

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Réseaux électrique

Thème

**Conception et réalisation d'un suivire solaire à base
d'arduino**

Devant le Jury:

| | | |
|-------------------------------|------------|---------------------|
| Dr. TOUILE Slimane | Rapporteur | Université El Oued. |
| Dr. KOUIDRI Abd Ikrim | Examineur | Université El Oued. |
| Dr. KOUIDRI Abd lhafid | Président | Université El Oued. |

Présenté par :

TERKI LAZHARI

HAMDI ALI

2022-2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT :

En premier lieu, nous tenons à remercier ALLAH, notre créateur pour nous avoir donné la force physique et pouvoir mental pour accomplir ce travail .

Nous adressons nos remerciements à nos professeur encadrant Pr. TOUILE SLIMANE pour leurs conseils avisés , sa grande efficacité, la précision de ses informations et son soutien de près et de loin et leurs grandes compétences tout au long de cette période.

Je tiens à féliciter vivement le chef du département de génie électrique Pr. Htiri masoud . Ainsi qu'à notre Université Echaahid Hama Lakhder El-oued Et tout le personnel administratif.

Nous remercions les professeurs discutant d'avoir libéré leur temps pour voir cet humble travail.

Nous avons l'honneur d'exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à tous ceux qui nous ont aidé et guidé par leurs conseils.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitudes et respects.

DEDICACE:

Je dédie ce mémoire à

Mes parents

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

ملخص

في هذا العمل قمنا بدراسة تجريبية و تطبيقية في الميدان العملي للتحكم في متتبع مسار الاشعة الشمسية من خلال بطاقة التحكم الاردوينو للحصول على القيمة العظمى للاستطاعة المنتجة . الهدف من هذا المشروع هو تحسين في الطاقة الكهربائية للوحة الشمسية تتحرك نسبة الى النظام الثابت . قمنا بتنصيب جهازنا بواسطة هيكل ميكانيكي يتحرك بمحركين ذو تيار مستمر من نوع سيرفو مما يسمح بتدوير اللوحة في الاتجاهين الافقي و العمودي . لقد شكلنا متتبعاً يتكون من اربعة أجهزة متحسسة مقاومة للضوء من نوع **LDR** يتم تحويل الإشارات الصادرة من الأجهزة المتحسسة الي مداخل المتحكم الاردوينو .

الكلمات المفتاحية

الكهروضوئية ، أردوينو ، متتبع الشمس ، محرك ذو تيار مستمر

Résumé

Dans ce travail, nous avons fait une étude pilote et pratique dans le domaine du contrôle d'un suiveur du rayonnement solaire à travers une carte "Arduino UNO" pour obtenir la valeur maximale de la puissance produite. Le but de ce projet est d'améliorer la puissance électrique du panneau solaire en mouvement par rapport au système fixe. Nous avons installé notre appareil au moyen d'une structure mécanique qui se déplace avec deux servomoteurs à courant continu, ce qui permet de faire tourner la plaque dans les directions horizontale et verticale. Nous avons formé un traceur composé de quatre photorésistances LDR .Les signaux des capteurs sont convertis aux entrées du microcontrôleur Arduino.

Le mot clés:

Photovoltaïque, Arduino UNO, Suiveur du soleil, Moteur à CC.

Summary

In this work, we presented a study and a practical control of a sun tracking with an Arduino UNO card to obtain a maximum generated power by a photovoltaic system. The aim of this project is to improve the electric power of the solar panel moving relative to the fixed system. We installed our device by means of a mechanical structure that moves with two DC servo motors, which allows the plate to be rotated in the horizontal and vertical directions. We have formed a tracer consisting of four LDR photoresistors. The signals from the sensors are converted to the inputs of the Arduino microcontroller.

Key words:

Photovoltaic, Arduino, Solar Tracking, DC Motor.



Table de matière

Table de matière:

| | |
|-------------------------|----------|
| <u>TABLE DE MATIÈRE</u> | <u>H</u> |
|-------------------------|----------|

| | |
|---------------------|----------|
| <u>LISTE FIGURE</u> | <u>C</u> |
|---------------------|----------|

| | |
|------------------------------|------------|
| <u>INTRODUCTION GÉNÉRALE</u> | <u>III</u> |
|------------------------------|------------|

CHAPITRE I :

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉNERGIE SOLAIRE

| | |
|--|----------|
| <u>I.1.INTRODUCTION.....</u> | <u>1</u> |
| <u>I.2.LES ÉNERGIES RENOUVELABLES</u> | <u>1</u> |
| <u>I.2.1DÉFINITION</u> | <u>1</u> |
| <u>I.2.2 LES TYPES DES ÉNERGIES RENOUVELABLES</u> | <u>1</u> |
| <u>I.3.LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES</u> | <u>3</u> |
| <u>I.3.1.DÉFINITIONS.....</u> | <u>3</u> |
| <u>I.3.1.3.Cellule photovoltaïque</u> | <u>3</u> |
| <u>I.3.2.FABRICATION DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES.....</u> | <u>4</u> |
| <u>I.3.3.LES DIFFÉRENTS TYPES DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES.....</u> | <u>4</u> |
| <u>I.3.4.PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE</u> | <u>5</u> |
| <u>I.3.5.PARAMÈTRES PHYSIQUES D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE.....</u> | <u>6</u> |
| <u>I.4.CONCLUSION.....</u> | <u>6</u> |

CHAPITRE II :

GÉNÉRALITÉS SUR LE MICROCONTRÔLEUR ARDUINO

| | |
|--|-----------|
| <u>II.1 INTRODUCTION</u> | <u>7</u> |
| <u>II.2 DÉFINITION D'UN MICROCONTRÔLEUR</u> | <u>7</u> |
| <u>II.3 A PROPOS D'ARDUINO</u> | <u>7</u> |
| <u>II.4 Définition du module Arduino</u> | <u>8</u> |
| <u>II.5 CARACTERISTIQUE DU MICROCONTROLEUR</u> | <u>8</u> |
| <u>II.6 DEFAUTS DU MICROCONTROLEUR</u> | <u>9</u> |
| <u>II.7 CARACTERISTIQUE DE LA CARTE ARDUINO:</u> | <u>9</u> |
| <u>II.8 APPLICATIONS DES MICROCONTROLEURS</u> | <u>10</u> |
| <u>II.9 LES DIFFÉRENTES CARTES ARDUINO</u> | <u>11</u> |
| <u>II.10 ARTICLES CONSTITUTIONNELS DE LA CARTE ARDUINO UNO</u> | <u>11</u> |
| <u>II.10.1 PARTIE MATÉRIELLE</u> | <u>11</u> |
| <u>II.10.1.1 MICROCONTRÔLEUR ATMEGA328.....</u> | <u>12</u> |
| <u>II.10.1.2 LES SOURCES DE L'ALIMENTATION DE LA CARTE</u> | <u>12</u> |
| <u>II.10.1.3 LES ENTRÉES ET SORTIES</u> | <u>13</u> |
| <u>II.10.1.4 LES PORTS DE COMMUNICATIONS.....</u> | <u>15</u> |
| <u>II.10.2 PARTIE PROGRAMME.....</u> | <u>15</u> |
| <u>II.10.2.1 L'ENVIRONNEMENT DE LA PROGRAMMATION</u> | <u>15</u> |
| <u>II.10.2.2Structure d'un programme Arduino</u> | <u>16</u> |
| <u>II.10.2.3 Injection du programme</u> | <u>16</u> |
| <u>II.10.2.4 Etapes de téléchargement du programme</u> | <u>17</u> |
| <u>II.12 Accessoires de la carte Arduino</u> | <u>18</u> |
| <u>II.12.1 Communication</u> | <u>18</u> |

Table de matière:

| | |
|---|-----------|
| <u>II.12.1.1 Module Arduino Bluetooth</u> | <u>18</u> |
| <u>II.12.1.2 Module shield Arduino Wifi</u> | <u>19</u> |
| <u>II.12.1.3 Module XBee</u> | <u>19</u> |
| <u>II.12.2 Capteurs</u> | <u>20</u> |
| <u>II.12.3 Drivers</u> | <u>20</u> |
| <u>II.13 CONCLUSION</u> | <u>23</u> |

CHAPITRE III :

CONCEPTION ET RÉALISATION DU SYSTÈME

| | |
|---|-----------|
| <u>III.1.INTRODUCTION :.....</u> | <u>24</u> |
| <u>III.2. PRINCIPE GÉNÉRAL:.....</u> | <u>24</u> |
| <u>III.3.PARTIE PROGRAMMATION</u> | <u>26</u> |
| <u>III.4.PARTIE SIMULATION</u> | <u>27</u> |
| <u>III.5.PARTIE ÉLECTRONIQUE</u> | <u>27</u> |
| <u>III.6.LA PARTIE MÉCANIQUE</u> | <u>27</u> |
| <u>III.7. EVALUATION DES RESULTATS :</u> | <u>28</u> |
| <u>III 8.CONCEPTION ET ÉTUDE DES COMPOSANTS:</u> | <u>31</u> |
| <u>III. 8.1.ARDUINO UNO.....</u> | <u>31</u> |
| <u>III.8.2.SERVOMOTEUR.....</u> | <u>31</u> |
| <u>III.8.3.RÉSISTANCE OPTIQUE (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) LDR.....</u> | <u>32</u> |
| <u>III.8.4.LA CARTE DE CIRCUIT IMPRIMÉ(PRINTED CIRCUIT BOARD) (PCB)</u> | <u>32</u> |
| <u>III.8.5.LA RÉSISTANCE.....</u> | <u>32</u> |
| <u>III.8.6.BREADBOARD.....</u> | <u>33</u> |
| <u>III.8.7.PANNEAU SOLAIRE</u> | <u>27</u> |
| <u>III.8.8.FILS ET LE CÂBLE USB.....</u> | <u>34</u> |
| <u>III.9.Les types des suiveurs solaires.....</u> | <u>34</u> |
| <u>III.10.CONCLUSION</u> | <u>37</u> |

CONCLUSION GÉNÉRALE

BIBLIOGRAPHIES



Liste figure

| | |
|---|-----------|
| <u>FIGURE(I.1) : UNE CENTRAL ÉOLIENNE</u> | <u>1</u> |
| <u>FIGURE (I.2) : FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE.....</u> | <u>2</u> |
| <u>FIGURE (I.3) : LES TYPES DE RAYONNEMENT SOLAIRE.</u> | <u>3</u> |
| <u>FIGURE(I.4): LE PRINCIPE DE LA CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE.</u> | <u>4</u> |
| <u>FIGURE (I.5) : FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE.</u> | <u>5</u> |
| <u>FIGURE II.1: LE MICROCONTROLEUR.....</u> | <u>7</u> |
| <u>FIGURE II.2 LA CARTE ARDUINO UNO</u> | <u>8</u> |
| <u>FIGURE II.3 TYPE DE CARTE ARDUINO</u> | <u>11</u> |
| <u>FIGURE II.4 MICROCONTRÔLEUR ATMEGA328.....</u> | <u>12</u> |
| <u>FIGURE II.5 CONSTITUTION DE LA CARTE ARDUINO.....</u> | <u>15</u> |
| <u>FIGURE II.6 INTERFACE IDE ARDUINO</u> | <u>16</u> |
| <u>FIGURE II.7 PARAMÉTRAGE DE LA CARTE</u> | <u>17</u> |
| <u>FIGURE II.8 LES ÉTAPES DE TÉLÉCHARGEMENT DU CODE</u> | <u>18</u> |
| <u>FIGURE II.9Type de modules Bluetooth</u> | <u>18</u> |
| <u>FIGURE II.10 MODULE SHIELD WIFI.....</u> | <u>19</u> |
| <u>FIGURE II.11 MODULE XBEE.....</u> | <u>19</u> |
| <u>FIGURE II .12 CAPTEUR ARDUINO.....</u> | <u>20</u> |
| <u>FIGURE II.13 MOTEURS ÉLECTRIQUES.....</u> | <u>20</u> |
| <u>FIGURE II.14 AFFICHEURS LCD.....</u> | <u>21</u> |
| <u>FIGURE II.15 RELAIS.....</u> | <u>21</u> |
| <u>FIGURE III (1) : PRINCIPE GÉNÉRAL DE LA COMMANDE DU TRACKING.....</u> | <u>24</u> |
| <u>FIGURE III (2) : SCHÉMA SYNOPTIQUE DE LA TECHNIQUE DU TRACKING.</u> | <u>24</u> |

| | |
|---|-----------|
| <u>FIGURE III (3) : REPRÉSENTATION DES PLANS 1 ET 2 SÉPARANT LES LDR.</u> | <u>25</u> |
| <u>FIGURE III (4) : VUE D'EN HAUT DE LA DISPOSITION DES QUATRE CAPTEURS LDR.....</u> | <u>25</u> |
| <u>FIGURE III (5) : INTERFACE IDE DU LOGICIEL ARDUINO.</u> | <u>26</u> |
| <u>FIGURE III (6): MONTAGE DU SYSTÈME SIMULÉ SUR PROTEUS.</u> | <u>27</u> |
| <u>FIGURE III (7): SCHÉMA DE PRINCIPE DU PROTOTYPE DES CAPTEURS ET SERVOMOTEURS AVEC L'ARDUINO.....</u> | <u>27</u> |
| <u>FIGURE III (8) : STRUCTURE DU CHÂSSIS DU TRACKER.....</u> | <u>28</u> |
| <u>FIGURE III 9: PANNEAU AVEC SUIVEUR.....</u> | <u>28</u> |
| <u>FIGURE III 10: PANNEAU FIXE (ORIENTÉ VERS LE SUD).....</u> | <u>29</u> |
| <u>FIGURE III 11. LA PUISSANCE PRODUITE DANS UN PANNEAU SUIVEUR.....</u> | <u>31</u> |
| <u>FIGURE III (12): ARDUINO UNO.....</u> | <u>31</u> |
| <u>FIGURE III (13): SERVOMOTEUR.....</u> | <u>32</u> |
| <u>FIGURE III (14): RÉSISTANCE OPTIQUE (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) LDR.....</u> | <u>32</u> |
| <u>FIGURE III (15): LA CARTE DE CIRCUIT IMPRIMÉ(PRINTED CIRCUIT BOARD) (PCB).</u> | <u>32</u> |
| <u>FIGURE III (16): LA RÉSISTANCE.....</u> | <u>33</u> |
| <u>FIGURE III (17): breadboar.....</u> | <u>33</u> |
| <u>FIGURE III (18): panneau solaire.....</u> | <u>34</u> |
| <u>FIGURE III (19): Fils Figure III (20): Câble USB type A/B.....</u> | <u>34</u> |
| <u>FIGURE III (21) : Types de suiveurs solaires.....</u> | <u>34</u> |
| <u>FIGURE III (22) : Exemple et fonctionnement du suiveur passif.....</u> | <u>35</u> |
| <u>FIGURE III (23) : Exemple et fonctionnement du suiveur actif.....</u> | <u>36</u> |



Introduction Générale

Introduction:

Introduction:

L'épuisement des sources d'énergie naturelles non renouvelables telles que les sources de pétrole, de gaz naturel et de charbon ainsi que leur impact néfaste sur l'environnement à pousser la communauté scientifique à trouver d'autres alternatives. En effet, les énergies renouvelables, ou comme on l'appelle les énergies propres telles que le vent, l'eau et le soleil sont utilisées de plus en plus grand.

