

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
Annaba



جامعة باجي مختار - عنابة

FACULTE : Sciences de l'Ingéniorat
DEPARTEMENT : Électrotechnique

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Électrotechnique

OPTION : Réseaux électrique

Thème

Production hydride photovoltaïques photo thermique appliquée
à un hôtel 5 étoiles

Présenté par:

KanicheTadjeddine Mansour
Djebblaoui Mohamed Tahar

Dirigé par:

Pr. LABAR Hocine

Jury de soutenance:

- TourabWafa
- Labar Hocine
- Benalia Nadia

Président MCB Université d'Annaba
Rapporteur Prof Université d'Annaba
Examineur MCB Université d'Annaba

Promotion : juin 2017

Dédicace :

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

A ceux qui m'ont fait de moi un homme " ma mère et mon père "

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre,

À toi maman la lumière de ma vie, sans toi je ne pourrais jamais vivre.

À mon frère BadiElhosn

A ma grand-mère

À toute ma famille

À tous mes amis et mes collègues

À tous mes proches

A tous ce qui m'ont aidé de loin ou de près durant les moments difficiles

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

A tous ceux que j'aime.

Kaniche Tadjeddine Mansour

Dédicace :

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

A la mémoire de mon défunt père,

A la lumière de ma vie et à l'esprit de mon père dans le paradis inchallah

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre,

À cette source de tendresse, de patience et de générosité,

À ma mère !

À mon frère Amine

À la fleur de maison ma sœur

À toute ma famille

À tous mes amis et mes collègues

À tous mes amis et mes proches

A tous ce qui m'on aide de loin ou de prés durent les moments difficiles

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

A tous ceux que j'aime.

Djeblaoui Mohamed Tahar

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : **Labar Hocine**, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Ainsi nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à chef de département monsieur **Adjabi Mohamed** et son adjoint monsieur **Omeiri Amar**,

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté à nos rencontrer et répondre à nos questions durant nos années d'études.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

HISTORIQUE.....	1
Introduction Générale.....	3
Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques.....	4
I.1 Introduction :.....	4
I.2. Technologie du PV :	4
I.3. Les cellules photovoltaïques :	4
I.3.2. La jonction PN :.....	5
I.4. Types de panneaux photovoltaïques :	8
I.5. Groupement des modules :.....	14
I.5.1 Montage des modules en série :	14
I.5.2 Montage des modules en parallèle :	14
I.6. Modélisation :	16
I.6.1 Modélisation des cellules photovoltaïques :	16
I.6.2 Modèle à deux diodes :	17
I.6.2.1 Modèle à sept paramètres (2M7P) :	17
I.6.2.1.1 Caractéristiques courant-tension et puissance-tension du modèle 2M7P :	20
I.7. Variation de la production d'énergie :	22
I.7.1 Irradiante	22
I.7.2 Température des modules :	23
I.7.3 Ombrage :.....	24
I.8. Conclusion :	25
Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique.....	26
II.1 Introduction :	26
II.2 LE PRINCIPE DE LA CONVERSION PHOTOTHERMIQUE :	26
II.3 Les systèmes de concentration :	27

II.4 Les fluides caloporteurs et thermodynamiques :	27
II.5 Les types de concentration :	28
Modélisation du CCP :	33
II.6. CONCLUSION :	40
Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque	41
III.1. INTRODUCTION :	41
III.2. DESCRIPTION DE L'HOTEL :	41
III.2.1. Localisation :	41
III.2.2. Catégorie et profil d'occupation de l'hôtel :	42
III.2.3. Appareillage électriques :	42
III.2.3.1 Chambres :	42
III.2.3.2 Salles de conférence :	42
III.2.3.3 Hall et Circulations :	42
III.2.3.4 Cuisine, restaurant :	43
III.2.3.5 Bureaux :	43
III. Modélisation des rayonnements solaires :	44
III. Application :	44
III. Conclusion :	47
Chapitre4 : Application sur la photo thermique	48
IV.1 Capteurs solaires :	48
IV.2. Eau chaude solaire :	48
IV.1.2 Eau chaude solaire et appoint de chauffage :	48
IV.2 Eléments des installations solaires thermiques :	49
IV.3 Indications pour la conception :	50
Conclusion générale	52
Référence	53

Figure 1 : La cellule photovoltaïque	5
Figure 2: La cellule photovoltaïque	6
Figure 3:fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	6
Figure 4 : Effet photovoltaïque	7
Figure 5 : silicium monocristallin	8
Figure 6: panneaux en silicium poly cristallin	9
Figure 7: Panneaux à couche mince	10
Figure 8: Structures des cellules a couche mince a base de CdTe-CdS	12
Figure 9: Montage des modules en série	14
Figure 10: Montage des modules en parallèle.....	14
Figure 11: Montage des modules en série parallèle	15
Figure 12: silicium monocristallin	16
Figure 13: Schéma équivalent du modèle à deux exponentielles, 2M7P.....	18
Figure 14: la courbe de caractéristique V-I.....	23
Figure 15: La variation de la tension à vide Voce d'un module PV par rapport aux conditions standards.....	23
Figure 16: certaines cellules peuvent être ombrages.....	25
Figure 17 : conversion photo thermique	26
Figure 18: Les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques	29
Figure 19: Les centrales solaires à miroir de Fresnel.....	30
Figure 20: Les centrales à tour	31
Figure 21:Les centrales à capteurs paraboliques	32
Figure 22	43
Figure 23	45
Figure 24	45
Figure 25	47

Sommaire

Historique

HISTORIQUE

L'histoire du panneau solaire est en fait l'histoire d'une réaction qui se déroule à l'échelle atomique. Cette réaction est appelée l'effet photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque a été découvert pour la première fois en 1839 par Alexandre Edmond Becquerel, un physicien français. Edmond a constaté que certains matériaux pouvaient produire de petites quantités d'électricité quand ils étaient exposés à la lumière. Albert Einstein se pencha sur ce travail, en 1905, il publie un papier sur le potentiel de production d'électricité à partir de la lumière du soleil. Ce document explore l'effet photovoltaïque, technologie sur laquelle est fondé le panneau solaire.

En 1913, William Coblentz a posé le premier brevet pour une cellule solaire, mais il ne pourra jamais la faire fonctionner. En 1916, Robert Millikan a été le premier à produire de l'électricité avec une cellule solaire. Pendant les quarante années suivantes, personne ne fit beaucoup de progrès en énergie solaire car les cellules photovoltaïques avaient un trop mauvais rendement pour transformer la lumière du soleil en énergie.

Le premier panneau solaire a été construit en 1954 par les laboratoires Bell. Il a été appelé batterie solaire mais c'était juste un effet d'annonce car il était trop coûteux à produire. Ceux sont les satellites qui ont réellement fait avancer l'énergie solaire dans les années 1960 lors la course à l'espace. Les satellites ont besoin d'une source d'énergie fiable. L'énergie solaire est parfaite car c'est une source d'énergie constante pour les satellites en orbite. L'industrie spatiale mis beaucoup de fonds dans le développement des panneaux solaires. C'était la première utilisation importante de la technologie solaire.

Grâce à l'espace, les panneaux solaires ont prouvé leur fiabilité. Le coût de production des cellules solaires a également diminué. L'énergie solaire a eu un second élan au cours de la crise de l'énergie dans les années 1970. Quand le prix du pétrole a augmenté de façon spectaculaire, les panneaux solaires photovoltaïques ont commencé à être utilisés pour la



Historique

première fois dans les maisons. Depuis les panneaux solaires se sont développés lentement. Pendant longtemps, ils ont été considérés comme des sources d'énergies alternatives. L'énergie solaire est de nouveau en pleine essor car on prévoit une pénurie de pétrole prochaine, on se préoccupe du réchauffement de la planète et les prix de l'énergie n'ont jamais été aussi hauts.

L'énergie solaire devient une priorité pour de plus en plus de pays . Des centrales solaires sont en cours de construction dans le monde entier. Les entreprises investissent également. Les entreprises d'électricités et les gouvernements ont offert des subventions et des réductions pour encourager les propriétaires à investir dans les panneaux solaires pour leur maison.

De nouveaux types de panneaux solaires ont été développés: panneau solaire très fins (4 mm d'épaisseur) et flexibles, des peintures solaires. L'objectif est de réduire très fortement le coût de l'énergie solaire.

L'énergie solaire est l'énergie du futur.

Introduction Générale

Introduction Générale

Dans le contexte énergétique et environnemental mondial actuel, l'objectif visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et les substances polluantes, en exploitant et en combinant des sources d'énergie alternatives et renouvelables ainsi qu'en réduisant l'utilisation de combustibles fossiles voués à l'épuisement en raison de leur forte consommation dans de nombreux pays, est devenu capital.

Le Soleil constitue naturellement une source d'énergie renouvelable offrant un grand potentiel et pouvant être utilisée tout en respectant l'environnement. A chaque instant, la surface de l'hémisphère terrestre exposée au Soleil reçoit une énergie supérieure à 50 000 TW par conséquent, la quantité d'énergie solaire atteignant la surface de la Terre est considérable, équivalant à près de 10 000 fois l'énergie utilisée dans le monde entier.

Parmi les différents systèmes utilisant des sources d'énergie renouvelables, le photovoltaïque s'avère prometteur en raison de ses qualités intrinsèques : ses frais de fonctionnement sont très réduits (le combustible est gratuit), ses exigences d'entretien sont limitées, il est fiable, silencieux et relativement facile à installer.

Le travail présenté dans ce mémoire a porté sur l'étude de la production hybride photovoltaïque et photo thermique appliquée à un hôtel 5 étoiles . Pour se faire nous avons présenté ce manuscrit de la façon suivante :

Dans le premier chapitre, nous décrivons des généralités sur les systèmes photovoltaïques et la modélisation du panneau solaire .

Dans le second chapitre, nous avons présenté des généralités sur les systèmes photo thermiques et la modélisation du concentrateur cylindro-parabolique.

Le troisième chapitre est consacré à l'application sur l'hôtel et le dimensionnement du panneau solaire qui passe nécessairement par un choix judicieux.

Dans le quatrième chapitre, nous décrivons théoriquement le principe de fonctionnement dans l'hôtel.

On terminera notre travail par une conclusion générale.

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.1 Introduction :

L'exploitation des énergies renouvelables, en particulier de celle issue de l'astre solaire, aux fins d'assurer un approvisionnement durable en services énergétiques, s'est considérablement accrue durant ces dernières décennies.

Les équipements photovoltaïques sont, au fil du temps, devenus fiables. Par ailleurs les installations sont plus durables grâce notamment à la qualité de la réalisation des ouvrages mais aussi de leur maintenance.

I.2. Technologie du PV :

L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien français Becquerel. Un panneau solaire fonctionne par l'effet photovoltaïque c'est-à-dire par la création d'une force électromotrice liée à l'absorption d'énergie lumineuse dans un solide. C'est le seul moyen connu actuellement pour convertir directement la lumière en électricité.

L'effet photovoltaïque se produit lorsqu'un électron se trouvant dans la bande de valence d'un matériau (généralement un semi-conducteur) passe dans la bande de conduction en raison de l'absorption d'un photon incident suffisamment énergétique (quantum de rayonnement électromagnétique) sur le matériau. De fait, dans les matériaux semi-conducteurs, à l'instar des matériaux isolants, les électrons de valence ne peuvent pas se déplacer librement. Toutefois, par rapport aux matériaux isolants, l'écart énergétique entre la bande de valence et la bande de conduction (typique des matériaux conducteurs) est réduit, de sorte que les électrons peuvent facilement se déplacer vers la bande de conduction lorsqu'ils reçoivent de l'énergie de l'extérieur. Cette énergie peut être fournie par le rayonnement lumineux, d'où l'effet photovoltaïque.

I.3. Les cellules photovoltaïques :

3.1. Description de la cellule :

Le principal composant d'un générateur PV est la cellule photovoltaïque, dans laquelle se produit la conversion du rayonnement solaire en courant électrique. La cellule est constituée d'une fine couche de matériau semi-conducteur, généralement du silicium traité adéquatement, d'une épaisseur d'environ 0,3 mm et d'une surface de 100 à 225 cm².

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Le fonctionnement de la photopile est basé sur les propriétés électroniques acquises par le silicium quand des atomes étrangers en petit nombre (des "impuretés") sont substitués à des atomes de silicium dans un réseau cristallin : c'est ce que l'on appelle le dopage.

I.3.2. La jonction PN :

Le silicium, qui comprend quatre électrons de valence (tétravalent), est « dope » en ajoutant des atomes trivalents (par ex. bore - dopage P) sur une « couche » et de grandes quantités d'atomes pentavalents (par ex. phosphore - dopage N) sur l'autre. La région de type P présente un excès de trous, tandis que la région de type N a un excès d'électrons (figure1)

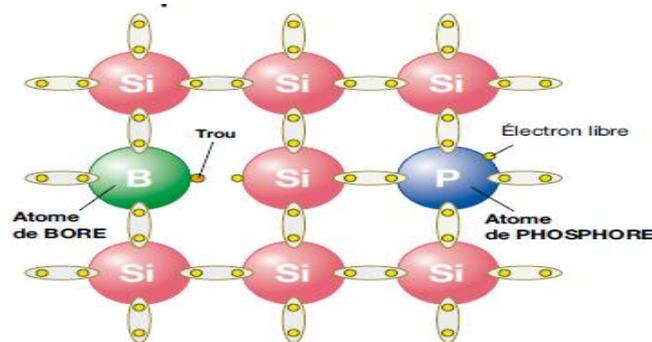


Figure 1 : La cellule photovoltaïque

Dans la zone de contact entre les deux couches différemment dopées (jonction P-N), les électrons ont tendance à se déplacer de la moitié riche de l'électron (N) à la moitié pauvre de l'électron (P), générant par conséquent une accumulation de charge négative dans la région P. Un double phénomène se produit pour les trous d'électron, avec une accumulation de charge positive dans la région N. Un champ électrique se crée donc autour de la jonction, empêchant la diffusion des charges électriques. En appliquant une tension de l'extérieur, la jonction permet au courant de circuler dans un seul sens (fonctionnement d'une diode).

