

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saâd Dahlab, Blida-1



Faculté de Technologie

Département des Énergies Renouvelables

**Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de
Master en énergies renouvelables**

Option : Conversion photovoltaïque

Présenté par :

CHAIB Achouak

ZAKARI BOUSHABA Nabil

**Réalisation et conception d'une glacière solaire
photovoltaïque portative**

Devant les jurys compose de :

Nom et Prénom :	Grade :	Qualité :
Dr. BOUZAKI Mohammed Mustapha	MCB	Président
Dr. DOUMAZ Toufik	MAA	Examineurs
Dr.		

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

*En premier lieu, nous tenons à remercier le bon DIEU de nous
avoir donné*

Le courage et la patience pour mener à bien ce

Travail pendant toute cette longue année,

Nos vifs remerciements s'adressent à notre encadreur

Dr : BOUZAKI MOHAMMED MOUSTAFA pour son aide, ses

*Conseils, sa disponibilité durant toute la période de ce projet de fin
D'études.*

*Notre gratitude par ailleurs à exprimer nos vifs remerciements à
notre Co-encadreur*

*Dr : DOMAZ TOUFIK pour sa patience son soutien permanent et
ses encouragements.*

*Nous tenons à remercier aussi l'équipe de recherche dans le laboratoire
photovoltaïque*

*Au URAER, dont fait partie Monsieur Dr. HAMID OUDJANA SAMIR qui m'a
fait l'honneur de*

Présider et d'examiner ce travail.

*Nous remercions monsieur BENDAOUDI SOFIANE Ingénieur a Enie de sidi
bel abbés.*

*Nous remercions également les membres du jury Qui ont
accepté d'examiner et d'estimer ce travail.*

*En fin Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
à la réalisation de*

Ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- *Mes chers parents et Surtout la MAMAN Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense Amour que je leurs porte, ni la profonde gratitude que je leurs témoignes pour tous les sacrifices qu'ils n'ont jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*

J'espère avoir répondu aux espoirs qu'ils ont fondé en moi, et que ce Modeste travail soit l'exaucement de leurs vœux.

- *Tous les membres de ma famille, petits et grands et surtout ma tante Fatima,*
- *Mes chères copines et sœurs.*
- *Mon ami et binôme NABIL et frère CHAOIKI*

Puisse Dieu les garder, éclairer leur route et les aider à réaliser leurs

Vœux les plus chers.

- *tous ceux qui me sont chers.*

ACHOUAK

Dédicace

C'est avec profonde gratitude et des mots sincères que je dédie ce modeste travail de fin d'étude

- *à mes chers parents, pour leurs sacrifices et leurs conseils judicieux.*

J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête bonheur et longue vie.

Je dédie aussi ce travail à mes frères et ma sœur, à ma famille

- *à mes frère Tawfiq ,Abdessalem et Messaoud et surtout*
- *à Ma chère amie et sœur précieuse, CHAIB Achouak, je te souhaite un avenir radieux et une vie pleine de bonheur. Je te remercie d'être un soutien constant à chaque instant, et c'est un honneur pour moi d'avoir été ta compagne dans ce mémoire et tout au long de mon parcours universitaire. Mes mots sont impuissants à exprimer ma gratitude pour chaque instant où tu étais à mes côtés, en tant que compagne et meilleure sœur que j'ai pu avoir.et à tous ceux qui me sont chers.*

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1: Généralités sur les systèmes photovoltaïques	3
chapitre 1. généralités sur les systèmes photovoltaïques.....	4
I.1 Introduction	4
I.2 Conversion photovoltaïque :.....	4
I.3 Technologies des cellules.....	5
I.4 Caractéristique de module solaire :	6
• Courbe I(V) et P(V) d'une cellule solaire :	6
• Rendement d'une photo génératrice :.....	8
• Facteur de forme -FF :	9
I.5 Différents types de système PV :.....	9
I.5.1 Système autonome :.....	9
I.5.2 Systèmes photovoltaïques autonomes avec stockage :	10
I.5.3 Système PV raccordé au réseau :	11
I.5.4 Système PV hybride :	13
I.6 Les équipements d'une installation photovoltaïque autonome :	14
I.6.1 Le générateur photovoltaïque :	14
I.6.2 Le régulateur	15
I.6.3 Onduleur.....	16
I.6.4 Batterie :	17
I.6.5 Coffret de raccordement [4]	18
I.6.6 Les équipements de protection	19
I.6.7 Câblage [4]	23
I.7 Conclusion.....	24
Chapitre 2: DESCRIPTION ET METHODOLOGIE	25
chapitre II. DESCRIPTION ET METHODOLOGIE.....	26

II.1	Introduction	26
II.2	But	26
II.3	Réfrigération solaire [11].....	27
II.4	Réfrigération solaire photovoltaïque.....	27
II.5	Réfrigérateur a effet Peltier :.....	29
II.6	Dimensionnement d'une installation photovoltaïque.....	31
•	Procédures du calculs.....	31
1.	Matériels utilisés	34
	Une glacière à effet Peltier	34
II.7	Conclusion :.....	39
Chapitre 3: RESULTATS ET DISCUSSION		41
chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSION		42
III.1	Introduction :.....	42
III.2	Étapes de construction :.....	42
III.3	Discussion de résultat :.....	44
III.3.1	Glacière fonctionne avec régulateur de charge de batterie :.....	44
III.3.2	Glacière fonctionnant avec batterie :.....	45
III.3.3	Système autonome:.....	46
III.4	Estimation des coûts :.....	47
III.5	Conclusion :.....	47

Liste des figures

Figure I.1:Excitation des électrons de valence par les photons et la jonction (P-N)	5
Figure I.2:Caractéristique des courbes I-V et P-V.....	7
Figure I.3:Notion de facteur de forme (FF) pour une cellule photoélectrique	9
Figure I.4:Système PV autonome isolé.....	10
Figure I.5:Système PV raccordé au réseau sans batterie.....	12
Figure I.6:Système PV raccordé au réseau sans batterie	14
Figure I.7:Générateur photovoltaïque.....	15
Figure I.8:Régulateur de charge de batterie.....	15
Figure I.9:Onduleur	17
Figure I.10:Batterie solaire.....	17
Figure I.11:Coffret de raccordement avec coupe-circuit DC, fusibles et surveillance de chaîne.....	19
Figure I.12:Disjoncteur DC.....	20
Figure I.13:Parafoudre	21
Figure I.14:Sectionneur électrique.....	23
Figure I.15:Câble solaire photovoltaïque.	24
Figure II.16:Machine frigorifique à compression de vapeur	27
Figure II.17:Schéma d'un réfrigérateur photovoltaïque	28
Figure II.18 : Un circuit frigorifique de base.....	29
Figure II.19:effet Peltier.....	30
Figure II.20:principe de Peltier.....	30
Figure II.21:Glacière à effet Peltier.....	35
Figure II.22:Panneau poly cristallin.....	36
Figure II.23:Régulateur de charge de batterie.....	37
Figure II.24:capteur de température	38
Figure II.25:Batterie solaire.....	38
Figure II.26:Convertisseur onduleur	39

Figure II.27:Multimètre	39
Figure III.28:Batterie solaire en parallèle	42
Figure III.29:Batterie solaire en série	43
Figure III.30:Réglage de la tension du régulateur de la charge de batterie.....	43
Figure III.31:Fonctionnement d'une glacière solaire par un panneau poly cristallin.....	44
Figure III.32:Fonctionnement d'une glacière solaire	45
Figure III.33:Glacière solaire avec batterie	45
Figure III.34: système autonome appliqué à une glacière solaire.....	46

Liste de tableau

Tableau 1:Tension du champ	32
Tableau 2:Besoins énergétiques	33
Tableau 3:Les caractéristiques du module solaire	36
Tableau 4:mesure de température en fonction du temps	46
Tableau 5:Coûts d'une glacière solaire photovoltaïque	47

ملخص

تتزايد أهمية الطاقة الكهروضوئية بسرعة كحل مبتكر في البحث عن بدائل مستدامة لتلبية احتياجات الطاقة العالمية، نظرا لإمكاناتها العالية وتوافرها بكثرة . يتم إجراء مراجعة شاملة لتقديم المبادئ الأساسية للخلايا الكهروضوئية، وعملها ، وتطبيقاتها في مختلف المجالات. ثم تركز الدراسة على تحقيق وتصميم مبرد شمسي كهروضوئي محمول. ويتمثل الهدف الرئيسي في اقتراح حل مبتكر للتبريد على المدى الطويل والحفاظ على الأدوية والأغذية أثناء النقل، وهو أمر بالغ الأهمية بشكل خاص في المناطق التي لا تتوفر فيها مصادر كهرباء كافية. يتضمن تصميم المبرد الشمسي الضوئي المحمول دمج الألواح الضوئية وأنظمة تخزين الطاقة ووحدة التبريد. يتم التقاط الطاقة الشمسية بواسطة الألواح الشمسية وتحويلها إلى كهرباء لتشغيل نظام التبريد، وبالتالي الحفاظ على درجات حرارة منخفضة والحفاظ على سلامة الأدوية والمواد الغذائية المنقولة. كما يتم النظر في الجانب التقني للمبرد، والذي يهدف إلى تصميم جهاز مثالي وخفيف الوزن وسهل النقل. ويدعم تحقيق هذا المبرد من خلال الاختبارات التجريبية لتقييم قدرة التبريد وأداء التحكم في درجة الحرارة. تهدف هذه الأطروحة إلى تعزيز استخدام الطاقات المتجددة، وتسهيل الضوء على إمكانات الخلايا الكهروضوئية في مجال التبريد المحمول. ستكون نتائج البحث ذات قيمة للجهات السياسية والمتخصصين في الرعاية الصحية والمنظمات الإنسانية، ولتساهم في مستقبل أكثر استدامة.

Résumé

L'importance de l'Energie photovoltaïque est la plus croissante et innovante dans la recherche de solutions durables pour répondre aux besoins énergétiques mondiaux en raison de son potentiel élevé et de sa disponibilité abondante. Une revue approfondie de la littérature est réalisée pour présenter les principes de base du photovoltaïque, son fonctionnement et ses applications dans divers domaines. L'étude se concentre ensuite sur la réalisation et la conception d'une glacière solaire photovoltaïque portable. L'objectif principal est de proposer une solution innovante pour le refroidissement et la préservation à long terme des médicaments et des aliments pendant leur transport. Cela revêt une importance cruciale, en particulier dans les régions où l'accès à une source d'électricité fiable est limité. La conception de la glacière solaire photovoltaïque implique l'intégration de panneaux photovoltaïques, de systèmes de stockage d'énergie et d'un système de réfrigération. L'énergie solaire est captée par les panneaux photovoltaïques et convertie en électricité pour alimenter le système de réfrigération, permettant ainsi de maintenir des températures basses et de préserver l'intégrité des médicaments et des aliments transportés. L'aspect portable de la glacière est également pris en compte, en visant à concevoir un dispositif compact, léger et facilement transportable. La réalisation de cette glacière solaire photovoltaïque portable est étayée par des tests expérimentaux visant à évaluer ses performances en termes de capacité de refroidissement et de contrôle de la température. Ce mémoire de master vise à promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables, en mettant en évidence le potentiel du photovoltaïque dans le domaine de la réfrigération portable. Les résultats de cette recherche seront précieux pour les décideurs politiques, les professionnels de la santé et les organisations humanitaires, en fournissant des informations essentielles pour la prise de décisions éclairées et en contribuant à un avenir plus durable.

