

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
CENTRE UNIVERSITAIRE SALHI AHMED– NAAMA



INSTITUT DES TECHNOLOGIES  
DÉPARTEMENT DE Génie Electrique

# MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

**Energie renouvelable**

*Option : Energie renouvelable en Électrotechnique*

**Intitulé :**

---

## ÉTUDE ET DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE DU BLOC ADMINISTRATIF Faculté ST

---

**Présenté par :**

**AMANI KEBIR**

**ALLALI NOUR ELHOUDA**

**BELKHITER NADA ISRAA**

*Soutenu le : 22/06/2023*

*Devant le Jury :*

*M.brahimi Mohamed*

*MCA*

*Centre Universitaire Naâma*

*Président*

*M.Toumi Khalid*

*MCB*

*Centre Universitaire Naâma*

*Encadreur*

*M. Habchi Yacine*

*MCA*

*Centre Universitaire Naâma*

*Examineur*

Naâma – Algérie - 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## *Remerciements*

Tout d'abord, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la force, le courage, la confiance, la volonté et la patience pour faire ce travail. Nous exprimons également notre profonde gratitude à nos chers parents pour leurs encouragements, leur soutien et les sacrifices qu'il sont endurés.

Nous voulons exprimer notre gratitude à notre encadreur Mr. KHALID TOUMI pour avoir proposé et diriger ce travail. Son soutien, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de cette recherche.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'il sont porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions également nos parents, et tous les membres de la famille pour leur soutien moral durant toute la durée de préparation du diplôme de Master.

Enfin Nous remercions également tous nos amis d'être restés à nos côtés tout au long de la période de travail.

*Merci à tous.*



# Dédicace

Toute d'abord je remercie Allah qui m'a donné du courage Atteindre la fin du projet.

Je dédie ce travail à :

Mes parents : FAIZA BOUZEROUATA et KHALIFA KEBIR, qui étaient toujours là pour moi dès mon enfance, grâce à eux que j'ai pu atteindre ce succès.

À Mon cher frère : DR. OUSSAMA ISSAM EDIN.

À ma chère sœur jumelle : BOCHRA NAZIHA.

À mon professeur : Mr KHALID TOUMI.

À mes cousines : DR. WISSAL AGHAMIR et WISSAM.

À ma chère tante : ZAZA et DALILA BOUZEROUATA.

À mon grand père et ma grande mère : ABDELAH BOUZEROUATA et BENDEBICHE YAMINA.

À Mon Amie et ma Chérie : KAWTHER BELAABED.

À ma chère amie : ZINEB LAGRAA et TEKHISSI DJIHANE.

Ainsi que mes professeurs qui m'ont beaucoup aidé. Les enseignants de l'université Je vous dis merci et pour tous Qui m'ont aidés de loin ou de près pour la réalisation de ce projet.

À mon trinôme : NADA BLKHITER et NOUR ELHODA ALLALI, je vous souhaite le courage et le succès dans votre vie.

À toute ma famille.

À tous mes amis et collègues sans exception.

À toute la promotion énergies renouvelables en électrotechnique

Amani Kb



# Dédicace

Je dédie cet humble travail :

À ma mère KARIMA ISMAIL, fruit de vos nombreuses années de sacrifice, je te remercie pour ton soutien durant toutes ces années scolaires pour m'avoir en courage.

À mon cher oncle : BOUALEM SMAIL.

À ma cousine : MERIE SMAIL.

À mon cher frère : HAKIM SMAIL.

À mon trinôme : AMANI KEBIR et NADA BELKHITER.

À Notre encadreur : KHALID TOUMI.

À mes amies : IKRAM ALIOUA et AYA AMRANI.

À tout ma Famille.

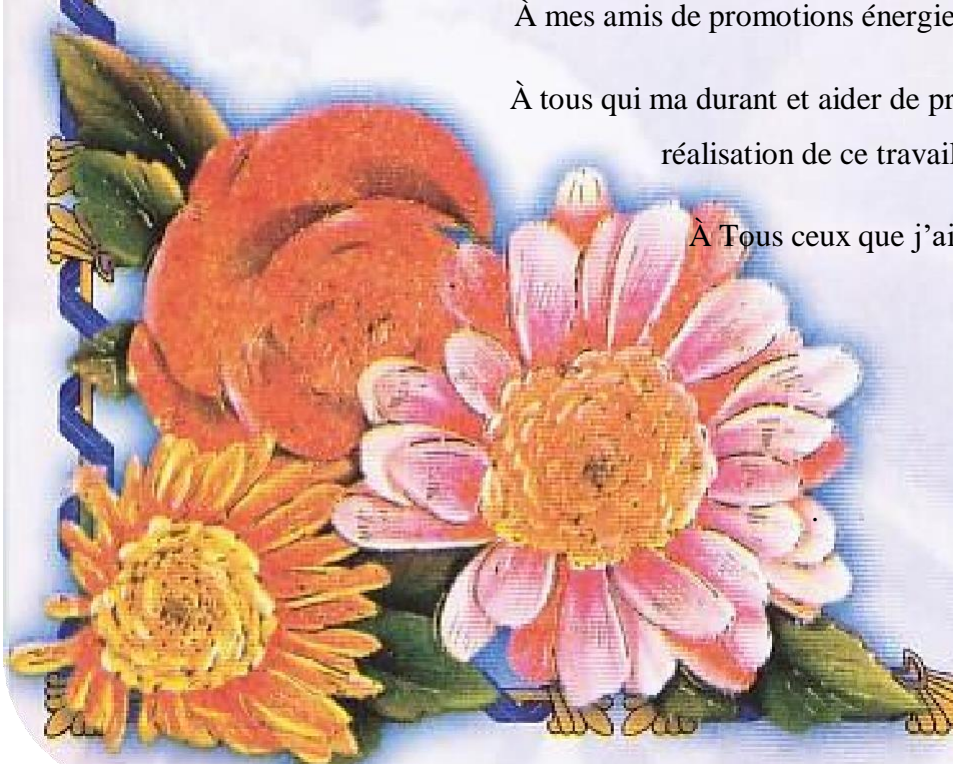
À mes Enseignants du Master.

À mes amis de promotions énergies renouvelables.

À tous qui ma durant et aider de prêt ou loin pour la réalisation de ce travail.

À Tous ceux que j'aime.

Nour Elhouda Allali



# Dédicace

Je dédie ce travail à :

À mes très chers parents, source de vie d'amour et d'affection.

À mes chers frères : MOHAMED ILYES ET DJAWAD ET  
YASSER.

À ma sœur : MARWA BELKHITER.

À tout ma famille, source d'espoir et de motivation.

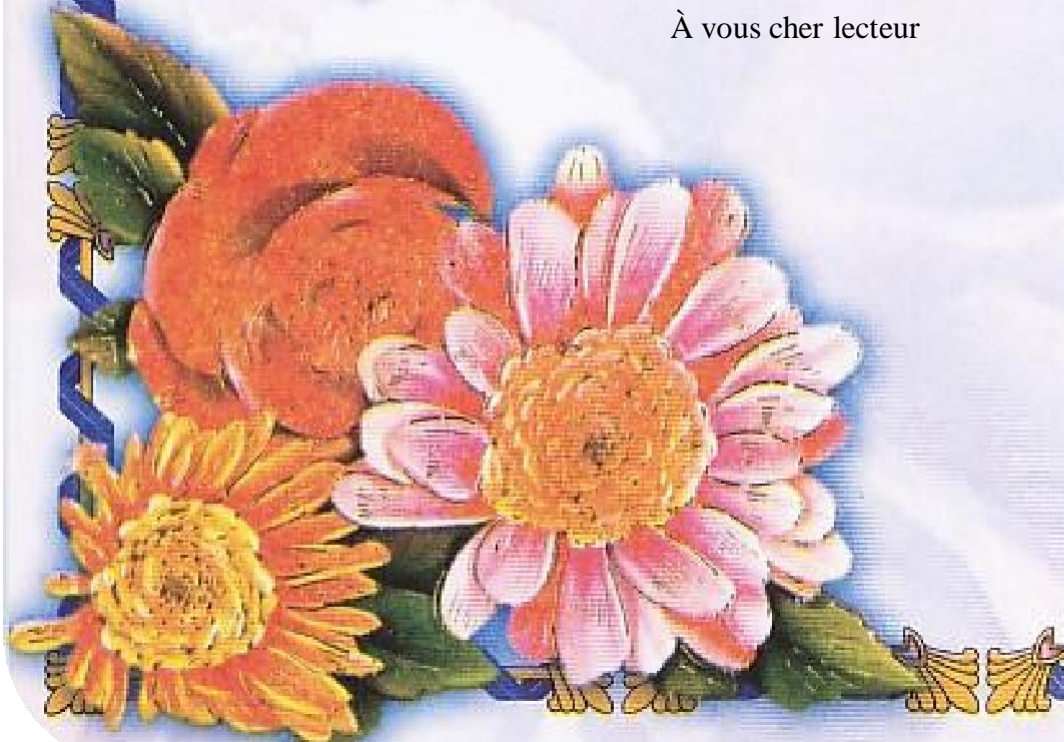
À ma cousine : BELABES IKRAM.

À mes amis : IKRAM ALIOUA ET AYA AMRANI.

À mon trinôme : AMANI KEBIR ET NOUR ELHODA  
ALALI.

À vous cher lecteur

Nada Israa



## Résumé

Dans ce mémoire se focalise sur l'étude et dimensionnement de système photovoltaïque autonome pour alimenter le bloc administratif de l'instituée de science et technologie au centre universitaire SALHI AHMED a NAAMA.

L'objectif de ce travail à fin de déterminer la puissance maximal pour avoir un bon rendement dans ce système de stockage de l'énergie solaire photovoltaïque.

Donc nous avons procédés aux calculs de dimensionnement avec deux méthodes à savoir :

Analytique et logiciel PV système ; afin de déterminer les nombres de différentes composantes photovoltaïques, et pour visualise la variation du courant et de la tension et nous avons utilisé le logiciel Matlab Simulink et logiciel ETAP pour visualise l'écoulement de puissance.

L'analyse économique a permis d'évaluer les couts d'investissements de l'installation du système de stockage par l'énergie solaire photovoltaïque.

**Mots clés : Energie photovoltaïque, Système solaire, PV SYSTEME, Analyse économique.**

## Abstract

In this thesis focuses on the study and sizing of an autonomous photovoltaic system to supply the administrative block of the institute of science and technology at the SALHI AHMED university center in NAAMA.

The objective of this work to determine the maximum power to have a good performance in this photovoltaic solar energy storage system.

So we proceeded to the sizing calculations with two methods, namely:

Analytics and software PV system; to determine the numbers of different photovoltaic components, and to visualize the variation of current and voltage and we used Matlab Simulink software and ETAP software to visualize the power flow.

The economic analysis made it possible to evaluate the investment costs of installing the storage system using photovoltaic solar energy.

Keywords: Photovoltaic energy, Solar system, PV SYSTEM, Economic analysis.

## ملخص

تركز هذه الأطروحة على دراسة وتحديد حجم النظام الكهروضوئي المستقل لتوفير الطاقة في الجناح الإدارية لمعهد العلوم والتكنولوجيا في مركز جامعة الصالحي أحمد النعامة. الهدف من هذا العمل هو تحديد الطاقة القصوى للحصول على أداء جيد في نظام تخزين الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

لذلك انتقلنا إلى حسابات التحجيم بطريقتين ، وهما:

نظام التحليلات والبرمجيات الكهروضوئية ؛ لتحديد عدد المكونات الكهروضوئية المختلفة ، وتصور تباين التيار والجهد ، واستخدمنا برنامج Matlab Simulink وبرنامج ETAP لتصور تدفق الطاقة.

أتاح التحليل الاقتصادي تقييم تكاليف الاستثمار لتركيب نظام التخزين باستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

**الكلمات المفتاحية: الطاقة الكهروضوئية ، النظام الشمسي ، النظام الكهروضوئي ، التحليل الاقتصادي.**

---

---



---

## SOMMAIRE

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Sommaire.....	IV
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	X
Abréviations.....	XV
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b><u>Chapitre I : Généralités sur le system photovoltaïques</u></b>	
I.1.Introduction.....	3
I.1.L’histoire de l’énergie solaire.....	3
I.2.1. Qu’est-ce que L’énergie solaire.....	3
I.2.2. L’origine de l’énergie solaire.....	3
I.3. Les centrales à l’énergie solaire.....	5
I.4. Situation d’énergie en Algérie.....	5
I.5. Le fonctionnement des panneaux solaires.....	6
I.6. Les différentes installations photovoltaïques.....	6
I.6.1. Les installations sur site isolé.....	6
I.6.2. Les installations raccordées au réseau de distribution public.....	7
I.7. Les avantage et les inconvénients de system PV.....	8
I.7.1. L’avantage photovoltaïque.....	8
I.7.2. Les inconvénients de photovoltaïque.....	8
I.7.3. Technologie.....	9
I.8.1. Cellule photovoltaïque.....	9
• Historique.....	9
• Structure physique.....	10
• Fonctionnement.....	11
I.8.2. Module solaire ou photovoltaïque.....	11
I.8.3. Constitution d’un champ photovoltaïque.....	12
I.8.4. Onduleur.....	13

---



---

---

I.8.4.1. Type d'onduleur.....	13
I.8.5. Régulateur .....	14
I.8.5.1. Type de régulateur .....	15
I.8.5.2. Régulateur solaire PWM à LED .....	15
• Régulateur solaire PWM avec écran LCD.....	15
• Régulateur solaire MPPT.....	15
• Régulateur solaire PWMDUO .....	16
• Régulateur solaire PWM crépusculaire .....	16
I.8.6. Batteries.....	17
I.8.6.1. Les deux Principe aux caractéristiques des batteries.....	17
I.8.6.1.1. Les différents types de batteries .....	17
• Batterie plomb-acide .....	17
• Batterie NICD (Nickel-Cadmium) .....	18
• Batterie NIMH (Nichel-Metal-Hydrure).....	18
• Batterie Li-ion(Lithium-ion) .....	19
• Batteries GEL.....	19
I.9. Câblages .....	20
I.10. Technologie de capteurs.....	21
I.10.1. Comparaison des trois principales technologies des capteurs.....	21
Monocristallin.....	21
• Poly cristallin.....	21
• Amorphe .....	22
I.11. Conclusion.....	22
<b><u>Chapitre II : Dimensionnement du système photovoltaïque</u></b>	
II.1. Introduction .....	23
II.1.1. Objectif général .....	23
II.2. Etapes pour dimensionner l'installation .....	23
II.3. Méthode de dimensionnement .....	23
II.3.1. Méthode de la probabilité d'erreur dans la consommation .....	23
II.3.2. Méthode du mois le plus défavorable .....	23
II.3.3. Méthode de la moyenne annuelle .....	24
II.3.4. Méthode LPSP .....	24

---

---

II.3.5. Méthode des heures équivalentes .....	24
II.4. Calcul de la consommation énergétique .....	25
II.4.1. Les besoins de l'application en énergie .....	26
II.4.1.1. Besoins de l'utilisation des différents appareils .....	26
II.4.2. Le coefficient de perte .....	28
II.4.2.1. Irradiation moyenne dans l'année(logicielPVsyst7.3) .....	29
II.5. Détermination et importance de l'orientation et d'inclinaison des panneaux .....	30
II.5.1. Orientation et inclinaison .....	31
II.6. Détermination de la puissance crête des panneaux.....	32
II.6.1. Calcul pratique de la puissance photovoltaïque .....	33
II.6.2. Calcul du nombre de panneaux .....	33
a. Le nombre de modules connectés en série .....	34
b. Le nombre des modules connectés en parallèle .....	34
II.7. Dimensionnement et calcul du nombre de batterie .....	35
II.7.1. Dimensionnement de batterie.....	35
II.7.2. Calculer la capacité de batterie .....	36
II.7.3. Le nombre de batterie .....	36
• Nombre des batteries en série.....	36
• Nombre des batteries en parallèle.....	36
• Nombre des batteries totales .....	37
II.8. Dimensionnement du régulateur et de l'onduleur .....	37
II.8.1. Régulateur .....	37
II.8.2. Onduleur.....	38
II.9. Dimensionnement des câbles .....	40
a- Résistance du câble .....	41
b- Chute de tension .....	41
c- Section de câble .....	41
II.9.1. Capelage de système .....	41
II.10. Étude de faisabilité.....	44
II.11. Conclusion.....	44
<b><u>Chapitre III : Etude des composants par simulation</u></b>	
III.1. Introduction .....	45

---

III.1.1. Branchement de (72) cellule .....	45
III.2. Présentation du logiciel de simulation PVSYST .....	48
III.3. Présentation du logiciel de simulation logiciel ETAP 12.6.....	56
III.3.1. Simulation et rapport .....	57
III.4. Conclusion.....	60
III.5. Recommandation .....	61
III.6. Cahier des charges .....	63
III.6.1. Présentation.....	63
III.6.2. L'objectif.....	63
III.6.3. Dimensionnement.....	63
III.6.4. Description .....	63
III.6.5. Cout des différents appareils.....	64
III.6.6. Le rôle des composants.....	64
III.7. Conclusion générale.....	65
Annexes 1 .....	66
Annexes 2 .....	67
Bibliographie .....	68

---

## LISTE DES TABLEAUX

	Tableau	page
<b>Tableau II.1</b>	La consommation totale	26
<b>Tableau II.2</b>	Les besoins du système PV dans les temps	28
<b>Tableau II.3</b>	Les différents types des pertes	28
<b>Tableau II.4</b>	Irradiation moyenne dans l'année(logicielPVsystem7.3)	29
<b>Tableau II.5</b>	Choix de l'inclinaison	31
<b>Tableau II.6</b>	Les caractéristiques du module photovoltaïque Condor type CEM-320M-72 monocristallin (Annexe)	32
<b>Tableau II.7</b>	La tension de fonctionnement du champ PV	33
<b>Tableau II.8</b>	Caractéristique des batteries	36
<b>Tableau II.9</b>	Nombre des batteries	37
<b>Tableau II.10</b>	Résumé de système photovoltaïque	40
<b>Tableau II.11</b>	La section normalisée correspondant	42
<b>Tableau II.12</b>	Les caractéristiques du câblage	43
<b>Tableau III.1</b>	les besoins d'utilisateur de notre système.	49
<b>Tableau III.2</b>	Configuration d'un système.	50
<b>Tableau III.3</b>	caractéristique techniques de la batterie utilisée dans le système.	51
<b>Tableau III.4</b>	Paramètres de simulation d'une centrale PV (technologie silicium monocristallin).	53
<b>Tableau III.5</b>	Énergie utile produite par le PV (à la sortie de l'onduleur).	54
<b>Tableau III.6</b>	Bilans et résultants principaux du site de bloc administratif. W Naama	55
<b>Tableau III.7</b>	Diagramme des pertes.	56
<b>Tableau III.8</b>	caractéristique de panneau solaire.	58
<b>Tableau III.9</b>	Convertisseur (onduleur).	58
<b>Tableau III.10</b>	tableau de recommandation.	61
<b>Tableau III.11</b>	énergie total consomme dans les différents périodes.	62
<b>Tableau III.12</b>	Le cout de différents appareils.	64

---



---

**LISTE DES FIGURES**

	Figure	Page
<b>Figure I.1</b>	Panneaux photovoltaïques	3
<b>Figure I.2</b>	Fonctionnement général d'une centrale solaire	5
<b>Figure I.3</b>	le principe de fonctionnement d'une cellule solaire	6
<b>Figure I.4</b>	Installation sur site isolé	7
<b>Figure I.5</b>	Injection énergie supplément dans le réseau.	8
<b>Figure I.6</b>	cellule solaire	10
<b>Figure I.7</b>	Représentations schématique d'une pile solaire à jonction PN Standard	11
<b>Figure I.8</b>	Champ photovoltaïque	12
<b>Figure I.9</b>	rôle de l'onduleur	13
<b>Figure I.10</b>	Le Régulateur solaire PWM à LED	15
<b>Figure I.11</b>	Le Régulateur Solaire PWM avec écran	15
<b>Figure I.12</b>	Le Régulateur solaire MPPT	16
<b>Figure I.13</b>	Le Régulateur solaire PWMDUO	16
<b>Figure I.14</b>	Le Régulateur solaire PWM crépusculaire	17
<b>Figure I.15</b>	Batterie plomb-acide	18
<b>Figure I.16</b>	Batterie NICD(Nickel-Cadmium)	18
<b>Figure I.17</b>	Batterie NIMH(Nickel-Metall-Hydride)	19
<b>Figure I.18</b>	Batterie Li-ion(Lithium-ion)	19
<b>Figure I.19</b>	Batteries GEL	20
<b>Figure I.20</b>	exemple sur les câbles	21
<b>Figure I.21</b>	La cellule en Monocristallin	21
<b>Figure I.22</b>	La cellule en Silicium poly cristallin	21
<b>Figure I.23</b>	Le cellule photovoltaïque amorphe	22
<b>Figure II.1</b>	Définition de l'orientation d'un panneau photovoltaïque	30
<b>Figure II.2</b>	Angle d'inclinaison des modules photovoltaïques	31

<b>Figure II.3</b>	Branchement des éléments entre eux	43
<b>Figure III.1</b>	Schéma bloc de branchement de cellule PV	45
<b>Figure II.4</b>	<i>Raccordement entre les éléments du système</i>	46
<b>Figure III.2</b>	Schéma bloc de Branchement de 72cellule	47
<b>Figure III.3</b>	Graphe (courante, tension) de cellule	47
<b>Figure III.4</b>	Graphe (tension, puissance) de cellule	48
<b>Figure III.5</b>	Schéma simplifié d'une centrale PV raccordée à la batterie (PVSYST	52
<b>Figure III.6</b>	les sources de distribution d'énergie	57
<b>Figure III.7</b>	résultat de distribution d'énergie dans les différents	59
<b>Figure III.8</b>	Présentation de l'installation photovoltaïque sur le site	62

## **ABREVIATIONS**

**PV** : Photovoltaïque.

**$E_J$**  : Besoins journaliers en électricité.

**Ebat(t)** : Energie stockée dans la batterie à une heure.

**Ebat (t-1)** : Energie stockée dans la batterie à l'heure précédente.

$\sigma$  : Taux horaire d'autodécharge.

