

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Électromécanique

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Electromécanique

Spécialité : Énergie renouvelable en électrotechnique

Par : - HOUAIRI MAHDI

- SEBBAH RANIA MANEL

Sujet

**Etude et réalisation d'un sac à dos solaire pour le refroidissement
et le transport des vaccins et des sérums**

Soutenu publiquement, le: 25 / 06 / 2023 , devant le jury composé de :

Nouai Ammar	MCA	Univ-BBA	Président
Bouchama Ziyad	MCA	Univ-BBA	Examineur
SaadSaoud Merwan	MCB	Univ-BBA	Encadrant
Bengueddoudj Abdallah	MCB	Univ-BBA	Co-Encadrant
Kassel Abdelhalim	MCB	Univ-BBA	Examineur

Remercîment

Le plus grand merci s'adresse au bon Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

Nous remercions nos familles et tous nos amis qui nous ont toujours encouragé et soutenu durant toutes nos études.

Nous tenons également, à exprimer nos forts remerciements à nos promoteurs, Dr. Saad Saoud Merwan et Dr. Abdallah Bengueddoudj nous guide et donne des suggestions précieuses, qu'elles trouvent ici le témoignage de notre haute considération et de notre profond respect.

Nous remercions les membres de jury qui ont bien voulu accepter d'examiner ce mémoire et à cet égards nous leurs présentons nos profonds respects, et notre grande gratitude.

Nous rendons grâce à tous les enseignants du département Électromécanique, qui nous ont suivis durant notre cursus, et tous ceux qui ont contribué, à ce que ce travail prenne forme.

Dédicace

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie,
que je dédie mon travail à mes très chers, respectueux et
magnifiques parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes
études.*

*A mon frère et mes sœurs pour leurs appuis et leur
encouragement.*

*A tous mes amis et toute ma promotion, et en particulier mon
binôme Rania.*

*A tous ce qui de loin ou de près n'ont pas cessé de m'apporter
leur soutien, pendant mes années d'études.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant
allégués, et le fruit de votre soutien infailible.*

MAHDI

Dédicace

A toi seigneur DIEU tout puissant créateur du ciel et de la terre.

Je te remercie pour m'avoir donnée la volonté et surtout le courage de mener dans de bonnes conditions ce travail.

A celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieute garde dans son vaste paradis, À toi mon père.

A la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

A mes frères et ma sœur pour leurs appuis et leur encouragement.

A tous mes amis et toute ma promotion, et en particulier mon binôme Mahdi.

A tous ce qui de loin et de près n'ont pas cessé de m'apporter leur soutien, pendant mes années d'études.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

RANIA

Sommaire

ملخص	
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I	2
ÉTAT DE L'ART SUR LES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES.....	2
INTRODUCTION	3
I.1. l'irradiation et Rayonnement	3
I.1.1. L'irradiation.....	3
I.1.2. Rayonnement solaire	4
I.2. La cellule photovoltaïque	5
I.2.1 Principe de fonctionnement de la cellule PV	5
I.2.2 Différentes structures des cellules PV:	6
I.2.3 Modèle et circuit équivalent d'une cellule PV.....	9
I.2.4. Caractéristiques électriques de la cellule photovoltaïque.....	10
I.2.4.1. Caractéristique courant - tension (I-V).....	10
I.2.4.2. Caractéristique puissance - tension (P-V).....	11
I.2.4.3. Paramètres externes	12
I.2.5 Influence de l'éclairement et de la température	12
I.2.5.1 Influence de l'éclairement	12
I.2.5.2. Influence de la température	14
I.3. Le système photovoltaïque	15
I.3.1. Le panneau PV.....	15
I.3.2. Les batterie solaire	15
I.3.3. Le régulateur:	16
I.3.4. Convertisseurs DC/AC (onduleur) :	17
Conclusion.....	18
CHAPITRE II	19
LES TECHNIQUES DE REFROIDISSEMENT ET DE TRANSPORT DES VACCINS.....	19
INTRODUCTION	20
II.1 Généralités sur les types de la production du froid	20
II.1.1 Installation de réfrigération à compression	20
II.1.2 Installation frigorifique a gaz froid	21

II.1.3 Installation frigorifique a absorption	22
II.1.4 Générateur de froid a vortex	22
II.1.5 Installation frigorifique thermoélectrique	23
II.2 Rappel des principes fondamentaux de Chaîne de froid et transport des vaccins.....	23
II.2.1 Seul un vaccin actif peut protéger.....	23
II.3 Chaîne de froid et transport des vaccins.....	24
II.3.1 En Cas De Transport Par Avion	24
II.3.2 En Cas De Transport Par Un Véhicule Simple	25
II.3.3 En Cas De Transport Par Un Véhicule Frigorifique	25
II.4 Chaîne de froid et modalités de conservation des vaccins	25
II.4.1 Au niveau de la chambre froide.....	25
II.4.2 Au niveau du Réfrigérateurs ménagers (de cuisine) et réfrigérateurs de bar :	26
II.4.3 Au niveau du La glacière	27
II.4.4 Au niveau du porte-vaccins	27
II.4.5 Au niveau des accumulateurs de froid.....	28
II.5 Modalités de lecture de la Pastille de Contrôle du Vaccin (PCV)	28
II.6 Limites et défis des techniques de transport des vaccins.....	29
II.7 Les problèmes de transport des vaccins avec les techniques existe	30
II.8 Le système proposé.....	31
II.8.1 Les avantage de sac à dos.....	31
II.8.2 Comparaison des performances du sac à dos solaire médical avec d'autres solutions de transport et de refroidissement.....	32
Conclusion	33
CHAPITRE III.....	34
CONCEPTION ET REALISATION DU PROTOTYPE	34
INTRODUCTION	35
III.1. L'Objectif visé:.....	35
III.2. Conception et fabrication du sac à dos solaire médical	36
III.2.1. L'architecture Générale	36
Figure III.10 : Application de commande de température	35
Figure III.12 : régulateur de charge solaire MPPT 20A 12v/24v.....	36

III.2.2. Logiciels utilisés	36
III.2.3.L'organigramme	38
III.2.4.Schéma de câblage et configuration du système électrique.	39
Schéma de câblage.....	39
III.3.Proto type	39
III.4.Tests de performance du sac à dos solaire médical	42
III.4.1.Tests de poids	42
III.4.2.Tests de la fonctionnalité des panneaux solaires et du système de charge.	42
III.4.3.Test du fonctionnement du système GPS / GSM pour la localisation en temps réel.	43
III.4.4. Tests de résistance aux chocs et aux vibrations.....	43
III.4.5.Tests d'étanchéité et de durabilité du sac à dos solaire médical.....	43
III.5. Tests de transport et de refroidissement des vaccins	44
III.5.1. Sélection des vaccins à utiliser lors des tests	44
III.5.2. Conditions de température pour le stockage et le transport des vaccins.....	44
III.5.3 . Surveillance de la température et de la stabilité des vaccins et la localisation en temps réel	44
CONCLUSION.....	45
CONCLUSION GENERALE	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	48

Liste des figures

Figure I.1 : Carte du monde de l'irradiation moyenne annuelle en kWh/m²/jour sur un plan horizontal.

Figure I.2 : Carte du monde de Rayonnement solaire.

Figure I.3: Structure schématique d'une cellule solaire

Figure I.4 : La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin

Figure I.5 : La cellule photovoltaïque en silicium polycristallin

Figure I.6 : La cellule photovoltaïque en silicium amorphe

Figure I.7 : La cellule photovoltaïque tandem

Figure I.8 : La cellule photovoltaïque CIGS

Figure I.9 : La cellule photovoltaïque multi-jonction

Figure I.10 : Les cellules photovoltaïques transparentes

Figure I.11 : La cellule photovoltaïque Pérovskite

Figure I.12: Modèle et circuit équivalent d'une cellule PV

Figure I.13: Caractéristique courant - tension (I-V)

Figure I.14: Caractéristique puissance - tension (P-V)

Figure I.15: Courbes I(V) d'un panneau à divers ensoleillements à T=25°C

Figure I.16: Courbes P(V) d'un panneau à divers ensoleillements à T=25°C

Figure I.17: Courbes P(V) d'un GPV pour différentes températures à G=1000W/m

Figure I.18: Courbes I(V) d'un GPV pour différentes températures à G=1000W/m

Figure I.19: Les constituants d'un système PV

Figure II.1 : Installation de réfrigération à compression

Figure II.2 : Installation de frigorifique à gaz réfrigérant

Figure II.3 : Installation de frigorifique à absorption

Figure II.4 : Générateur de froid à vortex

Figure II.5 : Installation de frigorifique thermoélectrique

Figure II.6 : Cas De Transport Par Avion

Figure II.7 : Cas De Transport Par Un Véhicule Simple

Figure II.8 : Cas De Transport Par Un Véhicule Frigorifique

Figure II.9 : Au niveau de la chambre froide

Figure II.10 : Au niveau de la Réfrigérateurs ménagers (de cuisine) et réfrigérateurs de bar

Figure II.11 : La glacière

Figure II.12: porte-vaccins

Figure II.13 : accumulateurs de froid

Figure II.14 : Figure II.14 : lecture de la Pastille de Contrôle du Vaccin (PCV)

Figure II.15 : sac à dos solaire médical

Figure III.1 : Sac à dos 50L

Figure III.2 : Panneaux solaires 65W

Figure III.3 : Système de refroidissement

Figure III.4 : Batterie (12,8V 24AH)

Figure III.5 : Support vaccin

Figure III.6 : Module GPS (Neo 6m)

Figure III.7 : Module GSM (800L V2)

Figure III.8 : Capteurs de température (DHT 22)

Figure III.9 : module Bluetooth HC-05

Figure III.10 : Application de commande de température

Figure III.11 : Arduino Mega

Figure III.12 : régulateur de charge solaire MPPT 20A 12v/24v

Figure III.13 : logiciel Arduino ide

Figure III.14 : API Google Maps

Figure III.15 : Langage de programmation php

Figure III.16 : Framework DataTables

Figure III.17 : MySql

Figure III.18 : Architecture du sac à dos solaire médical

Figure III.19 : Architecture du système Suivi de sac à dos solaire médical

Figure III.20 : Schéma de câblage

Figure III.21 : Schéma 2d sac à dos solaire médical

Figure III.22 : Vue générale du prototype

Figure III.23 : Tests poids

Figure III.24 : fonctionnalité des panneaux solaires et du système de charge

Figure III.25 : la localisation en temps réel

Figure III.26 : résistance aux chocs et aux vibrations

Figure III.27 : Etanchéité et Durabilité

Figure III.28 : vaccins à utiliser lors des tests

Figure III.29 : Surveillance de la température et de la stabilité des vaccins et la localisation en temps réel

Figure III.29 : Résultats de test effectuer dans la ville de Bordj Bou Arreridj

Liste des symboles

E : L'énergie d'un photon

h : Constante de Planck [$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$]. **C** : Vitesse de la lumière [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]. **λ** : Longueur d'onde [m].

I_{ph} : Photo-courant (A).

I_{sat}: Le courant de saturation (A)

R_s : La résistance série (Ω).

R_{sh}: La résistance parallèle shunt (A)

I_D : Courant de jonction (A)

I_{Rsh}: Courant dans la résistance parallèle Shunt (A)

Abréviation

GPV : Générateur photovoltaïque.

PV: Photovoltaïque.

Liste des Tableaux

Tableau II.1 Comparaison des performances du sac à dos solaire médical avec d'autres solutions de transport et de refroidissement

ملخص

العمل المقدم يركز على تصميم وتطوير محفظة ظهر شمسية طبية مبتكرة لنقل وتبريد الأمصال واللقاحات. المحفظة تتألف من عدة مكونات أساسية لتحقيق الأداء المثلى والاستقلالية الطاقوية، يتضمن التصميم لوح شمسي لتوليد الطاقة اللازمة لعمل اللوح الشمسي على تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية لتغذية الأجهزة الموجودة في المحفظة كما يضم نظام تبريد عالي الكفاءة للحفاظ على درجات حرارة مناسبة للأمصال واللقاحات أثناء النقل.

تم استخدام بطاريات ليثيوم لتخزين الطاقة المولدة لتشغيل المحفظة في الليالي أو في ظروف ضعف إشعاع الشمس، بالإضافة إلى ذلك، تتضمن المحفظة نظام تتبع عن بعد يسمح بتحديد موقع المحفظة ومراقبتها بدقة. يمكن تحقيق ذلك من خلال تجهيز المحفظة بنظام GPS وتقنية GSM للاتصال اللاسلكي لإرسال البيانات تم تضمين تقنيات مضادة للسرقة وحماية الشخص الذي يحمل المحفظة لضمان سلامتها وسلامة المنتجات الطبية التي تحملها، تم تطوير نموذج عملي للمحفظة وأجريت اختبارات شاملة للتحقق من أدائها وموثوقيتها. أظهرت النتائج نجاح المحفظة في تحقيق تبريد فعال للأمصال واللقاحات وتوفير طاقة مستدامة واستقلالية طاقوية.

بهذه الطريقة، يمكن للمحفظة الشمسية الطبية أن تسهم في تحسين نقل وتخزين المنتجات الطبية الحساسة، وتوفير الطاقة النظيفة والمستدامة في المناطق النائية، وحماية سلامة المستخدمين والمنتجات من خلال تقنيات الأمان المتقدمة.

الكلمات المفتاحية: محفظة ظهر - شمسية - طبية - نقل - تبريد - الامصال اللقاحات - GPS مضادة للسرقة - GSM - المناطق النائية - اختبارات

Résumé

Le travail présenté se concentre sur la conception et le développement d'un sac à dos médical solaire innovant pour le transport et le refroidissement des vaccins et des sérums. Le sac à dos est composé de plusieurs parties essentielles pour atteindre des performances optimales et une indépendance énergétique, Il comprend un panneau solaire pour générer l'énergie nécessaire. Le panneau solaire convertit la lumière du soleil en énergie électrique pour alimenter les dispositifs présents dans le sac à dos. Il intègre également un système de refroidissement hautement efficace pour maintenir des températures appropriées pendant le transport.

