

## **NIBT 2005 – Norme installation à basse tension - Suisse**

### **7.12 Alimentations photovoltaïques solaires (PV)**

remarque: l'abréviation "PV" est utilisée pour "photovoltaïque solaire".

#### **7.12.1.1 Domaine d'application**

##### 7.12.1.1.1 Domaine de validité

Les dispositions particulières de ce chapitre sont valables pour les systèmes d'alimentations photovoltaïques solaires. Les prescriptions particulières de ce chapitre sont applicables aux installations électriques d'alimentation PV, y compris les modules à courant alternatif.

remarque: les prescriptions relatives aux alimentations PV fonctionnant de manière autonome sont à l'étude.

#### **7.12.2.1 Définitions harmonisées**

(voir également dessins/figures en annexe aux E+C)

remarque: les définitions de la **CEI 60050-826** ainsi que les définitions suivantes doivent être utilisées.

##### 7.12.2.1.1 Cellule PV (cellule solaire)

Dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis à la lumière telle qu'un rayonnement solaire.

##### 7.12.2.1.2 Module PV (module solaire)

Le plus petit ensemble complètement protégé contre l'environnement de cellules solaires interconnectées.

##### 7.12.2.1.3 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.

##### 7.12.2.1.4 Groupe PV (unité modulaire PV de production de courant)

Ensemble mécanique et électrique intégré de modules et d'autres composants analogues pour constituer une unité de production en courant continu.

##### 7.12.2.1.5 Boîte de jonction de groupe PV

Enveloppe dans laquelle toutes les chaînes PV d'un groupe PV sont reliées électriquement et où peuvent être placés les dispositifs de protection, si nécessaire.

#### 7.12.2.1.6 Générateur PV

Ensemble de tous les groupes PV qui sont reliés électriquement entre eux côté continu.

#### 7.12.2.1.7 Boîte de jonction de générateur PV

Enveloppe dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés les dispositifs de protection, si nécessaire.

#### 7.12.2.1.8 Câble/ligne de chaîne PV

Câble ou ligne reliant les modules PV pour constituer une chaîne PV.

#### 7.12.2.1.9 Câble/ligne de groupe PV

Câble ou ligne de sortie d'un groupe PV

#### 7.12.2.1.10 Câble/ligne principal(e) continu(e) PV

Câble ou ligne connectant la boîte de jonction de générateur PV aux bornes du courant continu de l'onduleur PV.

#### 7.12.2.1.11 Onduleur PV

Dispositif transformant la tension et le courant continus en tension et en courant alternatifs.

#### 7.12.2.1.12 Câble/ligne d'alimentation PV

Câble ou ligne connectant les bornes en courant alternatif de l'onduleur PV à un circuit de distribution de l'installation électrique.

#### 7.12.2.1.13 Module alternatif PV

Ensemble intégré module/onduleur pour lequel les bornes d'interface sont uniquement en courant alternatif. Aucun accès n'est possible au côté continu.

#### 7.12.2.1.14 Installation PV

Composants et matériels mis en oeuvre d'un réseau PV.

#### 7.12.2.1.15 Conditions d'essai normalisées (STC)

Conditions d'essai prescrites dans la **EN 60904-3** "Dispositifs photovoltaïques. Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence" pour les cellules et les modules PV. (1000 W/m<sup>2</sup> de rayonnement à une température cellulaire de 25 °C et avec un spectre solaire de AM = 1.5).

#### 7.12.2.1.16 Tension en circuit ouvert dans des conditions d'essai normalisées $U_{OC\ STC}$

Tension, en conditions d'essai normalisées d' un module PV, d'une chaîne PV, d'un groupe PV, d'un générateur PV non chargés (ouverts) ou aux bornes, côté continu, de l'onduleur PV.

#### 7.12.2.1.17 Courant de court-circuit dans des conditions d'essai normalisées $I_{SC\ STC}$

Courant de court-circuit d'un module ( $I_{M\ SC\ STC}$ ), d'une chaîne ( $I_{S\ SC\ STC}$ ), d'un groupe ( $I_{A\ SC\ STC}$ ) ou d'un générateur PV ( $I_{G\ SC\ STC}$ ) dans des conditions d'essai normalisées.

