

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par

HAMZA AIMEN

AMIEUR KHALID

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Machines Electriques

Thème

**Conception et développement d'un système de
pompage solaire à base d'une carte Arduino Nano**

Soutenu le 10/07/2021 devant le jury composé de :

AHRICHE	Imad	MCA	UMBB	Président
CHERRAT	Nidhal	MAA	UMBB	Examinateur
KAOUANE	Mohamed	MCB	UMBB	Rapporteur

Année Universitaire : 2021/2022

ملخص

أدى الطلب المتزايد على المياه في المناطق الريفية والمواقع المعزولة إلى زيادة الاهتمام بتزويد وتطوير نظام الضخ الكهروضوئي في الواقع بشكل تحقيق أنظمة ضخ مستقلة وموثوقة وفعالة وحل عملي واقتصادي لمشكلة نقص المياه في المناطق الصحراوية

في البداية، قدمنا معلومات عامة عن أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية، وقدمنا نظام التحويل الكهروضوئي وحددنا مكوناته المختلفة ثم وصفنا نموذجًا أوليًا لنظام الضخ الشمسي

في النهاية، صنعنا النموذج

كلمات مفتاحية: الكهروضوئية - الضخ - اردوينو

Résumé

La demande croissante d'eau dans les zones rurales et les endroits isolés a conduit à un intérêt accru pour la fourniture et le développement du système de pompage photovoltaïque

Le système se concentre sur l'utilisation de générateurs photovoltaïques comme source d'énergie pour les groupes motopompes

En effet, la réalisation du système de pompage photovoltaïque indépendant, fiable et performant constitue une solution pratique et économique au problème de pénurie d'eau dans les zones désertiques.

Au départ, nous avons fourni des informations générales sur les systèmes de pompage solaire, nous avons présenté le système de conversion photovoltaïque et identifié ses différents composants, puis décrit un prototype du système de pompage solaire.

Enfin, nous avons réalisé la maquette et nous avons effectué des tests expérimentaux.

Mots clés : photovoltaïque, pompage, Arduino

Abstract :

The increasing demand for water in rural areas and remote locations has led to increased interest in the supply and development of the photovoltaic pumping system.

The system focuses on the use of photovoltaic generators as a power source for motor pump sets

In fact, the realization of independent, reliable and efficient pumping systems constitutes a practical and economical solution to the problem of water shortage in desert areas

At first, we provided general information about solar pumping systems, we introduced the photovoltaic conversion system and identified its various components and then described a prototype of the solar pumping system.

Finally, we made the model

Keywords: photovoltaic - pumping - Arduino

Remerciements

Avant tout, nous remercions le Dieu le très haut et le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

Nos vifs remerciements à notre promoteur

Dr : M.Kaouane pour son aide, ses conseils, le suivi et l'intérêt qui nous a apporté tout au long de ce projet.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury, c'est un grand honneur pour nous de vous accueillir d'examiner et discuter notre travail.

Nos profonds remerciements vont également à tous nos professeurs.

En fin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, au bon déroulement de notre travail.

Merci à tous pour leurs aides et leurs encouragements.

Dédicace

A mes très chers parents

Aucun mot, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, ma considération, ma reconnaissance et l'amour éternel, pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Ce travail vous est particulièrement dédié, tout le mérite vous revient. Que dieu, le tout puissant, vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant notre chemin.

Amen

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents pour tous leurs amours, encouragements, conseil, sacrifices, patience et confiance qui ont tout fait pour ma réussite.

À mon frère et mes sœurs.

A toute ma famille sans oublier mes chers amis Fouad, Khalil, Nounou, et tous les amis qui m'ont aidé de loin ou de près.

A tous les étudiants de ma promo.

KHALID

Sommaire

Introduction générale	1
..... Chapitre I : Généralités sur les systèmes de pompage solaire	
I.1.Introduction	3
I.2.Constitution du système de Pompage solaire.....	3
I.3.Système photovoltaïque.....	4
I.4.Générateur photovoltaïque	5
I.4.1. Module photovoltaïque.....	5
I.4.1.1.Description du module photovoltaïque	6
I.4.1.2. Caractéristiques du module photovoltaïque	6
I.4.1.3.Branchement du module photovoltaïque.....	7
I.4.1.4.Accessoires du module photovoltaïque	7
I.4.2.La cellule photovoltaïque	8
I.4.2.1.Types des cellules.....	8
I.4.2.2.Modélisation de la cellule.....	9
I.5.La Pompe.....	10
I.5.1.Types des Pompes	11
I.5.1.1.Pompe centrifuge.....	11
I.5.1.2.Pompe volumétrique.....	11
I.5.1.3.Pompe de surface.....	12
I.5.1.4.Pompe immergée.....	12
I.6. Coffret de Commande et de protection d'une pompe solaire.....	13
I.6.1. Commande à courant continu.....	13
I.6.2. Commande à courant alternatif	13
I.7.Le convertisseur.....	14
I.7.1. Convertisseur DC-DC.....	14
I.7.2. Convertisseur DC/AC.....	14
I.8. Le Régulateur solaire.....	15
I.9. Protection du système.....	15
I.10.Le contrôleurs de la pompe.....	16
I.11.Micro onduleur	16
I.12.Batterie et stockage.....	17
I.12.1.Branchement des batteries solaire	17
I.13.Accessoires de la pompe.....	18
I.13.1.Interrupteur à flotteur.....	18
I.13.2.Sonde de niveau d'eau à Électrode.....	19

Sommaire

I.13.3.Sonde de niveau à flotteur magnétique.....	20
I.13.4.Sonde à mesure la pression.....	20
I.13.5.Les afficheurs pour les sondes	21
I.13.6.Compteur d'eau	21
I.13.7.Filtre d'eau.....	22
I.13.8.Détecteur de niveau à flotteur électronique.....	22
I.14.Conclusion	23
..... Chapitre II: Description d'un prototype de système de pompage solaire	
II.1.Introduction	25
II.2.Fonctionnement des éléments du système	25
II.2.1. Module photovoltaïque	26
II.2.1.1.Description	26
II.2.1.2. Caractéristique.....	26
II.2.2.Régulateur de charge PWM 12V/24V	27
II.2.2.1. Caractéristiques techniques du régulateur de charge	27
II.2.2.2. Spécifications	28
II.2.3.La Batterie	29
II.2.3.1.Caractéristiques	29
II.2.4.La pompe.....	30
II.2.4.1.Description	30
II.2.4.2.Caractéristiques	30
II.2.3.La lampe.....	31
II.2.3.1.Description	31
II.2.3.2.Caractéristiques	31
II.2.4.La Carte Arduino Nano	32
II.2.4.1.Définition du module Arduino	32
II.2.4.2.Présentation de la carte Arduino Nano.....	32
II.2.4.3.Description de la carte Arduino Nano.....	32
II.2.4.4.Caractéristiques	33
II.2.4.5.Alimentation de la carte Arduino Nano	34
II.2.5.Module relais.....	34
II.2.5.1.Définition	34
II.2.5.2.Description du module relais.....	34
II.2.5.3.Spécifications	35
II.3.Accessoires de système de pompage solaire proposé	36

Sommaire

II.3.1.1.Fonctionnement d'un capteur avec Arduino	36
II.3.2.Module LDR	37
II.3.2.1.Description	37
II.3.2.2.Caractéristiques	37
II.3.2.3.Les différentes pins	38
II.3.2.4.Circuit interne du capteur	38
II.3.3.Capteur niveau d'eau dans le réservoir	39
II.3.3.1.Description	39
II.3.3.2.Circuit interne du capteur	39
II.3.3.2.Caractéristiques	40
II.3.4. Capteur de tension.....	40
II.3.4.1.Description	40
II.3.4.2.Caractéristiques	41
II.3.5.Capteur niveau d'eau dans le puits.....	41
II.3.5.1.Circuit interne du flotteur.....	41
II.3.5.LED Light Emitting Diode.....	42
II.4.Conclusion	42
..... Chapitre III: réalisation de prototype et programmation de la carte	
III.1.Introduction.....	44
III.2.Cahier de charges	44
III.3.Enoncé du problème	44
III.4.La solution envisagée.....	44
III.5.Système d'éclairage photovoltaïque autonome	45
III.6.Réalisation système autonome.....	46
III.6.1.Matériel utilisé	46
III.6.2.Les essais	47
III.6.2.1.Matériel utilisé	47
III.6.2.2.Essai à vide	47
III.6.2.3.Essai en charge	47
III.7.Réalisation du système de pompage solaire proposé.....	48
III.7.1.Branchement des différents modules à la carte ARDUINO Nano	48
III.7.2.Schéma du système de pompage photovoltaïque proposé.....	49
III.7.3.Le temps de fonctionnement de pompe du système	49
III.7.4.Défauts capteurs.....	49
III.8.Réalisation de la maquette	50

Sommaire

III.8.1. Test du capteur niveau d'eau avec la carte Arduino	50
III.8.2. Test du capteur niveau d'eau dans le puits avec l'Arduino	50
III.8.3. Test du capteur de tension avec la carte Arduino	51
III.8.4. Test du module photorésistif avec la carte Arduino	51
III.8.5. Test du module relais avec la carte Arduino.....	52
III.9. Le logiciel utilisé pour programmer la carte Arduino Nano.....	52
III.9.1. Structure générale du programme	53
III.9.2. Les boutons	54
III.9.3. Partie programme	55
III.9.4. L'environnement de la programmation	55
III.9.5. Problème de driver.....	55
III.9.6. Téléversement d'un programme d'arduino dans l'IDE	55
III.10. Code général Arduino	57
III.11. Test et resultats	59
III.12. Conclusion	61
Conclusion général	63
Bibliographie	65

Liste des figures

.....Chapitre I : Généralités sur les systèmes de pompage solaire.....	
Figure I-1 : Système de pompage solaire pour site isole	4
Figure I-2 : Conversion de l'énergie solaire en électricité	4
Figure I-3 : Générateur photovoltaïque	5
Figure I-4 : Module photovoltaïque 1000 W	5
Figure I-5 : Composants du module photovoltaïque	6
Figure I-6 : Plaque signalétique du module photovoltaïque	6
Figure I-7 : Type de branchement du module photovoltaïque.....	7
Figure I-8 : Rallonge cable solaire 2x2mm de 4mm ² avec connecteur MC4	7
Figure I-9 : Structure de la cellule photovoltaïque	8
Figure I-10: Formes des cellules.....	8
Figure I-11: Circuit équivalent de la cellule photovoltaïque	9
Figure I-12: Schéma montrant le fonctionnement principal de la pompe	10
Figure I-13: Pompe centrifuge	11
Figure I-14: Pompe volumétrique	11
Figure I-15: Pompe de surface	12
Figure I-16: Pompe immergée	12
Figure I-17: Système de pompage solaire a courant continu	13
Figure I-18: Système de pompage solaire a courant alternatif	13
Figure I-19: Convertisseur DC/DC.....	14
Figure I-20: Convertisseur DC/AC	14
Figure I-21: Régulateur solaire	15
Figure I-22: Les éléments de protection dans le coffret	15
Figure I-23: Exemple d'un contrôleur	16
Figure I-24: Micro-onduleur	16
Figure I-25 : Batterie solaire	17
Figure I-26 : Branchement des batterie solaire	17
Figure I-27 : Interrupteur à flotteur	18
Figure I-28 : Interrupteur à flotteur dans le réservoir	18
Figure I-29 : Les électrodes	19
Figure I-30 : Les electrodes dans le puits	19
Figure I-31 : Sonde de niveau à flotteur magnetique	20
Figure I-32 : Sonde de pression	20
Figure I-33 : Afficheur pour la sonde	21
Figure I-34 : Compteur d'eau numerique	21

Liste des figures

Figure I-35 : Filtre électronique	22
Figure I-36 : Flotteur électronique	22
..... Chapitre II : Description d'un prototype de système de pompage solaire	
Figure II-1 : Module photovoltaïque du système	26
Figure II-2 : Plaque signalétique du module photovoltaïque.....	26
Figure II-3 : Régulateur de charge PWM	27
Figure II-4 : Batterie 12V 9ah	29
Figure II-5 : DC pompe	30
Figure II-6 : Lampe LED 12V	31
Figure II-7 : Architecture de la carte Arduino Nano.....	32
Figure II-8 : Module relais 5V	34
Figure II-9 : Les broches de module relais 1 channel.....	35
Figure II-10: Module LDR.....	37
Figure II-11: Les broches de modules LDR	38
Figure II-12: Circuit interne du module LDR	38
Figure II-13 : Capteur niveau d'eau.....	39
Figure II-14 : Circuit interne du capteur niveau d'eau	39
Figure II-15 : Capteur de tension	40
Figure II-16 : Interrupteur à flotteur	41
Figure II-17 : Circuit interne d'interrupteur à flotteur	41
Figure II-18 : Les LEDs du système.....	42
..... Chapitre III : Réalisation de prototype et programmation de la carte	
Figure III-1 : Branchement du système d'éclairage photovoltaïque autonome.....	45
Figure III-2 : Photo réelle de réalisation du système d'éclairage autonome	46
Figure III-3 : Multimètre.....	47
Figure III-4 : Schéma du système	49
Figure III-5 : Photo réelle du test du capteur niveau d'eau avec la carte Arduino Nano.....	50
Figure III-6 : Photo réelle du test du flotteur avec la carte Arduino Nano	50
Figure III-7 : Photo réelle du test du capteur de tension avec la carte Arduino Nano	51
Figure III-8 : Photo réelle du test du module photorésistif avec la carte arduino Nano	51
Figure III-9 : Photo réelle du test du module relais avec la carte Arduino Nano	52
Figure III-10:Logiciel Arduino IDE	53
Figure III-11:Les barres de tache de logiciel Arduino IDE	54
Figure III-12:La barre d'outils	54
Figure III-13:La photo réel de la maquette	59
Figure III-14:La photo réelle du système réalise	59

Liste des Tableaux

.....	Chapitre II : description d'un prototype de système de pompage solaire
Tableau II-1 :	Caractéristique de régulateur PWM 28
Tableau II-2 :	Caractéristique de batterie 12 marque RAGGIE 29
Tableau II-3 :	Caractéristique de pompe du système30
Tableau II-4 :	Caractéristique de la lampe 31
Tableau II-5 :	Caractéristique du capteur de niveau d'eau 40
Tableau II-6 :	Caractéristique du capteur de tension 41
.....	Chapitre III : Réalisation de prototype et programmation de la carte Arduino
Tableau III-1 :	Les résultats d'essai à vide47

Abréviation

PV : Photovoltaïque

EVA : Energie Verte Alternative

CIS : Cuivre Indium Silicium

HMT : Hauteur Manométrique Totale

DC: Direct Current

AC: Alternative Current

LCD: liquid crystal display

PWM: Pulse Width Modulation

LED: Light-Emitting Diode

LDR: Light Dependent Resistor

USB: Universal Serial Bus

ICSP: In Circuit Serial Programming

UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter

SRAM: Static Random Access Memory

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

VCC: Voltage Common Collector

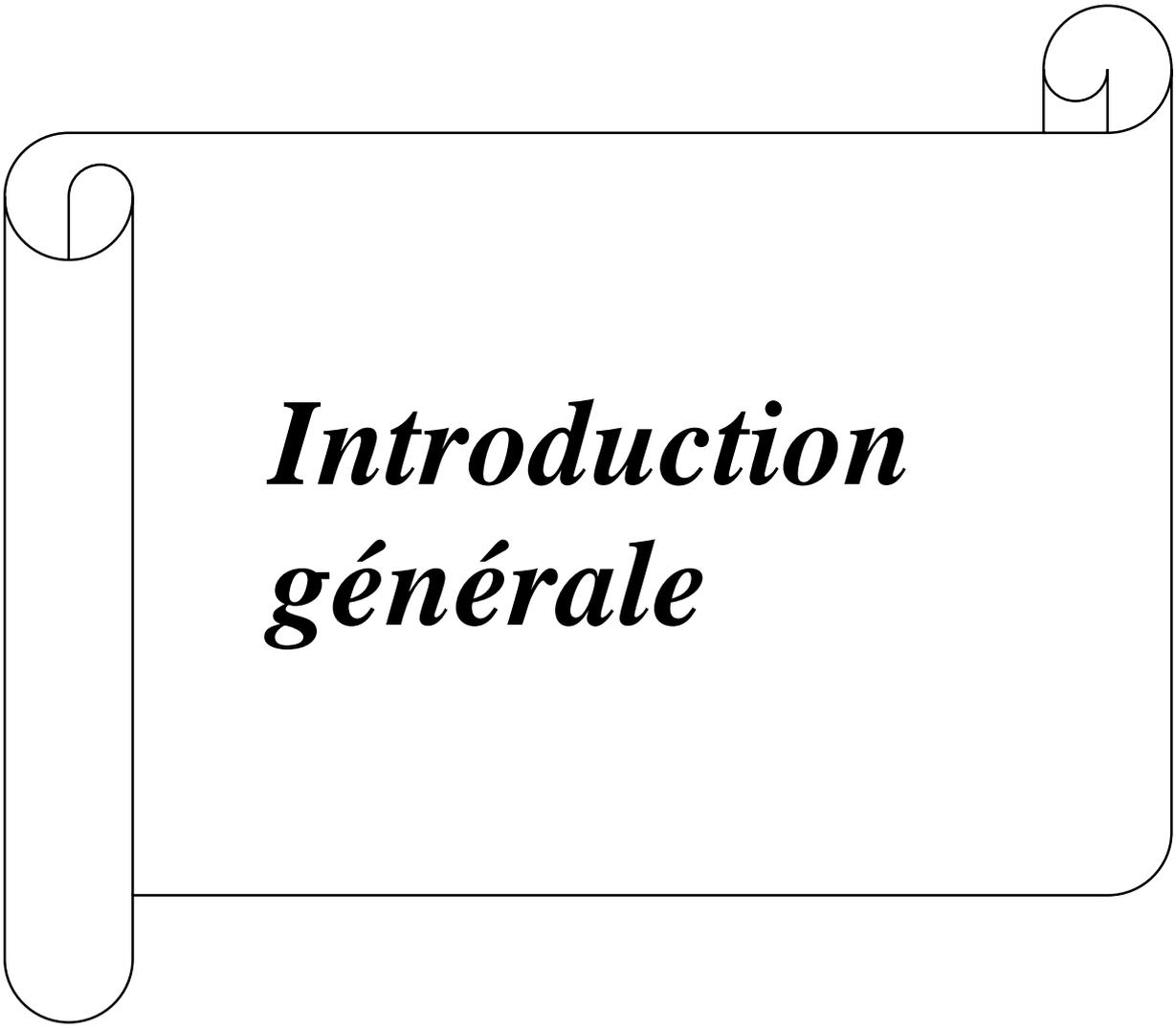
GND: Ground

NC: Normally Closed

NO: Normally Open

PC: Personal Computer

IDE: Integrated Development Environment



***Introduction
générale***

Introduction générale

L'énergie solaire photovoltaïque est de plus en plus utilisée pour opérer diverses applications terrestres comme l'éclairage, les télécommunications, la réfrigération et le pompage.

La demande croissante d'eau dans les zones rurales et sites isolés a fait qu'un intérêt grandissant est porté sur l'utilisation des générateurs photovoltaïques comme source d'énergie aux pompes. En effet, la réalisation des systèmes de pompage photovoltaïque constitue une solution pratique et économique aux problèmes de manque d'eau dans les régions désertiques.

En effet, il existe sur le marché des milliers de modèles de cartes de commande comme la carte Arduino, cette approche est basée sur l'utilisation des ordinateurs. D'une part, leurs disponibilités et leur faible coût nous permettra une conception à budget minime, et d'autre part, la puissance et la rapidité d'exécution des processeurs du moment pourra prendre en charge le traitement des données lors d'une communication entre les modules de commandes [1].