Des batteries lithium-ion sont utilisées pour stocker l'énergie générée afin d'alimenter le sac à dos pendant les nuits ou dans des conditions de faible rayonnement solaire, De plus, le sac à dos comprend un système de suivi à distance qui permet de localiser et de surveiller précisément son emplacement. Cela peut être réalisé en équipant le sac à dos d'un système de positionnement global (GPS) et de la technologie GSM pour la communication sans fil des données.

Des techniques de protection et de sécurité, telles que des mécanismes antivols et la protection de la personne qui porte le sac à dos, sont intégrées pour garantir sa sécurité et la sécurité des produits médicaux qu'il transporte, Un prototype fonctionnel du sac à dos a été développé et des tests approfondis ont été effectués pour vérifier ses performances et sa fiabilité. Les résultats ont montré que

le sac à dos était capable de fournir un refroidissement efficace pour les vaccins et les sérums, ainsi que de fournir une énergie durable et une autonomie énergétique.

De cette manière, le sac à dos solaire médical peut contribuer à améliorer le transport et le stockage des produits médicaux sensibles, à fournir une énergie propre et durable dans les régions éloignées, et à protéger la sécurité des utilisateurs et des produits grâce à des techniques de sécurité avancées.

Mots clés : Sac à dos -solaire -médical -transport - refroidissement -des vaccins et des sérums, -GPS- anti-vol-GSM-zones éloignées- tests.

Abstract

The presented work focuses on the design and development of an innovative medical solar backpack for transporting and refrigerating serums and vaccines. The portfolio consists of several components essential to achieving optimal performance and energy independence, The design includes a solar panel to generate the necessary energy. The solar panel converts sunlight into electrical energy to feed the devices in the wallet. It also includes a highly efficient cooling system to maintain suitable temperatures for serums and vaccines during transportation.

Lithium batteries were used to store the energy generated to operate the backpack at nights or in conditions of poor sunshine, In addition, the wallet includes a remote tracking system that allows the wallet to be accurately located and monitored. This can be achieved by equipping the wallet with a GPS system and GSM technology for wireless communication to send data.

Anti-theft technologies and protection of the person carrying the wallet are included to ensure its safety and the safety of the medical products it carries, A working wallet model was developed and comprehensive tests were conducted to validate its performance and reliability. The results showed the success of the portfolio in achieving efficient cooling of serums and vaccines, providing sustainable energy and energy independence.

In this way, the medical solar portfolio can contribute to improving the transportation and storage of sensitive medical products, providing clean and sustainable energy in remote areas, and protecting the safety of users and products through advanced security technologies.

Keywords: Backpack - solar - medical - transportation - refrigerating - vaccines and serums - GPS – anti theft - GSM - remote areas - tests.

Introduction générale

Introduction Générale

Dans le domaine de la santé et de la logistique médicale, le transport des vaccins et des sérums anti-venin constitue un défi majeur. La conservation de la chaîne du froid est essentielle pour maintenir l'efficacité de ces produits sensibles, en particulier lorsqu'ils doivent être transportés dans des zones éloignées ou difficiles d'accès. Cependant, l'accès à une source d'énergie fiable pour le refroidissement et la surveillance de ces produits peut être limité, entraînant des risques de détérioration et d'inefficacité.

C'est dans ce contexte que notre mémoire se concentre sur l'étude et la réalisation d'un sac à dos solaire innovant, spécialement conçu pour le refroidissement et le transport des vaccins et sérums anti-venin, avec intégration d'un système GPS. L'objectif principal de cette recherche est de proposer une solution pratique, écoénergétique et sécurisée pour le transport de ces produits médicaux vitaux, en surmontant les contraintes liées à l'accès à l'électricité et à la gestion de la chaîne du froid.

La nécessité d'une telle solution se justifie par les enjeux critiques liés à la conservation et au transport des vaccins et sérums anti-venin. Les vaccins doivent être maintenus dans des plages de température spécifiques pour préserver leur efficacité, tandis que les sérums anti-venin nécessitent des conditions de stockage particulières pour conserver leur neutralisation des venins. De plus, la traçabilité et la localisation précise de ces produits sont cruciales pour assurer leur sécurité et leur acheminement efficace vers les zones nécessitant des interventions médicales d'urgence.

Pour atteindre ces objectifs, notre travail adopte une approche multidisciplinaire. Nous combinons des connaissances en ingénierie, en énergie solaire, en technologie de refroidissement et en logistique médicale pour concevoir un sac à dos solaire capable de répondre aux besoins spécifiques du transport des vaccins et sérums anti-venin. Nous intégrons également un système GPS pour assurer la traçabilité et la localisation en temps réel de ces produits médicaux.

Ce mémoire est structuré de la manière suivante :

Le Chapitre 1 offre un aperçu théorique approfondi de l'énergie photovoltaïque.

Le Chapitre 2 se concentre sur les enjeux et les défis spécifiques liés au transport des vaccins.

Le Chapitre 3 présente la conception et la réalisation du sac à dos solaire pour le refroidissement et le transport des vaccins et sérums anti-venin avec GPS.

Nous espérons que ce mémoire apportera une contribution significative au domaine de la logistique médicale, en offrant une solution innovante pour le transport des vaccins et sérums anti-venin. En combinant les avantages de l'énergie solaire, du refroidissement adapté et du suivi GPS, nous aspirons à améliorer l'efficacité, la sécurité et la traçabilité de ces produits médicaux essentiels, en contribuant ainsi à la santé publique et à la lutte contre les envenimations et les maladies infectieuses.

CHAPITRE I
État de l'art sur les systèmes
photovoltaïques

Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique. Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque (PV) basée sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à produire une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. Il utilise pour se faire des modules photovoltaïques composés de cellules. Ces cellules photovoltaïques sont constituées de semi-conducteurs à base de silicium (Si), de germanium (Ge), de sélénium (Se), etc. Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques, car il est très abondant dans la nature. La tension générée peut varier en fonction du matériau utilisé pour la fabrication de la cellule [01].

De nos jours et selon le besoin, l'énergie électrique produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau [02].

L'objectif de ce chapitre est de donner un bref aperçu sur les systèmes photovoltaïques, en particulier Les fonctionnalités, les technologies et les différents comportements d'un système PV.

I.1. L'irradiation et Rayonnement**I.1.1. L'irradiation**

L'irradiation (éclairage), dans le contexte de l'énergie solaire, fait référence à la quantité de rayonnement solaire incidente sur une surface donnée. Elle est mesurée en Watts par mètre carré (W/m^2) et représente l'énergie solaire reçue par unité de surface.

L'irradiation solaire varie en fonction de nombreux facteurs,

- L'orientation et l'inclinaison de la surface.
- La latitude du lieu et son degré de pollution.
- La période de l'année et de l'instant considéré dans la journée
- La nature des couches nuageuses. [05]

Elle est généralement exprimée en termes de moyenne annuelle ou de moyennes mensuelles pour une région donnée. [03-04]

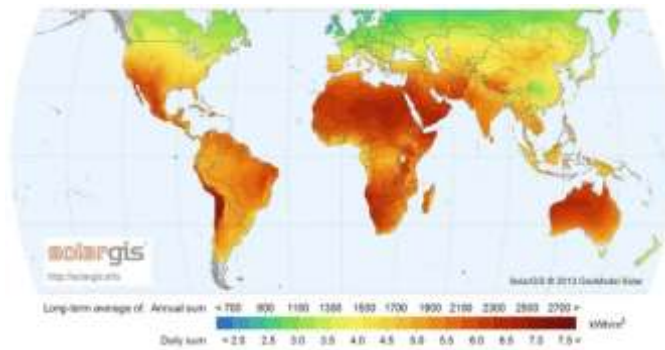


Figure I.1 : Carte du monde de l'irradiation moyenne annuelle en kWh/m²/jour sur un plan horizontal. [6]

I.1.2. Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est l'énergie émise par le soleil sous forme de différentes longueurs d'onde, allant des rayons gamma et des rayons X aux ultraviolets, à la lumière visible et aux infrarouges. Il est essentiellement constitué de photons, les particules élémentaires de lumière.

La quantité de rayonnement solaire qui atteint la Terre dépend de plusieurs facteurs, tels que l'heure de la journée, la saison, la latitude, l'altitude, la couverture nuageuse et les conditions atmosphériques. Il existe des variations géographiques et temporelles significatives dans le rayonnement solaire [07].

Les mesures du rayonnement solaire sont obtenues à l'aide d'instruments tels que les **pyromètres**, qui mesurent le rayonnement solaire global (direct + diffus) incident sur une surface horizontale. Les pyromètres sont utilisés pour mesurer le rayonnement solaire direct normal, c'est-à-dire le rayonnement solaire qui arrive directement du soleil sans être diffusé [07].

Le rayonnement solaire est d'une importance cruciale pour de nombreuses applications, notamment la production d'énergie solaire photovoltaïque et thermique, la recherche climatique, l'agriculture, la météorologie, l'étude de l'environnement et d'autres domaines scientifiques [07].

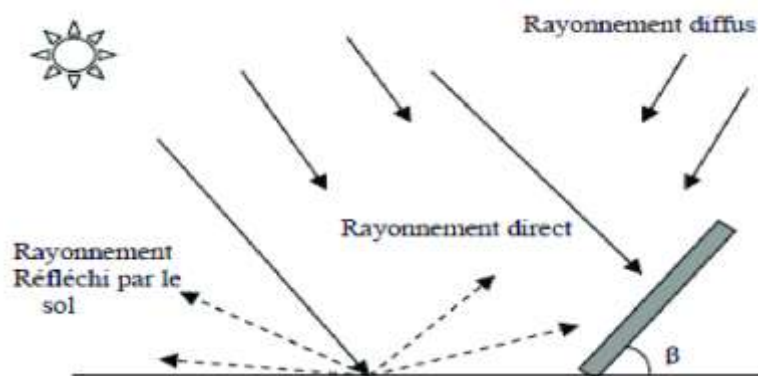


Figure I.2 : Carte du monde de Rayonnement solaire.

I.2. La cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque est en effet le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs de type P-N, généralement du silicium, qui réagissent à la lumière du soleil pour produire un courant électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants [08]:

- Absorption des photons par le matériau constituant le dispositif
- Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, Ce qui correspond à la création des paires d'électrons/trous dans le matériau semi-conducteur
- Collecte des particules générées dans le dispositif.

I.2.1 Principe de fonctionnement de la cellule PV

Une cellule PV est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P (dopée au bore) et l'autre dopée N (dopée au phosphore) créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule. À travers une charge continue, on peut en plus récolter des porteurs. La tension maximale de la cellule est d'environ 0.6 V pour un courant nul. Cette tension est nommée tension de circuit ouvert (VOC). Le courant maximal se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées, il est appelé courant de court-circuit (ICC) [09].

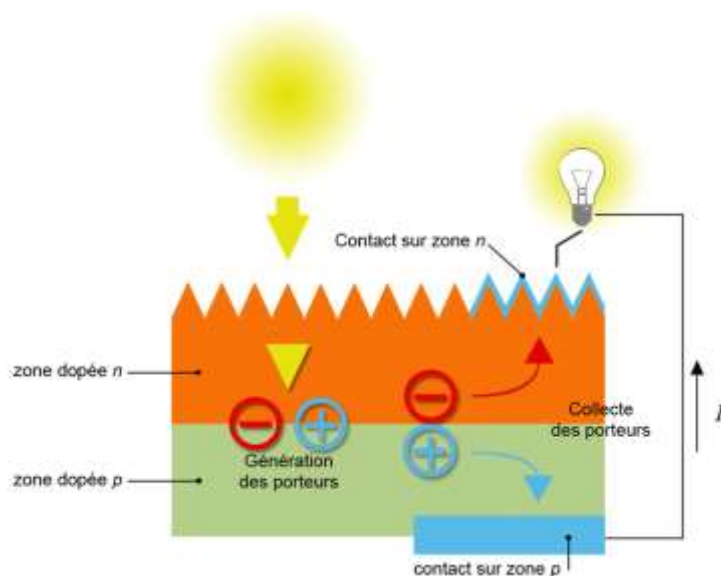


Figure I.3: Structure schématique d'une cellule solaire

I.2.2 Différentes structures des cellules PV:

On utilise différents matériaux et structures pour améliorer les performances des cellules PV et augmenter le rendement. On distingue plusieurs types de cellules solaires selon leurs structures : les cellules solaires à couche mince, les cellules solaires organiques et les cellules solaires au silicium. Nous présenterons uniquement ces dernières citées, car étant les plus répandues.

