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 :

BEN CHELOUIA Abd elaziz

Thème:

Etude d'une mini-centrale photovoltaïque pour l'injection d'électricité produite dans le réseau électrique.

Soutenu publiquement
Le : 26/06/2018
Devant le jury :

Mr BENMIR Abdelkadr	MCB	Président	UKM Ouargla
Mr LOUAZENE Mohamed Lakhdar	MCA	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
Mme BELKEBIR Amel	MAA	Examinateur	UKM Ouargla

Année universitaire 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon père et ma mère

A mes frères et mes amis

A Toute la famille **BEN CHELOUIA**

A tous ceux qui utilisent la science pour le bonheur et la prospérité de l'humanité.

Remerciement

*Avant tout nous tenons à remercier **ALLAH** qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage de finir le mémoire.*

Nous tenons à remercier vivement Mr. LOUAZENE Med Lakhdar notre Rapporteur qui a fourni des efforts énormes, par ses informations ses conseils et ses encouragements. Photovoltaïque de Ghardaïa, pour ses efforts et ses informations

*Nous tenons à remercier **Mr.BENSAHAKaddour et Fathi chermac** directeur central scientifiques et professionnelles.*

*Nos vifs remerciements aussi à **Mr.Belkbeir Amel** pour avoir accepté d'être examinateur de ce travail.*

*Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement : **Mr BENMIR Abdelkader** pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de cette mémoire.*

*Nous voudrions remercier spécialement **Mr GOUGUI A.abdelmoumen**, chercheur à l'université d'Ouargla, pour ses compétences scientifiques, ses conseils, sa disponibilité, et sa qualité humaine.*

*Et tous les professeurs de département de Génie électrique et vivement **M. LOUAZENE.L, M.DJAFOUR.A, M. TAIBI.D, M.GUAHRAR.Y, M.** pour leurs modesties et le moral haut.*

Nos plus chaleureux remerciements à tous ceux qui de prés et de loin ont contribué à la réalisation de cette mémoire.

Sommaire

Dédicaces.....I

Remerciement II

Liste des figures III

Liste des tableaux IV

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : NOTION GENERALE SUR SYSTEME PHTOVOLTAIQUE

I-1 Introduction…….3

I-2 Rayonnement solaire ……...3

I-2-1 Rayonnement extraterrestre……...3

I-2-2 Rayonnement solaire en atmosphère terrestre…….....4

I-3 Indice de clarté……..4

I-4 Irradiation solaire……..5

I-5 Durée d'insolation (Insolation) ……....5

I-6 Coordonnées géographique terrestres……...5

I-6-1 Latitude (ϕ)……....5

I-6-2 Longitude (L)……6

I-6-3 Altitude……..6

I-7 Position du soleil……...6

I-7.1 Cordonnées horaires……..6

I-7.1.1. Déclinaison du soleil (δ, d)……6

I-7.1.2. Angle horaire du soleil (ω, Ah, h)……..7

I-7.2. Coordonnées horizontales……8

I-7.2.1. Hauteur du soleil (γ, H)……..8

I-7.2.2. Azimut du soleil (χ, A)……...8

I-7.2.3. Angle zénithal (θ_z)……9

I-8 Energie solaire photovoltaïque…….9

I-8-1 Effet photovoltaïque……..9

I-8-2 Cellule photovoltaïque…….10

I-8-3 Caractéristique d'une cellule photovoltaïque……..10

I-8-4 : Influence de la température et de l'éclairement……11

I-9 Les différents types de panneaux photovoltaïques…….....12

I-10 Conclusion……13

CHAPITRE II : DESCRIPTION GENERALE DE LA CENTRALE ET DE FONCTIONNEMENT

II-1 Introduction……..14

II-2 Données générales……..……...……14

II-2-1 Données Géographiques……..……..14

I-2-2 Conductions nominale du site…….……14

II-4 Générateur photovoltaïque……..……..15

II-4-1 Panneaux photovoltaïques…….15

II-4-1-1 Panneaux en silicium monocristallin……..15

II-4-1-2 Panneaux en silicium polycristallin……16

I-4-1-3 Panneaux en silicium amorphe (a-Si)……..16

II-4-1-4 Panneaux en couche mince (Cd-Te)……...17

II-4-2 Structures de support pour les panneaux……...18

II-4-3 connexion électrique du générateur photovoltaïque…….....19

II-4-4 Boite de raccordement (jonction) et coffrets courant continu……...…19

II-4-4-1 Boite de raccordement (ou de jonction)……..…….…..19

II-4-4-2 Coffret courant continu……..….....20

II-4-5 Onduleurs solaires……...……...21

II-5 Système moyenne tension…….…23

II-6 Transformateurs……..……..23

II-7 Systèmes auxiliaires de la centrale……...24

II-8 Mise à la terre….....24

II-9 Système de contrôle commande……24

II-10 conclusion……...…25

CHAPITRE III : SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE CONNECTEE AU RESEAU ELECTRIQUE

III-1 Introduction……....26

III-2 Conductions fonctionnelles ……..…….…26

III-2-1 Démarrage onduleur……..……..26

III-2-2 Arrêt de l'onduleur…….…….26

III-2-3 Puissance du point de puissance maximale (MPPT)……...…26

III-2-4 Surveillance réseau……..27

III-3 filtre d'harmonique…….27

III-4 Connexines extérieurs……27

III-5 Analyse des résultats de simulation…..……..28

III-5-1 Discussion de résultats……..……...32

III-5.2 Exemple de défaut sur le réseau de moyenne tension……..……...…….33

III-6 conclusion……...…….34

Conclusion générale…….…..….35

Référence…….....37

Annexe…….……39

Liste des figures

Figure (I-1) : Répartition spectrale du rayonnement solaire……..……4

Figure (I-2) : Coordonnées horaires……...……7

Figure (I-3) : coordonnées horizontales…….9

Figure (I-4) : Coupe transversale d'une cellule PV……..…10

Figure (I-5) : Caractéristique courant-tension d'une cellule solaire photovoltaïque…10

Figure (I-6) : L'influence de la température sur la courbe I=f(V) et P=f(V)……...11

Figure (I-7) : L'influence de l'éclairement sur la courbe I=f(v) et P=(v)……12

Figure (II-8): Panneaux PV (cellule monocristalline)……..15

Figure (II-9) : Panneaux PV (cellule poly cristalline)……..16

Figure (II-10) : Panneaux PV (cellule amorphe)……..17

Figure (II-11) : Panneaux PV (Cd-Te multi –couche)…….18

Figure (II-12) : photo externe et intérieure de boit de boite de raccordement…….20

Figure (II-13) : photo de coffret courant continu…….21

Figure (II-14) : onduleur de centrale PV……..22

Figure (III-15) : Courbe de simulation de courant entrée l'onduleur dans le jour 17/01/2016……28

Figure (III-16) : Courbe de simulation de courant sortie l'onduleur dans le jour 17/01/2016……29

Figure (III-17) : Courbe de simulation de la tension entrée l'onduleur dans le jour 17/01/2016……29

Figure (III-18) : Courbe de simulation de de la tension sortie l'onduleur dans le jour 17/01/2016……30

Figure (III-19) : Courbe de simulation de la puissance entrée l'onduleur dans le jour 17/01/2016……30

Figure (III-20) : Courbe de simulation de la puissance sortie l'onduleur dans le jour 17/01/2016……31

Figure (III-21) : Courbe de simulation de la production et consommation de la puissance dans le jour 17/01/2016……...31

Figure (III-22) : Courbe de simulation (courant, tension et puissance) entrée et la sortie de l'onduleur par logiciel de centrale (SCADA)……33

Figure (III-23) : Afficheur de tableau MT ……...33

Liste des tableaux

Tableau (I-1) : Les différents types des cellules avec leur rendement……13

Tableau (II-2) : Nombres des panneaux dans la chaine et sa tension……..19

Tableau (III-3): branchement configuration MPPT…….28

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis la découverte du pétrole et du gaz naturel les machines industrielles qui premièrement dépendent du charbon deviennent plus efficaces, moins de taille et moins de poids, l'industrie pétrochimique, mécanique, spatiale et aussi certains produits d'alimentations dépendent de façon énorme sur cette énergie. L'exploitation excessive de ces ressources crée deux grands problèmes majeurs : le premier qui est la pollution et l'influence négative de cette énergie sur l'environnement. Le deuxième problème est la limite de ces sources. Donc on peut dire qu'il est obligatoire de rechercher des énergies de remplacement. Les énergies renouvelables, comme l'énergie photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, représentent une solution de remplacement par excellence.

L'Algérie a un gisement solaire important, la situation géographique de l'Algérie favorise le développement et l'épanouissement de l'utilisation de l'énergie solaire. En effet, vu l'importance de l'intensité du rayonnement reçu ainsi que la durée de l'ensoleillement qui dépasse les dix heures par jour pendant plusieurs mois, notre pays peut couvrir certains de ses besoins en énergie solaire.

L'utilisation de l'énergie photovoltaïque consiste à convertir directement le rayonnement lumineux en électricité. Les cellules solaires réalisent cette transformation d'énergie. La conversion photovoltaïque est basée sur l'absorption des photons dans un matériau semi-conducteur qui fournit des charges électriques, donc un courant électrique est produit.

De nombreux scientifiques et chercheurs ne cessent de développer cette technologie pour l'exploiter d'une façon optimale et mettre au service de l'être humain. Les centres, les sociétés et les laboratoires de recherches des énergies renouvelables en particulier le département de génie électrique et le département des énergies renouvelables de l'université de KasdiMerbah Ouargla sont équipés de nombreux instruments, qui sont à la disposition des chercheurs afin d'exploiter cette énergie de façon optimale.

Dans ce travail nous sommes intéressés à l'étude d'une mini-centrale photovoltaïque pour injection du réseau électrique.

Le mémoire est présenté en trois chapitres suivants :

Dans le premier chapitre, nous donnons des rappels sur l'énergie solaire, les déférents paramètres qui influent sur l'intensité du flux solaire photovoltaïque. Enfin nous citons les différents types des cellules avec leur rendement.

Dans le deuxième chapitre on va présenter le principe du fonctionnement et la production de la centrale d'OUED NECHOU Ghardaïa.

Dans le dernier chapitre, on va étudier le générateur photovoltaïque raccordée au réseau électrique grâce à des onduleurs solaires. Ainsi que la présentation des grandeurs mesurées journalières réeles.

CHAPITRE I

NOTION GENERALE SUR SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

I-1 Introduction

L'exploitation de l'énergie solaire et l'optimisation de sa collecte par les systèmes photovoltaïques nécessite une connaissance exacte de la distribution de l'irradiation solaire, qui est fonction de plusieurs paramètres géographiques, météorologiques et astronomiques, sur le lieu d'implantation de ce système.

Ainsi, nous avons consacré ce chapitre pour donner des rappels sur l'énergie solaire, les déférents paramètres qui influent sur l'intensité du flux solaire photovoltaïque. Enfin nous citrons les différents type des cellules avec leur rendement.

I-2 Rayonnement solaire

Le soleil émet en permanence, dans toute les directions de l'espace, des rayonnements électromagnétiques composés de «grain» de lumière appelés photons, Ces rayonnements se propagent à la vitesse de la lumière C ; il lui faut donc, en moyenne, 499 secondes, soit 8 minutes et 19 secondes, pour attendre notre atmosphère [1].

L'énergie. E_{ph}.De chaque photon est directement lié à la longueur d'onde λ par la relation

$$E_{ph}=\frac{hc}{\lambda} \tag{I-1}$$

Où h est la de constante de Planck, $h = 6.62 * 10^{-34} J.s$

I-2-1 Rayonnement extraterrestre

Le rayonnement solaire extraterrestre couvre un très large domaine de longueur d'ondes. Il ne dépend d'aucun paramètre météorologique, mais il est fonction de quelques paramètres et géographique tel que : la latitude du lieu (ϕ), la déclinaison solaire (δ),et l'angle horaire au coucher du soleil(ω_0).

