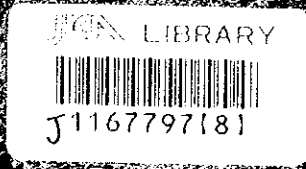


Association d'apprentissage des techniciens industriels (AATCI)
Ministère des Ressources humaines et du Travail (MAMOT)
Association des techniciens industriels du Québec (ASTIQ)
République du Bénin

Le Plan de l'Exécution du Programme National de Formation en République du Bénin

Ministère de l'Éducation
et de la Formation Professionnelle



Ministère de l'Éducation
et de la Formation Professionnelle

Ministère de l'Éducation
et de la Formation Professionnelle

52
64
MP

1981

Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)
Ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Hydraulique (MMEH)
Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER)
République du Sénégal

**L'Étude du Plan d'Électrification
Rurale par voie Photovoltaïque
en République du Sénégal**

**Manuel des Gestion
des Systèmes Photovoltaïques**

Mars 2002

KRI International Corp.
The Institute of Energy Economics, JAPAN

Cours de change

(Février 2002)

US\$=¥ 133.74

US\$=7.54 FF

Euro=US\$ 0.87

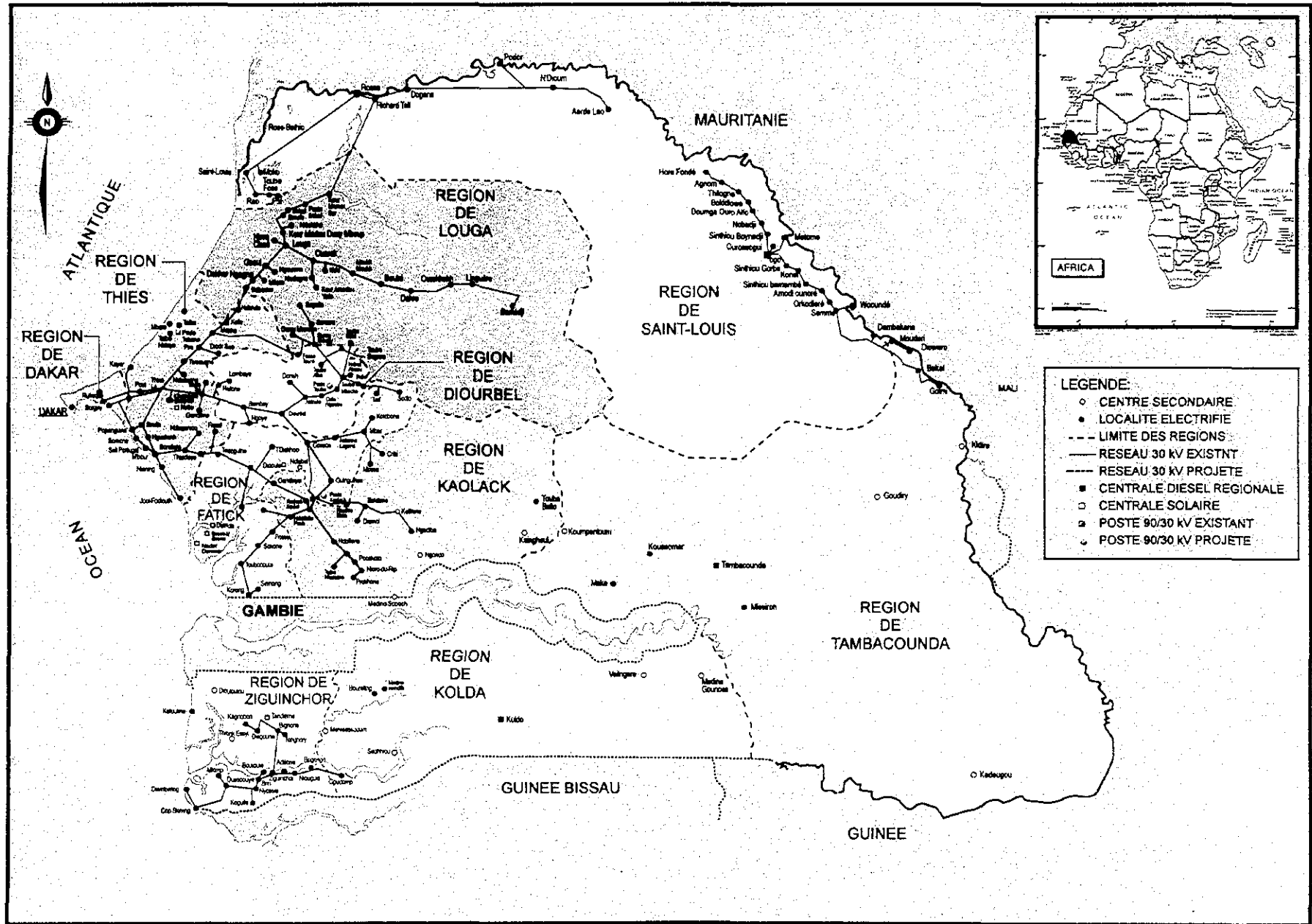
(Euro=6.56 FF)

