

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES  
Département de Génie Mécanique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master

Domaine : Sciences et Technologie  
Filière : Génie Mécanique  
Spécialité : Maintenance Industrielle

**Thème**

**Etude et réalisation d'un système d'irrigation automatisé avec  
monitoring**

**Présentation :**

**ABDI Mohammed Saber et BOUMAKEL Omar Daoud**

**Devant le jury :**

|                 |     |      |           |
|-----------------|-----|------|-----------|
| Zerrouki Moussa | MCA | UKMO | Président |
| Guermi Tahar    | MCB | UKMO | Examineur |
| Ziani Lotfi     | MCB | UKMO | Encadreur |

**Anne universitaire 2019/2020**

## *Dédicaces*

*Nous dédions ce modeste travail et nos profondes gratitudees à :*

*Nos mères, sources de tendresse et d'amours pour leurs soutiens tout le long de notre vie scolaire.*

*Nos pères, qui nous ont toujours soutenus et qui ont fait tout leur possible pour nous aider.*

*Nos frères et nos sœurs, que nous aimons beaucoup.*

*Notre grande famille.*

*A nos très chers amis,*

*enseignants, administratif, et le personnel du département de mécanique de l'université KASDI Merbah.*

*Tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

*Que dieu leur accorde santé et prospérité.*



## *Remerciements*

*Nous tenons particulièrement à rendre grâce à Allah le tout puissant, ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.*

*Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Monsieur ZIANI Lotfi, pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et ses remarques objectives.*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter d'évaluer notre travail, Dr ZERROUKI M et Dr GUERMIT T.*

*Nous profitons de cette opportunité pour remercier Mr ABDI Youcef et Mr SEDDIKI Tayeb et ses frères, en échange de leur soutien et de leurs encouragements. Et pour nous avoir permis d'effectuer les tests dans leurs ateliers et leur ferme.*

*Nous tenons à remercier nos familles pour leurs soutient soutenus.*

*Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidées de près ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos camarades de la promotion  
MAINTENANCE INDUSTRIEL.*

*Merci beaucoup à tous.*

## TABLE DES MATIERES

## TABLE DES MATIERES

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Dédicaces.....                | I   |
| Remerciements .....           | II  |
| TABLE DES MATIERES .....      | III |
| LISTE DES FIGURES .....       | VI  |
| LISTE DES TABLEAUX .....      | IX  |
| LISTE DES ABBREVIATIONS ..... | X   |
| Introduction générale .....   | 2   |

### CHAPITRE I

|   |    |
|---|----|
| I.1. Introduction .....   | 5  |
| I.1.1. Importance de l'irrigation .....                           | 5  |
| I.2. Méthodes d'irrigation.....                                   | 5  |
| I.2.1. L'irrigation de surface .....                              | 6  |
| I.2.1.1. Types et méthodes d'irrigation de surface .....          | 6  |
| I.2.1.2. Avantages de l'irrigation de surface .....               | 8  |
| I.2.1.3. Inconvénients de l'irrigation de surface .....           | 8  |
| I.2.2. L'irrigation par goutte à goutte.....                      | 8  |
| I.2.2.1. Type d'irrigation par goutte à goutte .....              | 9  |
| I.2.2.2. Avantages de l'irrigation par goutte à goutte .....      | 11 |
| I.2.2.3. Inconvénients de l'irrigation par goutte a goutte .....  | 12 |
| I.2.3. L'irrigation par aspersion.....                            | 12 |
| I.2.3.1. Types et méthodes d'irrigation par aspersion.....        | 12 |
| I.2.3.2. Avantages de l'irrigation par aspersion .....            | 17 |
| I.2.3.3. Inconvénients de l'irrigation par aspersion.....         | 17 |
| I.3. Les facteurs de choix des systèmes d'irrigation .....        | 17 |
| I.4. Facteurs affectant la détermination des besoins en eau ..... | 18 |
| I.5. Conclusion.....  | 18 |

### CHAPITRE II

|   |    |
|---|----|
| II.1. Introduction.....                                       | 20 |
| II.1.1. Description d'un système d'irrigation par pivot ..... | 20 |
| II.2. Pompe immergée.....                                     | 20 |
| II.2.1. Définition .....                                      | 20 |
| II.2.2. Présentation d'une pompe immergée .....               | 20 |
| II.2.3. Caractéristiques des pompes immergées.....            | 22 |
| II.2.3.1. Les moteurs électriques .....                       | 22 |

## TABLE DES MATIERES

|  |    |
|--|----|
| II.2.3.2. Les pompes (partie hydraulique).....   | 22 |
| II.2.4. Constitution d'une pompe immergée .....  | 24 |
| II.3. Le pivot.....                              | 24 |
| II.3.1. Définition .....                         | 24 |
| II.3.2. Description technique .....              | 25 |
| II.3.2.1. L'unité centrale.....                  | 26 |
| II.3.2.2. Les travées.....                       | 29 |
| II.3.2.3. Les tours mobiles .....                | 30 |
| II.3.2.4. Le porte-à-faux.....                   | 31 |
| II.3.3. Principe de fonctionnement du pivot..... | 32 |
| II.4. Conclusion .....                           | 33 |

### CHAPITRE III

|  |    |
|--|----|
| III.1. Introduction .....  | 35 |
| III.1.1. Historique.....   | 35 |
| III.1.2. La carte électronique.....  | 35 |
| III.2. La carte arduino .....  | 35 |
| III.2.1. Les étapes de programmation d'une carte Arduino .....                     | 35 |
| III.2.2. Les caractéristiques techniques de la carte Arduino .....                 | 36 |
| III.2.3. Description de la carte Arduino AT Méga .....                             | 37 |
| III.2.4. Le but et l'utilité d'une carte Arduino .....                             | 39 |
| III.2.5. Les domaines d'utilisation.....   | 39 |
| III.2.6. Les Avantages et les Inconvénients des cartes Arduino .....               | 39 |
| III. 2.6.1. Avantages des cartes Arduino .....                                     | 39 |
| III. 2.6.2. Inconvénients des cartes Arduino .....                                 | 40 |
| III.3. Les relais .....  | 40 |
| III.3.1. Constitution d'un relais.....   | 40 |
| III.3.2. Description des relais.....   | 40 |
| III.4. La carte wifi .....   | 41 |
| III.4.1. Alimentation du module ESP8266 .....                                      | 42 |
| III.5. Capteur de tension.....   | 42 |
| III.5.2. Caractéristiques et spécifications du module de détection de tension..... | 43 |
| III.6. Conclusion.....   | 43 |

### CHAPITRE IV

|   |    |
|---|----|
| IV.1. Introduction.....                   | 46 |
| IV.2. Définition de maintenance.....      | 46 |
| IV.2.1. Les types de maintenance.....     | 46 |
| IV.2.1.1. La Maintenance préventive ..... | 47 |

## TABLE DES MATIERES

|  |    |
|--|----|
| IV.2.1.2. La Maintenance corrective .....                | 47 |
| IV.2.2. Les opérations de maintenance.....               | 47 |
| IV.2.2.1. Les opérations de maintenance préventive.....  | 47 |
| IV.2.2.2. Les opérations de maintenance corrective ..... | 48 |
| IV.2.3. Les niveaux de maintenance .....                 | 48 |
| IV.2.4. Les objectifs de la maintenance .....            | 49 |
| IV.3. La maintenance du système d'irrigation .....       | 49 |
| IV.3.1. La pompe .....                                   | 49 |
| IV.3.1.1. La Maintenance préventive de la pompe.....     | 49 |
| IV.3.1.2. La Maintenance corrective de la pompe.....     | 50 |
| IV.3.2. Le pivot .....                                   | 51 |
| IV.3.2.1. La Maintenance préventive de pivot.....        | 51 |
| IV.3.2.2. La Maintenance corrective de pivot.....        | 52 |
| IV.4. Conclusion .....                                   | 54 |

### CHAPITRE IV

|   |    |
|---|----|
| V.1. Introduction .....   | 56 |
| V.2. Le site d'installation: .....  | 56 |
| V.2.1. Localisation .....   | 56 |
| V.2.2. Type de culture .....  | 57 |
| V.3. L'application de contrôle « Remote XY » .....                        | 57 |
| V.4. Schéma électrique de notre système de contrôle.....                  | 59 |
| V.5. Fonctions du système de contrôle et principe de fonctionnement ..... | 62 |
| V.6. Le programme .....   | 65 |
| V.7. Réalisation et test .....  | 65 |
| V.8. Difficultés rencontrées.....   | 66 |
| Conclusion générale.....  | 68 |
| Référence Bibliographique .....   | 72 |
| ANNEXES A .....   | 74 |

## **LISTE DES FIGURES**

|  |    |
|--|----|
| Figure I.1 : Les Méthodes d'irrigation .....                           | 5  |
| Figure I.2 : Irrigation par bassin .....                               | 6  |
| Figure I.3 : Irrigation par raie .....                                 | 7  |
| Figure I.4 : Irrigation par planches .....                             | 8  |
| Figure I.5 : Irrigation par goutte à goutte .....                      | 9  |
| Figure I.6 : Irrigation par goutte à goutte systèmes de surface .....  | 9  |
| Figure I.7 : Irrigation par goutte à goutte systèmes souterrains ..... | 10 |
| Figure I.8 : Irrigation goutte à goutte mobile .....                   | 11 |
| Figure I.9 : Irrigation par aspersion fixe .....                       | 13 |
| Figure I.10 : Irrigation par aspersion mobile manuelle .....           | 14 |
| Figure I.11 : Irrigation par aspersion mobile sur une roue .....       | 14 |
| Figure I.12 : Arrosage mobile, propulsion .....                        | 15 |
| Figure I.13 : Irrigation par aspersion axiale .....                    | 16 |
| Figure I.14 : Le pivot d'irrigation.....                               | 16 |
| Figure.II.1 : schéma général d'une pompe immergée .....                | 21 |
| Figure.II.2 : Groupes électropompes immergées .....                    | 23 |
| Figure.II.3 : Le pivot .....   | 25 |
| Figure.II.4 : Schématisation d'un pivot .....                          | 25 |
| Figure.II.5 : L'unité centrale .....                                   | 26 |
| Figure.II.6 : Tableau externe de l'armoire de commande .....           | 27 |
| Figure.II.7 : Vue interne de l'armoire de commande .....               | 28 |
| Figure.II.8 : Vue interne et externe d'un collecteur à balais .....    | 29 |
| Figure.II.9 : Un diagramme de travée .....                             | 30 |
| Figure.II.10 : La tour mobile .....                                    | 31 |

## ***LISTE DES FIGURES***

|   |    |
|---|----|
| Figure II.11 Le porte-à-faux .....  | 32 |
| Figure II.12 : Principe d'avancement d'une rampe pivotante .....                    | 33 |
| Figure III.1 : Schéma de la carte Arduino AT Méga .....                             | 37 |
| Figure III.2 : Vue d'ensemble de la carte Arduino AT Méga .....                     | 38 |
| Figure III.3 : Schéma d'un relais .....   | 40 |
| Figure III.4 : Vue d'ensemble d'une rampe de relais .....                           | 41 |
| Figure III.5 : Vue d'ensemble de la carte wifi ESP8266 .....                        | 42 |
| Figure III.6 : Circuit interne du module de capteur de tension .....                | 43 |
| Figure IV.1 : Les types de maintenance .....  | 46 |
| Figure IV.2 : Les buses de graissage .....  | 52 |
| Figure IV.3 : Vérification le niveau d'huile de motoréducteur .....                 | 52 |
| Figure IV.4 : Organigramme de diagnostic pour détecte les causes de défaillances .. | 53 |
| Figure V.1 Vue d'ensemble de la plantation .....                                    | 56 |
| Figure V.2 photo du maïs planté sur site.....                                       | 57 |
| Figure V.3 panneau de configuration de Remote XY.....                               | 58 |
| Figure V.4 exemple d'interface de contrôle avec Remote XY.....                      | 59 |
| Figure V.5 Schéma on plaque de système.....   | 60 |
| Figure V.6 Vue d'ensemble de la boîte de commande. ....                             | 61 |
| Figure V.7 interface graphique de l'application .....                               | 63 |
| Figure V.8 Organigramme que représente la réalisation.....                          | 64 |
| Figure V.9 test du système de commande .....  | 65 |



## **LISTE DES TABLEAUX**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tableau III.1</b> : Caractéristiques de la carte Arduino AT méga ..... | <b>36</b> |
| <b>Tableau III.2</b> : Brochage du module de capteur de tension .....     | <b>42</b> |
| <b>Tableau IV.1</b> : Les niveau de maintenance .....                     | <b>48</b> |
| <b>Tableau IV.2</b> : La Maintenance corrective de la pompe .....         | <b>50</b> |

## LISTE DES ABBREVIATIONS

# LISTE DES ABBREVIATIONS

LED: Light Emetting Diode.

USB: Universal Serial Bus.

GND: Ground.

PWM: Pulse width Modulation.

BSD: Barklay Softaware Distribution.

IDE: Integrated Development Environnement.

UART : Universal Asynchronous Receiver and Transmitter.

ICSP: In Circuit Serial Programming.

VCC : Alimentation Tension Continue.

Cmd : Commande

WiFi : Wireless Fidelity

NSPH: Net Positive Suction Head

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

### **Introduction générale**

L'un des grands défis auquel doit faire face un pays est la satisfaction, en matière de nutrition, de la population. La solution à ce problème passe nécessairement par le développement du secteur agricole.

L'activité agricole existe depuis la sédentarisation des populations humaine. Depuis son existence cette activité n'a de cesse de se développer avec le développement de l'humanité. C'est devenu un symbole de prospérité de beaucoup de civilisation. Ce développement c'est, bien sûr, fait grâce au développement de moyens techniques et technologique. Dans l'agriculture moderne en fait appelle de plus en plus à des technologies de pointe. Cela pour différente raison notamment l'augmentation du rendement mais aussi la rationalisation des ressources disponibles, comme la ressource en eau.

Notre pays n'est pas en reste. En effet avec l'accroissement démographique et l'augmentation des besoins notre pays s'est tourné vers l'agriculture saharienne. Cette agriculture à certaines particularités. L'une des plus importantes est que ce type d'agriculture est très gourmand en eau. Il est donc nécessaire de rendre les systèmes d'irrigation plus efficace. Cette rationalisation est autant plus importante que dans ces régions la ressource en eau n'est pas renouvelable. Il est important de rappeler que l'agriculture dans les zones arides puise son eau dans le sous-sol de façon exclusive.

Dans ce travail on s'intéresse à la réalisation d'un système de surveillance et de commande à distance d'un système d'irrigation avec pivot. Ce travail est réalisé pour une plantation situé dans la wilaya de Ouargla.

La plupart des plantations dans la wilaya de Ouargla se trouvent à de grandes distances ajoutant ainsi une difficulté de plus pour les agriculteurs qui ne sont rarement installé in-situ. L'un des objectifs principaux de ce projet est de limiter le nombre d'aller retours vers la plantation. En plus d'être contraignants les déplacements ne sont pas toujours efficace est rajoute des frais.

Le deuxième objectif de ce projet est raccourcir les temps d'arrêts dus aux pannes, mais aussi par la surveillance de certain paramètre de prévenir d'éventuels défaillance du système d'irrigation.

Le dernier objectif de ce travail est le contrôle de l'irrigation. Car avec le contrôle à distance on pourra ajuster avec plus de précision les périodes d'irrigation et ainsi la quantité d'eau utilisée. Ce qui améliore l'efficacité du système d'irrigation.

Pour la réalisation de ce projet de monitoring et de contrôle, nous avons opté pour un système à base de carte Arduino pour sa simplicité et son efficacité. Pour la partie logiciel et programmation nous avons choisi d'utiliser l'application REMOTE XY.

Nous avons divisé notre étude en cinq chapitres

- Le premier chapitre généralité sur les systèmes irrigations où nous présenterons les différentes technique d'irrigation leurs avantages et inconvénients.

## **Introduction générale**

- Le deuxième chapitre concerne le système d'irrigation avec pivot, nous y dériverons les différents composants ainsi que le principe de fonctionnement de ce système.
- Dans le troisième chapitre nous présenterons la carte ARDUINO et d'autres composants de notre système de contrôle.
- Le quatrième chapitre, est consacré à la partie réalisation et programmation de notre système.
- Dans le chapitre cinq nous avons traité la partie de maintenance du système d'irrigation afin de compléter ce travail.

Et enfin, une conclusion générale sanctionnera l'ensemble de ce travail.

***CHAPITRE I :***  
***Généralités sur l'irrigation***

**I.1. Introduction**

L'eau est la base de la vie de tous les organismes. Par conséquent, un approvisionnement en eau suffisant est nécessaire pour la croissance des plantes et le développement agricole. Lorsque les précipitations sont faibles, l'irrigation est nécessaire pour couvrir les besoins des cultures agricoles. Le processus d'irrigation est le fait de transférer de l'eau de la source (un puits, une rivière, ...) à la plante. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation dans les zones agricoles, chaque méthode présente des avantages et des inconvénients. Par ailleurs ces méthodes sont développées pour s'adapter à aux conditions liées au site d'implantation.

Dans le présent chapitre nous allons expliquer, d'abord, l'importance de l'irrigation dans l'agriculture. Ensuite nous présenterons brièvement les différentes méthodes d'irrigation en présentant les avantages et inconvénients de chaque méthode.