Abstract

The importance of photovoltaic energy is growing rapidly as an innovative solution in the search for sustainable alternatives to meet global energy needs, due to its high potential and abundant availability. A comprehensive literature review is conducted to present the fundamental principles of photovoltaics, its functioning, and its applications in various fields. The study then focuses on the realization and design of a portable photovoltaic solar cooler. The primary objective is to propose an innovative solution for the long-term cooling and preservation of medications and food during transportation, which is particularly crucial in regions with limited access to reliable electricity sources. The design of the portable photovoltaic solar cooler involves the integration of photovoltaic panels, energy storage systems, and a refrigeration unit. Solar energy is captured by the photovoltaic panels and converted into electricity to power the refrigeration system, thereby maintaining low temperatures and preserving the integrity of the transported medications and food items. The portable aspect of the cooler is also considered, aiming to design a compact, lightweight, and easily transportable device. The realization of this portable photovoltaic solar cooler is supported by experimental tests to evaluate its cooling capacity and temperature control performance. This master's thesis aims to promote the use of renewable energies, highlighting the potential of photovoltaics in the field of portable refrigeration. The research findings will be valuable for policymakers, healthcare professionals, and humanitarian organizations, providing essential information for informed decision-making and contributing to a more sustainable future.

INTRODUCTION GENERALE

L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque est devenue une solution de plus en plus populaire pour répondre aux besoins énergétiques dans divers secteurs. En particulier, l'intégration de cette technologie dans les systèmes de réfrigération, tels que les glacières solaires portatives, offre une solution prometteuse pour maintenir la chaîne du froid dans des environnements sans accès à l'électricité conventionnelle. Le présent mémoire de fin d'études vise à explorer la réalisation d'une glacière solaire photovoltaïque portable, en se concentrant sur le dimensionnement du système et l'évaluation de ses performances. Les chapitres suivants fourniront une vue d'ensemble générale sur le photovoltaïque, suivie d'une approche plus détaillée pour le dimensionnement de ce type de système, et enfin, une présentation des résultats obtenus après la réalisation de la glacière solaire. Dans le premier chapitre nous avons présenté les différents éléments qui entrent dans la constitution d'un système PV tels que la cellule, les différents types de systèmes PV comme le système autonome, raccordés au réseau et hybride, puis nous nous sommes intéressés aux différentes technologies des éléments constitutifs d'un système PV. Le deuxième chapitre se concentrera sur le dimensionnement d'un système de glacière solaire photovoltaïque portable. Nous aborderons les différents éléments du système, tels que les panneaux solaires, les batteries, le régulateur de charge et le convertisseur de puissance, et expliquerons les principes de dimensionnement de ces composants en fonction des besoins spécifiques de la glacière. Nous discuterons également des considérations liées à l'efficacité énergétique, à l'autonomie du système et à la gestion de la charge pour assurer un fonctionnement optimal. Le troisième chapitre présentera les résultats obtenus lors des mesures de tension et de courant dans différentes conditions, ainsi que la réalisation concrète de la glacière solaire photovoltaïque portable. Nous décrirons les expérimentations menées

pour évaluer les performances du système, telles que la stabilité de la température interne, Ces résultats seront analysés et discutés en fonction des objectifs fixés initialement. En conclusion, ce mémoire de fin d'études a pour objectif de présenter une approche complète pour la réalisation d'une glacière solaire photovoltaïque portable. En fournissant une introduction générale sur le photovoltaïque, une méthodologie de dimensionnement du système et une évaluation des résultats obtenus, ce travail contribue à la recherche sur les solutions durables pour la préservation de la chaîne du froid, notamment dans des contextes où l'accès à l'électricité est limité. Les résultats obtenus offriront des perspectives pour l'amélioration future de ce type de système et ouvriront des possibilités d'application dans divers domaines tels que le camping, les activités de plein air et les zones rurales.

Chapitre I: Généralités sur les systèmes photovoltaïques

chapitre 1. généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.1 Introduction

Un système photovoltaïque (PV) est une installation qui utilise des panneaux solaires pour convertir l'énergie solaire en énergie électrique. Le générateur photovoltaïque est le panneau solaire lui-même, qui est composé de cellules solaires qui convertissent la lumière du soleil en électricité.

Dans l'ensemble, un système photovoltaïque bien conçu et correctement dimensionné peut fournir une source d'énergie renouvelable fiable et économique pour alimenter une variété de charges électriques, des petits appareils électroniques aux grands bâtiments commerciaux.[1]

I.2 Conversion photovoltaïque :

L'effet photovoltaïque est un phénomène qui se produit dans les semi-conducteurs dopés p (positif) et n (négatif), formant ainsi une jonction p-n (ou n-p). Cette jonction est créée en ajoutant intentionnellement des impuretés dopantes de type p ou n au matériau semi-conducteur.

Lorsqu'un photon incident, c'est-à-dire un grain de lumière, interagit avec le matériau dopé, il transfère son énergie ($h\nu$) à un électron de la bande de valence du matériau, le libérant ainsi de cette bande. L'électron ainsi excité peut maintenant se déplacer dans la région de conduction du matériau, créant ainsi un courant électrique.

Le champ électrique intrinsèque, qui est présent de manière permanente dans le matériau en raison du dopage p-n, entraîne la migration de l'électron excité vers la face supérieure du matériau, tandis qu'un trou, qui est une lacune d'électron, migre vers la face inférieure en direction inverse. Les électrodes placées sur les faces supérieure et inférieure du matériau permettent de collecter les électrons et de les faire réaliser un travail électrique pour rejoindre le trou sur la face antérieure du matériau, créant ainsi un courant électrique.

Ce courant électrique peut être utilisé comme source d'énergie pour alimenter des appareils électroniques ou être stocké dans des batteries pour une utilisation ultérieure. L'effet photovoltaïque est la base de la technologie des cellules solaires,

qui sont largement utilisées pour la production d'énergie solaire à partir de la lumière du soleil.[2]

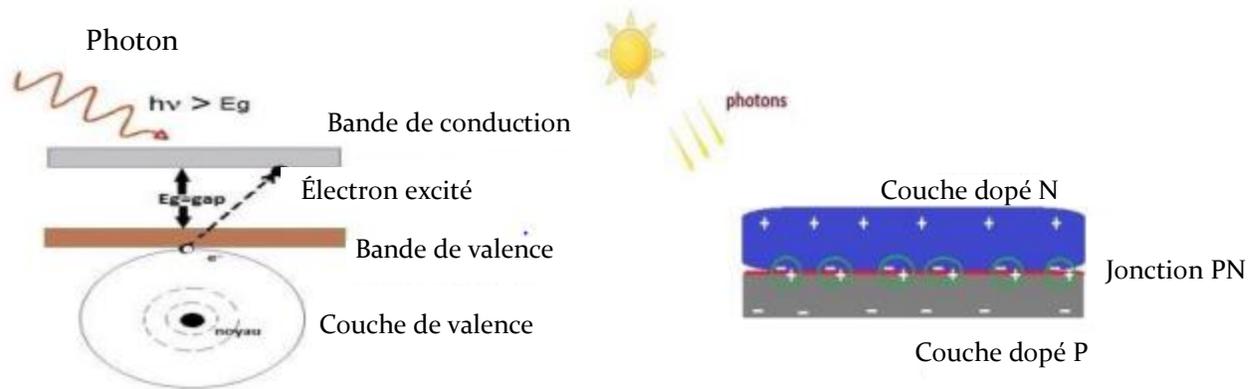


Figure I.1:Excitation des électrons de valence par les photons et la jonction (P-N)

Cependant, tous les photons ne sont pas convertis en énergie électrique. Certains sont perdus sous forme de chaleur, ce qui augmente la température du matériau. Cet effet thermique peut entraîner une diminution de la performance du capteur photovoltaïque, car il peut réduire la tension de sortie et la durée de vie du matériau.

Pour maximiser l'efficacité de la conversion photovoltaïque, les ingénieurs ont développé des techniques pour réduire l'effet thermique, comme le refroidissement par eau ou par air, ou encore l'utilisation de matériaux à haute conductivité thermique pour dissiper rapidement la chaleur.[3]

I.3 Technologies des cellules

En effet, le matériau le plus couramment utilisé dans la fabrication de cellules solaires est le silicium, qui est un semi-conducteur tétravalent de type IV. Cela signifie qu'un atome de silicium peut former des liaisons covalentes avec quatre autres atomes de silicium pour former une structure cristalline.

Les cellules solaires à base de silicium peuvent être classées en trois catégories principales : les cellules monocristallines, les cellules polycristallines et les cellules amorphes.

Les cellules monocristallines sont fabriquées à partir de lingots de silicium monocristallin de haute pureté, qui sont découpés en fines tranches appelées "wafer".

Les cellules monocristallines ont un rendement élevé, mais elles sont plus chères à produire que les cellules polycristallines et amorphes.

Les cellules polycristallines sont fabriquées à partir de lingots de silicium polycristallin, qui sont moins chers à produire que les lingots monocristallins. Les cellules polycristallines ont un rendement légèrement inférieur à celui des cellules monocristallines, mais elles sont plus abordables.

Les cellules amorphes, quant à elles, sont fabriquées à partir de films minces de silicium amorphe déposés sur des substrats. Les cellules amorphes sont les moins chères à produire, mais elles ont également le rendement le plus faible des trois types de cellules solaires.

Outre le silicium, d'autres matériaux peuvent également être utilisés dans la fabrication de cellules solaires, tels que l'arséniure de gallium et des couches minces comme le CdTe et le CIS, ainsi que le CIGS. Ces matériaux présentent des propriétés différentes et peuvent être utilisés pour des applications spécifiques en fonction de leur coût, de leur efficacité et de leur durabilité. [1]

I.4 Caractéristique de module solaire :

- **Courbe I(V) et P(V) d'une cellule solaire :**

La différence de potentiel présentée aux bornes d'une jonction PN d'une cellule photovoltaïque (PV) sous l'effet de l'éclairement est directement mesurable entre les bornes de la cellule. Cette différence de potentiel est due à la création d'une tension électrique par la séparation de charges électriques positives et négatives dans la cellule photovoltaïque.

La tension maximale qu'une cellule PV peut atteindre est appelée tension de circuit ouvert (V_{oc}), et elle est généralement comprise entre 0,5 et 0,8 V. Cette tension peut être mesurée directement aux bornes de la cellule lorsque celle-ci n'est pas connectée à un circuit externe.

D'autre part, le courant maximal qui peut être produit par une cellule photovoltaïque lorsqu'elle est court-circuitée est appelé courant de court-circuit (I_{sc}). Ce courant peut être mesuré en reliant les bornes de la cellule avec un fil court-circuitant la cellule.

