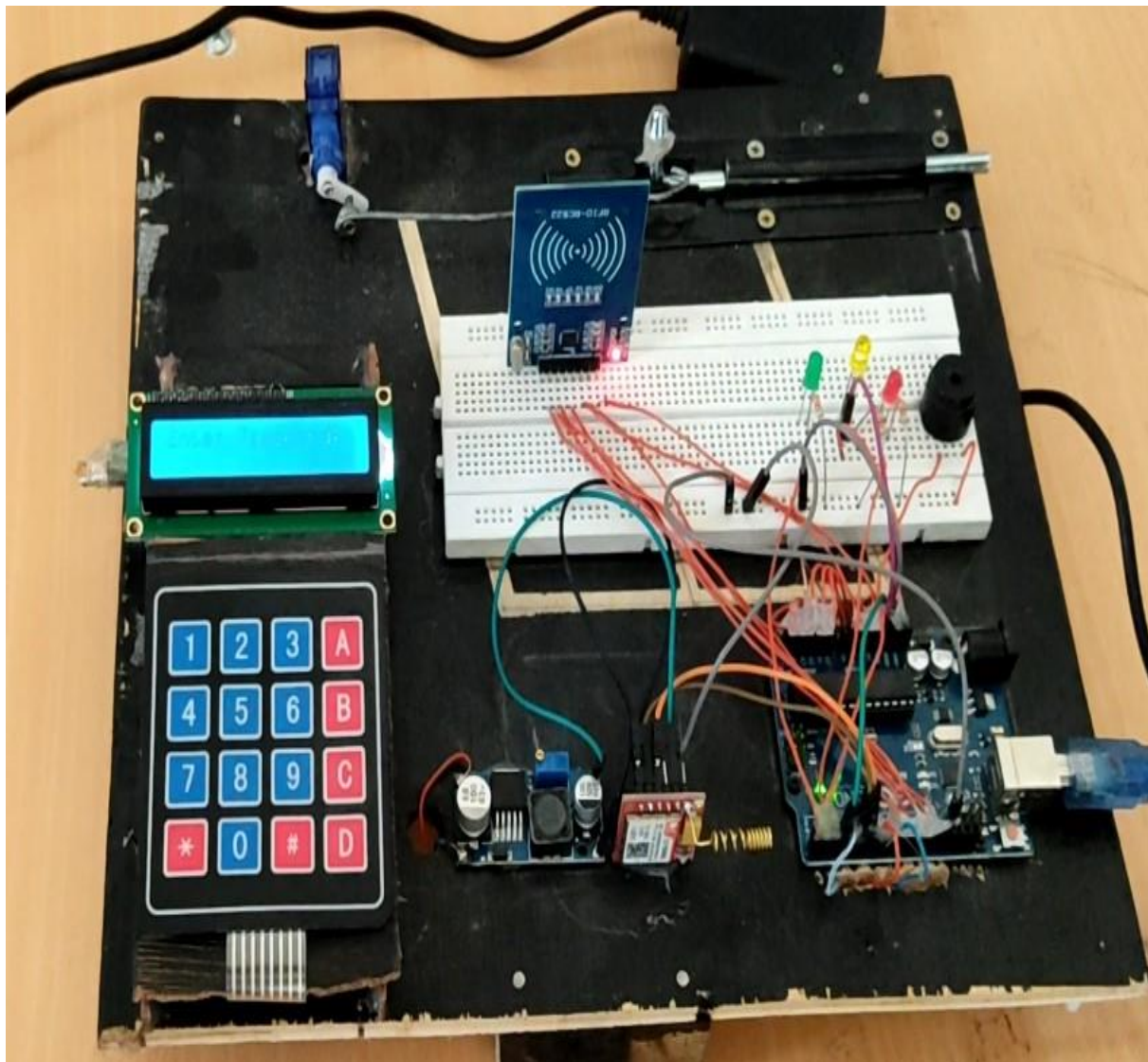


figure III- 27 : Maquette de système de verrouillage de la porte avec un système

Conclusion générale :

Dans ce mémoire, nous avons pu compléter notre système de verrouillage de la porte avec un système d'alarme basé sur la RFID comme réseau de capteurs sans fil et la technologie GSM en tant que réseau de communication.