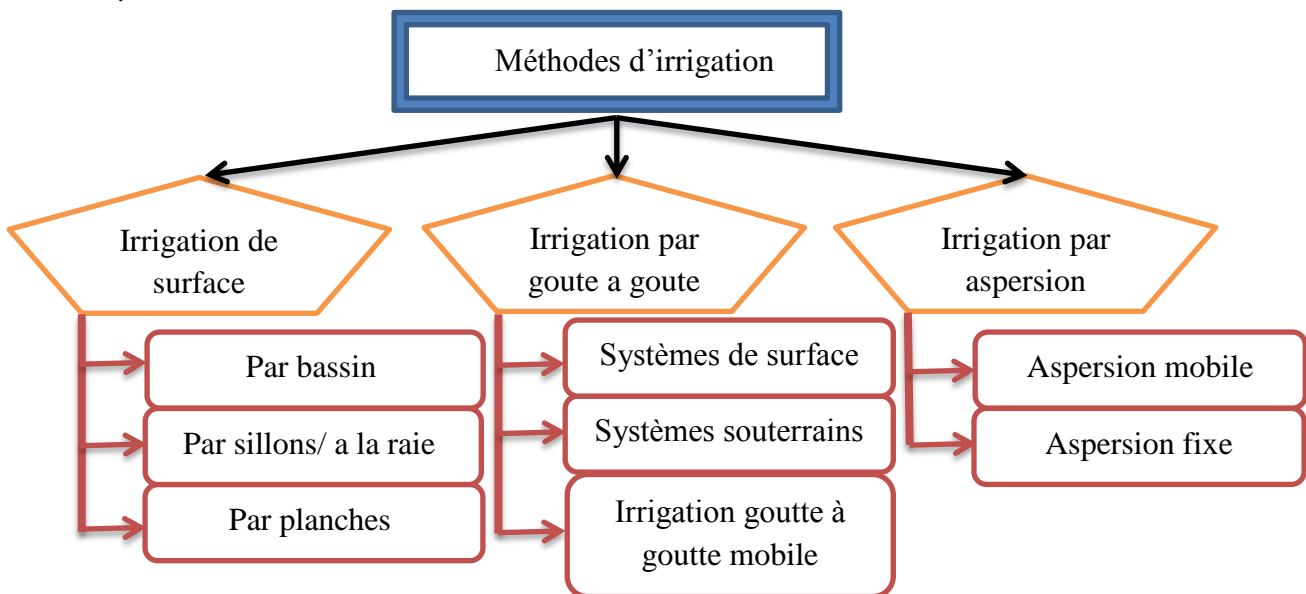
**I.1.1. Importance de l'irrigation**

Le principal objectif du processus d'irrigation est de fournir au sol l'eau nécessaire à la croissance des plantes. Cependant, il y a d'autres fins à l'irrigation :

- Le refroidissement du sol et de l'air environnant pour fournir un climat propice à la croissance des plantes.
- Le lavage du sol pour éliminer les sels présents dans la couche supérieure du sol.
- L'Arrosage de la terre avant de labourer, pour que les charrues pénètrent facilement dans le sol et réduisent la capacité requise pour le labour.
- La dissolution des engrais avec l'eau d'irrigation. [1]

**I.2. Méthodes d'irrigation**

Après l'introduction précédente, l'irrigation doit être mentionnée et détaillée dans son explication, en mentionnant ses types, et c'est ce que nous avons commencé par résumer les opérations d'irrigation dans ce schéma suivant :



**Figure I.1** Les Méthodes d'irrigation

### I.2.1. L'irrigation de surface

Cette appellation englobe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité). [2]

L'irrigation de surface, ou ce qu'on appelle traditionnelle, repose sur l'arrosage des cultures en faisant couler l'eau à la surface du sol. C'était la seule méthode possible jusqu'au milieu du XXe siècle, et l'eau était transportée par des canaux ouverts.

#### I.2.1.1. Types et méthodes d'irrigation de surface

- **Irrigation par bassin** : les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond relativement plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau. La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers ; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (e.g. 12-24 heures). [2]



**Figure I.2** Irrigation par bassin

- **Irrigation par sillons/ a 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. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée (e.g. 12-24 heures).

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée. [2]



**Figure I.3** Irrigation par raie [3]

- **Irrigation par planches** : les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calant ou planches d'arrosage.

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons : soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci. [2]



**Figure I.4** Irrigation par planches [3]

### **I.2.1.2. Avantages de l'irrigation de surface**

- Faibles coûts d'installation et de fonctionnement.
- Facilité d'irrigation, car cela dépend de la submersion des plantes avec de l'eau.
- Il ne nécessite pas beaucoup d'équipement et de dispositifs pour le processus d'irrigation.

### **I.2.1.3. Inconvénients de l'irrigation de surface**

- De grandes quantités d'eau sont gaspillées pendant l'irrigation.
- Il provoque l'érosion des sols.
- Conduit à la salinisation du sol.
- Faible efficacité d'irrigation dans les limites de (30 - 50%). [4]

## **I.2.2. L'irrigation par goutte à goutte**

L'irrigation par goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation, consiste à délivrer l'eau en gouttes à la surface du sol avec une faible dose (2-20 litres par heure). L'eau est canalisée dans des tuyaux en plastique munis d'orifices appelés goutteurs (émetteurs, distributeurs, jets d'eau, etc.). L'eau est délivrée au voisinage immédiat de la plante de sorte que l'humidification soit limitée à la zone racinaire du sol. Ceci correspond à une utilisation plus efficace de l'eau qu'avec l'irrigation de surface ou par aspersion, où l'humidification concerne la totalité du sous-sol des plantations. Avec l'irrigation par goutte à goutte, la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes (d'habitude tous les 1 à 3 jours), ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures. [2]



Figure I.5 Irrigation par goutte a goutte

### I.2.2.1. Type d'irrigation par goutte à goutte

- **Systèmes de surface** : c'est l'un des systèmes dans lesquels des lignes de goutteurs sont placées à la surface du sol et sont utilisées dans des plantes distantes telles que les arbres fruitiers. Ces systèmes se caractérisent par une installation, une inspection, un entretien et une désinfection faciles des goutteurs. De plus nous avons, avec ce système, la possibilité de remarquer la formation d'humidité sur la surface du sol et de mesurer les niveaux d'alimentation des goutteurs. [5]



Figure I.6 Irrigation par goutte a goutte systèmes de surface

- **Systèmes souterrains** : c'est l'un des systèmes dans lesquels les canalisations sur lesquelles sont installés les goutteurs, ou les tubes des goutteurs sont enterrés sous la surface du sol. Ces goutteurs peuvent être utilisés pour irriguer les légumes dans les serres et certains arbres fruitiers. Les systèmes de goutte à goutte souterrains sont caractérisés par l'absence de pertes résultant de l'évaporation, et une température réduite des tubes et des goutteurs ; parce qu'ils ne sont pas exposés au soleil. Cela procure une grande humidification du sol. D'autres parts les risques causés par les rongeurs et les humains sont réduits. La facilité d'installation des lignes en début de saison et la facilité de déplacement des lignes à la fin de la saison agricole des systèmes souterrains sont également un autre avantage. Le problème le plus important de ce type de système est le blocage causé par les particules de sol ou les racines des plantes. Mais ce problème peut être partiellement surmonté. [5]



**Figure I.7** Irrigation par goutte à goutte systèmes souterrains[6]

- **Irrigation goutte à goutte mobile** : ce système combine les avantages des systèmes d'irrigation par aspersion mobiles caractérisés par la flexibilité, la mobilité et le manque de main-d'œuvre requise, et les avantages de l'épandage qui sont la précision et l'homogénéité de la distribution de l'eau, ainsi que l'économie de l'eau d'irrigation en plus de réduire les pertes par évaporation. L'irrigation par goutte à goutte mobile, utilise les installations de l'irrigation par aspersion axiale ou l'irrigation par aspersion à déplacement droit, dans lesquelles les arroseurs sont remplacés par des tubes flexibles scellés avec des goutteurs. Ce système est moins coûteux que les systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte traditionnel pour les cultures lourdes. Lors de la conception de systèmes d'épandage mobiles sur un dispositif coaxial, le taux de disposition des goutteurs est supposé augmenter linéairement avec l'augmentation du rayon afin d'assurer l'uniformité de l'irrigation.



**Figure I.8** Irrigation goutte à goutte mobile [7]

#### **I.2.2.2. Avantages de l'irrigation par goutte à goutte**

- Convient aux terres désertiques sablonneuses et n'a pas besoin d'être nivelé.
- Fournir de l'eau d'irrigation et ne pas en perdre de grandes quantités.
- Consommation d'une petite quantité d'eau (par rapport à l'irrigation de surface), le rendement de production le plus élevé atteignant 86%. [4]
- Une plus grande efficacité d'utilisation des engrais est enregistrée.
- Protégé l'environnement en évitant de laver les engrais et de ne pas les drainer aux eaux souterraines.
- Convient à presque tous les légumes, fruits et grandes cultures, éloignés les uns des autres.
- La production agricole augmente en grande quantité, jusqu'à 100%. [8]

### **I.2.2.3. Inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte**

- Coûts élevés du réseau d'irrigation.
- Problème du blocage fréquent des goutteurs.
- Les flexibles sont fréquemment endommagés et doivent être remplacés.
- Nécessite des techniciens qualifiés.
- Des problèmes d'accumulation de sel peuvent survenir autour de la zone d'irrigation. [8]

### **I.2.3. L'irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol. Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau a pour objectif de garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation.

L'eau parvient alors aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés en eau sous pression.

L'utilisation de ce système d'irrigation remonte au début du XX<sup>ème</sup> siècle lorsqu'on utilisait les asperseurs pour l'irrigation de jardin. Par la suite on adapte le système à l'irrigation des cultures de plein champ et sous serres. Ce système a connu son essor après la deuxième guerre mondiale. [2]

#### **I.2.3.1. Types et méthodes d'irrigation par aspersion**

##### **a. Irrigation par aspersion fixe**

L'irrigation par aspersion fixe est réalisée en installant des réseaux de distribution et d'irrigation à l'aide d'asperseurs fixe.

La conception du système est réalisée selon les dimensions requises. Une fois le système installé il n'est plus possible de le bouger. La disposition des asperseurs est déterminée selon le besoin en eau et la nature des cultures.



**Figure I.9** Irrigation par aspersion fixe

### **b. Irrigation par aspersion mobile.**

Dans ce système, les canalisations sur lesquelles sont fixées les asperseurs sont mobile. Les cultures sont alors arrosées par une fine pluie artificielle. Avec un système mobile on peut arroser une plus grande surface agricole avec une installation relativement petite.

La manière de déplacer les canalisations détermine le type d'irrigation par aspersion. On distingue les types suivants :

- **Irrigation par aspersion mobile manuelle** : l'irrigation par aspersion se fait en transférant manuellement les arroseurs d'une zone d'irrigation à une autre.



Figure I.10 Irrigation par aspersion mobile manuelle

- **Irrigation par aspersion mobile sur une roue.** Les canalisations sont placées sur roue dont le déplacement est manuel.

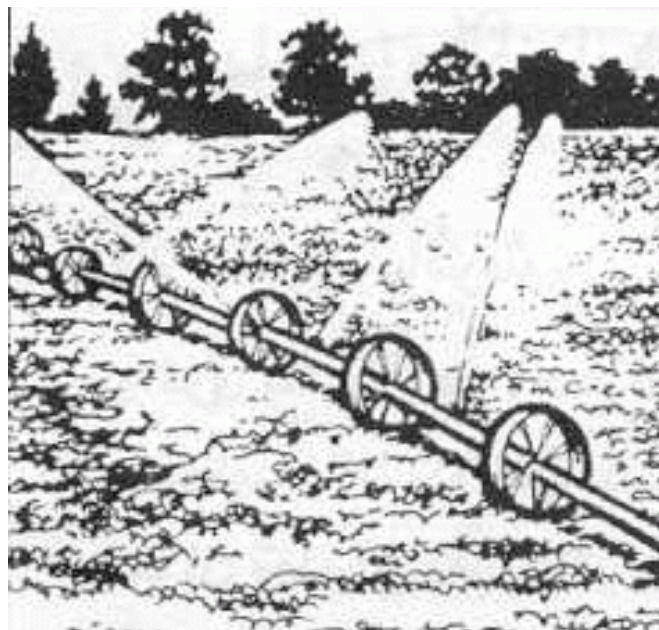


Figure I.11 Irrigation par aspersion mobile sur une roue

- **Arrosage mobile, propulsion :** l'irrigation par aspersion est effectuée par un puissant arroseur qui pousse l'eau d'irrigation sur de grandes distances, ces derniers sont déplacés manuellement d'une zone à une autre.





**Figure I.12** Arrosage mobile, propulsion

- **Irrigation par aspersion axiale** : dans celui-ci, l'irrigation par aspersion est effectuée en installant des gicleurs à un niveau élevé de la surface de la terre pour précipiter l'eau sous une forme conique, dont la base se trouve à la surface de la terre. Ce système est aussi appelé pivot. [8]



**Figure I.13** Irrigation par aspersion axiale

**Le pivot :** ces dernières années, l'agriculture en zone aride s'est beaucoup développée, et en particulier la céréaliculture. Les agriculteurs ont opté dans leur majorité pour le système d'irrigation par aspersion.

Le système d'irrigation le plus largement utilisé dans ces zones est le pivot. Ce dernier offre l'avantage de couvrir de grande superficie et de réaliser des économies d'eau.



**Figure I.14** Le pivot d'irrigation

Le pivot d'irrigation est un appareil d'irrigation automoteur utilisé dans l'arrosage des grands champs. Il se distingue des autres dispositifs par son fonctionnement circulaire ou sectoriel. Fixés à une extrémité, les pivots se déplacent en cercle autour de ce point central. Ils incluent des travées formées de tubes asperseurs qui sont montés sur une charpente et un jambage.

Ce dernier est doté d'un système de motorisation. Ils tournent autour de l'unité centrale pour assurer la gestion de l'eau dans une zone aride, que la parcelle soit petite ou grande.

Le système d'irrigation par pivot se démarque d'autres systèmes destinés à l'arrosage d'une surface surtout par sa praticité. Simple d'utilisation, ce système d'arrosage facilite le travail des agriculteurs.

### **I.2.3.2. Avantages de l'irrigation par aspersion**

- Convient aux terres sablonneuses du désert hautement perméable qui perdent rapidement de l'eau.
- Il provoque une abondance dans le sol où il n'a pas besoin de créer des canaux.
- Il n'est pas nécessaire de niveler le terrain.
- La déviation du sol ne se produit pas lors de son utilisation.
- Cela ne nécessite pas beaucoup de travailleurs.
- L'eau et les engrais peuvent être ajoutés par irrigation.
- Convient pour l'irrigation à partir de puits artésiens.
- Il fournit de grandes quantités d'eau.
- L'efficacité moyenne de ce système d'irrigation est bien supérieure à 75%. [4]
- La production agricole augmente en grande quantité, jusqu'à 100%. [8]

### **I.2.3.3. Inconvénients de l'irrigation par aspersion**

- Coûts élevés du réseau d'irrigation.
- Cela nécessite des travailleurs dotés de systèmes d'exploitation et de maintenance hautement expérimentés.
- Concentration de sels à la surface de la Terre.

## **I.3. Les facteurs de choix des systèmes d'irrigation**

Afin de choisir la méthode d'irrigation appropriée il est nécessaire de prendre en considération un certain nombre de facteurs parmi eux :

- La disponibilité de l'eau en termes de quantité et qualité pour irrigation, source d'eau, coût de l'eau.
- Caractéristique intrinsèque du sol : topographie, type de sol, propriétés du sol.
- Type de plantes que l'on souhaite cultiver.
- Facteurs liés aux conditions climatiques.

- D'autres facteurs peuvent entrer en jeu comme le coût de la main-d'œuvre, superficie irriguée, compétences des agriculteurs, équipements et sources d'énergie, etc. [9]

#### **I.4. Facteurs affectant la détermination des besoins en eau**

La détermination des besoins en eau est très importante pour la réussite d'une culture. Ces besoins sont affectés par plusieurs facteurs dont :

- Les conditions climatiques.
- Le type de plante et durée de la saison de croissance.
- Le pourcentage de la surface du sol cultivé.
- Les propriétés du sol.
- La méthode d'irrigation utilisée.
- L'efficacité de l'irrigation. [9]

#### **I.5. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les différentes méthodes d'irrigation afin de mieux cerner l'enjeu que représente cette dernière. Comme on se trouve en zone aride on s'intéressera à l'irrigation dans ces zones.

Pour cette raison nous avons choisi de travailler et d'installer notre système de contrôle sur un champ équipé avec un pivot.

***CHAPITRE II :***  
***Systeme d'irrigation par***  
***pivot***

## **II.1. Introduction**

Après avoir introduit les différents types de système d'irrigation. Nous allons introduire dans ce chapitre le système d'irrigation avec pivot.

Cette méthode d'irrigation imite la chute de pluie. Il convient pour la céréaliculture, type de culture existante sur le site choisie pour l'implantation de notre système.

Nous allons décrire dans ce chapitre les différents composants du système d'irrigation et leurs principes de fonctionnement.

### **II.1.1. Description d'un système d'irrigation par pivot**

Les principaux composants d'un système d'irrigation par pivot sont :

La pompe : c'est ce qui va servir pour alimenter le système en eau. Dans notre cas, comme on est en présence d'un puit, on utilise une pompe immergée.

Le pivot : c'est ce qui va permettre la distribution de l'eau sur la surface irriguée.

Dans ce qui suit nous allons voir plus en détails chacun de ces éléments.

## **II.2. Pompe immergée**

### **II.2.1. Définition**

Une pompe immergée est une unité de pompage compacte composée d'une partie hydraulique et d'un moteur électrique, destinée à être immergée dans le liquide même qu'elle doit pomper. [10]

### **II.2.2. Présentation d'une pompe immergée**

Quelle que soit la pompe immergée, elle est constituée de trois parties distinctes :

- Le moteur, qui fournit la puissance nécessaire au pompage.
- La partie hydraulique, qui transmet cette puissance à l'eau pour la déplacer (l'aspirer et ou la refouler)
- La transmission, qui transmet la puissance produite par le moteur à la partie hydraulique.

