



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Génie électrique
Réseaux et Télécommunication

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Maatougui Imane Roufaïda

Le : dimanche 7 juillet 2019

Télécommande par GSM (sim900) D'équipements agricoles pour les zones arides

Jury :

Mr.	AMEID sofiane	MCA	Université de Biskra	Président
Mlle.	OUARHLENT saloua	MAA	Université de Biskra	Examineur
Mr.	ABDESSELAM salim	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2018 - 2019

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

En préambule à ce mémoire

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Je remercie...

A notre maître et encadreur

Monsieur ABDESSELAM Salim

qui à toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations professionnelles., Nous saisissons cette occasion pour vous exprimer notre profonde gratitude tout en vous témoignant notre respect. nous lui souhaitons beaucoup de succès et bonheur dans sa vie

Nous tenant à exprimer nos vifs remerciements à Messieurs les membres du jury.

A Monsieur AMEID Sofiane pour honneur qu'il nous fait en acceptant la présidence du jury.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

A Mlle OUARHLENT Saloua pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements également à : Tous ceux qui ont contribué de lois ou de près à la réalisation de ce travail ;

A tout les étudiants de Réseaux et Télécommunication M

DEDICACES

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 aux quels je dois tous les bonheurs du monde, pour leurs sacrifices et leur patience. Sans eux je ne serai jamais devenu la femme 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 mes sœurs Amani , Lina , Omaima et mes frère Ihab ,

Oussama, Aymen

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 Maatougui et Bouaiss

Je dédie également ce travail à tous mes amies avec qui j'ai partagé beaucoup de souvenirs inoubliables : Ikhllass ,Linda,

Nihed ,Sara ,Gama ,Rabia, Amira ,Aya

A mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie ma sœur Hadjer Mebarki ,aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur

A mes collègues Zoubiri Bachir , Belhadj Mahdi , Ikhenach Wail ,

LAMARI ilyess

A notre Docteur Bendahmane Radia

A mon oncle Guessmi Brahim Que dieu vous procure bonne santé et long vie

Liste des tableaux

Table I.1 : Des informations sur l'électrovanne	16
Table II.1 : Les Caractéristiques principales de module	38
Table II.2 : Illustration des informations de module.....	41
Table II.3 : Les commandes AT permettent d'accéder à toutes les fonctions du ME	43
Table II.4 : les commandes AT permettant la gestion des SMS	43

Liste des figures

Chapitre I Généralités sur le secteur agricole

Figure I.1 :Arrosage des plantes avec un arrosoir.....	6
Figure I.2 :Les différents systèmes d'irrigation.....	7
Figure I.3 : Irrigation par planche	8
Figure I.4 :Irrigation par bassin.....	8
Figure I.5 :Irrigation par sillons (à la raie)	8
Figure I.6 :Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte	9
Figure I.7 :Irrigation par aspersion	10
Figure I.8 :Electrovanne AC 220 /240 v	14
Figure I.9 :Etape 1 du fonctionnement d'une électrovanne	15
Figure I.10 :Etape 2 du fonctionnement d'une électrovanne	15
Figure I.11 :Etape 3 du fonctionnement d'une électrovanne	16
Figure I.12 :Etape 4 du fonctionnement d'une électrovanne	16
Figure I.13 :Pompe à eau.	17
Figure I.14 :Eclairage LED dans une serre agricole	18
Figure I.15 :Lampe fluorescente	19
Figure I.16 :Lampe de sodium haute pression (SHP)	20
Figure I.17 :Extracteur	20
Figure I.18 :Vérin de la serre	21
Figure I.19 :Ventilation	21

Chapitre II Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Figure II.1 :Description de la carte ArduinoUno	27
Figure II.2 :Microcontrôleur ATmega 328	27
Figure II.3 :Alimentation d'arduinoUno	29
Figure II.4 :Interface du logiciel Arduino	32
Figure II.5 :L'architecture du réseau GSM	36
Figure II.6 :GSM GPRS Shield V3.0	37
Figure II.7 : Description du module (GSM GPRS V3.0)	38
Figure II.8 :La liaison série	39

Figure II.9 :SIM900 [52].....	40
Figure II.10 :Les informations sur SIM900.....	40
Figure II.11 :Schéma du fonctionnement des commandes AT	42

Chapitre III

Table des matières

Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iv

Liste des abréviations	vi
Résumé.....	vii
Introduction générale	1

Chapitre I Généralités sur le secteur agricole

I.1 Introduction	2
I.2 L'agriculture.....	2
I.3 Historique de l'agriculture	2
I.4 L'importance de l'agriculture.....	3
I.5 L'agriculture dans les zones arides	3
I.5.1 Les zones arides	3
I.5.2 Agriculture en sol aride	3
I.5.3 Les Problèmes rencontrés dans les zones arides	Error! Bookmark not defined.
I.6 Irrigation.....	Error! Bookmark not defined.
I.6.1 Définition	Error! Bookmark not defined.
I.6.2 L'irrigation dans le monde	Error! Bookmark not defined.
I.6.3 L'importance de l'irrigation	5
I.7 Etude des méthodes d'irrigation	5
I.7.1 L'irrigation gravitaire	7
I.7.1.a L'irrigation par planche	7
I.7.1.b L'irrigation par bassin.....	8
I.7.1.c Irrigation par sillons (à la raie)	8
I.7.2 L'irrigation localisée (goutte à goutte).....	9
I.7.3 L'irrigation par aspersion.....	9
I.8 Principaux paramètres climatiques.....	10
I.8.1 Température	10
I.8.1.a Le chauffage	11
I.8.1.b Ventilation.....	11
I.8.2 Humidité.....	11
I.8.3 Éclairage.....	12
I.8.3.a Eclairage naturel.....	12
I.8.3.b Éclairage artificiel	13
I.9 Les équipements agricoles	13

I.9.1 Les serres agricoles	13
I.9.1.a Définition.....	13
I.9.1.b Intérêt de la serre	13
I.9.2 L'électrovanne.....	13
I.9.2.1 Définition	13
I.9.2.2 principe de l'électrovanne	14
I.9.2.3 Différentes étapes de fonctionnement.....	14
I.9.2.4 Données techniques.....	16
I.9.3 Lapompe électrique	17
I.9.4 Le système d'éclairage	17
I.9.4.1 Buts de l'éclairage.....	18
I.9.4.2 Types de lampes	18
I.9.4.2.1 L'éclairage LED.....	18
I.9.4.2.2 Eclairage par lampes fluorescentes	18
I.9.4.2.3 Éclairage par lampe de sodium haute pression (SHP)	19
I.10 Autre équipements.....	20
I.10.1 Extracteur	20
I.10.2 Vérin.....	20
I.10.3 Ventilation artificielle	21
I.11 Conclusion.....	21

Chapitre II Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

II.1 Introduction.....	23
II.2 Le module d'Arduino.....	23
II.2.1 L'histoire d'Arduino	23
II.2.2 Définition du module Arduino.....	23
II.2.3 Description technique	24
II.2.3.1 L'alimentation	24
II.2.3.2 Les entrées/sorties.....	24
II.2.3.3 La mémoire	24
II.2.3.4 L'horloge	24
II.2.3.5 La reset.....	25
II.2.4 Outils Arduino	25

II.2.5 La carte ArduinoUno	25
II.2.5.1Présentation.....	25
II.2.5.2Caractéristique technique de la carte Arduino UNO	26
II.2.5.3 Choix de la carte Arduino UNO	26
II.2.5.4Description généralede la carte Arduino UNO(matériel et logiciel)	26
II.2.5.4.1 Partie matérielle	27
II.2.4.2 Partie software (Logiciel)	31
II.3 Le réseau GSM	32
II.3.1 Historique.....	32
II.3.2 Présentation du réseau GSM.....	33
II.3.3 L'architecture du réseau GSM	33
II.3.3.1 Sous système radio (BSS - Base Sub Système).....	34
II.3.3.2Sous système réseau (NSS- Network Sub-System).....	35
II.3.3.3 Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS - OperationSub-System).....	35
II.3.4 Le Short Message Service (SMS).....	36
II.4 Le GSM Shield	36
II.4.1 Présentation.....	36
II.4.2 Description du module.....	37
II.4.3 Caractéristiques principales	38
II.4.4 Liaison série	39
II.4.5 Les LED indicatrices.....	39
II.4.5.1 DEL « PWR » (verte)	39
II.4.5.2 DEL « ETAT » (Rouge)	39
II.4.5.3DEL « RESEAU » (Verte).....	39
II.4.6 Le SIM 900 de SIMCOM :	39
II.5 Les Commandes AT	41
II.5.1 présentation	41
II.5.2Principes généraux	42
II.5.3 La NORMEGSM07.07	43
II.5.4 La NORMEGSM07.05	43
II.6 Conclusion	44

Liste des tableaux

Table I.1 : Des informations sur l'électrovanne	18
Table II.1 : Les Caractéristiques principales de module.....	38
Table II.2 : Illustration des informations de module.....	41
Table II.3 : Les commandes AT permettent d'accéder à toutes les fonctions du ME	43
Table II.4 : les commandes AT permettant la gestion des SMS.....	43
Table III.1 composants utilisés dans le projet.....	49
Table III.2 Brochage du connecteur.....	
Table III.3 liste des sms utilisé pour la commande	

Liste des figures

Chapitre I Généralités sur le secteur agricole

Figure I.1 Arrosage des plantes avec un arrosoir	7
Figure I.2 Les différents systèmes d'irrigation	8
Figure I.3 Irrigation par planche	9
Figure I.4 Irrigation par bassin	9
Figure I.5 Irrigation par sillons (à la raie)	9
Figure I.6 Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte	10
Figure I.7 Irrigation par aspersion	11
Figure I.8 Electrovanne AC 220 /240 v	15
Figure I.9 Etape 1 du fonctionnement d'une électrovanne	16
Figure I.10 Etape 2 du fonctionnement d'une électrovanne	16
Figure I.11 Etape 3 du fonctionnement d'une électrovanne	17
Figure I.12 Etape 4 du fonctionnement d'une électrovanne	17
Figure I.13 Pompe à eau.....	18
Figure I.14 Eclairage LED dans une serre agricole	19
Figure I.15 Lampe fluorescente	20
Figure I.16 Lampe de sodium haute pression (SHP)	21
Figure I.17 Extracteur	21
Figure I.18 Vérin de la serre	22
Figure I.19 Ventilation	22

Chapitre II Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Figure II.1 Description de la carte ArduinoUno	27
Figure II.2 Microcontrôleur ATmega 328	28
Figure II.3 Alimentation d'arduinoUno	29
Figure II.4 Interface du logiciel Arduino	32
Figure II.5 L'architecture du réseau GSM	36
Figure II.6 GSM GPRS Shield V3.0	37
Figure II.7 Description du module (GSM GPRS V3.0).....	38

Figure II.8 La liaison série	39
Figure II.9 SIM900 [52].....	40
Figure II.10 Les informations sur SIM900	40
Figure II.11 Schéma du fonctionnement des commandes AT	42

Chapitre III Réalisation et conception du projet

Figure III.1 Schéma bloc du système.....	47
Figure III.2 Schéma récapitulatif.	47
Figure III.3 Description générale	48
Figure III.3 Montage de projet.....	49
Figure III.4 Carte GSM compatible avec carte Arduino	51
Figure III.5 afficheur LCD.....	51
Figure III.6 Circuit de câblage LCD-Arduino.....	52
Figure III.7 Module relais à 4 canaux.....	54
Figure III.8 Brochage du relais (un seul canal).....	54
Figure III.9 Schéma de connexion du potentiomètre.....	56
Figure III.10 Connexions de l'afficheur au Potentiomètre.....	56
Figure III.11 fils électrique de câblage.....	56
Figure III.12 plaque d'essai (830 points)	57
Figure III.13 spots encastrables	58
Figure III.14 L'organigramme du programme principale.....	59
Figure III.15 Circuit diagramme	60
Figure III.16 Schéma expérimental de la réalisation	61
Figure III.17 le premier cas (pc est on)	61
Figure III.18 le deuxième cas (tout sont on)	62
Figure III.19 le troisième cas (tous sont off)	62
Figure (III.20) Tous les messages de tests.	63
Figure (III.21) les informations affichées à le monitor série	64

Table des matières

Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iv
Liste des abréviations	vi
Résumé	vii
Introduction générale	1

Chapitre I Généralités sur le secteur agricole

I.1 Introduction	3
I.2 L'agriculture	3
I.3 Historique de l'agriculture	3
I.4 L'importance de l'agriculture	4
I.5 L'agriculture dans les zones arides	4
I.5.1 Les zones arides	4
I.5.2 Agriculture en sol aride	5
I.5.3 Les Problèmes rencontrés dans les zones arides	5
I.6 Irrigation	5
I.6.1 Définition	5
I.6.2 L'irrigation dans le monde	6
I.6.3 L'importance de l'irrigation	6
I.7 Etude des méthodes d'irrigation	7
I.7.1 L'irrigation gravitaire	8
I.7.1.a L'irrigation par planche	8
I.7.1.b L'irrigation par bassin	9
I.7.1.c Irrigation par sillons (à la raie)	9
I.7.2 L'irrigation localisée (goutte à goutte)	10
I.7.3 L'irrigation par aspersion	10
I.8 Principaux paramètres climatiques	11
I.8.1 Température	11
I.8.1.a Le chauffage	12
I.8.1.b Ventilation	12
I.8.2 Humidité	13
I.8.3 Éclairage	13

I.8.3.a Eclairage naturel.....	13
I.8.3.b Éclairage artificiel	14
I.9 Les équipements agricoles	14
I.9.1 Les serres agricoles	14
I.9.1.a Définition	14
I.9.1.b Intérêt de la serre.....	14
I.9.2 L'électrovanne	15
I.9.2.1 Définition	15
I.9.2.2 principe de l'électrovanne	15
I.9.2.3 Différentes étapes de fonctionnement.....	15
I.9.2.4 Données techniques	17
I.9.3 La pompe électrique.....	18
I.9.4 Le système d'éclairage.....	19
I.9.4.1 Buts de l'éclairage.....	19
I.9.4.2 Types de lampes.....	19
I.9.4.2.1 L'éclairage LED.....	19
I.9.4.2.2 Eclairage par lampes fluorescentes	20
I.9.4.2.3 Éclairage par lampe de sodium haute pression (SHP)	20
I.10 Autre équipements	21
I.10.1 Extracteur	21
I.10.2 Vérin	21
I.10.3 Ventilation artificielle	22
I.11 Conclusion	22

Chapitre II Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

II.1 Introduction	23
II.2 Le module d'Arduino	23
II.2.1 L'histoire d'Arduino.....	23
II.2.2 Définition du module Arduino	23
II.2.3 Description technique	24
II.2.3.1 L'alimentation	24
II.2.3.2 Les entrées/sorties.....	24
II.2.3.3 La mémoire.....	24
II.2.3.4 L'horloge.....	24

II.2.3.5 La reset	25
II.2.4 Outils Arduino	25
II.2.5 La carte ArduinoUno	25
II.2.5.1Présentation	25
II.2.5.2Caractéristique technique de la carte Arduino UNO	26
II.2.5.3 Choix de la carte Arduino UNO	26
II.2.5.4Description généralede la carte Arduino UNO(matériel et logiciel)	26
II.2.5.4.1 Partie matérielle	27
II.2.5.4.2 Partie software (Logiciel)	31
II.3 Le réseau GSM	32
II.3.1 Historique	32
II.3.2 Présentation du réseau GSM.....	33
II.3.3 L'architecture du réseau GSM.....	34
II.3.3.1 Sous système radio (BSS - Base Sub Système).....	34
II.3.3.2Sous système réseau (NSS- Network Sub-System).....	35
II.3.3.3 Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS - OperationSub-System).....	36
II.3.4 Le Short Message Service (SMS).....	36
II.4 Le GSM Shield	37
II.4.1 Présentation	37
II.4.2 Description du module.....	37
II.4.3 Caractéristiques principales	38
II.4.4 Liaison série.....	39
II.4.5 Les LED indicatrices	39
II.4.5.1 DEL « PWR » (verte)	39
II.4.5.2 DEL « ETAT » (Rouge)	39
II.4.5.3DEL « RESEAU » (Verte)	39
II.4.6 Le SIM 900 de SIMCOM :	40
II.5 Les Commandes AT	41
II.5.1 présentation.....	41
II.5.2Principes généraux.....	42
II.5.3 La NORMEGSM07.07	43
II.5.4 La NORMEGSM07.05	43
II.6 Conclusion	44

Chapitre III Réalisation et conception du projet

III.1 Introduction.....	46
III.2 principe de fonctionnement	46
III.3 Schéma de principe.....	46
III.4 Description générale du projet	48
III.5 Composants utilisés	49
III.6 Description des différents matériels utilisés	50
III.6.1 L'Arduino et la Carte Sim 900 GSM/GPRS Shield	50
III.6.3 L'écran LCD 16x2 (<i>Light Control Display</i>)	51
III.6.3.1 définition	51
III.6.3.2 Principe des cristaux liquides LCD	52
III.6.3.3 Brochage	52
III.6.4 Module de Relais 5V à 4 Canaux	53
III.6.4.1 Définition d'un relais.....	53
III.6.4.2 Principe de fonctionnement.....	53
III.6.4.3 Câblage.....	54
III.6.5 Potentiomètre (10k)	55
III.6.5.1 Définition	55
III.6.5.2 Principe de fonctionnement du potentiomètre.....	55
III.6.6 fils de connexion (<i>jumpers</i>)	56
III.6.7 Plaquette d'essai	57
III.6.8 les composants 220v	57
III.6.8.1 prise électrique	57
III.6.8.2 Les lampes (Spot Led)	57
III.6.8.3 électrovanne	58
III.7 Organigramme du programme.....	58
III.8 Réalisation du projet	60
III.9 Tests et résultats	61
III.10 conclusion	64
Introduction générale	65

Liste des abréviations

AC : Alternating Current

DC : Direct Current

LED : Light Emitting Diode

SHP : Sodium Haute Pression

GSM: Global System for Mobile communication

SIM : Subscriber identity module

GPRS: General Packet Radio Service

MHz : Méga Hertz

IDE : Integrated Development Environment

USB: Universal Serial Bus

GND: Générateur Non Débitant

SRAM : Static Random Access Memory

EEPROM : Electrically-Erasable Programmable ReadOnly Memory

RAM : Random Access Memory

MAC : Media Access Control

PC : Personal Computer

PWM: pulse width modulation

ICSP : In Circuit Serial Programming

E/S : Entrer/Sortie

AVR : architecture Harvard 8 bits RISC

VIN : INput Voltage

SPI : Interface Série Périphérique

I2C : Inter-Integrated Circuit

AREF :Allocation aide à Retour

UART : Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

TTL : Transistor Transistor Logic

RX/TX : Receiver/Transmitter

CEPT : Conférence Européenne des Postes et Télécommunications

EDGE : Enhanced Data Rates for GSM Evolution

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System

SMS: Short Message System

BSS : Base Station Subsystem

NSS : Network Subsystem.

OSS : OperationSubsystem

BTS :Base Transceiver Station

BSC :Base Station Controller

MS : Mobile Station

MSC : Mobile Switching Center

VLR : Visitor Location Register

HLR : Home Location Register

AUC :Authentication Center

EIR : Equipement IdentityRegister

CDMA : Code division multiple access

UDP : User Datagram Protocol

TCP : Transmission Control Protocol

M2M :Machine To Machine

AT : ATtention

ASCII : American Standard Code for Information Interchange.

TA : Terminal Adaptation

ME : Mobile Equipement

TE : Terminal Equipement

ملخص

يهدف هذا المشروع بالدرجة الأولى إلى رفع المشقة عن أصحاب المناطق الفلاحية الجافة خاصة المتواجدة بالمناطق الحارة ، إذ يمكنهم التحكم عن بعد في مزارعهم بإشعال و إطفاء مختلف الهياكل الزراعية من أي مكان يتوفر على شبكة الخليوي . هذا ما يساهم في زيادة الإنتاج و المحافظة على المياه أثناء السقي . يتم هذا بدارة كهربائية مربوطة بوحدة النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (ج س م) عن طريق إرسال رسائل نصية من هاتف المستخدم إلى الوحدة (ج س م) المربوطة بالدارة الكهربائية المتكونة أساسا من لوحة اردوينو عن طريق اتصال متوازي و بأوامر معينة (أوامر هايز) . تعالج الرسائل و تنفذ مهام التحكم عن طريق الدارة .

الكلمات المفتاحية: التحكم عن بعد، النظام العالمي للاتصالات المتنقلة ، شبكة الخليوي ، لوحة اردوينو، وحدة(ج س م) أوامر هايز ، رسائل نصية .

