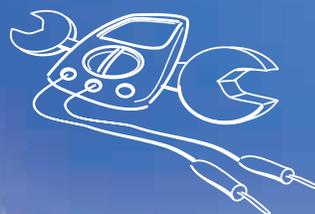


PERACOD



Programme pour la promotion des énergies renouvelables, de l'électrification rurale et de l'approvisionnement durable en combustibles domestiques

Le manuel du TECHNICIEN PHOTOVOLTAÏQUE



2011

Mansour Assani Dahouénon

du



Ministère en charge
de l'Énergie

Appuyé par



Ministère fédéral de la
Coopération économique
et du Développement

À travers

giz

en collaboration avec



Ministère des Énergies
Renouvelables

www.peracod.sn



Le manuel du TECHNICIEN PHOTOVOLTAÏQUE

Publication

PERACOD

Hann Maristes – BP 3869

Dakar, Sénégal

Tél. : (221) 33 832 64 71

Fax : (221) 33 832 64 79

Du

Ministère en charge de l'Énergie

En collaboration avec

Ministère des Énergies Renouvelables

Deutsche Gesellschaft für

Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

www.giz.de

Rédaction

Mansour Assani Dahouenon (PERACOD)

Crédits photos

PERACOD, GIZ/Kamikazz

Design

Graphimatic

Ce document est disponible sur le site www.peracod.sn.

Dakar, Avril 2011

Avant-propos

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. Il est donc important, afin de préserver ces acquis, d'avoir des techniciens bien formés et dotés de supports pouvant les assister dans leurs travaux quotidiens.

Ainsi, ce manuel du technicien photovoltaïque se veut un support qui accompagne le technicien au cours de la mise en œuvre des équipements, mais aussi des interventions d'entretien et de maintenance des installations.

Après avoir élaboré plusieurs supports de formation dans le cadre de multiples enseignements que nous avons eu la charge de prodiguer, il nous a été donné de constater un manque de manuel didactique destiné aux techniciens de terrain.

Ce manuel est donc le fruit de plus de deux décennies d'expériences liées à la formation des techniciens mais aussi à leur suivi lors de la réalisation des tâches d'installation et de maintenance.

Le manuel du technicien photovoltaïque contient l'essentiel de ce qu'il faut savoir pour réaliser une installation de qualité et une maintenance optimale. Nous l'avons voulu pratique et simple afin qu'il puisse constituer un guide du technicien aussi bien débutant qu'expérimenté.

Il est constitué de 5 parties thématiques :

La partie 1 : qui présente les principes de base sur l'électricité ;

La partie 2 : qui traite de la conversion photovoltaïque en présentant les caractéristiques fonctionnelles des différents sous-systèmes ainsi que les conditions

optimales de leur fonctionnement ;

La partie 3 : qui donne des prescriptions indispensables pour une installation des équipements selon les normes ;

La partie 4 : qui fournit la démarche pour une réalisation optimale des tâches de maintenance préventive des installations ; et

La partie 5 : qui donne la démarche pour une recherche rapide des pannes courantes, ainsi que les méthodes pour remédier à ces pannes.

Nous pensons ainsi, par la publication de ce manuel, pouvoir contribuer à consolider la fiabilité des installations, en appuyant une formation de qualité mais aussi en fournissant un support aux techniciens de terrain qui leur permette de répondre plus aisément aux différentes questions d'entretien et de maintenance qu'ils se posent au quotidien.

Mansour Assani Dahouenon

Conseiller Technique en électrification rurale
et énergies renouvelables
PERACOD

1. Principe de l'électricité à courant continu	7
1.1 Circuit électrique	7
1.2 Générateurs	7
1.3 Conducteurs	7
1.4 Récepteurs	7
1.5 Définition	8
1.5.1 Tension électrique	8
1.5.2 Intensité de courant électrique	8
1.5.3 Résistance électrique	8
1.5.4 Puissance électrique	9
1.5.5 Loi d'Ohm	9
1.5.6 Circuit Parallèle	10
1.5.7 Circuit Série	10
1.5.8 Energie Electrique	11
2. Conversion photovoltaïque	12
2.1 L'effet photovoltaïque	13
2.2 Les panneaux photovoltaïques	13
2.2.1 La cellule photovoltaïque	13
2.2.2 Les modules photovoltaïques	14
2.2.3 Protections des cellules : diodes by-pass et diode anti-retour	16
2.2.4 Paramètres principaux	19
2.3 Batteries d'accumulateurs au plomb	20
2.3.1 Constitution et paramètres caractéristiques	20
2.3.2 Principe de fonctionnement	23
2.3.3 Précautions d'exploitation	25
2.3.4 Différentes causes de la défaillance des batteries	25
2.4 Régulateur de charge	27
2.4.1 Principaux types de régulateur de charge	28
2.5 Groupement des modules et des batteries	32
2.5.1 Montage des modules en série	32
2.5.2 Montage des modules en parallèle	32
2.5.3 Montage des modules en série parallèle	33
2.5.4 Montage des batteries en série	35
2.5.5 Montage des batteries en parallèle	35
2.5.6 Montage des batteries en série-parallèle	36

Sommaire

2.6	L'onduleur	38
2.7	Quelques exemples d'applications photovoltaïques.....	39
3.	Procédure d'installation des systèmes	42
3.1	Module photovoltaïque	42
3.2	Installation du régulateur de charge	47
3.3	Installation de la batterie	47
3.4	Installations intérieures (câblage)	48
4.	Mise en œuvre des équipements.....	52
4.1	Préparation de la batterie.....	52
4.2	Déroulement de la charge préalable.....	53
5.	Entretien et maintenance.....	56
5.1	Entretien trimestriel	56
5.2	Entretien annuel	62
6.	Recherche et réparation des pannes	66
6.1	Symptômes de dysfonctionnement.....	66
6.2	Diagrammes de recherche de pannes	67
6.3	Procédures d'opération de dépannage	70

1. Principe de l'électricité à courant continu

1.1 Circuit électrique

Un circuit électrique est composé de générateur(s) et de récepteurs reliés entre eux par des conducteurs. Par convention, le courant circule dans ce circuit des bornes positives vers les bornes négatives.

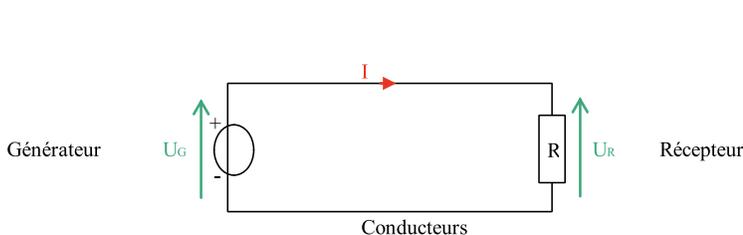


Schéma 1-1
Circuit électrique de base

Par convention, les signes sont établis selon la règle suivante
 $U_G > 0 // U_R > 0 // I > 0$

1.2 Générateurs

Les générateurs sont des appareils qui transforment de l'énergie sous une forme donnée en énergie électrique.

Exemple : Panneau solaire : transforme l'énergie solaire en énergie électrique

Groupe électrogène : transforme l'énergie mécanique en énergie électrique

1.3 Conducteurs

Les conducteurs sont des matériaux qui permettent le passage du courant électrique. Ces conducteurs relient les générateurs aux récepteurs.

Exemple : Câble électrique

1.4 Récepteurs

Les récepteurs sont des appareils d'utilisation qui consomment de l'énergie électrique avec ou sans dissipation de chaleur.

Exemple : Lampes, radio ; radiocassettes, téléviseurs, moteurs...

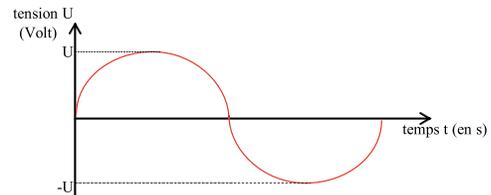
1.5 Définition

1.5.1 Tension électrique

Pour que l'électricité se propage dans les conducteurs (câbles) du générateur aux récepteurs, il faut qu'il existe une différence de niveau (potentiel) aux bornes du générateur. Cette différence de niveau est appelée tension électrique. Le symbole de la tension est «U», l'unité de mesure est le Volt «V». Quand la tension électrique «U» aux bornes d'un générateur est constante, on dit que ce générateur délivre du courant continu. Quand la tension est changeante on dit que la tension est alternative.

Schémas 1-2 et 1-3

Evolution de la tension en fonction du temps (tension constante et tension alternative).



1.5.2 Intensité de courant électrique

L'intensité du courant électrique est la quantité d'électricité qui circule en un temps donné à travers un conducteur. Le symbole de l'intensité du courant électrique est «I», l'unité de mesure est l'Ampère «A».

1.5.3 Résistance électrique

L'opposition que présente le conducteur au passage du courant électrique est appelée résistance électrique. Son symbole est R et l'unité de mesure est l'Ohm (Ω). La résistance d'un conducteur dépend de la nature de ce conducteur soit sa résistivité (ρ), de sa longueur (L) et de sa section (S).

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

Avec : R [Ω]
 ρ [Ω.mm².m⁻¹]
 L [m]
 S [mm²]

Exemple : Un conducteur en cuivre mesure 10 mètres de longueur (L) et a une section S de 2,5 mm². Sa résistivité est ρ = 0,01786 Ω.mm²/m à 25°C.

La résistance de ce conducteur est :

$$R = 0,01786 * \frac{10}{2,5} = 0,0714 \Omega \quad \text{donc: } R = 0,0714 \Omega$$

1.5.4 Puissance électrique

La puissance électrique est le produit de l'intensité de courant et de la tension. Son symbole est P, son unité le Watt (W).

$$P = U \times I$$

Avec : P en [W]
 U en [V]
 I en [A]

Exemple : Si un générateur d'une tension de 12 Volts alimente un récepteur qui appelle un courant de 5 Ampères. La puissance débitée par le générateur est :

$$P = U \cdot I = 12 * 5 = 60 \text{ W}$$

1.5.5 Loi d'Ohm

La loi d'Ohm exprime la relation entre la tension électrique, l'intensité de courant et la résistance électrique. Cette loi peut s'exprimer des façons suivantes :

$$U = R \times I \quad R = \frac{U}{I} \quad I = \frac{U}{R}$$

Avec : U en Volt [V]
 R en Ohm [Ω]
 I en Ampères [A]

Connaissant deux de ces valeurs (R, U ou I), la troisième peut être déduite par l'une des formules indiquées ci-dessus.

Exemples :

$$\begin{array}{l}
 R = 3 \Omega \\
 I = 5 \text{ A}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} R \\ I \end{array}} \right\} \longrightarrow U = R \times I = 3 \Omega \times 5 \text{ A} = \underline{15 \text{ V}}$$

$$\begin{array}{l}
 U = 12 \text{ V} \\
 I = 3 \text{ A}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} U \\ I \end{array}} \right\} \longrightarrow R = U / I = 12 \text{ V} / 3 \text{ A} = \underline{4 \Omega}$$

$$\begin{array}{l}
 U = 24 \text{ V} \\
 R = 4 \Omega
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} U \\ R \end{array}} \right\} \longrightarrow I = U / R = 24 \text{ V} / 4 \Omega = \underline{6 \text{ A}}$$

1.5.6 Circuit Parallèle

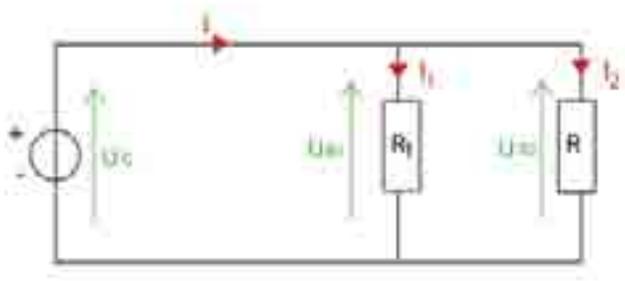


Schéma 1-4
Circuit parallèle

Quand les récepteurs sont placés en parallèle, alors les caractéristiques du circuit sont les suivantes :

- $I = I_1 + I_2$ (Loi des nœuds : la somme des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des courants qui en sortent)
- $U_G = U_{R1} = U_{R2}$
- La tension résultante est égale à la tension aux bornes de chacune des résistantes.

1.5.7 Circuit Série

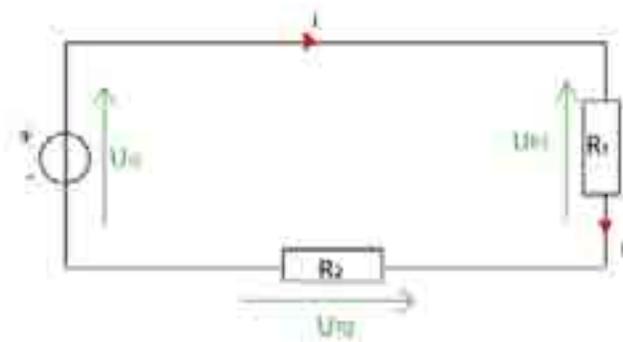


Schéma 1-5
Circuit série

Quand les récepteurs sont placés en série, alors les caractéristiques du circuit sont les suivantes :

- L'intensité est la même dans tout le circuit.
- $U_G = U_{R1} + U_{R2}$
- La tension résultante est la somme des tensions aux bornes des résistances

1.5.8 Energie Electrique

L'énergie électrique est le produit de la puissance par le temps. Son symbole est E et son unité est le Wattheure [Wh]

$$E = P \times t$$

Avec : E en [Wh]
P en [W]
t en [h]

Le courant continu peut être transformé en courant alternatif.

Pour cela on utilise un appareil appelé onduleur qui transforme le courant continu en courant alternatif

Cet appareil est donc alimenté à son entrée par du courant continu. On obtient à sa sortie du courant alternatif qui permet d'alimenter des récepteurs en courant alternatif

2. Conversion photovoltaïque

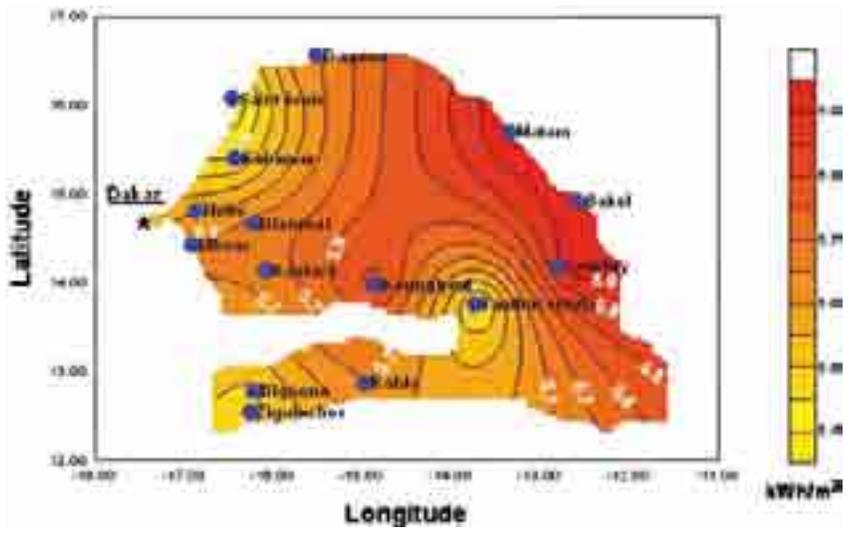
Malgré la grande distance qui le sépare de la terre, le soleil lui fournit une énergie importante. Cette énergie est dispersée puisque que la durée d'ensoleillement varie d'une région à une autre de la terre. Cette énergie change aussi selon les saisons et les caractéristiques climatiques du site.

Le rayonnement solaire change en outre suivant les conditions météorologiques du moment (nébulosité, poussière, humidité, etc.) et la position du soleil dans le ciel (heure).

On appelle **ensoleillement ou rayonnement** la puissance du rayonnement solaire reçue par une unité de surface : Ensoleillement moyen annuel). Il s'exprime en Watt par mètre carré [W/m²].

On appelle **irradiation** l'énergie reçue pendant un intervalle de temps. Si cet intervalle de temps est le jour, elle s'exprime en Wattheure par mètre carré par jour [Wh/m²/j].

Carte 2-1
Carte préliminaire de l'ensoleillement moyen (kWh/ m²/ j) du sénégal



2.1 L'effet photovoltaïque

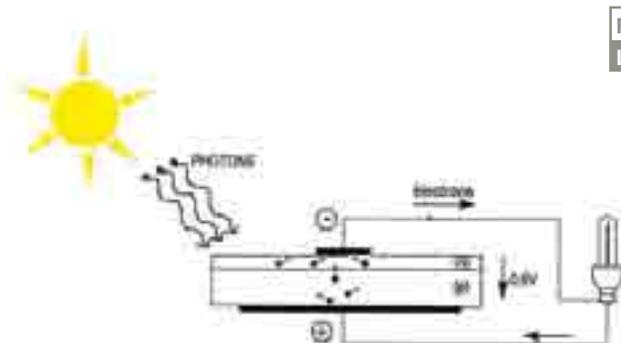


Figure 2-2
L'effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse (photons) des rayons solaires en électricité, par le biais du déplacement de charges électriques dans un matériau semi-conducteur (le silicium).

Lorsque les photons heurtent une surface mince de ce matériau, ils transfèrent leur énergie aux électrons de la matière. Ceux-ci se mettent alors en mouvement dans une direction particulière, créant ainsi un courant électrique.

Le matériau semi-conducteur comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites respectivement dopée de type n et dopée de type p.