#### 7.12.2.1.18 Côté continu

Partie d'une installation PV située entre une cellule PV et les bornes en courant continu de l'onduleur PV.

#### 7.12.2.1.19 Côté alternatif

Partie de l'installation PV située entre les bornes à courant alternatif de l'onduleur PV et le point de connexion du câble ou de la ligne de l'alimentation PV de l'installation électrique.

#### 7.12.2.1.20 Séparation simple

Séparation entre circuits ou entre un circuit et la terre par une isolation principale.

### 7.12.3.2.2.2 Types de liaison à la terre

7.12.3.2.2.2.1 Les matériels PV côté continu doivent être considérés sous tension, même en cas de déconnexion du côté alternatif.

remarque: toute connexion à la terre côté continu doit être réalisée électriquement afin d'éviter toute corrosion.

#### 7.12.4.1.2 Protection de base (protection contre les contacts directs)

7.12.4.1.2.1 Les matériels PV côté continu doivent être considérés sous tension, même en cas de déconnexion du côté alternatif (Les prescriptions pour la TBTP doivent au moins être respectées en cas de fonctionnement à vide du générateur solaire  $\leq 120\ V$  ( $U_{G, max}$ )).

7.12.4.1.2.2 Le choix et la mise en oeuvre des matériels doivent faciliter une maintenance sûre et ne doivent pas gêner les dispositions prises par le fabricant des matériels PV pour permettre la maintenance ou un fonctionnement en toute sécurité (Dans tous les cas, l'une des mesures de protection suivantes doit être appliquée en système courant continu:

- les modules solaires doivent être placés dans des espaces d'exploitation électriques fermés; le champ solaire est, par exemple, clôturé (avec une désignation adéquate) ou
- par une autre disposition qui empêche l'accès libre à des personnes ordinaires (par exemple, accès non libre par les toits) ou

- les modules solaires et autres matériels à portée de main correspondent à la classe de protection II.)

#### 7.12.4.1.3 Protection en cas de défaut (protection contre les contacts indirects)

*Remarque:*

*Dans les installations PV, côté continu, les courants de courts-circuits sont à peine plus élevés que les courants de service. Il ne faut donc pas compter avec des courants de courts-circuits qui déclenchent des coupe-surintensité installés en un bref laps de temps. La protection par coupure automatique des circuits ne peut donc pas être appliquée.*

*Le raccordement d'installations PV à des dispositifs de protection, par exemple des coupe-surintensité ou des dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel, se fait côté départ (installation PV comme récepteur). La direction énergétique est ainsi inversée dans ces dispositifs de protection en cas d'alimentation à partir de l'installation PV. Un courant de défaut ou un courant de choc peut retourner au point neutre du transformateur d'alimentation depuis le réseau en passant par des parties de l'installation PV ou un conducteur de protection.*

##### 7.12.4.1.3.1 Protection par coupure automatique

remarque : La protection par coupure automatique de l'alimentation côté continu nécessite des mesures particulières qui sont à l'étude

1. Le câble ou la ligne PV à tension alternative doivent être raccordés du côté réseau des dispositifs de protection contre les surintensités des circuits de récepteurs.
2. Là où une installation électrique comprend une d'alimentation de PV, ne présentant pas au moins une séparation simple entre le côté alternatif et continu, il faut raccorder en amont le dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (DDR)  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ . La coupure automatique de l'alimentation pour la protection en cas de défaut est obtenue avec ce dispositif de protection à courant différentiel-résiduel type B selon la **CEI 60755** "Règles générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel". (Si l'onduleur PV ne présente pas de séparation simple, un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel  $I_{\Delta n} 30 \text{ mA}$  doit être installé en amont côté alternatif ou le côté courant continu doit être exécuté en classe de protection II et une autre mesure de protection équivalente doit être utilisée pour empêcher que des courants de défaut continus n'apparaissent dans l'installation électrique).

