

# Avis Technique 21/13-33\*V1

Edition intégrant un modificatif

Annule et remplace l'Avis Technique 21/13-33

Procédé photovoltaïque  
Photovoltaic panel  
Photovoltaikpanel

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

## HELIOS B<sup>2</sup>

**Titulaire :** MARCHEGAY SAS  
107 avenue Maréchal de Lattre de Tassigny  
BP 245  
FR – 85402 LUÇON Cedex  
Tél. : 02 51 56 10 40  
Fax : 02 51 56 13 44  
E-mail : [contact@marchegay.fr](mailto:contact@marchegay.fr)  
Internet : [www.marchegay.fr](http://www.marchegay.fr)

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

**Groupe Spécialisé n° 21**

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 29 juillet 2015



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

**Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 7 février 2013, le procédé photovoltaïque "HELIOS B2", présenté par la société MARCHEGAY SAS. Le 23 octobre 2014, a été examiné le modificatif portant sur l'élargissement du domaine d'emploi sur les aspects de sécurité en cas de séisme. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne. Il annule et remplace l'Avis 21/13-33.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle (*toujours du faitage à l'égout*) ou complète, sur charpentes métallique ou bois, en remplacement de grands éléments de couverture (*plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*).

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 180 Wc et 270 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- une sous-couche en tôles d'acier nervurées,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage".

### 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.

### 2.2 Appréciation sur le produit

#### 2.21 Conformité normative des modules

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

#### 2.22 Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour ce 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 C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de - 40 °C à + 90 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

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

Les connecteurs MC 4 de la société MULTICONTACT utilisés, ayant un indice de protection IP 67, sont des connecteurs débouchables au moyen d'un outil permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

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

La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément au guide UTE C 15-712-1 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.

L'utilisation de cosse cuivre de type « raccord vis-rondelle bimétal alu-cuivre-écrou » pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

#### Sécurité par rapport aux ombrages partiels

Le phénomène de "point chaud" pouvant conduire à une détérioration du module est évité grâce à l'implantation de 3 diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

#### Puissance crête des modules utilisés

Dénomination commerciale	Puissance crête (Wc)
Bosch Solar Module c-Si M60 EU 30117 et 30123	235 à 250 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M60 EU 42117 et 42123	245 à 260 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M60 EU 43117 et 43123	250 à 260 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M60 EU 44117 et 44123	255 à 270 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M60S EU 30117 et 30123	225 à 245 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M60S EU 42117 et 42123	245 à 260 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M60S EU 44117 et 44123	255 à 270 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si P60 EU 30123	230 à 240 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M48 EU 40123	185 à 200 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M48 EU 42123	180 à 215 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M48 EU 44123	180 à 225 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M48S EU 40123	185 à 195 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M48S EU 42123	180 à 215 par pas de 5 Wc
Bosch Solar Module c-Si M48S EU 44123	180 à 225 par pas de 5 Wc

## 2.232 Fonction Couverture

### Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - les valeurs suivantes sous charge de vent normale (selon les règles NV65 modifiées),

Entraxe entre pannes (m)	1 à 1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Pannes bois, pannes acier d'épaisseur 3 mm	800 Pa					
Pannes acier d'épaisseur 2 mm	800 Pa					763 Pa
Pannes acier d'épaisseur 1,5 mm	800 Pa	758 Pa	718 Pa	683 Pa	652 Pa	623 Pa

- les valeurs suivantes sous charge de neige normale (selon les règles NV65 modifiées),

Entraxe entre pannes (m)	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Sans porte-à-faux	1 800 Pa		1 705 Pa	1 566 Pa	1 447 Pa
Avec porte-à-faux	1 017 Pa	1 064 Pa	1 160 Pa	1 088 Pa	1 231 Pa
porte-à-faux : voir <i>Figure 1</i>					

Entraxe entre pannes (m)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Sans porte-à-faux	1 344 Pa	1 254 Pa	1 174 Pa	1 103 Pa	921 Pa	898 Pa
Avec porte-à-faux	1 344 Pa	1 254 Pa	1 138 Pa	1 103 Pa	921 Pa	826 Pa
porte-à-faux : voir <i>Figure 1</i>						

- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- que la toiture d'implantation présente un espacement entre pannes ne dépassant pas 2 m avec une tôle d'acier nervurée de 75/100° et 1,8 m avec une tôle d'acier nervurée de 63/100°,
- d'une mise en œuvre du procédé respectant les dispositions suivantes :
  - porte-à-faux des modules par rapport aux cavaliers supports (*Figure 1*) ne dépassant pas 500 mm,
  - montage d'un point fixe en bas de chaque rail acier,
  - d'informer le charpentier que le procédé génère des continuités d'appuis sur les pannes et que les descentes de charge sont fournies par la société Marchegay SAS.

### Sécurité en cas de séisme

Les applications du procédé ne sont pas limitées compte tenu de la conception et de l'utilisation du procédé en France Européenne. Elles sont donc applicables pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

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

### Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé et ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

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

### Risques de condensation

Le procédé n'aggrave pas les risques de condensation par rapport aux couvertures traditionnelles en plaques d'acier nervurées (cf. DTU 40.35).

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique au § 8.4.2, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante grâce à l'utilisation :

- d'un régulateur de condensation dans le cas de toitures froides ventilées (cf. Cahier des Prescriptions Techniques),
- de closoirs adéquats pour le blocage de la circulation d'air dans le cas de toitures chaudes.

### Sécurité au feu

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

Les critères de réaction et de résistance au feu, ainsi que le comportement au feu extérieur de toiture, prescrits par la réglementation doivent être appliqués en fonction du bâtiment concerné.

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

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

### Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à l'utilisation d'un support continu constitué par la sous-couche d'étanchéité.

### 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 Helios B<sup>2</sup> ne peut en aucun cas servir de point d'ancrage à un système de sécurité.

### 2.24 Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

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

### 2.25 Fabrication et contrôle

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

### 2.26 Mise en œuvre

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

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture.

## 2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

### 2.31 Prescriptions communes

Ce procédé ne peut être utilisé que pour le traitement des couvertures, de formes simples.

Une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

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

La réalisation de l'installation devra être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec et « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » édité par l'ADEME et le SER.

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

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

## 2.32 Prescriptions techniques particulières

### 2.321 Livraison

La notice de montage et une série de plans spécifiques au projet considéré doivent être fournies avec le procédé.

### 2.322 Conception

Les applications du procédé en toitures froides ventilées avec isolation sous pannes requièrent une étude préalable à l'instigation du maître d'œuvre afin d'étudier la faisabilité de l'installation vis-à-vis des risques de condensation. A défaut d'étude, des conditions météorologiques particulières pourraient conduire à la saturation du régulateur de condensation, amenant des condensations inévitables.

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.
- en acier, conformément à la norme NF EN 1993-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne "Toiture en général" du Tableau 1 de la clause 7.2.1(1)B de la NF EN 1993-1-1/NA.

De plus, le charpentier doit être informé que le procédé génère des continuités d'appuis sur les pannes (*les rails en appui sur les pannes sont des éléments continus et les efforts repris par les pannes doivent prendre en considération la répartition des réactions verticales et horizontales pour une poutre à n appuis*) et que les descentes de charge verticales et horizontales sont fournies par la société Marchegay SAS.

### 2.323 Installation électrique

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

### 2.324 Mise en œuvre

Les installations doivent toujours être reliées à l'égout et au faîtage de la toiture.

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

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.

Il est également nécessaire de noter que :

- la mise en œuvre requiert un strict respect des plans de réalisation du chantier (*entraxe des pièces, densité de fixation...*), fournis par la société Marchegay SAS,
- dans le cas des toitures chaudes avec isolation sur pannes par feutre tendu bénéficiant d'un Avis Technique, il est indispensable de se reporter à l'Avis Technique du feutre tendu utilisé pour en connaître le domaine d'emploi et les conditions de mise en œuvre,

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

### 2.325 Assistance technique

La société Marchegay SAS 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 29 février 2016.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21  
Le Vice-président

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Cet Avis Technique est une version consolidée de l'Avis Technique 21/13-33. Il intègre, dans sa partie « Avis », une modification du § 2.1 « Domaine d'emploi accepté » et du § 2.232 « Sécurité en cas de séisme » en raison de l'évolution de la jurisprudence du Groupe Spécialisé n° 21 sur les aspects de sécurité en cas de séisme.

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

La spécificité du procédé impose que les installations photovoltaïques soient toujours et obligatoirement reliées à l'égout et au faîtage de la toiture.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- chaque mise en œuvre requiert :
  - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
  - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de 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 attire l'attention sur le fait que les plaques nervurées constituent le plan d'étanchéité du procédé et qu'elles sont commercialisées par la société Marchegay SAS.

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

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

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

### A. Description

#### 1. Description générale

##### 1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle (*toujours du faitage à l'égout*) ou complète, sur charpentes métallique ou bois, en remplacement de grands éléments de couverture (*plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*).

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 180 Wc et 270 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- une sous-couche en tôles d'acier nervurées,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage".

Sa dénomination commerciale est "HELIOS B2".

##### 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, sans agression chimique ou biologique.
  - Mise en œuvre :
    - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant,
    - autour d'éventuelles pénétrations de toiture (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...*) à condition que :
      - le champ photovoltaïque soit interrompu en respectant une distance des modules à la pénétration de 300 mm minimum et de 500 mm minimum dans le cas de pénétrations nécessitant la possibilité d'accès pour l'entretien (*type cheminée*),
      - les pénétrations soient traitées en stricte conformité avec le DTU 40.35 à l'aide des mêmes plaques d'acier nervurées que celles utilisées pour le procédé,
    - exclusivement sur charpente métallique ou bois dont les pannes disposent des caractéristiques minimales suivantes :
      - pannes d'acier laminées ou pannes d'acier profilées à froid : épaisseur 1,5 mm minimum, largeur d'appui 40 mm minimum,
      - pannes bois : hauteur 80 mm minimum, largeur d'appui 60 mm minimum,
    - en remplacement de plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées acier ou aluminium.

Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU et documents concernés : notamment les DTU 40.35, 40.36 et 40.37 (*notamment pour la pente et la longueur de rampant*),

- en couverture simple ou double peau,
- en toiture partielle du faitage à l'égout (même si l'installation photovoltaïque ne va pas du faitage à l'égout, les bacs de sous-face du procédé sont eux, obligatoirement mis en place du faitage à l'égout, éventuellement avec des bacs de complément) en association avec des éléments de couverture (plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées acier ou aluminium) ou en toiture complète, entièrement photovoltaïque ou avec les bacs de sous-face,
- applicable, en respectant les dispositions du § 8.52, pour des toitures froides ou pour des toitures chaudes avec isolation sur pannes par feutre tendu bénéficiant d'un Avis Technique. Dans ce dernier cas, il est indispensable de se reporter à l'Avis Technique du feutre tendu utilisé pour en connaître le domaine d'emploi et les conditions de mise en œuvre. Dans le cas d'une association avec une couverture en plaques profilées en fibre-ciment, l'emploi du procédé se fait exclusivement dans le cadre d'une toiture froide ventilée non isolée.

- La toiture d'implantation doit présenter :
  - un entraxe entre pannes maximum de 2 m avec une tôle d'acier nervurée de 75/100<sup>e</sup> et de 1,8 m avec une tôle d'acier nervurée de 63/100<sup>e</sup>,
  - des versants de pente, imposée par la toiture, comprise entre 8,7 % (5 °) et 57,7 % (30 °). Dans le cas où la couverture présente des pénétrations ou des plaques translucides ou un rampant constitué de plusieurs longueurs de plaques nervurées, les pentes sont comprises entre 10 % (5,7 °) et 57,7 % (30 °) pour les zones I exposées, zones II normales ou exposées, zones III dont l'altitude ≤ 500m. Dans ces mêmes conditions, la pente minimale est de 15 % (8,5 °) pour une altitude 500m < h ≤ 900m en zone III.
- Quoi qu'il en soit, la valeur de la pente minimale donnée ci-dessus doit être comparée à celle donnée dans les DTU 40.35, 40.36 ou 40.37 au regard des éléments de couverture constituant la toiture. Il convient alors de retenir la valeur de pente la plus grande.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "paysage",
  - avec un porte-à-faux des modules par rapport aux cavaliers supports (*Figure 1*) ne dépassant pas 500 mm,
  - sur des longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum et de toute façon inférieures aux longueurs de rampant maximum définies dans les DTU et les documents de références concernés lorsque des éléments de couvertures sont associées aux modules photovoltaïques,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas les valeurs ci-dessous :

Entraxe entre pannes (m)	1 à 1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Pannes bois, pannes acier d'épaisseur 3 mm	800 Pa					
Pannes acier d'épaisseur 2 mm	800 Pa					763 Pa
Pannes acier d'épaisseur 1,5 mm	800 Pa	758 Pa	718 Pa	683 Pa	652 Pa	623 Pa

- sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas les valeurs ci-dessous :

Entraxe entre pannes (m)	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Sans porte-à-faux	1 800 Pa		1 705 Pa	1 566 Pa	1 447 Pa
Avec porte-à-faux	1 017 Pa	1 064 Pa	1 160 Pa	1 088 Pa	1 231 Pa
porte-à-faux : voir <i>Figure 1</i>					

Entraxe entre pannes (m)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Sans porte-à-faux	1 344 Pa	1 254 Pa	1 174 Pa	1 103 Pa	921 Pa	898 Pa
Avec porte-à-faux	1 344 Pa	1 254 Pa	1 138 Pa	1 103 Pa	921 Pa	826 Pa
porte-à-faux : voir <i>Figure 1</i>						

- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le *Tableau 1* précise les atmosphères extérieures permises.

## 2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "HELIOS B2" (voir la Figure 2) est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société Marchegay SAS, les modules photovoltaïques étant fournis par la société Bosch Solar.

### 2.1 Module photovoltaïque

Le module photovoltaïque (voir les Figure 3 et Figure 4), dont la dénomination commerciale est Bosch Solar Module c-Si M60, M60S, P60, M48 ou M48S EU xxxxx, est fabriqué par la société Bosch Solar.

Les modules photovoltaïques ne diffèrent que par la technologie des cellules (M pour monocristalline ou P pour polycristalline), la taille (modules à 60 ou 48 cellules) et la couleur de film polymère (blanc ou noir indiqué par la lettre S).

Les modules peuvent avoir les dénominations commerciales et gammes de puissances par pas successif de 5 Wc, suivantes :

Dénomination commerciale		Gamme de puissance
M60	EU 30117	235 – 250 Wc
	EU 30123	
	EU 42117	245 – 260 Wc
	EU 42123	
	EU 43117	250 – 260 Wc
	EU 43123	
	EU 44117	255 – 270 Wc
EU 44123		
M60S	EU 30117	225 – 245 Wc
	EU 30123	
	EU 42117	245 – 260 Wc
	EU 42123	
	EU 44117	255 – 270 Wc
	EU 44123	
P60	EU 30123	230 – 240 Wc
M48	EU 40123	185 – 200 Wc
	EU 42123	180 – 215 Wc
	EU 44123	180 – 225 Wc
M48S	EU 40123	185 – 195 Wc
	EU 42123	180 – 215 Wc
	EU 44123	180 – 225 Wc

Le code EU est constitué des 3 premiers chiffres relatifs à la génération des modules et des 2 derniers chiffres dépendant du site de production (17 = Arnstadt, 23 = Vénissieux).

### 2.11 Film polymère

- Plusieurs compositions (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) sont possibles :
  - à base de PET (Polyéthylène téréphtalate) entre deux couches de PVF (Polyfluorure de vinyle ou Tedlar®) avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante,
  - à base de PET entre deux couches de PVDF (Polyfluorure de vinylidène) avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante,
  - à base de deux films de PET avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante.
  - Épaisseur selon les compositions précédentes respectivement : (0,315 ± 0,03) mm minimum, (0,325 ± 0,04) mm minimum, (0,295 ± 0,015) mm,
- Couleur blanche ou noire pour les versions S,
- Tension diélectrique maximum admissible : ≥ 1 000 V.

### 2.12 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées proviennent de 2 fournisseurs différents :

Dénomination commerciale	Bosch Solar			Q-Cells
	Bosch Solar Cell M 3BB C3 1200	Bosch Solar Cell M 3BB C4 1200	Bosch Solar Cell M 3BB Gen5	Q6LPT3-G2
Technologie des cellules	monocristallin			polycristallin
Épaisseur (µm)	190 ± 30			180 ou 200 ± 30
Dimensions (mm)	(156 ± 0,5) x (156 ± 0,5)			

Au nombre de 60 ou 48, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 rangées de 10 ou 8 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules dans le sens du grand côté : (2,9 ± 0,5) mm,
- distance minimale entre cellules dans le sens du petit côté : (2 ± 0,5) mm,
- distance minimale au bord du petit côté avec la boîte de connexion : (47 ± 1) mm,
- distance minimale au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : (20 ± 1) mm,
- distance minimale au bord des grands côtés : (19 ± 1) mm.

### 2.13 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé ou en cuivre entre une couche de contact en argent et une couche de soudure en alliage à base d'étain.

### 2.14 Intercalaire encapsulant

Résine (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) de 0,45 mm minimum d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

### 2.15 Vitrage

- Nature (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) : verre imprimé à faible teneur en fer et trempé conforme à la norme EN 12150 avec ou sans couche anti-reflet,
- Facteur de transmission directe de l'énergie solaire : ≥ 91,3 %,
- Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
- Dimensions : (984 ± 1 x 1 654 ± 1) mm pour les modules M60, M60S et P60, et (984 ± 1 x 1 336 ± 1) mm pour les modules M48 et M48S.

### 2.16 Constituants électriques

#### 2.161 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant Spelsberg, de dénomination commerciale PV 1410-2 est collée avec du silicone (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors tout (141 mm x 101 mm x 27 mm).

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (voir § 2.162) et permet le raccordement aux câbles qui permettent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection : IP 65,
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
- Courant maximal admissible (intensité assignée) : 9,5 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.

Chacune de ces diodes protège une série de 20 ou 16 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 (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) de 0,8 et 1,2 m chacun dont la section est de 4 mm<sup>2</sup>. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (*voir § 2.164*).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à + 90 °C,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 55 A,
- Tension assignée : 1 000 V,
- Double isolation,
- Certificat TÜV n° R60024459 selon les spécifications 2Pfg / 1169/08.2007.

Tous les câbles électriques de l'installation (*en sortie des modules et pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur*) sont en accord avec la norme NF C 15-100 en vigueur, le guide UTE C 15-712-1 en vigueur et les spécifications des onduleurs (*longueur et section de câble adaptées au projet*).

## 2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débrochables avec un outil de la société Multi-Contact, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Multi-Contact et de type PV-KST4/6II-UR et PV-KBT4/6II-UR, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Intensité assignée de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- Résistance de contact : 0,5 mΩ,
- Certificat TÜV n° R60028286 selon la norme EN 50521:2008.

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

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

## 2.17 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules (*Figure 5*) est composé de profils en aluminium EN AW-6060 T66 avec revêtement de 20 µm d'épaisseur obtenu par anodisation (*soit argenté de type E6/CO, soit noir de type E6/C35*) pour la fixation au système de montage.

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

- Profilé long
  - $I_x = 1,066 \text{ cm}^4$
  - $I_y = 7,681 \text{ cm}^4$
- Profilé court
  - $I_x = 0,246 \text{ cm}^4$
  - $I_y = 5,102 \text{ cm}^4$

Les profilés longs du module sont prépercés à l'usine du fournisseur afin de prévoir la connexion des câbles de mise à la terre.

