

## Recommandations pour l'installation de systèmes photovoltaïques .



*Fig.:Installation Marxiquanes 66500. Enersun. Système SolarStyl® .*

En France, de nombreux modules photovoltaïques ont été installés en utilisant des systèmes de pose qui se sont révélés défectueux.

Ainsi, l'Agence Qualité Construction, alertée par les assurances, a décidé d'éditer sa propre liste de systèmes de pose de modules photovoltaïques.

En effet, les certifications délivrées, notamment par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, sont apparues comme peu fiables. C'est la raison pour laquelle les assureurs se reportent vers l'avis de l'AQC. Ce qui pose aussi un problème: l'AQC ignore les systèmes innovants et, paradoxe, invite les innovateurs à obtenir l'agrément du CSTB!

Cependant, il n'échappe pas à un œil expert que certains systèmes de pose agréés par l'AQC n'offrent pas les garanties optimales pour l'installation de surfaces photovoltaïques intégrées au bâti ou surimposées à la toiture.

Le maître d'ouvrage doit donc s'intéresser au système de pose, mais aussi questionner le fournisseur de modules, car des modules photovoltaïques, acquis à bas prix en Chine ou ailleurs, transitent dans certains pays européens où ils obtiennent le label recherché et l'étiquette du soi-disant fabricant français ou européen, après avoir reçu une intervention mineure.

Enfin le même questionnement doit être fait pour l'installateur de systèmes photovoltaïques et sur sa qualification. Les écodélinquants sont encore nombreux.

*Les photographies sont extraites du "Musée des horreurs photovoltaïques " qui peut être consulté sur le site:  
[https://www.facebook.com/Papy.Jules/media\\_set?set=a.10201476390364394&type=3](https://www.facebook.com/Papy.Jules/media_set?set=a.10201476390364394&type=3)*

## Thèmes traités

1. Quel type d'installation: surimposition ou intégration? .....	3
2. Caractéristiques du système photovoltaïque.....	3
a. L'esthétique des systèmes.....	3
b. La taille, le format et le poids des modules.....	4
c. L'inclinaison de la toiture.....	5
d. Modules photovoltaïques installés jointifs ou disjoints? .....	5
e. Compatibilité du système de pose avec les autres éléments de la toiture et de la façade.....	7
3. Propriétés mécaniques et physiques du système de pose. ....	8
a. La résistance mécanique du système photovoltaïque .....	8
b. Les écarts des coefficients de dilatation .....	8
c. La neige.....	10
d. La résistance à la corrosion atmosphérique.....	11
e. La résistance à la corrosion galvanique.....	11
4. Montage du système .....	12
a. Montage facile et rapide. ....	12
b. La ventilation, les insectes.....	12
5. Sécurité.....	13
a. Sécurité incendie .....	13
b. Sécurité électrique.....	13
i. La connexion électrique des modules photovoltaïques.....	13
ii. Les diodes .....	14
iii. La mise à la terre.....	14
iv. Le cheminement des cables ne doit pas générer de boucles d'induction.....	15
c. Etanchéité. Test "Air Eau Vent".....	15
d. Protection contre le vol .....	15
6. Maintenance.....	15
a. Le nettoyage des modules photovoltaïques .....	15
7. Gestion de la thermique du bâtiment.....	17
8. Energie grise .....	17

## 1. Quel type d'installation: surimposition ou intégration?

Il s'agit d'un débat récurrent. Faut-il poser les modules photovoltaïques **à la place** de la toiture ou **au-dessus** de la toiture ?

- a) Poser les modules photovoltaïques **en surimposition** (au-dessus de la toiture) peut présenter des avantages si la toiture s'y prête. Cette solution étant le plus souvent inesthétique. Ce qui est mis en avant, c'est que la toiture sera protégée d'un incendie initié par les modules photovoltaïques et sera étanche, ce qui est inexact.

Les principaux défauts qui ont été observés sont :

- Les tuiles cassées par la charge des modules et les fuites dans la toiture. Il faut alors démonter le champ photovoltaïque pour trouver la fuite.
- Les tôles d'acier de la toiture, arrachées par l'installation photovoltaïque lorsque le système de pose est en alliages d'aluminium.

- b) Poser des modules photovoltaïques **en intégration**, c'est-à-dire en remplacement des tuiles. Cette solution est plus esthétique.

Il existe plusieurs systèmes d'installation le permettant, avec des limitations qui, quelques fois, ne sont pas respectées :

- Compatibilité du système avec l'angle de la pente du toit
- Nombre de rangées de modules autorisées
- Epaisseur et résistance mécanique du verre du module photovoltaïque. Les tests ont pu être réalisés sur des verres plus épais que celui de l'installation.
- Connectique.
- Ventilation des modules photovoltaïques.

## 2. Caractéristiques du système photovoltaïque

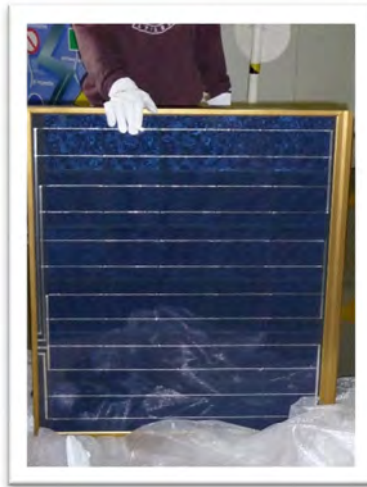
### a. L'esthétique des systèmes

Les modules photovoltaïques sont disponibles sur le marché sous différentes dimensions et différentes couleurs.

