

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**  
**Département Electronique**



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master Professionnel en Electronique**

**Option : Electronique Industrielle**

**Thème**

**Conception et réalisation d'une armoire de  
commande d'un moteur pour système d'irrigation**

**Présentées par**

**SABOUR Fella**

**IZGUER Sabrina**

**Dirigé par**

**M<sup>r</sup> R. ZIRMI**

**Promotion 2023 /2024**

## **Remerciements**

*Je remercie le dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce travail. Mes remerciements vont à mon promoteur*

*Mr Zirmi.R,*

*qui a su nous aider à réaliser notre souhait d'un travail de recherche à but environnemental, orienter et faire en sorte qu'il soit bien élaboré. On le remercie pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'il n'a cessé de nous prodiguer durant toute la période de préparation de ce mémoire .nos sincères remerciements vont aussi aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs remarques. Nos remerciements à tous les enseignants qui nous ont enrichis de connaissances et de savoir, et tout le personnel de la faculté de Génie électrique et informatique de l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou. Enfin, on souhaite remercier nos familles et mes amis pour leur encouragement et leur soutien inestimables pendant que je travaillais sur ce mémoire de Master.*

...

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à : A tout mes biens aimé auxquelles je souhaitais assister avec moi en ce jour*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et Source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour Me voir réussir, à toi Mon père.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de Mon cœur, ma vie et mon bonheur ; Maman que j'adore.*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Soyez sûrs que je continuerai mon chemin.*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mes chers sœurs et frères*

*Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements. Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon Chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'études.*

...

*FELLA*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à : A tout mes bien aimé auxquelles je souhaitais  
assister avec moi en ce jour*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et Source de joie  
et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour Me voir réussir, à toi Mon  
père.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de Mon cœur, ma  
vie et mon bonheur ; Maman que j'adore.*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de  
me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Soyez sûrs que je continuerai mon chemin.*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le  
tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mes chers sœurs et frères*

*Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs  
conseils, aides, et encouragements. Aux personnes qui m'ont toujours aidé et  
encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient  
durant mon Chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues  
d'études.*

...

*SABRINA*

## **Abstract:**

This project was developed on a smart irrigation system to create an automatic irrigation mechanism that turns on and off the pumping motor when sensing the moisture content in the soil using a soil moisture sensor without human intervention. The advantage in using these technologies is that human intervention is minimized which is entirely possible and at a reasonable price. This smart irrigation system project uses a control cabinet, with these components the thermal relays and the contactors and circuit breakers controlling the on and off pump that we replaced with a 380V motor.

**Keywords:** Smart Irrigation, thermal relay, circuit breaker, contactor, cabinet.

## **Résumé :**

Ce projet a été développé sur un système d'irrigation intelligent pour créer un mécanisme d'irrigation automatique qui allume et éteint le moteur de pompage lors de la détection de la teneur en humidité dans le sol à l'aide d'un capteur d'humidité du sol. L'avantage d'utiliser ces technologies est que l'intervention humaine est minimisée, ce qui est tout à fait possible et à un prix raisonnable. Ce projet de système d'irrigation intelligent utilise une armoire de commande, avec ces composants les relais thermiques et les contacteur et disjoncteur contrôlant la pompe d'activation et de désactivation que nous avons remplacée par un moteur de 380 V.

Les mots clés : irrigation intelligente, relais thermique, disjoncteur, contacteur, armoire.

# Table Des Matières

Introduction Générale.....	1
1 Chapitre 1 : Généralités sur l'irrigation et la rampe pivotante.....	3
Préambule.....	3
1.1 Le Système d'irrigation .....	3
1.1.1 Importance de l'irrigation .....	4
1.1.2 Différents types de Systèmes d'irrigation.....	4
1.1.2.1 Irrigation Gravitaire.....	4
1.1.2.2 Irrigation Sous Pression.....	4
1.1.2.3 Techniques d'irrigation Efficaces .....	4
1.1.3 Critères de Conception et d'entretien d'un système d'irrigation.....	5
1.1.3.1 Conception Hydraulique .....	5
1.1.3.2 Réduction des Besoins en Pression.....	5
1.2 Présentation de la rampe pivotante .....	5
1.2.1 Classification des machines à arrosé .....	5
1.2.2 Avantages de l'irrigation de pivot du centre.....	5
1.2.2.1 La rampe pivotante .....	6
1.2.2.2 Principe général de conception .....	6
a) Unité centrale : .....	7
b) La conduite d'eau :.....	8
c) Les tours mobiles : .....	8
d) Les organes d'arrosage : .....	9
e) L'armoire de commande :.....	10
f) Travées :.....	10
g) Articulation des canalisations .....	11
h) Le Porte-à-faux.....	11
1.2.2.3 Principe de fonctionnement de la rampe pivotante.....	12
1.3 Systèmes de pompage pivot .....	13
1.3.1 Les Pompes .....	13
1.3.1.1 Définitions d'une pompe .....	13
1.3.1.2 Conditions de choix technique d'une pompe .....	13
1.3.1.3 Rendement de la pompe :.....	14
1.4 Choix des pompes pour irrigation.....	14
1.4.1 Fonctionnement d'une pompe à eau .....	14
1.5 Les différents types Tuyaux d'irrigation agricole.....	15

1.5.1	Les tubes métalliques.....	16
1.5.2	Les tuyaux d'irrigation agricole en plastique .....	17
1.5.3	Les tuyaux tractés des rampes frontales .....	17
1.5.4	Les systèmes de couverture intégrale .....	17
	Discussion.....	18
2	Chapitre II : L'armoire de commande .....	19
	Préambule.....	19
2.1	Définition de l'armoire électrique :.....	19
2.2	Composantes de l'armoire de commande.....	20
2.2.1	Contacteur .....	20
2.2.2	Disjoncteur .....	20
2.2.3	Relais thermique .....	21
2.2.4	Le disjoncteur moteur.....	21
2.2.4.1	Comprendre le rôle du disjoncteur moteur électrique.....	22
2.3	Les moteurs.....	22
2.3.1	Choix des types de démarrage du moteur.....	23
2.3.2	Les différents types de la puissance : .....	24
2.3.2.1	La puissance nominale .....	24
2.3.2.2	La puissance apparente .....	24
2.3.2.3	La puissance active.....	24
2.3.3	La méthode de dimensionnement de conducteurs et du choix des dispositifs de protection : .....	25
	Discussion.....	25
3	Chapitre III : Conception et réalisation .....	26
	Préambule.....	26
3.1	Présentation de système .....	26
3.2	Le cahier des charges.....	27
3.2.1	Objectifs .....	27
3.2.2	Matériels requis .....	27
3.2.2.1	<i>Dispositifs de Protection</i> .....	27
3.2.2.2	<i>Éléments de Connexion</i> .....	27
3.2.2.3	<i>Éléments de Contrôle</i> .....	27
3.2.2.4	Accessoires.....	28
3.2.3	Démarrage direct moteur 2 sens de rotation .....	28
3.2.4	Schéma synoptique du projet .....	29
3.2.5	Organigramme d'une armoire (Voire la figure III.4). .....	29

3.2.6	Préparation de l'armoire électrique .....	30
3.2.7	Représentation de l'armoire électrique.....	30
	Conclusion Générale .....	32