Un joint adhésif (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) à base de mousse de polyuréthane ou de polyéthylène et de colle acrylique est déposé entre le cadre et le verre du module.

Les profilés sont reliés entre eux grâce à des équerres crantées qui sont poinçonnées sur 40 mm de profondeur au travers des profilés sur leurs deux côtés.

## 2.2 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société Marchegay SAS et sont intégralement fournis par cette même société.

## 2.21 Sous-couche d'étanchéité

La sous-couche en tôles d'acier nervurées située sous les modules et la structure support assure l'étanchéité du procédé. Elle est constituée des éléments suivants :

- Tôles d'acier nervurées

Ce sont des tôles d'acier nervurées de dénomination commerciale NERTOIT 3.45.1000T de la société SPO, NERVESCO 3.45.1000TS de la société ARVAL ou COBACIER TS 1000.45 de la société MONOPANEL. Elles sont d'épaisseur 0,63 mm ou 0,75 mm.

De type trapézoïdal, ces bacs présentent quatre nervures d'entraxe 333 mm avec une hauteur d'onde de 45 mm et une largeur utile de 1 000 mm (*Figure 6*). La longueur dépend des projets, elle est variable de 1,5 m à 12 m.

Les bacs sont conformes au DTU 40.35 et sont en acier galvanisé de nuance S320 GD Z225. Ils disposent des revêtements suivants :

	Type de revêtement	Epaisseur	Classe selon XP P34-301
Nertoit 3.45.1000T SPO	Polyester HD 25	25 µm	IV
	Polyester THD 35	35 µm	VI
Nervesco 3.45.1000TS Arval	Hairflon PVDF 25	25 µm	IV
	Hairexcel granite 60	60 µm	VI
Cobacier TS 1000.45 Monopanel	Polyester texturé	35 µm	IV
	Polyuréthane	35 µm	VI

La jonction longitudinale entre les tôles se fait par recouvrement d'onde. L'assemblage est effectif après fixation des deux tôles entrées elles.

Afin de répondre d'une part aux charges climatiques et d'autre part aux sollicitations des couvreurs circulant sur la couverture, l'épaisseur des tôles d'acier nervurées doit correspondre au minimum à :

- la valeur donnée par le fabricant du bac dans la fiche technique au regard des travées admissibles,
- la valeur donnée par la société Marchegay SAS en fonction de l'entraxe des pannes :
  - 63/100ème lorsque l'entraxe des pannes ne dépasse pas 1,80 m,
  - 75/100ème lorsque l'entraxe des pannes est compris entre 1,80m et 2 m.
- Régulateurs de condensation

Pour limiter les phénomènes de condensation, en fonction de l'utilisation du local, de l'hygrométrie, des variations thermiques et climatiques, les tôles d'acier nervurées peuvent recevoir un régulateur de condensation (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) d'absorption totale minimum de 300 g/m<sup>2</sup>. Son usage est réalisé suivant les prescriptions du DTU 40.35 et obligatoire dans tous les cas de réalisation de toiture froide.

- Cavaliers courants

Le cavalier courant (*Figure 7*) est destiné à la fixation de la tôle d'acier nervurée complétée par les cavaliers support (*cf. § 0*). Conforme au DTU 40.35, il provient de la société ETANCO. Il est en acier galvanisé DX51D Z225 d'épaisseur 8/10<sup>ème</sup> mm et revêtu d'une peinture polyuréthane d'épaisseur 35 µm sur chaque face. Il est doté d'un trou de diamètre 8,5 mm et est équipé d'une rondelle d'étanchéité en EPDM de dureté 60 ShA, de diamètre extérieur 22 mm, d'épaisseur 3 mm, avec un trou de diamètre 5 mm.

Les cavaliers courants sont fixés dans les pannes à l'aide de vis adaptées à la nature de la charpente (*cf. § 2.22*).

- Pontets

Des pontets en polyéthylène haute densité traité anti-UV de la société ETANCO sont destinés à la mise en œuvre des rives et des raccords longitudinaux.

## 2.22 Visserie de fixation des tôles d'acier nervurées

Les vis suivantes sont destinées à la fixation des tôles d'acier nervurées. Elles sont en acier cimenté zingué traité SUPRACOAT 2C.

- Vis de fixation de la tôle d'acier nervurée sur panne en laminé
  - Il s'agit de vis autoperceuses Zacrovis 12TH12 de la société ETANCO de diamètre 6 mm et de longueur 85 mm avec tête hexagonale 6 pans de 12 mm.
  - La résistance à l'arrachement est caractérisée par un Pk de 819 daN pour un acier de nuance S235 et d'épaisseur 4 mm.
  - La résistance au cisaillement est caractérisée par un Pk de 1 291 daN.

- Vis de fixation de la tôle d'acier nervurée sur panne en tôle acier  
Il s'agit de vis autoperceuses Zacrovis 6TH12 de la société ETANCO de diamètre 6,3 mm et de longueur 75 mm avec tête hexagonale 6 pans de 12 mm.  
La résistance à l'arrachement est caractérisée par un Pk respectivement de 560 daN, 330 daN et 262 daN pour un acier de nuance S235 et d'épaisseur 3 mm, ou de nuance S320 et d'épaisseur 2 mm ou d'épaisseur 1,5 mm.  
La résistance au cisaillement est caractérisée par un Pk de 1 291 daN.
- Vis de fixation de la tôle d'acier nervurée sur panne bois  
Il s'agit de vis autoperceuses Zacrovis bois TH12 de la société ETANCO de diamètre 6,5 mm et de longueur 100 mm avec tête hexagonale 6 pans de 12 mm.  
La résistance à l'arrachement est caractérisée par un Pk de 568 daN pour un support bois sapin de 450 Kg/m<sup>3</sup> avec ancrage de 50 mm.  
La résistance au cisaillement est caractérisée par un Pk de 1 185 daN.
- Vis de couture des tôles d'acier nervurées  
Il s'agit de vis autoperceuses Zacrovis 1,5 TH8 de la société ETANCO de diamètre 6,3 mm et de longueur 22 mm avec tête hexagonale 6 pans de 8 mm.  
La résistance à l'arrachement est caractérisée par un Pk de 154 daN sur un acier de nuance S320GD et d'épaisseur 75/100<sup>ème</sup> mm.  
La résistance au cisaillement est caractérisée par un Pk de 263 daN.

## 2.23 Structure support

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

- Cavaliers supports (*Figure 8*)  
Les cavaliers supports sont destinés à la fixation des rails acier (*voir ci-dessous*) par clippage ainsi qu'à la fixation de la tôle d'acier nervurée complétée par les cavaliers courants (*cf. § 2.21*). Ils sont en acier S390 MC de 2 mm d'épaisseur. Le trou pour le passage de la vis de fixation est usiné à un diamètre de 8,5 mm. Ses dimensions hors tout (L x l x h) sont les suivantes : (59 x 102 x 94) mm. Des trous de 5 mm de diamètre se situent sur les 2 ailettes pour le passage des vis de point fixe.  
Deux options de traitement de surface peuvent être appliquées sur la pièce :
  - pièce formée sur tôle S390 Z450,
  - ou traitement de surface par électrodéposition par cataphorèse + thermolaquage réalisé sur pièce finie selon la norme NF P 24-351 soit :
    - phosphatation cristalline Zn-Ni et passivation,
    - cataphorèse epoxy 15 µm,
    - dégraissage,
    - thermolaquage polyester 80 µm.

Les cavaliers support sont équipés en tête d'une rondelle cheminée de la société ETANCO, en EPDM de dureté 60 ShA, de diamètre intérieur non comprimé de 5,9 mm, de diamètre extérieur de 19 mm et d'épaisseur 3 mm.

Les cavaliers support sont équipés de patins en EPDM de dureté 70 ShA, d'épaisseur 1,2 mm, pour éviter le contact direct avec le pied d'onde.

Les cavaliers support sont fixés dans les pannes à l'aide de vis adaptées à la nature de la charpente (*cf. § 2.22*).

- Rails acier (*Figure 9*)  
Les rails acier permettent de constituer la structure support sur laquelle sont positionnés les modules photovoltaïques.  
Les rails sont en acier galvanisé S390 GD Z450 d'épaisseur 1 mm. Leur longueur maximum est de 4,324 m.  
Ils présentent les moments et modules d'inertie suivants :
  - $I = 3,23 \text{ cm}^4$ ,
  - $I/v = 1,37 \text{ cm}^3$ .

Les rails sont équipés de perçages dans lesquels sont clippées en usine les butées de calepinage. Celles-ci sont en polypropylène renforcé 30% fibre verre avec traitement anti UV, de dureté 75 ShD.

La butée de calepinage sert à la fois de butée au module lors de la mise en œuvre du procédé et d'isolant par rapport au couple électrolytique entre le cadre du module et le rail acier. Une fonction guide-câble par l'intermédiaire de picots est intégrée à cette pièce. Ces mêmes picots sont également une aide au maintien du module lors de sa pose.

- Serreurs (*Figure 10*)  
Les serreurs sont les pièces de fixation des modules sur les rails acier. Ils sont en aluminium EN AW-6060 T66 brut, d'épaisseur 3 mm et de dimensions hors tout (L x l x h) = (70 x 48 x 16) mm. Ils sont dotés d'un trou de diamètre 7 mm pour la fixation au rail acier. Ils sont striés sous leurs ailes d'appui afin d'améliorer le maintien des profils d'extrémité (*voir ci-dessous*).  
Le serreur est fixé dans le rail par une vis 6,7 x 60 de la société SFS, à tête cylindrique d'empreinte TORX T25, en acier cémenté avec surface traitée anticorrosion par un revêtement Durocoat® S13 de 20 µm d'épaisseur,
- Profils d'extrémité (*Figure 11*)  
Les profils d'extrémité sont destinés au maintien d'un côté du serreur en extrémité de champ photovoltaïque. Il remplace le cadre aluminium du module sur lequel repose le serreur en partie courante. Ils sont en aluminium EN AW-6060 T66 brut d'épaisseur 2 mm, de longueur 70 mm, de hauteur 50 mm et de largeur 20 mm.
- Clé de verrouillage (*Figure 12*)  
La clé de verrouillage est utilisée dans deux cas :
  - verrouillage de la connexion rail acier / cavalier support (1 clé par cavalier support),
  - éclissage de deux rails acier (2 clés par éclissage).
 De diamètre 6 mm, elle est en inox 1.4301. Ses dimensions hors tout sont (25 x 57) mm.
- Vis de fixation du rail au point fixe  
Ces vis sont utilisées sur la connexion rail / cavalier support au niveau des points fixes (*2 vis par point fixe*).  
Ce sont des vis autoperceuses DrillInox 3T TH8 A2 4,8 x 20 de la société ETANCO de 427 daN de résistance au cisaillement pur. Elles sont en acier inox 1.4301.

## 3. Autres éléments

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

Les éléments suivants, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé.

### 3.1 Abergements

Les tôles de finition peuvent être fournies par la société Marchegay SAS sur demande. Dans le cas contraire, elles doivent présenter les mêmes caractéristiques que préconisées ci-dessous.

Les tôles de bandeau de rive, de faitage et de raccordement sont de longueur 4 m, en acier 75/100<sup>ème</sup> galvanisé Z225 prélaqué polyester 25 µm. Un renforcement du revêtement par rapport à la corrosion doit être considéré en zone de bord de mer (*cf. tableau 1*).

- Tôle de bandeau de rive  
Se référer à la *Figure 13*. La cote nervure-rive (L) ne doit pas excéder 350 mm.
- Tôle de faitage  
Se référer à la *Figure 14*. En fonction du type de bâtiment visé, il convient de choisir la tôle de faitage adaptée conformément au DTU 40.35. Les bâtiments fermés non isolés doivent notamment être équipés d'une faitière ventilée.
- Tôle de raccordement  
Se référer à la *Figure 15*. Ces tôles sont utilisées dans le cas de la couverture partielle pour raccorder la couverture existante avec les tôles d'acier nervurées du procédé Helios B<sup>2</sup>. Les ondes recouvertes se trouvent à moins de 350 mm l'une de l'autre.
- Tôles d'habillage  
Ces tôles (*Figure 16*) sont destinées à réaliser une finition en haut et en bas du champ photovoltaïque. Elles sont de longueur 3 m.
- Closoirs  
Ces pièces en mousse de polyéthylène sont utilisées pour le traitement des toitures chaudes au faitage et à l'égout pour l'étanchéité à l'air.



### 3.2 Câbles de mise à la terre

Ils sont destinés à réaliser les connexions suivantes :

- entre le cadre des modules et les rails,
- entre les rails successifs éclissés entre eux,
- entre les rails et la liaison des masses générale.

Il s'agit de câbles de cuivre équipés de cosse cuivre de type « raccord vis-rondelle bimétal alu-cuivre-écrou ». Ils sont de sections 6 mm<sup>2</sup> pour les deux premiers types de connexion, et de 25 mm<sup>2</sup> pour le troisième.

Les câbles de mise à la terre doivent présenter des sections adaptées à leur fonction et dans tous les cas des caractéristiques conformes à la NF C 15-712-1.

### 3.3 Autre

- Collier de fixation des câbles

Afin de ne pas faire circuler les câbles sur les tôles d'acier nervurées, il est indispensable d'utiliser des colliers de fixation qui permettent de fixer les câbles aux rails acier. Ils doivent avoir une température d'utilisation de - 40°C à + 85°C, être non propagateur de flamme et de résistance aux UV Type 1 selon la norme EN 62275.

## 4. Conditionnement, étiquetage, stockage

### 4.1 Modules photovoltaïques

Chaque module est identifié par un numéro de série imprimé sur le verre. Chaque module comporte 2 étiquettes, l'une collée au dos du module conforme à la norme NF EN 50380, l'autre collée sur l'un des côtés longs du cadre du module et mentionnant le n° de série du module.

Les modules, munis de 4 coins en plastique noir et blanc emboîtables, sont déposés horizontalement sur des palettes en bois de dimensions (1 430 x 1 070) mm ou (1 760 x 1 070) mm à raison de 30 modules par palette. La palette est filmée et sanglee à l'aide de 4 sangles. Une bande d'avertissement « fragile » est placée en haut de la palette et encercle celle-ci. Une étiquette placée sur la palette récapitule les informations suivantes sous forme de codes-barres :

- n° de palette,
- n° d'article,
- quantité d'articles sur la palette,
- n° de lot.

Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

Les palettes sont stockées dans un bâtiment logistique avant expédition chez le client. Des consignes de stockage et de transport doivent être respectées pour ne pas endommager les modules.

### 4.2 Sous-couche d'étanchéité

Les plaques nervurées sont conditionnées en colis. Chacun comporte un étiquetage précisant les références du chantier.

Ces colis doivent être transportés dans des conditions qui préservent les produits de l'humidité. Le stockage doit être fait sous abri ventilé (*magasin couvert, bâche...*). Les tôles doivent être inclinées dans le sens des nervures.

Pour les plaques nervurées munies d'un régulateur de condensation, les plaques doivent être stockées au sec avec une légère pente pour empêcher la retenue d'humidité dans le régulateur.

### 4.3 Structure support

Dès la fin de fabrication d'un lot ou dès la réception des pièces fournies par un sous-traitant, les pièces sont enregistrées et stockées en magasin avec leurs étiquettes et leurs codes-barres.

Les grands éléments sont livrés sur chantier en fagots individuels.

L'ensemble de la visserie est conditionné en carton identifié au projet.

Une étiquette individuelle permet d'identifier chacun des composants. Elle précise le type, la référence, la quantité de composants, le projet, et le numéro du colis.

En attendant l'expédition sur chantier, chaque projet est stocké dans une zone identifiée avec le nom et les références projet. Cette aire est délimitée au moyen de barrières pour éviter le mélange des colis.

Une liste de suivi faisant la synthèse des colis avec les pièces concernées, référence et quantité est éditée à chaque projet. Elle permet la validation et le contrôle des composants avant l'envoi sur chantier. Le chef de chantier réceptionne la marchandise avec la même liste de contrôle pour valider la réception de la marchandise avant montage.

## 5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques		
	Modules M60, M60S et P60	Modules M48 et M48S
Dimensions hors tout (mm)	1 660 x 990 x 50	1 342 x 990 x 50
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 654 x 984 x 4,5	1 336 x 984 x 4,5
Surface hors tout (m <sup>2</sup> )	1,64	1,33
Surface d'entrée (m <sup>2</sup> )	1,5	1,2
Masse (kg)	21	16
Masse spécifique (kg/m <sup>2</sup> )	12,8	12

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (cm)	NbX x 1 667
Hauteur de champ (cm)	NbY x 1 014 + 270
Poids au m <sup>2</sup> de l'installation (kg/m <sup>2</sup> ) (sans les plaques nervurées)	15
Poids au m <sup>2</sup> de l'installation (kg/m <sup>2</sup> ) (avec les plaques nervurées)	21

Avec :

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

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

## 6. Caractéristiques électriques

### 6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "Bosch Solar Module c-Si M60, M60S, P60, M48 ou M48S EU xxxxx", les références xxxxx étant listées dans le tableau du § 2.1, ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

### 6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "Bosch Solar Module c-Si M60, M60S, P60, M48 ou M48S EU xxxxx", les références xxxxx étant listées dans le tableau du § 2.1, 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.

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

Modules M60 EU 30117 et 30123				
P <sub>mpp</sub> (W)	235	240	245	250
U <sub>co</sub> (V)	37,10	37,40	37,70	37,90
U <sub>mpp</sub> (V)	29,90	30,00	30,10	30,31
I <sub>cc</sub> (A)	8,50	8,60	8,70	8,82
I <sub>mpp</sub> (A)	8,00	8,10	8,20	8,25
αT (P <sub>mpp</sub> ) [%/K]	-0,46			
αT (U <sub>co</sub> ) [%/K]	-0,32			
αT (I <sub>cc</sub> ) [%/K]	0,032			
Courant inverse maximum (A)	25			

Modules M60 EU 42117 et 42123				
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	245	250	255	260
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,80	37,90	38,00	38,10
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	30,11	30,31	30,51	30,71
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,72	8,82	8,92	9,02
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	8,14	8,25	8,36	8,47
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44			
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31			
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031			
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	25			

Modules M60 EU 43117 et 43123			
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	250	255	260
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,70	38,10	38,50
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	30,40	30,90	31,30
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,85	8,90	8,95
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	8,30	8,35	8,40
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44		
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31		
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031		
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	17		

Modules M60 EU 44117 et 44123				
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	255	260	265	270
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,29	37,60	37,91	38,22
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	29,94	30,25	30,55	30,85
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	9,12	9,19	9,26	9,33
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	8,52	8,60	8,68	8,76
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44			
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31			
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031			
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	25			

Modules M60S EU 30117 et 30123					
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	225	230	235	240	245
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	36,90	37,00	37,10	37,40	37,70
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	29,40	29,70	29,90	30,00	30,10
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,30	8,40	8,50	8,60	8,70
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	7,80	7,90	8,00	8,10	8,20
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,46				
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,32				
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,032				
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	25				

Modules M60S EU 42117 et 42123				
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	245	250	255	260
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,80	37,90	38,00	38,10
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	30,11	30,31	30,51	30,71
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,72	8,82	8,92	9,02
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	8,14	8,25	8,36	8,47
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44			
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31			
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031			
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	17			

Modules M60S EU 44117 et 44123				
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	255	260	265	270
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,55	37,86	38,17	38,49
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	30,23	30,53	30,83	31,13
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	9,12	9,19	9,26	9,33
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	8,44	8,52	8,60	8,68
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44			
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31			
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031			
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	25			

Modules P60 EU 30123			
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	230	235	240
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	37,10	37,30	37,50
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	29,62	29,83	30,03
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,43	8,53	8,64
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	7,88	7,99	8,11
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44		
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31		
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,04		
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	15		

Modules M48 EU 40123				
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	185	190	195	200
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	29,93	30,01	30,17	30,25
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	23,34	23,49	23,80	23,96
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,58	8,68	8,87	8,97
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	7,97	8,08	8,30	8,41
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44			
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31			
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031			
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	25			

Modules M48S EU 40123			
<b>P<sub>mpp</sub> (W)</b>	185	190	195
<b>U<sub>co</sub> (V)</b>	29,93	30,01	30,17
<b>U<sub>mpp</sub> (V)</b>	23,34	23,49	23,80
<b>I<sub>cc</sub> (A)</b>	8,58	8,68	8,87
<b>I<sub>mpp</sub> (A)</b>	7,97	8,08	8,30
<b>aT (P<sub>mpp</sub>) [%/K]</b>	-0,44		
<b>aT (U<sub>co</sub>) [%/K]</b>	-0,31		
<b>aT (I<sub>cc</sub>) [%/K]</b>	0,031		
<b>Courant inverse maximum (A)</b>	25		

Avec :

- P<sub>mpp</sub>** : Puissance au point de puissance maximum.
- U<sub>co</sub>** : Tension en circuit ouvert.
- U<sub>mpp</sub>** : Tension nominale au point de puissance maximum.
- I<sub>cc</sub>** : Courant de court-circuit.
- I<sub>mpp</sub>** : Courant nominal au point de puissance maximum.
- aT (P<sub>mpp</sub>)** : Coefficient de température pour la puissance maximum.
- aT (U<sub>co</sub>)** : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.
- aT (I<sub>cc</sub>)** : Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

## 7. Fabrication et contrôles

### 7.1 Cadre des modules

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société Bosch Solar par des entreprises dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques.