Les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p. La zone initialement dopée n devient chargée positivement, et la zone initialement dopée p chargée négativement.

Il se crée donc entre elles un champ électrique.

2.2 Les panneaux photovoltaïques

2.2.1 La cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques sont des composantes électroniques qui transforment les rayons lumineux du soleil en électricité.

Ces cellules ont des puissances unitaires assez faibles (de l'ordre de 1 W).



Figure 2-3
Cellule photovoltaïque

2.2.2 Les modules photovoltaïques

Association des cellules

Afin d'obtenir des modules de puissances élevées, les cellules sont associées en série ou en série / parallèle. Pour cela les connexions des pôles négatives situées sur les faces avant des cellules sont connectées aux pôles positifs situés sur les faces arrière des cellules suivantes.



Figure 2-4
Association des cellules

Le module photovoltaïque transforme l'énergie solaire en énergie électrique. Il joue donc le rôle de générateur dans le système photovoltaïque. L'énergie produite par un module photovoltaïque dépend du niveau de l'énergie solaire. Ainsi, durant la journée, l'énergie produite va varier en fonction de la variation de l'énergie solaire. Le module photovoltaïque est obtenu après association des cellules avec les éléments constitutifs ci-après :

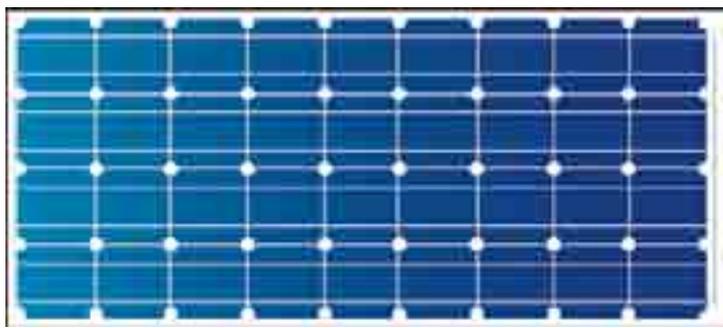
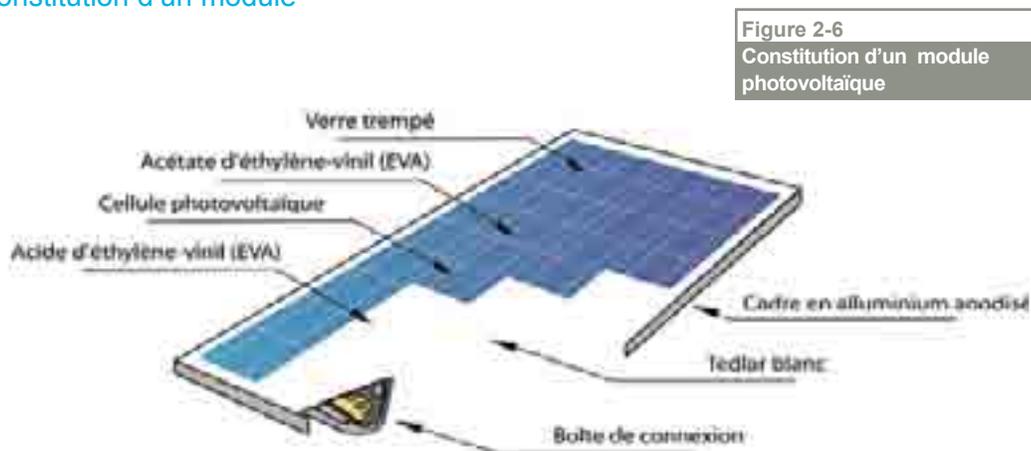


Figure 2-5
Module photovoltaïque

Constitution d'un module



Un module est constitué des cellules associées en série/parallèle encapsulées et protégées par :

En Face avant du module

La face avant du module doit être en verre ayant les caractéristiques suivantes :

- bonne transparence
- résistance à l'impact et à l'abrasion (grêle, jet de pierres, vent de sable, nettoyage au chiffon).
- étanchéité à l'humidité.

L'enrobage des cellules ayant les caractéristiques suivantes :

- transparence (à l'avant)
- souplesse pour «enrober» les cellules et connexions.
- adéquation aux indices optiques du verre et des cellules.

Le matériau généralement utilisé est de l'Acétate d'éthylène-vinyl (EVA).

En Face arrière, un matériau ayant les caractéristiques suivantes :

- Protection mécanique contre le poinçonnement et les chocs (risque de mise à nu et de bris des cellules).
- étanchéité à l'humidité.
- bonne évacuation de la chaleur.
- La face arrière est généralement réalisée soit en verre (modules dits «bi-verre») soit en composite tedlar/alu/tedlar (plus fragile).

Un Boîtier de connexion qui permet :

- le repérage des sorties (+, -, éventuellement point milieu),
- la connexion et le passage des câbles de liaison,
- le logement des diodes de protection,
- l'étanchéité à l'humidité.

Un joint périphérique

Il évite les pénétrations d'humidité entre la face avant et la face arrière.

Un cadre

- Il permet le montage et la fixation mécanique, tout en participant si nécessaire à la rigidité du module. Il doit résister à la corrosion (inox, aluminium...) et la visserie doit être choisie afin d'éviter des problèmes de corrosion.
- Le cadre est généralement en aluminium ou en aluminium anodisé avec une visserie en matériau inoxydable.

2.2.3 Protections des cellules : diodes by-pass et diode anti-retour

Deux types de protection sont généralement indispensables au bon fonctionnement d'un module photovoltaïque.

- La protection par diodes parallèles (ou by-pass) a pour but de protéger une série de cellules dans le cas d'un déséquilibre lié à la défectuosité d'une ou plusieurs des cellules de cette série ou d'un ombrage sur certaines cellules.
- La diode série placée entre le module et la batterie empêche pendant l'obscurité le retour de courant vers le module. Elle est dans ce cas appelée encore diode anti-retour.

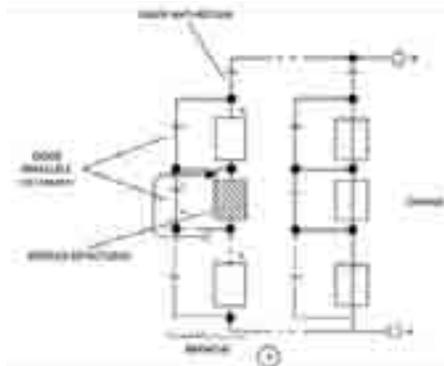
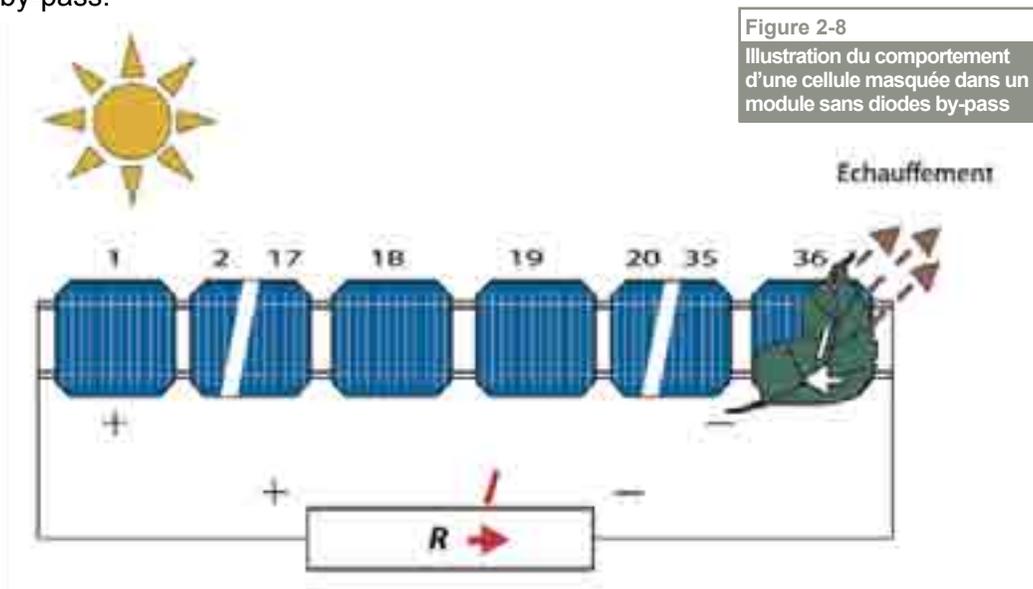
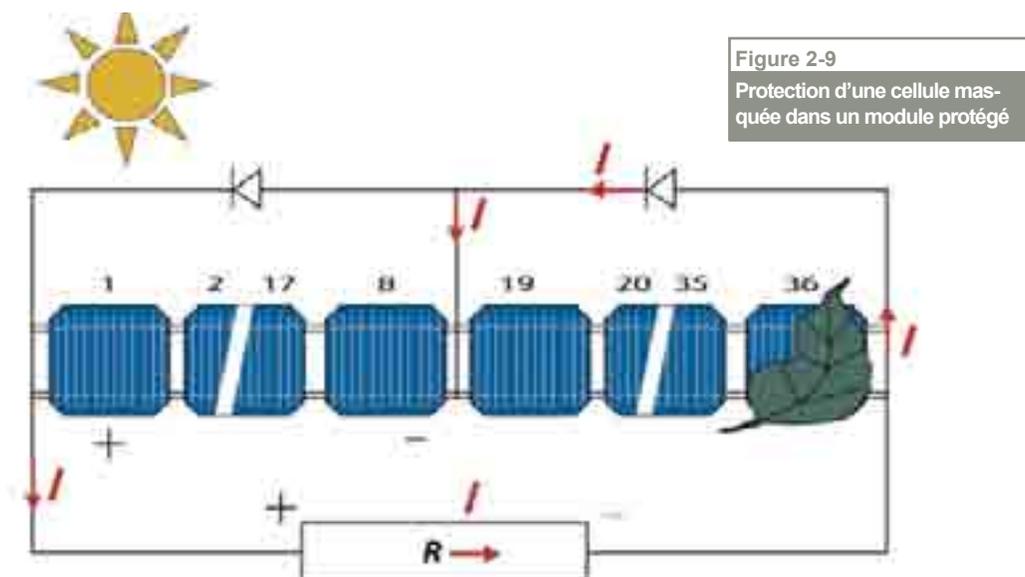


Figure 2-7
Protections des modules :
diodes by-pass et anti-retour

Comme le montre la figure ci-après, quand une cellule des 36 d'un module est masquée, elle s'échauffe anormalement si le module n'est pas équipé de diodes by-pass.

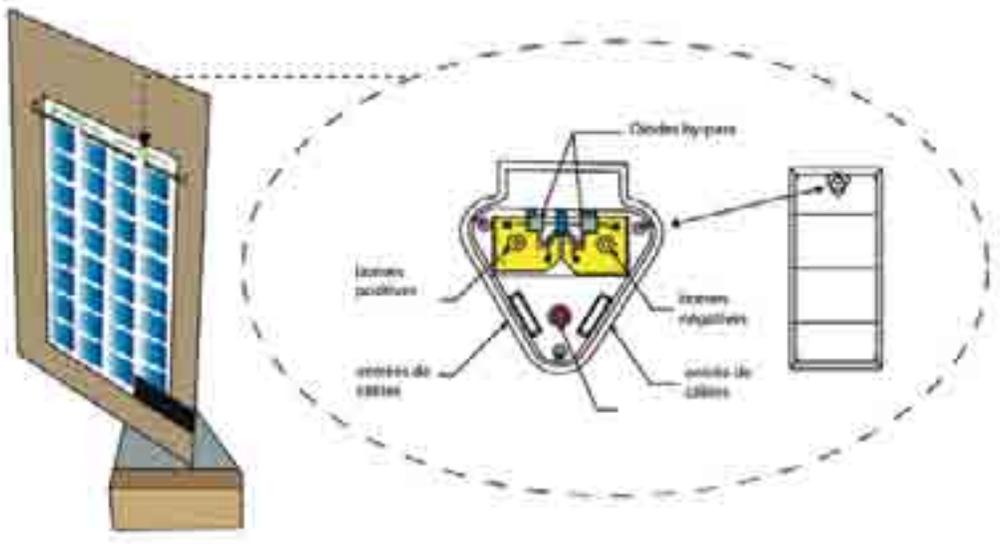


Quand le module est équipé de diodes by-pass la cellule masquée est protégée contre l'échauffement comme le montre la figure ci-après :



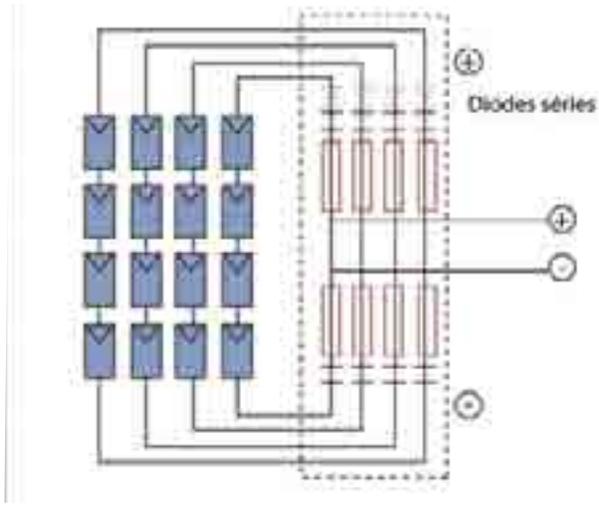
Par commodité, les cellules d'un module sont protégées par deux diodes placées dans la boîte de connexion du module

Figure 2-10
Disposition des diodes by-pass dans un module



Dans le cas de deux ou plusieurs modules branchés en parallèle, les diodes série empêchent le courant de traverser le module qui devient récepteur (par défaut ou par occultation).

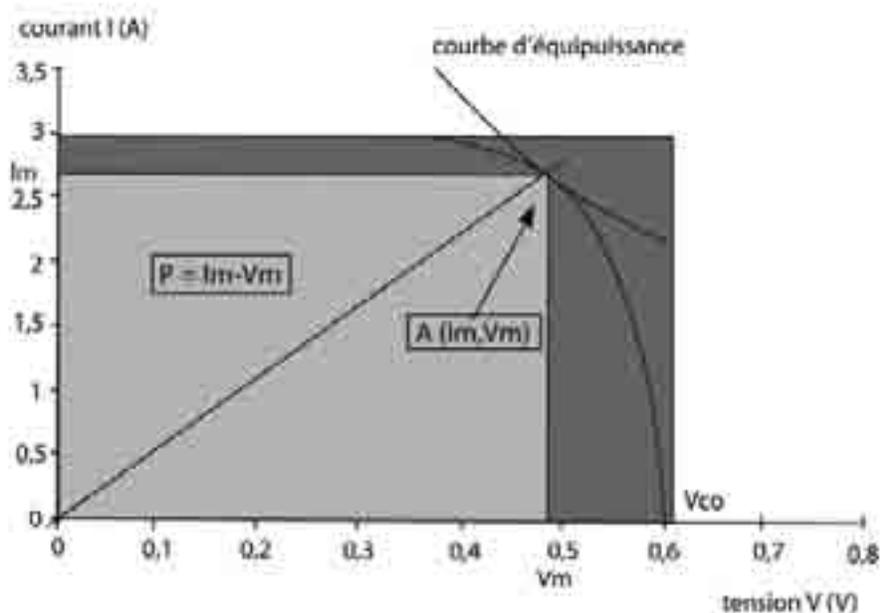
Figure 2-11
Diodes anti-retour



2.2.4 Paramètres principaux

La caractéristique fonctionnelle d'un module est illustrée par sa caractéristique Courant-Tension ci-dessous.

Graphe 2-12
Caractéristique courant-tension
d'un module photovoltaïque



Les principaux paramètres qui caractérisent un module sont :

- le courant de court-circuit : I_{cc}
- la tension de circuit ouvert : V_{co}
- le courant correspondant au point de puissance maximale : I_m
- la tension correspondant au point de puissance maximale V_m
- Puissance crête : qui est la puissance maximale : $P = V_m \cdot I_m$: pour une température des cellules $T_j = 25^\circ\text{C}$, un ensoleillement de 1000 W/m^2 et une distance optique AM 1,5

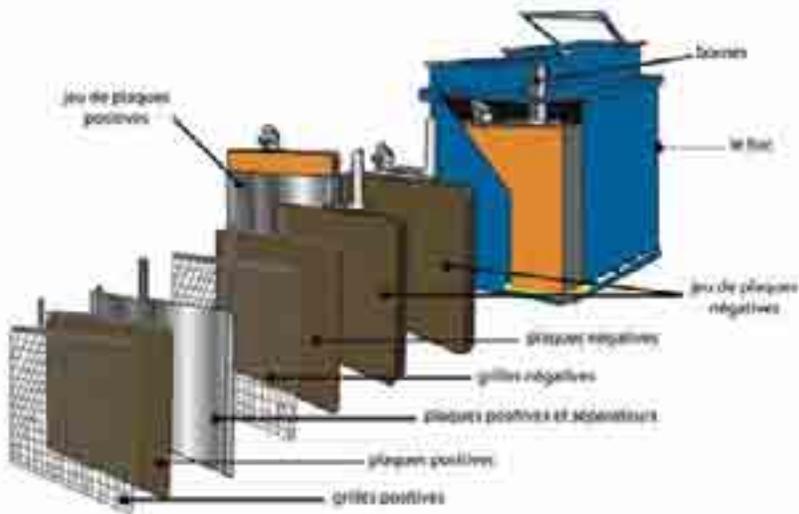
La tension qui correspond à la puissance maximale sous un ensoleillement donné représente 75 à 90 % de la tension de circuit ouvert. Elle diminue en fonction de la température.

