

# Avis Technique 21/14-48

*Module photovoltaïque verre/polymère mis en œuvre en toiture*

*Procédé photovoltaïque*

*Photovoltaic panel*

*Photovoltaikpanel*

## Easy-Roof Evolution L-1 et O-1

**Titulaire :** IRFTS  
7 chemin de la Ville  
FR-38240 MEYLAN  
Tél. : 04 78 38 83 10  
Fax : 04 78 38 96 87  
E-mail : [info@irfts.com](mailto:info@irfts.com)  
Internet : [www.irfts.com](http://www.irfts.com)

Commission chargée de formuler des Avis Techniques  
(arrêté du 21 mars 2012)

**Groupe Spécialisé n° 21**

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 23 février 2015



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](http://www.cstb.fr)

# Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 23 octobre 2014, le procédé photovoltaïque "Easy-Roof Evolution L-1 et O-1", présenté par la société IRFTS. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour des utilisations en France européenne.

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois, en remplacement de petits éléments de couverture (tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief fortement galbées, galbe minimum de 30 mm, tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal fortement galbées, galbe minimum de 30 mm et tuiles canal).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 240 Wc et 260 Wc en version L-1 et entre 320 et 330 Wc en version O-1, muni(s) d'un cadre en profilés d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" sur 2 lignes maximum.

La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.

### 1.2 Identification

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module reprenant les informations conformément à la norme NF EN 50380 : 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 autres constituants 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 § 2.232 "Sécurité en cas de séisme" du présent Avis.

### 2.2 Appréciation sur le produit

#### 2.21 Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques cadrés 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 norme CEI 60721-2-1.

#### 2.22 Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour ce procédé.

Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

#### 2.23 Aptitude à l'emploi

##### 2.231 Fonction génie électrique

##### Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C 15-100 en vigueur, 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 ambiante de - 40 °C à + 90 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

Les modules photovoltaïques cadrés 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 II de sécurité électrique jusqu'à 1 000 V DC.

Les connecteurs Solarlok PV4 de la société TE Connectivity utilisés, ayant un indice de protection IP 68, sont des connecteurs débouchables au moyen d'un outil permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

L'utilisation de rallonges électriques (pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.

La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.

L'utilisation de cosses faston avec rondelles bi-métal pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses 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

Les modules "PM245P00" sont de puissance crête comprise entre 240 Wc et 260 Wc par pas de 5 Wc.

Les modules "PM096B00" sont de puissance crête de 320, 325, 327 ou 330 Wc.

##### 2.232 Fonction Couverture

##### Stabilité

La stabilité du procédé 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 :

- des charges climatiques sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) :

- de 1 784 Pa pour un montage en 4 pattes par module,
- de 1 896 Pa pour un montage en 6 pattes par module,
- dont les valeurs respectent les prescriptions du Tableau 2,

- des charges climatiques sous neige normale (selon les règles NV 65 modifiées) :

- de 2 081 Pa pour un montage en 4 pattes par module,
- de 2 212 Pa pour un montage en 6 pattes par module,
- dont les valeurs respectent les prescriptions du Tableau 2,

- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,

- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques suivantes :

- entraxe maximum entre chevrons de 900 mm,
- une section minimale des planches support définie dans le Tableau 2,

- de la fixation de l'installation photovoltaïque uniquement sur des planches support neuves répondant aux préconisations du Dossier Technique.

##### Sécurité en cas de séisme

Au regard de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », les applications du procédé sont limitées :

- en zone de sismicité 1, aux bâtiments de catégories d'importance I à IV,

- en zone de sismicité 2 :
  - aux bâtiments de catégories d'importance I et II,
  - aux établissements scolaires simples remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés",
- en zones de sismicité 3 et 4 :
  - aux bâtiments de catégorie d'importance I,
  - aux bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés".

L'objectif de bon fonctionnement dans le cadre des bâtiments de catégorie d'importance IV n'est pas visé dans ce paragraphe.

### Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique et les retours d'expérience sur ce procédé permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Le fait que la société IRFTS fournisse systématiquement les préconisations et plans de principe des tôleries de finition aux installateurs et distributeurs du procédé, ainsi que le recours toujours possible à son assistance technique permettent de préjuger favorablement de la conception de ces pièces et de l'étanchéité de l'ensemble de l'installation photovoltaïque.

### 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 à l'utilisation d'un écran de sous-toiture sous le procédé.

### Ventilation de la toiture

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque telle que décrite dans le Dossier Technique et dans la notice de pose ne vient pas perturber la ventilation naturelle de la toiture qui doit être conforme au(x) DTU concerné(s).

### Sécurité au feu

Les modules photovoltaïques ne sont pas destinés à constituer la face plafond de locaux occupés.

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.

Aucune performance de comportement au feu n'a été déterminée sur ce procédé.

### Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à un domaine d'emploi limité à la mise en œuvre du procédé sur toiture isolée ou au-dessus de combles perdus.

### 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 modules,
- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes sur les modules et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

Se reporter aux préconisations indiquées dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS « Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques ».

Attention, le procédé ne peut en aucun cas servir de point d'ancrage à un système de sécurité.

### Aspects environnementaux

Il n'existe pas de PEP (*Profil Environnemental des Produits*) pour ce procédé. Il est rappelé que le PEP n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

### Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

## 2.24 Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication ainsi que le retour d'expérience permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque 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.

## 2.25 Fabrication et contrôle

Les contrôles internes de fabrication systématiquement effectués dans les usines de fabrication permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication du procédé photovoltaïque.

## 2.26 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque devant être effectuée par des installateurs agréés par la société IRFTS (*avertis des particularités de pose de ce procédé grâce à une formation obligatoire, disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion électrique de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques*) et devant être systématiquement accompagnés par la société IRFTS lors de leur premier chantier, 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.

## 2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

### 2.31 Prescriptions communes

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

Une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque et de la présence ou non d'un écran de sous-toiture (*à ajouter en cas d'absence, voir § 8.1*) est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

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.

La mise en œuvre est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses en bois, conformément à la norme NF EN 1995-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne "Bâtiments courants" et de la ligne "Éléments structuraux" du Tableau 7.2 de la clause 7.2(2) de la NF EN 1995-1-1/NA.

Les modules 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 modules.

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guides UTE C 15-712, guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec et « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » édité par l'ADEME et le SER.

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

En présence d'un rayonnement lumineux, les modules photovoltaïques produisent du courant continu et ceci sans possibilité d'arrêt. La tension en sortie d'une chaîne de modules 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.

### 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.

### 2.323 Mise en œuvre

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 2.232 "Sécurité en cas de séisme" doivent être respectées.

La planéité des planches support (voir § 8.51) doit être vérifiée par l'installateur. En cas de défaut de planitude supérieur à 1/100° en travaux neufs, il est à la charge du charpentier de corriger la planéité des chevrons. Dans les autres cas, l'installateur est en charge des calages éventuels requis pour obtenir un défaut de planitude inférieur à 1/200°.

Le montage doit impérativement être réalisé au-dessus d'un écran de sous-toiture : en existant si cet écran n'est pas présent sur la toiture, ou en neuf de façon systématique, il est obligatoire d'en ajouter un. Dans ce cas, cet écran de sous-toiture doit être sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1. Il doit être mis en œuvre conformément aux dispositions définies soit dans le Cahier du CSTB n° 3651, soit dans l'Avis Technique le concernant, et complétées par les indications du Dossier Technique.

La mise en œuvre, ainsi que les opérations d'entretien, de maintenance et de réparation du procédé photovoltaïque doivent être assurées par des installateurs agréés par la société IRFTS.

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

### 2.324 Assistance technique

La société IRFTS 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 31 octobre 2017.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 21*  
*Le Président*  
Georges CHAMBE

## 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.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- il est recommandé d'installer les modules photovoltaïques en partie supérieure de la couverture, en complément des dispositions constructives déjà prises pour assurer l'étanchéité à l'eau entre les éléments de couverture et les modules photovoltaïques,
- 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 sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque et de la présence ou non d'un écran de sous-toiture (*à ajouter en cas d'absence, voir § 8.1*),
- 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 attire l'attention sur le fait que la restriction du champ photovoltaïque à 2 lignes de modules est destinée à limiter les risques d'encrassement des circulations d'eau.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fonctionnement en libre dilatation des éléments en polymère reposant sur un principe de maintien par points fixes et par points glissants, et que, de ce fait, les consignes de mise en œuvre doivent être respectées afin d'autoriser une libre dilatation des cadres polymères et des abergements latéraux.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que les préconisations relatives à l'installation électrique, conformes aux prescriptions actuelles des guides UTE C 15-712 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ces guides.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21*  
Coralie NGUYEN

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Description générale

#### 1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois, en remplacement de petits éléments de couverture (tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief fortement galbées, galbe minimum de 30 mm, tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal fortement galbées, galbe minimum de 30 mm et tuiles canal).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 240 Wc et 260 Wc en version L-1 et entre 320 et 330 Wc en version O-1, muni(s) d'un cadre en profilés d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" sur 2 lignes maximum.

La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.

Sa dénomination commerciale est "Easy-Roof Evolution". Elle se décline en 2 versions L-1 et O-1 en fonction des dimensions des modules.

#### 1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France européenne :

- sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
- uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

- Mise en œuvre :

- sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, ne présentant aucune pénétration (cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
- sur toitures isolées ou au-dessus de combles perdus,
- exclusivement sur charpente bois (chevrons bois et liteaux) en remplacement de petits éléments de couverture (couvertures tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief, tuiles canal et tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal conformes aux DTU 40.21, 40.22 et 40.24) dont le galbe est supérieur ou égal à 30 mm : pour les tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief et les tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal, il s'agit notamment des tuiles dites « Grand Moule Fort Galbe » ou « Grand Moule Fortement Galbées » ou « Grands Moulés du Sud »,

Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU de la série 40.2 concerné(s) (notamment pour la pente, la longueur de rampant et la présence ou non d'un écran de sous-toiture sous les éléments de couverture),

- au-dessus d'un écran de sous-toiture.

- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :

- un entraxe entre chevrons maximum de 900 mm,
- une épaisseur minimale des liteaux de 27 mm,
- une section minimale des planches support définie dans le *Tableau 2*,
- une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre les valeurs suivantes, selon les tuiles associées :

tuiles associées	pente mini	pente maxi
tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief	30 % (17 °)	84 % (40 °)
tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal	29 % (16 °)	
tuiles canal	24 % (13,5 °)	

- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :

- en mode "portrait",
- uniquement dans des champs photovoltaïques comportant au maximum deux lignes de modules parallèlement à l'égout,

- en respectant la pose d'un seul champ photovoltaïque par pan de toiture,
- en toiture partielle. Il est toutefois possible d'installer le champ photovoltaïque jusqu'aux rives latérales de toiture et jusqu'à l'égout. En revanche, 1 rang minimum d'éléments de couverture doit toujours être conservé au faîtage,
- uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire (sans angle rentrant),
- sur des longueurs projetées de rampants de 12 m maximum. Cette longueur doit être aussi conforme aux DTU de la série 40.2 concernés,
- sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas :
  - 1 784 Pa pour un montage en 4 pattes par module,
  - 1 896 Pa pour un montage en 6 pattes par module,
  - et les valeurs prescrites dans le *Tableau 2*,
- sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas :
  - 2 081 Pa pour un montage en 4 pattes par module,
  - 2 212 Pa pour un montage en 6 pattes par module,
  - et les valeurs prescrites dans le *Tableau 2*.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le *Tableau 1* précise les atmosphères extérieures permises.

### 2. Éléments constitutifs

#### 2.1 Généralités

Le procédé photovoltaïque "Easy-Roof Evolution" (voir la *Figure 3*) est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture.

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

#### 2.2 Module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques (voir la *Figure 1* et la *Figure 2*), dont la dénomination commerciale est PM245P00 en version L-1 de puissance crête allant de 240 à 260 Wc par pas successif de 5 Wc, et PM096B00 en version O-1 de puissance crête allant de 320 à 330 Wc par pas successif de 5 ou 7 Wc, sont fabriqués par la société AU Optronics Corporation, sous marque BenQ Solar.

Les modules photovoltaïques diffèrent notamment par la taille, la puissance, la disposition et la technologie des cellules.

##### 2.2.1 Film polymère

- Composition (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) : à base de PET (polyéthylène téréphtalate) et d'un film de polyéthylène,
- Épaisseur : (0,30 ± 0,05) mm,
- Tension diélectrique maximum admissible : 1 000 V.

##### 2.2.2 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) ont les caractéristiques suivantes :

	Modules PM245P00	Modules PM096B00
Technologie des cellules	polycristalline	monocristalline
Dimensions (mm)	(156 ± 0,5) x (156 ± 0,5)	(125 ± 0,2) x (125 ± 0,2)

- Modules PM245P00 :

Au nombre de 60, les cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules : 2,5 mm mini,
- distance minimale au bord : 20 mm mini.

- Modules PM096B00 :

Au nombre de 96, les cellules sont connectées en série et réparties en 8 colonnes de 12 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules : 2 mm mini,
- distance minimale au bord : 11,5 mm mini.

## 2.23 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) sont en cuivre étamé.

## 2.24 Intercalaire encapsulant

Résine (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de  $(0,59 \pm 0,06)$  mm d'épaisseur dans le cas des modules PM245P00 ou de  $(0,66 \pm 0,06)$  mm d'épaisseur dans le cas des modules PM096B00, permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

## 2.25 Vitrage

- Nature (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) : verre imprimé trempé haute transparence conforme à la norme EN 12150 avec une couche antireflet,
- Facteur de transmission dans la plage 380 à 1 100 nm : 93,6 %,
- Épaisseur :  $(3,2 \pm 0,3)$  mm,
- Dimensions :  $(1 634 \pm 0,5 \times 979 \pm 0,5)$  mm pour les modules PM245P00 et  $(1 552 \pm 0,5 \times 1 042 \pm 0,5)$  mm pour les modules PM096B00.

## 2.26 Constituants électriques

### 2.261 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant TE Connectivity, de dénomination commerciale Solarlok Z-Rail est collée avec du silicone (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes :  $(115 \times 110 \times 23)$  mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (voir § 2.262) et permet le raccordement aux câbles qui assureront la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection : IP67,
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
- Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 20 A,
- Plage de température :  $- 40$  °C à  $+ 110$  °C.

### 2.262 Diodes bypass

Trois diodes bypass (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules.

Chacune de ces diodes protègent une série de 20 ou 32 cellules.

Elles permettent de limiter les échauffements dus aux ombrages sur le module en basculant le courant sur la série de cellules suivante et évitent ainsi le phénomène de "point chaud".

### 2.263 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) de  $1,0$  m chacun dont la section est de  $4$  mm<sup>2</sup>. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir § 2.264).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum :  $- 40$  °C à  $+ 90$  °C,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 55 A,
- Tension assignée : 1 000 V,
- Double isolation,
- Certificat TÜV n° R60021060 selon les spécifications ZPF 1169/08.07.

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

### 2.264 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débouchables au moyen d'un outil de la société TE Connectivity, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Solarlok et de type PV4, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 68,
- Classe II de sécurité électrique,

- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 40 A,
- Plage de température de  $- 40$  °C à  $+ 85$  °C,
- Certificat TÜV n° R50223484 selon la norme EN 50521:2008.

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

Les connecteurs des câbles supplémentaires (*pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur*) doivent être identiques (*même fabricant, même marque et même type*) aux connecteurs auxquels ils sont destinés à être reliés : pour ce faire, des rallonges peuvent être fabriquées grâce à des sertisseuses spécifiques.

## 2.27 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium anodisé de couleur noire (épaisseur  $\geq 10$  µm).

- Modules PM245P00 :

Le cadre des modules présente deux profils longitudinaux et deux profils transversaux de section identique (*Figure 1*). Ces profils présentent les moments d'inertie suivants :

- $I_{xx} = 9,18$  cm<sup>4</sup>,
- $I_{xy} = 2,51$  cm<sup>4</sup>.

Les profils sont reliés entre eux à l'aide d'équerres serties.

- Modules PM096B00 :

Le cadre des modules présente deux profils longitudinaux et deux profils transversaux (*Figure 2*). Ces profils présentent les moments d'inertie suivants :

- Profilé longitudinal :
  - $I_{xx} = 4,76$  cm<sup>4</sup>,
  - $I_{xy} = 5,15$  cm<sup>4</sup>,
- Profilé transversal :
  - $I_{xx} = 6,15$  cm<sup>4</sup>,
  - $I_{xy} = 1,50$  cm<sup>4</sup>.

Les profils sont reliés entre eux par vissage.

Les profils longitudinaux du module sont percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de mise à la terre.

Un adhésif double face (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) est appliqué entre le cadre et le verre du module.

## 2.3 Système de montage

Les éléments de ce système de montage (*Figure 4*) sont commercialisés par projet suite au dimensionnement du distributeur agréé par la société IRFTS.

### 2.31 Ensemble "cadre"

Cet ensemble assure l'étanchéité du procédé. Il est composé d'éléments réalisés par injection à base d'un copolymère choc de propylène (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) de contrainte à la rupture en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 comprise entre 16 et 20 MPa et de module d'élasticité en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 de  $(1 600 \pm 50)$  MPa ou  $(1 200 \pm 50)$  MPa, et d'un colorant noir à 1 % (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) de densité compacte  $0,72 \pm 0,05$ . Deux références de copolymère peuvent être utilisées, fournies par deux fabricants différents.

L'ensemble "cadre" est constitué des éléments suivants :

- Cadre L-1 ou O-1 Evolution (*Figure 5*)

Chaque module photovoltaïque du procédé est associé à un ensemble cadre polymère. Ce cadre assure l'étanchéité sous le pourtour de chaque module photovoltaïque. De forme rectangulaire de dimensions hors-tout  $(1 956 \times 1 049 \times 50)$  mm pour la version L-1 et  $(1 816 \times 1 096 \times 50)$  mm pour la version O-1, il présente des reliefs destinés à canaliser l'eau de ruissellement vers le bas et à emboîter les cadres adjacents. L'abergement haut est inclus dans le cadre.

Une ouverture d'environ  $(1 320 \times 800)$  mm pour la version L-1 et  $(1 250 \times 850)$  mm pour la version O-1 se trouve sous la surface du module. Six ouvertures de 20 ou 30 mm de large selon leur position et 61 ou 120 mm de hauteur selon leur position sont présentes sur les côtés pour laisser la place aux pattes de fixation se reprenant dans les planches support.