A réception des cadres, des contrôles dimensionnels, visuels et fonctionnels sont effectués à raison de 3 cadres et équerres pour 1 réception sur 2.

### 7.2 Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur les sites de la société Bosch Solar à Arnstadt en Allemagne ou à Vénissieux en France, certifiés ISO 9001:2008 et ISO 14001:2004. Les modules sont fabriqués dans les 2 sites conformément à des directives de qualité identiques, avec des matériaux identiques, sur des installations de production spécifiées par Bosch Solar.

La fabrication des lingots, wafers et cellules monocristallines est effectuée sur le site de Bosch Solar à Arnstadt en Allemagne.

Les étapes de fabrication des modules et les contrôles à chaque étape sont les suivants :

- Mise en place automatisée du verre sur convoyeur et lavage automatisé. Contrôle à 100 % par caméra et visuel.
- Marquage du code-barre et n° de série sur le verre.
- Mise en place automatisée du premier intercalaire.
- Mise en place automatisée des cellules et contrôle par caméra des défauts des cellules. Contrôle par électroluminescence. Test manuel d'arrachement.
- Soudage automatisé.
- Mise en place automatisée du second intercalaire et du polymère arrière et contrôle par électroluminescence. Contrôle visuel.
- Lamination puis ébavurage automatisé. Contrôle visuel.
- Cadrage automatisé.
- Collage semi-automatique de la boîte de connexion.
- Ebavurage automatisé du cadre.
- Impression et collage des étiquettes arrières et sur le cadre du module.

Les matières premières font l'objet de contrôles définis pour chaque composant, soit visuel et/ou dimensionnel avec zones de tolérance. Les contrôles sont effectués après chaque réception matière soit à 100 %, soit par échantillonnage selon les matières considérées.

La société Bosch Solar effectue, après la fabrication, des essais en usine sur les modules photovoltaïques qui portent sur les éléments suivants :

- Flash test de chaque module : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de  $-3$  à  $+3$  %.
- Mesure de continuité électrique,
- Contrôle de l'isolation électrique entre le cadre et le module,
- Mesure garantissant la présence des diodes et leur fonctionnement.

### 7.3 Composants du système de montage

L'ossature est conçue par la société MARCHEGAY SAS à Luçon en France (85). La société Marchegay a déposé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques les références des fournisseurs des cavaliers support et des rails aciers équipés des butées de calepinage.

Les tôles d'abergement sont réalisées par la société MARCHEGAY SAS ou par des sociétés locales (suivant le cahier des charges établi par la société MARCHEGAY).

Des contrôles dimensionnels et/ou fonctionnels, par échantillonnage d'une pièce par colis, sont mis en place dans l'atelier en fonction du produit suivant un cahier de contrôle :

- contrôles réception d'articles achetés ou sous-traités,
- contrôles internes sur pièces et cotes critiques,
- contrôles avant expédition pour éviter les manquants.
- Les tolérances de fabrication des plaques nervurées sont identiques à celles portées dans la norme NF P 34-401. Les tolérances dimensionnelles de la hauteur des cavaliers supports sont de  $\pm 0,6$  mm de façon à ne pas empêcher l'écrasement de la rondelle (Figure 17).

## 8. Mise en œuvre

### 8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et une série de plans spécifiques au projet considéré.

Le dimensionnement du procédé (*entraxe des pièces, densité de fixation...*) est intégralement effectué par le bureau d'étude Marchegay avant chaque projet grâce aux informations fournies par l'installateur (*nature de panne, entraxe de panne, zone climatique du projet, géométrie de la couverture, positionnement du champ photovoltaïque...*).

Suite à cette étude, des plans de calepinage et de mise en œuvre du projet sont fournis à l'installateur qui doit s'y conformer strictement.

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

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

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

De plus, le charpentier doit être informé que le procédé génère des continuités d'appuis sur les pannes (*les rails en appuis sur les pannes sont des éléments continus et les efforts repris par les pannes doivent prendre en considération la répartition des réactions verticales et horizontales pour une poutre à n appuis*) et que les descentes de charge verticales et horizontales sont fournies par la société Marchegay SAS.

### 8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre doit être assurée par des installateurs qualifiés, habilités au travail en hauteur et ayant été agréés par la société Marchegay SAS (cf. § 9).

Les compétences requises sont de deux types :

- Compétences en couverture complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés.

### 8.3 Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité (*protections collectives, nacelle, harnais, ceintures, dispositifs d'arrêt...*) est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur (*par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente*) ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (*échelle de couvreur, ...*).

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

### 8.4 Spécifications électriques

#### 8.4.1 Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants: norme NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER ».

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

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

## 8.42 Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en *Figure 18* et *Figure 19*.

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 mise en place des câbles, pour le passage d'une colonne à une autre ou pour la liaison des séries de modules au réseau, doit être réalisée avant le montage des modules. Elle est réalisée en passant les câbles entre la couverture et les modules. Chaque câble est repéré.

L'ensemble du câblage doit être effectué alors qu'aucun câble n'est connecté au réseau et qu'ils sont protégés à leur extrémité par des connecteurs.

La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules avant leur fixation.

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

Les câbles sont fixés aux rails acier au moyen de clips plastiques.

### • Câbles de liaison équipotentielle des masses (*Figure 20*)

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

- les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire des rails aciers (un emplacement est prévu pour la connexion d'une cosse sur le cadre du module, le cadre du module ne doit en aucun cas être percé),
- les masses métalliques de chaque rail acier éclissé par l'intermédiaire d'un câble reliant les deux rails,
- les masses métalliques de chaque rail acier par l'intermédiaire du câble principal de liaison équipotentielle des masses.

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

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

Les éléments de pénétration permettant le passage des câbles électriques à travers la couverture sont implantés en partie supérieure du champ photovoltaïque. La mise en œuvre est réalisée suivant le DTU 40.35 en respectant les précautions d'usage pour garantir l'étanchéité à la jonction des deux éléments.

Les éléments de passage peuvent être réalisés soit au moyen d'un passage au faitage (*Figure 21*), soit à l'aide de manchons souples en EPDM munis d'une embase d'étanchéité de type ETANCO PIPECO (*non fournis*). Ce second dispositif doit toujours être centré sous un module.

Les câbles DC et le conducteur d'équipotentialité doivent cheminer côte à côte.

Les câbles unipolaires en sortie du champ sont conduits vers le local technique conjointement dans une goulotte unique, pour réduire au maximum les boucles de câblage, repérée et prévue à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER » (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts...*).

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

## 8.5 Mise en œuvre en toiture

### 8.51 Conditions préalables à la pose

La structure porteuse doit répondre aux critères suivants :

- La charpente doit être calculée (*cas d'un bâtiment neuf*) ou vérifiée (*cas d'un bâtiment existant*) en prenant en compte le poids propre de la structure aluminium et des modules photovoltaïques soit environ 21 Kg/m<sup>2</sup>.
- Elle doit prendre en référence les codes de calcul retenus, DTU et règles professionnelles en vigueur.

Dans le cas de la couverture industrielle partielle, l'installation est toujours mise en œuvre du faitage à l'égout en raccordement latéral avec une toiture en plaques nervurées ou plaques ondulées en fibres-ciment (*conformes aux normes de références en vigueur, notamment DTU 40.35, DTU 40.36 ou DTU 40.37*).

Les calculs doivent tenir compte de la charge de montage admissible des tôles d'acier nervurées. Si la charge de montage est supérieure à celle prévue pour la sous-couche d'étanchéité, il est nécessaire de prendre des dispositions de pannes à pannes pour rendre la structure plus résistante (*exemple : platelage bois*).

### 8.52 Traitement des risques de condensation

Le procédé HELIOS B<sup>2</sup> est développé pour des toitures froides et toitures chaudes. Il est toutefois nécessaire aux toitures d'implantation de respecter les normes de référence DTU 40.35 (*Figure 22*).

#### • Toiture froide

Dans le cadre de bâtiments à toiture froide et en fonction de l'utilisation du local, de l'hygrométrie, des variations thermiques et climatiques, il existe un risque de condensation en sous-face de la couverture.

##### - Toiture froide non isolée

La mise en œuvre du procédé, pour des bâtiments fermés, nécessite l'emploi d'un régulateur de condensation pour limiter les phénomènes de condensation.

Le faitage doit être ventilé en respectant la règle du DTU 40.35. Ceci implique que la section minimale de chaque série d'ouvertures, pour chaque versant de toiture à ventiler, est égale au moins au 1/500<sup>e</sup> de la surface projetée du versant considéré sans toutefois dépasser 400 cm<sup>2</sup> par mètre linéaire.

Le raccordement au faitage est traité de manière à respecter les règles du DTU 40.35.

##### - Toiture froide isolée sous panne

Dans le cadre de ce type de couverture, un régulateur de condensation est employé en sous-face des plaques d'acier nervurées.

Les applications du procédé en toitures froides ventilées avec isolation sous pannes requièrent une étude préalable à l'instigation du maître d'œuvre afin d'étudier la faisabilité de l'installation vis-à-vis des risques de condensation. A défaut d'étude, des conditions météorologiques particulières pourraient conduire à la saturation du régulateur de condensation, amenant des condensations inévitables.

Ce type de bâtiment nécessite de respecter :

- le raccordement au faitage traité en suivant les définitions du DTU 40.35 ; les sections de chaque série d'ouverture sont :

- Pour les bâtiments à faible hygrométrie : 1/2000 pour les entrées d'air et 1/2000 pour les sorties d'air,
- Pour les bâtiments à moyenne hygrométrie : 1/1000 pour les entrées d'air et 1/1000 pour les sorties d'air,
- La section de chaque série d'ouvertures ne dépasse pas 400 cm<sup>2</sup> par mètre linéaire,

- l'épaisseur de la lame d'air continue entre l'isolant et la sous-face du support de couverture est au moins de 4 cm.

#### • Toiture chaude

De manière à éviter la condensation, la couverture étanche adopte les dispositions pour supprimer la lame d'air entre la sous-face des plaques nervurées et l'isolant, et empêcher la circulation d'air avec l'extérieur.

##### - Toiture chaude isolée sur pannes

Les produits d'isolation utilisés et leur mise en œuvre relèvent de la procédure d'Avis Technique. Les isolants habituellement utilisés sont constitués de feutres souples déroulés sur pannes (*"feutre tendu"*), présentant sur leur face inférieure un pare-vapeur intégré. Pour traiter ce type de toiture, il convient de se référer à l'Avis Technique du feutre tendu et de respecter les consignes de mise en œuvre.

##### - Toiture chaude isolée entre pannes

Cette mise en œuvre n'est pas visée par le présent Avis Technique.

### 8.53 Traitement des risques de dilatation thermique

Chaque rail acier d'une longueur de 4,324 m maximum est fixé par un point fixe en bas de rail et par des points glissants situés au-dessus.

### 8.54 Préparation de la toiture

Dans le cas d'une pose sur un bâtiment existant, il convient de déposer la couverture existante sur la zone d'implantation du champ photovoltaïque selon les indications données dans les plans fournis par la société Marchegay SAS.

## 8.55 Pose du procédé

### 8.551 Pose de la couverture étanche en tôles d'acier nervurées

Les plaques nervurées doivent être posées sur la charpente avec les nervures parallèles à la ligne de plus grande pente, en partant du bas vers le haut de l'installation.

Le recouvrement longitudinal des plaques nervurées est donné par l'emboîtement de la nervure de rive emboîtante sur la nervure de rive emboîtée de la plaque nervurée précédente. La plaque nervurée à poser vient recouvrir la plaque précédemment posée dans le sens inverse des vents de pluie dominants.

Le recouvrement transversal (*Figure 23*) se fait toujours au droit des appuis. Il doit être conçu de façon à ce que les axes de fixations se trouvent sensiblement au milieu du recouvrement. Il peut être réalisé avec ou sans complément d'étanchéité, le recouvrement est alors de :

- 150 mm à 200 mm avec l'ajout d'un complément d'étanchéité,
- 200 mm à 300 mm suivant les zones de concomitance vent-pluie sans complément d'étanchéité.

Le complément d'étanchéité doit respecter les préconisations de la norme NF P 30-305.

La pose du complément s'effectue sur la plaque nervurée inférieure avant la pose de la plaque supérieure, en procédant comme suit :

- s'assurer que les surfaces soient propres et sèches,
- poser le complément d'étanchéité au droit de la panne aussi près que possible de l'axe des fixations, côté bord libre de la plaque supérieure.

Il peut être nécessaire de découper les plaques nervurées sur le chantier pour s'adapter aux caractéristiques de la toiture. Dans ce cas, il convient de respecter les dispositions suivantes :

- protéger le revêtement organique afin d'éviter toute dégradation liée notamment à l'incrustation de particules métalliques chaudes,
- éliminer les bavures,
- protéger les tranches pendant le stockage et la manipulation,
- éviter toutes rayures ou marquage pouvant constituer des amorces de corrosion dans le temps,
- nettoyer soigneusement et au fur et à mesure de la pose, à la brosse nylon et à l'eau claire (sans détergent), de façon à éliminer les limailles liés au perçage.

Les vis de fixation et les cavaliers sont répartis en respectant les dispositions données par le DTU 40.35 au paragraphe 6.1.4.3. La disposition est réalisée sur :

- toutes les nervures, sur chaque panne, de la plaque de rive,
- toutes les nervures, au droit des recouvrements transversaux des plaques,
- toutes les nervures de l'avant dernière et de la dernière panne avant l'égout,
- toutes les nervures de l'avant dernière et de la dernière panne avant faitage,
- en quinconce de la nervure axiale, sur chaque panne.

De plus, les plaques nervurées doivent être couturées à leurs recouvrements longitudinaux à l'aide de vis de couture (*fournies*). Il faut systématiquement une vis de couture entre chaque panne, conformément au DTU 40.35 paragraphe 6.1.5.

### 8.552 Répartition des cavaliers courants et des cavaliers supports

La mise en place des cavaliers est une étape très importante. La fixation des plaques nervurées est à la fois assurée par l'intermédiaire des cavaliers courants et des cavaliers support. La répartition cavaliers courants / cavaliers support doit être réalisée conformément au plan de calepinage figurant dans la notice ou à celui fourni par le bureau d'études Marchegay. Le principe de répartition cavaliers courants/cavaliers support est détaillé en *Figure 24* et *Figure 25*. Les cavaliers support se montent au droit de chaque panne alternativement toutes les 2 et toutes les 3 nervures. Les cavaliers courants complètent la fixation des bacs avec une disposition conforme au DTU 40.35 (cf. § 8.551).

Les cavaliers sont fixés dans les pannes à l'aide de vis (*fournies*) adaptées à la nature de la charpente.

### 8.553 Raccordement à la couverture existante

Se référer à la *Figure 26*.

Dans le cas d'une couverture partielle, une tôle de raccordement spécifique est posée sur la dernière onde du procédé HELIOS B<sup>2</sup> et la couverture avoisinante. Poser des pontets adaptés aux types de couverture sous les deux ondes du raccordement. La tôle de raccordement est fixée sur la panne avec la couverture étanche et sur l'onde de la couverture existante (*tôle nervurée autre ou onde de couverture fibrociment*). Ces pièces doivent venir se superposer, avec un recouvrement transversal de 200 mm, aux tôles déjà installées directement en dessous.

### 8.554 Montage des rails acier

Les profils acier se clipent sur les cavaliers supports en acier.

Les rails sont verrouillés à l'aide de clés ¼ de tour permettant au profil de se dilater par rapport aux supports sans contrainte (*Figure 27*).

Le premier cavalier support en bas de chaque rail constitue le point fixe. Il est réalisé à l'aide des vis inox fournies (*Figure 28*).

Le calepinage des capteurs photovoltaïques par rapport aux entraxes des pannes peut nécessiter la mise en porte-à-faux des modules. Les modules admettent un porte-à-faux maximum de 500 mm. Au-delà, il est nécessaire de rajouter un support supplémentaire par colonne de rail tel que décrit en *Figure 29*.

### 8.555 Eclissage

Le rail peut être éclissé dans le cas de champs photovoltaïques supérieurs à 4,324 m de rampant.

Cet éclissage est réalisé par superposition des rails sur 240 mm puis insertion de deux clés de verrouillage verrouillées par rotation ¼ de tour (*Figure 30*).

### 8.556 Pose des modules

A noter que seule la pose en mode paysage est autorisée.

Les modules se positionnent entre les butées de calepinage. La pose des modules peut s'effectuer indifféremment de bas en haut ou de haut en bas. Pour des raisons pratiques (*interconnexion des modules, mise à la terre...*), il est cependant recommandé de démarrer la pose par le haut du versant.

Les modules doivent être centrés par rapport aux 2 rails de la colonne (*Figure 31*).

### 8.557 Pose des serreurs

Se référer à la *Figure 32*.

Les serreurs se placent sur la butée de calepinage après positionnement des modules et sont vissés dans les rails à l'aide de vis fournies.

Visser le serreur avec un couple maximal de 4 N.m.

Ajouter un profil d'extrémité sur chaque serreur en bas ou en haut du champ photovoltaïque.

### 8.558 Pose des tôles d'habillage périphériques

Dans le cas de pose d'habillages périphériques, les tôles sont placées sur les serreurs. La fixation des tôles est assurée par des vis inox 4,8 x 20 (*non fournies*) à travers le profil d'extrémité. Les tôles se mettent bout à bout sans recouvrement, en ajustant la dernière longueur en fonction du champ photovoltaïque (*Figure 33*).

## 8.56 Pose aux abords des extrémités de toiture

### 8.561 A l'égout

L'égout est traité par débordement simple ou par débordement avec cloisoir (*Figure 34*).

Au niveau de la sablière, la partie en saillie de la plaque ne doit pas dépasser le porte-à-faux autorisé compris entre 100 mm et 200 mm et le porte-à-faux ne doit pas être supérieur à 1/10<sup>e</sup> de l'écartement entre appuis.