Abstract

This project aims mainly to raise hardship for the farmers of the dry agricultural areas, especially in the hot areas, as they can remotely control their farms turned on or off various agricultural devices from anywhere containing a cellular network. This contributes to increased production and conservation of water during watering.

This is done by a circuit connected to the GSM module by sending short text messages from the user's phone to the unit connected to the electrical circuit, which is mainly made up of the Arduino via a serial communication by AT commands (command Hayes).

Keywords: remote control , GSM , cellular network, Arduino , GSM shield , AT commands, short text messages (SMS)

Résumé

Ce projet permet aux utilisateurs de commander et de contrôler leurs fermes localement ou à distance, dans le but de diminuer la pénibilité et de optimiser le temps de travail et augmenter la productivité agriculteurs dans les zones arides et surtout dans les zones chaudes , ils peuvent contrôler à distance allumées ou éteintes leurs équipements agricoles depuis n'importe quel site à condition que l'utilisateur et le périphérique soient situés dans une zone de couverture cellulaire. En utilisant Module GSM connecté à Arduino UNO avec une carte SIM à l'intérieur du module, qui permet de recevoir ou d'envoyer des SMS , le module est communiquer avec une carte Arduino par une communication serial, les commandes utilisées dans cette connexions sont des AT COMMANDS

Mots-clés: télécommande, GSM, réseau cellulaire, Arduino, module GSM, commandes AT, messages texte courts (SMS) .

Introduction Générale

Introduction générale

Avec la diversité des moyens de communication humaine, les technologies de l'information et des télécommunications sont devenues une condition suffisante pour assurer une communication illimitée avec tous les habitants de la planète. Nous pouvons alors nous demander quelle sera la prochaine étape ?

La communication homme-machine ou machine-machine peut être considérée comme étant un nouveau type de dialogue possible. En effet, depuis une dizaine d'années les appareils deviennent intelligents, agissent selon le profil des utilisateurs et sont capables de prendre des décisions de manière autonome telles que le contrôle et la surveillance à distance.

Le développement de la technologie de contrôle à distance a connu une croissance rapide, parallèlement au développement des technologies de communication. La technologie de communication la plus simple disponible consiste à utiliser le protocole GSM. [1]

Actuellement le réseau GSM (Global System for Mobile communication) en ALGERIE compte des millions d'utilisateurs. " le portable" est devenu un produit de consommation courante .Ce petit trésor de technologie ouvre la porte à de nombreuses applications électronique sans fil à celui qui sait l'interfacer avec un PC ou un microcontrôleur .Il devient possible via l'envoi et la réception de SMS piloter et surveiller un processus quelconque .la distance n'est désormais plus souci puisque le réseau GSM couvre la plus part des territoire nationale et mondiale.

Dans certaines applications , les systèmes basés sur Arduino doivent être connectés au réseau GSM, ce qui permettra à un utilisateur de contrôler le système en envoyant des message ou en effectuant un appel L'avantage d'utiliser une communication GSM avec un système ou un périphérique est que l'utilisateur peut contrôler le système sans fils ,quelle que soit sa distance de conservation par rapport à toute autre communication sans fil , à condition que l'utilisateur et le périphérique soient situés dans une zone de couverture cellulaire.

Les technologies de l'information et l'agriculture étaient toutes deux considérées comme différentes les unes des autres il y a plus de dix ans, mais le scénario a maintenant changé. Aujourd'hui, le système d'information est largement intégré à l'agriculture. Les technologies de l'information ont toujours le potentiel d'améliorer la qualité des produits agricoles, mais elles exigent de l'efficacité et des informations dans tous les domaines de l'agriculture.

Les technologies de l'information ont un rôle important à jouer dans tous les aspects de l'agriculture dans le monde entier. En plus de diminuer la pénibilité, optimiser le temps de travail et augmenter la productivité agriculteurs dans l'agriculture et les activités connexes.

C'est dans ce cadre que se situe notre projet de fin d'études intitulé "Télécommande par GSM (sim900) d'équipements agricoles pour les zones arides".

Ce projet a pour objectif de réaliser un système ou une plateforme d'aide à la commande à distance des équipements agricoles. Ce système permet le pilotage et la commande des différents dispositifs disponibles dans une ferme ou une serre agricole .

Pour y parvenir, nous avons divisé le travail en trois parties. Premièrement, nous avons donné un aperçu sur l'agriculture, présenter ses techniques d'irrigation, ainsi que les différents paramètres climatiques qui affectent ce secteur et les différentes équipement agricole que l'on peut trouver dans une serre. Ensuite, dans le deuxième chapitre nous avons fait une étude approfondie sur la carte d'interface de l'Arduino avec ses différentes parties, puis, on mettra la lumière sur un modèle de base qui est (Arduino UNO) sa construction son environnement de programmation et son principe de fonctionnement. Ensuite, nous avons détaillé le réseau GSM puis le shield GSM GPRS et enfin nous présenterons les commandes AT .Le troisième chapitre est composé sur l'étude et la conception de notre projet. Nous terminons notre travail par une conclusion générale mettant en évidence les différents les références bibliographiques consulter qui nous ont aidés à enrichir notre mémoire.

Chapitre I

Généralités sur le secteur agricole

Chapitre 1

Généralités sur le secteur agricole

I.1 Introduction

L'agriculture est un thème qui intéresse beaucoup de personne. C'est un sujet qui touche tout le monde. C'est pour ces raisons que nous avons décidé de focaliser notre étude sur ce domaine car nul doute qu'il est nécessaire d'en parler et d'analyser ces différentes techniques. En effet, l'agriculture est la base de la vie. Elle produit nos aliments. C'est donc un domaine très important car tous les nutriments avalés ont une influence ou un effet sur notre organisme

L'agriculture, de façon générale, est une grande consommatrice d'eau, qui dans les conditions arides et semi arides, vient souvent à manquer. Pour pallier à cet inconvénient, le meilleur moyen que les êtres humains aient trouvé jusqu'ici a été un appoint d'eau, à l'aide de procédés divers.

Dans ce chapitre, on mentionnera les notions fondamentales de l'agriculture, son importance et les différentes techniques d'irrigation possible.

I.2 L'agriculture

L'agriculture (du latin *agricultural*, composé à partir de *ager*, champ et colère, cultiver) est un processus par lequel les êtres humains aménagent leurs écosystèmes pour satisfaire les besoins alimentaires en premier et autres, de leurs sociétés. Elle désigne l'ensemble des savoir-faire et activités ayant pour objet la culture des sols, et, plus généralement, l'ensemble des travaux sur le milieu naturel (pas seulement terrestre) permettant de cultiver et prélever des êtres vivants (végétaux, animaux, voire champignons ou microbes) utiles à l'être humain.

L'agronomie regroupe, l'ensemble de la connaissance biologique, technique, culturelle, économique et sociale relative à l'agriculture. [1]

I.3 Historique de l'agriculture

Dans un premier temps, du néolithique au Dix-huitième Siècle de notre ère, nous pouvons caractériser l'agriculture comme une production « minière » : l'expansion humaine est limitée

à sa capacité à produire sa nourriture et pour cela elle utilise les ressources naturelles en accélérant les cycles du carbone.

A partir du Dix-huitième siècle mais surtout au dix neuvième, voir au début du vingtième pour la France, les systèmes agricoles deviennent plus autonomes dans le sens où ils parviennent à une certaine durabilité : La révolution fourragère, le développement de l'élevage favorisés par les échanges commerciaux et le développement économique permettent de conduire des systèmes sans jachère ; ces derniers nécessitent peu d'intrants grâce à la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses et le recyclage d'une grande partie des éléments minéraux et du carbone par les déjections animales

Enfin après la première guerre mondiale mais surtout après 1945 en France, l'agriculture devient « industrielle » dans le sens où on lui demande de produire en grandes quantités de la nourriture bon marché pour une population qui devient majoritairement citadine. Les systèmes qui perdurent sont de plus en plus spécialisés, n'assurant que la fonction de production et pour un nombre très restreint et homogène de produits agricoles. Ces systèmes s'affranchissent des contraintes du milieu (cultures et élevages hors-sol) par l'utilisation massive d'intrants (fertilisants et pesticides), la généralisation d'une motorisation lourde et des progrès génétiques très rapides. [2]

I.4 L'importance de l'agriculture

L'agriculture : on en a besoin aujourd'hui et on en aura encore plus besoin demain. Les événements que l'on voit dans certains pays traduisent ce besoin. Même s'il y a d'autres explications, la faim a souvent été le révélateur et le détonateur de ces soulèvements.

I.5L'agriculture dans les zones arides

I.5.1 Les zones arides

Une zone aride qualifie une zone, un écosystème, un biotope voire un biome, dans laquelle les précipitations sont tellement insuffisantes qu'il faut pratiquer l'irrigation pour y maintenir des cultures, sauf exceptionnellement des xérophytes.

Cette zone aride est celle dans laquelle l'évaporation excède en permanence les précipitations, typiquement dans les déserts, mais aussi comme dans certaines steppes ousavanes. [3]

I.5.2Agriculture en sol aride

Plus de 40% de la terre est considérée comme étant des zones arides. Malgré la pauvre qualité de ces terres (dégradation du sol, pauvre fertilité des sols) et leur climat (basse quantité de pluie, important taux d'évaporation), beaucoup de gens en dépendent pour leur survie par la pratique de l'agriculture.

I.5.3 Les Problèmes rencontrés dans les zones arides

Les zones arides font face aux problèmes environnementaux suivants :

- Pluies courtes et erratiques; peu de pluies;
- Lors des pluies, le sol est exposé au délavage et à l'érosion;
- Lors des saisons sèches, les sols sableux sont exposés à l'érosion des vents;
- L'utilisation des inputs externes est risquée.

Dû à ce dernier point, des techniques alternatives de production sont nécessaires et devraient :

- Conserver et améliorer la qualité du sol ;
- Etre spécifique à un certain emplacement et être développé localement avec les fermiers ;
- Etre intensifs au niveau des connaissances et de la gestion afin d'améliorer la productivité avec une utilisation limitée d'inputs externes. [4]

I.6Irrigation

I.6.1Définition

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides et semi-arides.

Généralement on parle d'arrosage pour les petites surfaces de jardinages on réserve le terme d'irrigation pour les surfaces plus importantes en agriculture mais il n'y a pas de norme en la matière. [5]

I.6.2 L'irrigation dans le monde

La consommation d'eau agricole est très variable d'un pays à l'autre. Elle n'intéresse que 273 millions d'hectares dans le monde éparpillés très irrégulièrement sur tous les continents contrairement à ce que l'on pourrait penser, les pays qui irriguent le plus ne sont pas les pays au climat aride ou semi-aride. [6]

Dans ces régions, en effet, il ne peut y avoir de culture sans irrigation. Aussi, toutes les surfaces cultivées sont-elles irriguées. Mais, comme il ne peut y avoir d'irrigation sans eau, les surfaces cultivées demeurent réduites en superficie, limitées par la faiblesse des ressources en eau, et localisées là où ces ressources sont disponibles. C'est le cas de pays comme l'Égypte par exemple où l'agriculture s'est développée sur les bords du Nil, ou de certains pays de l'Amérique latine comme le Mexique. A l'inverse, dans les régions qui reçoivent suffisamment d'eau de pluie, la superficie des terres cultivées peut être très importante, surtout si le relief le permet. Bien que l'irrigation n'y soit pas indispensable, elle est néanmoins utilisée, et ce d'autant plus facilement que l'eau est disponible, afin de diversifier et d'améliorer les cultures, d'obtenir des récoltes multiples, ou encore d'augmenter les rendements. Même si elle n'est pas systématique, l'irrigation peut donc être conséquente, c'est le cas de certains pays tels que le Japon, la Chine, ou le Pakistan. [7]

Des facteurs autres que la situation géographique interviennent également, qui doivent être pris en compte pour expliquer la répartition mondiale de l'irrigation. Par exemple, l'irrigation nécessitant des infrastructures parfois très onéreuses, la richesse des pays considérés est un élément important. Il explique notamment qu'en Afrique ou au Brésil l'irrigation soit moins développée

I.6.3 L'importance de l'irrigation

Jusqu'à présent l'irrigation reste le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde. En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus de production (et même dix en zone aride). [8]

L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également

par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie. [9]

I.7 Etude des méthodes d'irrigation

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales. La méthode d'irrigation la plus élémentaire consiste à transporter l'eau à partir de la source d'alimentation, ex. un puits, à chaque plante avec un seau ou un arrosoir (voir figure I.1).



Figure I.1 Arrosage des plantes avec un arrosoir

Cette méthode nécessite une main d'œuvre importante, un long travail et un grand effort. Cependant, elle est fortement convenable pour l'irrigation des petits jardins de légumes, à proximité immédiate de la source d'eau.

L'irrigation des grandes superficies, ou des périmètres d'irrigation, nécessite le recours à d'autres méthodes d'irrigation plus perfectionnées. [10]

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories: l'irrigation *gravitaire* et l'irrigation *sous pression*, dans la pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion. (voir le figure I.2)

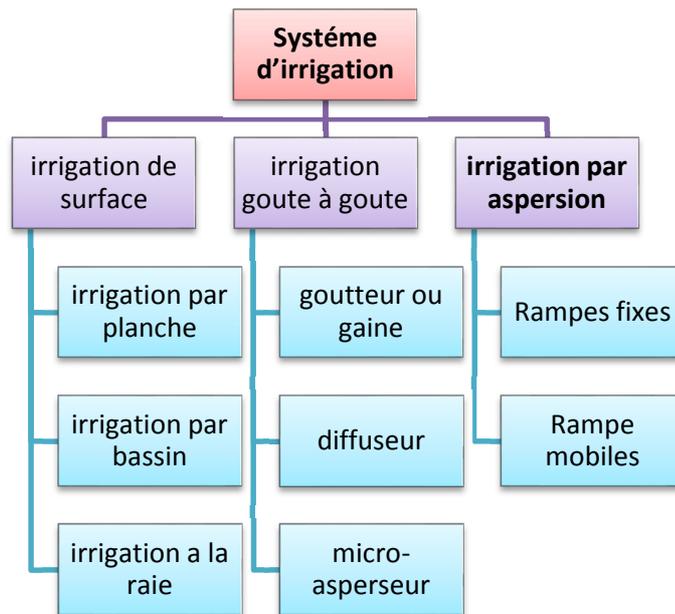


Figure I.2 Les différents systèmes d'irrigation

I.7.1 L'irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire est la plus ancienne technique d'irrigation adoptée dans le monde. Elle occupe environ quatre-vingt pour cent des superficies irriguées à l'échelle mondiale et environ soixante-seize pour cent au Maroc. [11]

Cette situation résulte du fait que cette technique n'est pas très complexe à mettre en œuvre et moins exigeante en terme de moyens matériels à l'échelle de la parcelle par rapport à l'irrigation par aspersion ou localisée. Cette technique d'irrigation est caractérisée par une faible efficacité d'utilisation de l'eau au niveau de la parcelle (40 à 50%). [12]

En attendant la conversion de cette technique en irrigation localisée, qui représente un objectif à long terme, l'amélioration et la bonne gestion du gravitaire reste une nécessité pour réduire les pertes en eau.

I.7.1.a L'irrigation par planche

L'irrigation par planches est l'apport d'eau sur des longues parcelles en pente et rectangulaire avec des conditions de drainage à l'extrémité basse du champ. Les planches sont disposées dans le sens de la plus grande pente, 30 à 65 pieds de large, 300 à 1300 pieds de long avec de petites levées de terre entre les bandes pour canaliser l'eau durant l'irrigation. [13]

I.7.1.b L'irrigation par bassin

Les bassins sont généralement de forme rectangulaire, nivelés et entourés par une digue pour éviter le ruissellement. La mise en eau des bassins est généralement ni dirigée, ni contrôlée et elle peut être efficace si un débit important est disponible pour recouvrir rapidement la parcelle. [13]



Figure I.3 Irrigation par planche



Figure I.4 Irrigation par bassin

I.7.1.c Irrigation par sillons (à la raie)

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons. [14]



Figure I.5 Irrigation par sillons (à la raie)[15].

I.7.2 L'irrigation localisée (goutte à goutte)

L'irrigation goutte à goutte est un système à très faible débit (1 à 4 litre /heur) permettant un pilotage précis des approvisionnements d'eau grâce à un arrosage juste au niveau des racines, réduisant ainsi les pertes par infiltration ou évaporation.

Un système goutte à goutte élémentaire est composé d'éléments qui assurent et surtout contrôlent le transport de l'eau depuis la source d'eau : forage, puits, réservoir, rivière jusqu'aux racines des plantes. [16]

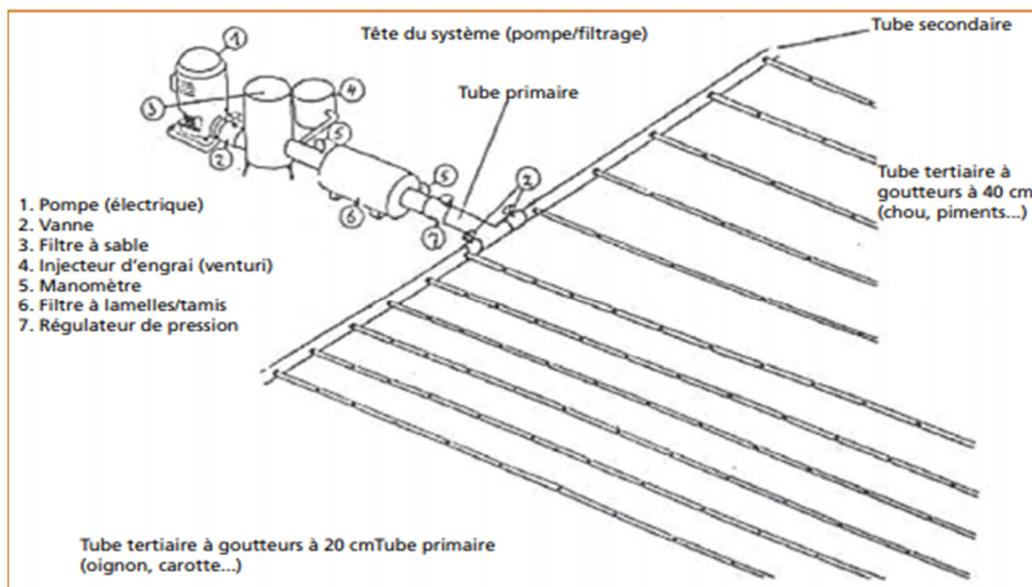


Figure I.6 Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte [16].

I.7.3 L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est basée sur le principe d'une utilisation de l'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle. Elle est recommandée dans les cas suivants:

- sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface;
- sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface;
- terrains à pente irrégulière avec microrelief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées où les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage. Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression:

- a) La dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol;
- b) Les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques;
- c) Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer. [17]



Figure I.7 Irrigation par aspersion [18].

I.8 Principaux paramètres climatiques

La maîtrise du climat est la raison d'être des serres ; on peut créer un environnement idéal pour la croissance des plantes: La température, l'humidité, l'irrigation et la lumière restent jusqu'à maintenant parmi les paramètres les plus influents dans la production des plantes. [19]

I.8.1Température

La température est le paramètre le plus important à contrôler dans une serre, car il a une influence directe sur la croissance des plantes et assure aussi la photosynthèse

Il se décompose en trois types :

- Température issue du sol;
- Température de la plante;
- Température ambiante à la culture.

Sachant que la température monte et descend dans la serre, on doit utiliser le chauffage pour la chauffer et la ventilation pour le refroidissement.

I.8.2.a Le chauffage

Le chauffage permet d'adapter les apports thermiques aux besoins de la culture et d'éliminer l'humidité de l'air. Il fonctionne également sur la mesure de température. L'intensité du chauffage peut dépendre de l'éclairage avec peu de lumière solaire et vice versa.

Il existe deux types de radiateurs :

- Émissions d'air chaud : Selon le produit d'une unité autonome générant de l'air chaud, ou d'un appareil de chauffage utilisant de l'eau chaude produite à partir d'une chaudière.
- Les émissions d'eau chaude sont envoyées dans des tubes métalliques répartis dans la serre. Les deux principaux types d'émissions sont caractérisés par des températures basses et élevées soutenues par la culture (émergence classique, condensation, brûleur, etc.).