- Les cellules photovoltaïques sont noires (cellules monocristallines à bords arrondis), bleues (cellules silicium polycristallines) ou de diverses couleurs grâce au dépôt d'une couche mince interférentielle.
- Le verre peut avoir différentes performances en termes de transmittance ainsi que de réflectivité. Par exemple il ne faut pas que le champ photovoltaïque éblouisse les avions ou le voisinage.
- La face arrière des modules peut être en verre transparent (modules dits bi-verre), translucide ou opaque. Enfin cette face arrière, lorsqu'elle est opaque, peut être noire ou blanche.

Il reste le cadre généralement fabriqué en aluminium brut ou laqué noir. Il est nécessaire dans ce cas-là de veiller à ce que le cadre aluminium soit correctement protégé de la corrosion par une anodisation performante.

Enfin le seul système à cadre inox, SolarStyl® , peut être livré de toutes les couleurs, y compris doré !



Cadre SolarStyl inox. Commande pour une réalisation à Dubaï.  
Revêtement en nitrure de titane

## b. La taille, le format et le poids des modules

Les fabricants de modules photovoltaïques incitent à la pose de très grands modules photovoltaïques, rectangulaires et inesthétiques. L'installateur, confronté au format de la toiture, n'a d'autre choix que de poser les modules en format portrait ou paysage.

On préférera des modules de petites tailles, aux dimensions proches du nombre d'or, ce qui permet d'installer des systèmes plus esthétiques.



*Fig. : Installations de systèmes esthétiques en modules de petites dimensions.  
Photo de gauche : Damien Jacquinet/SolarStyl® \_Photo de droite: France Watt/Mégaslate*

Par ailleurs il vaut mieux que la surface photovoltaïque épouse la forme du toit notamment sur les toitures des bâtiments administratifs ou de prestige.

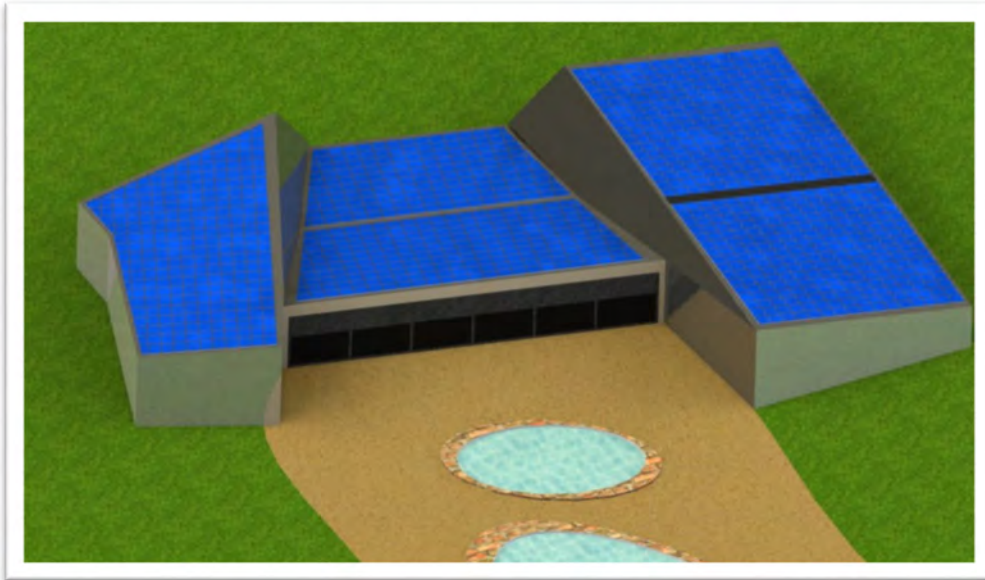


Fig.: Projet de musée, Sion (CH). La toiture photovoltaïque, étanche, épouse la forme du toit.

### c. L'inclinaison de la toiture

Cette inclinaison va définir le rendement électrique du système photovoltaïque.

L'inclinaison de la toiture doit être compatible avec le système de pose pour **garantir l'étanchéité de la toiture** lorsque le système photovoltaïque est posé en intégration.

### d. Modules photovoltaïques installés jointifs ou disjoints?

Il s'agit d'un problème occulté par les installateurs, et généralement ignoré par les architectes.

Une installation photovoltaïque horizontale ou inclinée, ou un champ photovoltaïque, **doivent être nettoyés régulièrement** car les fientes d'oiseaux, les poussières et les dépôts gras d'origine industrielle, provoquent une chute rapide des performances des systèmes.



Quand les modules sont disjoints, les poussières et le sable s'accumulent entre la toiture et les modules, ce qui permet aux plantes apportées par le vent ou les fientes d'oiseaux, ou aux mousses, de pousser entre les modules.

Pour retirer le sable sous la toiture il faut démonter les systèmes photovoltaïques.



Pour un champ photovoltaïque il faut tondre très régulièrement les plantes sinon elles vont pousser entre les modules. **Ainsi, ce qu'on économise en système de pose se perd en coûts d'entretien.**



Il est donc préférable d'installer des toitures, ou des champs photovoltaïques **étanches à l'eau** pour éviter l'accumulation des poussières et du sable *sous les modules photovoltaïques, ou entre les modules*, et pour empêcher la croissance de plantes dans les interstices.

