

# Avis Technique 21/12-31

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

*Procédé photovoltaïque*

*Photovoltaic panel*

*Photovoltaikpanel*

## SYSTOétanche

**Titulaire :** Société SYSTOVI  
5 rue du Chêne Lassé  
CP 1008  
FR-44806 SAINT-HERBLAIN Cedex  
  
Tél. : +33 (0)2 40 92 44 20  
Fax : +33 (0)2 40 92 44 30  
E-mail : m.benabdelkarim@systovi.com  
Internet : www.systovi.com

Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

**Groupe Spécialisé n° 21**

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 14 février 2013



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

**Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application a examiné, le 15 novembre 2012, le procédé photovoltaïque "SYSTOétanche", présenté par la société SYSTOVI. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle ou complète sur charpente bois avec liteaux en remplacement de tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement ou à glissement (*conformes aux DTU 40.21 et 40.24*).

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 245 Wc et 260 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait".

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,
- à des longueurs de rampant projetées au-dessus des abergements hauts égales à 1 m maximum dans le cas des toitures partielles.

### 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 1000 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 sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique, définie par la norme NF EN 61140, jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC.

Les connecteurs utilisés (*LC4 de la société LUMBERG*), ayant un indice de protection IP 68, sont des connecteurs débroschables 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 au guide UTE C 15-712-1 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.

L'utilisation de connecteurs auto-dénudant pour un raccordement en peigne des masses métalliques (*cadre des modules et rails gouttière*) 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 3 diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

#### Puissance crête des modules utilisés

Les modules "PSEF xxx" ou "PSEG xxx" ont une puissance crête comprise entre 245 Wc et 260 Wc par pas de 5 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 :
  - 1020 Pa sous charge de vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),
  - 1356 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
- 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 500 mm,
  - entraxe entre liteaux ne dépassant pas 500 mm,
  - épaisseur minimale de liteaux de 38 mm,
- de la fixation de l'installation photovoltaïque uniquement sur des planches neuves répondant aux préconisations du Dossier Technique,
- du respect des préconisations en matière de visserie (*non fournie*) pour la fixation des traverses horizontales et des planches sur les chevrons.

##### Sécurité en cas de séisme

Au regard de l'arrêté du 22 octobre 2010, modifié par les arrêtés du 19 juillet 2011 et du 25 octobre 2012, 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 catégorie d'importance I et II,

- 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".

### 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 SYSTOVI fournisse systématiquement les tôleries de finition aux installateurs sous-traitants, 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 DTU 40.21.

### 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.

Dans le cas des Établissements Recevant du Public (ERP), la Commission Centrale de Sécurité (CCS) préconise par ailleurs la réalisation de mesures visant à assurer la sécurité des intervenants et des usagers (voir "Avis de la CCS sur les mesures de sécurité à prendre en cas d'installation de panneaux photovoltaïques dans un ERP" – Relevé des Avis de la réunion du 5 novembre 2009 de la sous-commission permanente de la CCS).

### 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.

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

### 2.24 Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication 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 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 effectuée par des installateurs agréés (*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*) 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. Néanmoins, un soin particulier devra être observé pour le positionnement et les entraxes des différentes pièces.

## 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 est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

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 devra être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, 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, la notice de câblage électrique et le plan de prévention concernant les risques liés aux travaux en hauteur et sous haute tension doivent être fournis 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

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

Le montage doit impérativement être réalisé au-dessus d'un écran de sous-toiture : si cet écran n'est pas présent sur la toiture, il sera obligatoire d'en ajouter un. Dans ce cas, cet écran de sous-toiture devra être sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement E1 et S<sub>a1</sub> ou respirant HPV sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1. Il devra être mis en œuvre conformément aux dispositions définies soit, dans le Cahier du CSTB n° 3651, soit, dans l'Avis Technique le concernant, et complété 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 SYSTOVI.

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

### Conclusions

#### Appréciation globale

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

#### Validité

Jusqu'au 30 novembre 2015

*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,
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que les préconisations relatives à l'installation électrique, conformes aux prescriptions actuelles du guide UTE C 15-712-1 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ce guide.

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

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21*  
Nadège BLANCHARD

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Description générale

#### 1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle ou complète, sur charpentes bois avec liteaux en remplacement de tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement ou à glissement (DTU 40.21 et 40.24).

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 245 et 260 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait".

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

Sa dénomination commerciale est "SYSTOétanche".

#### 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 avec liteaux en remplacement de tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement ou à glissement.  
Les ouvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU 40.21 et 40.24 (*notamment pour la pente et la longueur de rampant*).
  - au-dessus d'un écran de sous toiture (voir § 3.3).
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe maximum entre chevrons de 500 mm,
  - une épaisseur minimale des liteaux de 38 mm,
  - un entraxe maximum entre liteaux de 500 mm,
  - des versants de pente, imposée par la toiture, compris entre 30 % et 173 % (17 ° et 60 °).
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "portrait",
  - uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire (sans angle rentrant),
  - en toiture complète ou en toiture partielle,
  - jusqu'à l'égout lorsque le procédé atteint l'une des rives de la toiture,
  - sur une longueur suivant le rampant de toiture n'excédant pas 5,15 mètres,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 1020 Pa,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 1356 Pa.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le *tableau 1* précise les atmosphères extérieures permises.

### 2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "SYSTOétanche" est l'association d'un module photovoltaïque cadré (*voir figure 1*) et d'un système de montage spécifique (*voir figure 6*) 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 SYSTOVI.

#### 2.1 Module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques (*voir figure 1 et figure 2*), dont la dénomination commerciale est "PSEF xxx" et "PSEG xxx", sont fabriqués par la société SYSTOVI. Ces 2 gammes sont identiques et ne diffèrent que par la couleur du film polymère ("*F*" correspond aux modules à fond blanc, "*G*" aux modules à fond noir). La dénomination commerciale se décline en fonction de la puissance crête du module ("*xxx*" allant de 245 à 260 Wc par pas successifs de 5 Wc).

##### 2.1.1 Film polymère

- Composition : à base de PET (Polyéthylène téréphtalate) entre une couche de fluoropolymère et une couche d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate).
- Épaisseur :  $(0,4 \pm 0,05)$  mm,
- Tension diélectrique maximum admissible : 1100 V.

##### 2.1.2 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées sont fabriquées par la société BOSCH SOLAR Energy AG.

- Dénomination commerciale : M 3BB,
- Technologie des cellules : monocristalline,
- Épaisseur :  $180 (-30/+40)$  µm,
- Dimensions :  $(156 \pm 0,5)$  mm x  $(156 \pm 0,5)$  mm.

Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante du laminé (*voir figure 3*) :

- distance minimale entre cellules horizontalement :  $3 (-0,5/+0)$  mm,
- distance minimale entre cellules verticalement :  $2,5 (-0,5/+0)$  mm,
- distance minimale au bord horizontalement :  $16 (0/+1)$  mm,
- distance minimale au bord verticalement :  $26,2 (0/+1)$  mm en partie basse,  $34,3 (0/+1)$  mm en partie haute.

##### 2.1.3 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé.

##### 2.1.4 Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

- Épaisseur :  $0,38 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$ .
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

##### 2.1.5 Vitrage

- Nature : verre extra clair imprimé et trempé selon la norme EN 12150,
- Facteur solaire: 91,8 %,
- Coefficient de transmission thermique  $U_g$  :  $1,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,
- Épaisseur :  $(3,2 \pm 0,2)$  mm,
- Dimensions :  $(1643 \pm 0,5)$  mm x  $(983 \pm 0,5)$  mm.

##### 2.1.6 Constituants électriques

###### 2.1.6.1 Boîte de connexion

Deux types de boîtes de connexion peuvent être utilisés :

- Une boîte de connexion du fabricant KOSTAL de dénomination commerciale "SAMKO 85-02". Elle est collée avec du silicone en sous-face du module et possède les caractéristiques suivantes :
  - Dimensions hors tout : 132 mm x 107 mm x 26 mm,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Indice de protection : IP65,
  - Tension de système maximum : 1000 V DC entre polarités,
  - Courant maximal admissible (intensité assignée) : 8,5 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.

- Une boîte de connexion du fabricant LUMBERG de dénomination commerciale "LC4-JC". Elle est collée avec du silicone en sous-face du module et possède les caractéristiques suivantes :
  - Dimensions hors tout : 102 mm x 101 mm x 28 mm,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Indice de protection : IP65,
  - Tension de système maximum : 1000 V DC entre polarités,
  - Courant maximal admissible (intensité assignée) : 20 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 90 °C.

Ces boîtes de connexion sont fournies avec trois diodes by-pass (voir § 2.162) ; ces boîtes sont raccordées aux câbles équipés de connecteurs adaptés (voir § 2.164) permettant la connexion des modules.

### 2.162 Diodes bypass

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

Chacune de ces diodes protègent une série de 20 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".

### 2.163 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1,2 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 § 2.164).

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 42 A.
- Tension assignée : 1000 V.
- Double isolation.
- Certificat TÜV R 60019730 testé selon 2 PFG 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, le guide UTE C 15-712-1 en vigueur et les spécifications des onduleurs (*longueur et section de câble adaptées au projet*).

### 2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des fiches pré-assemblées en usine aux câbles des modules. De marque Lumberg type LC4, 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 1000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A.
- Plage de température de - 40 °C à + 85 °C.
- Résistance de contact : 1 mΩ.
- Certificat TÜV R 60026043 selon EN 50521.

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.

Ces connecteurs sont uniquement débroschables au moyen d'un outil spécifique.

### 2.165 Connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Chaque module photovoltaïque est équipé en usine d'un câble jaune/vert de liaison équipotentielle des masses de section 6 mm<sup>2</sup> et de longueur 500 mm. Ces câbles sont fixés sur le profilé supérieur du cadre du module à l'aide d'une cosse bimétal et sont équipés de l'autre côté d'un connecteur de dérivation auto-dénudant de type AMP Electro-Tap de la société TYCO Electronics. Le câble de mise à la terre est vissé dans l'alvéole du profilé latéral du cadre prévue à cet effet (voir figure 23).

Les câbles de terre de chaque panneau sont reliés au câble principal de terre par le connecteur de dérivation auto-dénudant qui, une fois serré, réalise la liaison équipotentielle. Ainsi, en démontant un panneau, la liaison équipotentielle des autres panneaux n'est pas rompue.

## 2.17 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de 4 profils (voir figure 4) en aluminium EN AW-6060 T66 ANODISÉS noir (*épaisseur 15 µm*). L'anodisation est réalisée sous le label QUALANOD.

La liaison mécanique entre profils est assurée par 8 vis en acier inoxydable Ø4,2 mm x 32 mm.

Le cadre est assemblé au laminé sur tout son périmètre par un ruban adhésif double face (*dont les références ont été fournies au Secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*).

La conception des profilés longitudinaux inférieurs et supérieurs permet d'effectuer un emboîtement entre deux modules photovoltaïques cadrés (voir figure 5).

Le profilé supérieur est équipé de 2 joints EPDM. Le module d'inertie de ce profilé est :  $I/v$  vertical = 0,348 cm<sup>3</sup>.

Le profilé inférieur est placé en bas du module photovoltaïque. Le module d'inertie de ce profilé inférieur est :  $I/v$  vertical = 0,418 cm<sup>3</sup>.

Les profilés latéraux possèdent des alvéoles permettant la liaison mécanique avec les autres profilés. Le module d'inertie du profilé latéral droit ou gauche est :  $I/v$  vertical = 2,93 cm<sup>3</sup>.

Un raidisseur est collé en sous-face du module avec un ruban double-face acrylique adhésif de marque 3M (*dont les références ont été fournies au Secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) et est vissé au cadre par 2 vis de diamètre 4,2 mm et de longueur 32 mm. Le module d'inertie du raidisseur est :  $I/v$  vertical = 0,292 cm<sup>3</sup>.

## 2.2 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société SYSTOVI (voir figure 6).

### 2.21 Ensemble "support"

La structure support qui permet le soutien de l'ensemble de l'installation est constituée des éléments suivants (voir figure 7) :

#### • Traverse horizontale

Ce profilé, en aluminium EN AW-6060 T6 brut, constitue la structure horizontale porteuse du procédé. Cette pièce, de dimensions 2030 mm x 106 mm x 8 mm, est vissée sur les planches aux intersections avec les chevrons.

Le module d'inertie de la traverse est :  $Ix/v$  = 0,812 cm<sup>3</sup>.

#### • Crochet de fixation des modules à la traverse

Cet élément, en aluminium EN AW-6060 T6 brut, de dimensions 100 mm x 22,6 mm x 26,4 mm et d'épaisseur 2,5 mm, est auto-bloquant dans la traverse. Il constitue une butée s'opposant au glissement du module et un point d'accroche supplémentaire en cas d'effort ascendant.

Le module d'inertie du crochet est :  $Ix/v$  = 0,286 cm<sup>3</sup>.

#### • Rail gouttière

Ce profilé, en aluminium EN AW-6060 T6 brut, constitue la structure support sur laquelle viendront s'appuyer les modules photovoltaïques. Ces éléments ont une longueur maximum de 5,15 mètres, une épaisseur de 1,4 mm et une section de dimensions 84,3 mm x 27,9 mm.

Des trous oblongs, de dimensions 15 mm x 10 mm, sont effectués en usine. Le premier perçage est situé à 55 mm du bord inférieur du rail et les autres sont réalisés au tiers du pas des modules, c'est-à-dire tous les 556 mm.

Des joints EPDM sont montés sur chantier sur les 2 arêtes latérales du rail (voir figure 29).

Le module d'inertie du rail est :  $Ix/v$  = 0,810 cm<sup>3</sup>.

#### • Bride de fixation

Ce profilé en aluminium EN AW-6060 T6 anodisé noir sur une épaisseur de 15 µm permet de maintenir en position les modules et les abergements. Cette pièce a une longueur de 5,05 mètres, une épaisseur de 1,2 mm et une section de dimensions 38 mm x 16 mm.

Le module d'inertie de la bride est :  $Ix/v$  = 0,418 cm<sup>3</sup>.

Comme pour les rails, les brides sont percées en usine par des trous oblongs de dimensions 15 mm x 10 mm. Le premier perçage est situé à 55 mm du bord inférieur de la bride et les autres sont réalisés au tiers du pas des modules, c'est-à-dire tous les 556 mm.

### 2.22 Ensemble "Abergements"/Eléments de finition

Les bobines d'acier servant à la fabrication des tôles d'abergement, des coulisseaux d'étanchéité supérieure, des barrières "T", des pattes de fixation sont fournies par la société SSAB Swedish Steel. La nature de ces tôles est identique à celle utilisée dans l'Avis Technique 5/09-2033 "Prelaq PLX" : acier galvanisé prélaqué Z350, de 0,65 mm d'épaisseur, avec une peinture polyester de 50 µm d'épaisseur sur la face extérieure et une peinture époxy de 10 µm d'épaisseur sur la face intérieure. Les abergements possèdent un film plastique de protection à retirer avant mise en œuvre.

