



Université Abess laghrou wilaya de Khenchela

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE INDUSTERIEL

Thèse soumise au Département de génie industrielle en candidature pour le

Master en

Option : commande électrique

électrotechnique

Spécialité : Génie industrielle

Réalisé Par :

❖ Boudjellal Mohamed Anis



Encadré Par:

❖ Dr. SAIDIABDELAKADER

Thème :

Acquisition de données des paramètres solaires dans un système photovoltaïque autonome utilisant Esp8286 Wi-Fi.

❖ Président:Dr. boutabba Tarek

ABBES LAGHROUR (Khenchela)

❖ Encadreur:Dr.SaidiAbdelkader

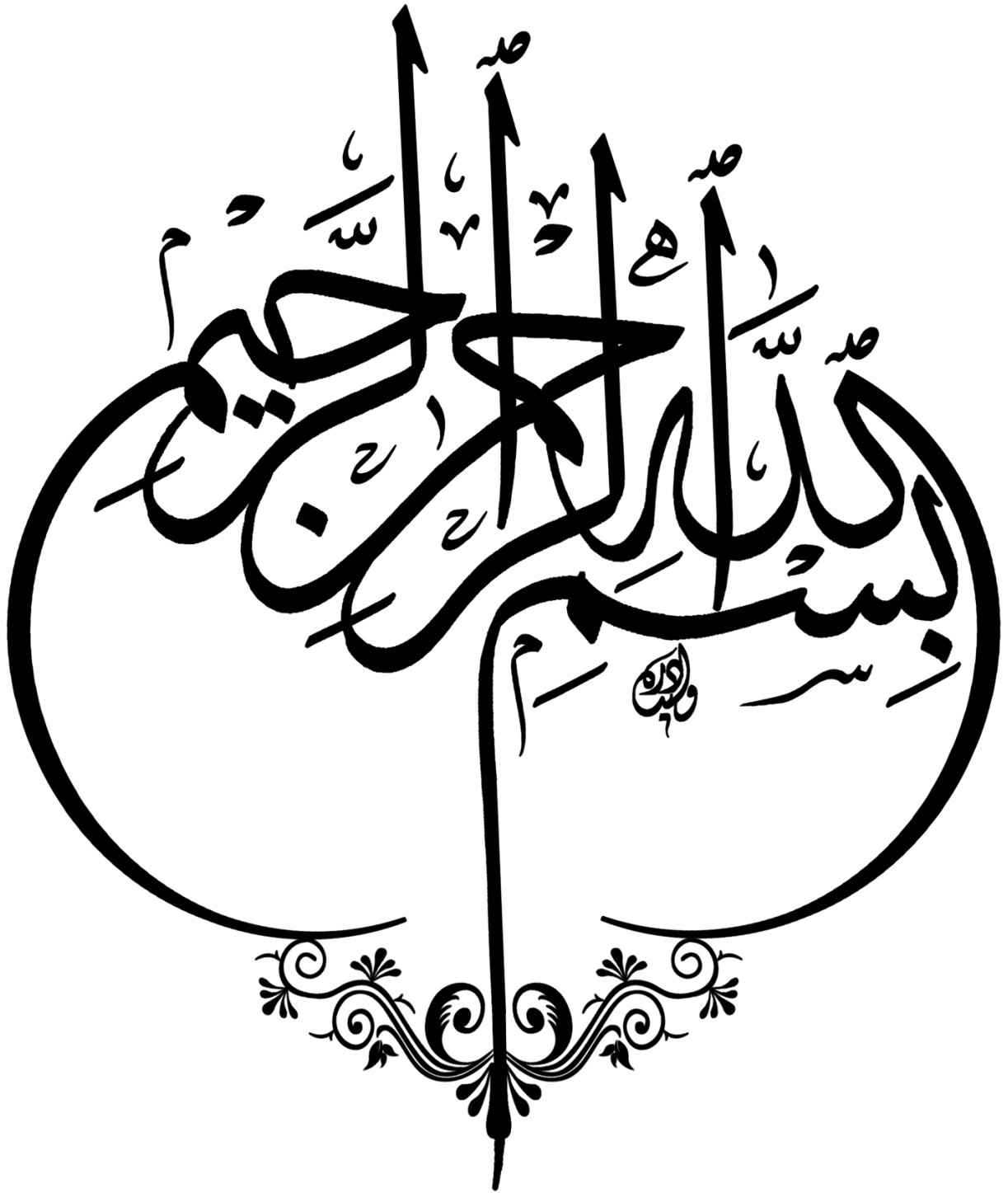
ABBES LAGHROUR (Khenchela)

❖ Examineur:Dr.Lebdani Rafik

ABBES LAGHROUR (Khenchela)



Année Universitaire 2022 –2023



Remerciement :

Après avoir compris et complété la tâche passionnante de "Data Acquisition of solar parameters in an autonomous photovoltaic system with Esp8286 WiFFi.

Je tiens de à remercier tout particulièrement Dr. Saidi Abdelkader, Mon superviseur de projet, pour ses conseils, son soutien, sa motivation et ses encouragements tout au long de la période au cours de laquelle ce travail a été effectué. Sa volonté de consulter en tout temps, ses commentaires éducatifs, son intérêt et son aide ont été inestimables.

Je remercie tous les jurer de ma spécialité « ELECTROTHERCIQUE » Dr. Tarek Boutabba & Dr. Labdani Rafik

Je remercie tous ceux qui méritent d'être citez sur cette page.

Merci Infiniment

Dédicace

À mes chers parents ma mère et mon père la flame
qui illumine de ma vie qui on fait le tous pour que
j'arrive a cette étape de vie

À mes chers frères

À mon encadrant Abdelkader Saidi

À tous les professeurs de Département

A tous les responsables des laboratoires de
l'université

A tous les Responsable d'incubateur kenchela : Dr
Mosbah et Dr Sahraoui

À tous mes amis de loin ou de prés :

Je remercie tous ceux qui méritant d'être cirez sur

celle page •

RÉSUMER :

Durant ces dernières années la conception des systèmes embarqués a connu une évolution remarquable, cette révolution prodigieuse de l'électrique a conduit à la conception des systèmes de commande plus en plus complexes, offrant certaines avantages évidentes en ce qui concerne la commande des systèmes à distance, à partir d'un Smartphone, système automatique ...etc. Le but principal de ce travail est la réalisation d'un système embarqué autonome.

Dans ce travail, nous avons créé un système solaire autonome qui alimente une carte d'acquisition des données, qui peut mesurer les différents paramètres influents sur le panneau solaire, ce système permet d'assurer l'approvisionnement et la continuité de l'énergie aux différents composants électroniques, y compris les capteurs (rayonnement, température et humidité), ainsi le chargement de la batterie pour une utilisation de nuit ou en présence d'ombre. En plus de fournir l'élément important Esp-01 Wi-Fi, Module à faible coût, contient un microcontrôleur ESP8266 de petite taille, et 8Mo de mémoire.

ملخص :

في السنوات الأخيرة ، شهد تصميم الأنظمة المدمجة تطورًا ملحوظًا ، وأدت هذه الثورة المذهلة للكهرباء إلى تصميم أنظمة تحكم أكثر وأكثر تعقيدًا ، مما يوفر بعض المزايا الواضحة فيما يتعلق بالتحكم في الأنظمة عن بُعد. ، من هاتف ذكي ، نظام أوتوماتيكي ... إلخ. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحقيق نظام مضمّن مستقل.

في هذا العمل ، أنشأنا نظامًا شمسيًا ذاتيًا يغذي بطاقة الحصول على البيانات ، والتي يمكنها قياس مختلف المعلمات المؤثرة على اللوحة الشمسية ، ويضمن هذا النظام توفير واستمرارية الطاقة للمكونات الإلكترونية المختلفة ، بما في ذلك أجهزة الاستشعار (الإشعاع ، درجة الحرارة والرطوبة) ، وكذلك شحن البطارية للاستخدام في الليل أو في وجود الظل. إلى جانب توفير العنصر المهم Esp-01 Wi-Fi ، وحدة منخفضة التكلفة ، تحتوي على متحكم ESP8266 صغير الحجم وذاكرة 8 ميجا بايت.

Abstract:

In recent years the design of embedded systems has undergone a remarkable evolution, this prodigious revolution of electricity has led to the design of more and more complex control systems, offering certain obvious advantages with regard to the control of remote systems, from a Smartphone, automatic system ... etc. The main goal of this work is the realization of an autonomous embedded system.

In this work, we have created an autonomous solar system that feeds a data acquisition card, which can measure the various influential parameters on the solar panel, this system ensures the supply and continuity of energy to the various electronic components, including sensors (radiation, temperature and humidity), as well as battery charging for use at night or in the presence of shade. Besides providing the important element Esp-01 Wi-Fi, low cost module, contains a small size ESP8266 microcontroller, and 8MB of memory.

Keywords: Photovoltaic panels; Esp8286; DHT22 Sensor; Arduino Uno; Battery lithium ; Thingspeak.

Liste des symboles

Symbole	Signification
PV	Photovoltaïque
GP	Générateur photovoltaïque
I_{cc}	Courant de court-circuit
V_{oc}	Tension de circuit ouvert
V_{mpp}	Tension maximale
I_{mpp}	Courant maximal
P_{max}	Puissance maximale
FF	Facteur de forme
η	Rendement énergétique
GA	Eclairement
R_s	Résistance interne en série
R_{sh}	Résistance de dérivation
I_d	Courant de diode
I_{ph}	Courant photo-généré
I_{so}	Courant de sortie
V_d	Tension de la diode
V_T	Tension thermique
Q	Charge d'un électron ($1.6 \times 10^{-19}C$)
K	Constante de Boltzmann ($1.3805 \times 10^{-23} J / K$)
T	Température de la cellule(K)
A	Facteur d'idéalité de la diode
$I_{0,c}$	Courant de saturation inverse de la diode d'une cellule
L	Inductance
L	Inductance
C	Condensateur
RL	Résistance de charge
V_{in}	Tension d'entrée
V_o	Tension de sortie
D	Rapport cyclique
F_s	Fréquence de commutation

ΔI	L'ondulation du courant d'entrée
V_t	Tension aux bornes de la batterie
E_{th}	Tension théorique
V_n	Tension nominal

Liste des Abréviations

AC	Alternative Current
CC	Courant contrôler
CV	Charge de tension constante
DC	Charge à courant constant
CC-CV	Charge combinée
DC	Direct Current
DOD	Depth Of Discharge (Profondeur de décharge)
FF	Facteur de forme
GPV	Générateur Photovoltaïque
Inc Cond	Incrémentation de la conductance
IoT	Internet of Things
Li-ion	Ions de Lithium
Li-Poly	Lithium Polymer
MLI	(PWM) Modulation de Largeur d'Impulsion (Pulse Width Modulation)
MPPT	Maximum Power Point Tracking
NbCycles	Nombre de cycle
Ni-Cad	Nickel Cadmium
Ni-MH	Nickel Metal Hydride
PF	Point de Fonctionnement
PPM	Point de la puissance maximale
PV	photovoltaïque
P&O	Perturber et Observer
SHSER	Système d'énergie renouvelable hybride
SPV	Système photovoltaïque
SOC	State Of Charge (état de charge)
SOH	State Of Health (état de santé)
STC	Standard Test Conditions
USB	Universal Serial Bus

Table des Matière

Table des Matière	9
Introduction Générale	14
Introduction Générale	1
Chapitre I.....	3
État d’art sur L’énergie photovoltaïque.....	3
Chapitre I : État d’art sur L’énergie photovoltaïque.....	1
1 Introduction.....	1
2 L’énergie solaire:.....	1
2.1 Énergie solaire photovoltaïque	2
2.2 Rayonnement solaire	3
2.3 Rayonnement solaire en Algérie	3
2.4 Durée d’insolation moyenne.....	4
2.5 Trajectoire apparente du soleil.....	5
3 Principe de la conversion Photovoltaïque.....	5
3.1 Cellule photovoltaïque.....	6
3.2 Types de cellule solaire	7
4 Caractéristiques de la cellule photovoltaïque	8
5 Module photovoltaïque.....	10
5.1 Association des cellules photovoltaïques	10
5.2 Influence de la température et de l’irradiation sur les PV	13
6 Composants d’un système PV.....	16
7 Convertisseur	17
8 Les batteries dans les systèmes photovoltaïques.....	18
8.1 Capacité de batterie	18
8.2 Type de batterie solaire	20
8.3 Batteries lithium-ion.....	21
8.4 Caractéristiques :.....	21
8.5 Modèle électrique de la batterie	21
8.6 Influence de la température sur la capacité de batterie	22
9 Conclusion	23
Chapitre 2.....	24
Etude Théorique.....	24
Chapitre 2 : Etude théorique Sur le système embarqué.	25

1	Introduction.....	25
2	Système embarqué.....	25
2.1	Composition d'un système embarqué	25
2.2	Caractéristiques.....	26
3	Unité de transmission des données.....	26
3.1	Introduction aux modules Wifi	26
3.2	Module Wifi esp8266	27
3.3	Unité de traitement des données	29
3.4	Etude des microcontrôleurs	29
3.5	Carte Arduino UNO	29
3.6	Analyse des besoins de collecte de données.....	33
4	Généralités sur les capteurs.....	33
4.1	Les capteurs	33
4.2	Capteur d'irradiation	33
4.3	Capteur de pression	34
4.4	Capteur de pression BME280	34
4.5	Capteur de courant INA219.....	34
4.6	Capteur humidité et température DHT22	35
4.7	HW131.....	37
4.8	Tp4056.....	37
4.9	Conclusion	40
	Chapitre 3.....	41
	Conception de systèmes.....	41
	CHAPITRE III : Conception du système.....	1
1	Introduction.....	1
2	Schéma synoptique.....	1
3	Gestion de l'énergie et du stockage	2
3.1	Panneau solaire	2
3.2	La caractéristique du PV Welion P-5W	3
4	Simulation du système PV sous Proteus.....	3
5	Module de charge batterie lith-ion TP4056.....	3
6	Unité de traitement	5
7	Câblage des capteurs avec le Microcontrôleur	5
7.1	Le capteur INA219.....	6
7.2	Le capteur de température et d'humidité (DHT22).....	6

7.3	Le capteur de pression(BME280)	7
7.4	Le capteur d'irradiation	7
8	Unité de transmission	8
9	Branchement des capteurs	9
10	Programmation	10
11	La technologie IoT.....	11
11.1	.Avantages de l'Internet des objets.....	11
11.2	Choix du site d'affichage.....	12
12	Résultats expérimentale	13
13	Conclusion.....	14
	Conclusion Générale.....	2
	References	1
	Annexe :	8

Listes des Figures

Chapitre 1.

Figure 1.1 :	<i>caractéristique du spectre du rayonnement solaire</i>	3
Figure 1.2 :	<i>quantité d'énergie solaire reçue par un panneau solaire</i>	4
Figure 1.3 :	<i>Transformation de l'énergie lumineuse en énergie photovoltaïque</i>	5
Figure 1.4 :	<i>Photos de cellules monocristalline (a) et multi cristalline</i>	6
Figure 1.5 :	<i>Principe d'une cellule PV</i>	7
Figure 1.6:	<i>Le passage d'une cellule à un champ photovoltaïque</i>	8
Figure 1.7:	<i>Les principaux composants d'un système photovoltaïque</i>	8
Figure 1.8 :	<i>Les caractéristiques d'une association série de (Ns) cellules</i>	9
Figure 1.9:	<i>Les caractéristiques d'une association parallèle de (Np) cellules</i>	11
Figure 1.2.1:	<i>Architecture classique d'un panneau solaire PV avec diodes de protections (b) :</i>	11

Figure1.2.2:	<i>Evolution de la caractéristique I(V) (a)</i>	15
Figure1.2.3:	<i>Evolution de la caractéristique I(V) (a) et P(V) (b) pour différentes températures</i>	16
Figure1.2.4:	<i>Evolution de la caractéristique I(V) (a) et P(V) (b) pour différentes températures</i>	16
Figure1.2.5:	<i>Caractéristique et schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle.</i>	17
Figure1.2.6:	<i>modèle simple d'une cellule 2PV</i>	18
Figure1.2.7:	<i>Modèle de la cellule PV à une diode</i>	20
Figure1.2.8:	<i>Influence de la température sur le courant PV</i>	20
Figure1.2.9:	<i>Influence de la température sur la puissance</i>	21
Figure1.3.1:	<i>l'influence de l'irradiation sur la puissance</i>	22
Figure1.3.2:	<i>Influence de l'irradiation sur le courant PV..</i>	26
Figure1.3.3:	<i>Représente Un Couplage de deux panneaux solaires en série</i>	30
Figure1.3.4:	<i>Représente Un Couplage de deux panneaux solaires en parallèle</i>	31
Figure1.3.5:	<i>Influence de l'irradiation sur le courant PV</i>	32
Figure1.3.6:	<i>Caractéristique montre L'utilisation de by-pass</i>	32
Figure1.3.7:	<i>La configuration de droite.</i>	33
Figure1.3.8:	<i>Exemple de convertisseur Dc/Dc</i>	34
Figure1.3.9:	<i>Convertisseur typique DC DC vers le bas</i>	35

Chapitre2.

Figure2.1 :	<i>chaine d'acquisition des donner dans un système autonome</i>	3
Figure2.2 :	<i>Photo réel d'un module wifi esp01</i>	4
Figure2.3 :	<i>photo réel du microcontrôleur intégrer</i>	5
Figure2.4 :	<i>Taille Réel et Pin out d'un esp01</i>	6
Figure2.6 :	<i>modèles et de variantes de microcontrôleur</i>	7
Figure2.7 :	<i>protocole de communication UART</i>	8

Figure2.8 :	protocole de communication I2C	8
Figure2.9 :	protocole de communication SPI	9
Figure2.1.1 :	communication sans fil	11
Figure2.1.3	capteur irradiation a border a notre réalisation:	11
Figure2.1.5 :	Photo réel d'un capteur de pression	15
Figure2.1.6 :	illustration du capteur de pression BMP280 et ses différent pin <i>températures</i>	16
Figure2.1.9:	Représente Capteur de courant et de tension INA219	16
Figure2.2.3:	capteur de température et d'humidité DHT22	17
Figure2.2.7 :	schéma montre Les différent fonction de TP4056	26
Figure1.3.3:	<i>Représente Un Couplage de deux panneaux solaires en série</i>	30
Figure1.3.4:	<i>Représente Un Couplage de deux panneaux solaires en parallèle</i>	31
Figure1.3.5:	<i>Influence de l'irradiation sur le courant PV</i>	32
Figure1.3.6:	<i>Caractéristique montre L'utilisation de by-pass</i>	32
Figure1.3.7:	<i>La configuration de droite.</i>	33
Figure1.3.8:	<i>Exemple de convertisseur Dc/Dc</i>	34
Figure1.3.9:	<i>Convertisseur typique DC DC vers le bas</i>	35



*Introduction
Générale*

Introduction Générale

La demande en énergie renouvelable augmente en parallèle avec la demande énergétique mondiale. Cela est dû à l'aggravation de l'impact environnemental causé par l'utilisation de centrales électriques à combustibles fossiles, qui provoquent une grande pollution atmosphérique et non respectueuses de l'environnement. D'autre part, il existe plusieurs formes de production d'électricité à base d'énergies renouvelables, avec une technologie qui s'améliore constamment. [1]

L'énergie solaire est récemment apparue comme la source d'énergies renouvelables la plus attrayante pour combler le fossé entre la consommation et la production d'électricité. Cela est dû aux réductions de coûts dramatiques et aux progrès de la technologie photovoltaïque (PV), qui évolue encore rapidement. En outre, l'énergie solaire est également le type d'électricité le plus propre, le plus respectueux de l'environnement et le plus abondant par rapport à d'autres énergies.

De plus, la technologie PV peut être la source d'énergie la plus efficace avec des systèmes de surveillance et de contrôle modernes. [2]

Les données collectées au cours du fonctionnement d'un système PV sont très intéressantes, non seulement pour déterminer si les objectifs de conception ont été atteints, mais aussi pour améliorer la conception et le fonctionnement du système PV, ainsi qu'une évaluation générale du potentiel de la technologie PV. [3]

En outre, il est nécessaire de contrôler les paramètres du PV afin de l'optimiser. L'objectif d'un système de surveillance photovoltaïque est de fournir des données précises sur une variété de paramètres, y compris le potentiel énergétique, l'énergie extraite, la détection des défauts, l'analyse de la génération historique et les pertes énergétiques associées [4]. La littérature a des descriptions détaillées de la classification des systèmes de surveillance photovoltaïque basée sur les technologies Internet, le système d'acquisition de données utilisé, et les méthodes du système de contrôle. [5]

La technologie Internet des objets (IoT) est capable de surveiller et de contrôler de nombreux appareils intelligents à distance. Dans le domaine des générations d'énergies renouvelables, en particulier sur les systèmes de production d'électricité photovoltaïque, une grande partie des recherches qui ont été faites pour concevoir et développer des systèmes d'observation des paramètres PV, à la fois hors ligne et en ligne, sont disponibles dans la

littérature [6].

En raison de la sensibilité des panneaux photovoltaïques aux facteurs environnementaux, des données telles que le rayonnement solaire, la température ambiante, la météo et les données électriques sont utilisées pour évaluer l'état de la station. C'est pourquoi il est crucial de suivre la performance d'un système PV en tout temps

Cela Nous a Dirigé de réaliser un système Embarqué de mesure en temps réel de l'ensemble des grandeurs physiques existant. Les données sont traitées dans l'unité de traitement et de commande afin de les transférer à travers la carte WIFI de type ESP8266 (ESP-01). L'affichage des résultats est assuré par des courbes sur le site internet choisi s'appelle: 'ThingSpeak'

Pour cela on a suivi le plan du mémoire en 3 chapitres :

- Le Premier chapitre présente un Etat de l'art de l'énergie photovoltaïque,
- Le deuxième chapitre Une étude théorique des différents capteurs de système
- Le Troisième Chapitre Représente l'étude expérimentale contenant la simulation la réalisation la programmation et les résultats obtenus.
- Finalement, nous terminons ce manuscrit par une conclusion générale



*Chapitre I
État d'art sur
L'énergie
photovoltaïque*

Chapitre I : État d'art sur L'énergie photovoltaïque

1 Introduction

Les énergies renouvelables sont des énergies à ressource illimitée, provenant Directement ou indirectement du soleil, elles sont donc disponibles tant que celui-ci brillera. L'énergie photovoltaïque est la plus jeune d'elles, elle a l'avantage d'être non polluante, souple et fiable. Les systèmes photovoltaïques sont utilisés depuis 40 ans. Les applications ont Commencé avec le programme spatial pour la transmission radio des satellites. Elles se sont poursuivies ensuite avec des balises en mer et l'équipement des sites isolés dans tous le s pays du monde, en utilisant les batteries pour stocker l'énergie électrique pendant les heures sans soleil. [3]

L'énergie photovoltaïque, qui résulte de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique via une photopile, est l'un des enjeux de la politique énergétique de notre siècle. Cette photopile, également appelée cellule solaire ou cellule photovoltaïque, est fabriquée à l'aide de matériaux semi-conducteurs, comme les transistors ou les puces d'ordinateur.