Si l'onduleur PV ne peut, par construction, injecter des courants de défauts continus dans l'installation électrique, un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel (DDR) type B selon la **CEI 60755** "Règles générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel" n'est pas exigé.

##### 7.12.4.1.3.2 La protection par l'utilisation de la classe de protection II ou une isolation équivalente devrait être privilégiée côté continue.

7.12.4.1.3.3 La protection par locaux (ou emplacements) non conducteurs côté continu n'est pas autorisée.

#### 7.12.4.1.3.4 Liaison équipotentielle et protection contre la foudre

1. 4 **SEV 4022** "Installations de protection contre la foudre" s'applique pour l'établissement d'installations de protection contre la foudre. Par principe, le montage d'une installation de protection contre la foudre n'est pas nécessaire à la suite de l'installation d'une installation PV sur un bâtiment.

2. Pour les bâtiments qui présentent une installation de protection extérieure contre la foudre, il est nécessaire d'intégrer les parties métalliques et les parties non conductrices de courant de l'installation en service (par exemple des étagères, des cadres) dans la liaison équipotentielle.

Si le bâtiment ne présente pas d'installation de protection extérieure contre la foudre, les parties métalliques et les parties non conductrices de courant de l'installation en service (par exemple des étagères, des cadres) doivent être intégrées dans la liaison équipotentielle (cf 4.1.3.1.2).

Si l'installation (l'ensemble du côté courant continu) remplit les prescriptions de la classe de protection II et si l'onduleur est équipé d'une séparation simple (séparation galvanique) par exemple avec un transformateur, la liaison équipotentielle n'est pas nécessaire.

*Remarque:*

*Des courants de chocs trop élevés peuvent apparaître à des cadres métalliques de modules solaires si des onduleurs sans séparation galvanique sont utilisés.*

3. Les conducteurs naturels passent pour être conducteurs si une surface de contact de 100 cm<sup>2</sup> peut être obtenue par agrafage ou enfichage. Le recouvrement des profils ou des conduits doit comporter 5 cm au moins.

4. Le conducteur d'équipotentialité doit présenter une section minimale de 10 mm<sup>2</sup> (cf 5.4.7). S'il faut compter avec un courant de foudre partiel dans la canalisation principale, on pose de préférence la canalisation principale PV de courant continu avec un conducteur de protection concentrique (blindage résistant au courant de foudre, par exemple XKT ou GKT).

5. Dans les locaux ou zones présentant un risque d'incendie, une distance minimale (voisinage) doit être respectée entre l'installation de protection contre la foudre et les installations ou les parties de bâtiment conductrices reliées électriquement, conformément à la cf 4.8.2.2.7.

*Remarque:*

Ces distances doivent en particulier être respectées pour les conduites verticales (par exemple canalisation de raccordement de modules PV). Pour protéger

les matériels, il est indiqué de respecter les distances minimales (voisinage) dans tous les cas.

#### 7.12.4.1.4.1 Protection par très basse tension TBTS et TBTP

Pour les réseaux TBTS et TBTP,  $U_{OC\ STC}$  remplace  $U_n$  et ne doit pas dépasser 120 V en tension continue.

#### 7.12.4.3 Protection contre les surintensités

7.12.4.3.1 Les canalisations de connexion de chaînes PV coupés en parallèle doivent être protégées par des dispositifs de protection contre les surintensités ou alors elles doivent être dimensionnées pour le courant global maximal du groupe. En cas de défaut, ce courant peut s'écouler dans une chaîne.

Ce courant global se calcule comme suit:

Courant de chaîne ! (nombre de chaîne - 1)

$$I_{A\ SC\ STC} = 1.25 \cdot I_{M\ SC\ STC} \cdot (n - 1)$$

Légende:

$I_{M\ SC\ STC}$  - module du courant de court-circuit (=courant de chaîne) pour STC  
n - nombre de chaînes

#### 7.12.4.3.3 Protection contre les surcharges

7.12.4.3.3.1 La protection contre les surcharges peut être omise sur les câbles ou les lignes des chaînes PV ou des groupes PV si le courant admissible du câble ou de la ligne est égal ou supérieur à 1.25 fois  $I_{SC\ STC}$  en tout point.