#### e. Compatibilité du système de pose avec les autres éléments de la toiture et de la façade.

On peut trouver un avantage à ce que **deux composants** de la toiture puissent se poser de la même manière et que le système de pose soit *multifonctionnel*.

Par exemple **il est utile de pouvoir poser de la même manière** une toiture photovoltaïque et un puits de lumière ou une fenêtre de toit ou même un chauffe-eau solaire individuel.



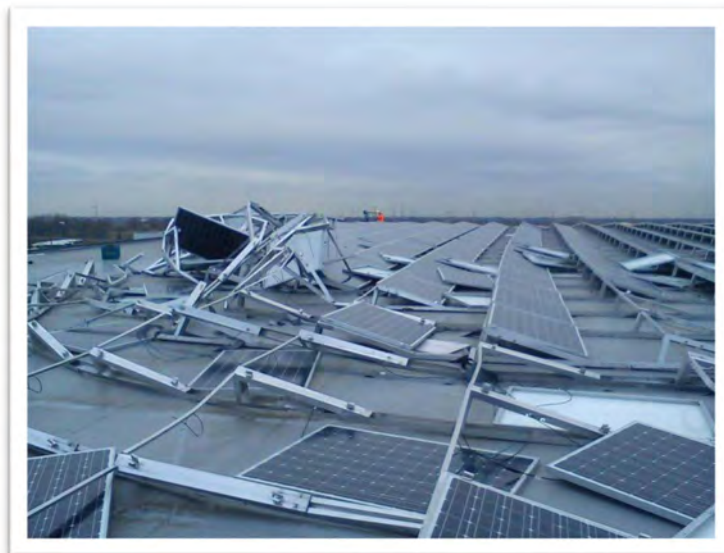
Fig. : Modules photovoltaïques et puits de lumière installés avec le même système de pose. Solarte. Système SolarStyl®.

### 3. Propriétés mécaniques et physiques du système de pose.

#### a. La résistance mécanique du système photovoltaïque

Plusieurs paramètres doivent être pris en compte pour définir la résistance mécanique du système photovoltaïque.

- Le poids du système installé.
- Le **mode de fixation** du système photovoltaïque sur un support bien caractérisé (poutre acier ou bois, tôle, ciment) *avec des vis bien spécifiées* qui ne doivent pas être laissées à l'appréciation de l'installateur
- **La résistance aux charges climatiques** (neige et vent) **pour la pente de toit considérée**. Les systèmes sont souvent sous dimensionnés, le photovoltaïque devenant un consommable, on le change à chaque tempête, ce qui est inacceptable !



- La résistance à une **dépression d'air** testée sur une installation photovoltaïque, selon le type de module ("verre-tedlar", bi-verre). Les fabricants caractérisent leurs modules pour une **pression** donnée qui, en fait, est supportée par la charpente. Or, la **dépression d'air** est souvent la cause principale de la ruine des systèmes installés.
- La résistance à une **dépression d'air mesurée en soufflerie** devrait être supérieure à 400 kg/m<sup>2</sup> (>4000 Pa)

#### b. Les écarts des coefficients de dilatation

Il s'agit d'un sujet souvent négligé lorsque les modules photovoltaïques **encadrés en aluminium** sont posés sur des supports métalliques en **acier** ou réciproquement.

Les forces développées sont considérables lorsque les écarts entre les coefficients de dilatation des cadres des modules photovoltaïques et des supports sont importants.

- Les alliages d'aluminium ont des coefficients de dilatation de l'ordre de **23.10<sup>-6</sup>/K**,
- les aciers inoxydables ferritiques utilisés en photovoltaïque ont un coefficient de dilatation de **10.10<sup>-6</sup>/K**



- L'acier galvanisé utilisé en photovoltaïque a un coefficient de dilatation de  $12.10^{-6}/K$ .
- Le verre a un coefficient de dilatation de l'ordre de  $9.10^{-6}/K$

Ainsi les tôles des bacs acier ou des toitures métalliques peuvent **être arrachées par les structures** en aluminium généralement utilisées, ce qui provoque des fuites. (On a observé ce désordre en Corse où les l'amplitude des écarts de température est élevée, les tôles ont été arrachées laissant des trous de 3 cm, et donc des fuites).

On peut aussi observer **la torsion des cadres en aluminium** des modules, due aux écarts de coefficients de dilatation avec l'acier de la toiture.

Finalement, l'économie réalisée dans le choix d'un cadre à bas coût, ou l'absence de cadre, se perd dans les coûts générés par l'inadaptation des écarts de coefficients de dilatation.

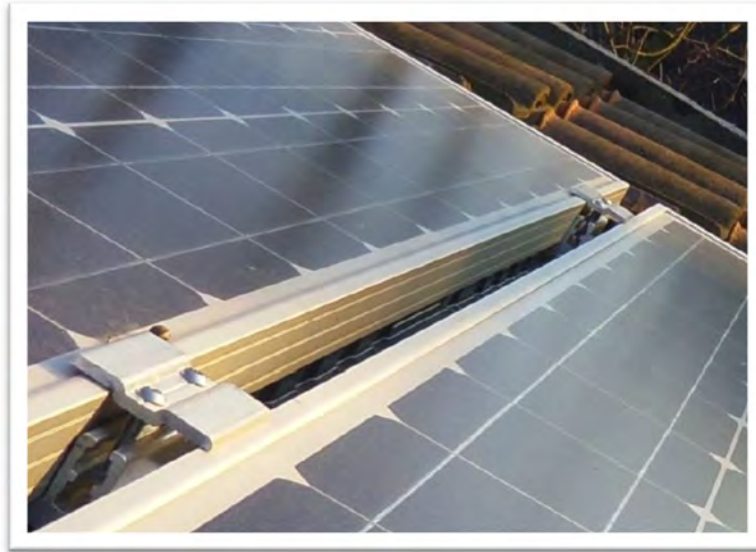
**On s'efforcera toujours de réduire l'écart du coefficient de dilatation entre le verre, l'encadrement des modules photovoltaïques, le système de pose et la structure support.**

