



SOMMAIRE

Abréviations et références normatives	01
	03
Introduction	
PARTIE 1 :	05
NOTIONS PRÉLIMINAIRES ET DÉFINITIONS	
Principes de bases sur l'électricité	06
Définition d'une IPV	12
	27
PARTIE 2 :	
ACQUISITION ET INSTALLATION D'UN SYSTÈME	

PHOTOVOLTAÏQUE CONNECTÉ AU RÉSEAU BT

Démarches préliminaires

28

Visites préliminaires

30

Procédures d'installation d'une IPV dans le cadre du

36

programme PROSOL ELEC

Préparation de la livraison d'une IPV

39

41

Travaux d'installation

Vérification et essais d'une IPV

63

Réception et mise en service d'une IPV

69

PARTIE 3 :

73

MAINTENANCE, DEFAUTS ET RÈGLES DE SÉCURITÉ

74

Maintenance et entretien d'une IPV

76

Défauts rencontrés dans une IPV et recommandations

89

Règles de sécurité

ABREVIATIONS

IPV : Installation Photovoltaïque

PV : Photovoltaïque

STEG : Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz

ANME : Agence Nationale pour la Maitrise de l'Energie

PTB : Institut Allemand de Métrologie (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

CSPV : Chambre Syndicale du Photovoltaïque en Tunisie

TGBT : Tableau Général Basse Tension

BT : Basse Tension

DC ou CC : Courant continu

AC ou CA : Courant alternatif

MPPT : Maximum Power Point Tracking « Recherche du Point de Puissance Maximum en français »
» V_{oc} : Tension à vide du module

I : Courant de court-circuit du module I_{sc}

BO : Bureau d'ordre de la STEG

DSC : Division service à la clientèle du district STEG

DT : Direction technique STEG

ALPHA : Application informatique de gestion des clients basse et moyenne tension de la STEG

Cu : Cuivre

Kwh : Kilowatt - heure

DEFINITIONS

Côté DC ou CC : Désigne la partie du circuit électrique dans laquelle circule un courant continu, c'est-à-dire entre les modules photovoltaïques et l'onduleur ;

Côté AC ou CA : Désigne la partie du circuit électrique dans laquelle circule un courant alternatif, c'est-à-dire en aval de l'onduleur jusqu'au réseau électrique de distribution ;

Cellule photovoltaïque : Dispositif photovoltaïque de base pouvant générer de l'électricité en courant continu lorsqu'il est soumis au rayonnement solaire ;

Module photovoltaïque : Désigne un ensemble de cellules assemblées et interconnectées, y compris les dispositifs nécessaires de protection ;

Chaîne photovoltaïque : Circuit constitué par un assemblage de modules photovoltaïques connectés en série ;

Installateur photovoltaïque : Désigne une entreprise éligible pour la réalisation d'installations photovoltaïques raccordées au réseau par l'Agence nationale de maîtrise de l'énergie (ANME) ;

Basse tension (BT) : Tension nominale simple de 230V et composée 400 V ;

Branchement STEG : Circuit qui relie le point de raccordement du client au réseau Basse Tension de la Société Tunisienne de l'électricité et du gaz (STEG), y compris le tableau de comptage ;

Centrale photovoltaïque : Installation servant à la production d'énergie électrique Comprenant générateur, l'onduleur, les équipements d'instrumentation et de protection ;

Point de raccordement du producteur : Point où est reliée au réseau de la STEG, l'installation électrique du producteur ;

Producteur : Personne, société, groupement ou organisme, propriétaire d'une centrale de production d'électricité à partir d'une centrale photovoltaïque raccordée au réseau électrique national ;

Le générateur photovoltaïque ou champ PV : Désigne un ensemble de groupes photovoltaïques interconnectés et fonctionnant comme une seule unité de génération d'électricité ;

Structure porteuse : Élément de la construction sur lequel est fixé ou posé le châssis du générateur photovoltaïque ;

La puissance souscrite : C'est la puissance contractée par le client, elle est contrôlée par un disjoncteur thermomagnétique installé en aval du compteur sur le tableau de comptage.

02 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national

RÉFÉRENCES NORMATIVES

UTE C 32-502 : Guide pour les câbles utilisés pour les systèmes photovoltaïques

UTE 15-712-1 : Guide pratique d'installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

UTE C 61740-52 : Parafoudres basse tension Parafoudres pour applications spécifiques incluant le courant continu - Partie 52: Principes de choix et d'application – Parafoudres connectés aux installations photovoltaïques

UTE C 15-400 : Guide pratique - Raccordement des générateurs d'énergie électrique dans les installations alimentées par un réseau public de distribution

IEC 61537 : Systèmes de chemins de câble

NF EN 50174-2 : Technologies de l'information - Installation de câblages - Partie 2 : planification et pratiques d'installation à l'intérieur des bâtiments

VDE 0126-1-1 : Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public à basse tension

EN 62-446 : Systèmes photovoltaïques connectés au réseau électrique - Exigences minimales pour la documentation du système, les essais de mise en service et l'examen

EN 61701 : Essai de corrosion au brouillard salin des modules photovoltaïques (PV)

EN 61730 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 1 : exigences pour la construction

EN 61215 : Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres - Qualification de la conception et homologation - Partie 1-1 : exigences particulières d'essai des modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin

EN 62444 : Presse-étoupes pour installations électriques

CEI 60364-5-52 : Installations électriques à basse tension – Partie 5-52: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Canalisations

CEI 60228 : Ame des câbles isolés

EN 60332-1-2 : Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu

EN 60269-6 : Fusibles basse tension - Partie 6 : exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque

EN 60947-2 : Appareillage à basse tension- Partie 2 : Disjoncteur

EN 50521 : Connecteurs pour systèmes photovoltaïques - Exigences de sécurité et essais

EN 352 : Protecteurs individuels contre le bruit - Exigences générales - Partie 1 :

serre-tête **EN 397** : Casque de protection pour l'industrie

EN 60903 : Travaux sous tension. Gants en matériau isolant

EN 166 : Protection individuelle de l'œil

EN 361 : Équipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur - Harnais d'antichute

EN 20345 : Chaussures de sécurité à usage professionnel-Protection contre les chocs **EN 20471**

: Vêtements de protection haute visibilité

03

Ces installations sont réalisées par des sociétés installatrices éligibles au programme PROSOL Elec et doivent impérativement obéir à des conditions et critères de conformités techniques et sécuritaires des biens et des personnes.

Le développement des énergies renouvelables en Tunisie durant ces cinq dernières années a permis de créer un marché local croissant notamment dans la production de l'électricité à partir de l'énergie photovoltaïque. En effet, à fin 2017, le nombre de sociétés installatrices éligibles a atteint environ 250 et les installations PV réalisées dans le cadre du programme PROSOL Elec ont permis d'atteindre une capacité cumulée d'environ 40 MWh et un nombre de plus de 13.000 installations Basse Tension. Ces réalisations ont pu avoir lieu grâce au mécanisme de soutien mis en place par les autorités publiques et à l'implication des acteurs principaux à savoir l'ANME et la STEG.

En effet, les sociétés installatrices ont un grand rôle dans le mécanisme du programme PROSOL Elec compte tenu des exigences de qualité et de sécurité requises par les installations PV connectées au réseau électrique de la STEG, de plus, les installateurs nouvellement agréés sont appelés à se conformer aux règles de l'art et aux standards d'installation. Le but étant d'inculquer la qualité dans les services d'installation et de maintenance et de doter les installateurs des connaissances pour leur faire jouer un rôle de conseil au profit des bénéficiaires.

*Ce guide est structuré en trois parties : Partie 1 :
Notions préliminaires et définitions d'une
IPV Partie 2 :*

Dans ce même contexte et dans le but d'améliorer la qualité des installations PV et de renforcer par conséquent la confiance des usagers à cette technologie, l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME) en partenariat avec la Chambre Syndicale du PV (CSPV) et avec l'appui de l'Institut Allemand de Métrologie (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB), a initié un projet de soutien à l'infrastructure qualité pour le secteur photovoltaïque en Tunisie. Ces mêmes acteurs ont appelé à la nécessité d'élaborer un guide pratique sur les installations des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau Basse Tension afin qu'il soit un outil d'aide technique pour les installateurs.

Acquisition et installation d'un système photovoltaïque raccordé au réseau Basse Tension Partie 3 :

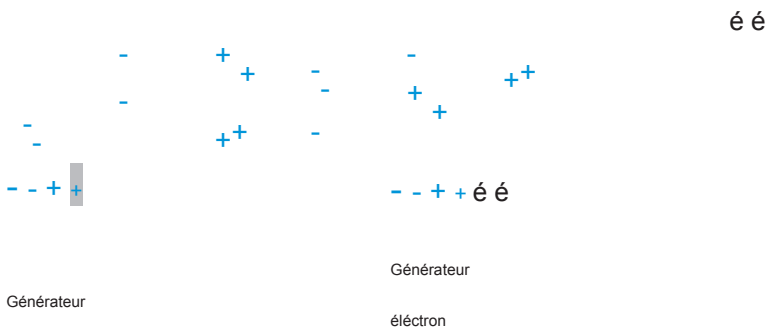
*Maintenance et entretien d'une
IPV Défauts rencontrés dans une
IPV
Règles de sécurité dans une IPV*

Ce guide, accompagné d'un film didactique destiné aux installateur-mainteneurs des systèmes PV, est édité pour des fins purement pédagogiques en proposant aux installateurs des conseils et des bonnes pratiques et n'a pas l'intention de servir formellement de référentiel technique pour les installations photovoltaïques raccordées au réseau électrique.

1) L'électricité, c'est quoi ?

C'est une énergie qui existe à l'état naturel (l'éclair lors de l'orage) mais qui est difficilement stockable. Un courant électrique est la circulation d'électrons libres entre 2 points d'un conducteur. Un électron libre est un électron qui peut se détacher facilement du noyau de l'atome qu'il constitue.

L'énergie du mouvement de ces électrons libres constitue l'énergie électrique. Produire de l'électricité consiste à obliger les électrons à se déplacer ensemble dans un matériau conducteur qui facilite le mouvement.



2) Circuit électrique

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



3) Générateurs

$$U_G > 0 ; U_R > 0 ; I > 0$$

Conducteurs

Les générateurs sont des appareils qui transforment de l'énergie

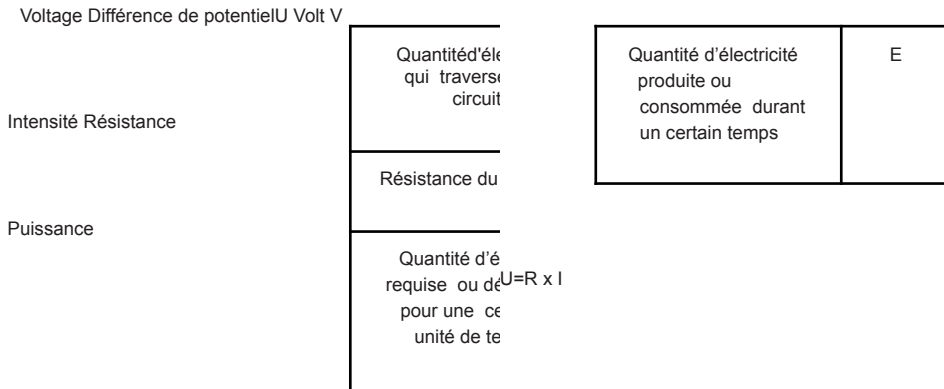
sous une forme donnée en énergie électrique (Panneau PV, groupe électrogène,...).

4) Récepteurs

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

5) Valeurs

Pour maîtriser l'électricité, il convient de distinguer et de comprendre les différentes valeurs qui la caractérisent



en watts $P = U \times I$ Energie $E = P \times t$

$$\text{heureAh } C = I \times t$$

Charge
électrique
Capacité à fournir
un certain courant durant un temps
donné

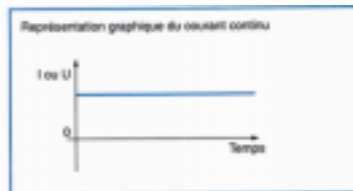
⊖ Ampère

07

6) Les types de courant

Le courant continu (DC : Direct Current)

Un courant continu est celui qui (théoriquement) ne varie pas dans le temps. C'est le type de courant délivré par un module PV ou une batterie. Les voltages les plus courants sont : 6V, 12V et 24V.



AVANTAGES : On peut le stocker et on peut additionner les sources en parallèle ou en série avec quelques précautions.

