Avis Technique 21/14-48_V4

Annule et remplace l'Avis Technique 21/14-48_V3

Procédé photovoltaïque - Modules photovoltaïques rigides intégrés en couverture sans écran métallique en sous-face

Photovoltaic panel – Rigid photovoltaic modules in roof mounting without under-side metallic shield

CE DOCUMENT NON ENCORE ENREGISTRE N'A PAS DE VALEUR OFFICIELLE

Easy-Roof Evolution L-1 et O-1

avec modules :

SunPrimo PM060PWx (x=0 ou 1) de 250 à 270 Wc de AUO

SunVivo PM060MX2 (X=W ou B) de 275 à 310 Wc de AUO

SunForte PM096B00 de 325 à 335 Wc de AUO

Vitovolt 300 PxxxOA de 250 à 270 Wc de Viessmann

Vitovolt 300 MxxxOA de 275 à 300 Wc de Viessmann

SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D de 310 à 333 Wc de SunPower

SPR-E19/E20/X20/X21/X22-xxx(-BLK/COM) de 327 à 360 Wc de SunPower

60P STYLE de 250 à 265 Wc de SolarWatt

Sunmodule Plus SW xxx poly de 250 Wc à 275 Wc de SolarWorld

Sunmodule Plus SW xxx mono yyy (yyy = "Silver", "WOB" ou "Black") de 280 Wc à 300 Wc de SolarWorld

Titulaire : IRFTS
7 chemin de la Ville
FR–38240 MEYLAN
Tél. : 04 78 38 83 10
Fax : 04 78 38 96 87
E-mail : info@irfts.com
Internet : www.irfts.com

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Publié le

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

(arrêté du 21 mars 2012)

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 - Internet : www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

© CSTB 2017

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 10 octobre 2017, le procédé photovoltaïque "Easy-Roof Evolution L-1 et O-1", présenté par la société IRFTS. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Il annule et remplace l'Avis Technique 21/14-48_V3. Cet Avis est formulé pour des utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

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

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 250 Wc et 310 Wc en version L-1 et entre 310 et 360 Wc en version O-1, muni(s) d'un cadre en profilés d'aluminium, dont les références sont indiquées en page de garde,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" sur 4 lignes maximum.

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

1.2 Identification

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module reprenant les informations conformément à la norme NF EN 50380 : le nom du module, son numéro de série, ses principales caractéristiques électriques ainsi que le nom et l'adresse du fabricant. Cet étiquetage fait également mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

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

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi identique à celui proposé au *§ 1.2* du Dossier Technique, restreint aux dispositions énoncées dans le *§ 2.222* "Sécurité en cas de séisme" du présent Avis.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

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

2.22 Aptitude à l'emploi

2.221 Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

  Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C 15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

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

- Protection des personnes contre les chocs électriques

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

  A ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/CE (*dite « Directive Basse Tension »*) du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des Etats Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.

  Les connecteurs utilisés, ayant un indice de protection d'au moins IP 65, sont des connecteurs avec système de verrouillage permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

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

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

  L'utilisation de cosses faston avec rondelles bi-métal pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

Le tableau suivant recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

Dénomination commerciale	Puissance crête (Wc)
AUO SunPrimo PM060PWx (x=0 ou 1)	250 à 270 par pas de 5 Wc
AUO SunVivo PM060MX2 (X=W ou B)	275 à 310 par pas de 5 Wc
AUO SunForte PM096B00	325, 327, 330, 333 ou 335
Viessmann Vitovolt 300 PxxxOA	250 à 270 par pas de 5 Wc
Viessmann Vitovolt 300 MxxxOA	275 à 300 par pas de 5 Wc
SPR-xxxE-WHT-D	310, 315, 320, 327 ou 333
SPR-xxxE-BLK-D	
SPR-xxxNE-WHT-D	
SPR-xxxNE-BLK-D	
SPR-E19-xxx-COM	
SPR-E20-xxx	
SPR-E20-xxx-BLK	
SPR-E20-xxx-COM	
SPR-X20 ou X21 ou X22-xxx	327, 335, 345 ou 360
SPR-X20 ou X21 ou X22-xxx-BLK	
SPR-X20 ou X21 ou X22-xxx-COM	
SolarWatt 60P STYLE	250 à 265 par pas de 5 Wc
SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx poly	250 à 275 par pas de 5 Wc
SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx mono yyy	280 à 300 par pas de 10 Wc

2.222 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul (*selon les règles NV65 modifiées*) 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 définies dans les tableaux ci-dessous et telles que les valeurs respectent les prescriptions du Tableau 2 du Dossier Technique :

charge maximum sous neige normale (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa		montage	
		4 pattes par module	6 pattes par module
modules photovoltaïques	AUO et Viessmann	2 081	2 212
	SunPower	2 041	2 467
	SolarWatt	2 115	2 421
	SolarWorld	1 831	2 179
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179			

charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa		montage	
		4 pattes par module	6 pattes par module
modules photovoltaïques	AUO et Viessmann	1 784	1 896
	SunPower	1 749	2 115
	SolarWatt	2 115	2 075 **
	SolarWorld	1 831	1 868
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179 ** : cette valeur a été bornée par les limites du dispositif d'essais			

- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques suivantes :
  - entraxe maximum entre chevrons de 900 mm,
  - une section minimale des planches support définie dans le Tableau 2,
- de la fixation de l'installation photovoltaïque uniquement sur des planches support neuves répondant aux préconisations du Dossier Technique.

Sécurité en cas de séisme

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

		Catégorie d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Zone de sismicité	Zone 1	Installation possible			
	Zone 2			2) ou 3)	3)
	Zone 3		1)	3)	3)
	Zone 4		1)	3)	3)

1) Installation possible pour les bâtiments remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés".

2) Installation possible pour les établissements scolaires simples remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés".

3) Installation non couverte pas le présent Avis Technique.

Les zones de sismicité et les catégories d'importance des bâtiments mentionnées ci-dessus s'entendent 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, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique et les retours d'expérience sur ce procédé permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

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

Risques de condensation

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante grâce à l'utilisation d'un écran de sous-toiture sous le procédé.

Ventilation de la toiture

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

Sécurité au feu

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

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

Aucun classement de réaction au feu du polymère constitutif des cadres polymères n'a été déterminé.

Sécurité des usagers

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

Sécurité des intervenants

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

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules,
- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes sur les modules et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

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

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

2.223 Données environnementales et sanitaires

Aspects environnementaux

Le procédé « Easy-Roof Evolution L-1 et O-1 » ne dispose d'aucune déclaration environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

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

2.23 Durabilité - Entretien

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

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

2.24 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.

2.25 Mise en œuvre

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

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

2.3 Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

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

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

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

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

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

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guides UTE C 15-712 et 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.

Les câbles électriques ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

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

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

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

La notice de montage doit être fournie avec le procédé.

L'installateur doit prévoir :

- La vérification visuelle que les emballages des modules photovoltaïques sont intacts à réception sur site.
- La vérification visuelle que les modules photovoltaïques sont intacts au déballage.
- La vérification de la conformité des kits avec le système de montage au bon de commande.
- A la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations lors de la pose.

2.322 Installation électrique

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

2.323 Mise en œuvre

Conformément au dossier technique (cf. § 2.31 et 3.1), il existe 3 possibilités de réalisation des abergements latéraux : 2 sont fournies par la société IRFTS (*abergements polymères ou métalliques*) et 1 est non fournie (*abergements métalliques*) mais réservée aux installateurs capables de réaliser les abergements métalliques spécifiés.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 2.222 "Sécurité en cas de séisme" doivent être respectées.

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

Le montage doit impérativement être réalisé au-dessus d'un écran de sous-toiture : si cet écran n'est pas présent sur la toiture, il est obligatoire d'en ajouter un. Dans ce cas, cet écran de sous-toiture doit être conforme aux préconisations du Dossier Technique et sous certification conforme au Dossier Technique (cf. § 3.2 *: sous certification « QB » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1*). Il doit être mis en œuvre conformément aux dispositions définies dans la norme NF DTU 40.29 et complétées par les indications du Dossier Technique (cf. § 8.51).

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

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

2.324 Assistance technique

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

Conclusions

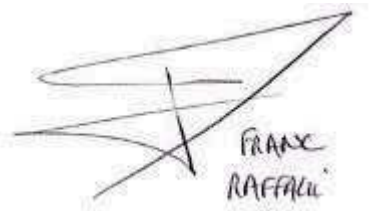
Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. § 2.1) est appréciée favorablement.

Validité

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 30/11/2022.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président



3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La présente version consolidée tient compte de l'introduction de nouvelles tôles d'abergement et de l'introduction de modules de la société Viessmann de dénomination Vitovolt 300 MxxxOA, de puissance allant de 275 à 300 Wc par pas de 5 Wc.

Il est à noter que la version consolidée précédente tenait compte de l'élargissement du domaine d'emploi à 4 lignes maximum de modules dans le champ photovoltaïque, du changement de fabricant des cadres polymères du procédé et de l'introduction de modules SolarWorld monocristallins.

La version consolidée précédente tenait compte de l'introduction de modules photovoltaïques biverre et verre/polymère des fabricants SolarWatt, SolarWorld et Viessmann, de dénominations commerciales et de puissances suivantes :

- modules de la société SolarWatt de dénomination 60P STYLE, de puissance allant de 250 à 265 Wc par pas de 5 Wc,
- modules de la société SolarWorld de dénomination Sunmodule Plus SW xxx poly, de puissance xxx allant de 250 à 275 Wc par pas de 5 Wc,
- modules de la société Viessmann de dénomination Vitovolt 300 PxxxOA, de puissance allant de 250 à 270 Wc par pas de 5 Wc.

La version consolidée précédente tenait compte également d'un élargissement de la gamme de modules photovoltaïques fabriqués par la société AU Optronics Corporation (AUO), de dénominations commerciales et de puissances suivantes :

- modules AUO SunPrimo PM060PWx avec x=0 ou 1, de puissance allant de 250 à 270 Wc par pas de 5 Wc, en version L-1,
- modules AUO SunVivo PM060MX2 avec X=W ou B, de puissance allant de 275 à 310 par pas de 5 Wc, en version L-1,
- modules AUO SunForte PM096B00 de puissance 325, 327, 330, 333 ou 335 Wc, en version O-1.

Elle visait également l'incorporation en version consolidée des modules "SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D" et "SPR-E19/E20/X20/X21-xxx(-BLK/COM)" de la société SunPower (où xxx représente la puissance nominale des modules de valeur 310, 315, 320, 327, 333, 335 ou 345 Wc), pour l'application du procédé Easy-Roof Evolution en version O-1.

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

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- il est recommandé d'installer les modules photovoltaïques en partie supérieure de la couverture, en complément des dispositions constructives déjà prises pour assurer l'étanchéité à l'eau entre les éléments de couverture et les modules photovoltaïques,
- chaque mise en œuvre requiert :
  - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
  - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque et de la présence ou non d'un écran de sous-toiture (*à ajouter en cas d'absence, voir § 8.1*),
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Le Groupe Spécialisé a jugé que les retours d'expérience présentés par le titulaire sur des chantiers réels permettent de considérer les risques d'encrassement des circulations d'eau limités jusqu'à 4 lignes de modules maximum.

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

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que les gorges existantes sur les cadres Easy-Roof destinées à faire cheminer les câbles électriques par le dessus des cadres polymère ne peuvent en aucun cas être utilisées pour le cheminement des câbles dans les installations du procédé couvertes par cet Avis Technique (*le cheminement préconisé est par-dessous les cadres polymère, cf. § 8.42 du Dossier technique*).

Une attention particulière devra être portée pour la réalisation des abergements métalliques.

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

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

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

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 250 Wc et 310 Wc en version L-1 et entre 310 et 360 Wc en version O-1, muni(s) d'un cadre en profilés d'aluminium, dont les références sont indiquées en page de garde,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" sur 4 lignes maximum.

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

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

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France européenne :
  - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (*selon annexe B3 du DTU 40.36*).
- Mise en œuvre :
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, ne présentant aucune pénétration (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
  - sur toitures isolées ou au-dessus de combles perdus,
  - exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture (*couvertures tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief, tuiles canal et tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal conformes aux DTU 40.21, 40.22 et 40.24*) dont le galbe est supérieur ou égal à 30 mm : pour les tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief et les tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal, il s'agit notamment des tuiles dites « Grand Moule Fort Galbe » ou « Grand Moule Fortement Galbées » ou « Grands Moules du Sud »,

    Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU de la série 40.2 concerné(s) (*notamment pour la pente, la longueur de rampant et la présence ou non d'un écran de sous-toiture sous les éléments de couverture*),
  - au-dessus d'un écran de sous-toiture.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe entre chevrons maximum de 900 mm,
  - une épaisseur minimale des liteaux de 27 mm,
  - une section minimale des planches support définie dans le Tableau 2,
  - une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre les valeurs suivantes, selon les tuiles associées :

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

- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "portrait",
  - uniquement dans des champs photovoltaïques comportant au maximum quatre lignes de modules parallèlement à l'égout,
  - en respectant la pose d'un seul champ photovoltaïque par pan de toiture,
  - en toiture partielle. Il est toutefois possible d'installer le champ photovoltaïque jusqu'aux rives latérales de toiture et jusqu'à l'égout. En revanche, 1 rang minimum d'éléments de couverture doit toujours être conservé au faîtage,
  - uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire *(sans angle rentrant)*,
  - sur des longueurs de rampants projetées de 12 m maximum. Cette longueur doit être aussi conforme aux DTU de la série 40.2 concernés,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale et sous vent normal (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas les valeurs définies dans les tableaux ci-dessous et telles que les valeurs respectent les prescriptions du Tableau 2 :

charge maximum sous neige normale (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa		montage	
		4 pattes par module	6 pattes par module
modules photovoltaïques	AUO et Viessmann	2 081	2 212
	SunPower	2 041	2 467
	SolarWatt	2 115	2 421
	SolarWorld	1 831	2 179
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179			

charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa		montage	
		4 pattes par module	6 pattes par module
modules photovoltaïques	AUO et Viessmann	1 784	1 896
	SunPower	1 749	2 115
	SolarWatt	2 115	2 075 **
	SolarWorld	1 831	1 868
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179 ** : cette valeur a été bornée par les limites du dispositif d'essais			

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

2. Éléments constitutifs

2.1 Généralités

Le procédé photovoltaïque "Easy-Roof Evolution" *(*voir la *Figure 1)* est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société IRFTS, les modules photovoltaïques étant fournis directement par les fabricants de modules.

2.2 Module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques peuvent provenir de cinq fabricants différents : AU Optronics Corporation (AUO), SunPower, SolarWatt, SolarWold ou Viessmann.

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

Pour les modules photovoltaïques AUO *(Figure 2,* Figure 3 et *Figure 4)*, la dénomination commerciale est :

- AUO SunPrimo PM060PWx (*x=0 ou 1 selon la coloration des cellules bleue ou sombre respectivement*) et AUO SunVivo PM060MX2 (*X=W ou B selon la couleur blanche ou noire respectivement du polymère arrière*) en version L-1 de puissance crête allant de 250 à 310 Wc par pas successif de 5 Wc,
- AUO SunForte PM096B00 en version O-1 de puissance crête de 325, 327, 330, 333 ou 335 Wc).

Pour les modules Viessmann (Figure 5), la dénomination commerciale est :

- Vitovolt 300 PxxxOA de puissance crête allant de 250 Wc à 270 Wc par pas successifs de 5 Wc. Ces modules sont identiques aux modules AUO SunPrimo PM060PWx et fabriqués par la société AUO, ils sont vendus sous la marque VIESSMANN et seule la dénomination commerciale est différente,
- Vitovolt 300 MxxxOA de puissance crête allant de 275 Wc à 300 Wc par pas successifs de 5 Wc. Ces modules sont identiques aux modules AUO SunVivo PM060MX2 et fabriqués par la société AUO, ils sont vendus sous la marque VIESSMANN et seule la dénomination commerciale est différente.

Pour les modules photovoltaïques SunPower *(*Figure 6*)*, la dénomination commerciale est "SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D" et "SPR-E19/E20/X20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" où xxx représente la puissance nominale des modules de valeur 310, 315, 320, 327, 333, 335, 345 ou 360 Wc.

Pour les modules biverre SolarWatt (Figure 8), la dénomination commerciale est "60P STYLE" de puissance crête allant de 250 Wc à 265 Wc par pas successifs de 5 Wc.

Pour les modules SolarWorld *(*Figure 10 *et* Figure 11*)*, la dénomination commerciale est "Sunmodule Plus SW xxx poly" se déclinant en fonction de la puissance crête "xxx" allant de 250 Wc à 275 Wc par pas successifs de 5 Wc, et "Sunmodule Plus SW xxx mono yyy" se déclinant en fonction de la puissance crête "xxx" allant de 280 Wc à 300 Wc par pas successifs de 10 Wc et yyy = "Silver", "WOB" ou "Black" selon que le polymère arrière et le cadre sont respectivement blanc et gris, blanc et noir, ou noir et noir.

Les références de tous les composants suivants ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

2.21 Face arrière

- Modules AUO et Viessmann :
  - Film polymère,
  - Composition : à base d'un film fluoré, de PET (*polyéthylène téréphtalate*) et d'un film de polyéthylène,
  - Épaisseur : (0,32 ± 0,03) mm.
- Modules SunPower :
  - Film polymère,
  - Composition : à base de fluoropolymère, de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) et d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*),
  - Épaisseur : (0,242 ± 0,042) mm ou (0,41 ± 0,04) mm.
- Modules SolarWatt :
  - Vitrage,
  - Nature : verre float ou imprimé durci,
  - Épaisseur : (2,1 ± 0,2) mm,
  - Dimensions : (1 674 ± 1) mm x (984 ± 1) mm.
- Modules SolarWorld :
  - Film polymère blanc ou noir,
  - Composition : à base de deux films de PET avec traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante,
  - Épaisseur :(0,295 ± 0,015) mm.

2.22 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées ont les caractéristiques suivantes :

Modules	AUO SunPrimo PM060PWx et Viessmann Vitovolt 300 PxxxOA	AUO SunVivo PM060MX2 et Viessmann Vitovolt 300 MxxxOA
Technologie des cellules	polycristalline	monocristalline
Dimensions (mm)	(156 ± 0,5) x (156 ± 0,5)	

Modules	AUO SunForte PM096B00	SunPower
Technologie des cellules	monocristalline	
Dimensions (mm)	(125 ± 0,2) x (125 ± 0,2)	

Modules	SolarWatt	SolarWorld	
Technologie des cellules	polycristalline		monocristalline
Dimensions (mm)	(156 ± 0,5) x (156 ± 0,5)	(156 $^{+0,3}_{-0,7}$) x (156 $^{+0,3}_{-0,7}$)	(156,75 ± 0,25) x (156,75 ± 0,25)

- Modules AUO SunPrimo PM060PWx, AUO SunVivo PM060MX2 et Viessmann Vitovolt 300 :

  Au nombre de 60, les cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : 2,5 mm mini (SunPrimo PM060PWx) ou 1,6 mm mini (SunVivo PM060MX2),
  - distance minimale au bord : 20 mm mini (SunPrimo PM060PWx) ou 13,75 mm mini (SunVivo PM060MX2).
- Modules AUO SunForte PM096B00 :

  Au nombre de 96, les cellules sont connectées en série et réparties en 8 colonnes de 12 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : 2 mm mini,
  - distance minimale au bord : 11,5 mm mini.
- Modules SunPower :

  Au nombre de 96, les cellules sont connectées en série et réparties en 8 colonnes de 12 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : (1,8 ± 0,5) mm,
  - distance minimale au bord le long des grands côtés : (16 ± 1,5) mm,
  - distance minimale au bord le long des petits côtés : (16,1 ± 1,5) mm.
- Modules SolarWatt :

  Au nombre de 60, les cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : ≥ 1 mm,
  - distance minimale au bord le long des grands côtés : (6,5 ± 2,5) mm,
  - distance minimale au bord le long du petit côté du côté de la boîte de connexion : (40 ± 1) mm,
  - distance minimale au bord le long du petit côté à l'opposé de la boîte de connexion : (18 ± 2) mm.
- Modules SolarWorld :

  Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :
  - Sunmodule Plus SW xxx poly :
    - distance minimale entre cellules : (3 ± 0,5) mm,
    - distance minimale le long des grands côtés du verre : (22,5 $^{+1}_{-0}$) mm,
    - distance minimale le long des petits côtés du verre : (27 $^{+1}_{-0}$) mm et (49 +10) mm.
  - Sunmodule Plus SW xxx mono :
    - distance minimale entre cellules : (2,5 ± 0,5) mm,
    - distance minimale au bord du cadre long : (13 ± 0,5) mm,
    - distance minimale au bord du cadre court : (21,5 ±0,5) mm et (41,5 ± 0,5) mm.

2.23 Intercalaire encapsulant

- Modules AUO et Viessmann :

  Résine à base d'EVA de (0,46 ± 0,05) mm ou (0,66 ± 0,06) mm d'épaisseur, permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.
- Modules SunPower :

  Résine polymère à base d'EVA ou de polyoléfine de 0,46 ou 0,48 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.
- Modules SolarWatt :

  Résine à base d'EVA de (0,46 ± 0,05) mm d'épaisseur, permettant d'encapsuler les cellules entre les deux vitrages.
- Modules SolarWorld :

  Résine à base d'EVA de 0,4 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.24 Vitrage

- Modules AUO et Viessmann :
  - Nature : verre imprimé trempé haute transparence conforme à la norme EN 12150 avec une couche antireflet,
  - Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm,
  - Dimensions : (1 635 ± 0,5 x 988 ± 0,5) mm pour les modules AUO PM060XXx et Viessmann, et (1 552 ± 0,5 x 1 042 ± 0,5) mm pour les modules AUO SunForte PM096B00.
- Modules SunPower :

- Nature : verre imprimé à faible teneur en fer trempé conforme à la norme EN 12150,
- Certains modules sont équipés de verre antireflet,
- Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm,
- Dimensions : (1 552 ± 0,5) mm x (1 040 ± 0,5) mm.

- Modules SolarWatt :
  - Nature : verre imprimé durci à faible teneur en fer avec traitement antireflet,
  - Épaisseur : (2,1 ± 0,2) mm,
  - Dimensions : (1 674 ± 1) mm x (984 ± 1) mm.
- Modules SolarWorld :
  - Nature : verre imprimé à faible teneur en fer trempé conforme à la norme EN 12150 avec couche antireflet,
  - Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
  - Dimensions : (1 670 $^{+0,5}_{-1}$ x 996 $^{+0,5}_{-1}$) mm.

2.25 Constituants électriques

2.251 Boîte de connexion

- Modules AUO et Viessmann :

  Une boîte de connexion du fabricant TE Connectivity, de dénomination commerciale Solarlok Z-Rail est collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (115 x 110 x 23) mm.

  Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (*qui protègent chacune une série de 20 ou 32 cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui assureront la connexion des modules (voir *§ 2.252*).

  Elle possède les caractéristiques suivantes :
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Indice de protection : IP67,
  - Tension de système maximum : 1 500 V DC entre polarités et avec la terre,
  - Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 30 A (*13 A avec les diodes*),
  - Plage de température : - 40 °C à + 115 °C.
  - Certificat TÜV n° R60110353 selon la norme EN 50548:2011+A1+A2.
- Modules SunPower :

  Une boîte de connexion est collée avec du silicone en sous-face du module. Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (*qui protègent chacune une série de 24 ou 36 cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui permettront la connexion des modules (voir *§ 2.252*). Elle peut provenir de 2 fabricants différents :
  - TE connectivity :

    De marque TE Connectivity et de type Solarlok Z-Rail, elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (115 x 110 x 23) mm. Elle possède les caractéristiques suivantes :
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Indice de protection : IP67,
    - □ Tension de système maximum : 1 500 V DC entre polarités et avec le terre,
    - □ Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 30 A (*13 A avec les diodes*),
    - □ Plage de température : - 40 °C à + 115 °C,
    - □ Certificat TÜV n° R60110353 selon la norme EN 50548:2011+A1+A2.
  - Yukita :

    De marque Yukita et de type YJB-16-I-II, elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (110 x 87,5 x 24) mm. Elle possède les caractéristiques suivantes :
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Indice de protection : IP65,
    - □ Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
    - □ Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 12 A,
    - □ Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
    - □ Certificat TÜV n° R50155740 selon la norme EN 50548:2011+A1.
- Modules SolarWatt :

  Une boîte de connexion du fabricant Hirschmann, de dénomination commerciale Basic Fresh Box est collée avec du mastic silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (116 x 86 x 27) mm.

  Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (*qui protègent chacune une série de 20 cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui assureront la connexion des modules (voir *§ 2.252*).

  Elle possède les caractéristiques suivantes :
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Indice de protection : IP66,
  - Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
  - Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 12 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 90 °C.
  - Certificat VDE n° 40041246 selon la norme EN 50548:2011.
- Modules SolarWorld :

  Une boîte de connexion de dénomination commerciale Sunbox 12-A, est collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes :(118 x 66 x 17,5) mm.

  Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (*qui protègent chacune une série de 20 cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules (voir § 2.252).

  Elle possède les caractéristiques suivantes :
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Indice de protection (*connecté*) : IP67,
  - Tension assignée : 1 000 V DC entre polarités,
  - Courant assigné : 11 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
  - Certificat TÜV n°R50282306 selon la norme NF EN 50548:2011+A1.

2.252 Câbles électriques

- Modules AUO et Viessmann :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1,0 m chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir *§ 2.253*).

  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° R50180819 selon les spécifications 2PfG 1169/08.07.
- Modules SunPower :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir *§ 2.253*).