Les cellules solaires au silicium: Le silicium est le matériau de base des photopiles. C'est le deuxième élément en termes d'abondance sur notre planète (après l'oxygène), mais il n'existe pas à l'état pur dans la nature (le sable et le quartz en contiennent). Il existe catégories de photopile au silicium :

➤ **La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin:** Ce type de cellule photovoltaïque est l'une des plus répandues. Elle est obtenue à partir de silicium monocristallin, appliqué en une tranche simple. Elle permet de composer des panneaux solaires qui vont produire de l'électricité servant à alimenter une habitation ou le réseau public, par exemple. [10]



Figure I.4 : La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin

➤ **La cellule photovoltaïque en silicium polycristallin :** Facilement reconnaissable grâce à ses cristaux bleus, cette cellule photovoltaïque se compose d'une seule tranche de silicium. Elle est de forme carrée. On la trouve souvent dans les installations domestiques, agricoles ou industrielles. [10]



Figure I.5 : La cellule photovoltaïque en silicium polycristallin

➤ **La cellule au silicium amorphe:** La cellule photovoltaïque au silicium amorphe est composée d'une couche fine de silicium, bien plus fine que les monocristallines ou les polycristallines. On la trouve essentiellement pour alimenter les appareils de faible puissance, comme les montres solaires, les éclairages de jardin ou encore les calculatrices solaires. [10]



Figure I.6 : La cellule photovoltaïque en silicium amorphe

➤ **La cellule photovoltaïque tandem :** La cellule photovoltaïque tandem est quant à elle conçue à partir de deux couches semi-conductrices simples. Cela peut être une couche de silicium amorphe et une autre de silicium cristallin (mono ou poly) par exemple. Elle montre tout son intérêt pour une utilisation industrielle. [11] ;

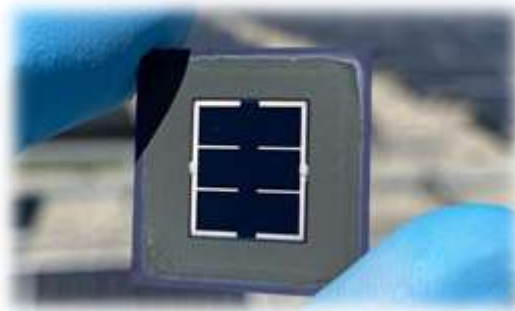


Figure I.7 : La cellule photovoltaïque tandem

➤ **La cellule photovoltaïque CIGS:** Ce type de cellule photovoltaïque utilise un matériau semi-conducteur fait d'un alliage de cuivre, d'indium, de sélénium et de gallium. Ce mélange est disposé en couche très fine sur un support. [11] ;

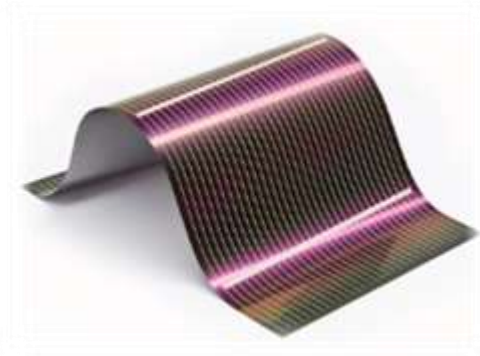


Figure I.8 : La cellule photovoltaïque CIGS

➤ **La cellule photovoltaïque multi-jonction** : La cellule photovoltaïque multi-jonction se compose de différentes couches de matériaux semi-conducteurs qui convertissent chaque rayon solaire, quelle que soit l'exposition. Les couches sont empilées, formant la cellule photovoltaïque multi-jonction. Pour l'instant, seuls les engins spatiaux en sont pourvus. [11] ;



Figure I.9 : La cellule photovoltaïque multi-jonction

➤ **Les cellules solaires photovoltaïques transparentes** : Depuis 2011, des cellules solaires transparentes ont été développées. Encore expérimentales, ces technologies pourraient être utilisées dans de nombreuses applications : vitrage solaire, écran de téléphones portables, automobile. [12] ;



Figure I.10 : La cellule photovoltaïque transparentes

➤ **Les cellules solaires photovoltaïques Pérovskite** : Le nom "pérovskite" provient du minéral naturel appelé pérovskite, qui a été découvert pour la première fois dans les montagnes de **l'Oural en Russie en 2010** ensuite le matériau est développé en laboratoire. Cependant, les pérovskites sont utilisées comme matériaux actifs pour convertir la lumière solaire en électricité. Les pérovskites utilisées dans les cellules solaires sont généralement des halogénures métalliques organiques, tels que le chlorure de plomb méthylammonium ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$). Ces composés présentent des propriétés de transport des charges électroniques et des trous efficaces, ce qui leur permet de générer un courant électrique lorsqu'ils sont exposés à la lumière solaire.

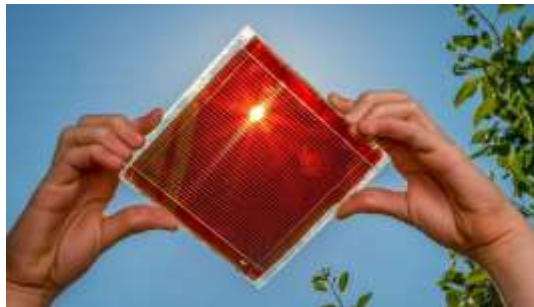


Figure I.11 : La cellule photovoltaïque Pérovskite

I.2.3 Modèle et circuit équivalent d'une cellule PV

Pour décrire le comportement du système électrique, le circuit équivalent est utilisé en s'appuyant sur les composants électriques de base. Dans l'obscurité, la cellule solaire suit le comportement de la diode traditionnelle, elle commence à conduire lorsque la tension appliquée est supérieure à la tension de seuil (V_s), la caractéristique (I-V) est représentée par la relation suivante [13].

$$I_{obs} = I_s \left(e^{\left(\frac{v}{nV_{th}} \right)} - 1 \right) \quad (\text{I. 1})$$

Avec:

I_s : le courant de saturation de la diode en Ampère(A).

N : le facteur de qualité de la diode; sans dimension.

V_{th} : le potentiel thermique en Volt, il est donné par:

Avec:

K : la constante de Boltzmann ($1.38066 \cdot 10^{-23} \text{ J / K} = 8.61400 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$).

T : la température absolue en kelvin(K).

Q : la charge absolue d'un électron en coulomb ($1.60281 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

Pour obtenir le circuit équivalent de la cellule photovoltaïque idéale sous l'éclairement; le terme I_{ph} est ajouté en tenant compte du courant généré et représenté par l'équation suivante:

$$I = I_{ph} - I_{obs} = I_{ph} - I_s \left(e^{\left(\frac{V}{nV_{th}}\right)} - 1 \right) \tag{I.3}$$

Pour la cellule photovoltaïque réelle, il existe d'autres réglages, prenant en compte les effets des résistances et les fuites vers les bords, et l'équation caractéristique (I-V) deviennent:

$$I = I_{ph} - I_s \left(e^{\left(\frac{V+IR_s}{nV_{th}}\right)} - 1 \right) - \frac{V+IR_s}{R_{sh}} \tag{I.4}$$

La figure (I.12) illustre le circuit électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque.

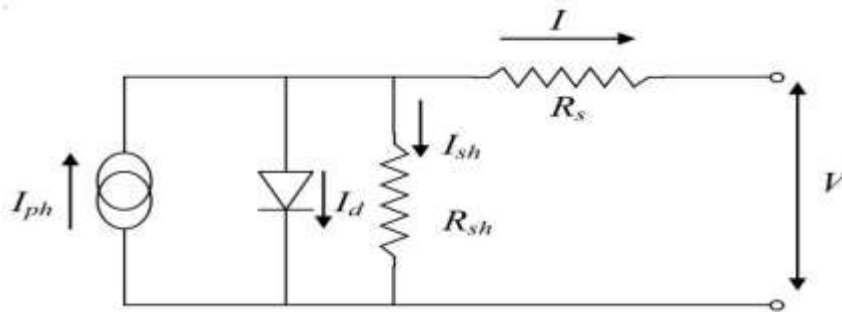


Figure I.12: Modèle et circuit équivalent d'une cellule PV

Avec:

La source de courant : modélise le courant généré par les photons [13].

La diode : modélise la jonction P-N.

La résistance série R_s : modélise les pertes résistives au sein de la photopile et donc les métallisations.

La résistance parallèle R_{sh} (résistance shunt): modélisation des courants de fuite qui raccourcissent la jonction (fuite par les bords de la cellule à la jonction).

I.2.4. Caractéristiques électriques de la cellule photovoltaïque

I.2.4.1. Caractéristique courant - tension (I-V)

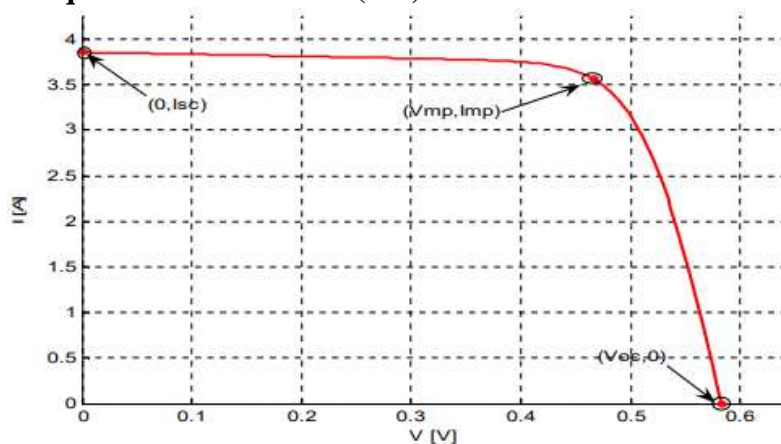


Figure I.13: Caractéristique courant - tension (I-V)

La Figure (I.13) représentation graphique de la relation entre le courant électrique produit par la cellule et la tension appliquée à ses bornes. Cette caractéristique permet de décrire le comportement électrique de la cellule et fournit des informations importantes sur ses performances.

La courbe I-V permet d'extraire plusieurs paramètres importants de la cellule photovoltaïque, tels que :

- Le courant de court-circuit (I_{sc}) : Il correspond au courant maximal produit par la cellule lorsqu'elle est court-circuitée, c'est-à-dire lorsque la tension appliquée est nulle.
- La tension de circuit ouvert (V_{oc}) : Elle correspond à la tension maximale que peut produire la cellule lorsque le courant est nul, c'est-à-dire lorsqu'elle est en circuit ouvert.
- Le point de puissance maximale (P_{max}) : Il correspond au point de la courbe I-V où la puissance de sortie de la cellule est maximale. Il est obtenu en multipliant le courant et la tension correspondants. Le rendement de la cellule : Il représente le pourcentage d'énergie lumineuse incidente convertie en électricité par la cellule.

Les caractéristiques I-V des cellules photovoltaïques peuvent varier en fonction de divers facteurs, tels que la température, l'intensité lumineuse et la charge externe connectée à la cellule[14].

I.2.4.2. Caractéristique puissance - tension (P-V)

La caractéristique puissance-tension (P-V) d'une cellule PV est obtenue à partir de sa caractéristique courant-tension (I-V).

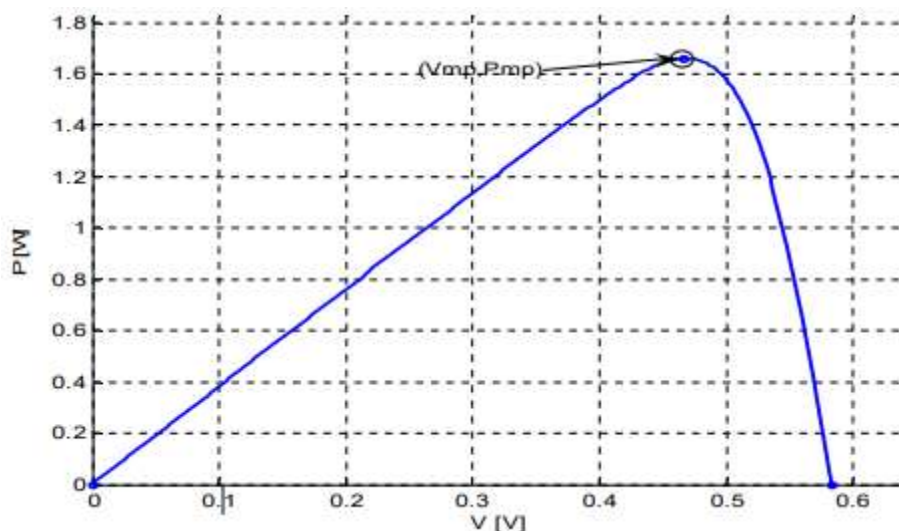


Figure I.14: Caractéristique puissance - tension (P-V)

La puissance générée par une cellule PV est donnée par :

$$P = V \cdot I \quad (I.5)$$

La puissance maximale P_m est obtenue lorsque :

$$\frac{dp}{dv} = 0 \quad (\text{I. 6})$$

On désigne par I_m , V_m respectivement le courant et la tension avec lesquels la puissance produite est maximale.

I.2.4.3. Paramètres externes

La cellule solaire photovoltaïque est caractérisée par plusieurs paramètres dont le rendement de conversion, la tension de court-circuit et de circuit ouvert, le courant de court-circuit et le facteur de forme (FF). Ces paramètres sont extraits des caractéristiques courant-tension qui permettent de comparer différentes cellules dans des conditions identiques. Ces paramètres sont définis comme suit [15] :

• Facteur de forme :

Le facteur de forme (FF) d'une cellule solaire est un paramètre qui évalue la qualité électrique de la cellule et détermine son efficacité dans la conversion de la lumière solaire en électricité. Il est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$FF = \frac{P_m}{I_{cc} v_{co}} \quad (\text{I. 7})$$

• Le rendement de la cellule :

Le rendement d'une cellule solaire peut également être défini comme le rapport de la puissance maximale fournie par la cellule (P_m) à la puissance lumineuse d'incident (P_{in}). La formule correcte est :

$$FF = \left(\frac{P_m}{S * E} \right) * 100\% \quad (\text{I. 8})$$

S : surface de la cellule en m^2 .

E : l'ensoleillement en W/m^2

I.2.5 Influence de l'éclairement et de la température

I.2.5.1 Influence de l'éclairement

Les variations du courant et de la puissance en fonction de la tension pour différents éclairagements à température maintenue constante $25^\circ C$ ($298^\circ K$), sont illustrés dans les **figures I.15 et I.16**, respectivement.

