



MONTAGE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES (PV) ET THERMOSOLAIRES (TS) SUR LES TOITS INCLINÉS

La présente fiche technique est destinée aux planificateurs et exécutants d'installations solaires de types thermique et photovoltaïque.

Elle montre ce qu'il convient d'observer et de prendre en considération lors de la planification et la réalisation de telles installations sur des toits à pans inclinés. On tiendra aussi compte des normes et des règles propres à ces applications.

Introduction

Afin de ménager les ressources fossiles et d'assurer une production d'énergie pauvre en émissions, on mise aujourd'hui de plus en plus sur l'énergie solaire. Il s'agit ici d'un important pilier de la stratégie d'énergie 2050 de la Confédération. L'Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des bâtiments (Enveloppe des bâtiments Suisse) et ses membres s'engagent avec force dans cette technologie.

Les surfaces de toitures (ainsi que celles des façades) sont des emplacements idéaux pour les installations solaires. Sur les toits inclinés, ces installations sont exécutées sous forme de double-toit ou intégrées dans le toit

Pour la réalisation, on tiendra compte des points suivants:

1. Aptitude de l'objet
2. Évaluation du toit avant la planification et l'exécution
3. Planification
4. Pose des lignes et conduites
5. Montage
6. Entretien
7. Remise de l'installation et instructions
8. Renvoi à d'autres informations
9. Normes et prescriptions

APTITUDE DE L'OBJET



1. Aptitude de l'objet

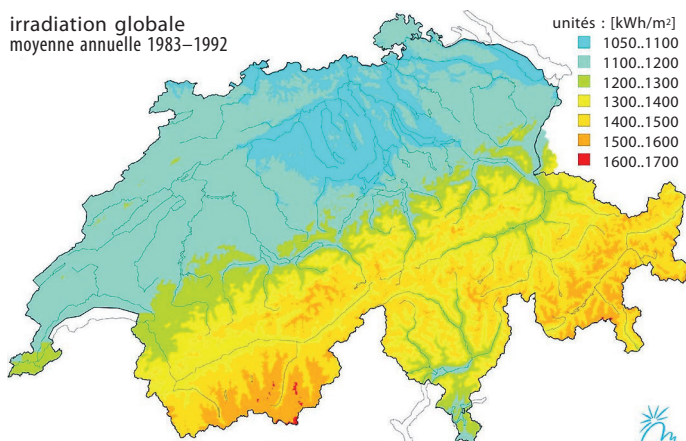
- Forme du toit, **inclinaison** et **orientation**
- **Ombres** portées par **l'environnement**, par ex. arbres, bâtiments ou montagnes
- **Ombres** portées par **des superstructures** du toit telles que lucarnes, cheminées et autres constructions

Les ombres portées doivent être évitées sur les modules solaires et prises en compte dans la phase de planification déjà. Les modules photovoltaïques en particulier réagissent à l'ombre portée par des pertes sensibles de rendement.

• **Emplacement géographique**

Le rayonnement solaire est variable en fonction de la région du pays. Le rendement est supérieur en particulier dans les régions comportant peu de brouillard (montagnes et sud des Alpes).

irradiation globale
moyenne annuelle 1983–1992



Office fédéral de l'énergie, Berne

www.meteonorm.com

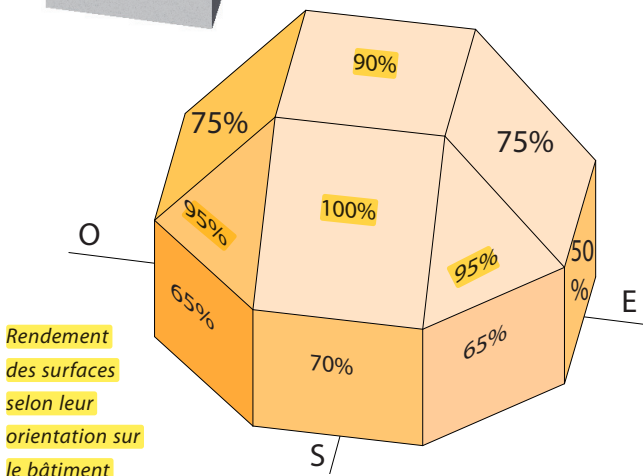
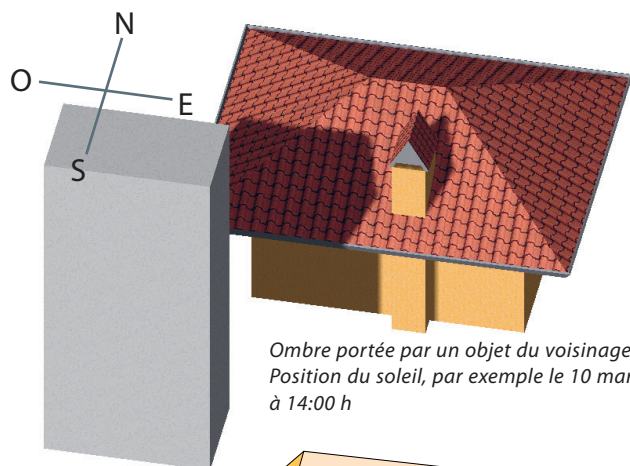
Répartition de la Suisse en régions selon l'ensoleillement