FF=100 CFA (FF: French francs)

CFA=¥ 0.177



116779718}



CARTE L'EMPLACEMENT

Table des Matières

	<u>Page</u>
Chapitre 1 Manuel de gestion des systèmes photovoltaïques	1-1
1.1 Objectifs et Contraintes.....	1-1
Chapitre 2 Manuel de l'Usager	2-1
2.1 Principe de la Technologie Photovoltaïque (PV).....	2-1
2.2 Système Photovoltaïque Solaire.....	2-1
2.3 Manuel de l'Usager.....	2-5
Chapitre 3 Manuel de l'opérateur	3-1
3.1 Manuel de Planification de l'Electrification Rurale par voie de SPF.....	3-1
3.2 Manuel de Mise en Oeuvre du Projet.....	3-37
Chapitre 4 Manuel de Mise en Oeuvre destiné aux Institutions Gouvernementales Concernées	4-1
4.1 Phase Préparatoire la Mise en Oeuvre [Evaluation de la proposition]....	4-2
4.2 Phase de Mise en Oeuvre [Inspection et Suivi du Projet].....	4-16

Liste des Tableaux

Tableau 1.1	Objectifs du PASER.....	1-1
Tableau 3.1	Exemples concrets d'utilisation du système photovoltaïque dans des pays en voie de développement.....	3-3
Tableau 3.2	Estimation de la demande latente des régions	3-10
Tableau 3.3	Nombre de lampes dans les ménages.....	3-11
Tableau 3.4	Possession d' appareils électriques(%).....	3-12
Tableau 3.5	Exemple de Consommation Electrique.....	3-13
Tableau 3.6	Ensoleillement au Sénégal (Horizontal à 15°).....	3-14
Tableau 3.7	Capacités du Module Photovoltaïque et de la Batterie	3-15
Tableau 3.8	Répartition des Dépenses pour l'Eclairage et les Piles Sèches selon Le Revenu Annuel et Nombre d'individus par Ménage	3-16
Tableau 3.9	Comparaison du système de vente au comptant et de la méthode ESCO pour la mise en œuvre de l'électrification rurale par voie photovoltaïque.....	3-18
Tableau 3.10	Caractéristiques des batteries	3-22
Tableau 3.11	Durée de vie et Coût Approximatif des Batteries	3-23
Tableau 3.12	Caractéristiques des Lampes Fluorescentes et des CFL	3-23
Tableau 3.13	Exemple du Coût de Gestion	3-27
Tableau 3.14	Le Rôle du Personnel dans l'Organisation de la Gestion et Profil de l'Emploi	3-27
Tableau 3.15	Exemple du Coût d'Amortissement Annuel	3-28
Tableau 3.16	Estimation du Coût des Systèmes de 50 à 150 W (An 2000).....	3-33
Tableau 3.17	Options proposées dans le cadre du projet pilote de la JICA	3-39
Tableau 3.18	<i>Noms des Ateliers de la FOPEN-SOLAIRE et leur Localisation...</i>	3-41
Tableau 3.19	Programme de la formation de base dispensée au technicien PV...	3-42
Tableau 3.20	Composantes du système PV	3-43

Liste des Schémas

Schéma 2.1	Production d'énergie solaire (IEA PVPS Home Page).....	2-1
Schéma 2.2	Système photovoltaïque solaire	2-2
Schéma 2.3	Module PV (Panneau solaire)	2-2
Schéma 2.4	Batterie.....	2-3
Schéma 2.5	Régulateur de Charge.....	2-4
Schéma 2.6	Lampe fluorescente	2-4
Schéma 2.7	Instructions relatives au nettoyage du module PV	2-6
Schéma 2.8	Etat du système indiqué par le Régulateur de Charge	2-7
Schéma 2.9	Protection du caisson de la batterie.....	2-7
Schéma 2.10	Instructions relatives au remplacement des ampoules	2-8
Schéma 2.11	Indication des polarités de prises TV et Radio	2-9
Schéma 2.12	Modèle d'utilisation , Type 1	2-10
Schéma 2.13	Modèle d'utilisation , Type 3	2-11
Schéma 3.1	Marché Photovoltaïque (It-Power).....	3-2
Schéma 3.2	Modèle de mise en oeuvre d'un projet d'électrification par voie de SPF	3-8
Schéma 3.3	Représente les Modèles Ruraux d'Approvisionnement en Energie par le ISES Fraunhofer Institut Solare Energie Systeme.	3-17
Schéma 3.4	Types de Cellules Solaires	3-20
Schéma 3.5	Prix de Distribution des modules PV en 1999	3-24
Schéma 3.6	Prix de Distribution la batterie en 1999. Etude Provisoire de la JICA.	3-25
Schéma 3.7	Prix de Distribution du Régulateur de Charge en 1999.	3-25
Schéma 3.8	Prix de Distribution de la lampe fluorescente en 1999.	3-26
Schéma 3.9	Plan de Mise en Œuvre	3-37
Schéma 4.1	Modèles de recouvrement et de gestion des fonds	4-13