Sur une surface horizontale, et pour le jour, le rayonnement extraterrestre $G_0(MJ.j.m^{-2}our^{-1})$ est obtenu à l'aide de l'équation suivante [2] :

$$G_0 = \frac{24*60}{\pi} G_{sc}\left[1 + 0.034cos\left(\frac{2\pi\, n}{365}\right)\right][\omega_0 * \sin(Q) * \sin(\delta) + \cos(Q) * \cos(\delta) * \sin(\omega_0)] \tag{I-2}$$

G_{sc} : est la constante solaire égale à 0.0082MJ.$m^{-2}mn^{-1}$.

n : est le numéro du jour à partir du premier janvier.

La déclinaison solaire et l'angle horaire au coucher sont donnés par les équations (I-5), et (I-10).

I-2-2 Rayonnement solaire en atmosphère terrestre

Le rayonnement reçu sur l'atmosphère terrestre n'occupe qu'une faible portion du spectre d'onde électromagnétique solaire. Il est caractérisé par des longueurs d'onde comprises entre 0.2 et 2.5µm, il inclut le domaine du visible (ondes lumineuses de 0.4 à 0.8 µm).

Les capteurs d'énergie solaire, qui correspondent aux cellules solaires devront donc être compatible avec ces longueurs d'ondes pour pouvoir piéger les photons et les restituer sous forme d'électrons [3].

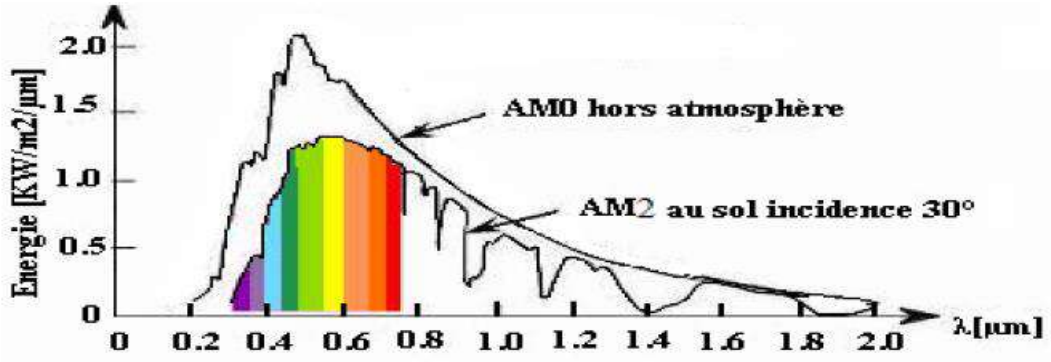


Figure (I-1) : Répartition spectrale du rayonnement solaire. D'après [3]

En traversant l'atmosphère terrestre, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé, on distingue plusieurs composantes :

- **Rayonnement direct :** C'est le rayonnement reçu directement du solaire, sans diffusion par l'atmosphère.
- **Rayonnement diffus :** est le rayonnement diffusé par les différent gaz constituant l'atmosphère.
- **Albédo** : C'est la partie réfléchie par le sol.

I-3 Indice de clarté

Le rapport entre le rayonnement au sol et le rayonnement extraterrestre est appelé indice de clarté. L 'indice de clarté, K_T, est défini par [4] :

$$K_T = \frac{G}{G_0} \qquad \text{(I-3)}$$

Où : G est l'irradiation solaire reçu sur un plan horizontal.

La moyenne mensuelle de l'indice de clarté K_T varie selon les endroits et varie généralement entre 0.3 (pour des régions ou des saisons pluvieuses) et 0.8 (pour des saisons ou des climats secs et ensoleillés) [4].

I-4 Irradiation solaire

L'irradiation solaire exprime la quantité d'énergie reçue, au niveau du sol, par unité de surface. Ses unités usuelles sont le J/m^{-2}, J/cm^{-2}, Wh/m^{-2}, ou bien kWh/m^{-2}.

Elle dépend de nombreux facteurs, dont principalement la couverture nuageuse, la durée du jour, l'instant considéré dans la journée, l'orientation et l'inclinaison de la surface, la latitude du lieu, son degré de pollution et la hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon.

La combinaison de tous ces paramètres produit la variabilité dans l'espace et dans le temps de l'irradiation solaire. Dans les régions du globe comprises entre 40◦ nord et sud, l'énergie globale annuelle reçue par une surface horizontale est comprise entre 1400 et 2500 KWh/m^2 [5].

I-5 Durée d'insolation (Insolation)

La durée d'insolation correspond à la durée pendant laquelle le rayonnent solaire direct reçu sur un plan normal dépasse un seuil fixé par convention à 120 W.m^{-2}.

En absence permanent de nuage, la durée d'insolation est pratiquement égale à la durée du jour, qui s'appelle aussi durée astronomique ou théorique du jour. Elle est défini par :

$$S_0=\frac{2}{15}\omega_0 \qquad \text{(I-4)}$$

Avec :

ω_0 : L'angle horaire au coucher de soleil (◦).

S_0 : Durée du jour (h).

I-6 Coordonnées géographique terrestres

Une latitude donne la surface est repéré par ces coordonnées :

I-6-1 Latitude (ϕ)

Une latitude donne la localisation d'un point par rapport à l'équateur, elle varie entre 0 et 90◦, positivent vers le pôle nord et négativement vers le pôle sud.

I-6-2 Longitude (L)

La longitude d'un lieu donné est l'angle formé par le méridien de ce lieu avec le méridien d'origine (méridien de Greenwich), elle est comptée de 0◦ à180◦, positivement vers l'est et négativement vers l'ouest.

I-6-3 Altitude

L'altitude est l'élévateur d'un lien par rapport de la mer, mesurée en mètre (m).

I-7 Position du soleil

La position apparente du soleil est repérée à chaque instant de la journée et de l'année par deux systèmes de coordonnées :

I-7.1 Cordonnées horaires

Les coordonnées horaires sont liées à l'heure de l'observation, et n'ont aucune relation avec la position de l'observateur sur la terre. Elles ont comme plant de de référence le plan de l'équateur. Les coordonnées horaires sont au nombre de deux :

I-7.1.1. Déclinaison du soleil (δ, d)

La déclinaison est l'angle que fait la direction d'observation du soleil avec sa projection sur le plan équatorial. Elle est exprimée en degrés (◦), minute (′) et seconde (″) d'arc. Elle traduit l'inclinaison du plan équatorial par rapport au plan écliptique.

En considérant la déclinaison δ comme constante sur une journée, l'équation de Kopernic fournit la qui relie ces deux grandeurs [4] :

$$\delta = 23.45\left[sin\frac{2\pi(284+n)}{365}\right] \qquad \text{(I-5)}$$

n : est le numéro du jour de l'année à partir du premier janvier.

La déclinaison solaire varie de 23◦27′ au solstice d'hiver à+23◦27′ au solstice d'été et elle est nulle aux équinoxes [6], et cette variation entraine des variations de la hauteur du soleil pour un même site.

En juin, l'hémisphère nord se trouve rapproché du soleil ; est plus haut sur l'horizon pour une même heure et la durée du jour est plus grand. L'irradiation journalière est ainsi automatiquement augmentée par rapport au solstice d'hiver, en décembre.

I-7.1.2. Angle horaire du soleil (ω, Ah, h)

L'angle horaire étant l'angle ou l'arc compté sur l'équateur dans le sens rétrograde à partir du plan vertical du lieu passant par le sud jusqu'au plan méridien par le centre du soleil. Il mesure la course du soleil dans le ciel.

L'angle horaire défini le temps solaire vrai TSV, il est midi TSV si ω=0 [7]. Exprimé en degrés d'angle, sa valeur est nulle à midi solaire, elle est négative le matin, position en après-midi et augmente de 15◦ par heure (un tour de 360◦ en 24 heures).

L'angle horaire ω (◦) est donne par la formule suivante [8] :

$$\omega = 15\ (TSV-12) \tag{I-6}$$

TSV : est le temps solaire vrai en heure, se calcul par l'équation suivante [9] :

$$TSU = TU + \frac{L}{15} + E_T \tag{I-7}$$

$$E_T = 9.87\sin(2B) - 7.53\cos(B) - 1.5\sin(B) \tag{I-8}$$

$$B = \frac{2\pi(n-81)}{365} \tag{I-9}$$

TU : est le temps universel du méridien de Greenwich (GMT).

Cette formule n'est pas valable pour les heures de lever et de coucher du soleil. Il faut ainsi déterminer l'angle solaire au coucher, et au lever qui dépend de la déclinaison et de la latitude du lieu. [10]

$$\omega_0 = cos^{-1}(-tan\varphi * tan\delta) \tag{I-10}$$

L'angle solaire au coucher est tout simplement l'opposé de l'angle solaire au levé.

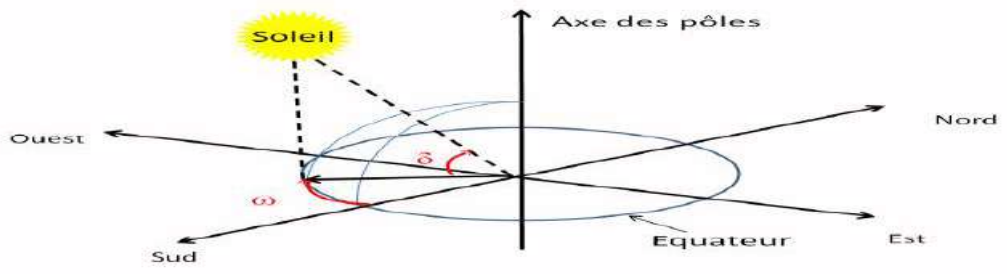


Figure (I-2) : Coordonnées horaires.

I-7.2. Coordonnées horizontales

Les coordonnées horizontales dépendent du lieu d'observation. Elles ont comme plan de référence le plan horizontal, perpendiculaire à la verticale du lieu. Un objet est repéré ce système de coordonnées par ces composantes :

I-7.2.1. Hauteur du soleil (γ, H)

La hauteur angulaire du soleil, communément appelée du soleil ou élévation du soleil, est l'angle compris entre la direction apparente du soleil sa projection sur le plan horizontal du lieu considéré. Sa valeur est nulle au lever ou au coucher du soleil et maximale lorsque le soleil est à son zénith.

Elle varie au cours de la journée en fonction de la déclinaison δ de l'angle horaire ω, et de la latitudeφ. De façon telle que :

$$\sin(\gamma) = \cos(\delta) * \cos(\omega) * \cos(\varphi) + \sin(\delta) * \sin(\varphi) \qquad \text{(I-11)}$$

Il s'agit de la formule fondamentale, permettent de connaître, quels que soient le jour, l'heure et le lien, la hauteur du soleil sur l'horizon.

La hauteur maximale du soleil (à midi solaire) :

$$\gamma_{max} = \frac{\pi}{2} - \varphi + \delta \qquad \text{(I-12)}$$

Il faut noter que la hauteur du soleil intervient fortement sur la valeur de l'éclairement solaire.

I-7.2.2. Azimut du soleil (χ, A)

C'est l'angle compris entre la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal et la direction sud ou nord. Il est mesuré commençant par le nord ou par le sud soit vers l'est soit vers l'ouest à travers un axe de 360◦ (l'azimut des compris entre -180◦ ≤ x ≤180◦ [6]).

Dans l'hémisphère nord, l'origine des azimuts correspond à la direction du sud. L'angle d'azimut est compté positivement vers l'ouest et négativement vers l'est.