Pour la raison que le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur Terre sous forme de silice non toxique, les cellules photovoltaïques sont généralement fabriquées à partir de "silicium cristallin", qui reste la filière la plus avancée sur le plan technologique et industriel.

Ce chapitre se concentrera sur la description d'une unité de production photovoltaïque.

2 L'énergie solaire:

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable qui utilise la lumière du soleil pour générer de l'électricité. Elle présente de nombreux avantages, notamment pour les systèmes autonomes qui fonctionnent de manière indépendante, sans accès à un réseau électrique traditionnel. Dans ce chapitre, nous explorerons l'énergie solaire en tant que solution d'alimentation pour un système autonome, en mettant l'accent sur la conception et le dimensionnement du système.

On distingue deux moyens principaux de convertir l'énergie solaire:

- ❖ L'énergie solaire thermique: qui consiste tout simplement à produire de la chaleur grâce à des panneaux sombres. On peut aussi produire avec de la vapeur à partir de la chaleur du soleil puis convertir la vapeur en électricité.
- ❖ L'énergie solaire photovoltaïque: qui consiste à produire directement de l'électricité à partir de la lumière à l'aide de panneaux solaires. Cette forme d'énergie est déjà exploitée dans de nombreux pays, surtout dans les pays ou les régions ne disposant pas de ressources conventionnelles

2.1 Énergie solaire photovoltaïque

Consiste à produire de l'électricité directement à partir de la lumière à l'aide de panneaux solaires. Cette forme d'énergie est déjà exploitée dans de nombreux pays, en particulier dans les pays ou les régions qui n'ont pas de ressources énergétiques conventionnelles telles que les hydrocarbures ou le charbon. [4]

2.1.1 Avantages essentiels D'énergie solaire:

- Durabilité et disponibilité
- Indépendance énergétique :
- Faibles coûts d'exploitation
- Impact environnemental réduit

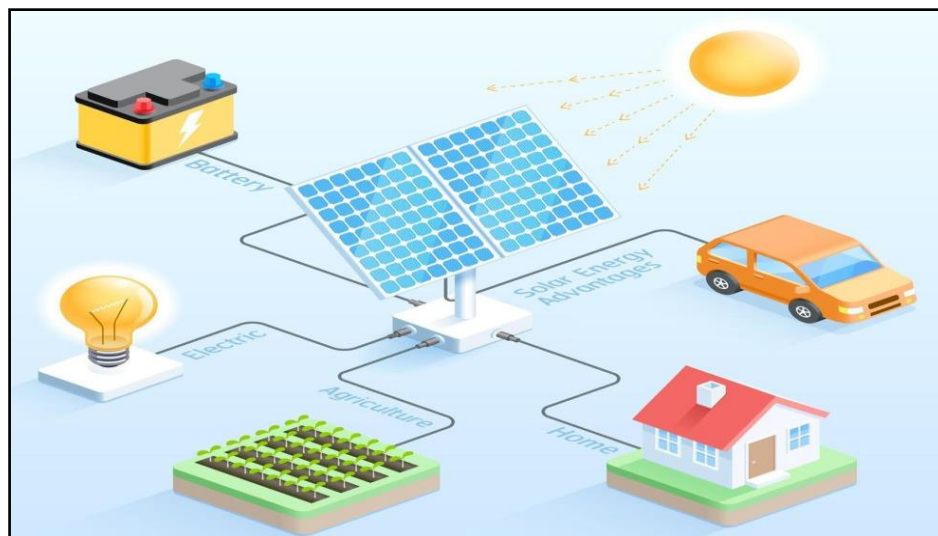


Figure I. 1:avantage d'énergie Pv .

2.1.2 Inconvénients

- Le système photovoltaïque présente toutefois des inconvénients
- Fabrication et recyclage des panneaux peu écologiques. –
- Production qui dépend des conditions d'ensoleillement.
- Durée de vie limitée (env. 20 ans). –
- Rendement assez faible (15%) .

2.2 Rayonnement solaire

Ce rayonnement émis par le soleil traverse, avant d'arriver au sol terrestre, un énorme filtre atténuateur et sélectif, et, de fait, protecteur de la vie sur terre.

L'interaction de la lumière avec la matière est conditionnée par l'absorption par certaines molécules de la matière, appelées chromophores, de radiations de longueur d'onde (λ) adéquate dans les domaines spectraux ultraviolets (UV) – visible. Cette absorption déclenche ensuite une succession de processus moléculaires qui qualifient les réactions photochimiques.[5]

Le rayonnement émis par le soleil est composé d'un ensemble d'ondes électromagnétiques allant depuis les rayons cosmiques, particule animées d'une vitesse et d'une énergie extrêmement élevées et s'étendant jusqu'aux ondes radio et aux rayons gamma, en passant par la lumière visible [6].

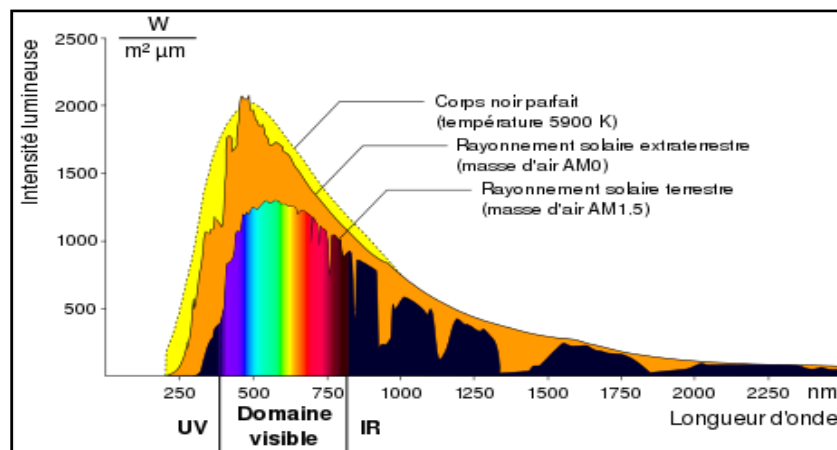


Figure I. 2: caractéristique du spectre

2.3 Rayonnement solaire en Algérie

On peut avancer qu'il y a peu de pays qui reçoivent autant de flux d'énergie solaire que l'Algérie car elle est située entre les latitudes 20 et 37 degré nord paradant du principe que latitude et climat sont liées a l'ensoleillement. La figure au-dessous représente Irradiation global reçue sur surface horizontale dans la période 1992-2002

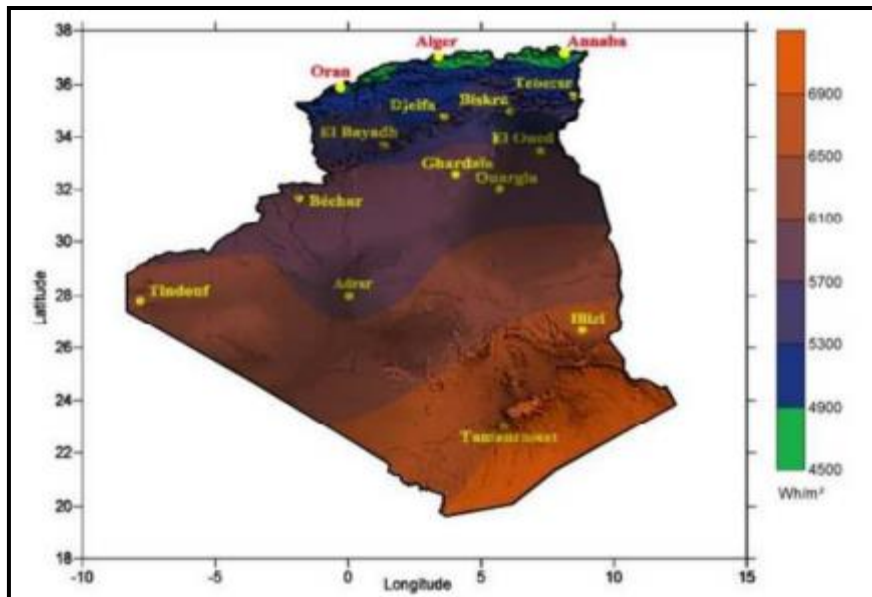


Figure I. 3: Irradiation globale reçue sur surface horizontale.

2.4 Durée d'insolation moyenne

L'insolation est par définition l'exposition à la lumière solaire, on définit le pourcentage d'insolation comme étant le rapport du nombre heures sur la durée astronomique du jour

Les valeurs d'insolutions mensuelles moyennes sont calculées durant 2013, pour la région de TLEMCEM sont représentées sur la figure, nous avons pris les durées d'insolutions par l'office national de météorologie du mandat d'Algérie

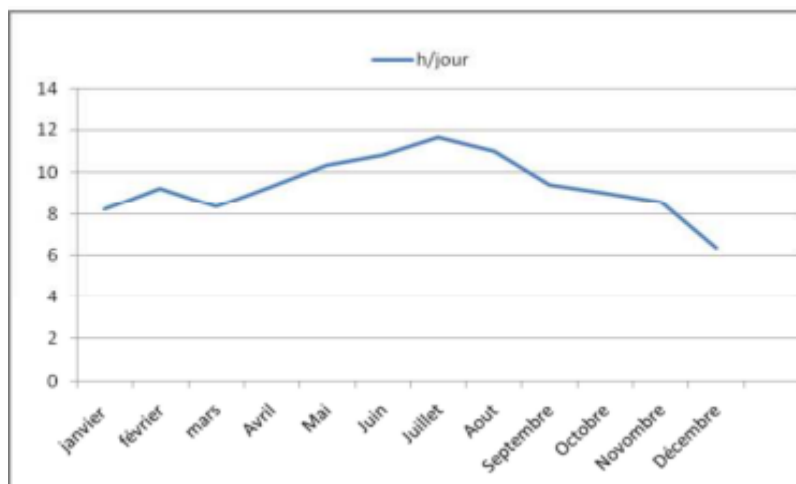


Figure I. 4: Durée d'insolation moyenne.

La durée d'insolation varie entre 8h/jour et 9h/jour dans la période janvier à mi-mars, et après la mi-mars jusqu'à mi-juillet la durée d'insolation augmente avec le passage du mois, où jusqu'à un pic à la mi-juillet 11.68h, d'après cette période jusqu'à la fin d'année la durée d'insolation diminue jusqu'à ce qu'elle atteigne sa valeur la plus basse 6.37h. [36]

2.5 Trajectoire apparente du soleil

Pour un observateur situé sur la surface de la terre, le soleil décrit une trajectoire apparente qui dépend de la latitude (hauteur) et la longitude (azimut) du lieu où il se trouve. Rappelons que la latitude est la distance angulaire d'un point quelconque du globe par rapport à l'équateur (de 00 à 900 dans l'hémisphère nord). Quand à la longitude, c'est également un angle, donné par rapport au méridien de Greenwich en se déplace vers l'Est (figure I.2). Le déplacement apparent du soleil est d'environ 240° en azimut et de 70° en élévation de latitudes [8].

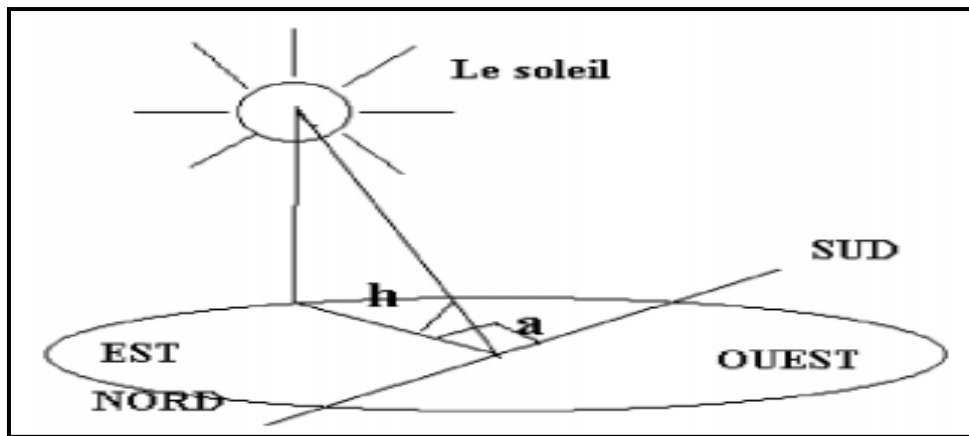


Figure I. 7. Représentation de la latitude (hauteur) angulaire et l'azimut.

3 Principe de la conversion Photovoltaïque

La conversion photovoltaïque (PV) découverte par le physicien français A. BECQUEREL (1839) est le seul moyen connu de convertir directement l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules solaires. Lorsqu'un matériau est exposé à la lumière du soleil, les photons constituant la lumière percutent les atomes exposés au rayonnement. Les

Électrons des couches électroniques supérieures, appelés aussi électrons de valence ont tendance à être arrachés. Dans les cellules PV, une partie des électrons ne revient pas à son état initial et les électrons arrachés créent une tension électrique continue et faible (Figure I. 14) [14].

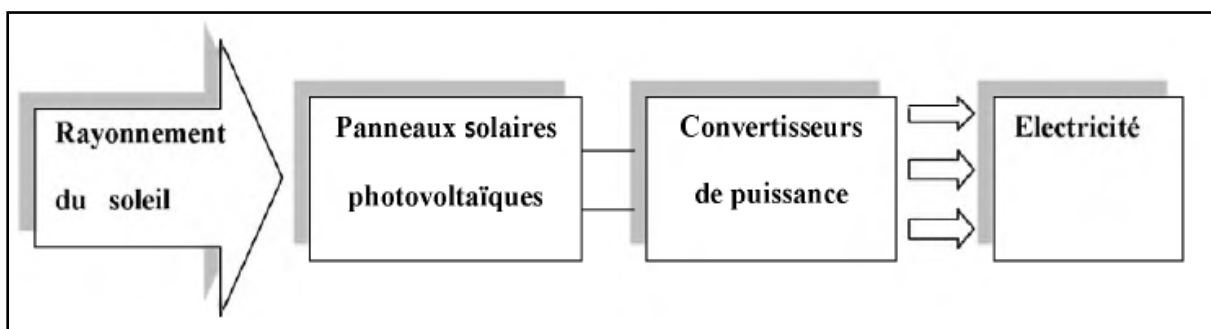


Figure I. 14 Principe de la conversion photovoltaïque [14]

3.1 Cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques (photon grain de lumière et volt : unité de tension) sont des composants électroniques à base de semi-conducteurs (généralement faites de silicium sous ses différentes formes). Elles convertissent directement l'énergie lumineuse en courant continu basse tension (effet photovoltaïque). Une cellule photovoltaïque est constituée par un matériau semi-conducteur de type P-N. La taille de chaque cellule va de quelques centimètres carrés jusqu'à 100 cm² ou plus. Sa forme est circulaire, carrée ou dérivée des deux géométries. Les cellules se branchent en série, ce qui permet aux électrons générés par une cellule d'être repris par la suivante. Le but est d'avoir une différence de potentiel normalement entre 6 et 24 V. Chaque cellule peut être représentée par le schéma électrique équivalent. [15]

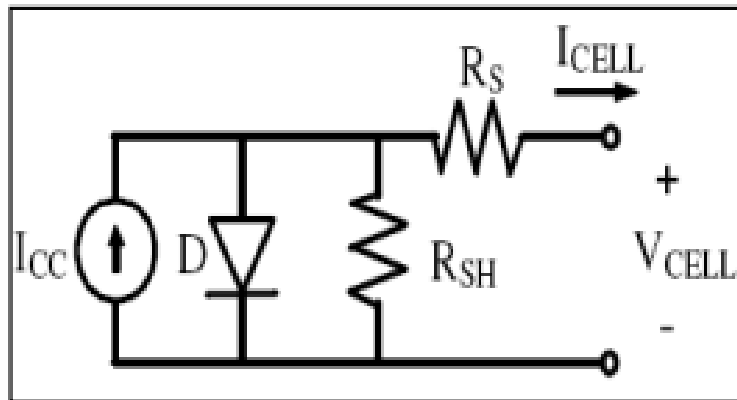


Figure I. 15: Schéma équivalent électrique d'une cellule PV.

Pour une cellule idéale l'équation de courant, est :

$$I_{out} (V_{out}) = I_{ph}(\phi) - I_d (V) \dots \dots \dots (1.1)$$

Où :

- I_{out} : Courant fournie par la cellule [A]
- V_{out} : Tension aux bornes de la jonction [V] ;
- $I_{ph}(\phi)$: Courant produit par la photopile, ce courant est proportionnel au flux lumineux (ϕ) [A].

$$I_{ph} (\phi) = I_{sc} \phi / \phi_{ref} (\mu I_{cc} ((T_c - T_{ref}) + 1)) \dots \dots \dots (1.2)$$

Où :

- I_{sc} : Courant de court-circuit mesuré aux conditions STC [A] ;
- ϕ_{ref} : Flux lumineux de référence 1000 [W/m²] ;
- T_{ref} : Température de référence 298.15 [K] ;

- T_c : Température de la cellule [K] ; μ_{Icc} : Coefficient de température de court-circuit de la cellule [A/K].

La température de la cellule peut être calculée comme suit :

$$T_c = T_a + \varphi (Noct - 20 / 800) \dots\dots\dots (1.3)$$

Avec :

- φ : Flux lumineux [W/m^2] ;
- Noct : Condition de température nominale de fonctionnement de la cellule donnée par le constructeur [K] ;
- T_a : Température ambiante [K].

Et :

$$I_d (A) = I_s(\exp (qV/ AkT) - 1) \dots\dots\dots (1.4)$$


Ou :


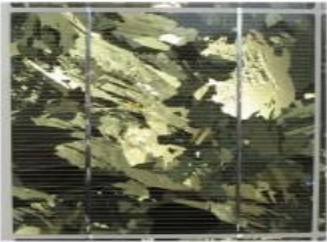
- I_s : Courant de saturation de la diode [μA];
- A : Facteur de qualité de la diode ;
- q : Charge de l'électron = $1,602 \cdot 10^{-19}$ [Coulomb] ;
- k : Constante de Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$ [J/K] ;

3.2 Types de cellule solaire

On distingue actuellement 3 principaux types de panneaux photovoltaïques, qui sont différenciés par le type de cellules qui les composent. [18]

Tableau (I.1) Caractéristiques de cellule PV

Type de cellule	Elaboration	Rendement	Caractéristique
Les cellules amorphes 	Sont produites à partir d'un "gaz de silicium", qui est projeté sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide	2 à 3 fois plus faible << 11%	Ce cellule est grise très foncé C'est la cellule des calculatrices et des montres dites « solaires », car ce type de cellule est bon marché et la technologie est

			utilisable sur de nombreux supports
<p>Les cellules monocristallines</p> 	<p>Sont issues d'un seul bloc de silicium fondu, elles sont donc très "pures".</p>	entre 13 et 17%	<p>Ces cellules sont en général octogonales et d'une couleur uniforme foncée (bleu marine ou gris), ceux qui produisent le plus d'énergie avec le moins de surface</p>
<p>Les cellules polycristallines</p> 	<p>élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples</p>	entre 11 à 15%	<p>de forme rectangulaire et sont couleur bleu nuit avec des reflets le coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines</p>

4 Caractéristiques de la cellule photovoltaïque

Le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque peut être schématisé ci-dessous :

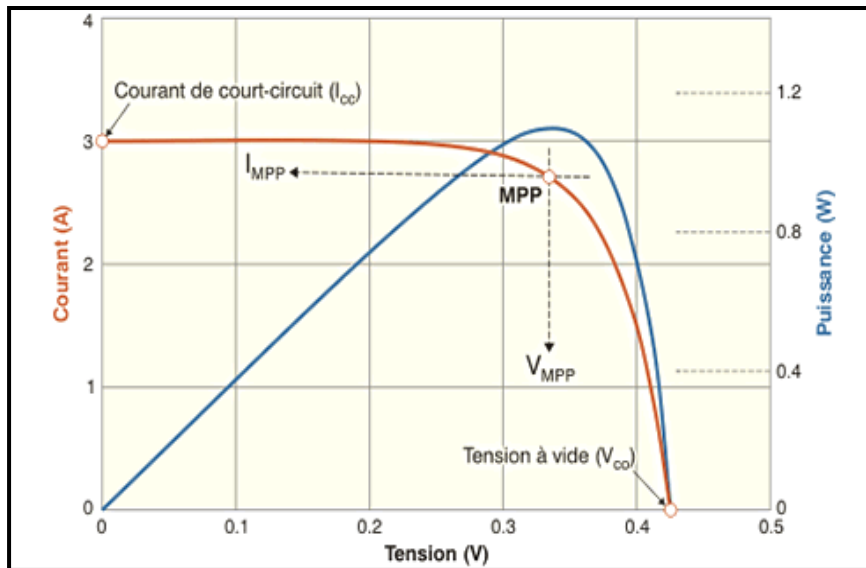


Figure I. 20 : caractéristique courant-tension (I-V) [19]

- **Courant de court-circuit, I_{cc}**

Il s'agit du courant obtenu en court-circuitant les bornes de la cellule (en prenant $V=0$ dans le schéma équivalent). Il croît linéairement avec l'intensité d'illumination de la cellule et dépend de la surface éclairée, de la longueur d'onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs et de la température [22].