Les progrès technologiques ont permis d'exploiter les rayons émis par le soleil et ce qu'il transporte de chaleur et de lumière en une énergie électrique [1]. Parmi les techniques permettant de convertir l'énergie solaire en électricité, nous nous appuyons sur l'effet photoélectrique qui se manifeste sur un capteur de lumière de cellule photovoltaïque, on appelle aussi panneaux photovoltaïque (PV) où les photons de la lumière affectent un matériau semi-conducteur qui transfère son énergie aux électrons qui génèrent une tension électrique [2].

Cependant, pour avoir un rendement maximal de ces PV il faut que ces derniers soient orientés vers le soleil d'une façon perpendiculaire ce qui n'est pas possible sans avoir appel à un système de poursuite solaire.

Notre travail s'inscrit dans l'objectif général d'optimiser les performances des systèmes photovoltaïques en augmentant le rendement énergétique par l'intégration d'un système de poursuite solaire.

Dans le premier chapitre nous présenterons les différentes énergies renouvelables en étudiant d'une façon plus approfondie la production de l'électricité par l'effet photovoltaïque.

Le deuxième chapitre nous avons traité de l'appareil Arduino, qui est également considéré comme un microprocesseur et un microcontrôleur, car nous avons parlé de ses différents types et de son environnement de programmation, ainsi que des différents plugins et capteurs.

Dans le troisième chapitre nous allons présenter les différentes étapes de la conception de notre suiveur et l'implémentation des différents dispositifs utilisés dans ce projet.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

CHAPITRE I : **Généralités sur** **l'énergie solaire**

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

I.1.Introduction

L'une des sources d'énergie renouvelable les plus populaires est l'énergie solaire, qui est obtenue à partir du rayonnement solaire. Les panneaux photovoltaïques sont des dispositifs qui convertissent directement la lumière du soleil en électricité utilisable. Lorsque la lumière du soleil frappe les cellules photovoltaïques composant les panneaux, les photons dans la lumière provoquent la libération d'électrons, générant ainsi un courant électrique. Cette électricité peut être utilisée pour alimenter des appareils électriques, des bâtiments ou être stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure.

I.2.Les énergies renouvelables

I.2.1Définition

Effectivement, les énergies renouvelables sont extraites de sources naturelles inépuisables ou renouvelables, ce qui signifie qu'elles ne sont pas épuisées par leur utilisation et qu'elles peuvent être régénérées en permanence. Cela les distingue des énergies fossiles, qui sont des ressources limitées et non renouvelables [3].

I.2.2 Les types des énergies renouvelables

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables, produites à partir de sources différentes :

a) Énergie éolienne

Dans le cas de l'énergie éolienne, l'énergie électrique est générée par l'énergie cinétique du vent. En effet, l'éolienne est couplée à une génératrice électrique afin de créer du courant continu ou alternatif [3].



Figure(I.1) : une central éolienne

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

b) Énergie hydraulique

Effectivement, l'énergie cinétique de l'eau, notamment dans les fleuves, rivières, barrages, courants marins et marées, peut être utilisée pour produire de l'électricité grâce à l'hydroélectricité. Voici comment cela fonctionne [3].

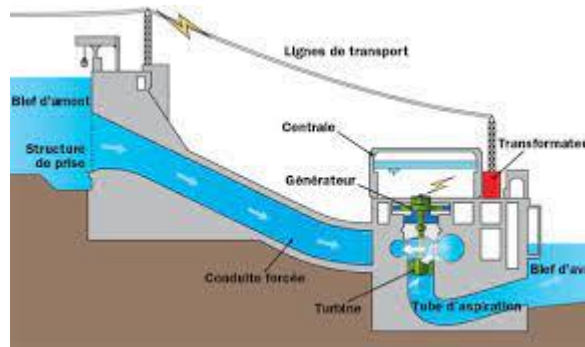


Figure (I.2) : fonctionnement d'une centrale hydroélectrique

c) Biomasse

L'énergie sous forme de chaleur est issue de la combustion de matériaux biologiques (ressources naturelles, cultures ou déchets organiques) [3]. On en distingue trois catégories principales :

- ❖ Le bois
- ❖ Le biogaz
- ❖ Les biocarburants

d) Géothermie

Absolument, la géothermie est une science qui explore la chaleur interne de la Terre et son utilisation en tant que source d'énergie. Cette énergie thermique peut être exploitée de différentes manières, selon la ressource géothermique disponible et la technologie utilisée [3].

e) Énergie solaire

Ce type d'énergie renouvelable est généré directement par le rayonnement solaire. L'énergie solaire est exploitée selon deux principaux modes de fonctionnement [3] :

- Solaire photovoltaïque (panneaux solaires photovoltaïques) : l'énergie solaire est exploitée en vue de produire l'électricité.
- Solaire thermique : Dans ce cas, le rayonnement solaire sera employé pour échauffer un fluide. Ce type d'énergie peut être également utilisé pour produire de l'électricité.

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons à la production de l'électricité en utilisant les panneaux solaires photovoltaïques dont nous allons employer un système électromécanique, un suiveur, dans le but d'améliorer le rendement de ces PV.

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

I.3. Les panneaux photovoltaïques

I.3.1. Définitions

I.3.1.1. Le rayonnement solaire

Le rouge a la plus grande longueur d'onde visible, suivi de l'orange, du jaune, du vert, du bleu et du violet ayant la plus petite longueur d'onde. Lorsque ces différentes longueurs d'onde de la lumière blanche du soleil se propagent à travers un prisme ou sont dispersées par des gouttelettes d'eau, elles se séparent en un spectre coloré, créant un arc-en-ciel [4].

Types de rayonnement

Les rayons solaires traversant l'atmosphère terrestre sont répartis en [5] :

- Rayonnement direct : Ce sont des rayons qui tombent directement sans avoir aucune barrière (nuages, bâtiments ...).
- Rayonnement diffus : ce sont les rayons du soleil réfractés par les nuages.
- Rayonnement réfléchi : ce sont les rayons résultant de la réflexion de la lumière de solaire par les différents sols.

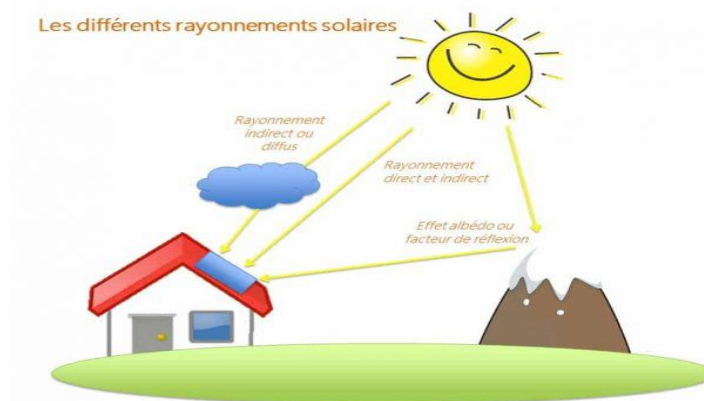


Figure (I.3) : Les types de rayonnement solaire.

I.3.1.2. Panneaux photovoltaïques

Tout à fait, un panneau photovoltaïque est un dispositif composé de cellules photovoltaïques qui convertissent directement la lumière du soleil en électricité utilisable. Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir de matériaux semi-conducteurs tels que le silicium, qui ont la capacité de produire un courant électrique lorsqu'ils sont exposés à la lumière [6].

I.3.1.3. Cellule photovoltaïque

Effectivement, une cellule photovoltaïque est un dispositif électronique composé de semi-conducteurs qui produit une différence de tension électrique, appelée tension ou potentiel photovoltaïque, et génère un courant électrique lorsqu'il est exposé à la lumière [7].

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

Domaines d'application des panneaux photovoltaïques

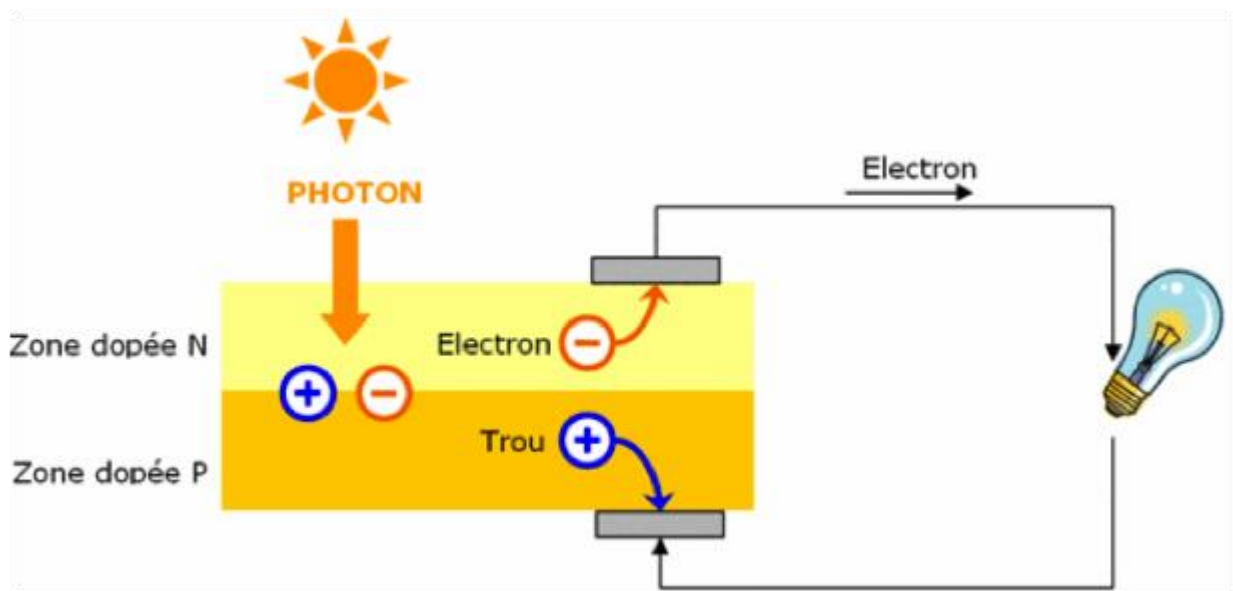
Les panneaux solaires sont appliqués dans plusieurs domaines tels que :

- L'usage domestique
- Les satellites
- Eclairage public
- Agronomie

I.3.2.Fabrication des cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques sont constituées de plusieurs couches, les plus importantes étant les deux couches principales sont N et P :

- N la substance de silicium dans laquelle le nombre d'électrons est prédominant (le matériau électronique).
- P représente la substance de silicium dans laquelle le nombre d'espaces est le prédominant.
- la surface de contact entre P et N appelée la jonction PN.
- une couche transparente est ajoutée à la surface avant de la cellule pour augmenter l'intensité d'absorption de la lumière.
- une couche métallique est ajoutée à la surface avant et arrière de la cellule pour former les pôles de la cellule photovoltaïque ; la surface de la couche métallique ne dépassant pas les 5% de la totalité de la surface avant du panneau [5].



Figure(I.4): le principe de la cellule photovoltaïque.

I.3.3.Les différents types des cellules photovoltaïques

I.3.3.1Les cellules photovoltaïques monocristallins

Les panneaux solaires monocristallins sont utilisés dans les zones où l'intensité d'éclairage est élevée. Les cellules des panneaux solaires monocristallins sont en silicium pur dont le

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

rendement énergétique se situe entre 18% et 24%, ce qui est le meilleur en termes de rentabilité [8].

Sachant que le Rendement énergétique est défini comme suit ;

C'est le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule P_{max} (I_{opt}) et la puissance solaire incidente. Il est donné par [9]

$$n = \frac{P_{max}}{P_{inc}} = \frac{I_{opt} \times V_{opt}}{P_{inc}}$$

Avec P_{inc} égale au produit de l'éclairement et de la surface totale des générateurs PV. Ce paramètre reflète la qualité de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

I.3.3.2. Les cellules photovoltaïques polycristallins

Effectivement, les cellules des panneaux solaires polycristallins sont constituées d'un groupe de cristaux de silicium de tailles différentes. Ce type de panneau solaire est très répandu dans le monde en raison de son bon rapport qualité-prix et de son rendement respectable [8].