L'épaisseur moyenne de matière dans les parties planes est de 3 mm.

Une bavette souple est présente sur les parties latérales destinée à protéger les couloirs d'écoulement de l'eau des dépôts de salissures.

- Abergements L-1 et O-1 gauche et droit (*Figure 6 et Figure 7*)

Ces éléments sont destinés à réaliser les jonctions latérales avec les éléments de couverture environnants. Ils sont de dimension hors-tout  $(1 089 \times 204 \times 20)$  mm et  $(1 089 \times 226 \times 27)$  mm. Ils présentent cinq reliefs rectangulaires sur toute la hauteur destinés à stopper et canaliser l'eau de pluie en bordure du champ photovoltaïque.

Une frise haute (Figure 7) vient se clipser sur la partie supérieure des abergements latéraux en haut de champ. Une frise latérale en caoutchouc naturel de dureté 70 ShA (Figure 8) vient s'insérer (pose sur chantier) dans les couloirs dans le sens de la pente.

## 2.32 Ensemble "fixation"

Cet ensemble assure la fixation mécanique du procédé sur la charpente. Il est composé des éléments suivants, en aluminium EN AW-6063 T6 brut ou anodisé noir d'épaisseur minimum de 10 µm (en option) :

- Pattes doubles (Figure 9)

Ces pattes assurent le support des modules entre deux colonnes de modules. Elles sont identiques pour les 2 versions L-1 et O-1. Elles sont de dimensions hors-tout (219 x 60 x 54) mm. L'épaisseur de la partie sur laquelle repose le cadre aluminium du module est de 6 mm.

- Pattes simples (Figure 9)

Ces pattes assurent le support des modules en bordure de champ photovoltaïque. Elles sont identiques pour les 2 versions L-1 et O-1. Elles sont de dimensions hors-tout (186 x 60 x 54) mm. L'épaisseur de la partie sur laquelle repose le cadre aluminium du module est de 6 mm.

Ces pattes disposent de 2 vis d'appui réglables en hauteur pour servir d'appui aux brides simples.

- Bride de fixation simple (Figure 10)

Pour les 2 versions L-1 et O-1, cette bride est destinée à maintenir dans les pattes simples les cadres aluminium des modules en bordure de champ photovoltaïque. Elles sont de dimensions hors-tout (40 x 40 x 9) mm.

- Bride de fixation double (Figure 10)

Cette bride est destinée dans la version O-1 à maintenir dans les pattes doubles les cadres aluminium des modules entre deux colonnes de modules. Elles sont de dimensions hors-tout (50 x 40 x 9) mm.

- Bride de fixation double large (Figure 10)

Cette bride est destinée dans la version L-1 à maintenir dans les pattes doubles les cadres aluminium des modules entre deux colonnes de modules. Elles sont de dimensions hors-tout (60 x 40 x 9) mm.

- Visserie (en acier inox A2)

Les vis de fixation des pattes dans les planches support sont des vis à bois à tête bombée 6 x 40 de la société Schäfer+Peters de Pk 295 daN dans du bois C24 pour un ancrage de 27 mm.

Les vis de bride sont des vis CHC M6 x 30 ou M6 x 40 de la société Schäfer+Peters. Dans les cas de la version O-1 (cadre de module d'épaisseur 46 mm), la longueur de vis doit être de 40 mm.

## 2.33 Mousse autocollante

De marque Illmod 600 de la société Tremco-Illbruck, cette mousse polyuréthane à cellules ouvertes, imprégnée à cœur de résine, d'épaisseur 60 mm, est destinée à assurer un complément d'étanchéité entre les abergements hauts (inclus dans le cadre Easy-Roof) et les tuiles.

## 2.34 Pige de montage

Deux piges de montage adaptées à la version L-1 ou O-1 sont livrées avec le kit. Elles sont destinées à positionner les cadres polymères lors de la mise en œuvre du procédé.

## 3. Autres éléments

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un procédé 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 à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé :

### 3.1 Eléments de raccordement

- Bavette basse :

L'étanchéité basse est réalisée grâce à une bande de plomb plissé ou structuré ou tout autre accessoire de couverture bénéficiant d'un Avis Technique pour cet usage, de largeur choisie afin de respecter le recouvrement nécessaire sur les éléments de couverture (voir § 8.532).

- Abergements aux extrémités de toiture (égout et rives latérales) :

Ces pièces sont destinées à faire la liaison à l'égout et avec les rives latérales. Elles peuvent être en cuivre, zinc, acier inox ou aluminium selon les règles de l'art. Pour le raccordement aux rives latérales, une tôle de rive spécifique est destinée au raccordement supérieur au niveau du rang de tuiles au-dessus du champ photovoltaïque. Elles sont réalisées conformément aux plans des Figure 11 et Figure 12.

### 3.2 Écran de sous-toiture

Dans le cas où l'écran de sous-toiture doit être rajouté (en neuf systématiquement et en existant s'il n'est pas présent), il doit être sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1.

### 3.3 Lattes de bois supplémentaires

Les planches support et les lattes de bois supplémentaires doivent être en bois résineux de classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et de classement visuel ST II suivant la norme NF B 52-001-1, et présenter une humidité < 20 %. Les planches support doivent avoir une épaisseur minimale de 27 mm, égale à l'épaisseur des liteaux supportant les éléments de couverture environnants et une largeur minimale définie dans le Tableau 2.

### 3.4 Fixations

- Pour la fixation des planches support sous le champ photovoltaïque (2 vis par intersection) : vis à bois de 5 mm de diamètre, de longueur 110 mm dans le cas de planches support de 40 mm d'épaisseur, et 100 mm dans le cas de planches support de 27 mm d'épaisseur. Pour d'autres épaisseurs de planches, la longueur de vis doit être choisie afin d'avoir un ancrage minimal de 50 mm dans le chevron. Elles sont à tête fraisée en inox A2 de Pk minimum de 177 daN pour l'ancrage dans le chevron sous les contre-lattes.

- Pour la fixation des abergements : clous à tête plate et à tige lisse, diamètre de tête compris entre 8 et 12 mm, diamètre de tige de 5 mm maximum, longueur comprise entre 20 et 30 mm, en inox A2.

### 3.5 Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de liaison équipotentielle des masses pour la liaison des modules et des pattes doivent présenter des sections adaptées à leur fonction et dans tous les cas des caractéristiques conformes à la norme C 15-100 et aux guides UTE C 15-712 en vigueur.

Les câbles sont reliés à l'aide de cosses faston avec rondelles bimétal.

## 4. Conditionnement, étiquetage, stockage

### 4.1 Modules photovoltaïques

Les modules sont conditionnés verticalement, coins protégés par angles cartonnés, par 11 (modules PM096B00) ou 13 pièces (modules PM245P00) dans des cartons et livrés en 2 cartons sur palettes de dimensions environ (1 600 x 1 150 x 1 200) mm. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

Le module est lui-même identifié par un étiquetage (2 étiquettes, l'une encapsulée avec le numéro de série, l'autre en face arrière) conforme à la norme NF EN 50380.

Le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.

### 4.2 Système de montage

Les cadres polymères et les abergements latéraux sont marqués par un numéro de série et un dateur lors du moulage de la pièce. Les cadres sont conditionnés par 24 pièces avec l'abergement haut stocké "tête en bas" pour avoir le centre de gravité en bas, et les abergements par 36 dans des cartons verticalement. Les éléments de fixation sont emballés dans des sachets et boîtes en carton. Les cadres d'une part et les abergements et éléments de fixation d'autre part sont disposés sur palettes de (1 000 x 1 200) mm. Les cartons sont étiquetés avec la description, le nombre et le code barre des pièces contenues.

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

Le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.

## 5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques		
	Module PM245P00	Module PM096B00
Dimensions hors-tout (mm)	1 639 x 983 x 40	1 559 x 1 046 x 46
Dimensions du module sans cadre aluminium (mm)	1 634 x 979	1 552 x 1 042
Surface hors-tout (m <sup>2</sup> )	1,61	1,63
Surface d'entrée (m <sup>2</sup> )	1,46	1,50
Masse (kg)	18,5	18,6
Masse spécifique (kg/m <sup>2</sup> )	11,5	11,4

Le système de montage des modules photovoltaïques est modulaire. De ce fait, il permet d'obtenir une multitude de champs photovoltaïques.

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques		
version	L-1	O-1
Largeur du champ (mm) (avec abergements)	(NbX x 1 020) + (2 x 195)	(NbX x 1 070) + (2 x 195)
Hauteur de champ (mm) (avec abergements)	1 655 x (NbY - 1) + 1 614 + 342 + A	1 570 x (NbY - 1) + 1 608 + 208 + A
Poids au m <sup>2</sup> de l'installation (kg/m <sup>2</sup> )	14,6	14,5

Avec :

NbX : le nombre de modules dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

NbY : le nombre de modules dans le sens vertical du champ photovoltaïque,

A : dimension du platelage de support de bavette basse.

## 6. Caractéristiques électriques

### 6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "PM245P00" et "PM096B00" ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

### 6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "PM245P00" et "PM096B00" ont été certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe II de sécurité électrique.

### 6.3 Performances électriques

Les performances électriques suivantes des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (Standard Test Conditions : éclairage de 1 000 W/m<sup>2</sup> et répartition spectrale solaire de référence selon la norme CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

Modules "PM245P00"					
	240	245	250	255	260
P <sub>mpp</sub> (W)	240	245	250	255	260
U <sub>co</sub> (V)	37,0	37,2	37,4	37,6	37,7
U <sub>mpp</sub> (V)	29,9	30,3	30,6	30,8	31,2
I <sub>cc</sub> (A)	8,58	8,64	8,69	8,76	8,83
I <sub>mpp</sub> (A)	8,03	8,09	8,17	8,28	8,34
aT (P <sub>mpp</sub> ) [%/K]	- 0,44				
aT (U <sub>co</sub> ) [%/K]	- 0,32				
aT (I <sub>cc</sub> ) [%/K]	+ 0,04				
Courant inverse maximum (A)	15				

Modules "PM096B00"				
	320	325	327	330
P <sub>mpp</sub> (W)	320	325	327	330
U <sub>co</sub> (V)	64,8	64,9	64,9	64,9
U <sub>mpp</sub> (V)	54,7	54,7	54,7	54,7
I <sub>cc</sub> (A)	6,27	6,39	6,46	6,52
I <sub>mpp</sub> (A)	5,86	5,94	5,98	6,04
aT (P <sub>mpp</sub> ) [%/K]	- 0,38			
aT (U <sub>co</sub> ) [%/K]	- 0,27			
aT (I <sub>cc</sub> ) [%/K]	0,06			
Courant inverse maximum (A)	20			

Avec :

P<sub>mpp</sub> : Puissance au point de puissance maximum.

U<sub>co</sub> : Tension en circuit ouvert.

U<sub>mpp</sub> : Tension nominale au point de puissance maximum.

I<sub>cc</sub> : Courant de court-circuit.

I<sub>mpp</sub> : Courant nominal au point de puissance maximum.

aT (P<sub>mpp</sub>) : Coefficient de température pour la puissance maximum.

aT (U<sub>co</sub>) : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.

aT (I<sub>cc</sub>) : Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

## 7. Fabrication et contrôles

### 7.1 Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre aluminium sont effectués sur le site de la société AU Optronics Corp., à Brno en République Tchèque, certifié ISO 9001:2008.

La fabrication est réalisée de façon semi-automatique.

Lors de la fabrication des modules, la société AU Optronics effectue, pendant et après la fabrication, des essais en usine qui portent sur les éléments suivants :

- Flash test de chaque module : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de 0 à + 3 %.
- Double mesure par électroluminescence durant la fabrication et après la fabrication.
- Inspection visuelle finale.
- Vérification de la symétrie du cadre.
- Prélèvement d'échantillons aléatoires pour tests dans le laboratoire central de AU Optronics.

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société AU Optronics. Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels et de symétrie sont effectués sur toutes les pièces.

### 7.2 Composants du système de montage

Les cadres polymères et les abergements polymères sont fabriqués par injection sur presse par l'entreprise Dg Industries sur le site de Viry (39) en France, certifié ISO 9001:2008. Des contrôles visuels, dimensionnels, fonctionnels, et de caractéristiques physiques dont le poids (735 ± 15 g et 765 ± 15 g pour les abergements gauche et droit, 4 160 ± 100 g pour les cadres L-1, 4 000 ± 80 g pour les cadres O-1) et la résistance en traction selon la norme NF EN ISO 527-2, sont effectués sur un échantillonnage établi dans un plan de qualité (1 pièce toutes les 4 h pour les mesures de poids, 1 pièce à chaque lot de matière première pour les essais mécaniques, 100 % pour les examens visuels). Les références matière première (certificat matière), le pourcentage de colorant et la température et temps d'étuvage sont aussi contrôlés pour 100 % des pièces.

Les pattes et brides de fixation sont fabriquées par extrusion d'aluminium par l'entreprise Ulasan sur le site de Konya en Turquie, certifié ISO 9001:2008. Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués par échantillonnage statistique.

## 8. Mise en œuvre

### 8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et celle-ci est disponible sur le site [www.irfts.com](http://www.irfts.com).

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, la présence ou non d'un écran de sous-toiture (à ajouter en cas d'absence, voir ci-dessous) et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.2 du présent Dossier technique.

Elle doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture afin d'évacuer la condensation pouvant se créer sous les modules : en rénovation, si cet écran n'est pas présent sur la toiture, ou en neuf de façon systématique, il est obligatoire d'en ajouter un. Cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre sur tout le pan de toiture (*par conséquent, débouchant à l'égout*) accueillant le champ photovoltaïque et conformément aux dispositions définies, soit dans l'Avis Technique le concernant, soit dans le Cahier du CSTB n° 3651 dans le cas d'un écran de sous-toiture sous "Homologation Couverture" du CSTB. Il est impératif que les contre-lattes qui fixent l'écran de sous-toiture soient d'épaisseur minimale de 20 mm.

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle.

## 8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par la société IRFTS (cf. § 9).

Les compétences requises sont de 2 types :

- Compétences en couverture complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques,
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques : qualification "BP".

## 8.3 Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité (*protections collectives, nacelle, harnais, ceintures, 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*) ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (*échelle de couvreur, ...*).

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (*dénoté dans la suite du texte "guide Promotelec"*) ou le « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour les installations de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » en vigueur édité par l'ADEME et le SER (*dénoté dans la suite du texte "guide ADEME-SER"*).

Les risques inhérents à la pose de modules photovoltaïques et les dispositions à prendre lors de la conception, de la préparation et de l'exécution du chantier sont décrits dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS.

## 8.4 Spécifications électriques

### 8.4.1 Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants: norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER ».

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. §.8.2).

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*).

### 8.4.2 Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 13.

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

- Liaison intermodules et module/onduleur

La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules (*du bas vers le haut et de la gauche vers la droite*) avant leur fixation.

La liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (*pour le passage d'une rangée à une autre ou pour la liaison des séries de modules au circuit électrique*) doit toujours se faire au travers de connecteurs mâles et femelles du même fabricant, de la même marque et du même type. Pour ce faire, il peut être éventuellement nécessaire de confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant de deux connecteurs de type différents.

Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le passage des câbles se fait en passant sous les cadres Evolution.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

La liaison équipotentielle des masses doit être réalisée conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur.

La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des modules, les masses métalliques des pattes de fixation et des cadres aluminium des modules (Figure 14). Câbler les pattes à l'aide d'une vis autoperceuse entre les vis de fixation de la patte ; relier la patte au module en utilisant les trous prévus sur les cadres aluminium des modules ; câbler à la terre toutes les pattes (avec une liaison patte / module) ou toutes les 2 pattes (avec des liaisons séparées de la patte aux deux modules).

Le tout est relié au câble principal de mise à la terre.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité.

Il est réalisé entre deux lés d'écran de sous-toiture de manière à ne pas le percer. Dans ce cas, un recouvrement minimal de 100 mm à 200 mm doit être respecté en fonction de la pente de la toiture. Dans le cas où le passage entre deux lés est impossible, des entailles doivent être réalisées dans l'écran de manière à créer des passages de diamètre inférieur à celui des câbles. Après le passage des câbles, une bande adhésive (*compatible avec l'écran de sous-toiture considéré*) doit être posée autour des entailles. Dans tous les cas, il est nécessaire de se reporter à l'"Homologation Couverture" du CSTB ou à l'Avis Technique relatif à l'écran de sous-toiture considéré.

L'ensemble des câbles doit ensuite être acheminé dans des gaines techniques repérées et prévues à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER » (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts...*).

L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur grâce à un multimètre : continuité, tension de circuit ouvert, .... Le raccordement à l'onduleur doit être réalisé en respectant les polarités des câbles et de l'onduleur.

## 8.5 Mise en œuvre en toiture

### 8.5.1 Conditions préalables à la pose

La planéité de la charpente doit être contrôlée et des calages sont à prévoir si un défaut de planitude entre 3 planches support du champ photovoltaïque est supérieur à 1/200° de la portée (*différence de hauteur entre planches support espacées de 900 mm inférieure à 4,5 mm, cf. Figure 15*).

En fonction des charges de vent appliquées, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, le procédé doit être posé soit avec 4 pattes de fixation par module, soit avec 6 pattes de fixation par module. Le Tableau 2 indique quel mode de pose il convient de réaliser.

### 8.5.2 Préparation de la toiture : détuilage en cas de toiture existante et calepinage

Il convient en premier lieu de vérifier la répartition et les dimensions hors-tout du procédé sur la toiture et de découvrir la zone d'implantation des éléments de couverture existants.

La surface qui doit être ménagée pour l'implantation du procédé photovoltaïque doit posséder les dimensions indiquées dans le § 5.

Par ailleurs, afin de limiter les coupes des éléments de couverture, il convient de procéder à une étude préalable du plan de couverture et d'établir un calepinage en fonction du modèle d'éléments de couverture utilisé :

- Tuiles à emboîtement ou à glissement (*DTU 40.21 et 40.24*) :

Lorsque le calepinage ne permet pas de conserver les tuiles entières, elles peuvent être coupées comme suit :

- Calepinage longitudinal :

La partie inférieure des tuiles étant conçue pour rejeter l'eau, il est indispensable de ne pas la couper. Par conséquent, il convient de ne réaliser aucune découpe des tuiles en partie haute de l'installation. Suivant la ligne de plus grande pente, seules les tuiles situées au-dessous du procédé peuvent être coupées en tête. Les tuiles coupées doivent alors être fixées au liteau et la partie basse du procédé photovoltaïque doit comporter une étanchéité basse recouvrant d'au moins 150 mm ces tuiles afin d'assurer l'étanchéité de l'ouvrage.