  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 32 A,
  - Tension assignée : 1 800 V DC,
  - Double isolation,
  - Certificat TÜV n° R50360723 selon la norme EN 50618:2014.
- Modules SolarWatt :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir *§ 2.253*).

  Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à + 90 °C,
  - Tension assignée : 1 000 V,
  - Double isolation,
  - Certificats TÜV n° R60075483 selon les spécifications 2Pfg 1169/08.07.
- Modules SolarWorld :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir *§ 2.253*).

  Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à + 90 °C,
  - Tension assignée : 1 000 V,
  - Double isolation,

- Certificat n°R60075494 du TÜV Rheinland selon les spécifications 2Pfg 1169/08.07.

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

2.253 Connecteurs électriques

- Modules AUO et Viessmann :

  Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage de la société TE Connectivity, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Solarlok et de type PV4, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

  - Indice de protection électrique IP 68,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V,
  - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 40 A,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Certificat TÜV n° R50223484 selon la norme EN 50521:2008.

- Modules SunPower :

  Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage, préassemblés en usine aux câbles des modules. Ils peuvent provenir de 2 fabricants différents :

  - Staübli Electrical Connectors :

    De marque MultiContact et de type MC4, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

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

  - Yukita :

    De marque Yukita et de type YS-254/YS-255, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

    - □ Indice de protection électrique IP 67,
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Tension assignée de 1 500 V,
    - □ Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A,
    - □ Résistance de contact : < 5 mΩ,
    - □ Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - □ Certificat TÜV n° R50163741 selon la norme EN 50521:2008.

- Modules SolarWatt :

  Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage de la société Hirschmann, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque HC4 Fresh Connectors, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

  - Indice de protection électrique IP 66,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V,
  - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
  - Résistance de contact : 0,35 mΩ,
  - Plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
  - Certificat VDE n° 40037600 selon la norme EN 50521:2008.

- Modules SolarWorld :

  Plusieurs connecteurs électriques sont possibles :

  - Connecteurs de la société Staübli Electrical Connectors avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque MultiContact et de type MC4, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

    - □ Indice de protection (connecté) : IP 65,
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Tension assignée de 1 000 V,
    - □ Courant assigné de 30 A,
    - □ Plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
    - □ Résistance de contact : < 0,35 mΩ,
    - □ Certificat n°R60028286 selon la norme NF EN 50521:2008.

  - Connecteurs de la société Amphenol avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Helios et de type H4 UTX, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

    - □ Indice de protection (connecté) : IP 68,
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Tension assignée de 1 500 V,
    - □ Courant assigné de 40 A,
    - □ Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - □ Résistance de contact : 0,25 mΩ,
    - □ Certificat n°R50283691 selon la norme NF EN 50521:2008.

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.

2.26 Cadre du module photovoltaïque

- Modules AUO et Viessmann :

  Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW-6063 T5 anodisé de couleur noire (épaisseur ≥ 10 µm).

  - Modules PM060XXx et Vitovolt 300 :

    Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux de section identique (*Figure 2 et* Figure 3). Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

    - □ Ix = 3,72 cm^4,
    - □ Iy = 1,22 cm^4.

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

  - Modules SunForte PM096B00 :

    Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux (*Figure 4*). Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

    - □ Profilé longitudinal :
    - □ Ixx = 4,76 cm^4,
    - □ Ixy = 5,15 cm^4,
    - □ Profilé transversal :
    - □ Ixx = 6,15 cm^4,
    - □ Ixy = 1,50 cm^4.

    Les profilés sont reliés entre eux par vissage.

  Les profils longitudinaux du module sont percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses.

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

- Modules SunPower :

  Le cadre du module (*Figure 7*) est composé de 4 profilés d'aluminium EN AW-6063 T6 extrudé, trempé, anodisé, coupés et percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses. L'anodisation a une épaisseur minimale de 10 µm.

  Les 4 éléments de cadre sont assemblés autour des laminés photovoltaïques grâce à 2 vis à chaque angle (*8 vis au total*). Ces vis sont des vis autotaraudeuses DIN 7982 en acier inoxydable A2 avec une couche d'oxyde noire, de dimensions 3,5 x 19 mm et tête fraisée cruciforme de diamètre 6,8 mm et d'épaisseur de 2,1 mm.

  Le laminé photovoltaïque est également fixé dans le cadre par du gel silicone *(dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques)* déposé dans la rainure de chacun des profilés.

  Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux. Ces profilés présentent les modules d'inertie suivants :

  - Profilé longitudinal (grand côté)
    - □ Iy/v = 2,165 cm^3,
    - □ Iz/v = 0,838 cm^3.
  - Profilé transversal (petit côté)
    - □ Iy/v = 1,536 cm^3,
    - □ Iz/v = 0,158 cm^3.

- Modules SolarWatt :

  Le cadre du module (Figure 9) est composé de 4 profilés d'aluminium EN AW-6060 T66 anodisé 15 µm Ils sont percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses.

  Les 4 éléments de cadre sont assemblés autour des laminés photovoltaïques Les profilés sont reliés entre eux à l'aide d'équerres serties.

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

  Les profilés présentent les moments d'inertie suivants :

- Ix = 3,62 cm^4,
- Iy = 0,91 cm^4.

- Modules SolarWorld :

  Le cadre des modules (Figure 12) est composé de profils en aluminium EN AW-6060 T66 anodisé gris ou noir sur 15 µm, de 33 mm d'épaisseur.

  Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux (*sur la longueur des modules*) et deux profilés transversaux (*sur la largeur des modules*).

  Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

  - Profilé longitudinal :
    - I_x = 1,805 cm^4,
    - I_y = 0,664 cm^4.
  - Profilé transversal :
    - I_x = 1,264 cm^4,
    - I_y = 0,137 cm^4.

  Le profilé longitudinal est percé en usine afin de prévoir la connexion de liaison équipotentielle des masses.

  Un joint adhésif à base de silicone est posé entre le cadre et le verre du module.

  Les profilés sont reliés entre eux par emboutissage de cornières d'angle crantées en aluminium. Un coin en plastique est inséré en plus à l'intérieur de chaque angle du cadre, destiné à assurer le drainage de l'eau.

2.3 Système de montage

Les éléments de ce système de montage (*Figure 13*) sont commercialisés par projet suite au dimensionnement du distributeur agréé par la société IRFTS.

2.31 Ensemble "cadre"

Cet ensemble assure l'étanchéité du procédé. Il est composé d'éléments réalisés par injection à base d'un copolymère choc de propylène (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) de contrainte à la rupture en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 comprise entre 16 et 20 MPa et de module d'élasticité en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 de (1 600 ± 50) MPa ou (1 200 ± 50) MPa, et d'un colorant noir à 1 % (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) de densité compacte 0,72 ± 0,05. Deux références de copolymère peuvent être utilisées, fournies par deux fabricants différents. Les éléments en polymère répondant à ces références sont marqués d'un numéro de série se terminant par N01.

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

- Cadre L-1 ou O-1 Evolution (*Figure 14*)

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

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

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

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

- Abergements L-1 et O-1 gauche et droit (*Figure 15 et Figure 16*)

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

  Une frise haute (*Figure 16*) vient se clipser sur la partie supérieure des abergements latéraux en haut de champ. Une frise latérale en caoutchouc naturel de dureté 70 ShA (*Figure 17*) vient s'insérer (*pose sur chantier*) dans les couloirs dans le sens de la pente.

2.32 Ensemble "fixation"

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

- Pattes doubles (*Figure 18*)

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

- Pattes simples (*Figure 18*)

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

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

- Bride de fixation simple (*Figure 19*)

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

- Bride de fixation double (*Figure 19*)

  Pour les 2 versions L-1 et O-1, cette bride est destinée à maintenir dans les pattes doubles les cadres aluminium des modules entre deux colonnes de modules. Elles sont de dimensions hors-tout (50 x 40 x 9) mm.

- Visserie (en acier inox A2)

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

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

2.33 Mousse autocollante

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

2.34 Pige de montage

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

3. Autres éléments

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

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

3.1 Eléments de raccordement

- Bavette basse :

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

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

  Ces pièces sont destinées à faire la liaison à l'égout et avec les rives latérales. Elles peuvent être en cuivre, zinc, acier inox ou aluminium selon les règles de l'art. Pour le raccordement aux rives latérales, une tôle de rive spécifique est destinée au raccordement supérieur au niveau du rang de tuiles au-dessus du champ photovoltaïque. Elles sont réalisées conformément aux plans des *Figure 20* et *Figure 21*.

- Abergements latéraux métalliques

  En alternative aux abergements gauche et droit en polymère (cf. § 2.31), des abergements latéraux métalliques peuvent être utilisés en versions O-1 et L-1. Ils peuvent être fournis par la société IRFTS ou bien doivent être réalisés en respectant la base de conception et les cotes présentées ci-après, selon les plans fournis au fabricant de ces abergements par la société IRFTS. Ces abergements latéraux (Figure 22) d'épaisseur 75/100e mm, réalisés selon les règles de l'art, peuvent être à base de zinc conforme à la norme NF EN 988, ou acier inox conforme à la norme NF EN 502 et de nuances possibles 1.4301, 1.4307, 1.4401 ou 1.4404, ou aluminium EN AW-3005 H44, EN AW-5005, EN AW-6060 ou EN AW-6063, brut ou revêtu 25 µm polyester, ou acier galvanisé Z225 revêtu polyester 25 µm de catégorie IV selon la norme NF P 34-301. Ils sont destinés à assurer la jonction entre les bords gauche et droit du champ photovoltaïque et les éléments de couverture. Ils sont composés de couloirs gauche et droit de longueur 1 100 mm. Ils sont de forme conique pour permettre leur emboitement dans le sens de la pente. En partie supérieure de champ photovoltaïque, des couloirs supérieurs sont utilisés disposant d'un pli en partie supérieure.

3.2 Écran de sous-toiture

Dans le cas où l'écran de sous-toiture doit être rajouté (*en neuf systématiquement et en existant s'il n'est pas présent*), il doit être sous certification « QB » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1.

3.3 Lattes de bois supplémentaires

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

3.4 Fixations

- Pour la fixation des planches support sous le champ photovoltaïque (*2 vis par intersection*) : vis à bois de 5 mm de diamètre, de longueur 110 mm dans le cas de planches support de 40 mm d'épaisseur, et 100 mm dans le cas de planches support de 27 mm d'épaisseur. Pour d'autres épaisseurs de planches, la longueur de vis doit être choisie afin d'avoir un ancrage minimal de 50 mm dans le chevron. Elles sont à tête fraisée en inox A2 de Pk minimum de 177 daN pour l'ancrage dans le chevron sous les contre-lattes.
- Pour la fixation des abergements : clous à tête plate et à tige lisse, diamètre de tête compris entre 8 et 12 mm, diamètre de tige de 5 mm maximum, longueur comprise entre 20 et 30 mm, en inox A2.

3.5 Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

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

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

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Modules photovoltaïques

- Modules AUO et Viessmann :

  Les modules sont conditionnés verticalement, coins protégés par angles cartonnés, par 11 (*modules SunForte PM096B00*) ou 13 pièces (*modules PM060XXx et Vitovolt 300*) dans des cartons et livrés en 2 cartons sur palettes de dimensions environ (1 600 x 1 150 x 1 200) mm. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

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

  Le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.
- Modules SunPower :

  Les modules sont conditionnés et livrés sur chantier par palette filmée avec un maximum de 20 modules par palette. Les modules sont positionnés horizontalement et sont calés à chaque coin par des pièces en plastique. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance. Le module est lui-même identifié par un étiquetage conforme à la norme NF EN 50380.

  Le stockage sur chantier doit s'effectuer à l'intérieur d'un bâtiment à l'abri des intempéries.
- Modules SolarWatt :

  Les modules sont conditionnés individuellement en carton pour des envois uniques ou sont livrés par palette de 2 à 36 exemplaires debout ou à plat sur une palette de dimensions (1 700 x 1 020) mm. Ils sont séparés par des cornières en plastique situées à chaque coin du module. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

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

  Le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.
- Modules SolarWorld :

  En sortie d'usine, les modules sont conditionnés par 30 unités, superposés sur une palette de dimensions (1 700 x 1 020) mm. Ils sont séparés par des cornières en plastique situées à chaque coin du module. Le poids de la palette complète est de 670 kg. La palette est ensuite recouverte d'un carton sur sa partie haute, filmée puis sanglée à l'aide de 5 sangles.

  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.

  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 commande,
  - n° de série des modules.

  Le module est lui-même identifié par un étiquetage. Il comporte 2 étiquettes, l'une collée au dos du module, et l'autre sur la tranche reprenant les informations suivantes :

  - n° d'article,
  - n° de série.

  Etant donné le mode de palettisation utilisé, il n'est pas obligatoire que le stockage soit réalisé à l'abri des intempéries.

4.2 Système de montage

Les cadres polymères et les abergements latéraux sont marqués par un numéro de série et un dateur lors du moulage de la pièce. Les numéros de série valides pour le présent Avis Technique se terminent par N01.

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

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

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

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques AUO et Viessmann		
-	**Modules SunPrimo PM060PWx, SunVivo PM060MX2 et Viessmann Vitovolt 300**	**Module SunForte PM096B00**
Dimensions hors-tout (mm)	1 640 x 992 x 40	1 559 x 1 046 x 46
Dimensions du module sans cadre aluminium (mm)	1 635 x 988	1 552 x 1 042
Surface hors-tout (m²)	1,63	1,63
Surface d'entrée (m²)	1,46	1,50
Masse (kg)	19	18,6
Masse spécifique (kg/m²)	11,7	11,4

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques SunPower	
Dimensions hors-tout (mm)	1 559 x 1 046 x 46
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 552 x 1 040 x 4,5
Surface hors-tout (m²)	1,63
Surface d'entrée (m²)	1,54
Masse (kg)	18,6
Masse spécifique (kg/m²)	11,4

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques SolarWatt et SolarWorld		
-	**Modules 60P STYLE**	**Module Sunmodule SW xxx**
Dimensions hors-tout (mm)	1 680 x 990 x 40	1 675 x 1 001 x 33
Dimensions du module sans cadre aluminium (mm)	1 674 x 984	1 670 x 996
Surface hors-tout (m²)	1,66	1,67
Surface d'entrée (m²)	1,46	1,46
Masse (kg)	22,8	18
Masse spécifique (kg/m²)	13,7	10,7

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques		
Version	L-1	O-1
Largeur du champ (mm) (avec abergements)	(NbX x 1 020) + (2 x 195)	(NbX x 1 070) + (2 x 195)
Hauteur de champ (mm) (avec abergements)	B x (NbY – 1) + 1 614 + 342 + A	1 570 x (NbY – 1) + 1 608 + 208 + A
Poids au m² de l'installation (kg/m²)	14,8	14,5

Avec :

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

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

A : dimension du platelage de support de bavette basse,

B : modules AUO, Viessmann et SunPower : B = 1 655,

modules SolarWatt et SolarWorld : B = 1 695.

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

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

6.3 Performances électriques

Les puissances électriques des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730, vont de 250 Wc à 360 Wc selon les tableaux ci-dessous.

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

Modules AUO "SunPrimo PM060PWx" (x = 0 ou 1) et Viessmann "Vitovolt 300 PxxxOA"					
P_{mpp} (W)	250	255	260	265	270
U_{co} (V)	37,4	37,6	37,7	37,9	38,8
U_{mpp} (V)	30,6	30,8	31,2	31,7	30,5
I_{cc} (A)	8,69	8,76	8,83	8,89	9,43
I_{mpp} (A)	8,17	8,28	8,34	8,36	8,86
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,39				
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,30				
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,07				
Calibre du fusible de protection (A)	15				

Modules AUO "SunVivo PM060MX2" (X = W ou B) et Viessmann "Vitovolt 300 MxxxOA"				
P_{mpp} (W)	275	280	285	290
U_{co} (V)	38,4	38,6	38,8	39,7
U_{mpp} (V)	31,0	31,2	31,4	32,3
I_{cc} (A)	9,46	9,58	9,65	9,57
I_{mpp} (A)	8,88	8,98	9,08	8,99
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,42			
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,30			
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,05			
Calibre du fusible de protection (A)	15			

Modules AUO "SunVivo PM060MX2" (X = W ou B) et Viessmann "Vitovolt 300 MxxxOA"				
P_{mpp} (W)	295	300	305	310
U_{co} (V)	39,8	39,9	40,2	40,5
U_{mpp} (V)	32,6	32,7	32,9	33,0
I_{cc} (A)	9,63	9,80	9,91	10,02
I_{mpp} (A)	9,05	9,18	9,28	9,38
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,42			
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,30			
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,05			
Calibre du fusible de protection (A)	15			

Modules AUO "SunForte PM096B00"					
P_{mpp} (W)	325	327	330	333	335
U_{co} (V)	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9
U_{mpp} (V)	54,7	54,7	54,7	54,7	54,7
I_{cc} (A)	6,39	6,46	6,52	6,58	6,62
I_{mpp} (A)	5,94	5,98	6,04	6,09	6,13
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,33				
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,26				
αT (I_{cc}) [%/K]	0,05				
Calibre du fusible de protection (A)	20				

Modules SunPower SPR-xxxE-WHT/BLK-D, SPR-xxxNE-WHT/BLK-D, SPR-E19/E20-xxx(-BLK), SPR-E19/E20-xxx-COM					
P_{mpp} (W)	310	315	320	327	333
U_{co} (V)	64,4	64,6	64,8	64,9	65,3
U_{mpp} (V)	54,7	54,7	54,7	54,7	54,7
I_{cc} (A)	6,05	6,14	6,24	6,46	6,46
I_{mpp} (A)	5,67	5,76	5,86	5,98	6,09
αT (P_{mpp}) [%/°C]	- 0,38				
αT (U_{co}) [%/°C]	- 0,27				
αT (I_{cc}) [%/°C]	+ 0,05				
Calibre maximum du fusible de protection (A)	27				

Modules SunPower SPR-X20/X21/X22-xxx(-BLK), SPR-X20/X21/X22-xxx-COM				
P_{mpp} (W)	327	335	345	360
U_{co} (V)	67,6	67,9	68,2	69,5
U_{mpp} (V)	57,3	57,3	57,3	59,1
I_{cc} (A)	6,07	6,23	6,39	6,48
I_{mpp} (A)	5,71	5,85	6,02	6,09
αT (P_{mpp}) [%/°C]	- 0,30			- 0,29
αT (U_{co}) [%/°C]	- 0,25			- 0,25
αT (I_{cc}) [%/°C]	+ 0,056			+ 0,047
Calibre maximum du fusible de protection (A)	27			15

Modules SolarWatt 60P STYLE				
P_{mpp} (W)	250	255	260	265
U_{co} (V)	37,6	37,8	38,0	38,2
U_{mpp} (V)	30,5	30,7	30,9	31,1
I_{cc} (A)	8,90	9,01	9,12	9,23
I_{mpp} (A)	8,29	8,40	8,51	8,62
αT (P_{mpp}) [%/°C]	- 0,41			
αT (U_{co}) [%/°C]	- 0,31			
αT (I_{cc}) [%/°C]	+ 0,05			
Courant inverse maximum (A)	20			

Modules SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx poly						
P_{mpp} (W)	250	255	260	265	270	275
U_{co} (V)	37,6	38,0	38,4	38,7	39,1	39,4
U_{mpp} (V)	30,5	30,9	31,4	31,8	32,2	32,6
I_{cc} (A)	8,81	8,88	8,94	9,00	9,07	9,13
I_{mpp} (A)	8,27	8,32	8,37	8,43	8,48	8,53
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,31					
αT (I_{cc}) [%/K]	0,051					
Courant inverse maximum (A)	25					

Modules SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx mono Silver et WOB		
P_{mpp} (W)	290	300
U_{co} (V)	39,9	40,1
U_{mpp} (V)	31,4	31,6
I_{cc} (A)	9,97	10,23
I_{mpp} (A)	9,33	9,57
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41	
αT (U_{co}) [%/K]	-0,30	
αT (I_{cc}) [%/K]	0,040	
Courant inverse maximum (A)	25	

Modules SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx mono Black			
P_{mpp} (W)	280	290	300
U_{co} (V)	39,5	39,9	39,9
U_{mpp} (V)	31,2	31,4	32,6
I_{cc} (A)	9,71	9,97	9,79
I_{mpp} (A)	9,07	9,33	9,31
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,43		
αT (U_{co}) [%/K]	-0,31		
αT (I_{cc}) [%/K]	0,044		
Courant inverse maximum (A)	25		

Avec :

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

7. Fabrication et contrôles

7.1 Modules photovoltaïques

- Modules AUO et Viessmann :

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

  La fabrication est réalisée de façon semi-automatique.

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

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

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

- Modules SunPower :

  La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre s'effectuent sur les sites en France de la société SunPower à Porcelette (57) ou à Toulouse (31), certifiés ISO 9001:2015.

  Lors de la fabrication des modules photovoltaïques, la société SunPower effectue des contrôles qui portent notamment sur les éléments suivants :

  - Contrôle de toutes les cellules par caméra pour éliminer les cellules ayant des défauts de type rayures, cassures,
  - Contrôle de tous les chaînes de cellules par électroluminescence,
  - Contrôle par caméra de toutes les interconnexions des cellules et des chaînes de cellules,
  - Contrôle visuel de tous les modules pour détection des défauts esthétiques,
  - Flash test de chaque module en fin de fabrication pour déterminer ses caractéristiques électriques. La tolérance sur la puissance maximum de sortie est de - 3 % à + 5 % ou -0% à +5 % suivant les séries commerciales,
  - Test de l'isolation électrique sur chaque module en fin de fabrication,
  - Suivi des données statistiques de qualité et de production en temps réel et analyse périodique de ces données pour détecter toute déviation hors spécifications des paramètres de fabrication.

  Un superviseur est présent sur chaque ligne de production.

- Modules SolarWatt :

  La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur le site de la société SolarWatt à Dresde en Allemagne, certifié ISO 9001:2008.

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

  - Mise en place automatisée des intercalaires et du verre arrière.
  - Mise en place automatisée des cellules et contrôle par caméra des défauts des cellules.
  - Soudage automatisé des chaines de cellules.
  - Contrôle par électroluminescence à 100 %.
  - Lamination puis ébavurage automatisé.
  - Cadrage semi-automatisé et marquage du numéro de série sur le cadre.

  La société SolarWatt 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 – 5 à + 5%,
  - Mesure de continuité électrique et de contrôle de l'isolation électrique entre le cade et le module,

- Mesure garantissant la présence des diodes et leur fonctionnement
- Classement des modules en tri positif (0 – 4,99 Wc).

- Modules SolarWorld :

  Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société SolarWorld. A réception des cadres, des contrôles dimensionnels, visuels et fonctionnels sont effectués à raison de 3 cadres et cornières pour 1 lot sur 2.

  La fabrication des lingots, des wafers, des cellules polycristallines, des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur le site de la société SolarWorld à Freiberg en Allemagne, certifié ISO 9001:2008 et ISO 14001:2004, ou sur un autre site, certifié ISO 9001:2008, dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

  La fabrication des cellules se fait selon le processus suivant : nettoyage des wafers, diffusion, corrosion par oxydation, isolation des bords, traitement antireflet de la surface, métallisation. Les cellules sont mesurées électriquement une par une, puis triées et emballées en fonction de leur puissance et de leurs critères optiques.

  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 numéro 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 à 100 %.
  - Soudage automatisé par-dessus et par-dessous.
  - Mise en place automatisée du second intercalaire et du polymère arrière et contrôle par électroluminescence à 100 %. Contrôle visuel.
  - Lamination puis ébavurage automatisé. Contrôle visuel.
  - Cadrage automatisé.
  - Collage automatique de la boîte de connexion.
  - Impression et collage des étiquettes arrières et sur le cadre du module (voir § 4.1).

  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 SolarWolrd 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 – 2 à + 2 %.
  - Mesure de continuité électrique.
  - Contrôle de l'isolation électrique entre le cade et le module.
  - Mesure garantissant la présence des diodes et leur fonctionnement.

7.2 Composants du système de montage

Les cadres polymères et les abergements polymères sont fabriqués par injection sur presse par l'entreprise Chris-France Plastique sur le site d'Oyonnax (01) en France, certifié ISO 9001:2008. Des contrôles visuels, dimensionnels, fonctionnels, et de caractéristiques physiques dont le poids (*735 ± 15 g et 765 ± 15 g pour les abergements gauche et droit, 4 160 ± 100 g pour les cadres L-1, 4 000 ± 80 g pour les cadres O-1*) et la résistance en traction selon la norme NF EN ISO 527-2, sont effectués sur un échantillonnage établi dans un plan de qualité (*1 pièce toutes les 8 h pour les mesures de poids, 1 pièce à chaque lot de matière première pour les essais mécaniques, 100 % pour les examens visuels*). Les références matière première non recyclée (*certificat matière*), le pourcentage de colorant et la température et temps d'étuvage sont aussi contrôlés pour 100 % des pièces.

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

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et celle-ci est disponible sur le site www.irfts.com.

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

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

Elle doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture (cf. § 8.51).

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

8.2 Compétences des installateurs

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

Les compétences requises sont de 2 types :

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

8.3 Sécurité des intervenants

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

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (*dénommé dans la suite du texte "guide Promotelec"*).

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

8.4 Spécifications électriques

8.41 Généralités

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

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 23*.

La connexion et le cheminement des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire. Tous les câbles doivent être fixés sur les planches support du procédé à l'aide de colliers de câblage (Figure 24).

- Liaison intermodules et module/onduleur

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

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

  Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le cheminement des câbles se fait en passant sous les cadres Easy-Roof Evolution (cf. Figure 24).