Abréviation

AC	: Alternative Current
ADER	: Association Senegalaise pour le Developement de l'Electrification Rurale
ASER	: Agence Senegalaise d'Electrification Rurale
BCEAO	: Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CERER	: Centre d'Etudes et Recherches sur les Energies Renouvelables Center of Study and Research on Renewable Energy
CFL	: Compact Fluorescent Light
CMS	: Senegalease Mutual Credit Fund
CNCAS	: Caisse Nationale de Credit Agricole
CNES	: Confederation Nationale des Employeurs du Senegal
CNQP	: Centre National de Qualification Professionnelle
CR	: Communaute Rurale
CRSE	: Commission de Regulation du Secteur de l'Electricite
DAST	: Scientific and Technical Affairs Delegation
DC	: Direct Current
DFI	: Decentralized Financing Institutions
DFS	: Decentralized Financing Systems
D/G	: Diesel Generator
ERIL	: Electrification Rurale d'Initiative Locale
ESCO	: Energy Service Company
FAO	: Food and Agriculture Organization
FEM	: Fonds de l'Environnement Mondial
F/L	: Fluorescent Light
FOPEN	: Federation des Organisations pour la promotion des Energies Nouvelles Federation of Organization for Promotion of New Energy
GDP	: Gross Domestic Product
GIS	: Geographical Information System
GPS	: Geographical Positioning System
GTZ	: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH
HVD	: High Voltage Disconnection
IDA	: International Development Agency
IEA	: International Energy Association
IPP	: Independent Power Producer
ISN	: Institute of Senegal National Standard

LV	:	Low Voltage
MMEH	:	Ministere des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique
NGO	:	Non Governmental Organization
ODA	:	Official Development Assistance
OJT	:	On the Job Training
O&M	:	Operation & Maintenance
PASER	:	Plan d'Action Senegalais d'Electrification Rurale
PCM	:	Project Cycle Management
PDM	:	Project Design Matrix
PLE	:	Plan Locale d'Electrification (LEP)
PPER	:	Programme Prioritaire d'Electrification Rurale
PPMC	:	Pilot Project Management Committee
PTIP	:	Programme Triennal d'Investissements
PV	:	Photovoltaic
RESCO	:	Regional Energy Service Company
ROE	:	Return on Equity
SEMIS	:	Services de l'Energie en Milieu Sahelien
SFD	:	Systemes Financiers Decentralises
SHS	:	Solar Home System
SPF	:	System Photovoltaïque familial
UCAD	:	University of Dakar
UNDP	:	United nations Development Program
VUA	:	Village Users Association
WB	:	World Bank
WHO	:	World Health Organization

Unit

mm	:	millimeter
m	:	meter
km	:	kilometer
El.m	:	Elevation in meter
l/s	:	liter per second
m/s	:	meter per second
m ³ /s	:	cubic meter per second
mm ²	:	square millimeter

km ²	:	square kilometer
mg	:	milligram
ton, t	:	metric ton
V	:	Volt
W	:	Watt
kW	:	kilowatt
MW	:	Megawatt
Wp	:	Watt peak
kWp	:	kilowatt peak
GWh	:	Gigawatt hour
kWh	:	Kilowatt hour
MVA	:	Megavolt ampere
KVA	:	Kilovolt ampere
Ah	:	ampere hour
Hz	:	Hertz
RPM	:	Revolution (revs) per minute
%	:	Percentage

Currency Unit

CFA	:	Senegalese Currency
US\$:	US Dollar
M.US\$:	Million US Dollar
Euro	:	European Currency
Yen	:	Japanese Currency

CHAPITRE I MANUEL DE GESTION DES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES

1.1 Objectifs et contraintes

L'objet de ce chapitre est de fournir un manuel de mise en oeuvre de l'électrification rurale par voie photovoltaïque au Sénégal.

Le manuel s'adresse (i) aux Usagers, (ii) aux Entreprises d'électrification ou Opérateurs de projet et (iii) aux Institutions Gouvernementales.

Présentement, le Gouvernement sénégalais a changé sa politique ; de sorte à mettre en oeuvre l'électrification rurale, à travers la rétrocession de la SENELEC à des entreprises privées et la répartition des zones non-électrifiées du Sénégal en concessions. Un tel programme a été mis en place dans la perspective d'une intervention active du secteur privé.

L'ASER dont le manuel de procédures a été élaboré et publié, a été instituée agence d'exécution.