7.12.4.3.3.2 La protection contre les surcharges peut être omise sur le câbles principal ou la ligne principale PV si le courant admissible du câble ou de la ligne est égal ou supérieur à 1.25 fois  $I_{SC\ STC}$  du générateur PV.

*remarque: Les exigences sous les 7.12.4.3.3.1 et 7.12.4.3.3.2 ne sont applicables qu'à la protection des câbles et des lignes. Pour la protection des modules PV, les instructions du fabricant doivent être respectées.*

#### 7.12.4.3.4 Protection contre les courants de courts-circuits

7.12.4.3.4.1 Le câble d'alimentation PV ou la ligne d'alimentation PV côté alternatif doivent être protégés par un dispositif de protection en cas de court-circuit ou un dispositif de protection contre les surintensités placé sur le circuit principal alternatif. La protection contre les courts-circuits du câble d'alimentation PV ou de la ligne d'alimentation PV doit être garantie par un dispositif de protection contre les surintensités. L'organe de protection contre les courts-circuits doit être installé au point de connexion côté alternatif (côté réseau) de l'installation.

#### 7.12.4.4.1 Protection contre les interférences électromagnétiques (IEM) dans les bâtiments

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

#### 7.12.4.4.3 Protection contre les surtensions atmosphériques

1. Afin d'obtenir une protection optimale de l'installation et de minimiser le danger d'incendie, il est recommandé d'installer des parafoudres à la fin des canalisations DC et AC pour protéger les canalisations et l'onduleur.

Côté continu, les parafoudres doivent être installés le plus près possible de l'introduction des câbles dans l'immeuble.

2. Suivant le but de protection, il faut installer d'autres parafoudres.

#### 7.12.5.1.1.1 Principe

7.12.5.1.1.1.1 Les modules PV doivent être conformes aux normes appropriées, par exemple pour les modules cristallins à la **EN 61215** "Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre. Qualification de la conception et homologation". Il est recommandé d'utiliser de préférence des modules PV de classe II ou présentant une isolation équivalente si  $U_{OC\ MAX}$  des chaînes PV dépasse 120 V en courant continu.

7.12.5.1.1.1.2 Les boîtes de jonction du générateur PV et du groupe PV ainsi que les ensembles d'appareillage doivent être conformes à la **EN 60439-1** "Ensembles d'appareillage à basse tension. Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série".

#### 7.12.5.1.2 Conditions de fonctionnement et influences externes

7.12.5.1.2.1 Les matériels électriques côté continu doivent être appropriés aux tensions et courants continus.

7.12.5.1.2.2 Les modules PV peuvent être reliés en série jusqu'à la tension maximale autorisée du module PV et de l'onduleur PV, selon la plus petite des deux valeurs. Les spécifications appropriées doivent être données par le fabricant du module. (La tension nominale des matériels doit correspondre au moins à la tension maximale du générateur PV (tension des modules; tension d'entrée DC de l'onduleur).

7.12.5.1.2.3 Si des diodes de blocage sont utilisées, leur tension assignée inverse doit être de  $2! U_{OC\ STC}$  de la chaîne PV (La tension maximale du générateur PV se calcule comme suit:

$$U_{G\max} = U_{G,0} \cdot n \cdot k_T$$

Légende:

$U_{G,0}$  - tension à vide d'un module selon les données du fabricant (aux conditions d'essai normalisées STC)

$n$  - nombre de modules par chaîne

$k_T$  - facteur de correction pour les basses températures

#### Facteurs de correction $k_T$

- 1.15 pour l'ensemble du plateau suisse, altitude 0 800 m
- 1.20 pour toutes les régions entre 800 et 1500 m
- 1.25 pour toutes les régions au-dessus de 1500 m

#### *Remarque:*

*Pour les modules avec des coefficients de température spéciaux, ces facteurs peuvent être adaptés pour autant qu'une justification existe.*

*La tension maximale du générateur PV ainsi déterminée est aussi valable pour les installations avec le point milieu mis à la terre).*

7.12.5.1.2.4 Si le fabricant le spécifie, les modules PV doivent être installés de manière qu'une dissipation adéquate de chaleur soit assurée en cas de rayonnement solaire local maximal (4.2.2.7) (Tous les matériels doivent correspondre aux prescriptions pour les influences externes. Les influences suivantes doivent en particulier être observées:

- le feu (cf. 4.2.2.7)
- le rayonnement UV
- l'humidité, l'eau et la formation de condensation
- la résistance mécanique.