I.3.3.3. Les cellules solaires amorphes

Les cellules amorphes sont fabriquées en déposant une fine couche de silicium amorphe sur un substrat, généralement en verre. Cette méthode de fabrication est plus simple et moins coûteuse que celle des cellules cristallines, ce qui permet de produire des panneaux solaires amorphes à un coût plus abordable [9].

I.3.4. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

La jonction PN présente dans la cellule photovoltaïque crée un champ électrique interne grâce à la différence de charges électriques entre la couche de type N et la couche de type P. Ce champ électrique favorise la séparation des paires électron-trou générées lors de l'absorption de photons [10].

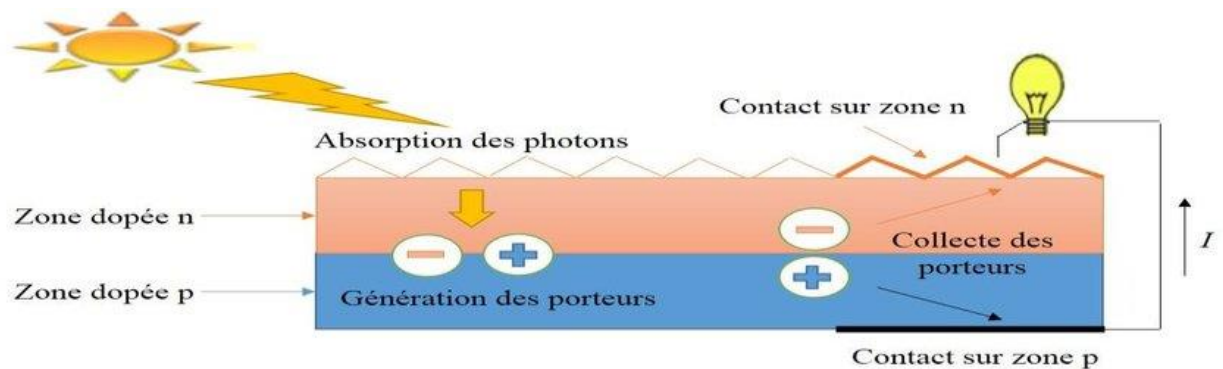


Figure (I.5) : Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

I.3.5. Paramètres physiques d'une cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques ont plusieurs paramètres physiques importants qui déterminent leur fonctionnement et leur performance. Voici quelques-uns des principaux paramètres :

Tension à circuit ouvert (V_{oc}) : C'est la tension maximale que peut produire une cellule photovoltaïque lorsqu'elle n'est pas connectée à un circuit externe. Elle est mesurée en volts (V). La tension à circuit ouvert dépend de la combinaison de matériaux utilisés dans la cellule et de la température .

Courant de court-circuit (I_{sc}) : C'est le courant maximal qu'une cellule photovoltaïque peut fournir lorsqu'elle est court-circuitée, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a aucune résistance dans le circuit externe. Il est mesuré en ampères (A). Le courant de court-circuit dépend de la taille de la cellule, de la quantité de lumière incidente et de la température .

Puissance maximale (P_{max}) : C'est la puissance maximale que peut produire une cellule photovoltaïque lorsqu'elle est connectée à un circuit externe avec une charge optimale. Elle est mesurée en watts (W). La puissance maximale est généralement indiquée dans les spécifications des panneaux solaires et est obtenue en multipliant la tension maximale par le courant maximal.

I.4. Conclusion

C'est un excellent choix de continuer en abordant le microcontrôleur Arduino dans le prochain chapitre. Les microcontrôleurs Arduino sont très populaires dans le domaine de l'électronique et de l'automatisation, et ils offrent de nombreuses possibilités pour contrôler et optimiser les installations solaires.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

CHAPITRE II :
Généralités sur le
microcontrôleur
Arduino

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

II.1 Introduction

L'électronique embarquée offre de nombreux avantages par rapport à l'électronique traditionnelle. En simplifiant les schémas électroniques, elle réduit l'utilisation de composants, ce qui se traduit par une réduction des coûts de fabrication des produits. De plus, les systèmes embarqués permettent de créer des fonctionnalités plus complexes et plus performantes, car la programmation offre une flexibilité et une adaptabilité plus grandes que les circuits électroniques statiques.

II-2 microcontrôleur

*Définition

Les microcontrôleurs sont largement utilisés dans les systèmes embarqués, où ils fournissent le contrôle et la gestion de diverses tâches dans des dispositifs électroniques. Ils sont couramment utilisés dans des applications telles que les appareils ménagers, les télécommandes, les systèmes de surveillance, les dispositifs médicaux, les jouets électroniques, les systèmes de contrôle industriel et de nombreux autres domaines. [12]

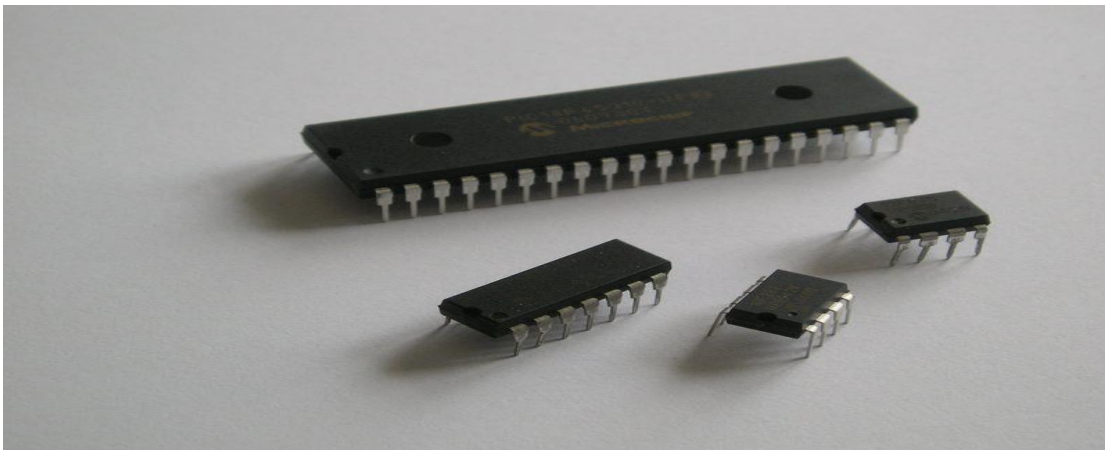


Figure II-1 Le microcontrôleur

II-3 A Propos d'Arduino

L'équipe d'enseignants et d'étudiants de l'école de Design d'Interaction d'Ivrea a commencé à développer Arduino en tant que plateforme de prototypage open-source. Ils ont conçu une carte de développement basée sur un microcontrôleur simple et abordable, capable de se connecter facilement à un ordinateur et de contrôler divers composants électroniques. [13].

Le projet Arduino a débuté en 2005, lorsque cette équipe de professeurs et d'étudiants de l'école de Design d'Interaction d'Ivrea a décidé de créer une plateforme de prototypage électronique abordable et facile à utiliser. Ils ont conçu une carte de développement basée sur un microcontrôleur ATmega8, qui pouvait être programmée à l'aide de l'environnement de développement intégré (IDE) Arduino. [14].

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

II.4 Définition du module Arduino

Le microcontrôleur est le cœur de l'Arduino et est programmé pour analyser et produire des signaux électriques, permettant ainsi d'accomplir une grande variété de tâches. Les applications de l'Arduino sont vastes et incluent l'électrotechnique industrielle et embarquée, le modélisme, la domotique, l'art contemporain, le pilotage de robots, la commande de moteurs, les jeux de lumière, la communication avec un ordinateur, la commande d'appareils mobiles, etc.. [15]

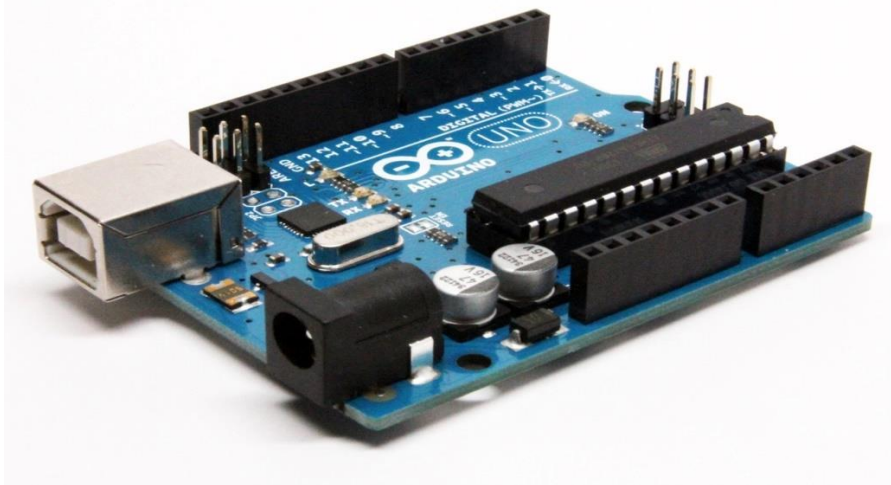


Figure II.2 La carte Arduino UNO[16]

II.5 Caractéristique du microcontrôleur

Les microcontrôleurs offrent plusieurs avantages dans le domaine de l'électronique et de la programmation. Voici quelques-uns des principaux avantages des microcontrôleurs :

Compacité : Les microcontrôleurs sont des circuits intégrés compacts qui intègrent généralement le processeur, la mémoire, les entrées/sorties et d'autres fonctionnalités sur une seule puce. Cela permet de réduire la taille globale des systèmes électroniques et les rend adaptés aux applications embarquées et aux appareils compacts

Coût : Les microcontrôleurs sont généralement abordables en termes de coût, ce qui les rend accessibles pour une large gamme de projets et d'applications. Ils sont moins chers que les processeurs généraux utilisés dans les ordinateurs et offrent des fonctionnalités spécifiques adaptées aux besoins des systèmes embarqués

Faible consommation d'énergie : Les microcontrôleurs sont conçus pour être économes en énergie, ce qui les rend adaptés aux applications alimentées par batterie ou nécessitant une

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

consommation d'énergie réduite. Ils peuvent fonctionner efficacement avec des sources d'alimentation limitées. [17]

II.6 Défauts du microcontrôleur

Bien que les microcontrôleurs présentent de nombreux avantages, ils ne sont pas sans leurs : inconvénients. Voici quelques inconvénients courants associés aux microcontrôleurs

Puissance de traitement limitée : Comparés aux ordinateurs de bureau ou aux microprocesseurs plus puissants, les microcontrôleurs ont une puissance de traitement relativement limitée. Ils sont conçus pour des tâches spécifiques et peuvent ne pas être adaptés aux applications nécessitant un .calcul intensif ou des performances élevées

Capacité de mémoire restreinte : Les microcontrôleurs ont généralement une quantité limitée de mémoire intégrée, y compris la mémoire flash pour le stockage du programme et la mémoire RAM pour les données. Cela peut limiter la taille et la complexité des programmes ou des .données qu'ils peuvent gérer

Limitations des entrées/sorties : Les microcontrôleurs ont un nombre limité de broches d'entrée/sortie pour communiquer avec le monde extérieur. Cela peut limiter le nombre de capteurs, actionneurs ou périphériques externes pouvant être connectés directement au microcontrôleur. Des solutions supplémentaires, telles que des multiplexeurs ou des interfaces supplémentaires, peuvent être nécessaires pour étendre les capacités d'entrée/sortie. [17]

II.7 Caractéristique de la carte Arduino

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant à personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit:

- ✓ **Prix (réduits) :** les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes.
- ✓ **Multi plateforme :** le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

- ✓ **Environnement de programmation clair et simple** : l'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- ✓ **Logiciel Open Source et extensible** : le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).
- ✓ **Matériel extensible** : les cartes Arduino sont basées sur les microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût. [18].

