



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

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 plats. On tiendra aussi compte des normes et des règles propres à ces applications.

Introduction

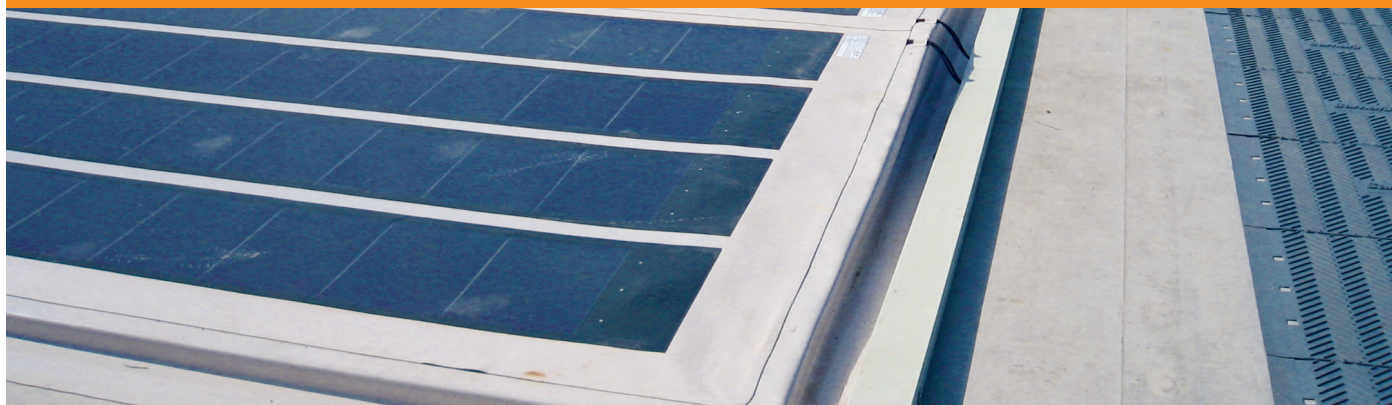
Afin de ménager les ressources fossiles et d'assurer une production d'énergie pauvre en émissions, on mise aujourd'hui de plus en plus sur l'énergie solaire. Il s'agit ici d'un important pilier de la stratégie d'énergie 2050 de la Confédération. L'Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices (Enveloppe des édifices 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 au 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

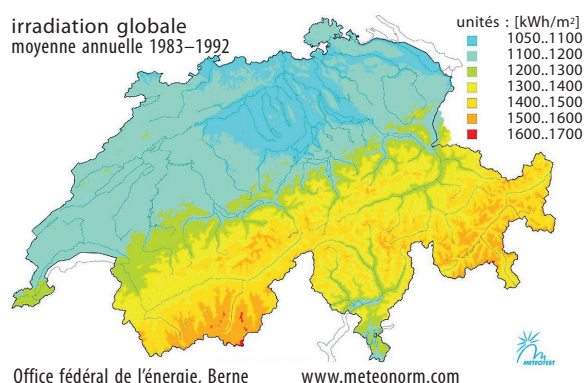
APTITUDE DE L'OBJET



1. Aptitude de l'objet

- Ombres portées par l'environnement, par ex. arbres, bâtiments ou montagnes
- Ombres portées par des superstructures du toit telles que 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 une perte sensible de rendement.
- **Emplacement géographique**

Le rayonnement solaire est variable en fonction de la région du pays. Le rendement est supérieur en particu-

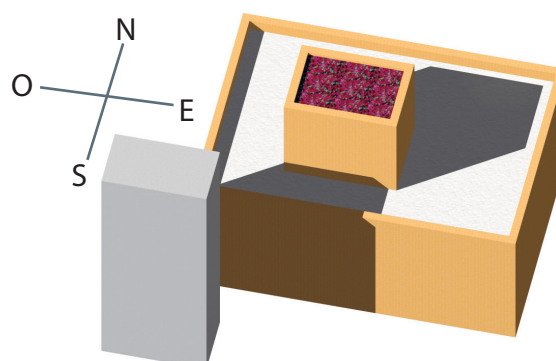


Répartition de la Suisse en régions selon l'ensoleillement

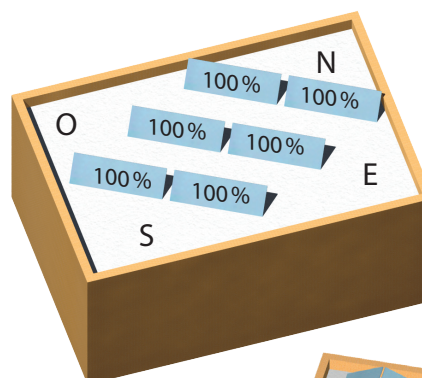
lier dans les régions comportant peu de brouillard (montagnes et sud des Alpes)

