



## EXPLICATIONS RELATIVES À LA COMPARAISON DES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES INTÉGRÉS AU TOIT

La maison moderne devient de plus en plus une centrale électrique. Grâce à une installation solaire efficace sur le toit, il est possible de produire plus d'énergie qu'il n'en est consommé par les habitants. Les installations solaires font en outre de plus en plus office de couverture du toit. Grâce à une planification appropriée, les matériaux de couverture produisant de l'énergie peuvent s'intégrer de façon optimale dans le corps du bâtiment, aussi bien du point de vue économique qu'esthétique.

Enveloppe des édifices Suisse publie dans l'espace membres [www.gebaeudehuelle.swiss](http://www.gebaeudehuelle.swiss) une comparaison des différents systèmes photovoltaïques intégrés au toit. La présente fiche technique fournit des explications très utiles pour améliorer la comparaison en ligne et aider les spécialistes et les planificateurs dans la recherche du système le mieux adapté.

### Sommaire

- 1 Normes et directives
- 2 Distinction des systèmes intégrés
- 3 Explications concernant les données déclarées
- 4 Renvoi à des documents plus détaillés

Les données de cette fiche technique ont été rassemblées et vérifiées par les Commissions techniques Toitures inclinées et Énergie de l'association Enveloppe des édifices Suisse.

L'exactitude et la responsabilité des données incombent cependant aux fournisseurs qui les ont mis à notre disposition en auto-déclaration.

Les fiches techniques des divers systèmes se trouvent dans l'espace membres sur [www.gebaeudehuelle.swiss](http://www.gebaeudehuelle.swiss). Les critères permettent une comparaison directe.

## NORMES ET DIRECTIVES



### 1 Normes et directives

#### • Norme SIA 232.1

2.2.7.8 Lorsque des installations solaires sont utilisées comme couverture, il est nécessaire de prévoir des mesures de protection appropriées en raison des influences possibles de la chaleur et de l'humidité sur la sous-couverture.

2.1.2.6 Lorsque des éléments solaires ont une fonction de couverture, ils doivent répondre aux exigences de celle-ci.

#### • Norme relative aux installations à basse tension (NIN), section 7.12

#### • Document sur l'état de la technique relative à l'AEAI, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, Guide de protection incendie (Swissolar)

Objectif de protection du Guide de protection incendie AEA: les installations solaires ne doivent pas aggraver de façon inadmissible le risque d'incendie, que ce soit durant leur exploitation ou dans le cas d'un incident.

Pistes de solutions: les installations solaires intégrées au bâtiment doivent être isolées des locaux présentant un risque d'incendie (bâtiments agricoles, entreprises de transformation du bois, etc.) Dans ce cas, l'étanchéité de la sous-couverture peut être assurée par un panneau en bois ou une plaque de fibrociment p. ex.

Dans tous les cas, la sous-couverture combinée à la couverture photovoltaïque doit assurer la fonction globale. Pour le choix de la sous-couverture, on veillera à ce que celle-ci réponde aux exigences du fournisseur du système photovoltaïque.

#### • Ordonnance sur les matériels électriques à basse tension (OMBT)

Pour le montage d'une installation photovoltaïque en Suisse, tous les produits utilisés doivent répondre à l'OMBT.

#### Définition installations PV intégrées:

Selon le chapitre 1, art. 6 de l'Ordonnance sur l'encouragement de la production d'électricité (OEnER), les installations PV sont dites «intégrées» lorsqu'elles se trouvent intégrées dans des bâtiments et que, en plus de produire de l'électricité, elles protègent contre les intempéries, la chaleur ou les chutes.

### 2 Distinction des systèmes intégrés

Pour faciliter cette distinction, les systèmes ont été subdivisés en 3 types dans la présente fiche technique (les systèmes ne font pas tous l'objet d'un soutien public pour systèmes intégrés au toit):

#### • Type 1 (soutien public pour systèmes intégrés au toit):

Les modules photovoltaïques remplacent entièrement le matériau de couverture et en assurent les fonctions.