Dans l'Atlas solaire de l'Algérie [8], Capderou a utilisé la formule suivante pour calculer l'azimut du soleil :

$$\sin(\chi) = \frac{\cos(\delta)*\cos(\omega)*\sin(\varphi)-\sin(\delta)*\cos(\varphi)}{\cos(\gamma)} \quad \text{(I-13)}$$

I-7.2.3. Angle zénithal (θ_z)

C'est l'angle entre le zénith local et la ligne joignant l'observateur et le soleil. Il varie de 0 à 90◦.

$$\cos(\theta_z) = \cos(\delta) * \cos(\omega) * \cos(\varphi) + \sin(\delta) * \sin(\varphi) \quad \text{(I-14)}$$

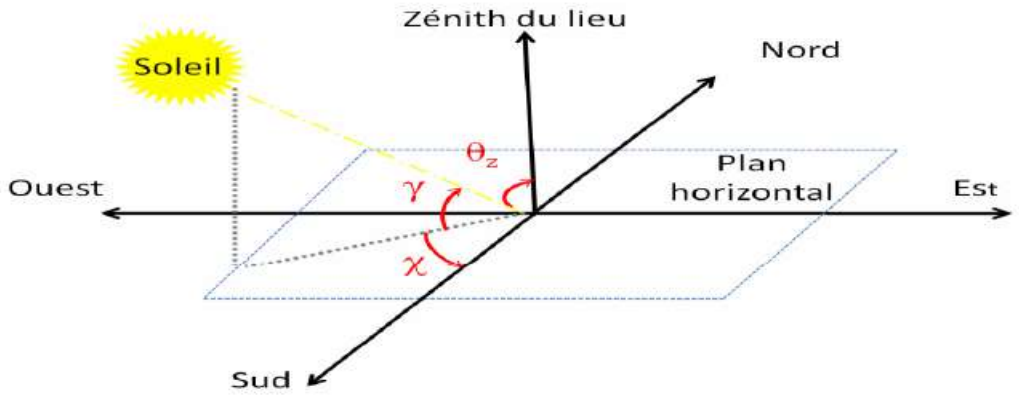


Figure (I-3) : coordonnées horizontales.

I-8 Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque fait l'objet d'un grand intérêt ces années. Elle est une énergie non polluante et apporte de réelles solutions aux divers problèmes qui se posent actuellement concernant le changement climatique, et la crise énergétique.

I-8-1 Effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque est un phénomène physique propre à certains matériaux appelés semi-conducteur (le plus connu est le silicium). Il permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaire en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positive ou négatives sous l'effet de la lumière. L'énergie électrique obtenue est appelée l'énergie photovoltaïque.

I-8-2 Cellule photovoltaïque

L'élément primaire dans la construction des systèmes photovoltaïques, elle est basée sur le phénomène d'interaction photon/semi-conducteur ou effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposé à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3V et 0.7V en selon le matériau et la technologie utilisée, de sa disposition, de température de la cellule ainsi que le vieillissement de la cellule [11].

L'électrode supérieure (anode) exposée à l'illumination est une grille permettant le passage de rayons lumineux. L'électrode inférieure (cathode) est une couche métallique continue.

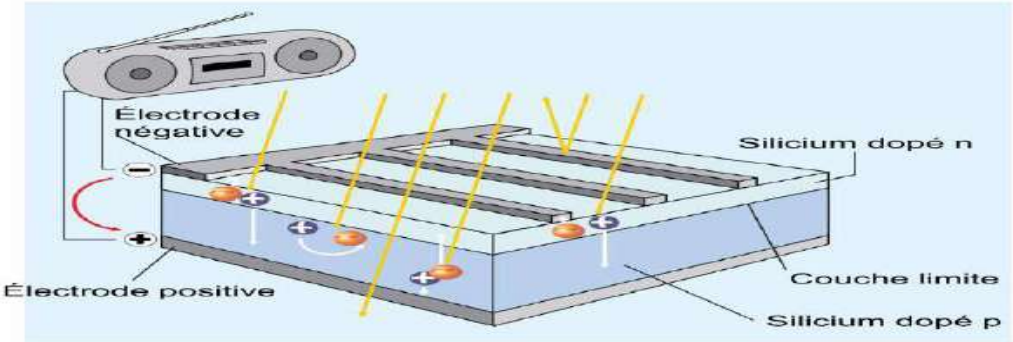


Figure (I-4) : Coupe transversale d'une cellule PV.

I-8-3 Caractéristique d'une cellule photovoltaïque

Le fonctionnement d'une cellule peut être représenté par la courbe I=f(v), qui indique l'évolution du courant généré par la cellule photovoltaïque en fonction de la tension à ces bornes depuis le court-circuit, jusqu'au circuit ouvert.

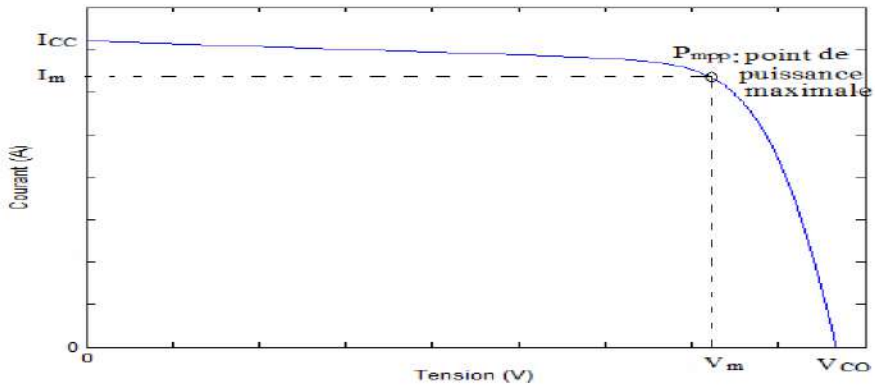


Figure (I-5) : Caractéristique courant-tension d'une cellule solaire photovoltaïque.

D'après la caractéristique courant-tension, il est possible de déduire les paramètres électriques de la cellule :

- Le courant de court-circuit (I_{cc}) correspondant au courant débité par la cellule quand la tension à ses bornes est nulle.
- La tension du circuit (V_{cc}) correspondant à la tension qui apparaît aux bornes de la cellule quand le courant débité est nul.

Entre ces deux valeurs, il existe un optimum, à une tension dite de tension maximaleV_m et un courant maximal(I_m), donnant la plus grande puissance(P_{mpp}) ou puissance crête.

I-8-4 : Influence de la température et de l'éclairement

- **Influence de la température :**

  Pour un niveau d'ensoleillement G fixé et différentes valeurs de températures au niveau de la cellule. On constate que la température influe Largement sur la tension de circuit ouvert. Quand la température augmente la tension de circuit ouvert diminue. Et par contre la puissance maximale du générateur subit une diminution lorsque la température augmente

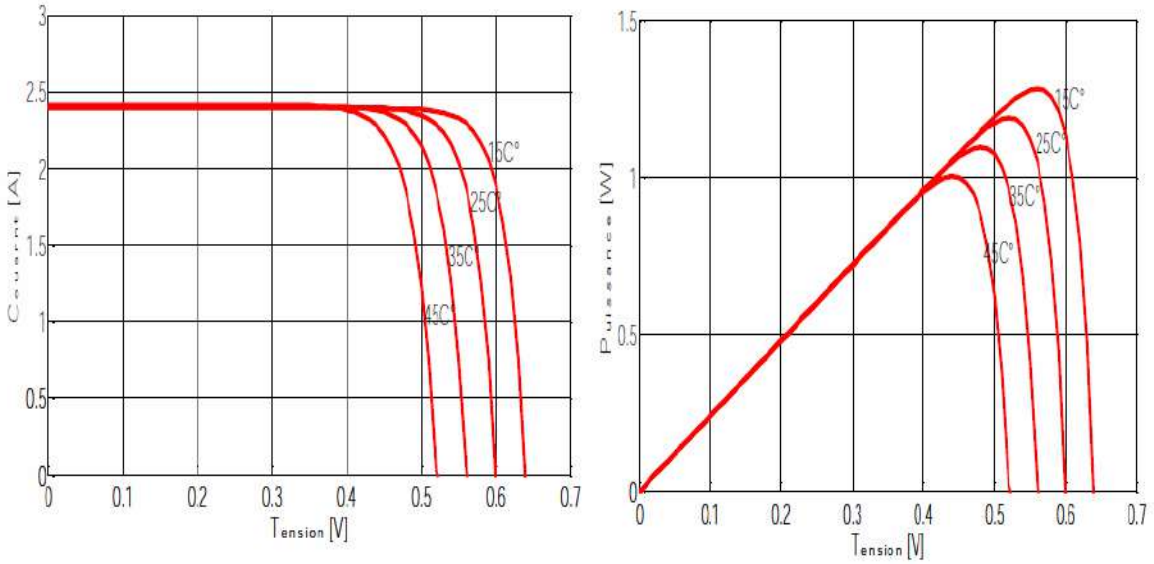


Figure (I-6) : L'influence de la température sur la courbe I=f(V) et P=f(V).

- **Influence de l'éclairement :**

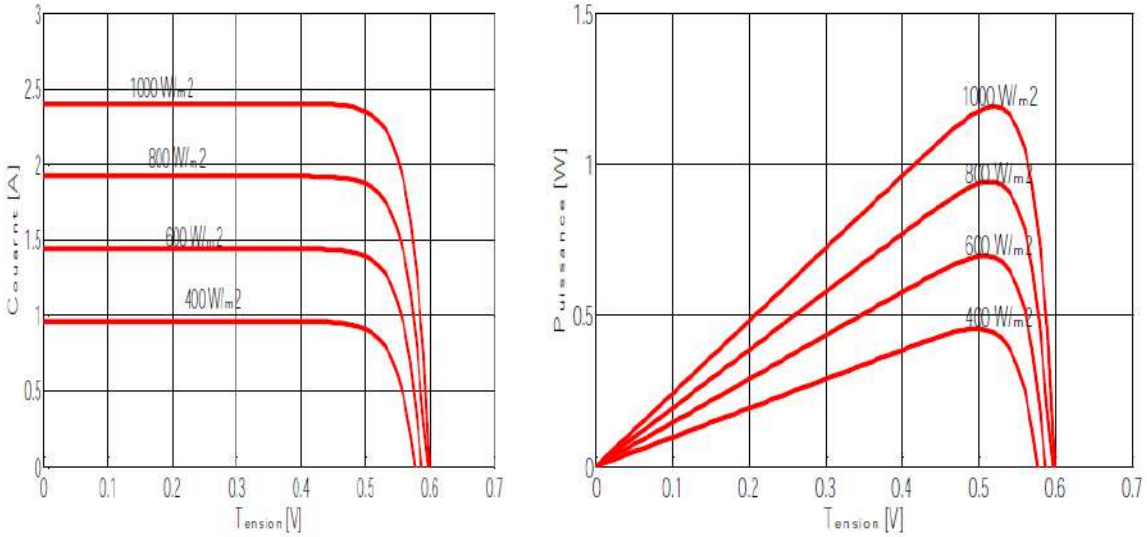


Figure (I-7) : L'influence de l'éclairement sur la courbe I=f(v) et P=(v).

Nous avons fixé la température pour différents éclairements pour la figure II.14 on remarque que pour l'éclairement G=1000 w/m2 le courant Icc= 2,4A et pour G=800w/m2 le courant Icc=1,9A on peut voir que le courant subit une variation importante, quand l'éclairement augmente, par contre la tension varie lentement ce qui se traduit par une augmentation de la puissance, lorsque l'éclairement est augmenté [12].

I-9 Les différents types de panneaux photovoltaïques

Il existe différents types de cellules solaires (ou cellules photovoltaïques), et chaque type de cellules a un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement reste assez faible: de 8 à 23% de l'énergie qu'elles reçoivent. Il existe trois principaux types de cellules à l'heure actuelle [13].

Technologies de cellules	Rendementenlaboratoire	Rendement production
Siliciumamorphe (a-Si)	**13%**	**5-9%**
Siliciumpolycristallin (p-Si)	**19,8%**	**11 à 15 %**
Siliciummonocristallin (m-Si)	**24,7%**	**13 à 17%**

Tableau (I-1) : Les différents types des cellules avec leur rendement.

I-10 Conclusion

L'énergie solaire est disponible sur l'ensemble du globe terrestre à différente intensité, elle est entièrement renouvelable et inépuisable. Cependant, cette énergie reste tributaire des conditions météorologiques qui rendent son exploitation difficile, et son apport est variable, au gré des jours et des saisons.

Afin de modéliser l'énergie solaire globale, nous allons présenter dans ce qui suit l'outil utilisé.

CHAPITRE II

DISCTIPTION GENERALE DE LA CENTRALE ET DE SON FONCTIONNEMENT

II-1 Introduction

Dans ce chapitre on va décrire le fonctionnement de la centrale en panneaux photovoltaïques de Ghardaïa, Algérie.

Cette centrale est destinée à renforcer le réseau existant mais aussi à évaluer le comportement de différents équipement et technologies photovoltaïques dans l'environnement du Sud algérien.