DÉSAVANTAGES : Ces faibles tensions sont un handicap au transport de ce type de courants.

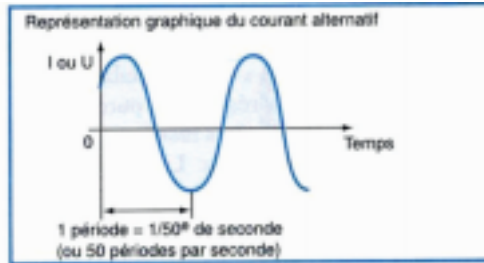
Le courant alternatif (AC : Alternative Current)

Dans le courant alternatif, les électrons se déplacent alternativement dans une direction puis dans l'autre selon une fréquence donnée. Il n'y a plus de borne déficitaire et de borne excédentaire puisque le courant alterne en permanence: on ne parle donc pas de + et de - en alternatif mais de phase et neutre.

C'est le courant fourni par les compagnies d'électricité. Tension et intensité varient selon une courbe sinusoïdale. En fait, la tension et l'intensité varient en continu entre une valeur maxi et une valeur mini mais lors de la mesure, cette variation est gommée et fait apparaître une valeur stable moyenne, 220V par exemple.

Le nombre d'oscillations par seconde de la sinusoïde définit la fréquence.

Exemple : 50 oscillations par seconde en Tunisie (50 Hz)



Symbole ~

AC en anglais

AVANTAGES : Il est facile à transformer (élévation/abaissement de tension) et les tensions élevées atteintes se prêtent aisément au transport sur de longues distances. Il est facile à produire.

DÉSAVANTAGES : On ne peut pas le stocker et on ne peut pas additionner les sources (en parallèle ou en série sur un même réseau).

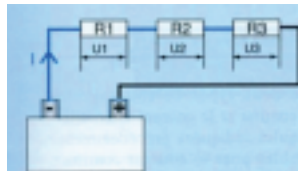
Il existe 2 types de courant alternatif : le Monophasé et le Triphasé. Le

Monophasé est le courant le plus utilisé pour tout type de matériel (télévision, machine à laver...). Il est fourni par des fournisseurs locaux ou par un générateur. Le triphasé est un courant utilisé pour des niveaux de puissances élevés.

7) Les groupements d'éléments

Les éléments en Série

Les éléments sont en série quand ils sont placés les uns à la suite des autres.

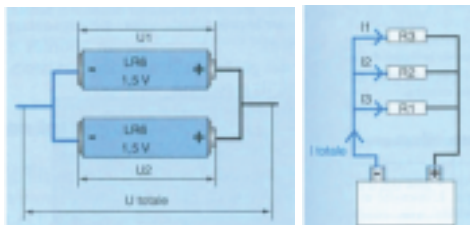


TENSION TOTALE = Tension élément 1 + Tension élément 2 + Tension élément 3

INTENSITE = intensité élément 1 = Intensité élément 2 = Intensité élément 3

Les éléments en parallèle

Un montage est dit en parallèle lorsque chaque élément est repris sur le précédent par une dérivation.



TENSION TOTALE = Tension élément 1 = Tension élément 2 = Tension élément 3

INTENSITE = intensité élément 1 + Intensité élément 2 + Intensité élément 3

Tension (V) Courant (A)

Puissance (W)

Somme des tensions Pas de

changement Somme des

puissances

Pas de changement

Somme des courants

Somme des puissances

1) Définition :

Le terme «photovoltaïque» est composé du mot de grec ancien « photos » (lumière, clarté) et du nom de famille du physicien italien (Alessandro Volta) qui inventa la pile électrique en 1800 et donna son nom à l'unité de mesure de la tension électrique, le volt.

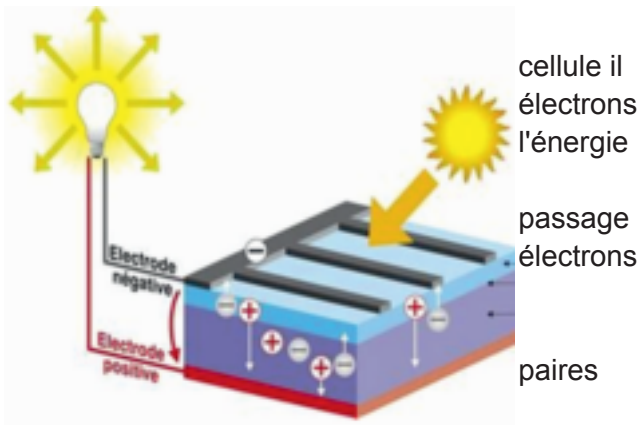
Un système photovoltaïque est une installation composée de plusieurs

éléments pour convertir un rayonnement solaire (énergie lumineuse) en électricité : c'est l'effet photovoltaïque. Découvert en 1839 par le français Antoine-César Becquerel, il désigne la capacité que possèdent certains matériaux, notamment les semi-conducteurs, à convertir directement les différentes composantes de la lumière du soleil (et non sa chaleur) en électricité.

Quand un photon heurte la cellule il transmet son énergie aux électrons. Si l'énergie est suffisante pour arracher un électron et permettre son passage de la bande interdite à la bande de conduction, ces électrons quittent leur bande de valence et entrent dans la bande dite de conduction. Cette émission d'un électron-trou due à l'action de la lumière est appelée effet

photoélectrique. Les propriétés physiques du matériau sont alors modifiées et celui-ci devient conducteur. Si l'énergie du photon n'est pas suffisante ou trop importante elle ne sera pas absorbée ou transformée sous forme de chaleur.

On appelle cellule photovoltaïque, l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques. Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V.



U 0,5 V à 0,6 V

Silicium dopé N
 Silicium dopé N
 Couche limite
 Silicium dopé P

Courant

continu⁺

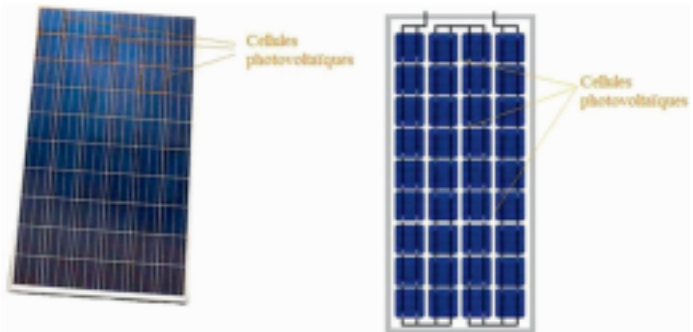
2) Composition d'une installation photovoltaïque connectée au réseau

Une installation photovoltaïque (IPV) se compose de :

2-1 Panneau ou module photovoltaïque

La cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W avec une tension de moins d'un volt (0,6 V). Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module ou panneau PV.

Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant. La mise en parallèle des cellules accroît le courant en conservant la tension. Les cellules sont connectées entre elles par des fins rubans métalliques, des contacts en face avant (-) au contact en face arrière (+)



2-2 Onduleur

Un onduleur photovoltaïque remplit plusieurs fonctions essentielles dans une installation PV raccordée au réseau :

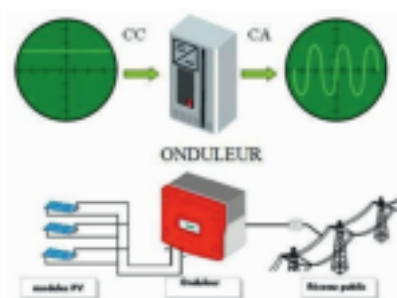
La conversion du courant et de la tension continus en courant et tension alternatifs compatibles avec le réseau.

La recherche du point de puissance maximum du champ photovoltaïque.

La protection de découplage.

Un

Le contrôle de l'isolement de la partie DC (ou CC) de l'installation photovoltaïque



2-3 Organes de protection

Les organes de protection rencontrés dans une IPV sont :

a) Boite de jonction

Ce sont des boîtiers susceptibles de contenir des fusibles sur chacune des chaînes photovoltaïques, situés au plus près du champ photovoltaïque, permettant la mise en parallèle des chaînes photovoltaïques et disposant d'un pouvoir de coupure et de sectionnement. Elles existent que lorsque le nombre de chaînes de modules est supérieur à 2.

Leur existence est pour protéger l'installation contre les surtensions éventuellement

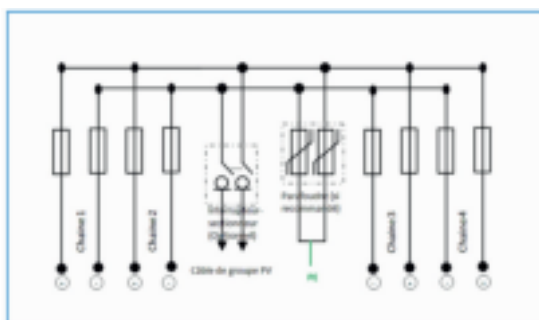


Schéma unifilaire d'une boîte de jonction à 4 chaînes

b- Boite de raccordement

C'est une enveloppe dans laquelle des groupes photovoltaïques sont interconnectés électriquement en série. Si le système est constitué de plusieurs groupes de chaînes de modules photovoltaïques, la boîte de raccordement permet leur mise en parallèle. Celle-ci peut contenir aussi d'autres composants tels qu'un interrupteur différentiel, un sectionneur, parafoudre



Schéma unifilaire d'une boîte de raccordement à 4 groupes de chaînes

c- Coffret de protection DC

Situé en amont et au plus près des onduleurs, il comporte un interrupteur sectionneur et un parafoudre disposant ainsi d'un pouvoir de coupure et sectionnement. Son rôle est de protéger l'installation contre les surtensions

d- Coffret de protection AC

Situé en aval et au plus près des onduleurs, il comporte un parafoudre et un disjoncteur différentiel 300 mA, disposant ainsi d'un pouvoir de coupure et sectionnement. Son rôle est de protéger l'installation contre les surintensités

2-4 Câblages électriques

Le câblage permet le raccordement électrique des différentes composantes entre elles. On dispose de trois types de câblages : Câblage du côté DC (câbles solaires) : Mis au point pour répondre aux spécificités du solaire PV

Câblage du côté AC : il se conforme aux règles applicables aux installations électriques standards

Câblage de la mise à la terre et équipotentialité de tous les

2-5 Compteurs

Un compteur bidirectionnel sera utilisé pour comptabiliser la quantité d'énergie cédée et extraite du réseau

Schéma général
d'une installation PV
raccordée au réseau

3) Comment marche une IPV ?

Une installation photovoltaïque se compose de modules photovoltaïques PV, eux-mêmes constitués de cellules photovoltaïques, à base de silicium le plus souvent. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en électricité (courant continu). Ce courant continu, via des éléments de protection (s'ils sont nécessaires ou imposés normativement), est transformé par un onduleur en courant alternatif pour être injecté dans le réseau électrique avec comme impératif de suivre l'amplitude et la phase de la

tension alternative du réseau (typiquement une amplitude de 230 Vac et une fréquence de 50 Hz). Des éléments de protection peuvent être insérés entre l'onduleur et le réseau (pas

forcément nécessaires mais imposé par les normes de sécurité) et un compteur bidirectionnel en énergie électrique pour la facturation des kWh photovoltaïques produits.

Il peut être utile de mettre un système de suivi pour vérifier le fonctionnement de l'installation PV car rien n'indique si celle-ci fonctionne correctement ou non. Enfin, un afficheur permet d'indiquer pour une finalité de communication des informations utiles comme la puissance instantanée produite et consommée. Selon le choix retenu, tout dépend de la configuration sur le réseau public, et le reste est à adapter en fonction de la production photovoltaïque et des besoins en électricité nécessaires.



4) Pourquoi acquérir un système photovoltaïque ?

Un système photovoltaïque couvre tout ou une partie de la consommation électrique d'un bâtiment sur lequel il est installé. En pratique, la production solaire réduira les dépenses d'électricité et remplacera une partie de l'énergie "sale" (issue de combustibles fossiles ou nucléaires) par une énergie propre et respectueuse de l'environnement, améliorant ainsi, même modestement, la qualité écologique du courant au niveau du consommateur, mais aussi au niveau de la compagnie d'électricité.

Source d'électricité 100% propre et fiable pour des usages très variés, le photovoltaïque figure parmi les principales sources mondiales et présente de nombreux avantages :

Il est exploitable pratiquement partout, la lumière du soleil étant disponible dans le monde entier.

L'équipement de production peut presque toujours être installé à proximité du lieu de consommation, évitant ainsi les pertes en ligne.

Il est totalement modulable et la taille des installations peut être facilement ajustée selon les besoins ou les moyens.