- **Abergement supérieur d'angle gauche**  
L'abergement d'angle gauche, de dimensions hors tout 786 mm x 388 mm x 60 mm, réalise la jonction entre les tuiles et l'angle supérieur gauche du champ photovoltaïque. Cette pièce possède à son extrémité, dans la zone de recouvrement avec l'abergement supérieur intermédiaire contigu, une bande adhésive montée en usine (voir figure 8). La géométrie des abergements supérieurs d'angle gauche permet un recouvrement avec les couloirs d'abergement latéraux et une liaison par pince avec les coulisseaux d'étanchéité supérieure.
- **Abergement supérieur intermédiaire**  
L'abergement supérieur intermédiaire, de dimensions hors tout 1066 mm x 369 mm x 60 mm, réalise la jonction entre les tuiles et la partie supérieure courante du champ photovoltaïque. Chaque abergement supérieur intermédiaire possède à son extrémité droite, dans la zone de recouvrement avec l'abergement supérieur intermédiaire suivant, une bande adhésive montée en usine (voir figure 9) et une pince permettant la liaison avec les coulisseaux d'étanchéité supérieure.
- **Abergement supérieur d'angle droit**  
L'abergement supérieur d'angle droit, de dimensions hors tout 732 mm x 388 mm x 60 mm, réalise la jonction entre les tuiles et l'angle supérieur droit du champ photovoltaïque. La géométrie de cette pièce permet son recouvrement avec les couloirs d'abergement latéraux et une liaison par pince avec les coulisseaux d'étanchéité supérieure (voir figure 10).
- **Coulisseau d'étanchéité supérieure**  
Cet élément assure la liaison entre deux abergements supérieurs consécutifs. Les coulisseaux d'étanchéité, de dimensions 416 mm x 55,2 mm de largeur, se positionnent par-dessus le recouvrement entre deux abergements successifs et se fixent sur la planche supérieure (voir figure 11).
- **Couloir d'abergement latéral**  
Ces tôles, de dimensions hors tout 1835 mm x 217 mm x 45,7 mm, assurent la jonction entre les tuiles et les rives du champ photovoltaïque (voir figure 12).
- **Barrière "T"**  
Cette pièce de dimensions hors tout 1780 mm x 40 mm x 65 mm se positionne sur les couloirs d'abergement latéraux et permet de créer un couloir pour l'écoulement d'eau et d'éviter les infiltrations d'eau sous les tuiles par concomitance vent et pluie latérale (voir figure 13).
- **Etanchéité basse**  
Cette pièce, assurant l'étanchéité entre la partie basse du champ photovoltaïque et les tuiles, est composée d'un larmier réalisé dans la même matière que les abergements avec une bande de plomb plissé de 0,5 mm d'épaisseur et de 30 cm de largeur sertie sur le larmier. L'étanchéité basse présente les dimensions hors tout suivantes : 1495 mm x 490 mm (voir figure 14).
- **Grille d'aération basse**  
Cette grille en aluminium thermolaqué noir en épaisseur 100 µm, de dimensions hors tout 935 mm x 47,6 mm x 1 mm, permet l'entrée d'air basse pour la ventilation de la sous-face des modules tout en empêchant la pénétration d'insectes. Cette pièce est bloquée entre la traverse basse et l'étanchéité basse, elle comporte des trous de 3 mm de diamètre (pourcentage de vide de 51%) (voir figure 15).
- **Fixation haute**  
Ce profilé, en aluminium EN AW-6060 T6 brut, est installé en partie supérieure du champ photovoltaïque. Il permet de bloquer la remontée d'eau et de fixer les abergements hauts. Cette pièce a les dimensions hors tout suivantes (L x l x h) : 1016 x 83 x 50 mm (voir figure 16). Le module d'inertie de la fixation haute est :  $l \times v = 1,023 \text{ cm}^3$ .
- **Bouchons haut du rail gouttière**  
Ces pièces (voir figure 17), de dimensions 72,9 mm x 51 mm x 37 mm et d'épaisseur 1 mm, sont montées aux extrémités des rails gouttière en extrémité haute du champ photovoltaïque. Elles évitent les pénétrations d'eau en cas de vent fort. Ces bouchons sont réalisés à base d'une grille, en aluminium thermolaqué noir en épaisseur 100 µm, comportant des trous de 3 mm de diamètre (pourcentage de vide de 51%).
- **Pattes de fixation des abergements**  
Ces pièces, de dimensions hors tout 59 mm x 25 mm et de 0,65 mm d'épaisseur, permettent la fixation des abergements supérieurs et des couloirs d'abergement latéraux sur les liteaux ou planches en bois (voir figure 18).
- **Mousse d'étanchéité des abergements supérieurs**  
Une mousse auto-adhésive et imputrescible, en polyuréthane imprégnée d'acrylate, de dimensions 2000 mm x 60 mm x 20 mm, est collée sur chantier sur les abergements supérieurs (voir figure 19).

- **Abergement de rive**  
Ces abergements sont spécifiques au chantier car la largeur de bande est fonction de la distance du premier ou du dernier rail à la rive. Après la réalisation du calepinage sur la toiture, le responsable de chantier fournit à SYSTOVI la distance entre le bord extérieur du rail et le bord extérieur de la planche de rive. L'abergement de rive est ensuite fabriqué à façon. Il est constitué d'un ensemble de 2 pièces, le couloir de rive et l'abergement latéral de rive (voir figure 20). La largeur du couloir de rive est limitée à 400 mm. L'abergement latéral de rive est maintenu par des pattes d'accroches, en acier galvanisé d'épaisseur 1 mm.
- **Abergement de faîtage**  
Cet abergement est constitué d'un closoir ventilé, d'une couverture de faîtage, d'un abergement haut de faîtage et d'une bande en plomb plissé (voir figure 21).

## 2.23 Visserie

- **Vis autoforeuse bois pour la fixation des rails et des brides dans les planches**  
Vis autoforeuse "DRILLNOX BOIS TH8" de la société ETANCO en acier inoxydable A2 à tête hexagonale (6 pans de 8 mm), de diamètre 6,3 mm et de longueur 60 mm, avec rondelle acier inoxydable/EPDM de diamètre 25 mm, ayant une résistance caractéristique  $P_k$  de 280 daN avec un ancrage de 38 mm dans les planches.
- **Vis autoforeuse bois pour la fixation dans les planches des "fixations hautes"**  
Vis autoforeuse "DRILLNOX BOIS TH8" de la société ETANCO en acier inoxydable A2 à tête hexagonale (6 pans de 8 mm), de diamètre 6,3 mm et de longueur 38 mm, avec rondelle acier inoxydable/EPDM de diamètre 16 mm, ayant une résistance caractéristique  $P_k$  de 280 daN avec un ancrage de 38 mm dans les planches.

## 2.24 Modules factices

Afin de pallier aux problèmes liés aux ombres portées (cheminée, par exemple) ou compléter une toiture sans ajout de puissance, il est possible d'utiliser des modules factices pour garantir l'aspect esthétique. Ces modules factices sont identiques aux autres modules (ils possèdent des cellules photovoltaïques) mais ne disposent pas de boîte de connexion : ils ne sont donc pas reliés électriquement au reste du champ photovoltaïque (hormis à la liaison équipotentielle des masses).

## 2.25 Composition des kits

Les kits sont proposés en deux versions de base de 3 kWc :

- 2 lignes avec 6 colonnes,
- 3 lignes avec 4 colonnes.

Un kit d'extension horizontale permet d'ajouter des colonnes supplémentaires avec un maximum de 12 colonnes.

Un kit de séparation permet de diviser le champ photovoltaïque en deux dans le cas où celui-ci ne peut pas s'intégrer sur un seul pan de toiture.

Désignation (voir figure 6)	Kit 2L6C	Kit 3L4C	Repère
Couloirs d'abergements latéraux droits	2	3	A
Couloirs d'abergements latéraux gauches	2	3	A
Barrières "T"	4	6	F
Abergement d'angle gauche	1	1	B
Abergement d'angle droit	1	1	D
Abergements intermédiaires	5	3	C
Coulisseaux d'étanchéité supérieure	6	4	E
Bandes d'étanchéité basse	5	4	H
Fixations hautes	6	4	M
Ensembles de traverses horizontales	3	4	J
Ensembles de rails	7	5	L
Ensembles de brides	7	5	K
Bouchons de rail	7	5	P
Grilles d'aération et de finition basse	6	4	N
Crochets de fixation des panneaux aux traverses horizontales	12	12	O
Sachets de 10 pattes de fixation d'abergements	3	3	Q
Joint de rails	12	16	U
Sachet de 50 vis Drillnox TH8 Ø6,3 x 60	1	1	T
Vis unitaires Drillnox TH8 Ø6,3 x 38	12	8	
Panneaux PSEF ou PSEG	12	12	V

### 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 Planches

Les planches sont en bois résineux (*classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et classement visuel ST II suivant la norme NF B 52-001*) avec une humidité inférieure à 20%. Leur largeur est supérieure à 150 mm et leur hauteur est identique à celle des liteaux sans descendre en dessous de 38 mm.

Les planches doivent au minimum être en appui sur 3 chevrons et leur longueur doit être prise légèrement supérieure à la longueur du champ.

#### 3.2 Cales en bois

Les cales en bois doivent être en bois résineux (*classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et classement visuel ST II suivant la norme NF B 52-001*) avec une humidité inférieure à 20%. Leurs dimensions minimales sont de : 106 x 85 x 8 mm. Elles sont placées entre les rails gouttière et les planches situées au 1/3 et 2/3 de la longueur des modules.

#### 3.3 Écran de sous toiture

En cas d'absence d'écran de sous-toiture, il convient d'en ajouter un sur la totalité du pan de toiture.

Il devra être sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement E1 et Sd1 ou respirant HPV sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1.

#### 3.4 Visserie

Pour la fixation des traverses et des planches sur les chevrons

Vis bois à tête fraisée de type "VBU/ZBJ" de la société ETANCO, en acier zingué, de diamètre 5 mm et de longueur 100 mm ayant une résistance à l'arrachement Pk de 250 daN avec un ancrage minimum de 38 mm dans le bois.

#### 3.5 Câbles de mise à la terre

De section 6 mm<sup>2</sup> minimum, pour l'interconnexion avec les rails gouttière et les modules, et de 16 mm<sup>2</sup> minimum pour la liaison à la prise de terre du bâtiment. Il est nécessaire d'utiliser des câbles isolés vert et jaune conformes aux recommandations des normes NF C 15-100 et au guide UTE C 15-712-1 (voir figure 22).

Le cadre des modules photovoltaïques est déjà relié en usine à un câble de liaison équipotentielle de 500 mm de longueur (voir § 2.165). La jonction entre le câble et les rails gouttière est réalisée à l'aide d'une cosse bimétal. Le câble principal de terre est relié aux câbles venant des modules et des rails gouttière en utilisant le connecteur de type AMP Electro-Tap de la société TYCO Electronics.

### 4. Conditionnement, étiquetage, stockage

#### 4.1 Modules photovoltaïques

Les modules cadrés sont conditionnés au maximum par 16 dans une palette. Des cales en caoutchouc spécialement développées pour le cadre des modules SYSTOétanche empêchent les panneaux de se toucher. Des cornières en carton protègent les coins des palettes et l'ensemble est filmé (voir figure 24).

Le module est identifié par un étiquetage conforme à la norme NF EN 50380.

De plus, un relevé des « flash test » de tous les panneaux est fourni avec le bon de livraison.

Les palettes doivent être stockées à l'abri de la pluie.

#### 4.2 Éléments du système de montage

Les ensembles fixations, rails + brides, traverses horizontales sont conditionnées en bottes filmées.

Les palettes sont constituées en fonction des éléments nécessaires à chaque chantier. Chacune de ces palettes présente la liste des pièces contenues, le numéro de la commande client et la fiche de contrôle qualité.

Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri de la pluie.

#### 4.3 Kits 3 kWc

Pour les kits de 3 kWc, la palette contient 12 modules SYSTOétanche PSEF ou PSEG ; la boîte d'abergements et la boîte d'accessoires contient les vis, les crochets et les joints. Ces éléments sont posés sur la palette des modules et le tout est filmé.

### 5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques	
Dimensions hors tout (mm)	1697 x 996 x 41
Dimensions du module sans cadre (mm)	1643 x 983 x 4,5
Surface hors tout (m <sup>2</sup> )	1,691
Surface d'entrée (m <sup>2</sup> )	1,615
Masse (kg)	20
Masse spécifique (kg/m <sup>2</sup> )	12

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (cm)	1018 x NbX
Longueur de champ dans le sens du rampant (cm)	1668 x NbY
Poids au m <sup>2</sup> de l'installation (kg/m <sup>2</sup> )	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.

### 6. Caractéristiques électriques

#### 6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "PSEF xxx" et "PSEG xxx" (avec "xxx" allant de 245 à 260 Wc par pas successifs de 5 Wc) ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

#### 6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "PSEF xxx" et "PSEG xxx" (avec "xxx" allant de 245 à 260 Wc par pas successifs de 5 Wc) sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique, définie par la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC.

#### 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 : éclairairement de 1 000 W/m<sup>2</sup> et répartition spectrale solaire de référence selon la CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

Modules "PSEF ou PSEG"				
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	245	250	255	260
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,5	37	36,9	36,9
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	29,5	30,3	30,6	31,1
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,8	8,7	8,74	8,76
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	8,35	8,25	8,35	8,38
<b>αT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,41	-0,43	-0,47	-0,47
<b>αT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,34	-0,31	-0,36	-0,36
<b>αT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,04	0,03	0,02	0,02
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	15	15	15	15

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.

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

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

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

---

## 7. Fabrication et contrôles

---

### 7.1 Cadre des modules

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés selon les plans de la société SYSTOVI par l'entreprise SAPA à Albi (81).

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués sur le premier et le dernier cadre de la série.

### 7.2 Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques, des modules factices, et leur assemblage avec le cadre sont effectués sur le site de la société SYSTOVI à Saint-Herblain (44).

Les contrôles aux différentes étapes du processus de fabrication de chaque module sont les suivants :

- contrôle visuel et contrôle de la continuité électrique des chaînes de cellules,
- contrôle visuel de l'espace entre les chaînes de cellules,
- contrôle de la soudure des chaînes de cellules sur la bande d'interconnexion,
- contrôle visuel et contrôle de la continuité électrique de la matrice de cellules avant passage au four de lamination.

Les contrôles suivants sont effectués sur 100 % des modules cadrés finalisés :

- flash test : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de  $\pm 1\%$  ; ces mesures sont consignées sur registre informatique,
- contrôle de l'isolation électrique,
- test d'étanchéité sur la boîte de connexion,
- contrôle à l'infra-rouge sur 1 module tous les 10 modules et systématiquement sur tout module dont une des cellules cassées avait été réparée,
- contrôle dimensionnel par gabarit,
- contrôle visuel à 100% des modules effectué avant emballage et 5% de la production journalière prélevé pour un contrôle approfondi.

### 7.3 Composants de la structure support

Les pièces de la structure support (rails gouttière, brides de fixation, traverses) sont réalisées selon les plans de la société SYSTOVI par l'entreprise SAPA à Albi (81). A chaque production, la première barre et la dernière issue de la filière sont contrôlées sur toutes les côtes fonctionnelles.

### 7.4 Éléments de finition

Les abergements sont réalisés selon les plans de la société SYSTOVI par l'entreprise BBC à Riaillé (44).

Chaque pièce d'abergement est contrôlée dimensionnellement et reçoit un numéro d'identification permettant de déterminer la date de fabrication ainsi que la bobine d'acier utilisée. L'adhésion de la laque sur les tôles est également testée.

---

## 8. Mise en œuvre

---

### 8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et sa notice de câblage électrique.

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la présence ou non d'un écran de sous-toiture, la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque et de contrôler 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. Cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre :

- dans le cas d'une toiture neuve : 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" du CSTB.
- dans le cas d'une toiture existante ne disposant pas d'écran de sous-toiture, conformément aux dispositions précisées dans le § 8.5.2.

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

L'installation doit être réalisée par température extérieure positive.

### 8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par la société SYSTOVI (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 : mise en œuvre en toiture,
- compétences électriques complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés: habilitation "B1T" pour le raccordement des modules, habilitation "B2T" pour le branchement aux onduleurs...

### 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 l'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"*).

### 8.4 Spécifications électriques

#### 8.4.1 Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants: norme NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, « 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 1000 V (*liée à la classe II de sécurité électrique*). Ainsi, 19 modules au maximum peuvent être reliés en série.

#### 8.4.2 Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en *figure 22*.

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*) 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 fera en passant sous le rail entre deux planches.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des composants :

- les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire de câbles de liaison équipotentielle montés en usine sur les profilés supérieurs.
- les masses métalliques de chaque rail à l'aide de câbles de section 6 mm<sup>2</sup> fixés à l'aide d'une cosse bimétal.

Le tout est relié au câble principal par l'intermédiaire de connecteur de dérivation auto-dénudant de type AMP Electro-Tap de la société TYCO Electronics.

- 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, guide UTE C 15-712-1, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER » (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distinct...*).

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

## 8.5 Mise en œuvre en toiture

### 8.51 Conditions préalables à la pose

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier que :

- l'entraxe entre chevrons est au maximum de 500 mm,
- l'entraxe entre liteaux ne dépasse pas 500 mm,
- l'épaisseur des liteaux est supérieure à 38 mm.

### 8.52 Préparation de la toiture

Il convient en premier lieu de vérifier la répartition et le calepinage des panneaux photovoltaïques sur la toiture et, dans le cas d'une toiture existante, de déposer les éléments de couverture existants dans la zone d'implantation du champ photovoltaïque. Pour ce faire, l'installateur pourra se faire aider par le logiciel SYSTOTOIT disponible sur le site "www.systovi.com" et pour les cas compliqués, par le bureau d'étude de SYSTOVI. La surface à aménager pour l'implantation des panneaux photovoltaïques devra posséder les dimensions indiquées au § 5 en y rajoutant un rang d'éléments de couverture au minimum.

En cas d'absence d'écran de sous-toiture, il convient d'en ajouter un sur la totalité du pan de toiture. Cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre 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" du CSTB.

Avant de poser le système SYSTOétanche, il est nécessaire de mettre en place et d'amener en toiture les câbles électriques qui permettront la connexion des séries de modules vers l'onduleur.

### 8.53 Pose en partie courante de toiture

#### 8.531 Montage des planches

En premier lieu, il est nécessaire d'ajouter des planches sur la surface d'implantation des modules. Ces planches, non fournies (voir le § 3), doivent être positionnées perpendiculairement aux chevrons. La 1<sup>ère</sup> planche, en bas du champ photovoltaïque, doit être mise en place à 90 mm du bord supérieur des tuiles puis une 2<sup>ème</sup> planche est posée juste au-dessus de la 1<sup>ère</sup> contre celle-ci. Par la suite et en fonction de la longueur de rampant de l'installation, il est nécessaire d'en ajouter d'autres avec un entraxe de 556 mm (*tiers du pas des modules*). Enfin, en partie supérieure de l'installation, deux planches horizontales doivent être installées côte à côte pour permettre l'assise des fixations et abergements hauts sur une largeur d'au moins 442 mm (voir *figure 25*).

Les planches intermédiaires (*au 1/3 et 2/3 du pas des modules*) sont fixées au droit de chaque chevron par deux vis bois à tête fraisée de type "VBU/ZBJ" de la société ETANCO, en acier zingué, de diamètre 5 mm et de longueur 100 mm, non fournies. Les vis de fixation des planches doivent être placées entre 20 et 25 mm du bord de la planche, ceci afin d'éviter l'interférence avec les fixations des traverses sur les chevrons.