En aucun cas, les chéneaux et gouttières ne doivent être fixés sur les plaques en tôle nervurées mais sur la charpente du bâtiment.

Dans le cas général, le raccordement de la couverture à la gouttière peut être traité par débordement maximum simple de 200 mm.

Pour les tôles larmiers, un débord latéral de 50 mm minimum par rapport au chéneau ou à la gouttière doit être respecté. La retombée est de 40 mm.

Les cloisoirs ou les bandes d'égout sont fixés sur les pannes les plus basses dans chaque versant en même temps que les plaques nervurées.

### 8.562 Au faitage

Au faitage (*Figure 35*), la couverture est traitée par une tôle de faitage qui vient reposer sur les nervures des plaques nervurées avec un recouvrement minimum de 120 mm.

Les tôleries de faitage doivent avoir un recouvrement longitudinal de 100 mm au moins les unes sur les autres, dans le sens inverse des vents de pluie dominants. La fixation des tôles de faitage est réalisée à l'aide de vis munies de rondelles d'étanchéité sur toutes les nervures des plaques nervurées.

La hauteur minimale du relevé des faitages contre le mur doit être de 100 mm. Il doit être recouvert par une bande porte-solin.

### 8.563 Aux rives

Se référer à la *Figure 36*.

Les tôles sont posées, en partant du bas, par recouvrement de la dernière onde de la couverture étanche. La distance entre la nervure de rive et la rive doit être de 350 mm maximum. Ces pièces doivent venir se superposer, avec un recouvrement transversal de 200 mm, aux tôleries de rive déjà installées directement en dessous.

Après pose d'un pontet, les bandes de rives sont fixées dans la panne en même temps que la nervure extrême de la couverture étanche. La retombée est également fixée en façade avec des vis de couture 6,3 x 22 (*non fournies*) avec rondelle d'étanchéité.

---

## 9. Formation

---

Le personnel de montage de la société Marchegay SAS, le personnel sous-traitant ainsi que les clients habilités à faire l'installation de systèmes photovoltaïques reçoivent obligatoirement une formation au montage du procédé HELIOS B<sup>2</sup>.

Cette formation est réalisée en interne sur une plateforme dédiée, par un formateur qualifié. Elle est composée :

- d'une partie théorique, en salle avec explication de la technologie photovoltaïque et de la notice de montage du procédé,
- d'une partie pratique avec montage d'une partie de toiture photovoltaïque.

Chaque monteur reçoit une attestation nominative en fin de stage.

La formation est suivie d'un accompagnement par un conducteur de travaux sur les premiers chantiers.

---

## 10. Distribution et assistance technique

---

Le procédé Hélios B<sup>2</sup> est distribué par la société Marchegay SAS.

Marchegay propose une assistance technique pendant toute la durée du chantier. Elle est constituée d'ingénieurs du bureau d'études et de conducteurs de travaux au fait du procédé et des techniques de montage.

Cette assistance technique est basée au siège social de la société à Luçon en France (85).

---

## 11. Utilisation, entretien et réparation

---

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur. Toute intervention sur la toiture doit se faire par le dessus, soit en montant sur la toiture sécurisée, soit à l'aide d'une plateforme élévatrice de personnes.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (cf. § 8.2). En outre, les réparations doivent être effectuées par une entreprise ayant suivi une formation chez Marchegay SAS et possédant les habilitations nécessaires.

### 11.1 Maintenance du champ photovoltaïque

Une vérification de l'installation doit être effectuée une fois par an pendant toute la durée de vie du bâtiment. Cette inspection se fonde sur les bonnes pratiques. Pour l'entretien de la toiture, il est nécessaire de procéder à :

- un nettoyage annuel au jet d'eau (*nettoyeur haute pression interdit, ne pas utiliser d'arrosage à jet concentré*) de la surface supérieure des capteurs photovoltaïques,
- une inspection visuelle de l'ensemble de la couverture photovoltaïque (*modules, câblage*),
- une vérification des gouttières (*si bouchées, les déboucher*),
- une vérification de la présence de débris ou saletés dans les zones qui ne sont pas lavées naturellement par la pluie (*surplombs par exemple*),
- une vérification des moisissures (laver et traiter les zones contaminées),
- une vérification de la présence de dégâts locaux (retouches, remise en peinture, remplacement des tôles endommagées si nécessaire),
- une vérification de l'état des fixations (*remplacer si défectueuses*).

### 11.2 Maintenance électrique

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

### 11.3 Remplacement d'un module

En cas de bris de glace d'un module ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer en respectant la procédure suivante :

- Avant toute intervention sur la couverture photovoltaïque, procéder à la déconnexion de l'onduleur en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production électrique. Puis, déconnecter la couverture photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC, placé entre les capteurs photovoltaïques et l'onduleur.
- Démontez les éléments de couverture dans l'ordre inverse de la notice de montage puis débrancher les câbles électriques du module.
- Dans le cas où il est nécessaire de démonter une liaison équipotentielle d'un rail, il convient de conserver la continuité de la liaison équipotentielle avec le reste de la couverture photovoltaïque. Relier les rails de part et d'autre du rail à la liaison équipotentielle à l'aide d'un câble de liaison temporaire puis démonter la connexion concernée.
- Monter les éléments de couverture en respectant la notice de montage. Dans le cas d'un premier remontage, la même vis de serre-écrou peut être utilisée. A partir du second remplacement, une vis de serre-écrou fournie par la société Marchegay et de diamètre 7 mm au lieu de 6,7 mm doit être utilisée.
- Mesurer la tension de série des capteurs photovoltaïques pour vérifier sa conformité par rapport à la plage d'entrée de l'onduleur. Procéder à la connexion de la couverture photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC et en reconnectant le disjoncteur AC de l'onduleur vers le réseau.

## B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV Rheinland (*rapports d'essais n°21146849.008, .012, .015, .016 et .026*).
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire TÜV Rheinland (*rapports d'essais n°21146850.008, .012, .015, .016 et .026*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CEBTP selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent (*rapport d'essais n° BEB1-C-4033-1*).
- Le procédé photovoltaïque a fait l'objet au CSTB d'un essai mixte de fatigue-étanchéité (*rapport d'essais n° EEM 12 26042259*).
- Les butées de calepinage ont fait l'objet d'un test de choc Charpy et de traction avant et après vieillissement (*rapport d'essais n° L13034-7C03CPR213013*).

## C. Références

---

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

---

Le procédé HELIOS B<sup>2</sup> ne fait pas l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES).

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

---

### 2. Autres références

---

Environ 7 000 m<sup>2</sup> ont été commercialisés en France depuis novembre 2012.

---

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

# Tableau et figures du Dossier Technique

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

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Éléments du procédé concernés	Atmosphères extérieures							
			Rurale non pollué	Industrielle ou urbaine		Marine				Spéciale
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Acier S320GD galvanisé	Z225+pré laquage polyester 25µm de catégorie IV	Bac nervuré SPO	•	•	□	•	•	-	□	□
Acier S320GD galvanisé	Z225+pré laquage polyester THD 35µm catégorie VI	Bac nervuré SPO	•	•	□	•	•	□	□	□
Acier S320GD galvanisé	Z225+pré laquage polyester 35µm de catégorie IV	Bac nervuré Monopanel	•	•	□	•	•	-	□	□
Acier S320GD galvanisé	Z225+pré laquage polyuréthane 35µm de catégorie VI	Bac nervuré Monopanel	•	•	□	•	•	□	□	□
Acier S320GD galvanisé	Z225+pré laquage Hairflon PVDF 25 µm de catégorie IV	Bac nervuré Arval	•	•	□	•	•	-	□	□
Acier S320GD galvanisé	Z225+pré laquage Hairrexcel granite 60 µm de catégorie VI	Bac nervuré Arval	•	•	□	•	•	□	□	□
Acier S390MC galvanisé	Z450	Cavalier support	•	•	□	•	□	□	□	□
Acier S390MC galvanisé	cataphorèse + thermolaquage	Cavalier support	•	•	•	•	•	•	•	□
Acier S390GD galvanisé	Z450	Rail	•	•	□	•	□	□	□	□
Aluminium EN AW-6060 T66	Brut	Serreur et profil d'extrémité	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium EN AW-6060 T66	Anodisé	Cadre	•	•	•	•	•	□	-	□
Acier galvanisé	Z225+pré laquage polyester 25µm de catégorie IV	Habillages	•	•	□	•	•	-	□	□
Acier cimenté zingué	SUPRACOAT 2C + laquage	visserie	•	•	□	•	•	□	□	□
Acier DX51 galvanisé	Z225 + polyuréthane 35 µm	cavaliers	•	•	□	•	•	□	□	□
Inox 1.4301	-	clé	•	•	□	•	•	•	□	□
Acier cimenté	Durocoat®	Vis serreur	•	•	□	•	•	□	□	□
Inox A2	-	Vis au point fixe	•	•	□	•	•	•	□	□

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

• : Matériau adapté à l'exposition

□ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.

- : Matériau non adapté à l'exposition

\* : à l'exception du front de mer

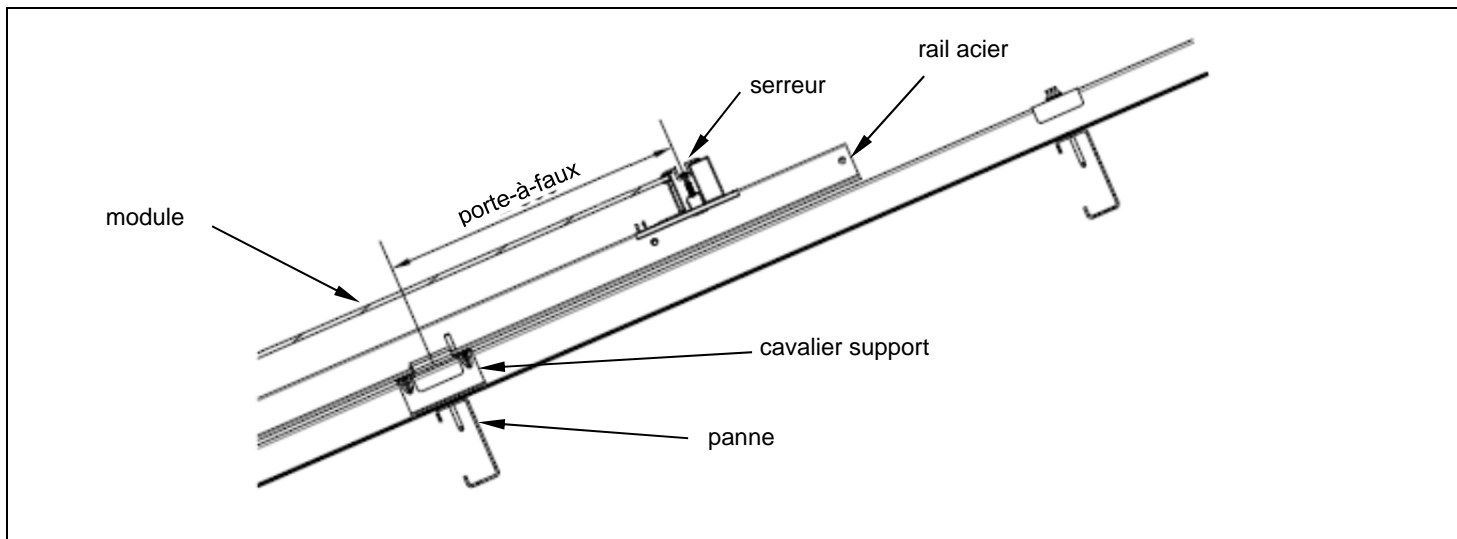
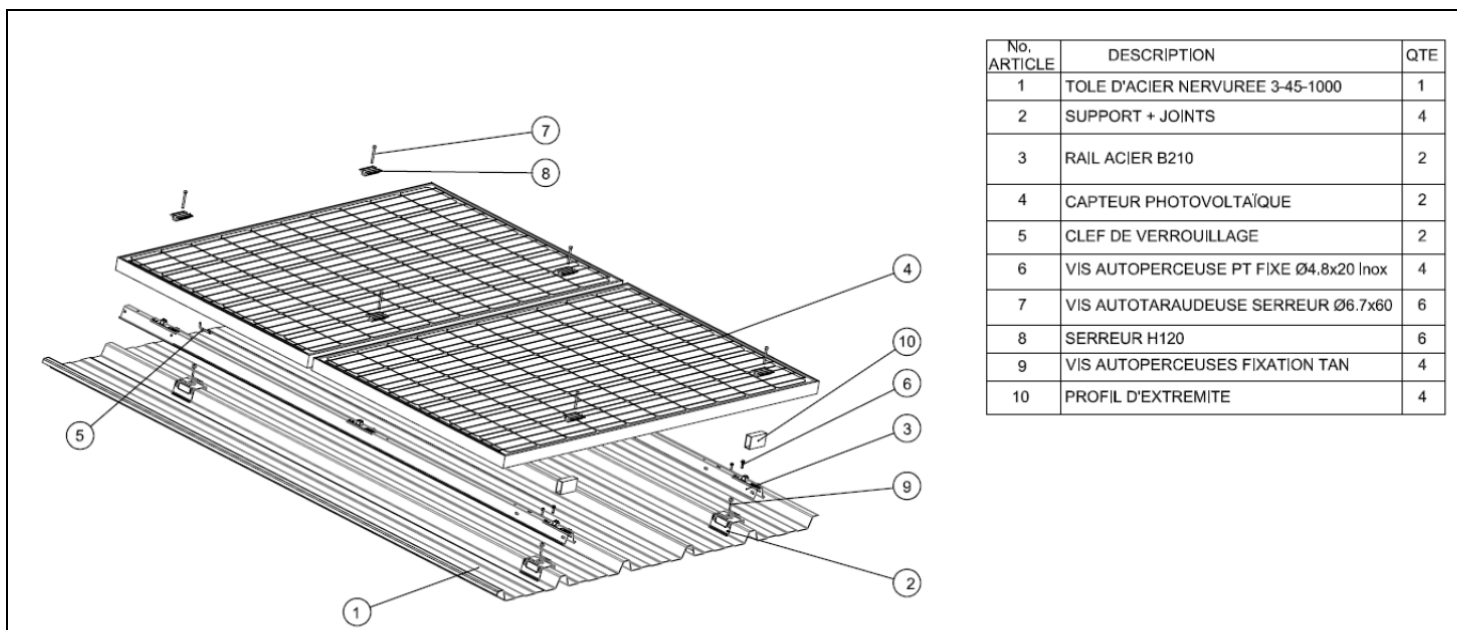


Figure 1 – Définition du porte-à-faux du module par rapport au cavalier support



No. ARTICLE	DESCRIPTION	QTE
1	TOLE D'ACIER NERVUREE 3-45-1000	1
2	SUPPORT + JOINTS	4
3	RAIL ACIER B210	2
4	CAPTEUR PHOTOVOLTAÏQUE	2
5	CLEF DE VERROUILLAGE	2
6	VIS AUTOPERCEUSE PT FIXE Ø4.8x20 Inox	4
7	VIS AUTOTARAUDEUSE SERREUR Ø6.7x60	6
8	SERREUR H120	6
9	VIS AUTOPERCEUSES FIXATION TAN	4
10	PROFIL D'EXTREMITÉ	4