**Es (t)** : Energie produite par la source (Wh).

**EL(t)** : Energie demandée par la charge à une date t (Wh).

$\eta$  : Rendement.

**$T_u$**  : Température diurne.

**B** : Eclairage de référence.

**V** : Tension du générateur PV.

$\mu$  : Coefficient d'intégration

**S** : Coefficient de sécurité.

**G** : Energie incidente reçue sur le plan des modules.

**$E_c$**  : Energie consommée.

**P** : puissance de fonctionnement de l'appareil

**$P_i$**  : Puissance électrique d'un appareil « i » exprimée en Watt (W).

**$T_i$**  : Durée d'utilisation de cet appareil « i » en heure par jour (h/j).

**T** : temps d'utilisation.

**$I_r$**  : Irradiation moyenne mensuelle reçue par le capteur photovoltaïque correspondant au moins le plus défavorable (KWh/m<sup>2</sup> \*j).

$\varphi$  : latitude de lieu.

**$P_1$**  : Puissance du récepteur(W).

**$T_1$**  : Temps d'utilisation du récepteur par jour(h/j).

**$N_1$**  : Nombre de récepteur.

---

$C_p$  : Coefficient globale de perte.

$P_{CH}$  : Puissance crête du champ photovoltaïque.

$P_m$  : Puissance crête d'un module.

$K$  : Coefficient correcteur.

$V_U$  : Tension nominale unitaire.

$V_{PV}$  : Tension du générateur PV.

$N_M$  : Nombre de module.

$N_{MP}$  : Nombre des modules connectés en parallèle.

$N_{MS}$  : Nombre des modules connectés en série.

**FR** : facteur régional.

$C_N$  : La capacité nominale de l'installation en(Ah).

$C_{BN}$  : Capacité nominale d'une seule batterie en (Ah).

$N$  : Nombre de jours d'autonomie.

**D** : Profondeur de décharge en maximale.

$N_{BS}$  : Nombre des batteries en série.

$N_{BP}$  : Nombre des batteries en parallèle.

$V_B$  : Tension nominale d'une seule batterie en(V).

$V_{CO}$  : La tension de circuit ouvert.

$I_{CC}$  : Courant de court-circuit.

**R** : La résistance du câble.

$\rho$  : Résistivité propre du matériau.

---

## Introduction générale

L'énergie Photovoltaïque connaît actuellement un fort développement dans le monde et en Algérie. Vu sa position géographique, l'Algérie dispose d'un potentiel en termes des ressources énergétiques renouvelables considérables.

L'optimisation des systèmes photovoltaïques est basée sur des critères de dimensionnement par des méthodes analytiques et de logiciel qui assurent le bon fonctionnement et pour la satisfaction de l'utilisateur. Pour cela on peut poser la question suivante : quelles sont les différentes méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque ? [1].

Dans ce travail, nous avons étudié le dimensionnement de l'installation photovoltaïque de bloc administratif d'instituée de science et technologie au centre universitaire SAHLHI AHMED a NAAMA pour le but de produire l'énergie électrique de manière autonome pour satisfaire les besoins des différents appareils électriques.

Le reste du rapport est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre on va parler sur les Généralités du l'énergie solaire, le fonctionnement et l'installation PV, ses déférentes types et ses composantes et les avantage et les inconvénients de cette installation.

Dans le deuxième chapitre on a fait un bilan énergétique détails sur le bloc administratif pour cela on a utilisé des méthodes analytiques pour calculer les besoins énergétiques de ce bloc de système photovoltaïque, également les étapes de l'installation, la détermination et l'importance de l'orientation et d'inclinaison des panneaux PV.

Dans le troisième chapitre nous avons confirmé notre résulta analytiques par des logiciels de simulation comme MATLAB SIMULINK, PV SYSTEME, ETAP. Pour argumentée notre travaille et valide notre résulta qui permet de déterminer le nombre d'équipement de l'installation photovoltaïque.

MATLAB qui nous permet de voir l'importance du branchement des cellules Logiciel ETAP qui nous permet de visualiser l'écoulement de puissance.

Ensuite, nous représentons les résultats obtenus de l'installation PV.

Nous avons terminé notre travail par une conclusion générale.

# **Chapitre I**

# **Généralités sur les**

# **systemes**

# **photovoltaïques**

## I.1. Introduction

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou des centrales solaires thermiques, grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires.

Dans ce chapitre nous exposons l'énergie solaire, le phénomène effet photovoltaïque et le principe de fonctionnement des cellules solaires ainsi que leurs caractéristiques principales.

## I.2. L'histoire de l'énergie solaire

### I.2.1 : Qu'est-ce que L'énergie solaire ?

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques (Figure I.1) ou des centrales solaires thermiques, grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires. [2]



**Figure I.2:**Panneaux photovoltaïques.

L'énergie solaire est propre, n'émet aucun gaz à effet de serre et sa matière première, le soleil bien que distant de plus de 150 millions de kilomètres de nous, est gratuite, inépuisable et disponible partout dans le monde. [2]

### 1.2.2-L'origine de l'énergie solaire

Au niveau de la Terre, située à 150 millions de km du Soleil, la puissance reçue par un mètre carré de surface orientée perpendiculairement aux rayons du Soleil est de 1400W.

Il Ya plusieurs hypothèses pour expliquer l'origine de cette énergie solaire.

Il pourrait s'agir éventuellement :

Du refroidissement du Soleil.

De réactions chimiques exothermiques.

De réactions thermonucléaires...

Afin de vous permettre de tester les diverses hypothèses présentées antérieurement, voici quelques données, tirées de nos connaissances scientifiques : la masse du soleil est de  $2 \times 10^{30}$  kg.

Le soleil est essentiellement constitué d'hydrogène.

La chaleur massique du gaz dihydrogène est :  $c = 14,4 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , mais augmente avec la température, et pourra atteindre  $20 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

La photosphère du Soleil a une température que l'on évalue, en l'assimilant à un corps noir :  
On trouve  $T = 6\,000 \text{ K}$ .

Le pouvoir calorifique le plus élevé des gaz est celui du dihydrogène et vaut  $124\,700 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

Lors d'une réaction thermonucléaire, une partie  $m$  de la masse est transformée en énergie, selon la relation d'Einstein  $E = m.c^2$  (avec  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ).

Cependant, pour que de telles réactions se produisent, il faut atteindre des températures de plusieurs millions de Kelvins et seule une petite partie de la matière du Soleil est concernée (10% seulement).

Enfin, l'hydrogène donnant naissance à de l'hélium, une petite partie de la masse seulement est transformée en énergie. La théorie permet d'évaluer le rendement de ces réactions à 0,7%. A vous de déterminer les durées de vie du Soleil prévisibles pour chacune des hypothèses et de trancher en faveur de celle qui vous semble la plus raisonnable, refaisant ainsi le raisonnement des scientifiques du début du vingtième siècle [2].

### I.3. Les centrales à l'énergie solaire

Une centrale solaire fonctionne grâce à des milliers de panneaux photovoltaïques, eux-mêmes composés de cellules photovoltaïques interconnectées. Celles-ci sont des composants électroniques – le plus souvent à base de silicium, un matériau semi-conducteur –, qui captent l'énergie lumineuse du rayonnement solaire. Les photons de la lumière frappent les cellules et transmettent leur énergie aux électrons du matériau semi-conducteur. Ces derniers se mettent en mouvement et créent alors un courant électrique continu, collecté par une grille métallique très fine. Ce courant électrique continu est ensuite transformé par un onduleur en courant alternatif, lequel passe alors par un transformateur pour être élevé à la tension du réseau et injecté sur le circuit de distribution. [3]



Figure I.3: Fonctionnement général d'une centrale solaire [3].

### I.4. Situation d'énergie en Algérie

Une source d'énergie renouvelable est une source qui peut être réapprovisionnée assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle humaine, par rapport à l'évolution actuelle du parc mondiale où européen des énergies renouvelables, qui a atteint des stades assez avancés, les réalisations de l'Algérie dans le domaine des énergies renouvelables sont très limitées. Malgré sa situation géographique stratégique et la possession de l'une des plus grandes centrales solaires du monde, l'utilisation des énergies renouvelables en Algérie n'a pas dépassé le seuil de l'expérience des cinq décennies écoulées depuis son indépendance. La durée d'insolation sur presque tout le territoire national dépasse 2000 heures par an, et peut atteindre 3900 heures sur les plus hauts plateaux du Sahara. Sur la

majorité du territoire national, l'énergie quotidienne reçue sur une surface horizontale de  $1 \text{ m}^2$  est de l'ordre de 5Kwh soit environ  $1700 \text{ Kwh} / \text{m}^2 / \text{an}$  dans le nord et  $2263 \text{ Wh} / \text{m}^2 / \text{an}$  le sud.

## I.5. Le fonctionnement des panneaux solaires

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir d'une jonction PN (figure 1.3) au silicium (diode). Pour obtenir du silicium dopé N, on ajoute du phosphore. Ce type de dopage permet au matériau de libérer facilement des électrons (charge -). Pour obtenir du silicium dopé P, on ajoute du bore. Dans ce cas, le matériau crée facilement des lacunes électroniques appelées trous (charge +). [4]

La jonction PN est obtenue en dopant les deux faces d'une tranche de silicium. Sous l'action d'un rayonnement solaire, les atomes de la jonction libèrent des charges électriques de signes opposés qui s'accumulent de part et d'autre de la jonction pour former un générateur électrique. [4]

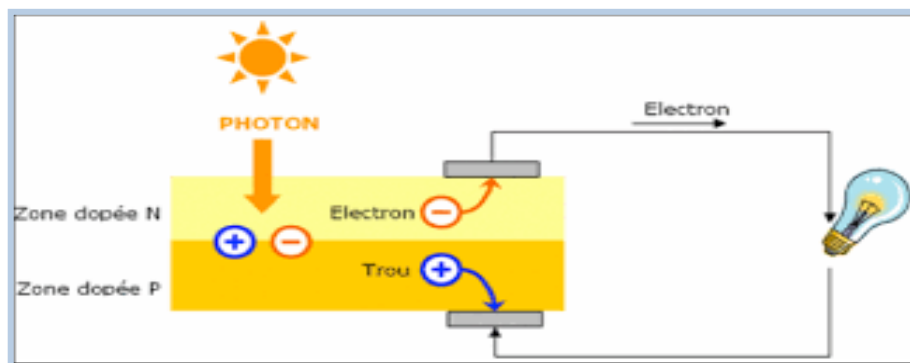


Figure I.4: le principe de fonctionnement d'une cellule solaire.

## I.6. Les différentes installations photovoltaïques

### I.6.1. Les installations sur site isolé

Ce type de montage est adapté aux installations ne pouvant être raccordées au réseau. L'énergie produite doit être directement consommée et/ou stockée dans des accumulateurs pour permettre de répondre à la totalité des besoins. Les panneaux photovoltaïques produisent l'électricité en courant continu.

Le régulateur optimise la charge et la décharge de la batterie suivant sa capacité et assure sa protection. L'onduleur transforme le courant continu en alternatif pour alimenter les récepteur AC. Les batteries sont chargées le jour pour pouvoir alimenter la nuit ou les jours de mauvais temps (voir Figure I.4) [5].

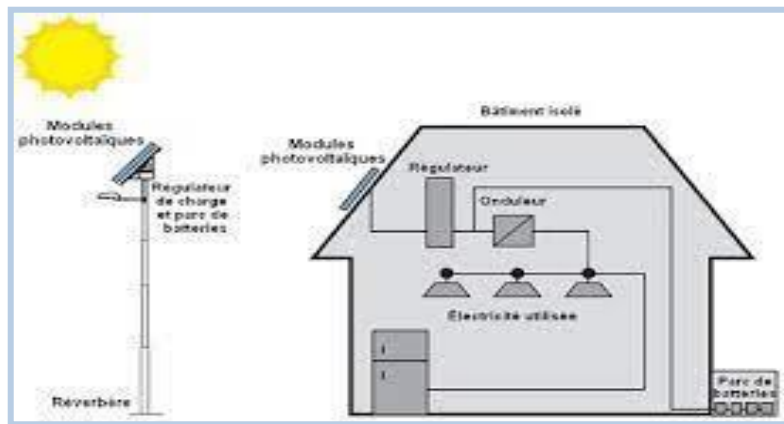


Figure I.5: Installation sur site isolé.

### 1.6.2. Les installations raccordées au réseau de distribution public

#### ○ Solution avec injection totale

Toute l'énergie électrique produite par les capteurs photovoltaïques est envoyée pour être revendue sur le réseau de distribution. Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en deux points :

- ✓ Le raccordement du consommateur qui reste identique avec son compteur de consommation (on ne peut pas utiliser sa propre production).
- ✓ Le nouveau branchement permettant d'injecter l'intégralité de la production dans le réseau, disposé de deux compteurs :
- ✓ L'un pour la production.
- ✓ L'autre pour la non-consommation (permet de vérifier qu'aucun soutirage frauduleux n'est réalisé). [5]

#### ○ Solution avec injection de surplus

Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en un point : l'utilisateur consomme l'énergie qu'il produit avec le système solaire et l'excédent est injecté dans le réseau. Quand la production photovoltaïque est insuffisante, le réseau

fournit l'énergie nécessaire. Un seul compteur supplémentaire est ajouté au compteur existant. [5]

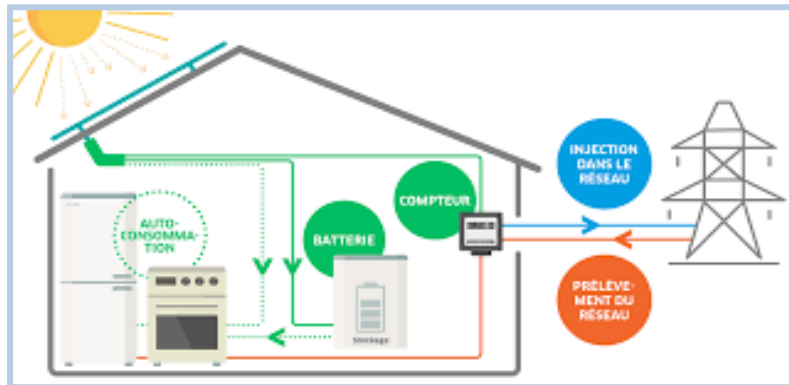


Figure I.6: Injection énergie supplément dans le réseau.

## I.7. Les avantages et Les inconvénients de system photovoltaïques

### I.7.1. L'avantage photovoltaïque

- Source d'énergie gratuite.
- Pas de gaz polluant, ni de bruit.
- Entretien minimal pour un fonctionnement.
- Pas de parties mobiles, peu d'usure dans le temps [6].
- Les frais et les risques de transport des énergies fossiles sont éliminés.
- Le système modulaire de panneaux photovoltaïques permet un montage adaptable à des besoins énergétiques variés ; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications allant du milliwatt au mégawatt.
- La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit est non polluant, silencieux, et n'entraîne aucune perturbation du milieu.

### I.7.2. Les inconvénients photovoltaïques

- Technologie à ses débuts, encore peu diffusée, donc chère.
- Production non continue d'énergie (jour/nuit, été/hiver) énergie intermittente.
- Intégration au bâti (forme, couleur).
- Energivore à la fabrication [6].
- Beaucoup d'appareils vendus sur le marché fonctionnent avec du 230 V alternatif.

- L'énergie issue du générateur photovoltaïque est continue et de faible voltage (< à 30 V) donc il doit être transformé par l'intermédiaire d'un onduleur.
- Le module photovoltaïque est Le rendement réel et de l'ordre de 10 à 15 %, - ils sont tributaires des conditions météorologiques.

## I.8. Technologie

### I.8.1. Cellule photovoltaïque

#### ▪ Historique

Le physicien français Edmond Becquerel décrit le premier l'effet photovoltaïque En 1839 et Einstein en expliqua les mécanismes en 1912, mais cela resta une curiosité scientifique de laboratoire jusque dans les années 50. Becquerel découvrit que certains matériaux délivrent une petite quantité d'électricité quand on les expose à la lumière.

L'effet fut étudié dans les solides tels que le sélénium par Heinrich Hertz dès les années 1870.

Avec des rendements de l'ordre de 1%, le sélénium fut rapidement adopté par les photographes comme luxmètre [7].

De rapides progrès furent obtenus dès les années 1950 par les équipes de Bell La boratoires qui fabriquèrent la première cellule au silicium cristallin de rendement 4% à partir du procédé de tirage Czochralski. L'industrie des semi-conducteurs contribua largement au développement des cellules solaires. Après tout, une cellule solaire classique n'est rien d'autre qu'une grande diode au silicium ayant la surface de la totalité de la plaquette sur laquelle elle est déposée. La taille des cellules PV accompagna d'ailleurs la progression de La dimension des wafers de l'industrie des circuits intégrés, de 5,08 cm dans le début des années 70, à 7,62 cm à la fin des années 70, et à 10,16 cm au début des années 80, avant de s'émanciper par la découverte de la croissance de lingots multi cristallin parallélépipédiques qui donnèrent des plaquettes carrées de 10 cm de côté et qui atteignent Aujourd'hui couramment 12.5 à 15 cm de côté [7].

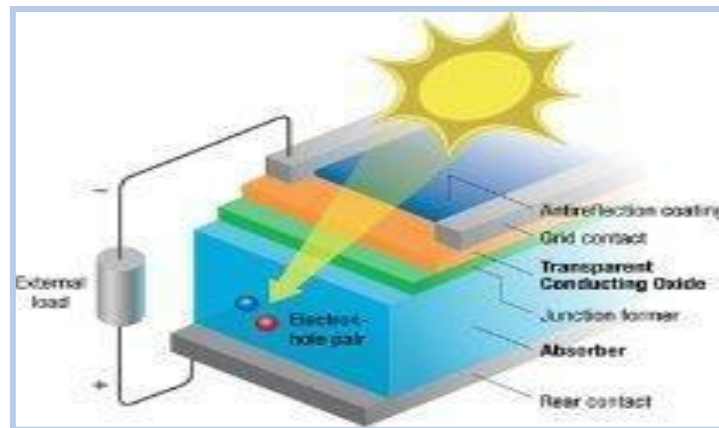
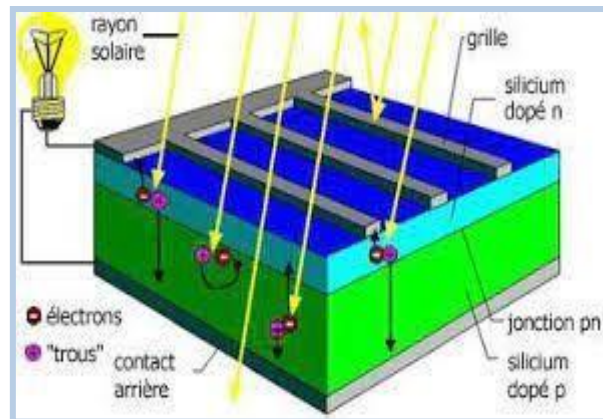


Figure I.7:cellules solaires.

