

REPUBLIQUE DU SENEGAL

UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI



MINISTERE DE L'EMPLOI, DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE, DE L'APPRENTISSAGE ET DE L'INSERTION

•••••

CENTRE DE FORMATIONPROFESSIONNELLE ET TECHNIQUE SENEGAL/JAPON

Route de l'aéroport (Sud FIDAK CICES – VDN) BP 8411, Dakar-Yoff Site web: <u>Http://www.cfpt-sj.sn</u> Email: <u>info@cfpt-sj.com</u>

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE TECHNICIEN SUEPRIEUR

OPTION: Maintenance des Installations du Bâtiment (MIB)

THEME: Etude et réalisation d'un système hybride (Energie solaire photovoltaïque et Réseau électrique) alimentant une installation: cas du bâtiment de huit salles de classe en construction au Centre de Formation Professionnelle et Technique Sénégal-Japon

<u>Présenté par : Sous la Direction de :</u>

Balla GAYE Madame Khadija Diop NDIAYE

Mor NIANG

RESUME

L'accès à l'énergie électrique est le gage de tout développement économique. Cependant, les pays d'Afrique Subsaharienne présentent un faible taux d'accès à l'électricité; la situation est encore plus exacerbée dans les zones rurales de ces pays y compris le SENEGAL. Compte tenu du potentiel énergétique solaire dont dispose le continent, les Systèmes d'Energie Hybrides (SEH) solaires photovoltaïque/réseau électrique (SENELEC) pourraient constituer une solution technologique adaptée pour l'électrification rurale de même que dans les villes du pays.

Ce travail se basera sur le couplage du réseau électrique avec l'énergie solaire photovoltaïque, son dimensionnement qui permettra de déterminer le nombre d'appareil à partir d'un cahier de charge, de la maintenance et du coût de l'installation d'un bâtiment de huit classes qui se trouve au sein du centre de formation professionnelle et technique SENEGAL/JAPON(CFPT-S/J).

Mot clé: photovoltaïque, dimensionnement, batterie, régulateur, onduleur et couplage

SUMMARY

Access to electrical energy is the key to any economic development. However, the countries of Sub-Saharan Africa have a low rate of access to electricity; the situation is even more exacerbated in the rural areas of these countries including SENEGAL. Given the solar energy potential available to the continent, Solar Photovoltaic / Grid Hybrid Energy Systems (SEH) (SENELEC) could be a suitable technological solution for rural electrification as well as in cities across the country.

This work will be based on the coupling of the electrical network with photovoltaic solar energy, its sizing which will make it possible to determine the number of devices from a specification, maintenance and the cost of installing a eight-class building located within the vocational and technical training center SENEGAL / JAPAN (CFPT-S / J).

Keyword: photovoltaic, sizing, battery, regulator, inverter and coupling.

Etude et réalisation d'un système hybride (Energie solaire photovoltaïque et Réseau électrique) alimentant une installation : cas du bâtiment de huit salles de classe en construction au Centre de Formation Professionnelle et Technique Sénégal-Japon

DEDICACES

Amen

Nous commençons tout d'abord par rendre grâce à DIEU, le Clément, le Miséricordieux, qui nous a donné la santé et les moyens nécessaires pour mener à terme ce travail. Que sa bénédiction accompagne tous nos actes dans ce monde ici-bas.

Je dédie ce mémoire à :

Nos très chères mères et pères

En ce jour solennel, Nous rendons également grâce au Prophète Mohamed, louanges et paix sur lui, sa famille et ses compagnons, fruit de la patience, de votre courage et de vos innombrables sacrifices, nous voudrions renouveler nos indéfectibles attachements à des mères exemplaires, dont l'amour, les prières et l'attention ne nous ont jamais fait défaut. Des mères soucieuses du bonheur et de la réussite de leurs semblables. Aucun mot et aucune expression ne sauraient suffisamment exprimer notre gratitude pour tous les efforts consentis. Recevez ce modeste travail comme une première récompense de vos années de persévérance dans la prière. Puisse DIEU nous donner encore longtemps l'occasion de vous manifester notre gratitude et tous nos cœurs. Qu'il vous accorde santé et longévité pour que nous puissions ensemble savourer les fruits de notre futur travail. Amen.

A nos frères et sœurs, nos tantes, nos oncles, nos cousins

Et nos cousines

Nous aurons tant aimé que vous assistez à l'aboutissement mais DIEU en a décidé autrement. Vous avez toujours inspiré autour de vous l'amour du prochain, le respect, la confiance et l'admiration. Puisses ce travail exprimer tout le vide que vous avez laissé en nous. Reposez en paix nos amis. Que les portes du paradis soient grandement ouvertes pour vous et à tous qui nous ont quittés. Amen.

A votre grande noblesse d'âme et votre sens du devoir, votre soutien ne m'a jamais fait défaut. Très tôt vous avez compris la nécessité de la chose scolaire, très tôt vous nous avez montré le bon chemin avec une assistance sur tous les plans. Votre compréhension et votre soutien ont été pour moi une source inestimable de motivation. Puisse Dieu vous donner longue vie pour savourer ensemble le fruit de votre investissement. Sincères remerciements et amour infini.

N'ayant pas trouvé d'adjectifs pour qualifier ce que vous représentez pour nous, nous apprécions beaucoup l'estime et l'amour fraternel que vous nous portez. Recevez par ce modeste travail l'expression de notre affection et de notre reconnaissance. Merci pour votre gentillesse et les services que vous n'avez cessé de nous rendre. Sachez qu'on n'oubliera jamais tout ce que vous avez fait pour nous. Ce travail est l'occasion pour nous de vous rendre hommage.

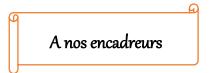
REMERCIEMENTS



Auprès de vous, nous avons trouvé conseils et réconforts. Nous apprécions beaucoup l'estime et l'amour que vous portez en nous. Puisse ce travail vous témoigner toute notre affection. Nous ne pouvons que de vous dire merci de nous avoir soutenus, tenus à bout de bras, encouragé tout au long de ces années d'études. Que toutes les bénédictions de Dieu soient sur vous et vos enfants avec une longue vie. « Merci à vous ».



Nous ne pouvons pas citer de noms de peur d'en oublier certains. Mais nous sommes sûrs que vous saurez tous vous reconnaître à travers ce travail. On a passé ensemble de bons moments inoubliables ; puisses DIEU le tout puissant entretenir à jamais notre amitié. Aucun mot ne pourra traduire ce que nous ressentons ...si ce n'est que de vous dire « merci »



Monsieur et Madame, vous nous avez fait confiance en acceptant de nous guider dans nos études et dans la réalisation de ce travail qui est d'ailleurs le vôtre. Nous avons bénéficié de vos qualités pédagogiques et humaines. Vos remarques et suggestions ont sans doute contribué à l'amélioration de la qualité de ce travail. Nous gardons de vous l'image de grands professeurs qui ont su allier avec bonheur, rigueur et respect de l'humain dans l'exercice de la formation professionnelle et technique. Permettez-nous chers professeurs plus particulièrement à Madame Khadija Diop Ndiaye de vous exprimer à travers ce travail tout notre respect et notre profonde gratitude.

TABLES DES MATIERES

RESU	JME	11
SUM	MARY	III
DEDI	ICACES	V
REM	ERCIEMENTS	VII
TABI	LES DES MATIERES	VIII
LIST	E DES TABLEAUX	X
LIST	E DES FIGIURES	XI
LIST	ES DES ABREVIATIONS	XII
AVA	NT PROPOS	XIII
Intro	duction générale	1
Chap	itre 1 : Généralités sur le système solaire photovoltaïque	3
1.1.	Introduction	4
1.2.	Générateur photovoltaïque	5
1.2.1.	Bases du fonctionnement des panneaux photovoltaïques	5
1.2.2.	Types de panneaux solaires	5
1.2.3.	Paramètres électriques d'un module photovoltaïque	7
1.2.4.	Courbe caractéristique d'un module photovoltaïque	8
1.2.5.	Interconnexion des panneaux photovoltaïques	9
1.3.	La batterie	10
1.3.1.	Types de batteries	11
1.3.2.	Fonctionnement de la batterie	11
1.3.3	Paramètres de la batterie	12
1.3.4	Effet de la température dans le comportement de la batterie	12
1.3.5	Connexions des batteries (en série/en parallèle/mixte)	14
1.4.	Le régulateur de charge	14
1.4.1	Différents types de régulateur	15
1.4.2	Paramètres qui définissent un régulateur	15
1.5.	L'onduleur	16
1.5.1.	Onduleurs DC/AC	17
1.5.2.	Types d'onduleurs DC/AC	17
1.5.3.	Caractéristiques de fonctionnement les plus importants	17
Concl	usion	18
Chap	itre 2 : Dimensionnement du système photovoltaïque	19
2.1.	Démarche	20
2.2.	Application sur une installation	23