D'après ce manuel l'ASER a retenu trois méthodes fondamentales d'électrification rurale, à savoir (i) l'extension du réseau MT, (ii) les générateurs diesel autonomes alimentant un réseau de distribution en BT et (iii) le photovoltaïque (SPF) mais le programme d'électrification basé sur la diffusion des systèmes photovoltaïques n'est pas intégré.

Les objectifs en matière d'électrification sont décrits dans le PASER (Plan d'Action Sénégalais d'Electrification rurale). Ils sont représentés par le tableau ci-dessous:

Tableau 1.1 Objectifs du PASER

Type de Service	Actuel (2000)	Première Phase (2005)	Seconde Phase (2015)
Extension de la ligne MT	27.000	58.000 (+31.000)	80.000 (+22.000)
Diesel + réseau BT	—	26.000 (+26.000)	120.000 (+94.000)
SPF (PV)	3.000	20.000 (+17.000)	70.000 (+50.000)
Total	30.000	104.000 (+74.000)	270.000 (+166.000)
Ménages Ruraux	600.000	696.000	810.350
Taux d'électrification	5%	15%	33%

Il est prévu l'électrification d'un nombre total de 240.000 ménages à l'horizon 2015, dont 53.000 (22%) par extension de la ligne MT, 120.000 (50%) par option diesel/réseau BT et 67.000 (28%) par SPF, le pourcentage affecté à l'option SPF est assez élevé.

Le nombre de concessions sera fixé à environ 20 pour l'ensemble du Sénégal. Chaque concession devra assurer l'électrification d'environ 10.000 ménages, soit environ 3.000 SPF à installer.

Le choix du type de SPF à introduire ou celui du mode de distribution des SPF est laissé à la discrétion des concessionnaires.

L'ASER a fourni un autre plan d'électrification différent du programme des concessions. L'ERIL correspond à un projet d'électrification initié par une collectivité locale, dans une zone ou région limitée. ERIL (Electrification Rurale d'Initiative Locale).

C'est dans ce contexte que la JICA study team a mis en place le projet pilote ayant permis l'installation de 95 SPF sur l'île Mar et la gestion en a été confiée à un opérateur privé, selon les principes de la "vente de service" en vue de démontrer la factibilité du système ESCO au Sénégal.

Ce projet pilote va servir de modèle pour les projets ERIL ou pour la mise en œuvre des projets d'électrification par voie photovoltaïque dans cadre des concessions.

Les manuels présentés ici sont principalement inspirés de l'expérience et des résultats du projet pilote, ce sont:

- 1) Le Manuel de l'utilisateur: Inspiré du manuel de l'utilisateur fourni dans le cadre du projet pilote, portant sur des recommandations relatives au "mode d'utilisation des SPF", selon le modèle de la "vente de service".
- 2) Le Manuel des Entreprises d'électrification ou Opérateurs de projet: inspiré de la procédure de formulation et exploite le projet pilote, selon le modèle de la "vente de service".
- 3) Manuel des institutions Gouvernementales: inspiré du manuel de l'ASER ; concernant la mise en œuvre du programme de diffusion de systèmes photovoltaïques, définit le mode d'évaluation des requêtes de projets ERIL et la méthode d'étude et de monitoring de ces mêmes projets.

CHAPITRE 2 MANUEL DE L'USAGER

2.1 Principe de la technologie Photovoltaïque (PV)

Le principe de la technologie photovoltaïque est assez simple; le module photovoltaïque reçoit l'énergie solaire et la transforme en électricité et produit ainsi de l'électricité pendant que le soleil brille.

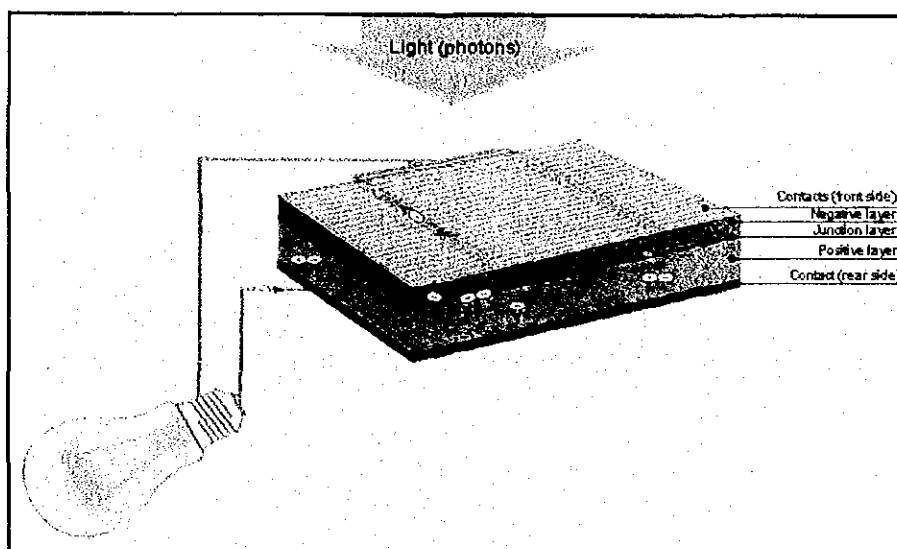


Schéma 2.1 Production d'énergie solaire (IEA PVPS Home Page)

2.2 Système Photovoltaïque Solaire

Le module PV peut produire de l'électricité pendant les heures d'ensoleillement alors que pour l'éclairage après le coucher du soleil il faut également de l'électricité. C'est pourquoi l'électricité produite pendant les heures d'ensoleillement doit être stockée dans une batterie. Pour que la batterie puisse fonctionner parfaitement, il faut un régulateur de charge. Le système photovoltaïque solaire comprend donc un module PV, une batterie, un régulateur de charge et les utilisations.