#### ▪ Structure physique

La cellule est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique. Un semi-conducteur est un matériau dont la concentration en charges libres est très faible par rapport aux métaux. Pour qu'un électron lié à son atome (bande de valence) devienne libre dans un semi-conducteur et participe à la conduction du courant, il faut lui fournir une énergie minimum pour qu'il puisse atteindre les niveaux énergétiques supérieurs (bande de conduction).

La cellule la plus commune d'aujourd'hui est une cellule simple au silicium de jonction PN avec un rendement qui arrive jusqu'à environ 17%. Ce matériau semi-conducteur comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites respectivement dopée de type n et dopée de type p (**FigureI.7**). Les contacts de la face éclairée de la cellule ont la structure d'une grille afin de n'occulter qu'une faible partie de la surface (5 à 10%). La face arrière peut-être entièrement métallisée. [8]



**Figure I.8:** Représentation schématique d'une pile solaire à jonction PN standard.

#### ▪ **Fonctionnement**

Lorsque cette cellule sera exposée au rayonnement, les photons créent des paires d'électron trou avec une énergie plus grande que la bande d'énergie du semi-conducteur. Ceci s'appelle l'effet photovoltaïque, a été découvert par Edmond Becquerel en 1889. Les porteurs de charge nouvellement créés dans la région d'épuisement sont séparés par le champ électrique existant. Ceci mène à une accumulation d'un potentiel de tension appelé photo-voltage. Dès qu'une charge sera reliée à la cellule, cette tension causera un courant (appelé le photo-courant) qui circulera dans le circuit [8].

### **I.8.2. Module solaire ou photovoltaïque**

La cellule photovoltaïque élémentaire constitue un générateur de très faible puissance vis-à-vis des besoins de la plupart des applications domestiques ou industrielles. Une cellule élémentaire de quelques dizaines de centimètres carrés, délivre au maximum, quelques watts sous une tension inférieure au volt (tension de jonction PN). Pour produire plus de puissance, plusieurs cellules doivent être assemblées afin de créer un module ou un panneau photovoltaïque. En effet, les modules PV sont composés d'un ensemble de cellules mises en série, réalisant la conversion proprement dite de la lumière du soleil en électricité. Ils sont eux-mêmes associés en série et parallèle pour former un champ photovoltaïque d'une puissance crête définie selon des conditions spécifiques d'éclairement, de température et de spectre solaire. La plupart des modules commercialisés sont constitués de deux à quatre réseaux de cellules en silicium cristallins connectés en série.

Les modules photovoltaïques assurent les fonctions suivantes :

- [ Protection des cellules contre les agents atmosphériques.
- [ Protection mécanique et support.
- [ Connexion électrique entre cellules et avec l'extérieur. [9]

### I.8.3. Constitution d'un champ photovoltaïque

Par définition, un champ solaire représente un ensemble de panneaux photovoltaïques connectés entre eux et installés sur une toiture ou au sol. Les plaques sont montées sur un même support et sont généralement disposées en série, en parallèle ou en string (série de trois en horizontal). On parle de champ solaire pour les installations photovoltaïques de grande envergure (plusieurs centaines de mètres carrés) et non pour l'installation d'une centrale photovoltaïque domestique (particulier). Les champs solaires sur toit se retrouvent sur les toitures des hangars, entrepôts de stockage, bâtiments industriels. On parle alors plus communément de bâtiment photovoltaïque. Au sol, on comprend mieux l'usage du terme « champ solaire ».



**Figure I.9:** Champ photovoltaïque.

### I.8.4. Onduleur

Un convertisseur d'énergie est un équipement que l'on dispose généralement soit entre le champ PV et la charge (sans stockage avec charge en continu, il portera le nom de convertisseur continu-continu), soit entre la batterie et la charge (il sera alors appelé onduleur ou convertisseur continu-alternatif).

L'onduleur est généralement associé à un redresseur qui réalise la transformation du courant alternatif en courant continu et dont le rôle sera de charger les batteries et d'alimenter le circuit en continu de l'installation en cas de longue

période sans soleil. [10]

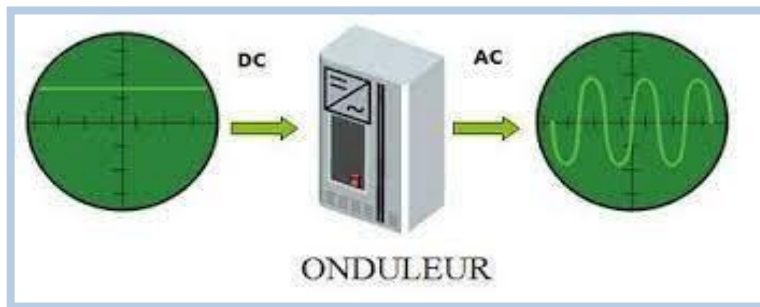


Figure I.10:rôle de l'onduleur.

#### I.8.4.1 Type onduleur

Il existe deux types d'onduleurs :

##### a) Le convertisseur continu – continu

Ce type de convertisseur est destiné à adapter à chaque instant l'impédance apparente de la charge à l'impédance du champ PV correspondant au point de puissance maximale. Ce système d'adaptation est couramment appelé MPPT (maximum PowerPoint Trac King). Son rendement se situe entre 90 et 95%.

Ce système présente deux inconvénients pour un champ PV de faible puissance :

- Prix élevé.
- Le gain énergétique annuel par rapport à un système moins complexe (cas d'une régulation de la tension) n'est pas important.

##### b) Le convertisseur continu–alternatif

C'est un dispositif destiné à convertir le courant continu en courant alternatif. La formation de l'ordre de sortie peut être assurée par deux dispositifs :

- **Rotatif** : C'est un moteur à courant continu couplé à un alternateur, son rendement varie de 50% à 60% pour 1KW jusqu'à atteindre 90% pour 50KW.  
Ses avantages sont : simplicité, onde sinusoïdale, bonne fiabilité.  
Ses inconvénients sont : cherté, faible rendement (surtout pour les faibles puissances).
- **Statique** : On le désigne sous le nom d'onduleur. C'est un dispositif utilisant

Des transistors de puissance ou des thyristors. L'onde de sortie présente, dans le plus simple des cas, une forme carrée qui peut s'adapter à quelques types de charges, des pertes à vide considérables sur tout pour des faibles puissances.

Les onduleurs peuvent être améliorés à l'aide d'un filtrage ou par utilisation des systèmes en PWM (pulse with modulation) qui permettent grâce à la modulation de la longueur des impulsions d'obtenir une onde de sortie sinusoïdale. Avec ce système on obtient :

- Un rendement élevé sur une plage du taux de charge.
- De faibles pertes à vide.

Le choix de ce type de composant relève, d'une part de sa particularité à pouvoir commuter de très grandes valeurs de courant et tension à des fréquences de découpage de plusieurs dizaines de KHz et d'autre part, parce qu'il permet la suppression de tous les circuits d'aide à la commutation des montages à thyristors. [10]

### **I.8.5 Régulateur**

Les régulateurs sont des dispositifs électroniques conçus pour contrôler la charge et la décharge de l'accumulateur (batterie). La fonction générale des régulateurs son :

- Une fonction de régulation de charge de la batterie.
- Une fonction de limitation de décharge de la batterie.

La tâche principale d'un régulateur est de protéger l'accumulateur contre la décharge profonde de, la surcharge, le court-circuit et les sur tensions. D'autre part, protéger les autres composants du système. Les circuits d'un régulateur sont composés d'une partie de puissance, d'une de commande, de la signalisation et d'une partie de protection.

La partie de commande englobe des circuits intégrés, des résistances et des transistors. Cette partie sert pour la commande des interrupteurs électroniques reliant la batterie au panneau pour la phase de charge. [11]

La partie de puissance est généralement composée par de transistors avec leurs Radiateurs de triacs, de relais et des diodes anti-retour pour contrôle la décharge De la batterie [11]

➤ **Les Types de régulateurs**

• **Régulateur solaire PWM à LED**

Simple et peu coûteux, des diodes électroluminescentes (LED) renseignent sur l'état de charge des batteries. Il fonctionne avec Panneaux 12 ou 24V (36 ou 72 cellules). [12]



Figure I.11: Le Régulateur solaire PWM à LED.

• **Régulateur solaire PWM avec écran LCD**

Plus évolué que l'affichage à LED, l'écran LCD permet d'afficher d'avantages d'informations sur l'état de l'installation : puissance, tension, niveaux de charge. Il fonctionne avec des panneaux 12 ou 24V (36 ou 72 cellules). [12]



Figure I.12: le Régulateur solaire PWM avec écran

• **Régulateur solaire MPPT**

Un régulateur de charge solaire MPPT modifie régulièrement la tension délivrée aux batteries en fonction de la tension de sortie des panneaux solaires. La technologie MPPT permet d'optimiser le rendement de l'installation en augmentant la production d'énergie. Ce type de régulateur est capable de gérer des tension panneaux supérieures à la tension de la batterie. [12]

Le régulateur MPPT coûte en général beaucoup plus cher qu'un régulateur standard. C'est pour cette raison que son utilisation n'est pas généralisée, et qu'il n'est pas recommandé pour les petites installations (les pertes ne sont pas assez importantes).

A ces quatre types de circuit on ajoute en général un régulateur de décharge pour empêcher les décharges profondes de la batterie.



Figure I.13: Le Régulateur solaire MPPT

- **Régulateur solaire PWM DUO**

Permet de charger deux batteries simultanément, une principale et une autre auxiliaire comme sur un camping-car ou un bateau. [12]



Figure I.14: Le Régulateur solaire PWM DUO.

- **Régulateur solaire PWM crépusculaire**

Ce régulateur est utilisé pour la gestion de l'éclairage. Il va détecter le début et la fin de journée pour permettre la programmation de sa sortie. [12]



**Figure I.15:** Le Régulateur solaire PWM crépusculaire.

## I.8.6. Batterie

Les batteries sont des ensembles des cellules électrochimiques (accumulateur) connectées en série, qui convertissent l'énergie chimique en énergie électrique. Les cellules de la batterie se composent de deux électrodes (positive et négative).

A la charge, l'énergie électrique fournie par le générateur est stockée dans les cellules sous forme d'énergie chimique.

A la décharge, l'énergie qu'il stocke dans la batterie et convertie en énergie électrique lorsque la batterie est reliée à un circuit comportant une charge.

Les batteries les plus utilisées pour les générateurs autonomes sont en générale de type au plomb-acide et nickel-cadmium. [13]

### I.8.6.1. Les deux principales caractéristiques des batteries

Pour toutes les batteries, quel que soit le type de fabrication, elles ont deux caractéristiques communes : Leur tension, exprimée en Volts (V) : dans le photovoltaïque, elle est généralement de 12 V pour les petites batteries rechargeables qui ont une durée de vie d'environ 5 ans. Pour les éléments plus importants avec des tensions de 12, 24 ou 48 V, on utilise des éléments séparés de 2 V, prévus pour être assemblés en

Série, et qui ont une durée de vie d'environ 10 ans. Leur capacité en Ampères heures (Ah) : Pour l'augmenter, on doit brancher plusieurs batteries en parallèle. En multipliant la tension par la capacité, on obtient la quantité d'électricité emmagasinée, en kWh. [5].

#### I.8.6.1.1. Les différents types de batteries

##### 1. Batterie plomb-acide

Facile à trouver, à entretenir et disposant d'un bon circuit de recyclage, la batterie au plomb domine le marché. Le plomb est toxique mais il est stocké de façon totalement

étanche. C'est le meilleur rapport qualité/prix, aussi bien à court qu'à long terme. Ses seuls défauts sont le poids et le volume, mais dans la majorité des cas elle reste le meilleur choix [11].

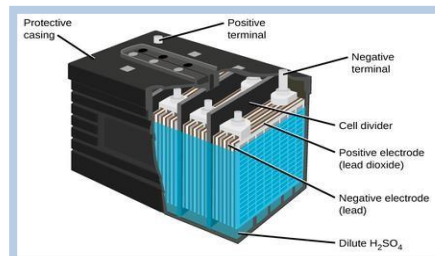


Figure I.16: Batterie plomb-acide.

## 2. Batterie NICD (Nickel-Cadmium)

De moins en moins utilisée à cause de son prix et de la toxicité du cadmium, elle a été remplacée par les batteries NIMH. Elle souffre d'un effet mémoire, c'est-à-dire qu'il faut complètement la décharger avant de la recharger, car dans le cas contraire sa capacité diminue définitivement. Une réglementation Européenne, visant à interdire l'usage du cadmium par les particuliers, a été mise en place [11].



Figure I.17: Batterie NICD (Nickel-Cadmium).

## 3. Batterie NIMH (Nickel-Metal-Hydrure)

Ces batteries remplacent les NICD car elles sont moins toxiques. Elles sont cependant assez chères et sont utilisées dans les installations haut de gamme. Leur durée de vie est beaucoup plus grande que celle des batteries au plomb (50% de plus) mais leur capacité est extrêmement faible (quelques Ah au maximum) et leur

auto décharge est très forte. Leur utilisation commerciale se fait davantage autour des batteries de téléphones et d'ordinateurs portables que dans des installations solaires [11].



Figure I.18: Batterie NIMH (Nickel-Metal-Hydride)

#### 4. Batterie Li-ion(Lithium-ion)

Son énergie massique est très importante ce qui fait de la batterie Li-ion une des moins lourdes et des moins volumineuses. Son rendement est excellent et son autodécharge relativement faible. Le gaspillage est donc réduit. Un système de sécurité supplémentaire y est intégré car cette batterie présente des risques d'explosion lorsqu'elle est surchargée, trop déchargée ou court-circuitée...Sa durée de vie est d'environ 3 ans [11]



Figure I.19: Batterie Li-ion (Lithium-ion)

#### 5. batteries GEL

Une batterie gel à une structure similaire à une batterie liquide conventionnelle. Les électrodes positive et négative baignent dans un électrolyte. Toutefois, comme son nom l'indique, l'électrolyte ne se trouve pas sous forme liquide, mais sous la forme d'un gel, du fait de l'ajout de silice

- **Avantages des batteries Gel**

- Pas d'entretien.
  - Très faible dégagement d'hydrogène.
  - Faible taux d'autodécharge (1 à 3 % par mois).
  - Durée de vie en cyclage élevée (500 à 1600 cycles à 80 % de décharge).
  - Bonne résistance au cyclage profond (peut être déchargée complètement).
- **Inconvénients des batteries Gel**
    - Prix élevé.
    - Peu adaptée aux courants de charge/décharge élevés.



Figure I.20: Batterie gel.

## I.9. Câblages

Toute installation solaire photovoltaïque comporte des câbles permettant le passage de l'électricité du panneau à la batterie, puis aux charges.

Généralement, les câbles recommandés côté cc sont en cuivre souple, le cuivre présentant le meilleur rapport prix / conductivité et la caractéristique multibrin permet d'assurer des connexions de qualité optimale donc de minimiser les pertes d'énergie par chute de tension.

[13]



Figure I.21: exemple sur les câbles.

## I.10. Technologie de capteurs

### I.10.1 Comparaison des trois principales technologies des capteurs

#### ❖ Monocristallin

Il est constitué d'un seul cristal offrant à la cellule un arrangement parfait des atomes. Il présente un rendement légèrement supérieur au silicium poly cristallin (environ 19%). Néanmoins, il reste assez onéreux en raison de son exigence de grande pureté et de l'importante quantité d'énergie nécessaire à sa fabrication [14]

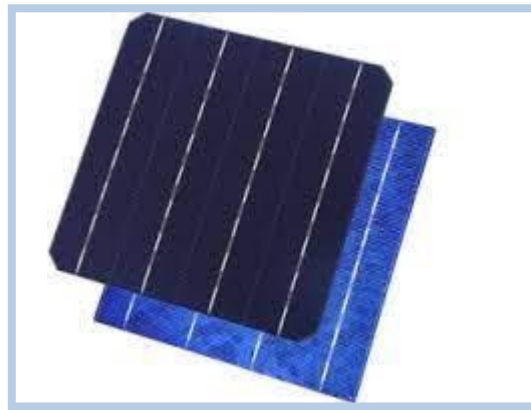


Figure I.22:La cellule en Monocristallin.

#### ❖ Poly cristallin

Il est constitué de plusieurs monocristaux juxtaposés dans différentes orientations donnant à la cellule un aspect mosaïque. Le silicium poly cristallin est la technologie la plus répandue sur le marché mondial en raison de son bon rendement (environ 15 %) pour des coûts de fabrication maîtrisés. Il offre actuellement un bon rapport qualité/prix [14].

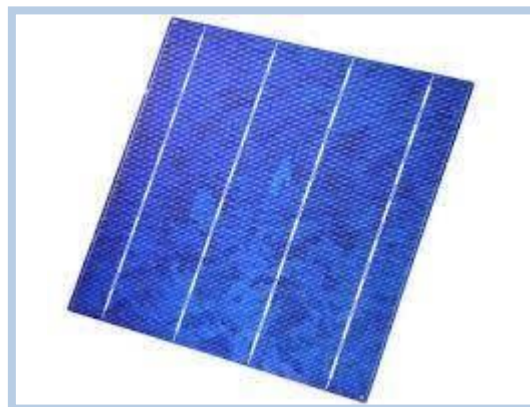


Figure 23:La cellule en Silicium poly cristallin.

**❖ Amorphe**

Les cellules amorphes sont utilisées si une solution rentable est nécessaire ou si seulement une petite quantité d'électricité est nécessaire. Ils ont un coefficient d'absorption élevé, permettant des épaisseurs extrêmement minces de l'ordre des microns. Cependant, son efficacité de conversion est faible (7-10%), et les cellules se dégradent plus rapidement en présence de lumière [14].



**Figure I.24:**Le Cellule photovoltaïque amorphe.

**I.11. Conclusion**

Nous avons présenté dans ce présent chapitre les différentes notions qui entrent dans la constitution d'un système photovoltaïque comme la cellule, Le panneau solaire, câblage, la batterie, le régulateur, ainsi que les principes de fonctionnement de chaque élément.

Dans notre projet on s'intéresse à l'étude et le dimensionnement d'un système photovoltaïque qui est très important pour tous les systèmes photovoltaïques. La présentation d'étude et le dimensionnement d'un système photovoltaïque fera l'objet du chapitre suivant.

# **Chapitre II**

# **Dimensionnement du**

# **systeme**

# **photovoltaïque**

## **II.1. Introduction**

Avant toute installation d'un système photovoltaïque il est nécessaire de faire des calculs pour le dimensionnement des principaux éléments constituant ce système.

Les étapes suivantes permettent de dimensionner un système photovoltaïque. Le dimensionnement d'un système photovoltaïque est une étape essentielle à maîtriser pour l'installation d'un champ photovoltaïque.

Il est effectué en fonction de la demande du lieu et est dépendant des conditions météorologiques et des choix des éléments qui définiront la consommation totale du système, ces derniers dépendent eux aussi de la taille du champ photovoltaïque lui-même à son tour déterminé par la consommation, donc le processus est peu complexe, l'optimisation des paramètres influencera le rendement du système photovoltaïque global.

Dans ce chapitre on va s'intéresser au dimensionnement de chaque élément d'une installation photovoltaïque autonome (panneaux, régulateur, batterie, câblage, et l'onduleur).

Le but est de produire le maximum d'énergie pour satisfaire les besoins des différents appareils électriques ; un groupe électrogène sera relié au champ photovoltaïque de notre système. Lorsqu'il n'y a pas d'ensoleillement les champs photovoltaïques ne produiront pas d'électricité, donc le groupe électrogène sa mission est d'alimenter et en même temps il recharge les batteries de ce système.

### **II.1.1. Objectif général**

Il s'agit de produire de l'énergie électrique de manière autonome du bloc d'instituée de centre universitaire SALHI AHMED à Naâma de la faculté des sciences et technologie pour satisfaire les besoins des différents appareils électriques.