Il est important de noter que la valeur de la tension de circuit ouvert (V_{oc}) et du courant de court-circuit (I_{sc}) dépendent de plusieurs facteurs, notamment le matériau utilisé pour fabriquer la cellule PV, la température ambiante et l'intensité de l'éclairement solaire. Ces valeurs varient donc en fonction de ces paramètres.

La Figure ci-dessous représente les caractéristiques typiques mesurables $I_{cell}=f(V_{cell})$ et $P_{cell}=f(V_{cell})$ d'une jonction PN soumise à un flux lumineux constant [3]

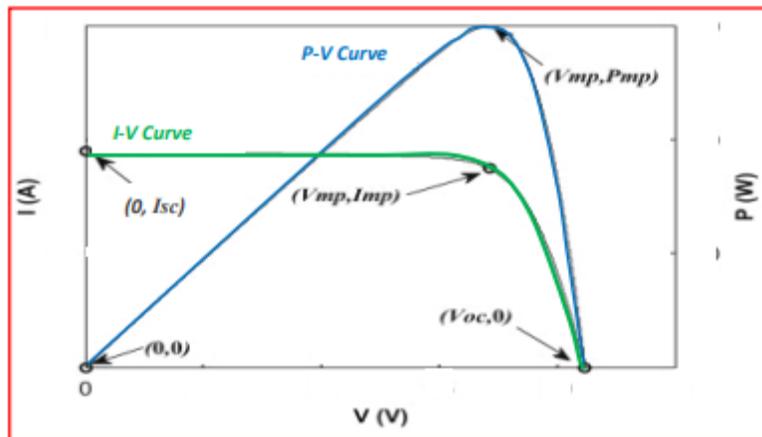


Figure I.2:Caractéristique des courbes I-V et P-V

La puissance maximale d'une photopile, qui correspond au point de puissance maximale (P_{mp}), dépend de plusieurs facteurs, tels que l'intensité lumineuse, la température de fonctionnement et les caractéristiques intrinsèques de la cellule photovoltaïque elle-même.

Dans des conditions normalisées d'ensoleillement STC (Standard Test Conditions), qui correspondent à une intensité lumineuse de 1000 W/m^2 , une température de cellule de 25°C et un spectre de lumière spécifique, la puissance crête (P_c) est la puissance maximale que la cellule photovoltaïque peut produire.

Ainsi, la puissance crête (exprimée en watts crête ou W_c) est une mesure standardisée de la puissance maximale qu'une photopile peut produire dans des conditions optimales, ce qui permet de comparer les performances de différents types de cellules photovoltaïques. Il est important de noter que la puissance crête ne

correspond pas nécessairement à la puissance maximale que la cellule peut produire dans des conditions réelles d'utilisation.

- **Rendement d'une photo génératrice :**

Le rendement de conversion des cellules photovoltaïques correspond à la proportion d'énergie lumineuse incidente qui est transformée en électricité. Le rendement η d'un photo-générateur est le rapport entre la puissance électrique générée et la puissance lumineuse reçue par le photo-générateur [2], comme l'illustre l'équation suivante :

$$\eta = P_{mp} / G.S$$

(S est la surface du photo-générateur)

On peut calculer ce rendement pour différents éclairagements, mais le plus souvent, c'est dans les conditions STC qu'il est donné et on le calcule avec la puissance crête :

$$\eta = P_c / 1000.S$$

En utilisant les conditions de test standard, les constructeurs de cellules photovoltaïques peuvent mesurer le rendement de conversion de leurs produits de manière fiable et comparable. Le spectre lumineux artificiel AM1.5 est une approximation du spectre solaire moyen qui arrive sur Terre et il permet de déterminer le rendement dans des conditions standardisées.

La puissance moyenne totale reçue lors des tests par les cellules assemblées en module PV est de 1000W/m² sous 25°C. Cette puissance est généralement utilisée comme référence pour déterminer le rendement de conversion de la cellule, qui est exprimé en pourcentage.

Il est important de noter que le rendement de conversion des cellules photovoltaïques peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la qualité des matériaux utilisés, la conception de la cellule et les conditions environnementales dans lesquelles elle est utilisée.

- **Facteur de forme –FF :[3]**

Le facteur de forme, ou fill factor (FF), est un paramètre important pour évaluer la qualité d'une cellule photovoltaïque ou d'un générateur PV. Il représente le rapport entre la puissance maximale que peut fournir la cellule (P_{max}) et la puissance produite par le rectangle formé par les courbes courant-tension (I_{sc}) et tension-courant (V_{oc}). En d'autres termes, le FF mesure la capacité de la cellule à convertir l'énergie lumineuse en électricité exploitable.

Il convient de noter que le FF dépend de plusieurs facteurs, notamment de la qualité des matériaux utilisés pour la cellule, de la conception de la cellule, de la température de fonctionnement et de l'intensité lumineuse. Ainsi, il est important de tenir compte de ces facteurs lors de l'évaluation de la qualité d'une cellule photovoltaïque ou d'un générateur PV.[3]

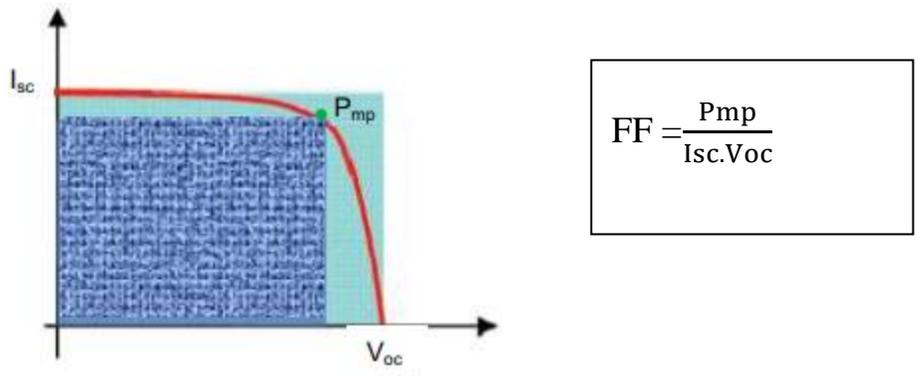


Figure I.3:Notion de facteur de forme (FF) pour une cellule photoélectrique

I.5 Différents types de système PV :

I.5.1 Système autonome :

Les systèmes photovoltaïques autonomes sont en effet conçus pour être indépendants d'autres sources d'énergie, et sont utilisés dans des endroits éloignés où l'accès à l'électricité du réseau est limité ou inexistant. Ils peuvent être utilisés pour

alimenter des maisons, des chalets, des camps, ainsi que pour des applications telles que la surveillance à distance et le pompage de l'eau.

Il existe deux principales catégories de systèmes photovoltaïques autonomes en fonction de l'utilisation ou non du stockage électrochimique :

I.5.2 Systèmes photovoltaïques autonomes avec stockage :

Ces systèmes utilisent des panneaux solaires pour convertir l'énergie solaire en électricité, qui est ensuite stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure lorsque le soleil n'est pas disponible, comme la nuit ou les jours nuageux. Les batteries permettent de stocker l'énergie excédentaire produite pendant les heures ensoleillées pour une utilisation lorsque la production d'énergie solaire est faible. Cela permet d'assurer une alimentation continue même en l'absence de soleil.

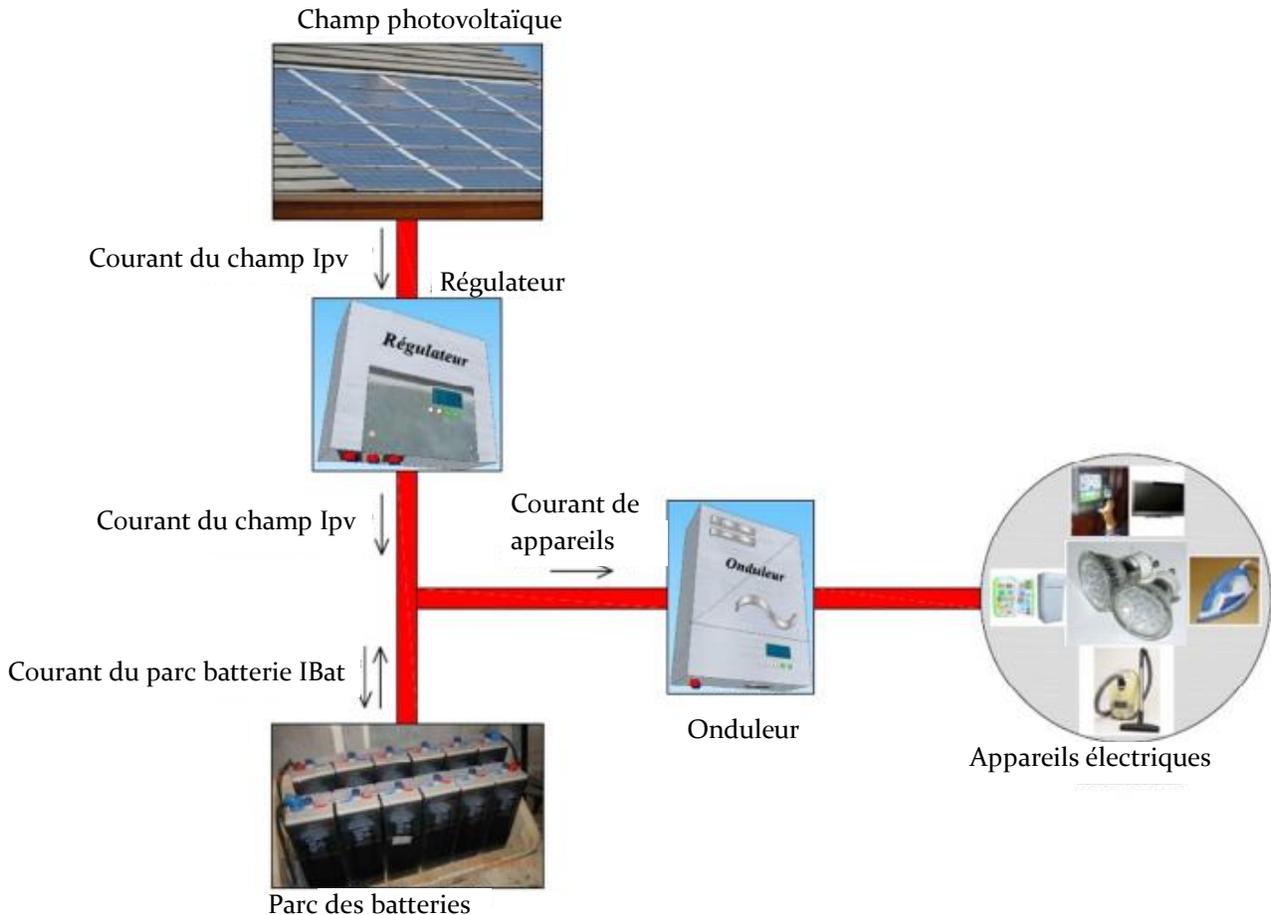


Figure I.4: Système PV autonome isolé

Systèmes photovoltaïques sans stockage (au fil du soleil) :

Ces systèmes utilisent également des panneaux solaires pour produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire, mais l'électricité est utilisée directement au moment de la production, sans être stockée dans des batteries. Cela signifie que ces systèmes dépendent entièrement de la disponibilité du soleil pour fournir de l'électricité et ne sont pas en mesure de stocker de l'énergie pour une utilisation ultérieure lorsque le soleil n'est pas disponible.