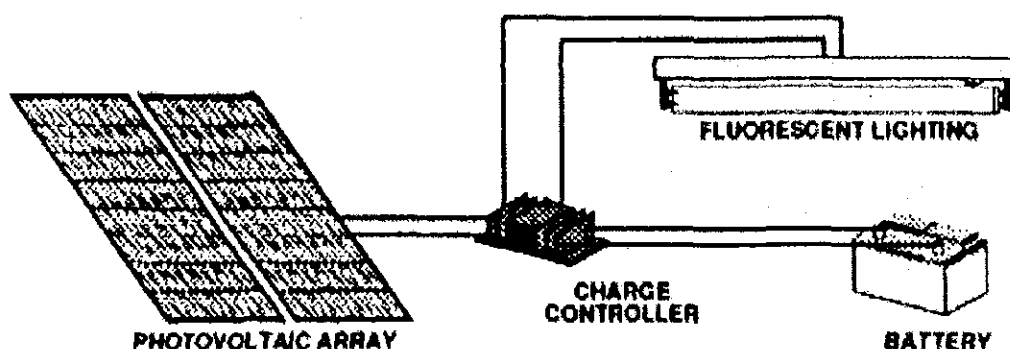


Schéma 2.2 Système photovoltaïque solaire

(1) Module PV (Panneau solaire)

Le module PV est constitué de cellules photovoltaïques permettant de capter la tension nécessaire à la charge de la batterie et également de fournir de l'électricité. D'habitude, la tension est comprise entre 15 et 18V et l'électricité générée entre 30 et 200W par module. Si l'on veut une plus grande capacité, il faudra connecter le nombre de modules nécessaire.



Schéma 2.3 Module PV (Panneau solaire)

(2) Batterie

La batterie permet de stocker l'énergie générée. Il y a plusieurs types de batteries mais les plus répandues sont les batteries au plomb-acide (le plomb pour les électrodes et l'acide sulfurique pour l'électrolyte).

La durée de vie de la batterie est déterminée par les conditions d'usage, les usagers devraient suivre les instructions du fabricant de batterie et celles de l'opérateur.

Le régulateur de charge protège la batterie en régulant les tensions en fonction des types de batterie, c'est pourquoi lorsqu'il s'agit de renouveler la batterie, il est recommandé de choisir une batterie de même taille que celle qui doit être remplacée.

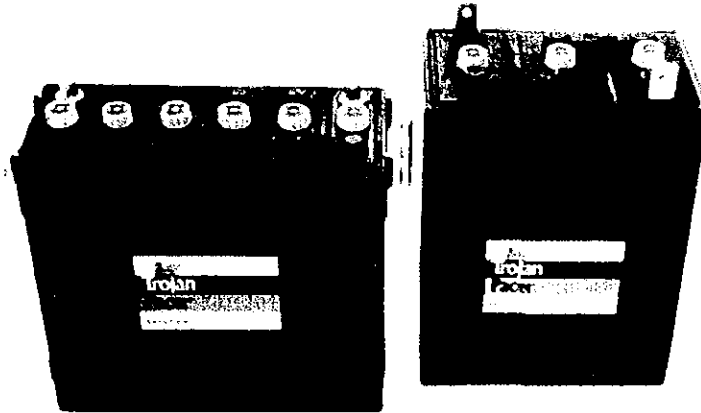


Schéma 2.4 Batterie

(3) Régulateur de Charge

Le régulateur de charge permet d'éviter les charges et décharges excessives et ainsi prolonge la durée de vie de la batterie. Durant le processus de charge de la batterie, lorsque la tension atteint la limite extrême, le régulateur coupe le courant de charge en provenance du module pour éviter toute surcharge et évaporation de l'électrolyte. Lors de la décharge lorsque la batterie atteint le seuil de tension le plus bas, le régulateur coupe l'alimentation des utilisations et empêche ainsi la décharge excessive et la détérioration des électrodes.

D'habitude, les régulateurs sont dotés de LED indiquant l'état de charge et également l'état de fonctionnement du système.

