

Avis Technique 21/09-04

Module photovoltaïque verre/polymère mis en oeuvre en toiture

*Procédé photovoltaïque
Photovoltaic system
Photovoltaiksystem*

PV XLIGHT

Titulaire : Schüco International KG
Karolinenstrasse 1-15
DE-33609 Bielefeld

Tél. : 0049 521 783 0
Fax : 0049 521 783 64 51
Internet : <http://www.schueco.com>

Distributeur : Schüco SCS
4-6 route de Saint Hubert
BP3
FR-78610 Le Perray-en-Yvelines

Tél. : 01 34 84 22 00
Fax : 01 34 84 87 12
Internet : <http://www.schuco.fr>

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 8 juillet 2009



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 9 avril 2009, le panneau photovoltaïque "PV XLight", présenté par la société SCHÜCO. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Panneau photovoltaïque, mis en oeuvre en toiture et destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 160 Wc et 210 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium extrudés pour la fixation au système de montage,
- un système de montage permettant une mise en oeuvre en toiture.

1.2 Identification des produits

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module cadré reprenant les informations suivantes : le nom du module, son numéro de série, ses principales caractéristiques électriques ainsi que le nom et l'adresse du fabricant. Cet étiquetage fait également mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

Les accessoires sont identifiables par leur géométrie particulière et sont référencés, lors de leur livraison, par une liste présente sur les colis les contenant.

2. AVIS

Le présent Avis ne vise pas la partie courant alternatif de l'installation électrique, ni l'onduleur permettant la transformation du courant continu en courant alternatif.

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi proposé au § 1.2 du Dossier Technique, restreint aux dispositions énoncées dans le § 2.222 "Stabilité" du présent Avis.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

La conformité des modules cadrés des panneaux photovoltaïques à la norme NF EN 61215 permet de déterminer leurs caractéristiques électriques et thermiques et de s'assurer de leur aptitude à supporter une exposition prolongée aux climats généraux d'air libre, définis dans la CEI 60721-2-1.

2.22 Aptitude à l'emploi

2.221 Fonction Génie Électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température de - 40 °C à 120 °C et peuvent être mis en oeuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne résistance des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

Les modules photovoltaïques sont certifiés d'une classe d'Application A selon la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II.

Les connecteurs MULTICONACT utilisés (*entre modules et pour les connexions entre séries de panneaux et vers l'onduleur*), ayant un indice de protection IP67, sont des connecteurs débroschables permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurent également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

L'utilisation de rallonges électriques spécifiques, pour permettre de ne relier entre eux que des connecteurs mâles et femelles de la même marque et du même fabricant, assure la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.

L'utilisation de connecteurs de type TYCO SOLKLIP, ou équivalent, interconnectés en parallèle à la liaison générale de terre du bâtiment à l'aide de pièces de type raccord à griffes permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses (*cadres des modules et profils IPXL*) du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

Le phénomène de "point chaud" pouvant conduire à une détérioration du module est évité grâce à l'implantation de trois diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

Puissance crête des modules utilisés

Dénomination commerciale	Puissance crête
MPE 160 MS 05	160 Wc
MPE 165 MS 05	165 Wc
MPE 170 MS 05	170 Wc
MPE 175 MS 05	175 Wc
MPE 190 PS 05	190 Wc
MPE 195 PS 05	195 Wc
MPE 200 PS 05	200 Wc
MPE 205 PS 05	205 Wc
MPE 210 PS 05	210 Wc

2.222 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du système est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
 - 4042 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
 - 1420 Pa sous vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations,
- d'un espacement entre pannes de toiture conforme aux indications du Tableau 2 et du Tableau 3 du Dossier Technique (*de toute façon, inférieur à 2,6 m*),
- d'un porte à faux des profilés IPXL ne dépassant pas le tiers de l'entraxe des pannes,
- d'un écart entre profilés IPXL inférieur à 0,9 m,
- d'informer le charpentier que le système génère des continuités d'appuis sur les pannes et que les descentes de charge fournies par la société SCHÜCO (*voir le Tableau 5 du Dossier Technique*) doivent être prises en compte.

Si les modules de ventilation devaient être utilisés, il conviendra de s'assurer, au travers d'un calcul au cas par cas, que les charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, n'excèdent pas :

- 1764 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
- 1420 Pa sous vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*).

Étanchéité à l'eau

Dans les conditions de pose prévues par le Dossier Technique et notamment du fait que l'installation est obligatoirement mise en oeuvre jusqu'à l'égout, il est considéré que cette couverture permet d'assurer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Complexité de toiture

Ce procédé ne peut être utilisé que pour le traitement des couvertures, de formes simples, ne présentant aucune pénétration sur la surface d'implantation des panneaux photovoltaïques.

L'application du procédé en toiture complète paraît pouvoir être envisagé favorablement compte tenu :

- des restrictions de longueurs de rampant des toitures en fonction du lieu d'implantation et des pentes de toiture du bâtiment concerné (*voir le Tableau 4 du Dossier Technique*),
- des dispositions de mise en oeuvre prévues par le Dossier Technique au paragraphe 8.33,
- du recours à l'assistance technique du fabricant si nécessaire.

Sécurité au feu

Les critères de réaction et de résistance au feu, ainsi que le comportement au feu extérieur de toiture, prescrits par la réglementation doivent être appliqués en fonction du bâtiment concerné (*habitation, établissements recevant du public, immeubles de grande hauteur, locaux recevant des travailleurs...*)

En fonction des exigences, un essai peut s'avérer nécessaire.

Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace est assurée grâce à l'utilisation d'un verre trempé de sécurité.

Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants, lors de la pose, de l'entretien et de la maintenance, est normalement assurée grâce à la mise en place :

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les panneaux (*par exemple l'échelle SCHÜCO présentée au Dossier Technique*),
- de dispositifs anti-chute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes sur les panneaux et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

Risques de condensation

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante grâce aux restrictions de longueurs de rampant des toitures et à l'utilisation d'un régulateur de condensation en fonction du lieu d'implantation et des pentes de toiture du bâtiment concerné (*voir le Tableau 4 du Dossier Technique*).

2.23 Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité et la nature des contrôles effectués à la réception, permettent de préjuger favorablement de la durabilité des panneaux photovoltaïques dans le domaine d'emploi prévu.

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, en respectant le guide de choix des matériaux (*voir le Tableau 1*) et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette couverture peut être estimée comme satisfaisante.

2.24 Fabrication et contrôle

Le site de production de SOLARFUN en Chine, à Nantong pour la fabrication des modules est certifié selon l'ISO 9001.

Les contrôles systématiques effectués dans les usines de fabrication ainsi que les contrôles effectués par la société SCHÜCO à la réception permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication des panneaux photovoltaïques.

2.25 Mise en œuvre

La mise en œuvre des panneaux photovoltaïques effectuée par des entreprises averties des particularités de pose de ce procédé (*d'une part, des entreprises qualifiées en couverture et d'autre part, des entreprises ayant les compétences requises en génie électrique, ayant suivi la formation SCHÜCO sur site ou sur chantier et ayant l'appellation QUALI'PV*) permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture mais nécessitent une attention particulière concernant la mise en place et le respect des distances entre les éléments du système de montage.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

Les panneaux photovoltaïques doivent être installés de façon à ne pas subir d'ombrages portés afin de limiter les risques d'échauffement pouvant entraîner des pertes de puissance et une détérioration prématurée des panneaux.

En présence d'un rayonnement lumineux, les panneaux photovoltaïques produisent du courant continu et ceci sans possibilité d'arrêt. La tension en sortie d'une chaîne de panneaux reliés en série peut rapidement devenir dangereuse, il est donc important de prendre en compte cette spécificité et de porter une attention particulière à la mise en sécurité électrique de toute intervention menée sur de tels procédés.

La continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque doit être maintenue, même en cas de maintenance ou de réparation.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

La notice de montage doit être fournie avec le procédé.

2.322 Installation électrique

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrites au Dossier Technique doivent être respectées.

Afin de protéger les biens et les personnes, l'installation photovoltaïque doit être réalisée conformément à la norme électrique NF C 15-100.

La réalisation de l'installation devra être effectuée conformément au guide UTE C15-712 et au Guide pratique à l'usage des bureaux d'études et installateurs sur les "Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens dans les installations photovoltaïques raccordées au réseau", édité par l'ADEME et le SER en décembre 2008.

2.323 Mise en œuvre

Les installations devront toujours être mis en œuvre jusqu'à l'égout de la toiture.

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé et une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations.

La charpente support doit présenter les caractéristiques suivantes :

- l'espacement entre pannes de toiture doit être conforme aux indications du Tableau 2 et du Tableau 3 (*il doit être, de toute façon, inférieur à 2,6 m*),
- le porte à faux des profilés IPXL ne doit pas dépasser le tiers de l'entraxe des pannes,
- les profilés IPXL ne doivent pas être distants de plus de 0,9 m.

De plus, le charpentier doit être informé que le système génère des continuités d'appuis sur les pannes et que les descentes de charge fournies par la société SCHÜCO (*voir le Tableau 5 du Dossier Technique*) doivent être prises en compte.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique doivent être respectées. En aucun cas, les profilés ou les bacs d'étanchéité ne devront être percés.

Les longueurs de rampant maximales des toitures en fonction du lieu d'implantation et des pentes de toiture du bâtiment concerné devront être respectées (*voir le Tableau 4 du Dossier Technique*).

La mise en œuvre des panneaux doit être assurée par des installateurs, formés aux particularités du procédé et aux techniques de pose.

En cas de bris de glace ou d'endommagement d'un panneau photovoltaïque, un bâchage efficace doit être assuré et un remplacement de ce panneau défectueux réalisé dans les plus brefs délais.

2.324 Assistance technique

La société SCHÜCO est tenue d'apporter son assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 30 avril 2012.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président
Alain DUIGOU

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les applications de ce procédé, en climat de montagne (*altitude > 900 m*), ne sont pas concernées par le domaine d'emploi accepté par l'Avis.

La spécificité du procédé impose que les installations soient toujours et obligatoirement mises en œuvre jusqu'à l'égout de la toiture pour permettre l'évacuation des eaux à l'aide des sous bavettes.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- chaque mise en œuvre requiert :
 - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé;
 - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations,
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que cet Avis Technique nécessitera d'être révisé en cas d'évolution des prescriptions relatives à l'isolation et à la ventilation des normes NF DTU de la série 40.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21
Nadège BLANCHARD

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

Panneau photovoltaïque, mis en oeuvre en toiture et destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 160 Wc et 210 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium extrudés pour la fixation au système de montage,
- un système de montage permettant une mise en oeuvre en toiture.

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation, sur des bâtiments de 15 m de hauteur maximum, en France européenne, pour des altitudes inférieures à 900 m et uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie.
- L'installation sera toujours et obligatoirement mises en oeuvre jusqu'à l'égout de la toiture à l'aide des sous bavettes.
- Mise en oeuvre :

- sur des toitures industrielles ou agricoles en bacs acier, plaques de fibres ciment ou tôles ondulée (*conformes aux normes NF DTU et documents de référence concernés : notamment les normes NF DTU 40-35, NF DTU 40-36 ou le Cahier du CSTB 3297*) avec pannes acier, pannes bois ou pannes béton munies d'inserts en acier où :

- l'entraxe des pannes est conforme au Tableau 2 et au Tableau 3 (*de toute façon inférieur à 2,6 m*),
- le porte à faux des profilés IPXL ne dépasse pas le tiers de l'entraxe entre pannes,
- les profilés IPXL ne sont pas distants l'un de l'autre de plus de 0,9 m.

- sur des versants de pente, imposée par la toiture, comprise entre 10 % et 173 % (*6° et 60°*).

- applicable pour des toitures froides ventilées ou toitures chaudes avec isolation et sans lame d'air.

- en partie courante de toiture, néanmoins raccordée à l'égout, ou sur l'ensemble de la toiture : l'installation pouvant ainsi être également raccordée au faitage et/ou aux rives. Ces mises en oeuvre ne sont permises que si la toiture ne présente aucune pénétrations (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...*) sur la surface d'implantation des panneaux photovoltaïques.

- sur des longueurs de rampants de toiture limitées par les valeurs données dans le Tableau 4 (*la longueur minimale obtenue entre les deux parties du tableau devra être appliquée*) et de toutes façons inférieures aux longueurs de rampant maximum définies dans les normes NF DTU et les documents de référence concernés lorsque des éléments de couverture (*bacs acier, plaques de fibres ciment ou tôles ondulée*) sont associés aux panneaux photovoltaïques.

En fonction du nombre de modules installés sur le rampant, il sera parfois obligatoire de mettre en place des modules de ventilation (*voir § 8*).

- En fonction du revêtement du cadre des modules photovoltaïques et des pièces du système de montage, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises, conformément à l'annexe B1 de la norme NF DTU 40.36.

2. Éléments constitutifs

Le panneau photovoltaïque "PV XLight" (*voir la Figure 1*) est l'association d'un module photovoltaïque cadré (*voir la Figure 2 et la Figure 3*) et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en oeuvre en toiture (*voir la Figure 4 et la Figure 5*).

Le module utilisé peut être de nature différente :

- "MPE xxx MS 05"
- "MPE yyy PS 05"

Cette dénomination commerciale se décline en fonction :

- de la puissance crête du module : "xxx" allant de 160 à 175 Wc et "yyy" allant de 190 à 210 Wc,
- de la technologie des cellules photovoltaïques : "M" pour monocristallines et "P" pour polycristallines.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SCHÜCO.

2.1 Module photovoltaïque

2.1.1 Film polymère

- Composition : à base de PVF (*Polyfluorure de vinyle ou Tedlar*), PET (*Polyéthylène téréphtalate*) et EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante.

- Épaisseur : 0,275 mm.
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

2.1.2 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium sont fabriquées par la société SOLARFUN.

Modules photovoltaïques "MPE xxx MS 05"

- Technologie des cellules : monocristalline.
- Dénomination commerciale : SF125M150.
- Dimensions : (125 ± 0,5) mm x (125 ± 0,5) mm.
- Épaisseur : (200 ± 20) µm ou (220 ± 20) µm.

Au nombre de 72, ces cellules sont connectées en série selon la configuration suivante (*voir la Figure 3*) :

- distance minimale entre cellules horizontalement : (3 ± 2) mm,
- distance minimale entre cellules verticalement : (3 ± 2) mm,
- distance minimale au bord horizontalement : (19 ± 2) mm,
- distance minimale au bord verticalement : (16 ± 2) mm.

Modules photovoltaïques "MPE yyy PS 05"

- Technologie des cellules : polycristalline.
- Dénomination commerciale : SF156P221.
- Dimensions : (156 ± 0,5) mm x (156 ± 0,5) mm.
- Épaisseur : (220 ± 20) µm ou (240 ± 20) µm.

Au nombre de 54, ces cellules sont connectées en série selon la configuration suivante (*voir la Figure 3*) :

- distance minimale entre cellules horizontalement : (3 ± 2) mm,
- distance minimale entre cellules verticalement : (3 ± 2) mm,
- distance minimale au bord horizontalement : (21 ± 2) mm,
- distance minimale au bord verticalement : (22 ± 2) mm.

2.1.3 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé.

2.1.4 Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de 0,4 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.1.5 Vitrage

- Nature : verre trempé extra clair selon la norme EN 12150.
- Facteur solaire : 93 %.
- Coefficient Ug : 6 W/(m².K).
- Épaisseur : 3,2 mm.
- Dimensions :
 - Modules "MPE xxx MS 05" : 1574 x 802 mm
 - Modules "MPE yyy PS 05" : 1488 x 994 mm

2.1.6 Constituants électriques

2.1.6.1 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant TYCO ELECTRONICS, de dénomination commerciale SOLARLOK 1740699 est collée avec du gel silicone en sous face du module. Elle présente les dimensions hors tout suivantes : 135 mm x 115 mm x 22,5 mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec trois diodes bypass (*voir § 2.1.6.2*) et permet le raccordement aux câbles qui permettront la connexion des panneaux.

Elle est de Classe II de sécurité électrique et possède les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection : IP 65.
- Tension de système maximum : 1 000 V DC.
- Intensité assignée : 25 A.
- Plage de température : - 40° à 105° C.

2.162 Diodes bypass

Trois diodes bypass sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules.

Chacune de ces diodes protègent, soit 24 cellules dans le cas des modules "MPE xxx MS 05", soit 18 cellules dans le cas des modules "MPE yyy PS 05". Elles permettent de limiter les échauffements de cellules dus aux ombrages et évitent ainsi le phénomène de "point chaud".

2.163 Câbles électriques

Les modules des panneaux sont équipés de deux câbles électriques de 0,9 m chacun dont la section est de 4 mm². Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir § 2.164).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 120 °C.
- Courant maximum admissible de 32 A.
- Classe II de sécurité électrique.
- Tension assignée : 1 000 V.

Tous les câbles électriques de l'installation (*en sortie des modules et pour les connexions entre séries de panneaux et vers l'onduleur*) sont en accord avec la norme NF C 15-100, le guide UTE C15-712, et les spécifications des onduleurs (*longueur et section de câble adaptées au projet*).

2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débroschables pré assemblés aux câbles des modules. De marque MULTICONTACT et de type 4, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

- un indice de protection électrique IP 67,
- une classe II de sécurité électrique,
- une tension assignée de 1 000 V,
- un courant maximum admissible de 30 A,
- une plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- et une résistance de contact de 0,5 mΩ.