Le choix entre ces deux types de systèmes dépend des besoins spécifiques de l'application, du niveau d'ensoleillement de la région et du coût/bénéfice du stockage de l'énergie. Les systèmes photovoltaïques autonomes avec stockage offrent une alimentation plus fiable et continue, même en l'absence de soleil, mais peuvent être plus coûteux en raison des coûts associés aux batteries. Les systèmes photovoltaïques sans stockage peuvent être plus abordables, mais sont plus dépendants de la disponibilité du soleil pour fournir de l'électricité.

I.5.3 Système PV raccordé au réseau :

Un système photovoltaïque (PV) raccordé au réseau est un système d'énergie solaire qui est connecté au réseau électrique public. Ce type de système est généralement installé sur des habitations ou des entreprises qui souhaitent utiliser une source d'énergie renouvelable, comme le soleil, pour produire de l'électricité.

- Il existe deux types de systèmes PV raccordés au réseau : avec et sans batteries de stockage.

I.5.3.1 Système PV raccordé au réseau sans batteries de stockage :

Dans ce type de système, l'électricité produite par les panneaux solaires est directement injectée dans le réseau électrique public. Lorsque les panneaux solaires produisent plus d'électricité que ce qui est consommé sur place, l'excédent est injecté dans le réseau et peut être utilisé par d'autres consommateurs du réseau. Lorsque les panneaux solaires produisent moins d'électricité que ce qui est consommé sur place, l'électricité manquante est obtenue à partir du réseau. Ce type de système ne dispose pas de batteries pour stocker l'électricité produite en surplus.

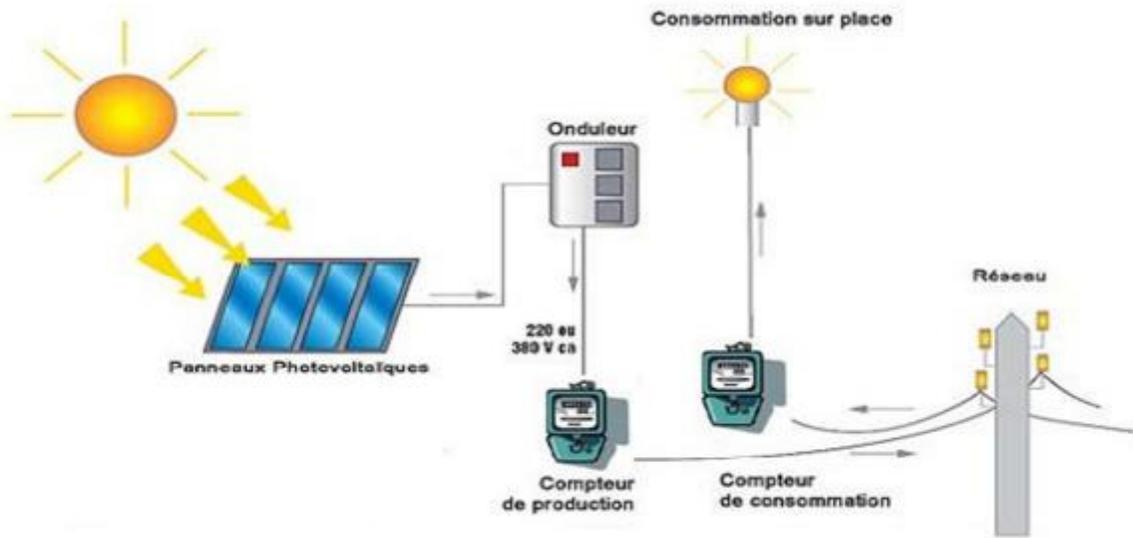


Figure I.5: Système PV raccordé au réseau sans batterie

I.5.3.2 Système PV raccordé au réseau avec batteries de stockage :

Dans ce type de système, en plus de l'injection de l'excédent d'électricité dans le réseau, l'électricité produite par les panneaux solaires est également stockée dans des batteries. Ces batteries permettent de stocker l'électricité produite en surplus pendant les périodes d'ensoleillement élevé, pour être utilisée ultérieurement lorsque les panneaux solaires ne produisent pas suffisamment d'électricité, par exemple pendant la nuit ou par temps couvert. Cela permet d'utiliser l'énergie solaire de manière plus autonome et de réduire la dépendance au réseau électrique public.

Dans les deux cas, ces systèmes nécessitent un équipement de conversion d'énergie, généralement un onduleur, pour convertir l'électricité produite par les panneaux solaires en courant alternatif utilisable pour les appareils électriques du site raccordé au réseau. Il est important de noter que l'installation d'un système PV raccordé au réseau doit être réalisée par des professionnels qualifiés et en conformité avec les normes et réglementations en vigueur dans la région.

I.5.4 Système PV hybride :

Tout à fait, les systèmes photovoltaïques hybrides sont conçus pour intégrer plusieurs sources d'énergie afin d'optimiser la production d'électricité. Cela permet de maximiser l'utilisation des sources d'énergie renouvelable, telles que l'énergie solaire et éolienne, tout en ayant des sources d'appoints, comme les groupes électrogènes ou le réseau public d'électricité, pour garantir un approvisionnement continu en cas de besoin.

L'un des défis majeurs des systèmes photovoltaïques hybrides est de gérer l'équilibre entre les différentes sources d'énergie de manière optimale. Cela implique de surveiller en temps réel les conditions météorologiques, les niveaux de charge des batteries, la consommation d'électricité et les besoins énergétiques du système pour décider quelle source d'énergie utiliser à quel moment. L'objectif est de maximiser l'utilisation des sources d'énergie renouvelable lorsque les conditions sont favorables, tout en minimisant la dépendance aux sources d'appoints.

Les sources d'appoints, telles que les groupes électrogènes ou le réseau public d'électricité, sont utilisées en dernier recours lorsque les autres sources d'énergie ne sont pas disponibles ou insuffisantes pour répondre à la demande énergétique. Cependant, l'objectif des systèmes photovoltaïques hybrides est de minimiser la dépendance à ces sources d'appoints et de maximiser l'utilisation des sources d'énergie renouvelable, pour réduire l'empreinte environnementale et les coûts énergétiques à long terme.[1]

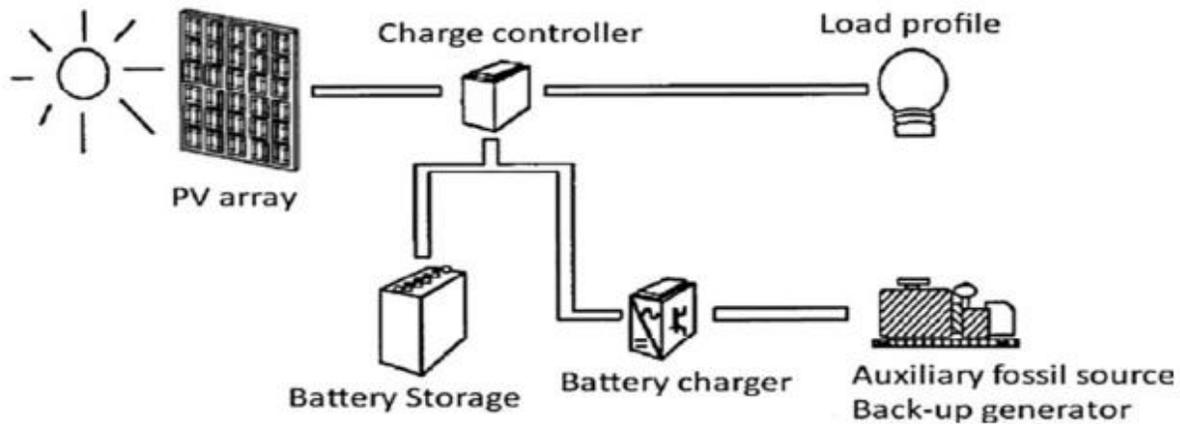


Figure I.6: Système PV raccordé au réseau sans batterie

I.6 Les équipements d'une installation photovoltaïque autonome :

I.6.1 Le générateur photovoltaïque :

Le générateur photovoltaïque est constitué de plusieurs cellules photovoltaïques assemblées en série et/ou en parallèle pour produire de l'électricité à partir de la lumière du soleil. Chaque cellule photovoltaïque est composée de plusieurs couches de matériaux semi-conducteurs, généralement en silicium, qui convertissent la lumière solaire en électricité par le phénomène d'effet photovoltaïque.

Les cellules photovoltaïques sont reliées entre elles par des connexions électriques pour former un module photovoltaïque. Les modules sont ensuite assemblés en série et/ou en parallèle pour former un générateur photovoltaïque complet, capable de produire de l'électricité à une tension et une puissance souhaitée pour répondre aux besoins spécifiques de l'application domestique, industrielle ou autre.

La puissance d'un générateur photovoltaïque dépend du nombre et de la puissance des cellules photovoltaïques utilisées, ainsi que de la configuration de leur assemblage. Les générateurs photovoltaïques peuvent être installés sur des toits, des murs, des structures au sol ou d'autres surfaces exposées à la lumière du soleil.[4]



Figure I.7:Générateur photovoltaïque.

I.6.2 Le régulateur

Les régulateurs MPPT sont plus efficaces dans les conditions où les panneaux photovoltaïques ne fonctionnent pas à leur tension nominale, comme lorsqu'ils sont partiellement ombragés ou en cas de variation de la luminosité. Les régulateurs MPPT peuvent augmenter la production d'énergie des panneaux de manière significative, jusqu'à 35% de plus par rapport aux régulateurs PWM, ce qui en fait une option plus performante pour les installations solaires autonomes.



Figure I.8:Régulateur de charge de batterie

En plus de maximiser la production d'énergie, les régulateurs MPPT sont capables d'optimiser la charge de la batterie en ajustant la tension du panneau pour correspondre à la tension de charge optimale de la batterie. Cela permet de charger

la batterie plus rapidement et efficacement, tout en évitant les surcharges et les décharges profondes qui peuvent réduire la durée de vie de la batterie.

En revanche, les régulateurs PWM sont moins chers que les régulateurs MPPT et conviennent généralement pour des installations solaires simples où les panneaux sont exposés à des conditions de luminosité constantes et optimales. Ils sont également efficaces pour éviter la sulfatation des plaques de batterie grâce à leurs impulsions haute fréquence. Les régulateurs PWM sont souvent utilisés dans les petites installations solaires domestiques et les systèmes de charge de batterie de loisirs.[4]

I.6.3 Onduleur



Figure I.9: Onduleur

Les convertisseurs sont des appareils servent à transformer la tension continue fournie par les panneaux ou les batteries pour l'adapter à des récepteurs fonctionnant en une tension continue différente ou une tension alternative. L'étude du convertisseur est intéressante dans la mesure où il est utilisé dans la plupart des nouveaux types de sources de production d'énergie (éolienne, photovoltaïque, pile à combustible...).