Figure 2 – Schéma éclaté du procédé





exemple : module M60

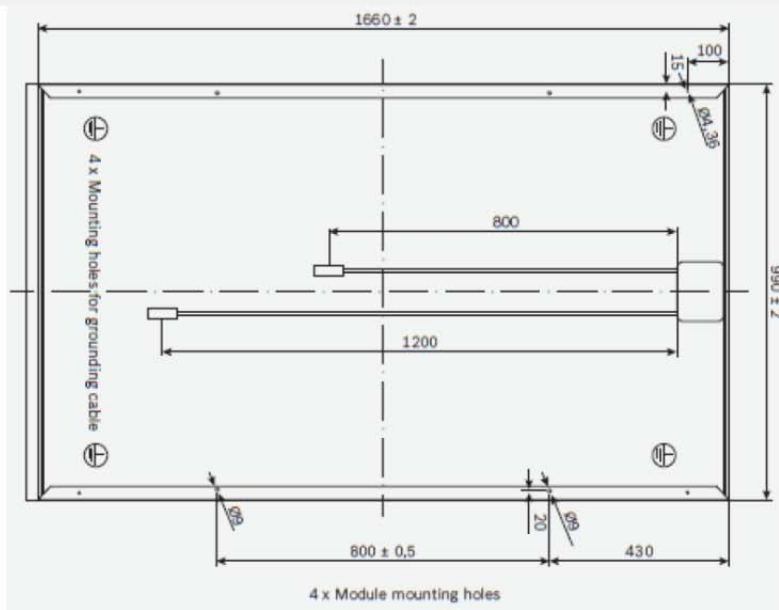


Figure 3 – Schéma des modules M60, M60S et P60

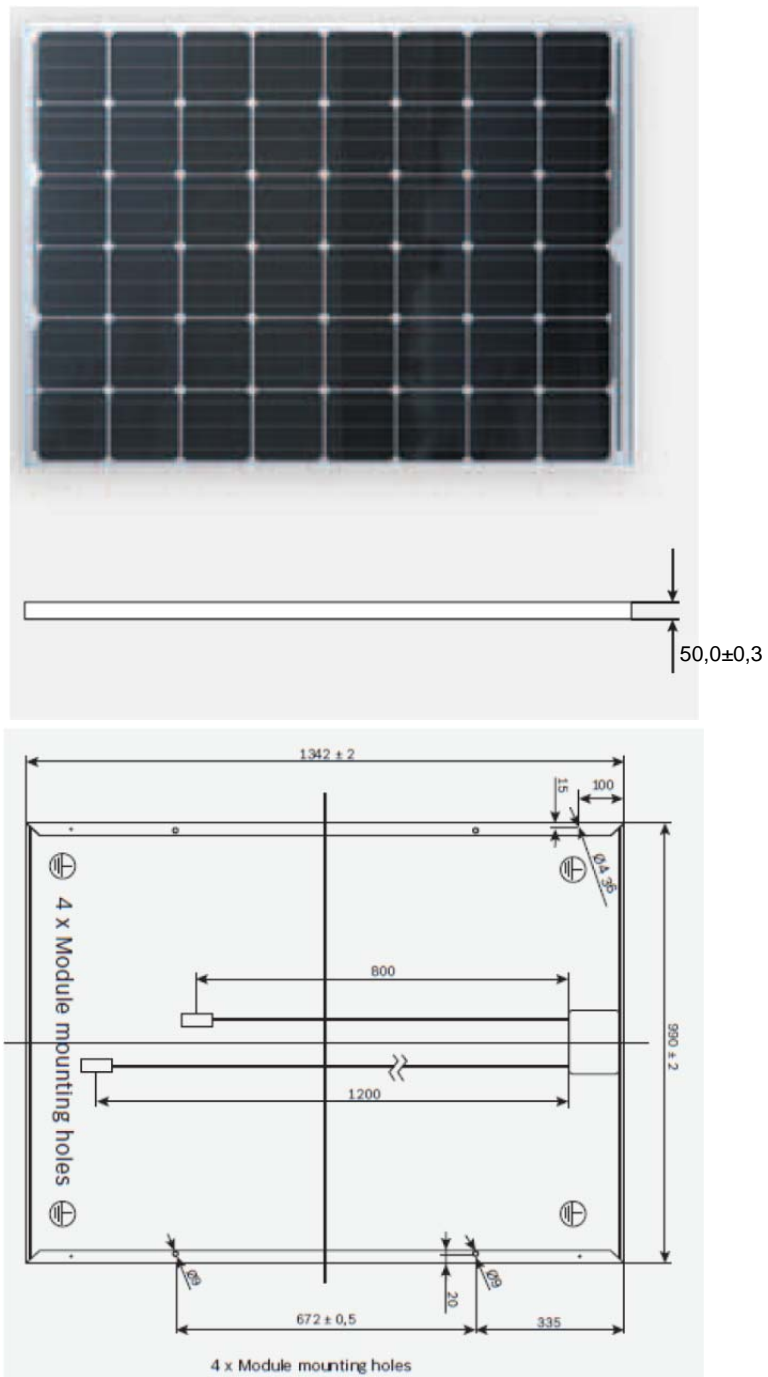


Figure 4 – Schéma des modules M48 et M48S

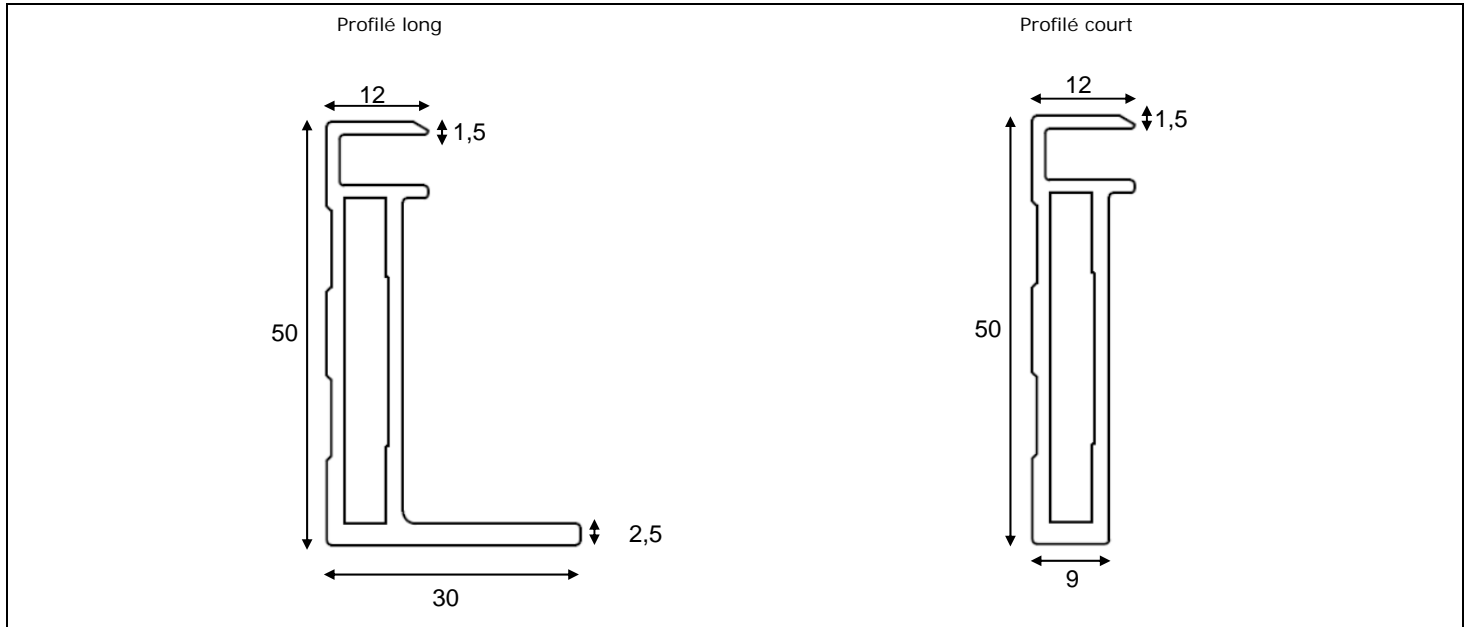


Figure 5 – Cadre des modules

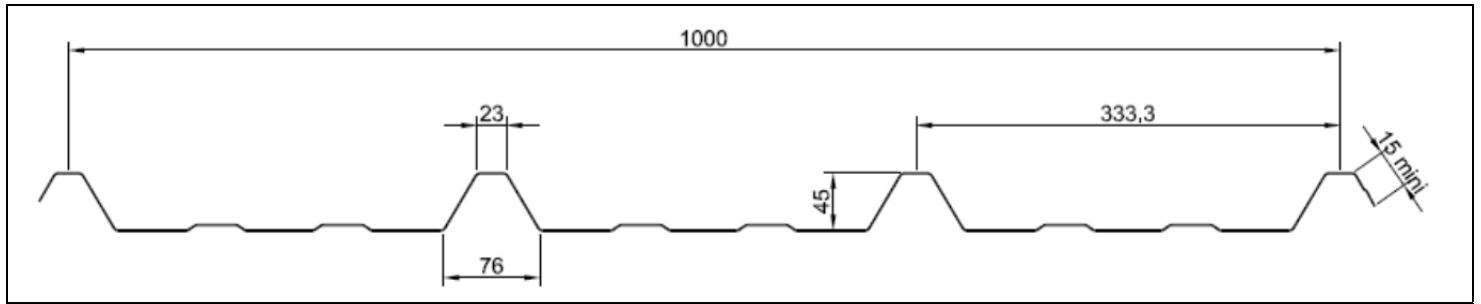


Figure 6 – Tôles d'acier nervurées

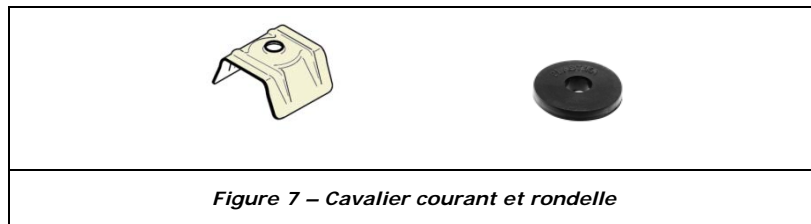
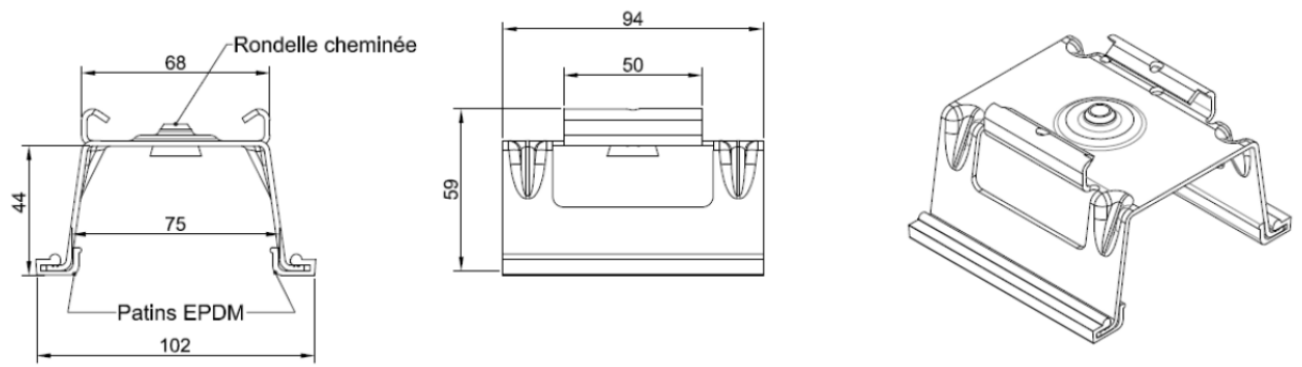
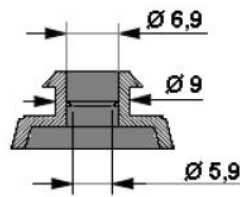


Figure 7 – Cavalier courant et rondelle

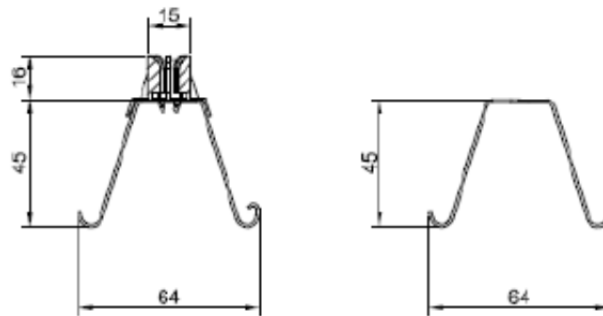


Détail cavalier support équipé de joints

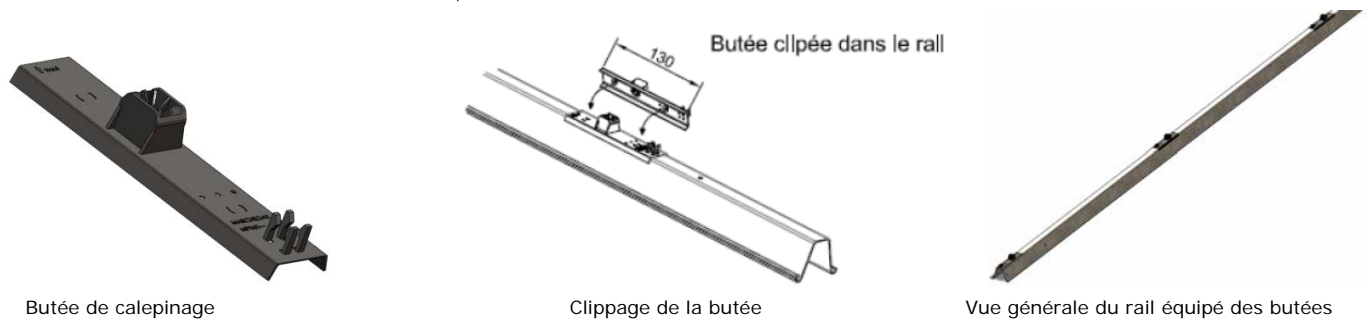


Rondelle cheminée

Figure 8 – Cavalier support avec patins et rondelle cheminée



VUE EN COUPE DU RAIL, AVEC BUTEE DE CALEPINAGE PROFIL EN BOUT DE RAIL

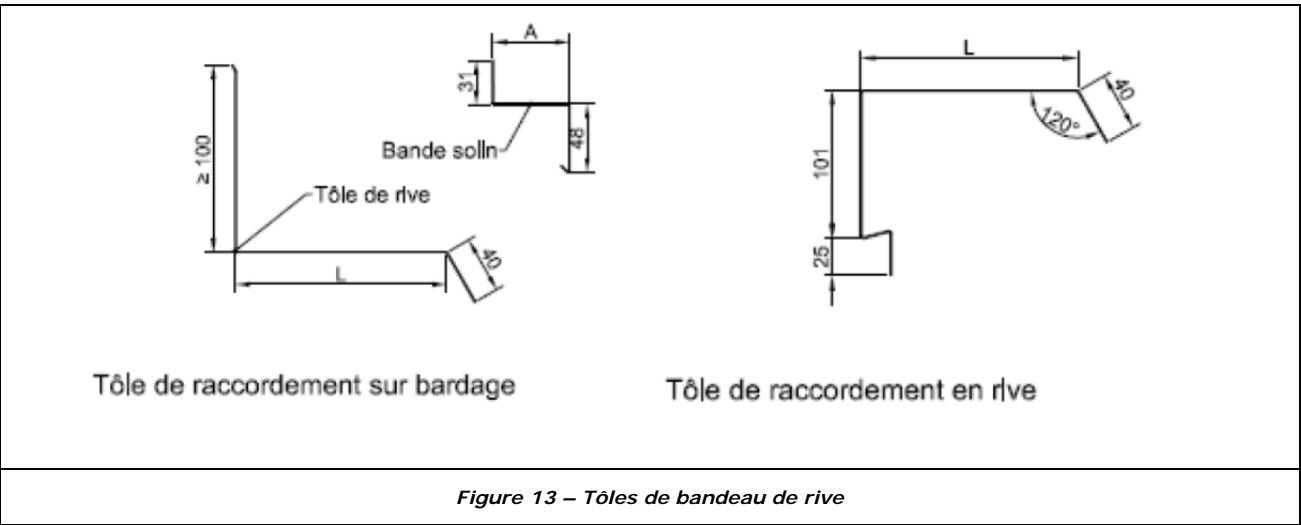
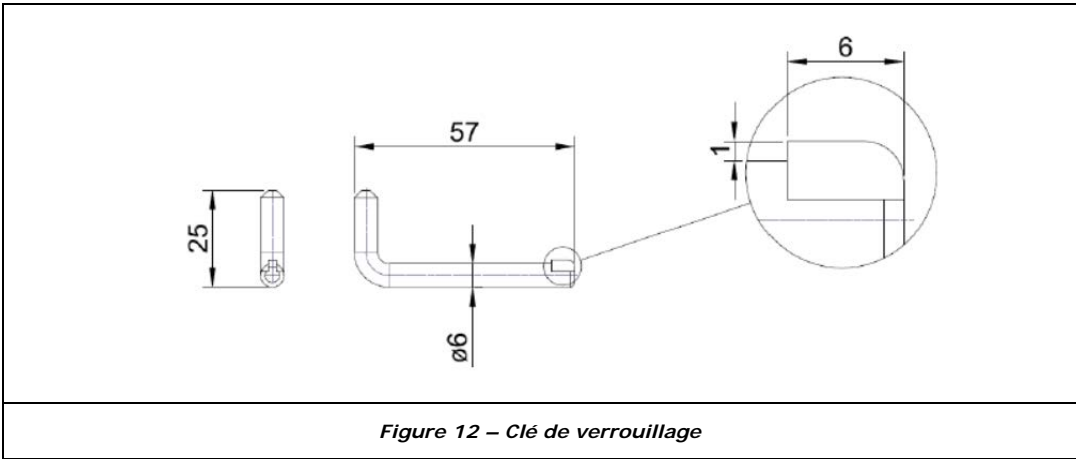
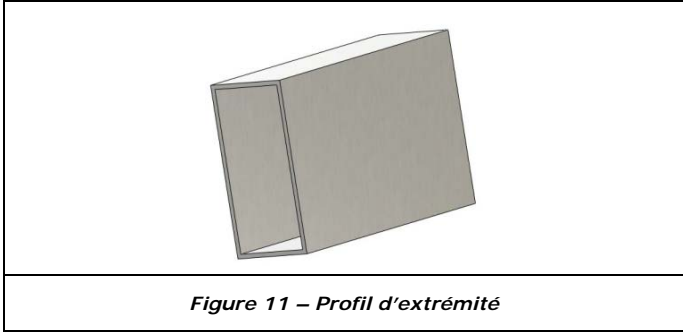
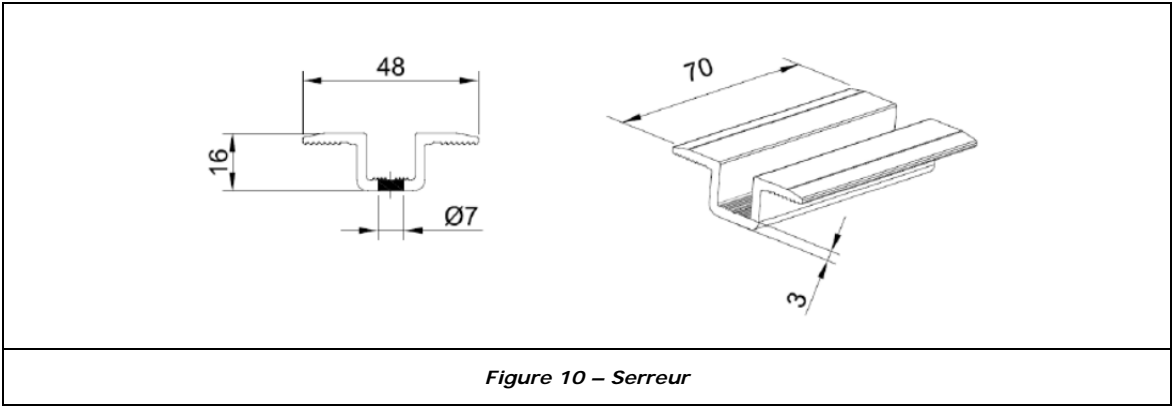


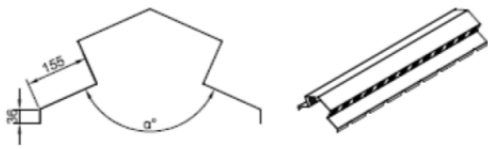
Butée de calepinage

Clippage de la butée

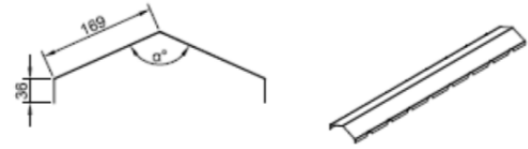
Vue générale du rail équipé des butées

Figure 9 – Rail acier et butée de calepinage





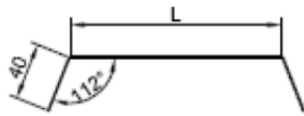
Faîtière ventilée



Faîtière non ventilée

Figure 14 – Tôles de faîtage

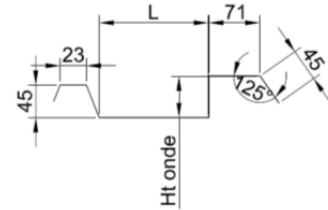
Tôle prélaquée ép: 75/100  
longueur: 4000



Tôle de raccordement sur TAN

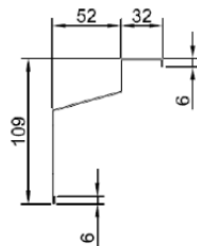
$L \leq 350 \text{ mm}$

Tôle prélaquée ép: 75/100  
longueur: 4000

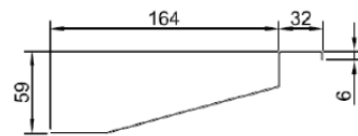


Tôle de raccordement sur fibrociment

Figure 15 – Tôles de raccordement



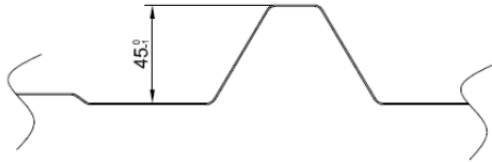
Tôle d'habillage en bas de versant



Tôle d'habillage en haut de versant

Figure 16 – Tôles d'habillage

Tôle acier nervurée:

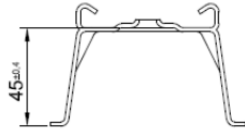


Tôle d'acier nervurée:  
TAN=45 +0/-1

Support équipé:  
SE=43 ±0.6

Jeu min= TAN min - SE MAXI  
Jeu min= 44 - 43.6  
Jeu min=0.4

Cavalier support :



Jeu MAX= TAN MAXI - SE mini  
Jeu MAX= 45 - 42.4  
Jeu MAX=2.6

La distance entre le support et la tôle d'acier nervurée ( en plage )  
est compris entre= 0.4mm et 2.6mm

Cavalier support équipé:

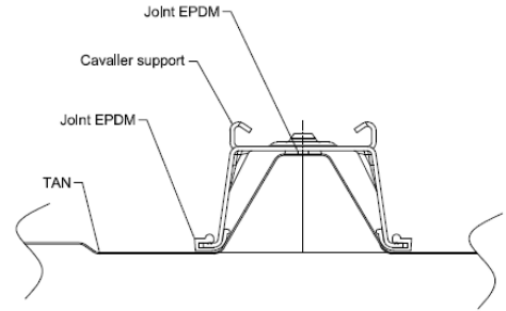
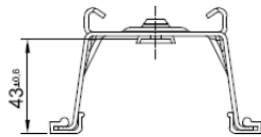


Figure 17 – Tolérances dimensionnelles entre le cavalier support et la plaque nervurée