Conclusion	
Chapitre 3 : Couplage entre réseaux et solaire photovoltaïque	
3.1.1 Schéma couplage	31
3.1.2 Réalisation	32
Conclusion	33
Chapitre 4 : Coûts et Maintenance	
Introduction	35
4.1. Maintenance	35
4.1.1. Panneaux solaires	35
4.1.2. Onduleur	36
4.1.3. Batteries	36
4.1.4 Régulateur	39
4.1.5 Récepteurs et Câbles	40
4.2. Coûts	41
4.2.1. Coûts du système solaire	41
4.2.2. Coûts de l'installation du réseau électrique	42
Conclusion	
Conclusion générale	
Bibliographie	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Cahier de charge	Page 24
Tableau 2.2 : Section de la tension du système	Page 25
Tableau 2.3 : Les caractéristiques du panneau	Page 26
Tableau 4.1 : Maintenance du système solaire	Page 41
Tableau 4.2 : Devis de l'installation solaire	Page 42

LISTE DES FIGIURES

Figure 1:Éléments d'un système solaire photovoltaïque	5
Figure 2:Cellule photovoltaïque et panneau photovoltaïque	
Figure 3:Module au silicium monocristallin	6
Figure 4:Module au silicium poly cristallin	7
Figure 5:Module au silicium amorphe	7
Figure 6:Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs	
lifférentes de rayonnement	8
Figure 7:Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs	
lifférentes de température	9
Figure 8:Exemple d'une connexion en série-parallèle	10
Figure 9:Courbes de cycles de durée et capacité pour des valeurs différentes de températur	e 12
Figure 10:Volts par élément pour des valeurs différentes de température	13
Figure 11:Types de connexion des batteries	14
Figure 12:Régulateur série	15
Figure 13:L'onduleur	17
Figure 14: Schéma de couplage	31
Figure 15:Schéma de réalisation.	33

LISTES DES ABREVIATIONS

DC Direct Current (Courant continu)

AC Courant Alternatif

W Watt

Eelec Energie électrique Pc ou Pmax Puissance crête Ej Energie solaire

S Surface du champ photovoltaïque

C Capacité Ah Ampère heure

t Temps j Joule S Puissar

S Puissance apparente
Q Puissance réactive
P Puissance active

U Tension

H Ensoleillement

P Résistivité du matériau Irradiation quotidienne moyenne

Nm Nombre de module
Ns Nombre de module série

Nch Nombre de chaine de module
Uco Tension de circuit ouvert
Us Tension du système
Um Tension du module
Ub Tension d'une batterie

Cb Capacité unitaire de la batterie

Nb Nombre de batterie

Nbr Nombre de rangé de batterie Nbs Nombre de batterie en série Cbr Capacité réelle de stockage

AVANT PROPOS

Le Centre de Formation Professionnelle et Technique Sénégal/Japon (CFPT S/J) est un centre public d'enseignement supérieur technique. Il forme les étudiants ayant obtenu un brevet de fin d'études moyennes (BFEM ou BEP) ou baccalauréat scientifique ou technique en :

- ♣ Brevet Technique Industriel (BTI)
 - Electrotechnique
 - Electromécanique
 - Mécanique Auto
- ♣ Brevet de Technicien Supérieur
 - Electromécanique
 - Informatique Industriel et Réseaux
 - Automatisme Industriel
 - Maintenance des Engins Lourds (MEL)
 - Maintenance des Installations de Bâtiment (MIB)

A la fin de chaque cycle, la rédaction d'un mémoire compte grandement pour la validation du diplôme. Ce qui nous amène à choisir comme thème : « Etude et réalisation d'un système hybride (Energie solaire photovoltaïque et Réseau électrique) alimentant une installation : cas du bâtiment de huit salles de classe) » car au Sénégal l'accès à l'électricité est très coûteux, face à une société qui augmente chaque jour les factures en sachant les conditions déplorables de la population.

Pour pallier à ce régime, nous avons décidé de choisir comme filière Maintenance des Installations du bâtiment et par le biais de ce mémoire de faire une estimation qui permettra à un particulier d'être indépendant. Il a été décidé de réfléchir sur la mise en place d'une alimentation PV qui pourra aider à alléger les factures.

Introduction générale

La consommation d'énergie est liée au développement économique. Force est de constater qu'aussi bien en termes de production que de consommation, l'Afrique reste aujourd'hui, avant tout, une terre en crise énergétique représentant un véritable frein à son développement. Avec 14% de la population mondiale, l'Afrique ne représente que 3,20% environ par rapport à la consommation mondiale d'énergie primaire.

La plupart des pays de l'Afrique subsaharienne, et le SENEGAL en particulier, ont encore aujourd'hui un déficit taux d'accès à l'électricité. La consommation de l'énergie électrique est précédée de la production, du transport et de la distribution aux consommateurs ; ce qui représente un fardeau financier pour l'électrification des sites isolés. Les besoins en électricité des pays mentionnés ci-dessus sont majoritairement satisfaits par des centrales thermiques ; par conséquent, le coût de l'énergie électrique est en permanence tributaire du coût des hydrocarbures, lequel ne cesse d'augmenter. En outre, l'utilisation des combustibles fossiles donne lieu à l'émission de nombreux polluants et de gaz à effet de serre.

Paradoxalement, l'Afrique dispose d'un énorme potentiel énergétique peu ou presque pas exploité : le soleil (74% du continent reçoit un ensoleillement moyen annuel supérieur à 1900kWh/m²/an), ce qui plaide en faveur du développement des systèmes d'énergie solaire dans ces régions. Alors, ceci n'est pas dû à un manque de ressources d'énergie, mais au mauvais état des infrastructures existantes et au manque de visibilité vis-à-vis des technologies alternatives, notamment les énergies renouvelables.

Les systèmes de secours (groupes électrogènes, accumulateurs d'énergie) sont toujours indispensables, en raison des perturbations dues à une forte variabilité de la demande des utilisateurs que connaît le réseau électrique basse tension. A ce jour, les techniques développées selon le lieu d'utilisation et les puissances demandées offrent la possibilité de combiner plusieurs systèmes de production d'énergie (systèmes hybrides). Ces nouvelles technologies ont l'avantage de pouvoir alimenter en électricité aussi bien des réseaux locaux isolés que le réseau existant. L'hybridation des sources de production d'énergie peut se présenter actuellement comme une alternative énergétique rationnelle par rapport aux sources conventionnelles pour l'électrification des zones rurales et des villes. En effet, la disponibilité locale et le coût nul de la matière première (soleil, vent), l'augmentation du prix et la raréfaction des énergies fossiles, ainsi que les problèmes de pollution engendrés par ces derniers militent en faveur de l'utilisation des énergies renouvelables.

On distingue plusieurs types de systèmes hybrides à savoir (liste non exhaustive):

- Systèmes d'énergie hybride PV/Diesel avec ou sans stockage ;
- Systèmes d'énergie hybride Eolien/PV/Diesel avec ou sans stockage;
- Systèmes d'énergie hybride Eolien/PV avec ou sans stockage ;
- Systèmes d'énergie hybride Eolien/Diesel;
- Systèmes d'énergie hybride PV/SENELEC (ou autres fournisseurs d'énergies).

Ces systèmes sont caractérisés par leur aspect modulaire et peuvent être installés à proximité des utilisateurs, en zones isolées ou en milieu urbain.

Ce mémoire se focalise sur l'étude des systèmes hybrides PV/SENELEC.

Dans ce contexte général, cette étude s'intéresse à la filière photovoltaïque et consiste essentiellement à la modélisation et au raccordement du système photovoltaïque au réseau électrique. Le mémoire présenté est organisé en quatre chapitres.

Le premier chapitre se chargera de la description générale et du principe de fonctionnement des systèmes photovoltaïques.

Le second chapitre consiste à faire le dimensionnement de notre installation.

Le troisième chapitre sera consacré au couplage du système hybride et les simulations de notre réalisation.

Le quatrième chapitre nous permettra d'évaluer le coût des appareils solaires et de nous intéresser à la maintenance du système solaire.

Enfin, une conclusion générale qui résume les travaux réalisés.

Chapitre 1 : Généralités sur le système solaire photovoltaïque

1.1. Introduction

L'électricité est produite à partir de la lumière du soleil au moyen d'installations photovoltaïques. Celles-ci alimentent des sites isolés ou le réseau de distribution général. Le solaire photovoltaïque, c'est la transformation du rayonnement solaire en électricité, à partir du moment où les photons (particules de lumière) mettent en mouvement les atomes de matériaux semi-conducteurs (généralement le silicium), qui constituent les cellules photovoltaïques présentes dans les capteurs. Le module photovoltaïque est un assemblage en série de cellules photovoltaïques, protégées par un verre sécurité antireflet, il crée un courant électrique continu qui circule dans les capteurs. L'onduleur intervient ensuite pour convertir le courant continu produit par le photovoltaïque en courant alternatif, compatible avec celui du réseau de distribution de l'électricité.

Enfin, le compteur mesure l'électricité qui est fournie au réseau.