Le courant maximal que peut débiter un module (IM) représente 90 à 94 % du courant de court-circuit sous un ensoleillement donné

Le courant de court-circuit et le courant maximal en charge que peut débiter un module sont presque exclusivement dépendants de l'ensoleillement.

2.3 Batteries d'accumulateurs au plomb

2.3.1 Constitution et paramètres caractéristiques



Quatre éléments sont indispensables pour le fonctionnement d'une batterie au plomb. Il s'agit d'une électrode positive, d'une électrode négative, d'un électrolyte et d'un séparateur :

- l'électrode négative est constituée de plomb spongieux (Pb),
- l'électrode positive est constituée d'oxyde de plomb (PbO₂),
- l'électrolyte est une solution d'acide sulfurique (H₂SO₄),
- le séparateur en matière poreuse isolante a les propriétés suivantes :
 - * grande résistivité électrique,
 - * grande résistance chimique à l'acide sulfurique,
 - * bonne porosité aux ions.

Le séparateur a pour but d'éviter un court-circuit interne entre deux électrodes. En effet, pour des raisons d'encombrement et de réduction de la résistance interne, les plaques positives et négatives d'un accumulateur sont très proches les unes des autres ($d \leq 10$ mm).

L'électrolyte est fabriqué à partir de l'acide sulfurique hautement concentré en le versant dans de l'eau purifiée

La densité nominale de l'électrolyte pour les accumulateurs au plomb est spécifiée selon les applications par le fabricant de batterie et par rapport à une température nominale

Les caractéristiques principales des batteries au plomb sont :

a) Tension nominale : multiple de 2 V (6, 12, 24 ...)

b) La capacité nominale de la batterie

La capacité d'une batterie détermine pendant combien de temps cette batterie peut être déchargée à courant constant. Ainsi une batterie de 50 Ah peut être déchargée avec un courant constant de 5 A pendant 10 heures ($5 \text{ A} \times 10 \text{ h} = 50 \text{ Ah}$). La capacité C d'une batterie est donc le produit du courant de décharge I par le temps de décharge t.

$$\begin{aligned} C &= I \cdot t \\ [\text{Ah}] &= [\text{A}] [\text{h}] \end{aligned}$$

Exemple : Pendant combien de temps une batterie de 100 Ah peut-elle être déchargée avec un courant constant de 10 A ?

$$\begin{aligned} \text{Si : } C &= I \cdot t \\ C &= 100 \text{ Ah} \\ I &= 10 \text{ A} \end{aligned}$$

Une batterie de 100 Ah peut donc être déchargée avec un courant constant de 10 A pendant 10h.

NOTE :

C_{10} = Capacité (Ampères-heures) restituée lors d'une décharge en 10 heures.
 C_{100} = Capacité (Ampères-heures) restituée lors d'une décharge en 100 heures. Cette batterie est mieux adaptée aux conditions de charge-décharge rencontrées en utilisation photovoltaïque

c) **La densité de l'électrolyte**

d) **Autodécharge**

L'autodécharge est la perte de capacité en pourcentage de la capacité nominale lorsque la batterie n'est pas utilisée.

e) **Rendement énergétique**

Le rendement est le rapport entre la quantité d'énergie débitée à la décharge et la quantité d'énergie fournie lors de la charge.

Quelques définitions utiles :

- **La tension de fin de charge :** Est la tension d'un élément ou d'une batterie à laquelle le processus de charge est arrêté par la source chargeante.
- **Tension de fin de décharge :** La tension d'un élément ou d'une batterie à laquelle la décharge est terminée. Cette tension dépend du courant de décharge.
- **Profondeur de décharge : DOD :** Quantité de charge restituée par une batterie pleinement chargée et exprimée en pourcentage par rapport à la capacité nominale de la batterie.
- **Tension de Gassing :** Tension à laquelle s'enclenche le phénomène de dégagement gazeux sur chaque électrode de la batterie. Ce phénomène est corrélé à la tension. La valeur de la tension de gassing est elle-même presque uniquement dépendante de la température.
- **Charge d'égalisation :** La continuation de la charge d'une batterie au delà de la tension de fin de charge en vue d'obtenir l'égalisation des charges des différents éléments de la batterie.

Quelques exemples de batteries les plus utilisées pour les applications photovoltaïques :

- **Batteries formées d'éléments stationnaires à plaque positive tubulaire (2 V) et grande réserve d'électrolyte. Capacités courantes : de 100 à 3.000 AH. Ce type de batterie est le mieux adapté aux cycles journaliers et saisonniers rencontrés dans les systèmes PV.**
- **Batteries formées d'éléments stationnaires à plaques planes (2 V) et grande réserve d'électrolyte. Capacités courantes : de 10 à 300 AH. Ces batteries sont moins performantes que celles ci-dessus en nombre de cycles (durée de vie).**
- **Batteries plomb étanche sans entretien (2, 6 et 12 V). Capacités courantes : 10 à 100 AH. Ces batteries ont une aptitude au cyclage beaucoup moins élevée et ne doivent donc être spécifiées que pour des applications où la durée de vie n'est pas primordiale par rapport au coût initial.**

NOTE : Les batteries dites de «démarrage» (utilisées pour les automobiles et les camions) et celles dite «de traction» (utilisées par exemple pour les chariots élévateurs) ne sont pas du tout adaptées à un usage photovoltaïque.

2.3.2 Principe de fonctionnement

En décharge

Au cours de la décharge. Il y a formation de cristaux (sulfate de plomb) sur chacune des électrodes. La densité devient faible et ceci en fonction de la quantité déchargée.

La densité de l'électrolyte décroît en fonction de la quantité déchargée.

La tension de fin de décharge est fortement liée au courant de décharge

En charge

- Durant la charge, le sulfate de plomb est transformé au niveau des plaques, en plomb (Pb) pour l'électrode négative et en oxyde de plomb (PbO₂) pour l'électrode positive. Cette formation s'accompagne de la formation d'acide sulfurique. La densité augmente.

- La charge d'une batterie dans un système photovoltaïque s'effectue généralement selon la caractéristique de charge IU. La première phase s'effectue à courant «quasiment» constant jusqu'à l'atteinte de la tension de fin de charge à partir de laquelle commence la deuxième phase de charge qui s'effectue à tension constante. Durant cette deuxième phase, le courant de charge sera réduit à niveau correspondant au maintien de la charge dans le but de conduire à une charge complète de la batterie.

Au cours de la charge de la batterie, on note :

- Que la densité croît lentement en début de charge pour remonter brusquement en fin de charge. Cette remontée brusque de la densité est le résultat de l'homogénéisation de l'électrolyse qui fait suite à son bouillonnement causé par l'apparition d'un dégagement gazeux.
- Que le phénomène de dégagement gazeux appelé «gassing» est lié à la tension de charge qui est elle même quasiment dépendante de la température selon la formule :

$$(2) V_g = V_{gt0} - 0,005XT$$

V_g = tension de gassing correspondant à la température T

V_{gt0} = tension de gassing à $T = 20^\circ\text{C}$

T = température actuelle en $^\circ\text{C}$

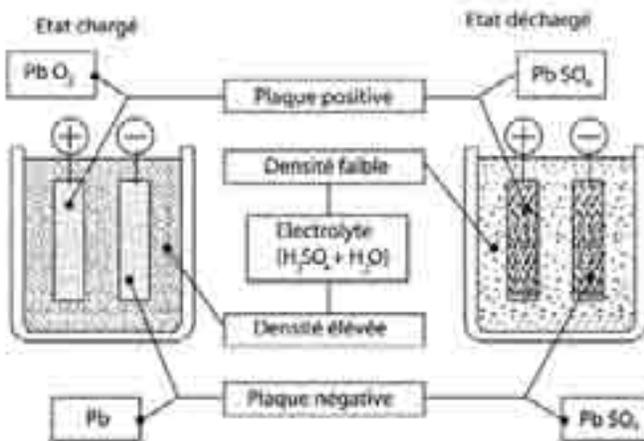


Figure 2-14
Principe de fonctionnement
d'une batterie au plomb

2.3.3 Précautions d'exploitation

Des caractéristiques fonctionnelles des batteries au plomb présentées ci-dessus découlent certaines dispositions à prendre qui sont indispensables au bon fonctionnement de ces batteries:

- **La tension de fin de charge** doit être fixée en tenant compte de la température :
 - Soit au niveau du régulateur qui doit être équipé d'un dispositif appelé compensateur de température qui fixe automatiquement la tension de fin de charge en fonction de la température mesurée.
 - Soit en prévoyant une tension fixe calculée à partir de la formule (2) En utilisant une température maximale du site.
- Il faudra veiller à ce que la durée du gassing ne dépasse pas 10 heures par mois.
- La fixation du seuil de tension de fin de décharge doit tenir compte du courant moyen de décharge
- Des charges d'égalisation doivent être prévues au moins deux fois par an(si le régulateur ne dispose pas d'une activation automatique de la charge d'égalisation) pour éviter la formation prolongée de sulfate sur les plaques des batteries.

2.3.4 Différentes causes de la défaillance des batteries

a) Surcharge des batteries

Les surcharges des batteries engendrent non seulement la corrosion de ses plaques positives, mais aussi un dégagement excessif de gaz pouvant arracher des plaques, les matières actives qui se déposent aussi bien au fond du bac, qu'entre les séparateurs et les plaques. Les surcharges des batteries génèrent en outre une augmentation de la température de ces dernières, ce qui peut conduire à la destruction des plaques et des séparateurs.

b) Décharges profondes

Les décharges profondes sont, à côté des surcharges, les premières causes de la détérioration d'une batterie. Les résultats des décharges profondes prolongées sont entre autre la diminution de la densité de l'électrolyte, le dépôt au fond du bac

de sédiments fins de cristaux de sulfate de plomb et la décoloration des plaques, ainsi que leur sulfatation.

c) Sulfatation

La sulfatation consiste en la formation sur les plaques de larges cristaux de sulfates de plomb, en lieu et place des fins cristaux qui y sont normalement présents. Les causes de la sulfatation sont :

- la non-utilisation de la batterie durant une longue période, après sa charge complète ou partielle,
- le fonctionnement de la batterie durant des jours à un état de charge partielle, sans charge d'égalisation,
- la variation de la température dans la batterie.

Les manifestations de la sulfatation sont l'augmentation de la résistance interne de la batterie, ce qui entraîne une diminution de la décharge et une augmentation de la tension de charge.

d) Courts-circuits

Les courts-circuits des éléments sont générés par :

- la destruction des séparateurs,
- l'accumulation excessive des sédiments au fond du bac,
- la formation de structures arborescentes de plomb, de la plaque négative vers la plaque positive.

Les manifestations du court-circuit des éléments sont les suivants :

- une densité d'électrolyte faible, en dépit de la réception normale de charge,
- une perte rapide de capacité après une pleine charge,
- une tension à vide faible.

e) Autres causes de la diminution de la durée de vie des batteries

Outres les phénomènes décrits plus haut, d'autres causes que nous présentons ci-dessous peuvent contribuer à la diminution de la durée de vie des batteries.

Il s'agit :

- des phénomènes de vibrations.
- des salissures.

2.4 Régulateur de charge

Le régulateur de charge a pour fonction principale de protéger la batterie contre les charges excessives et les décharges profondes.

Au plan fonctionnel, le régulateur de charge :

- Collecte les informations relatives à l'état de charge de la batterie (tension, état de charge)
- Compare ces informations aux seuils de régulation pré-fixés :
 - V_{min} : tension de déconnexion de la charge (utilisation) : protection décharge profonde.
 - V_{max} : tension de déconnexion des modules : protection à la sur-charge.
- Opère la protection de la batterie.

Le processus de régulation est consigné dans le tableau ci-dessous :

ETAT BATTERIE	COMMANDE
$V_b > V_{max}$	Déconnecte les modules PV
Si 1) est vrai et $V_b < V_{t1}$	Reconnecte les modules
PV $V_b < V_{min}$	Déconnecte la charge (utilisation)
Si 3) est vrai et $V_b > V_{t2}$	Reconnecte la batterie à la charge

Avec : V_{t1} la tension de reconnexion des modules.

V_{t2} la tension de reconnexion des récepteurs (utilisation).

V_b la tension de la batterie.

V_{max} : tension de fin de charge, V_{min} : tension de fin de décharge

Exemple de processus de régulation : cas du régulateur LEO01 à (25°C) :

Tension de déconnexion modules	14,50 V
Tension de déconnexion utilisation	11,40 V
Tension de reconnexion utilisation	12,50 V

Le régulateur Léo ne possède pas de seuil de reconnexion des modules. A partir de la tension de déconnexion des modules, le courant des modules est diminué jusqu'à la charge complète de la batterie.

2.4.1 Principaux types de régulateur de charge

Il existe deux types de régulateurs de charge dans les applications photovoltaïques.

a) Régulateur parallèle ou Shunt

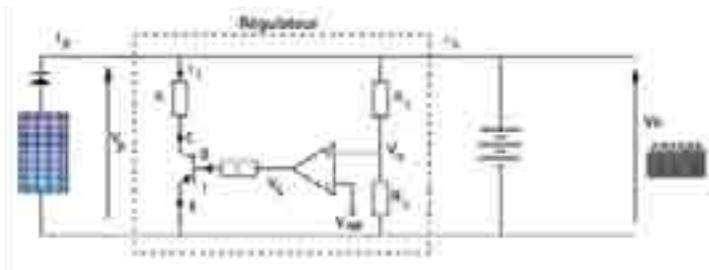


Figure 2-15
Schéma de principe d'un régulateur parallèle

Le régulateur shunt régule la charge de la batterie en l'interrompant par un court-circuit du générateur photovoltaïque. L'utilisation d'une diode série est indispensable entre la batterie et l'organe de commutation (transistor) afin d'éviter un court-circuit simultané de la batterie.

Hors régulation, la tension V_b de la batterie est inférieure à la tension V_{lim} correspondant à la tension de fin de charge de la batterie. Dans ce cas $V^+ < V_{ref}$, $V_s = 0$ et $i = 0$.

Le transistor est bloqué ($I_r = 0$), le module débite et charge la batterie.

En régulation, le début de la régulation correspond à la condition $V_b > V_{lim}$. Dans ce cas $V^+ > V_{ref}$ et $V_s > 0$. Le transistor T conduit à $I_r > 0$ avec $I_p = I_r + I_b$. I_r absorbe le courant de charge I_p , ce qui génère la diminution de la tension V_b de la batterie.

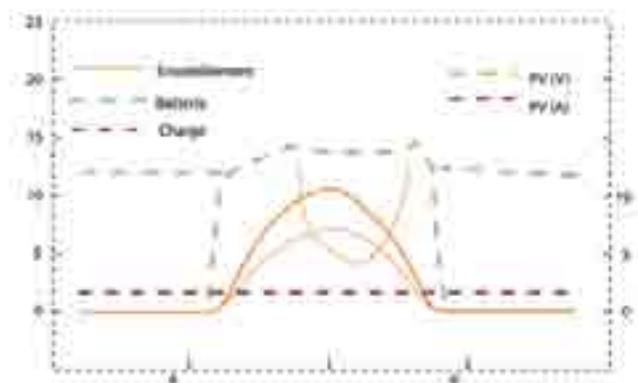


Figure 2-16
Schéma de principe d'un
régulateur parallèle

Avantages du régulateur shunt

- Aucune chute de tension dans l'unité de charge.
- Consommation du régulateur négligeable durant la période de non régulation.
- La défectuosité du régulateur n'entraîne pas l'interruption de la charge de la batterie.

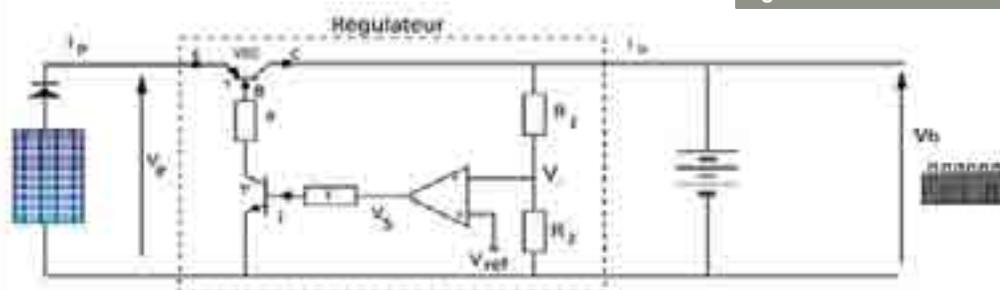
Inconvénient

- Nécessité d'un dispositif de dissipation thermique adéquat.

b) Régulateur série

Dans le cas du régulateur série, l'organe de commutation est en série dans le circuit du générateur.

Figure 2-17
Schéma de principe d'un
régulateur Série



Hors régulation, la tension de la batterie V_b est inférieure à la tension V_{lim} . Dans ce cas, $V^- < V_{ref}$; $V_s > 0$ et $i > 0$. Dans ces conditions le transistor est saturé. Le module débite et charge la batterie.

En régulation, on a $V_b > V_{lim}$. Dans ce cas $V^- > V_{ref}$ et $V_s = 0$, $i = 0$, $I_b = 0$. Le transistor ne conduit pas $I_p = 0$. La tension de la batterie diminue due à l'absence de courant de charge. L'équilibre est atteint avec $V^- = V_{ref}$ et $V_b = V_{lim}$.