Des deux câbles sortant du module, celui dont la polarité est positive est muni d'un connecteur femelle tandis que celui dont la polarité est négative est muni d'un connecteur mâle.

Les connecteurs des câbles supplémentaires (*pour les connexions entre séries de panneaux et vers l'onduleur*) sont également des connecteurs de marque MULTICONTACT de type 4, ou équivalent.

Si nécessaire, la liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires devra se faire au travers de rallonges pour permettre de ne relier entre eux que des connecteurs mâles et femelles de la même marque et du même fabricant. La fabrication de ces rallonges devra se faire grâce à des sertisseuses spécifiques.

2.17 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé d'un châssis en profils d'aluminium brut EN AW 6060 T66 extrudés pour la fixation au système de montage.

Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux (*sur la longueur des modules*) et deux profilés transversaux (*sur la largeur des modules*). Ces profilés présentent les modules d'inertie suivants :

- Profilé longitudinal = 4,592 cm⁴
- Profilé transversal = 3,959 cm⁴

Deux barres de renfort, de longueur égale à la largeur des modules viennent renforcer l'ensemble en sous-face des modules. Ces barres sont positionnées à ¼ et ¾ de la longueur des modules. Elles présentent un moment d'inertie de 2,02 cm⁴.

2.18 Modules de ventilation

Des modules de ventilation (*voir la Figure 6*) en aluminium EN AW 6060 T66 sont également fournis pour permettre d'assurer la ventilation de la toiture lorsque la longueur de rampant est importante (*voir le § 8.337*).

Il en existe de deux types en fonction du module utilisé (*MS ou PS : en terme de largeur*) de dénomination "V4-750 SPS 1000" ou "V4-750 SMS 809".

Les dimensions hors tout sont :

- Largeur : largeur du module installé sur le champ PV.
- Longueur : 750 mm.
- Hauteur : 167.2 mm.
- Épaisseur : 2 mm.

2.2 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société SCHÜCO.

2.21 Ensemble "Structure support"

La structure support qui permet le soutien de l'ensemble de l'installation est constituée des éléments suivants :

- Profilés IPXL (Aluminium EN AW 6060 T66)

Ce sont ces pièces qui permettent de constituer en majeure partie la structure support sur laquelle viendront reposer le cadre d'étanchéité et les modules photovoltaïques (*voir la Figure 7*).

De sections 109,7 mm x 78 mm, ces profilés peuvent être de différentes longueurs en fonction du module utilisé ainsi que du nombre de modules sur le rampant de la toiture.

Type de module	Nombre de modules	Longueur du profilé (mm)
MPE xxx MS 05	2	3404
	3	5006
	4	6608
	5	8210
	6	9812
MPE yyy PS 05	2	3232
	3	4748
	4	6264
	5	7780
	6	9296
	7	10812

- Éclisses (Aluminium EN AW 6060)

Ces éléments permettent de relier, dans leur longueur, les profilés IPXL entre eux. Les éclisses sont mise en place pour les projets dont la longueur de rampant de la toiture mesure plus de 11 m.

Épaisseur : 2 mm

Longueur : 300 mm

- Tôles de raccord (Aluminium EN AW 5005 ou EN AW 1050)

Ces pièces permettent la finition du raccord entre deux profilés IPXL, permettant d'assurer l'étanchéité de la liaison effectuée par l'éclisse.

- Équerres pannes (Aluminium EN AW 6060)

Ces équerres permettent d'effectuer la liaison entre les profilés IPXL et les pannes de la toiture.

Pour pallier les problèmes de dilatation, il en existe de deux types en fonction de la forme du perçage permettant la liaison avec le profilé IPXL : perçage rond ou oblong (*voir la Figure 8*).

Largeur de l'équerre panne : 50 mm

Distance des trous au bord de l'équerre : 10 mm

- Traverses (Aluminium extrudé EN AW 6060 T66)

Ces éléments, fixés perpendiculairement aux profilés IPXL, vont supporter les bacs d'étanchéité. Ils sont de deux géométries différentes selon le type de toiture visée pour permettre une ventilation suffisante en sous face du cadre d'étanchéité (*voir la Figure 9*). Leur épaisseur peut ainsi être de 2 mm ou de 12 mm selon cette géométrie.

- Équerres de renforts (Aluminium EN AW 6060)

Ces équerres permettent d'effectuer la liaison entre les profilés IPXL et les traverses. Elles sont de deux géométries différentes selon le type de toiture visée pour permettre une ventilation suffisante en sous face du cadre d'étanchéité (*voir la Figure 9*).

- Vis de blocage (Acier 1.4301)

Munies chacune d'une rondelle et d'un boulon, ces vis permettent la fixation des équerres pannes et des équerres de renforts sur les profilés IPXL en venant s'insérer dans les rainures des profilés.

Elles sont composées de deux parties. La forme de la tête de vis lui permet de s'insérer facilement dans une rainure du profilé, puis un quart de tour suffit à la bloquer. Le filetage quant à lui est ISO M8.

2.22 Ensemble "Cadre d'étanchéité"

Le cadre d'étanchéité est constitué des éléments suivants :

- **Bacs d'étanchéité (Aluminium EN AW 1050)**

Ces tôles pliées, d'épaisseur 6/10ème, sont d'une surface de 1817 mm x 735 mm et présentent trois ondes longitudinales de 20 mm de haut.

Les rives de ces tôles présentent un relevé droit de 5 mm, qui vient se positionner dans le profilé IPXL, pour permettre le drainage de l'eau éventuellement infiltrée vers le bas de la toiture.

Si nécessaire (voir le §8.32), ces bacs peuvent être équipés d'un régulateur de condensation collé en usine, en sous-face des bacs.

- **Sous bavettes (Aluminium EN AW 1050)**

Ces sous bavettes, tôles pliées d'épaisseur 15/10ème, sont de conceptions différentes selon qu'elles sont utilisées pour la partie droite, centrale ou gauche de l'installation.

Les sous bavettes se déclinent en deux longueurs (*dimension parallèle à la pente*) : 1 000 ou 1 500 mm selon la surface de toiture à couvrir. Les sous bavettes centrales se déclinent en quatre dimensions différentes selon qu'elles sont positionnées sous 1 ou 2 modules en pose verticale ou en pose horizontale.

La partie supérieure de ces sous-bavettes, relevée de 10 mm pour éviter les remontées d'eau, impose le sens de mise en oeuvre de ces pièces.

Deux types de finition sont disponibles à la vente : aluminium brut ou peint RAL 7035. Cette peinture est thermolaquée à base de poudre polyester de 60 µm d'épaisseur (voir le Tableau 1).

- **Bavettes inférieures (Aluminium EN AW 1050)**

D'épaisseur 10/10ème, ces bavettes permettent de traiter l'étanchéité inférieure de l'installation.

Il en existe de quatre conceptions différentes : bavette inférieure droite, bavette inférieure gauche, bavette inférieure centrale pour 2 modules, bavette inférieure centrale pour 3 modules.

Deux types de finition sont disponibles à la vente : aluminium brut ou peint RAL 7035. Cette peinture est thermolaquée à base de poudre polyester de 60 µm d'épaisseur (voir le Tableau 1).

- **Bavettes latérales (Aluminium EN AW 1050)**

D'épaisseur 7/10ème, ces bavettes permettent de traiter l'étanchéité latérale de l'installation.

Il en existe de deux conceptions différentes selon qu'elles sont utilisées en partie droite ou gauche de l'installation.

Deux types de finition sont disponibles à la vente : aluminium brut ou peint RAL 7035. Cette peinture est thermolaquée à base de poudre polyester de 60 µm d'épaisseur (voir le Tableau 1).

- **Profils en T (Aluminium EN AW 6060 T66)**

Ces éléments permettent d'assurer la finition des bavettes latérales.

- **Agrafes (Aluminium EN AW 1050A H14/H24)**

Ces agrafes permettent de fixer les bavettes latérales sur les profils en T.

- **Bavettes supérieures (Aluminium EN AW 1050)**

D'épaisseur 10/10ème, ces bavettes supérieures droites ou gauches permettent de traiter l'étanchéité supérieure de l'installation.

Deux types de finition sont disponibles à la vente : aluminium brut ou peint RAL 7035. Cette peinture est thermolaquée à base de poudre polyester de 60 µm d'épaisseur (voir le Tableau 1).

De sorte à conserver une pente toujours positive (*pente > 2 %*) et ainsi assurer l'évacuation des eaux, il en existe de trois conceptions différentes selon la pente de la toiture.

Le tableau ci-dessous donne les dimensions de ces bavettes :

Largeur de la bavette (parallèlement au faitage)		
Modules	"MPE xxx MS 05"	"MPE yyy PS 05"
Montage portrait	2006,8 mm	2389,2 mm
Montage paysage	1970,4 mm	1883,6 mm
Longueur de la bavette (parallèlement à la pente)		
Pente > 15 %	Pente > 21 %	Pente > 30 %
1160 mm	970 mm	770 mm

- **Extension de bavettes supérieures (Aluminium EN AW 1050)**

D'épaisseur 10/10ème, ces extensions de bavettes supérieures pour 1, 2 ou 3 modules pourront venir s'insérer entre les bavettes supérieures droite et gauche.

Deux types de finition sont disponibles à la vente : aluminium brut ou peint RAL 7035. Cette peinture est thermolaquée à base de poudre polyester de 60 µm d'épaisseur (voir le Tableau 1).

Elles possèdent donc la même longueur (*dimension parallèle à la pente*) et sont également de conceptions différentes selon la pente de la toiture. Le tableau ci-dessous donne leur largeur.

(en mm)	Montage portrait		Montage paysage	
	2 modules	3 modules	1 module	2 modules
MPE xxx MS 05	1716,8	2525,2	1680,4	3260,8
MPE yyy PS 05	2099,2	3098,8	1593,6	3087,2

- **Bavettes faitières (Aluminium EN AW 1050)**

D'épaisseur 10/10ème et de longueur 220 mm (*dans le sens de la pente*), ces bavettes supérieures seront utilisées lorsque l'installation sera directement à proximité du faitage de la toiture.

Il en existe de quatre conceptions différentes : bavette faitière droite, bavette faitière gauche, bavette faitière centrale pour 2 ou 3 modules.

Leur largeur est identique à celle des extensions de bavettes supérieures, explicitée ci-dessus.

Deux types de finition sont disponibles à la vente : aluminium brut ou peint RAL 7035. Cette peinture est thermolaquée à base de poudre polyester de 60 µm d'épaisseur (voir le Tableau 1).

- **Support écarteur (Aluminium EN AW 1050)**

D'épaisseur 3 mm, ces éléments permettent d'orienter le support faitière du toit afin d'obtenir un faitage horizontal et de faire le lien avec le faitage pour la fixation des bavettes faitières (voir la Figure 26).

Il en existe de deux conceptions différentes : support écarteur pour 2 modules, support écarteur pour 3 modules.

- **Joint étanchéité modules (EPDM)**

Ce joint sera posé sur chantier entre les profilés IPXL et les modules photovoltaïques. Ces joints sont filants tout le long du profilé IPXL.

- **Closoirs (Mousse de polyéthylène)**

Ces closoirs sont utilisés pour des installations sur toitures chaudes avec isolation entre pannes et sans lame d'air. Ils ont une forme complémentaire à celle des bacs d'étanchéité pour permettre leur implantation en sous face de ceux-ci.

- **Blocs de mousse (polyuréthane)**

Ces blocs de mousse servent à assurer l'étanchéité en partie haute de l'installation entre les supports écarteurs et les profilés IPXL.

2.23 Éléments de fixation des modules

- **Clips simples ou doubles (Aluminium extrudé EN AW 6060)**

Ces clips, simples ou doubles, permettent respectivement la fixation d'un ou de deux modules sur les profilés IPXL. De longueur et hauteur égale aux dimensions du module, ils sont fixés aux profilés IPXL en deux points pour le montage portrait et en trois points pour le montage paysage.

- **Coulisseau de rainure avec visserie (Aluminium extrudé EN AW 6060)**

Ces pièces, en s'insérant dans les rainures des profilés IPXL, permettent :

- la fixation des clips simples et doubles par l'intermédiaire de vis M8x14 fournies,
- d'assurer une sécurité supplémentaire pour empêcher le glissement des modules par l'intermédiaire de vis poinçon fournies.

- **Bande butyl**

La bande butyl est utilisée sur différentes parties du système :

- Collée sur les clips au niveau de l'appui sur les modules, elle permet d'assurer l'étanchéité des raccords avec les modules,
- Collée au niveau du recouvrement des bavettes latérales, bavettes supérieures, bavettes faitières, bavettes inférieures, elle permet d'assurer l'étanchéité du recouvrement.

3. Autres éléments

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un système photovoltaïque : onduleurs, câbles électriques reliant le champ photovoltaïque au réseau électrique en aval de l'onduleur... Ces éléments ne sont pas examinés dans le cadre de l'Avis Technique qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les éléments suivants, non fournis, sont toutefois indispensables au bon fonctionnement du procédé utilisé :

- Entretoises en plastique de hauteur 20 mm, de diamètre intérieur 8 mm et diamètre extérieur 19 mm (*type ETANCO PONTUB CLIPS*) destinés à maintenir un espacement constant entre les sous bavettes et les bavettes inférieures de l'installation (*voir la Figure 19*).

- Visserie :

Compte tenu des applications possibles du procédé, les spécifications techniques de la visserie utilisée doivent être au minimum les suivantes :

- Pour le raccord de deux profilés IPXL entre eux (à raison de 8 ou 4 vis par raccord, respectivement 4 ou 2 de chaque côté)

Visserie auto perceuse, en acier inoxydable A4 Aisi 316L et acier cémenté zingué, de diamètre 5,5 mm, à tête hexagonale et à pointe forêt, de longueur 28 mm (*type DRILLNOX 3,5 PI TH8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk de 398 daN dans les profilés IPXL. Les quatre vis seront réparties de façon uniforme sur la longueur de l'éclisse avec un entraxe constant de 50 mm (*voir la Figure 10*).

- Pour la fixation des équerres pannes de la toiture (à raison de 2 vis par équerre)

- sur les pannes acier

Visserie auto perceuse à pointe forêt, en acier cémenté traité anti-corrosion, de diamètre 6 mm, à tête hexagonale et de longueur 35 mm (*type ETANCO GOLDOVIS 15/ZBJ ou 3C*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les pannes de 650 daN. L'axe des vis de fixation sera positionné dans les trous de l'équerre prévus à cet effet.

- sur les pannes bois

Visserie auto perceuse, à tête hexagonale (6 pans de 10 mm), à collerette large, en acier traité anti-corrosion, de diamètre 6,5 mm et de longueur 63 mm (*type ETANCO GOLDOVIS BOIS / 2C ou 3C*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les pannes de 650 daN avec un ancrage de 50 mm. L'axe des vis de fixation sera positionné dans les trous de l'équerre prévus à cet effet.

- sur les pannes béton munis d'inserts en acier

Visserie auto perceuse à pointe forêt, à tête hexagonale (6 pans de 10 mm), à collerette large de 15 mm, en acier zingué bichromaté jaune, de diamètre 6.3 mm et de longueur 22 mm, ayant une capacité de perçage de 2 à 6 mm. L'axe des vis de fixation sera positionné dans les trous de l'équerre prévus à cet effet.

- Pour la fixation des traverses sur les équerres de renfort (à raison d'une vis par équerre)

Visserie auto perceuse, en acier inoxydable A2, de diamètre 4,8 mm, à tête fraisée de diamètre 9,5 mm et de longueur 25 mm (*type ETANCO PERFIX A2 TF Ø4,8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les équerres supérieure à 277 daN (*valeur pour une pièce support de 2 mm*). L'axe des vis de fixation sera positionné dans le trou des traverses prévu à cet effet

- Pour la fixation des profilés en T sur les pannes de la toiture (à raison d'une vis par panne)

Visserie auto perceuse, en acier inoxydable A4 Aisi 316L et acier cémenté zingué, de diamètre 5,5 mm, à tête hexagonale et à pointe forêt, de longueur 28 mm (*type DRILLNOX 3,5 PI TH8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les pannes de 650 daN. L'axe des vis de fixation sera positionné au centre des pannes.

- Pour la fixation des bacs d'étanchéité sur les traverses (à raison de trois vis par traverse)

Visserie auto perceuse, en acier inoxydable A4 Aisi 316L et acier cémenté zingué, de diamètre 5,5 mm, à tête hexagonale et à pointe forêt, de longueur 50 mm (*type DRILLNOX 3,5 PI TH8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les traverses de 396 daN. L'axe des vis de fixation sera positionné au milieu de chaque sommet d'onde des bacs d'étanchéité avec la mise en place de cavalier pour ne pas écraser les ondes.

- Pour la fixation des agrafes sur le profil en T (à raison d'une vis par patte)

Visserie auto perceuse, en acier inoxydable A4 Aisi 316L et acier cémenté zingué, de diamètre 5,5 mm, à tête hexagonale et à pointe forêt, de longueur 28 mm (*type DRILLNOX 3,5 PI TH8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans le profilé en T de 396 daN. L'axe des vis de fixation sera positionné dans les perçages prévus à cet effet dans les agrafes.

- Pour la fixation des entretoises entre sous bavettes et bavettes inférieures (à raison d'une vis par entretoise)

Visserie auto perceuse, en acier inoxydable A4 Aisi 316L et acier cémenté zingué, de diamètre 5,5 mm, à tête hexagonale et à pointe forêt, de longueur 50 mm (*type DRILLNOX 3,5 PI TH8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les pannes de 396 daN. L'axe des vis de fixation sera positionné au milieu des sommets d'onde des bacs d'étanchéité.

