

Fiche d'information sur le photovoltaïque n° 18

Sécurité au travail – Courant DC Photovoltaïque

Le respect systématique des règles de sécurité vitales permet d'éviter des accidents du travail et de sauver des vies. Les règles les plus importantes pour les activités électrotechniques sur les installations PV sont présentées ci-dessous.

1 Contexte

Les installations PV ont deux particularités qui requièrent une certaine attention en termes de sécurité au travail. D'une part, les modules PV fournissent un courant continu (DC) en fonction de l'ensoleillement, et d'autre part, les modules ne peuvent pas être déconnectés (sauf en les couvrant). Le travail avec l'électricité comporte des risques qui sont toujours sous-estimés, même par les électriciens spécialisés. L'électricité étant invisible et inodore, les dangers qui y sont liés sont difficilement identifiables. Cela vaut tout autant pour le travail sur les installations photovoltaïques et nécessite donc un respect systématique des règles de sécurité vitales en matière de manipulation de l'électricité

1.1 Accidents d'origine électrique en Suisse

Chaque année, deux électriciens ou plus perdent la vie à la suite d'un accident électrique. Dans le cadre des installations, de la maintenance et des réparations, on observe ces dernières années une tendance à la hausse des accidents électriques déclarés pour cause d'électrocution, certains professionnels subissant des blessures très graves (accidents électriques déclarés en 2022 : 671, 2023 : 792). Le recensement ne fait pas de distinction entre les accidents AC et DC. Le risque de blessure mortelle est environ 4 fois plus élevé pour les accidents électriques que pour les autres accidents.

[Lien vers : Statistique des accidents de l'ESTI](#)

2 Dangers de l'électricité dans les installations photovoltaïque

2.1 Différence générale AC/DC

La principale différence entre le courant alternatif (AC) et le courant continu (DC) réside dans la nature du flux de courant. En DC, la charge électrique ne circule que dans une seule direction, alors qu'en AC, il change périodiquement de sens de circulation. Le courant continu est plus dangereux que le courant alternatif en ce qui concerne le risque d'arc électrique, car il ne comporte pas de passages par zéro. Un arc électrique peut être éteint automatiquement en interrompant le flux de courant suffisamment longtemps. En courant alternatif (50 Hz), cela se produit 100 fois par seconde lors du passage par zéro, ce qui favorise l'auto-extinction. Dans le cas des installations photovoltaïques, l'interruption du courant continu se fait soit par la suppression du rayonnement solaire, soit par des dispositifs de coupure appropriés tels que des fusibles ou des disjoncteurs DC.

2.2 Dangers d'électrocution DC

En général, on considère qu'il y a danger pour les personnes lorsque la tension de contact dépasse 50 volts en courant alternatif ou 120 volts en courant continu.

Une installation photovoltaïque produit des tensions nettement plus élevées à la lumière du jour et une électrocution peut donc avoir des conséquences mortelles, comme par exemple un arrêt cardiaque, une paralysie respiratoire ou la formation de produits toxiques qui peuvent nuire aux protéines dans le sang, entraîner des lésions rénales ou des symptômes d'intoxication. Outre l'électrocution proprement dite, il arrive souvent que des blessures se produisent suite à des chutes graves, car de nombreux travaux d'installation liés au PV sont effectués en hauteur.

2.3 Problématique de l'arc électrique

En principe, on distingue les arcs électriques en série et les arcs électriques parallèles. Le risque d'arcs électriques en série est plus important que celui des arcs électriques parallèles. Les arcs électriques en série peuvent toutefois être détectés par les onduleurs modernes et éteints par une coupure de courant. Les arcs électriques parallèles ne peuvent pas être interrompus par l'onduleur.

2.3.1 Arcs électriques en série

Les arcs électriques sériels sont provoqués par l'ouverture de points de contact dans le circuit électrique, par exemple lors d'une déconnexion en charge, par des boîtes de jonction de modules défectueuses, par des connecteurs DC mal sertis, par une procédure incorrecte lors de la commutation de strings ou par des fusibles de strings mal dimensionnés.