II.8 Applications des microcontrôleurs

Les microcontrôleurs sont utilisés dans une grande variété d'applications, allant des produits grand public aux systèmes industriels complexes. Voici quelques exemples d'applications courantes des microcontrôleurs :

*Appareils électroniques grand public : Les microcontrôleurs sont utilisés dans de nombreux appareils électroniques grand public tels que les téléphones portables, les tablettes, les téléviseurs, les caméras, les lecteurs MP3, les montres intelligentes, les consoles de jeux, etc. Ils permettent de contrôler les fonctionnalités, les interfaces utilisateur et les connexions réseau de ces appareils

*Domotique et automatisation résidentielle : Les microcontrôleurs sont utilisés dans les systèmes de domotique pour contrôler l'éclairage, le chauffage, la climatisation, les systèmes de sécurité, les volets, les portes, les capteurs de mouvement, les capteurs environnementaux, etc. Ils permettent de créer des maisons intelligentes et de gérer les dispositifs connectés

*Systèmes embarqués industriels : Les microcontrôleurs sont largement utilisés dans les systèmes embarqués industriels tels que les robots industriels, les machines CNC (Commande Numérique par Ordinateur), les automates programmables, les systèmes de contrôle et de

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

surveillance industrielle, les capteurs et les actionneurs. Ils offrent des capacités de contrôle en temps réel, de traitement des données et de communication pour ces systèmes. [19]

II.9 Les différentes cartes Arduino

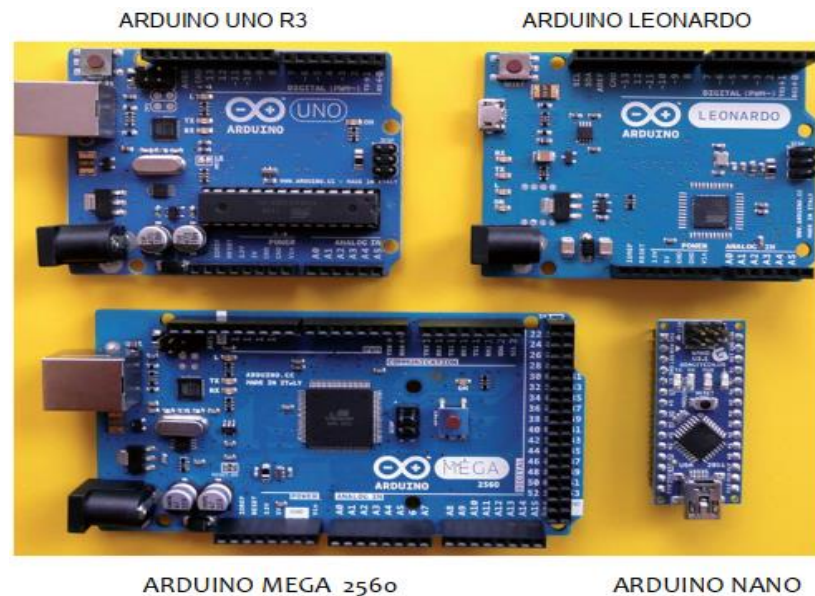


Figure II.3 Type de carte Arduino

Il suffit d'un coup d'œil pour constater que les cartes se différencient par leur taille et par le nombre de broches de connexions, et donc de possibilités de raccordement avec le monde extérieur. Elles ont aussi différents processeurs, fréquences d'horloge et capacités de stockage. Pourtant, elles fonctionnent toutes selon le même principe et elles peuvent être adressées et programmées par l'intermédiaire du même environnement de développement. Selon le domaine d'application et des besoins du projet, une carte Arduino sera peut-être plus adaptée qu'une autre. L'un aura besoin d'une carte dotée de nombreuses broches d'E/S et choisira par exemple l'Arduino Méga ou la Due. L'autre préférera l'Arduino Micro ou Nano pour leur petite taille qui leur permet de se glisser dans un petit boîtier.

II. 10 Articles Constitutionnels de la carte Arduino UNO

Le module Arduino est conçu pour faciliter la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Il comprend des composants complémentaires tels que des régulateurs linéaires 5V pour fournir une alimentation stable aux différents composants du module. L'oscillateur à quartz de 16 MHz (ou le résonateur céramique) fournit une horloge précise pour le microcontrôleur, ce qui est essentiel pour le fonctionnement du système.

II.10.1 Partie matérielle

Effectivement, de nombreux modules électroniques qui possèdent une interface de programmation sont basés sur des circuits programmables ou plus généralement des microcontrôleurs. Les

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

microcontrôleurs offrent une flexibilité et une capacité de contrôle logiciel qui permettent de développer une grande variété de fonctionnalités et d'applications.

II.10.1.1 Microcontrôleur ATmega328

Le microcontrôleur ATmega328 intègre un processeur, de la mémoire (tant pour le programme que pour les données), des interfaces d'entrée/sortie et d'autres fonctionnalités nécessaires au fonctionnement du système. Ces composants complexes, tels que les transistors, les résistances et les condensateurs, sont inclus dans le circuit intégré.[16]

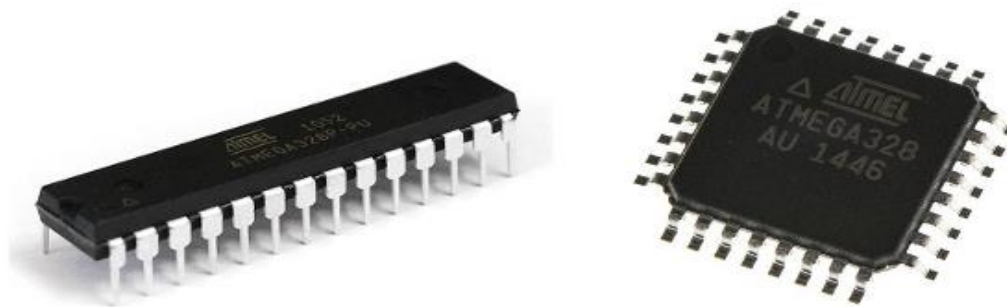


Figure II.4 Microcontrôleur ATmega328

Le composant CMS Le composant classique Figure II.2 Microcontrôleur ATmega328 Le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement sur :

- **Mémoire Flash:** C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko).
- **RAM :** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.
- **EEPROM :** C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme. [20]

II.10.1.2 Les sources de l'alimentation de la carte

La carte mère, ou simplement la carte, est l'un des composants essentiels d'un ordinateur. Elle sert de plateforme principale sur laquelle sont connectés les autres composants matériels, tels que le processeur, la mémoire, les cartes d'extension, etc. Pour fonctionner correctement, la carte

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

nécessite une alimentation électrique appropriée. Voici les principales sources d'alimentation de la carte :

*Connecteur d'alimentation principal (ATX) : La carte mère est alimentée par un connecteur d'alimentation principal généralement appelé ATX. Il s'agit d'un connecteur rectangulaire à 20 broches multiples qui fournit une alimentation continue à la carte

*Connecteur d'alimentation du processeur (EPS/ATX12V) : Le processeur sur la carte mère nécessite une alimentation supplémentaire pour fonctionner correctement. Ce connecteur d'alimentation, souvent appelé EPS ou ATX12V, est généralement un connecteur à 4, 8 ou 8+4 broches

*Connecteur d'alimentation PCIe : Les cartes graphiques et certaines autres cartes d'extension peuvent nécessiter une alimentation supplémentaire. Elles sont généralement alimentées via un connecteur PCIe (PCI Express) situé sur la carte mère

*Connecteurs d'alimentation SATA : Les périphériques de stockage, tels que les disques durs et les lecteurs optiques, sont alimentés par des câbles d'alimentation SATA. Ces câbles sont reliés à la carte mère via des connecteurs SATA

*Connecteur d'alimentation Molex : Certains anciens périphériques ou ventilateurs peuvent être alimentés via des connecteurs Molex à 4 broches. Bien que moins courants de nos jours, ces connecteurs peuvent encore être présents sur certaines cartes mères

*Connecteurs d'alimentation USB : Les ports USB de la carte mère fournissent également une alimentation électrique aux périphériques connectés, tels que les claviers, les souris et les périphériques de stockage USB.. [21]

II.10.1.3 Les entrées et sorties

D'après les informations fournies, voici un récapitulatif des caractéristiques et fonctionnalités : spéciales des broches de la carte Arduino UNO

: Broches numériques

.broches numérotées de 0 à 13 14

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

.Peuvent être utilisées comme entrées ou sorties numériques

.Tension de fonctionnement : 5V

.Courant maximal fourni ou reçu : 40mA

Résistance interne de rappel au plus (pull-up) : activable via l'instruction `digitalWrite(broche, HIGH)`

: Fonctions spécialisées des broches

Interruptions externes : Broches 2 et 3 peuvent être configurées pour déclencher des interruptions sur une valeur basse, un front montant ou descendant, ou un changement de valeur

Impulsion PWM : Broches 3, 5, 6, 9, 10 et 11 peuvent générer des impulsions PWM 8-bits via `analogWrite()`

SPI (Interface Série Périphérique) : Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) et 13 (SCK) supportent la communication SPI avec la bibliothèque correspondante

I2C : Broches 4 (SDA) et 5 (SCL) supportent la communication du protocole I2C (ou interface TWI) avec la bibliothèque `Wire/I2C`

LED : Broche 13 est connectée à une LED intégrée à la carte. Lorsque la broche est à l'état haut, la LED s'allume, et elle s'éteint lorsque la broche est à l'état bas

: Entrées analogiques

.broches analogiques numérotées de 0 à 5 6

.Résolution de mesure : 10 bits (soit 1024 niveaux de 0 à 1023)

.Plage de mesure par défaut : 0V à 5V

Référence supérieure de la plage de mesure ajustable avec la broche AREF et l'instruction `analogReference()`

: Protection

.Un fusible intégré protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité

.Le fusible limite la consommation à 500mA pour éviter d'endommager le port USB

Si une surcharge ou un court-circuit se produit, le fusible coupe automatiquement la connexion jusqu'à ce que la situation soit résolue

Il est important de se référer à la documentation officielle d'Arduino pour obtenir des informations précises et à jour sur les caractéristiques de la carte Arduino UNO. [15]

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

II.10.1.4 Les ports de communications

En effet, la carte Arduino UNO dispose d'une communication série UART TTL (5V) grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX). Ces broches permettent de recevoir et de transmettre des données série de niveau TTL. Elles sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328 qui est programmé pour assurer l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur via un convertisseur USB-vers-série.

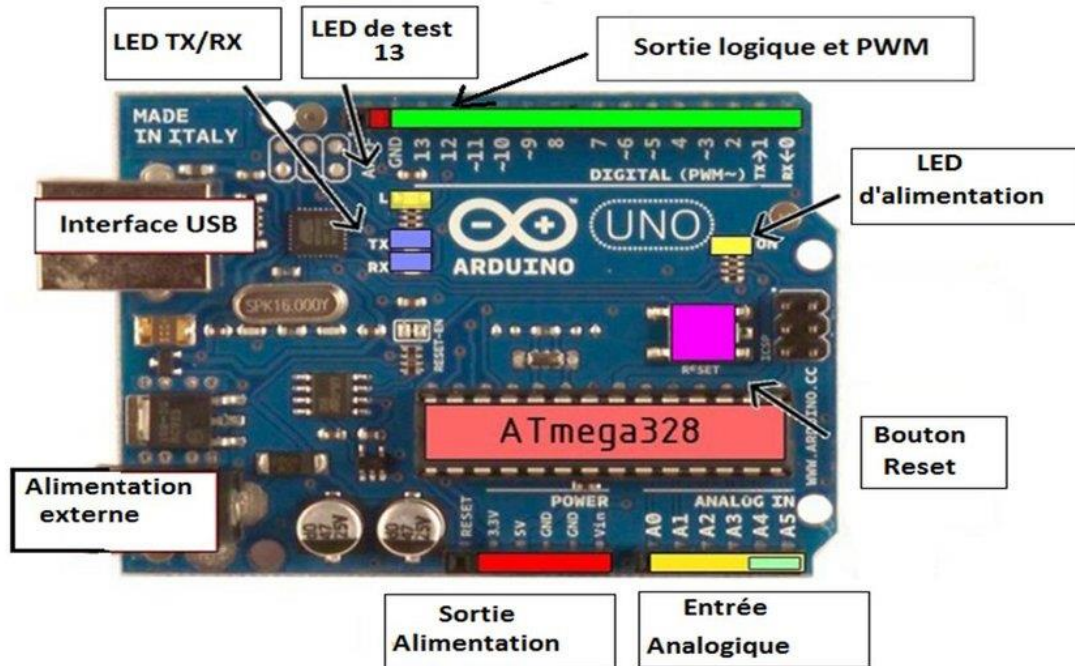


Figure II.5 Constitution de la carte Arduino UNO

II.10.2 Partie programme

Absolument, l'environnement de programmation open-source pour Arduino est disponible gratuitement et peut être téléchargé sur différentes plateformes, notamment Mac OS X, Windows et Linux. Cet environnement de développement intégré (IDE) facilite la programmation des cartes Arduino, y compris la carte Arduino UNO.

II.10.2.1 l'environnement de la programmation

Un programme permet de traduire le cahier des charges en une suite ordonnée d'actions que doit réaliser le processus de commande, il se base sur un algorithme qui est une procédure composée d'une séquence d'opérations qui sera traduite en instructions élémentaires. Par la suite, il suffit de transformer ces actions en un langage évolué tel que le langage java ou le langage C [22]. Un langage de programmation permet d'écrire un ensemble d'instructions (code source), qui seront directement converties en langage machine grâce à un compilateur [14]. Le logiciel Arduino, basé sur le langage C++, possède une bibliothèque de développement riche.

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

L'exécution s'effectue d'une manière séquentielle, c'est-à-dire que les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres [23].

II.10.2.2 Structure d'un programme Arduino

Le programme Arduino est composé de 3 parties principales :

- La partie optionnelle : déclaration des constantes et des variables.
- La partie initialisation et configuration des entrées/sorties dans la fonction Setup ().
- La partie principale qui s'exécute en boucle (la fonction Loop), elle est réservée aux instructions à effectuer par le programme [24].