- Pour la fixation des bavettes faitières sur les supports écarteurs (à raison d'une vis par mètre)

Visserie auto perceuse avec rondelle étanche, en acier inoxydable A4 Aisi 316L et acier cémenté zingué, de diamètre 5,5 mm, à tête hexagonale et à pointe forêt, de longueur 28 mm (*type DRILLNOX 3,5 PI TH8*) ayant une résistance admissible à l'arrachement Pk dans les supports écarteurs supérieures à 396 daN. L'axe des vis de fixation sera positionné entre 15 et 25 mm du haut de la bavette.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

Ils devront être câblés conformément aux normes en vigueur (*notamment le guide UTE C15-712*).

Ces câbles pourront être connectés sur les cadres des modules et sur les profilés IPXL à l'aide de connecteurs de type TYCO SOLKLIP ou équivalent (*voir § 8.22*) et interconnectés ensuite à la liaison générale de 16mm² à l'aide de pièces de type raccord à griffes.

- Cavaliers en aluminium avec rondelles d'étanchéité

D'épaisseur 1 mm et de forme similaire aux ondes des bacs d'étanchéité, ils ont pour rôle d'éviter l'écrasement des bacs d'étanchéité pour permettre leur fixation sur les traverses.

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

Les modules sont conditionnés par deux dans des cartons et sont livrés par palette de 8 cartons. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance : ils ont donc le même numéro de série.

Le module est lui-même identifié par :

- deux étiquetages en face arrière : le premier indiquant les caractéristiques générales du module et le nom du fabricant, et le deuxième, les caractéristiques électriques individuelles du module (*suite au flash test effectué en usine*),
- un code barre en face avant, renvoyant au numéro de série et aux principales caractéristiques électriques du module.

Les pièces de grande dimension du système du montage (*profilés IPXL, profils en T*) sont conditionnés à la pièce et livrés par fardeaux. Les profilés de plus petites dimensions sont conditionnés également à la pièce mais livrés par palettes. Les éléments de petite dimensions (*équerres, visserie...*) sont quant à eux conditionnés en carton de 4, 20, 100 ou 200 pièces. Enfin, les tolérances sont livrées sur palettes.

Lors de la livraison, une liste des pièces contenues dans les colis est fournie précisant le nombre de chacune de celles-ci.

5. Caractéristiques dimensionnelles

L'ensemble des éléments du panneau "PV XLight" (*module(s) et système de montage*) est commercialisé par projet suite au dimensionnement de la société SCHÜCO.

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques		
	MPE xxx MS 05	MPE yyy PS 05
Dimensions hors tout (mm)	1581 x 809 x 42	1495 x 1001 x 42
Dimensions du laminé photovoltaïque (mm)	1574 x 802 x 4	1488 x 994 x 4
Surface hors tout (m ²)	1,28	1,49
Surface d'entrée (m ²)	1,125	1,31
Masse (kg)	15	18
Masse spécifique (kg/ m ²)	11,74	12,06

Le système de montage des panneaux photovoltaïques est modulaire. De ce fait, il permet d'obtenir une infinité de champs photovoltaïques. Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (mm)	$(Kx + 22) \times NbX + 2 \times Bx - 22$
Longueur de champ (mm)	$(Ky + 22) \times NbY + LBy + Byinf - 22$
Poids au m ² de l'installation	20 kg/m ²
<i>Bx : largeur des bavettes latérales (Bx = 235 mm) ; LBy : longueur des bavettes supérieures ou 220 mm si montage raccordé au faitage si plaques de fibres ciment ou 330 mm si bacs acier; Lbyinf : longueur de la sous bavette dépassant du dernier module PV (426 < Byinf < 1 500 mm).</i>	

Avec NbX : le nombre de modules dans le sens horizontal du champ photovoltaïque, Kx : la dimension du module dans le sens horizontal du champ photovoltaïque, NbY : le nombre de modules dans le sens vertical du champ photovoltaïque et Ky : la dimension du module dans le sens vertical du champ photovoltaïque.

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "MPE xxx MS 05" et "MPE yyy PS 05" ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "MPE xxx MS 05" et "MPE yyy PS 05" ont été certifiés conformes à la Classe d'Application A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II.

6.3 Performances électriques

Les performances électriques suivantes des modules des panneaux ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (Standard Test Conditions : éclairage de 1 000 W/m² et répartition spectrale solaire de référence selon la CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

Modules "MPE xxx MS 05"				
P_{mpp} (W)	160	165	170	175
U_{co} (V)	43,5	44	44,5	44,8
U_{mpp} (V)	35,6	35,8	35,9	36
I_{cc} (A)	5	5,1	5,12	5,17
I_{mpp} (A)	4,5	4,61	4,74	4,86
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,4	- 0,4	- 0,4	- 0,4
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,38	- 0,38	- 0,38	- 0,38
αT (I_{cc}) [%/K]	0,04	0,04	0,04	0,04

Modules "MPE yyy PS 05"					
P_{mpp} (W)	190	195	200	205	210
U_{co} (V)	32,6	32,7	32,8	32,9	33
U_{mpp} (V)	26,7	26,8	26,9	27	27,1
I_{cc} (A)	7,98	8,06	8,24	8,35	8,48
I_{mpp} (A)	7,12	7,28	7,44	7,6	7,75
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,4	- 0,4	- 0,4	- 0,4	- 0,4
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,38	- 0,38	- 0,38	- 0,38	- 0,38
αT (I_{cc}) [%/K]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Avec :

- P_{mpp}** : Puissance au point de Puissance Maximum
- U_{co}** : Tension en circuit ouvert
- U_{mpp}** : Tension nominale au point de Puissance Maximum
- I_{cc}** : Courant de court circuit
- I_{mpp}** : Courant nominal au point de Puissance Maximum
- αT (P_{mpp})** : Coefficient de température pour la Puissance Maximum
- αT (U_{co})** : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert
- αT (I_{cc})** : Coefficient de température pour l'intensité de court circuit

7. Fabrication et contrôles

7.1 Fabrication du cadre des modules

Le cadre des modules photovoltaïques est réalisé par extrusion d'aluminium selon les plans de la société SCHÜCO par l'entreprise HAOMEI à Qing Yuan en Chine.

7.2 Fabrication des modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre s'effectuent sur le site de la société SOLARFUN à Nantong en Chine, certifié ISO 9001 et ISO 14001.

Lors de la fabrication des modules photovoltaïques, la société SOLARFUN effectue des contrôles, définis en accord avec la société SCHÜCO, qui portent sur les éléments suivants :

- Test d'électroluminescence : éclairage des cellules avec des lumières spéciales permettant de faire ressortir les défauts de type micro fissures.
- Inspection visuelle des cellules et de leur assemblage par soudure.
- Flash test de chaque module : avant la lamination du module pour permettre de vérifier les cellules et leurs connexions, puis en fin de fabrication pour déterminer ses caractéristiques électriques. la tolérance sur la puissance maximum de sortie est de - 0 à + 5 %.
- Vérifications dimensionnelles de chaque module cadré.

Un superviseur de la société SCHÜCO est présent sur chaque ligne de production : il procède à une dernière vérification visuelle des produits finis.

De plus, la société SCHÜCO effectue également des contrôles visuels sur 5 % des modules réceptionnés portant sur les points suivants :

- le module photovoltaïque (impuretés du vitrage, bris de glace, délamination, distance des cellules et géométrie des collecteurs, endommagement du film polymère...);
- les cellules, la boîte de connexion, l'étiquetage du module, le packaging, la palette et le container de livraison;
- impuretés visibles du cadre, chocs, positionnement du cadre par rapport au module...

7.3 Fabrication du système de montage

7.3.1 Fabrication des composants de la "Structure support"

Les pièces de la structure support sont réalisées par extrusion d'aluminium selon les plans de la société SCHÜCO par l'entreprise SAPA KOFEM à Szekesfehervar en Hongrie. Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués toutes les 20 pièces.

7.3.2 Fabrication des composants du "Cadre d'étanchéité"

Les tôleries aluminium du cadre d'étanchéité sont réalisées selon les plans de la société SCHÜCO par l'entreprise TOLERIE GANAYE INDUSTRIE à Barentin (76) en France. Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués toutes les 10 pièces et des tests à la "griffe" sont également pratiqués pour vérifier la qualité de la peinture.

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le système est livré avec sa notice de montage et un plan de calepinage des panneaux fourni par le bureau d'études structures de SCHÜCO.

La mise en œuvre des panneaux doit être assurée par des installateurs ayant l'appellation QUALI'PV et ayant été formés par la société SCHÜCO dans ses locaux ou sur chantier (voir le § 9).

Les compétences requises sont de deux types :

- compétences en couverture : pose et mise en œuvre,
- compétences électriques (voir § 8.2) : raccordement des modules, branchement aux onduleurs...

L'emploi de dispositifs de sécurité (*harnais, ceintures, équipements, dispositifs d'arrêt...*) est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur (*par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente et un filet en sous face*) ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les panneaux : par exemple à l'aide de l'échelle SCHÜCO prévue à cet effet.

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison. Ils peuvent être identifiés au § 3.2.3 du Guide pratique à l'usage des bureaux d'études et installateurs sur les "Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens dans les installations photovoltaïques raccordées au réseau", édité par l'ADEME et le SER en décembre 2008.

Les panneaux photovoltaïques peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle. Ils peuvent être incorporés en toiture dans le sens de la longueur ou de la largeur.

Le montage a été conçu pour des toits ayant une pente comprise entre 10 % et 173 % (6° et 60°). Il n'est réalisable que sur des toitures industrielles ou agricoles en bacs acier, plaques de fibres ciment ou tôles ondulée (conformes aux normes NF DTU et documents de référence concernés) où :

- l'entraxe des pannes est conforme au Tableau 2 et au Tableau 3 (de toute façon inférieur à 2,6 m),
- le porte à faux des profilés IPXL ne dépasse pas le tiers de l'entraxe entre pannes,
- les profilés IPXL ne sont pas distants l'un de l'autre de plus de 0,9 m.

Préalablement à chaque projet, la toiture et sa charpente devront être vérifiées à l'instigation du Maître d'Ouvrage, auprès d'un bureau d'études structures, pour que les charges admissibles sur celle-ci ne soient pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

8.2 Spécifications électriques

8.2.1 Généralités

Afin de protéger les biens et les personnes, l'installation photovoltaïque doit répondre à la norme électrique NF C 15-100. La réalisation de l'installation devra, de plus, être effectuée conformément au guide UTE C15-712 et au Guide pratique à l'usage des bureaux d'études et installateurs sur les "Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens dans les installations photovoltaïques raccordées au réseau", édité par l'ADEME et le SER en décembre 2008.

Tous les travaux touchant à l'installation électrique devront être confiés à des électriciens habilités BR ayant l'appellation QUALI'PV.

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1 000 V (liée à la classe II de sécurité électrique).

Le calcul des sections de câbles DC sera réalisé de manière à ne pas dépasser 1 % de pertes et 0.5 Ohm de résistance de câblage en fonctionnement nominal.

De plus, les câbles utilisés devront supporter une tension $U = 1.15 \times U_{co}(T_{min})$ de la série et une intensité $I = 1.25 \times I_{cc}$ de la série.

Enfin, une protection pour l'ensemble du système DC contre l'effet des courants inverses susceptibles de survenir en cas de défaut dans un module devra être mise en place. Les modules supportant un courant inverse maximal égal à au moins deux fois leur courant de court-circuit, cette protection sera réalisée par des fusibles pour tout système comportant plus de 3 séries par onduleur. Ces fusibles seront mis en place dans les boîtes de connexion DC ou bien directement à l'intérieur des onduleurs si ceux-ci le permettent.

8.2.2 Connexion des câbles électriques

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des panneaux : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire.

La mise en place des câbles supplémentaires pour le passage d'une colonne à une autre ou pour la liaison des séries de modules au réseau doit être réalisée avant le montage des modules, en ayant au préalable vérifié que ces câbles ne sont pas connectés au réseau et qu'ils sont protégés à leur extrémité par des connecteurs de marque MULTICONTACT de type 4.

La connexion des modules se fera au fur et à mesure de la pose des modules (en colonne et de bas en haut) avant leur fixation à l'aide des clips.

Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le passage des câbles se fera en passant sous les bavettes supérieures ou au niveau du faîtage. Ce passage sera également à privilégier pour la liaison vers l'intérieur du bâtiment. En aucun cas, les profilés ou les tôles d'étanchéité ne doivent être percées.

Les câbles doivent être acheminés dans des gaines techniques repérées et prévues à cet effet ou au travers des combles, conformément aux prescriptions de la norme NF C 15-100 et au Guide pratique à l'usage des bureaux d'études et installateurs sur les "Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens dans les installations photovoltaïques raccordées au réseau", édité par l'ADEME et le SER en décembre 2008.

L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur grâce à un multimètre permettant de contrôler sa tension de circuit ouvert.

Les cadres des modules comme les profilés IPXL doivent être interconnectés à l'aide de câbles de liaison équipotentielle des masses non fournis (voir § 3).

- Pour les modules, les accessoires de liaison équipotentielle des masses, de type TYCO SOLKLIP ou équivalent, seront fixés sur le cadre de chacun des modules avant le montage en toiture. Leur connexion

avec le conducteur de terre s'effectue à l'avancement lors de la pose des modules par colonne de haut en bas.

- Pour les profilés IPXL, les accessoires de liaison équipotentielle des masses, de type TYCO SOLKLIP ou équivalent, seront fixés avant le montage des profilés sur le toit. Leur connexion avec le conducteur de terre s'effectue à l'avancement lors de la pose des profilés.

Il est nécessaire ensuite d'interconnecter les accessoires de liaison équipotentielle des modules entre eux, les accessoires de liaison équipotentielle des profilés entre eux puis de les relier ensuite à la prise de terre du bâtiment (après vérification préalable de sa conformité) à l'aide de pièces de type raccord à griffes (voir la Figure 17).

8.3 Mise en œuvre en toiture

8.3.1 Longueur maximum des rampants de toitures

En fonction de la pente de la toiture, du type de toiture et de l'implantation du bâtiment, le Tableau 4 permet de déterminer la longueur maximum des rampants de toitures pouvant accueillir le procédé.

La plus petite des longueurs obtenues entre les deux parties de ce tableau doit être retenue.

8.3.2 Traitement des risques de condensation

8.3.2.1 Toitures non isolées en bâtiment ouverts

Les équerres de renfort standard et les traverses standard sont utilisées (voir la Figure 12). L'entrée d'air se fait à l'égout et l'évacuation devra obligatoirement être effectuée au faîtage.

Sur demande, les bacs d'étanchéité peuvent être équipés d'un régulateur de condensation collé en usine.

8.3.2.2 Toitures froides ventilées

Dans ce cas, les équerres de renfort et les traverses spécifiques doivent être utilisées. Ainsi, une lame d'air de 30 mm est ménagée en sous face des bacs d'étanchéité pour permettre la ventilation de la toiture (voir la Figure 13). L'entrée d'air se fera à la gouttière et la sortie d'air au faîtage.

Les bacs d'étanchéité seront équipés d'un régulateur de condensation collé en usine.

8.3.2.3 Toitures chaudes avec isolation et sans lame d'air

Pour ces toitures, les équerres de renfort et les traverses standard sont utilisées. De plus, des closoirs en mousse polyéthylène devront être utilisés sur toute la largeur du champ photovoltaïque (distance parallèle à l'égout). Ils seront positionnés entre les sous-bavettes et les bacs d'étanchéité en partie inférieure de l'installation (voir la Figure 14). Dans ce cas là, le faîtage n'est pas ventilé.

8.3.3 Pose en partie courante de toiture

Dans ce type de montage, les panneaux remplacent en partie les éléments de couverture mais ce, en partie courante de toiture au sens des règles NV65 avec raccordement de l'installation à l'égout (pour les liaisons au faîtage ou aux rives de la toiture, se référer au § 8.3.3).

8.3.3.1 Conditions préalables à la pose

Il convient en premier lieu de vérifier la répartition et le calepinage des panneaux photovoltaïques sur la toiture (grâce au plan fourni par le bureau d'études structures de SCHÜCO) et, éventuellement, de découvrir la zone d'implantation des éléments de couverture existants. La surface qui devra être ménagée pour l'implantation des panneaux photovoltaïques devra posséder les dimensions indiquées dans le § 5 auxquelles il faudra ajouter une colonne d'éléments de couverture existants.

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier que l'entraxe des pannes est conforme :

- au Tableau 2 en ce qui concerne la partie courante de la toiture et au Tableau 3 en ce qui concerne le traitement à l'égout (au sens des règles NV65 modifiées),
- au Tableau 3 quand l'installation photovoltaïque est raccordée au faîtage ou aux rives de la toiture.

Dans le cas d'une toiture existante, il y aura éventuellement lieu d'ajouter des pannes pour répondre à ces contraintes mécaniques.

De plus, en fonction de chaque projet, le bureau d'études des structures de SCHÜCO indiquera la nécessité d'ajouter d'autres pannes supplémentaires à la toiture. Ces pannes seront définies au cas par cas et pourront avoir deux fonctions :

- Supporter la bavette inférieure : dans ce cas la panne ne reprend aucune charge.
- Répondre aux contraintes statiques du procédé si la toiture considérée est telle que le porte-à-faux du profilé IPXL dépasse 1/3 de l'entraxe entre pannes. Ces pannes serviront donc à reprendre les charges du profilé et joueront donc un rôle de résistance statique.