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

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

  La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des modules, les masses métalliques des pattes de fixation et des cadres aluminium des modules (Figure 25). Câbler les pattes à l'aide d'une vis autoperceuse entre les vis

de fixation de la patte ; relier la patte au module en utilisant les trous prévus sur les cadres aluminium des modules ; câbler à la terre toutes les pattes (avec une liaison patte / module) ou toutes les 2 pattes (avec des liaisons séparées de la patte aux deux modules).

Le cheminement des câbles se fait en passant sous les cadres polymère. Le tout est relié au câble principal de mise à la terre.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

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

  Il est réalisé entre deux lés d'écran de sous-toiture de manière à ne pas le percer. Dans ce cas, un recouvrement minimal de 100 mm à 200 mm doit être respecté en fonction de la pente de la toiture. Dans le cas où le passage entre deux lés est impossible, des entailles doivent être réalisées dans l'écran de manière à créer des passages de diamètre inférieur à celui des câbles. Après le passage des câbles, une bande adhésive *(compatible avec l'écran de sous-toiture considéré)* doit être posée autour des entailles. Dans tous les cas, il est nécessaire de se reporter au DTU 40.29 et à la certification relative à l'écran de sous-toiture considéré.

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

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

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

La planéité de la charpente doit être contrôlée et des calages sont à prévoir si un défaut de planitude entre 3 planches support du champ photovoltaïque est supérieur à 1/200e de la portée (*différence de hauteur entre planches support espacées de 900 mm inférieure à 4,5 mm, cf. Figure 26*).

La mise en œuvre doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture afin d'évacuer la condensation pouvant se créer sous les modules : en rénovation, si cet écran n'est pas présent sur la toiture, ou en neuf de façon systématique, il est obligatoire d'en ajouter un. Cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre sur tout le pan de toiture (*par conséquent, débouchant à l'égout*) accueillant le champ photovoltaïque et conformément aux dispositions définies dans le DTU 40.29. Il est impératif que les contre-lattes qui fixent l'écran de sous-toiture soient d'épaisseur minimale de 20 mm.

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

8.52 Préparation de la toiture : détuilage en cas de toiture existante et calepinage

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

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

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

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

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

  - Calepinage longitudinal :

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

  - Calepinage transversal :

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

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

- Tuiles canal (*DTU 40.22*) :

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

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

8.53 Pose en partie courante de toiture

8.531 Préparation des cadres Easy-Roof

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

- Cales anti-rotation devant être glissées dans chaque bride double (Figure 27), sauf les deux centrales dans le cas d'une pose à 6 pattes. Ces cales ont uniquement un rôle de positionnement des brides lors du montage. Elles doivent être choisies en fonction de la version L1 ou O1 et du module photovoltaïque.
- Frise haute à positionner sur les abergements latéraux du haut de champ (voir *Figure 16*).
- Découpe des bouchons d'emplacement de patte dans le cas d'un montage avec 6 pattes par module.

8.532 Pose du bas de champ

Se référer à la *Figure 28*.

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

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

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

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

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

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

Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique pour son utilisation avec cadre technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant pour la mise en œuvre avec cadre technique.

8.533 Pose du platelage sous le champ photovoltaïque

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

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

On pose un platelage conformément à la *Figure 29* (*4 pattes par module*) ou à la *Figure 30* (*6 pattes par module*), soit des planches support écartées de 900 mm ou 450 mm sous chaque cadre Easy-Roof.

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

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

8.534 Pose du système Easy-Roof

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

- **Pose des cadres (*Figure 31*)**

  (1) Placer le premier cadre Easy-Roof au coin inférieur gauche en le positionnant à une distance de 40 mm maximum du bord de l'élément de couverture. (2) Positionner le cadre dans le sens du rampant à l'aide de deux vis de diamètre 5 mm placées dans les orifices indiqués et mises en appui (*sans les visser*) sur la planche support inférieure. Ces vis servent uniquement au positionnement et doivent être retirées avant la pose des modules.

  (3) Mettre en place et emboîter un autre cadre au-dessus du précédent. Aligner parfaitement les cadres dans le sens vertical (*au cordeau*). Régler le pas vertical entre les cadres en utilisant l'indexage prédéfini de chaque côté du cadre. Dans le cas du cadre L-1, utiliser selon la longueur des modules l'indexage inférieur noté "=> 1645" (pour les modules AUO et VIESSMANN) ou l'indexage "1666 ≤ lg ≤ 1685" (pour les modules SOLARWORLD et SOLARWATT).

  (4) Une fois la première colonne de modules terminée, mettre en place un cadre sur la ligne inférieure et l'emboîter à droite du premier cadre. A l'aide de 2 piges de montage à emboîter dans les encoches prévues à cet effet, positionner le nouveau cadre.

- **Fixation des pattes doubles (Figure 32a)**

  De gauche à droite, poser alors les pattes et les fixer à l'aide des vis 6 x 40 fournies (*4 vis pour les pattes doubles et 3 vis pour les pattes simples*) (cf. § 2.32). La patte doit être centrée dans le trou de positionnement (*pour la dilatation*). Ne déplacer les piges de montage qu'une fois les pattes fixées.

  Procéder de la même manière du bas vers le haut et de la gauche vers la droite pour tous les cadres du champ photovoltaïque.

- **Pose des abergements latéraux**
  - Avec les abergements polymère (Figure 33) : (1) positionner l'abergement gauche inférieur à côté du premier cadre puis mettre en place les autres abergements en les emboîtant les uns dans les autres (*utiliser l'ergot prévu à cet effet, faire pivoter l'abergement, le clipser et l'espacer de 3 mm*). (2) Clipser la frise haute au sommet de l'abergement le plus haut. (3) Glisser le rang d'abergement sous les cadres et aligner le dernier abergement avec le haut du cadre. En bas de champ, couper (*à l'aide d'une scie*) la partie de l'abergement qui dépasse du cadre sur le premier abergement. (4) Fixer les abergements à l'aide de clous à tête plate et tige lisse (*non fournis, cf. § 3.4*) sans utiliser de cloueuse, à chaque chevauchement et centré sur un trou oblong pour permettre la dilatation. S'il n'y a pas de liteau sous le chevauchement des abergements, ajouter un liteau sous le chevauchement. Procéder de façon identique pour les abergements de droite à l'exception qu'au lieu de glisser ceux-ci sous les cadres, les emboîter sur les cadres en plaçant les oreilles des abergements sous la bavette souple des cadres. Terminer les abergements par l'insertion des frises latérales. Celles-ci se raccordent bout à bout sans recouvrement.
  - Avec les abergements métalliques (Figure 34) : les emboîter sur les cadres côté gauche et côté droit, en passant sous la bavette souple des cadres. S'il n'y a pas de planche support ou de liteau sous le chevauchement des abergements, ajouter un liteau sous le chevauchement. Les abergements latéraux métalliques sont fixés par vis à bois tête fraisée inox (*non fournies*)à 50 mm maximum du haut de l'abergement en faisant affleurer la vis à la surface de la tôle. Des agrafes sont utilisées pour fixer le bord extérieur aux planches à raison d'une agrafe au recouvrement et une agrafe au milieu de chaque abergement. Les couloirs latéraux se recouvrent entre eux de 230 mm. On met en place une bande de mousse autocollante (*fournie, cf. § 2.33*) sur l'abergement entre le relevé et la pince extérieure, à une distance de 20 mm minimum des bords. En partie haute du champ photovoltaïque, on utilise les couloirs supérieurs disposant de plis en partie supérieure.

- **Fixation des pattes simples (Figure 32b)**

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

- **Agencements obtenus**

  La bavette souple des cadres polymères est rabattue par les pattes de fixation. Un espace de 20 mm est présent entre les bavettes souples des 2 cadres superposés (*cf. image inférieure droite de la Figure 31*).

  Les cadres ont un recouvrement dans le sens de la pente de 246, 261 ou 301 mm (Figure 35). Les abergements latéraux ont un recouvrement dans le sens de la pente de 230 mm.

8.535 Pose des modules

Se référer à la *Figure 36*.

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

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

Les brides permettent une prise en feuillure des cadres aluminium des modules de 10 à 15,5 mm pour la version L-1 ou 13 mm pour la version O-1 (*Figure* 37).

8.54 Mise en place des éléments de couverture

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

En haut de champ, le bas des tuiles doit tangenter avec le marquage indiquant "Limite tuile" (*Figure 38*). Il est impératif de mettre en place une bande de mousse autocollante (*fournie, cf. § 2.33*) sur l'abergement haut avant de replacer les tuiles. Cette mousse doit se prolonger jusqu'aux bords extérieurs des abergements latéraux (polymères ou métalliques). Les tuiles recouvrent le haut du cadre Easy-Roof de 200 mm minimum.

Pour le recouvrement des abergements latéraux en polymère (Figure 39), le bord des tuiles doit tangenter avec le marquage indiquant "Limite tuile". Il est impératif que la distance entre le cadre aluminium du module et la tuile soit de 40 mm maximum. Les tuiles recouvrent les abergements Easy-Roof de 150 mm minimum.

Pour le recouvrement des abergements latéraux métalliques (Figure 40), les tuiles recouvrent les abergements de 150 mm minimum.

8.55 Pose aux abords des extrémités de toiture

8.551 A l'égout

Se référer à la *Figure 41.*

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

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

8.552 Aux rives

Se référer à la *Figure 42*.

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

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

9. Formation

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

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

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

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

10. Assistance technique

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

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

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

11. Utilisation, entretien et réparation

11.1 Généralités

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

En cas d'intervention sur le procédé photovoltaïque nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée (cf. § 11.4).

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

11.2 Maintenance du champ photovoltaïque

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

- Les modules photovoltaïques doivent être nettoyés au jet d'eau (*sans pression ni jet concentré*).
- Inspection visuelle, repérage d'éventuels endommagements.
- Vérification de l'étanchéité : vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau dans les couloirs des abergements.
- Vérification du câblage.
- Vérification des fixations : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie.

11.3 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.

11.4 Remplacement d'un module

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

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

B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés AUO ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire Intertek *(rapports d'essais n° 141200383SHA-003m2a1, 150101486SHA-003a1m1, 151001216SHA-003, 140901038SHA-003m1 et n° 170402336SHA-003 et certificats n° SG ITS-7527M1, SG ITS-8460M1 et SG ITS-4726A1/M1).*
- Les modules photovoltaïques cadrés AUO ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire Intertek *(rapports d'essais n° 141200383SHA-00[1/2]m2a1, 150101486SHA-00[1/2]a1m1, 140901038SHA-00[1/2]m1 et n° 170402336SHA-00[1/2] et certificats n° SG ITS-7527M1, SG ITS-8460M1 et SG ITS-4726A1/M1)*.
- Les modules photovoltaïques cadrés Vitovolt 300 ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire Intertek *(rapport d'essais n° 170402336SHA-003 et certificat n° SG ITS-11794A1/M2).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Vitovolt 300 ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire Intertek *(rapport d'essais n° 170402336SHA-00[1/2] et certificat n° SG ITS-11794A1/M2).*
- Les modules photovoltaïques cadrés "SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D" et "SPR-E19/E20/X20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le TÜV (*rapports d'essais n°s 21178642.006 et .010, et n° 21211760 et certificats n° PV60075202 et n° PV60107326*).
- Les modules photovoltaïques cadrés "SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D" et "SPR-E19/E20/X20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le TÜV (*rapports d'essais n°s 21178664.006 et .010 et certificat n° PV60075203 et n° PV60107333*).
- Les modules photovoltaïques cadrés SolarWatt "60P STYLE" ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le VDE (*rapport d'essai n° 5008213-3972-0001/200824/ET2/HET et certificat n° 40027506*).
- Les modules photovoltaïques cadrés SolarWatt "60P STYLE" 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 VDE (*rapport d'essai n° 5008213-3972-0001/200824/ET2/HET et certificat n° 40027506*).
- Les modules photovoltaïques cadrés Sunmodule Plus SW xxx poly et mono ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire VDE *(rapports d'essais n° 5005440-3972-0001/189740, 202692-ET2-1 et 224510-ET2-1 et certificat n° 40016336).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Sunmodule Plus SW xxx poly et mono 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 VDE *(rapports d'essais n 5005440-3972-0001/189740, 202692-ET2-1 et 224510-ET2-1 et certificat n° 40016336).*
- Le procédé photovoltaïque a été testé en laboratoire sous contrôle de la Socotec selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent avec modules AUO en fixations 4 et 6 brides *(rapports d'essais n° 301D0/14/40702 et 301D0/14/4704)*.
- Le procédé photovoltaïque a été testé en laboratoire sous contrôle de la Socotec selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent avec modules SunPower en fixations 4 brides et 6 brides *(rapports d'essais n° 301D0/14/2558 et 2560)*.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent avec modules SolarWatt en fixations 4 brides et 6 brides *(rapports d'essais n° 26065194, 2016 FaCeT224)*.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent avec modules SolarWorld en fixations 4 brides et 6 brides *(rapports d'essais n° 26065194, 2016 FaCeT224)*.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB pour un essai d'étanchéité à la pluie en soufflerie climatique « Jules Verne » (*rapport d'essais n° EN-CAPE 14.103 C – V0*).

- Les cadres polymères ont fait l'objet de tests de vieillissement accéléré au CSTB selon la NF EN ISO 4892-1 et 2, associés à des essais de traction selon la norme ISO 527 (*rapport n° EMI 14-26049228*).
- Le montage du procédé photovoltaïque a été testé au CSTB *(rapport d'essais n° VAL 14-26047515).*

C. Références

1. Données environnementales et sanitaires[1]

Le procédé « Easy-Roof Evolution L-1 et O-1 » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis mai 2013.

Environ 425 000 m^2 ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 71 MW.

[1] Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

Tableaux et figures du Dossier Technique

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

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

Matériau	**Revêtement de finition sur la face exposée**	**Éléments du procédé concernés**	**Atmosphères extérieures**							
			Rurale non polluée	**Industrielle ou urbaine**		**Marine**				**Spéciale****
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)**	Mixte**	
Aluminium EN AW-6063 T5	anodisé ≥ 10 µm	cadre de module AUO et Viessmann	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium EN AW-6063 T6	anodisé 10 µm	cadre de module SunPower	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium EN AW-6060 T66	anodisé 15 µm	cadre de module SolarWatt et SolarWorld	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium EN AW-6063 T6	naturel ou anodisé	pattes et brides de fixations	•	•	□	•	•	□	□	□
PP copolymère IRFTS	noir (due à la présence du noir de carbone)	cadre Easy-Roof Evolution	•	•	•	•	•	-	-	-
Zinc conforme à la norme NF EN 988	-	couloirs latéraux métalliques	•	•	□	•	•	•	□	□
Inox 1.4301 ou 1.4307	-		•	•	□	•	•	□	□	□
Inox 1.4401 ou 1.4404	-		•	•	□	•	•	•	□	□
Acier galvanisé Z225	polyester 25 µm de catégorie IV		•	•	□	•	•	•	□	□
Aluminium EN AW-3005 H44, EN AW-5005, EN AW-6060 ou EN AW-6063	brut ou polyester 25 µm		•	•	□	•	•	□	□	□
Inox A2	-	visserie	•	•	□	•	•	□	□	-

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

• : Matériau adapté à l'exposition

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

- : Non adapté à l'exposition

* : à l'exception du front de mer

** : non visées dans le présent Avis Technique compte tenu de la limitation imposée par le polymère constitutif des cadres Easy-Roof Evolution

Tableau 2- Dimensionnement du lattage

Le tableau suivant indique des valeurs maximales en fonction du lattage. Pour chaque module photovoltaïque, des charges de vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) admissible et de neige normale (selon les règles NV 65 modifiées) admissible sont indiquées (cf. § 1.2). Il convient d'utiliser la plus petite des valeurs fournies par le tableau ci-dessous d'une part et par les tableaux du § 1.2 d'autre part.

Nombre de pattes de fixation par module	Entraxe maximum entre chevrons (mm)	Epaisseur minimale des planches support (mm)	Largeur minimale des planches support (mm)	Charge de vent normal* et de neige normale* maximale (Pa)
4	600	27	100	1 140
			120	1 350
			140	1 590
			160	1 800
			180	2 050
			200	2 280
		40	100	2 467
	900	27	160	900
			180	1 040
			200	1 170
			220	1 290
			250	1 450
		40	100	1 650
			120	1 950
			130	2 160
6	600	27	100	1 700
			120	2 050
			140	2 390
		40	100	2 467
	900	27	160	1 410
			180	1 590
			200	1 750
			220	1 940
			250	2 200
		40	100	2 467

** selon les règles NV 65 modifiées*

Rappel du § 1.2 :

charge maximum sous neige normale (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa		montage	
		4 pattes par module	6 pattes par module
modules photovoltaïques	AUO et Viessmann	2 081	2 212
	SunPower	2 041	2 467
	SolarWatt	2 115	2 421
	SolarWorld	1 831	2 179
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179			

charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa		montage	
		4 pattes par module	6 pattes par module
modules photovoltaïques	AUO et Viessmann	1 784	1 896
	SunPower	1 749	2 115
	SolarWatt	2 115	2 075 **
	SolarWorld	1 831	1 868
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179 ** : cette valeur a été bornée par les limites du dispositif d'essais			

Sommaire des Figures

Figure 1 – Schéma éclaté du procédé 22
Figure 2 – Module photovoltaïque AUO SunPrimo PM060PWx, et son cadre 23
Figure 3 – Module photovoltaïque AUO SunVivo PM060MX2 et son cadre 24
Figure 4 – Module photovoltaïque AUO SunForte PM096B00 et son cadre 25
Figure 5 – Module photovoltaïque Viessmann et son cadre 26
Figure 6 – Modules photovoltaïques SunPower 27
Figure 7 – Cadre des modules photovoltaïques SunPower 27
Figure 8 – Module photovoltaïque SolarWatt 28
Figure 9 – Cadre du module photovoltaïque SolarWatt 28
Figure 10 – Module photovoltaïque SolarWorld poly 29
Figure 11 – Module photovoltaïque SolarWorld mono 30
Figure 12 – Cadre du module photovoltaïque SolarWorld 31
Figure 13 – Eléments constitutifs du système de montage (exemple version L-1) 32
Figure 14 – Cadre 33
Figure 15 – Abergement latéral gauche 33
Figure 16 – Abergement latéral droit 34
Figure 17 – Frise latérale 34
Figure 18 – Pattes Evolution 35
Figure 19 – Brides de fixation Evolution 36
Figure 20 – Larmier pour raccordement à l'égout 36
Figure 21 – Abergement de rive latérale 36
Figure 22 – Abergement latéral métallique (exemple : couloir droit) 37
Figure 23 – Principe de câblage 38
Figure 24 – Cheminement des câbles sous les cadres polymère et leur fixation par collier de câblage 39
Figure 25 – Liaison équipotentielle des masses 39
Figure 26 – Contrôle de la planitude 40
Figure 27 – Mise en place des cales anti-rotation 40
Figure 28 – Pose du bas de champ 41
Figure 29 – Platelage du champ photovoltaïque avec 4 pattes de fixation par module 42
Figure 30 – Platelage du champ photovoltaïque avec 6 pattes de fixation par module 43
Figure 31 – Pose des cadres Easy-Roof 44
Figure 32 – Fixation des pattes 44
Figure 33 – Pose des abergements latéraux 45
Figure 34 – Pose des abergements latéraux métalliques 46
Figure 35 – Vue en coupe longitudinale du procédé en partie courante 47
Figure 36 – Pose des modules 48
Figure 37 – Vue en coupe transversale du procédé en partie courante 49
Figure 38 – Mise en place des éléments de couverture en haut de champ 49
Figure 39 – Mise en place des éléments de couverture sur les abergements latéraux polymère 50
Figure 40 – Mise en place des éléments de couverture sur les abergements latéraux métalliques 51
Figure 41 – Pose à l'égout 52
Figure 42 – Pose en rive 53

