

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Electrique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Présenté par :

GUITOUN Mohammed Hassan / MEFLAH Omelkhir Rayane

Thème:

**Dimensionnement d'une installation
photovoltaïque pour l'éclairage public**

Soumis au jury composé de :

M ^r BOUHAFS Ali	MAA	Président	UKM Ouargla
M ^r LOUAZEN Mohammed Lakhdar	MCA	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
M ^r BENMIR Abdelkader	MCB	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2021/2022



Remerciements :

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer notre formation de master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre encadreur Mr LOUAZEN LAKHDER qui nous a fourni le sujet de ce mémoire et nous a guidés de ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'il nous a témoignés tout au long de ce travail.

Je remercie tous enseignants administratifs de département d'électrotechnique industrielle

DÉDICACE

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, mes frères, mes sœurs et à tous les membres de ma famille.

Mes chères profs, tout les administratifs de génie électrique

A tous mes collègues de génie électrique, mes amis et à tous ceux qui ont mis un sourire sur mon visage un jour.

GUITOUN MOHAMMED HASSAN

DÉDICACE

**Je dédie ce mémoire à ma mère, Mon
père et mes frères, ma sœur pour leur
confiance et leur soutien tout au long de
mon parcours universitaire**

**Je dédie aussi tous les professeurs de
département Génie électrique OUARGLA**

MEFLAH OMELKHIR RAYANE

Sommaire

Liste des figures.....	V
Liste des tableaux	VII
Liste des abréviations	VII
Résumé	VIII
Abstract.....	VIII
ملخص.....	VIII
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I	3
LES NOTIONS DE BASE DES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES	3
Introduction	4
L'effet photovoltaïque	4
Principe du fonctionnement	4
Les caractéristiques des modules photovoltaïques	5
Rayonnement solaire	5
Température des cellules.....	6
Spectre solaire	6
Modélisation des modules photovoltaïques	6
Influence de rayonnements solaire.....	7
Influence de la température.....	9
Différents types de cellules photovoltaïques	10
Cellules au silicium mono-cristallin.....	10
Les cellules en silicium poly-cristallin.....	10
Les cellules au silicium amorphe en couche mince	11
L'orientation et l'inclinaison des panneaux solaire	11

Le champ photovoltaïque.....	13
Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque	13
Avantages	13
Inconvénients	14
Conclusion	14
CHAPITRE II.....	15
DISPOSITIFS D'ECLAIRAGE PUBLIC ET ELEMENTS DE DEPLOIEMENT.....	15
Introduction	16
dispositif d'éclairage public.....	16
Principaux constituants d'un dispositif d'éclairage public.....	17
Moyennes de l'éclairage	17
Lampes fluorescentes à tube.....	17
les lampes à décharge	18
Lampes à LED	19
Ballasts.....	20
Amorceurs et starters	20
Condensateurs	21
Armoire électrique.....	22
Compteur électrique.....	22
Protection AC	23
Disjoncteur différentiel	23
Parafoudre AC	23
Protection DC	24
Coupure et sectionnement DC	24
Le porte fusible cc.....	24

Les parafoudres cc	25
Les dispositifs de commandes	25
contacteur jour/nuit	25
Cellule photosensible.....	26
Horloges.....	27
Les batteries d'accumulateurs	27
II.6.2. Les différents types de batteries.....	28
Batterie GEL.....	28
Batterie AGM.....	29
Batteries au Lithium.....	29
Régulateur de charge	30
Régulateur de charge PWM.....	30
Régulateur de charge MPPT	31
Onduleur	31
Critères de choix des onduleurs.....	31
Conclusion	32
CHAPITRE III.....	33
LES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES DANS L'ECLAIRAGE PUBLIC .33	
III.1. Introduction	34
Dimensions de la voie.....	34
Les type d'implantations des candélabres.....	34
Implantation unilatérale (gauche ou droite).....	35
Implantation quinquonce	35
Implantation vis-à-vis	35
Implantation axiale.....	35

Installation d'un système classique de l'éclairage public	36
Installation photovoltaïque d'un éclairage Autonome	36
Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome	37
Localisation du site	37
Estimation de l'énergie consommée E_c	38
Estimation de l'énergie produite E_p	38
La tension du système solaire	38
Puissance crête des panneaux P_c	38
Choix des panneaux photovoltaïques	39
Calcul de la capacité de la batterie C	39
Groupement de batteries	39
Choix du régulateur de charge	40
Projet d'éclairage public autonome DC/DC.....	40
Système autonome DC/AC.....	43
Projet d'éclairage public autonome DC/AC.....	43
Conclusion	47
Conclusion générale	48
Bibliographie	49

Liste des figures :

Figure I. 1 La structure d'une cellule photovoltaïque et l'effet PV.....	5
Figure I. 2 Les rayonnements solaires.....	5
Figure I. 3 Représentation spectrale du rayonnement solaire.....	6
Figure I. 4 Modélisation d'un panneau photovoltaïque.....	7
Figure I. 5 L'influence de rayonnements solaires sur le courant d'un panneau PV	8
Figure I. 6 L'influence de rayonnement solaire sur la puissance des panneaux solaires.	8
Figure I. 7 L'influence de température sur le courant-tension du panneau PV.	9
Figure I. 8 L'influence de température sur la puissance-tension du panneau solaire.	9
Figure I. 9 Cellule au silicium monocristallin.	10
Figure I. 10 Cellule au silicium poly-cristallin.....	11
Figure I. 11 Cellules du silicium amorphe en couche mince.....	11
Figure I. 12 L'orientation des panneaux solaires.	12
Figure I. 13 L'inclinaison d'un panneau solaire.....	12
Figure I. 14 Composantes d'un champ de modules photovoltaïques.....	13
Figure II. 1 Lampadaires d'éclairage public et composants intégrés dans les cas classiques et à LED.....	16
Figure II. 2 Lampes fluorescentes à tube dans l'éclairage public.....	17
Figure II. 3 Lampes fluorescentes à tube dans l'éclairage public.....	18
Figure II. 4 Luminaires à base des Lampes à LED.	19
Figure II. 5 Ballast magnétique et ballast électronique 2x18W.	20
Figure II. 6 Sodium haut pression starter 70-400W.	21
Figure II. 7 Condensateurs 50UF et 32UF pour lampe aux halogénures métalliques.	21

Figure II. 8 Composants principaux de l'armoire d'éclairage public.	22
Figure II. 9 Compteur électrique.	22
Figure II. 10 Disjoncteur différentiel - 4P-10A-30mA-type AC	23
Figure II. 11 Parafoudre AC BR-70 2P.....	23
Figure II. 12 Sectionneurs pour applications DC et PV.....	24
Figure II. 13 Tension-porte-fusible CC pour le système solaire.	24
Figure II. 14 Parafoudre cc.....	25
Figure II. 15 Contacteur -4P- AC-1 440V -40A	26
Figure II. 16 Interrupteur crépusculaire avec une cellule photoélectrique.....	26
Figure II. 17 Horloges pour la commande d'éclairage autonome.....	27
Figure II. 18 Batteries de type GEL	28
Figure II. 19 Batteries de type AGM.....	29
Figure II. 20 Batteries de type Lithium Smart.....	29
Figure II. 21 Régulateur PWM 12/24V – 10A.....	30
Figure II. 22 Régulateur de charge MPPT 12/24V, 10A	31
Figure III. 1 Dimensions de la voie.	34
Figure III. 2 Les types principaux d'implantation des points lumineux.....	35
Figure III. 3 Raccordement des points lumineux au réseau électrique.	36
Figure III. 4 Potentiel estimé de production d'énergie solaire photovoltaïque.	37
Figure III. 5 Lithium 3.6V Rechargeable Batterie.	39
Figure III. 6 Installation photovoltaïque d'un éclairage Autonome.....	43

Liste des tableaux :

Tableau 1: L'energie correspond a la tension normalisé	38
Tableau 2 : Différents puissance des LED et ces flux lumineux.....	41
Tableau 3 : différents puissances des lames à décharge et ces flux lumineux.	44
Tableau 4 : caractéristiques d'une batterie choisi	46

Liste des abréviations :

PV: Photovoltaïque.

P: Positive.

N: Négative.

PN: Positive-Négative.

K: Kelvin.

STC: Standard Test Conditions.

C°: Calleuse.

G: Rayonnements Solaire.

Isc: Courant de court-circuit.

Voc: Tension de circuit ouvert.

IRC: Indice de Rendu des Couleurs.

LED: Diode Electro Luminescente.

CCP: Coffret de Commande et de Protection.

EP: Eclairage Public.

DC: Courant Continu.

AC : Courant Alternative.

GPV: Générateur Photovoltaïque.

PWM: Pulse With Modeling.

MPPT: Max Power Point Tracker.

Résumé :

De nos jours, les énergies renouvelables sont accessibles et même des solutions rentables pour la production d'énergie décentralisée qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre. L'une des solutions fiables et vraiment accessibles en Afrique, et précisément en Algérie, est l'énergie solaire et plus particulièrement l'énergie solaire photovoltaïque.

L'objectif de ce travail est le dimensionnement d'un système photovoltaïque pour utilisée dans l'éclairage public. Pour réaliser le dimensionnement de ce système on doit connaître l'emplacement de la région, l'inclinaison des panneaux solaires, la durée d'insolation journalier et la quantité de la consommation d'électricité dans ce projet.

Mots clés : les énergies renouvelables, la production des énergies, l'énergie solaire photovoltaïque, l'éclairage public, panneaux solaires, consommation d'électricité.

Abstract:

Nowadays, renewable energies are accessible and even cost-effective solutions for decentralized power production that reduce greenhouse gas emissions. One of the reliable and really accessible solutions in Africa, and precisely in Algeria, is solar energy and more particularly photovoltaic solar energy.

The objective of this work is the dimensioning of a photovoltaic system for use in public lighting. To carry out the sizing of this system, we must know the location of the region, the tilt of the solar panels, the duration of daily insolation and the amount of electricity consumption in this project.

Key words: renewable energies, energy production, photovoltaic solar energy, public lighting, solar panels, electricity consumption.

ملخص :

ني الوقت الحاضر، نظرا لسهولة الوصول إلى الطاقات المتجددة فقد أصبحت تشكل حلول فعالة من حيث التكلفة لإنتاج الطاقة المركزية التي تؤل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. أحد الحلول الموثوقة والتي يمكن الوصول إليها هي إنريونيا، وبالتحديد ني الجزائر، هي الطاقة الشمسية وخاصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

الهدف من هذا العمل هو تحديد أبعاد نظام الطاقة الشمسية المستخدمة في الإضاءة العامة. لتنفيذ نرحبم هذا النظام، يجب على المرء معرفة موقع المنشأة، وميل الألواح الشمسية، وحدة الشمس اليومية وكمية استهلاك الكهرباء في هذا المشروع.

الكلمات المفتاحية : الطاقات المتجددة ، إنتاج الطاقة ، الطاقة الشمسية الكهروضوئية ، الإنارة العامة ، الألواح الشمسية، استهلاك الكهرباء.

Introduction générale

L'homme a toujours au besoin d'énergie pour vivre, c'est ce qui fournit à l'homme son besoin de chaleur en hiver, l'éclaire à la nuit, et fait fonctionner les machines, les voitures, les usines et tous les différents moyens de transport. Les sources d'énergie sont nombreuses à être exploitées, l'énergie est présente partout dans le monde, on peut se trouver dans différentes sources naturelles, et se manifester via différentes formes par un processus de transformation ou de conversion.

Les sources d'énergie sont fréquemment classées en deux catégories : renouvelable (les énergies solaires, l'énergie éolienne, la biomasse et l'énergie hydraulique) et non renouvelable (les énergies fossiles, telles que le pétrole, le charbon, le gaz naturel ou l'énergie nucléaire). Ces énergies sont polluantes et limitées, Ce qu'a causé le réchauffement climatique qui risque d'avoir des effets dramatiques sur les équilibres physiques, économiques et politiques de notre planète.

Il existe des arguments convaincants en faveur des investissements du secteur privé dans l'énergie propre au tout le monde, qui permettraient de réaliser l'autonomie énergétique tout en atteignant des objectifs de production énergétique sûre, fiable, propre et abordable. Aujourd'hui, le développement des énergies renouvelables ont connu une forte croissance pour produire l'électricité. Parmi ces énergies, celle qui nous intéresse dans ce travail est l'énergie solaire photovoltaïque.