## Liste Des Figures

Figure I.1 – Rampe pivotante.....	3
Figure I.2 – schéma plans d’un système pivot (6tours mobiles).....	6
Figure I.3 – Système pivot type ANABIB à deux tour mobiles.....	7
Figure I.4 – Le pivot d’une rampe pivotante ANABIB.....	8
Figure I.5 – Disposition des organes d’arrosage sur la conduite d’eau.....	9
Figure I.6 – Travée de rampes d’arrosage. Photo IRRAGRIS (gauche) Schématisation des différents éléments d’une travée (droite).....	11
Figure I.7 – Élément de liaison entre travée, Photo IRRAGRIS.....	11
Figure I.8 – Porte-à-faux de rampe d’irrigation.....	12
Figure I.9 – Principe d’avancement des tours.....	13
Figure I.10– Agriculture de précision.....	14
Figure I.11 – Agriculture de précision.....	15
Figure I.13 – Irrigation moderne.....	16
Figure I.14 – Irrigation moderne.....	17
Figure II.1 – Exemple d’une armoire de commande.....	19
Figure II.2 – exemple d’un contacteur.....	20
Figure II.3 – Exemple d’un disjoncteur.....	21
Figure II.4 – Le disjoncteur moteur.....	21
Figure II.5 – Le disjoncteur moteur.....	22
Figure III.1 – représentation d’une armoire de commande.....	26
Figure III.2 – Schéma de puissance et de commande.....	28
Figure III.3 – Schéma synoptique du projet.....	29
Figure III.4 – organigramme d’une armoire.....	29
Figure III.5 – Test de l’armoire.....	30
Figure III.6 – La représentation de l’armoire.....	30

### Introduction Générale

L'évolution économique et sociale de la majorité des pays en voie de développement, est liée à la maîtrise de l'agriculture dont l'irrigation. Ces pays sont dominés par l'agriculture et se trouvent dans beaucoup de cas face à une rareté ou à une distribution irrégulière des pluies dans le temps et l'espace. Outre cet état de choses, ces pays sont caractérisés par un taux de croissance démographique élevé rendant ainsi nécessaire l'augmentation de la productivité agricole, en vue de satisfaire leurs besoins alimentaires et hydrauliques. (1)

La production d'énergie est un grand défi pour les années à venir, car l'énergie est un facteur essentiel au développement économique, Son importance relative augmente avec les progrès techniques et de fabrication et le besoin d'équipements modernes.

Des défis ont poussé les gouvernements à prêter attention aux ressources dites renouvelables, l'énergie solaire étant l'une des premières solutions d'énergie renouvelable. En fait, de nombreuses études scientifiques. (2)

Il est de conviction générale que l'irrigation se trouve au premier rang des moyens à mettre en œuvre pour un développement harmonieux d'une très grande partie de l'agriculture sur notre vie. Les dernières années ont vu une extension de plus en plus rapide des surfaces irriguées soit par des méthodes classiques dites gravitaires ou de surface ; soit par des méthodes modernes à pression. (3)

En générale, l'efficacité de l'irrigation est liée au pourcentage d'eau livré au champ qui est utilisé avantageusement. Ces denrées hydriques sont plus pertinentes lorsqu'on considère l'allocation de l'eau ou l'utilisation saisonnière de l'eau. (4)

Les méthodes d'irrigation par aspersion les plus modernes introduisent une nouvelle conception de l'arrosage. Car il devient à l'heure actuelle, en ayant recours à des équipements très perfectionnés, d'alimenter en eau les planètes au fur et à mesure de leurs besoins, éventuellement au jour le jour, sinon en continu. (5)

Ce mémoire sera consacré à l'étude et la réalisation d'une armoire électrique qui commande un moteur qui commande une pompe d'irrigation. « ANABIB » avec description

de tous ses détails technologiques d'une part, et d'autre part à son mode d'adaptation avec le milieu à desservir et en particulier, celui de nôtre zone d'étude.

Nous allons diviser le travail en trois chapitres :

Le premier chapitre est une description générale du système de pivot d'irrigation type ANABIB. Puis l'identification de ses composants de base et de leurs dimensions.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse de notre armoire et son composant.

Le troisième chapitre porte sur la réalisation de l'armoire électrique.

Nous le clôturons par une conclusion générale.

### 1 Chapitre 1 : Généralités sur l'irrigation et la rampe pivotante

#### Préambule

Le pivot, aussi connu sous le nom de rampe pivotante, est un dispositif d'irrigation mobile qui permet d'arroser en rotation une surface semi-circulaire ou circulaire. En général, il est installé à un poste fixe, mais il peut être adapté pour être déplacé d'un poste à l'autre. L'irrigation par rampe d'arrosage (appelée également rampe pivot ou rampe frontale) a été introduite en France dans les années 60. Très adapté à l'irrigation des grandes surfaces, le pivot s'est d'abord développé dans les plaines des Landes, sur des terrains de grande taille (jusqu'à 200 hectares). Il s'étend de plus en plus dans des régions où son emploi semblait moins évident, sur des parcelles plus petites, dont la pente peut localement atteindre 15 %. Grâce à des solutions déplaçables et avec possibilité d'épandages de fertilisants et Pesticides. La longueur "idéale" d'un pivot (investissement, charges d'entretien, risques) se situe aux alentours de 450 m, soit une parcelle de 65 ha environ. L'intérêt essentiel de ce type de matériel est sa simplicité de mise en œuvre, ses possibilités de fonctionnement automatique et ses performances en termes d'uniformité.



Figure I.1 – Rampe pivotante

#### 1.1 Le Système d'irrigation

Le système d'irrigation est une discipline qui se concentre sur l'optimisation de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture. Elle vise à améliorer la gestion de l'irrigation pour réduire les pertes d'eau et augmenter la productivité des cultures.

### 1.1.1 Importance de l'irrigation

L'irrigation est essentielle pour le développement des cultures, mais elle peut entraîner des pertes significatives si elle n'est pas gérée correctement. Les pertes d'eau dues à la perforation, au ruissellement et à l'évaporation peuvent atteindre 30 à 40 pourcent de l'eau utilisée. Cela souligne la nécessité d'adopter des systèmes d'irrigation efficaces et de gérer rationnellement l'eau.

### 1.1.2 Différents types de Systèmes d'irrigation

Les systèmes d'irrigation se divisent principalement en deux catégories :

#### 1.1.2.1 Irrigation Gravitaire

Représentant environ 80 pourcentages des superficies irriguées dans certains pays comme le Maroc, ce système utilise la gravité pour distribuer l'eau, mais il est souvent associé à des pertes importantes.

#### 1.1.2.2 Irrigation Sous Pression

Ce système utilise des pompes pour fournir de l'eau avec plus de précision, réduisant ainsi les pertes et améliorant l'efficacité globale. (1)

#### 1.1.2.3 Techniques d'irrigation Efficaces

Parmi les techniques recommandées pour une irrigation efficace, on trouve : Irrigation

Goutte-à-Goutte : Cette méthode fournit de l'eau directement aux racines des plantes, minimisant ainsi les pertes par évaporation et perforation. Irrigation par Aspersion :

Simulant la pluie, cette méthode est adaptable à différents types de cultures, bien qu'elle puisse être moins efficace que les systèmes localisés. (2)

La micro-Irrigation : Elle consiste à distribuer l'eau par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau directement dans la zone racinaire, ce qui permet d'économiser jusqu'à 70-80% des méthodes traditionnelles.

### 1.1.3 Critères de Conception et d'entretien d'un système d'irrigation

Pour garantir un système d'irrigation efficace, plusieurs critères doivent être pris en compte :

#### 1.1.3.1 Conception Hydraulique

Assurer une homogénéité spatiale et temporelle dans la distribution de l'eau.