• **Orientation et inclinaison pour les installations thermosolaires**

L'**orientation** ainsi que l'**angle d'inclinaison** des modules solaires ou des bâtiments **sont décisifs** (voir le graphique, rendement en %). Des installations d'énergie solaire dont l'orientation n'est pas optimale n'atteignent pas leur capacité maximale et leur production annuelle est réduite. Lorsque des installations ne sont pas orientées de façon optimale ou sont atteintes par des ombres portées, leur surface collectrice doit être augmentée en conséquence.

• **Orientation et inclinaison des installations photovoltaïques**

Les supports des panneaux permettent de choisir librement l'orientation et l'angle d'inclinaison des modules. Les modules **PV produisent le plus d'énergie** lorsqu'ils sont **orientés vers le sud et inclinés de 20° à 35°**. L'inconvénient dans ce cas est que les modules doivent être séparés entre eux d'une distance plus élevée pour éviter d'être atteints par des ombres portées réciproques. Pour la maison de l'avenir, on fera en sorte d'obtenir le plus d'énergie possible sur la surface disponible du bâtiment. Le rapport coût/efficacité des modules s'étant nettement amélioré, il est désormais recommandé de construire des installations orientées est-ouest afin d'augmenter la production globale et obtenir une meilleure répartition de la production d'énergie quotidienne. Ceci permet aussi une meilleure utilisation propre.



ÉVALUATION DU TOIT AVANT LA PLANIFICATION ET LA RÉALISATION



2. Évaluation du toit avant la planification et la réalisation

État

Contrôle de l'état de la structure du toit par le couvreur:

• État et âge de la couverture

L'état de la couverture du toit doit être vérifié.

Lorsque l'installation est montée sur le toit, la couverture du toit doit durer au moins encore 20 ans.

• Sous-couverture

La sous-couverture est obligatoire sur les bâtiments habités et chauffés. Sa fonctionnalité doit être vérifiée.

La présence d'une sous-couverture exempte de joints est recommandée en cas d'installations solaires intégrées dans la couverture, afin d'assurer l'évacuation des eaux de condensation ou d'infiltration, de pluie battante et de neige soufflée.

La feuille de sous-couverture doit posséder une résistance thermique prévue pour les températures pouvant apparaître sous des modules solaires. Dans tous les cas, on utilisera des lés spéciaux convenant aux installations solaires.

• Raccords et bordures

Le bon fonctionnement de tous les raccords et bordures doit être contrôlé et garanti.

• Étanchéité à l'air, frein de vapeur

Dans la plupart des constructions, l'étanchéité à l'air est assurée par un frein de vapeur et constitue un élément obligatoire dans une construction consciente des économies d'énergie (exigences selon la norme SIA 180).

• Norme d'isolation de l'élément de construction

Pour être conforme aux normes énergétiques actuelles, le coefficient de transmission thermique (valeur U) ne doit pas être supérieur à 0,20 W/m²K.

• Vide d'aération

Le vide d'aération situé entre la sous-couverture et la couverture (ou l'installation solaire lorsque celle-ci remplace la couverture) doit correspondre à la norme SIA 232/1. Elle ne doit pas être inférieure à la hauteur minimale de 45 mm.

Dans le cas des installations intégrées au toit, la hauteur du vide d'aération doit être d'au moins 15 mm plus élevée que prévu dans la norme SIA 232/1 pour une couverture normale.