Ces différents systèmes peuvent être utilisés de manière complémentaire. Le choix de l'équipement de chauffage est influencé par le type et l'âge de la structure de la serre, attendu par la culture et la température de production spécialisée. Les besoins de chauffage dans le réchauffement climatique représentent la consommation d'énergie la plus élevée. [20]

I.8.1.b Ventilation

Le traitement de l'air a une fonction tout aussi importante que la lumière lorsque la culture est dans un espace clos. Un ventilateur permet de renouveler l'air et d'apporter aussi le dioxyde de carbone nécessaire à la photosynthèse tout en garantissant une régulation de la température et de l'hygrométrie. Le mouvement horizontal de l'air offre plusieurs avantages. Plus particulièrement, il réduit sensiblement les gradients de la température dans la serre et enlève l'humidité dans le reste de la serre, ce qui favorise une grande homogénéité du climat sous serre. Cette ventilation est considérée comme un refroidisseur mécanique (forcé). [20]

I.8.2 Humidité

Le confinement et l'étanchéité de la serre favorisent l'augmentation de l'humidité absolue tandis que l'élévation de la température de l'air tend à accroître le déficit de la saturation. Les conséquences de l'humidité sont :

- Pendant le jour : L'élévation de la température de l'air peut entraîner un abaissement exagéré de son humidité relative et provoquer un véritable "stress hydrique" au niveau de la végétation d'où la nécessité de prévoir un système de ventilation de la serre.
- Pendant la nuit : Les serres étant généralement fermées, l'humidité relative est élevée. Au cours de la nuit, la température baisse. Il se produit fréquemment des condensations sur les parois et les gouttes condensées peuvent tomber sur la végétation (conditions favorables au développement de certaines maladies, etc.)

[21]

I.8.3 Éclairage

L'éclairage peut également être régulé pour contrôler le développement de la plante, il existe des périodes saisonnières où l'éclairage naturel est insuffisant, il faudrait donc faire recours à l'éclairage artificiel.

I.8.3.a Eclairage naturel

La lumière et la chaleur du soleil se propagent jusqu'à la terre sous forme de radiations de courte longueur d'onde qui traversent aisément une feuille de plastique ou une plaque de verre, ces radiations échauffent tous ce qu'elles touchent: sol, tablettes, terre, pots et même les plantes elles-mêmes, réfléchissent une partie de cette chaleur sous forme de rayon de grande longueur d'onde, c'est parce que le verre ne permet pas le passage des rayons de grande longueur d'onde car il se produit une accumulation de chaleur à l'intérieur de la serre, dès que la serre est plongée dans l'obscurité ou que le soleil se couche, la chaleur se dissipe par écoulement d'air à travers des craquelures et sous forme de radiation de grande longueur d'onde à travers les murs en dur et le bâti. En pénétrant dans une serre en feuilles de polyéthylène, les radiations se diffusent et les rayons de grande longueur d'onde qui se forment ne sont pas piégés. L'échauffement de la serre donne naissance à des courants de convection et l'air chaud entre en un mouvement cyclique qui varie légèrement avec la forme et la taille de la serre ainsi qu'avec l'ampleur de l'aération, en théorie les courants de

convections chauffent tout l'espace intérieur mais, en fait, il subsiste généralement de petites poches d'air froid et d'air chaud. [22]

I.8.3.b Éclairage artificiel

La lumière joue un grand rôle dans la croissance de la plante car elle intervient dans beaucoup de phénomènes physiologiques et conditionne surtout la photosynthèse. En effet, l'énergie lumineuse fixe dans la plante le gaz carbonique et l'eau de l'air pour produire le sucre et l'amidon. Par conséquent, la croissance et le niveau de production des plantes dépendent fortement de la quantité du soleil que la culture reçoit tout au long de sa croissance. Toutefois, on peut prolonger ou raccourcir l'éclairage en utilisant respectivement les lumières artificielles ou les stores. Ceux-ci permettront aux cultures de passer au stade de développement désiré. [19]

I.9 Les équipements agricoles

I.9.1 Les serres agricoles

I.9.1.a Définition

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close. Elle est destinée en général à la production agricole. L'objectif étant de créer un environnement propice à leur développement en tirant parti de l'influence du climat, en créant un micro climat, pour une meilleure gestion des besoins des plantes, pour en accélérer la croissance ou pour les produire indépendamment des saisons. [20]

I.9.1.b Intérêt de la serre

La serre de culture offre la possibilité de s'affranchir des contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid). Elle est conçue pour recréer un environnement donné (microclimat). Elle permet le chauffage de l'air et des racines, le contrôle de l'irrigation et de la fertilisation, l'enrichissement en dioxyde de carbone et le contrôle de l'humidité. Elle joue un rôle économique en présentant des produits sur le marché en hors saison. La serre permet ainsi, d'obtenir une production végétale dans des conditions meilleures que celles existantes naturellement et ce par une meilleure qualité du produit. Pour aboutir à ces résultats, il faut répondre minutieusement aux exigences de la culture pour les différents facteurs intervenant dans sa croissance et son développement, ceci suppose la connaissance des interactions entre ces divers paramètres. [21]

I.9.2 L'électrovanne

I.9.2.1 Définition

Une électrovanne est une vanne commandée électriquement pour piloter les réseaux de fluide à distance. Elle a deux positions servant uniquement à ouvrir et fermer l'arrivée d'eau. [22]



Figure I.8 Electrovanne AC 220 /240 v

I.9.2.1 principe de l'électrovanne

Un courant électrique alimente une bobine qui crée un champ magnétique dans lequel se déplace le noyau. Ce noyau pilote l'ouverture et la fermeture de la membrane d'obturation sur le corps.

Il existe deux types d'électrovannes :

- *l'électrovanne à membrane assistée* : cette électrovanne fonctionne grâce à la différence de pression entre l'amont et l'aval de l'appareil. La bobine de commande ne fait que donner le signal d'ouverture et de fermeture. Le fonctionnement de cette électrovanne nécessite donc un différentiel de pression amont/aval.
- *l'électrovanne à commande directe* : la bobine électrique ouvre et ferme directement la membrane. Ce type d'électrovanne fonctionne sans différentiel de pression amont/aval. La puissance électrique nécessaire est plus importante. [23]

I.9.2.2 Différentes étapes de fonctionnement

Il repose sur un simple système d'équilibre de pression. Un corps moulé dans un plastique rigide permet le passage de l'eau. On y ajoute une membrane souple afin de pouvoir créer

notre électrovanne (Etape 1), l'eau s'écoule alors libre vers la sortie, grâce à sa pression "p". [24]

La figure I.9 représente l'étape 1 du fonctionnement d'une électrovanne.

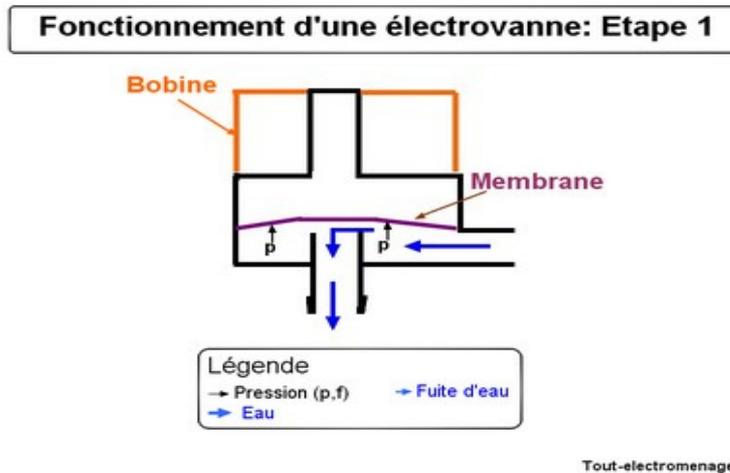


Figure I.9 Etape 1 du fonctionnement d'une électrovanne [24].

En perforant cette membrane côté arrivée d'eau (Généralement par trois orifices), l'eau s'engouffre dans la partie supérieure et vient appuyer en sens inverse sur la membrane (contre pression "f") créant ainsi un équilibre puisque ces pressions sont identiques (Elles viennent du réseau d'eau). Cependant quelques fuites persistent. La figure I.10 représente l'étape 2 du fonctionnement d'une électrovanne. [24]

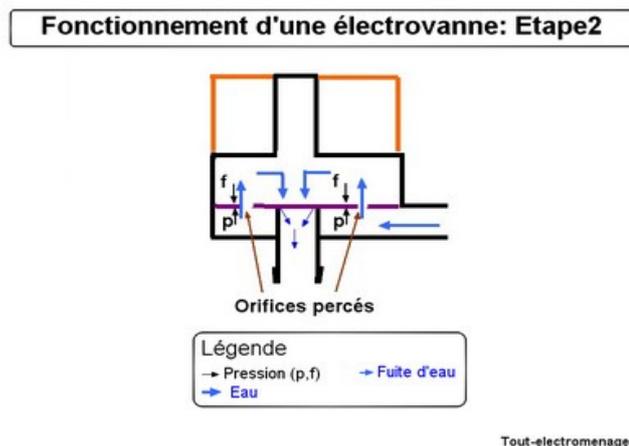
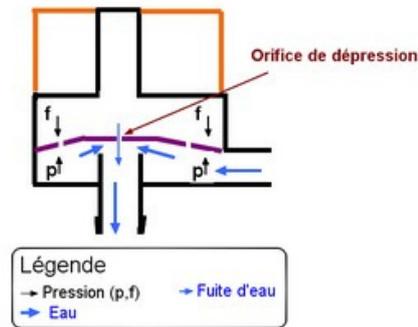


Figure I.10 Etape 2 du fonctionnement d'une électrovanne [24].

Pour rompre cet équilibre il suffit de créer une dépression (Diminuer "f" par rapport à "p"). Pour ce faire un nouvel orifice est percé (orifice de dépression), l'eau peut s'infiltrer, le déséquilibre est présent et l'on se retrouve dans le cas de figure de l'étape 1. La figure I.11 représente l'étape 3 du fonctionnement d'une électrovanne. [24]

Fonctionnement d'une électrovanne: Etape 3

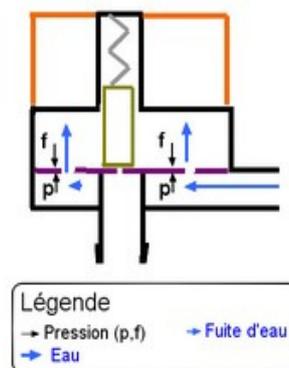


Tout-electromenager.fr

Figure I.11 Etape 3 du fonctionnement d'une electrovanne[24].

Pour finir, dans le but de rendre parfaitement étanche la figure de l'étape 2, on ajoute un pointeau poussé par un petit ressort, qui obture l'orifice de dépression (Etape 4) et aide la membrane à fermer complètement. Il ne reste plus qu'à ouvrir l'orifice de dépression, en faisant remonter le pointeau métallique grâce à une petite bobine magnétique qui l'attirera comme un aimant. [23] La figure I.12 représente l'étape 4 du fonctionnement

Fonctionnement d'une électrovanne: Etape 4



Tout-electromenager.fr

Figure I.12 Etape 4 du fonctionnement d'une electrovanne[24].

I.9.2.3 Données techniques :

Le tableau I.9 représente les caractéristiques les plus importantes de l'électrovanne.

Table I.9: Des informations sur l'électrovanne [25]

Type	Électrovanne
Conception	de passage à l'équerre, à 1 chambre

Voies	voies 2/2
Mode opératoire	à commande directe
Fonction	NF (normalement fermée au repos)
Montage	position indifférente, de préférence bobine vers le haut
Fluides	Eau potable chaude et froide ainsi que des fluides physiquement et chimiquement similaires
T-fluide	98 °C max.
T-ambiante	50 °C max.
DN	10,0 mm
Plage de pression	0 - 60 mbar
Bobine	MS 6
Bobine	MS 25
Tension nominale	220-240 V AC 50-60 Hz
Puissance nominale	12,8 W 13 VA (seulement AC)

I.9.3 Lapompe électrique

Unepompe à eauest unepompequi permet la mise en mouvement de l'eau. On a besoin d'une pompe électrique pour faire circuler et accélérer le débit d'eau dans les tuyaux d'irrigation et remplir le réservoir (Figure I.13). [26]



FigureI.13 Pompe à eau [27].

I.9.4 Le système d'éclairage

La lumière du soleil constitue la source de lumière la moins chère pour la croissance des plantes mais elle n'est pas toujours disponible. Grâce à une lumière d'intérieur, il est possible

de mieux maîtriser la croissance des plantes et d'assurer une production effective tout au long de l'année. [28]

I.9.4.1 Buts de l'éclairage

- Suppléer la lumière naturelle pour obtenir davantage de photosynthèse donc raccourcir les cycles de production et obtenir des plantes en meilleure santé;
- Contrôler la photopériode pour une initiation florale au moment voulu ;
- Apporter des changements morphologiques.

I.9.4.2 Types de lampes

I.9.4.2.1 L'éclairage LED

La technologie LED (Figure I.14) a de plus en plus de succès comme source d'éclairage innovante dans le secteur mondial de l'horticulture sous serre. L'avenir des lampes LED est prometteur. L'éclairage par LED permet déjà actuellement une efficacité supérieure de 30 à 46%. Ceci s'explique par le fait que les plantes utilisent l'énergie émise par la technologie LED de manière plus efficace que l'énergie émise par les lampes SON-T classiques. Les chiffres sont encore plus impressionnants en matière d'économie d'énergie : la différence avec les lampes classiques peut dans certains cas s'élever à 80%. [29]



Figure I.14 Eclairage LED dans une serre agricole [30].

Les Avantages de l'éclairage LED

- Les lampes LED ont une durée de vie prolongée par rapport aux autres lampes.
- L'installation d'éclairage de croissance avec des LED peut très bien être montée entre les plantations.
- Les lampes LED sont très efficaces et économes en énergie. [31]

I.9.4.2.2 Eclairage par lampes fluorescentes

Une lampe fluorescente est une lampe à décharge électrique au mercure à basse pression. Elle consiste en un tube de verre rempli d'un mélange d'argon et de vapeur de mercure à basse pression. Lorsque le courant circule à travers le gaz ionisé entre les électrodes, des radiations ultraviolettes (UV) sont émises par l'arc au mercure. Les radiations UV sont transformées en lumière visible par le revêtement fluorescent à l'intérieur du tube. [32]

Les lampes fluorescentes (Figure I.15) présentent une intensité plus faible que les lampes au sodium. Comme elles ne dégagent pas beaucoup de chaleur, elles n'assèchent pas le support de croissance lorsqu'elles sont placées à proximité de la plante. Elles sont donc idéales pour la propagation et la croissance végétative précoce ; Ainsi ne dégageant pas beaucoup de chaleur, elles peuvent être placées à environ 2,5 cm des plantes, sans nécessiter la présence d'un système d'aération pour éliminer la chaleur excessive. [33]

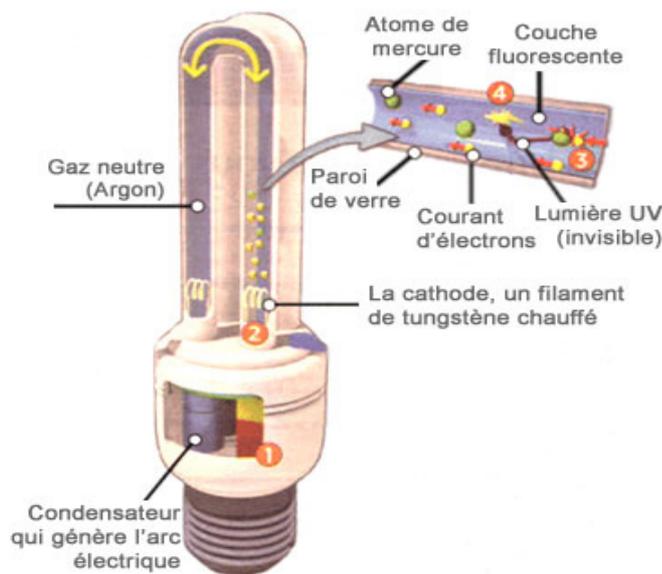


Figure I.15 Lampe fluorescente

I.9.4.2.3 Éclairage par lampe de sodium haute pression (SHP)

Les lampes à sodium haute pression (SHP) (voir Figure I.6) produisent une lumière plus rouge, qui peut être comparée à la lumière naturelle d'un coucher de soleil en automne. Une couleur plus jaune/rouge du spectre et moins bleue favorise une fleur haute par rapport aux feuilles. Les lampes à sodium haute pression sont utilisées pendant les heures de faible luminosité ou de totale obscurité. [34]

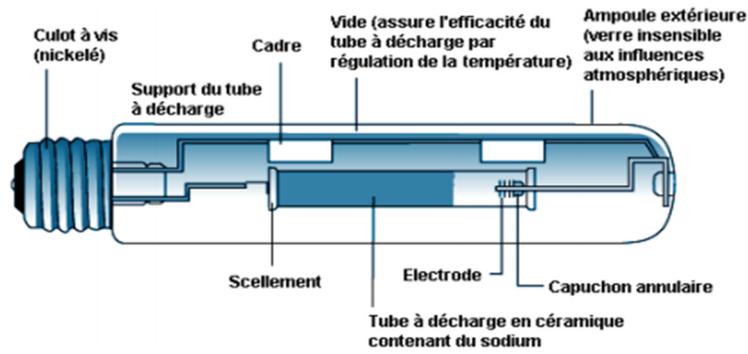


Figure I.16 Lampe de sodium haute pression (SHP)

I.10 Autre équipements

I.10.1 Extracteur

C'est un dispositif qui nous permet de réguler la température et contrôler l'humidité dans la serre (Figure I.17) .



Figure I.17 Extracteur [35].

I.10.2 Vérin

Il nous permet d'ouvrir et de fermer le volet pour le renouvellement de l'air et maintenir la température (Figure I.18)



Figure I.19 Vérin de la serre[36].

I.10.3 Ventilation artificielle

La ventilation est un refroidissement mécanique qui améliore la température dont la serre a besoin (Figure I.20).

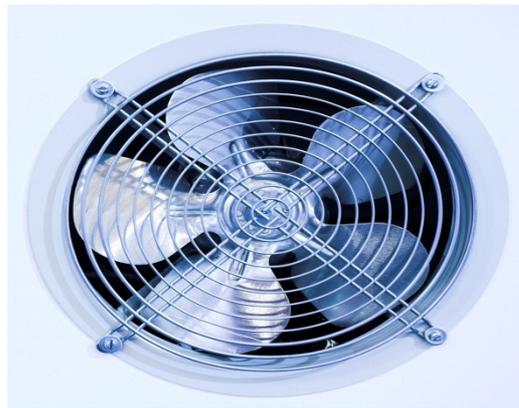


Figure I.20 Ventilation[37].

Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons défini ce qu'est une agriculture, présenter ses techniques d'irrigation, ainsi que les différents paramètres climatiques qui affectent ce secteur. Nous terminerons ce chapitre par une brève définition de certains équipements agricoles que l'on peut trouver dans une serre.

Le chapitre suivant sera consacré à étude approfondie sur la carte l'Arduino avec ses différentes parties puis nous avons détaillé le réseau GSM . Ensuite nous donnerons une idée sur le Shield GSM GPRS. Enfin nous présenterons les commandes AT

Chapitre II

Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Chapitre 2

Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

II.1 Introduction

L'objectif principale de notre travail consiste à commander à distance des équipements agricoles par GSM, nous allons utiliser le module d'Arduino qui nous facilitera notre tâche en lui associant une shield GSM sim900. Le premier critère de choix du module Arduino réside dans la simplicité de programmation de ce dernier et ses pertinentes performances ce qui réduit énormément le cout de la réalisation.

La réalisation de ce projet nécessite une étude approfondie sur certaines notions qui touchent non seulement le cadre générale du projet, mais aussi notions son implémentation, pour bien assimiler ces différentes notions, nous détaillons dans un premier lieu, la carte Arduino ainsi que le réseau GSM puis le shield GSM GPRS et enfin nous présenterons les commandes AT.

II.2 Le module d'Arduino

II.2.1 L'histoire d'Arduino

L'Arduino a été inventé en 2005 par l'enseignant Massimo Banzi dans une école de dessin à Iveya en Italie avec l'aide de David Cuartelle ingénieur en microcontrôleurs et aussi leur étudiant Mellis qui est spécialiste dans les langages de programmation. [1]

II.2.2 Définition du module Arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre. Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée, le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise l'logiciel IDE Arduino. [2]

II.2.3 Description technique

Il existe beaucoup de cartes Arduino différentes, mais elles possèdent toutes des éléments en commun.