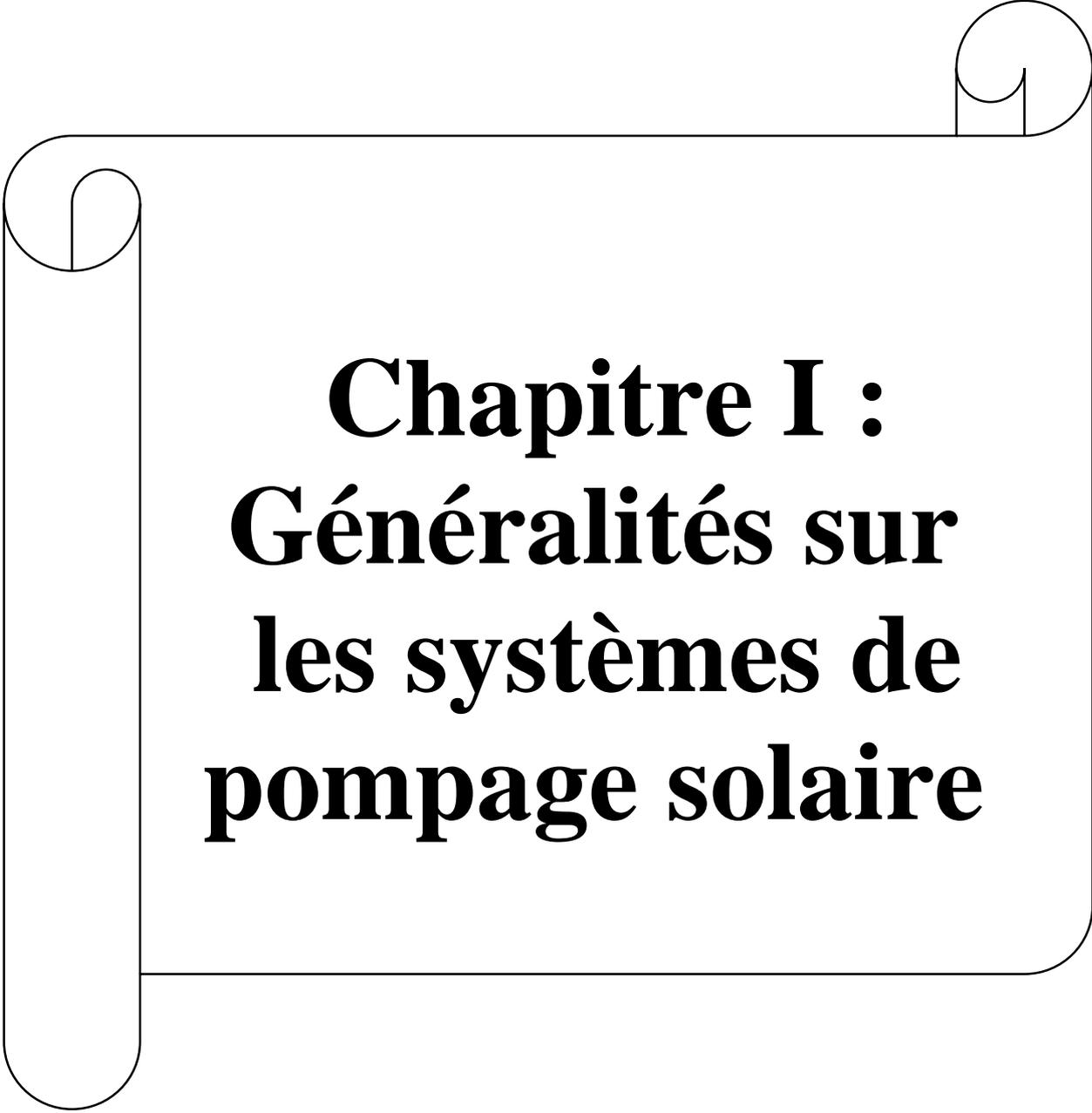
Dans ce cas, Arduino est le cerveau du notre système qui nous permet de réaliser des programmes de commande, et de gérer le fonctionnement de la pompe en fonction de niveau et les défauts détecte à l'aide des capteurs comme le flotteur et le capteur de niveau d'eau.

L'objectif de ce travail est d'assurer le bon fonctionnement des pompes, et le remplissage de réservoir en évitant le débordement de ce dernier.

Ce mémoire présente la conception et le développement d'un système de pompage photovoltaïque, il est réparti en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré pour des généralités sur le système de pompage photovoltaïque, le deuxième chapitre est consacré à la description d'un prototype d'un système pompage photovoltaïque, et le dernier chapitre constitue la finalité de notre travail : Réalisation de prototype et programmation de la carte.

Une conclusion générale clôture notre travail

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side that also has rounded ends. The border is drawn with a thin black line.

Chapitre I : Généralités sur les systèmes de pompage solaire

I.1.Introduction

Parmi les avantages importants de la conversion photovoltaïque, nous pouvons citer, la décentralisation de la production d'énergie pour de petites communautés très dispersées comme le prouvent déjà les pompes solaires dont le fonctionnement s'est révélé très acceptable. Un des systèmes photovoltaïques intéressant du point de vue facilité d'installation et d'utilité et d'autre part autonomie et fiabilité est le système de pompage photovoltaïque. Ce système-là est très utilisé dans les zones rurales et dans les sites isolés pour le pompage de l'eau. L'installation désignée comme telle est soumise à de bonnes performances, Excellente fiabilité et indépendance opérationnelle[2]. Dans ce chapitre, nous présenterons des informations générales sur le système de fonctionnement de pompage photovoltaïque et ses accessoires les plus importants.

I.2.Constitution du système de Pompage solaire

Un système de pompage solaire est constitué généralement des éléments suivants :



1. Un générateur photovoltaïque.



2. coffret de commande et de protection.



3. Batterie de stockage.



4. Une Pompe.

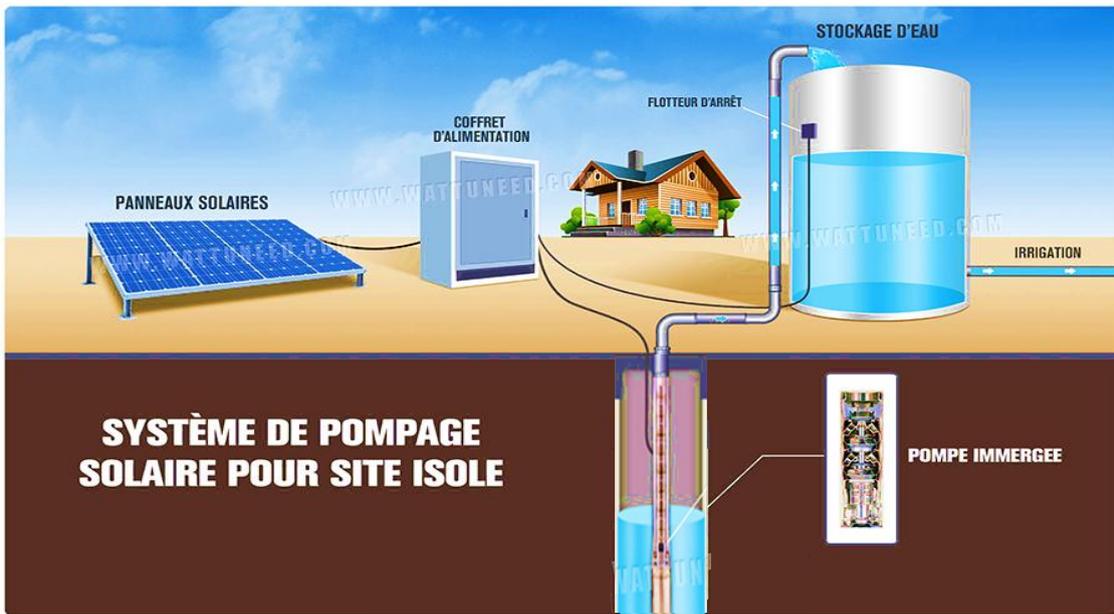


Figure I.1. Système de pompage solaire pour site isolé.

I.3. Système photovoltaïque

Le terme « photovoltaïque » souvent abrégé par le sigle « PV », a été formé à partir des mots « photo » un mot grec signifiant lumière et « Volta » le nom du physicien italien Alessandro Volta qui a inventé la pile électrochimique en 1800. L'effet photovoltaïque est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité. L'énergie photovoltaïque est obtenue directement à partir du rayonnement du soleil. Le générateur photovoltaïque se compose des éléments ont la capacité de transformer les photons en électrons. La conversion photovoltaïque se produit dans des matériaux semi-conducteurs [3].

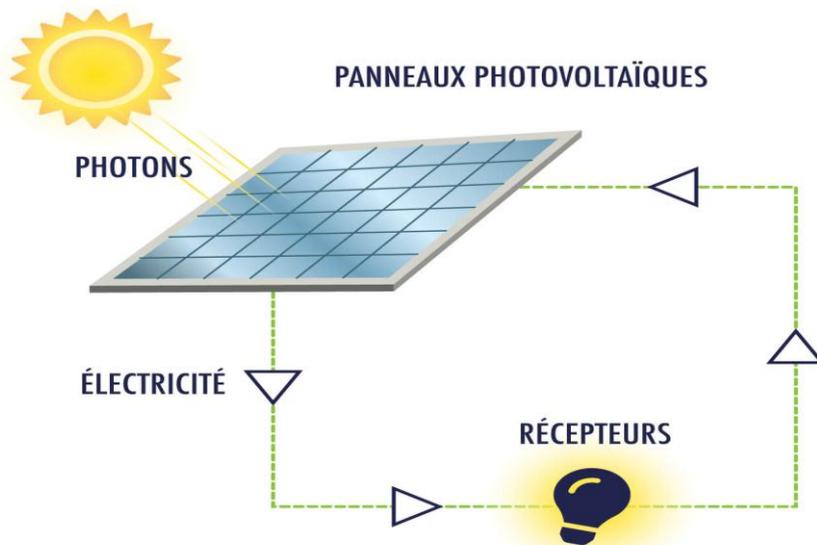


Figure I.2. Conversion de l'énergie solaire en électricité.

I.4. Générateur photovoltaïque

Un générateur photovoltaïque produit l'énergie électrique à partir des panneaux solaires. Il représente un ensemble de panneaux photovoltaïques connectés entre eux et installés sur une toiture ou au sol. L'électricité produite par le générateur est en courant continu. Elle est stockée dans des accumulateurs et/ou transformée en courant alternatif suivant le type d'application [4].



Figure I.3. Générateur photovoltaïque.

I.4.1. Module photovoltaïque

Le module photovoltaïque, est un dispositif qui transforme l'énergie lumineuse en l'énergie électrique, grâce à des capteurs solaires photovoltaïques [4].

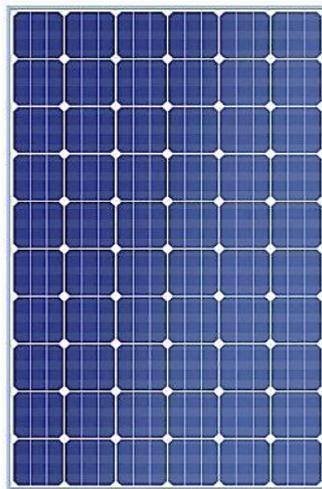


Figure I.4. Module photovoltaïque 1000 W.

I.4.1.1. Description du module photovoltaïque

La composition du module photovoltaïque comprend plusieurs parties. Encapsulant EVA (Energie Verte Alternative), un châssis en aluminium, une coque arrière en Tedlar, une plaque de verre côté soleil, Une partie électrique qui permettra de connecter le panneau solaire à l'installation

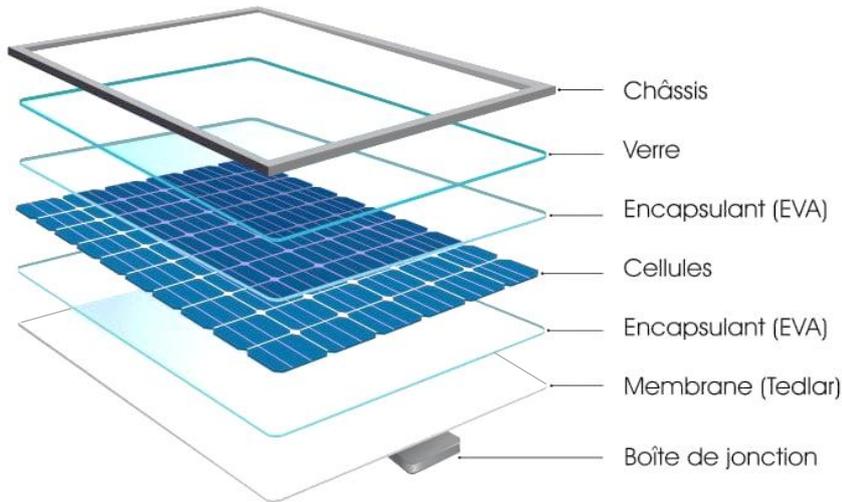


Figure I.5. Composants du module photovoltaïque.

I.4.1.2. Caractéristiques du module photovoltaïque

La figure suivante représente une étiquette (plaque signalétique) collée au dos d'un module photovoltaïque.



Figure I.6. Plaque signalétique du module photovoltaïque.

I.4.1.3. Branchement du module photovoltaïque

La Figure I.7. montre les schémas de collecte des modules photovoltaïques, où l'on utilise le branchement en parallèle pour obtenir un courant important et en série pour obtenir une tension importante.

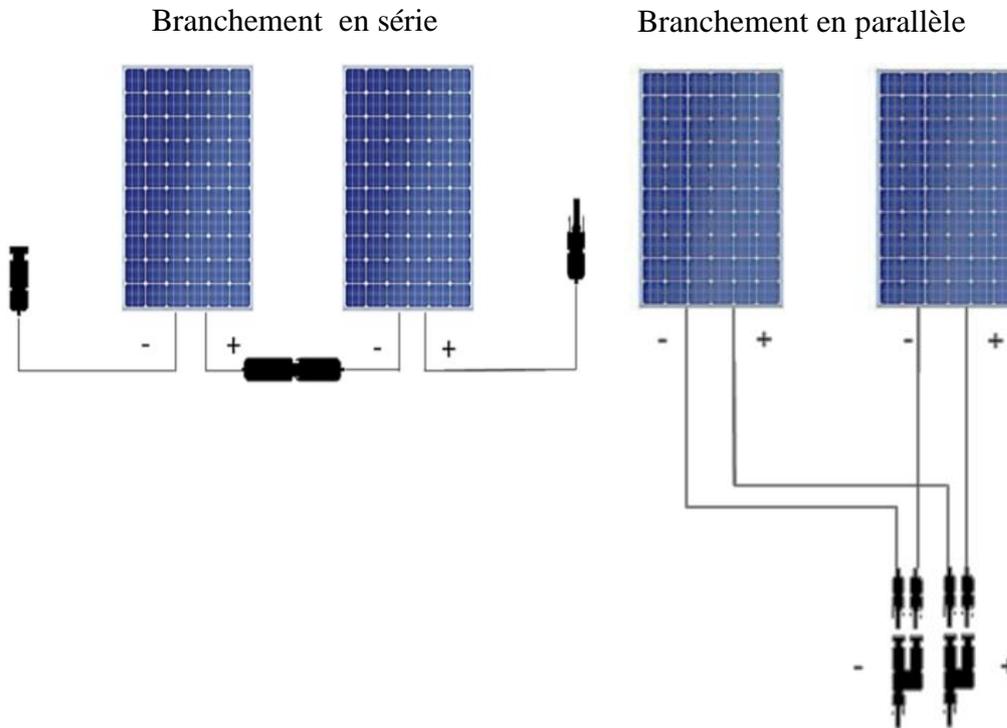


Figure I.7. Type de branchement du module photovoltaïque.

I.4.1.4. Accessoires du module photovoltaïque

Les câbles utilisés pour raccorder les modules photovoltaïques sont principalement fabriqués en cuivre multibrin étamé. Le cuivre est à ce jour le matériau ayant le meilleur rapport prix/conductivité. Ces câbles électriques sont gainés et colorés selon les normes internationales.



Figure I.8. Rallonge Câble solaire 2x2m de 4mm² avec connecteur MC4.

I.4.2. La cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un composant optoélectronique qui génère de l'électricité lorsqu'il est exposé à la lumière grâce à l'effet photovoltaïque dans lequel la puissance électrique produite varie en fonction de l'éclairement, et elle est de forme courant continu DC [5].

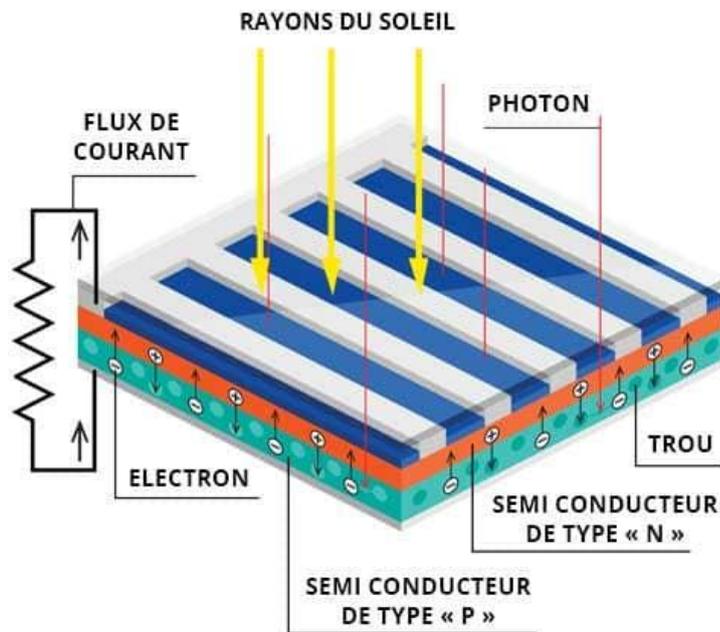


Figure I.9. Structure de la cellule photovoltaïque.

I.4.2.1. Types des cellules

Il existe un grand nombre de technologies mettant en œuvre l'effet photovoltaïque. Beaucoup sont encore en phase de recherche et de développement.[6] Les principales technologies industrialisées en quantité à ce jour sont : le silicium mono ou polycristallin (plus de 80 % de la production mondiale) et le silicium en couche mince à base de silicium amorphe ou CIS (Cuivre Indium Silicium).

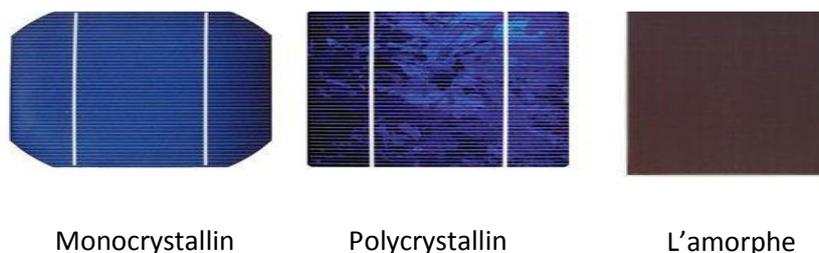


Figure I.10. Forme des cellules.

I.4.2.2. Modélisation de la cellule

La figure I.11 présente le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque sous éclairage. Il correspond à un générateur de courant I_{ph} monté en parallèle avec une diode. Deux résistances parasites sont introduites dans ce schéma [7].

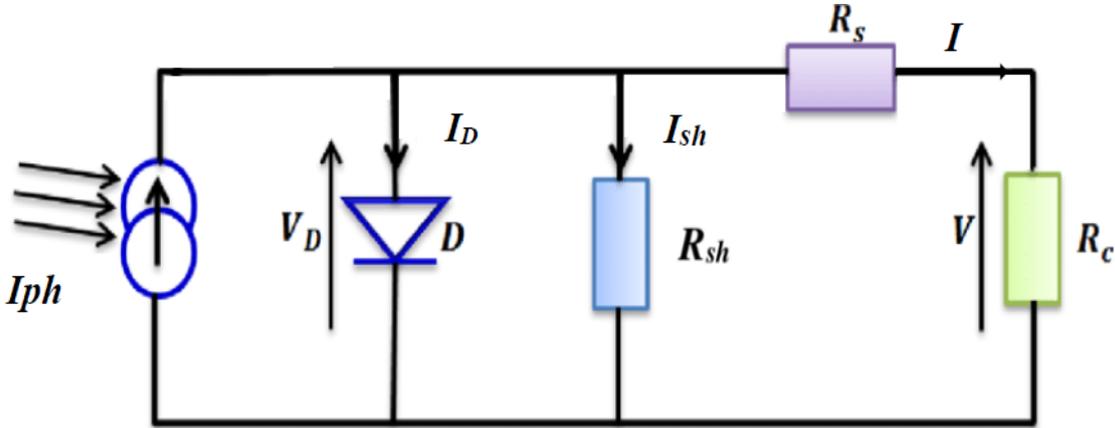


Figure I.11. Circuit équivalent de la cellule photovoltaïque.

La relation entre les trois grandeurs, I , I_{ph} et $I_d(V)$ représente la caractéristique courant tension idéale permettant de déterminer quatre grandeurs principales du fonctionnement des cellules solaires :

- La tension en circuit ouvert V_{oc} .
- Résistance série R_s .
- Résistance shunt R_{sh} .