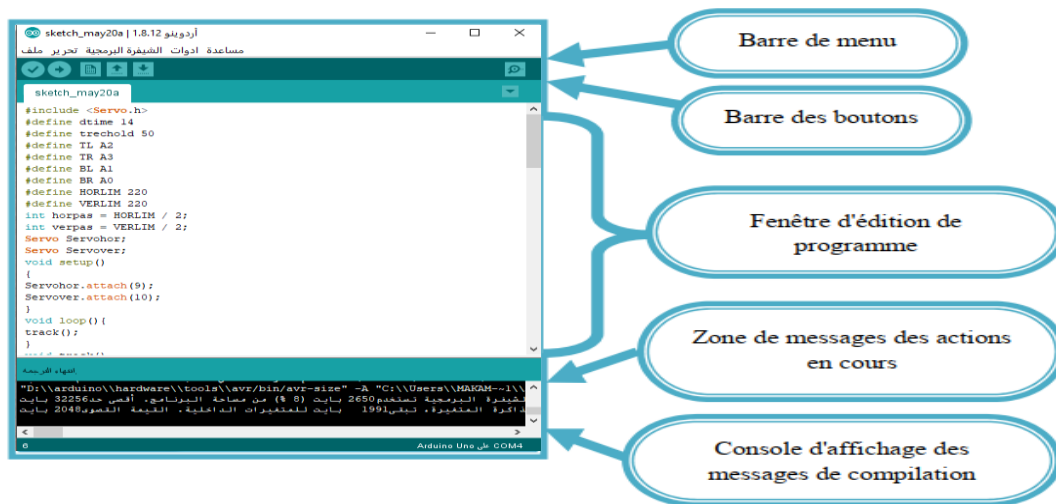


Figure II.6 Interface IDE Arduino

II.10.2.3 Injection du programme

Je m'excuse, mais en tant que modèle de langage basé sur du texte, je ne suis pas en mesure de voir ou d'afficher des images ou des figures. Cependant, je peux vous fournir des instructions générales pour sélectionner le type de carte Arduino UNO et le numéro de port USB dans l'environnement de programmation Arduino. Voici comment

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

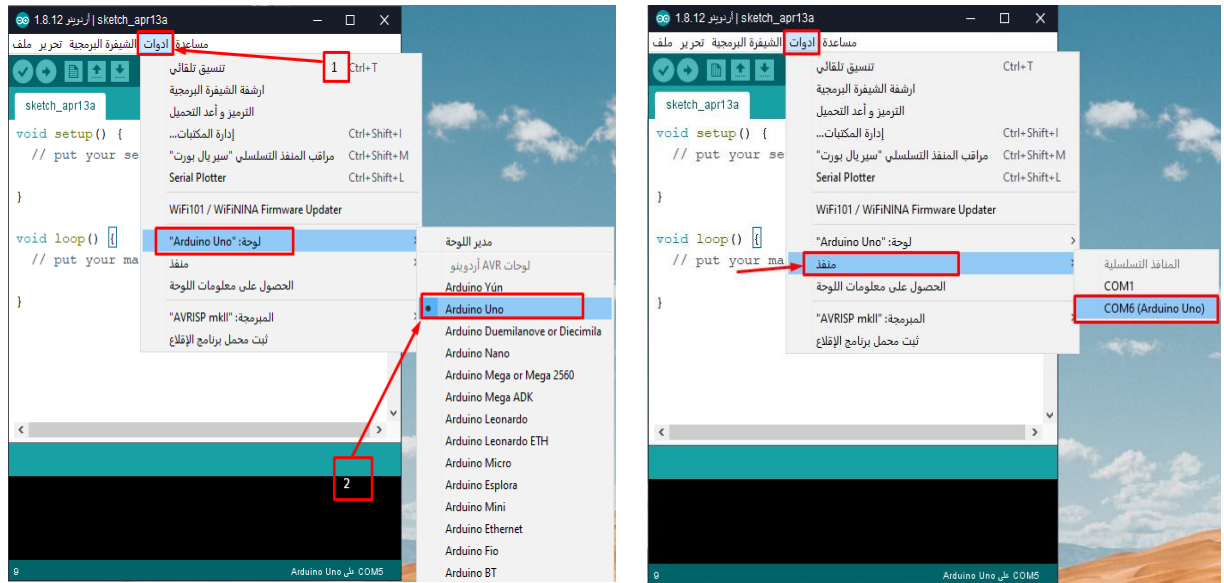


Figure II.7 Paramétrage de la carte

II.10.2.4 Etapes de téléchargement du programme

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d'injecter un code vers la carte Arduino via le port USB. [25]

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

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

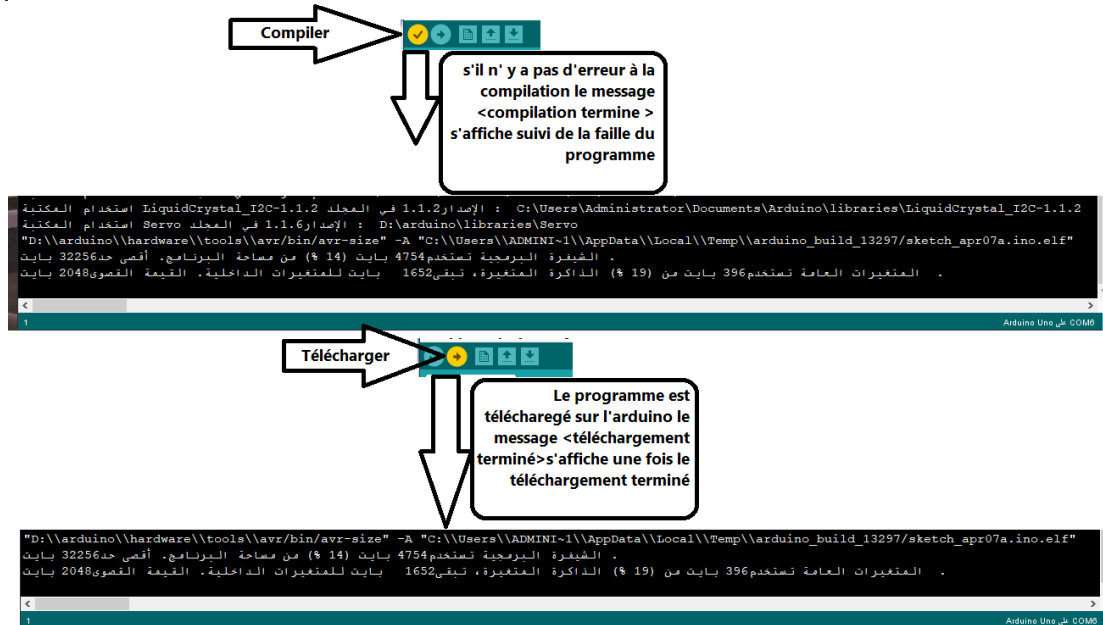


Figure II.8 Les étapes de téléchargement du code

II.12 Accessoires de la carte Arduino

Effectivement, la carte Arduino est souvent utilisée avec des accessoires et des modules supplémentaires qui simplifient les réalisations et étendent les fonctionnalités de la carte. Ces accessoires peuvent être connectés aux broches numériques, analogiques ou d'autres interfaces de la carte Arduino pour ajouter des capacités supplémentaires.

II.12.1 Communication

Le constructeur a suggéré qu'une telle carte doit être dotée de plusieurs ports de communications ; on peut éclaircir actuellement quelques types.

II.12.1.1 Module Arduino Bluetooth

Le module Microcontrôleur Arduino Bluetooth, également connu sous le nom de module Arduino Bluetooth, est une variante de la carte Arduino qui intègre une connexion Bluetooth. Il offre une communication sans fil via Bluetooth au lieu d'une connexion USB traditionnelle. Ce module est généralement basé sur un microcontrôleur ATmega328P, similaire à celui utilisé dans la carte Arduino UNO

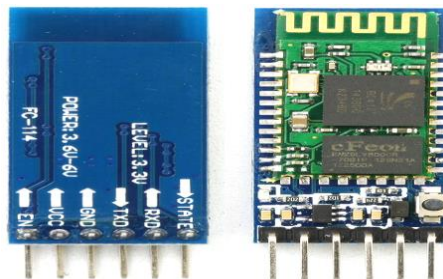


Figure II.9 Type de modules Bluetooth

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

II.12.1.2 Module shield Arduino Wifi

Le module Shield Arduino Wifi permet de connecter une carte Arduino à un réseau internet sans fil Wifi.

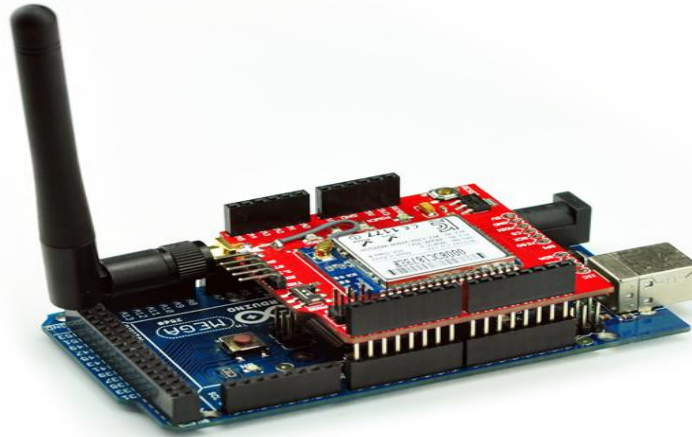
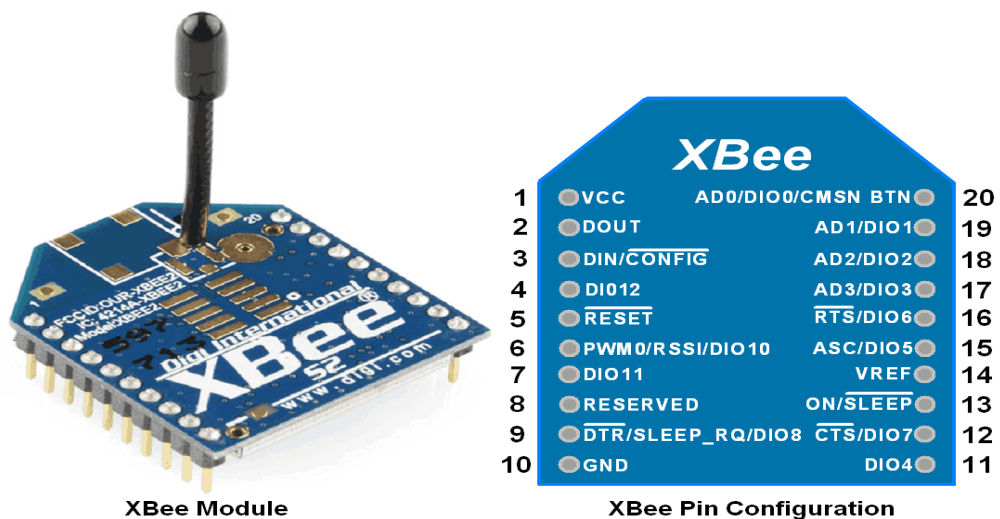


Figure II.10 Module shield wifi

II.12.1.3 Module XBee

Oui, tout à fait. Le module Microcontrôleur Arduino Bluetooth offre des fonctionnalités de transmission sans fil à faible distance, avec une consommation d'énergie réduite, un débit limité et un coût abordable. Ces caractéristiques en font un choix populaire pour de nombreux projets qui nécessitent une communication sans fil à courte portée. [26]



XBee Module

XBee Pin Configuration

Figure II.11 Module XBee

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

II.12.2 Capteurs

Effectivement, un capteur est un dispositif qui agit comme une interface entre un processus physique et une information manipulable. Un capteur ne mesure pas directement une grandeur physique, mais il convertit cette grandeur en une forme d'information compréhensible et exploitable. [26]

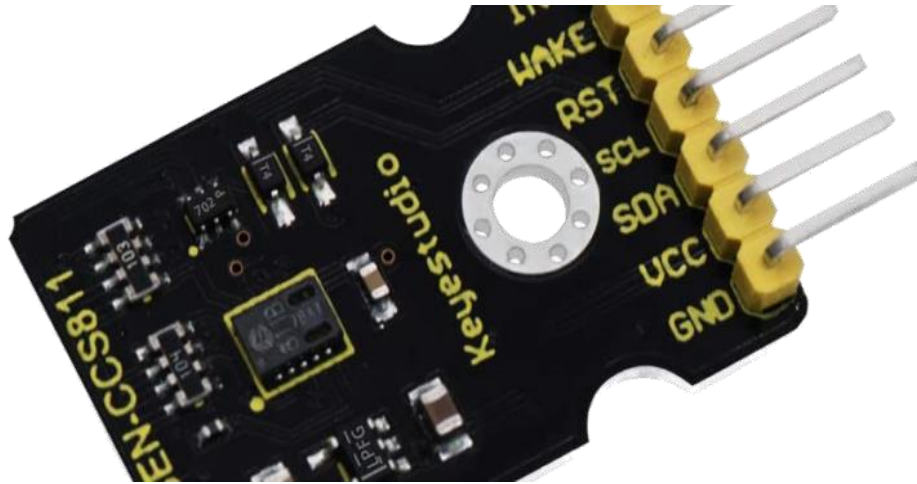


Figure II .12 Capteur Arduino

II.12.3 Drivers

Il existe plusieurs drivers comme des cartes auxiliaires qui peuvent être attachées avec l'Arduino afin de faciliter la commande ; on peut citer quelques types.

