Certifiée ISO 9001

UTE
C 15-712

Février 2008

UNION TECHNIQUE DE L'ELECTRICITE

_____

INSTALLATIONS ELECTRIQUES A BASSE TENSION

GUIDE PRATIQUE

Installations photovoltaïques

Photovoltaic installations

_____

éditée et diffusée par l'Union Technique de l'Electricité (UTE) – Tour Chantecoq – 5, rue Chantecoq – 92808 Puteaux Cedex
Tél. : + 33 (0) 1 49 07 62 00 – Télécopie : + 33 (0) 1 47 78 73 51 – Courriel : ute@ute.asso.fr – Internet : http://www.ute-fr.com/

Impr. UTE
© UTE 2008 – Reproduction interdite

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

AVANT-PROPOS

Le présent guide traite des installations photovoltaïques raccordées à un réseau public de distribution à basse tension et non prévues pour fonctionner de façon autonome.

Les autres cas sont actuellement à l'étude. Toutefois, les prescriptions concernant les parties de l'installation en courant continu pourront être appliquées dans le cas de raccordement à un réseau public de distribution haute tension.

Ce guide étant un nouveau document développé pour prendre en compte le développement de la technologie photovoltaïque, des évolutions sont prévisibles. De ce fait, des observations sur ce document pourront être adressées à l'UTE afin d'être examinées au sein de la commission U15 ; elles pourront faire partie de modifications du présent guide.

Le présent document a été approuvé le 05 février 2008 par la Commission U15, Coordination des travaux sur les installations à basse tension.

———————

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

SOMMAIRE

1 Introduction 4

2 Domaine d'application 4

3 Références normatives 5

4 Définitions 6

5 Description des installations PV 7
5.1 Générateurs PV raccordés à un réseau 9

6 Protection contre les chocs électriques 10
6.1 Protection contre les contacts directs 10
6.2 Protection contre les contacts indirects 10
6.3 Mise à la terre des masses 11

7 Protection contre les surintensités 11
7.1 Partie courant continu 11
7.2 Partie courant alternatif 12

8 Chute de tension 12
8.1 Installation à courant continu 12
8.2 Installation à courant alternatif 12

9 Sectionnement et coupure 13
9.1 Dispositifs de sectionnement 13
9.2 Dispositifs de coupure 13

10 Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres 13
10.1 Généralités 13
10.2 Condition de mise en œuvre des parafoudres 16
10.3 Choix et mise en œuvre de parafoudres 17

11 Conditions d'installation des générateurs PV 22
11.1 Canalisations 22
11.2 Matériels 24
11.3 Appareillage 24

12 Signalisation 25

13 Dossier Technique 26

Annexe A – Accords entre le gestionnaire du réseau public de distribution et l'utilisateur/producteur 27
Annexe B – Exemple d'installation photovoltaïque 29
Annexe C – Niveaux kérauniques N_k en France et dans les DOM 30
Annexe D – Carte de rayonnement solaire sur la France 31
Annexe E – Bibliographie 32

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1 Introduction

L'usage de générateurs photovoltaïques s'accroît pour différentes raisons : génération d'électricité en des lieux difficilement accessibles par les réseaux publics de distribution ou développement des énergies renouvelables avec production débitant sur le réseau public.

Ce développement de l'usage de tels générateurs impose de préciser les règles de mise en œuvre qui sont l'objet du présent guide.

NOTE – Dans la suite du texte l'abréviation « PV » est utilisée pour « photovoltaïque ».

2 Domaine d'application

Sont considérés dans le présent guide les installations PV raccordées au réseau public de distribution à basse tension, non prévues pour fonctionner de façon autonome. Ce guide concerne les installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution par branchement à puissance limitée ou par branchement à puissance surveillée, tel que définis dans la norme NF C 14-100.

Dans ce cas, deux types de raccordement sont possibles :

- installation avec un seul point de branchement : l'énergie produite par le générateur PV est consommée pour partie dans l'installation et l'excédent fourni au réseau ; le fonctionnement est uniquement possible en présence de tension sur le réseau public de distribution ;
- installation avec deux points de branchement : un branchement est utilisé pour la consommation, l'intégralité de la production du générateur PV est débitée sur le réseau par le deuxième branchement ; le fonctionnement est uniquement possible en présence de tension sur le réseau public de distribution.

3 Références normatives

L'application des présentes règles doit s'effectuer dans le respect des normes, du texte administratif en vigueur, ainsi que des règlements administratifs auxquels certaines installations sont tenues de satisfaire.

Le présent chapitre liste les textes normatifs cités dans le présent guide. Ils sont classés par numéro croissant, avec en premier les normes NF EN (normes françaises européennes) puis les NF C (normes françaises) suivies des UTE C (guides d'application).

NF EN 60904-3 (C 57-323)	Dispositifs photovoltaïques - Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence
NF EN 61643-11 (C 61-740)	Parafoudres basse-tension - Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes de distribution basse tension - Prescriptions et essais
NF EN 61730-1 (C 57-111-1)	Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 1: Exigences pour la construction
NF EN 61730-2 (C 57-111-2)	Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 2: Exigences pour les essais
NF EN 62262 (C 20-015)	Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK)
NF EN 62305-1 (C 17-100-1)	Protection contre la foudre - Partie 1: Principes généraux
NF EN 62305-2 (C 17-100-2)	Protection contre la foudre - Partie 2: Evaluation du risque
NF EN 62305-3 (C 17-100-3)	Protection contre la foudre - Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains
NF C 14-100	Installations de branchement à basse tension
NF C 15-100	Installations électriques à basse tension
NF C 17-100	Protection contre la foudre - Protection des structures contre la foudre - Installation de paratonnerres
NF C 17-102	Protection contre la foudre - Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
UTE C 15-105	Guide pratique - Détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection - Méthodes pratiques
UTE C 15-443	Guide pratique - Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres. Choix et installation des parafoudres
UTE C 17-100-2	GUIDE PRATIQUE - Protection contre la foudre - Partie 2: Evaluation des risques
UTE C 17-108	Guide Pratique – Analyse simplifiée du risque foudre
DIN VDE 0126-1-1	Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension

4 Définitions

En complément des définitions de la norme NF C 15-100, les définitions suivantes s'appliquent au présent guide.

4.1
cellule PV
dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis à la lumière tel qu'un rayonnement solaire.

4.2
module PV
le plus petit ensemble de cellules solaires interconnectées complètement protégé contre l'environnement.

4.3
chaîne PV
circuit dans lequel des modules PV sont connectés en série afin de former des ensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée.

4.4
groupe PV
ensemble mécanique et électrique intégré de chaînes et d'autres composants pour constituer une unité de production d'énergie électrique en courant continu.

4.5
boîte de jonction de groupe PV
enveloppe dans laquelle toutes les chaînes PV de tous groupes PV sont reliées électriquement et où peuvent être placés les dispositifs de protection éventuels.

4.6
générateur PV
ensemble de groupes PV, également appelé champ PV.

4.7
boîte de jonction ou tableau de générateur PV
enveloppe dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés les dispositifs de protection éventuels.

4.8
câble de chaîne PV
câble reliant les chaînes PV à la boîte de jonction générateur ou à la boîte de jonction groupe PV.

4.9
câble de groupe PV
câble reliant les boîtes de jonction groupe PV à la boîte de jonction générateur PV.

4.10
câble principal continu PV
câble connectant la boîte de jonction de générateur PV aux bornes du courant continu de l'équipement de conversion.

4.11
équipement de conversion PV
dispositif transformant la tension et le courant continu en tension et en courant alternatif, également appelé onduleur.

4.12
câble d'alimentation PV
câble connectant l'équipement de conversion à l'installation électrique.

4.13
installation PV
ensemble de composants et matériels mis en œuvre dans l'installation PV.

4.14
conditions d'essai normalisées
conditions d'essais prescrites dans la NF EN 60904-3 (C 57-323) pour les cellules et les modules PV.

4.15
tension en circuit ouvert U_{ocSTC}
tension en conditions d'essai normalisées, aux bornes d'un module PV, d'une chaîne PV, d'un groupe PV non chargés (ouvert) ou aux bornes, partie courant continu, de l'équipement de conversion PV.

Pour les modules PV, la tension maximale doit être calculée par la formule : 1,15 x U_{ocSTC}

4.16
courant de court-circuit I_{scSTC}
courant de court-circuit d'un module, d'une chaîne, d'un groupe PV ou d'un générateur PV en conditions d'essai normalisées.

4.17
courant inverse maximal I_{scr}
valeur maximale du courant inverse auquel un module peut résister sans dégâts. Cette valeur est donnée par le constructeur.

NOTE 1 : Cette valeur ne concerne pas le courant supporté par les diodes de contournement, mais le courant parcourant les cellules PV dans la direction inverse au courant normal.

NOTE 2 : La valeur typique pour des modules en silicium cristallin est comprise entre 2 et 2,6 I_{scSTC} du module.

4.18
partie courant continu (DC)
partie d'une installation PV située entre les modules PV et les bornes en courant continu de l'équipement de conversion PV.

4.19
partie courant alternatif (AC)
partie de l'installation PV située en aval des bornes à courant alternatif de l'équipement de conversion.

5 Description des installations PV

Des exemples d'architectures d'installations PV sont donnés dans la Figure 1 et dans l'Annexe B.