L'accent devant être mis sur **l'homogénéité des alliages utilisés** : sur un support en acier on posera un système photovoltaïque en acier, sur un support en aluminium on posera un système photovoltaïque en aluminium.



*Fig. : l'étanchéité plastique a été arrachée par les modules photovoltaïques*

Enfin, certains systèmes d'accrochage des modules par pincement provoquent la rupture des modules ou la fissuration des cellules.



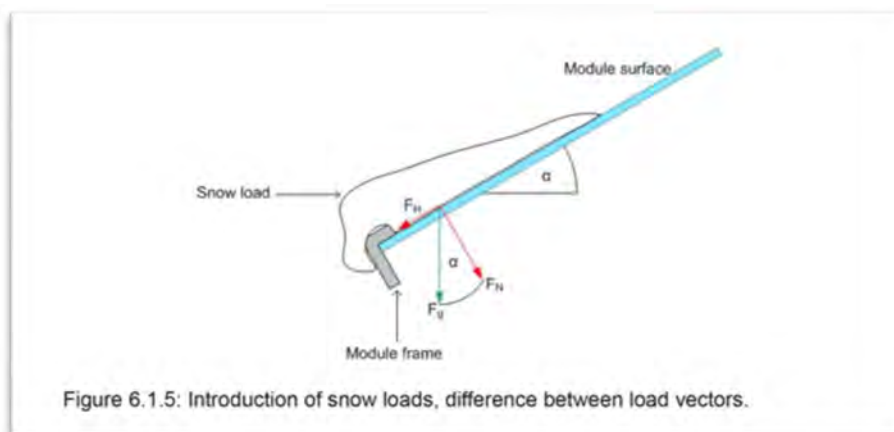
*Fig. : Modules pincés, la pince extrême s'est déplacée avec en raison de la dilatation différentielle. Le module peut se décrocher (F Sonntag, Saretec)*

### c. La neige

Un phénomène souvent négligé, est l'influence de la fonte de la neige qui forme de la glace, laquelle glace glisse sur la surface du module photovoltaïque.

Les laminés photovoltaïques ne sont généralement pas collés sur le bord du cadre en aluminium en raison des écarts de coefficients de dilatation. Ainsi la glace peut s'infiltrer entre le cadre et le laminé photovoltaïque et s'accrocher sur le cadre.

En glissant, la glace inégalement répartie sur la surface du module applique un couple sur le bord du cadre et le tord.



*Fig. 6.1.5: distribution des charges de neige. Le poids de la neige ( $F_g$ ) se décompose en force ( $F_h$ ) force de glissement sur la surface du module, et une force  $F_n$  qui fait fléchir le verre du module photovoltaïque*



*Photo centre : les châssis de modules sont endommagés après une forte charge de neige de 1,2 m, puis qui a fondu à une épaisseur de 35 cm, en hiver 2012. Alpes, altitude 620 m, angle d'inclinaison des modules 25 °. Modules de 60 cellules de dimensions 1660 mm x 990 mm, cadre aluminium de 50 mm.*

*Photo à gauche : la couche de glace glisse sur le bord du module, la glace plie le cadre.*

*Photo de droite : les vis d'angle sont arrachées par la glace.*

*Source: Review of Failures of Photovoltaic Modules. IEA-PVPS. 2014*

#### d. La résistance à la corrosion atmosphérique.

Les alliages d'aluminium ont une résistance à la corrosion qui dépend de la couche de passivation qui se crée spontanément à leur surface, et qui peut être renforcée à l'aide de divers traitements chimiques.

Cependant la moindre éraflure, ou les perçages nécessaires pour l'installation des modules photovoltaïques, dégradent la passivation et favorisent le développement de la corrosion des structures.

Souvent, les cadres des modules photovoltaïques sont fabriqués en alliages d'aluminium bas de gamme qui ne répondent pas aux problèmes posés par les différents types de corrosion atmosphérique.

**Pour ces raisons on ne posera pas de système en aluminium à moins d'un kilomètre du bord de mer, sauf garantie explicite du fabricant, et on aura la prudence, lors de l'installation de système en aluminium, d'identifier les sources de corrosion telles que les centrales de traitements des déchets, les étables, etc...**

A l'inverse, **les systèmes de pose en acier inoxydable** ne créent pas ce type de problèmes car le choix des aciers peut être adapté aux divers environnements ou sources potentielles de corrosion : bord de mer, centrales photovoltaïques flottantes sur lac, pollution par les centrales de traitement de déchets ménagers, élevage bovins ou caprins, etc...

#### e. La résistance à la corrosion galvanique

Les alliages d'aluminium ont une électronégativité qui n'est, souvent, pas compatible avec les vis en acier utilisées pour la fixation des champs photovoltaïques.