- **Orientation et inclinaison pour les installations thermosolaires**
Les supports des panneaux sur les toits plats permettent de choisir librement l'orientation et l'angle d'inclinaison des modules. L'orientation ainsi que l'angle d'inclinaison des modules solaires sont décisifs pour une exploitation optimale. Lorsque l'orientation ou les ombres portées ne sont pas optimales, il faut augmenter la surface des collecteurs.
- **Orientation et inclinaison pour les 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 de capter un maximum d'énergie disponible sur la surface du bâtiment. Du fait que le rapport coût/efficacité des modules s'est nettement amélioré, il est 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. Avec une inclinaison réduite (10° à 15°) et une répartition presque sans lacune sur la surface du toit, il est possible de produire plus d'énergie et d'obtenir une meilleure utilisation propre.

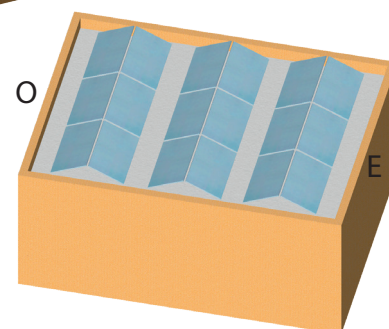


Ombres : par ex. 10 mars à 14.00 h



Rendement des modules solaires, orientation sud

Exploitation optimale de la surface, orientation est-ouest des modules PV



EVALUATION DU TOIT AVANT LA PLANIFICATION ET LA REALISATION



2. Évaluation du toit avant la planification et la réalisation

État

Contrôle de l'état du toit par son constructeur ou un spécialiste de l'étanchéement :

- **État et âge de l'étanchéité**

L'état de l'étanchéité du toit doit être vérifié. L'étanchéité doit pouvoir durer au moins 20 ans de plus.

Certains éléments seront éventuellement à refaire.

- **Résistance aux racines**

Si la façon de l'étanchéité du toit n'est pas résistante à la perforation par les racines, appliquer une couche de protection appropriée.

- **Raccordements et bordures**

Contrôler et assurer le bon fonctionnement de tous les raccordements et bordures.

- **Vérification fonctionnelle du système d'étanchéité**

Des ouvertures de sondage permettent de vérifier si le système d'étanchéité fonctionne parfaitement dans la zone de l'installation solaire. En cas d'humidité dans l'isolation thermique, en déterminer la cause et corriger le défaut.

Structure de la construction

Contrôler si la structure des couches est conforme en ce qui concerne la technique et la physique du bâtiment. Les documents suivants sont utiles à cet effet :

- Manuel «L'étanchéité du bâtiment» www.grafitext.ch
- «Details 3d de systèmes de toit plat en bitumine» www.edifices-suisse.ch
- Norme SIA 271

Certains systèmes de toits plats, tels que les toitures inversées ou les constructions en éléments de bois sans freins de vapeur spéciaux, ne peuvent pas être modifiés sans éclaircissements supplémentaires (voir la fiche technique Enveloppe des édifices Suisse «Protection des toits plats en bois contre l'humidité»)

Isolation thermique

Afin de respecter les normes énergétiques actuelles, le coefficient de transmission thermique (valeur U) de la construction ne doit pas dépasser 0,20 W/m²K.

Compatibilité des matériaux

- Métal: les éléments métalliques doivent être protégés contre la corrosion. La corrosion par contact de deux métaux différents superposés est à éviter par le choix d'autres métaux ou par des enduits appropriés.
- Certaines matières synthétiques réagissent entre elles de façon défavorable. Exemples de combinaisons à éviter :
 - Étanchéités en PVC et matériaux isolants en EPS/XPS
 - Étanchéités en PVC et bitume
 - Étanchéités en TPO et bandes ou panneaux en PVC
 Dans ces cas, il faut insérer des couches de séparation appropriées.
- Les matériaux utilisés doivent résister au rayonnement UV et à la corrosion.



Pose des supports pour toits plats plats sur une plaque de répartition de pression (socle en béton)

STATIQUE



Statique

On évitera des charges ponctuelles excessives sur le système d'étanchéité dues aux éléments solaires.