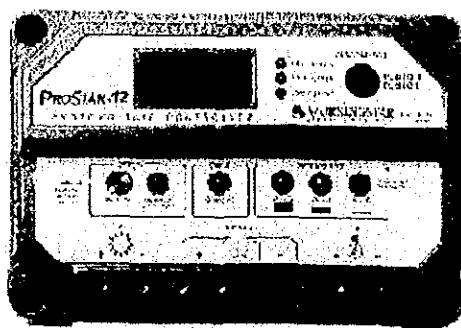


Schéma 2.5 Régulateur de Charge

(4) Les Utilisations

Les utilisations pour un système PV sont principalement les luminaires, radio, radiocassette et téléviseur (N/B) et ces dernières fonctionnent en courant continu. L'électricité produite est limitée, par conséquent les appareils doivent avoir une grande efficacité.

Les types de luminaires les plus connus sont les réglettes fluorescentes mais les lampes compactes ont été introduites dans le marché. Les téléviseurs utilisés sont en noir et blanc mais les usagers commencent à s'orienter vers les téléviseurs couleur dont la consommation est élevée par rapport à des systèmes de petite capacité.

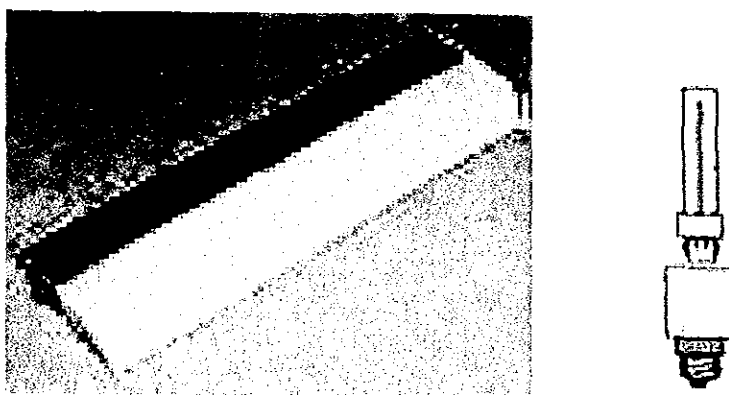


Schéma 2.6 Lampe fluorescente

2.3 Manuel de l'Usager

Ceci est le "Manuel de l'usager" destiné aux usagers du projet pilote. L'objet de ce manuel est de montrer aux usagers comment utiliser l'électricité produite par le module, selon le modèle de la "Vente de Service".

(1) Introduction

D'après les principes de la "Vente de Service", le service offert aux usagers constitue la contrepartie de la redevance payée à l'opérateur. L'opérateur assure le service électrique fourni à partir d'un SPF, dans la mesure où l'usager respecte les termes du contrat stipulant la responsabilité que l'usager a d'entretenir le système.

L'usager n'est pas autorisé à toucher à une seule partie du système ou à changer le câblage sans l'aval de l'opérateur.

(2) Nettoyement du Module PV

Il n'y a que deux saisons au Sénégal (la saison sèche et la saison des pluies) il y a également de petites précipitations (climat chaud et semi-aride). Du fait des faibles précipitations, il est peu probable que les pluies puissent laver le module.

De plus, à l'air libre les modules sont recouverts du sable emporté par le vent provenant de la zone saharienne. Dans ce contexte, l'usager de SPF ici au Sénégal doit nécessairement nettoyer la surface de son module au moins une fois par semaine afin de pouvoir optimiser la production énergétique du module. Plus la surface du module est propre et plus son rendement énergétique est grand.

L'usager doit veiller aux instructions suivantes lors de l'opération de nettoyage:

- Eviter d'étirer le câblage en montant sur le toit ;
- Eviter de peser de son poids sur le module;
- Utiliser un chiffon doux pour nettoyer le module;

Il est préférable, si possible, de laver le module PV à grande eau.

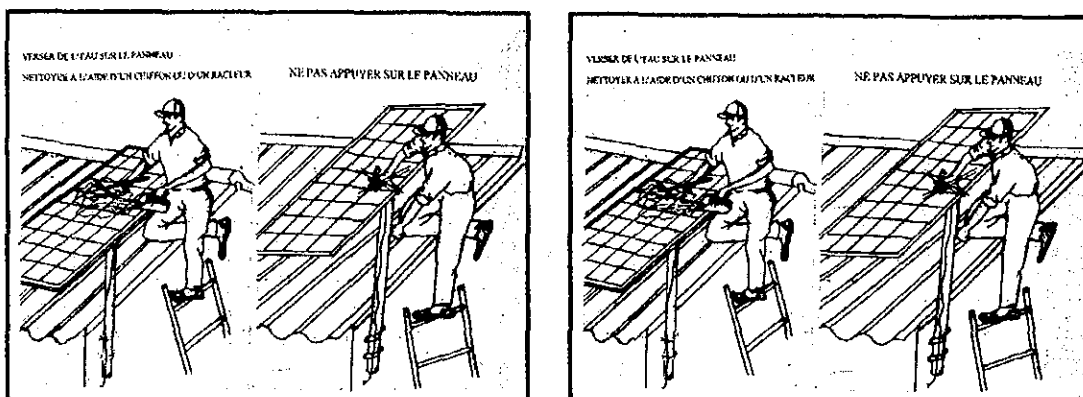


Schéma 2.7 Instructions relatives au nettoyage du module PV

(3) Inspection du Régulateur de Charge

L'utilisateur n'a pas besoin de regarder à l'intérieur du régulateur. Tout ce qu'il a à faire, c'est de regarder la couleur de l'indicateur à LED pour voir si le régulateur fonctionne bien ou non.