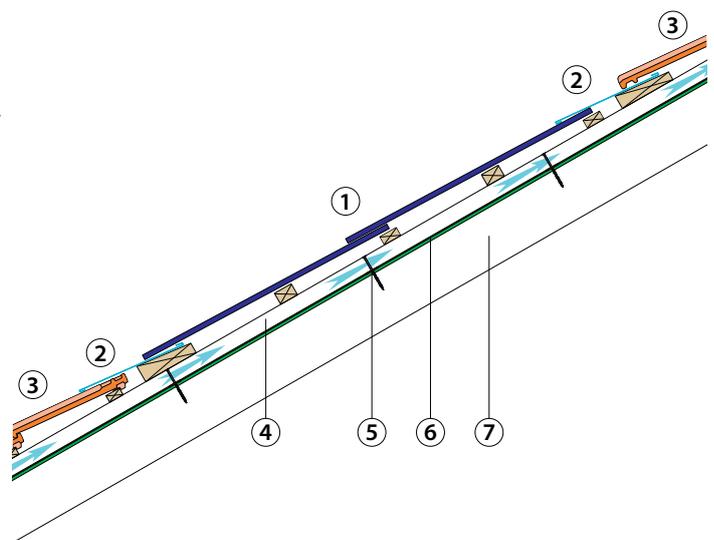
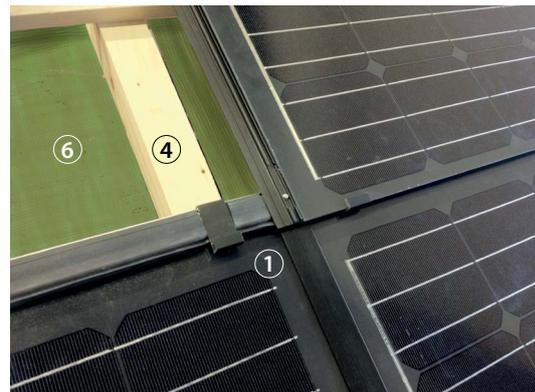


Fig. 1: type 1; système solaire intégré à recouvrement (1), raccords supérieurs et inférieurs en tôle (2), couverture de toiture à lattage (3), espace ventilé formé par une contre-latte (4), fixation étanche de la contre-latte (5), sous-couverture (6), chevrons (7)

## DISTINCTION DES SYSTÈMES INTÉGRÉS



- **Type 2 (soutien public pour systèmes intégrés au toit):**  
Le matériau de couverture reste en place et les modules photovoltaïques sont fixés au matériau de couverture par serrage, vissage ou collage.

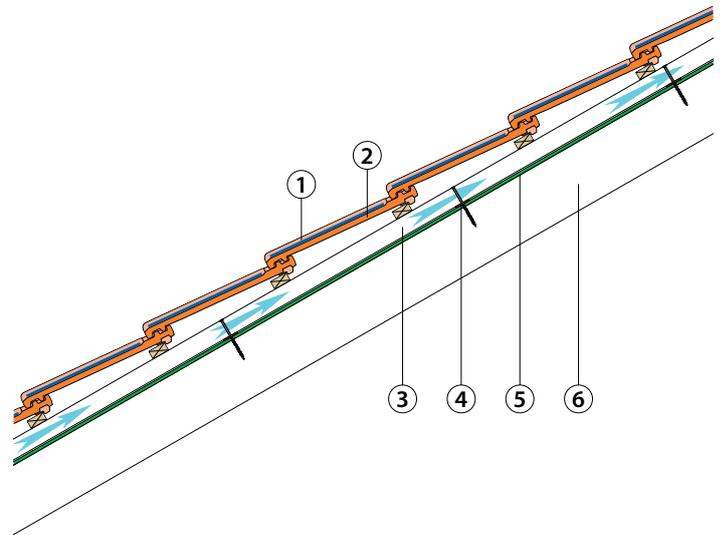


Fig. 2: type 2; système intégré avec élément solaire (1) situé directement sur la tuile du toit (2), espace ventilé créé par une contre-latte (3), fixation étanche de la contre-latte (4), sous-couverture (5), chevrons (6)

- **Type 3 (soutien public pour systèmes montés après coup):**  
Du fait qu'ils ne recouvrent pas entièrement le matériau de couverture, ces systèmes ne répondent qu'extérieurement aux critères d'un système intégré au toit.

La surface des modules présente des joints ouverts (non étanches). L'eau météorique est évacuée par une couverture supplémentaire située sous les modules.