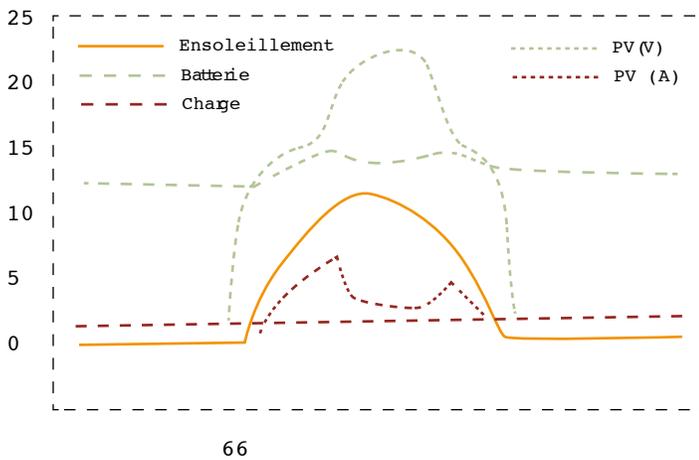


Figure 2-18
Caractéristique de fonctionnement d'un système avec un régulateur série

66

Avantages du régulateur série

- La diode de blocage n'est pas indispensable.

Inconvénients

- Chute de tension dans l'unité de charge.
- Consommation du régulateur durant la période de non régulation.
- La défectuosité du régulateur entraîne l'interruption de charge de la batterie.

Guide pour le choix d'un régulateur de charge

Pour le choix d'un régulateur, les caractéristiques suivantes sont indispensables :

- **La tension nominale** : elle peut être de 12 V, 24 V, 48 V etc. en fonction de la tension du système dans lequel il sera inséré,
- **Le courant de court-circuit maximal** du générateur photovoltaïque,
- **Le courant de fonctionnement maximal** du générateur photovoltaïque,
- **Le courant de charge maximal** continu de la charge (récepteurs),
- **La tension de circuit ouvert maximale** du générateur.

En outre, les critères suivants sont indispensables pour le choix d'un régulateur de charge :

- **Rendement du régulateur** : le rendement caractérise les pertes au niveau du régulateur de charge. Le rendement d'un bon régulateur doit être le plus élevé possible entre 90 et 95 %,
- **Protections** : les protections suivantes doivent être exigées :
 - Protection contre la surtension : l'entrée du générateur doit être protégée contre la surtension (atmosphérique),
 - Inversion de polarité de la batterie : le régulateur doit être protégé contre l'inversion de polarité aux bornes de la batterie,
 - Protection contre les courts-circuits : le régulateur doit être protégé contre les courts-circuits (exemple par des fusibles),
 - Boîtiers : les boîtiers des régulateurs, tout en permettant une bonne dissipation de la chaleur, doivent être assez étanches.

2.5 Groupement des modules et des batteries

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.

2.5.1 Montage des modules en série

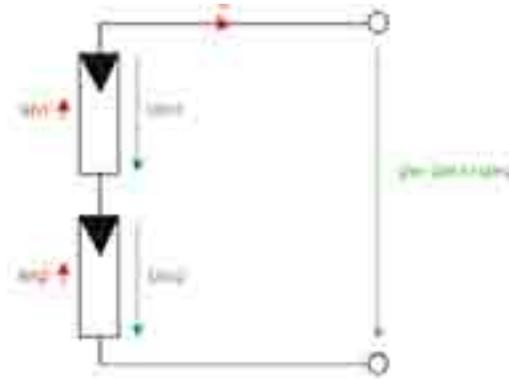


Schéma 2-19
Schéma de principe d'un
régulateur parallèle

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 : $I_t = I_1 = I_2$

2.5.2 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.

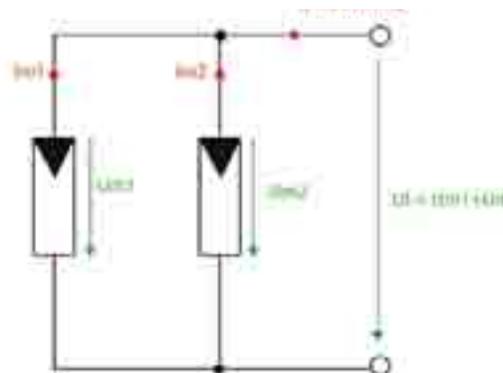


Schéma 2-20
Association de modules en
parallèle

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 :

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

2.5.3 Montage des modules en série parallèle

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

$$\begin{aligned} U_t &= U_{m1} + U_{m2} \\ &= U_{m3} + U_{m4} \\ I_t &= I_{m12} + I_{m34} \end{aligned}$$

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

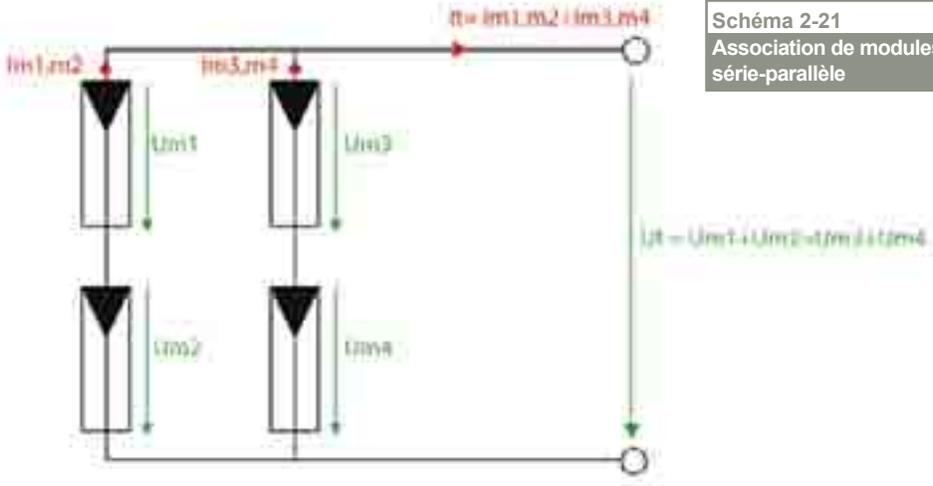


Schéma 2-21

Association de modules en
série-parallèle

Exemple :

a) Connecter en série deux modules A75

- Courant de court-circuit d'un module A75 = 4,80 A
- Tension de circuit ouvert d'un module A75 = 21 V

$$\begin{aligned} U_{coT} &= U_{coM1} + U_{coM2} \\ U_{coT} &= 21 \text{ V} + 21 \text{ V} &= 42 \text{ V} \\ I_{ccT} &= I_{ccM1} = I_{ccM2} &= 4,80 \text{ A} \end{aligned}$$

b) Connecter en parallèle deux modules A75

$$\begin{aligned} U_{coT} &= U_{coM1} = U_{coM2} &= 21 \text{ V} \\ I_{ccT} &= I_{ccM1} + I_{ccM2} \\ I_{ccT} &= 4,80 \text{ A} + 4,80 \text{ A} &= 9,60 \text{ A} \end{aligned}$$

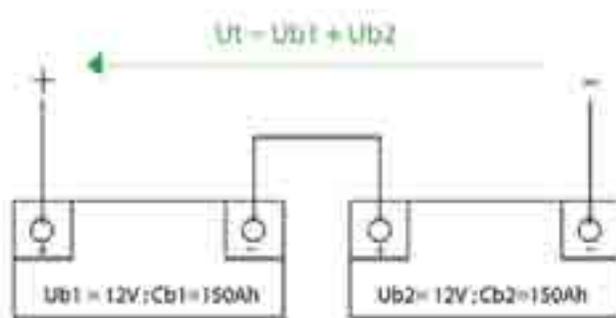
c) Connecter quatre modules A75 en série de deux modules et les deux séries en parallèle.

$$\begin{aligned} U_{coT} &= U_{coM1,M2} = U_{coM3,M4} \\ U_{coT} &= 21 \text{ V} + 21 \text{ V} &= 42 \text{ V} \\ I_{ccT} &= I_{ccM1,M2} + I_{ccM3,M4} \\ I_{ccT} &= 4,8 \text{ A} + 4,8 \text{ A} &= 9,60 \text{ A} \end{aligned}$$

2.5.4 Montage des batteries en série

Pour augmenter la tension des batteries, une ou plusieurs batteries doivent être montées en série. Dans le cas de deux batteries, la borne positive (+) de la première batterie est connectée avec la borne négative (-) de la deuxième batterie.

Schéma 2-22
Montage des batteries en série



La tension totale U_t est égale à $U_{B1} + U_{B2}$.

La capacité en Ah reste la même : $C_t = C_{B1} = C_{B2}$

Exemple :

Monter en série deux batteries de 12 V de capacité 150 Ah.

$$\begin{aligned} U_t &= U_{B1} + U_{B2} \\ U_t &= 12 \text{ V} + 12 \text{ V} = 24 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_t &= C_{B1} = C_{B2} \\ C_t &= 150 \text{ Ah} \end{aligned}$$

2.5.5 Montage des batteries en parallèle

Pour augmenter la capacité Ah de deux ou plusieurs batteries, on les monte en parallèle. Dans le cas de deux batteries, la borne positive (+) de la première batterie est connectée avec la borne positive (+) de la deuxième batterie. La borne négative (-) de la première batterie est connectée avec la borne négative (-) de la deuxième batterie.

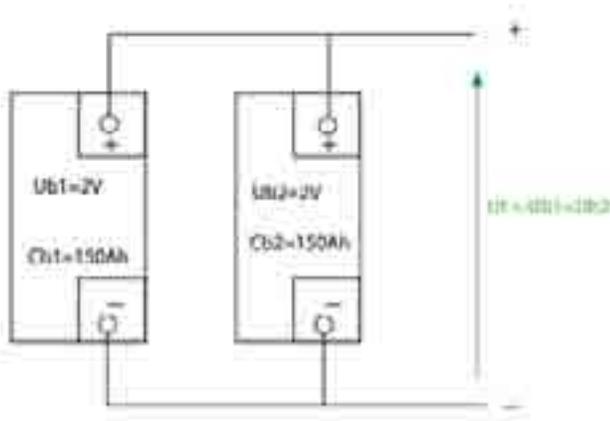


Schéma 2-23
Montage des batteries en
parallèle

La tension reste la même : $U_t = UB1 = UB2$
 La capacité totale devient : $C_t = CB1 + CB2$

Exemple :

Monter en parallèle deux batteries de 12 V de capacité de 150 Ah.

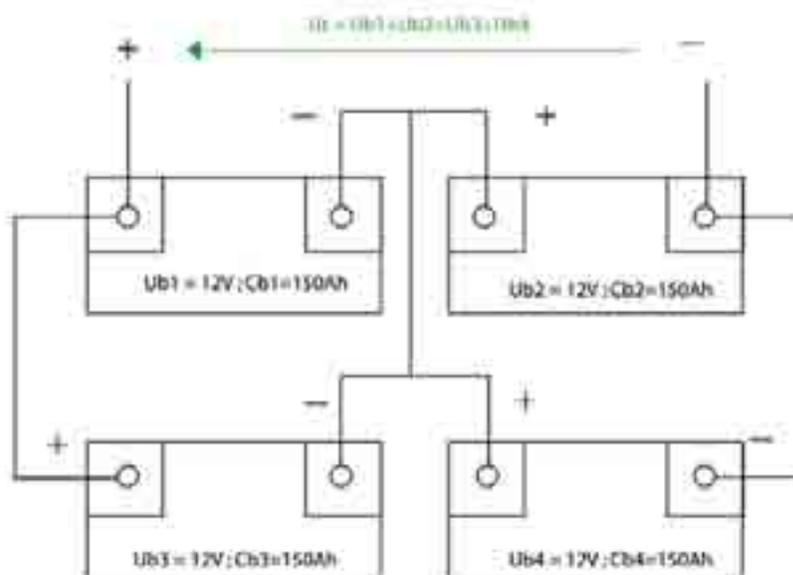
$$\begin{aligned}
 U_t &= UB1 = UB2 \\
 U_t &= 12 \text{ V} \\
 C_t &= CB1 + CB2 \\
 C_t &= 150 \text{ Ah} + 150 \text{ Ah} = 300 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

2.5.6 Montage des batteries en série-parallèle

Plusieurs batteries peuvent être montées en série parallèle.

Dans le cas de 4 batteries montées en série-parallèle, la tension totale est la tension obtenue par la mise en série des batteries ; la capacité totale est la capacité des batteries en parallèle.

Schéma 2-24
Montage des batteries en
série-parallelèle



Exemple :

4 batteries 12 V de capacité de 150 Ah chacune.

$$\begin{aligned}
 U_t &= U_{B1} + U_{B2} \\
 U_t &= U_{B3} + U_{B4} \\
 U_t &= 12 \text{ V} + 12 \text{ V} = 24 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_t &= C_{B1,B2} + C_{B3,B4} \\
 C_t &= 150 \text{ Ah} + 150 \text{ Ah} = 300 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Principes à respecter pour les groupements des batteries

a) Les batteries à monter en série doivent :

- **être de même type (fabrication),**
- **avoir les mêmes capacités (Ah),**
- **avoir une densité d'électrolyte égale (état de charge égal).**

b) Les batteries à monter en parallèle doivent :

- **être de même type (fabrication),**
- **avoir la même tension nominale,**
- **avoir une densité d'électrolyte égale (état de charge égal).**
- **les capacités nominales des batteries ne doivent pas être trop différentes**

Eviter de monter plus de deux batteries en parallèle

2.6 L'onduleur

L'onduleur est alimenté directement par la batterie et débite sur des récepteurs en courant alternatif. L'onduleur transforme la tension continue des batteries en tension alternative qui alimente les récepteurs en courants alternatifs : téléviseurs, vidéo ou réfrigérateur.

Les onduleurs diffèrent par la forme d'onde du courant électrique qu'ils délivrent : carrée, sinus reconstitué, ..., la forme sinusoïdale étant la norme habituelle de l'électricité fournie par le réseau électrique.

Les onduleurs à onde « non sinus » génèrent des harmoniques qui peuvent endommager dans les cas extrêmes certains appareils électriques. Un convertisseur DC / AC peut être couplé soit au régulateur soit directement à la batterie, il doit alors être muni d'un dispositif anti-décharge profonde.

Les caractéristiques principales d'un onduleur sont les suivantes :

- Puissance nominale à 20°C en VA.
- Tension nominale d'entrée en Vcc.
- Plage de la tension d'entrée en V.
- Protection tension d'entrée basse en V.
- Puissance de démarrage admissible en %
- Intensité maximale admissible en A.
- Tension nominale de sortie en Vca.
- Plage de tension de sortie.
- Onde de sortie
- Fréquence nominale de sortie en Hz.
- Rendement maximal, généralement de l'ordre de 90%.

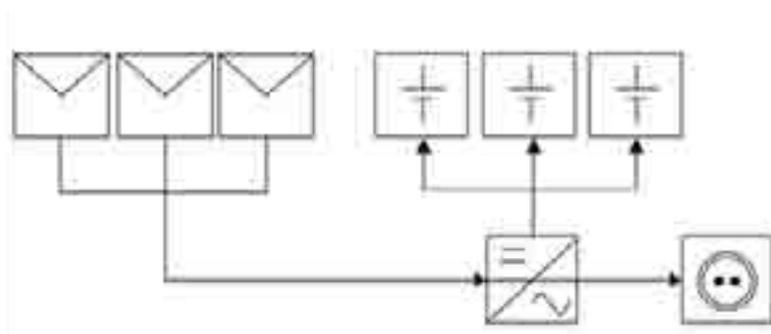


Figure 2-25
Générateur autonome DC/AC

2.7 Quelques exemples d'applications photovoltaïques

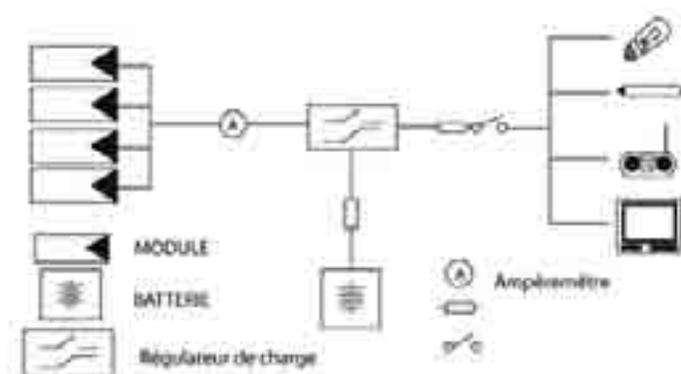


Figure 2-26
systèmes en courant continu

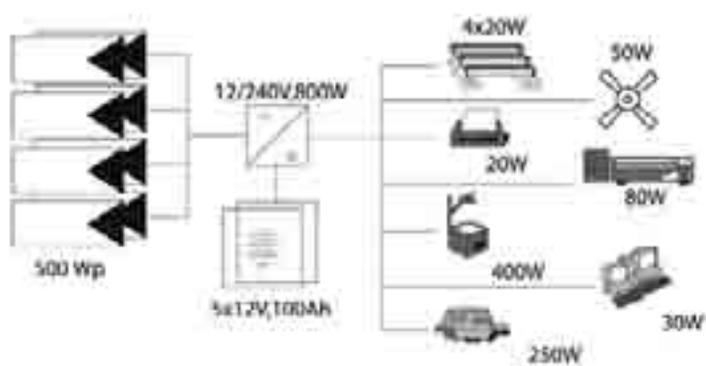


Figure 2-27
système en courant alternatif
avec onduleur Central



Figure 2-28
configuration d'un système
photovoltaïque autonome sur
toit (hors réseau)

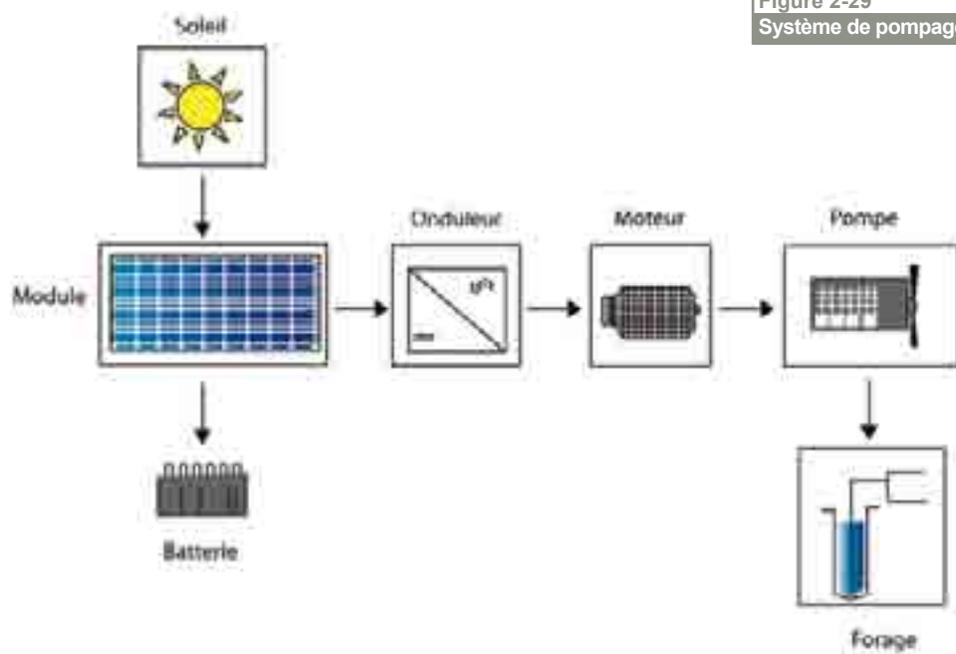


Figure 2-29
Système de pompage

3. Procédure d'installation des systèmes

L'installation complète des systèmes devra être réalisée de façon soignée.