Toutes les pannes supplémentaires doivent être de dimensions et de caractéristiques mécaniques identiques à celles de la toiture.

Les réactions d'appui des profilés IPXL sur les pannes en fonction du nombre d'appuis sont fournies dans le Tableau 5.

8.332 Eclissage des profilés IPXL

La "Structure support" doit être installée en premier sur la toiture. Pour cela, il sera éventuellement nécessaire de joindre des profilés IPXL entre eux pour permettre de couvrir un rampant de toiture donné. Cet assemblage entre deux profilés IPXL se fait à l'aide d'une éclisse et d'une tôle de raccord sur laquelle on viendra poser quatre bandes butyl. Cette dernière est glissée dans la rainure du profilé supérieur et vient reposer au-dessus du profilé inférieur. Le tout est maintenu avec vis auto perceuses non fournies (voir § 3) et une bande de complément d'étanchéité indéchirable (de type Coband) est posée sur la partie inférieure de l'assemblage jusqu'à la première rainure du profilé (voir la Figure 10).

Afin d'assurer la statique de l'ensemble, l'éclissage devra, conformément à la Figure 15 :

- être appliqué sur des profilés IPXL de longueurs supérieures à celles des entraxes entre pannes ;
- être réalisé sur les zones comprises entre le deuxième et l'avant dernier appui de panne ;
- être situé hors des appuis de pannes : l'éclissage devra au moins être distant d'un dixième de la longueur entre appui.

8.333 Pose des équerres de fixation

Avant la mise en œuvre des profilés IPXL parallèlement à la pente, les équerres pannes et les équerres de renfort doivent leur être fixées.

- Les équerres pannes

Les équerres pannes doivent être positionnées de part et d'autre du profilé, au regard de l'emplacement de chaque panne de la toiture. Pour le positionnement de celles-ci, il est donc nécessaire de vérifier l'emplacement des profilés sur le toit pour connaître les positionnements exacts de ces équerres.

Pour pallier les problèmes de dilatation des matériaux, il est nécessaire d'appliquer un seul point fixe (soit deux équerres avec trous ronds en vis-à-vis) sur chaque profilé IPXL : toutes les autres équerres devant être avec trous oblongs. Les préconisations suivantes (voir la Figure 16) doivent être suivies :

- Pour des installations inférieures à 10 m de longueur de rampant, le point fixe devra être situé en partie supérieure ou inférieure du rampant.
 - Pour des installations dont la longueur de rampant varie entre 10 et 20 m, le point fixe devra être situé en milieu de rampant et les éclissages seront fixés avec 8 vis auto perceuses, non fournies (voir § 3), sur les deux profilés IPXL.
 - Pour des installations dont la longueur de rampant varie entre 20 m et la longueur maximale admise par les normes NF DTU et documents de référence concernés selon le type de couverture associée ou entre 20 et 40 m dans le cas d'une toiture complète : un point fixe devra être appliqué sur chaque profilé et les éclissages ne devront être fixés que sur le profilé supérieur de la jonction (avec 4 vis auto perceuse non fournies) en maintenant un écart de 10 mm entre chaque profilé.
- Les équerres de renfort

Elles sont également positionnées de part et d'autre des profilés, mais cette fois, au regard de l'emplacement des modules.

Les premières équerres doivent être positionnées à 7,5 mm de chaque extrémité du profilé. L'entraxe entre les équerres suivantes est constant et doit être égal à $((Ky + 22) / 2)$. La position de ces équerres n'est pas rigide, elle peut varier si par exemple une équerre de fixation se trouve déjà à l'emplacement. Par contre, cet entre axe ne devra, en aucun cas, excéder 0,9 m.

8.334 Mise en place des profilés IPXL

L'entraxe des profilés IPXL dépend du type de montage des modules :

- Montage portrait : l'entraxe est égal à $(Kx + 22)$
- Montage horizontal : l'entraxe est égal à $((Kx + 22) / 2)$

Avant la fixation des profilés IPXL, il convient de s'assurer de l'équerage de l'ensemble par triangulation en prenant, comme référence, les profilés latéraux qui délimitent l'installation à droite et à gauche : les diagonales doivent être de même longueur. Tout au long du montage, il sera nécessaire de s'assurer du parallélisme des profilés et en vérifier leurs écartements.

Les profilés IPXL sont fixés aux pannes à l'aide des équerres pannes et des vis auto foreuses non fournies (voir § 3), excepté sur la panne en partie inférieure de l'installation pour permettre la mise en place des sous bavettes.

8.335 Mise en place des sous bavettes

L'extrémité latérale droite (respectivement gauche) de la sous bavette droite (gauche) doit être positionnée à 285 mm de l'extrémité droite (gauche) du profilé IPXL le plus à droite (gauche) de l'installation. Les sous bavettes centrales peuvent ensuite être mises en place : chacune venant en recouvrement, d'une onde, sur l'autre. Une fois l'ensemble des sous bavettes installées, les profilés IPXL peuvent être définitivement fixés.

8.336 Mise en place des bacs d'étanchéité

Les traverses sont fixées sur les équerres de renfort à l'aide de vis auto perceuses non fournies (voir § 3).

Les trois premières et trois dernières traverses sont espacées de 800 mm, les intermédiaires sont espacées de 767 mm.

Les bacs d'étanchéité peuvent alors être mis en place en venant s'insérer dans les rainures des profilés IPXL prévues à cet effet. Ils sont ensuite fixés par des vis auto perceuses non fournies (voir § 3) positionnées en sommet d'ondes sur des cavaliers non fournis (voir § 3). Chaque bac d'étanchéité vient en recouvrement des autres sur 200 mm.

8.337 Mise en place des modules photovoltaïques

Les joints étanchéité modules doivent être insérés dans les rainures, prévues à cet effet, des profilés IPXL (voir la Figure 17).

Le montage des modules se fait du haut vers le bas. Ils sont maintenus par pincement grâce aux clips doubles ; les clips simples sont uniquement utilisés en partie inférieure de l'installation (voir la Figure 18). Ces clips sont fixés aux profilés IPXL par l'intermédiaire des coulisseaux de rainure et des vis M8 x 14 fournies (2 par clip en montage portrait, 3 par clip en montage paysage). Avant leur mise en place, les clips doivent être revêtus de bande butyl au niveau de leurs appuis sur les modules.

Les modules doivent être positionnés de telle sorte que les profilés IPXL dépassent de 172 mm en partie supérieure et de 50 mm en partie inférieure de l'installation.

En partie inférieure de l'installation, un coulisseau avec vis poinçon doit être positionné sur chaque profilé IPXL, en regard de chaque fixation des clips, pour éviter un éventuel glissement des modules.

8.338 Mise en place des bavettes du "Cadre d'étanchéité"

Il convient de commencer par les bavettes inférieures droite et gauche :

- latéralement, elles viennent à fleur des sous bavettes latérales,
- longitudinalement, elles viennent se coincer entre les modules et les clips simples. En partie inférieure, elles sont fixées aux sous bavettes par l'intermédiaire des entretoises en plastique.

Les bavettes inférieures centrales sont ensuite positionnées : les creux de la bavette s'insèrent sous les profilés IPXL. Le recouvrement entre les différentes bavettes inférieures est d'environ 130 mm : l'ordre de recouvrement dépendra de la direction des vents dominants.

Des entretoises en plastique non fournis (voir § 3) doivent être insérés entre les bavettes inférieures et les sous bavettes, pour permettre de maintenir un espacement constant de 40 mm (voir la Figure 19). Positionnés une onde sur deux et à 15 mm environ de l'extrémité inférieure de la bavette inférieure, l'ensemble doit être assemblé avec des vis auto perceuses non fournies (voir § 3) de longueur 50 mm. Aux endroits où les bavettes inférieures se recouvrent, il est également nécessaire d'ajouter une fixation avec entretoise.

Les bavettes latérales doivent être positionnées ensuite de bas en haut. Les premières sont clippées entre le profilé IPXL et la sous bavette latérale. Les suivantes viendront chacune par dessus celles déjà installées en assurant un recouvrement d'environ 200 mm. L'étanchéité doit être complétée par deux bandes Butyl situées à 20 mm et à 100 mm de l'extrémité inférieure de chaque bavette (voir la Figure 20).

Ces bavettes latérales sont ensuite fixées à l'aide des agrafes tous les 300 à 500 mm avec des vis auto perceuses non fournies (voir § 3) sur le profilé en T, lui-même fixé sur les pannes de la toiture à l'aide de vis auto perceuses non fournies (voir § 3).

En fonction de l'implantation de l'installation (en rives ou non) et de la nature de la couverture (bac acier, plaque de fibres ciment, tôle ondulée), le couvreur devra confectionner une pièce sur le chantier conformément aux normes NF DTU et documents de référence concernés pour effectuer le raccordement entre les bavettes latérales et la couverture et assurer l'étanchéité de la toiture comme préconisé sur la Figure 21 et la Figure 22.

Les bavettes supérieures sont enfin installées : les bavettes droite et gauche sont positionnées en premier au regard des bavettes latérales et viennent se poser sur les clips doubles. Le recouvrement entre les différentes bavettes supérieures est d'environ 100 mm : l'ordre de recouvrement dépendra de la direction des vents de pluie dominants.

En partie inférieure, il est possible de fixer une gouttière de diamètre 130 mm maximum à l'aide d'un support gouttière qui viendra se fixer sur le haut de l'onde de la sous bavette, et ce, à l'aide d'une vis de serrage (voir la Figure 23). Dans le cas d'un chéneau, celui-ci devra impérativement être fixé sur la structure du bâtiment.

8.339 Utilisation des modules de ventilation

Lorsque le champ photovoltaïque comporte plus de 9 modules (en mode portrait) ou plus de 18 modules (en format paysage) sur un même rampant de toiture, il est nécessaire de mettre en place des modules de ventilation.

Il se fixe de la même manière qu'un module photovoltaïque standard, c'est-à-dire entre deux clips (voir la Figure 24).

Ces modules de ventilation peuvent être utilisés dans une installation où les charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte le cas échéant des actions locales, n'excèdent pas :

- 1764 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
- 1420 Pa sous vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),

8.34 Pose aux abords des extrémités de toiture

En complément des dispositions citées dans les § 8.1, 8.2 et 8.31, la mise en œuvre des panneaux photovoltaïques sur une installation raccordée aux au faitage ou aux rives (*voir la Figure 25*) doit être conforme aux recommandations suivantes.

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier que l'entraxe des pannes est conforme :

- au Tableau 3,
- ou au Tableau 2 en ce qui concerne la partie courante de la toiture et au Tableau 3 en ce qui concerne le traitement à l'égout, au faitage et aux rives (*au sens des règles NV65*).

Dans le cas d'une toiture existante, il y aura éventuellement lieu d'ajouter des pannes pour répondre à ces contraintes mécaniques.

La longueur de rampant de toiture maximum est limitée aux prescriptions des normes NF DTU et documents de référence concernés selon le type de couverture associée (*notamment les normes NF DTU 40-35, NF DTU 40-36 ou le Cahier du CSTB 3297*).

8.341 Au faitage

Pour une installation raccordée au faitage, l'extrémité supérieure des profilés IPXL doit être positionnée à 70 mm de l'axe du faitage si la pente de la toiture est supérieure à 12° (21 %), sinon à 150 mm.

En lieu et place des bavettes supérieures, des supports écarteurs et des bavettes faitières devront être utilisées.

Les supports écarteurs permettent d'orienter le support faitière du toit afin d'obtenir un faitage horizontal. Ils seront fixés aux profilés IPXL grâce aux coulisseries de rainures et aux vis M8 x 14 fournies. Les blocs de mousse fournis doivent être positionnés dans le profilé IPXL en dessous des supports écarteurs.

Les bavettes faitières droite et gauche sont mises en place en appui sur les bavettes latérales de part et d'autre de l'installation. Elles sont fixées, de la même façon que les bavettes latérales, grâce aux agrafes sur le profil en T. Les bavettes faitières centrales sont ensuite positionnées (*voir la Figure 26*) et vissées d'une part sur les supports écarteurs et d'autre part sur les clips doubles tous les mètres à l'aide de vis nous fournies (*voir § 3*).

Le recouvrement des bavettes faitières se fera dans le sens des vents dominant sur 100 mm.

Il convient enfin de repositionner le faitage et de le fixer. Si nécessaire, les bavettes faitières droite et gauche peuvent être pliées en partie supérieure (*voir la Figure 27*).

8.342 A la rive

Le profilé IPXL doit être distant de 119 mm de la rive de toiture considérée.

Le montage des modules doit commencer par le côté sur rive.

8.35 En toiture complète

La surface de la toiture est, dans ce cas, entièrement recouverte de panneaux photovoltaïques. La toiture ne doit alors présenter aucune pénétration (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...*).

En complément des dispositions citées dans les § 8.1, § 8.2, § 8.32 et § 8.33, la mise en œuvre des panneaux en toiture complète doit être conforme aux recommandations suivantes.

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier que l'entraxe des pannes est conforme :

- au Tableau 3,
- ou au Tableau 2 en ce qui concerne la partie courante de la toiture et au Tableau 3 en ce qui concerne le traitement à l'égout, au faitage et aux rives (*au sens des règles NV65*).

Dans le cas d'une toiture existante, il y aura éventuellement lieu d'ajouter des pannes pour répondre à ces contraintes mécaniques.

La longueur de rampant de toiture maximum est limitée en fonction de la zone d'implantation et de la pente de la toiture du bâtiment concerné selon le Tableau 4.

L'installation devra être traitée comme une toiture chaude en relation avec les prescriptions de la norme NF DTU 40.35 : les équerres de renfort standards, les traverses standards et les closoirs en mousse doivent être utilisées (*voir § 8.3172*).

9. Formation

La société SCHÜCO est référencée comme "Organisme de formation".

Elle propose à ses clients une formation photovoltaïque leur permettant d'appréhender les systèmes photovoltaïques en général et peut délivrer une attestation permettant d'obtenir l'appellation "QUALIPV module Electricité".

De plus, la société SCHÜCO forme également aux spécificités des panneaux photovoltaïques SCHÜCO et de leur mise en œuvre. Cette formation peut se réaliser sur chantier (*2 journées*) ou dans les locaux de la société SCHÜCO (*1 journée*).

Dans ce dernier cas, des bancs d'essais sont à disposition pour permettre de présenter les différents composants d'une installation et de traiter des aspects liés à la sécurité électrique. Un show room permet également de monter/démonter le procédé.

Ces travaux pratiques permettent de sensibiliser sur les règles techniques en vigueur, les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

A la suite de cette formation, une attestation est délivrée et une liste d'entreprises agréées est donc tenue à jour.

10. Assistance technique

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part de SCHÜCO pour sa première installation photovoltaïque avec l'aide sur place d'un technicien pendant une journée.

Une assistance téléphonique du département solaire technique de SCHÜCO est disponible.

Lorsque des cas particuliers d'installations se présentent, tant au niveau de la mise en œuvre des panneaux que des conditions d'implantation (*ombrages éventuels*), SCHÜCO peut apporter son assistance technique pour la validation de la solution retenue.

Nota : l'assistance technique ne peut être assimilée ni à la conception de l'ouvrage, ni à la réception de la charpente, ni à un contrôle des règles de mise en œuvre.

11. Utilisation, entretien et réparation

Dans le cadre de l'entretien de la toiture, un nettoyage annuel des modules doit être envisagé au jet d'eau (*haute pression interdite*).

En cas de bris de glace de la vitre ou d'endommagement d'un panneau photovoltaïque, il convient de le faire remplacer par une entreprise formée par SCHÜCO en respectant la procédure suivante :

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Si l'installation présente un risque de défaut d'isolement des câbles électriques DC, il convient de couvrir le champ photovoltaïque concerné par le défaut à l'aide d'une surface opaque (*bâche, tapis...*), avant intervention sur les modules, afin d'éviter de travailler sous tension.
- Le démontage sera réalisé en retirant le cadre de couverture dans l'ordre inverse à celui indiqué dans la notice de montage afin de pouvoir accéder aux câbles de connexion à débriquer et aux pièces de fixation du module. Le(s) câble(s) de liaison équipotentielle des masses devra (*devront*) être sorti(s) des connecteurs TYCO SOLKLIP, permettant ainsi d'assurer la continuité de la liaison à la terre de l'installation photovoltaïque.
- Lors du démontage une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débriqués afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation (*cadre module, rail de fixation...*).
- Le montage du module de remplacement sera réalisé conformément à la notice de montage SCHÜCO. Concernant la remise en place du cadre de couverture, on veillera à utiliser de la bande butyle neuve pour refaire l'étanchéité des éléments concernés.
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

B. Résultats expérimentaux

Les modules cadrés des panneaux photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le TÜV InterC.

Les modules cadrés des panneaux photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le TÜV InterCert.

Les panneaux photovoltaïques ont été testés par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent.

Les panneaux photovoltaïques ont été testés au regard de la tenue aux chocs extérieurs de sécurité de 1200J suivant la méthode d'essai définie dans le Cahier n°3228 du CSTB dans l'usine de la société SCHÜCO à Le Perray en Yvelines avec la supervision de SOCOTEC.

C. Références

Les panneaux photovoltaïques sont fabriqués depuis 2007.