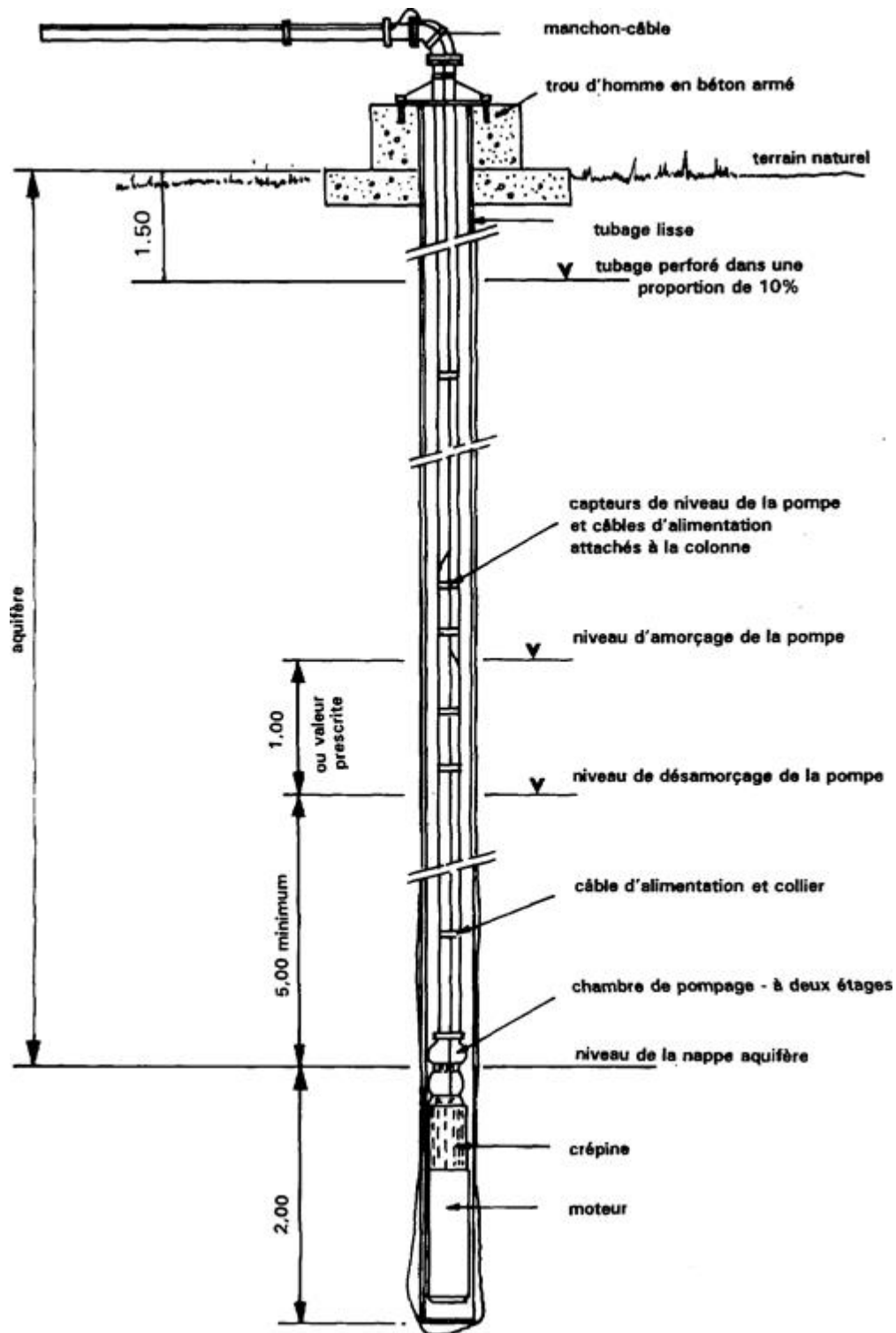


Figure II.1 schéma général d'une pompe immergée [10]

### **II.2.3. Caractéristiques des pompes immergées**

#### **II.2.3.1. Les moteurs électriques**

Dans la plupart des cas les moteurs électriques utilisés sont de type asynchrone triphasé à 380V. Ces moteurs se caractérisent en général par des rendements très élevés de l'ordre de 90 à 95%, ils demandent moins d'entretien et de réparation.

#### **II.2.3.2. Les pompes (partie hydraulique)**

Toutes les pompes immergées sont de type multicellulaire, le couplage des roues est fait en série, ce type de montage ne permet pas l'augmentation du débit, cependant, la hauteur manométrique est la somme des hauteurs produites par chaque composante (roue).

Le débit refoulé ne dépend pas uniquement de la puissance appliquée, mais aussi de caractéristiques de la pompe traduites par sa dimension en pouces, le nombre de roues et leur mode de couplage ainsi que par la profondeur d'eau.

Les pompes des installations de pompage bien conçues doivent avoir des caractéristiques (débit, nombre de pouces et de roues) conformes au débit et à la pression qui varient en fonction des besoins en eau des cultures, des superficies à irriguer et les techniques d'irrigation. [11]



## Construction pompe et moteur

1. CORPS DE CLAPET  
Fonte grise
2. CLAPET  
Résine thermoplastique renforcée par fibre de verre
3. PALIER  
Caoutchouc / Acier
4. ARBRE POMPE  
Acier inox
5. CHEMISE ARBRE  
Acier fritté
6. CORPS DE REFOULEMENT  
Fonte grise
7. DISQUE INTERMEDIAIRE SUPERIEUR  
Résine thermoplastique renforcée par fibre de verre
8. DIFFUSEUR AVEC PIECE METALLIQUE  
Résine thermoplastique / Acier inox
9. DISQUE INTERMEDIAIRE AVEC PIECE METALLIQUE  
Résine thermoplastique / Acier inox
10. ROUE  
Résine thermoplastique renforcée par fibre de verre
11. CHEMISE  
Acier inox
12. GOUTTIERE PROTECTION CABLES  
Acier inox
13. SUPPORT DE CONTRE-BUTEE AVEC PIECE METALLIQUE  
Résine thermoplastique / Acier inox
14. BAGUE DE SERRAGE  
Fonte sphéroïdale
15. ACCOUPLEMENT  
Acier fritté
16. CREPINE  
Acier inox
17. CORPS D'ASPIRATION  
Fonte sphéroïdale
18. SUPPORT SUPERIEUR  
Fonte grise
19. ETANCHEITE MECANIQUE  
Céramique / Graphite
20. ROULEMENT SUPERIEUR  
Acier
21. ARBRE / ROTOR  
Acier inox / Tôle magnétique
22. STATOR / BOBINAGE  
Tôle magnétique / Cuivre
23. ROULEMENT INFERIEUR  
Acier
24. SUPPORT INFERIEUR  
Aluminium
25. MEMBRANE  
Caoutchouc

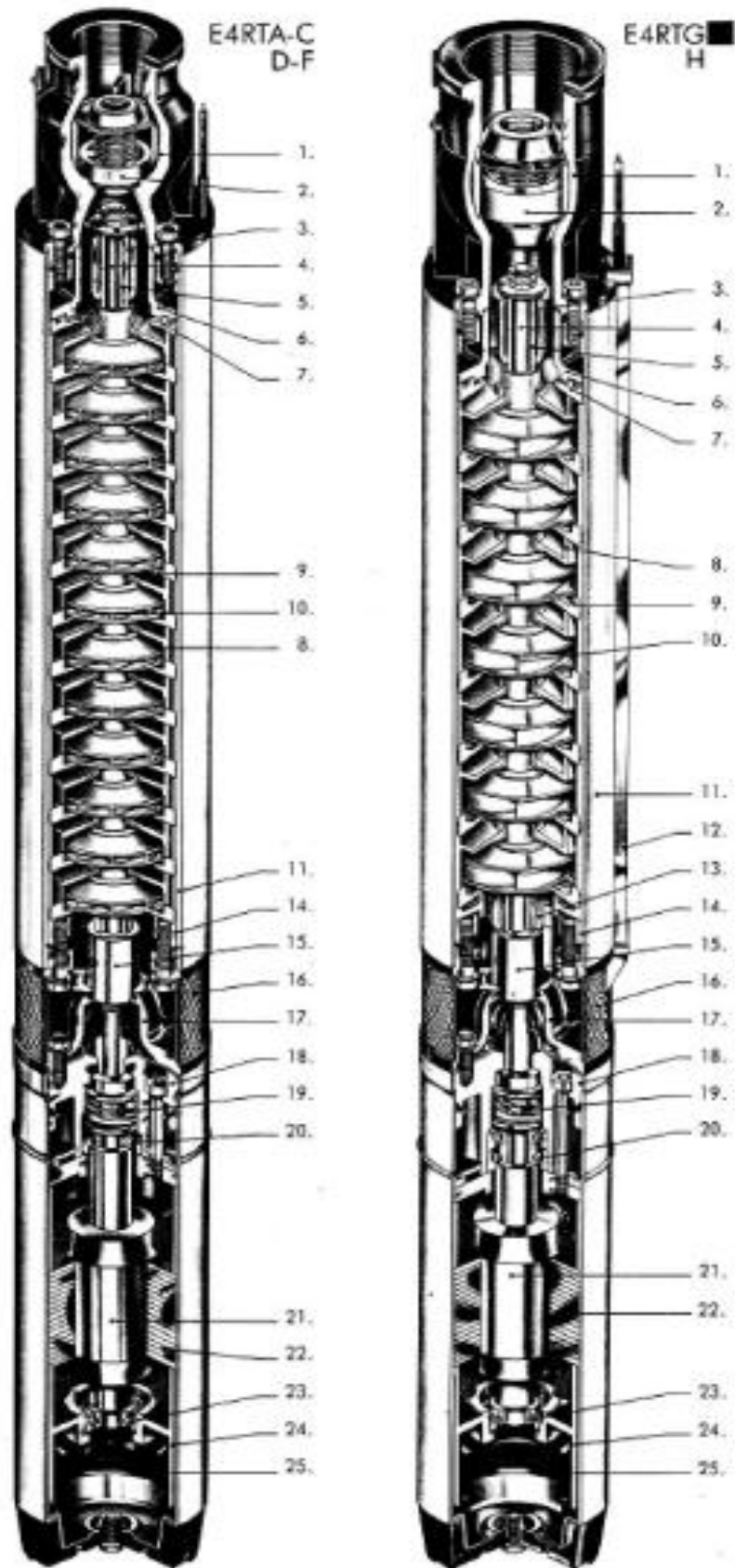


Figure II.2 Groupes électropompes immergées [11]

### II.2.4. Constitution d'une pompe immergée

Une pompe immergée est construite pour répondre à des conditions précises de Fonctionnement (débit  $Q$  à élever à une hauteur  $H_m$ ). D'une façon générale, une pompe comporte généralement :

- Un couvercle d'aspiration jouant le rôle de distributeur qui donne au fluide une vitesse et une direction convenables, et conduisant ce dernier depuis la section d'entrée de la machine jusqu'à l'entrée de la roue et assurer une répartition uniforme des vitesses à l'entrée de la roue ;
- Une roue, placée sur l'arbre de la pompe qui est l'élément actif de la pompe, son rôle est de transformer l'énergie mécanique appliquée à l'arbre en énergie hydrodynamique (énergie de pression et énergie cinétique) ;
- Corps de la pompe qui joue le rôle de volute, et collecte l'eau à la sortie de la roue et transforme une partie de l'énergie cinétique en énergie de pression.[11]

## II.3. Le pivot

Après l'introduction que nous avons faite au chapitre 1 sur le pivot, nous passons maintenant directement à sa définition et à son principe de fonctionnement principal avec une description détaillée de ses principales parties.

### II.3.1. Définition

Les pivots sont des appareils métalliques mobiles de grandes dimensions. Grâce à certains nombre d'atouts, ces appareils se sont imposés comme une bonne alternative à d'autres techniques d'irrigation telles que les asperseurs. Parmi ces avantages, on peut citer :

- L'uniformité de l'arrosage
- La durée de vie.
- La simplicité de mise en œuvre.

Depuis les années 60, les pivots ont évolué de façon constante, que ce soit au niveau de leur mode de déplacement, de leur géométrie ou encore de leurs applications. [12]



Figure II.3 Le pivot

### II.3.2. Description technique

Un pivot est constitué des éléments suivant :

- L'unité centrale.
- Les travées.
- Les tours.
- Le porte-à-faux.

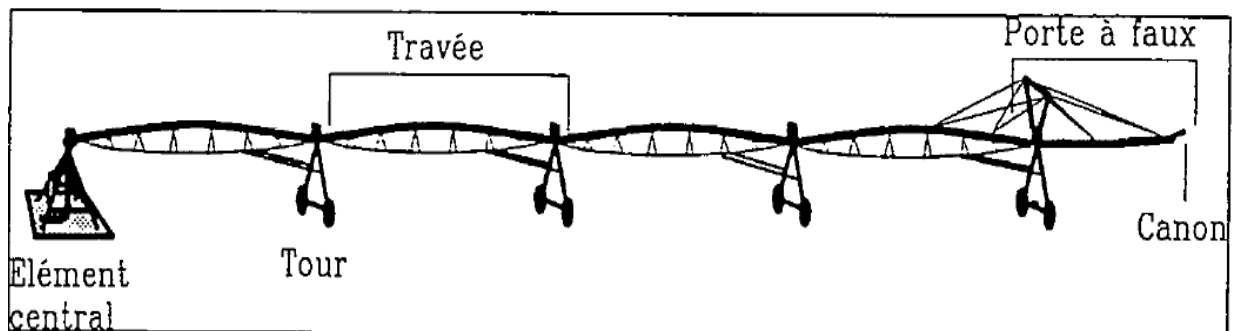


Figure II.4 Schématisation d'un pivot

### II.3.2.1. L'unité centrale

Le pivot est constitué d'une conduite verticale, un coude, et une jonction étanche permettant le raccordement et la rotation avec la conduite d'eau qui arrive du réseau hydraulique sous pression. La conduite verticale est maintenue par des armatures métalliques formant une pyramide et l'ensemble est ancré dans un socle en béton armé.



**Figure II.5** L'unité centrale

La conduite d'eau est constituée de plusieurs éléments de tuyaux assemblés par des joints serrés par vis et écrous. Elle supporte des buses et elle est articulée. Elle doit présenter une rigidité et une résistance à la corrosion. Son diamètre est choisi de façon à permettre l'alimentation des buses à la pression nécessaire. La conduite est généralement conçue en acier galvanisé. [13]

#### **a. L'armoire de commande**

Une armoire de commande située au niveau de l'élément central permet de commander et de régler les paramètres de fonctionnement du pivot avec les éléments basiques suivants :

• **TABLEAU EXTERNE :**

- Interrupteur sectionneur rotatif mise sous tension
- Voyant orange de mise en marche
- Interrupteur / Marche-Arrêt
- Interrupteur / Marche AV-STOP-marche AR
- Interrupteur / Marche à sec-marche en eau
- Affichage voltage
- Potentiomètre pour régler la vitesse



**Figure II.6** Tableau externe de l'armoire de commande

• **PARTIE INTERNE :**

- les boites des fusibles
- les contacteurs
- relaie de phase
- disjoncteur sectionneur
- le transformateur
- bones de distribution d' energie

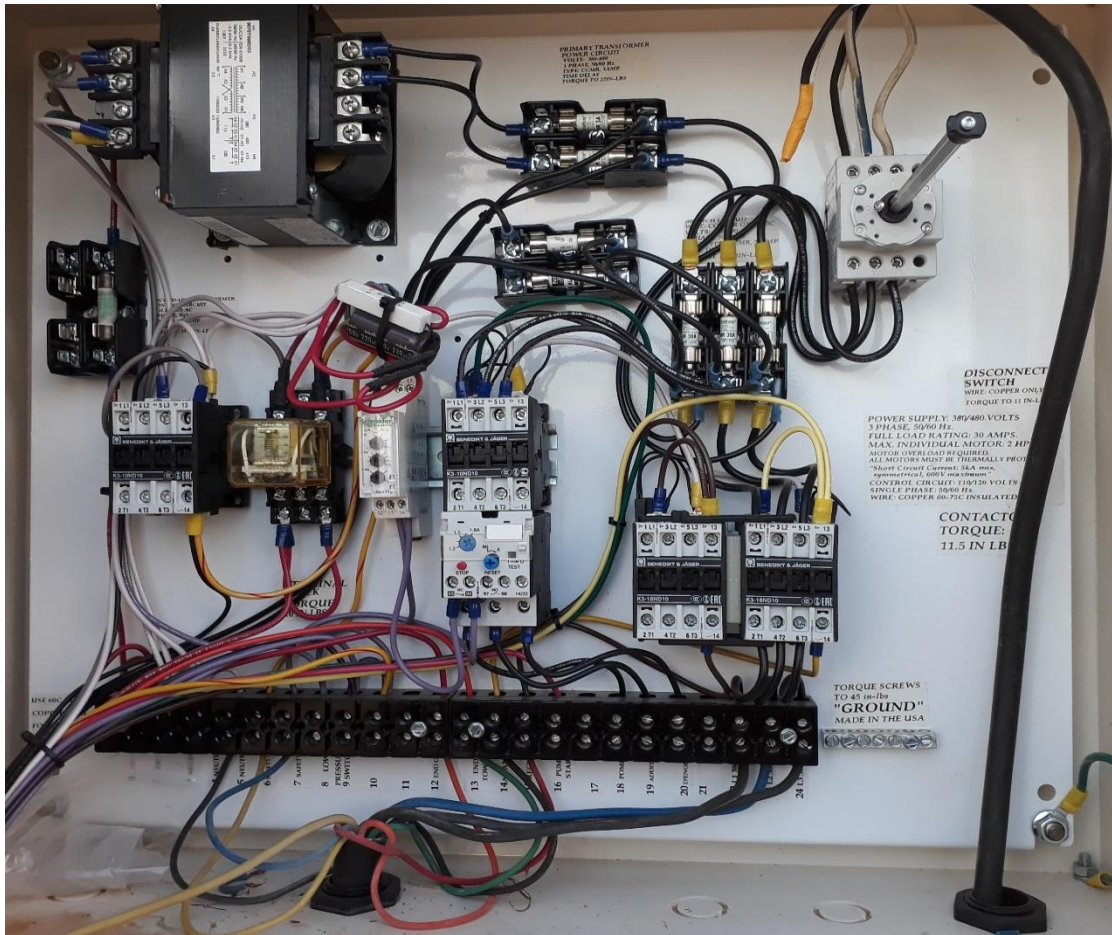


Figure II.7 Vue interne de l'armoire de commande

- **Bornes de distribution d'énergie**

- (1.2.3) les files de la puissance (400)
- 4 le neutre
- (5.6) les senseurs (AV-AR)
- (7.8) sécurité
- 9 Le port à faux
- 10 la lampe

**b. Collecteur à balais**

L'électricité est distribuée à la machine soit par un collecteur circulaire à balais pour les appareils effectuant une rotation Complète, soit par un câble pour un fonctionnement en secteur.