Lorsque la cellule est exposée à la lumière, en raison de l'effet photovoltaïque, des couples électron-trou se forment dans la région N ainsi que dans la région P. Le champ électrique interne permet aux électrons en excès (provenant de l'absorption des photons par une partie du matériau) d'être séparés des trous et les pousse dans des directions opposées les uns par rapport aux autres.

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Par conséquent, une fois que les électrons ont passé la région d'appauvrissement, ils ne peuvent pas revenir en arrière car le champ les empêche de circuler dans le sens inverse. En raccordant la jonction à un conducteur externe, il est possible d'obtenir un circuit fermé dans lequel le courant circule de la couche P, avec un potentiel supérieur, à la couche N, avec un potentiel inférieur, tant que la cellule est éclairée.

Silicium dopé

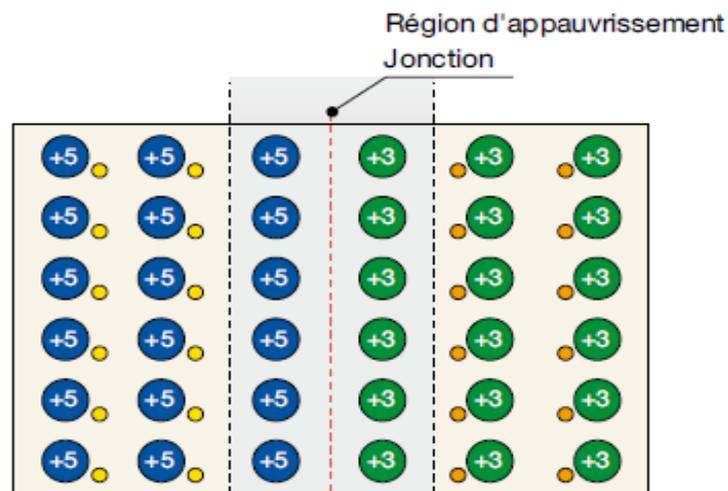


Figure 2: La cellule photovoltaïque

Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

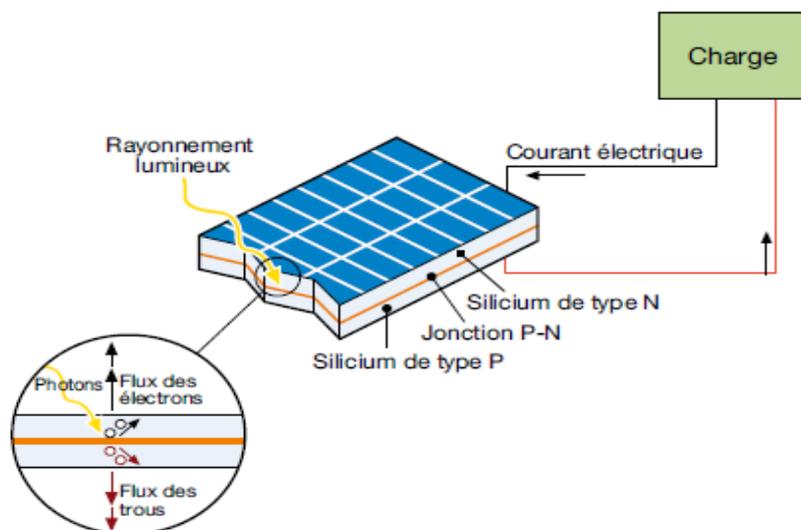


Figure 3: fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

La partie du silicium contribuant à fournir le courant est la zone entourant la jonction P-N ; les charges électriques se forment dans les zones éloignées, mais le champ électrique ne peut pas les déplacer et par conséquent elles se recombinent. Il est donc important que la cellule PV ait une grande surface : plus la surface est grande, plus le courant généré est important.

La Figure représente l'effet photovoltaïque et le bilan énergétique montrant le pourcentage considérable d'énergie solaire incidente non convertie en énergie électrique.[2]

Figure : Effet photovoltaïque

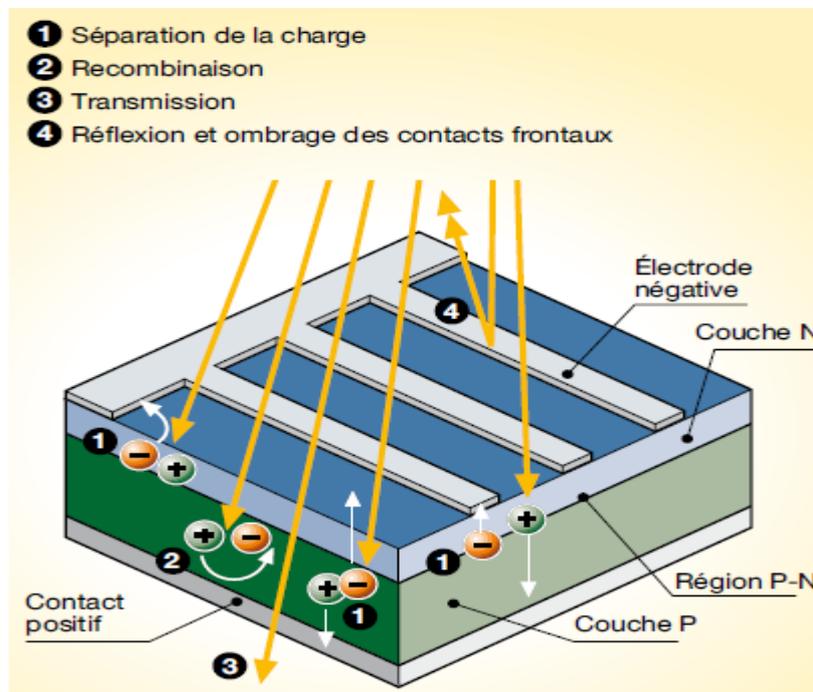


Figure 4 : Effet photovoltaïque

100% de l'énergie solaire incidente

- 3% de pertes par réflexion et ombrage des contacts frontaux
 - 23% de photons ayant une grande longueur d'onde et une énergie insuffisante pour libérer les électrons ; génération de chaleur
 - 32% de photons ayant une courte longueur d'onde et un excédent d'énergie (transmission)
 - 8.5% de recombinaison des porteurs de charge libres
 - 20% de gradient électrique dans la cellule, surtout dans les régions de transition
 - 0.5% de résistance en série, représentant les pertes par conduction
- = 13% d'énergie électrique utilisable.

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.4. Types de panneaux photovoltaïques :

4.1. *Panneaux en silicium cristallin :*

A l'heure actuelle, les panneaux en silicium cristallin sont les plus utilisés et sont divisés en deux catégories :

- **silicium monocristallin** : les panneaux monocristallins sont composés de cristaux de silicium de grande pureté. Le lingot de silicium monocristallin a une forme cylindrique, un diamètre de 13-20 cm et une longueur de 200 cm, et est obtenu par la croissance d'un cristal filiforme en lente rotation. Ce cylindre est ensuite coupé en plaquettes de 200-500 μm d'épaisseur et la surface est traitée pour obtenir des «micro rainures» visant à minimiser les pertes par réflexion.

Le principal avantage de ces cellules est leur efficacité (14 à 17%), leur longue durée de vie et la conservation des caractéristiques avec le temps.

Le coût de ces modules est d'environ 3.2 à 3.5 /W et les panneaux élaborés avec cette technologie sont généralement caractérisés par une couleur bleu foncé (figure).



Figure 5 : *silicium monocristallin*

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

• **panneaux en silicium poly cristallin** où les cristaux constituant les cellules s'agrègent en prenant différentes formes et sens. En fait, les irisations typiques des cellules en silicium poly cristallin sont causées par les différents sens des cristaux et donc par le comportement différent par rapport à la lumière. Le lingot de silicium poly cristallin est obtenu en faisant fondre et en coulant le silicium dans un moule en forme de parallélépipède. Les plaquettes ainsi obtenues ont une forme carrée et des stries caractéristiques de 180-300 μm d'épaisseur. L'efficacité est inférieure celle du silicium monocristallin (12 à 14%), toutefois le coût est plus avantageux, de 2.8 à 3.3 /W. La durée de vie est élevée (comparable celle du silicium monocristallin) de même que la conservation des performances avec le temps (85% de l'efficacité initiale après 20 ans).

Les cellules élaborées à partir de cette technologie peuvent être reconnues à leur surface présentant des grains de cristaux assez visibles.



Figure 6: *panneaux en silicium poly cristallin*

Le marché est actuellement dominé par la technologie de silicium cristallin, qui représente environ 90% des panneaux. Cette technologie est mature en termes d'efficacité disponible et de coûts de fabrication et elle continuera probablement à dominer le marché à court et moyen terme. Seules quelques légères améliorations sont attendues en termes d'efficacité (les nouveaux produits industriels déclarent une efficacité de 18%, avec une valeur en laboratoire

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

de 24.7%, qui est considérée comme quasiment imbattable) de même qu'une éventuelle réduction des coûts liée d'une part à l'introduction dans les processus industriels de plaquettes plus grandes et plus fines et d'autre part aux économies d'échelle. Par ailleurs, l'industrie PV employant cette technologie utilise le surplus de silicium de l'industrie électronique. Toutefois, en raison du développement constant de cette dernière et de la croissance exponentielle de la production PV à un taux moyen de 40% au cours des six dernières années, la disponibilité sur le marché des matières premières utilisées dans le secteur photovoltaïque devient de plus en plus limitée.

4.2. *Panneaux à couche mince :*

Les cellules à couche mince sont composées de matériau semi-conducteur déposés, généralement sous forme de mélanges gazeux, sur des supports tels que le verre, les polymères, l'aluminium, qui donnent une cohérence physique au mélange. La couche mince de semi-conducteur a quelques mm d'épaisseur par rapport aux cellules en silicium cristallin qui en comptent des centaines. Par conséquent, l'économie de matériau est remarquable et la possibilité d'avoir un support flexible augmente le champ d'application des cellules à couche mince (Figure).

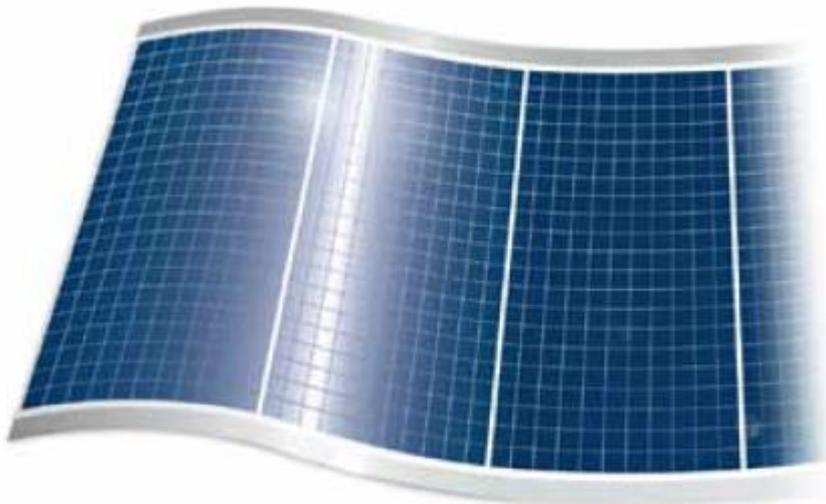


Figure 7: *Panneaux à couche mince*

Les matériaux utilisés sont les suivants :

- silicium amorphe ;
- Cadets (Tellure de cadmium-Sulfure de cadmium) ;
- Gagas (Arséniure de gallium) ;
- CIS, CIGS et CIGSS (Alliages de cuivre iridium di séléniure).

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Le silicium amorphe (symbole a-Si) dépose sous forme de couche mince sur un support (par ex. aluminium) permet d'avoir une technologie PV à un coût réduit par rapport au silicium cristallin, toutefois l'efficacité de ces cellules a tendance à diminuer au fil du temps. Le silicium amorphe peut également être « vaporisé » sur une couche mince de plastique ou de matériau flexible. Il est surtout utilisé lorsqu'il est nécessaire de réduire au maximum le poids du panneau et de l'adapter à des surfaces courbes. L'efficacité de l'a-Si (5% à 6%) est très faible en raison des nombreuses résistances rencontrées par les électrons qui circulent. Les performances des cellules ont également tendance à diminuer dans le temps. Une application intéressante de cette technologie est le « tandem », combinant une couche de silicium amorphe à une ou plusieurs couches de silicium cristallin multi-jonctions ; grâce à la séparation du spectre solaire, chaque jonction montée en série donne son meilleur rendement et garantit des niveaux supérieurs en termes d'efficacité d'endurance.

Les cellules solaires CdTe sont composées d'une couche P (CdTe) et d'une couche N (CdS) qui forment une jonction P-N.

Les cellules en CdTe ont une plus grande efficacité que les cellules en silicium amorphe : 10% à 11% pour les produits industriels (15.8% dans les laboratoires d'essais).

La production à grande échelle de la technologie CdTe pose un problème environnemental en raison du CdTe contenu dans la cellule : étant donné qu'il n'est pas soluble dans l'eau et qu'il est plus stable que d'autres composés contenant du cadmium, il peut s'avérer problématique s'il n'est pas correctement recyclé ou utilisé (Figure).

