

# Avis Technique 21 / 14-46

Annule et remplace l'Avis Technique 21/11-17\*V1

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

*Procédé photovoltaïque  
Photovoltaic system  
Photovoltaiksystem*

## S-Class Intégration

**Titulaire :** **CENTROSOLAR Group AG**  
Walter-Gropius-Strasse 15  
DE-80807 München  
Tél. : 0049 892 0180 0  
Fax : 0049 892 0180 555  
Internet : <http://www.centrosolar.com>

**Distributeur :** **CENTROSOLAR France SARL**  
Espace Européen, 15 chemin du Saquin, Bâtiment G  
FR-69130 Ecully France  
Tél. : 04 69 84 82 10  
Fax : 04 69 84 82 16  
Internet : <http://www.centrosolar.com>

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

**Groupe Spécialisé n° 21**

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 27 août 2014



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 17 avril 2014, la demande d'Avis Technique relative au procédé photovoltaïque "S-Class Intégration", présentée par la société CENTROSOLAR. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Il annule et remplace l'Avis Technique 21/11-17\*V1.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque mis en œuvre en partie partielle de toiture, sur charpente bois en remplacement de petits éléments de couverture (*tuiles et ardoises*).

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

Il intègre :

- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 185 Wc et 230 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium SOLRIF,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage".

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 au § 2.232 « Stabilité » du présent Avis,
- aux dispositions énoncées au § 2.232 "Sécurité en cas de séisme" du présent Avis,
- à des longueurs de rampant projetées de l'installation photovoltaïque égales à 8 m maximum,
- à des longueurs de rampant projetées au-dessus des abergements hauts égales à 1 m maximum.

### 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 CEI 60721-2-1.

#### 2.22 Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour ce produit (*procédé*).

Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit (*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 85 °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 et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II jusqu'à 1 000 V DC.

Les connecteurs utilisés Epic Solar 4 Thin de la société Lapp, ayant un indice de protection IP 65, sont des connecteurs débrochables 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 mise à la terre est réalisée grâce à des trous dans le cadre supérieur de chaque module photovoltaïque dans lesquels l'électricien peut visser un câble de terre.

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.

###### 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 "SxxxP50 intégration" ou "SxxxP50 intégration Deluxe" sont de puissance crête comprise entre 185 Wc, et 225 Wc par pas de 5 Wc.

Les modules "SxxxM50 intégration" ou "SxxxM50 intégration Deluxe" sont de puissance crête égale à 185 Wc à 200 et 210 à 230 Wc par pas de 5 Wc.

##### 2.232 Fonction Couverture

###### Stabilité

La stabilité du système est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte, lorsque nécessaire, des actions locales au niveau de l'égout, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas (*selon les règles NV65 modifiées*) :
  - montage à trois crochets :
    - 1296 Pa sous charge de neige descendante normale,
    - 1110 Pa sous charge de vent ascendante normale.
  - montage à quatre crochets :
    - 1688 Pa sous charge de neige descendante normale,
    - 1447 Pa sous charge de vent ascendante normale.

- du respect des dispositions indiquées dans les tableaux 2 et 3 du Dossier Technique,
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations,
- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques suivantes :
  - entraxe maximum entre chevrons de 650 mm,
  - entraxe entre liteaux (ou pureau des éléments de couverture) ne dépassant pas 410 mm.

### 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 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 zone 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, complétées par le § 2.1 de l'Avis, permet de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

### 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 photovoltaïque.

### 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 série 40.2 concerné.

### 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 modules photovoltaïques dans un ERP" – Relevé des Avis de la réunion du 05 novembre 2009 de la sous-commission permanente de la CSS).

### 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 "S-Class Intégration" 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 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 systématiques 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 effectuée par des entreprises averties des particularités de pose de ce procédé (*disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques*) et pouvant bénéficier de l'assistance technique de la société Centrosolar SARL 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.

Il est toutefois nécessaire de noter qu'elle requiert les compétences d'un charpentier ou couvreur au regard de la mise en œuvre du voligeage en bois ou du liteauage, servant de support au procédé photovoltaïque.

## 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 la tenue des fixations et de l'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 en vigueur suivants : 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 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

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur l'ouvrage considéré, 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>d1</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.

En fonction de sa présence préalable sur la toiture, cet écran de sous-toiture conditionne directement le voligeage nécessaire pour la pose du procédé photovoltaïque (voir § 8.513 du Dossier Technique).

La mise en œuvre, ainsi que les opérations d'entretien, de maintenance et de réparation du procédé doivent être assurées par des installateurs formés aux particularités du procédé et aux techniques de pose.

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

## Conclusions

### Appréciation globale

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

### Validité

Jusqu'au 30 avril 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, 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.
- 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 attirer l'attention sur les risques éventuels de dégradation dans le temps des chevrons de modules en partie basse du champ photovoltaïque, si ceux-ci ne sont pas en bois résineux de classe minimale d'emploi 3b au sens du fascicule de documentation FD P20-651.

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 attire l'attention sur le fait que les modules constituent le plan d'étanchéité du procédé.

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 partie partielle de toiture, sur charpente bois, en remplacement de petits éléments de couverture (tuiles à relief, tuiles canal, tuiles plates et ardoises), conformes aux normes NF DTU des séries 40.1 et 40.2.

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

Il intègre :

- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s) "SxxxP50 intégration" ou "SxxxP50 intégration Deluxe" ou "SyyyM50 intégration" ou "SyyyM50 intégration Deluxe" (avec xxx allant de 185 à 225 Wc et yyy allant de 185 à 200 et de 210 à 230 Wc par pas successifs de 5Wc) muni(s) d'un cadre SOLRIF en profils d'aluminium,
- un système de montage spécifique permettant une mise en œuvre en toiture.

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

#### 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 bâtiments neufs ou existants, ne présentant aucune pénétration (cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
  - exclusivement sur charpente bois avec liteaux en association avec de petits éléments de couverture (tuiles mécaniques en terre cuite ou en béton à emboîtement ou à glissement à relief, canal à emboîtement, de tuiles plates ou d'ardoises),
- Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU des séries 40.1 et 40.2 (notamment pour la pente et la longueur de rampant).
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe maximal entre chevrons existants de 650 mm,
  - un entraxe maximal entre liteaux de 410 mm,
  - des versants de pente, imposée par la toiture, et la nature des éléments de couverture, comprise entre 27 % et 214 % (15° et 65°).
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode paysage,
  - uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire (sans angle rentrant),
  - en partie partielle de toiture. Le procédé photovoltaïque peut descendre jusqu'à l'égout. En revanche, un rang d'éléments de couverture au minimum doit toujours être conservé au niveau du faîtage et des rives latérales. Le champ photovoltaïque ne peut être installé que dans des zones de couverture où les exigences de mise en œuvre peuvent être respectées (voir § 8.5) et où les pressions normales sollicitantes ne dépassent pas les valeurs limites du Tableau 2,
  - sur des longueurs de rampants projetées de toiture conformes aux DTU des séries 40.1 et 40.2,

- sur des toitures soumises aux charges climatiques maximales suivantes (selon les règles NV65 modifiées) :

- montage à trois crochets :
  - 1 296 Pa sous charge de neige descendante normale,
  - 1 110 Pa sous charge de vent ascendante normale.
- montage à quatre crochets :
  - 1 688 Pa sous charge de neige descendante normale,
  - 1 447 Pa sous charge de vent ascendante normale.

- L'installation est obligatoirement associée à un écran de sous-toiture souple.
- En fonction du revêtement des composants du procédé photovoltaïque, le Tableau 1 en annexe précise les atmosphères extérieures permises.

### 2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "S-Class Intégration" est l'association d'un module photovoltaïque (Figure 1) équipé d'un cadre Solrif en profils d'aluminium (Figure 2) et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture (Figure 3).

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

Cette livraison est effectuée par kits de puissance électrique. Dans le cadre de projets particuliers, la livraison peut être assurée après la validation par CENTROSOLAR France SARL du dimensionnement effectué par l'installateur.

#### 2.1 Module photovoltaïque

##### 2.1.1 Film polymère

- composition : à base de 2 couches de PET (Polyéthylène téréphtalate) et d'un primaire permettant une meilleure adhérence à l'EVA,
- épaisseur : 295  $\mu\text{m} \pm 5\%$ ,
- tension diélectrique maximum admissible : 1035 V.

##### 2.1.2 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées proviennent de 4 fournisseurs différents :

|                             | MOTECH                | DELSOLAR         | SOLLAND          | CHINALIGHT       |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Dénomination commerciale    | IM156                 | D6E/D6G          | S156PS           | CLSP156          |
| Technologie des cellules    | poly-cristalline      | mono-cristalline | poly-cristalline | poly-cristalline |
| Épaisseur ( $\mu\text{m}$ ) | 180 $\pm$ 30          |                  |                  |                  |
| Dimensions (mm)             | (156 x 156) $\pm$ 0,5 |                  |                  |                  |

Au nombre de 50, ces cellules sont connectées en série et réparties en 5 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules horizontalement : (2  $\pm$  1) mm,
- distance minimale entre cellules verticalement : (2  $\pm$  1) mm,
- distance minimale au bord horizontalement : (17,25  $\pm$  2) mm,
- distance minimale au bord verticalement : (17,25  $\pm$  2) mm.

##### 2.1.3 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé.

##### 2.1.4 Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) d'épaisseur 470  $\mu\text{m}$  permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

## 2.15 Vitrage

- Nature : verre Centrosolar Glass HIT SM imprimé et trempé selon la norme EN 12150,
- Facteur solaire : 95,8 %,
- Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm,
- Dimensions (pour les deux types de modules) : 1 632 mm x 832 mm.

## 2.16 Constituants électriques

### 2.161 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant SPELSBERG, de dénomination commerciale PV 1410 est collée en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : 141 mm x 101 mm x 28 mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec trois diodes bypass (voir § 2.162) et permet le raccordement aux câbles assurant la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection : IP65,
- Tension de système maximum : 1 000 V entre polarités,
- Intensité assignée : 8,5 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.

### 2.162 Diodes bypass

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

Ces 3 diodes protègent respectivement 20, 20 et 10 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 Lapp de 1,135 m de longueur chacun et de section 4 mm<sup>2</sup>. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de jonction, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir § 2.164).

- Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :
  - plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 85 °C,
  - classe II de sécurité électrique,
  - tension assignée : 1 000 V,
  - certificat TÜV 1169/08.07 selon les spécifications 2PfG.

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 C15-712-1 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 connecteurs débouchables au moyen d'un outil, préassemblés en usine aux câbles des modules. Ils sont de marque Lapp, certifiés par le TÜV et de caractéristiques suivantes :

- indice de protection électrique IP 65 en état connecté,
- classe II de sécurité électrique,
- tension assignée de 1 000 V,
- courant maximum admissible 25A,
- plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
- résistance de contact < 0,2 mΩ,
- certificat TÜV n°28387, essai selon la norme EN 50521 :2008.

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

Les connecteurs des câbles supplémentaires (pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur) doivent être de même marque, du même type et du même fabricant que ceux équipant les modules.

### 2.165 Connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Le cadre supérieur de chaque module photovoltaïque est équipé de deux trous dans lesquels l'électricien pourra visser un câble de terre (Figure 4). Cette liaison sera effectuée conformément aux recommandations du guide UTE C15-712-1 en vigueur par le biais de cosses à sertir étamée (Figure 5).

## 2.2 Cadre du module photovoltaïque

Quatre profils d'aluminium brut EN AW-6060 T66 extrudés encadrent chaque module photovoltaïque.

La conception des deux profilés latéraux permet d'effectuer un emboîtement latéral entre deux modules photovoltaïques cadrés.

- Les modules d'inertie du profilé droit sont :
  - l/v horizontal = 380 mm<sup>3</sup>,
  - l/v vertical = 1 010 mm<sup>3</sup>.
- Les modules d'inertie du profilé gauche sont :
  - l/v horizontal = 310 mm<sup>3</sup>,
  - l/v vertical = 1 100 mm<sup>3</sup>.
- Le profilé supérieur est équipé d'un joint EPDM antirefoulement et d'une rainure supplémentaire permettant la fixation de la vis de maintien de l'abergement supérieur ; les modules d'inertie de ce profilé supérieur sont :
  - l/v horizontal = 570 mm<sup>3</sup>,
  - l/v vertical = 1 650 mm<sup>3</sup>.
- Le profilé inférieur est placé en face arrière du module photovoltaïque. Les modules d'inertie de ce profilé inférieur sont :
  - l/v horizontal = 140 mm<sup>3</sup>,
  - l/v vertical = 100 mm<sup>3</sup>.

Ces profilés peuvent être commercialisés en deux finitions : aluminium poli ou aluminium thermolaqué (version de module "Deluxe"), sous label QUALICOAT classe 2, avec une poudre polyester de teinte RAL 7016 d'épaisseur 60 µm, conforme à la norme XP P 34-301.

L'assemblage de cet encadrement se fait à l'usine CENTROSOLAR Groupe AG de Wismar (Allemagne), par un collage au silicone et fixations mécaniques à l'aide de cales, équerres et visserie.

## 2.3 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés, par projet, par la société CENTROSOLAR France SARL.

### 2.31 Éléments de fixation (Figure 6)

#### 2.311 Crochets

Les éléments de fixation des modules photovoltaïques sont composés de différents crochets. Ces crochets sont en acier inoxydable 1.4310 X10CrNi 18-8 ou 1.4404 X2CrNiMo17-12-2, écrouis de niveau de résistance à la traction +C 1 000 selon la norme NF EN 10088-2. Le type d'acier inoxydable retenu sera fonction des conditions d'expositions du projet (voir Tableau 1).

Les crochets sont fixés dans les chevrons de modules par 4 vis 4 x 40 mm en acier inoxydable dont les caractéristiques sont données au § 0.

- Crochet "cadre"

Ces crochets permettent la fixation des modules photovoltaïques en venant s'appuyer sur les profilés latéraux de ceux-ci.

Ils sont composés de deux pièces soudées l'une à l'autre, qui sont fixées lors de la mise en œuvre par quatre vis 4 x 40 mm (voir § 0). Les deux pièces ont chacune une épaisseur de 2 mm.

Ils existent en deux types de finitions : naturel ou thermolaqué de teinte RAL 7016 par peinture polyester d'épaisseur 60 µm, conforme à la norme XP P 34-301.

Dimensions hors-tout (L x l x h) : 103,5 mm x 55 mm x 38 mm.
- Crochets "chant"

Ces crochets permettent la fixation des modules photovoltaïques en venant s'appuyer sur le bord inférieur de ceux-ci, au centre pour le montage à "3 crochets", et au tiers des extrémités pour le montage à "4 crochets".

Du fait de ce contact avec le verre, l'extrémité de ces crochets présente un gainage en plastique.

Ils sont composés de deux pièces, soudées l'une à l'autre, qui sont fixées lors de la mise en œuvre par quatre vis 4 x 40 mm (voir § 0). Les deux pièces ont chacune une épaisseur de 2 mm.

Ils existent en deux types de finitions : naturel ou thermolaqué de teinte RAL 7016 par peinture polyester d'épaisseur 60 µm, conforme à la norme XP P 34-301.

Dimensions hors-tout (L x l x h) : 103,5 mm x 55 mm x 38 mm.
- Crochet "supérieur"

Ces crochets permettent la fixation de la dernière rangée de modules photovoltaïques en partie supérieure du champ photovoltaïque. Ils vont s'appuyer sur les profilés supérieurs de ceux-ci.

Ils sont composés d'une seule pièce de 2 mm d'épaisseur et fixés lors de la mise en œuvre par quatre vis 4 x 40 mm (voir § 0).

Dimensions hors-tout (L x l x h) : 85 mm x 55 mm x 19 mm.

### 2.312 Cale de crochet

Uniquement présentes sur la première rangée de crochet, ces cales sont destinées à limiter la flexion des crochets et à assurer leur bon positionnement sur les chevrons de module.

Usinées en polyéthylène haute densité (PEHD) et fixées lors de la mise en œuvre par une vis 4 x 40 mm (voir § 0).

Dimensions hors tout (L x l x h) : 25 mm x 25 mm x 15 mm. Visserie pour la fixation des crochets sur le chevron de module.

Visserie à bois tendre "VBU TF" de la société ETANCO en acier inoxydable A2 ou A4 selon l'ISO 3506 NF E 25-100 de diamètre 4 mm et longueur 40 mm (*diamètre tête 8 mm*), à pointe antifendage, ayant une résistance à l'arrachement  $P_k$  de 250 daN avec un ancrage de 30 mm dans le bois.

Le type d'acier inoxydable de la vis (A2 ou A4) sera choisi en fonction de l'exposition atmosphérique (voir tableau 1).

### 2.32 Éléments de finition

Les éléments de finition permettent de relier l'installation photovoltaïque aux éléments de couverture existants (ou à l'égout) et de finaliser la mise en œuvre.

#### • Abergement latéraux droit et gauche

##### - Cas des tuiles à relief :

Ces pièces sont destinées à assurer la jonction du champ photovoltaïque avec les éléments de couvertures des parties latérales de l'installation.

Elles sont réalisées en aluminium EN AW-3005 (AlMn1Mg0.5). Ces pièces sont commercialisées en deux finitions : aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par "coil coating" Ral 7005 ép. 25 µm pour la version "intégration" ou aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par coil coating Ral 7016 ép. 25 µm pour la version "intégration Deluxe" (Figure 7).

D'une longueur de 1000 mm et d'épaisseur 0,75 mm, ces pièces sont maintenues par 3 agrafes d'abergement réparties sur la longueur et fixées dans le lattis par vis à bois 4,5 x 25 mm ainsi que par 2 vis 4,5 x 25 mm fixées dans le chevron de module et munies d'une rondelle d'étanchéité de diamètre 20 mm avec joint EPDM vulcanisé. L'emplacement des vis est déterminé par 2 perçages de diamètre 6 mm, à 25 mm au-dessus de la plage de courant d'eau.

##### - Cas des tuiles plates et ardoises :

Les abergements latéraux fournis par CENTROSOLAR ne sont pas compatibles avec les couvertures en ardoises ou tuiles plates. Il est nécessaire de les réaliser à façon (Figure 7 bis), conformément aux prescriptions des § 4.3.2.2 du DTU 40.11 et § 4.4.7 du DTU 40.23 concernant les couvertures en ardoises et en tuiles plates.

Leur longueur est égale à la longueur de l'ardoise (ou tuile plate) et leur largeur est égale à la moitié de la largeur minimum de l'ardoise (ou tuile plate).

#### • Abergements supérieurs gauche, droit et intermédiaires

Ces pièces sont destinées à assurer la jonction du champ photovoltaïque avec les éléments de couverture supérieurs. En cas d'assemblage de plus de deux tôles supérieures, l'abergement supérieur droit est utilisé comme abergement intermédiaire.

Elles sont réalisées en aluminium EN AW-3005 (AlMn1Mg0.5). Ces pièces sont commercialisées en deux finitions : aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par "coil coating" Ral 7005 ép. 25 µm pour la version "intégration" ou aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par coil coating Ral 7016 ép. 25 µm pour la version "intégration Deluxe" (Figure 8).

De dimensions 579 mm x 1680 mm et d'épaisseur 0,75 mm pour l'abergement supérieur gauche, et de dimensions 579 mm x 1 659 mm pour l'abergement supérieur droit et intermédiaire, elles sont maintenues par 4 agrafes d'abergement réparties sur la longueur, vissées dans le lattis au moyen de vis à bois 4,5 x 25 mm. Elles sont d'autre part maintenues dans la rainure libre du cadre supérieur des modules par 4 vis auto-perceuses avec rondelles d'étanchéité au travers des pré-perçages.

Ces abergements sont adaptés aux couvertures en tuiles plates ou ardoises.

#### • Coulisserie d'abergement

Ces pièces sont destinées à assurer la jonction par coulisement des abergements supérieurs entre eux et des abergements supérieurs avec les abergements d'angles.

Elles sont réalisées en aluminium EN AW-3005 (AlMn1Mg0.5). Ces pièces sont commercialisées en deux finitions : aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par "coil coating" Ral 7005 ép. 25 µm pour la version "intégration" ou aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par coil coating Ral 7016 ép. 25 µm pour la version "intégration Deluxe".

De dimensions 580 mm x 61,5 mm et d'épaisseur 0,75 mm, elles sont pourvues de chemises de garantie qui assurent une protection contre les pénétrations d'eau (Figure 10).

#### • Abergement d'angle supérieur droit et gauche

Ces pièces sont destinées à assurer la jonction entre les abergements supérieurs et latéraux.

Elles sont réalisées en aluminium EN AW-3005 (AlMn1Mg0.5). Ces pièces sont commercialisées en deux finitions : aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par "coil coating" Ral 7005 ép. 25 µm pour la version "intégration" ou aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par coil coating Ral 7016 ép. 25 µm pour la version "intégration Deluxe" (Figure 9).

#### • Agrafe d'abergement

Ces agrafes permettent le maintien des abergements sur la structure support en bois. Elles sont en acier inoxydable d'épaisseur 0,4 mm (Figure 11).

#### • Boîte de protection

Ces pièces sont fixées en bout de chevrons de modules afin de les protéger des projections d'eau.

Elles sont réalisées en aluminium EN AW-3005 (AlMn1Mg0.5). Ces pièces sont commercialisées en aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par "coil coating" Ral 7016 ép. 25 µm.

De dimensions 100 mm x 37 mm x 25 mm et d'épaisseur 0,75 mm, elles contiennent trois orifices en partie haute afin d'être fixées avec la vis de maintien des cales de crochet sur les chevrons.

Elles sont placées dans l'axe des chevrons pour les chevrons sous le champ photovoltaïque et sont alignées avec les bords extérieurs des chevrons placés aux extrémités du champ photovoltaïque pour permettre la mise en place des abergements latéraux (Figure 11).

#### • Support d'abergement

Ces supports permettent d'assurer la rigidité des abergements supérieurs sous charges de neige.

Ce sont des éléments de 1 mm d'épaisseur, en aluminium EN AW-3005 (AlMn1Mg0.5). Ces pièces sont commercialisées en aluminium revêtu Polyester/Polyuréthane par "coil coating" Ral 7005 ép. 25 µm. Ils sont munis en partie basse de perçages de 5 mm de diamètre pour permettre leur fixation dans les liteaux de couverture par des vis 4 x 40 mm en INOX A4 (Figure 10).

#### • Grille de ventilation

Positionnée sur les nez de chevrons, elle est destinée à s'opposer à l'intrusion de feuilles et d'animaux sous les modules photovoltaïques.

Elle est en aluminium EN AW-3003 H14 bilaquée de couleur RAL (8004) et noir RAL 9005. De hauteur 50 mm, elle est fixée par des vis calotins 4,5 x 45 en acier inoxydable laqué avec rondelle de 20 mm et avec joint EPDM vulcanisé (*non fournis*). La grille de ventilation est réalisée en aluminium EN AW-3003 H14 (Figure 12).

#### • Bande compressive

Positionnée et collée en bordure des abergements supérieurs et latéraux en périphérie du champ photovoltaïque, elle est destinée à obturer l'espace entre l'élément de couverture et l'abergement.

C'est une mousse de polyuréthane ouverte-cellulaire, imprégnée d'une base acrylate.

#### • Visserie pour la fixation des agrafes d'abergements

Ce sont des vis à bois électrozingué de dimensions 4,5 mm x 25 mm qui sont fixées dans le lattis.

#### • Visserie pour la fixation des abergements supérieurs

Ce sont des vis autoperceuses avec pointe forêt, à tête hexagonale en acier inoxydable de dimensions 4,8 mm x 19 mm, munies d'une rondelle d'étanchéité vulcanisée. Ces vis sont fixées dans le profilé supérieur des cadres des modules situés en rive haute du champ.

#### • Visserie pour la fixation des abergements latéraux

Ces vis sont destinées à assurer la tenue des abergements latéraux afin de garantir la reprise d'étanchéité à leur emboîtement sous les cadres de modules. Elles sont vissées dans le chevron de module au travers de l'abergement.

Ce sont des vis à bois en acier inoxydable de dimensions 4,5 x 25 mm avec rondelle d'étanchéité en acier inoxydable doté d'un joint en EPDM vulcanisé de 20 mm de diamètre.

## 3. Autres éléments

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

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

- Écran de sous-toiture

La présence d'un écran de sous-toiture est obligatoire. Dans le cas où l'écran de sous-toiture doit être rajouté, 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.

- Les planches

Elles sont en bois résineux de classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et de classement visuel ST-II selon la NF B 52-001, d'une classe de résistance minimale C24 selon la NF EN 338 et présentent une humidité inférieure à 20 %.

Elles ont une section minimale de 15 mm x 200 mm ou 18 x 150 mm. Elles sont destinées à :

- assurer systématiquement le support de la bande d'étanchéité basse et le premier appui des chevrons de module en rive basse du champ photovoltaïque,
- constituer le voligeage nécessaire à la mise en œuvre de l'écran de sous-toiture,
- assurer le soutien des chevrons de modules lorsque la section des liteaux est insuffisante.

- Les contres-liteaux

Ils sont de section minimum 20 mm x 36 mm (20 mm correspondant à la lame d'air supérieure minimale) et sont destinés à la pose de l'écran de sous-toiture. Ils sont en bois résineux de classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et de classement visuel ST-II selon la NF B 52-001, d'une classe de résistance minimale C24 selon la NF EN 338 et présentent une humidité inférieure à 20 %.

- Planche délardée

Nécessaire dans le cas d'un voligeage pour la mise en œuvre de l'écran de sous-toiture sur charpente existante, la qualité du bois doit être identique à celle des voliges. Elle est de longueur égale à celle du champ photovoltaïque et prolongée jusqu'au chevron porteur située au-delà du champ.

- Les chevrons supports des modules

Ils sont de section 38 mm x 58 mm, de classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et de classement visuel ST-II selon la NF B 52-001, d'une classe de résistance minimale C24 selon la NF EN 338 et présentent une humidité inférieure à 20 %.