## **II.2. Etapes pour dimensionner l'installation**

Les étapes suivantes permettent de dimensionner un système photovoltaïque :

- Estimation des besoins journaliers en électricité  $E_j$  (en Wh/j).
- Estimation de l'irradiation journalière.
- Choix d'une inclinaison optimale en fonction du gisement local.
- Estimation de la capacité de stockage requise en fonction de l'autonomie désirée.
- Choix d'un régulateur (Dimensionnement du régulateur de charge/décharge).
- Dimensionnement de l'onduleur.

- Plan de câblage.
- Estimation de coût du système. [2]

### **II.3. Méthode de dimensionnement**

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque :

#### **II.3.1. Méthode de la probabilité d'erreur dans la consommation**

Cette méthode permet d'optimiser le dimensionnement d'un système dans des conditions complexes (fluctuation saisonnières de l'irradiation, ciel couvert (nuageux), etc.) grâce à un logiciel adapté. L'inconvénient de cette méthode est qu'il faut connaître les radiations pour un nombre d'années très grand (10 ans minimum). [15]

#### **II.3.2. Méthode du mois le plus défavorable**

Dans cette méthode, on estime l'énergie récupérable pour une période critique d'un mois, appelé le mois le plus défavorable. Ce mois correspond au mois pendant lequel la valeur de

l'irradiation moyenne mensuelle est la plus faible de l'année ou dans certains pays la période d'hivers est rude. [15]

### II.3.3. Méthode de la moyenne annuelle

Cette méthode est très proche de celle du mois le plus défavorable. Elle utilise aussi, l'irradiation journalière en (KWh/m<sup>2</sup>/jr), pour une durée d'une année. [15]

### II.3.4. Méthode LPSP

Probabilité de Perte d'énergie (Loss of Power Supply Probability), est une technique probabiliste introduite par Abou Zahr et Ramakumar dans le domaine des systèmes de génération photovoltaïques et largement utilisée dans la conception et l'optimisation des systèmes autonome (stand alone), jusqu'à présent. Elle est basée sur le concept de LPSP qui est la probabilité que le système rencontre une pénurie à un moment donné pendant une période d'analyse, c'est-à-dire un état dans lequel le système ne serait pas en mesure de fournir l'énergie nécessaire à la charge.

Donc la méthode LPSP est définie comme étant la fraction de l'énergie déficitaire sur celle demandée par la charge. Elle exprime le taux de non-satisfaction de la charge. A partir de l'information sur la variabilité de la ressource renouvelable et sur la corrélation avec la charge, la méthode LPSP peut être définie, en termes d'état de charge des batteries par : [15]

$$E_{bat}(t) = E_{bat}(t-1)(1 - \sigma) + \left[ \frac{EL(t)}{\eta_{ond}} - E_s(t) \right] \quad (II.1)$$

$E_{bat}(t)$  : Energie stockée dans la batterie à une heure.

$E_{bat}(t-1)$  : Energie stockée dans la batterie à l'heure précédente.

$\sigma$  : Taux horaire d'autodécharge.

$E_s(t)$  : Energie produite par la source (Wh).

$EL(t)$  : Energie demandée par la charge à une date t (Wh).

$\eta_{ond}$  : Rendement de l'onduleur.

### II.3.5. Méthode des heures équivalentes

Elle considère que l'intensité fournie par un module photovoltaïque est proportionnelle à l'ensoleillement, le calcul est effectué pour le mois le plus défavorable de l'année, on détermine alors le courant fourni par le champ photovoltaïque dans les conditions où la température est donnée par la relation. [15]

$$T_j = T_u + 25 \quad (II.2)$$

$T_u$  : Température diurne.

L'énergie fournie par un module photovoltaïque ou une série de modules suivant la tension du système est donnée par l'expression suivante :

$$E = IV \left( \frac{G}{B} \right) \mu s \quad (\text{II. 3})$$

Avec :

**B** : Eclairement de référence.

**V** : Tension du générateur PV.

**$\mu$**  : Coefficient d'intégration.

**S** : Coefficient de sécurité.

**G** : Energie incidente reçue sur le plan des modules.

- Dans ce travail nous avons utilisé la méthode du le mois le plus défavorable.

#### II.4. Calcul de la consommation énergétique

Un système bien adapté nécessite l'évaluation de la puissance électrique des applications à alimenter. L'énergie nécessaire s'exprime par : [16]

$$E_c = P \times T \quad (\text{II. 4})$$

Avec :

**$E_c$**  : énergie consommée.

**P** : puissance de fonctionnement de l'appareil.

**T** : temps d'utilisation.

L'énergie est donc le produit de la puissance par le temps. La relation permet de calculer les besoins journaliers en énergie.

En effet, comme un système photovoltaïque doit fournir son énergie durant une journée entière, il est naturel de prendre la période de 24 heures comme unité de temps.

L'énergie  $E_c$ , est donc l'énergie électrique consommée en 24 heures par l'application et s'exprime en Watt- heure par jour (Wh/j). On l'appelle aussi consommation journalière.

Pour calculer la consommation totale d'une installation, on calcule d'abord l'énergie électrique consommée en 24 heures par chaque équipement ou chaque fonction électrique et ensuite on les additionne. [16]

Elle s'exprime par :

$$E_t = \sum P_i \times T_i \quad (\text{II. 5})$$

Avec :

$P_i$  : Puissance électrique d'un appareil « i » exprimée en Watt (W).

$T_i$  : Durée d'utilisation de cet appareil « i » en heure par jour (h/j).

#### II.4.1. Les besoins de l'application en énergie

L'objectif de cette étape est de connaître la consommation électrique journalière du site, exprimée en kWh/jour. La méthodologie consiste, dans un premier temps, à effectuer un inventaire des appareils électriques, puis dans un deuxième temps, à estimer leur durée journalière. Cette étape est néanmoins très délicate car il convient de connaître les habitudes de consommation électrique des utilisateurs.

##### II.4.1.1. Besoins de l'utilisation des différents appareils

La consommation électrique journalière (ou besoin journalier ( $B_j$ ) en (Wh/j)) est donnée par le produit de la puissance nominale de la charge (W) et du nombre d'heure d'utilisation journalière (h/j).

**Tableau II.1:** La consommation totale

APPAREILS	NOMBRES	PUISSANCES (WATT)	Durée utilisation (heures ou min)	P (w)	ENERGIES (Watt heure /jour)
Lamps	395	18	4	7110	28440
Micro	22	100	8	2200	17600
Photocopieuse	10	924	2	9240	18480
Point d'accès / D-Link	3	10	24	30	720
Imprimante	14	550	2	770	15400
Onduleur	17	350	0.5	5950	2975
Climatiseur	10	1800	4	18000	72000
<b>Totale</b>				<b>43300</b>	<b>155615</b>

La consommation totale journalière d'énergie de l'application est calculée en additionnant la consommation journalière de chaque récepteur :

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + \dots$$

$$E_t = [(p_1 \cdot t_1)n_1] + [(p_2 \cdot t_2)n_2] + [(p_3 \cdot t_3)n_3] + [(p_4 \cdot t_4)n_4] + [(p_5 \cdot t_5)n_5] = \frac{Wh}{j} \quad (II.6)$$

Avec :

$P_1$  : Puissance du récepteur (W).

$T_1$  : Temps d'utilisation du récepteur par jour (h/j).

$N_1$  : Nombre de récepteur.

Energie totale 1 = lamps + Pc + imprimant + D link

$$Energie_{total1} = 28440 + 17600 + 15400 + 720$$

$$Energie_{total1} = 62160 \text{ Wh/J}$$

Energie totale 2 = climatiseur + onduleur + photocopieuse

$$Energie_{total2} = 72000 + 2975 + 18480$$

$$Energie_{total2} = 93455 \text{ Wh/J}$$

D'où :

$$Energie_{c\ total} = Energie_{total1} + Energie_{total2}$$

$$Energie_{c\ total} = 62160 + 93455$$

$$Energie_{c\ total} = 155615 \text{ Wh/J}$$

$$B_j^{wh}/j = E_{totale}$$

$$P_j^{WH}/j = \sum P_i \quad (II.7)$$

$$B_h = B_j \times 7 = 1089.305 \text{ kwh}$$

$$B_m = B_h \times 4 = 4357.22 \text{ kwh}$$

$$B_a = B_m \times 12 = 52286.64 \text{ kwh}$$

- Le tableau suivant détermine les valeurs citées :

Tableau II.2: les besoins du système PV dans les temps

	Besoins journaliers( $B_j$ )	Besoins Hebdomadaire ( $B_h$ )	Besoins mensuels( $B_m$ )	Besoins annuels( $B_a$ )
<b>Besoins en énergie(K Wh)</b>	155,615	1089,305	4357,22	52286,64

## II.5. Détermination d'irradiation du site pour le dimensionnement

### II.5.1. Le coefficient de perte

- Plusieurs pertes interviennent dans les systèmes photovoltaïques tels que voir (tableau ci-dessous) :

Tableau II.3:les différents types des pertes.

Nature de pert		Perte (%)	Observations
Pertes par salissure		5–10	Pertes dépendant de l'inclinaison des panneaux et de la fréquence d'entretien
Perte liées aux composant électrique	Régulateur	2	Pertes dépendant des caractéristiques Internes des composants de la technologie utilisée (en série, MPT)
	Onduleur	10	
	Diode en série	3–6	Pertes en fonction du nombre de branches
pertes ohmiques liées aux Câbles		3voire1	Pertes à réduire au minimum, en réalisant un dimensionnement du câblage adéquat
Pertes thermiques		05%/°C	Pertes à minimiser par une ventilation Adaptée Pertes affectant surtout les systèmes en pays chauds.

<b>Pertes de dispersion de puissance nominal d'un Module</b>	3–10	perdes selon les fabricants Difficile à vérifier
<b>Perte d'appairage en série</b>	3	Pertes à réduire au minimum en réalisant le bon tri des modules
<b>Pertes liées à la batterie</b>	10	Pertes dépendant des caractéristiques internes et de la technologie utilisée(tubulaire, plaques ,etc.)

Nature de perte	Perte(%)	Observation	
<b>Pertes liées au faible éclairement</b>	Faible	Pertes à minimiser en fonction de la technologie des Modules	
<b>Coefficient globale de perte</b>	Compris entre 0.65 Et 0.90		

D’où en faisant des recherches approfondies on a constaté que les pertes sont égales :

$$C_p=0.75$$

### II.5.2. Irradiation moyenne dans l’année (logicielPVsyst7.3)

Tableau II.4: Irradiation moyenne dans l’année (logiciel PV system 7.3)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
<i>Esol</i> (KW h/m2 /jour)	3.41	4.26	5.56	6.8	7.17	7.8	7.58	6.96	5.72	4.8	3.86	3.17	5.6
<i>Ne</i> (h/jour)	3.41	4.26	5.56	6.8	7.17	7.8	7.58	6.96	5.72	4.8	3.86	3.17	5.6

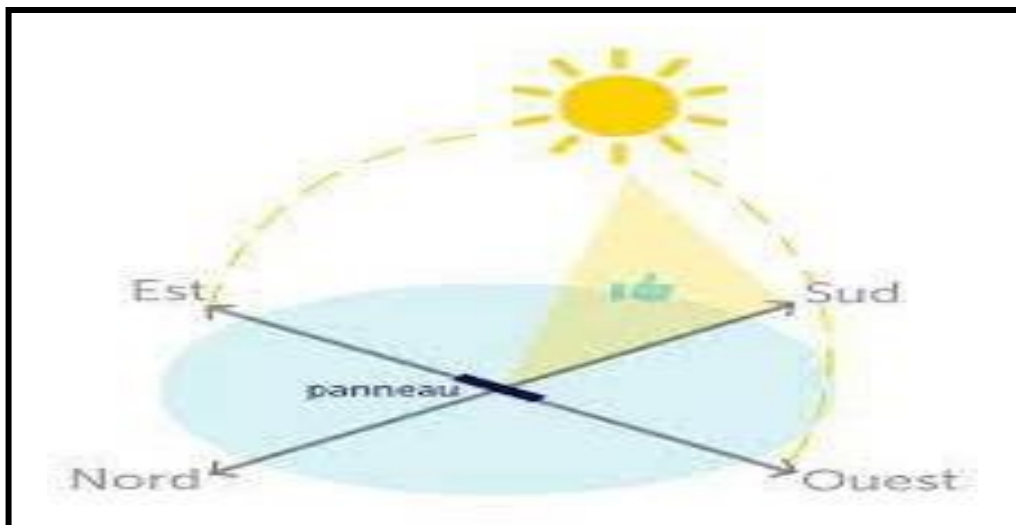
A partir de ce tableau, nous choisissons la période la moins ensoleillée dans l’année, le mois de Décembre.

## II.6. Détermination et importance de l'orientation et d'inclinaison des panneaux

- **Orientation des modules PV :**

La position des modules photovoltaïques par rapport au soleil influe directement sur leur production énergétique. Il est très important de bien les placer pour les utiliser au maximum de leur possibilité.

On appelle orientation le point cardinal vers lequel est tournée la face active du panneau (sud, nord, sud-ouest...). [17]



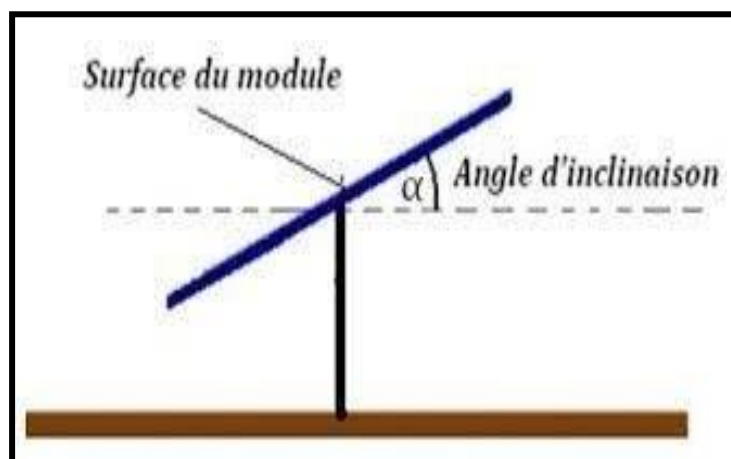
**Figure II.1:** Définition de l'orientation d'un panneau photovoltaïque.

Les panneaux ont toujours orienté vers l'équateur : [17]

- Orientation vers le sud dans l'hémisphère Nord.
- Orientation vers le nord dans l'hémisphère Sud.

- **Angle d'inclinaison des modules PV**

L'angle d'inclinaison correspond à l'angle formé par le plan du module solaire par rapport à l'horizontale : [18]



**Figure II.2:** Angle d'inclinaison des modules photovoltaïques.

Elle se comporte en degrés pour que les modules produisent un maximum d'énergie, il faut que les surfaces soient perpendiculaires aux rayons solaires, or le soleil d'une saison à l'autre n'a pas la même inclinaison ; selon les saisons, à midi, il est plus au moins plus haut dans le ciel. On doit donc incliner les modules pour qu'ils soient face au soleil. L'inclinaison( $i$ ) des panneaux est donnée par la relation suivante :

$$i = \varphi - \sinh^{-1} \left[ 0.4 \times \sin \left( 360 \times \frac{N}{365} \right) \right] \quad (\text{II.8})$$

Avec :

$\varphi$ =latitude de lieu.

N=Le nombre de jours entre l'équinoxe de printemps (21 mars de chaque année) et le jour considéré, (désigné négatif vers la saison froide).

La première méthode consiste à orienter ce dernier perpendiculairement aux rayons solaire à l'aide d'un système de poursuite automatique du soleil. Une idée serait de changer manuellement l'orientation des panneaux à chaque saison, vers une direction où l'intensité du rayonnement sera maximale. Cette façon d'utiliser des panneaux solaires nécessite l'intervention du personnel à des moments précis de l'année. La manière la plus simple de servir des panneaux solaires avec une orientation une fois pour toute, vers une direction pour laquelle l'énergie totale collectée dans l'année est maximale (en tenant compte de l'écart entre le maximum et le minimum d'énergie reçu par les modules). [18]

### II.6.1. Orientation et inclinaison

Un autre type de choix de l'inclinaison est d'utiliser le tableau (II.5) ci-dessous, qui indique la relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux solaires. [19]

**Tableau II.5:** Choix de l'inclinaison.

Latitude( $\varphi$ )	Inclinaison( $\alpha$ )
$\varphi < 10^\circ$	$A = 10^\circ$
$10^\circ < \varphi < 30^\circ$	$A = \varphi$
$30^\circ < \varphi < 40^\circ$	$A = \varphi + 10^\circ$
$\varphi > 40^\circ$	$A = \varphi + 15^\circ$

- Rappelons que la latitude de notre site est de  $34^\circ$ . D'après le tableau (II.5), l'inclinaison des panneaux est de :

$$\alpha = \varphi + 10^\circ$$

Donc :  $\alpha = 44^\circ$ .

## II.7. Détermination de la puissance crête des panneaux

On t'exprimé la puissance crête d'un module photovoltaïque en watts-crête ( $W_C$ ) ou kilo watts-crête(kWc).

La méthode du mois le plus défavorable est celle qui convient le mieux pour notre installation du fait qu'elle nous donne une meilleure précision que les autres méthode cités avant. [19]

**Tableau II.6:** Les caractéristiques du module photovoltaïque Condor type CEM-320M-72 monocristallin (Annexe)

Puissance maximale en Watt	$P_{max}$	320
Tension à vide en volt	$V_{co}$	45.90
Courant de court-circuit en Ampère	$I_{cc}$	9.26
Tension au point de la puissance max en volt	$V_{max}$	36.66
Courant au point de la puissance max en A	$I_{max}$	8.74

- La puissance crête des panneaux à installer dépend de l'irradiation du lieu d'installation, elle est donnée par :

$$P_{CH} = \frac{1000 * E_C}{K * I_R} \quad (II. 9)$$

Avec :

$P_{ch}$  : Puissance crête du champ photovoltaïque.

$E_c$ : Energies consommé.

$I_r$ : Irradiation moyenne mensuelle reçue par le capteur photovoltaïque correspondant au moins le plus défavorable (KWh/m<sup>2</sup>\*j).

$K$  : Coefficient correcteur.

Ce coefficient tient compte :

- De l'incertitude météorologique.
- De l'inclinaison ont corrigée des modules suivant la saison.
- Du point de fonctionnement des modules.
- Du rendement moyen charge/décharge de la batterie (90%).
- Du rendement de régulateur (95%).
- Des pertes dans les câbles et connexions pour les systèmes avec batterie.

K est en générale compris entre 0,55 et 0,75. La valeur souvent utilisée dans les calculs dusystème avec Batterie est k=0,75.

- Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en watt. De façon générale. [11]

Tableau II.7: la tension de fonctionnement du champ PV.

Puissance crête (Wc)	Moins de 500 WC	De 501 WC à 2000 WC	De 2001 WC à 10000 WC	Plus de 10000 WC
Tension de champ (V)	12	24	48	96

- Pour notre installation nous choisissons une tension de 96 Volt.

### II.7.1. Calcul pratique de la puissance photovoltaïque

Pour calcule la puissance crête en appliquant la formule suivante : [19]

$$P_{CH} = \frac{1000 * E_C}{K * I_R} \tag{II. 10}$$

$$P_{ch} = \frac{1000 * 155615}{5600 * 0.75}$$

$$P_{CH} = 37051.19 \text{ Wc}$$

### II.7.2. Calcul du nombre de panneaux

Le nombre des modules photovoltaïques est calculé en fonction des caractéristiques du module choisi et de la puissance crête du générateur par l'équation suivante :

$$N_m = \frac{P_{ch}}{p_m} \tag{II. 11}$$

$$N_m = \frac{37031.19}{320}$$

$$N_m = 115.72$$

$$N_m = 116 \text{ modules}$$

Avec :

**N<sub>m</sub>** : Nombre de module s'installer.

**P<sub>ch</sub>** : Puissance crête de l'installation.

**P<sub>M</sub>** : Puissance crête d'un module.

#### ➤ La surface disponible pour les panneaux

Les modules photovoltaïques seront installés sur le toit de la direction donc il est impératif de savoir la surface disponible pour mieux choisir le module. Comme le module photovoltaïque

a une forme rectangulaire, sa surface est déterminée par la relation suivante :

$$S_p = L \times l \quad (\text{II. 12})$$

$$S_p = 1956 \times 992$$

$$S_p = 1940352 \text{mm}^2 = 1.940352 \text{m}^2$$

$$S_p = 1.9403 \text{ m}^2$$

Avec :

$S_p$  : la surface de panneau.

$L$  : La longueur.

$l$  : La largeur.