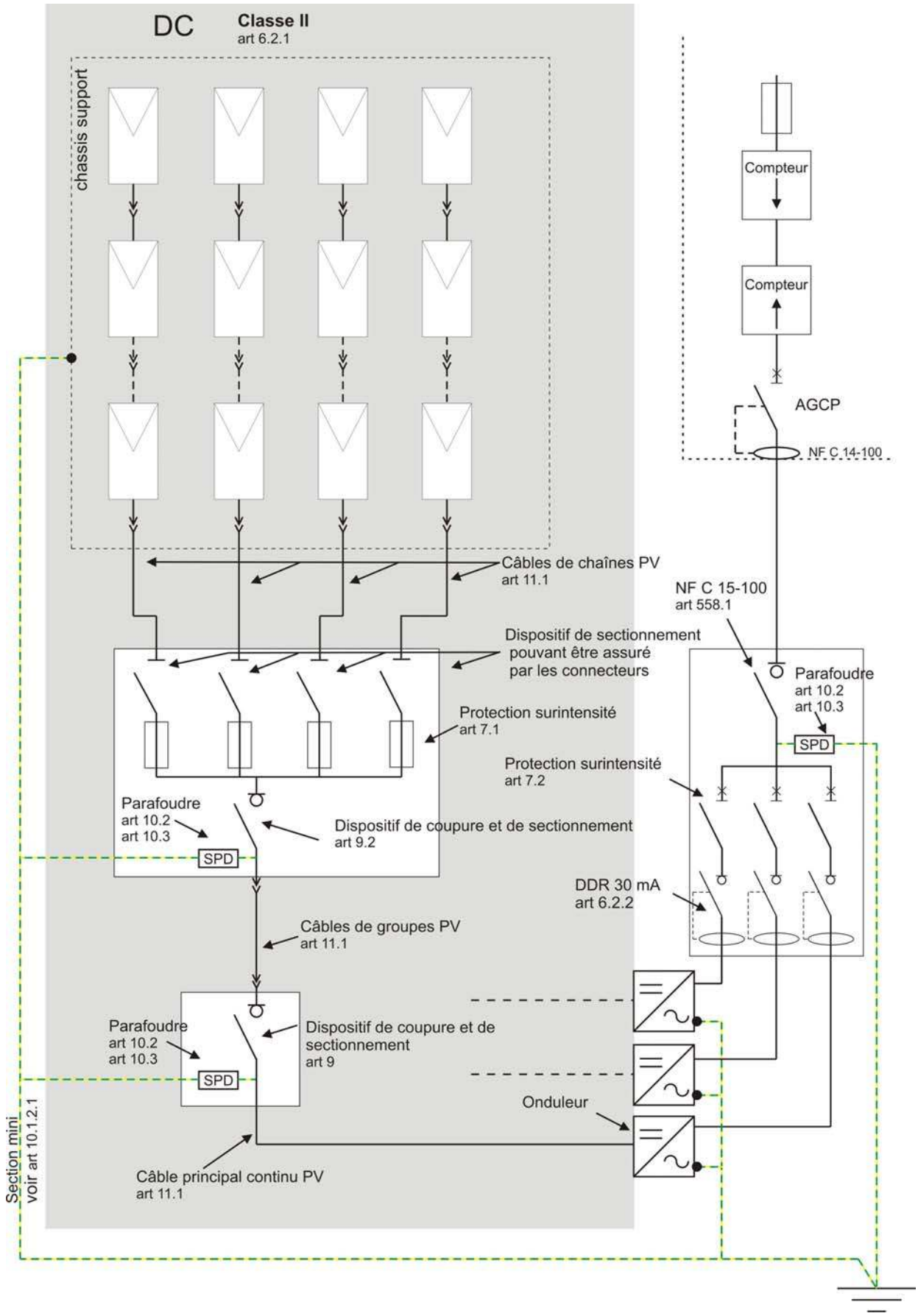


Figure 1 – Schéma de principe d'installation PV

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

5.1 Générateurs PV raccordés à un réseau

Lorsque l'installation PV est destinée à être raccordée au réseau de distribution, deux cas sont à considérer :

- installation avec un seul point de branchement,
- installation avec deux points de branchement.

Dans ce dernier cas, l'installation PV ne doit en aucun cas pouvoir être couplée à la partie utilisation de l'installation.

Des exemples de réalisation sont donnés dans les Figures 2 et 3.

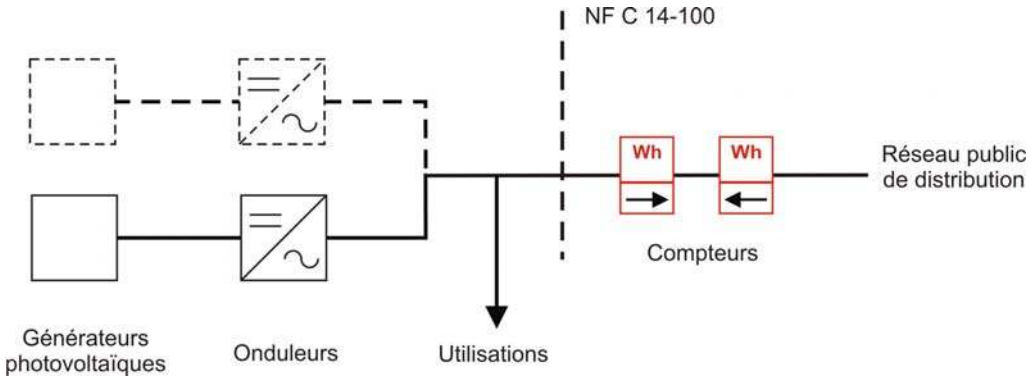


Figure 2 – Raccordement en un seul point au réseau public de distribution

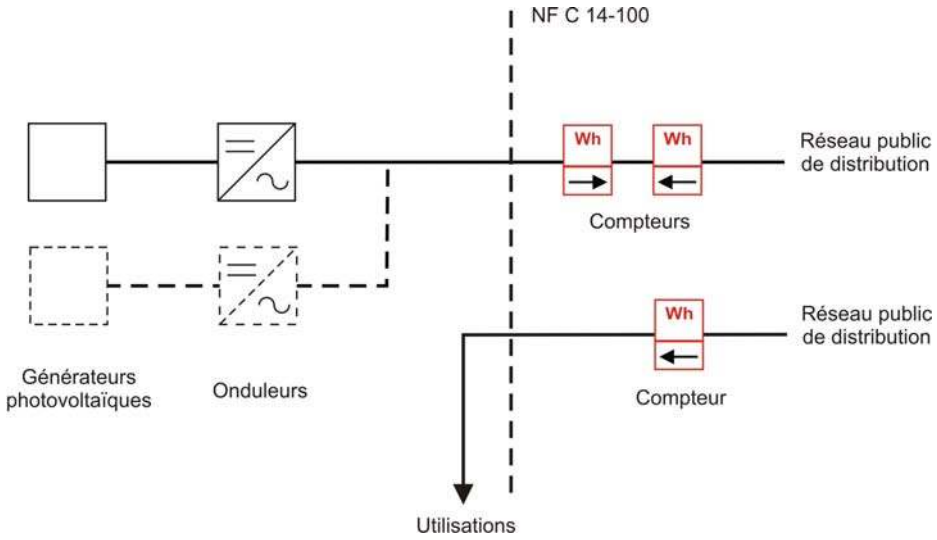


Figure 3 – Raccordement en deux points au réseau public de distribution

5.1.1 Schémas des liaisons à la terre de la partie courant alternatif

De manière générale, le réseau public de distribution basse tension est exploité en schéma de liaison à la terre de type TT pour lequel le conducteur neutre des installations raccordées au réseau ne doit pas être relié à la terre.

5.1.2 Schémas des liaisons à la terre de la partie courant continu

Aucune polarité du coté installation courant continu ne doit être reliée à la terre.

En présence d'onduleur sans transformateur de séparation, le schéma des liaisons à la terre de la partie courant continu est identique à celui de la partie courant alternatif.

6 Protection contre les chocs électriques

Les matériels PV partie courant continu doivent être considérés sous tension, même en cas de déconnexion de la partie courant alternatif.

Toutes les boîtes de jonction (générateur PV et groupes PV) doivent porter un marquage visible et inaltérable indiquant que des parties actives internes à ces boîtes peuvent rester sous tension après sectionnement de l'onduleur coté continu.

6.1 Protection contre les contacts directs

Les matériels électriques doivent faire l'objet d'une disposition de protection par isolation des parties actives ou par enveloppe.

Les armoires ou coffrets contenant des parties actives accessibles doivent pouvoir être fermées soit au moyen d'une clef, soit au moyen d'un outil, à moins qu'elles ne soient situées dans un local où seules des personnes averties ou qualifiées peuvent avoir accès.

Lorsque les coffrets ou armoires ne sont pas situés dans un local où seules des personnes averties ou qualifiées peuvent avoir accès, une protection contre les contacts directs doit être assurée lorsqu'une porte d'accès est ouverte en utilisant du matériel possédant par construction ou par installation, au moins le degré de protection IP2X ou IPXXB.

6.2 Protection contre les contacts indirects

6.2.1 Partie courant continu

Pour la partie courant continu, la protection contre les chocs électriques doit être réalisée par utilisation de la classe II ou par isolation équivalente jusqu'aux bornes de l'onduleur. Dans ce cas, les prescriptions de l'article 412 de la norme NF C 15-100 doivent être appliquées.

L'isolation double ou renforcée est une mesure de protection dans laquelle :

- la protection contre les contacts directs est assurée par une isolation principale et la protection contre les contacts indirects est assurée par une isolation supplémentaire, ou
- la protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects est assurée par une isolation renforcée entre les parties actives et les parties accessibles.

NOTE – Cette mesure est prévue pour empêcher l'apparition de tensions dangereuses sur les parties accessibles des matériels électriques lors d'un défaut de l'isolation principale.

6.2.2 Partie courant alternatif

La protection contre les contacts indirects doit être assurée par dispositif différentiel. Ce dispositif peut être de type AC lorsque l'onduleur satisfait aux exigences de la DIN VDE 0126-1-1.

Pour les locaux d'habitation, la protection doit être assurée par dispositif différentiel de sensibilité inférieure ou égale à 30 mA.

6.3 Mise à la terre des masses

Les masses de l'onduleur et les masses des matériels alimentés par le réseau de distribution publique doivent être reliées à la même prise de terre.