L'onduleur est un convertisseur statique DC/AC de haute performance et l'un des composants les plus importants dans une station PV, il convertit la tension continue, en tension alternative contrôlée de façon très précise. Dans une station PV la puissance maximale extraite par l'hacheur est convertie en puissance alternative active par l'onduleur. [2]

I.6.4 Batterie :

Dans une installation PV, le stockage correspond à la conservation de l'énergie produite par le générateur PV, en attente pour une utilisation ultérieure. La production d'énergie par les systèmes PV est très fluctuante et dépend énormément des conditions météorologiques. C'est pourquoi il faudra penser à stocker cette énergie pour la restituer pendant la nuit et les jours 'sans soleil' et pour mieux adapter le générateur PV en fixant la tension du système [5]



Figure I.10: Batterie solaire

1. Caractéristiques principales d'une batterie :

Le stockage d'énergie dans les systèmes photovoltaïques est en général assuré par des batteries. Une batterie ou accumulateur est un dispositif qui emmagasine l'énergie électrique via une réaction chimique et qui la restitue sous forme de courant, pour une utilisation ultérieure. Parmi les caractéristiques de la batterie, nous pouvons citer :

1. Capacité nominale : C'est la quantité maximum d'énergie que contient une batterie (sous tension idéale de 25 °C). Elle s'exprime en Ampère heure (Ah). La capacité s'exprime en Ah ou en Wh et revêt suivant son unité différentes significations.

2. Température : Le comportement d'une batterie est spécifié à une température de 27 °C. Des températures plus faibles réduisent leur capacité significativement. Des températures plus hautes produisent une légère augmentation de leur capacité, mais ceci peut augmenter la perte d'eau et diminuer la durée de vie de la batterie [6]

4. Profondeur de décharge : C'est le pourcentage d'énergie maximum que l'on peut tirer d'une batterie. Elle ne doit pas être déchargée au-delà de cette valeur, afin de prolonger sa durée de vie. Par exemple, si une batterie de 100 Ah (pleine capacité) voit sa capacité diminuer de 25 Ah, alors son taux de décharge est 25 % et son taux de charge est 75 %.

.5. Tension nominale : C'est la tension type de la batterie. Elle correspond aussi à la tension de fonctionnement du système autonome.

.7. Taux d'auto décharge L'auto décharge est la perte de capacité en laissant l'accumulateur au repos (sans charge) pendant un temps donné.

.8. Nombre de jours d'autonomie : C'est la durée pendant laquelle une batterie permet de répondre aux besoins de la charge en tout temps, toute seule l'installation en courant, sans être rechargée ni endommagée.[6]

I.6.5 Coffret de raccordement [4]

Le coffret de raccordement est un élément essentiel des installations comportant plusieurs chaînes de générateurs. Il est généralement situé à un endroit centralisé et regroupe les équipements nécessaires pour le raccordement et la protection des chaînes de générateurs.

Les bornes de raccordement sont utilisées pour connecter les câbles des différentes chaînes de générateurs au coffret. Elles permettent de relier les générateurs aux équipements de protection et de surveillance présents dans le coffret.

Les dispositifs de protection contre les surtensions sont installés dans le coffret de raccordement pour protéger les générateurs contre les pics de tension qui peuvent survenir dans le réseau électrique. Ils permettent de limiter les risques de dommages causés aux générateurs et aux équipements électriques associés.

En résumé, le coffret de raccordement du générateur est un élément clé des installations comportant plusieurs chaînes de générateurs, car il regroupe les équipements nécessaires pour le raccordement, la protection et la surveillance des chaînes de générateurs, assurant ainsi un fonctionnement sûr et efficace de l'ensemble du système.



Figure I.11:Coffret de raccordement avec coupe-circuit DC, fusibles et surveillance de chaîne.

I.6.6 Les équipements de protection

- **Fusibles CC** : Dans une installation photovoltaïque, le rôle des fusibles est de protéger les modules photovoltaïques contre les risques de surintensité générés par une défaillance de la charge électrique.

Dans la partie CC, des surintensités apparaissent sous forme de courant retour. Lorsqu'ils sont trop importants, les courants retours peuvent endommager les modules photovoltaïques.

De façon générale, les modules photovoltaïques peuvent supporter un courant retour maximal égal à $2 \times I_{cc}$, mais cela dépend de chaque fabricant. Pour protéger les modules contre les courants retours, il existe plusieurs solutions ; parmi ses solutions l'utilisation des diodes de découplage au niveau de chaque chaîne pour empêcher le courant de circuler en sens inverse. Ce procédé coûte cher et produit de fortes chutes de tension singulières au niveau des diodes ; une autre méthode pratique consiste à installer des disjoncteurs et des fusibles avec un calibre adapté. Les fusibles utilisés doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- Être spécifique à une application en courant continu,
- À fusion rapide,
- Être indépendantes du sens de passage du courant,
- Présenter une tension assignée UN supérieure à la tension maximale du système.[7]

I.6.6.1 Disjoncteur Magnétothermique



Figure I.12:Disjoncteur DC

Un disjoncteur est un appareil de connexion électrique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles du court-circuit ou de la surcharge. C'est un organe électromécanique, de protection, dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réparable.[8]

I.6.6.2 Parafoudre



Figure I.13:Parafoudre

Les parafoudres sont destinés à limiter le niveau des surtensions à un niveau admissible par le matériel électrique. Le niveau de tenue aux chocs est défini par la coordination de l'isolement, norme CEI 664-1. Le parafoudre se comporte en temps normal comme un circuit ouvert. Lors du passage du courant de foudre, il se

transforme en un court-circuit, permettant ainsi de limiter la différence de potentiel dangereuse entre les différents circuits de l'installation.

Les parafoudres peuvent être constitués d'éclateurs, de varistances ou de diodes Zener bidirectionnelles et sont en général raccordés en aval du disjoncteur général de l'installation, entre chaque conducteur et la borne principale de terre par des liaisons aussi courtes que possibles.

- **Caractéristiques d'un parafoudre**

Un parafoudre est conçu en fonction de :

- La configuration de l'installation, (capacité à dissiper l'énergie),
- La tenue aux chocs du système à protéger, (capacité à écrêter la surtension).

Il existe des parafoudres dédiés aux courants forts (Energie) et d'autres destinés aux courants faibles (Mesure, Commande, Régulation, Télécommunication, etc.) et répondent à une application toujours bien définie.

Le parafoudre se caractérise par sa tension admissible U_c , son pouvoir de décharge I_{max} et I_n , ainsi que son niveau de protection U_p . [9]

I.6.6.3 Sectionneur

Les interrupteurs-sectionneurs satisfont les applications d'interrupteurs par la fermeture et la coupure en charge de circuits résistifs ou mixtes, résistifs et inductifs, ceci pour des manœuvres fréquentes.



Figure I.14:Sectionneur électrique

Caractéristiques principales :

- Uni/Bi/Tri/Tétrapolaire ;
- Jusqu'à 1250A sous 1000V (en BT) ;
- Coupure pleinement apparente ;
- N'a pas de pouvoir de coupure.

Exemples d'application :

- Manœuvres ; • Arrêt d'urgence. [10]

I.6.7 Câblage [4]

Le câblage des modules et des chaînes solaires est effectué en utilisant des câbles solaires qui sont doublement isolés, résistants aux UV, flexibles et capables de résister aux conditions atmosphériques extrêmes allant de -40 °C à +120 °C. Pour éviter les pertes de puissance, on utilise généralement une grande section de câble. Pour les installations standards, les sections les plus couramment utilisées sont de 2,5 mm² jusqu'à 4 A et de 4 mm² jusqu'à 8 A.

Pour faciliter le repérage, on utilise des câbles de couleur différente :

- Rouge pour le conducteur positif ;
- Bleu pour le conducteur négatif ;
- Noir pour les autres raccordements.

Un cordon unipolaire est utilisé pour le câblage des modules et des chaînes solaires, avec des sections courantes de 2,5 mm², 4 mm² et 6 mm². Pour le câblage entre le coffret de raccordement et l'onduleur, un câble spécial bipolaire avec de bonnes caractéristiques mécaniques est utilisé. Ce câble peut également avoir un blindage en cuivre de 10 mm², qui est utilisé comme conducteur de compensation de potentiel. Si le câble n'a pas de blindage, il doit être protégé dans un tube métallique.

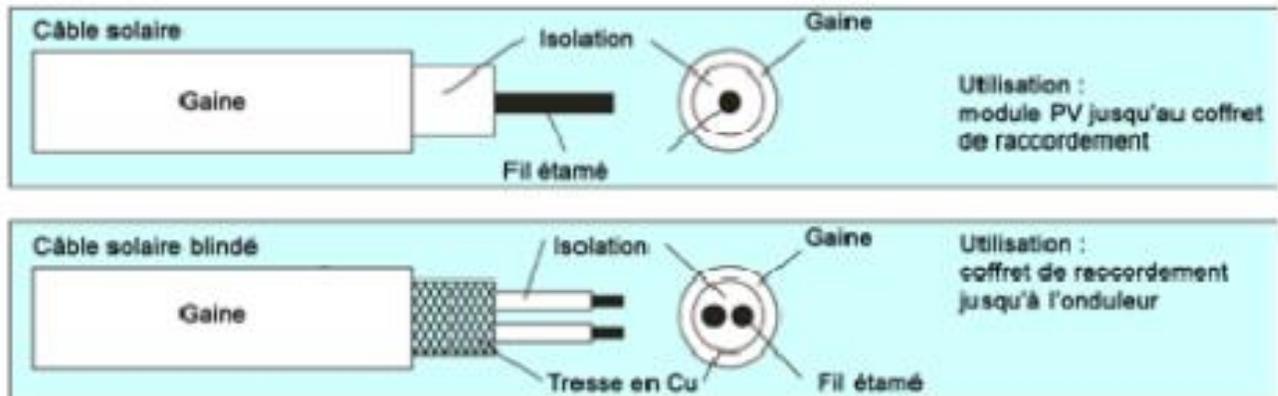


Figure I.15: Câble solaire photovoltaïque.

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit d'une manière générale un système photovoltaïque et ces différents composants qui entrent dans la constitution d'un système PV tels que la cellule et module PV, les matériaux utilisés dans la fabrication de système solaires, les techniques de fabrication, les caractéristiques de performance des cellules solaires. Nous avons également évoqué les différents types de systèmes PV comme le système autonome, raccordés au réseau et hybride et aussi les éléments de protection des Systèmes photovoltaïque.

Chapitre II:DESCRIPTION ET METHODOLOGIE

chapitre II. DESCRIPTION ET METHODOLOGIE

II.1 Introduction

Ces dernières années, de nombreuses technologies prometteuses ont été développées pour exploiter l'énergie du soleil pour diverses applications telles que l'éclairage, le séchage, l'alimentation, etc. La réfrigération est une activité intéressante l'application de l'énergie solaire car le rayonnement incident et le besoin de production de froid atteindre des niveaux maximaux au cours de la même période, en particulier dans les pays en développement, la réfrigération solaire est une priorité de plus en plus reconnue au regard des besoins de conservation des aliments et des vaccins, l'alimentation électrique interrompue et le fait que l'énergie solaire est généralement largement disponible dans ces pays . [12]

Cette recherche présente la conception, la construction et l'essai d'une glacière simple à rayonnement solaire produit au Département des énergies renouvelables, Université Saad Dahlab, Blida 1, pour une utilisation dans la conservation des aliments et des médicaments et dans les zones rurales sans accès au réseau électrique.