Le principal problème est lié à la corrosion galvanique des cadres en aluminium des modules photovoltaïques par les cosses de cuivre étamées utilisées pour la mise à la terre des cadres. L'étamage des cosses en cuivre finit par se dissoudre, lesquelles cosses de cuivre finissent par corroder l'aluminium.



*Fig. : Connexion à la terre déficiente des cadres en aluminium.  
On note que le câble électrique a été coupé probablement par le frottement sur les équerres en acier.*

En environnement marin, les embruns peuvent réaliser une connexion électrique entre les cadres des modules photovoltaïques, les supports éventuellement en acier, les vis ou les cosses de connexion à la terre des masses métalliques.

Les fabricants sérieux préconisent de ne pas installer des modules photovoltaïques, encadrés en aluminium, à moins d'un kilomètre du bord de mer, sauf s'il y a une anodisation de qualité, et coûteuse, des cadres.

## 4. Montage du système

### a. Montage facile et rapide.

Le montage du système doit être confié à du personnel expérimenté. Toutefois certains aspects ne doivent pas être laissés à l'appréciation de l'installateur :

- La connectique,
- La mise à la terre et la connexion des parties métalliques du système qui doivent être **automatiques**.
- L'installation des abergements doit être prévue dans le système choisi.

### b. La ventilation, les insectes

Les modules photovoltaïques doivent être ventilés pour limiter les pertes de puissance dues à leur échauffement au soleil. C'est un point souvent négligé par les maîtres d'ouvrage.

- Il faut des entrées d'air minimales **et garanties** sous les modules, en toiture ou en façade, supérieures ou égales à 20 mm
- Il faut prévoir des cassettes d'entrée et de sortie d'air pour les très grandes toitures.

*Les entrées d'air doivent être grillagées pour éviter que des insectes ne colonisent la sous face des modules (Guêpes, frelons)*

## 5. Sécurité

### a. Sécurité incendie

L'incendie des systèmes photovoltaïques a plusieurs origines:

- a) Un défaut de fabrication des modules peut créer un arc électrique qui va se développer en sous face du module,
  - b) Un défaut de la boîte de jonction va initier une combustion de la boîte qui va fondre et propager l'incendie,
  - c) La connectique peut être défectueuse.
- Il faut **imposer une connectique certifiée** et ne pas accepter des connecteurs "compatibles". Une des sociétés les plus copiées, la société alsacienne Multi Contact, fournit des connecteurs dont la marque est quasiment devenue un nom commun. Il faut donc exiger des connecteurs MC et non pas "*compatibles MC*".
  - On préférera des systèmes de connexion électrique "plug and play": le système se connectant automatiquement lors de la pose du module photovoltaïque.
  - Pour prévenir les incendies il faut exclure les installations dont **la boîte de jonction du module photovoltaïque** touche des parties combustibles du toit.  
La distance entre parties combustibles de la toiture et du module, ou de la boîte de jonction insérées dans le cadre devraient être **supérieure à 70 mm** pour limiter la probabilité d'inflammation de la toiture en cas de défaut du module photovoltaïque.
  - Il faut pouvoir détecter une élévation anormale de la température du module. **Le module doit pouvoir se mettre en court-circuit lorsque sa température devient supérieure à 120°C.**

Par ailleurs, **pour assurer la sécurité des pompiers**, outre le fait qu'un module ayant subi une température supérieure à 120°C doit se mettre en court-circuit, il est souhaitable:

- D'avoir un système d'installation ayant une résistance mécanique élevée en cas d'incendie pour que les modules restent en place.
- De vérifier qu'il ne peut pas y avoir de glissement dangereux des modules en cas d'incendie de toiture. Car, en raison de la dilatation thermique, certains modules peuvent se déchausser et glisser sur le toit.
- Lorsque les modules sont fixés individuellement sur les voliges ou sur les chevrons, et que le toit brûle, le système photovoltaïque dans son ensemble devrait s'effondrer dans le bâtiment, et ne pas glisser sur la toiture au risque de blesser gravement les pompiers.

### b. Sécurité électrique

#### i. La connexion électrique des modules photovoltaïques

Le courant continu circulant dans les modules est de l'ordre de 8 ampères. La tension d'un système photovoltaïque dépasse toujours les 60V considérés comme la tension au-delà de laquelle le contact sera mortel. En fait la tension d'un système photovoltaïque est de plusieurs centaines de volts.

On préférera la **connexion électrique automatique** des modules photovoltaïques ou, pour le moins, une **connectique hyper sécurisée du type Multi Contact**.

En connexion automatique :

- Les modules se connectent automatiquement lors de la pose.
- Les câbles sont correctement installés, en particulier il n'y a pas de possibilité de boucles de câbles, ce qui protège les onduleurs, ainsi que l'électronique de la maison, lors des coups de foudre.
- Pour assurer une protection optimale du système photovoltaïque, et des installations électriques du bâtiment, on peut blinder les câbles, par exemple en les installant **dans** le système de pose. On protégera ainsi l'installation contre les champs magnétiques induits par la foudre. De plus, on peut ainsi atténuer le champ magnétique créé par le courant créé par les modules photovoltaïques.
- Les cables doivent être inaccessibles aux rongeurs et au vandalisme.