Pour minimiser les tensions induites dues à la foudre, les structures métalliques des modules et les structures métalliques support (si existantes) doivent être reliées à cette même prise de terre bien que la partie DC des installations soit de classe II. Ces structures métalliques étant généralement en aluminium, il convient d'utiliser des dispositifs de connexion adaptés. Les conducteurs en cuivre nu ne doivent pas cheminer au contact de parties en aluminium.
La section des conducteurs de protection et de liaison équipotentielle doivent respecter les règles du chapitre 54 de la norme NF C 15-100.

Un conducteur de protection n'est pas obligatoire dans le circuit reliant l'AGCP à l'onduleur.

7 Protection contre les surintensités

7.1 Partie courant continu

7.1.1 Protection contre les surintensités

Chaîne PV :
Les câbles des chaînes PV sont dimensionnés afin de pouvoir se dispenser des dispositifs de protection contre les surcharges et les courts-circuits. Le courant admissible du câble doit être égal ou supérieur à 1,25 fois I_{scSTC} de la chaîne PV.

Les modules des chaînes PV doivent être protégés contre l'effet des courants inverses susceptibles de survenir en cas de défaut dans un module. Les modules supportant un courant inverse maximal I_{scr} au moins deux fois leur courant de court-circuit (I_{scSTC}), cette protection et les courants admissibles sont donnés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 1 – Courants admissibles dans les câbles de chaîne PV et choix des fusibles de protection

Nombres de chaînes	Courant inverse susceptible de survenir dans une chaîne	Courant assigné I_n du fusible de la chaîne	Courant admissible I_z dans le câble de la chaîne PV
1 à 2	1,25 I_{scSTC}	Sans objet	$\geq$ 1,25 I_{scSTC}
3	2 x 1,25 I_{scSTC}	Sans objet	$\geq$ 2 x 1,25 I_{scSTC}
n > 3	(n-1) x 1,25 I_{scSTC}	1,25 $I_{scSTC} \leq I_n \leq$ 2 I_{scSTC}	$\geq$ 2 I_n
I_{scSTC} correspond au courant d'une chaîne n correspond au nombre total de chaînes du générateur PV			

En présence de parafoudre, cette protection doit être assurée sur chaque polarité.

Câble groupe PV :
Les câbles des groupes PV sont dimensionnés afin de pouvoir se dispenser des dispositifs de protection contre les surcharges et les courts-circuits. Le courant admissible du câble I_z doit être égal ou supérieur à (m-1) x 1,25 fois I_{scSTC} du groupe PV, (m correspond au nombre total de groupes PV).

Câble principal PV :
Les câbles des générateurs PV sont dimensionnés afin de pouvoir se dispenser des dispositifs de protection contre les surcharges et les courts-circuits. Le courant admissible du câble I_z doit être égal ou supérieur à 1,25 fois I_{scSTC} du générateur PV.

7.2 Partie courant alternatif

7.2.1 Protection contre les surcharges

Les circuits sont protégés contre les surcharges conformément aux prescriptions de la section 433 de la norme NF C 15-100.

Le courant assigné du tableau général à basse tension prendra en compte le courant de sortie de l'onduleur et le dimensionnement du branchement dans le cas d'un raccordement en un seul point du réseau public de distribution.

7.2.2 Protection contre les courts-circuits

Le pouvoir de coupure des dispositifs de protection des installations raccordées au réseau est déterminé en tenant compte des courants de courts-circuits maximaux susceptibles d'apparaître en provenance du réseau.

Dans le cas d'un branchement à puissance limitée, compte tenu des protections amont (présence de fusibles AD), un pouvoir de coupure de 3 kA est suffisant pour les dispositifs de protection contre les courts-circuits en aval du point de livraison.

7.2.3 Protection de découplage

Cette protection est destinée à la déconnexion des générateurs en cas de :

- défaut sur le réseau,
- disparition de l'alimentation par le réseau de distribution,
- variations de la tension ou de la fréquence supérieures à celles spécifiées par le distributeur.

Cette protection de découplage est intégrée à un dispositif de coupure automatique conforme à une norme européenne ou une norme d'un autre pays de la communauté européenne reconnue équivalente par le distributeur (exemple DIN VDE 0126-1-1).

8 Chute de tension

L'optimisation technico-économique conduit à réduire au maximum les chutes de tension.

8.1 Installation à courant continu

La chute de tension maximale autorisée dans la partie courant continu de l'installation est de 3 % à I_{scSTC}. Il est recommandé de limiter cette chute de tension à 1 %.

8.2 Installation à courant alternatif

La chute de tension maximum autorisée entre le point de livraison (NF C 14-100) et les bornes AC de l'onduleur est de 3 % à puissance nominale du ou des onduleurs. Il est recommandé de limiter cette chute de tension à 1 %.
En outre, la valeur de la résistance de la liaison entre le point de livraison et les bornes AC de l'onduleur devra être inférieure ou égale à 0,5 ohm.

9 Sectionnement et coupure

Lors du choix et de la mise en œuvre des dispositifs de coupure et de sectionnement entre l'installation PV et le réseau public de distribution, ce réseau doit être considéré comme la source et l'installation PV comme la charge.

9.1 Dispositifs de sectionnement

Pour permettre la maintenance de l'onduleur PV, des moyens de sectionnement de l'onduleur PV doivent être prévus tant du côté continu que du côté alternatif.

Tous les dispositifs de sectionnement doivent être omnipolaires.
Le dispositif de sectionnement installé côté continu peut ne pas être à coupure simultanée.

9.2 Dispositifs de coupure

9.2.1 Partie courant continu

Un dispositif de coupure doit être prévu sur la partie courant continu de l'installation PV et à proximité de l'onduleur.

9.2.2 Partie courant alternatif

Un dispositif de coupure d'urgence doit être prévu sur la partie courant alternatif de l'installation PV, en application des règles du 463 et du 536.3 de la norme NF C 15-100.
L'AGCP peut remplir la fonction de coupure d'urgence.

9.2.2.1 Dispositions particulières aux locaux d'habitation

Dans le cas d'un raccordement au réseau en un point (Figure 2), le dispositif de coupure d'urgence de l'installation d'utilisation est généralement l'AGCP.

Dans le cas d'un raccordement au réseau en deux points (Figure 3), si le cheminement entre l'onduleur et le réseau traverse la partie habitation, le dispositif de coupure d'urgence de l'installation PV doit être installé, conformément aux articles 771.463 et 771.558 de la norme NF C 15-100, dans la partie habitation dans la Gaine Technique Logement si elle existe.

10 Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres

10.1 Généralités

Les informations contenues dans ce chapitre traitent de la protection des installations PV contre les surtensions en complément de la norme NF C 15-100 et du guide UTE C 15-443.

NOTE – Compte tenu de la sensibilité et de l'implantation des modules photovoltaïques, une attention particulière doit être portée à la protection contre les effets directs de la foudre ; ce sujet est traité par les normes NF EN 62305-1 à -3 (C 17-100-1 à -3), les normes NF C 17-100 et NF C 17-102 et les guides UTE C 17-108 et UTE C 17-100-2.

10.1.1 Surtensions dans une installation PV

Les surtensions sont présentes de plusieurs manières dans une installation PV. Elles peuvent être :

- transmises par le réseau de distribution et être d'origine atmosphérique (foudre) et/ou dues à des manœuvres ;
- générées par des coups de foudre à proximité des bâtiments et des installations PV, ou sur les paratonnerres des bâtiments. Ce cas de figure est présent dans toutes les installations ;
- générées par les variations de champ électrique dues à la foudre.

10.1.2 Principes de protection

10.1.2.1 Equipotentialité

L'équipotentialité des éléments est indispensable. Un conducteur d'équipotentialité doit relier tous les éléments conducteurs et masses métalliques de l'installation PV conformément à 11.1.3. Le conducteur d'équipotentialité doit être conforme aux Figures 4 et 5. Un conducteur supplémentaire d'équipotentialité doit relier les parties métalliques du groupe PV et le dispositif de protection par paratonnerre si la distance qui les sépare est inférieure à 2,5 m ou la distance de sécurité « s » résultant du calcul effectué selon la norme NF EN 62305-3.