- Calepinage transversal :

Pour les tuiles situées en partie latérale, il convient d'utiliser une des solutions suivantes :

- optimiser le positionnement du procédé photovoltaïque afin que le côté galbé de la tuile se situe toujours au-dessus du couloir latéral,
- recourir à des tuiles spéciales (*demi-tuiles ou doubles tuiles par exemple*).

- Tuiles canal (*DTU 40.22*) :

Pour les tuiles canal, seules les tuiles de couvert sont à couper. Tant sur la partie basse du procédé que sur la partie haute, la coupe se fait en tête de tuile.

Il convient de reconstituer les orifices de ventilation dont les sections totales doivent être assurées selon les dispositions précisées dans les DTU de la série 40.2 concernés. La lame d'air située au-dessous de la couverture doit avoir une épaisseur minimale de 20 mm et doit être continue de l'égout au faîtage. La section totale (entrées et sorties) des orifices de ventilation de cette lame d'air est définie dans les DTU de la série 40.2 concernés.

## 8.53 Pose en partie courante de toiture

### 8.531 Préparation des cadres Easy-Roof

Des pièces sont à découper à l'intérieur des cadres Easy-Roof :

- Cales anti-rotation devant être glissées dans chaque bride double (Figure 16), sauf les deux centrales dans le cas d'une pose à 6 pattes. Ces cales ont uniquement un rôle de positionnement des brides lors du montage. Elles doivent être choisies en fonction de la largeur des brides.
- Frise haute à positionner sur les abergements latéraux du haut de champ (voir Figure 7).
- Découpe des bouchons d'emplacement de patte dans le cas d'un montage avec 6 pattes par module.

### 8.532 Pose du bas de champ

Se référer à la Figure 17.

Les planches support de bavette basse doivent avoir une épaisseur de 8 mm inférieure à celle des planches support (voir § 8.533). La planche inférieure doit être dimensionnée et positionnée de façon à ce que le sommet de la planche affleure avec la surface d'écoulement de la tuile, que la distance entre la planche support et la tête de tuile soit de 10 mm maximum, et qu'il n'y ait pas de contre-pente.

Le platelage et la bavette basse doivent dépasser au minimum de 2 tuiles de chaque côté du champ photovoltaïque.

La première planche support du procédé est positionnée à 435 mm au-dessus de la cassure du platelage support de bavette basse.

La largeur de la bavette basse doit être telle que les tuiles sont recouvertes de 150 mm minimum et que la bavette basse recouvre la planche au-dessus de la cassure du platelage support sur 200 mm minimum (*largeur de bavette basse*  $\geq 200 + 150 + \text{largeur de la planche inférieure}$ ). Le recouvrement des cadres Easy-Roof sur la bavette basse est de 200 mm minimum.

La bavette basse est fixée par agrafes ou collage sur le liteau au-dessus du support de bavette basse. On réalise des plis de retour de 10 à 15 mm :

- sur le bord supérieur de la bavette basse, aligné avec le liteau supérieur sur toute la largeur du champ photovoltaïque,
- sur les bords gauche et droit de la bavette basse, sur toute la hauteur.

### 8.533 Pose du platelage sous le champ photovoltaïque

Les planches support du procédé et les liteaux ajoutés doivent être des lattes neuves et liteaux neufs répondant aux préconisations les concernant (*planches non fournies, voir § 3.3*). Les planches support sont posées sous le champ photovoltaïque sans porte-à-faux. Elles sont fixées à chaque point d'intersection avec la contre-latte à l'aide de 2 vis 5 x 110 (*planches support de 40 mm d'épaisseur*) ou 5 x 100 (*planches support de 27 mm d'épaisseur, vis non fournies, voir § 3.4*).

Les liteaux existant se trouvant à l'emplacement des planches support doivent être retirés.

On pose un platelage conformément à la Figure 18 (4 pattes par module) ou à la Figure 19 (6 pattes par module), soit des planches support écartées de 900 mm ou 450 mm sous chaque cadre Easy-Roof.

Sur un montage avec 4 pattes de fixation, il est nécessaire d'ajouter des planches de chaque côté du champ photovoltaïque. Celles-ci sont destinées à recevoir la fixation des abergements latéraux. Les planches doivent dépasser les cadres d'au moins 200 mm à l'extérieur du champ. Pour une toiture sans litelage, il faut impérativement ajouter un liteau horizontal d'épaisseur identique aux planches support, centré sur la hauteur de chaque cadre, sur toute la largeur du champ photovoltaïque.

Il est nécessaire d'ajouter un liteau horizontal sur toute la largeur du champ photovoltaïque à (300 ± 50) mm (*version L-1*) ou (290 ± 50) mm (*version O-1*) au-dessus de la planche support supérieure de chaque ligne de modules.

### 8.534 Pose du système Easy-Roof

Se référer à la Figure 20.

Le procédé étant conçu afin d'autoriser une libre dilatation des cadres et abergements polymères, chaque élément disposant d'un point fixe, il convient de suivre les consignes de montage suivantes afin de permettre la libre dilatation des éléments en polymère.

Placer le premier cadre Easy-Roof au coin inférieur gauche en le positionnant à une distance de 40 mm maximum du bord de l'élément de couverture. Positionner le cadre dans le sens du rampant à l'aide de deux vis de diamètre 5 mm placées dans les orifices indiqués et mises en appui (*sans les visser*) sur la planche support inférieure. Ces vis servent uniquement au positionnement et doivent être retirées avant la pose des modules.

Mettre en place et emboîter un autre cadre au-dessus du précédent. Aligner parfaitement les cadres dans le sens vertical (*au cordeau*). Régler le pas vertical entre les cadres en utilisant l'indexage prédéfini de chaque côté du cadre. Dans le cas du cadre L-1, utiliser l'indexage inférieur noté " => 1645".

Une fois la première colonne de modules terminée, mettre en place un cadre sur la ligne inférieure et l'emboîter à droite du premier cadre. À l'aide de 2 piges de montage à emboîter dans les encoches prévues à cet effet, positionner le nouveau cadre. Poser alors les pattes et les fixer à l'aide des vis 6 x 40 fournies (4 vis pour les pattes doubles et 3 vis pour les pattes simples) (cf. § 2.32). La patte doit être centrée (Figure 21) dans le trou de positionnement (*pour la dilatation*). Ne déplacer les piges de montage qu'une fois les pattes fixées. Procéder de la même manière du bas vers le haut et de la gauche vers la droite pour tous les cadres du champ photovoltaïque. La bavette souple des cadres polymères est rabattue par les pattes de fixation. Un espace de 20 mm est présent entre les bavettes souples des 2 cadres superposés.

Positionner l'abergement gauche (Figure 22) inférieur à côté du premier cadre puis mettre en place les autres abergements en les emboîtant les uns dans les autres (*utiliser l'ergot prévu à cet effet, faire pivoter l'abergement, le clipser et l'espacer de 3 mm*). Clipser la frise haute au sommet de l'abergement le plus haut. Glisser le rang d'abergement sous les cadres et aligner le dernier abergement avec le haut du cadre. En bas de champ, couper (*à l'aide d'une scie*) la partie de l'abergement qui dépasse du cadre sur le premier abergement. Fixer les abergements à l'aide de clous à tête plate et tige lisse (*non fournis, cf. § 3.4*) sans utiliser de cloueuse, à chaque chevauchement et centré sur un trou oblong pour permettre la dilatation. S'il n'y a pas de liteau sous le chevauchement des abergements, ajouter un liteau sous le chevauchement. Procéder de façon identique pour les abergements de droite à l'exception qu'au lieu de glisser ceux-ci sous les cadres, les emboîter sur les cadres en plaçant les oreilles des abergements sous la bavette souple des cadres. Terminer les abergements par l'insertion des frises latérales. Celles-ci se raccordent bout à bout sans recouvrement.

Les cadres ont un recouvrement dans le sens de la pente de 256 mm (Figure 23). Les abergements latéraux ont un recouvrement dans le sens de la pente de 230 mm.

Terminer par la pose des pattes simples. Elles se fixent comme les pattes doubles, centrées dans les orifices prévus à cet effet. Les pattes simples de gauche doivent être mises en place à l'aide d'une pige de montage fixée sur la patte double du même cadre (*en ne vissant que quelques filets*) puis sur la patte simple à fixer. Une fois la patte simple alignée, la fixer à l'aide des vis 6 x 40 fournies.

### 8.535 Pose des modules

Se référer à la Figure 24.

Positionner et emboîter les modules photovoltaïques sur les pattes de fixation. Positionner la bride double avec la cale antirotation au-dessus de la patte double entre deux modules, en la faisant glisser vers le bas, en appui sur les modules. Plaquer les modules sur les cales antirotation. Avant serrage, remonter de 3 mm minimum le module photovoltaïque pour qu'il ne soit plus en appui en son sommet sur son propre poids. Visser avec une vis CHC M6 x 40 fournie (cf. § 2.32) avec un couple de serrage de (8,8 ± 0,5) N.m.

Régler la hauteur des vis d'appui des brides simples de sorte qu'elles affleurent avec le dessus du module. Fixer alors les brides simples avec une vis CHC M6 x 40 fournie (cf. § 2.32) avec un couple de serrage de 8,8 N.m.

Les brides permettent une prise en feuillure des cadres aluminium des modules de 11,5 mm pour la version L-1 ou 13 mm pour la version O-1 (Figure 25).

## 8.54 Mise en place des éléments de couverture

Placer les éléments de couverture sur les abergements. Ils doivent être fixés mécaniquement à la charpente (par exemple, dans le cas de l'utilisation d'un tasseau de maintien des tuiles, celui-ci doit être fixé aux liteaux à ses extrémités).

En haut de champ, le bas des tuiles doit tangenter avec le marquage indiquant "Limite tuile" (Figure 26). Il est impératif de mettre en place une bande de mousse autocollante (*fournie, cf. § 2.33*) sur l'abergement haut avant de replacer les tuiles. Cette mousse doit se prolonger jusqu'aux bords extérieurs des abergements latéraux. Les tuiles recouvrent le haut du cadre Easy-Roof de 200 mm minimum.

Pour le recouvrement des abergements latéraux, le bord des tuiles doit tangenter avec le marquage indiquant "Limite tuile". Il est impératif que la distance entre le cadre aluminium du module et la tuile soit de 40 mm maximum. Les tuiles recouvrent les abergements Easy-Roof de 150 mm minimum.

## 8.55 Pose aux abords des extrémités de toiture

### 8.551 A l'égout

Se référer à la *Figure 27*.

A la place de la pose du bas de champ, il convient de procéder comme suit. Couper le liteau supérieur de l'antibasculement à 250 mm à l'extérieur des cadres Easy-Roof du champ photovoltaïque pour que le liteau restant soit au même niveau que les planches support du champ photovoltaïque. La partie basse des cadres Easy-Roof doit impérativement se trouver sur le même plan que le platelage du système.

Les planches support de bavette sont d'épaisseur égale à celles du champ photovoltaïque. Il convient d'éviter toute contre-pente. Le recouvrement des bavettes entre elles est de 100 mm minimum. Les bavettes sont fixées sur la planche en partie supérieure à l'aide d'agrafes.

### 8.552 Aux rives

Se référer à la *Figure 28*.

Les tôles de rive sont mises en place avant les pattes simples. Elles sont fixées sur la planche de rive à l'aide de vis à rondelle étanche.

En partie supérieure de champ, une tôle spécifique est utilisée pour le raccordement au rang de tuiles supérieures. Une bande de mousse autocollante est collée verticalement sur la tôle. La tôle remonte jusqu'en haut du rang de tuiles supérieures et se raccorde par exemple au faitage ou aux tuiles de rive de la toiture.

## 9. Formation

La société IRFTS impose une formation pratique et théorique « installateur » dispensée par du personnel IRFTS pour les installateurs et distributeurs du procédé Easy-Roof Evolution. Cette formation permet de maîtriser la mise en œuvre du procédé ainsi que d'aborder tous les aspects liés à la sécurité (*travail en hauteur, sécurité électrique*).

Une charpente au sol permet de présenter les composants d'une installation et de travailler en conditions réelles, selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité. La formation pratique comporte des focus sur la dilatation, les écoulements, la ventilation, le passage des câbles et la mise à la terre.

A l'issue de cette formation, la société IRFTS délivre une attestation de formation nominative.

La société IRFTS tient à jour une liste d'entreprises agréées par ses soins.

## 10. Assistance technique

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

La société assure ensuite sur demande une assistance technique téléphonique et sur Internet pour tous renseignements complémentaires.

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

## 11. Utilisation, entretien et réparation

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur. Pour éviter tout appui direct sur les modules (*cf. § 8.3*), la prise d'appui sur les brides et les pattes de fixation est acceptable.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés et agréés par la société IRFTS. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (*cf. § 8.2*).

### 11.1 Maintenance du champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'entretien de la toiture au moins une fois par an (*avant l'été pour optimiser le rendement électrique*) :

- Les modules photovoltaïques doivent être nettoyés au jet d'eau (*sans pression ni jet concentré*).
- Inspection visuelle, repérage d'éventuels endommagements.

- Vérification de l'étanchéité : vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau dans les couloirs des abergements.
- Vérification du câblage.
- Vérification des fixations : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie.

## 11.2 Maintenance électrique

Si, tenant compte de l'ensoleillement réel, une baisse mesurable de la production d'une année sur l'autre est observée, il convient de faire vérifier le bon fonctionnement de l'onduleur et des modules individuellement.

## 11.3 Remplacement d'un module

Il conviendra de respecter les dispositions du § 8.3, notamment pour accéder à l'installation sans marcher sur les modules. En cas de bris de glace d'un module ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer en respectant la procédure suivante :

- Déconnecter l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur.
- Déconnecter le champ photovoltaïque en ouvrant l'interrupteur/sectionneur DC placé entre le champ photovoltaïque et l'onduleur.
- Démontez les éléments du système de montage dans l'ordre inverse à leur mise en œuvre afin de pouvoir accéder aux câbles du module. Ne jamais débrocher les connecteurs sous la pluie.
- Remontage du nouveau module conformément à la mise en œuvre (*voir § 8*). Reconnecter la liaison équipotentielle au nouveau module installé.
- Vérification du bon fonctionnement de la série de modules concernés :
  - Mesure de sa plage de tension en circuit ouvert.
  - Vérification de la compatibilité de cette tension avec la plage d'entrée de l'onduleur.
- Reconnecter le champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC.

## B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire Intertek (*rapports d'essais n° 131100111SHA-003a1 et SH11090765-003m2a1*).
- Les modules photovoltaïques cadrés 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 laboratoire Intertek (*rapports d'essais n° 131100111SHA-00[1/2]a1 et SH11090765-00[1/2]m2a1*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé en laboratoire sous contrôle de la Socotec selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent en fixations 4 et 6 brides (*rapports d'essais n° 301D0/14/40702 et 301D0/14/4704*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB pour un essai d'étanchéité à la pluie en soufflerie climatique « Jules Verne » (*rapport d'essais n° EN-CAPE 14.103 C - V0*).
- Les cadres polymères ont fait l'objet de tests de vieillissement accéléré au CSTB selon la NF EN ISO 4892-1 et 2, associés à des essais de traction selon la norme ISO 527 (*rapport n° EMI 14-26049228*).
- Le montage du procédé photovoltaïque a été testé au CSTB (*rapport d'essais n° VAL 14-26047515*).

## C. Références

### 1. Données environnementales et sanitaires<sup>1</sup>

Le procédé Easy-Roof Evolution ne fait pas l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES).

Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

### 2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis mai 2013.

Environ 228 000 m<sup>2</sup> ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 66 MW.