La quantité et la longueur dépend des caractéristiques du champ photovoltaïque :

|                                | 3 crochets                  | 4 crochets                 |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Nombre de chevrons             | (2 x Nbre de colonnes) + 1  | (3 x Nbre de colonnes) + 1 |
| Longueur des chevrons          | (Nbre de lignes x 833) + 75 |                            |
| Entraxe des chevrons de module | 831,5 mm                    | 555 mm                     |

- Visserie des chevrons, liteaux et planches

Ces vis permettent le maintien :

- des chevrons support de modules sur les liteaux ou les planches,
- des planches ou liteaux sur les chevrons de charpente (au travers ou non des contre-liteaux).

Ce sont des vis à filetage à bois tendre en acier électrozingué bichromaté de diamètre 5 mm. La fixation des chevrons de modules se fait avec des vis de longueur 70 mm et la fixation des liteaux et planches avec des vis de longueur 70 ou 90 mm (vis de longueur 90 mm si l'épaisseur des liteaux et planches à fixer dépasse 32 mm). Ces vis doivent présenter une résistance caractéristique à l'arrachement  $P_k$  de 250 daN avec un ancrage minimum de 30 mm dans le bois et bénéficier d'un certificat d'homologation pour un dimensionnement selon la EN 1995-1-1 ou doivent être conformes à la norme NF EN 14592.

- Bande d'étanchéité basse

Cet élément est une bande de plomb plissé ou une bande sous Avis Technique, utilisé pour assurer l'étanchéité en partie basse du champ photovoltaïque. De largeur au moins égale à 500 mm, la bande d'étanchéité basse doit recouvrir les tuiles sur au moins 150 mm une fois le marouflage effectué.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses entre le champ photovoltaïque et la prise de terre

La liaison équipotentielle des masses doit être réalisée conformément aux informations indiquées dans l'UTE C 15-712-1. Les profilés supérieurs sont équipés de deux trous prépercés dans lesquels une vis autotaraudeuse (non fournie) peut être fixée. Les câbles peuvent

être fixés à l'aide d'une cosse à sertir ronde étamée ou bimétal mise en contact sur le cadre par vissage de la vis autotaraudeuse (Figure 13).

- Bande d'égout

Ces pièces sont destinées à raccorder le champ photovoltaïque en partie basse lors d'une mise en œuvre jusqu'à la gouttière ou chéneau.

Non fournies par Centrosolar France SARL, elles sont réalisées à façon dans un matériau propre à la couverture et compatible avec les éléments adjacents.

- Vis pour la fixation de la grille de ventilation

Cette vis dite "calotin" maintient les grilles de ventilation. C'est une vis à bois en acier inoxydable laqué dont les dimensions sont 4,5 x 25 mm. Elle est dotée d'une rondelle de 20 mm avec un joint EPDM vulcanisé.

- Gabarit

Cette pièce doit être confectionnée pour positionner les crochets de maintien des modules d'une ligne supérieure à 13 mm du cadre des modules situés en aval (12 mm pour les crochets chant).

## 4. Conditionnement, étiquetage, stockage

Les modules sont conditionnés verticalement par 25 dans des cartons fixés sur des palettes.

Avant conditionnement et stockage, une étiquette est collée en face arrière du module : elle mentionne le nom et l'adresse du fabricant, le modèle du produit, les caractéristiques électriques du produit et ses certifications.

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

Lors de la livraison du kit "S-Class Intégration", une liste des pièces contenues dans les colis est fournie précisant le nombre de chacune de celles-ci. Le bon de livraison indique la référence ainsi que la quantité des pièces fournies.

Sur chantier, le stockage des palettes doit être fait à l'abri des intempéries afin de ne pas endommager le carton ou l'onduleur.

La palette sera posée sur une surface plane afin d'éviter tout risque de basculement et de chute du colis.

## 5. Caractéristiques dimensionnelles

L'ensemble des éléments du procédé "S-Class Intégration" (module(s) et système de montage) est commercialisé, par projet, par la société CENTROSOLAR France SARL.

| Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques |                  |
|--------------------------------------------------------------|------------------|
| Dimensions hors-tout (mm)                                    | 1 682 x 864 x 32 |
| Dimensions utiles du laminé photovoltaïque (mm)              | 1 663 x 833 x 16 |
| Surface hors-tout (m²)                                       | 1,453            |
| Surface d'entrée (m²)                                        | 1,385            |
| Masse (kg)                                                   | 17               |
| Masse spécifique (kg/ m²)                                    | 11,7             |

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 dimensionnelles des champs photovoltaïques sans abergement  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Largeur du champ                                                             | (NbX x Kx) + 19  |
| Longueur de champ                                                            | (NbY x Ky) + 95  |
| Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques avec abergements |                  |
| Largeur du champ                                                             | (NbX x Kx) + 359 |
| Longueur de champ                                                            | (NbY x Ky) + 840 |

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

## 6. Caractéristiques électriques

### 6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "SxxxP50 intégration" ou "SxxxP50 intégration Deluxe" ou "SyyyM50 intégration" ou "SyyyM50 intégration Deluxe" (avec xxx allant de 185 à 230 Wc et yyy allant de 185 à 200 et de 210 à 225 Wc par pas successifs de 5Wc) ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "SxxxP50 intégration" ou "SxxxP50 intégration Deluxe" ou "SyyyM50 intégration" ou "SyyyM50 intégration Deluxe" (avec xxx allant de 185 à 230 Wc et yyy allant de 185 à 200 et de 210 à 225 Wc par pas successifs de 5Wc) 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 de sécurité électrique II jusqu'à 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 : éclairement de 1 000 W/m² et répartition spectrale solaire de référence selon la CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

| Modules                        | SxxxP50 intégration / intégration Deluxe |       |       |       |       |
|--------------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>mpp</sub> (W)           | 185                                      | 190   | 195   | 200   | 205   |
| U <sub>co</sub> (V)            | 30,65                                    | 30,75 | 31,06 | 31,27 | 31,5  |
| U <sub>mpp</sub> (V)           | 24,10                                    | 24,15 | 23,99 | 24,14 | 24,56 |
| I <sub>cc</sub> (A)            | 8,09                                     | 8,27  | 8,83  | 8,95  | 9,01  |
| I <sub>mpp</sub> (A)           | 7,68                                     | 7,87  | 8,15  | 8,29  | 8,36  |
| αT (P <sub>mpp</sub> ) [% / K] | -0,45                                    |       | -0,43 |       |       |
| αT (U <sub>co</sub> ) [% / K]  | -0,36                                    |       | -0,36 |       |       |
| αT (I <sub>cc</sub> ) [% / K]  | 0,03                                     |       | 0,03  |       |       |
| Courant inverse maximum (A)    | 12,5                                     |       | 15    |       |       |

| Modules                        | SxxxP50 intégration / intégration Deluxe |       |       |       |
|--------------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|
| P <sub>mpp</sub> (W)           | 210                                      | 215   | 220   | 225   |
| U <sub>co</sub> (V)            | 31,65                                    | 31,87 | 32,09 | 32,31 |
| U <sub>mpp</sub> (V)           | 24,75                                    | 24,88 | 25,06 | 25,20 |
| I <sub>cc</sub> (A)            | 9,13                                     | 9,26  | 9,40  | 9,52  |
| I <sub>mpp</sub> (A)           | 8,49                                     | 8,64  | 8,78  | 8,93  |
| αT (P <sub>mpp</sub> ) [% / K] | -0,43                                    |       |       |       |
| αT (U <sub>co</sub> ) [% / K]  | -0,36                                    |       |       |       |
| αT (I <sub>cc</sub> ) [% / K]  | 0,03                                     |       |       |       |
| Courant inverse maximum (A)    | 15                                       |       |       |       |

| Modules                        | SxxxM50 intégration / intégration Deluxe |       |       |       |       |
|--------------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>mpp</sub> (W)           | 185                                      | 190   | 195   | 200   | 210   |
| U <sub>co</sub> (V)            | 30,40                                    | 30,50 | 30,60 | 30,97 | 31,57 |
| U <sub>mpp</sub> (V)           | 24,15                                    | 24,15 | 24,20 | 24,27 | 24,95 |
| I <sub>cc</sub> (A)            | 8,15                                     | 8,33  | 8,51  | 8,91  | 9,03  |
| I <sub>mpp</sub> (A)           | 7,68                                     | 7,87  | 8,06  | 8,26  | 8,42  |
| αT (P <sub>mpp</sub> ) [% / K] | -0,43                                    |       |       | -0,43 |       |
| αT (U <sub>co</sub> ) [% / K]  | -0,36                                    |       |       | -0,36 |       |
| αT (I <sub>cc</sub> ) [% / K]  | 0,03                                     |       |       | 0,03  |       |
| Courant inverse maximum (A)    | 12,5                                     |       |       | 15    |       |

| Modules                        | SxxxM50 intégration / intégration Deluxe |       |       |       |
|--------------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|
| P <sub>mpp</sub> (W)           | 215                                      | 220   | 225   | 230   |
| U <sub>co</sub> (V)            | 31,75                                    | 31,82 | 31,98 | 32,09 |
| U <sub>mpp</sub> (V)           | 25,24                                    | 25,49 | 25,74 | 26,05 |
| I <sub>cc</sub> (A)            | 9,13                                     | 9,22  | 9,34  | 9,41  |
| I <sub>mpp</sub> (A)           | 8,52                                     | 8,63  | 8,74  | 8,83  |
| αT (P <sub>mpp</sub> ) [% / K] | -0,43                                    |       |       |       |
| αT (U <sub>co</sub> ) [% / K]  | -0,36                                    |       |       |       |
| αT (I <sub>cc</sub> ) [% / K]  | 0,03                                     |       |       |       |
| Courant inverse maximum (A)    | 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 Fabrication des profilés du module et des profilés de jointure

Les profilés du module et les profilés de jointure sont fournis par la société ERNST SCHWEIZER dont le siège se situe à Hedingen en Suisse. Les sites de cette société sont certifiés ISO 9001 et ISO 14001.

Les contrôles pratiqués lors de cette fabrication sont essentiellement des contrôles dimensionnels des pièces.

Le site de fabrication d'Hedingen de la société ERNST SCHWEIZER fait l'objet d'un suivi de fabrication de la part du TÜV RHEINLAND au travers de la certification du procédé SOLRIF selon une spécification TÜV TZE/2.5572.10.

La société ERNST SCHWEIZER s'engage à ce que la qualité des profilés soit conforme aux spécifications de CENTROSOLAR France SARL. La société CENTROSOLAR France SARL se réserve le droit de vérifier la qualité des produits réceptionnés en réalisant des contrôles sur des prélèvements représentatifs.

7.2 Fabrication des modules photovoltaïques et assemblage avec leurs profilés

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec les profilés sont effectués sur le site de la société CENTROSOLAR Groupe AG à Wismar (Allemagne), certifiés ISO 9001.

Les cellules photovoltaïques sont soumises à un contrôle dimensionnel par caméra et sont assemblées par string par un automate.

Le film EVA est placé sur le vitrage, l'ensemble est positionné en sortie de machine de brasage. La machine de brasage positionne 5 lignes de 10 cellules sur le film EVA. Un contrôle de l'EVA est systématiquement réalisé lors d'un changement de batch.

Des opératrices(teurs) brasent les extrémités de chaque ligne sur des rubans de Sn Pb Ag qui seront ensuite raccordés à la boîte de jonction.

Le film EVA puis la feuille de Tedlar® sont placés sur les cellules.

L'ensemble est ensuite placé dans un four à 150 °C pendant 20 min.

La boîte de jonction est collée sur la feuille de Tedlar par des opératrices(teurs). Les rubans de Sn Pb Ag ainsi que les diodes bypass et le jeu de câbles/connecteurs sont ensuite raccordés dans la boîte de jonction.

Le cadre Solrif est ensuite assemblé sur le complexe photovoltaïque par des opératrices(teurs) de façon permanente en ajoutant des liaisons mécaniques au travers de cales, équerres et visseries.

Le contrôle effectué sur les modules consiste en un "flash test" de chaque module afin de déterminer ses caractéristiques électriques : la tolérance positive sur la puissance maximale est de + 4,99 %.

7.3 Fabrication du système de montage

7.31 Fabrication des éléments de fixation

Les éléments de fixation (les crochets) sont fabriqués par la société REYDELET DUMOULIN, société du groupe dm2F certifié ISO 9001. Ces pièces sont réalisées grâce à des procédés de découpe et d'emboutissage. Un plan de contrôle qualité est établi avec la société Reydelet en respect des résultats de capabilité du process de fabrication et de criticité des cotes de mise en œuvre. Un certificat matière est transmis à la société Reydelet à chaque réception des lots d'acier inoxydable.

7.32 Fabrication des éléments de finition

Les éléments de finition sont réalisés par des sociétés de métallurgie (en suivant le cahier des charges établi par la société CENTROSOLAR France SARL). Les pièces sont réalisées grâce aux procédés de découpe et de pliage. Un plan de contrôle qualité est établi avec le fournisseur en respect des résultats de capabilité du process de fabrication et de criticité des cotes de mise en œuvre.

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage.

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 ci-après.

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle. Ils ne peuvent être mis en œuvre qu'en mode paysage : la plus grande dimension du module étant perpendiculaire à la pente de la toiture.

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance 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 (*charges admissibles de celle-ci non dépassées*), la présence ou non d'un écran de sous-toiture.

## 8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé S-Class Intégration requiert trois types de compétences :

- Compétences en charpente : mise en œuvre du voligeage, contrôle et reprise de la structure porteuse.
- 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 "BOV" pour le raccordement des modules, habilitation "BR" pour le branchement aux onduleurs (*au sens de la publication UTE C18-510*).

L'installateur, s'il le souhaite, peut recevoir une formation spécifique concernant la mise en œuvre du procédé "S-Class Intégration". Cette formation est dispensée par Centrosolar France SARL dans son centre de formation situé à Lyon.

## 8.3 Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité (*protections collectives harnais, ceintures, équipements, dispositifs d'arrêt...*) est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur (*par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente*) 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 (*dénommé 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 (*dénommé 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*).

### 8.4.2 Connexion des câbles électriques

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 (polarités positives et négatives et câbles de liaison équipotentielle des masses) se fait au fur et à mesure de la pose des modules (de la droite vers la gauche et du bas vers le haut). Ces câbles doivent être rassemblés à proximité des abergements supérieurs et circuler ensemble le long de la toiture afin de limiter les champs induits. Au bout de chaque rangée de modules, une rallonge électrique est fournie pour ramener les conducteurs au début de la rangée suivante.

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) devra toujours se faire à l'aide de connecteurs mâles et femelles de la même marque, du même type et du même fabricant. Pour se faire, il sera éventuellement nécessaire de confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant de deux connecteurs de types différents (liaison entre modules et onduleurs).

### • Câbles de liaison équipotentielle des masses

La liaison équipotentielle des masses doit être réalisée conformément aux informations indiquées dans le guide UTE C15-712-1 en vigueur. Les profilés supérieurs sont équipés de deux trous prépercés dans lesquels une vis autotaraudeuse (non fournie) peut être fixée. Les câbles peuvent être fixés à l'aide d'une cosse à sertir ronde étamée ou bimétal mise en contact sur le cadre par vissage de la vis autotaraudeuse (*Figure 4*). Les conducteurs de liaison équipotentielle des masses doivent être reliés à la prise de terre du bâtiment après vérification préalable de sa conformité.

### • Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

Lorsque l'installation ne présente pas de support continu par voliges, le passage des câbles électriques et des câbles de liaison équipotentielle des masses à travers l'écran de sous-toiture doit être réalisé entre le recouvrement horizontal des lés à proximité des chevrons de toit ou au faîtage (*Figure 29*).

Lorsque l'installation nécessite la mise en œuvre d'un support continu par voliges (*cas d'un ajout d'un écran de sous-toiture*), les câbles doivent passer au faîtage dans l'espace ménagé par la planche délardée sous l'abergement supérieur (*Figure 30*).

Les câbles (*électriques et de liaison équipotentielle des masses*) doivent être posés dans des gaines techniques repérées et prévues à cet effet ou au travers des combles, 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 ».

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

## 8.5 Mise en œuvre en toiture

### 8.5.1 Pose en partie partielle de toiture

Ce paragraphe décrit le montage du procédé en remplacement d'éléments de couverture en partie partielle de toiture.

La mise en œuvre doit être en accord avec les tableaux 2 et 3. La logique de la vérification structurale de la charpente et du liteauage à rajouter est la suivante :

- le *tableau 2* indique, en fonction de la pression normale de vent ascendant du site (*selon les règles NV65 modifiées*) et du nombre de crochets de maintien des modules photovoltaïques (3 ou 4 crochets) : les sections minimales des éléments de litemage et des chevrons de module, le nombre de fixations entre le litemage et les chevrons de charpente.
- Le *tableau 3* permet de vérifier que les éléments structuraux donnés dans le *tableau 2* sont aptes à recevoir les charges de neige du projet. On vérifie alors l'adéquation de l'altitude du projet avec les sections minimales du litemage et des chevrons de modules préalablement exigées dans le *Tableau 2*.
- Seul le *tableau 2* présente des exigences de fixation. On retiendra les fixations données dans le *Tableau 2*, ces éléments étant dimensionnés par les charges de vent.

### 8.5.1.1 Conditions préalables à la pose

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier :

- la présence ou non d'un écran de sous-toiture,
- que l'entraxe entre chevrons de la toiture est inférieur à 650 mm,
- que l'entraxe entre liteaux de la toiture est inférieur à 410 mm,
- que la section minimale de ces liteaux est de 25 mm x 38 ou 32 mm x 32 mm, ceci afin de conserver ces derniers (*cf. Tableau 2 et Tableau 3*). Les liteaux existants ne sont en aucun cas utilisables pour la fixation des chevrons support des modules.

## 8.512 Préparation de la toiture

### 8.5121 Calepinage du champ photovoltaïque

Il convient de vérifier la répartition et le calepinage des modules photovoltaïques sur la toiture et, dans le cas d'une toiture existante, de découvrir la zone d'implantation des éléments de couverture existants. La surface qui devra être ménagée pour l'implantation des modules photovoltaïques devra posséder les dimensions indiquées au § 5 en y rajoutant un ou deux rangs d'éléments de couverture en fonction de leur nature.

Par ailleurs, afin d'éviter, dans la mesure du possible, 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 lisseau et la partie basse du procédé photovoltaïque doit comporter une étanchéité basse recouvrant d'au moins 10 cm 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.
- Tuiles plates (DTU 40.23 et 40.25) et ardoises (DTU 40.11 et 40.13) :
  - Dans le cas d'une mise en œuvre associée à des tuiles plates ou à des ardoises, les extrémités de la bande de plomb plissée doivent se trouver à une distance de l'élément de couverture d'au moins un quart de sa largeur pour éviter d'être à l'aplomb de la jonction de deux tuiles ou ardoises.

### 8.5122 Type de liteauage pouvant recevoir le procédé photovoltaïque

Trois principes de réalisation et/ou optimisation du liteauage accueillant le procédé S-Class Integration peuvent être distingués :

#### • Charpente pas encore réalisée

Il convient alors de mettre en œuvre les sections de liteaux minimum demandées dans les tableaux 2 et 3 et un écran de sous-toiture conformément au CPT n° 3651 du CSTB et aux recommandations du fabricant.

#### • Charpente existante et possédant un écran de sous-toiture

Il convient de vérifier que les exigences des tableaux 2 et 3 sont respectées (sections minimales du lisseage, altitude du projet).

Si ces exigences sont respectées, des liteaux neufs de même section que les existants sont ajoutés (*entraxe maximum de 410 mm*) et fixés dans les chevrons de charpente par des vis 5 x 70 (ou 90) mm au travers des contre-liteaux. Cette prescription de fixation est réalisée à l'intersection de chaque lisseau neuf et chevron de charpente. Les chevrons de module sont, quant à eux, fixés dans tous les liteaux neufs par des vis 5 x 70 mm.

Si la section des liteaux est insuffisante, il est nécessaire de rajouter entre les liteaux existants, des planches fixées dans les chevrons de charpente par des vis 5 x 70 (ou 90) mm. Ces planches doivent avoir la même épaisseur que les liteaux existants sans toutefois présenter une section inférieure à celle prescrite dans les *Tableau 2* et *Tableau 3*. Les chevrons de module seront fixés dans ces planches.

#### • Charpente existante ne possédant pas d'écran de sous-toiture

La mise en œuvre de l'écran de sous-toiture nécessite la réalisation d'un voligeage par mise en place de planches, entre les liteaux existants, fixées par vis 5 x 70 (ou 90) mm dans les chevrons de charpente.

Ces planches doivent avoir la même épaisseur que les liteaux existants sans toutefois présenter une section inférieure à celle prescrite dans les tableaux 2 et 3. Les chevrons de module seront fixés dans ces planches.

L'installateur peut également choisir de retirer l'ensemble du liteauage existant et suivre alors la démarche dictée au premier point de ce paragraphe pour les charpentes non encore réalisées.

Le raccord longitudinal de 2 chevrons de module alignés sera réalisé de la façon suivante :

- lorsque le raccord longitudinal se trouve au milieu d'une planche de lisseage, chaque extrémité des 2 chevrons de module adjacents est alors fixée dans la planche d'appui.
- lorsque le raccord longitudinal se trouve à l'aplomb d'un lisseau dont la section ne permet pas la fixation de chaque extrémité des chevrons de module adjacents, ce lisseau doit être doublé.

### 8.5123 Choix des sections, du nombre de crochets et de leurs fixations en fonction des charges climatiques

La fixation des modules photovoltaïques sur la charpente bois par l'intermédiaire des crochets doit être en accord avec les *Tableau 2* et *Tableau 3*.

Celle-ci peut s'effectuer de deux manières :

- montage à "3 crochets" : chaque module est maintenu sur la charpente par 6 crochets (*partie haute et partie basse*), les crochets "chant" étant positionnés avec un entraxe de 831,5 mm,
- montage à "4 crochets" : chaque module est maintenu sur la charpente par 8 crochets (*partie haute et partie basse*), les crochets "chant" étant positionnés avec un entraxe de 555 mm.

## 8.513 Mise en œuvre de l'écran de sous-toiture

La mise en œuvre du procédé "S-Class Intégration" nécessite obligatoirement la présence (*ou la pose*) d'un écran de sous-toiture de caractéristiques définies au § 3.

Dans le cas d'une couverture existante non équipée d'un écran de sous-toiture, l'installateur détermine le rapport de surface occupé par le champ photovoltaïque sur le pan de couverture et réalise la pose de cet écran sur support continu par voliges de la manière suivante.

### 8.5131 Le champ photovoltaïque occupe plus de 80 % de la toiture

Il convient de mettre en œuvre un écran de sous-toiture sur la totalité du pan de couverture concernée.

Le choix de cet écran est fait selon les critères énoncés au § 3.

#### • Mise en œuvre en complétant le liteauage

La pose de l'écran de sous-toiture est réalisée sur toute la surface de toiture à équiper conformément au CPT n° 3651 du CSTB, sans pour autant retirer le liteauage existant. Pour se faire, les espaces entre liteaux existants sont comblés par des planches de même épaisseur, en veillant à respecter les exigences des *Tableau 2* et *Tableau 3*. Les planches sont mises en œuvre sur au moins 3 appuis.

L'écran de sous-toiture est déroulé perpendiculairement à la ligne de plus grande pente et devra avoir les caractéristiques énoncées au § 3. Il est agrafé sur les voliges pour sa mise en place et fixé définitivement par la mise en place des chevrons de module.

#### • Mise en œuvre après déliteauage

La mise en œuvre d'un écran de sous-toiture ventilé en sous-face peut également être envisagée si l'installateur choisit de retirer le liteauage existant et d'effectuer la pose avec un contre-lisseage et un liteauage en adéquation avec les *Tableau 2* et *Tableau 3*. Dans le cas d'une mise en œuvre d'un écran de sous-toiture sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement Sd1 conformément au CPT n° 3651 du CSTB, une lame d'air de 20 mm minimum doit être aménagée en sous-face. La lame d'air supérieure et la lame d'air inférieure (*le cas échéant*) doivent être ventilées.

### 8.5132 Le champ photovoltaïque occupe moins de 80 % de la toiture

La surface nécessaire au champ photovoltaïque additionnée de 50 cm est découverte en périphérie. Les 50 cm supplémentaires permettent d'assurer la zone de travail latéral pour la mise en œuvre des abergements, ainsi qu'une découverte suffisante pour retrouver le chevron de charpente adjacent au champ et assurer l'appui d'extrémité des voliges. L'espace entre les liteaux de la toiture existante doit être comblé avec des planches (*voliges*) de la même épaisseur que les liteaux existants (*Figure 31*), sans toutefois être inférieur à une section de 15 x 200 mm. Les planches sont au minimum sur 3 appuis et les extrémités de chaque planche sont fixées sur des chevrons situés à 50 cm minimum de part et d'autre du champ photovoltaïque afin de ne pas avoir de porte-à-faux.

La bande d'étanchéité basse doit être mise en place comme indiqué au § 8.515. Un écran de sous-toiture (*voir § 3*) doit être mis en place conformément au Cahier des Prescriptions Techniques n° 3651.

Le débord de l'écran de sous-toiture doit être de 500 mm minimum sur chacune des parties latérales du générateur. Il repose nécessairement sur le voligeage.

L'écran de sous-toiture doit recouvrir la bande d'étanchéité basse de 100 mm minimum sans être exposé aux UV.

### 8.514 Ventilation en sous-face des modules dans le cas d'un voligeage

Une planche délardée de 250 mm de largeur et d'une hauteur égale au liteauage existant (*non fournie*) doit être positionnée en partie haute du procédé (*Figure 31*).

L'écran de sous-toiture est déroulé conformément au Cahier des Prescriptions Techniques n° 3651.

Un rang de liteaux de ventilation peut être positionné à l'extrémité de la planche délardée et sur l'écran de sous-toiture afin d'optimiser la ventilation des modules. On peut remplacer ce liteau ventilé par un liteau standard. Ce liteau (*ventilé ou non*) permet le soutien du bord supérieur de l'abergement supérieur, ainsi que du rang supérieur des éléments de couverture.