- ❖ Des moteurs électriques



Figure II.13 Moteurs électriques

- ❖ Afficheurs LCD

Les afficheurs LCD sont devenus indispensables dans les systèmes techniques qui nécessitent l'affichage des paramètres de fonctionnement. Ces Afficheurs permettent d'afficher des lettres, des chiffres et quelques caractères spéciaux. Les caractères sont prédéfinis. [26]



Figure II.14 Afficheurs LCD

❖ Le relais

Effectivement, le relais est un composant électromécanique qui utilise une bobine (électro-aimant) pour actionner un ou plusieurs contacts électriques. Il est couramment utilisé comme solution de commande en puissance dans de nombreux systèmes électroniques et électriques. [28]

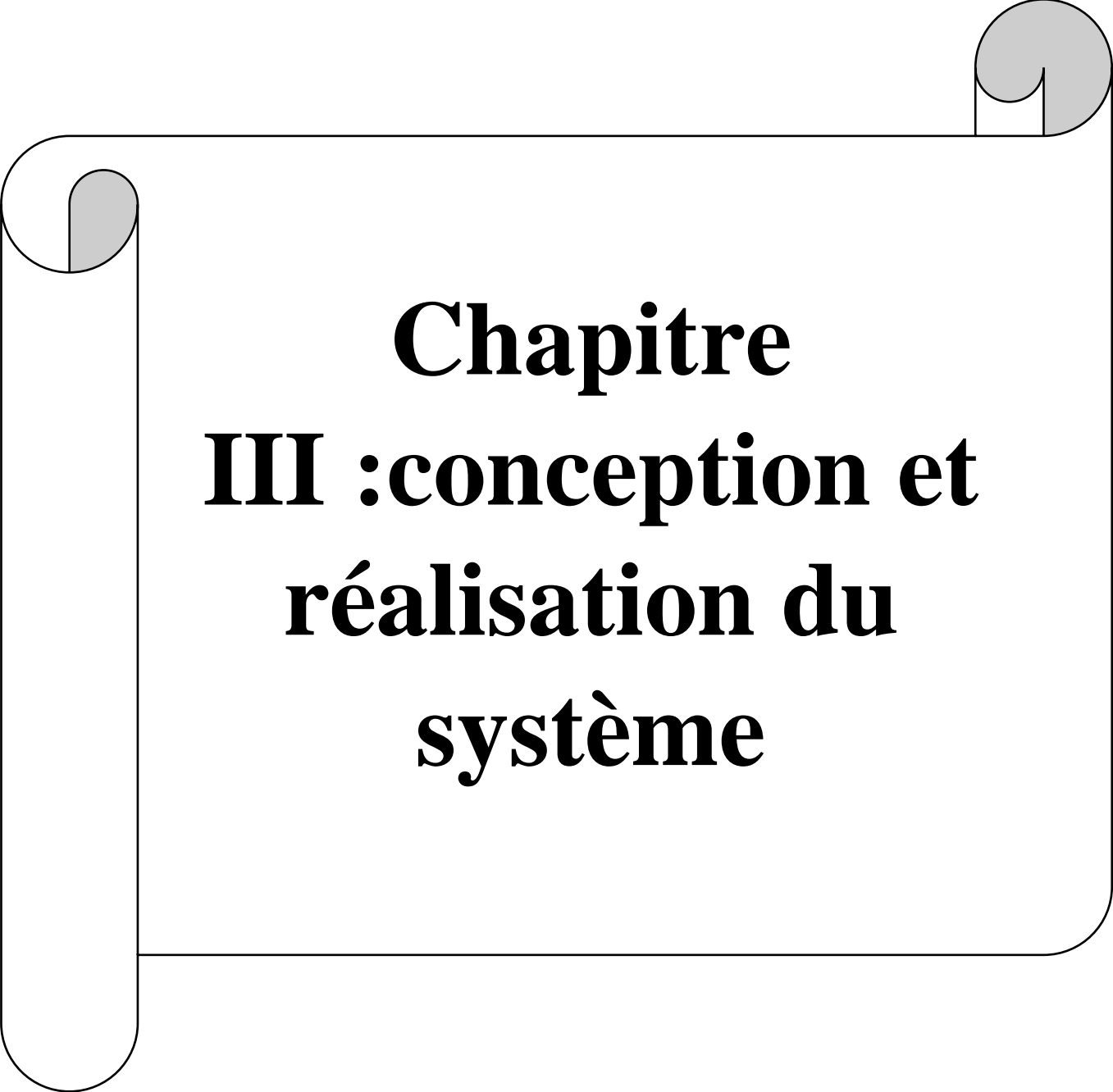


Figure II.15 Relais[28]

CHAPITRE II: Généralités sur le microcontrôleur Arduino

II.13 Conclusion

En ce qui concerne la partie matérielle, vous avez probablement expliqué les composants clés de la carte Arduino, tels que les broches numériques et analogiques, les capacités d'entrée/sortie, les fonctions spéciales des broches, les interfaces de communication, ainsi que les caractéristiques de puissance et de protection.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The unrolled portion is white, while the rolled-up parts are shaded in light gray. The text is centered on the white portion of the scroll.

**Chapitre
III :conception et
réalisation du
système**

CHAPITRE III: conception et réalisation du système

III.1.INTRODUCTION :

Après avoir décrit la partie matérielle et le fonctionnement de chaque bloc qui la compose, nous allons passer à la partie la plus importante de notre mémoire qui est la réalisation du système de poursuite. Pour un fonctionnement réussi de notre système, notre réalisation

III.2. Principe général

Les deux types de trackers solaires qui existent sont soit mono-axe soit doubleaxe, qui s'appuie sur le même principe de poursuite, illustré dans la figure(13)

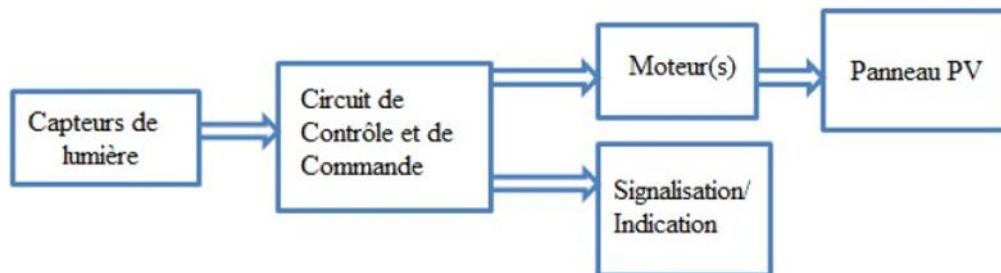


Figure III (1) : Principe général de la commande du tracking.

La technique utilisée pour cette étude repose sur la différence d'éclairement incident sur les capteurs de lumière photorésistance ou LDR (Light-Dependent- Resistor) séparés par des parois opaques et placés sur le panneau PV (figure 14). Le circuit de contrôle et de commande assure la fonction de comparaison des signaux émis par les capteurs en calculant leurs différences, puis renvoie des impulsions au servomoteur pour repositionner le panneau perpendiculairement aux rayons solaires.

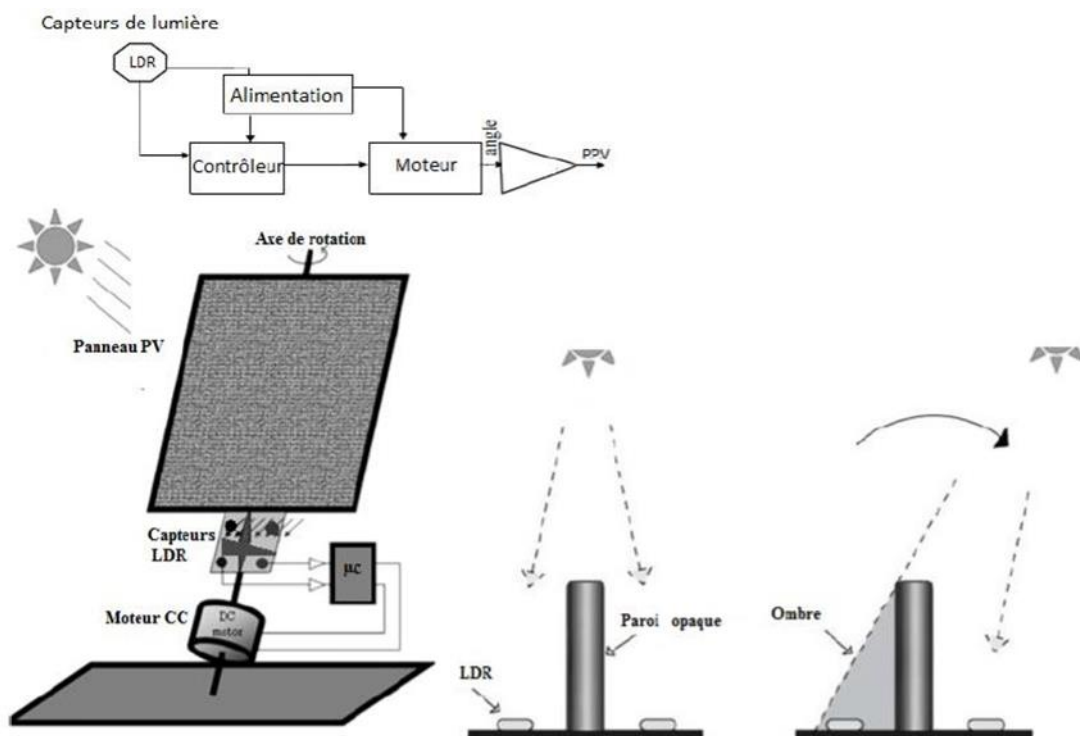


Figure III (2) : Schéma synoptique de la technique du tracking.

CHAPITRE III: conception et réalisation du système

La technique utilisée consiste à contrôler l'égalité d'éclairement de quatre capteurs de lumière répartis dans les quatre quadrants définis par les plans P1) et P2) qui se coupent suivant l'axe (Δ) représenté dans la figure 15.

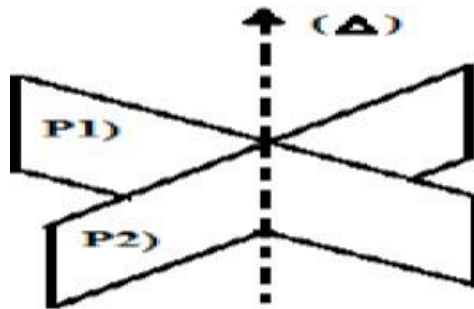


Figure III (3) : Représentation des plans 1 et 2 séparant les LDR.

Le principe, il est basé sur la différence d'éclairement des quatre LDR : VLDR Nord > VLDR Sud, rotation du panneau PV vers le Nord.

VLDR Nord < VLDR Sud, rotation du panneau PV vers le Sud.

VLDR ouest = VLDR Est & VLDR Nord = VLDR Sud Condition d'arrêt, le panneau est

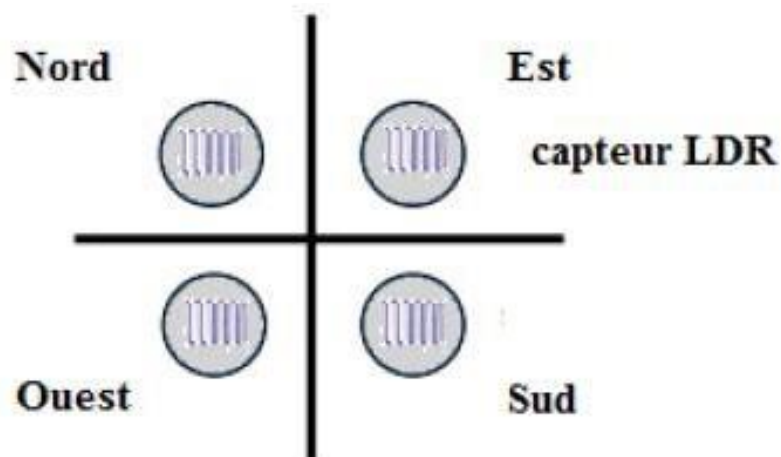


Figure III (4) : Vue d'en haut de la disposition des quatre capteurs LDR

CHAPITRE III: conception et réalisation du système

III.3.Partie programmation

La carte Arduino-Uno est une carte programmable, elle peut être programmée sous l'IDE Arduino représenté dans la figure(5).



```
sketch_may20a | 1.8.12 أروينو
مساعدة أدوات الشيفرة البرمجية تحرير ملف

sketch_may20a
#include <Servo.h>
#define dtime 14
#define trechold 50
#define TL A2
#define TR A3
#define BL A1
#define BR A0
#define HORLIM 220
#define VERLIM 220
int horpas = HORLIM / 2;
int verpas = VERLIM / 2;
Servo Servohor;
Servo Servover;
void setup()
{
  Servohor.attach(9);
  Servover.attach(10);
}
void loop(){
  track();
}
void track()
{
  //Input Reading
  int t1 = analogRead(TL);
  int tr = analogRead(TR);
  int bl = analogRead(BL);
  int br = analogRead(BR);
  int avtop = (t1 +tr ) / 2;
  int avtdawn = (bl +br ) / 2;
  int avtleft = (t1 +bl ) / 2;
  int avtright = (tr +br ) / 2;
  int difver =avtop - avtdawn ;
  int difhor =avtleft - avtright ;
  if ( ( -1*trechold)<=difver)&& (difver <=trechold)
  {
    Servover.detach();
  }
  else{
    Servover.attach(10);

    if (avtop > avtdawn)
    {
      verpas= --verpas;
      if (verpas > VERLIM)
      {
        Servover.detach();
        verpas = VERLIM;
      }
    }
    else if ( avtop <avtdawn )
    { verpas = ++verpas;
      if (verpas < 0 ) {
        Servover.detach();
        verpas = 0;
      }
    }
    else if(avtop ==avtdawn){
      Servover.write( verpas);
    }
    if ((( -1*trechold)<=difhor)&& (difhor<=trechold)
    {
      Servohor.detach();
    }
    else{
      Servohor.attach(9);

      if (avtleft > avtright)
      {
        horpas= --horpas;
        if ( horpas < 0){
          Servohor.detach();
          horpas = 0;
        }
      }
      else if ( avtleft < avtright )
      { horpas= ++horpas;
        if (horpas>HORLIM )
        {
          Servohor.detach();
          horpas = HORLIM ;
        }
      }
    }
    else if(avtleft ==avtright){
      Servohor.write( horpas);
    }
    delay(dtime);
  }
}
```

Figure III (5) : Interface IDE du logiciel Arduino.



Figure III (8) : Structure du châssis du tracker

III.7. Evaluation des résultats :

Nous surveillons l'énergie solaire pendant différentes périodes tout au long de la journée et de deux manières différentes (panneau fixe et panneau avec suiveur), les méthodes illustrées aux figures 9 et 10, respectivement.