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

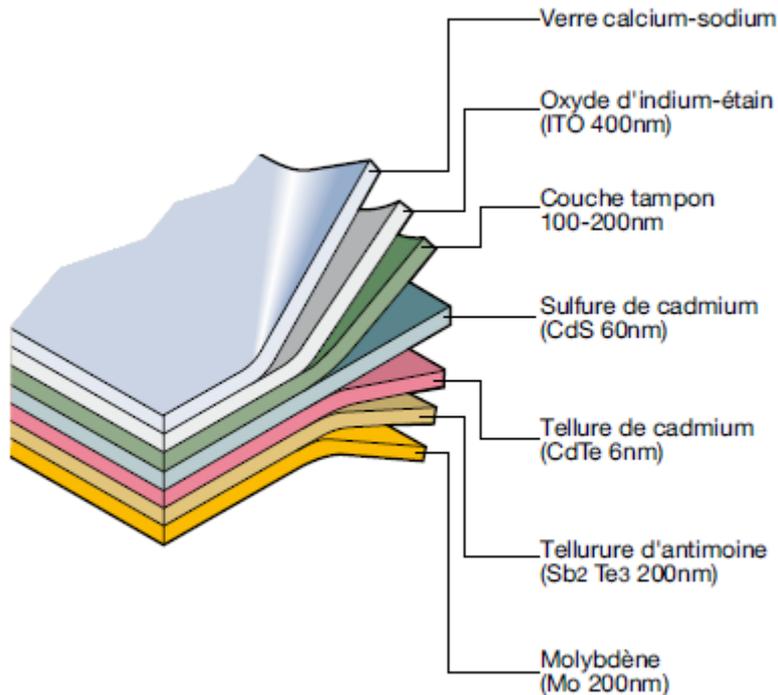


Figure 8: Structures des cellules à couche mince à base de CdTe-CdS

Le coût unitaire de ces modules varie de 1.5 à 2.2 /W.

Actuellement, la technologie GaAs est la plus intéressante du point de vue de l'efficacité, qui est supérieure 25 à 30%. Cependant, la production de ces cellules est limitée par le coût élevé et la rareté du matériau, principalement utilisée dans les « semi-conducteurs à grande vitesse » et l'industrie optoélectronique. En fait, la technologie GaAs est essentiellement employée dans les applications spatiales où la réduction du poids et des dimensions joue un rôle clé.

Les modules CIS/CIGS/CIGSS correspondent à une technologie qui est encore à l'étude et en cours de développement.

Le silicium est remplacé par des alliages spéciaux tels que :

- cuivre, indium et sélénite (CIS) ;
- cuivre, indium, gallium et sélénite (CIGS) ;
- cuivre, indium, gallium, sélénite et soufre (CIGSS).

L'efficacité est actuellement de 10 à 11% et les performances restent constantes au fil du temps ; concernant le silicium monocristallin et poly cristallin, une réduction du coût de production est prévue, étant aujourd'hui d'environ 2.2-2.5 €/W.

La part de marché des technologies à couche mince est encore très limitée ($\approx 7\%$), toutefois des solutions offrant des capacités supérieures à moyen et long terme sont envisagées afin de

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

réduire considérablement les prix. En déposant directement la couche mince à grande échelle, autrement dit sur plus de 5 m², les chutes inhérentes à l'opération de découpage de plaquettes en silicium cristallin à partir du lingot initial sont évitées. Les techniques de dépôt sont des processus à faible consommation d'énergie, par conséquent le délai d'amortissement est court, correspondant uniquement à la période durant laquelle une installation PV doit fonctionner avant que l'énergie utilisée pour la construire ait été générée (environ 1 an pour les couches minces de silicium amorphe contre 2 ans pour le silicium cristallin). Comparés aux modules en silicium cristallin, les modules à couche mince montrent une dépendance moindre entre l'efficacité et la température d'utilisation et une bonne réponse même lorsque le composant diffus est plus marqué et que les niveaux de rayonnement sont bas, notamment les jours nuageux.[2]

	Silicium monocristallin	Silicium polycristallin	Couche mince (silicium amorphe)
η cellule	14% - 17%	12% - 14%	4-6% mono 7-10% tandem
Avantages	η élevé	coût inférieur	coût inférieur
	η constant	production plus simple	influence réduite de la température
	énergie supérieure	dimensions globales optimales	rendement énergétique supérieur avec rayonnement diffus
Inconvénients	énergie supérieure quantité nécessaire pour la production	sensibilité aux impuretés dans les processus de fabrication	dimensions supérieures coût de la structure et temps de montage

Tableau 1.2

	GaAs (Arséniure de gallium)	CdTe (Tellure de cadmium)	CIS (Alliages de cuivre iridium sélénium)
η cellule	32,5%	11%	12%
Avantages	grande résistance à des températures élevées (compatible avec les concentrateurs)	faible coût	très constant
Inconvénients	toxicité disponibilité des matériaux	toxicité disponibilité des matériaux	toxicité

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.5. Groupement des modules :

Pour obtenir une tension et une puissance suffisante, il est nécessaire de connecter plusieurs modules entre eux. Dans ce cas, plusieurs batteries doivent être aussi connectées entre elles.

I.5.1 Montage des modules en série :

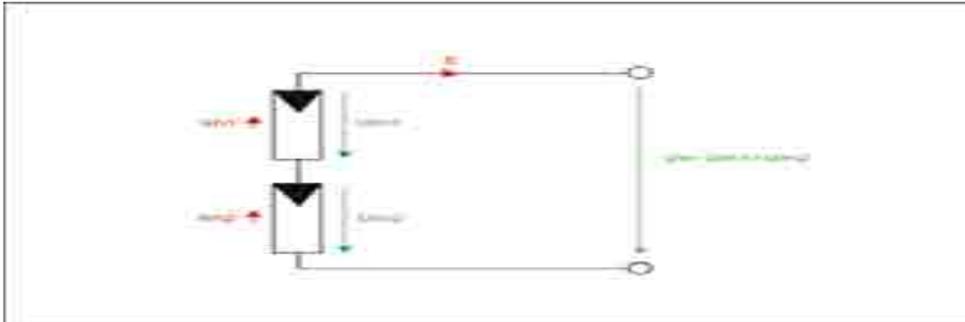


Figure 9: Montage des modules en série

Pour obtenir une tension plus élevée que celle d'un seul module, on connecte deux ou plusieurs modules en série. Dans le cas de la connexion de deux modules en série, la borne positive (+) du premier module est connectée à la borne négative (-) du deuxième module.

Ainsi, la tension totale est : $U_t = U_1 + U_2$

Le courant total est : $I_t = I_1 = I_2$

I.5.2 Montage des modules en parallèle :

Pour obtenir une puissance (un courant) plus élevée que celle d'un module, il faut brancher deux ou plusieurs modules en parallèle. Dans le cas de la connexion de deux modules en parallèle, la borne positive (+) du premier module est connectée à la borne positive (+) du deuxième module. Les bornes négatives (-) sont reliées entre elles.

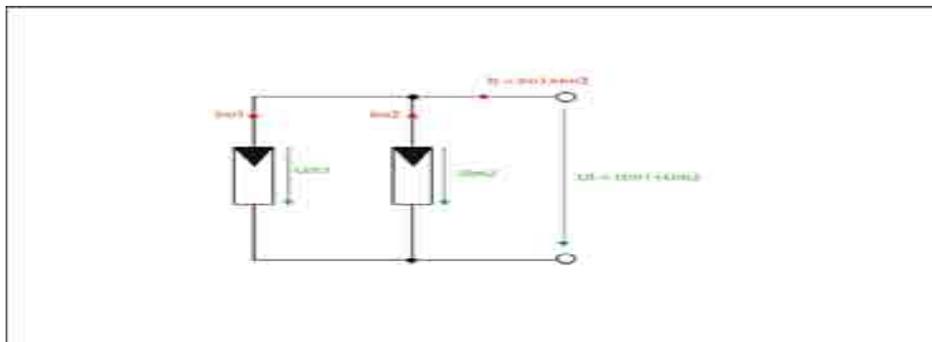


Figure 10: Montage des modules en parallèle

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

La tension totale du branchement est égale à la tension d'un module :

$$U_t = U_{m1} = U_{m2}$$

Le courant total est égal à la somme des courants des deux modules :

$$I_t = I_{m1} + I_{m2}$$

5.3 Montage des modules en série parallèle :

Les modules peuvent être aussi connectés en série et les séries connectées en parallèle.

$$U_t = U_{m1} + U_{m2}$$

$$= U_{m3} + U_{m4}$$

$$I_t = I_{m12} + I_{m34}$$

Avec: U_t = tension totale

U_{m1} = tension module 1

U_{m2} = tension module 2

I_t = courant total

I_{m1} = courant module 1

I_{m2} = courant module 2

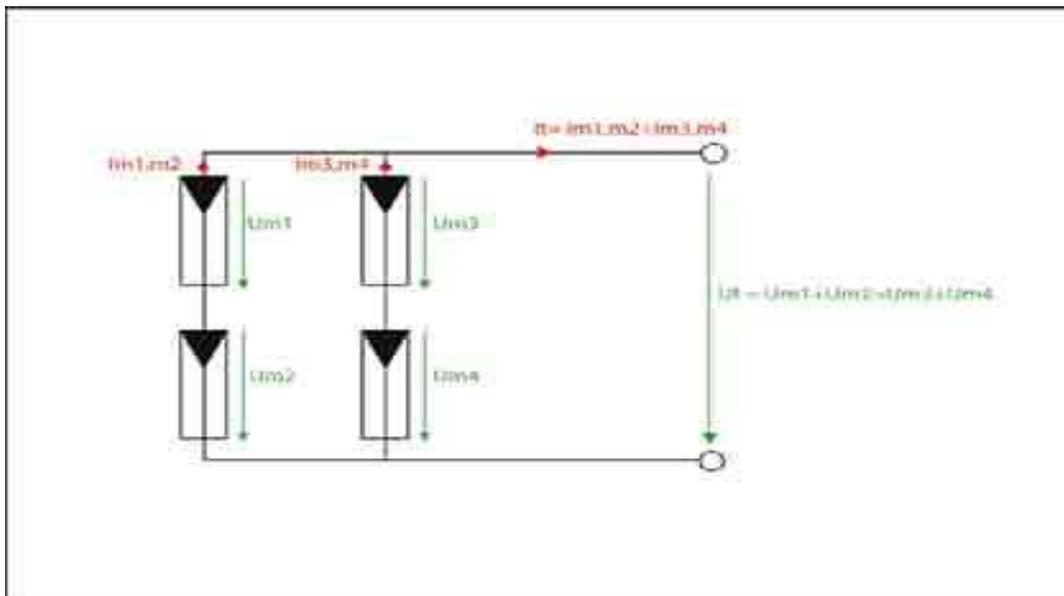


Figure 11: Montage des modules en série parallèle

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.6. Modélisation :

I.6.1 Modélisation des cellules photovoltaïques :

La modélisation des cellules photovoltaïques passe nécessairement par un choix judicieux des circuits électriques équivalents.

Pour développer un circuit équivalent précis pour une cellule PV, il est nécessaire de comprendre la configuration physique des éléments de la cellule aussi bien que les caractéristiques électriques de chaque élément, en prenant plus ou moins de détails. Selon cette philosophie, plusieurs modèles mathématiques sont développés pour représenter un comportement fortement non linéaire, résultant de celui des jonctions semi-conductrices qui sont à la base de leurs réalisations. Ces modèles se différencient entre eux par les procédures mathématiques et le nombre de paramètres intervenant dans le calcul de la tension et du courant du module photovoltaïque.

On présentera deux modèles du GPV à savoir :

- Modèle à une diode (ou exponentielle simple),
- Modèle à deux diodes (ou double exponentielle).

Tous les deux sont basés sur l'équation de diode bien connue de Shockley.

Nous avons étudié un module BP Solar 340, présenté sur la figure



Figure 12: *silicium monocristallin*

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Le tableau donne les caractéristiques du module BP Solar 340 sous les conditions standards (1000 W/m², masse optique: AM 1.5, Température de cellule: 25 °C).

Les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque seront décrites comme suit :

□□ Le courant de court-circuit (I_{cc}) qui fournit chaque cellule est :

$$I_{cc}(cellule) = \frac{I_{cc}}{N_p} \dots\dots\dots(1)$$

□ La tension du circuit ouvert (V_{co}) de chaque cellule est :

$$V_{co}(cellule) = \frac{V_{co}}{N_s} \dots\dots\dots(2)$$

□□ Le courant maximal de chaque cellule est :

$$I_{mp}(cellule) = \frac{I_{mp}}{N_p} \dots\dots\dots(3)$$

□□ La tension maximale de chaque cellule est :

$$V_{mp}(cellule) = \frac{V_{mp}}{N_s} \dots\dots\dots(4)$$

□□ La puissance maximale de chaque cellule est:

$$P_{max}(cellule) = I_{mp}(cellule) \cdot V_{mp}(cellule) \dots\dots\dots(5)$$

□□ La résistance série de chaque cellule est :

$$R_s(cellule) = \frac{N_p}{N_s} \cdot R_s(module) \dots\dots\dots(6)$$

□□ La résistance shunt de chaque cellule est :

$$R_{sh}(cellule) = \frac{N_p}{N_s} \cdot R_{sh}(module) \dots\dots\dots(7)$$

I.6.2 Modèle à deux diodes :

I.6.2.1 Modèle à sept paramètres (2M7P) :

Il est connu aussi par le nom 2M7P (Lumped, 2 Mechanism model with 7 Parameters)

Le fonctionnement d'une cellule solaire peut être modélisé en considérant le schéma électrique équivalent ci-dessous figure13. Il consiste en la description mathématique d'un circuit réalisé par la connexion en parallèle de deux diodes ayant les courants de saturation I_{s1} et I_{s2} , les facteurs de diode n_1 et n_2 , une source de courant produisant un photo-courant

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I_{ph} , qui dépend de l'éclairement solaire.

La résistance série R_s rend compte de la résistivité du matériau, de celle des électrodes et du contact semi-conducteur-Métal. Sa valeur est déterminée par l'inverse de la pente de la caractéristique $I(V)$ pour une tension V égale à V_{co} . Ce terme doit idéalement être le plus faible possible pour limiter son influence sur le courant de la cellule. Ceci peut être réalisé en optimisant le contact métal/semi-conducteur, et en diminuant la résistivité du matériau utilisé.