- **Tension de circuit-ouvert, V_{oc} :**

La tension à circuit-ouvert est obtenue quand le courant qui traverse la cellule est nul. Elle dépend de la barrière d'énergie et de la résistance shunt. Elle décroît avec la température et varie peu avec l'intensité lumineuse [22] :

$$V_{oc} = \frac{KT}{q} \ln (I_{cc} / I_s + 1) \dots\dots\dots (1.5)$$

- **Facteur de forme, FF :**

On appelle facteur de forme FF (fill factor), le rapport entre la valeur maximale de la puissance pouvant être extraite (I_m, V_m) de la photopile sous les conditions de mesures standardisées, et le produit (I_{cc}, V_{co}) :

$$FF = \frac{V_M \cdot I_M}{V_{co} \cdot I_{cc}} \dots\dots\dots (1.6)$$

Pour une cellule de fabrication industrielle, le facteur de forme est de l'ordre de 70% [22].

- **Rendement de conversion, η :**

Le rendement η des cellules PV, désigne le rendement de conversion en puissance. Il est défini comme étant le rapport de la puissance maximale délivrée par la cellule et la puissance lumineuse incidente PIN [23] :

$$\eta = F F .V_{co}.I_{cc} /PIN..... (1.7)$$

- PIN : Puissance incidente [W] ;
- PIN /A : Densité de puissance incidente [W/m²] ;
- A : Section de la cellule [cm²].

5 Module photovoltaïque

La cellule solaire de forme ronde ou carrée est l'élément de base d'un système photovoltaïque. Un ensemble de cellules forme un module solaire, dans un module les cellules sont reliées électriquement entre elles et encapsulées, donc protégées contre les agents extérieurs. Plusieurs modules forment un string PV et plusieurs string PV forment un champ ou générateur PV 1 , auxquels viennent s'ajouter des protections, un régulateur, un système de stockage de l'énergie (batterie), des appareils de contrôle et de mesure, un onduleur.

5.1 Association des cellules photovoltaïques

En associant les cellules PV en série (somme des tensions de chaque cellule) ou en parallèle (somme des intensités de chaque cellule), on peut constituer un générateur PV selon les besoins des applications visées. Les deux types de regroupement sont en effet possibles et souvent utilisés afin d'obtenir en sortie des valeurs de tension et intensité souhaités.[24]

La puissance disponible en sortie d'un GPV est donnée par :

$$P_{pv} = N_s.V_{pv}.N_p.I_{pv}..... (1.8)$$

Avec :

- P_{pv} : La puissance disponible en sortie du GPV
- V_{pv} : La tension de sortie du GPV.
- I_{pv} : Le courant de sortie du GPV

5.1.1 Association en série

Le regroupement des cellules en série (N_s) permet d'augmenter la tension du GPV par contre le courant traversées les cellules reste le même. La tension augmente proportionnellement au nombre de cellules en série (N_s) et donc permet d'accroître la puissance du GPV, une telle association des cellules série est représenté par la figure (I. 17). [22]

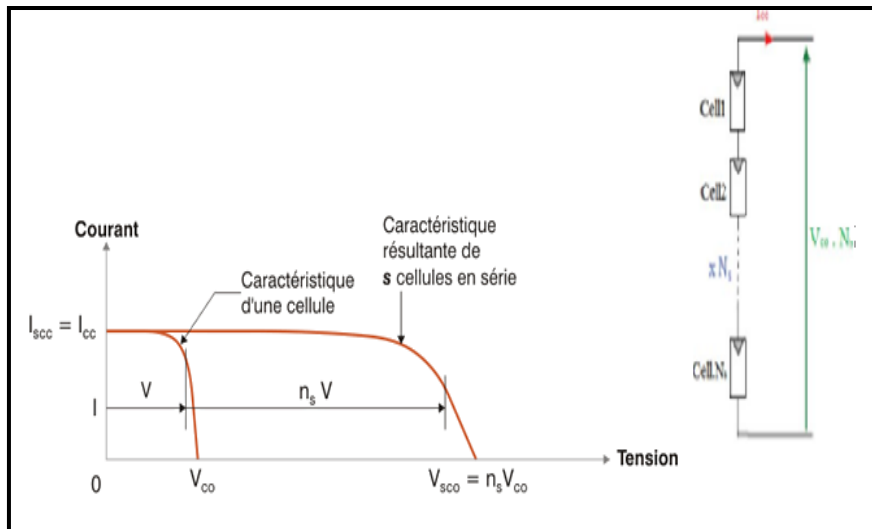


Figure I. 21: Les caractéristiques d’une association série de (N_s) cellules

$$V_{oc} \times N_s = N_s \times V_{oc} \dots \dots \dots (1.9)$$

$$I_{cc} = I_{cc} \times N_s \dots \dots \dots (1.10)$$

Avec :

- **I_{cc}** : Le courant de court-circuit.
- **V_{co}** : La tension du circuit ouvert.
- **V_{coNs}** : La somme des tensions en circuit ouvert de (N_s) cellules en série
- **I_{ccNs}** : Le courant de court-circuit de (N_s) cellules en série

5.1.2 Association en parallèle

Le regroupement des cellules en parallèle (N_p) permet d’augmenter le courant du GPV par contre la tension aux bornes des cellules reste le même. Le courant augmente proportionnellement au nombre de cellules en parallèle (N_p) et donc permet d’accroître la puissance du GPV, une telle association des cellules parallèle est représenté par la figure (I. 18). [20]

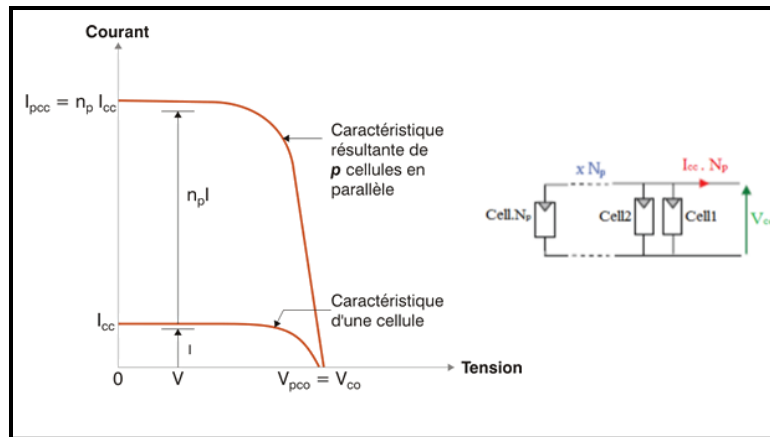


Figure I. 22 : Les caractéristiques d'une association
Parallèle de (N_p) cellules.

$$I_{ccNp} = N_p \times I_{cc} \dots \dots \dots (1.11)$$

$$V_{oc} = V_{ocNp} \dots \dots \dots (1.12)$$

Avec :

- I_{ccNp} : Sommes des courants en court-circuit en parallèle ;
- I_{ccNs} : Courant de court-circuit des cellules en série ;
- Ns : Nombre des cellules en parallèle.

5.1.3 Association hybride en série-parallèle

Selon l'association série et/ou parallèle des cellules, les valeurs du courant de court-circuit total et de la tension à vide totale, sont données par les relations suivantes [20] :

$$I_{cc} = n_p \cdot I_{cc} \dots \dots \dots (1.13)$$

$$V_{oc} = n_s \cdot V_{oc} \dots \dots \dots (1.14)$$

D'où :

- I_{cc} : Sommes des courants en court-circuit en parallèle ;
- V_{oc} : Sommes des tensions en circuit-ouvert en série.

Selon l'association en série et/ou parallèle de ces cellules, les valeurs du courant de court-circuit I_{cc} , et de la tension à vide V_{oc} , sont plus ou moins importantes. La caractéristique d'un générateur PV est constituée de plusieurs cellules à une allure générale assimilable à celle d'une cellule élémentaire, sous réserve qu'il

n'y ait pas de déséquilibre entre les caractéristiques de chaque cellule (irradiation et température uniformes) [25].

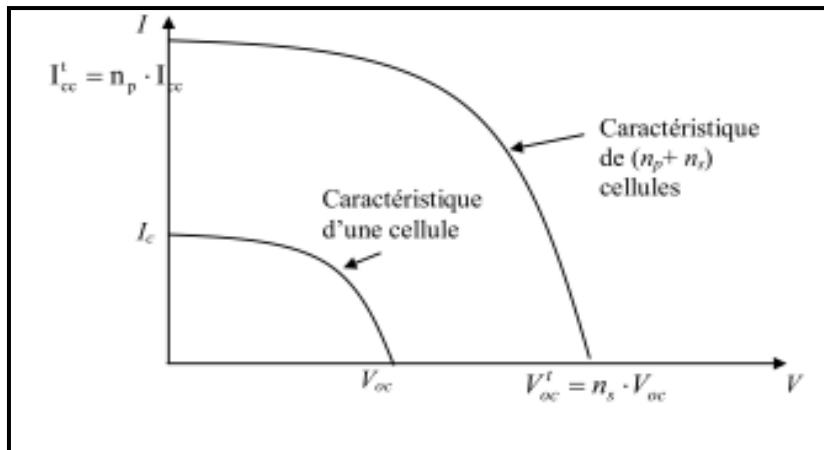


Figure 1.23: Caractéristique I-V résultante d'un groupement hybride de $(n_p + n_s)$ cellules identiques [20]

5.2 Influence de la température et de l'irradiation sur les PV

5.2.1 L'influence de la température

L'influence de la température est importante et a des conséquences sur la conception des panneaux et des systèmes photovoltaïques. La température est un paramètre essentiel puisque les cellules sont exposées aux rayonnements solaires, susceptibles de les échauffer [26] :

$$T_c = T_a + G_{inc} \cdot (NOCT - 20 / 800) \dots \dots \dots (1.15)$$

Avec :

- T_c : La température de la cellule ;
- T_a : La température ambiante ($^{\circ}C$) ;
- G_{inc} : L'irradiation solaire globale sur le plan incliné (w/m^2).

NOCT : est la température de fonctionnement de la cellule qui est définie comme la température de la cellule lorsque le module fonctionne sous les conditions suivantes :

- Irradiation Solaire : $800 W/m^2$
- Distribution Spectrale : AM1.5
- Température Ambiante : $20^{\circ}C$
- Vitesse du vent : $> 1 m/s$

La base des cellules photovoltaïques est une jonction PN. Ceci nous laisse envisager que son rendement variera selon la température de la jonction. En effet, l'équation de Boltzmann donne :

$$I_{sc} = I_0 \cdot \exp\left(-\frac{eV_{oc}}{kT}\right) \dots\dots\dots (1.16)$$

La figure ci-après montre que la tension à vide d'une cellule solaire diminue avec l'augmentation de la température de la cellule.

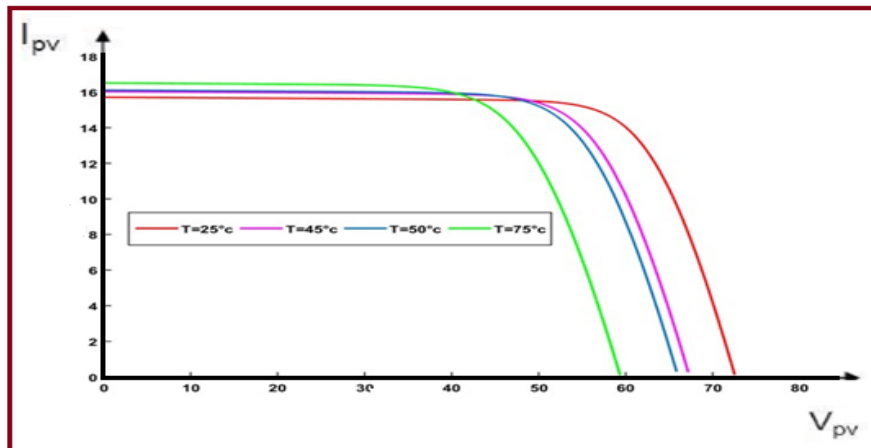


Figure I. 24 : Effet de la température sur la caractéristique I-V.

L'augmentation de la température se traduit par une diminution de la puissance maximale disponible (de l'ordre de $(5 \times 10^{-5} \text{ w/k})$ par cm^2 de la cellule) [14].

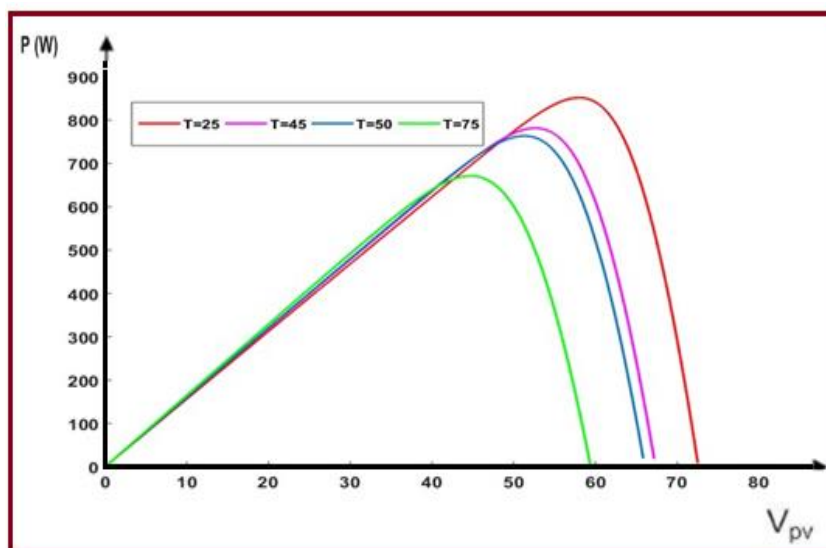


Figure I. 25 : Effet de la température sur la caractéristique P-V.

5.2.2 L'influence D'éclairement

L'énergie électrique produite par une cellule dépend de l'éclairement qu'elle reçoit sur sa surface. La figure suivant représente la caractéristique courant-tension et caractéristique P-V d'une cellule en fonction de l'éclairement, à une température et une vitesse de circulation de l'air ambiant constante, le courant est directement proportionnel au rayonnement, contrairement à la tension qui ne varie que très peu en fonction de l'éclairement Les équations précédentes ne sont valables que pour un mode de fonctionnement optimal. Pour généraliser notre calcul pour différents éclairements et températures, nous utilisons le modèle qui déplace la courbe de référence à de nouveaux emplacements.

$$I_{sc} = I_{scr} \cdot (G / 1000) \dots\dots\dots (1.17)$$

Où :

- I_{scr} : Le courant de court-circuit de référence ;
- G : L'irradiation solaire globale.

De la même manière que la température, la jonction PN réagit différemment selon l'énergie qu'elle reçoit. Plus elle reçoit d'énergie plus elle en restitue, mais toujours avec un coefficient de rendement très faible de l'ordre de 15%. La variation des caractéristiques est représentée sur les courbes de la Fig.5. Pour différents niveaux d'irradiation, le changement du courant optimal est très important.

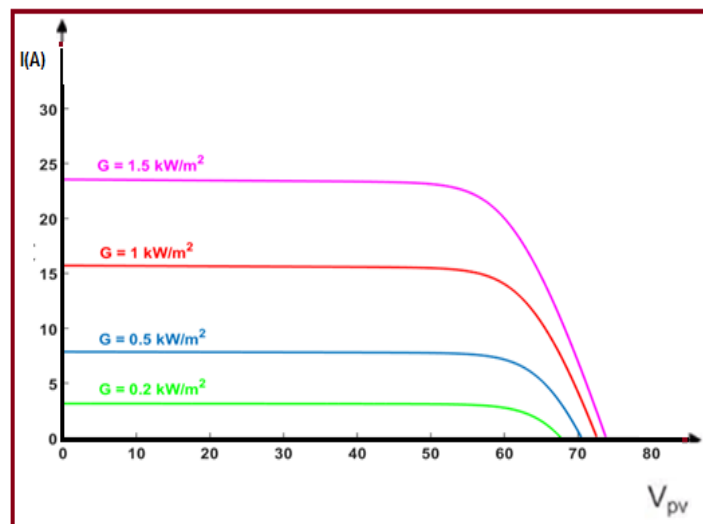


Figure I. 26: Effet de l'éclairement sur la caractéristique I-V. [26]

Selon les conditions météorologiques, nous obtenons différentes courbes avec différentes puissances maximales au cours d'une même journée. Nous

remarquons aussi la légère diminution de la tension du circuit ouvert à une chute du flux lumineux. En examinant les caractéristiques réelles obtenues, nous pouvons conclure que des fortes variations du niveau d'irradiation provoquent des variations relativement importantes du courant optimal.

Alors que, les variations relatives de la tension optimale restent faibles.

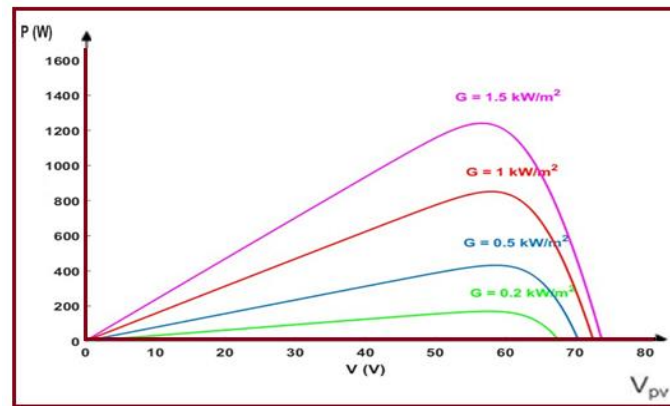


Figure I. 27 : Effet de l'éclairement sur la caractéristique P-V [26]

6 Composants d'un système PV

Le synoptique électrique d'un système PV alimentant une charge est illustré dans la Figure 1.17. Nous le décrivons en considérant les différents composants suivants [30] :

- Générateur PV.
- Convertisseur.
- Câblage et boîte de jonction.
- Système de protection y compris la diode by-pass, diode anti-retour et les autres dispositifs de sectionnement.

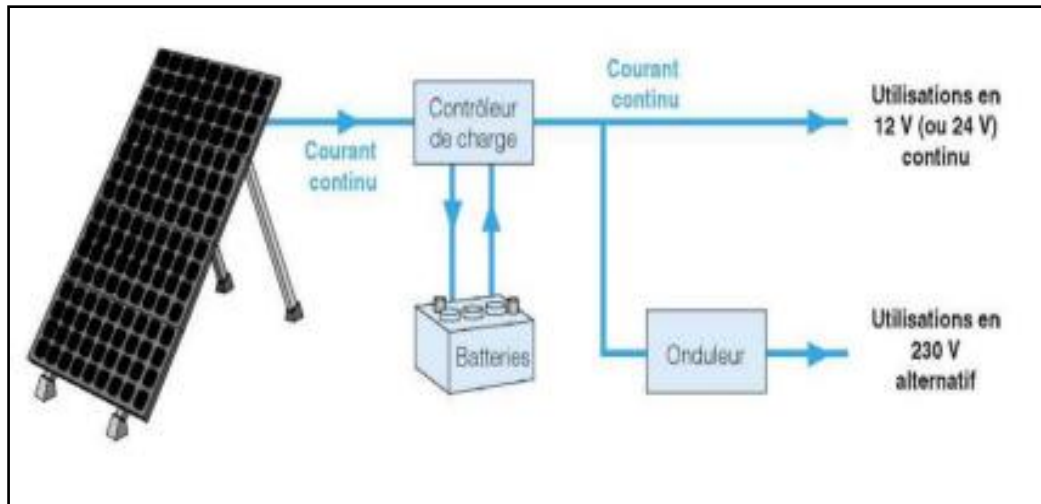


Figure I.31. Système photovoltaïque autonome.

7 Convertisseur

Un convertisseur est un dispositif électronique qui permet de convertir une forme d'énergie électrique en une autre forme d'énergie électrique, avec des caractéristiques spécifiques telles que la tension, le courant, la fréquence ou la forme d'onde. Les convertisseurs sont largement utilisés dans les systèmes d'énergie solaire pour convertir l'énergie solaire captée par les panneaux solaires en une forme d'énergie électrique utilisable pour alimenter des charges électriques. [33]

Types de convertisseurs :

- Les convertisseurs élévateurs (boost),
- Les convertisseurs abaisseurs (buck) et
- Les convertisseurs élévateurs-abaisseurs (buck-boost).



Figure I.38: représentation d'un convertisseur hacheur dc-dc Buck

8 Les batteries dans les systèmes photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques exigent habituellement des batteries qui peuvent être chargées pendant le jour et déchargées durant la nuit. Ces batteries doivent fonctionner ainsi pendant des années sans marquer plus qu'une détérioration minimale de leurs rendements, tout en satisfaisant la demande, les jours ou il n'y a que peu ou pas de soleil. Dans un système photovoltaïque, la batterie remplit trois fonctions importantes:

- ❖ **Autonomie** : nombre de jours pendant lesquels la batterie doit fournir la puissance requise sans être recharger ni subir de dommage.
- ❖ **Courant de surcharge** : une batterie permet de fournir un courant de surcharge pendant quelque instant, c'est à dire un courant plus élevé que celui que peut fournir le champ PV.
- ❖ **Stabilisation de la tension** : une batterie permet de fournir une tension constante, en éliminant les écarts de tension du champ PV et en permettant aux appareils un fonctionnement à une tension optimisée

Les propriétés électriques suivantes sont généralement employées pour caractériser Une batterie. :

- ❖ Sa capacité.
- ❖ Sa tension.
- ❖ La charge et le courant maximum qu'elle peut supporter.
- ❖ La conservation de la charge (donc sans autodécharge).
- ❖ Sa durée de vie, en nombre de cycles ou en années.

8.1 Capacité de batterie

La capacité d'une batterie représente la quantité de courant qui peut être extraite d'une électrode via l'électrolyte et matériaux actifs des électrodes sur une charge. Elle est exprimée en Ampère heure (1Ah=3600 Coulomb) ou en Wattheure Wh (1Wh = 3600 J).

La capacité de batterie dépend de plusieurs facteurs. Elle est déterminée sous des conditions de décharge fixée, habituellement à courant constant ($C=I.t$) avec t : le temps de décharge au bout de laquelle la tension atteint une certaine valeur prédéfinie

En pratique, cette capacité dépend du courant, du temps de décharge ainsi que de la température. Par exemple, la capacité qui est extraite en 5 heures jusqu'à atteindre la tension minimale acceptée est appelée capacité 5 heures ou C5 en abrégé. Le courant de décharge correspondant est appelé courant [38].

a) Tension de batterie :

La Figure (I.38) reprend l'évolution de la tension durant la charge d'une cellule de batterie plomb acide. La charge théorique d'une batterie au plomb s'effectue donc en trois phases.