### 8.515 Mise en place de la bande d'étanchéité basse

Au préalable, il faut positionner une planche de fixation, de même hauteur que les liteaux et d'une section minimale de 15 x 200 mm à une distance de 350 mm du bord supérieur de l'élément de couverture (*Figure 16*). Cette planche de fixation est vissée dans les chevrons de charpente, au travers des contre-liteaux le cas échéant, à l'aide de vis 5 x 70 mm conformément aux tableaux 2 et 3. Pour éviter les zones de stagnation d'eau sur la bande d'étanchéité basse, une latte de soutien doit être fixée, à proximité du débord de l'élément de couverture. La bande d'étanchéité basse doit être posée de façon à n'être jamais à contre-pente.

Pour des tuiles fortement galbées, le dessus des ondes doit être chanfreiné.

La bande d'étanchéité basse se positionne sur la planche de fixation décrite ci-avant et les éléments de couverture. Elle est fixée sur la planche à l'aide de vis à bois 4,5 mm x 25 mm. La bande d'étanchéité basse doit dépasser au minimum de 250 mm de part et d'autre du champ photovoltaïque et doit recouvrir les éléments de couverture de 150 mm au minimum (*Figure 16*). Un marouflage de la bande d'étanchéité basse sur les éléments de couverture doit être soigneusement réalisé.

Le chevauchement longitudinal minimum de deux bandes d'étanchéité basse doit être de 100 mm pour le plomb plissé ou conforme à leur Avis Technique. Dans le cas d'éléments fortement galbés, il est nécessaire que le recouvrement soit effectué sur la longueur de deux ondes.

Les bords hauts et latéraux de la bande d'étanchéité basse doivent être relevés de 20 mm.

Le recouvrement de l'écran de sous-toiture avec la partie supérieure de la bande d'étanchéité basse doit être de 100 mm au minimum.

### 8.516 Mise en place des chevrons support module

#### 8.5161 Préparation des chevrons (hors toiture)

Ils doivent être de section minimum 38 mm x 58 mm et de classe d'emploi 2 selon le fascicule de documentation FD P20-651.

Le nombre de chevrons et leurs longueurs dépendent des caractéristiques du champ photovoltaïque (*voir § 3*).

Avant de les positionner sur la toiture, il convient de fixer les cales et les crochets de la 1<sup>ère</sup> ligne de modules.

Les cales sont fixées sur les chevrons par des vis 4 x 40 mm, puis les crochets viennent coiffer les cales et sont fixés sur les chevrons à l'aide de 4 vis 4 x 40 mm. Tous les ensembles cales-crochets se fixent au centre des chevrons à l'exception des ensembles cales-crochet extérieurs qui doivent affleurer le coté extérieur du chevron.

#### 8.5162 Montage des chevrons de module

Ces chevrons sont de deux types :

- chevron "chant" équipé de crochet "chant",
- chevron "cadre" équipé de crochet "cadre".

La mise en œuvre des chevrons de module s'effectue de droite à gauche et perpendiculairement au faîtage (*Figure 17*).

Les chevrons de module sont fixés :

- soit directement dans les liteaux de couverture ajoutés (*cf. Tableau 2 et Tableau 3*) si le toit est équipé d'un écran de sous-toiture ventilé en sous-face,
- soit dans les planches de 15 x 200 ou 18 x 150 mm minimum, mises en œuvre entre les liteaux existants si leur section structurale est insuffisante (*cf. Tableau 2 et Tableau 3*) mais que le toit est équipé d'un écran de sous-toiture ventilé en sous-face,
- soit dans les planches de 15 x 200 ou 18 x 150 mm minimum de voliges mises en œuvre afin d'assurer la pose de l'écran de sous-toiture inexistant.

Pour une mise en œuvre sans support continu par voliges, le pied des chevrons doit dépasser de 80 mm par rapport à la face latérale inférieure de la latte de soutien.

Pour une mise en œuvre avec volige, le pied du chevron de module est en appui sur la planche de soutien de l'étanchéité basse et est alors situé à 120 mm minimum du bord supérieur de la rangée de tuiles à l'égout (*Figure 32*).

Le premier chevron cadre est fixé, dans un premier temps, uniquement en partie basse par des vis à bois 5 x 70 mm (*non fournies*). Sa position est affinée par rapport à la pose du module qu'il supporte. Il est ensuite fixé à chaque intersection avec le liteauage.

Le premier chevron doit être placé de manière à ce que le recouvrement des éléments de couverture sur les abergements soit aisé. Un abergement doit être utilisé comme gabarit de pose pour les bords latéraux du champ photovoltaïque (*Figure 16*).

Les chevrons se positionnent en respectant un entraxe de crochet de :

$L_p / (N_{cc} + 1)$

Où  $L_p$  est la largeur de pose du module et  $N_{cc}$  le nombre de crochets par module (à noter qu'il faut retirer à cette valeur 3 mm pour le premier entraxe).

Les chevrons suivants sont positionnés conformément à la description donnée au paragraphe suivant.

### 8.517 Montage des modules photovoltaïques

#### 8.5171 Montage de la première rangée

Pour le montage du premier module, un chevron "chant" et un second chevron "cadre" sont placés sans être fixés (*Figure 18a*). Le crochet du chevron "cadre" doit être aligné, parallèlement au faîtage, avec le premier chevron apparent jouxtant les éléments de couverture. Le chevron "chant" doit être positionné environ 50 mm plus bas que cet alignement.

L'alignement du module se fait en le positionnant dans les crochets "cadre". Le crochet "cadre" doit être placé dans la rainure du cadre du module photovoltaïque en translatant le chevron "cadre" de bas en haut (*Figure 18b*).

L'alignement transversal des chevrons "cadre" doit être de nouveau vérifié à l'aide d'un cordeau par exemple, puis les chevrons doivent être fixés au droit des liteaux avec une vis à bois 5 x 70 mm, à chaque intersection des liteaux.

Le chevron "chant" doit être ajusté en le faisant glisser jusqu'à la butée sur le cadre du module photovoltaïque (*Figure 18c*), puis il doit être fixé avec une vis à bois 5 x 70 mm sur le liteau présent après le cadre du module photovoltaïque.

Le module doit être retiré pour compléter la fixation du chevron "chant" sur les liteaux.

Les boîtes de protection (*voir § 2.32*) sont positionnées en bout des chevrons de module.

La boîte de protection du chevron de droite est décalée sur la gauche. La boîte de protection du chevron de gauche est décalée sur la droite. Les autres boîtes de protection sont positionnées au milieu de chaque chevron (*Figure 15*).

Les grilles de ventilation sont positionnées et vissées en bout de chevrons de modules (*Figure 19*) avec des vis calotin 4,5 x 25 mm au travers des boîtes de protection en pied des chevrons de module.

Le premier module peut alors être définitivement placé, en veillant à dégager les câbles en sous-face afin de les rendre accessibles pour le raccordement.

Le câble de mise à la terre doit également être fixé à l'un des trous prévus au dos de la partie supérieure du module à l'aide de vis autoforeuse, conformément au guide UTE C15-712-1 en vigueur.

Le profil droit du module suivant vient coiffer le contre-profil gauche du module précédent (*Figure 20*), jusqu'à ce qu'il soit en butée avec le crochet "cadre".

Les autres modules de la rangée sont mis en œuvre en suivant les étapes précédemment décrites.

La connexion électrique des modules se fait au fur et à mesure de l'avancement.

#### 8.5172 Montage des rangées suivantes

Pour la pose des crochets "cadres" suivants, il est nécessaire d'utiliser un gabarit d'écartement (*non fourni*) dont la section est 13 x 13 mm (*Figure 21a*). Cette distance de 13 mm maximum (11 mm minimum) permet le recouvrement des modules. Ce gabarit est positionné sur la partie haute du cadre de module photovoltaïque. Les crochets "cadre" se placent sur le gabarit et coiffent le cadre du module, ils sont fixés sur les chevrons modules par les vis à bois 4 x 40 mm.

Pour la pose des crochets "chant" (*Figure 21b*), la procédure est identique en utilisant un gabarit de 12 x 12 mm. Ce décalage est dû à la présence de la gaine de protection enveloppant le crochet "chant" de 1 mm d'épaisseur.

Le premier module de la deuxième rangée peut être posé sur les crochets (*Figure 21c*). La pose des modules suivants se fait comme indiqué précédemment en respectant l'assemblage profil/contre-profil.

En partie haute des chevrons de modules, si ces derniers ont un porte-à-faux supérieur à 150 mm, il convient de rajouter un liteau et d'utiliser une fixation telle que définie au § 8.517.

En partie haute du champ, les crochets supérieurs coiffent le cadre haut du module photovoltaïque (*Figure 22*). La mise en œuvre de ces crochets se fait de manière identique aux autres crochets en respectant le gabarit de 13 mm maximum (11 mm minimum), ceci pour effectuer la dépose des modules lors des phases de maintenance.

## 8.518 Mise en place des abergements latéraux

### 8.5181 Cas des tuiles à relief

#### • Abergements latéraux droits

L'abergement latéral droit s'insère dans le profil du premier module de la première colonne, en veillant à ce que le repli de l'abergement repose sur les voliges. L'abergement suivant se place de la même manière, en recouvrant l'abergement sous-jacent de 170 mm (*Figure 23*).

Chaque abergement latéral droit se fixe à l'aide de :

- trois agrafes d'abergement et de vis à bois 4,5 x 25 mm dans le liteauage, l'une des pattes étant mutuelle à deux abergements au niveau de leur recouvrement,
- deux vis à bois en acier inoxydable de dimensions 4,5 x 25 mm avec rondelle d'étanchéité en acier inoxydable avec joint EPDM vulcanisé de diamètre 20 mm dans le chevron de module. Elles se situent à 25 mm du courant d'eau et sont positionnées par les préperçages. Le diamètre des préperçages permet la libre dilatation des abergements.

La fixation latérale des abergements dans le chevron de module permet de garantir leur maintien dans la gorge des cadres de modules. Le module et l'abergement sont fixés dans le même chevron ce qui garantit leur recouvrement quel que soit l'état du support (*planitude des liteaux*) et ses déformations dans le temps.

#### • Abergements latéraux gauches

Pour pouvoir faire glisser les abergements latéraux gauches sous les modules lors de la pose, il est nécessaire de les découper de 135 mm sur le repli supérieur (*Figure 24*).

L'abergement doit être engagé sous le crochet du module supérieur et être glissé dans la deuxième rainure du cadre du module afin qu'il soit en butée sur le crochet inférieur.

Le recouvrement et la fixation des abergements latéraux gauches se fait de la même manière que les abergements latéraux droits.

Les *figure 34* et *figure 35* présentent respectivement une coupe des abergements gauche avec et sans volige.

### 8.5182 Cas des tuiles plates ou ardoises

#### • Raccordement des noquets aux modules

Les noquets droits s'insèrent dans le profil du premier module de la première colonne. Ils viennent en appui sur le chevron de module. Ils sont ensuite fixés dans ce chevron à l'aide d'une vis à bois en acier inoxydable de dimensions 4,5 x 25 mm avec rondelle d'étanchéité en acier inoxydable avec joint EPDM vulcanisé de diamètre 20 mm. Ces vis se situent à 25 mm du courant d'eau et sont positionnées dans les préperçages. Le diamètre des préperçages permet la libre dilatation des abergements.

Les noquets gauches sont engagés dans la deuxième rainure des cadres de modules. Ils sont plaqués sur le chevron de module. Ils sont ensuite fixés dans ce chevron à l'aide d'une vis à bois en acier inoxydable de dimensions 4,5 x 25 mm avec rondelle d'étanchéité en acier inoxydable avec joint EPDM vulcanisé de diamètre 20 mm. Ces vis se situent à 25 mm du courant d'eau et sont positionnées dans les préperçages. Le diamètre des préperçages permet la libre dilatation des abergements.

Les valeurs du recouvrement des noquets les uns sur les autres est donnée dans le DTU 40.11. Cette valeur dépend notamment de la pente et de la localisation du toit.

#### • Raccordement des noquets aux éléments de couvertures

Les noquets sont glissés entre les ardoises ou les tuiles plates conformément aux mises en œuvre explicitées dans les DTU 40.11 et 40.23.

#### • Raccordement des noquets aux abergements d'angles supérieurs

Le dernier noquet est glissé entre le chevron de module et la partie verticale de l'abergement d'angle supérieur. La valeur du recouvrement est donnée par les DTU 40.11 et sera fonction de la pente ainsi que de la localisation de la toiture.

La *figure 36* présente plusieurs vues de raccordement des noquets aux modules et aux éléments de couverture.

## 8.519 Mise en place des abergements supérieurs

L'abergement d'angle supérieur droit est inséré dans l'abergement latéral droit (*Figure 25*).

Le bord inférieur est aligné avec le chanfrein du cadre du module.

Le pli de l'abergement latéral droit est replié sur celui de l'abergement d'angle droit et doit être fixé à l'aide de 2 agrafes d'abergement et de vis à bois 4,5 x 25 mm (fournies) sur le liteauage.

Les supports d'abergements doivent être fixés dans les liteaux de couverture au droit des chevrons de module au moyen de la visserie 4 x 40 en acier inox, sauf au droit des chevrons de module de rive. Ces supports permettent d'assurer la rigidité des abergements sous charges de neige (*Figure 26*).

L'abergement supérieur droit (prépercé) est placé contre l'abergement d'angle. Il est vissé dans la rainure libre du cadre du module (*figure 26b*), à l'aide de vis autoforeuses 4,8 x 19 mm avec rondelles d'étanchéité (fournies).

Une coulisse est glissée sur les replis de l'abergement d'angle et de l'abergement supérieur (*Figure 26c*).

L'abergement supérieur est fixé sur un liteau ajouté à cet effet (*Figure 26d*) (de même section que le liteauage existant) à l'aide des agrafes d'abergement et des vis à bois 4,5 x 25 mm.

L'abergement supérieur suivant est placé contre le précédent et fixé à l'aide de vis autoforeuses dans la rainure libre du module.

Une coulisse est glissée sur les replis des deux abergements.

La pose des autres abergements supérieurs est réalisée de la même manière. Chaque abergement supérieur est fixé par 5 agrafes d'abergement.

L'abergement d'angle gauche est placé contre l'abergement supérieur gauche (le plus long), une coulisse est glissée sur les replis de l'abergement d'angle gauche et le dernier abergement supérieur (*Figure 26e*).

Les replis de l'abergement latéral gauche est replié sur celui de l'abergement d'angle gauche et doit être fixé à l'aide de 2 agrafes d'abergement et des vis à bois 4,5 x 25 mm sur le liteauage.

Dans le cas des ardoises, le repli des abergements supérieurs doit être aplati.

## 8.5110 Mise en place des éléments de couverture

#### • Cas des tuiles à relief

La bande compressive est collée sur tout le pourtour des abergements (*Figure 27*).

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

En partie latérale, le recouvrement des éléments de couverture sur les abergements sera au minimum de 100 mm.

En partie supérieure, les tuiles doivent assurer un recouvrement de 150 mm minimum sur les abergements supérieurs. S'il s'agit de tuiles "romanes" ou tuiles "canal", les éléments de couverture composant la ligne directement au-dessus des abergements supérieurs doivent impérativement être fixés.

#### • Cas des tuiles plates ou ardoises

Dans le cas des couvertures composées de tuiles plates ou d'ardoises, la mise en œuvre de la bande compressive n'est pas requise (*ces éléments de couverture sont plaqués directement sur les noquets métalliques ce qui évite la pénétration de la neige poudreuse et des poussières*).

En partie latérale, les dispositions permettant la reprise d'étanchéité avec le champ photovoltaïque sont réalisées par recouvrement des noquets métalliques et des éléments de couverture façonnés, disposés et fixés selon les prescriptions des DTU.

En partie supérieure, les éléments de couverture doivent assurer un recouvrement de 60 mm minimum sur les abergements supérieurs.

## 8.52 Pose aux abords de l'égout

En complément des dispositions citées dans les § 8.1, 8.2 et 8.3, la mise en œuvre des modules photovoltaïques sur une installation raccordée à l'égout doit être conforme aux recommandations suivantes :

En partie basse, une bande d'égout remontant de 200 mm sur la couverture et sous les chevrons de module est supportée et fixée dans une planche d'égout comprise dans le plan des liteaux et fixée dans les chevrons de charpente. La bande d'égout est fixée dans une planche à bande d'égout qui remonte au minimum de 200 mm selon le rampant au-delà de la grille de ventilation positionnée en rive basse du système.

Une pince de 20 mm de hauteur est façonnée en partie supérieure pour s'opposer aux remontées d'eau en cas de vent concomitant à la pluie (*Figure 28*).

La partie tombante de la bande d'égout se jette dans le dispositif d'évacuation des eaux pluviales. La distance entre la partie inférieure du champ photovoltaïque et l'égout est fonction de la pente et de la nature de l'égout afin que les eaux de ruissellement se jettent en totalité dans le dispositif recueillant les eaux pluviales.

La mise en œuvre de la bande d'égout est réalisée par le principe de double agrafure comme indiqué dans le DTU 40.41.

La bande d'égout comporte une pince de 30 mm à son extrémité ainsi qu'une bande de zinc de 80 mm de large soudée à 150 mm du bord de la pince. Cette bande de zinc rapportée permet l'agrafage de la bande suivante pour assurer l'étanchéité, la rigidité et le maintien des bandes d'égout entre elles.

Cet élément est mis en œuvre avant la pose des contre-liteaux (*mise en œuvre d'un écran de sous-toiture ventilé en sous face*), ou celle des chevrons de module (*mise en œuvre d'un écran de sous-toiture respirant sur voliges*).

Le recouvrement de l'écran de sous-toiture avec la partie supérieure de la bande d'égout doit être de 100 mm au minimum.

---

## 9. Formation

---

Les installateurs peuvent suivre une formation qui est dispensée dans un des centres de formation CENTROSOLAR France SARL. Cette formation permet de présenter et expliquer le principe de pose du procédé "S-Class Intégration", tant au niveau théorique que pratique.

Des maquettes sont utilisées, ainsi que la notice de montage afin de présenter la mise en œuvre.

Par ailleurs, lors de cette formation, un rappel est fait sur les fondamentaux du photovoltaïque, ainsi que les précautions à prendre pour ce type d'installation :

- Mise en place des mesures de protection Équipements de Protection Collective (EPC) qui ont priorité sur les Équipements de Protection Individuelle (EPI) (*Article L230-2*).
- Interdiction de marcher sur les modules lors du montage ou du nettoyage (*risque de rupture du verre et de chute*).
- Les branchements entre les modules doivent être effectués avec soin. Les fiches doivent être engagées et vissées jusqu'en butée pour garantir la qualité du contact électrique et un niveau d'étanchéité optimal.
- Ne jamais débrancher un connecteur en charge.

---

## 10. Assistance technique

---

Chaque client reçoit, s'il le désire, une assistance technique de la part de CENTROSOLAR France SARL pour sa première installation photovoltaïque avec assistance in situ d'un technicien pendant une journée.

Une assistance téléphonique de CENTROSOLAR France SARL est disponible.

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*), CENTROSOLAR France SARL peut apporter son assistance technique pour la validation de la solution retenue.

---

## 11. Utilisation, entretien et réparation

---

- Dans le cadre de l'entretien de la toiture, si un nettoyage des modules doit être envisagé, il devra être réalisé à l'aide d'une nacelle et d'eau (nettoyage haute pression interdit).

- En cas de bris de glace de la vitre ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer par un installateur compétent (voir § 8.2) en respectant la procédure suivante :

La mise en œuvre des modules "S-Class Intégration" laisse un jeu de 13 mm entre le dessus du profil supérieur du module et les crochets ; ce jeu permet de pousser les modules en butée.

Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder au préalable aux opérations suivantes :

- déconnexion de l'onduleur,
- déconnexion du compteur de production,
- déconnexion du champ en ouvrant 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 en procédant dans l'ordre inverse à celui indiqué dans la notice de montage afin de pouvoir accéder aux câbles de connexion à déboucher :

- Pousser le panneau à remplacer, ainsi que le panneau se trouvant à sa gauche, du bas vers le haut jusqu'à ce que le panneau ne soit plus en contact avec les étriers inférieurs,
- Lever les modules vers le haut, débrancher les connexions électriques du module à remplacer ainsi que le câble de mise à la terre après avoir relié les câbles de liaison équipotentielle des masses de part et d'autre du module à remplacer avec un adaptateur (*le temps de l'opération de maintenance*),
- Enlever le module à remplacer,
- Relier le module de remplacement avec les modules latéraux ainsi que les câbles de liaison équipotentielle des masses de part et d'autre du module,
- Remonter ensuite le module conformément aux préconisations du présent Dossier Technique,
- Mesurer la tension de la série de module concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur,
- Procéder à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant l'interrupteur sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

A noter que l'onduleur ne doit pas être rebranché tant que le module n'est pas remplacé.

## B. Résultats expérimentaux

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

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

## C. Références

Environ 360 000 m<sup>2</sup> du procédé "S-Class Intégration" ont été commercialisés en France à ce jour.

# Tableaux et figures du Dossier Technique

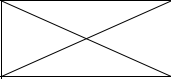
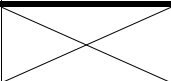
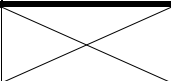
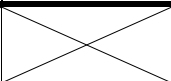
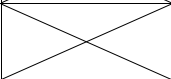
**Tableau 1 - Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique**

| Matériaux                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Revêtement de finition sur la face exposée | Atmosphères extérieures |                         |        |               |              |                       |                       |       |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-------|----------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                            | Rurale non polluée      | Industrielle ou urbaine |        | Marine        |              |                       |                       |       | Spéciale |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                            |                         | Normale                 | Sévère | 20 km à 10 km | 10 km à 3 km | Bord de mer* (< 3 km) | Front de mer (< 1 km) | Mixte |          |
| Aluminium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | -                                          | •                       | •                       | □      | •             | •            | □                     | □                     | □     | □        |
| Aluminium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Polyester sous label QUALICOAT             | •                       | •                       | □      | •             | •            | □                     | □                     | □     | □        |
| Aluminium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Laqué                                      | •                       | •                       | □      | •             | •            | □                     | □                     | □     | □        |
| Aluzinc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                                          | •                       | •                       | □      | •             | •            | □                     | □                     | □     | □        |
| Acier inox 316L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -                                          | •                       | •                       | □      | •             | •            | •                     | □                     | □     | □        |
| Acier inox 301                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | -                                          | •                       | •                       | -      | •             | □            | -                     | -                     | □     | □        |
| Vis acier inox A2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                          | •                       | •                       | -      | •             | □            | -                     | -                     | □     | □        |
| Vis acier inox A4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -                                          | •                       | •                       | □      | •             | •            | •                     | □                     | □     | □        |
| <p>Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes XP P34-301, NF P24-351, NF DTU 40.36 et NF DTU 40.41</p> <p>• : Matériau adapté à l'exposition</p> <p>□ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant</p> <p>- : Matériau non adapté à l'exposition</p> <p>* : à l'exception du front de mer</p> |                                            |                         |                         |        |               |              |                       |                       |       |          |

Tableau 2 : Sections de liteaux et de chevrons, types et densités de vis en fonction des pressions normales ascendantes sollicitantes

| Mise en œuvre du système S-Class Intégration                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Prise en compte des pressions normales ascendantes engendrées par le vent (selon règles NV65-4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                               |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| <div>Structures secondaires et fixations</div> <div>Pressions normales ascendantes sollicitantes</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Crochets<br>+<br>4 vis 4 x 40 | Litelage                                                                                                                                                                                                                                   | Chevron de module<br>+<br>1 vis 5 x 70 dans litelage |
| $P_{ws} \leq 550 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3 crochets                    | Liteau de section mini 25 x 38 mm et $h_{\text{litelage}} \geq 25 \text{ mm}$<br><br>+ 1 vis dans support                                                                                                                                  | Chevron de module 38 x 58 mm                         |
| $P_{ws} \leq 800 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4 crochets                    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| $P_{ws} \leq 750 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3 crochets                    | Liteau de section mini 32 x 32 mm et $h_{\text{litelage}} \geq 32 \text{ mm}$<br>+ 1 vis dans support                                                                                                                                      | Chevron de module 38 x 58 mm                         |
| $P_{ws} \leq 1100 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4 crochets                    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| $P_{ws} \leq 1110 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3 crochets                    | Liteau de section mini 38 x 38 mm et $h_{\text{litelage}} \geq 38 \text{ mm}$<br>+ 1 vis dans support                                                                                                                                      | Chevron de module 38 x 58 mm                         |
| $P_{ws} \leq 1447 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4 crochets                    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| $P_{ws} \leq 1110 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3 crochets                    | Planche de section mini 15 x 200 mm si $15\text{mm} \leq h_{\text{litelage}} < 18\text{mm}$<br>+ 2 vis dans support<br><br>ou<br><br>Planche de section mini 18 x 150 mm si $h_{\text{litelage}} \geq 18\text{mm}$<br>+ 2 vis dans support | Chevron de module 38 x 58 mm                         |
| $P_{ws} \leq 1447 \text{ Pa}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4 crochets                    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| Fixation du litelage par vis à bois dans support de type chevrons porteurs<br>→ vis Ø5x70mm si $h_{\text{litelage}} \leq 32\text{mm}$ , sinon vis Ø5x90mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| Tableau 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |
| <div><div>-</div><div><math>P_{ws}</math> correspond à la valeur de pression de vent normale sollicitant le système en fonction des caractéristiques du projet, en référence aux Règles NV65-4.</div><div>-</div><div>dénomination litelage : hauteur x largeur (mm). Les dimensions communiquées sont les dimensions minimales devant être respectées.</div><div>-</div><div><math>h_{\text{litelage}}</math> = hauteur du liteau ou de la planche de fixation</div><div>-</div><div>dénomination chevron de module : hauteur x largeur (mm).</div><div>-</div><div>Le filetage des vis à bois utilisé doit être complet dans le support.</div><div>-</div><div>Epaisseur du contre-liteau = 20 mm</div></div> |                               |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |

Tableau 3 : Altitude maximale du projet en fonction des régions de neige et du type de montage

| <b>Mise en œuvre du système S-Class Intégration</b><br><i>Prise en compte des pressions normales descendantes engendrées par la neige (selon règles NV65-4)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                      |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Structures de fixations du système</i><br><br><i>Régions de neige selon NV65-4</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Nb de crochets de montage</b> | <b>Eléments du litelage</b>                                                         |                                                                                     |                                                                                      |                                      | <b>Chevron de module 38 x 58</b>     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  | <b>Liteau 25 x 38</b>                                                               | <b>Liteau 32 x 32</b>                                                               | <b>Liteau 38 x 38</b>                                                                | <b>Planches</b>                      |                                      |
| <b>Régions de Neige A1 et A2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>3 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 450\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 510\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 660\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 750\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 750\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 640\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 690\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 900\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 900\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 900\text{m}$ |
| <b>Région de Neige B1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>3 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 350\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 450\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 620\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 710\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 710\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 600\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 650\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 870\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 870\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 870\text{m}$ |
| <b>Région de Neige B2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>3 crochets</b>                |    | $A_{\text{projet}} \leq 450\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 620\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 710\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 710\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 600\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 650\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 870\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 870\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 870\text{m}$ |
| <b>Région de Neige C1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>3 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 250\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 350\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 580\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 670\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 670\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 560\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 620\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 820\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 830\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 830\text{m}$ |
| <b>Région de Neige C2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>3 crochets</b>                |  | $A_{\text{projet}} \leq 350\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 580\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 670\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 670\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 560\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 620\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 820\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 830\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 830\text{m}$ |
| <b>Région de Neige D</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>3 crochets</b>                |  |  | $A_{\text{projet}} \leq 450\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 570\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 570\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                | $A_{\text{projet}} \leq 410\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 520\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 730\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 730\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 730\text{m}$ |
| <b>Région de Neige E</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>3 crochets</b>                |  |  |  | $A_{\text{projet}} \leq 340\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 340\text{m}$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>4 crochets</b>                |  | $A_{\text{projet}} \leq 200\text{m}$                                                | $A_{\text{projet}} \leq 590\text{m}$                                                 | $A_{\text{projet}} \leq 590\text{m}$ | $A_{\text{projet}} \leq 590\text{m}$ |
| <b>Tableau 3</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>A_{\text{projet}}</math> = Altitude du projet</li> <li>- <i>dénomination chevron de module : hauteur x largeur (mm)</i></li> <li>- <i>dénomination litelage : hauteur x largeur. Les dimensions communiquées sont les dimensions minimales devant être respectées. Dans le cas des planches, la section mini employée sera en adéquation avec le Tableau 2.</i></li> <li>- <i>La jonction de 2 chevrons de modules doit obligatoirement être effectuée sur une planche, ou en doublant les liteaux afin de constituer un appui pour chacune des extrémités de chevron de module.</i></li> </ul> <b>Les fixations doivent respecter les prescriptions du tableau 2</b> |                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                      |                                      |

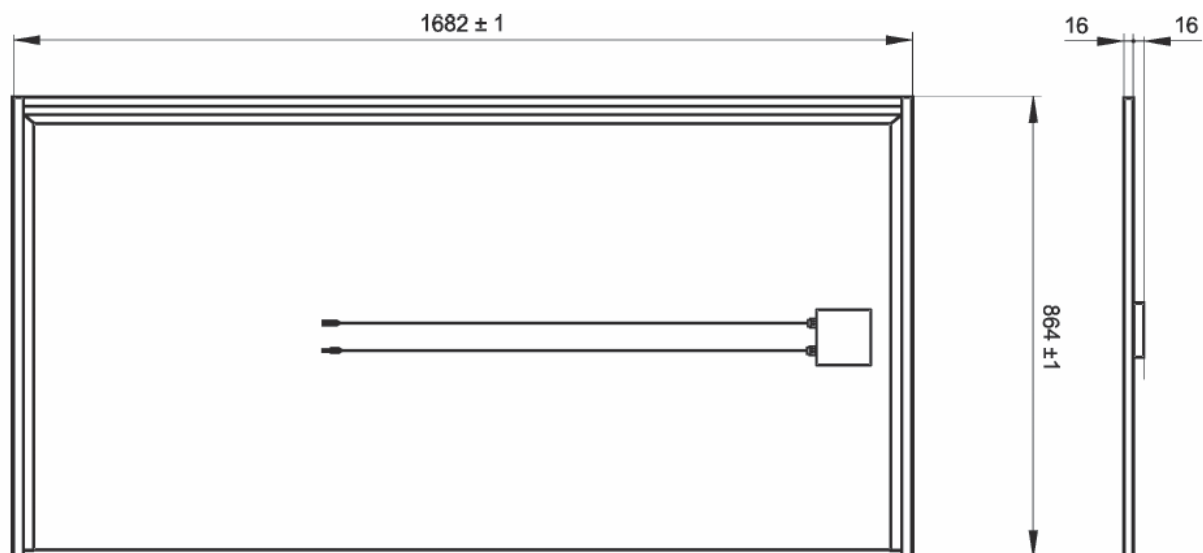


Figure 1 : Caractéristiques dimensionnelles du module photovoltaïque

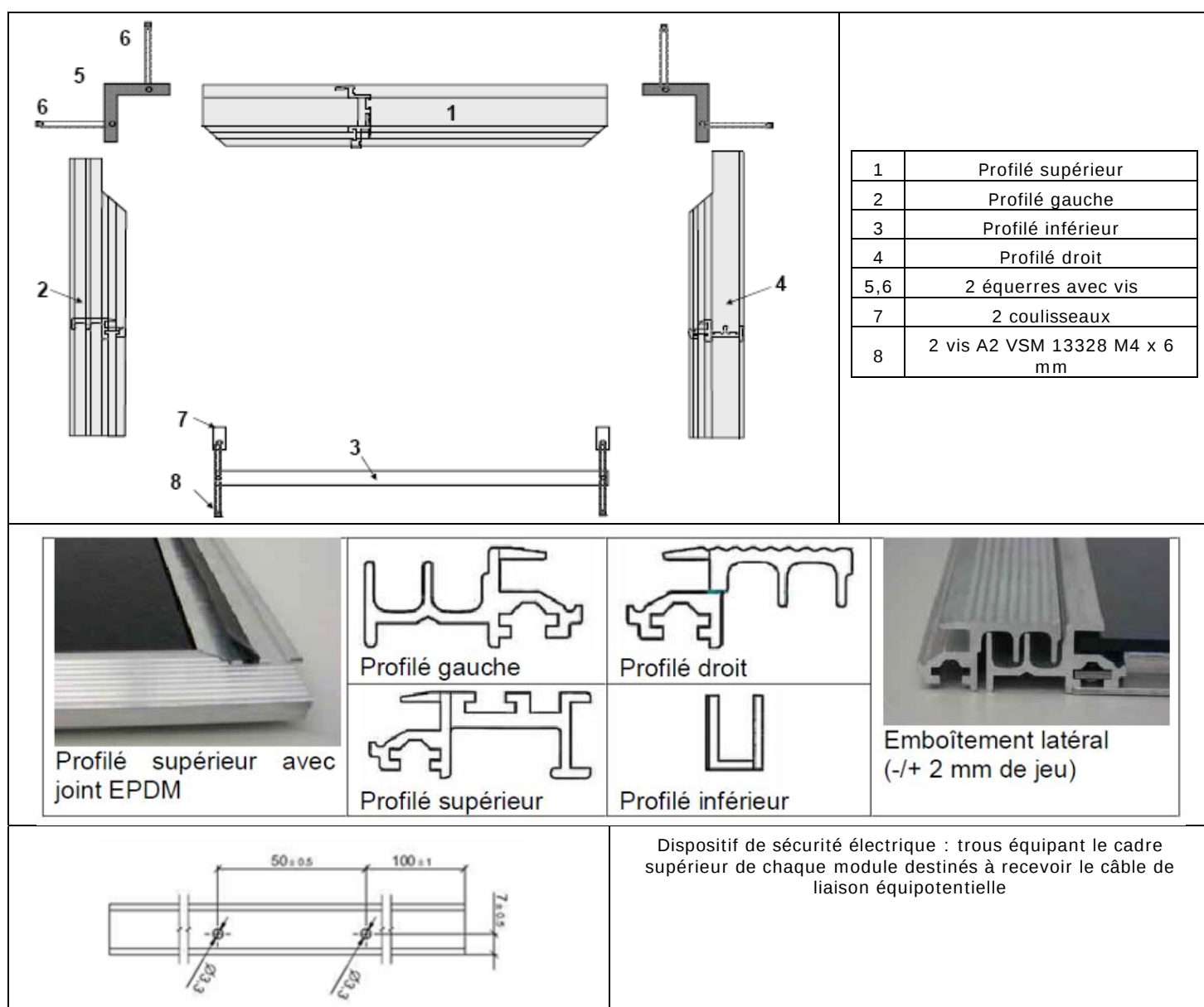
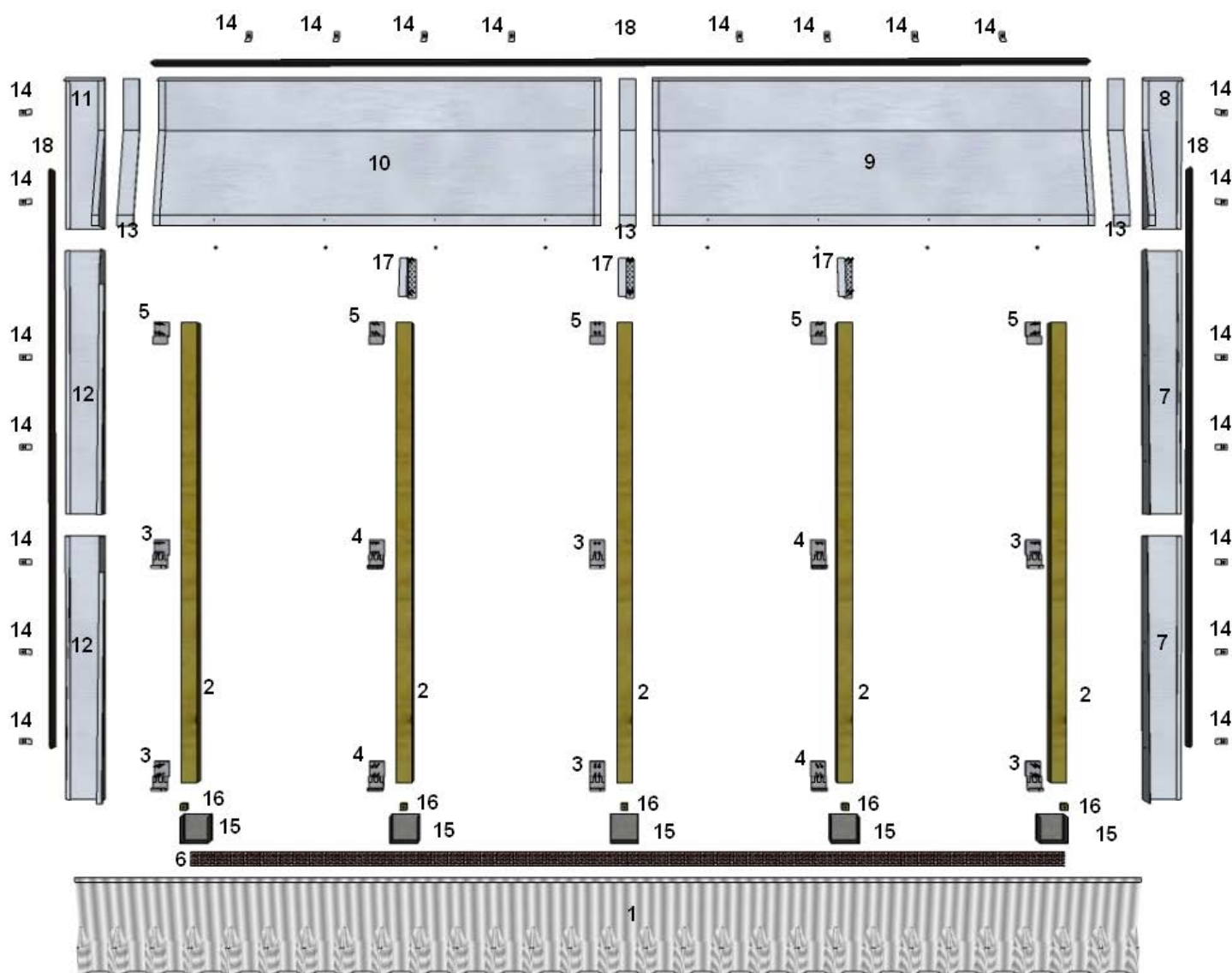
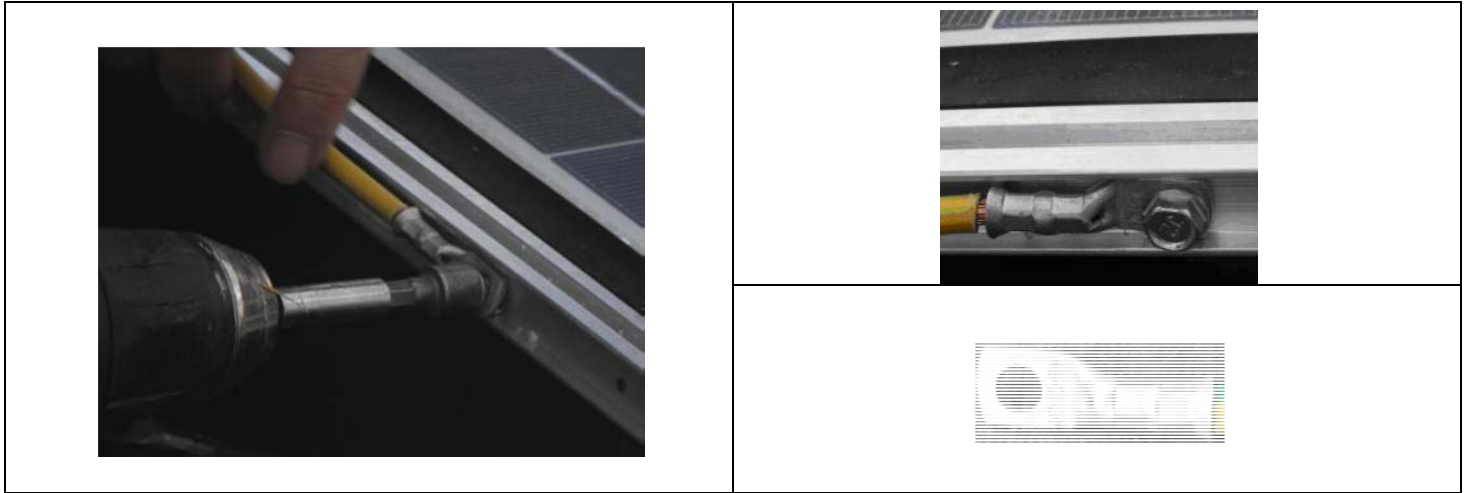


Figure 2 : Profils constituant le cadre Solrif



- 1 Bande de plomb plissé (non fournie)
- 2 Chevron de module
- 3 Crochet de cadre
- 4 Crochet de chant
- 5 Crochet supérieur
- 6 Grille de ventilation
- 7 Abergement droit
- 8 Abergement d'angle supérieur droit
- 9 Abergement supérieur droit et intermédiaire
- 10 Abergement supérieur gauche
- 11 Abergement d'angle supérieur gauche
- 12 Abergement gauche
- 13 Coulisse
- 14 Agrafe d'abergement
- 15 Boîte de protection
- 16 Cale de crochet
- 17 Support d'abergement
- 18 Bande de mousse compressive

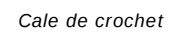
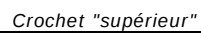
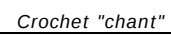
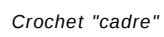
**Figure 3 : Éléments de fixation et de finition du procédé "S-Class Intégration"**



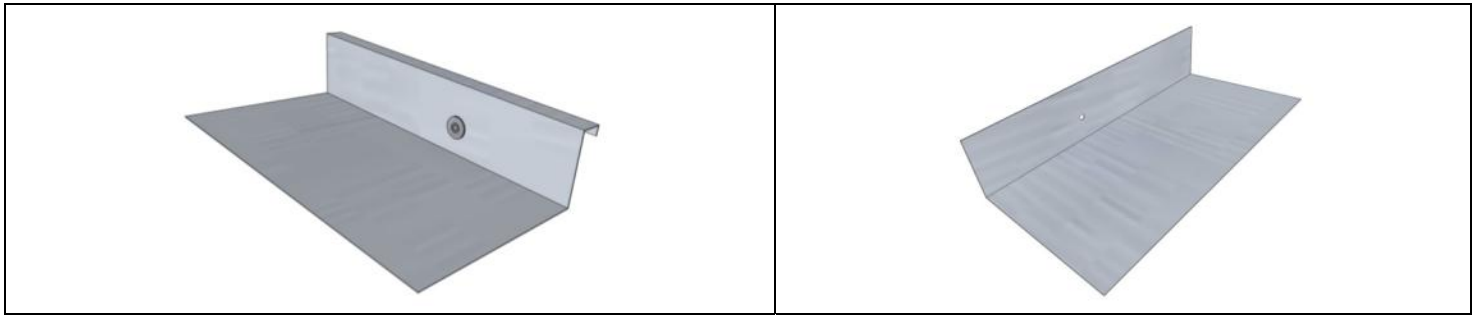
**Figure 4 : Mise à la terre des modules photovoltaïques**



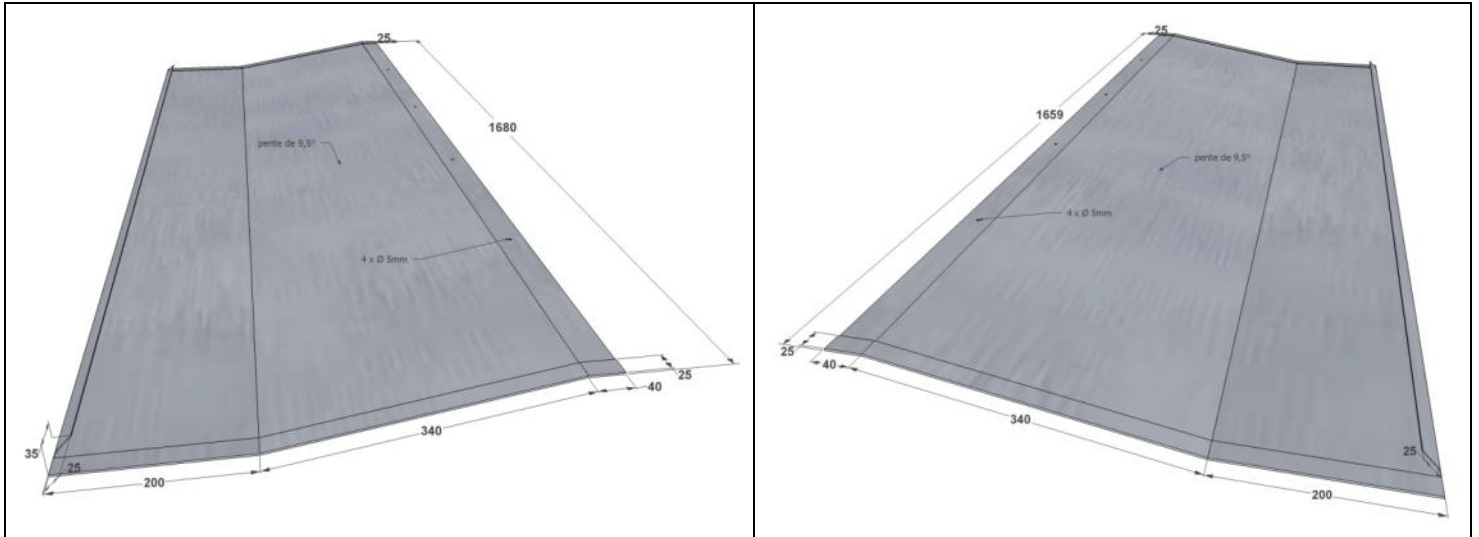
**Figure 5 : Mise en œuvre de la cosse de mise à la terre par sertissage**



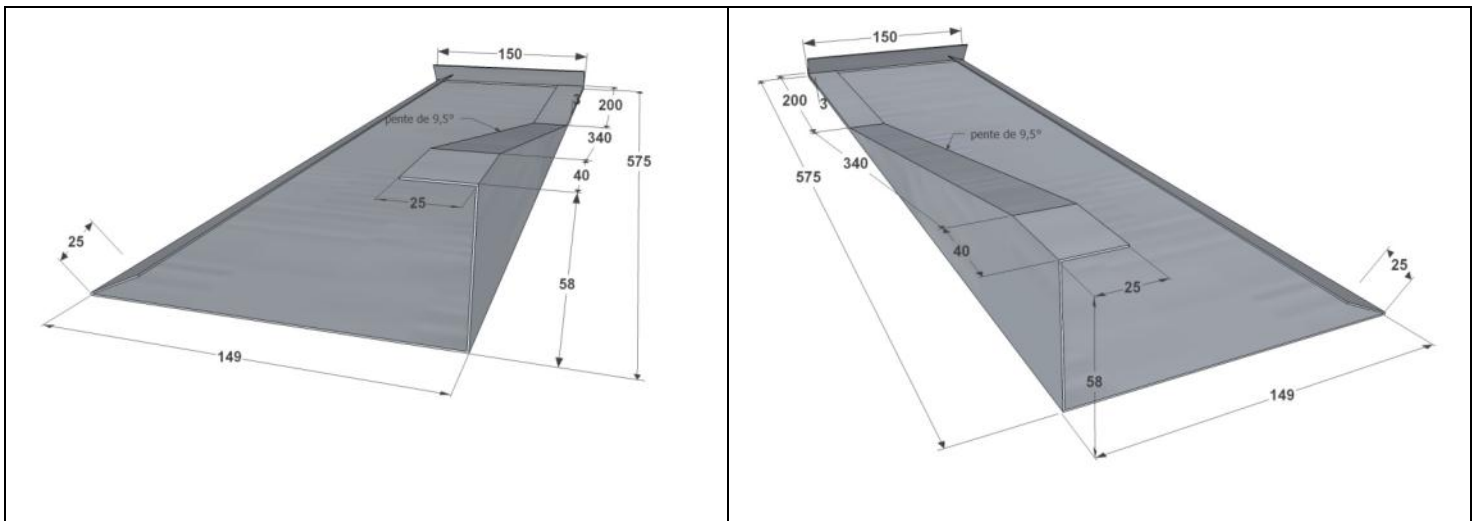
**Figure 7 : Abergements latéraux gauche et droit**



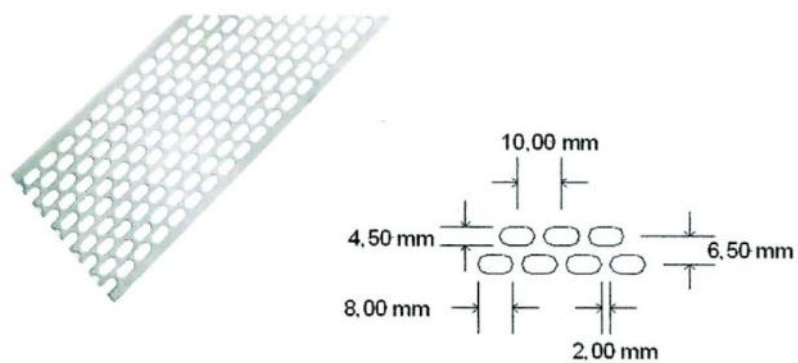
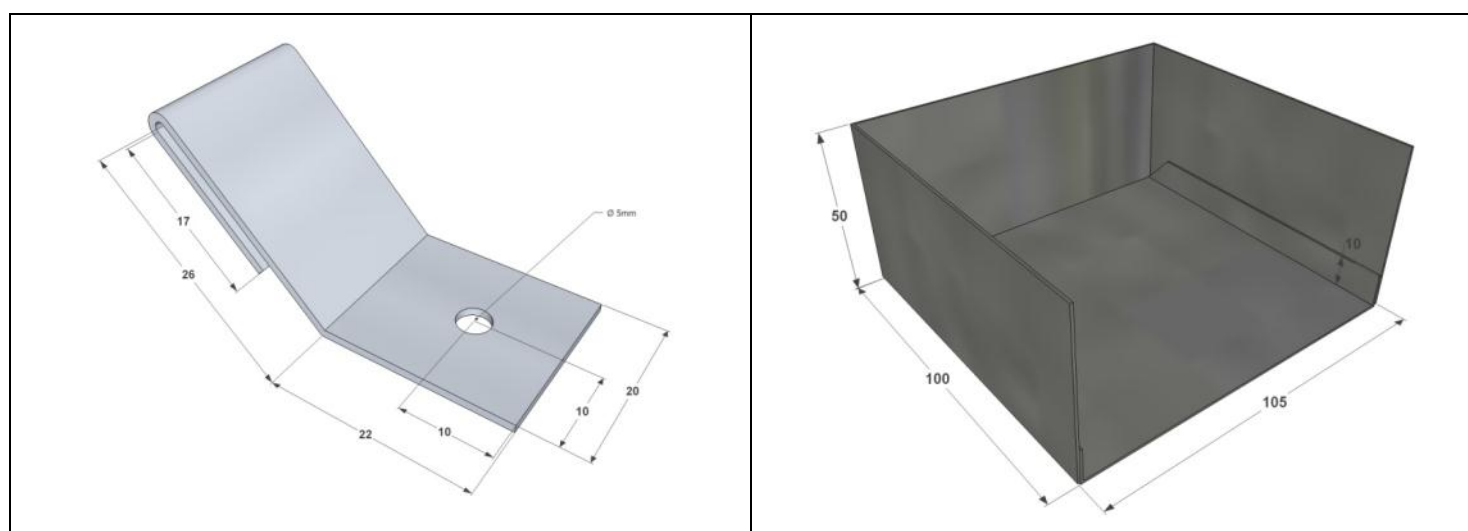
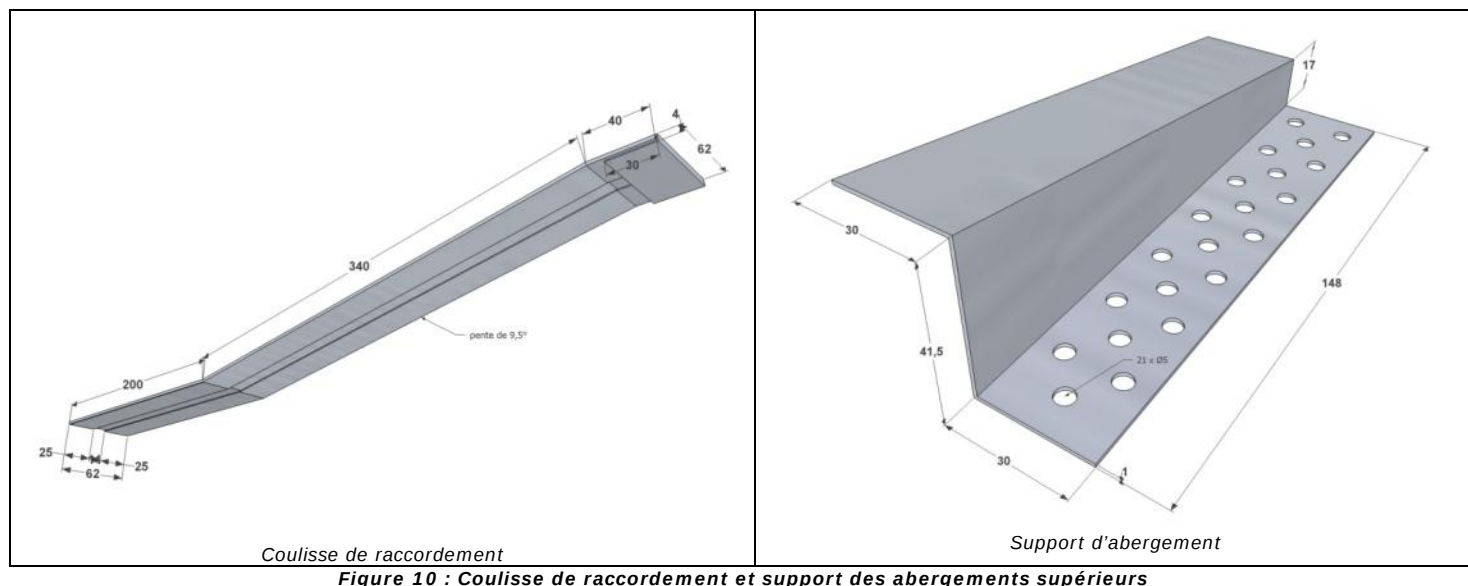
**Figure 7 bis : Noquets gauche et droit**