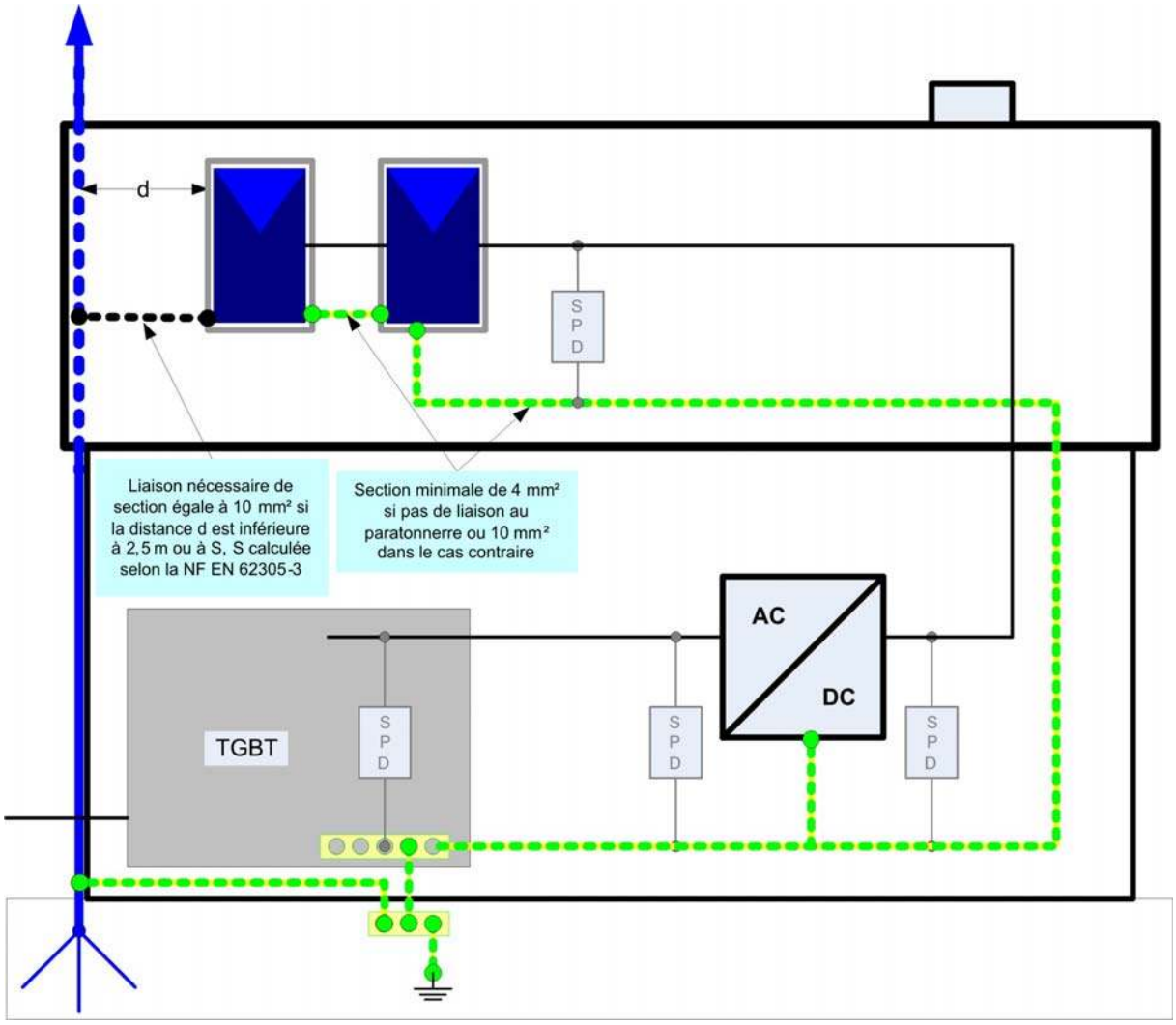


Figure 4 – Exemple d'installation avec protection par paratonnerre

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

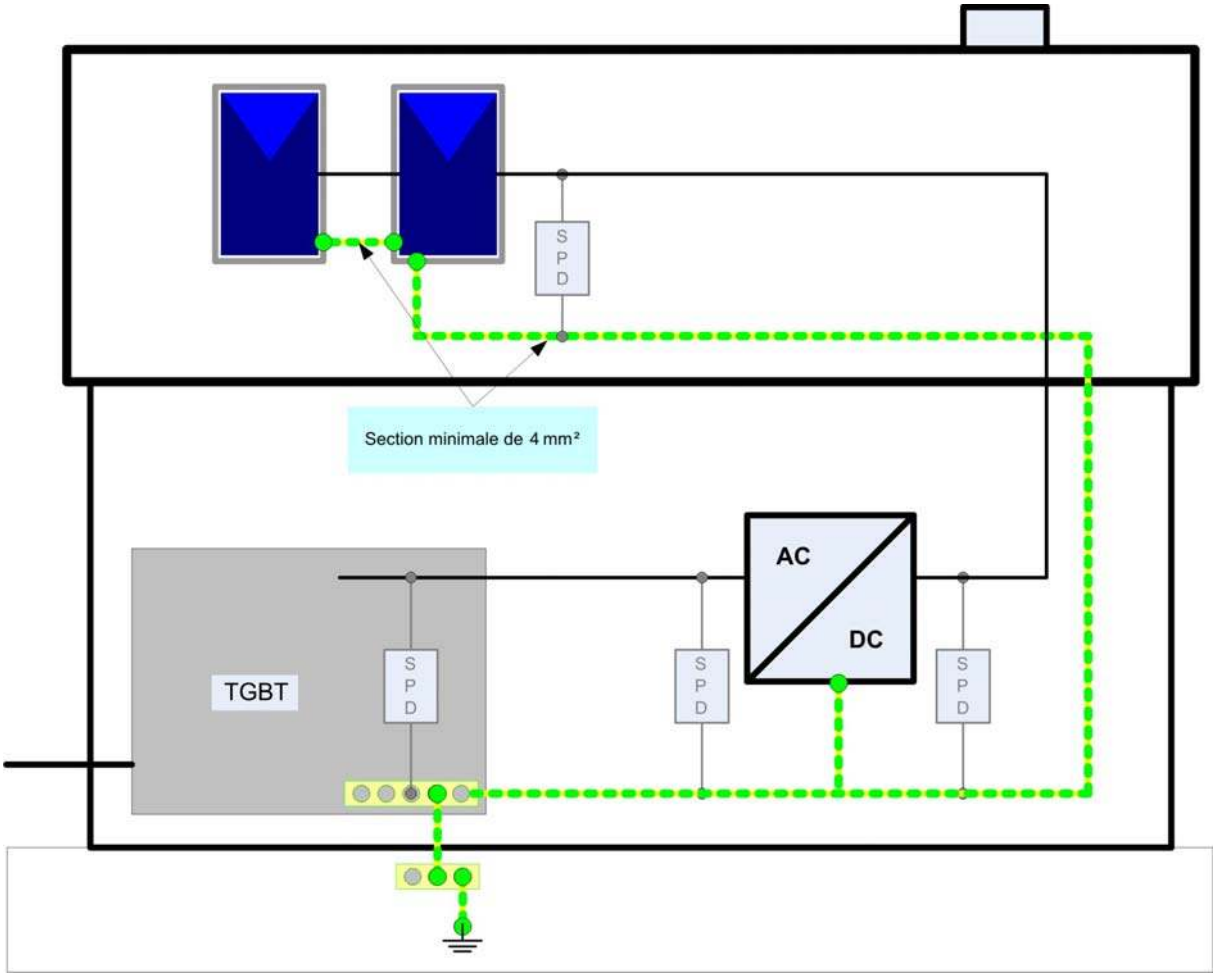


Figure 5 – Exemple d'installation sans protection par paratonnerre

10.1.2.2 Les parafoudres

Les parafoudres installés doivent être conformes à la norme NF EN 61643-11 (C 61-740) et leur mise en œuvre doit respecter les prescriptions du guide UTE-C 15-443.

Pour la partie courant continu, en complément des valeurs définies dans les paragraphes suivants, d'autres critères tel que le mode de fin de vie doivent être définis. Ces parafoudres sont donc choisis selon les recommandations des constructeurs.

Le parafoudre Type 1 est à utiliser coté AC dans le cas d'une présence de paratonnerre.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

10.2 Condition de mise en œuvre des parafoudres

Le Tableau 2 est basé sur l'expérience actuelle des phénomènes considérés. Il est également basé sur la norme NF C 15-100 et la méthode d'évaluation du risque du guide UTE C 15-443.

Le Tableau 2 ci-après détermine le choix d'une protection par parafoudre ainsi que son type (Type 1 ou Type 2).

Tableau 2 – Choix d'une mesure de protection

Caractéristique de l'installation	Nk ≤ 25		Nk > 25	
	Côté DC	Côté AC	Côté DC	Côté AC
Bâtiment ou structure équipé d'un paratonnerre	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1 (1)	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1 (1)
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2	Obligatoire Type 2 (2)
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Peu utile Type 2	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2

Le parafoudre côté AC est à l'origine de l'installation de distribution publique. Dans le cas d'un raccordement au réseau en deux points (cf. Figure 3), il est recommandé d'installer un parafoudre à proximité de l'onduleur si le parafoudre à l'origine de l'installation est obligatoire ou recommandé.

(1) Dans le cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise de terre du neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectée à la prise de terre du paratonnerre, la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire.
Dans les autres cas et lorsque le bâtiment comporte plusieurs installations privatives, le parafoudre de type 1 ne pouvant être mis en œuvre à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type 2 (I_n ≥5 kA) placés à l'origine de chacune des installations privatives

(2) Toutefois, l'absence d'un parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque définie dans le guide UTE C 15-443.

Lorsqu'un parafoudre est installé sur le circuit de puissance, il est recommandé d'en installer sur les circuits de communication.

10.3 Choix et mise en œuvre de parafoudres

10.3.1 Choix de la valeur de I_n pour les parafoudres de type 2 (valable pour les parties DC et AC)

Le courant nominal de décharge I_n minimum est de 5 kA pour les parafoudres.
Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue.

Le dimensionnement du parafoudre Type 2 peut être optimisé en estimant le niveau d'exposition aux surtensions F_{PV}, comme suit :

$$\mathbf{F_{PV} = Nk \, . \, (1 + \varphi + \delta)}$$

Nk est le niveau kéraunique local (voir carte en annexe C)
φ est donné par le Tableau 3 en prenant en compte le choix dicté par le Tableau 2
δ est obtenu à l'aide du Tableau 4 en analysant séparément la situation de la ligne aérienne, du bâtiment ou du champ de modules PV ; trois valeurs de δ sont alors déterminées. Seule la plus grande des valeurs est retenue pour δ.

Tableau 3 – Valeurs de φ selon le résultat du Tableau 2

Résultat du Tableau 2	Obligatoire	Recommandé	Peu utile
φ	2	1	0

Tableau 4 – Valeurs de δ selon la situation de la ligne aérienne (BT), du bâtiment ou du champ PV

Situation de la ligne aérienne (BT), du bâtiment ou du champ de modules PV	Complètement entouré de structures	Quelques structures à proximité ou inconnues	Terrain plat ou découvert	Sur une crête, présence de plan d'eau, site montagneux
δ	0	0,5	0,75	1

Le Tableau 5 ci-dessous permet d'optimiser le choix de I_n en fonction du paramètre F_{PV}.

Tableau 5 – Choix de I_n en fonction de F_{PV}

Estimation du risque F_{PV}	I_n (kA)
$F_{PV} \leq 40$	5
$40 < F_{PV} \leq 80$	10
$F_{PV} > 80$	20

10.3.2 Pour réseau alternatif (AC)

En cas d'installation d'un parafoudre type 1 au point de raccordement entre l'installation PV et le réseau, celui-ci doit avoir un courant I_{imp} mini de 12,5 kA.