Pour la cellule idéale :

$$I = I_{ph} - I_d(V) \quad (\text{I.1})$$

Où

- I_{ph} : le photo-courant.
- I_d : Courant de la diode.

$$I_d = I \left(e^{\frac{AKT}{qv}} - 1 \right) \quad (\text{I.2})$$

I.5. La Pompe

Les pompes sont des machines qui aspirent l'eau grâce au raccordement de l'aspiration qui est fait avec un tuyau d'aspiration. À cette étape, le bout du tuyau peut être immergé dans la source. En effet, le corps de la présente pompe possède un raccord d'aspiration et également un raccord de refoulement avec un certain nombre de roues [8].

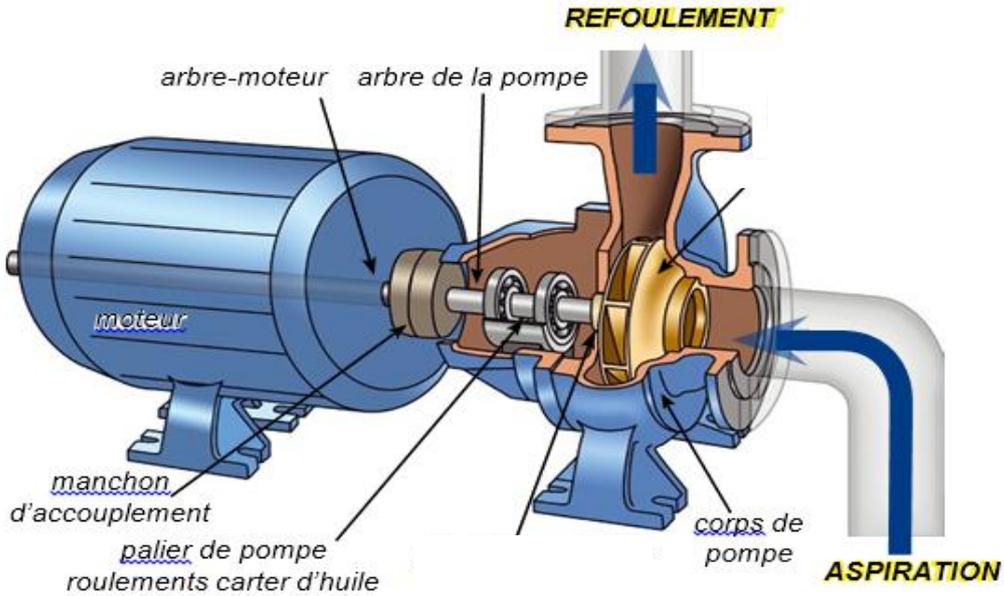


Figure I.12. Schéma montrant le fonctionnement principal de la pompe.

Une pompe se caractérise par :

Le débit, la pression et la tension de service, type de courant, type de pompe, la profondeur, (HMT) Hauteur Manométrique Totale

Soit pour une pompe de surface :

$$Ha + Hr + L + Pu + \Delta P \quad (I.3)$$

Et pour une pompe immergée :

$$Nd + Hr + L + Pu + \Delta P \quad (I.4)$$

Avec :

Ha : Hauteur d'aspiration

Hr : Hauteur refoulement

Nd : Niveau dynamique

Pu : Pression utile

Dp : Perte de charge

I.5.1.Types des Pompes

Les pompes sont choisies généralement selon la hauteur manométrique totale du puits (HMT) et le débit horaire souhaité. On distingue les types de pompes :

I.5.1.1.Pompe centrifuge

La pompe centrifuge est une machine qui transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues. L'eau entre au centre de la pompe et est poussée vers l'extérieur et vers le haut grâce à la force centrifuge. Les pompes centrifuges utilisent habituellement pour les gros débits et les profondeurs moyennes ou faibles (10 à 100 mètres) [9].



Figure I.13. Pompe centrifuge.

I.5.1.2.Pompe volumétrique

La pompe volumétrique est une machine qui transmet l'énergie cinétique du moteur en mouvement de va-et-vient permettant au fluide de se déplacer vers le haut par variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement [9].



Figure I.14. Pompe volumétrique.

I.5.1.3.Pompe de surface

La pompe de surface est une pompe de relevage. Il s'agit d'une pompe à installer en surface au-dessus d'une source d'eau naturelle ou pas. C'est l'opposé de la pompe immergée que l'on plonge directement dans l'eau pour la pomper. Une pompe de surface doit donc fonctionner à l'air libre. C'est un tuyau qui vient dans l'eau pour être pomper jusqu'à une profondeur maximale de 8 mètres [9].



Figure I.15. Pompe de surface eaux 750W - 5 turbines.

I.5.1.4.Pompe immergée

La pompe immergée permet la récupération d'eaux claires d'une source, comme un puits ou un forage. L'eau pompée est envoyée dans un tuyau, qui redirige le liquide au réseau pour y être traité [9].



Figure I.16. Pompe immergée eaux chargées 1000W.

I.6. Coffret de Commande et de protection d'une pompe solaire

I.6.1. Commande à courant continu

La différence entre l'utilisation d'un moteur à courant continu et celle d'un moteur à courant alternatif, pour le pompage d'eau photovoltaïque, réside dans le type de couplage du générateur photovoltaïque [10].

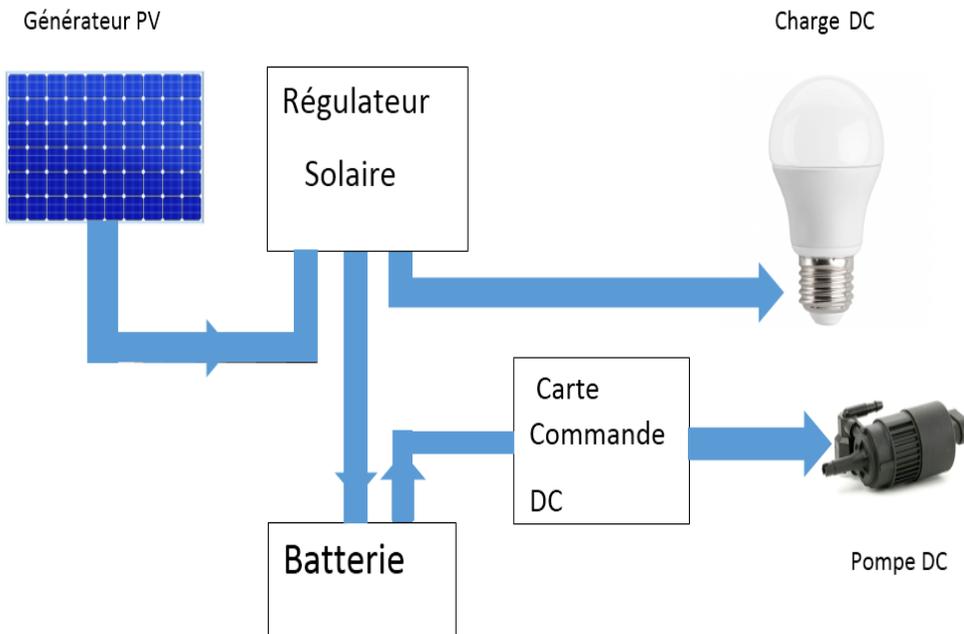


Figure I.17. Système de pompage solaire à courant continu.

I.6.2. Commande à courant alternatif :

Si le moteur est à courant alternatif, il est nécessaire d'intégrer un convertisseur DC/AC

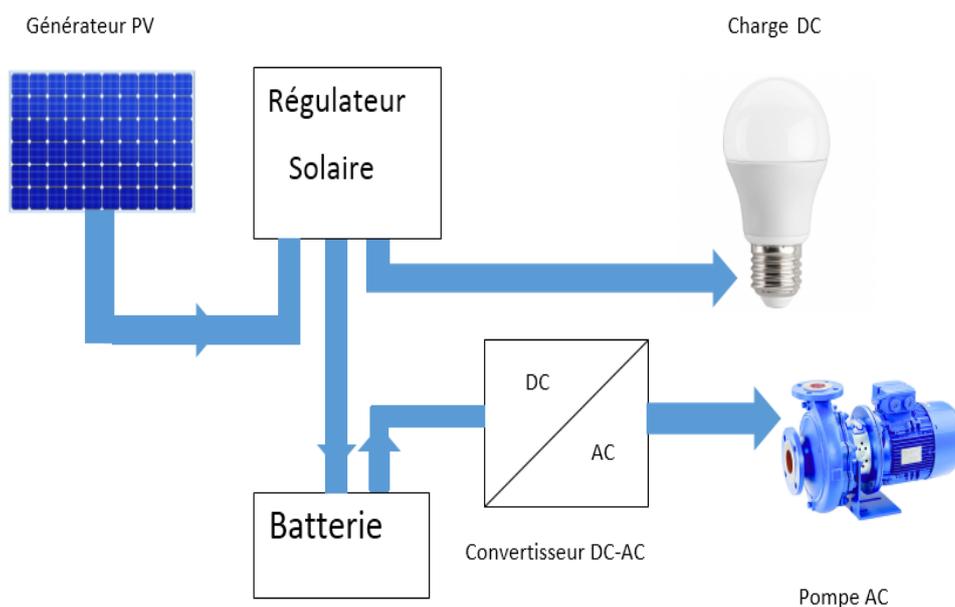


Figure I.18. Système de pompage solaire à courant alternatif.

I.7. Le convertisseur

I.7.1. Convertisseur DC-DC

Le convertisseur DC ou CC (courant continu) transforme une tension continue de batterie (12 V, 24 V ou 48 V) en une tension continue différente. On utilise ce type de convertisseurs si la pompe est montée à un moteur à courant continu [11].



Figure I.19. Convertisseur DC/DC.

I.7.2. Convertisseur DC/AC

La fonction principale de l'onduleur est de transformer le courant continu, produit par les panneaux solaires en un courant alternatif [11].



Figure I.20. Convertisseur DC-AC (onduleur Hybride solaire 10 Kw).

I.8. Le Régulateur solaire

Le régulateur solaire (Aussi appelé régulateur de charge ou même contrôleur de charge) gère le niveau d'énergie stockée dans les batteries : il limite la charge quand la batterie est complètement chargée, il ralentit la décharge afin d'éviter les décharges profondes. Il compose d'un convertisseur DC/DC, il contrôle le courant et la tension à la sortie des panneaux [Site1].



Figure I.21. Régulateur solaire STECA SOLSUM 1010 /10A.

I.9. Protection du système

La protection sert à Protéger contre les surcharges (fusibles). Mettre l'installation hors-tension, elle Protéger l'installation des impacts de foudre et des surtensions (parafoudre).

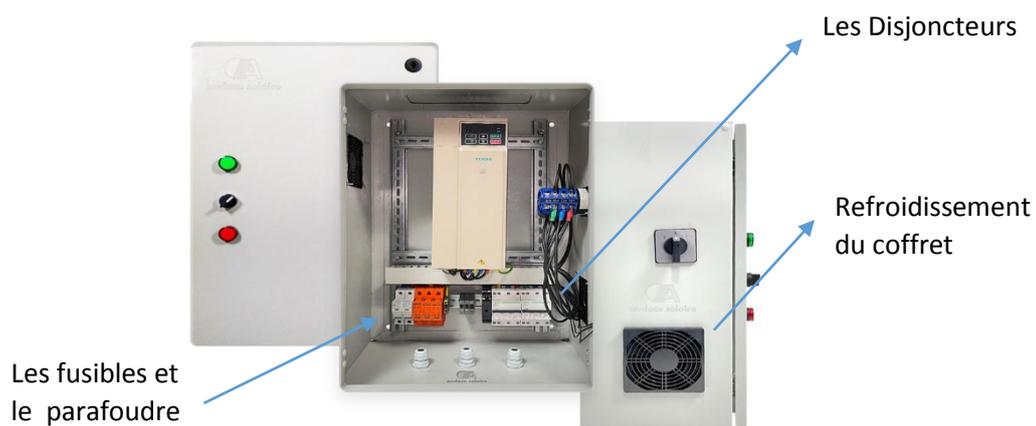


Figure I.22. Les éléments de protection dans le coffret.

I.10. Le contrôleur de la pompe

Les contrôleurs de pompe sont de petites tailles et possèdent tous à minima un bouton ON/OFF, et un afficheur indiquant l'état de la pompe, et les défauts rencontrés s'ils provoquent l'arrêt de la pompe [Site2].

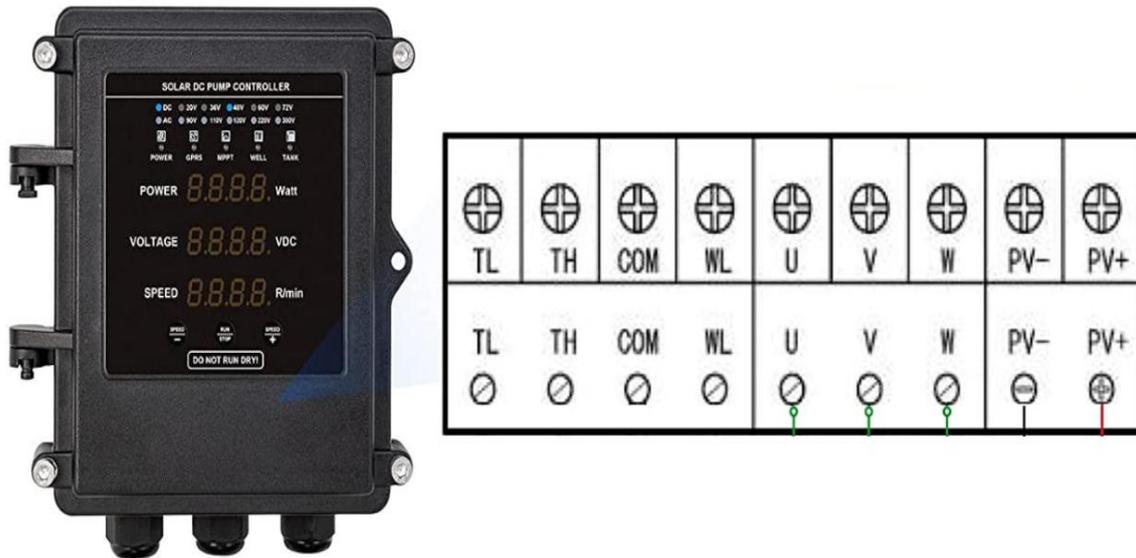


Figure I.23. Exemple d'un contrôleur SL1500.

I.11. Micro onduleur

Il se caractérise par sa petite taille, son rendement élevé et sa facilité d'installation dans des zones étroites



Figure I.24. Micro-onduleur 360W ENVERTECH EVT360.

I.12. Batterie et stockage

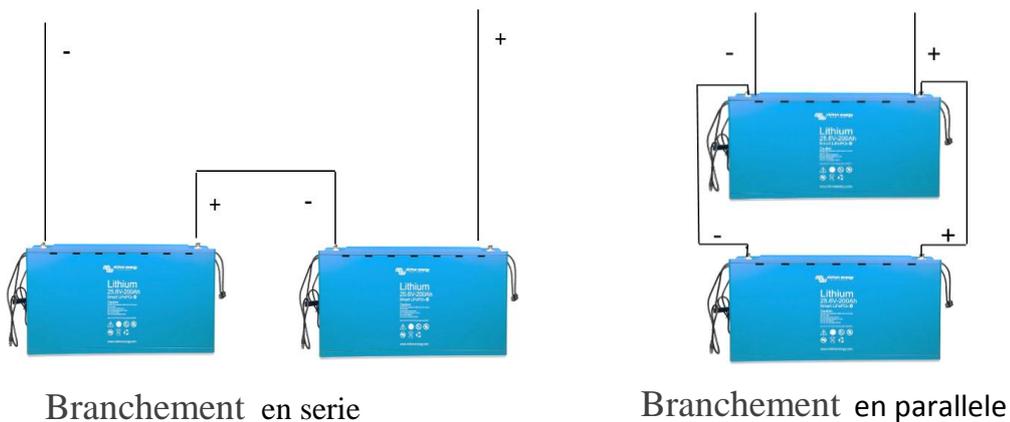
La batterie sert à stocker l'énergie électrique excédentaire produite par les panneaux solaires et la restituer lorsque l'ensoleillement est insuffisant ou totalement inexistant. Une batterie d'accumulateurs appelée plus communément batterie, est un assemblage d'accumulateurs électro chimiques. Un accumulateur électrochimique est un "générateur réversible", il peut stocker l'énergie électrique sous forme chimique puis la restituer à tout moment sur demande grâce à la réversibilité de la transformation [12].



Figure I.25. Batterie solaire au lithium 25V -200 Ah.

I.12.1. Branchement des batteries solaire

Les batteries sont combinées pour augmenter la capacité de travail du système, car elles sont combinées en série pour augmenter la tension et en parallèle pour augmenter le courant



Branchement en serie

Branchement en parallele

Figure I.26. Branchement des batteries solaire.

I.13. Accessoires de la pompe

I.13.1. Interrupteur à flotteur

Le flotteur est un dispositif qui permet de diriger une pompe en fonction du niveau d'eau présent dans le réservoir [13]. Son fonctionnement est plutôt simple lorsque le réservoir est vide, le flotteur est au fond de celui-ci, et lorsque le réservoir est plein le flotteur remonte vers le haut, ce qui ferme le circuit de la pompe.



Figure I.27. Interrupteur à flotteur.

À l'intérieur du flotteur, se trouve une bille qui, en fonction de la position du flotteur, va actionner ou non un interrupteur. Cet interrupteur va servir à enclencher la mise en marche ou l'arrêt de la pompe. Le flotteur va ouvrir ou fermer le circuit d'alimentation de la pompe directement ou via un relais.

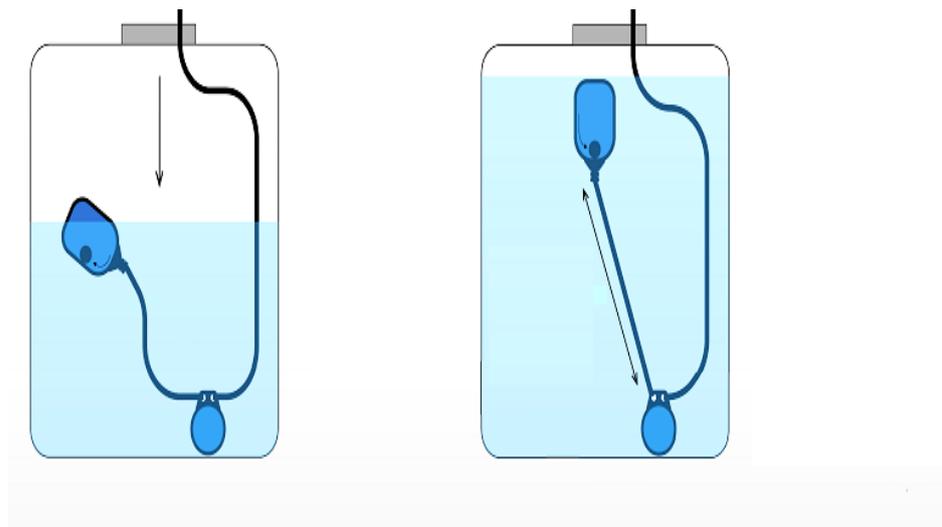


Figure I.28. Interrupteur à flotteur dans le réservoir.

I.13.2. Sonde de niveau d'eau à Électrode

La sonde de niveau l'eau est un dispositif qui permet de protéger la pompe en cas de marche sec. En effet, il s'agit d'une sonde utilisée pour la sécurité de la pompe. Grâce à cette sonde la pompe s'arrête en cas de manque de suffisamment d'eau dans le puits pour éviter la détérioration de la pompe [13].



Figure I.29. Des électrodes de marque wika.

Elle coupe automatiquement l'alimentation électrique de la pompe lorsque le niveau d'eau atteint un niveau critique max Figure I.30. :

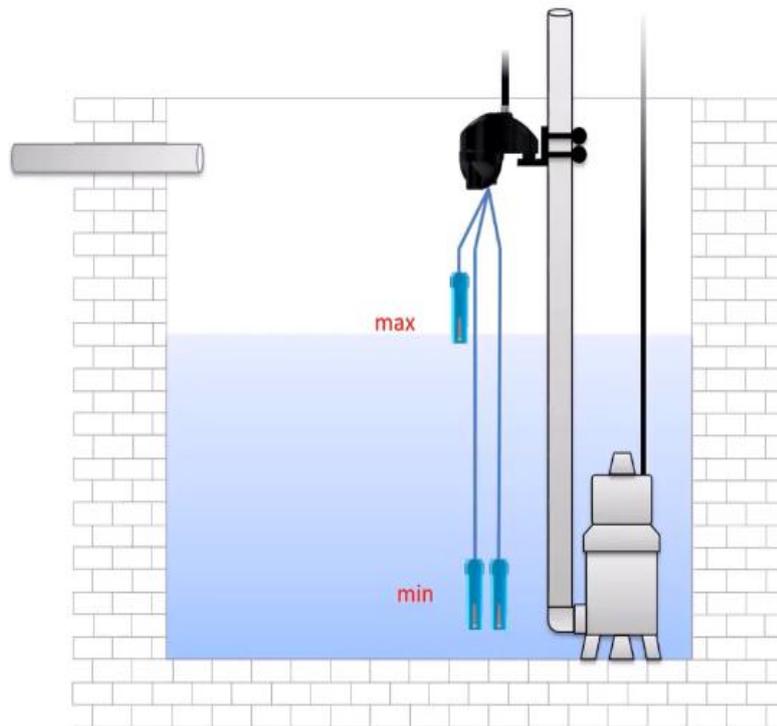


Figure I.30. Les électrodes dans le puits.