Aujourd'hui, grâce à sa fiabilité et à son concept respectueux de l'environnement, le photovoltaïque prend une place prépondérante.

Ainsi, les éléments d'un système solaire photovoltaïque sont indiqués dans la fig. 1 et énoncés ci-dessous :

- Générateur photovoltaïque
- Batterie
- ♣ Régulateur
- Onduleur

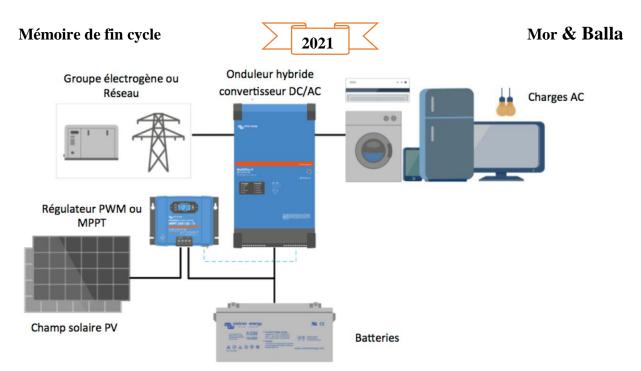


Figure 1:Éléments d'un système solaire photovoltaïque

1.2. Générateur photovoltaïque

Le module photovoltaïque convertit directement la lumière du soleil en courant électrique continu par le biais des cellules solaire.

1.2.1. Bases du fonctionnement des panneaux photovoltaïques

Le fonctionnement des panneaux photovoltaïques se base sur l'effet photovoltaïque. Quand l'ensemble photovoltaïque s'expose au rayonnement solaire, les photons contenus dans la lumière transmettent leur énergie aux électrons des matériaux semi-conducteurs. Ces électrons peuvent alors franchir la barrière de potentiel de l'union P-N et sortir du matériau semi-conducteur à travers un circuit extérieur, donnant lieu à un courant électrique.

1.2.2. Types de panneaux solaires

Le module le plus petit d'un matériau semi-conducteur avec une union P-N (et, par conséquent, avec la capacité de produire de l'électricité) est dénommé cellule photovoltaïque. Ces cellules photovoltaïques se combinent de manières spécifiques pour obtenir la puissance et la tension souhaitées. L'ensemble de cellules situé sur un support approprié et recouvert de matériaux qui le protègent d'une façon efficace contre les agents atmosphériques s'appelle panneau photovoltaïque.

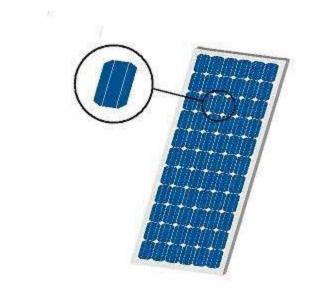


Figure 2: Cellule photovoltaïque et panneau photovoltaïque

- Module au silicium monocristallin : cellules de couleur bleu nuit, uniforme par un monocristallin avec un meilleur rendement. Le rendement maximal obtenu dans le laboratoire est de 24.7 %, et de 16 % dans les modules commercialisés.



Figure 3:Module au silicium monocristallin

- Module au silicium poly cristallin : cellules de couleur bleu avec des motifs, et formé par plusieurs cristaux avec un rendement meilleur. Ils sont très reconnaissables visuellement parce que leur superficie présente un aspect granulé. Le rendement obtenu avec ces modules est inférieur à celui des modules monocristallins (19.8 %dans le laboratoire et 14 % dans les modules commercialisés), et leur prix est aussi plus bas.

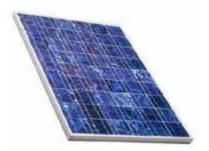


Figure 4: Module au silicium poly cristallin

- Module au silicium amorphe : ils sont aussi à base de silicium, mais contrairement aux modules précédents, ce matériau n'a pas de structure cristalline. Son rendement maximal obtenu dans le laboratoire est de 13 %, et de 8 % pour les modules commercialisés. Ils sont moins utilisés. (Ils s'appellent aussi modules à couche mince).



Figure 5: Module au silicium amorphe

Paramètres électriques d'un module photovoltaïque

Les paramètres les plus importants d'un panneau photovoltaïque sont :

- Courant de court-circuit (Icc) : C'est l'intensité de courant maximale fournie par le panneau. Il s'agit du courant qui se produit lors de la connexion directe des deux pôles. Icc est généralement autour de 3 A.
- Tension de circuit ouvert (Uc₀) : C'est la tension maximale fournie par le panneau. Elle se produit quand les pôles se trouvent « en plein air ». Uc₀ est généralement inférieur à 22 V dans les modules qui fonctionnent avec 12 V.
- Point de puissance maximale : Il existe un point de fonctionnement (Ipmax, Vpmax) où la puissance fournie est maximale (Pmax=Ipmax x Vpmax). C'est le point de puissance maximale du panneau. Il est indiqué en watts (W).

- Facteur de forme FF : Il s'agit de la relation entre la puissance maximale fournie par le panneau et le produit Isc x Voc. Il présente une notion sur la qualité du panneau et sa valeur se trouve normalement entre 0,7 et 0,8.
- Efficacité ou rendement ŋ : C'est le ratio entre la puissance électrique maximale que le panneau peut transmettre à la charge et la puissance du rayonnement solaire (Pl) frappant le panneau. Il se trouve normalement autour de 10 %.

Notes:

Les valeurs d'Isc, Voc, Ipmax et Vpmax sont fournies par le fabricant en relation avec des Conditions Standard (CS) de mesurage, notamment :

(i) irradiance G(CE) = 1kW/m2; (ii) au niveau de la mer; (iii) pour la température des cellules Tc(CE) = 25°C.

La puissance maximale fournie par le module est indiquée en watt crête (Wc).

Les caractéristiques principales d'un module photovoltaïque sont marquées par : sa puissance crête (Wc) ; son courant de court-circuit (A) ; sa tension de circuit ouvert (V) ; et sa tension de fonctionnement (12 V ; 24 V ; 48 V).

1.2.4. Courbe caractéristique d'un module photovoltaïque

Le fonctionnement électrique d'un module est représenté par sa courbe caractéristique. Cette courbe indique le courant fourni par le module en fonction de sa tension. La fig. 6 et la fig. 7 montrent les possibles valeurs de tension et de courant qui dépendent surtout de la température et du rayonnement solaire reçu par les cellules du module.

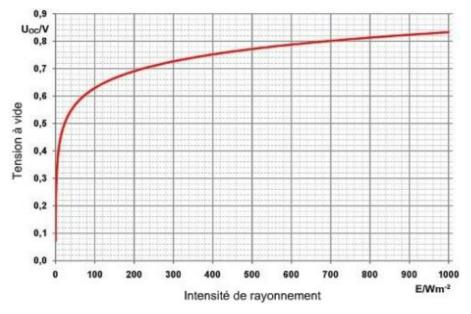


Figure 6:Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs différentes de rayonnement

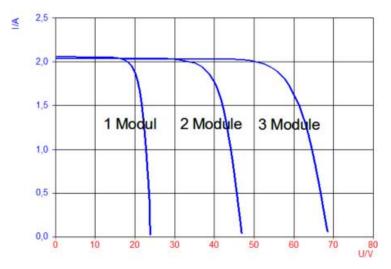


Figure 7: Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs différentes de température

Interconnexion des panneaux photovoltaïques

Tous les panneaux à interconnecter doivent être égaux, c'est-à-dire, ils doivent être de la même marque et avoir les mêmes caractéristiques.

L'interconnexion des panneaux se fait, premièrement, à travers l'association de panneaux en série pour obtenir le niveau de tension souhaité; et plus tard, à travers l'association en parallèle de plusieurs associations en série pour obtenir le niveau de courant souhaité. La Fig. 8 est un exemple de cette connexion.

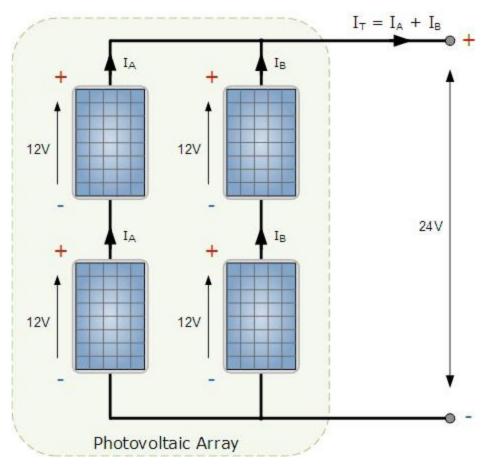


Figure 8: Exemple d'une connexion en série-parallèle

1.3. La batterie

La batterie a pour fonction le stockage d'une partie de l'énergie produite par les panneaux (c'est-à-dire, la portion d'énergie qui n'est pas immédiatement consommée) afin qu'elle soit disponible dans des périodes où le rayonnement solaire est faible ou inexistant. Le stockage se fait sous la forme d'énergie électrique à travers l'usage de batteries, normalement de plomb-acide.