**Figure 8 : Abergements supérieurs gauche et droit**



**Figure 9 : Abergements d'angles supérieurs gauche et droit**



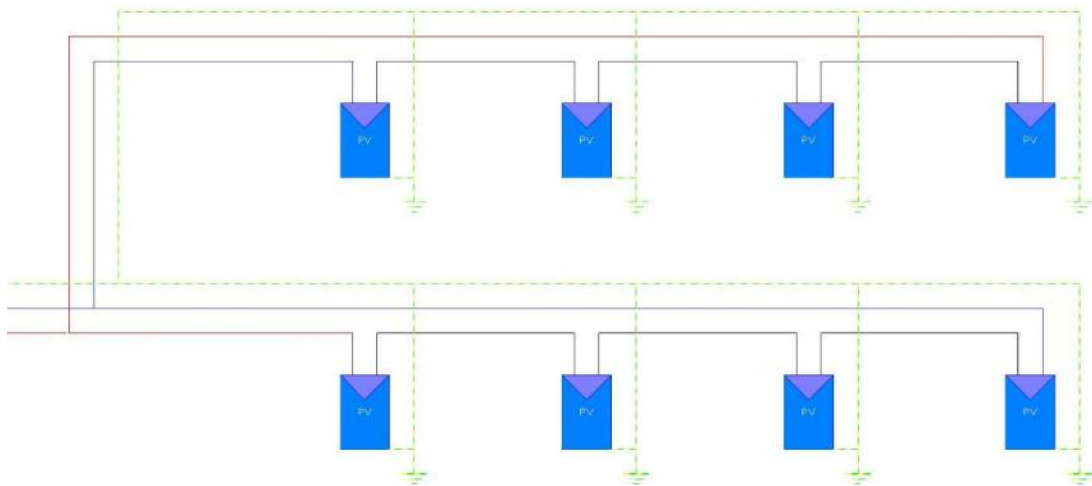


Figure 13 : Exemple de schéma de câblage et de mise à la terre du champ photovoltaïque

### **SOLUTION AVEC ECRAN DE SOUS-TOITURE DEJA EXISTANT**

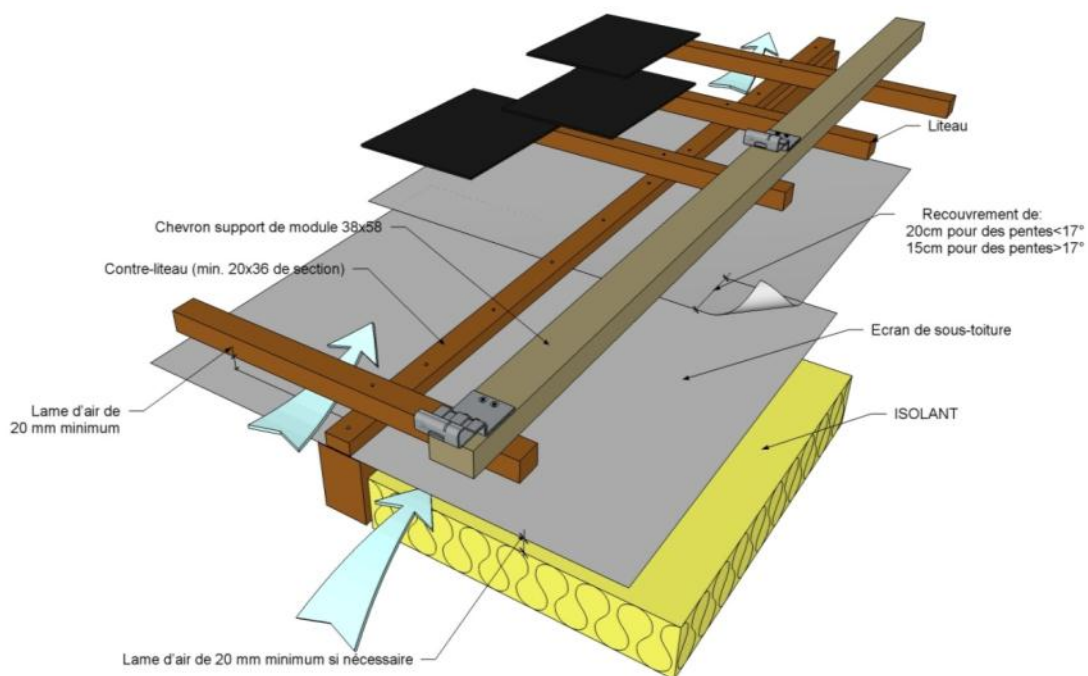


Figure 14 : Mise en œuvre de l'écran de sous-toiture (sans voligeage)

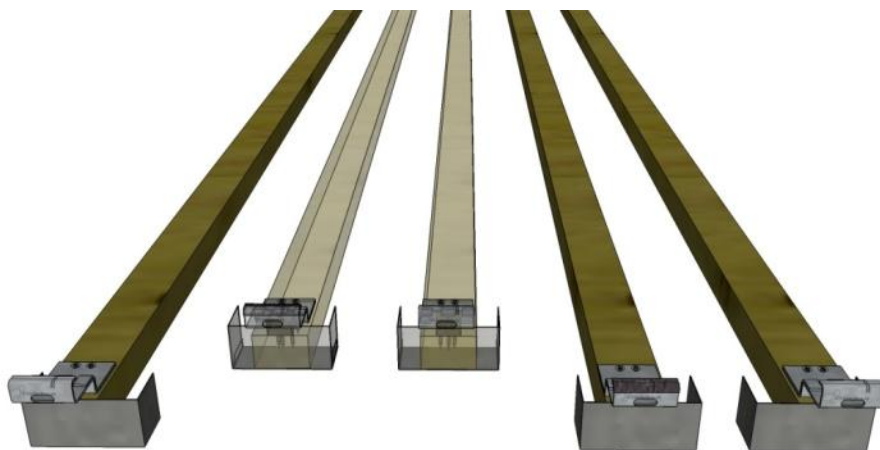


Figure 15 : Préparation des chevrons

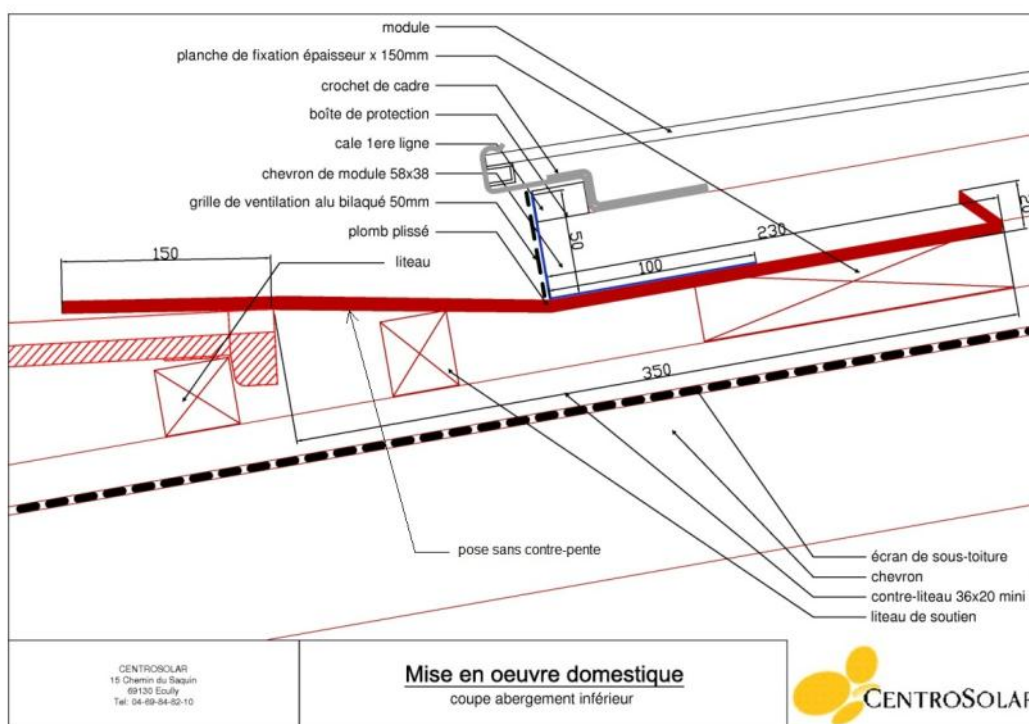
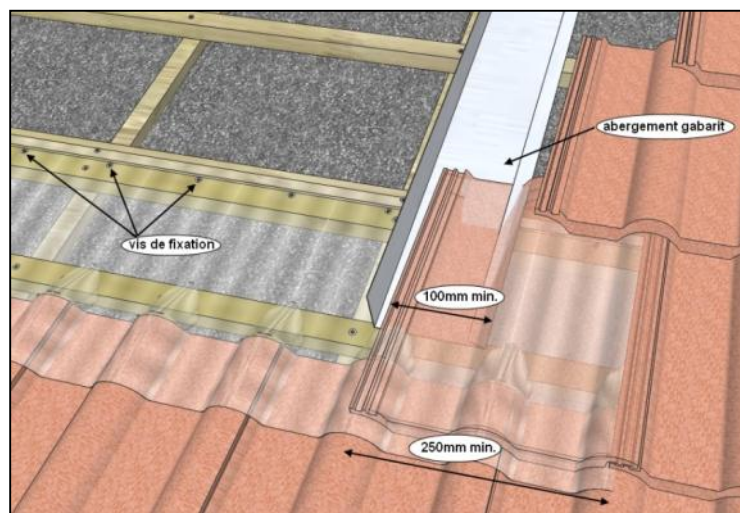
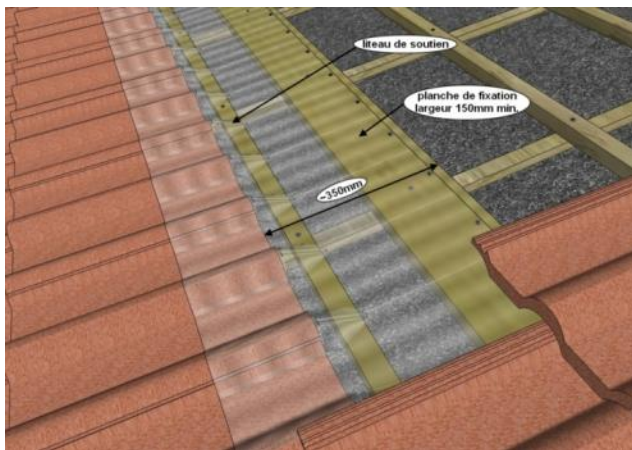


Figure 16 : Mise en œuvre de l'étanchéité basse

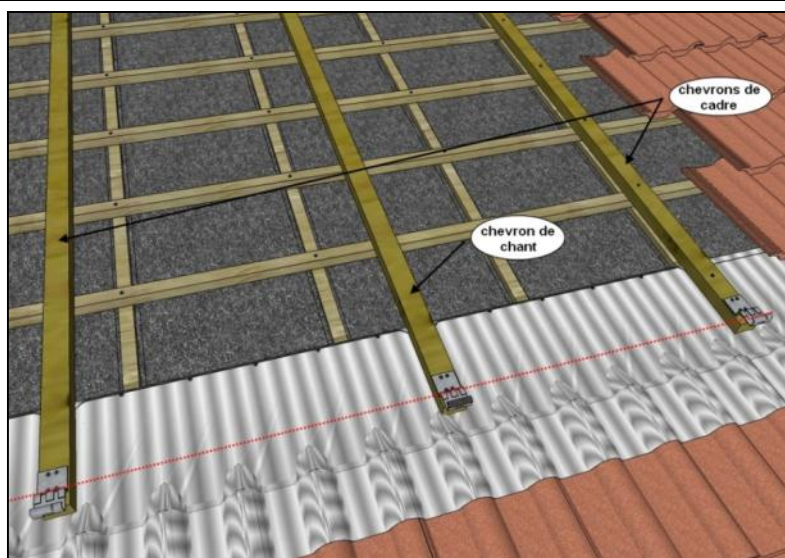


Figure 17 : Mise en œuvre des chevrons support modules (cas sans voliges)

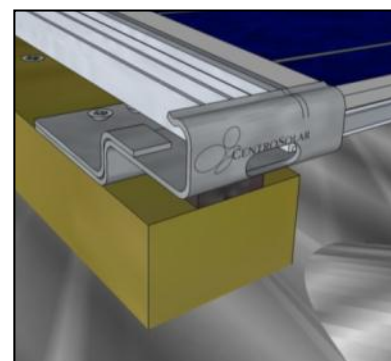
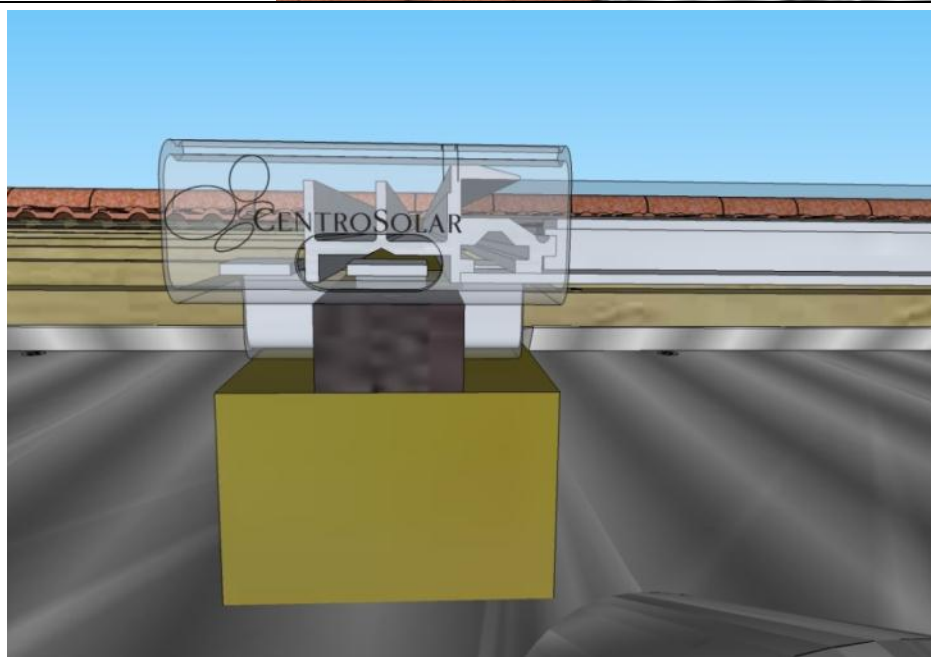
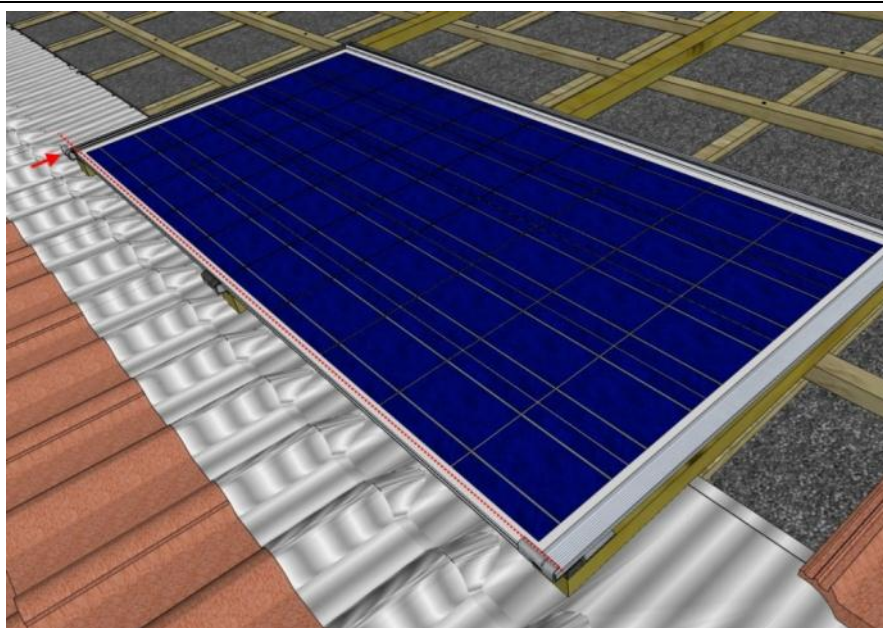
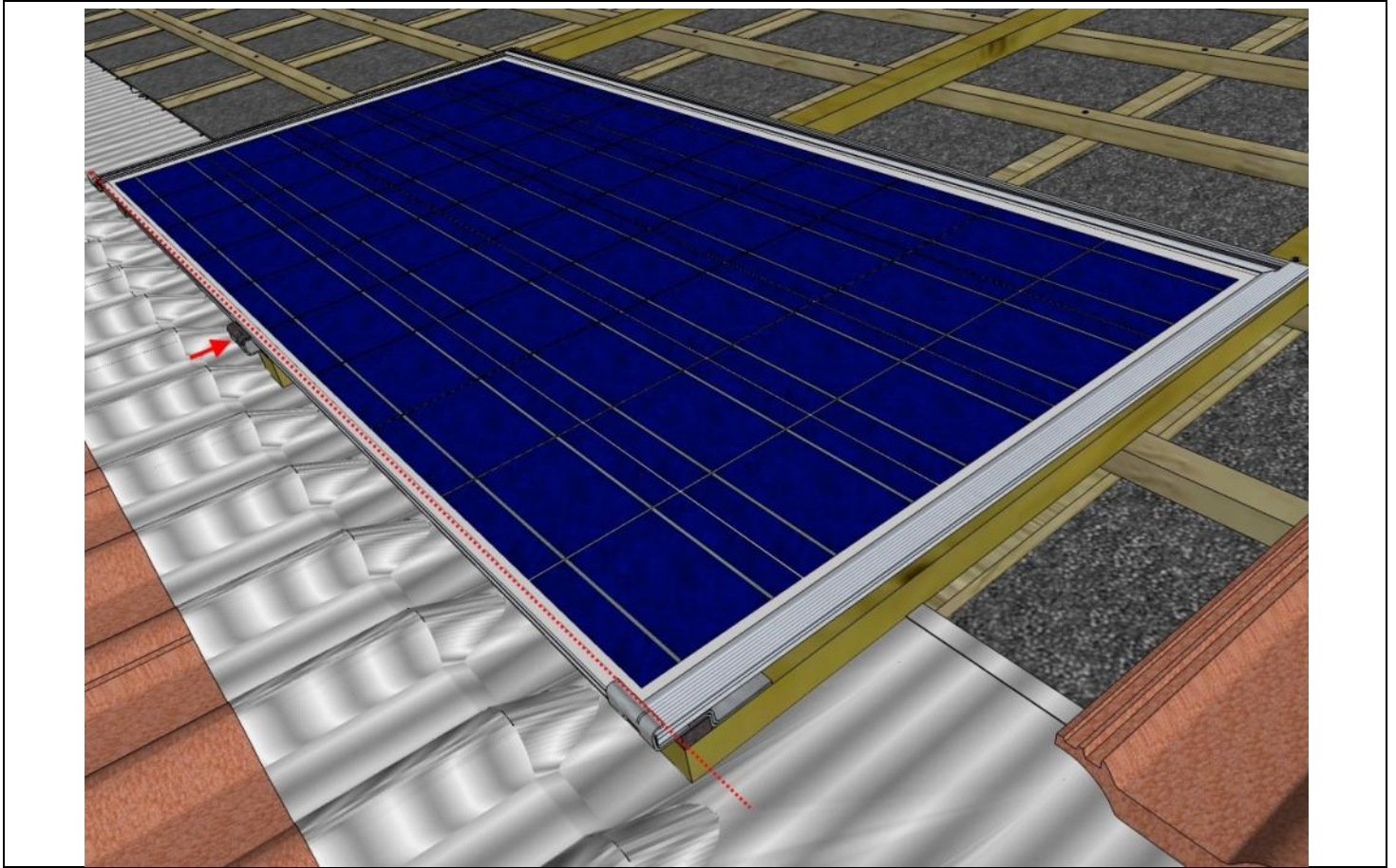
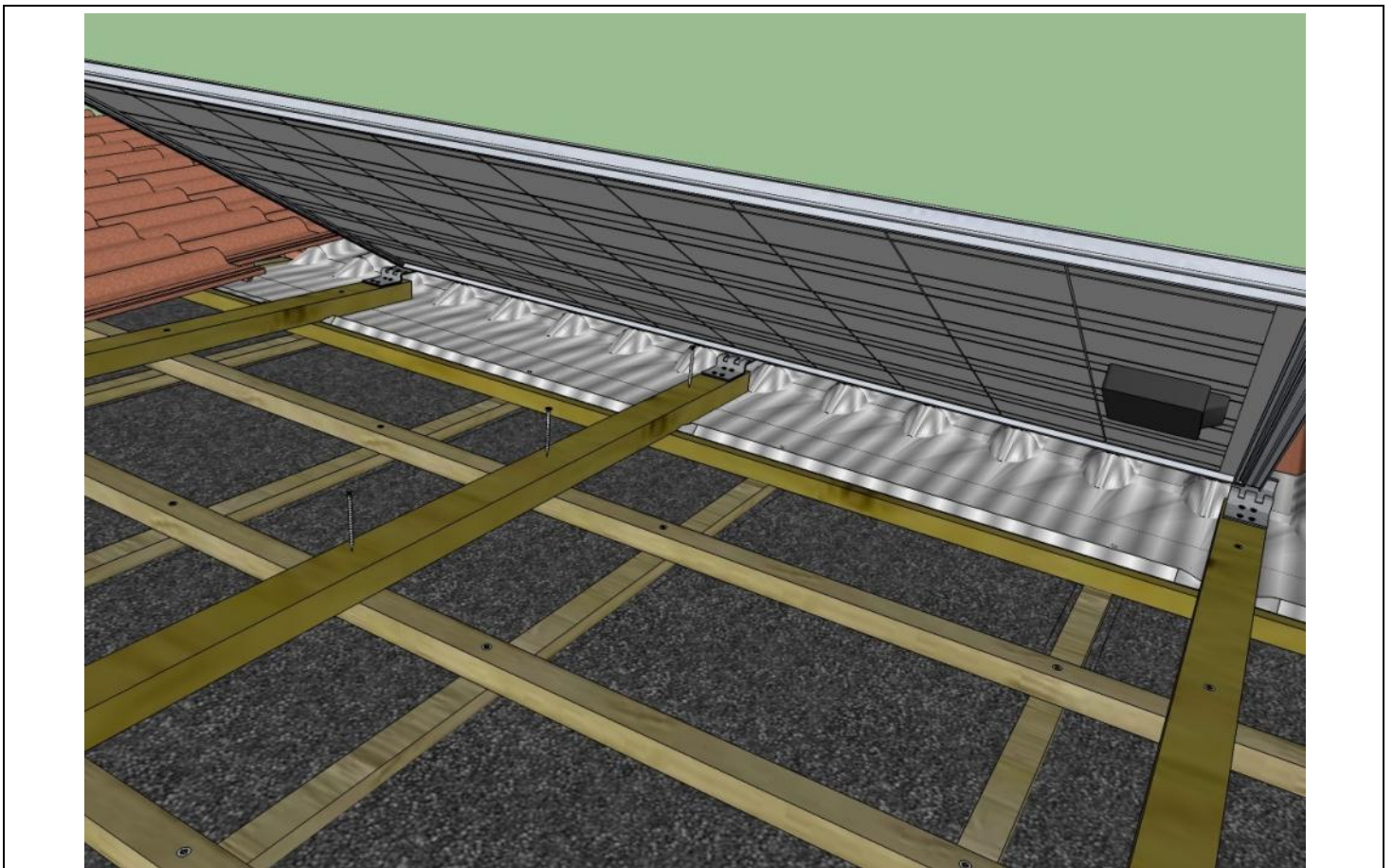