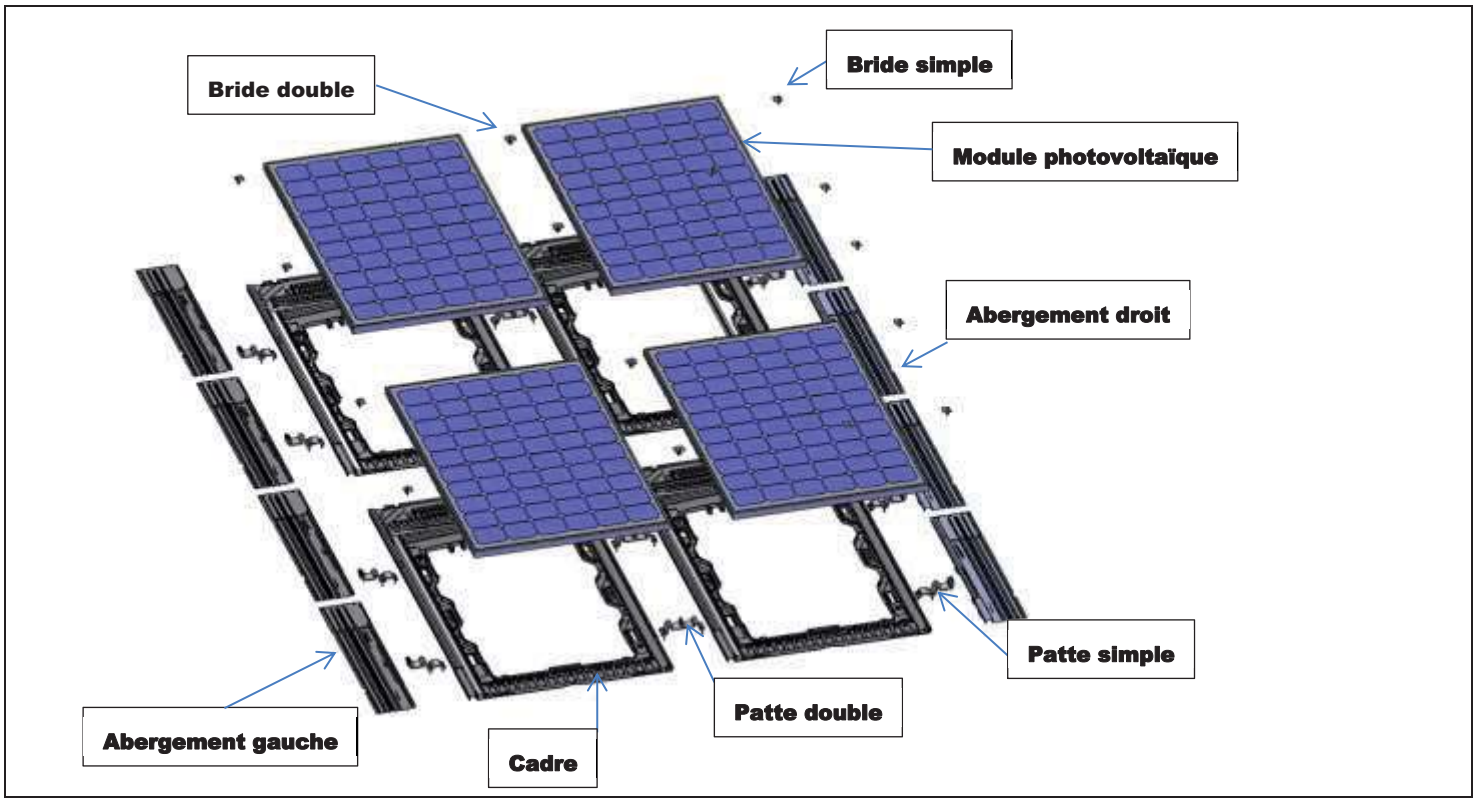


Figure 1 – Schéma éclaté du procédé

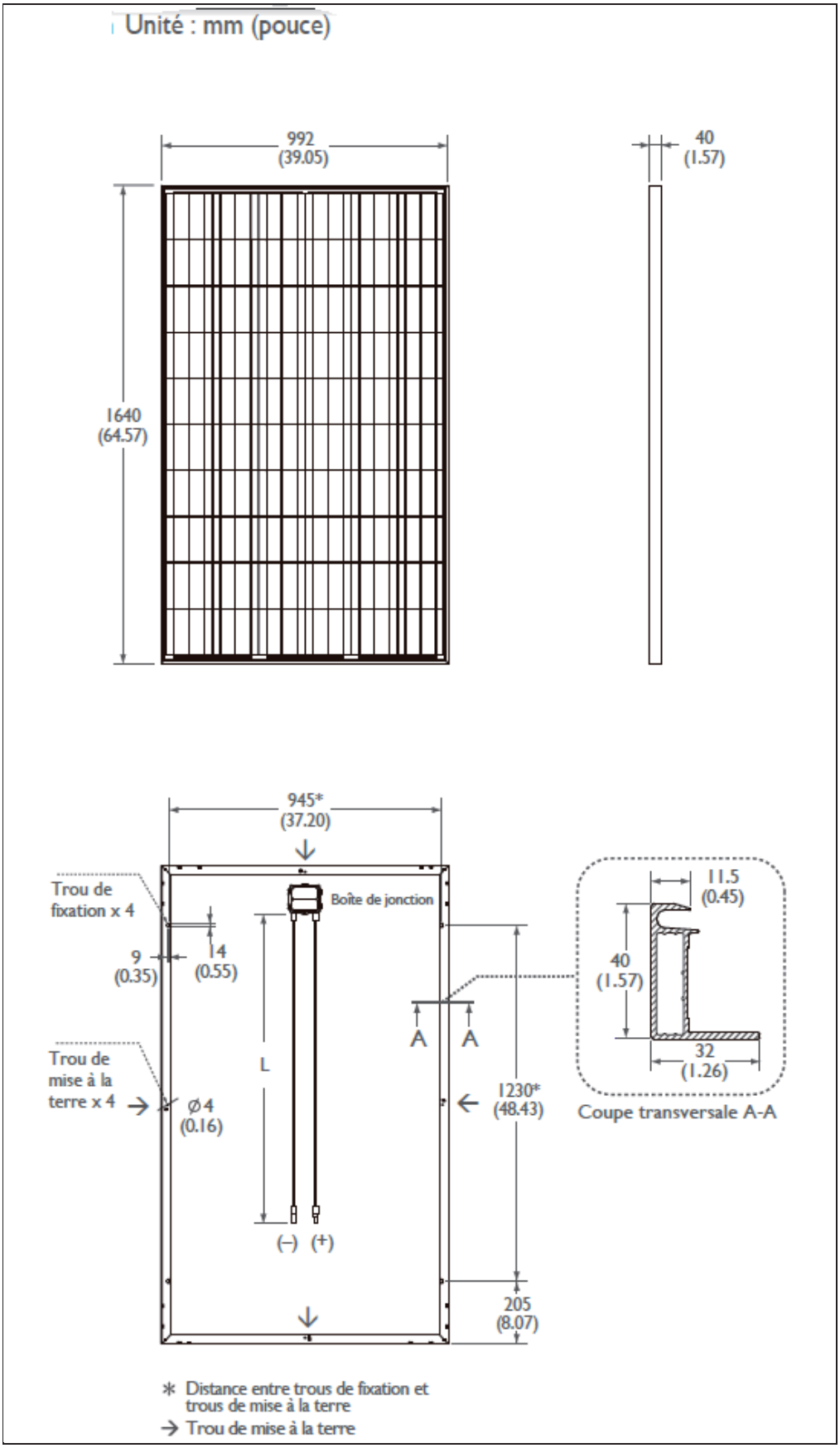


Figure 2 – Module photovoltaïque AUO SunPrimo PM060PWx, et son cadre

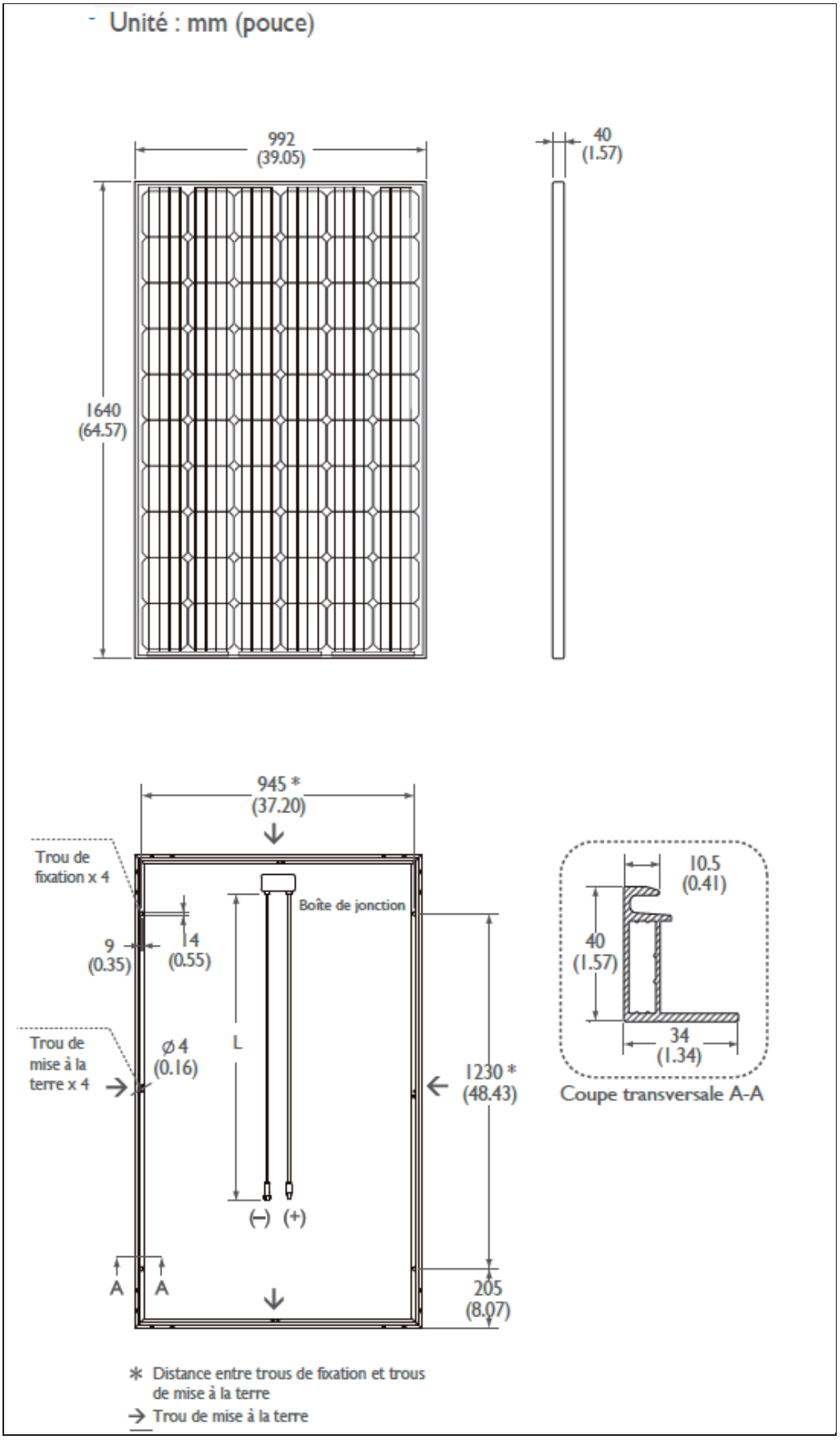


Figure 3 – Module photovoltaïque AUO SunVivo PM060MX2 et son cadre

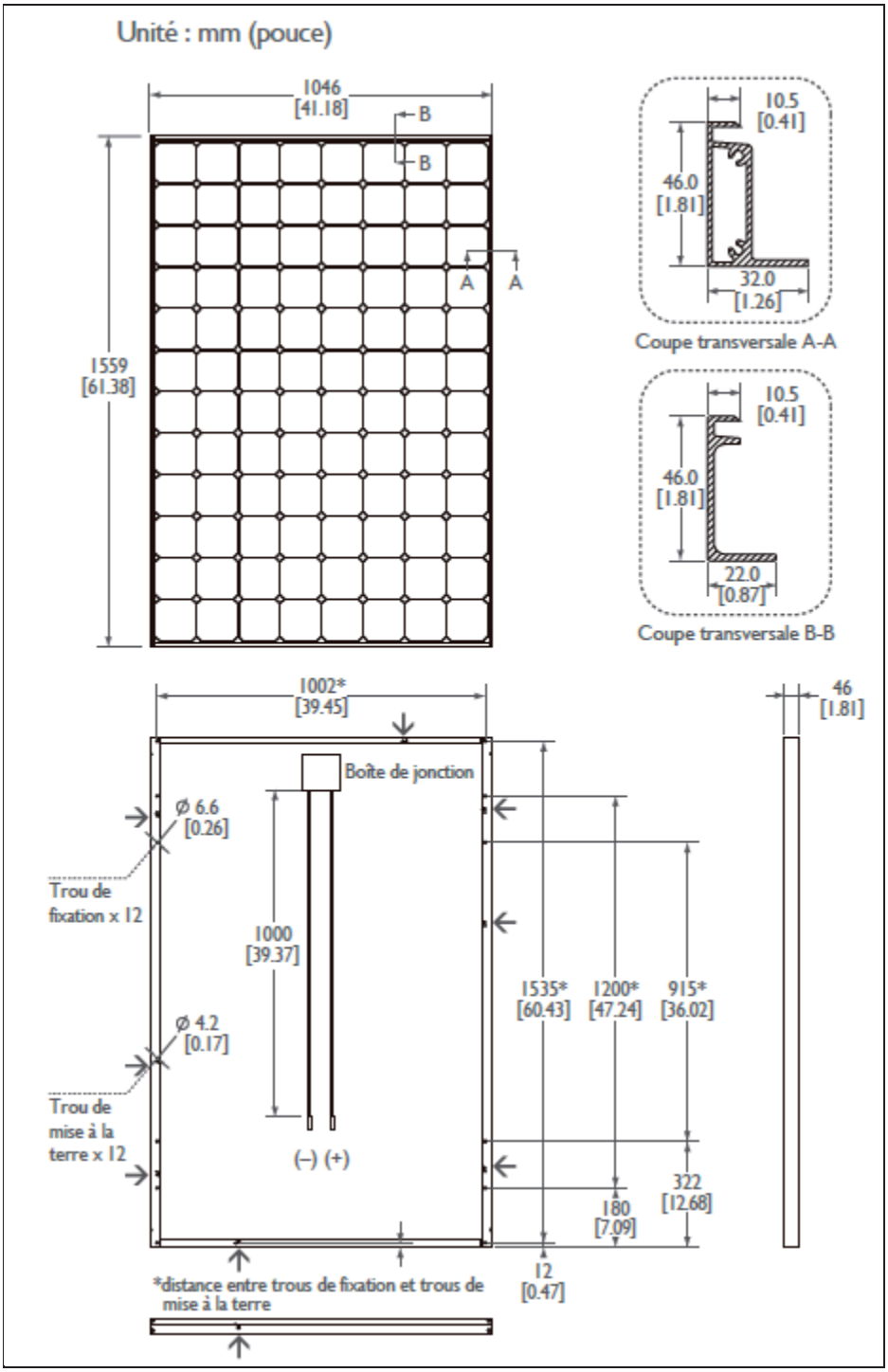


Figure 4 – Module photovoltaïque AUO SunForte PM096B00 et son cadre

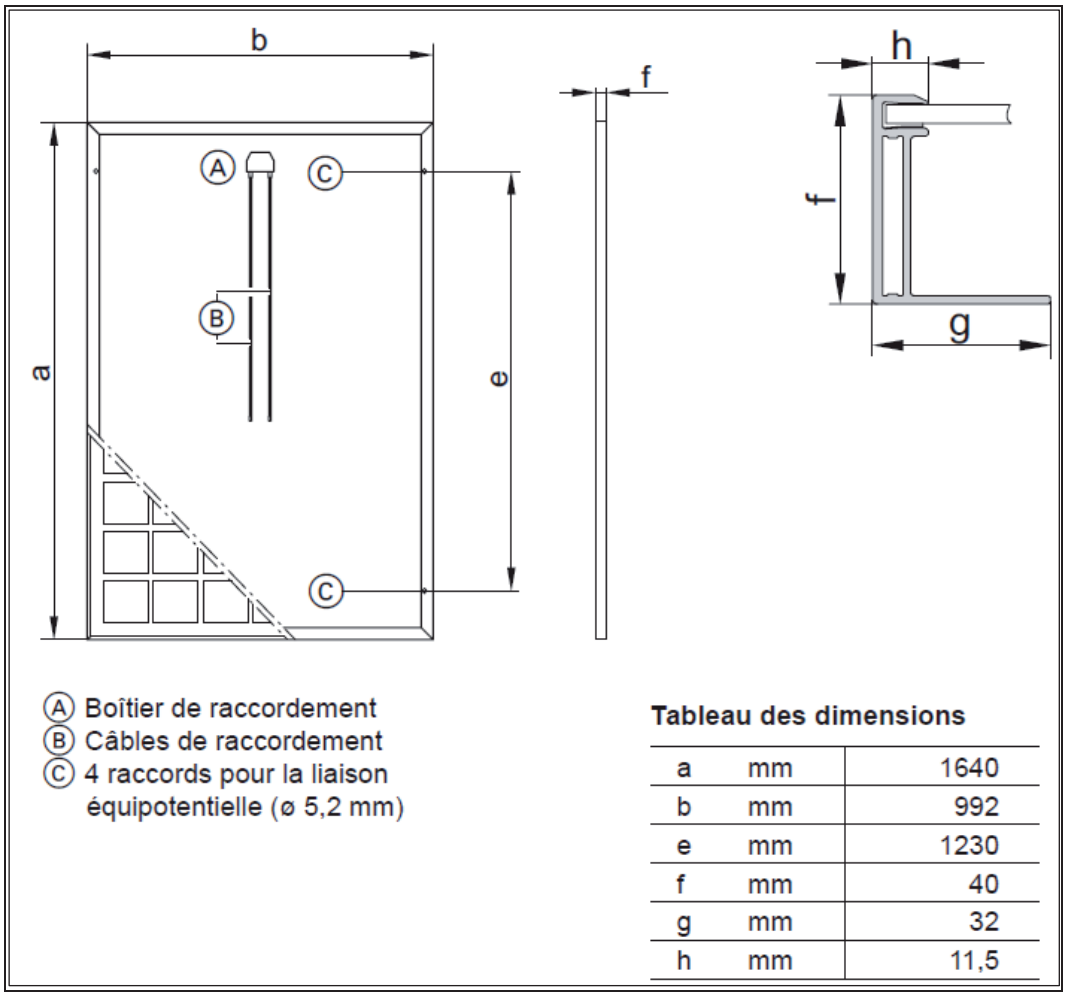


Figure 5 – Module photovoltaïque Viessmann et son cadre

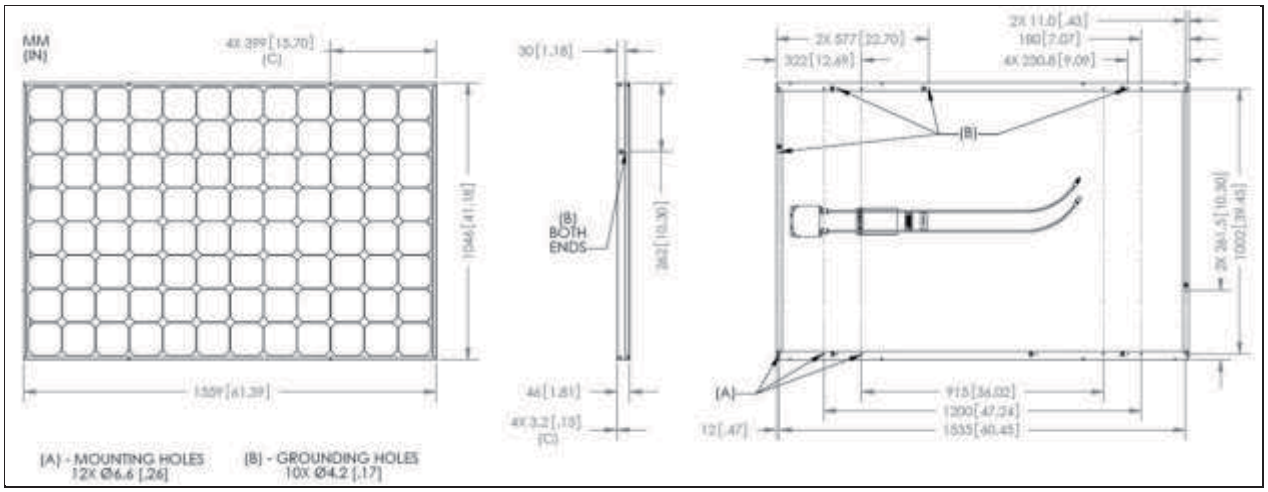
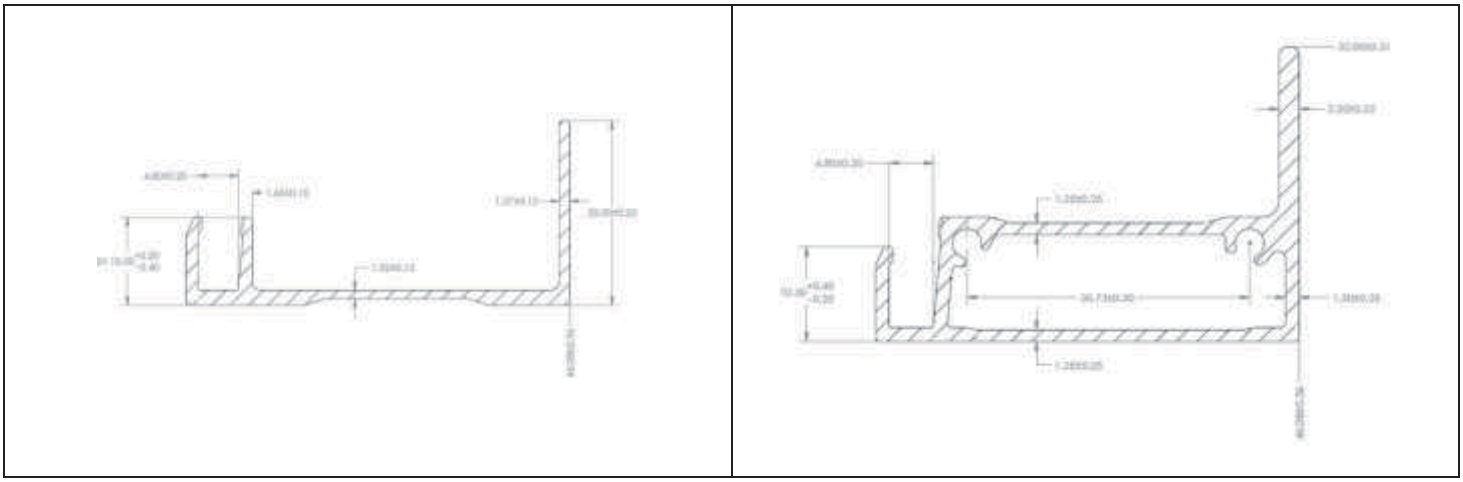