<sup>1</sup> Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

# Tableaux et figures du Dossier Technique

Note : Toutes les dimensions sont en millimètres (sauf indication contraire)

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

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Éléments du procédé concernés	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* (<3km)	Mixte	
Aluminium	anodisé $\geq 10 \mu\text{m}$	cadre de module	.	.	□	.	.	□	□	□
Aluminium EN AW-6063 T6	naturel ou anodisé	Pattes et brides de fixations	.	.	□	.	.	□	□	□
PP copolymère IRFTS	noir (due à la présence du noir de carbone)	cadre Easy-Roof Evolution	.	.	.	.	.	-	-	-
Inox A2	-	visserie	.	.	□	.	.	□	□	-

Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes XP P 34-301, NF P 24-351, DTU 40.36 et DTU 40.41

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

Tableau 2- Dimensionnement du lattage

Nombre de pattes de fixation par module	Entraxe maximum entre chevrons (mm)	Épaisseur minimale des planches support (mm)	Largeur minimale des planches support (mm)	Charge de vent normal* admissible (Pa)	Charge de neige normale* admissible (Pa)
4	600	27	100	1 140	
			120	1 350	
			140	1 590	
			160	1 784	1 800
			180		2 050
			200		2 081
			100		
	900	27	160	900	
			180	1 040	
			200	1 170	
			220	1 290	
			250	1 450	
			100	1 650	
			120	1 784	1 950
130	2 081				
6	600	27	100	1 700	
			120	1 896	2 050
			140		2 212
			100		
	900	27	160	1 410	
			180	1 590	
			200	1 750	
			220	1 896	1 940
			250		2 200
			100		2 212
			100		

\* selon les règles NV 65 modifiées

Unité : mm (pouce)

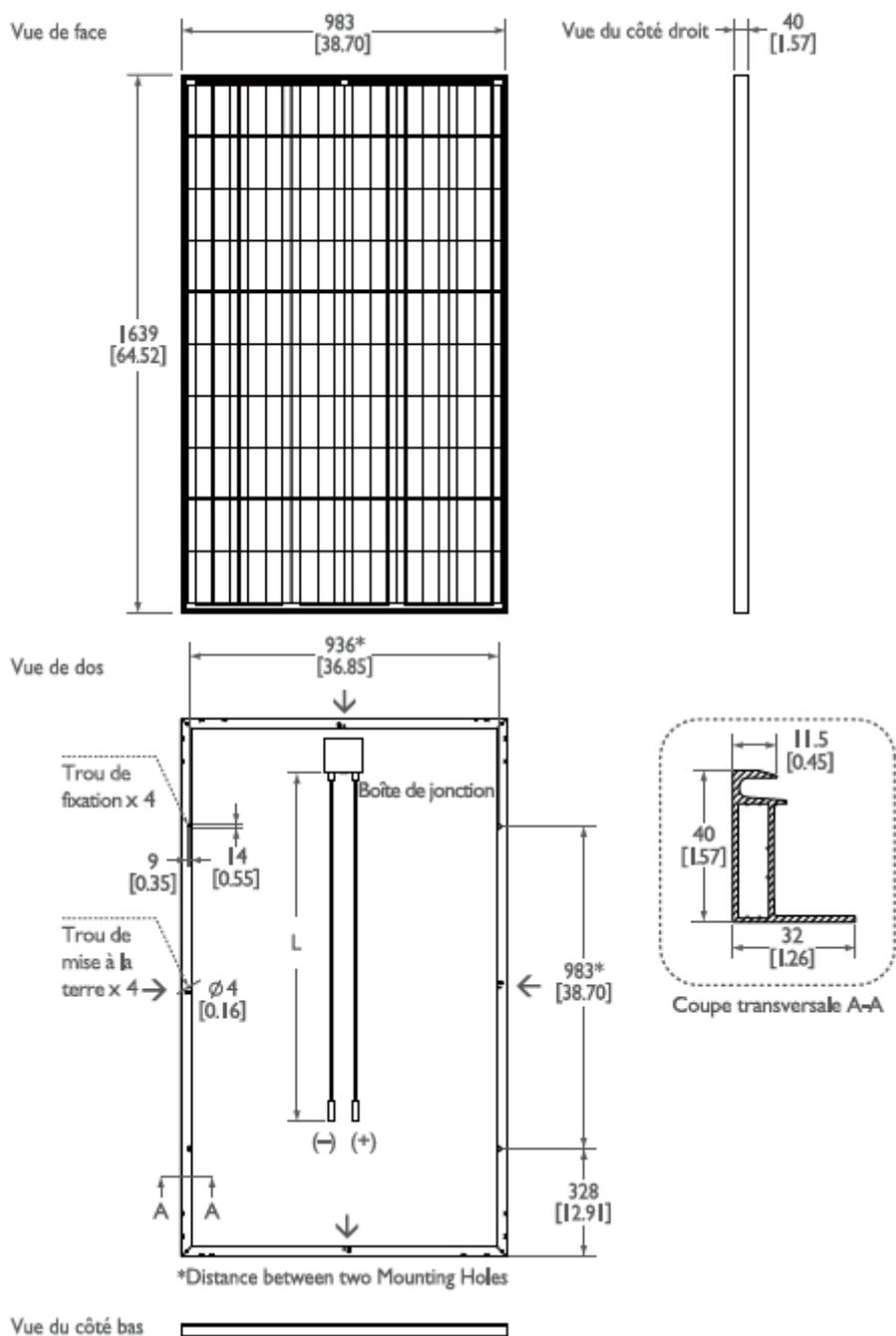


Figure 1 – Modules photovoltaïques PM245P00 et son cadre

Unité : mm (pouce)

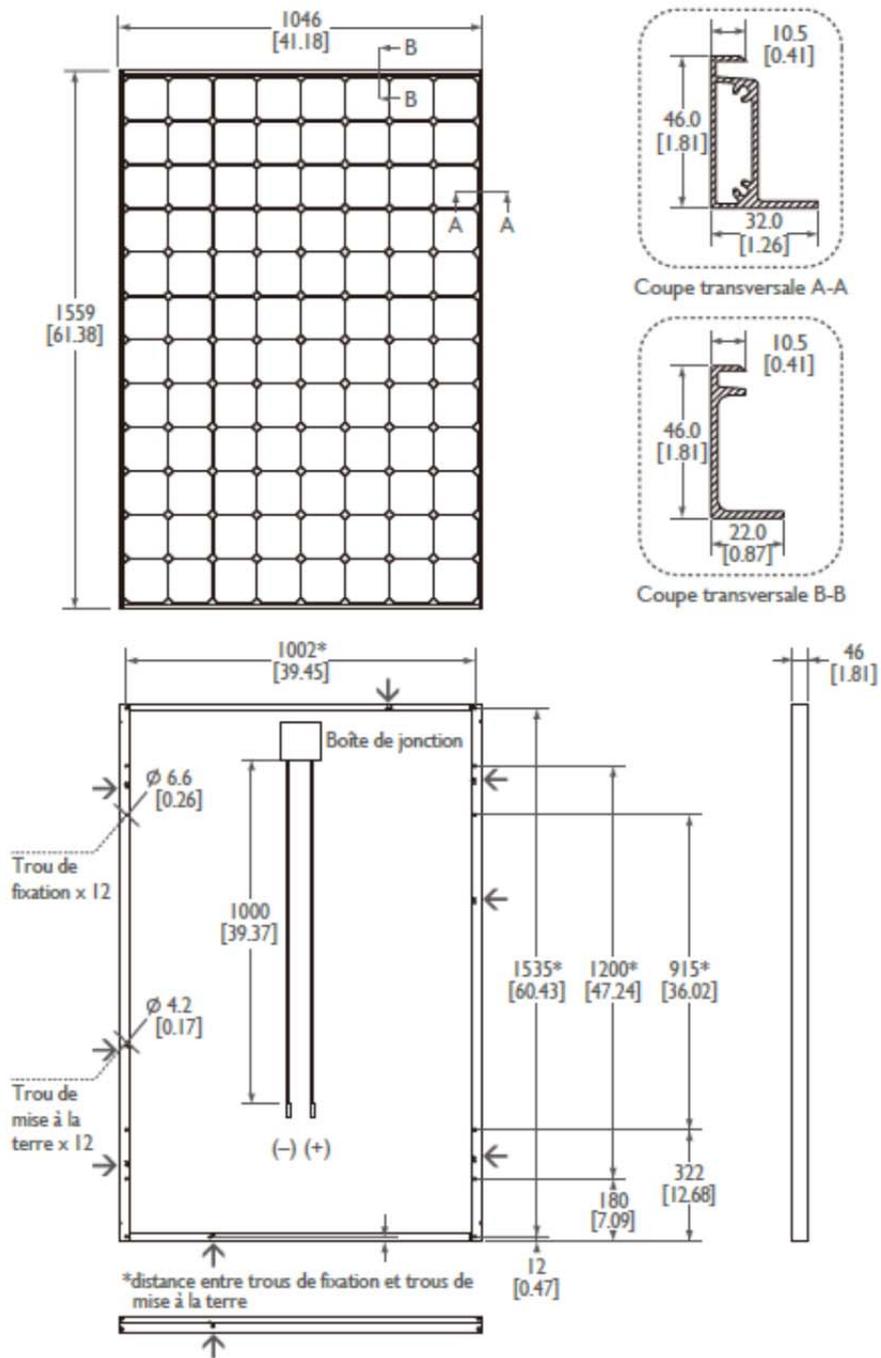
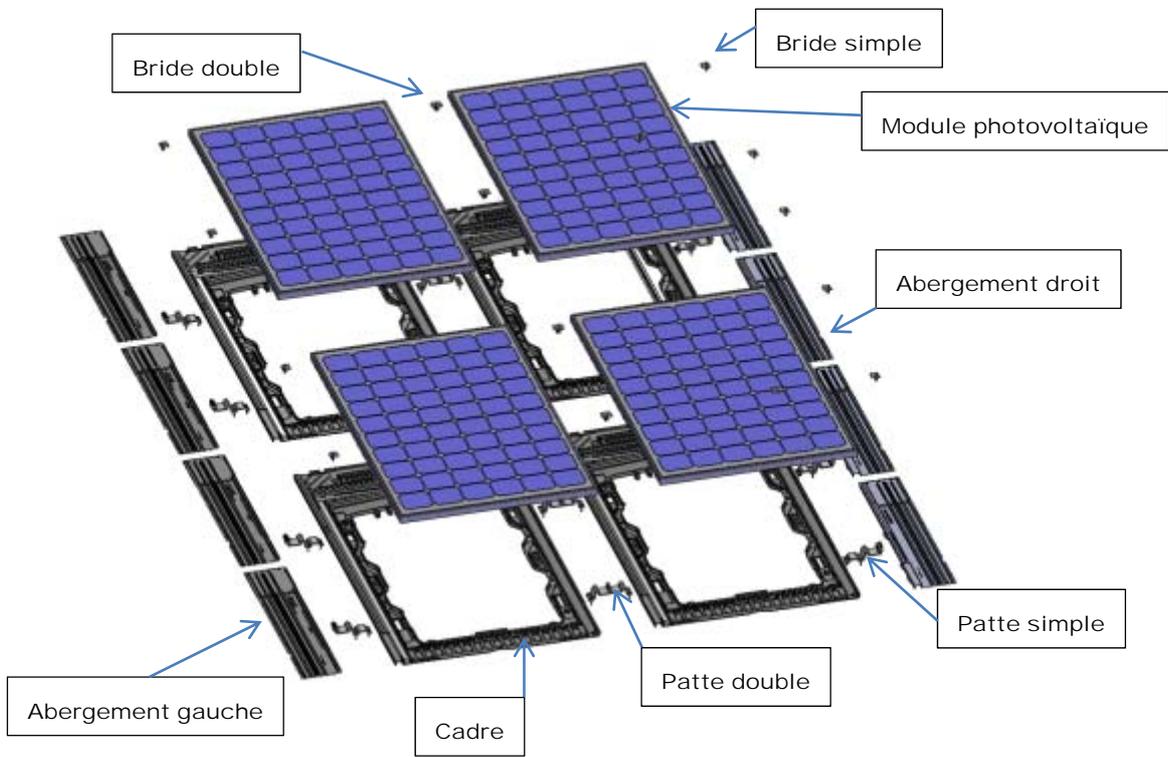
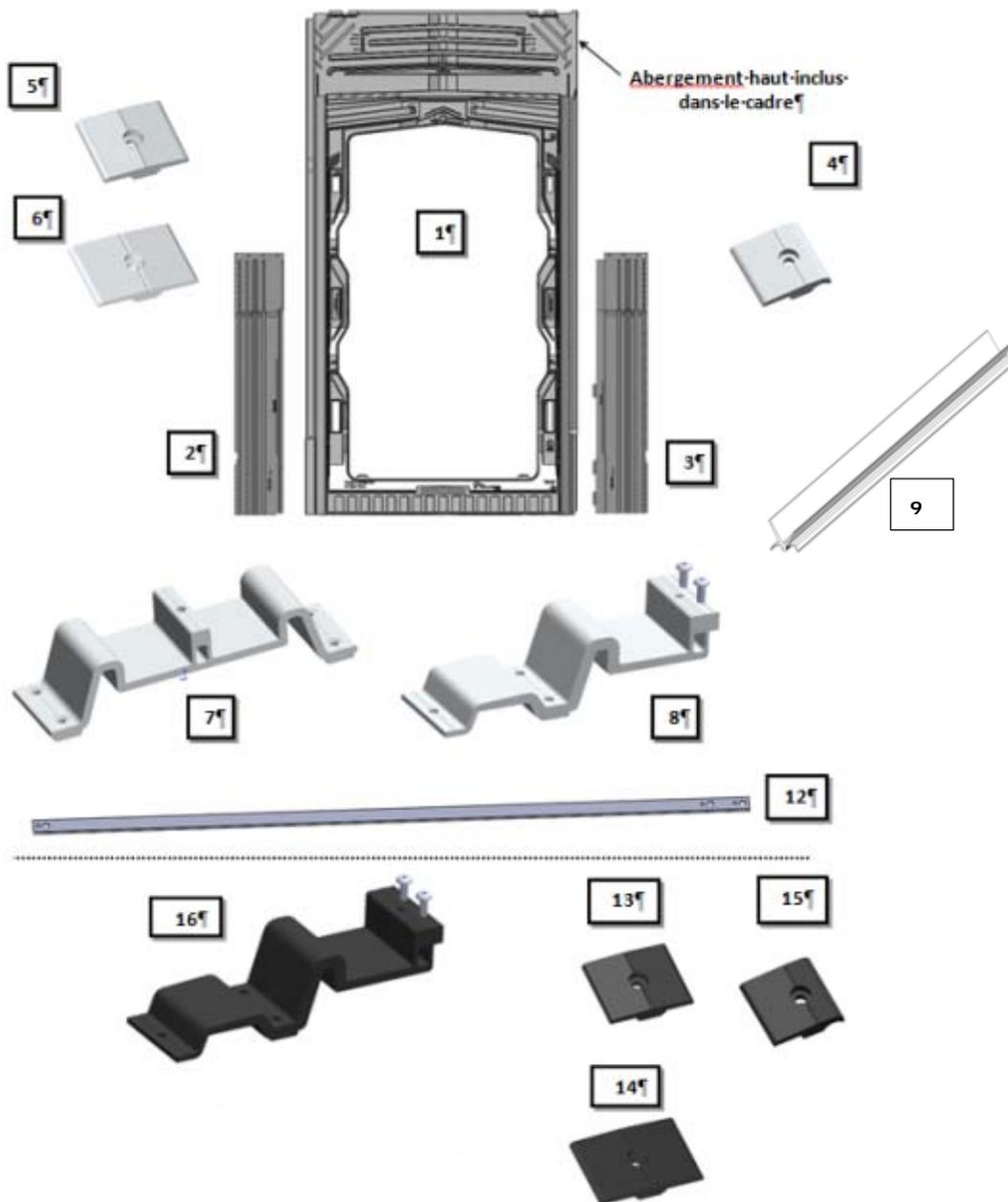


Figure 2 – Modules photovoltaïques PM096B00 et son cadre



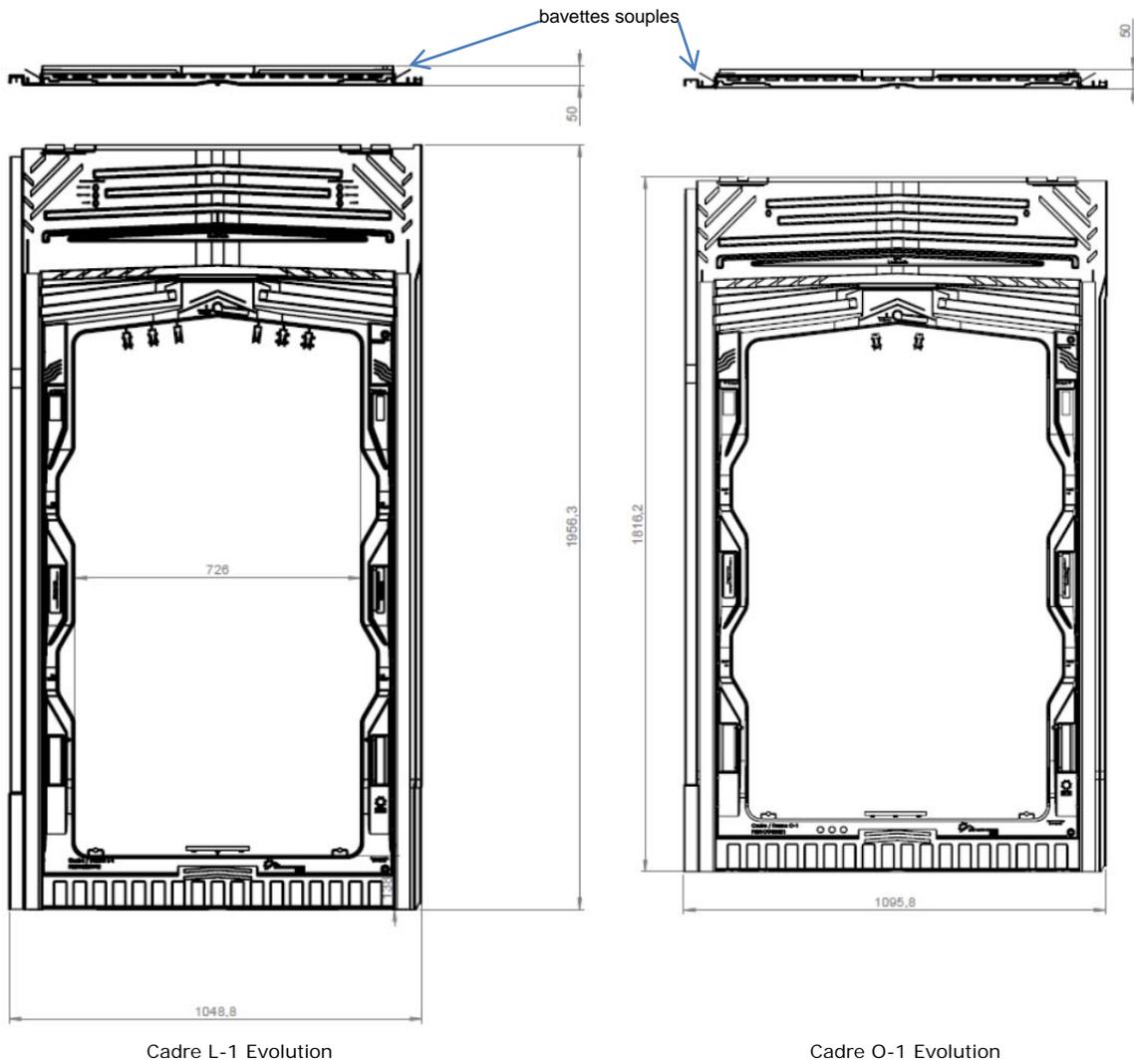
*Figure 3 – Schéma éclaté du procédé*



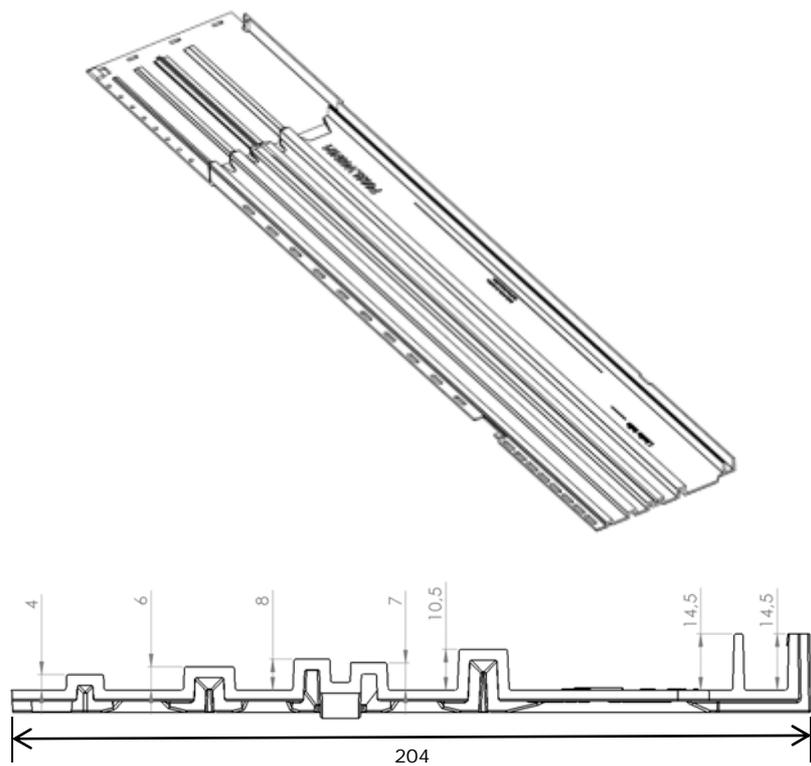
1	Cadre Evolution
2	Abergement gauche Evolution
3	Abergement droit Evolution
4	Bride de fixation simple Evolution
5	Bride de fixation double Evolution <sup>(1)</sup>
6	Bride de fixation double (Large) Evolution <sup>(1)</sup>
7	Patte double Evolution
8	Patte simple Evolution
9	Frise latérale
12	Pige de montage EASY ROOF
<b>Pièces optionnelles</b>	
13	Bride de fixation double noire Evolution <sup>(1)</sup>
14	Bride de fixation double (Large) noire Evolution <sup>(1)</sup>
15	Bride de fixation simple noire Evolution
16	Patte simple noire Evolution