Cependant, un dopage trop élevé entraîne une augmentation de la recombinaison des porteurs. La résistance parallèle (shunt) ou de court-circuit R_{sh} traduit quant à elle, la présence d'un courant de fuite à travers l'émetteur, causé par un défaut. Ceci est le cas lorsque la diffusion des contacts métalliques à haute température perce l'émetteur. Elle peut aussi être due à un court-circuit sur les bords de la cellule. Cette valeur devra être la plus élevée possible.

Le modèle à deux-diodes est représenté par une équation implicite du courant qui ne peut être résolue qu'à l'aide de méthodes itératives.

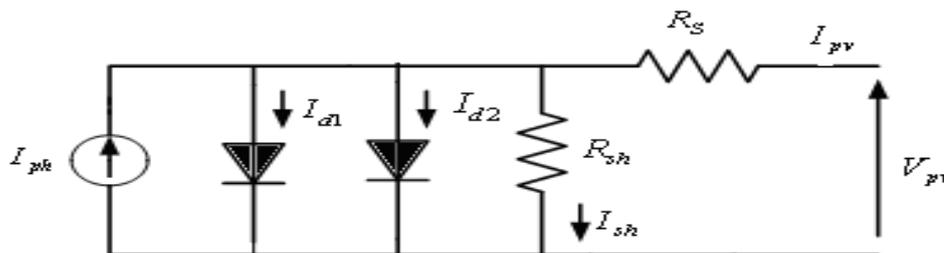


Figure 13: Schéma équivalent du modèle à deux exponentielles, 2M7P.

L'équation caractéristique est déduite d'une manière directe à partir de la loi de Kirchhoff

$$I_{pv} = I_{ph} - I_{d1} - I_{d2} - I_{sh} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Avec:

I_{ph} : courant photonique

I_{d1} : courant de diode 1

I_{d2} : courant de diode 2

La diode étant un élément non linéaire, sa caractéristique I-V est donnée par la relation

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

$$I_{d1} = I_{s1} \left(\exp\left(\frac{V_d}{n_1 \cdot V_t}\right) - 1 \right) \dots\dots\dots(9)$$

$$I_{d2} = I_{s2} \left(\exp\left(\frac{V_d}{n_2 \cdot V_t}\right) - 1 \right) \dots\dots\dots(10)$$

$$I_{sh} = \frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{R_{sh}} \dots\dots\dots(11)$$

Avec :

V_d : représentant le potentiel thermodynamique

T_c : est la température absolue

q : la constante de charge d'électron, $1.602 \cdot 10^{-23}$ C

k : la constante de Boltzmann, $1.38 \cdot 10^{-23}$ j /k

I_{sh} : est le courant de la résistance de shunt

Le courant électrique produit par la cellule est alors donné par l'expression suivante

$$I_{pv} = I_{ph} - I_{s1} \left(\exp\left(\frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{V_t \cdot n_1}\right) - 1 \right) - I_{s2} \left(\exp\left(\frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{V_t \cdot n_2}\right) - 1 \right) - \left(\frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{R_{sh}} \right) \dots\dots\dots(12)$$

Le courant photonique lié à l'éclairement, à la température et au courant photonique mesuré aux conditions de référence est donné par

$$I_{ph} = \frac{G}{G_{ref}} \left(I_{ph_ref} - \mu_{cc}(T_c - T_{c_ref}) \right) \dots\dots\dots(13)$$

Avec:

I_{ph_ref} : le courant photonique sous condition de référence [A].

Coefficient de sensibilité de l'intensité à la température [A/K]

G, G_{ref} : l'éclairement réels et à la condition de référence [W/m^2]

T_c, T_{c_ref} : la température de cellule, réelle et à la condition de référence

Les courants de saturation I_{s1} et I_{s2} sont donnés par les relations suivantes

$$I_{s1} = C_{s1} \cdot T_c^3 \cdot \exp\left(\frac{-E_{gap} \cdot q}{n_1 \cdot T \cdot K}\right) \dots\dots\dots(14)$$

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

$$I_{s2} = C_{s2} \cdot T_c^{3/2} \cdot \exp\left(\frac{-E_{gap}-q}{n_2 \cdot T \cdot K}\right) \dots\dots\dots(15)$$

Les constantes Cs1 et Cs2 sont généralement comprises respectivement entre 150 - 180 A.K⁻³ et 1,3 -1,7 x 10⁻² A.K^{-5/2} pour une cellule de 100 cm².

Une valeur du facteur d'idéalité n différent de l'unité est associée à un mécanisme de recombinaison prédominant et elle dépend de la nature et de la position des niveaux pièges.

- □ n=1 : La zone de charge d'espace est dépeuplée (cas idéal).
- □ 1 n2 : Le niveau piège est peu profond dans la zone de charge d'espace et n dépend de la polarisation
- □ n= 2 : Les centres de recombinaison sont distribués uniformément dans la zone de charge d'espace et sur un seul niveau au milieu de la bande interdite.
- □ 2 n4 : Les centres de recombinaison sont distribués de façon non uniforme avec une densité réduite au centre de la zone de charge d'espace par rapport à la surface

E_{gap} : Energie de gap (Silicium cristallin = 1,12 eV, Silicium amorphe = 1,7 eV, CIS = 1,03 eV, CdTe = 1,5 eV).

I.6.2.1.1 Caractéristiques courant-tension et puissance-tension du modèle 2M7P :

La caractéristique courant-tension nous montre que la cellule PV est une source de courant constante pour des faibles valeurs de la tension avec un courant approximativement égal au courant de court-circuit I_{cc}. Avec l'augmentation de la tension, le courant commence à diminuer exponentiellement jusqu'à la valeur zéro où la tension est égale à la tension de circuit ouvert V_{co}. Sur la gamme entière de tension, il y a un seul point où la cellule fonctionne au rendement le plus élevé; c'est le point de puissance maximal (MPP).

Il est possible de déterminer ces caractéristiques par des méthodes numériques itératives. (La méthode de dichotomie, la méthode de Lagrange, la méthode de point fixe et la méthode de Newton Raphson).

La méthode de Newton Raphson est choisie pour la convergence rapide de la réponse.

- □ La méthode de Newton Raphson est l'une des méthodes les plus utilisées pour la résolution des équations non linéaires.

L'algorithme de cette méthode est basé sur l'utilisation du développement de Taylor.

Soit une équation à résoudre de la forme :

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

$$f(x) = 0 \quad \dots\dots\dots(16)$$

A partir d'une valeur initiale x_0 de la solution, on cherche une correction δx telle que

$$0 = f(x_0 + \delta x) \quad \dots\dots\dots(17)$$

En faisant un développement de Taylor autour de $x=x_0$, on trouve :

$$0 = f(x_0) + f'(x_0) \cdot \delta x + \left(\frac{f''(x_0) \cdot \delta x^2}{2!}\right) + \left(\frac{f'''(x_0) \cdot \delta x^3}{3!}\right) + \dots \quad \dots\dots\dots(18)$$

Il suffit maintenant de négliger les termes d'ordre supérieur ou égal 2 en δx pour obtenir :

$$f(x_0) + f'(x_0) \cdot \delta x \approx 0 \quad \dots\dots\dots(19)$$

On peut alors isoler la correction recherchée :

$$\delta x = -\frac{f(x)}{f'(x)} \quad \dots\dots\dots(20)$$

La correction δx est en principe la quantité que l'on doit ajouter pour annuler la fonction $f(x)$ puisque nous avons négligé les termes d'ordre supérieur ou égal à 2 dans le développement de Taylor, cette correction n'est pas parfaite et on pose :

$$x_1 = x_0 + \delta x \quad \dots\dots\dots(21)$$

Donc :

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x)}{f'(x)} \quad \dots\dots\dots(22)$$

Avec :

$f'(x)$: est la dérivée de la fonction $f(x)$

$f(x)=0$, x_i est une valeur actuelle et x_{i+1} est une prochaine valeur.

$$f(I_{pv}) = I_{cc} - I_{pv} - I_{s1} \left(\exp\left(\frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{V_t \cdot n_1}\right) - 1 \right) - I_{s2} \left(\exp\left(\frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{V_t \cdot n_2}\right) - 1 \right) - \left(\frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{R_{sh}}\right) = 0 \quad \dots\dots(23)$$

La substitution de cette équation dans l'équation (III-12) donne l'équation suivante, et le courant de sortie est calculé itérativement.

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

$$I_{pv(i+1)} = I_{pv(i)} - \frac{I_{cc} - I_{pv(i)} - I_{s1} \left(\exp\left(\frac{V_{pv} + I_{pv(i)} R_s}{V_t \cdot n_1}\right) - 1 \right) - I_{s2} \left(\exp\left(\frac{V_{pv} + I_{pv(i)} R_s}{V_t \cdot n_2}\right) - 1 \right) - \left(\frac{V_{pv} + I_{pv} R_s}{R_{sh}}\right)}{-1 - I_{s1} \cdot \left(\frac{R_s}{V_t}\right) \cdot \exp\left(\frac{V_{pv} + I_{pv(i)} R_s}{V_t \cdot n_1}\right) - I_{s2} \cdot \left(\frac{R_s}{V_t}\right) \cdot \exp\left(\frac{V_{pv} + I_{pv(i)} R_s}{V_t \cdot n_2}\right) - \left(\frac{R_s}{R_{sh}}\right)} \dots\dots(24)$$

I.7. Variation de la production d'énergie :

Les principaux facteurs influençant la production d'énergie électrique d'une installation PV sont les suivants :

- irradiante ;
- température des modules ;
- ombrage.

I.7.1 Irradiante

En fonction de l'irradiante incidente sur les cellules PV, leur courbe de caractéristique V-I varie comme indique dans la Figure.

Lorsque l'irradiante diminue, la génération de courant PV diminue proportionnellement, tandis que la variation de la tension à vide est très faible.

De fait, l'efficacité de conversion n'est pas influencée par la variation de l'irradiante dans la plage d'utilisation standard des cellules. Cela signifie que l'efficacité de conversion est la même lorsque le ciel est dégagé ou nuageux.

Par conséquent, la réduction de la génération d'énergie lorsque le ciel est nuageux est liée non pas à une baisse de l'efficacité mais à une réduction de la génération de courant due à une irradiance solaire inférieure.

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

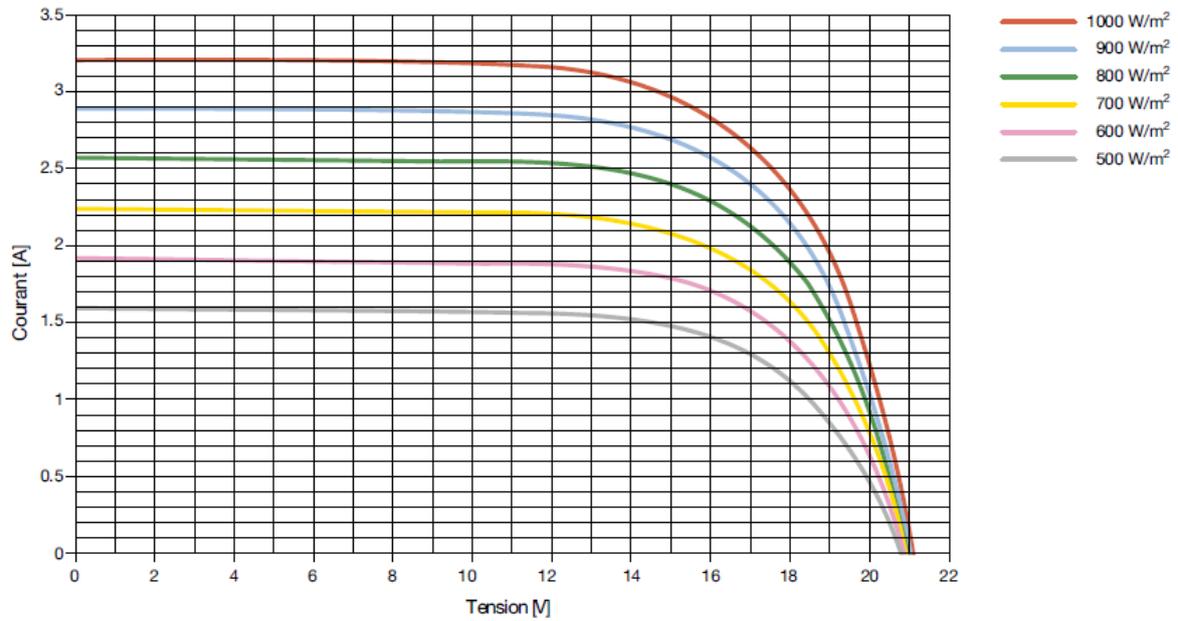


Figure 14: la courbe de caractéristique V-I

I.7.2 Température des modules :

Contrairement au cas précédent, en cas de hausse de la température des modules, le courant produit reste pratiquement inchangé, tandis que la tension diminue et entraîne une réduction des performances des panneaux en termes de production d'énergie électrique (Figure)

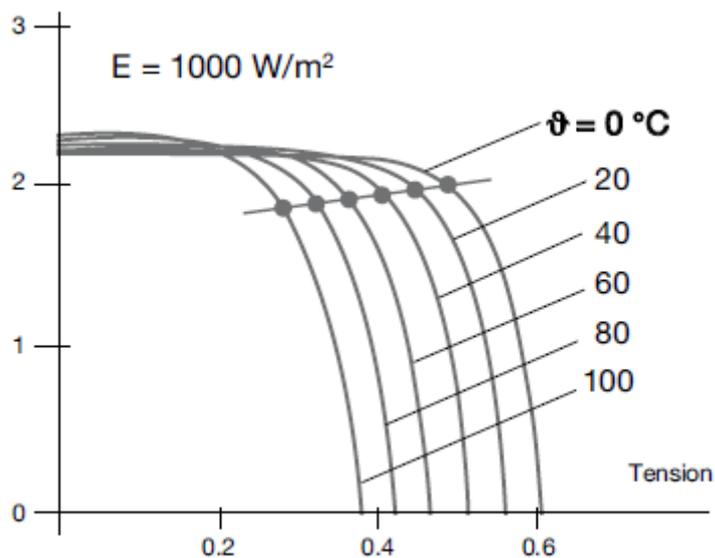


Figure 15: La variation de la tension à vide V_{oc} d'un module PV par rapport aux conditions standards

La variation de la tension à vide V_{oc} d'un module PV par rapport aux conditions standards $V_{oc,sc}$, en fonction de la température d'utilisation des cellules T_{cell} , est exprimée par la formule suivante:

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

ou :

β : est le coefficient de variation de la tension en fonction de la température et dépend du type de module PV (généralement $-2.2 \text{ mV}/^\circ\text{C}/\text{cellule}$ pour les modules en silicium cristallin et environ -1.5 à $-1.8 \text{ mV}/^\circ\text{C}/\text{cellule}$ pour les modules à couche mince) ;

N_s : est le nombre de cellules montées en série dans le module.