Des systèmes sont possibles pour l'installation des panneaux photovoltaïques, soit le système autonome qui est le plus intéressant puisqu'il n'est soumis à aucune réglementation ou loi, soit le raccordement des panneaux solaires aux réseaux. Les systèmes d'énergie hybride associent au moins deux sources d'énergie renouvelable aussi une ou plusieurs sources d'énergie classiques.

L'un des solutions le plus prometteuse est l'intégration de l'énergie solaire photovoltaïque dans le système éclairage public, d'ou il permet de réduire la facture d'électricité des communes d'un part, et de rendre un service vital au gestionnaire des réseaux électrique par réduire la pointe de soir d'autre part.

Aujourd'hui, l'éclairage correspond à 20 % de l'électricité consommée mondialement [1]. Il est nécessaire à la vie nocturne dans les villes et villages, Il

participe à la sécurité des déplacements des véhicules et des personnes en leur permettant de voir, d'être vu et de se reconnaître.

Dans ce mémoire, on se propose de faire une étude pratique et une optimisation sur l'éclairage public de l'autoroute et un dimensionnement de systèmes autonomes pour l'éclairage public en utilisant l'énergie solaire photovoltaïque comme source primaire. Notre travail se divise en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire un résumé sur les notions de base des systèmes photovoltaïques, ainsi que sur les grandeurs utilisées pour l'étude et l'installation de ces systèmes. On a terminé ce chapitre par les avantages et les inconvénients des systèmes solaires.

Le deuxième chapitre inclut tout ce qui concerne l'éclairage public, tel que les moyens d'éclairage, les armoires électriques et ces dispositifs de commande et de protection, les types d'implantations des points lumineux et d'autres équipements nécessaires sont aussi mentionnés, on parle de batteries d'accumulateurs et des régulateurs de charges.

Les dimensionnements des installations photovoltaïques pour l'éclairage public sont le but de troisième chapitre, études simplifiées pour déterminer le nombre, le type et les équipements nécessaires pour le système classique de l'éclairage routier, l'éclairage autonome d'une charge à courant continu DC et autre d'une consommation alternative AC.

**LES NOTIONS DE BASE
DES SYSTEMES
PHTOVOLTAIQUES**

Introduction :

L'exploitation directe de l'énergie solaire au moyen de capteurs relève de deux technologies bien distinctes : l'une produit des calories, c'est l'énergie solaire thermique, et l'autre produit de l'électricité. Cette dernière, l'énergie solaire photovoltaïque convertit directement les rayonnements lumineux en électricité. Elle utilise des modules photovoltaïques composés des cellules solaires ou des photopiles qui réalisent cette transformation d'énergie.

Nous commençons ce chapitre par l'effet PV et ce principe du fonctionnement, ensuite nous présentons les caractéristiques des modules PV, puis nous décrivons les différents types des cellules, nous montrons aussi l'orientation et l'inclinaison des panneaux, ainsi que le champ PV

L'effet photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque est un dispositif semi-conducteur généralement à base silicium, ce dernier est le matériau principal de la cellule, composé d'atomes. Ces atomes sont eux-mêmes composés d'un noyau et d'électrons qui gravitent autour de celui-ci. L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le transport de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière.

Principe du fonctionnement :

Les cellules est réalisée à partir de deux couches, une dopée P et l'autre dopée N créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule [1].

La structure d'une cellule photovoltaïque et l'effet PV est illustrée dans la figure ci-dessous.

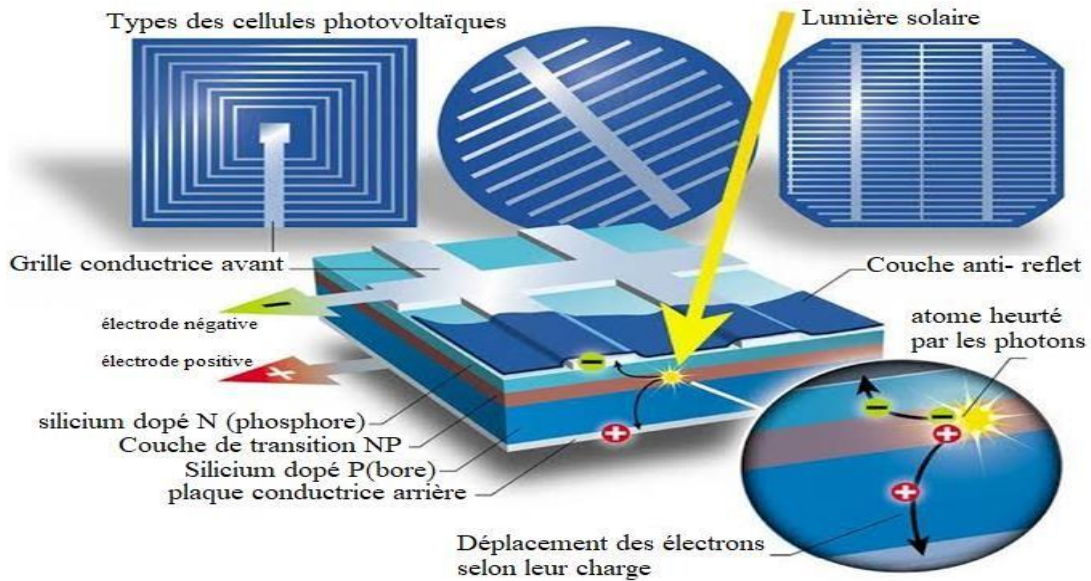


Figure I. 1 La structure d'une cellule photovoltaïque et l'effet PV.

Les caractéristiques des modules photovoltaïques :

La température, les rayonnements et le spectre solaire sont des paramètres qui influent sur la caractéristique courant-tension d'une cellule PV, tel que la variation de ces paramètres implique un changement de cette caractéristique.

Rayonnement solaire :

L'énergie émise par le soleil est sous forme d'ondes électromagnétiques dont l'ensemble forme le rayonnement solaire. En traversant l'atmosphère, le rayonnement va subir des transformations par absorption et par diffusion [2], on distingue pour cela, les rayonnements directs ainsi que les rayonnements diffus et les rayonnements réfléchis.



Figure I. 2 Les rayonnements solaires.

Température des cellules :

Le deuxième paramètre qui influence le profil de la caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque est la température. On peut voir que la variation de la tension change beaucoup plus que le courant. Ce dernier varie légèrement.

Spectre solaire :

Le spectre solaire est la répartition de l'énergie lumineuse que transmise par le soleil à la limite de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde qui la compose. Le spectre du rayonnement correspond environ à l'émission d'un corps noir porté à 5800° K [3].

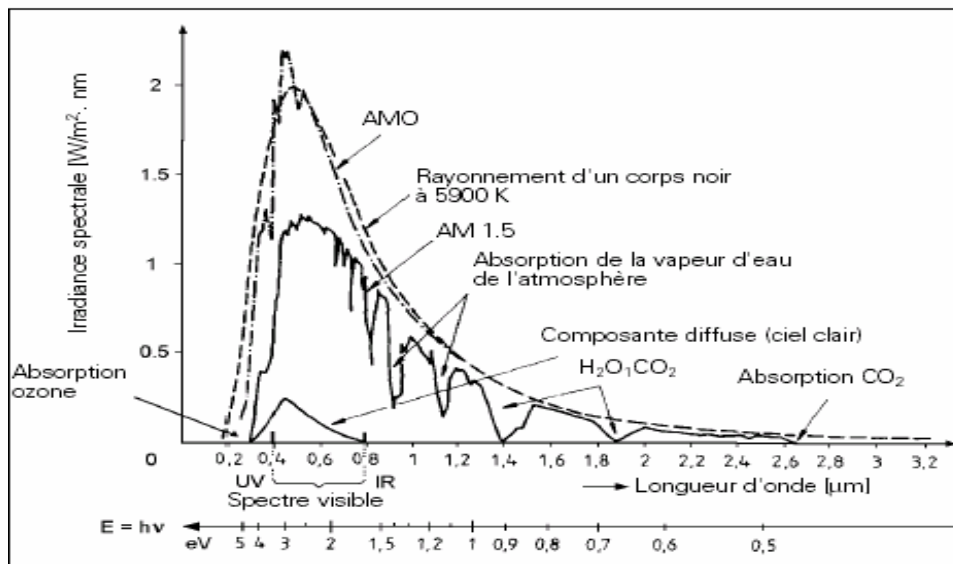


Figure I. 3 Représentation spectrale du rayonnement solaire.

Modélisation des modules photovoltaïques :

Les modules photovoltaïques caractérisent par sa courant-tension $I(V)$, nous essayé de modéliser un panneau solaire sur le logiciel MATLAB/SIMULINK à partir les équations caractéristiques de la cellule PV.

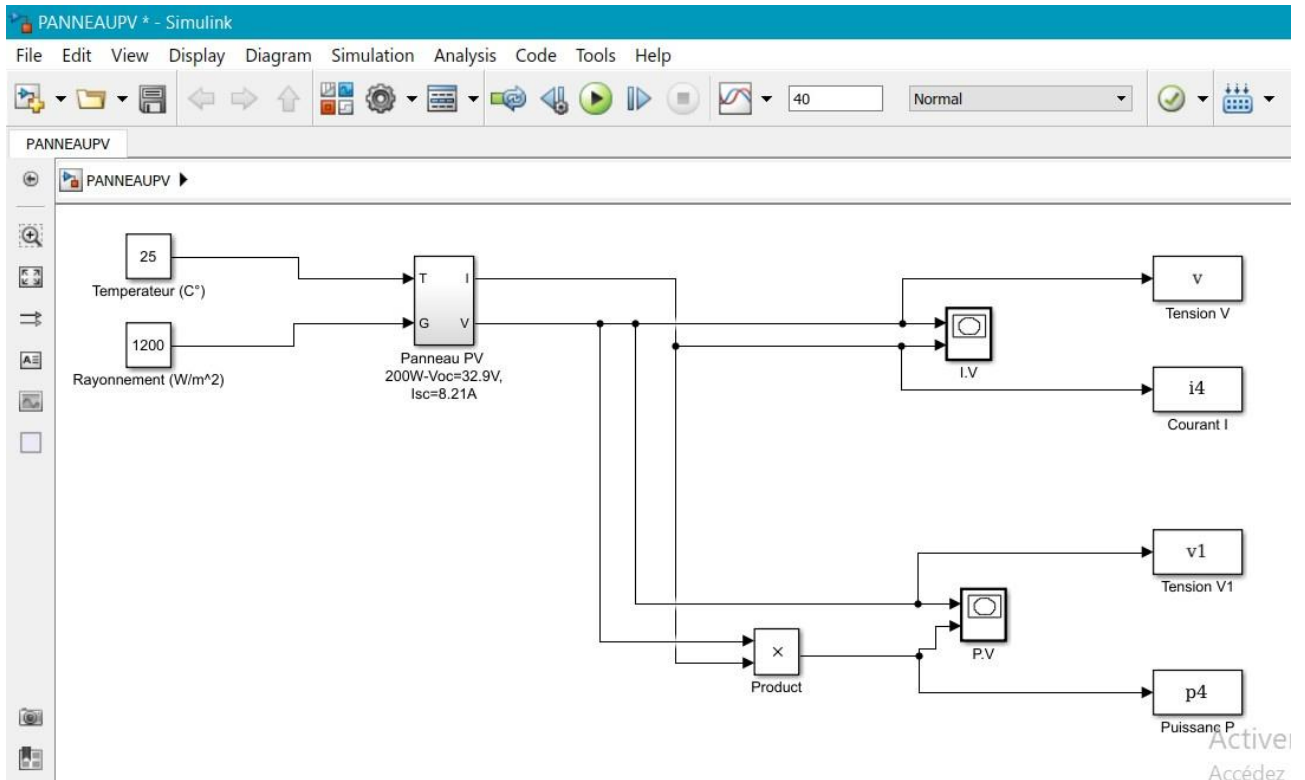


Figure I. 4 Modélisation d'un panneau photovoltaïque.

Cette modélisation dépend du niveau d'éclairement et de la température de la cellule. On a choisi d'étudier un panneau des caractéristiques suivantes : $P_c=200W_c$; $V_{oc}=32.9V$; $I_{sc}=8.21A$.