II.2 But

La glacière solaire photovoltaïque portable a pour but principal de fournir une solution de refroidissement pratique et écologique lors de déplacements en plein air. Son utilisation est particulièrement adaptée lorsqu'il n'est pas possible de se connecter à une source d'alimentation électrique traditionnelle. Que ce soit lors d'un pique-nique, d'un camping. La glacière solaire offre la possibilité de garder les aliments et les boissons au frais, ce qui est essentiel pour maintenir leur qualité et leur fraîcheur. Les glacières solaires sont utilisées dans le domaine médical pour le transport et la conservation de médicaments et de vaccins sensibles à la température, notamment dans les régions éloignées ou les zones où l'accès à l'électricité est limité.

II.3 Réfrigération solaire [11]

La réfrigération solaire est la technologie du futur dans le domaine du froid, elle se base sur l'exploitation de l'énergie solaire qui est renouvelable pour faire fonctionner des machines frigorifiques et des systèmes de réfrigération conventionnels dans le but de diminuer la consommation de l'énergie électrique obtenue par les énergies fossiles et polluantes.

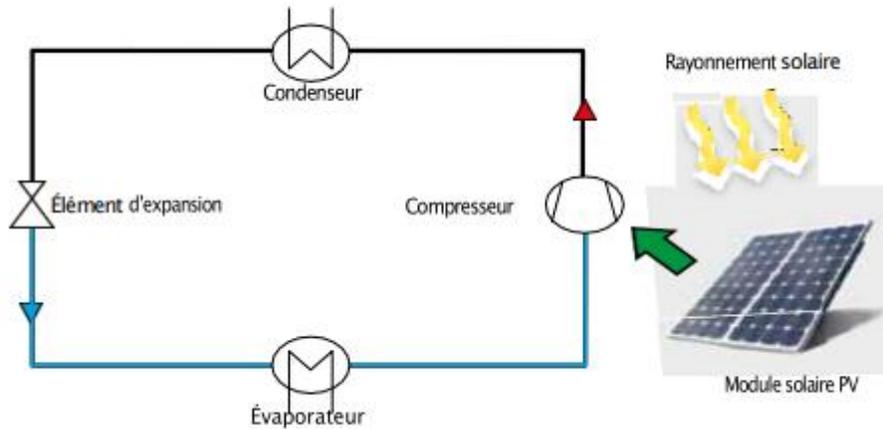


Figure II.16:Machine frigorifique à compression de vapeur

II.4 Réfrigération solaire photovoltaïque

On peut définir le réfrigérateur solaire photovoltaïque comme une machine frigorifique à compression de vapeur que des modules photovoltaïques alimentent en énergie électrique. Les systèmes PV produisent de l'énergie électrique en convertissant l'énergie des photons en électricité. L'enceinte frigorifique fonctionnera grâce à cette énergie verte (voir Figure 17).

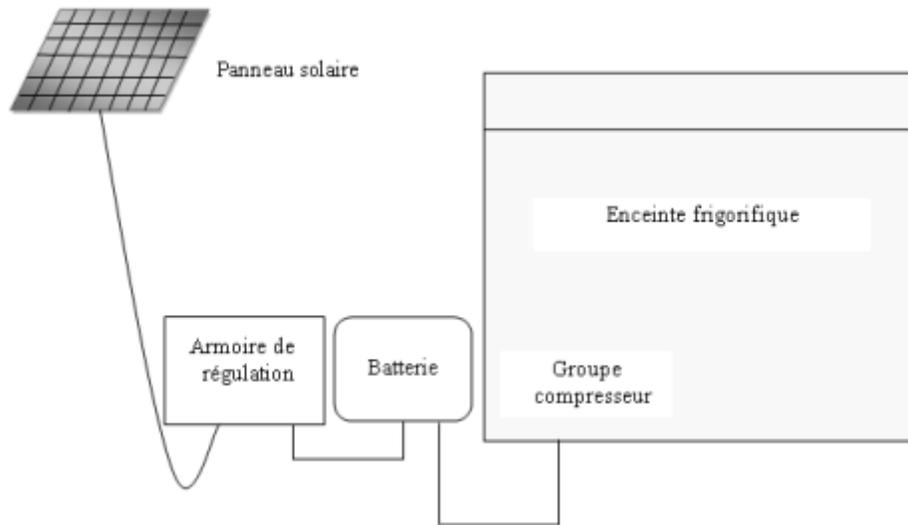


Figure II.17:Schéma d'un réfrigérateur photovoltaïque

La réfrigération à compression de vapeur est le procédé le plus répandu pour la production de froid qui est basé sur la condensation de vapeur d'un fluide frigorigène, suite à une compression, une détente et une évaporation.

Le principe de fonctionnement :

Le principe de la réfrigération solaire est l'alimentation directe des machines frigorifiques avec l'énergie solaire pour faire fonctionner la machine qui a besoin de sources de chaleur chaude et froide.

Un compresseur électrique comprime d'une manière adiabatique le réfrigérant qui sort sous haute pression à l'état gazeux et très chaud (l'échauffement est dû à la compression mécanique). Il traverse le condenseur où il change d'état et devient liquide en perdant une quantité de chaleur, qu'il dégage vers la source chaude. Le réfrigérant liquide se dirige à la même pression HP, vers le détendeur, c'est un petit appareil qui va créer une restriction, c'est-à-dire une chute de pression du fluide frigorigène. La baisse de pression à BP, à la sortie du détendeur, a pour effet de refroidir le liquide

A ce moment du circuit de réfrigération, le fluide réfrigérant est devenu mélange d'environ 15 % en gaz et de 85 % en liquide. Le mélange à basse pression traverse enfin l'évaporateur dans lequel un nouveau changement d'état s'opère dans le sens inverse, la partie du liquide restante redevient gazeuse en absorbant une quantité de

chaleur de la source froide et le cycle se renouvelle.

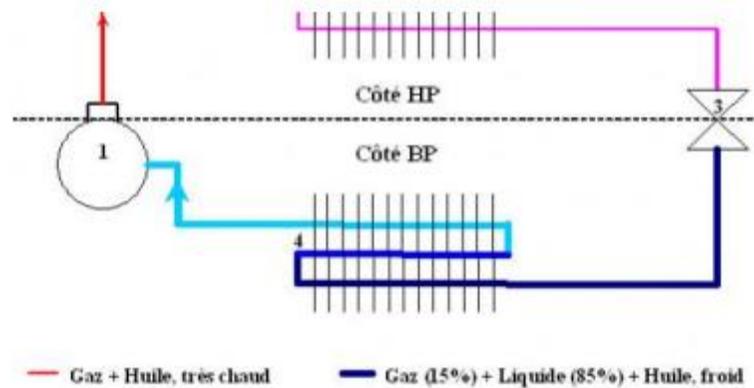


Figure II.18 : Un circuit frigorifique de base

II.5 Réfrigérateur a effet Peltier :

Comme le montre la figure, on fait passer un courant du plus au moins et on s'aperçoit que dans le récipient la glace fond alors que dans le récipient 2 l'eau se congèle c'est dû à l'effet Peltier .

- Récipient 1 la jonction fer cuivre fonctionne comme un générateur électrique.
- Récipient 2 le phénomène est alors inverse. De l'énergie électrique transportée par la charge se transforme en chaleur et est cédée à l'eau et la glace.

L'effet Peltier est la transformation qui a lieu lorsqu'un courant traverse la jonction de deux métaux différents.

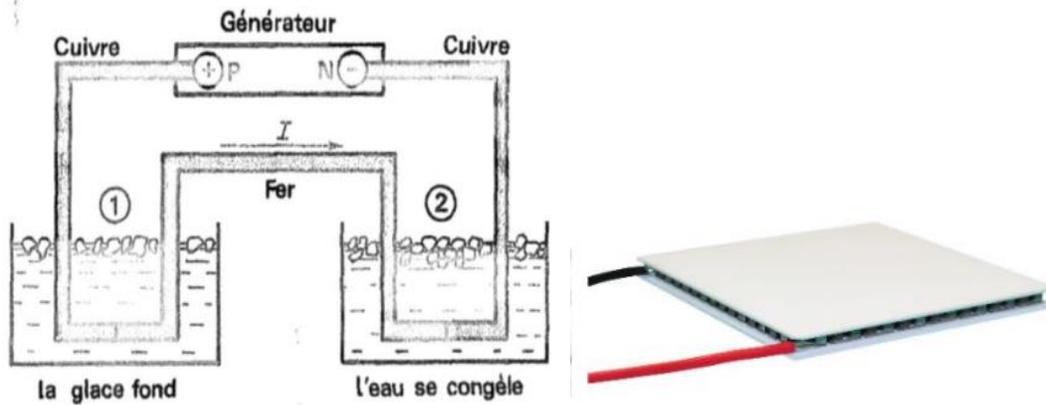


Figure II.19:effet Peltier

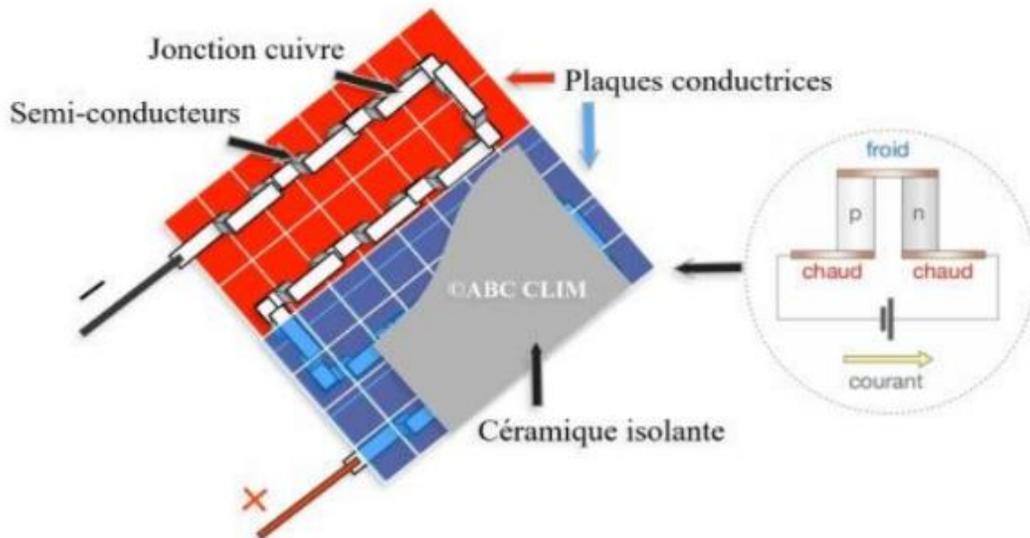


Figure II.20:principe de Peltier

L'utilisation la plus commune c'est dans les petits réfrigérateurs, les glacières 12 V, ou encore l'électronique pour le refroidissement des processeurs. On utilise également cette technologie dans les laboratoires médicaux pour le refroidissement des solutions d'analyses biologiques ou en hôpital pour le transport d'organes par exemple, D'autres domaines utilisent l'effet Peltier comme l'aéronautique, l'astronomie, le spatial pour refroidir les caméras et les systèmes électroniques embarqués l'industrie militaire utilise aussi ce type de refroidissement pour le guidage infrarouge des missiles.[13]

II.6 Dimensionnement d'une installation photovoltaïque

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque consiste à déterminer la taille et la capacité des composants nécessaires pour répondre aux besoins en énergie électrique d'un système spécifique. L'objectif principal du dimensionnement est d'assurer que le système photovoltaïque peut produire suffisamment d'énergie pour alimenter les charges électriques prévues, en fonction des conditions d'ensoleillement et de la consommation d'énergie.

