

C.4	Spécification de la diode antiretour.....	138
C.5	Conception de dissipation de la chaleur pour la diode antiretour	138
Annexe D (informative)	Détection et interruption de défaut d'arc dans un groupe photovoltaïque.....	140
Annexe E (normative)	Limites de CTD.....	142
Bibliographie	143
Figure 1	– Configuration fonctionnelle générale d'un système photovoltaïque.....	86
Figure 2	– Schéma d'un groupe photovoltaïque à chaîne unique	88
Figure 3	– Schéma d'un groupe photovoltaïque à plusieurs chaînes en parallèle	89
Figure 4	– Schéma d'un groupe photovoltaïque à plusieurs chaînes en parallèle et divisé en sous-groupes	90
Figure 5	– Groupe photovoltaïque utilisant un PCE à plusieurs entrées MPPT en courant continu.....	91
Figure 6	– Groupe photovoltaïque utilisant un PCE à plusieurs entrées en courant continu connectées en interne à un bus en courant continu commun.....	92
Figure 7	– Chaîne photovoltaïque composée d'unités de traitement en courant continu	94
Figure 8	– Diagramme de groupe photovoltaïque dont les chaînes sont regroupées sous un seul dispositif de protection contre les surintensités.....	107
Figure 9	– Exemples de protection renforcée du câblage	119
Figure 10	– Arbre de décision de mise à la terre/liaison fonctionnelle pour les masses d'un groupe photovoltaïque.....	125
Figure 11	– Mise à la terre des masses d'un groupe photovoltaïque.....	126
Figure 12	– Câblages de chaîne photovoltaïque avec surface de boucle minimale.....	130
Figure A.1	– Exemple de signalisation exigée sur les boîtiers de combinateur de groupe photovoltaïque (10.4)	133
Figure A.2	– Exemple de signalisation d'avertissement pour l'identification d'un système photovoltaïque sur un bâtiment.....	133
Figure B.1	– Mise à la terre/masse fonctionnelle du système	134
Figure B.2	– Exemples de différentes configurations photovoltaïques communément utilisées.....	135
Figure C.1	– Effet d'une diode antiretour en cas de court-circuit dans une chaîne photovoltaïque.....	137
Figure C.2	– Effet d'une diode antiretour en cas de défaut à la terre sur un système avec mise à la terre du côté négatif.....	137
Figure C.3	– Effet d'une diode antiretour en cas de défaut à la terre sur un système avec mise à la terre du côté positif.....	138
Figure D.1	– Exemples de types d'arcs dans les groupes photovoltaïques.....	140
Tableau 1	– Exigences relatives aux différents types de systèmes en fonction du sectionnement du PCE et de la mise à la terre fonctionnelle du groupe photovoltaïque	101
Tableau 2	– Seuils de résistance d'isolement minimaux pour la détection des défaillances de l'isolement par rapport à la terre.....	102
Tableau 3	– Courant assigné des dispositifs d'interruption automatique en cas de défaut à la terre	104
Tableau 4	– Facteurs de correction de tension pour les modules photovoltaïques au silicium cristallin et multicristallin.....	112
Tableau 5	– Valeurs assignées minimales du courant des circuits.....	117

Tableau 6 – Exigences relatives aux dispositifs de déconnexion dans les installations de groupes photovoltaïques	123
Tableau E.1 – Résumé des limites des classes de tension déterminante	142

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GROUPES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –
EXIGENCES DE CONCEPTION**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62548 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

La présente norme annule et remplace la première édition de l'IEC TS 62548 parue en 2013.

La présente norme inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) dispositions pour les systèmes couvrant les unités de traitement en courant continu;
- b) importante révision de l'Article 6 concernant les problèmes de sécurité qui couvre les dispositions pour la protection contre les chocs électriques incluant le contrôle d'isolement de groupe et la détection de défaut de mise à la terre.

Le texte de ce document est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1149/FDIS	82/1166/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce document.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

L'attention est attirée sur la coexistence des normes IEC 60364-7-712 et IEC 62548. Elles ont été développées en étroite collaboration par différents comités d'études.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

GROUPES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) – EXIGENCES DE CONCEPTION

1 Domaine d'application et objet

Cette Norme internationale définit les exigences de conception relatives aux groupes photovoltaïques, y compris les dispositions concernant le câblage en courant continu des groupes, les dispositifs de protection électrique, la commutation et la mise à la terre. Le domaine d'application couvre toutes les parties du groupe photovoltaïque, à l'exception des dispositifs de stockage d'énergie, des équipements de conversion de puissance et des charges. Les dispositions relatives aux équipements de conversion de puissance ne sont cependant couvertes que dans le cas où il existe des problèmes de sécurité en courant continu. L'interconnexion de petites unités de traitement en courant continu destinées à la connexion des modules photovoltaïques est également couverte.

Le présent document vise à traiter des exigences de sécurité de conception qui découlent des caractéristiques particulières des systèmes photovoltaïques. Les systèmes à courant continu, les groupes photovoltaïques en particulier, présentent certains dangers qui viennent s'ajouter à ceux des systèmes d'alimentation en courant alternatif conventionnels, notamment leur tendance à produire et à maintenir des arcs électriques sous des intensités de courant inférieures ou égales à celles des courants de fonctionnement normal.