- La surface nécessaire pour installer les panneaux est donnée par la relation suivante :

$$S_n = N_m \times S_p \quad (\text{II. 13})$$

$$S_n = 116 \times 1.9403$$

$$S_n = 225.0748 \text{ m}^2$$

Avec

$S_n$  : La surface nécessaire.

$N_m$  : Nombre de modules à installer.

$S_p$  : la surface de panneau.

**a) Le nombre de modules connectés en série est égale à :**

$$N_{ms} = \frac{V_{PV}}{V_U} \quad (\text{II. 14})$$

$$N_{ms} = \frac{96}{36.6}$$

$$N_{ms} = 2.62$$

$$N_{ms} = 3 \text{ module}$$

Avec :

$V_{pv}$  : Tension du générateur PV.

$V_u$  : Tension nominale unitaire.

**b) Le nombre des modules connectés en parallèle est égale à :**

$$N_{mp} = \frac{N_m}{N_{ms}} \quad (\text{II. 15})$$

$$N_{mp} = \frac{116}{3}$$

$$N_{mp} = 39 \text{ module}$$

Avec :

$N_{mp}$  : Nombre des modules connectés en parallèle.

$N_m$  : Nombre de module.

$N_{ms}$  : Nombre des modules connectés en série.

## II.8. Dimensionnement et calcul du nombre de batterie

### II.8.1. Dimensionnement de batterie

Pour dimensionner les batteries de stockage, il ne reste plus qu'à se poser trois questions : quelle est la quantité d'énergie à stocker, quelle doit être l'autonomie de notre installation, et quelle est la profondeur de décharge maximum que nous avons imposée aux batteries. [17]

#### 1. Energie stockée

La quantité d'électricité dans une batterie (la capacité) s'exprime en Ampère-heure (Ah). Vous devez donc convertir vos Wh en Ah, sachant que  $1Ah = 1Wh /$  la tension du système (96V).

#### 2. Autonomie

L'autonomie d'une installation est le nombre de jours pendant lesquels les batteries initialement chargées peuvent assurer les besoins en électricité sans que les modules ne fonctionnent.

Le nombre de jour d'autonomie est 3 jours.

#### 3. Profondeur de décharge

Une batterie que l'on décharge à 100% vivra deux fois moins longtemps qu'une batterie que l'on décharge à 50%. Le juste milieu que l'on choisit généralement d'appliquer se situe donc entre 60 et 80% de décharge, ce qui permet de réduire le nombre de batteries tout en leur assurant une bonne espérance de vie.

➤ Sans décharge maximale admissible est 80%.

#### 4. Choix de la batterie

Parce que l'utilisation des batteries est quotidienne on est besoin a l'un de durer de vie longue et l'utilisation de l'énergie est plus on doit utiliser une batterie de tension de stockage élevée et au même temps on prend on considération de prix de batterie alors la batterie sélectionnée est de type GEL, destinée au stockage de l'énergie solaire et éolienne.

❖ Caractéristique technique de batterie choisie est :

Tableau II.8: caractéristique des batteries.

<b>Tension</b>	<b>24 V</b>
<b>Poids</b>	<b>67 Kg</b>
<b>Type</b>	<b>Gel</b>
<b>Capacité de batterie</b>	<b>250</b>

### II.8.2. Calcul de la capacité de batterie

La capacité de charge de la batterie est donnée par : [19]

$$C_n = \frac{E_c \times N}{D \times V_{PV}} \quad (\text{II. 16})$$

$$C_n = \frac{155615 \times 3}{0.8 \times 96}$$

$$C_n = 6078.71 \text{ AH}$$

Avec :

$C_n$  : La capacité nominale de l'installation en (Ah).

$E_c$  : Energie consommée en (Wh).

$N$  : Nombre de jours d'autonomie.

$D$  : Profondeur de décharge en maximale.

$V_{PV}$  : Tension du générateur PV.

### II.8.3. Nombre de batterie

➤ **Nombre des batteries en série :**

$$N_{bs} = \frac{V_{pv}}{V_b} \quad (\text{II. 17})$$

$$N_{bs} = \frac{96}{24}$$

$$N_{bs} = 4 \text{ batteries}$$

Avec :

$N_{bs}$  : Nombre de batteries en série.

$V_{pv}$  : Tension du générateur PV.

$V_b$  : Tension nominale d'une seule batterie en(V).

➤ **Nombre des batteries en parallèle :**

$$N_{bp} = \frac{C_n}{C_{bn}} \quad (\text{II. 18})$$

$$N_{bp} = \frac{6078.71}{250}$$

$$N_{bp} = 25 \text{ batteries}$$

Avec :

$N_{bp}$  : Nombre des batteries en parallèle.

$C_n$  : Capacité nominale de l'installation en (Ah).

$C_{bn}$  : Capacité nominale d'une seule batterie en(Ah).

➤ **Nombre des batteries totales :**

$$N_{b \text{ totale}} = N_{bs} * N_{bp} \quad (\text{II. 19})$$

$$N_{b \text{ totale}} = 25 * 4$$

$$N_{b \text{ totale}} = 100 \text{ batteries}$$

- En résumé les résultats dans le tableau suivant :

**Tableau II.9 :**Nombre des batteries.

Nombre de batteries	Nombre de batteries en série	Nombre de batteries en parallèle
100	4	25

## II.9. Dimensionnement du régulateur et de l'onduleur

### II.9.1. Régulateur

Le régulateur de charge est choisi en fonction des paramètres suivant : [19]

- Tension maximale.
- Courant maximale.
- Puissance nominale.

- **Tension d'entrée**

La tension maximale du régulateur est déterminée par la relation suivant :

$$V_{reg} = 1.25 * V_{co} * N_{ms} \quad (\text{II. 20})$$

$$V_{reg} = 1.25 * 44.65 * 3$$

$$V_{reg} = 170 \text{ V}$$

Avec :

$V_{co}$  : La tension de circuit ouvert.

$N_{ms}$  : Nombre des modules connectés en série.

Et 1.25 c'est le coefficient de sécurité.

- **Courant maximale**

Courant maximale du régulateur est déterminée par la relation suivant :

$$I_{reg} = 1.25 * I_{cc} * N_{mp} \quad (II. 21)$$

$$I_{reg} = 1.25 * 8.55 * 39$$

$$I_{reg} = 420 \text{ A}$$

Avec :

$I_{CC}$  : Courant de court-circuit.

$N_{MP}$  : Nombre des modules connectés en parallèle.

Et 1.25 c'est le coefficient de sécurité.

- **Puissance nominale**

La puissance nominale du régulateur est déterminée par la relation suivant :

$$P_{reg} = N_m * P_m \quad (II. 22)$$

$$P_{reg} = 116 * 320$$

$$P_{reg} = 38 \text{ KW}$$

Avec :

$N_M$  : Nombre de modules à installer.

$P_M$  : Puissance crête d'un module.

➤ On peut choisir un régulateur de :

✓ Puissance = 38KW.

✓ Tension = 170 V.

✓ Courant = 420A.

### II.9.2. Onduleur

L'onduleur est choisi en fonction des paramètres suivant : [19]

- Tension d'entrée.
- Tension de sortie.
- Courant maximale.
- La puissance nominale.

**1. Tension d'entrée**

On détermine la tension maximale par la relation suivante :

$$V_{ond} = 1.25 * V_{co} * N_{ms} \quad (II. 23)$$

$$V_{ond} = 1.25 * 44.64 * 3$$

$$V_{ond} = 170V$$

Avec :

$V_{CO}$  : La tension de circuit ouvert.

$N_{MS}$  : Nombre des modules connectés en série.

Et 1.25 c'est le coefficient de sécurité.

**2. Courant maximale**

Courant maximale de l'onduleur est déterminée par la relation suivant :

$$I_{ond} = 1.25 * I_{cc} * N_{mp} \quad (II. 24)$$

$$I_{ond} = 1.25 * 8.55 * 39$$

$$I_{ond} = 420 A$$

Avec :

$I_{CC}$  : Courant de court-circuit.

$N_{MP}$  : Nombre des modules connectés en parallèle.

Et 1.25 c'est le coefficient de sécurité.

**3. Puissance nominale**

La puissance nominale de l'onduleur est déterminée par la relation suivant :

$$P_{ond} = N_m * P_m \quad (II. 25)$$

$$P_{ond} = 116 * 320$$

$$P_{ond} = 38 KW$$

Avec :

$N_M$  : Nombre de modules à installer.

$P_M$  : Puissance crête d'un module.

➤ On peut choisir onduleur de :

✓ Puissance = 38KW.

✓ Tension = 170V.

✓ Courant = 420 A.

- En résumé tout qui nous avons dimensionné dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 10:** résumé de système photovoltaïque.

Système photovoltaïque		Bloc administratif	
Générateur PV	<b>Puissance crête pc (Wc)</b>	37051,19	
	Tension U en (V)	96	
	Inclinaison (°)	44	
	Nombre de module	Série	3
		Parallèle	39
		Totale	116
Stockage	Nombre batteries	Série	4
		Parallèle	25
		Totale	100
Régulateur	Tension en (V)	170	
	Courant en (A)	420	
L'onduleur	Tension d'entrée en (V)	170	
	Courant en (A)	420	
	Puissance nominale en (KW)	38	

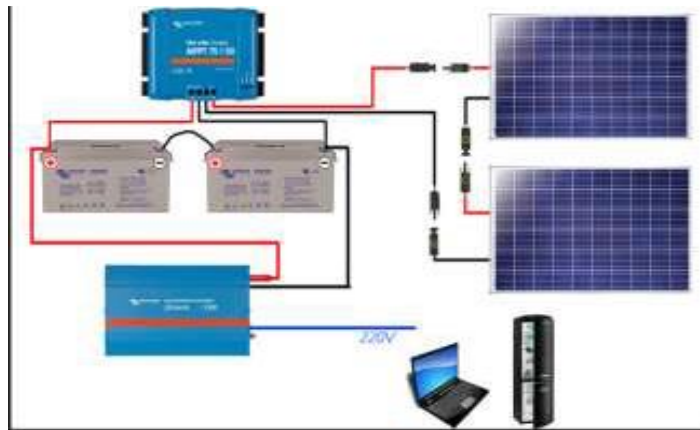
### II.9.3 Branchement des panneaux et batteries sur le régulateur

On branche les panneaux au régulateur et le régulateur à l'onduleur. L'onduleur photovoltaïque se branche directement sur le compteur. L'onduleur achemine alors l'électricité jusqu'à au prises. Le branchement de panneau solaire en série permet d'additionner les tensions.

Pour brancher le panneau solaire en série, on connecte la borne + du panneau solaire à la borne - et inversement. Le branchement de panneau solaire en parallèle permet d'additionner les intensités. Pour brancher le panneau solaire en parallèle, on connecte les bornes + ensemble et les bornes - ensemble. Pour une puissance suffisante, on opte pour un branchement de panneau solaire mixte, en série et en parallèle.

Un régulateur, qui protège l'installation. Ce régulateur est parfois incorporé à l'onduleur.

Un onduleur photovoltaïque transforme le courant électrique continu en courant alternatif.



**Figure II.3:** Branchement des éléments entre eux

### II.10. Dimensionnement des câbles

Une fois le système est dimensionné, on doit envisager l'installation pratique du système, on doit se préoccuper du câblage, afin d'assurer la cohérence de l'ensemble.

Généralement les chutes de tension dans les câbles sont pénalisantes, il est important de vérifier que les diamètres des câbles choisis sont compatibles avec les bords des composants retenus (module et régulateur). Avant de calculer toutes les sections des câbles, on fait un plan électrique global de l'installation où l'emplacement des composants a été choisi aussi précisément que possible pour déduire les distances entre les différents composants de l'installation. [19]

Les principaux critères du choix des câbles sont :

- La résistance aux intempéries et aux forts rayons solaires (UV).
- Evitement des chutes de tension importantes en choisissant la section adéquate.
- Choix du diamètre sachant que les câbles d'un système à courant continu est plus

important qu'un à courant alternatif.

#### a) Résistance du câble

La résistance d'un câble électrique ne dépend ni de la tension ni de l'intensité du courant qui le traverse, mais de la résistivité ( $\rho$ ) du matériau utilisé (cuivre, argent, fer, ...), de la longueur du câble et de sa section.

L'équation permettant de déterminer la résistance est la suivant :

$$R = \frac{\rho * L}{S} \quad (\text{II. 26})$$

Avec :

**R** : La résistance du câble.

**$\rho$**  : Résistivité propre du matériau.

**L** : Longueur du câble.

**S** : Section du câble.

#### b) Chute de tension

La chute de tension dans le câble doit être réduite au maximum afin de limiter les pertes, sa valeur ne doit pas dépasser les 5%.

#### c) Section de câble

Le calcul de la section des câbles électriques se fait en connaissant la conductivité du matériau, la chute de tension et le courant maximum tolérés ainsi que la longueur du fil utilisé. Cette section est calculée avec la formule suivante ; [20]

$$S = \frac{2 * L * \rho * I_{\max}}{\Delta V} \quad (\text{II. 27})$$

Avec :

**S** : Section de câble.

**L** : Longueur du câble.

**$\rho$**  : Résistivité propre du matériau.

**$I_{\max}$**  : Courant maximal.

**$\Delta V$**  : Chute de tension.

### II.10.1. Câblage du système PV

#### ➤ Détermination de la section des conducteurs entre le panneau et la boîte de raccordement (distance $L=25\text{m}$ ) :

Le courant de sortie d'un panneau à sa puissance nominale est égal :

$$I_{\max} = 9.26 \text{ A}$$

La chute de tension :

$$\Delta U_{\max} = 36.60 * 0.05 = 1.83V$$

$$S = \frac{2 * L * \rho * I_{\max}}{\Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 25 * 1.6 * 10^{-8} * 9.26}{1.83} = 4.04808 \times 10^{-6} m^2$$

$$S = 4.04806 \text{ mm}^2$$

Soit un câble de section minimale de  $4.04 \text{ mm}^2$ , on prendra donc des câbles normalisés de  $6 \text{ mm}^2$ .

- En se référant au tableau II.11 la section normalisée correspondant.

Tableau II.11: la section normalisée correspondant.

Section on mm2	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16
Intensité max en ampères (A)	3	6	10	16	25	30	40	60	80

- **Détermination de la section des conducteurs entre la boîte de raccordement et régulateur (distance L=10m) :**

Le courant de sortie de la boîte de raccordement :

$$I = \sum i_{\text{panneau}} = 9.26 * 39 = 361.14 \text{ A} \quad (\text{II. 28})$$

La chute de tension :

$$\Delta U_{\max} = 96 * 0.05 = 4.8V$$

$$S = \frac{2 * L * \rho * I_{\max}}{\Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 10 * 1.6 * 10^{-8} * 361.14}{4.8} = 2.4076 \times 10^{-5} m^2$$

$$S = 24.07 \text{ mm}^2$$

Soit un câble de section minimale de  $24.07 \text{ mm}^2$ , on prendra donc des câbles normalisés de  $25 \text{ mm}^2$ .

- **Détermination de la section des conducteurs entre les batteries et le régulateur (distance L=4m) :**

La chute de tension :

$$\Delta U_{\max} = 96 * 0.05 = 4.8V$$

$$S = \frac{2 * 4 * 1.6 * 10^{-8} * 361.14}{4.8} = 9.6304 \times 10^{-6} m^2$$

$$S = 9.630 \text{ mm}^2$$

Soit un câble de section minimale de 9.63 mm<sup>2</sup>, on prendra donc des câbles normalisés de 10 mm<sup>2</sup>.

- **Détermination de la section des conducteurs entre le régulateur et l'onduleur (distance L=3m) :**

La chute de tension :

$$\Delta U_{\max} = 96 * 0.05 = 4.8 \text{ V}$$

Le courant circulant entre le régulateur et l'onduleur lorsque celui-ci débite sa puissance nominale :

$$I_{\max} = \frac{P_{\max \text{ onduleur}}}{U_{\text{regulateur}}} \quad (\text{II. 29})$$

$$I_{\max} = \frac{38000}{96}$$

$$I_{\max} = 395.833 \text{ A}$$

$$S = \frac{395.833 * 2 * 3 * 1.6 * 10^{-8}}{4.8} = 7.9166 \times 10^{-6} m^2$$

$$S = 7.9166 \text{ mm}^2$$

Soit un câble de section minimale de 7.91 mm<sup>2</sup>, on prendra donc des câbles normalisés de 10 mm<sup>2</sup>.

**Tableau II.12:** les caractéristiques du câblage

Câblage	Distance (m)	Courant I <sub>max</sub> (A)	Chute de tension ΔU <sub>max</sub>	Section minimal (mm <sup>2</sup> )	Section normalisée (mm <sup>2</sup> )
Entre les panneaux et le boîte de raccordement	25	9.26	1.83	4.04	6
Entre la boîte de raccordement et régulateur	10	361.14	4.8	24.07	25

Entre le régulateur et les batteries	4	361.14	4.8	9.63	10
Entre le régulateur et l'onduleur	3	395.833	4.8	7.91	10

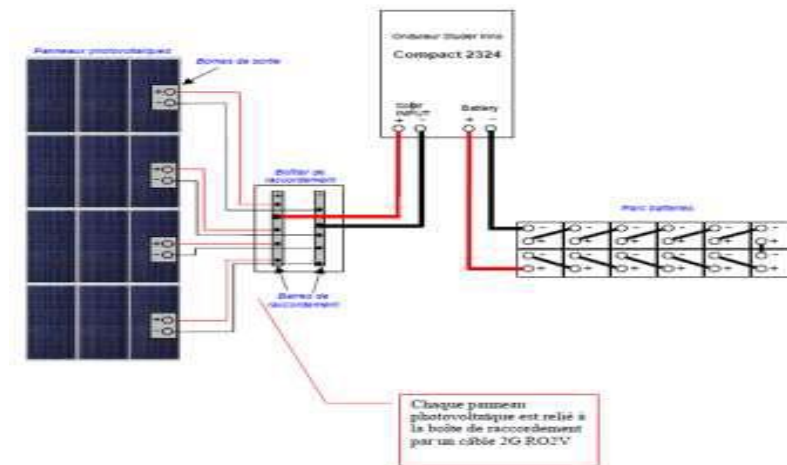


Figure II.4 : Raccordement entre les éléments du système

**II.11. Étude de faisabilité**

Installer un système solaire photovoltaïque est donc une réelle opportunité pour minimiser son impact environnemental, réduire sa facture d'énergie sur le long terme et concrétiser un engagement durable. Pour cela le projet doit être validé, dimensionné, adapté à la situation du site, à ses besoins et à son environnement (localisation, expositions, masques solaires, albédos, obstacles, météo, ...).

**II.12. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons calculé énergie consommée dans le bloc administratif. Ensuite nous avons procédé à la détermination inclinaison et son orientation pour obtenir les valeurs de rayonnement pour chaque mois. Puis Nous avons exposé des méthodes de dimensionnement et des différents composants et le raccordement d'une installation photovoltaïque.

Le chapitre suivant, nous représentons les résultats de l'installation PV par les logiciels MATLAB /SIMULINK, PV system et ETAP.

# **Chapitre III**

## **Etude des composants par simulation**

### III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons simulé le générateur photovoltaïque à partir de MATLAB /SIMULINK ensuite on va utiliser le logiciel PVSYST pour déterminer le nombre de panneaux et batterie et le régulateur adapté cette installation, par la suite on va visualiser l'écoulement de puissance avec le logiciel ETAP.

#### III.1.1. Branchement de 72 cellules

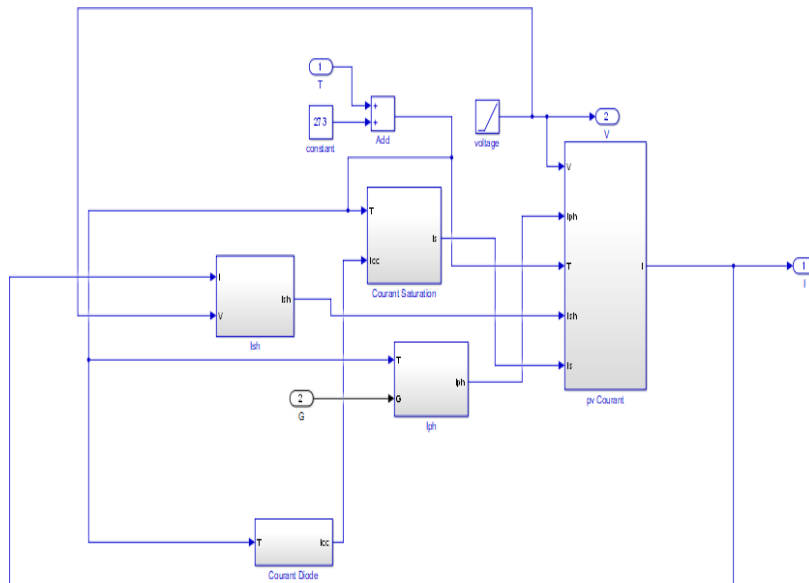


Figure III.1:Schéma bloc de branchement de cellule PV.