Les ouvertures d'aspiration et d'évacuation de l'air doivent avoir une section d'au moins la moitié de la section de l'aération et sont à protéger contre la pénétration de petits animaux (souris, fouines, oiseaux, etc.).

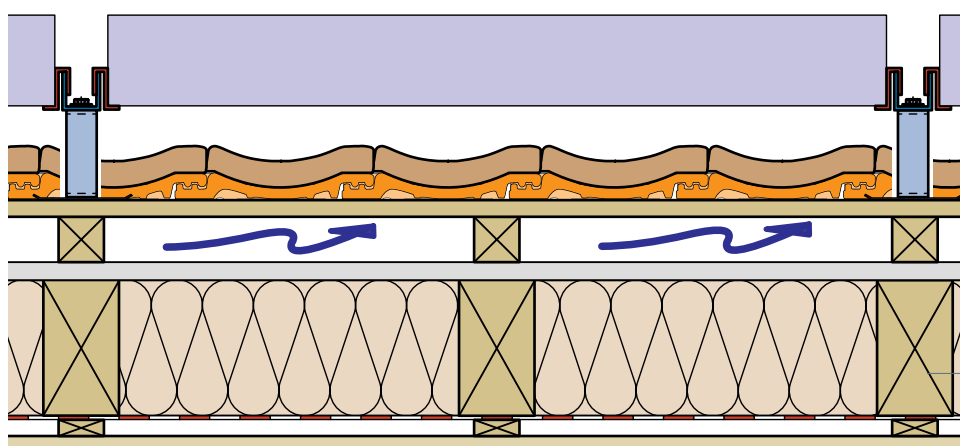
Structure de la construction

Tous les composants doivent être accordés entre eux selon les données de la physique des constructions:

Légende de la figure à gauche:

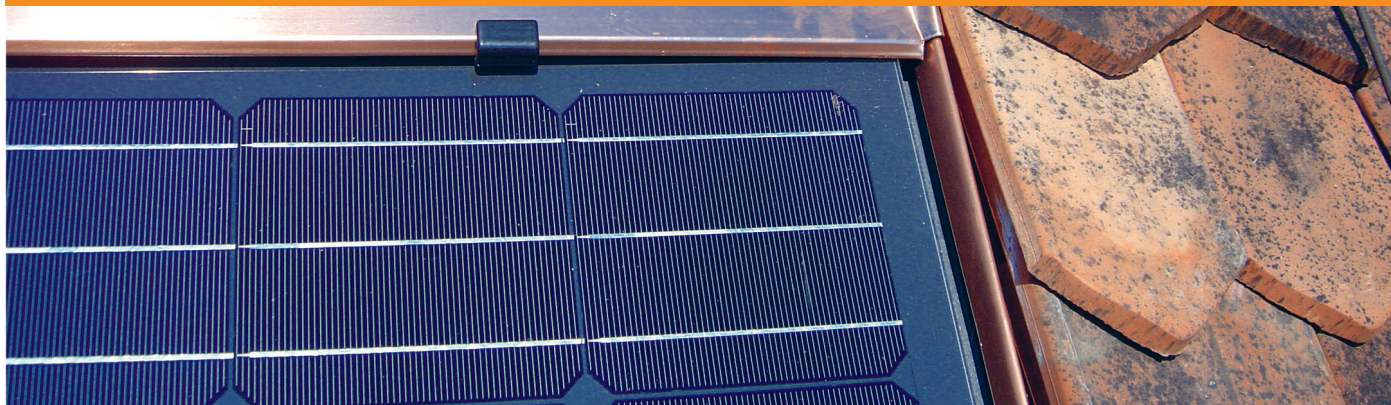
Système sur toit: montage de modules solaires sur un toit à pans inclinés

(Coupe horizontale perpendiculaire aux chevrons)



- 1 Module solaire (TS ou PV)
- 2 Élément de montage: transmission de la charge directement sur le contrelattage, étanchéité avec tôle de sous-couverture
- 3 Couverture: tuiles à emboîtement
- 4 Lattage
- 5 Contre-latte formant un vide d'aération
- 6 Sous-couverture avec joints étanches
- 7 Isolation thermique
- 8 Chevron
- 9 Pare-vapeur et lambris intérieur

STATIQUE

**Statique**• **Structure porteuse**

Contrôler dans tous les cas si la structure porteuse du toit est capable de supporter une charge supplémentaire et si oui, de combien. Dans les cas limites, le planificateur doit fournir un justificatif statique.