Rappelons que les modules photovoltaïques sont mesurés et garantis dans des conditions de référence dites <<STC>> (standard test conditions) [2] qui sont :

- Rayonnement solaire $1000W/m^2$.
- Température ambiante $25C^\circ$.
- Spectre solaire AM 1,5.

Influence de rayonnements solaire :

L'éclairement influe considérablement les performances des cellules. Ces performances liée à la puissance du sortie de panneau. Dans cette partie de modélisation, on suppose que la température est constante, mais on varie chaque fois la valeur des irradiations consommée par le panneau. ($T=25C^\circ$; $G= [1200, 1000, 800, 600] W/m^2$).

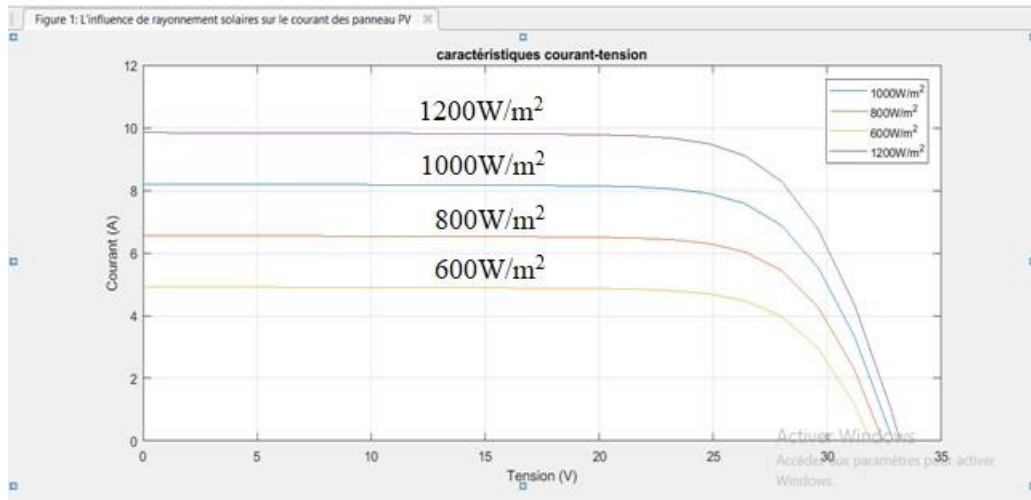


Figure I. 5 L'influence de rayonnements solaires sur le courant d'un panneau PV.

Comme la montre ce graphique, représente une caractéristique courant-tension $I(V)$, le courant de court-circuit (I_{sc}) croît proportionnellement avec l'éclairement, on remarque que le courant I_{sc} de la valeur $G=1000\text{W/m}^2$ est convenable avec les caractéristiques de panneau utilisé.

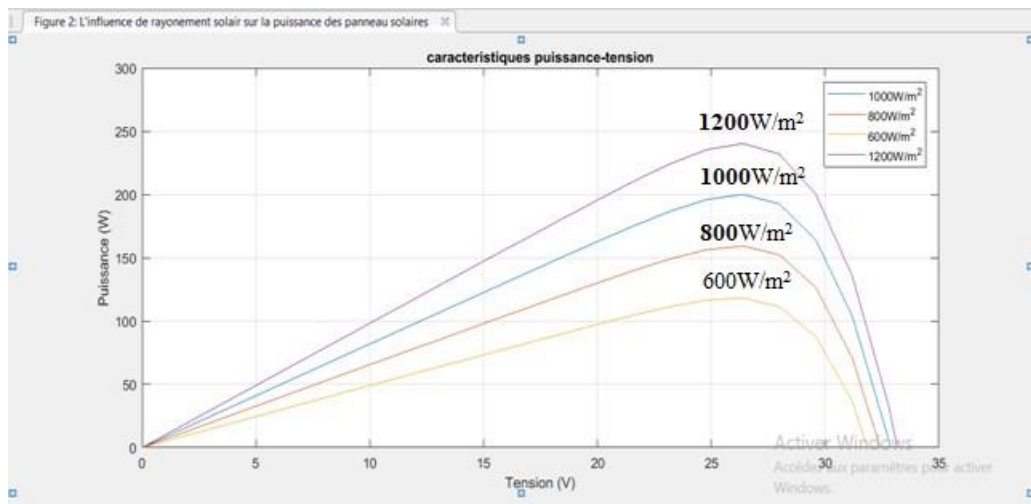


Figure I. 6 L'influence de rayonnement solaire sur la puissance des panneaux solaires.

Ce graphe décrit qu'une augmentation de la puissance lorsque l'éclairement est augmenté.

Influence de la température :

Pour pouvoir étudier l'influence de la température sur les paramètres de sorties d'un panneau photovoltaïque nous avons fixé l'éclairement à ($G=1000 \text{ W/m}^2$) et on trace les courbes pour différentes températures. Les graphs ci desous présentent les caractéristiques I(V) et P(V) d'un module PV.

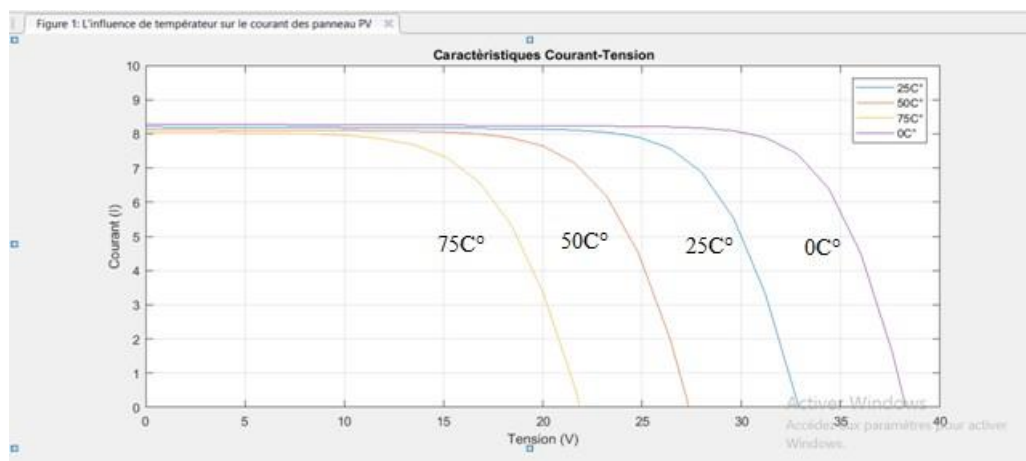


Figure I. 7 L'influence de température sur le courant-tension du panneau PV.

D'après la figure (I.6), on remarque que le courant dépend de la température puisque le courant augmente légèrement avec l'augmentation de température, on constate que la température influe négativement sur la tension de circuit ouvert.

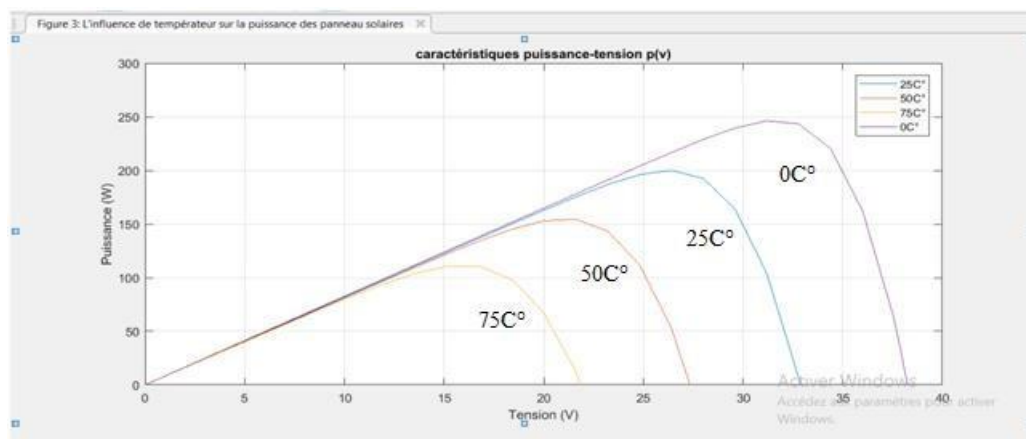


Figure I. 8 L'influence de température sur la puissance-tension du panneau solaire.

Quand la température augmente, la tension de circuit ouvert diminue, mais par contre la puissance maximale de générateur subit une diminution lorsque la température augmente.

Différents types de cellules photovoltaïques :

Une cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). [4]

Cellules au silicium mono-cristallin :

On reconnaît les cellules mono-cristallines grâce à leur couleur très foncée. Il s'agit d'un seul cristal de silicium. Le rendement de ce matériau est (de 12 à 18% voir jusqu'à 24.7 % en laboratoire), mais il est également vendu plus cher, car sa fabrication est plus délicate. [5]



Figure I. 9 Cellule au silicium monocristallin.

Les cellules en silicium poly-cristallin :

C'est le matériau photovoltaïque le plus utilisé. Ce sont des cellules avec un rendement qui peut aller jusqu'à 20.4 %, et avec des modules commerciaux de rendement de 12% à 18% [6]. Ces cellules sont composées de petits grains de cristaux orientés dans différentes directions. Les coûts de fabrication sont en effet inférieurs au silicium mono-cristallin.

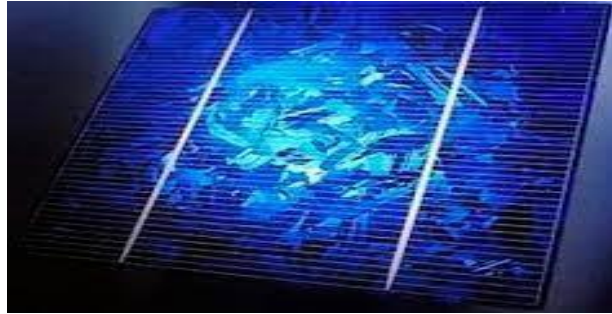


Figure I. 10 Cellule au silicium poly-cristallin.

Les cellules au silicium amorphe en couche mince :

L'organisation irrégulière de ses atomes lui confère en partie une mauvaise conductivité. Les cellules amorphes sont utilisées où l'électricité est très peu nécessaire. Par exemple pour alimentations de montres, des calculatrices, ou des luminaires de secours. Elles sont caractérisées par un fort coefficient d'absorption et de très faibles épaisseurs. Par contre leur rendement de conversion est faible (de 7 à 10 %) [7].

L'avantage de ce dernier type est le fonctionnement avec un éclairage faible.

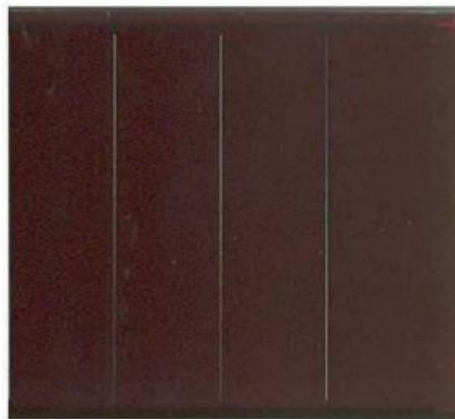


Figure I. 11 Cellules du silicium amorphe en couche mince.

L'orientation et l'inclinaison des panneaux solaire :

Dans le cadre d'un projet d'installation de panneaux solaires, le choix de leur emplacement est une décision très importante. Les deux critères essentiels à considérer sont l'orientation et l'inclinaison des modules.

On appelle orientation le point cardinal vers le quel est tournée la face active du panneau (sud, nord,). Les panneaux sont toujours orientés vers l'équateur ;

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

L'Algérie est située dans l'hémisphère Nord, alors la meilleure orientation est au sud.