Notre système proposé permet l'ouverture et la fermeture de la porte en reconnaissant les tags que l'on balaye à travers un lecteur RFID et en permettant de l'accès la tag correcte en lisant le champ électromagnétique de cette dernière et avec la saisie du mot de passe correct via le clavier.

En plus le système réalisé assure la surveillance et le contrôle de près le système en temps réel, en utilisant la technologie GSM, le module GSM envoie et reçoit des messages SMS aux propriétaires via des commandes AT quel que soit l'emplacement ou même dans des endroits éloignés.

La réalisation de ce projet a été très intéressante car nous avons acquis de précieuses informations et de nouvelles expériences grâce à lui, Nous avons été confrontés à de nombreux problèmes lors de notre implémentation du projet en termes de module GSM, ce qui nous a incités à nous y plonger et à en savoir plus sur ses outils et leurs usages.

Comme perspectives, ce projet est considéré comme l'une des projets futurs les plus attractives, car nous prévoyons de l'incarner sur le terrain, alors que nous cherchons à le développer à l'avenir, comme l'ajout des caméras et la connexion du système à Internet, et une application Android peut également être créé pour faciliter le processus de communication entre le système et les propriétaires.

Références :

- [1] Securing & Tracking Homes in Smart Cities Réalisé par: ASSAM KHIRANI
- [2] Système de surveillance et contrôle d'accès à base de la technologie RFID Réalisé par : HACENE CHAOUICHE HMAIDA
- [3]<https://www.commentcamarche.net/contents/1122-le-standard-gsm>
- [4] Système de contrôle par GSM Réalisé par : BENDJAFER HICHAM MIDOUN ANESSE
- [5]<http://www.telecom.ulg.ac.be/publi/publications/mvd/Demoulin2004Principes/index.html>
- [6]<https://www.matooma.com/fr/definitions/gsm#:~:text=Le%20GSM%20ou%20Global%20System,au%20d%C3%A9but%20des%20ann%C3%A9es%201991.>
- [7]<https://www.electronicsforu.com/resources/gsm-module>
- [8]https://www.lias-lab.fr/perso/fredericlaunay/Cours/TR3/Cours_GSM.pdf
- [9]<http://www.efort.com/index.php?PageID=5&l=fr>
- [10]<https://www.officeeasy.fr/guides/amplificateur-gsm/ampgsm111.php#:~:text=En%20Europe%2C%20le%20GSM%20utilise,incompatibles%20avec%20le%20r%C3%A9seau%20europ%C3%A9en.>
- [11]<https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-carte-sim-1320/>
- [12][http://www.lebguide.com/internet_mobile_2.html#:~:text=On%20la%20nomme%20couramment%20%C2%AB%20interface,%20%C2%BB%20ou%20%C2%AB%20interface%20air%20%C2%BB.&text=C'est%20l'interface%20entre%20les%20deux%20composants%20du%20sous.BSC%20\(Base%20Station%20Controler\).&text=C'est%20l'interface%20entre%20les%20deux%20sous%20syst%C3%A8mes%20BSS,NSS%20\(Network%20Sub%20System\).](http://www.lebguide.com/internet_mobile_2.html#:~:text=On%20la%20nomme%20couramment%20%C2%AB%20interface,%20%C2%BB%20ou%20%C2%AB%20interface%20air%20%C2%BB.&text=C'est%20l'interface%20entre%20les%20deux%20composants%20du%20sous.BSC%20(Base%20Station%20Controler).&text=C'est%20l'interface%20entre%20les%20deux%20sous%20syst%C3%A8mes%20BSS,NSS%20(Network%20Sub%20System).)
- [13] Conception et réalisation d'un système Domotique par GSM Réalisé par : Mlle INGUEL MALHA
- [14]<https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>
- [15]<https://www.avast.com/fr-fr/c-what-is-the-internet-of-things>
- [16]<https://lastminuteengineers.com/sim800l-gsm-module-arduino-tutorial/>
- [17]<https://www.electronicsforu.com/special/cool-stuff-misc/gsm-at-commands>
- [18]<https://www.myrfidsolution.com/la-technologie-rfid/>
- [19] FICHE D'INFORMATION NO 1 BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
- [20]<https://www.instructables.com/Access-Control-Using-RFIDRC522-and-Atmega32-MCU/>
- [21] RFID / NFC 8-RFID.odt
- [22]https://www.timcod.fr/media/20200305_schema_rfid.png
- [23] La technologie RFID / NFC Samia Bouzefrane Laboratoire CEDRIC – CNAM
- [24]<https://elearning.univ-msila.dz/moodle/course/view.php?id=4959>
- [25] CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES ED 4217
- [26]<https://sbedirect.com/fr/blog/article/comprendre-la-rfid-en-10-points.html>
- [27] http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2007/mmadegar_rfid/documents/EPC2004-032-RFID%20Principes%20et%20Applications.pdf
- [28]<https://www.boutique.afnor.org/resources/cf195160-5165-47bc-872c-9962baacd403.pdf>
- [29]<https://www.connectwave.fr/techno-appli-iot/rfid/introduction-a-la-rfid/>
- [30]<https://rfidworld.ca/rfid-technologies-lf-hf-uhf-ble-nfc-and-active/2888>
- [31]<https://www.moussasoft.com/product/module-rfid-rc522-lecteur-rfid>
- [32] <https://lastminuteengineers.com/how-rfid-works-rc522-arduino-tutorial/>
- [33]<https://www.electronique-mixte.fr/microcontrolleurs/rfid-controle-dacces-par-badge-avec-arduino/>
- [34]<https://www.electronique-mixte.fr/wp-content/uploads/2019/08/MFRC522-Datasheet.pdf>