• **Intégration dans le toit**

Les systèmes intégrés dans le toit ne présentent aucun problème du point de vue de la statique. Les charges de neige se répartissent uniformément sur la sous-structure.

• **Systèmes sur toit**

Pour une installation sur toit, la **preuve statique selon la norme SIA 260/261** doit être apportée **par le fournisseur du système**. **L'inclinaison** du toit, **l'altitude de référence** et la **zone de vent** sont des **facteurs importants dont il faut tenir compte**.

Lorsque les chevrons ne supportent pas tous la charge des modules, il se crée des charges ponctuelles plus élevées sur les chevrons de toiture chargés (voir dessin page 3), ce dont il faut tenir compte.

Fixation des installations à l'aide de crochets de toit (montés)

Lorsque l'installation sur toit est fixée à l'aide de crochets de toit (dessin ci-dessous), le **crochet doit être capable de supporter les charges de poussée et de neige (à confirmer par le fournisseur du système)**.

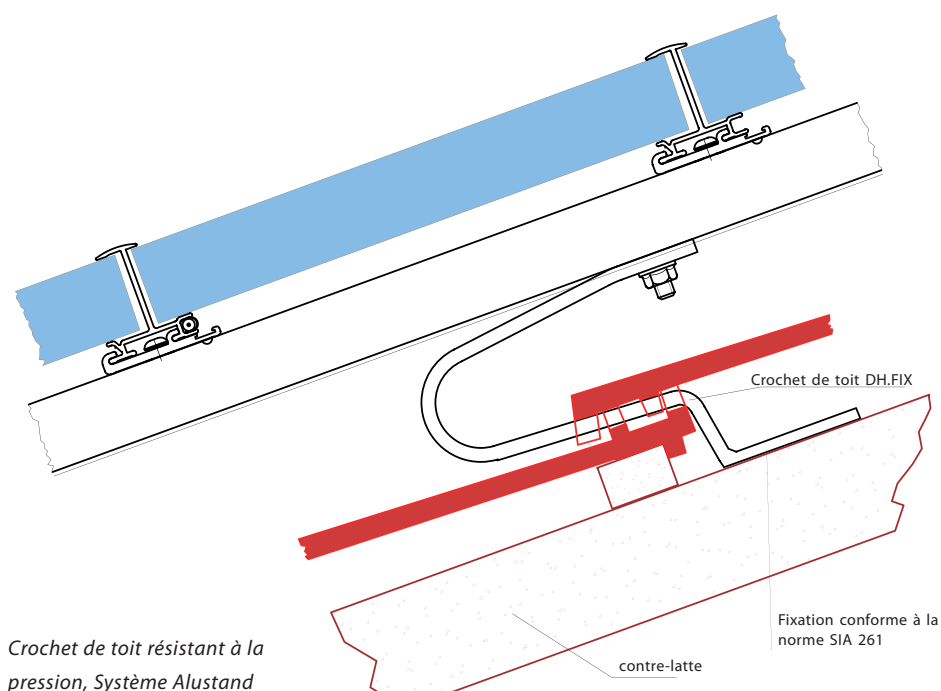
Les crochets de toit insuffisamment résistants à la pression seront renforcés. Les forces de pression résultantes ne doivent pas être transmises au matériau de couverture.

Fixation des installations à l'aide de vis à double filetage

Pour la **fixation des installations** à l'aide de **vis à double filetage** fixées **sur le contre-lattage**, on veillera à ce que les **sous-toitures** situées en dessous **ne soient pas endommagées par les moyens de fixation**.

Charges de pression et de poussée sur les systèmes avec isolation et vis d'entretoise sur les chevrons

Du fait de la charge accrue sur certains chevrons, il est recommandé d'assurer ceux-ci par des vis d'entretoise supplémentaires. On déterminera si une fixation supplémentaire à l'aide d'un fer plat sur le faite est nécessaire ou non.