#### 1.1.3.2 Réduction des Besoins en Pression

Diminuer la pression nécessaire pour le transport de l'eau afin de réduire les coûts énergétiques  
Entretien Régulier Mettre en place un protocole d'inspection pour s'assurer que tous les éléments fonctionnent correctement selon les normes établies. (3)

## 1.2 Présentation de la rampe pivotante

### 1.2.1 Classification des machines à arrosé

En général, le mot « machine d'arrosage » fait référence à tout appareil plus ou moins automatisé qui permet d'arroser en se déplaçant. Il existe quatre catégories principales de machines d'irrigation :

- Les arroseurs géants sont des appareils arrosant en cercles, selon un diamètre spécifique.
- Les dispositifs qui arrosent des bandes parallèles en se déplacer, connus sous le nom de canons automoteurs.
- Les rampes frontales sont des appareils arrosant en forme de rectangle qui se déplacent en permanence pendant l'arrosage.
- En général, les dispositifs d'arrosage en cercle selon un rayon sont désignés sous le nom de rampes pivotantes ou de système pivot. (4)

### 1.2.2 Avantages de l'irrigation de pivot du centre

- Les principaux avantages des machines d'irrigation à pivot central sont (

La distribution d'eau est simplifiée grâce à l'utilisation d'un point de pivot stationnaire.

- Le guidage et l'alignement sont contrôlés par rapport à un point de pivotement fixe.

- Des uniformités d'application d'eau relativement élevées sont facilement obtenues grâce à des gicleurs en mouvement continu.

Après avoir terminé une irrigation, le système est au point de départ de prochaine irrigation.

- La bonne gestion de l'irrigation est simplifiée car l'application d'eau précise et opportune est facilitée. (5)

### 1.2.2.1 La rampe pivotante

Parmi les matériels d'irrigation par aspersion que l'entreprise algérienne ANABIB assure est le système pivot qui constitue le moyen d'irrigation des grandes surfaces, et permet un type véritable de matériel agricole arrose sans en frontière cercle selon un rayon. (figure 1.2) (7)

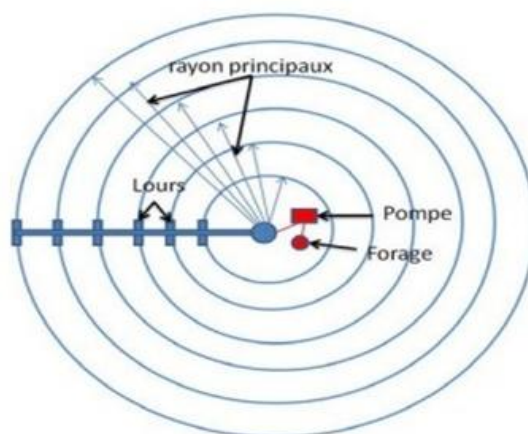


Figure I.2 – schéma plans d'un système pivot

### 1.2.2.2 Principe général de conception

Un système pivot est constitué par une conduite d'eau soutenue par des supports métalliques équipés de roues appelés tours mobiles. La partie de la machine comprise entre deux tours mobiles s'appelle travée. Chaque tour est dotée d'un moteur électrique dont la mise en marche provoque la rotation des roues. Celles-ci tournent perpendiculairement à la rampe et l'ensemble décrit un cercle. La conduite d'eau porte sur toute sa longueur, des organes d'arrosage appelées buses. (7)

A ses extrémités on trouve d'abord un pivot (ou tour centrale) à partir duquel la conduite est alimentée et autour duquel elle peut tourner, puis une conduite en aval appelée généralement le porte-à-faux.

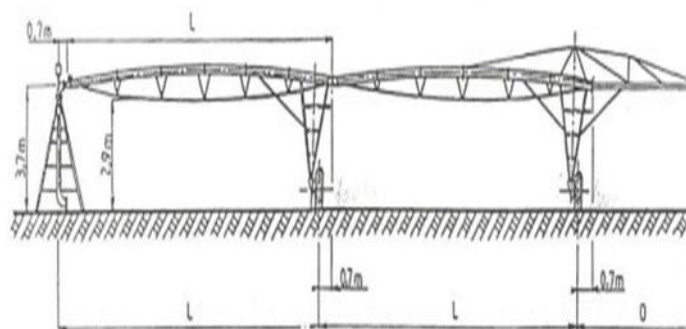
–les rampes pivotantes comportent plusieurs travées suivant le cas, distantes de 46,8 à 52,6 mètres. L'ensemble du système pivot est rendu rigide grâce à l'existence d'un haubanage et des poutres en charpente métallique. Figure I.3. (8)



**Figure I.3 – Système pivot** Eléments constitutifs d'une rampe pivotante ANABIB

### a) Unité centrale :

Le pivot est constitué par une conduite verticale de diamètre 200 mm, 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 rigidement par armatures métalliques formant une pyramide et l'ensemble est ancré dans un socle en béton armé.[Figure I.4. (9)]



**Figure I.4 – Le pivot d’une rampe pivotante**

**b) La conduite d’eau :**

Les conduites d'eau sont constituées de plusieurs éléments de conduite reliés par de vis et des écrous.. Elle supporte des buses et elle est articulée au droit des tours mobiles. Elle doit présenter une rigidité et une résistance à la corrosion sous ses diverses formes (chimique ou mécanique notamment). Son diamètre de 159 mm est choisi de façon à permettre l’alimentation des buses à la pression nécessaire. La conduite est conçue en acier galvanisé. (7)

**c) Les tours mobiles :**

Les tours mobiles assurent le support et le maintien de la conduite. Elles sont écartées de 46,8 à 52,6 m. suivant les types de système pivot. Elles ont une forme triangulaire, et sont équipées de moteurs réducteurs à propulsion électrique. Ces derniers développent une puissance de 0,74 KW chacun, et sont placés au milieu de la structure, et transmettent le mouvement de rotation à chaque roue par l’intermédiaire d’une barre de transmission. Les roues sont équipées de pneus spéciaux, dont les qualités requises sont l’adhérence, le minimum de compaction du sol, la résistance à l’action du soleil et des intempéries. Le démarrage des moteurs réducteurs se fait à chaque fois que deux éléments de tuyaux adjacents font un angle déterminé. (6)

### d) Les organes d'arrosage :

Dans le cas du système pivot, les organes d'arrosage ne sont autres que des buses atomiseurs basse pression, constituées de deux parties (figure I.5.a).

Un corps en plastique muni d'un déflecteur qui éclate le jet et le répartit dans l'espace.

- Une buse en plastique constituée par un orifice calibré qui permet d'assurer une loi débit-pression. Pour l'amélioration de l'efficacité d'application en cas de vent, les buses sont rapprochées du sol par l'intermédiaire de cannes de descente (figure I.5b).

Les différentes tailles de buses sont repérées par couleur et leur montage s'effectue par insertion à la main dans le corps de buse. L'intérêt de la réalisation d'un équipement de rampes pivotantes avec des buses et de nécessiter moins de pression au pivot que les asperseurs, par contre, l'intensité est plus élevée. A noter aussi que le point faible de ces organes réside dans l'utilisation d'eau chargées en éléments sableux ou autres ; il peut se produire des obstructions accidentelles des buses. En règle générale, l'utilisation des rampes pivotantes équipées de buses est limitée à des terrains plus ou moins perméables. (voir la figure)(9)



**Figure I.5 – Disposition des organes d'arrosage sur la conduite d'eau**

### e) L'armoire de commande :

La rampe pivotante à propulsion électrique est commandée au pivot par l'affichage de la vitesse d'avancement de la tour d'extrémité. L'affichage de cette vitesse est exprimé sur l'armoire en pourcentage de la vitesse de rotation maximum de la tour d'extrémité, qui correspond au fonctionnement ininterrompu du moteur réducteur. (10)

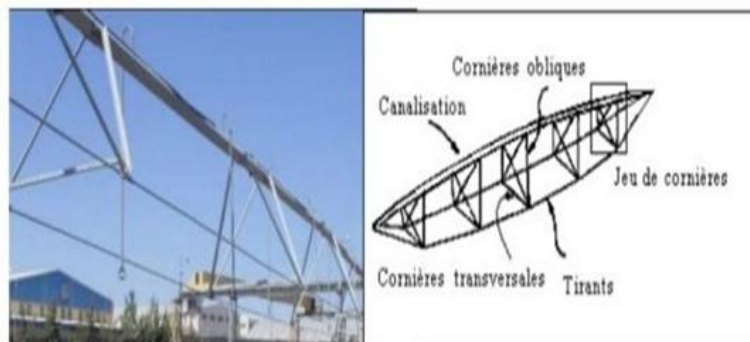
Si l'armoire de commande d'une rampe pivotante à propulsion électrique est très simple, le circuit électrique est relativement compliqué ; il doit être bien conçu et de bonne qualité. Les pannes peuvent être la cause de dommages considérables (perte totale de récoltes dans certains cas).