II-2 Données générales

II-2-1 Données Géographiques

Le site de la centrale se trouve près du village d'Oued Nechou, 15 km au Nord de la ville de Ghardaïa, sur la route nationale n. 01.

Les coordonnées géographiques sont les suivantes:
- Latitude Longitude de la station climatologique de Ghardaïa 32°24N 03°48 E
La superficie totale du site est de dix (10) hectares environ. Seulement une partie est destinée à la centrale, l'autre partie est réservée pour des extensions futures.

La topographie du site est relativement plane avec une pente douce de direction est-ouest.

I-2-2 Conductions nominale du site

La centrale est localisée à Ghardaïa dans le Sud Algérien où les conditions environnementales sont très sévères.

Les caractéristiques de l'environnement de la zone sont les suivantes :

- Altitude (au-dessus du niveau de la mer) : 560/ 450 m
- Type de climat: chaud et sec
- Températures ambiantes à l'ombre :
  Valeur maximum: + 50°C
  Valeur minimum: - 5°C
- Vitesse maximum du vent : 28 m/s (à confirmer)
- Humidité relative maximum : 74% à 25 °C
- L'irradiation solaire atteint, en été, des valeurs de l'ordre de 900 à1000 W/m².
- La variation de température peut atteindre 15 - 20 C° entre le jour et la nuit.

La région de Ghardaïa est soumise aux vents de sable, très fins.

II-4 Générateur photovoltaïque

Le générateur photovoltaïque est constitué par l'ensemble des panneaux photovoltaïques, qui transforment la lumière du soleil en électricité courant continu.

II-4-1 Panneaux photovoltaïques

Dans la centrale de Ghardaïa quatre différents types de panneaux seront utilisés [14] :

- ✓ panneaux en silicium monocristallin (452 kWc).
- ✓ panneaux en silicium polycristallin (452 kWc).
- ✓ panneaux en silicium amorphe (a-Si).
- ✓ panneaux en couches minces (tellurure de cadmium CdTe).

Et cela pour analyser le comportement de différents équipement et technologies photovoltaïques dans l'environnement du Sud algérien.

II-4-1-1 Panneaux en silicium monocristallin

Les cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal. Les cellules sont rondes ou presque carrées et, vues de près, elles ont une couleur uniforme.

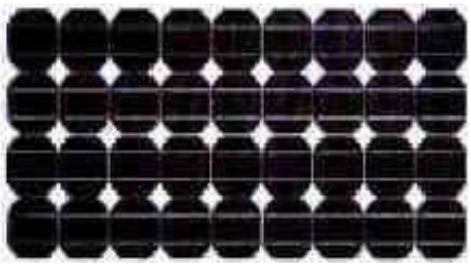


Figure (II-8): Panneaux PV (cellule monocristalline).

Caractéristiques électriques des panneaux en silicium monocristallin

- ➢ Type SOLARIA S6M-2G
- ➢ Puissance de crête 245 Wc
- ➢ Tolérance de la puissance de crête 0 / +5 Wc
- ➢ Rendement du module 15%
- ➢ Tension max (Vmpp) 30,33 V

- Intensité max (Impp) 8,08 A
- Tension circuit ouvert 37,82 V
- Courant de court-circuit 8,52 A
- Tension max. du système 1000 V

II-4-1-2 Panneaux en silicium polycristallin

Les cellules poly-cristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vues de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux (tonalités différentes).

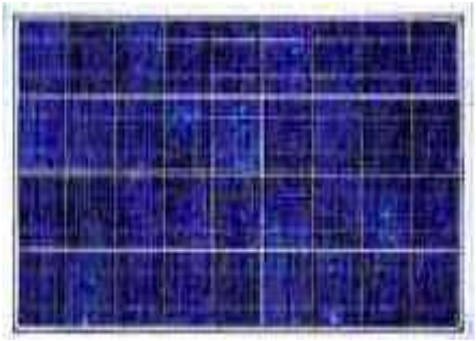


Figure (II-9) : Panneaux PV (cellule poly cristalline).

Caractéristiques électriques des panneaux en silicium polycristallin

- Type SOLARIA S6P-2G
- Puissance de crête 235 Wc
- Tolérance de la puissance de crête 0 / +5 Wc
- Rendement du module 14,4%
- Tension max (Vmpp) 30,49 V
- Intensité max (Impp) 7,71 A
- Tension circuit ouvert 37,62 V
- Courant de court-circuit 8,40 A
- Tension max. du système 1000 V

I-4-1-3 Panneaux en silicium amorphe (a-Si)

Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide.

Figure (II-10) : Panneaux PV (cellule amorphe).

Caractéristiques électriques des panneaux en silicium amorphe

- Type SCHOTT ASI 103
- Puissance de crête 103 Wc (valeur stabilisée)
- Puissance de crête initiale 125 W c (valeur initiale)
- Rendement du module 7,1%
- Tension max (Vmpp) 30,9 V (valeur stabilisée)
- Intensité max (Impp) 3,33 A (valeur stabilisée)
- Tension circuit ouvert 41,1 V (valeur stabilisée)

II-4-1-4 Panneaux en couche mince (Cd-Te)

Les modules photovoltaïques à couches minces, comme CdTe (tellurure de cadmium) permettent le captage de différentes fréquences du spectre lumineux. Ils ont une excellente sensibilité à la faible luminosité et un faible coefficient de sensibilité à la température.

Figure (II-11) : Panneaux PV (Cd-Te multi –couche).

Caractéristiques électriques des panneaux en couche mince

➢ Type	FIRST SOLAR FS-380
➢ Puissance de crête	80 Wc
➢ Tolérance de la puissance de crête	+/- 5%
➢ Rendement du module	11,1 %
➢ Tension max (Vmpp)	48,5 V
➢ Intensité max (Impp)	1,65 A
➢ Tension circuit ouvert	60,8 V
➢ Courant de court-circuit	1,88 A
➢ Tension max. du système	1000 V

II-4-2 Structures de support pour les panneaux

Etant la centrale photovoltaïque de Ghardaïa un site expérimental, il a été choisi d'employer non seulement quatre type de panneaux différents, mais aussi deux types différents de structures de support, c'est-à-dire soit des structures fixes, soit de structures mobiles (systèmes suiveurs motorisés).

Il y aura pourtant les sous-champs suivants:

- 252 kWc en silicium monocristallin structure fixe;
- 252 kWc en silicium polycristallin structure fixe;
- 100 kWc en silicium monocristallin structure fixe;
- 100 kWc en silicium polycristallin structure fixe;
- 100 kWc en silicium monocristallin structure motorisée;
- 100 kWc en silicium polycristallin structure motorisée;
- 100 kWc en couche minces (Tellurure de cadmium CdTe) structure fixe;
- 100 kWc en silicium amorphe structure fixe.

Soit les structures fixes, soit les structures motorisées, sont installées au sol à travers de massifs en béton.

Les structures sont en acier galvanisé, et dimensionnées en accord aux conditions du site.

Le structures fixes sont orientées vers le sud avec un angle de «tilt» de 20 dégrées, pour optimiser l'ensoleillement sur les panneaux.

Les systèmes suiveurs seront de type «simple axe», avec axe orienté dans la direction nord-sud. Le système suiveur, ou «tracker», pendant la journée suive le soleil de est à ouest

(suivie azimutal). Les panneaux installés sur le tracker, auront un angle de tilt de 17 dégrées pour optimiser l'ensoleillement sur les panneaux.

Chaque tracker est mouvementé par un moteur électrique qui se trouve à bord du système et est alimenté par un tableau BT de la centrale.

II-4-3 connexion électrique du générateur photovoltaïque

La connexion entre les panneaux photovoltaïques est du type «en série», de façon à former une chaine des modules.

Cette connexion est faite à travers les câbles (positif / négatif) dont les panneaux sont déjà équipés sur leur côté arrière, et par l'emploi de câbles «solaires» pour connecter les deux panneaux d'extrémité à la boite de jonction la plus proche.

Type de panneau	N. panneaux par chaine	Tension de la chaine
Silicium monocristallin	20	756,4 V
Silicium polycristallin	20	752,4 V
Silicium amorphe	19	780,9 V
Couche mince (Cd-Te)	13	780,9 V

Tableau (II-2) : Nombres des panneaux dans la chaine et sa tension.

Les chaines sont raccordées en parallèle sur une boite de jonction, qui se trouve sur le support de module et peut recevoir jusqu'à un maximum de 16 séries.

II-4-4 Boite de raccordement (jonction) et coffrets courant continu

II-4-4-1 Boite de raccordement (ou de jonction)

La boîte de raccordement (ou de jonction) est le siège des connexions pour le câblage du champ photovoltaïque et prédispose les câblages au coffret courant continu.

Dans la boite il est réalisé le parallèle des chaines de panneaux y raccordées.

La boite est fixée à la structure ou à un support à côté de la structure.

La boite est réalisée en matière plastique et doit être étanche de façon à éviter toutes les infiltrations possibles en raison de l'humidité (IP65).

La boite de raccordement contient:

- les bornes de chaque chaîne du sous-champ
- un fusible pour chaque série de modules photovoltaïques et pour chaque polarité
- un interrupteur-sectionneur
- un parafoudre
- des points de test pour chaque branche
- un transducteur pour la mesure du courant et la tension des chaines de panneaux.

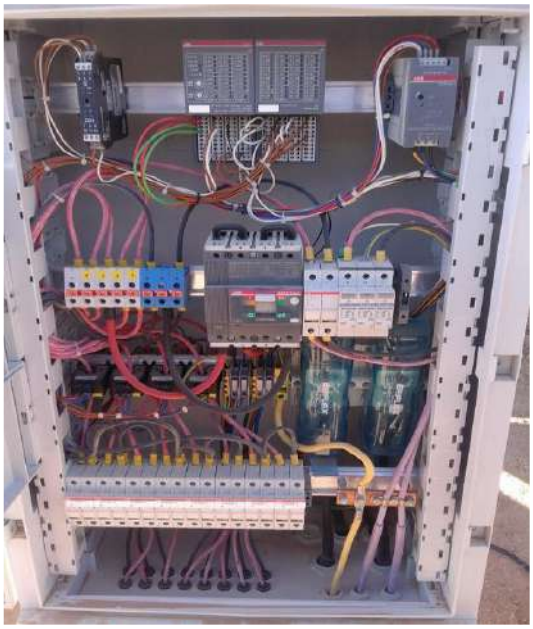


Figure (II-12) : photo externe et intérieure de la de boite de raccordement.

II-4-4-2 Coffret courant continu

Chaque boite de raccordement est connectée, à travers un câble type FG7OR (U0/U=0.6/1kV), a un coffret courant continu, situé en proximité de l'onduleur de référence, dans le bâtiment technique.

Dans le coffret courant continu il y a le parallèle des toutes les boites de jonction d'un certain sous-champ.

La sortie du coffret va directement à l'onduleur.

Le coffret courant continu est équipé d'une couple de fusibles pour chaque ligne qui provient du sous-champ [15].

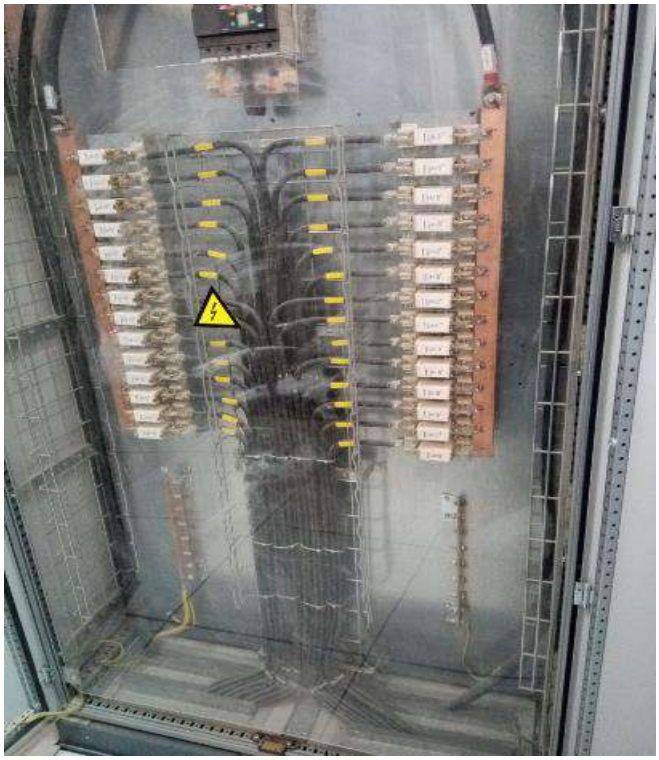


Figure (II-13) : photo de coffret courant continu.