Une batterie est composée par l'association en série de plusieurs « éléments » ou « cellules », chacun d'eux comprenant deux électrodes de plomb dans une dissolution électrolytique. Entre les deux électrodes, une différence de potentiel de près de deux volts est établie, et la valeur instantanée dépend de l'état de charge de la batterie. Les batteries les plus utilisées pour les applications photovoltaïques sont de 12 ou 24 volts de tension nominale.

La batterie a aussi ces deux importantes fonctions :

- -Fournir une puissance instantanée supérieure à celle fournie par l'ensemble des panneaux et nécessaire pour la mise en place de quelques éléments.
- Déterminer la marge des tensions de travail de l'installation.

1.3.1. Types de batteries

Les batteries sont de plusieurs types, à savoir :

- Nickel-cadmium
- Plomb-acide
- Batterie d'automobile

Les batteries de Nickel-Cadmium sont les plus recommandées à cause de leur haute fiabilité et résistance, mais leur prix élevé fait pencher la balance en faveur des batteries de plomb-acide. Cependant, il y a quelques pays où ces batteries sont difficiles à trouver ou où leur prix peut être très haut (soient locales ou soient importées), et pour cette raison, les batteries utilisées sont celles offertes par le marché, notamment celles destinées au marché des automobiles. En plus, l'Union Européenne a interdit l'usage des batteries de Nickel-Cadmium á cause de la toxicité du Cadmium. Pourtant, les batteries d'automobile ne sont pas très recommandées pour les applications photovoltaïques, car elles ont été désignées pour fournir une forte intensité pendant quelques secondes (démarrage), et pas pour fournir des courants bas de manière plus ou moins régulière. Cela réduit sa durée d'utilisation.

<u>Note</u>: Les batteries peuvent avoir une technologie à électrolyte liquide ou gel. Dans le cas des batteries à électrolyte gel, l'électrolyte se présente sous la forme d'un gel. Ce type de batterie a les avantages suivants : elle n'a besoin d'aucune maintenance et peut travailler dans un large éventail de températures (-15°C +55°C). Par contre, elles sont plus chères et se rechargent plus lentement.

1.3.2. Fonctionnement de la batterie

La batterie répète de façon cyclique un processus d'accumulation d'énergie (charge) et de fourniture d'énergie (décharge) en fonction de la présence ou de l'absence du soleil. Dans ce fonctionnement normal de la batterie on peut trouver deux pôles :

- Surcharge : La batterie atteint sa pleine capacité de charge. Si elle continue à recevoir de l'énergie, La solution commence à se décomposer, en produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (processus de gazéification).
- Sur décharge : Il existe aussi une limite pour le processus de décharge, après lequel la batterie se détériore notamment.

C'est le régulateur qui doit prévenir l'entrée d'énergie au-dessus de la surcharge permise et aussi la consommation de plus d'énergie que celle prévue par la décharge profonde.

1.3.3 Paramètres de la batterie

Ce composant a une électrode de plomb et celle d'oxyde de plomb, toutes plongées dans un électrolyse composé d'acide sulfurique dilué en reliant les deux électrodes à un récepteur externe consommant du courant. Une électrode se transforme en sulfate de plomb et l'acide se dilue, phénomène qui permet d'évaluer l'état de charge de la batterie en mesurant la densité d'acide. En fournissant un courant opposé au système, l'acide se concentre et les deux électrodes retrouvent leurs états initiaux, la tension nominale est la somme des équilibres aux deux électrodes soit 2.08 volts.

Cependant cette batterie a une durée de vie variant entre 10 à 15 ans si elle est entretenue régulièrement.

Photo: Batterie au plomb

1.3.4 Effet de la température dans le comportement de la batterie

- Si la température est baissée, la durée d'utilisation s'accroître mais il existe un risque de gel.
- La capacité nominale d'une batterie (que le fabricant fournit pour 25°C) s'accroître avec la température au rythme de 1%/°C approximativement.

La Fig. 9 présente la relation de la température avec des cycles de durée et la capacité d'une batterie.

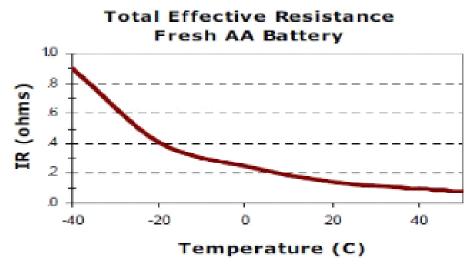


Figure 9: Courbes de cycles de durée et capacité pour des valeurs différentes de température

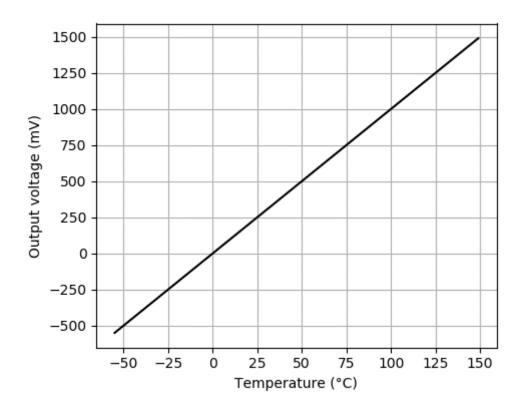


Figure 10:Volts par élément pour des valeurs différentes de température

Connexions des batteries (en série/en parallèle/mixte)

La Fig. 11 présente les types de connexion des batteries.

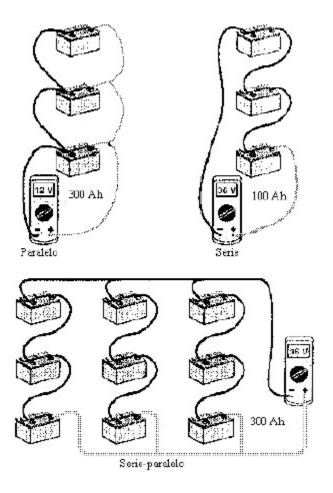


Figure 11: Types de connexion des batteries

1.4. Le régulateur de charge

Il implique une vigilance continue pour éviter les surcharges et les décharges profondes que la batterie peut produire.

Fonction : Protection de la batterie contre les situations extrêmes afin de ne pas l'endommager. Fonctionnement : Prendre de l'information sur l'état de charge du système et la comparer avec les valeurs maximales et minimales admissibles pour que la batterie n'endure pas de surcharges ou de décharges extrêmes.

1.4.1 Différents types de régulateur

- Régulateur parallèle : Il régularise la surcharge. Il est indiqué pour des petites installations solaires photovoltaïques.
- Régulateur série : Il régularise la surcharge et la décharge. Son interrupteur peut être électromécanique ou statique. Il peut incorporer des autres fonctions (alarme, interruption nocturne, etc.). La Fig. 12 présente l'image d'un régulateur série.

Les régulateurs utilisés sont de type série : ils déconnectent l'ensemble de panneaux de la batterie pour éviter la surcharge ; et les équipements de consommation pour éviter la sur décharge. Cette déconnexion se fait à travers interrupteurs qui peuvent être des dispositifs électromécaniques (des relais, des contacteurs, etc.) ou des dispositifs d'état solide (un transistor bipolaire, etc.).

Afin de protéger la batterie de la surcharge, l'interrupteur s'ouvre quand la tension de la batterie atteint sa tension d'arrêt de la charge, et se ferme de nouveau quand la batterie retourne à la tension de réinitialisation de charge. La tension d'arrêt de la charge est environ 2,45V par chaque élément de la batterie à 25°C.

En ce qui concerne la sur décharge, l'interrupteur s'ouvre quand la tension de la batterie est inférieure à la tension d'arrêt de la décharge, et se ferme quand la batterie retourne à la tension de réinitialisation de décharge. La tension d'arrêt de la décharge est environ 1,95V par chaque élément.



Figure 12:Régulateur série

1.4.2 Paramètres qui définissent un régulateur

- Tension de travail : 12, 24 ou 48 V

- Intensité maximale : Elle doit être supérieure au courant maximal du générateur photovoltaïque.

Le fabricant fournit aussi des autres données d'intérêt :

- Les valeurs de la tension d'arrêt de la charge (surcharge) et de la tension d'arrêt de la décharge (sur décharge).
- L'existence de compensation avec la température. Les tensions qui indiquent l'état de charge de la batterie changent avec la température, et c'est pour cette raison que quelques régulateurs mesurent la température et utilisent cette information pour corriger les tensions de surcharge.
- L'instrumentation de mesure et ses indicateurs : les régulateurs ont souvent un voltmètre qui mesure la tension de la batterie et un ampèremètre qui mesure le courant. La plupart d'eux ont des indicateurs qui notifient certaines situations comme : le bas état de charge de la batterie, déconnexion des panneaux avec la batterie, etc.

1.5. L'onduleur

Un onduleur est un dispositif permettant de transformer en alternatif une énergie électrique de type continue.

Les onduleurs sont utilisés en électrotechnique pour :

- Soit fournir des tensions ou courants alternatifs de fréquence et amplitudes variables.