Les autres planches, au pas des modules, seront fixées avec les traverses au droit des chevrons (voir § 8.534).

#### 8.532 Mise en place de l'étanchéité basse

L'étanchéité basse doit être fixée sur les planches du bas de façon à recouvrir les tuiles sur 150 mm. Les pièces d'étanchéité basse se posent de gauche à droite avec un recouvrement latéral minimum de 100 mm. Aux extrémités gauche et droite, l'étanchéité basse doit finir sur le haut de l'onde des tuiles. Ces pièces sont fixées sur la planche par au moins 2 pattes clouées et sont battues sur les tuiles afin d'épouser leur forme (voir *figure 26*). La bande d'étanchéité basse ne doit comporter aucune partie posée à contre-pente.

#### 8.533 Calepinage du procédé

Il est indispensable de prendre tous les repères nécessaires pour permettre le calepinage des modules photovoltaïques. Le 1<sup>er</sup> trait de référence horizontal est situé à 95 mm sous le bord supérieur de la bande d'étanchéité basse. Le 1<sup>er</sup> trait de référence vertical est positionné à 310 mm de l'extrémité gauche de la pièce d'étanchéité basse (voir *figure 27*). Ces 2 axes de références seront tracés à l'aide d'un cordeau et leur perpendicularité sera vérifiée. Sauf impossibilité, le premier rail sera positionné de manière à éviter de couper des tuiles sur le bord gauche du champ photovoltaïque.

#### 8.534 Mise en place des traverses horizontales

Le bord supérieur de la 1<sup>ère</sup> traverse est disposé le long de l'axe horizontal de référence. Son extrémité gauche est alignée avec l'axe vertical de référence. Après avoir repéré la position des chevrons, la traverse est pré-percée au diamètre 7 mm et fixée au droit de chaque chevron par 2 vis bois "VBU/ZBJ" de la société ETANCO (*non fournies*) de diamètre 5 mm et de longueur 100 mm après dépôt d'un cordon de mastic polyuréthane entre la traverse et la pièce d'étanchéité basse (voir *figure 27*). Les traverses situées sur la même ligne sont fixées de la même façon en laissant un jeu minimum de 5 mm entre deux traverses consécutives pour permettre leur libre dilatation.

Les lignes de traverses suivantes sont posées parallèlement à la 1<sup>ère</sup> ligne, au pas des modules, à l'aide d'un gabarit de montage constitué de 2 barres de 1562 mm de longueur. Leur fixation se fait dans les chevrons au travers des planches comme pour la 1<sup>ère</sup> ligne.

#### 8.535 Mise en place des rails gouttière

Le 1<sup>er</sup> rail gouttière est posé verticalement dans le sens du rampant, la partie biseautée vers le haut, et est maintenu en position sur la traverse supérieure avec une vis "DRILLNOX BOIS TH8" de la société ETANCO de diamètre 6,3 mm et de longueur 60 mm. Le bord gauche du rail doit être aligné avec l'extrémité gauche des traverses.

La longueur du champ photovoltaïque suivant le rampant est limitée à 5,15 mètre, longueur maximum d'un rail gouttière.

Les autres rails gouttière sont positionnés parallèlement au premier à l'aide d'un gabarit de montage constitué de 2 barres de longueur 935 mm (voir *figure 28*). Ils sont fixés, dans un premier temps, uniquement en partie haute comme pour le 1<sup>er</sup> rail.

La fixation définitive des rails gouttière se fait au moment de la pose des brides.

Des joints EPDM sont placés sur les relevés des rails (voir *figure 29*).

Des cales en bois d'épaisseur identique aux traverses sont positionnées entre les rails et les planches situées au 1/3 et 2/3 de la longueur des modules.

#### 8.536 Mise en place des crochets de fixation

Les crochets de fixation coulisent dans les traverses et sont autobloquants (voir *figure 30*). Ils sont positionnés sur les traverses, à raison d'un crochet par module, au milieu de chaque largeur de modules. Ils sont mis en place par basculement vers l'arrière. Leur déblocage et le réajustement de leur position se fait par basculement vers l'avant.

#### 8.537 Mise en place des modules

Le montage des modules se fait par colonne du bas vers le haut.

Le 1<sup>er</sup> module est posé sur les rails gouttière de la première colonne (à gauche ou à droite du champ photovoltaïque) et amené en appui sur son crochet de fixation. Le câble de mise à la terre du module est relié au câble principal de masse pour réaliser la liaison équipotentielle (voir *figure 22*). Le second module vient s'emboîter dans le module du bas et se place en butée sur son crochet de fixation (voir *figure 30*). Les autres modules de la colonne sont posés de la même façon sur les rails gouttière : le cadre du module vient s'insérer dans le module situé sur la rangée inférieure. La mise en place des connexions électriques (*polarités et câbles de liaison équipotentielle des masses*) se fait à l'avancement.

Les mêmes étapes de mise en œuvre sont répétées à l'identique pour les colonnes adjacentes.

Une fois l'ensemble des modules installés, et avant de poser les fixations hautes, on vérifie que la tension de chaque série de modules est conforme à l'étude réalisée au préalable pour s'assurer que le montage soit correct.

#### 8.538 Mise en place de la fixation haute et des bouchons des rails gouttière

Les fixations hautes sont positionnées sur la traverse supérieure et viennent en appui sur les cadres des modules situés en partie supérieure du champ photovoltaïque. Ce profilé aluminium est fixé sur la traverse supérieure par deux vis DRILLNOX BOIS TH8 6,3 x 38 mm autoperceuses munies d'une rondelle étanche de diamètre 16 mm (voir *figure 31*).

Les bouchons hauts sont montés aux extrémités des rails gouttière en partie haute du champ photovoltaïque (voir *figure 32*). Leur maintien en phase définitive sera assuré par les brides de fixation.

### 8.539 Mise en place des couloirs d'abergement latéraux

Les couloirs d'abergements latéraux droits et gauches se posent de bas en haut, en appui sur le rail. Chaque abergement latéral recouvre le précédent sur 170 mm. De la même façon, les abergements latéraux gauches et droits situés en partie basse du champ photovoltaïque recouvrent la pièce d'étanchéité basse sur 170 mm au minimum.

Chaque abergement latéral est fixé au niveau des pinces par 2 pattes de fixations clouées sur les liteaux ou planches (voir *figure 33*).

Le film plastique de protection des tôles d'abergement doit être retiré au fur et à mesure de leur pose.

### 8.5310 Mise en place des abergements supérieurs

Les abergements supérieurs sont posés de la gauche vers la droite. L'abergement supérieur d'angle gauche vient s'emboîter sur le couloir d'abergement latéral avec un recouvrement de 170 mm (voir *figure 34*).

Chaque abergement supérieur intermédiaire est ensuite collé, après avoir retiré le film de protection de l'adhésif situé sur la partie droite de l'abergement précédent. Deux abergements supérieurs successifs se recouvrent de 48 mm avec un jeu de 10 mm au niveau des coulisseaux (voir *figure 35*).

Enfin, l'abergement supérieur d'angle droit est posé avec un recouvrement de 170 mm sur le couloir latéral supérieur droit.

Les abergements supérieurs sont fixés :

- par 3 pattes clouées sur les planches supérieures pour les abergements supérieurs d'angle gauche et droit (voir *figure 34*),
- par 2 pattes clouées sur les planches supérieures pour les abergements supérieurs intermédiaires (voir *figure 35*),
- par emboîtement dans la fixation haute,
- par un clou à leur extrémité droite (sauf pour l'abergement d'angle droit).

Après la mise en place des abergements supérieurs, les coulisseaux sont installés entre chaque abergement supérieur (voir *figure 36*). Les coulisseaux sont maintenus en partie haute par un clou de 2,5 mm de diamètre fixé sur la planche supérieure. Ce clou sera recouvert ultérieurement par les tuiles.

Le film plastique de protection des tôles d'abergement doit être retiré au fur et à mesure de leur pose.

### 8.5311 Mise en place des brides

Ces brides sont fixées dans les planches tous les 556 mm au travers des rails gouttière, des traverses ou des cales en bois, avec des vis "DRILLNOX BOIS TH8" de la société ETANCO de diamètre 6,3 mm et de longueur 60 mm munies d'une rondelle étanche de diamètre 25 mm. Elles maintiennent ainsi les abergements latéraux et les panneaux photovoltaïques sur les rails gouttière (voir *figure 37*).

### 8.5312 Mise en place de la mousse supérieure.

Les closoirs en mousse autocollante sont collés en partie haute de l'abergement supérieur à 70 mm de la pince (voir *figure 38*). Avant de réaliser le collage du closoir en mousse, les abergements supérieurs doivent être propres, secs et nettoyés de la poussière.

### 8.5313 Mise en place de la barrière "T"

Les barrières "T" sont positionnées de façon à venir contre les tuiles en phase définitive (voir *figure 38*). Elles sont fixées par des pattes de longueur 120 mm clouées à la charpente.

### 8.5314 Remise en place des éléments de couverture

Lorsque l'installation est terminée (*mise en place de tous les abergements*), les éléments de couverture devront être replacés sur le pourtour du champ photovoltaïque.

En partie supérieure, les tuiles devront assurer un recouvrement de 150 à 200 mm sur les abergements supérieurs (voir *figure 38*). Les éléments de couverture composant la ligne directement au-dessus des abergements supérieurs devront impérativement être fixés.

En partie latérale, les tuiles doivent recouvrir les abergements latéraux de 60 mm au minimum.

D'autre part, les tuiles chatières éventuellement présentes avant la mise en place de l'installation devront être repositionnées sur le pourtour du champ photovoltaïque.

## 8.54 Pose aux abords des extrémités de toiture

### 8.541 A l'égout

Lorsque le champ photovoltaïque débute à la gouttière, un larmier simple remplace la bande d'étanchéité basse. La mise en œuvre se fait de la même façon. La partie inférieure du larmier doit tomber dans la gouttière de 30 mm au minimum (voir *figure 39*).

### 8.542 Aux rives

Lorsque le champ photovoltaïque est installé jusqu'en rive de toiture, celui-ci doit également être mis en œuvre jusqu'à l'égout. Les abergements latéraux sont alors remplacés par des abergements de rives spécifiques au chantier (voir *figure 20*).

Les abergements de rive sont réalisés en 2 parties (*le couloir de rive et la rive latérale*). Le couloir de rive est maintenu par la bride et par des pattes de fixation clouées sur la charpente. La jonction entre le couloir de rive et la rive latérale est réalisée de façon traditionnelle. La rive latérale vient recouvrir le relevé du couloir de rive et est fixée sur la planche de rive par des pattes d'accroches, en acier galvanisé d'épaisseur 1 mm, disposées tous les mètres (voir coupe A-A de la *figure 20*).

Les abergements de rive se posent de bas en haut en respectant un recouvrement de 170 mm avec le précédent, comme pour les couloirs d'abergements latéraux.

La société SYSTOVI réalise sur mesure les abergements spécifiques de rives en fonction de la position du champ photovoltaïque sur la toiture.

### 8.543 Au faîtage

Lorsque le champ photovoltaïque est posé jusqu'au faîtage, les abergements supérieurs sont remplacés par des abergements de faîtage spécifiques au chantier (voir *figure 21*).

La mise en œuvre se fait de la manière suivante :

- pose du closoir ventilé sur des planches et fixation de celui-ci par des vis à bois tous les 500 mm,
- l'installation des abergements supérieurs de faîtage se fait de gauche à droite avec un recouvrement de 70 mm entre chaque abergement ; ils sont fixés au closoir ventilé par des vis de coutures,
- une bavette en plomb plissé est placée sur le versant opposé au champ, et fixée au closoir ventilé par des vis de coutures,
- une couverture de faîtage vient recouvrir le closoir ventilé. Elle est maintenue par des pattes en acier galvanisé qui sont vissées au closoir.

La société SYSTOVI réalise sur mesure les abergements spécifiques de faîtage en fonction de la position du champ photovoltaïque sur la toiture.

## 9. Formation

La société SYSTOVI organise une formation obligatoire "installateur" dispensée dans ses locaux à Saint-Herblain. Cette formation permet d'aborder les spécificités du procédé SYSTOétanche, sa mise en œuvre ainsi que tous les aspects liés à la sécurité électrique.

Cette formation se décline en 2 parties :

- l'une théorique : présentation de l'entreprise SYSTOVI, visite de l'usine de production des panneaux photovoltaïques, sécurité des intervenants, exigences de qualité, description du procédé,...
- l'autre pratique : démonstration concrète d'une installation avec le montage du procédé SYSTOétanche sur une maquette de toit.

A l'issue de cette formation, une attestation nominative est délivrée aux participants par la société SYSTOVI.

Le procédé SYSTOétanche est commercialisé exclusivement par les installateurs et distributeurs partenaires.

Pour devenir installateur du procédé SYSTOétanche, il est nécessaire :

- que l'installateur soit un professionnel enregistré au Registre du Commerce et des Sociétés,
- qu'il ait des compétences électriques et en couverture complétées par une qualification et/ou une certification pour la pose de procédés photovoltaïques,
- qu'il ait suivi la formation de SYSTOVI portant sur les spécificités du procédé SYSTOétanche,
- qu'il s'engage à faire auditer ses installations par le service technique de SYSTOVI.

Un premier audit est réalisé après les trois premières installations. Si les recommandations de pose n'ont pas été respectées, la société SYSTOVI exigera une mise en conformité des installations. Un autre audit sera alors organisé. Dans le cas où les préconisations de pose ne sont toujours pas respectées, l'entreprise sera retirée de la liste des installateurs agréés.

Une assistance technique sur chantier est proposée à l'installateur pour la pose du premier kit SYSTOétanche.

## 10. Assistance technique

La société SYSTOVI propose une assistance technique pour un accompagnement sur chantier lors de toute première installation.

La société assure ensuite une assistance technique téléphonique 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.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (voir § 8.2).

L'intervenant devra également prendre connaissance des consignes de sécurité indiquées dans la "Procédure d'intervention sur une installation photovoltaïque" (*document fourni avec la notice de câblage électrique*).

### 11.1 Maintenance du champ photovoltaïque

Les modules photovoltaïques doivent être nettoyés au jet d'eau (*haute pression interdite*) au moins une fois par an.

Les opérations à effectuer lors de cette visite annuelle sont les suivantes :

- inspection visuelle : détection d'éventuels dommages,
- nettoyage du champ (eau de ruissellement + produit vaisselle + brosse souple) : interdiction d'utiliser un produit contenant un solvant ou un objet dur, ne pas injecter d'eau directement au niveau des aérations hautes et basses,
- nettoyage des ventilations du champ photovoltaïque,
- nettoyage des bas de rails gouttières et abergements latéraux pour enlever les amas de feuilles éventuelles,
- vérification des jonctions d'abergements périphériques,
- vérification du maintien des abergements et des éléments de couverture sur le pourtour du champ photovoltaïque,
- inspection de la sous-toiture, si possible par les combles,
- vérification des risques d'ombres portées (arbres) : élagage si besoin,
- 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

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 :

- avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur,
- si l'installation présente un risque de défaut d'isolement des câbles électriques DC, il convient de prendre toutes les dispositions nécessaires (tapis 1000V, gants, casque avec lunettes...) avant intervention sur les modules,
- le démontage sera réalisé de haut en bas en procédant dans l'ordre inverse à celui indiqué dans la notice de montage ; on fera particulièrement attention à la qualité de l'isolation des connecteurs débranchés afin d'éviter tout contact avec des pièces métalliques de l'installation (cadre, rail, abergement, ...),
- la liaison équipotentielle reste active quel que soit le module enlevé tant que le câble principal de masse reste intègre,
- le montage du module de remplacement se fait conformément aux préconisations du présent dossier technique ou aux instructions de la notice de montage,
- après avoir mesuré la tension de série de la chaîne du module concerné par le défaut pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant l'interrupteur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

## 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 CENER.
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés d'une classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC par le laboratoire CENER.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB lors d'un essai de résistance à la pression du vent selon la norme NF EN 12179.

## C. Références

---

### 1. Données environnementales et sanitaires

Le produit (ou procédé) SYSTOétanche 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 produits (*ou procédés*) visés sont susceptibles d'être intégrés.

---

### 2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis juillet 2009.

Environ 80 000 m<sup>2</sup> ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 12 MW.