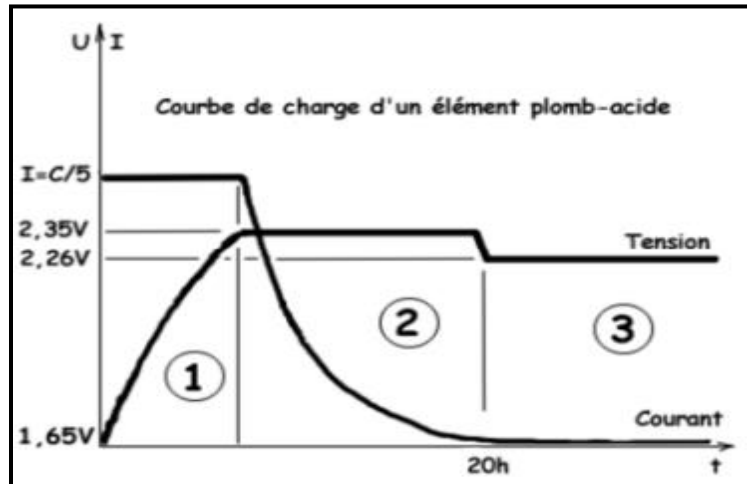


Figure I.42 : Evolution de la tension et du courant avec le temps durant la charge d'un élément plomb acide

b) La recharge de batterie:

La recharge appropriée d'une batterie (dans le cas de batterie plomb acide) devient prépondérante pour obtenir une durée de vie et des performances optimales quelque en soit les conditions d'utilisation de cette batterie. De plus, il existe des exigences techniques telles que la fiabilité et la longévité. Plusieurs méthodes de charge existent, nous pouvons citer : charge à courant constant, charge à tension constante, et charge rapide.

c) L'auto décharge :

Même lorsque la batterie ne débite pas, sa capacité a tendance à diminuer lentement. Cet effet est connu sous le nom d'auto décharge. Celle-ci peut résulter de plusieurs causes En premier lieu, la densité d'acide diminue au cours du temps pour des batteries non hermétiques. Elle est principalement due à la présence de petites impuretés métalliques sur les électrodes, conduisant à la formation de micro piles et la génération d'un faible courant interne.

d) La durée de vie de la batterie :

La durée de vie d'une batterie solaire s'évalue en nombre de cycles de charge/décharge qu'elle est capable de supporter. La durée de vie moyenne des batteries de tous types a considérablement augmentée lors des deux dernières décennies grâce à l'utilisation de nouvelles technologies de fabrication et à l'emploi de nouveaux matériaux : utilisation du polypropylène pour les

enveloppes externes, meilleure étanchéité de l'enceinte, alliages plus résistants à la corrosion, meilleure gestion de la batterie et bien d'autres encore

Parmi les technologies des batteries on trouve les batteries : Plomb-acide, nickel cadmium (Ni-Cd), Lithium-ion, Nickel-hydrure métallique ou Ni-MH, Nickel-Zinc...

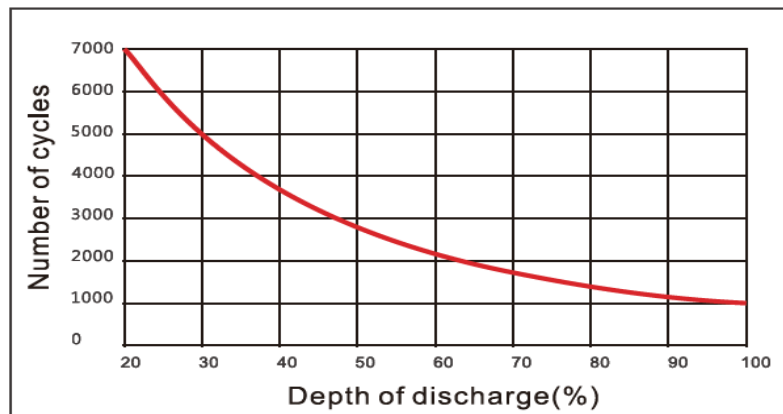






Figure I.43 : caractéristique de NB (depth discharge) [39]

8.2 Type de batterie solaire

Il est important de noter que chaque type de batterie à ses propres caractéristiques et avantages, et le choix dépendra des besoins spécifiques du système solaire autonome :

Type de batterie	Avantages	Inconvénients	Illustration
Batteries au plomb-acide	Coût relativement bas, disponibilité élevée, durabilité	Poids élevé, encombrement, capacité de stockage limitée, sensibles aux décharges profondes	
Batteries lithium-ion	Densité d'énergie élevée, poids réduit, faible taux d'autodécharge	Coût plus élevé, nécessité de gestion de la charge et de la décharge	

Batteries au nickel-cadmium	Tolérance aux températures extrêmes, durabilité, résistantes aux surcharges	Faible densité d'énergie, sensibles à l'effet mémoire, coût relativement élevé	
Batteries au lithium-fer-phosphate	Longue durée de vie, sécurité élevée, large plage de températures de fonctionnement	Coût plus élevé, densité d'énergie légèrement inférieure aux batteries lithium-ion	

8.3 Batteries lithium-ion

Les batteries lithium-ion sont des types de batteries rechargeables utilisées pour stocker l'énergie produite par les systèmes solaires. Elles sont composées de cellules contenant des électrodes de lithium et d'un électrolyte liquide. Les batteries lithium-ion offrent une densité d'énergie élevée, une faible autodécharge et une longue durée de vie, ce qui en fait un choix populaire pour le stockage de l'énergie solaire [40].

8.4 Caractéristiques :

- Densité d'énergie élevée
- Faible taux d'auto-décharge
- Longue durée de vie
- Pas d'effet mémoire
- Recharge rapide
- Faible autodécharge.

8.5 Modèle électrique de la batterie

Comme la batterie joue un rôle important en termes de stockage dans les installations photovoltaïques, elle devrait avoir un bon modèle, représentant son comportement réel. Il existe plusieurs modèles de batterie au plomb et leur mise en œuvre n'est pas aisée du fait de la prise en compte de plusieurs paramètres. Suivant les applications et les contraintes auxquelles elles sont soumises, les batteries réagissent différemment.

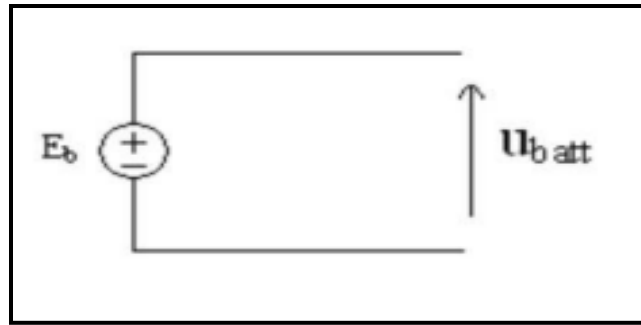


Figure I.44 : Modèle idéal batterie

Dans ce modèle la batterie est représentée par une simple source de tension comme un circuit équivalent et les paramètres internes sont ignorés.

8.6 Influence de la température sur la capacité de batterie

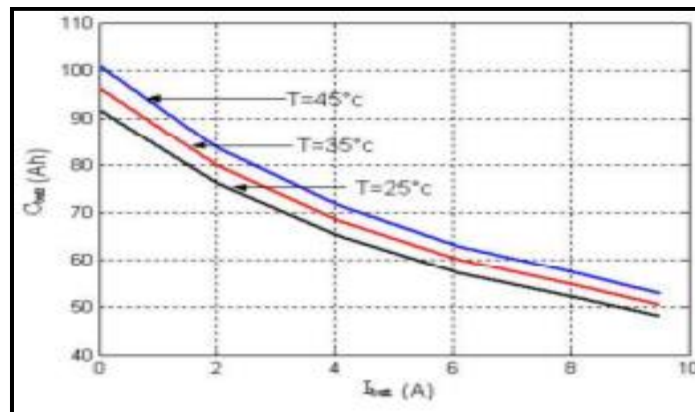


Figure I.45 : Influence de la température sur la capacité.

La capacité augmente avec la température de l'élément. Ce fait s'explique d'une part, par l'augmentation du coefficient de diffusion des solutions d'acide sulfurique, d'autre part par la baisse de la résistivité de l'électrolyte pour les concentrations généralement employées. Inversement, en basse température, la capacité disponible est nettement moins importante.

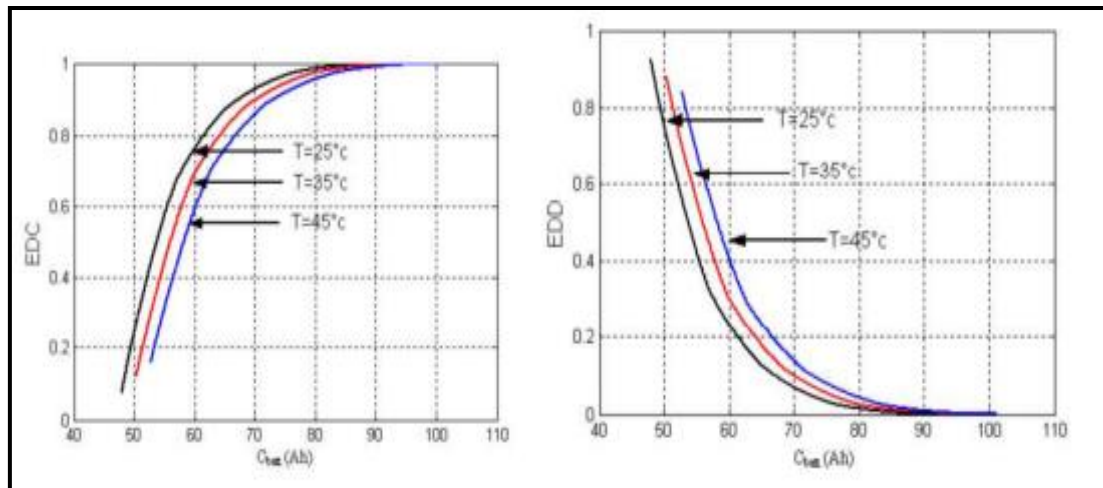


Figure I.46 : Influence de la température sur l'état de charge et de décharge

9 Conclusion

En conclusion, Dans ce chapitre le but c'était de dimensionné un système photovoltaïque autonome et Les panneaux solaires, composés de cellules photovoltaïques, permettent de capturer la lumière du soleil et de la convertir en électricité sans émissions polluantes ni gaz à effet de serre. L'irradiation solaire, qui fait référence au spectre de rayonnement solaire atteignant les panneaux solaires, joue un rôle crucial dans la production d'électricité solaire. La performance des panneaux solaires dépend de la quantité et de la qualité de l'irradiation solaire reçue. De plus, le stockage de l'énergie solaire dans des batteries est une caractéristique essentielle pour assurer une utilisation continue et fiable de l'électricité solaire, même lorsque le soleil n'est pas disponible. Les batteries solaires permettent de stocker l'énergie produite pendant les périodes de pic de production solaire et de la libérer lorsque la demande en électricité est plus élevée. Grâce à ces caractéristiques, l'énergie solaire, l'irradiation solaire, les panneaux solaires et les batteries solaires contribuent ensemble à créer un système énergétique autonome durable, respectueux de l'environnement et capable de réduire les émissions de carbone.



Chapitre 2
Etude Théorique

Chapitre 2 : Etude théorique Sur le système embarqué.

1 Introduction

L'essor des technologies de l'énergie solaire a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine de la production d'électricité durable. Parmi les solutions prometteuses, les systèmes photovoltaïques occupent une place prépondérante en tant que sources d'énergie renouvelable. Toutefois, pour optimiser l'efficacité et la gestion de ces systèmes, il est essentiel de collecter et d'analyser des données précises en temps réel. C'est dans cette optique qu'un système d'acquisition de données pour les panneaux solaires devient primordial. Dans ce chapitre, nous nous penchons sur la conception d'un tel système, en mettant l'accent sur les systèmes embarqués et les technologies de communication sans fil. cela met on œuvre à réaliser une étude théorique sur les différents capteurs, unités de traitement et de transmission. Cette étude nous permettra de mettre en place un système d'acquisition de données en temps réel. Dans ce chapitre, nous aborderons les différents capteurs et unités nécessaires. Nous mettrons particulièrement l'accent sur le rôle clé du module Wifi ESP01 et de l'Arduino Uno dans la collecte, le traitement et la gestion efficace des données solaires. Cette approche permet une surveillance en temps réel l'état des panneaux solaires, ouvrant la voie à une optimisation accrue de la production d'énergie solaire et à une maintenance proactive des installations.

2 Système embarqué

En termes simples, ‘‘Embedded System’’ en anglais, Un système embarqué est un système électronique et informatique autonome, souvent temps réel est constitué de puce électronique sur laquelle fonctionne un logiciel dédié à l'exécution de fonction spécifique ; le tout étant destiné à être intégré dans des sous-ensembles, équipements, appareils et produits divers . [48]

2.1 Composition d'un système embarqué

Quelle que soit la nature et la complexité du système, un système embarqué est composé de :

Une partie matérielle utilisée pour la performance

- Microprocesseur, microcontrôleurs, DSP.
- Mémoires.
- Interfaces d'entrées /sorties.
- Une partie logicielle
- Programmes.

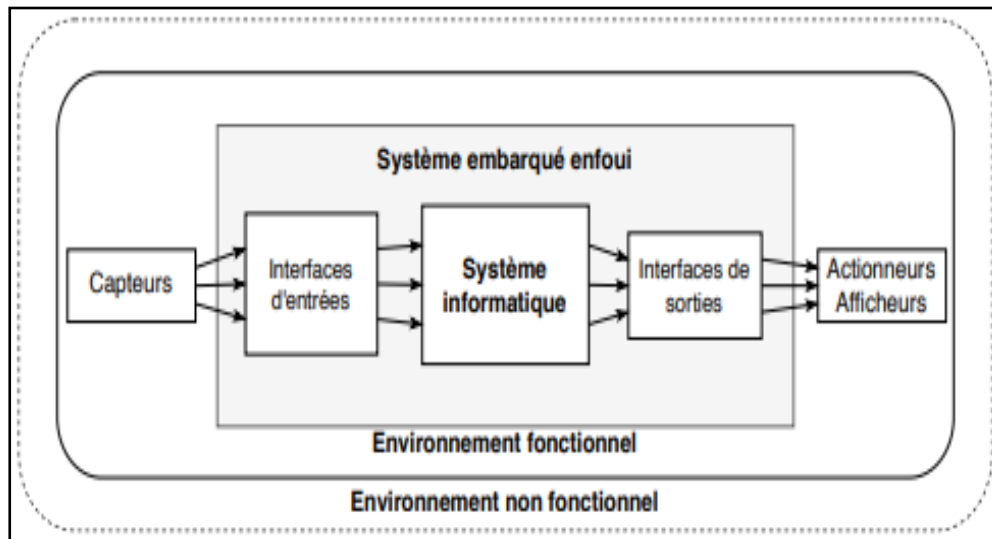


Figure II. 1 : architecture d'un système embarqué

2.2 Caractéristiques

Les systèmes embarqués traitent certaines caractéristiques spécifiques et ces caractéristiques sont uniques dans chaque système embarqué. Certaines des caractéristiques importantes d'un système embarqué sont [49] :

Partie instrumentation :

Dans cette partie on va parler des différentes unités (transmission –Commande) et ainsi des différents capteurs nécessaires pour acquérir les données du panneau photovoltaïque. Les principales fonctionnalités devaient être :

3 Unité de transmission des données

3.1 Introduction aux modules Wifi

Le Wi-Fi est une technologie intéressante pour de nombreuses sociétés liées au monde des télécoms et d'internet. Les collectivités locales et surtout les particuliers profitent de la facilité d'accès à internet [53].

Le module Wifi est un composant essentiel dans les systèmes de collecte de données et de communication sans fil. Il permet la connexion à des réseaux Wi-Fi, offrant ainsi une connectivité à Internet et la possibilité d'échanger des données à distance. Le module Wifi est largement utilisé dans diverses applications, notamment l'Internet des objets (IoT), les systèmes de surveillance à distance, les contrôles à distance, les systèmes de domotique, etc. [54].

3.2 Module Wifi esp8266

Le module ESP8266 est un microcontrôleur Wifi à faible coût et haute performance. Il est largement utilisé dans les projets IoT (Internet des objets) en raison de ses fonctionnalités de connectivité Wifi intégrées et de sa grande flexibilité

3.2.1 Type de module esp8266

Le module wifi esp8266 possède plusieurs la **Figure II. 3** [55]:



Figure II. 3 : Versions de module ESP8266 12E.

3.2.2 Module Wifi esp01

Le module Wifi ESP-01 est un module de communication sans fil basé sur le microcontrôleur ESP8266. Il est largement utilisé dans les systèmes embarqués pour ajouter des fonctionnalités de connectivité Wifi à des appareils électroniques [56]. :

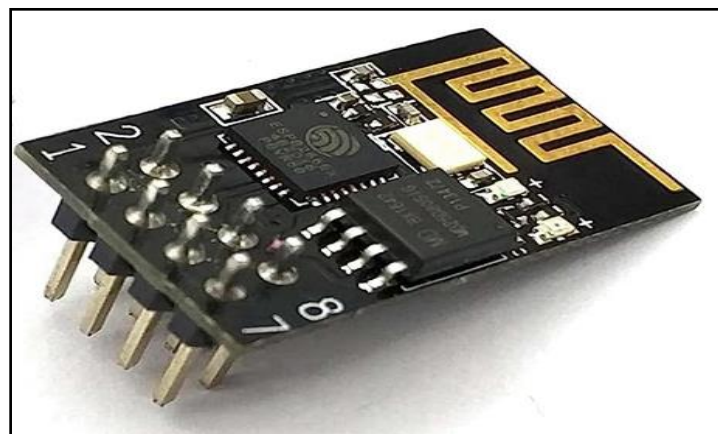


Figure II. 4 : Image représente le module esp01

3.2.3 Avantage

Le module Wifi ESP-01 est basé sur la puce ESP8266, offrant une connectivité Wifi aux systèmes embarqués. Il contient une Puce principale qui intègre un microcontrôleur et une connectivité Wifi.[57] :



Figure II. 5 : microcontrôleur intégré

Il prend en charge les normes Wifi 802.11b/g/n et dispose d'une antenne intégrée pour une communication sans fil fiable. Avec quelques broches GPIO, il permet la connexion à d'autres composants électroniques. Le module est caractérisé par sa faible consommation d'énergie, ce qui le rend adapté aux applications alimentées par batterie. De plus, sa taille compacte facilite son intégration dans divers appareils électroniques [58]

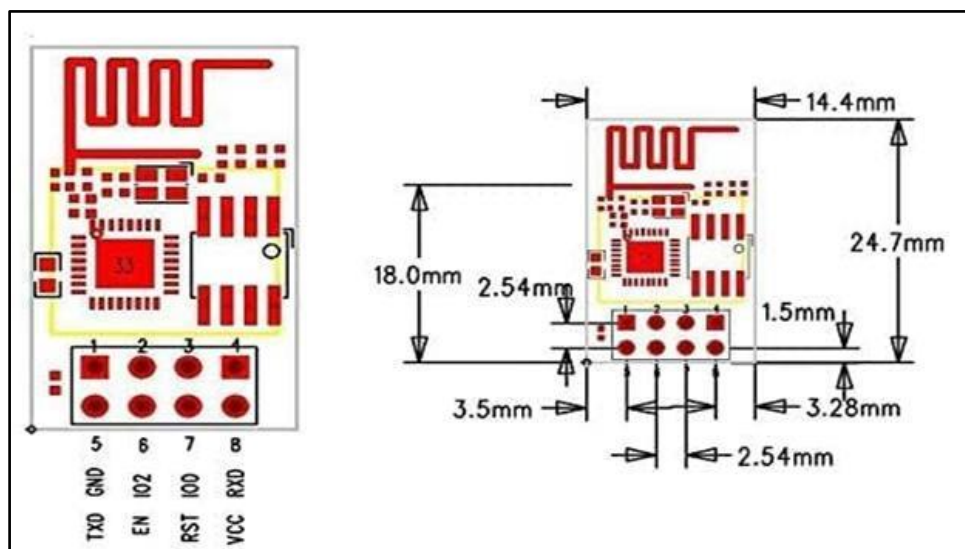


Figure II. 6 : représentation de la Taille Réel et Pin out d'un esp01

3.2.4 Protocole de commande

Le module Wi-Fi ESP-01 utilise le protocole de commande AT (Attention) pour interagir avec sa fonctionnalité Wifi. Ce protocole permet de contrôler le module en envoyant des commandes spécifiques via une communication série (UART).

Voici quelques exemples de commandes AT couramment utilisées avec le module ESP-01 :

- AT : Vérifie si le module est prêt à recevoir des commandes AT.
- AT+RST : Réinitialise le module ESP-01.
- AT+CWMODE : Configure le mode de fonctionnement du module (station, point d'accès ou les deux).

Ces commandes AT sont utilisées pour :

- configurer les paramètres Wifi.
- établir des connexions.
- envoyer/recevoir des données.

Elles sont envoyées au module ESP-01 via une communication série, généralement à une vitesse de 115200 bits par seconde [59].

3.3 Unité de traitement des données

Dans le contexte des systèmes solaires autonomes, l'unité de traitement des données est souvent réalisée à l'aide de microcontrôleurs tels que l'Arduino Uno. Ces microcontrôleurs offrent une plateforme flexible et programmable pour la collecte et le traitement des données en temps réel. Ils sont capables de communiquer avec les capteurs, d'effectuer des calculs et des analyses, et de prendre des mesures appropriées en fonction des données reçues.

3.4 Etude des microcontrôleurs

Un microcontrôleur (μ c, uc, ou encore MCU en anglais) est un circuit intégré et compact, conçu pour régir une opération spécifique et dans un système intégré. Il comprend un processeur, une mémoire et des périphériques d'entrée et de sortie sur une seule carte ou une seule puce. Ces circuits sont utilisés dans les véhicules, les robots, les machines industrielles, les appareils médicaux, l'émetteurs-récepteurs radio mobiles, les distributeurs automatiques ou encore les appareils ménagers [60].

3.5 Carte Arduino UNO

Arduino est une plateforme open-source de prototypage électronique composée à la fois de matériel (hardware) et de logiciels (software) permettant de créer des projets interactifs et automatisés[61].