II-4-5 Onduleurs solaires

Les onduleurs sont les équipements qui transforment l'énergie courant continue produite par le champ photovoltaïque, en énergie courant alternatif.

Apres la transformation en courant alternatif, il est possible d'élever le niveau de tension à travers les transformateurs, de façon à transmettre l'énergie produite sur le réseau de distribution [16].

Les onduleurs ont aussi le but de soutenir la tension du réseau de la centrale et de contribuer à la régulation de la tension.

Les onduleurs employés dans les centrales photovoltaïques sont de type spécial, à haute rendement: onduleurs solaires.

Ils sont installés dans le bâtiment technique au milieu du champ.

Il y a huit (8) onduleurs, un pour chaque sous-champ.

Il y a six onduleurs de type PV8L121 (100 kW) sont mis en parallèle à travers un tableau BT qui porte l'énergie sur un transformateur élévateur 30/0,4 kV, 750 kVA.

Au contraire les deux onduleurs de type PV8M291 (250 kW) sont connectes aux deux enroulements secondaires d'un transformateur 30/0,27 kV, 630 kVA.

Figure (II-14) : onduleur de centrale PV.

Caractéristiques électriques de l'onduleur ASI PV8L121

- Quantité 6
- Puissance nominale côté CC 101 kW
- Puissance crête recommandé côté CC 119 kW
- Max. tension côté CC 880 Vcc
- MPPT Range 430 – 760 Vcc
- Courant nominale côté CC 221 A
- Tension côté CA 400 V
- Fréquence 50 Hz
- Facteur de puissance ≥0,99
- Distorsion harmonique côté CA <3%
- Puissance nominale côté CA 96 kW
- Puissance max côté CA 105 kW
- Courant nominale côté CA 210 A
- Rendement max à la puissance nominale 96,1 %

- Rendement européen 95,5 %

Caractéristiques électriques de l'onduleur ASI PV8M291

- Quantité 2
- Puissance nominale côté CC 245 kW
- Puissance crête recommandé côté CC 288 kW
- Max. tension côté CC 880 Vcc
- MPPT Range 430 – 760 Vcc
- Courant nominale côté CC 536 A
- Tension côté CA 270 V
- Fréquence 50 Hz
- Facteur de puissance ≥0,99
- Distorsion harmonique côté CA <3%
- Puissance nominale côté CA 239 kW
- Puissance max côté CA 262 kW
- Courant nominale côté CA 510 A
- Rendement max à la puissance nominale 97,91 %
- Rendement européen 97, 4 %

II-5 Système moyenne tension

Afin de transmettre l'énergie produite en basse tension par le champ photovoltaïque sur le réseau de distribution, il faut la transformer en moyenne tension (30 kV).

Le poste d'évacuation (tableau 30 kV), au contraire est situé dans un bâtiment à la limite du site, près de la clôture.
Le transformateurs sont reliés au tableau par câble MT souterrain [17].

II-6 Transformateurs

Dans la centrale photovoltaïque de Ghardaïa il y a trois transformateurs MT/BT: deux transformateurs élévateurs pour transformer en moyenne tension l'énergie produite par le champ, et un transformateur auxiliaire pour alimenter les services auxiliaires de la centrale.
Les transformateurs élévateurs seront installés dans le bâtiment technique, près des onduleurs, tandis que le transformateur auxiliaire il est dans le bâtiment contrôle commande [18].

II-7 Systèmes auxiliaires de la centrale

La centrale photovoltaïque sera complète des services auxiliaires nécessaires à son correct fonctionnement et à la sécurité des choses et des personnes:

Eclairage intérieur (normal et de secours), éclairage extérieur, Prises de courant, HVAC (climatisation, ventilation), système télésurveillance, système protection incendie, alimentation auxiliaire pour tous les équipements électriques et de contrôle commande (400 Vac, 230 Vac, 127 Vcc).

L'alimentation des services auxiliaires est fournie à travers le transformateur auxiliaire.

La tension continu 127 Vcc est créé à travers un système redresseur.

En cas de perte de l'alimentation auxiliaire (arrêt de la centrale, ou défaut), l'alimentation essentielle est garantie grâce à une batterie 127 Vcc et un groupe électrogène.

En absence de soleil ou d'ensoleillement suffisant, l'énergie pour les auxiliaires est fournie par le réseau de distribution auquel la centrale sera reliée.

Pour cela, au niveau du poste d'évacuation, il y a un compteur bidirectionnel.

II-8 Mise à la terre

Pour assurer la sécurité des personnes et du matériel, toutes les installations électriques et métalliques sont mises à la terre.

II-9 Système de contrôle commande

Le système de contrôle commande est conçu pour réaliser la supervision et la commande de l'entière centrale photovoltaïque.

C'est un système «distribué», c'est-à-dire qu'il y a une armoire de contrôle commande pour chaque bâtiment, et une armoire centrale + poste operateur dans la salle de commande.

Les armories de contrôle sont reliés entre eux et avec l'armoire centrale par fibre optique, en anneau.

Le système de contrôle commande est constitué essentiellement des équipements suivants:

- Ordinateur operateur avec écran et périphériques

- Deux imprimantes

- Armoire central contenant le «server» et des unités d'archivage redondantes

- Une armoire contrôle commande pour chaque bâtiment, contenant: un processeur, des modules d'entrée/sortie données (I/O cards), des modules de communication (switch).

Le système contrôle commande est un système ABB type AC500.

Tous les états des équipements électriques, à savoir:

Cellules moyenne tension, transformateurs, onduleurs, boites de raccordements, tableau BT, instruments, etc.

Sont envoyés aux armoires de contrôle commande par câble en cuivre (hardwired) ou par système sériel (software).

Egalement ces équipements électriques peuvont recevoir de commandes depuis les armoires de contrôle commande.

Le système de contrôle commande a aussi le but de vérifier si la production de l'énergie est congruente avec celle qui le générateur photovoltaïque est capable de produire.

Cela est fait grâce à un logiciel qui compare courant, tension, énergie mesurés a un certain moment, avec les valeurs que le générateur PV devrait produire avec les conditions météorologiques de ce moment la'.

Les conditions météorologiques et l'ensoleillement sont mesurés à chaque instant par des instruments spécifiques installés sur champ.

Les différences éventuelles entre les valeurs mesures et les valeurs calcules sont signalés à l'opérateur.

II-10 conclusion

Dans deuxième chapitre nous illustré une présentation du site d'étude et les différents éléments de systèmes électriques de cette champ photovoltaïque pour cela nous avons commencé avec les différents technologies des panneaux photovoltaïque qui existe dans cette site puis la description et le principe de fonctionnement de système de découplage (l'onduleur de puissance, redresseur de puissance et les batteries de stockage) aussi la connexion des boites jonctions essentielle autre cette champ.

Finalement on a présenté les différents systèmes de protection pour tous les installations (mise à la terre et parafoudre) la description de ces éléments accompagné avec les caractéristiques technologies réelles de la chaine énergétique de Ghardaïa qui est l'un des projets de l'exploitation les énergies renouvelables en l'Algérie.

CHAPITRE III

SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE CONNECTE AU RESEAU ELECTRIQUE

III-1 Introduction

L'importance de la centrale photovoltaïque de Ghardaïa d'ont il énergie injectée au réseau électrique (moyen tension). Consiste dans : la diminution de la coupure électrique sur la région Oud-Nchou, aussi il consiste dans le contrôle des caractéristique de réseau électrique (fréquence et tension)

L'onduleur solaire est responsable sur le raccordement au réseau électrique MT, et de l'ajustement de sa tension et sa fréquence de sortie en fonction de celle du réseau électrique.

Dans ce chapitre nous parlons du le filtre et des conditions fonctionnelles d'onduleur, puis on choisit un jour pour analyse les grandeurs électriques à l'entrée et la sortie de l'onduleur par simulation sur l'enivrement MATLAB et SCADA. On termine par la présentation d'un exemple de défaut sur le réseau distributeur.

III-2 Conductions fonctionnelles

III-2-1 Démarrage onduleur

Le démarrage de l'onduleur est conditionné par la surveillance de la tension du champ photovoltaïque. La valeur de référence pour le démarrage du système est liée à un paramètre de contrôle modifiable en local par un clavier et à distance par le protocole de communication, la marge de tension de démarrage dans le centrale est 430V à 880V courant continu la sortie est 400V alternative.

III-2-2 Arrêt de l'onduleur

Lors de faible ensoleillement, pour éviter le soutirage de puissance du réseau de distribution pour compense les pertes, l'arrêt de l'onduleur est conditionné par les grandeurs suivantes:

-Tension du générateur photovoltaïque.

-Puissance active introduite sur réseau sur la section en courant alternatif.

-Puissance active à l'entrée du système de la section en en courant continu.

III-2-3 Puissance du point de puissance maximale (MPPT)

Le MPPT le contrôle de la tension du générateur photovoltaïque.

Dans la configuration MPPT, chaque section inverseur suit le MPP de façon indépendante.

III-2-4 Surveillance réseau

L'onduleur doit être de type «grid connected» [branché réseau] c'est-à-dire il ne doit pas alimenter les utilisateurs en îlot sur le réseau CA. L'onduleur est connecté au réseau de distribution MT/ATpar un transformateur élévateur avec un centre étoilé isolé du secondaire (côté BT). Le dispositif d'interface DDI et son système de protection sont installés sur la section MT de l'installation et donc sont exclus du but de la fourniture des onduleurs.

Le système onduleur doit toute fois pouvoir de manière autonome distinguer des conditions d'anomalie du réseau (tension et fréquence) en empêchant son fonctionnement et en le rétablissant automatiquement à la reprise des conditions de fonctionnement normal du réseau.

Chaque onduleur doit donc surveiller de façon indépendante l'état du réseau de distribution (tension et fréquence) et se déconnecter de celui-ci lors de variations supérieures aux limites définies par les normes applicables.

III-3 filtre d'harmonique

La forme d'onde de la tension de sortie est sinusoïdale. La distorsion harmonique maximale du courant injectée sur réseau ne doit pas dépasser **3%** total et **2%** de chaque harmonique.

Chaque section inverseur du système est pourvue des dispositifs de filtrage suivants :

-Filtre EMC côté CC pour la réduction des interférences émises par le système vers le champ photovoltaïque.

-Filtre CA pour la réduction du contenu harmonique.

-Filtre EMC côté CA pour la réduction des interférences émises par le système vers le réseau de distribution.

Ces filtres doivent être à pertes réduites et dimensionnés pour limiter la circulation de courants de manière commune entre les onduleurs. En référence aux émissions EMC, le système entier doit être pourvu du marquage CE.

En configuration avec plusieurs sections en parallèle, celui-ci est réalisé en amont des filtres sur le côté CA et en aval des filtres sur le côté CC.

III-4 Connexions extérieurs

Les câbles d'entrée du champ solaire et les câbles de sortie vers le réseau de distribution sont branchés par des bornes à œillets. On placera donc des barrettes opportunes ou on utilise les bornes des organes de protection / sectionnement correctement

placées. Le tableau suivante indique les préparations minimales à mettre à disposition pour l'onduleur solaire et la section [18].

Entrée / départ	Nombre de câble en parallèle par polarité / phase	Section maximal par câble	Type de connexion
Du champ photovoltaïque	3	**150mm2**	Terminal à oeillet
Du réseau de distribution	3	**150mm2**	Terminal à oeillet

Tableau (III-3): Le branchement de la configuration MPPT.

III-5 Analyse des résultats de simulation

On a utilisé dans la simulation les données réelles de la centrale du jour 17/01/2016, les mesures du courant, la tension et la puissance d' entrée et sortie d' un seul onduleur, ainsi la puissance produit et consommée de la central, mesurée par l'onduleur photovoltaïque.