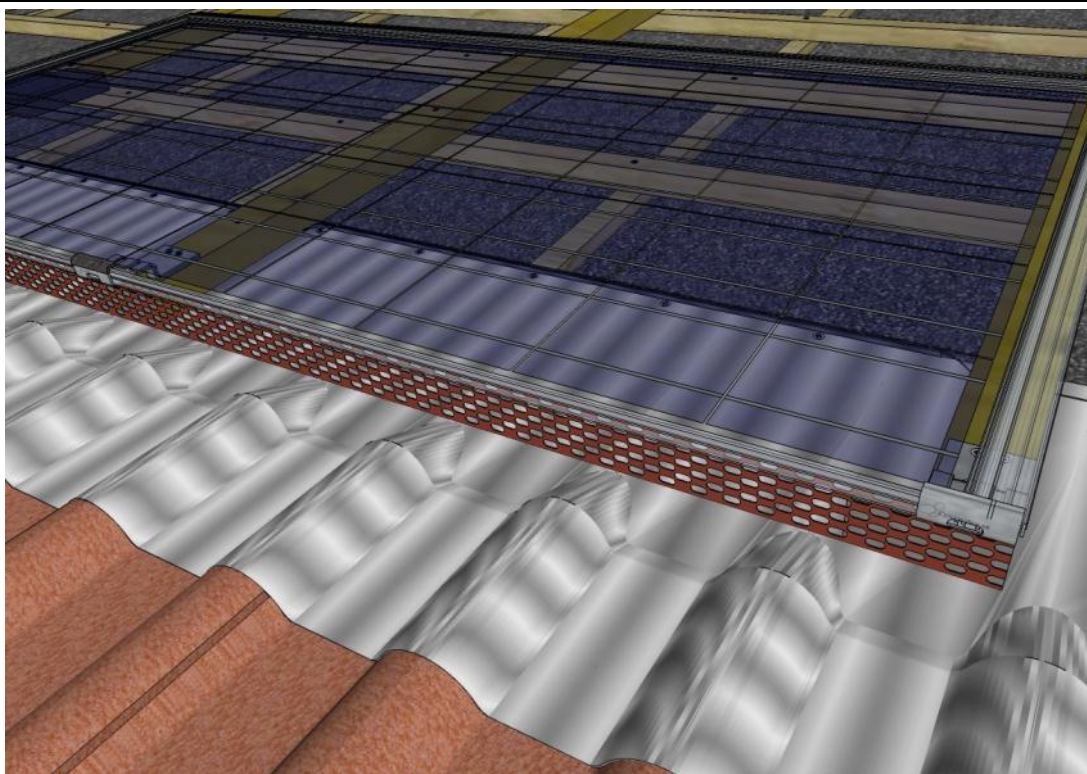
Figure 18a : Pose du premier module photovoltaïque - mise en place des chevrons "cadre" et "chant"



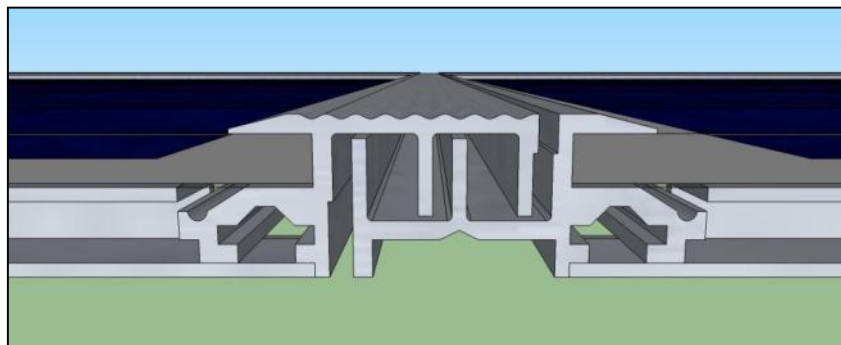
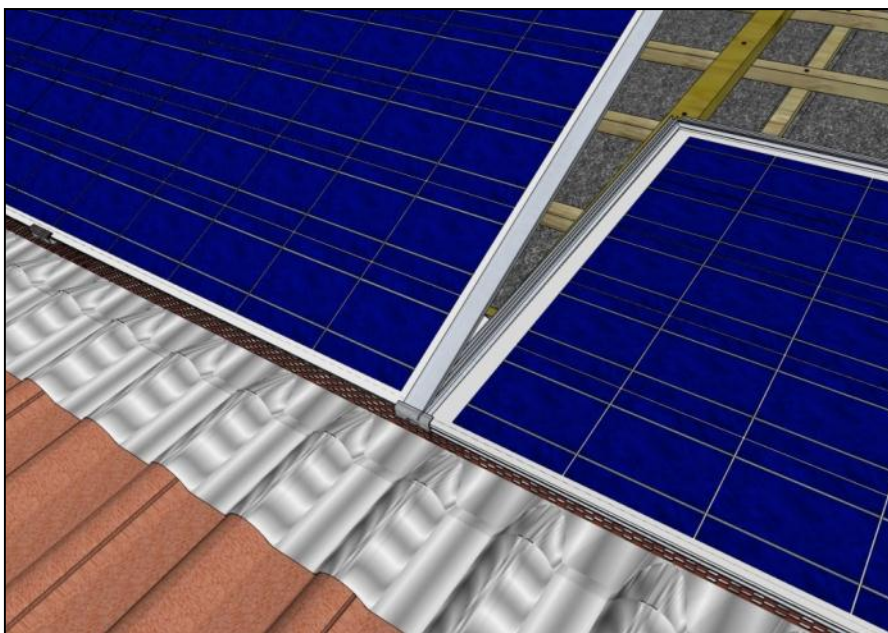
*Figure 18b : Pose du premier module photovoltaïque - translation du crochet "chant"*



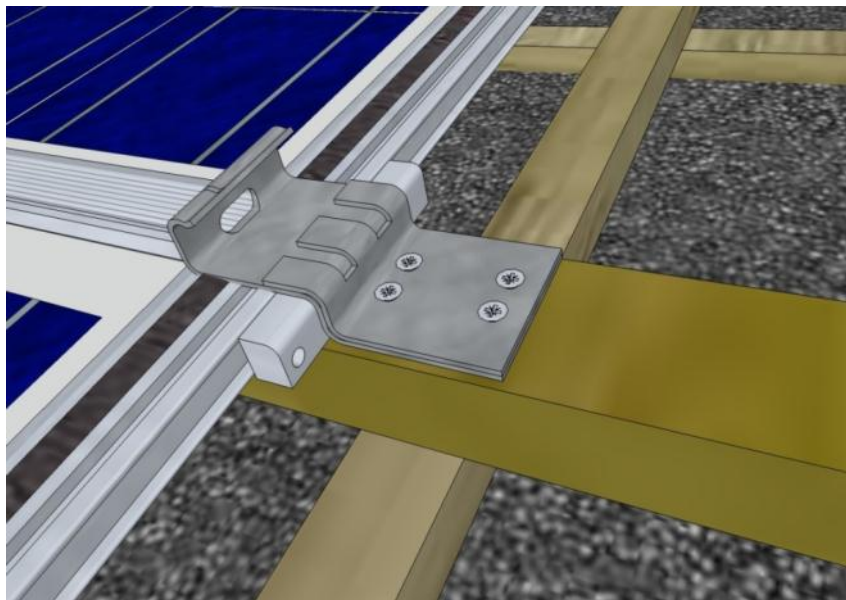
*Figure 18c : Pose du premier module photovoltaïque – positionnement définitif du crochet "chant"*



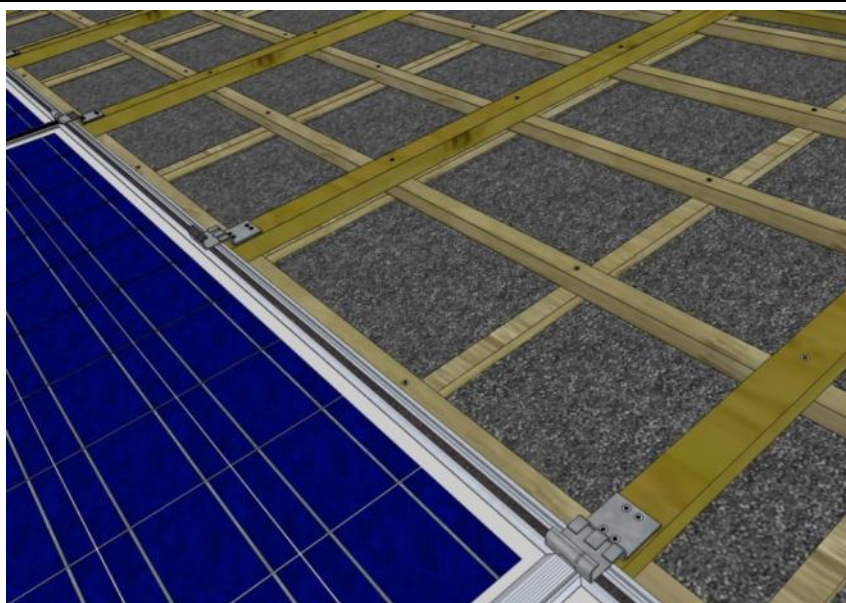
**Figure 19 : Pose de la grille de ventilation**



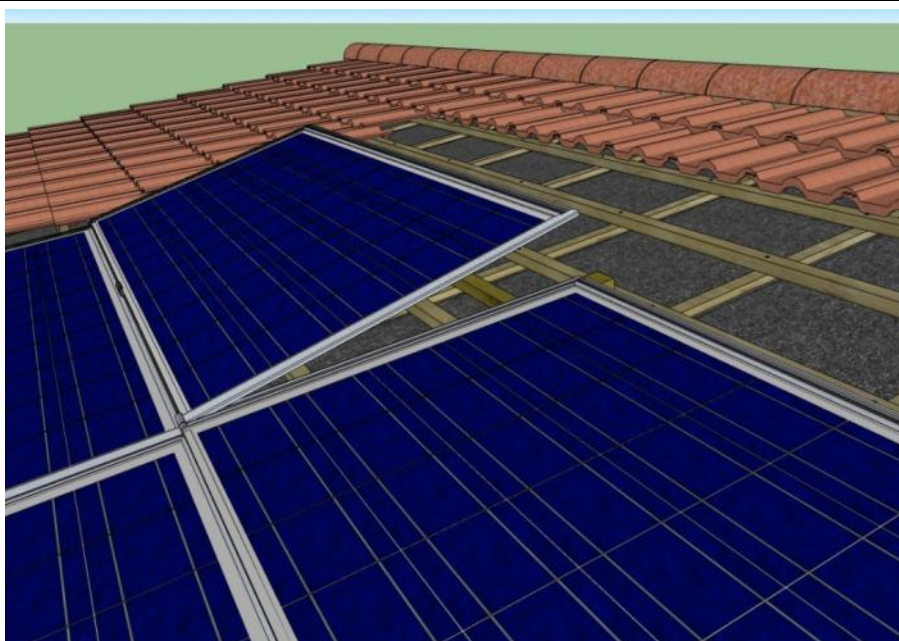
**Figure 20 : Assemblage profil et contre-profil du cadre des modules photovoltaïques**



*a) gabarit d'écartement (13 x 13 mm pour les crochets "cadre" et 12 x 12 mm pour les crochets "chant")*



*b) pose des crochets "cadre" et "chant"*



*c) pose des modules photovoltaïques*

**Figure 21 : Pose de la seconde rangée de modules photovoltaïques**

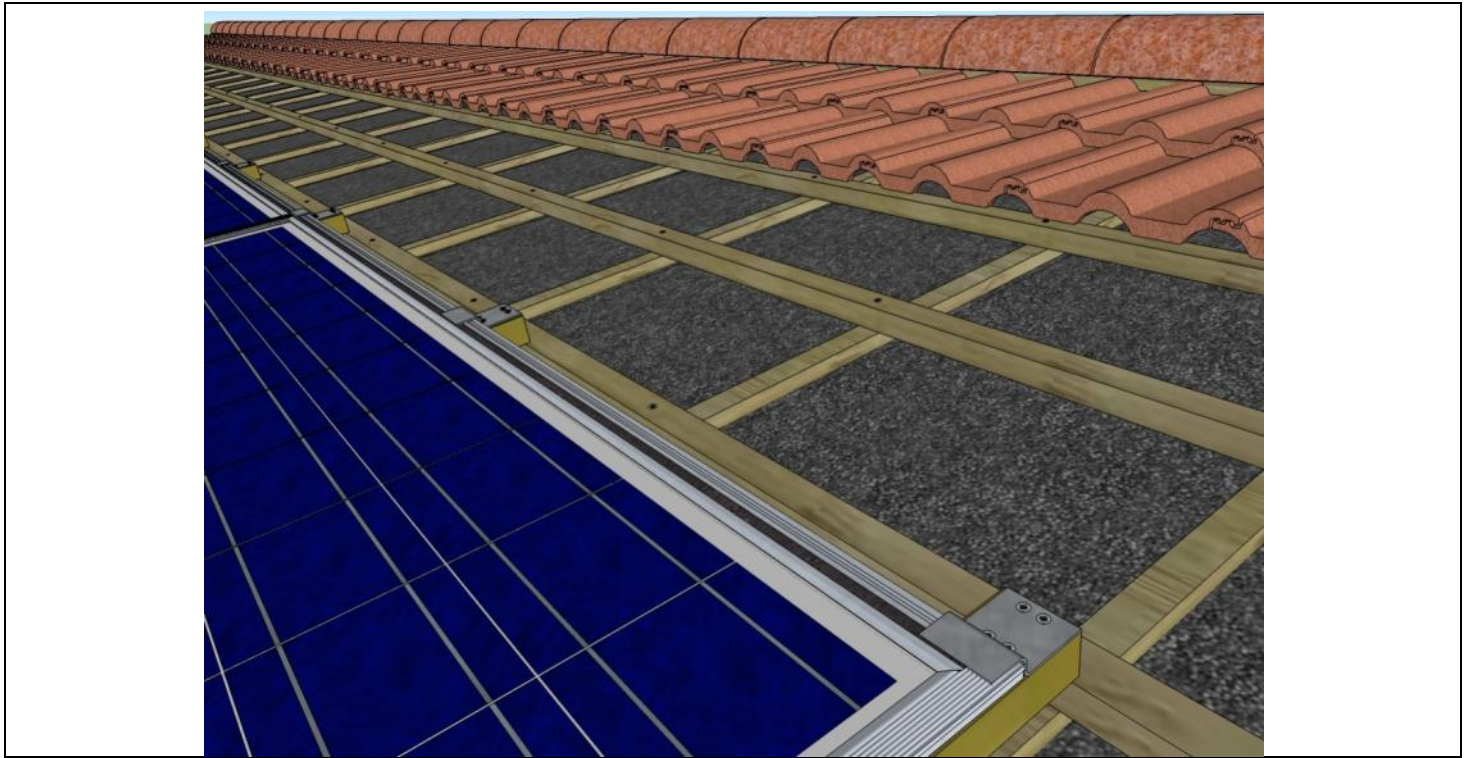


Figure 22 : Pose des crochets supérieurs

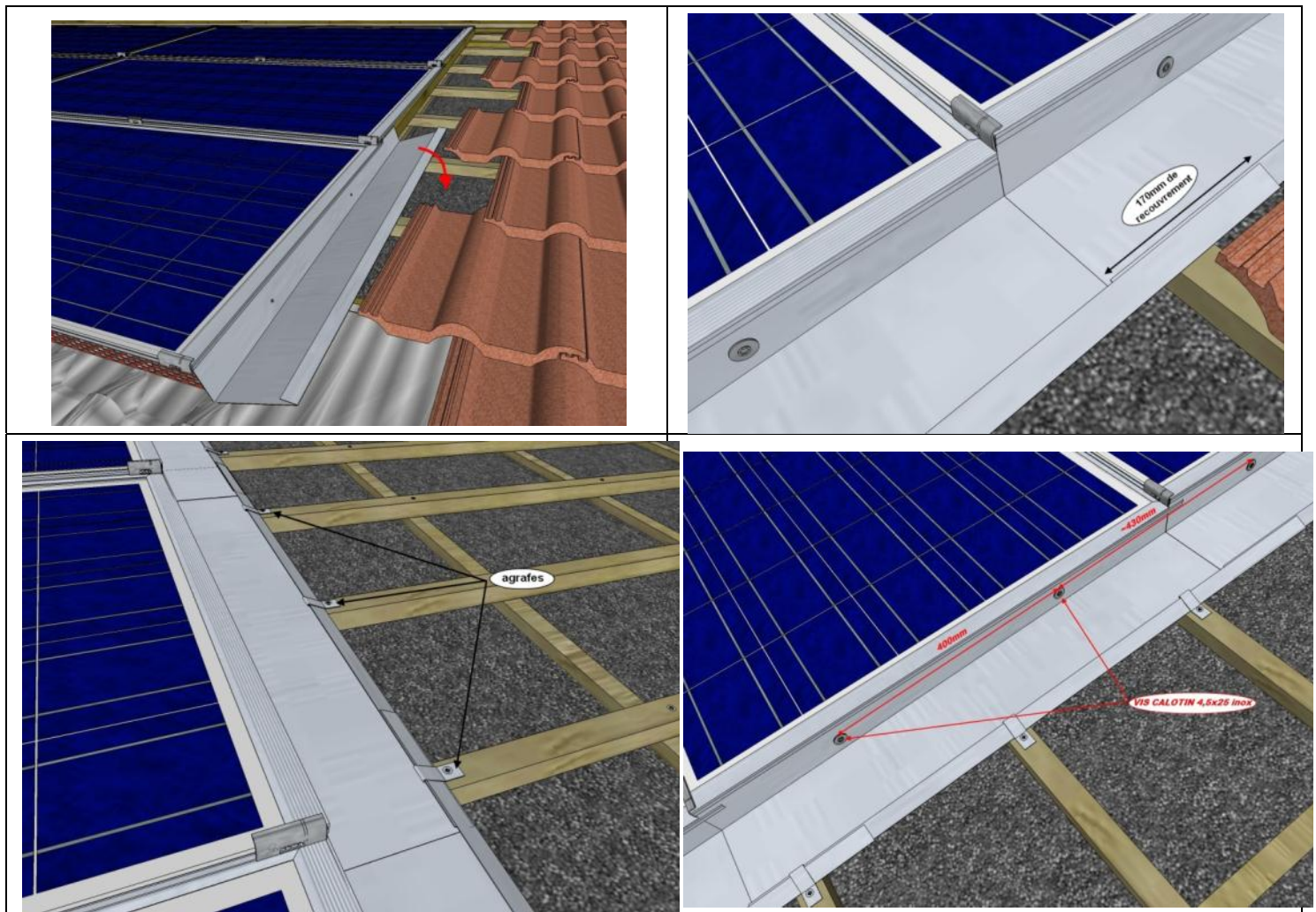


Figure 23 : Mise en œuvre des abergements latéraux droits

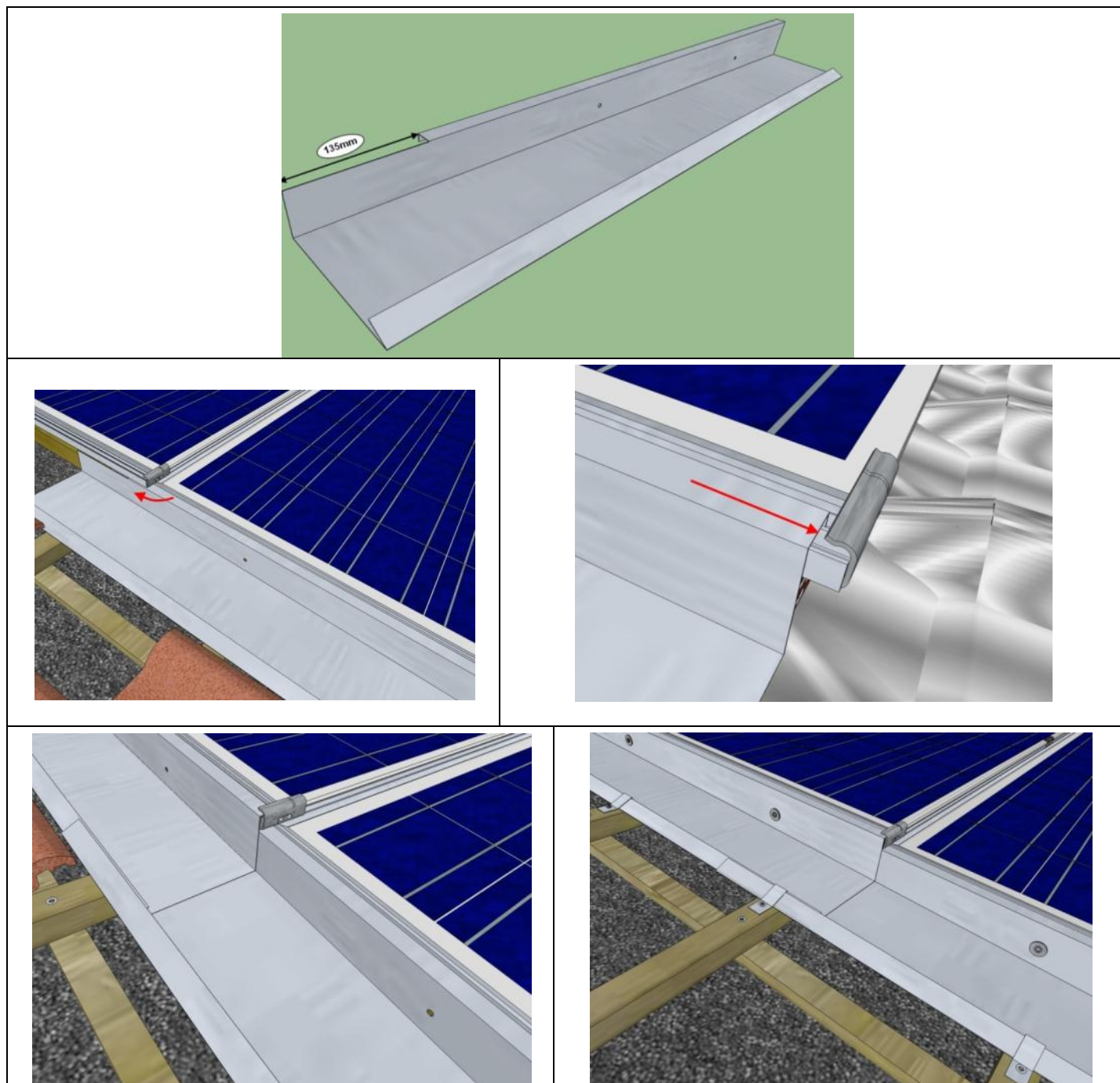


Figure 24 : Abergements latéraux gauches

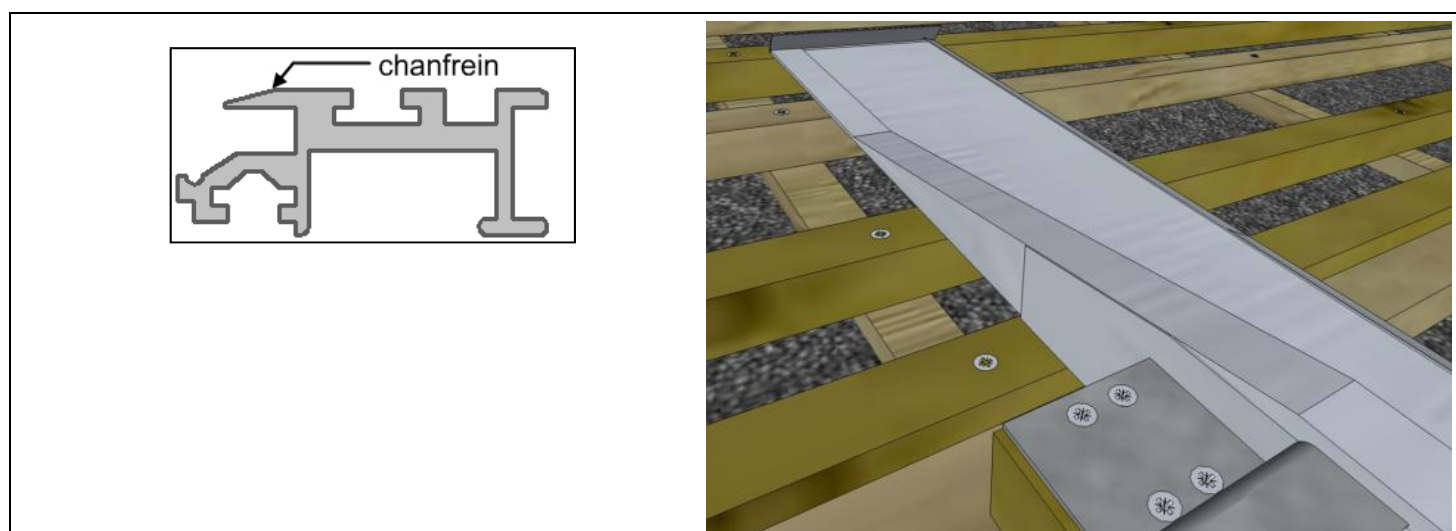
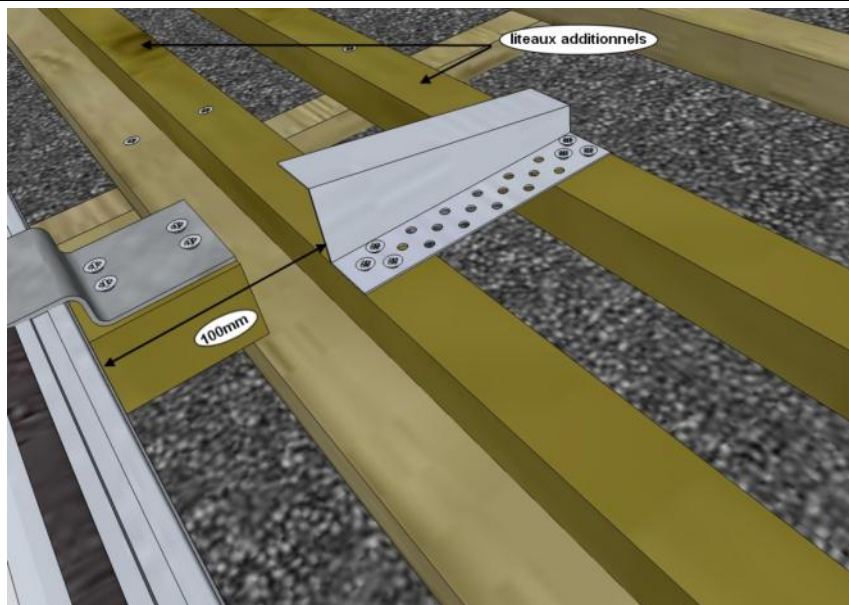
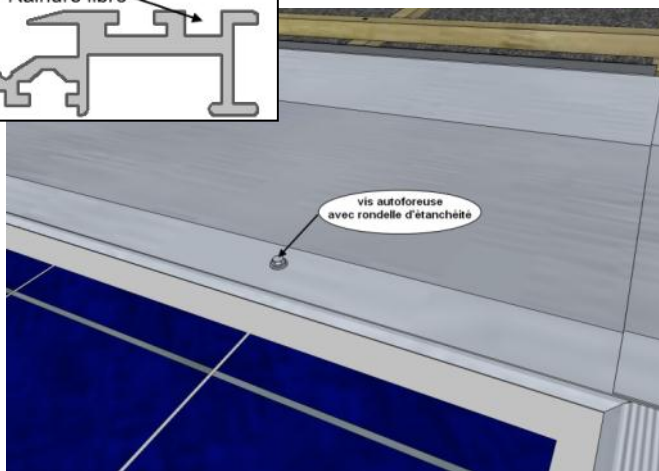
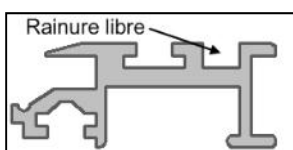


