



LE PHOTOVOLTAÏQUE : LES DIFFERENTS TYPES D'IMPLANTATIONS

Lorsqu'une installation PV est réalisée sur un bâtiment (majorité des cas pour la Région de Bruxelles Capitale), elles sont pour la plupart placées sur un toit. On distinguera les installations placées sur des toitures plates, des toitures inclinées et celles placées en façade. Les possibilités d'intégration seront analysées dans ces 3 cas de figures.

Quelques considérations à propos du montage de l'installation et de l'onduleur seront abordées à la fin du document.

1. INSTALLATIONS EN TOITURES PLATES

Le montage sur une toiture plate pose certains problèmes au niveau de l'étanchéité et de la stabilité du bâtiment. Ceux-ci doivent être préservés et ce pour la durée de vie prévue pour l'installation photovoltaïque (25 ans).

Certains obstacles (équipement, ventilation, etc.) peuvent être présents sur la toiture et peuvent porter de l'ombre sur les panneaux. Afin de calculer les distances nécessaires à respecter, nous référons vers le paragraphe « Solutions techniques », ci-dessous.

STABILITE

Les modules inclinés par rapport à la surface de la toiture vont subir l'effet du vent. Cet effet peut être vertical vers le haut (effort d'arrachement) ou vers le bas (compression) ou encore horizontal (cisaillement). Il est nécessaire de vérifier que l'ancrage ou le système de lestage utilisé est suffisant pour maintenir l'installation en place. On vérifiera également que la toiture et la structure portante peuvent accepter la charge supplémentaire (statique) et les effets dus au vent (dynamique). Ces calculs de vérification doivent être réalisés par un ingénieur civil en construction ou par un bureau d'étude en stabilité.

ÉTANCHÉITÉ

L'installation photovoltaïque ne doit pas avoir de conséquence négative pour l'étanchéité de la toiture. Une vérification de la qualité de la toiture existante doit avoir lieu au préalable pour déterminer si la toiture existante est encore bonne pour 25 ans ou s'il y a lieu de la réparer.

Cette vérification préalable par un organisme indépendant permet de déterminer les responsabilités éventuelles de l'installateur pour des dégâts survenus pendant le montage ou dus à l'installation photovoltaïque elle-même (perçement de la membrane par une sollicitation mécanique par exemple).

Certaines solutions proposées ne nécessitent pas le perçement de la membrane (systèmes posés et lestés ou collés). Lorsque la solution choisie nécessite le perçement de l'étanchéité, il est important de respecter les règles de bonnes pratiques pour rétablir l'étanchéité autour du point de perçement.

SOLUTIONS TECHNIQUES

Sur une toiture plate, il y a différentes manières d'installer un système photovoltaïque :

1. Usage de console:

Les panneaux PV sont placés sur des supports en matériau synthétique (PEHD) remplis de lestage (graviers, blocs de béton) : de 80 à 100 kg/m²

Dans ce système simple et modulaire, les panneaux sont inclinés avec un angle de 25° pour diminuer leur prise au vent et minimiser l'ombrage d'une rangée de modules sur la suivante. L'avantage est la simplicité de mise en œuvre mais le désavantage est de ne pas offrir beaucoup de flexibilité au niveau de l'inclinaison et au niveau du nombre de module par rangée (un et un seul).

L'espacement (communément appelé *pitch*) entre les rangées est dicté par l'angle d'ombre limite. Cet angle détermine à partir de quelle hauteur dans le ciel le soleil est « vu » par chaque module entier (c'est-à-dire sans ombre). En bonne pratique, on utilise un espacement de 3 x la hauteur de l'obstacle ou du module précédent. Cette règle simple donne un angle limite d'ombre donné par