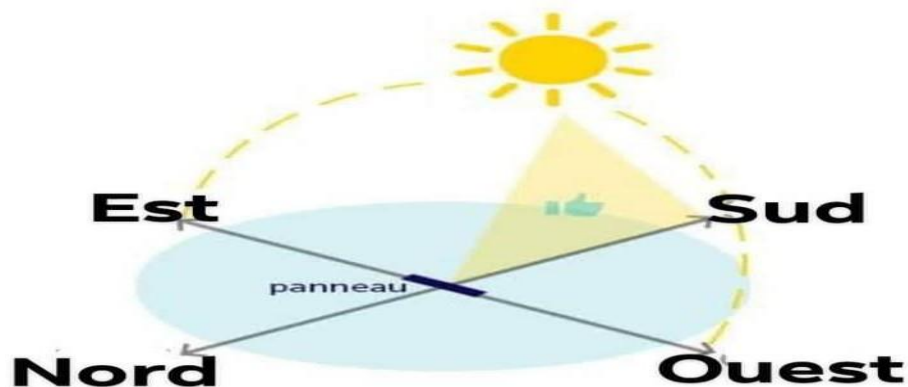


Figure I. 12 L'orientation des panneaux solaires.

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 d'incliner les modules pour qu'ils soient face au soleil [8].

La méthode de choix de l'inclinaison indique la relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux solaires [9]. Rappelons que la latitude de notre site est de ; 33.06° Nord et 06.03° Sud. L'inclinaison des panneaux est alors de $a=34^\circ$.

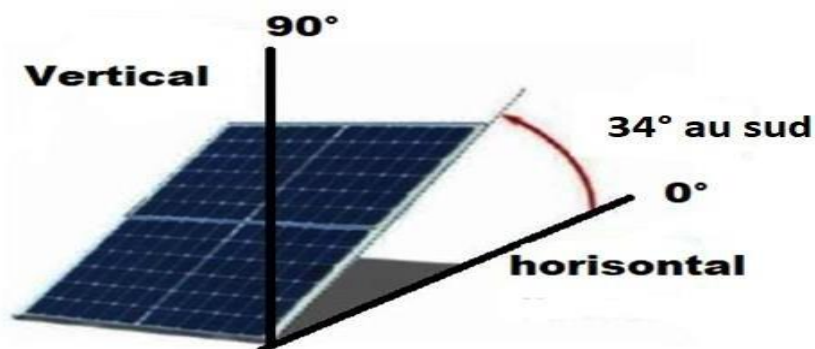


Figure I. 13 L'inclinaison d'un panneau solaire.

Le champ photovoltaïque :

Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module photovoltaïque. Les connexions en séries de plusieurs modules augmentent la tension pour même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. Un assemblage de plusieurs modules dans un même plan s'appelle un champ photovoltaïque [10].

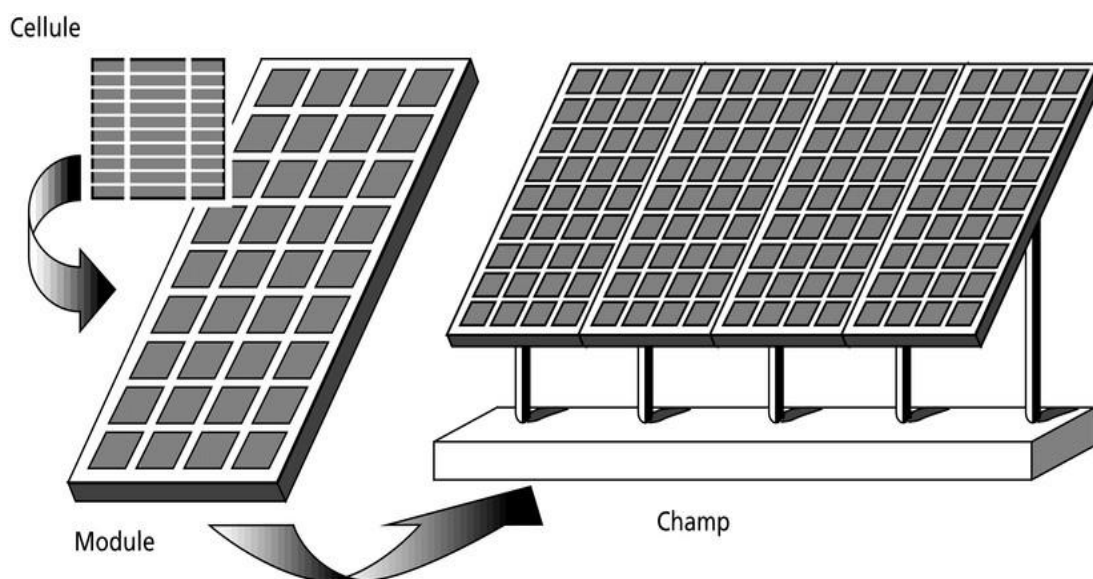


Figure I. 14 Composantes d'un champ de modules photovoltaïques.

L'énergie fournie par le champ peut être utilisée pour charger des batteries qui fourniront l'électricité au moment voulu. Elle peut être aussi utilisée en reliant directement à la charge sans les batteries (ex. : pour une pompe solaire, l'eau sert de stockage), ou en les branchant sur le réseau électrique.

Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque :

Avantages :

- L'énergie photovoltaïque est renouvelable et gratuite, elle peut être installée partout, même en ville.
- Sur les sites isolés, l'énergie photovoltaïque offre une solution pratique pour obtenir de l'électricité à moindre coût.

-Le contrat d'achat est conclu pour une durée de 20 ans.

-Le coût de fonctionnement des panneaux photovoltaïques est très faible car leur entretien est très réduit, et ils ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé.

Inconvénients :

-Le rendement réel de conversion d'un module est faible.

-Lorsque le stockage de l'énergie électrique par des batteries est nécessaire, le coût du système photovoltaïque augmente.

-Le rendement électrique diminue avec le temps (20% de moins au bout de 20 ans).

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur l'énergie solaire photovoltaïque avec les différentes configurations des systèmes. (L'effet photovoltaïque, le principe de fonctionnement), et on a également expliqué les caractéristiques des modules photovoltaïques sous logiciel MATLAB pour déterminer l'influence des facteurs externes sur les panneaux PV, ensuite on a mentionné les différents types de cellules et on a parlé sur l'orientation et l'inclinaison des panneaux.

**DISPOSITIFS
D'ECLAIRAGE
PUBLIC ET
ELEMENTS DE
DEPLOIEMENT**

Introduction :

La lumière constitue un élément fondamental pour l'activité humaine, la journée est déjà éclairée par le soleil mais quand la nuit arrive la lumière artificielle est obligatoire. De nos jours, l'éclairage artificiel est devenu plus qu'un moyen d'obtenir de la lumière, il est un élément indispensable de la vie humaine en général et en milieu urbain en particulier. La conversion photovoltaïque permet de produire une énergie électrique suffisante pour éclairer les lieux publics.

dispositif d'éclairage public :

Un luminaire est un appareil qui regroupe un ensemble de fonctionnalités telles que la production, le contrôle et la distribution de la lumière, principalement constitué d'une ou plusieurs lampes. La structure d'un luminaire destiné à l'éclairage public, doit présenter une rigidité suffisante pour son soutien et fixation.

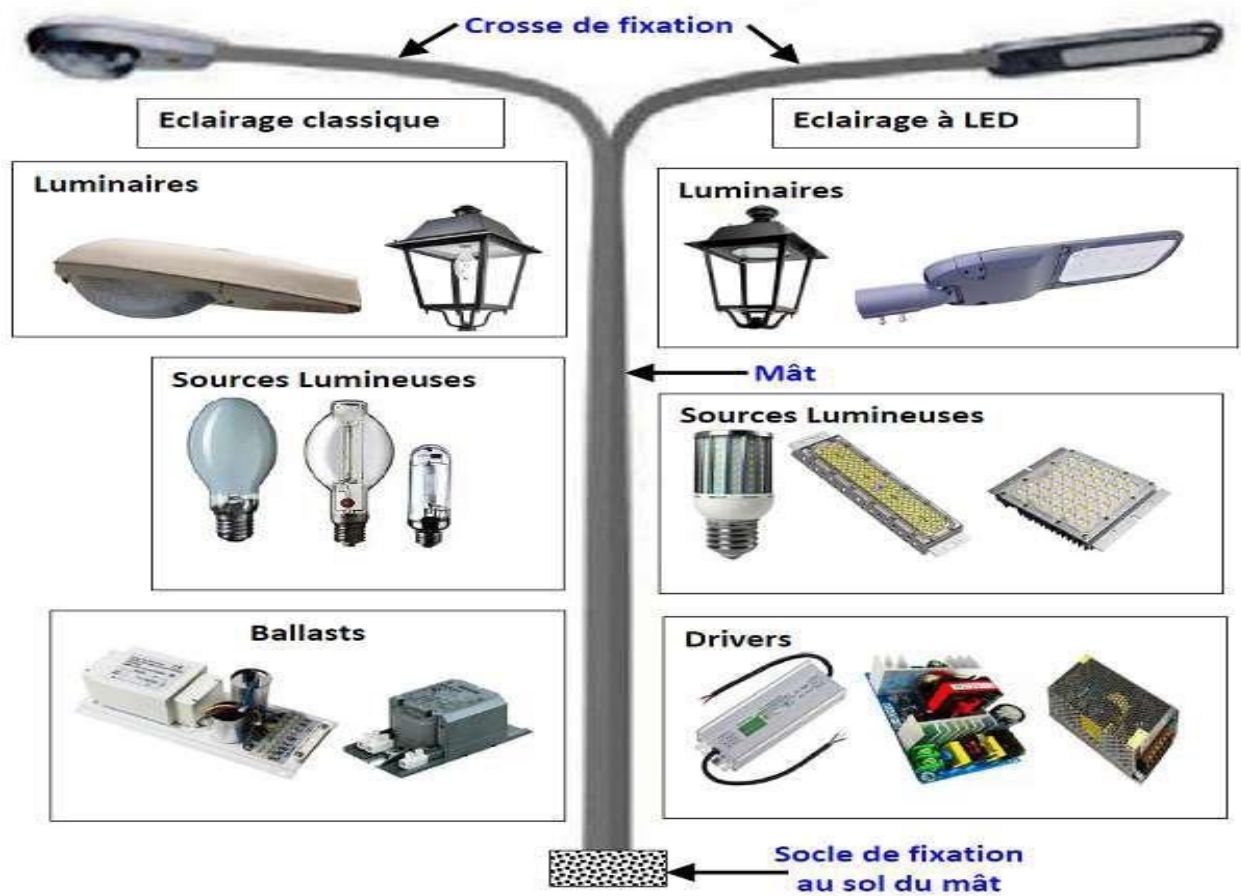


Figure II. 1 Lampadaires d'éclairage public et composants intégrés dans les cas classiques et à LED.

Principaux constituants d'un dispositif d'éclairage public :

Pour répondre à l'ensemble des fonctionnalités qu'exige un dispositif d'éclairage public performant, le luminaire doit également héberger, en plus de la lampe, un certain nombre d'équipements électriques auxiliaires, nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble. Ces équipements ayant essentiellement pour rôles celui d'assurer en premier la qualité nécessaire de l'alimentation de la lampe (ballast, starter, driver...) puis éventuellement le contrôle de l'intensité lumineuse émise (gradateur, dimmer...).

Moyennes de l'éclairage :

Les moyens d'éclairage sont divers et différents, tous pour objectif d'améliorer la visibilité et de créer un sentiment de sécurité. Il est donc nécessaire d'avoir un bon éclairage soit de façon que la lumière doit être confort à l'œil humaine, soit de façon de sécurité. Et en outre la facilité de maintenance des moyennes d'éclairage est importante [11].

Lampes fluorescentes à tube :

Le tube fluorescent était de très loin la source lumineuse la plus vendue parmi toutes celles existantes au début du 21ème siècle [12]. Ils sont très utilisés pour éclairer les locaux grand public, tels que les espaces de travail, les hôpitaux, centres commerciaux.



Figure II. 2 Lampes fluorescentes à tube dans l'éclairage public.

La durée de vie des tubes fluorescents courants, dépend du type de ballast qui est associé au nombre d'allumages (10 000 h avec un ballast électromagnétique) ou (16

000 heures avec le ballast électronique lorsqu'il est associé à un dispositif de préchauffage des électrodes) [12].

les lampes à décharge :

Une lampe dite à décharge (lampe au sodium haute pression, aux halogénures métalliques ou au mercure haute pression), fonctionne par décharge d'un courant électrique dans une atmosphère gazeuse. La décharge se fait au travers d'un tube à décharge qui se trouve lui-même dans une ampoule vide [13].