Par conséquent, pour éviter une réduction excessive des performances, il convient de contrôler la température de service en tentant de fournir une bonne ventilation aux panneaux en vue de limiter leur variation de température.

De cette manière, il est possible de réduire la perte d'énergie due à la variation de température (par rapport à la température de 25°C dans des conditions standards)

à une valeur de l'ordre de 7%.

I.7.3 Ombrage :

Compte tenu de la surface occupée par les modules sur une installation PV, certains (une ou plusieurs cellules) peuvent être ombragés par des arbres, des feuilles mortes, des cheminées, des nuages ou des panneaux PV installés à proximité.

En cas d'ombrage, une cellule PV présentant une jonction P-N cesse de produire de l'énergie et devient une charge passive. Cette cellule se comporte comme une diode qui bloque le courant produit par les autres cellules raccordées en série, compromettant toute la production du module. De plus, la diode est soumise à la tension des autres cellules, ce qui peut entraîner la perforation de la jonction due à une surchauffe localisée (point chaud) et endommager le module.

Afin d'éviter qu'une ou plusieurs cellules ombragées ne compromettent la production de l'ensemble d'un string, des diodes court-circuitant la partie ombragée ou endommagée du module sont insérées au niveau du module. Par conséquent, le fonctionnement du module est garanti même si l'efficacité est réduite. En théorie, il serait nécessaire de monter une diode by-pass en parallèle à chaque cellule, toutefois cela s'avérerait trop onéreux en termes de rapport coût/bénéfice. 2 à 4 diodes by-pass sont donc généralement installées sur chaque module (Figure).

Chapitre1 : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

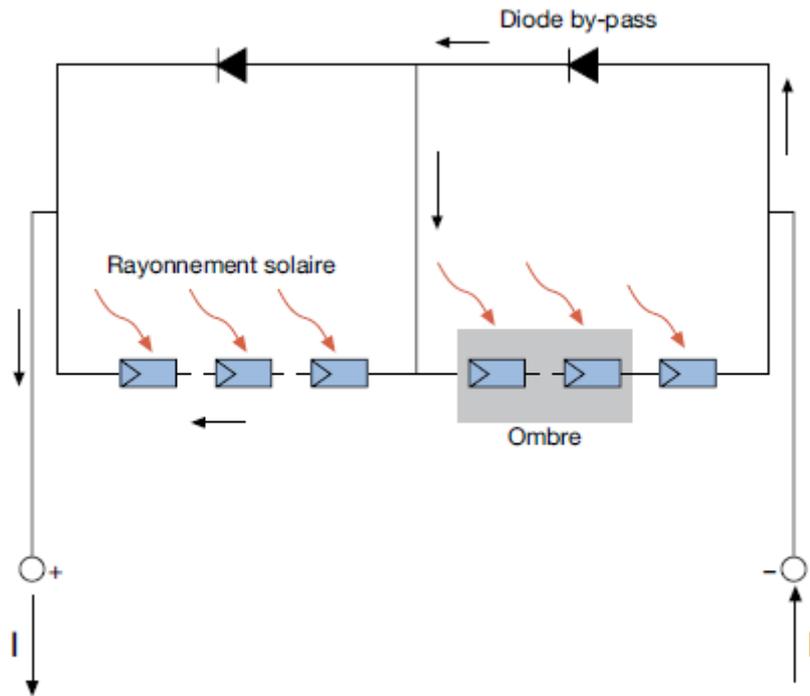


Figure 16: certaines cellules peuvent être ombrages

I.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté des notions importantes sur les systèmes photovoltaïques. Ensuite, nous avons présenté la modélisation d'un panneau solaire et la variation de production de l'énergie.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

II.1 Introduction :

La solaire thermodynamique est l'une des valorisations du rayonnement solaire direct. Cette technologie consiste à concentrer le rayonnement solaire pour chauffer un fluide à haute température et produire ainsi de l'électricité ou alimenter en énergie des procédés industriels.

II.2 LE PRINCIPE DE LA CONVERSION PHOTOTHERMIQUE :

La conversion thermique est le mode de conversion qui transforme l'énergie solaire en chaleur. Cette conversion se fait à travers un capteur solaire ou capteur héliothermique

Dans certains cas, un fluide caloporteur (air, eau, huile...) est utilisé pour amener la chaleur produite au niveau du collecteur vers la distribution. Cette chaleur peut dans certains cas, être envoyée dans un stockeur avant d'être acheminée vers la distribution.

Le schéma ci-dessous résume les éléments qui peuvent intervenir dans le système de conversion

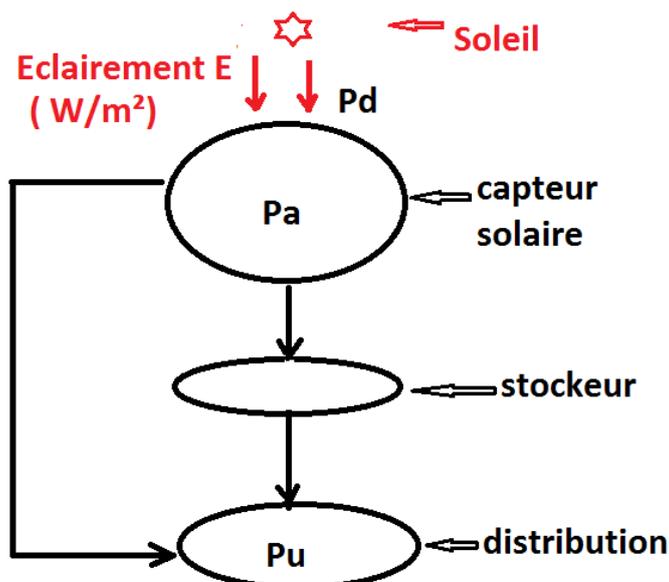


Figure 17 : conversion photo thermique

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

II.3 Les systèmes de concentration :

L'énergie solaire étant peu dense, il est nécessaire de la concentrer, via des miroirs réflecteurs, pour obtenir des températures exploitables pour la production d'électricité. Le rayonnement peut être concentré sur un récepteur linéaire ou ponctuel. Le récepteur absorbe l'énergie réfléchi par le miroir et la transfère au fluide thermodynamique. Les systèmes à concentration en ligne ont généralement un facteur de concentration inférieur à celui des concentrateurs ponctuels.

Les centrales solaires thermodynamiques recouvrent une grande variété de systèmes disponibles tant au niveau de la concentration du rayonnement, du choix du fluide caloporteur ou du mode de stockage.

II.4 Les fluides caloporteurs et thermodynamiques :

L'énergie thermique provenant du rayonnement solaire collecté est convertie grâce à un fluide caloporteur puis un fluide thermodynamique. Dans certains cas, le fluide caloporteur est utilisé directement comme fluide thermodynamique. Le choix du fluide caloporteur détermine la température maximale admissible, oriente le choix de la technologie et des matériaux du récepteur et conditionne la possibilité et la commodité du stockage.

- Les huiles sont des fluides monophasiques qui présentent un bon coefficient d'échange. Leur gamme de température est limitée à environ 400 °C. C'est le fluide le plus couramment employé dans les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques.
- Les sels fondus à base de nitrates de sodium et de potassium offrent un bon coefficient d'échange et possèdent une densité élevée, ils sont donc également de très bons fluides de stockage. Leur température de sortie peut atteindre 650 °C. Leur association avec un concentrateur à tour et un cycle de Rankine constitue une combinaison déjà éprouvée.
- Les gaz tels l'hydrogène ou l'hélium peuvent être utilisés comme fluides thermodynamiques et entraîner les moteurs Stirling qui sont associés aux collecteurs paraboliques.
- L'eau liquide est a priori un fluide de transfert idéal.

Elle offre un excellent coefficient d'échange et possède une forte capacité thermique. En outre, elle peut être utilisée directement comme fluide thermodynamique dans un cycle de Rankine. Cependant son utilisation implique de travailler à des pressions très élevées dans les récepteurs en raison des hautes températures atteintes, ce qui pose problème pour les technologies cylindro-paraboliques.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

- Les fluides organiques (butane, propane, etc.) possèdent une température d'évaporation relativement basse et sont utilisés comme fluide thermodynamique dans un cycle de Rankine.
- L'air peut être utilisé comme fluide caloporteur ou comme fluide thermodynamique dans les turbines à gaz.

II.5 Les types de concentration :

1° Les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques :

Ce type de centrale se compose de rangées parallèles de longs miroirs cylindro-paraboliques qui tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil.

Les rayons solaires sont concentrés sur un tube récepteur horizontal, dans lequel circule un fluide caloporteur dont la température atteint en général 400 °C. Ce fluide est ensuite pompé à travers des échangeurs afin de produire de la vapeur surchauffée qui actionne une turbine ou un générateur électrique.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique



Figure 18: Les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques

2° Les centrales solaires à miroir de Fresnel :

Collecteurs cylindro-paraboliques repose sur la mise en forme du verre pour obtenir sa forme parabolique. Une alternative possible consiste à approximer la forme parabolique du collecteur par une succession de miroirs plans.

C'est le principe du concentrateur de Fresnel. Chacun des miroirs peut pivoter en suivant la course du soleil pour rediriger et concentrer en permanence les rayons solaires vers un tube ou un ensemble de tubes récepteurs linéaires fixes.

En circulant dans ce récepteur horizontal, le fluide thermodynamique peut être vaporisé puis surchauffé jusqu'à 500 °C. La vapeur alors produite actionne une turbine qui produit de l'électricité. Le cycle thermodynamique est généralement direct, ce qui permet d'éviter les échangeurs de chaleur.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique



Figure 19: Les centrales solaires à miroir de Fresnel

3° Les centrales à tour

Les centrales solaires à tour sont constituées de nombreux miroirs concentrant les rayons solaires vers une chaudière située au sommet d'une tour. Les miroirs uniformément répartis sont appelés héliostats. Chaque héliostat est orientable, et suit le soleil individuellement et le réfléchit précisément en direction du receveur au sommet de la tour solaire.

Le facteur de concentration peut dépasser 1000, ce qui permet d'atteindre des températures importantes, de 600 °C à 1000 °C. L'énergie concentrée sur le receveur est ensuite soit directement transférée au fluide thermodynamique (génération directe de vapeur entraînant une turbine ou chauffage d'air alimentant une turbine à gaz), soit utilisée pour chauffer un fluide caloporteur intermédiaire. Ce liquide caloporteur est ensuite envoyé dans une chaudière et la vapeur générée actionne des turbines. Dans tous les cas, les turbines entraînent des alternateurs produisant de l'électricité.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique



Figure 20: Les centrales à tour

4° Les centrales à capteurs paraboliques :

Ayant la même forme que les paraboles de réception satellite, les capteurs paraboliques fonctionnent d'une manière autonome. Ils s'orientent automatiquement et suivent le soleil sur deux axes afin de réfléchir et de concentrer les rayons du soleil vers un point de convergence appelé foyer. Ce foyer est le récepteur du système, il s'agit le plus souvent d'une enceinte fermée contenant du gaz qui est monté en température sous l'effet de la concentration. Cela entraîne un moteur Stirling qui convertit l'énergie solaire thermique en énergie mécanique et ensuite en électricité.

Le rapport de concentration de ce système est souvent supérieur à 2000 et le récepteur peut atteindre une température de 1000 °C.

Un de leurs principaux avantages est la modularité : ils peuvent en effet être installés dans des endroits isolés, non raccordés au réseau électrique. Pour ce type de système, le stockage n'est pas possible.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique



Figure 21: Les centrales à capteurs paraboliques

5° Un cas particulier : la tour solaire à effet de cheminée :

Dans ce concept, les rayons solaires ne sont pas concentrés. L'air est chauffé par une surface de captage solaire formée d'une couverture transparente et agissant comme une serre. L'air chaud étant plus léger, il s'échappe par une grande cheminée centrale. La différence de température entre la partie basse et la partie haute de la cheminée donne lieu à un déplacement perpétuel de l'air (phénomène de la convection naturelle). Cette circulation d'air permet alors à des turbines situées à l'entrée de la cheminée de produire de l'électricité.

Le principal avantage de ce système est qu'il peut fonctionner sans intermittence en utilisant le rayonnement du soleil le jour et la chaleur emmagasinée dans le sol la nuit.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

Modélisation du CCP :

Taux de concentration :

$$C = A_0 / A_r \quad (1) \text{Etude et réalisation d'un concentrateur cylindrop(25)}$$

Le rapport de la surface de l'ouverture à la surface du récepteur.

Les faibles concentrations ($1 < C < 10 \Rightarrow T_c \approx 150^\circ\text{C}$);

Les moyennes concentrations ($10 < C < 100 \Rightarrow T_c \approx 150^\circ\text{C}$);

Les fortes concentrations ($C \geq 100 \Rightarrow T_c \geq 500^\circ\text{C}$).