Les équipements électriques doivent résister aux projections d'eau et aux intempéries.

### f) Travées :

La rampe pivotante est composée d'une succession de poutres articulées appelées travées équipées de roues mues par des moteurs électriques. On trouve différents modèles de travées. Leur élément principal est dans tous les cas la canalisation dans laquelle circule l'eau, qui est constituée de tubes de différentes longueurs. Toujours de façon générale, cette canalisation est sous-tendue par deux lignes de tirants auxquels elle est reliée par un treillis destiné à rigidifier l'ensemble.

L'assemblage de ces différents éléments est réalisé par boulonnage. Les différents modèles de travées se distinguent entre eux : par la forme de leur tube, qui peut être rectiligne ou en arc ; par la nature des éléments qui constituent le treillis (éléments à section tubulaires ou cornières). Dans la suite de l'étude, nous considérons un modèle à tube en arc et à treillis de cornières (Figure I.6). (11)



**Figure I.6 – Travée de rampes d’arrosage. Photo IRRAGRIS (gauche) Schématisation des différents éléments d’une travée (droite)**

### **g) Articulation des canalisations**

Entre les travées La liaison mécanique entre les différentes travées peut être assurée de différentes façons. Nous considérons dans la suite une liaison de type cardan Figure. I.7, où seule la rotation autour de l’axe du tube de la travée est empêchée, le système de cardan limite le débattement à 15° ou 20°. (12)



**Figure I.7 – Élément de liaison entre travée, Photo IRRAGRIS**

### **h) Le Porte-à-faux**

Afin d’augmenter la surface irriguée, la travée située à l’opposé de l’unité centrale est habituellement prolongée par une canalisation haubanée située en porte-à-faux, de longueur

variable (de 6 à 24 mètres au sol), celle-ci est le plus souvent équipée d'un canon d'extrémité dont la portée peut atteindre une quarantaine de mètres. (9)



**Figure I.8 – Porte-à-faux de rampe d'irrigation**

### **1.2.2.3 Principe de fonctionnement de la rampe pivotante**

Une fois le système pivot connecté à la canalisation de refoulement du forage ou autre, sélectionnez la vitesse d'avancement du moteur électrique de la dernière tour mobile. Cette vitesse d'avancement est choisie suivant la quantité d'eau à apporter par arrosage et la durée prévue pour cette application. Avec une vitesse angulaire constante, la vitesse linéaire des tours augmente à mesure que la distance par rapport au pivot augmente. Afin donc de synchroniser le déplacement des différentes tours, seul le moteur le plus éloigné reçoit le réglage et la cadence des démarrages et des arrêts à partir de l'armoire de commande. C'est donc celui-ci qui commande le mouvement, les autres assurent le réalignement des tours qui restent en arrière, tel que montré sur la figure (I.9). Au droit de chaque tour, deux travées voisines sont reliées par un tuyau articulé et supporté librement pour que ces dernières puissent former un certain angle ayant pour sommet la tour considérée. (13)

Un contacteur spécial ferme le circuit d'alimentation électrique, lorsque, les deux travées liées à cette tour forment un angle déterminé. (voir la figure)

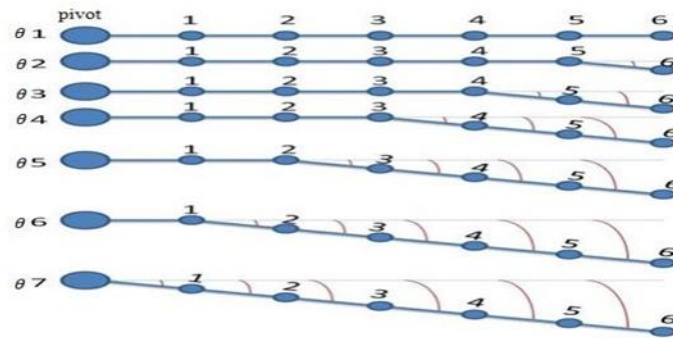


Figure I.9 – Principe d'avancement des tours

## 1.3 Systèmes de pompage pivot

### 1.3.1 Les Pompes

#### 1.3.1.1 Définitions d'une pompe

Une pompe est un dispositif mécanique qui permet de déplacer un fluide (liquide ou gaz) d'un endroit à un autre en créant une différence de pression. Les pompes fonctionnent selon différents principes de fonctionnement, comme la rotation d'engrenages ou de lobes, ou le mouvement alternatif d'un piston.

#### 1.3.1.2 Conditions de choix technique d'une pompe

Dans le choix technico-économique d'une pompe au sein d'un projet on doit tenir compte des aspects suivants,

- Une pompe fabriquée avec des matériaux robustes et de haute qualité. Cela peut inclure des composants en acier inoxydable,
- Des roulements de haute qualité, etc. la pompe est adaptée à votre application en termes de débit, hauteur manométrique et compatibilité avec le fluide pompé.
- Un dimensionnement adéquat est essentiel pour éviter une usure prématurée.
- la pompe est protégée contre la surcharge et les dommages par des dispositifs de sécurité comme des sondes thermiques. (14)

### 1.3.1.3 Rendement de la pompe :

Le rendement d'une pompe est défini par le rapport de sa puissance utile et celle absorbée : =

$P_{abs}$  : Puissance absorbée par la pompe, c'est la puissance consommée par le moteur d'entraînement de la pompe.  $P_{util}$  : Puissance fournie par le moteur



**Figure I.10– Agriculture de précision**

## 1.4 Choix des pompes pour irrigation

Les pompes à eau sont des machines pour aspirer l'eau ; elles jouent un rôle fondamental dans l'agriculture car elles déplacent l'eau de sa source vers les champs et les cultures. Les pompes à eau peuvent être utilisées avec divers équipements d'irrigation tels que les systèmes goutte-à-goutte, les arroseurs ou les tuyaux. Il existe une variété de pompes à eau, allant de la version manuelle à celles fonctionnant avec des combustibles fossiles ou l'électricité.