II.2.3.1 L'alimentation

Le microcontrôleur présent en général sur les cartes Arduino est alimenté par une tension de 5V. En fonction du modèle de la carte, cette tension peut être fournie soit par une des prises d'alimentation présentes sur la carte, soit par la prise USB utilisée pour la connecter à un ordinateur. La valeur de la tension à fournir sur une des prises d'alimentation doit être comprise entre 7 et 12 volts, mais cette tension n'a pas besoin d'être stabilisée en raison de la présence d'un régulateur de tension sur la carte. Raccorder la branche positive de son alimentation à cette broche, comme on le ferait pour une pile, et la branche négative sur une broche GND. [3]

II.2.3.2 Les entrées/sorties

Les entrées et sortie sont les moyens que possède le microcontrôleur pour communiquer avec le monde extérieur. Typiquement, on appelle entrées/sorties les pattes métalliques qui donnent cette forme familière aux puces électroniques. Ces pattes reçoivent ou émettent des signaux logiques qui peuvent alors être interprétés par le microcontrôleur ou d'autres circuits. [3]

II.2.3.3 La mémoire

Les microcontrôleurs "ATmega" dont sont équipées la plupart des cartes Arduino disposent de trois types de mémoires : *la mémoire flash*, la *SRAM* (StaticRandom Access Memory ou mémoire vive statique) et le *EEPROM* (*Electrically-Erasable Programmable ReadOnly Memory* ou mémoire morte effaçable électriquement et reprogrammable). [4]

II.2.3.4 L'horloge

L'horloge détermine la fréquence ou la rapidité à laquelle les instructions seront exécutées par le microcontrôleur. Cette vitesse peut varier d'un microcontrôleur à l'autre

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

et est exprimée en hertz (Hz). Si les PC et les Mac peuvent atteindre des fréquences de plusieurs gigahertz, la fréquence est en revanche beaucoup plus faible pour les microcontrôleurs, avec des fréquences de quelques mégahertz seulement. Cette fréquence est déterminée par un oscillateur à quartz ou résonateur céramique. [5]

II.2.3.5 La reset

La reset est une fonction physique permettant au microcontrôleur, comme son nom l'indique, de réinitialiser son état. Un microcontrôleur exécute en effet les instructions contenues dans sa mémoire de manière cyclique et infinie. Il n'est ainsi pas rare, notamment lors de la conception de son circuit, que le programme soit soumis à une erreur bloquant le bon déroulement du programme. [5]

II.2.4 Outils Arduino

L'arduino est composé de deux choses principales, qui sont : le *matériel* et le *logiciel*. Avec ces deux outils réunis, il nous sera possible de faire n'importe quelle réalisation.

- *Le matériel* : Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur "Atmega" du fabricant "Atmel", dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications.
- *Le logiciel* : Le logiciel va nous permettre de programmer la carte Arduino. Il nous offre une multitude de fonctionnalités.

II.2.5 La carte ArduinoUno

II.2.5.1Présentation

La carte ArduinoUno est le produit populaire parmi les cartes Arduino. Parfaite pour débiter la programmation Arduino, elle est constituée de tous les éléments de base pour construire des objets d'une complexité relativement faible. La carte ArduinoUno, comme son nom l'indique, a été la première à utiliser la version de programmation Arduino 1.0, et elle est devenue le symbole de l'univers Arduino. La carte ArduinoUno est constituée de 14 broches d'entrées/sorties digitales, dont six sont utilisables en (Pulse Width Modulation), de 6 broches d'entrées analogiques, d'une connectique USB, d'une connectique d'alimentation, d'un port ICSP (*In Circuit Serial Programming*) et d'un bouton RESET. [6]

II.2.5.2Caractéristique technique de la carte Arduino UNO

La carte Arduino est caractérisée par :

- Microcontrôleur : ATmega328.
- Tension d'alimentation interne ou de fonctionnement = 5V
- Tension d'alimentation (recommandée) : 7-12V.
- Tension d'alimentation (limites) : 6-20V.
- Broches E/S numériques : 14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM).
- Broches d'entrées analogiques : 6 (utilisables en broches E/S numériques).
- DC courant par I O Pin / 20mA
- Courant max par broches E/S = 40mA
- Courant DC pour 3,3V Pin 50mA
- Mémoire Programme Flash : 32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le bootloader.
- Mémoire SRAM (mémoire volatile) : 2 KB (ATmega328).
- Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) : 1 KB (ATmega328).
- Vitesse d'horloge : 16 MHz.
- Dimensions = 68,6mm x 53,3mm
- Poids : 25g. [3]

II.2.5.3 Choix de la carte Arduino UNO

Le choix de la carte Arduino UNO se fera selon certains critères

- Le prix : ils ne sont pas couteux avec un bon rapport de qualité.
- Environnement de programmationclair et simple.
- Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- Logiciel et matériel : open source et extensible.
- Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site perso, etc.).
- Existence de « Shield » (boucliers en français). [3]

II.2.5.4Description généralede la carte Arduino UNO(matériel et logiciel)

- Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence "ATMega328". Le microcontrôleur ATMega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR (architecture Harvard 8 bits) dont la programmation peut être réalisée en langage C. (voire le figure II.1). [3]

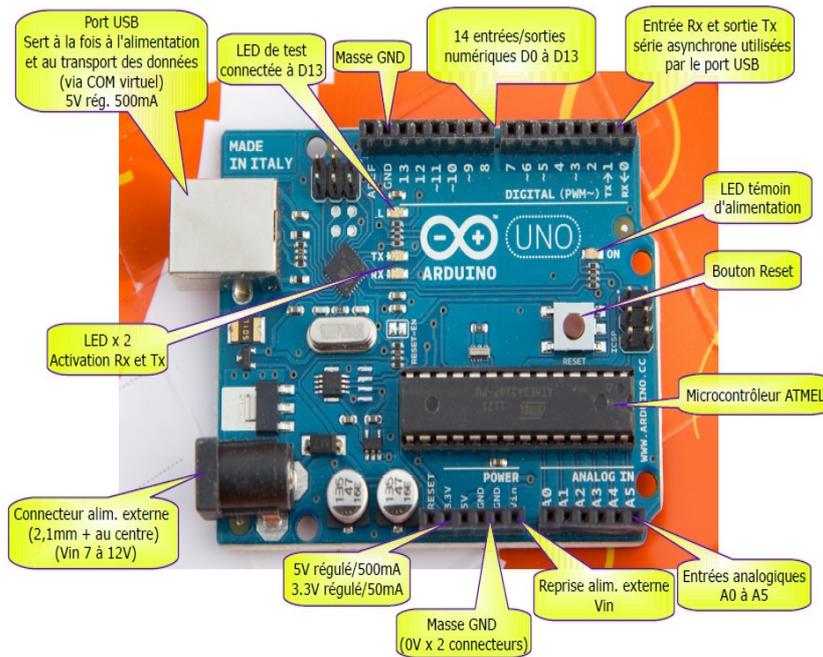


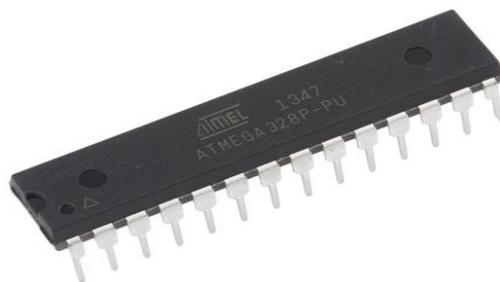
Figure II.1 Description de la carte ArduinoUno[33].

II.2.5.4.1 Partie matérielle

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

- **Le Microcontrôleur ATmega328** C'est un circuit intégré programmable possédant la quasi-totalité des parties d'un ordinateur de commande qui traite les informations qu'il reçoit et déclenche des actions suivant le programme qu'il a reçu. [7]

Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants ; tels que les transistors; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C. La figure I.2 montre un microcontrôleur ATmega 328, qu'on trouve sur la carte Arduino. [8]



FigureII.2 : Microcontrôleur ATmega 328 [7].

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement de :

- ❖ *La mémoire Flash:* C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible.
- ❖ *RAM :* c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile", car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.
- ❖ *EEPROM :* C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme. [9]
- **Interfaces USB/Série:** L'Arduino se connecte à un ordinateur par un câble USB. C'est par ce câble qu'on va envoyer le programme dans la carte. C'est également par ce câble que l'Arduino peut renvoyer des informations à l'ordinateur. Lorsque l'Arduino est connecté en USB, cette dernière assure l'alimentation électrique de l'Arduino ; des entrées et des sorties ; Il y a 20 entrées/sorties sur l'Arduino. 6 analogiques, numérotées d'A0 à A5. 14 numériques, numérotées de 0 à 13, 6 de ces entrées/sorties peuvent assurer une sortie PWM de largeur Impulsion, une astuce pour modifier le courant de sortie. Les 6 PMW sont les numéros 3, 5, 6, 9, 10, 11. [7]
- **Les sources de l'alimentation de la carte:** on peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée/Sortie) et cela comme suit :
 - ❖ **VIN.** La tension d'entrée positive, lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
 - ❖ **5V.** La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé *un régulateur* et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.

- ❖ **3.3V** Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.(voire la figure II.3). [9]

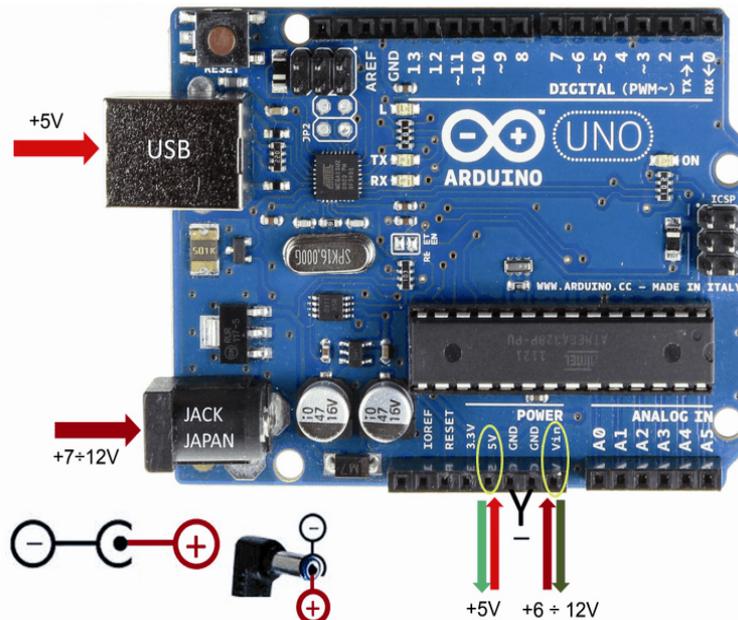


Figure II.3 Alimentation d'arduinoUno. [9]

- **Les entrées et sorties** Cette carte possède 14 broches numériques (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode()`, `digitalWrite()` et `digitalRead()` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite` (broche, HIGH)

En plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Interruptions Externes:** Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. -Impulsion PWM (largeur d'impulsion

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

modulée):Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analog Write ().

- SPI** (Interface Série Périphérique): Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.
- I2C**: Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C ou interface TWI (TwoWire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils").
- LED**: Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte. [2]

La carte UNO dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c.-à-d. sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction analogRead() du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF (Allocation aide à Retour) et l'instruction analog Reference() du langage Arduino.

La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé. [10]

- **Les ports de communications** La carte Arduino UNO a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur. L'Atmega328 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX). On utilise (RX) pour recevoir et (TX) pour transmettre (les données séries de niveau TTL). Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328 programmé en convertisseur USB – vers – série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur. Comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

l'ordinateur, la connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un PC, mais son inconvénient est le câble USB, pour éviter cela, il existe différentes méthodes pour utiliser ce dernier sans fil [2]

II.2.4.2 Partie software (Logiciel)

Une telle carte d'acquisition qui se base sur sa construction sur un microcontrôleur doit être dotée d'une interface de programmation comme est le cas de notre carte. L'environnement de programmation open-source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux). [2]

Pour commander ArduinoUno sur PC, on installe le logiciel du même nom Arduino (version 1.8.8 dans notre cas) qui est une application Java.

Le logiciel Arduino a pour fonctions principales :

- De pouvoir écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino;
- De se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes;
- De communiquer avec la carte Arduino.

L'interface du logiciel contient aussi une barre d'outils, une barre des boutons pour vérifier et compiler (télé-verser) le programme, ainsi que l'espace de travail. [11]

• L'environnement de la programmation

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information. Ce programme appelé IDE Arduino. (voire la figure II.4). [12]

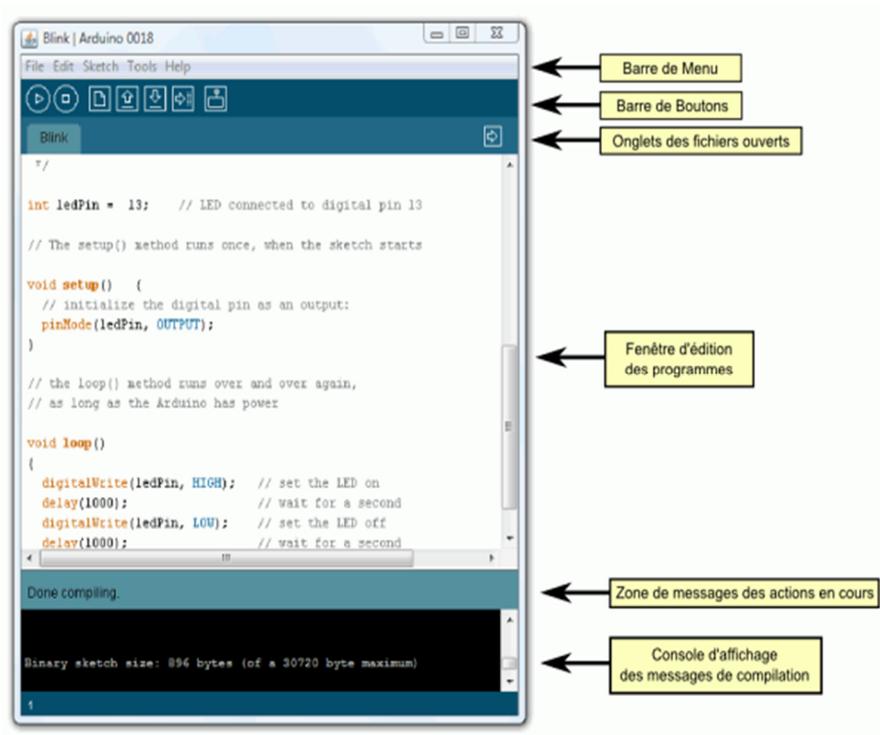


Figure II.4: Interface du logiciel Arduino. [12]

Cet espace de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino comporte :

- Une BARRE DE MENUS comme pour tout logiciel une interface graphique (GUI);
- Une BARRE DE BOUTONS qui donne un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel (Compiler, Télé-verser);
- Un MONTEUR SERIE qui affiche sur l'ordinateur l'état de variables, de résultats de calculs ou de conversions analogique-numérique;
- Un EDITEUR (Edition des programmes) pour écrire le code de programme, avec onglets de navigation;
- Une ZONE DE MESSAGES qui affiche indique l'état des actions en cours;
- Une CONSOLE TEXTE qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme. [12]

II.3 Le réseau GSM

II.3.1 Historique

Durant des siècles, l'homme s'est contenté de la parole ou des écrits comme seuls moyens de communication entre deux personnes éloignées d'une distance importante.

En 1982, lors de la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) que fut créé le Groupe Spécial Mobile (GSM).

En 1985, la Commission Européenne annonce l'imposition de la norme issue du GSM.

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

En 1987, le choix est arrêté sur la transmission numérique AMR.

En 1989, les travaux du Groupe Spécial Mobile "GSM" sont transférés au comité "SMG" de l'Européen Télécommunication Standards Institute (ETSI), qui poursuit les tâches de normalisations. Notons que c'est cette comité qui mettra au point le module d'identité d'abonné SIM.

Le groupe "GSM" change alors de signification : de "Groupe Spécial Mobiles" il devient "Global System for Mobile communications".

En 1991 fût réalisé la première communication entre un mobile et un abonné fixe. Les premiers terminaux sont représentés au Salon Télécom à Genève cette même année. Puis on assiste à l'ouverture des systèmes d'essai à Paris.

Et c'est en 1992 que fût ouvert le système GSM ITINERIS de France Telecom, rejoint plus tard par SFR du groupe Cegetel et par Bouygues Telecom (1994).

L'explosion du marché des mobiles, sa croissance soutenue et l'apparition de nouveaux services amènent les réseaux GSM actuels à leur limite. Le débit de 9,6 kb/s, défini à l'origine, est insuffisant pour couvrir les nouveaux besoins de transferts de données et constitue un frein à la diffusion de contenus multimédias.

Les premières applications WAP (norme permettant l'affichage de pages Web sur les Mobiles) sur réseau sans fil souffrent encore de temps de connexion et de réponse trop long, surtout quand les appels sont facturés à la durée. De plus, la qualité de service est encore insuffisante et la fiabilité des communications doit être améliorée

Les nouvelles normes de téléphonie hauts débits, tels GPRS, EDGE et UMTS devraient résoudre ces problèmes et bouleverser à terme les possibilités. [13]

II.3.2 Présentation du réseau GSM

Le GSM (Global System for Mobile communications), est un système cellulaire et numérique de télécommunication mobile. Il est utilisé pour les réseaux de communications sans fil à travers le monde. [14]

Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de stations mobiles de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est la plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles ou entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données à faibles débits et la transmission de messages alphanumériques courts. [15]

II.3.3 L'architecture du réseau GSM

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

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

Un réseau GSM est constitué de trois sous réseau :

- Le sous-système radio : BSS - Base Station Subsystem
- Le sous-système réseau : NSS – Network Subsystem.
- Le sous-système opération : OSS – OperationSubsystem. [16]

II.3.3.1 Sous système radio (BSS - Base Sub Système)

Le sous-système radio gère la transmission radio. Il est constitué de plusieurs entités dont le mobile (MS), la station de base (BTS) et un contrôleur de station de base (BSC)

- **La Station de base (BTS- Base Transceiver Station)**

La BTS représente la partie radio du réseau GSM, elle relie les stations mobiles à l'infrastructure fixe du réseau.

La BTS est composée d'un ensemble d'émetteurs / récepteurs. Elle assure :

- La gestion du multiplexage temporel (une porteuse est divisée en 8 slots dont 7 sont alloués aux utilisateurs), et la gestion des sauts de fréquence.
- Des opérations de chiffrement.
- Des mesures radio permettant de vérifier la qualité de service ; ces mesures sont transmises directement au BSC.
- La gestion de la liaison de données (données de trafic et de signalisation) entre les mobiles et la BTS.