Des valeurs plus élevées peuvent être nécessaires suite à une étude menée conformément au guide UTE C 17-108.

Pour le choix des parafoudres de type 2, la valeur de I_n est donnée par le Tableau 5.

La catégorie de surtension acceptable, si elle n'est pas spécifiée, est la catégorie 1. La tension maximale susceptible d'atteindre l'équipement est fixée au maximum à 1,5 kV. Ceci implique généralement une protection à base de plusieurs étages de parafoudres coordonnés. Les règles de coordination sont données par les constructeurs de parafoudres.

Lorsque le Tableau 2 prescrit une protection par parafoudre pour le coté AC d'une installation PV raccordée à un réseau, il convient de suivre les règles énoncées dans le guide UTE C 15-443.
Seules quelques précisions spécifiques pour la protection du matériel se rapportant à l'installation PV coté AC sont traitées dans ce guide.

10.3.2.1 Emplacement des parafoudres sur la partie AC

Dans le cas de mise en œuvre de parafoudre, il doit être installé le plus près possible de l'origine de l'installation (cf. Figure 6). Lorsque la longueur de la canalisation entre ce parafoudre et les bornes aval de l'onduleur (distance E) est supérieure à 30 m, un parafoudre complémentaire destiné à protéger l'onduleur est recommandé à proximité de celui-ci (cf. Figure 7).

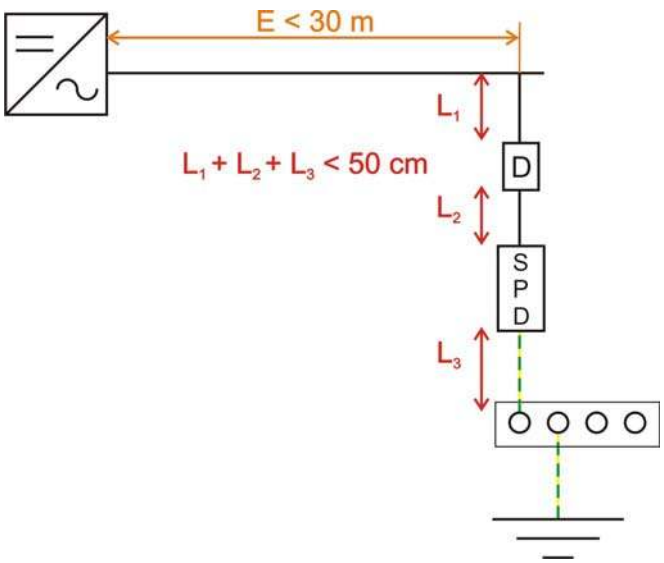


Figure 6 – Distance E < 30 m

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

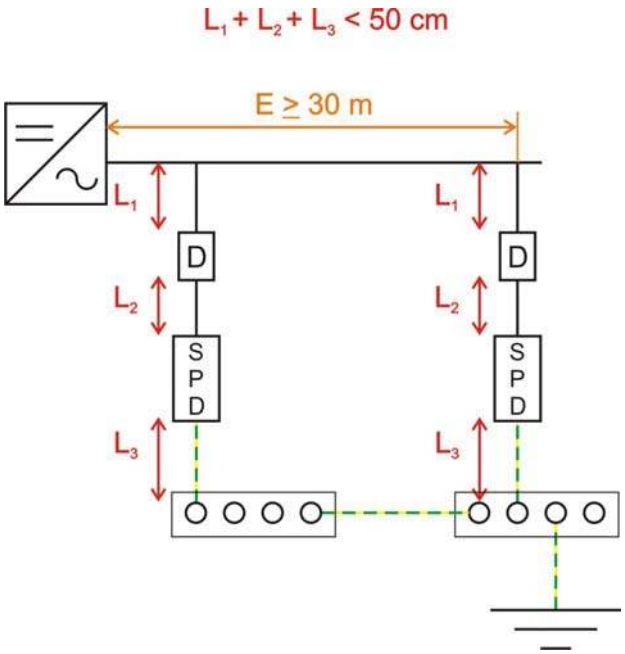


Figure 7 – Distance E ≥ 30 m

10.3.3 Pour la partie courant continu (DC)

Les protections sont des parafoudres type 2, car les surtensions entre les générateurs PV et les onduleurs sont générées par les effets indirects des coups de foudre à proximité des bâtiments, ou sur les paratonnerres des bâtiments qui en sont équipés.

10.3.3.1 Emplacement des parafoudres DC

Si une protection est mise en œuvre, elle doit assurer la protection du champ PV et de l'onduleur.

Un seul parafoudre peut suffire pour réaliser cette fonction lorsque la longueur de canalisation (distance E) entre les éléments à protéger est inférieure à 30 mètres.

Dans ce cas, il est préconisé d'installer les parafoudres à proximité des modules PV.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

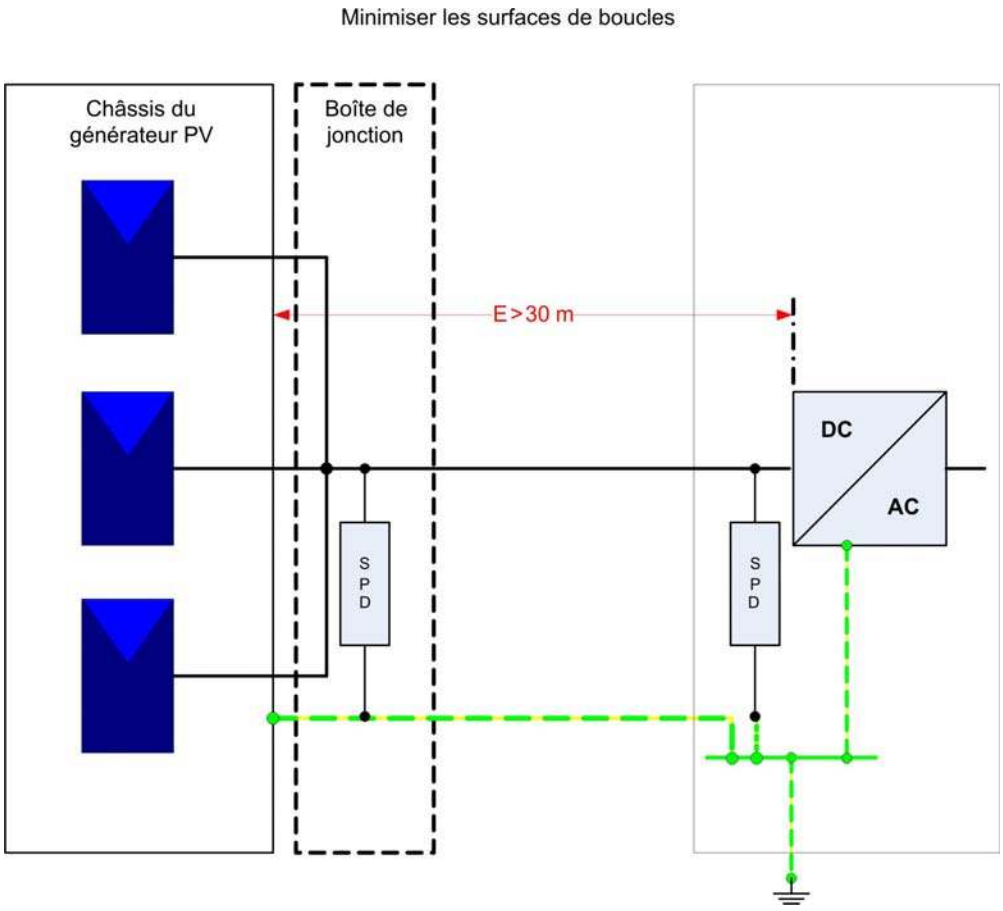


Figure 8 – Exemple d'installation d'une protection contre les surtensions sur la partie courant continu d'une installation PV

10.3.3.2 Choix de I_n

Le courant nominal de décharge I_n minimum recommandé est de 5 kA.

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue. Le Tableau 5 peut être également utilisé afin d'optimiser le choix de I_n en fonction du paramètre F_{PV} (voir analyse du risque au paragraphe 10.3).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

10.3.3.3 Raccordement des parafoudres

Des exemples de raccordement des parafoudres sont représentés ci après :

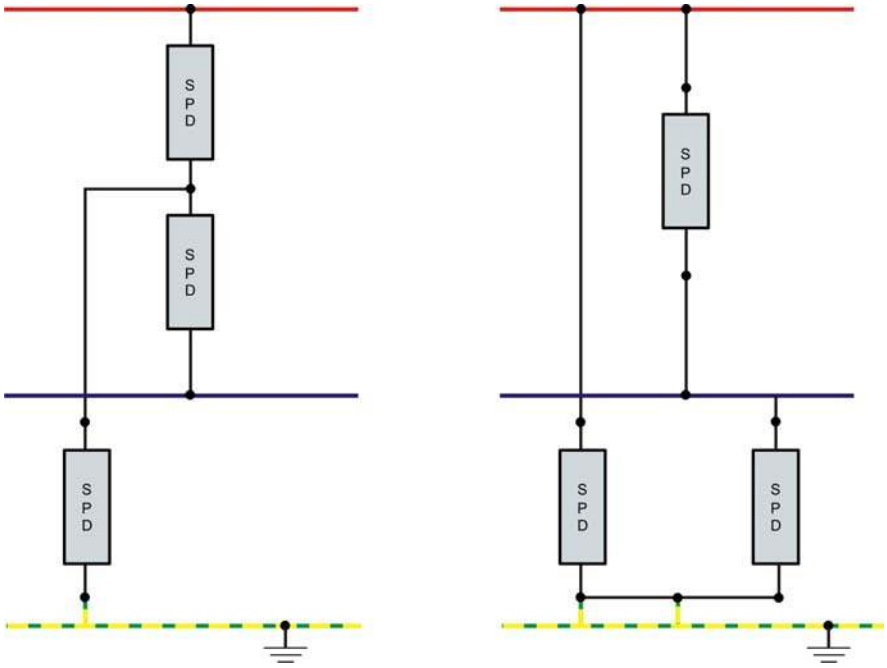


Figure 9 – Exemples de raccordement des parafoudres

10.3.3.4 Choix de U_c

La caractéristique U_c du parafoudre doit être sélectionnée en fonction de la tension maximale à vide des modules PV.