I.13.3.Sonde de niveau à flotteur magnétique

Elle est utilisée pour la mesure précise et continue du niveau des produits liquides dans les grands réservoirs de stockage pendant les opérations comptables et technologiques. Et utilisé sur des milieux liquides de faible viscosité et absence des particules dures [14].



Figure I.31. Sonde de niveau à flotteur magnétique PIC-PR-FLS.

I.13.4.Sonde à mesure la pression

La sonde est à placer à la partie basse du réservoir ou le puits, et mesure le niveau de l'eau (à 1cm près) en fonction de la pression qu'elle subit : plus la hauteur d'eau au-dessus de la sonde sera importante, plus la pression subie sera importante. La sonde transmet la même information que la sonde à flotteur coulissant (variation du courant de sortie), et peut être interprétée par le même type d'afficheur [14].



Figure I.32. Sonde de pression de la série ECHO.

I.13.5. Les afficheurs pour les sondes

les afficheurs sont utilisés pour mesurer niveau d'eau, pression... les afficheurs fournissent la tension d'alimentation 24 Vcc du capteur/transmetteur [14].



Figure I.33. AL842. Afficheur 4-20 mA programmable.

I.13.6. Compteur d'eau

Le compteur d'eau est un appareil de mesure permettant d'évaluer la consommation d'eau d'une installation. Le compteur d'eau se place tout simplement entre le raccord et le tuyau, Pour compte niveau l'eau [14].



Figure I.34. Compteur d'eau numérique d'extérieur.

I.13.7. Filtre d'eau

La figure suivante représente un filtre. Les filtres sont utilisés pour purifier les fluides sales dans les puits[Site3].



Figure I.35. Filtre électronique de marque GENO MXA.

I.13.8. Détecteur de niveau d'eau à flotteur électronique

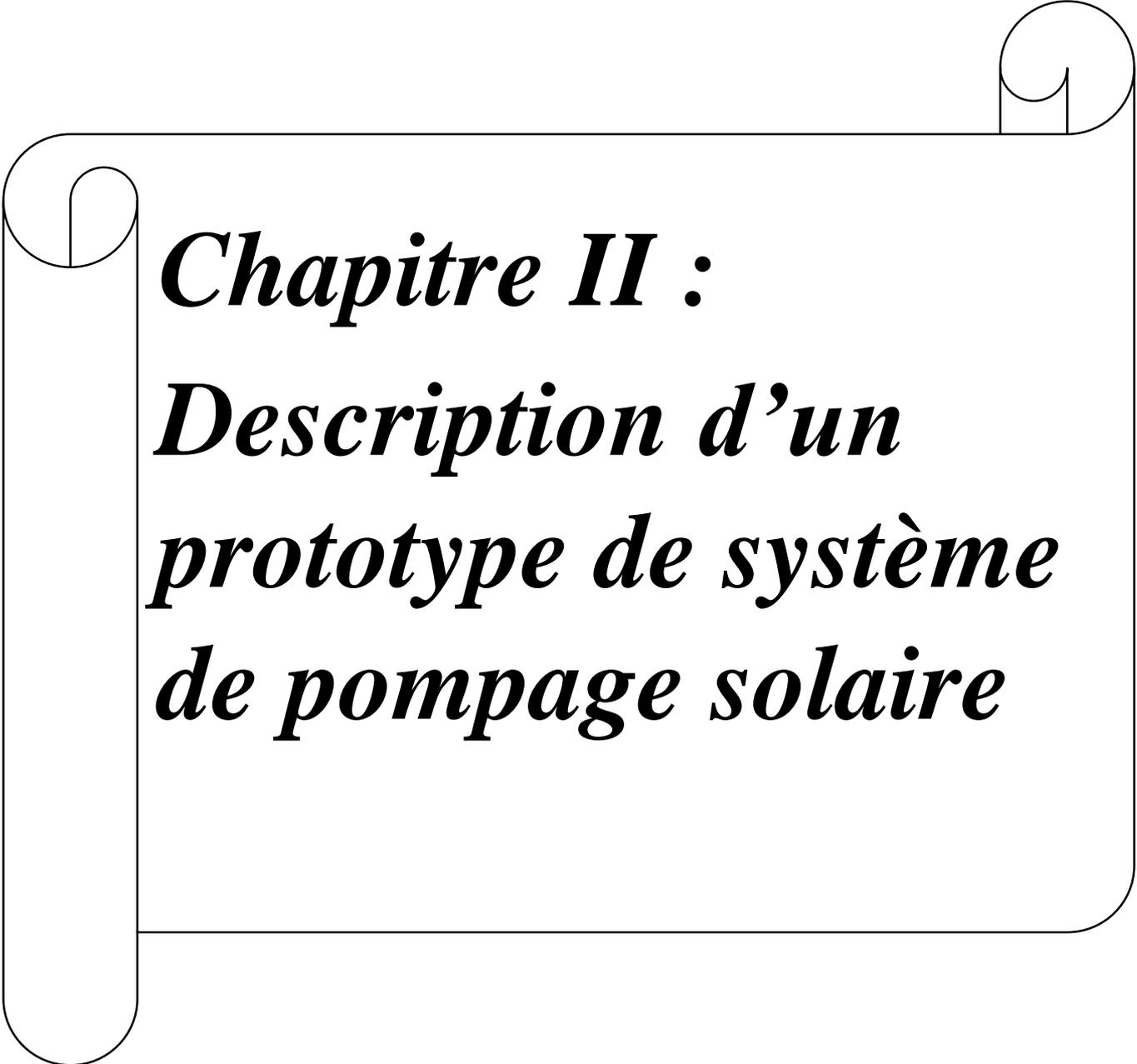
Le BLS3000 est une version électronique d'un interrupteur à flotteur traditionnel. L'afficheur LCD clair indique le niveau actuel et les contacts PNP intégrés permettent de surveiller un niveau bas ou haut[Site4].



Figure I.36. Flotteur électronique Barksdale série BLS3000.

I.14. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur l'énergie solaire, les caractéristiques d'un générateur photovoltaïque et les composants essentiels d'un système de pompage photovoltaïque. Il faut avoir les informations précises concernant le besoin du client en eau. Ces informations permettent de déterminer le type de la pompe à choisir et les caractéristiques des composants électriques qu'on doit utiliser pour cette installation.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rounded ends and a small loop at the top-left and top-right corners respectively.

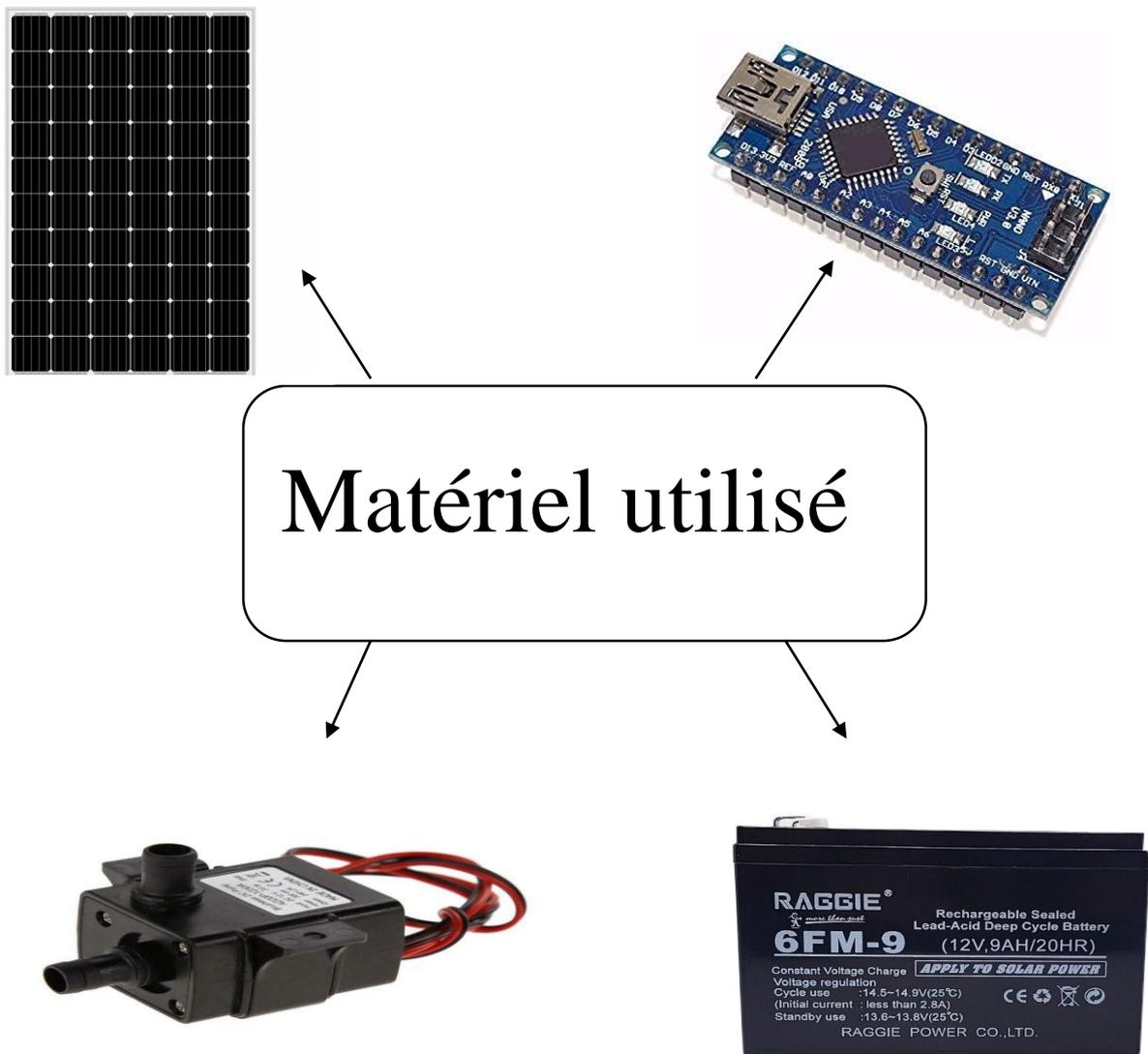
Chapitre II :
Description d'un
prototype de système
de pompage solaire

II.1.Introduction

L'électronique est de plus en plus remplacée par l'électronique programmée, pour la réalisation de notre travail, nous avons utilisé une carte Arduino Nano afin d'assurer la communication entre les deux parties à savoir, la partie commande et la pompe afin de pouvoir commander et piloter le système.

Dans ce chapitre, on présente la description de la carte Arduino Nano qui sera utilisée pour notre application. En effet, les différents parties constituant cette carte seront détaillés, à savoir un microcontrôleur, des ports entrées/sorties et la présentation des capteurs.

II.2.Fonctionnement des éléments du système



II.2.1. Module photovoltaïque

II.2.1.1. Description

Les caractéristiques du module photovoltaïque ont été mentionnées dans le premier chapitre, le panneau utilisé dans le système de marque Dimel sur la Figure II.1. :

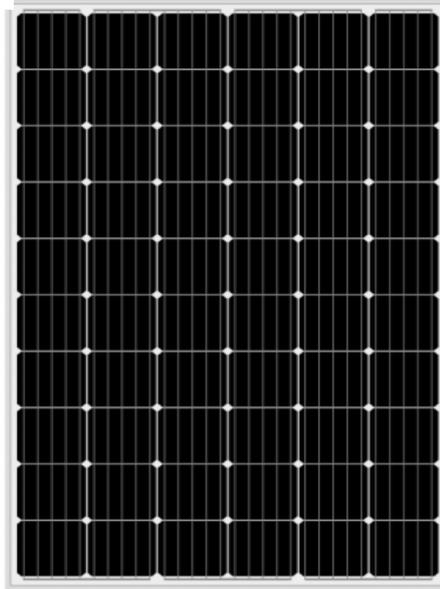


Figure II.1. Module photovoltaïque du système [Site5].

II.2.1.2. Caractéristiques

Les propriétés sont dans la plaque signalétique du module dans la figure II.2. :

Dimel www.dimel-dz.com Réf:5150-008		ERASM SOLAR	
Electrical Characteristic			
Module type:	100M(36)		
Maximum Power:	100W(WP)		
Tolerance:	±3%		
Voltage at Pmax(Vmp):	18.35V		
Current at Pmax(Imp):	5.45A		
Open-circuit Voltage(VOC):	22.7V		
Short-circuit Current(ISC):	5.8A		
Size:1195×541×35MM			
Weight:7.25KG			
Cells: 36Pcs,125×125 Polycrystalline			
Max. System Operating Voltage:1000(V)			
Maximum over-current protection rating:15A			
Module Addication: Class B			
Standard Test Condition: 1000W/m ² , AM 1.5, 25 °C			
 WARNING! ELECTRICAL HAZARD This unit produces electrical power when exposed to light Cover glass before opening terminal junction box			
   			

Figure II.2. Plaque signalétique du module photovoltaïque.

II.2.2. Régulateur de charge PWM 12V/24V

Ce régulateur PWM (Pulse Width Modulation) de charge est un produit fiable et économique. Il s'adapte parfaitement aux systèmes de petite et moyenne taille où il est nécessaire de charger des batteries à électrolyte gel et liquide. La tension de travail peut varier de 12 à 24 V [Site6].



Figure II.3. Régulateur de charge PWM 12V/24V.

II.2.2.1. Caractéristiques techniques du régulateur de charge

- Sélection automatique de la tension (12 ou 24 V).
- Charger la batterie avec la méthode shunt PWM.
- Protection contre les surcharges (entrée et sortie).
- Protection contre l'inversion de polarité (pour les modules et les batteries).
- Compensation de température.
- Possibilité de sélectionner le type de batterie (électrolyte liquide ou gel).
- Diode de verrouillage installée à l'intérieur du régulateur.

- Protection de la batterie contre une décharge excessive.
- Reconnexion automatique de la charge aux accumulateurs.
- La Protection contre les courants nocturnes inverses (dus aux accumulateurs).
- Système d'éclairage crépusculaire.
- crépusculaire, batterie d'accumulateurs et lampes 12 V ou 24 V.

II.2.2.2. Spécifications

Les caractéristiques les plus importantes de sont présentées dans le tableau II-1 :

Tableau II-1 : Caractéristique de régulateur PWM

Modèle	LS102460LPLI
Tension Nominale	12/24V DC automatique
Courant maximum d'entrée	10A
Courant maximum de sortie	10A
Tension maximum panneau	30W/12V 60W/24V
Autoconsommation	$\leq 18\text{mA}$ (12V) ; $\leq 23\text{mA}$ (24V)
Poids net	0,200 kg
Coefficient de compensation	$T^\circ -3\text{mV}/^\circ\text{C}/2\text{V}$ (25°C)
Humidité	$\leq 95\%$
Protection	IP68
Dimensions	108.5x88x25.6mm
Tension de batterie	9V-32V

II.2.3. La Batterie

La batterie utilisée dans le système est en plomb-acide scellée 12 Volt 2,8 Ampère marque RAGGIE modèle 6FM-9 et présenté à Figure II.4 [Site7].



Figure II.4. Batterie 12 V 9Ah marque RAGGIE.

II.2.3.1. Caractéristiques

Les caractéristiques les plus importantes de la batterie utilisée dans le système sont dans le tableau II- 2 :

Tableau II- 2 : Caractéristique de Batterie 12v marque RAGGIE

Tension	12V (12 Volts)
Capacité	9Ah (Ampères heure)
courant	2,8 ampères
Chimie	Plomb acide scellé (AGM)
Dimensions	Longueur 15 x Largeur 6,5 x Hauteur 9,5 cm
Poids	2Kg

II.2.4.La pompe

II.2.4.1.Description

La pompe de système utilisé est une pompe immergée, il suffit de la mettre dans l'eau pour pomper. Convient pour un bain d'oiseaux, un aquarium, un petit étang, la décoration de jardin, la circulation de l'eau pour l'oxygène, etc [Site8] .



Figure II.5. DC brushless pompe marque Bureze.

II.2.4.2.Caractéristiques

La pompe utilisée a plusieurs caractéristiques dont les plus importantes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II-3 : Caractéristiques de pompe du système.

Nom du modèle	AD20P-1230B
Type fonctionnement	Electrique
Nombres de pôles	2 pôles
Débit [L/min.]	240L /h
Colleur de la carte	Noir
Consommation d'énergie	5 WAT
Voltage [V]	12 V
Niveau d'étanchéité	IP68
Durée de vie	20 000 heures
Poids [kg]	0,085 Kg
Hauteur [mm]	300cm

II.2.3.La lampe

II.2.3.1.Description

La lampe solaire à LED fonctionne en courant continue, de hautes luminosités et étanchéité. Tous les modèles adoptent un dissipateur de chaleur qui permet la fiabilité dans les environnements à haute température [Site9].



Figure II.6. Lampe LED 12 V 11 W marque dimel LS1112.

II.2.3.2.Caractéristiques

La lampe utilisée à plusieurs caractéristiques dont les plus importantes sont présentes dans le tableau suivant :

Tableau II-4 : Caractéristiques de lampe

consommation	11 W
Tension d'entrée	12 V
Durée de vie	3000h
Nombre de LED	36
Indice de protection	IP 20
Lumière équivalente	100 W
Intensité lumineuse	820 Lm

II.2.4. La Carte Arduino Nano

II.2.4.1. Définition du module Arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielles et embarquée ; chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles).

II.2.4.2. Présentation de la carte Arduino Nano

La carte Arduino Nano est basée sur un ATmega328. Sa mémoire de 32 KB et ses E/S font de ce circuit un élément idéal pour les systèmes embarqués ou pour des applications nécessitant des multitâches.

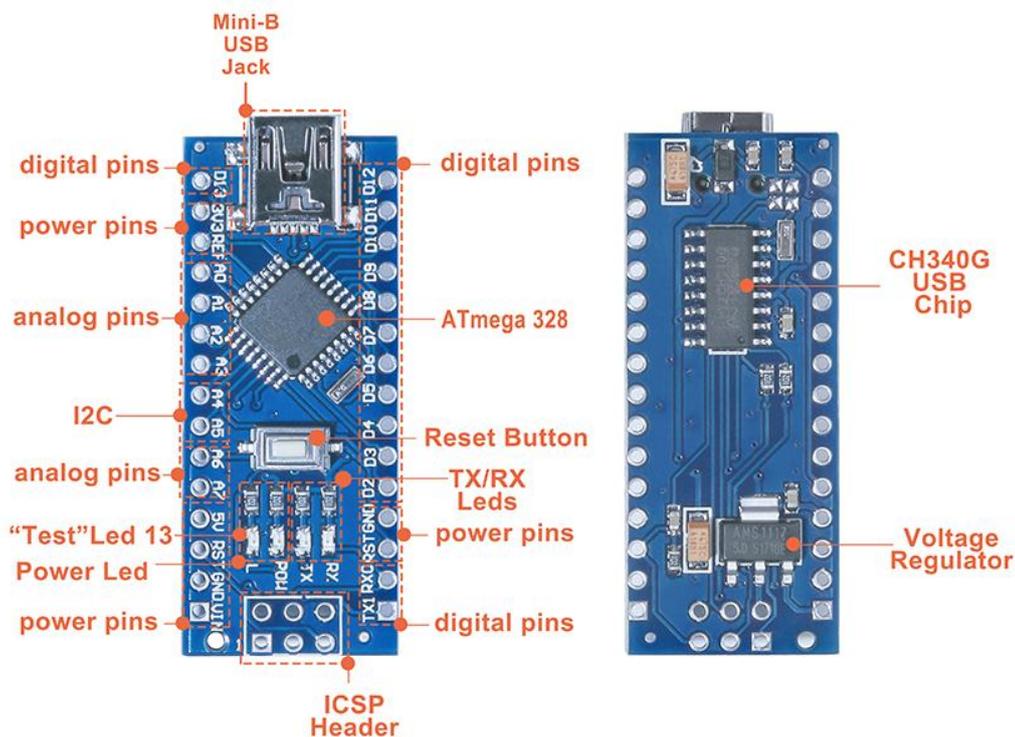


Figure II.7. Architecture de la carte Arduino Nano.