Figure 6 – Modules photovoltaïques SunPower



Profilé du petit côté *Profilé du grand côté*

Figure 7 – Cadre des modules photovoltaïques SunPower

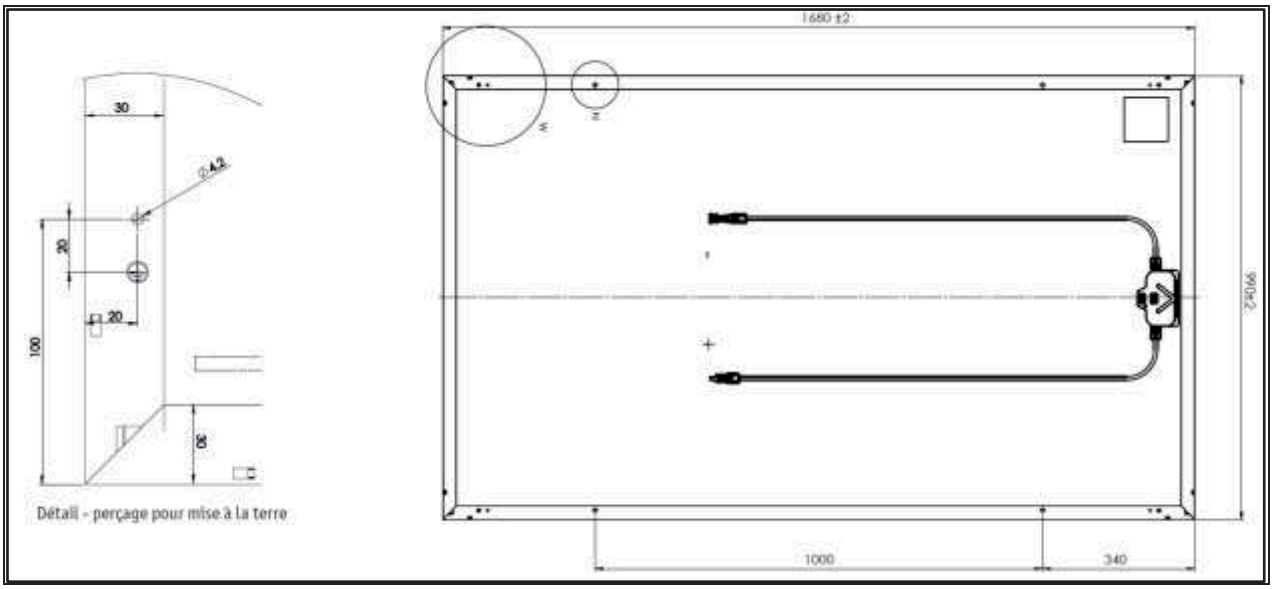


Figure 8 – Module photovoltaïque SolarWatt

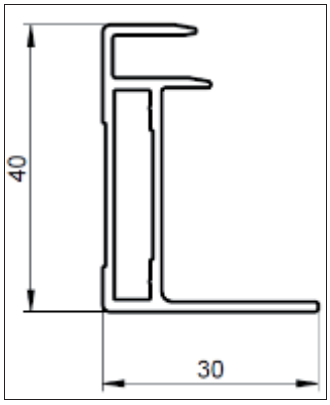


Figure 9 – Cadre du module photovoltaïque SolarWatt

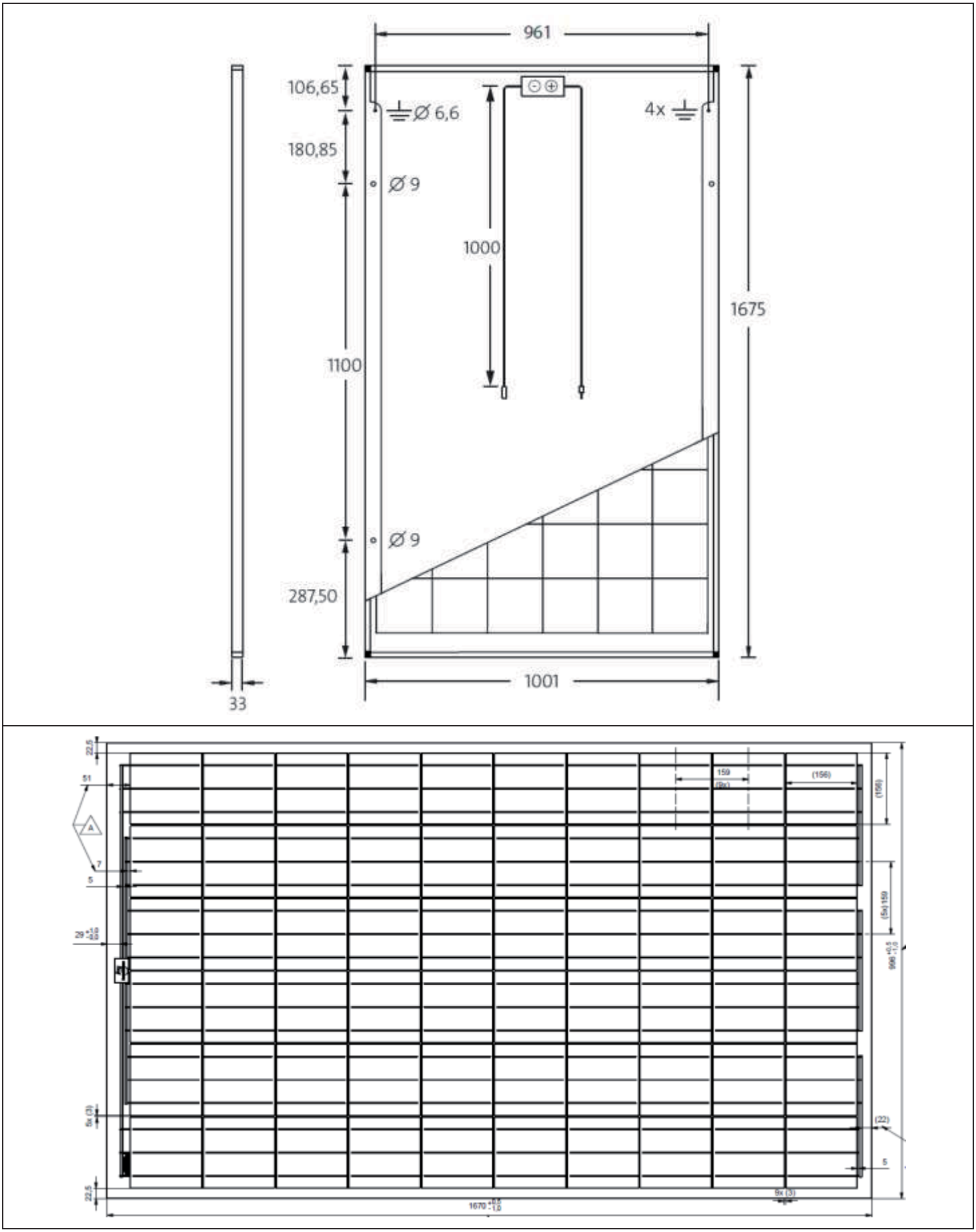


Figure 10 – Module photovoltaïque SolarWorld poly

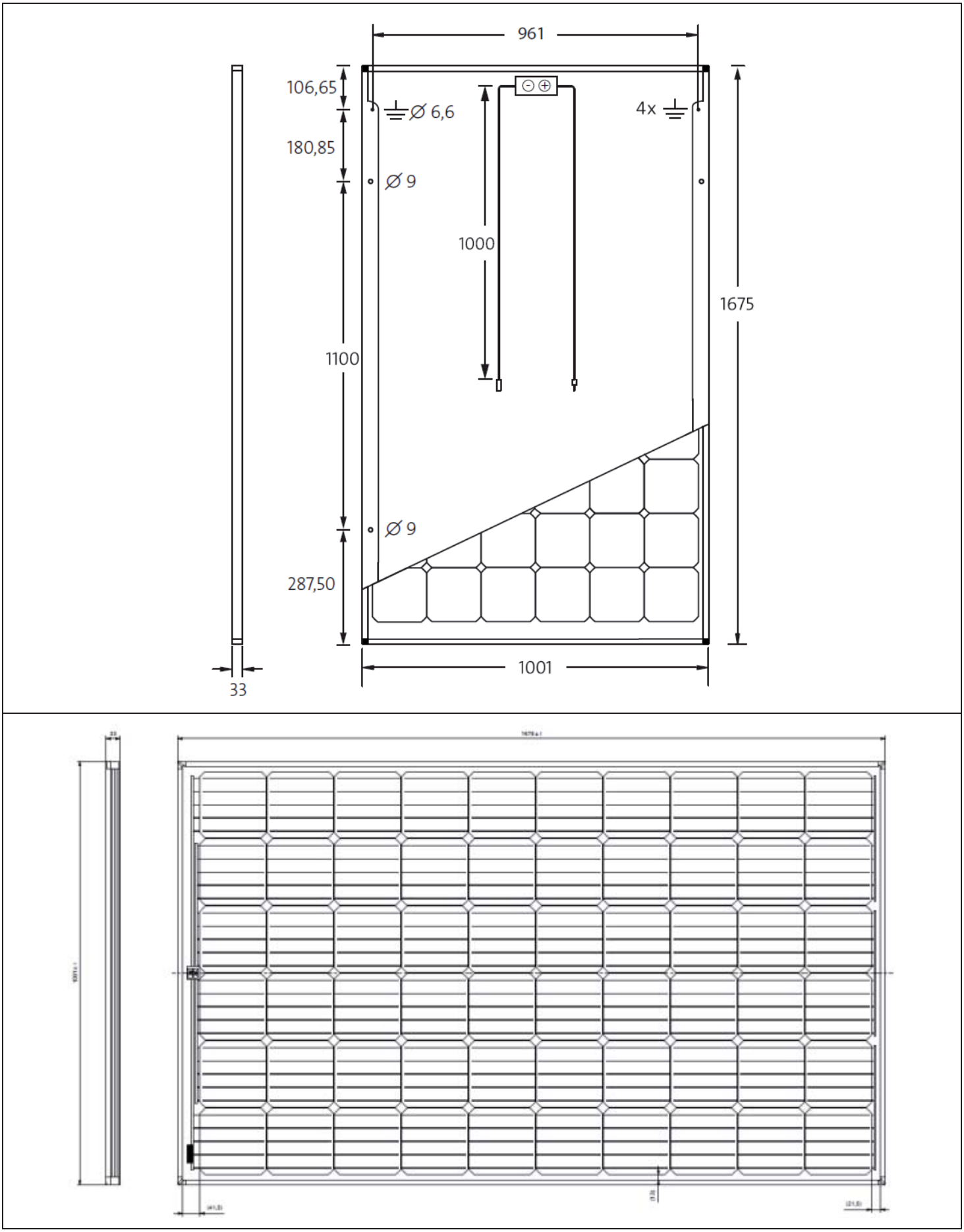


Figure 11 – Module photovoltaïque SolarWorld mono

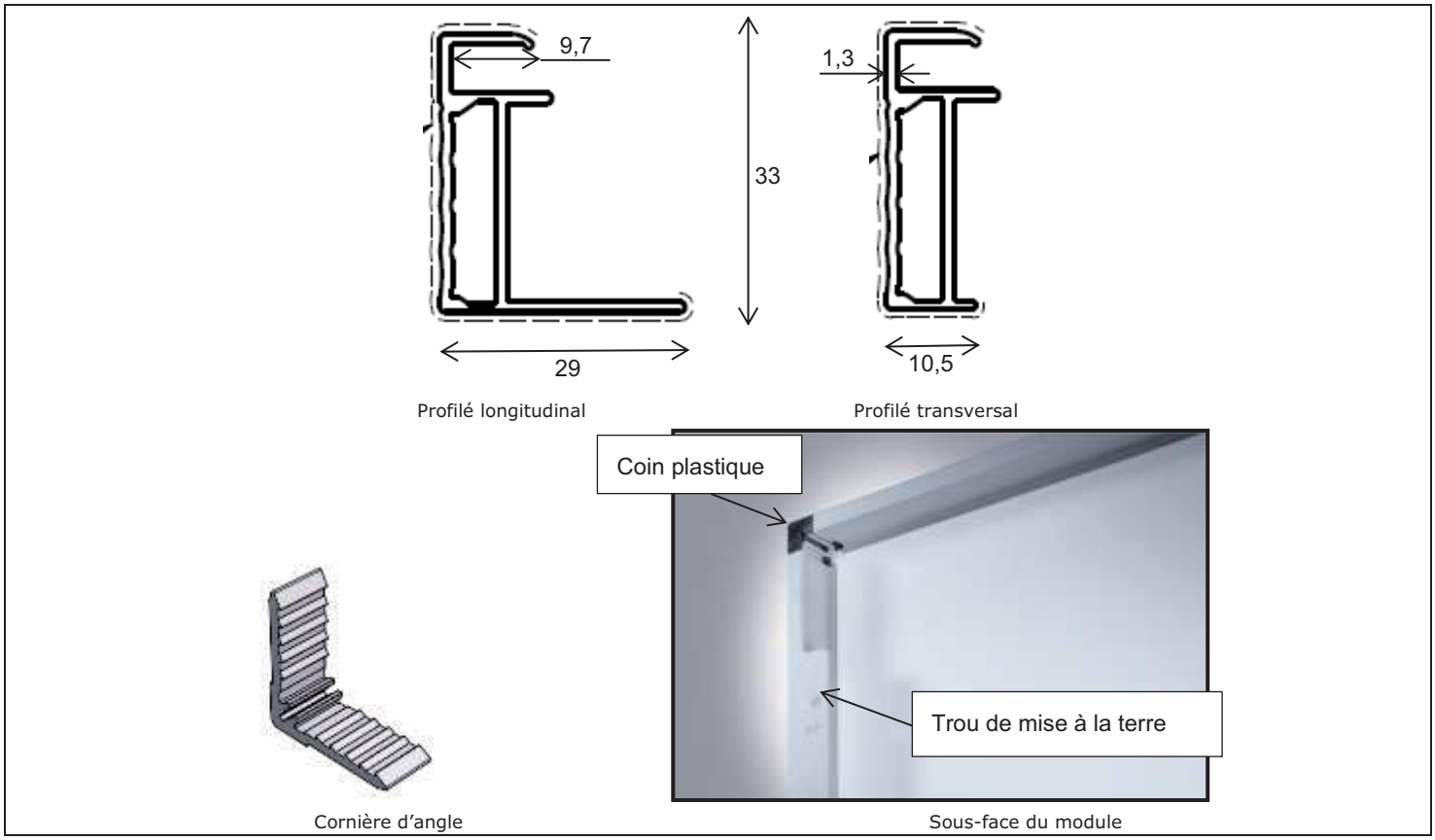
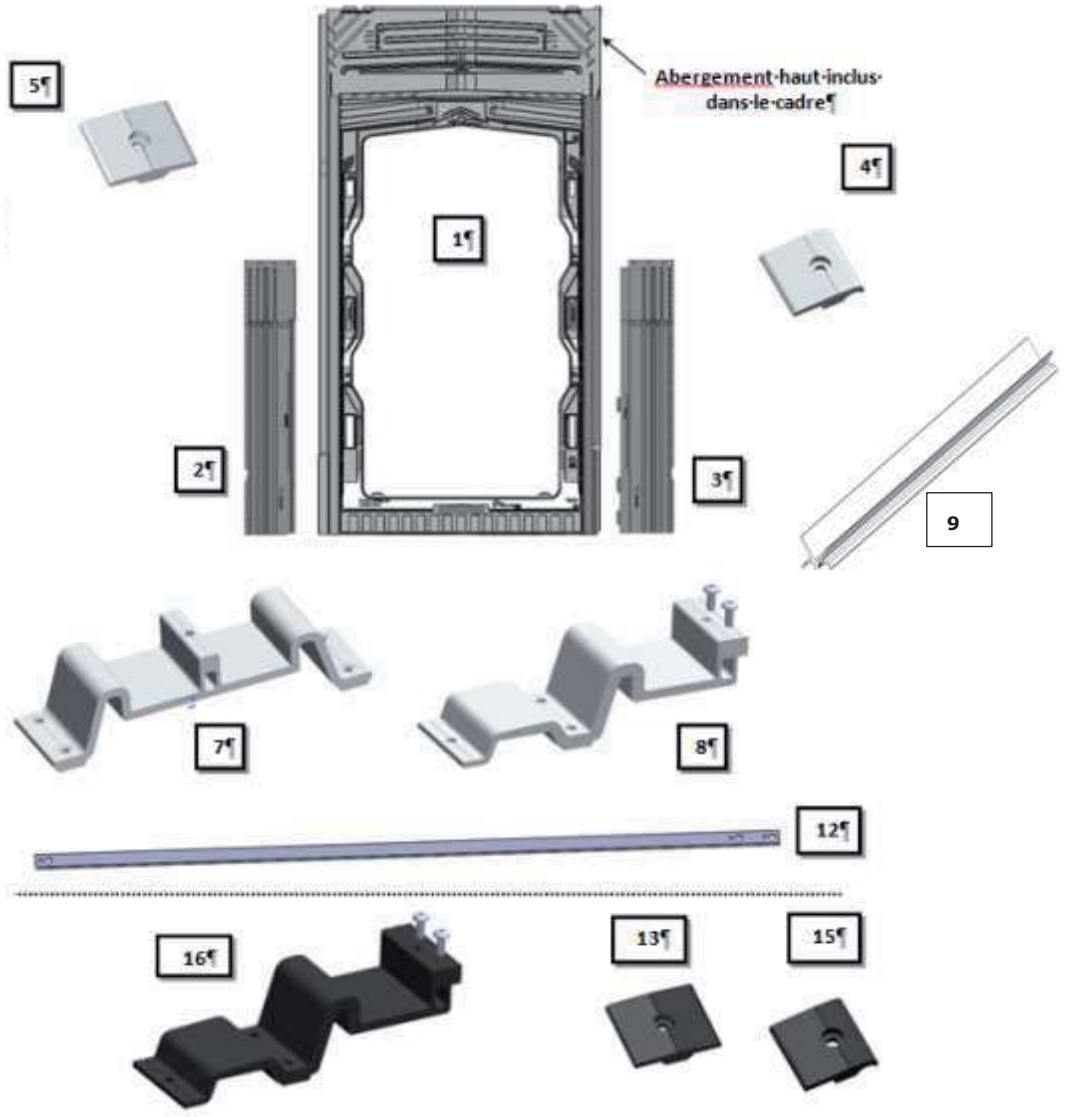


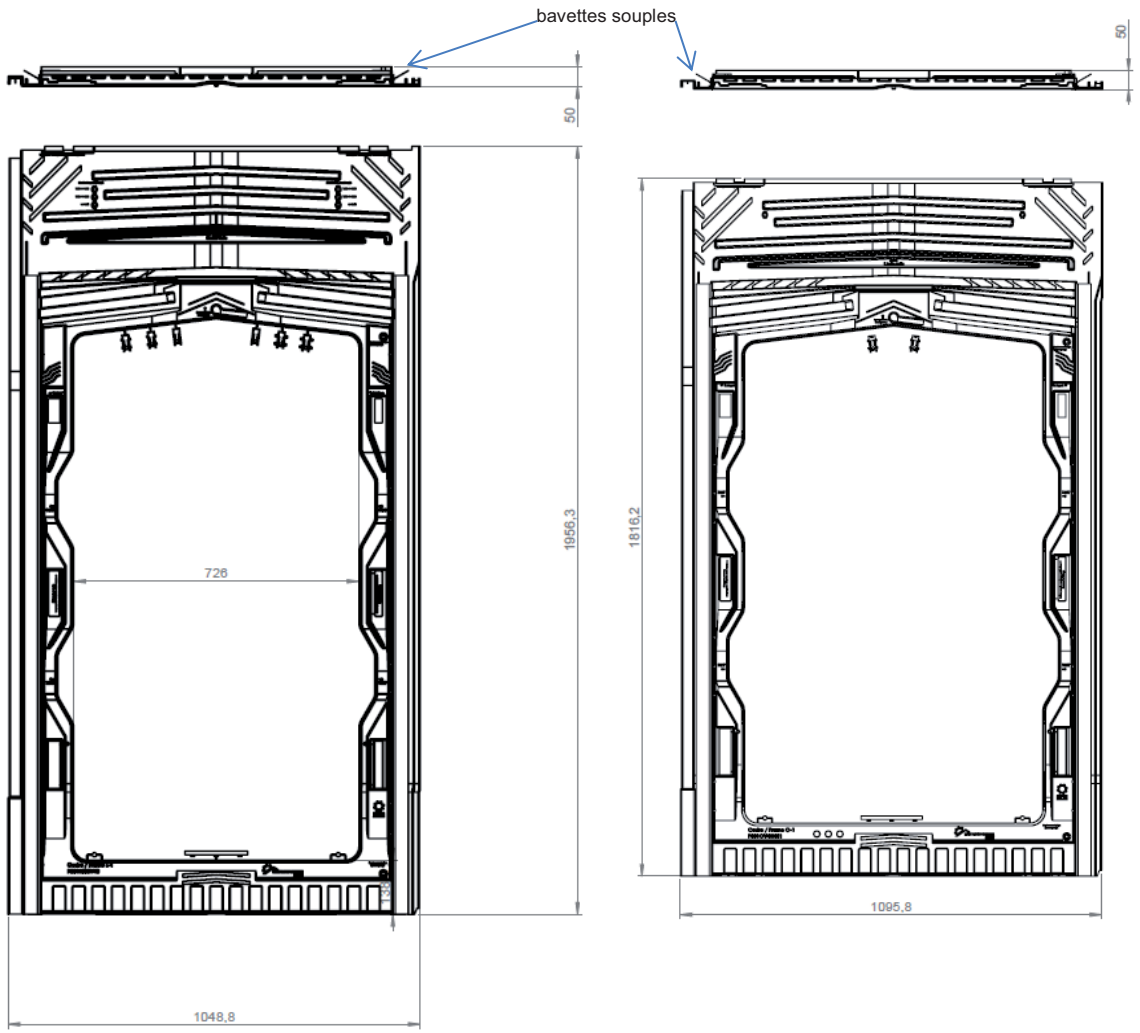
Figure 12 – Cadre du module photovoltaïque SolarWorld



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

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

Figure 13 – Eléments constitutifs du système de montage (exemple version L-1)



Cadre L-1 Evolution

Cadre O-1 Evolution

Figure 14 – Cadre

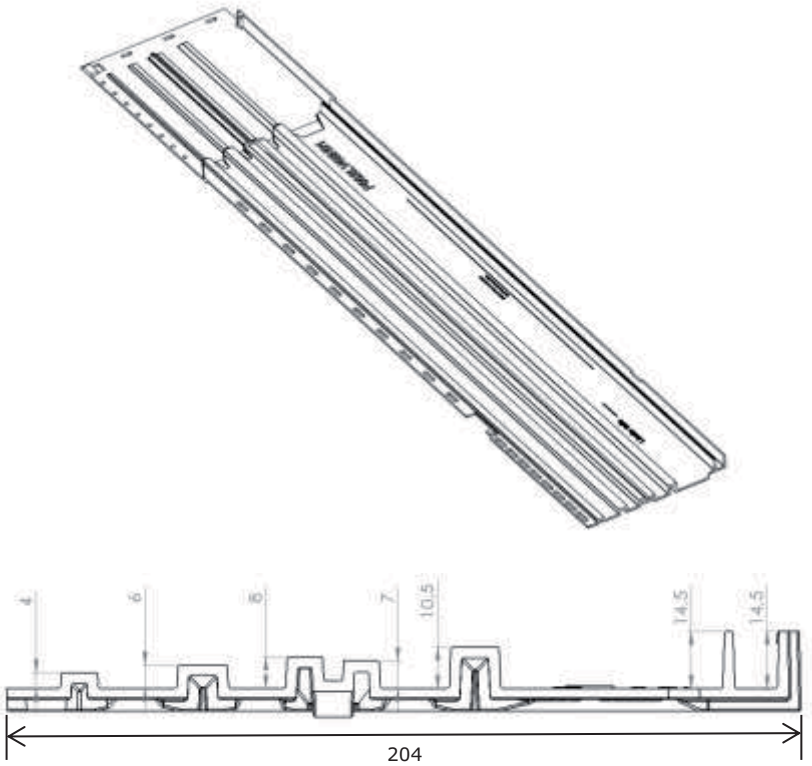


Figure 15 – Abergement latéral gauche

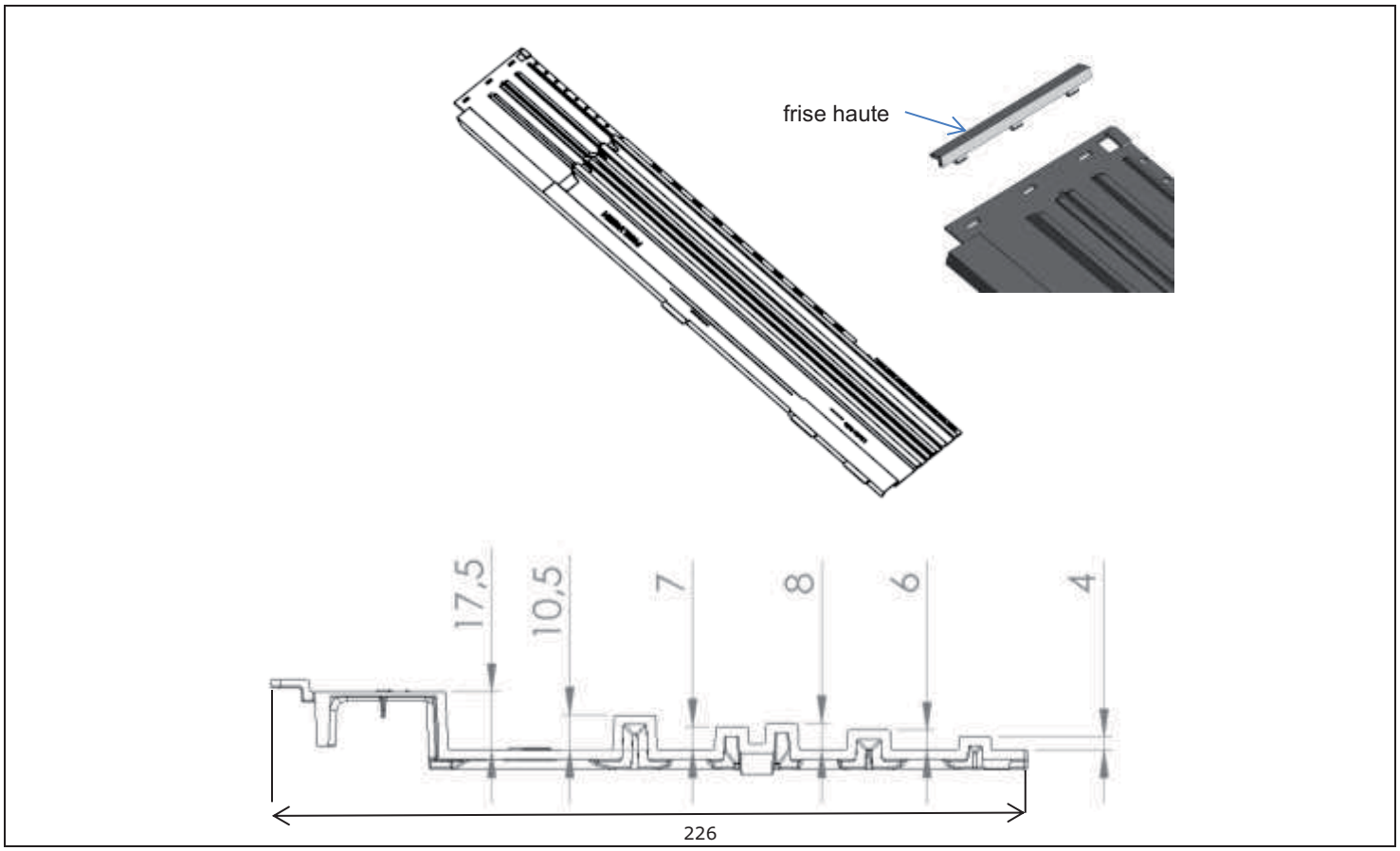


Figure 16 – Abergement latéral droit

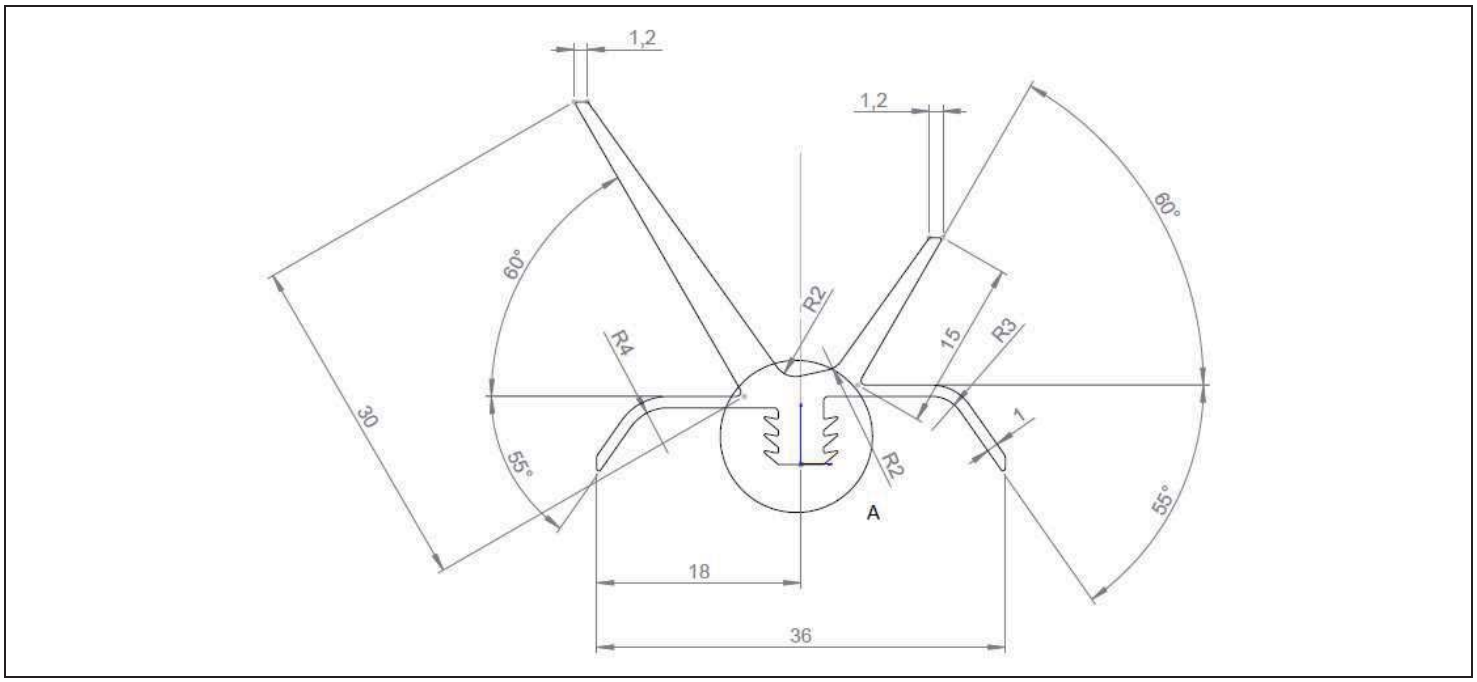
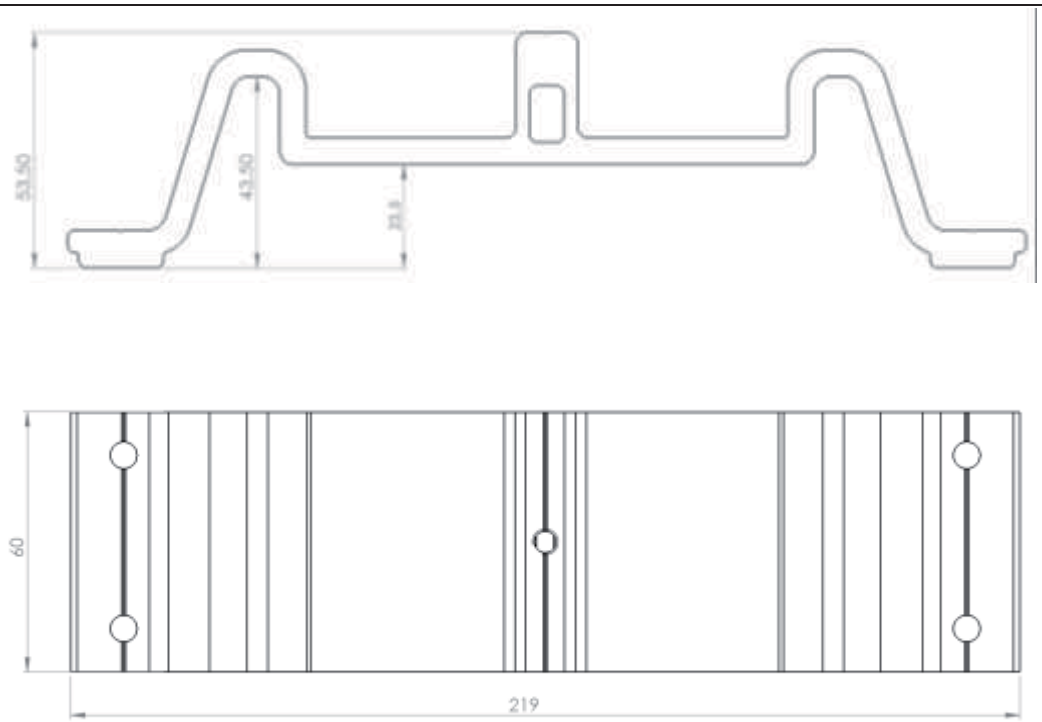
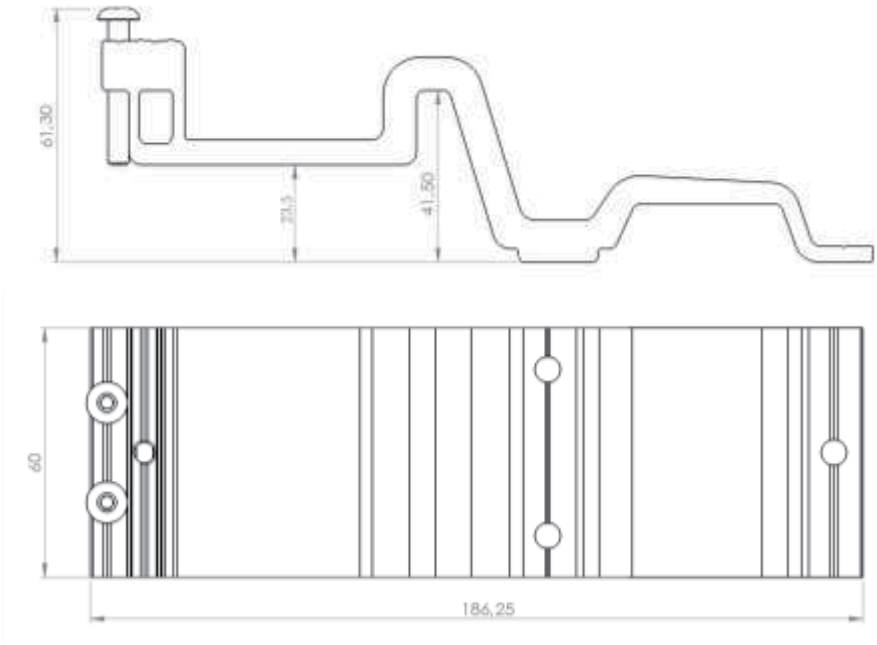