La capacité maximale typique d'une BTS est de 12 porteuses, soit 96 communications simultanées. En zone urbaine où le diamètre de couverture d'une BTS est réduit, cette capacité peut descendre à 4 porteuses soit 24 communications. [17]

- **Le Contrôleur de station de base (BSC- Base Station Controller) :** Le contrôleur de station de base gère une ou plusieurs station de base . il est considéré comme un concentrateur puisqu'il véhicule les communication provenant des différentes station de base. Il commute les données en les dirigeant vers la bonne station de base . Il remplit à la fois le rôle de relais pour les différents signaux d'alarme destinés au centre d'exploitation et de maintenance , de banque de données des données installées sur les stations de base. [17]
- **La Station mobile (MS - mobile station) :** La station mobile est composée d'une part d'un terminal mobile (le téléphone) et d'autre part du module d'identité par un code unique IMEI (International Mobile Equipment Identity). Ce code est vérifié à chaque utilisation. [17]

II.3.3.2 Sous système réseau (NSS- Network Sub-System)

Le rôle principal de ce sous-système est de gérer les communications entre les abonnés et les autres usagers qui peuvent être d'autres abonnés, des usagers sur le réseau RNIS ou des usagers de réseaux téléphoniques fixes. [18]

- **Commutateur (MSC- Mobile Switching Center)** Cet élément peut être considéré comme le cœur d'un système cellulaire puisqu'il fait la gestion des appels et de tout ce qui est lié à l'identité des abonnés, à leur enregistrement et à leur localisation. Le MSC agit en somme comme un nœud d'un réseau commuté
- **Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR – Visitor Location Register)** Cette base de données contient temporairement des informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par un MSC autre que celui auquel ils sont abonnés. Ces informations proviennent du HLR auquel l'abonné est enregistré et indiquent les services auxquels l'abonné a droit. Ce transfert d'informations se fait qu'une seule fois et n'est effacé que lorsque l'abonné ferme son appareil ou quitte la région du MSC courant. En procédant ainsi, le VLR n'a pas à interroger le HLR chaque fois qu'une communication est demandée par ou pour l'abonné visiteur. Il est à noter que le VLR est toujours associé à un MSC
- **Enregistreur de localisation nominale (HLR– Home Location Register)** Il s'agit d'une base de données contenant les informations sur les abonnés appartenant à la région desservie par le commutateur de services mobiles (MSC).
- **Centre d'authentification (AUC– Authentication Center)**
L'AUC est une base de données protégée qui contient une copie de la clé secrète inscrite sur la SIM de chaque abonné. Cette clé est utilisée pour vérifier l'authenticité de l'abonné et pour l'encryptage des données envoyées
- **Enregistreur des identités des équipements (EIR– Equipment Identity Register)**
Chaque terminal mobile est identifié par un code IMEI. Le registre EIR contient la liste de tous les terminaux valides. Une consultation de ce registre permet de refuser l'accès au réseau à un terminal qui a été déclaré perdu ou volé. [18]

II.3.3.3 Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS - Operation Sub-System)

Ce sous-système est branché aux différents éléments du sous-système réseau de même qu'au contrôleur de station de base (BSC). Par une vue d'ensemble du réseau, l'OSS contrôle le trafic au niveau du BSS. [18]

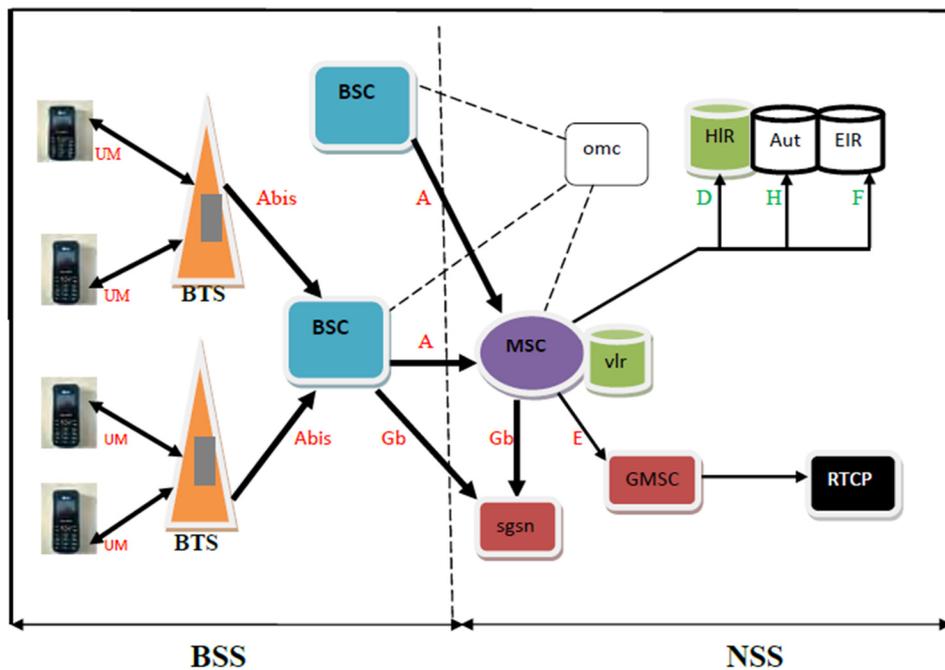


Figure II.5:L'architecture du réseau GSM. [18]

II.3.4 Le Short Message Service (SMS)

Le service de message court SMS est un service à l'échelle mondiale qui permet la transmission de messages alphanumériques entre des abonnés mobiles et des systèmes externes comme le courrier électronique, les systèmes de messagerie vocale etc. Presque tous les plans d'abonnement fournis par les opérateurs GSM incluent ce service qui leur procure un revenu considérable du fait de son explosion au sein de toutes les couches de la société. [19]

Cet service de message court fourni a parti des réseaux de téléphonie mobile de deuxième génération (2G). Les technologies CDMA et GSM permettent d'envoyer et de recevoir des messages textuels de 160 caractères au maximum pour l'alphabet latin alors qu'il est de 70 caractères dans les alphabets chinois et arabes. Le message peut être alphanumérique, c'est-à-dire, pouvant contenir une combinaison de lettre et de chiffres. Le SMS est appelé également mini message, telemessagerie, texto. Le message envoyé est accompagné de toutes les informations nécessaires : Numéro de téléphone de l'expéditeur, heure d'envoi, taille du message, format, etc. Les téléphones habilités à envoyer et recevoir un SMS doivent être au moins de la deuxième génération. C'est le type de service de messagerie le plus répandu dans le monde. L'envoi d'un SMS est moins cher qu'un appel téléphonique du fait que très peu de ressources techniques sont exploitées à cette fin. [20]

II.4 Le GSM Shield

II.4.1 Présentation

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Le GSM Shield est le composant principal dans notre projet est une carte d'interface compatible Arduino. Elle permet d'envoyer et recevoir des SMS, des données ou des communications vocales depuis le réseau mobile. Le module est basé sur le circuit SIM900 de la société SIMCOM. Il est contrôlé via les commandes AT depuis une carte Arduino.

Le module est livré avec une antenne patch déportée. Un connecteur au dos de la platine est prévu pour recevoir une carte SIM ainsi qu'une pile Lihtium CR1220.

La communication entre le module et une carte Arduino est réalisée par la liaison série asynchrone: UART ou une liaison série logicielle. [21]



Figure II.6 GSM GPRS Shield V3.0 [21]

II.4.2 Description du module

La figure suivante montre une description du module GSMv0.3

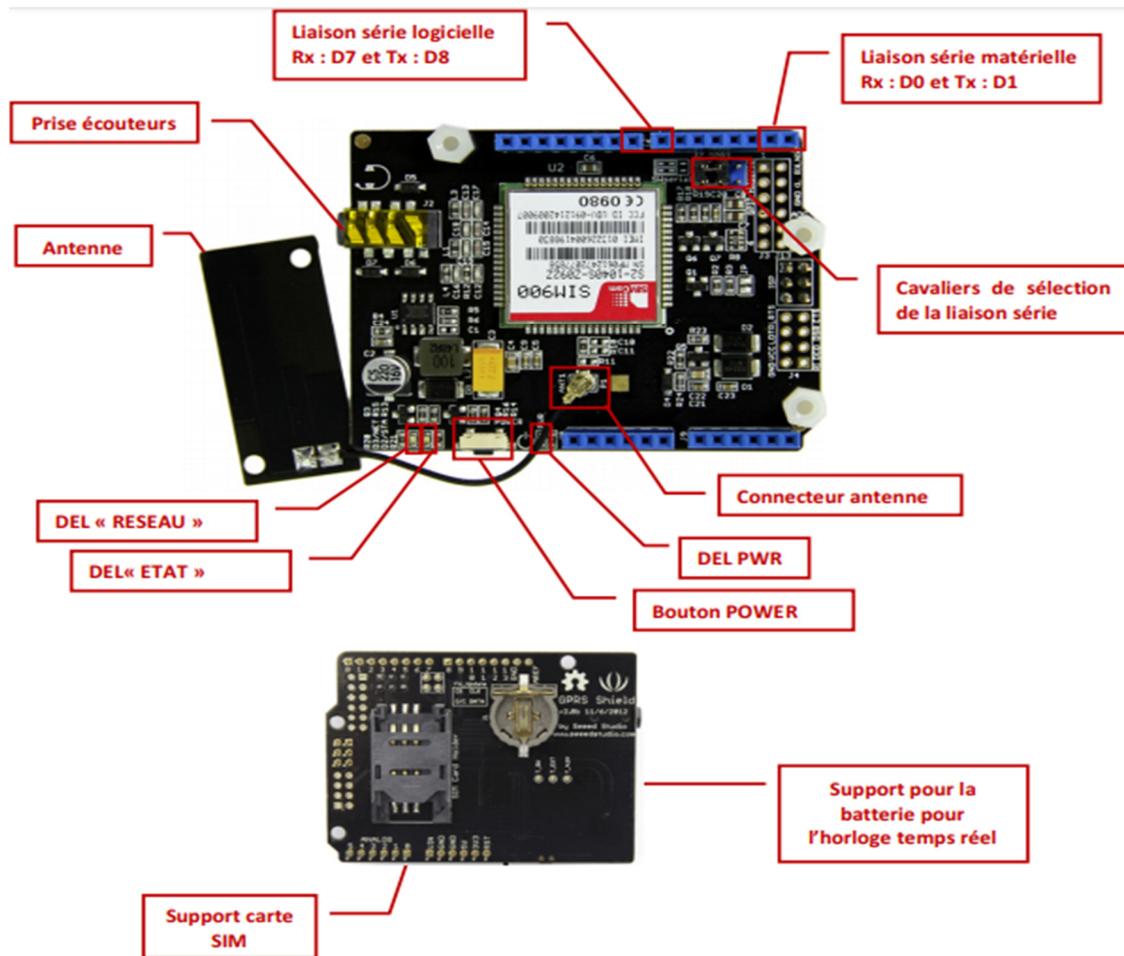


Figure II.7 : Description du module (GSM GPRS V3.0). [21]

II.4.3 Caractéristiques principales

Le tableau II.1 représente les caractéristiques principales de module GSM

Table II.1 Les Caractéristiques principales de module

Transmission	Voix, données et SMS
Tension d'alimentation	5 V par la broche 5V / 6,5 V à 12 V par la broche Vin
Bandes de fréquences	GSM 850 MHz, EGSM 900 MHz, DCS 1800 MHz, PCS1900 MHz
Consommation	1,5 mA en veille 400 mA max
Puissance d'émission	Class 4 (2 W) pour bandes GSM/EGSM Class 1 (1 W) pour bandes DCS/PCS
Lecteur de carte SIM	Intégré au module, supporte les cartes SIM 3v et 1,8v
Température d'utilisation	- 40_C _a + 85 _C
Antenne	Externe par connecteur MMCX
Masse	3.4 g
Taille	24 mm x 24 mm x 3mm

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Normes respectées	GSM07.07 et GSM07.05
Messages SMS (Short Message Service)	Il est ainsi possible d'envoyer de petites quantités de données via le réseau mobile (ASCII ou données hexadécimales)
Contrôle à l'aide de commandes AT	Commandes standard : GSM 07.07 et 07.05 Commandes étendues : SIMCOM AT Commandes
Protocoles supportés	TCP/UDP
Embarque une stack TCP/UDP	Permettant d'envoyer des données sur un serveur web

II.4.4 Liaison série

Le choix des broches permettant la communication entre le shield GPRS et la carte Arduino via la liaison série est réalisé via deux cavaliers, (La liaison série doit être réglée avec une vitesse de 19200 bits/s) .(voire la figure II.8)

- Liaison série logicielle : Rx = D7 et Tx = D8
- Liaison série matérielle : Rx = D0 et Tx = D1

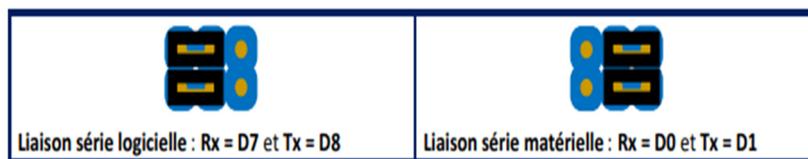


Figure II.8 les liaison série.[21]

II.4.5 Les LED indicatrices

Les indications données par les 3 DELs sont :

II.4.5.1 DEL « PWR » (verte)

- Eteinte Le shield est hors tension.
- Allumée Le shield est sous tension.

II.4.5.2 DEL « ETAT » (Rouge)

- Eteinte Le module SIM900 est hors tension.
- Allumée Le module SIM900.

II.4.5.3 DEL « RESEAU » (Verte)

- Eteinte Le module SIM900 en veille .
- Allumée : 64 ms Eteinte : 800 ms Le module ne trouve pas de réseau.
- Allumée : 64 ms Eteinte : 3000 ms Le module a trouvé un réseau.
- Allumée : 64 ms Eteinte : 300 ms Communication GPRS. [21]

II.4.6 Le SIM 900 de SIMCOM :

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

Parmi les différents modèles proposés par SIMCOM notre choix s'est porté sur le SIM900 fabriqué par la société SIMCOM. Comportant une interface industriellement compatible, le SIM900 fournit la représentation de GSM/GPRS 850/900/1800/1900MHz. Il est capable de fonctionner dans les modes voix, données, FAX et surtout, le plus intéressant pour nous, dans le mode SMS.

Conçu avec un processeur d'un seul morceau très puissant intégrant le noyau d'AMR926EJS, il nous permet de tirer bénéfice de petites dimensions et de solutions rentables. Le module dispose d'un support destiné à recevoir l'indispensable carte SIM et un connecteur MMCX permettant de relier une petite antenne RF également fournie par SIMCOM.

Toutes les entrées et sorties utiles au pilotage du module sont disponibles sur un connecteur comportant 68 points. Avec une configuration minuscule de 24mm x 24mm x 3 millimètres, SIM900 peut se conformer à presque toutes les conditions de l'espace dans nos applications de M2M (machine to machine), particulièrement pour des exigences minces et compactes de conception [22]

Le SIM 900 est décrit sur la figure suivante :



Figure II.9 SIM900. [22]

La figure suivante montre les informations du module SIM900



Figure II.10 Les information sur SIM900

Le tableau II.2 représente une illustration des information de SIM900

Table II.2 Illustration des informations de module

Article	Description
A	Logo de SIMCom
B	Nom de module
C	Numéro de la pièce du module
D	Numéro de série du module et code à barres
E	module IMEI et code à barres
F	Identification authentifiée par FCC
G	Logo authentifié par CE

II.5 Les Commandes AT

II.5.1 présentation

Il existe un standard de télécommunication européen (ETS) qui spécifie une liste de commandes AT qui permettent l'accès aux fonctions d'un téléphone portable ou d'un module sans fil (SIM900) par l'intermédiaire d'un terminal. Ces commandes s'inspirent fortement du standard Hayes, du nom de la société américaine qui dans les années 1970 a défini une liste de commandes universelles permettant de piloter un modem. Chaque instruction débute par les caractères ASCII " AT " tirés de l'abréviation " ATtention " et se termine par un retour chariot, CR : Carriage Return, d'où le nom souvent donné à cette série de commandes : instructions " AT ". On peut effectivement comparer un téléphone portable à un modem sans fil, il est donc logique qu'il utilise des instructions semblables au modem fixe qui équipe nos PC. Les constructeurs se doivent de fabriquer des téléphones portables qui respectent ces normes. La première baptisée GSM07.07 permet l'accès aux fonctions générales du téléphone, la deuxième GSM07.05 concerne la gestion des SMS. Dans les textes officiels qui traitent du GSM on retrouve les termes ME pour Mobile Equipment qui correspond par exemple à un téléphone portable, TE pour Terminal Equipment qui physiquement peut être un ordinateur ou un microcontrôleur et TA pour Terminal Adaptation qui assure la liaison entre le ME et le TE, à ne pas confondre avec le câble série. [23]

Dans la pratique il ya trois possibilités concernant la disposition des différents éléments (voire la figure II.5).

-TA, ME et TE sont trois entités distinctes .

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

–TA et ME forment une seule entité, ce qui est le cas le plus fréquent. Par exemple un téléphone portable standard ou un terminal GSM contient dans son boîtier à la fois le TA et le ME .Le TE forme une entité à part, par exemple il peut s’agir d’un ordinateur de type PC qui dispose d’un port série ou d’un circuit électronique base sur un μ C qui implémente un port série

–TA, ME et TE forment une seule entité.(voire la figure II.11).

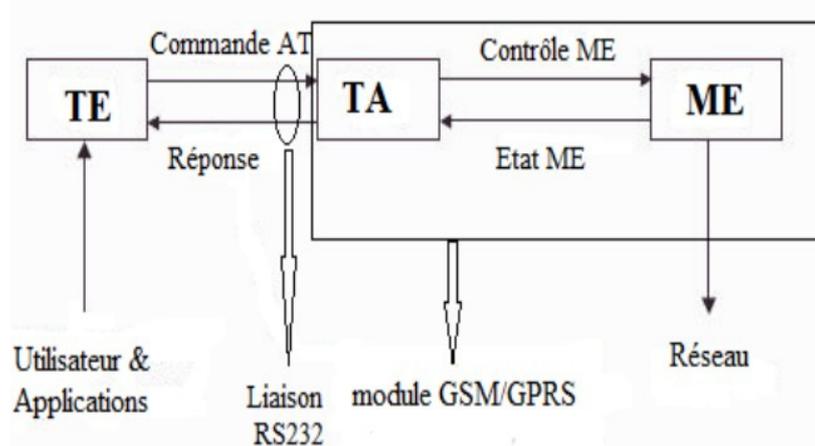


Figure II.11 schéma du fonctionnement des commandes AT. [23]

II.5.2Principes généraux

Ces commandes commencent toujours par la séquence AT à l’exception de la commande de répétition de la dernière commande (A/). Le module(SIM900) comprend indifféremment les commandes en majuscules ou en minuscules. Chaque commande doit se terminer par un caractère de fin de ligne. La commande de répétition (A/) ne nécessite pas de caractère de fin. Le caractère back space (08H) permet d’annuler, lors de l’envoi d’une commande, le dernier caractère envoyé au module. La longueur maximale d’une chaine de commande est de 128 caractères y compris le AT et le retour chariot. S’il y a plus de 128 caractères, le module renvoie un message d’erreur et n’exécute pas la commande. Si le module détecte une erreur dans la chaine, il interprète la chaine jusqu’à la détection d’erreur, il envoie un message d’erreur sans traiter les commandes pouvant se trouver derrière la commande ayant occasionné l’erreur. Avec l’étendue commandes AT, on peut réaliser des fonctions telles que :

- La lecture, l’écriture et la suppression des SMS..
- L’envoi des SMS.
- Le suivi de la puissance du signal.
- Le contrôle de l’état et le niveau de la charge de la batterie.

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

➤La lecture, l'écriture et la recherche des entrées du répertoire. [23]

II.5.3 La NORMEGSM07.07

La norme GSM07.07 regroupe environ 80 commandes permettant d'accéder à toutes les fonctions du ME. Nous n'allons pas d'entailer la totalité de ces commandes mais seulement celles qui seront susceptibles de nous intéresser dans les chapitres suivants : (tableau II.3) . [24]

Table II.3 – Les commandes AT permettent d'accéder à toutes les fonction du ME [24].

Commandes	Fonction
AT+CGMI	Identification fabricant
AT+CGMM	Identification modèle
AT+CGMR	Identification version
AT+CGSN	Identification numéro de série (IMEI)
AT+CIMI	Information d'identité inter nationale du mobile(IMSI)
AT+CLIP	Présentation du numéro
AT+CSCS	Alphabetutilisé par le TE
AT+CPAS	État d'activité du téléphone
AT+CPIN	Entre le code PIN
AT+CBC	État de charge batterie
AT+CREG	Enregistrement sur le réseau
AT+CSQ	Qualité du signal
AT+CIND	Indicateurs de contrôle
AT+CPBS	Sélectionne un répertoire téléphonique
AT+CPBR	Lecture du répertoire téléphonique
AT+CPBF	Recherche une entité dans le répertoire téléphonique
AT+CPBW	Écriture dans le répertoire téléphonique
AT+CCLK	Horloge
AT+CALA	Alarme
AT+CMEE	Signalisation d'une erreur

II.5.4 La NORMEGSM07.05

La norme GSM07.05 spécifie les commandes AT permettant la gestion des SMS. [24] (tableau II.4).

Table II.4 *les commandes AT permettant la gestion des SMS* [24].

Commandes	Fonction
AT+CSMS	Sélection du service de messagerie
AT+CPMS	Sélection de la zone mémoire pour le stockage des SMS
AT+CMGF	Sélection du format du SMS (PDU ou TEXT)

Chapitre 2:Présentation du matériel nécessaire à la conception du système

AT+CSCA	Définition de l'adresse du centre de messagerie
AT+CSDH	Afficher 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
AT+CPBR	Lecture du répertoire téléphonique
AT+CPBF	Recherche une entité dans le répertoire téléphonique
AT+CPBW	Écriture dans le répertoire téléphonique
AT+CCLK	Horloge
AT+CALA	Alarme
AT+CMEE	Signalisation de une erreur

II.6 Conclusion :

Tout au long de ce chapitre, nous avons décrit les bases théoriques développées dans notre projet en commençant par l'Arduino et GSM (réseau et module) et les commandes AT .

Dans le chapitre suivant nous donnerons une idée sur les composants essentiels de notre projet électronique et leur réalisation

Chapitre III

Réalisation et conception du projet

Chapitre 3

Réalisation et conception du projet

III.1 Introduction

Les modules GSM ont baissé de prix de manière spectaculaires ces dernières années. Ils permettent de commander facilement à distance une enseigne ou un afficheur à LED. La commande peut se faire par l'envoi de SMS, par exemple pour modifier des textes. Il est aussi possible de communiquer sur le protocole TCP/IP, par le standard GPRS. Le GSM est une solution de choix quand les distances entre émetteur et récepteur sont grandes, on peut relier pratiquement tous les lieux habités de notre planète, quelles que soient les distances qui les séparent. Le module doit bien entendu contenir une carte SIM fournie par un opérateur GSM, qui facturera les frais de communication. La communication avec ces modules se fait généralement par une liaison série asynchrone, avec des commandes "AT".