$$\text{gamma} = \text{arctg} (1/3) = 18,5^\circ$$

Les règles de bonne pratique tolèrent un angle compris entre 15 et 18,5°

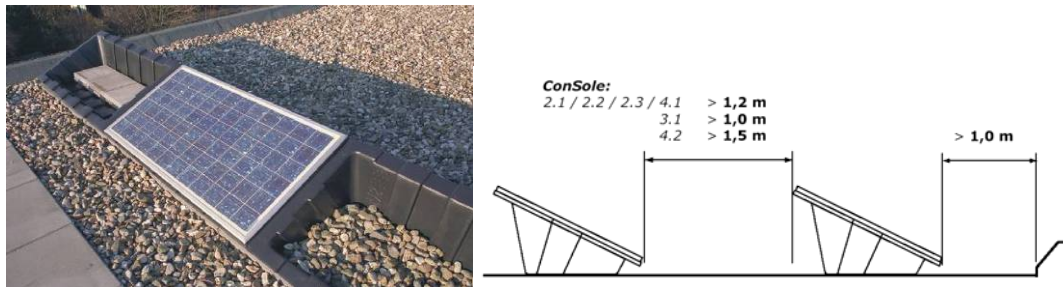


Figure 1 : Photo et représentation schématique d'une technique de montage de panneaux photovoltaïques sur une toiture plate.

2. Usage d'une structure portante en métal avec lestage

Les modules PV sont montés sur une structure métallique attachée au moyen d'un lestage. Ce type de structure portante est généralement peu coûteux étant donné que les panneaux photovoltaïques peuvent être intégrés dans les structures métalliques en atelier, avant leur montage en toiture. Étant donné que le système est lesté par le lestage, il est important de bien dimensionner l'ensemble pour résister aux conditions de vents les plus extrêmes, sans compromettre la structure de la toiture.



Figure 2 : Capteurs solaires PV montés sur une structure métallique maintenue en place par du lestage. (Projet D'Ieteren)

3. Usage d'une structure portante en métal fixée à la structure du bâtiment :

La structure métallique est arrimée à la toiture de manière à assurer la fixation des capteurs sans utiliser de lestage. Ce type d'installation nécessite une étanchéité parfaite du revêtement de toiture au droit des fixations, afin d'éviter des problèmes d'infiltration d'eau.



Figure 3 : Capteurs solaires PV dont la structure portante en métal est fixée à la structure du bâtiment. (Projet Limburgse Tuinbouwveiling, Herk-de-Stad).

4. Usage de panneaux souples en silicium amorphe :

Les panneaux en silicium amorphe (flexibles) peuvent être directement collés sur la surface de la toiture.

Ces panneaux ayant la même inclinaison que la pente de la toiture, il faudra que celle-ci soit d'au moins 5°, sinon la performance des modules en sera affectée (la pluie ne nettoyant pas les poussières se trouvant sur des panneaux à l'horizontale avec la même efficacité que sur un panneau incliné à 35°.)



Figure 4 : système constitué de modules au silicium amorphe collés sur la membrane d'étanchéité de la toiture. Projet Colruyt, Halle. [Photo Colruyt].

5. Comparaison des systèmes

Les 4 systèmes de montage sont décrits dans le Tableau 1, avec leur densité (moyenne de la puissance crête par m² de surface de toiture), ainsi que la moyenne de la charge surfacique associée à ces systèmes. Les chiffres sont donnés pour information seulement. Certaines réalisations avec structure de support avec lestage atteignent des charges moyennes inférieures à 15 kg/m² en jouant sur l'inclinaison des panneaux (avec 12° au lieu de 25°, on a moins de prise au vent donc moins de lestage est requis) et sur le « pitch » des rangées de modules (distance entre les rangées).

Méthode	Densité [Wc/m ² surface de toiture]	Charge surfacique moyenne [kg/m ² surface de toiture]
1. Consoles	50	> 40
2. Structure de support en métal avec lestage	50 - 80	< 30
3. Structure de support en métal sans lestage	50 - 80	< 20
4. Panneaux souples en silicium amorphe	45	6

Tableau 1 : Comparaison des charges surfaciques et des densités de puissance installées pour les 4 différentes méthodes d'installation de panneaux solaires PV sur une toiture plate.