Figure 17 – Frise latérale

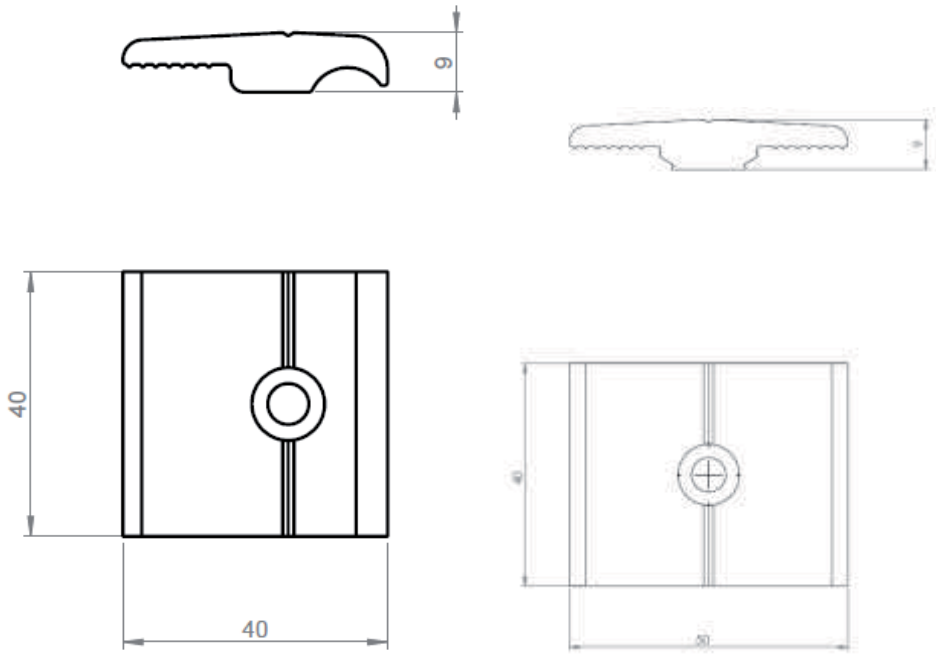


Patte double



Patte simple

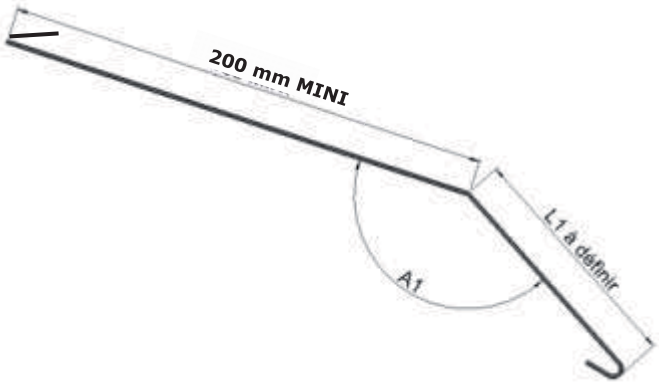
Figure 18 – Pattes Evolution



Bride simple

Bride double

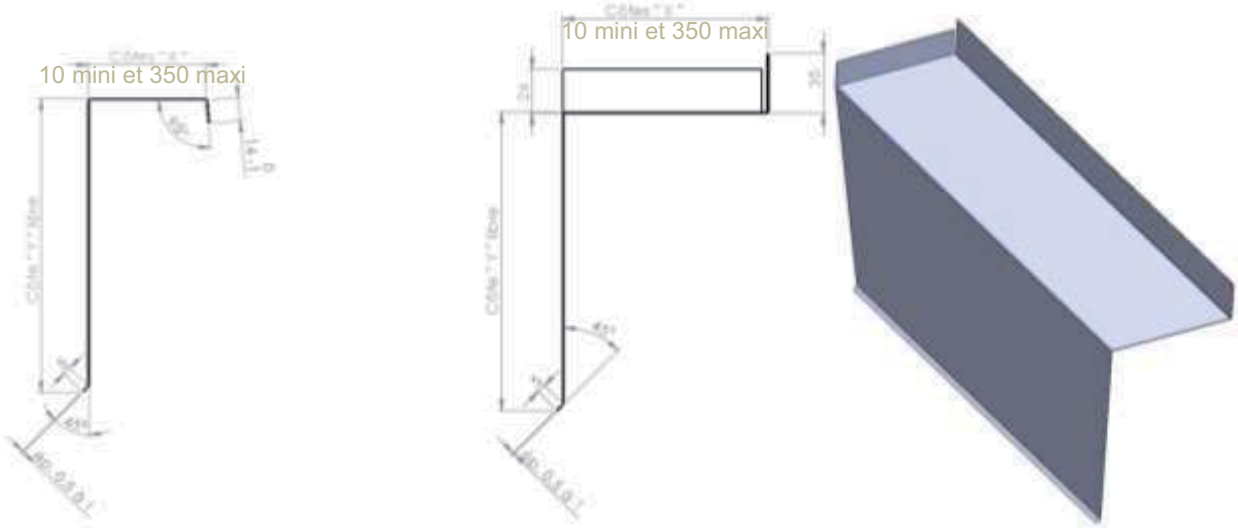
Figure 19 – Brides de fixation Evolution



Angle A1 = 115° + pente de toiture

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

Figure 20 – Larmier pour raccordement à l'égout



tôle de rive

tôle de rive au raccordement supérieur

Figure 21 – Abergement de rive latérale

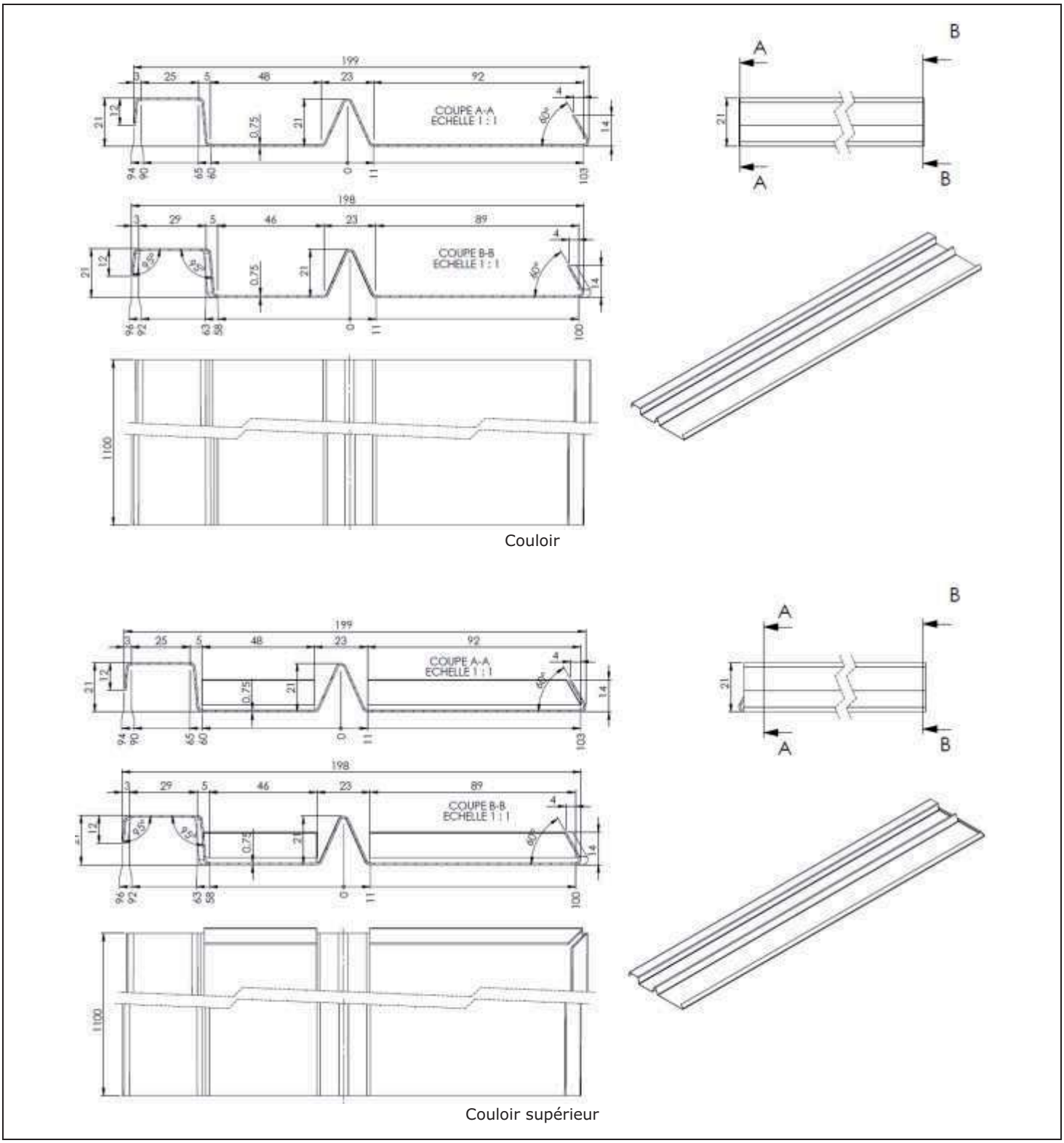
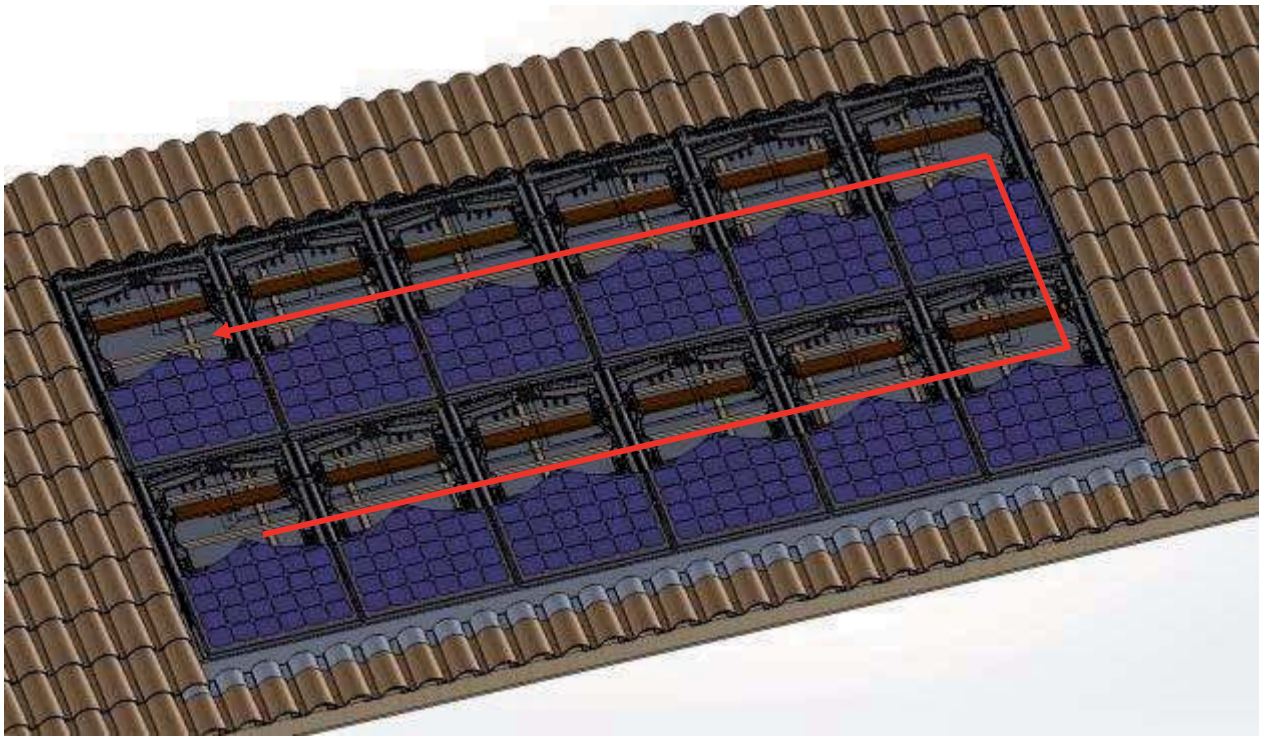


Figure 22 – Abergement latéral métallique (exemple : couloir droit)

Câblage sans faire de boucle.



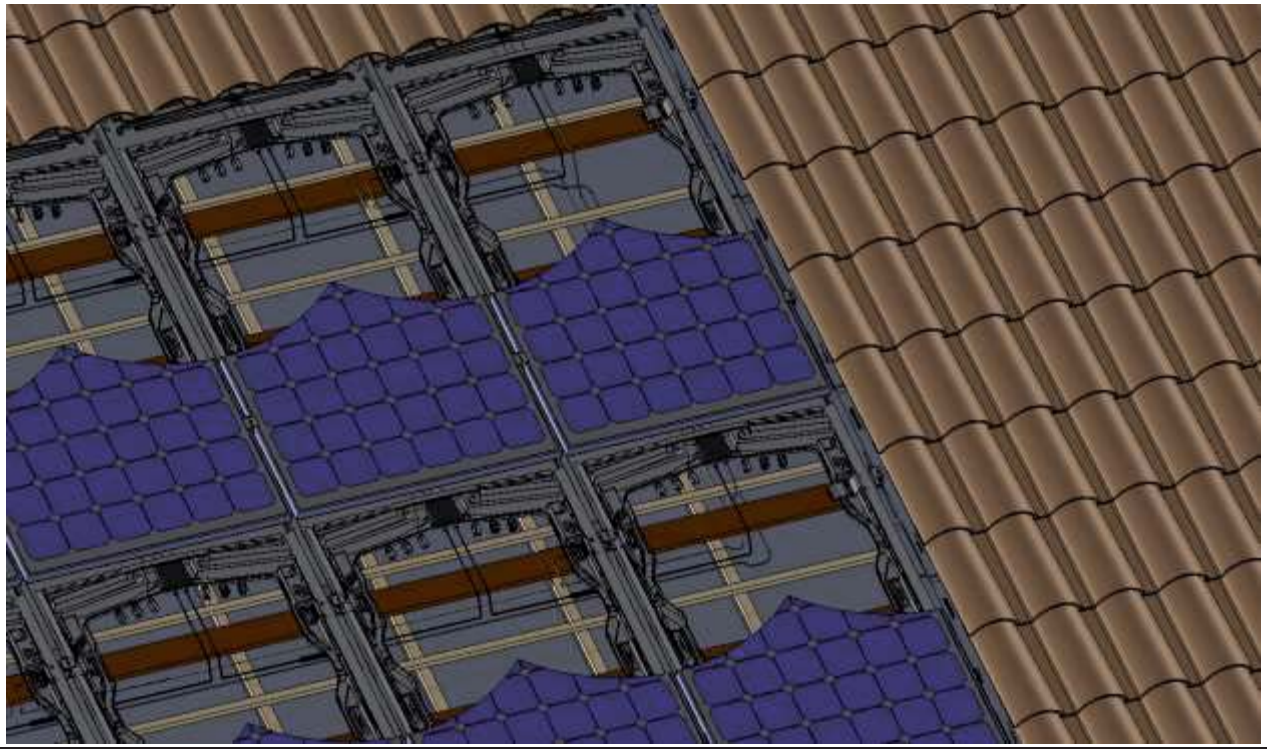


Figure 23 – Principe de câblage

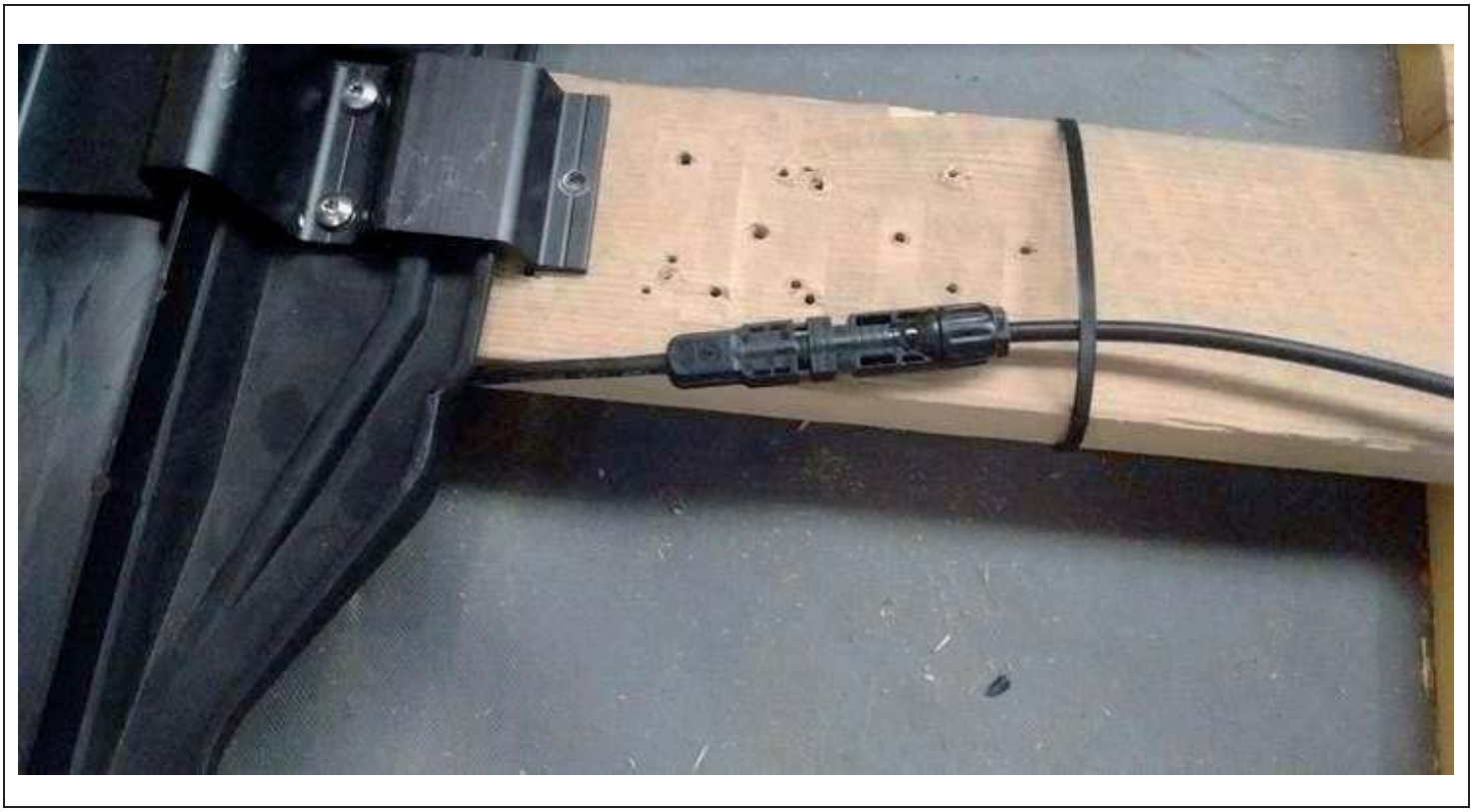


Figure 24 – Cheminement des câbles sous les cadres polymère et leur fixation par collier de câblage

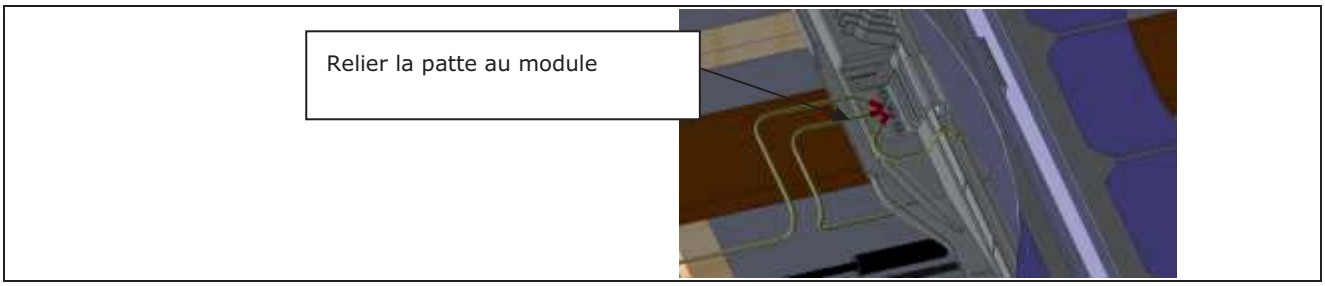
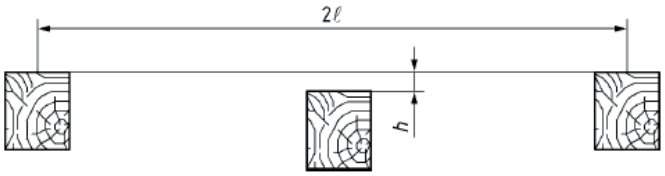


Figure 25 – Liaison équipotentielle des masses



Détermination du défaut de planitude

exemple : l = 900 mm et *h* ≤ 4,5 mm

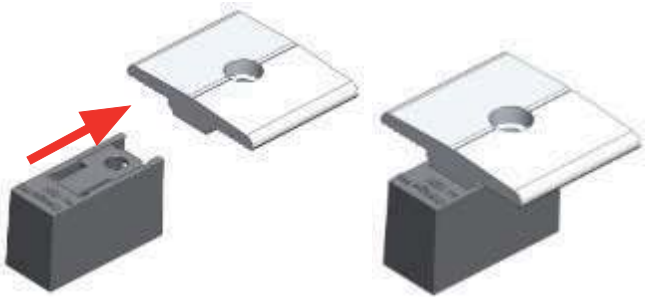
Figure 26 – Contrôle de la planitude

986 ≤ Largeur module PV ≤ 994

995 ≤ Largeur module ≤ 1001

Cales pour version L-1

Cale pour version O-1
(cale B)



pour les modules AUO en version L-1, Viessmann et SolarWatt, choisir la cale 986 ≤ largeur PV≤ 994
pour les modules SolarWorld, choisir la cale 995 ≤ largeur PV≤ 1001
pour les modules AUO en version O-1 et SunPower, choisir la cale B