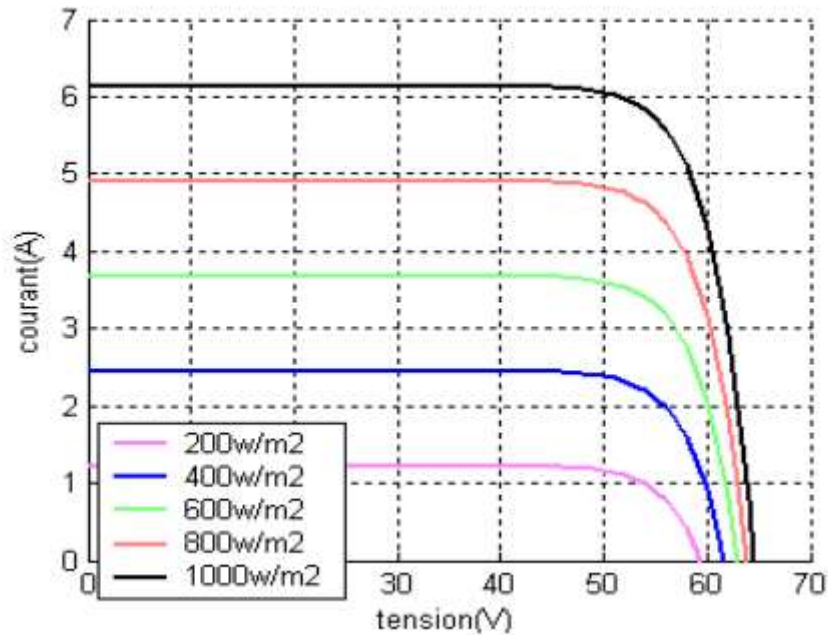


Figure I.15: Courbes I(V) d'un panneau à divers ensoleillements à T=25°C

A température constante, la caractéristique $I = f(V)$ dépend fortement de l'éclairement : sur la courbe suivante, on remarque que le courant de court-circuit I_{cc} augmente avec l'éclairement alors que la tension de court circuit (à vide) varie très peu.

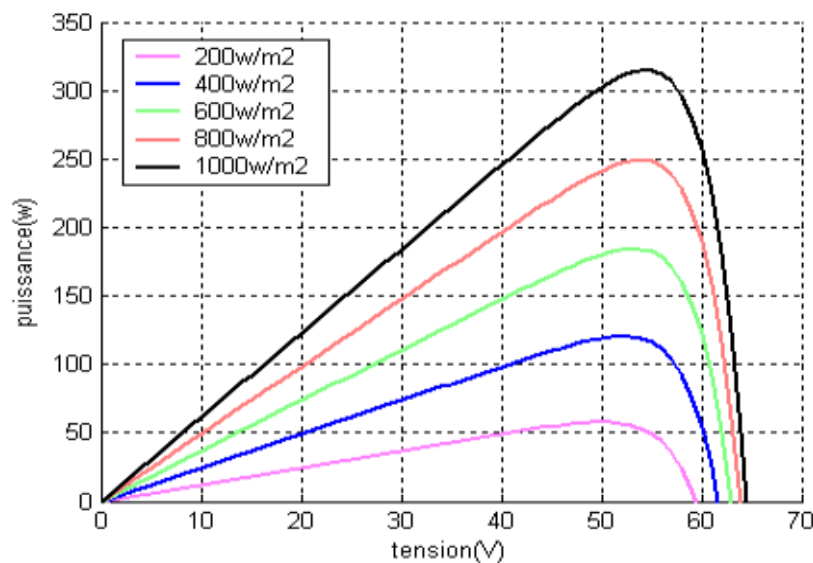


Figure I.16: Courbes P(V) d'un panneau à divers ensoleillements à T=25°C

A partir de la courbe précédente, on peut tracer les courbes de puissance $P = f(V)$ pour les éclairements. On remarque que la puissance maximum délivrée par la cellule augmente avec l'éclairement. La tension à vide et la puissance maximum diminuent très faiblement lorsque la température augmente (**figure I.16**).

I.2.5.2. Influence de la température

La figure (I.17) et (I.18) présentent respectivement des courbes P(V) et I(V) pour différentes températures de fonctionnement du module photovoltaïque à une irradiation constante. Nous remarquons que la température a une influence négligeable sur la valeur du courant de court-circuit. Par contre, la tension en circuit ouvert baisse assez fortement lorsque la température augmente. On en déduit donc que le panneau peut fournir une tension correcte, même à faible éclairage, par conséquent la puissance extractible diminue.

Il est important de savoir que la puissance du panneau diminue environ de 0,5% par chaque degré d'augmentation de la température de la cellule au-dessus de 25 °C. Enfin, il est important de noter que, lorsque l'éclairement est plus faible que 100 W/m² la tension du panneau varie à son tour. Elle baisse avec l'éclairement [16].

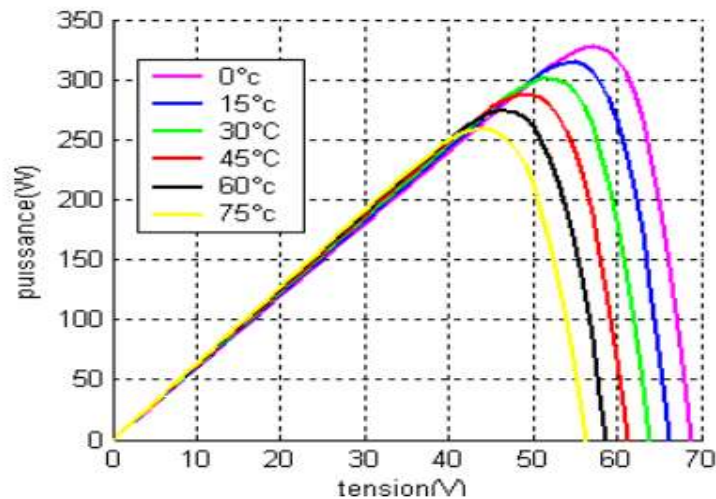


Figure I.17: Courbes P(V) d'un GPV pour différentes températures à G=1000W/m

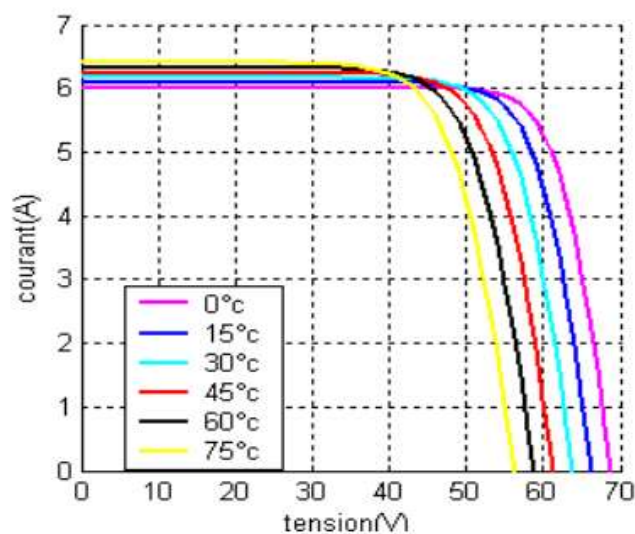


Figure I.18: Courbes I(V) d'un GPV pour différentes températures à G=1000W/m

I.3. Le système photovoltaïque

Un système photovoltaïque, également connu sous le nom de système solaire photovoltaïque ou PV (Photovoltaic) system en anglais, est un dispositif qui convertit directement l'énergie lumineuse du soleil en électricité utilisable. Il est composé de plusieurs composants essentiels :

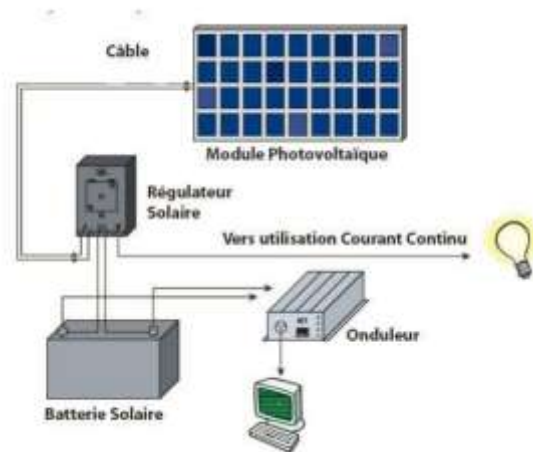


Figure I.19: Les constituants d'un système PV

Par le mécanisme photovoltaïque, les panneaux PV transforment l'énergie solaire en courant continu (CC). Ce dernier peut être utilisé directement, soit sera converti en courant alternatif (CA) par l'onduleur. Le surplus d'énergie produit par le système est emmagasiné dans les accumulateurs (batteries). La charge et la décharge des batteries sont contrôlées par le régulateur qui assure la régulation entre la production, la consommation et le stockage [17].

I.3.1. Le panneau PV

Les panneaux solaires photovoltaïques sont généralement fabriqués à partir de cellules photovoltaïques, qui sont des dispositifs semi-conducteurs capables de convertir la lumière du soleil en électricité. Les cellules photovoltaïques sont principalement fabriquées à partir de silicium cristallin ou de couches minces de matériaux semi-conducteurs tels que le tellure de cadmium ou le sulfure de cuivre-indium-gallium.

I.3.2. Les batterie solaire

Les batteries solaires, également appelées batteries de stockage d'énergie solaire, sont des dispositifs utilisés pour stocker l'électricité produite par un système photovoltaïque. Elles permettent de stocker l'énergie solaire excédentaire afin de l'utiliser ultérieurement, lorsque la production solaire est réduite ou lorsque la demande d'électricité dépasse la capacité de production solaire. Elle se caractérise par :

- Ampérage en Ampère heure (Ah)
- Voltage en Volt.

On peut trouver les types des batteries solaires suivants :

➤ **Batteries au plomb-acide** : Les batteries au plomb-acide sont l'un des types les plus anciens et les plus largement utilisés de batteries solaires. Elles sont abordables, fiables et disponibles dans différentes capacités. Cependant, elles ont une durée de vie plus courte et nécessitent un entretien régulier..

➤ **Batteries lithium-ion** : Les batteries lithium-ion sont devenues de plus en plus populaires dans les systèmes solaires en raison de leur haute densité énergétique, de leur longue durée de vie et de leur faible entretien. Elles offrent une meilleure efficacité de charge et de décharge, ainsi qu'une plus grande capacité de stockage d'énergie.

➤ **Batteries à gel** : Les batteries à gel sont des batteries au plomb-acide qui utilisent un électrolyte gélifié pour éviter les fuites et permettre un fonctionnement dans différentes positions. Elles sont étanches, résistantes aux vibrations et ne nécessitent pas d'entretien fréquent. Cependant, elles peuvent être plus chères que les batteries au plomb-acide traditionnelles.

➤ **Batteries à décharge profonde** : Les batteries à décharge profonde sont conçues pour une utilisation dans des systèmes solaires où une décharge régulière et profonde est nécessaire. Elles sont capables de résister à des cycles de charge et de décharge fréquents sans perdre leur capacité de stockage d'énergie.

➤ **Batteries au nickel-cadmium (Ni-Cd)** :

Les batteries au nickel-cadmium sont connues pour leur longue durée de vie, leur résistance aux températures extrêmes et leur capacité à fournir un courant élevé. Cependant, elles sont moins couramment utilisées en raison de considérations environnementales liées à l'utilisation du cadmium.

I.3.3. Le régulateur:

Les régulateurs sont mis en place dans le souci d'assurer une longévité de système de stockage, donc de minimiser le coût d'installation. En effet, un régulateur est chargé de :

➤ Contrôler la surcharge Et la décharge de la batterie.

➤ Assurer l'optimisation du système du point de vue énergétique où il constitue un nœud de transfert (**CHARGE**). Il doit maintenir l'état de charge des batteries entre deux seuils : un seuil haut et un autre bas. Le choix des seuils dépend des caractéristiques des batteries et des conditions d'utilisation. Un régulateur est défini par : Ampérage en Ampère et Voltage en Volt [18].

I.3.4. Convertisseurs DC/AC (onduleur) :

Les convertisseurs DC/AC, également connus sous le nom d'onduleurs, sont des dispositifs électroniques utilisés pour convertir une tension continue (DC) en une tension alternative (AC). Ils sont largement utilisés dans les systèmes d'alimentation solaire, les systèmes de secours, les véhicules électriques d'énergie entre le module, le stockage et l'utilisation. Pour fonctionner, un régulateur a besoin d'un indicateur qui l'informe sur l'état de charge des batteries *SOC (STAT OF* et d'autres applications où une conversion de courant est nécessaire.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons résumé toutes les notions de base nécessaires à la compréhension du domaine d'énergie photovoltaïque, ainsi nous avons considéré les différents paramètres du circuit équivalent qui permettent de tracer la caractéristique $I(V)$ et $P(V)$ d'une cellule photovoltaïque et d'un générateur photovoltaïque.

On a présenté aussi l'influence des conditions météorologiques température et éclairement sur le comportement d'un système PV, On a finalisé ce chapitre par citation de différentes parties essentielles du système.

Chapitre II

Les techniques de refroidissement et de transport des vaccins

Introduction

Le transport des vaccins est une étape cruciale dans la lutte contre les maladies infectieuses et la protection de la santé publique. Cependant, il est confronté à de nombreux défis et obstacles qui peuvent compromettre l'efficacité des programmes de vaccination. L'un des principaux défis est la nécessité de maintenir une chaîne du froid ininterrompue pour garantir la stabilité des vaccins. Les coupures de courant, les pannes de réfrigération et les défaillances techniques peuvent briser cette chaîne du froid, exposant ainsi les vaccins à des températures inappropriées.

