Avis Technique 21/16-57_V3-E1

Extension de l'Avis Technique 21/16-57_V3

Module photovoltaïque rigide intégré en couverture sans écran métallique en sous-face

Rigid photovoltaic module in roof mounting without under-side metallic shield

Terreal Solution PV First

avec modules :
SunPrimo PM060PW1 de 250 à 270 Wc de AUO
SunVivo PM060MX2 (X=W ou B) de 275 à 310 Wc de AUO
LR6-60PB-xxxM de 280 à 310 Wc de LONGi

Titulaire : GSE INTEGRATION
5 rue Morand
FR – 93400 SAINT-OUEN
Tél. : 01 70 32 08 00
E-mail : td@segroup.fr ; florent.prudhomme@gseintegration.fr
Internet : www.gseintegration.com

Distributeur : TERREAL
15 rue Pages
FR – 92150 SURESNES
Tél. : 01 49 97 20 30
Email : contact@terreal.fr
Internet : www.terreal.com

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Publié le 15 mai 2019

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 2019

Le Groupe Spécialisé n° 21 « Procédés photovoltaïques » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 7 février 2019, la demande présentée par la société GSE INTEGRATION, bénéficiaire de l'Avis Technique 21/16-57_V3 relatif au procédé « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 », de voir étendre cet Avis Technique au même procédé distribué par la société TERREAL sous la dénomination commerciale « Terreal Solution PV First ».

Compte tenu :

- de l'engagement de la société GSE INTEGRATION de ne fournir à la société TERREAL, en vue de la commercialisation sous la dénomination « Terreal Solution PV First » que le procédé « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 » qu'elle fabrique ;
- de l'engagement de la société TERREAL de ne distribuer, sous la dénomination « Terreal Solution PV First », que le procédé « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 » que fabrique et lui fournit la société GSE INTEGRATION ;
- de l'engagement de la société TERREAL de s'assurer que l'installation du procédé et le service après-vente sont pris en charge par des installateurs avertis des particularités de pose de ce procédé *(disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques)*, agréés par la société TERREAL et systématiquement accompagnées par la société TERREAL lors de leur premier chantier.

Le Groupe Spécialisé n° 21 formule, concernant le procédé « Terreal Solution PV First » distribué par la société TERREAL selon le tableau ci-après, le même Avis Technique que celui formulé sous le n° 21/16-57_V3 aux mêmes conditions et pour la même durée.

La société GSE INTEGRATION tient à jour une liste d'entreprises agréées par la société TERREAL.

La société GSE INTEGRATION a formé la société TERREAL à la pose du procédé « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 ». La société GSE INTEGRATION est tenue d'apporter son support en cas d'assistance technique prodiguées par la société TERREAL à une entreprise installant le procédé.

Le procédé « Terreal Solution PV First » est fourni systématiquement avec des micro-onduleurs. Les micro-onduleurs ne font pas partie du procédé évalué. Ces éléments ne sont pas examinés dans le cadre de l'Avis Technique qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les modules photovoltaïques inclus dans le procédé « Terreal Solution PV First » sont :

Fabricants	Dénomination commerciale	Gamme de puissances
AUO	SunPrimo PM060PW1	250 à 270 Wc
AUO	SunVivo PM060MX2 (X=W ou B)	275 à 310 Wc
LONGi	LR6-60PB-xxxM	280 à 310 Wc

Cet Avis Technique sera rendu caduc par simple dénonciation de l'une des parties.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président

Avis Technique 21/16-57_V3

Annule et remplace l'Avis Technique 21/16-57_V2

Module photovoltaïque rigide intégré en couverture sans écran métallique en sous-face

Rigid photovoltaic module in roof mounting without under-side metallic shield

GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1

avec modules :
SunPrimo PM060PW1 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
BMU de 250 à 285 Wc de Bisol
BMO de 280 à 305 Wc de Bisol
Q.PEAK-G4.1 de 300 à 315 Wc de Q CELLS
Q.PEAK BLK-G4.1 de 295 à 310 Wc de Q CELLS
LR6-60PB-xxxM de 280 à 310 Wc de LONGi
Sunmodule Plus SW xxx poly de 250 à 275 Wc de SolarWorld
Sunmodule Plus SW xxx mono yyy (yyy = "Silver", "WOB" ou "Black") de 280 à 300 Wc de SolarWorld
Das Modul Multi Serie FR 60 de 250 à 265 Wc de Soluxtec
Das Modul Mono Serie FR 60 de 275 à 300 Wc de Soluxtec
TSM-PD05 de 255 à 270 Wc de Trina
TSM-DD05A (II) de 270 à 290 Wc de Trina
SPR-E20/X21/X22-xxx(-BLK/COM) de 327 à 360 Wc de SunPower
Vitovolt 300 PxxxOA de 250 à 270 Wc de Viessmann
Vitovolt 300 MxxxOA de 275 à 310 Wc de Viessmann