PLANIFICATION



3. Planification

Lors de la planification, la partie responsable assure l'échange d'informations entre toutes les parties prenantes:

- Maître de l'ouvrage
- Planificateur
- Couvreur (Polybat)
- Installateur sanitaire et chauffage
- Électricien / ESTI
- Plombier / (Installateur de protections contre la foudre)

Commune (administration des permis de construire)

On vérifiera auprès des communes si un permis de construire est nécessaire ou non.

Entreprise de distribution d'électricité

En cas d'installation de capteurs PV, l'entreprise de distribution locale d'électricité exige une demande de raccordement. Celle-ci doit être déposée par le planificateur ou le monteur électricien.

Institutions intéressées à l'encouragement

Chaque canton et commune régit à sa façon l'encouragement pour la construction d'installations photovoltaïques et thermosolaires (plus sur www.swissolar.ch). Concernant la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC), les installations doivent être annoncées et agréées avant le début de la construction (s'informer auprès de l'office cantonal de l'énergie, annonce via Swissgrid). Dans tous les cas, le client doit être rendu attentif aux contributions d'encouragement possibles. La liste actuelle d'encouragements des cantons et communes peut être consultée sur le site www.swissolar.ch.

Liens concernant ce thème:

www.bfe.admin.ch
www.energiefranken.ch
www.evalo.ch
www.edifices-suisse.ch
www.swissgrid.ch
www.swissolar.ch

Banques

Certaines banques ont leurs propres programmes de promotion d'Installations d'énergie solaire – en offrant des réductions d'intérêt, par exemple. Ces programmes d'encouragement des banques sont de nature régionale et doivent être vérifiées auprès de la banque du client.

Avantages fiscaux

En cas de montage d'installation d'énergie solaire sur des bâtiments existants, les coûts peuvent être soustraits du revenu imposable (voir les instructions de la déclaration cantonale d'impôt).

Si l'injection de courant produit des revenus, ceux-ci doivent être déclarés aux impôts.

Interfaces, livraison, montage, garantie

Lorsque plusieurs entreprises participent au montage d'une installation solaire, ce qui est généralement le cas, il est judicieux qu'un seul contractant soit le maître de l'ouvrage. Les sous-traitants, pour leur part, accordent leur garantie via des partenaires contractuels du maître de l'ouvrage.



POSE DES CONDUITES ET MONTAGE



4. Pose des conduites

Les différences essentielles entre les installations photovoltaïques et les installations thermiques, concernant les conduites et lignes du toit jusqu'à l'intérieur du bâtiment, sont:

- Dans le cas des installations photovoltaïques, il s'agit généralement d'un câble jusqu'à 10 mm de diamètre, placé dans un tube protecteur.
- Pour les installations thermiques, il faut poser, même pour de petites et moyennes installations, un tuyau ($\varnothing \geq 90$ mm) et un câble reliant les collecteurs au ballon d'eau chaude.

Il est avantageux de poser ces tuyaux en pente afin de pouvoir vider entièrement le système en cas d'arrêt.

Les passages de ces conduites sont à prévoir et à déterminer lors de la planification déjà.

Traversées pour le câblage et les conduites

Les conduites traversant les couches de la structure vers l'intérieur du bâtiment exigent une traversée qui est **normalement liée à un cadre en tôle**. Celui-ci doit être fermé vers le haut et **étanche à la pluie** et à la **neige soufflée**.

Les traversées dans la sous-toiture seront étanchéifiées à l'aide de produits compatibles avec le système. Le **raccordement du frein de vapeur** à la traversée sera toujours réalisé de façon **étanche à l'air**. La pose et le câblage des lignes électriques à l'intérieur du bâtiment sont l'affaire de l'électricien. Les bâtiments existants possèdent souvent des supports de conduites extérieures au bâtiment. Les conduites pour petites installations thermosolaires sont souvent posées dans des tuyaux semblables à ceux de la descente des eaux du toit fixés contre la façade.

Travaux de préparation (perçages, lignes)

Dans les nouveaux bâtiments et les rénovations importantes, il est vivement recommandé d'insérer un tube vide pour les conduites des modules thermosolaires ($\varnothing \geq 90$ mm) et les câbles des modules photovoltaïques ($\varnothing \geq 35$ mm). On fera en sorte d'éviter la construction d'étages à angle droit.