Avec de telles qualités de lumière, une efficacité lumineuse dépassant 85 lm/W et de puissances allant de 20 W à 3500 W, elles émettent une lumière blanche vive avec une température de couleur très proche de celle du jour (typiquement entre 4 500 et 6000 K) et un spectre où toutes les longueurs d'onde des radiations visibles assurant ainsi un bon rendu de couleurs ($70 < IRC < 95$). Les luminaires à base de lampes à décharge ont été de plus en plus utilisées dans le domaine de l'éclairage public, notamment depuis le début du siècle présent (terrains sportifs, places publiques, routes, ponts, monuments...) [12].



Figure II. 3 Lampes fluorescentes à tube dans l'éclairage public.

Lampes à LED :

Sur un autre plan et cherchant à tirer le maximum de profits liés aux nombreux avantages que procurent les LED comme source lumineuse flexible, efficace et bon marché, de nombreuses solutions ont été développées pour élargir encore plus leur domaine d'application, notamment en levant les contraintes techniques limitant la puissance et l'intensité lumineuse. Ainsi, des configurations de montage permettant d'associer plusieurs puces dans le même boîtier, avec une bonne évacuation de la chaleur et une collecte adéquate du flux lumineux grâce à des dispositifs optiques bien adaptés, ont ouvert la voie à la réalisation de modules LED, pouvant constituer des luminaires répondant à un large éventail des besoins de l'éclairage public [12].



Figure II. 4 Luminaires à base des Lampes à LED.

Ballasts :

Les ballasts sont constitués d'éléments inductifs, permet de stabiliser le courant à une valeur convenable. Ils peuvent être électromagnétiques ou électroniques.

Le ballast magnétique est parfaitement adapté à une ampoule disposant d'une puissance supérieure ou égale à 250 watts. Ce type de ballast est robuste peut supporter les températures extrêmes. Sa durée de vie est estimée à 10 ans [15].

Les luminaires équipés de ballast électronique sont bien plus confortables au quotidien et ils ne sont pas nocifs pour la santé. De plus, la consommation électrique est optimisée, les ballasts électroniques permettent d'économiser 25% sur l'électricité et de prolonger la durée de vie des sources lumineuses de 30% [14].



Figure II. 5 Ballast magnétique et ballast électronique 2x18W.

Amorceurs et starters :

Ces dispositifs permettent l'amorçage des lampes à décharge. Ils permettent de délivrer une tension élevée, sous forme d'impulsions pouvant atteindre plusieurs kilovolts. La position de l'amorceur par rapport à la lampe et au ballast est souvent dictée par la longueur des câbles qui ne doit pas être trop importante. Certains amorceurs sont équipés d'une temporisation qui coupe l'amorçage des lampes lorsque celles-ci ne s'amorcent pas après plusieurs tentatives [16].

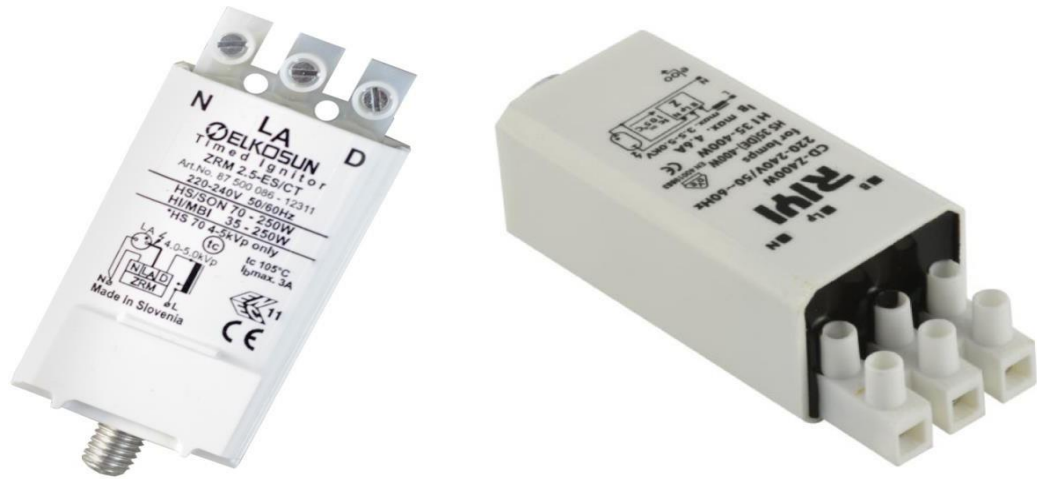


Figure II. 6 Sodium haut pression starter 70-400W.

Condensateurs :

Les condensateurs sont des composants électriques permettant de stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. Ce composant est utilisé dans les luminaires pour compenser le déphasage provoqué par les ballasts magnétiques [17].



Figure II. 7 Condensateurs 50UF et 32UF pour lampe aux halogénures métalliques.

Armoire électrique :

Également appelée coffret de commande et de protection (CCP), l'armoire d'éclairage public permet l'alimentation du réseau d'EP à partir du réseau de distribution d'énergie. Il renferme des équipements ou dispositifs de comptage, de commande et de protection.

La figure ci-dessous décrit les principaux composants d'une armoire d'éclairage public.

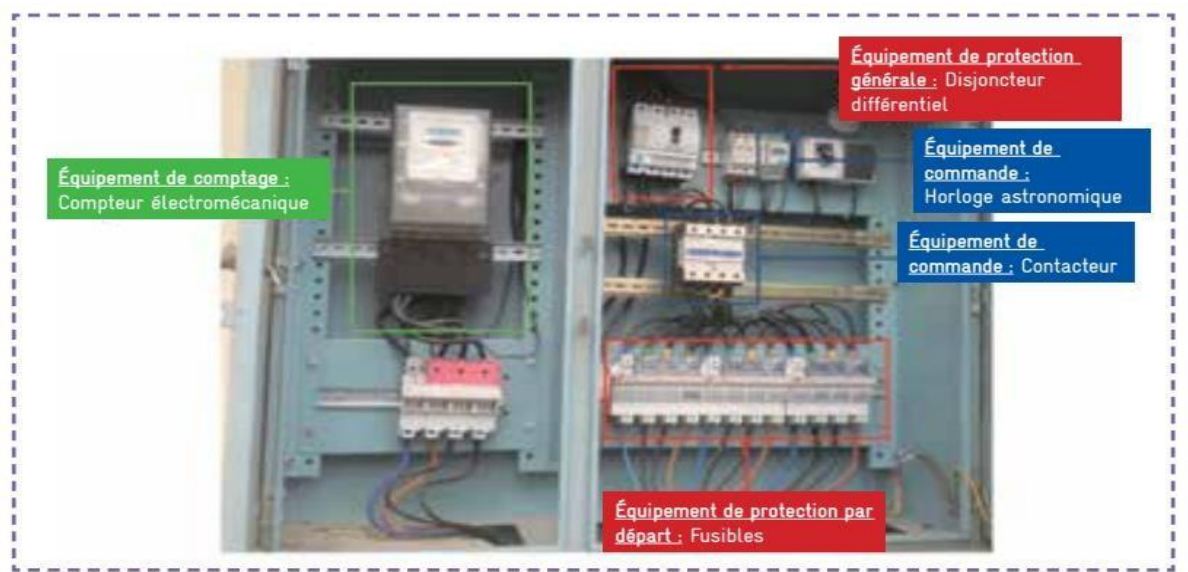


Figure II. 8 Composants principaux de l'armoire d'éclairage public.

Compteur électrique :

Un compteur bidirectionnel pour optimiser l'autoconsommation et enregistrer la courbe de charge des ménages.



Figure II. 9 Compteur électrique.

Protection AC :

Disjoncteur différentiel :

Permet de protéger contre le contact indirect par coupure automatique du circuit auquel il est associé.



Figure II. 10 Disjoncteur différentiel - 4P-10A-30mA-type AC-

Parafoudre AC :

Protection contre les surtensions transitoires. Ces surtensions peuvent avoir deux origines : Surtension de foudre et surtension industrielles.



Figure II. 11 Parafoudre AC BR-70 2P.

Protection DC :

Coffret de protection DC exigée entre les modules Photovoltaïques et l'onduleur.
Chaque coffret est utilisé pour un onduleur

Coupure et sectionnement DC :

Il est indispensable de pouvoir couper le courant, afin d'effectuer par exemple des opérations de maintenance.



Figure II. 12 Sectionneurs pour applications DC et PV.

Le porte fusible cc :

Ont pour rôle de protéger les modules photovoltaïques contre les risques de surintensité. Nécessaire d'installer des fusibles à partir de 3 chaines en parallèles.



Figure II. 13 Tension-porte-fusible CC pour le système solaire.

Les parafoudres cc :

Ont pour rôle de protéger les modules photovoltaïques et l'onduleur contre les risques de surtension induite dans le circuit de la partie continue.



Figure II. 14 Parafoudre cc.

Les dispositifs de commandes :

La commande d'éclairage public est l'organe qui contrôle la mise en service et la mise hors service des appareils d'éclairage qui lui sont raccordés par les réseaux d'alimentation. L'éclairage public, dans la très grande majorité des cas, doit fonctionner quand la lumière naturelle n'est pas suffisante pour assurer une vision suffisante nécessaire à la sécurité et au confort de tous les usagers des espaces publics (conducteurs, cyclistes, piétons ...).

Les différents types de commande généralement rencontrés sont les suivants:

contacteur jour/nuit :

Le rôle d'un contacteur jour/nuit est de mettre en service automatiquement des équipements électriques. Cet appareil possède trois options de réglage : marche automatique, arrêt et marche manuelle (pendant les heures pleines).



Figure II. 15 Contacteur -4P- AC-1 440V -40A-

Cellule photosensible :

Le principe réside par la commande de la fermeture du contacteur de commande, pilotée par l'état de sortie de la cellule photoélectrique. Un interrupteur crépusculaire est un module qui s'installe dans le tableau électrique et se raccorde d'un côté au disjoncteur divisionnaire qui protège le circuit et, de l'autre, à la cellule photoélectrique pour éteint pendant la journée et ouvert pendant la nuit automatiquement.



Figure II. 16 Interrupteur crépusculaire avec une cellule photoélectrique.

Horloges :

Une horloge est un dispositif de commande d'éclairage autonome. Cet appareil permet ainsi l'allumage et l'extinction automatiques des luminaires en fonction de l'heure prédéfinie par l'utilisateur. Cette horloge est dotée d'une programmation analogique assurant la planification et la mémorisation de commande des lumières pendant toute la journée avec un intervalle donnée en minutes.



Figure II. 17 Horloges pour la commande d'éclairage autonome.

Les batteries d'accumulateurs :

Les batteries accumulateurs sont des systèmes électrochimiques, qui stockent de l'énergie sous forme chimique et la restituent sous forme électrique. Elles sont caractérisé par :

- Capacité de la batterie : les Ampères heure d'une batterie sont simplement le nombre d'Ampères qu'elle fournit multiplié par le nombre d'heures pendant lesquelles circule ce courant. Théoriquement, une batterie de 150 Ah peut fournir 150 A pendant une heure, ou 50 A pendant 3 heures, ou 3 A pendant 50 heures [7].
- Nombre de cycle : Une batterie ne peut supporter qu'un nombre limité de cycle charge décharge. Le nombre de cycles dépend fortement de la profondeur de décharge que vous utilisez.

- Durée de vie : un accumulateur peut être chargé puis déchargé complètement un certain nombre de fois avant que ces caractéristiques ne se détériorent .Par ailleurs, quel que soit le mode d'utilisation de l'accumulateur, il y'a une durée de vie totale exprimée en année (ou en nombre de cycles).
- L'autonomie : c'est la période durant laquelle la batterie est capable de fournir de l'énergie sans avoir besoin d'être rechargée. Autrement dit, c'est le nombre de jours pendant lesquels l'installation peut fonctionner sans lumière.

II.6.2. Les différents types de batteries :

L'utilisation des batteries varie d'un domaine à un autre, et le type de batterie sera adapté selon besoins.

Batterie GEL :

Les batteries Gel sont des batteries plomb-électrolyte dans lesquelles le "liquide" est stocké sous forme de gel silice. Les plaques sont épaisses, en plomb et en oxyde de plomb [18]. Elles ont l'avantage d'être sans entretien, Compatibles avec une recharge rapide. Elles ont les inconvénients d'être lourdes et encombrantes.



Figure II. 18 Batteries de type GEL.