Les 2 LED du régulateur indiquent l'état de fonctionnement du système. Le LED du haut nous informe sur l'"Etat du système" et celui du bas sur l'"Etat de charge".

Lorsque le système fonctionne parfaitement le LED indiquant l'état de fonctionnement du système clignote vert. Si le clignotement du LED est d'une autre couleur (jaune ou rouge), l'utilisateur doit arrêter l'utilisation de son système et interpellé le technicien local.

Le LED d'indication de l'état de charge nous informe sur l'état de charge de la batterie.

Le LED change de couleur en fonction de la tension de la batterie, l'utilisateur peut ainsi connaître l'état de charge de la batterie.

VERT: La batterie est pleine. Le système est prêt à l'usage.

JAUNE: La batterie perd sa capacité. Il n'est pas nécessaire de couper le système mais il faut plutôt charger la batterie.

ROUGE: La batterie est vide. L'utilisateur doit arrêter l'utilisation jusqu'à ce que le LED redevienne vert.

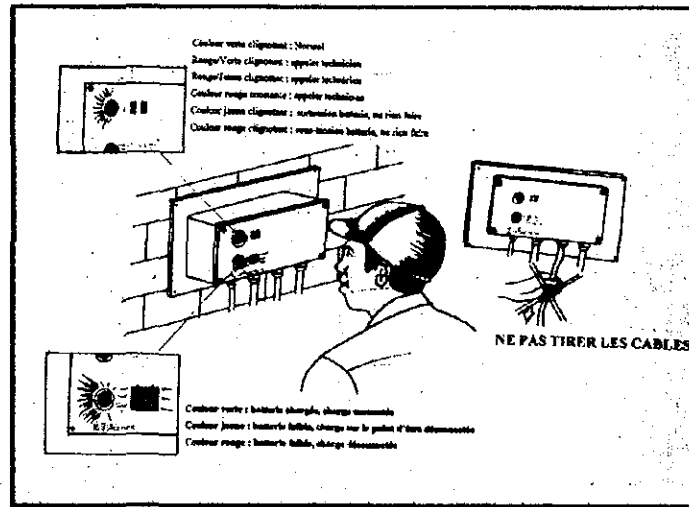


Schéma 2.8 Etat du système indiqué par le Régulateur de Charge

(4) Caisson de la Batterie

La batterie émet un gaz inflammable (hydrogène) lorsqu'elle atteint la pleine charge. Le caisson de la batterie est muni de trous d'aération permettant de dégager le gaz produit. Les usagers doivent s'assurer que ne pas placer le caisson de la batterie dans le voisinage des flammes et de ne pas obstruer les trous d'aération. Les usagers ne sont autorisés à toucher à la batterie. C'est pour quoi la clef du caisson de la batterie est laissée avec le technicien local.

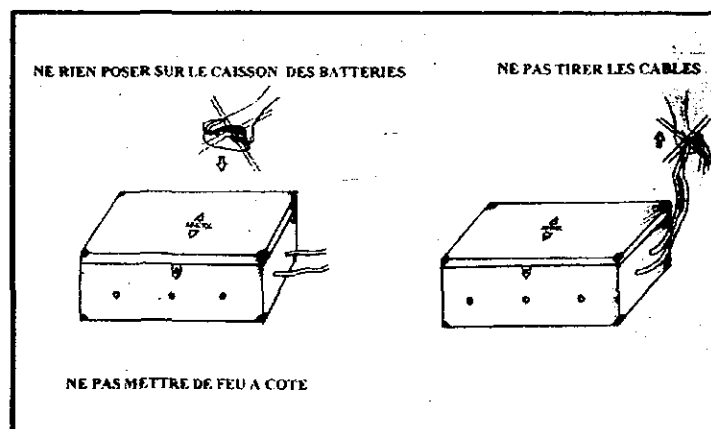


Schéma 2.9 Protection du caisson de la batterie

(5) Comment changer les ampoules des lampes

Le remplacement des ampoules n'est pas compris dans le service offert par l'opérateur. Les usagers doivent changer les ampoules à leurs propres frais.

1) Lampe Fluorescente

Pour enlever le couvercle, il faut le pincer en haut et en bas pour le décrocher et changer l'ampoule. Il faut tourner et tirer l'ampoule morte pour l'enlever de la réglette. Placer la nouvelle ampoule et tourner dans le sens inverse. S'assurer que le couvercle est replacer après remplacement de l'ampoule.