Les constructeurs de modules PV donnent généralement une tension U_{ocSTC} ce qui détermine une valeur U_{ocSTC} du générateur PV.

La tension U_C des parafoudres doit être supérieure ou égale à 1,2 x U_{ocSTC} du générateur PV.

10.3.3.5 Choix de U_p

Pour assurer une protection efficace des matériels, les valeurs de U_p doivent être inférieures à la valeur de tenue aux chocs des matériels à protéger.

En absence d'indications de tension résiduelle du système de parafoudre de la part des constructeurs, une marge de sécurité entre la tenue aux chocs des matériels et U_p, est nécessaire. Cette marge doit être au moins égale à 20 % (UTE C 15-443).

Pour les modules PV, les valeurs de surtensions acceptables sont notamment fixées par les tensions inverses des diodes anti-retour (l'ordre de grandeur est de quelques centaines de volt par diode).

Pour les équipements de conversion, la surtension acceptable est liée à la tension maximum en circuit ouvert ainsi qu'au choix technologique des fabricants. La tenue aux surtensions peut être considérée égale à 5 x U_{ocSTC}, si aucune autre information n'est disponible.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

10.3.3.6 Choix du (ou des) dispositif(s) de protection associé(s) au parafoudre

Les parafoudres peuvent arriver en fin de vie pour les raisons suivantes :

- par emballement thermique dû à un cumul excessif de contraintes de foudre n'excédant pas ses caractéristiques, mais conduisant à une destruction lente de ses composants internes ;
- par mise en court-circuit due à un dépassement de ses caractéristiques conduisant à une dégradation brutale de son impédance.

Dans les deux cas, le ou les parafoudres doivent être équipés d'un dispositif de déconnexion dimensionné pour fonctionner quel que soit le courant produit par les modules PV.

Les dispositifs assurant la déconnexion en fin de vie, sont :

- soit incorporés dans le parafoudre ; ils sont appelés déconnecteurs ;
- soit installés en série avec le parafoudre ; ce sont alors des fusibles, des disjoncteurs ;
- soit une combinaison des deux systèmes précédents.

Les caractéristiques des dispositifs de déconnexion externes doivent correspondre aux recommandations du constructeur de parafoudre.

11 Conditions d'installation des générateurs PV

11.1 Canalisations

Dans le cas des bâtiments collectifs d'habitations, les installations PV à usage collectif ne doivent pas traverser ou cheminer dans les parties privatives.

11.1.1 Choix et mise en œuvre en fonction des conditions d'influences externes

Les câbles seront de type C2 (non propagateur de la flamme) et choisis parmi ceux ayant une température admissible sur l'âme d'au moins 90 °C en régime permanent.
Les câbles soumis directement au rayonnement solaire doivent répondre à la condition d'influence externe AN3 (résistant aux rayons ultra-violets). Toutefois, la résistance à la condition d'influence externe AN3 pourra être réalisée par installation (interposition d'écran,…).
Les connexions et les câbles doivent être mis en œuvre de manière à éviter toute détérioration due aux effets du vent, de la glace.

Les câbles des chaînes PV, des groupes PV et les câbles principaux PV d'alimentation continue doivent être choisis et mis en œuvre de manière à réduire au maximum le risque de défaut à la terre ou de court-circuit. Cette condition est assurée en utilisant des câbles monoconducteurs d'isolement équivalent à la classe II. Ces câbles doivent cheminer côte à côte et le conducteur d'équipotentialité doit emprunter le même cheminement.

Dans le cas de cheminement dans des conduits, des goulottes ou des compartiments de goulotte, les circuits continus doivent emprunter des conduits, des goulottes ou des compartiments de goulotte distinct de ceux des circuits alternatifs, sauf ponctuellement au niveau des croisements.

Par ailleurs, il y a lieu de respecter les instructions de mise en œuvre des canalisations préconisées par le constructeur.

11.1.2 Dimensionnement des canalisations

Le dimensionnement des canalisations est effectué conformément aux règles de la NF C 15-100 sur la base des canalisations à isolation PR.

Dans le cas particulier des canalisations soumises au rayonnement solaire direct, la température ambiante à prendre en compte pour leur dimensionnement est considérée égale à 70 °C, par conséquent un facteur de correction de 0,58 est à appliquer conformément au Tableau 52K de la NF C 15-100.

11.1.3 Protection contre les interférences électromagnétiques

Pour minimiser les tensions induites dues à la foudre, la surface de l'ensemble des boucles doit être aussi faible que possible, en particulier pour l'interconnexion des chaînes PV.

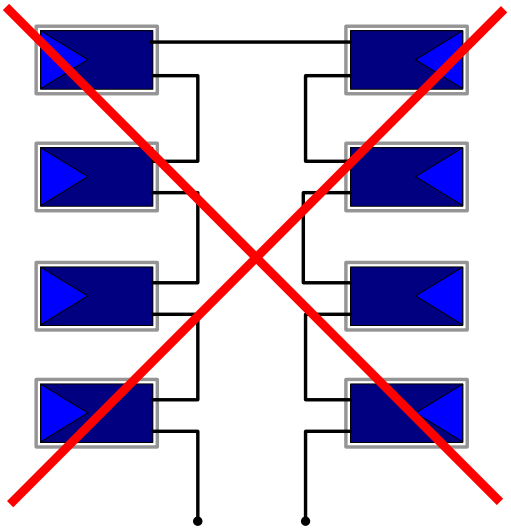


Figure 10 – Exemple de mauvais câblage : boucle induite entre polarités

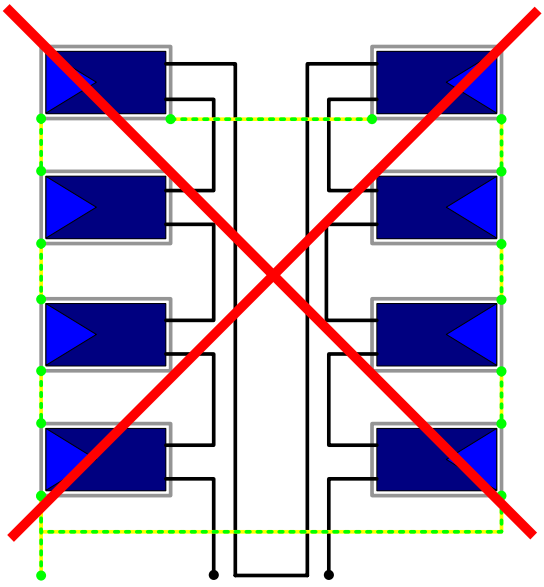


Figure 11 – Exemple de mauvais câblage : boucle induite entre une polarité et la masse

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

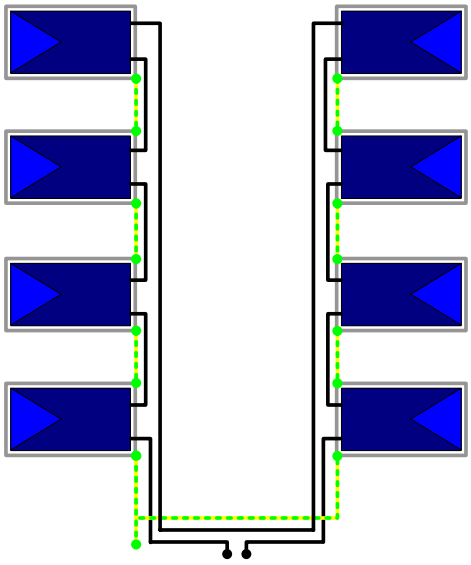


Figure 12 – Exemple de bon câblage : limitation des aires de boucles induites

11.2 Matériels

Les modules PV doivent être conformes aux normes de la série NF EN 61730. La valeur du courant inverse I_{SCR} des modules PV doit être au moins égale à deux fois I_{scSTC}.

Les matériels installés à l'extérieur doivent posséder le degré de protection minimum IP44.

Leur degré de protection contre les impacts mécaniques doit être au moins de IK07 conformément à la norme NF EN 62262 (C 20-015).

Des parties continues et des parties alternatives de l'installation peuvent cohabiter dans un même tableau, s'il existe une séparation physique entre les deux parties.

Pour la partie DC, toutes les boîtes de jonction et coffrets doivent porter un marquage visible et inaltérable indiquant que des parties actives internes à ces boîtes ou coffrets restent sous tension après sectionnement de l'onduleur PV (voir article 12).

Les interventions sur les matériels, appareillages et connexions démontables doivent pouvoir être effectuées en toute sécurité.

Pour la partie DC, les dispositifs de connexion accessibles aux personnes non averties ou non qualifiées ne doivent être démontables qu'à l'aide d'un outil par construction ou par installation.

Dans le cas des locaux d'habitation, les matériels de l'installation photovoltaïque peuvent ne pas être installés dans la GTL.

11.3 Appareillage

11.3.1 Partie AC

Les règles générales de la norme NF C 15-100 s'appliquent.

11.3.2 Partie DC

Tous les appareillages doivent être adaptés au fonctionnement en courant continu, choisis et mis en œuvre selon les instructions du constructeur.
Dans les locaux d'habitation, l'usage d'appareillage de type industriel est autorisé pour la partie de l'installation en courant continu.
Les valeurs assignées minimales de tension et de courant de l'appareillage sont respectivement de 1,15 fois U_{ocSTC} du générateur PV et 1,25 fois I_{scSTC} du circuit considéré.