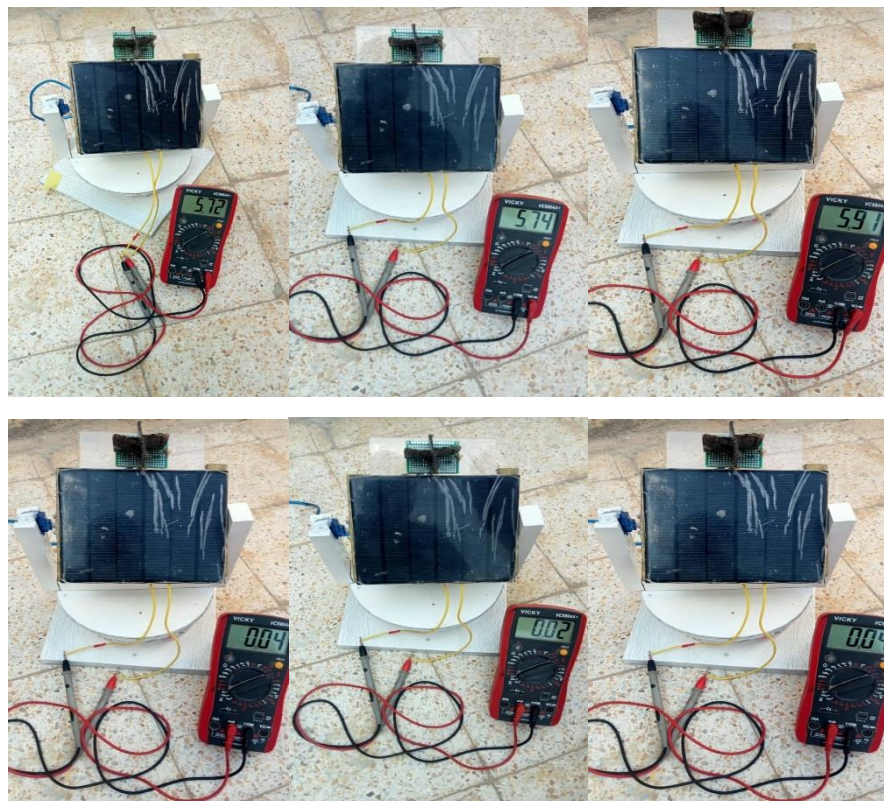


Figure III 9: panneau avec suiveur.

CHAPITRE III: conception et réalisation du système

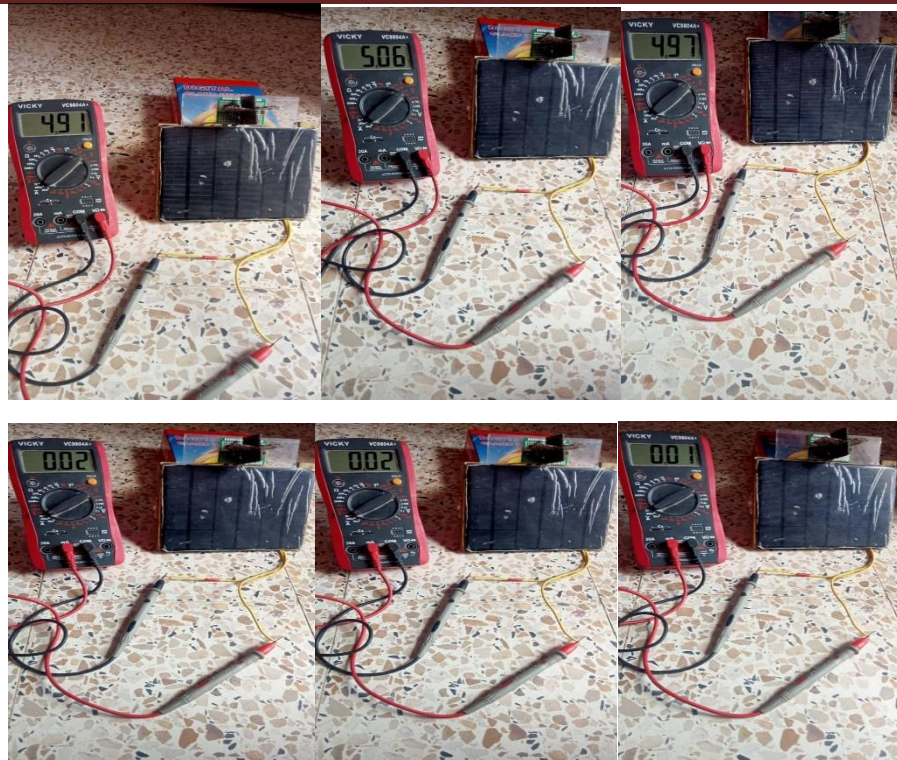


Figure III 10: panneau fixe (orienté vers le sud).

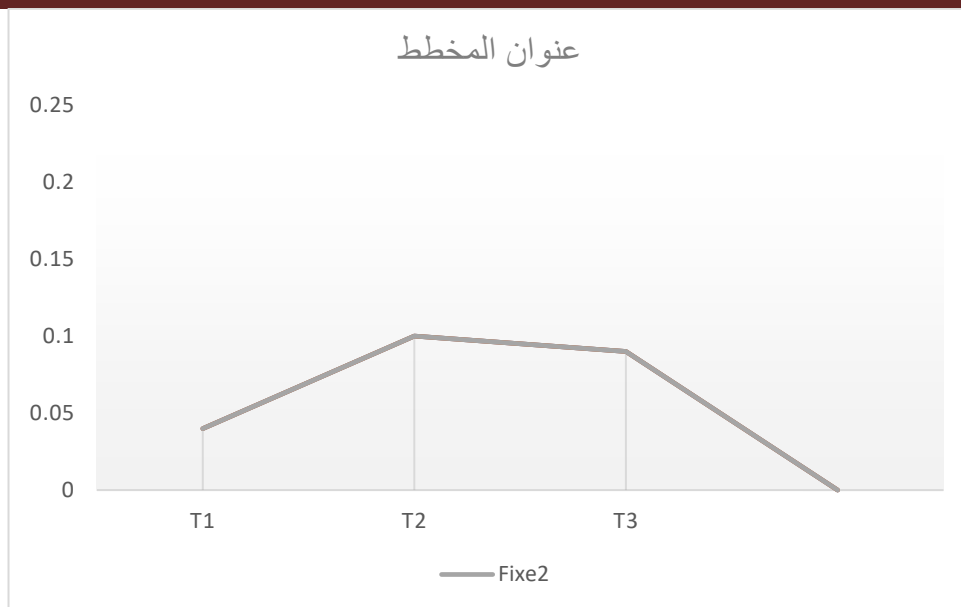
tableau représente la comparaison des propriétés électriques du panneau fixe et du panneau suiveur solaire à différentes périodes.

Tableau n° 1 : Mesures électriques des panneaux solaires fixes et des panneau suiveur solaire.

| Cas | Horaires | V (Voltage généré) | I (Courant court circuit) | P (Puissance générée) |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|
| Fixe (orienté vers le sud) | T1 | 4.97V | 0.01A | 0.04W |
| | T2 | 5.06V | 0.02A | 0.10W |
| | T3 | 4.91V | 0.02A | 0.09W |

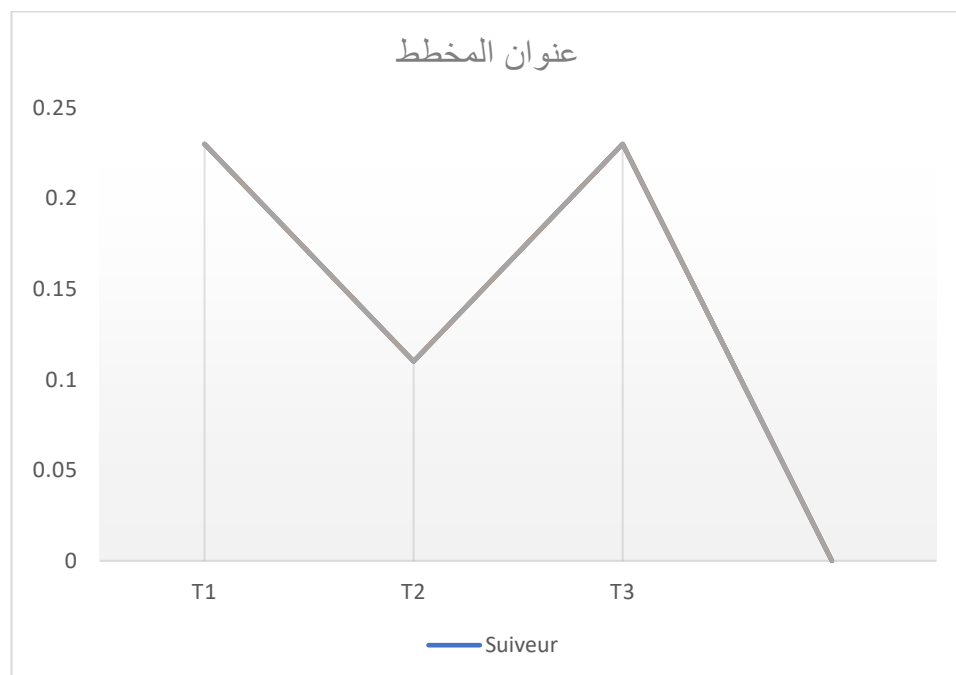
Tableau n° 1: résultats panneau Fixe

CHAPITRE III: conception et réalisation du système



| Cas | Horaires | V (Voltage généré) | I (Courant court circuit) | P (Puissance générée) |
|---------|----------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|
| Suiveur | T1 | 5.91V | 0.04A | 0.23W |
| | T2 | 5.74V | 0.02A | 0.11W |
| | T3 | 5.97V | 0.04A | 0.23W |

Tableau n° 2: résultats panneau Suiveur



Selon les résultats présentés à la Tableau n° 1, nous pouvons voir que le rendement du système suiveur est meilleur que le rendement du système fixe cela est dû au fait que le système suiveur suit exactement les rayonnements du soleil.

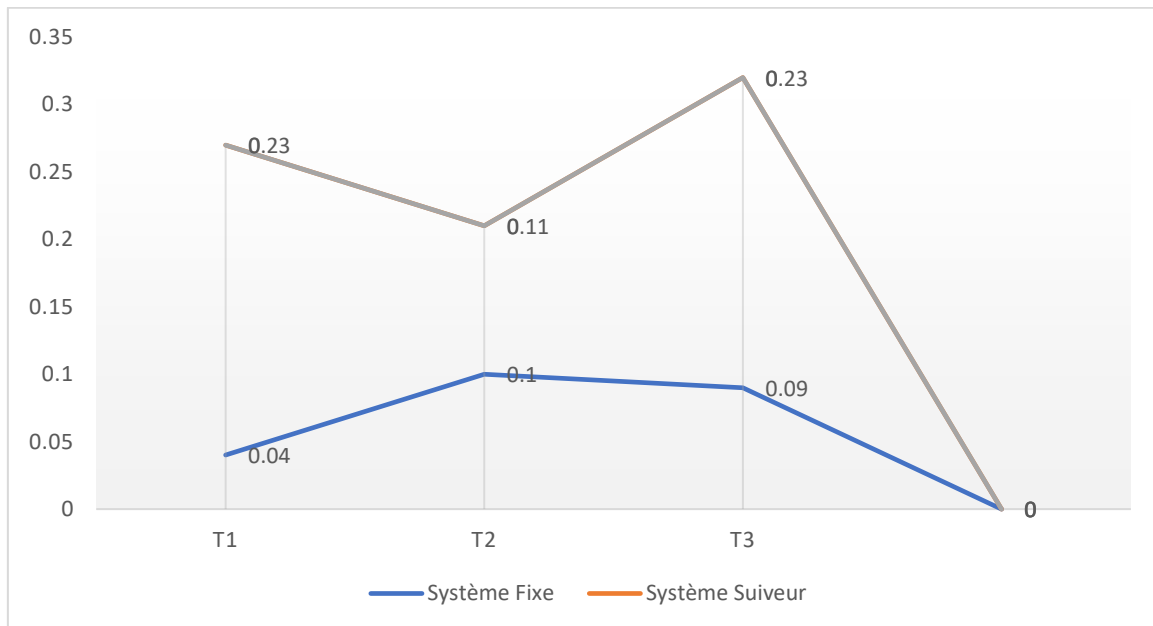


Figure III 11. La puissance produite dans un panneau suiveur

Commenter le graphique

Le graphique ci-dessus montre les mesures réelles prises à partir de notre prototype pendant l'expérience et l'interprétation des résultats.

Les résultats ont montré que bien que le système de suivi soit plus efficace que le panneau statique, il absorbe plus de lumière pendant la journée

III. 8. Conception et étude des composants:

III. 8.1. Arduino UNO

Il s'agit d'une carte de développement électronique constituée d'un circuit électronique open source avec un microcontrôleur programmé par ordinateur, conçu pour faciliter l'utilisation de l'électronique interactive dans des projets multidisciplinaires.



Figure III (12): Arduino UNO

III.8.2. Servomoteur

Le servo est un moteur qui peut tourner à un angle spécifique en le programmant à l'avance via l'Arduino ou n'importe quel circuit électronique. Les circuits électroniques sont situés dans

CHAPITRE III: conception et réalisation du système

l'unité de servomoteur, le moteur a un arbre réglable en position et est généralement équipé de pièces auxiliaires pour augmenter le couple.



Figure III (13): Servomoteur

III.8.3. Résistance optique (Light Dependent Resistor) LDR

La résistance optique est une résistance électrique sensible à la lumière, dont la résistance diminue lorsque l'intensité de la lumière brille dessus.



Figure III (14): Résistance optique (Light Dependent Resistor) LDR

III.8.4. La carte de circuit imprimé (printed circuit board) (PCB)

supporte mécaniquement et connecte électriquement des composants électriques ou électroniques à l'aide de chemins conducteurs.