II.2.4.3. Description de la carte Arduino Nano

Cette carte dispose de :

- Microcontrôleur Atmega 328.
- CH 340 G USB.
- Régulateur tension 5v AMS 1117.

- Numériques pins : tous les ports 2 à 13 broches
- Analogiques pins : A0, A1, A2, I2C pins : A4, A5, sur certaines cartes: A6, A7
- PWM pins (Analog Out) : 3, 5, 6, 9, 10, 11
- SMD crystal 16 MHz
- UART pins : RX, TX
- connecteur ICSP (programmation in-circuit)
- bouton de réinitialisation (reset) (150 gf)

II.2.4.4. Caractéristiques

- Voltage opérationnel (au niveau logique) 5 V
- Voltage d'entrée recommandé 7 à 12 V
- Dimensions 0.73 x 1.70 cm
- Broches d'entrées /sorties numérique 14 (dont 6 proposent une sortie PWM)
- Broches d'entrées analogiques 8 pins
- Intensité maxi disponible par la E/S (5V) 40 mA
- Intensité maxi pour la sortie 3.3 V / 50 Ma
- Mémoire Programme Flash 32 KB
- Mémoire SRAM (mémoire-volatile) 2 KB
- Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) 1 KB
- Vitesse d'horloge 16 MHz

II.2.4.5. Alimentation de la carte Arduino Nano

Les broches Vin et GND sont utilisées pour alimenter la source. La carte peut être alimentée par la prise mini-USB jack ou bien par une source d'énergie externe non régulée, à 6-20V (pin 30), ou bien encore par une source d'énergie externe non régulée à 5 V (pin 27). La source d'énergie est automatiquement sélectionnée [15].

II.2.5. Module relais

II.2.5.1. Définition

Le relais est un composant qu'on pourrait comparer à une vanne : il peut soit laisser passer le courant, soit ne pas le laisser passer.

Le relais contient une bobine électrique, qui génère un champ magnétique. Quand le champ magnétique est en place, cela déplace une pièce métallique à l'intérieur du relais, de sorte que celle-ci ouvre ou ferme un circuit électrique [Site10].

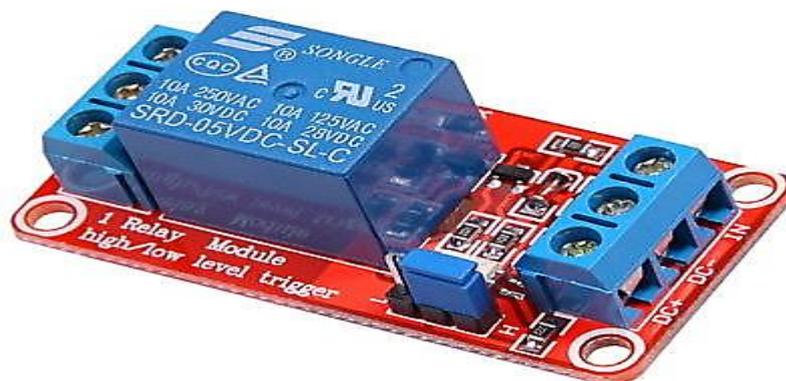


Figure II.8. Module relais 5v.

II.2.5.2. Description du module relais

Le module relais fournit trois connections COM, NC et NO. NC signifie 'NORMALEMENT FERME' lorsque le relais n'a pas de signal d'entrée (valeur LOW dans `digitalWrite()`), le circuit sera actif. Si par contre, une tension de 5 volts est appliquée au relais, le circuit sera coupé. NO signifie 'NORMALEMENT OUVERT', une valeur de 5V appliquée au relais (valeur HIGH dans `digitalWrite()`) coupera le circuit et inversement.

Le module relais contient 3 Broches de connexion :

- broche + = Alimentation (3.3 V-5 V)
- broche - = Masse de l'alimentation
- broche s = broche de réception du signal envoyé par Arduino

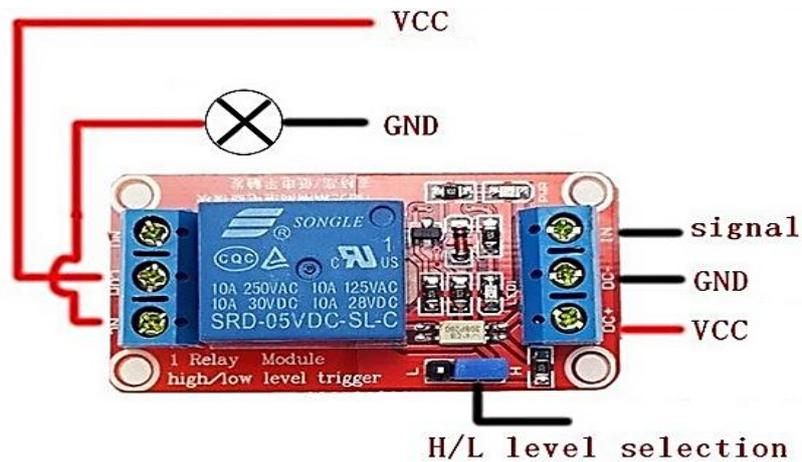


Figure II.9. Les broches de module relais 1 channel.

II.2.5.3. Spécifications

- Dimensions du module (L x l x H) : 50 x 26 x 18,5 mm.
- Charge d'interface commune : AC 250 V/10 A, DC 30 V/10 A.
- Poids : 18 g.
- Tension d'alimentation : 5 V, 12 V et 24 V au choix.

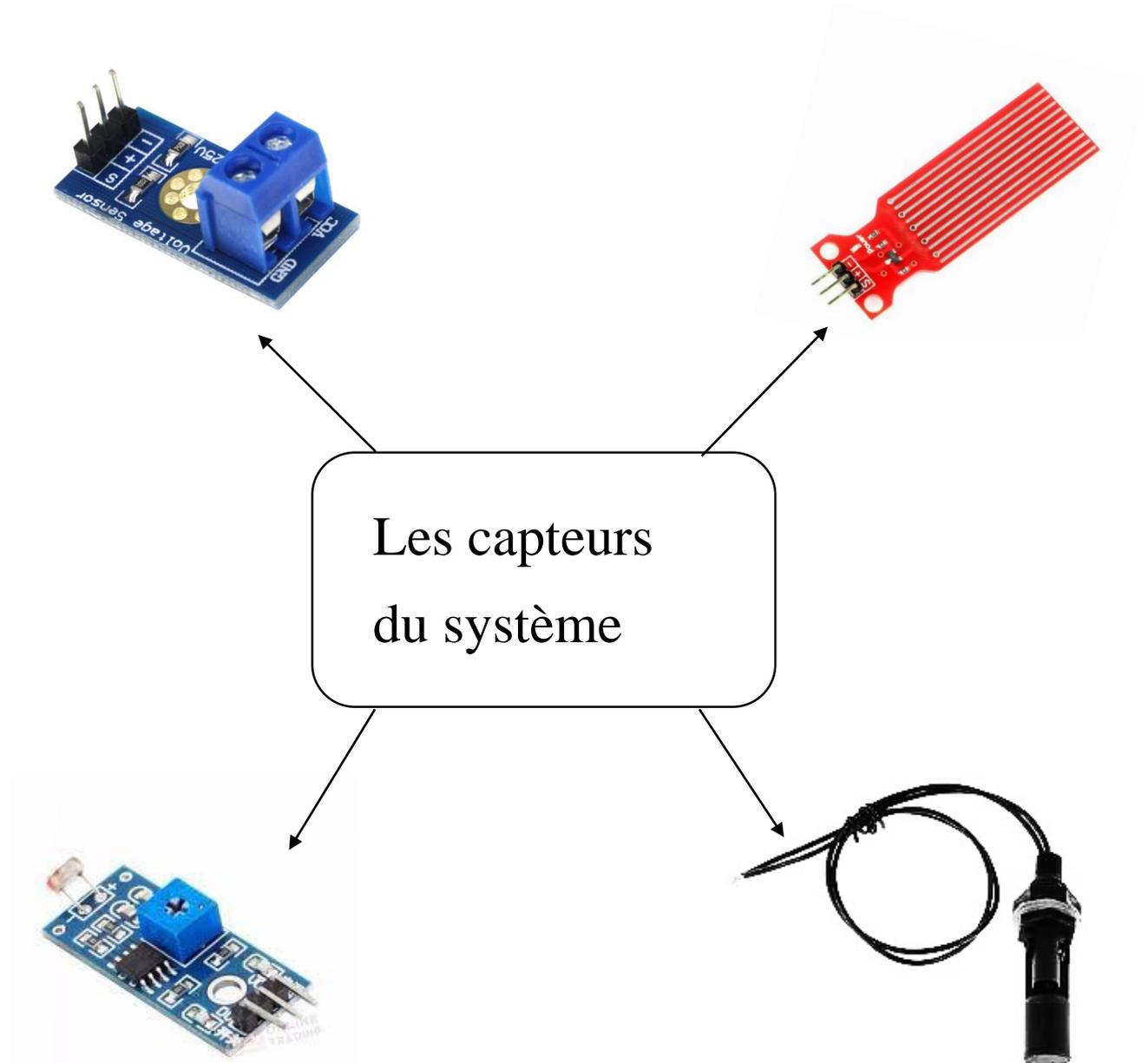
II.3. Accessoires de système de pompage solaire proposé

II.3.1. Les capteurs

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification

II.3.1.1. Fonctionnement d'un capteur avec Arduino

Un capteur est constitué d'un transducteur et d'une électronique d'adaptation. Le transducteur va d'abord mesurer la grandeur physique, par exemple la luminosité. Il va donner une image de cette grandeur grâce à une autre grandeur, dans ce cas une résistance électrique variable [15].



II.3.2. Module LDR (détecteur de nuit)

II.3.2.1. Description

Le capteur LDR (Light Dependent Resistance) est un dispositif sensible à la quantité de lumière reçue. Une variation de lumière (ou d'ombre) provoque une variation de signal. C'est un capteur passif.

Ce capteur de lumière est basé sur une LDR et un amplificateur LM393. Il possède une sortie digitale (la sortie passe à l'état bas lorsque le module reçoit suffisamment de lumière).

La sensibilité est réglable via un potentiomètre pour ajuster le seuil de déclenchement en fonction du niveau de la lumière [Site11].

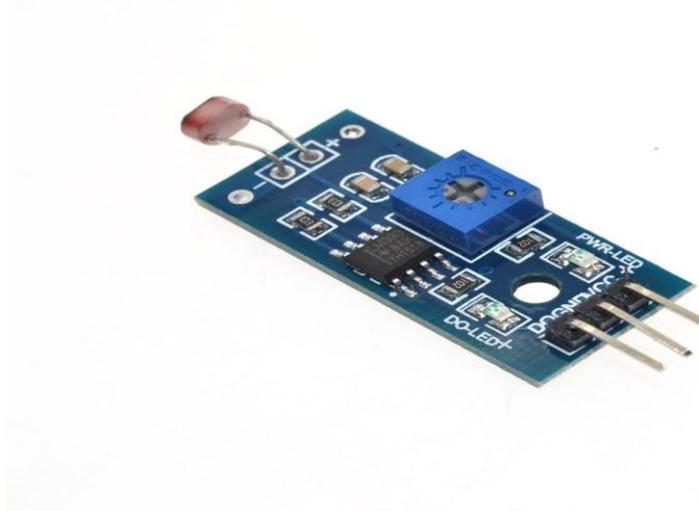


Figure II.10. Module LDR.

II.3.2.2. Caractéristiques

- Il possède un potentiomètre réglable capable d'ajuster la lumière détectée
- tension de travail 3,3 V-5 V.
- Petite taille de carte PCB : 3,2 cm x 1,4 cm.
- la sortie peut être directement connectée au microcontrôleur pour détecter les niveaux haut et bas.
- les sorties DO peuvent directement piloter le module de relais, qui peut être composé d'un interrupteur de commande d'éclairage.

II.3.2.3. Les différentes pins

- D0 : Sortie numérique (0 ou 1)
- GND : la Masse
- VCC : Alimentation positive

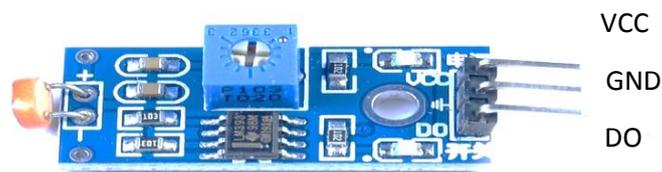


Figure II.11. Les broches de Module LDR.

II.3.2.4. Circuit interne du capteur

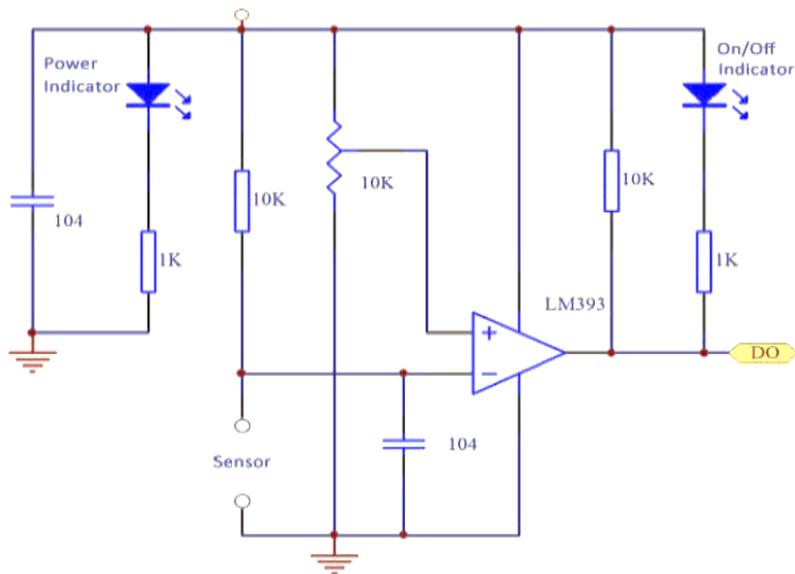


Figure II.12. Circuit interne du Module LDR.

II.3.3. Capteur niveau d'eau dans le réservoir

II.3.3.1. Description

Le capteur de niveau d'eau fonctionne grâce à une série de traces de cuivre exposées reliées à la terre entrelacées de traces de détection. Ces traces fonctionnent comme une résistance variable. La présence d'eau sur le capteur entraîne un court-circuit entre ces traces ce qui permet de détecter sa présence. Il convertit le niveau d'eau en sortie analogique directement exploitable par un microcontrôleur. La valeur du signal dépend du niveau d'immersion du capteur [Site12].

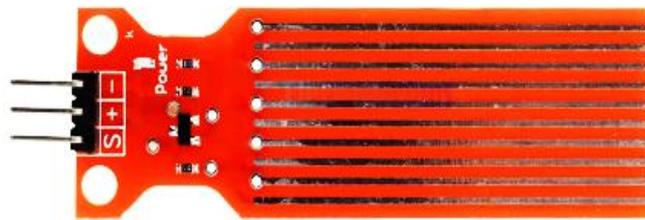


Figure II.13. Capteur niveau d'eau.

II.3.3.2. Circuit interne du capteur

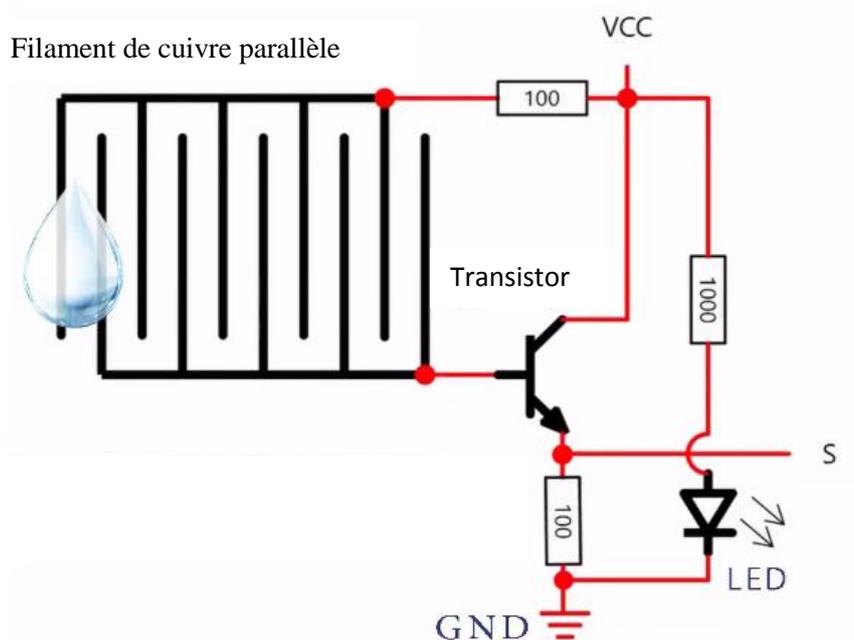


Figure II.14. Circuit interne du capteur niveau d'eau.

II.3.3.2. Caractéristiques

Tableau II-5 : Les caractéristiques du capteur niveau d'eau,

Tension de fonctionnement	3-5 V DC
Courant de fonctionnement	20 mA
Dimension de la zone de détection	40 x16 mm
Taille de la carte	62 x 20 x 8 mm
Température de fonctionnement	10-30°

II.3.4. Capteur de tension (voltage sensor)

II.3.4.1. Description

Ce module est basé sur le principe de pression des points de résistance. La tension d'entrée analogique Arduino maximale est de 5 V, la tension d'entrée de ce module ne doit pas être supérieure à $5\text{ V} \times 5 = 25\text{ V}$ (si pour le système 3.3 V, la tension d'entrée ne doit pas dépasser $(3.3\text{V} \times 5 = 16.5\text{V})$).

Car la puce Arduino AVR a une annonce de 10 bits, cette résolution de simulation de module est de 0.00489 V (5 V/1023),

Et la tension d'entrée de ce module $0.00489\text{ V} \times 5 = 0.02445\text{ V}$.

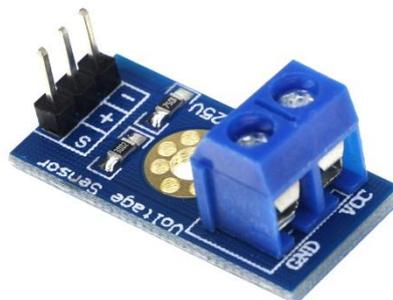


Figure II.15. Capteur de tension [Site13].

II.3.4.2. Caractéristiques

Tableau II-6 : Les caractéristiques du capteur de tension

Gamme d'entrée de tension	DC 0-25 V
Gamme de détection de tension	DC 0.02445 V-25 V
Résolution analogique de tension	0.00489 V
Interface d'entrée cc	Positif VCC, négatif GND

II.3.5. Capteur niveau d'eau dans le puits

Ce type de capteur s'installe verticalement, de manière fixe, dans le puits que l'on souhaite piloter. La position « tête en haut » ou « tête en bas », permet de choisir le mode de fonctionnement « normalement ouvert » ou « normalement fermé ».



Figure II.16. Interrupteur à flotteur.

II.3.5.1. Circuit interne du flotteur

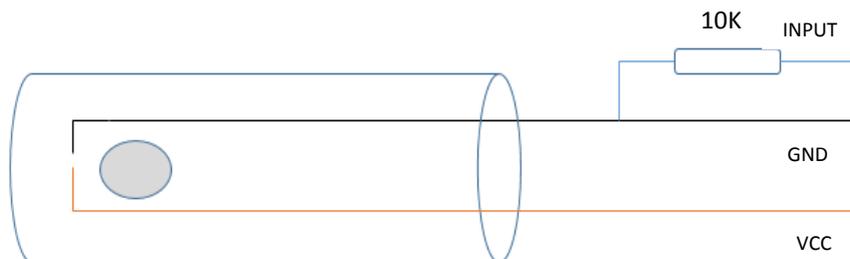


Figure II.17. Circuit interne d'interrupteur à flotteur.

II.3.5.LED : Light Emitting Diode

Les LEDs sont polarisées et ont besoin d'une résistance pour limiter le courant. Il n'est pas bon d'alimenter une LED directement en 5V (via une carte ARDUINO) car elle est en surtension : même si elle fonctionne elle brûlera rapidement. Pour protéger la LED en la câblant en série avec une résistance, dont la valeur se calcule de la manière suivante :

$R = (\text{tension d'alimentation} - \text{tension de seuil}) / \text{courant}$ [Site14].