Environ 10 000 m² ont été installés en France à ce jour.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Atmosphères extérieures							Spéciale
		Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine				
			Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (< 3 km)	Mixte	
Aluminium	-	•	•	□	•	•	•	□	□
Aluminium	Polyester sous label QUALICOAT	•	•	•	•	•	□	•	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans l'annexe B1 de la norme NF DTU 40.36.

- : Matériau adapté à l'exposition.
- : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.
- * : à l'exception du front de mer.

Tableau 1 - Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique

Altitude	Zones de neige au sens des règles NV modifiées (en site exposé et pour des bâtiments fermés)			
	1A / 1B	2A / 2B	3	4
H < 200 m	2,6	2,6	2,6	2,6
H < 300 m	2,6	2,6	2,6	2,6
H < 400 m	2,6	2,6	2,6	2,6
H < 500 m	2,6	2,6	2,6	2,6
H < 600 m	2,6	2,6	2,6	2,6
H < 700 m	2,6	2,6	2,6	2,5
H < 800 m	2,6	2,6	2,5	2,4
H < 900 m	2,5	2,5	2,4	2,3

Tableau 2 : Longueur maximum de l'entraxe entre pannes pour le traitement de la partie courante de toiture

Altitude	Zones de neige au sens des règles NV modifiées (en site exposé et pour des bâtiments fermés)			
	1A / 1B	2A / 2B	3	4
H < 200 m	2,6	2,6	2,6	2,2
H < 300 m	2,6	2,6	2,6	2,2
H < 400 m	2,6	2,6	2,4	2,2
H < 500 m	2,6	2,6	2,4	2,1
H < 600 m	2,5	2,4	2,3	2,1
H < 700 m	2,4	2,3	2,2	2,0
H < 800 m	2,3	2,2	2,1	1,9
H < 900 m	2,2	2,1	2,0	1,9

Tableau 3 : Longueur maximum de l'entraxe entre pannes pour le traitement de l'égout, du faitage et des rives

Pente de toiture	Zone climatique		
	I	II	III
≤ 15% Avec liaison au faitage obligatoire	40 m	22 m (une seule éclisse)	12 m (un seul profilé)
α > 15% Avec liaison au faitage ou longueur de rampant de toiture maximum, au-dessus des bavettes supérieures, égale à 1 m.	40 m		

Type de toiture	Zone géographique		
	1/3 Nord	2/3 Sud	
	Toute pente	Pente ≤ 15%	Pente > 15%
Toiture non isolée en bâtiment ouvert Régulateur de condensation sur demande	30 m	40 m	
Toiture froide ventilée Lame d'air continue de 30 mm Régulateur de condensation assemblé sur bacs en usine	12 m (un seul profilé)	12 m (un seul profilé)	22 m (une seule éclisse)
Toiture chaude	40 m		




Tableau 4 : Longueur maximum des rampants de toiture en fonction de l'implantation du bâtiment et du type de toiture (la longueur minimale obtenue entre les deux parties du tableau devra être appliquée)

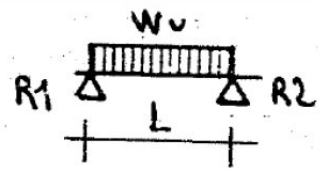
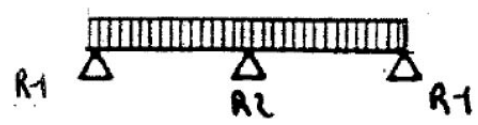
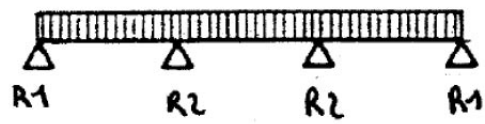
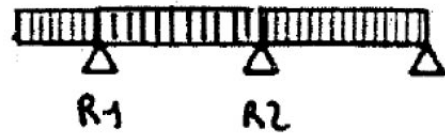
Rapport de Réaction	Réaction	schéma
$R1 = 0.5 W_u.L$ $R2 = 0.5 W_u.L$	$R1 = 223 \text{ daN}$ $R2 = 223 \text{ daN}$	
$R1 = 0.375 W_u.L$ $R2 = 1.250 W_u.L$	$R1 = 165 \text{ daN}$ $R2 = 552 \text{ daN}$	
$R1 = 0.4 W_u.L$ $R2 = 1.1 W_u.L$	$R1 = 168 \text{ daN}$ $R2 = 552 \text{ daN}$	
$R1 = 0.77 W_u.L$ $R2 = 1.17 W_u.L$	$R1 = 340 \text{ daN}$ $R2 = 517 \text{ daN}$	

Tableau 5 : Valeurs des réactions d'appuis des profilés IPXL sur les pannes de la toiture



Figure 1 - Photo d'une installation raccordée utilisant les panneaux photovoltaïques PV XLight

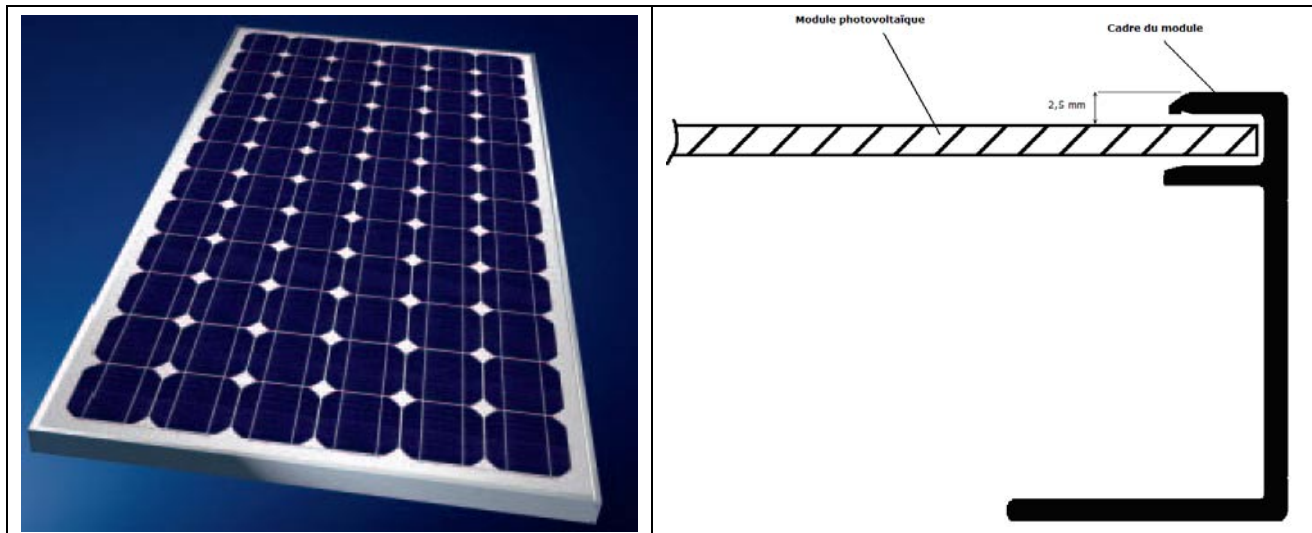
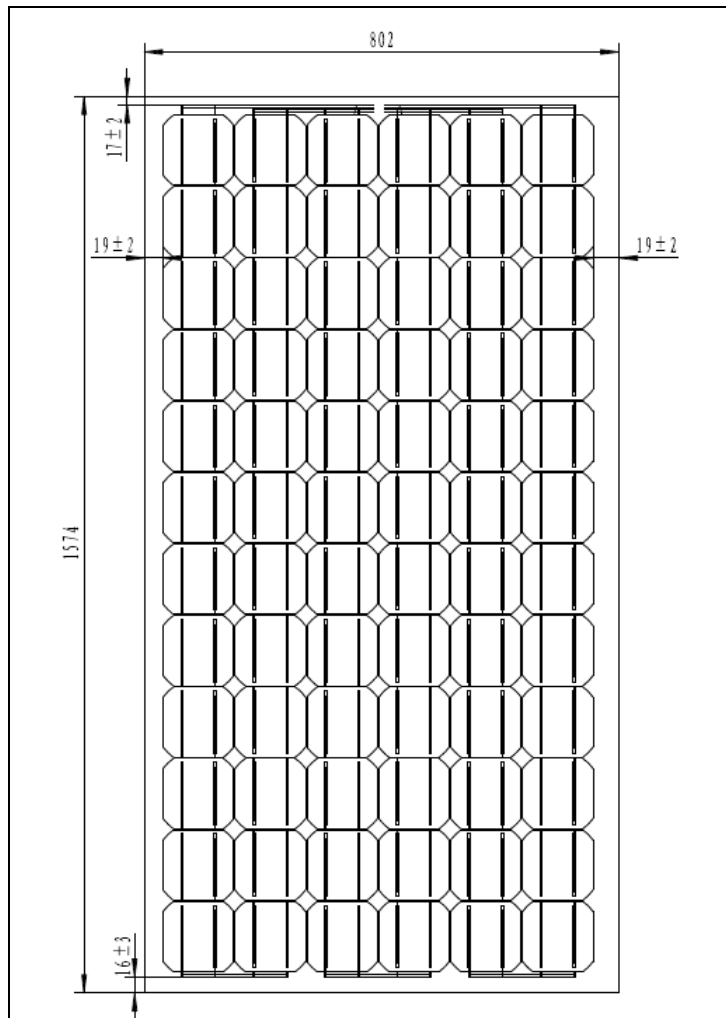
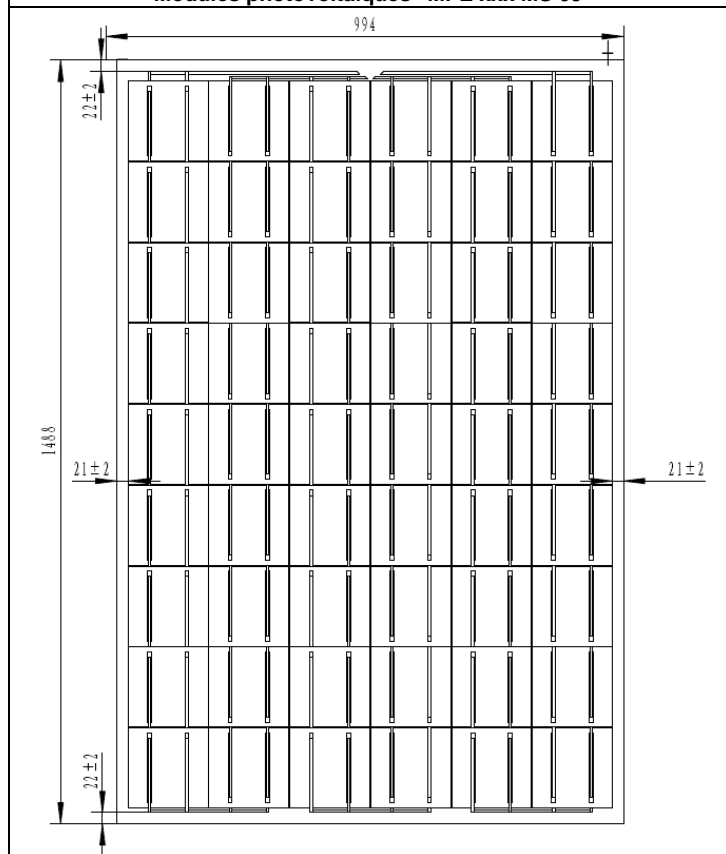


Figure 2 - Photos et schéma des modules photovoltaïques cadrés

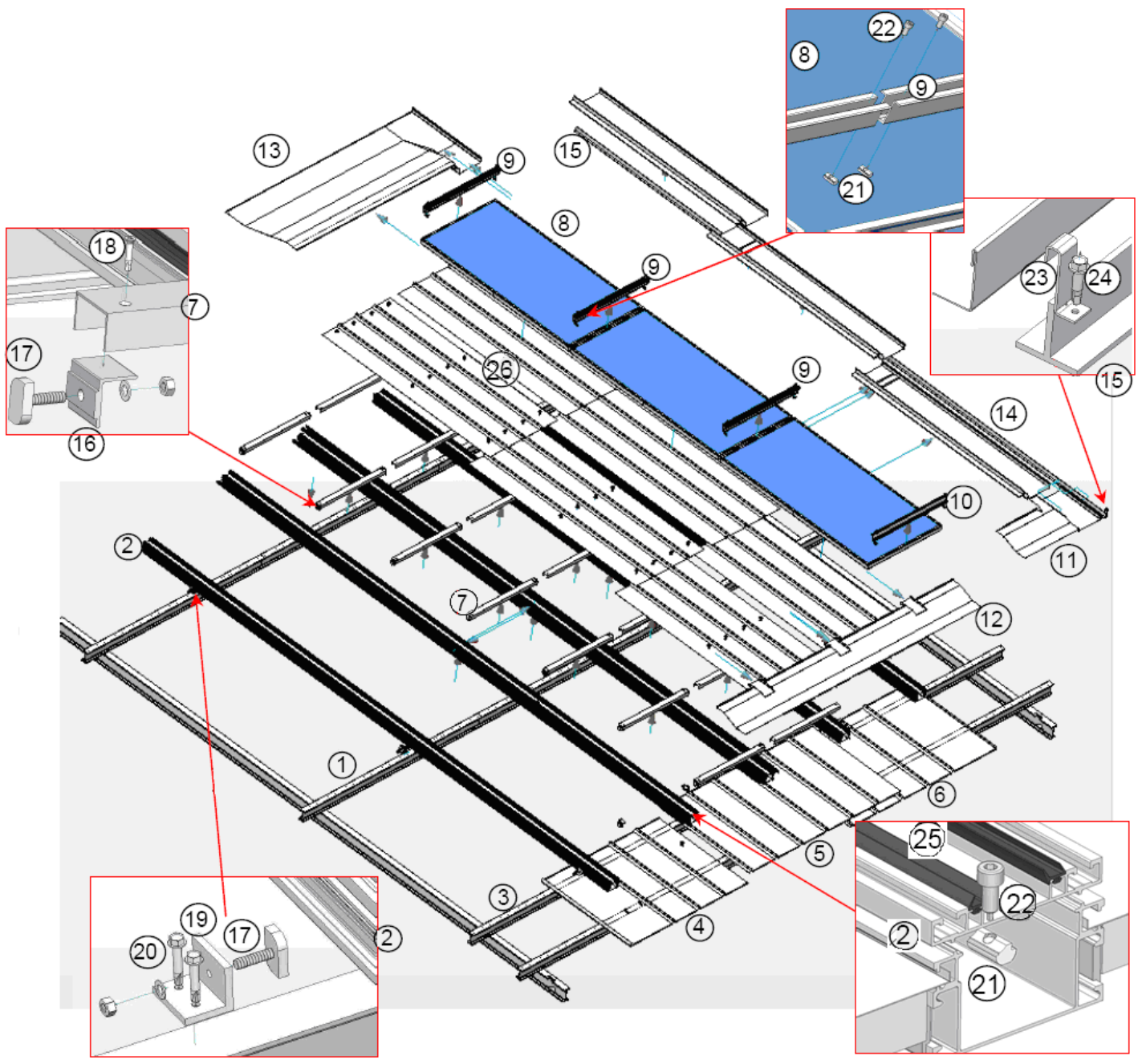


Modules photovoltaïques "MPE xxx MS 05"



Modules photovoltaïques "MPE yyy PS 05"

Figure 3 - Schéma électrique des modules photovoltaïques



Numéro	Désignation des pièces	Numéro	Désignation des pièces
1	Panne	15	Profilé en T
2	Profilé IPXL	16	Equerre de renfort
3	Panne support de sous bavette ou de reprise d'effort des profilés	17	Vis de blocage
4	Sous bavette gauche	18	Vis de fixation des traverses
5	Sous bavette 1 ou 2 modules	19	Equerre panne
6	Sous bavette droite	20	Vis de fixation pannes
7	Traverse	21	Coulisseau de rainure
8	Module photovoltaïque	22	Vis M8 x 14 de sécurité
9	Clip double	23	Agrafe
10	Clip simple	24	Vis de fixation
11	Bavettes inférieures latérales	25	Joint étanchéité modules
12	Bavette inférieure centrale 2 ou 3 modules	26	Bac d'étanchéité
13	Bavettes supérieures		
14	Bavettes latérales		

Figure 4 - Schéma éclaté d'une installation avec panneaux photovoltaïques "PV XLight"











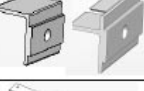








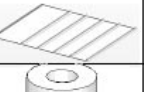
















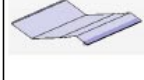






Pièce	Description	Pièce	Description	Pièce	Description	Pièce	Description
	Profilé IPXL : 2 modules : 3560 3 modules : 5240 4 modules : 6920 5 modules : 8600 6 modules : 10280		Vis de blocage		Joint d'étanchéité des modules		
	Eclisse		Coulisseau de rainure		Bavette inférieure 2 modules		Closoir
	Equerre fixation IPN		Vis M8 x 14		Bavette inférieure gauche		Support écarteur 3 modules
	Equerre de renfort		Vis poinçon		Bavette inférieure droite		Support écarteur 2 modules
	Traverse		Vis autoperceuse de fixation tôle d'étanchéité sur traverse. (non fournie)		Montant latéral gauche		Bavette faitière droite
	Clip simple SP4		Vis autoperceuse de fixation patte d'ancrage sur IPN (non fournie)		Montant latéral droit		Bavette faitière gauche
	Clip double SP4		Vis autoperceuse de fixation agrafes sur profil en T (non fournie)		Bavette supérieure gauche		Bavette faitière 3 modules
	tôle étanchéité aluminium		Vis de fixation Traverse sur Equerre de renfort (non fournie)		Bavette supérieure droite		Bavette faitière 2 modules
	Sous bavette 2 modules L = 1000 L = 1500		Sous bavette droite L = 1000 L = 1500		Extension bavette supérieure 2 modules. Longueur : 1812 mm		Agrafe
	Sous bavette 1 modules L = 1000 L = 1500		Sous bavette gauche L = 1000 L = 1500		Extension bavette supérieure 3 modules. Longueur : 2668 mm		Profil en T
			Entretoise (non fournie)		Bloc de mousse		Bande Butyl
					Module photovoltaïque		Tôle de raccord axial