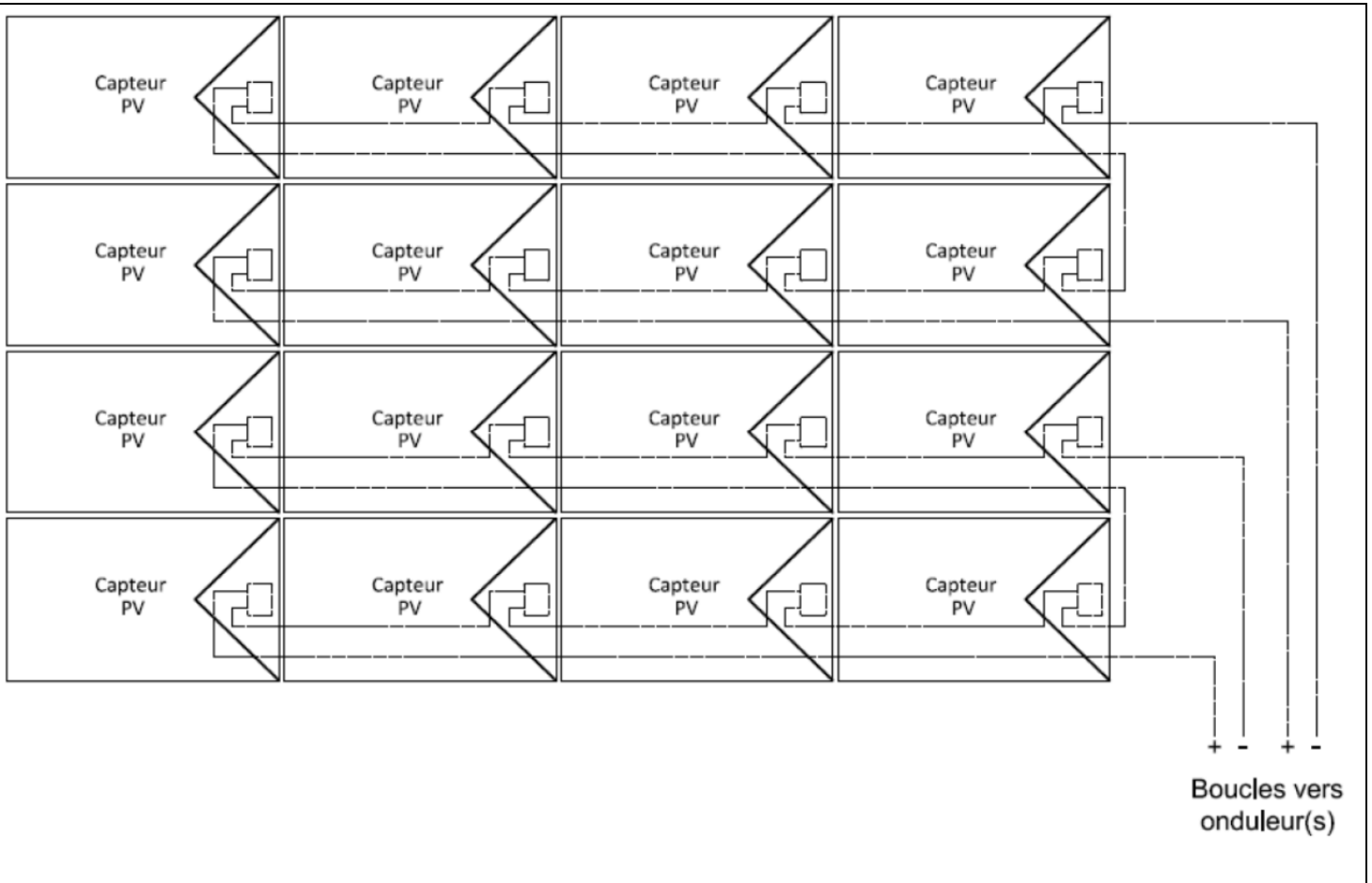


Figure 18 – Principe de câblage des modules

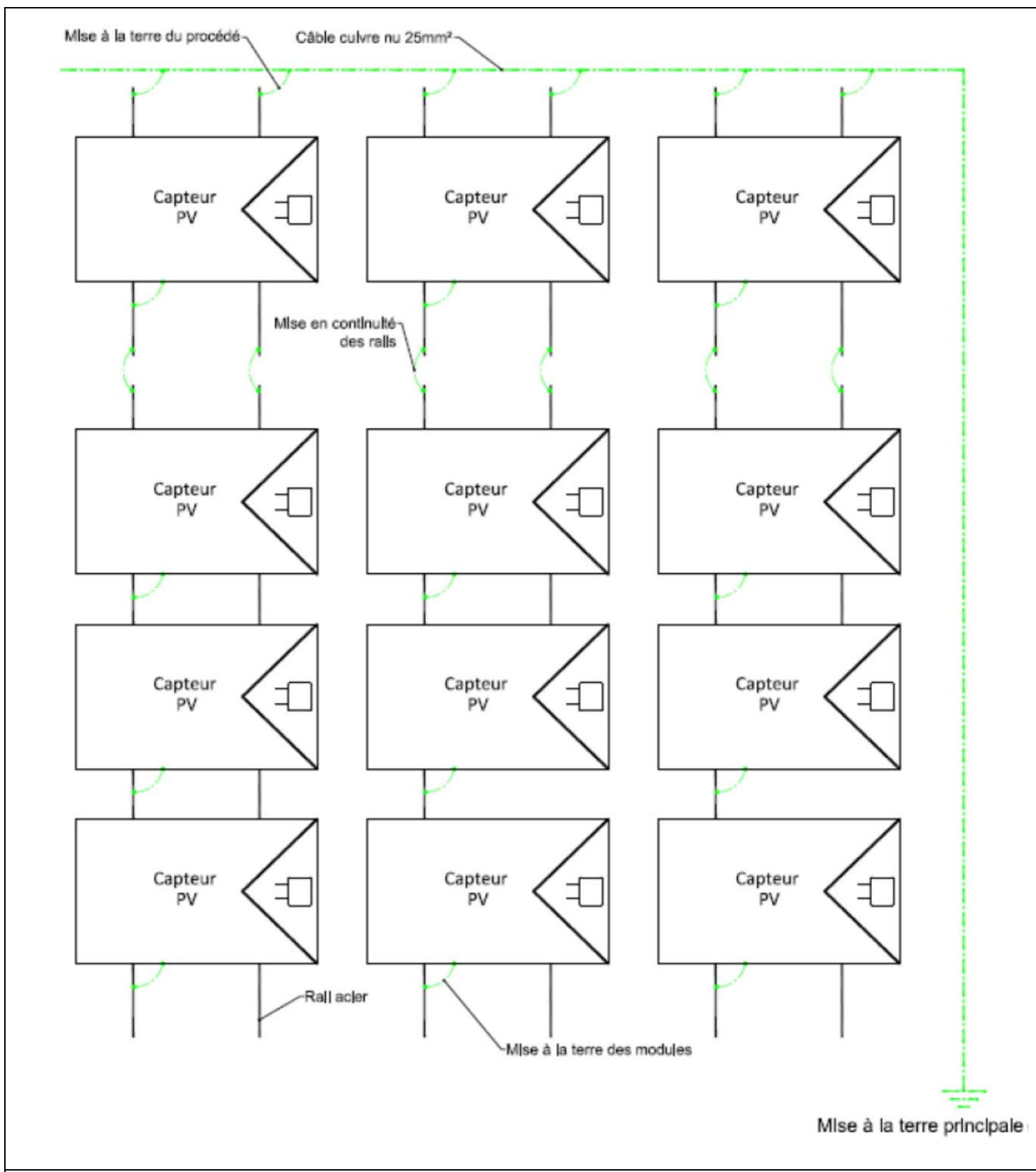
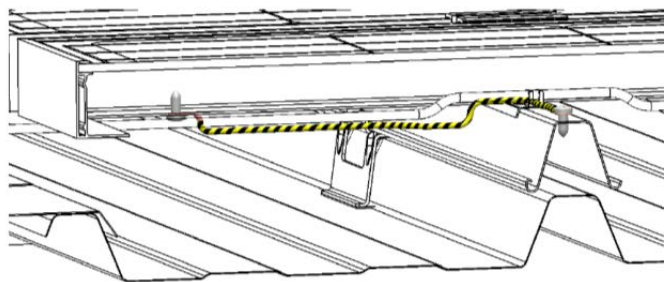
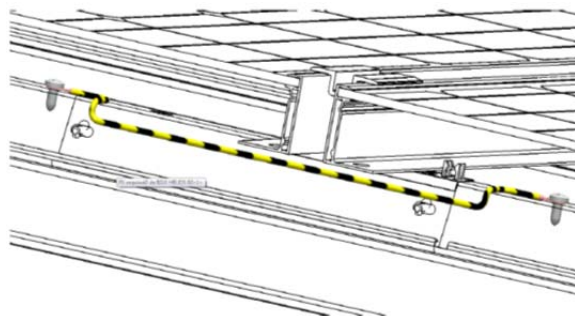


Figure 19 – Principe de câblage de la liaison équipotentielle des masses

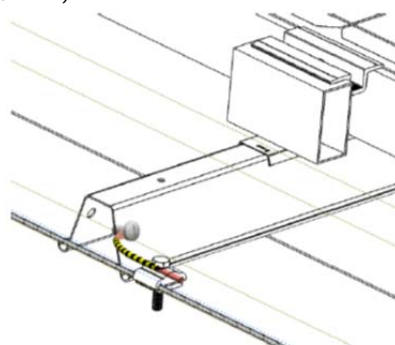




du module au rail acier (câble de 6 mm<sup>2</sup>)

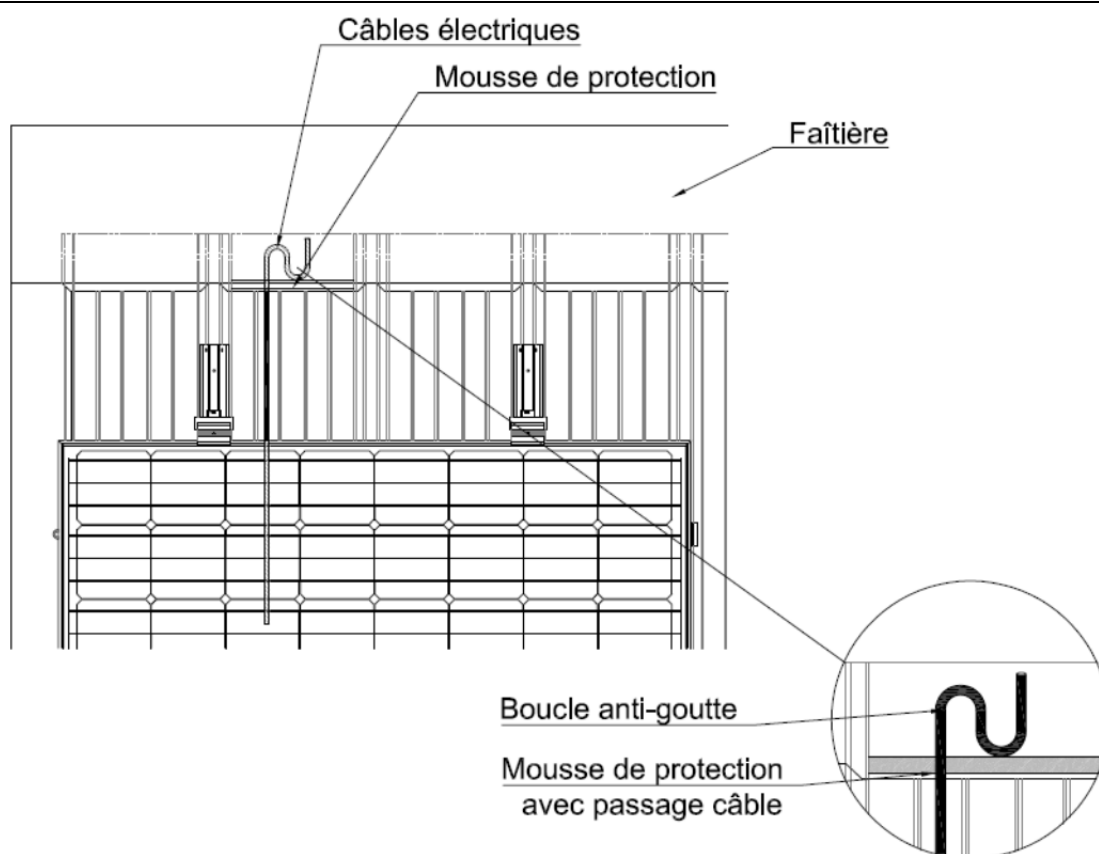


entre rails éclissés (câble de 6 mm<sup>2</sup>)



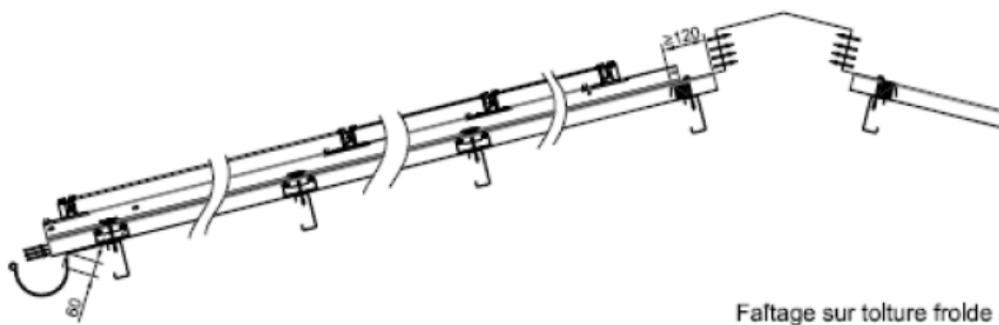
du rail acier au câble principal de liaison équipotentielle des masses (câble de 25 mm<sup>2</sup>)

**Figure 20 – Connexions de la liaison équipotentielle des masses**

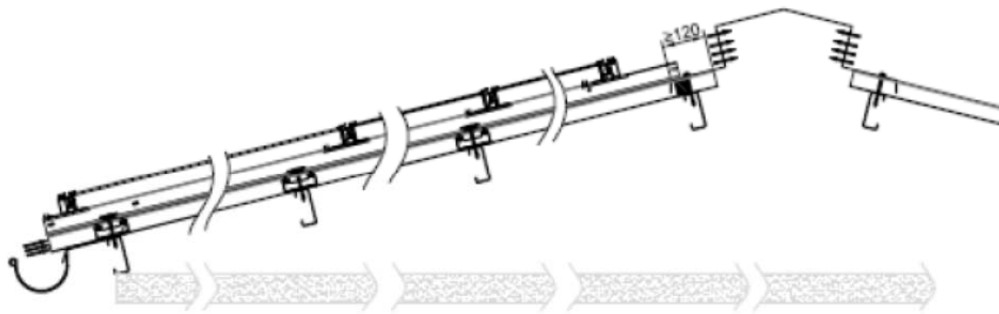


## Mise des câbles électriques au faîtage

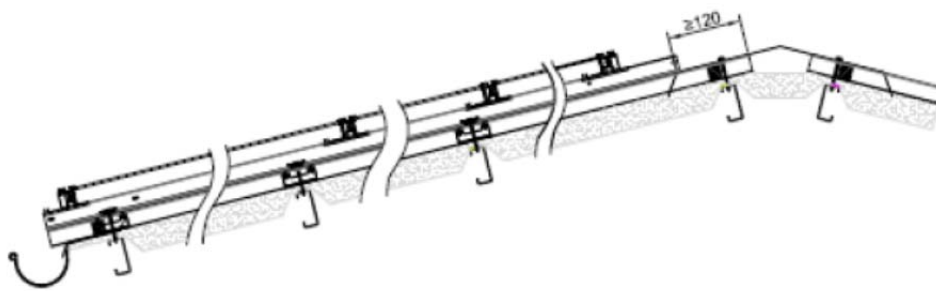
**Figure 21 – Passage des câbles au faîtage**



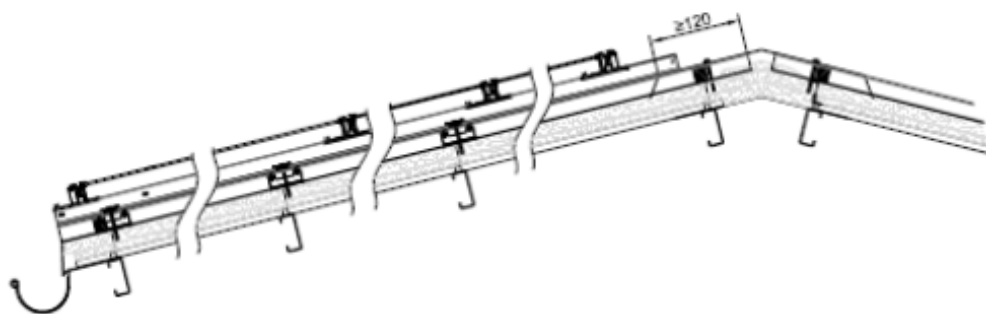
Faitage sur toiture froide non Isolée



Faitage sur toiture froide avec Isolation sous pannes



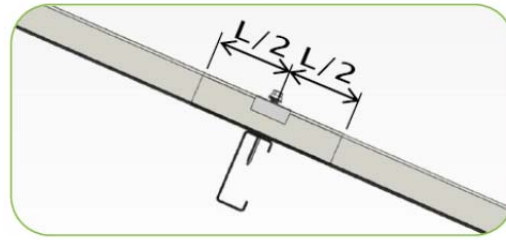
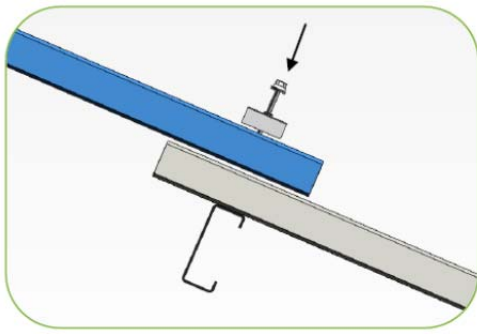
Faitage sur toiture chaude avec Isolation sur pannes



Faitage sur toiture chaude double peau

Figure 22 – Faitage en fonction du type de toiture

cas général :



avec complément d'étanchéité :

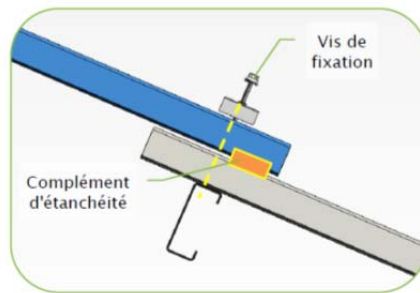


Figure 23 – Pose des tôles d'acier nervurées

**Répartition des vis et des cavaliers d'ondes pour les modules Bosch M60 et P60 (longueur 1660)**

La répartition des vis doit respecter le schéma suivant :