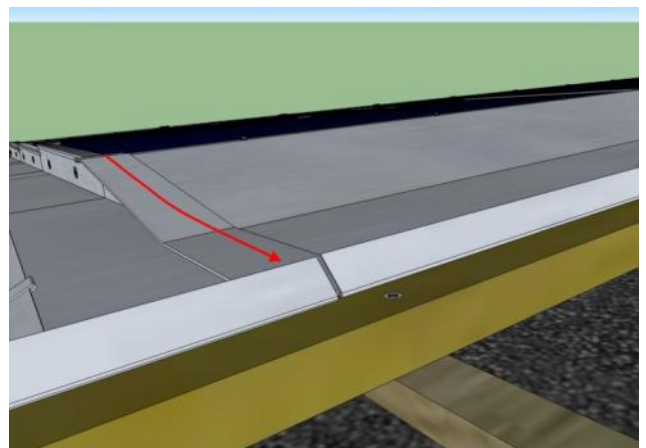
Figure 25 : Mise en œuvre des abergements d'angles avec les abergements latéraux



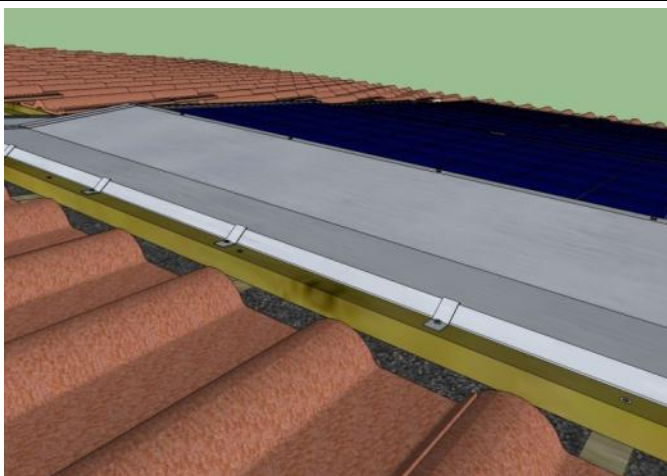
*a – mise en place d'un support d'abergement*



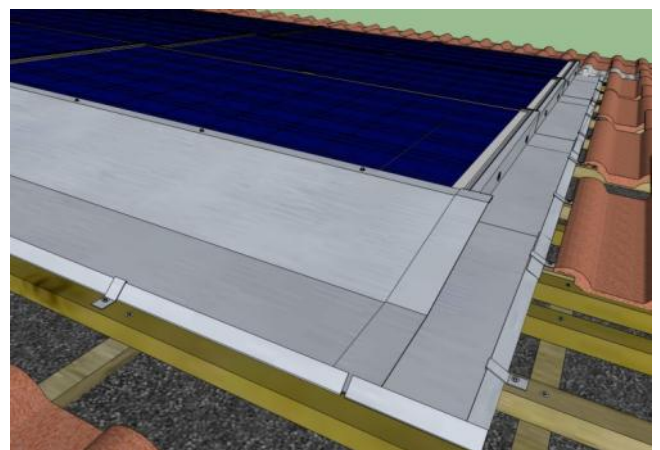
*b – mise en place d'une vis auto-foreuse dans la rainure libre du cadre supérieur*



*c - mise en place d'une coulisse*

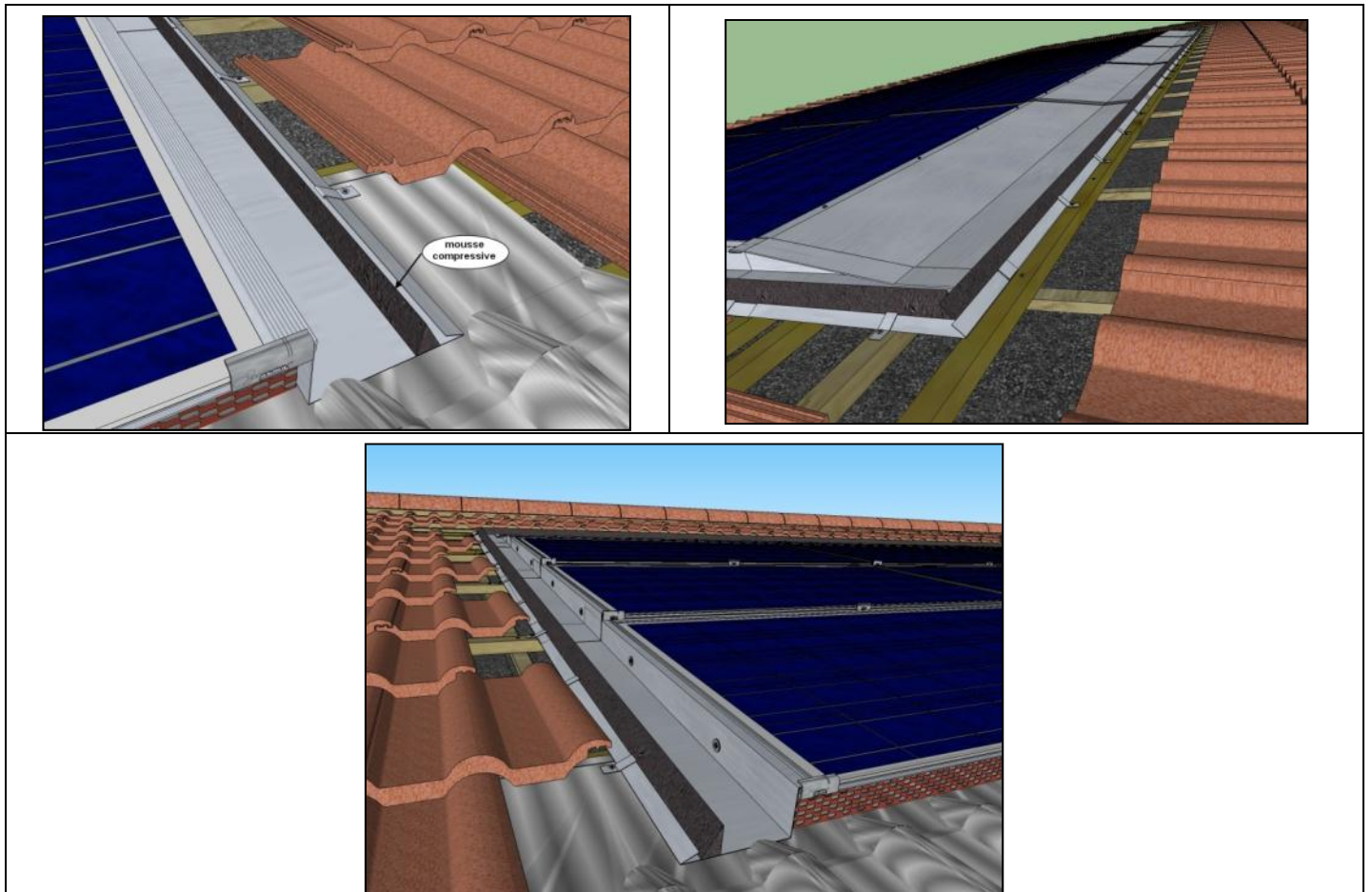


*d-mise en place des agrafes d'abergement*



*e – vue du dernier abergement en place avec la coulisse*

**Figure 26 : Fixation des abergements supérieurs**



*Figure 27 : Mise en œuvre des mousses compressives*

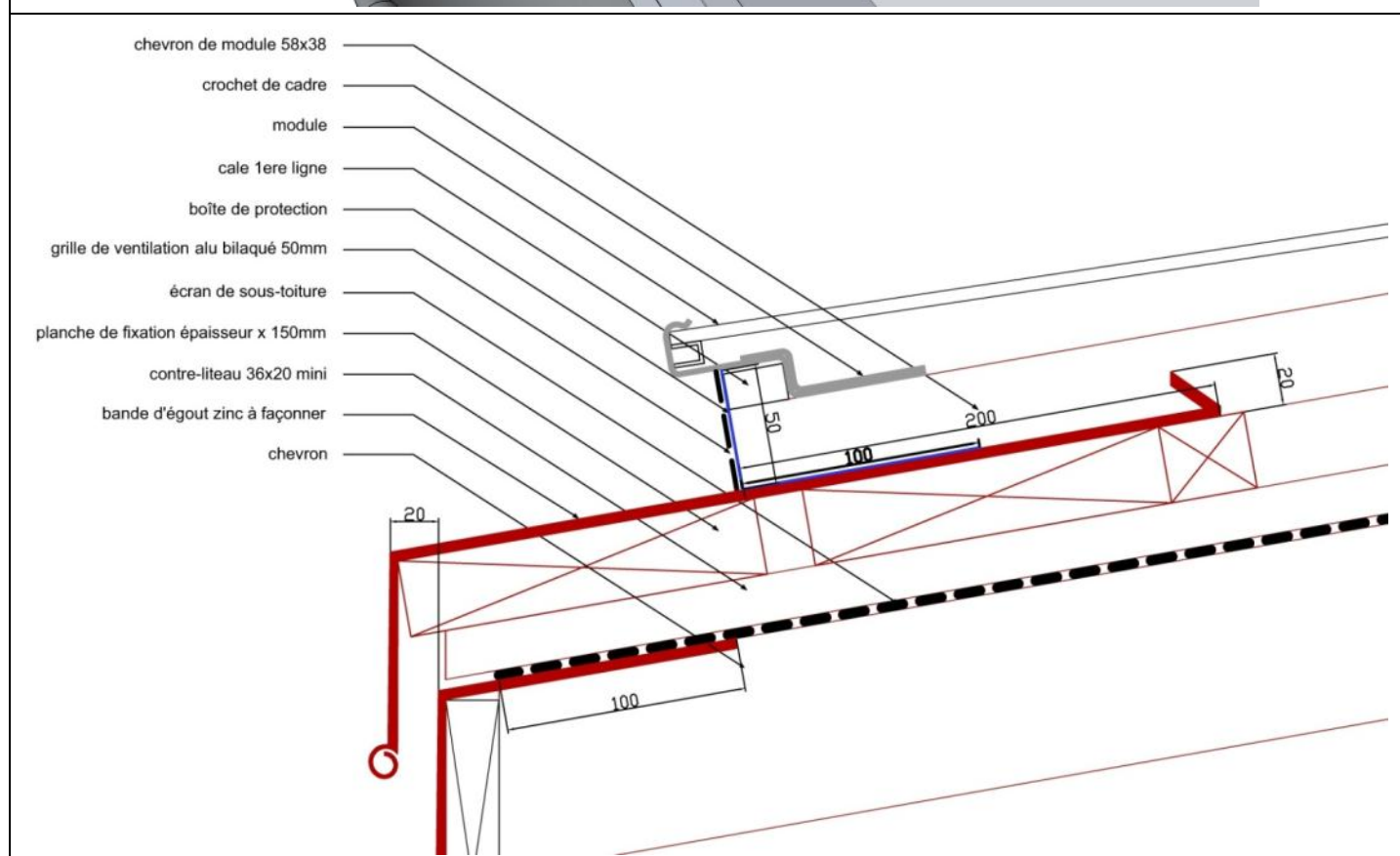
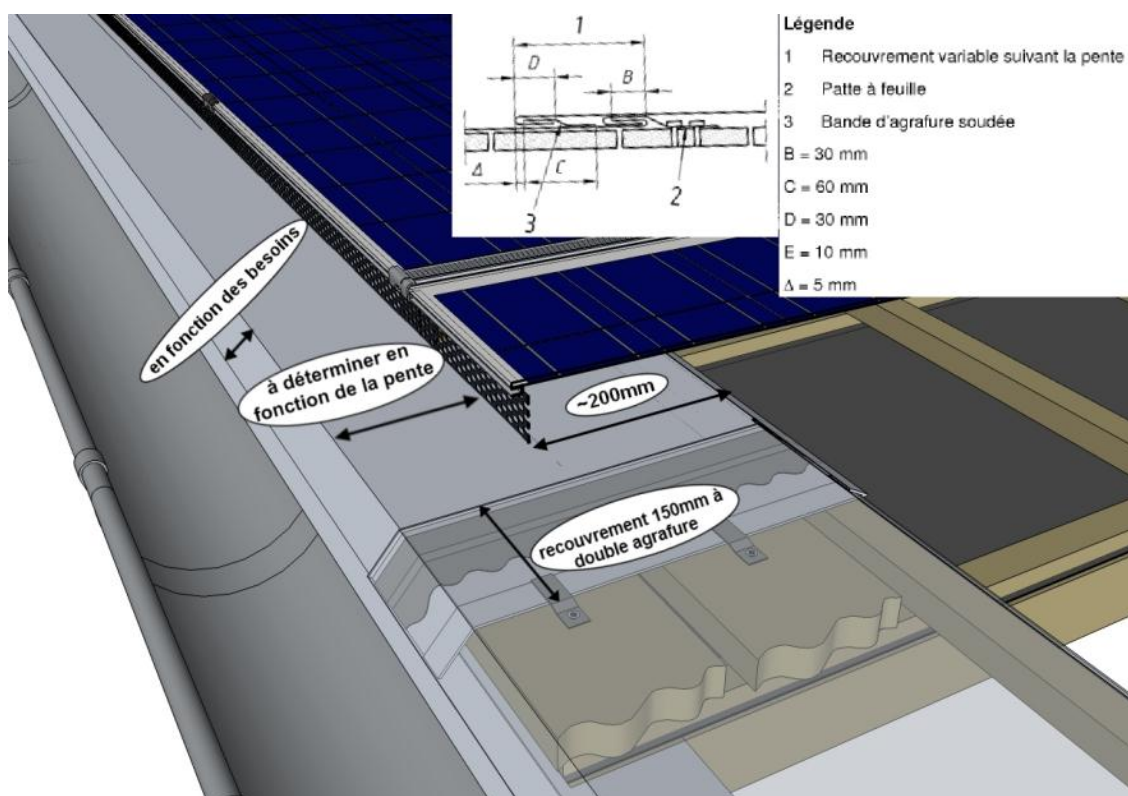
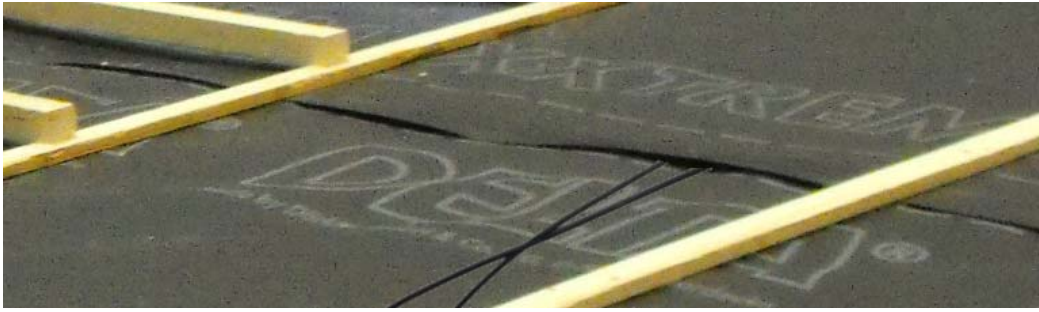
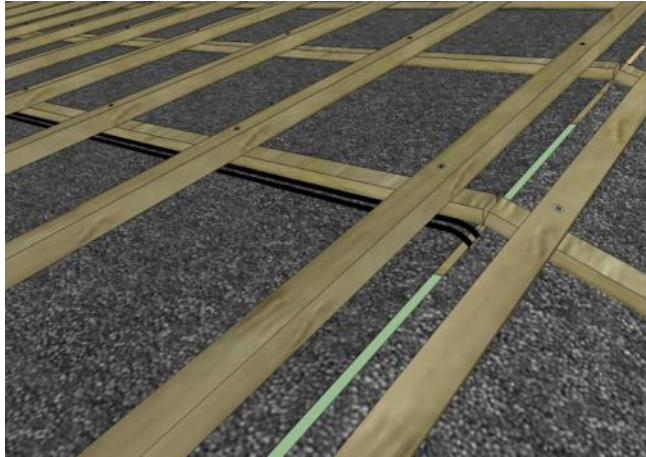


Figure 28 : Vue et coupe longitudinale de la bande d'égout pour la mise en œuvre à l'égout (sans voliges)

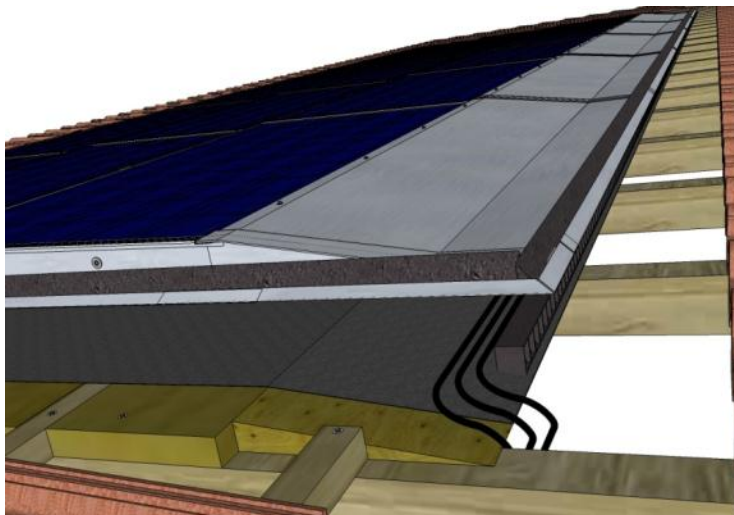


*a – passage au milieu du toit entre 2 lés d'écran de sous-toiture*



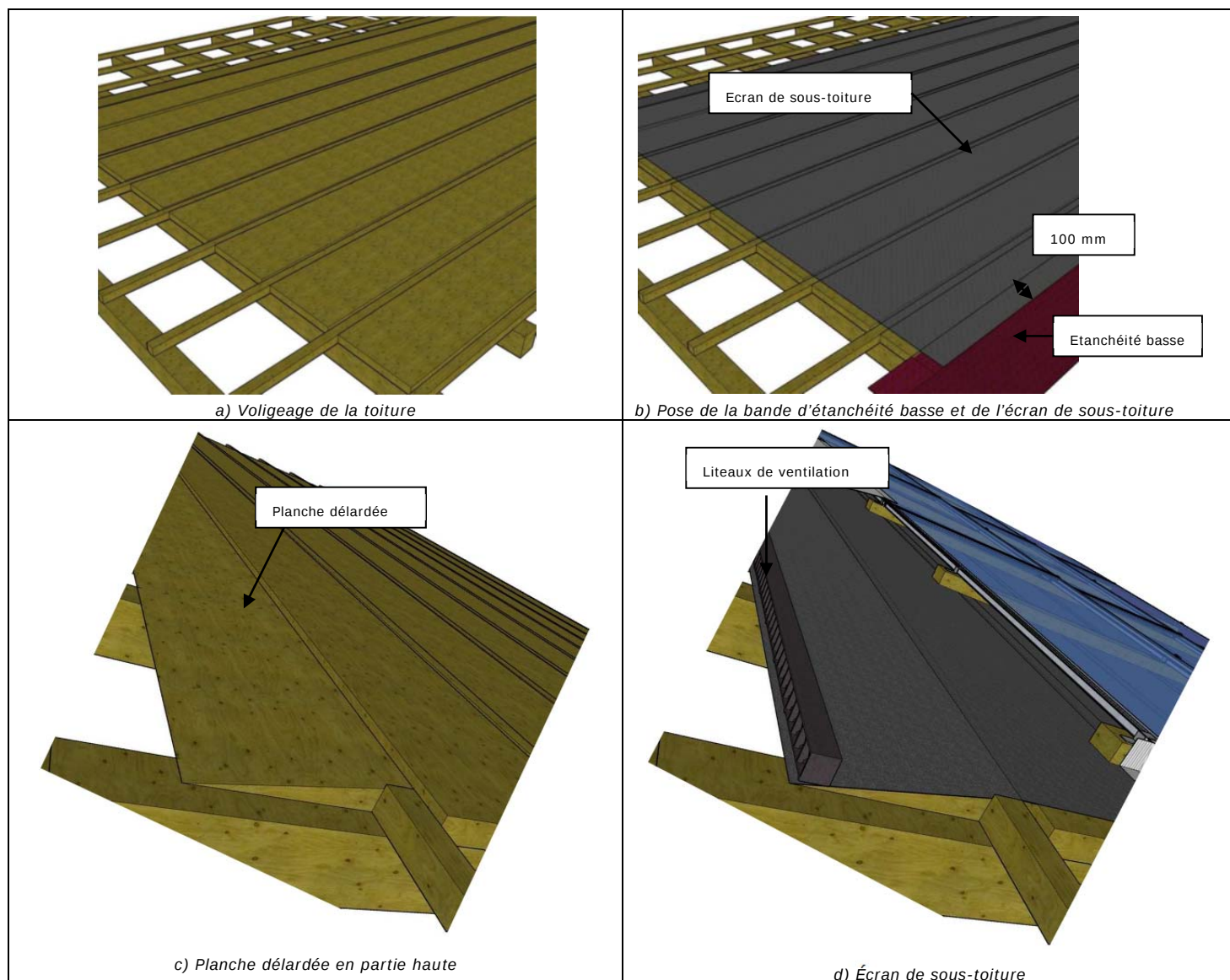
*b – passage des câbles au faîtage*

**Figure 29 : Exemple de passage de câbles (sans volige)**



**Figure 30 : Exemple de passage de câbles (présence de voliges)**

### **SOLUTION AVEC ECRAN DE SOUS-TOITURE A INSTALLER**



**Figure 31 : Mise en œuvre du voligeage sur toiture existante (champ photovoltaïque occupant moins de 80 % de la toiture)**