Figure 5 - Nomenclature de l'ensemble des éléments nécessaires aux panneaux photovoltaïques "PV XLight"

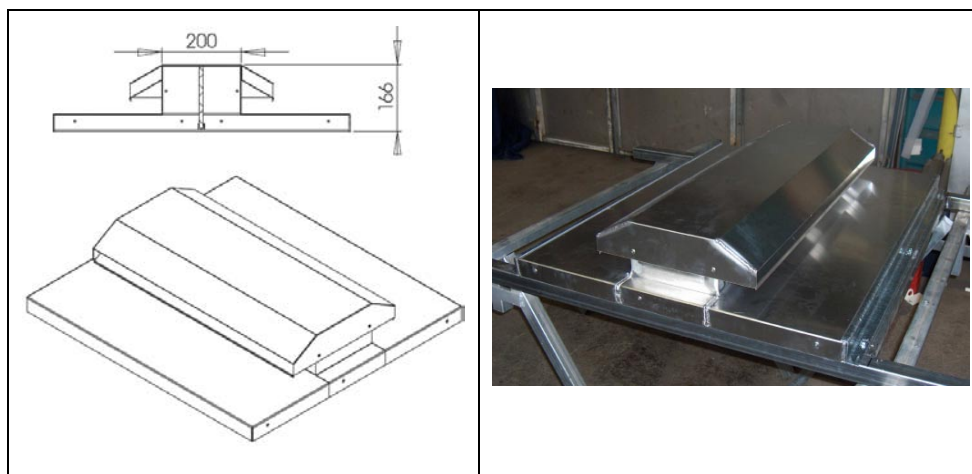


Figure 6 - Schémas et photo des modules de ventilation

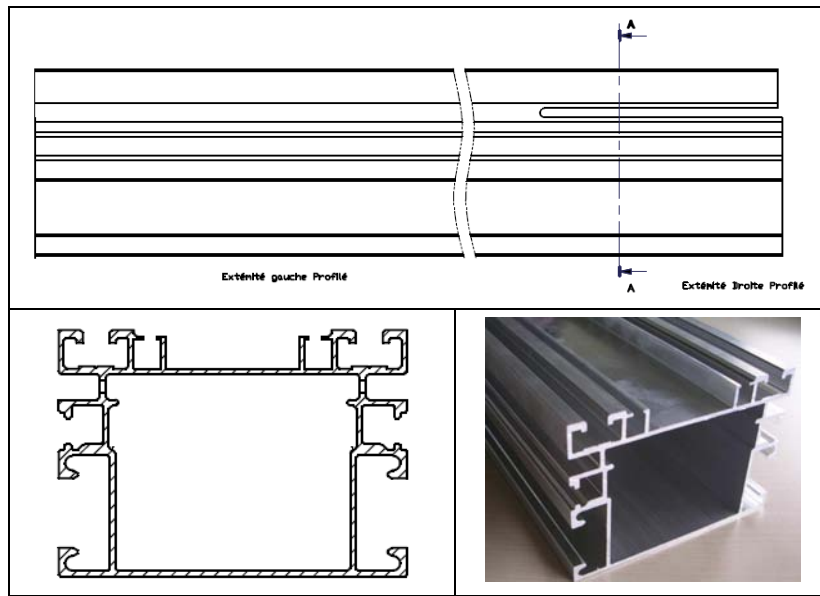


Figure 7 - Schémas et photo du profilé IPXL

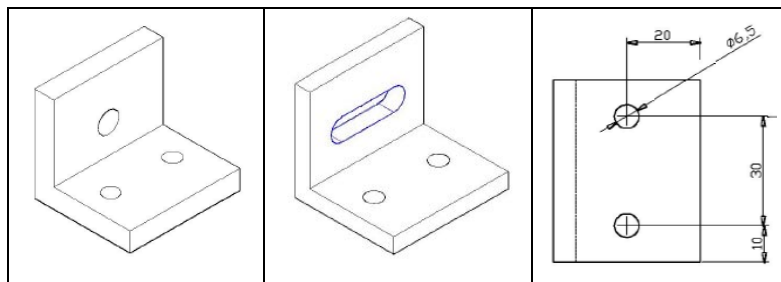
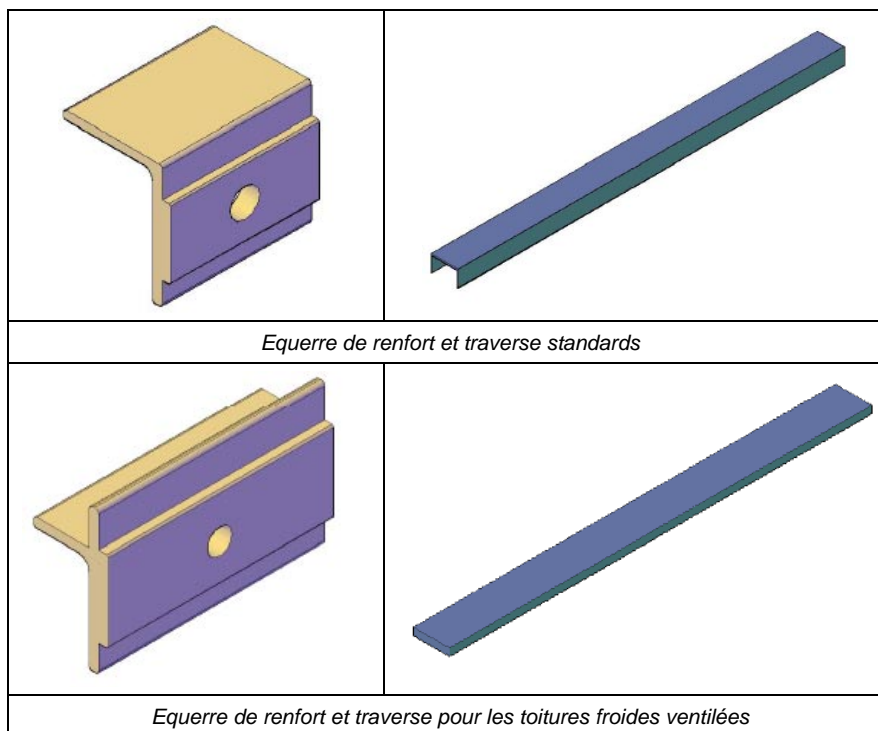


Figure 8 - Schémas des équerres pannes avec perçage rond ou oblong



Equerre de renfort et traverse standards

Equerre de renfort et traverse pour les toitures froides ventilées

Figure 9 - Schémas des deux équerres de renfort disponibles et des traverses correspondantes

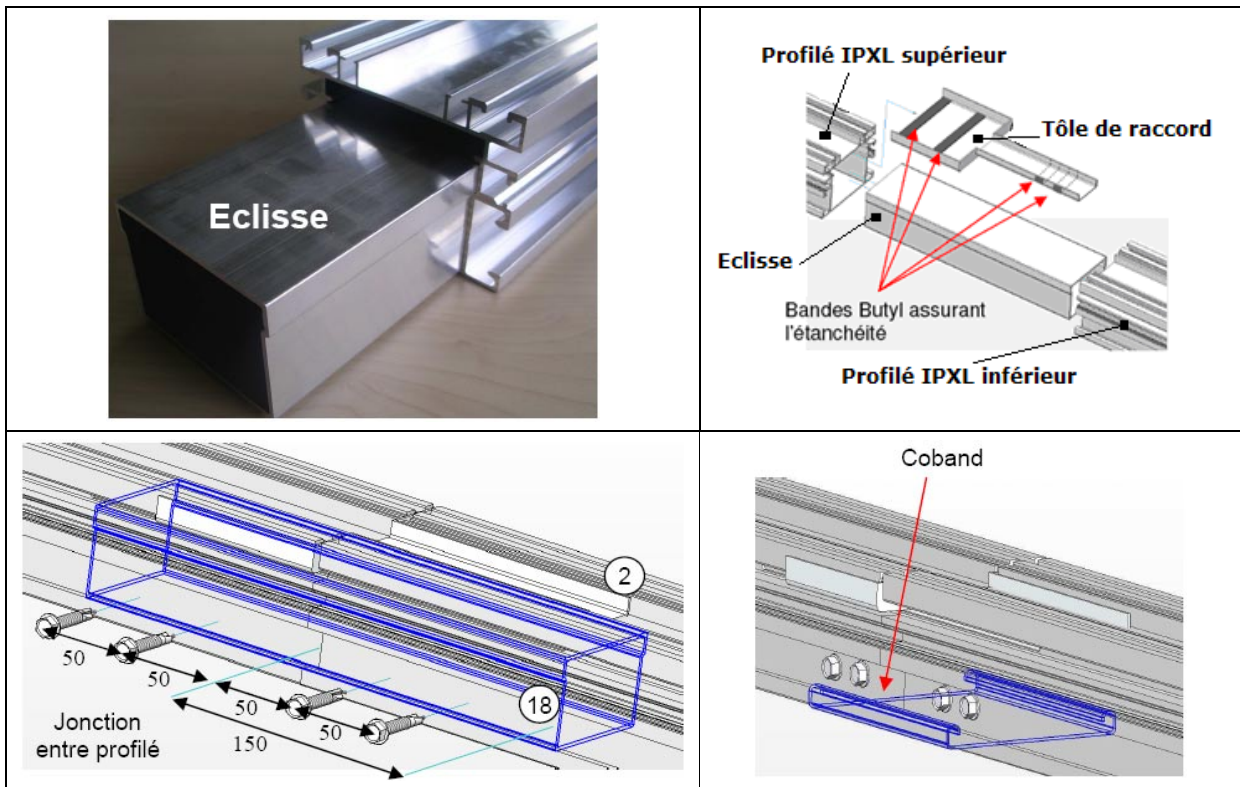


Figure 10 - Photo d'une éclisse et schémas explicatifs du raccord entre deux profilés IPXL

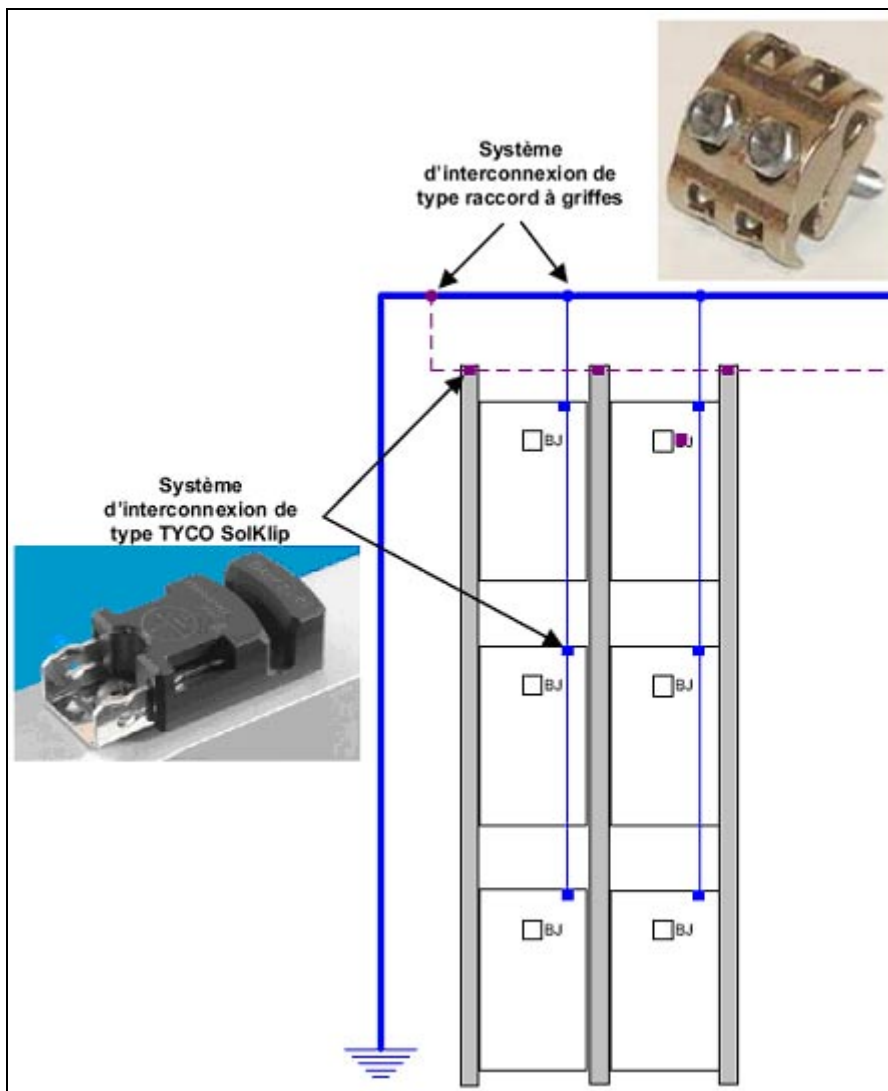


Figure 11 - Schéma de principe de la liaison équipotentielle des masses (cadres des modules et profilés IPXL)

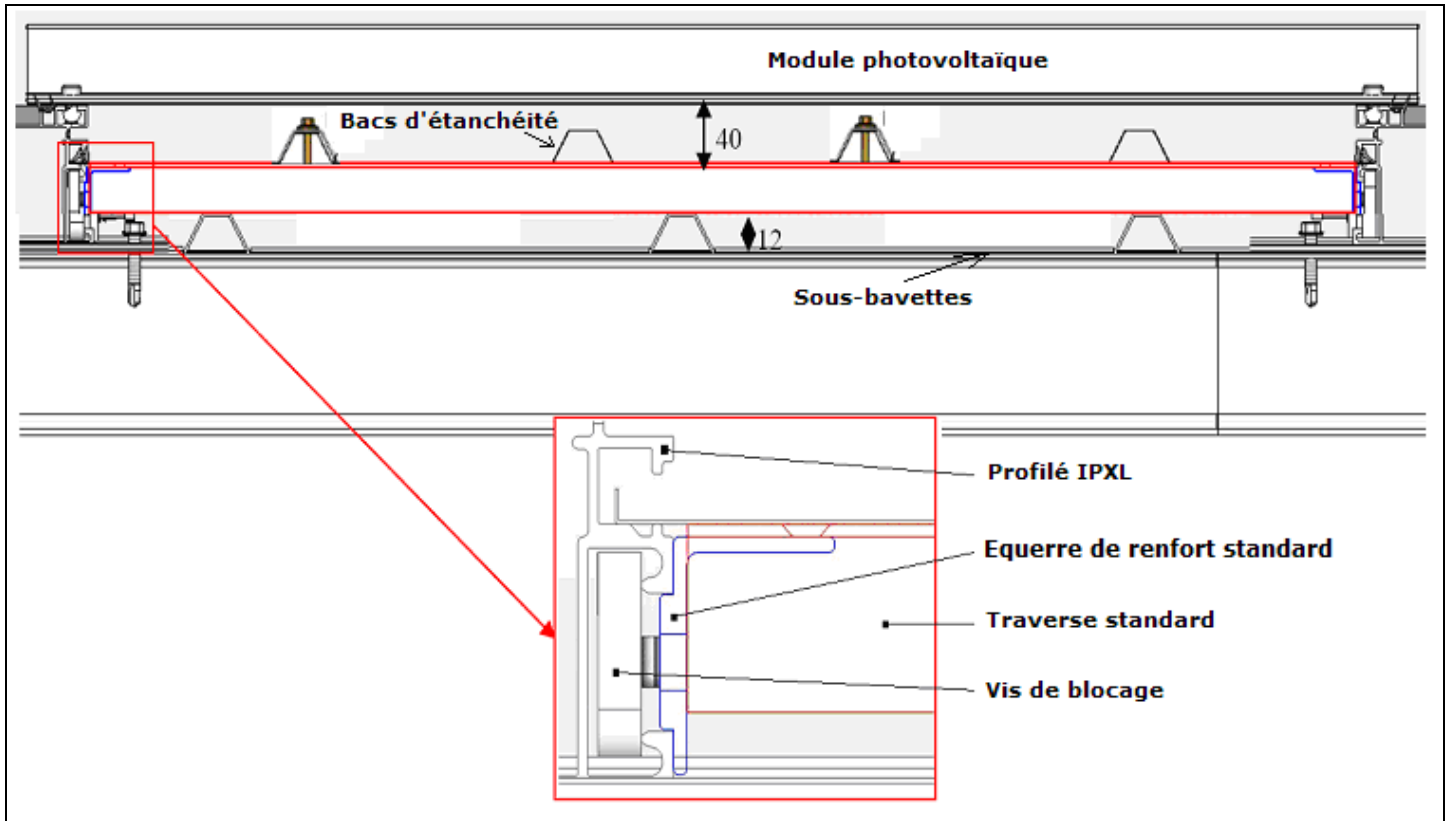


Figure 12 - Schéma illustrant les épaisseurs des lames d'air dans le cas général (traverses et équerres de renfort standard)