2.3.2 Arcs électriques parallèles

Les arcs électriques parallèles se produisent typiquement entre le pôle positif et le pôle négatif à la suite de courts-circuits dans les boîtes de jonction DC ou de défauts d'isolation des câbles.

2.3.3 Dangers des arcs électriques

Les arcs électriques présentent différents dangers en raison des températures élevées :

- Brûlures corporelles
- Aveuglement
- Incendie et formation de gaz toxiques
- Accidents induits

De plus, il y a le risque que des circuits prétendument coupés soient soudain à nouveau sous tension lors du passage d'un arc électrique.

2.4 Fausse impression de sécurité par la coupure

L'un des défis que doivent relever les installateurs est que, malgré la coupure du circuit électrique au niveau de l'onduleur, de grandes parties de l'installation ainsi que les câbles restent sous tension. Certes, la coupure de l'onduleur interrompt le flux de courant, mais la tension continue subsiste.

2.5 Objectifs de protection

Les objectifs de protection suivants doivent impérativement être respectés :

- Protection contre le passage de corps (électrisation)
- Protection contre les arcs électriques (chaleur, aveuglement)
- Protection contre les dommages induits (chute, incendie, etc.)

3 Mesures de protection

Chaque entreprise est tenue de définir les mesures de protection concrètes nécessaires pour elle-même, sur la base de son évaluation et de son analyse des risques, et d'en assurer la mise en œuvre.

Les conditions pour un travail en toute sécurité doivent être définies avant le début des travaux. Pour garantir un maximum de sécurité, une planification minutieuse et une coordination ciblée des travaux sont indispensables. Cela implique l'établissement d'ordres de travail clairs et, si nécessaire, une évaluation complète des risques. Les travaux planifiés doivent être discutés en détail avec les collaborateurs. Il faut s'assurer que le personnel qualifié apporte le matériel nécessaire, les outils appropriés ainsi que les appareils et les équipements de protection requis sur le lieu de travail et qu'il les utilise conformément aux règles de l'art. En outre, seules les installations contrôlées doivent être mises en service. C'est la seule façon d'éviter efficacement les situations dangereuses sur le terrain.

3.1 Concept de sécurité et de protection de la santé

Selon l'art. 4 de l'ordonnance sur les travaux de construction (OTConst), l'employeur est tenu de s'assurer qu'il existe, avant le début des travaux de construction, un concept qui présente les mesures de sécurité et de protection de la santé nécessaires pour les travaux sur le chantier. Ce concept doit notamment régler clairement l'organisation des urgences.

Vous trouverez un modèle sous le lien suivant : https://www.bati.sec.ch/fileadmin/pdf/de/Aktion/Sicherheitskonzept_BauAV.pdf



3.2 Règles générales en matière d'électricité

En matière d'énergie électrique, il faut en cas d'incertitude ou de danger, dire „stop“. Tous les câbles et les extrémités „ouvertes“ des câbles doivent toujours être considérés comme étant sous tension. En général, les „5+5 règles de manipulation de l'électricité“ s'appliquent.

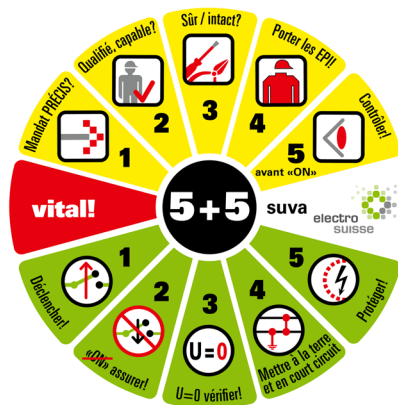


Figure 1 : Autocollant avec „5+5 règles de sécurité“, Electrosuisse

Règles générales d'utilisation de l'électricité

- Assurer des missions claires
- Utiliser le personnel approprié
- Utiliser des outils de travail sûrs
- Porter un équipement de protection
- Ne mettre en service que des installations contrôlées