Batterie AGM :

Les avantages de la batterie AGM sont qu'elle ne demande pas d'entretien et forte capacité (jusqu'à 2500 cycles). Par contre peu adaptées aux courants de charge/décharge élevés, Son Prix élevé.



Batterie AGM VARTA LAD60
12 V 60 Ah



Batterie AGM VARTA LAD115
12 V 115 Ah



Batterie VICTRON étanche AGM
12V / 220Ah / 2.64kWh

Figure II. 19 Batteries de type AGM.

Batteries au Lithium :

Elles sont réservées aux systèmes photovoltaïques portables où leur grande capacité de décharge (six fois mieux que le plomb étanche) est leur grand intérêt. Leur prix est encore très cher mais elles fournissent en général, environ 1 300 cycles à 100 % de décharge [19].

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques des différentes batteries définies ci-dessus.



Batterie Au Lithium Smart
12.8V 50Ah



Batterie Au Lithium Smart
12.8V 100Ah



Batterie Au Lithium Smart
12.8V 330Ah

Figure II. 20 Batteries de type Lithium Smart.

Régulateur de charge :

Le régulateur de charge (contrôleur de charge) est associé à un générateur photovoltaïque GPV et une batterie, il a pour rôle de contrôler la tension et le courant venant des panneaux solaires vers la batterie, donc il assure la protection des batteries contre les surcharges et les décharges profondes, et l'optimisation du transfert d'énergie du champ PV à l'utilisation [7]

Régulateur de charge PWM :

Le contrôleur de charge (PWM) est le moyen le plus efficace pour obtenir une charge de batterie à tension constante en ajustant le rapport cyclique (α) des commutateurs (MOSFET). Dans le contrôleur de charge PWM, le courant du panneau solaire diminue en fonction de l'état de la batterie et des besoins de recharge. Lorsque la tension de la batterie atteint le point de consigne de régulation, l'algorithme PWM réduit lentement le courant de charge pour éviter le réchauffement et le dégazage de la batterie ; cependant la charge continue à transférer le maximum d'énergie à la batterie dans les délais les plus brefs. La tension délivrée par le générateur PV sera abaissée par le contrôleur PWM à une valeur proche de celle de la batterie. Le contrôleur PWM est un commutateur qui connecte le panneau solaire à la batterie. Lorsque l'interrupteur est fermé, le panneau et la batterie seront presque à la même tension [20].



Figure II. 21 Régulateur PWM 12/24V – 10A

Régulateur de charge MPPT :

Actuellement, le régulateur de charge solaire le plus utilisé est celui basé sur l'algorithme MPPT. Il est plus développé, plus cher et présente de nombreux avantages par rapport au contrôleur de charge PWM. Le contrôleur MPPT est basé sur un circuit convertisseur Buck synchrone. Il diminue la tension du panneau solaire à la tension de charge de la batterie. Il ajustera sa tension d'entrée pour obtenir le maximum de puissance des panneaux solaires, puis convertir cette énergie pour répondre aux différentes exigences de tension de la batterie et de la charge [21].



Figure II. 22 Régulateur de charge MPPT 12/24V, 10A

Onduleur :

Les onduleurs utilisés dans les installations solaires autonomes sont caractérisés par leur technologie et par la forme d'onde qu'ils génèrent pour convertir l'électricité continue que produisent les capteurs photovoltaïques en électricité alternative utilisable par ses appareils.

Critères de choix des onduleurs :

Le choix de l'onduleur va dépendre des utilisateurs qu'il devra faire fonctionner .ce choix s'appuyant sur des critères valables pour n'importe quelle ondeleur. Les critères principaux sont :

- Puissance nominale de l'onduleur (VA), définie d'après les besoins exprimés. Elle tient compte du nombre d'équipements, et de leurs puissances ou elle doit être supérieure ou égale à la puissance des charges.
- La tension d'entrée est égale à celle de la batterie ou du régulateur.
- En Algérie, nous utilisons du 230 V AC 50 Hz, comme tension de sortie.
- Le ratio entre la puissance de l'onduleur P_o , et la puissance du champ photovoltaïque P_c doit être compris entre $0.9\% < (P_o/P_c) < 0.95\%$ [18].
- Pour obtenir la puissance de l'onduleur, il faut deviser la puissance active du site sur le facteur de puissance ($\cos \phi$), il varie de 0.6 à 1 selon les gammes d'onduleur [18].

Conclusion :

Après avoir examiné les éléments d'éclairage, nous avons constaté qu'il est facile d'installer l'éclairage public, on a mentionné tous les besoins d'éclairage via le réseau électrique ou via des générateurs d'énergie solaire.

Ce chapitre base à la connaissance des dispositifs d'éclairage public, l'utilisation des appareils d'éclairage a LED est la plus favorable option dans les systèmes d'éclairage public basés sur l'énergie solaire, Cela est dû à de nombreux avantages, notamment l'intensité de l'éclairage et l'économie d'énergie.

**LES INSTALLATIONS
PHOTOVOLTAÏQUES
DANS L'ECLAIRAGE
PUBLIC**

Introduction :

L'éclairage des voies publiques est essentiel car il facilite la circulation de nuit en assurant aussi bien la sécurité que le confort des usagers. En effet, il permet la réduction des risques d'accident et de l'insécurité dans les zones sombres. Toutefois, l'éclairage public ne se fait pas de manière aléatoire. Il doit remplir des conditions qui assureront une visibilité convenable et un confort visuel des usagers.

Ce chapitre consacre à la réalisation des projets d'éclairage public.

Dimensions de la voie :

Afin de compléter le dispositif d'éclairage public, le luminaire est alors fixé à un support généralement surélevé afin d'étaler son faisceau lumineux sur une zone déterminée, où la visibilité peut être assurée selon des critères photométriques précis. Pour identifier l'implantation appropriée à un espace public, il est primordial de tenir compte des paramètres suivants :

- L: largeur de la chaussée à éclairer.
- a : avancement du feu par rapport au bord de la chaussée.
- h : hauteur du feu
- e : espacement entre deux foyers lumineux

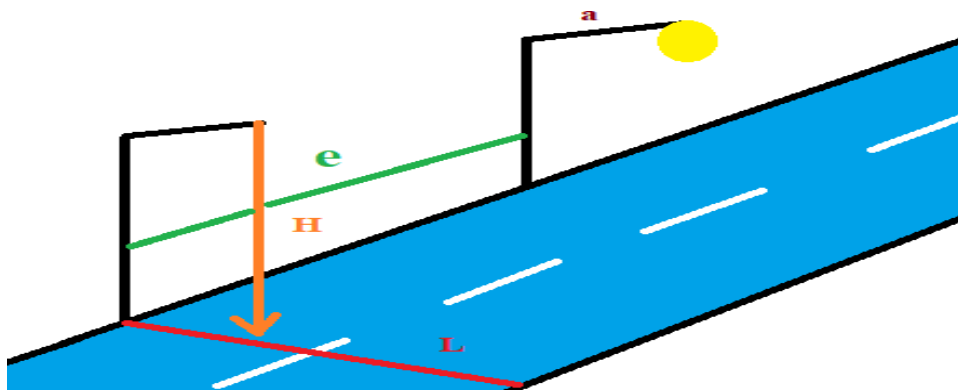


Figure III. 1 Dimensions de la voie.

Les type d'implantations des candélabres :

Il existe 4 types principaux d'implantation des points lumineux dans l'éclairage public.

Implantation unilatérale (gauche ou droite) :

Dans ce type d'implantation, tous les luminaires sont implantés sur un seul côté de la route. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route L est inférieure ou égale à la hauteur des candélabres H . Ce type d'installation est habituellement utilisé pour l'éclairage d'une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation. $L = H$

Implantation quinquonce :

Dans ce type d'implantation, les luminaires sont situés de chaque côté de la route, en implantation alternée. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route L est comprise entre 1 et 1,5 fois la hauteur des candélabres H . Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation. $L = 1.5H$

Implantation vis-à-vis :

Ce type d'implantation est caractérisé par des luminaires implantés des deux côtés de la route et en opposition. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route L est deux fois la hauteur des candélabres H . Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation. $L = 2H$

Implantation axiale :

Les luminaires sont implantés au-dessus de la zone centrale. Cette solution équivaut à une installation unilatérale pour chaque chaussée individuelle. $L/2 = H$

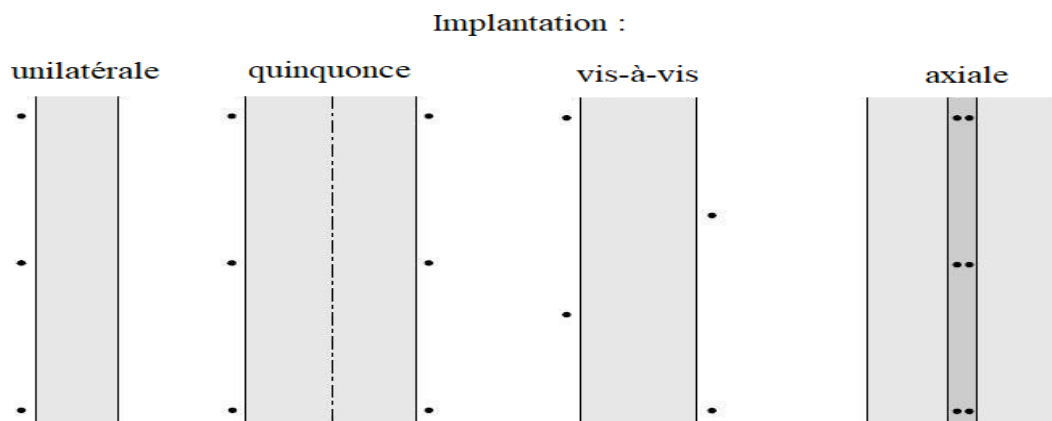


Figure III. 2 Les types principaux d'implantation des points lumineux.

Installation d'un système classique de l'éclairage public :

L'éclairage public classique utilisant généralement le réseau électrique de distribution basse tension (230/380V, 50Hz) comme source d'énergie centralisée en courant alternatif (AC) [R4]. Principalement composé d'armoires permettant de commander et de protéger le réseau électrique, de câbles électriques servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation et de points lumineux qui éclairent l'espace public.

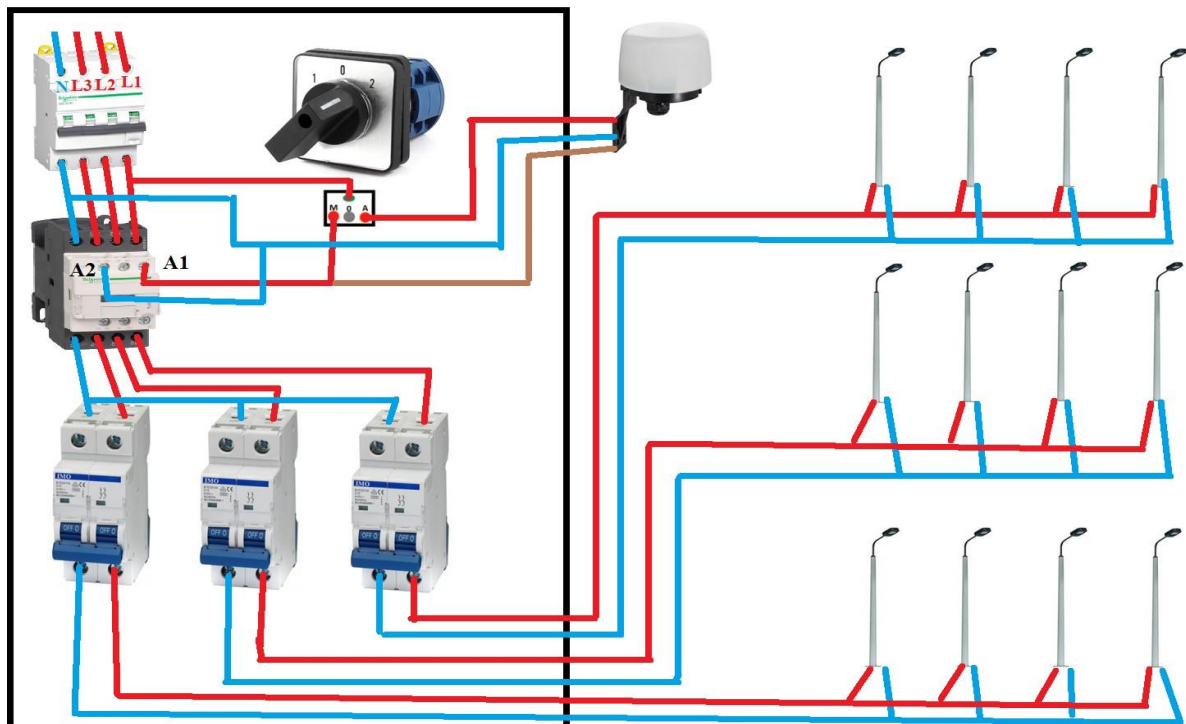


Figure III. 3 Raccordement des points lumineux au réseau électrique.