### 1.4.1 Fonctionnement d'une pompe à eau

Les pompes à eau peuvent fonctionner de diverses manières. En général, elles sont composées de trois parties principales : une entrée, un système de pompe et une sortie. L'eau est aspirée dans la pompe par l'entrée lorsque se produit une différence de pression dans le système de la pompe. L'eau passe alors d'une zone de haute pression à une zone de basse pression. Ceci permet l'eau de se déplacer à travers la pompe vers la sortie, puis dans un tuyau vers vos champs ou votre réservoir d'eau. (15)



**Figure I.11 – Agriculture de précision**

### **1.5 Les différents types Tuyaux d'irrigation agricole**

L'irrigation agricole est désormais essentielle pour fournir l'eau nécessaire garantissant les rendements des cultures. Les techniques varient en fonction des types de cultures et des conditions environnementales. Les tuyaux d'irrigation agricole sont essentiels pour transporter l'eau des sources vers les arroseurs. Mais chaque technique utilise des produits fabriqués dans différents matériaux pour répondre efficacement aux contraintes d'utilisation. Découvrez en détail les différentes sortes de tuyaux les plus utilisés pour chaque système d'irrigation. (15)



**Figure I.13 – Irrigation moderne**

### **1.5.1 Les tubes métalliques**

Les rampes et les pivots d'irrigation sont plébiscités pour les grandes superficies et par les agriculteurs à la recherche d'une irrigation efficace, uniforme et durable. Ces installations partagent une structure métallique montée sur des roues. Elles se déplacent à travers la parcelle, soit en ligne droite, soit de façon circulaire. Les rampes frontales et les pivots sont réalisés avec une conduite métallique en acier galvanisé répartie en plusieurs travées. Dans le cas d'un pivot, l'eau est apportée par une conduite verticale montée sur l'unité centrale grâce à une pompe. Pour les rampes, c'est un tuyau tracté par une motrice qui achemine l'eau à extrémité de l'installation lors de sa mise en mouvement. Le diamètre des conduites est déterminé en fonction de la pluviométrie nécessaire. Si vous avez un pivot, il est essentiel de surveiller l'épaisseur des tubes après quelques années d'utilisation. En effet, une eau ferrugineuse ou un sol buté augmentent le risque d'effondrement. Il est préconisé de remplacer les tubes lorsque leur épaisseur est inférieure à 2,2mm. Les équipes de France Pivot vous proposent un diagnostic et la maintenance de vos tubes, quelle que soit la marque de votre matériel. (16)



**Figure I.14 – Irrigation moderne**

### **1.5.2 Les tuyaux d'irrigation agricole en plastique**

De nombreuses techniques d'irrigation utilisent des tuyaux en polyéthylène ou en PVC. Leur prix varie en fonction du diamètre et de la longueur désirée.

### **1.5.3 Les tuyaux tractés des rampes frontales**

Une rampe se déplace de façon rectiligne le long d'une parcelle. Elle a besoin d'un moyen de transporter de l'eau tout au long de son parcours. Certaines rampes sont alimentées par un canal creusé en bordure de la parcelle. Une autre solution est d'utiliser un tuyau tracté par une motrice. Il existe deux types de tuyaux tractés :

- Les tuyaux souples (de type pompier) sont flexibles et faciles à manipuler, mais nécessitent plus de pression pour éviter de se plier.
- Les tuyaux en polyéthylène, plus épais donc moins maniables, sont plus solides et moins chers. Plus le tuyau est long, plus la motrice devra être puissante pour être capable d'assurer le déploiement. (16)

### **1.5.4 Les systèmes de couverture intégrale**

La couverture intégrale est une technique d'irrigation très répandue en agriculture et parfois même dans d'autres secteurs d'activité (mines, carrières. . .). Elle consiste à quadriller une parcelle avec des conduites sur lesquelles sont placées des cannes d'arrosage.

Elles peuvent être fixées à différents points grâce à des raccords en té. Les conduites peuvent être réalisées en aluminium, en acier galvanisé ou bien encore en plastique pour les installations les plus récentes. En effet, les tuyaux en polyéthylène ou en PVC sont moins encombrants. Le transport et le stockage en fin de campagne sont donc grandement facilités.

### **Discussion**

L'irrigation par pivot représente une solution efficace pour maximiser l'utilisation de l'eau en agriculture, surtout dans les contextes où cette ressource est rare. Malgré ses coûts initiaux élevés et ses limitations géographiques, ses avantages en termes d'efficacité et d'automatisation en font un choix privilégié pour les grandes exploitations agricoles. Les innovations continues dans ce domaine promettent d'améliorer encore davantage ses performances et son adaptabilité aux défis agricoles contemporains. L'évolution des pivots d'irrigation a permis le développement de modèles plus robustes et adaptés aux conditions spécifiques des régions arides. Par exemple, les pivots artisanaux ont été conçus pour répondre aux besoins locaux tout en étant plus économiques que les modèles importés. De plus, la technologie continue d'évoluer avec l'intégration de capteurs et de systèmes automatisés qui améliorent la gestion des ressources en eau

## 2 Chapitre II : L'armoire de commande

### Préambule

Une armoire électrique assure le fonctionnement et l'alimentation en énergie électrique des différents composants de l'installation. Avant de commencer la réalisation de l'armoire, on doit faire une étude électrique, automatique et schématique de l'installation. Cette étude nous permet d'avoir un bon fonctionnement de l'armoire ainsi qu'un bon niveau de sécurité des personnes et des biens. Dans ce chapitre nous allons faire la dimensionnement des sections des canalisations électrique ainsi que le dimensionnement des protections pour offrir une bonne protection du matériel et des personnes ainsi que pour assurer la continuité de service. Aussi définir l'armoire de commande, présenter ses avantages et les différents types et matériaux utilisés pour sa réalisation.

### 2.1 Définition de l'armoire électrique :

Les armoires de commande sont des boîtiers constitués d'appareils électriques et de dispositifs de contrôle. Leur conception, leur production et leur installation sont soumises à différentes normes et réglementations en raison des divers composants utilisés.(1) La conformité à ces normes est essentielle pour assurer la sécurité et les performances des armoires, qu'ils soient de petite ou de grande envergure, et sont largement utilisés dans divers secteurs et applications industrielles.(2)



Figure II.1 – Exemple d'une armoire de commande

## 2.2 Composantes de l'armoire de commande

La composition exacte d'une armoire de commande peut varier en fonction des besoins spécifiques de l'application et des équipements qu'elle contrôle.

### 2.2.1 Contacteur

Un contacteur est un dispositif électromécanique utilisé pour établir, maintenir ou interrompre le passage du courant électrique dans un circuit. Il se compose principalement de contacts mobiles et d'un système de commande, généralement un électroaimant. Et encore est chargé d'alimenter le moteur en énergie électrique de puissance en fonction d'une consigne opérative issue de la partie commande, et destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique par l'intermédiaire d'un circuit de commande. il alimente le moteur électrique.(3)



Figure II.2 – exemple d'un contacteur

### 2.2.2 Disjoncteur

Un disjoncteur est un dispositif électrique conçu pour interrompre automatiquement le courant électrique en cas de surcharge ou de court-circuit dans un circuit électrique. Son rôle principal est de protéger les installations et les personnes contre les risques d'incendie et d'électrocution. Les disjoncteurs sont cruciaux pour garantir la sécurité électrique dans les habitations et les bâtiments commerciaux. Ils protègent non seulement les appareils électriques contre les dommages causés par des anomalies dans le circuit, mais ils assurent également la sécurité des personnes en réduisant le risque d'électrocution ou d'incendie.(4)



Figure II.3 – Exemple d’un disjoncteur

### 2.2.3 Relais thermique

Est un relais de protection contre les surcharges lorsque le courant dépasse la valeur de réglage du relais celui-ci s’excite ses contacts son accrochage mécanique. Relais thermiques sont des dispositifs de protection. Ils sont conçus pour couper l’alimentation si le moteur tire trop de courant pendant une période de temps prolongée. utilise un mécanisme à bilame, constitué de deux métaux avec des coefficients de dilatation différents. Lorsque le courant augmente, la chaleur générée fait se courber le bilame. Si cette déformation atteint un certain seuil, le relais déclenche l’ouverture des contacts, interrompant ainsi l’alimentation électrique. (voir la figure)