Règles de sécurité pour travailler hors tension

- Déconnexion et séparation de chaque côté
- Sécuriser contre la remise en marche
- Vérifier l'absence de tension
- Mettre à la terre et court-circuiter
- Protéger contre les pièces voisines sous tension

3.3 Règles d'utilisation des circuits DC dans les installations PV

En plus des „règles 5+5“ bien connues, notamment déconnecter, sécuriser contre le réenclenchement et vérifier l'absence de tension de l'onduleur, les points suivants doivent être appliqués aux installations photovoltaïques pour travailler en toute sécurité.

3.3.1 Travailler sur les connecteurs

Lors du branchement et du débranchement des connecteurs, il existe un risque d'arc électrique qui peut provoquer des blessures. Il est donc recommandé de porter des gants de protection testés contre les arcs électriques. La procédure suivante doit être respectée :

Vérifier l'absence de courant :

Vérifier d'abord le bon fonctionnement de la pince ampèremétrique DC sur un conducteur sous tension. Constatez à l'aide de la pince ampèremétrique DC qu'aucun courant ne circule du côté DC. Des courants de compensation peuvent apparaître dans le cas de strings montés en parallèle. Attention : à la lumière du jour, il faut compter avec la tension à vide (UOC) des modules photovoltaïques.



Figure 2 : Vérification du fonctionnement de l'appareil de mesure, Swissolar



Figure 3 : Mesurer l'absence de courant, Swissolar

Débrancher les connexions DC :

Après avoir vérifié avec succès l'absence de courant, débranchez les connecteurs du côté DC afin de créer un environnement de travail sûr.

3.3.2 Travailler sur des échelles exposées

Avant d'intervenir sur des composants mis à nu, tels que des fiches ou des connexions de conducteurs, l'installation doit impérativement être mise hors tension à un point de coupure approprié (p. ex. Coffret DC ou connecteur de l'onduleur). Les travaux sur les parties sous tension ne peuvent être effectués que par du personnel spécialisé spécialement formé conformément à l'art. 22 de l'OIBT.

3.4 Travailler hors tension sur des installations PV

En principe, aucun travail ne doit être effectué sur les installations photovoltaïques sous tension DC. Les travaux sous tension doivent également être évités autant que possible du côté AC.

Afin d'empêcher de manière sûre les travaux sous tension DC, les étapes suivantes sont d'une importance capitale.

Étapes à suivre pour éviter de travailler sous tension DC :

- Laisser le câble d'alimentation des strings ouvert sur le toit. Assurez-vous que le câble d'alimentation des strings n'est pas raccordé pendant les travaux.
- Interrompre l'alimentation du string & déconnecter le coffret DC ou l'onduleur.
- Sertir les câbles de connexion des deux côtés avant de connecter un côté. Sertir les câbles des deux côtés avant de connecter un côté à l'installation afin d'éviter toute tension.
- Utiliser des câbles pré-confectionnés. Utiliser des câbles pré-confectionnés afin de réduire les risques lors du sertissage des connecteurs.
- Ne pas couper des câbles fermés. Éviter de couper des câbles déjà fermés afin de minimiser le risque d'arcs électriques.
- Mise en service des optimiseurs seulement après l'achèvement de tous les travaux électriques

Les optimiseurs ne sont activés qu'après l'achèvement complet de l'installation électrique.

Autres conseils utiles :

- Effectuer des mesures de string avec des connecteurs préconfectionnés
- Utiliser des connecteurs de serrage préconfectionnés pour la mesure afin que le processus de mesure soit sûr.
- Étiqueter les câbles de manière claire et nette. Étiqueter clairement tous les câbles afin d'éviter les confusions et les erreurs.
- Mesures avec équipement de protection individuelle (EPI)
- Effectuez toujours les mesures avec des gants isolants et thermiques appropriés afin de vous protéger des dangers électriques (EPI gants isolants selon EN 60903 et avec test d'arc électrique parasite EN 61482-2).