Facteur optique : (2) MEMOIRE-COMPLET

Il représente le rapport entre l'énergie interceptée par l'absorbeur et celle réfléchiée par les surfaces réfléchissantes.

Le facteur d'interception optique est donné par :

$$C_{opt,\lambda} = \frac{I_o(\lambda)}{I_a(\lambda)} \quad \text{.....(26)}$$

Où λ : la longueur d'onde des rayons solaire.

Energie solaire globale absorbé : (3) v017_n4_texte_5

L'énergie solaire absorbée est simplement donnée par la relation suivante :

$$Q_{ab} = \rho_{select} \alpha_{ab} \tau_v S_e \cdot G \quad \text{.....(27)}$$

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

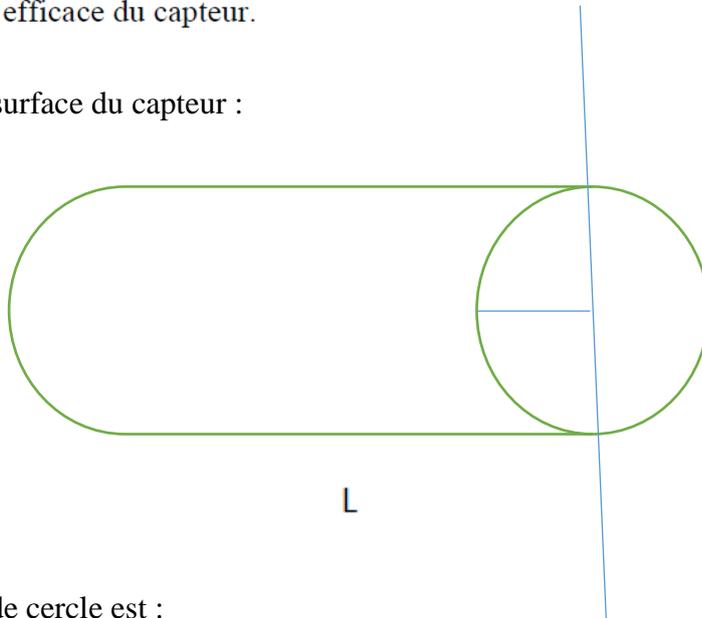
ρ_{select} : Coefficient de réflexion de la surface sélective.

α_{ab} : Coefficient d'absorption de l'absorbeur.

τ_v : Coefficient de transmission de la vitre.

S_e : surface efficace du capteur.

Calcule de la surface du capteur :



Le périmètre de cercle est :

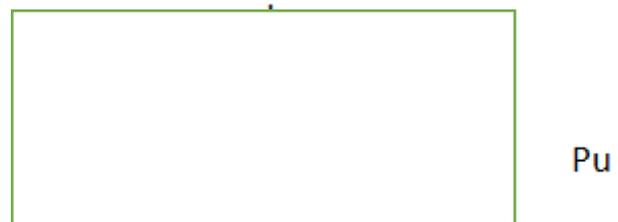
$$P = 2 \cdot \pi \cdot r \dots\dots\dots(28)$$

La longueur de demi-cercle est :

$$P_u = P/2 \dots\dots\dots(29)$$

La surface de CCP :

$$S_e = L \cdot P_u \dots\dots\dots(30)$$



Calcule des pertes thermiques du CCP : (3) v017 n4 texte 5

D'après publication récente de MellickLe coefficient de pertes thermiques est exprimé par :

$$U_L = \left[\frac{1}{C \left[\frac{T_a - T_v}{1+f} \right]^{0.25}} + \frac{D_{ai}}{D_{ae}} \cdot \frac{1}{h_v} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma \cdot (T_a^2 + T_{amb}^2)(T_a + T_{amb})}{\left[\varepsilon_a - 0.04(1 - \varepsilon_a) \left(\frac{T_a}{450} \right) \right]^{-1} - \left(\frac{D_{ai}}{D_{ae}} \right) \left(\frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right) + \frac{f}{\varepsilon_v}} \right]$$

.....(31)

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

D'où :

f est un facteur qui prend en considération la vitesse du vent à l'extérieur évalué par la relation suivante :

$$f = \frac{D_{ai}}{D_{ai}^{1.4}} (0.61 + 1.3 \varepsilon_a) h_{vent}^{-0.9} e^{[0.00325(T_a - 273)]} \dots\dots\dots(32)$$

C'est une constante donnée par :

$$C = \frac{1.45 + 0.96(\varepsilon_a - 0.5)^2}{D_{ai} \left(\frac{1}{D_{ai}^{0.6}} + D_{ae}^{0.6} \right)^{1.25}} \dots\dots\dots(33)$$

H_{vent} est le coefficient de convection du vent estimé par :

$$h_{vent} = 4 \cdot V_{vent}^{0.58} \cdot D_{ae}^{-0.42} \dots\dots\dots(34)$$

Rendement thermique du CCP : (3)

Le rendement thermique du CCP est défini par :

$$\eta = \frac{\int_0^t q_u dt}{\int_0^t G S_e dt} \dots\dots\dots(35)$$

Puisque le régime est permanent donc :

$$\int_0^t q_u dt = q_u = \dot{m}_f C_{p,f} \cdot (T_{f,s} - T_{f,e}) \dots\dots\dots(36)$$

Cette quantité de chaleur représente l'énergie utile reçue par le fluide caloporteur.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

D'où

$$\eta = \frac{\dot{m}f C_{p,f} (T_{f,s} - T_{f,e})}{GS_e}$$

$T_{f,e}$ et $T_{f,s}$ Sont respectivement le température d'entrée et de sortie du fluide caloporteur.

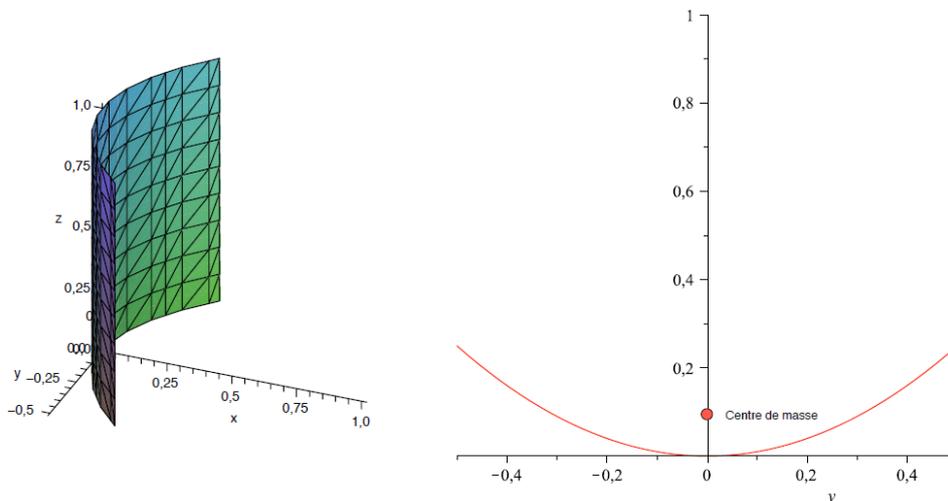
Calcul du centre de masse :(4) ex1

Pour simplifier, on considère un capteur cylindro-parabolique comme une surface S borné par le cylindre parabolique $x = y^2$ et les plans $z = 1$, $z = 0$, et $x = 0.25$.

S est une surface en trois dimensions qui peut être décrite ainsi :

$$S = \{(x, y, z) - 0.5 < 0.5, y^2 = x, 0 < z < 1\}.$$

Les deux figures ci-dessous présentent la surface S et sa projection dans le plan OXY :



On trouve le centre de masse en calculant les valeurs moyennes x , y , z :

$$(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) = \left(\frac{M_{yz}}{m}, \frac{M_{xz}}{m}, \frac{M_{yx}}{m} \right)$$

.....(37)

Si la densité (la masse par unité de surface) est constante $\rho(x, y, z) = \rho$, alors la masse est :

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

$$m = \iint_S \rho dS \quad \dots\dots\dots(38)$$

Ou :

$$dS = \sqrt{1 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} dy dz \quad \dots\dots\dots(39)$$

est un élément d'aire au point $(f(y, z), y, z)$ sur la surface avec $f(y, z) = y^2$.

Il s'ensuit que :

$$\begin{aligned} m &= \iint_S \rho dS = \int_{-0.5}^{0.5} \int_0^1 \rho \sqrt{1 + 4y^2} dz dy. \\ &= \rho \int_{-0.5}^{0.5} \sqrt{1 + 4y^2} dy \\ &= 1.15 \rho. \end{aligned}$$

Calculons maintenant les moments d'inertie de S. En raison de la symétrie de S et ρ par rapport au plan OXZ, on peut immédiatement écrire $M_{xz} = 0$ et, de l'a, $y = 0$. De même, la symétrie dans la direction Z n'implique que $z = 0.5$. Le dernier moment est :

$$\begin{aligned} M_{yz} &= \iint_S x \rho dS = \int_{-0.5}^{0.5} \int_0^1 y^2 \rho \sqrt{1 + 4y^2} dz dy. \\ &= \rho \int_{-0.5}^{0.5} y^2 \sqrt{1 + 4y^2} dz dy. \\ &= 0.11 \rho. \end{aligned}$$

Par conséquent, le centre de masse est situé est :

$$(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) = \left(\frac{M_{yz}}{m}, \frac{M_{xz}}{m}, \frac{M_{yx}}{m} \right) \simeq (0.09, 0, 0.5).$$

On constate dans cet exemple, que le centre de masse se trouve à l'extérieur de la surface.

Caractéristique du CCP : (2)

L'équation générale, en coordonnées cartésiennes, s'écrit :

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

$$x^2 = 4.f.Y$$

$$r = f / \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

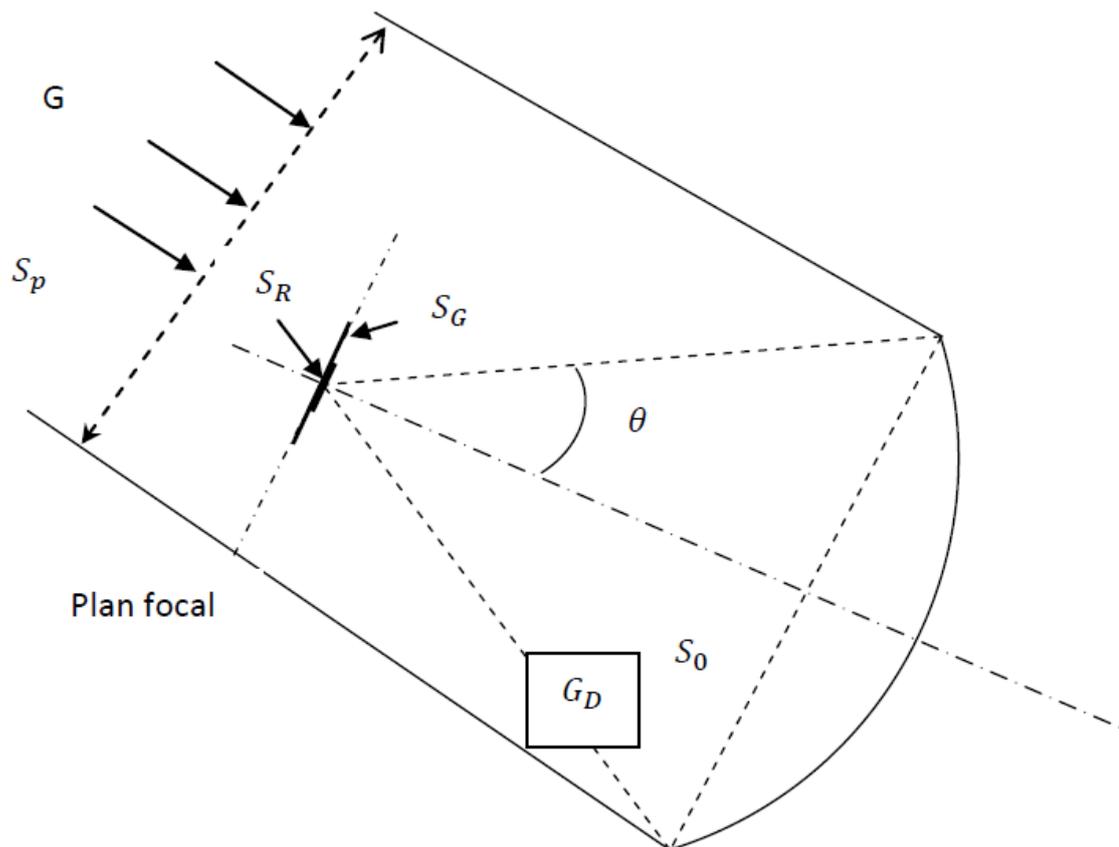
Ou f est la distance focale.