Aucun mouvement, pas de pollution directe ou indirecte (effluents atmosphériques ou liquides, produits de nettoyage, risque d'accident physique, ...) aucun déchet, aucune perturbation pour l'environnement de proximité.

La maintenance et les réparations sont réduites à presque rien pour la partie photovoltaïque et à peu de chose pour l'électronique associée.

5- Fonction des principaux composants d'une IPV

Cellules



Les cellules photovoltaïques sont reliées entre elles en série au sein d'un module photovoltaïque

module photovoltaïque



Les modules photovoltaïques sont reliés entre eux en série puis branchés via un coffret Courant Continu (DC) sur une entrée d'un onduleur. On peut avoir plusieurs séries par onduleur et plusieurs onduleurs pour une même installation photovoltaïque.

Modules

photovoltaïques

(protection de découplage) et l'installation ne peut pas produire d'électricité.

Coffret Courant Continu - CC (ou DC - Direct Current)



L'ensemble des chaînes est branché dans un coffret DC avant d'être raccordé à l'onduleur, c'est dans ce coffret que

se fait la mise en parallèle des séries de modules pour l'addition du courant. Il comporte un interrupteur sectionneur, un parafoudre .

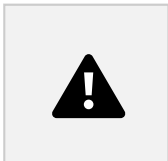
Coffret courant alternatif- AC



Il est placé entre l'onduleur et le réseau de distribution. Il comporte un dispositif

de coupure et de sectionnement général AC sur la liaison principale, un disjoncteur (et un parafoudre) nécessaire.

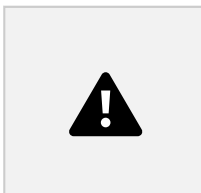
Compteur bidirectionnel



Il est placé afin d'enregistrer séparément l'énergie électrique consommée et injectée dans le réseau.

Les modules sont raccordés en série sur une ou plusieurs entrées de l'onduleur : cette série de modules peut être appelée chaîne de modules, série de modules ou string.

19



Les modules sont branchés via les coffrets DC aux onduleurs pour convertir le courant continu en courant alternatif.

Connecteurs



Les onduleurs mesurent en permanence le réseau électrique pour se synchroniser à celui-ci. En l'absence de réseau, les onduleurs ne peuvent pas fonctionner

Câbles



Les câbles électriques utilisés pour les installations photovoltaïques doivent répondre à des critères spécifiques au domaine du photovoltaïque (norme UTE C 32-502). Les câbles doivent entre autre être à double isolation (classe II), tenir à une tension 1000V, être résistant aux UV, avoir une tenue en température de 90 °C.

Chaque module photovoltaïque possède 2 connecteurs, un mâle et un femelle, ce qui facilite le branchement en série de ceux-ci.

6- Fonction des organes de protection d'une IPV

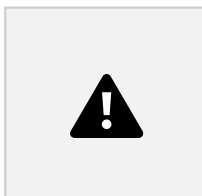
Interrupteur sectionneur



C'est un organe de coupure. Installé dans le coffret DC entre les panneaux et l'onduleur, il a la tâche de couper le courant de court-circuit

C'est un organe contre les surintensités. Si le nombre de chaînes photovoltaïque est supérieur à 2, il faut par défaut monter un disjoncteur ou un porte-fusible en série avec chaque string. Son rôle est de couper des courants de court-circuit, sous des tensions DC élevées.

Fusible



des panneaux. Cet organe est absolument nécessaire de façon à pouvoir isoler la source de tension DC de l'onduleur avant toute intervention sur l'installation.



Parafoudre

Disjoncteur différentiel

C'est un organe qui protège l'installation contre les surtensions. Il se trouve dans les coffrets DC et AC et à proximité du champ PV si la distance entre le champ et le parafoudre dans le coffret DC est supérieur à 10m.

Situé au coffret AC, c'est un organe de protection contre les contacts indirects et plus précisément contre les surintensités.



Diode Bypass

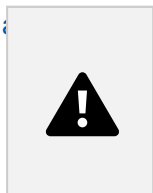
Situé dans le boîtier de jonction à l'arrière du module PV. Sa tâche est de protéger les cellules PV contre la surchauffe (hot spot) et d'améliorer la performance des modules en cas d'ombrage.

7- Outils de mesure et d'installation

Pince multi contact pour connecteur



Pince



Pince équipée d'une matrice de sertissage et d'un positionneur pour raccorder les connecteurs multi contact au câble solaire.

Solarimètre



Analyseur solaire et des ombres pour mesures de l'exposition solaire, relevé de masques, traçage de la trajectoire du soleil

Multimètre



Un appareil pour mesurer la tension, l'intensité, la puissance et la résistance

Boussole



Un instrument qui indique l'orientation

Caisse à Outils



Une caisse contenant les outils nécessaires pour la fixation de la structure

Contrôleur
Mesureur
de Terre

Un appareil de mesure de la résistance de

22 Guide Pratique d'installation de

oltaiques raccordés au réseau électrique national



Testeur
d'isolement

C'est un mégohmmètre pour mesurer la
résistance d'isolement



Caméra
thermique

Un appareil pour
enregistrer les différents rayonnements
infrarouges émis par le module PV et qui
varient en fonction de la température



Testeur
de différentiel

Un appareil qui permet
de tester l'absence ou non de la tension
aux bornes d'un disjoncteur différentiel

Profilé
en
aluminium



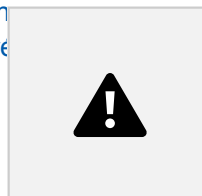
Rail en
aluminium

Le support ou pied pour structure est monté
par des profilés en aluminium

Les rails permettent la fixation des modules
sur la structure



Pin
d'extré



Ecrou
hexagonal

Utilisée pour fixer les modules entre eux
et éviter de les avoir collés

Utilisée pour fixer le dernier module d'une
rangée sur le rail

23



Pince
centrale

Accessoire de serrage de l'installation



8- Structure et
matériels de
fixation

Boulon

he



ire de fixation de l'installation

Serre

câble Utilisé pour attacher et serrer les câbles électriques

24 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national

Cheville
métallique

Crochet de
fixation



Serre
câble à étrier Tendeur œil/oeil

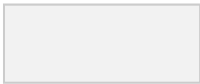


Câble tendeur



câble tendeur dans

Permet de fixer le câble tendeur sur
la structure



on d'un câble en acier

Fixation de la structure en aluminium sur du béton ou sur la dalle

25

Câble en acier utilisé pour renforcer la structure contre l'arrachement

8- Structure et matériels de fixation



Système de canalisation pour protéger les câbles électriques

Goulotte



Tube en PVC Système de canalisation pour protéger les câbles

8 - Equipements de protection individuelle (EPI) Harnais de

sécurité Lunette de protection



Utilisé pour

travailler en hauteur

à toute hauteur



Casque de protection

Protection de la tête contre les chocs



Casque de


protection de l'ouïe
Protection des oreilles contre les nuisances



Tenue de travail
Protection du corps
Protection des yeux
contre des
projectiles

**Chaussure de
protection** Protection des
pieds
et des chevilles contre

les coupures et les chocs



**Gant de
protection
électrique**
Gant isolant pour se
protéger contre les chocs
électriques. Ils doivent
être certifiés conformes à
une norme reconnue et
leur degré d'isolation
choisi selon la tension
nominale de l'installation
et du type de courant

Après avoir contacté le client, l'installateur doit être en mesure de communiquer à ce dernier les informations suivantes :

1) Informations générales

- Fournisseur éligible au programme PROSOL ELEC agréé par l'ANME.
- Présentation de la gamme de produit et conseil d'utilisation.
- Présentation des avantages (subvention, crédit,..), accordé dans le cadre de PROSOL ELEC.
- Informations sur la fiabilité, le rendement et le productible annuel d'une IPV.

2) Conditions préalables à l'adhésion au

programme PROSOL ELEC · Disposer d'un abonnement (compteur) STEG au nom du client. · Chaque installation est affectée à un compteur STEG .

3) Obligations du client

- La signature légalisée du contrat PROSOL ELEC
- Le formulaire d'adhésion au projet PROSOL ELEC et de souscription à un crédit bancaire (Formulaire F2) signé par le client (signature légalisée)
- Copie de la CIN du client

4) Limites des prestations

- Exécution préalable des attentes électriques et des travaux de génie civil nécessaires à la mise en service dans les règles de l'art d'une IPV. · Les frais de travaux supplémentaires seront à la charge du client. Un devis détaillé sera communiqué au client préalablement à la fourniture de l'IPV. · Le client peut faire appel à d'autres spécialistes pour réaliser les attentes nécessaires.
- L'installateur doit fournir des conseils au client concernant l'exploitation et l'adaptation de l'installation aux conditions climatiques.
- Les spécifications techniques de tous les composants de l'installation et les mesures de protection et de sécurité doivent être précisées par

l'installateur et expliquées au client pour optimiser le rendement et assurer la sécurité des utilisateurs.

28 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national



*Information
du client auprès*

1) Vérification les informations chez le client

Conditions d'adhésion au programme (Règlement facture STEG, locataire ou propriétaire, etc...).

Existence du compteur ou des compteurs STEG.

2) Explication au client

De la nécessité d'une maintenance périodique de l'installation.

Des conditions nécessaires pour faire valoir son droit à la garantie de l'installation.

Aucune modification ou extension ne sera apportée à l'installation sans consulter au préalable l'installateur de l'IPV.

3) Repérage du lieu :

Avant toute fourniture, l'installateur est appelé à effectuer une visite technique chez le client afin de détecter toutes les contraintes existantes de l'endroit sur lequel le système photovoltaïque sera implanté. Ce repérage du lieu permettra de :

Mesurer la surface totale disponible et exploitable afin de connaître la puissance possible de l'installation.

Savoir si on dispose de la bonne orientation pour une production optimale.

Eviter tout obstacle induisant l'ombrage des modules.

Localiser l'endroit du local technique minimisant les pertes dues au câblage entre les différents composants de l'installation et les protégeant.

30 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national





*Quelques
étapes du
repérage
du lieu*

Dimensionnement de l'installation

Le dimensionnement d'une IPV est établi sur la base des critères principaux, classés par ordre de priorité, suivants :

- L'espace maximal disponible et exploitable.
- L'historique ou l'estimation de la consommation électrique annuelle du client.
- La puissance souscrite par le client auprès de la STEG.
- Le budget du client.

Taille et puissance des IPV

Les différentes puissances accordées par la STEG dans le cadre du PROSOL ELEC et selon la consommation annuelle du client :

1KWc si la consommation annuelle est \geq **1800 KWh**

2KWc si la consommation annuelle est \geq **3600 KWh**

3KWc si la consommation annuelle est \geq **4800 KWh**

4 KWc si la consommation annuelle est \geq **6400 KWh**

Le bon choix de l'emplacement

Le choix de l'emplacement dépend des paramètres

suivants : **a) Orientation et inclinaison des modules**

Pour assurer une production optimale d'un champ photovoltaïque sur toute l'année, il est recommandé d'orienter les modules photovoltaïques vers le plein Sud (Azimut 0°) et de les incliner par rapport à l'horizontale de 30° .

En présence d'obstacles ou autres éléments, l'orientation adoptée doit être prise en compte lors de l'installation.



Impact de l'orientation et de l'inclinaison des modules sur le rendement productible d'un module photovoltaïque

b) Protection de l'installation contre l'ombrage

Il est impératif de protéger l'installation contre l'ombrage lointain et l'ombrage de proximité.

Le productible d'une IPV est largement affecté par les ombrages, même partiels, occasionnés sur le site d'implantation. Le courant dans une chaîne est limité par celui du plus mauvais module. Il est alors recommandé de tenir compte des obstacles produisant un masque d'ombrage total ou partiel de l'IPV lors du choix du site d'implantation.

On distingue deux types d'ombrages liés à la conception du générateur photovoltaïque : Les ombrages de proximités et les ombrages lointains. Il est à préciser que l'impact des ombrages de proximité est largement plus critique que les ombrages lointains.

Ombrage lointain

L'ombrage lointain représente l'ensemble des obstacles dont l'angle avec lequel on l'observe ne varie pas lorsque l'observateur se déplace de quelques mètres. Cela peut être une colline, une montagne, un bâtiment lointain.

Ombrage de proximité

En général les ombres provoquées par les obstacles proches sont soit :

Les acrotères du toit du bâtiment.

Les arbres ou les bâtiments de l'entourage.

Une rangée de module de la même installation ne respectant pas l'espace requis entre les rangées.