Figure 27 – Mise en place des cales anti-rotation

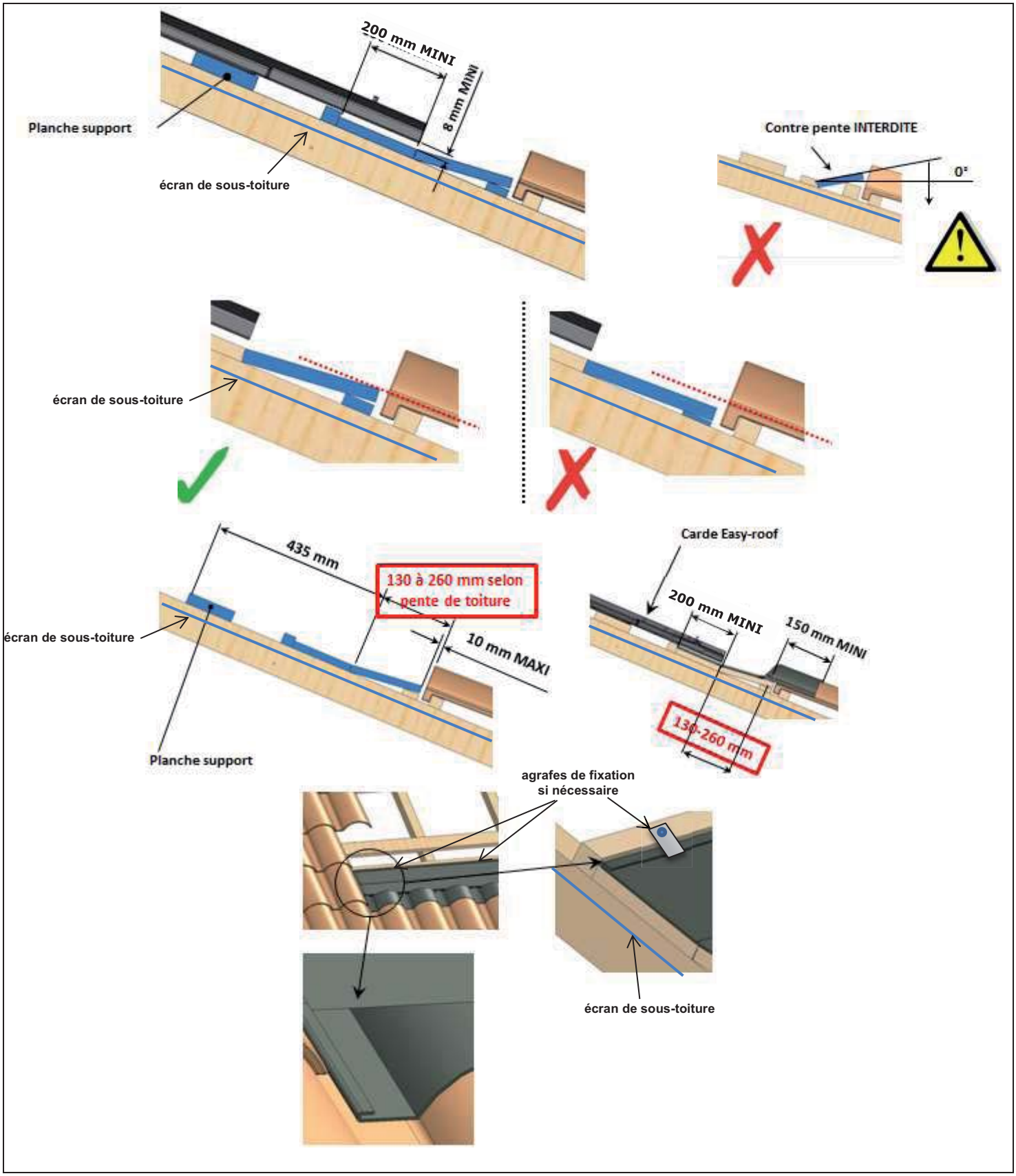
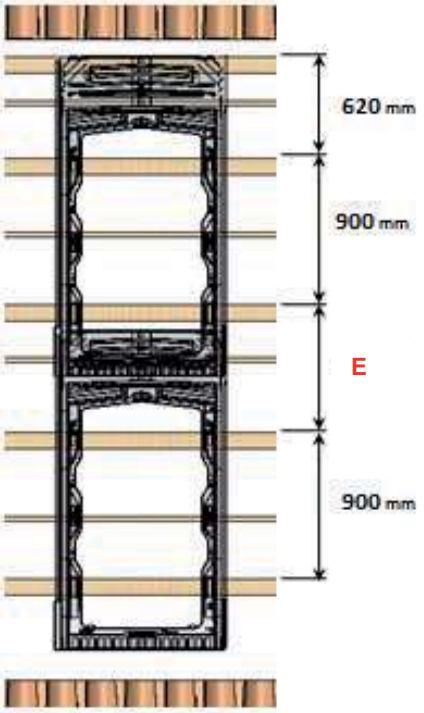
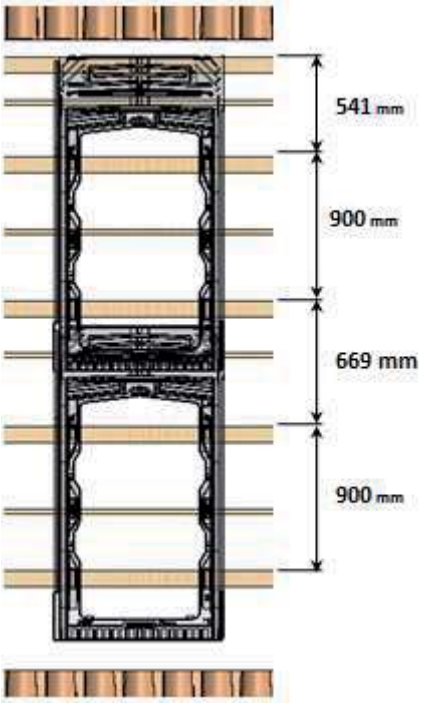


Figure 28 – Pose du bas de champ



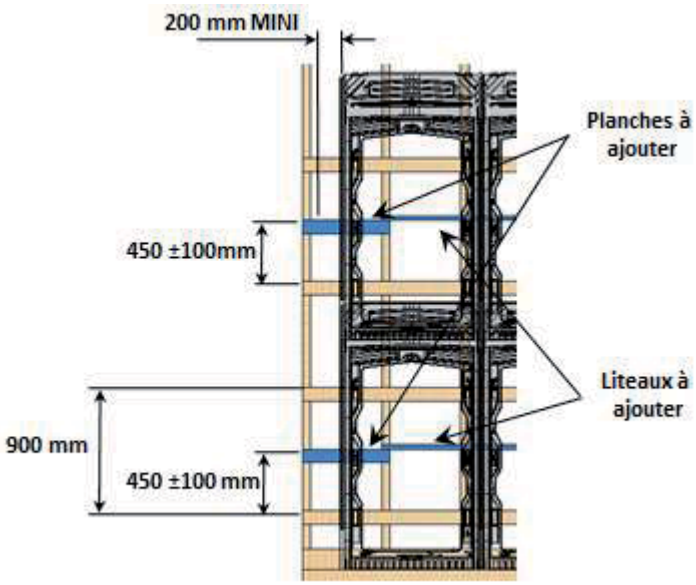
Version L-1



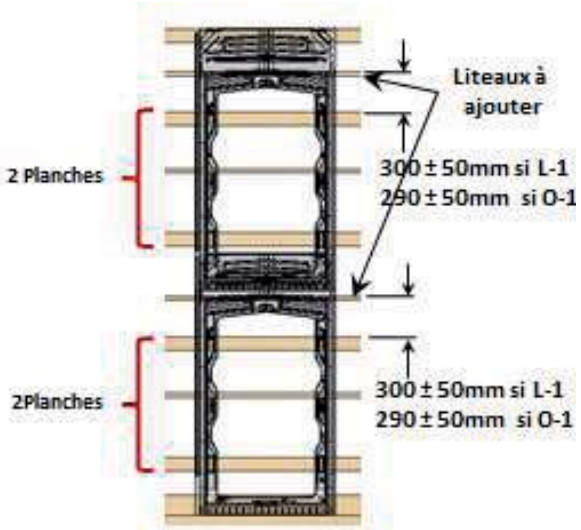
Version O-1

2 vis de fixation par intersection entre planches support et chevrons

	Longueur module (lg)	
plages de lg	≤ 1 645	1 666 ≤ lg ≤ 1 685
Pas vertical du système (mm)	1 655	1 695
Cote E (mm)	755	795

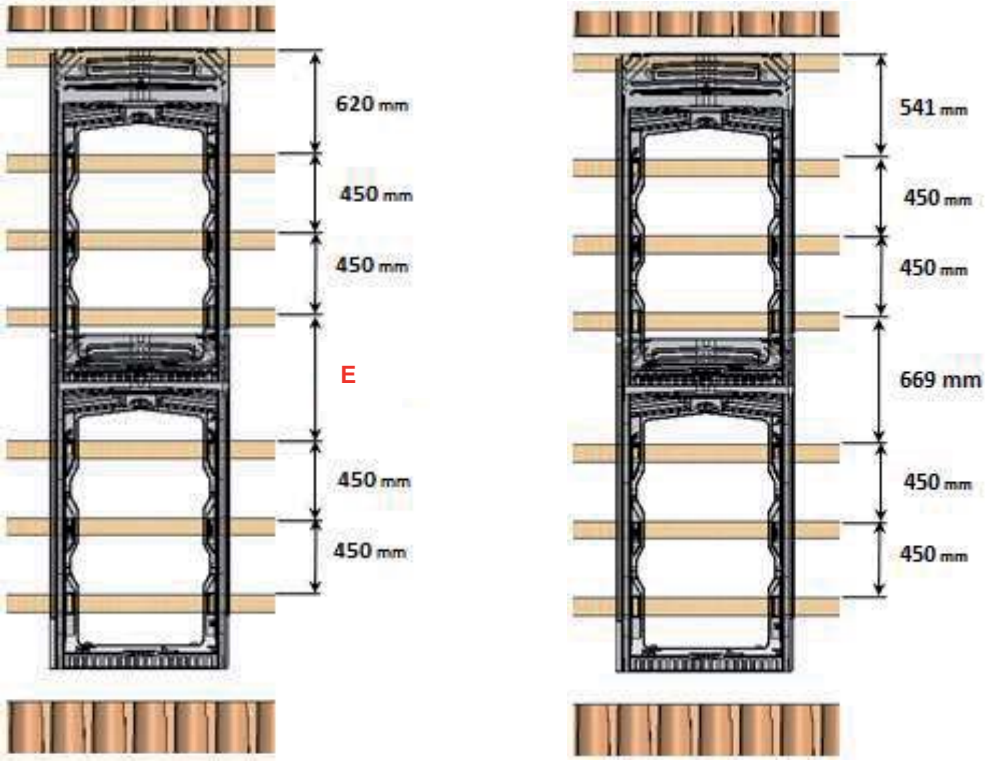


en périphérie du champ, exemple côté gauche



au centre du champ photovoltaïque

Figure 29 – Platelage du champ photovoltaïque avec 4 pattes de fixation par module



Version L-1 Version O-1

2 vis de fixation par intersection entre planches support et chevrons

	Longueur module (lg)	
plages de lg	≤ 1 645	1 666 ≤ lg ≤ 1 685
Pas vertical du système (mm)	1 655	1 695
Cote E (mm)	755	795

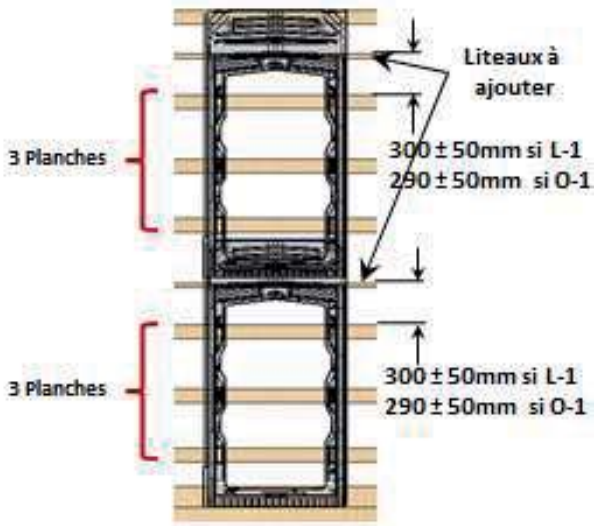


Figure 30 – Platelage du champ photovoltaïque avec 6 pattes de fixation par module

1

40 mm MAXI

Planche support

2

vis de Ø 5 placées dans les orifices indiqués et les mises en appui sur la planche.

NE PAS VISSER CES VIS DANS LA PLANCHE DE REFERENCE.
RETIRER IMPERATIVEMENT LES VIS AVANT LA MISE EN PLACE DES MODULES PV

3

Cadre O-1

Cadre L-1

4

cadre polymère supérieur

pige de montage

bavettes souples des 2 cadres

cadre polymère inférieur

patte de fixation

20 mm

Figure 31 – Pose des cadres Easy-Roof

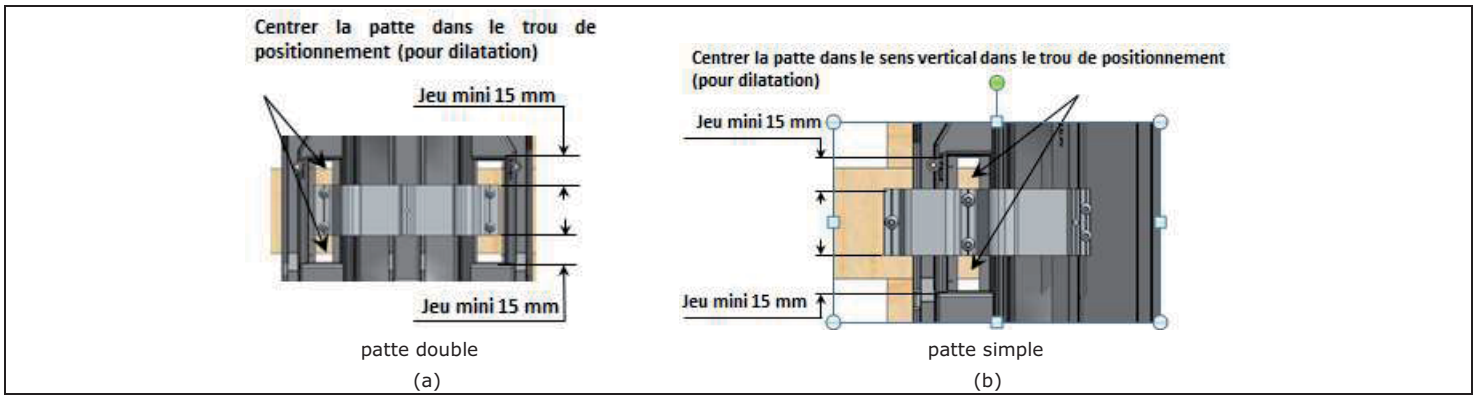


Figure 32 – Fixation des pattes

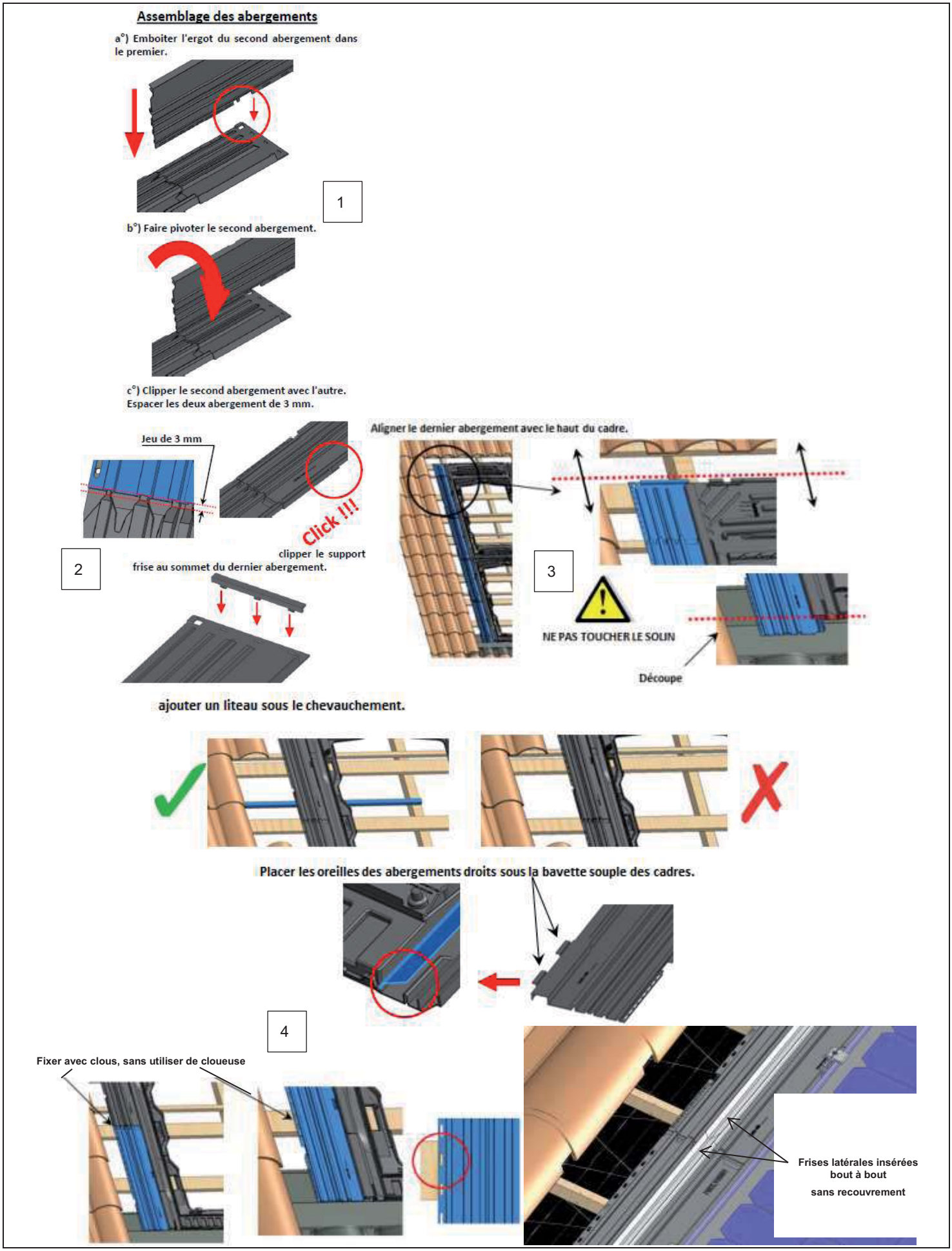
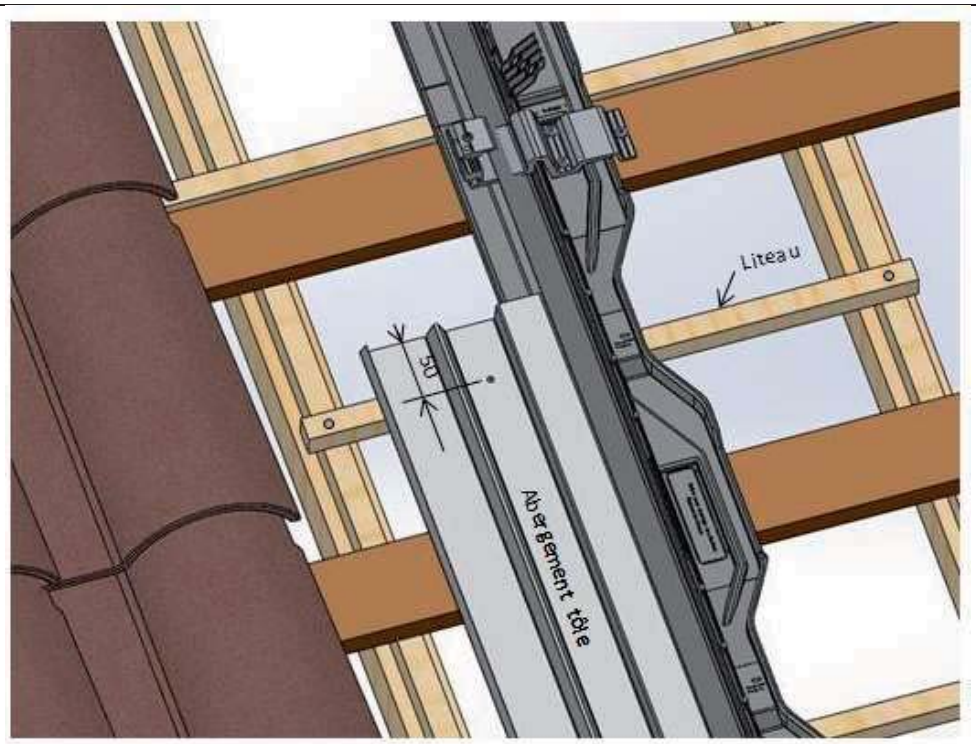
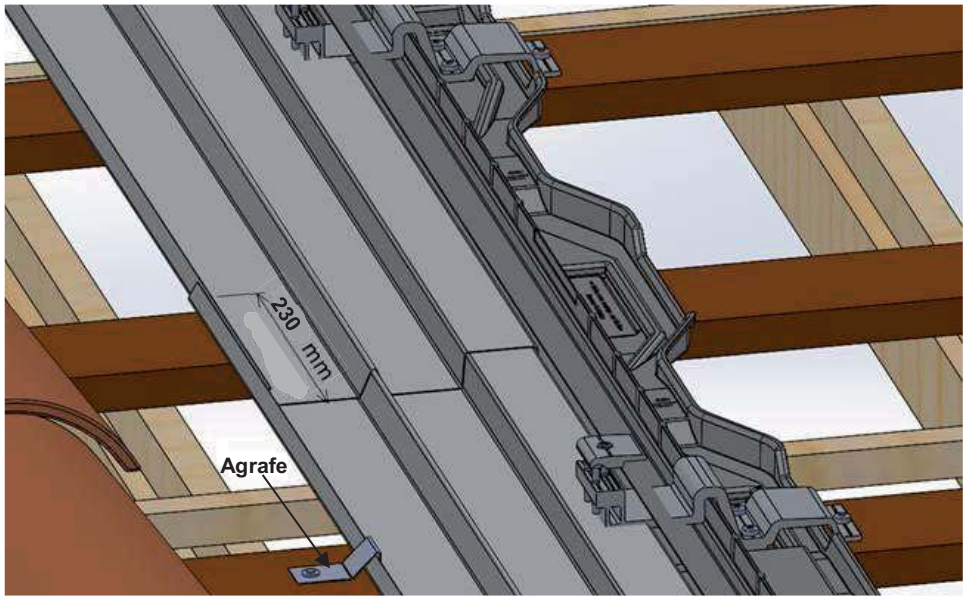


Figure 33 – Pose des abergements latéraux





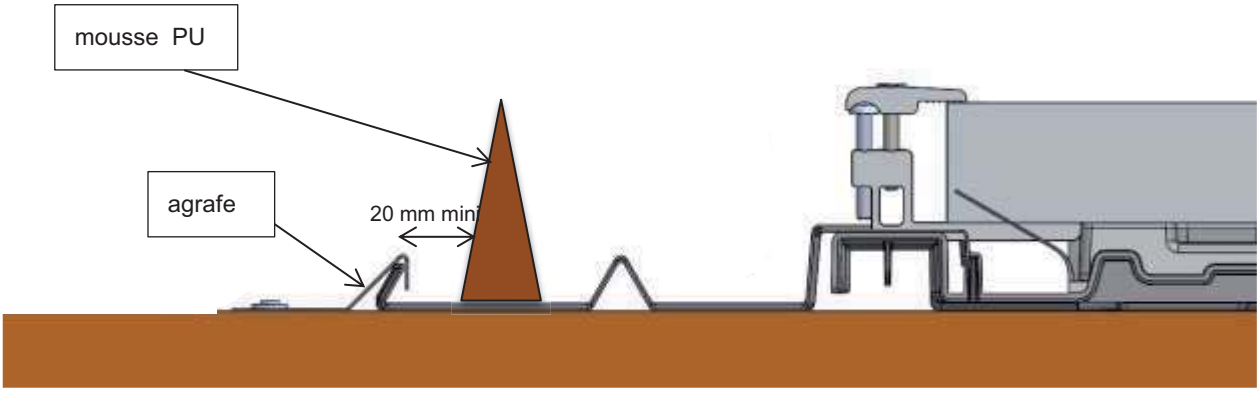
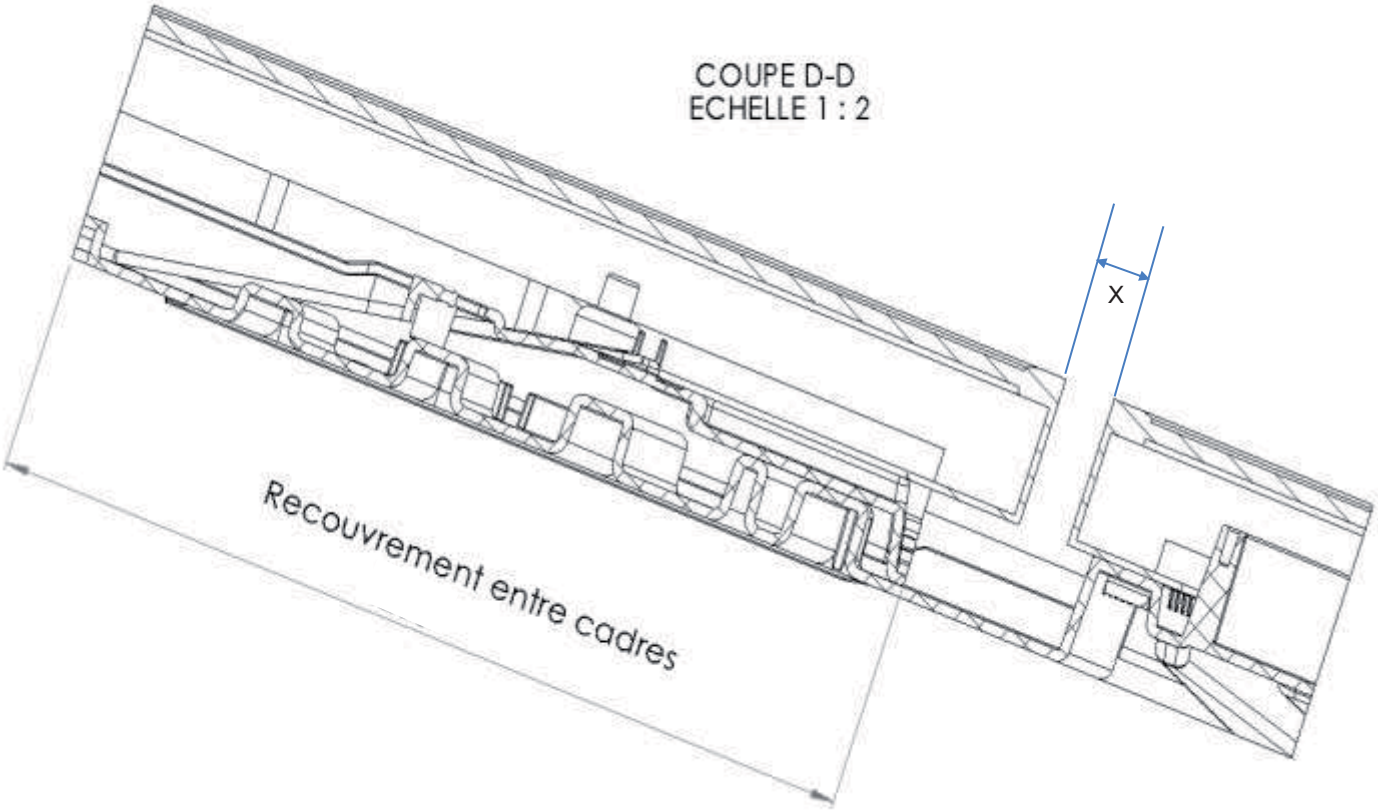