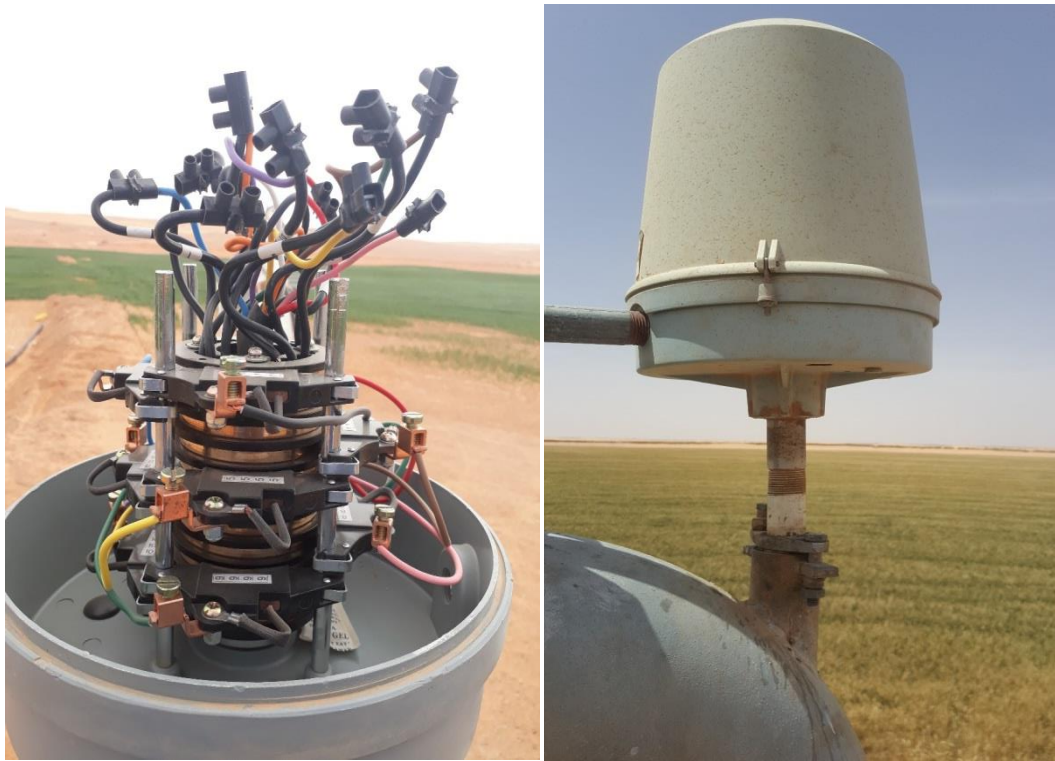


Figure III.8 Vue interne et externe d'un collecteur à balais

### II.3.2.2. Les travées

La seconde partie du pivot est la travée, elle est constituée par la canalisation principale dans laquelle circule l'eau, elle est obtenue par l'assemblage d'un certain nombre de tubes d'une longueur donnée, des brides soudées de part et d'autre du tube permettent cette assemblage par boulons. La travée a une forme en arc obtenue géométriquement par des jeux de cornières formant un système de treillis avec une disposition spatiale et des dimensions choisies judicieusement pour arriver à cette forme en arc de la canalisation.

Elle est sous-tendue par deux lignes de tirants reliant les différents jeux de cornières. Cette utilisation de jeux de cornière assurant la liaison de la canalisation au tirant et permet de rigidifier l'ensemble. L'assemblage de ces différents éléments est réalisé par boulonnage.



**Figure II.9** La travée

### **II.3.2.3. Les tours mobiles**

La tour mobile possède deux fonctions ; celle de soutenir de la travée à une hauteur donnée au-dessus du sol et celle d'assurer la mobilité de la rampe grâce à deux roues commandées par un moteur. De façon générale, ces structures sont constituées de deux montants reliés entre eux par un essieu long d'environ quatre mètres où sont fixés le moteur et les deux roues. Chaque extrémité de l'essieu est reliée au tube de la conduite principale de la travée par deux montants. Ces montants sont eux-mêmes reliés entre eux par des marches parallèles. L'ensemble des montants et des marches est constitué de cornières. L'essieu et les tubes de compression sont eux des éléments à section tubulaire.

L'assemblage des différents éléments de la tour se fait par boulonnage. On associe à chaque tour deux tubes dits de compression, qui servent de lien entre la tour proprement dite et le tube final pour renforcer le soutien de la travée.





**Figure II.10** La tour mobile

#### **II.3.2.4. Le porte-à-faux**

Le pivot se termine par une canalisation haubanée, placée en porte-à-faux. Cette partie est appelée porte-à-faux.

D'une longueur pouvant atteindre 24 m, elle est souvent équipée d'un canon d'extrémité. Il est alimenté par un supprimeur si la pression résiduelle l'impose, et fonctionne de manière continue ou intermittente pour s'adapter aux formes de la parcelle à irriguer.



**Figure II.11** Le porte-à-faux

### II.3.3. Principe de fonctionnement du pivot

Chacune des tours est équipée de deux roues entraînées par un moteur électrique fixé au milieu de l'essieu. Exception faite de la travée la plus éloignée de l'unité centrale, toutes les tours disposent également d'un boîtier renfermant un dispositif mécanique de contrôle angulaire vis-à-vis de la travée voisine.

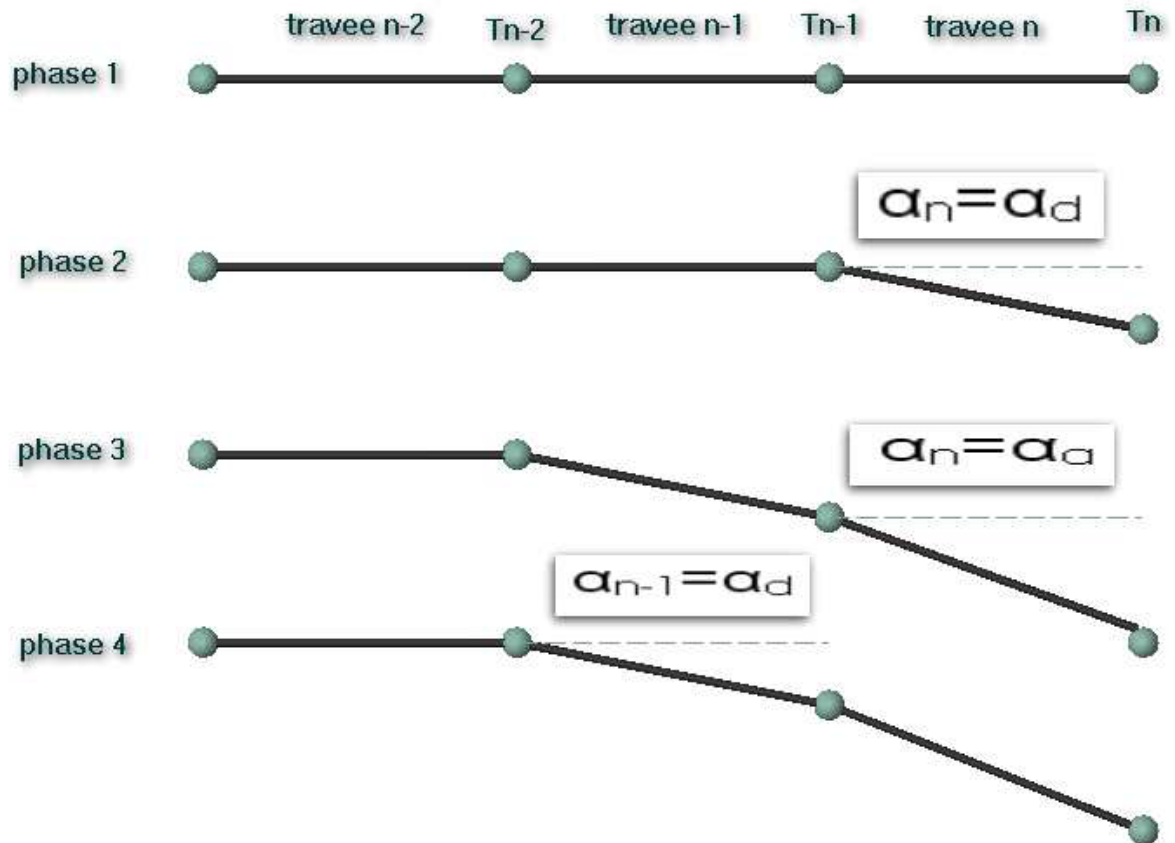
L'ensemble du pivot avance de manière automatique, sous le commandement de la travée la plus éloignée de l'unité centrale, suivant un mouvement basé sur des corrections angulaires successives dont nous allons maintenant détailler le principe.

Dans un premier temps (phase 1), le boîtier de commande de la rampe pilote le démarrage de la tour  $T_n$  (Figure II.12).

Quand l'angle entre la travée  $n$  et la travée  $n-1$  voisine atteint l'angle  $\alpha_d$  de déclenchement, la tour  $T_{n-1}$  démarre à son tour (phase 2).

La vitesse d'avancement de la tour  $T_{n-1}$  est la même que celle de la tour  $T_n$ , et son rayon de giration est plus faible. Il arrive donc un moment où l'angle  $\alpha_n$  redescend à une valeur  $\alpha_a$  dite d'arrêt, car sa détection par le boîtier de la tour  $T_{n-1}$  déclenche l'arrêt de la travée correspondante (phase 3).

Lors de la phase 4, on retrouve la phase 2 pour la travée  $n-2$  : L'angle entre les travées  $n-1$  et  $n-2$  atteint à son tour  $\alpha_d$ , déclenchant l'avancement de la tour  $T_{n-2}$ .



**Figure II.12 :** Principe d'avancement d'une rampe pivotante [12]

L'avancement de totalité de la rampe se fait finalement, pour chaque travée, par une Succession de phases d'avancement et d'arrêt suivant le principe décrit ci-dessus. [12]

## II.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit le fonctionnement d'un système d'irrigation par pivot. Cette description nous aidera afin de comprendre et de saisir l'importance des éléments que nous allons introduire avec notre système de commande à distance.

Dans ce qui suit nous allons introduire l'élément central de notre système qui est la carte Arduino.

# ***CHAPITRE III:***

## ***La carte arduino et les différents modules***

### **III.1. Introduction**

Après avoir introduit les différents moyens d'irrigation et exposer leurs avantages et les inconvénients ; nous allons introduire dans ce chapitre un composant important de notre système de commande. Ce composant est appelé ARDUINO.

De nombreux amateurs et débutants dans le domaine de la programmation électronique utilisent Arduino pour incarner leurs idées et projets simples sur le terrain, alors qu'est-ce qu'Arduino, et pourquoi Arduino ? Dans ce chapitre, nous allons nous familiariser avec l'Arduino, comment travailler avec ces outils, comment le programmer, et les domaines de son utilisation avec ses avantages et ses inconvénients, ainsi qu'une description précise du contenu de la carte Arduino. Enfin nous allons introduire les autres composants de notre projet qui sont : la carte wifi, les relies, les capteurs de tension.

#### **III.1.1. Historique**

L'idée de la carte Arduino est apparue en 2005 dans la ville d'Ivrée en Italie, où une équipe de développeurs Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti a lancé le projet intitulé « Arduin Evrea », relatif à la figure historique la plus célèbre de la ville. L'objectif principal du projet était de créer un environnement de développement de microcontrôleurs cent pour cent open-source à petit prix pour que les étudiants et les amateurs de nouvelles technologies. Le langage Arduino se caractérise par sa simplicité et cela en fait un langage idéal pour réaliser des prototypes et des mini-applications pour des catégories de programmeurs débutants et amateurs.

#### **III.1.2. La carte électronique**

Une carte électronique est un support plan, flexible ou rigide, généralement composé d'époxy ou de fibre de verre. Elle possède des pistes électriques disposées sur une ou plusieurs couches (en surface et/ou en interne) qui permettent la mise en relation électrique des composants électroniques. Chaque piste relie tel composant à tel autre, de façon à créer un système électronique qui fonctionne et qui réalise les opérations demandées. [14]

### **III.2. La carte arduino**

Une carte Arduino est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Il permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc ce que l'on peut appeler une interface programmable.

#### **III.2.1. Les étapes de programmation d'une carte Arduino**

Pour programmer la carte Arduino il faut suivre les étapes suivantes :

- 1- On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel arduino.
- 2- On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
- 3- Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- 4- On charge le programme sur la carte.
- 5- On câble le montage électronique.
- 6- On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome (pile 9 volts par exemple).
- 7- L'exécution du programme est automatique après quelques secondes.
- 8- On vérifie que notre montage fonctionne. [15]

### III.2.2. Les caractéristiques techniques de la carte Arduino

Il existe plusieurs types de cartes Arduino. Ces sont développé pour différentes utilisation. Selon le besoin en ajoute ou en diminue le nombre de port de communication. Il existe aussi une différence dans les capacités des microcontrôleurs intégrés. A ce jour, La carte Arduino la plus utilisée est la carte Arduino Uno.

Mais dans notre projet, nous avons utilisé une carte Arduino AT Méga pour sa robustesse et la puissance du microcontrôleur mais, surtout, parce que l'on dispose d'un nombre plus important de port de communication. [16]

Synthèse des caractéristiques de la carte Arduino AT méga :

**Tableau III.1** Caractéristiques de la carte Arduino AT méga [16]

|  |   |
|--|---|
| <b>Microcontrôleur</b>                               | ATmega2560  |
| <b>Tension de fonctionnement</b>                     | 5V  |
| <b>Tension d'alimentation (recommandée)</b>          | 7-12V   |
| <b>Tension d'alimentation (limites)</b>              | 6-20V   |
| <b>Broches E/S numériques</b>                        | 54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM)                                   |
| <b>Broches d'entrées analogiques</b>                 | 16 (utilisables en broches E/S numériques)                                |
| <b>Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)</b> | 40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)          |
| <b>Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V</b> | 50 mA   |
| <b>Intensité maxi disponible pour la sortie 5V</b>   | Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul |
| <b>Mémoire Programme Flash</b>                       | 256 KB dont <b>8 KB</b> sont utilisés par le boot loader                  |
| <b>Mémoire SRAM (mémoire volatile)</b>               | 8 KB  |
| <b>Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)</b>         | 4 KB  |
| <b>Vitesse d'horloge</b>                             | 16 MHz  |

### III.2.3. Description de la carte Arduino AT Méga

La carte Arduino AT Méga 2560 est une carte qui dispose d'un microcontrôleur ATmega2560.

Cette carte dispose :

- De 54 (!) broches numériques d'entrées/sorties (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)).
- De 16 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques).
- De 4 UART (port série matériel)
- D'un quartz 16Mhz.
- D'une connexion USB.
- D'un connecteur d'alimentation jack.
- D'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit").
- Et d'un bouton de réinitialisation (reset).

Schéma de la carte Arduino AT Méga [16]

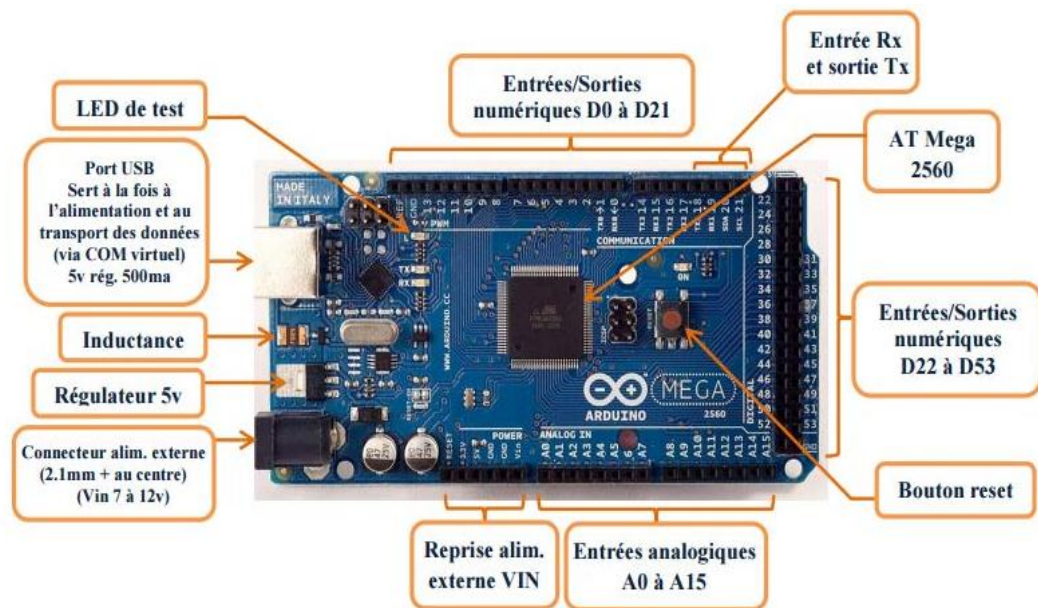
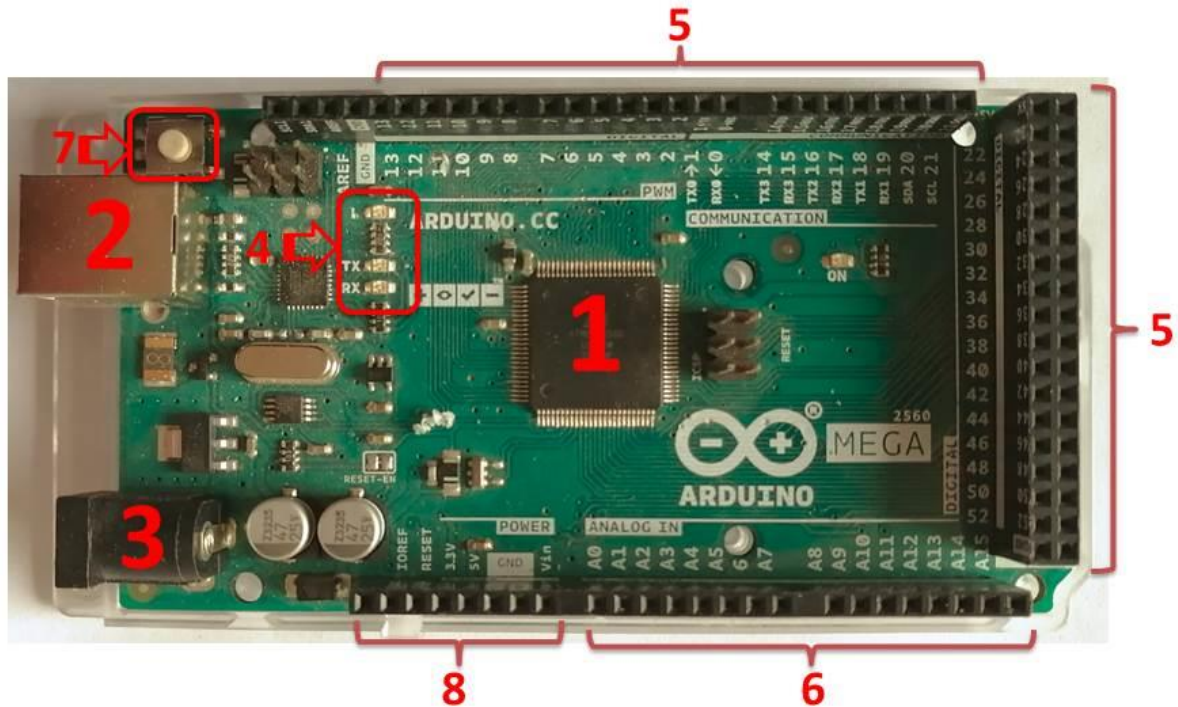


Figure III.1 Schéma de la carte Arduino AT Méga



**Figure III.2 :** Vue d'ensemble de la carte Arduino AT Méga.

Les composants illustré par la figure II.2 sont donnés comme suit :

- 1- **Le microcontrôleur** : Il constitue le cerveau de la carte. C'est l'élément qui va recevoir le programme créé, le stocker dans sa mémoire puis l'exécuter.
- 2- **L'alimentation** : Pour fonctionner la carte a besoin d'être alimentée. Le microcontrôleur fonctionnant sous 5V, la carte peut être alimentée en 5V par le port USB (l'élément 2 de la figureII.2) ou bien par une alimentation externe (l'élément 3 de la figure II.2 ) qui est comprise entre 7 et 12 V. Cette tension doit être continue.
- 3- **Alimentation externe.**
- 4- **Des LEDs** : Trois LED dont la taille est de l'ordre du millimètre. Celle qui se trouve tout en haut du cadre est connectée à une broche du microcontrôleur et sert à tester le matériel (clignote quand la carte est branchée au PC). Les deux autres LED servent à visualiser le fonctionnement de la voie série (clignote lors du chargement du programme sur la carte).
- 5- Chacune des 54 broches numériques de la carte ATmega 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)`.
- 6- La carte Mega2560 dispose de 16 entrées analogiques, chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de



la très utile fonction `analogRead()` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent des tension dont la valeur est comprise entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference()` du langage Arduino. Note : les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques.