Les normes 4 SIA 260, 261 et 261/1 doivent être respectées pour ce qui concerne la résistance mécanique des fixations des modules, fondations et autres aux influences du vent, de l'eau, de la neige, du froid, de la chaleur et du feu).

#### 7.12.5.1.4 Marquage

7.12.5.1.4.1 Il faut élaborer une documentation technique qui donne toutes les informations relatives au système et au concept de protection.

7.12.5.1.4.2 Si des tensions  $> 50$  V courant alternatif / 120 V courant continu sont utilisées dans l'installation, les matériels doivent comporter des remarques adéquates (éclair). Les points de raccordement d'armoires de distribution, armoires à fusibles ou onduleurs doivent être pourvus de plaques signalétiques contenant au moins les indications suivantes:

- tension de service et tension maximale du générateur PV
- courant de service de l'installation
- onduleur avec/sans séparation galvanique

#### 7.12.5.1.4.3 Documents techniques

1. Exigences posées aux plans de coupure, etc 5.1.4.5.

2. Les indications du fabricant, comme par exemple les instructions de montage et les modes d'emploi et autres, doivent en outre être respectées.

#### 7.12.5.1.5 Prévention des influences mutuelles préjudiciables

##### 7.12.5.1.5.1 Protection contre la surchauffe

Les modules doivent être installés de manière qu'ils ne puissent être la cause de la destruction par le feu ou d'inflammation de structures voisines à la suite d'une accumulation de chaleur ou de la concentration optique de la lumière solaire. Les indications du fabricant doivent être respectées lors de l'installation des modules (4.2.2.7).

##### 7.12.5.1.5.2 Influence due au courant continu

Une influence due au courant continu du côté alternatif qui pourrait avoir des effets ou provoquer le blocage de systèmes de sécurité tels que les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel, etc. ou d'autres éléments de protection et de commande doit être exclue.

Cette sécurité peut être obtenue par les mesures suivantes:

- transformateurs de séparation
- condensateurs
- surveillance du courant continu côté alternatif avec coupure rapide de l'onduleur (le déclenchement doit permettre une séparation sûre du courant continu), par exemple, l'interrupteur du courant alternatif doit également être dimensionné pour une charge possible en courant continu.

#### 7.12.5.2.1 Généralités et types de canalisations

7.12.5.2.1.1 Ni les canalisations principales de courant continu, ni les lignes des chaînes PV et les groupes PV ne peuvent être posés dans des zones ou locaux présentant un danger **explosion** (4.8.2.2.6).

Remarque:

Le courant admissible de ces canalisations doit être défini en fonction du courant maximal pouvant apparaître. Celui-ci se calcule, par exemple pour le câble principal alternatif, comme suit:

$$I_{G\ SC\ STC} = I_{M\ SC\ STC} \cdot n$$

n = nombre total de chaînes couplées en parallèle

#### 7.12.5.2.1.2 Canalisation principale de courant continu PV

La canalisation principale de courant continu PV doit être posée à demeure et les matériaux isolants utilisés doivent remplir des conditions d'isolement plus exigeantes (matériaux isolants exempts d'halogène). Les isolations en PVC ne sont pas indiquées. Aucune autre mesure ne doit être prise pour la protection en cas de court-circuit pour autant que le courant de court-circuit possible ne dépasse pas ou de peu seulement le courant d'emploi.