Dans les systèmes connectés au réseau, les exigences de sécurité du présent document dépendent cependant essentiellement des onduleurs associés aux groupes photovoltaïques qui sont conformes aux exigences de l'IEC 62109-1 et de l'IEC 62109-2.

Les exigences relatives à l'installation dépendent aussi essentiellement de la conformité à la série IEC 60364 (voir Article 4).

Les groupes photovoltaïques de moins de 100 W, avec une tension inférieure à 35 V en courant continu en circuit ouvert dans des conditions normales d'essai ne sont pas couverts par le présent document.

Les groupes photovoltaïques de systèmes raccordés au réseau connectés à des systèmes moyenne tension ou haute tension ne sont pas couverts par le présent document. Les variations et les exigences complémentaires relatives aux centrales photovoltaïques à grande échelle montées au sol avec accès limité au personnel seront également traitées dans l'IEC TS 62738¹.

Des exigences complémentaires peuvent être nécessaires pour les installations plus spécifiques (systèmes de concentration, systèmes de suivi ou systèmes photovoltaïques intégrés, par exemple).

La présente norme internationale inclut également des exigences de protection complémentaires applicables aux groupes photovoltaïques lorsqu'ils sont directement connectés aux batteries en courant continu.

¹ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC 2CD 62738.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60269-6, *Fusibles basse tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque*

IEC 60287 (toutes les parties), *Câbles électriques – Calcul du courant admissible*

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-5 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments – Partie 5: Choix et mise en œuvre des matériels électriques*

IEC 60364-5-52, *Installations électriques à basse-tension – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations*

IEC 60364-5-54, *Installations électriques basse-tension – Partie 5-54: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60364-6, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

IEC 60445:2010, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification – Identification des bornes de matériels, des extrémités de conducteurs et des conducteurs*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60898-2, *Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 2: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif et en courant continu*

IEC 60947 (toutes les parties), *Appareillage à basse tension*

IEC 60947-1, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-2, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

IEC 60947-3, *Appareillage à basse tension – Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

IEC 61215 (toutes les parties), *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation*

IEC 61557-2, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 2: Résistance d'isolement*

IEC 61557-8, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 8: Contrôleur permanent d'isolement pour réseaux IT*

IEC 61643-21, *Parafoudres basse tension – Partie 21: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais*

IEC 61643-22, *Parafoudres basse tension – Partie 22: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application*

IEC 61730-1, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction*

IEC 61730-2, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais*

IEC 62109-1:2010, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements* (disponible en anglais seulement)

IEC 62109-2, *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 2: Exigences particulières pour les onduleurs*

IEC 62305-2, *Protection contre la foudre – Partie 2: Evaluation des risques*

IEC 62305-3, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62446-1, *Systèmes photovoltaïques (PV) – Exigences pour les essais, la documentation et la maintenance – Partie 1: Systèmes connectés au réseau électrique – Documentation, essais de mise en service et examen*

IEC 62852, *Connecteurs pour applications en courant continu pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

IEC 62930, *Electric cables for photovoltaic systems* (disponible en anglais seulement)

EN 50539-11, *Parafoudres basse tension – Parafoudres pour applications spécifiques incluant le courant continu – Partie 11: Exigences et essais pour parafoudres connectés aux installations photovoltaïques*

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

3.1 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

diode antiretour

diode connectée en série avec des modules, panneaux, sous-groupes et groupes en vue de bloquer le courant de retour généré dans ces modules, panneaux, sous-groupes et groupes

3.1.2

conducteur de liaison

conducteur fourni pour la liaison équipotentielle fonctionnelle ou de protection

3.1.3

diode de dérivation

diode connectée en parallèle à une ou à plusieurs cellules dans le sens direct du courant pour permettre au courant du module de contourner les cellules voilées ou défectueuses et empêcher des dommages dus à des points chauds ou des cellules chaudes qui résulteraient de la polarisation par une tension inverse des autres cellules de ce module

3.1.4

câble

assemblage d'un ou plusieurs conducteurs ou fibres optiques, muni d'une enveloppe protectrice et éventuellement de matériaux de remplissage, d'isolation et de protection

[SOURCE: IEC 60050-151:2001,151-12-38]

3.1.5

dispositif de commande de la charge

unité utilisée entre une batterie et un groupe photovoltaïque pour réguler la charge fournie à la batterie

3.1.6

local électrique fermé

local ou emplacement de matériels électriques dont l'accès est limité aux personnes qualifiées ou averties par ouverture d'une porte ou retrait d'une barrière à l'aide d'une clé ou d'un outil et qui est clairement marqué à l'aide d'une signalisation d'avertissement appropriée

3.1.7

personne compétente

personne qui a acquis, par une formation, une qualification et/ou par l'expérience, les connaissances et les compétences nécessaires pour exécuter correctement les tâches exigées

3.1.8

unité de traitement en courant continu

DCU

unité reliée à des modules photovoltaïques individuels ou à des groupes de modules photovoltaïques, qui permet le traitement en courant continu de la sortie photovoltaïque

Note 1 à l'article: L'abréviation "DCU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "DC conditioning unit".