Couleur : Rouge, Jaune, Bleu, Verte, Orange.

Tension de seuil(Vf) : 1,6 V à 2 V 6 à 20 mA.

Longueur d'onde : 650 à 660 nm.

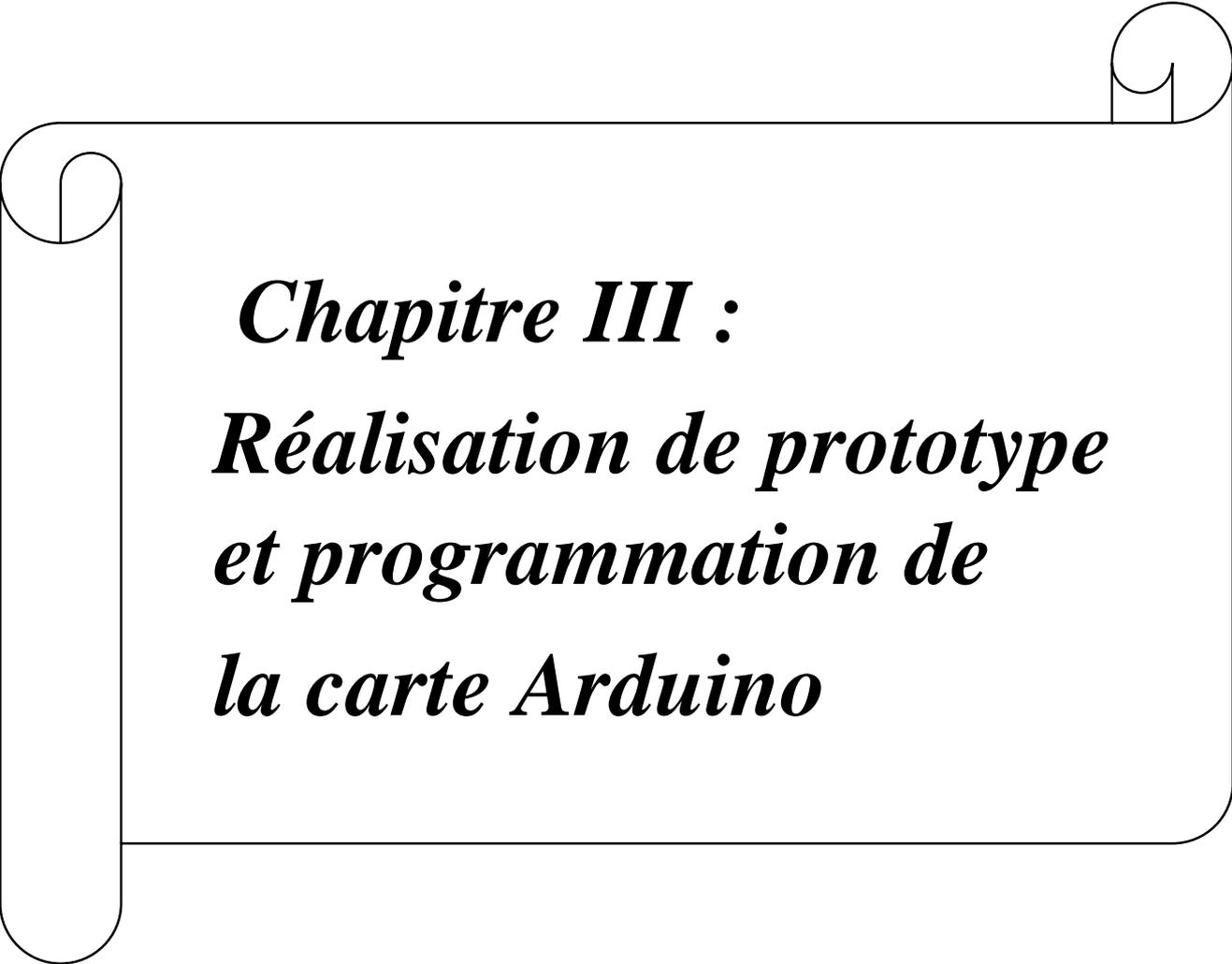
$R = (5 - 1,6) / 0,02 = 170 \text{ Ohms}$.



Figure II.18. Les LEDs du système.

II.4.Conclusion

Les définitions des concepts mises aux claires dans ce chapitre, nous ont permis de comprendre le fonctionnement théorique d'un prototype de système de pompage solaire. Certains principaux éléments composants la réalisation méritent d'être étudiés de façon plus particulière afin d'acquérir une meilleure maîtrise du fonctionnement de pompage solaire.



Chapitre III :
Réalisation de prototype
et programmation de
la carte Arduino

III.1.Introduction

Le contrôle de pompes solaire et la surveillance de niveau d'eau dans le réservoir et le puits se font à l'aide des capteurs, et la carte de commande Arduino pour gérer le fonctionnement des pompes et éviter le débordement. Dans ce chapitre, on va définir la structure du système. Ce chapitre se compose de deux parties : la réalisation de prototype et la programmation de la carte.

III.2.Cahier de charges

III.3. Enoncé du problème

Le problème est que : si le réservoir est plein, il faut arrêter la pompe, si le puits s'assèche, la pompe ne doit pas fonctionner pour la protéger. La durée de vie de la batterie doit être préservée.

On doit permettre de piloter la pompe en contrôlant le niveau d'eau dans le réservoir et dans le puits, une pompe doit fonctionner. Le niveau en question est capté par une sonde de niveau d'eau dans le réservoir et une sonde dans le puits. La pompe tourne en alternance pendant une durée prédéfinie.

III.4.La solution envisagée

Ce système est alimenté par l'énergie solaire. Nous ferons une maquette de commande pour le système. Si le réservoir est vide, la pompe fonctionnera automatiquement, et s'il est plein, la pompe s'arrêtera, et si le puits s'assèche, la pompe s'arrêtera, ne fonctionne pas et pour assurer la protection de la batterie les niveaux d'eau et de batterie sont contrôlés à l'aide des capteurs. La carte de commande peut être réinitialisée manuellement par l'intermédiaire d'un interrupteur.

III.5. Système d'éclairage photovoltaïque autonome

Ces systèmes photovoltaïques sont installés pour assurer un fonctionnement autonome sans recours à d'autres sources d'énergie. Généralement, ces systèmes sont utilisés dans les régions isolées et éloignées du réseau.

Le type de système photovoltaïque autonome est décrit sur la figure III.1. Le genre dont il s'agit d'un couplage avec adaptateur d'impédance PWM (Pulse Width Modulation).

Ce système fonctionne avec stockage d'énergie électrique.

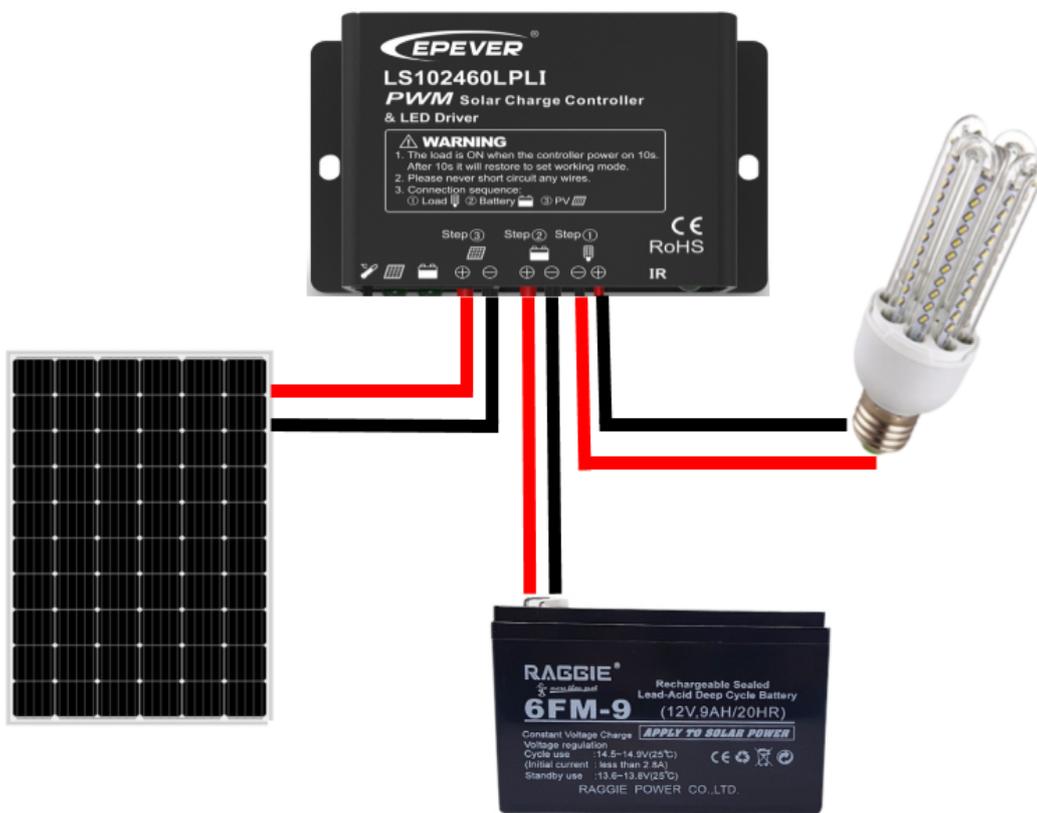


Figure III.1. Branchement du système d'éclairage photovoltaïque autonome.

III.6. Réalisation du système autonome

III.6.1. Matériel utilisé

- Panneau solaire
- Lampe LED
- Régulateur PWM
- Batterie



Figure III.2. Photo réelle de la réalisation du système d'éclairage autonome.

Ce système fonctionne pendant 24 heures (pendant la journée), il est alimenté par le panneau solaire avec stockage l'énergie dans la batterie. Quand la nuit arrive, la lampe est éclairée par la batterie. La lampe est allumée la nuit automatiquement par le régulateur solaire.

III.6.2.Les essais

III.6.2.1.Matériel utilisé

-Multimètre marque VICKY



Figure III.3. Multimètre de marque VICKY .

III.6.2.2.Essai à vide

$V_{BAT}=12,7\text{ V}$

Eclairement =3300 KLX

Le Tableau III-1 représente les résultats d'essai à vide :

Degré	0°	45°	90°
Vco (V)	21,8	21,7	21,2
Icc (A)	5	5,5	3,12

III.6.2.3.Essai en charge

$$V_{pv}=19.9 \text{ V}$$

$$V_{Bat} =14.5 \text{ V}$$

III.7. Réalisation du système de pompage solaire proposé

III.7.1. Branchement des différents modules à la carte ARDUINO Nano

- La LED (rouge) branchée sur la broche 5v indique le fonctionnement du système
“Power system”
- La LED (blanche) branchée sur la broche D3 signifie que le réservoir est plein
“Tank full”
- La LED (jaune) branchée sur la broche D4 signifie que la batterie est faible
“Battery low”
- La LED (orange) branchée sur la broche D5 signifie que le puits asséché “Well dry “
- La LED (bleu) branchée sur la broche D6 Indique l'arrivée de la nuit “LED night”
- La LED (vert) branchée sur la broche D7 signifie démarrage de la pompe “Pump ON”
- Les entrées analogiques A0 A1 A2 sont utilisées pour les capteurs du système
- Les broches numériques D12 pour le relais et D11 pour le module photorésistif LDR

III.7.2.Schéma du système de pompage photovoltaïque proposé

La figure suivante représente le schéma du système proposé

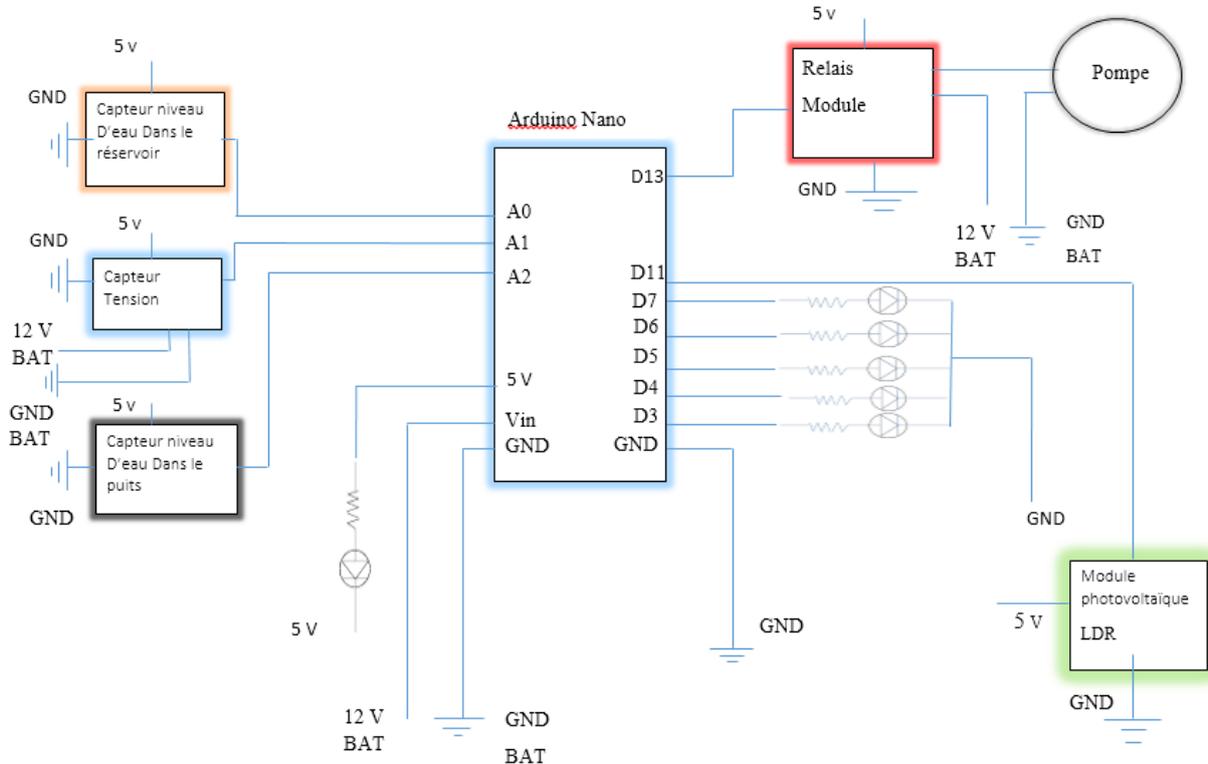


Figure III.4. Schéma du système.

III.7.3.Le temps de fonctionnement de pompe du système

La pompe fonctionne avec les conditions des capteurs, où après avoir détecté des défauts dans les capteurs, la pompe s'éteint et elle ne sera pas activée qu'après cinq minutes qui sont programmées dans la carte Arduino afin de préserver la durée de vie de la pompe. On a 5 min= 300 secondes

Le programme Arduino lit l'heure à l'aide de la fonction "Delay", où 100 représentent 100 ms

III.7.4.Défauts capteurs

Pin A0 : Capteur de tension.

Pin A1 : Capteur de niveau d'eau dans le réservoir.

Pin A2 : Capteur niveau d'eau dans le puits.

Pin D11 : Capteur lumière LDR.

III.8. Réalisation de la maquette

III.8.1. Test du capteur niveau d'eau avec la carte Arduino

La carte Arduino est reliée à ce type de capteurs par les connexions l'entrée analogique A1.

La LED blanche de broche D3 allumée indique le signal indiquant que le réservoir est plein.

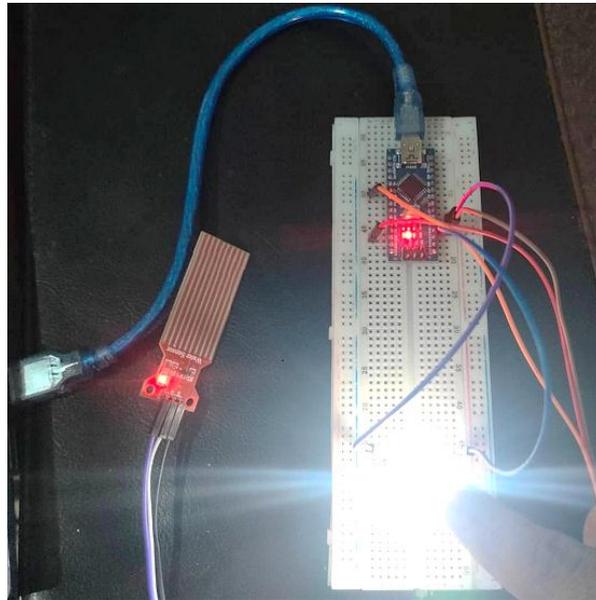


Figure III.5. Photo réelle du test du capteur niveau d'eau avec la carte Arduino .

III.8.2. Test du capteur niveau d'eau dans le puits avec l'Arduino

L'Arduino est relié à ce capteur par la connexion de l'entrée analogique A2. Où lorsque sa forme devient horizontale, la balle tombe et la LED orange de broche D5 s'allume.

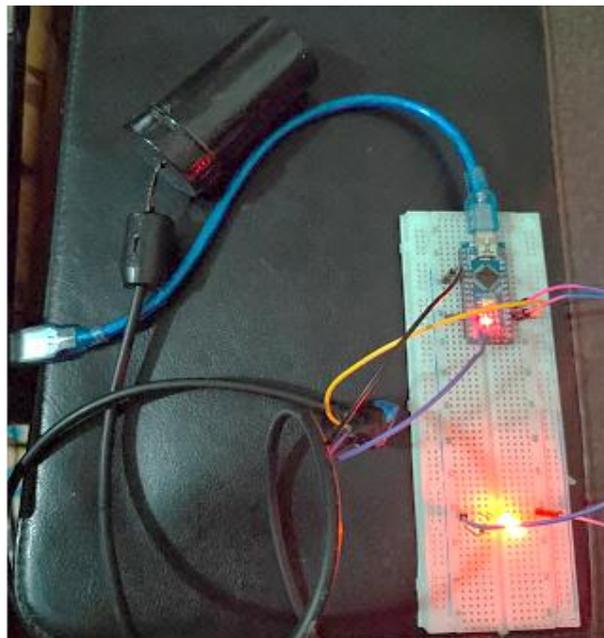


Figure III.6. Photo réelle du test du flotteur avec la carte Arduino.

III.8.3. Test du capteur tension avec la carte Arduino Nano

On utilise une entrée analogique A0 de la carte Arduino pour mesurer une tension et réaliser un testeur de pile. Si la tension mesurée est inférieure à la valeur de tension appliquée, la LED jaune de broche D4 jaune s'allume

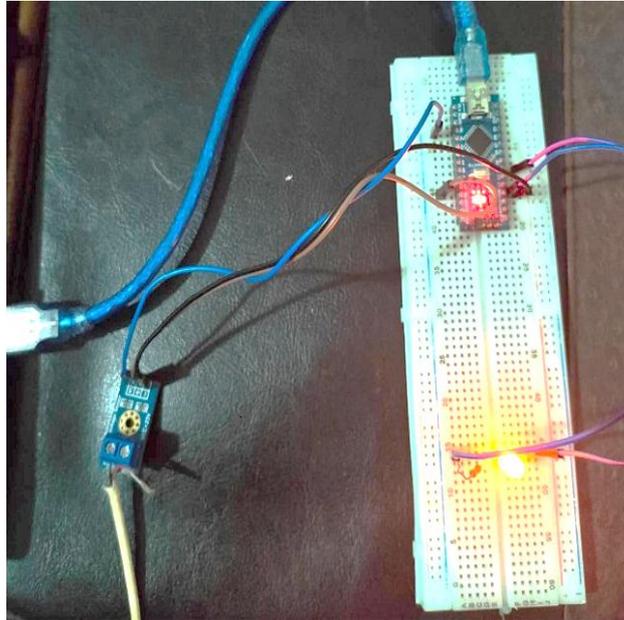


Figure III.7. Photo réelle du test du capteur de tension avec la carte Arduino.

III.8.4. Test du module photorésistif (LDR) avec la carte Arduino

Nous utilisons la broche numérique D11 de la carte Arduino pour détecter la nuit à partir du module LDR., La LED bleue de broche D6 indique qu'il n'y a pas de lumière.