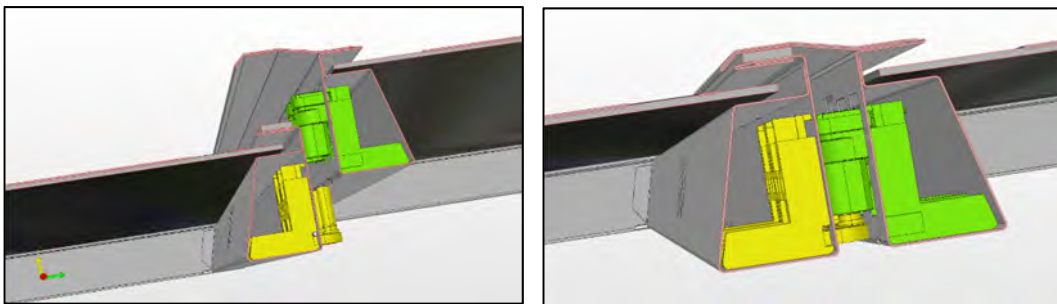


Fig. : connexion automatique des deux modules. Brevet SolarStyl®

## ii. Les diodes

Les modules photovoltaïques ont des diodes de protection, dites diodes by-pass, qui protègent les cellules en cas d'ombrage ou de champs magnétique induit par la foudre.

Lorsque les diodes sont dégradées elles ne sont généralement pas changées : on change le module !

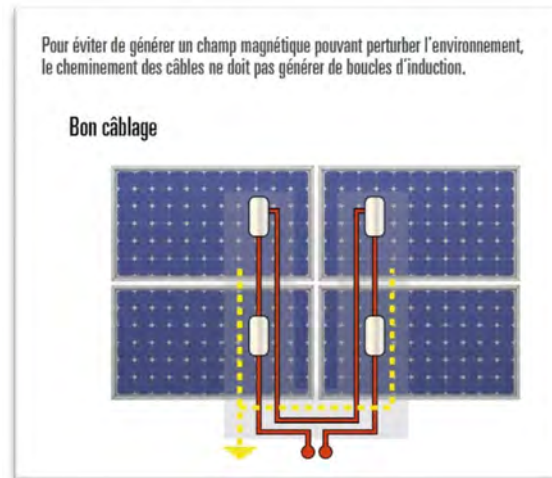
*On préférera un système où les diodes by-pass peuvent être changées.*

## iii. La mise à la terre

Les obligations suivantes devraient être mentionnées dans les cahiers des charges, même si certaines figurent déjà dans les normes :

- Il faut s'assurer que les parties métalliques des systèmes photovoltaïques sont toutes **connectées à la terre et le resteront 25 ans**.
- On préférera une connexion automatique des parties métalliques des cadres des modules, des rails et des traverses de support. **Cela ne doit pas dépendre de l'installateur.**
- On vérifiera que lorsqu'un (ou plusieurs) module photovoltaïque est retiré du système pour un contrôle, les cadres des autres modules photovoltaïques restent bien connectés électriquement entre eux.

#### iv. Le cheminement des câbles ne doit pas générer de boucles d'induction.



Source: calepin de chantier. PACTE. 2018

SolarStyl® présente l'avantage d'avoir une structure de câbles qui sont constamment blindés dans sa version "plug and play"

#### c. Etanchéité. Test "Air Eau Vent".

Le système photovoltaïque doit être **étanche à la pluie sous vent violent**. Typiquement 200 km/h de vent et un arrosage du type 3l/mn/m<sup>2</sup> sur les modules photovoltaïques installés.

#### d. Protection contre le vol

Il est indispensable de protéger les modules contre le vol, par exemple à l'aide de vis antivol. Cependant on préférera un système *qui ne permet pas d'utiliser les modules sans le système de pose*. Actuellement la plupart des modules photovoltaïques peuvent être utilisés sans le système d'installation.

## 6. Maintenance

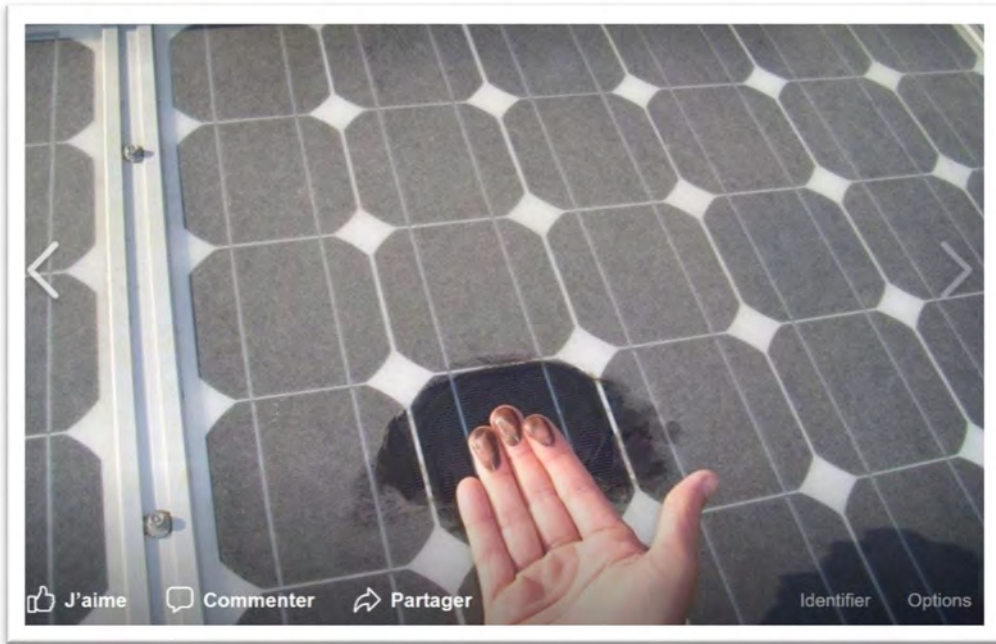
Les modules photovoltaïques doivent être nettoyés régulièrement. Comme nous l'avons souligné au paragraphe 1 C, il faut s'assurer que le système installé ne permettra pas la création de nids à poussière en toiture et en façade, ni de rétention d'eau dans les rails drainants.