Protection contre les morsures de fouines

Bien que les câbles solaires aient une double isolation (isolation et manteau de protection), ils peuvent être endommagés ou même sectionnés par des morsures de fouines. Les câbles solaires doivent être protégés contre les dom-

mages dus aux fouines à l'aide de mesures appropriées. Pour protéger les câbles solaires des morsures de fouines, on peut introduire les câbles de strings et les câbles des modules dans un tube de protection, ce qui est très coûteux. On pourrait aussi intégrer les modules à la toiture et empêcher aux fouines tout accès au domaine du vide d'aération, entre la sous-couverture et la couverture.

5. Montage

Sécurité au travail

Les mesures de sécurité au travail doivent respecter les prescriptions de la SUVA et de l'ordonnance sur les travaux de construction et prises en considération dans la planification.

Constructions neuves et transformations:

- Les mesures nécessaires (échafaudages, garde-corps de pignons, pont de couvreur, etc.) doivent être prévues et réalisées à partir d'une hauteur de chute de 3 m.
- Contrôle visuel des échafaudages, à consigner.
- Vérification de la sécurité de rupture du matériau de couverture.
- Procédures conformes à l'ordonnance sur les travaux de construction (OTConst).
- Fixation de dispositifs de sécurité contre les chutes si la hauteur de chute à l'intérieur du bâtiment dépasse 5 m.
- Fixation de dispositifs anti-chutes autour des ouvertures du toit, indépendamment de la hauteur de chute.

Transformations (2 jours-personne maximum):

(Travaux de moindre importance selon la définition de la SUVA)

- Les mesures de protection contre les chutes dépendent de la hauteur de chute et de l'inclinaison.
- Mesures de sécurité contre le glissement à partir de 2 m.

Dispositifs de levage

Le transport sur le toit doit être exécuté avec des moyens appropriés tels qu'un monte-charge incliné ou une grue.

- La surface portante est à protéger contre les dommages statiques et mécaniques.
- Pour l'entreposage de matériel sur le toit, on fera en sorte que ni la charge spécifique, ni la charge ponctuelle admissible de la structure porteuse ne soient dépassées. Des palettes permettent d'assurer un dépôt ou un entreposage stable.

ENTRETIEN



- Les chemins de transport seront sécurisés à l'aide d'échelles de couvreur afin d'assurer une répartition correcte des matériaux sur le toit.

Montage selon les règles de l'art

Le montage des différents systèmes présuppose une exécution professionnelle. **Les instructions de montage du fabricant et des fournisseurs sont à respecter et ne font pas l'objet de la présente fiche technique.**

Autorisation de montage pour les installations PV

Selon l'art. 14 NIV (Ordonnance sur les installations électriques à basse tension), aucune autorisation d'installation n'est nécessaire pour l'interconnexion de modules PV (modules solaires) à l'aide de câbles de chaîne enfichables (liaison entre modules PV).

Il faut toutefois vérifier que les modules soient équipés de fiches protégées contre les contacts accidentels et que les personnes qui exécutent le montage sont bien instruites. Elles doivent savoir exactement quels modules sont à interconnecter et où le string doit être connecté au câble de raccordement. À cet effet, il est nécessaire d'établir un plan complet des strings.

Les câbles de sortie (câble de strings) vers les convertisseurs doivent être installés par le détenteur d'une autorisation d'installation générale selon l'art. 7 ou 9 OIBT ou d'une autorisation limitée pour travaux de montage sur installations spéciales selon l'art. 14 OIBT.

Protection contre la foudre, mise à la terre

En principe, le montage d'une installation solaire ne rend pas obligatoire la protection contre la foudre. Sur les bâtiments publics, par contre, cette protection est toujours obligatoire! Sur les bâtiments qui disposent déjà d'une protection contre la foudre, les éléments métalliques de l'installation solaire, qui n'ont pas une fonction de conduite du courant (supports, cadres, par ex.), sont à relier à l'installation extérieure de protection contre la foudre. Le fil de protection contre la foudre doit avoir un diamètre minimum de 6 mm pour le cuivre et de 9 mm pour l'aluminium.

En cas de montage d'une installation photovoltaïque sur un bâtiment ne disposant pas d'une compensation principale continue de potentiel, les parties métalliques doivent

être connectées à un fil de terre conduisant directement vers un point de mise à la terre situé à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment (électrode de mise à la terre profonde ou mise à la terre de la fondation).