2) Lampe à LED

L'ampoule des lampes à LED est vissée à la douille. Lorsque l'utilisateur veut les remplacer, il lui suffit de dévisser l'ampoule et ensuite placer la nouvelle ampoule et revisser.

Même si les ampoules à LED sont compatibles avec les ampoules à incandescence, l'utilisation d'ampoules à incandescence sur les douilles de LED n'est pas autorisée, pour éviter le gaspillage d'énergie.

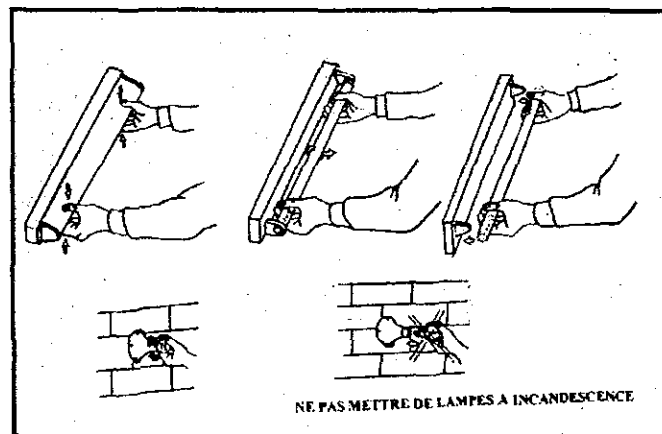


Schéma 2.10 Instructions relatives au remplacement des ampoules

(6) Prises TV et Radio

Les prises TV et Radio ont une forme spéciale pour éviter l'inversion des polarités. Le fournisseur fournit des détrompeurs. Tout usager souhaitant utiliser sa radio ou son téléviseur doit demander au technicien de lui installer le détrompeur.

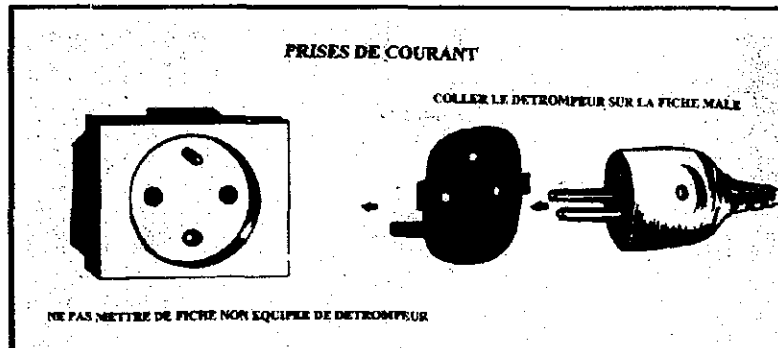


Schéma 2.11 Indication des polarités de prises TV et Radio

(7) Gestion de l'énergie par les usagers

Puisque la quantité d'énergie produite par le SPF est limitée, les usagers doivent apprendre comment le système se comporte en fonction des types d'usages afin de pouvoir gérer judicieusement l'énergie.

Le type de système installé dans le cadre du projet pilote est doté d'une production journalière de 180 Wh/jour. Ceci veut dire que l'utilisateur peut utiliser un téléviseur de 30W pendant six heures. Mais, en dehors du téléviseur aucune autre utilisation ne devra fonctionner en même temps. Pour pouvoir utiliser simultanément téléviseur et les lampes, l'utilisateur doit rationaliser le temps d'utilisation du téléviseur. Par exemple, si on allume un téléviseur de 30W pendant trois heures, le reste d'électricité disponible sera 90 Wh. Si l'utilisateur utilise une lampe de 8-W, celle-ci pourra fonctionner pendant 11 heures. Si l'utilisateur utilise cinq lampes de 8-W chacune, le temps d'utilisation sera de 2 heures environ.

L'utilisateur devrait se souvenir qu'une charge de 180Wh/jour n'est possible que pendant les jours ensoleillés, lorsque le ciel est nuageux ou en saison des pluies cette capacité diminue. Alors, la batterie stocke environ trois jours de charge au maximum. Lorsque la décharge dépasse ce niveau, le régulateur suspend la fourniture d'électricité jusqu'à ce que la charge effectuée ; lors des jours ensoleillés par le biais du module soit suffisante.

Voici le modèle d'utilisation

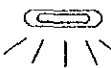


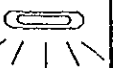

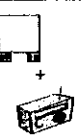





							 + <i>ou</i> 
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
	21						
	22						
	23						
	24						
	1						
	2						
	3						

Schéma 2.12 Modèle d'utilisation , Type 1







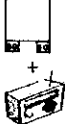





								
								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
								
13								
14								
15								
16								
17								
								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
								
1								
2								
3								

Schéma 2.13 Modèle d'utilisation , Type 3