(1) : Codification variante selon le choix de matière naturel ou anodisé

Figure 4 – Eléments constitutifs du système de montage (exemple version L-1)



**Figure 5 – Cadre**



**Figure 6 – Abergement latéral gauche**

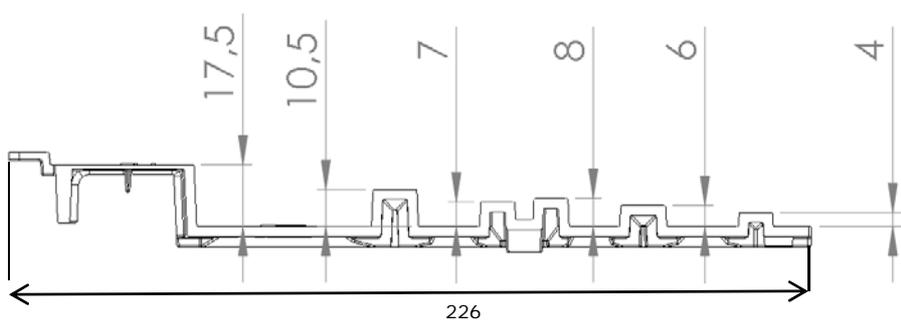
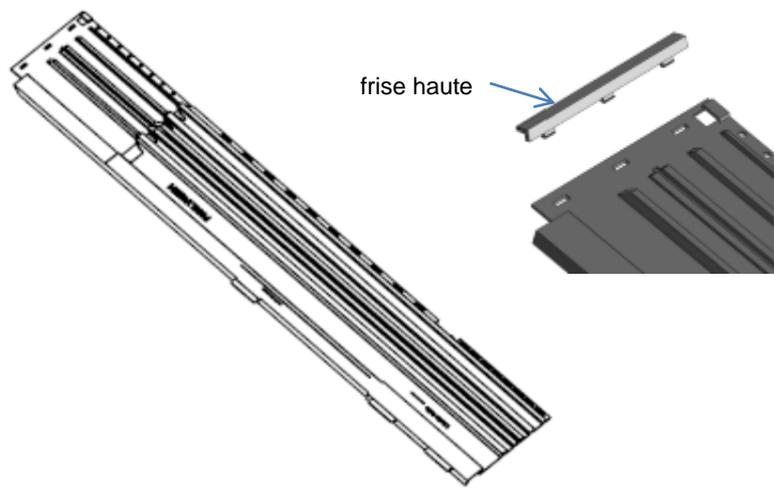


Figure 7 – Abergement latéral droit

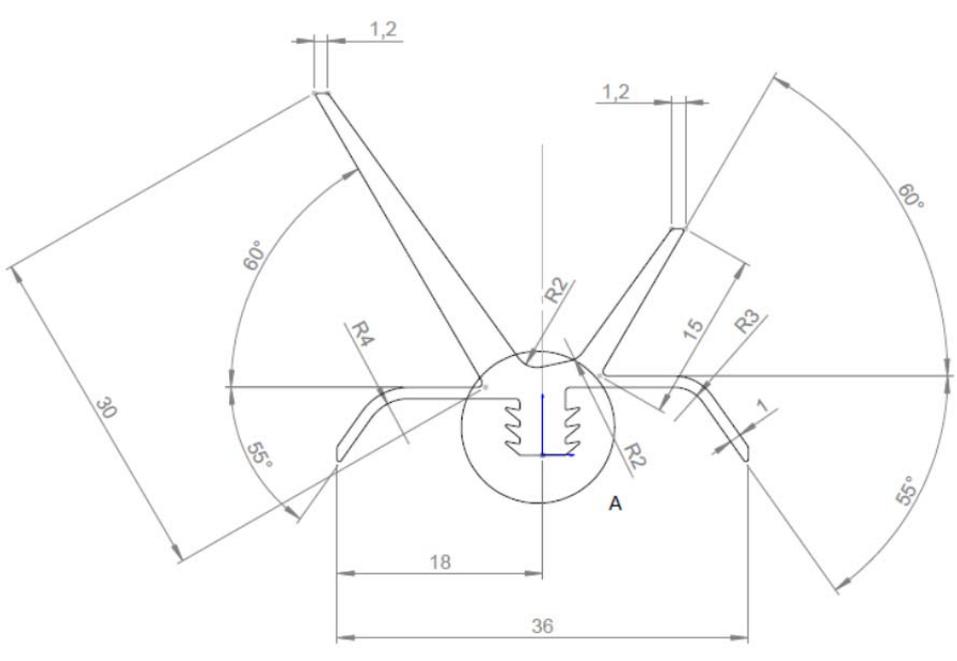
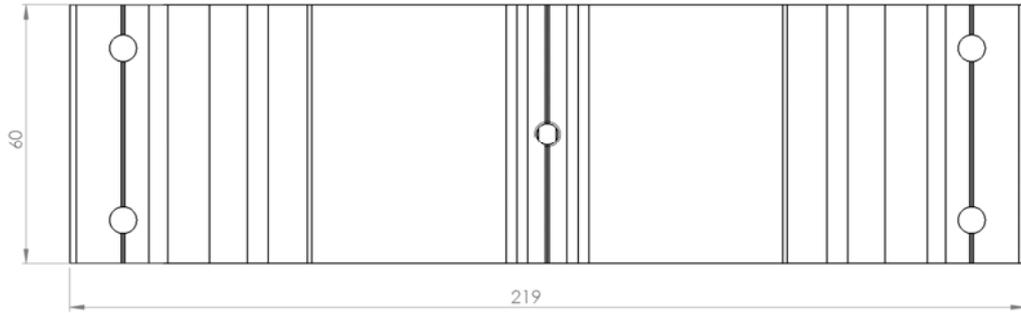
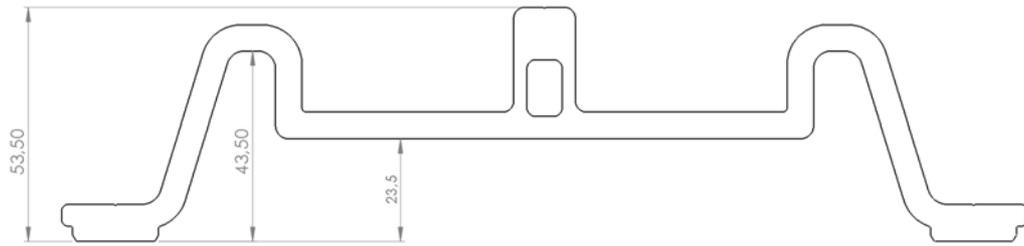
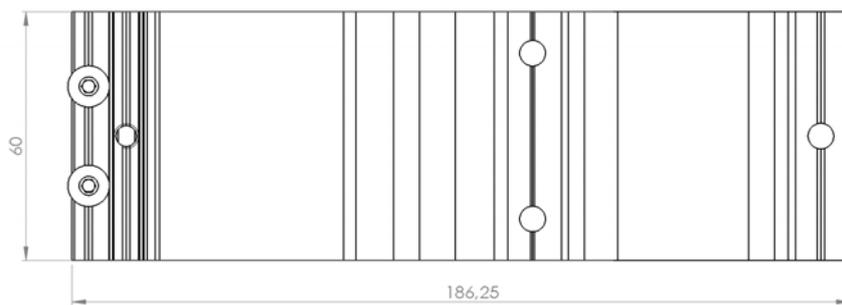
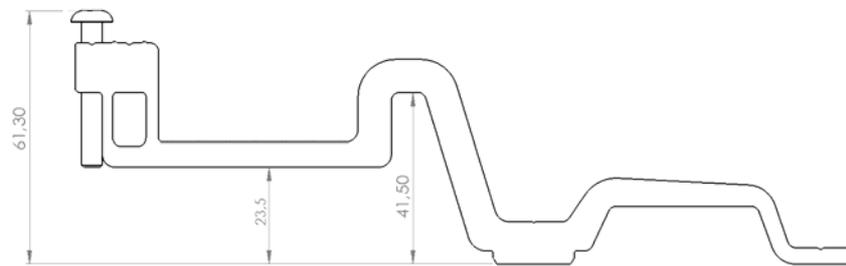


Figure 8 – Frise latérale



Patte double



Patte simple

**Figure 9 – Pattes Evolution**

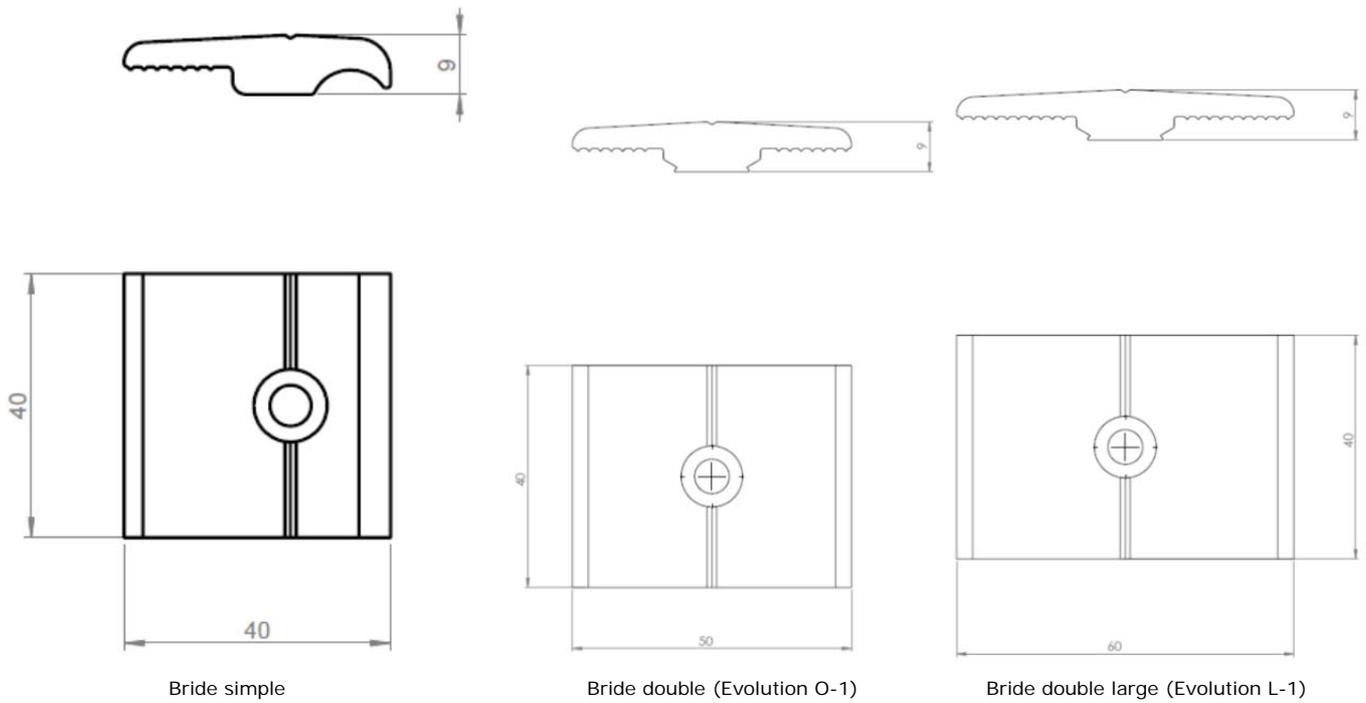
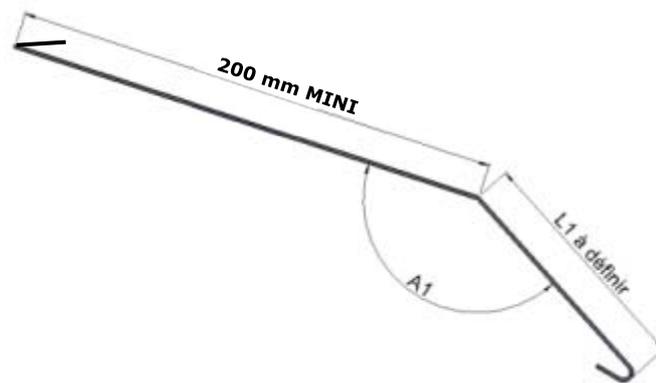