L'esthétique visuelle de toutes les installations doit être respectée :

- Verticalité des câbles et / ou des composants (prises, interrupteur, régulateur, réglettes, etc.) fixés aux murs.
- Régularité et alignement des points de fixation,
- Remise en l'état des murs après perçage.

3.1 Module photovoltaïque

Choix de l'emplacement du module

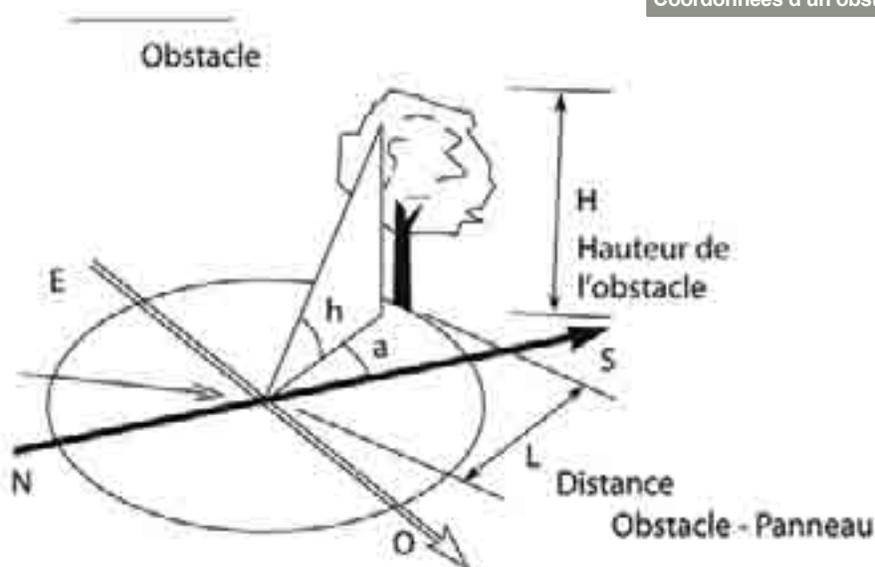
Le panneau solaire ne fonctionnera pas correctement s'il n'est pas totalement éclairé par le soleil durant toute la journée. Il faut donc éviter que le panneau reçoive l'ombre portée d'un obstacle quelconque (bâtiment ou arbre).

Pour cela, et avant toute installation, il est important de :

- a) Choisir un emplacement provisoire,**
- b) Repérer et identifier tous les obstacles risquant de porter une ombre sur cet emplacement, surtout entre 8h (le matin) et 17h (l'après-midi),**
- c) Pour chaque obstacle identifié :**
 - Mesurer la distance «L» qui sépare l'obstacle de l'emplacement choisi.
 - Estimer (mesurer si possible) sa hauteur «H» par rapport à l'emplacement choisi.
 - Mesurer son azimut «a» relatif (angle que fait la direction de l'obstacle avec la direction du Sud à partir de l'emplacement).

- A partir des paramètres ainsi déterminés, utiliser le monogramme (figure..) dans le sens de l'aiguille d'une montre.
- A partir de la distance de l'obstacle «L» et de sa hauteur «H» en mètres, déterminer sa hauteur «h» en degré.
- En fonction de son azimut «a», déterminer sa hauteur effective.
- Puis en fonction de la latitude du site d'installation, déterminer la distance effective de l'obstacle.
- Si la distance effective est inférieure à la distance limite D_m , l'obstacle en question n'est pas gênant.
- Si au contraire la distance effective est supérieure à D_m (partie hachurée), l'obstacle est gênant. Il faut changer d'emplacement et reprendre la procédure décrite.

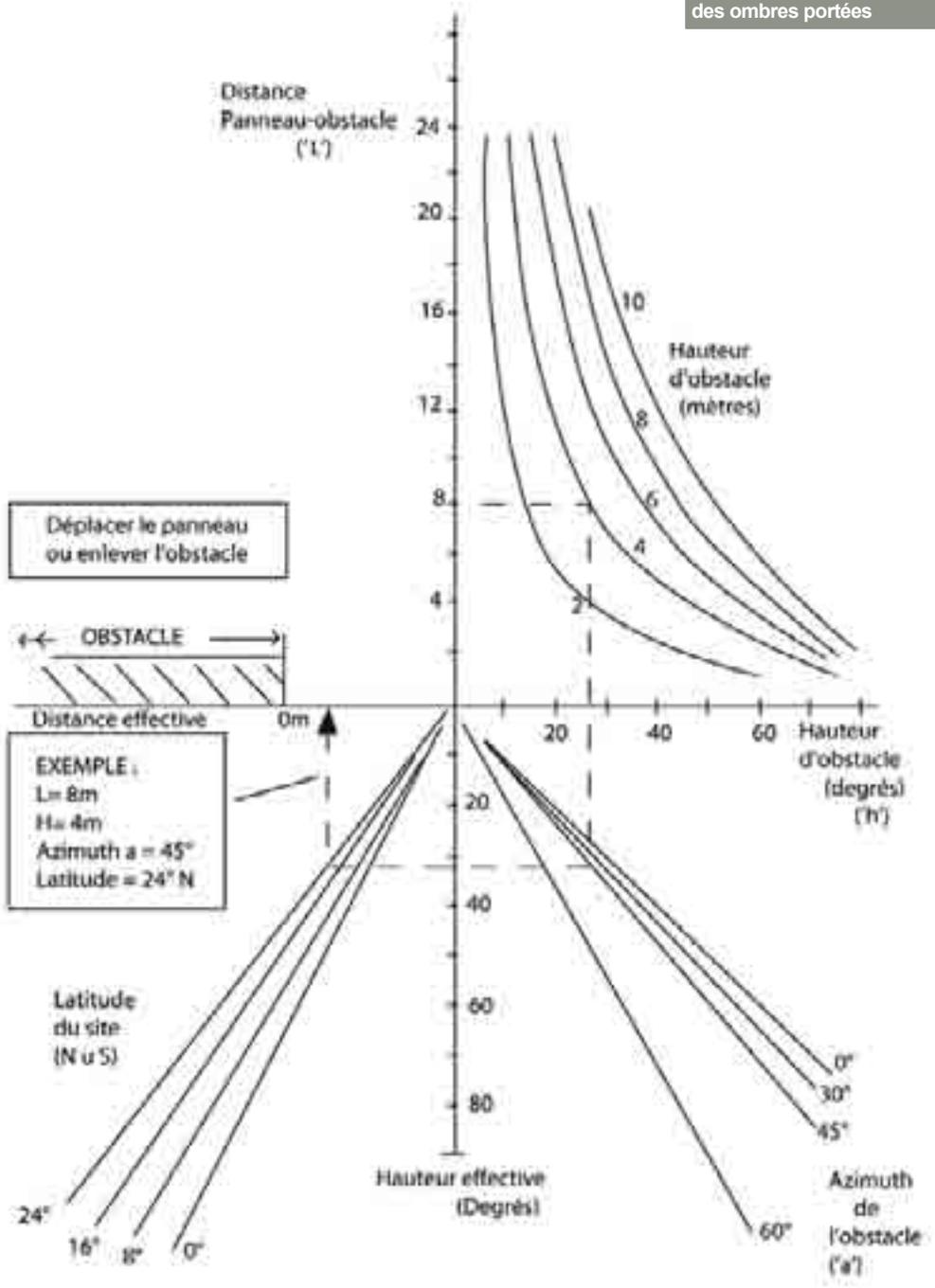
Figure 3-1
Coordonnées d'un obstacle



- «a» : azimut de l'obstacle (degré)
«H» : hauteur de l'obstacle (degré)

Si parmi tous les emplacements envisageables aucun n'est préservé de l'ombre de certains arbres, on peut envisager de tailler ces arbres, voire d'en couper un. Les arbres qui portent ombrage au panneau seulement tôt le matin (avant 8 heures) ou tard l'après-midi (après 16 heures) ne sont pas gênants et ne doivent pas être coupés.

Figure 3-2
Monogramme de définition
des ombres portées



Source : lemoine-Folgelman

Orientation et inclinaison du module et Orientation du module.

L'orientation du module est la direction vers laquelle il est situé. Elle doit être en plein Sud pour les sites de l'hémisphère Nord et en plein Nord pour les sites de l'hémisphère Sud.

L'inclinaison (ou la pente) est l'angle que fait le module avec l'horizontale. Elle doit être égale à la latitude du site à 5° près.

Au Sénégal, les modules doivent être orientés plein Sud avec une inclinaison de 15°

L'inclinaison du module peut être déterminée :

- A l'aide d'une boussole.
- A l'aide d'une boussole, un gabarit et un niveau.
- A l'aide d'un inclinomètre (instrument de mesure d'une pente).

Avant l'installation du panneau

Vérifier que les diodes by-pass et anti-retour sont bien installées. Si elles ne sont pas installées, vérifier qu'elles se trouvent sur la face intérieure du couvercle de la boîte de jonction. Si elles y sont, les installer en suivant le schéma, soit sur la notice d'utilisation, soit sur la face interne du couvercle de la boîte de jonction.

Fixation des modules PV

- En cas de montage sur toiture, une distance minimale de 0,1m doit être respectée entre la face arrière du module et la toiture. La structure support du module doit être fixée sur le corps de charpente ou du bâtiment, et non sur la toiture elle-même. Un système de haubanage doit être prévu si nécessaire.
- En cas de fixation murale, le support de modules doit être fixé au minimum en 2 points avec un système de fixation traversant le mur (goujons et platine de serrage).
- En cas de structure au sol, le support doit être installé dans un lieu à l'écart des zones de passage ; le(s) module(s) et le câblage doivent être placés hors de portée des enfants.

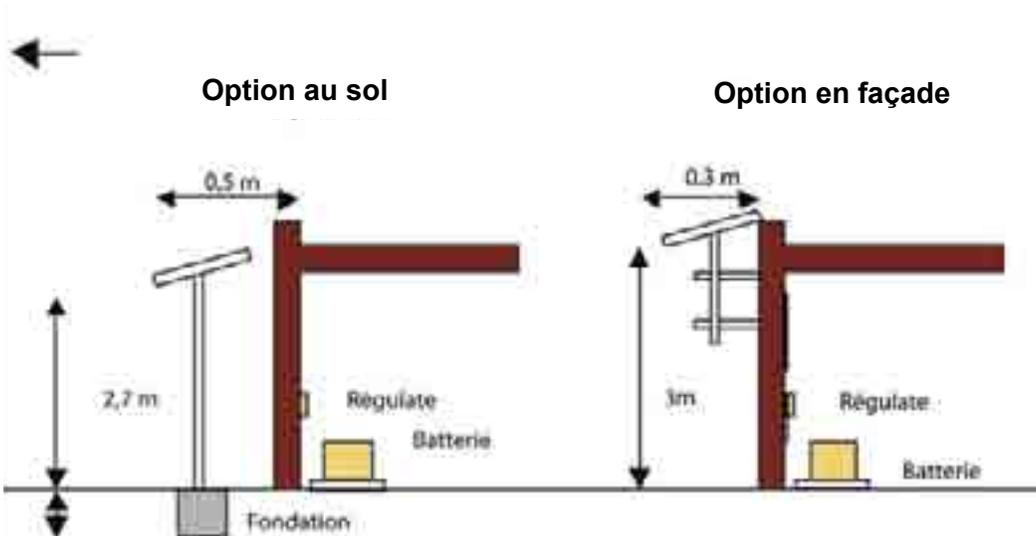
- Les pieds de la structure support doivent être boulonnés ou scellés dans des ancrages en béton coulés dans le sol. Les dimensions minimales de ces plots en béton armé seront de 300 mm x 300 mm x 300 mm. Une dalle unique en béton armé de section 250mm x 250 mm chaînés sur sa longueur est une autre option pouvant être envisagée.

Quel que soit le cas, le béton devra être dosé au moins à 350 Kg. La hauteur du générateur par rapport au sol devra être réglée de sorte que le point le plus bas soit au moins à 3 m du niveau du sol. Les câbles seront fixés à la structure au moyen de brides en plastique livrées à cet effet.

Branchement du panneau

Les bornes + et - de la boîte de jonction doivent être reliées aux bornes + et - du régulateur de charge avec un câble résistant aux rayonnements ultraviolets 1 x 4 mm², pour une distance module-batterie n'excédant pas 5 mètres.

Schéma 3-3
Options d'installation
envisageables



3.2 Installation du régulateur de charge

- Le régulateur doit être installé à hauteur des yeux, soit à peu près 1,50 m du sol afin que l'utilisateur puisse bien voir les indications lumineuses (exemple : «batterie déchargée»).
- Le régulateur de charge doit être installé le plus près possible de la batterie et du panneau afin d'éviter des pertes inutiles (voir tableau de chute de tension).
- Il doit être protégé du rayonnement direct du soleil et, bien entendu, de la pluie.
- La polarité doit être respectée lors du branchement des différentes composantes.

Les différentes composantes seront branchées aux bornes du régulateur dans l'ordre suivant :

- 1) Batterie
- 2) Module
- 3) Utilisation (charge)

Les différentes composantes doivent être débranchées dans l'ordre suivant :

- 1) Utilisation (charge)
- 2) Module
- 3) Batterie

- **Après la connexion, vérifier les indicateurs de régulateur de charges afin d'identifier les anomalies possibles dans le fonctionnement.**
- **Si aucune indication ne confirme le fonctionnement du Régulateur de charge , vérifier que les connexions ont été bien réalisées : inversion de polarité probable.**

Les connexions sur le régulateur se feront au moyen de tourillons à fourchette.

3.3 Installation de la batterie

Les batteries seront placées dans un local aéré en dehors des locaux où des personnes sont susceptibles de séjourner (bureaux, chambres à coucher, etc.) à l'abri des enfants. La batterie sera installée sur un support (en bois si possible enduit d'une protection contre l'agression de l'acide)

- La batterie sera installée assez proche du régulateur de charge.
- La batterie sera connectée au régulateur de charge avec un câble de section adéquate.
- Les cosses des batteries seront protégées par des capots les protégeant contre toutes manipulations étrangères.

Une charge préalable sera réalisée conformément à la procédure de la fiche en annexe 5 avant la mise en service des batteries.

L'aération du local devra être telle que les ouvertures du local assurent une ventilation naturelle présente une superficie égale :

A : surface des ouvertures en cm^2
Q : volume d'air en m^3/h

Pour la batterie de 75 Ah à installer, Q doit être égal à 15 m^3/h
La surface des ouvertures du local doit être \geq à 420 cm^2

3.4 Installations intérieures (câblage)

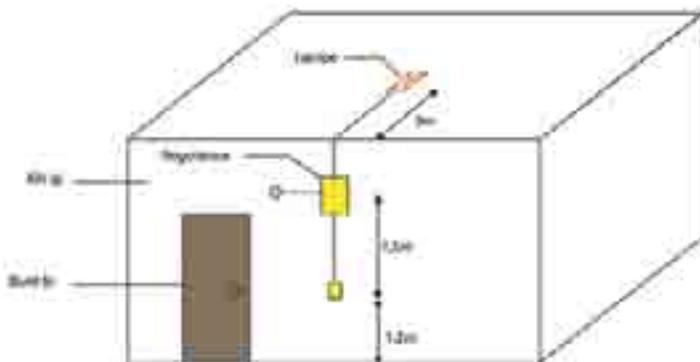


Schéma 3-4
Câblage intérieur du bâtiment

- Les câbles seront posés apparents le long des murs ou des structures des charpentes de toiture.