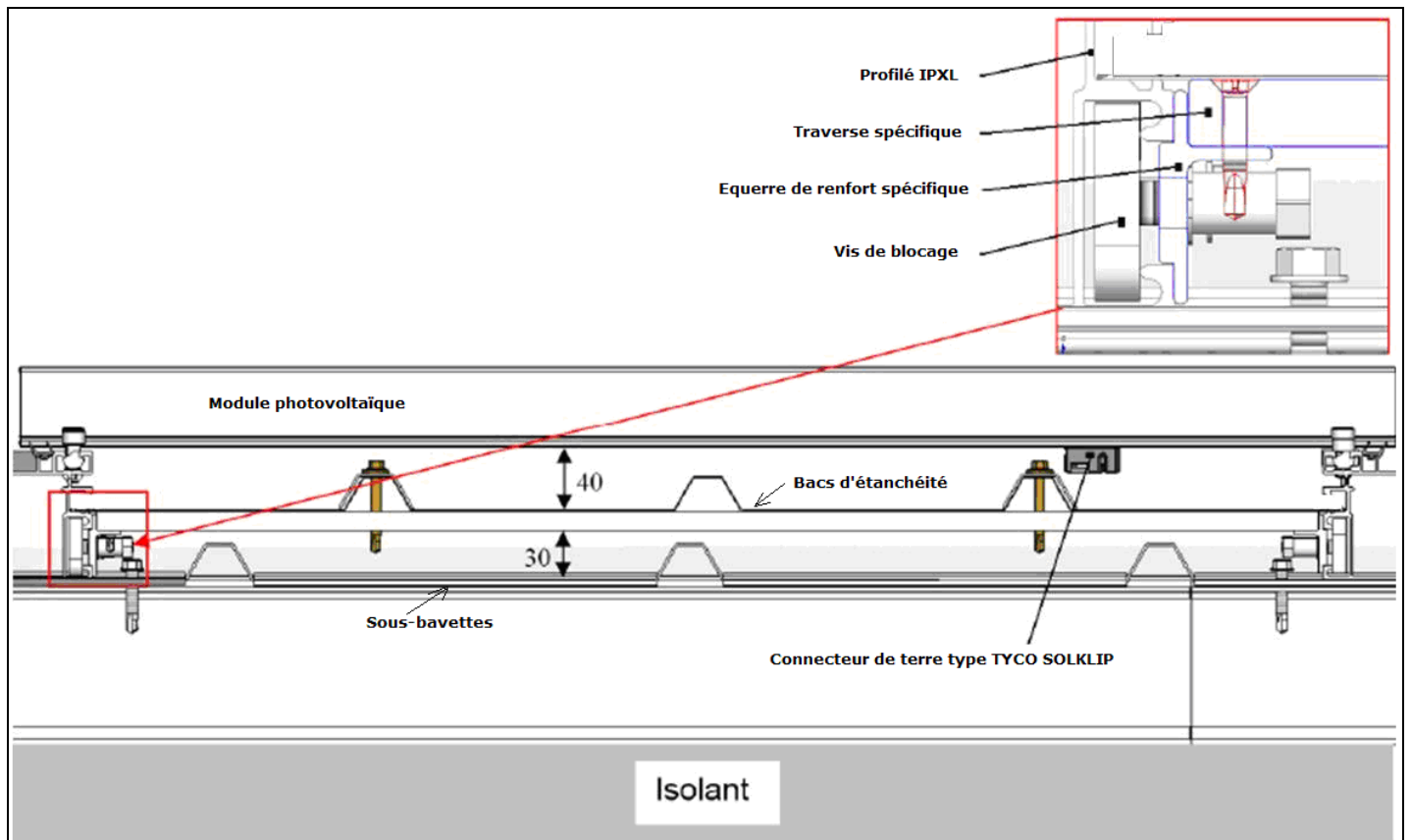


Figure 13 - Schéma illustrant les épaisseurs des lames d'air pour une toiture froide ventilée (traverses et équerres de renfort spécifiques)

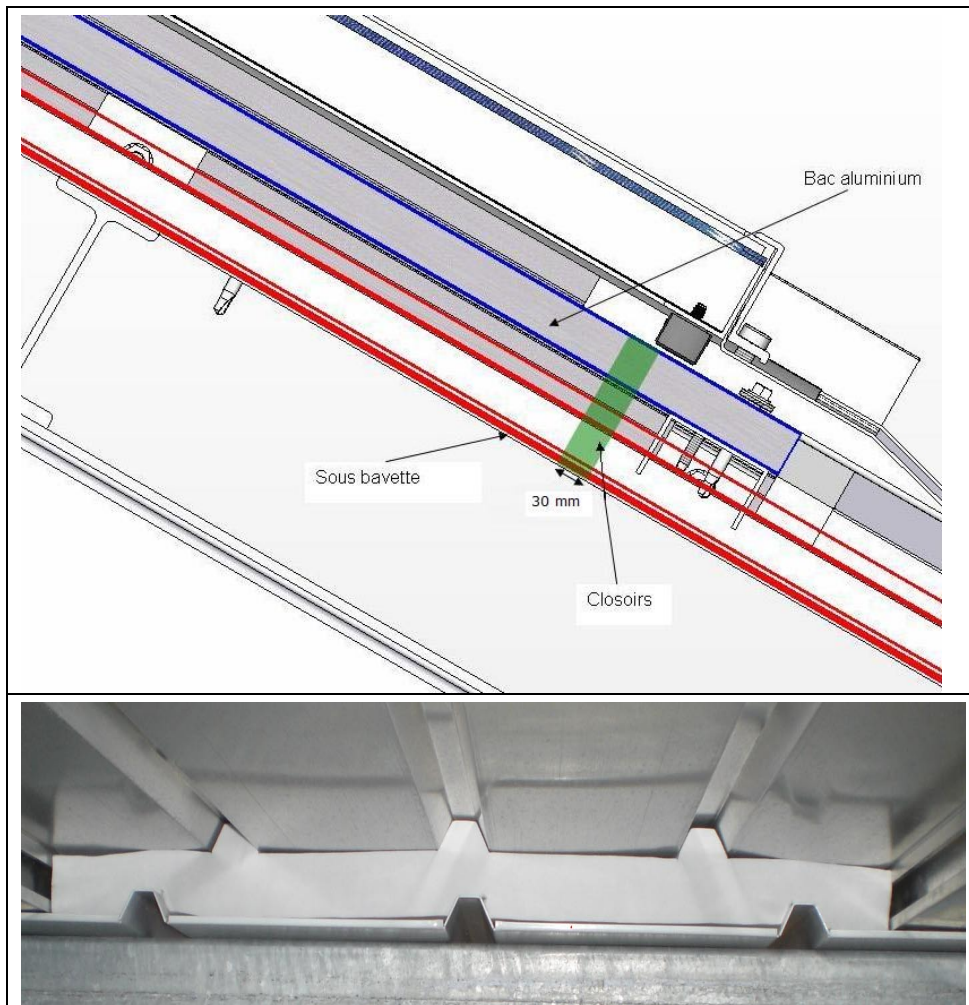


Figure 14 - Illustration de la mise en place des closoirs pour les toitures chaudes avec isolation et sans lame d'air

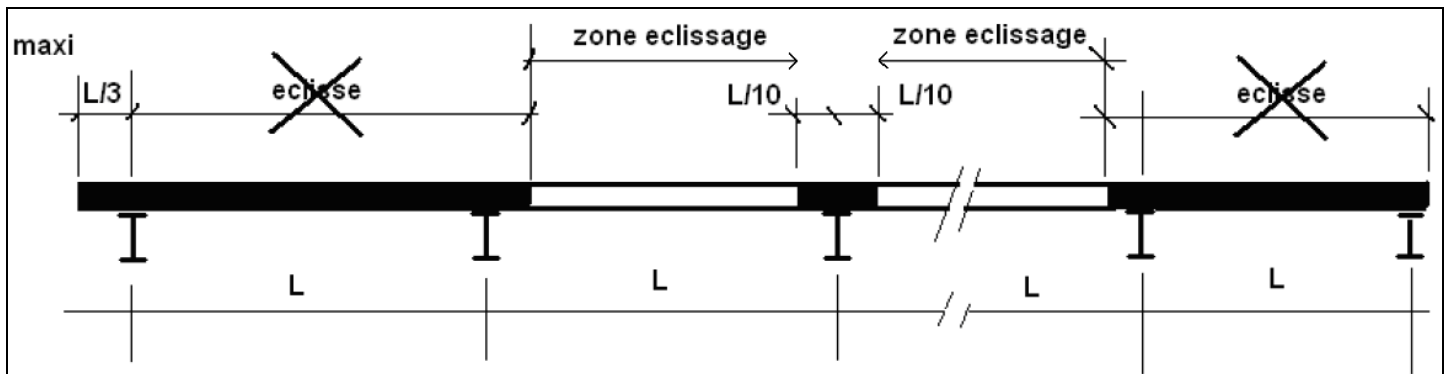


Figure 15 - Schéma explicatif indiquant les emplacements possibles pour l'éclissage des profilés IPXL

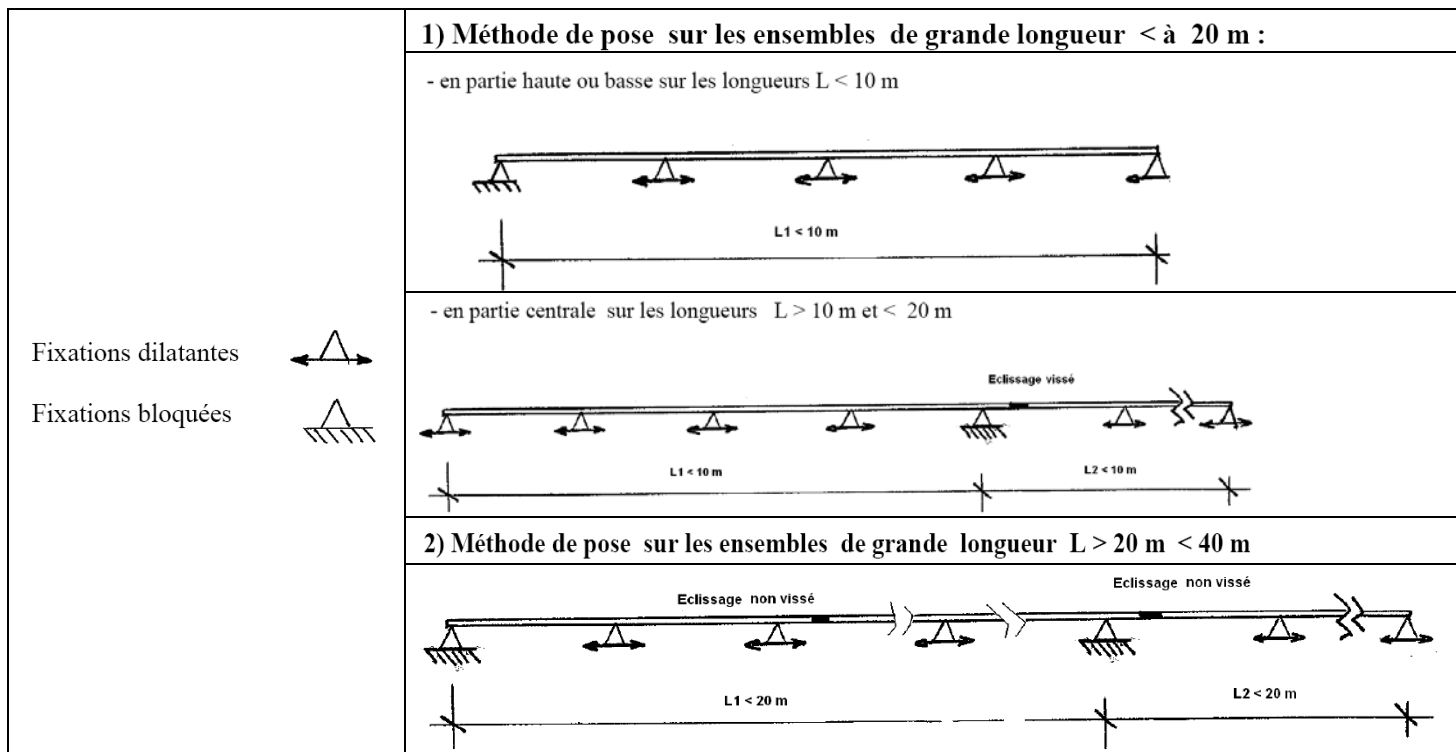


Figure 16 - Schéma explicatif pour emplacement des points fixes et mode d'éclissage afin d'assurer la dilatation des profilés

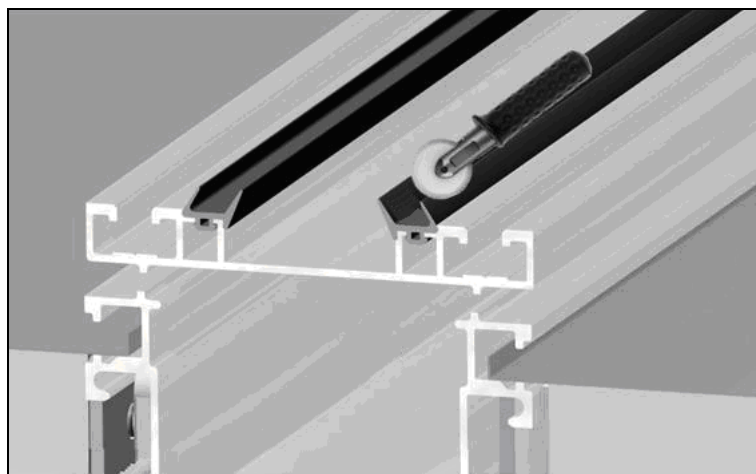


Figure 17 - Schéma illustrant la mise en place des joints étanchéité modules

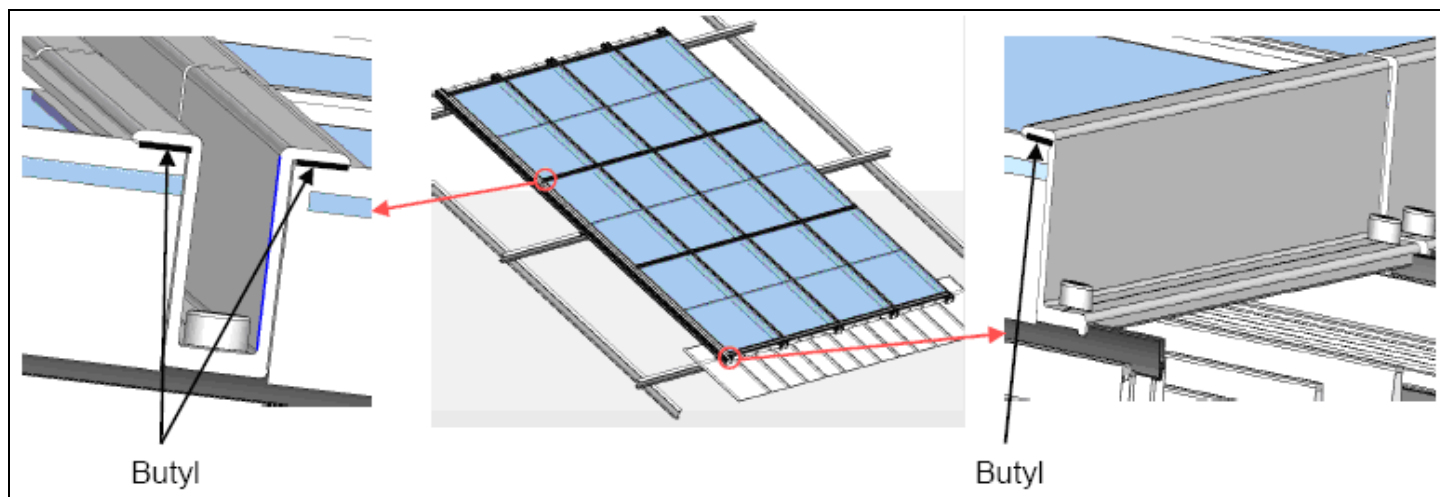


Figure 18 - Schéma illustrant la tenue des modules par clip double (à gauche) et clip simple (à droite)

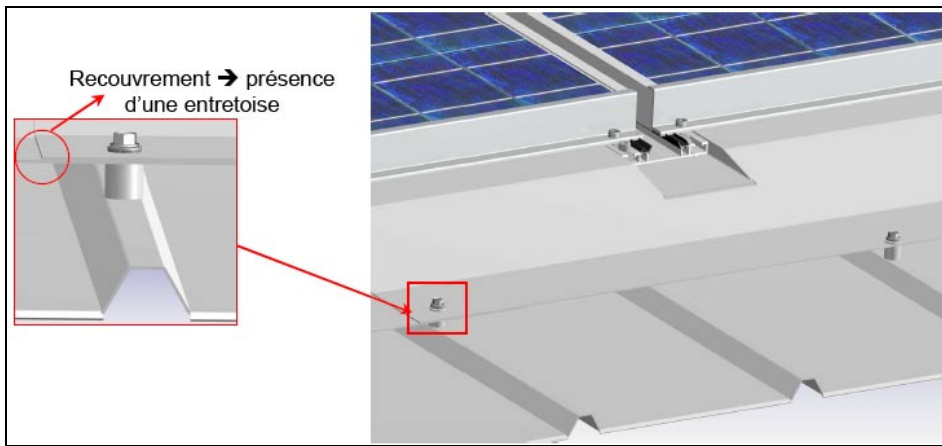


Figure 19 - Schéma illustrant la mise en place des entretoises entre bavettes inférieures et sous bavettes