Ex : C'est le cas des onduleurs servant à alimenter des moteurs à courant alternatif devant tourner à vitesse variable par exemple (la vitesse est liée à la fréquence des courants qui traversent la machine).

- Soit fournir une ou des tensions alternatives de fréquence et d'amplitude fixes.

Ex : C'est le cas en particulier des alimentations de sécurité destinées à se substituer au réseau en cas de défaillance de celui-ci par exemple. L'énergie stockée dans les batteries de secours est restituée sous forme continue, l'onduleur est alors nécessaire pour recréer la forme de tension et fréquence du réseau. On distingue les onduleurs de tension et les onduleurs de courant, en fonction de la source d'entrée continue : source de tension ou source de courant. La technologie des onduleurs de tension est la plus maîtrisée et est présente dans la plupart des systèmes industriels, dans toutes les gammes de puissance (quelques Watts à plusieurs MW).



Figure 13:L'onduleur

1.5.1. Onduleurs DC/AC

Les systèmes solaires produisent de l'énergie électrique en courant continu mais beaucoup d'électrodomestiques et de récepteurs fonctionnent avec le courant alternatif.

Dans les installations solaires photovoltaïques connectées au réseau électrique, l'onduleur doit non seulement transformer le courant continu du générateur photovoltaïque en courant alternatif, mais aussi réaliser d'autres fonctions.

Ses fonctions principales : inversion de modulation de l'onde alternative, régulation de la valeur efficace de la tension de sortie.

Les onduleurs peuvent être en monophasé ou en triphasé, avec des valeurs différentes pour la tension d'entrée et avec une puissance qui peut aller jusqu'à des mégawatts.

1.5.2. Types d'onduleurs DC/AC

- Onduleur à onde carrée : Pour les utilisations de base comme les TV et l'éclairage, et en général pour les charges résistives. Ils sont moins chers.
- Onduleur à onde sinusoïdale : Pour tout type d'application, en particulier pour les moteurs. Ils sont plus chers.

1.5.3. Caractéristiques de fonctionnement les plus importants

- Tension et courant d'entrée/sortie
- Forme de l'onde
- Limites de la tension d'entrée
- Basse de consommation et haut rendement
- Puissance de sortie
- Facilité de réparation et la maintenance

- Fonctionnement dans les points de puissance maximale
- Conditions ambiantes (température de fonctionnement)

Ainsi, il est nécessaire de souligner qu'un onduleur est fourni avec les câbles d'entrée CC de grosse section pour réduire les chutes de tension (il faut les connecter au régulateur ou à la batterie selon le cas, sans les rallonger). Il est impératif de choisir des appareils en AC puisque cela sera plus économe en électricité : ceci diminuera la taille de l'onduleur du panneau solaire et des batteries.

En dehors de la forme d'onde (carrée ou sinusoïdale), les onduleurs doivent avoir deux caractéristiques :

- Fiabilité vers les surtensions : ils doivent pouvoir distinguer si les surtensions sont provoquées par le démarrage d'un moteur (pour les tolérer) et les surtensions provoquées par un court-circuit (pour les couper).
- Efficacité de conversion : Elle est très dépendante de la puissance demandée à chaque instant. Car les onduleurs sont plus efficaces quand ils travaillent près de leur puissance nominale, il faut sélectionner bien le modèle à utiliser afin qu'il travaille normalement dans ces conditions. Le fabricant fournit souvent le rendement de l'onduleur à 70 % de sa valeur nominale.

Conclusion

Ce chapitre a permis d'établir les bases de nos simulations. Ainsi, nous avons tout d'abord décrit brièvement le mode de production de l'énergie solaire photovoltaïque, avant de présenter les éléments de bases d'une installation solaire photovoltaïque.

Chapitre 2 : Dimensionnement du système photovoltaïque

Introduction

Les systèmes d'énergies photovoltaïques sont des systèmes d'énergies renouvelables qui utilisent le soleil pour créer de l'électricité avec des batteries de stockage, pour fournir un niveau d'électricité constant et/ou pour stocker de l'énergie inutilisée dans une batterie.

Ce travail sera focalisé sur l'étude et le dimensionnement d'un système hybride (Energie solaire photovoltaïque et Réseau électrique) alimentant une installation : cas du bâtiment de huit salles de classe en construction au Centre de Formation Professionnelle et Technique Sénégal-Japon.

2.1. Démarche

Estimation de la production photovoltaïque d'un panneau pour estimer la production photovoltaïque de panneaux solaires des formules et des méthodes de bases sont disponibles. Les pertes peuvent être estimées et intégrées dans le calcul de la production.

Un module photovoltaïque se caractérise avant tout par sa puissance maximale ou puissance crête Pc ou P max (W).

Cette valeur de puissance correspond à la valeur obtenue dans les conditions standards (1000 W/m² à 25°C), si le module est exposé dans ces conditions STC, il va produire, à un instant donné, une puissance électrique égale à cette puissance crête.

Si cela dure N heures, il aura produit pendant ce laps de temps une énergie électrique $E_{elec} \ \acute{e} gale \ \grave{a}:$

$$E_{\text{elec}} = N \times P \max$$

STC est l'acronyme de Standard Tests Conditions en anglais (Conditions standard de test)

> Energie solaire produite

$$\mathbf{Ej} = \frac{Eelec}{Ir}$$

Choisir le coefficient K (rendement global) : 0,65~ 0,7

➤ Puissance crête du champ photovoltaïque

$$Pc = \frac{Ej}{Irk}$$

Ir (KWh/m²/j): Irradiation quotidienne moyenne (5.6 KWh/m²/j)

Détermination du nombre de chaines de panneaux solaires

A partir de la puissance crête des panneaux la déterminer du nombre de chaines de panneaux solaire nécessaires à l'installation.

$$Nch = \frac{Pc}{Pch}$$
 avec $Pch = Ns \times Pm$

Nch : Nombre de chaines de panneaux

Nombre de module en série

$$Ns = \frac{U}{Um}$$

Avec:

U: Tension du système

Um: Tension d'un module

Nombre de panneaux solaires

$$N = N ch \times N s$$

Détermination de la capacité d'une batterie

La capacité de la batterie est appelée C en Ah. C'est donc le produit d'un courant et d'un temps de fonctionnement.

$$C = I \times t$$

Avec

I: intensité en A

t: le temps en h

Pour estimer C, il faut estimer la quantité d'énergie nécessaire pour l'application choisie et donc se poser deux questions :

- Que doit-on alimenter (quelle puissance nécessaire en Watt) ?
- Pendant combien de temps (quelle autonomie ? cela peut être 1h comme 3 jours...)
 - Ensuite, calculer l'énergie nécessaire :

$$W = Pb \times t$$

Pb: la puissance en W

t: le temps en h

Il suffit ensuite, de diviser par la tension batterie pour retrouver C:

$$C = \frac{W}{II}$$

Avec C: la capacité en Ah

Vs : Tension du système en V

Le nombre d'accumulateur de la batterie.

> Détermination des nombres de batteries en série

$$Nbs = \frac{U}{Ub}$$

Avec:

Ub: Tension d'une batterie en V

> Détermination de nombre de rangés de batteries

$$Nrb = \frac{C}{Ch}$$
 avec $C = \frac{Ej \times N}{U \times D}$ et $D = 0.7$

$$N = 1$$

Cb: capacité unitaire de la batterie en Ampère heure (Ah)

C : capacité de stockage requise en Ampère heure (Ah)

> Détermination de batterie

$$Nb = Nbs \times Nrb$$

Capacité réelle de stockage

$$Cbr = Nrb \times Cb$$

Avec:

$$Nb=Nbs\times Nrb$$

Nb : Nombre total de batteries

> Détermination de la section du câble

Le courant alternatif est en monophasé de facteur de puissance égal à 1.

La section S (en mm2) dépend de :

 ρ la résistivité du matériau du conducteur en Ohm x mm2 / m

L la longueur du conducteur aller-retour (phase + neutre) en m

I le courant consommé en A

U' la chute de tension relative en V [17]

$$S = \frac{\rho \times 2L \times I}{III}$$

$$U' = \frac{U \times \Delta U}{100}$$

2.2. Application sur une installation

Pour dimensionner une installation solaire, il est important de connaître la puissance des appareils électriques à alimenter.

Notre cas d'étude se trouve à Dakar au Centre de Formation Professionnelle et Technique (CFPT), C'est R1 constitué de 8 salles de classe, 4 salles au rai de chaussée et 4 salles au premier étage. Sur le tableau 2.1 est présente le bilan de puissance avec les besoins en énergies.

<u>Tableau 2.1</u> : <u>Cahier de charge</u>

Appareils	Puissance	Nombre	Nombre h/j	Energie (Wh/j)
	Moyenne (W)	d'appareils		
Lampes	24	40	8	7 680
fluorescentes				
Split	1500	9	6	81 000
Ordinateur	80	30	3	7 200
portable				
Ordinateur fixe	250	1	4	1 000
Vidéo	500	2	4	4 000
projecteur				
Photocopieuse	620	1	1	620
Imprimante	500	1	1	500
Réfrigérateur	80	1	6	480
Chauffe-eau	680	1	1	680
Total	4 628	114	40	103 160

Détermination de Pc

Le tableau 2 représente la tension de fonctionnement du système qui est sélectionnée en fonction de la puissance du générateur photovoltaïque.