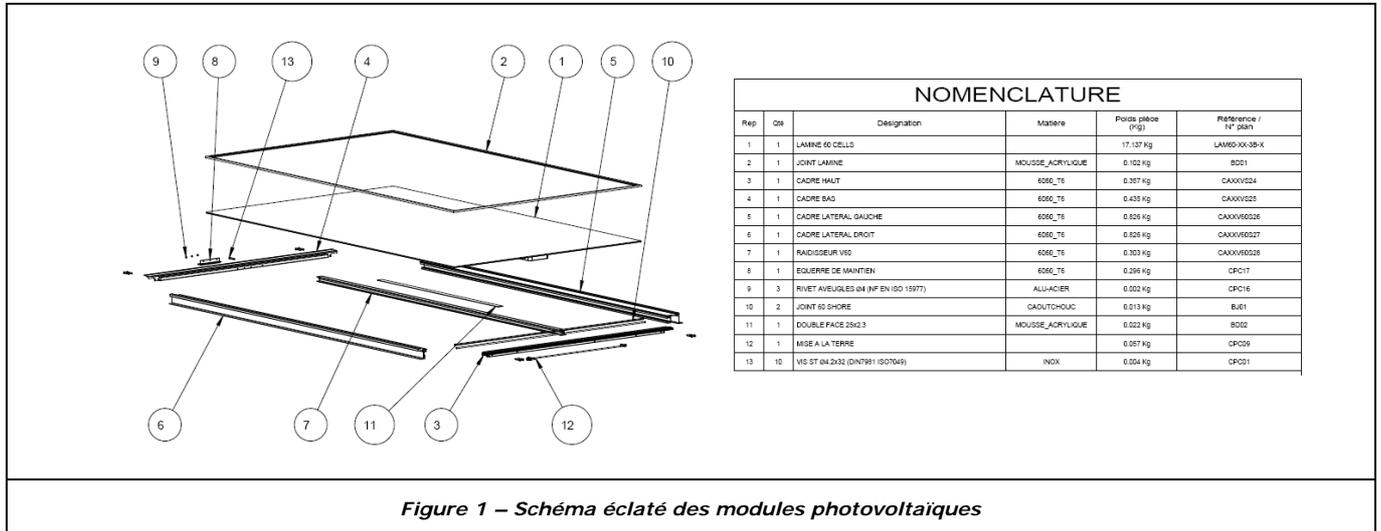
# Tableaux et figures du Dossier Technique

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 pollué	Industrielle ou urbaine		Marine				
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Aluminium	brut	Traverse, crochet, rail, fixation haute	•	•	□	•	•	□	-	□
Aluminium	Anodisation 15 µm	Cadre modules, bride	•	•	□	•	•	□	-	□
Z350	Polyester 50 µm	Abergement	•	•	□	•	•	□	□	□

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
- \* : à l'exception du front de mer



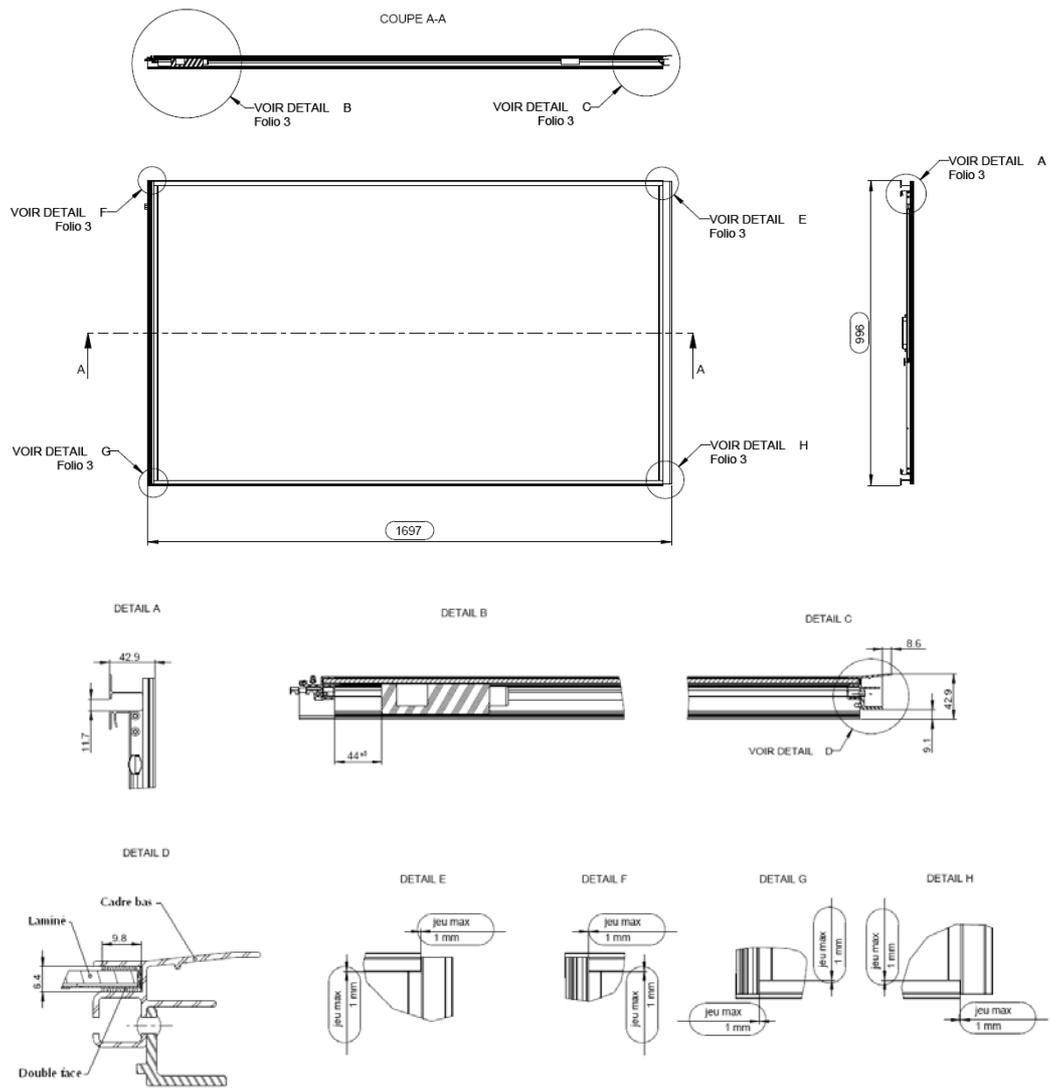


Figure 2 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques

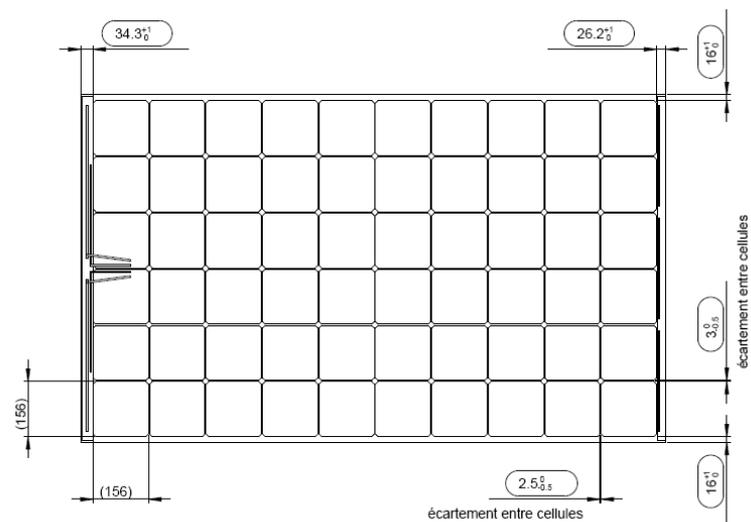
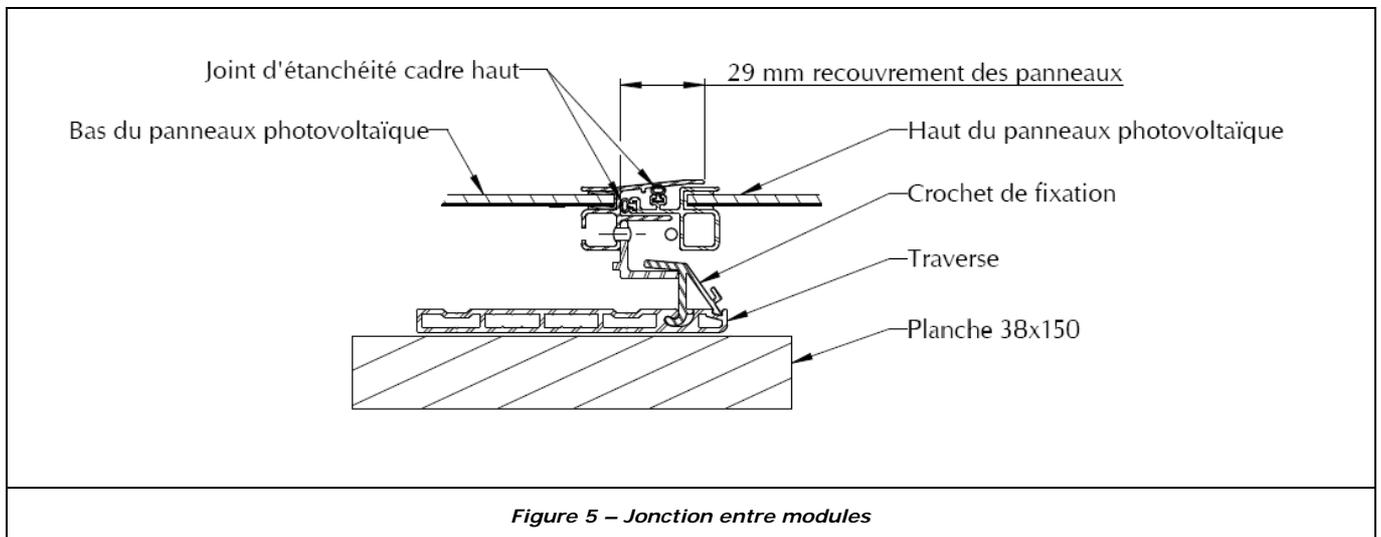
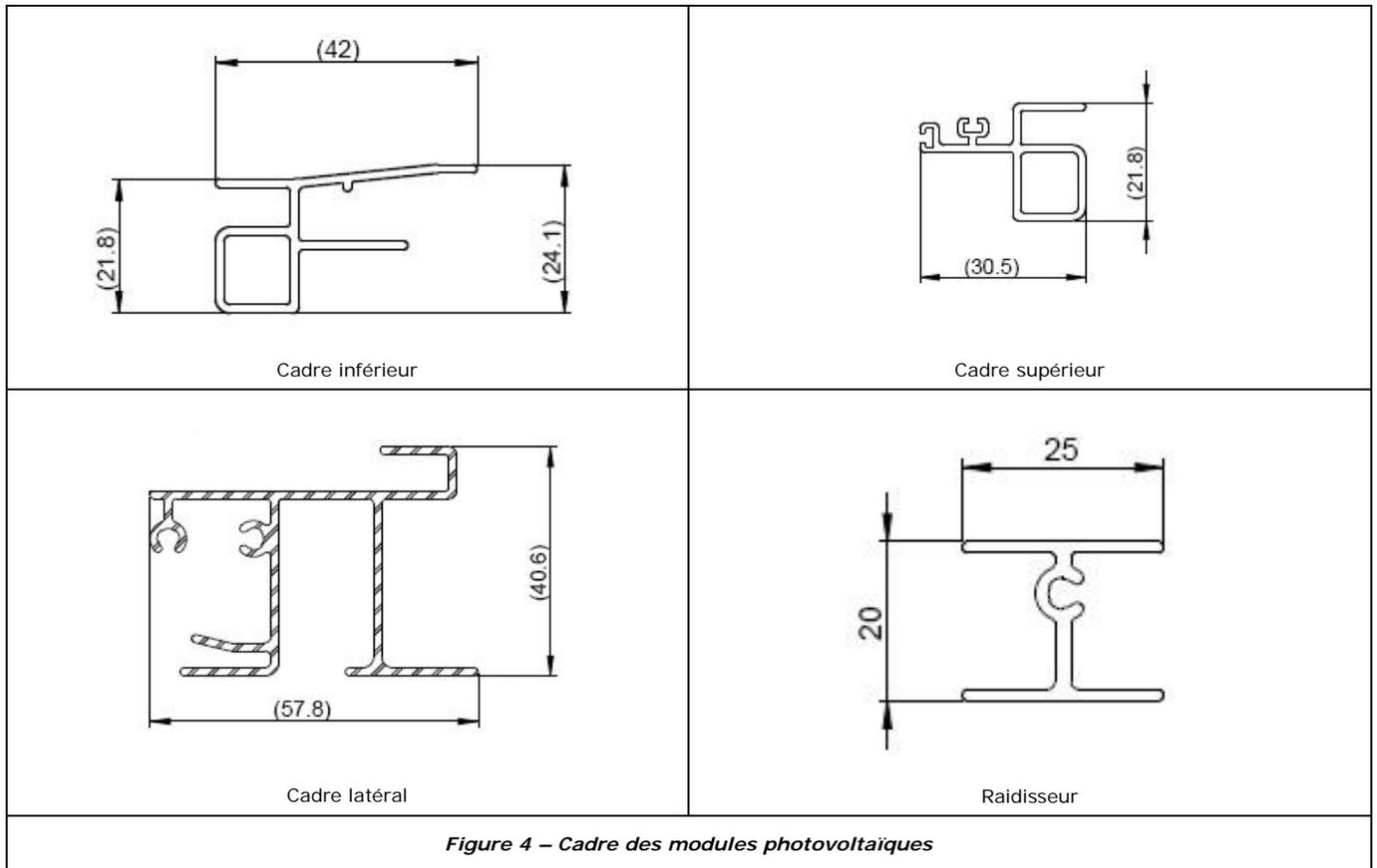
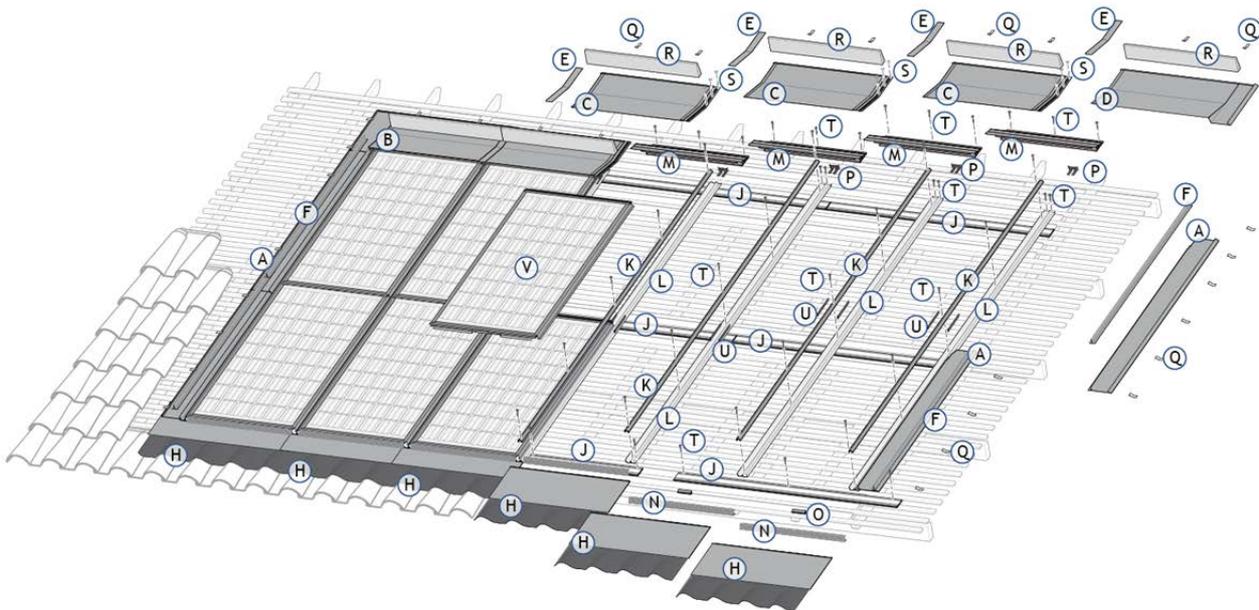