3.5.1 Côté hardware

Arduino se compose d'une carte de circuit imprimé qui intègre un microcontrôleur, des entrées/sorties (E/S), des broches d'alimentation, une interface USB et d'autres composants électroniques. Cette carte est conçue pour être facilement programmable et adaptable aux besoins de l'utilisateur[62].

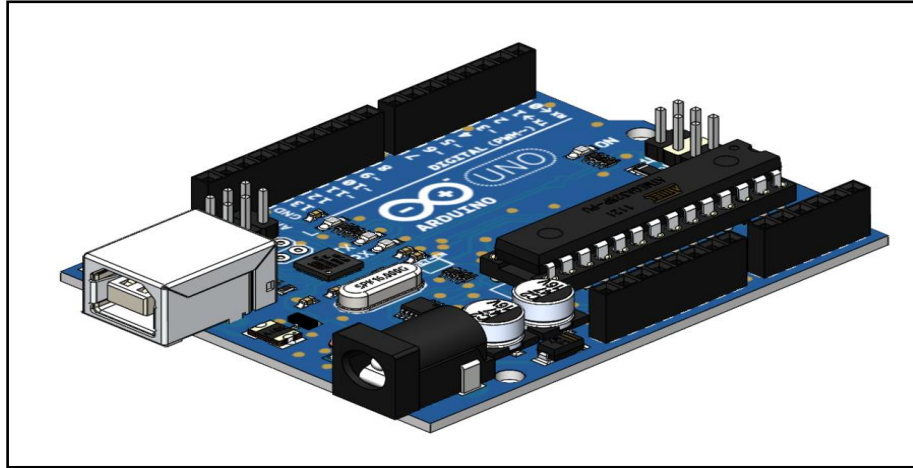


Figure II. 7 : Coté hardware d'Arduino Uno

3.5.2 Côté software

Arduino utilise un environnement de développement intégré (IDE) qui permet de programmer la carte à l'aide d'un langage de programmation de type C/C++. L'IDE fournit également une bibliothèque de fonctions prêtes à l'emploi qui facilite la programmation de tâches courantes, telles que la gestion des E/S, la communication série, etc. [64].

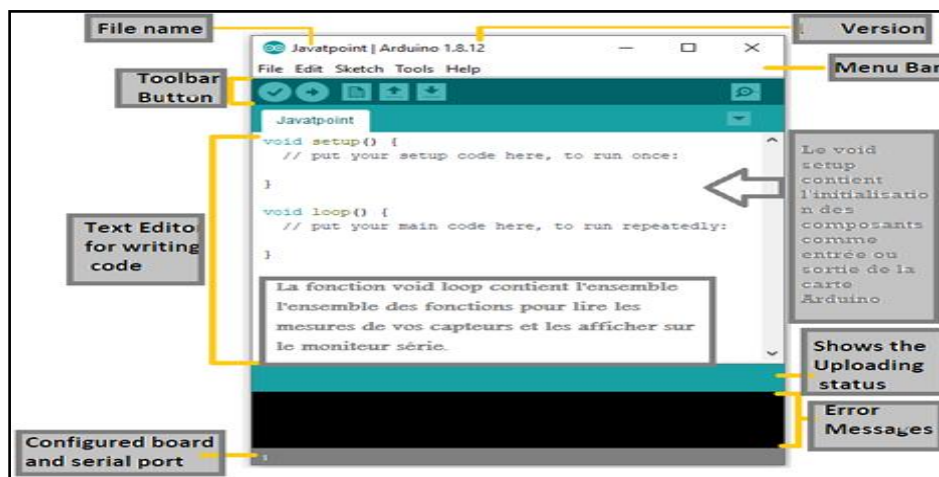


Figure II. 9 : interface ide Arduino uno

En somme, Arduino est un système complet et polyvalent qui permet aux débutants comme aux experts de concevoir et réaliser des projets électroniques de manière simple et efficace.

3.5.3 Avantage

Puisque il est l'un des modèles les plus courants et populaires d'Arduino, avec de nombreux avantages pour les projets électroniques.

- (Facile à utiliser.
- Large gamme de broches d'E/S.
- Faible coût.
- Large communauté de soutien.
- Open-source.
- Compatibilité avec de nombreux périphériques.

3.5.4 La configuration du pin d'arduino

La configuration des pins d'un Arduino dépend du modèle utilisé Voici quelques généralités

- ❖ Broches numériques
- ❖ Broches analogiques
- ❖ Broches PWM

La configuration des pins peut être réalisée dans le code Arduino en utilisant des fonctions spécifiques, telles que

- ❖ `pinMode ()` : pour définir la mode de fonctionnement de la broche (entrée ou sortie)
- ❖ `analogRead ()` : pour lire la valeur analogique d'une broche [66].

3.5.5 Protocoles de communication

Arduino peut communiquer avec d'autres appareils et périphériques électroniques via différents protocoles de communication [67]. Les protocoles de communication pris en charge par Arduino sont :

- ❖ Série (UART) : Le protocole série est le protocole de communication le plus couramment utilisé avec Arduino. Il permet une communication bidirectionnelle entre deux appareils en utilisant seulement deux fils (TX et RX).[39]

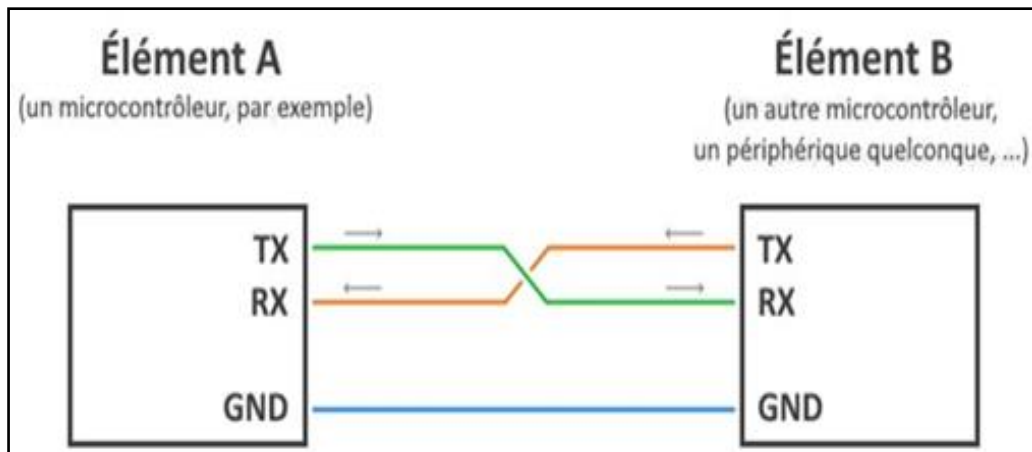


Figure II. 11 : protocole de communication UART [67]

- ❖ I2C : I2C (Inter-Intégrates Circuit) est un protocole de communication série bidirectionnel utilisé pour la communication entre des périphériques à courte distance, tels que des capteurs et des actionneurs. Il permet de connecter plusieurs périphériques à un même bus de communication.

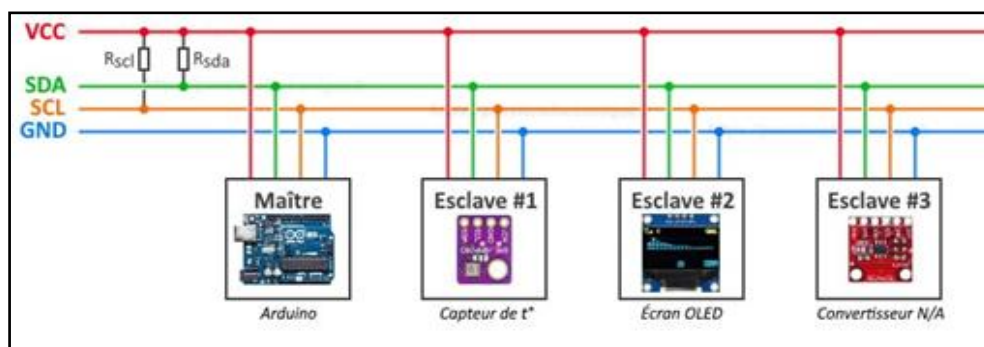


Figure II. 12 : protocole de communication I2C [67]

- ❖ Wi-Fi : Le module Wifi d'Arduino permet la communication sans fil via un réseau Wi-Fi. Il peut être utilisé pour contrôler à distance un système Arduino ou pour envoyer des données à un serveur Web.

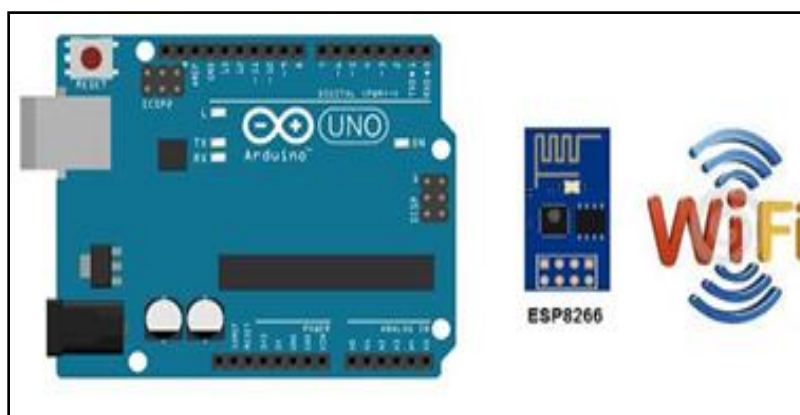


Figure II. 13 : communication Esp Wifi [67]

3.6 Analyse des besoins de collecte de données

Cette étape est cruciale dans la conception d'un système embarqué de surveillance et de contrôle efficace. Pour cela voici les différentes mesures de données qu'il faut aborder dans le système autonome :

- Surveillance de la température :
- Contrôle de l'humidité.
- Évaluation de l'irradiation solaire.
- Gestion de l'alimentation électrique.

4 Généralités sur les capteurs

4.1 Les capteurs

Dans cette section, on présente les différents types de capteurs disponibles pour mesurer les données requises par notre système embarqué. Voici quelques exemples de capteurs couramment utilisés :

4.2 Capteur d'irradiation

Le capteur d'irradiation, également connu sous le nom de capteur de lumière ou de capteur solaire, est un dispositif utilisé pour mesurer l'intensité de la lumière solaire qui atteint une surface donnée. Il peut détecter les variations de luminosité causées par des conditions météorologiques changeantes, telles que les nuages, le lever ou le coucher du soleil, ou les obstacles physiques qui peuvent obstruer la lumière solaire. Le capteur d'irradiation est généralement calibré pour mesurer l'irradiation solaire, exprimée en watts par mètre carré (W/m^2). [2.2.3] On a créé un petit capteur d'irradiation qui mesure le rayonnement solaire global De 0 à $100 W/m^2$ voir la figure :



Figure II. 14 : capteur irradiation a border a notre réalisation

4.3 Capteur de pression

Définition de la pression en tant que quantité mesurée : La pression est définie comme la force appliquée par un liquide ou un gaz sur une surface et est généralement mesurée en unités de force par unité de surface. Les unités communes sont le Pascal (Pa), le Bar (barre), N / mm² ou psi (livres par pouce carré). est un capteur de pression est un instrument composé à la fois d'un élément sensible à la pression pour déterminer la pression réelle appliquée au capteur et de certains composants pour convertir cette information en un signal de sortie.

4.4 Capteur de pression BME280

Le BME280 est un capteur environnemental qui mesure la température, l'humidité et la pression atmosphérique. Le BME280 est largement utilisé dans les applications telles que la météorologie, l'automatisation du bâtiment, les systèmes de surveillance de l'environnement et les dispositifs portables, où la mesure précise de la température, de l'humidité et de la pression atmosphérique est nécessaire [68].

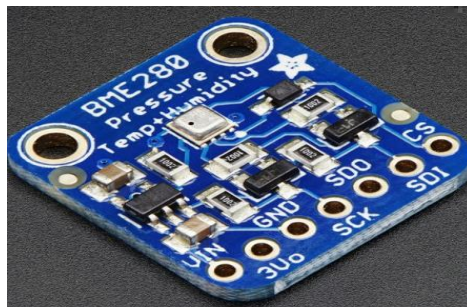


Figure II. 15 : CAPTEUR DE PRESSION TEMPERATURE HUMIDITE BME280

Le principe de fonctionnement du capteur de pression BMP280 repose sur la technologie de capteur piézo résistif. Il comprend un élément sensible à la pression, tel qu'un diaphragme mince, qui fléchit en réponse aux variations de pression. Cet élément sensible est associé à des résistances piézo résistives qui convertissent la déformation mécanique en variation de résistance électrique. Cette variation de résistance est ensuite mesurée et convertie en une valeur numérique représentant la pression atmosphérique.

4.5 Capteur de courant INA219

L'INA219 est un circuit permettant de mesurer simplement la puissance consommée par un appareil mais on peut également l'utiliser pour mesurer la puissance délivrée par un panneau solaire ou une batterie LiPo (ou un autre type de batterie). L'INA 219 permet de mesurer un courant continu jusqu'à 26V / 3.2A. Il est équipé d'un bus I2C ce qui permet de récupérer très facilement les

mesures à l'aide d'un MCU (Arduino, ESP8266, ESP32) ou d'un mini PC Raspberry Pi. [69].

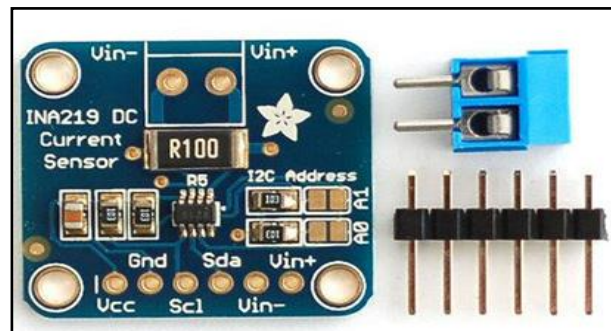


Figure II. 16 : Représente Capteur de courant et de tension INA219

Capteur de courant basé sur le circuit INA219 permettant de mesurer un courant continu jusqu'à 3,2 A avec une résolution de 0,8 mA (jusqu'à 26 Vcc).

Il communique avec un microcontrôleur Arduino ou compatible via le bus I2C et est équipé d'un shunt de 0,1 Ω (chute de tension de 320 mV pour 3,2 A).

L'utilisation de ce module nécessite la soudure d'un connecteur inclus et d'un bornier inclus en fonction de l'utilisation.

- ❖ Alimentation: 5 Vcc
- ❖ Plage de mesure: jusqu'à 3,2 Acc
- ❖ Résolution: 0,8 mA
- ❖ Précision: $\pm 1 \%$
- ❖ Shunt: 0,1 Ω 1 % 2 W
- ❖ Dimensions: 26 x 22 x 13 mm

4.6 Capteur humidité et température DHT22

Le DHT22 est un capteur de température et d'humidité "deux en un".

- ❖ Il est constitué d'un capteur de température à base de NTC et d'un capteur d'humidité résistif, un microcontrôleur s'occupe de faire les mesures, les convertir et de les transmettre.
- ❖ Il s'interface grâce à un protocole semblable à 1Wire sur 1 seul fil de données, une librairie pour Arduino est disponible [70] :

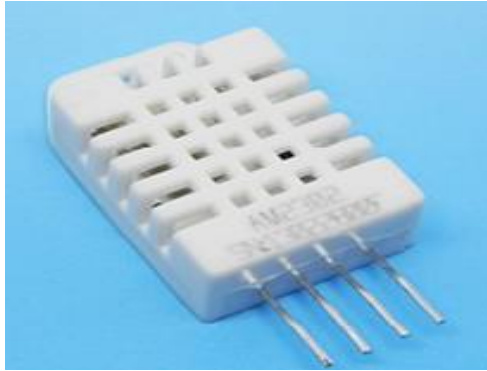


Figure II. 17 : capteur de température et d'humidité DHT22.

4.6.1 Caractéristiques

- ❖ Alimentation : 5V
- ❖ Consommation : 0.5 mA en nominal / 2.5 mA maximum
- ❖ Etendue de mesure température -40 à 80 °C
- ❖ Etendue de mesure humidité : 0 à 100% HR [71].

4.6.2 Type de Capteur

Il existe beaucoup de type de capteur de température et humidité voici un Tableau comparatif des spécifications des capteurs DHT11, DHT22, DHT12, DHT21

caractéristique	DHT11	DHT22/AM2302	DHT12	DHT21
Plage de mesure de la température	0 à 50°C	- 40 à 80 °C	- 20 à 60°C	- 40 à 80°C
Précision de la mesure de la température	-2+2 °C	[-0.5 ; +0.5]°C	[-0.5° ; +0.5] °C	[-0.5 ; +0.5]°C
Plage de mesure de l'humidité	20 à 80% HR	0 à 100% HR	20 à 95 % HR	0 à 100 % HR
Précision de la mesure de l'humidité	[-5 ; + 5] % HR	[-2 ; +2]° a 5% HR	[-0.5 ; +0.5]° HR	[-2 ; +2] a 5% HR
Temps de réponse	<2s	<2s	<2s	<2s
Alimentation électrique	3 à 5.5 v	3 à 5.5 v	3 à 5.5 v	3 à 5.5 v
Consommation de courant	1 a 2.5 mA	0.3 a 2.5 mA	1 à 1.5 mA	0.3 à 2.5mA

Longueur des fols de connexion	20 à 50 cm	20 à 50 cm	20 à 50 cm	20 à 50 cm
--------------------------------	------------	------------	------------	------------

4.6.3 Principe de fonctionnement

Il repose sur un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour effectuer ses mesures. Le capteur d'humidité capacitif mesure les variations de capacité entre deux électrodes causées par l'absorption d'humidité par un matériau sensible. Cette variation de capacité est convertie en une valeur d'humidité relative. Quant à la mesure de la température, elle est réalisée à l'aide d'une thermistance dont la résistance varie en fonction de la température ambiante. Le capteur DHT22 chauffe la thermistance à une température constante et mesure la résistance pour déterminer la température. Les données de température et d'humidité sont transmises sous forme de signal numérique et peuvent être intégrées à un microcontrôleur ou à un système électronique pour une utilisation ultérieure. [72].

4.7 HW131

Le HW131 est un régulateur solaire régule et contrôle la charge de la batterie pour maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'énergie solaire et prolonger la durée de vie de la batterie dans un système autonome alimenté par panneau solaire. En plus on peut configurer le hw-131 dans notre système pour donner une tension de 5v pour le capteur de température et humidité DHT22 et 3.3v pour le module wifi esp01 [73].

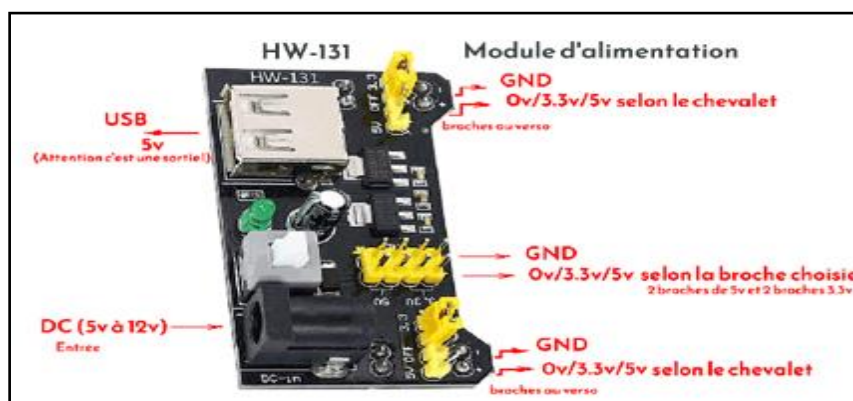


Figure II. 18: HW-131 Power Module for Arduino.

4.8 Tp4056

Le TP4056 est un circuit intégré (CI) populaire utilisé pour charger des batteries lithium-ion ou lithium-polymère à une cellule. Il fournit une solution complète de charge avec des protections intégrées et peut être trouvé dans divers appareils

électroniques tels que des batteries externes, des enceintes portables et d'autres appareils alimentés par batterie. [74]

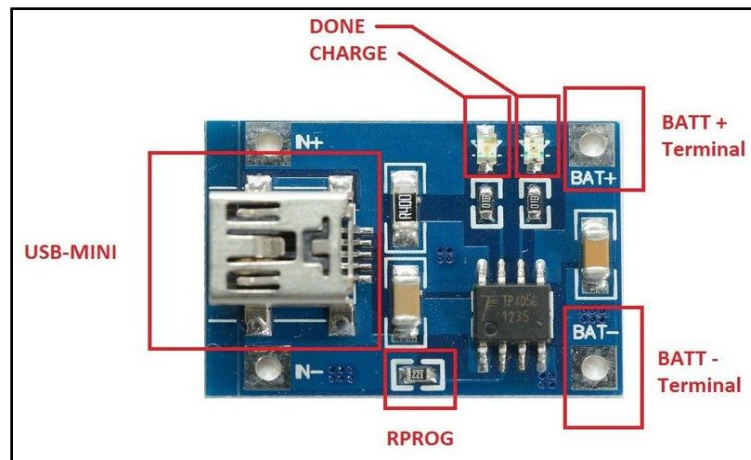


Figure II. 19 : schéma montre La différente fonction de TP4056 [75]

4.8.1 Caractéristique

- Tension d'entrée: 4.5-5.5V
- tension de charge complète: 4.2V
- Puissance maxi: 1A
- Indicateur d'alimentation: rouge représente la charge, vert signifie full y chargée.
- Interface d'entrée: MINI Interface
- élément Taille: 25mm * 19mm.
- Il peut être utilisé pour la tension 3.6 3.7V, etc. 18650, polymère et autre charge de la batterie au lithium et de décharge protection.