En coordonnées polaire

β : Angle d'ouverture

$$w_{eff} = 2r \sin \beta = 4f \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

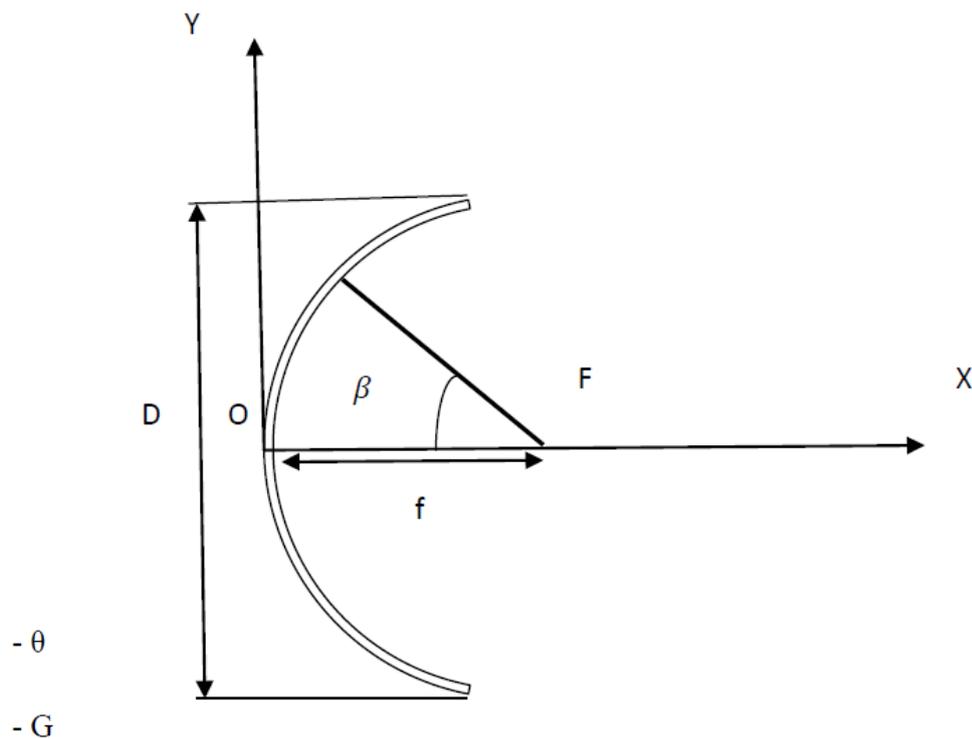
La géométrie du concentrateur : (2)



Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

Le plan focal : (2)

On détermine un réflecteur à 2 dimensions c'est un cylindre, de longueur infinie.



- G_D éclairement direct dans la section d'ouverture du concentrateur.

- S_0 section d'ouverture du concentrateur caractérisée par l'angle θ , S_p section de passage du rayonnement solaire entrant dans le concentrateur S_p se confond avec S_0 quand l'axe optique du concentrateur est dirigé vers le soleil, S_G surface de l'image de Gauss du soleil; c'est l'image nette du soleil dans le plan focal donnée par des rayons paraxiaux, c'est-à-dire des rayons proches de l'axe optique.

- S_R surface de l'image réelle du soleil dans le plan focal.

Chapitre2 : Généralités sur les systèmes photo thermique

II.6.CONCLUSION :

Parmi les technologies de concentration solaire, nous nous focalisons sur les deux technologies les plus dominantes :

1. les cylindro-paraboliques
2. les systèmes paraboliques à moteur Stirling.

Notre étude est basée sur la première qui apparaît plus innovante à la dernière. Dans ce chapitre nous donnons une présentation bien détaillée sur les performances des composantes de notre système étudié (concentrateur cylindro-paraboliques, récepteur, régénérateur).

Ensuite, nous présentons la photo thermique, son principe de fonctionnement

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

III.1. INTRODUCTION :

Une campagne de mesure détaillée des consommations d'électricité d'un hôtel bonois a été réalisée au premier trimestre 2017.



III.2. DESCRIPTION DE L'HOTEL :

III.2.1. Localisation :

L'hôtel est situé à Annaba, en bordure du périphérique. La station météorologique de référence est celle d'Annaba (2620 Degrés-jours annuels pour une base de 18°C). L'hôtel comprend 42 chambres, 3 salons ainsi qu'un restaurant. Les chambres sont réparties sur 6 niveaux similaires. La surface totale de locaux est 195 m².

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

III.2.2. Catégorie et profil d'occupation de l'hôtel :

L'hôtel est un « 3 étoiles ». La clientèle est à la fois professionnelle et constituée de touristes, notamment durant les mois d'été et les fins de semaines et les vacances. L'affluence varie peu au cours de l'année. Le taux d'occupation des chambres sur la période de mesure atteint 62% et, en moyenne, 64 repas sont servis quotidiennement.

III.2.3. Appareillage électriques :

III.2.3.1 Chambres :

A l'exception des suites (1 par étage), les chambres de l'hôtel sont toutes identiques du point de vue du confort et des appareils présents. Leur surface atteint 24,5 m². Les orientations des chambres sont Sud, Ouest ou Nord. La hauteur sous plafond est de 2,45 m.

Les appareils électriques qui équipent les chambres sont tous de même modèle. Il s'agit des télévisions, sèche-cheveux avec prise de sécurité pour rasoir électrique.

Les télévisions des suites sont cependant de dimensions plus importantes. Des prises de courant rendent possible l'utilisation d'appareils appartenant aux clients.

L'éclairage est assuré principalement par des lampes à incandescence (bureau, WC), fluorescentes (entrée et salle de bain) ou halogènes (salle de bain).

III.2.3.2 Salles de conférence :

Trois salles de conférence sont utilisées pour des réunions ou pour la prise de petits déjeuners de groupes de tourisme. L'éclairage (tubes fluorescents et spots halogènes) constitue l'essentiel des usages électriques de ces pièces.

III.2.3.3 Hall et Circulations :

L'hôtel comprend un vaste hall d'accueil qui dessert le bar, le restaurant et les salons.

Les chambres ne sont accessibles que par deux ascenseurs. Un troisième ascenseur est réservé au service pour le personnel de l'établissement. Les escaliers qui desservent également les étages sont peu utilisés.

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

III.2.3.4 Cuisine, restaurant :

L'hôtel dispose d'un restaurant situé au rez de chaussée haut. Le restaurant comporte un éclairage décoratif important en dépit d'une bonne exposition et d'un éclairage naturel conséquent.

La cuisine est alimentée au gaz et utilise l'électricité pour les appareils de froid, de lavage ainsi que les fours.

III.2.3.5 Bureaux :

L'hôtel dispose de plusieurs bureaux et locaux techniques utilisés par le personnel. Ces locaux comprennent principalement des appareils d'éclairage et de technologie de l'information.

Dimensionnement de la surface nécessaire du panneau solaire de l'hôtel :

Dans le cas d'installations photovoltaïques non autonomes, l'énergie produite par les panneaux solaires photovoltaïques est utilisée immédiatement (pompage, ventilation,..) ou injecter sur le réseau électrique. Le courant continu produit alimente directement des appareils prévus à cet effet ou est transformé en 230 volts alternatifs

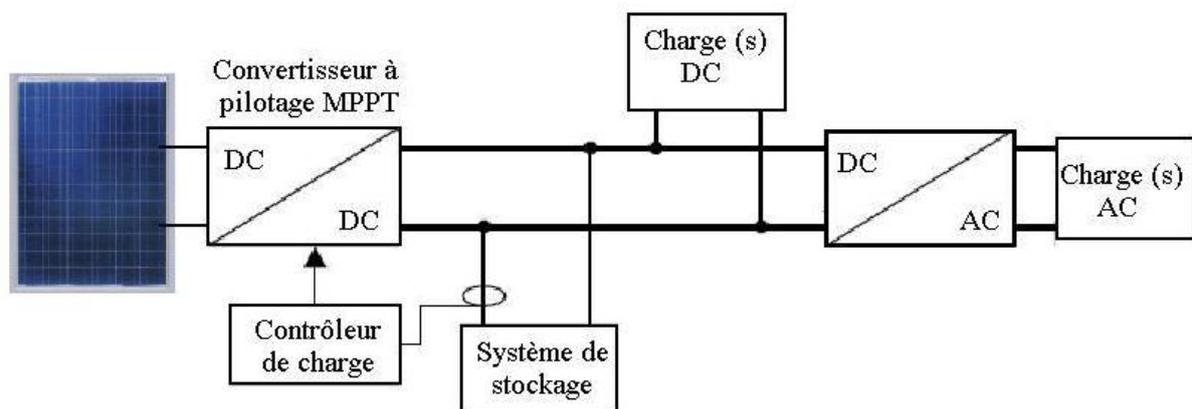


Figure 22

La réalisation des installations photovoltaïques exige une méthode de calcul et de dimensionnement de haute précision. L'installation sous dimensionnée reste une installation

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

qui manque de fiabilité, tandis qu'une installation surdimensionnée va nous conduire à un coût plus élevé.

D'une façon générale, la maîtrise du dimensionnement global est basée sur les différentes caractéristiques techniques des sous-systèmes constituant l'installation photovoltaïque (le générateur PV, les batteries, régulateurs et convertisseurs,) d'un côté et les méthodes de dimensionnement utiles d'autre côté.

Un autre critère très important intervenant sur la fiabilité des installations PV, est la disponibilité d'une base des données de gisement météorologiques fiable des sites d'installation.

Les modèles mathématiques proposés permettent de faire une liaison entre le rayonnement et le système de production d'énergie, une liaison entre le système de production et le système de stockage et une liaison entre l'énergie produite par l'installation et la consommation moyenne de la charge avec une adaptation optimale du système qui correspond à un coût minimale de l'installation.

III. Modélisation des rayonnements solaires :

L'absence des stations de mesures au niveau des sites d'implantation nous oblige d'utiliser un modèle de calcul basé sur des méthodes semi empiriques pour calculer le rayonnement solaire reçu au niveau du sol. Les paramètres du modèle dépendent:

- de la région définie par la latitude, la longitude et l'altitude;
- de la saison de l'année et l'heure du jour;
- l'albédo du site d'implantation.

III. Application :

On a utilisé le logiciel PVsyst 6.4.0 pour obtenir l'irradiance de la wilaya d'Annaba pour douze mois.

On utilise le logiciel MATLAB R2013a pour représenter la courbe de l'irradiance en fonction des mois.

```
E=[2.35 3.04 4.17 5.68 6.72 7.50 7.92 6.55 5.17 3.74 2.70 2.24];
```

```
mois=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
```

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

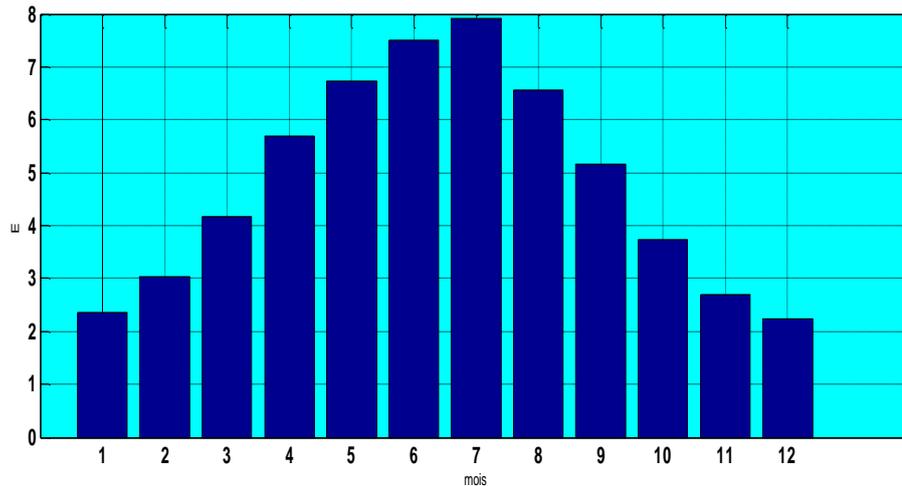


Figure 23

La courbe représente l'irradiance pendant 12 mois.-à-d l'énergie quelle peut produire par le PV on voit qu'elle est supérieure en été et elle est pas médiocre dans toute l'année.

On sait que le rendement du PV est 17% alors l'énergie du PV par jour devient :

$$E_{pvj} = E * 0.17;$$

$$EPVj = [0.3995 \quad 0.5168 \quad 0.7089 \quad 0.9656 \quad 1.1424 \quad 1.2750 \quad 1.3464 \quad 1.1135 \\ 0.8789 \quad 0.6358 \quad 0.4590 \quad 0.3808]$$

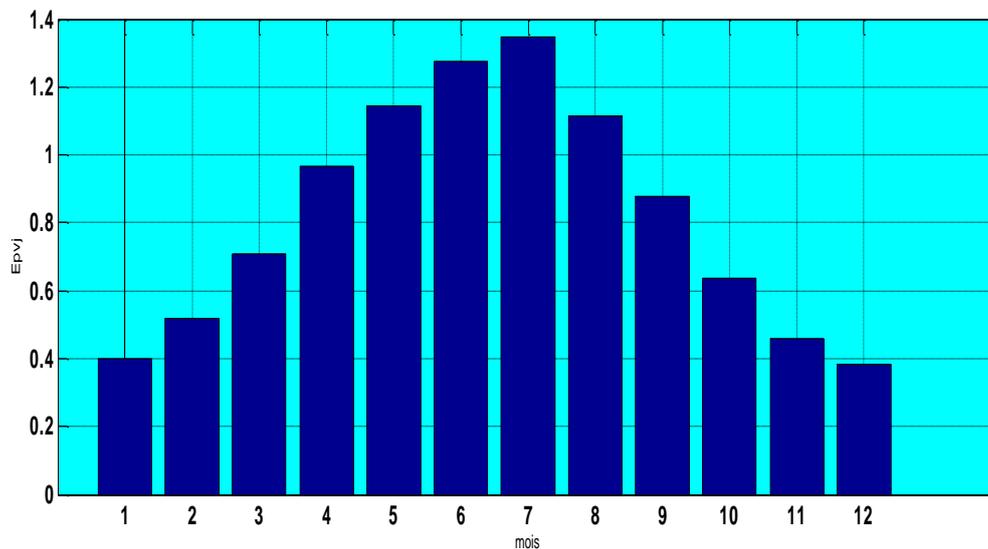


Figure 24

D'après la facture de notre consommateur on retire la consommation de l'hôtel par jour pour calculer la surface de l'irradiance minimal.