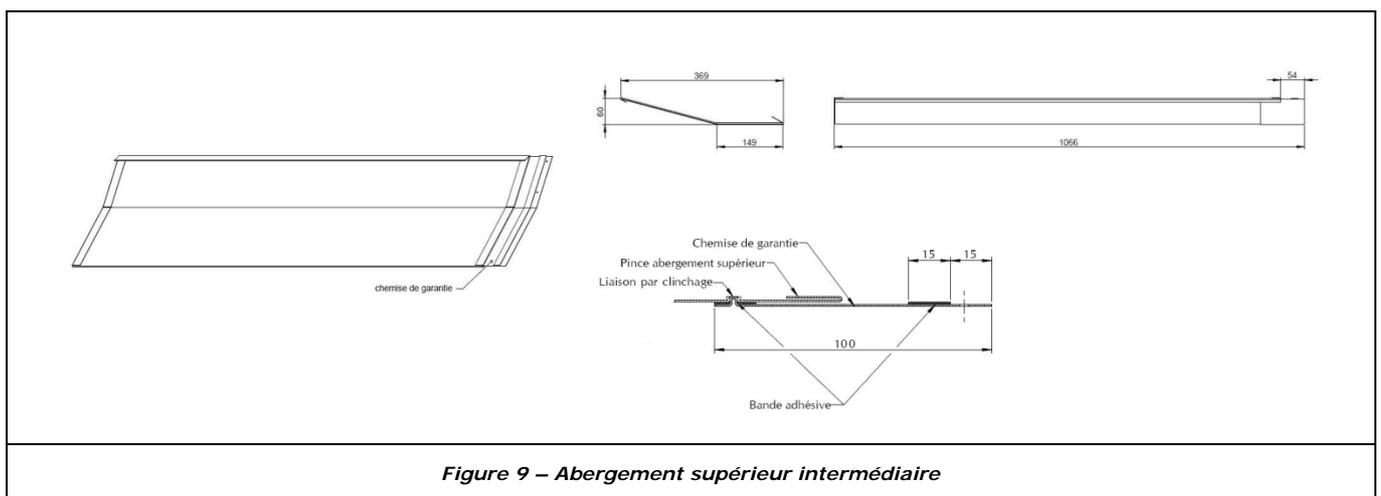
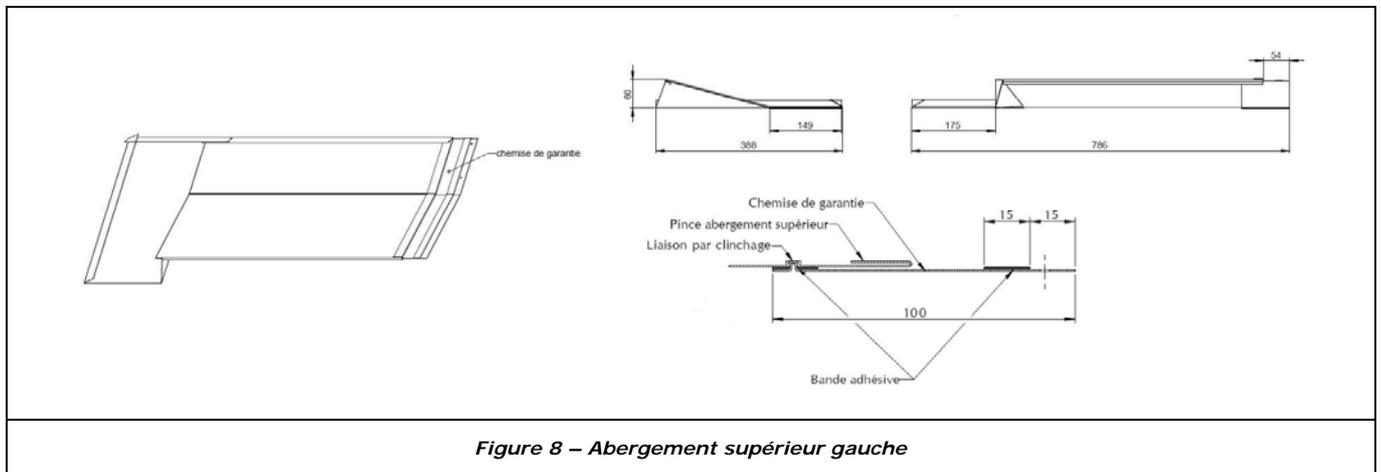
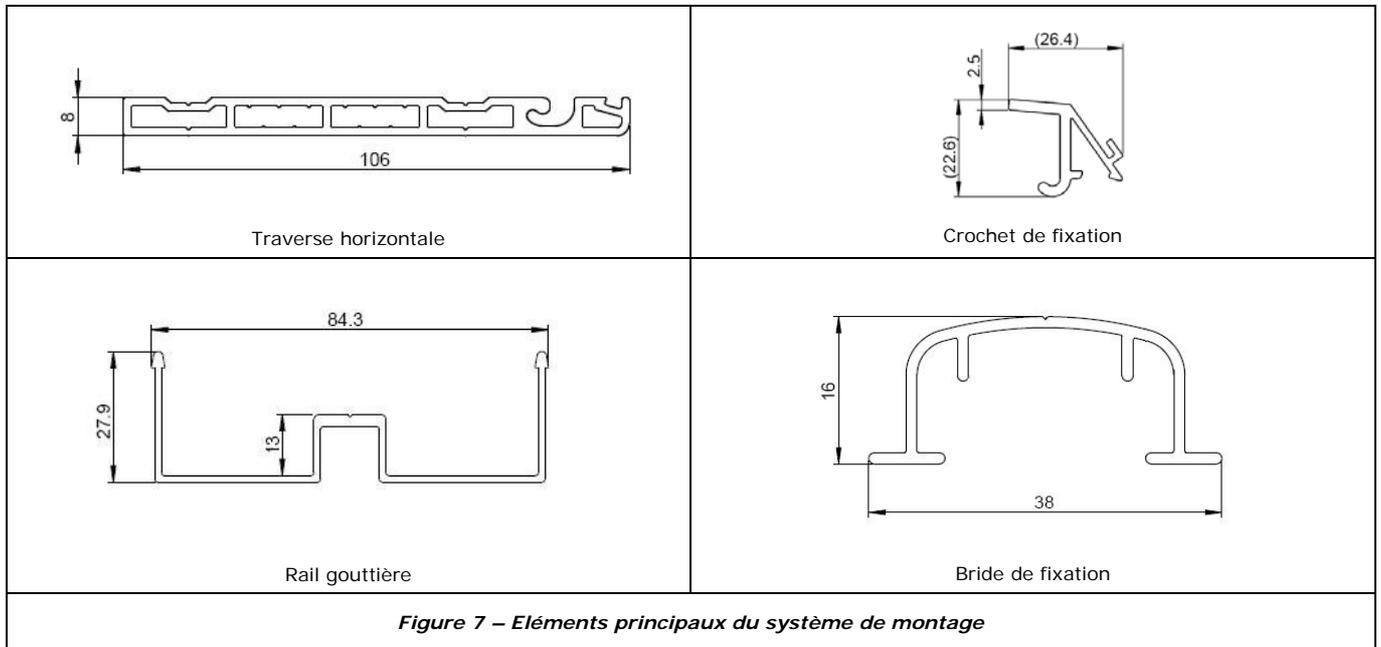
Figure 3 – Position des cellules photovoltaïques

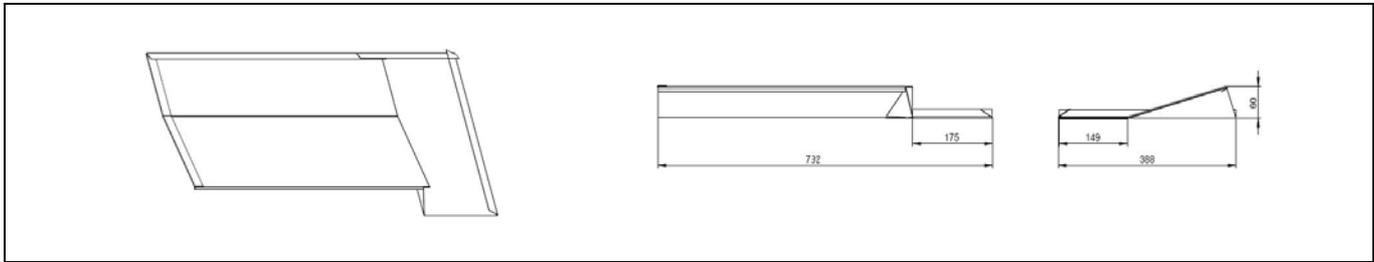




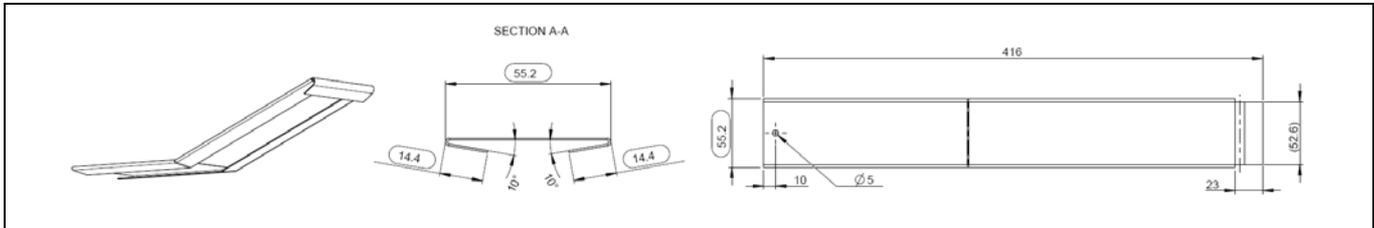
<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>
A	Couloir d'abergement latéral
B	Abergement supérieur d'angle gauche
C	Abergement supérieur intermédiaire
D	Abergement supérieur d'angle droit
E	Coulisseau d'étanchéité supérieure
F	Barrière "T" latérale
H	Bande d'étanchéité basse
J	Traverse horizontale
K	Bride
L	Rail gouttière
M	Fixations hautes
N	Grilles d'aération et de finition basse
O	Crochet de fixation
P	Bouchons de rail
Q	Patte de fixation des abergements
R	Mousse d'étanchéité des abergements supérieurs
S	Clous
T	Vis Drillnox TH8 6,3 x 60
U	Joints de rail
V	Modules PSEF ou PSEG

*Figure 6 – Schéma éclaté du procédé et composition des kits*

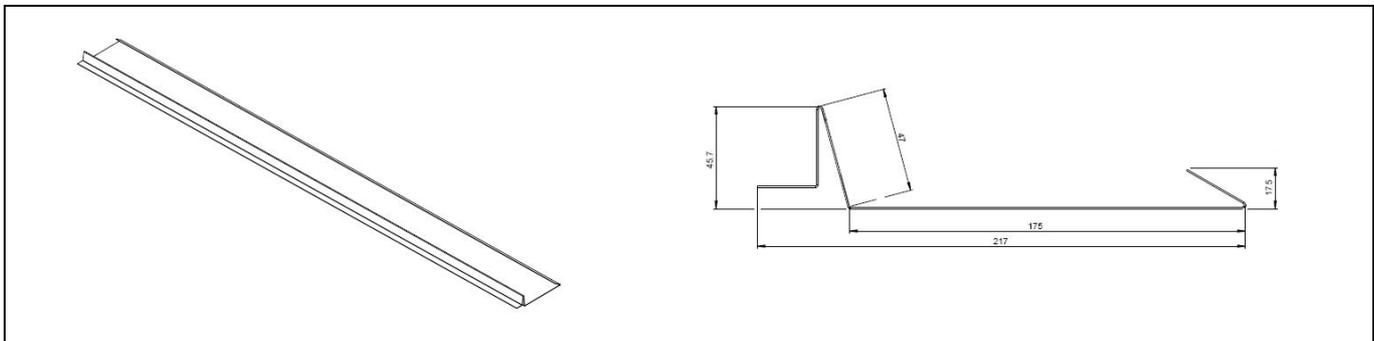




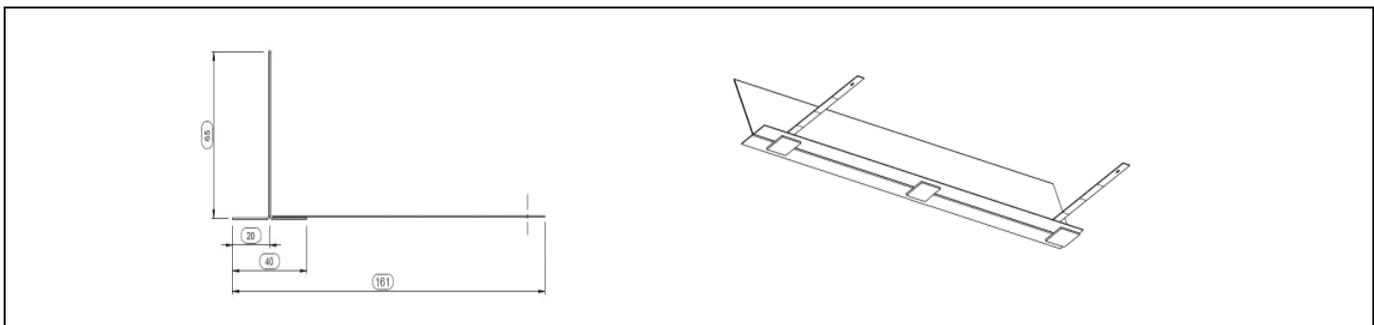
**Figure 10 – Abergement supérieur droit**



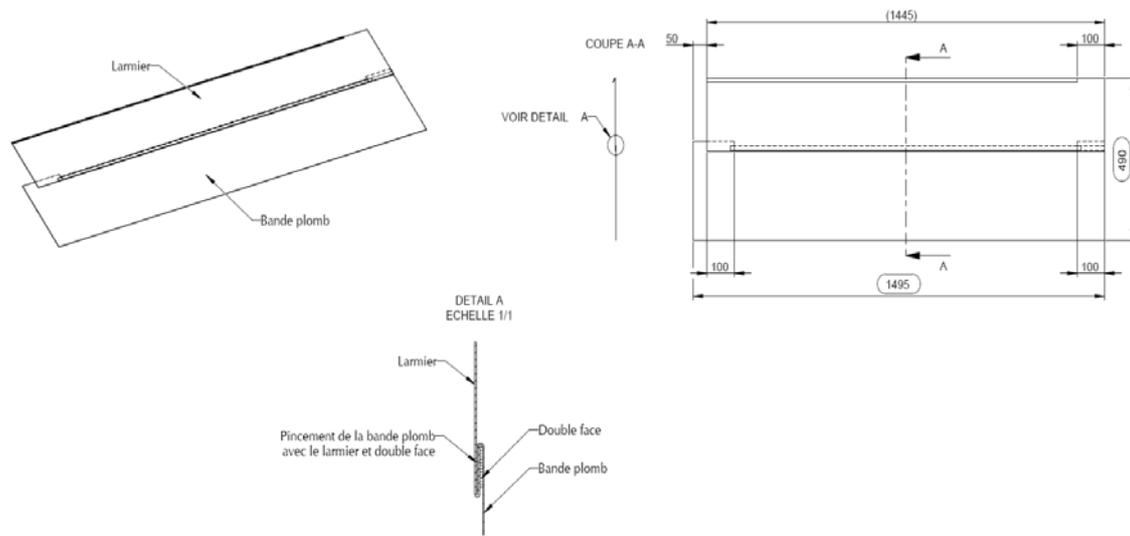
**Figure 11 – Coulisseau d'étanchéité supérieur**



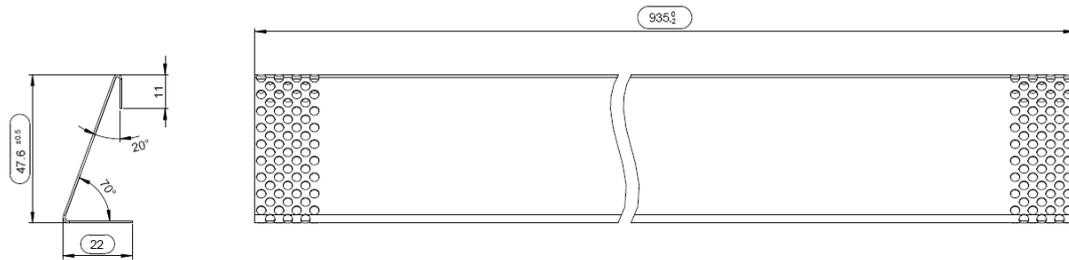
**Figure 12 – Abergement latéral**



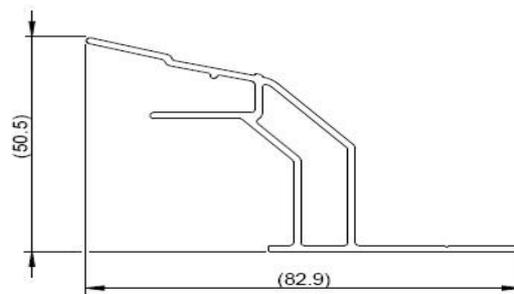
**Figure 13 – Barrière « T » d'étanchéité latérale**