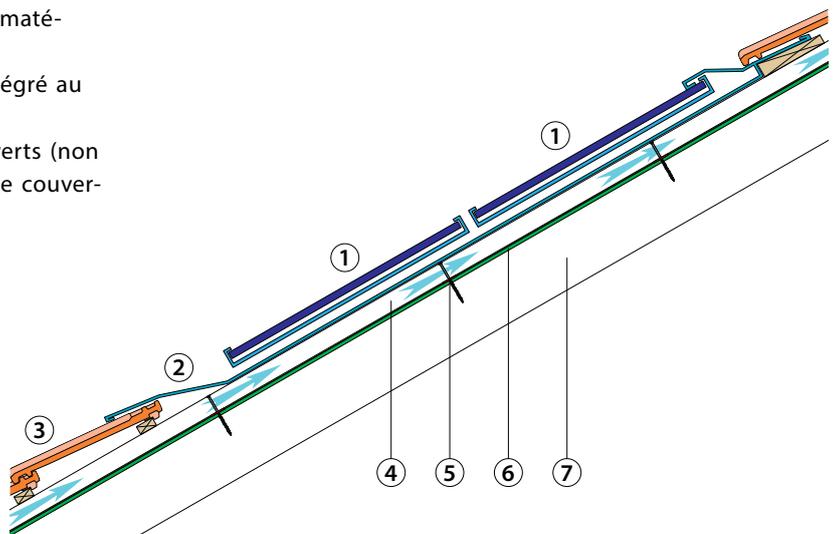


Fig. 3: type 3; ne correspond pas à un système intégré au toit. Modules solaires avec joints droits ouverts (1), couche conductrice d'eau située sous les modules (2), couverture du toit avec lattage (3), espace ventilé créé par la contre-latte (4), fixation étanche des contre-lattes (5), sous-couverture (6), chevrons (7)

## EXPLICATIONS CONCERNANT LES DONNÉES DÉCLARÉES

**3 Explications concernant les données déclarées**

Les points suivants ont été déclarés par les fournisseurs systèmes et peuvent être consultés dans l'espace membres. Dans la présente fiche technique, *les points marqués* sont toujours accompagnés d'une explication.

1. Fabricant du système
2. Adresse du distributeur en Suisse
3. Lancement sur le marché (année)
4. Support de planification par le fournisseur
5. **Formation concernant le système**
6. **Matériaux de couverture utilisables**
7. Plage de la pente du toit de/à ... °C
8. Exécution du joint horizontal / recouvrement
9. Exécution du joint vertical
10. **Accessoires de montage**
11. Les composants de système suivants sont disponibles:  
Point d'ancrage...
12. Couleur des profilés des cadres/de la sous-construction
13. **Exigences concernant la sous-couverture**
14. **Poids du système (module + sous-construction)**
15. **Technologie des cellules**
16. **Structure du module**
17. **Puissance par module**
18. **Puissance par m<sup>2</sup>**
19. **Dimensions standard du module**
20. **Dimensions des modules standard L x H mm**
21. **Des dimensions particulières sont-elles disponibles (sur demande)?**
22. **Nécessité de compenser le potentiel**
23. Pour les modules, résistance à la pression max. N/m<sup>2</sup>  
(charge d'essai)
24. **Altitude de référence max. m**
25. **Charge de vent max. N/m<sup>2</sup>**
26. Classe de résistance à la grêle RG
27. Enregistré dans le Répertoire de grêle
28. **Statique du système avec garantie**
29. **Accès sans limitation de la garantie**
30. **Certificats/attestations**
31. **Durée de montage h/m<sup>2</sup>**
32. **Garantie produits années**
33. **Garantie performances années**
34. Autres remarques

**Point 5. Formation concernant le système**

Divers fournisseurs de systèmes exigent une formation à leurs systèmes comme condition préalable pour commander leurs produits. Le fournisseur de systèmes donne les indications suivantes:

- Oui... une formation est proposée
- Condition préalable... pour commander des matériaux, il faut avoir suivi une formation au préalable.

**Point 6. Matériaux de couverture utilisables**

La plupart des systèmes PV intégrés au toit disponibles sur le marché sont montés dans un cadre séparé, indépendamment du matériau de couverture. Les jonctions avec les tôles de raccordement se font avec le matériau de couverture en place (voir type 1).

Il existe cependant aussi des systèmes adaptés spécialement à un matériau de couverture. Dans ce cas, la largeur du module sera adaptée à la largeur du matériau de couverture. Dans certains cas, le matériau de couverture sert directement de support aux modules PV (voir type 2).