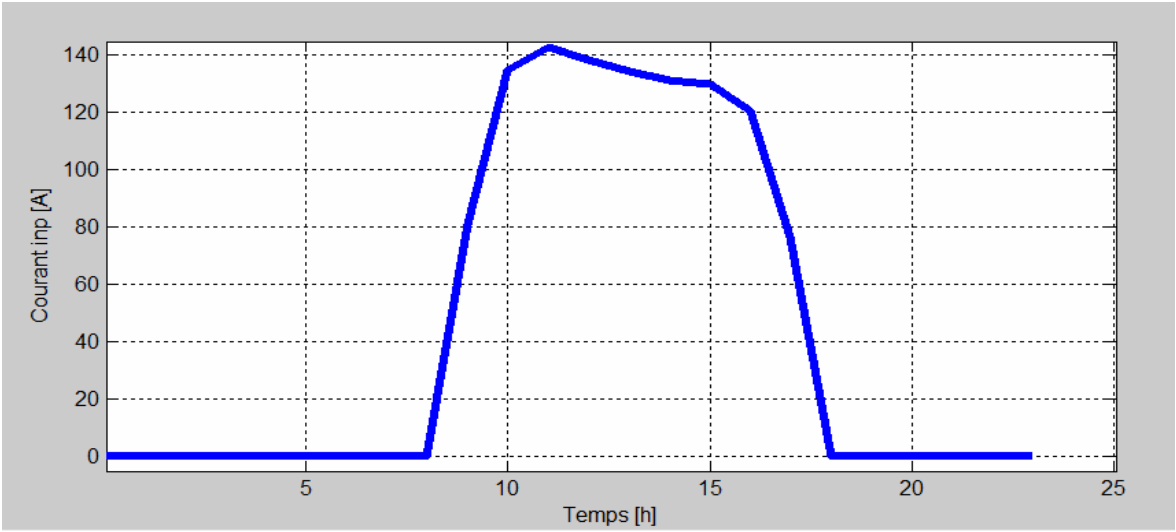


Figure (III-15) : Courbe de simulation de courant d'entrée d'onduleur dans le jour 17/01/2016.

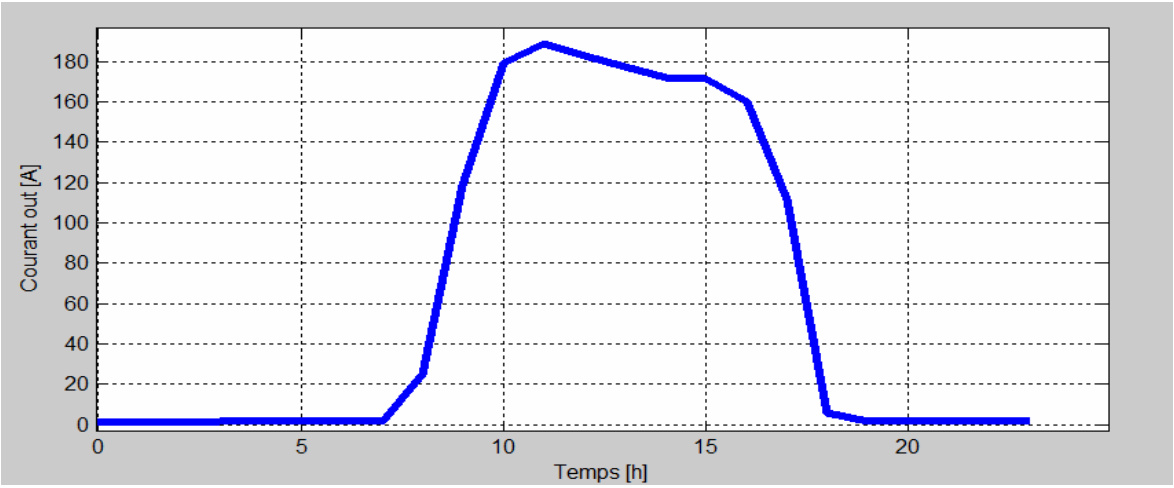


Figure (III-16) : Courbe de simulation de courant de sortie d'onduleur dans le jour 17/01/2016.

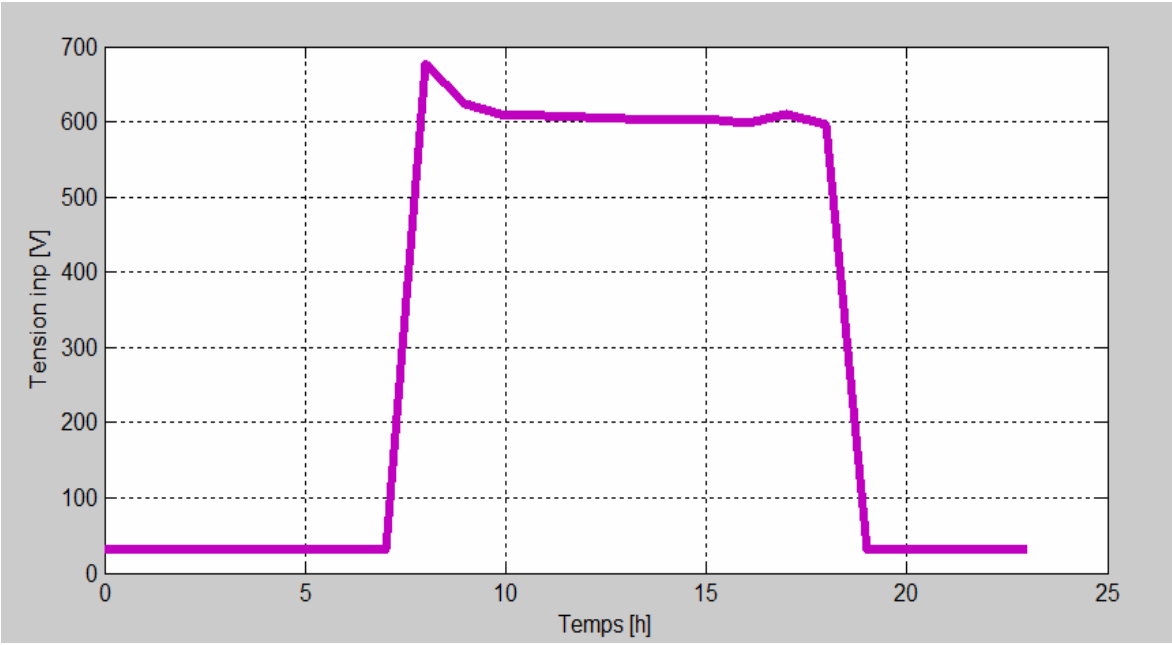


Figure (III-17) : Courbe de simulation de la tension à l'entrée d'onduleur dans le jour 17/01/2016.

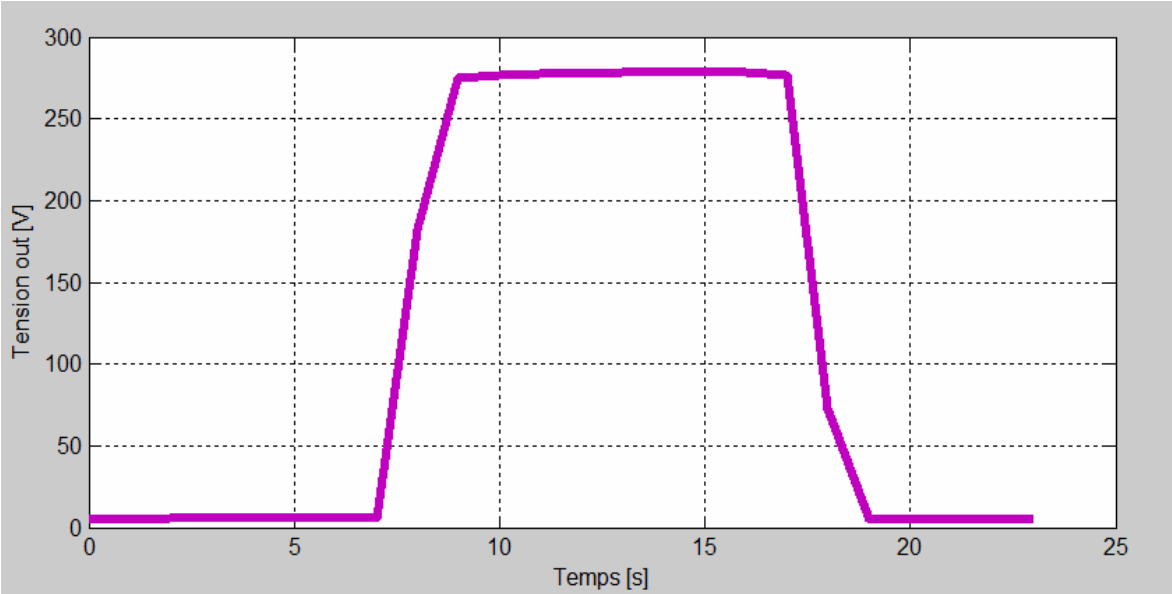


Figure (III-18) : Courbe de simulation de la tension à la sortie d'onduleur dans le jour 17/01/2016.

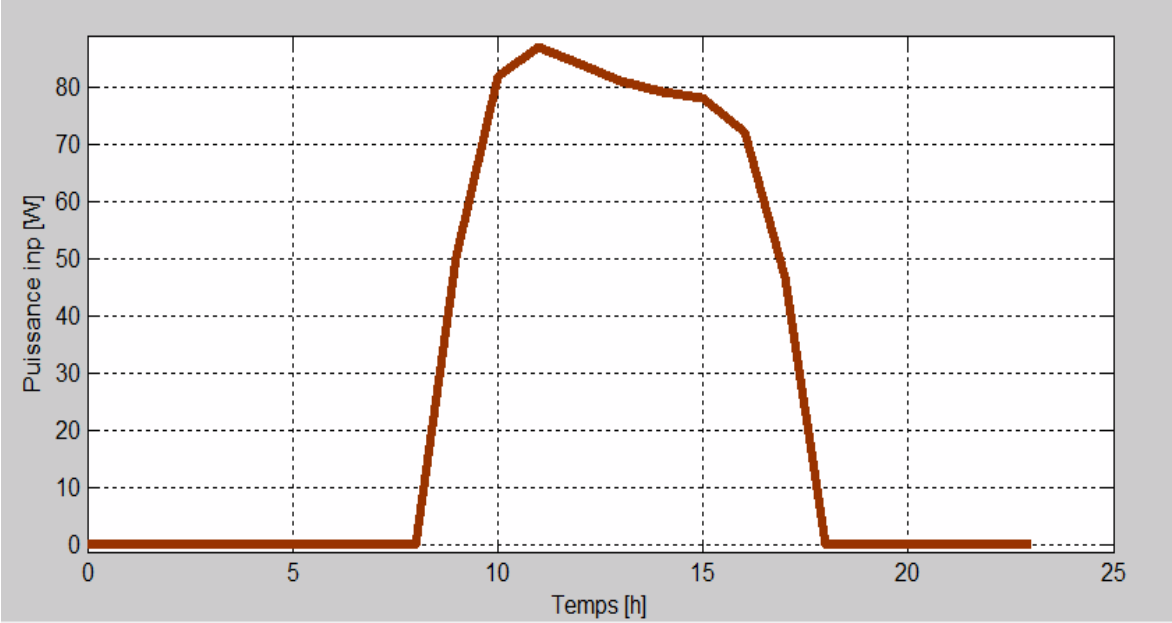


Figure (III-19) : Courbe de simulation de la puissance à l'entrée d'onduleur dans le jour 17/01/2016.