3.5 Explications sur les travaux sous tension

Conformément à l'art. 22 de l'OIBT, seuls les installateurs-électriciens CFC ou les personnes ayant suivi une formation équivalente sont autorisés à travailler sur des installations électriques sous tension. Ils doivent être spécialement formés et équipés pour de tels travaux, conformément aux connaissances les plus récentes. Les titulaires d'une autorisation d'installer limitée selon l'art. 14 de l'OIBT doivent donc disposer d'un diplôme d'installateur-électricien CFC et être spécialement formés et équipés pour les travaux sous tension.

Pour les travaux sous tension, la directive ESTI 407 s'applique, avec les méthodes de travail correspondantes, l'utilisation des équipements de protection individuelle et l'organisation correspondante des travaux. On y distingue les travaux sous tension TsT 1 et TsT2.

3.5.1 Travaux sous tension

TsT 1 et TsT 2 sur le côté DC des installations PV
Dès que le type de protection IP 2X n'est pas respecté pour les installations PV par rapport aux parties actives sous tension (plus de 120 V DC) ces travaux sont considérés comme des travaux sous tension.

Le type de protection IP 2X offre une protection contre la pénétration de corps étrangers de plus de 12,5 mm, ce qui signifie qu'une protection contre le contact avec un doigt est garantie.

Les exemples suivants illustrent des travaux effectués

sur des installations PV en tant que TsT 1. En règle générale, ces travaux n'entraînent aucune modification des parties actives sous tension.

Travaux sur les installations PV TsT 1 :

- Contrôle et mesure sur des pièces nues sous tension
- Mise en place ou retrait de protections par ex. pour le coffret DC, si cela permet de toucher des pièces sous tension

Les exemples de travaux suivants sont considérés comme des TsT 2 pour les installations PV. En règle générale, ces travaux entraînent des modifications des parties actives sous tension.

Travaux sur les installations PV TsT 2 :

- Sertissage des connecteurs lorsque le câble est sous tension, c'est-à-dire qu'il n'est pas débranché du côté du générateur PV
- Raccordement d'une alimentation DC sous tension, par ex. aux bornes de l'onduleur

Lors de travaux sous tension, il faut toujours porter l'équipement de protection individuelle (EPI). Du côté DC des installations PV, les courants de court-circuit sont généralement inférieurs à 1000 ampères. Il faut donc porter des vêtements de protection de base : des vêtements à manches longues en 100 % coton ou équivalent et des lunettes de protection. En outre, il faut porter des gants thermiques et isolants. La directive 407 de l'ESTI est déterminante pour l'équipement de protection individuelle. Il convient de noter que chaque travail doit être organisé et préparé. Pour les travaux sur des installations électriques sous tension, il faut en principe faire appel à deux personnes. L'une des deux doit être désignée comme responsable. La directive 407 de l'ESTI est en cours de révision. Il est important de tenir compte aussi bien des instructions actuelles que des instructions futures.

4 Autorisation d'installation

Conformément à l'OIBT, les installations électriques ne peuvent être effectuées que par du personnel formé et autorisé par l'ESTI. Seul le montage des modules PV et l'enfichage des connecteurs de modules avec des câbles pré-confectionnés sur la structure porteuse sont autorisés sans autorisation.