Installation photovoltaïque d'un éclairage Autonome :

L'énergie solaire en alimentation d'un éclairage public peut apporter des solutions intéressantes concerne l'éclairage urbain, notamment lorsqu'il n'existe pas de ligne électrique à proximité du candélabre. Physiquement, le seul élément différence d'un lampadaire solaire par rapport à celui classique déjà présenté, c'est la simplicité de montage sur tous les espaces qui assure les conditions de l'énergie solaire.

Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome :

Le système d'éclairage solaire qu'on va étudier est composé d'un panneau photovoltaïque, un régulateur de charge pour régler la tension et le courant produit par le panneau PV, une batterie solaire pour stocker l'énergie produite et finalement une lampe. Pour faire le dimensionnement de notre système, on doit suivre les étapes suivantes :

Localisation du site :

Le dimensionnement du générateur PV est dicté par les conditions relatives au site. Pour adopter les capacités générateur PV / batterie, aux conditions de charge, il est indispensable de connaître les caractéristiques de l'irradiation solaire par jour ou par mois. Touggourt est située entre $33^{\circ} 6' 0''$ N de latitude et $6^{\circ} 4' 0''$ E de longitude [17], la carte potentielle de puissance photovoltaïque ci-dessus fournit un résumé du potentiel estimé à long terme de la production d'électricité potentielle annuelle/quotidienne.

- Rayonnement normale directe. $DNI=1839.2 \text{ kWh/m}^2$
- Rayonnement horizontal diffus. $DIF=801.0 \text{ kWh/m}^2$
- Rayonnement horizontale globale. $GHI = 1957.5 \text{ kWh/m}^2$
- Rayonnement inclinée globale à un angle optimal. $GTI_{\text{opta}}=2235.5 \text{ kWh/m}^2$
- Inclinaison optimale des modules Photovoltaïques. $OPTA= 34/180^{\circ}$
- Température de l'air. $TEMP=22.9^{\circ} \text{C}$

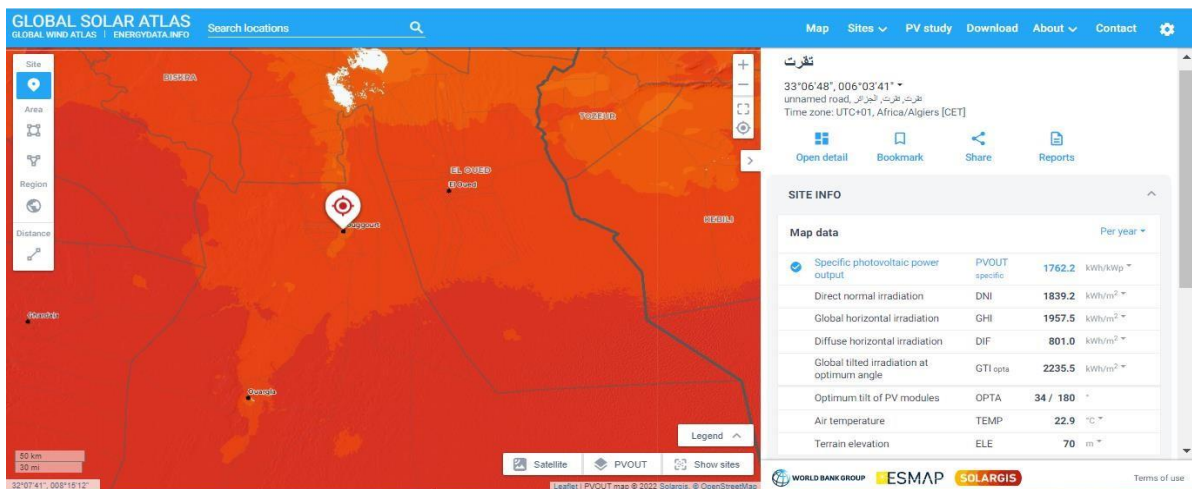


Figure III. 4 Potentiel estimé de production d'énergie solaire photovoltaïque.

Estimation de l'énergie consommée E_c :

Pour calculer le besoin journalier en énergie d'une application, on utilise la formule suivante : $E_{c_i} = P_i * t_i \rightarrow E_c = \sum E_{c_i}$

E_i : l'énergie consommée par la LED, P_i : puissance du récepteur i , T_i : temps d'utilisation.

Estimation de l'énergie produite E_p :

Deuxième étape est l'estimation de l'énergie produite E_p , donnée par l'équation suivante, ou on va ajouter un pourcentage des pertes de 20% à l'énergie consommée [23], ces pertes sont dues généralement au panneau PV, régulateur de charge, les câbles ...etc.

$$E_{p_i} = E_{c_i} + (\text{Pertes} * E_{c_i})$$

Avec : Pertes = 20%

La tension du système solaire :

Les panneaux photovoltaïques destinés aux installations photovoltaïques en site isolé délivrent individuellement une tension de 12V ou 24V.

Tableau 1: L'énergie correspond à la tension normalisé

Puissance de l'installation photovoltaïque	Tension recommandée
De 0 à 1000 Wh	12V
De 1000 à 2000 Wh	24V
Au-dessus de 2000 Wh	48V

Puissance crête des panneaux P_c :

Troisième étape est de calculer la puissance crête de panneau PV, on l'obtient en divisant l'énergie produite estimé sur le nombre d'heures d'irradiation équivalent à 1000W/m² dans une journée. Dans notre exemple, le nombre d'heurs d'irradiation qui

dépend du site géographique de l'installation peut être trouvé dans les sites web tels que www.solargis.com

$$Pc = \frac{Ep}{Nr}$$

E_p : l'énergie produite estimé

N_r : nombre d'heurs équivalents.

$$N_r = GTI / (360) = 6.2$$

GTI : Rayonnement inclinée globale (kW)

Choix des panneaux photovoltaïques :

Pour bien choisir le panneau PV convenable a notre système, ce panneau doit délivre une puissance maximale supérieur à la puissance crête qui à été estimée, et une tension V_{oc} supérieur à la tension de système choisi.

Calcule de la capacité de la batterie C :

Le calcule de la capacité de batterie, est donnée par la formule suivante :

$$C = \frac{E_p * N_{ja}}{D * V}$$

E_p : L'énergie produite (Wh). / N_{ja} : Nombre de jours d'autonomie.

D : Décharge de la batterie. / V : Tension nominale de la batterie.

Groupement de batteries :

Il peut augmenter la capacité de stockage avec la connexion en série ou /et en parallèle plusieurs batterie identique et de même durée de vie. Pour notre exemple nous utilisant la batterie de 3.6V et 2.6Ah.



Figure III. 5 Lithium 3.6V Rechargeable Batterie.

Montage parallèle :

Le groupement de plusieurs batteries de tension identique en parallèle permet d'augmenter la capacité du parc des batteries sans modifier la tension.

Montage série :

Le groupement plusieurs batteries d'intensité identique en série permet d'augmenter la tension du groupement des batteries sans modifier l'intensité.

Choix du régulateur de charge :

Dernière étape, est le choix de régulateur de charge, on doit savoir qu'il existe deux types de régulateurs :

- Régulateur de charge PWM.
- Régulateur de charge MPPT.

Le régulateur PWM, est convenable pour les petites installations, ou la puissance à 12V est inférieure à 150 Watt, une tension Voc du panneau qui ne dépasse pas 50 Volt.

Le régulateur MPPT est fortement conseillé pour les grandes installations, il peut supporter une tension jusqu'à 250V, il a très bon rendement et plus cher que celui du PWM.

Projet d'éclairage public autonome DC/DC :

Notre projet consiste à éclairer une autoroute a partir de l'énergie solaire, Chacune lampadaire sera montée indépendante, facilement et très rapide. Le principe de fonctionnement est très simple: le lampadaire comporte un générateur photovoltaïque (panneau solaire), une batterie, un régulateur, un appareil pour assurer l'allumage et l'extinction de l'éclairage, et un luminaire.

Les données de cet autoroute est comme suite :

Largeur=24m, hauteur des poteaux=12m, la distance entre deux poteaux $D=24$, le facteur d'entretien $F_m=0,9$, le facteur d'utilisation $F_u= 0,4$, le trafic piétonnier léger est moyen et le trafic de véhicules est très léger et la route est une route en béton.

Nous sera choisi une implantation axiale des points lumineux. Alors la largeur devient de $L=12\text{m}$, et on utilise deux lampes LED.

- **Calcule de la puissance de la lampe pour le poteau d'éclairage public :**

L'éclairement recommandé $E=9\text{lux/m}^2$. Pour décider la puissance de la lampe, il est nécessaire de calculer les lumens moyens de la lampe (Lm).

$$\text{Lumen moyen de la lampe : } Lm = \frac{L \cdot D \cdot E}{F_u \cdot F_m} = \frac{12 \cdot 24 \cdot 20}{0.4 \cdot 0.9} = 7200 \text{ lm}$$

Tableau 2 : Différents puissance des LED et ces flux lumineux

Puissance lampe LED (en Watt)	Flux lumineux lampe LED (en lumen)
20	1800
40	3600
60	5400
80	7200

Le lumen d'une lampe de 80watts est de 7200 lumen. Par conséquent, une lampe de 80 watts est acceptable.

- **Estimation l'énergie consommée E_c :**

A cause d'implantation des axial des points lumineaire, nous utilisons deux lampes en le même candélabre. Et la durée de fonctionnement est $t_i=14$ heures, qui présentent le nombre d'heure de la nuit la plus longue de l'année, afin de garantir l'éclairage pendent tout l'année.

$$\text{Donc : } E_{ci} = P_i \cdot t_i = 80 \cdot 14 = 1120\text{Wh}$$

- **Estimation de l'énergie produite E_p :**

$$E_{pi} = 1120 + (1120 \cdot 0.2) = 1344\text{Wh}$$

- **La tension du système solaire :**

Dans cet intervalle d'énergie, 1344Wh, on doit choisir une tension de système de 24V.

- **Puissance crête des panneaux P_c :**

$$P_c = (E_p * 1000) / I_r = (1,344 * 1000) / 6.2 = 216W$$

- **Choix des panneaux photovoltaïques :**

Pour notre exemple, le bon choix de panneau PV est comme la suite :

$$P_c = 280W \quad \rightarrow \quad P_m \text{ du panneau} > P_c$$

$$\text{La tension} = 24V \quad \rightarrow \quad V_{oc} \text{ du panneau} = 38.65V$$

- **Calcul de la capacité de la batterie C :**

Alors, dans notre système, on va choisir une décharge de batterie de 80%, et 1 jour d'autonomie (sans recharge de batterie).

$$C = (E_p * N_{ja}) / (D * V) = (1344 * 1) / (0.8 * 24) = 70Ah$$

Donc on aura une capacité de batterie de 70Ah.

Alors, la batterie convenable à notre système est une batterie solaire, d'une tension de 24V, et d'une capacité de 70Ah

- **choix du régulateur de charge :**

Pour choisir le bon régulateur de charge pour notre système d'éclairage, on doit ajouter une marge de sécurité de 10% à la valeur de la puissance maximale du panneau photovoltaïque, on aura donc :

$$\text{Panneau PV choisi : } P_m = 280W, V_{oc} = 38.65V, I_{sc} = 9.37A$$

$$\text{- La puissance du régulateur : } P_{ré} = V_{oc} * I_{sc} = 38.65 * 9.37 = 362.15W$$

$$P_m + (0.1 * P_m) = 362.15 + (362.15 * 0.1) = 398.4W = 400W$$

Aussi on doit calculer le courant du régulateur qui peut supporter pour charger notre batterie, on divise la puissance maximale calculé sur la tension de 28.5V qui présente la tension de charge d'une batterie de 24V

$$\text{- Le courant du régulateur : } I_{ré} = P_{ré} / V_{chb} = 400 / 28.5 = 14.03A = 15A$$

$$V_{chb} : \text{Tension de charge de la batterie. } 12V \rightarrow 14.5V \text{ et } 24V \rightarrow 28.5V$$

Donc, le meilleur régulateur de charge pour notre système est : un régulateur de type PWM, que peut supporter un courant de 15A, avec une tension de branchement de 24V.