<u>Tableau 2.2</u>: <u>Sélection de la tension du système</u>

Tension du système									
Puissance du	0-500 W	500 - 2 kW	2 - 10 kW	>10 kW					
champ PV									
Tension	12V	24V	48V	>48V					
recommandée									

Ei,Min (énergie solaire journalière la plus faible de l'année) de Dakar est entre 4 et 5 kWh/j/m².

$$E\mathbf{j} = \frac{103\ 160}{0.7}$$

$$E\mathbf{j} = 147\ 371.4286$$

$$Pc = \frac{147\ 371.4286}{5.7}$$

Pc = 25 854.63659 donc U = 48V

Ir= 5. 7 car le Sénégal possède une irradiation moyenne de 5.7(kWh/m2/j)

> Nombre de panneaux

<u>Tableau 2.3</u>: <u>Les caractéristiques du panneau</u>

Puissance nominale Pmpp (W)	260				
Tension à puissance max. Vmpp	30.8				
(V)					
Courant à puissance max. Impp	8.44				
(A)					
Tension en circuit ouvert Voc	37.8				
(V)					
Courant de court-circuit Isc (A)	8.92				
Type de cellules	Polycristallin				
Tension maximale système (V)	1000V				
Coefficient de température de	-0,40/°C				
Pmpp(%)					
Coefficient de température de	-0,29/°C				
Voc (%)					
Coefficient de température de Isc	+0,05/°C				
(%)					
Température de fonctionnement	-40°C à +85°C				
Charge de surface maximale	200kg/m²				
Résistance aux impacts (grêle)	23m/s, 7,53g				
Tolérance de puissance	0- +3%				
Garantie produit	10 ans				
Garantie de puissance	10 ans 90% + 25 ans 80% de la puissance				
	nominale				

Des panneaux de 260Wc / 48V polycristallin seront utilisés :

$$N = Ns \times Nch$$

$$Ns = \frac{48}{24}$$

Ns=2

$$Nch = \frac{25854.63659}{2 \times 260}$$

*N*ch=
$$49.72 \sim 50$$

$$Nch = 50$$

$$N = 50 \times 2$$

N = 100

Le tableau 3 représente les caractéristiques du panneau que choisi pour l'installation. Les panneaux seront orientés au Sud pour l'hémisphère Nord et incliné de 24° car inclinaison = latitude $+10^{\circ}$.

Capacité de la batterie

L'autonomie d'un jour et des batteries dégageant 12V, donc :

$$C = \frac{147\ 371.4286}{0.7\ \text{X}\ 48}$$

$$C = 4386.054Ah$$

Nombre d'accumulateur

Le parc batterie sera constitué d'accumulateur solaire de 12 V / 260Ah chacun, le système fonctionnant sous 24 V les accumulateurs seront couplés en série et en parallèle.

$$Nb = Nbs \times Nrb$$

$$Nbs = \frac{48}{12}$$

$$Nbs = 4$$

$$Nrb = \frac{4386.054}{260}$$

$$Nrb = 16.86 \sim 17$$

$$Nrb = 17$$

$$Nb = 17 \times 4$$

$$Nb=68$$

$$Cbr = 16 \times 260$$

$$Cbr = 4420Ah$$

> Détermination de l'onduleur

La puissance d'un onduleur est exprimée en V.A., ou en Volts Ampères un facteur de puissance $\cos \varphi = 0.8$

$$S = \frac{P}{\cos \rho}$$

$$S = \frac{4628 \times 1.3}{0.8}$$

$$S = 7520.5VA$$

> Détermination de la section des câbles

Le courant est alternatif monophasé avec un cos fi = 1 la chute de tension donné par le constructeur est 2%. Le conducteur est en cuivre ρ =0.0171

- Entre les panneaux et le régulateur D = 4m

$$I = \frac{Pc}{Upanneau}$$

$$I = \frac{260}{24}$$

I = 8.92 A

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{DU}}{\mathbf{I}'}$$
 avec I' = Nch x I

$$I' = 50 \times 8.92$$

I' = 446A

$$R = \frac{0.02 \times 48}{446}$$

 $\mathbf{R} = 0.00215\Omega$

$$S = \frac{0.0171 \times 2 \times 4}{0.00215}$$

$$S = 63.63 \text{mm}^2 \sim 70 \text{mm}^2$$

Entre le régulateur et la batterie D = 8m

$$I = Ib \times Nrb \text{ avec } Ib = \frac{c}{c20}$$

$$Ib = \frac{260}{20}$$

$$Ib = 13A$$

$$I = 13 \times 17$$

I = 221A

$$R = \frac{0.02 \times 48}{221}$$

 $\mathbf{R} = \mathbf{0.00434}\mathbf{\Omega}$

$$S = \frac{0.0171 \times 2 \times 8}{0.00434}$$

$$S = 63.04 \text{mm}^2 \sim 70 \text{mm}^2$$

- Entre la batterie et l'onduleur L = 5m

$$I = \frac{Pond}{Usystème}$$

$$I = \frac{4268 \times 1.3}{48}$$

I = 115.59A

$$R = \frac{0.96}{115.59}$$

 $\mathbf{R} = 0.0083\Omega$

$$S = \frac{0.0171 \times 2 \times 5}{0.0083}$$

 $S = 20.6 \text{mm}^2 \sim 25 \text{mm}^2$

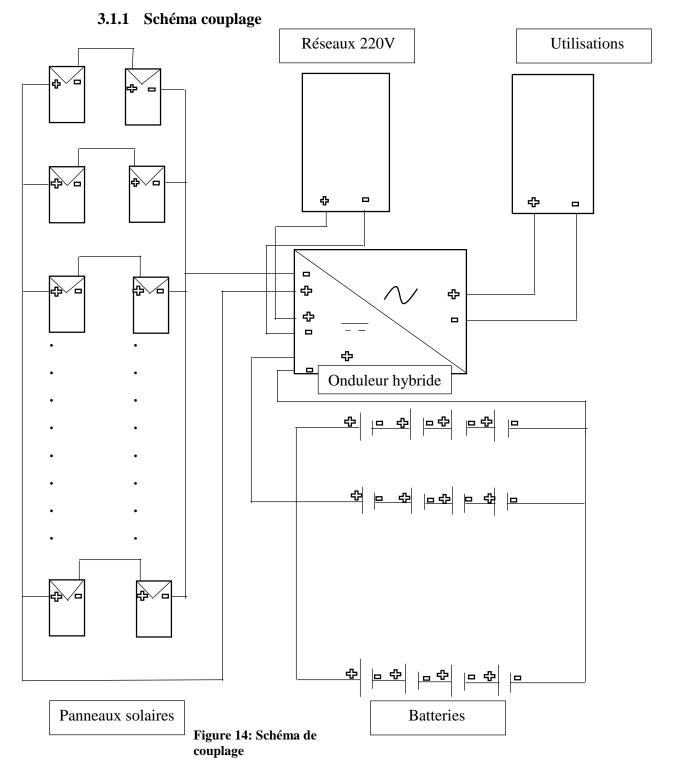
Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'effectuer le dimensionnement de l'ensemble des composants de notre installation à base des formules tout en tenant des différents facteurs qui peuvent influencer sur notre système. Ainsi, nous avons de 100 panneaux poly cristallins de $260W_C$; 68 d'accumulateurs solaire de 12 V / 260Ah; 2 onduleurs hybride de 5KVA, des sections de câbles (70mm^2 ; 25mm^2 ...).

Chapitre 3 : Couplage entre réseaux et solaire photovoltaïque

Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque (PV) est en forte croissance depuis quelques années car c'est une source inépuisable, non polluante pour l'environnement, silencieuse et non dérangeante pour les riverains. Au SENEGAL, le développement rapide de l'énergie solaire est apparu progressivement sous forme d'installations de petites puissances raccordées au réseau à Basse Tension (BT) et de fermes solaires connectes directement au réseau a Moyenne Tension.



3.1.2 Réalisation













Figure 15:Schéma de réalisation

Conclusion

En somme, une installation photovoltaïque couplée au réseau est sûrement l'investissement le plus rentable que de raccorder directement votre installation avec le réseau (ici la SENELEC).

Chapitre 4 : Coûts et Maintenance

Introduction

Pour qu'une machine dure longtemps et fonction bien, elle a besoin d'entretien et de maintenance.

La maintenance est l'ensemble des opérations d'entretien d'un matériel technique. Elle est divisée en deux parties la maintenance préventive et la maintenance corrective. Comment se fera cette maintenance ? Et quel est le prix de chaque appareil ?

Ce chapitre explique la maintenance de chaque appareil et l'estimation de l'installation.