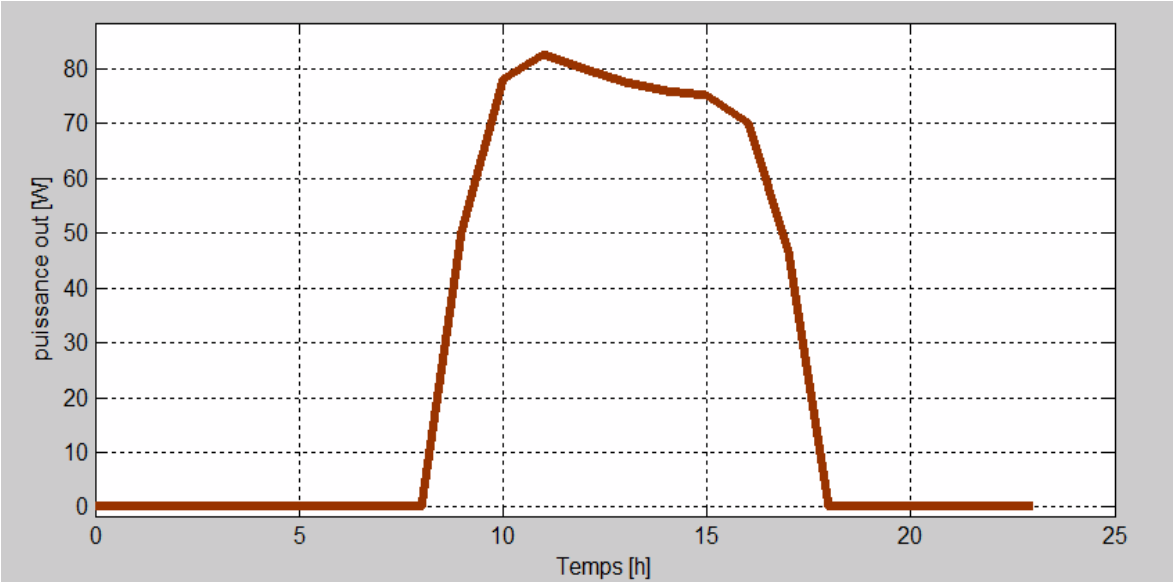


Figure (III-20) : Courbe de simulation de la puissance à la sortie d'onduleur dans le jour 17/01/2016.

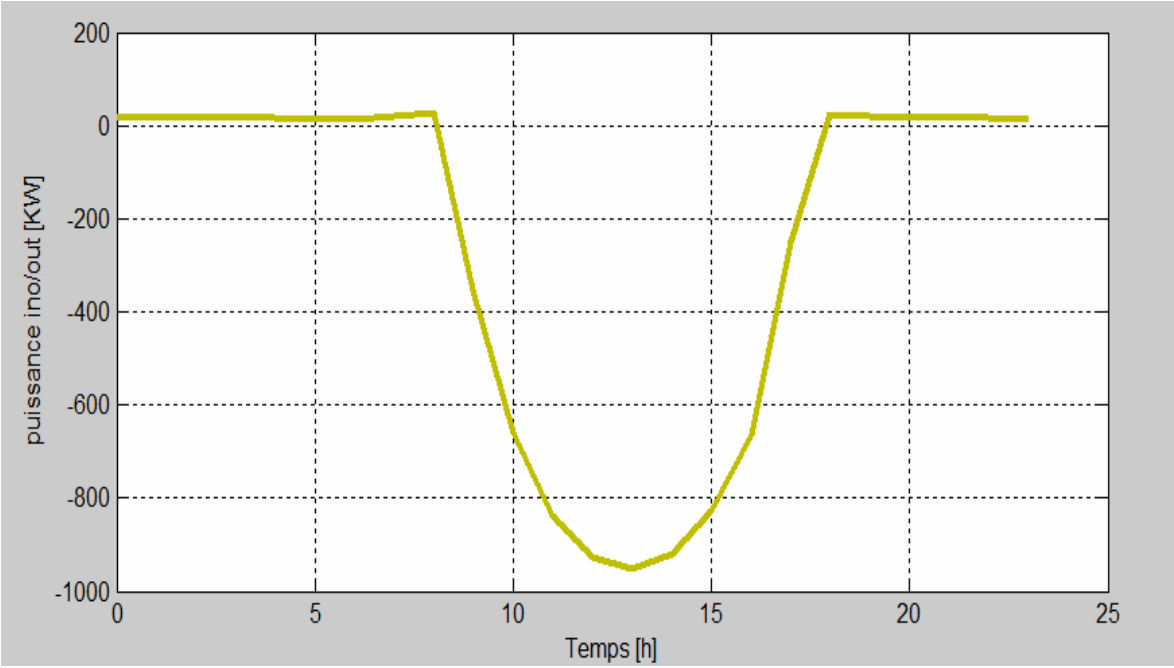


Figure (III-21) : Courbe de simulation de la production et consommation de la puissance dans le jour 17/01/2016.

III-5-1 Discussion de résultats

Le résultat trouvée montre que le mini-centrale PV commence son fonctionnement de (07 :00 à 08 :00 h) à (17 :30 à 18 :00 h) en fonction de l'existence du rayonnement soleil.

A l'arrivée le courant électrique d'onduleur à une valeur moins élevé de (140 A) par contre à la sortie il sera élevé (180 A). La tension à l'entrée elle s'élevé jusque à (600 V) et elle diminué à la sortie (270 V).

Pour ces raisons : L'onduleur est fonctionné sur la diminution de la tension pour débit d'énergie dans le réseau électrique ainsi pour garder la puissance.

Il y a une variation dans la puissance puisqu'elle s'élevé à l'entrée et démuni à la sortie. Nous prenons en considération que le rendement de l'onduleur dépend de sa variation à cause des pertes d'énergie.

Ainsi on voir la courbe de la production et la consommation de la puissance, dans la nuit le centrale consommée du réseau MT une énergie de (15 KW) pour l'alimentation de l'éclairage intérieur et le système de protection incendie etc. par contre dans le jour le central fournée la puissance au réseau MT (-950.76).

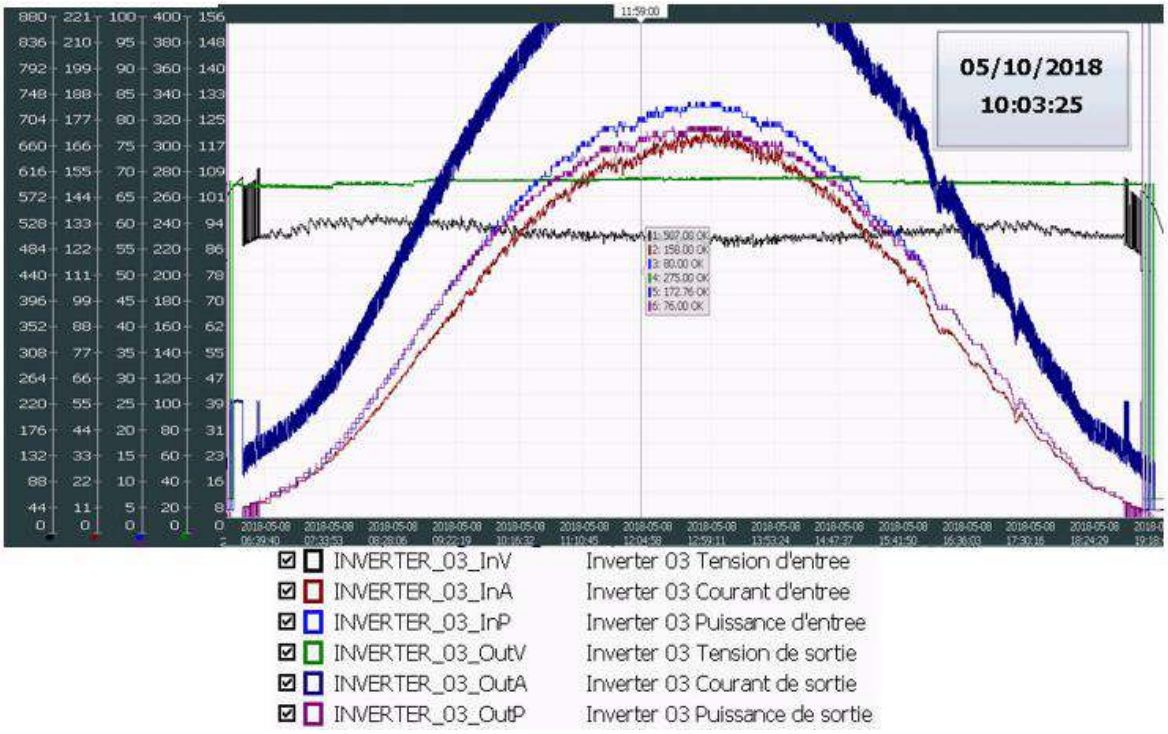


Figure (III-22) : Courbe de simulation (courant, tension et puissance) entrée et la sortie d'onduleur par le logiciel (SCADA) du centrale dans le jour 10/05/2018.

III-5-2 Exemple de défaut sur le réseau de moyenne tension

Figure (III-23): Afficheur de tableau MT.

Dans ce cas un événement de problème sur le niveau de réseau MT, ce défaut est démuni la fréquence à f=46.50 Hz, le disjoncteur est déclenchée parce que n'est pas la même fréquence dans le centrale PV (51 à 49 HZ).

Pour démarrer l'onduleur il y a deux méthodes : le premier est démarrage par automate (la sale de commande) et le seconde est manuellement.

III-6 conclusion

L'onduleur solaire est le responsable de raccordement du générateur photovoltaïque sur réseau électrique, aussi libère de la centrale, comme on a constaté qu'il démuni la tension et a augmenté le courant pour conserver la puissance.

L'onduleur on question doté d'un système de protection arrêté le fonctionnement à la suite d'un défaut dans le réseau électrique moyen tension.

Dans ce chapitre nous avons vu que les harmoniques est très faible et la commande de l'onduleur est la technique MPPT (poursuite du point de puissance maximale). Dans la deuxième partie on a présenté la simulation des caractéristiques (entrée et sortie l'onduleur).

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les installations photovoltaïques peuvent être raccordées au réseau, ce qui représente une économie importante en investissement et en fonctionnement. Elles utilisent le réseau comme un stock, et transforment la totalité de l'électricité produite en courant alternatif, ainsi que le photovoltaïque est la seule filière qui peut être installée n'importe où. On distinct deux types d'installations connectées au réseau :

- ✓ **Injection de la totalité de la production:** L'énergie produite par le générateur PV est directement injectée sur le réseau électrique. Les périodes d'injections sur le réseau correspondent aux périodes de production photovoltaïque.
- ✓ **Injection du surplus de production:** L'énergie produite par le générateur PV est directement consommée sur place par les charges. L'éventuel surplus de production par rapport à la consommation instantanée est injecté sur le réseau.

  Les différentes mesures effectuées nous montrent que ce dernier est responsable sur les taches suivantes :

  - Réglages des grandeurs électriques pour adaptés avec le réseau électrique.
  - Empêchant son fonctionnement dans les mouvais conditions et en le rétablissant automatiquement à la reprise des conditions normal du réseau.
  - Minimise les effets des harmoniques sur le réseau électrique.

En fin, on peut dire qu'avec l'installation de cette centrale photovoltaïque, le problème de la coupure électrique sur la région Oud-Nchou, est résolu, la raison qui favorise considérablement l'utilisation d'énergie solaire photovoltaïque dans ces régions.

Référence

[1] P. Bessemoulin, J. Oliviéri, «Le rayonnement solaire et sa composante ultraviolette », La Météorologie 8e série, n◦ 3, Septembre 2000.

[2] N.Varado, «Contribution au développement d'une modélisation hydrologique distribuée. Application au bassin versant de la Donga, au Benin », thèse de Doctorat en Mécanique des Milieux Géophysiques et Environnement, à l'INPG, soutenue le 28 septembre 2004.

[3] S.M. Ait cheikh, «Etude, Investigation et conception d'algorithmes de commande Appliqués aux systèmes photovoltaïque », thèse de Doctorat d'Etat en électronique, Ecole Nationale Polytechnique, soutenue en Décembre 2007.

[4] Document, RETScreen International Centre d'aide à la décision sur énergie propres, « Analyse de projets d'installation photovoltaïque », Ministre de Ressources Naturelles, Canada 2001-2004.

[5] J.R. Vaillant,«Des recours immédiats à l'énergie solaire la pénurie d'énergie et la hausse des prix », Ed Eyrolles, France, 1980.

[6] J.M Chasseriau, «Conversion Thermique du Rayonnement solaire »,EdDonod, France, 1984.