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

Fourniture d'énergie Electricité et Gaz BASSE TENSION / BASSE PRESSION								
Capital Social de	FACTURE N° 114170204291 établie le 20.02.17							
Direction Distribution: ANNABA	FAX: 038418746							
N° RC :	N° IS :							
N° RIP :	N° RIB :							
Agence Commerciale :	Dépannage Electricité : 038844005							
	Dépannage Gaz : 038844005							
	PERMANENCE- 038485421							
	Tél. :							
référence :	N° RC: CLIENT							
Nom et Prénom :	N°IS:							
	Tél.:							
	Fax:							
Adresse lieu de consommation :								
Nom & adresse du Destinataire de facture :								
Période: 1er Trimestre 2017 (G:029)								
CONSOMMATIONS								
ELEC. PMD= 20 Kw								
ELEC. PMD= 20 Kw								
GAZ. DMD= 25 m3h								
R:Releve								
E:Estime								
M:Releve speciale								
TARIF	NUMERO	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATION		
	COMPTEUR	Index Noyveau	Index Ancien	Différence		(KWH) (HERMIE)		
54 NM	008703	2531	1798	733	1.00	733.00		
54 NM	075218	1642	0	1642	1.00	1642.00		
23 NM	004302	19335	7841	11494	9.76	11212.74		
PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		QUATRIEME TRANCHE		PRIMES FIXES
CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	(DA)
54 NM	83.33	4.1789	250.00	4.8120	399.67	5.4796		87.40
54 NM	166.67	4.1789	500.00	4.8120	975.83	5.4796		174.80
23 NM	2500.00	0.3245	5000.00	0.4025	104681.44	0.4599		85.50

Ehot=26.38;

EPVmin=0.3808;

X=Ehot/EPVmin;

c-a-d l'énergie total quelle peut produire pendant toute l'année sera par cette relation :

ETot=Epvj*X

ETot = [27.6754 35.8014 49.1092 66.8921 79.1400 88.3259 93.2721 77.1379

60.8860 44.0452 31.7973 26.3800]

Chapitre3 : Application sur la photovoltaïque

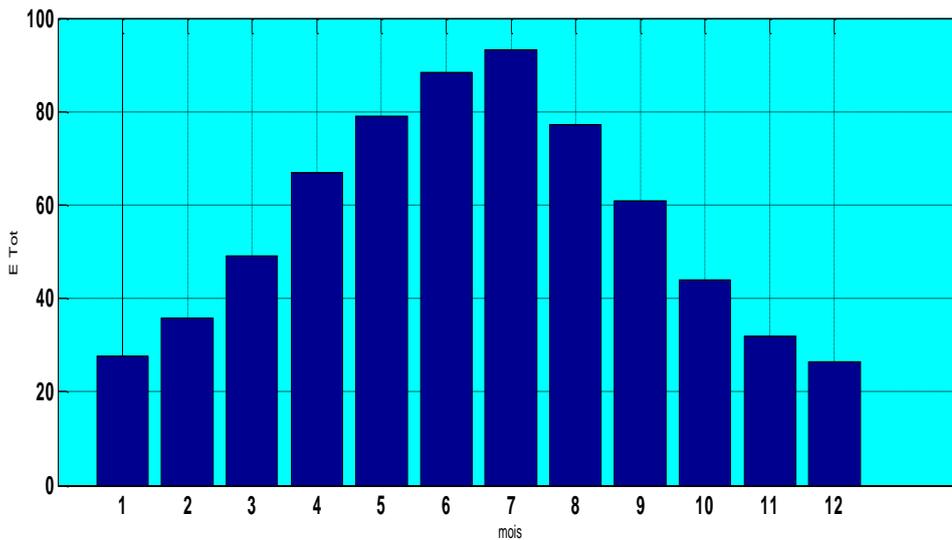


Figure 25

On voit que l'énergie produite pour l'hôtel est supérieure que leur besoin et on veut pas faire le stockage de l'énergie alors on vas calculer l'énergie moyenne produite durant l'année pour calculer la surface nécessaire.

$$EPV_{jsom}=0.3995+0.5168+0.7089+0.9656+1.1424+1.2750+1.3464+1.1135+0.8789+0.6358+0.4590+0.3808;$$

$$EPV_{jmoy}=EPV_{jsom}/12;$$

$$X1=E_{hot}/EPV_{jmoy}$$

$$X1 =32.2277 \text{ m}^2$$

La surface nécessaire du notre panneau est 32.2277m^2

III. Conclusion :

Ce chapitre présente une technique de dimensionnement d'installation photovoltaïque connecté au réseau. Les résultats de dimensionnement sont validés pour des différentes réalisations (éclairage et pompage) et avec d'autres logiciels de dimensionnements mondiaux tels que PVSyst4.1 (Suisse).des travaux sont déjà en cours pour l'extension de ce logiciel ou systèmes hybrides et connectés au réseau.

Chapitre4 : Application sur la photo thermique

Chapitre4 : Application sur la photo thermique

IV.1Capteurs solaires :

Bases pour l'utilisation thermique de l'énergie solaire :

Les capteurs solaires sont une solution écologique pour la production de l'eau chaude sanitaire, mais peuvent également contribuer au chauffage des pièces. Ils peuvent être utilisés en combinaison avec toute autre méthode de production de chaleur utilisée en cas de faible ensoleillement (chauffage au bois, pompe à chaleur, chaudière à mazout ou à gaz).

Les capteurs solaires peuvent se présenter sous la forme d'installations compactes ou de systèmes étudiés pour des applications spécifiques. Les installations compactes sont dimensionnées sur la base de valeurs standardisées. Par contre, les systèmes spécifiques requièrent l'intervention de concepteurs spécialisés et l'utilisation d'outils de calcul professionnels.

IV.2.Eau chaude solaire :

L'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire est intéressante, quel que soit l'état du bâtiment. En été, la production d'eau chaude sanitaire ne requiert en général aucune installation supplémentaire. Par contre, pendant la saison froide, l'installation solaire doit être assistée par une source de chaleur d'appoint.

Le chauffe-eau complémentaire est intégré directement dans l'installation solaire, ou est connecté à la source de chaleur. Les différents concepts possibles sont repris dans «Swissolar-LeitfadenSolarthermischeAnlagen»

Règle d'or: Un mètre carré de surface de capteurs utile couvre environ la moitié des besoins en eau chaude sanitaire d'une personne.

IV.1.2 Eau chaude solaire et appoint de chauffage :

L'apport solaire à une installation de chauffage est surtout intéressant dans le cas de constructions bien isolées. Pour les bâtiments mal isolés, l'alternative la moins onéreuse

Chapitre4 : Application sur la photo thermique

consiste généralement à mettre en œuvre des mesures d'économie d'énergie. Avant d'installer un système de chauffage solaire, il faut donc d'abord vérifier quelles économies d'énergie sont réalisables par des travaux d'aménagement.

L'utilisation de l'énergie solaire est bien définie avant le début de la phase de conception sur la base des caractéristiques individuelles du bâtiment et des souhaits du maître de l'ouvrage.

IV.2 Eléments des installations solaires thermiques :

Capteur solaire :

Les installations solaires thermiques peuvent être constituées de différents types de capteurs non vitrés, de capteurs plans et de capteurs à tubes sous vide. Le choix du type de capteur dépend de différents facteurs: site d'implantation et de la différence entre la température requise pour le capteur et la température ambiante pour l'application la plus fréquemment utilisée. Il faut également souligner que les capteurs les plus efficaces sont généralement les plus chers. Il faut donc bien peser le pour et le contre: soit des capteurs un peu moins efficaces sur une surface de l'absorbeur un peu plus grande, soit des capteurs plus chers et plus efficaces sur une surface de l'absorbeur un peu plus petite.

Exemple: On souhaite une installation solaire pour la production de l'eau chaude sanitaire et un appoint de chauffage. Suivant le taux de couverture de l'installation, on se trouve en haut ou en bas de la plage de différence de température allant de 15 K à 70 K. On choisira le type de capteur en conséquence. Les capteurs à tubes sous vide offrent le meilleur rendement si l'on souhaite des taux de couverture élevés pour l'hiver. Dans les autres cas de figure, les capteurs plans offriront le même avantage, tout en étant beaucoup moins chers.

Fluide caloporteur :

Le fluide caloporteur transporte la chaleur du champ du capteur vers le système d'eau chaude. Suivant le type d'installation, le fluide caloporteur sera de l'eau ou un mélange eau-glycol. Les mélanges contenant du glycol présentent l'avantage de ne pas geler. D'autres systèmes vidangent le champ du capteur lorsqu'il y a un risque de gel.

Accumulateur :

Chapitre4 : Application sur la photo thermique

L'accumulateur thermique permet de couvrir le décalage temporel entre l'offre et la demande de chaleur. La taille minimale de l'accumulateur fait partie du concept de surchauffe. En règle générale, on peut dire que les résultats offerts par une installation solaire sont d'autant meilleurs que l'offre d'énergie et la demande de chaleur coïncident, et que le niveau de température requis pour le dégagement de la chaleur de chauffage est bas.

Commande et régulation :

Le concept de commande et de régulation d'une installation de capteurs solaires doit comprendre le circuit solaire, la gestion de l'accumulation de chaleur et les fonctions de sécurité. La recharge extérieure est soit intégrée, soit assurée par le chauffage d'appoint. La caractéristique de commande du chauffage d'appoint doit, le cas échéant, être adaptée au système. Selon le concept de l'installation, certains effets physiques non régulés, comme la circulation due à la gravité, peuvent également être exploités par le système.

IV.3 Indications pour la conception :

Complémentairement aux conditions locales (orientation des surfaces disponibles, ombrage, possibilités de montage, tracé des conduites), les exigences et les priorités posées par le client seront essentielles pour le dimensionnement. La taille de l'installation peut varier fortement suivant le degré d'optimisation visé (taux de couverture élevé, rentabilité). Les éléments de base pour la conception devront être expliqués au client et feront l'objet d'une concertation avec ce dernier. Les installations compactes seront dimensionnées et montées selon les indications des fabricants. Pour les installations individuelles, il faudra faire appel à un concepteur et à un installateur spécialisé. L'entreprise chargée de l'installation sera responsable du dimensionnement et du respect des impératifs techniques, notamment en matière de protection contre la surchauffe, le gel et les surpressions, de choix du fluide caloporteur, de constance des températures, de choix des matériaux et d'intégration avec les autres installations techniques domestiques.

Chapitre4 : Application sur la photo thermique

3.1 Placement des capteurs (inclinaison, orientation) :

Pour les installations uniquement consacrées à la production d'eau chaude sanitaire, l'orientation des capteurs est moins problématique. Si l'installation doit servir pour l'appoint de chauffage des pièces, il est préférable d'orienter les panneaux en fonction de la position du soleil en hiver (octobre à mars et selon l'emplacement, de septembre à avril). Lors du dimensionnement, il sera tenu compte de la diminution de l'apport solaire due à l'écart par rapport à l'orientation optimale, et ce par des compensations adéquates.

Dans les régions montagneuses, il faut veiller à ce que les capteurs solaires ne restent pas trop longtemps couverts par la neige ce qui diminuerait le rendement. Une fois enneigés, les tubes sous vide ne dégèlent quasiment plus en raison de leur bonne isolation. Ils seront montés de manière à ce que la neige n'y adhère pas (inclinaison minimale: 45°, pour les capteurs à tubes sous vide, on conseillera 60°). Il n'y aura pas d'arrête-neige juste en dessous des panneaux. Il faut également tenir compte du potentiel de risque pour les personnes et les objets se trouvant sous les capteurs. L'évacuation manuelle de la neige ne devra se faire qu'en cas d'urgence.

3.2 Intégration dans les installations techniques domestiques

Il existe un grand nombre de systèmes (A à E) de chauffage et de production d'eau chaude dans les installations techniques domestiques. Le choix s'opérera en fonction des conditions locales.

Les rendements des installations solaires sont meilleurs lorsque les températures de fonctionnement sont basses. C'est pourquoi la température du retour chauffage dans l'accumulateur devrait être aussi basse que possible. Les chauffages à basse température tels que les chauffages au sol ou des radiateurs bien dimensionnés en conséquence satisfont à ces exigences. Pour d'autres systèmes de chauffage (p. ex. radiateurs), la température de service peut être abaissée par les mesures suivantes:

- Vannes thermostatiques sur les radiateurs
- Débits volumiques réduits (ce qui augmente la différence de température)
- Éviter les by-pass.

Le «Swissolar-LeitfadenSolarthermischeAnlagen» contient d'autres suggestions pour la conception d'installations. Les capteurs devront en tout cas respecter la norme SN EN 12975 «Les installations solaires thermiques et leurs composants». Les éventuelles contributions d'encouragement seront liées au respect de la norme.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les travaux présentés dans ce mémoire concernent la production hybride photovoltaïque et photo thermique appliquée à un hôtel 5 étoiles. L'étude est basée sur la consommation de notre hôtel durant l'année.

En effet, pour la conception des systèmes photovoltaïques, la donnée la plus utile concernant les relevées mensuels du rayonnement global reçu par un panneau photovoltaïque solaire, ce dernier incliné par rapport à l'horizontal d'un angle correspondant à la latitude du lieu pour favoriser la captation de l'énergie solaire.

La cellule solaire se comporte comme un générateur dont la tension à ses bornes et le courant qu'il débite représentent la caractéristique $I(V)$. Cette caractéristique est influencée par plusieurs facteurs tels que : la température, le flux lumineux, la résistance shunt, la résistance série. On a constaté d'après les résultats obtenus dans le premier chapitre que dans l'association des cellules en série, pour un courant constant ; la tension augmente, et dans l'association des cellules en parallèle, pour une tension constante ; le courant augmente.

Dans une seconde phase, nous nous sommes intéressés à la puissance qu'on peut extraire d'un panneau photovoltaïque pour assurer la production et pour le dimensionnement de notre panneau.

Référence

Référence

energie_solaire_photovoltaique

Document d'application technique n°10 Installations photovoltaïques.

CICME'2008: *Optimisation de dimensionnement des installations photovoltaïques*

Consommations d'électricité par usage dans un hôtel 3* parisien

Le_manuel-technicien-photovoltaïque

plaquetteser-solaire-thermo

(1) Etude et réalisation d'un concentrateur cylindrop

(2) MEMOIRE-COMPLET

(3) v017_n4_texte_5