4.8.2 Comment se connecter

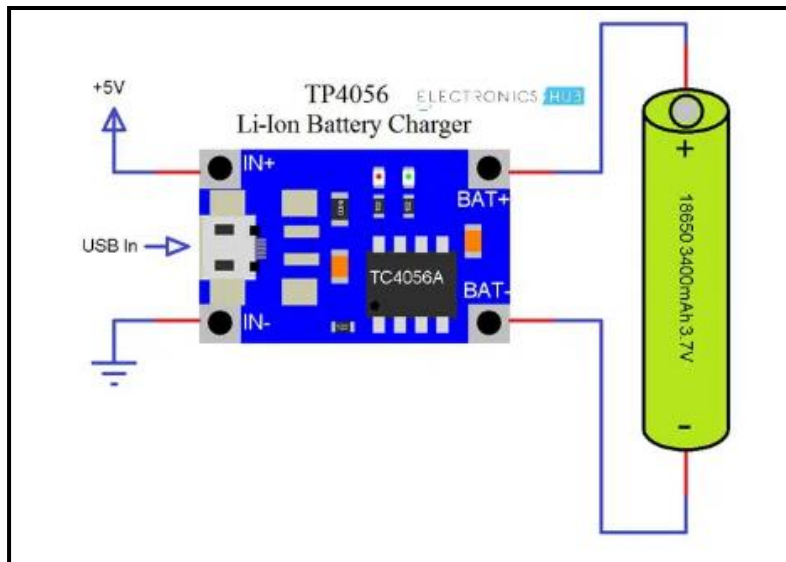


Figure II. 20 : schéma Branchement De tp4056-Batterie [75]

Le TP4056 est un circuit intégré utilisé pour charger les batteries au lithium-ion ou lithium-polymère. Son principe de fonctionnement repose sur la régulation de la tension et du courant de charge.

4.8.3 Performance du TP4056 et son principe de fonctionnement :

- Régulation de la tension : Le TP4056 surveille la tension de la batterie en utilisant une référence de tension interne. Lorsque la tension de la batterie est inférieure à un certain seuil prédéfini (environ 4,2 volts pour une batterie Li-Ion), le circuit active le processus de charge.
- Régulation du courant : Le TP4056 limite également le courant de charge pour éviter une surcharge de la batterie. Cela est généralement réalisé en utilisant une résistance de détection de courant et un amplificateur de comparaison interne. Le courant de charge peut être réglé en fonction de la valeur de la résistance utilisée.
- Modes de fonctionnement : Le TP4056 offre plusieurs modes de fonctionnement, tels que le mode de charge linéaire, le mode de charge à tension constante, la coupure thermique, la protection contre les courts-circuits, etc. Ces fonctionnalités garantissent un chargement sûr et efficace de la batterie.

- Indicateurs de charge : Certains modèles de TP4056 intègrent des indicateurs de charge, tels que des LED, pour afficher l'état de charge de la batterie.
- Protection contre les surcharges : Le TP4056 dispose généralement d'un mécanisme de protection contre les surcharges, ce qui signifie qu'il arrête le processus de charge lorsque la tension de la batterie atteint un seuil de sécurité prédéfini.

En résumé, le TP4056 régule la tension et le courant de charge pour charger efficacement et en toute sécurité les batteries lithium-ion ou lithium-polymère. Il offre des fonctionnalités telles que la régulation de tension, la régulation de courant, des modes de fonctionnement différents et une protection contre les surcharges pour garantir un chargement optimal de la batterie.

4.9 Conclusion

En conclusion, la conception d'un système d'acquisition de données pour les panneaux solaires représente une étape cruciale dans l'amélioration de l'efficacité et de la gestion des systèmes photovoltaïques. En utilisant des systèmes embarqués tels que l'Arduino Uno, des unités de traitement puissantes et polyvalentes, couplées à des modules de transmission sans fil comme l'ESP 01 WiFi, il est possible de collecter des informations essentielles sur les performances des panneaux solaires. De plus, l'utilisation de capteurs spécifiques tels que ceux mesurant la température, l'humidité, la pression ou encore l'INA219 permet d'obtenir des données précises et fiables. Avec l'intégration d'un régulateur HW131 et d'un TP4056, le système peut fonctionner de manière autonome et être alimenté par l'énergie solaire elle-même. Grâce à ces avancées technologiques, la surveillance et l'optimisation des installations photovoltaïques sont facilitées, contribuant ainsi à l'essor des énergies renouvelables dans notre société en constante évolution vers une meilleure durabilité énergétique.



Chapitre 3
Conception de
systemes

CHAPITRE III : Conception du système

1 Introduction

Ce chapitre présente quelques concepts du système embarqué que nous construisant nous aborderons plusieurs aspects clés liés à la surveillance et à la gestion des données. Le besoin d'observer et de contrôler des phénomènes physiques tels que la température, la pression, l'humidité ou encore la vitesse du vent est essentiel pour de nombreuses applications industrielles et scientifiques, cette nécessité nous à diriger de réfléchir à la réalisation d'un système qui peut mesurer ces grandeurs et l'envoyer vers un site web par le module esp 8266 -01 à base d'une carte Arduino UNO. Nous commencerons par présenter Schéma structurel et schéma structurel du système, synoptique du système autonome en décrivant l'architecture et les composants qui le composent. Cela nous permettra de mieux comprendre les différentes parties du système et leur interaction. Ensuite, nous explorerons le, une représentation visuelle qui illustre le fonctionnement global et les interconnexions entre les différents éléments. Après on fait la programmation des différents capteurs sur l'interface ide de la carte arduino uno.

Nous poursuivrons en examinant l'interface ThingSpeak, une plateforme populaire pour la collecte, l'affichage et l'analyse des données en temps réel. Nous verrons comment configurer cette interface pour recevoir et visualiser les données collectées par notre système autonome. Grâce à LESP01 présenter à la fin de ce chapitre les résultats obtenu après la réalisation de cette station.

2 Schéma synoptique

Ce système est divisé en 4 parties, la Gestion de l'énergie et du stockage ; la deuxième partie c'est l'unité de traitement des données (Arduino UNO) et la 3ème partie) c'est les capteurs qui reçoivent les phénomènes physiques (température, humidité, irradiation) et la dernière partie est l'unité de transmission des données (ESP01).

La figure ci-dessous montre les différentes parties en détail :

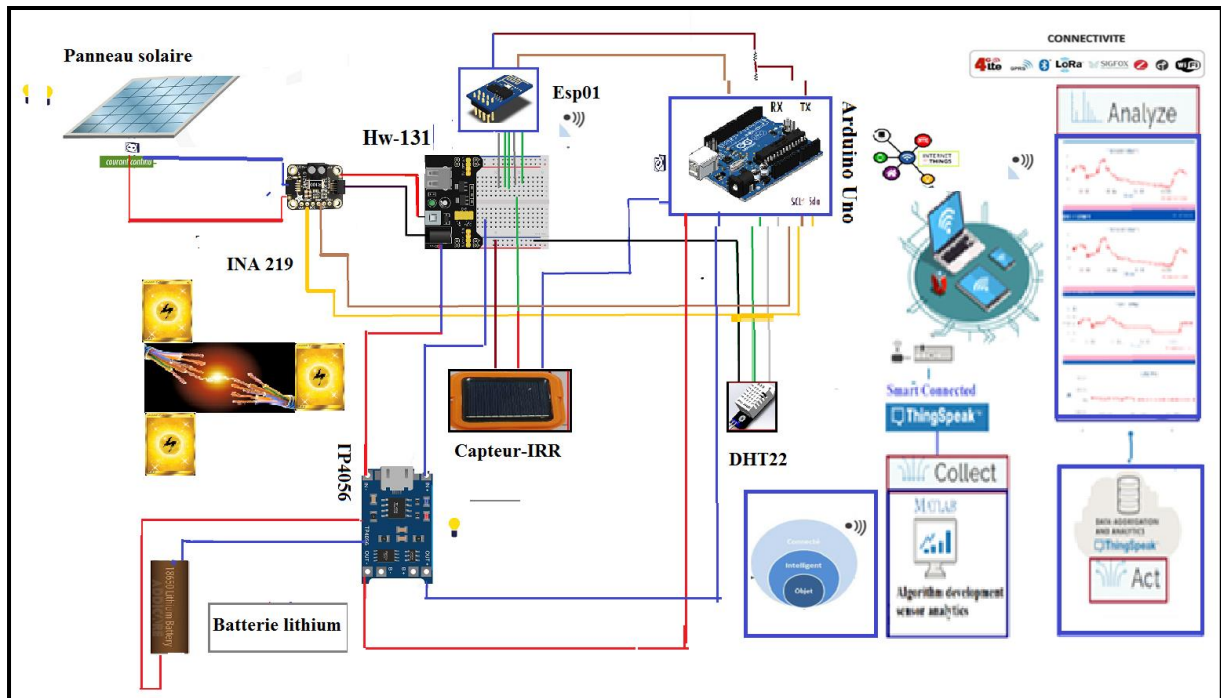


Figure III.2 : Schéma Synoptique de projet

3 Gestion de l'énergie et du stockage

3.1 Panneau solaire

Un panneau solaire est un dispositif expérimental conçu pour convertir l'énergie lumineuse du soleil en électricité utilisable. On a utilisé Un panneau solaire de type p-5w avec un voltage de 11.1V et un courant de 0.62A De marque Welion, la figure montre le panneau

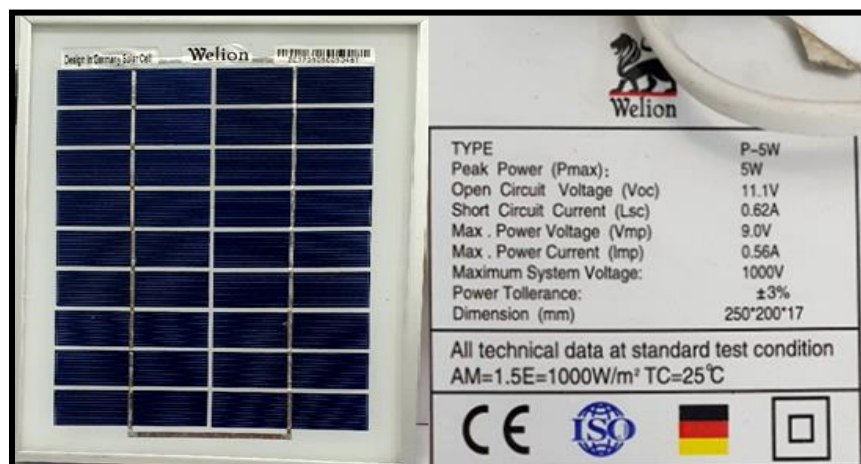


Figure III.3 : Représentation de PV utiliser dans

3.2 La caractéristique du PV Welion P-5W

Voici un tableau Qui caractérise le PV utiliser dans Notre Système ;

Type	P-5w
P max	5w
Voc	11.1 V
ISC	0.62 A
Vmp	9.0 v
Imp	0.56 a
Maximum système voltage	1000 V
Power tolérance	+3 %
Dimension	250*200*17

4 Simulation du système PV sous Proteus

La simulation du système PV sous Proteus est montrée dans la figure :

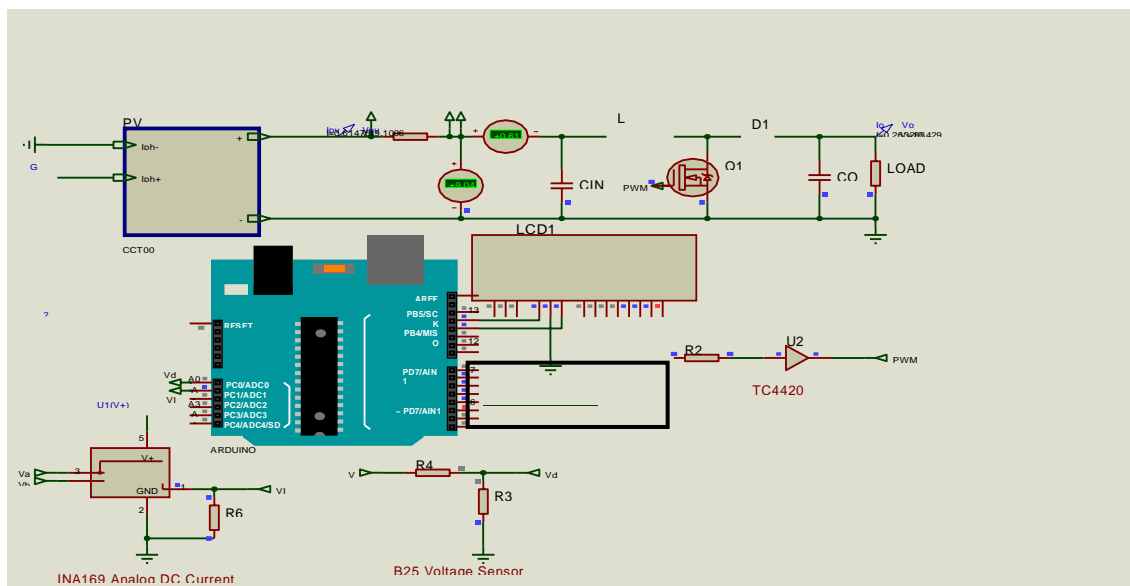


Figure III.4 : Diagramme général du système photovoltaïque dans Proteus.

5 Module de charge batterie lith-ion TP4056

La puce TP4056 est un chargeur de batterie au lithium-ion pour une batterie à une seule cellule, protégeant la cellule contre toute charge. Il a deux sorties d'état. La figure ci-dessous montre schéma Branchement De tp4056- avec Une Batterie [81].

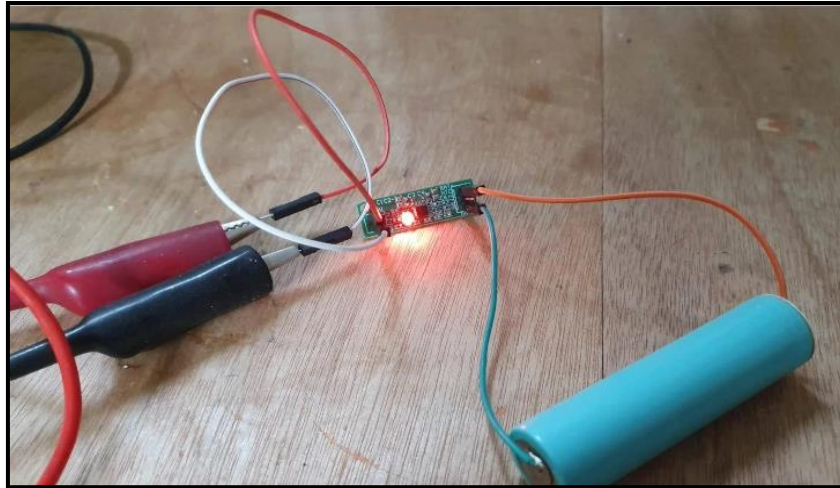


Figure III.4 : Teste réel du tp4056 avec batterie lithium 2500 mh

Pour brancher le tp4056 avec les batteries il faut suivre ses étape ;

- ❖ Connectons la borne positive (+) du panneau solaire à la broche IN+ du TP4056.
- ❖ Connectons la borne négative (-) du panneau solaire à la broche IN- du TP4056.
- ❖ Connectons la borne positive (+) de la batterie à la broche BAT+ du TP4056.
- ❖ Connectons la borne négative (-) de la batterie à la broche BAT- du TP4056.

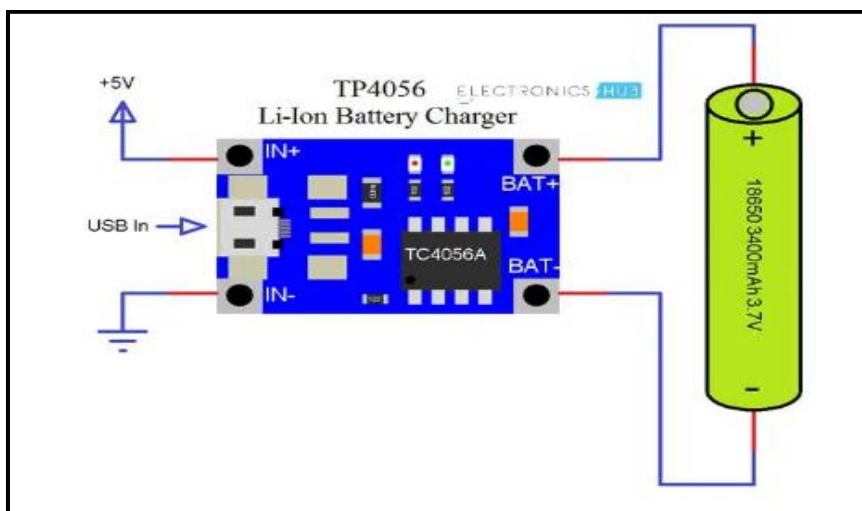


Figure III.5 montre le schéma Branchement De tp4056- avec Une Batterie

On a utilisé les batteries lithium puisque il on des Caractéristiques tel que :

- ❖ Densité d'énergie élevée
- ❖ Faible taux d'auto-décharge
- ❖ Longue durée de vie

- ❖ Pas d'effet mémoire
- ❖ Recharge rapide

Pour acquérir les données du panneau photovoltaïque Les principales fonctionnalités doivent être :

- ❖ La mesure de courant
- ❖ la mesure de l'humidité de l'air.
- ❖ la mesure de la température de l'air.

Pour cela il nous faut une unité de traitement et des capteurs .

6 Unité de traitement

Pour l'unité de traitement on a choisie le microcontrôleur arduino Uno puisque :

L'Arduino Uno est l'une des cartes de développement les plus populaires de la famille Arduino. Voici quelques avantages courants de l'Arduino Uno :



Figure III.6 Photo réel D'Arduino Uno utilisé

Caractéristiques techniques:

- ❖ Atmega328 Microcontrôleur.
- ❖ 5-12 V entrées voltage.
- ❖ 14 Digital E/S pins.
- ❖ 6 PWM sortie.
- ❖ 6 entrées analogiques.
- ❖ Mhz Clock Signal.
- ❖ 32 kB mémoire flash

7 Câblage des capteurs avec le Microcontrôleur

Câblage des différents capteurs avec l'unité de traitement :

7.1 Le capteur INA219

Pour connecter le module INA219 à Arduino, nous devons effectuer les connexions suivantes :

- Connectez le pin VCC du module INA219 à l'alimentation 5V de l'Arduino.
- Connectez le pin GND du module INA219 à la masse (GND) de l'Arduino.
- Connectez le pin SDA (Data) du module INA219 à la broche SDA de l'Arduino.
- Connectez le pin SCL (Clock) du module INA219 à la broche SCL de l'Arduino.

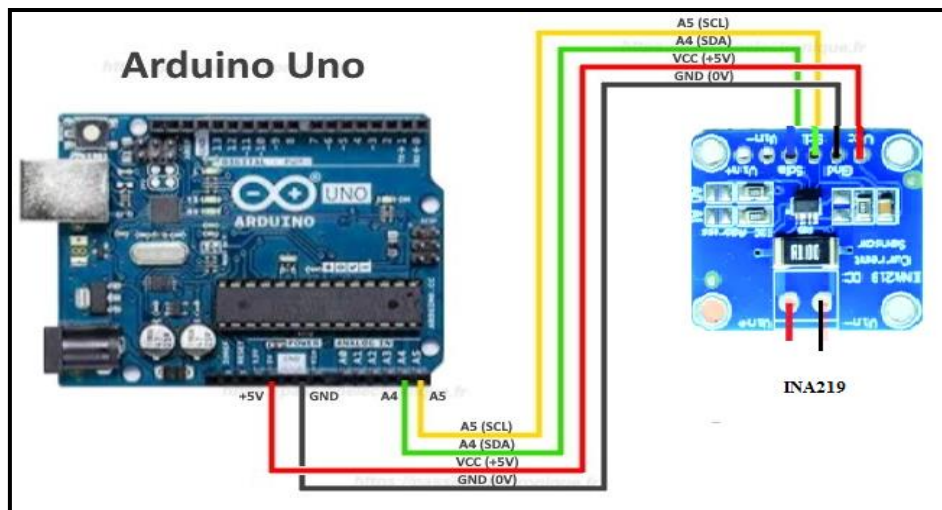


Figure III.9 : câblage d'Ina 219 avec Arduino Uno

7.2 Le capteur de température et d'humidité (DHT22)

Le DHT22 est un capteur numérique de température et d'humidité de base à très faible coût. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant et crache un signal numérique sur la broche de données (aucune broche d'entrée analogique nécessaire).

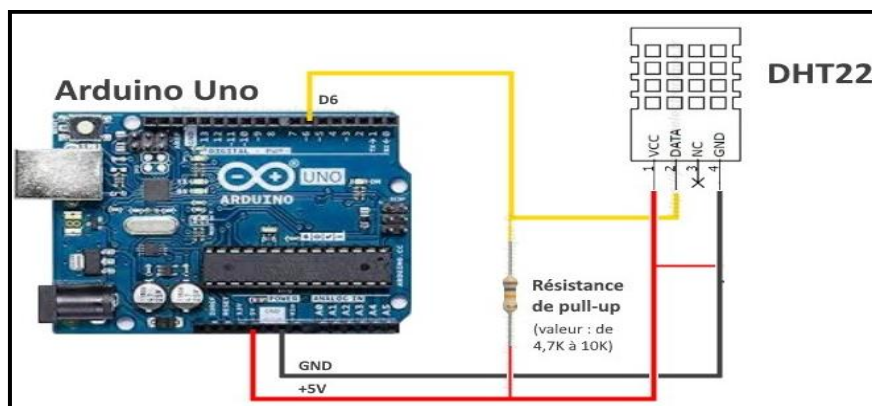


Figure III.10 : Câblage dht 11 avec Arduino Uno

Pour connecter le capteur DHT22 à Arduino Uno, il faut :

- Connectez le pin VCC du capteur DHT22 à l'alimentation 5V de l'Arduino Uno.
- Connectez le pin GND du capteur DHT22 à la masse (GND) de l'Arduino Uno.
- Connectez le pin de données (Data) du capteur DHT22 à une broche numérique de l'Arduino Uno, par exemple, utilisez la broche 2.