Notre but est de réaliser une maquette pour commander à distance des équipements agricoles dans une serre ou jardin à base de deux cartes essentielles : Arduino et Module GSM.

Dans ce chapitre, nous allons décrire le principe de fonctionnement puis présenter l'ensemble de matériels utilisés pour la réalisation de ce projet.

III.2 principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement de notre projet vise de contrôler à distance des équipements agricoles (Electrovanne pour l'arrosage, pompe à eaux, ventilation, extraction de l'air, système d'éclairage ou n'importe quelle charge 220 volts ...) et de commander des actions, acquérir des informations (états). Ceci à faible coût et moins d'effort.

III.3 Schéma de principe

Le système de contrôle par GSM doit permettre de contrôler des fonctions et recevoir des informations à base d'un réseau mobile GSM dans toutes les zones du monde qui sont sous couverture d'un réseau GSM entre utilisateur et le système. On peut donner le schéma bloc ci-dessous représentant les différentes fonctions du système (voir figure III.1).

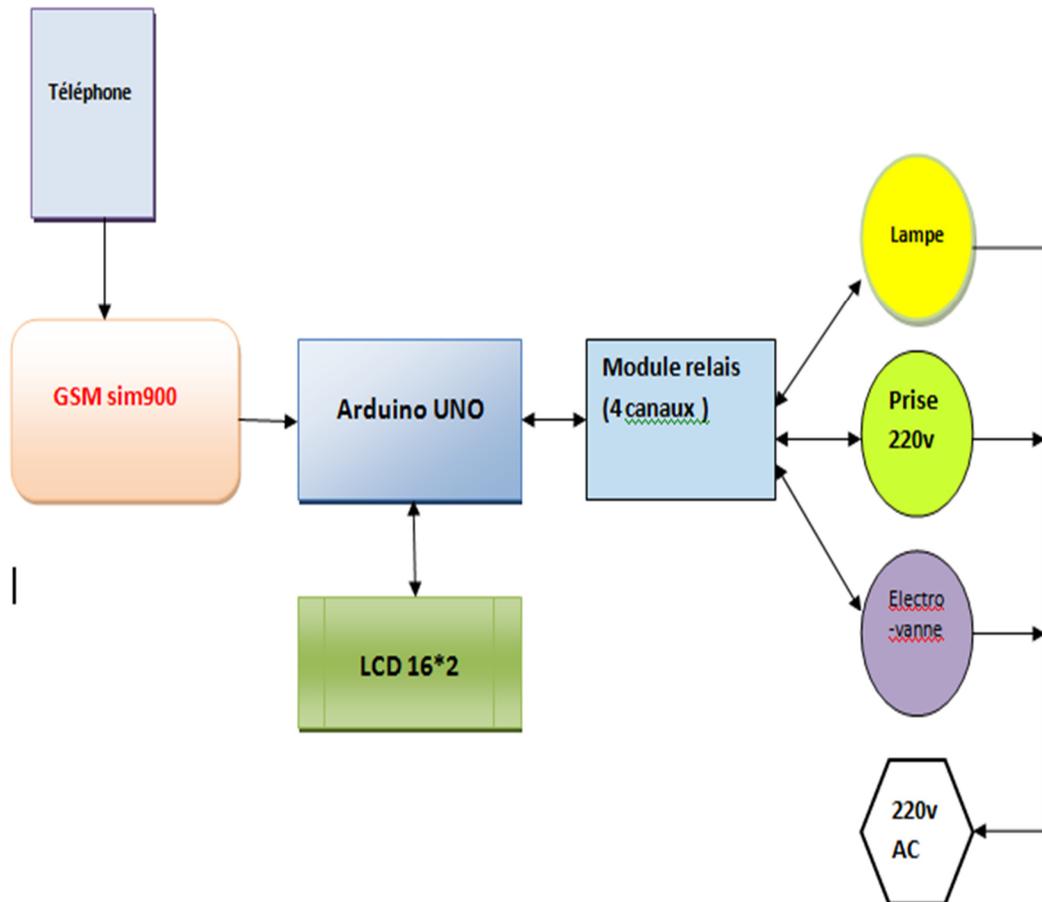


Figure III.1 : Schéma bloc du système.

- Arduino Uno: Nous utilisons Arduino pour sa simplicité. Il fournit également de nombreuses broches numériques pour l'interface simultanée avec l'écran LCD, le module GSM et le module de relais.
- GSM SIM900A : Nous utilisons seulement quatre broches GSM RX, TX, Vcc et la masse.
- Modules de relais à 4 canaux: Il s'allume et s'éteint avec un signal logique 5v d'Arduino. Il peut supporter jusqu'à 250VAC et 10A. Ces modules ont 4 canaux afin que nous puissions contrôler 4 appareils à la fois.
- 16 x 2 LCD: LCD est utilisé pour afficher le nom du projet, une liste de commandes pouvant être entrées, puis il demande à donner toute commande et indique l'état de la commande saisie. Nous utilisons un écran LCD 16 x 2 car il est facile à utiliser avec Arduino et très économique. Le potentiomètre 10k est utilisé pour contrôler le contraste de l'affichage

III.3.1 Description générale du projet

- L'utilisateur est permet d'envoyer un message SMS à un module GSM par un téléphone portable Le message contient des informations codées pour les commandes.
- Module GSM est connecté à Arduino UNO avec une carte SIM à l'intérieur du module, qui permet de recevoir ou d'envoyer des SMS, le module est communiquer avec une carte Arduino par une communication serial, les commandes utilisées dans cette connexions sont des AT COMMANDS.
- Le relais est connectée à Arduino et l'autre extrémité du relais est connectée à Dispositif comme électrovanne ou lampe.
- L'Arduino est permet de communiquer avec module GSM lire les messages et envoyer des commandes et exécuter les différents processus, En fonction du texte SMS, elle est envoyé une commande à relais pour (activer ou désactiver).

La figure III.3 représente une description générale de projet. [1]

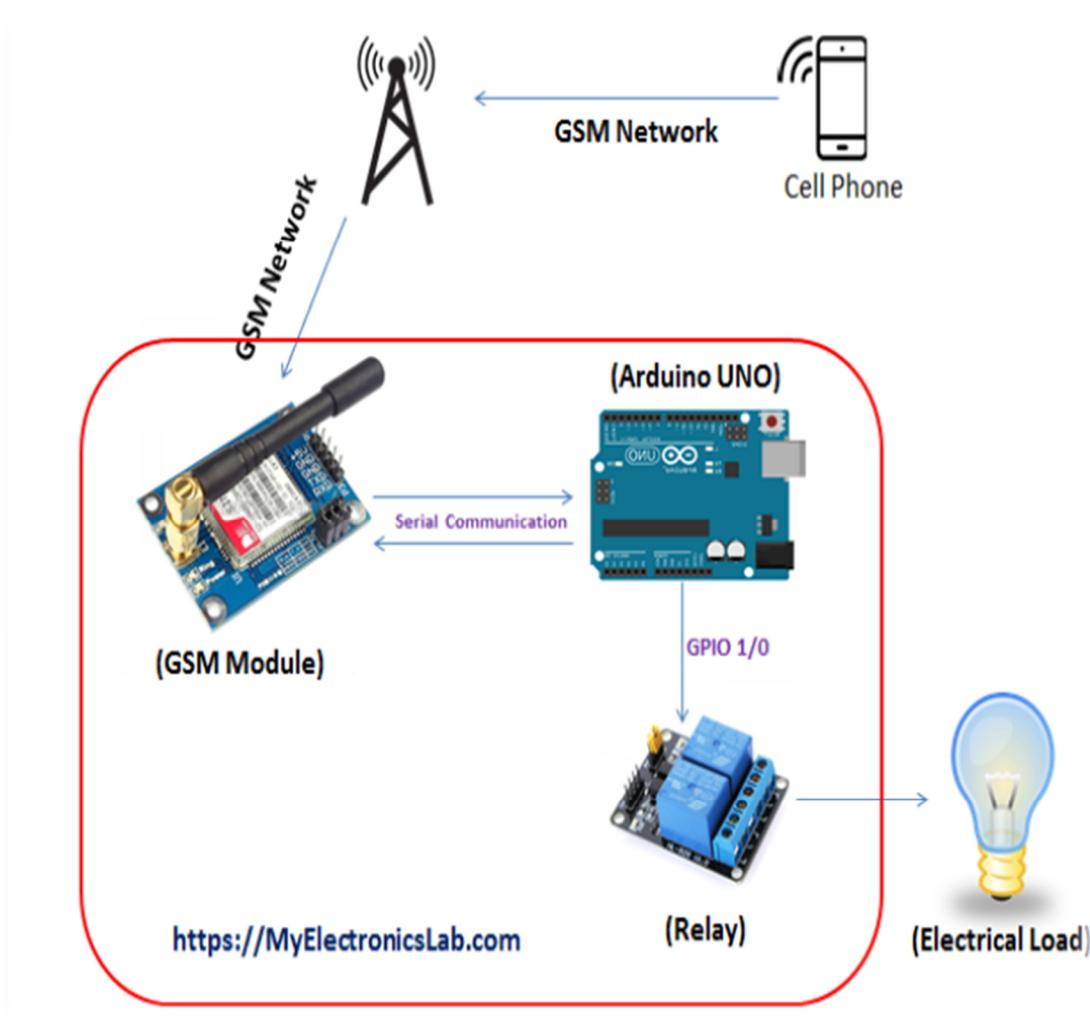


Figure III.3 : Description générale [1].

III.3.2 Composants utilisés

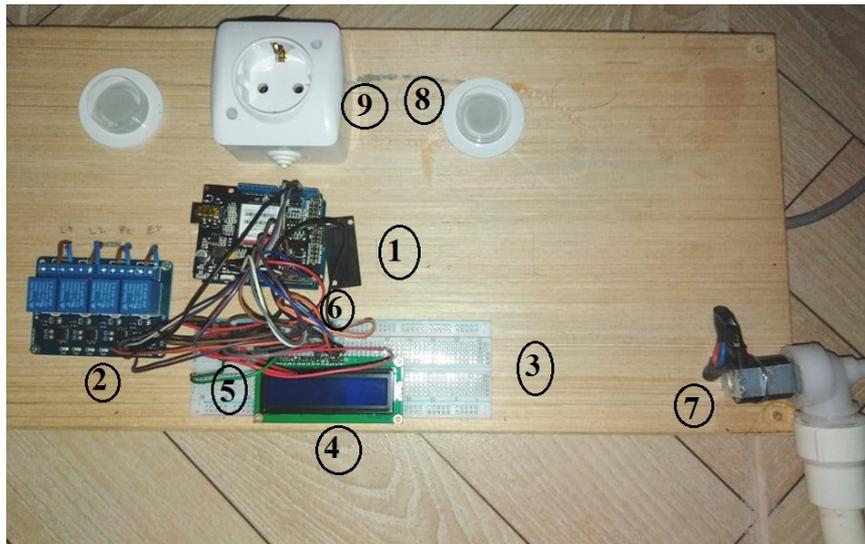
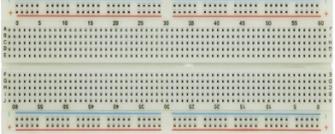


Figure III.3 Montage de projet.

Pour une telle réalisation, nous avons assemblé les différents composants le tableau :

Table III.1 composants utilisés dans le projet.

Composant	N°	Nom de composant
	1	Carte Arduino UNO + module GMS/GPRS v.03
	2	Module de Relais 5V à 4 Canaux
	3	Plaque d'essai

	<p>4</p>	<p>Afficheur LCD 16x2</p>
	<p>5</p>	<p>potentiomètre de 10k ohm pour l'écran LCD</p>
	<p>6</p>	<p>fils de connexion</p>
	<p>7</p>	<p>Electrovanne</p>
	<p>8</p>	<p>2 lampes (spots encastrables)</p>
	<p>9</p>	<p>Une prise électrique</p>

III.4 Description des différents matériels utilisés

III.4.1 L'Arduino et la Carte Sim 900 GSM/GPRS Shield

Le GSM/GPRS Shield permet d'échanger des données en utilisant les réseaux GSM, elle est compatible avec toutes les cartes qui ont le même facteur de forme (et Pinout) en tant que carte Arduino standard. Le GPRS Shield est configuré et contrôlé par son UART en utilisant des commandes AT simples. Basé sur le module SIM900 de SIMCOM, le GSM/GPRS Shield est comme un téléphone cellulaire. Outre les fonctions de communication, elle est basée sur la méthode Short Message Service (SMS) pour les transactions des données (voir figure III.4).



Figure III.4 : Carte GSM compatible avec carte Arduino.

III.4.3 L'écran LCD 16×2 (*Light Control Display*)

III.4.3.1 définition

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité. [3]

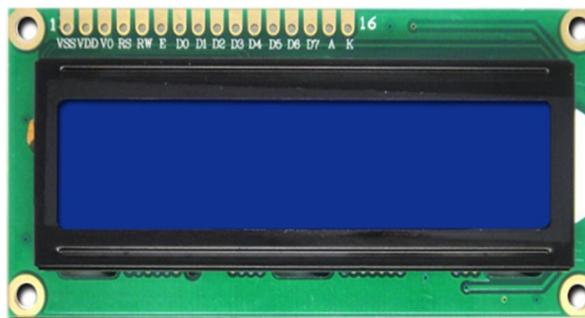


Figure III.5 afficheur LCD [3].

III.4.3.2 Principe des cristaux liquides LCD

Sont dessinées les mantisses formant les caractères. L'espace entre elles est rempli de cristal liquide normalement réfléchissant (pour les modèles réfléchissants). L'application entre les deux faces d'une tension alternative basse fréquence de quelques volts (3 à 5 V) le rend absorbant. Les caractères apparaissent sombres sur fond clair. N'émettant pas de lumière, un afficheur à cristaux liquides réfléchissant ne peut être utilisé qu'avec un bon éclairage ambiant. Sa lisibilité augmente avec l'éclairage. Les modèles transmissifs fonctionnent différemment: normalement opaque au repos, le cristal liquide devient transparent lorsqu'il est excité, pour rendre un tel afficheur lisible, il est nécessaire de l'éclairer par l'arrière, comme c'est le cas pour les modèles

rétro éclaire. L'afficheur est constitué de deux lames de verre, distantes de 20 µm environ, sur lesquelles. [3]

III.4.3.3 Brochage

Un circuit intégré spécialisé est chargé de la gestion du module. Il remplit une double fonction : d'une part il commande l'affichage et de l'autre se charge de la communication avec l'extérieur

On a utilisé le mode 4 bits, pour économiser quelques pins d'Arduino. [4]

La figure III.5 représente un circuit de câblage LCD-Arduino.

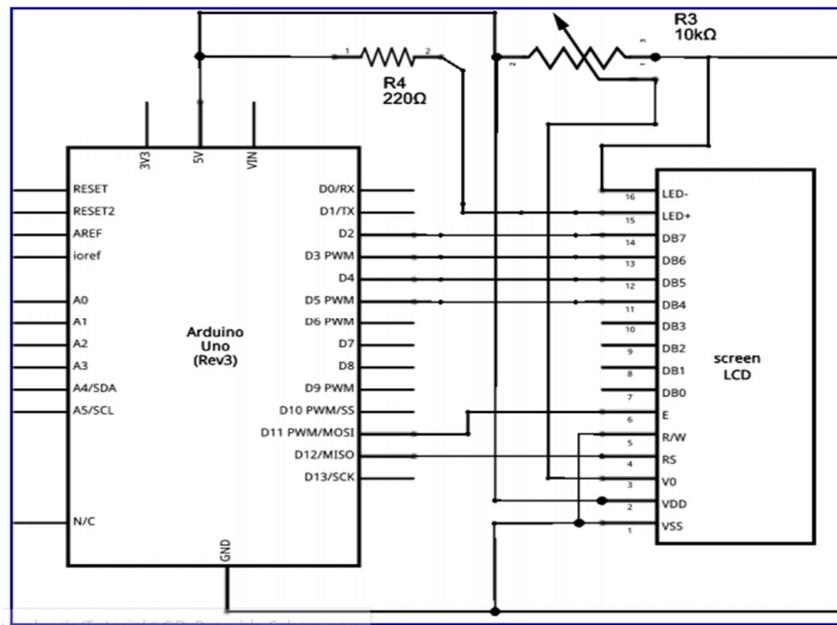


Figure III.6 Circuit de câblage LCD-Arduino [4].

Le tableau III.2 représente le câblage du LCD-Arduino.

Table III.2 Brochage du connecteur [4].

Broche	Nom	Fonction
1	Vss	Relier à la masse de l'écran
2	Vdd	Broche d'alimentation. Typiquement connectée à la broche 5V de l'Arduino
3	Vo	Broche de contraste. Connecté à un potentiomètre.
4	RS	Register Select. Permet de sélectionner la zone mémoire
5	R/W	Read or Write. Toujours à la masse
6	E	Enable active ou non l'affichage
7 à 14	D0 à D7	Bits de données

15	A	Anode borne + de la LED de rétro éclairage
16	K	Cathode borne – de la LED de rétro éclairage

III.4.4 Module de Relais 5V à 4 Canaux

III.4.4.1 Définition d'un relais

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément mécanique (on se trouve alors en présence d'un relais électromécanique) ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique). C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande. La tension et le courant de commande (partie "Commande"), ainsi que le pouvoir de commutation (partie "Puissance") dépendent du relais, il faut choisir ces paramètres en fonction de l'application désirée. Ainsi, il faut choisir des relais différents selon qu'il faut commuter des signaux audio ou des tensions ou courants importants. Comme la Commande peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant), et que la partie Coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant est un amplificateur de courant. [5]

III.4.4.2 Principe de fonctionnement

Un relais est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électro-aimant). Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un aux mobile, qui déplacera alors des contacts mécanique.

En pratique, cela implique que l'électronique de commande n'est jamais en contact réellement avec le courant commandé; et quand on utilise un relais nu, il faut impérativement utiliser une diode anti-retour, sinon quand la bobine n'est plus alimentée, le champ magnétique qui s'effondre induit un courant de retour qui pourrait bien détruire votre microcontrôleur.

Heureusement pour nous, ici, nous avons un circuit complet et auto-suffisant. La diode anti retour est déjà présente, et nous avons même une petite LED indiquant que le courant passe. [5] La figure III.7 représente un module relais.



Figure III.7 : Module relais à 4 canaux [5].

III.4.4.3 Câblage

La figure III.8 représente un brochage du relais entre une lampe 220 volts et un Arduino Uno.

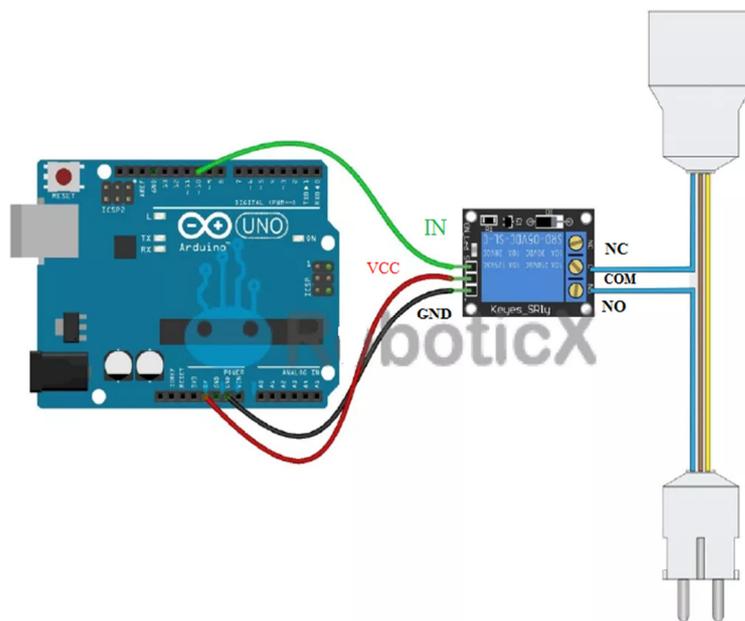


Figure III.8 : Brochage du relais (un seul canal) [6].

- NO, cela signifie « *Normally Open* » (Normalement ouvert)
- NC, cela signifie « *Normally Close* » (Normalement fermé)
- COM, cela signifie « *Common* » (Commun)

Bref, lorsque le relais n'est pas activé, il fait contact entre COM et NC.

Lorsque le relais est activé, il fait contact entre COM et NO.

Pour le raccordement à l'arduino :

- VCC : sur le 5V de l'arduino.
- IN1 /IN2/ IN3/IN4 : sur une des pin I/O de l'arduino :

- IN1 pour contrôler le relai 1.
 - IN2 pour contrôler le relai 2.
 - IN3 pour contrôler le relai 3.
 - IN4 pour contrôler le relai 4.
- GND : sur le GND de l'arduino et non à la terre.