α

\tan

α

Avec l'angle azimut

minimal obtenu le

21 décembre et qui est de l'ordre de 30°



Distance de retrait par rapport à un obstacle

$$d = j \left(\tan \left(\sin^{\beta} \alpha \right) \right)$$



Distance entraxe de 2 rangées de modules

$$d = \underline{h - e}$$

c) Minimiser les pertes dues à la distance du câblage

Il est fortement recommandé de minimiser la distance entre le poste du tableau général Base Tension (TGBT) et le local

technique incluant l'onduleur et les coffrets DC et AC et entre le local technique et le champ des modules photovoltaïques. L'emplacement de l'installation doit tenir compte de ce paramètre si important sur la performance globale du système PV.

4) Présenter une offre au client

Cette offre technique doit mentionner l'ensemble de la gamme commercialisée par l'installateur, avec les surcoûts éventuels. A la demande du client, l'installateur est invité à présenter un devis détaillé mentionnant :

Le coût des fournitures de l'IPV.

Le coût de l'installation.

Les frais de dossier du crédit si le client a opté pour ce type de financement.

Le coût des travaux supplémentaires si nécessaire.

5) Convenir des conditions de financement

Il est impératif d'arrêter les modalités de paiement :

Le montant de la subvention accordée par l'ANME.

Le montant du crédit à rembourser sur les factures STEG. Le montant restant à régler par le client.

Le règlement des frais de dossier STEG.

Dans l'affirmative et si la commande est passée, la visite préliminaire est clôturée par la fixation d'une date pour récupérer le dossier après signature légalisée par le client et pour entamer les travaux d'installation de l'IPV.

1)Description de la procédure

ETAPE Demande de l'historique de consommation

Intervenant	Description des tâches	Document	Délai
Installateur			formulaire "demande de l'historique de consommation" rempli et signé par le client et l'installateur. • La DSC calcule, si disponible, la dernière consommation

Formulaire F1

L'Installateur dépose au BO du district, ou transmet par E mail (documents scannés) au District, qui gère le client concerné, une demande d'éligibilité du client par le annuelle enregistrée sur l'application ALPHA;

- Le District transmet à l'installateur par Fax ou courriel (formulaire F1) la réponse du district.

2 j

ETAPE Dépôt du dossier technique et administratif du projet de l'IPV

Description des tâches

Intervenant Document

L'installateur dépose un dossier de l'IPV au District (2 exemplaires "papier" et une copie numérique du dossier) pour le raccordement d'une IPV au RDBT. Le dossier est formé de deux parties :

A- Le dossier administratif comprend les pièces suivantes :

- 1- Une demande de raccordement d'une IPV au réseau électrique national au nom du chef du district
- 2- copie de la CIN du client;

Délai

signé par le client (signature photovoltaïque;
légalisée); 3- Une étude de
5- La fiche d'identification de dimensionnement du système
l'installation (Formulaire F3); avec logiciel reconnu (SMA
6- La fiche de demande Sunny Design, PVSYS, etc.),
d'historique ou l'estimation de y compris les sections des
la consommation calculée sur câbles, les protections, les
le site Web de la STEG 7- calculs des chutes de
L'estimation de l'énergie tension,etc. ;
annuelle productible calculée Dossier
par un logiciel reconnu (< 110 technique et administratif
% de la consommation

Installateur

3- Le contrat "PROSOL-Elec"
signé par le client (Signature
légalisée)

4- Le formulaire d'adhésion au
projet PROSOL-Elec et de
souscription à un crédit
bancaire (Formulaire F2)

B- Le dossier

Technique comprend les
pièces suivantes : 1-Un
mémoire descriptif et
technique ;
2-Un schéma électrique
unifilaire détaillé du système

Décharge BO du district

Formulaire F3

36 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national
STEG) de(s) l'onduleur(s)

8- Les notices techniques de tous les
équipements et accessoires qui seront
installés y compris les câbles AC et DC.

4- Un plan d'implantation des différents
composants et modules photovoltaïques

5- Un plan de situation de l'installation
(avec les coordonnées GPS ou Google
Earth si disponible) 6- Un certificat
d'homologation des modules
photovoltaïques par l'ANME

Formulaire F3 1 j

7- Un certificat d'acceptation (par la

Intervenant Description des tâches Délai

			interface
	La DSC saisie l'affaire dans le système de gestion ALPHA, transmet la partie technique du dossier à la DT et procède à l'examen du dossier administratif pour vérifier: Conformité des informations; Le productible de l'IPV < 110% de la consommation annuelle). Non existence de factures STEG impayées par le client.	l'installation. Le District informe l'Installateur de l'acceptation du dossier et l'invite à payer les frais de gestion du dossier et de réception technique. En cas de non acceptation du dossier le District informe l'Installateur par courrier/courriel des éventuelles corrections ou modifications à y apporter.	
	La DT procède à l'examen du dossier technique sur la base des données et des caractéristiques des équipements proposés (modules, câblage, boîtiers de connexion, onduleur) et du respect du Chapitre 23 du Guide Technique de la Distribution		Courriel Fax 2 j 3 j 2 j
	Après réception de l'avis de la DT, la DSC émet un avis concernant le dossier de	Formulaire F3 SUIVIPRO	

interface
Délai

Intervenant Description des tâches Document

	équipements Chapitre 23 du guide technique et du guide d'installation conformément au UTE 15712-1 Règles de l'art.	6 mois
	L'Installateur éligible réalise le dossier technique approuvé par la STEG	
	Spécifications techniques des	Max 37

2) Logigramme de la procédure

Ci-dessous le logigramme de procédure pour l'obtention de l'approbation d'une IPV raccordée au réseau BT dans la cadre de PROSOL ELEC.

Avant la livraison, l'installateur doit veiller aux étapes essentielles suivantes :

1) Vérification des informations client

Noter sur un document toutes les informations relatives aux coordonnées du client (Nom, adresse, téléphone,...)

Communiquer les informations au chauffeur-livreur, technicien ,....

2) Identification et vérification du matériel

IMPORTANT :

LA VÉRIFICATION DES ARTICLES CHARGÉS SERONT COMPARÉS À CEUX MENTIONNÉS SUR LE BON DE LIVRAISON AU MAGASIN

Module PV : absence de dommages visibles (vitre non cassé, absence de trace d'humidité, boîte de jonction cassée... etc.).

Onduleur : absence de dommages visibles.

Câbles électriques : DC, AC et Terre (vert-jaune).

Coffrets DC et AC.

Organes de protection (parafoudre, fusible,...).

Étiquettes et signalisations de sécurité.

Colis d'accessoires : présence de tous les accessoires nécessaires au montage, fixation et connexions (connecteurs, visserie, embouts, supports, chemin de câble, goulotte, tube,...).

Tout l'outillage nécessaire aux travaux d'installation (Pincés de sertissage et de serrage, perceuse, chignole, visseuse, ...).

Équipement de protection individuelle (gant, lunettes, casques, chaussures,...). Matériel de manutention approprié (échelle coulissante, matériel de levage,...). Structure de supportage (en aluminium ou en acier galvanisé) et de fixation (dalles, bacs lestés, ...).



Outillage nécessaire aux travaux d'installation

*Moyen de livraison du
Équipement de protection
individuelle*

matériel sur le site 39

3) Vérification des documents à présenter au client

Facture détaillée de l'installation

Documents techniques des différents composants (Modules, onduleur, ...) Fiche de réception de l'IPV

Bon de garantie fournisseur

Modèle de contrat de maintenance

4) Conditions d'intervention

Pour arrêter ses besoins de manutention l'installateur doit vérifier

: Le type de logement (immeuble, villa, autre , ...)

Le moyen d'accessibilité à la toiture

5) Transport et manutention

Durant le transport des modules, il faut respecter les points suivants :

Manipuler les modules avec des gants propres et secs. Les modules sont fragiles contre des chocs mécaniques. Durant le transport, le chargement et la manipulation, les modules doivent être traités avec le plus grand soin.

Déposer les modules sur un support souple.

Porter les modules avec les deux mains.

Ne jamais utiliser la boîte de jonction et les câbles comme "poignée de transport".

Faire attention que les modules ne s'infléchissent pas. Ne pas empiler les modules.

Ne jamais utiliser les modules comme support.



La manutention des charges lourdes sur la toiture comme les modules et les dalles doit se faire avec une grue mobile à fléchette télescopique

Précautions nécessaires pour le transport des modules

40 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national

Le montage d'une IPV est réalisé sur plusieurs étapes successives, qu'il faut respecter impérativement. Les étapes de montage se présentent dans l'ordre suivant :

Etape 0 : Travaux et vérifications préliminaires

Etape 1 : Montage de la structure de supportage sur le sol

Etape 2 : Fixation des rails sur la structure

Etape 3 : Pose des dalles

Etape 4 : Fixation de la structure sur les dalles

Etape 5 : Renforcement de la structure contre

l'arrachement

Etape 6 : Pose et fixation des modules PV

sur les rails

Etape7 : Pose et fixation des coffrets DC- AC et de l'onduleur dans le local technique

Etape 8 : Câblage électrique

Etape 9 : Mise à la terre et équipotentialité de tous les composants métalliques

Etape 10 : Etiquetage et signalisation de sécurité

Etape 0 :Travaux et vérifications préliminaires

Important : A l'arrivée sur le lieu, l'installateur doit vérifier les composants de l'installation avec le client et en particulier l'absence de dommage apparent sur les modules, les coffrets et l'onduleur

La pose de l'IPV doit respecter les règles suivantes :

Ne pas poser l'IPV directement sur l'étanchéité du toit sans protection mécanique

S'assurer de la présence des attentes conformément aux recommandations de la visite préliminaire

Choisir un emplacement de l'IPV loin des obstacles engendrant l'ombrage et dont la distance entre les différents sous-ensembles (champs PV, onduleur, compteur TGBT) est la plus courte possible
Fixer l'orientation à l'aide d'une boussole (plein sud).

41

Important :

Pour la structure, les accessoires de fixation, connexion et câblage (embouts, connecteurs, vis, boulons, chevilles, .. etc.) l'usage de matériaux résistant à la corrosion est indispensable. Etant exposé aux aléas climatiques l'usage de l'acier galvanisé, voir l'inox s'avère indispensable

Important : Il est conseillé d'être au moins deux personnes pour effectuer le montage munis d'équipements de protection individuelle et d'effectuer un repérage des

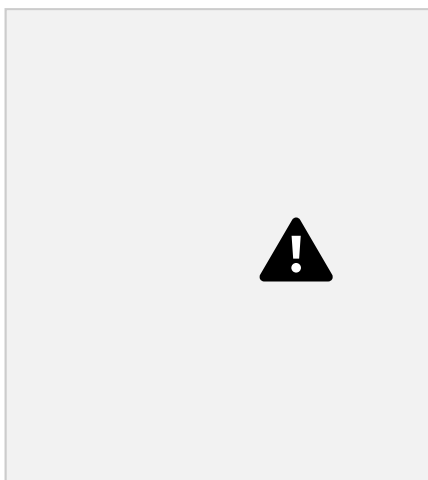
composants et un pré-assemblage au sol.

Etape 1 : Montage de la structure de supportage sur le sol



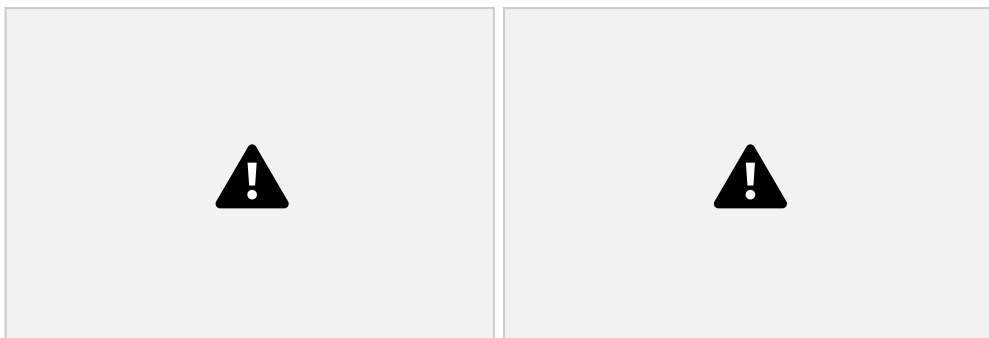
Différentes étapes de montage de la structure de supportage

42 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national



Etape 2 : Fixation des rails sur la structure de supportage

Etape 3 : Pose des dalles



Préparation et pose des dalles en béton

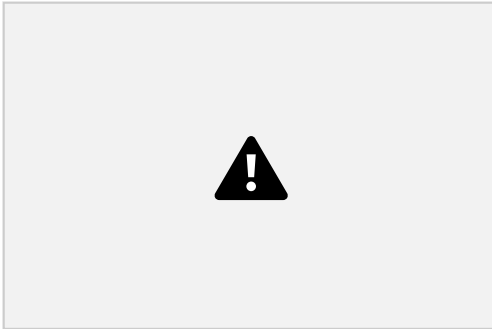
IMPORTANT :

Pour le choix du mode de fixation, l'installateur conseillé par le bureau d'études, est convié à procéder à des vérifications des charges admissibles (poids structure + effet vent) et à des calculs de soulèvements (effet vent). Il est important de spécifier le type de fixation nécessaire et son positionnement en fonction de la surface de prise au vent, des vents extrêmes spécifiques aux régions et du niveau de protection du vent du site. Il est à noter que des abaques et des logiciels de calcul de lestage sont aujourd'hui disponibles.