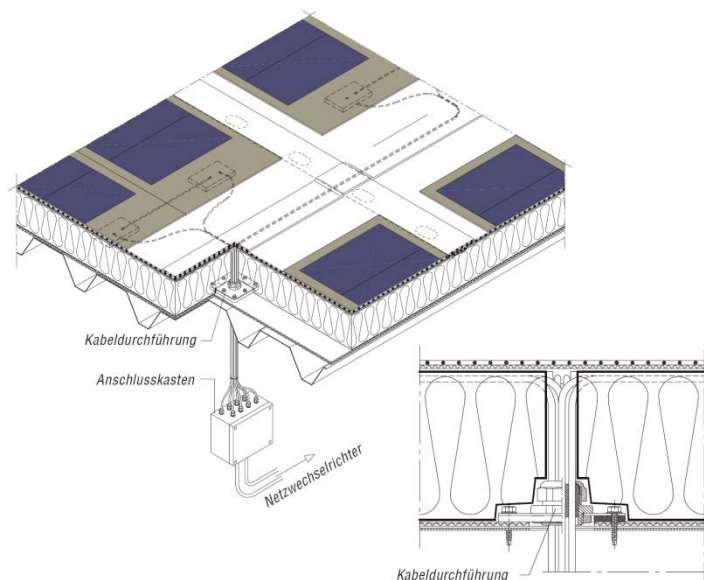
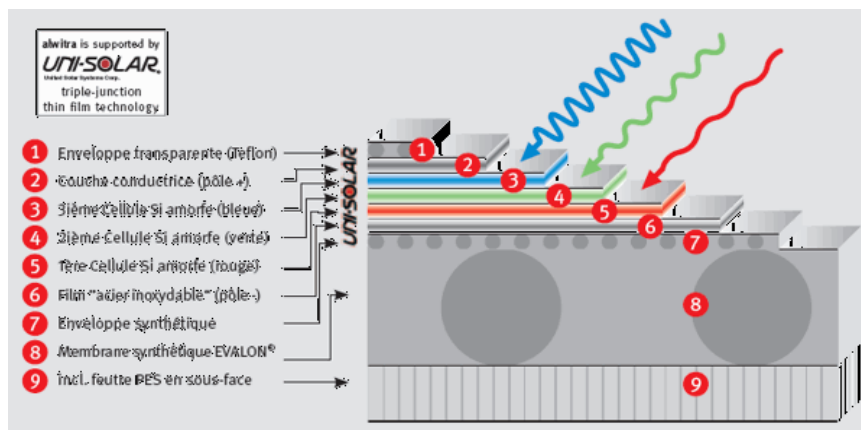


Figure 5 : exemple de produit « intégré » combinant isolation, étanchéité et système photovoltaïque en membrane souple silicium amorphe : Evalon Solar, (schéma Alwitra)



2. INSTALLATION EN TOITURES INCLINEES

Une toiture existante en tuiles ou en ardoise, après contrôle de son état, peut accueillir une installation en surimposition ou en substitution du matériau de couverture en cas de rénovation. Cette dernière solution, bien que nettement plus esthétique est plus onéreuse et parfois difficile à mettre en œuvre.

Dans tous les cas il faut tenir compte que la durée de vie d'une installation photovoltaïque est de 25 ans minimum et en conséquence la toiture doit pouvoir supporter l'installation pendant ce temps-là.

SURIMPOSITION

Un exemple de surimposition est illustré à la Figure 6.



Figure 6 : Installation de 2 kWc - Bruxelles, BELGIQUE (Photo Issol)

Les systèmes de montage sont le plus souvent fournis avec les modules. Le marché est dominé par quelques grandes marques. Les kits sont essentiellement composés de rails, crochets, attaches et visserie inox. Seuls les crochets diffèrent selon le type de couverture : tuiles, ardoises, ou encore zinc.

Par conséquent, une bonne pratique est de visiter les installations existantes afin d'avoir un aperçu des pratiques locales ou de se renseigner auprès du fabricant du système de montage choisi afin qu'il apporte de l'aide, dans un premier temps, à l'installateur; l'aide pourrait s'imaginer sous forme de conseils personnalisés ou d'un cours explicatif sur le système de montage approprié.



Figure 7: Avant l'installation des modules dans la toiture (Photos SunSwitch)

Dans le cas d'une surimposition, le fournisseur du système de montage (ou l'installateur de ce système) devrait avoir connaissance des détails pertinents de la toiture sur laquelle le système sera fixé car, selon le système, il faudra laisser un espace entre les modules pour les pinces/fixations de montage.

Il faudra veiller que l'espace entre l'arrière des modules et la toiture soit suffisant afin de faciliter le flux d'air et donc le refroidissement.

En effet, selon le type de panneau, chaque degré d'augmentation de la t° au-delà de 25°C entraîne une diminution de la puissance de 0,4 à 0,5 % en moyenne. Ainsi un panneau à 50°C perdra entre 10 et 12,5% en moyenne.