De plus, les régions éloignées, les zones rurales et les pays en développement peuvent souvent faire face à des infrastructures limitées et à des ressources insuffisantes pour le stockage et le transport adéquats des vaccins.

Les itinéraires complexes, les conditions environnementales difficiles et les crises humanitaires peuvent également rendre la logistique du transport des vaccins ardue.

De plus, La « CHAÎNE DE FROID » se définit comme étant un système de garantie d'une conservation efficace des vaccins et donc de leur qualité depuis la fabrication jusqu'à leur utilisation en passant par le transport, le stockage, et la distribution. De ce fait, elle fait partie intégrante de tout programme de vaccination car toute interruption de la chaîne de froid peut altérer l'efficacité des vaccins.

II.1 Généralités sur les types de la production du froid

La production du froid est un processus qui consiste à transférer la chaleur d'un endroit à un autre, permettant ainsi de réduire la température dans une zone spécifique ou de maintenir un environnement frais. Il existe différents types de production du froid, chacun ayant ses propres principes de fonctionnement. Voici quelques généralités sur ces types de production du froid [19]

II.1.1 Installation de réfrigération à compression

L'installation frigorifique à compression est l'installation qui est la plus fréquemment utilisée pour la production du froid. Ici on met à profit l'effet consistant en ce que l'évaporation d'un liquide s'accompagne d'une forte absorption de chaleur. Lors de la condensation de la vapeur, la chaleur est de nouveau émise [20].

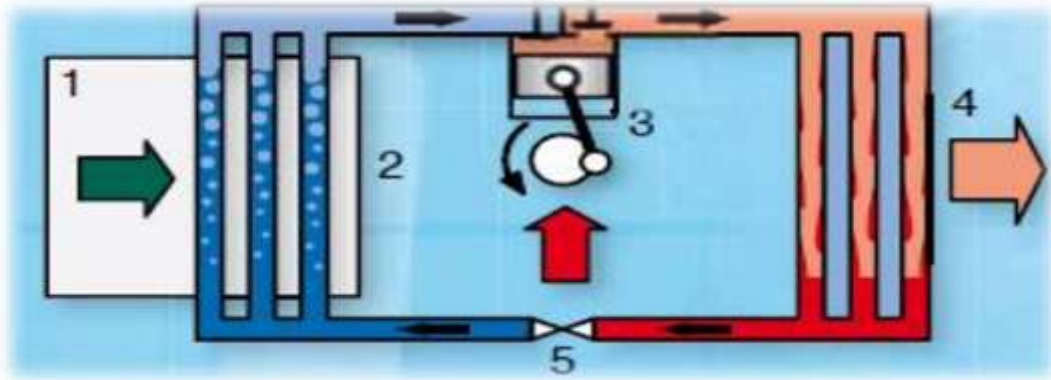


Figure II.1 : Installation de réfrigération à compression [20]

- Dans le cas le plus simple, une installation frigorifique à compression se compose d'un évaporateur 2 installé dans la pièce devant être refroidie 1, d'un compresseur 3, d'un condenseur 4 et d'un élément d'expansion 5. [20].

II.1.2 Installation frigorifique a gaz froid

L'installation frigorifique à gaz réfrigérant opérant selon le principe de Stirling est utilisée pour produire des températures très basses. On peut l'utiliser pour la condensation de l'air ou le refroidissement de caméras à infrarouge [20].

L'installation frigorifique à gaz froid correspond au moteur Stirling connu, sauf que le sens de la rotation est inversé. Ainsi le sens du passage du cycle est inversé et une machine motrice devient une machine productrice de travail comme pompe à chaleur. [21].

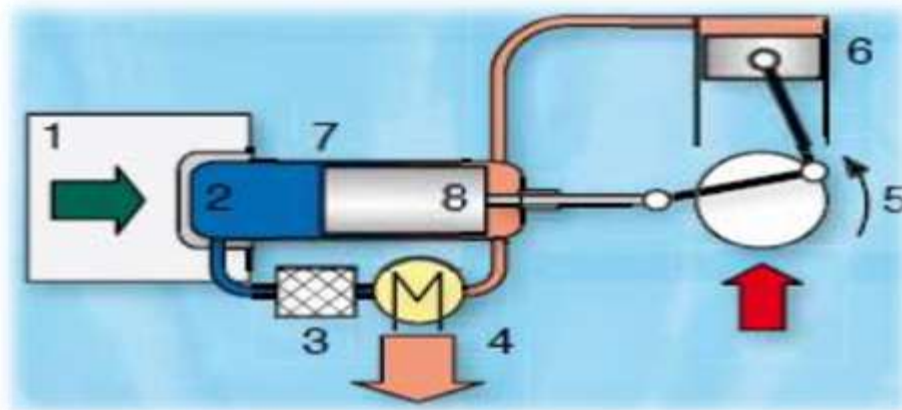


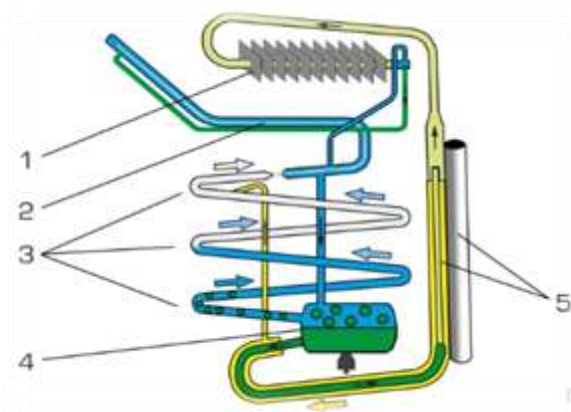
Figure II.2 : Installation de frigorifique à gaz réfrigérant [20]

- L'installation frigorifique à gaz froid se compose d'un cylindre moteur 6 et d'un cylindre de refoulement 7. Dans le cylindre moteur, le gaz de travail (très souvent de l'hélium) est tantôt comprimé tantôt étendu. Le gaz chaud comprimé émet sa chaleur dans l'échangeur de chaleur 4. Lors de l'expansion, le gaz se refroidit et absorbe sur le côté froid 2 du cylindre de refoulement de la chaleur de la pièce devant être refroidie 1. Le piston de refoulement 8 et les pistons moteurs

6 sont déplacés en un déphasage correspondant par une commande manivelle 5. Le récupérateur 3 augmente le rendement.

II.1.3 Installation frigorifique a absorption

Dans le cas d'une installation à absorption, on utilise de l'ammoniaque (NH_3) comme agent réfrigérant. Comme dans une installation frigorifique à compression, l'ammoniaque liquide s'évapore dans un évaporateur, se chargeant de chaleur. Dans un absorbeur, l'ammoniaque en forme de vapeur est ensuite dissoute dans de l'eau. La solution ammoniacale est chauffée, de telle sorte que se dégage de l'ammoniaque sous forme de vapeur. Dans un condenseur, la vapeur ammoniacale est de nouveau condensée pour en faire de l'ammoniaque liquide [22].



1 condenseur, 2 évaporateur, 3 absorbeur, 4 réservoir, 5 bouilleur avec pompe pour bulles de vapeur

Figure II.3 : Installation de frigorifique a absorption [20]

II.1.4 Générateur de froid a vortex

Le générateur de froid à Vortex fait partie des machines frigorifiques exceptionnelles. Ici on produit un flux d'air froid et chaud à partir d'un flux d'air comprimé venant de la température ambiante. L'air comprimé entre de manière tangentielle dans une chambre à Vortex et ici, il est pris dans une rotation rapide. Au centre du Vortex, il se forme un flux d'air froid, alors que la couche extérieure du Vortex se réchauffe. L'air froid est retiré au centre et peut servir au refroidissement. [23]

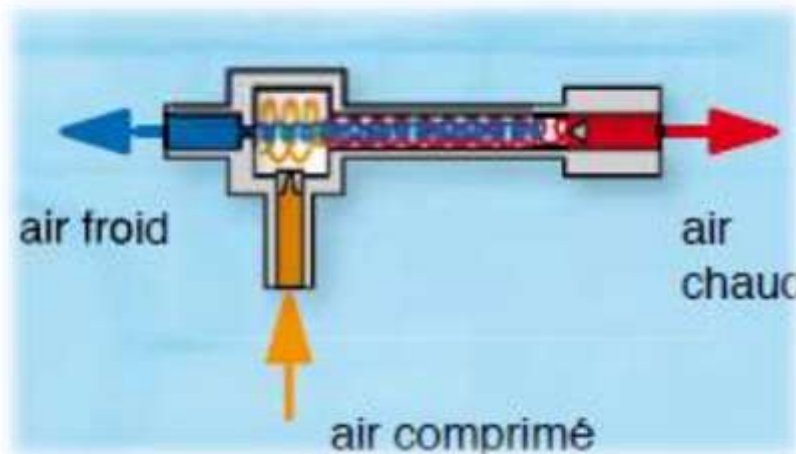


Figure II.4 : Générateur de froid a vortex [20]

II.1.5 Installation frigorifique thermoélectrique

Les installations frigorifiques thermoélectriques opèrent avec l'effet Peltier. Ce mode de fonctionnement correspond à l'inversion du fonctionnement du thermocouple que l'on connaît de la mesure de la température. Dans le cas de l'élément Peltier, on utilise un matériau semi-conducteur spécial. [24]

On peut obtenir des températures très basses, le rendement diminuant cependant fortement avec une augmentation de la différence de température.

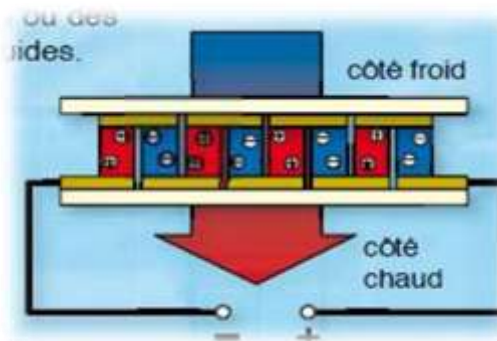


Figure II.5 : Installation de frigorifique thermoélectrique [20]

II.2 Rappel des principes fondamentaux de Chaine de froid et transport des vaccins

II.2.1 Seul un vaccin actif peut protéger

L'activité du vaccin est garantie par :

- sa parfaite conservation depuis sa fabrication jusqu'à son administration,
- son utilisation impérative, selon les modalités requises, avant la date de péremption fixée par le fabricant.

Les vaccins sont vulnérables, de multiples facteurs interviennent dans leur dénaturation et altèrent leur potentiel immunogène telles que la chaleur, la congélation pour certains vaccins et la lumière.

Les vaccins doivent être rigoureusement conservés de façon continue entre +2°C et +8°C

Tous les vaccins sont sensibles à la chaleur mais à des degrés divers ; chaque exposition à des températures supérieures à + 8° a un effet cumulatif sur le potentiel immunogène des vaccins.

[21].

II.3 Chaîne de froid et transport des vaccins

II.3.1 En Cas De Transport Par Avion

Un seul vol aérien peut transporter une grande quantité de vaccins et toute défaillance à ce niveau peut altérer la qualité du vaccin et entraver ainsi le bon déroulement d'un programme de vaccination. Il est, donc, indispensable de prendre toutes les mesures pour assurer dans les conditions requises la réception des vaccins au niveau de l'aéroport [21].

Pour cela, il y a lieu notamment de :

- procéder, dès la réception des informations (n° de vol, date d'arrivée) que l'IPA est tenu d'adresser au responsable de l'établissement de santé chargé de la réception des vaccins et pour la mise à disposition d'un véhicule aménagé (frigorifique),
- préparer à l'avance tous les documents nécessaires à la réception des vaccins afin de permettre un débarquement rapide.
- veiller, en relation avec les autorités aéroportuaires, à ce que les vaccins soient placés dans une chambre froide (si l'aéroport en dispose) dans l'attente de leur retrait.



Figure II.6 : Cas De Transport Par Avion. [22]

II.3.2 En Cas De Transport Par Un Véhicule Simple

Il y a lieu de :

- se doter, **OBLIGATOIREMENT**, de glacières et d'accumulateurs de froid en nombre suffisant pour enlever la totalité de la commande auprès de l'IPA[21].
- procéder au retrait des vaccins en dernier et dans les conditions requises si d'autres activités sont programmées lors du déplacement du véhicule [23].



Figure II.7 : Cas De Transport Par Un Véhicule Simple. [23]

II.3.3 En Cas De Transport Par Un Véhicule Frigorifique

Il y a lieu de veiller à ce que le véhicule frigorifique soit fonctionnel et dispose d'un volume de conservation appréciable pour contenir tous les colis des vaccins [21].



Figure II.8 : Cas De Transport Par Un Véhicule Frigorifique. [24]

II.4 Chaîne de froid et modalités de conservation des vaccins**II.4.1 Au niveau de la chambre froide**

Il est essentiel de veiller à ce que la chambre froide :

- soit soumise à des contrôles réguliers de température ou mieux être pourvue d'un afficheur

électronique externe de température ;

- soit obligatoirement pourvue d'un groupe électrogène à déclenchement automatique ou être carrément branchée à une installation de secours préexistante dotée d'une alarme ;
- fasse l'objet d'une maintenance préventive. [21].



Figure II.9 : Au niveau de la chambre froide. [25]

II.4.2 Au niveau du Réfrigérateurs ménagers (de cuisine) et réfrigérateurs de bar :

- Les réfrigérateurs ménagers et les réfrigérateurs de bar sont conçus pour la conservation d'aliments et de boissons et ne sont pas bien adaptés aux exigences spéciales des vaccins en matière de température [26]
- Bien que ce ne soit pas recommandé, il est possible (mais très difficile) de conserver les vaccins dans un réfrigérateur ménager ou un réfrigérateur de bar en prenant des mesures pour réduire les risques d'exposer les vaccins au gel ou à des températures trop élevées.