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (III. 30)$$

Ces équations peuvent expliquer les caractéristiques I-V de la cellule et du module en donnant les expressions des différents courants : [21]

- Le courant de résistance de shunt  $I_{sh}$  :

$$I_{sh} = \frac{V + I \cdot R_S}{R_{SH}} \quad (III. 31)$$

- Le courant de diode  $I_D$  :

$$I_D = I_s \left[ e^{\frac{q(V+I \cdot R_S)}{A \cdot K \cdot N_s \cdot T}} - 1 \right] \quad (III. 32)$$

- Avec le courant de saturation  $I_s$  donne par : [21]

$$I_s = I_{s,n} \left( \frac{T}{T_n} \right)^3 \cdot e^{-\frac{q \cdot E_g}{A \cdot K} \left( \frac{T}{T_n} - 1 \right)} \quad (III. 33)$$

- Le courant de saturation inverse  $I_{RS}$  donne par :

$$I_{s,n} = \frac{I_{sc,n}}{e^{\left( \frac{q \cdot V_{oc,n}}{A \cdot K \cdot N_s \cdot T} \right)} - 1} \quad (III. 34)$$

Le courant de photonique  $I_{PH}$  : c'est le courant générée par une cellule, il est proportionnel a l'irradiation solaire et est légèrement influence par la température selon l'équation suivant : [21]

$$I_{ph} = [I_{sc,n} + k_i \cdot (T - T_{ref})] \cdot \frac{G}{G_{ref}} \quad (III. 35)$$

L'équation finale de caractéristique  $I(V)$  sera comme se suite : [21]

$$I = I_{ph} - I_s \left[ e^{\left( \frac{q(V+I \cdot R_s)}{A \cdot K \cdot N_s \cdot T} \right)} - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{SH}} \quad (III. 36)$$

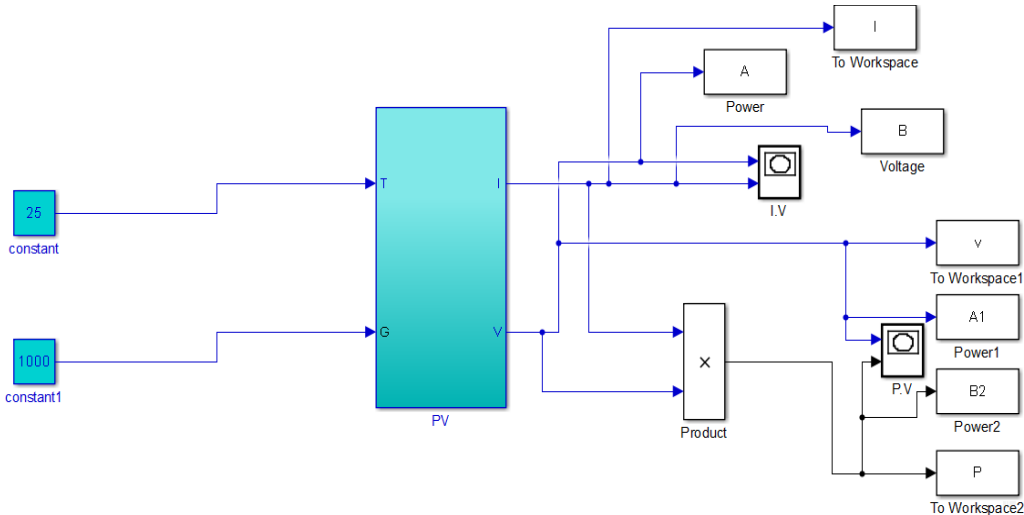


Figure III.2 : Schéma bloc de Branchement de 72cellule.

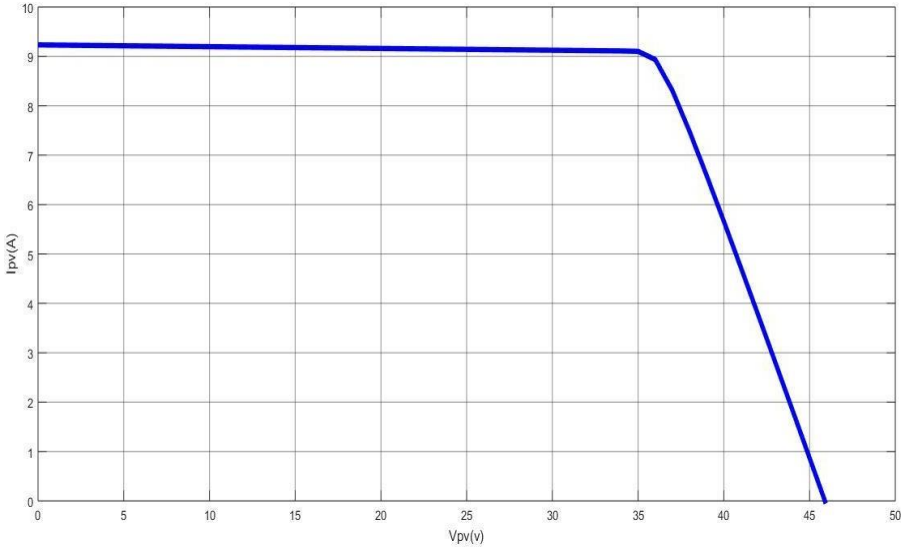


Figure III.3: Graphe (courante, tension) de cellule.

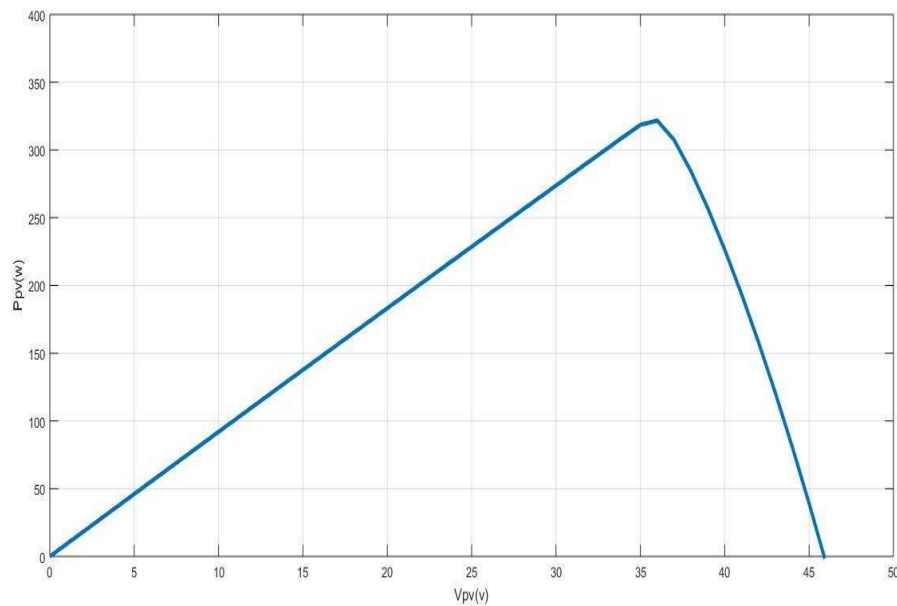


Figure III.4: Graphe (tension, puissance) de cellule.

### III.2. Présentation du logiciel de simulation PVSYS

PV system est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais c'est aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche ergonomique avec guide dans le développement d'un projet. PV system permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles.

La conception de système est basée sur une procédure rapide et simple :

- Spécifier la puissance désirée ou la surface disponible.
- Choisir les modules PV dans la base de données interne.
- Choisir l'onduleur dans la base de données interne.

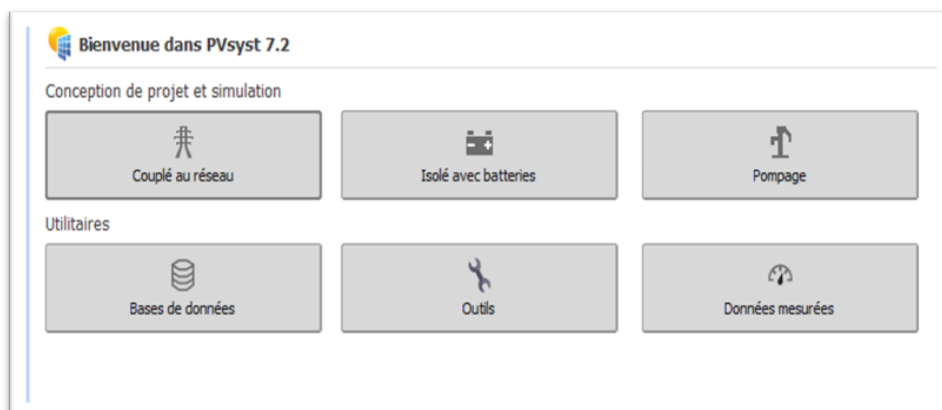


Figure III.5 : Interface de logiciel PVsyst version 7.3.

Tableau III.1: Besoins d'utilisateur de notre système

Besoins d'énergie quotidiens, variante "pv system 1"

**Définition des usages domestiques journaliers pour l'année.**

Consommation | Distribution horaire

**Consommations journalières**

Nombre	Appareil	Puissance	Util. journ.	Distrib. horaire	Daily energy
395	Lampes (LED ou fluo)	18 W/lampe	4.0 h/jour	OK	28440 Wh
22	TV / PC / Mobile	100 W/app	8.0 h/jour	OK	17600 Wh
10	photocopieuse	920 W/app	1.0 h/jour	OK	9200 Wh
14	imprimante	0.73 kWh/jour	24.0	OK	10214 Wh
17	onduleur	350.0 W moy.	0.5 h/jour	OK	2975 Wh
3	point d accée	10 W/app	24.0 h/jour	OK	720 Wh
10	climatiseur	1800 W/app	4.0 h/jour	OK	72000 Wh
Consomm. de veille		603 W tot	24 h/jour		14460 Wh
<b>Energie journalière totale</b>					<b>155609 Wh/jour</b>
<b>Énergie mensuelle</b>					<b>4668.3 kWh/mois</b>

**Info appareils**

**Définition consommation par**

Années **Utilis. Week-end ou semaine**

Saisons

Mois

Utilisation seulement pendant

7 jours dans la semaine

### ANALYSE DE RESULTATS

- La production d'énergie totale (KWh/an) est essentielle pour évaluer la rentabilité du système PV.
- L'indice de performance (PR [%]) décrit la qualité du système lui-même.
- L'énergie spécifique [kWh/kWp] est un indicateur de la productivité du système, selon L'irradiation disponible (localisation et orientation).
- Le diagramme des pertes (Figure III.7) : Le diagramme des pertes montre les énergies à différents niveaux du système, avec une évaluation des pertes à chaque stade.

Tableau III.2: Configuration d'un système.

Besoins jour, moyens : 156 kWh/jour

Autonomie requise : 3.0 jour(s)

Pré-dimens. détaillé

Def. la PLOL acceptable : 5.0 %

Tension batterie (et utilis.) : 96 V

Capacité conseillée : 5721 Ah

Puissance PV conseillée : 31305 Wc (nom.)

Stockage | **Champ PV** | Appoint | Schéma simplifié

Nom et orientation du sous-champ

Nom : Champ PV

Orient. : **Plan incliné fixe**

Inclinaison : 44°

Azimut : 0°

**Aide au dimensionnement**

Pas de prédim. Entrez Pnom désirée : 37.1 kWc

... ou surface disponible : 0 m<sup>2</sup>

Redimens.

**Sélection du module PV**

Tous les modules | Tri modules par :  Puissance  Technologie

ZNshine Solar | 250 Wp 41V Si-mono | ZNM5-96-250/MS | Depuis 20 | Ouvrir

Modules nécessaires approx. : 148

Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) : 41.4 V

Vco (-10°C) : 66.5 V

**Choisissez le mode de régulation et le régulateur**

Régulateur universel | Convertisseur de puissance MPPT

Mode d'opération :  Couplage direct  Convertisseur MPPT  Convertisseur DC-DC

Courants max. de charge - décharge : MPPT 1000 W 96 V 336 A 326 A | Universal controller with MPPT conve | Ouvrir

Les paramètres de fonctionnement du régulateur universel seront automatiquement ajustés selon les propriétés du système.

**Conception champ PV**

Nombre de modules et chaînes

Mod. en série : 3 | doit être :  Pas de contrainte

Nb. chaînes : 39 | entre 39 et 60

**Nbre modules : 117** | **Surface : 199 m<sup>2</sup>**

Cond. de fonctionnement:

Vmpp (60°C) : 124 V

Vmpp (20°C) : 149 V

Vco (-10°C) : 200 V

Irradiance plan : 1000 W/m<sup>2</sup>

Imp (60°C) : 201 A

Isc (60°C) : 217 A

Isc (aux STC) : 216 A

<b>Besoins utilis.</b>	Utilis. domestique	Puissance moy. : 6.48 kW
	Fraction nuit : 50.0 %	Énergie jour : 156 kWh
<b>Pack de batteries</b>	26 en parallèle, 96 V	Capacité : 5720 Ah
	Autonomie : 2.8 jr	Énergie stockée : 439 kWh
<b>Champ PV</b>	39 chaînes de 3 modules	Puissance nom. : 29.3 kWc
	PV/PLoad : 4.5	Énergie moy. jour : 130 kWh
<b>Régulateur</b>	MPPT universel	Puissance nom. : 25.4 kW
	PV/PConv : 1.15	Seuls selon SOC

On a choisi le type de panneau qui convient à une puissance de 320 Wc monocristallin puis un convertisseur MPPT de 96V ; ont obtenu comme résultat 117 panneaux pour une surface de 225.07m<sup>2</sup>.

Tableau III.3 : caractéristique techniques de la batterie utilisée dans le système.

Définition d'un système isolé avec batteries, Variante "pv system 1", Variant "pv system 1"

Besoins jour. moyens: 156 kWh/jour  
 Déf. la PLOI acceptable: 5.0 %  
 Autonomie requise: 3.0 jour(s)  
 Tension batterie (et utilis.): 96 V  
 Capacité conseillée: 5721 Ah  
 Puissance PV conseillée: 31361 Wc (nom.)

Stockage | **Champ PV** | Appoint | Schéma simplifié

**Procédure**

Les suggestions de pré-dimensionnement sont basées sur la météo mensuelle, et les besoins de l'utilisateur

1. - Pré-dimensionnement: Définissez les conditions de pré-dimensionnement (PLOI, autonomie, tension batterie)
2. - Stockage: Définissez le pack de batteries (les cases défaut approchent les suggestions du pré-dimensionnement)
3. - Conception champ PV: Définissez le champ PV (Module PV et mode de contrôle). Conseil : commencez avec un régulateur universel I
4. - Appoint: Définissez un éventuel groupe électrogène

**Définissez le pack de batteries**

Trier les batteries selon:  tension  capacité  fabricant

Sonnenschein | 24 V | 220 Ah | Pb Sealed Gel | Solar S12/17 G5 |

Pb-acide

4	<input checked="" type="checkbox"/> batteries en série	Nombre de batteries	104	Tension du pack batteries	96 V
26	<input checked="" type="checkbox"/> batteries en parallèle			Capacité globale	5720 Ah
100.0	% Etat d'usure initial (nb. de cycles)	Nombre d'éléments	624	Energie stockée (80 % DOD)	439 kWh
100.0	% Etat d'usure initial (statique)			Poids total	2030 kg
				Nbre de cycles à 80 % DOD	485
				Energie totale stockée durant la vie de la batterie	223 MWh

Température batterie en opération

Le stockage d'énergie est une étape très intéressante pour un système autonome, on a choisi un des batteries de 2 V de 250AH a une température de 20°C ;

- Les nombres des batteries est 104 branchement comme suite :
  - 4 batterie en chaine série.
  - 26 batterie en chaine parallèle.

Pour obtenir à la sortie d'une tension de 24 V dont la capacité totale est de 6078.71 AH.

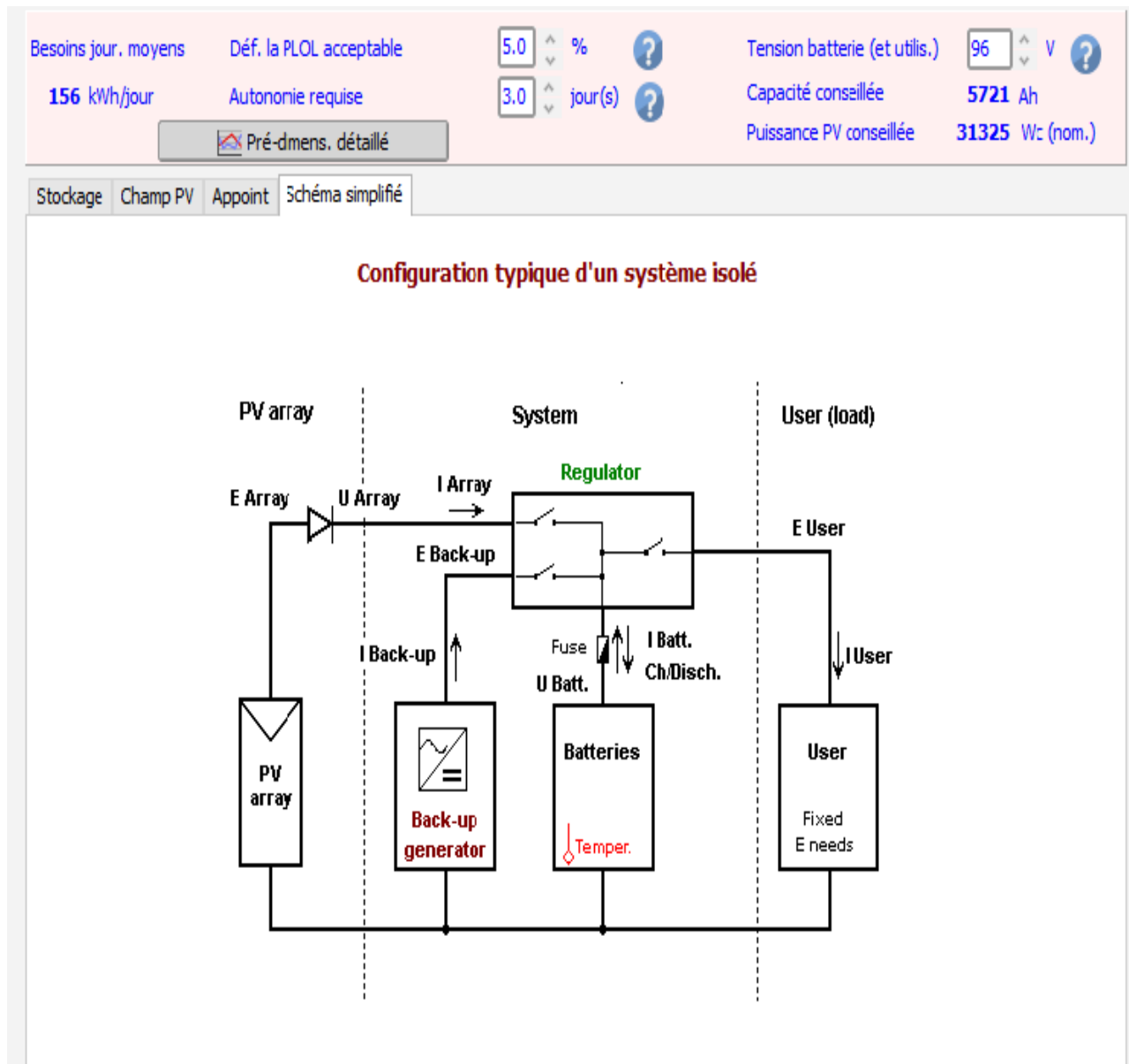


Figure III.6: Schéma simplifié d'une centrale PV raccordée à la batterie (PVSYST).

- La figure ci-dessus nous montre les branchements complets d'un système Photovoltaïque avec un onduleur, un régulateur et des batteries avec les appareils de protection comme le fusible Diode by passe qui est tous reliée à des différents récepteurs.