III.4.5 Potentiomètre (10k)

III.4.5.1 Définition

Un potentiomètre est un type de résistance variable à trois bornes, dont une est reliée à un curseur se déplaçant sur une piste résistante terminée par les deux autres bornes. Ce système permet de recueillir, entre la borne reliée au curseur et une des deux autres bornes, une tension qui dépend de la position du curseur et de la tension à laquelle est soumise la résistance. [7]

III.4.5.2 Principe de fonctionnement du potentiomètre

Prenons un potentiomètre de 10 kOhms, il y a une résistance fixe (10 kOhms ici) entre l'entrée et la masse. La borne de sortie est "entre" la masse et la sortie .

Le potentiomètre forme un pont diviseur de tension comme cela représenté la figure III.9. [8]

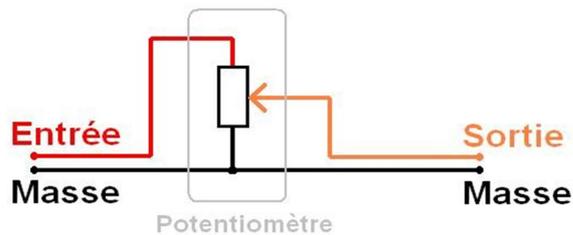


Figure III.9 Schéma de connexion du potentiomètre.

Le potentiomètre utilisé pour le contraste de l'écran LCD (voire la figure III.10).

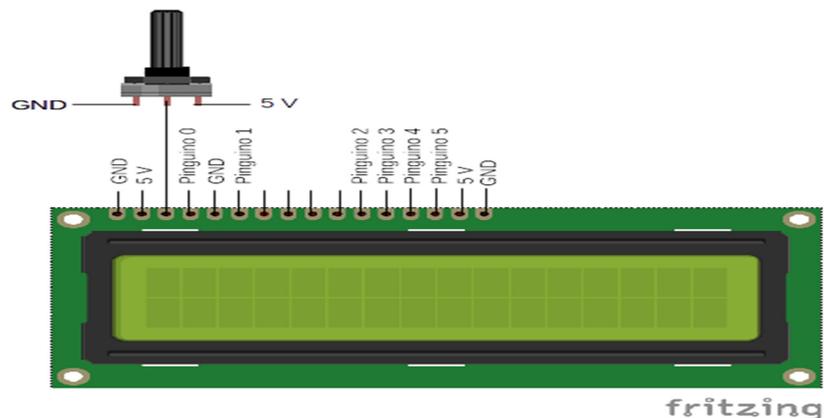


Figure III.10 Connexions de l'afficheur au Potentiomètre. [8]

III.4.6 Fils de connexion (*jumpers*)

C'est un fil électrique qui relie les dipôles d'un circuit entre eux. Son rôle est de permettre au courant électrique de circuler entre ces dipôles. Un fil de connexion est toujours constitué d'une gaine de plastique isolante qui entoure un fil métallique conducteur. Le métal est en général du cuivre mais il peut arriver que d'autres métaux soient utilisés. C'est la partie métallique qui permet la circulation du courant dans le fil tandis que la partie en plastique permet d'utiliser les fils en toute sécurité et sans provoquer de court-circuit (voir figure III.11). [9]



Figure III.11 fils électrique de câblage [10].

III.4.7 Plaquette d'essai

Une plaquette ou plaque d'essai sans soudures est un outil pédagogique indispensable pour découvrir l'électronique. Son principal avantage est de permettre de réaliser des montages rapidement sans souder aucuns composants. Il est donc possible de réutiliser les composants.

Cette plaquette est composée d'un plastique isolant avec des rangées verticales de 5 contacts et 4 lignes horizontales pour l'alimentation. Les lignes rouges pour relier les composants au + et les lignes bleus pour le -. Les composants sont plantés dans les trous de diamètre 0,8mm. Il ne faut pas essayer de planter des composants ayant des connexions de diamètre supérieur.

Le bloc principal permet de placer des composants électroniques typiques comme un circuit intégré, au milieu, sans court-circuiter ses broches.

La plaque d'essai utilise des barrettes métalliques isolées les unes des autres pour mettre en contact les composants sans que l'on ait besoin de les souder (voir la figure III.12). [11]

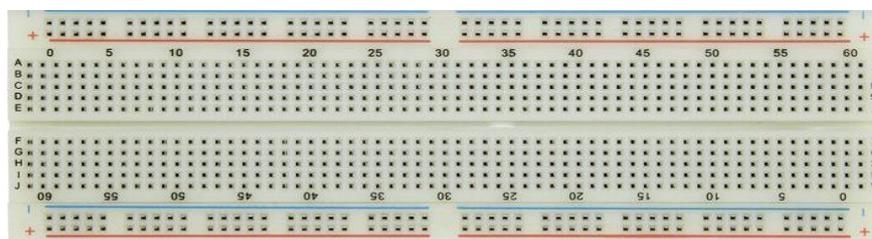


Figure III.12 : Plaque d'essai (830 points) [11].

III.4.8 Les composants 220v

III.4.8.1 Prise électrique

Une prise électrique est un connecteur permettant de relier les appareils au réseau électrique, L'appellation « prise de courant » vient du fait qu'on s'y approvisionne en courant, mais rigoureusement parlant, le réseau agit comme une source de tension et non de courant. C'est-à-dire que la tension (en volts) est fixée par le réseau et que l'intensité du courant (en ampères) dépend de l'appareil qui y est branché, dans les limites du courant maximal autorisé par chaque prise.

Dans notre projet, on a mis une prise électrique pour connecter des appareils électriques de 220 volts (ventilateur, chauffage, pompe à eau ...).

III.4.8.2 Les lampes (Spot Led)

Dans notre maquette on a mis deux lampes comme un témoignage sur le passage du courant.

On a remplacé les ampoules halogènes à une ampoule LED pour désormais le choix dans la teinte de couleur, l'angle de diffusion et la puissance d'éclairage. Mais contrairement aux ampoules halogènes, les LED vous permettent de faire jusqu'à quatre-vingt-cinq pourcent d'économies d'énergie.

Plus qu'un simple éclairage, les spots encastrables sont de véritables éléments de décoration.

Ils permettent d'éclairer une pièce tout en apportant une touche de design et de modernité.

Avec leur système d'encastrement facile, ces spots ont adapté aisément dans notre maquette Ces spots ont des transformateur qui transforme le courant d'entrée AC220V en courant AC12V, Cette transformation permet d'avoir une tension de sortie de 12V considérée économique et non dangereuse pour l'homme (inférieure à 50V). On parle de tension TBTS (Très Basse Tension) de Sécurité, comme cela représenté dans la figure III.13. [12]

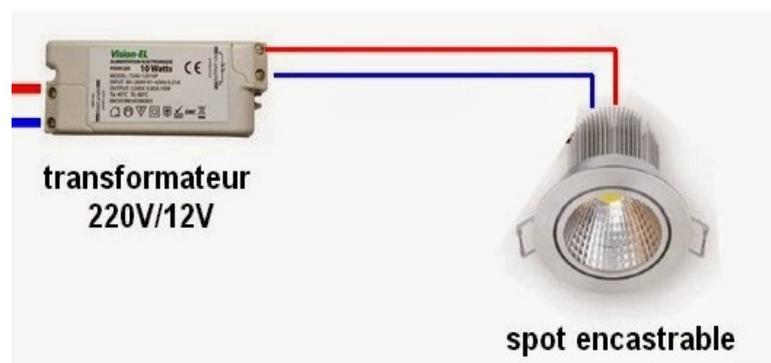


Figure III.13 : Spots encastrables [13].

III.4.8.3 Electrovanne

L'électrovanne est un élément essentiel d'un système d'arrosage intégré. Cet accessoire permet d'ouvrir ou de fermer l'arrivée d'eau de façon automatique, une fonction qui peut s'effectuer également via un programmeur. [14]

III.6 Organigramme du programme

Avant la construction d'un programme, il est recommandé de réaliser un organigramme qui représente le cheminement du programme à écrire, ceci va faciliter la programmation. Comme cela représenté dans l'organigramme suivant (figure III .14).

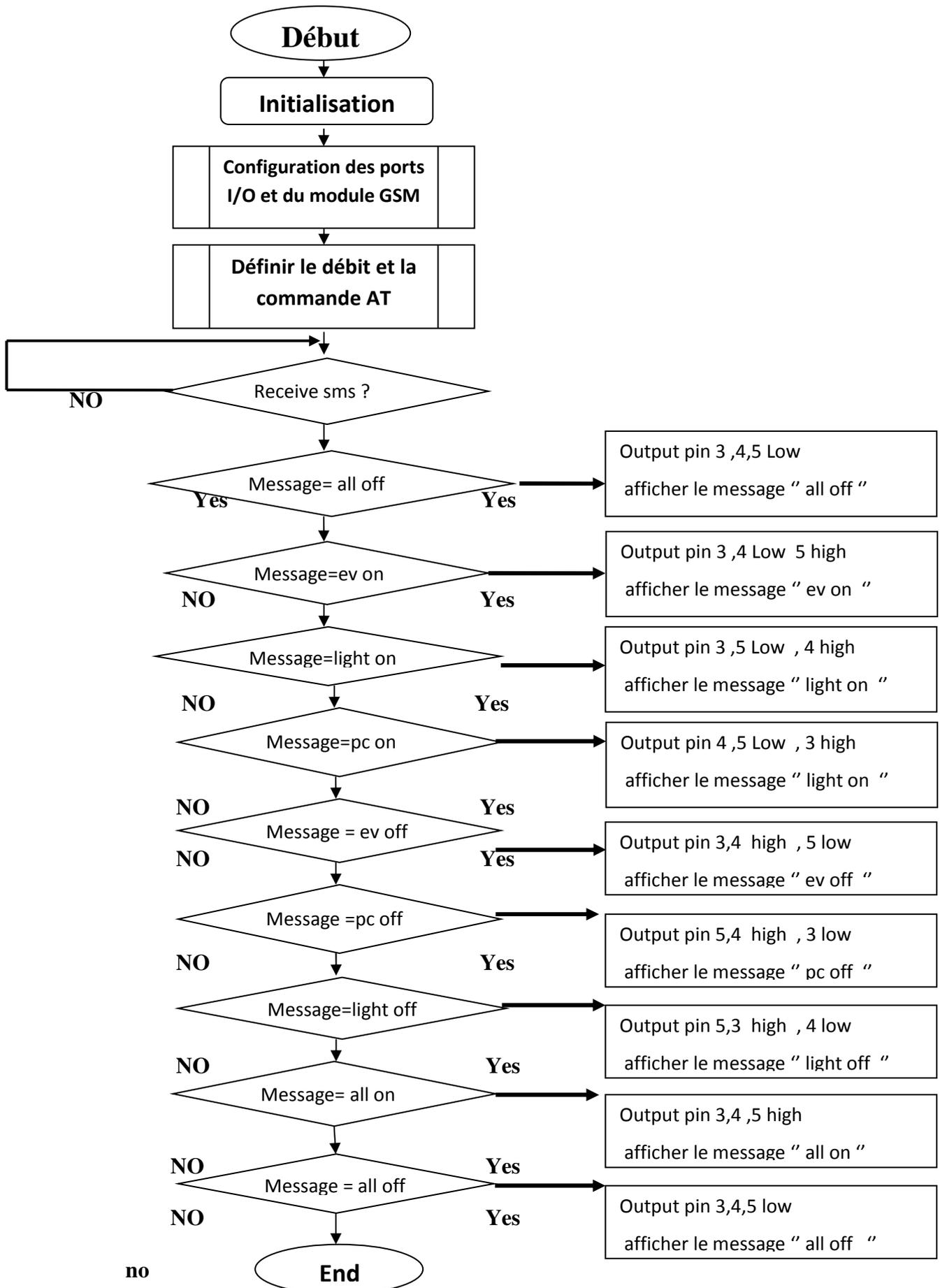


Figure III .14 Organigramme.

Le tableau III.3 représente la liste de commande ou SMS et leur fonction.

Table III.3 : liste de commande ou SMS et leur fonction.

Commande	Fonction
all on	Tous les équipements sont ON
all off	Tous les équipements sont OFF.
pc on	La prise est ON
pc off	La prise est OFF
ev on	L'électrovanne est ON
ev off	L'électrovanne est OFF
light on	La lampe est ON
light off	La lampe est OFF

III.7 Réalisation du projet

Le schéma ci-dessus (III.15) présente un diagramme du projet réalisé.

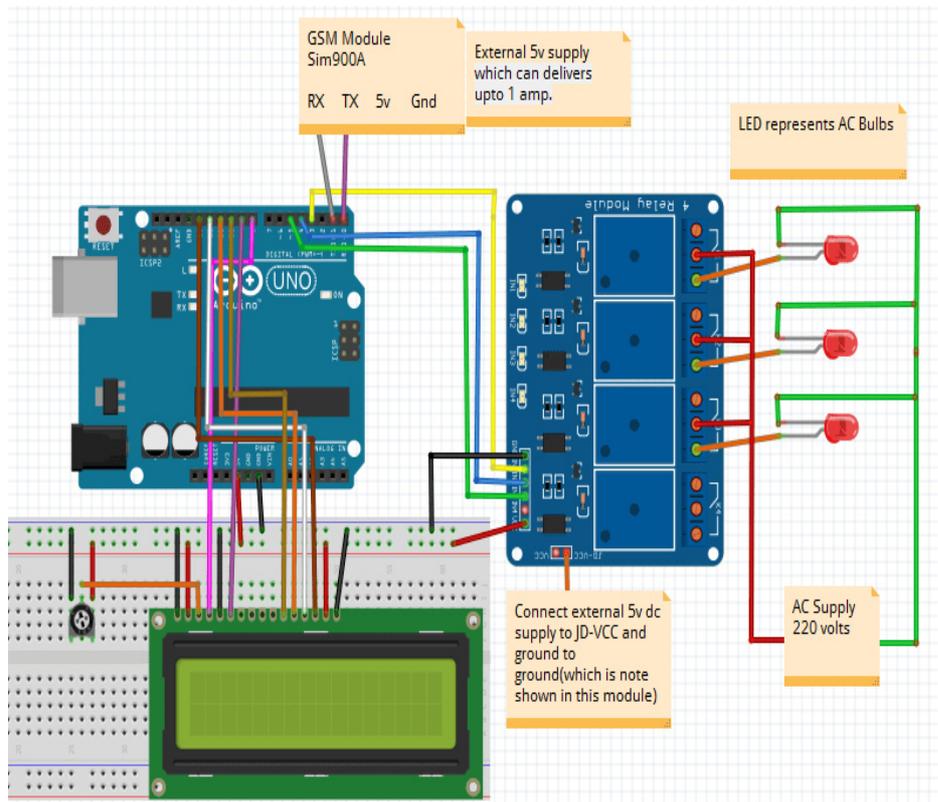


Figure III.15 Circuit diagramme [15].

Le montage est réalisé selon la figure suivante (figure III.16).

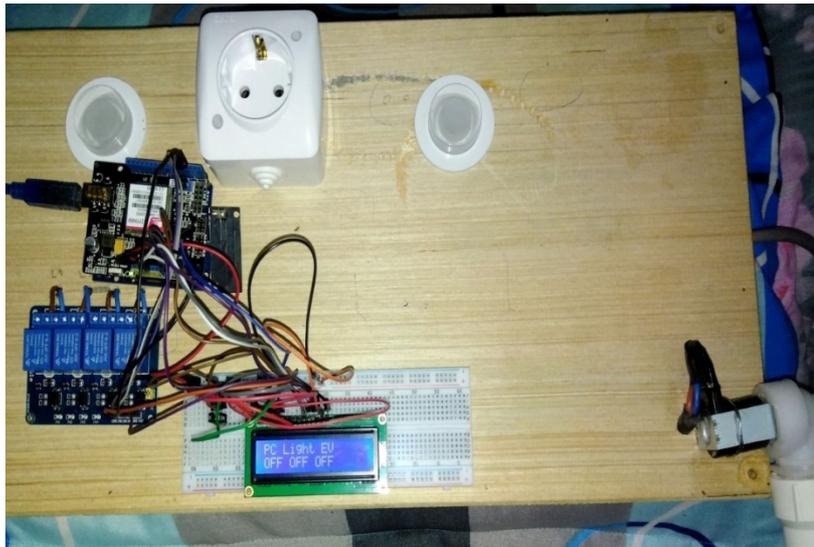


Figure III.16 Schéma expérimental de la réalisation.

III.8 Tests de fonctionnement

Afin de valider l'efficacité du montage réalisé à base du module combiné, plusieurs tests ont été effectués.

- **Test 1** : la figure (III.17) représente le premier cas : un seul équipement est ON et le reste sont OFF.

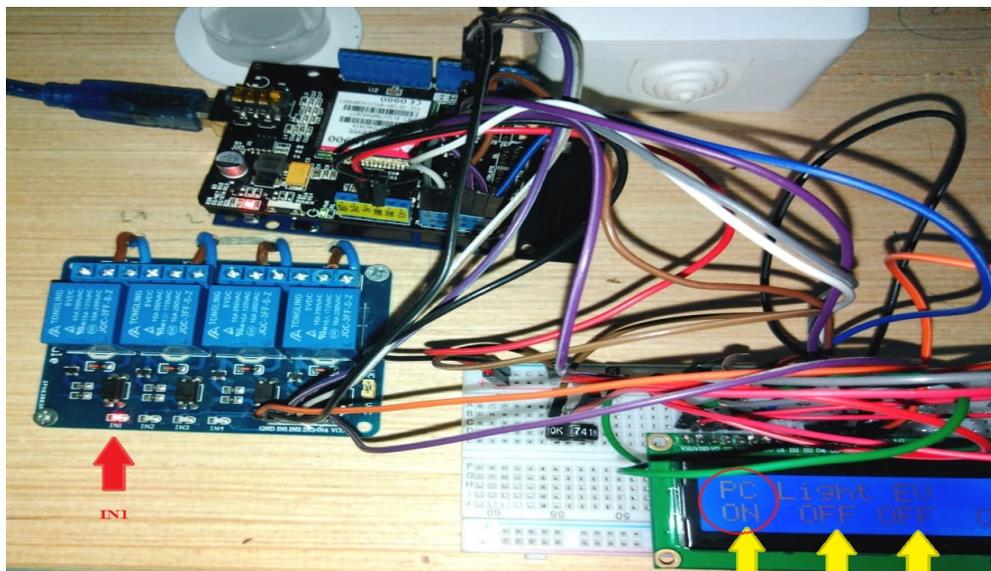


Figure III.17 le premier cas (pc est ON).

- **Test 2** : la figure (III.18) représente le deuxième cas : tous les équipements sont ON.

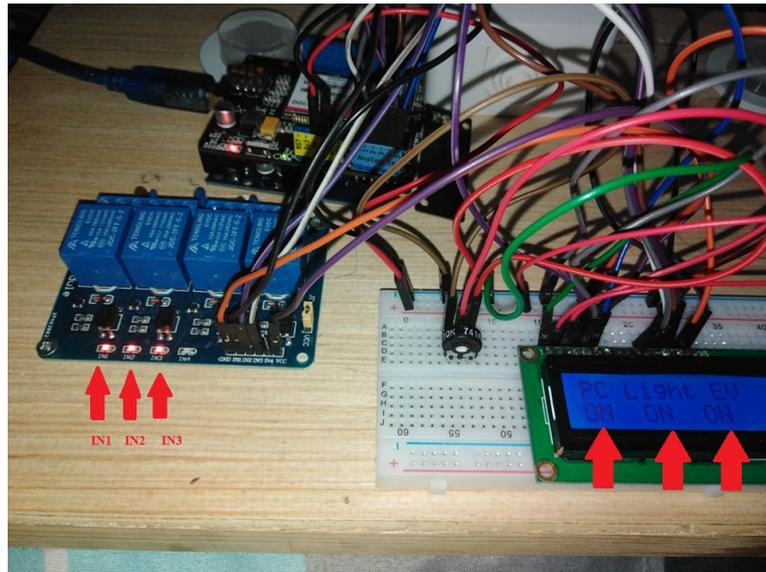


Figure III.18 le deuxième cas (tout sont ON).

- **Test 3** : la figure (III.19) représente le troisième cas : tous les équipements sont OFF.