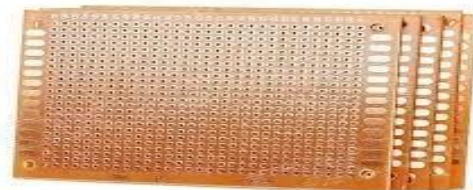


Figure III (15): La carte de circuit imprimé (printed circuit board) (PCB)

III.8.5. la résistance

la résistance l'aptitude d'un matériau conducteur à s'opposer au passage d'un courant électrique sous une tension électrique donnée.

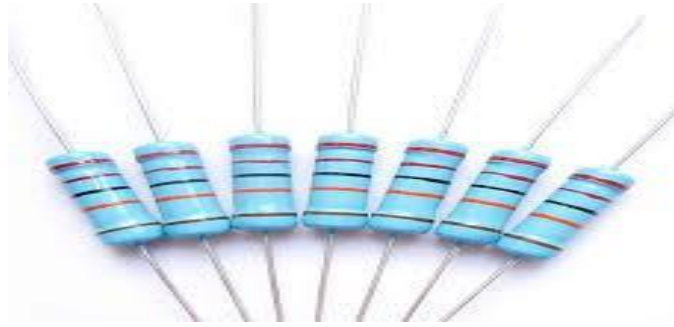


Figure III (16): la résistance

III.8.6.Breadboard

C'est une carte plate utilisée comme base pour connecter des composants électroniques pour construire des circuits électroniques. Et prototypage d'appareils électroniques. Il ne nécessite aucune soudure et est réutilisable, ce qui le rend facile à utiliser pour créer des prototypes temporaires et des expériences de conception de circuits.

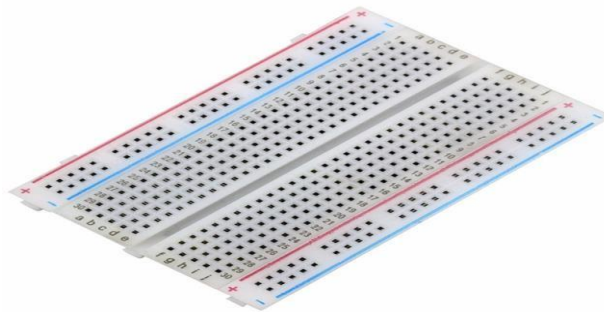


Figure III (17): breadboard

III.8.7.Panneau solaire

Un panneau solaire est un dispositif convertissant une partie du rayonnement solaire en énergie thermique ou électrique, grâce à des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques respectivement.



Figure III (18): panneau solaire

III.8.8.Fils et Le câble USB

Le câble USB permet à la fois d'alimenter un projet Arduino, de programmer la carte (via Arduino IDE) mais aussi d'utiliser le Moniteur Série.



Figure III (19): Fils Figure III (20): Câble USB type A/B.

III.9.Les types des suiveurs solaires

On distingue principalement deux grandes familles de suiveurs solaires : les passifs et les actifs qui comportent les suiveurs mono-axe et double axe. (Figure (10)).

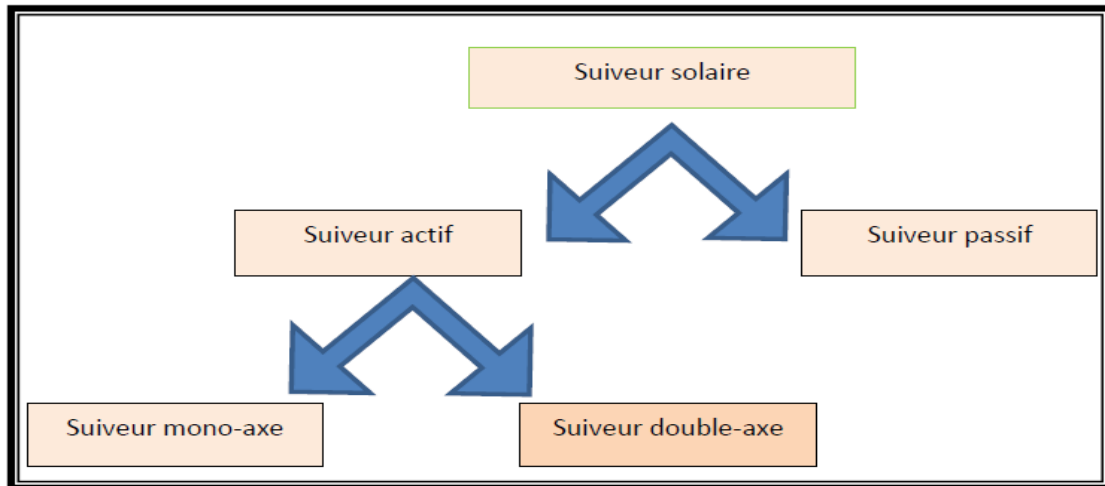


Figure III (21) : Types de suiveurs solaires

a) Suiveur passif

Le premier type des suiveurs passifs est constitué dans son architecture de deux tubes en cuivre montés sur les côtés Est et Ouest du panneau PV. Le tube de matière cuivre est rempli de fluides chimiques capable de se vaporiser à basse température. En effet, lorsque l'exposition au rayonnement solaire augmente la température d'un côté du panneau, le composé dans le tube en cuivre se vaporise. La partie gazeuse du composé occupe un plus grand volume interne, et sa partie liquide est décalée vers le côté ombragé. Cette opération de transfert de masse ajuste l'équilibre du panneau PV en le faisant tourner vers la source des rayons solaires. Ce type de suiveur ne consomme aucune énergie pour le repositionnement du panneau.



Figure III (22) : Exemple et fonctionnement du suiveur passif

CHAPITRE III: conception et réalisation du système

b) Suiveur actif

Les suiveurs solaires actifs utilisent le principe de la détection de lumière, suivant la trajectoire solaire en cherchant à optimiser au maximum l'angle d'incidence du rayonnement solaire sur leur surface. Il existe deux types dans cette famille : les suiveurs mono axe et double axe.

L'avantage de ces derniers par rapports aux suiveurs passifs, est qu'ils représentent une meilleure précision de suivi et ne nécessitent aucune intervention manuelle pour les réajustés .

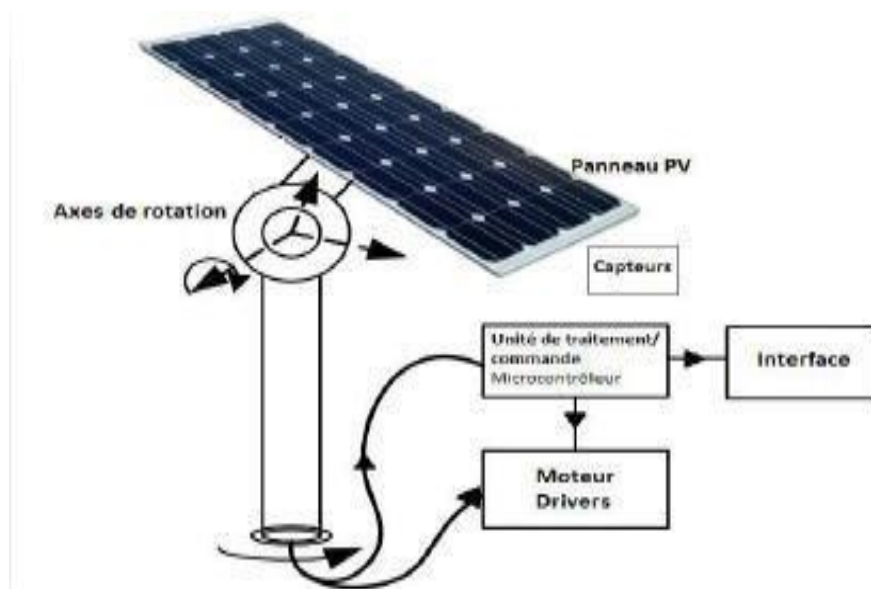


Figure III (23) : Exemple et fonctionnement du suiveur actif.

III.10.Conclusion

La réalisation du sun tracker nécessite une bonne sélection des composants électroniques utilisés afin de ne pas compliquer le principe de pilotage et de réduire la consommation d'énergie du tracker.

En conclusion, nous pouvons dire que nous avons réussi à atteindre l'objectif principal de ce projet, qui est d'installer et d'exploiter un tracker solaire, et de nous adapter aux chemins lumineux afin de récupérer le plus possible



Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le travail présenté dans ce rapport porte sur « la Conception et la Réalisation d'un Suiveur Solaire Bi-axial à Base de la carte Arduino-Uno » en utilisant des composants électroniques à savoir des LDRs, des servomoteurs et relais gérés par un microcontrôleur ATMEGA.

Le but de ce travail réside dans la mise en oeuvre d'une solution technique permettant de transformer un panneau photovoltaïque fixe en un panneau mobile afin d'améliorer son rendement. Pour cela, le système que nous avons pu réaliser s'est avéré capable de suivre la position du soleil et fonctionnel aux environ de 100% ou avec quelques imperfections.

Le but du projet était d'obtenir les résultats souhaités dans le temps imparti. Par conséquent, bon nombre de modifications applicables à la conception initiale. Cela montre que le système est un système expérimental et peut contenir de nombreux amendements. Notre système peut être utilisé dans toute application nécessitant la poursuite solaire notamment :

La domotique (maison autonome). Le photovoltaïque.

Ce projet de fin d'études était pour nous l'occasion précieuse de faire un travail multidisciplinaire, associant l'instrumentation, l'électronique, l'automatique, la mécanique, la programmation et les énergies renouvelables et la rédaction scientifique.

En perspective, je souhaite améliorer le système en lui rajoutant des systèmes de protection contre le changement brusque du climat et qu'il soit autonome à 100%.



Bibliographies

Bibliographies

Bibliographie

- [1] Hadj Belkacem. M, 2011, « Modélisation et étude expérimentation d'un capteur solaire non vitré et perforé », Mémoire de Master, Université Abou-Bekr-Belkaid de Tlemcen, P1.
- [2] Mekki Walid Badr-Eddine et Mohammed Belhadj Abdelkader Walid, 2019, « Conception et réalisation d'un panneau solaire à base d'Arduino », mémoire de Master 2, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, P1.
- [3] <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/>.
- [4] ZERROUKI.Z et BEREKSI REGUIG.R, 2017, « Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome », mémoire de Master, UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAID – TLEMEN, P1.
- [5] Belkbir.K et chaabi siham, 2017, « conception et réalisation d'un suiveur de soleil à base d'une carte Arduino UNO », mémoire de Master, université Mamméri de TiziOuzou, P5.
- [6] <http://www.photovoltaique.info/>.
- [7] Kadri.I, 2018, « Etude, conception et Réalisation d'un suiveur de soleil », mémoire de Master 2, Université de Abou Bekr Belkaid Tlemcen, P28-29.
- [8] Necir.A et Bouchaal.A, 2018, « conception et réalisation d'un suiveur du soleil commandé par une Carte Arduino », Mémoire de Master 2, université d'El-Oued, P 16-17.
- [9] Bensaci.W, 2012 « modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT », mémoire de Master 2, université Kasdi-Merbah– Ouargla.
- [10] Bouzid. Z, 2012 « Dimensionnement des systèmes photovoltaïques autonomes basé sur le concept d'utilisabilité horaire. Application au sud Algérien », Mémoire de Master, Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen.
- [11] Foundou.A et Hassan.S, 2018, « pilotage automatique d'un système photovoltaïques », mémoire de Master, université Aboubakr Bekaïd Tlemcen, P 10- 12.
- [12] : Mr Gilles MAURIS, CAPTEURS ULTRASONORES "INTELLIGENTS" Application à la représentation symbolique de mesures de distance par codage flou
- [13] : <https://fr.flossmanuals.net/arduino/historique-du-projet-arduino> [12/06/2023]
- [14]: <https://arduino.developpez.com/tutoriels/courscompletarduino/?page=historiqueduprojet-arduino> [12/06/2023]
- [15] <http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino>. [12/06/2023].
- [16] C. Tavernier, « Arduino applications avancées ». Version Dunod.
- [17] Ieee standard glossary of software engineering terminology. IEEE Std 610.12-1990, pages 1–84, 1990. (Cite en page 4.)
- [18] X.HINAULT. www.mon-club-elec.fr. [12/06/2023]
- [19] R. Abreu, P. Zoetewij, and A.J.C. van Gemund. On the accuracy of spectrum-based fault localization. In Testing : Academic and Industrial Conference Practice and Research Techniques - MUTATION. TAICPART MUTATION 2007, pages 89 –98, sept. 2007. (Cite en pages viii, 9, 80, 83, 84, 89, 104 et 110.)

Bibliographies

[20] <http://www.acm.uiuc.edu/sigbot/tutorials/2009-11-17-arduino-basics>. [12/06/2023].

[21] S.V.D.Reyvanth, G.Shirish, « PID controller using Arduino ».

[22] : Boulouiz Youssouf « *Etude & réalisation d'un panneau lumineux* » Mémoire de master 2, Université, Aboubakr Blekaid- Tlemcen, 2017

[23] : DJAFRI Menad CHELOUCHE Djalal « Etude et réalisation d'une carte arduino » Mémoire de master 2, Université A.MIRA DE BEJAIA, 2016.

[24] : Livret Atelier Arduino en français par Jean-Noël Montagné, Centre de Ressources Art Sensitif, novembre 2006, page : 8

[25]: SAADALAH SALEH et 3 autres < conception et la réalisation d'un système de tri de poubelle avec la carte arduino >Mémoire de master 2, Université H.LAKHDER de EL-OUED, 2021.

[26]https://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_WIFI_shield

[27]Eskimon, Olyte « Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation ».

[28]A. Grimault, J. Querard « Articl Procédé et dispositif de commutation d'un relais