Par ailleurs le système doit permettre de déposer simplement les modules pour éventuellement les changer.

#### a. Le nettoyage des modules photovoltaïques

Pour garder un rendement correct, il est le plus souvent nécessaire de nettoyer les modules.

Par exemple dans un environnement industriel (Port, zone industrielle) on constate des dépôts gras qui diminuent les performances des modules photovoltaïques.



De plus, il faut aussi supprimer régulièrement le sable et les fientes d'oiseaux.



**Or les produits de nettoyage, qui ne sont généralement pas de l'eau distillée, sont nocifs pour l'environnement.**

Ainsi, on voit des vastes champs photovoltaïques, avec des modules disjoints, nettoyés avec ces produits.

**Les effluents sont alors dispersés dans le sol ou envoyés à l'égout.**

Pourtant les fabricants de produits de nettoyage sont très précis : les effluents doivent être récupérés et ne doivent ni être épandus sur le sol, ni envoyés à l'égout



**Les spécifications de Karcher :**

H412 Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

**6.2 Précautions pour la protection de l'environnement :**

Diluer avec beaucoup d'eau.

Ne pas rejeter dans les canalisations, dans l'eau de ruissellement ni dans les nappes d'eau souterraines

Ne pas rejeter dans le sous-sol ni dans les terrains

**Il convient donc, dans tous les cas de figure, d'installer des surfaces photovoltaïques étanches à l'eau, ainsi qu'une gouttière spécifique à l'installation, pour pouvoir récupérer les effluents, les stocker puis les neutraliser.**

## 7. Gestion de la thermique du bâtiment

Une bonne gestion de la thermique du bâtiment devrait inciter à récupérer l'air chaud généré lors de la ventilation des modules photovoltaïques.

Ceci implique que la surface photovoltaïque soit raisonnablement étanche à l'air.

Dans ce cas on sait qu'une installation photovoltaïque améliore sensiblement la thermique du bâtiment.

La conductivité thermique des alliages support du photovoltaïque affecte aussi la thermique du bâtiment.

## 8. Energie grise

L'énergie grise des systèmes photovoltaïques contribue à l'énergie grise globale du bâti. La liste ci-dessous explicite le net avantage d'utiliser des aciers dans le bâtiment plutôt que des alliages d'aluminium, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Acier recyclé : 24 MWh/m<sup>3</sup>

Acier primaire : 52 MWh/m<sup>3</sup>

Cuivre 140 MWh/m<sup>3</sup>

Zinc ou titane 180 MWh/m<sup>3</sup>

Aluminium 190 MWh/m<sup>3</sup>

*SemperStyl Technologies*

*31 Rue des Etourneaux*


*95610 Eragny*

*06 43 88 74 82*

*contact@semperstyl.com*

## Comparaison des performances de systèmes d'installation de modules photovoltaïques

Les performances mentionnées ci-dessous résultent des tests et mesures réalisées sur des installations prototypes du système SolarStyl. Certaines performances mentionnées devraient naturellement évoluer.

		Système 1	Système 2
<b>Certification et tests</b>	Pass Innovation "vert" CSTB 2010 & Test Air Eau Vent CEBTP		
<b>Esthétique du système photovoltaïque installé.</b>			
Encadrement de modules de 30 cellules	✓		
Encadrement de modules de 60 cellules	✓		
Formats à la demande	✓		
<i>Encadrements de différentes couleurs, à faible coût.</i>	✓		
<b>Type de toitures ou de façades</b>			
Utilisation sur tous types de toitures inclinées	✓		
Utilisation en toiture "plate"(7°).	✓		
Utilisation en façade.	✓		
Utilisation en champs photovoltaïques.	✓		
Intégration sur véhicules ou bateaux	✓		
<b>Types de modules photovoltaïques pouvant être installés</b>			
Modules photovoltaïques opaques.	✓		
Modules photovoltaïques semi transparents; bi-verre et couche minces.	✓		
<i>Distance entre modules 12 mm.</i>	✓		
<i>Cadre et/ou rails adaptés aux modules.</i>	✓		
<b>Couleur des cadres</b>	Toutes couleurs disponibles.		
<b>Autres composants pouvant être installés avec le même système</b>			
Modules thermiques plans, chauffe eau solaire individuel et stockage.	✓		
Doubles vitrages. Mur-rideau.	✓		
Fenêtres de toit, type Vélux.	✓		