Tableau III.4 : Paramètres de simulation d'une centrale PV (technologie silicium monocristallin).

Variant: pv system 1

**PVsystem V7.3.2**  
 VCO, Simulation date:  
 03/18/23 10:28  
 with v7.3.2

General parameters	
<b>Standalone system</b>	<b>Standalone system with batteries</b>
<b>PV Field Orientation</b>	
Orientation	
Fixed plane	<b>Sheds configuration</b>
Tilt/Azimuth	No 3D scene defined
	44 / 0 °
	<b>Models used</b>
	Transposition Perez
	Diffuse Perez, Meteonorm
	Circumolar separate
<b>User's needs</b>	
Daily household consumers	
Constant over the year	
Average	156 kWh/Day

PV Array Characteristics	
<b>PV module</b>	<b>Battery</b>
Manufacturer	Generic
Model	Solar S1217 G5
(Original PVsystem database)	Lead-acid, sealed, Gel
Unit Nom. Power	Nb. of units
250 Wp	28 in parallel x 4 in series
Number of PV modules	Discharging min. SOC
117 units	20.0 %
Nominal (STC)	Stored energy
29.25 kWp	439.3 kWh
Modules	<b>Battery Pack Characteristics</b>
39 Strings x 3 in series	Voltage
	96 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>	Nominal Capacity
Pmpp	5720 Ah (C10)
26.21 kWp	Temperature
U mpp	Fixed 20 °C
130 V	
I mpp	<b>Battery Management control</b>
201 A	Threshold commands as
	SOC calculation
<b>Controller</b>	Charging
Universal controller	approx. SOC = 0.90 / 0.75
Technology	52.3 / 49.5 V
MPPPT converter	Discharging
Temp. coeff. -5.0 mV/°C/Elem.	approx. SOC = 0.20 / 0.45
<b>Converter</b>	46.4 / 48.3 V
Maxi and ELUD efficiencies	
97.0 / 95.0 %	
<b>Total PV power</b>	
Nominal (STC)	29 kWp
Total	117 modules
Module area	199 m²
Cell area	171 m²

Array losses	
<b>Thermal Loss factor</b>	<b>DC wiring losses</b>
Module temperature according to irradiance	Global array res.
Uc (const)	11 mΩ
20.0 W/m²K	Loss Fraction
Uv (wind)	1.5 % at STC
0.0 W/m²Km/s	
<b>Module Quality Loss</b>	<b>Module mismatch losses</b>
Loss Fraction	Loss Fraction
-0.8 %	1.3 % at MPP
<b>IAM loss factor</b>	<b>Strings Mismatch loss</b>
ASHRAE Param.: IAM = 1 - bo (1/cool -1)	Loss Fraction
bo Param.	0.1 %
0.05	
	<b>Series Diode Loss</b>
	Voltage drop
	0.7 V
	Loss Fraction
	0.5 % at STC

❖ Comme illustré sur le tableau :

- ✓ L'angle d'inclinaison est de 44 °c.
- ✓ Le champ photovoltaïque est composé de 117 unités PV.

Le champ PV sera constitué de 117 modules PV répartis sur une surface de 225.07 m<sup>2</sup>, comme suit :

- ✓ 3 Modules connectés en série.

✓ 39 Modules connectés en parallèle.

Tableau III.5: Énergie utile produite par le PV (à la sortie de l'onduleur).

**PVsyst V7.3.2**

VC0, Simulation date:  
03/16/23 10:26  
with v7.3.2

**Main results**

**System Production**

Useful energy from solar 53095 kWh/year  
Available solar energy 54813 kWh/year  
Excess (unused) 563 kWh/year

**Loss of Load**

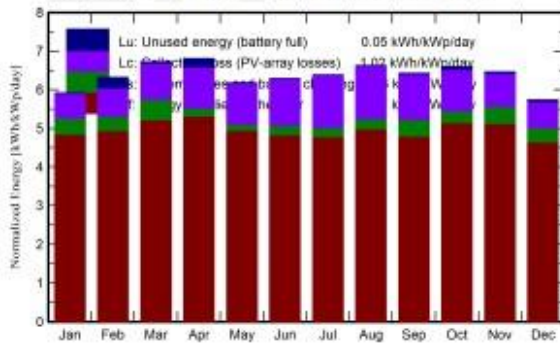
Time Fraction 3.9 %  
Missing Energy 3701 kWh/year

Performance Ratio PR 78.05 %  
Solar Fraction SF 93.48 %

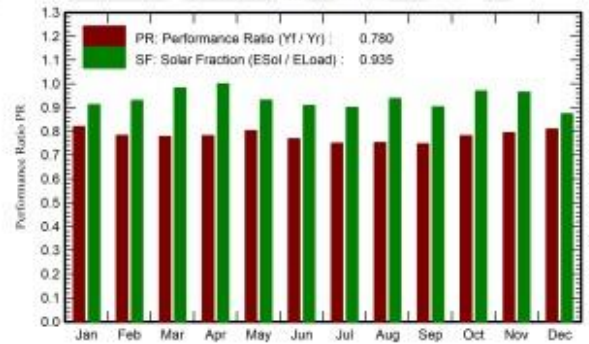
**Battery aging (State of Wear)**

Cycles SOW 80.4 %  
Static SOW 90.0 %  
Battery lifetime 5.1 years

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



- LU : Energie inutilisée (batterie pleine).
- LS : perte de collection (champ PV).
- LS : perte système (onduleur).
- Yf : Energie utile produite (sortie onduleur).
- PR : indice de performance.
- SF : Fraction solaire.

L'énergie disponible est de 54813 kwh/an, par ailleurs l'énergie utilisée 53095 kwh/an.

L'indice de performance (PR) vaut 78.05% et la fraction solaire (S F) vaut 93.48%. Le

Lancement de la simulation nous permet d'accéder aux différents résultats de la conception de Notre système photovoltaïque d'une puissance de 320 W à 25 °c.

Cette figure est résumé les pertes influençant la production du système PV à savoir :

- Les pertes ohmiques du câblage.
- Effets d'incidence.

- Pertes dues à la température du champ.
- Pertes dû à la qualité des modules... etc.

**Tableau III.6** : Bilans et résultants principaux du site de bloc administratif Wilaya de Naâma.

Balances and main results								
	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	ratio
January	105.6	180.9	4584	0.1	420.5	4403	4824	0.913
February	119.3	174.0	4393	218.0	302.2	4055	4357	0.931
March	172.3	203.8	5027	19.2	81.5	4742	4824	0.983
April	205.1	197.9	4836	184.2	0.0	4668	4668	1.000
May	222.3	184.5	4432	0.0	329.1	4495	4824	0.932
June	234.0	181.4	4264	0.0	421.8	4246	4668	0.910
July	235.1	190.8	4364	0.0	479.9	4344	4824	0.901
August	215.7	199.4	4570	0.1	299.8	4524	4824	0.938
September	171.6	187.9	4413	10.0	450.6	4218	4668	0.903
October	148.8	201.0	4818	68.6	147.4	4676	4824	0.969
November	115.9	190.9	4721	29.7	162.0	4506	4668	0.965
December	98.2	175.5	4391	33.0	606.3	4217	4824	0.874
Year	2044.0	2268.0	54813	562.8	3701.1	53095	56797	0.935

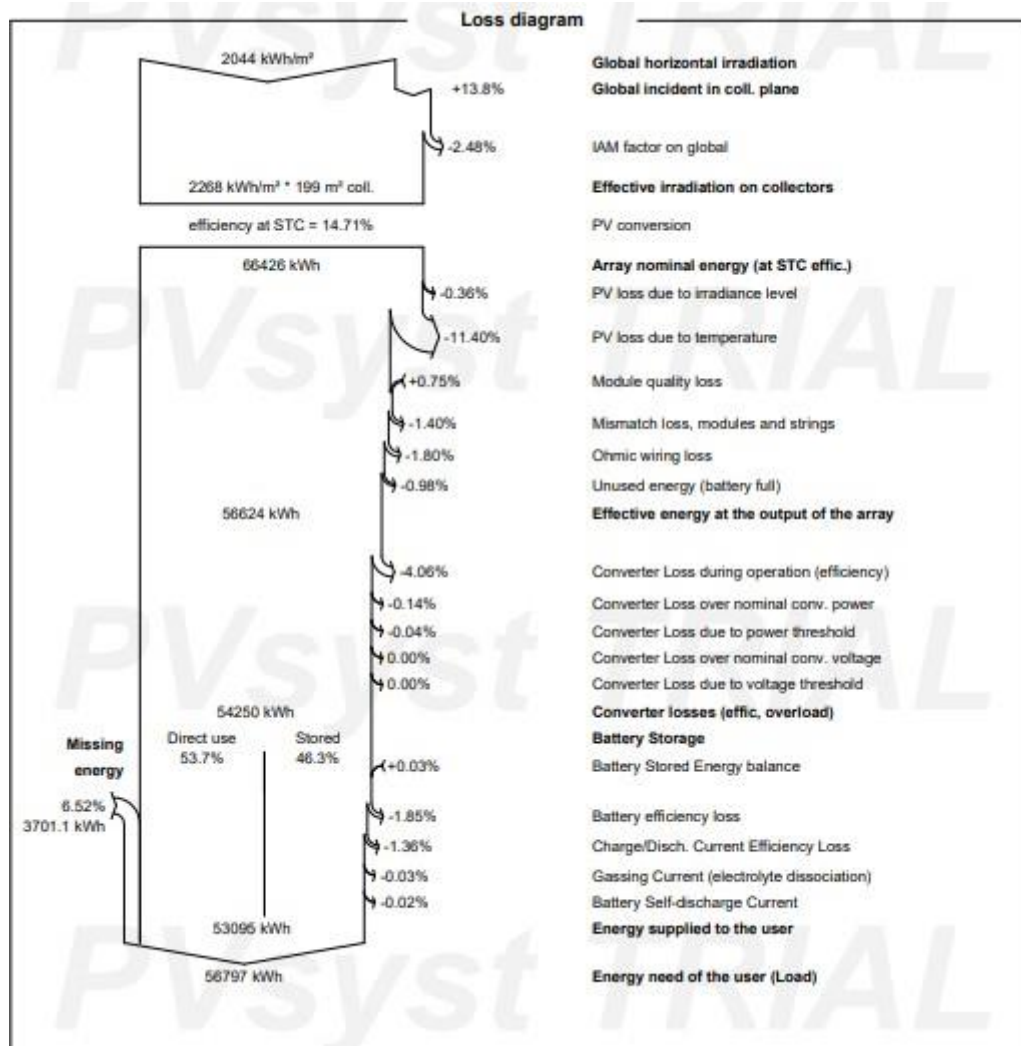
  

**Legends**

GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		

D’après résultat (Tableau III.6) il est clair que l’énergie produite par le champ photovoltaïque tableau (III.1) est proportionnelle aux valeurs d’énergie incident (Globinc).la production de système (à la sortie de l’onduleur) est représentée sur la Figure III.5 Les pertes Lc et Ls sont respectivement les pertes correspondantes au champ PV est due à l’onduleur.

Tableau III.7: Diagramme des pertes.



On déterminera ici les pertes du système :

- Les pertes thermiques.
- Dues notamment à la température du module.
- Les pertes ohmiques dues à la résistance des câbles.
- Les pertes dues aux incertitudes et aux erreurs et enfin.
- Les pertes dues à la vitre de protection du module.

### III.3. Présentation du logiciel de simulation logiciel ETAP 12.6.

ETAP (Analyse transitoire des programmes électriques) est la plate-forme d'analyse la plus complète pour la conception, la simulation, le fonctionnement et l'automatisation des systèmes de production, de distribution et d'énergie industrielle. ETAP est développé dans le cadre d'un programme d'assurance qualité établi et est utilisé dans le monde entier comme un logiciel à fort impact. ETAP est complètement localisé en quatre langues avec des rapports de

sortie traduits en six langues. En tant que solution d'entreprise entièrement intégrée, ETAP s'étend à un système de gestion d'énergie intelligent en temps réel pour surveiller, contrôler, automatiser, simuler et optimiser.

Le fonctionnement des systèmes d'alimentation. ETAP est une entreprise de logiciels d'ingénierie analytique à Spectre complet spécialisée dans l'analyse la simulation, la surveillance, le contrôle, l'optimisation et l'automatisation de systèmes d'alimentation électrique. Le logiciel ETAP offre la suite la plus complète de solutions d'entreprise de système d'alimentation intégré.



Figure III.7 : Interface de logiciel Etape version 2019.

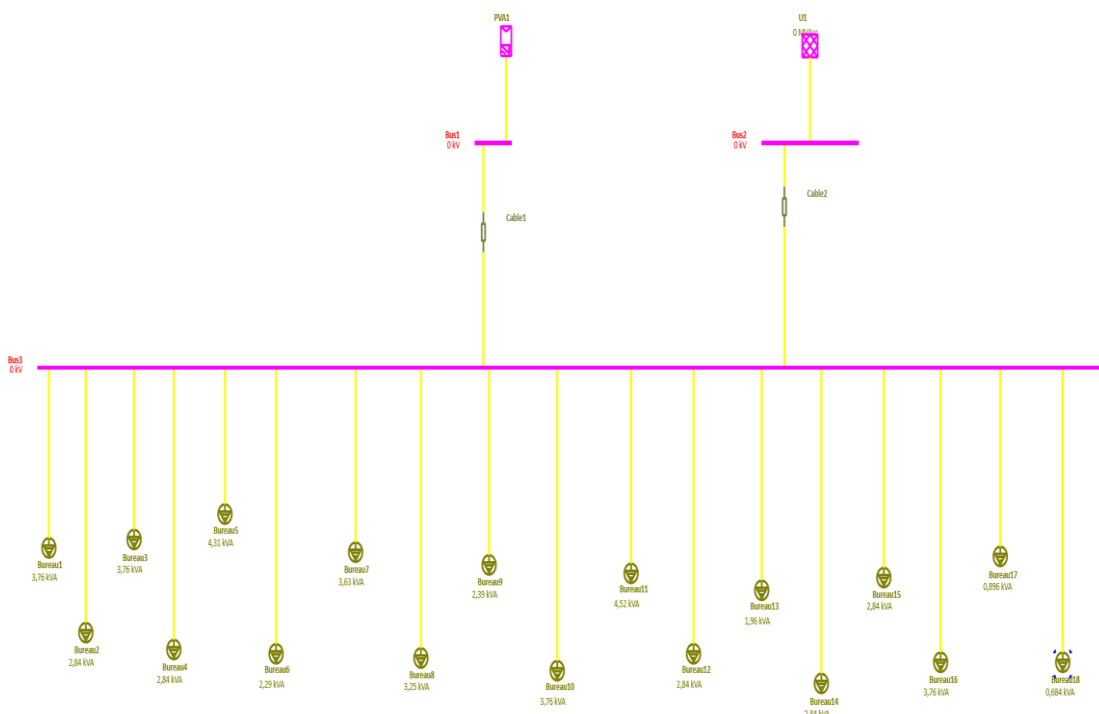


Figure III.8 : les sources de distribution d'énergie

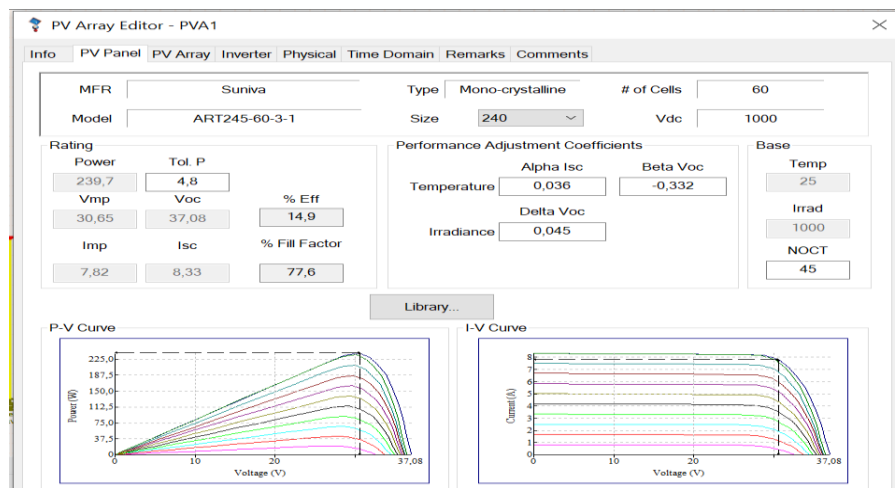
La Figure III.6 est notre réseau électrique consisté par deux sources de production d'énergie. La première source produit la totalité de l'énergie pour alimenter les différents récepteurs.

**III.3.1. Simulation et rapport**

Une étape cruciale dans le fonctionnement d'un réseau électrique est son régime permanent. Il est essentiel d'obtenir des informations sur ces points de fonctionnement afin de les gérer en termes de sécurité, de fiabilité ou d'économie.

Le rôle fondamental d'une centrale PV électrique est de produire les puissances actives et réactives requises par les divers équipements qui y sont connectés. Les points de production et de consommation sont interconnectés par des lignes de transmission.

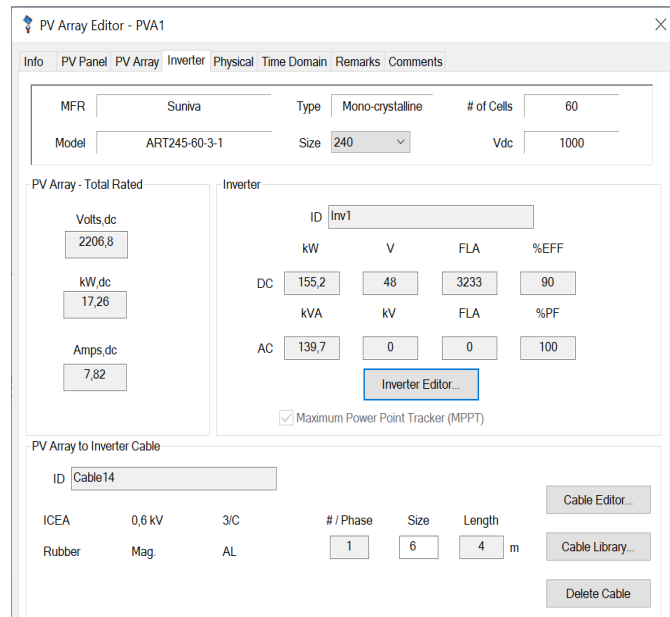
**Tableau III.8** : caractéristique de panneau solaire.



Les caractéristiques des panneaux solaires dans le logiciel Étape sont :

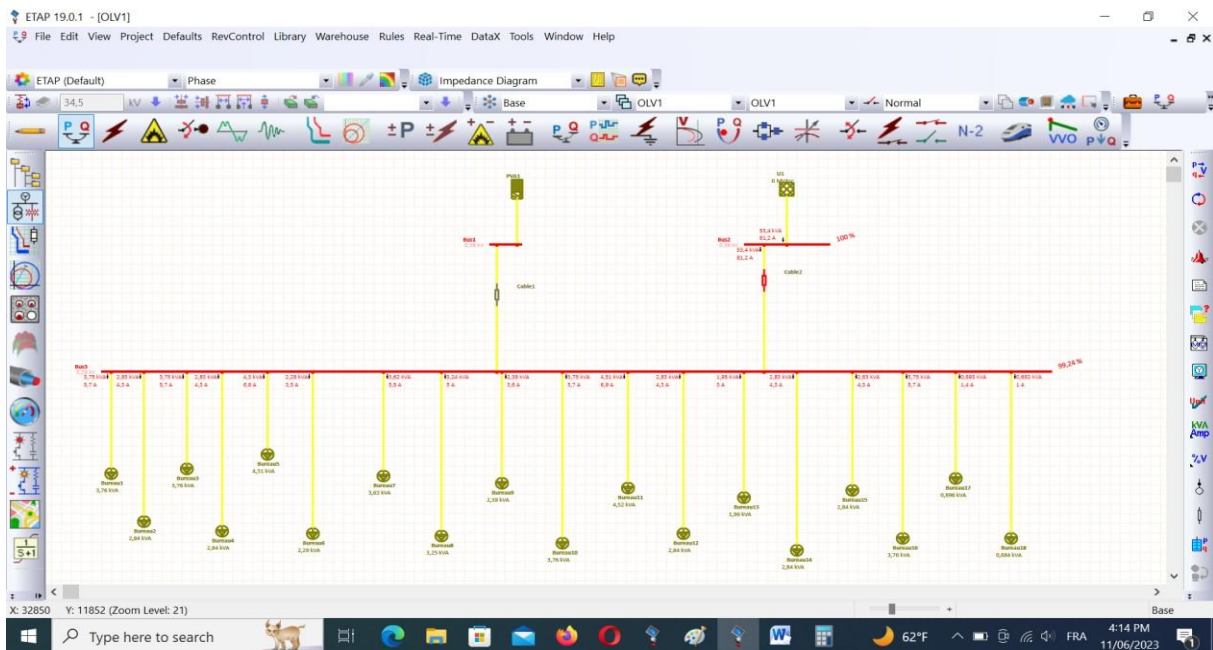
La puissance crête 239,7 Wc a pour tension 30.08 V et courant 7.82 A. Type de panneau Monocristallin de 60 cellules.