La structure de montage doit comprendre aussi le système de canalisation des câbles DC. Les câbles et les accessoires (connecteurs, boîtes de jonction, etc.) doivent être appropriés selon leur exposition potentielle aux conditions extérieures (intempéries, ozone, radiation, UV, température ambiante, feu, etc.) et doivent respecter les normes IEC (p.ex. norme IEC 60529 pour le degré de protection IP, etc.) et les prescriptions locales (p.ex. RGIE).



Figure 8: Installation des modules en toiture (Photos SunSwitch)

Les services d'un couvreur s'avèrent souvent nécessaires. C'est pourquoi, les installateurs doivent être au courant des réglementations en vigueur et les spécifications des structures de montage doivent être conformes aux Eurocodes suivants :

- *General: Eurocode 1: Actions on structure. Part 1: General actions*
- *Steel: Eurocode 3: Design of steel structures*
- *Concrete: Eurocode 2: Design of concrete structures*
- *Snow: Eurocode 1: General actions - Part 3: Snow loads*
- *Wind: Eurocode 1: General actions - Part 4: Wind actions*

Les spécifications locales des Eurocodes doivent également être respectées.

Les manuels d'installation des systèmes de montage et des modules doivent être lus et suivis avant et durant le montage effectué par l'installateur afin de les installer correctement et de s'assurer que leur garantie respective restent valables.

Lorsque l'installateur travaille avec d'autres entreprises ou d'autres corps de métier, il est important d'établir clairement les responsabilités et de délimiter les garanties offertes par chacune des parties impliquées dans l'installation du système photovoltaïque.



Figure 9: Avant et après le placement des panneaux (Photos SunSwitch)

Avantages	Inconvénients	Remarques
Facilité de pose si la toiture est facilement accessible	Difficulté de pose si la toiture est difficile d'accès ou dangereuse	Assurer une fixation suffisante sans toucher à la couverture de la toiture (utilisation de pattes sous les tuiles)
Permet une certaine ventilation des modules par l'arrière (laisser 5 à 10 cm entre le toit et les panneaux)	Productivité fortement dépendante de l'orientation et de l'inclinaison de la toiture	choisir des toitures orientées sud + ou - 45°
Meilleure densité de puissance par m ² de toiture comparé avec les modules souples	Intégration esthétique limitée	Faire attention aux ombrages (nombreux dans zones résidentielles)
Impact de la charge de vent moins important	Maintenance compliquée	Accès à la toiture parfois difficile
Quantité de matériaux nécessaires à la pose limitée		
Bonne visibilité (aspect marketing)		

Tableau 1 : Avantages et inconvénients de la surimposition de modules sur toiture inclinée

INTEGRATION

L'intégration des panneaux dans la toiture implique l'enlèvement ou la modification de certaines couches et son remplacement par les modules, ou des stratifiés, ou tuiles solaires ou ardoises solaires.

Il y a une gamme limitée des produits intégrés sur le marché. La plupart des commentaires traités ci-dessus pour la surimposition de panneaux restent d'application. Cependant, un débit d'air suffisant sous / derrière les modules est

très important, car s'il n'y a pas assez de débit d'air, la température des modules peut augmenter de plus de 20 °C par rapport à ceux bien ventilés. Selon les conditions de chaleur, la production de l'ensemble des panneaux peut varier de 10% à 30%.



Figure 10: Modules intégrés - APERE

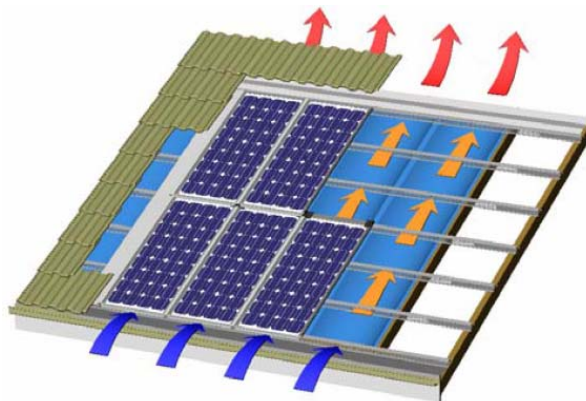


Figure 11: Débit d'air sous et derrière les modules¹

Il est, également, essentiel que le travail fini soit entièrement étanche à l'eau.

L'intégration des modules dans la toiture prend plus de temps que la surimposition et nécessite un niveau plus élevé de compétences de la part de l'installateur.