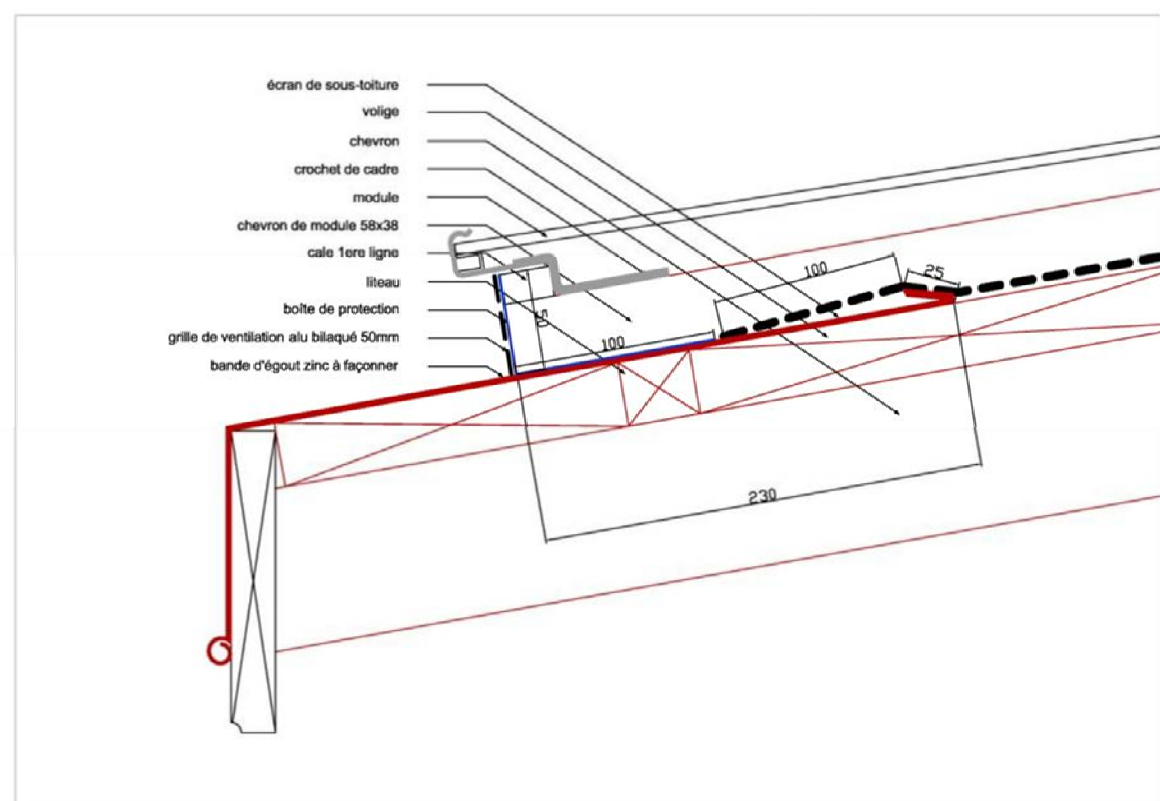
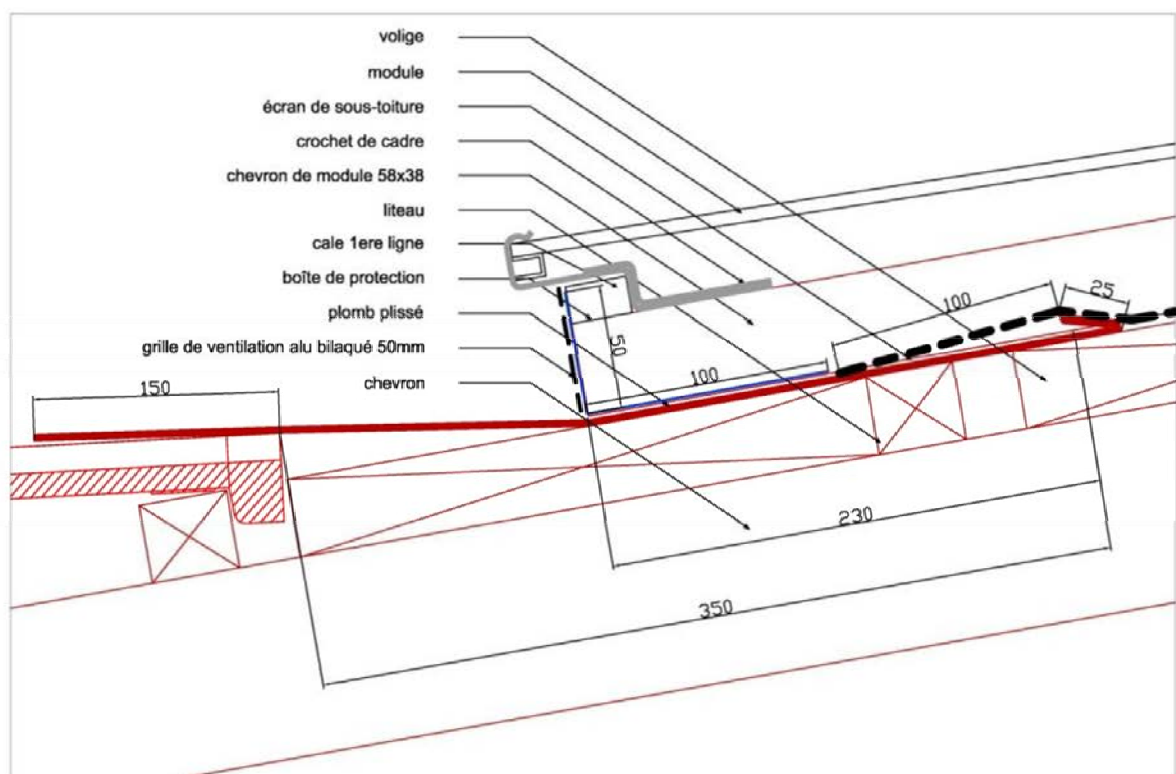
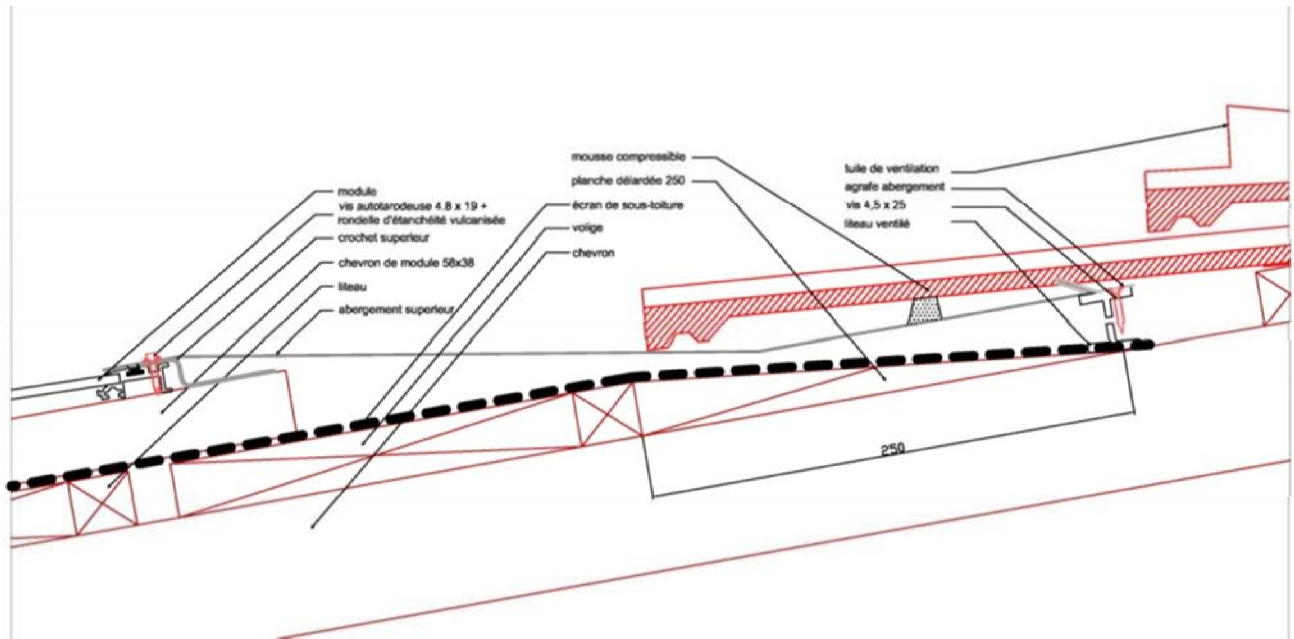


Figure 32 : Coupe longitudinale en rive basse du procédé (partie courante ou à l'égout - avec voliges)

a - présence de voliges



b - sans voliges

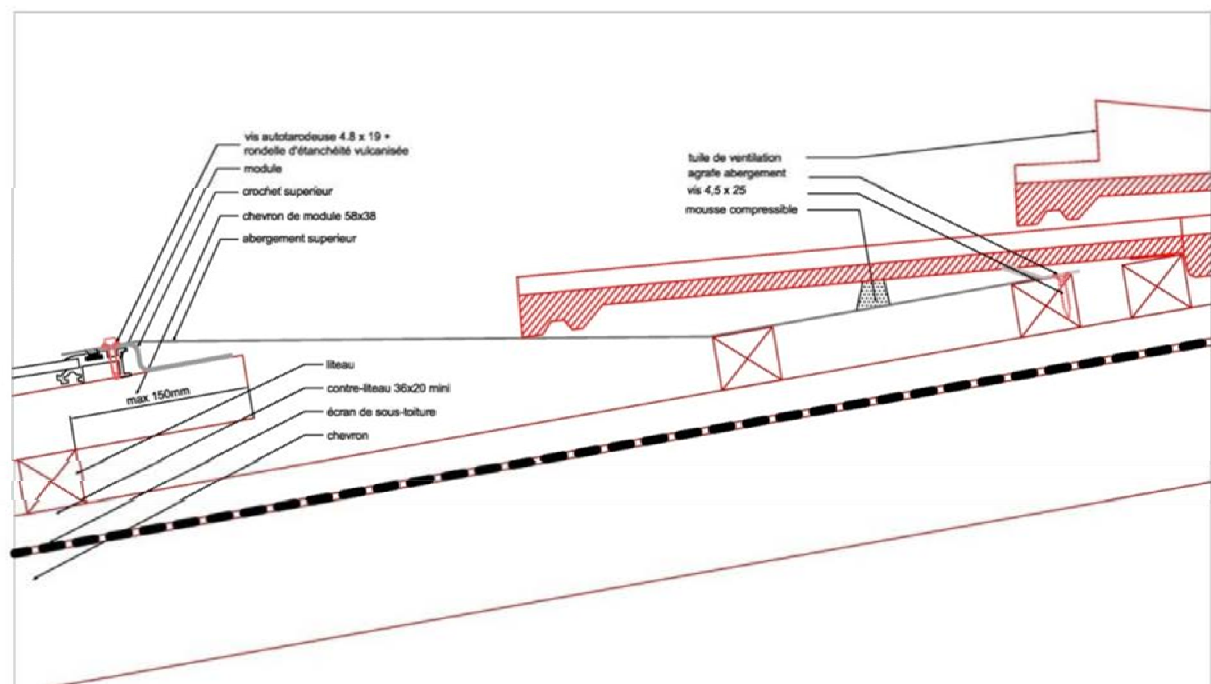
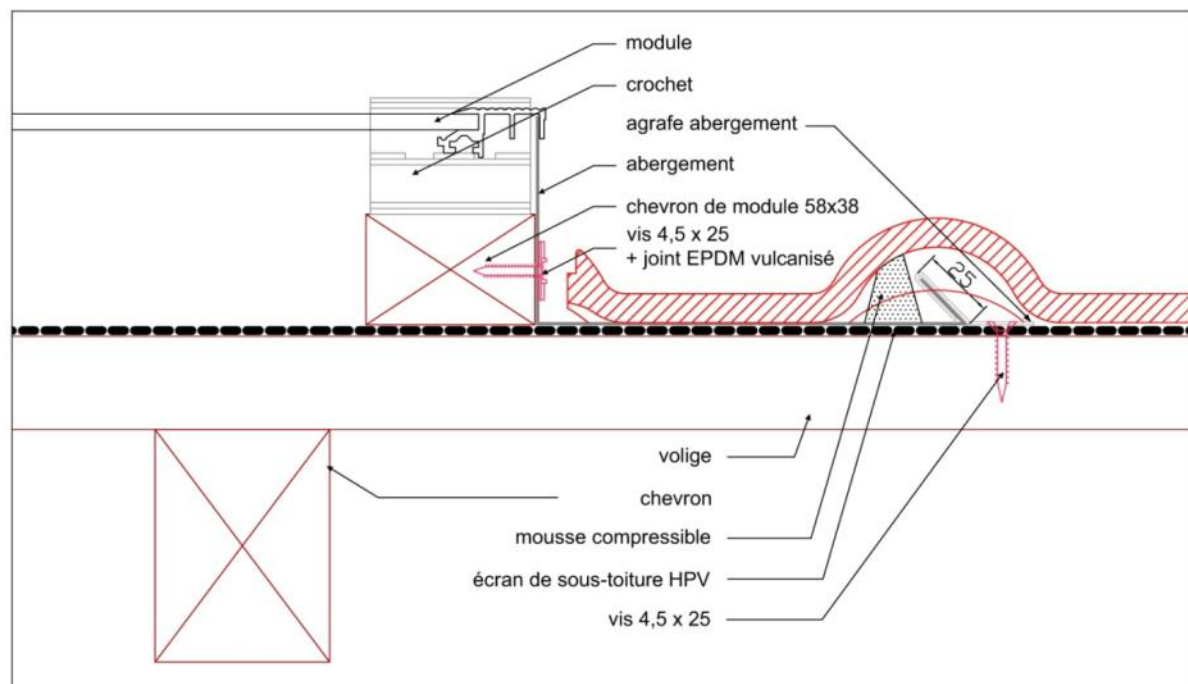
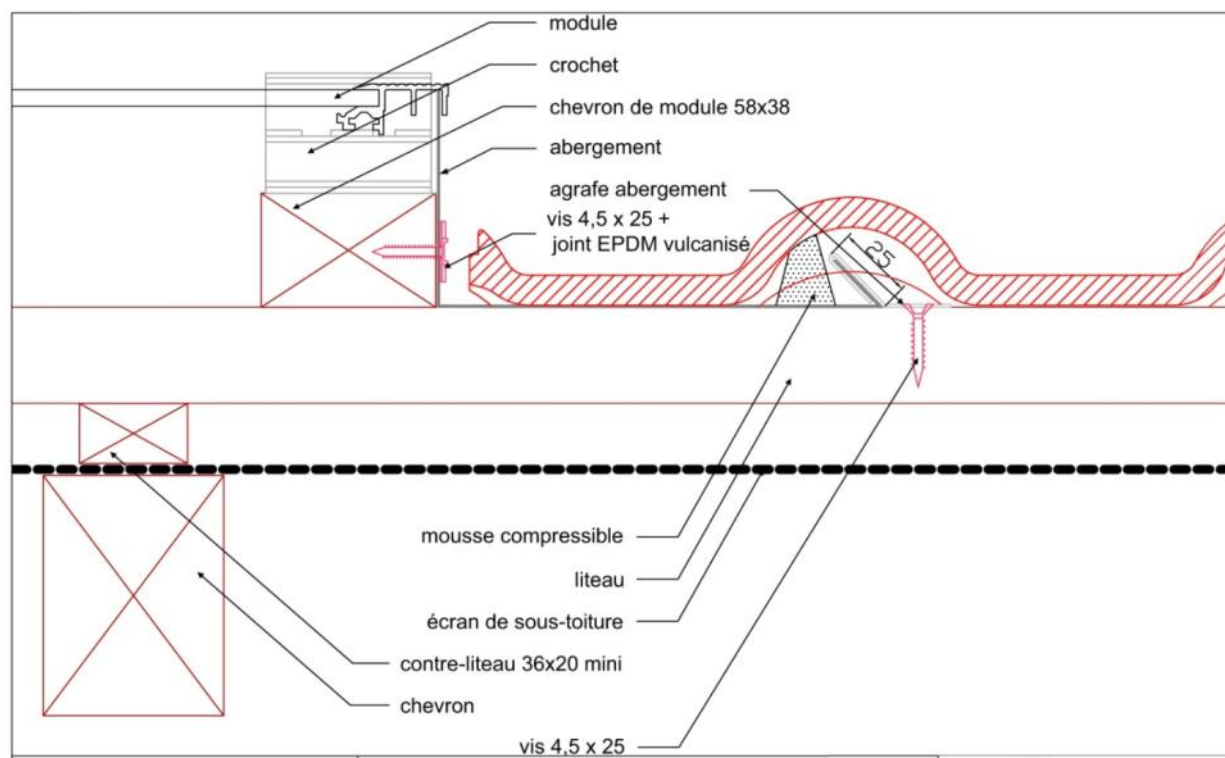


Figure 33 : Coupe longitudinale de l'abergement haut (avec ou sans voliges)

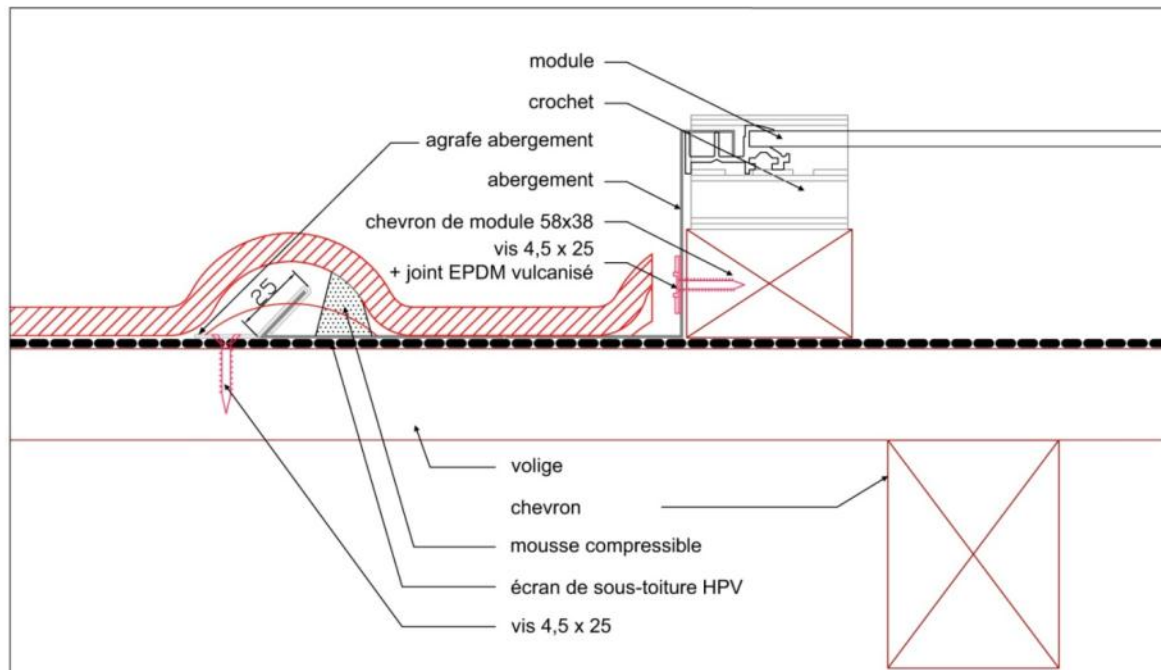


*a – coupe abergement droit avec voliges*

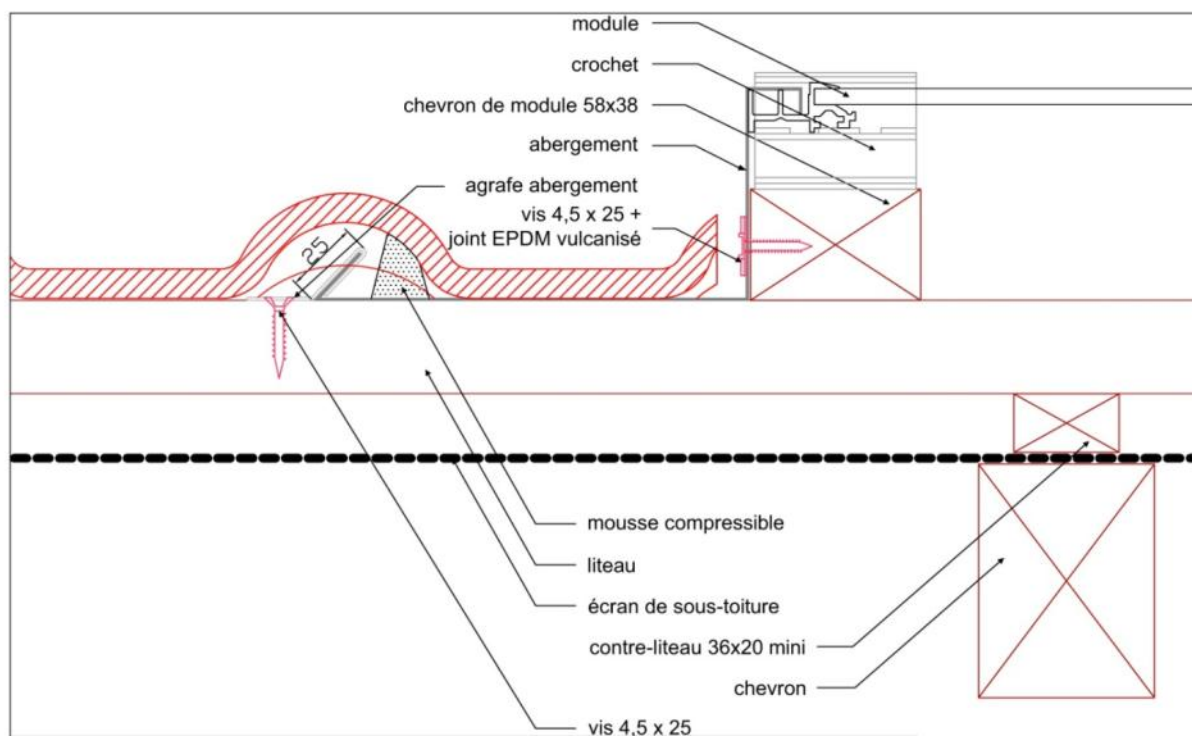


*b – coupe abergement droit sans volige*

**Figure 34 : Coupe transversale de l'abergement droit (avec ou sans voliges)**

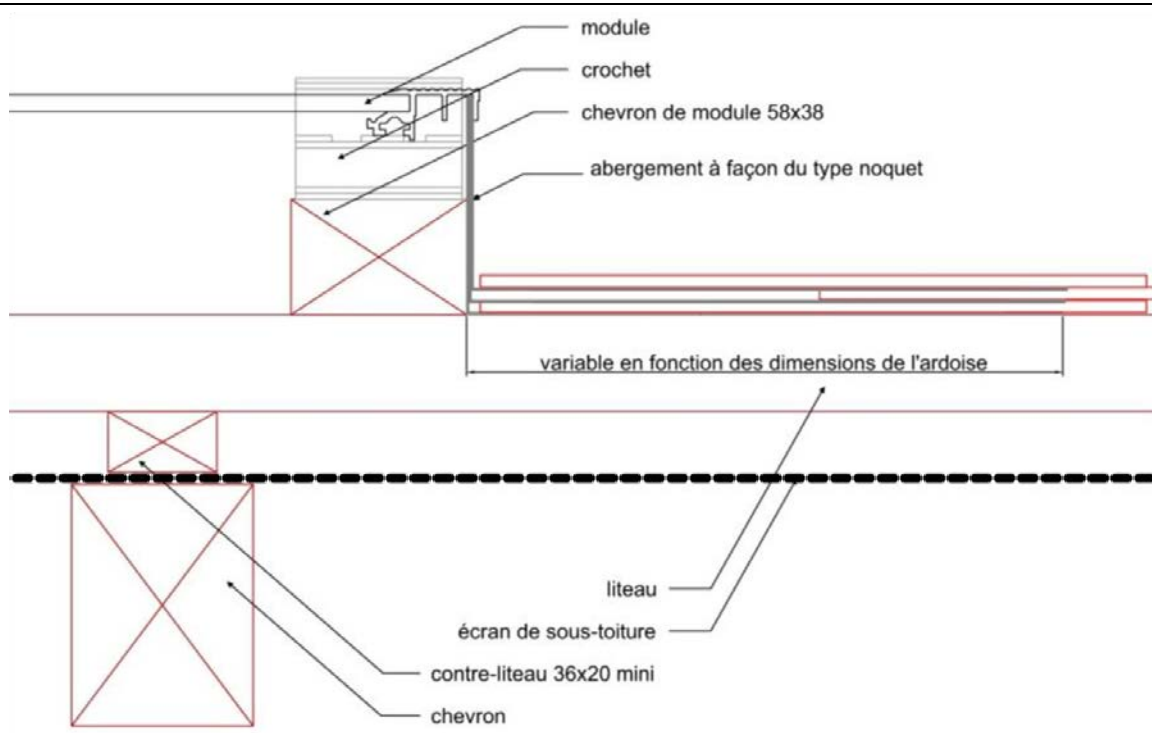


*a – coupe abergement gauche avec voliges*



*b – coupe abergement gauche sans volige*

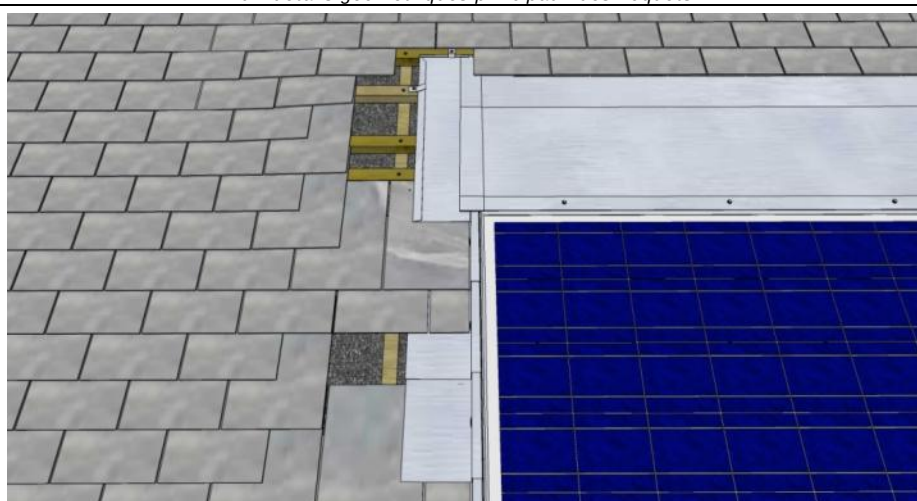
**Figure 35 : Coupe longitudinale de l'abergement gauche**



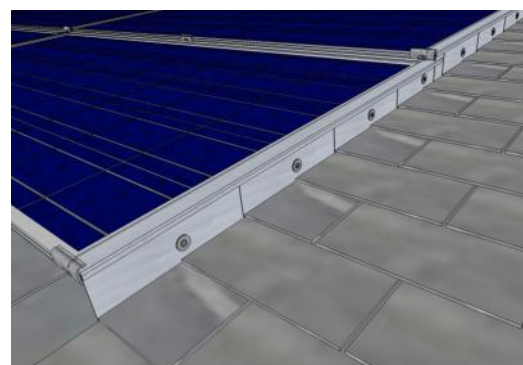
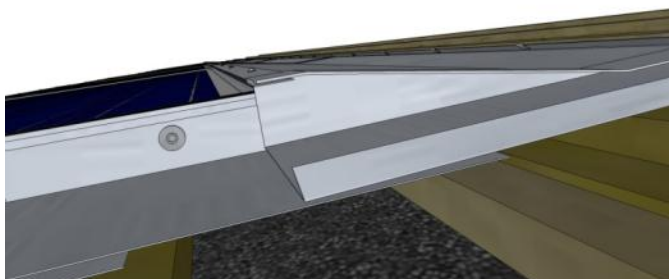
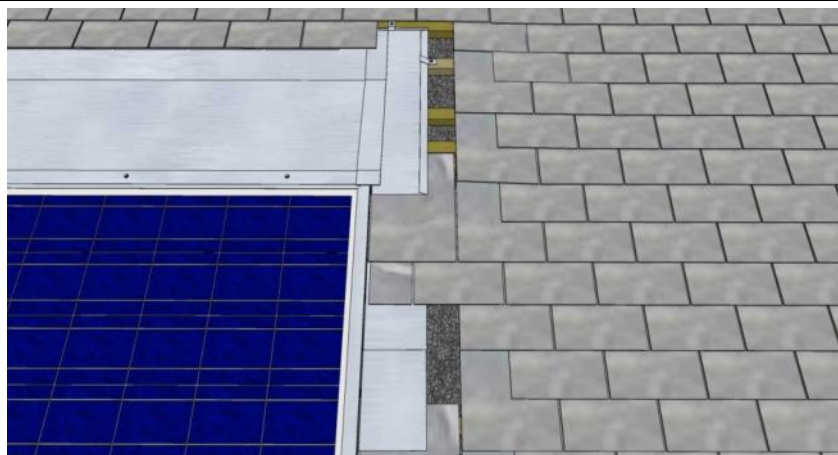
a - coupe transversale de l'abergement droit avec noquets



b - détails géométriques principaux des noquets



c - raccordement des noquets aux éléments de couverture



*d – mise en œuvre des noquets pour couverture ardoise*

**Figure 36 : Mise en œuvre des noquets pour couverture en ardoise**