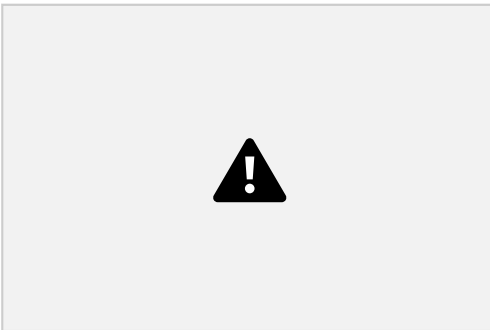
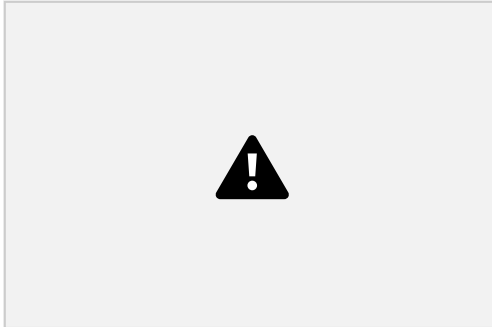
Etape 4 : Fixation de la structure sur les dalles

La fixation se fait au moyen de chevilles métalliques dont l'ancrage dans la dalle doit être bien vérifié par l'installateur

Fixation



Pose de la structure sur les dalles Perçage des trous

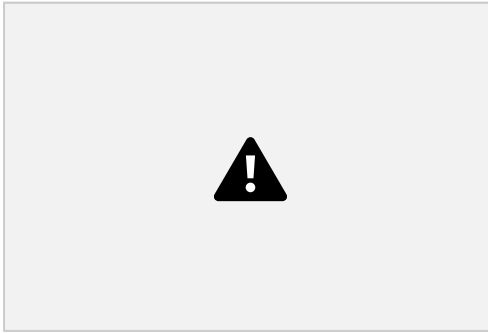


Fixation des chevilles métalliques dans la dalle Vue générale de la structure fixée sur les dalles

Etape 5 : Renforcement de la structure contre l'arrachement Le

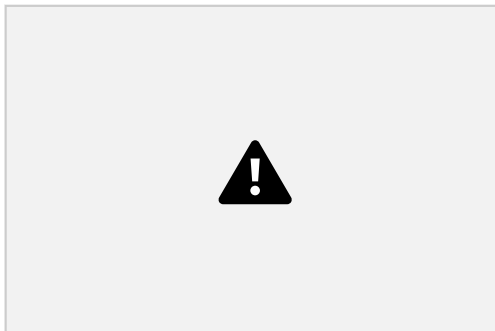
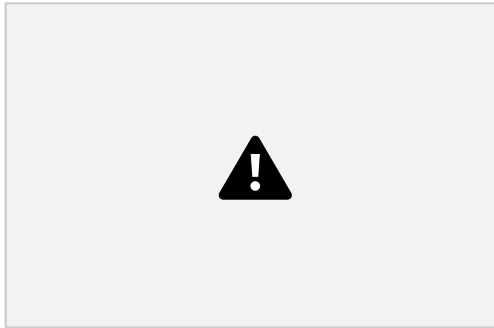
renforcement se fait par un câble tendeur en acier de section minimale 16 mm^2 . La tension de ce câble est assurée par un tendeur œil/œil. Il est fortement recommandé d'avoir au minimum deux points de fixation afin d'éviter tout phénomène d'arrachement ou de retournement de l'installation.

44 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national



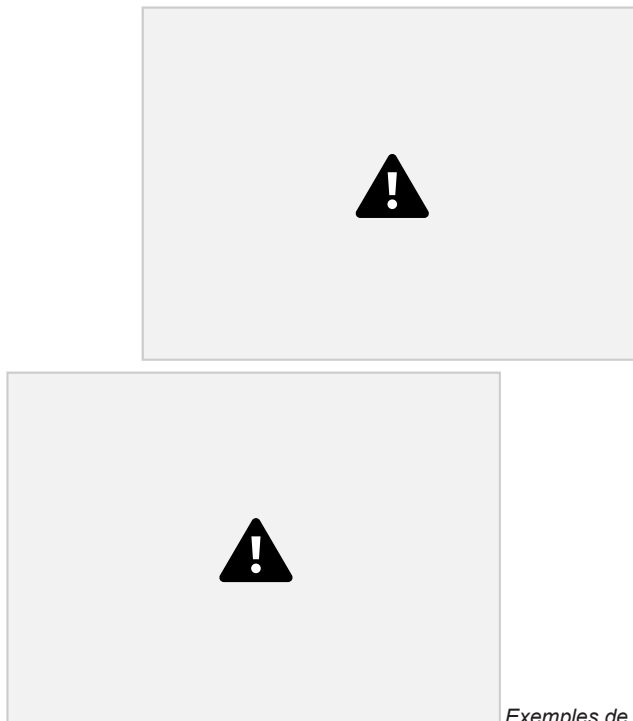
Renforcement

Crochet de fixation dans le béton



Fixation du serre-câble à étrier dans la structure Vue générale du système de renforcement

Afin d'éviter tout problème d'étanchéité, il est strictement interdit de fixer les crochets sur la surface plane de la toiture.

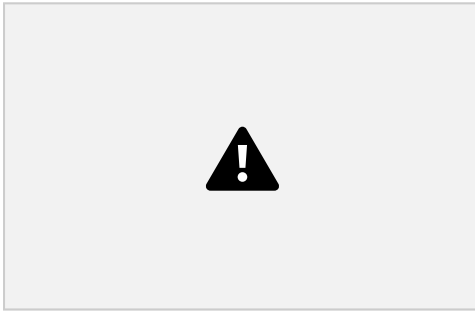


Exemples de fixation à éviter

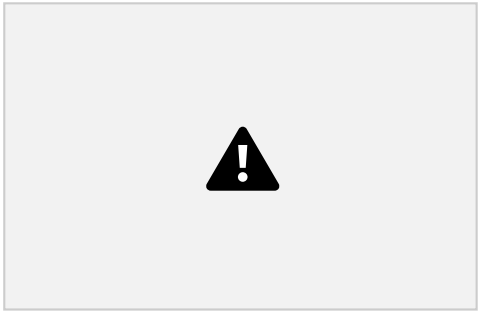
Etape 6 : Pose et fixation des modules PV sur les rails La fixation des modules sur les rails est assurée par : - Une pince centrale qui fixe deux modules entre eux sur le rail et évite leur collement

- Une pince d'extrémité qui fixe les deux modules d'extrémité de chaque rangée

On prendra la précaution d'éviter la fixation des pinces hors des cadres métalliques pour ne pas casser le verre du module

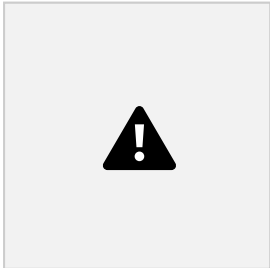


Pose du module sur le rail

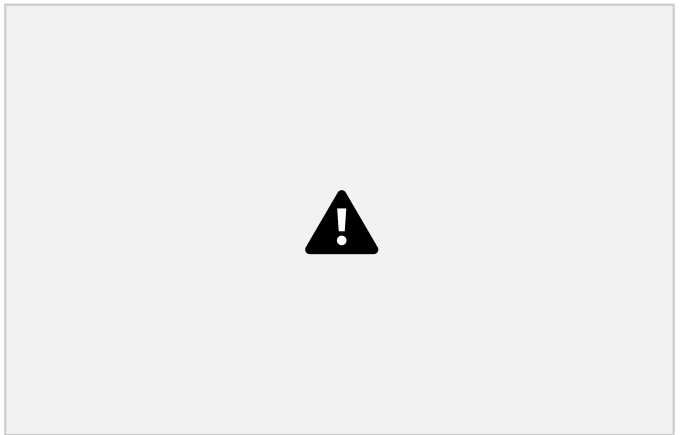


Espacement des modules entre eux

Fixation



des



*modules par une
pince centrale*

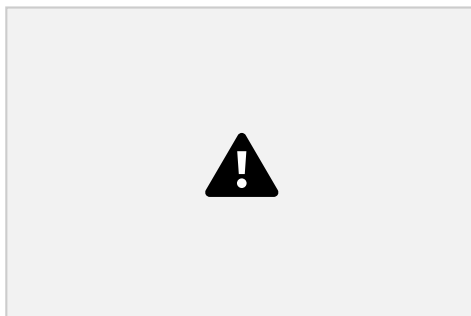
*Fixation du module par une
pince d'extrémité*

Vue générale des modules fixés sur les rails

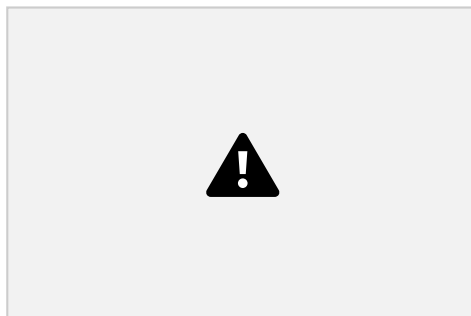
46 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national

Etape 7 : Pose et fixation des coffrets DC-AC et de l'onduleur dans le local technique

Avant toute pose des coffrets DC-AC et de l'onduleur, l'installateur est invité à bien lire le manuel d'utilisation de l'onduleur afin de bien respecter les distances entre eux et la hauteur par rapport au sol. Leur fixation doit se faire sur une paroi de mur qui supporte leur poids et leur pose doit être bien droite par rapport à l'horizontale (utilisation d'un niveau à eau est nécessaire).

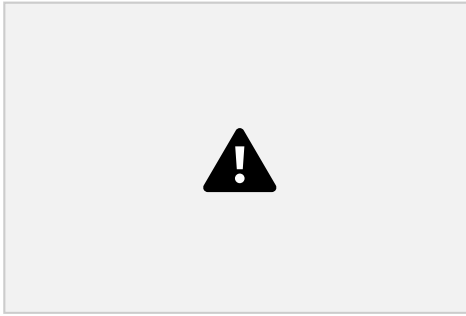


1

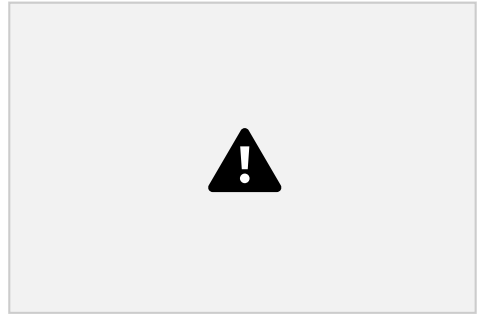


2

Lire le manuel d'utilisation de l'onduleur Poser l'onduleur selon le manuel



3



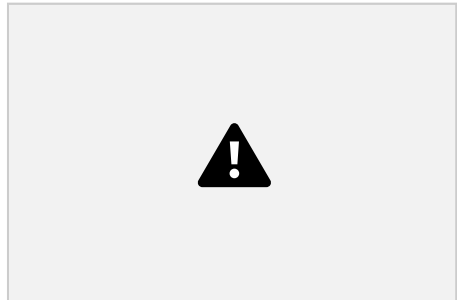
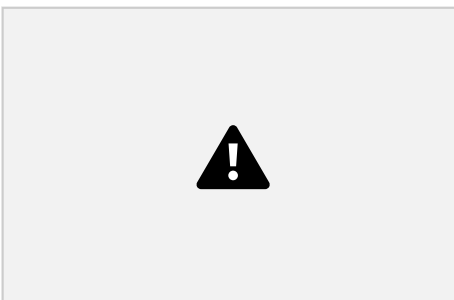
4 Poser le coffret DC en respectant la distance Poser le coffret AC en respectant la distance

47

Etape 8 : Câblage électrique

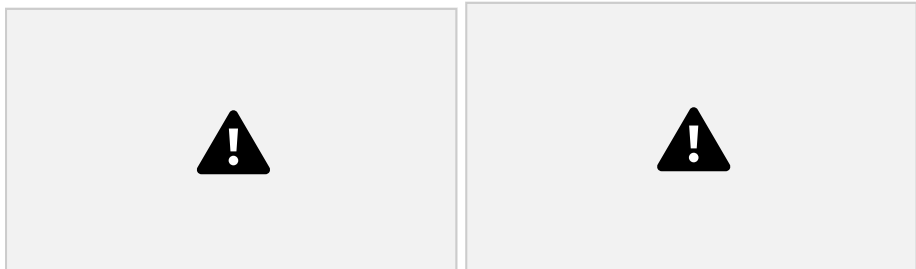
· Câblage des modules

L'installateur est invité à faire acheminer le câble aller et retour cote à cote afin de minimiser la formation de la boucle d'induction.