- **Procédures du calculs**

1. Consommation énergétique

Un système bien adapté nécessite l'évaluation de la puissance électrique des applications à alimenter.

L'énergie nécessaire s'exprime par :

$$E_c = P \times t$$

Avec :

E_c : énergie consommée

P : puissance de fonctionnement de l'appareil

t : temps d'utilisation

2. Puissance d'onduleur :

$$p = \frac{P_t * 1.25}{\eta}$$

3. Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque (mémoire achouak

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en watt. De façon générale :

Tableau I.1:Tension du champ

Puissance crête (Wc)	Moins de 500 (Wc)	De 500 (Wc) à 2000 (Wc)	De 2000(Wc) à 100000(Wc)
Tension de champ (V)	12	24	48

4. Dimensionnement de la capacité de batterie :

Pour réaliser le dimensionnement des batteries, on procède de la façon suivante

- On calcule l'énergie consommée (E_j) par les différents récepteurs.
- On détermine le nombre de jours d'autonomie nécessaires.
- On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé.
- On calcule la capacité (C) de la batterie en appliquant la formule ci-dessous :

$$C = \frac{E_j * N}{U * DOD}$$

Tel que :

C : capacité totale du champ de batterie en ampère. Heure (Ah)

E_j : énergie consommée par jour (Wh/j)

N : nombre de jour d'autonomie

DOD : décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb)

U : tension de la batterie (V)

5. Choix de panneaux :

Cette étape est pour trouver la puissance nécessaire de panneau a utilisé et la formule de calcul comme ci-dessous :

$$P_{ch} = \frac{E_j * N}{I_r}$$

$$N_p = \frac{P_{ch}}{P_p * 0.8}$$

6. Choix de régulateur :

Pour adapter

$$I_e = I_{cc} * 1.25$$

$$V = V_{systeme}$$

Application numérique

Tableau 2:Besoins énergétiques

Appareils	Puissance(W)	Temp(h)	Energies (Wh)	
Glacière électrique	50	8	400	
Téléphone portable	20	2	40	
Lampe	11	5	55	
Puissance totale	81		495	Energie journalière

✓ Si on veut utiliser un dispositif de courant alternative on peut ajouter un onduleur dans notre système On calcule :

II.6.1.1 La puissance d'onduleur :

$$P = \frac{81 * 1.25}{0.8} = 129.6W$$

Ça veut dire on a un système de 12V

II.6.1.2 Choix de batterie :

$$C = \frac{495}{12 * 0.8} = 51.56Ah$$

II.6.1.3 Choix de panneaux :

$$P = \frac{495}{5} = 99W$$

1. Matériels utilisés

Pour les besoins d'étude, nous avons utilisé le matériel didactique et autre suivant :

Une glacière à effet Peltier



Figure II.21:Glacière à effet Peltier

- Glacière sac isotherme – idéal pour le camping, les voyages et achats.
- Capacité (capacité brute): env.15 litres max.
- Pour toutes les bouteilles standard de 0,5 / 0,75 / 1,0 litre.
- Refroidissement uniforme à l'aide d'un ventilateur externe.
- Refroidi jusqu'à 12 ° C max. en dessous de la température ambiante.
- Système de refroidissement **Peltier** puissant et sans entretien.
- Matériau durable (résistant aux éclaboussures).
- Isolation de haute qualité.
- Compartiment principal avec fermeture à glissière et 3 compartiments de rangement externes supplémentaires.
- Intérieur facile à nettoyer.
- Bandoulière réglable pour un grand confort.
- Sac isotherme pliable (gain de place).
- Accessoire: câble de câble de raccordement 12 V pour le fonctionnement en voiture.
- Alimentation: DC 12 V, 50 W.

Un Panneau photovoltaïque :

L'utilisation d'un panneau solaire pliable pour une glacière solaire est une excellente idée si vous souhaitez une solution portable et pratique. Les panneaux solaires pliables sont conçus pour être légers, compacts et faciles à transporter, ce qui les rend idéaux pour une utilisation en extérieur.

Nous n'avons malheureusement pas la chance d'acheter ce panneau à cause de la suspension de leur importation, c'est ce qui nous a incité à la remplacer par un panneau non pliable.

Choix de panneau :

Tableau 3:Les caractéristiques du module solaire

Référence de module	Dimel/5150-008
P(W)	100
Vco(V)	22.4
Icc(A)	5.95
Vmax(V)	5.62
Imax (A)	17.8



Figure II.22:Panneau poly cristallin

Régulateur de charge de batterie

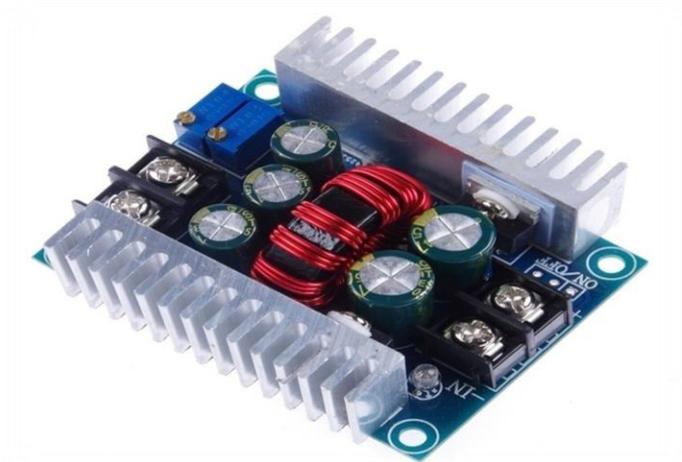


Figure II.23:Régulateur de charge de batterie

Ce module de tension abaisseur avec une large plage de tension d'entrée de 6V à 40V, le convertisseur abaisseur peut ajuster avec précision la tension de sortie et le courant.

- **Capteur de température :**

Afin de déterminer la température de fonctionnement de la glacière, nous avons utilisé un capteur numérique de température et d'humidité calibré en usine, Le capteur DHT22 ou AM2302 se compose d'un microprocesseur qui utilise un capteur d'humidité capacitif, pour mesurer l'humidité relative de l'air, plus la valeur est proche de 100%, plus la température mesurée est humide. Environnement comprend également une thermistance pour mesurer l'air ambiant et en calculer la température, affiche les données à l'aide d'un signal numérique sur la broche de données.

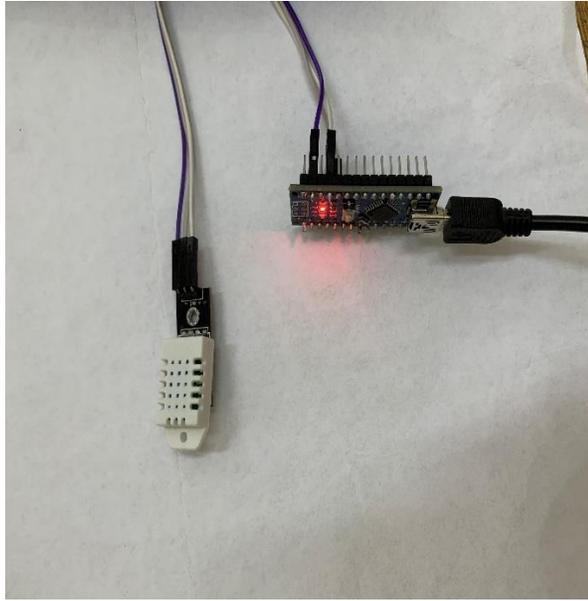


Figure II.24:capteur de température

Batterie solaire :

Le fonctionnement d'un système autonome qui n'est pas connecté au réseau public, a besoin de stockage de l'électricité pour les périodes non ensoleillées, nous avons utilisé une batterie solaire comme le montre la figure ci-dessous.

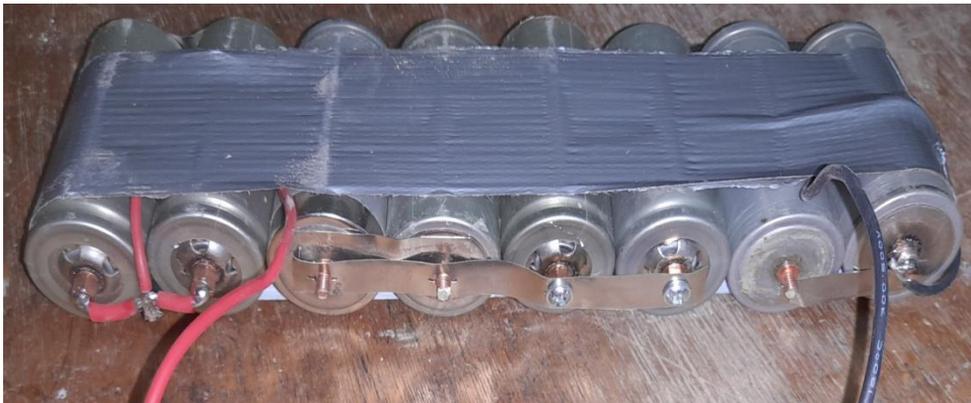


Figure II.25:Batterie solaire

Ses caractéristiques sont :

- Tension 12 V
- 40Ah

Elle pourra faire fonctionner le système jusqu'à **12** heures d'autonomie.

Onduleur

On a trouvé un convertisseur DC/AC de 300W, il convient à notre système autonome



Figure II.26: Convertisseur onduleur

Multimètre :

Un multimètre est un ensemble de composants électroniques qui indiquent la tension, le courant et la résistance, il fait office de voltmètre, ampèremètre et ohmmètre assemblés dans un seul dispositif. Nous avons utilisé deux multimètres dans nos expérimentations un comme voltmètre et l'autre comme ampèremètre.