En général, les systèmes d'intégration en toiture sont seulement disponibles pour des panneaux disposés en portrait (cotés les plus courts orientés vers le haut et le bas). Afin de s'adapter aux obstacles existants, tels que lanternes, lucarnes et, éventuellement, chauffe-eaux solaires, la conception de ces systèmes doit en tenir compte. Le choix d'un couvreur-installateur expérimenté est donc spécialement recommandé.

Avantages	Inconvénients	Remarques
Intégration architecturale parfaite	Ventilation des modules limitée	A privilégier pour les nouvelles constructions ou les rénovations complètes de la toiture
Économies en matériau de toiture (tuiles, ardoises)	Travaux d'installation compliqués	
	Maintenance compliquée Ventilation des panneaux difficile	
	Coût élevé	

Tableau 2: Avantages et inconvénients de l'intégration des panneaux en toiture

¹ <http://www.pvsolartiles.com>

3. INSTALLATIONS EN FAÇADE

Dans le cas de rénovation de toiture ou pour une nouvelle construction, il est possible d'utiliser les panneaux photovoltaïques comme éléments constitutif du bâtiment. Les modules photovoltaïques peuvent ainsi être utilisés comme :

- Protection solaire



Figure 12: ©Total Energie



Figure 13: Bâtiment Solaris à Bruxelles (Lauréat Eco-Building Award)

- Mur rideau en façade ou pignon aveugle



Figure 14: ©Tenesol et Enel

- Garde fou / allège de balcon



Figure 15: Source inconnue

- Façade en modules semi transparent



Figure 16: © BP Solar

4. MONTAGE DE L'INSTALLATION

À tenir compte avant et durant le montage :

Le RGIE, Règlement Général sur les Installations Électriques, est d'application pour les installations photovoltaïques. Elles doivent d'ailleurs être contrôlées par un organisme agréé. La liste de ces organismes est disponible sur le site du ministère fédéral de l'économie :

http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Electricite/Controle_installations/index.jsp

Les installateurs doivent, soit être informés, soit avoir un entraînement professionnel, qualifié par les lettres BA4 ou BA5, selon le RGIE. Cette information ou formation permettra aux installateurs de se rendre en sécurité sur le chantier étant donné qu'ils connaîtront alors les risques électriques de l'installation (ex : mises à la terre, électrocutions par contacts directes ou indirectes, etc.).

Comme décrit ci-dessus, il existe un grand nombre de types de montage différents pour les installations photovoltaïques. Différents corps de métier peuvent être requis pour les différentes phases de montage. Les travaux électriques ne peuvent être effectués que par des électriciens reconnus. Pour les travaux de montage en toiture, seuls les électriciens et couvreurs sont habilités à les effectuer. Chaque corps de métier doit alors suivre les bonnes pratiques de son activité propre.

Il est évidemment recommandé de toujours suivre les prescriptions techniques au-cas par cas selon le cahier des charges en vigueur ou selon les manuels d'installation des produits.

Si différents corps de métier sont appelés à travailler ensemble sur un même chantier, les règles en vigueur pour les co-activités sur chantier doivent être respectées (plan de sécurité et de santé, analyse de risques, etc.). Ces informations sont disponibles auprès de la Confédération de la Construction. (<http://www.confederationconstruction.be>)

5. MONTAGE DE L'ONDULEUR

Prescriptions générales :

- Suivre les consignes d'installation établies par le fabricant dans son manuel d'installation (ex : distances de montage, protection, ventilation, etc.)
- Dans le cas d'une installation des onduleurs à l'extérieur, ils ne peuvent pas être exposés plein Sud. S'il n'existe pas d'alternative, les onduleurs seront protégés par un pare-soleil. Afin de pouvoir être installées à l'extérieur la classe IP doit être minimum de 54.
- La classe de protection (IP) doit être prise en compte selon le lieu de montage choisi (ex : IP 64 pour montage extérieur sans protection supplémentaire). La liste des classes de protection et leurs applications du RGIE doit être respectée.
- L'onduleur est placé idéalement dans un espace frais (afin d'éviter surchauffe). Il vaut mieux donc éviter les greniers non isolés même si cela diminue la longueur de câble en courant continu.
- L'onduleur est placé idéalement dans un espace peu ou pas humide (afin d'éviter corrosion) sauf si son IP le lui permet.
- L'installation dans les pièces de vie (salon, chambre à coucher) est déconseillé à cause du léger bruit qui peu s'en dégager lorsqu'il est actif.