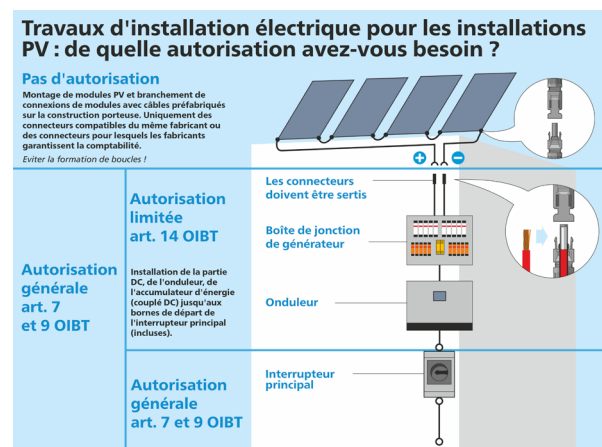


Figure 4 : De quelle autorisation ai-je besoin ? Swissolar

5 Construction d'une installation PV

Une installation photovoltaïque se compose de plusieurs éléments. Quatre éléments en sont essentiellement les composants principaux - les modules solaires, la sous-structure, le câblage et l'onduleur. Pour effectuer des travaux de maintenance sur l'onduleur PV, des dispositifs de déconnexion de l'onduleur PV doivent être disposés du côté de la tension continue et du côté de la tension alternative (NIBT 2025 7.12.5.3.7.2.101). Côté tension continue, une tension dangereuse est présente malgré la mise hors tension ou la déconnexion de l'installation.

En particulier, les modules, les strings et les câbles principaux à courant continu sont en permanence sous tension. Selon l'installation, il faut s'attendre à une tension continue pouvant atteindre 1500 volts.

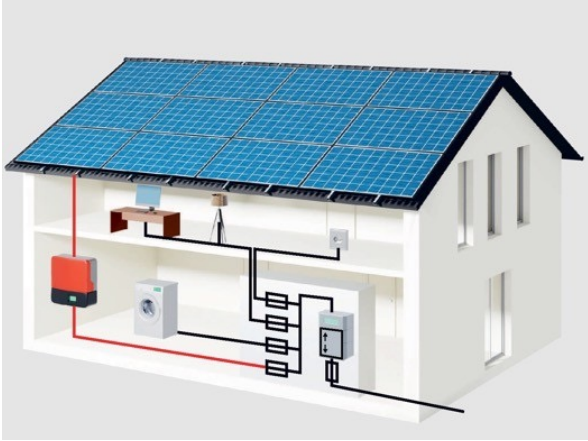


Figure 5 : Structure symbolique d'une installation PV, livrée spécialisée „Photovoltaïque“, Christof Bucher

La tension maximale de l'onduleur $U_{G\text{Max}}$ peut être estimée comme suit selon la NIBT :

$$U_{OC\text{Gen. max}} = U_{OC} \cdot n \cdot k_T$$

Légende

UOC = tension à vide d'un module selon la fiche technique du fabricant (pour STC)
 n = nombre de modules par branche
 kT = facteurs de correction pour les basses températures

Facteurs de correction kT selon NIN :

1,15 pour toutes les zones ≤ 800 m d'altitude
 1,20 pour toutes les zones > 800 à ≤ 1500 m d'altitude
 1,25 pour toutes les zones > 1500 m d'altitude

Ces facteurs peuvent être adaptés à condition qu'un justificatif soit disponible. Pour cela, il convient de se référer à la fiche technique du module.

6 Exigences en matière de personnel

6.1 Obligations de l'employeur

La sécurité dans l'entreprise dépend de la connaissance qu'ont les collaborateurs des dangers et des risques liés à leur travail. Seules une formation et une instruction systématiques permettent de conserver à tout moment les connaissances nécessaires.

Pour les supérieurs hiérarchiques, cela s'applique

- Formez systématiquement vos collaborateurs et documentez les formations effectuées. Formations et instructions.
- Ne confiez les travaux présentant des risques particuliers qu'à des collaborateurs disposant de la formation correspondante.
- Initiez soigneusement les nouveaux collaborateurs et les collaborateurs temporaires à leur domaine d'activité
- Mettez les EPI, les outils, etc. à la disposition de vos collaborateurs.