Les câbles seront fixés au mur au moyen d'attaches adéquates. On disposera 3 fixations par mètre. La connexion dans les boîtes de dérivation se fera au moyen de bornes.

Les fixations murales de câbles seront disposées à intervalles égaux d'environ 35 cm.

Les parcours de câbles sur les murs devront être parfaitement horizontaux ou verticaux.

Aux endroits de changement de direction, le rayon de courbure d'un câble ne sera pas inférieur à 6 fois son diamètre extérieur.

Les spécifications ci-après seront rigoureusement respectées :

- La distance entre la boîte de dérivation et la lampe sera de 3 mètres.
- La distance entre le boîtier de l'interrupteur et les appareils électriques (interrupteur ou prise de courant) sera de 1,5 m.
- La distance entre un interrupteur, une prise, une boîte de connexion, un régulateur et la plus proche attache de chacun des câbles qui y parvient sera égale à 5 cm.
- Toutes les connexions se feront par l'intermédiaire de barrettes de connexions incluses dans les appareils. Aucun «domino» ne devra être apparent.
- Les connections ou dérivations par épissures sont interdites.
- Toutes les connections devront être à l'intérieur des boîtes de connexion ou à l'intérieur des appareils électriques.
- L'entrée du câble dans un appareil électrique devra donc toujours se faire par un presse-étoupe dont les dimensions seront adaptées aux sections des câbles qui passent.
- Le câblage de tout élément situé à l'extérieur d'un bâtiment : interrupteur, prise, lampe, devra se faire «en goutte d'eau». L'entrée du câble devra se faire par la partie horizontale inférieure.
- Pour faciliter les opérations de dépannage, les couleurs des fils seront homogènes dans toutes les installations avec un code de couleur standard pour le positif et le négatif.

Interrupteurs

On respectera, la règle «un interrupteur par point lumineux. Pour les portes à double battant, l'interrupteur sera placé à gauche en entrant, à 20 cm de la porte une fois rabattue contre le mur.

Luminaires

Lorsque les réglottes seront fixées en position murale, et sauf spécifications contraires, leur milieu dans l'axe vertical devra être placé à 1,80 m du sol. Ainsi, et de façon générale, sauf indications contraires, toutes les réglottes néon installées dans un même bâtiment devront être fixées à la même hauteur par rapport au sol.

Boîtes de dérivation

Pour alimenter, à partir d'une ligne principale, un nouvel équipement, il faut créer une ligne secondaire en dérivation. Pour le raccordement, on utilise une boîte de dérivation.

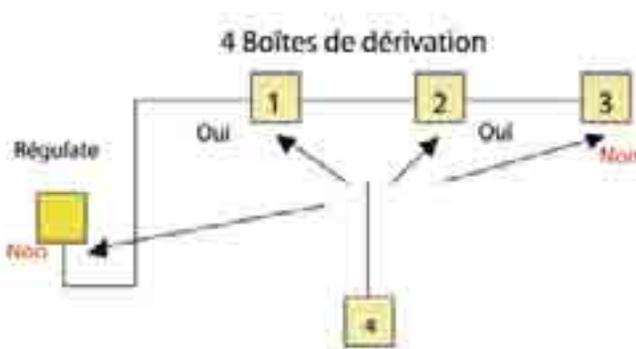
Le principe de dérivation est simple, sur chaque borne il arrive 1 fil et il en repart 2 (celui de la ligne principale et celui de la dérivation).

Plusieurs lignes peuvent partir d'une même boîte de dérivation, à condition que la ligne principale ait une section suffisante.

L'installation des boîtes de dérivation respectera le principe du schéma ci-après.

L'ordre de connexion des boîtes doit être scrupuleusement respecté.

Les boîtes seront solidement fixées aux murs. Elles seront placées suffisamment haut, si possible à environ 2,7 m du sol pour être hors de portée des enfants.



Chutes de tension dans le système

Les chutes de tension admissibles dans les différents tronçons du système ainsi que les distances maximales correspondantes sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 3-1
Chutes de tension admissibles dans le système

TRONÇON	% V	V	S (MM2)	DISTANCE MAXIMALE
Maximale				
1. Panneau- Régulateur	1,50%	0,18	4	4,68 m
2. Régulateur-Batterie	1,00%	0,12	4	4 m
3. Régulateur- Dérivation n° 3	3,00%	0,36	4	17,14 m
4. Boîte dérivation lampe et mécanisme	1,00%	0,12	1,5	5 m

La longueur maximale à ne pas dépasser pour une section donnée peut aussi être vérifiée à partir de la formule suivante :

$$L_{\max} \leq \Delta U \times S / 2 \times \rho \times I$$

ΔU = chute de tension (voir tableau ci-dessus)

S = section câble = 4 mm²

ρ = résistivité câble = 0,01786 pour le cuivre

I = Intensité de courant en Ampères

Installation onduleur : au cas où un onduleur est installé on respectera les prescriptions ci-après

- L'onduleur doit être installé dans un lieu sec et protégé du rayonnement direct du soleil des sources de chaleur et d'humidité.
- L'onduleur doit être installé dans un lieu assez aéré.
- L'onduleur doit être installé à une distance minimale de la batterie afin d'éviter des chutes de tension excessives.
- L'onduleur doit être si possible installé dans un local différent du local des batteries car le dégagement gazeux provenant des batteries peut avoir des effets explosifs de corrosion.
- L'onduleur doit être installé en position verticale et fixé au mur avec les dispositifs prévus à cet effet.
- Les câbles de raccordement doivent être fixés au mur à l'aide d'attaches adéquats ou d'embases à colliers « Colson » adaptées.
- Les câbles + et – doivent être clairement marqués.

4. Mise en œuvre des équipements

Les principes d'assurance qualité permettent par la mise en œuvre systématique d'action planifiée de vérification de validation et conservation de traces, de maîtriser la qualité de l'installation des systèmes.

La mise en œuvre des dispositifs d'assurance qualité permet aux installateurs de faire la preuve des précautions prises pour assurer la qualité de leurs prestations et de garantir une traçabilité des actions menées au cours de l'installation des systèmes.

Les documents indispensables à la mise en œuvre du plan qualité au cours de l'installation sont disponibles en annexe, ils sont listés ci-après :

- Consigne de la charge préalable des batteries
- Fiche d'installation
- Certificat de réception quantitative individuel (pour les systèmes individuels)
- Certificat de réception quantitative

La batterie est la composante dont la mise en service nécessite un soin particulier. Nous décrivons ci-dessous les différentes étapes de cette mise en service.

4.1 Préparation de la batterie

- Mesurer la densité de l'électrolyte de remplissage.
- Remplir les batteries jusqu'au niveau correspondant à la partie inférieure du marquage de niveau.
- Attendre après remplissage au moins deux heures.
- Ajuster si nécessaire l'électrolyte à son niveau nominal.
- Après deux heures de repos :
- Mesurer la tension de la batterie.
- Mesurer la densité de l'électrolyte.
- Mesurer la température.

Si après un repos de deux heures les mesures montrent que :

- La température de l'électrolyte n'augmente pas de plus de 5 °C par rapport à la température initiale.
- Ou que la densité de l'électrolyte n'a pas diminué de plus de 0,02kg/l par rapport à sa valeur initiale.

La charge préalable peut commencer.

Si la température de l'électrolyte au cours du remplissage est supérieure à 40 °C, laisser reposer la batterie pendant au moins 12 heures ou reporter la charge préalable au lendemain.

4.2 Déroulement de la charge préalable

La source chargeante (champ photovoltaïque ou Groupe électrogène) ne sera pas équipée de dispositif de contrôle de la charge (ceci afin d'éviter un arrêt précoce de la charge préalable).

Si la charge est réalisée avec un module (champ photovoltaïque) , il sera connecté directement à la batterie sans régulateur de charge.

La batterie sera chargée :

- Dans une première phase si possible à courant constant jusqu'au «gassing» (la durée du gassing sera d'au moins 3 heures).
- Après cette phase, le courant sera réduit à une valeur correspondant à la capacité de la batterie .
- Au cas où la procédure ci-dessus décrite ne peut être respectée, charger la batterie pendant au moins 15 heures.
- Mesurer par pas de 30 mn après l'apparition du gassing, la tension, la densité de l'électrolyte.

La batterie sera considérée comme complètement chargée :

- Lorsque, les valeurs de densité contenues dans le tableau 4-1 sont atteintes et ne varient plus pendant 2 heures.
- Lorsque la tension de la batterie de 12 V atteint 15,90 V et ne varie plus pendant 2 heures.
- **Dans tous les cas lorsque la température dépasse 45 °C, la charge doit être arrêtée.**

Les grandeurs mesurées seront consignées dans la fiche en annexe. L'écart entre les grandeurs mesurées ne devra pas excéder 0.005 V par élément pour la tension et 0.01 kg/l pour la densité.

A la fin de la charge, le niveau d'électrolyte doit être ajusté au maximum dans chaque élément.

Tableau 4-1

Valeurs de densité de l'électrolyte avant remplissage et après la charge préalable

DENSITÉ ÉLECTROLYTE DE REMPLISSAGE À 20°C [KG/L]	DENSITÉ FINALE À 20 °C [KG/L]
1,245	1,250 à 1,255
1,240	11,250 à 1,250
1,230	1,235 à 1,240

Les densités lues seront corrigées par rapport à la température comme dans le tableau ci-après :

Les valeurs à 20°C sont les valeurs de référence

Tableau 4-2

Correction de la densité en fonction de la température

Densité 20°C [kg/l]	Densité 25°C [kg/l]	Densité 35°C [kg/l]	Densité 45°C [kg/l]
1,144	1,142	1,138	1,131
1,164	1,162	1,157	1,149
1,183	1,180	1176	1,168
1,203	1,200	1,194	1,168
1,213	1,210	1,204	1,187
1,223	1,220	1,214	1,197
1,233	1,230	1,224	1,216
1,240	1,237	1,231	1,223
1,244	1,241	1,234	1,226
1,250	1,247	1,240	1,232
1,255	1,252	1,245	1,236
1,266	1,263	1,256	1,247

La correction de la densité en fonction de la température peut aussi être obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = dT_1 + 0,0007 \cdot T$$

Avec : $D_{20^{\circ}\text{C}}$: densité à 20°C
 DT_1 = densité mesurée à la température T_1
 $T = T_1 - 20^{\circ}\text{C}$

5. Entretien et maintenance

Deux types d'entretien seront réalisés dans le cadre de l'exploitation des équipements installés :

L'entretien trimestriel

L'entretien trimestriel s'effectue tous les trois mois et a pour but de vérifier le bon fonctionnement des équipements et de prendre des mesures pouvant assurer leur bon fonctionnement. Cet entretien consiste principalement à des actions de contrôle visuels et des mesures légères.

L'entretien annuel

L'entretien annuel consiste en un entretien plus approfondi. Il couvre les actions menées au cours des entretiens trimestriels mais aussi des actions de mesures approfondies permettant d'apprécier de façon plus précise l'état de fonctionnement des équipements

5.1 Entretien Trimestriel

Champ photovoltaïque

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

Contrôle visuel

- Contrôle de vue de la propreté des modules : nettoyage fréquent des modules « renouveler les consignes au responsable du système : nettoyage des modules tôt le matin ou tard le soir »

- **Faire le nettoyage le soir ou tôt le matin quand les panneaux ne sont pas exposés à un fort ensoleillement.**
- **Si les panneaux sont installés sur le toit, il faut une échelle pour y accéder.**
- **On utilisera un chiffon doux et propre : mais pas d'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 ou les remplacer.
- **Contrôle de présence d'ombre portée sur les modules** : « pour cela confirmer les risques à l'aide de l'abaque de la figure ... »

Batterie

- **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 également causer des arcs électriques et des explosions d'éléments.

PRECAUTION : ne pas utiliser une grande quantité d'eau à proximité des cellules durant leur nettoyage, car l'eau est un conducteur

CORROSION DES BORNES ET DES CONNEXIONS: une des principales causes de la mauvaise performance des batteries est la corrosion des bornes et des connexions. La corrosion des connexions peut être suivie de la défaillance des bornes ou d'une rupture d'éléments.

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

- Isoler complètement la batterie de tous les branchements : branchement au champ, branchement à 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 raccordement au régulateur de charge et à l'onduleur.

CONTROLE DU NIVEAU D'ELECTROLYTE : 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

Comment ajouter l'eau distillée ?

- 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.

Comment conserver l'eau distillée?

- **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.**

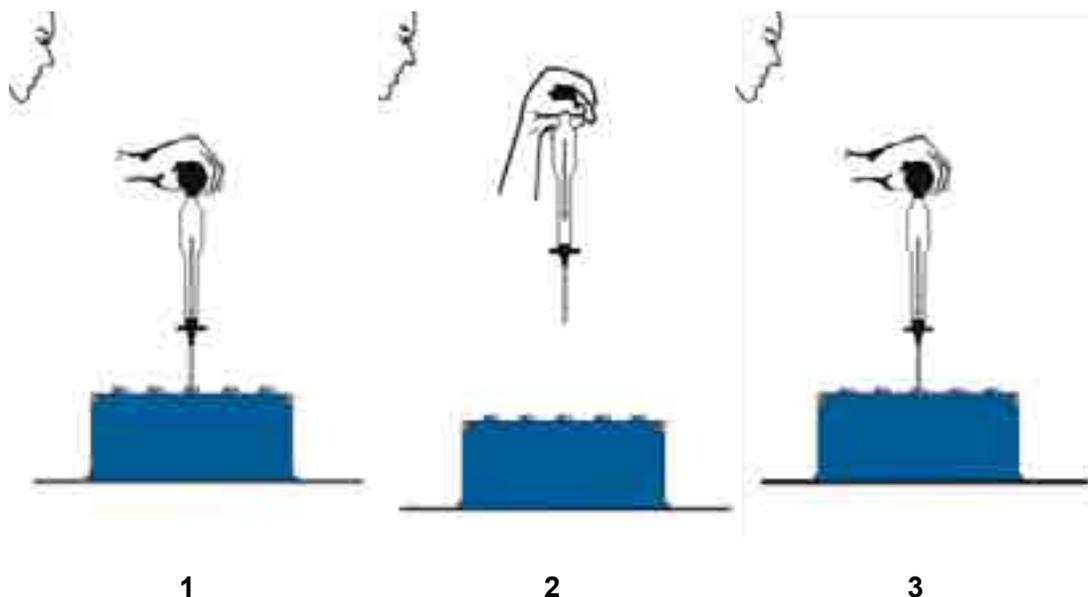
Vérifier la densité de l'électrolyte

La densité de l'électrolyte d'un accumulateur au plomb donne une bonne idée de son état de charge. Ainsi pour apprécier l'évolution de l'état de charge des batteries, on effectuera des mesures trimestrielles précises de la densité des batteries.

Procédure de mesure de la densité d'électrolyte :

- Arrêter le système afin d'éviter une décharge.
- Débrancher les modules.
- Laisser reposer les batteries pendant une à deux heures.
- Mesurer la densité de chaque élément.
- Mesurer simultanément la température de l'électrolyte de chaque élément.
- Mesurer la tension de chaque élément.
- Inscire les résultats dans la fiche en annexe.

Mesure de la densité de l'électrolyte



Introduire le densimètre dans l'électrolyte d'un élément. Presser la poire et aspirer assez d'électrolyte pour que l'index flotte librement.

Noter la densité lue au moyen du flotteur et de l'échelle graduée.

Remettre l'électrolyte dans l'élément où on l'a prélevée en faisant attention de ne pas en verser hors de la batterie.

Répéter la même opération pour chaque élément et inscrire les résultats sur la fiche disponible en annexe (ANNEXE 1)

Entretien du régulateur de charge

Le régulateur de charge est un équipement qui nécessite peu d'entretien. On effectuera trimestriellement les opérations suivantes:

- Vérification de la propreté du régulateur de charge.

- Vérification de l'aération du régulateur de charge.
- Vérification des connexions aux bornes du régulateur.
- Observation du bon fonctionnement des différents indicateurs du régulateur de charge.

Entretien de l'onduleur

Comme le régulateur de charge l'onduleur nécessite peu d'entretien. Les opérations de vérifications suivantes se feront trimestriellement :

- Vérification de la propreté de l'onduleur : présence de poussière, présence d'insectes.
- Vérification de l'aération de l'onduleur.

Inspection des câbles électriques

Des câbles électriques relient :

- Les modules au régulateur de charge.
- Les batteries au régulateur de charge.
- Les batteries à l'onduleur.
- L'onduleur aux récepteurs.

On inspectera ces câbles à chaque visite d'entretien pour être sûr qu'ils sont en bon état

- Contrôle des connexions aux bornes des batteries.
- Suivre le câble de bout en bout chercher les détériorations suivantes : coupure, isolant usé ou mangé dénudant l'âme des conducteurs. Tout câble endommagé doit être remplacé.
- Si on constate que les câbles sont rongés par des animaux, envisager de les protéger par un fourreau.

5.2 Entretien annuel

Champ photovoltaïque

Contrôle visuel

- Contrôle de vue de la propreté des modules : nettoyage fréquent des modules « renouveler les consignes au responsable du centre : nettoyage des modules tôt le matin ou tard le soir ».
- Contrôle de présence d'ombre portée sur les modules « : pour cela confirmer les risques à l'aide de l'abaque de la figure ... ».
- Contrôles des fixations des modules : vérification de la visserie antivol en cas de corrosion ou d'infraction : resserrer si possible et les enduire si nécessaire de dégrippant.
- Contrôle des boîtiers de jonction : présence d'eau, ou d'insectes : vérifier l'étanchéité des boîtier, si nécessaire resserrer les presse-étoupe ou les remplacer.
- Inspection des défauts sur les modules suivant la fiche en annexe

Contrôle des performances électriques

- Mesurer la tension de circuit ouvert du champ photovoltaïque.
- Mesurer le courant de court-circuit du champ photovoltaïque.
- Mesurer le courant de charge des batteries.
- Mesurer la tension de charge des batteries.