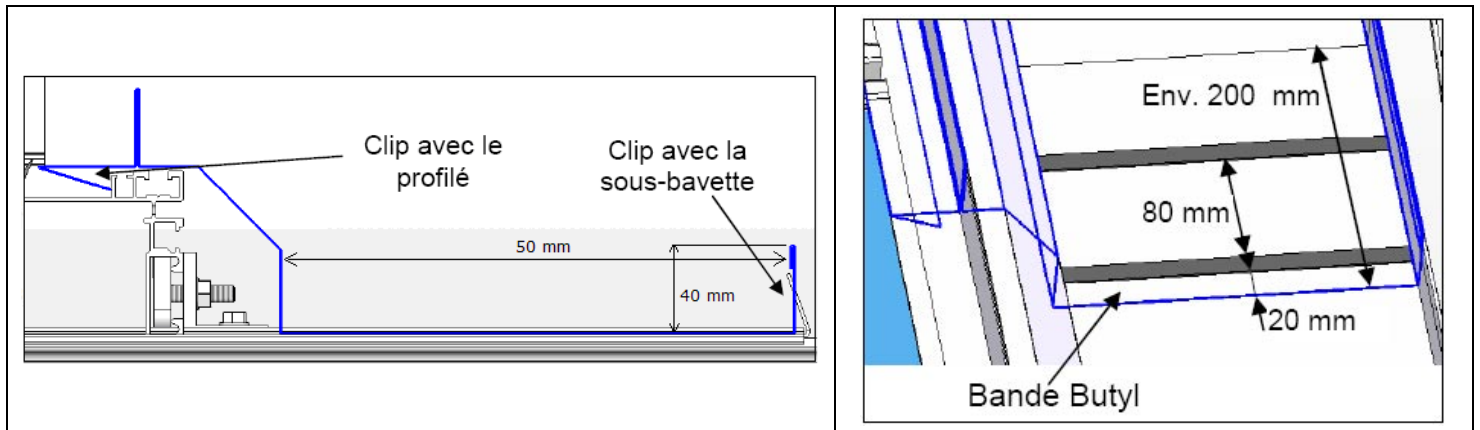


Figure 20 - Schéma illustrant la mise en place des bavettes latérales et des bandes butyl

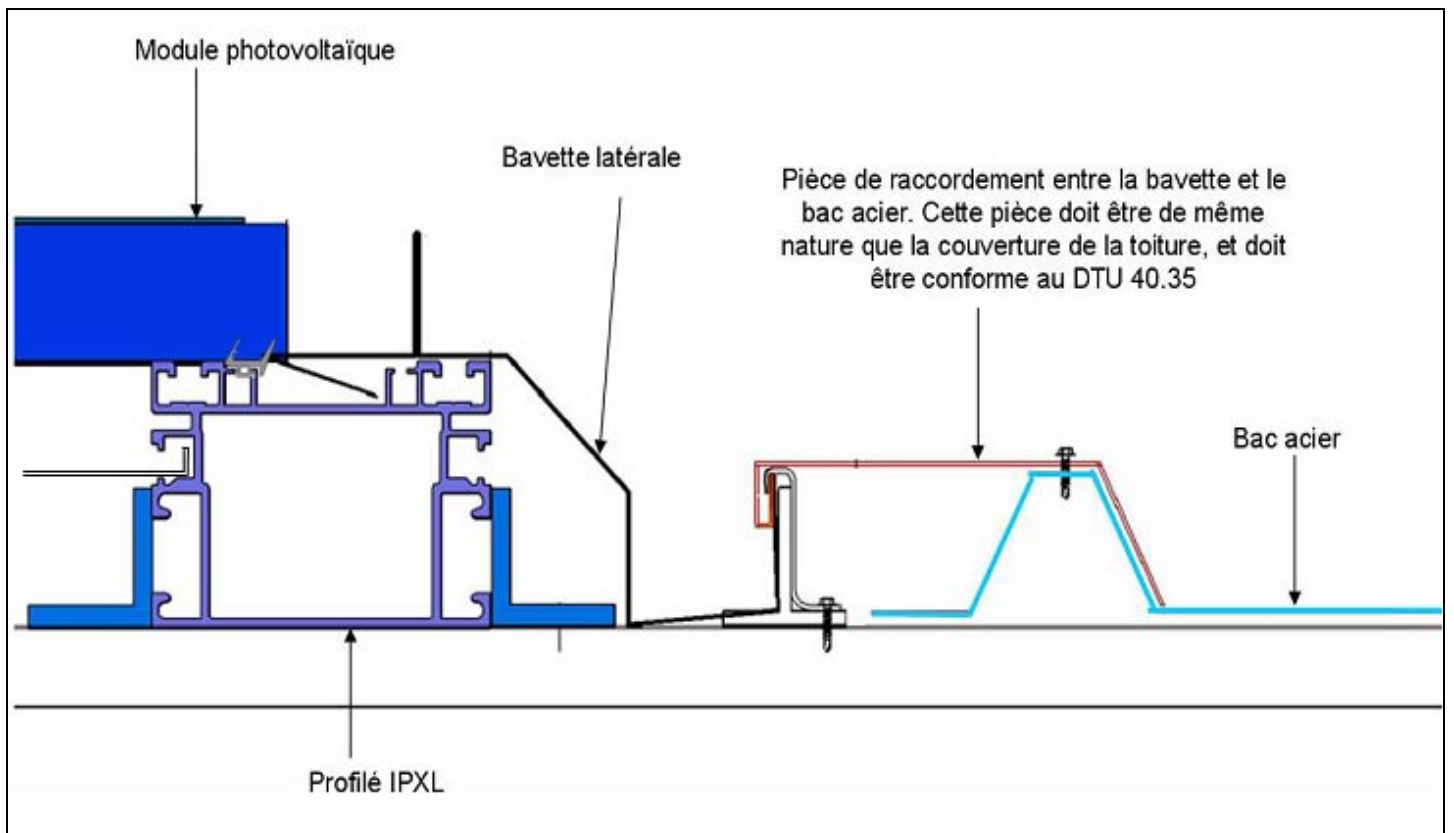


Figure 21 - Illustration du raccordement latéral entre l'installation photovoltaïque et la toiture en bac acier

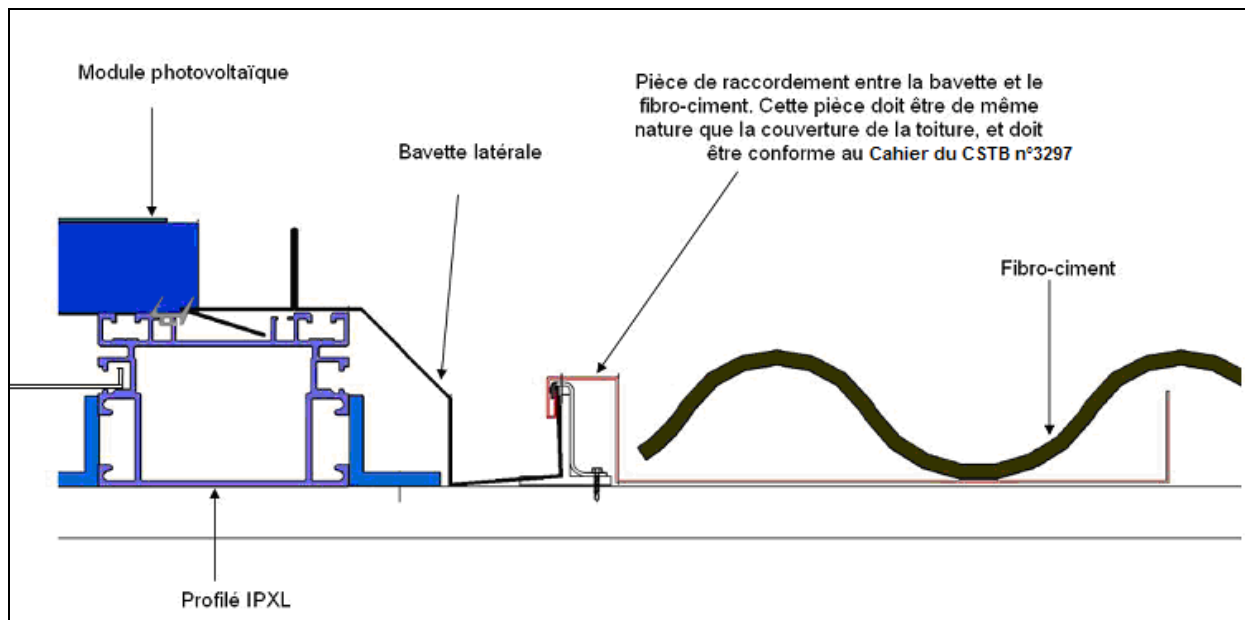


Figure 22 - Illustration du raccordement latéral entre l'installation photovoltaïques et la toiture en plaques de fibres ciment

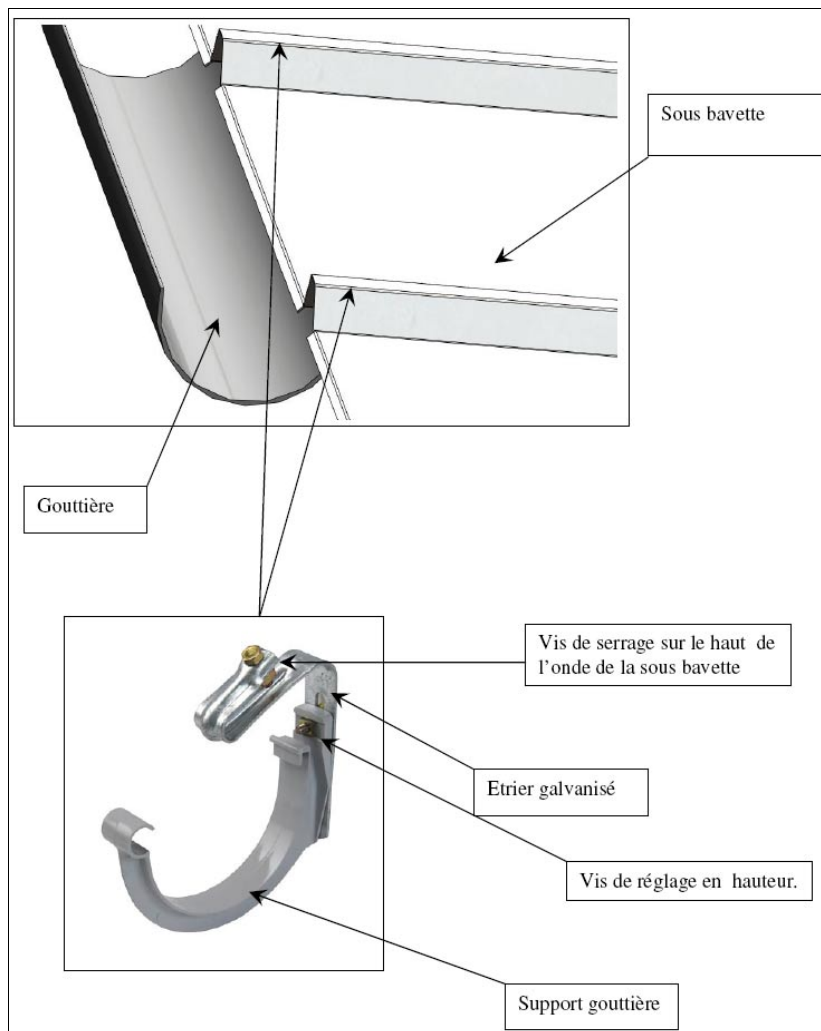


Figure 23 - Illustration de la mise en place d'une gouttière sur les sous bavettes

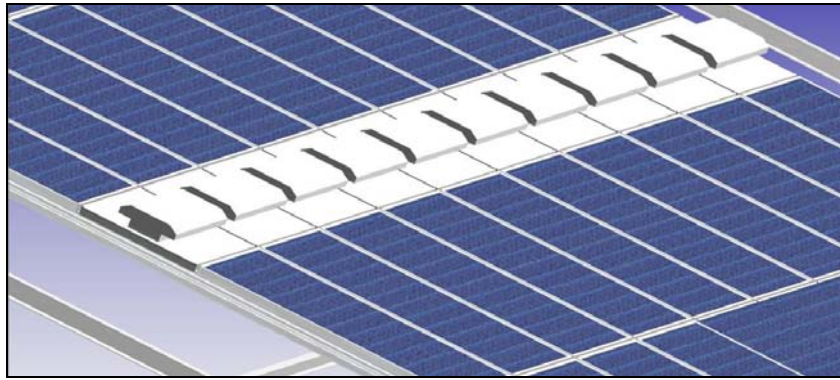


Figure 24 - Schémas des modules de ventilation mis en œuvre

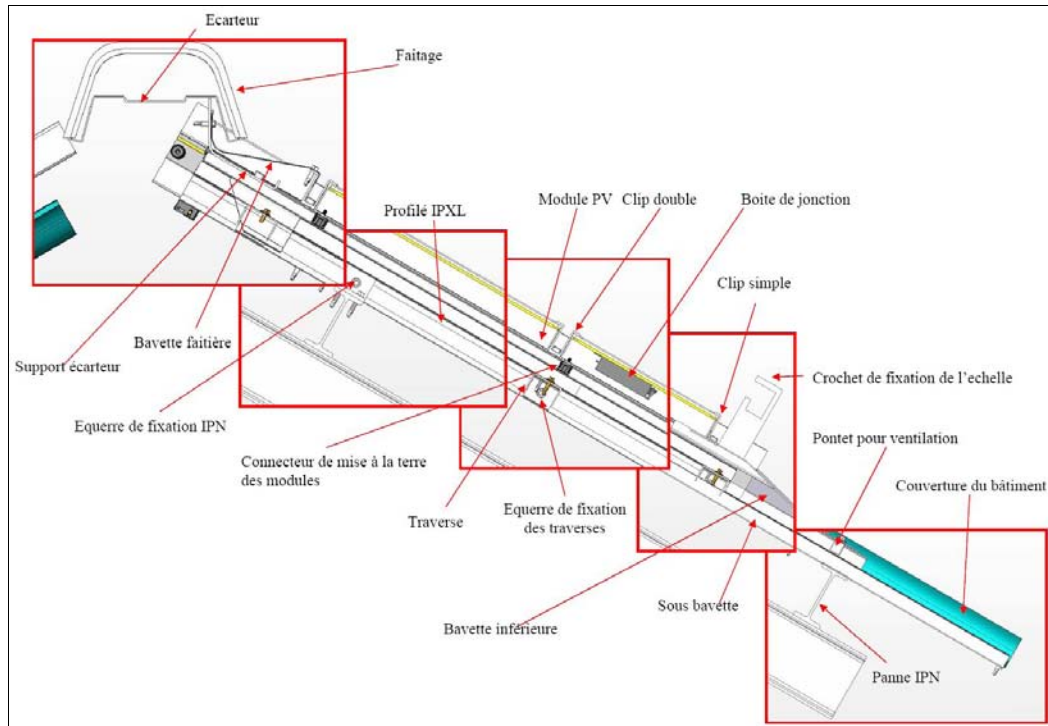


Figure 25 - Schéma en coupe longitudinale d'une installation avec panneaux photovoltaïques "PV XLight"

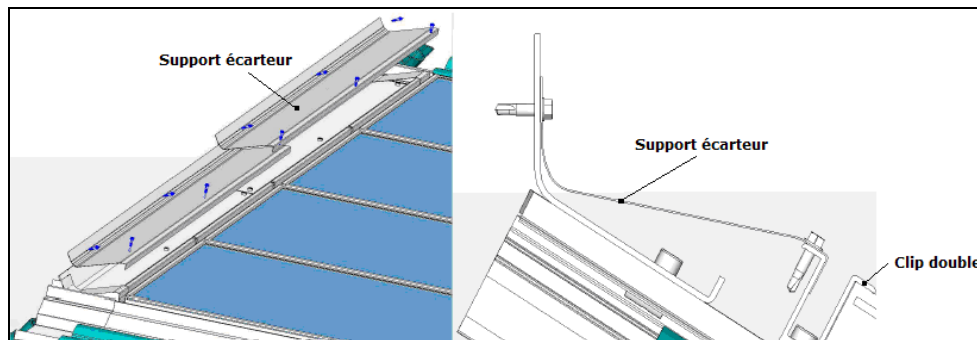


Figure 26 - Schéma illustrant la mise en place des bavettes faitière sur le support écarteur et le clip double

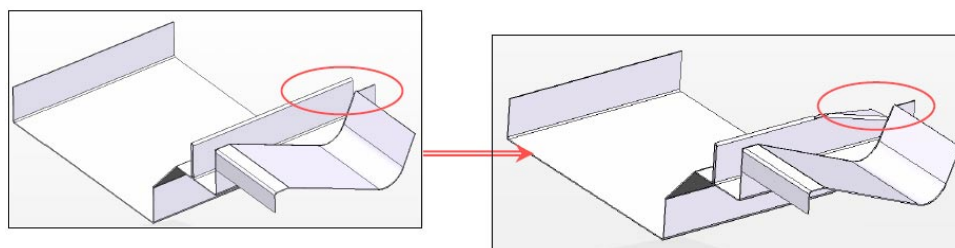


Figure 27 - Schéma des bavettes faitières (ici bavette faitière gauche) avec illustration du pliage possible