En résumé, voici la configuration finale de notre système d'éclairage photovoltaïque autonome, pour alimenter une lampe LED de 80W on doit avoir un panneau PV de puissance de 280W, un régulateur PWM de 20A/24V, et une batterie solaire de 24V et de capacité de 70Ah.



Figure III. 6 Installation photovoltaïque d'un éclairage Autonome.

Système autonome DC/AC :

La seule différence entre ce système et le système précédente est que la charge consommée un courant alternative, à cela on ajoute des équipements électriques, et en particulier l'onduleur qui transforme le courant continu en courant alternatif.

III.7.1. Projet d'éclairage public autonome DC/AC :

Notre projet consiste à éclairer une autoroute a partir de l'énergie solaire, par un générateur photovoltaïque qui située sur un parc proche de projet.

Les données de cet autoroute est comme suite :

La longueur de la voie est de $L_v=500\text{m}$, largeur= 12m , hauteur des poteaux= 6m , la distance entre deux poteaux $D=12$, le facteur d'entretien $F_m=0,8$, le facteur d'utilisation $F_u= 0,6$.

Nous sera choisi une implantation vis-à-vis des points lumineux. Alors la largeur devient de $L=6m$, et on utilise lampe à décharge.

- **Calcule de la puissance consommée par les lampes :**

L'éclairement recommandé $E= 40 \text{ lux/m}^2$. Pour décider la puissance de la lampe à décharge, il est nécessaire de calculer les lumens moyens de la lampe (Lm).

$$\text{Lumen moyen de la lampe : } Lm = \frac{L \cdot D \cdot E}{Fu \cdot Fm} = \frac{6 \cdot 12 \cdot 40}{0.6 \cdot 0.8} = 6000 \text{ lumen}$$

Tableau 3 : différents puissances des lames à décharge et ces flux lumineux.

Puissances (W)	Puissance ballast (W)	Puissance totale (W)	Flux lumineux (lm)
70	11	81	6 600
100	14	114	105 000
150	16	166	16 500
250	26	276	32 000

Le lumen d'une lampe de 70 watts est de 6600 lumen, ce qui est la valeur la plus proche de 6000 lumen. Par conséquent, une lampe de 70watts est acceptable.

- **Estimation l'énergie consommée E_c :**

On calcule le nombre le lampes utilisée au long de la voie : $(L_v/D)=42$ (sur une ligne).

Alors, le nombre totale des lampes est $42 \cdot 2=84$ lampe (implantation vis-à-vis), la puissance totale consommée est $P_t=P_i \cdot 84=70 \cdot 84=5.88kW$

La durée de fonctionnement est toujours, $t_i= 14$ heures.

$$\text{Donc : } E_c = P_t \cdot t_i = 5.88 \cdot 14 = 82.32kWh$$

- **Estimation de l'énergie produite E_p :**

$$E_p = 82.32 + (82.32 \cdot 0.2) = 98.8kWh$$

- **La tension du système solaire :**

Dans cet intervalle de puissance (supérieur à 2000Wh), on doit choisir une tension de système de 48V.

- **Puissance crête des panneaux Pc :**

$$Pc = Ep / Nr = 98800 / 6.2 = 15.94 \text{ kWc}$$

- **Choix des panneaux photovoltaïques :**

Pour notre exemple, le bon choix de panneau PV est comme la suite :

$$P_{ci} = 280 \text{ W} \quad \rightarrow \quad P_m \text{ du panneau} > P_c$$

$$\text{La tension} = 24 \text{ V} \quad \rightarrow \quad V_{oc} \text{ du panneau} = 38.65 \text{ V}$$

- **Nombre des panneaux utilisés :**

$$N_p = P_c / P_{ci} = 15940 / 280 = 56.9 = 58 \text{ panneaux solaire.}$$

- **Association des panneaux solaire :**

Nous avons choisi la tension de 48V pour notre system d'éclairage, alors la mis en parallèle de deux panneaux de 24V, nous donne une tension de 48V.

Alors nous connecté groupe de 29 panneau en parallèle avec autre group de 29 panneau.

- **Calcule de la capacité de la batterie C :**

Alors, dans notre système, on va choisir une décharge de batterie de 80%, et 1 jour d'autonomie (sans recharge de batterie).

$$C = (E_p * N_{ja}) / (D * V) = (98800 * 1) / (0.8 * 48) = 2572 \text{ Ah}$$

Donc on aura une capacité de batterie de 2572Ah.

Alors, la batterie convenable à notre système est une batterie solaire, d'une tension de 24V, et d'une capacité de 2572Ah.

- **Nombre de batteries :**

Notre système est travail sur un système de 48V, alors nous choisi la marque 'Koyosonic & OEM' qui a les caractéristique suivantes :

Tableau 4 : caractéristiques d'une batterie choisi

Modèle	NPS200-48	Tension	48V
marque	Koyosonic & OEM	Capacité	200Ah
Rechargeable	Chargeable	poids	61Kg
Origine	Échine	Spécification	L522*W240*H219*TH224mm

La capacité totale désiré du système de l'éclairage est $C=2576\text{Ah}$, alors on divise cette capacité sur la capacité de batterie utilisé $C_i=200\text{Ah}$ pour maintenir combien de batterie nécessaire. $N_b=C/C_i=2572/200= 13$ batterie.

- **Groupements des batteries :**

Le groupement est très simple a cause de tension est convenable avec le système $V=48\text{V}$, tout ce qu'il nous reste le montage en série des batteries, pour augmenté la capacité désiré.

- **Choix du régulateur de charge :**

Pour choisir le bon régulateur de charge pour notre système d'éclairage, on doit ajouter une marge de sécurité de 10% à la valeur de la puissance crête de notre système photovoltaïque [23], on aura donc :

-La puissance du régulateur : $P_{ré} = P_c+(P_c*0.1) =15.94+(15.94*0.1)=17.5\text{kW}$.

- **Choix de l'onduleur :**

Ce type d'onduleur est généralement recommandé pour des applications de grande puissance. La structure de tel convertisseur se fait par l'association, en parallèle, de trois onduleurs monophasés en demi pont (ou en pont) donnant trois tensions de sortie déphasées de 120° degrés, l'une par rapport à l'autre [22].

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons offert un aperçu de l'éclairage public et les différents types des commandes et installations. L'objectif de ce chapitre est de simplifier la compréhension du principe de dimensionnements des systèmes photovoltaïques dans l'éclairage public. On pose des idées à la construction des projets d'éclairage des voies.

Conclusion générale :

Cette recherche a été consacrée à l'éclairage public par l'énergie photovoltaïque, D'abord le système PV autonome est un système électrique destiné à effectuer une tâche bien déterminée en utilisant l'énergie solaire comme source primaire. Ce système se compose de plusieurs éléments principalement les modules PV qui représentent le champ de captage des rayons solaires, les batteries qui constituent le champ de stockage, le régulateur qui protège la batterie contre la surcharge, ainsi il règle la valeur de tension nominale ainsi que le câblage qui relie les différents composants du système entre eux.

Les principaux points positifs de système solaire d'éclairage public sont des systèmes maitrisables, simple, automatisée et offre relativement une bonne sécurité aussi bien à l'opérateur qu'aux usagers. Cette solution donne des résultats acceptables en particulier lorsqu'on applique cette stratégie dans les sites isolée.

Ce système est une premier pas vers un éclairage public intelligent, en effet il reste évolutives par des nouvelles idées, comme l'ajout d'un suiveur de soleil sur les panneaux PV et les capteurs de présence pour commandé la puissance de sortie des lampes.

Notre objective a atteindre est le développement d'un système autonome qui assure l'optimisation de la consommation énergétique du système d'éclairage par la gestion optimale d'énergie.

Bibliographie :

- [1] Ezéchiél Houndenou, University of Québec in Chicoutimi November 2020 'CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE DIMENSIONNEMENT DE SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR LE BENIN'.
- [2] ZERROUKI Zolikha & BEREKSI REGUIG Rym, UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEN,2017, 'Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome'
- [3] Hanine Mounir & Kebir Allel, UNIVERSITE d'ADRAR, 25 Mai 2017, 'Etude et simulation d'un étage MPPT pour un générateur photovoltaïque à base d'un kit Arduino'
- [4] AYACHI Méroïan & HAMDOUN Omar, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI DE OUM EL BOUAGHI, 27 juin 2012, 'ETUDE COMPARATIVE ENTRE DIFFERENTS MODELES ELECTRIQUES PHOTOVOLTAIQUES'
- [5] <https://mypower.engie.fr/energie-solaire/conseils/types-cellules-solaires.html>
- [6] CHERIFI Younes, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 13/07/ 2015, 'Etude et réalisation d'un suiveur de soleil a base d'un micro contrôleur'
- [7] BRAHIMI Rania & BOUCHENIRE Yasmina, Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj-, 10/09/2021, 'Etude et réalisation d'un régulateur de charge solaire'
- [8] Si yahiaoui Souad, Université Ahmed Draya d'ADRAR, 2021,'Etude et dimensionnement d'un système d'éclairage publique PV dans l'université d'Adrar'
- [9] B. Benmahrez, , F. Oudihat, Etude et dimensionnement d'une alimentation solaire pour les locaux administratifs de la société IFRI. Mémoire d'ingénieur, Université de Béjaïa, (2010).
- [10] DJESSAS Zahira, Université Ferhat Abbas–SETIF UFAS (ALGERIE), 'EXTRACTION DES PARAMETRES PHYSIQUES D'UNE CELLULE SOLAIRE A DEUX EXPONENTIELS PAR LA METHODE DES ALGORITHMES GENETIQUES'

- [11] BOULHARES Khadidja & TRAKET Chahira, Université Ahmed Draïa Adrar, 2018, 'Etude Pratique et Dimensionnement d'un Système d'Eclairage Public Photovoltaïque Autonome, Cas d'étude ; Unité de Recherche d'Adrar'
- [12] Dr. Messaoud KHELIF, Le Commissariat aux Energies Renouvelables et à l'Efficacité Energétique, (Edition 2021), 'Eclairage Public en Algérie : Référentiel National pour une Lumière de Qualité et Ecoénergétique'
- [13] <https://energieplus-lesite.be/techniques/eclairage10/sources-lumineuses/lampes-a-decharge/lampes-a-decharge-generalites/>
- [14] <https://eclairage-bureaux.fr/info/15-ballast-electronique#:~:text=Le%20ballast%20est%20une%20pi%C3%A8ce,confort%20apport%C3%A9%20par%20le%20luminaire.>
- [15] <https://www.silamp.fr/ballast>
- [16] Guillaume Faure. Diagnostic des réseaux d'éclairage public. Energie électrique. 2012. dumas-01252551
- [17] <https://leclairage.fr/ballast-et-alimentation-definitions/>
- [18] Lhadj Ahmed Meriem & Larbi Benhadjar Hanane, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 07/2021, 'Eclairage public dans les autoroutes à base d'énergie renouvelable'
- [19] Fellah Nadia & Sidibe Oumar, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 08/07/2019, 'Etude et dimensionnement de l'installation photovoltaïque du DECANAT de la faculté ST'
- [20] <https://www.hager.be/produits-e-catalogue/automatismes-du-batiment-et-appareillage-mural/gestion-de-l-energie/interrupteurs-crepusculaires/les-avantages-des-horloges-astronomiques/58987.htm>
- [21] Yousra AMMOUR & Madiha KENOUCHE, Université Mohammed Seddik Ben Yahia - Jijel, Juin 2019, 'Conception et réalisation d'un régulateur de charge par panneaux photovoltaïques'

[22] BESSEM ABDELGHANI, UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA, 2018, 'Modélisation et simulation d'un pompage photovoltaïque'

[23] <https://www.youtube.com/watch?v=edGmrizGazQ&t=268s>