Figure 10 – Brides de fixation Evolution



Angle A1 =  $115^\circ + \text{pente de toiture}$

L1 tel que le bas de larmier soit au minimum 20 mm dans l'égout

Figure 11 – Larmier pour raccordement à l'égout

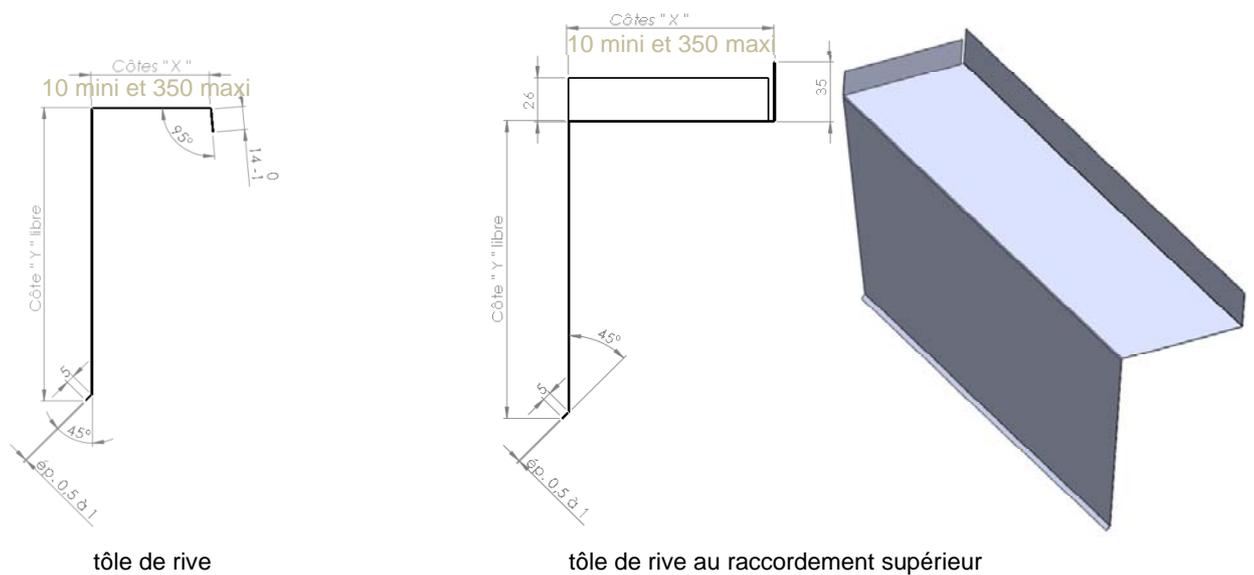
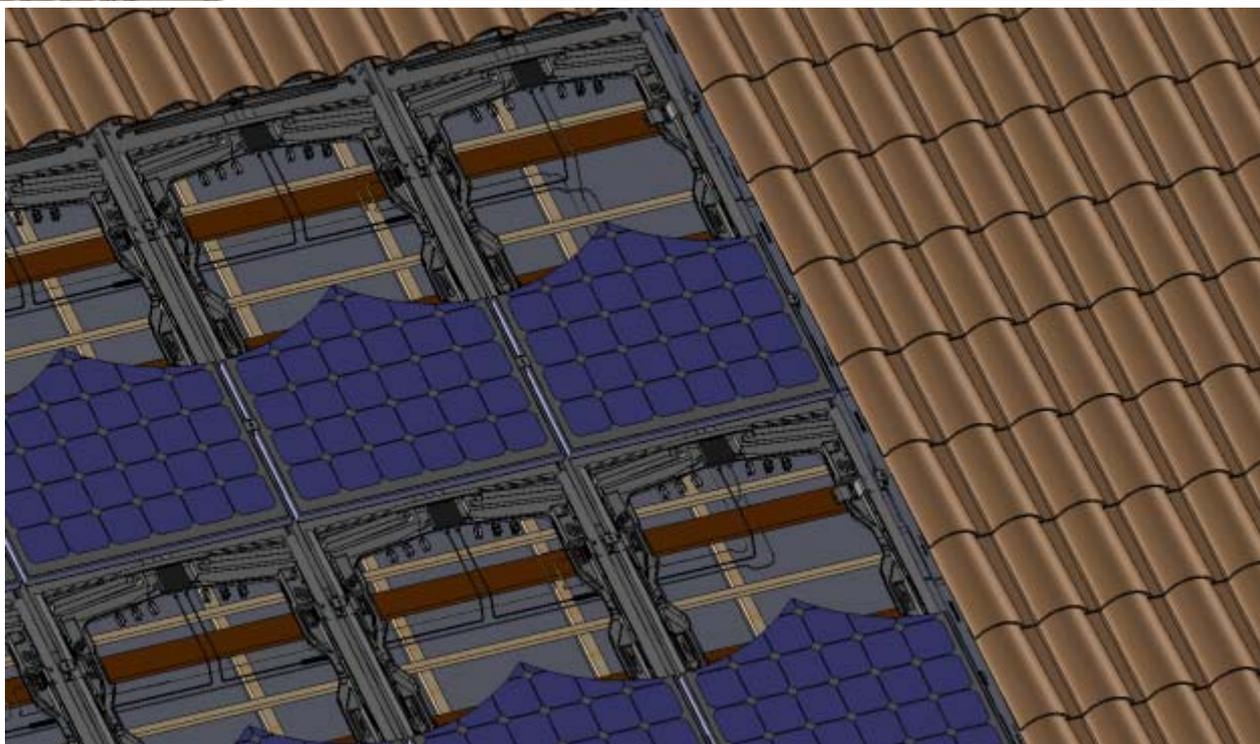
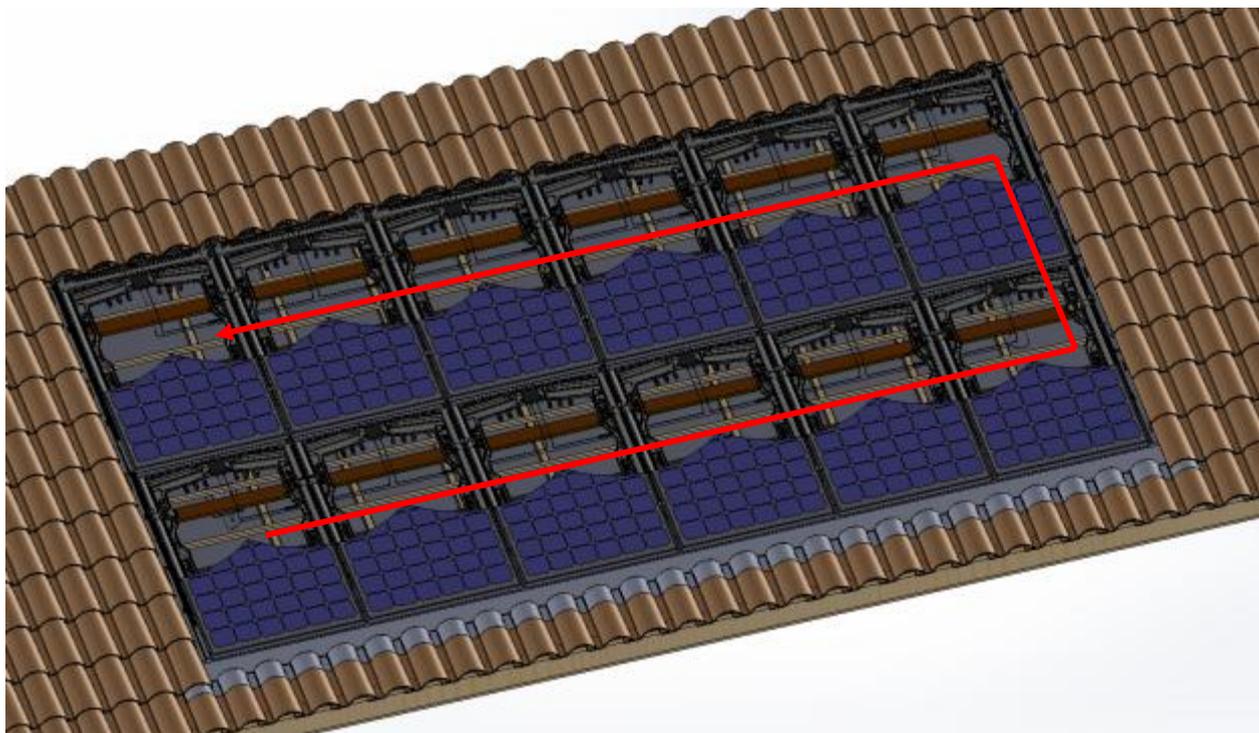


Figure 12 – Abergement de rive latérale

Câblage sans faire de boucle.



*Figure 13 – Principe de câblage*

Relier la patte au module

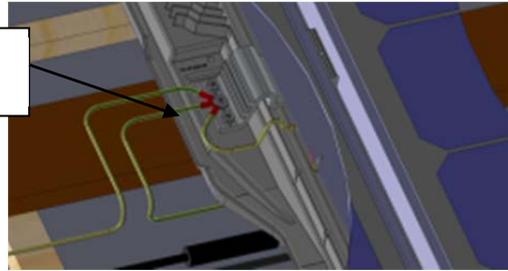
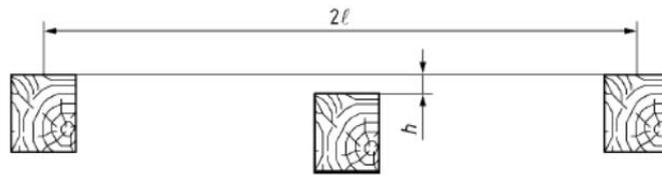


Figure 14 – Liaison équipotentielle des masses



Détermination du défaut de planitude  
exemple :  $l = 900$  mm et  $h \leq 4,5$  mm

Figure 15 – Contrôle de la planitude

Cale pour version L-1  
Cale pour version O-1

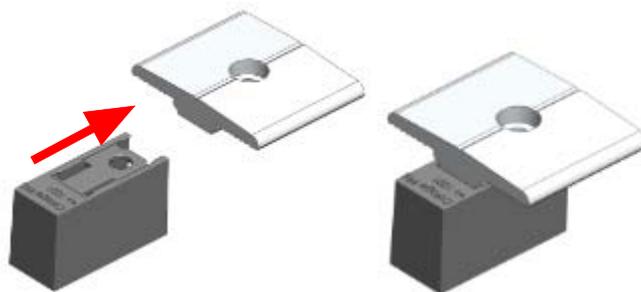


Figure 16 – Mise en place des cales anti-rotation

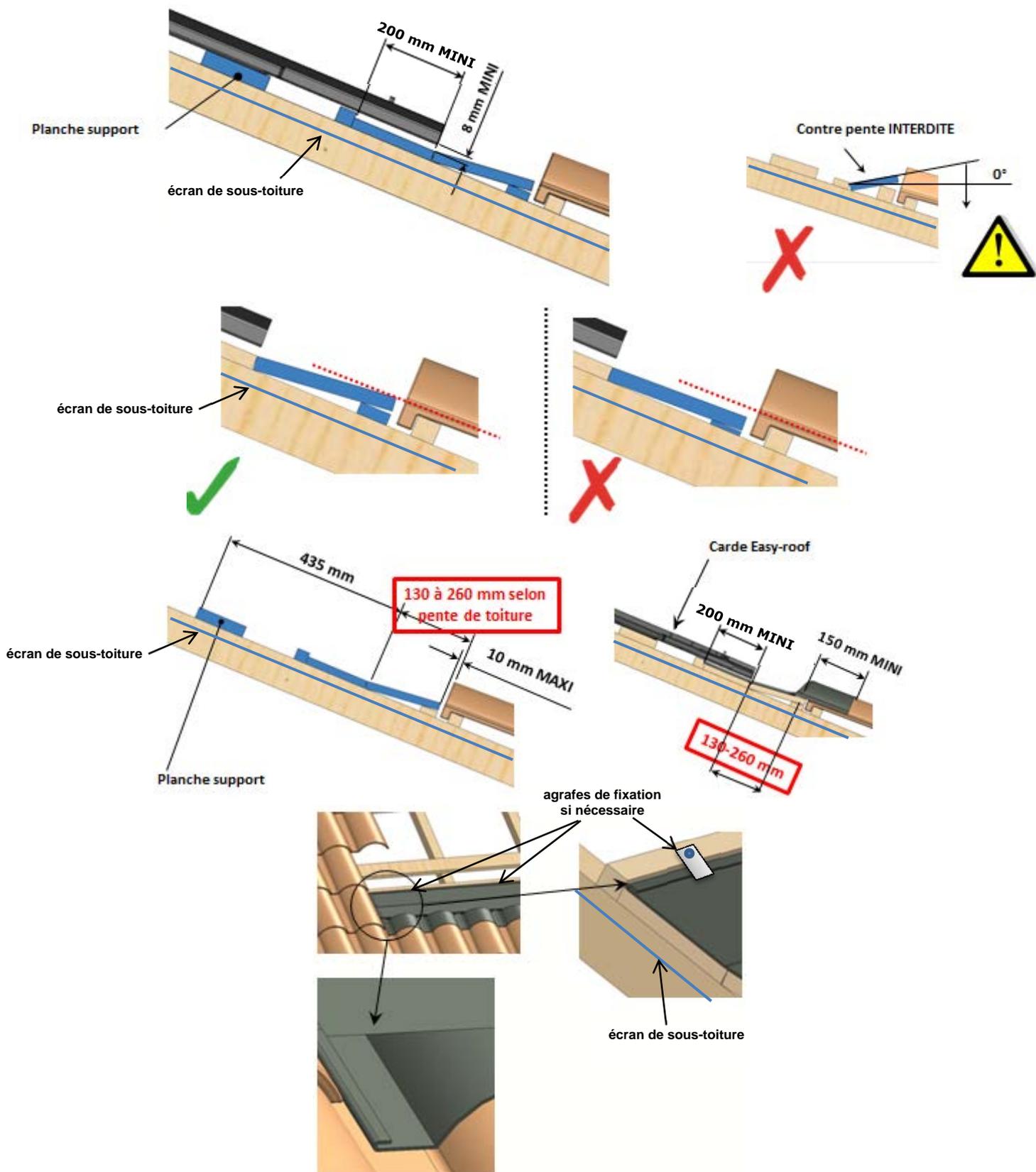
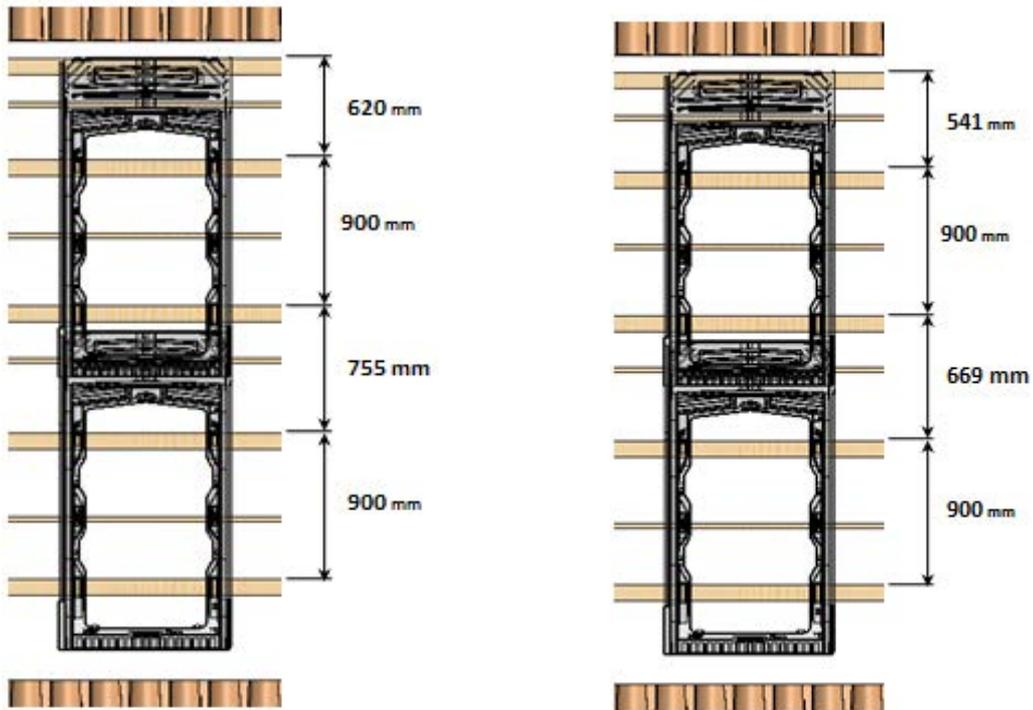


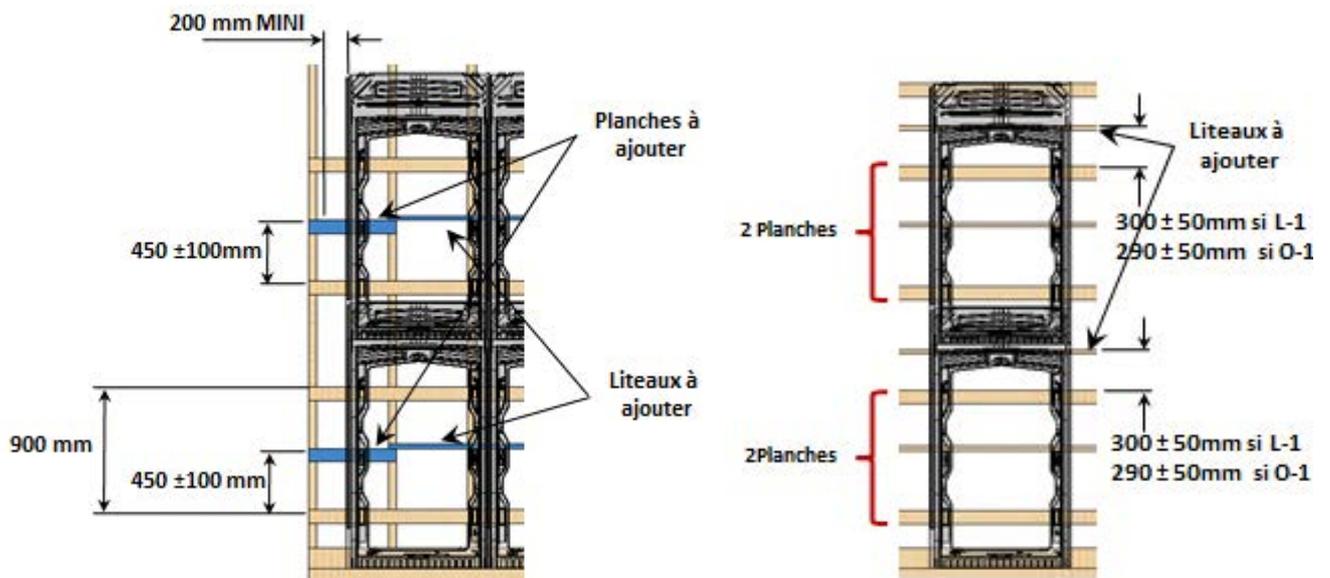
Figure 17 – Pose du bas de champ



Version L-1

Version O-1

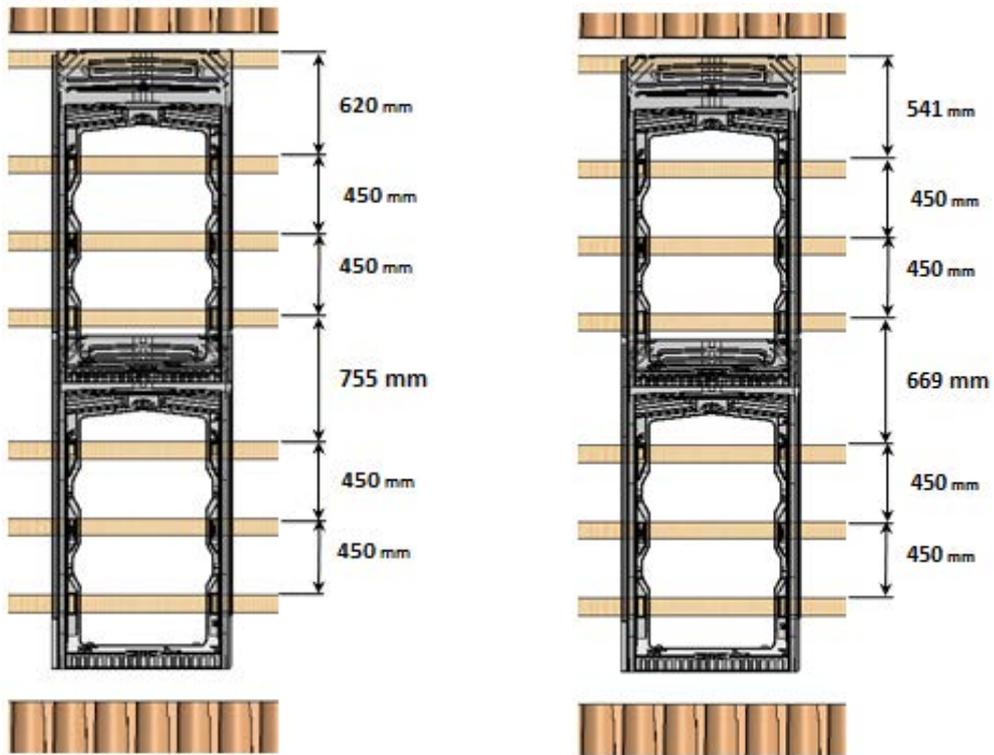
2 vis de fixation par intersection entre planches support et chevrons



en périphérie du champ, exemple côté gauche

au centre du champ photovoltaïque

Figure 18 – Platelage du champ photovoltaïque avec 4 pattes de fixation par module



Version L-1

Version O-1

2 vis de fixation par intersection entre planches support et chevrons

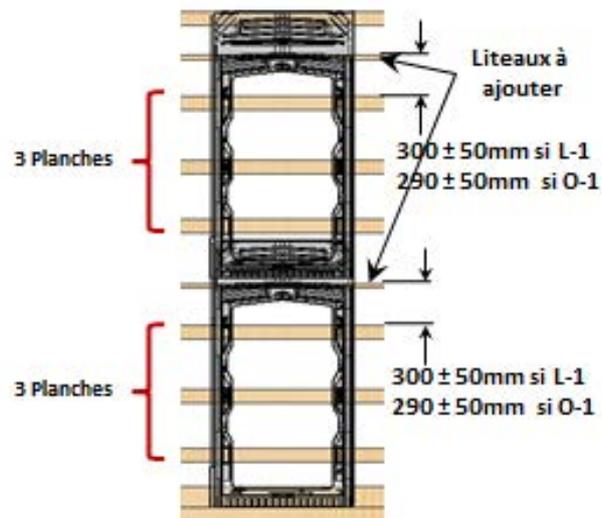


Figure 19 – Platelage du champ photovoltaïque avec 6 pattes de fixation par module