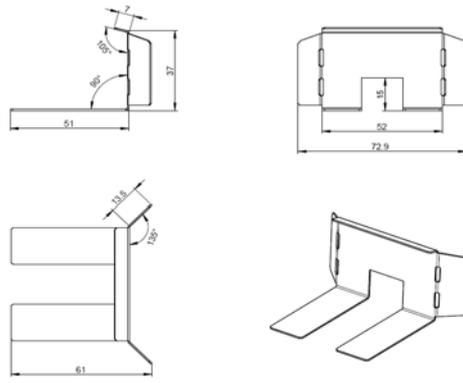
**Figure 14 – Etanchéité basse**



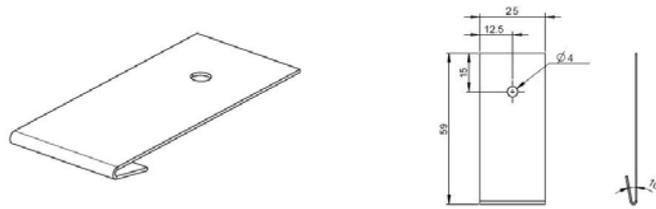
**Figure 15 – Grille d'aération basse**



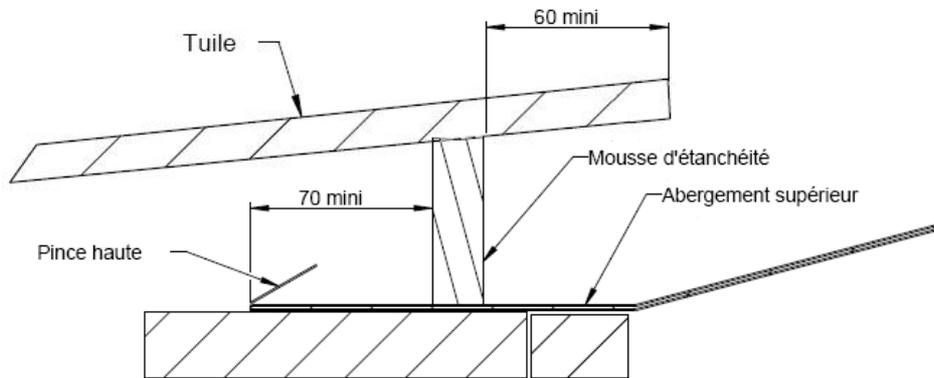
**Figure 16 – Fixation haute**



**Figure 17 – Bouchon haut du rail gouttière**



**Figure 18 – Patte de fixation haute**



**Figure 19 – Mousse d'étanchéité abergement supérieur**

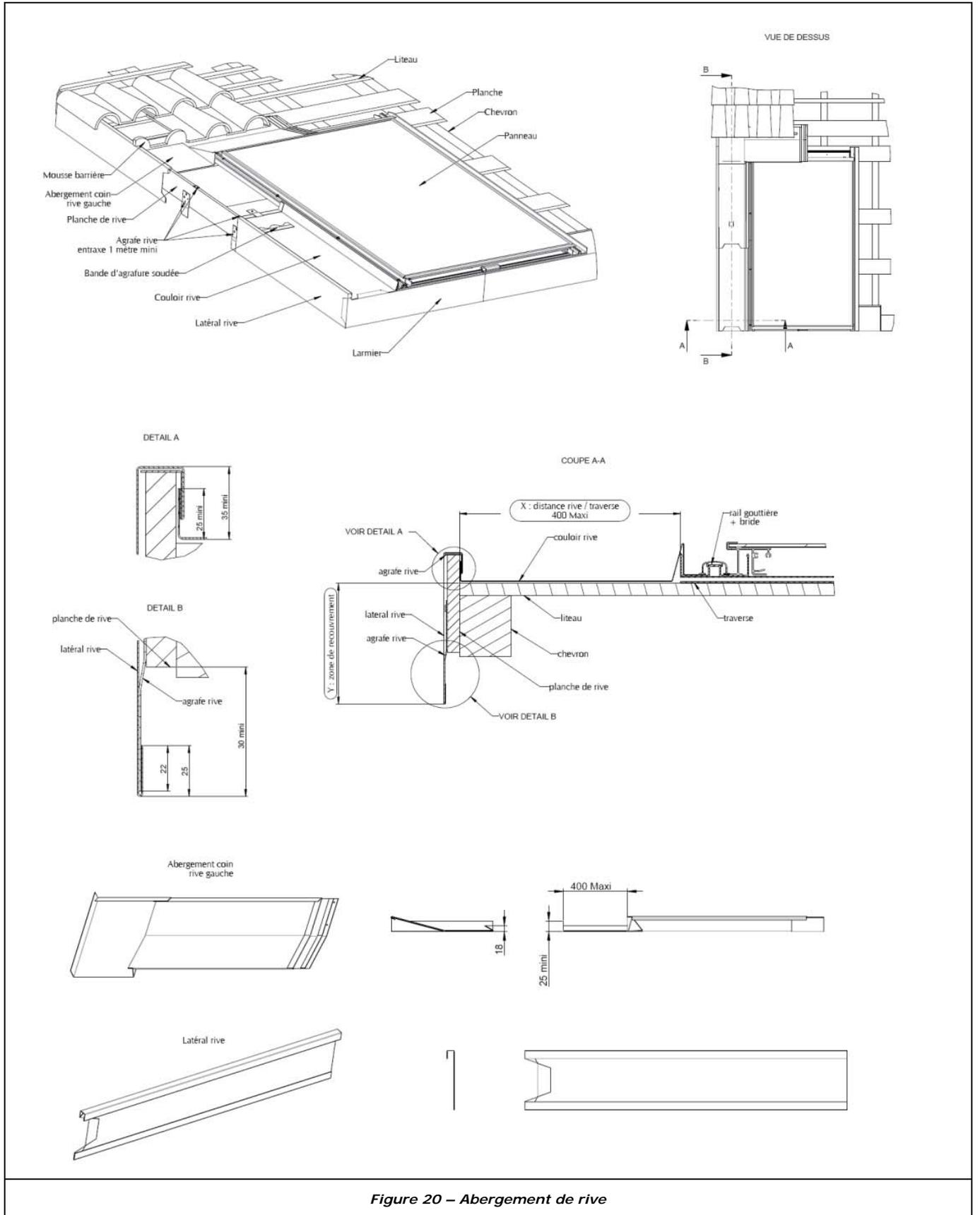
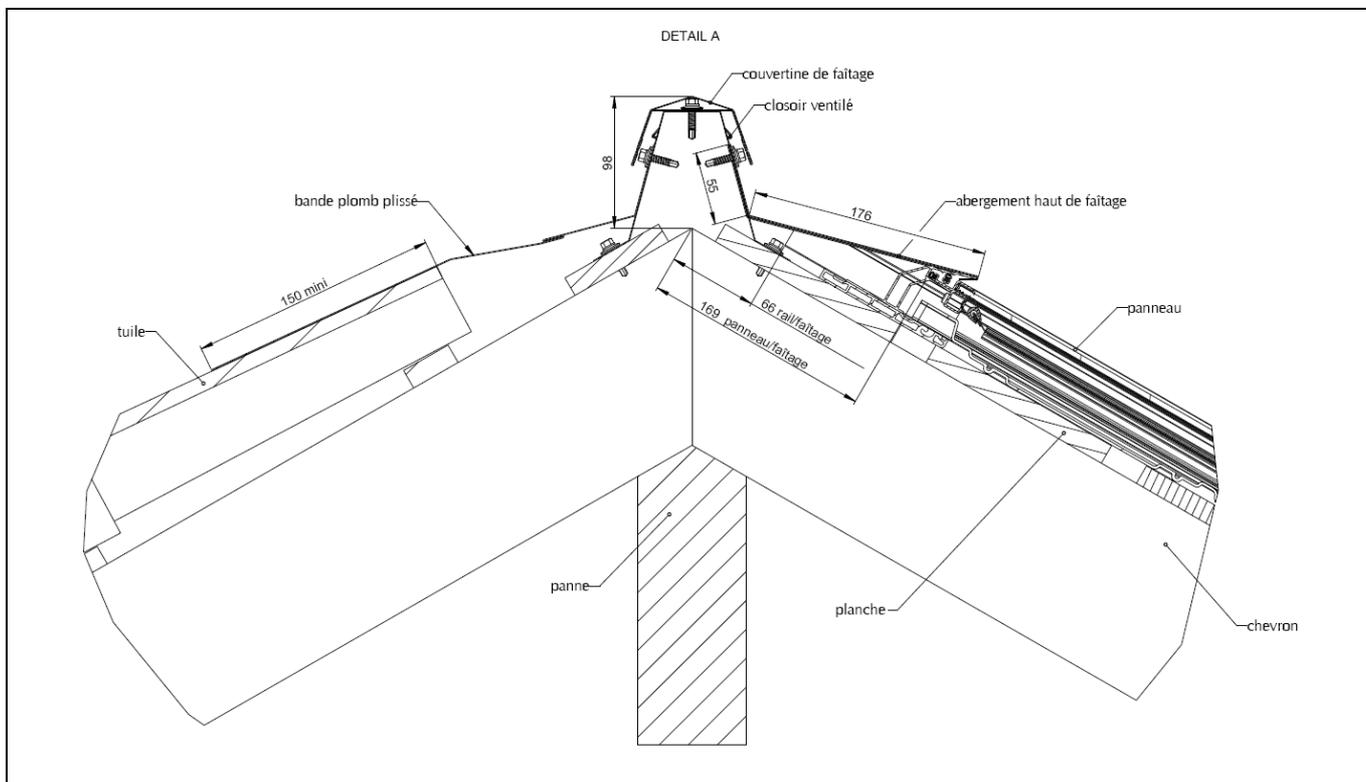