- 7- Botton de reste pour redémarre de l'Arduino.
- 8- Ces broches peuvent être utilisées pour alimenter des auxiliaires ou pour alimenter la carte Arduino. [16]

### III.2.4. Le but et l'utilité d'une carte Arduino

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, nous allons programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique. [17]

### III.2.5. Les domaines d'utilisation

Le système Arduino nous permet de faire beaucoup de choses ce qui rend ce système applicables dans beaucoup de domaines. Parmi eux :

- Contrôler les appareils domestiques.
- Fabriquer des robots.
- Faire un jeu de lumières.
- Télécommander un appareil mobile (modélisme).
- Communiquer avec l'ordinateur.

Avec Arduino, nous allons faire des systèmes électroniques tels qu'une bougie électronique, une calculatrice simplifiée, un synthétiseur, etc. Tous ces systèmes seront conçus avec pour base une carte Arduino et un panel assez large de composants électroniques. [17]

### III.2.6. Les Avantages et les Inconvénients des cartes Arduino

L'utilisation d'une carte Arduino offre de nombreux avantages, mais elle présente, aussi, plusieurs inconvénients.

#### III. 2.6.1. Avantages des cartes Arduino

- Pas beaucoup de connaissances nécessaires pour commencer.
- Coût relativement faible, selon les boucliers dont vous avez besoin.
- Beaucoup de croquis et de boucliers disponibles.
- Aucun programmeur externe ou alimentation électrique nécessaire.

### III. 2.6.2. Inconvénients des cartes Arduino

- Aucune compréhension du microcontrôleur AVR.
- Les croquis et les boucliers peuvent être difficiles à modifier.
- Aucun débogueur inclus pour vérifier les scripts.
- Vous n'obtenez aucune expérience de C ou des outils de développement professionnel.

### III.3. Les relais

Le relais est un interrupteur à commande électromagnétique, il se place entre l'alimentation et l'appareil à alimenter. Les relais permettent de commander un courant de forte intensité avec un courant de faible intensité protégeant ainsi les systèmes de commande. [15]

#### III.3.1. Constitution d'un relais

Un relais est un pré actionneur constitué au moins :

- D'un électroaimant (bobine +circuit ferromagnétique).
- D'une palette mobile supportant un contact mobile.
- Ainsi qu'un contact fixe.
- D'un ressort de rappel du contact mobile.[15]

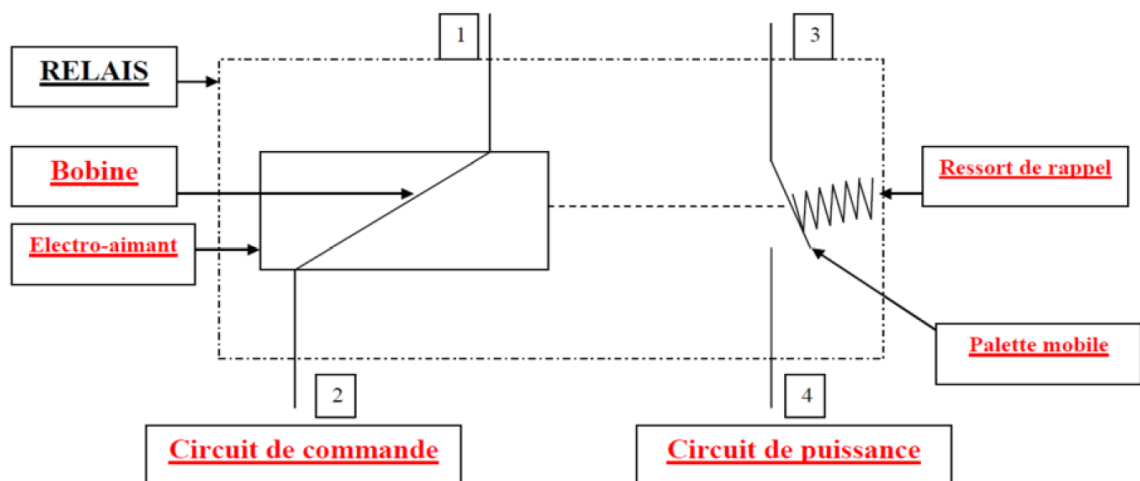


Figure III.3: Schéma d'un relais. [15]

#### III.3.2. Description des relais

Dans cette partie on s'intéresse aux relais conçus pour fonctionner avec des cartes Arduino. Ces relais font partie d'une série de composants conçus spécifiquement pour accompagner les cartes Arduino. Ces composants permettent ainsi de simplifier les projets à base de carte Arduino.



**Figure III.4:** Vue d'ensemble d'une rampe de relais.

Les branchements de la rampe de relais se font de la manière suivante :

Sur la première partie :

**GND** : La terre

**VCC** : Tension de 5 Volt continue (Vcc pour Alimentation partie commande et opérative)

**cmd ou in:** In1, In2, ...: Commande(s). C'est à travers ces pins que l'on commande les relais. La tension de la commande est de 5V. Cette dernière peut provenir d'une des pins de l'Arduino utilisée en sortie

Afin d'améliorer la protection du circuit de commande on sépare la partie commande de la partie pilotage avec un optocoupleur. [18]

### III.4. La carte wifi

Les cartes wifi basées sur le microcontrôleur ESP8266 qui sont programmables comme les cartes Arduino et peuvent communiquer par wifi avec d'autres appareils (ordinateurs, Smartphones, etc.). Il existe plusieurs modèles : l'ESP-01, l'ESP-03, l'ESP-12 ... etc. L'ESP 01 que nous allons utiliser dans notre travail est présenté dans la figure III.5. [19]



**Figure III.5:** Vue d'ensemble de la carte wifi ESP8266

Le module WiFi ESP8266 est une carte réseau autonome avec une pile de protocoles TCP/IP intégrée qui peut donner accès au réseau WiFi. Chaque module ESP8266 est préprogrammé avec un microprogramme de configuration de commande AT, ce qui signifie que vous pouvez simplement le brancher sur votre appareil Arduino et obtenir autant de fonctionnalités Wifi.

### III.4.1. Alimentation du module ESP8266

L'alimentation de ESP8266 à partir de la carte Arduino n'est pas toujours opérationnelle, d'une part le module est prévu pour fonctionner en 3.3V et un courant de fonctionnement moyenne 80 mA, et d'autre part les broches de la carte Arduino sortent 50 mA. Pour cela, nous sommes, parfois, obligés d'utiliser un régulateur AMS1117, ce régulateur permet de délivrer une tension fixe égale à 3.3 V et un courant jusqu'à 800 mA. [19]

### III.5. Capteur de tension

Le capteur de tension est un capteur précis à faible coût pour mesurer la tension. Il est basé sur le principe de la conception du diviseur de tension résistif. Il peut rendre la tension d'entrée du connecteur de borne rouge 5 fois plus petite.

#### III.5.1. Brochage du module de capteur de tension

**Tableau III.2** brochage du module de capteur de tension [20]

| Nom de la broche | Description  |
|------------------|--|
| VCC              | Borne positive de la source de tension externe (0-25 V)      |
| GND              | Borne négative de la source de tension externe               |
| S                | Broche analogique connectée à la broche analogique d'Arduino |
| +                | Pas connecté   |
| -                | Broche de terre connectée au GND de l'Arduino                |

### III.5.2. Caractéristiques et spécifications du module de détection de tension.

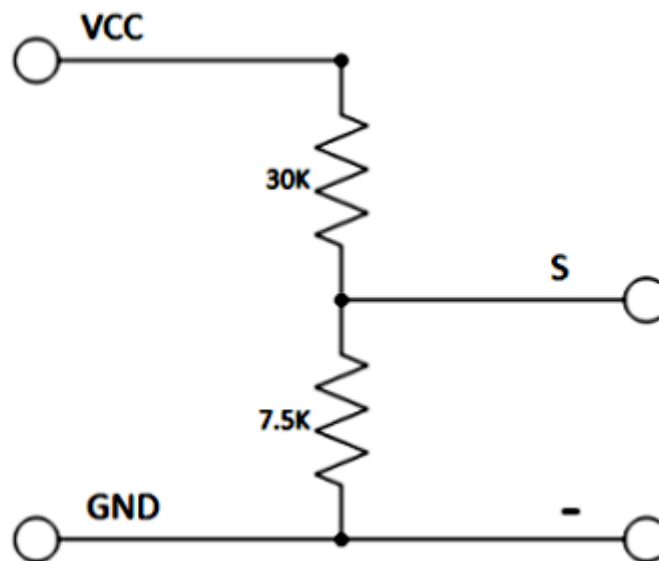
- Tension d'entrée : 0 à 25 V
- Plage de détection de tension : 0,02445 à 25
- Résolution de tension analogique : 0,00489 V
- Ne nécessite aucun composant externe
- Facile à utiliser avec les microcontrôleurs
- Petit, bon marché et facilement disponible
- Dimensions :  $4 \times 3 \times 2$  cm

Le module de capteur de détection de tension est un module simple et très utile qui utilise un diviseur de potentiel pour réduire toute tension d'entrée d'un facteur 5.

Cela nous permet d'utiliser la broche d'entrée analogique d'un microcontrôleur pour surveiller des tensions supérieures à ce qu'il est capable de détecter. Par exemple, avec une plage d'entrée analogique 0V - 5V, vous pouvez mesurer une tension jusqu'à 25V ,

Ce module comprend également des bornes à vis pratiques pour des connexions faciles et sûres d'un fil.

Le schéma du circuit interne du module de capteur de tension est donné ci-dessous (figure 2.9).



**Figure III.6** Circuit interne du module de capteur de tension

Le circuit de tension se compose d'un circuit diviseur de tension de deux résistances dans lesquelles R1 est 30K et R2 est 7,5K. [20]

### III.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons introduit la carte Arduino et présenté les différents auxiliaires que nous avons utilisés dans ce travail.

Notre choix s'est porté sur l'Arduino car c'est une solution bon-marché et dont la mise en place et le fonctionnement ne nécessite pas beaucoup de moyens. D'autres parts, c'est une solution dont l'efficacité est prouvée.

Maintenant que nous avons introduit les différents outils nécessaires à la réalisation de notre projet. Nous verrons dans ce qui suit la démarche suivit pour la mise en œuvre de ce dernier.

Après avoir énuméré les différents composants de notre système. Nous verrons dans le chapitre suivant comment notre projet peut aider à améliorer la gestion de la maintenance du système d'irrigation.

***CHAPITRE IV :***  
***Maintenance du système***  
***d'irrigation par Pivot***

**IV.1. Introduction**

Le terme maintenance est apparu en conjonction avec le boom industriel dont le monde a été témoin après la révolution industrielle. Le terme maintenance fait référence au maintien des équipements en production. Ce dernier est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité des produits.

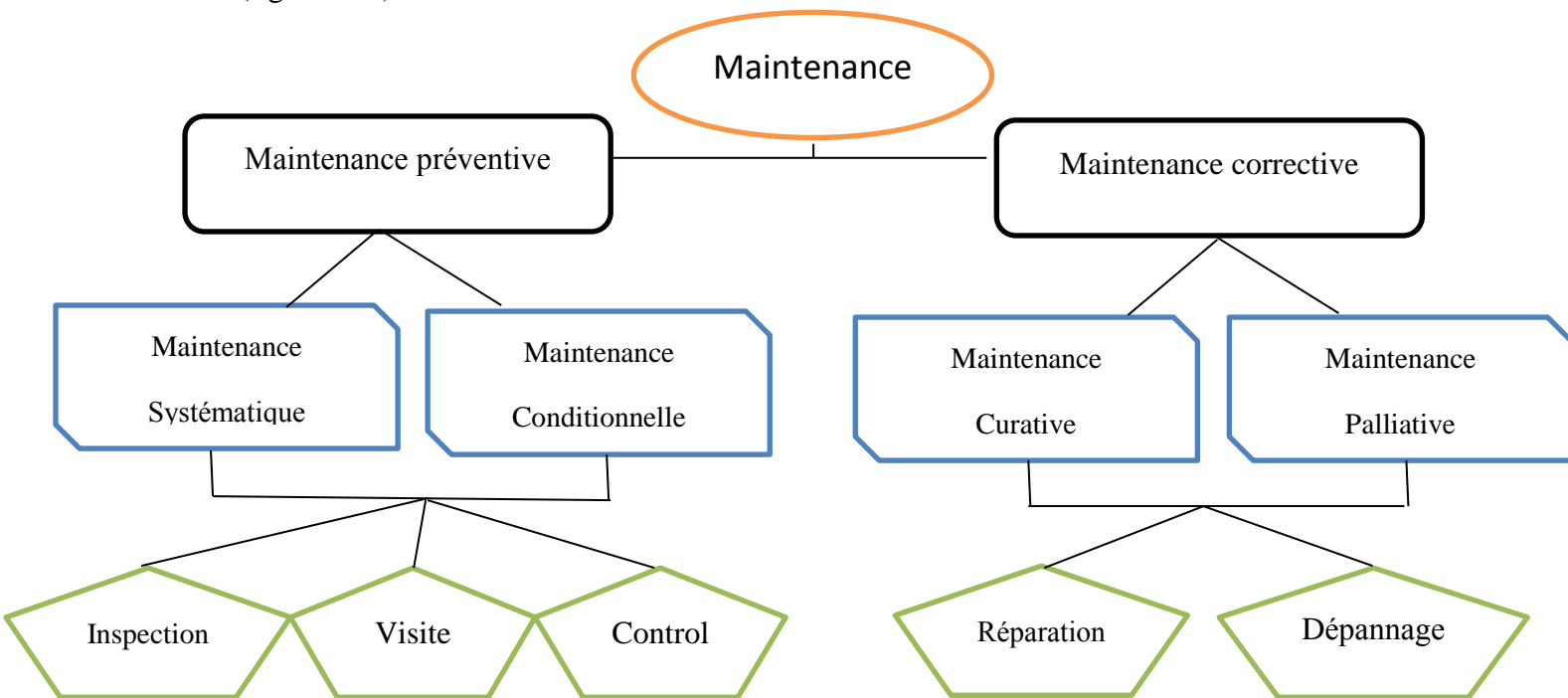
Dans ce chapitre, nous introduirons l'aspect de maintenance de notre système d'irrigation. Ce chapitre vient pour compléter notre travail et pour mieux comprendre l'utilité d'installer un système de surveillance à distance. Dans ce chapitre nous allons revenir très brièvement sur les principes de la maintenance car ce n'est pas le but de notre travail. Nous allons, ainsi, présenter des éléments de maintenance préventifs du système d'irrigation.

**IV.2. Définition de maintenance**

La maintenance est définie comme « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». [22]

**IV.2.1. Les types de maintenance**

La maintenance a évolué en parallèle à toutes les autres sciences techniques, et les applications de maintenance sont parmi les plus anciennes. Elles ont été développées au fil des ans pour devenir une science complète et une discipline indépendante, contenant différents types et processus, comme le montre le schéma (figure IV.1).



**Figure IV.1** Les types de maintenance



### IV.2.1.1. La Maintenance préventive

La maintenance préventive est une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. On peut citer les deux types de maintenances préventives suivantes :

- **La Maintenance préventive Systématique** : maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage.
- **La Maintenance préventive Conditionnelle** : maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé, (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), révélateur de l'état de dégradation du bien. [23]

### IV.2.1.2. La Maintenance corrective

Maintenance effectuée après défaillance. On peut citer les deux types de maintenances correctives suivantes :

- **Les interventions palliatives** : qui remettent le système en état de fonctionnement provisoire.
- **Les interventions curatives** : permettant de réparer le système d'une manière définitive. [24]

## IV.2.2. Les opérations de maintenance

Ces opérations sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien en exploitation. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, évalués en terme du temps ou en nombre d'unités d'usage. Parmi ces opérations : le dépannage, la réparation, les inspections, les visites, les contrôles, ces opérations coûtent une certaine somme d'argent à l'entreprise. [24]

### IV.2.2.1. Les opérations de maintenance préventive

- **L'inspection** : c'est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Cette activité peut s'exercer notamment au moyen de ronde.
- **Le contrôle** : c'est une vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Le contrôle peut :
  - Comporter une activité d'information.
  - Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.
  - Déboucher sur des actions correctives.

- **La visite :** c'est une opération consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du 1er niveau.

#### IV.2.2.2. Les opérations de maintenance corrective

- **Le dépannage :** c'est une action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement ; compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité.
- **La réparation :** c'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance.

#### IV.2.3. Les niveaux de maintenance

La maintenance et l'exploitation d'un bien s'exercent à travers de nombreuses opérations, parfois répétitives, parfois occasionnelles, communément définies jusqu'alors en cinq niveaux de maintenance. [24]

**Tableau IV.1** Les niveau de maintenance [24]

| Niveaux | Définition  | Personnel d'intervention  | Moyens  |
|---------|---|---|---|
| 1       | Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité. | Exploitant sur Place.   | Outillage léger défini dans les conditions d'utilisation.               |
| 2       | Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventives (rondes).  | Technicien habilité, sur place.                                 | Idem, plus les pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.     |
| 3       | Identification et diagnostic de panne, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.  | Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance     | Outillage prévu, plus des appareil de mesure, banc d'essai, contrôle... |
| 4       | Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.   | Equipe encadrée par un technicien spécialisé (atelier central). | Outillage général plus spécialisé, matériel d'essai, de contrôle...     |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| 5 | Travaux de rénovation de reconstruction ou réparations<br>Importantes confiées à un atelier central. | Equipe complète,<br>Polyvalente<br>(atelier central) | Moyens proches de la fabrication par le Constructeur. |
|---|--|--|---|

#### IV.2.4. Les objectifs de la maintenance

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance peuvent être :

- La disponibilité et la durée de vie du bien.
- La sécurité des hommes et des biens
- La qualité des produits
- La protection de l'environnement
- L'optimisation des coûts de maintenance.