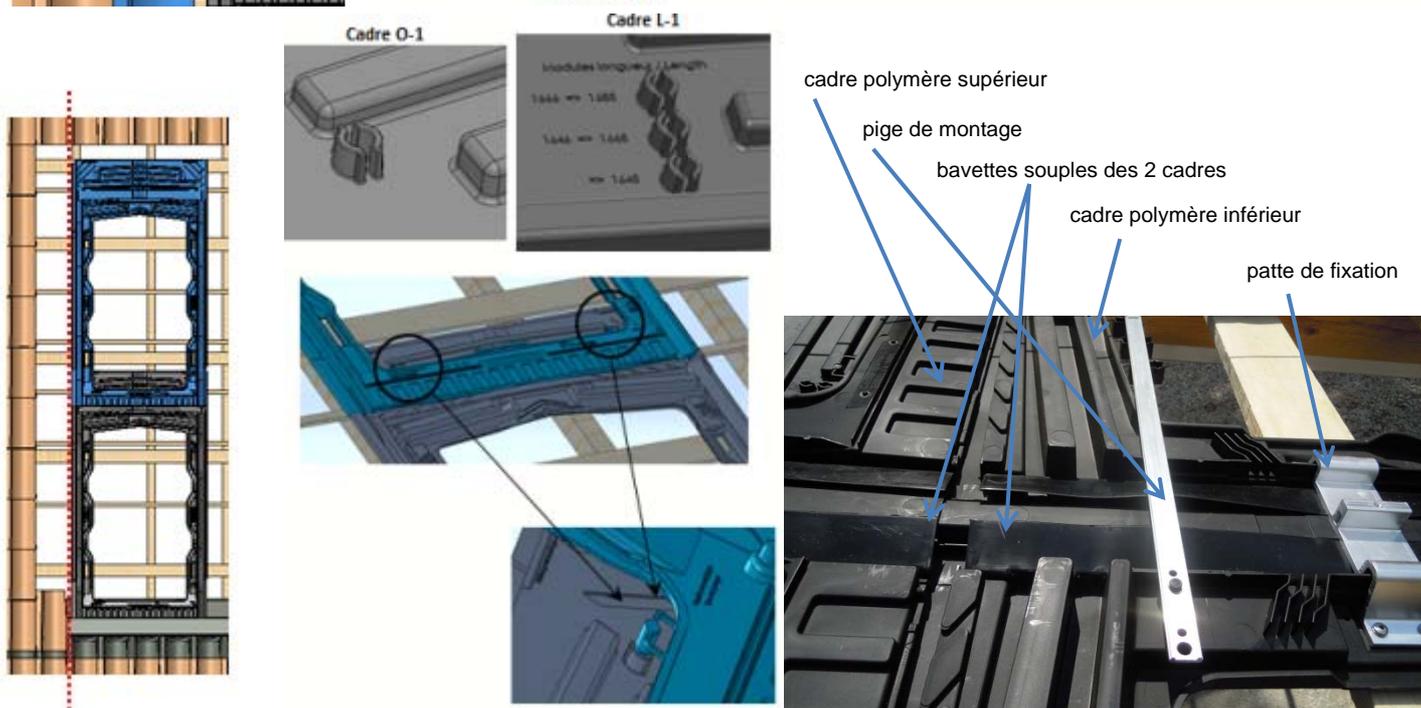
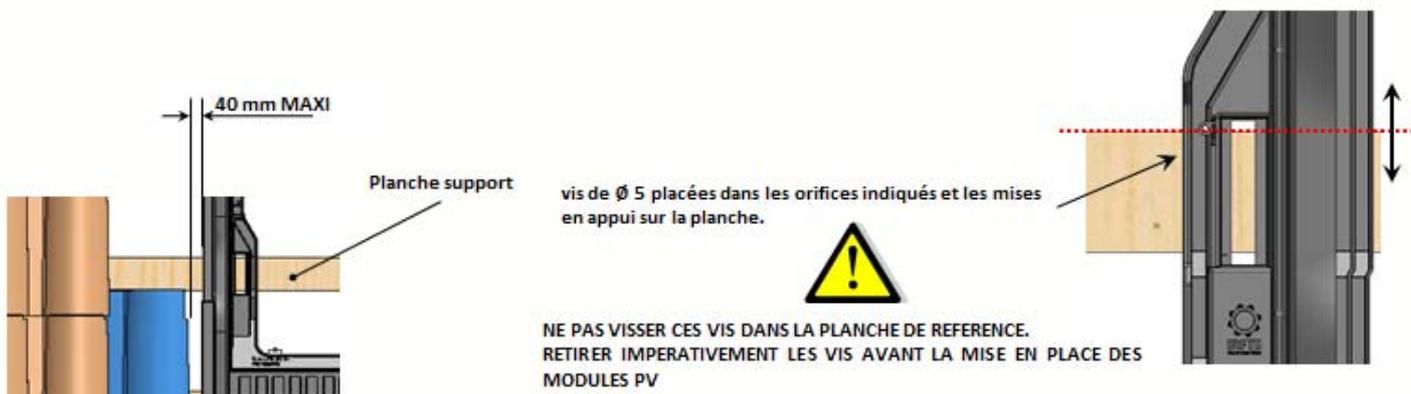


Figure 20 – Pose des cadres Easy-Roof

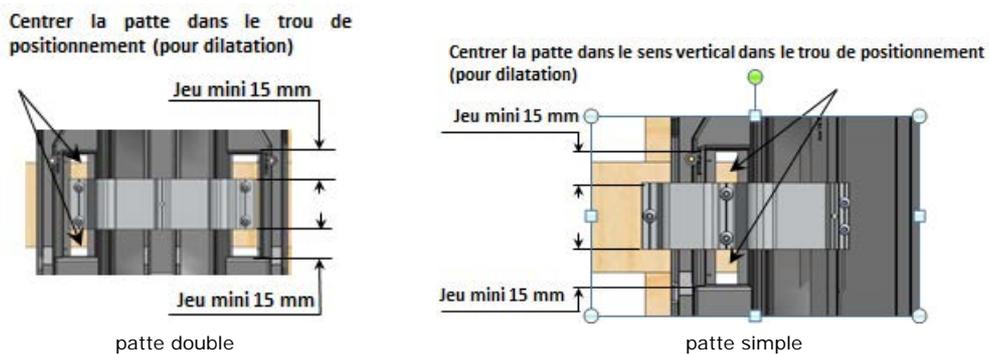
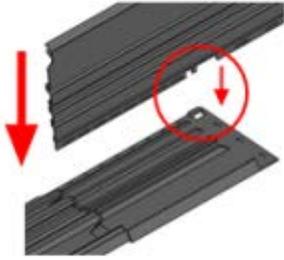


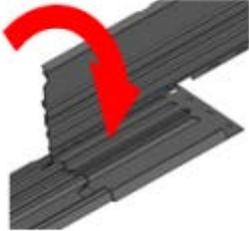
Figure 21 – Fixation des pattes

### Assemblage des abergements

a°) Emboiter l'ergot du second abergement dans le premier.



b°) Faire pivoter le second abergement.



c°) Clipper le second abergement avec l'autre.

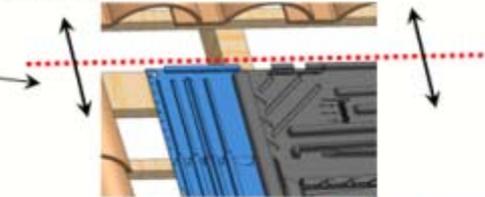


**Click !!!**

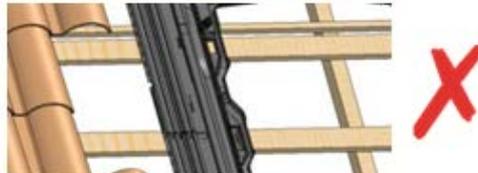
d°) clipper le support frise au sommet du dernier abergement.



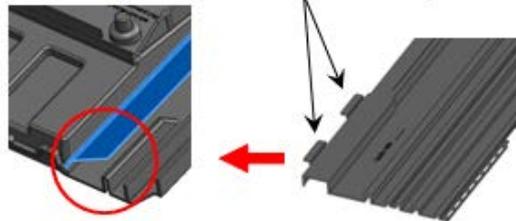
Aligner le dernier abergement avec le haut du cadre.



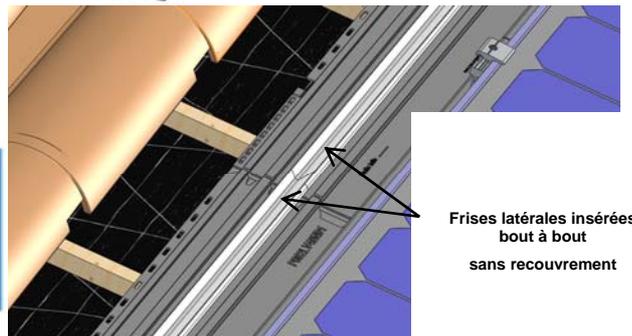
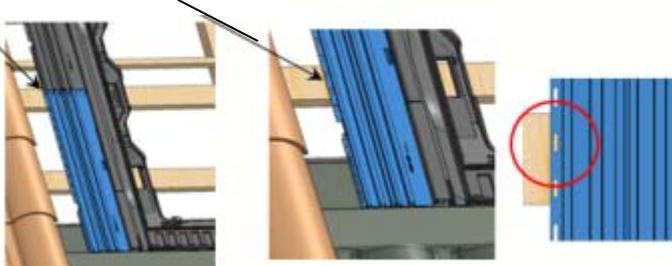
ajouter un liteau sous le chevauchement.



Placer les oreilles des abergements droits sous la bavette souple des cadres.



Fixer avec clous, sans utiliser de cloueuse



Frises latérales insérées bout à bout sans recouvrement

Figure 22 – Pose des abergements latéraux

COUPE D-D  
ECHELLE 1 : 2

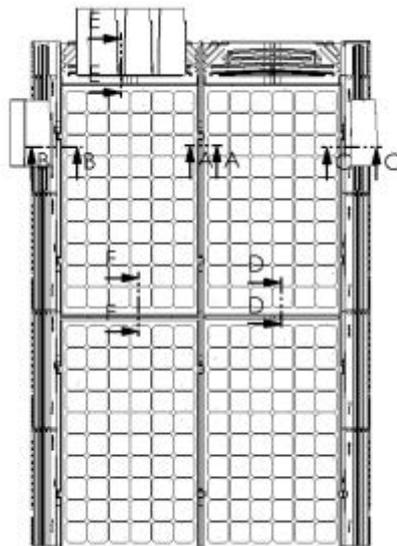
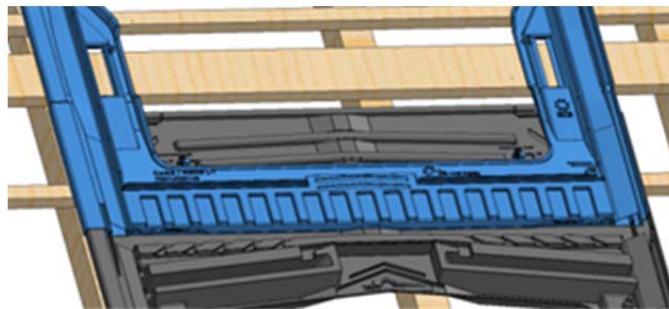
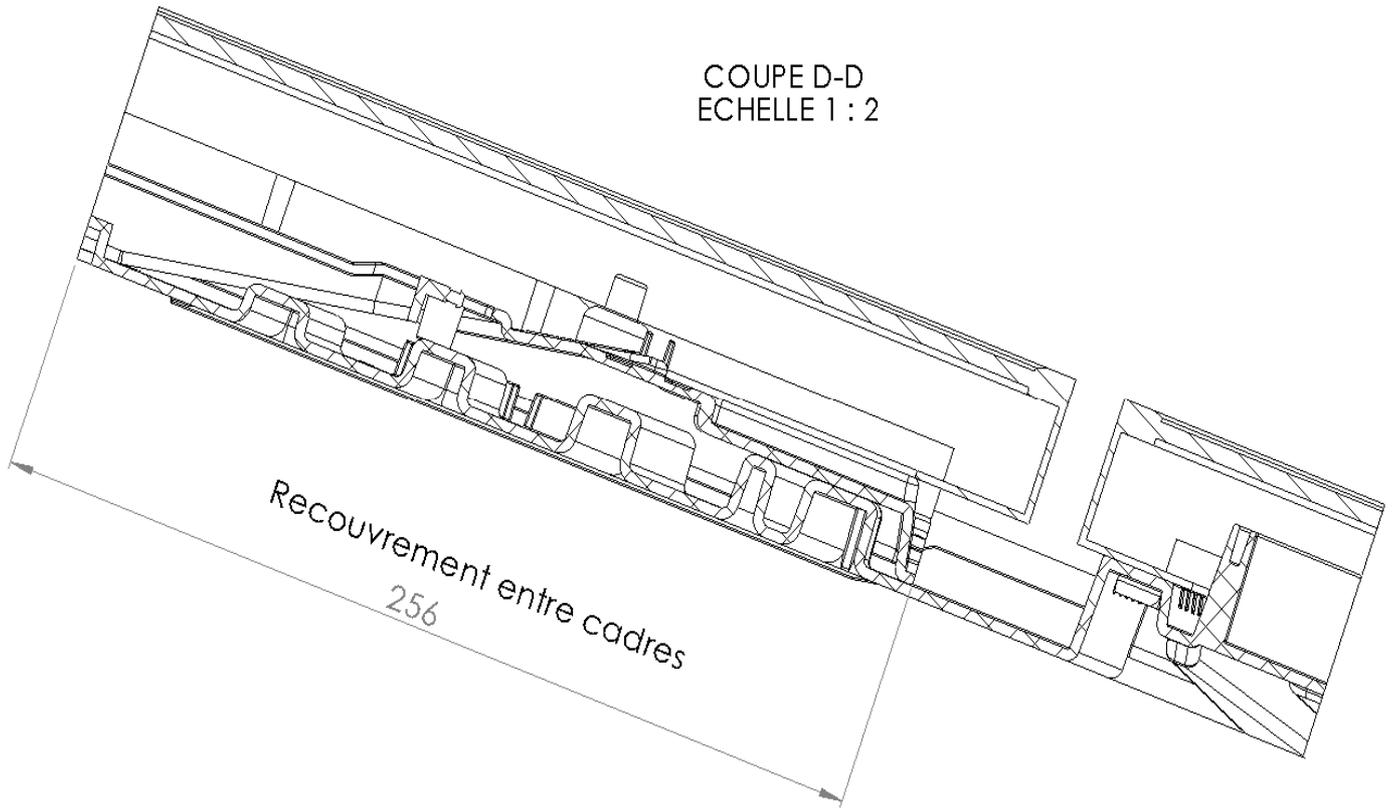


Figure 23 – Vue en coupe longitudinale du procédé en partie courante

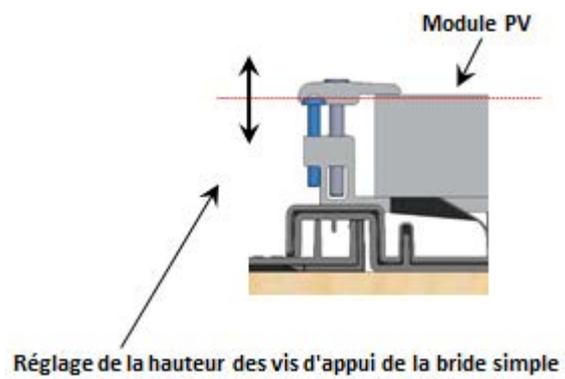
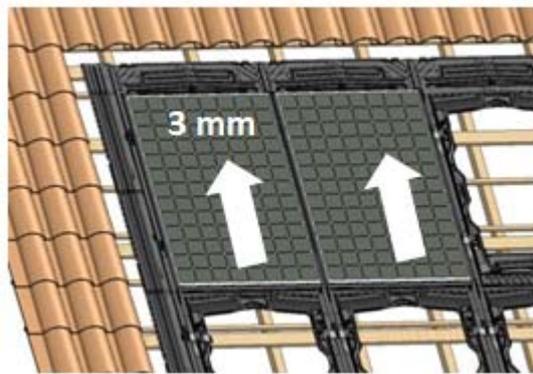
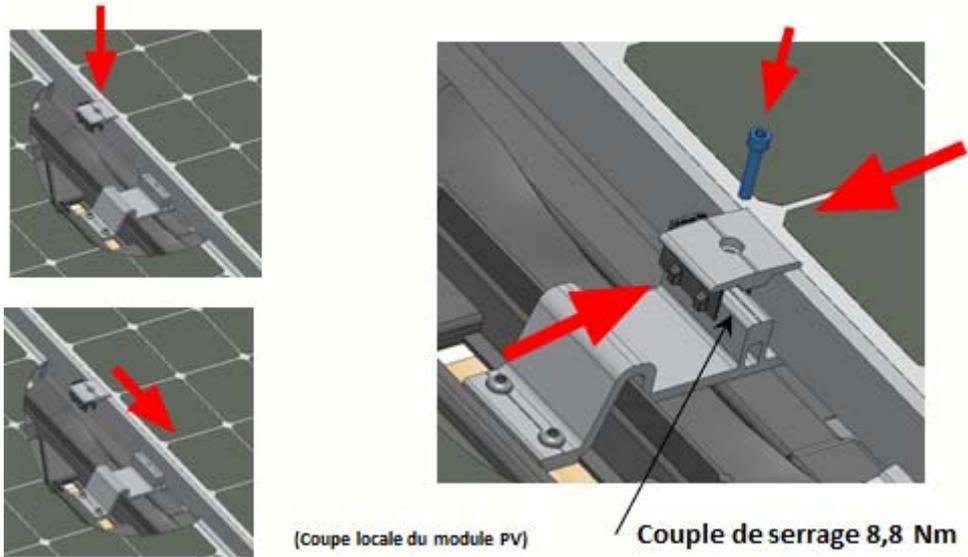