Mauvais câblage (grande boucle d'induction) Bon câblage (petite boucle d'induction)

Il est impératif de fixer les câbles par des serre-câbles et de les poser dans les rails afin de bien les protéger contre les intempéries. Il est à noter que pour garantir la qualité de la connexion et limiter les risques d'arcs électriques pouvant créer des incendies, chaque couple de connecteurs mâle-femelle à assembler doit être de même type et de même marque.



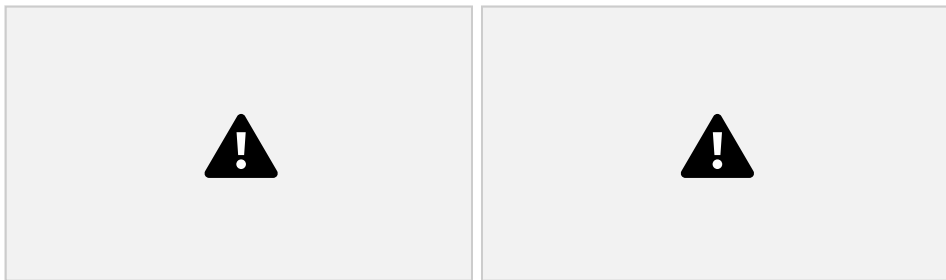
Branchement des modules à travers les connecteurs Attacher les câbles et les poser dans les rails

Un arc électrique entre deux connecteurs de modules PV peut déclencher un incendie.

Un arc électrique entre un câble de chaîne et un connecteur mal serti peut déclencher un incendie.

L'installateur est prié de ne pas fermer toute la boucle de connexion et de laisser les derniers pôle (+) et pôle (-) ouverts jusqu' à la réception finale afin d'éviter tout choc électrique tout au long de l'installation.

48 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national



Débranchement du pôle (+) Débranchement du pôle (-)

. Câblage Coffret DC

Les différents câbles provenant du générateur solaire ou menant à l'onduleur doivent être connectés sur les borniers du coffret DC selon les indications figurant dans la figure suivante :



*Câblage
Coffret DC*

· Câblage Coffret AC

Les différents câbles provenant du générateur solaire ou menant à l'onduleur doivent être connectés sur les borniers du coffret AC selon les indications figurant dans la figure suivante :



Câblage Coffret AC

49

· Câblage Onduleur

Le câblage de l'onduleur est assuré par :

La connexion du câble rouge (+) et du câble noir (-) coté DC dans les bornes appropriées de l'onduleur

La connexion du câble AC dans la borne appropriée de l'onduleur



Câblage onduleur coté DC Câblage onduleur coté AC

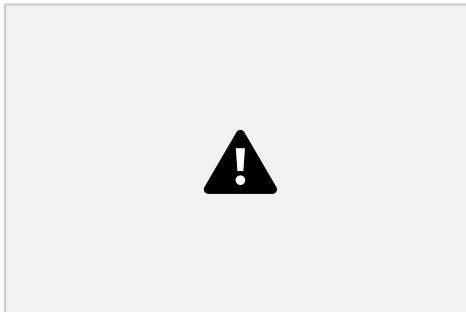
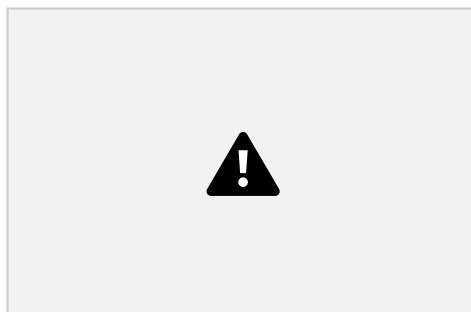
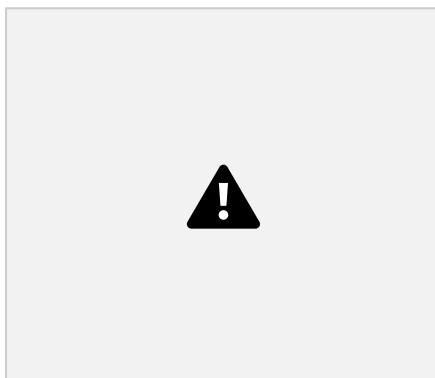


Schéma et photo générale du câblage de l'onduleur

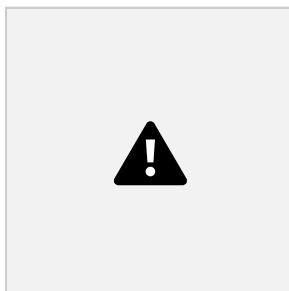
· Protection mécanique des câbles

Pour se protéger contre les chocs électriques et protéger les câbles des dommages de toutes natures (mécanique, solaire, intempéries, rongeurs,...), il est fortement recommandé d'utiliser des chemins de câble en tôle avec couvercle c'est-à-dire des goulottes.

50 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national



Goulottes pour câbles électriques

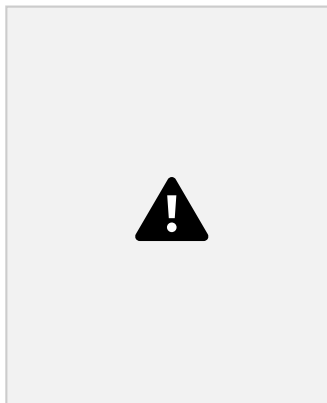


Le système de cheminement choisi doit avoir la norme

IEC 61537 et doit garantir que le système de câblage puisse être installé sans être endommagé, tout en respectant en permanence les exigences spécifiques au produit, notamment le rayon de courbure.

Lorsque le système de cheminement supporte les câbles en continu, à savoir dans une goulotte, les câbles ne doivent pas être empilés sur plus de 150 mm, afin d'empêcher d'endommager les câbles du fond par écrasement. La norme EN50174-2:2009/A1:2011 4.4 traite ce point

Les systèmes de cheminement de câbles doivent avoir une surface lisse et être exempts de bavures, bords pointus ou saillies pouvant endommager l'isolation des câbles. Ils doivent également être exempts de points d'appui susceptibles de dégrader la performance de transmission du système installé.



câbles acheminés dans une goulotte perforée

IMPORTANT :

Il est impératif de séparer les câbles d'énergie des câbles d'information (source NF EN 50174-2).

La norme EN 50174 préconise une distance de séparation entre eux de minimum de 20 cm.

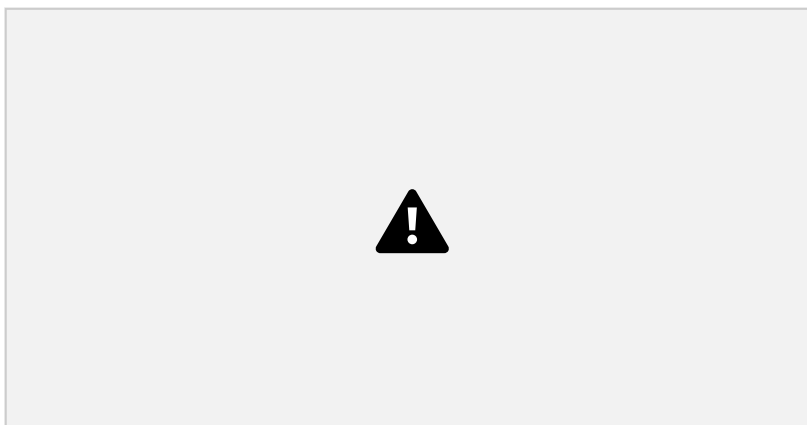


Installation et câblage des parafoudres

Les effets indirects de la foudre sont caractérisés par les surtensions générées par des coups de foudre directs ou à

proximité des circuits d'alimentation d'énergie électrique et propagées par les réseaux de distribution. Ces surtensions, dont la valeur dépend notamment de l'intensité du courant de foudre et de la distance du point d'impact à l'installation électrique, peuvent provoquer des dommages à des équipements électriques distants et des dysfonctionnements de matériels électroniques sensibles.

Le parafoudre est un dispositif destiné à limiter le niveau de surtensions (par exemple d'origine atmosphérique) transmises par les câbles à un niveau compatible avec la tension de tenue aux chocs des matériels de la centrale photovoltaïque. Il est généralement placé entre un conducteur actif et la masse de l'équipement à protéger, elle-même reliée à la terre.



Le dimensionnement, l'emplacement ainsi que le type du parafoudre dépendent de quelle partie de l'installation nous y sommes (DC ou AC).

Type du parafoudre

(Up) est supérieure à la moitié de la tension de tenue au choc du module (Uw module) alors il est nécessaire d'ajouter un parafoudre près du champs :

Emplacement du parafoudre

Si $U_p \leq \frac{1}{2} \times U_w$ alors 2ème parafoudre non obligatoire

Condition d'installation d'un deuxième parafoudre

$\geq 16 \text{ mm}^2$ Cu pour type 2
 $= 6 \text{ mm}^2$ Cu pour Type 1

Section de câble de raccordement

Type 2

Dans le coffret DC situé à côté de l'onduleur.

En présence d'onduleurs multi-MPPT, il est obligatoire de mettre en œuvre un parafoudre sur chaque entrée MPPT.

Si la distance entre le parafoudre à proximité de l'onduleur et le champ PV est supérieure à 10m et si la tension de protection du parafoudre



Règle des 50 cm :

Il est indispensable que la longueur totale des conducteurs de raccordement $L = (L1+L2)$ du parafoudre soit < 0.50 m. (selon la norme UTE 61-740-52)

IMPORTANT :

En cas de présence d'un paratonnerre, un deuxième parafoudre «Type 1» côté générateur photovoltaïque pour chaque chaîne est recommandé. Dans le cas de mise en œuvre de parafoudres «Type 1», l'un est mis en œuvre côté modules, l'autre est mis en œuvre côté onduleur.

En présence d'onduleurs multi-MPPT, il est obligatoire de mettre en œuvre un parafoudre sur chaque entrée MPPT.

Coté AC

Un parafoudre si :
Présence d'un paratonnerre
Niveau kéraunique $N_k > 25$

Nombre de parafoudre

Type du parafoudre Type 2 ou type 1 en présence d'un paratonnerre
Dans le coffret AC situé entre l'onduleur et le compteur TGBT

Emplacement du parafoudre

Section de câble de raccordement $\geq 6\text{mm}^2$ Cu pour Type 2 = 16mm^2 Cu pour Type 1



*Câblage du parafoudre à proximité
du champ PV*

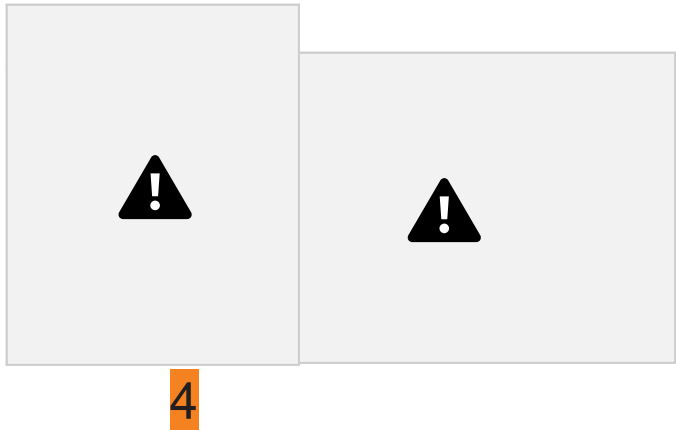
Etape 9 : Mise à la terre et équipotentialité de tous les composants métalliques

- Mise en place du regard de terre



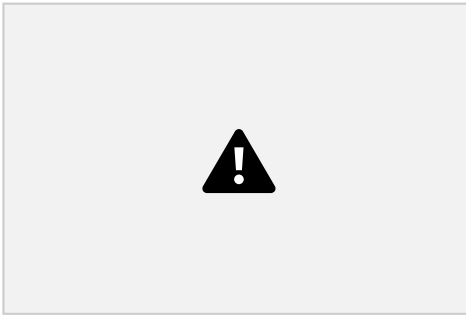
2 1/ Creuser un trou dans le sol 2/ Poser le regard

56 Guide Pratique d'installation des



3
*Implanter les
piquets en cuivre
dans le sol*

Câbler les piquets avec un câble de terre 16mm⁴.