Titulaire : GSE INTEGRATION
5 rue Morand
FR – 93400 SAINT-OUEN
Tél. : 01 70 32 08 00
E-mail : td@segroup.fr ; florent.prudhomme@gseintegration.fr
Internet : www.gseintegration.com

Distributeurs : Filiales de vente directe du Groupe Solution Energie (*cf. § 10*)
Distributeur principal : SVH ENERGIE
155-159 rue du Docteur Bauer
FR – 93400 SAINT-OUEN
Tél. : 01 70 32 08 00
E-mail : td@segroup.fr ; florent.prudhomme@gseintegration.fr
Internet : www.svhenergie.fr

Groupe Spécialisé n°21

Procédés photovoltaïques

Publié le 15 mai 2019

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 2019

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 7 février 2019, le procédé photovoltaïque « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 », présenté par la société GSE INTEGRATION. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

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 bénéficiant des marques NF « Tuiles de terre cuite » ou NF « Tuiles en béton » suivantes : tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement et à glissement à relief fortement galbées, galbe minimum de 30 mm, tuiles canal et ardoises*).

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 360 Wc, muni(s) d'un cadre en profils 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 6 lignes.

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

Sa dénomination commerciale "GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1" se décline en 2 kits en fonction des éléments de couverture associés :

- "TS-1" destiné aux 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,
- "A-1" destiné aux ardoises,

Le présent Avis Technique concerne uniquement le procédé ayant l'une ou l'autre de ces dénominations complètes.

1.2 Identification

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

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

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi proposé au *§ 1.2* du Dossier Technique.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

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

2.22 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 C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

  Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de – 40 °C à + 90 °C, à l'exception des câbles des modules Soluxtec pour lesquels cette plage va de – 40 °C à + 85 °C, et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

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

  À 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 États Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.

  Les connecteurs électriques 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 en cuivre étamé avec rondelles bimétal pour un raccordement en peigne des cadres de modules 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 PM060PW1	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
Bisol BMU	250 à 285 par pas de 5 Wc
Bisol BMO	280 à 305 par pas de 5 Wc
Q CELLS Q.PEAK-G4.1	300 à 315 par pas de 5 Wc
Q CELLS Q.PEAK BLK-G4.1	295 à 310 par pas de 5 Wc
LONGi LR6-60PB-xxxM	280 à 310 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
Soluxtec Das Modul Multi Serie FR 60	250 à 265 par pas de 5 Wc
Soluxtec Das Modul Mono Serie FR 60	275 à 300 par pas de 5 Wc
SunPower SPR-E20-327(-COM)	327
SunPower SPR-X21-345(-COM)	345
SunPower SPR-X21-350-BLK	350
SunPower SPR-X22-360	360
Trina TSM-PD05	255 à 270 par pas de 5 Wc
Trina TSM-DD05A (II)	270 à 290 par pas de 5 Wc
Viessmann Vitovolt 300 PxxxOA	250 à 270 par pas de 5 Wc
Viessmann Vitovolt 300 MxxxOA	275 à 310 par pas de 5 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 (*au sens des NV65 modifiées*), pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - 1 800 Pa sous charge de neige normale,
  - les valeurs du tableau ci-dessous sous charge de vent normal :
  -

modules photovoltaïques	charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa
AUO/Viessmann	1 587
Bisol	1 648
Q CELLS	1 299
LONGi	1 700
SolarWorld	1 300
Soluxtec	1 619
SunPower	1 330
Trina	1 693
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179	

- 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 650 mm,
  - épaisseur minimale de liteaux de 27 mm,
- de la fixation de l'installation photovoltaïque uniquement sur des lattes neuves répondant aux préconisations du Dossier Technique.

Sécurité en cas de séisme

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

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

Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique *(avec notamment la limitation à 6 lignes de modules)* et les retours d'expérience sur ce procédé permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Risques de condensation

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante grâce à l'utilisation d'un écran de sous-toiture sur tout le pan de toiture accueillant le champ photovoltaïque et débouchant à l'égout.

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 plaques 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 « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-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.

Les cales présentes sous chaque étrier du procédé permettent de limiter un éventuel fluage du polymère soumis à des contraintes permanentes.

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 effectuée par des entreprises averties des particularités de pose de ce procédé *(disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques)* et systématiquement accompagnées par la société GSE INTEGRATION 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.