Figure II.10 : Au niveau de la Réfrigérateurs ménagers (de cuisine) et réfrigérateurs de bar. [26]

- Les professionnels de la santé qui utilisent un réfrigérateur ménager ou un réfrigérateur de bar pour les vaccins doivent communiquer avec leur bureau de santé publique pour se renseigner sur les modifications à apporter à l'appareil pour pouvoir y conserver en toute sécurité des vaccins financés par la province[26]

- Prenez des relevés de la température deux fois par jour.
- Limitez les stocks de vaccins à un mois d'utilisation.
- Ne laissez jamais de vaccins en dehors du réfrigérateur.
- Évitez d'ouvrir la porte trop souvent.

II.4.3 Au niveau du La glacière

Elle sert pour le transport des vaccins ou pour la conservation en cas de panne ou de dégivrage du réfrigérateur. Pour cela, il y a lieu de veiller à [21] :

- disposer des glacières avec des capacités de stockage suffisantes,
- remplir les glacières avec des accumulateurs de froid congelés compatibles,
- assurer une durée de conservation suffisante (capacité, nombre d'accumulateurs, qualité du joint d'étanchéité) selon les durées probables de transport, de panne ou de dégivrage.



Figure II.11 : La glacière. [27]

II.4.4 Au niveau du porte-vaccins

Ce sont des boîtes isothermes de petite taille qui servent au transport et/ou à la conservation de petites quantités de vaccins lors des séances de vaccination. Pour cela, il y a lieu de veiller à ce que [21] :

- leur durée de conservation du froid soit supérieure à la durée du transport et de la séance de vaccination,
- ils soient remplis d'accumulateurs de froid.



Figure II.12: porte-vaccins [28]

II.4.5 Au niveau des accumulateurs de froid

Ce sont des récipients (poches de plastique) vides à remplir d'eau ou contenant un liquide qui se congèle à -8°C environ. Ils ne sont efficaces que s'ils ont été préalablement congelés.

Chaque structure de santé devrait disposer au minimum de deux jeux d'accumulateurs de froid pour chacune de leurs glacières et chacun de leurs porte-vaccins : l'un en cours de congélation, l'autre en usage dans la glacière ou le porte-vaccins [21].



Figure II.13 : accumulateurs de froid [29].

II.5 Modalités de lecture de la Pastille de Contrôle du Vaccin (PCV)

Une PCV est une étiquette contenant un matériel thermosensible, apposée sur le flacon du vaccin, qui enregistre les expositions thermiques cumulées dans le temps. Le changement de couleur de la pastille est irréversible, plus la température est élevée, plus le changement de couleur est important et rapide. La thermo sensibilité de la PCV est propre à chaque vaccin étant donné que chaque vaccin a sa propre thermo sensibilité [21].



Figure II.14 : lecture de la Pastille de Contrôle du Vaccin (PCV) [21].

II.6 Limites et défis des techniques de transport des vaccins

Les techniques de transport des vaccins peuvent présenter certaines limites et défis. Voici quelques-unes des limites courantes auxquelles on peut être confronté [30]:

- **Température** : Certains vaccins doivent être conservés à des températures spécifiques pour maintenir leur efficacité. Le maintien de la chaîne du froid est essentiel pour préserver l'intégrité des vaccins. Cela peut être difficile dans des régions où l'accès à l'électricité et aux équipements de réfrigération fiables est limité.
- **Infrastructure** : Les régions éloignées ou les zones rurales peuvent manquer d'infrastructures adéquates pour le stockage et le transport des vaccins, ce qui peut entraîner des retards ou des dommages aux produits.
- **Logistique** : Le transport des vaccins nécessite une planification et une logistique précises pour garantir leur livraison en temps voulu. Cela peut être compliqué dans les zones reculées, les zones de conflit ou les régions où les infrastructures de transport sont limitées.
- **Formation du personnel** : Le personnel impliqué dans le transport des vaccins doit être formé aux bonnes pratiques de manipulation, de stockage et de transport des vaccins pour éviter toute altération ou contamination.
- **Surveillance et suivi** : La surveillance continue de la température et des conditions de stockage des vaccins pendant le transport est crucial pour garantir leur qualité. Cependant, cela peut être un défi dans les zones où les ressources sont limitées.
- **Durée de conservation** : Certains vaccins ont une durée de conservation limitée, ce qui

signifie qu'ils doivent être utilisés dans un certain délai après leur fabrication. Cela peut rendre le transport et la distribution plus complexes, en particulier dans les régions où la demande de vaccins est faible.

Ces limites exigent des efforts continus pour améliorer les infrastructures, les technologies de stockage et de transport, ainsi que les systèmes de surveillance et de formation du personnel. Des initiatives sont en cours pour développer des solutions de transport innovantes, comme l'utilisation de récipients isolés, de capteurs de température et de dispositifs de suivi en temps réel pour faciliter le transport sûr et efficace des vaccins[31].

II.7 Les problèmes de transport des vaccins avec les techniques existe

- **Problèmes d'énergie** : La conservation des vaccins à des températures spécifiques nécessite des équipements de réfrigération qui consomment de l'énergie. Cependant, dans les régions où l'accès à l'électricité est limité ou peu fiable, il peut être difficile de maintenir la chaîne du froid. Les coupures de courant prolongées peuvent entraîner une détérioration des vaccins, les rendant inefficaces voire dangereux à utiliser [31].
- **Coûts** : Le transport des vaccins à grande échelle implique des coûts élevés. Les infrastructures de stockages réfrigérés, les équipements de réfrigération, les conteneurs isothermes et les systèmes de surveillance de la température sont nécessaires pour garantir la stabilité des vaccins. Ces coûts peuvent représenter un défi financier pour de nombreux pays, en particulier ceux aux ressources limitées. Il est essentiel de trouver des solutions économiquement viables pour assurer la livraison efficace des vaccins[31].
- **Transport à grande échelle** : La distribution des vaccins à grande échelle, notamment lors de campagnes de vaccination de masse, peut être complexe. Les vaccins doivent être expédiés vers de nombreux sites de vaccination simultanément, ce qui nécessite une coordination logistique rigoureuse. Les défis logistiques liés à l'acheminement rapide et efficace des vaccins vers différentes régions peuvent être amplifiés dans les pays étendus ou dans les zones rurales où les infrastructures de transport sont moins développées [31].
- **Zones rurales** : Les zones rurales sont souvent éloignées des centres urbains et peuvent avoir un accès limité aux infrastructures de transport et aux services de santé. La livraison des vaccins dans ces régions peut être plus difficile en raison de l'absence d'infrastructures routières adéquates, de l'isolement géographique ou des difficultés liées aux conditions climatiques. Les vaccins doivent être transportés sur de longues distances, ce qui augmente les risques de rupture de la chaîne du froid et de détérioration des vaccins [31].

II.8 Le système proposé

Nous proposons un sac à dos pour refroidir et transporter les sérums et les injections dans des endroits difficiles, et cela se fait en s'appuyant sur la principale source d'énergie, qui est l'énergie solaire avec le dernier système de refroidissement.



Figure II.15 : sac à dos solaire médical.

II.8.1 Les avantages de sac à dos

- Source d'énergie renouvelable
- Mobilité et transport pratique
- Suivi et localisation
- Durabilité et résistivité.

En résumé, un sac à dos solaire avec refroidissement intégré et GPS offre une solution pratique, éco énergétique et sécurisée pour le transport des vaccins et sérums anti-venin. Il contribue à préserver l'efficacité des produits médicaux, à assurer leur suivi et leur localisation, et à faciliter leur transport dans des zones reculées.

II.8.2 Comparaison des performances du sac à dos solaire médical avec d'autres solutions de transport et de refroidissement

Solution	Mobilité	Autonomie énergétique	Suivi en temps réel	Communication	Capacité de Refroidissement	Coût
Sac à dos Solaire Médical	Élevée	Élevée	Oui	GSM	Oui	Moyen
Glacières portables	Moyenne	Faible	Non	Aucune	Dépendant des packs réfrigérants	Faible
Conteneurs réfrigérés	Faible	Dépendant de l'électricité	Non	Aucune	Élevée	Élevé
Drones Médicaux	Élevée	Dépendant de la batterie	Oui	Wi-Fi	Aucune	Élevé
Avion	Élevée	Dépendant de la batterie	Non	satellite	Oui	Élevé

Tableau II.1 Comparaison des performances du sac à dos solaire médical avec d'autres solutions de transport et de refroidissement

Cette table compare les performances du sac à dos solaire médical avec d'autres solutions de transport et de refroidissement. Elle évalue la mobilité, l'autonomie énergétique, le suivi en temps réel, la communication, la capacité de refroidissement et le coût de chaque solution. Il est important de noter que les évaluations sont générales et peuvent varier en fonction des spécifications et des caractéristiques spécifiques de chaque solution.

Conclusion

En conclusion, les principes de froid et de transport des vaccins sont d'une importance capitale pour assurer leur efficacité et leur sécurité.

Le maintien de la chaîne du froid est essentiel pour préserver l'intégrité des vaccins, en particulier ceux qui sont sensibles à la chaleur. La réfrigération et la congélation sont des techniques couramment utilisées pour maintenir les vaccins à des températures spécifiques pendant leur stockage et leur transport. Cela garantit que les vaccins conservent leur puissance immunogène et ne se détériorent pas avant leur utilisation.

Le transport des vaccins nécessite des précautions spéciales pour éviter les variations de température qui pourraient compromettre leur qualité. Des conteneurs réfrigérés, des véhicules spécialisés et des emballages isothermes sont utilisés pour maintenir les conditions appropriées pendant le transport, en particulier lorsque les vaccins doivent être distribués sur de longues distances ou dans des régions éloignées.

Chapitre III

Conception et Réalisation du prototype

Introduction

Le présent chapitre vise à présenter une étude complète sur la conception et les tests de réalisation d'un sac à dos solaire spécifiquement conçu pour le refroidissement et le transport des vaccins. Nous explorerons les différentes composantes nécessaires à la réalisation d'un sac à dos solaire fonctionnel, en mettant l'accent sur les aspects techniques, les contraintes de conception et les performances requises pour assurer l'intégrité des vaccins.

Nous aborderons ensuite la conception du sac à dos solaire, en détaillant les caractéristiques clés à prendre en compte, telles que la capacité de stockage, l'efficacité énergétique, la stabilité électrique et thermique, la commande et contrôle à distance et la facilité d'utilisation. Nous discuterons également les principales étapes et les différents composants utilisés pour le développement du sac à dos.

Enfin, nous décrirons les tests de réalisation qui ont été effectués pour évaluer les performances du sac à dos solaire dans des conditions réelles. Ces tests incluront des simulations de transport dans des environnements à températures variables, ainsi que des évaluations de l'efficacité énergétique et du maintien de la température à l'intérieur du sac à dos.

III.1. L'Objectif visé:

L'objectif de notre travail vise à étudier, concevoir et réaliser un sac à dos solaire médical innovant, capable de maintenir la chaîne du froid des vaccins pendant leur transport. Nous espérons que cette solution contribuera à renforcer l'accès aux vaccins dans les régions difficiles d'accès, en garantissant leur efficacité et en luttant contre les maladies évitables.

La valeur ajoutée recherchée est de proposer une solution novatrice et durable pour surmonter les défis liés à la chaîne du froid lors du transport des vaccins dans des régions éloignées et mal desservies en énergie. Dans ce contexte, En utilisant des technologies solaires avancées, telles que des panneaux solaires intégrés et des matériaux isolants de pointe et proposé une solution de suivi à distance pour protégé l'utilisateur et la création d'une base de données.

En plus de répondre aux défis logistiques, notre objectif est également d'améliorer l'accessibilité et l'efficacité de la vaccination. En rendant les vaccins plus facilement transportables, même dans les zones reculées, nous espérons contribuer à l'élimination des maladies évitables par la vaccination et à la protection des communautés vulnérables.

III.2. Conception et fabrication du sac à dos solaire médical

III.2.1. L'architecture Générale

Le système proposé est un sac à dos équipé de panneaux solaires intégrés, un système de refroidissement et d'isolation thermique, dispositif de régulation, système de stockage d'énergie, carte d'acquisition des données, station de traitement d'informations, système GPRS et autres.



Figure III.1 : Sac à dos 50L

- **L'Alimentation solaire :**

Le sac à dos est équipé de panneaux solaires intégrés qui captent l'énergie solaire pour alimenter le système de refroidissement interne.

Les Panneaux solaires sont flexibles pour s'adapter à la forme du sac à dos.



Figure III.2 : Panneaux solaires 65W

- **Système de refroidissement :**

Cela permet de maintenir les vaccins à la bonne température pendant le transport, même dans des environnements où l'accès à l'électricité est limité. Il peut s'agir d'un dispositif de réfrigération à compression.

Élément de refroidissement utilise la technologie refroidissement électrique Peltier intégré



Figure III.3 : Système de refroidissement

- **Batterie LiFeO4:**

La batterie rechargeable de type Lithium LiFeO4 pour le stockage l'énergie solaire captée.



Figure III.4 : Batterie (12,8V 24AH)

- **Porteur des vaccins :**

Le système développé est conçu par des cellules pour stocker les vaccins. Avec une isolation thermique pour maintenir une température constante à l'intérieur .



Figure III.5 : Support vaccin

- **Système de GPS :**

Grâce au GPS, notre application permet de suivre la localisation exacte du système de transport des vaccins à tout moment. Cela offre une visibilité en temps réel sur le trajet emprunté, permettant de détecter d'éventuels retards ou déviations qui pourraient affecter la qualité des vaccins. De plus, cette fonctionnalité permet de planifier et d'optimiser les itinéraires

en fonction des conditions de circulation, assurant ainsi une livraison rapide et efficace.