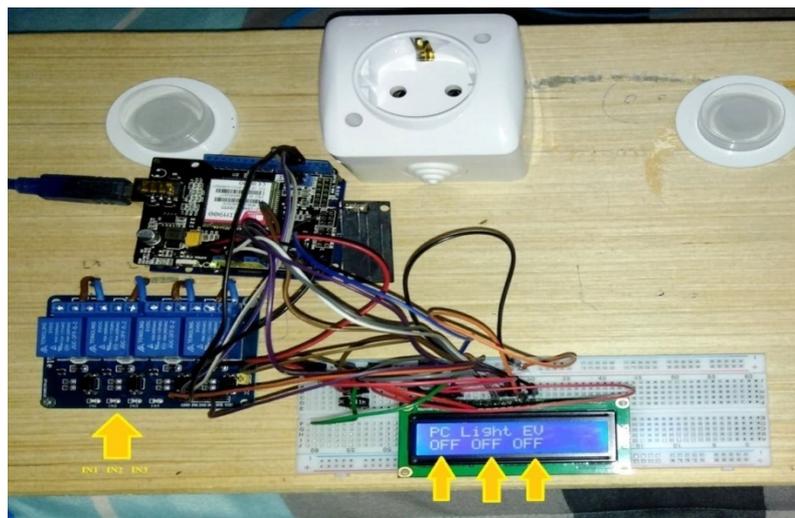


Figure III.19 : le troisième cas (tous sont OFF).

La figure suivante (III.20), représente tous les messages (SMS) envoyés au module GSM pour commander.

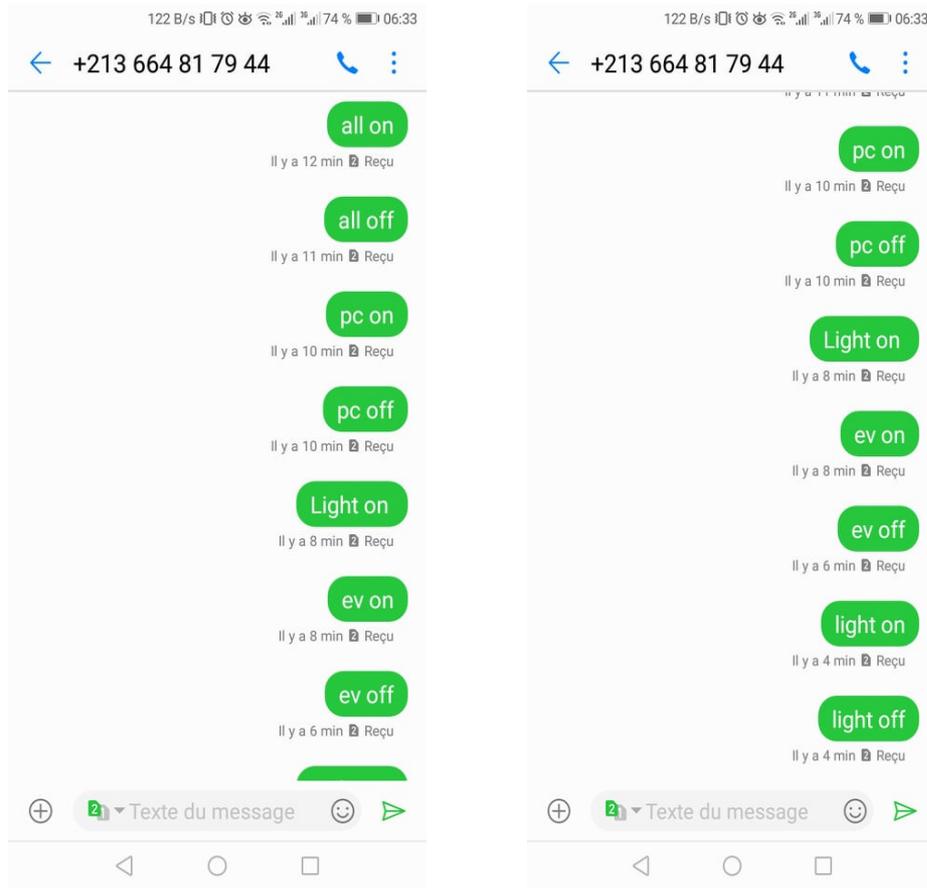
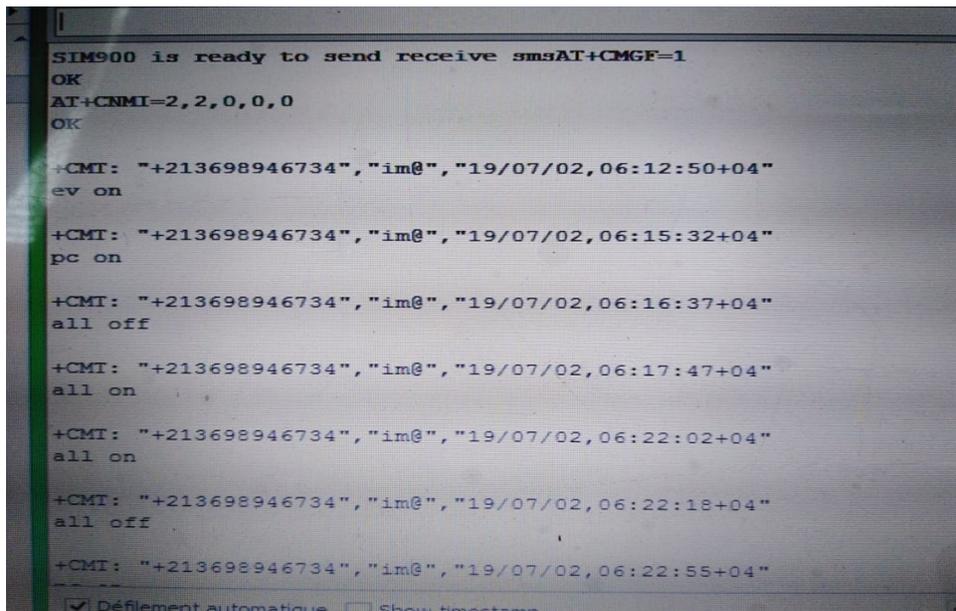


Figure III.20 : Tous les messages de tests.

La figure suivante (III.21), représente toutes les informations affichées à le monitor série.



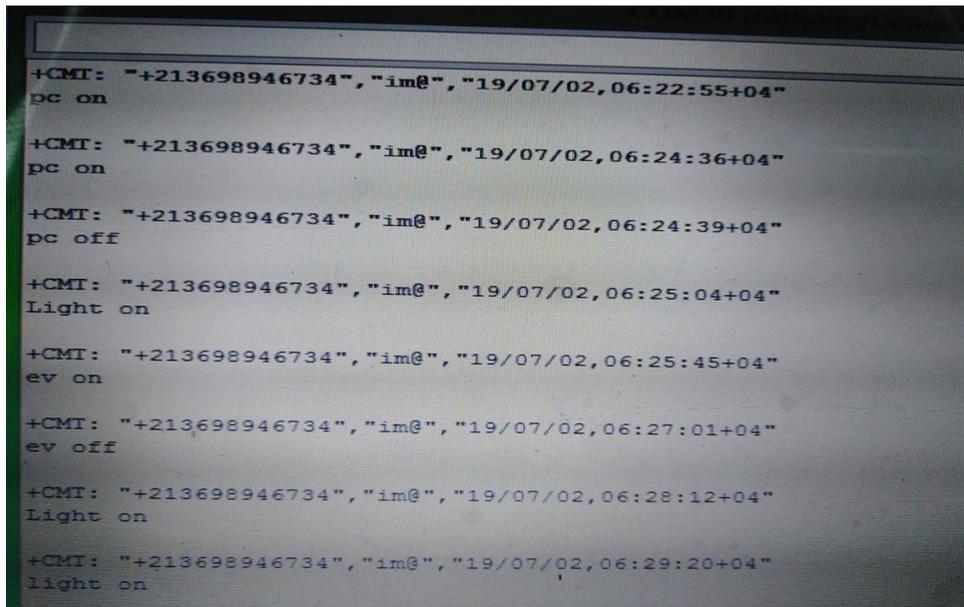


Figure III.21 : Les informations affichées au moniteur.

III.8 Conclusion

Au cours de ce chapitre, on a exposé le travail expérimental réalisé, leur principe de fonctionnement et le schéma général en plus on a décrit les différents matériels utilisés ainsi que l'organigramme du system et les tests de fonctionnement.

On peut conclure que les résultats obtenus sont satisfaisants compte tenu des limitations du matériel et des moyens dont nous disposons.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Avec le grand progrès des technologies de la communication, de l'électronique et de l'informatique qui sont réunies pour former un seul domaine : la communication machine-machine , l'utilisateur est devenu capable de communiquer avec les différents équipements électriques

Au terme de ce travail élaboré dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons essayé de réaliser un système, qui permet aux utilisateurs de commander et de contrôler Leurs fermes localement ou à distance, dans le but de diminuer la pénibilité surtout dans les zones arides , et de optimiser le temps de travail et augmenter la productivité agriculteurs dans l'agriculture et les activités connexes en utilisant un module GSM pour l'envoi et la réception des SMS à partir d'un téléphone portable ,pour allumer ou éteindre les équipements agricoles

En outre, dans le cadre de ce projet , nous avons eu l'occasion de étudier quelques notions de l'agriculture et les différentes méthodes d'irrigation ainsi que les équipements agricole que nous pouvons contrôler et commander à distance, la réalisation de ce projet nécessite une étude approfondie sur certaines notions qui touchent non seulement le cadre générale du projet, mais aussi notions son implémentation, pour bien assimiler ces différentes notions, nous détaillons dans un premier lieu, la carte Arduino ainsi que le réseau GSM puis le shield GSM GPRS et enfin nous présenterons les commandes AT.

En perspectives, nous pouvons signaler que ce travail n'est qu'une simple système dans le domaine de la commande a distance , il peut être plus autonome, plus pratique, et assez évolutif vu le pas géant et les progrès réalisés dans les domaines de la technologie et de la communication à notre époque.

A la lumière de tout cela l'objectif que nous nous sommes fixés a été atteint néanmoins, nous regrettons de ne pas avoir eu assez de temps pour perfectionner notre projet ,c'est-à-dire rajouter de nouvelles fonctions ou bien de le mettre sur un support viable .

Bibliographes

Chapitre 1 :

- [1] – D.Soltner: Les bases de la production végétale , Marc Dufumier, ingénieur agronome, Institut national agronomique Paris Grignon , <https://fr.wikipedia.org/wiki/agr>.
- [2] – JEAN-MARIE MORIN, « *REPERES dans l'histoire de l'agriculture et de l'AGRICULTURE BIOLOGIQUE* » OCTOBRE 2013
- [3] - <https://www.aquaportail.com/definition-12844-zone-aride.html>
- [4] – Groupe de coordination sur les terres arides, porte Maribo 8, 0183 Oslo, Norvège
- [5] – El Asslouj J ; e Kholtei S ; El Amrani N et Hilali A. 2007 Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées. Afrique SCIENCE 03(1) (2007) 109
- [6] – BOUAROU DJ Sara « Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation » MÉMOIRE DE Magistère en Écologie, Université Mentouri Constantine 2012
- [7] – Milos H. (1971). L'eau et l'environnement bull. FAO. 8 :32-38p
- [8] – Plauchu. 2004. Economie de l'environnement
- [9] – Ollier Ch.et Poirée M. 1983. Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed.Eyrolles. Paris.455p.
- [10] – Brouwer,C.,(1985-90). GESTION DES EAUX EN IRRIGATION. Manuel de formation n° 5 . Italie
- [11] – MAPM, 2013. Ouverture de la 2ème édition du congrès international sur l'arganier. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Maroc
- [12] – MAPM, 2008. *Le Plan Maroc Vert* . Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Maroc
- [13] – Schwab et al., 1993.
- [14] –Brouwer,C.,(1985-90). GESTION DES EAUX EN IRRIGATION. Manuel de formation n° 5 . Italie

[15] - <https://slideplayer.fr/slide/2297834/>.

[16] – Mémento de l'agronome, Ministère de la Coopération française, Paris 1980

[17] – AOUATA Ibrahim ÉTUDE ET DEVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION SOUTERRAINE EN ALGERIE MEMOIRE DE MASTER . ENSH -ARBAOUI ABDALLAH - 2015

[18] - <http://www.agrimaroc.ma/les-differentes-techniques-d-irrigation/>

[19] – B. BOUCHIKHI et M. ELHARZLI, « Conception et réalisation d'un système d'acquisition et de commande des paramètres climatiques sous serre. » Phys. Chem. News 22, 45–54 (2005)

[20] – ELAFOU Youssef, « contribution au contrôle des paramètres climatiques sous serre », Docteur en Sciences, Discipline : Physique, Spécialité : Automatique, Soutenue publiquement le 16 juin 2014, Université lille1, 16 juin 2014

[21] – Y. EL AFOU, L. BELKOURA, M. OUTANOUE, M. GUERBAOUI, A. RAHALI, A. Ed-DAHAK, A. LACHHAB, C. JOIN, et B. BOUCHIKHI. « Techniques de rétroaction utilisant PID et PI-intelligent pour le contrôle de la température à effet de serre ». Revue internationale de recherche avancée en génie électrique, électronique et Instrumentation : IJAREEIE 3 (6) juin (2014)

[22] – MEDJBER Ahmed, « Automatisation d'une serre agricole : commande et régulation », Editions Universitaires Européennes, Allemagne, 2012

[23] – R .LEMDANI , N. MALOUADJMI « Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES Juin 2017

[24] – Y. Bouteraa, "Automatisation d'une serre agricole, " Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure D'agronomie-El Harrach, 2012

[25] – u.a. and muller,k.*Electrovanne à commande directe, DN 10 séparation du fluide.* [ebook].allemagne.,at:https://www.akmueller.de/fileadmin/user_upload/Produkte/PDFs/01_010_114_fr.pdf Accessed 23 Jun. 2019

[23] - https://fr.wikipedia.org/wiki/Électrovanne#/media/Fichier:Solenoid_Valve.png

[24]- <http://www.sectoriel.fr/vdoc/easysite/sectoriel/fr/informations-generales/Electrovannes>

- [25] http://www.tout-electromenager.fr/pièces_detachees-6-1-Electrovanne.html
- [26] – U,a. and Muller,k.*Electrovanne à commande directe, DN 10 séparation du fluide.* [ebook],allemagne.,Available,at:.,https://www.akmueller.de/fileadmin/user_upload/Produkte/PDFs/01_010_114_fr.pdf Accessed 23 Jun. 2019
- [27]-<http://www.nasat.fr/pompe-et-moteur/5026-pompe-a-eau-pqm-81-monophasé-pedrollo.html>
- [28] -AMROUCHE Yacine, DJENADI Islam, « Conception et Réalisation d'un système d'irrigation automatique des serres agricoles » Ed : Master 2, Université Houari Boumediene Faculté d'Electronique et Informatique, Département Instrumentation et Automatique, Soutenu le 2016
- [29] – R .LEMDANI , N. MALOUADJMI « Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES Juin 2017
- [30]- <https://fr.madlovesfarms.com/1045-illumination-of-greenhouse-with-led-lamps-features-and-advantages-types-and-methods-of-installation-with-their-own-hands>
- [31] – R. Cadiergues, "L'éclairage Artificiel," Guide RefCad nR27. A, 2012. [En ligne]. Disponible : <http://media.xpair.com/auxidev/nR27a.pdf>
- [32] – R .LEMDANI , N. MALOUADJMI « Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES Juin 2017
- [33] – Clarke, S., et H. House. Éclairage écoénergétique sur les fermes laitières, Fiche technique, 2006
- [34] – [J.P. Goure, L'optique dans les instruments: Généralités, Lavoisier, 2011. [En ligne]. Disponible : http://www.canna.fr/eclairage_pour_mes_plantes
- [35] - <https://www.amazon.fr/Extracteur-dair-industriel-Airtech-Silencieux/dp/B078BCLPCV>
- [36] - <https://www.passion-exterieur.fr/l-air/34-verinouverture-automatique-de-lucarne-pour-serre-de-jardin.html>
- [37] - <https://www.climatisationnexasair.com/compagnie-de-ventilation-a-montreal/>

Chapitre 2 :

[1] – RIAHI Ilham « Etude, simulation et réalisation De mini-générateurs BF et d'un mini-voltmètre AC-DC piloté par une carte Arduino Uno R3 » MÉMOIRE DE MASTER – UNIVERSITE Aboubakr Belkaïd-Tlemcen 2016

[2] – KRAMA .A , GOUGUI.A : Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde , mémoire de fin d'étude pour master Universitie Kasdi merbah Ouargla (2015)

[3] –[Walid Benlahcene : Un éclairage redondant, mémoire de fin d'étude pour d'ingénieur d'état en instrumentation, Université Batna, (2007)]

[4] – Hachemi khaoula : Etude et réalisation d'un système d'alarme à base d'une carte Arduino, mémoire de fin d'étude pour master, Université Oum El Bouaghi, (2017)

[5] – [Mehalaine Nourelhouda : Étude et réalisation d'un système intelligent pour la commande d'éclairage publique et surveillance de quelques paramètres atmosphériques , mémoire de fin d'étude pour master Université Oum El Bouaghi (2018)

[6] – Jonathan Ozer and Hugh Blemings : Cool Projects for Open Source Hardware,2009,p445

[7] – BEKO'O MINKO, NDONGO MICHEE, ESSAME MEBA WILFRIED : Conception et réalisation d'un dispositif de sécurité automobile par code à communication GSM et GPS

[8] – C. Tavernier, « Arduino applications avancées ». Version Dunod

[9] <http://www.acm.uiuc.edu/sigbot/tutorials/> 2009-11-17-arduino-basics. consulter le: juin 2019

[10]- <http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino>. consulter le: mars 2019

[11] – S.V.D.Reyvanth, G.Shirish, « PID controller using Arduino

[12] – Ardjani. M , Amer .N : Mesure et Commande de la température d'une couveuse en mode local et distant , MÉMOIRE DE MASTER – UNIVERSITE Dr Tahar Moulay De Saida

[13]– Jean- Noël, « livret Arduino en français » , centre de ressources art sensitif

[14] – D.ROMAIN, “ Réseaux cellulaires’’, document PDF, Juillet 2000. Site : www.yopdf.com

[15] – Pierre Brisson , Peter Kropf : Global System For Mobile Communication GSM , the international engineering consortium]

[16] – S.C.MAHAMAT et I.A.R.BAWA, “Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l’UMTS’’, PFE, Promotion IGE 25, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2005]

[17] – [I.M.DAOUA, M.M.GONI BOUALAMA, “Evolution des réseaux mobiles de 2G vers la 3G’’, PFE, IGE 25, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2005

[18] – ZNATY, “Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités’’, document PDF, 2008

[19] – **C.Demoulin, M.Van Droogenbroeck principe de base du fonctionnement du réseau GSM revue de l’AIM p.3-18 N,2004**

[20] – P.BRISSON, P.KROPF, “ Global System for Mobile Communication (GSM)’’, Université de Montréal.

[21] – [Oscar Marcos : **RECHARGEMENT DE COMPTE PAR SMS , PDE (2010)]**

[22] – [Gregory Domond , Ing , M.Sc.PDG (2016)]

[23] – [MODULE GSM/GPRS SEEDSTUDIO. (2017). [ebook] france: Enseignement de spécialité,SIN,pp.1,2,3.Available,at:https://lewebpedagogique.com/isneiffel/files/2017/06/Module-GSM_GPRS_Seed-Studio.pdf [Accessed 26 Jun. 2019].

[24] – [A company of SIM Tech. Sim900-hardware design-v2.02. Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd, 2012]

Chapitre 3 :

[1] – <https://MyElectronicsLab.com>.consulté le mars2019

[2] – BENDJAFER.H ,MIDOUN.A : Système de contrôle par GSM, PDE, Université de AbouBekrBelkaid –TLEMCEM .(2016)

[3] – www.abcelectronique.com

[4] http://f6kjs.chipnsec.fr/joomla/images/documents/F6KJS/Arduino/f6kjs_arduino_part5.pdf

[5] – [<https://www.tuto-info.tn/arduino/controler-un-relai-arduino/>]

[6] – [<https://roboticx.ps/relay>]

[7] [<https://fr.wikipedia.org/wiki/Potentiomètre>]

[8] – [<https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/comment-brancher-un-potentiometre>]

[9] – <https://physique-chimie-college.fr/definitions-fiches-science/fil-de-connexion/>

[10] <https://www.mpja.com/40Pcs-Header-Male-Male-Jumpers-7in/productinfo/31217%20PL/>

[11] <https://www.robot-maker.com/forum/tutorials/article/39-utiliser-une-plaque-dessai-ou-breadboard/>

[12] - <https://www.leclubled.fr/5-spots-led-encastrables>

[13] - <https://www.ampoulepascher.fr>

[14]- https://www.m-habitat.fr/entretien-de-jardin/arrosage/l-electrovanne-d-arrosage-3495_A

[15]- <https://microcontrollerslab.com/gsm-based-home-automation-project/>