#### IV.3. La maintenance du système d'irrigation

Comme toute autres machines et systèmes, dans notre projet, le système d'irrigation et ces composants ont besoins de maintenance pour assurer un bon fonctionnement et réduire la probabilité de défaillance.

Dans ce qui suit nous allons nous intéresser à la maintenance de notre système d'irrigation et de ces différents composants.

##### IV.3.1. La pompe

##### IV.3.1.1. La Maintenance préventive de la pompe

La maintenance préventive d'une pompe immergée est divisée en deux parties : partie moteur et partie pompe. [25]

- **Partie moteur** (Armoire de commande)

La maintenance de la partie moteur revient à faire la maintenance et le contrôle à partir de l'armoire de commande. Ces opérations de maintenance préventive sont :

- Vérification et serrage toutes les terminaisons.
- Inspection et teste de fonctionnement du panneau de commande.
- Teste la télémétrie / les alarmes.
- Vérification de la tension d'enregistrement.

- **Partie pompe**

Comme dans le cas de la partie moteur la maintenance préventive s'exécute à partir de l'armoire de commande

- Lecture des ampèremètres.
- Vérification des résistance d'enroulement du moteur
- Vérification du capteur de surchauffe / de fuite.

### IV.3.1.2. La Maintenance corrective de la pompe

Les defaults dans une pompe immergée sont divisés en trois : les défauts d'aspiration, les defaults du système et les defaults mécaniques. Nous avons résumé ces défauts, leurs causes probables et leurs solutions dans ce tableau :

**Tableau IV.2** La Maintenance corrective de la pompe [26]

| Mauvais fonctionnement ou panne                                   | Causes probables                                | solutions   |
|---|---|---|
| Le moteur ne démarre pas  | La tension n'arrive pas au câble du moteur      | Contrôle de l'appareil et/ou la ligne électrique  |
|   | Les fusibles ont sauté                          | Remplacement des fusibles                         |
|   | Le câble du moteur est coupé                    | Réparation ou changement le câble                 |
| Déclenchement du relais thermique, l'absorption est normale       | Le relais n'est pas réglé                       | Réglage des relais                                |
|   | Le relais thermique est défectueux              | Remplacement du relais                            |
| Déclenchement du relais thermique, l'absorption est élevée        | La tension est trop haute ou trop basse         | Appelez la compagnie d'électricité                |
|   | Les bornes des câbles sont desserrés            | Resserrage de toutes les bornes                   |
|   | Les mouvements de la pompe ou moteur sont gênés | Démontage et réparation                           |
|   | Trop de sable dans l'eau                        | Réduire le débit de la pompe en réglant la vanne  |
| Déclenchement du relais thermique, l'absorption est déséquilibrée | La tension n'est pas égale sur les 3 phases     | Contrôle des appareils et de la ligne             |
|   | Un câble est à la masse                         | Réparation ou changement du câble                 |
|   | L'enroulement est à la masse                    | Démontage du moteur et réfection de l'enroulement |
|   | La pompe ou du moteur sont bloqués              | Démontage et révision                             |
|   | La connexion du moteur n'est pas correcte       | Contrôle de la connexion                          |

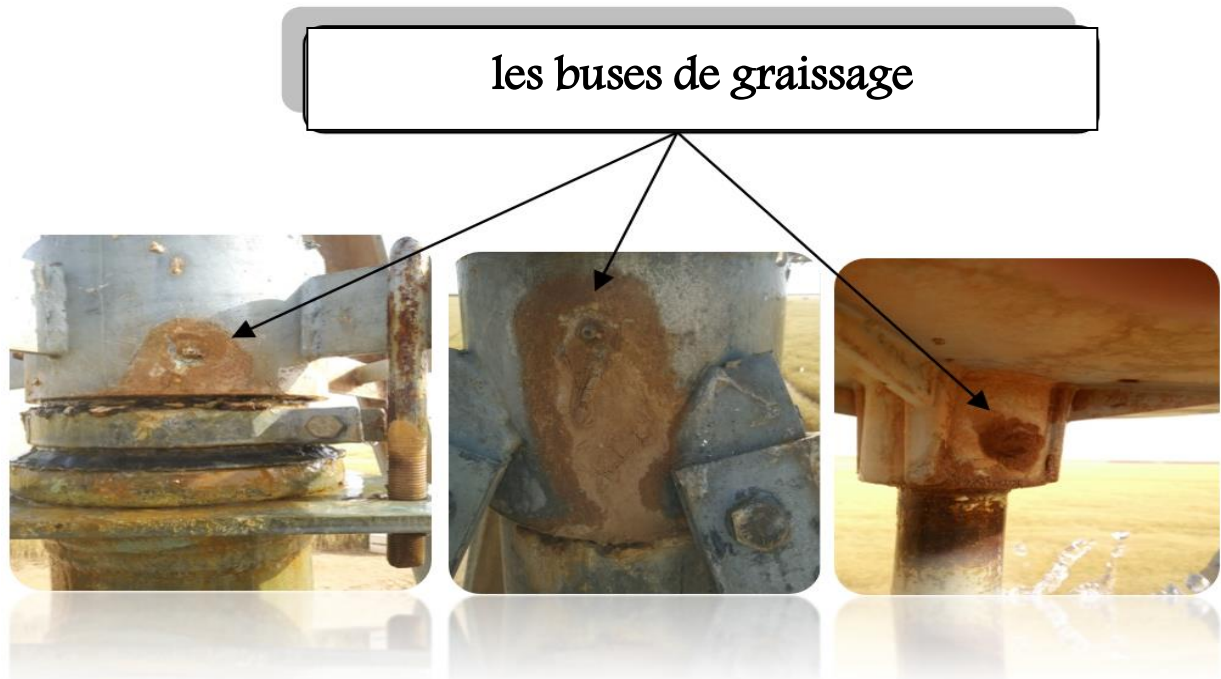
|  |  |  |
|--|--|--|
| Hauteur d'élévation inférieure à celle déclarée  | Mauvais sens de rotation                                     | Inversement du sens de rotation                    |
|  | Il y a des fuites dans les tuyaux de refoulement             | Remplacement du tuyau ou du joint                  |
|  | Pièces usées à l'intérieur                                   | Démontage et révision                              |
|  | Il y a de l'air et du gaz dans l'eau                         | Appelle du constructeur                            |
| Débit insuffisant                                | Les couronnes mobiles sont encrassées                        | Démontage et révision                              |
|  | Le niveau du puits s'abaisse plus que prévu                  | Vérification du débit du puits                     |
| Le fonctionnement du groupe pompe est irrégulier | La hauteur d'élévation de la pompe est trop basse            | Réglage de la vanne sur le tuyau de refoulement    |
|  | Le niveau du puits est trop proche de l'orifice d'aspiration | Réduction du débit                                 |
|  |  | Réduction de la hauteur d'installation de la pompe |
| Vibration du groupe pompe                        | Des composants mécaniques sont usés                          | Démontage et révision                              |
|  | Le NPSH de l'installation est insuffisant                    | Réduction du débit                                 |
|  |  | Réduction de la hauteur d'installation de la pompe |

### IV.3.2. Le pivot

#### IV.3.2.1. La Maintenance préventive de pivot

Afin de garantir un fonctionnement optimal du pivot un certain nombre d'action est nécessaire. Avant le début de chaque saison on doit graisser les rotules métalliques et les roulements de L'unité centrale et vérifier le niveau d'huile du motoréducteur.

- Les buses de graissage



**Figure IV.2** Les buses de graissage

- Vérification du niveau d'huile du motoréducteur



**Figure IV.3** Vérification le niveau d'huile de motoréducteur

#### **IV.3.2.2. La Maintenance corrective de pivot**

Si le pivot ne fonctionne pas, nous utilisons organigramme de diagnostic pour détecte les cause de la défaillance.

le pivot ne fonctionne pas

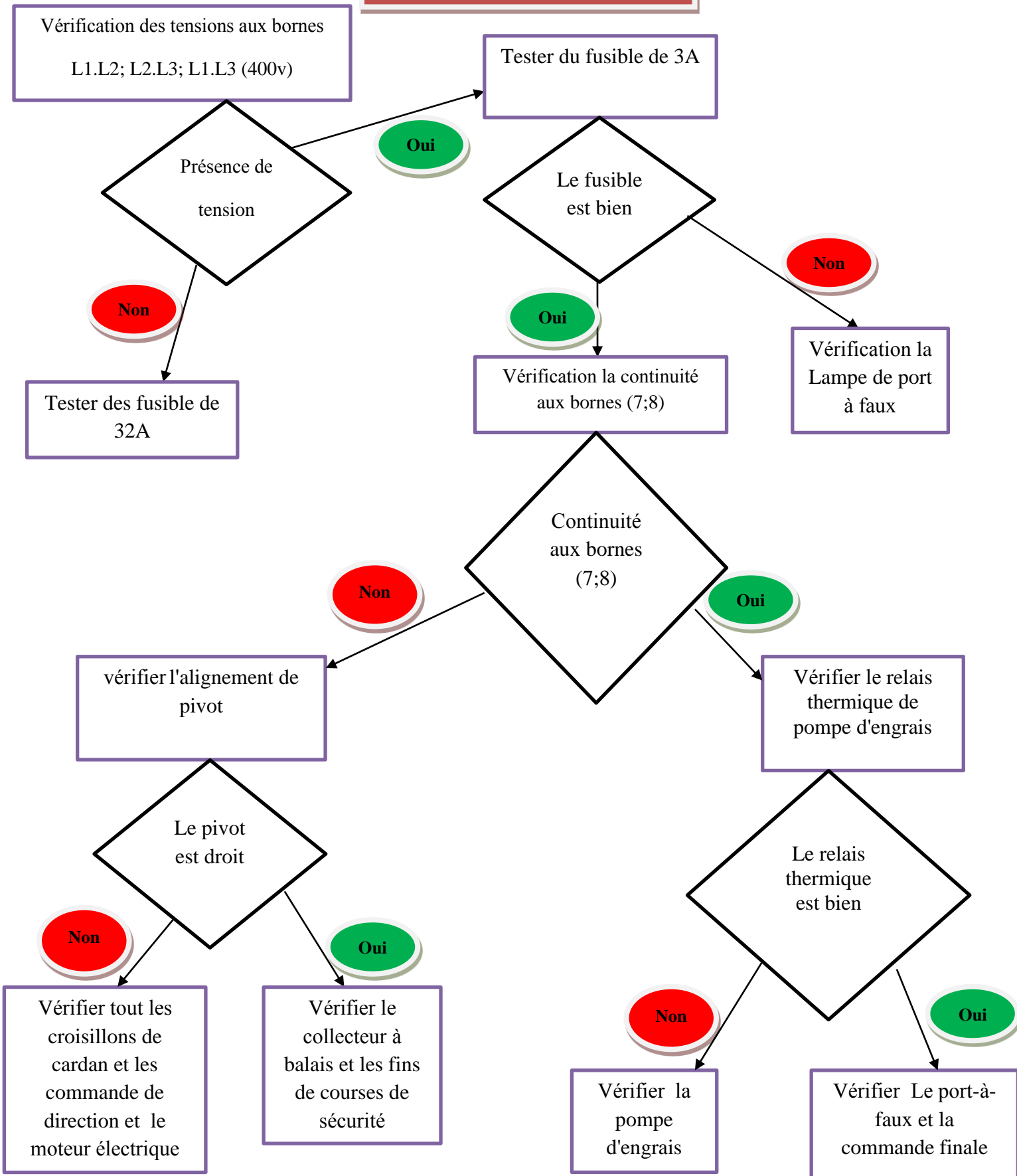


Figure IV.4 Organigramme de diagnostic pour détecte les causes de défaillances.

**IV.4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les principes de la maintenance préventive et corrective. Nous avons par la suite vu comment appliquer ces principes à notre système d'irrigation afin d'assurer un fonctionnement optimal. Dans cette partie le développement d'un système de surveillance à distance comme c'est le cas de notre projet va grandement aider et faciliter les opérations de suivi et de contrôle. Ces opérations sont au cœur de la maintenance préventive.

Même en suivant à la lettre les mesures de maintenance préventive, il arrive, parfois, d'avoir des pannes. On a recourt, dans ce cas, à la maintenance corrective. Nous avons expliqué dans ce chapitre qu'elles sont les différentes opérations à effectuer en fonction des pannes. Notre système de contrôle va permettre d'agir rapidement en donnant l'opportunité de savoir quel type de panne a eu lieu et ainsi mieux préparer les opérations de maintenance. Cela dans le but de réduire les délais d'intervention et d'éviter l'aggravation des pannes. Au final réduire les temps d'arrêt.

Maintenant que nous avons introduit les différents outils nécessaires à la réalisation de notre projet. Et après avoir présenté l'aspect de maintenance des équipements d'irrigation. Nous verrons dans ce qui suit la démarche suivie pour la mise en œuvre de notre système de contrôle à distance.



***CHAPITRE V :***  
***Etude et réalisation du***  
***système***

## V.1. Introduction

Après avoir présenté les différents modes d'irrigation et avoir exposé les motifs du choix de l'irrigation par pivot. Nous avons introduit les outils permettant la construction.

La réalisation du présent projet passe par la réalisation de la partie électrique et la partie software. L'objectif global est de mettre en liens les différentes parties de notre projet. Ce projet compte trois parties principales :

- Partie mécanique : cette partie comprend la pompe et le pivot. Ce sont les éléments sur lesquelles nous devons agir et être alimentés en électricité.
- Partie électrique : ce sont les armoires électriques qui alimentent en électricité le pivot et la pompe. Et permettent de commander ces derniers.
- Partie commande : c'est le cœur de notre projet. Il s'agit ici de construire un système de monitoring et de commande.

Avec les éléments de la partie commande, nous agissons sur la partie électrique qui agit sur la partie mécanique qui est le système d'irrigation.

Dans ce chapitre nous allons présenter, les étapes qui nous ont permis de mettre au point notre projet et de mettre en liens ces éléments.

## V.2. Le site d'installation:

### V.2.1. Localisation

Afin de mettre en œuvre notre projet et d'effectuer les tests nécessaires à l'achèvement de celui-ci, il est nécessaire de planter notre système dans une plantation.



**Figure V.1** Vue d'ensemble de la plantation.

Nous avons cherché une plantation afin d'effectuer des tests. Ce fut dans une plantation de la wilaya de Ouargla, située dans la municipalité de N'Goussa dans une zone appelée Khachm Al-Rih. La plantation fait partie de la ferme des frères Seddiki que nous remercions ici d'avoir accepté de nous permettre d'effectuer nos tests.

### V.2.2. Type de culture



**Figure V.2** photo du maïs planté sur site

La période durant laquelle nous avons effectué nos tests s'étant de juin à septembre. Au début de cette période, le terrain se trouvait en préparation par la suite les agriculteurs ont semé du maïs.

### V.3. L'application de contrôle « Remote XY »

Nous avons choisi de contrôler le système d'irrigation par le biais d'un smartphone en utilisant une application de contrôle. Pour cela nous avons opté pour l'application nommée « Remote XY ».

Remote XY est un moyen facile de créer et d'utiliser une interface utilisateur graphique mobile pour les cartes de contrôleur (comme les cartes Arduino) à contrôler via un smartphone ou une tablette. Le système comprend :

- Un éditeur d'interfaces graphiques mobiles pour des cartes de contrôle.
- Une application mobile Remote XY qui permet de se connecter à la carte de contrôle et de la contrôler via une interface graphique.

Remote XY permet de développer toute interface de gestion graphique, en utilisant des éléments de contrôle, d'affichage et de décoration ou toute combinaison de ceux-ci. Ces interfaces graphiques pour n'importe quelle tâche peuvent être

développées, en plaçant les éléments à l'écran à l'aide d'un éditeur en ligne. Cet éditeur en ligne posté sur le site remotexy.com.

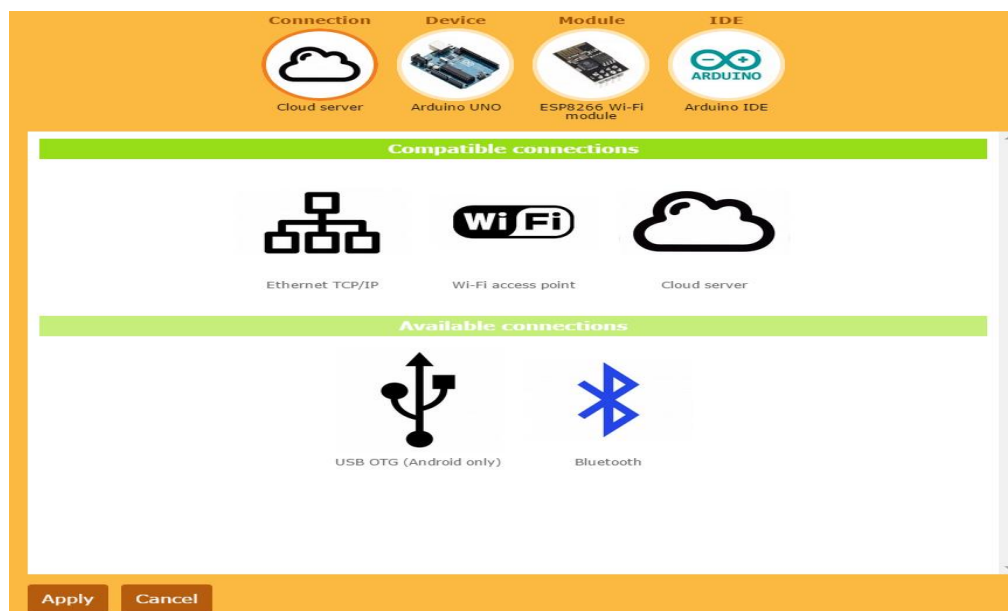
Après le développement de l'interface graphique, on obtient un code source à télé-verser, après modification, dans le microcontrôleur qui implémente l'interface graphique.