Figure II.4 – Le disjoncteur moteur

### 2.2.4 Le disjoncteur moteur

Un disjoncteur moteur est un dispositif électromécanique utilisé pour protéger les moteurs électriques contre les surcharges et le court-circuit. Son rôle principal est d’interrompre automatiquement le courant électrique en cas de défaut afin d’éviter tout dommage au moteur.(6)



**Figure II.5– Le disjoncteur moteur**

### 2.2.4.1 Comprendre le rôle du disjoncteur moteur électrique

Les sont des composants essentiels dans les systèmes électriques industriels et domestiques. Leur rôle principal est de protéger les moteurs électriques contre les surcharges et les courts circuits. Cela assure ainsi leur bon fonctionnement et leur durabilité. (7)

En cas de surintensité prolongée, le bilame, un déclencheur thermique, chauffe par effet Joule. Il atteint ainsi la température de fonctionnement et se déforme. Lorsqu'un moteur électrique est soumis à une charge excessive ou à une panne, le disjoncteur moteur intervient pour interrompre le courant, empêchant ainsi tout dommage potentiel au moteur ou au système dans son ensemble. (8)

Cette fonction de protection est cruciale pour éviter les pannes coûteuses et les temps d'arrêt imprévus. Grâce à son pouvoir de coupure, le disjoncteur moteur est en mesure de couper le courant électrique en cas de potentiel danger pour le moteur. (9)

## 2.3 Les moteurs

Lors de l'analyse du cahier des charges d'un moteur électrique, il est essentiel d'identifier plusieurs caractéristiques clés pour évaluer ses performances. Parmi ces caractéristiques, on retrouve la puissance nominale, le courant nominal, le rendement électrique et le facteur de puissance. Le cahier des charges peut également spécifier le type de démarrage du moteur, tel que le démarrage direct, le démarrage étoile-triangle ou un autre type spécifique. Si le type de démarrage n'est pas mentionné, il peut être estimé en fonction de la puissance nominale du

moteur. Toutefois, il est important de se référer aux spécifications fournies par le fabricant pour obtenir des valeurs précises et fiables concernant ces paramètres.

### 2.3.1 Choix des types de démarrage du moteur

A la mise sous tension le moteur doit délivrer un couple supérieur à celui opposé par la machine entraînée, ce qui se traduit par un fort appel de courant engendrant des chutes de tensions supplémentaires dans les lignes ainsi que des contraintes thermiques sur le moteur. Pour ces raisons, il faut parfois choisir un type de démarrage adéquat pour amener le courant pendant le démarrage à une valeur admissible et adapté au besoin du fonctionnement. Puissance des moteurs : La puissance des moteurs est un élément essentiel dans de nombreux domaines industriels et mécaniques. Elle représente la capacité d'un moteur à fournir une certaine quantité de travail par unité de temps. Bilan de puissance :

L'équilibrage de puissance est une opération qui consiste à équilibrer le courant en évaluant la consommation de chaque appareil électrique au niveau de sa source, la puissance électrique d'un équipement est liée au travail qu'il peut produire à un instant donné. La méthode de réalisation du bilan de puissance : Plusieurs paramètres doivent être pris en compte pour réaliser un bilan énergétique, la procédure la plus simple est la suivante :

- Réaliser un schéma de l'installation électrique (d'identifier le plan du circuit, schéma unifilaire synoptique).
- Calculer la puissance apparente, active et réactive de chaque charge de circuits, et notes les sur le schéma -unifilaire.
- Intégration les coefficients de correction.
- Sommer les puissances de tous les circuits dans le même tableau.
- Additionner la puissance des tableaux aval du même tableau amont.
- Pour obtenir la puissance du tableau, multiplier la somme obtenue par  $K_s$  par le nombre de départs.
- Continuer de la même manière jusqu'à l'installation en amont (compteur général basse tension), la puissance finalement obtenue est multipliée par le coefficient de dilatation pour obtenir la puissance du transformateur.

### 2.3.2 Les différents types de la puissance :

#### 2.3.2.1 La puissance nominale

C'est la puissance maximale reçue par un appareil quand il fonctionne dans des conditions normales, elle est indiquée sur la plaque signalétique de composante.

#### 2.3.2.2 La puissance apparente

C'est la puissance nécessaire pour faire fonctionner un récepteur, cette puissance est utilisée par les fournisseurs d'électricité pour déterminer, dimensionner et protéger correctement les installations électriques.

#### 2.3.2.3 La puissance active

La puissance active (réelle) consommée par le récepteur se compose de la puissance "utile" et de la perte joule : c'est celle qui est effectivement développée par les appareils électriques.

$$— P_n = p.g.q.H_{mt} \quad (II.1)$$

$$— P = P_n / r \quad (II.2)$$

$$— S = PF \quad (II.3)$$

Avec :

—  $P_n$  : puissance nominale

—  $S$  : puissance apparente

—  $P$  : Puissance active

—  $Q$  : Puissance réactive

—  $PF$  : Le facteur de puissance

—  $r$  : Le rendement électrique

### 2.3.3 La méthode de dimensionnement de conducteurs et du choix des dispositifs de protection :

Pour la conception d'une armoire électrique, on doit dimensionner les sections des conducteurs et les protections des installations qui sont à l'intérieure ou à l'extérieure de l'armoire électrique comme (les moteurs, l'alimentation stabilisée (AC/DC), les entrées, sorties de automates programmables, le circuit de commande. Etc.). La protection des

Installations industrielles est une importance du pont de vue maintenance, économique et productivité de l'entreprise, c'est pour cette raison que les organes de protection ont été développés pour répondre a toutes les exigences de l'industrie moderne. Pour la réalisation de l'armoire on aura besoin de dimensionner les sections des canalisations et les dispositifs de protection dans le but de protéger le personnel contre les contacts directs et indirects, ainsi que les circuits de puissance (moteur, ventilateur, prise de courant, néon) et circuits de commande contre les court circuits, les surcharges et les chutes de tension.

### **Discussion**

En résumé de ce qui précède, les armoires de commande jouent un rôle central dans toute installation industrielle. Ces armoires sont conçues en fonction des spécifications d'un cahier des charges détaillant le fonctionnement de l'installation et les caractéristiques des dispositifs associé

### 3 Chapitre III : Conception et réalisation

#### Préambule

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié les principaux composants électro- niques utilisés dans l'armoire électrique, notamment les différents capteurs, et aussi Les différents actionneurs qu'on va utiliser. Dans ce chapitre, nous avons entamé la conception et la réalisation d'un dispositif expérimental qui utilise ces composants pour réaliser l'armoire électrique. Ce système permettra de contrôler les différents paramètres et l'automatisme. Nous allons présenter les schémas de câblage, le branchement et le programme permettant le fonctionnement de notre système. En suivant ce chapitre, on pourra comprendre comment réaliser une armoire électrique.

#### 3.1 Présentation de système



Figure III.1 – représentation d'une armoire de commande

(Voire la figure (1)). Représente une armoire

### 3.2 Le cahier des charges

#### 3.2.1 Objectifs

L'objectif principal de ce travail, est la conception et la réalisation d'une armoire électrique de commande d'un moteur pour alimenter une pompe d'irrigation pour pivot.

#### 3.2.2 Matériels requis

- Contacteurs : Pour la gestion du moteur (par exemple, K1, K2, K3).
- Relais de protection : Relais thermique ou électronique pour protéger le moteur.
- Interrupteur de commande : Pour démarrer/arrêter le moteur.

##### 3.2.2.1 Dispositifs de Protection

- Fusibles ou disjoncteurs : Pour protéger le circuit électrique.
- Parafoudres : Pour la protection contre les surtensions.