6. Entretien

En principe, il est judicieux que le couvreur et le propriétaire du bâtiment concluent un contrat d'entretien ou de service comportant des prestations définies. Ainsi, le contrôle, le nettoyage et les réparations mineures pourront être effectués dans la même phase de travail.

Accès / sécurité au travail

Principe:

- Contrôler les systèmes existants et les adapter éventuellement
- Équiper les toits avec des systèmes de sécurité contre les chutes
- Utiliser des échelles de couvreur
- **Sortie sur le toit:**
Créer des possibilités de sécurité dans la zone de sortie sur le toit
- **Montée par une échelle de couvreur:**
Fixer le point d'appui de l'échelle à proximité immédiate de la sortie
- Les dispositifs de protection horizontale doivent être montés jusqu'à la sortie de l'échelle sur le toit. Le système doit être encliqueté ou décliqueté en ce point.

Gérances / concierges

Les personnes de ces groupes disposent généralement de connaissances insuffisantes sur la sécurité spécifique aux professions du domaine des toitures et sont souvent peu familiarisées avec les conditions particulières des travaux sur le toit. En cas d'accident, les prestations des assurances ne sont généralement pas couvertes. Aussi, les travaux d'entretien et de maintenance devraient toujours être exécutés par des professionnels.

Glissements de neige

La **neige accumulée sur les installations d'énergie solaire glisse plus facilement que la neige accumulée sur une couverture habituelle.** On laissera suffisamment de place sous l'installation solaire afin d'éviter la chute de neige du toit.

REMISE DE L'INSTALLATION



Divers dispositifs pare-neige permettent d'éviter ces chutes, qui dépendent également du lieu et du type de construction.

Travaux de maintenance de l'installation

- Contrôle des raccordements électriques
Les installations d'énergie électrique solaire (PV) doivent être soumises tous les 10 ans à un contrôle technique par une entreprise concessionnaire, qui remettra un rapport de sécurité. Ce rapport sera exigé par le fournisseur d'électricité local après chaque contrôle.
- Contrôle de la protection contre la foudre
La continuité électrique des raccords aux modules solaires est à vérifier lors des travaux d'entretien et de maintenance.

7. Remise de l'installations et instruction

Le maître de l'ouvrage a droit à une instruction et à une documentation claire pour sa nouvelle installation. La documentation contiendra au moins:

- les caractéristiques de l'installation
- la documentation du ou des fournisseurs
- des instructions d'utilisation
- des indications sur la maintenance et les dérangements
- le compte-rendu de la mise en service
- le procès-verbal de la réception de l'installation
- le concept de sécurité (accès selon la SUVA).

Assurance

La nouvelle installation doit être annoncée auprès de l'assurance bâtiments.

Raccordement d'installations PV photovoltaïques au réseau du fournisseur d'électricité

L'installation sera signalée à l'exploitant du réseau par un avis d'installation. Ceci sera effectué avant l'installation afin que l'exploitant du réseau puisse vérifier si un renforcement de son réseau est nécessaire ou non.

La fin du montage sera annoncée à l'exploitant du réseau par un avis de fin de travaux et un rapport de sécurité (RS).

8. Autres informations utiles

- Dossier «Recommandations pour l'exploitation de l'énergie solaire» de Swissolar (www.swissolar.ch)
- Dossier de formation Enveloppe des édifices Suisse/Polybat

9. Normes et prescriptions

- Normes SIA 180, 232, 118, 380/1, 380/4, 260, 261/1
- Check-list SUVA CL 67018
- Ordonnance sur les travaux de construction (OTConst).

Direction du projet

Marco Walker, Uzwil, Commission technique énergie Enveloppe des édifices Suisse

Hansueli Sahli, Uzwil, directeur technique Enveloppe des édifices Suisse

Équipe du projet, auteurs

Commission technique Énergie Enveloppe des édifices Suisse
Commission technique toit en pente Enveloppe des édifices Suisse

Karl Jung, directeur sécurité au travail Enveloppe des édifices Suisse

Graphisme, détails

Peter Stoller, Grafitext, Treiten

Impression

Cavelti SA, Gossau

Édition

ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE

Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices

Commission technique toit plat

Lindenstrasse 4

9240 Uzwil

T 0041 (0)71 955 70 30

F 0041 (0)71 955 70 40

info@edifices-suisse.ch

www.edifices-suisse.ch