**Point 10. Accessoires de montage**

Énumération de tous les composants spéciaux livrés avec des modules, tels que profilés d'évacuation d'eau, crochets, armatures, vis spéciales, etc.

**Point 13. Exigences concernant la sous-couverture**

Selon SIA 232 et les commissions techniques Toitures inclinées et Énergie solaire, une sous-couverture doit être réalisée sous chaque installation solaire, qu'elle soit à chaleur solaire ou photovoltaïque. Comme il faut compter avec une quantité d'eau de condensation accrue, la préférence sera donnée aux sous-couvertures pour exigences élevées ou extraordinaires.

Dans le cas des sous-couvertures à films, on veillera en particulier à ce que les films restent thermiquement stables jusqu'à 80°C au moins.

- **Les sous-couvertures pour sollicitation normale** doivent assurer l'étanchéité à l'eau d'écoulement. Exemples: sous-couverture à panneaux ou à films posée en écailles; recouvrements ni collés, ni soudés.



## EXPLICATIONS CONCERNANT LES DONNÉES DÉCLARÉES



- **Les sous-couvertures pour sollicitation élevée** doivent être étanches contre l'eau stagnante jusqu'à 50 mm de hauteur, ce qui est exigé, entre autres, dans le cas de couvertures faiblement inclinées situées dans des zones menacées de refoulement ou sur des toits avec collecteurs en tant que couverture. Exemple: sous-couvertures à films, recouvrements collés ou scotchés.
- **Les sous-couvertures pour sollicitation extraordinaire** doivent être étanches contre une pression d'eau élevée (hauteur de retenue > 50 mm). Ceci est exigé, entre autres, sur des toits à faible pente, en cas de raccordements à des gouttières internes ou au-dessus de superstructures importantes. Exemple: sous-couverture à film, recouvrements à soudage homogène sans joints.
- L'aération entre la sous-couverture et la couverture (hauteur de la contre-latte) doit toujours être contrôlée. La lame d'air doit avoir une hauteur supérieure d'au moins 15 mm à celle prévue dans la norme SIA 232/1 pour une couverture normale.

**Point 14. Poids du système (module + sous-construction)**

Le poids du système comprend tous les composants situés au-dessus du contre-lattage tels que lattage, profilés et modules.

**Point 15. Technologie des cellules**• **Cellules cristallines**

Monocristallines, aspect anthracite, rendement 14 à 22%  
polycristallines, bleu scintillant, rendement 14 à 20%

• **Cellules à couche mince**

Cellule solaire CIS/CIGS, rendement 12 à 17%

**Point 16. Structure du module**

La structure du module laisse apparaître s'il s'agit d'un module verre-verre ou d'un module verre-film, si le module est à cadre ou s'il s'agit d'un stratifié.

**Point 17. Puissance par module**

La puissance d'un module permet de savoir combien de watts un module peut fournir dans des conditions standard de test (STC).

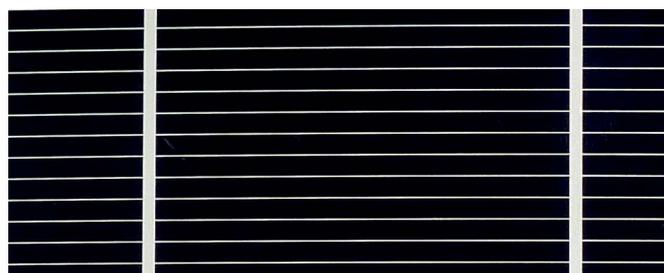


Fig. 4: cellule monocristalline

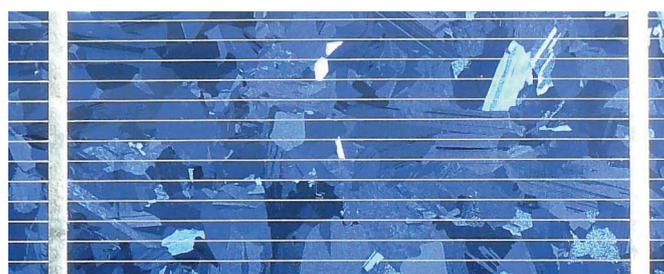


Fig. 5: cellule polycristalline



Fig. 6: silicium amorphe

**Point 18. Puissance par m<sup>2</sup>**

Comme les modules n'ont pas tous les mêmes dimensions, la valeur correspondant à la puissance par module ne permet pas de connaître l'efficacité de la cellule. C'est pourquoi la puissance d'un module est convertie pour un mètre carré (p. ex.: puissance du module 240 Wp : surface module 1,6 m<sup>2</sup> = puissance par m<sup>2</sup> correspond à 150 watts pour STC).