Si de telles canalisations passent au-dessus de parties de bâtiments combustibles, celles-ci doivent être posées dans des conduits ou goulottes incombustibles ou difficilement combustibles ou, il faut utiliser des câbles avec une gaine métallique ou un conducteur concentrique (pas d'isolation PVC).

#### 7.12.5.2.1.3 Câble de chaîne PV

A l'intérieur d'un bâtiment, les prescriptions pour la pose de canalisations correspondent à celles concernant la canalisation principale de courant continu PV. A proximité du toit, en dehors de l'entrée de l'alimentation dans le bâtiment, les prescriptions pour le matériel isolant s'appliquent.

#### 7.12.5.2.2 Choix et mise en oeuvre en fonction des influences externes

7.12.5.2.2.1 Les câbles ou les lignes des chaînes PV, des groupes PV et les câbles principaux ou lignes principales PV doivent être choisis et mis en oeuvre de manière à réduire au maximum le risque de défaut à la terre ou de court-circuit.  
*remarque : Cela peut être réalisé, par exemple, en renforçant la protection de la canalisation contre les influences externes (par l'utilisation de câbles unipolaires exempts d'halogène ou de câbles à conducteurs concentriques).*

7.12.5.2.2.2 Les canalisations doivent résister aux influences externes présumées telles que vent, formation de glace, température et rayonnement solaire. La faune et la flore doivent également être prises en compte.

#### 7.12.5.2.6 Liaisons électriques

Afin d'éviter des surchauffes dues à des résistances de passage élevées (DC!), seules des connexions et des bornes destinées à cet effet peuvent être utilisées (par exemple des bornes ressorts prévues pour le courant continu).

#### 7.12.5.3.7 Dispositifs de sectionnement et de commande

7.12.5.3.7.1 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.

*remarque : Des prescriptions complémentaires relatives au sectionnement d'une installation PV fonctionnant en parallèle avec le réseau de distribution publique sont données dans la 5.5.1.7.*

#### 7.12.5.3.7.2 Dispositifs de sectionnement

1. Lors du choix et de la mise en oeuvre des dispositifs de sectionnement et de commande entre l'installation PV et le réseau de distribution public, l'alimentation publique doit être considérée comme la source et l'installation PV comme la charge.
2. Toutes les boîtes de jonction (générateurs PV et groupes PV) doivent porter un marquage indiquant que les parties actives internes à ces boîtes peuvent rester sous tension après sectionnement de l'onduleur PV. (Le sectionneur côté continu peut être remplacé par une fiche de raccordement destinée à cet effet dans les installations avec un courant d'emploi maximum  $\leq 10$  A et une puissance maximale 0 2.0 kW. De telles fiches doivent être indiquées pour l'utilisation en courant continu et les parties sous tension (contacts) doivent être protégées contre les contacts fortuits. Les valeurs de 10 A ou 2.0 kW par fiche de raccordement et 6.0 kW par onduleur ne doivent pas être dépassées. Les fiches de raccordement doivent être disposées de manière à être facilement accessibles).
3. La tension nominale côté continu doit être indiquée.
4. Si des bornes ouvertes ou des barres omnibus conduisent une tension de  $U_n$  0 120VDC, des marquages doivent rendre attentif au danger que présentent les parties sous tension.

#### 7.12.5.4 Mise à la terre et conducteurs de protection

##### 7.12.5.4.1 Conducteur d'équipotentialité

Si des conducteurs d'équipotentialité sont mis en oeuvre, ils doivent être installés en parallèle et le plus près possible des câbles en courant alternatif et continu.

1. La section minimale de la ligne d'équipotentialité est  $= 10 \text{ mm}^2$ .

2. Si le générateur solaire se trouve dans la zone de protection de l'installation extérieure de protection contre la foudre (angle de protection/sphère fictive), on peut renoncer à la liaison avec l'installation extérieure de protection contre la foudre.

##### 7.12.5.4.2 Contrôleur permanent d'isolement contre la terre

1. Un contrôleur permanent d'isolement contre la terre est recommandé dans les installations PV qui contiennent un module ne correspondant pas à la classe de protection II et qui n'ont pas de conducteur actif relié à la terre.