**ETAPE IMPORTANTE**

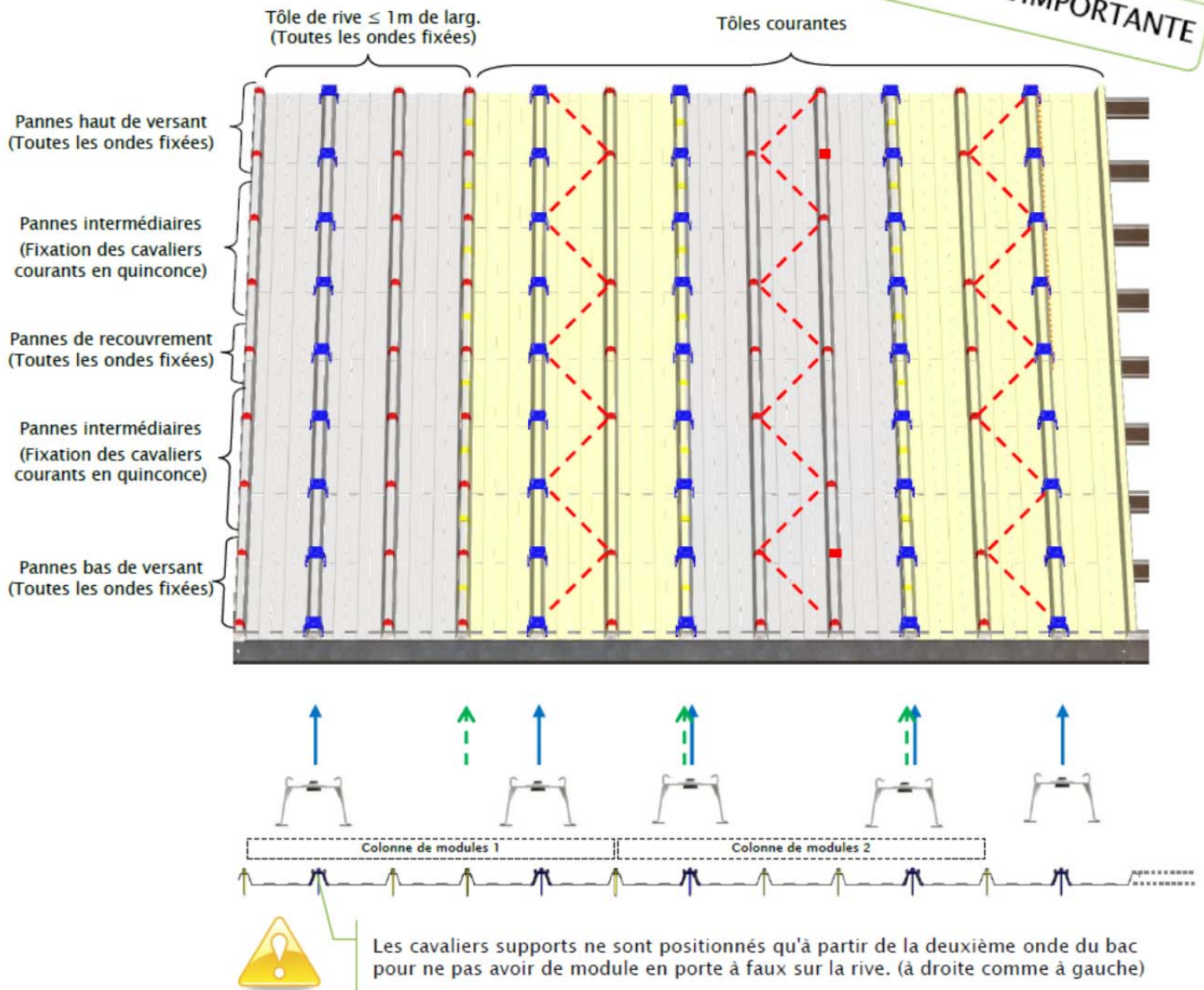


Figure 24 – Répartition des cavaliers et des cavaliers support pour les module M60, M60S et P60

▣ Répartition des cavaliers d'ondes pour les modules Bosch M48 (longueur = 1348mm)

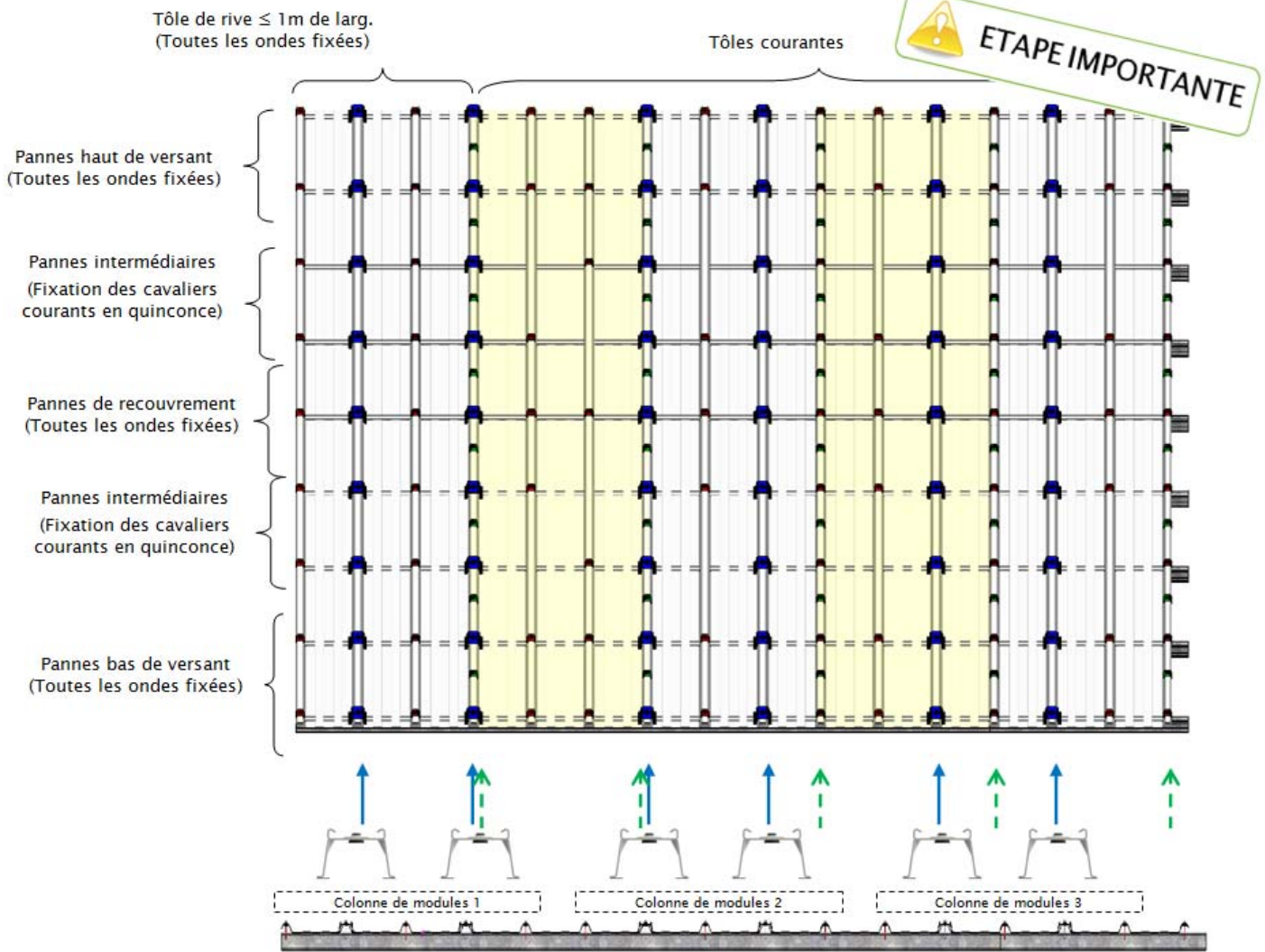
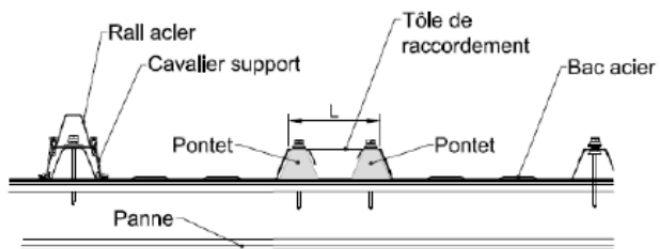
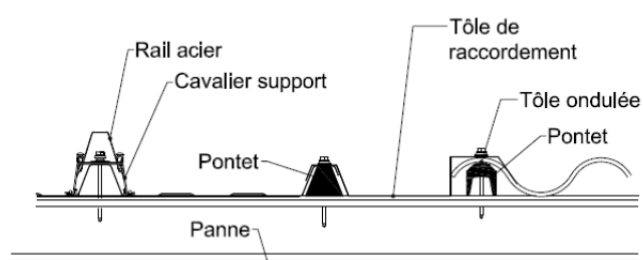


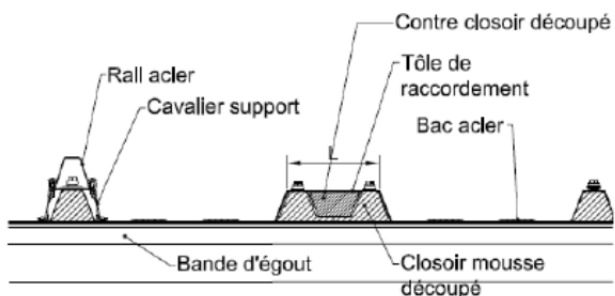
Figure 25 – Répartition des cavaliers et des cavaliers support pour les module M48 et M48S



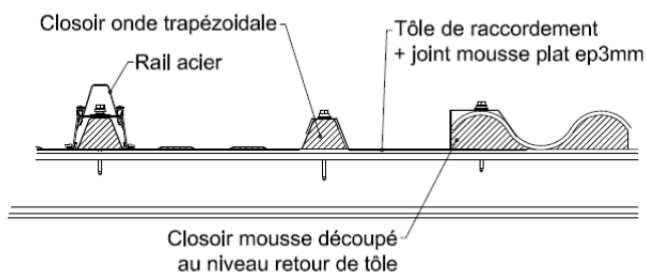
Coupe au niveau panne



Coupe au niveau panne



Coupe au niveau closoirs

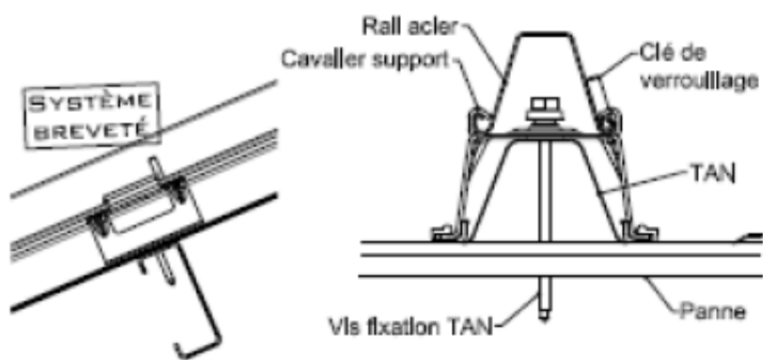


Coupe au niveau closoirs

Raccordement sur TAN existante

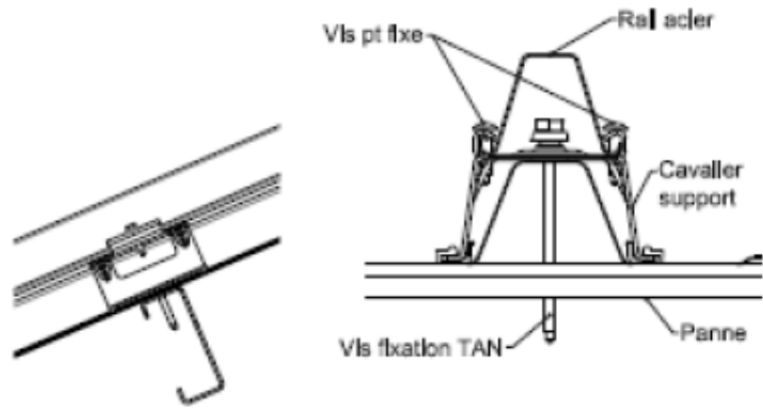
Raccordement sur tôle ondulée existante

Figure 26 – Raccordement à la couverture existante



Montage au point glissant

Figure 27 – Montage du point glissant



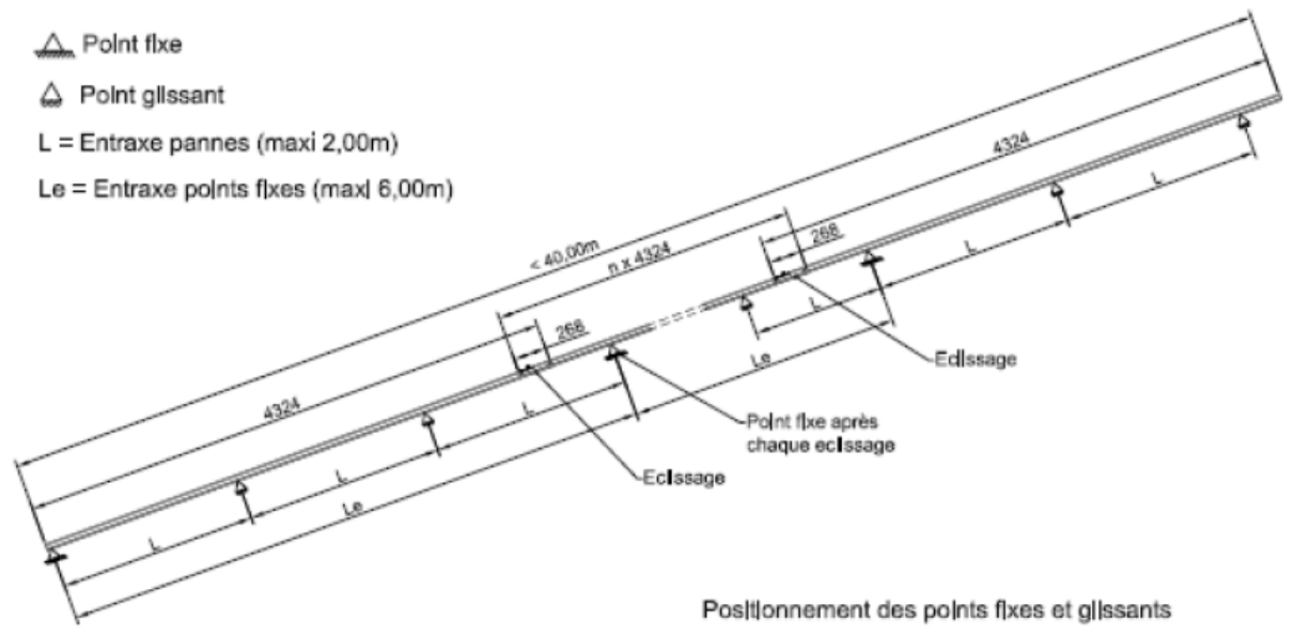
Montage au point fixe

▲ Point fixe

△ Point glissant

L = Entraxe pannes (maxi 2,00m)

Le = Entraxe points fixes (maxi 6,00m)