3.1.9

classification de la tension déterminante

CTD

tension maximale générée en continu entre deux parties actives choisies arbitrairement, ou entre des parties actives et la terre du groupe photovoltaïque, dans les conditions de fonctionnement assignées les plus défavorables pour l'utilisation prévue

Note 1 à l'article: Voir Annexe E.1 pour consulter les limites des classes de tension déterminante.

3.1.10

sectionneur

dispositif de commutation mécanique qui assure, en position ouverte, une distance de sectionnement conforme aux exigences spécifiées

Note 1 à l'article: Un sectionneur est capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsqu'un courant d'intensité négligeable est interrompu ou établi, ou bien lorsqu'il ne se produit aucune variation notable de la tension aux bornes de chacun des pôles du sectionneur. Il est aussi capable de supporter des courants dans les conditions normales du circuit et de supporter des courants pendant une durée spécifiée dans des conditions anormales telles que celles du court-circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-05, modifiée — La définition a été reformulée.]

3.1.11

double isolation

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

3.1.12

élément conducteur étranger

partie conductrice ne faisant pas partie de l'installation électrique et susceptible d'introduire un potentiel électrique, généralement celui d'une terre locale

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-14-57, modifiée — La note a été supprimée.]

3.1.13

groupe photovoltaïque mis à la terre de façon fonctionnelle

groupe photovoltaïque dont un conducteur est intentionnellement mis à la terre pour des raisons autres que la sécurité

Note 1 à l'article: Ce système n'est pas considéré comme un groupe mis à la terre.

Note 2 à l'article: La mise à la terre d'un conducteur au moyen d'une impédance ou, plus simplement, la mise à la terre temporaire du groupe pour des raisons liées au fonctionnement ou aux performances constituent des exemples de mise à la terre fonctionnelle d'un groupe.

Note 3 à l'article: Dans un PCE conçu pour un groupe non connecté à une mise à la terre fonctionnelle qui utilise un réseau de mesure résistif pour mesurer l'impédance du groupe par rapport à la terre, ce réseau de mesure n'est pas considéré comme une forme de mise à la terre fonctionnelle.

3.1.14

manœuvre indépendante manuelle

manœuvre indépendante manuelle d'un dispositif mécanique de connexion

manœuvre à accumulation d'énergie dans laquelle l'énergie provient de l'énergie manuelle accumulée et libérée en une seule manœuvre continue (par exemple la libération d'un ressort), de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-16, modifiée — La parenthèse a été ajoutée à la définition.]

3.1.15

éclairage énergétique

G

énergie photovoltaïque rayonnée électromagnétique par unité de surface

Note 1 à l'article: Exprimé en W/m^2 .

3.1.16 $I_{MOD_MAX_OCPR}$

valeur maximale pour la protection contre les surintensités du module photovoltaïque, déterminée par l'IEC 61730-2

Note 1 à l'article: Cette valeur est souvent spécifiée par les fabricants de modules comme la valeur maximale de fusible série qui renvoie au courant assigné du fusible dans l'IEC 60269-1 et l'IEC 60269-6.

3.1.17 I_n

courant nominal assigné

3.1.18 $I_{SC\ ARRAY}$

courant de court-circuit du groupe photovoltaïque dans les conditions normales d'essai, égal à

$$I_{SC\ ARRAY} = I_{SC\ MOD} \times N_S$$

où

N_S est le nombre total de chaînes photovoltaïques reliées en parallèle dans le groupe photovoltaïque

3.1.19 $I_{SC\ MOD}$

courant de court-circuit d'un module photovoltaïque ou d'une chaîne photovoltaïque dans les conditions normales d'essai, spécifié par le fabricant sur la plaque signalétique du produit

Note 1 à l'article: Comme les chaînes photovoltaïques sont un assemblage de modules photovoltaïques reliés en série, le courant de court-circuit d'une chaîne est égal à $I_{SC\ MOD}$.

3.1.20 $I_{SC\ S-ARRAY}$

courant de court-circuit d'un sous-groupe photovoltaïque dans les conditions normales d'essai, égal à

$$I_{SC\ S-ARRAY} = I_{SC\ MOD} \times N_{SA}$$

où

N_{SA} est le nombre total de chaînes photovoltaïques reliées en parallèle dans le sous-groupe photovoltaïque

3.1.21**PCE séparé**

PCE équipé au moins d'une séparation simple entre les circuits de sortie en courant alternatif et les circuits photovoltaïques

Note 1 à l'article: La séparation peut être intégrée ou externe au PCE, c'est-à-dire fournie en externe par un transformateur équipé au moins d'une séparation simple.

3.1.22**boîte de jonction**

enveloppe fermée ou protégée dans laquelle les circuits sont interconnectés

3.1.23**partie active**

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en exploitation normale, y compris un conducteur neutre, mais par convention, pas un conducteur PEN, un conducteur PEM ou un conducteur PEL

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.