Graisser les embouts (option recommandée)

5



6

Fermer le couvercle

IMPORTANT :

Les piquets doivent être enfoncés verticalement à une profondeur minimale de 2m et peuvent être :

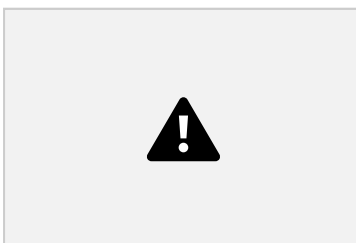
Des tubes en acier galvanisé de diamètre au moins égal à 19 mm. Des profilés en acier doux galvanisé d'au moins 60mm de côté.

Des barres en cuivre ou en acier recouvertes de cuivre, d'au moins 15mm de diamètre

57

· Mise à la terre des modules

La mise à la terre des modules est assurée par un câble de terre de section 6



mm⁴/₃ .

Mise à la terre du module

Chaque cadre des modules photovoltaïques doit avoir son propre câble de liaison équipotentielle. Il est obligatoire d'éviter les petits ponts entre les cadres des modules pour éviter de rompre la chaîne d'équipotentialité si un

module doit être retiré.



La connexion de la terre sur le cadre peut se faire par boulonnage inoxydable (le module doit posséder des trous prévus pour la terre). Le cuivre ne pouvant être en contact avec l'aluminium, on utilise des cosses étamées ou des rondelles bimétal.

Face aluminium

Face cuivre

58 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national



· Mise à la terre des coffrets et de l'onduleur

La mise à la terre commune des coffrets et de l'onduleur est assurée par une barrette de terre connectée par un câble de terre de section 6 mm^2 .

*Mise à la terre commune
des coffrets et de l'onduleur
en utilisant une barrette de terre*

· Continuité de la liaison d'équipotentialité de tous les composants métalliques

Afin de minimiser les effets dus aux surtensions induites par la foudre l'ensemble des masses métalliques (côté DC et côté AC) de l'installation



doivent être reliées à la terre par un conducteur d'équipotentialité : · Cadres des modules

- Onduleur
- Structure
- Chemin de câble



Equipotentialité des rails Equipotentialité du chemin de câble

Afin de minimiser les boucles d'induction il est impératif de faire
acheminer côte à côte les câbles DC et le câble
d'équipotentialité



cheminement côte à côte

des câbles



Champ
photovoltaïque

Local

P

N

Technique Habitation

16 mm²

Prise de terre unique

IMPORTANT

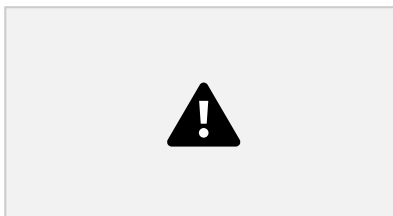
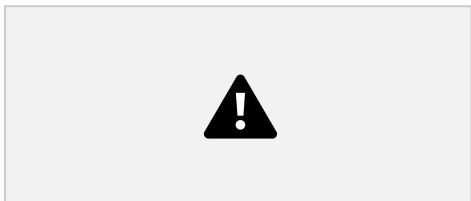
L'ensemble des masses métalliques des équipements constituant l'installation de production et de distribution de l'électricité, doit être interconnecté avec du câble vert/jaune de 16 mm² et relié à une prise de terre unique.

Etape 10 : Etiquetage et signalisation de sécurité

Pour des raisons de sécurité à l'attention des différents intervenants (chargés de maintenance, contrôleurs, exploitants du réseau public de distribution, chargés des services de secours,...), il est impératif de signaler la présence d'une installation photovoltaïque sur un bâtiment.



Cette mesure est mise en place par la pose d'étiquettes et de signalisations sur tous les principaux composants constituant une installation photovoltaïque. Les étiquettes utilisées doivent être adaptées pour résister aux UV et avoir des dimensions convenables.



Étiquetage de sécurité sur les chemins de câble



Répartition des différentes signalisations et étiquettes pour une installation photovoltaïque raccordée au réseau BT.

Étiquetage des coffrets et de l'onduleur dans le local technique

Avant réception technique de l'installation photovoltaïque, des vérifications et des essais de l'installation photovoltaïque doivent être réalisés par l'installateur, ce dernier présentera la fiche des essais remplie et signée au chargé de la réception technique (voir formulaire 7).

Ces vérifications et essais sont aussi exigés même en cas de modification ou d'extension d'une installation existante. Il est à noter que l'objectif de ces contrôles est de garantir la sécurité des biens et des personnes.

Les exigences minimales décrites ci-dessous sont partiellement extraites de la norme EN 62-446 « Systèmes photovoltaïques connectés au réseau électrique – Exigences minimales pour la documentation du système, les essais de mise en service et l'examen ».

Les essais et vérifications nécessaires pour la réception d'une centrale photovoltaïque raccordée au réseau basse tension sont détaillés comme suit : découplage.

Examen visuel .

Essais et mesures .

Essais de fonctionnement .

Essais de la protection de

VERIFICATIONS

1) Examen visuel d'une installation photovoltaïque :

L'examen visuel d'une installation photovoltaïque comprend au minimum les vérifications suivantes :

Câbles disposés et protégés dans des chemins de câble appropriés en fonction des contraintes (protection mécanique et contre les rongeurs, conditions climatiques, accès, incendies, etc.) Respect des indications du fabricant relatives au support de montage et les distances fournies par le fabricant de l'onduleur, ainsi que des

réglages de l'onduleur selon les réglementations appliquées en Tunisie.

Correspondance entre le schéma du dossier technique et le matériel installé (implantation du matériel, orientation des modules, section des câbles, ...etc.

Pas d'obstacle provoquant un d'ombrage important des modules. Vérifier la surface des boucles des câbles DC pour minimiser les tensions induites par la foudre.

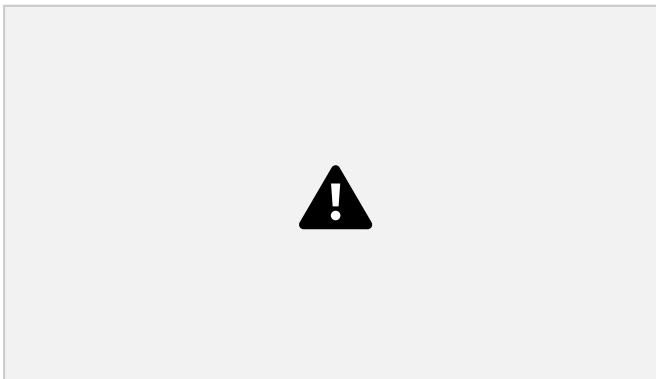
Tous les composants à courant continu dimensionnés pour la tension Voc et le courant à $1,25 \times I_{sc}$.

Protection contre la foudre si installée (connections, parasurtension, etc.). Protection des appareils de commande et de l'onduleur contre les intempéries (selon degré de protection IP).

2) Essais et mesures

2-1 Essai de continuité du circuit de mise à la terre :

Un essai de continuité doit être effectué sur l'ensemble du circuit de mise à la terre. Le contrôle des continuités doit être réalisé sous tension et courant de mesure spécifique (4/ 24 V ; 200 mA). La valeur maximale autorisée ne doit pas dépasser 1Ω . le but de cet essai est de vérifier la bonne continuité du conducteur de la protection équipotentielle nécessaire pour faire circuler le courant de défaut vers la terre. En cas d'onduleur sans transformateur, il convient de raccorder des panneaux



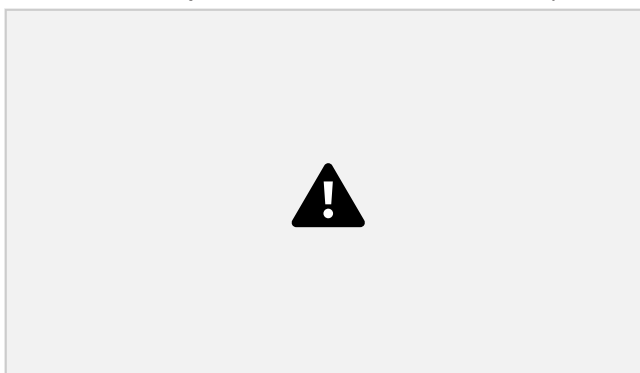
spécialement isolés à la compensation de potentiel de protection .

*Mesure de la continuité
de la mise à la terre*

64 Guide Pratique d'installation des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique national

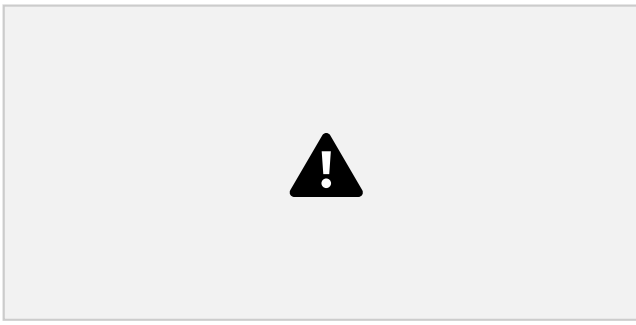
2-2 Mesure de polarité et de la tension à vide (V) : o_c

La tension à vide d'une chaîne est mesurée avec un appareil approprié (voltmètre DC), la tension doit être comparable à la tension fournie par le fabricant (corrigée en fonction de la température et l'éclairement). Le but de cet essai est de faire apparaître, s'il existe, un problème au niveau du câblage (panneaux croisés ou défectueux et également mauvaise répartition dans les chaînes).

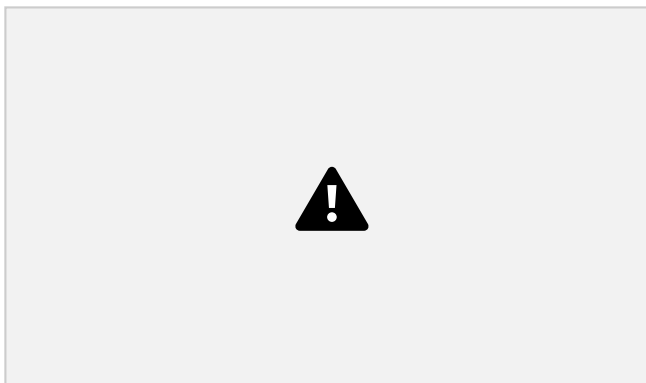


2-3 Mesure du courant I et/ou de service : s_c

Le courant doit être mesuré lors d'un éclairement stable et à l'aide d'une pince ampèremétrique pour DC, le courant mesuré doit être comparable au courant donné par le fabricant (corrigé en fonction de l'éclairement). Cet essai est nécessaire pour détecter des éventuelles anomalies au niveau du câblage et de la connectique.



2-4 Mesure de l'isolement du circuit de courant continu : Le niveau du pouvoir isolant des composants du circuit de courant continu peut être déterminé au moyen d'une mesure d'isolement. Le dysfonctionnement de la mesure de protection appelée «Protection par isolation double ou renforcée» est un cas fréquent d'erreur. Le défaut d'isolement qui en découle conduit à une grave mise en danger des personnes, des biens ou des animaux, due à un incendie ou à un choc électrique. La mesure de la résistance d'isolement est donc une procédure importante puisqu'elle constitue en même temps une mesure de prévention contre les accidents.



La mesure d'isolement est basée sur un contrôle entre la terre et les électrodes négatives et positives du générateur PV qui sont en court circuit et en utilisant un Mégohmmètre approprié. Il est également possible d'effectuer une mesure entre la terre et les électrodes positives et entre la terre et les électrodes négatives du générateur PV.

Afin d'éviter des erreurs de mesure, les coupe-circuits de surtension doivent être séparés du circuit de mesure avant la mesure d'isolement.