##### 3.2.2.2 Éléments de Connexion

- Barres de répartition : Pour la distribution de l'alimentation.
- Câbles électriques : Sélectionnés selon la puissance et l'environnement.
- Connecteurs et bornes : Pour les connexions électriques.

##### 3.2.2.3 Éléments de Contrôle

- Capteurs : Si nécessaire (température, pression, etc.).
- Automates programmables (PLC) : Pour des fonctions de contrôle avancées. ‘

### 3.2.2.4 Accessoires

- Étiquettes : Pour identifier les câbles et composants.
- Ventilation : Si l'armoire est fermée, prévoir des grilles de ventilation ou un ventilateur.
- Éclairage interne : Pour faciliter l'accès et la maintenance.

### 3.2.3 Démarrage direct moteur 2 sens de rotation

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau. Le moteur est commandé par un bouton marche avant, un bouton marche arrière et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire. Le schéma de puissance est constitué principalement d'un sectionneur, de deux contacteurs équipés d'inter verrouillage et deux relais thermique. Dans le cas d'une partie commande en basse tension comme montré sur le schéma de commande, il faut ajouter un transformateur (mono 230V ou mono 400V) et ses protections. Ce montage est aussi équipé de voyants (optionnels).(Voire la figure III.2).

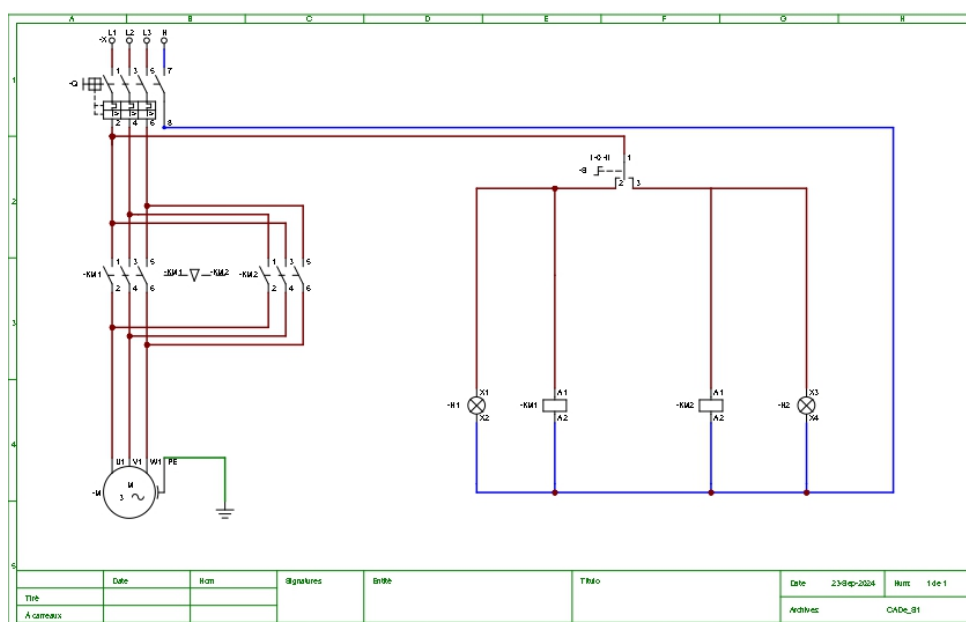


Figure III.2 – Schéma de puissance et de commande

### 3.2.4 Schéma synoptique du projet

Le diagramme synoptique comprend un groupe de rectangles représentant chacun un dispositif de commande et comprenant une courte description de sa fonction. On réunit les rectangles par des flèches pour indiquer la direction de la puissance électrique. (Voire la figure III.3).

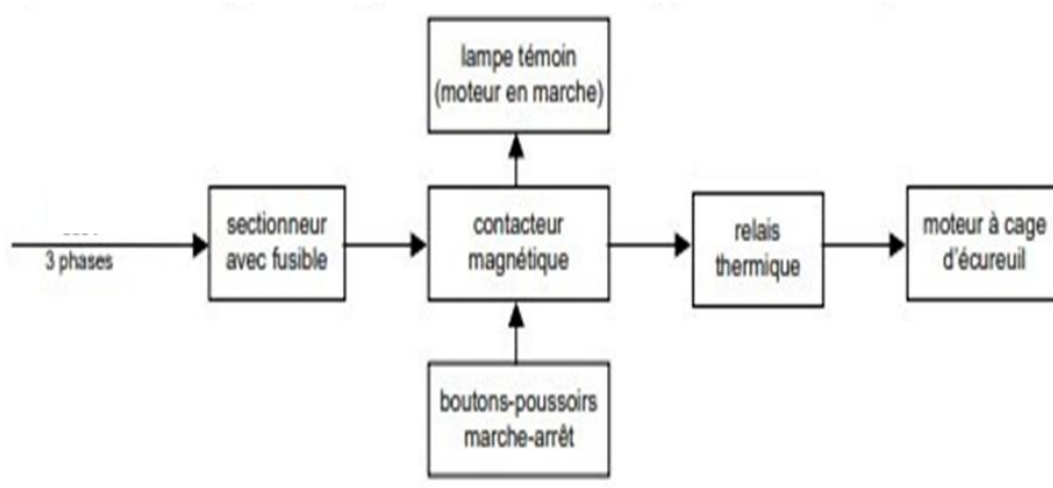


Figure III.3 – Schéma synoptique du projet

### 3.2.5 Organigramme d’une armoire (Voire la figure III.4).

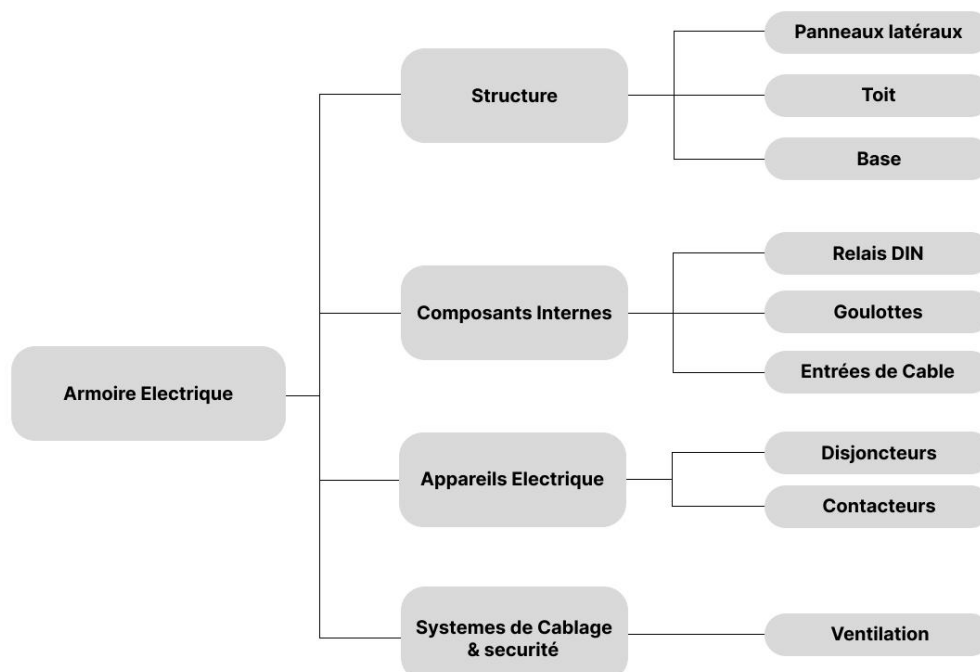


Figure III.4 – organigramme d’une armoire

### 3.2.6 Préparation de l'armoire électrique

La préparation d'une armoire électrique, qu'elle soit destinée à un usage domestique, professionnel ou technique, implique plusieurs étapes essentielles pour garantir son efficacité et sa durabilité.