Figure 20 – Abergement de rive



**Figure 21 – Abergement de faitage**

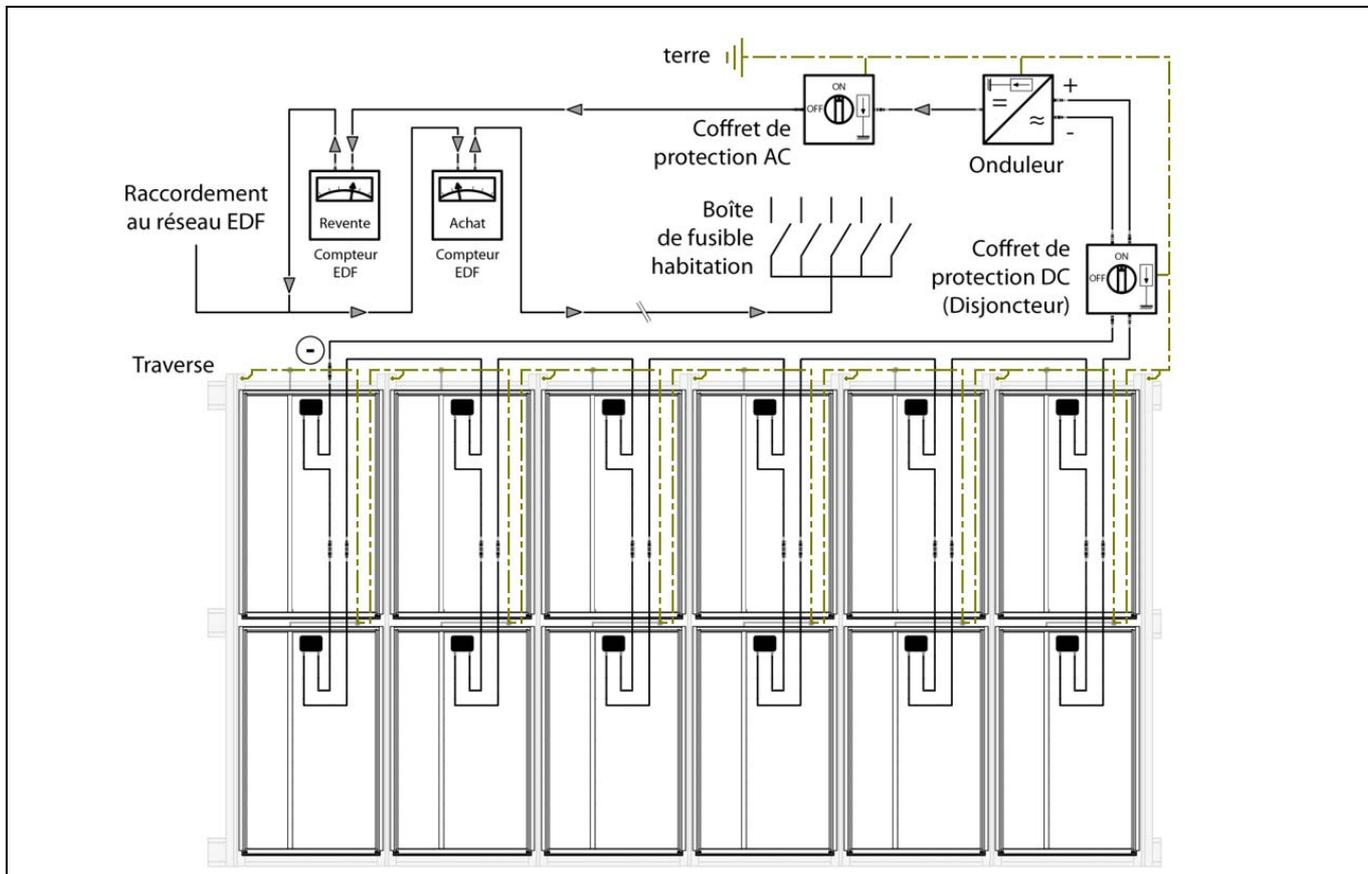


Figure 22 – Schéma de principe de câblage du procédé

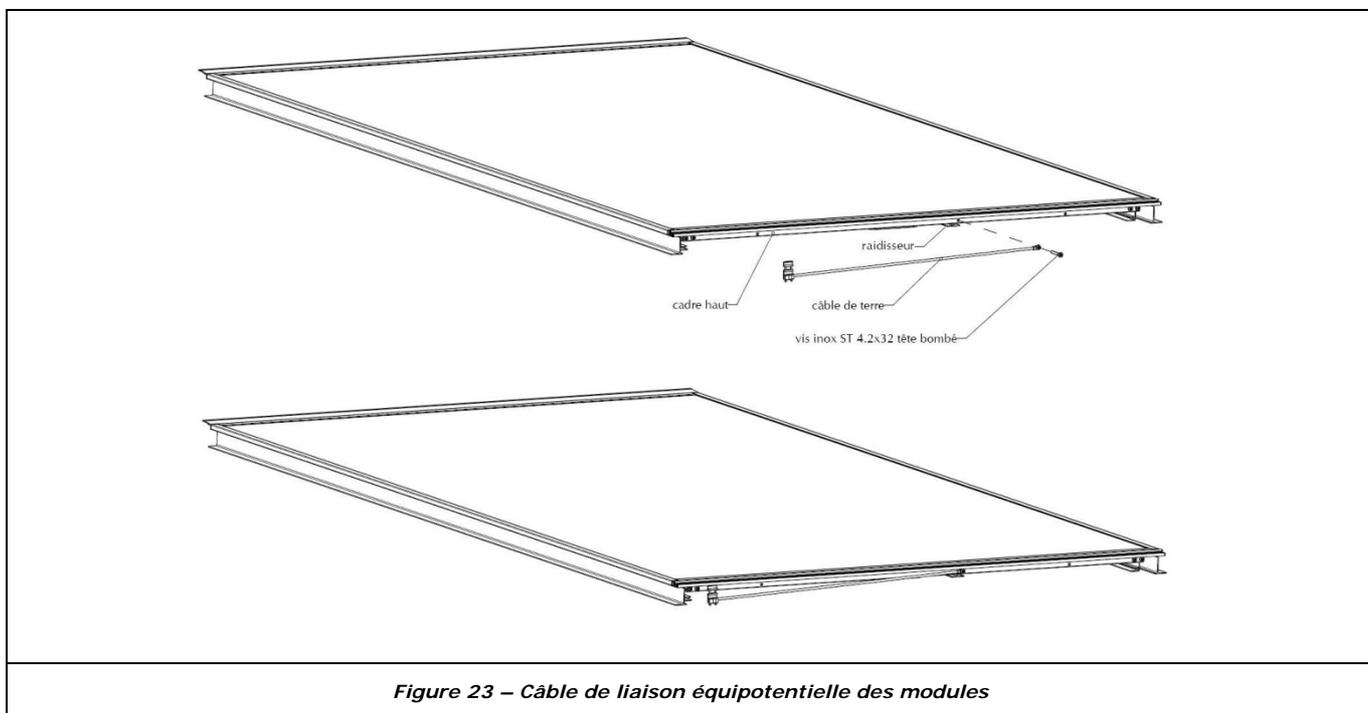


Figure 23 – Câble de liaison équipotentielle des modules

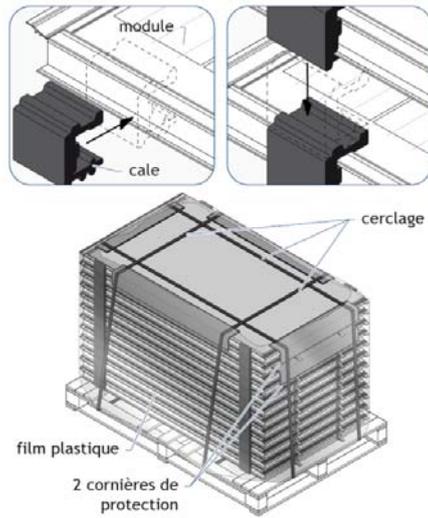


Figure 24 – Emballage modules

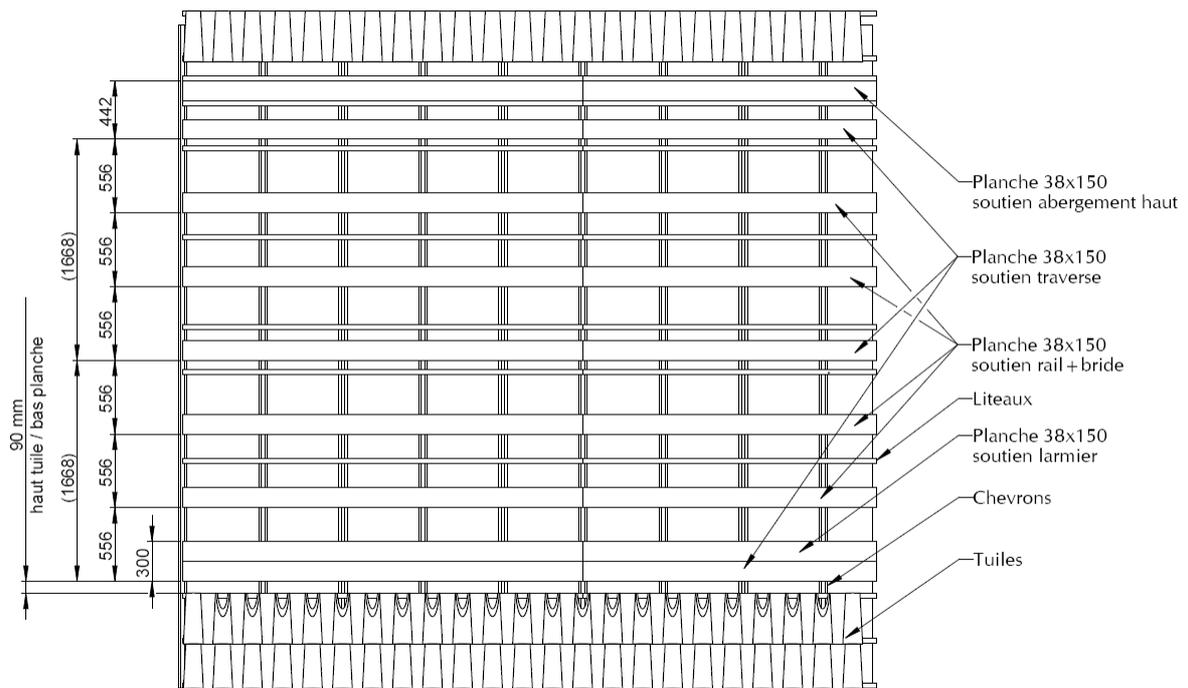


Figure 25 – Calépinage des planches

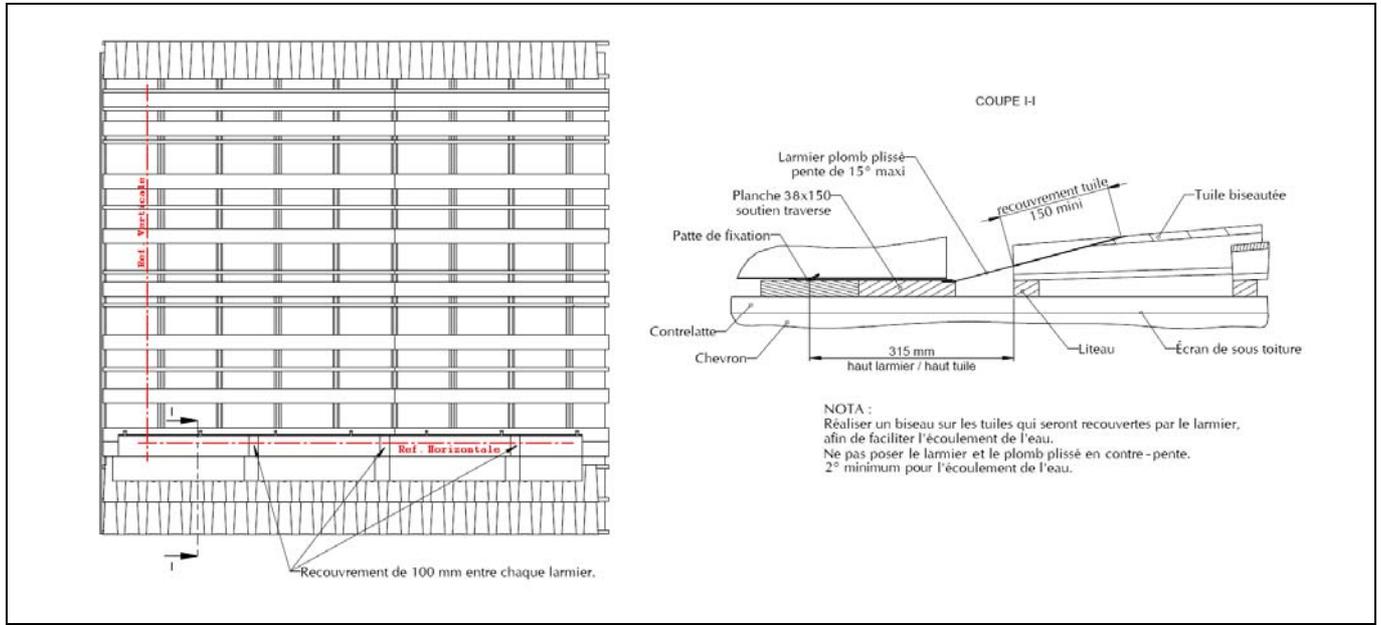


Figure 26 – Pose de la bande d'étanchéité basse

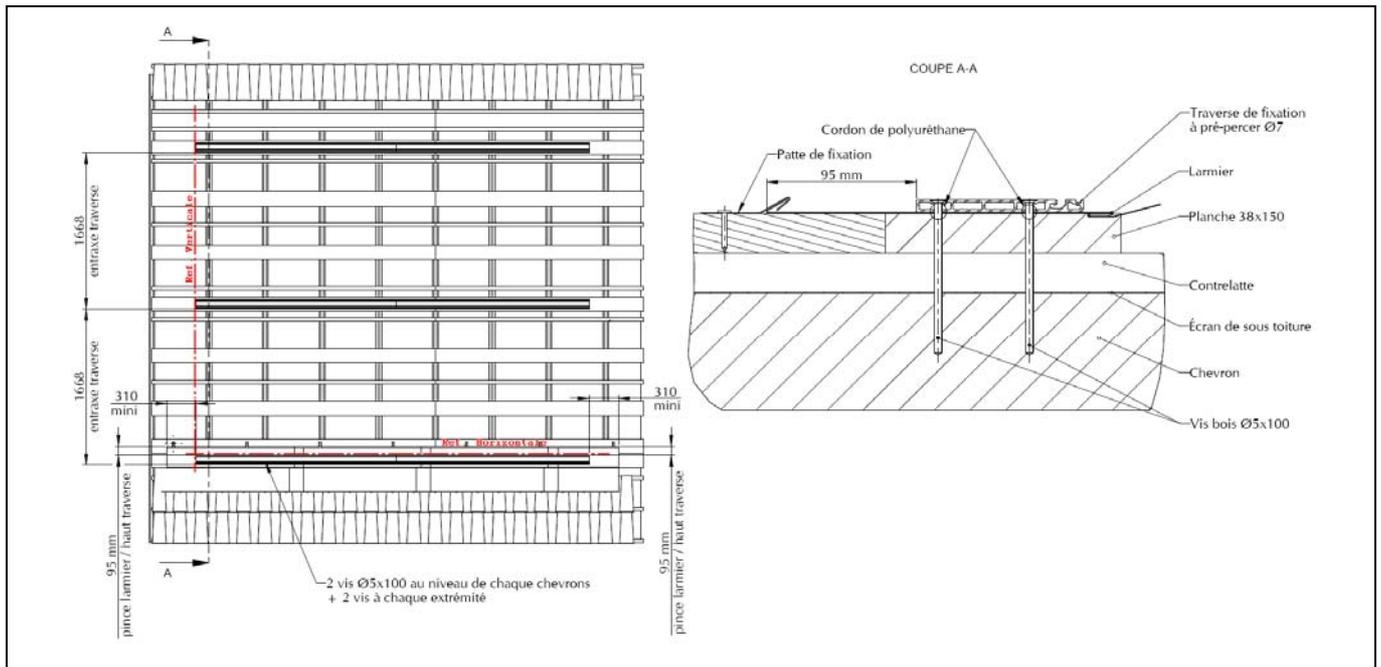


Figure 27 – Pose des traverses horizontales sur planches

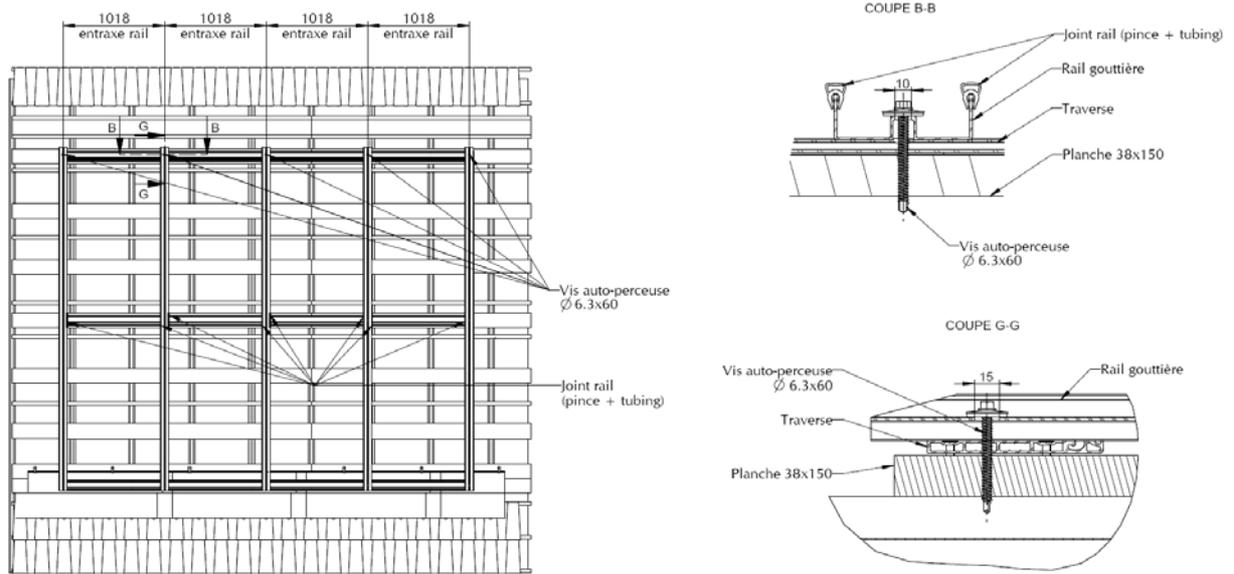


Figure 28 – Pose des rails gouttière

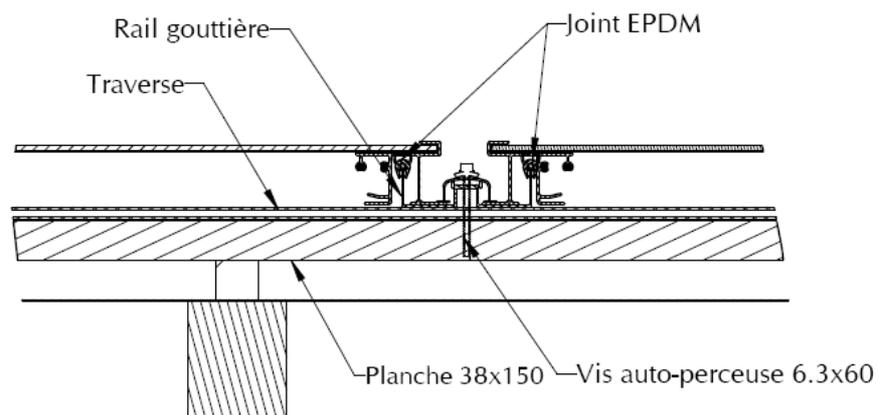


Figure 29 – Joints EPDM sur rails

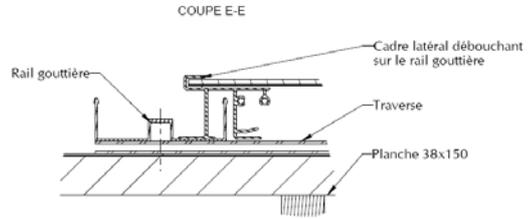
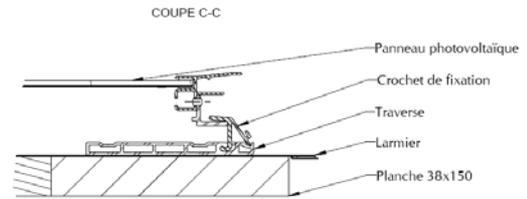
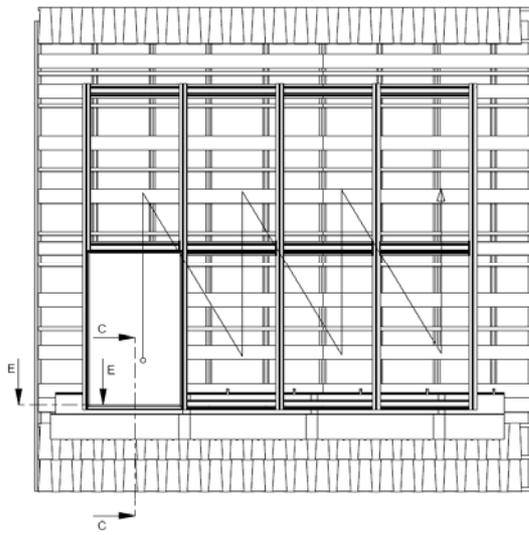


Figure 30 – Pose des modules

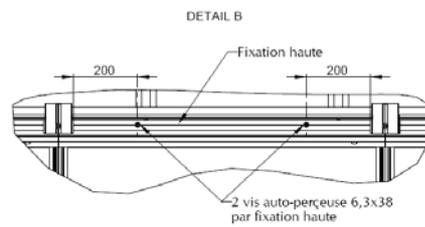
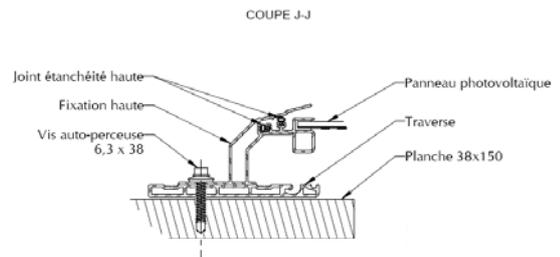
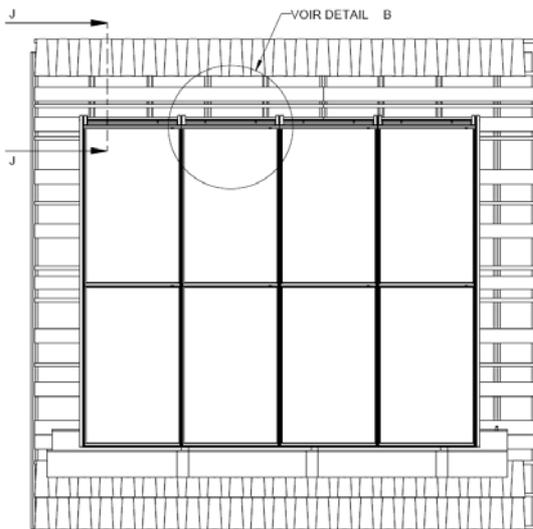
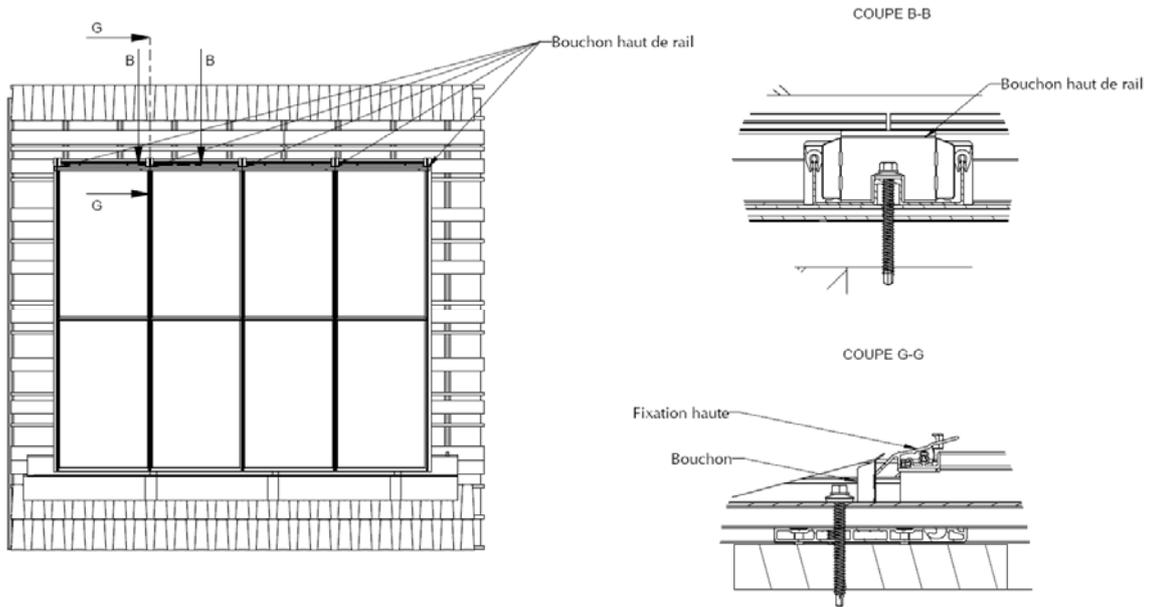
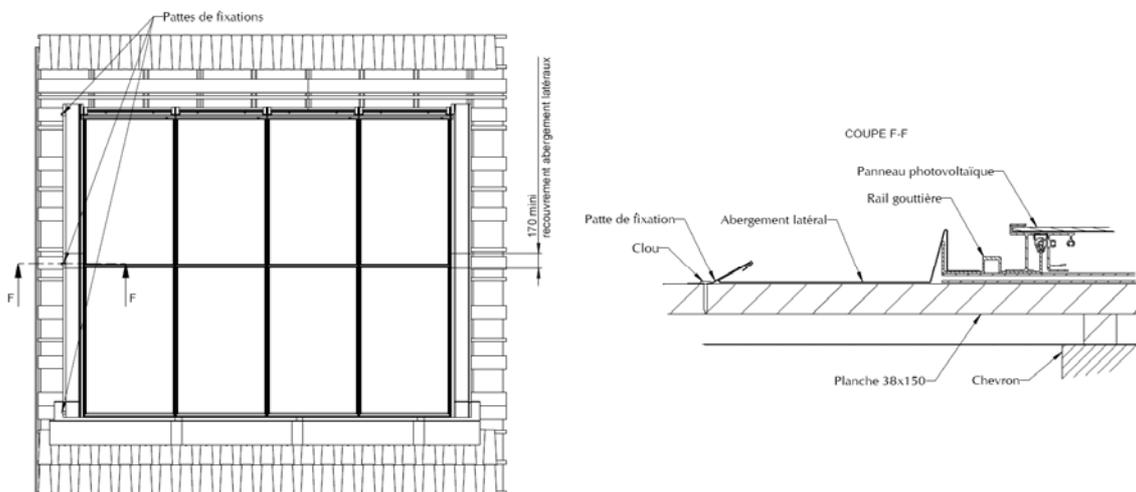