## EXPLICATIONS CONCERNANT LES DONNÉES DÉCLARÉES

**Point 19. Dimensions standard du module**

Pour les systèmes intégrés au toit, il est en général défini si les modules doivent être montés en hauteur ou en largeur. Pour la taille standard du module, on indique d'abord sa largeur L, puis sa hauteur H, et enfin son épaisseur E, toujours en millimètres.

**Point 20. Trame des modules standard**

La trame, dite aussi entraxe, indique après combien de millimètres commence le module suivant.

L pour largeur indique la largeur d'un module plus le joint. Ou encore, la distance entre le bord droit du module et le bord droit du module suivant.

H pour hauteur indique la distance du bord inférieur du module au bord inférieur du module suivant.

**Point 21. Des dimensions particulières sont-elles disponibles?**

La dimension et la forme des modules PV finis ne peuvent plus être modifiées sans qu'il y ait perte de la fonction d'éléments de production de courant. Pour cette raison, les installations PV qui couvrent la surface complète d'un toit exigent la mise en œuvre de modules spéciaux ou de compensation aux rives, faites, noues, arêtiers et pénétrations de tuyaux de ventilation ou de fenêtres de toiture. Ces modules peuvent être réalisés sous forme de modules fonctionnels ou de modules factices (plaque de verre sérigraphiée, tôle imprimée, plaque de fibrociment teintée). Il n'existe cependant pas d'offres correspondant à tous les systèmes.

**Point 22. Nécessité de compenser le potentiel**

La réponse du fournisseur dépend de la nécessité ou non d'une égalisation de potentiel de protection (SPA) pour le système concerné.

**Point 24. Altitude de référence max. et point 25. Charge de vent max.**

Les régions avec des charges de vent plus élevées (vallées à foehn par exemple) ou les régions à fort enneigement posent à la statique et à la fixation des matériaux de couverture une charge supplémentaire extraordinaire.

Attention: les données indiquées dans les tableaux des systèmes sont des valeurs maximales qui sont à additionner lorsqu'interviennent du vent et de la neige. L'établissement

des données correctes incombe au concepteur de l'installation, celui-ci étant familiarisé avec les données et exigences locales. Pour les cas spéciaux (régions de foehn ou à fort enneigement), il est recommandé de faire appel à un statisticien ou de confier au fournisseur du système les calculs statiques en fonction de l'objet (statique du système avec garantie).

Les valeurs à utiliser peuvent être prélevées dans la carte des charges du vent et dans la carte des altitudes de référence de la norme SIA 261 (voir calculateur de la charge du vent Enveloppe des édifices Suisse sur Intranet [www.gebäudehülle.swiss](http://www.gebäudehülle.swiss), et aussi détermination de l'altitude de référence sur [www.eternit.ch/de/services/tools](http://www.eternit.ch/de/services/tools)).

**Point 28. Statique du système avec garantie**

La statique du système est définie et calculée par le fournisseur, ou bien celui-ci fournit un outil de calcul qui permet au monteur de faire lui-même des calculs auxquels il pourra se fier.

**Point 29. Accès sans limitation de la garantie**

On ne peut en principe pas marcher sur les modules PV. Le problème n'est pas le manque de résistance du verre solaire, mais le fait qu'il fléchit. Le fléchissement du verre se répercute sur les cellules solaires, ce qui se traduit par des microfissures. Or, les microfissures réduisent le rendement et peuvent produire des «hotspots», ceux-ci étant susceptibles de mettre hors service certaines cellules, voire des modules entiers.

Il existe des modules qui, du fait de leur moindre dimension ou d'un verre de couverture plus solide, résistent au fléchissement du verre solaire, et sur lesquels on peut donc marcher. Pour cette raison, le fabricant des modules garantit que le fait de marcher dessus ne produit pas de microfissures et n'en altère pas la qualité.

**Point 30. Certificats/attestations**

- SNEN 61215 prend en considération toutes les grandeurs d'influence telles que les exigences et procédures relatives aux essais, de même que les particularités technologiques.
- SN EN 61730 fixe les exigences quant à la construction et aux essais.