Figure III.5 – Test de l'armoire III.5

### 3.2.7 Représentation de l'armoire électrique



Figure III.6 – La représentation de l'armoire

### Discussion

Dans le présent chapitre, nous avons d'abord fourni tous les schémas de câblage et de branchement des dispositifs utilisés et leurs organigrammes, ainsi que les graphiques qui sont les résultats des tests que nous avons effectués pour vérifier le bon fonctionnement et la conformité de l'armoire. Enfin, nous avons présenté avec des photos le fonctionnement de notre armoire.

### Conclusion Générale

L'objectif principal de notre travail est d'optimiser l'utilisation de l'eau pour améliorer la productivité agricole tout en minimisant les pertes. Il permet de compenser les déficits d'eau, d'assurer une distribution efficace et de répondre aux besoins spécifiques des cultures.

Le système d'irrigation par pivot est devenu largement utilisé dans la plupart des zones cultivées en Algérie, est une pratique essentielle en agriculture, permettant d'optimiser la production alimentaire dans un contexte de changements climatiques et de ressources en eau limitées. En somme, l'irrigation est un outil indispensable pour maximiser la productivité agricole tout en répondant aux défis environnementaux contemporains. Bien que chaque système présente ses propres avantages et inconvénients, une gestion réfléchie et durable des ressources en eau est cruciale pour assurer la sécurité alimentaire mondiale. Les innovations technologiques continueront à jouer un rôle clé dans l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation, permettant ainsi aux agriculteurs de s'adapter aux conditions changeantes et d'optimiser leurs pratiques agricoles.

Un système d'irrigation commandé par armoire électrique est une solution moderne et automatisée. L'armoire électrique représente une avancée significative dans la gestion agricole de l'eau, en combinant efficacité et sécurité, il offre aux agriculteurs une solution robuste pour optimiser leurs pratiques d'irrigation tout en répondant aux défis contemporains liés à la gestion des ressources en eau.

Ce système offre une gestion précise de l'eau, améliorant ainsi l'efficacité et la durabilité des cultures. Les avantages incluent une réduction significative du gaspillage d'eau, une meilleure uniformité d'application et un contrôle à distance qui facilite la gestion des ressources. En intégrant des technologies avancées, ce type d'irrigation répond aux défis environnementaux actuels tout en maximisant la productivité agricole.

## **Bibliographie**

### **Introduction**

- 1** M Niakate, '' L'agriculture et l'alimentation en marge des villes au Maliennes: le cas du Sahel Occidental: cercle de Yélimané, '' thèse doctorat, université de Lyon, 2020.
- 2** MS Diop, '' Les capacités adaptatives des communautés de la périphérie de Dakar face aux inondations, thèse doctorat, université Paris Saclay, 2019.
- 3** OP Dickason, '' Les premières nations, '' book pages 172-178, 1996.
- 4** R Djinodji ,'' La culture du manioc en zone soudanienne du Tchad, contribution à la sécurité alimentaire et aux revenus des agriculteurs, '' thèse doctorat, université de Toulouse, 2018.
- 5** <https://www.torrossa.com/it/resources/an/5092777>

### **Chapitre 1**

- 1** [https://www.aqua6.info/blog/25\\_les-differents-systemes-d-irrigation.html](https://www.aqua6.info/blog/25_les-differents-systemes-d-irrigation.html) / consulte le 04/03/2024.
- 2** <https://wikiwater.fr/E52-Les-techniques-d-irrigation-simples-et-efficaces> / consulte le 04/03/2024.
- 3** <https://azud.com/fr/blog/pour-un-systeme-dirrigation-plus-precis-et-plus-efficace/> consulte le 04/03/2024.
- 4** AS Ramdani Abir ,'' Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux utilisée en irrigation et leur impact sur le sol Cas de la ferme BOURIACHI (bouchegouf Nord Est Algerien) ,'' mémoire de fin d'étude, 2022.
- 5** M Sanjosé ,'' Evaluation de la méthode Euler-Euler pour la simulation aux grandes échelles des chambres à carburant liquide, '' thèses doctorat, université de Toulouse, 2009.
- 6** A GUERRAH, '' Doctorat en sciences en: Génie Mécanique, '' thèses doctorat, université de Mohamed khider \_ Biskra, 2018.
- 7** A Moumni, N Hadji, H Dahbi ,'' etude d'un ferme typique en termes d'autosuffance électrique par les énergies renouvelables, '' thèses doctorat, université Africaine AHMEDDRAYA ADRAR, 2020.

- 8 CK Mghezzi ,’’ Calcul et Optimisation D'un Mini Pivot D'irrigation,’’ ’’thèses doctorat,université de Mohamed khider¬\_Biskra,2009.
- 9 A BOUMBOUKHARI, A BOUMEHRAS ,’’ DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DU SYSTEME DE PIVOT D'IRRIGATION «PERIMETRE OUED TGHIR HASSI F'HEL» ,’’ mémoire de fin d'étude,2023
- 10AM Bourenane,’’ Modernisation de la régulation du système d'étanchéité d'un compresseur centrifuge,’’ mémoire de fin d'étude, 2020.
- 11 A Hauser,’’ Cours de construction navale: professé à l'École d'apliation du génie maritime,’’ BOOK,p.26-32,1886.
- 12 G Ayoub ,’’ Contribution à l'adaptation et au Perfectionnement par optimisation géométrique d'un système de pivot d'irrigation,’’ mémoire de fin d'étude,2012
- 13 AM Saber, OD BOUMAKEL,’’ Etude et réalisation d'un système d'irrigation automatisé avec monitoring,’’ mémoire de fin d'étude,2020.
- 14 <https://www.desjoyaux.fr/conseils-piscine/guide-piscine/preserver-pompe-de-filtration/> consulte le 22/04/2024.
- 15 <https://www.bing.com>
- 16 <https://france-pivots.com/actus-pivots-irrigation/tuyau-irrigation-agricole/> consulte le 28/04/2024.

## Chapitre 02

- 1 S Baati ,’’ Analyse des conditions de mise en œuvre de l'auto surveillance des réseaux d'assainissement. Le cas des agglomérations de Lyon et de Nantes dans les années,’’ thèse doctorat, L'université Lyon,2021.
- 2 M BELBALI, N KRELIL,’’ Développement d'une application pour l'amélioration de la stratégie d'approvisionnement de l'entreprise Biopharm,’’ mémoire de fin d'étude,2023.
- 3 M LEHZIEL, M BAGAA,’’ La détection et la maintenance des capteurs dans le groupe électrogène Volvo,’’ mémoire de fin d'étude,2021.

- 4 O Soria, I Nora, " Détection de visage basée sur MapReduce dans le domaine de vidéosurveillance," mémoire de fin d'étude, 2016.
- 5 <https://www.futura-sciences/maison/definition/electricite-disjoncteur-1028/> consulté le 16/05/2024
- 6 SH Guerroui Ahmed, " Calcul des courants de court-circuit," mémoire de fin d'étude, 2015.
- 7 A Kébé, " Contribution au pré dimensionnement et au contrôle des unités de production d'énergie électrique en site isolé à partir des énergies renouvelables: Application au," thèse doctorat, L'université PARIS-SUD, 2013.
- 8 N Benaired, " Schémas et Appareillages électriques," mémoire de fin d'étude, 2015.
- 9 R Roder, " Intégration et fiabilité d'un disjoncteur statique silicium intelligent haute température pour application DC basse et moyenne tensions," thèse doctorat, L'université de BORDEAUX, 2015.