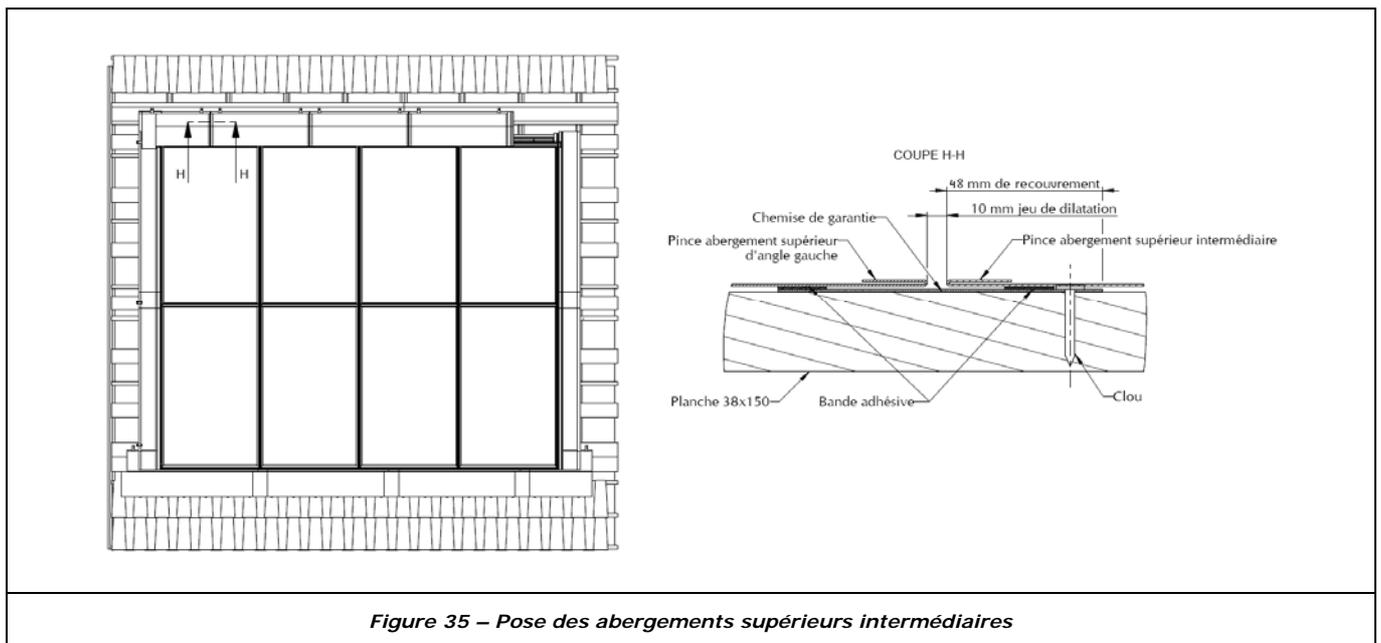
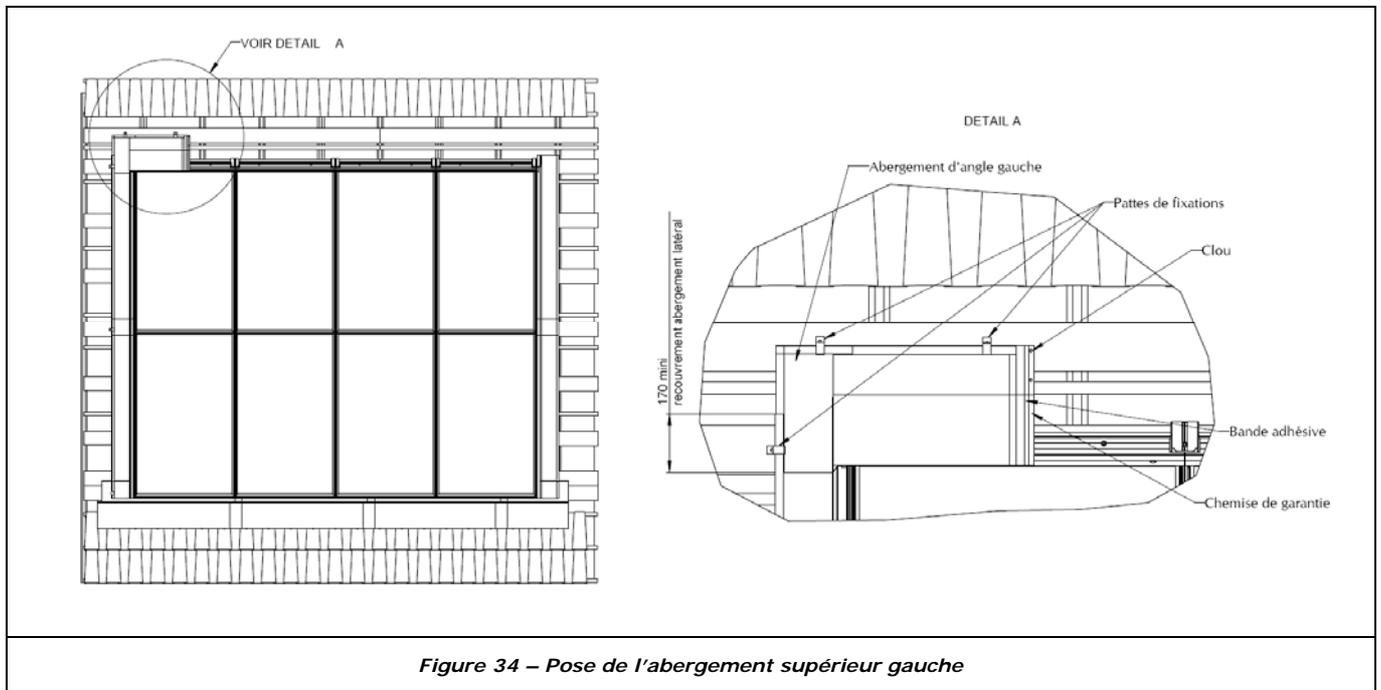
Figure 31 – Pose de la fixation haute



*Figure 32 – Pose des bouchons hauts de rail*



*Figure 33 – Pose des abergements latéraux droit et gauche*



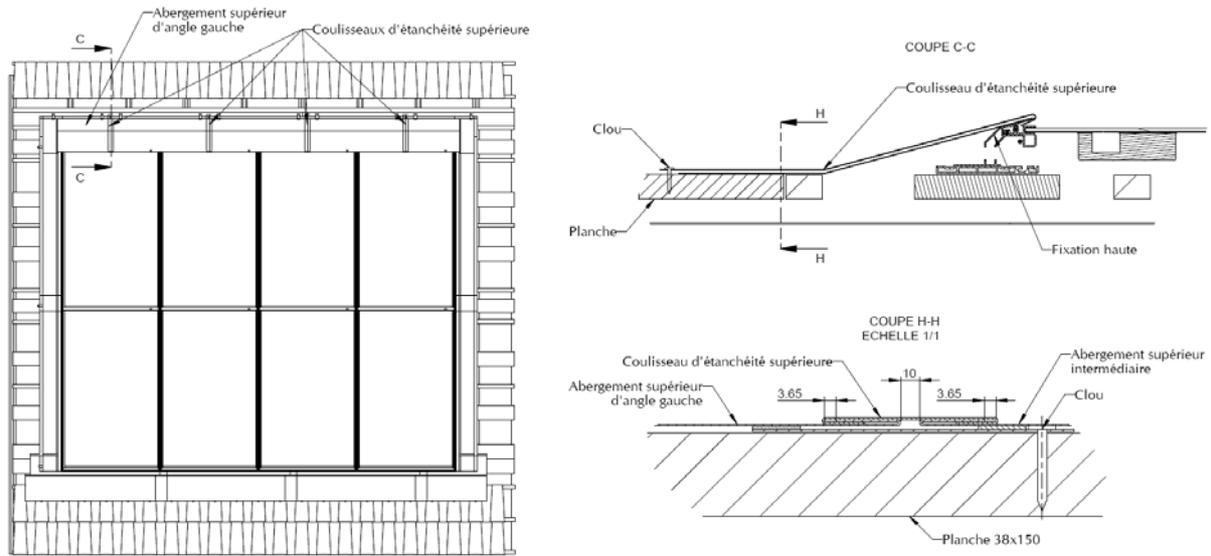


Figure 36 – Pose des coulisseaux

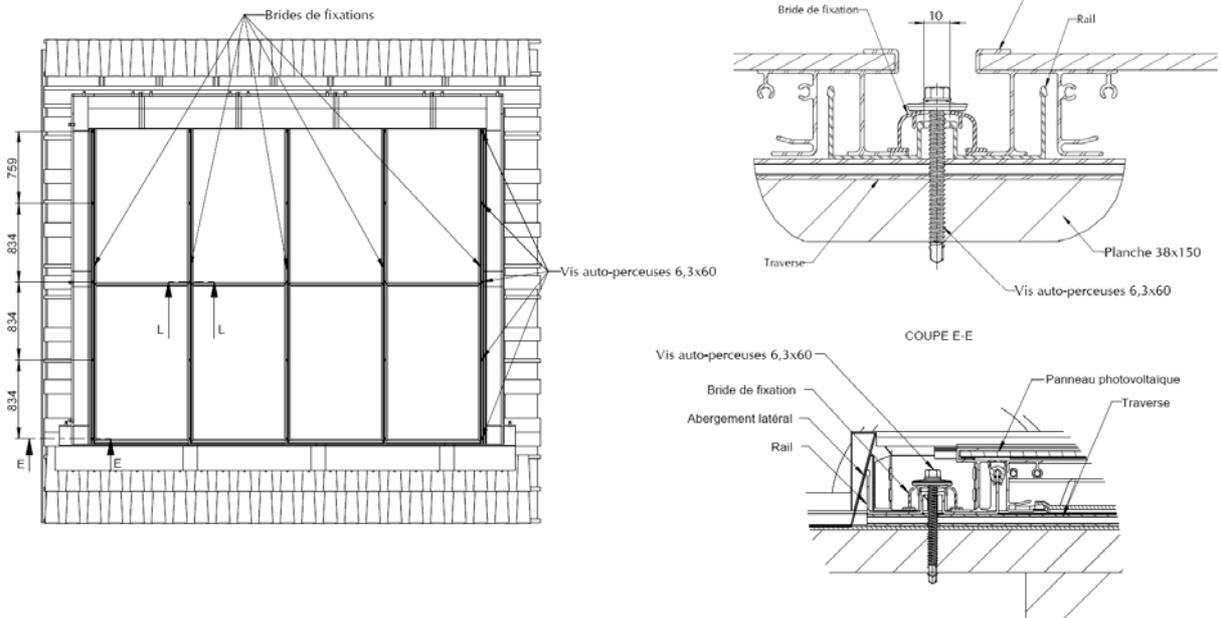


Figure 37 – Pose des brides

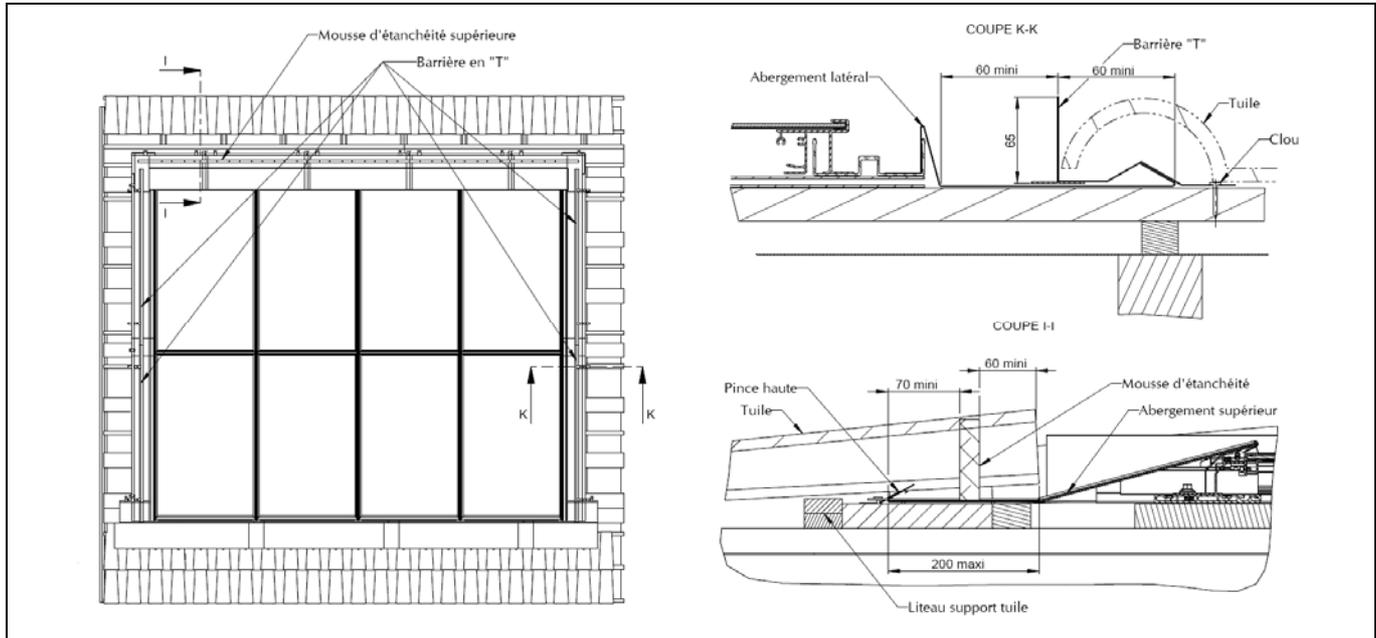


Figure 38 – Pose des mousses et barrières T

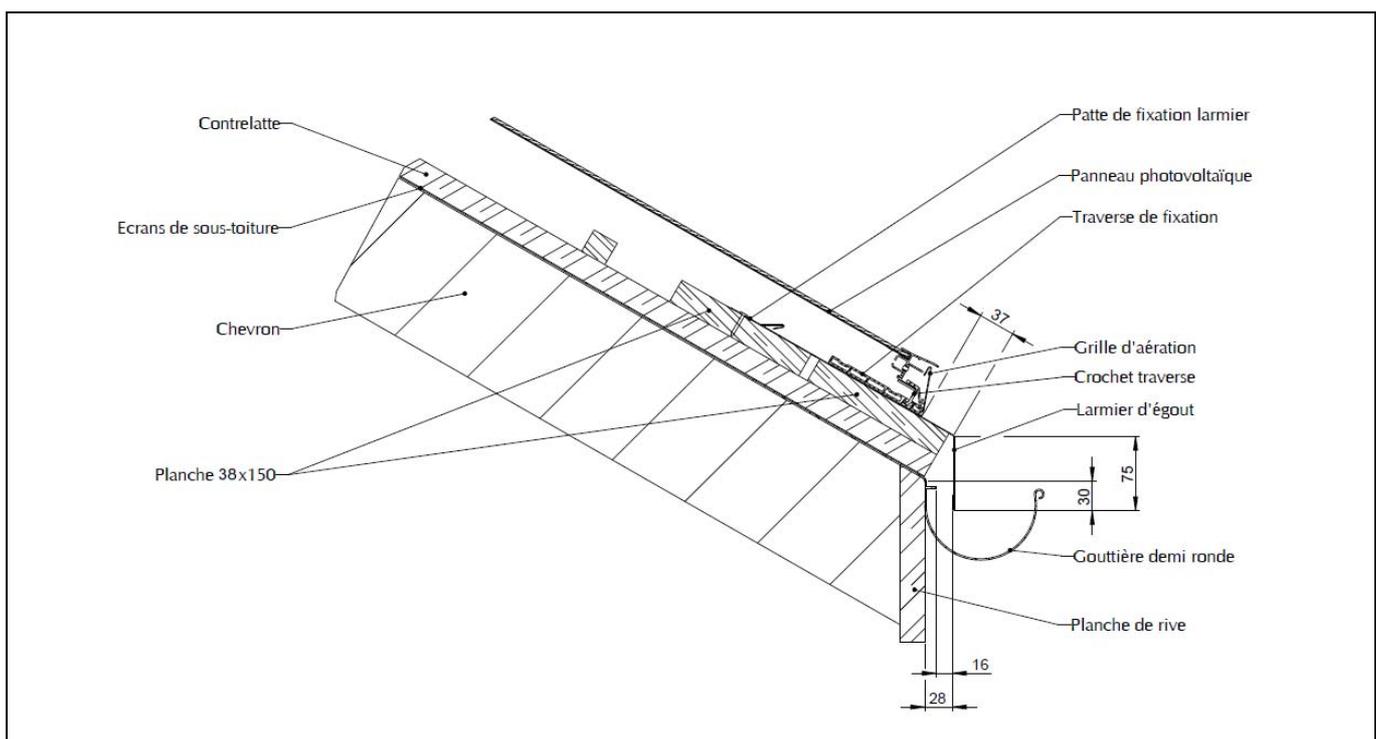


Figure 39 – Pose à l'égout