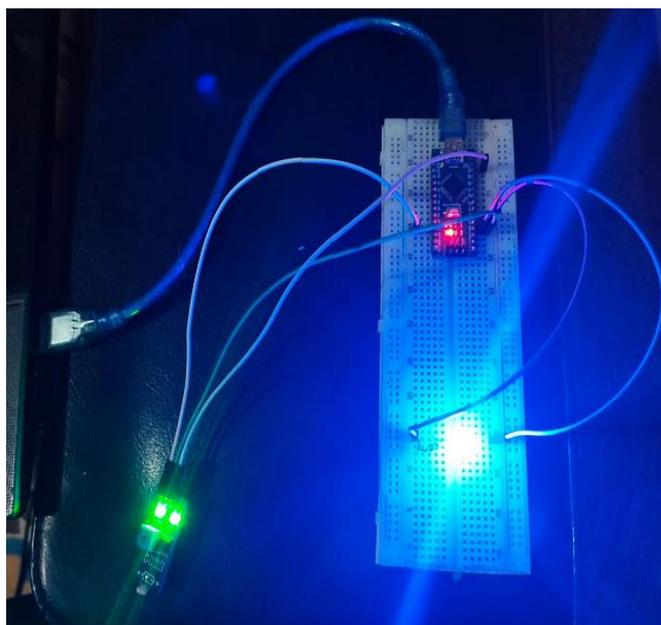


Figure III.8. Photo réelle du test du module photorésistif avec la carte Arduino.

III.8.5. Test du module relais la carte Arduino Nano

Le module relais permet de relier la pompe à la carte Arduino afin d'être commandée. Nous utilisons la broche numérique D13 de la carte Arduino pour faire fonctionner la pompe, si le Relais fonctionne, la LED verte s'allumera, et si la pompe est éteinte, elle s'éteindra , elle sera utilisée pour appliquer le travail des capteurs dans le circuit général.

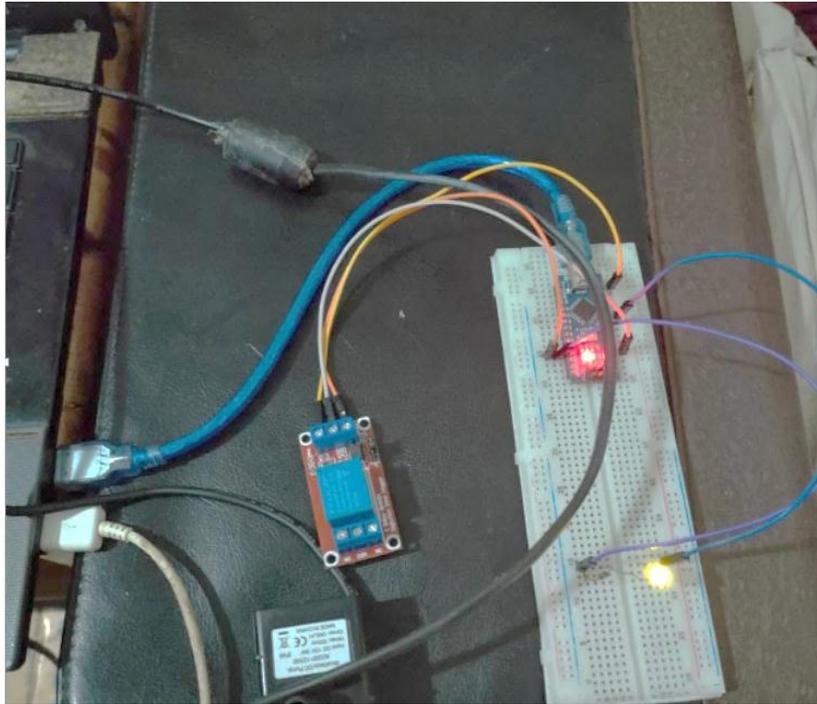


Figure III.9. Photo réelle du test du module Relais avec la carte Arduino.

III.9. Le logiciel utilisé pour programmer la carte Arduino Nano

Les créateurs d'Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes Arduino soit visuelle, simple et complète à la fois. C'est ce que l'on appelle un IDE, qui signifie (Integrated Development Environment) ou Environnement de Développement Intégré. L'IDE Arduino est le logiciel qui permet de programmer les Cartes Arduino .L'IDE affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation .Nous pouvons donc de saisir notre programmée, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte Arduino..., la version la plus récente de l'IDE Arduino est la 1.8.10. L'aspect est à peu près identique sur chaque plate-forme (Windows, Mac et Linux). La figure suivante montre l'écran initial qui apparaît au lancement de l'IDE [Site15].



Figure III.10. Logiciel Arduino IDE.

III.9.1. Structure générale du programme (IDE Arduino)

Le logiciel Arduino IDE a pour des fonctions principales de :

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

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

- une **BARRE DE MENUS** comme pour tout logiciel une interface graphique (GUI),
- une **BARRE DE BOUTONS** qui donne un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel et fait toute sa simplicité d'utilisation,
- un **EDITEUR** (à coloration syntaxique) pour écrire le code de votre programme, avec onglets de navigation [Site15].

- une **ZONE DE MESSAGES** qui affiche indique l'état des actions en cours,
- une **CONSOLE TEXTE** qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme

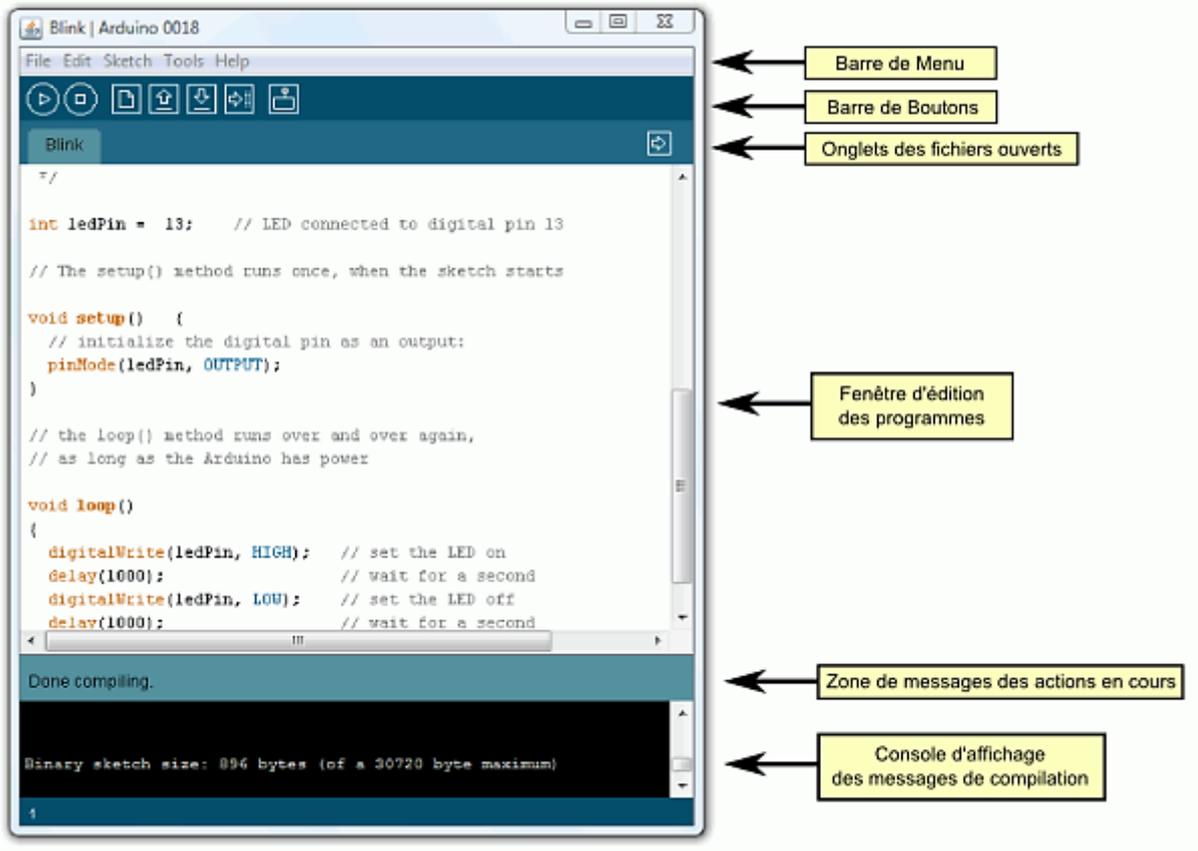


Figure III.11. Les barres des tâches du logiciel Arduino IDE.

III.9.2. Les boutons

La figure suivante montre le fonctionnement des boutons :

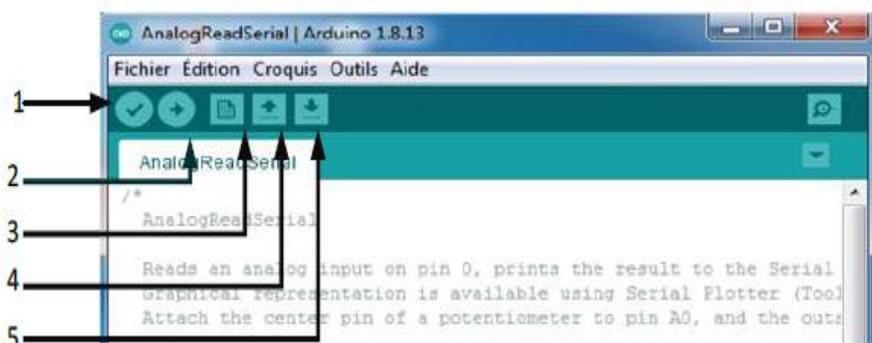


Figure III.12. La barre d'outils.

Bouton 1 : Ce bouton permet de vérifier le programme, il lance un module qui recherche les erreurs dans le code.

Bouton 2 : charger le programme sur la carte Arduino.

Bouton 3 : créer un nouveau fichier

Bouton 4 : ouvrir un document.

Bouton 5 : enregistrer le fichier.

Bouton 6 : ouvrir le moniteur de la série.

III.9.3.Partie programme

Une telle carte d'acquisition qui se base sur sa construction sur un microcontrôleur doit être dotée d'une interface de programmation comme est le cas de notre carte. L'environnement de Programmation open-source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux) [Site15].

III.9.4.L'environnement de la programmation

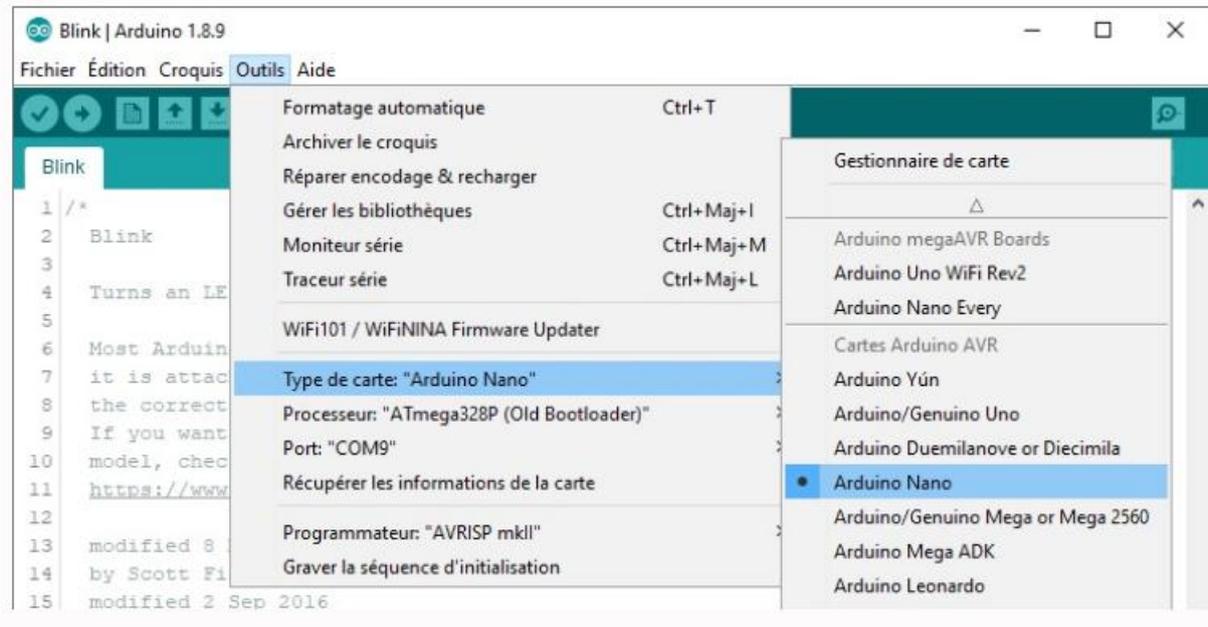
Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers de la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information de ce programme [Site15].

III.9.5.Problème de drivers

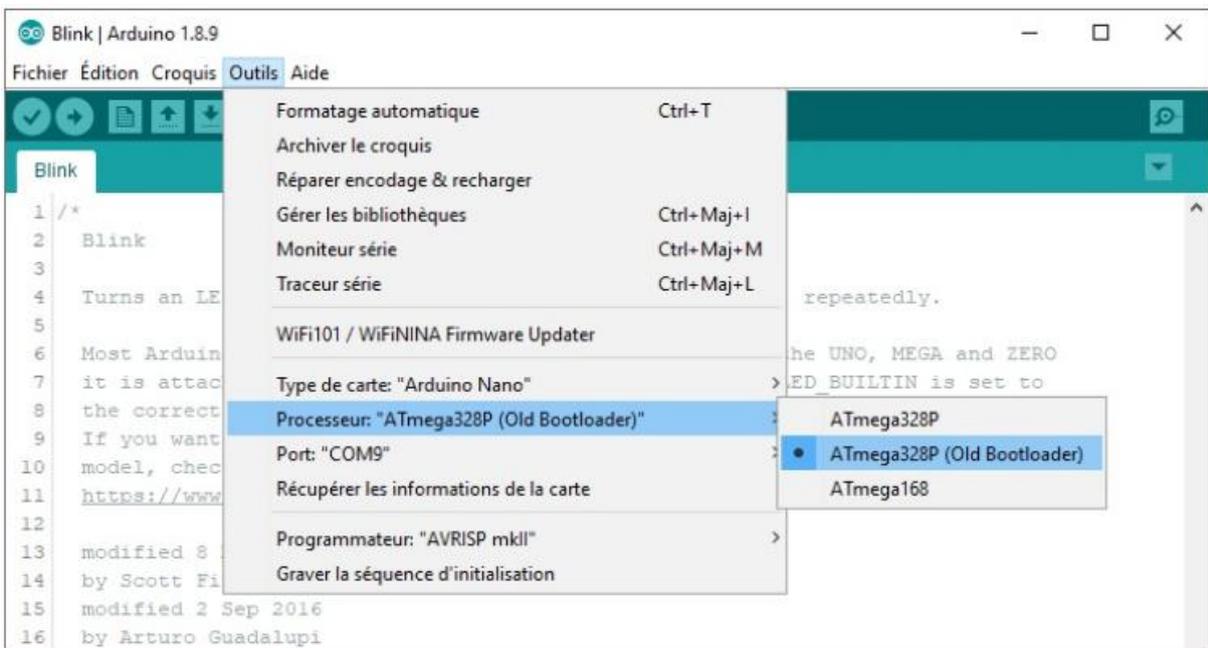
Généralement, les clones chinois n'utilisent pas le même contrôleur USB que les modèles d'Arduino officiels. Il est donc possible que la carte ne soit pas automatiquement reconnue par l'ordinateur. Mais, pas de panique, il suffit simplement de télécharger et d'installer les drivers Arduino CH340.

III.9.6. Téléversement d'un programme Arduino dans l'IDE

Il permet d'envoyer des programmes d'ordinateur vers l'Arduino. Il faut sélectionner la carte : Outils – Type de carte – Arduino Nano



Le processeur : Outils – Processeur – ATmega328P (Old Bootloader)



Et le Port : Outils – Port – COM...

En fin Lancez le téléversement : Croquis – Téléverser (ou la flèche ->)

III.10.Code Arduino général

```
//Cst variable pour la pompe :
const int P_LED = 7;
const int P = 13;
//Cst variable pour capteur de tension :
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;
float R1 = 31000.0;
float R2 = 7500.0;
int value =0;
const int led1 = 4;
//Cst variable pour capteur de niveau d'eau dans le réservoir :
const int led2 = 3;
//Cst pour le capteur de niveau d'eau dans le puits :
const int LevelPin = A2;
const int LevelLED = 5;
int ADC_Val=0;
const int Seuil_0=400; // 1.9V (2.5V pour 512)
//Cst pour capteur LDR :
const int ldr_pin = 11;
const int led_pin = 6;
void setup()
{
    // setup code capteur de tension :
    pinMode(P,OUTPUT);
    pinMode(P_LED,OUTPUT);
    pinMode(A0,INPUT);
    pinMode(4,OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    Serial.print("DC VOLTEMETRE");
    // setup code capteur niveau d'eau dans le réservoir :
    Serial.begin(9600);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(A1,INPUT);
    Serial.println("TEST");
    // setup code capteur niveau d'eau dans réservoir :
    Serial.begin(9600);
    pinMode(5,OUTPUT);
    pinMode(A2, INPUT);
    // setup code module ldr:
    pinMode(ldr_pin,INPUT);
    pinMode(6,OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    digitalWrite(P_LED, LOW);
    digitalWrite(P, HIGH);
}
void loop()
{
    //Lecture et affichage A0:
    value= analogRead(A0);
    vout=(value * 5.0)/1024.0;
    vin=vout /(R2/(R1+R2));
    Serial.print("INPUT V= ");
    Serial.println(vin,2);
    delay (100);
    if (vin>=12,2){
        digitalWrite(4,LOW);
        SetPompe(0, P,P_LED);
    }
    else {
        digitalWrite(4,HIGH);
        SetPompe(1, P,P_LED);
    }
}
```

```
    delay (300000);
}

//Lecture et affichage A1:
int sensorValue = analogRead(A1); //read the water sensor pin 1:
//print out the value you read:
Serial.println(sensorValue);
if (sensorValue>20){
    Serial.println("-HIGH" );
    digitalWrite(3, HIGH);
    SetPompe(1, P,P_LED);
    delay (300000);
}

else{
    digitalWrite(3, LOW);
    SetPompe(0, P,P_LED);
}
// Lecture et Affichage A2
ADC_Val=analogRead(A2);
Serial.print(ADC_Val); Serial.print("\t");
SetStateLevel(ADC_Val, Seuil_0, Level1LED);
delay(100);
// Lecture et affichage ldr_pin:
if( digitalRead( ldr_pin ) == 1){
    digitalWrite( led_pin,HIGH);
    SetPompe(1, P,P_LED);
    delay (300000);
}
else{
    digitalWrite( led_pin , LOW);
    SetPompe(0, P,P_LED);
}
Serial.println( digitalRead( ldr_pin ));
delay(100);
}

void SetStateLevel(int ADCVal, int Seuil, int LED_Pin)
{
if(ADCVal > Seuil)
{
    digitalWrite(LED_Pin, HIGH);
    SetPompe(1, P,P_LED);
    delay (300000);
}
else
{
    digitalWrite(LED_Pin, LOW);
}
}

void SetPompe(byte P_val, int PP, int P_LEDD )
{
if(P_val==0)
{
    digitalWrite(P_LEDD, HIGH);
    digitalWrite(PP, HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(P_LEDD, LOW);
    digitalWrite(PP, LOW);
}
}
}
```

III.11. Tests et résultats

La réalisation de notre projet a eu lieu au laboratoire d'électrotechnique de l'Université M'hamed Bougara Boumerdès, Le projet consiste à la commande d'une pompe solaire à base d'une carte Arduino Nano.

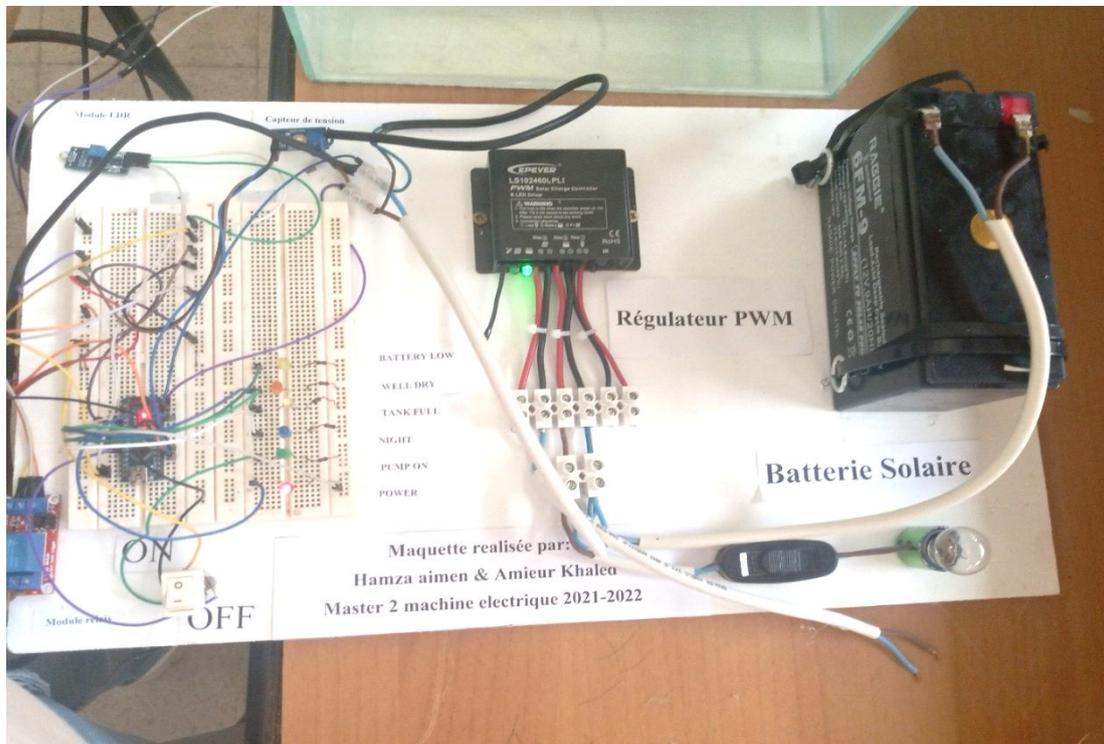


Figure III.13. La photo réelle de la maquette.