- **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.

- **Isolation thermique**

L'isolation thermique posée sous une installation doit supporter une contrainte de compression minimale de 120 kPa (valeur pour un écrasement maximal de 10%). Après l'installation, l'écrasement de l'isolation (sous contrainte permanente) peut atteindre au plus 2 % de l'épaisseur de l'isolant, mais pas plus de 5 mm (norme 271, «L'étanchéité des bâtiments»). Ces valeurs doivent être contrôlées auprès du fabricant, en particulier sur les panneaux en fibres minérales.

- **Étanchéité**

Les étanchéités bitumineuses sont à protéger contre les variations de température et les vibrations excessives, générées par les charges dynamiques du vent sur les éléments solaires. Les matériaux appropriés dans ces cas sont par exemple des panneaux isolants en XPS (les isolations en EPS ne conviennent pas à cause de leur forte absorption d'eau) et des nattes en granulés de caoutchouc ou d'autres matériaux semblables.

- **Fixation de l'installation**

Normalement, les installations solaires sur les toits plats ne sont pas liées à la structure porteuse ou à la sous-construction. Sur les constructions neuves et les assainissements généralisés, il est possible de planifier des points de fixation pour les liaisons avec la sous-construction.

- **Poids supplémentaire de l'installation**

Le poids propre de l'installation solaire est négligeable. Il en va autrement pour le poids supplémentaire destiné à alourdir l'installation pour lui permettre de résister à la pression et à la dépression du vent (renversement). Il est recommandé de choisir des constructions qui n'exigent

que peu de charges supplémentaires, telles que la liaison des alignements de supports à l'aide de profilés robustes, afin de créer une surface d'appui aussi grande que possible. Les panneaux de répartition de pression présentent l'avantage de ne pas charger les systèmes d'étanchéité de façon excessive et ponctuelle et de pouvoir être utilisés pour la fixation. Il est toutefois impossible de se passer d'une couche de protection (nattes en granulés de caoutchouc pour répartir l'amortissement des charges dynamiques du vent). D'autres possibilités de charges du système sont des cuves à remplir de gravier, des socles en béton, des éléments en béton.

- **Répartition des charges en cas de vent et de neige**

Les charges dues au vent dépendent de l'emplacement et sont à évaluer en fonction du type de l'objet (voir normes SIA 260/261).

Les charges de neige ont pour effet d'augmenter la charge ponctuelle sur l'étanchéité, l'isolation thermique et la structure porteuse. Dans les zones de bordures, il faut compter avec des sollicitations accrues dues au vent et à la neige. Ces charges additionnelles sont à déterminer et, si nécessaire, à répartir à l'aide de panneaux de répartition de la pression.



Collecteurs solaires montés sur des supports en béton. Les plaques de passage protègent le système d'étanchéité lors des travaux d'entretien et de maintenance.

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
- Constructeur de toits plats (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 (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, en ce qui concerne les conduites et lignes du toit jusqu'à l'intérieur du bâtiment, sont les suivantes :

- Dans le cas des installations photovoltaïques (PV), il s'agit généralement d'un câble jusqu'à 10 mm de diamètre, placé dans un tube protecteur.
- Dans le cas des installations thermiques, il faut poser, même en cas de petites et moyennes installations, deux tuyaux isolés ($\varnothing$ 60 à 100 mm, isolation comprise) et un câble reliant les collecteurs au ballon d'eau chaude.

Les passages de ces conduites (toujours en pente, si possible) sont à prévoir et à déterminer lors de la planification déjà.

Traversées du toit pour le câblage et les lignes

Les lignes qui passent par le système d'étanchéité pour atteindre l'intérieur du bâtiment exigent une traversée du toit. Il s'agit en général d'un encadrement en tôle relié à l'étanchéité. Cet encadrement doit être fermé vers le haut et fiablement étanche à la pluie et à la neige soufflée. La condensation d'eau doit être évitée par une isolation thermique appropriée.

Le raccordement du pare-vapeur à la traversée sera réalisé de façon étanche à l'air en toutes circonstances. La pose et le câblage des lignes électriques à l'intérieur du bâtiment sont l'affaire de l'électricien.

Travaux préparatoires

Dans les bâtiments neufs, il est recommandé dans tous les cas d'insérer un tube vide pour les conduites d'eau chaude (90 mm) et les câbles des modules photovoltaïques (35 mm).

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 (OTConst) et prises en considération dans la planification.