4.1. Maintenance

4.1.1. Panneaux solaires

L'entretien du champ consiste principalement en la vérification visuelle du champ :

Contrôle visuel

- Contrôle visuel de la propreté des modules: nettoyage fréquent des modules tôt le matin ou le soir
- Si les panneaux sont installés sur le toit, il faut une échelle pour y accéder.
- On utilisera un chiffon doux et propre avec de l'eau.
- On essuiera doucement la surface des panneaux en partant du haut vers le bas.
- On s'assurera qu'il n'y a plus de trace de poussière.
- On évitera de marcher sur les panneaux ou de s'y appuyer.
- Contrôles des fixations des modules : vérification de la visserie antivol en cas de corrosion ou d'infraction : resserrer si possible et les enduire ci nécessaire de dégrippant.
- ❖ Contrôle des boîtiers de jonction : présence d'eau, ou d'insectes : vérifier l'étanchéité des boîtiers si nécessaire resserrer les presse-étoupe où les remplacer.
- 1. Contrôle de présence d'ombre portée sur les modules : coupe des branches d'arbre.
- 2. Nettoyez avec de l'eau, tôt le matin ou tard le soir (évitez savon ou détergents).
- 3. Vérifiez si le panneau est toujours fixé, orienté et incliné correctement.
- 4. Vérifiez d'éventuelle décoloration de cellules, bris de vitres ou corrosion des connections entre cellules.
- 5. Vérifiez l'absence d'ombre portée (ex : nouveau bâtiment, arbre ayant poussé, antenne TV).
- 6. Vérifiez si l'arrière du panneau n'est pas encombré de nids d'oiseaux ou d'insectes, enlevez-les dans tous les cas.
- 7. Vérifiez si la ou les boites de jonction son bien étanches.

- 8. Dans le cas où le support du module est relié à terre vérifiez sa continuité depuis le module jusqu'au piquet de terre.
- 9. Resserrez toutes les connexions.

4.1.2. Onduleur

Elle peut varier selon les conditions d'utilisation de votre onduleur.

L'entretien de l'onduleur peut aussi impacter la durée de vie de sa batterie. On pourrait cependant estimer la durée de vie de la batterie d'un onduleur entre 3 et 5 ans, selon les facteurs impactant l'onduleur.

- Vérification visuelle de l'état de l'appareil et de son environnement
- Contrôle des performances et du fonctionnement général;
- Nettoyage, dépoussiérage ;
- Vérification et réglage des éléments électriques ;
- Remplacement périodique des pièces d'usure : batteries (Pb, Plomb ouvert, ...), ventilateurs, condensateurs, cartes électroniques.... [20]

4.1.3. Batteries

- **Contrôle visuel de la propreté du local des batteries**
- **Contrôles visuels des batteries :**
- Des différences de couleurs
- De dépôts de sédiments dans les cuves des éléments,
- Vérifier les connexions des éléments
- Fissures des éléments.
- Les fuites d'électrolytes
- Fuites d'électrolyte : avec un chiffon, nettoyer les dépôts d'électrolyte sur les bacs des éléments. Pour ce faire, utiliser uniquement de l'eau propre exempte de tout additif.

Les fuites d'électrolyte peuvent causer des défaillances massives de batterie lorsque le courant sortant d'un élément passe dans l'électrolyte d'un autre. La formation de dépôts de matériaux conducteurs peut causer des arcs électriques et des explosions d'éléments.

Une des causes de la mauvaise performance des batteries est la corrosion des bornes et des connexions. La corrosion provoque la défaillance des bornes ou d'une rupture d'éléments.

En cas de corrosion des connexions, effectuer les opérations suivantes :

- Isoler batterie du champ, de l'onduleur (régulateur de charge).
- Isoler l'élément ou les éléments concernés (selon les prescriptions du constructeur).
- Nettoyer la connexion ou la borne corrodée à l'aide d'une brosse métallique.
- Appliquer une mince couche de graisse anti corrosion haute température.
- Raccorder l'élément et serrer les connexions (selon les prescriptions du fabricant).
- Rebrancher la batterie dans le circuit du régulateur de charge et aux modules.

Contrôle du niveau d'électrolyte :

- Contrôler le niveau d'électrolyte dans chacun des éléments. Si le niveau de l'électrolyte dans un élément n'est pas au bon niveau, ajouter de l'eau distillée jusqu'au niveau haut du marquage de niveau.
- A l'aide d'un équipement propre (entonnoir), ajouter lentement de l'eau distillée dans l'élément jusqu'au niveau haut du marquage.
- Enregistrer le numéro de l'élément ainsi que la quantité d'eau ajoutée.
- La conservation d'eau doit se faire dans des récipients adéquats.
- Des récipients adéquats sont en verre, ébonite, polyéthylène, polypropylène, PVC ou autres matières plastiques. Les tubes doivent être composés de PVC, gomme ou polyéthylène.
- Les récipients métalliques peuvent provoquer la dissolution d'ions métalliques et sont par conséquent à éviter.
- Les récipients en verre peuvent provoquer la dissolution d'alcalins et de l'acide silicique. Ceux-ci ne sont pas nuisibles et se trouvent dans les résidus d'évaporation.
- Il est recommandé de toujours garder l'eau purifiée dans des récipients étanche à l'air.
- Outres ces opérations déjà effectuées trimestriellement, des mesures précises de densité et de la tension à vide des éléments seront effectuées annuellement.
- Il est préférable de disposer de gants, d'une paire de lunettes de protection et d'une bassine d'eau pour laver d'éventuelles projections d'électrolyte.

- 1. Commencez toujours par demander à l'usager :
- O S'il ou elle a de l'eau distillée en stock, et en quelle quantité.
- Si de l'eau distillé a été rajoutée, quelle quantité et dans quelles cellules de la batterie.
- o Si le niveau d'électrolyte est au-dessus des plaques.
- o D'où provient l'eau distillée.
- o Dans quel récipient était-elle stockée.
- o S'il pense que la batterie est fatiguée et pourquoi.
- 2. Arrêtez la charge de la batterie (ex : déconnectez le câble du panneau solaire au niveau du régulateur et éteignez tous les récepteurs ; attendez environ 30 minutes avant toute mesure).
- 3. Profitez de ce temps pour effectuer un contrôle visuel afin de détecter d'éventuelles fuites d'électrolyte. Nettoyez et séchez le dessus des batteries.
- 4. Enlevez les bouchons et vérifiez qu'aucune poussière ou corps étranger ne soit tombé dans les cellules. S'il y en a, essayez de les enlevez sans utiliser d'outil métallique.
- 5. Mesurez et notez la tension de circuit ouvert.
- 6. Mesurez la valeur de la densité et la température de l'électrolyte :
- O Dans chaque cellule de la batterie, pompez une fois, rejetez le contenu pompé.
- O Dans la même cellule. Pompez une seconde fois et lisez la valeur de la densité.
- Rejetez l'électrolyte dans la cellule ou vous l'avez pompé (ne pas mélanger l'électrolyte avec celui d'une autre cellule).
 - 7. Si la batterie est en bon état (vérifiez avec les données du fournisseur), reconnectez- la au panneau.
 - 8. Vérifiez le niveau d'électrolyte.
 - 9. Si nécessaire, ajoutez de l'eau distillé avec un entonnoir en plastique (ne touchez pas les plaques avec l'entonnoir sous peine de les endommager). Ne remplissez JAMAIS une batterie avec de l'eau distillée si elle est déchargée. Rechargez-la d'abord.
 - 10. Remettez chaque bouchon de cellule en vous assurant que le trou de ventilateur n'est pas obstrué.
 - 11. Nettoyez les bornes avec du papier de verre ou une brosse

métallique si nécessaire.

- 12. Graissez avec de la vaseline les bornes de la batterie (afin d'éviter la corrosion) et reconnectez les câbles.
- 13. Mesurez la tension aux bornes de la batterie avec une charge standard, puis laissez la batterie se recharger.

4.1.4 Régulateur

Procédure de maintenance du régulateur

- 1. Nettoyez le coffret du régulateur avec un chiffon propre et sec. La poussière et les nids d'insectes peuvent réduire le refroidissement du régulateur.
- 2. Assurez-vous que le boîtier soit bien fixé.
- 3. Enlevez le couvercle. Cela peut s'avérer impossible sur certains régulateurs.
- 4. Vérifiez qu'aucune chaleur excessive n'est émise par un composant, une connexion ou un fusible. Vérifiez qu'aucun câble n'ait été ajouté. Vérifiez et resserrez chacune des connexions.
- 5. Vérifiez que les indicateurs et voyants (ex : LED ou voltmètres) donnent de s informations cohérentes (en particulier en fonction de la tension de la batterie).
- 6. Vérifiez que les valeurs de seuils de coupure et de reconnexion des utilisations sont conformes avec les valeurs indiquées sur la notice du constructeur.
- 7. Vérifiez que les valeurs de seuils de tension en fin de charge sont en conformité avec valeurs indiquées sur la notice du constructeur.
- 8. Allumez quelques récepteurs. Puis, aux bornes du régulateur, comparez la tension du panneau à celle de la batterie au cours de la charge. La tension du panneau doit être supérieure à celle de la batterie (de 0,1 à 1 V maximum). Une

astuce consiste à avoir une batterie étanche de faible capacité (ex : 7Ah-12 V) dans sa boite à outils. Il suffit de la connecter en lieu et place de la batterie du client (e) et de faire les tests (seuils limitant la décharge et seuils de fin de charge).