7.3 Le capteur de pression(BME280)

Le capteur de pression BME280 mesure la pression atmosphérique

L'utilisation du capteur BMP 280 est facile. On le branche avec l'Arduino UNO, on connecte simplement la broche Vin à la broche de tension 5V, GND à la terre, SCL à la broche Analogique 5 et SDA à la broche Analogique 4

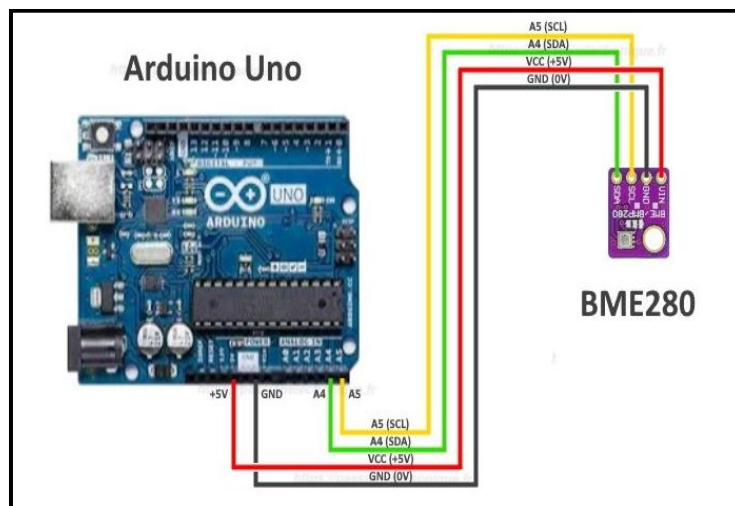


Figure III.11 : Câblage de bme280 avec arduino uno

7.4 Le capteur d'irradiation

Un capteur d'irradiation est un dispositif conçu pour mesurer la quantité d'irradiation reçue dans un environnement donné. La figure montre un petit capteur qu'on a réalisé pour capter l'irradiation de soleil.

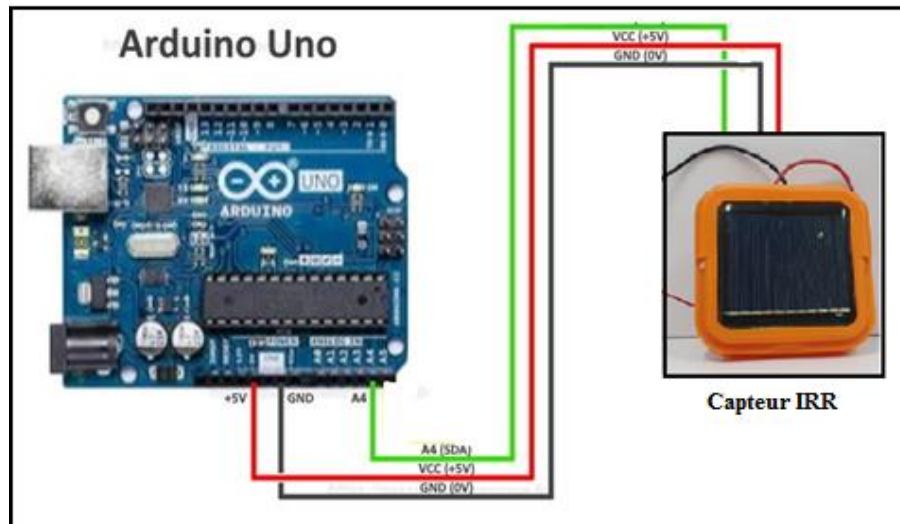


Figure III.13 câblage de capteur IRR avec Arduino Uno

8 Unité de transmission

Le module ESP-01 est un module WiFi basé sur le microcontrôleur ESP8266, qui peut être utilisé pour ajouter des fonctionnalités de communication sans fil

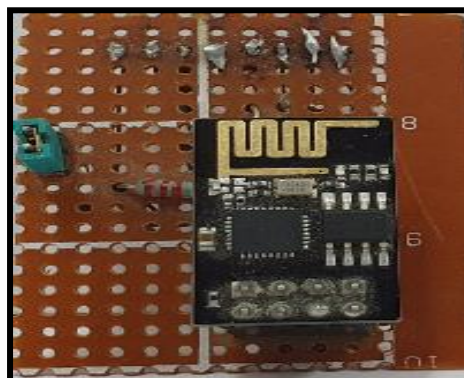


Figure III.14 : Photo réel d'ESP01 Utiliser [71]

Voici comment le brancher à l'Arduino Uno :

- Connectez la broche GND (masse) de l'Arduino Uno à la broche GND du module ESP-01.
- Connectez la broche 3.3V (alimentation 3,3V) de l'Arduino Uno à la broche VCC du module ESP-01.
- Connectez la broche TX (transmission) de l'Arduino Uno à la broche RX du module ESP-01.
- Connectez la broche RX (réception) de l'Arduino Uno à la broche TX du module ESP-01.
- Connectez la broche CH_PD (Power Down) du module ESP-01 à la broche 3.3V de l'Arduino Uno.

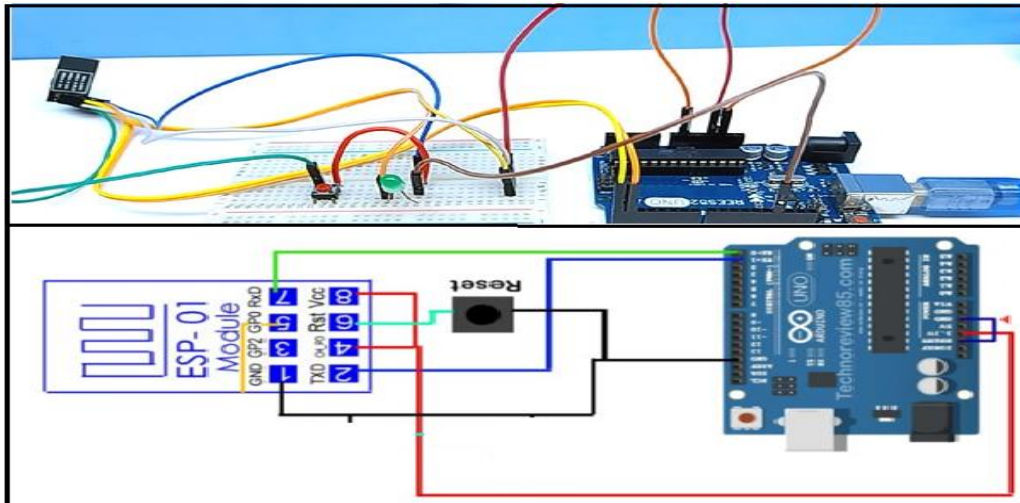


Figure III.15 : Photo réel de Branchement d'Arduino uno avec module esp 01

Comme on à citer que l'arduino est polyvalent il offre une large gamme de broches d'entrée/sortie numériques et analogiques, ce qui nous permet de connecter et de contrôler nombreux capteurs différents. Donc on peut ajouter d'autre capteur (vent-pluie-point rosé.....). Après le branchement des capteur dans l'uniter de traitement et la ressembler avec le module wifi esp01 maintenant on va programmer l'arduino uno pour qu'il puisse collecter les donner des capteurs.

9 Branchement des capteurs

Pour tester le fonctionnement des capteurs utilisés: (DHT11, BMP280, ina 219, et capteur IRR) On a essayé de faire un câblage entre ces capteurs et la carte Arduino UNO. Le système réalisé est reliée de façon simple par un câble USB. A note ordiranateur.la figure montre les différent composant utiliser dans la réalisation

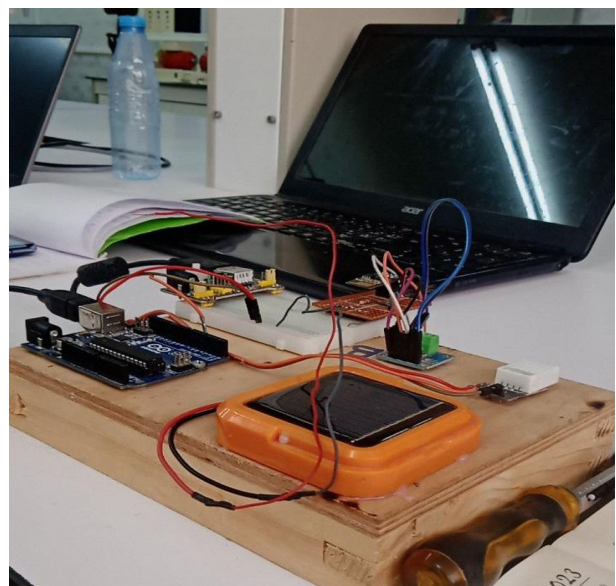


Figure III.14 : Branchement réel des composants électroniques

Maintenant on doit programmer L'Arduino Uno pour qu'il puisse collecter les données des capteurs on suivant ses étapes :

10 Programmation

On connecte notre carte Arduino à notre ordinateur **nous commençons** à utiliser Arduino pour programmer nos capteur et Module wifi esp01

En commence par :

- ❖ Configurer L'Esp 01&Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
#define RX 2
#define TX 3
SoftwareSerial esp8266(RX,TX); //Configuration pin of Arduino & esp8266
```

- ❖ Aborder la bibliothèque des différents capteurs.

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 7 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT22 // You can use DHT 11 or DHT 22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Initialize DHT sensor.
```

- ❖ Après Commande des capteurs et envoi vers l'esp01

```
// Send command to Esp8266
sendCommand("AT", 5, "OK");
sendCommand("AT+CWMODE=1", 5, "OK");
sendCommand("AT+CWJAP=\"" + AP + "\", \"" + PASS + "\"", 20, "OK");
```

- ❖ Lire les données des capteurs

```
String getTemperatureValue(){
    float t = dht.readTemperature(); // Read temperature
    Serial.print(" Temperature(C)= ");
    Serial.println(t);
    delay(20); // !!!!!!!!!????????
    return String(t);
}
```

- ❖ Préparer L'envoi des données d'esp à l'interface thing speak

```
void sendCommand(String command, int maxTime, char readReply[]) {
    Serial.print(countTrueCommand);
    Serial.print(". at command => ");
    Serial.print(command);
```

```
Serial.print(" ");
while(countTimeCommand < (maxTime*1))
```

Le programme de gestion des données permet d'afficher toutes les valeurs en temps réel et chaque deux secondes sur une fenêtre du moniteur sérié (Dans l'annexes on a met le programme exécuté (voir l'annexe programme 01).

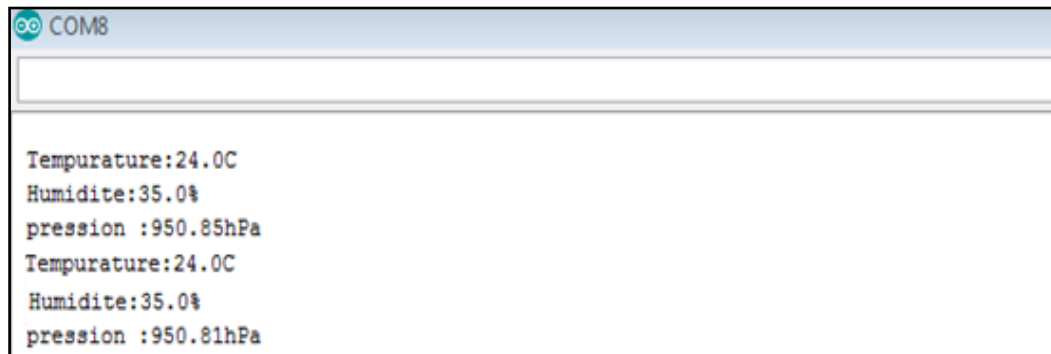


Figure III.18 Fenêtre d'affichage des résultats de mesures des capteurs sur le moniteur sérié.

11 La technologie IoT

La technologie IoT est utilisée dans le système proposé pour suivre les données paramétriques de PV via la connexion Internet, y compris les données environnementales (météologie) et les données électriques (I and V). Le microcontrôleur est utilisé dans un système de surveillance PV basé sur l' IoT pour capturer, traiter, stocker et analyser les données des capteurs en fonction des paramètres calculés dans le système. Le microcontrôleur enverra les données au serveur cloud via une passerelle WiFi esp 01 après qu'elle ait été traitée [83]

11.1 .Avantages de l'Internet des objets

- Connectivité et interopérabilité.
- Automatisation et efficacité accrues : ressources.
- Amélioration de la productivité et des performances.
- Gestion et contrôle à distance.

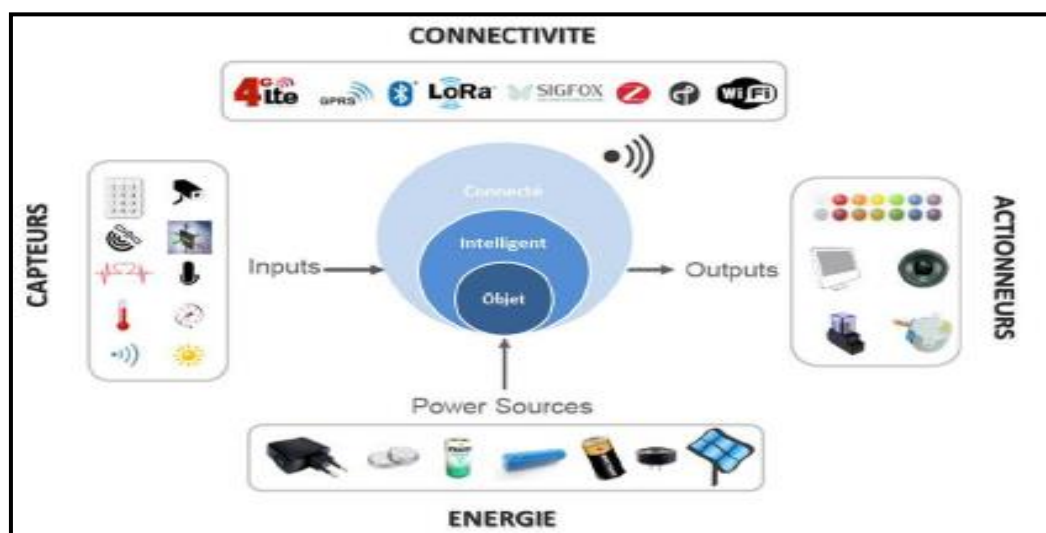


Figure III.22 : Avantage D'IOT

11.2 Choix du site d'affichage

Après le choix de l'internet des objets pour afficher les résultats, la dernière étape est de choisi un site d'affichage permet d'afficher les résultats en temps réel, nous avons opté le site "**ThingSpeak**".



Figure III.23 : Logo de site ThingSpeak

ThingSpeak est un logiciel open source destinés à la construction d'applications IoT. écrit en Ruby qui permet aux utilisateurs de communiquer avec des appareils compatibles Internet. Il facilite l'accès aux données, la récupération et l'enregistrement des données en fournissant une API aux appareils et aux sites Web des réseaux sociaux.

- Collecter les données en temps réel (fréquence supérieure ou égale à 15 secondes)
- visualiser les données collectées sous forme de graphes
- Créer des plugins et des applications pour collaborer avec des web services, des réseaux sociaux et d'autres APIs.

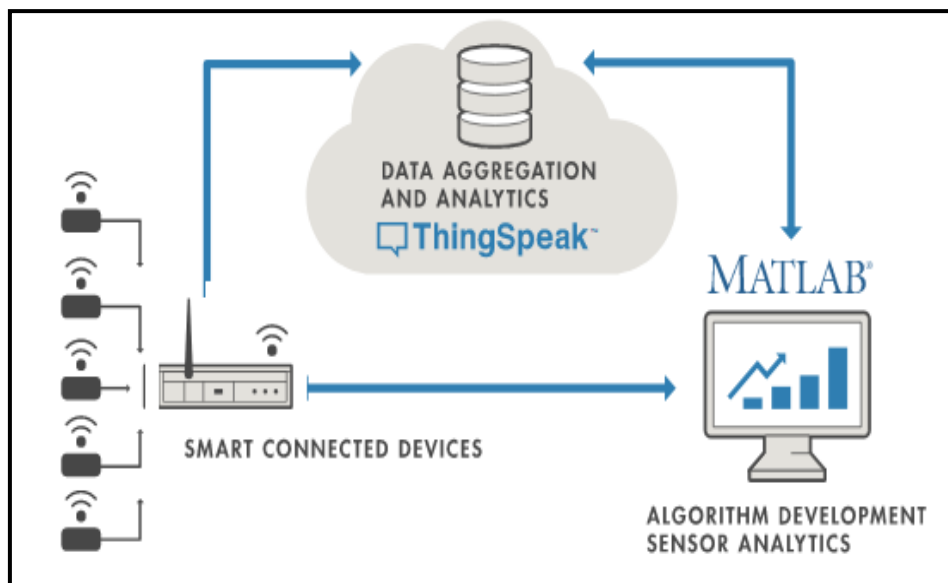


Figure III.24 : Thing Speak option

- La dernière étape c'est programmer lesp01 avec le thingSpeak et allumer le point d'accès le système commence à collecter les données et les analyser sur l'interface de thingSpeak sous forme de courbe.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

// Définir les informations de votre réseau Wi-Fi
const char* ssid = "Votre_SSID";
const char* password = "Votre_Mot_de_passe";

// Définir les informations de votre compte ThingSpeak
const char* server = "api.thingspeak.com";
const String apiKey = "Votre_Cle_API_ThingSpeak";