La tension de mesure est fonction de la tension de la chaîne :



Tableau : tension d'essai d'isolement et valeur limite de résistance

3) Essai fonctionnel des appareils

3-1 Appareils de sectionnement et de coupure

Il s'agit de vérifier les fonctionnalités des différents appareils de commande (sectionneur, interrupteur, fusibles déconnectables, parafoudre, disjoncteur etc.).

3-2 Essai de la protection de découplage de l'onduleur : Il s'agit de vérifier que l'onduleur se découple en cas d'absence de la tension du réseau. S'il existe plusieurs onduleurs, il y a lieu de les vérifier individuellement.

Tous les onduleurs doivent être conformes à la norme VDE 0126-1-1 et donc équipés d'une protection de découplage.

Pour certaines installations, la protection de découplage est séparée de l'onduleur .

IMPORTANT :

Pour les installations raccordées sur le réseau MT, la protection de découplage doit satisfaire les exigences techniques de la C15-400.

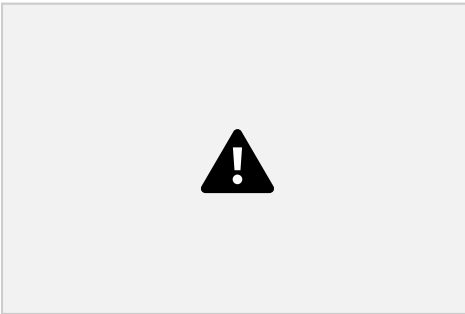
4) Rapport des essais :

Les essais effectués par l'installateur doivent être rapportés sur un formulaire (Formulaire 7 du Manuel des procédures de la STEG pour le raccordement des installations photovoltaïques). En cas de nécessité, la reprise d'un ou plusieurs essais peut être effectuée avant la mise en service avec les appareils de mesures du mandaté de la réception technique.

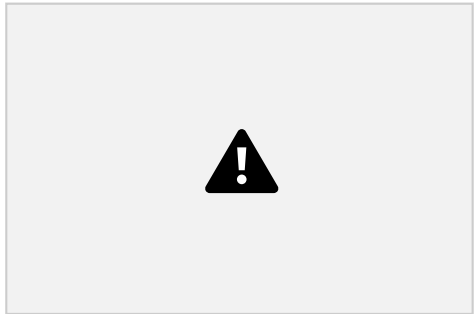
1) Réception technique de l'installation

Installateur	<p>Après achèvement des travaux, l'Installateur dépose une demande de réception technique et de mise en service de l'installaon accompagné de la fiche des essais de l'installaon.</p> <p>Le District accorde un RDV dans un délai de 10 jours ouvrable après la réception de la demande, pour la réception technique.</p>	<p>Formulaire F5 Formulaire F7 Courrier</p>	10j

Installateur Client Direcon Technique STEG (DT)	<p>Une équipe de la DT procède en présence de l'installateur et du client à la réception technique de l'installaon.</p> <p>L'équipe de la DT note les éventuelles réserves techniques de l'installaon sur le PV de réception technique, ce dernier doit être consigné par les représentants de la STEG, l'Installateur et le client sur site et par le responsable de la Division Technique au District.</p> <p>l'originale du PV est transmise à la DSC et une copie du PV sera transmise à l'Installateur. En cas de réserves bloquantes, la réception technique n'est pas prononcée, l'Installateur dispose de 3 mois max pour lever les réserves et demander un nouveau RDV.</p>	Formulaire F6 SUIVIPRO	1j
--	--	------------------------------	----



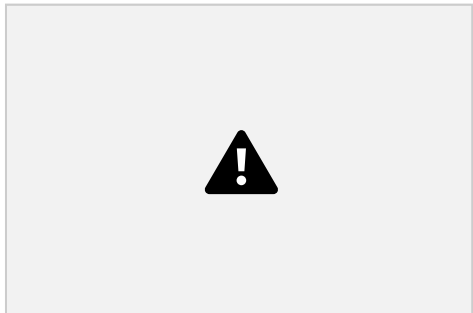
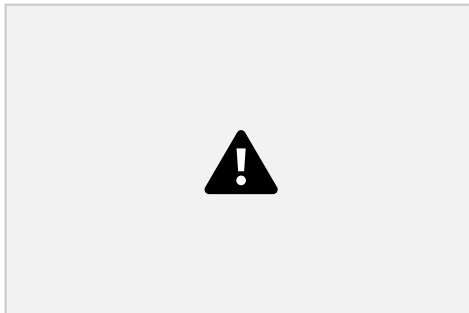
Réception technique par les services techniques de la STEG



Mesure de la résistance de la terre (<25 Ω)

2) Mise en service de l'installation

<p>DSC</p> <p>Direcon Technique</p> <p>STEG (DT)</p> <p>Client Installateur</p>	<p>Après réception technique de l'installaon, la DSC émet un OPIP au Service Compétent de la DT pour procéder au remplacement du compteur</p> <p>Le Service compétent de la DT procède à l'installaon du compteur Bidireconnel.</p> <p>Le District remet à l'installateur un exemplaire signé du « Contrat PROSOL ELEC II ».</p> <p>L'Installateur fournit au client toute la documentaon nécessaire au bon fonconnement de l'IPV et aux règles de sécurité et les originaux des cerfcats de garane.</p> <p><i>Remarque: la pose du compteur et la mise en service peuvent être effectuées le jour de la récepon</i></p>	<p>OPIP</p>	<p>2j</p>
<p>DSC</p>	<p>La DSC procède à la saisie des données au niveau du système de geson des clients « ALPHA ».</p>	<p>ALPHA</p>	<p>1j</p>



Remplacement du compteur par un compteur bidirectionnel

IMPORTANT :

Avant la procédure du raccordement au réseau, le client doit être prévenu de la coupure de l'électricité en faisant tomber le disjoncteur du compteur Dans le cas d'une IPV monophasée sur un compteur triphasé, l'installateur est convié à tester la phase la plus faible en intensité sur laquelle le

raccordement sera effectué

L'installation du compteur bidirectionnel sera au même emplacement que le compteur d'énergie existant

Rappel :

	Puissance IPV Monophasée	Puissance IPV Triphasée
Client alimentés en monophasé	$P_{IPV} \leq P_{souscrite}$ et $P_{IPV} \leq 6 \text{ kWc}$	Non Applicable
Client alimentés en triphasé	$P_{IPV} \leq 1/3 P_{souscrite}$ et $P_{IPV} \leq 6 \text{ kWc}$	$P_{IPV} \leq P_{souscrite}$

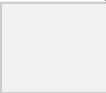
3) Réception commerciale auprès du client

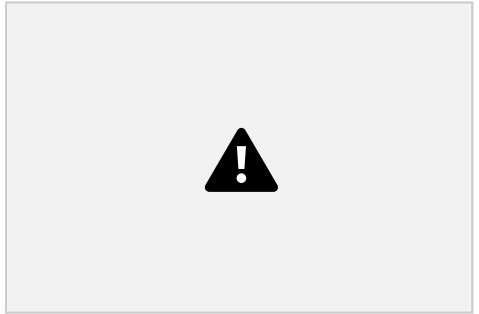
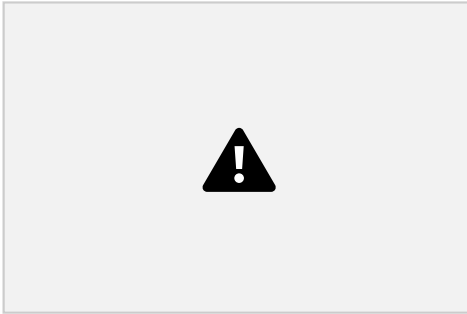
A la réception de l'installation, l'installateur doit accomplir les tâches suivantes :

- Vérifier avec le client la procédure du règlement définitif · Remettre toute la documentation technique nécessaire au bon fonctionnement de l'IPV et aux règles de sécurité et les originaux des certificats de garantie .

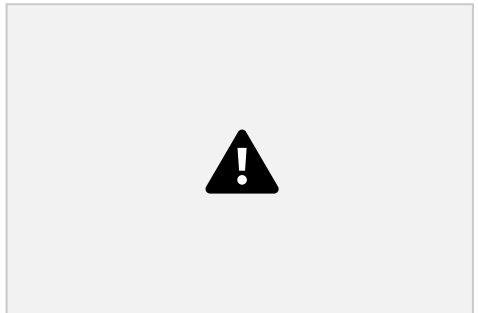
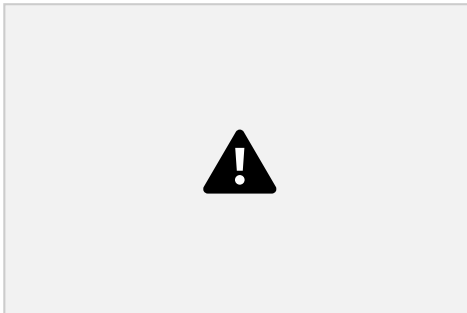
IMPORTANT : Dans le cas d'une installation dans le cadre du programme PROSOL Elec (avec crédit bancaire), le paiement du crédit au profit de l'installateur se fait par la direction commerciale de la STEG en adressant le 25 du mois (m+1) à la Banque partenaire, un virement bancaire. La banque procèdera au versement du montant du crédit le 2 du mois (m+2).

Ce tableau récapitule les opérations de maintenance préventive et curative à mettre en œuvre annuellement ou à une fréquence adaptée au site pour prévenir les dysfonctionnements électriques.

 	<p>Eviter de marcher sur les modules</p> <p>Elaguer régulièrement la végétation pour éviter</p> <p>les ombrages</p> <p>Nettoyer régulièrement les modules, en particulier en cas de zone poussiéreuse ou d'inclinaison insuffisante</p> <p>Vérifier que les entrées et les sorties d'air assurant la ventilation sous les panneaux PV ne sont pas obstruées Procéder à une inspection visuelle des modules pour détecter les décolorations, le jaunissement, les fissures ou traces d'escargot, corrélér avec une éventuelle baisse de production</p> <p>Vérifier l'état des diodes bypass si des points chauds ou des marques brunes sont présents Mesurer les tensions en circuit ouvert des chaînes pour détecter les modules défaillants en utilisant la méthode de la comparaison des chaînes</p>	<p><i>Utiliser l'imagerie thermique comme élément de recherche de panne ou en cas de forte baisse de production</i></p> <p><i>Remplacer les modules défectueux</i></p>
--	---	--

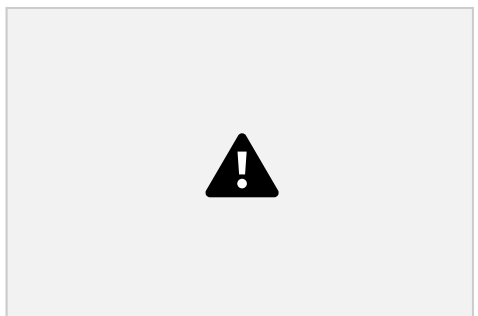
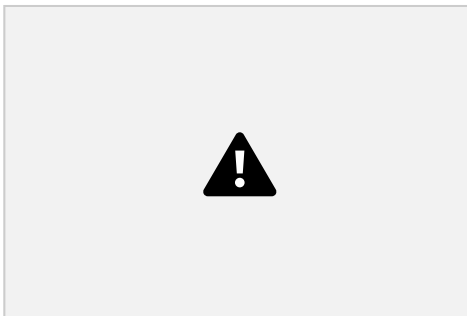


Nettoyage à l'eau des modules Vérification de l'état des connecteurs



Vérification de l'état de l'onduleur

Vérification de la bonne fixation des modules



Vérification des coffrets DC et AC

Graissage des embouts des piquets de terre

Les défauts que l'on peut retrouver sur une installation photovoltaïque, surviennent autant lors de sa conception, de son installation, que lors de son exploitation. Ils sont alors responsables d'une baisse voire d'un arrêt total de la production photovoltaïque. Une bonne connaissance des différents défauts possibles permet d'assurer une bonne maintenance du système photovoltaïque.

Les défauts sont classifiés selon la fonction des différents composants constituant l'installation PV. Cinq groupes de défauts ont été formés :

Défauts dans le générateur photovoltaïque

Défauts dans les coffrets

Défauts dans le système de câblage

Défauts dans les organes de protection

Défauts de l'onduleur

Les tableaux ont été établis en considérant :

Le type du défaut

Sa conséquence principale

Son degré d'impact sur la production du système (**1 faible, 2 moyen, 3 fort**)

Sa provenance d'origine (**C : Conception, I : Installation, E : Exploitation**)..

1	2	3
4	5	6

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100