12 Signalisation

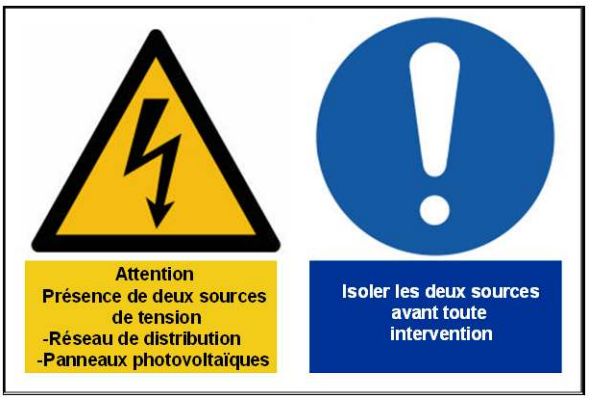
Pour des raisons de sécurité à l'attention des différents intervenants (chargés de maintenances, contrôleurs, exploitant du réseau public de distribution, services de secours), il est impératif de signaler le danger lié à la présence de deux sources de tension (photovoltaïque et réseau public de distribution) sur le site.

Pour cela, une étiquette portant les mentions :

- **«Attention : présence de deux sources de tension - Photovoltaïque et Réseau public de distribution »**
- **« Isoler les deux sources avant toute intervention »**

doit être installée à proximité :

- du disjoncteur de branchement d'injection sur le réseau public de distribution ;
- du disjoncteur de soutirage du réseau public de distribution lorsque ce dernier est implanté en un lieu différent ;
- des onduleurs.



- Une étiquette portant la mention « **Ne pas ouvrir en charge** » ou « **Ne pas déconnecter en charge** » à proximité du ou des sectionneurs et connecteurs ;



- Une étiquette portant la mention « **Danger, installation électrique sous tension durant la journée** » à proximité du ou des sectionneurs, interrupteurs, connecteurs, boites de jonction et onduleurs, coté installation électrique à courant continu ;



- Documents sous pochette étanche (schéma électrique et d'implantation des composants de l'installation photovoltaïque avec coordonnées de l'exploitant) à proximité du disjoncteur de branchement de soutirage du réseau public de distribution.

Nota : En cas d'intervention du personnel de secours du bâtiment, il est important que celui-ci soit informé de :

- L'emplacement des disjoncteurs de branchement (injection et soutirage) permettant la coupure générale des circuits courant alternatif ;
- La présence de tension dangereuses en journée sur les circuits de l'installation électrique à courant continu, même après avoir manœuvré le disjoncteur de branchement d'injection sur le réseau public de distribution ou le sectionneur ou interrupteur/sectionneur du ou des onduleurs coté installation à courant alternatif.

13 Dossier Technique

Le dossier technique doit comporter les éléments suivants libellés en français :

- Un schéma électrique du système photovoltaïque ;
- Un plan d'implantation des différents composants et modules photovoltaïques ainsi que des liaisons (canalisations) correspondantes ;
- Une description de la procédure d'intervention sur le système photovoltaïque et consignes de sécurité.

Annexe A – Accords entre le gestionnaire du réseau public de distribution et l'utilisateur/producteur

A1 – Dispositions de limitation des effets nuisibles à la qualité d'alimentation

L'étude du raccordement par le gestionnaire du réseau public de distribution nécessite la communication de données caractéristiques du projet, des générateurs et des dispositions prévues pour le raccordement au réseau. Le gestionnaire du réseau public de distribution peut mettre à disposition des fiches de collecte rassemblant la liste des données minimales nécessaires à l'étude de la demande comportant notamment :

- condition de couplage au réseau et schéma retenu ;
- puissance de production injectée sur le réseau ;
- dispositifs de réglage de la puissance réactive ou de la tension ;
- apport de courant de court-circuit des générateurs ;
- dispositif de contrôle des conditions de couplage ;
- papillotement et à-coups de tension ;
- caractéristiques des générateurs à la fréquence de télécommande tarifaire ;
- déséquilibre de tension ;
- émission et circulation des courants harmoniques ;
- injection de courant continu.

Les seuils et les méthodes d'évaluation mis en œuvre sont indiqués dans le référentiel de raccordement publié par le gestionnaire du réseau de distribution.

Cette étude peut conduire le cas échéant à l'établissement ou à la modification :

- d'ouvrages des réseaux publics de distribution BT ;
- du branchement pour les installations raccordées en BT notamment du moyen de sectionnement accessible aux agents de distribution (NF C 15-100, 551.1.2) ;
- du comptage ;
- des protections de l'installation, notamment de la protection de découplage prévue au 551.1.2 de la NF C 15-100 ;

A2 – Choix de la protection de découplage et approbation

L'établissement ou la modification d'une protection de découplage doit faire l'objet d'un accord du gestionnaire du réseau public de distribution.

Cette démarche doit prendre en compte la situation et la constitution du point de livraison et donc le cas échéant, être coordonnée avec l'étude du raccordement du site.

L'accord du gestionnaire du réseau de distribution comporte deux phases :

- un examen préalable du dossier fourni par le producteur ou son mandataire ;
- une intervention sur site pour la mise en service.

Le gestionnaire du réseau public de distribution ne peut intervenir qu'après achèvement des travaux et réception de l'ouvrage par le producteur ou son mandataire.

Le dossier de présentation du projet doit comprendre les renseignements suivants :

- le schéma de raccordement des sources d'énergie électrique de l'installation, leurs caractéristiques et le mode de fonctionnement retenu ;
- la nomenclature des matériels mis en œuvre et leurs caractéristiques.

Pour donner son accord de principe, le gestionnaire du réseau public de distribution s'assure à l'examen du projet de :

- la compatibilité du type proposé avec la nature du raccordement et les dispositions de la convention de raccordement du site ;
- l'utilisation de matériels appropriés conformes aux spécifications fonctionnelles publiées par le gestionnaire du réseau public de distribution (protections, dispositifs d'essai) ;
- l'emplacement de la protection et des conditions d'accessibilité ;
- la nature et la position des appareils de découplage et de leurs circuits de commande et d'information ;
- la conformité des fonctions logiques prévues.

A3 – Mise en service par le gestionnaire du réseau public de distribution

Cette intervention est subordonnée à la remise préalable de l'attestation de conformité visée par le CONSUEL.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Annexe B – Exemple d'installation photovoltaïque