Pour travailler sur des installations électriques, l'employeur doit répondre à des exigences claires en matière de formation et de matériel. L'employeur veille à ce que tous les travailleurs occupés dans son entreprise, y compris ceux d'une autre entreprise, soient informés des risques auxquels ils sont exposés dans l'exercice de leur activité et instruits des mesures à prendre pour les prévenir. Cette information et ces instructions doivent être données au moment de l'entrée en fonction et lors de toute modification importante des conditions de travail ; elles doivent être répétées si nécessaire (art. 6, al. 1, OPA).

L'employeur qui emploie dans son entreprise des travailleurs qu'il loue à un autre employeur a, en matière de sécurité au travail, les mêmes obligations envers ces derniers qu'envers ses propres employés (art. 10 OPA). Avant d'engager du personnel d'entreprises tierces ou temporaires, il convient donc de vérifier leur niveau de formation et, le cas échéant, d'organiser une formation.

6.1.1 Pas de travail sans instruction

Les supérieurs doivent régulièrement instruire leurs collaborateurs sur la manière de travailler en toute sécurité, notamment sur les règles vitales de la Suva. Ceux qui ne reçoivent pas d'instructions doivent absolument les réclamer.

6.2 Obligations des travailleurs

Le travailleur est tenu d'assister l'employeur dans l'application des dispositions relatives à la prévention des accidents et des maladies professionnelles. Il doit utiliser les équipements de protection individuelle, employer correctement les dispositifs de sécurité et ne pas les enlever ou les modifier sans l'autorisation de l'employeur.

6.3 Principe S-T-O-P de la Suva

Le principe S-T-O-P aide à décider quelles mesures de protection sont nécessaires pour un poste de travail donné : il décrit l'ordre dans lequel les mesures possibles doivent être envisagées.

S : Substitution (remplacement)
T : mesures Techniques
O : mesures d'Organisation
P : Protection individuelle
(source : suva.ch)

La protection des personnes est toujours la dernière mesure de la chaîne de sécurité.

6.4 Moyens auxiliaires de la Suva :

[5 + 5 règles vitales pour les travaux sur ou à proximité d'installations électriques](#)

[Formation et instruction en entreprise: bases de la sécurité au travail](#)

[Liste de contrôle - Equipements de protection individuelle \(EPI\)](#)

[Neuf règles vitales travaux en façades et en toitures – Affiche magnétique](#)

7 Abréviations

AC (Alternating Current, courant alternatif)
DC (Direct Current, courant continu)
PV (photovoltaïque)
EPI (équipement de protection individuelle)
STC (Standard Test Conditions)
coffret DC (boîte de jonction de générateur)
OPA (Ordonnance sur la prévention des accidents)
OIBT (Ordonnance sur les installations à basse tension)
NIN (norme d'installation à basse tension SN 411000)
ESTI (Inspection fédérale des installations à courant fort)
OTConst (Ordonnance sur les travaux de construction)

8 Informations complémentaires

Normes et lois :

- Directive EST 407
- SN EN 50110-1
- Énergie (admin.ch)
- Directive CFST n° 6508, Directive relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail (directive MSST)
- Ordonnance sur les installations à basse tension, OIBT
- Norme d'installation à basse tension SN 411000, NIN
- Ordonnance sur la prévention des accidents, OPA
- Loi sur l'électricité, LIE
- Ordonnance sur les travaux de construction, OTConst

Remarque

La présente fiche d'information a été rédigée avec le plus grand soin. Aucune garantie n'est donnée quant à l'exactitude, l'exhaustivité et l'actualité de son contenu. En particulier, il ne dispense pas de consulter et de suivre les recommandations, normes et prescriptions pertinentes et actuelles.

La présente fiche d'information sert exclusivement à des fins d'information. Nous déclinons expressément toute responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de la consultation ou de l'observation de cette fiche.

Les droits d'auteur sont détenus par Swissolar.
12/2024/N° de fiche technique 21018f

Avec le soutien de



En collaboration avec



VSEK
ASCE