<b>Compatibilité avec l'installation de système végétal.</b>	√		
<b>Cadres et pièces en alliages résistant à la corrosion:</b>			
Au bord de mer	<i>acier inoxydable</i>		
Au voisinage de centrales de traitement de déchets ménagers	<i>acier inoxydable</i>		
En élevage bovins ou caprins	<i>acier inoxydable</i>		
<b>Caractéristiques mécaniques du système</b>			
Poids des structures métalliques au m <sup>2</sup> installé	< 8kg		
Poids des modules	13kg/m <sup>2</sup> en verre tedlar 25 kg/m <sup>2</sup> en bi verre	13kg/m <sup>2</sup> en verre tedlar 25 kg/m <sup>2</sup> en bi verre	13kg/m <sup>2</sup> en verre tedlar 25 kg/m <sup>2</sup> en bi verre
<b>Résistance aux charges climatiques. (Neige et vent)</b>			
Résistance pression <i>pente du toit à 45°</i>	5400 Pa		
Résistance dépression d'air, <i>pente du toit à 45°</i>	5400 Pa		
<b>Connectique et sécurité électrique</b>			
Connectique Multi Contact	√		
• Connexion conventionnelle MC4 <b>ou</b>	√		
<b>Connexion "plug and play" des modules</b>	√		
Cables blindés jusqu'à la sortie du champ photovoltaïque	√		
Connexion équipotentielle <i>automatique</i> des cadres, des modules photovoltaïques, et des rails. <i>Mise à la terre facile.</i>	√		
Connexion équipotentielle non interrompue lors de la suppression d'un ou plusieurs modules.	√		
Pas de boucle de cables et câbles blindés: <i>Protection des onduleurs lors des coups de foudres.</i> <i>Protection de l'électronique de la maison</i>	√		
Pas d'électricien nécessaire en toiture pour les kits <9kW. <i>L'électricien n'intervient que pour raccorder le système à l'onduleur.</i>	√		
Possibilité de kit PV pré-cablés. Les câbles ne sont pas apparents.	√		
Les câbles sont cachés dans le cadre donc blindés: • <i>Protection contre la foudre.</i> • <i>Câbles inaccessibles aux rongeurs</i>	√		

Calepinage du système en usine.	✓		
<b>Montage du système</b>			
Montage facile et rapide.	✓		
Préparation du montage en atelier (Rails et traverses).	✓		
Faible nombre de pièces au m <sup>2</sup> installé, à manipuler en toiture par module.	✓		
Pas de réfection de la planéité du toit en cas de restauration de toiture ancienne, mais liteaux, chevrons ou planches auxiliaires sont nécessaires sur les toitures anciennes.	✓		
• Installation sur tout type de toitures	✓		
• Installation simple des abergements	✓		
• Rails/chevrons porteurs possibles.	✓		
<b>Ventilation</b>			
• Entrées d'air minimales <i>et garanties</i> sous les modules, en toiture ou en façade, supérieures à 20 mm	✓		
• Cassettes d'entrée et de sortie d'air pour grandes toitures	<i>en développement</i>		
<b>Sécurité incendie</b>			
<i>Distance entre parties combustibles de la toiture et de la surface du module et de la boîte de jonction insérée dans le cadre supérieure à 70 mm pour limiter la probabilité d'inflammation de la toiture en cas de défaut du module photovoltaïque.</i>	✓		
Pas de plastique fondu pouvant couler sur le toit en cas d'incendie	✓		
Pas de projection de gouttelettes de métal fondu	✓		
Résistance mécanique élevée des cadres et rails en cas d'incendie.	✓		
Détection possible d'une élévation anormale de température de la toiture	✓		
Mise en court-circuit des modules lors d'une élévation anormale de température (T>120°C).	✓		
Pas de glissement dangereux des modules en cas d'incendie de toiture. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Les modules ne sont pas fixés individuellement sur les voliges ou sur les chevrons,</i></li> <li>• <i>le système dans son ensemble devrait s'effondrer dans le bâtiment, et ne pas glisser sur la toiture.</i></li> </ul>	✓		

<b>Étanchéité. Test "Air Eau Vent".</b>			
Étanchéité à la pluie sous vent violent (mesurée) de la surface SolarStyl. 225 km/h. Eau: 3l/mn/m <sup>2</sup>	✓		
Étanchéité raisonnable à l'air de la surface du système photovoltaïque.	✓		
<b>Résistance à une dépression d'air testée sur un cadre module "verre-tedlar":</b>			
Mesurée. <i>Test interrompu en raison de la faible résistance de la cloche d'aspiration.:</i>	470kg/m <sup>2</sup>		
Théorique:	6000Pa		
<b>Protection contre le vol</b>			
Vis antivol non détectables sans démonter le toit.	✓		
Vis antivol codées	✓		
Possibilité de protection mécanique contre le vol par barres en acier HLE et clavettes non détectables.	✓		
Modules PV inutilisables sans le système de montage	✓		
<b>Maintenance</b>			
Pas de nids à poussière en toiture et en façade, pas de rétention d'eau dans les rails drainants.	✓		
Dépose simple des modules (Parcloses)	✓		
Grille de protection contre les insectes et nids de guêpes	✓		
<b>Gestion de la thermique du bâtiment</b>			
Possibilité de récupération de l'air chaud résultant de la ventilation des modules.	✓		
<b>Entretien</b>			
Nettoyage des modules et récupération des eaux usées. La surface étanche permet la récupération des eaux additionnées de tensioactifs, utilisées pour le nettoyage des modules, <b>ce qui permet de ne pas polluer les nappes phréatiques</b> , et de faire des économies d'eau.	✓		
<b>Energie grise</b>	Acier recyclé: 24 MWh/m <sup>3</sup>	Aluminium: 190 MWh/m <sup>3</sup>	