Nouvelles construction et transformations:

- Les mesures nécessaires (échafaudages, garde-corps) sont à prévoir et à réaliser à partir d'une hauteur de chute de 3 m.
- Contrôle visuel des échafaudages, consignation.
- Vérification de la sécurité de rupture d'éléments encastres tels que coupoles de lumière, vitrages, etc.
- Fixation de dispositifs de sécurité contre les chutes (filets de retenue) si la hauteur de chute à l'intérieur du bâtiment est supérieure à 3 m.
- Fixation de dispositifs anti-chutes autour des ouvertures du toit, indépendamment de la hauteur de chute.

Travaux de moindre importance (max. 2 jours-personne):

En cas de travaux sur des toits plats (inclinaison de 0° à 40°) et une hauteur de chute supérieure à 3 m, utiliser au minimum des cordes de sécurité.



Installation thermosolaire: pose de la conduite, traversée du toit ouverte (à gauche) ou couverte (à droite)

Dispositifs de levage

Les transports sur le toit doivent être exécutés 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.

Dépôt de matériel

Lors de l'entreposage de matériel sur le toit, on veillera à ce que ni la charge spécifique, ni la charge ponctuelle admissibles de la struc-

ENTRETIEN



ture porteuse et/ou des couches du système d'étanchéité ne soient dépassées. Dans tous les cas, le système d'étanchéité est à protéger par des mesures appropriées pendant la phase de montage. On fera en sorte que les entreposages soient au sec et situés dans un emplacement protégé des tempêtes.

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 photovoltaïques

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 à l'aide de câbles de chaîne enfichables pré-confectionnés (liaison entre les modules PV).

Il faut toutefois s'assurer que les modules sont équipés de fiches protégées contre les contacts accidentels et que les personnes qui exécutent le montage sont bien instruites. Elles doivent en particulier 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 toujours être installés par le détenteur d'une autorisation d'installation générale selon l'art. 7 ou 9 OIBT ou d'une autorisation limitée pour des travaux de montage sur des 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 la protection contre la foudre obligatoire. 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 terre profonde ou mise à terre de la fondation).

Protection contre les morsures de fouines

Bien que les câbles solaires soient équipés d'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 dommages causés par les fouines à l'aide de mesures appropriées.

6. Entretien

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

Accès/sécurité au travail

Principe:

- Planifier et réaliser des chemins de contrôle et de passage avec des plaques de jardin.
- Équiper les toits de systèmes de sécurité contre les chutes (points d'appui)

Sortie sur le toit:

- Utiliser les chemins de contrôle planifiés et couverts de plaques de jardin.
- Toujours s'assurer pour exécuter les travaux dans les zones dangereuses (jusqu'à 2 m de l'arête de chute).
- Toujours s'assurer pour pénétrer sur les chemins longeant les arêtes de chute.

Montée par une échelle:

- Fixer le point d'appui de l'échelle à proximité immédiate de la sortie
- Définir la position des montées par une échelle et les marquer s'il y a lieu. Si possible, recommander et monter des échelles fixes.

REMISE DE L'INSTALLATION



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, la plupart du temps les prestations des assurances ne sont pas couvertes dans ces cas. Aussi, les travaux d'entretien et de maintenance devraient toujours être exécutés par des spécialistes de la profession.

Travaux de maintenance de l'installation

- Contrôle des raccordements électriques.
Les installations d'énergie électrique solaire (photovoltaïque) doivent être soumises tous les 10 ans à un contrôle technique par une entreprise concessionnaire avec remise d'un rapport de sécurité. Ce rapport est exigé par le fournisseur d'électricité local après chaque contrôle.
- Contrôle de la protection contre la foudre.
L'ensemble des raccords sur les 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

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 plat Enveloppe des édifices Suisse
Karl Jung, directeur sécurité au travail Enveloppe des édifices Suisse

Graphisme, détails

Peter Stoller, Grafitext, Treiten

- 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 des installations PV au réseau du fournisseur d'électricité

L'installation est à signaler à l'exploitant du réseau par un avis d'installation. Ceci sera effectué avant les travaux d'installation afin que l'exploitant du réseau puisse vérifier si un renforcement de son réseau est nécessaire. La fin du montage doit être 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 271, 118/271, 380/1, 380/4, 260, 261
- Check-list SUVA CL 67018
- Ordonnance sur les travaux de construction (OTConst)

Impression

Cavelti AG Druck und Media, Gossau SG

Édition

ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE
Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices
Commission technique énergie
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