Figure 34 – Pose des abergements latéraux métalliques



	AUO Modules SunPrimo PM060PWx et SunVivo PM060MX2 et VIESSMANN Vitovolt 300	SOLARWATT Modules 60P STYLE	SOLARWORLD Module Sunmodule SW xxx mono	AUO Modules SunForte et Modules SUNPOWER
X = Distance inter modules	15 mm	15 mm	20 mm	11 mm

	Longueur module (lg)		
	L-1		O-1
	≤ 1645	1666 ≤ lg ≤ 1685	1 559
Côte de recouvrement (mm)	301	261	246

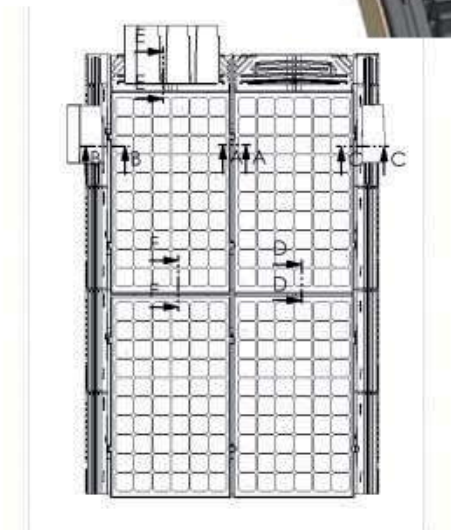


Figure 35 – Vue en coupe longitudinale du procédé en partie courante

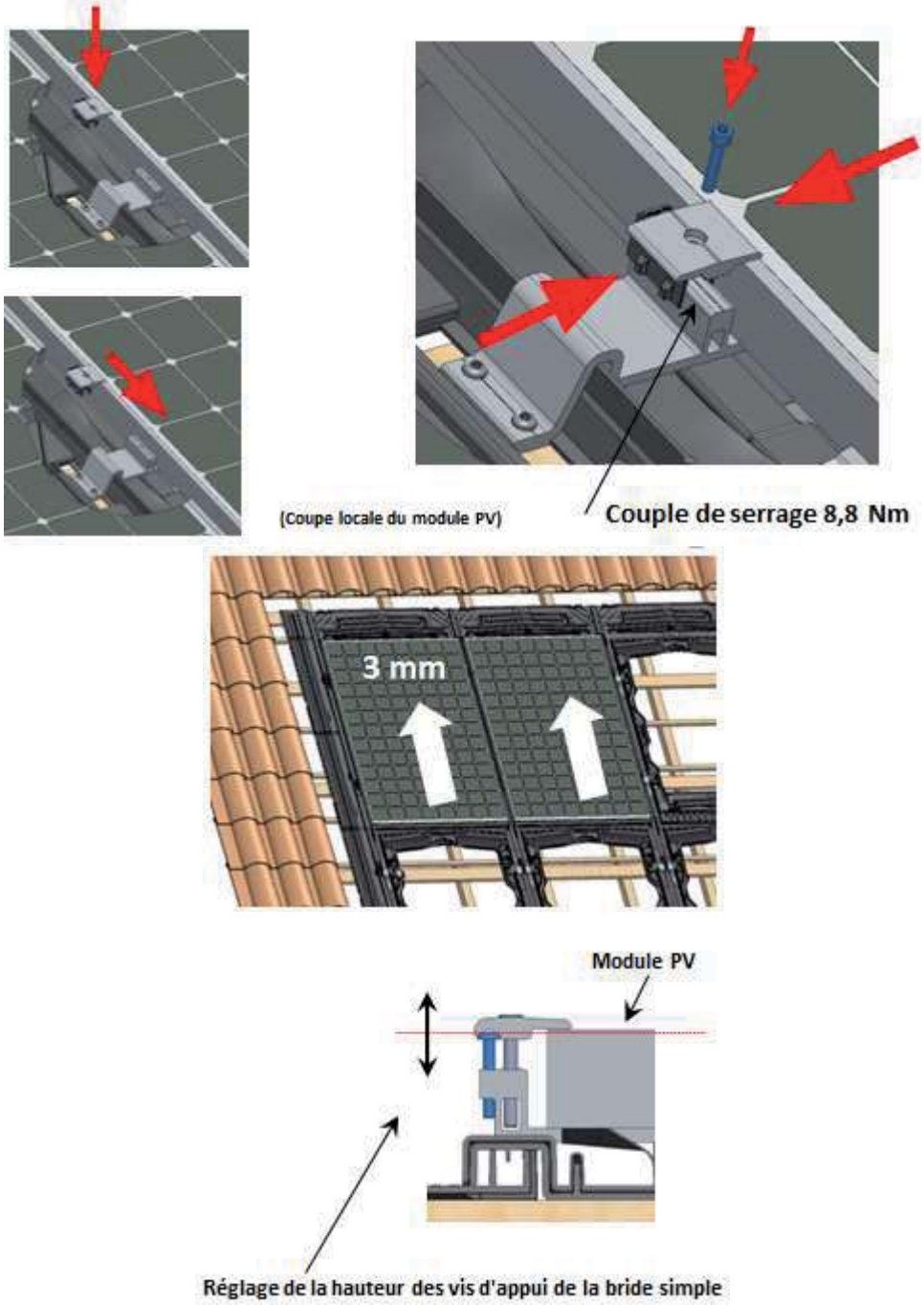
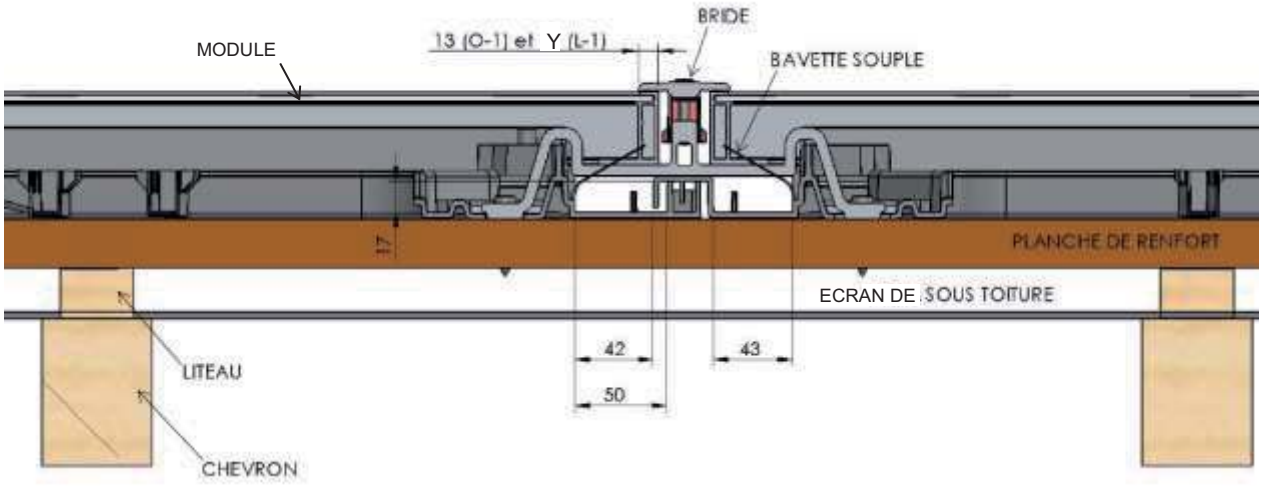


Figure 36 – Pose des modules



	AUO SunPrimo PM060PWx et SunVivo PM060MX2 Viessmann Vitovolt 300	SOLARWATT Modules 60P STYLE	SOLARWORLD Module Sunmodule SW xxx mono
Largeur modules PV (mm)	992	990	1 001
Y : Prise en feuillure (mm) (L-1)	11	10	15,5

Figure 37 – Vue en coupe transversale du procédé en partie courante

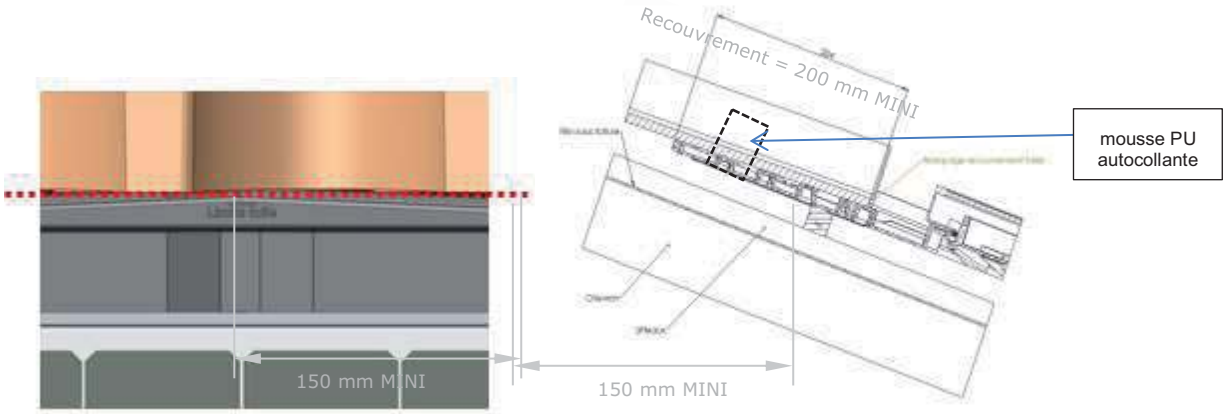


Figure 38 – Mise en place des éléments de couverture en haut de champ

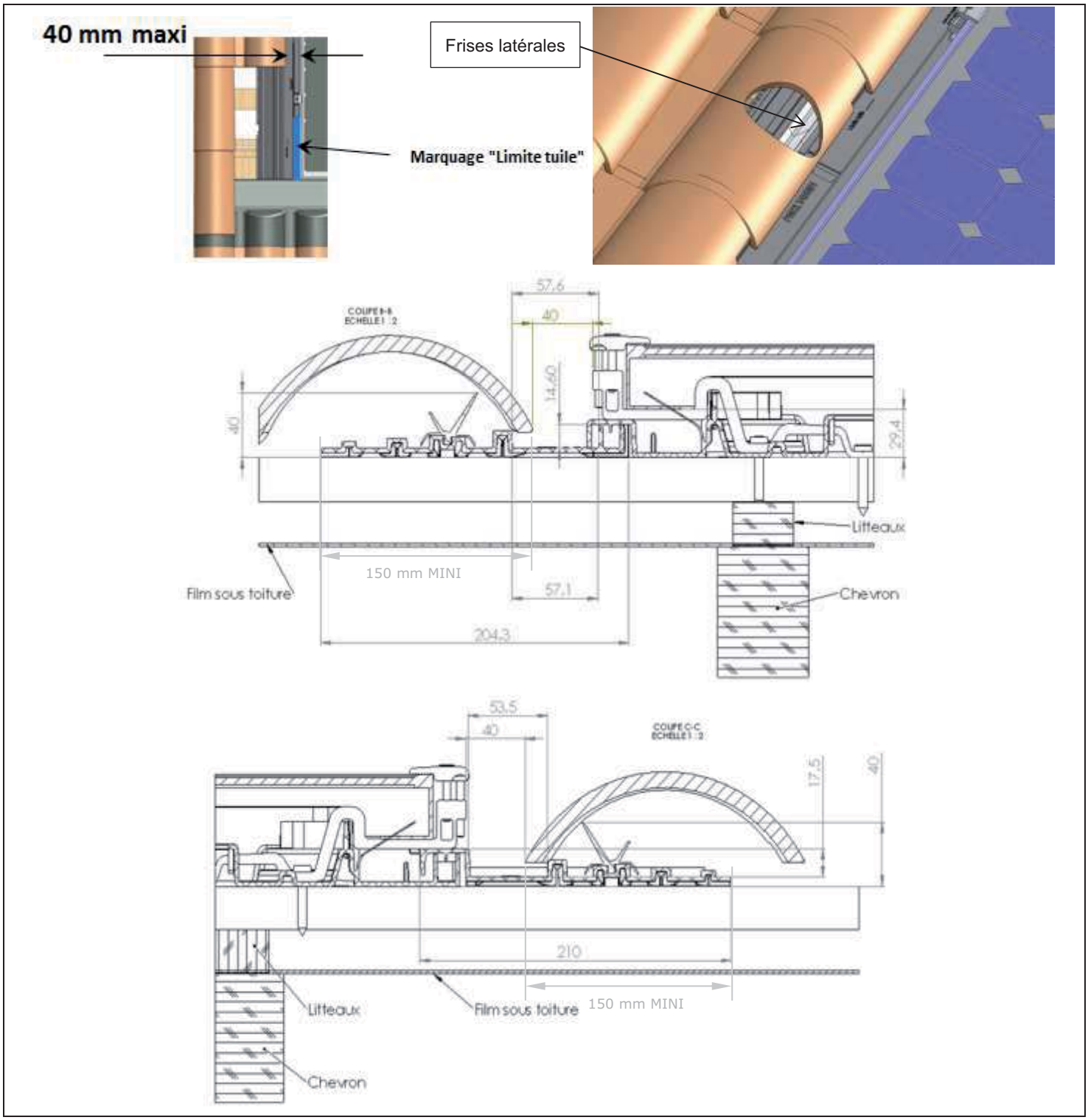


Figure 39 – Mise en place des éléments de couverture sur les abergements latéraux polymère

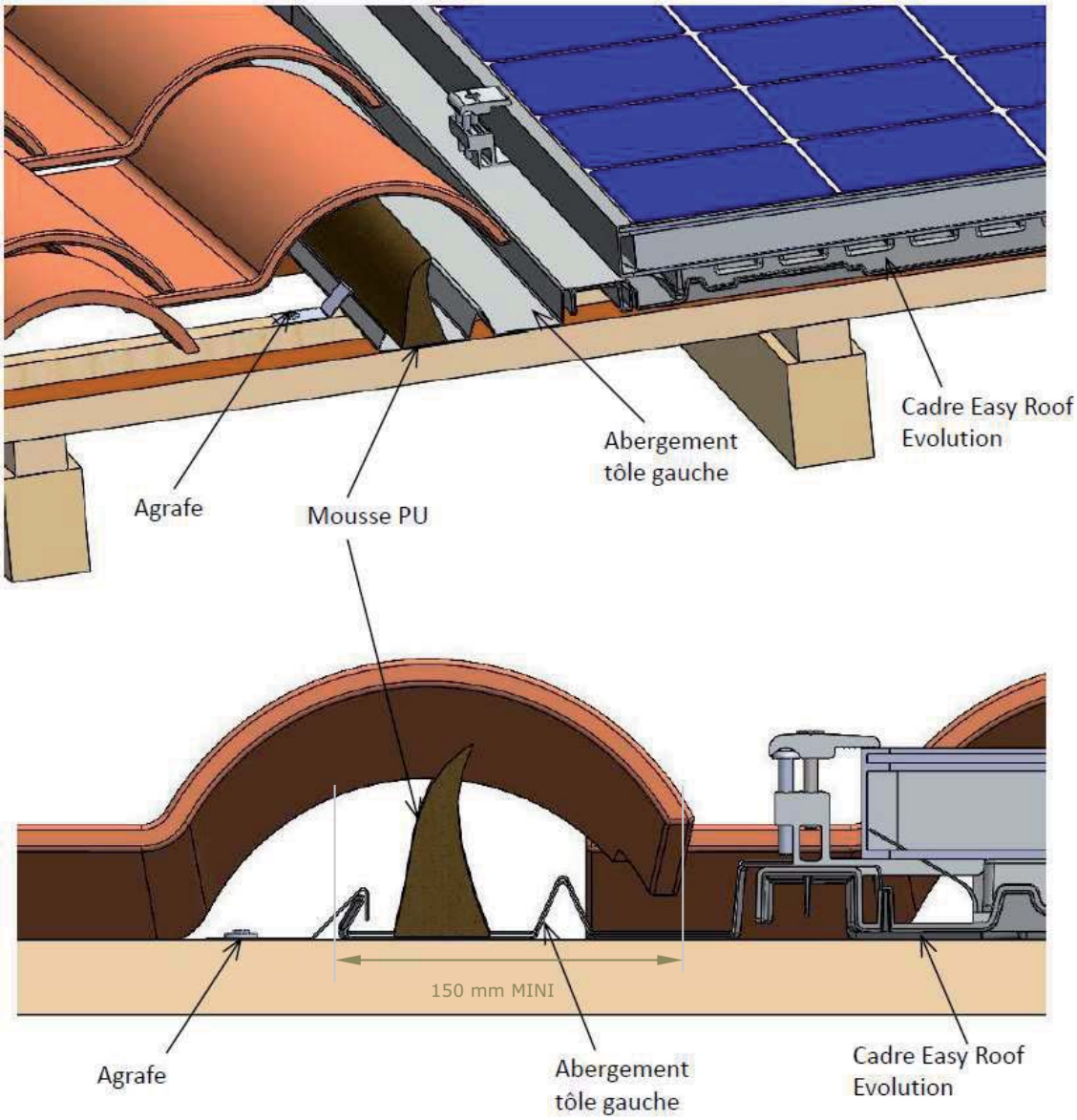


Figure 40 – Mise en place des éléments de couverture sur les abergements latéraux métalliques

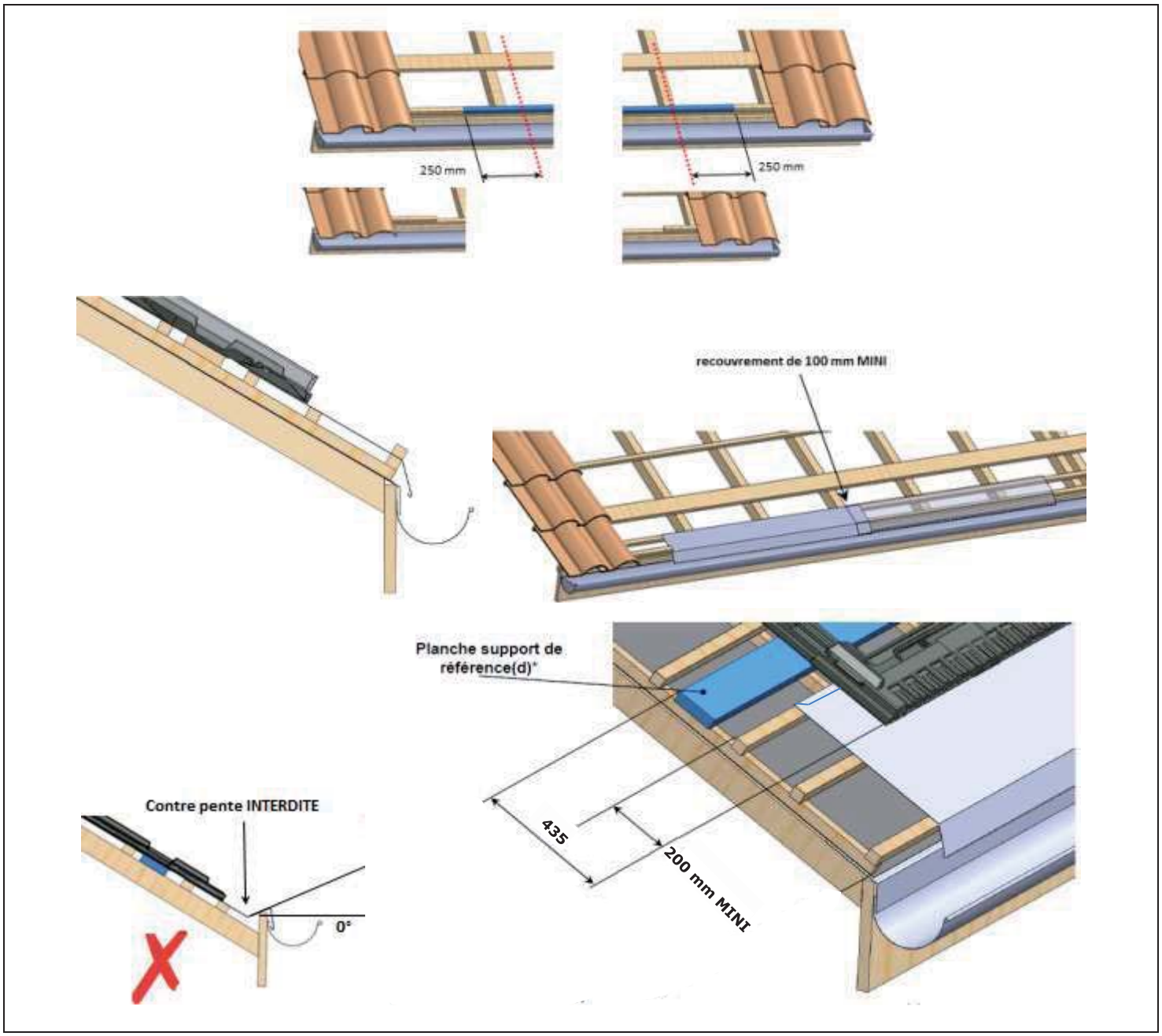
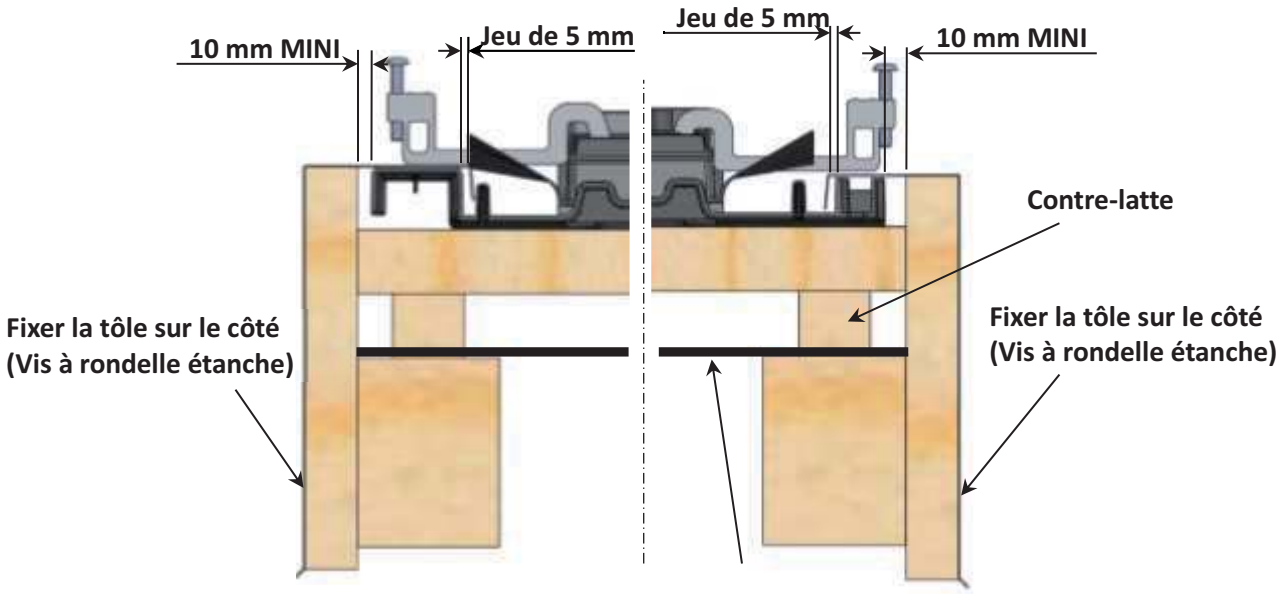
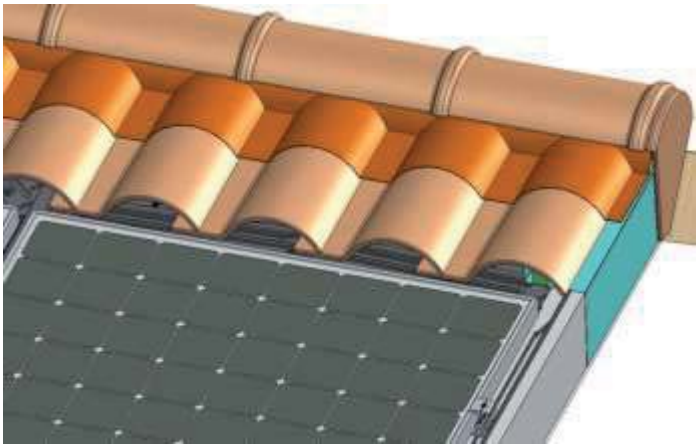
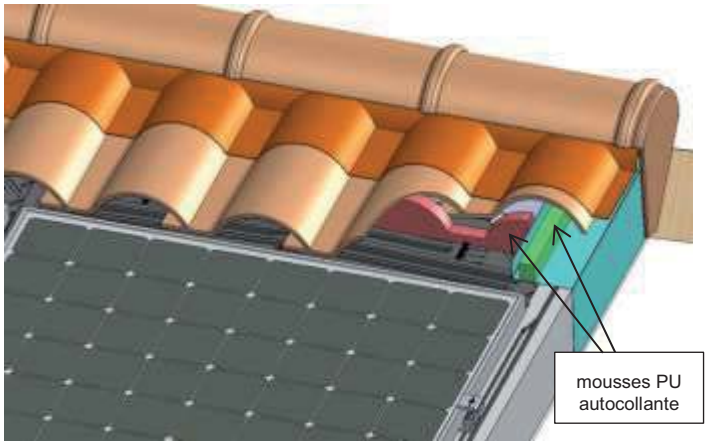


Figure 41 – Pose à l'égout



Vue en coupe transversale





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

Figure 42 – Pose en rive