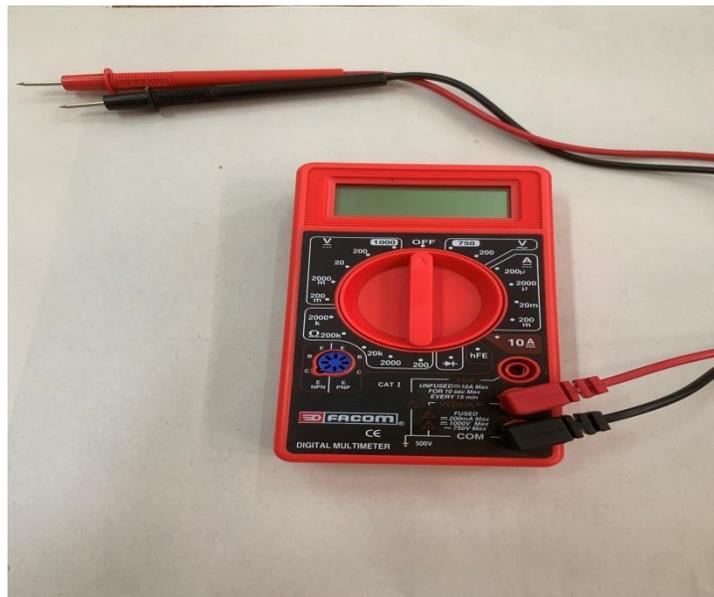


Figure II.27: Multimètre

II.7 Conclusion :

La conception et le dimensionnement d'une glacière solaire photovoltaïque sont des aspects essentiels pour garantir son bon fonctionnement et son efficacité énergétique. L'utilisation de matériaux de qualité et une évaluation précise de la demande énergétique sont indispensables pour obtenir une glacière solaire performante et fiable, offrant une solution de refroidissement écologique et économique dans les zones hors réseau électrique.

Chapitre III:RESULTATS ET DISCUSSION

chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Introduction :

L'étude qui a été menée portait sur l'investigation du refroidissement solaire pour préserver les fournitures à consommer pendant une plus longue période, en particulier notre nourriture et aussi les médicaments

La méthodologie expérimentale concerne les différentes étapes et les appareils utilisés pour la réalisation des mesures.

III.2 Étapes de construction :



Figure III.28:Batterie solaire en parallèle



Figure III.29:Batterie solaire en série

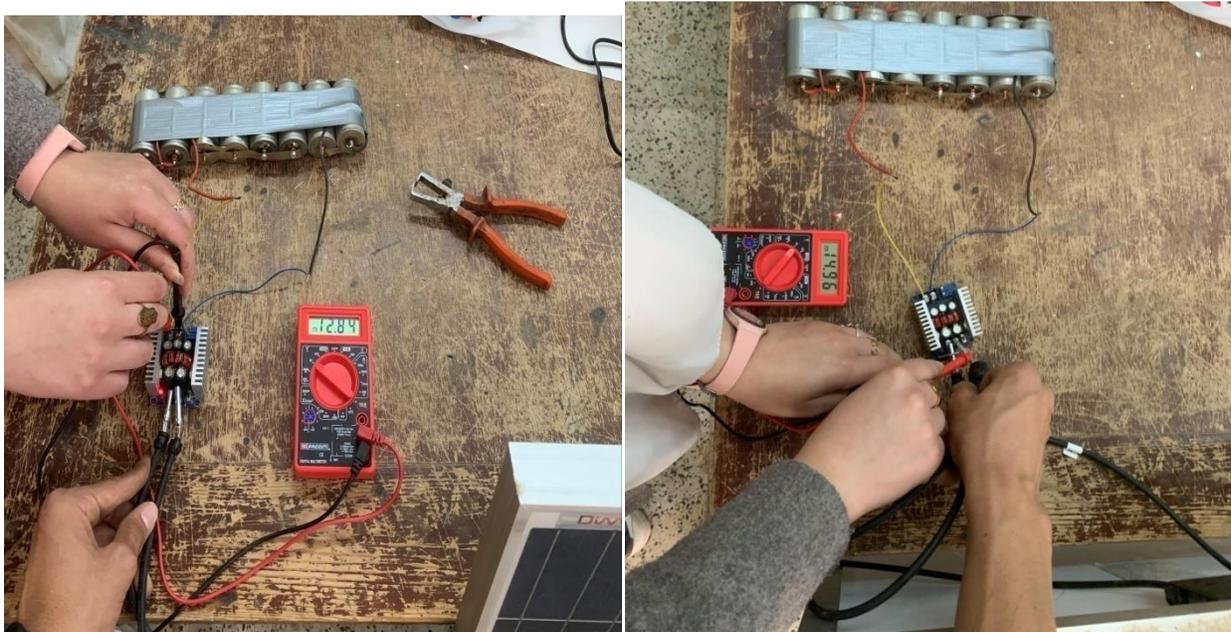


Figure III.30:Réglage de la tension du régulateur de la charge de batterie

D'abord on a branché le module PV avec la glacière directement et obtenir les résultats de tension suivante :



Figure III.31:Fonctionnement d'une glacière solaire par un panneau poly cristallin

III.3 Discussion de résultat :

La glacière fonctionne proprement avec la tension donnée par le module photovoltaïque 21.1V sous les conditions climatiques de jour qui est bien éclairé ça veut dire la tension et dépend à l'éclairement alors il faut prendre en considération l'éclairement faible qui diminue la tension nécessaire pour le fonctionnement de glacière, et la surtension de module qui peut endommager la glacière, donc il faut mettre en considération deux solutions pour ces deux problèmes

III.3.1 Glacière fonctionne avec régulateur de charge de batterie :

En utilisant un régulateur de charge dans le circuit de réfrigération solaire, vous pouvez protéger votre installation contre les surtensions potentielles qui pourraient endommager les composants électriques et les batteries. Cela contribue à maintenir la stabilité du système et à prolonger sa durée de vie.



Figure III.32: Fonctionnement d'une glacière solaire

III.3.2 Glacière fonctionnant avec batterie :

L'utilisation d'une batterie de stockage permet d'assurer un approvisionnement continu en électricité pour le fonctionnement de la glacière solaire, même pendant les périodes de sous-éclairage. Cela garantit que les aliments et les boissons restent correctement réfrigérés, même lorsque les conditions d'ensoleillement sont moins favorables.



Figure III.33: Glacière solaire avec batterie

Pour vérifier l'efficacité de la glacière, nous avons mesuré la température en

fonction du temps, ce qui nous a donné les résultats suivants :

Tableau 4: mesure de température en fonction du temps

Temps (H)	Température(C°)
10 :45AM	27.40
11 :00AM	25.40
11 :15AM	16.10

- Les résultats des températures ont confirmé que le réfrigérateur est capable de réduire la température de 12 degrés, ce qui a un impact positif sur le contenu interne du réfrigérateur.

III.3.3 Système autonome:

Lorsqu'on utilise un onduleur dans un système autonome de réfrigération solaire, le courant continu provenant des batteries est envoyé à l'onduleur, qui le convertit en courant alternatif compatible avec nos charges AC. L'onduleur fournit alors une alimentation électrique stable et de qualité à notre réfrigérateur ou à tout autre équipement fonctionnant sur le courant alternatif.



Figure III.34: système autonome appliqué à une glacière solaire

III.4 Estimation des coûts :

Tableau 5: Coûts d'une glacière solaire photovoltaïque

Matériels	Prix (DA)
Glacière	10900
Module poly cristallin	16000
Régulateur de charge de batterie	2300
Batterie solaire	4600
Convertisseur DC/AC	5500
Câbles	100
Totale	39400

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre III, nous avons présenté le protocole expérimental suivi ainsi que les résultats des mesures effectuées sur la glacière sous différentes conditions d'alimentation en électricité par panneaux, par batterie, et on cas de besoin de charge AC on ajoute un onduleur convertisseur DC/AC

Elles mettent en évidence l'intérêt indéniable de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque pour l'exploitation des glacières solaires dans les zones rurales sans accès à l'électricité. Cette technologie offre une solution durable, économique et respectueuse de l'environnement pour répondre aux besoins de refroidissement, contribuant ainsi à améliorer les conditions de vie et la disponibilité des denrées alimentaires et de produits pharmaceutiques a conservé.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de cette initiative consiste à utiliser l'énergie solaire pour maintenir la chaîne du froid des médicaments et des aliments, en particulier dans les régions isolées. Des études ont démontré qu'un système solaire abordable et facile à mettre en place peut résoudre les problèmes liés au transport et à la distribution des médicaments et des aliments nécessitant une température de conservation spécifique dans ces régions.

Les expériences menées ont démontré la faisabilité d'un système de réfrigération thermoélectrique. En effet, le dispositif a été soumis à des tests en utilisant uniquement des panneaux solaires photovoltaïques, uniquement une batterie, ainsi que la combinaison de la batterie et des panneaux solaires. Dans chaque cas, il a été observé que ce système d'une puissance de 50 W était capable de réduire la température de 8 à 10 °C sans avoir besoin d'une alimentation électrique externe.

L'évolution de la vie et de ses besoins entraîne une demande croissante en énergie, ce qui a malheureusement conduit à une pollution de la planète qui est difficilement réversible. Par conséquent, il est impératif de privilégier l'utilisation des énergies propres et renouvelables dans tous les secteurs afin de préserver notre environnement.

Reference bibliographique

- [1] S. Arab, D. Toudert « Étude d'un Système Photovoltaïque » mémoire de master université Mouloud MAAMRI tizi ouzou,2017)
- [2] Meghellet Hanine, Hocine Lynda « Contribution à l'étude d'un système photovoltaïque » Université Colonel Akli Mohand-Oulhadj Bouira, 2018
- [3] MEZIANI Zahra, « Modélisation De Modules Photovoltaïques », Mémoire De Magister, Université De Batna,2012
- [4] Sofiane FELLOUAH, Siham MESBAHI, « Etude D'un Système Photovoltaïque Connecte Au Réseau » mémoire de master Université Mouloud MAMMERI De Tizi-Ouzou,2015.
- [5] C. SEMASSOU, « Aide A La Décision Pour Le Choix De Sites Et Systèmes Energétiques Adaptes Aux Besoins Du Benin », Thèse de doctorat en mécanique, Université de Bordeaux 1, France, 15 décembre 2011.
- [6] BABEKER Mansour ; DARI Abdelouhab, « Etude d'une installation photovoltaïque pour une habitation domestique », Mémoire MASTER ACADEMIQUE, Université Kasdi MERBAH Ouargla, 2021.
- [7] BENLAACHI Salah, KHECHAFI Sofiane, « Calcul et dimensionnement électrique d'une mini centrale photovoltaïque autonome », Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur, 2019
- [8] Support de cours, « Schémas et Appareillage électrique », Dr BENAIRE D Nouredine, 2014
- [9] Positron libre, « Guide Schéma Electrotechnique et Electricité », Apprendre et Comprendre le Schéma en Electricité Industrielle et Electrotechnique
- [10] Support de cours, « Schémas et Automates programmables », Dr Mesaoud MOHAMMEDI, 2012
- [11] Gamni Abdelkader, « Etude et simulation d'un système photovoltaïque connecté au réseau électrique (étude de cas réseau d'Adrar) », mémoire de master, Université d'Adrar,2012

[12] Ityona AMBER «Design, construction and testing of solar adsorption refrigerator using synthesized zeolite A and water adsorbent/adsorbate pair. », article en «advanced materials research» Octobre 2011.

[13] TAHER Abdelhamid Ayyoub, LADOUALI Bilal« Etude de la chaine de froid dans la conservation des vaccins (réfrigérateur solaire) » mémoire de master , Université Larbi Ben M'Hidi Oum-El-Bouaghi, Juillet 2022