Figure III.6 : Module GPS (Neo 6m)

- **Système Transmission des données GSM:**

Le GSM joue un rôle essentiel dans notre application en permettant une communication bidirectionnelle entre le système de transport et les opérateurs responsables. Grâce à cette connectivité, notre application envoie régulièrement des informations sur les conditions de température à une plateforme centrale de contrôle. En cas de fluctuations anormales de la température, des alertes sont automatiquement envoyées aux opérateurs, leur permettant de prendre des mesures correctives immédiates pour préserver l'intégrité des vaccins.



Figure III.7 : Module GSM (800L V2)

- **Système de contrôle de la température :**

Le Capteur de température (DHT 22) est utilisé pour surveiller en temps réel la température à l'intérieur du sac à dos.



Figure III.8 : Capteurs de température (DHT 22)

- **Module Bluetooth HC-05:**

Le module Bluetooth HC-05 permet de faire de la communication sans fil avec un

ordinateur, Smartphone ou un autre module Bluetooth.

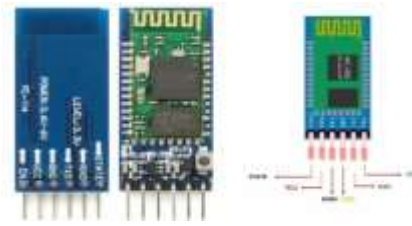


Figure III.9 : module Bluetooth HC-05

- **Application de commande de température :**

Notre application développée a pour objectif de contrôler et réguler la température d'un système de transport des vaccins grâce à l'utilisation combinée du GPS et du GSM. En intégrant ces technologies, nous offrons une solution avancée et pratique pour surveiller en temps réel les conditions de température pendant le transport des vaccins, en garantissant leur intégrité et leur efficacité.

L'interface conviviale de notre application offre aux utilisateurs la possibilité de consulter les données en temps réel sur les conditions de température, de générer des rapports détaillés et de configurer des seuils de température acceptables. Cette fonctionnalité permet aux opérateurs de surveiller activement les variations de température et d'agir rapidement en cas d'anomalies

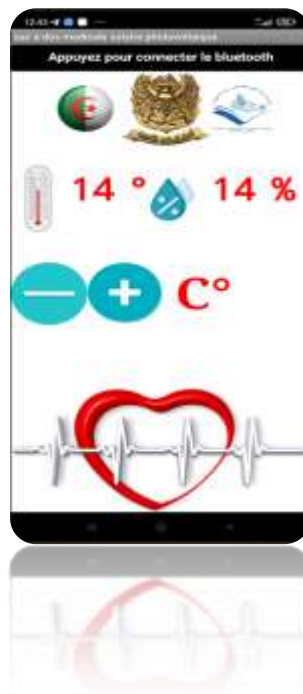


Figure III.10 : Application de commande de température

- **Arduino:**

La carte Arduino est une plateforme de prototypage électronique flexible et accessible, qui

permet aux utilisateurs de développer et de contrôler une large gamme de projets interactifs en utilisant un microcontrôleur programmable et des composants électroniques.



Figure III.11 : Arduino Mega

- **Régulateur de charge solaire:**

Le régulateur photovoltaïque est un dispositif essentiel dans les systèmes solaires, il régule la charge des batteries en contrôlant la tension et le courant provenant des panneaux solaires. Cela permet de protéger les batteries contre les surcharges et les décharges profondes, tout en optimisant l'efficacité de charge et en prolongeant la durée de vie du système solaire.



Figure III.12 : régulateur de charge solaire MPPT 20A 12v/24v

III.2.2. Logiciels utilisés

- **Logiciel Arduino IDE:**

- Logiciel de programmation Arduino



Figure III.13 : logiciel Arduino ide

- **Logiciel Google Maps :**

- Permet de suivre sa position géographique en temps réel



Figure III.14 : Logiciel Google Maps

- **Définition de PHP:**

Le langage PHP (PreHyertext Processor) est un langage de programmation web côté serveur, ce qui veut dire que c'est le serveur qui va interpréter le code PHP (langage de scripts) et générer du code HTML qui pourra être interprété par votre navigateur.

Le PHP permet d'ajouter des fonctionnalités de plus en plus complexe, d'avoir des sites dynamiques, de pouvoir gérer une administration de boutique en ligne, de modifier un blog, de créer des réseaux sociaux. Le PHP fut créé en 1994 par Ramus Lerdorf, c'est un langage

libre et gratuit, avec une grande communauté mondiale. [32].



Figure III.15 : Langage php

Logiciel DataTables:

DataTables (litt. "Tableau de données" en anglais) est un plug-in jQuery open-source permettant de dynamiser un tableau HTML. Créée par Allan Jardine sous la licence MIT, cette bibliothèque écrite en Javascript offre en effet un grand nombre de configurations pour améliorer l'ergonomie des grilles de données, surtout lorsqu'elles ont des proportions imposantes. [32].



Figure III.16 : logiciel DataTables

- **Logiciel MySql:**

MySQL est un système de gestion de bases de données relationnelles SQL open source développé et supporté par Oracle. Son approche relationnelle permet d'organiser les données dans des tableaux à deux dimensions appelés des relations ou tables[33].



Figure III.17 : logiciel MySql

III.2.3.L'organigramme

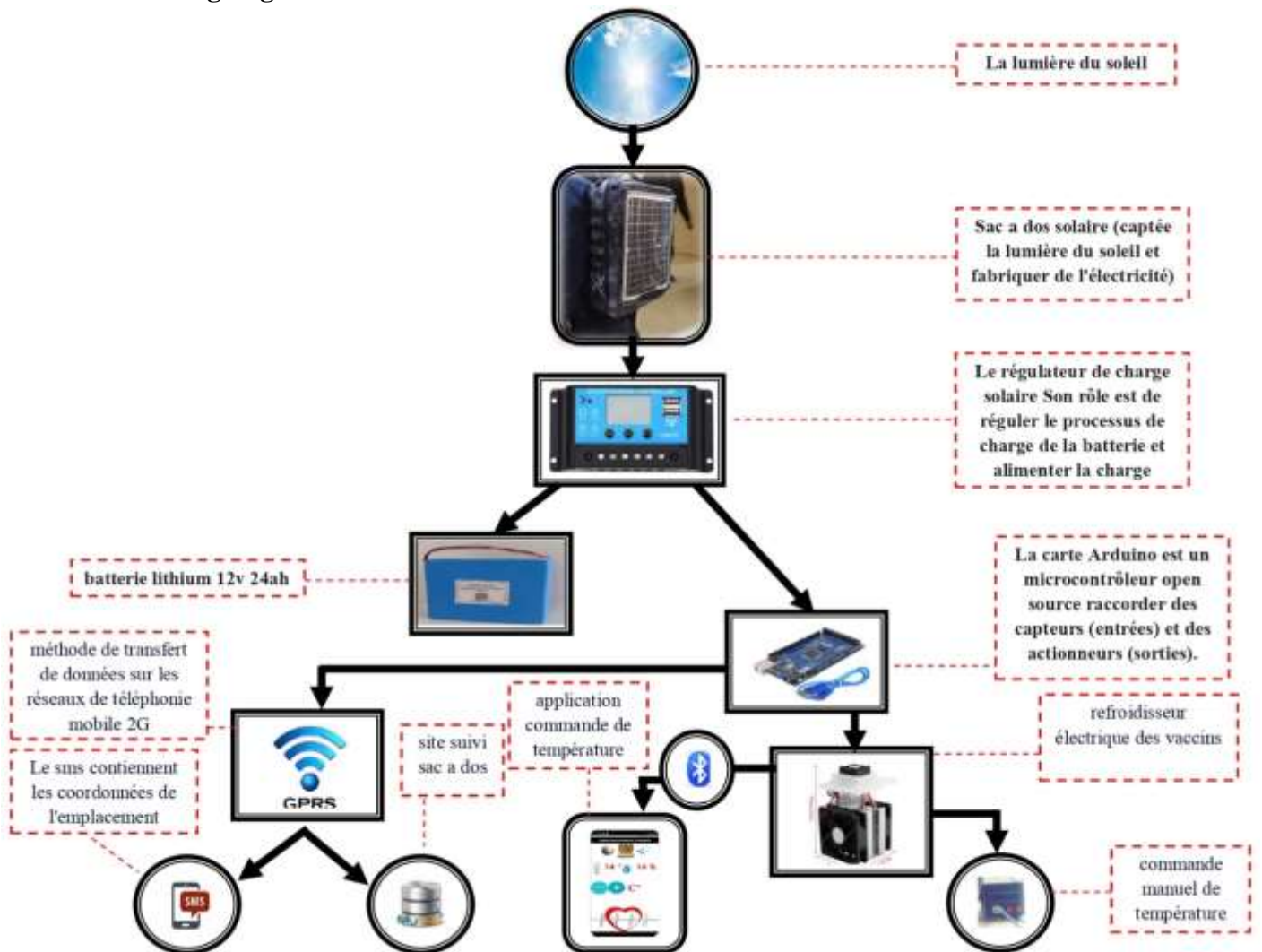


Figure III.18 : Architecture du sac à dos solaire médical



Figure III.19 : Architecture du système Suivi de sac à dos solaire médical

III.2.4.Schéma de câblage et configuration du système électrique.

Schéma de câblage

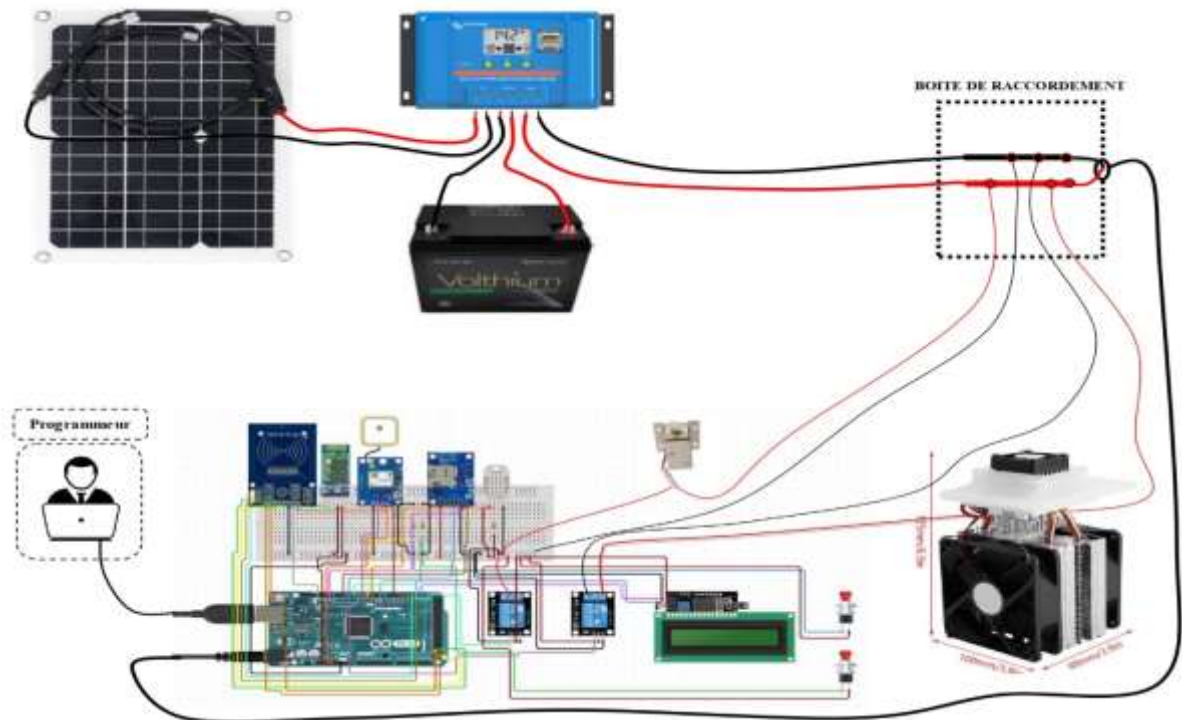


Figure III.20 : Schéma de câblage

III.3.Proto type

Le prototype que nous vous présentons est un sac à dos solaire médical innovant conçu pour le transport sûr et efficace des vaccins, en assurant un contrôle précis de la température tout au long du processus.