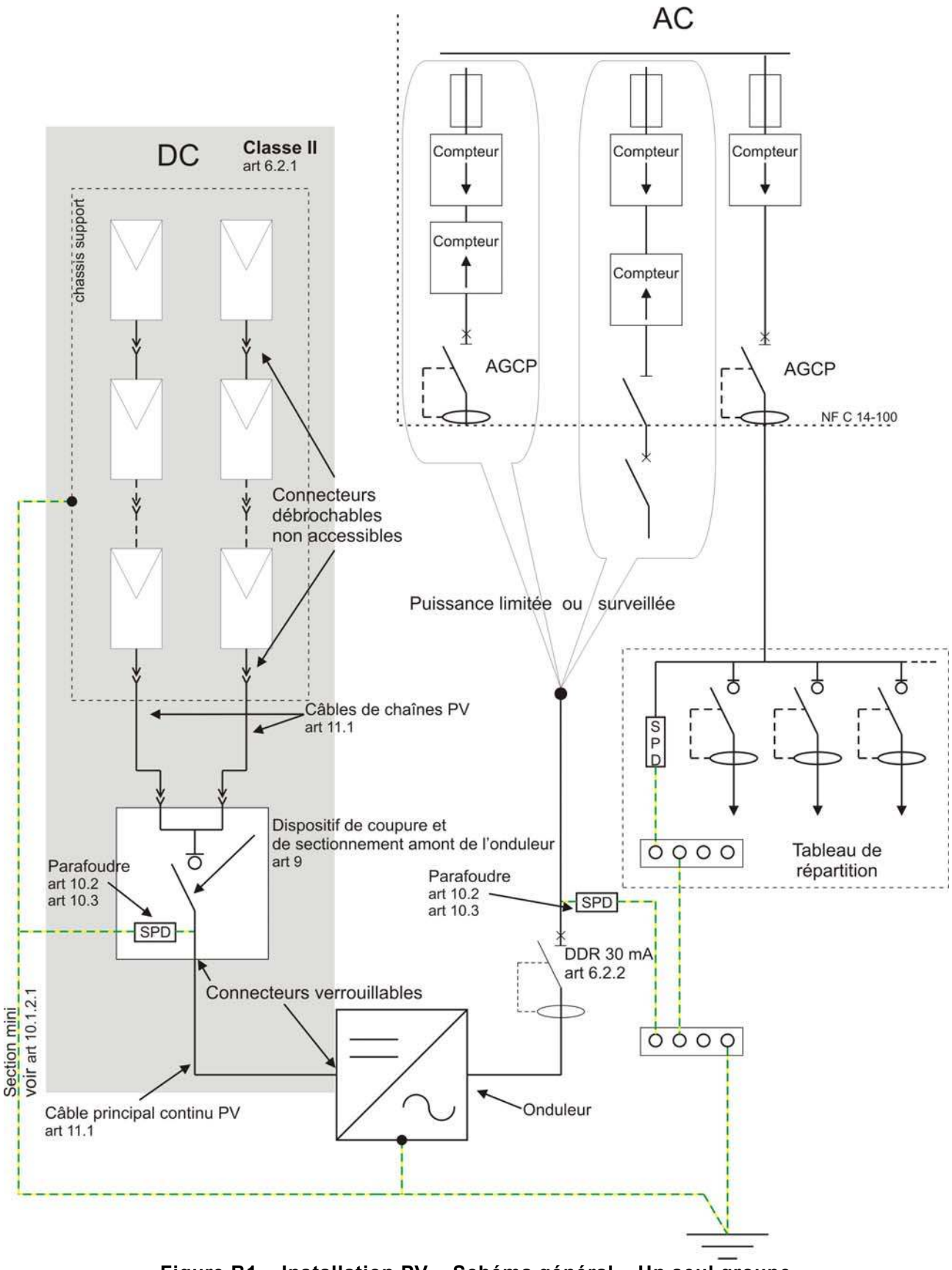
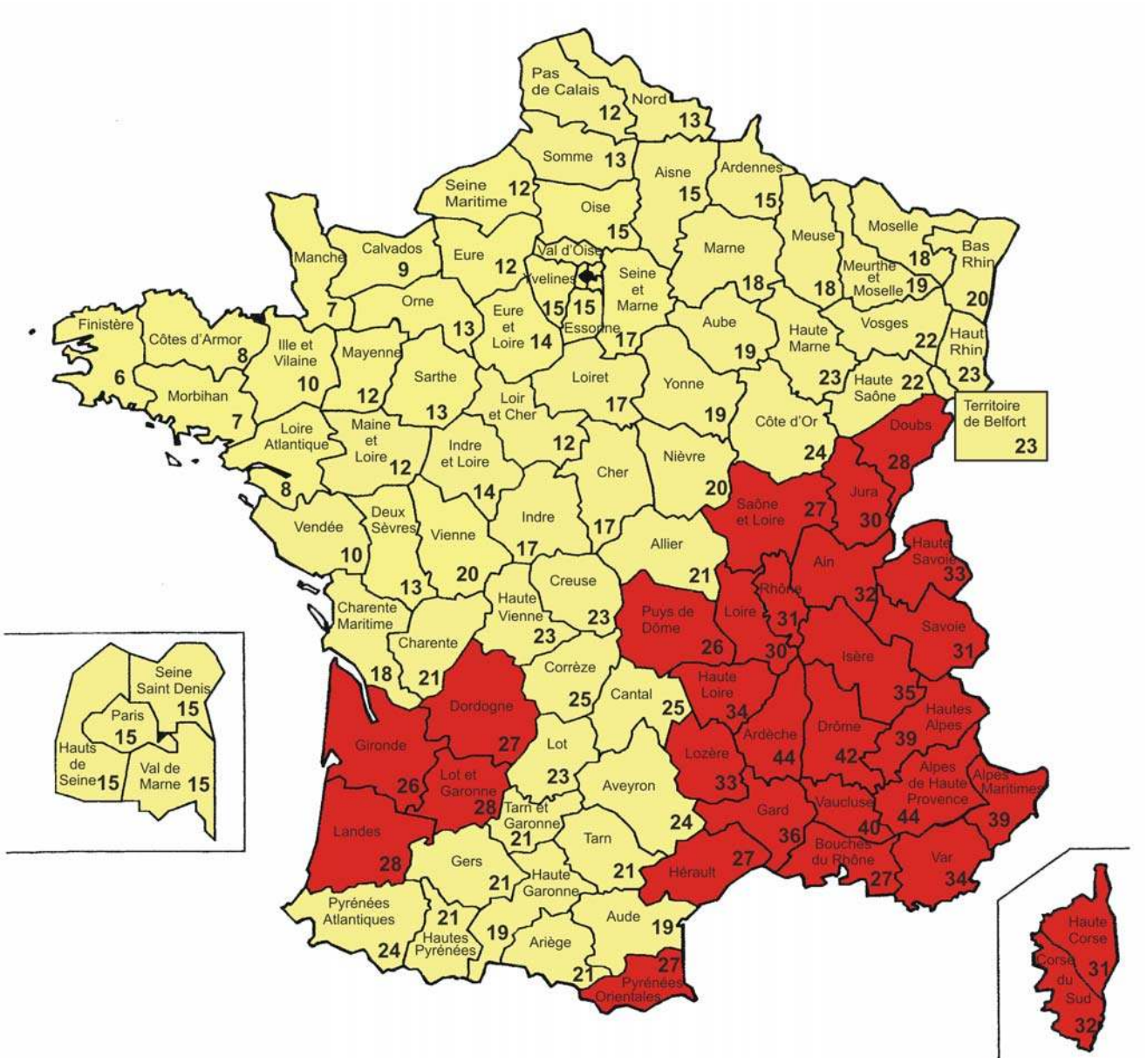


Figure B1 – Installation PV – Schéma général – Un seul groupe

Annexe C – Niveaux kérauniques N_k en France et dans les DOM

Note - Pour obtenir la densité de foudroiement correspondante (Ng), il suffit de diviser Nk par 10

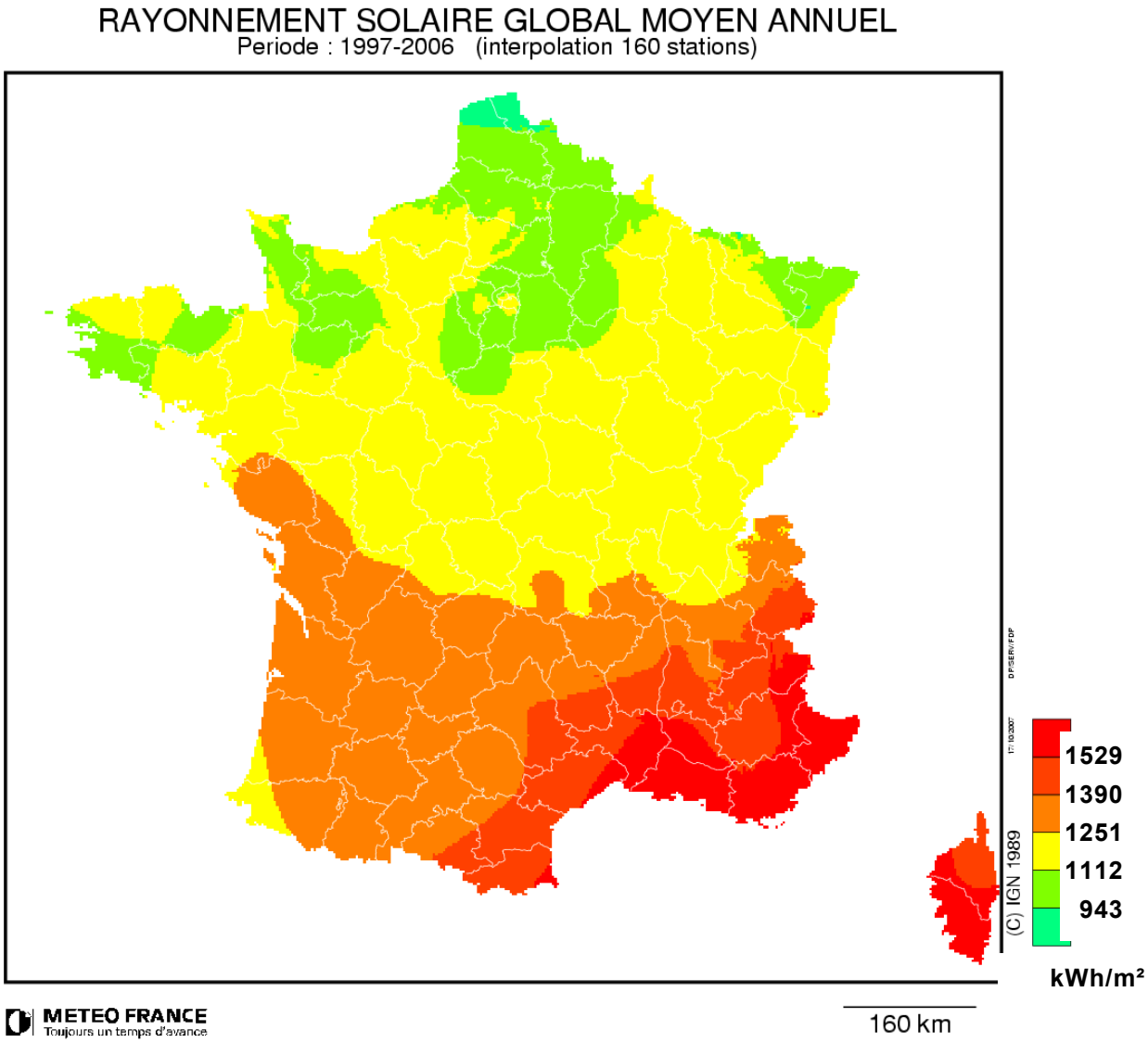


Réunion : Nk = 20
Guyane/Martinique/Guadeloupe : Nk = 40
Saint-Pierre et Miquelon : Nk = 1

>25 (AQ2)

≤25 (AQ1)

Annexe D – Carte de rayonnement solaire sur la France



Annexe E – Bibliographie

NF EN 50438 (C 11-101)	Prescriptions pour le raccordement de micro-générateurs en parallèle avec les réseaux publics de distribution à basse tension
NF EN 61558-2-4 (C 52-558-2-4)	Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues - Partie 2-4 : Règles particulières pour les transformateurs de séparation des circuits pour usage général
NF EN 61215 (C 57-105)	Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre - Qualification de la conception et homologation
NF EN 61646 (C 57-109)	Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre - Qualification de la conception et homologation
UTE C 15-401	Guide pratique - Groupes électrogènes - Règles d'installation
UTE C 18-510	Recueil d'instructions générales d'ordre électrique

- Décret n° 2007-1280 du 28 août 2007 relatif à la consistance des ouvrages de branchement et d'extension des raccordements aux réseaux publics d'électricité ;

- Décret n° 2006-555 du 17 mai 2006 relatif à l'accessibilité des établissements recevant du public, des installations ouvertes au public et des bâtiments d'habitation et modifiant le code de la construction et de l'habitation ;

- Décret n° 2003-229 du 13 mars 2003 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement auxquelles doivent satisfaire les installations en vue de leur raccordement aux réseaux publics de distribution ;

- Arrêté du 17 mars 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement direct au réseau public de distribution d'une installation de consommation d'énergie électrique ;

- Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation ;

- Arrêté du 25 juin 1980 relatif au règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (1) ;

- Textes officiels relatifs à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques ;

- Arrêté du 18 octobre 1977 relatif au règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique (2) ;

- Arrêtés pris par les préfets et par les maires concernant l'urbanisme, la voirie et l'hygiène.

———————

(1) UTE C 12-201
(2) UTE C 12-061