Le principe de fonctionnement de cette application peut être décrit comme suit :

- La structure de l'interface est stockée dans la carte de contrôle. Une fois connecté, il n'y a aucune interaction avec les serveurs lors du téléchargement de l'interface.
- Après le téléchargement de l'interface graphique, un protocole de communication s'établit entre l'application et la carte de contrôle, permettant ainsi la transmission de données et des ordres émis par les utilisateurs.
- Une application mobile peut gérer plusieurs cartes de contrôle.

Connexion entre le contrôleur et l'appareil mobile peut s'établir en utilisant les moyens suivants :

- Bluetooth.
- Wi-Fi.
- Ethernet par IP ou URL.
- Internet.
- USB.



**Figure V.3** panneau de configuration de Remote XY

En terme plus claire, Remote XY vous permet de créer une interface simple avec des boutons, des variables, des leds en couleurs, des commentaires, des afficheurs, etc.

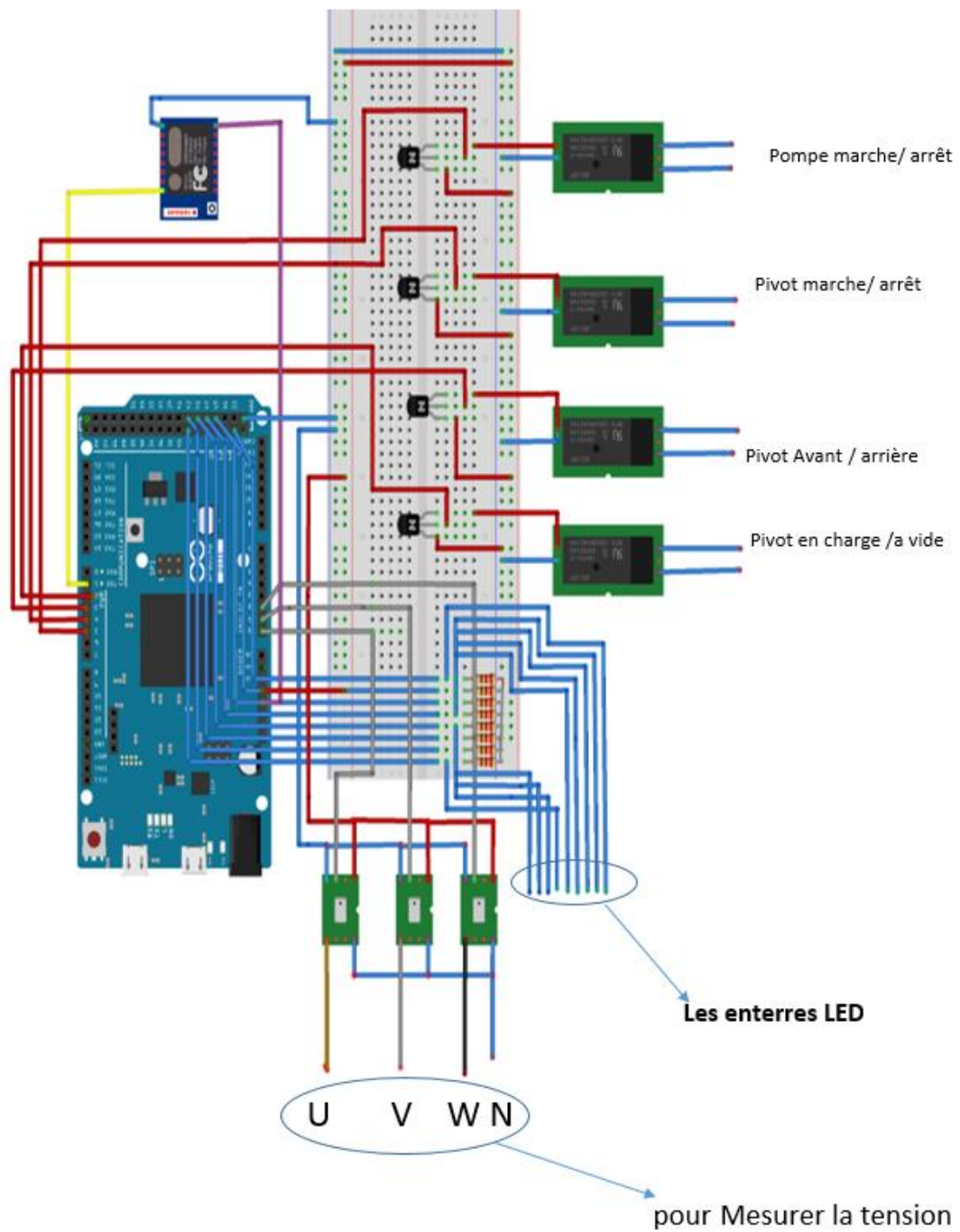
Le site Remote XY vous donne le code inhérent à votre choix d'interface afin de simplifier la création. [21]



Figure V.4 exemple d'interface de contrôle avec Remote XY

#### V.4. Schéma électrique de notre système de contrôle

La partie électronique est le cœur de notre système. Celle-ci est basée sur un Arduino ATmega. Cette partie électronique est à la fois le support du programme de contrôle mais aussi l'instrument par lequel s'exécute les commandes désirées par l'opérateur. Elle contient ainsi les capteurs permettant de mesurer les variables voulues.



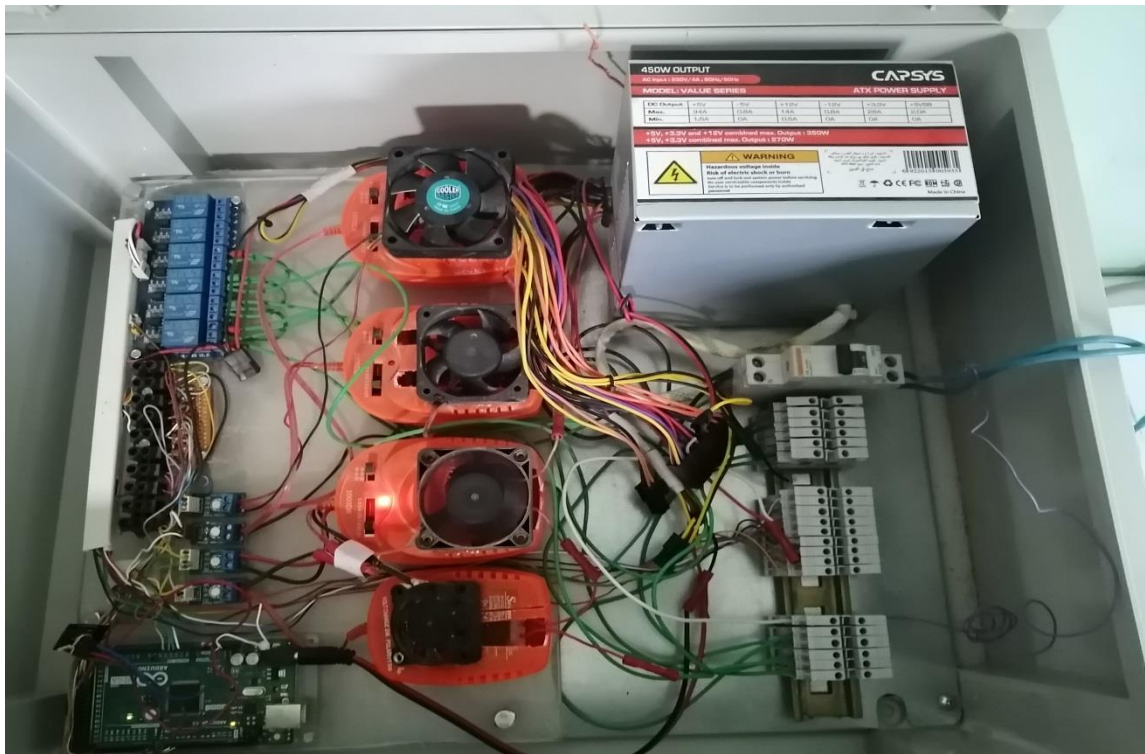
**Figure V.5** Schéma on plaque de système

La figure V.5 donne le schéma de principe de notre système de contrôle. Sur cette figure on peut voir les différents composants électroniques de notre système. Les composants sont donnés comme suit :

- 1- **L'Arduino** : c'est la carte de contrôle. Considérer comme le cœur de notre système. C'est par ce composant que transite toutes les données mais aussi les

ordres. C'est aussi dans l'Arduino qu'est stocké le programme de commande de notre système.

- 2- **Les relais** : à l'aide des relais notre système peut commander les équipements du système d'irrigation comme le pivot et la pompe. Les relais dans ce cas sont comme des interrupteurs que l'on actionne à partir du smartphone et à travers l'Arduino.
- 3- **Les entrées LED** : ce sont les entrées digitales de l'Arduino. On utilise ces entrées pour récupérer l'information sur notre système comme le démarrage de la pompe ou sont extinction. Cette entrée numérique fonctionne en 5v.
- 4- **La carte wifi** : la carte wifi permet à notre carte de contrôle de communiquer avec le modem internet.
- 5- **Les capteurs de tension** : ce sont les instruments de mesure de la tension. Ces capteurs ne peuvent mesurer que des tensions continues entre 0 et 25 V. afin de palier à ce problème ; car nous devant mesurer les tensions des phases de l'alimentation principale du système d'irrigation qui sont de 220 V alternatif ; nous avons utilisé des transformateur (voir figure V.6).



**Figure V.6** Vue d'ensemble de la boîte de commande.

La figure V.6 montre une vue d'ensemble de la boîte de commande. Dans cette boîte nous avons mis notre système de contrôle. Sur cette figure nous pouvons voir les transformateurs en orange.

L'objectif de ces transformateurs est de transformer la tension alternative de 220 V en tension de 12 V continue. Cette dernière tension est mesurable par les capteurs que nous utilisons.

Afin de retrouver la valeur de la tension réelle, nous avons établi une équation caractéristique. Cette équation a été établie en faisant plusieurs mesures de tension.

## V.5. Fonctions du système de contrôle et principe de fonctionnement

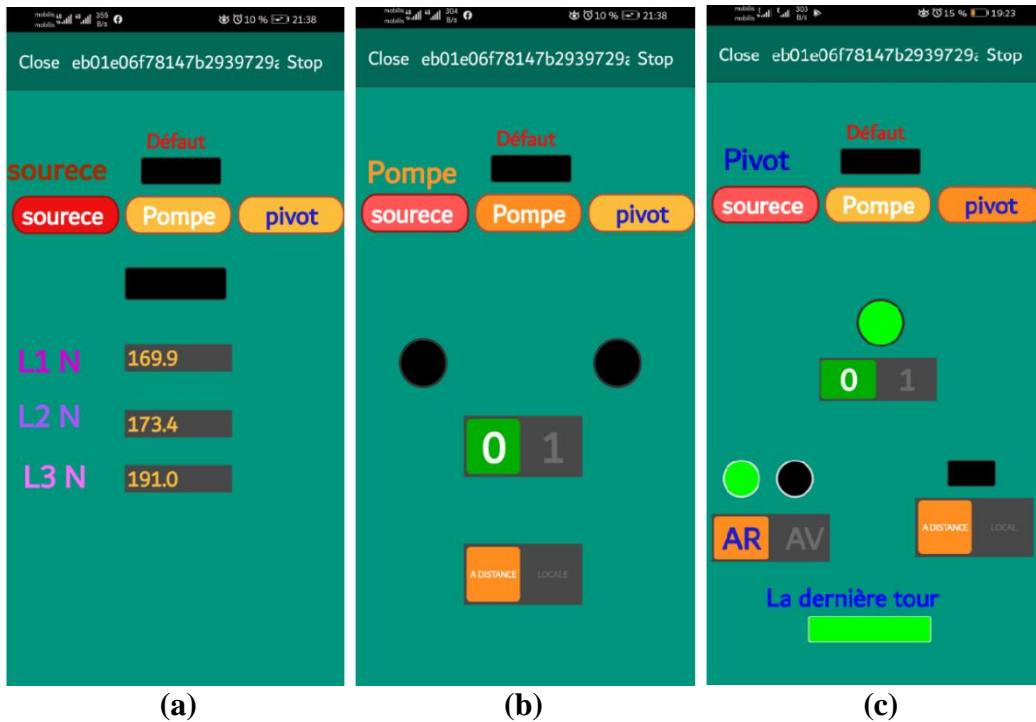
Le système de monitoring et de commande à distance que nous avons développé fait intervenir quatre éléments principaux :

- 1- Le premier élément est le système d'irrigation qui est composé de la pompe et du pivot et leurs armoires électriques. C'est l'élément sur lequel nous souhaitons agir à distance.
- 2- Le deuxième élément est le smartphone avec lequel on surveille les variables de fonctionnement du système et de transmettre des ordres à travers une interface dans l'application Remote XY.
- 3- Le troisième élément est la carte de contrôle Arduino.
- 4- Le dernier élément est le cloud. C'est l'élément qui va permettre de connecter le smartphone et la carte de contrôle Arduino. Ces deux derniers éléments sont tous deux connectés à internet mais ne disposent d'adresse fixe et ces deux ne peuvent donc pas se retrouver. L'utilité du cloud est qu'il dispose d'une adresse fixe qui permet aux deux autres éléments de se retrouver au niveau du cloud.

Le système que nous avons conçu doit permettre d'exécuter les fonctions suivantes :

- 1- Fonction relative à la pompe
  - Démarrage et arrêt de la pompe
  - Affichage de l'état de la pompe
  - Voyant de défaut
- 2- Fonction relative au pivot
  - Mise en marche du pivot
  - Marche avant ou marche arrière
  - Affichage de l'état du pivot (arrêt ou marche, avant ou arrière)
  - Voyant de fonctionnement de la dernière tour
  - Voyant de défaut
- 3- Fonction relative la source d'électricité
  - Affichage de la tension
  - Voyant de défaut





**Figure V.7** interface graphique de l'application

Dans la figure V.7 on peut voir l'interface graphique de l'application qui permet d'effectuer le monitoring et le contrôle du système d'irrigation. Cette interface se décline sur trois pages (a, b, et c). Chaque page concerne un élément du système d'irrigation.

- La source d'électricité figure V.7 (a) : dans cette page on peut lire les valeurs de tension affichés dans des cadrans.
- La pompe figure V.7 (b) : cette page permet le démarrage de la pompe et son arrêt mais aussi d'afficher une alerte en cas de défaut. La possibilité de mettre le contrôle locale ou à distance.
- Le pivot figure V.7 (c) : dans cette page il est possible de mettre le pivot en marche avant ou arrière ou à l'arrêt. De savoir si la dernière tours s'enclanche. On peut aussi mettre le contrôle en locale ou à distance.

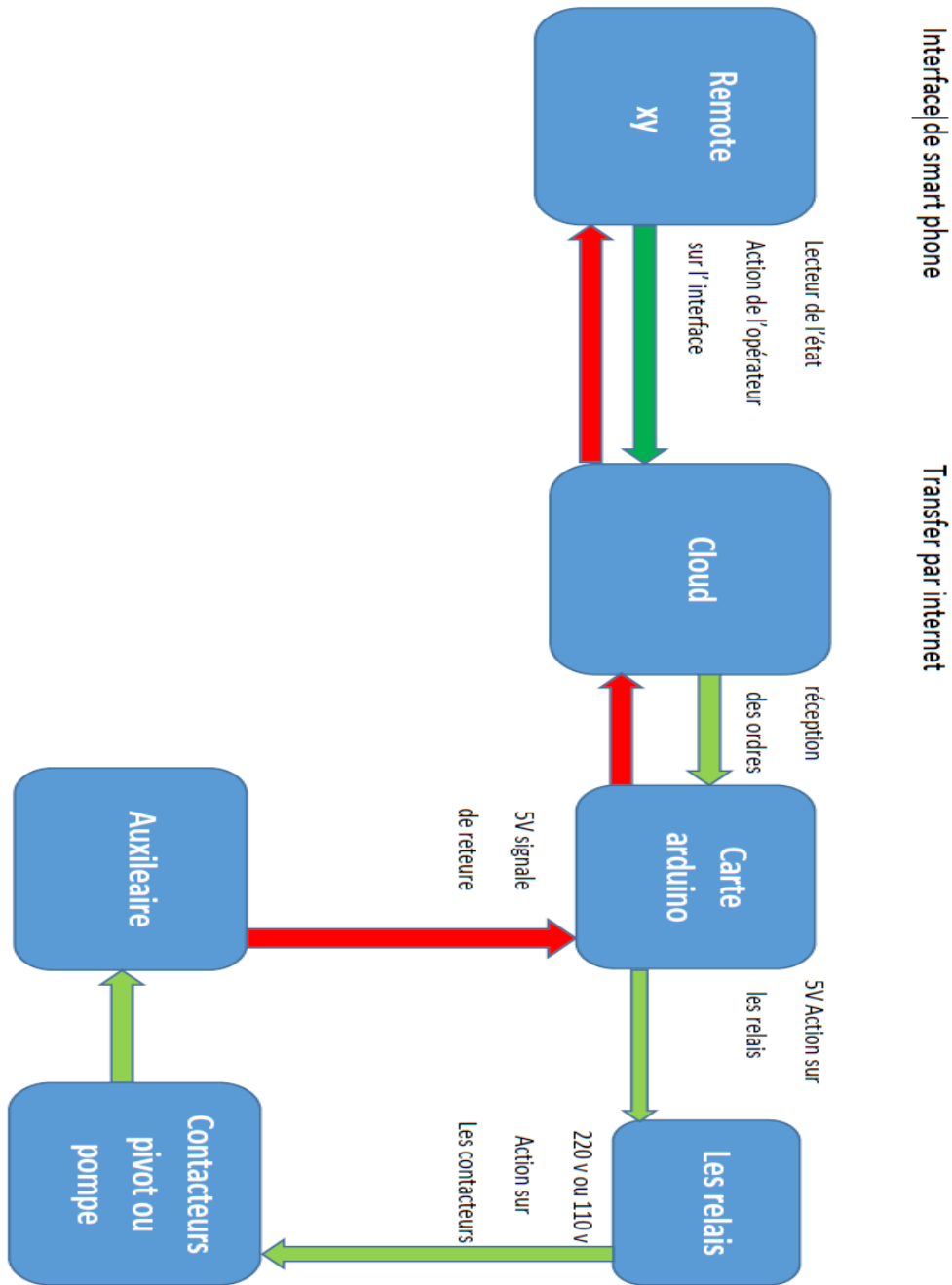


Figure V.8 Organigramme que représente la réalisation

Figure V.8 montre l'organigramme décrivant le principe fonctionnement de notre système de monitoring et de contrôle à distance.