Procédures à suivre :

Mesure de la tension de circuit ouvert :

On fera la mesure vers midi un jour ensoleillé

- ***La tension de circuit ouvert est celle qui règne entre les deux bornes de sortie lorsque le panneau (module) ne débite pas, on devra donc débrancher les panneaux (modules).***
- ***Après avoir débranché les panneaux, on exécute la mesure au niveau des bornes de sortie correspondante.***
- ***Les mesures effectuées, on refait le branchement.***
- ***Pour effectuer la mesure de la tension de circuit ouvert on utilisera un multimètre ou un voltmètre en courant continu. Mettre le multimètre sur mesure de tension continue (DC).***
- ***Sélectionner la plage de mesure pour qu'elle contienne la tension à laquelle on s'attend. Par exemple pour les modules des systèmes de tension à vide de 22,1 V on choisit la plage 0 - 30 V.***
- ***On enfiche les fiches de l'appareil dans les prises convenables et vérifier que la fiche négative (noire ou-) est bien dans la prise négative (ou « commune ») et que la fiche positive (rouge ou +) est bien dans la prise positive.***
- ***Vérifier que le multimètre est sur « marche » et qu'il est muni de piles chargées.***
- ***Mettre en contact les pointes des fiches avec les bornes entre lesquelles on veut mesurer la tension. Bien veiller à ne pas mettre ces bornes en court-circuit en les touchant ensemble avec la même sonde, car on créera un courant important qui peut endommager les composants.***
- ***Lire la valeur affichée et inscrire cette valeur sur la fiche en annexe.***
- ***Mettre l'appareil sur « Arrêt » après la mesure pour ne pas vider la pile.***
- ***Noter la température des modules : la tension de circuit- ouvert diminue quand la température augmente.***
- ***Comparer la valeur obtenue à la valeur de la fiche technique des modules.***

Mesure du courant de court-circuit :

- **Le courant de court-circuit est celui débité au niveau des bornes de sortie lorsque celles-ci sont reliées par le multimètre.**
- **On fera la mesure vers midi, un jour bien ensoleillé et cours d'une longue période d'ensoleillement non fluctuante.**
- **Pour faire la mesure on débranche les modules du régulateur de charge.**
- **Après avoir débranché les modules on effectue la mesure au niveau des bornes correspondantes.**
- **La mesure effectuée, on refait les branchements.**
- **On utilise un multimètre ou un ampèremètre pour mesurer le courant de court-circuit.**
- **Mettre le multimètre sur mesure d'intensité.**
- **Sélectionner la plage de mesure pour qu'elle contienne l'intensité à laquelle on s'attend.**
- **ATTENTION : pour les systèmes composés de 4 modules de courant de court-circuit de 5A branchés en parallèle. Le courant total peut atteindre 20 A.**
- **Choisir dans ce cas la plage de 0- 20A.**
- **Enfoncer les fiches de l'appareil dans les prises convenables et vérifier que la fiche négative (noire ou -) est bien dans la prise « commune » et que la prise positive (rouge ou +) est bien prise d'intensité convenable.**
- **Mettre en contact les pointes des fiches avec les bornes + et – du panneau.**
- **Lire la valeur affichée par le multimètre et noter la valeur sur la fiche en annexe ...**

Batteries

Les contrôles et opérations suivantes déjà décrites pour l'entretien trimestriel seront réalisés :

- Vérification de fuites d'électrolyte et nettoyage des batteries.
PRECAUTION : ne pas utiliser une grande quantité d'eau à proximité des cellules durant leur nettoyage, car l'eau est un conducteur.
- Vérification de la corrosion des bornes et connexions: En cas de corrosion des connexions, effectuer les opérations décrites pour les entretiens trimestriels correspondantes.
- Contrôler le niveau d'électrolyte dans chacun des éléments. Si le niveau de l'électrolyte dans un élément est bas, ajouter de l'eau distillée jusqu'au niveau haut du marquage de niveau.
- Contrôler la présence éventuelle de fissures au niveau des bacs. Des fissures peuvent apparaître sur les bacs des batteries au cours de leur fonctionnement.
- Vérifier l'aération du local des batteries.

Outres ces opérations déjà effectuées trimestriellement, des mesures précises de densité et de la tension à vide des éléments seront effectuées annuellement.

6. Recherche et réparation des pannes

Avant de commencer la recherche d'une panne on doit s'assurer :

- Qu'on dispose du schéma global de l'installation.
- Qu'on identifie sur le schéma assez clairement chacun des composants.
- Qu'on dispose des fiches d'intervention permettant de consigner les interventions effectuées.

Recherche de la panne

Dans cette partie du manuel, on indique ce qu'il faut faire pour identifier les pannes principales pouvant subvenir dans un système et comment remédier à ces pannes.

Note : pour des raisons de commodité, le processus de recherche de panne et de dépannage est ici appliqué à un système (avec onduleur) et sur des lampadaires solaires . Néanmoins les instructions données pour la réparation sont exprimées dans un souci de généralisation aux systèmes les plus communs.

Il est important :

- D'être sûr d'avoir correctement identifié les symptômes du défaut.
- D'avoir toujours commencé par la première étape inscrite sous chaque symptôme et d'avoir continuer dans l'ordre vers chaque étape.

6.1 Symptômes de dysfonctionnements courants

SYMPTÔMES	DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE CORRESPONDANT
Aucun récepteur n'est alimenté, » l'onduleur ne débite pas ».	Diagramme 1
Les récepteurs fonctionnent le soir pendant 1 ou 2 heures et l'onduleur s'arrête.	Diagramme 2

L'onduleur ne débite pas mais l'indicateur de fonctionnement clignote.	Diagramme 3
L'onduleur indique une baisse de tension prématurée.	Diagramme 4
L'onduleur ne peut pas démarrer ou s'arrête au bout de quelques minutes de fonctionnement.	Diagramme 5
L'onduleur indique une surtension.	Diagramme 6
Le lampadaire ne s'allume pas.	Diagramme 7
Le lampadaire s'allume quelques heures et s'éteint.	Diagramme 8

6.2 Diagrammes de recherche de pannes

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 1

Symptômes : aucun récepteur n'est alimenté. (l'onduleur ne débite pas)

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Alimentation coupée	1
Tension aux bornes de l'onduleur faible	2
Circuit batterie- onduleur interrompu	3
Batterie déchargée ou défectueuse	6
Panneau solaire ne débite pas	4

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 2

Symptômes : les récepteurs fonctionnent le soir pendant une à deux heures et l'onduleur s'arrête

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE	
La charge a augmenté	D1	5
Batterie profondément déchargée	D2	6
Batterie défectueuse	D3	6
Module ne débite pas correctement	D4	4

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 3

Symptômes : l'onduleur ne débite pas mais l'indicateur de fonctionnement clignote.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Charge à la sortie trop faible pour être détectée	7
L'alimentation de certaines charges interrompue ou défaillante	

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 4

Symptômes : l'onduleur indique une baisse de tension prématurée.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Câble d'entrée onduleur trop long	8
Batterie pas assez chargée ou défectueuse	6

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 5

Symptômes : l'onduleur ne peut pas démarrer ou s'arrête au bout de quelques minutes de fonctionnement.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Charge trop importante	5
Chute de tension importante à l'entrée de l'onduleur	8
Batterie pas assez chargée ou défectueuse	6

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 6

Symptômes : l'onduleur indique une surtension.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Seuil de régulation modifié	9
Raccordement Batterie-Régulateur (onduleur) défaillant	3
Régulateur défaillant	9

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 7

Symptôme : Le lampadaire ne s'allume pas.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Le temps maximum programmé est terminé	10
L'énergie disponible est épuisée	11
La batterie ne se charge pas correctement	12

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 8

Symptômes : Le lampadaire s'allume quelques heures et s'éteint.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
Le temps maximum programmé est terminé	10
L'énergie disponible est épuisée	11
La batterie ne se charge pas correctement	12

DIAGRAMME DE RECHERCHE DE PANNE N° 9

Symptômes : Le lampadaire ne s'allume pas avant le lever du jour.

CAUSES PROBABLES	N° DE PROCÉDURE À SUIVRE
L'énergie disponible est épuisée	11
La batterie ne se charge pas correctement	12
Le commutateur pour enclencher le système n'est pas activé	15

6.3 Procédures d'opération de dépannage

PROCEDURE D'OPERATION N°1 : L'alimentation est coupée

Symptôme du défaut :
Aucun récepteur n'est alimenté, l'onduleur ne débite pas

Comment confirmer cette panne ?

L'onduleur est équipé d'un disjoncteur magnétothermique à son entrée; l'onduleur n'est pas alimenté quand le disjoncteur est ouvert.

Réparation à faire

Vérifier que le disjoncteur est ouvert.

S'il est ouvert, refermer.

Observer le comportement de l'onduleur.

PROCEDURE D'OPERATION N°2 : Tension aux bornes de l'onduleur faible

Symptôme du défaut :
Aucun récepteur ne fonctionne, l'onduleur ne débite pas

Comment confirmer cette panne ?

Dans certains cas ,les batteries sont directement connectées à l'onduleur qui en assure la protection contre les décharges profondes. Quand la tension de la batterie de 12 V est inférieure à 11,4 V (tension de déconnexion de la charge V_{min}) l'onduleur coupe les récepteurs. Vérifier si l'indication de décharge profonde est activée : Si oui, la batterie est déchargée et ceci explique l'arrêt de l'onduleur. Si non, vérifier la tension de la batterie 12 V. Si elle est supérieure à 11,4 V, le seuil de coupure de l'onduleur est peut être déréglé.

Comment réparer cette panne ?

Si la tension de la batterie est inférieure à 11,4 V, cas normal de délestage des récepteurs, laisser recharger les batteries et suivre leur comportement. Si la tension de la batterie est supérieure à 11,4 V, vérifier le seuil de délestage de l'onduleur. Si un onduleur de rechange est disponible essayez-le. Si le défaut se confirme faites remplacer l'onduleur défaillant.

PROCEDURE D'OPERATION N°3 : Circuit batterie-onduleur interrompue, Connexion batterie interrompue

Symptôme du défaut :
Aucun récepteur ne fonctionne l'onduleur ne débite pas

Comment confirmer ce défaut ?

Les connexions des batteries peuvent être endommagées à cause de la corrosion. Dans ce cas les batteries n'alimentent plus l'onduleur qui affiche une tension basse et ne peut pas débiter.

Comment réparer ce défaut ?

Vérifier toutes les connexions des batteries ainsi que le circuit entre les batteries et l'onduleur. Si une déconnexion est identifiée, réparer la connexion et observer le fonctionnement de l'onduleur.

PROCEDURE D'OPERATION N°4 : Les modules ne débitent pas

Symptôme du défaut :
Aucun récepteur ne fonctionne, l'onduleur ne débite pas

Comment confirmer ce défaut ?

Si les modules ne débitent pas convenablement, les batteries ne seront pas chargées. Vérifier que les modules sont bien nettoyés. Si oui, vérifier les connexions des modules, vérifier les tensions de circuit ouvert et les courants de court-circuit. Si la tension de circuit ouvert est faible, vérifier les diodes by-pass de chacun des modules.

Comment réparer la panne ?

Si les modules sont sales, les nettoyer et suivre la charge des batteries. Si les connexions sont défectueuses, les rétablir. Si les tensions de circuit ouvert sont faibles (environ la moitié de la tension totale par module) et que certaines diodes by-pass sont défectueuses, les changer, ou les enlever en vue d'un futur remplacement.

PROCEDURE D'OPERATION N°5 : La charge a augmenté : d'autres récepteurs que ceux prévus ont été branchés.

Symptôme du défaut :
Les récepteurs fonctionnent une à deux heures et s'arrêtent

Comment confirmer ce défaut ?

Les charges prévues pour être alimentées par les systèmes communautaires sont prédéterminées. Si d'autres charges sont branchées sur le système, il s'arrêtera plus tôt que prévu.

Comment réparer ce défaut ?

Vérifier si d'autres récepteurs n'ont pas été branchés. Si d'autres récepteurs ont été branchés, demander à l'utilisateur de les débrancher et suivre le comportement du système.

PROCEDURE D'OPERATION N°6 : Batteries souvent déchargées ou défectueuses

Symptôme du défaut :
Les récepteurs fonctionnent une à deux heures et s'arrêtent

Comment confirmer ce défaut ?

Débrancher les batteries des modules et de l'onduleur et laisser reposer au moins pendant une heure. Mesurer la densité de chaque élément, sa température et sa tension. Vérifier l'état de charge de chaque élément en vérifiant le lien entre la densité et la tension de la batterie à l'aide de la formule suivante :

$$U = d + 0,85$$

Où : U tension de l'élément
D sa densité

Si U est inférieure à 1,85 V (11,1V), les batteries sont déchargées profondément.

Comment réparer ce défaut ?

Effectuer une charge d'égalisation. A cet effet les récepteurs doivent être déconnectés pendant une période qui permet une pleine charge des batteries. Après la charge d'égalisation, faites un test de décharge sur la batterie le soir sans charge. Il s'agira de mesurer le comportement de la tension de la batterie avec des niveaux de charge évolutifs (1 lampes , 2 lampes etc). Si la tension diminue trop vite la batterie est défectueuse.

PROCEDURE D'OPERATION N°7 : Charge à la sortie trop faible pour être détectée

Symptôme du défaut :

L'onduleur ne débite pas mais l'indicateur de fonctionnement clignote

Comment confirmer ce défaut ?

Si l'onduleur est doté d'un dispositif « de Stand-by » en mode automatique, il s'éteint quand il n'y a aucune charge. Il ne redémarre que quand il détecte une charge. Si la sensibilité préfixée ne permet pas de détecter la charge alimentée, il ne démarrera pas. Augmenter la charge et suivre le comportement de l'onduleur.

Comment réparer la panne ?

Si l'onduleur démarre après l'augmentation de la charge, diminuer progressivement la charge afin de détecter la charge minimale de démarrage de l'onduleur. Si cette charge minimale est fréquente, modifier la sensibilité du seuil de démarrage.

PROCEDURE D'OPERATION N°8 : Câble d'entrée onduleur trop long

Symptôme du défaut :

L'onduleur indique une chute de tension prématurée

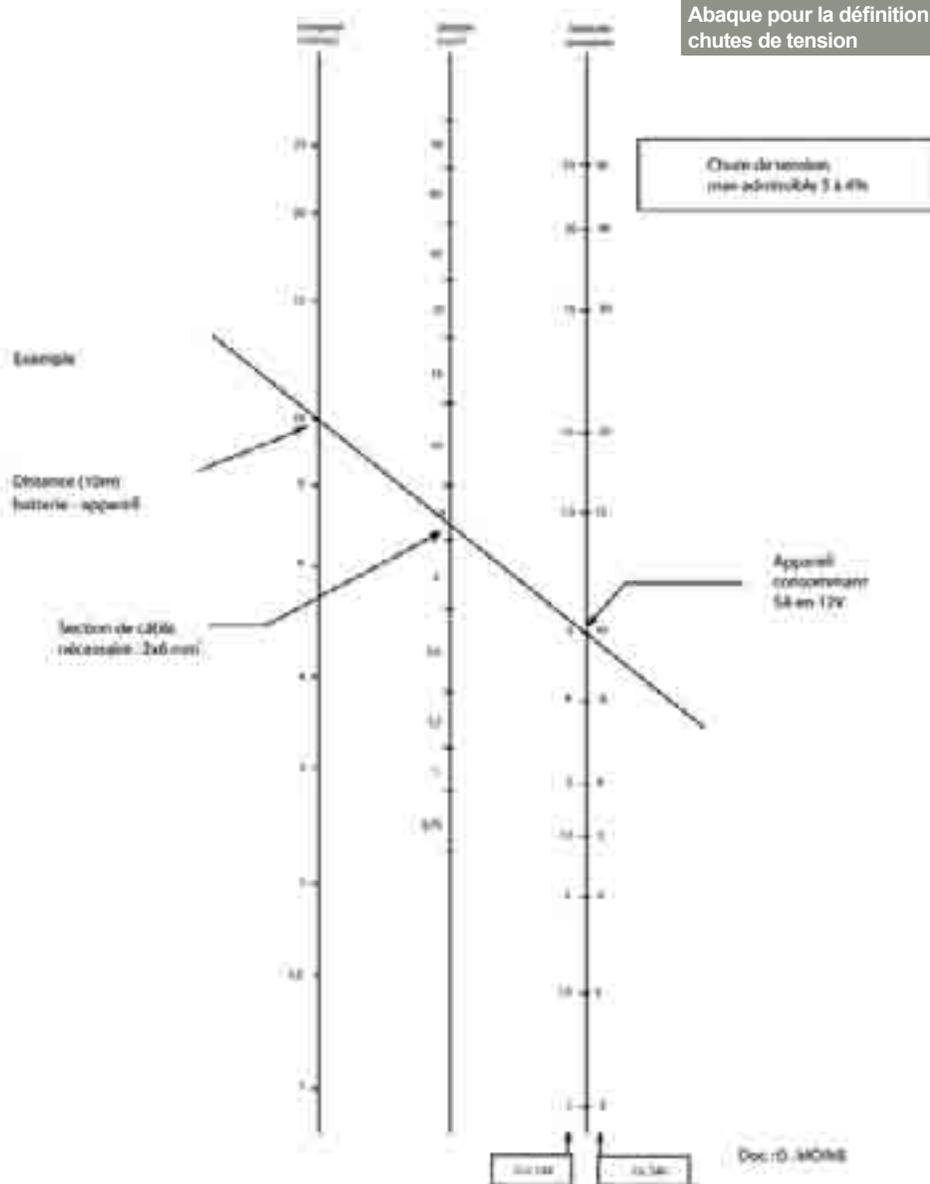
Comment confirmer ce défaut ?