Figure 24 – Pose des modules

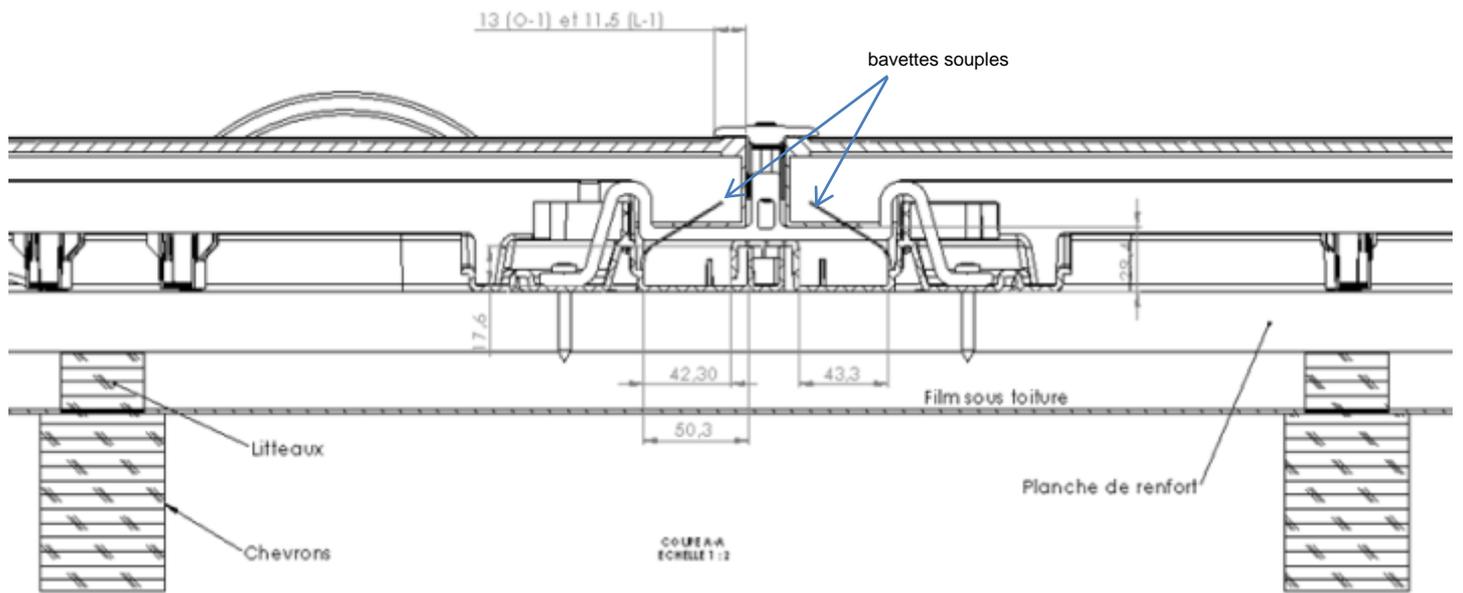
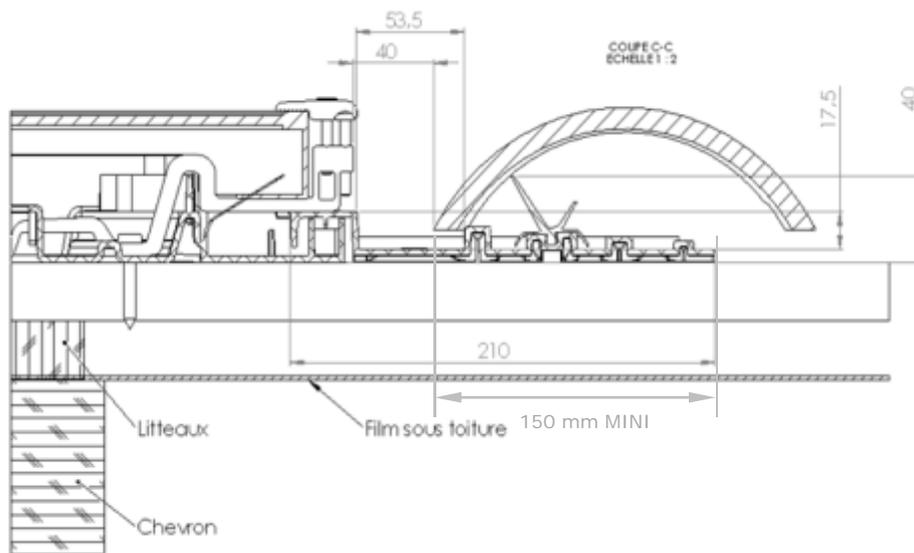
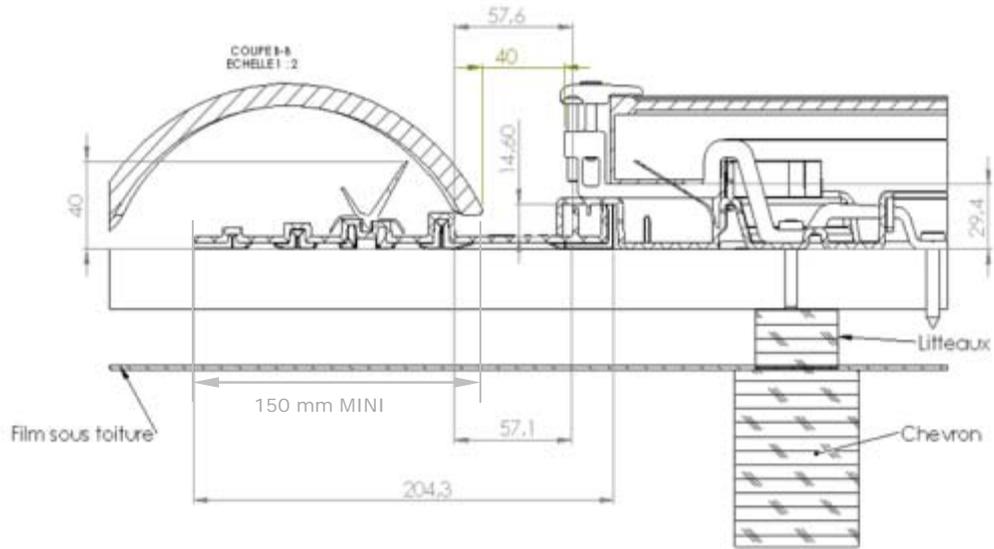
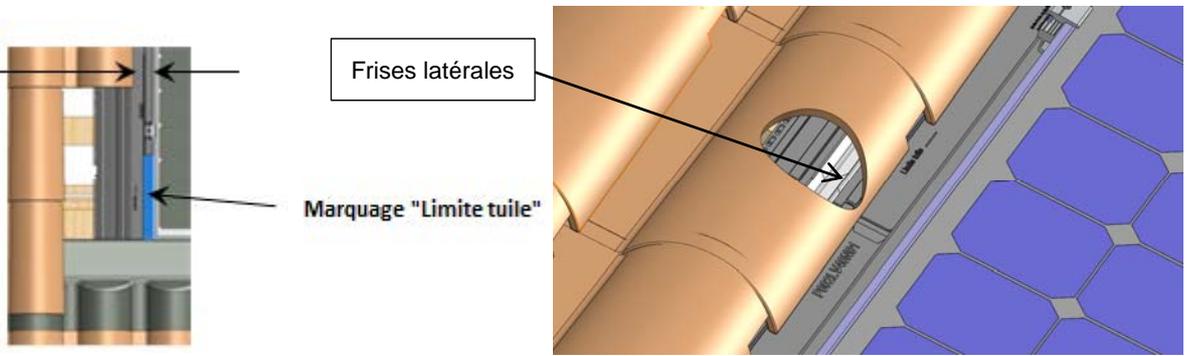
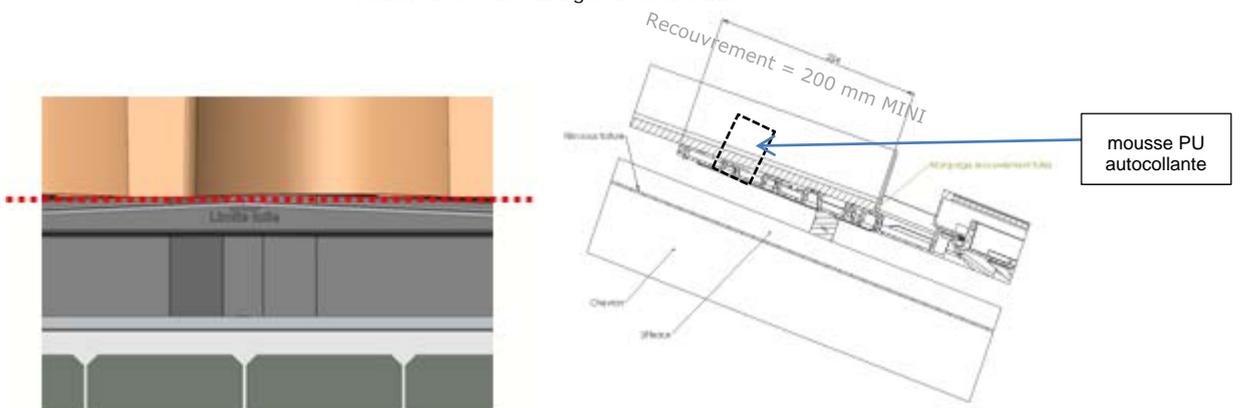


Figure 25 – Vue en coupe transversale du procédé en partie courante

40 mm maxi



Recouvrement des abergements latéraux



Haut de champ

Figure 26 – Mise en place des éléments de couverture

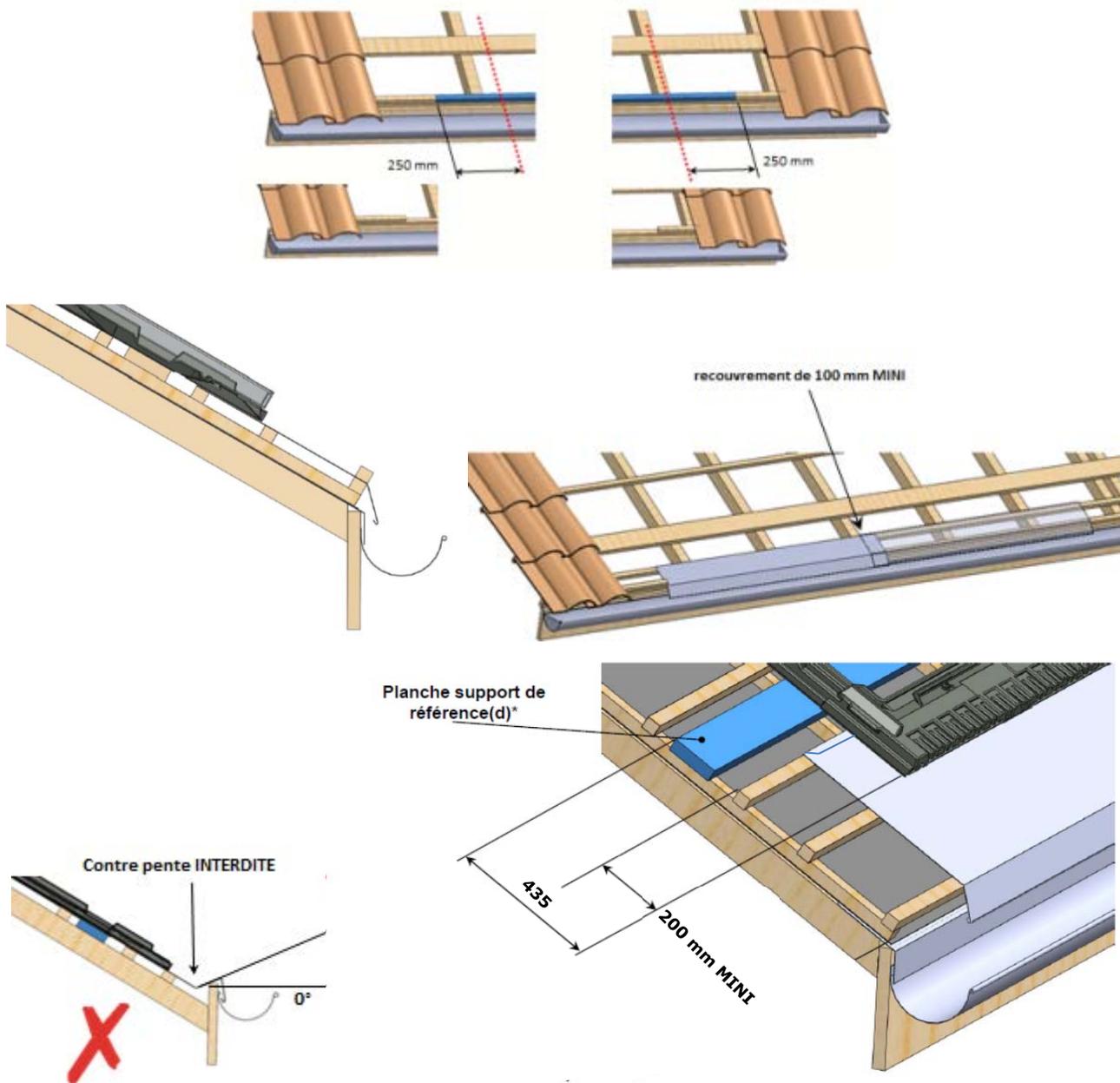
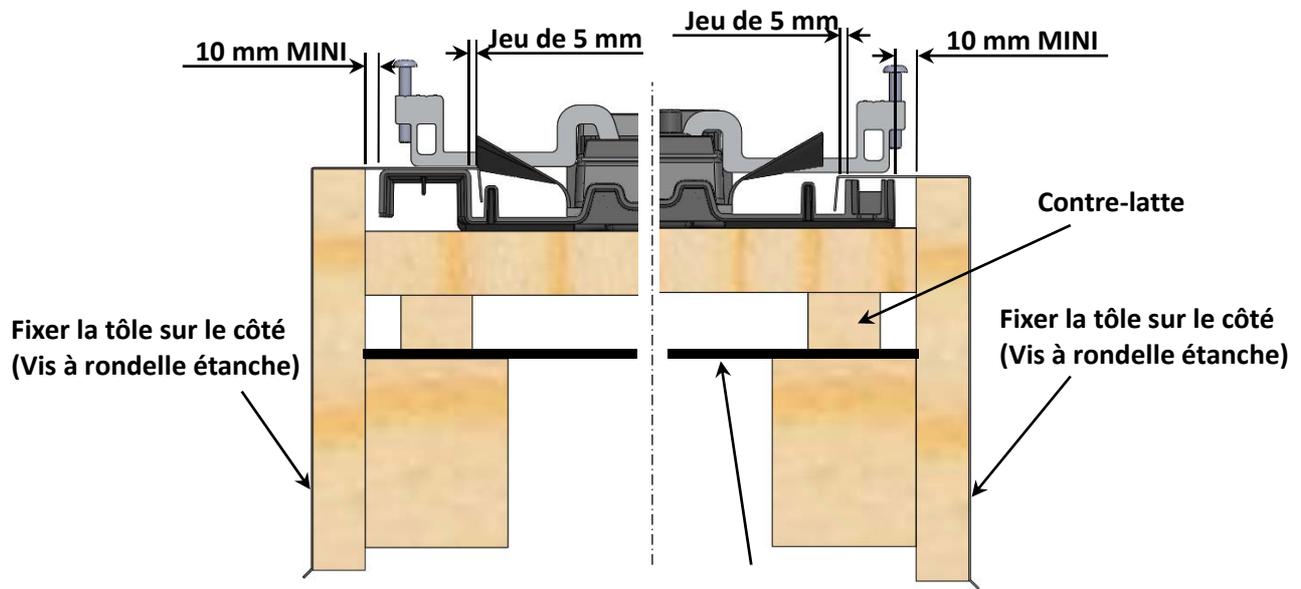
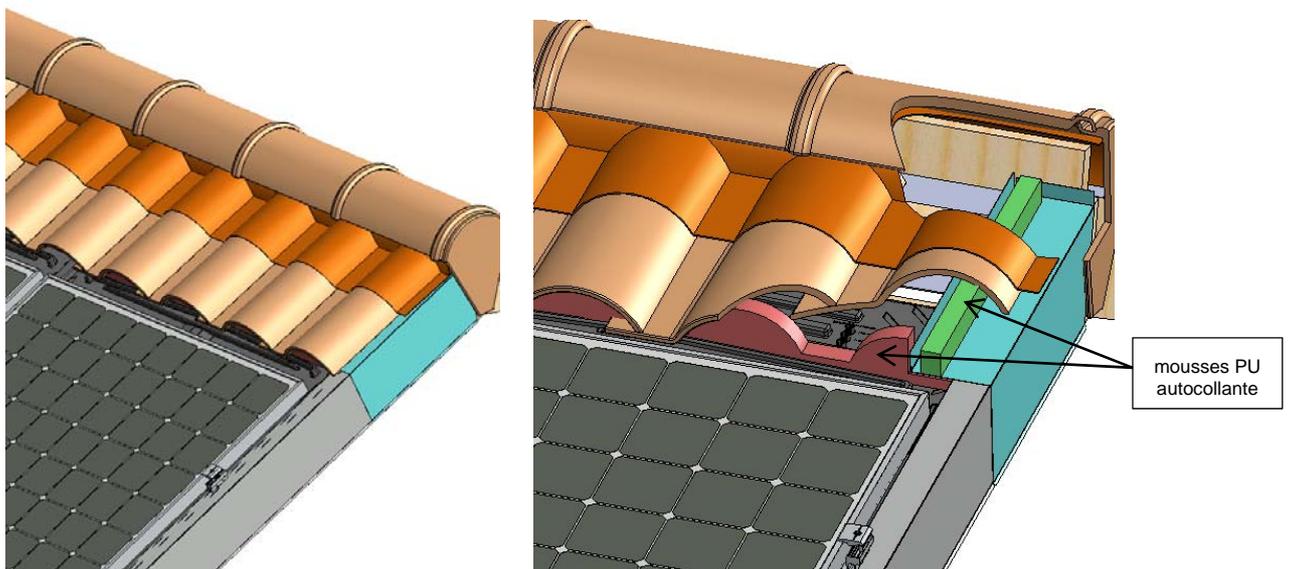


Figure 27 – Pose à l'égout



**Ecran de sous-toiture**

Vue en coupe transversale



Mise en œuvre de la rive en partie supérieure : exemple pour un rang de tuiles avant le faitage

*Figure 28 – Pose en rive*