Positionnement des points fixes et glissants

Figure 28 – Montage du point fixe

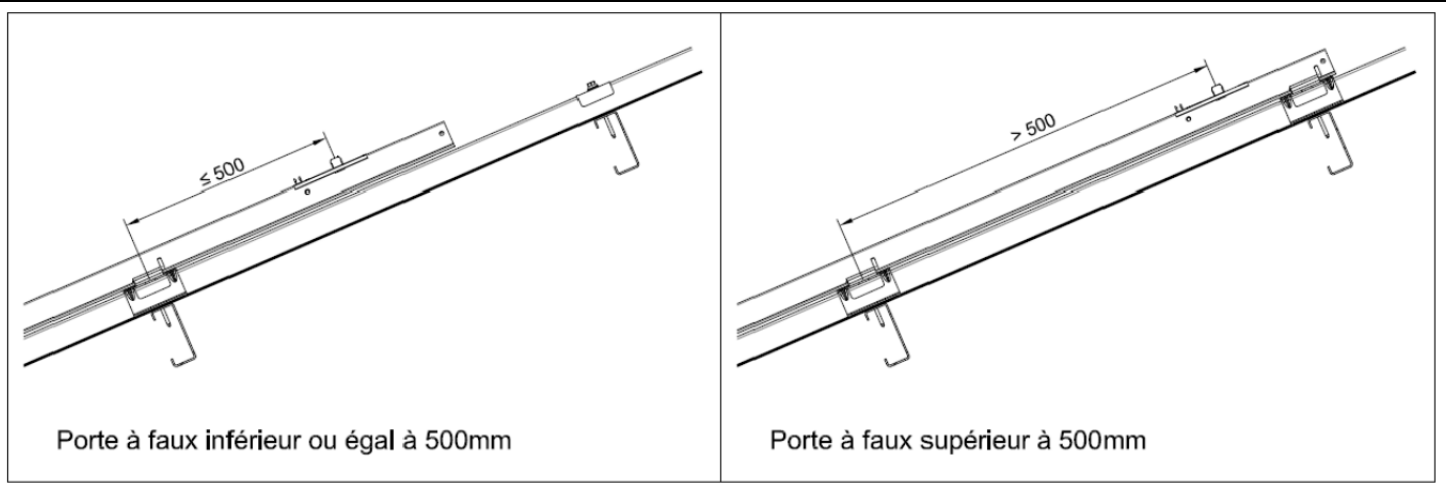


Figure 29 – Porte-à-faux des modules

# Détail eclissage

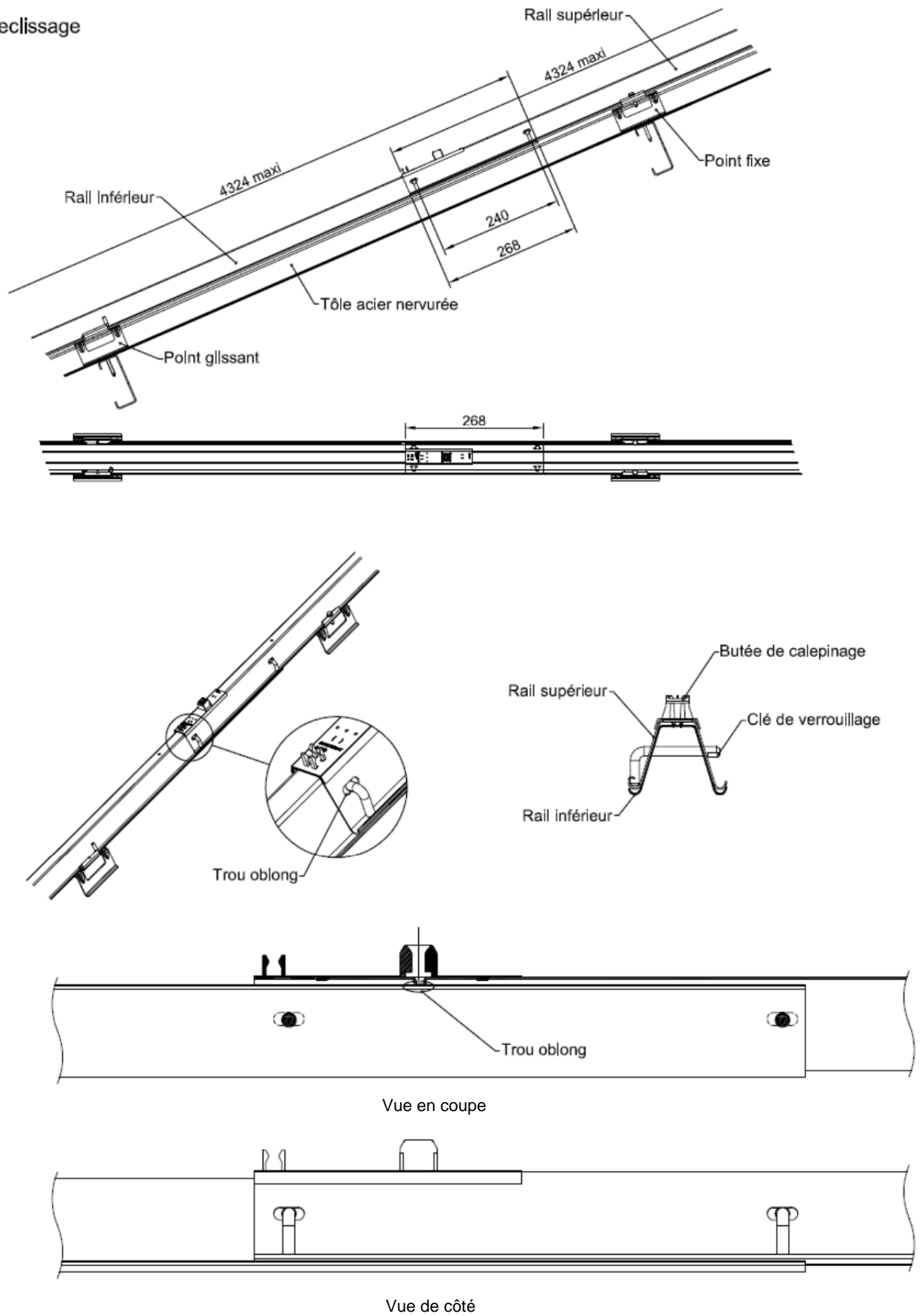
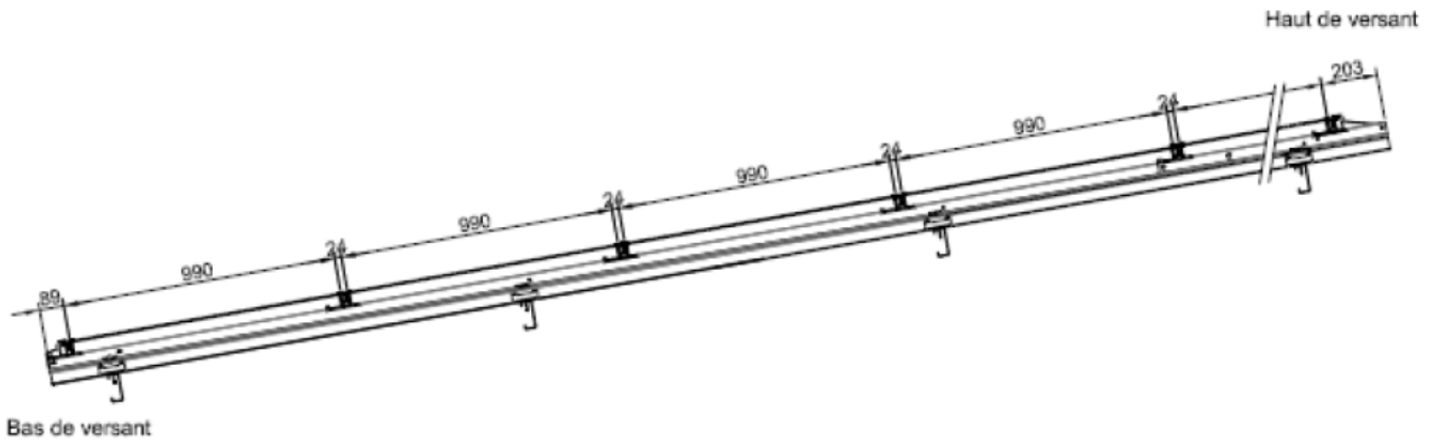
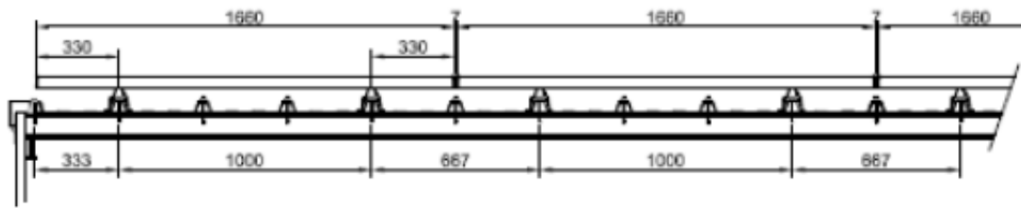


Figure 30 – Eclissage

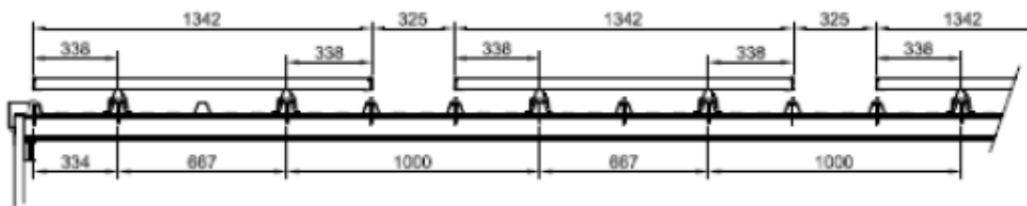




Calepinage des modules PV



Calepinage des rails acier et des modules PV M60



Calepinage des rails acier et des modules PV M48

Figure 31 – Calepinage des modules

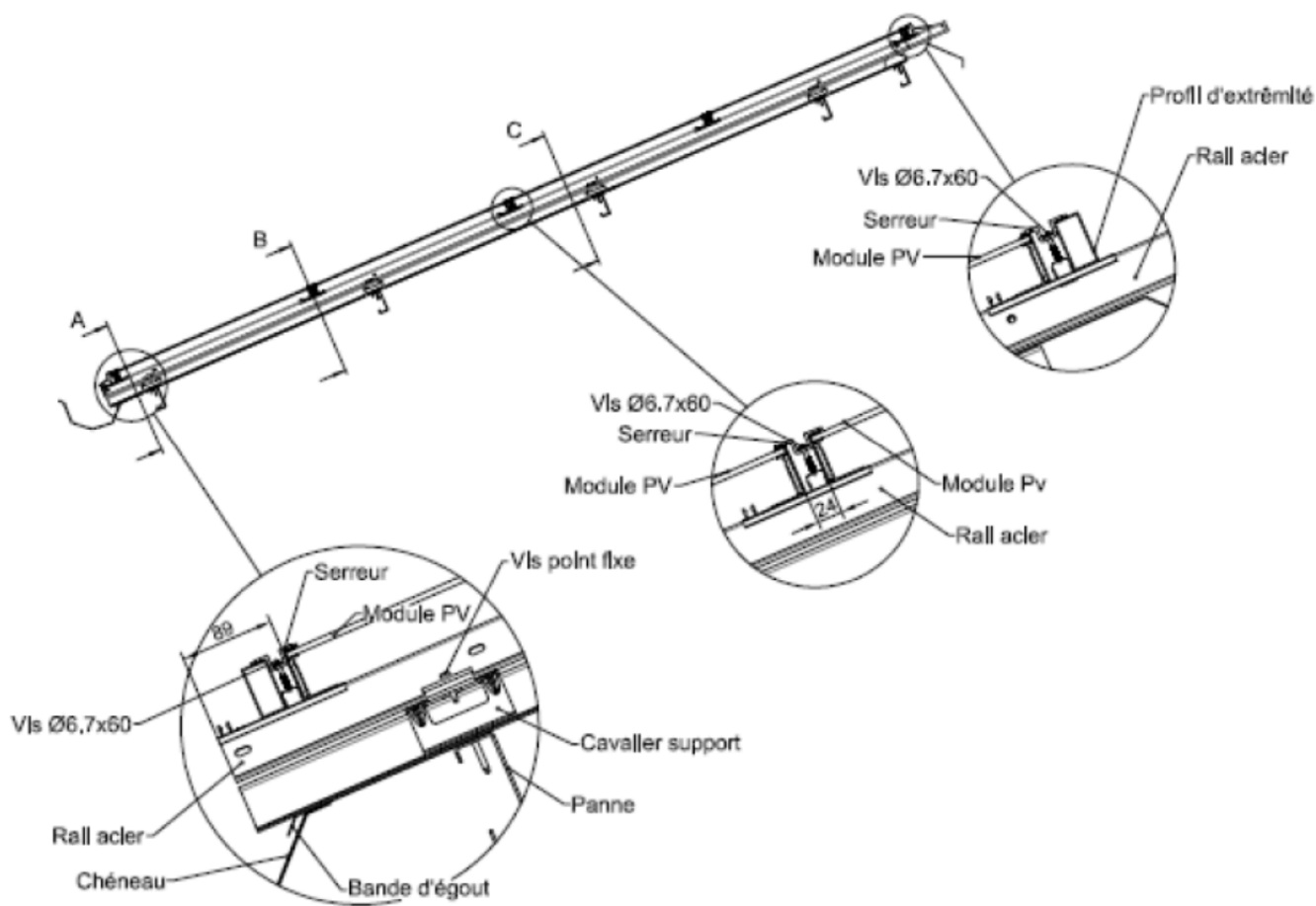


Figure 32 – Pose des serreurs

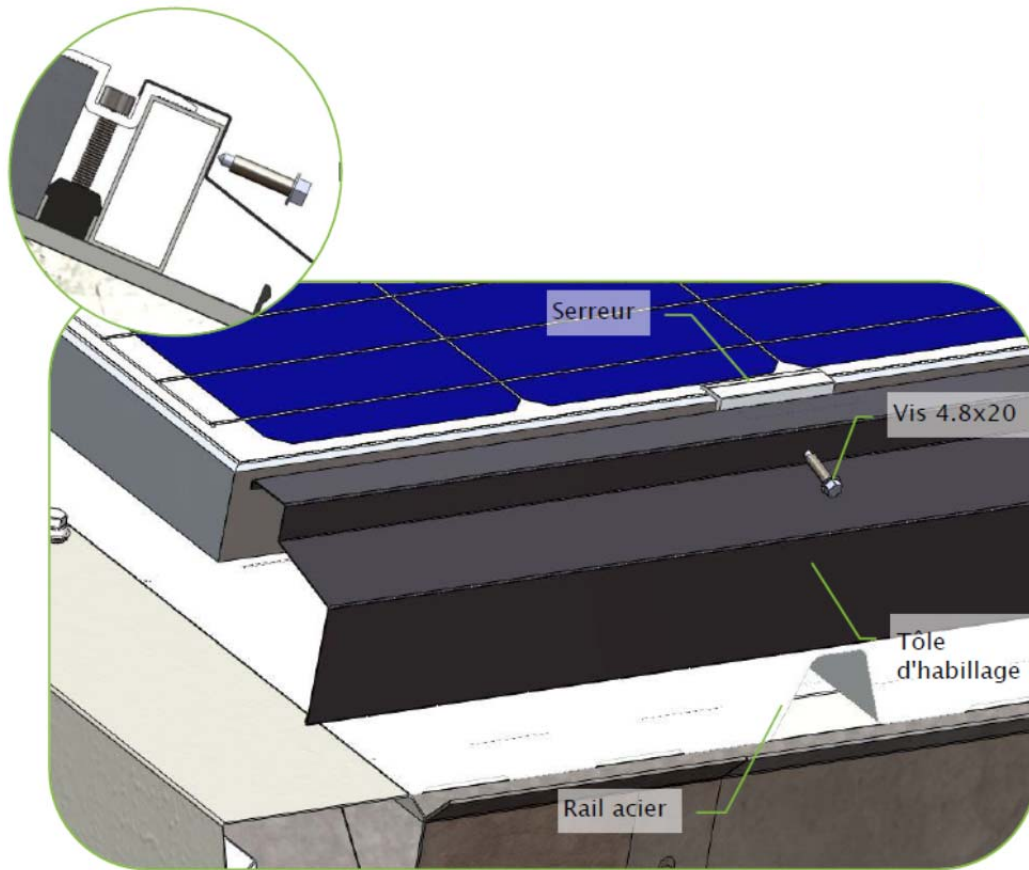


Figure 33 – Pose des tôles d'habillage (exemple habillage bas de versant)

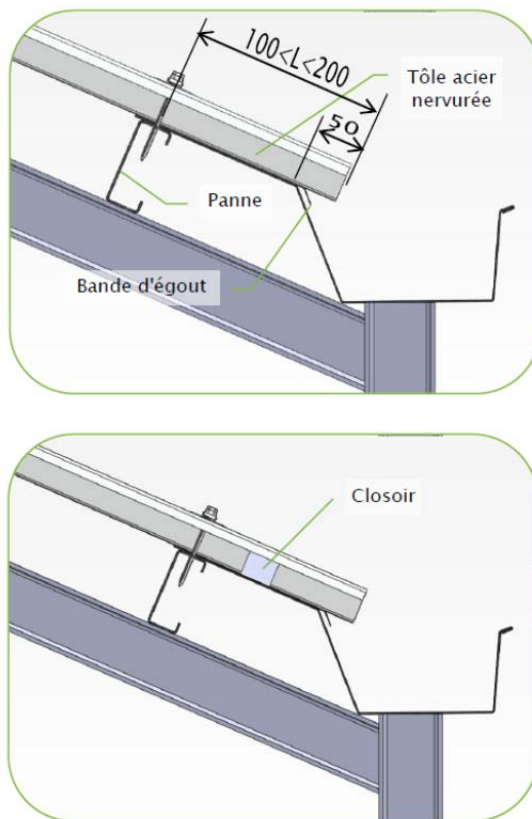


Figure 34 – Exemples de mise en œuvre à l'égout

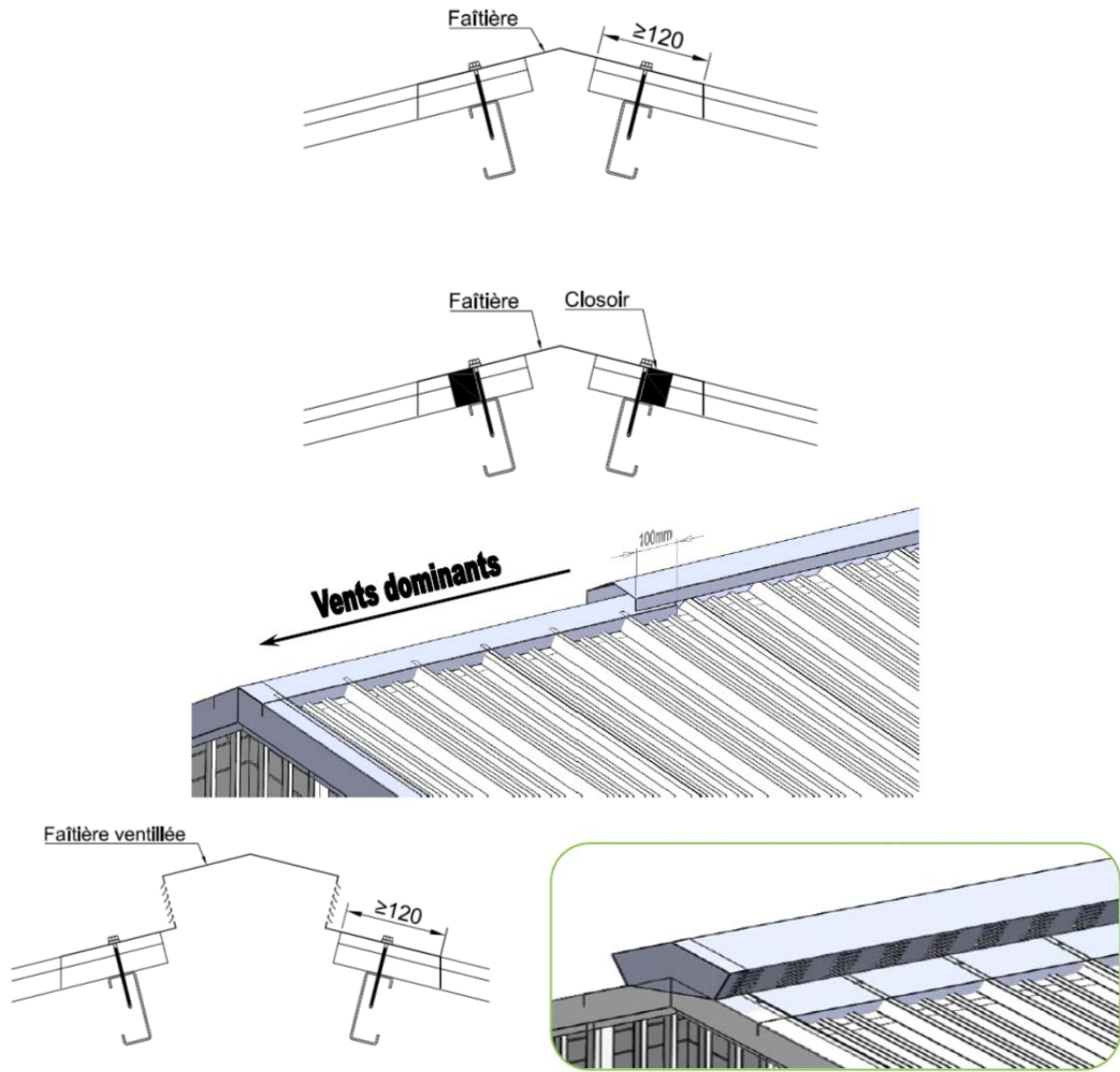


Figure 35 – Exemples de mise en œuvre au faîtage

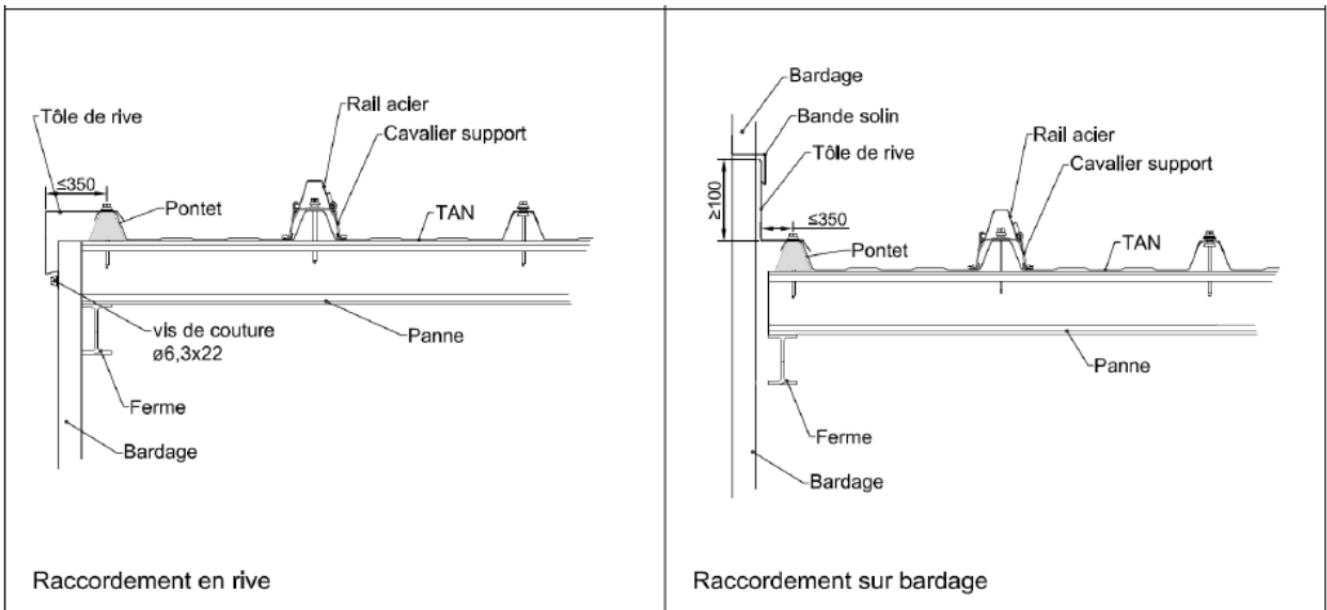


Figure 36 – Exemple de mise en œuvre aux rives