Dans l'application Remote XY sur l'interface que nous avons conçue, nous pouvons lire l'état du système d'irrigation mais aussi intervenir sur celui-ci. Ces informations transitent par le cloud vers la carte de contrôle Arduino. Ce dernier contrôle ainsi les relais qui contrôlent à leur tour le pivot et la pompe. La carte Arduino reçoit des signaux indiquant l'état du système par les auxiliaires des armoires électriques du pivot et de la pompe. La carte Arduino renvoie ces informations à l'application Remote XY à travers le cloud.

## V.6. Le programme

Le fonctionnement de notre système repose sur un programme stocké et exécuté sur la carte de contrôle Arduino.

Le programme chargé sur la carte Arduino exposé dans l'annexe A est divisé en deux grandes parties.

- 1- Partie déclaration : dans cette partie nous avons trois types de déclarations.
  - a. Déclaration des moyens de connexion : dans cette partie en déclare les moyens de connexion locale qui est la carte wifi mais aussi de connexion internet au cloud et du protocole de communication.
  - b. Déclaration des entrées et sorties : les entrées concerne les ports connecté aux capteurs et aux auxiliaires. Les sorties concerne les ports qui commandes les relais.
  - c. Déclaration des variables : comme dans tous programmes il est impératif de déclarer les variables utilisées par ce dernier.
- 2- Partie boucle : dans cette partie on retrouve les lignes de programme qui doit se répéter pour achever les taches désirées.

## V.7. Réalisation et test

Après planification et après avoir fait le choix des équipements à utiliser nous avons fixé ces équipements dans une boîte et nous avons réalisé les branchements nécessaires.



**Figure V.9** test du système de commande

Avant d'installer l'armoire contenant la carte de contrôle et ces auxiliaires et de procéder à la mise en marche. Nous avons réaliser un montage au saint de l'atelier.

Pour ce faire nous avons utilisé des lamps pour simuler l'action sur la pompe et le pivot (voir figure V.9). Nous avons branché le système sur l'alimentation électrique de l'atelier pour simuler la source d'énergie électrique.

## V.8. Difficultés rencontrées

Lors de la réalisation de notre projet nous avons fait face à certain nombre de difficultés. La première difficulté et c'est elle qui nous a imposé le choix du site. Cette difficulté c'est la réticence des propriétaires des fermes de voir installé chez eux un tel système de contrôle à distance, Cette crainte peut se comprendre au vue des coûts des installations d'irrigations.

Les autres difficultés sont liées au site :

- **La distance** : la ferme est située à 70 km du centre d'Ouargla. On plus de la distance la ferme est éloigné de la route et elle n'est accessible que par une piste. Cette distance est aussi ce qui motive la réalisation de ce projet.
- **Réseau mobile** : le réseau mobile est très faible sur le site du notre projet. Cette difficulté nous a imposé le choix du réseau mobile ainsi que la plantation sur laquelle se fera le test.
- **Température** : nous avons installé notre système au mois de mai jusqu'au mois de septembre. Durant cette période la température est très élevée, ce qui cause des dysfonctionnements dans le fonctionnement de certains systèmes, comme la carte Arduino.
- **Humidité** : Avec l'augmentation de la température, l'irrigation entraîne une augmentation de l'humidité, ce qui peut nuire à l'équipement électronique utilisé.

Les deux dernières difficultés ont été à l'origine de défaillances majeures. La première est la panne de l'alimentation de l'armoire que nous avons installée. Cette défaillance nous a obligés à concevoir et à réaliser une nouvelle alimentation à base d'un transformateur on utilisant des régulateurs intégré.

## V.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les éléments constituant notre projet. Nous avons expliqué les liens entre ces éléments.

Nous avons expliqué les étapes de réalisation de ce projet et le principe de fonctionnement de système de monitoring et de commande à distance.

Nous avons aussi présenté, ici, les difficultés auxquelles nous avons fait face durant la réalisation de ce projet. Et qui, parfois, ont dictées nos choix. Ces difficultés peuvent être le motif de réalisation de ce projet.

Nous avons pu démontrer que malgré la simplicité des moyens choisis le système a prouvé son efficacité. Par ailleurs nous avons noté un certains nombres de difficulté liées au site d'implantation.

Nous verrons dans le chapitre suivant comment notre projet peut aider à améliorer la gestion de la maintenance du système d'irrigation.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

### Conclusion générale

Un aspect d'une grande importance pour l'agriculture est traité dans ce travail ; Il s'agit de l'irrigation. Dans notre travail nous avons développé un système de commande et de monitoring à distance d'un système d'irrigation. Le système d'irrigation en question est un système à pivot. L'intérêt de notre travail est qu'il est installé à Ouargla dans une région où les plantations sont éloignées.

Après la réalisation et la mise en marche de notre système ; nous avons effectué un certain nombre de tests dont les conclusions sont les suivantes :

- Le système permet le contrôle à distance du pivot et de la pompe avec une réponse relativement rapide.
- Le système permet d'avoir un retour d'information sur l'état de fonctionnement du système d'irrigation.
- Le système permet de réduire les temps d'intervention sur le pivot ce qui réduit les temps d'arrêt.
- Due aux conditions météorologique extrême et du fait que le système soit exposé à l'extérieur le système a présenté un dysfonctionnement au niveau de l'alimentation de ce dernier.

Ce travail nous a permis de récolter un certain nombre d'information et d'acquérir une certaine expérience avec ce type de système, à travers les différents problèmes rencontrés lors de la réalisation de ce projet.

L'une des craintes au début de ce travail est le dysfonctionnement de la carte Arduino car considéré comme une solution bon marché. Cette crainte s'est dissipée et le système a démontré sa fiabilité.

Le succès de ce système ouvre de nouvelles perspectives parmi lesquelles

- La gestion de la maintenance préventive en plus de la création d'alerte en cas de panne.
- L'élargissement du contrôle afin d'optimiser l'opération d'irrigation.

# Référence Bibliographique

- [1] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإنتاج النباتي أنظمة الري والصرف، 2004
- [2] **C. Brouwer** . « Méthodes d'irrigation », GESTION DES EAUX EN IRRIGATION Manuel de formation n° 5, 1990.
- [3] **M. Lahlouh, A. Azizou**, Mémoire de master, Etude et réalisation d'un Système d'irrigation automatique, 2018.
- [4] **ر.ح. العزاوي**، أثر استخدام طرق الري الحديثة على الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية في محافظة ديالى، مجلة ديالى، العدد 67، 2015.
- [5]le site [www.hyatoky.com](http://www.hyatoky.com), 09/07/2019
- [6]le site [www.paysantarnais.com](http://www.paysantarnais.com), 30/01/2014
- [7]le site [www.agriexpo.online](http://www.agriexpo.online), 08/2020.
- [8] **ط.جمال**. أنظمة الري الحديثة، مركز البحوث الزراعية، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، 2001،  
نشرة رقم: 680
- [9] **أ.م. خيرو**، تقنيات الري الحديثة المرحلة الرابعة (قسم علوم التربة والموارد المائية)
- [10] **A. Gherabi** .Mémoire de master, Etudes des pompes pour les forages "pompes immergées" , 2016.
- [11] **L.Chebihi**, Mémoire de magister, Adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zones arides, 2011.
- [12] **K.Mghezzi Chaa**, Mémoire de magister, Calcul et Optimisation D'un Mini Pivot D'irrigation, 2009.
- [13] **S.Saidi**, Mémoire de magister , Analyse hydraulique du fonctionnement du système pivot d'irrigation par aspersion de type ANABIB, 2014.
- [14] **Eskimon et olyte**,Arduino : Premiers pas en informatique embarquée.
- [15] **S.ahoumi et R.Stoutah**, Mémoire de master, Réalisation d'un système de contrôle et de commande à distance d'un véhicule, 2018.
- [16] La carte Arduino Méga 2560, [www.cours-gratuit.com--id-10668](http://www.cours-gratuit.com--id-10668).
- [17] **Astalaseven , Eskimon et olyte**, Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation, Licence Creative Commons, 04/08/2012.
- [18] le site [www.supertos.free.fr](http://www.supertos.free.fr), 04/03/2017.
- [19]le site [www.arduinoencore.com](http://www.arduinoencore.com), visite a 09/2020.

## **Bibliographiques**

[20] le site [www.components101.com](http://www.components101.com), 10/04/2020

[21] le site [www.remotexy.com](http://www.remotexy.com) , a 03/2020

[22] Cours de maintenance, Frédéric TOMALA.

[23] Cours sur les définitions, méthodes et opérations de la maintenance, site, [www.cour-gratuite.com](http://www.cour-gratuite.com). Visite 08/2020

[24] **A.A. Laouar et M.Merkhoufi**, Mémoire de master , Développement d'un module de GMAO « Gestion économique des activités de maintenance », 2018.

[25] **R. Alvariz**, Submersible Pump Maintenance and Repair, Kennidy industries.

[26] catalogue d'un pompe immergée, SAER ELETTROPOME Compagnie.



## ANNEXES

# ANNEXES A

## Le programme de control

```
#define REMOTEXY_MODE__ESP8266_HARDSERIAL_CLOUD

#include <RemoteXY.h>

// RemoteXY connection settings

#define REMOTEXY_SERIAL Serial

#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 115200

#define REMOTEXY_WIFI_SSID "LTE4G-B310-1B04E"

#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "N60H937BLBJ"

#define REMOTEXY_CLOUD_SERVER "cloud.remotexy.com"

#define REMOTEXY_CLOUD_PORT 6376

#define REMOTEXY_CLOUD_TOKEN "*****"

int offste = 20;

// RemoteXY configurate

#pragma pack(push, 1)

uint8_t RemoteXY_CONF[] =

{ 255,5,0,42,0,119,1,10,161,5,

131,1,43,13,20,7,1,2,6,112,

105,118,111,116,0,131,0,22,13,20,

7,2,2,31,80,111,109,112,101,0,

2,0,1,74,22,9,1,2,26,24,

6,32,65,86,0,65,82,0,131,0,

1,13,20,7,3,1,31,115,111,117,

114,101,99,101,32,0,2,0,20,53,

22,11,2,133,26,31,31,49,0,48,

0,65,2,8,39,9,9,2,65,4,

44,39,9,9,2,2,0,21,45,22,

8,1,133,26,31,31,49,0,48,0,

2,0,39,71,22,11,1,2,26,31,

31,76,79,67,65,76,0,65,32,68,

73,83,84,65,78,67,69,0,65,2,

28,34,9,9,1,65,34,3,64,7,

7,1,65,12,25,6,15,5,0,65,
```

## ANNEXES

```
10,22,26,19,6,3,65,42,19,93,  
13,64,7,7,1,65,9,45,64,9,  
5,1,129,0,0,5,25,6,3,48,  
115,111,117,114,101,99,101,32,0,129,  
0,11,87,38,5,1,204,76,97,32,  
100,101,114,110,105,195,168,114,101,32,  
116,111,117,114,0,129,0,3,5,15,  
6,1,203,80,105,118,111,116,0,129,  
0,2,6,18,6,2,65,80,111,109,  
112,101,0,2,0,20,76,22,11,2,  
2,26,31,31,76,79,67,65,76,69,  
0,65,32,68,73,83,84,65,78,67,  
69,0 );  
  
// this structure defines all the variables and events of your control interface  
  
struct {  
  
    // input variables  
  
    uint8_t switch_1; // =1 if switch ON and =0 if OFF  
    uint8_t switch_2; // =1 if switch ON and =0 if OFF  
    uint8_t switch_3; // =1 if switch ON and =0 if OFF  
    uint8_t switch_4; // =1 if switch ON and =0 if OFF  
    uint8_t switch_5; // =1 if switch ON and =0 if OFF  
  
    // output variables  
  
    uint8_t led_1_g; // =0..255 LED Green brightness  
    uint8_t led_2_r; // =0..255 LED Red brightness  
    uint8_t led_3_g; // =0..255 LED Green brightness  
    uint8_t led_4_b; // =0..255 LED Blue brightness  
    uint8_t led_5_r; // =0..255 LED Red brightness  
    uint8_t led_6_g; // =0..255 LED Green brightness  
    uint8_t led_7_g; // =0..255 LED Green brightness  
  
    char text_1[11]; // string UTF8 end zero  
    char text_2[11]; // string UTF8 end zero  
    char text_3[11]; // string UTF8 end zero  
  
    uint8_t led_8_g; // =0..255 LED Green brightness  
    uint8_t led_9_g; // =0..255 LED Green brightness
```

## ANNEXES

```
uint8_t led_9_b; // =0..255 LED Blue brightness

// other variable

uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0

} RemoteXY;

#pragma pack(pop)

////////////////////////////////////

//      END RemoteXY include      //

////////////////////////////////////

#define PIN_SWITCH_1 4

#define PIN_SWITCH_2 2

#define PIN_SWITCH_3 3

#define PIN_SWITCH_4 5

#define PIN_SWITCH_5 6

#define led_1_g_

#define led_2_r_

#define led_3_g_

#define led_4_b_

#define led_5_r_

#define led_6_g_

#define led_7_g_

#define led_8_g_

#define led_9_g_

#define led_9_b_

int b1 = 52;

int b2 = 53;

int b3 = 45;

int b4 = 46;

int b5 = 47;

int b6 = 48;

int b7 = 49;

int b8 = 50;

int b9 = 51;

void setup()

{
```

## ANNEXES

```
RemoteXY_Init ();

pinMode (PIN_SWITCH_1, OUTPUT);

pinMode (PIN_SWITCH_2, OUTPUT);

pinMode (PIN_SWITCH_3, OUTPUT);

pinMode (PIN_SWITCH_4, OUTPUT);

pinMode (PIN_SWITCH_5, OUTPUT);

pinMode (b1, INPUT);

pinMode (b2, INPUT);

pinMode (b3, INPUT);

pinMode (b4, INPUT);

pinMode (b5, INPUT);

pinMode (b6, INPUT);

pinMode (b7, INPUT);

pinMode (b8, INPUT);

pinMode (b9, INPUT);

// TODO you setup code

}

void loop()

{

RemoteXY_Handler ();

digitalWrite(PIN_SWITCH_1, (RemoteXY.switch_1 == 0) ? LOW : HIGH);

digitalWrite(PIN_SWITCH_2, (RemoteXY.switch_2 == 0) ? LOW : HIGH);

digitalWrite(PIN_SWITCH_3, (RemoteXY.switch_3 == 0) ? LOW : HIGH);

digitalWrite(PIN_SWITCH_4, (RemoteXY.switch_4 == 0) ? LOW : HIGH);

digitalWrite(PIN_SWITCH_5, (RemoteXY.switch_5==0)?LOW:HIGH);

int volt = analogRead(A0);

int volt1 = analogRead(A1);

int volt2 = analogRead(A2);

double voltage = map(volt, 0, 1023, 0, 2500) + offste;

voltage /= 100;

voltage = voltage * 13.00 ;

dtostrf( voltage, 0, 1, RemoteXY.text_1);

double voltage1 = map(volt1, 0, 1023, 0, 2500) + offste;

voltage1 /= 100;
```

## ANNEXES

```
voltage1 = voltage1 * 13.00 ;  
dtostrf( voltage1, 0, 1, RemoteXY.text_2);  
double voltage2 = map(volt2, 0, 1023, 0, 2500) + offste;  
voltage2 /= 100;  
voltage2 = voltage2 * 13.00 ;  
dtostrf( voltage2, 0, 1, RemoteXY.text_3);  
_1_g = (digitalRead(45) == HIGH) ? 255 : 0;  
.led_2_r = (digitalRead(46) == HIGH) ? 255 : 0;  
_3_g = (digitalRead(47) == HIGH) ? 255 : 0;  
Y.led_4_b = (digitalRead(53) == HIGH) ? 255 : 0;  
.led_5_r = (digitalRead(48) == HIGH) ? 255 : 0;  
.led_6_g = (digitalRead(49) == HIGH) ? 255 : 0;  
.led_7_g = (digitalRead(50) == HIGH) ? 255 : 0;  
Y.led_8_g = (digitalRead(51) == HIGH) ? 255 : 0;  
delay(500);  
.led_9_b = (digitalRead(52) == HIGH) ? 255 : 0  
}
```

## Résumé

Dans ce travail, nous avons conçue et développé un système de contrôle et de monitoring à distance. Il est question de contrôler à distance un système d'irrigation à pivot. Le but de notre travail est de faciliter l'opération d'irrigation en réduisant les aller et venue pour le démarrage du système d'irrigation, ce qui permet d'optimiser l'opération. D'autre part, le monitoring à distance permet de prévenir les pannes et de réduire les temps d'interventions ainsi que les temps d'arrêt.

Le système de contrôle conçue dans ce travail est basé sur la carte de contrôle Arduino. Le contrôle à distance ce fait à partir d'un smartphone. Nous avons utilisé l'application Remote XY pour la réalisation du programme car ce dernier offre un certain nombre d'avantages parmi lequel la disponibilité d'un cloud.

Mots clés: contrôle, monitoring à distance, système d'irrigation à pivot, Remote XY, cloud.

## المخلص

في هذا العمل قمنا بتصميم وتطوير نظام التحكم والمراقبة عن بعد، لقد استخدمنا هذا النظام للتحكم في نظام الري المحوري، تمثل أهداف عملنا في تسهيل عملية الري من خلال تقليل عمليات التنقل من أجل تشغيل وإيقاف نظام الري المحوري، وهذا يساعد في تحسين عملية الري، من ناحية أخرى يمكننا نظام التحكم عن بعد في المراقبة المستمرة لنظام الري، وتقليل مدة توقف النظام في حالة العطل وإصلاحه في وقت قياسي.

يعتمد نظام التحكم المصمم في هذا العمل على لوحة التحكم أردوينو، يتم التحكم عن بعد باستخدام الهاتف الذكي، من خلال تطبيق Remote xy من أجل تحقيق البرنامج لأنه يتوفر على العديد من المزايا من بينها إمكانية استخدام كلاود (cloud) في نقل المعلومات.

الكلمات المفتاحية: نظام الري المحوري، التحكم، المراقبة عن بعد ، Remote XY, cloud

## Abstract

In this work, we have designed and developed a remote control and monitoring system. We have used this system to control a pivot irrigation system. The objectives of our work is to facilitate the irrigation operation by reducing the displacements for starting and shutting down the irrigation system, which optimizes the operation. On the other hand, remote monitoring helps prevent breakdowns, reduce intervention times and break time.

The control system designed in this work is based on the Arduino control board. Remote control is made from a smartphone. We used the Remote XY application for the realization of the program because it offers a number of advantages including the availability of a cloud.

Key word: control, monitoring, pivot irrigation system, Remote XY, cloud.