[7] R. Bernard, G. Menguy et M. Schwartz, «Le rayonnement Solaire, Conversion Thermique et application », Technique et Documentation, Et. Lavoisier, France, 1983.

[8] M.Capderou, «Atlas Solaire de l'Algérie, modèles théoriques et expérimentaux», Vol. 1, T1, Office des publications Universitaires, Algérie 1987.

[9] K MAHDI, «Conception et réalisation d'un concentrateur sphérique », mémoire de Magister en physique, Université Mentouri Constantine le 08 mars 2008.

[10] K Danel,L. Gautret, «Génération du disque solaire des communes de l'Ouest», ARER Mars - Août 2008.

[11] M. L. LOUAZENE, ' 'Contribution à l'optimisation des systèmes photovoltaïques utilisés pour l'irrigation dans les zones sahariennes – Application zone de Ouargla ": UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR - BATNA, 2015/2014.

[12] O. B. e. F. DJALOUD, " Etude et optimisation du fonctionnement d'un système photovoltaique",» Thèse Master, Université KASDI MERBAH OUARGLA, 2012/2011.

[13] Djarallah, Mohamed, "Contribution a l'etude des systemes photovoltaiques residentiels couples au reseau electrique," UNIVERSITE DE BATNA Thèse de Doctorat en Science, 2008.

[14] SKTM 321_1MMC-06011-E-00-S-321 Spec. Panneaux mono et poly spécification technique panneaux photovoltaïques au silicium monocristallin et poly cristallin.

[15] SKTM Specification technique coffrets courant continu.

[16] SKTM Specification technique des onduleurs solaires.

[17] SKTM Specification technique poste d'evacuation 30 kv.

[18] SKTM Specification technique du transformateur TSA.

Annexes

Tableau MT

Les onduleurs

Poteau de raccordement

5.5.1.2 Alimentation auxiliaire de l'onduleur ASI PV8L121

Alimentation auxiliaire	230 Vca normal et
	230 Vca sans interruption
Charge	400 W environ (230 Vca normal) +
	100 W (230 Vca sans interruption)

5.5.1.3 Caractéristiques du système de l'onduleur ASI PV8L121

Protection surtension côté CC	Oui
Contrôle de l'isolement côté CC	Oui
Interrupteur-sectionneur côté CC	Oui
Protection surtension côté CA	Oui
Disjoncteur côté CA	Oui
Protocole de communication avec système de contrôle commande	Modbus

5.5.1.4 Dimensions et conditions de l'environnement pour onduleur ASI PV8L121

Température	-10 / +50 °C
Degré de protection	IP33
Altitude	1000 m
Humidité	<95%
Dimensions (LxHxW)	1400 x 2172 x 800 mm
Poids	1500 kg
Refroidissement	forcé (par ventilateur interne)
Volume d'air nécessaire	1140 m^3/h

5.5.1.5 Autre information concernant l'omduleur ASI PV8L121

Transformateur 270 / 400 V côté CA à l'intérieur de l'armoire

Couleur	RAL 7035

5.5.2.2 Alimentation auxiliaire de l'onduleur ASI PV8M291

Alimentation auxiliaire	400 Vca normal et
	230 Vca sans interruption
Charge	1100 W environ (400 Vca normal) +
	230 W (230 Vca sans interruption)

5.5.2.3 Caractéristiques du système de l'onduleur ASI PV8M291

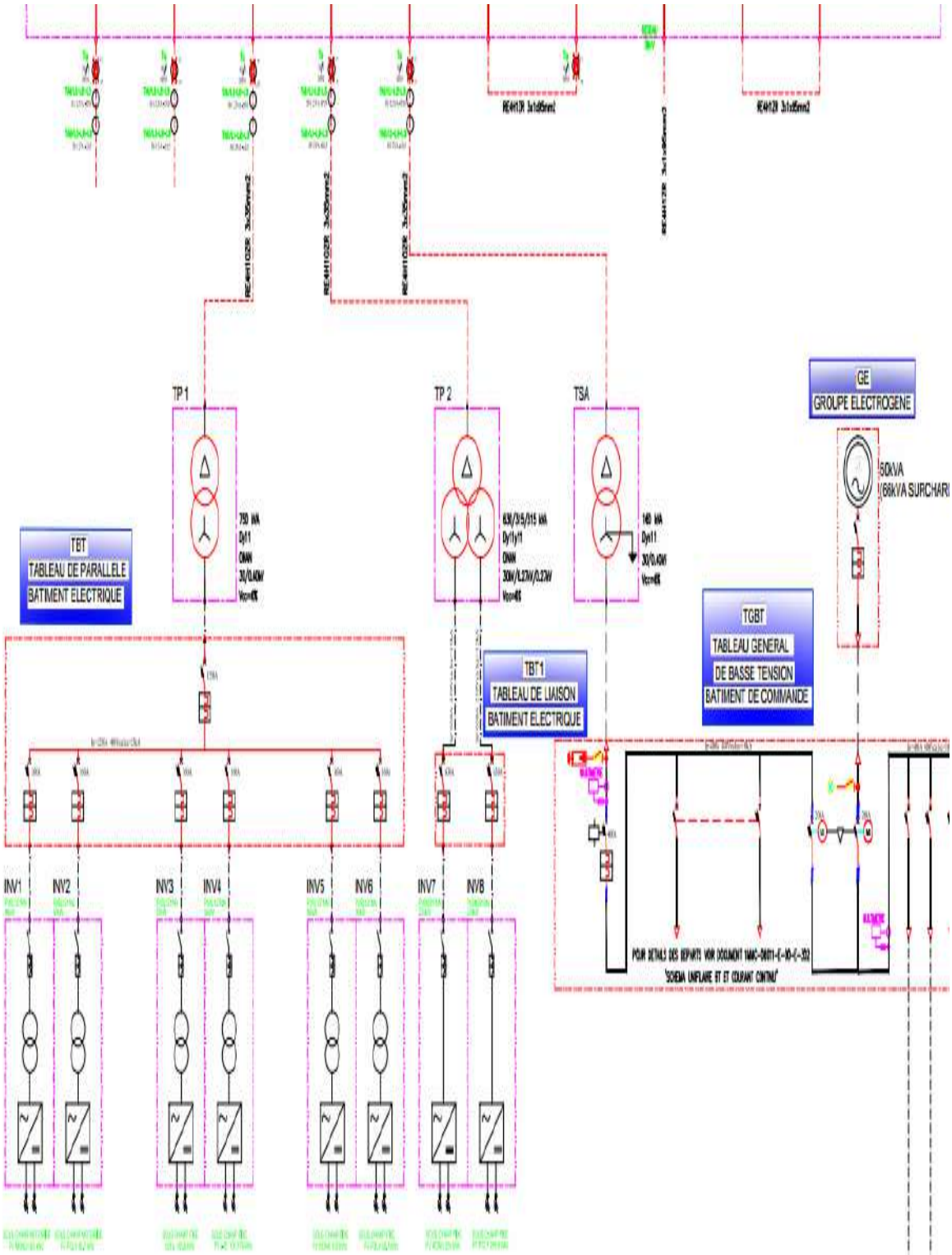
Protection surtension côté CC	Oui
Contrôle de l'isolement côté CC	Oui
Interrupteur-sectionneur côté CC	Oui
Protection surtension côté CA	Oui
Disjoncteur côté CA	Oui
Protocole de communication avec système de contrôle commande	Modbus

5.5.2.4 Dimensions et conditions de l'environnement pour l'onduleur ASI PV8M291

Température	-10 / +50 °C
Degré de protection	IP33
Altitude	1000 m
Humidité	<95%
Dimensions (LxHxW)	2000 x 2172 x 800 mm
Poids	1500 kg
Refroidissement	forcé (par ventilateur interne)
Volume d'air nécessaire	2700 m^3/h

5.5.2.5 Autre information concernant l'onduleur ASI PV8M291

Couleur	RAL 7035


TP 1
TP 2
TSA
GE
GROUPE ELECTROGENE
TBT
TABLEAU DE PARALLELE
BATIMENT ELECTRIQUE
TBT1
TABLEAU DE LIAISON
BATIMENT ELECTRIQUE
TGBT
TABLEAU GENERAL
DE BASSE TENSION
BATIMENT DE COMMANDE
INV1
INV2
INV3
INV4
INV5
INV6
INV7
INV8

Temps(H)	Courant entrée (A)	Courant sortie (A)	Tension entrée(v)	Tension sortie(v)	Puissance entrée(KW)	Puissance Sortie(KW)	Puissance Entrée/sortie
00 :00	0	1.21	31	5	0	0	15.50
01 :00	0	1.20	31	5.02	0	0	15.51
02 :00	0	1.21	31	5.45	0	0	15.04
03 :00	0	1.21	31	5.76	0	0	15.69
04 :00	0	1.22	31	6	0	0	15.81
05 :00	0	1.22	31	6	0	0	14.64
06 :00	0	1.21	31	6	0	0	14.61
07 :00	0	1.21	31	6	0	0	19.24
08 :00	0	24.92	676.79	182.21	0	50.25	28.91
09 :00	80.8	118.92	622.93	275.16	50.22	78.13	-355.02
10 :00	134.66	179.46	608.03	276.77	81.70	82.66	-658.41
11 :00	142.38	189.14	608.70	277.07	86.89	80	-837.93
12 :00	138.21	182.84	606.23	277.71	83.99	77.57	-925.75
13 :00	134.21	177.19	603.98	278.00	81.00	75.57	-952.65
14 :00	131.26	172.93	601.70	278.71	78.97	75.17	-919.55
15 :00	129.85	171.49	603.19	279.02	78	69.69	-827.26
16 :00	120.78	159.89	597.29	278.65	72	46.52	-664.37
17 :00	76.41	111.27	610.66	276.91	46.50	0	250.95
18 :00	0.05	5.54	595.84	72.53	0	0	24.17
19 :00	0	1.27	31	5.07	0	0	20.05
20 :00	0	1.23	31	5	0	0	17.93
21 :00	0	1.21	31	5	0	0	16.59
22 :00	0	1.21	31	5	0	0	17.68
23 :00	0	1.22	31	5	0	0	14.11

Tableau des courbes des analyse des résultats

ملخص :

تأتي أهمية الطاقة الشمسية من اعتبارها أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي؛ لأن الطاقة التقليدية (الأحفورية) مهددة بالنضوب ، وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وارتفاع في درجة حرارة الأرض, والتي سببت تغيرات مناخية في جو الأرض. لذلك فإن جهود كثير من الدول تتوجه نحو استثمار الطاقة الشمسية ، وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات ، والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية.

الهدف من هذه المذكرة هو دراسة ربط الطاقة الكهربائية الناتجة من النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة الكهربائية, وذالك بواسطة محولات الطاقة (تيارمستمرة تيار مستمر/مموج + تيار مستمر/تيارمتناوب) ووجد انه يجب احترام عدة شروط لكى تعمل هذه ا لمحولات.

أجريت هذه الدراسة في مركزالطاقات المتجددة في مدينة غرداية -واد نشوا- حيت تمتلك هذه المنطقة مناخ جد مناسب لهذه الدراسة ووجد أنه في النهار يمكن ان نُدعّم الشبكة الكهربائية بالطاقة أما في الليل اوعند غياب أشعة الشمس فتستهلك طاقة ضئيلة من الشبكة الكهربائية.

الكلمات المفتاحية

النظام الكهروضوائي. محولات الطاقة. الربط الكهربائي.

Abstract:

Nowadays, The most importance of solar energy is considered among the very interest subject in renewable energy, however the traditional energy (Fossil fuel) are results the major risks and the threats to environment and also create global warming effect, as well as air pollution problem ,furthermore those problems caused a climate change at the Earth's atmosphere. Therefore, many developed countries are directed towards the investment costs and decisions in solar system , in order to develop products, and motivate researches on solar energy because the solar energy is the most important renewable sources

The study was carried out in renewable energy CENTR ,which located in Ghardaia province –Wad Nchou– furthermore, this region is favorable area for the installation of solar photovoltaic plants,after this study we found that, during the day time the photovoltaic system can be connected to the grid, however in lag time or when the light is insufficient.The small energy returnsback from the grid to meet the energy needs of the essentials elements of study CENTR.