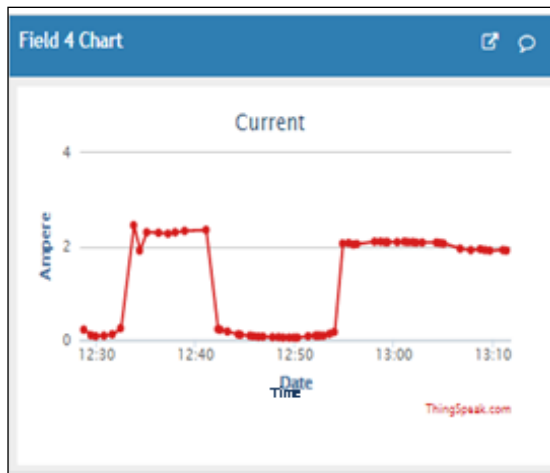
// Configuration de la communication série avec l'ESP01
SoftwareSerial espSerial(10, 11); // RX, TX
```

Figure III.26 : Configuration le point d'accès et Mot de pas d'accès

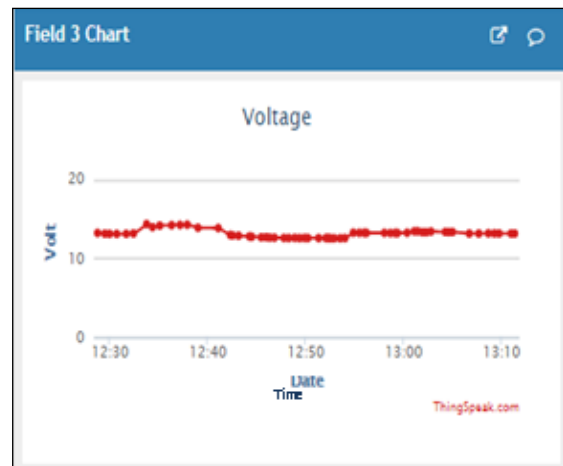
Finalement on met notre système en marche on va obtenir des résultats en temps Réel.

12 Résultats expérimentale

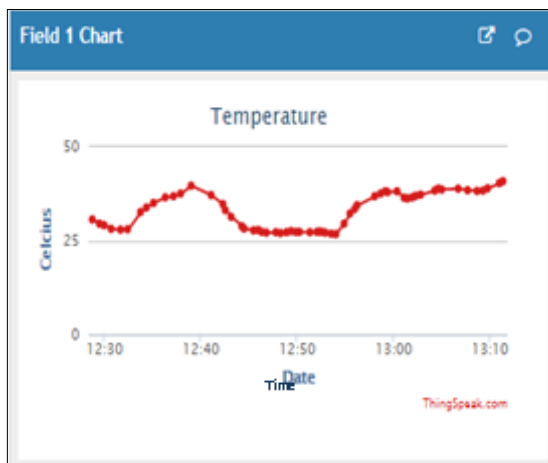
Nous avons installé la carte à l'environnement afin d'effectuer des mesures de tous les phénomènes physiques à différents moments de la journée pour savoir comment changer la température, l'humidité, la pression l'irradiation tout au long de la journée, notez que il est nécessaire la connexion de la station au LAN (router) dans le site thingspeak, en fin de journée nous avons acquis les mesures suivantes (figures ci-dessous) :



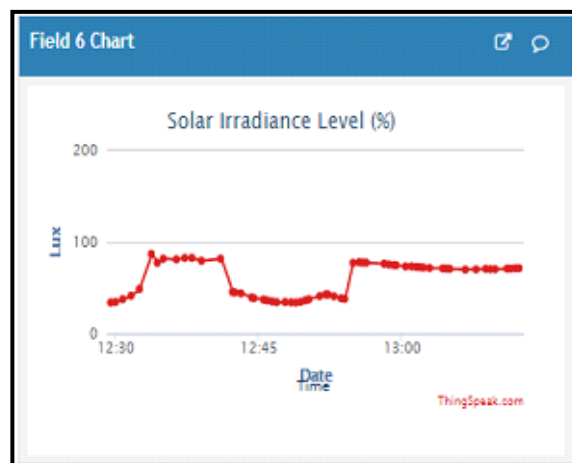
Changement de courant



changement de voltage



Changement de la température

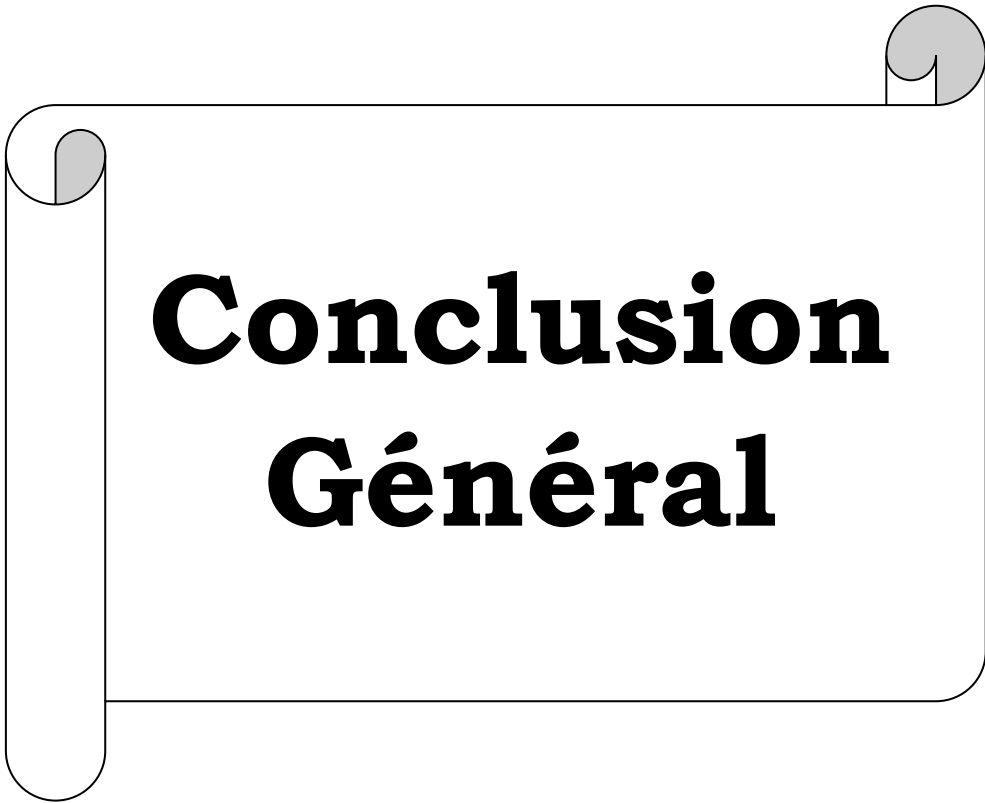


Changement d'irradiation

Figure : les différentes courbes graphiques affichées dans l'interface thingspeak

13 Conclusion

En conclusion, on a développé un système de mesure en temps réel de diverses grandeurs physiques. Ce système utilise l'Arduino UNO comme unité de traitement, et les données sont transférées soit via un câble USB, soit par une connexion sans fil grâce au module (ESP-01). L'affichage des résultats c'est assuré par des courbes sur la plateforme ThingSpeak, un site internet spécifiquement choisi pour la collecte, l'affichage et l'analyse des données en temps réel. L'ioT nous offre des interfaces conviviale et pratique pour configurer la réception et la visualisation des données collectées par notre système autonome. Ce projet offre de nombreuses possibilités dans le domaine de la surveillance et de la gestion des données en temps réel.



Conclusion Général

Conclusion Générale

Dans cette étude, nous avons exploré l'utilisation de la technologie Internet des objets (IoT) pour surveiller et contrôler les paramètres des systèmes photovoltaïques. L'énergie solaire est devenue une source d'énergie renouvelable attrayante en raison de ses coûts réduits et des progrès continus de la technologie photovoltaïque. Cependant, il est essentiel de surveiller et de contrôler les paramètres du système photovoltaïque afin d'optimiser son fonctionnement et d'évaluer son potentiel.

Nous avons constaté que les données collectées lors du fonctionnement d'un système photovoltaïque sont extrêmement précieuses pour évaluer sa performance, détecter d'éventuels défauts, analyser l'historique de génération d'énergie et identifier les pertes énergétiques. Pour répondre à ces besoins, nous avons mis en place un système embarqué de mesure en temps réel des paramètres physiques des panneaux solaires.

Notre système utilise la carte WiFi de type ESP8266 (ESP-01) pour traiter les données collectées, les transférer et les afficher sur un site web dédié appelé 'ThingSpeak'. Cette approche nous permet de surveiller les paramètres clés tels que le rayonnement solaire, la température ambiante, les données électriques, etc., en temps réel et à distance.

Dans notre étude, nous avons également effectué une revue de la littérature sur les systèmes de surveillance photovoltaïque existants, en mettant l'accent sur les technologies Internet, les systèmes d'acquisition de données et les méthodes de contrôle. Cela nous a permis de situer notre travail par rapport aux recherches précédentes et de contribuer à l'évolution des connaissances dans ce domaine.

En conclusion, notre système de surveillance basé sur l'IoT offre une solution pratique et efficace pour optimiser les performances des systèmes

Conclusion Général

photovoltaïques. Il permet une surveillance en temps réel des paramètres clés, ce qui facilite l'identification des problèmes potentiels et l'amélioration continue de la conception et du fonctionnement des installations photovoltaïques. Grâce à notre approche, nous contribuons à l'exploitation plus efficace et durable de l'énergie solaire, favorisant ainsi la transition vers un avenir énergétique plus propre et plus durable.

A decorative scroll graphic with the word "Bibliographie" written on it. The scroll is light gray with a black outline and is partially unrolled, showing the word in the center. The word is in a bold, black, serif font. The scroll has a vertical strip on the left side and a horizontal strip on the top and bottom, with rounded ends. The top right and bottom left corners are rolled up, showing a darker gray interior. The entire graphic is centered on a white background within a double-line black border.

Bibliographie

References

- [1] B. I. Yassine and A. Boumediene, "Renewable energies evaluation and linking to smart grid," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 11, no. 1, pp. 107-118, 2020, doi: 10.11591/ijpeds.v11.i1.pp107-118.
- [2] M. Datta, T. Senjyu, A. Yona, and T. Funabashi, "Photovoltaic output power fluctuations smoothing by selecting optimal capacity of battery for a photovoltaic-diesel hybrid system," *Electric Power Components and Systems*, vol. 39, no. 7, pp. 621–644, 2011, doi: 10.1080/15325008.2010.536809.
- [3] M. Torres, F. J. Muoz, J. V Muoz, and C. Rus, "Online monitoring system for stand-alone photovoltaic applications-analysis of system performance from monitored data," *Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 134, no. 3, pp. 1-8, 2012, doi: 10.1115/1.4005448.
- [4] S. R. Madeti and S. N. Singh, "Monitoring system for photovoltaic plants: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 1180-1207, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.09.088.
- [5] R. N. Hasanah, A. B. Setyawan, E. Maulana, T. Nurwati, and Taufik, "Computer-based solar tracking system for PV energy yield improvement," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 11, no. 2, pp. 743-751, 2020, doi: 10.11591/ijpeds.v11.i2.pp743-751.
- [6] J. C. Franklin, M. Chandrasekar, and D. A. Mattius, "Development of Cost Effective Data Acquisition System to Evaluate the Performance of Solar Photovoltaic Thermal Systems," *Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 143, no. 1, 2021, Art. no. 011003, doi: 10.1115/1.4047453
- [7] 'Jean jacques, Beziane (18 Nov.2012) – L'énergie solaire.'
- [8] "S.Belakehal, "Conception & Commande des Machines à Aimants Permanents Dédiées aux Energies Renouvelables", thèse de Doctorat, université de Constantine, 2010"
- [9] Alain Cheron – Le rayonnement solaire dans l'environnement terrestre, 2014"
- [10] [https://fr.scribd.com/doc/124139564/Cours-GI-Gisement-Solaire.\(consulter le 21-05-2023\)](https://fr.scribd.com/doc/124139564/Cours-GI-Gisement-Solaire.(consulter%20le%2021-05-2023))"
- [11] B. Zerguine « modélisation d'un système de production électrique par la cellule photovoltaïque », mémoire de magister de l'université de Annaba 2010".

Annexe

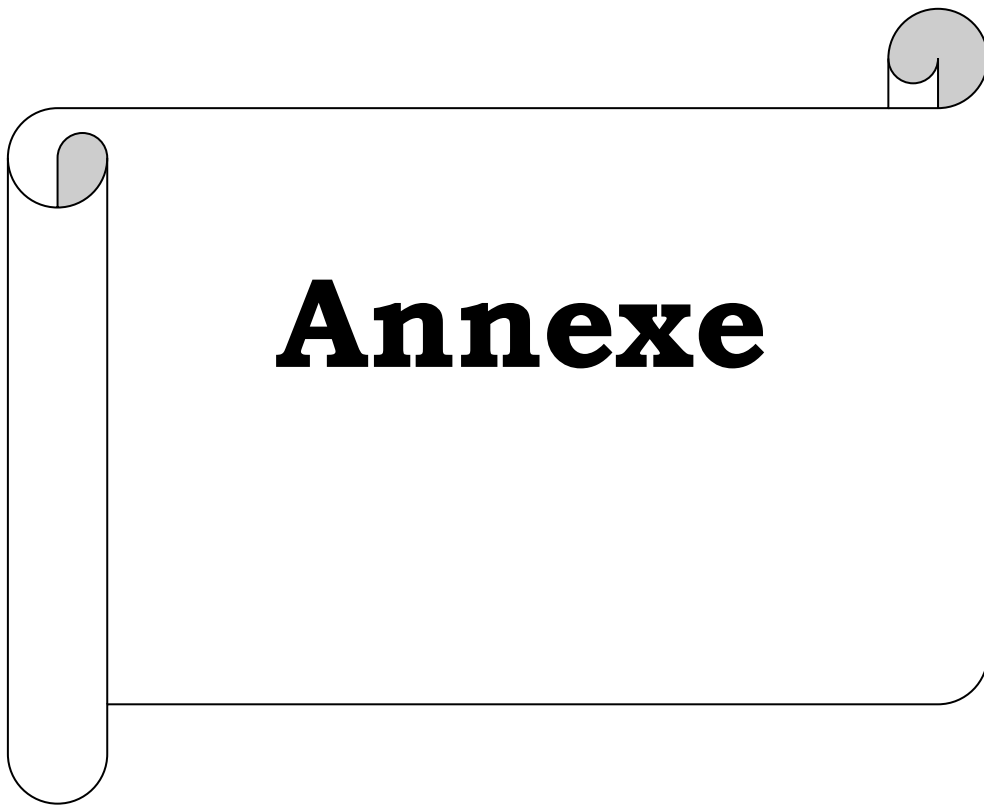
- [13] A. Labouret, M. Viloz « Energie Solaire Photovoltaïque », 2eme édition, Dunod, Paris 2003/2005.”
- [14] <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/ued/envcal/html/rayonnement/1-rayonnement-electromagnetique/1-4-spectre-electromagnetique.html> consulter le 23-06-2023)”
- [15] Trahi Fatiha, « prédiction de l’irradiation solaire globale pour la région de Tizi- Ouzou par le réseau de neurones artificiels. Application pour le dimensionnement d’une installation photovoltaïque pour l’alimentation du laboratoire de recherche LAMPA. », Thèse de magister en électronique, Tizi-Ouzou 2011.”
- [16] Mark HANKtNS, Installations solaires photovoltaïques autonomes, traduit de l’anglais par Daniel Gouadec, Editions DOD. Paris 2012”.
- [17] BENSEBA Ghali, « Etude des différents paramètres in^uençant le rendement et la stabilité d’une cellule solaire organique » mémoire de magister Tizi-Ouzou 2013”
- [18] F. Chekired, « Etude et implémentation d’une commande MPPT neuro-floue sur FPGA » Mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2008.”
- [19] SEMMACHE, Younes. « Modélisation et Réalisation d’un chargeur de batterie basée sur la commande MPPT Photovoltaïque» MÉMOIRE DE PROJET DE FIN D’ÉTUDES – MASTER, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, 2014-2015”
- [20] E. Schiller. "Le pompage photovoltaïque, manuel de cours à l’intention des ingénieurs et des techniciens". Université d’Ottawa, 1998.”
- [21] A. Bisker et M. Chiri. "Commande d’un système photovoltaïque en mode isolé et en mode Connecté au réseau". Mémoire de Master école nationale polytechnique, 2012.”
- [22] Valentin DUBUC. Projet de Physique P6 STPI/P6/2017 – #41, 19/06/2017”
- [23] <https://energieplus-lesite.be/theories/photovoltaique6/caracteristiques-electriques-des-cellules-et-des-modules-photovoltaiques/>”
- [24] Z. Bendjellouli, "Contribution à la modélisation d’une cellule solaire". Mémoire de Magister. Université de Bechar, 2009.”
- [25] M. Belhadj. "Modélisation d’un système de captage photovoltaïque". Mémoire de Magister. Université de Béchar, 2008.”
- [26] Saidi, A., Azoui, B., Ghenai, C., & Lekmine, F. Design and

- Conception of Platform that Allows to Connect Different Solar Panels and Loads through a DC-DC Buck Converter, JNEP, (2022).
- [27] M.Boukhli, O.Hacen. "Conception et réalisation d'un Générateur PV Muni d'un convertisseur MPPT pour une meilleure gestion énergétique". Mémoire de Magister. Université Aboubaker Bel Kaid Telemcen 2011''.
- [28] M. Belhadj. "Modélisation d'un système de captage photovoltaïque". Mémoire de Magister. Université de Béchar, 2008.''
- [29] A. BORNJ, « Etude et régulation d'un circuit d'extraction de la puissance maximale d'un panneau solaire », Mémoire ingénieurs. université de Constantine, 2009.''
- [30] P. Sabaiter."Contribution à l'optimisation, la gestion et le traitement de l'énergie". Université–Toulous III, décembre 2003.''
- [31] F. Maoulida, « Développement d'un système hybride de génération d'énergie en site isolé pour la télécommunication et réalisation d'un régulateur de charge solaire », Master, Université d'Antananarivo, Sciences et technologies, physique et application, soutenu le 7 juin 2018.''
- [32] B. Flèche, D. Delagnes. "Énergie solaire photovoltaïque". Académie de Toulouse, juin 2007.''
- [33] S. ABOUDA, « Contribution à la commande des systèmes photovoltaïques: application aux systèmes de pompage » Thèse de doctorat, co-tutelle de l'Université de Reims Champagne-Ardenne et de l'Université de Sfax, Avril 2015.''
- [34] Djaber Berrian « Développement des modèles mathématiques d'un générateur photovoltaïque • que défectueux» Thèse for: Master
- [35] L. Bun. "Détection et localisation de défauts dans un système photovoltaïque". Thèse de Doctorat. Université de Grenoble, 2011.''
- [36] Missoume Mohammed, « Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie », Mémoire de Magistère, Université de Chlef, 2011.''
- [37] H. Merakchi, B. Goumeidane, « Optimisation d'un système solaire de pompage d'eau » thèse master en génie électrique université de OEB, juin 2010.''
- [38] Y. Luo, X. Wang, M. Dooner, and J. Clarke, "Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation," Applied Energy, vol.

- 137, pp. 511-536, 2015.”
- [39] ABDELGHANI Ahmed Amine . « Modélisation des convertisseurs statiques Dc-Dc pour des applications Dans les énergies renouvelables (En utilisant MATLAB /Simulink) » MÉMOIRE DE MASTER. Université Mohamed Khider de Biskra. 2022”
- [40] https://tameson.fr/pages/les-convertisseurs-de-puissance-et-leurs-nombreuses-utilisations#_w0oks9nqd3fp (consulter le 28-06-2023 a 20 :01]
- [41] cite-web : <https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/batterie-solaire-batterie-solaire-pour-stocker-l-energie-51>
- [42] D. R. MacFarlane, C. A. Vincent, and A. R. Wright, "Electrochemical energy storage in a sustainable modern society," *Energy & Environmental Science*, vol. 4, no. 9, pp. 2952-2960, 2011”.
- [43] M. N. Islam, M. O. Faruque, and D. W. P. Thomas, "State of charge estimation of lead-acid batteries using the open-circuit voltage," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 22, no. 2, pp. 417-424, 2007.”
- [44] S. Santhanagopalan, K. Smith, and P. C. Northrop, "A review of impedance measurements for determination of the state of health (SOH) of lead-acid and lithium-ion batteries," *Journal of Power Sources*, vol. 160, no. 1, pp. 765-773, 2006.”
- [45] citeweb :
https://www.victronenergy.com/media/pg/Lynx_Shunt_VE.Can/fr/battery-capacity-and-peukert-exponent.html#:~:text=La%20capacit%C3%A9%20de%20la%20batterie,au%20bout%20de%2020%20heures. consulter le ((14-06-2023))”
- [46] cite-web <https://www.dsnsolar.com/info/c-rate-of-batteries-and-fast-charging-58457179.html> consulter le ((25-06-2023))”
- [47] cite-web <https://www.istockphoto.com/fr/vectorel/niveau-dindicateur-d%C3%A9nergie-charg%C3%A9-de-haut-%C3%A0-faible-puissance-batterie-r%C3%A9gl%C3%A9-avec-gm1164014559-319819699> consulter le ((26-06-2023))”
- [48] cite-web <https://www.solaris-store.com/content/43-principe-de-fonctionnement-d-une-batterie-solaire> consulter le ((27-06-2023)
- [49] Kumar, K., & Pareek, K. (2023). Fast charging of lithium-ion battery using multistage charging and optimization with Grey relational analysis. *Journal of Energy Storage*, 17, May 2023
- [50] <https://tvxclean.fr/produit/batterie-agm-carbone/> consulter le ((28-06-

- 2023)
- [51] https://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulateur_lithium-io'n
- [52] <https://fr.vecteezy.com/art-vectoriel/2090029-avantages-energie-solaire-illustrations-vectorielles-isometriques> (consulter le 28-06-2023)''.
- [53] C. ALONSO, B. Estibals, livre “ Conception et Commande de Systèmes Electriques Embarqués “Université –Toulouse, France 2002”
- [54] Shibu KV, "Introduction to Embedded System", 1er Edition, McGraw-Hill, 2009”
- [55] S. RAMLA, "Diagnosticabilité modulaire appliquées au Diagnostic en ligne Des Systèmes Embarqués ", Thèse de Doctorat, L'ENSI– Ecole Centrale de Lille, France, 2013.
- [56] W. Theurer, "Une méthodologie de modélisation multi-modèles distribuée par Métier pour les systèmes embarqués", Thèse de Doctorat, ENSAE de Toulouse, France, 2006”
- [57] I.STURDNIA « Détection d'intrusion pour des réseaux embarqués automobiles : Une approche orientée langage », thèse de doctorat, l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2015”
- [58] CiteWeb : https://www.memoireonline.com/08/13/7306/m_Technologie-Mikrotik-Le-Wifi20.html [consulter le 11-04-2023]”
- [59] Cite web : https://www.cisco.com/c/fr_ca/products/wireless/what-is-wifi.html#~q-a [Consulter Le 25-06-2023].”
- [60] Cite web : <https://microclub.ch/wp-content/uploads/2016/10/ESP8266-Bases-et-projets.pdf> Consulter Le 15-06-2023].”
- [61] Mme.Merzoug “Yasmine Etude et réalisation d'un serveur WiFi d'acquisition de données”. Projet de Fin d'études Université Docteur Yahia Farés de MEDEA ;2016/2017.”
- [62] Cite web <https://www.amazon.com/HiLetgo-Wireless-Transceiver-Development-Compatible/dp/B010N1ROQS> [Consulter le 29-05-2023]”
- [63] Cite Web : <https://www.amazon.com/HiLetgo-Wireless-Transceiver-Development-Compatible/dp/B010N1ROQS> [Consulter le 30-05-2023].”
- [64] Cite web <https://fleb.developpez.com/tutoriels/arduino/esp8266/debuter/>
- [65] R&eacut; daction, L., 2022. Microcontrôleur : définition et composants. [En ligne] Journaldunet.fr. Disponible à : <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-de-l-iot/1440684-microcontrolleur-definition-et-composants/>”
- [66] Arduino.cc.2022. WhatisArduino?[Enligne]Disponibleà

- <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [67] Cite web “ <https://grabcad.com/library/arduino-uno-r3-8> ” consulter le (13-06-2023).
- [68] “Figure cite web <https://www.e-techno-tutos.com/2018/05/28/arduino-brochage/> ” consulter le 29-06-2023].
- [69] LEHSAINI Ilyes et BENDIMERAD Abderrahman « Etude et réalisation d’une plateforme d’acquisition micro contrôlée et de transmission Bluetooth du signal ECG sur Smartphone » Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen. 24 mai 2015.”
- [70] Z. Haoua et O. Mohamed Mahmoud. 2019. Vers des Bâtiments Intelligent pour l'élevage de volaille. Mémoire de master, Université de Blida”.
- [71] Saidi, A., Azoui, B., Ghenai, C., & Labdani, R., Efficient and Accurate Environmental Data Acquisition And Transmission Through An Autonomous Solar System, JNEP, (2023).
- [82] Evans. D, "L'internet des objets", Avril, 2011
- [83] Yick, J., Mukherjee, B. and Ghosal, D., 2008. Wireless sensor network survey. Computer Networks, 52(12), pp.2292-2330)



Annexe

Annexe :

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  esp8266.begin(9600);          // (115200);
  Serial.println(F("DHTxx test!"));
  dht.begin();
  ina219.begin();
  delay(100);                  // wait a few seconds for start

  // Send command to Esp8266
  sendCommand("AT", 5, "OK");
  sendCommand("AT+CWMODE=1", 5, "OK");
  sendCommand("AT+CWJAP=\"" + AP + "\",\"" + PASS + "\",20,\"OK\");
}

void loop() {

  //String getData = "GET /update?api_key="+ API +"&field1="+getCurrentValue()+"&field2="+get
  String getData = "GET /update?api_key="+ API +"&field1="+getTemperatureValue()+"&field2="+get

  // *****
  sendCommand("AT+CIPMUX=1", 10, "OK");
  sendCommand("AT+CIPSTART=0,\"TCP\",\"" + HOST + "\",\" + PORT, 20, \"OK\");
  // *****

  sendCommand("AT+CIPSEND=0," +String(getData.length()+4), 4, ">"); //

  esp8266.println(getData);
  delay(1500);                // evrey 10s
  countTrueCommand++;
  sendCommand("AT+CIPCLOSE=0", 5, "OK");
}
```

Annexe

```
String getCurrent(){
    float shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
    float Vpv = ina219.getBusVoltage_V();
    float Ipv = ina219.getCurrent_mA();
    float Ppv = ina219.getPower_mW();
    Serial.print("Ipv:      "); Serial.print(Ipv); Serial.println(" mA");
    delay(10); //      !!!!!!!?????????
    return String(Ipv);
}

String getPower(){
    float shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
    float Vpv = ina219.getBusVoltage_V();
    float Ipv = ina219.getCurrent_mA();
    float Ppv = ina219.getPower_mW();
    Serial.print("Ppv:      "); Serial.print(Ppv); Serial.println(" mW");
    delay(10);
    return String(Ppv);
}

void sendCommand(String command, int maxTime, char readReplay[]) {
    Serial.print(countTrueCommand);
    Serial.print(". at command => ");
    Serial.print(command);
    Serial.print(" ");
    while(countTimeCommand < (maxTime*1))
    {
        esp8266.println(command); //at+cipsend
        if(esp8266.find(readReplay)) //ok
        {
            found = true;
            break;
        }
        countTimeCommand++;
    }
    if(found == true)
    {
    }
    if(found == true)
    {
        Serial.println("OK OK");
        countTrueCommand++;
        countTimeCommand = 0;
    }
    if(found == false)
    {
        Serial.println("Fail");
        countTrueCommand = 0;
        countTimeCommand = 0;
    }
    found = false;
}
}
```