Tableau III.9 : Convertisseur (onduleur)



L'étude de l'écoulement de puissance est une étape primordiale de toute analyse sérieuse d'un réseau électrique. En effet, elle nous permet de calculer les grandeurs d'un réseau en régime permanent équilibré à savoir les modules et phases des tensions en tout point du réseau.

Figure III.9: résultat de distribution d'énergie dans les différents



**Discussion des résultats :**

Grâce aux résultats de la distribution électrique dans les différents bureaux, nous n'avons pas eu beaucoup de gaspillage d'énergie. Le flux d'énergie nous aide à visualiser la distribution d'énergie. L'une des principales difficultés de la production d'électricité à l'aide d'un système photovoltaïque est son caractère aléatoire. En effet, plusieurs paramètres tels que : les conditions environnementales, la situation géographique, l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires, pour un système donné peuvent donner des résultats très différents. Pour mieux contrôler ces paramètres très volatils nous utiliserons le logiciel PVsyst qui a pour rôle de déterminer le nombre de panneaux, le type de régulateur, le nombre de batteries ainsi que les caractéristiques de l'onduleur à choisir. Les résultats obtenus nous ont permis d'établir le nombre de panneaux qui se sont avérés couvrir une superficie de 225,07m<sup>2</sup>, sachant que le toit du bâtiment de l'Institut des sciences et de la technologie dont la superficie est estimée à 325m<sup>2</sup>, il y aura donc une compatibilité dans le nombre de panneaux avec la surface proposée, et d'autre part, il faut le mentionner Le coût d'investissement est élevé, mais avec une longue durée de vie pouvant aller jusqu'à 25 ans.

**III.4. Conclusion**

Ce chapitre s'est essentiellement porté sur le dimensionnement pour l'installation du bloc administratif, université SALHI AHMED NAAMA Nous avons dimensionné les différents composants de l'installation Photovoltaïque : les panneaux photovoltaïques, les batteries, le régulateur et les câbles. et on le fait Le dimensionnement en utilisant la méthode du mois le plus défavorable et en utilisant les logiciel Matlab Simulink, PV système, ETAP. Le recours aux différents Logiciel à était en effet important.



### III.5. Recommandation

Tableaux de recommandation pour diminuer les consommations d'énergies :

Les économies d'énergie correspondent à une diminution de la consommation énergétique. Dans les bâtiments, les économies d'énergie sont dépendantes du types d'énergie en place, plus ou moins onéreuse ou gratuite comme le solaire, du niveau d'isolation, de la qualité des équipements thermique intérieurs, usage précautionneux et économie des usagers.

Pour mieux utiliser les panneaux solaires chez toi il faut savoir faire des économies d'énergie.

Par exemple :

- 1) Choisir des appareils avec un label énergétique.
- 2) Utiliser des ampoules à basse consommation.

**Tableau III.10:** tableau de recommandation

APPAREILS	NOMBRES	PUISSANCES (WATT)	Durée utilisation (heures ou min)	P (w)	ENERGIES (Wattheure /jour)
Lampes	395	18	4	7110	28440
Micro	22	100	8	2200	17600
Photocopieuse	10	924	2	9240	18480
Point d'accès / D-Link	3	10	24	30	720
Imprimante	14	550	2	770	15400
Onduleur	17	350	0.5	5950	2975
Climatiseur	10	1800	4	18000	72000
<b>Totale</b>				<b>43300</b>	<b>155615</b>

D'où : L'ENERGIE TOTAL= 155615wh/j

Tableau III.11: énergie total consomme dans les différents périodes

	Besoins journaliers (B <sub>j</sub> )	Besoins Hebdomadaire (B <sub>h</sub> )	Besoins mensuels (B <sub>m</sub> )	Besoins annuels (B <sub>a</sub> )
<b>Besoins en énergie (KWh)</b>	155,615	1089,305	4357,22	52286,64

- Nombre de module solaire N<sub>m</sub> :

$$N_m = \frac{P_{ch}}{p_m}$$

$$N_m = \frac{37031.19}{320}$$

$$N_m = 116 \text{ modules}$$

- ❖ Le nombre des modules connectés en parallèle est égale à 39 module.
- ❖ Le nombre de modules connectés en série est égale à 3 module.
- Nombre de batterie N<sub>b</sub> égale à 100 batterie.
- Dimensionnement de régulateur et onduleur :
  - ❖ Régulateur : on va choisi un régulateur de MPPT.
  - ❖ Onduleur : On a puissance d'onduleur est 38 KW.

Figure III.8 : Présentation de l'installation photovoltaïque sur le site.



**III.6. Cahier des charges****III.6.1. Présentation**

Notre travail consiste à placer le système photovoltaïque dans le bloc administratif d'instituée des Sciences et Technologie centre universitaire SALHI AHMED de NAAMA.

**III.6.2. L'objectif**

L'objectif est de déterminer la taille qui permet l'installation de panneaux photovoltaïque réponde aux besoins en énergie électrique du bloc administrative d'instituée science et technologie de centre universitaire SALHI AHMED de NAAMA.

Dans un premier temps nous avons fait un inventaire des différent appareil utilisée.

**III.6.3. Dimensionnement**

La méthode de dimensionnement comporte 08 étapes qui se résument comme suit :

- Détermination des besoins de l'utilisateur : tension, puissance des appareils et durées d'utilisation.
- Chiffrage de l'énergie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation géographique.
- Définition des modules photovoltaïque, tension de fonctionnement, technologie, puissance totale à installer.
- Définition de la capacité de la batterie et choix de la technologie.
- Choix du régulateur.
- Choix de l'onduleur.
- Plan de câblage : détermination des accessoires de câblage et des sections de câbles...
- Coût du système.

**III.6.4. Description**

Indiquer :

- Implantation des capteurs sur le bâtiment et relevé des masques potentiels.
- Modules : type, surface, puissance, nombre.
- Générateur : surface et puissance.
- Onduleurs : Nombre, puissance, type d'architecture.

### III.6.5. Cout des différents appareils

Tableau III.12: Le cout de différents appareils.

Les appareils	Nombres	Prix (dinar) Algérien	Investissement (DA)
Modules photovoltaïques (Monocristallin )	116	42250	4901000
Batteries (GEL) Marque AGM.	100	48750	4875000
Onduleurs Simple	1	150000	150000
Régulateur MPPT	1	112500	112500
Câblages (Cuivres)			62500
Total investissement (Dinars)			10101000

### III.6.6. Le rôle des composants

- Le Panneaux solaire : est un dispositif énergétique solaire à base de capteurs solaires thermiques, photovoltaïques, destine à convertir le rayonnement solaire en énergie thermique ou électrique.
- Régulateur de charge : sert a de contrôler la charge de la batterie et de limiter sa décharge. Sa fonction est primordiale car elle a un impact direct sur la durée de vie de la batterie.
- Onduleur : L'onduleur permet de convertir le courant continu produit par les panneaux Photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau électrique.
- La batterie : sont chargées de jour pour pouvoir alimenter la nuit ou les jours de mauvais temps.

## CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail on a basé sur l'alimentation de bloc administratif instituée science et technologie de centre universitaire SALHI AHMED a NAAMA par énergie photovoltaïque.

Le présent travail structure en 3 partie :

Dans la première partie, nous a permis à connaître la généralité sur le système photovoltaïque

Dans la deuxième partie, on a étudié la modélisation et les étapes essentielles du dimensionnement de ce système, ensuite nous avons dimensionné les composants de l'installation Photovoltaïque à savoir les panneaux photovoltaïques, les batteries, le régulateur et les câbles.

Dans la troisième partie, Nous avons choisi le logiciel PV system pour répondre correctement au choix des composants constituant notre installation. Ensuite, nous représentons les résultats obtenus de l'installation PV et simulation d'une cellule PV par Matlab Simulink et logiciel ETAP pour visualiser l'écoulement de la puissance.

Enfin, Nous travaillons à matérialiser le système d'énergie solaire sur le bloc administratif d'instituée science et de technologie de centre universitaire SALHI AHMED a NAAMA.

Les résultats obtenus montrent que la méthode utilisant du mois le plus défavorable donne de meilleurs résultats car elle permet une meilleure précision dans le calcul. Notre étude a montré que le meilleur angle d'inclinaison est  $44^\circ$ .

Comme perspectives pour ce travail, nous recommandons :

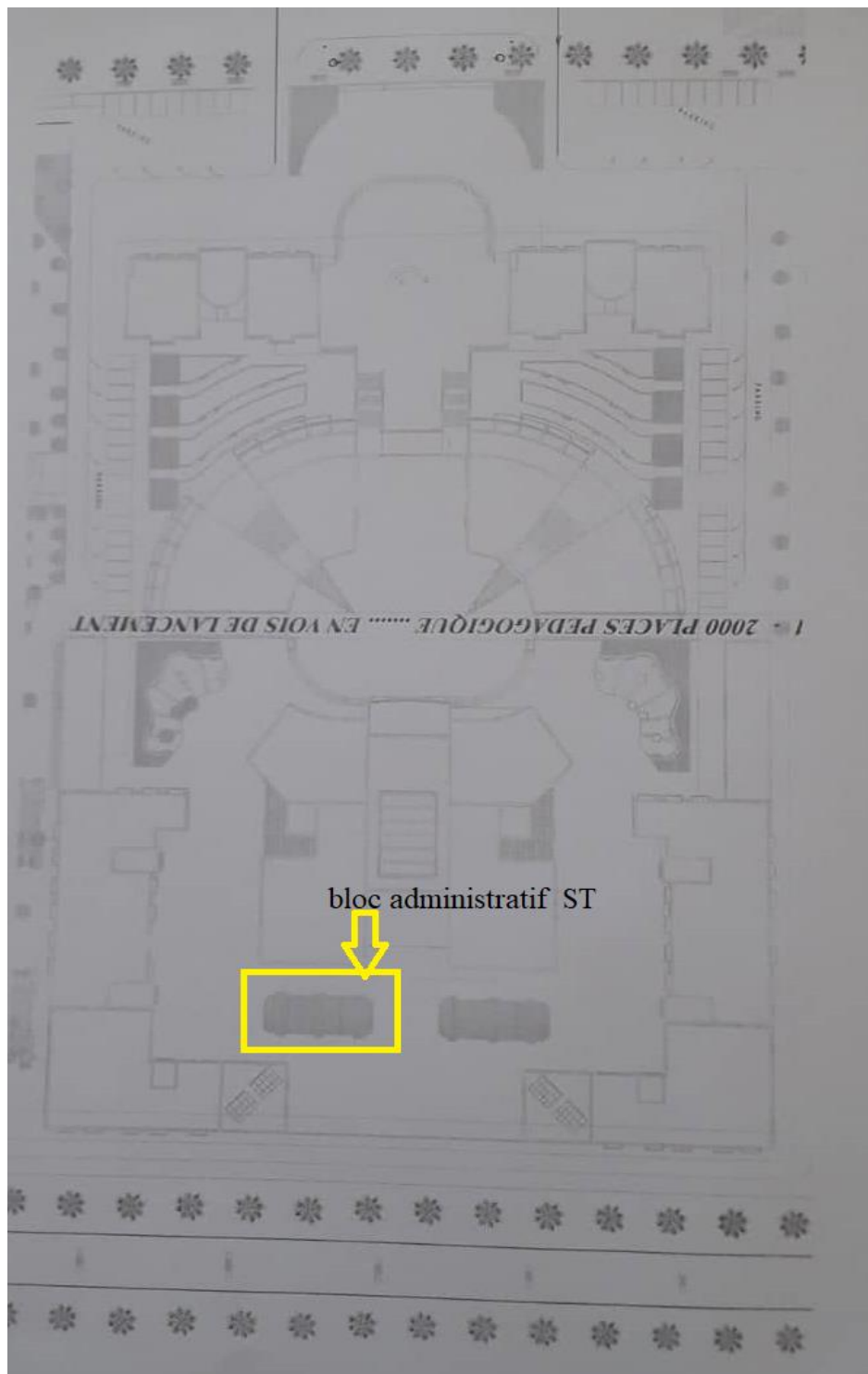
- D'ajouter l'angle d'inclinaison dans les paramètres d'optimisation.
- Utiliser cette méthode pour optimiser d'autres types de systèmes photovoltaïques

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la réduction de l'utilisation des énergies non renouvelables (ou fossiles). Une nouvelle ère de contribution de l'énergie verte épargnera notre atmosphère contre la dégradation de l'environnement.

# Annexes1

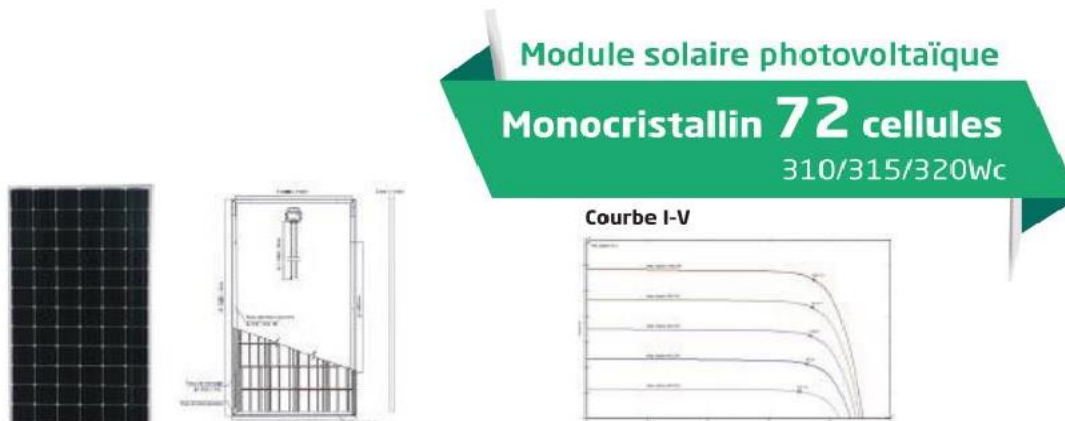
- **Présentation de site**

La faculté des sciences et de la Technologie est l'une de la structure de deuxième pôle, de l'Université de SALHI AHMED de la wilaya de Naâma.



## Annexes 2

### Caractéristique des panneaux solaires



### Caractéristiques électriques

Type de module	Unité	CEM310M-72	CEM315M-72	CEM320M-72
Puissance nominale	Wc	310	315	320
Tension en circuit ouvert (Vco)	V	45,60	45,73	45,90
Courant de court Circuit Isc	A	9,80	8,92	9,26
Tension mpp Vmpp	V	36,20	37,15	36,60
Courant mpp Impp	A	8,56	8,48	8,74
Tension maximale du système VDC	V	1000		
Charge maximale De fusibles (A)	A	15		
Facteur de température (cellule):				
Température nominale de fonctionnement		NOCT	45±2°C	
Coefficient de température de puissance		%/°C	-0.41	
Coefficient de température de courant		%/°C	+0.06	
Coefficient de température de voltage		%/°C	-0.32	

### Caractéristiques mécaniques

Type de cellule	Cellule monocristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	72 cellules (6x12)
Dimensions de la cellule	165x165 mm
Dimensions du module	1956x992x50mm
Poids du module	23.5 Kg
Alliage en aluminium anodisé	
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boite de jonction et connecteur	IP65;3 Diodes By-passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C



## Références bibliographies

- [1] ; mémoire, méthode de dimensionnement d'un système photovoltaïque, application a la région de Msila, présente pour l'obtention du diplôme de master académique réalise par Djilat Zahra et Bouras Sara.
- [2] ; mémoire, Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome, Présentée par : Mlle Zerrouki zolikha, page (1).
- [3] ; mémoire, master en genie electrique, Étude et dimensionnement D' ; une installation solaire pour l'amélioration de l'efficacité énergétique du Décante université st de 'mostaganem' ; page (16).
- [4] ; mémoire, master academique, présenté par ; m r benmaddi Azzedine, dimensionnement et conception d'une installation photovoltaïque pour la fgei et optimisation de la consommation.
- [5] ; mémoire, Présenté pour obtenir le diplôme de master en genie electrique, Étude et dimensionnement d' ; une installation solaire pour L'amélioration de l'efficacité énergétique du décante université st de 'mostaganem', page (22).
- [6] ; mémoire de Fin d'Etudes, Dimensionnement d'une installation Photovoltaïque (application entreprise ENAVA), page (15/16).
- [7] ; mémoire, Etude de l'électrification d'un village avec de l'énergie solaire Photovoltaïque, Présenté Par : Smail SEMAOUI, page (4).
- [8] ; mémoire de fin d'études de master academique, alimentation d'un moteur à courant continu par une source photovoltaïque, Présenté par bouzegane mhenna /gaouaoui ferhat, page (6).
- [9] ; Belhadj Mohammed, « Modélisation d'un Système de Captage Photovoltaïque Autonome », Mémoire de Magister Centre Universitaire de Bechar, Institut des Sciences Exactes,2008.
- [10] ; miloudi. Leila, « étude et simulation de la poursuite de la trajectoire du soleil par un panneau solaire photovoltaïque ». Mémoire de majesté. Université m'hamed bougara Boumerdes ,11 janvier 2012.
- [11] ; Mr. BENEDDIF FATIMA ZOHRA &lt ; Etude Dimensionnelle d'une Installation Photovoltaïque &gt ; Projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master, Université -Ain- Temouchent- Belhadj Bouchaib.

[12] ; mémoire, présenté pour obtenir le diplôme de master en genie électrique, étude et dimensionnement d'une installation solaire pour l'amélioration de l'efficacité énergétique du décante université st de 'mostaganem', page (24).

[13] ; A. Guen, « contribution à l'étude des systèmes de télécommunications Mobiles Alimentés par énergie solaire », mémoire de magister, Université de Tlemcen, février 1992.

[14] ; mémoire, étude et dimensionnement d'une installation Photovoltaïque au niveau d'un puits de gaz ; Mr. ZIDANE AMMAR, promotion juin 2012, page (60).

[15] ; M. Rafik BELABED, mémoire de fin d'étude, Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque, diplôme de master académique en génie mécanique, Université Mouloud Mammeri Tizi- Ouzou, 2016/2017, page (48).

[16] ; YAHIAOUI SOUAD, Mémoire de fin d'étude, Etude et dimensionnement d'un système d'éclairage publique PV dans l'université d'Adrar, 2020/2021, Université Ahmed Draya d'ADRAR, page (54).

[17] ; Mémoire MASTER ACADEMIQUE, Etude technicoéconomique d'une installation photovoltaïque pour application dans la région de Ouargla, 2019/2020, Electrotechnique Industrielle, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, page (25).

[18] ; mémoire, Etude et dimensionnement d'un système photovoltaïque, application à la direction de sonal-gaz NAAMA (SADEG), 2022, Énergies Renouvelables en Électrotechnique, CENTRE UNIVERSITAIRE SALHI AHMED – NAAMA, page (39).

[19] ; Mr BOUZID Allal El Moubarak Mr AZIZI Mohammed, Mémoire de projet de fin d'étude, ~~Dimensionnement~~ d'un système photovoltaïque pour l'alimentation d'une ferme <<Étude de l'onduleur triphasé lié à cette application>>, 23-06-2008, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « Mohamed Boudiaf ».

[20] ; Mémoire Modélisation et commande d'un système de pompage photovoltaïque, Énergies Renouvelables en Électrotechnique. CENTRE UNIVERSITAIRE SALHI AHMED – NAAMA, 2022.

### Les Sites web :

[21] [http://www.areborEnergie.fr/encyclopedie/index.php/Les\\_diff%C3%a9rents\\_mod%C3%a8les\\_de\\_Batterie\\_sol](http://www.areborEnergie.fr/encyclopedie/index.php/Les_diff%C3%a9rents_mod%C3%a8les_de_Batterie_sol).