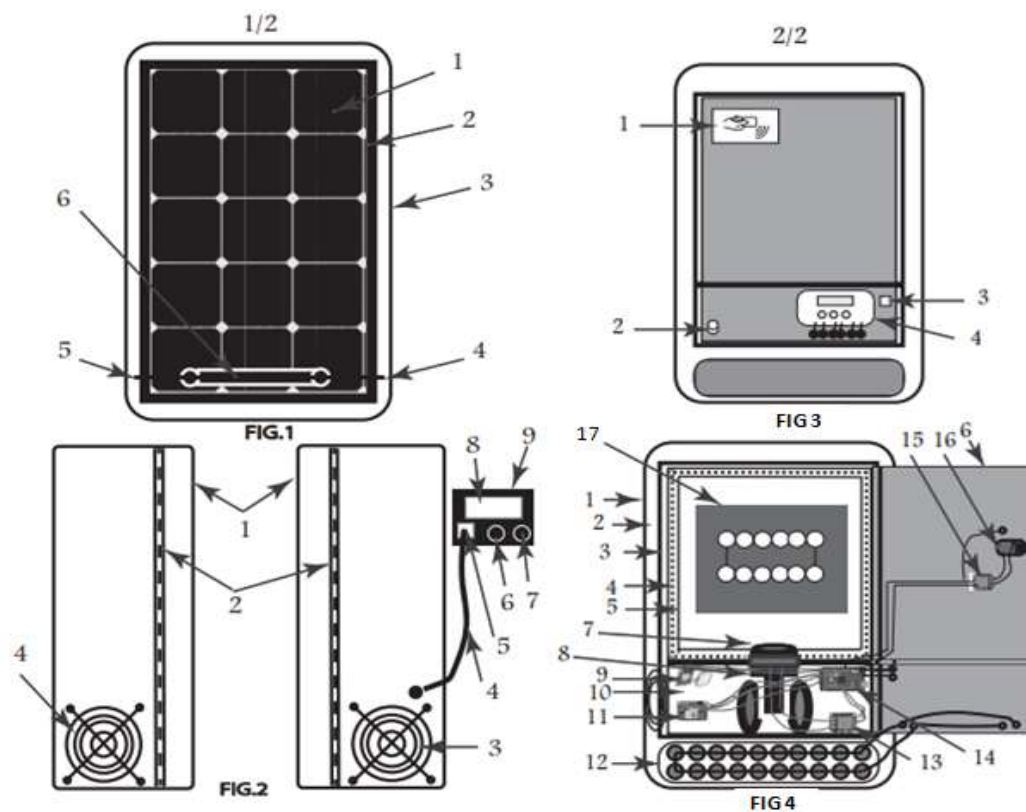


Figure III.21 : Schéma 2d sac à dos solaire médical

Explication des figures et dessins :

Figure *01 Le front-end externe du sac à dos médical

- 1- Un panneau solaire
- 2- Protecteur latéral pour le panneau solaire
- 3- Conception du portefeuille
- 4- Le port positif du panneau solaire
- 5- Le port négatif d'un panneau solaire
- 6- Boite jonction

Figure *2 L'interface côté externe du sac à dos médical

- 1- Le front-end externe du sac à dos médical
- 2- Capteur de température
- 3- Orifice d'aération
- 4- Câble Ethernet
- 5- Entrée de câble Ethernet
- 6- Le bouton pour monter la température
- 7- Le bouton de réduction de température
- 8- L'écran d'affichage
- 9- Unité de contrôle externe

Figure *3 L'extrémité avant intérieure du sac à dos médical

- 1- RFID
- 2- Port de charge externe
- 3- Orifice d'aération
- 4- Régulateur de charge

Figure *4 Le noyau interne du sac à dos médical

- 1- L'interface externe du sac à dos médical
- 2- Un vide isolant
- 3- Isolant thermique
- 4- Isolant thermique
- 5- Isolant thermique
- 6- porte isolant thermique
- 7- Ventilateur 5 volts
- 8- Refroidisseur
- 9- GPS
- 10- Orifice d'aération
- 11- GSM
- 12- batterie lithium 12v 24ah
- 13- relais arduino 12v
- 14- Arduino
- 15- relais arduino 12v
- 16- Serrure électrique
- 17- support vaccins

**Figure III.22 : Vue générale du prototype**

III.4. Tests de performance du sac à dos solaire médical

III.4.1. Tests de poids



Figure III.23 : Tests poids

III.4.2. Tests de la fonctionnalité des panneaux solaires et du système de charge.



Figure III.24 : Fonctionnalité des panneaux solaires et du système de charge

III.4.3. Test du fonctionnement du système GPS / GSM pour la localisation en temps réel.

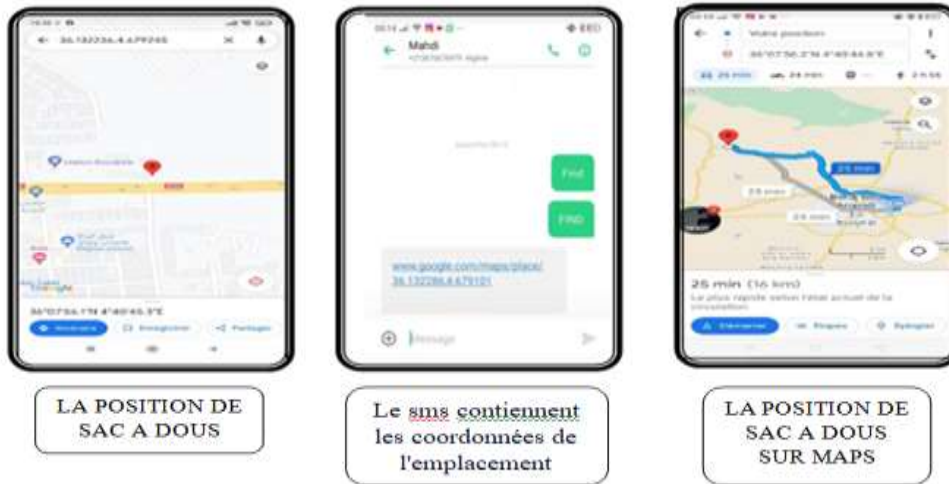


Figure III.25 : La localisation en temps réel

III.4.4. Tests de résistance aux chocs et aux vibrations



Figure III.26 : résistance aux chocs et aux vibrations

III.4.5. Tests d'étanchéité et de durabilité du sac à dos solaire médical



Figure III.27 : Etanchéité et Durabilité

III.5. Tests de transport et de refroidissement des vaccins

III.5.1. Sélection des vaccins à utiliser lors des tests



anti venin de scorpion

anti venin de serpent

Figure III.28 : vaccins à utiliser lors des tests

III.5.2. Conditions de température pour le stockage et le transport des vaccins

- les sérums anti-venin sont sensibles à la chaleur et doivent être conservés dans une plage de température contrôlée entre 2 °C et 10 °C (36 °F à 46 °F).

III.5.3 . Surveillance de la température et de la stabilité des vaccins et la localisation en temps réel



Figure III.29 : Résultats de test effectuer dans la ville de Bordj Bou Arreridj

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons discuté des réalisations et des tests effectués pour le sac à dos solaire médical destiné au transport et au refroidissement des vaccins. Les tests ont confirmé que le sac à dos offre une solution portable et durable pour le transport sécurisé des vaccins, en maintenant une température adéquate grâce à son système de refroidissement solaire. Les résultats des tests sur le terrain ont permis de recueillir des informations précieuses pour optimiser le sac à dos solaire médical et le rendre plus efficace dans la préservation des vaccins.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail on a développé un prototype «Sac à dos solaire de transport et de refroidissement des vaccins et des sérums», ce sujet de recherche présente une approche novatrice et prometteuse pour répondre aux défis du transport et de la conservation des produits médicaux sensibles. Les trois chapitres de l'étude ont permis de mettre en évidence des aspects clés de cette innovation.

Dans le premier chapitre, l'étude a examiné en détail l'énergie photovoltaïque, soulignant son importance dans le contexte de production d'électricité. Les principes de fonctionnement de l'énergie photovoltaïque ont été expliqués, ainsi que les avantages et les défis liés à son utilisation. Cette partie de l'étude a fourni une base importante pour comprendre les technologies utilisées dans ce domaine.

Le deuxième chapitre a abordé les différentes méthodes de transport des vaccins et des sérums. Les défis de la conservation de la chaîne du froid et les exigences spécifiques pour le transport des produits médicaux sensibles ont été analysés. L'étude a examiné les méthodes traditionnelles ainsi que les technologies innovantes utilisées pour maintenir la température requise lors du transport. Cela a permis de mettre en évidence l'importance d'une solution efficace pour assurer l'intégrité des vaccins et des sérums tout au long du processus de transport.

Dans le troisième chapitre, l'étude a décrit le développement du prototype du sac à dos solaire et les tests réalisés. Les tests de poids ont permis d'évaluer la capacité du sac à dos à supporter la charge des vaccins et des sérums en toute sécurité. Les tests de durabilité ont évalué la résistance du sac à dos dans des conditions réelles d'utilisation.

De plus, les tests de localisation par GPS et GPRS ont démontré l'efficacité du système de suivi et de localisation intégré dans le sac à dos solaire avec la fiabilité et autonomie énergétique.

En conclusion, cette étude a mis en évidence l'importance de la solution proposée de transport et de refroidissement innovante pour les vaccins et les sérums. Le sac à dos solaire offre une alternative pratique et fiable pour répondre aux défis de la conservation de la chaîne du froid. Les tests ont fourni une analyse complète et approfondie de cette innovation.

Ce sac à dos solaire peut contribuer à améliorer l'accessibilité aux soins de santé et à sauver des vies en assurant l'intégrité des produits médicaux sensibles lors du transport.

Références Bibliographiques

Référence bibliographie

- [1] OUABDELKADER Katia, MERSEL Houria, ‘‘ Modélisation et Contrôle d’un Système Photovoltaïque Connecté au Réseau ’’, Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2015
- [2] SALAMA F., ‘‘ Modélisation d’un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique ’’, Mémoire de Magister, Université de Sétif, 2011.
- [3] Renewable Energy: A Global Review of Technologies, Policies and Markets - 2018. United Nations Environment Programme (UNEP), Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre, and Bloomberg New Energy Finance (BNEF) .
- [4] B. Flèche - D. Delagnes « Production d’énergie électrique : ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE ». / Juin 07 Approche générale.
- [5] : KHADRAOUI ZAKARIA « Etude d’une centrale solaire thermique » MASTER GENIE MECANIQUE- UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA-2017
- [6] https://www.researchgate.net/figure/Carre-de-lirradiation-solaire-moyenne-du-monde-6_fig1_334657455
- [7] World Meteorological Organization (WMO). (2008). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8). WMO.
- [8] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2019). Solar cell efficiency tables (Version 55). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 27(7), 565-575.
- [9] Zerguine B., ‘‘ MODELISATION D’UN SYSTEME DE PRODUCTION ELECTRIQUE PAR LA CELLULE PHOTOVOLTAIQUE ’’, Mémoire de Master, Université BADJI MOKHTAR Annaba, 2010.: MR DJABOUABDELLAH ABDELMADJID , «étude et mesure des donnees solaire dun gisement solaire dans une zone isole » UNIVERSITE D’ADRAR AHMED DRAYA 2015.
- [10] <https://www.ecosources.org/types-de-cellules-photovoltaïques>
- [11] Saker, S. (2013). Modélisation et Contrôle du système Pile à Combustible, Convertisseurs et Supercondensateur, Mémoire Magister en Électrotechnique, Université Mohamed Khider, Biskra.
- [12] « Semi-conducteur, effet photovoltaïque » C.E.S.I.R.E. Université J. Fourier Grenoble.
- [13] B. Equer, ‘‘ Energie solaire photovoltaïque (volume1 : physique et technologie de la conversion photovoltaïque) ’’, 1ère édition, ELLIPES, Paris, 1993.
- [14] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2019). Solar cell efficiency tables (Version 55). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 27(7), 565-575.
- [15] SALAMA F., ‘‘ Modélisation d’un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique ’’, Mémoire de Magister, Université de Sétif, 2011.
- [16] FPGA en utilisant la carte ML605 ‘’, Université Mohamed Boudiaf M’sila, 2018.
- [17] GUEDAOURIA H., ‘‘ Dimensionnement d’un système photovoltaïque pour alimenter le laboratoire LPDS au sien de l’université de Béchar ’’, Mémoire de Master, Université Tahri Mohammed Bechar, 2017.
- [18] GOAR Noureddine, MAHMOUDI Abdelkader, ‘‘ Réalisation d’un convertisseur DC/DC dans une chaîne de conversion d’énergie photovoltaïque ’’, Mémoire de Master, Université Larbi Ben M’Hidi - Oum El Bouaghi, Juin 2017.
- [19] www.encyclopedie-energie.org/usage-et-production-de-froid/
- [20] energypedia.info/images/8/8a/Production_de_Froid.pdf
- [21] [Guide_Pratique_de_Mise_en_Oeuvre_du_Nouveau_Calendrier_Natio \(1\) \(1\).pdf](#)
- [22] <https://www.unicef.org/fr/communiqu%C3%A9s-de-presse/lunicef-pr%C3%A9sente-ses-plans-pour-transporter-jusqu%C3%A0-850-tonnes-de-vaccins>
- [23] <https://www.gavi.org/fr/types-de-soutien/renforcement-des-systemes-de-sante-et-de-vaccination/promotion-de-la-demande>
- [24] <https://europe.thermoking.com/fr/mediaroom/thermo-king-et-petit-forestier-presentent-leur-fourgon-frigorifique-100-electrique-au-salon-iaa>
- [25] <https://neutragel.com/chambre-froide-et-vaccin-comment-cela-fonctionne/>
- [26] [:https://www.health.gov.on.ca/fr/pro/programs/publichealth/oph_standards/docs/reference/vaccine%20storage_handling_guidelines_fr.pdf](https://www.health.gov.on.ca/fr/pro/programs/publichealth/oph_standards/docs/reference/vaccine%20storage_handling_guidelines_fr.pdf)
- [27] <https://www.amazon.ca/-/fr/Mini-r%C3%A9frig%C3%A9rateur-portable-pique-nique-%C3%A9nergie-%C3%A9tique/dp/B07TB1HPVB>
- [28] <https://www.medicalexpo.fr/prod/b-medical-systems/product-68248-575275.html>
- [29] <https://www.fourni-labo.fr/sous-rubrique/accumulateur-de-froid>
- [30] World Health Organization (WHO). (2015). Vaccine storage and handling. Accessed from: https://www.who.int/immunization/programmes_systems/supply_chain/resources/WHO_IVB_15.03/en/

Références Bibliographiques

- [31] : United Nations Children's Fund (UNICEF). (2017). Cold Chain Equipment for Vaccines. Accessed from: https://www.unicef.org/supply/index_91761.html
- [32] : Pierre PATTARD Julien BENOIT, « Formation PHP/MySQL », Avril 2005.
- [33] : Angular, Disponible sur <<https://angular.io/features>>(consulté le 1/10/2021)
- [34] : MySql, Disponible sur <<https://www.mysql.com/fr/>> (consulté le 3/10/2021).