## EXPLICATIONS CONCERNANT LES DONNÉES DÉCLARÉES



- Essai classe de protection II: l'objectif général est la protection des personnes en contact avec du courant continu. L'isolation particulière (exécution double ou renforcée) des éléments actifs doit rester intacte pendant toute la durée de vie des modules. Cet essai est pris en compte dans la norme SN EN 61730.
- SN EN 62716 (essai de résistance à l'ammoniac) pour une utilisation au-dessus d'écuries p. ex.
- TÜV (Technischer Überwachungs-Verein), organisme indépendant d'essai et de certification selon les normes CEI citées ci-dessus p. ex. Il existe encore d'autres organismes d'essais certifiés.
- Le SPF (Institut für Solartechnik) est un laboratoire d'essais implanté à Rapperswil et ayant une homologation internationale pour l'énergie solaire. Les essais portent sur des composants solaires thermiques. Y sont effectués aussi des essais faisant intervenir le vent, la charge neigeuse, la grêle et des poussées.
- Le Supsi (Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana) est un institut de recherche et d'essai suisse implanté dans le Tessin, qui effectue des essais faisant intervenir la grêle et qui délivre aussi des homologations sur la succion et la pression du vent.

### **Point 31. Durée de montage h/m<sup>2</sup>**

La durée de montage comprend tous les travaux qui sont à réaliser sur une construction neuve à partir du contre-lattage (lattage, profilés, câblage des modules jusqu'aux câbles string...). Le raccordement des matériaux de couverture aux tôles de liaison n'est pas pris en considération ici.

### **Point 32. Garantie sur les produits**

Les produits sont garantis entre 2 et 10 ans. Lorsque le délai de garantie est long, on peut souvent en conclure que le produit est fiable.

Le transfert des profits et risques est souvent négligé. Il faut par exemple s'entendre avec le fournisseur pour savoir qui porte la responsabilité de l'assurance transport.

### **Point 33. Garantie de performance**

Les modules PV peuvent présenter des tolérances de puissance liées à la production. Actuellement, les modules provenant d'installations

de production modernes ne présentent souvent plus que des tolérances positives, + 5% p. ex.

Comme les cellules solaires perdent en puissance au cours de leur vie, ceci est souvent indiqué dans la garantie de performance, p. ex. au min. 90% en 10 ans et au min. 80% en 25 ans.

Il faut savoir ici que la garantie de performance ne se rapporte qu'à la performance minimale du module (après déduction de la tolérance de performance) et non à la performance nominale.

### **4 Renvoi à des documents plus détaillés**

- Les fiches techniques des différents systèmes se trouvent dans Extranet sur [www.gebaeudehuelle.swiss](http://www.gebaeudehuelle.swiss).
- La préparation du travail, la sécurité au travail et l'entretien sont traités dans la fiche technique «Montage d'installations photovoltaïques et thermosolaires sur les toits inclinés».
- Factsheet mesures de sécurité contre les chutes sur les toits solaires
- Les mesures de sécurité pour le contrôle et l'entretien doivent toujours être planifiées.
- Le glissement de neige est à planifier dans l'utilisation de l'installation et dans l'environnement, ou à empêcher par des mesures appropriées.

## MENTIONS LÉGALES

### Direction du projet

Michael Baur, 3049 Särswil, Commission technique Toitures inclinées d'Enveloppe des édifices Suisse

Marco Walker, 9240 Uzwil, Commission technique Solaire/Énergie d'Enveloppe des édifices Suisse

Hansueli Sahli, 8312 Winterberg, Responsable technique Enveloppe des édifices Suisse

### Groupe de travail / auteurs

Commission technique Solaire/Énergie d'Enveloppe des édifices Suisse

Commission technique Toitures inclinées d'Enveloppe des édifices Suisse

### Détails graphiques

Peter Stoller, Grafitext, 3226 Treiten

Marco Ragonesi, RSP Bauphysik AG, 6003 Lucerne

### Impression

Cavelti AG, Druck und Media, 9201 Gossau SG

### Éditeur

ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE

Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices

Commission technique Solaire/Énergie

Lindenstrasse 4

9240 Uzwil

T 0041 (0)71 955 70 30

F 0041 (0)71 955 70 40

info@gebäudehülle.swiss

www.gebäudehülle.swiss