- [35] <http://idehack.com/blog/utiliser-un-module-rfid-rc522-avec-larduino/>
- [36] <https://www.locoduino.org/spip.php?article271>
- [37] <https://fr.vikidia.org/wiki/Arduino>
- [38] <https://arduiblog.com/2019/02/05/presentation-de-larduino/>
- [39] <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-uno-12420.htm>
- [40] <https://boutique.semageek.com/fr/2-arduino-uno-dip-rev3-3004958542305.html>
- [41] http://sti.ac-amiens.fr/IMG/pdf/la_carte_arduino_uno_-_version_2016-09.pdf
- [42] <https://arduino.blaisepascal.fr/presentation/logiciel/>
- [43] https://www.01net.com/telecharger/windows/Multimedia/creation_graphique/fiches/149413.html
- [44] https://disciplines.actoulouse.fr/sii/sites/sii.disciplines.actoulouse.fr/files/ressources/didacticiels/modelisationsimulation/fritzing/utilisation_fritzing_premierpas.pdf
- [45] [fiche_6_branchement_et_utilisation_d_un_ecran_LCD.pdf](#).
- [46] <http://nalhossri.free.fr/LCD4bits.h/LCD4bits.h.html>
- [47] [éclairageSynthese_afficheur_LCD.pdf](#).
- [48] <http://micol1.free.fr/Arduino/Arduino-lecon25.html>
- [49] <https://ardwinner.jimdo.com/arduino/via-les-capteurs/1a-buzzer-alarme/>
- [50] <https://www.dondeleo.com/fr/prodotto/clavier-matriciel-4x4-16-touches-pour-arduino/>
- [51] http://tiptopboards.free.fr/arduino_forum/viewtopic.php?f=2&t=31
- [52] <https://www.electroduino.com/4x4-keypad-module/>
- [53] <https://boutique.semageek.com/fr/104-micro-servo-tower-pro-sg90-3007447379574.html>
- [54] <https://www.orbit-dz.com/product/convertisseur-i2c-lcd-module/>