Une chute de tension importante à l'entrée de l'onduleur peut être due au dimensionnement de la section du câble d'alimentation et de la distance entre la batterie et l'onduleur. Vérifier la section du câble installé. Vérifier la distance entre les batteries et l'onduleur. Vérifier la chute de tension maximale admissible en tenant compte du courant maximal :

- Soit à l'aide de la formule : $\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot I \cdot L / S$
Avec : ΔU = chute de tension maximale
 S = section câble actuelle
 ρ = résistivité du câble (= 0,01786 pour le cuivre)
 I = Intensité de courant en Ampères
 L = Longueur actuelle du câble

- Soit à l'aide de l'abaque de la figure 5-1.
 Si la chute de tension constatée est supérieure à 3 %, rapprocher les batteries de l'onduleur. Si le rapprochement n'est pas possible augmenter la section du câble.

Tableau 5-1

Abaque pour la définition des
chutes de tension

La chute de tension à l'entrée de l'onduleur peut être grande si la charge est trop importante (donc le courant à l'entrée élevé) bien que le câble à l'entrée ne soit pas trop long.

Vérifier qu'une charge trop importante n'empêche pas le démarrage de l'onduleur. Cette vérification se fera en mesurant ou en évaluant le courant en fonction de la charge et en utilisant l'abaque ci-dessus.

PROCEDURE D'OPERATION N°9 : Régulateur défaillant

Symptôme du défaut :
L'onduleur indique une surtension

Comment confirmer ce défaut ?

Le régulateur de charge assure la protection en surcharge de la batterie. Il arrête la charge de la batterie quand la tension de celle-ci dépasse un seuil maximal. Si la tension à l'entrée de l'onduleur est supérieure à la tension maximale de fin de charge, le régulateur est peut être défaillant. Mesurer la tension aux bornes des batteries. Mesurer la tension aux bornes « batterie » du régulateur de charge. Si ces tensions sont supérieures à la tension de fin de charge (fonction de la température), le régulateur ne régule pas.

Comment réparer ce défaut ?

Si l'on dispose d'un régulateur de rechange, remplacer le régulateur. Si ce régulateur limite la tension, le régulateur d'origine est défectueux.

PROCEDURE D'OPERATION N°10 : Le temps maximum programmé est terminé ou non sélectionné

Symptôme du défaut :
Le lampadaire ne s'allume pas

La durée d'éclairage à la tombée de la nuit et au lever du jour est programmée sur le régulateur. A l'expiration de la durée programmée, la lampe s'éteint.

Comment confirmer ce défaut ?

La sélection de la durée d'éclairage à la tombée de la nuit est programmée par le sélecteur A du panneau de contrôle. La sélection de la durée au lever du jour est programmée par le sélecteur B. Vérifier si la durée d'éclairage est bien sélectionnée sur le panneau de contrôle, position du sélecteur différente de 0. Si la durée prévue est bien conforme à la durée prévue, le défaut n'est pas lié à la programmation de la durée.

Comment réparer ce défaut ?

Si la durée programmée n'est pas conforme à la durée prévue, reprogrammer la durée prévue et observer le comportement du lampadaire.

PROCEDURE D'OPERATION N°11 : L'énergie disponible est épuisée

La durée de fonctionnement du lampadaire dépend de la quantité d'énergie stockée par la batterie. Si la quantité d'énergie disponible n'est pas suffisante, les récepteurs ne seront plus alimentés.

Comment confirmer ce défaut ?

Quand l'énergie stockée n'est pas suffisante, la batterie sera profondément déchargée après une utilisation préalable. Vérifier si la LED4 est éteinte. Si elle est éteinte, la batterie est déchargée et la sortie de la consommation est désactivée. Mesurer la tension de la batterie : si elle inférieure à 11,50 V la batterie est profondément déchargée.

Comment réparer ce défaut ?

Si la batterie est déchargée et que la sortie de la consommation est désactivée, laisser recharger la batterie un à deux jours et observer le comportement du lampadaire.

PROCEDURE D'OPERATION N°12 : La batterie ne se charge pas correctement

Symptôme du défaut :
Le lampadaire ne s'allume pas

Si la batterie est souvent déchargée, elle n'est peut être pas correctement chargée.

Comment confirmer ce défaut ?

Si le module ne charge pas la batterie, il est peut être sale ou déconnecté du régulateur. Vérifier que la LED5 est allumée : si elle est allumée le module charge la batterie. Vérifier que le panneau est bien nettoyé. Vérifier les connexions entre le module et la batterie il est probable qu'un problème de fixation déconnecte momentanément le module de la batterie.

Comment réparer ce défaut ?

Si la LED5 n'est pas allumée, vérifier la connexion entre le module et la batterie. Si la LED5 est allumée, vérifier que le module est bien propre. S'il n'est pas propre, le nettoyer et mesurer le courant de charge en fonction de l'ensoleillement, Enfin vérifier les connexions entre le module et la batterie. Les resserrer si nécessaire.

PROCEDURE D'OPERATION N°13 : L'interrupteur crépusculaire est défaillant

Symptôme du défaut :
Le lampadaire ne s'allume pas

L'interrupteur crépusculaire permet d'enclencher l'allumage du lampadaire à la tombée de la nuit. Ainsi, le lampadaire ne s'allumera pas si l'interrupteur crépusculaire est défaillant.

Comment confirmer ce défaut ?

Recouvrir la cellule de l'interrupteur pour simuler l'obscurité. Si le lampadaire s'allume, l'interrupteur n'est pas défaillant. Si la lampe ne s'allume pas, vérifier le dispositif électronique d'amorçage de l'interrupteur.

Comment réparer ce défaut ?

Si l'interrupteur crépusculaire est défaillant, le remplacer.

PROCEDURE D'OPERATION N°14 : Le récepteur est défaillant

Symptôme du défaut :
Le lampadaire ne s'allume pas

Comment confirmer ce défaut ?

Démonter la lampe fluorescente et la vérifier. Si une lampe de rechange est disponible, la remplacer et observer le fonctionnement du lampadaire. Si le lampadaire ne fonctionne pas, la lampe n'est peut être pas défaillante.

Comment réparer ce défaut ?

Si la lampe fluorescente est défaillante, la remplacer et observer le fonctionnement du lampadaire.

PROCEDURE D'OPERATION N°15 : Le Régulateur-temporisateur ou le dispositif de commutation est défaillant

Symptôme du défaut :
Le lampadaire ne s'allume pas

Le régulateur gère la charge et la décharge de la batterie, contrôle le fonctionnement de l'interrupteur crépusculaire. Le dispositif de commutation gère les durées de fonctionnement.

Comment confirmer ce défaut ?

Si aucune des recherches précédentes n'a été concluante, ces dispositifs sont peut être défaillants.

Comment réparer ce défaut ?

Remplacer le dispositif de commutation et observer le comportement du lampadaire. Si le lampadaire ne fonctionne toujours pas, remplacer le régulateur et observer le comportement du lampadaire.

Fiche d'installation

Communauté rurale : _____

Site : _____

Date d'installation : _____

Date prévue du premier entretien : _____

Date prévue du deuxième entretien : _____

Mode de montage du module

- sur toit sur sol
 attention ombre lieu dégagé

Recepteurs

Nombre de points lumineux : _____

Lieu d'installation

Point lumineux 1 : _____ Point lumineux 3 : _____

Point lumineux 2 : _____ Point lumineux 4 : _____

Mesures :

Avant branchement

batterie tension : _____ V

densité b+

--	--	--	--	--	--

densité b-

Après installation du régulateur

tension module : _____ V

tension batterie : _____ V

tension utilisation : _____ V

Intervenants :**Responsable système :**

Consignes de la charge préalable des batteries

Site : _____ Date : _____
 Type de système : _____

Type de source chargeante : _____
 Générateur PV : _____
 Autres sources : _____

Densité de l'électrolyte avant remplissage : _____
 Courant moyen de charge : _____
 Heure début charge : _____ Heure fin charge : _____
 Date début charge : _____ Date fin charge : _____

Densité 2 heures après remplissage :

Tension : _____ V Température : _____ °C

Elément 1	Elément 2	Elément 3	Elément 4	Elément 5	Elément 6
<input type="text"/>					

Observations : _____

2 heures après fin de charge préalable :

Tension : _____ V Température : _____ °C

Elément 1	Elément 2	Elément 3	Elément 4	Elément 5	Elément 6
<input type="text"/>					

Observations : _____

Intervenants :

Responsable :

Fiche de réception provisoire - SHS -

Nom de l'abonné (ou type de structure communautaire) : _____

Village et Communauté Rurale : _____

Date de mise en service du système : _____

Inspection visuelle

Mode de montage du module

Contrôle de l'état du module : conforme non-conformeOrientation et inclinaison du module : Direction : _____ Angle : _____ conforme non-conf.Présence d'ombres portées pouvant couvrir le module : oui nonAccessibilité du module pour la maintenance : oui nonInspection du câblage : conforme non-conf.

Commentaires sur câblage : _____

Configuration de support utilisé : sur façade sur solInspection du support : conforme non-conf.

Commentaires sur support : _____

Batterie

Conformité du local d'implantation de la batterie : conforme non-conf.

Commentaires sur le local : _____

La batterie repose sur un support adéquat oui non

Commentaire sur le support de batterie : _____

Accessibilité pour la maintenance : oui nonContrôle visuel du niveau d'électrolyte : bon à compléter

Régulateur de charge

Conformité du local d'implantation du régulateur : conforme non-conf.

Commentaires sur le local : _____

Le régulateur est installé de façon à ce que son affichage soit visible oui nonLes éléments du système sont connectés au régulateur en respectant les polarités: oui non**Vérifier les chutes de tension admissibles à l'aide des abaques**Distance Module - Régulateur - Batterie acceptable en mètres : _____ oui non

Câblage des installations intérieures

L'installation complète des systèmes est réalisée de façon soignée: oui nonRégularité et alignement des points de fixation : oui nonRemise en l'état des murs après perçage : oui nonRéalisation du câblage et connexions : conforme non-conf.

Réserves à la conformité : _____

Vérification des installations intérieures :

- | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Un interrupteur par point lumineux est installé : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| Chaque lampe doit être placée à une hauteur au sol de 1,80 m : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| La distance Boîte de dérivation - Lampe est inférieure à 3 mètres : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| Les boîtes de dérivation sont hors de portée des enfants : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| La distance Boîte de dérivation - Interrupteur est inférieure à 1,5 m : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| La distance entre un interrupteur, une prise, une boîte de connexion, un régulateur et la plus proche attache de chacun des câbles qui y parvient est de 5 cm : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| La prise à courant continu est correctement installée : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| Le convertisseur DC/DC est correctement installé : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |
| Le réglage de la tension du convertisseur a été faite selon la tension de la charge qui lui est affectée : | <input type="radio"/> oui | <input type="radio"/> non |

Inspection technique

Vérification des paramètres techniques du module :

Avant la mise en service (module installé sur son support mais non connecté au régulateur) :

Tension à vide aux bornes du module (U_{co}) : _____ Volt

Intensité de court circuit débitée par le panneau (I_{cc}) : _____ A

Préciser les conditions de test : Ciel dégagé Nuageux heure : _____

Vérification des paramètres techniques du régulateur :

L'affichage LED du régulateur fonctionne : oui non

Tension mesurée au régulateur : U (module) : _____ Volts

U (batterie) : _____ Volts

U (charges) : _____ Volts

Conclusions de l'inspection technique : _____

Je soussigné _____, s/c _____ certifie que le kit photovoltaïque nommé ci-dessus à été inspecté et est conforme aux prescriptions d'installation du constructeur et répond aux normes internationales en vigueur : conforme non-conforme

Conformité sous réserve de modification : _____

Fait à _____, le _____,

Représentant Opérateur :

Représentant PERACOD :

Fiche d'entretien

Site : _____
Date : _____

Champ PV

Etat général : _____ _____	Mesures <input type="text"/> heure <input type="text"/>
Etat câblage : _____ _____	Ensoleillement (état ciel) <input type="text"/>
Ombre portée : _____ _____	Icc <input type="text"/>
	Uco <input type="text"/>
	Im <input type="text"/>
	Uch <input type="text"/>

Batteries

Etat général : _____ _____	Mesures <input type="text"/> heure <input type="text"/>												
Aération local batterie : _____ _____	Densité [kg/l] <table border="0"> <tr> <td>Cel. 1</td><td>Cel. 2</td><td>Cel. 3</td><td>Cel. 4</td><td>Cel. 5</td><td>Cel. 6</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	Cel. 1	Cel. 2	Cel. 3	Cel. 4	Cel. 5	Cel. 6	<input type="text"/>					
Cel. 1	Cel. 2	Cel. 3	Cel. 4	Cel. 5	Cel. 6								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
Autres tâches réalisées : _____ _____	Température [°C] <table border="0"> <tr> <td>Cel. 1</td><td>Cel. 2</td><td>Cel. 3</td><td>Cel. 4</td><td>Cel. 5</td><td>Cel. 6</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	Cel. 1	Cel. 2	Cel. 3	Cel. 4	Cel. 5	Cel. 6	<input type="text"/>					
Cel. 1	Cel. 2	Cel. 3	Cel. 4	Cel. 5	Cel. 6								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
	Tension [V] <table border="0"> <tr> <td>Cel. 1</td><td>Cel. 2</td><td>Cel. 3</td><td>Cel. 4</td><td>Cel. 5</td><td>Cel. 6</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	Cel. 1	Cel. 2	Cel. 3	Cel. 4	Cel. 5	Cel. 6	<input type="text"/>					
Cel. 1	Cel. 2	Cel. 3	Cel. 4	Cel. 5	Cel. 6								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								

Régulateur de charge

Etat général : _____	Autres tâches réalisées : _____
Connexions : _____	_____
Vérification des indications : _____	_____

Onduleur

Etat général : _____	Autres tâches réalisées : _____
Connexions : _____	_____
Vérification des indications : _____	_____

Câblage

Etat général : _____	_____
----------------------	-------

Observations et remarques

Intervenants :

Responsable :

Inspection visuelle

Fiche d'enregistrement de défauts des modules

Date : _____

Technicien : _____

Site : _____

Travée n° 1 :

Elements	Type de défaut	Module 1	Module 2	Module 3	Module 4
Module	Distordu				
Cadre	Oxydé				
	Déplacé				
	endommagé				
Joint cadre	déplacé				
	Autres défauts				
Encapsulation	Prise d'air				
	délamination				
	Infiltration d'eau				
Cellules	cassées				
	détériorées				
Connexion et jonction des cellules	décolorées				
	déplacées				
	cassées				
Face avant	cassée				
	Autres défauts				
Face arrière	cassées				
	Autres défauts				
Boîtes de connexion	détériorée				
	infiltration d'eau				
	Diode claquée				

Observations :

Intervenants :**Responsable :**

Inspection visuelle Batterie

Fiche d'inspection

Site : _____ Date : _____

Techniciens : _____

Objet	Janvier						Février						Mars					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Eléments																		
1. Contrôle trimestriel																		
Niveau électrolyte																		
Fuite électrolyte																		
Différence de couleurs																		
Dépôts de sédiments																		
Corrosion bornes et connexions																		
Fissure des bacs																		
2. Contrôle annuel En plus des contrôles trimestriels																		
Mesure des tensions des éléments																		

Objet	Avril						Mai						Juin					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Eléments																		
1. Contrôle trimestriel																		
Niveau électrolyte																		
Fuite électrolyte																		
Différence de couleurs																		
Dépôts de sédiments																		
Corrosion bornes et connexions																		
Fissure des bacs																		
2. Contrôle annuel En plus des contrôles trimestriels																		
Mesure des tensions des éléments																		

Intervenants :

Responsable :

Inspection visuelle Batterie

Fiche d'inspection

Site : _____ Date : _____

Techniciens : _____

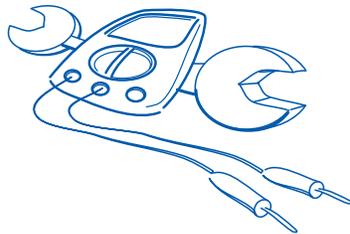
Objet	Juillet						Août						Septembre					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Eléments																		
1. Contrôle trimestriel																		
Niveau électrolyte																		
Fuite électrolyte																		
Différence de couleurs																		
Dépôts de sédiments																		
Corrosion bornes et connexions																		
Fissure des bacs																		
2. Contrôle annuel En plus des contrôles trimestriels																		
Mesure des tensions des éléments																		

Objet	Octobre						Novembre						Décembre					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Eléments																		
1. Contrôle trimestriel																		
Niveau électrolyte																		
Fuite électrolyte																		
Différence de couleurs																		
Dépôts de sédiments																		
Corrosion bornes et connexions																		
Fissure des bacs																		
2. Contrôle annuel En plus des contrôles trimestriels																		
Mesure des tensions des éléments																		

Intervenants :

Responsable :





PERACOD, Hann Maristes - B.P. 3869, Dakar, Sénégal,

Tél. : +221 33 832 64 71, Fax : +221 33 832 64 79

e-mail : info@peracod.sn

www.peracod.sn