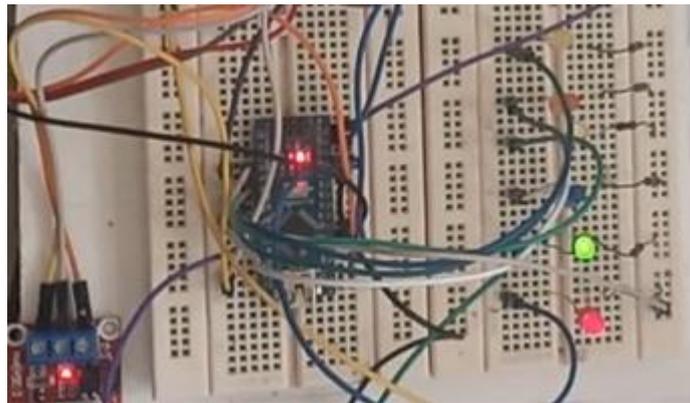
Figure III.14. La photo réelle du système réalisé le 22/06/2022.

Tests :

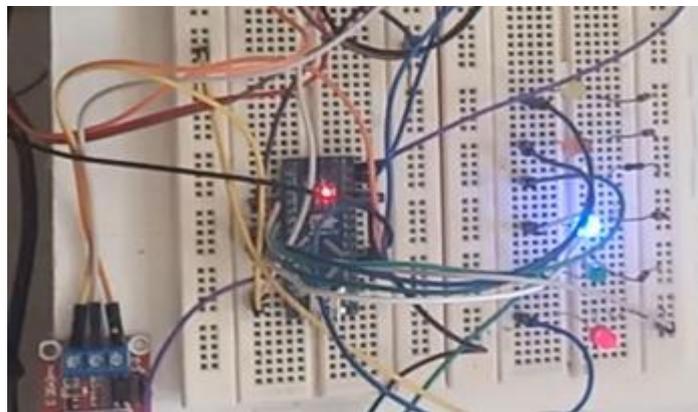
Système de pompage n'a aucune détection des défauts dans les capteurs :

- Lorsque n'a aucune détection du capteur → la pompe commence à marcher.
- Lorsque le capteur de flamme détecte un défaut → la pompe arrête.
- Les deux LED rouge et le vert sont allumés, indiquant que le système fonctionne et que la pompe est activée.

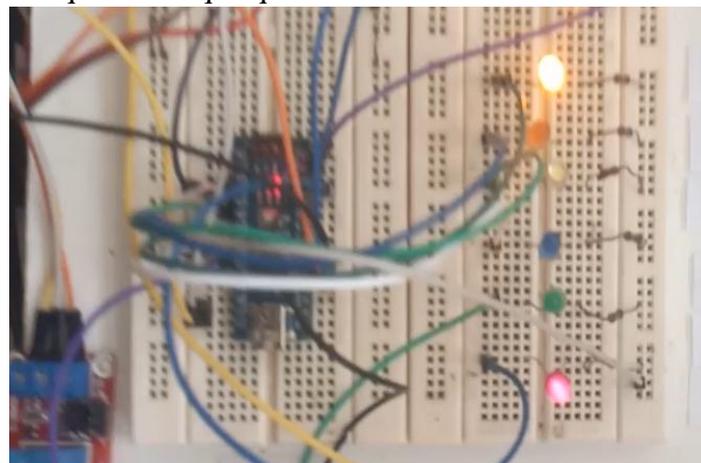
Le système fonctionne correctement :



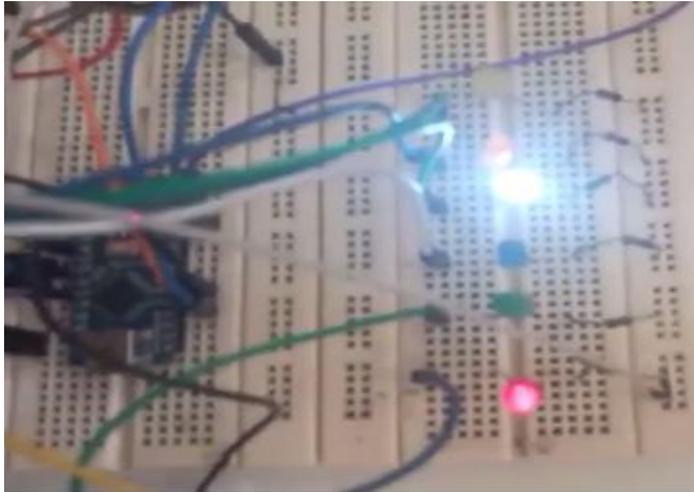
L'allumage de la LED bleue et l'extinction du système témoignent de l'arrivée de la nuit :



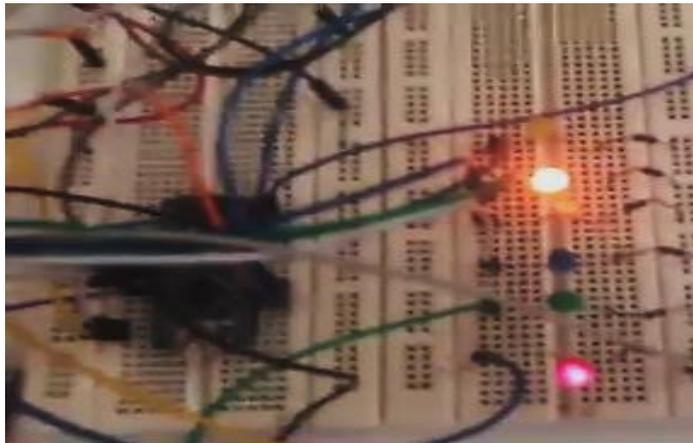
La LED jaune sur la maquette indique que le niveau de la batterie est faible :



L'allumage de la LED blanche dans la maquette indique que le réservoir est plein et que le niveau d'eau a touché la sonde



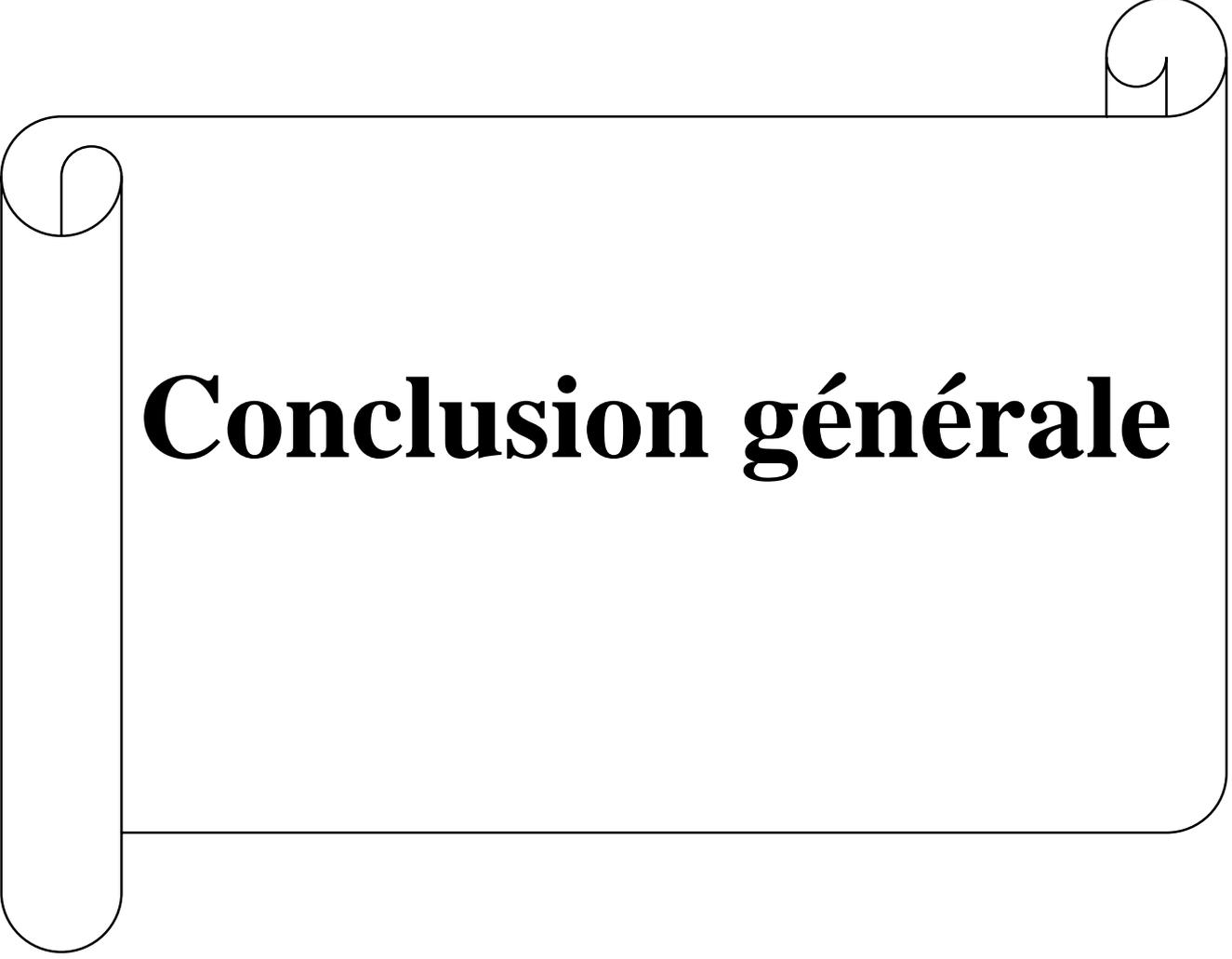
La LED orange dans la maquette s'allume, indiquant que le puits s'est asséché et que le niveau d'eau a diminué sous la pompe, ce qui a coupé le courant dans la sonde pour protéger la pompe contre les dommages



III.12. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons illustré les étapes de la réalisation pratique de notre système ainsi que la programmation des différents capteurs et les actionneurs. Cette programmation se fait grâce à la carte Arduino Nano permettant la commande automatique du système.

On peut conclure que les résultats obtenus sont satisfaisants et les tests réalisés montrent l'efficacité et la réussite de notre système.



Conclusion générale

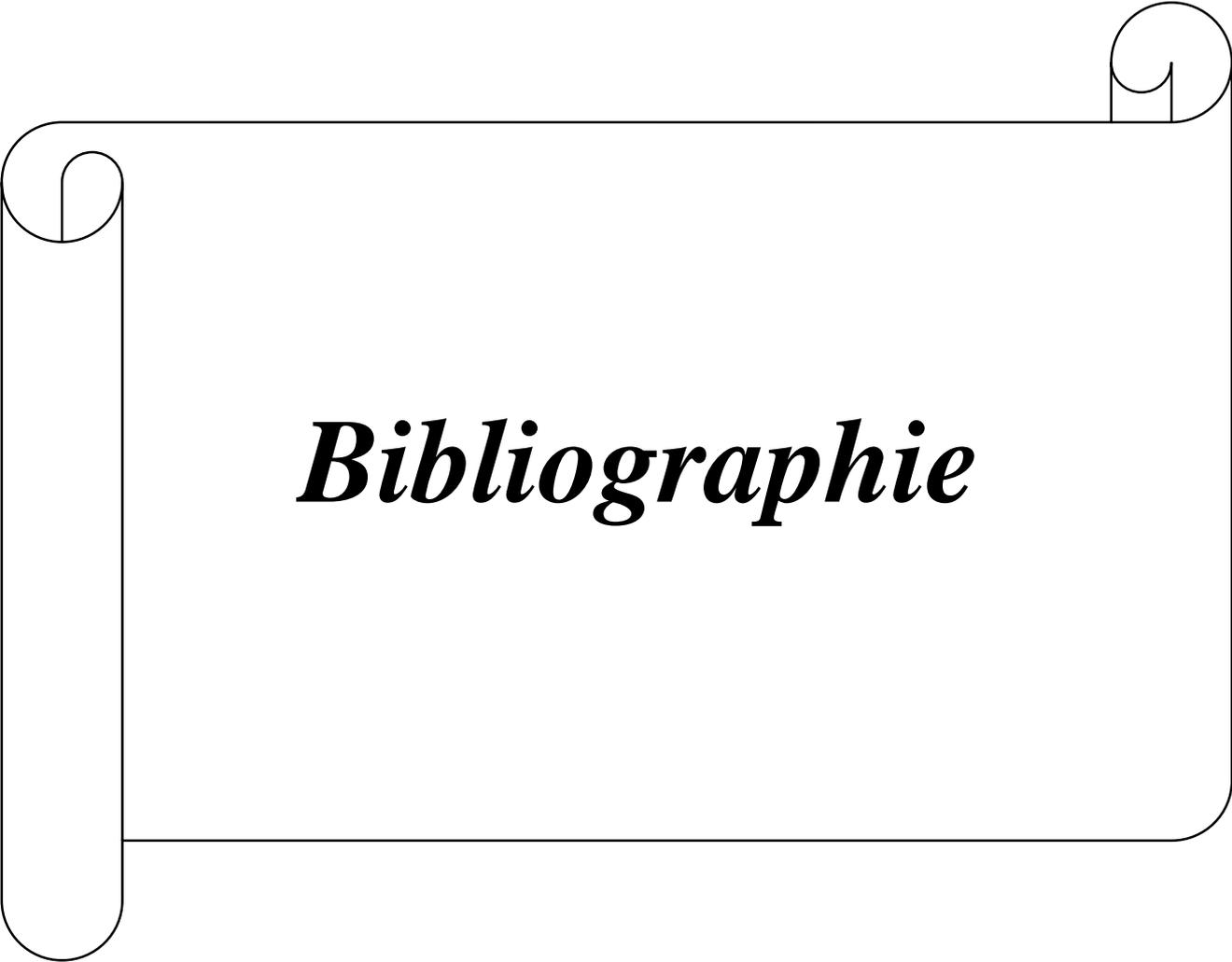
Conclusion générale

L'objectif de notre mémoire était de concevoir et de réaliser un système de commande de pompage photovoltaïque dans le cadre du projet fin d'étude. La problématique de ce travail était de trouver des solutions à plusieurs problèmes posés. La gestion de fonctionnement des pompes, pour déduire le niveau d'eau dans les réservoirs et éviter le débordement de ces derniers, ainsi que la détection des défauts des capteurs. Concevoir un système permettant l'amélioration de l'arrivée de l'eau dans les réservoirs était le point important de la réalisation. Pour cela on a utilisé une carte ARDUINO Nano pour effectuer les différentes tâches du système afin d'apporter des solutions aux problèmes posés dans le cahier de charges.

Ce système permet d'exécuter des tâches industrielles avec une intervention humaine très réduite, on peut conclure que le système proposé permet de :

- Faciliter d'utilisation des cartes Arduino.
- Faciliter la programmation.
- Il existe plusieurs librairies pour les modules électroniques (capteur de tension, Capteur de niveau d'eau...).
- L'inconvénient des cartes, c'est qu'elles ne supportent pas des tensions élevées.

Ce modèle est évolutif et réglable, et la pompe peut être remplacée par une pompe de tension élevée pour une utilisation réelle.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] Mounir Dada et Hamza Erragui «Mise en place d'un système de pompage Photovoltaïque », MEMOIRE fin d'étude à université IBN ZOHR-AGADIR, M hasen chaib, Le 08 Mai 2019
- [2] M. T. Boukadoum, A. Hamidat et N. Ourabia «Le Pompage Photovoltaïque», Centre De Développement. Des Energies Renouvelables, B.P.62, Route De l'Observatoire Bouzaréah 16340, Alger
- [3] Ressources naturelles du canada, Les systèmes photovoltaïques (guide de l'acheteur),
- [4] Belhadj Mohammed « Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome». Mémoire de Magister Option : Microélectronique –Photovoltaïque Centre Universitaire De Bechar Institut des Sciences Exactes 2008.
- [5] Kefsi Djamila, Ouikene Fetta «Commande d'un Système de Pompage Photovoltaïque», MEMOIRE fin d'étude à université Mouloud MAMMERI de TIZI-OUZOU
- [6] Le photovoltaïque Module 3 – Fonctionnement et Technologies Novembre 2010 page 3, 4, 5,6/10. Bibliographie 49, Bejaia 2019
- [7] Ressources naturelles du canada, Les systèmes photovoltaïques (guide de l'acheteur), Division de l'énergie renouvelable électrique, n°M92-28/2001F, Ottawa, Canada 2002.
- [8] S.ABOUDA.«Contribution à la commande des systèmes Photovoltaïque». Université de Reims Champagne-Ardenne.2015
- [9] Jimmy Royer, Thomas Djiako, Eric Schiller, Bocar Sada Sy: « Le Pompage Photovoltaïque ». Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens. Sous la direction d'Eric Schiller.
- [10] GUY GRELLET. GUY CLERC : « ACTIONNEURS ELECTRIQUES. Principes / Modèles / Commandes ». EDITIONS EYROLLES, 2000
- [11] Jacques Laroche : « Electronique de puissance ; convertisseurs » ; Edition DUNOD, France 2005.
- [12] M. BOUKHELF Abderrahim.M. SAMMA Abdelmalek. « Pompes solaire avec batterie de stockage : Etude et réalisation ». Le 31/10/2018 M.Berrag Amine M.A.A à l'Université de Bouira

Bibliographie

[13] «Etude technico-économique de l'irrigation par pompage solaire» MEMOIRE fin d'étude à université ABOU BEKR BELKAID de Telemcen, le 19/06/2018

[14] Camille Evain«Conception et réalisation de la partie électrique du pompage» boulevard de Douaumont - 75017 Paris Mars 2020

[15] Merabti Djahida «Conception et réalisation d'une commande automatique d'une station de pompage à base d'une carte ARDUINO Mega2560» MEMOIRE fin d'étude à université Mouloud MAMMERI de TIZI-OUZOU, le 04/07/2017

Site web :

1. <https://www.solaris-store.com/content/44-principe-de-fonctionnement-d-un-regulateur-solaire>
2. <https://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/controleur-pompe-73676.html>
3. <https://www.directindustry.fr/prod/gruenbeck-wasseraufbereitung/product-25856-929037.html>
4. <https://www.hitma-instrumentatie.be/fr/produits/detecteur-de-niveau-a-flotteur-electronique-barksdale-serie-bls3000>
5. <https://www.dimel-dz.com/product/panneau-solaire-polycristallin/>
6. <https://www.dimel-dz.com/product/regulateur-de-charge-etanche-pwm-ls-lpli/>
7. <https://www.dimel-dz.com/lampe-solaire-a-led/>
8. <https://natcomstore.com/product/raggie-battery-12v-9ah/>
9. https://www.alibaba.com/product-detail/CE-UL-RoHS-SGS-certificated-brushless_60746862999.html
10. <https://www.gotronic.fr/art-module-capteur-de-niveau-d-eau-st045-26116.htm>
11. <https://www.framboise314.fr/scratch-raspberry-pi-composants/module-detecteur-de-lumiere-a-ldr/>
12. <https://www.bol.com/be/fr/p/module-relais-5v-rouge/9300000025880349/>
13. <https://www.engmarket.net/product/capteur-de-tension-5v-25v-standard-pour-arduino/>
14. <https://www.reichelt.com/fr/fr/led-avec-r-sistance-en-s-rie-verte-3-mm-5-volts-led-3mm-5v-gn-p54093.html>
15. <https://forum.arduino.cc/>