Une autre astuce (l'idéal) est de posséder une alimentation stabilisée qui permet de faire varier artificiellement la tension à l'entrée du régulateur.

Il est souhaitable de réaliser la maintenance par temps ensoleillé et à environ deux heures de l'après-midi solaire (14h00). Il est alors probable que la batterie sera enfin de charge. Mesurez alors cette tension aux bornes de la batterie. La mesure doit être comparée avec la valeur de la notice technique en tenant compte de la compensation en température.

- 9. Aux bornes des régulateurs, comparez la tension de la batterie à celle du circuit des récepteurs, avec au moins un récepteur en fonctionnement. La tension de la batterie doit être supérieur à celle du circuit des récepteurs (de 0,1à 0,5 V).
- 10. Vérifiez et resserrez une dernière fois les connexions.

4.1.5 Récepteurs et Câbles

Procédure de maintenance des récepteurs et câbles

Recommandation pour les récepteurs

Chaque type de récepteur a des besoins spécifiques d'entretien et il n'est pas possible de détailler chacun d'entre eux dans ce manuel, toutefois, d'une manière générale :

- Vérifiez si de nouveaux récepteurs ont été connectés, en plus de ceux initialement prévus.
- Nettoyez et dépoussiérez les différents récepteurs (ex : les lampes) avec
 l'usager ; Resserrez toutes les connectaient.
- Mesurez la consommation des récepteurs si le client se plaint que sa batterie est toujours déchargée. Tout risque de surconsommation entraîne la réduction de la durée de vie de la batterie. Avec un multimètre, mesurer le courant consommer par l'appareil et sa tension d'alimentation, et en déduire la puissance (P=UxI). La comparé avec les indications indiquées au dos de l'appareil.

Mesurez les chutes de tension dans les câbles.

Les opérations de maintenance et leur fréquence sont résumés dans le suivant <u>Tableau</u> 4.1 : Tableau de la maintenance

	Hebdomadaire-Mensuel	Semestriellement				
	De manière assidue :	- Inspection visuelle				
	- Nettoyage	- Vérifier les connexions électriques				
	- Élimination des ombres	et la pose de câbles				
Panneaux	- Inspection visuelle	- Mesure des caractéristiques				
		des panneaux				
	De manière assidue :					
	- Inspection visuelle					
	Mensuellement:					
	- Nettoyage	- Mesure de la tension sans charge				
	- Surveiller la corrosion	des éléments				
Batteries	- Surveiller le niveau de la					
		- Inspection visuelle				
	De manière assidue : -	- Vérifier les connexions et la pose				
Régulateurs	Inspection visuelle	de câbles				

4.2. Coûts

4.2.1. Coûts du système solaire

Le tableau ci-dessous illustre les prix et le nombre des différents appareils nécessaires de l'installation. Pour obtenir les prix de ces appareils je suis partie sur le site de vente en ligne.

Tableau 4.2: Devis de l'installation

	Nombre	Prix (FCFA)	Prix total
Panneau solaire (24v / 260Wc)	100	90 000F CFA	9 000 000C CFA
Batterie (12v / 260ah)	68	233 500F CFA	15 878 000F CFA
Câble (2×1.5 mm²) avec MC4	50	6 500F CFA	325 000F CFA

Câble (70 mm²)	2×4	6 000F CFA	48 000F CFA
Câble (70mm²)	2×8	6 000F CFA	96 000F CFA
Câble (25mm²)	2×5	2 000F CFA	20 000F CFA
Onduleur hybride 5KVA	2	655 000F CFA	1 310 000F CFA
Boitier de raccordement	1	65 000F CFA	65 000F CFA
Total		,	26 742 000F CFA

4.2.2. Coûts de l'installation du réseau électrique

Le devis de l'installation électrique a été estimé à 1 759 050F CFA

Conclusion

Comme pour toute installation de production, il est nécessaire dans le cas d'une installation solaire de prévoir une maintenance dès la conception du projet. La présence d'un professionnel spécialiste du solaire est indispensable pour garantir des performances durables et assurer une maintenance de qualité. L'action préventive est ainsi limitée à la faveur d'opérations correctives, révélées par le suivi.

En plus de cela, il nécessaire de souligner que la somme d'investissement est important, mais il est très rentable.

Conclusion générale

Le but de ce travail est de mettre en relief l'alimentation photovoltaïque et le réseau. Comment sont constitués son fonctionnement, sa maintenance et son accessibilité au Sénégal ? Il a d'abord fallu mettre en évidence les différents systèmes d'alimentation en énergie électrique : l'alimentation photovoltaïque et le réseau.

Ce type de système est constitué de panneaux solaires, de batteries et d'un onduleur hybride qui peut être remplacé par un régulateur accompagné d'un convertisseur.

Grace à la puissance de l'installation par le biais d'un cahier de charge a été établi son dimensionnement et comment entretenir les différents éléments de l'installation cités au préalable.

Bien qu'ayant développé le système solaire, il n'en demeure pas moins que son accessibilité au près des particuliers n'est pas chose facile compte tenu du prix des différents appareils qui le composent.

L'étude de ce mémoire nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le câblage domestique mais surtout le choix et l'installation de ses composants.

Bibliographie

[1]	S. L. Falher, « hellowatt, » OVH, [En ligne]. Available: https://www.hellowatt.fr/. [Accès le 12 avril 2020].
[2]	« ENGIE, » ENGIE France Service Clients, 12 mai 2017. [En ligne]. Available: https://mypower.engie.fr/. [Accès le 20 avril
[3]	2020]. E. &. Melec, « Distribution HTA, » Septembre 2017. [En ligne]. Available: http://lycees.ac-
[4]	rouen.fr/. [Accès le 3 mai 2020]. « Ooreka, » la société Solocal, [En ligne]. Available: https://www.ooreka.fr/. [Accès le 4 mai 2020].
[5]	« eco infos énergies renouvelables,» 3 Janvier 2020. [En ligne]. Available: https://www.les-energies-renouvelables.eu/. [Accès le 9 avril
[6]	2020]. K. MEHDI, Etude d'un système de conversion éolienne connecté, UNIVERSITE BADJI- MOKHTAR –ANNABA, 2018-2019.
[7]	« BATTERIE ONDULEUR, » [En ligne]. Available: https://onduleur-maintenance.fr/. [Accès le 4 juin 2020].
[8]	K. Momar, SYSTÈMES SOLAIRES INDIVIDUELS, Dakar.
[9]	« Schema electrique.net, » voclin, 5 juillet 1996. [En ligne]. Available: https://schema-electrique.net/. [Accès le 5 juillet 2020].
[10] [11]	Manuel de formation pour l'Installation. C. Aslanian, « Phiseo, » [En ligne]. Available:
[12]	http://www.phiseo.fr/. [Accès le 16 mai 2020]. « Bender, » Bender Benelux B.V, [En ligne]. Available: https://www.benderbenelux.com/.
[13]	[Accès le 3 mai 2020]. D. Barbeau, « Bricoleur Pro, » Société My Beautiful Company, 26 Novembre 2019. [En ligne]. Available: https://bricoleurpro.ouest-
[14]	france.fr/contact.html. [Accès le 4 mai 2020]. « Onduleur, » 2016. [En ligne]. Available: https://choisir-onduleur.info/. [Accès le 4 juin 2020].
[15]	ENERGIEDOUCE SAS, 7 Juin 2005. [En ligne]. Available: https://www.energiedouce.com/. [Accès le 6 juin 2020].

ANNEXES

• Caractéristique de la batterie

BATTERIE SOLAIRE 12 V - 260 AH / TMS12-260 ACEDIS

Code: TMS12-260 ACEDIS) En stock chez le fournisseur Livré chez vous en 5 jours

Batterie solaire 12 V - 260 Ah / TMS12-260 ACEDIS LIVRÉE AVEC ACIDE Capacité

nominale à C100 : 260 Ah L x l x H : 518 x 273 x 240 mm Poids : 61 kg Poids Sans électrolyte

: 41,48Kg **Garantie = 1 an**

Fabriquée en Union Européenne

ACEDIS

• Le rayonnement à Dakar

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	0	N	D	Moyenne Annuelle
% rayonnement direct	78	76	71	70	73	60	53	46	60	66	67	71	66
% rayonnement diffus	22	24	29	30	27	40	47	54	40	34	33	29	34
rayonnement global kwh/m²/J	5,42	6,07	6,49	6,83	7,01	6,54	5,78	6,74	5,64	5,61	5,03	4,84	5,83