La mise en œuvre du procédé nécessite un autocontrôle de la pose des cales sous chaque étrier du procédé conformément aux préconisations du dossier technique (cf § 8.531).

2.3 Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

Les entreprises de mise en œuvre doivent bénéficier d'une qualification ou certification professionnelle délivrée par un organisme accrédité par le Cofrac ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. Cette qualification ou certification professionnelle doit correspondre aux types de travaux effectués, à la puissance de l'installation et, pour des projets relevant de l'obligation d'achat, respecter les critères fixés par l'arrêté tarifaire correspondant.

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.

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose de sensibiliser le maître d'ouvrage à la nécessité d'une reconnaissance préalable de la toiture afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, la présence ou non d'un écran de sous-toiture en bon état et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

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 sens des NV65 modifiées*), 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.

L'installateur recommandera de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-1:2017.

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 aux bons de commandes.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations.

2.322 Installation électrique

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

2.323 Mise en œuvre

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

La planéité des lattes support (voir *§ 8.522*) 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 sous certification conforme aux préconisations du Dossier Technique (§ 3.1 : *sous certification « QB » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1*). Il doit être mis en œuvre jusqu'à l'égout conformément aux dispositions définies dans le 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 formés aux particularités du procédé et aux techniques de pose. Les lattes support du procédé et les liteaux ajoutés doivent être des lattes neuves et liteaux neufs répondant aux préconisations les concernant (*lattes non fournies, voir § 3.2 du Dossier technique*).

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 GSE INTEGRATION 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

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31/07/2019.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La version consolidée V3 tient compte de :

- la mention du distributeur SVH ENERGIE,
- l'introduction de modules photovoltaïques verre/polymère des fabricants Hanwha-Q CELLS et LONGi suivants :
  - modules de la société Hanwha-Q CELLS (Q CELLS), de dénomination commerciales et de puissances suivantes :
    - Q.PEAK-G4.1 de puissance allant de 300 à 315 Wc par pas de 5 Wc,
    - Q.PEAK BLK-G4.1 de puissance allant de 295 à 310 Wc par pas de 5 Wc,
  - modules de la société LONGi de dénominations commerciales LR6-60PB-xxxM de puissance xxx allant de 280 à 310 Wc par pas de 5 Wc.

La version consolidée V2 tient compte de :

- l'introduction de modules photovoltaïques verre/polymère des fabricants AUO, Bisol, SunPower et Viessmann avec les dénominations commerciales et puissances suivantes :
  - modules de la société AU Optronics Corporation (AUO), de dénominations commerciales et de puissances suivantes :
    - AUO SunPrimo PM060PW1, de puissance allant de 250 à 270 Wc par pas de 5 Wc,
    - AUO SunVivo PM060MX2 avec X=W ou B, de puissance allant de 275 à 310 par pas de 5 Wc,
    - AUO SunForte PM096B00 de puissance 325, 327, 330, 333 ou 335 Wc,
  - modules de la société Bisol de dénomination BMU, de puissance allant de 250 à 285 Wc par pas de 5 Wc, et BMO, de puissance allant de 280 à 305 Wc par pas de 5 Wc,
  - modules de la société SunPower de dénominations commerciales "SPR-E20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" (où xxx représente la puissance nominale des modules de valeur 327, 345, 350 ou 360 Wc),
  - modules de la société Viessmann de dénomination Vitovolt 300 PxxxOA, de puissance allant de 250 à 270 Wc par pas de 5 Wc et Vitovolt 300 MxxxOA, de puissance allant de 275 à 310 Wc par pas de 5 Wc.
- la suppression de la mise en œuvre à 4 étriers par module,
- l'introduction d'une mise en œuvre en association avec des ardoises, caractérisée par la mise en œuvre de noquets,
- la modification de la dénomination commerciale du procédé photovoltaïque afin de prendre en compte ce kit de mise en œuvre,

- la modification du domaine d'emploi afin de prendre en compte les mises en œuvre précédentes,
- Le changement de nom de la société titulaire qui passe de SVH ENERGIE à GSE INTEGRATION.

La version consolidée V1 tient compte de :

- l'introduction de modules photovoltaïques verre/polymère des fabricants SolarWorld, Soluxtec et Trina avec les dénominations commerciales et puissances suivantes :
  - modules de la société SolarWorld de dénomination Sunmodule Plus SW xxx mono yyy, de puissance xxx allant de 280 à 300 Wc par pas de 10 Wc,
  - modules de la société Soluxtec de dénomination Das Modul Multi Serie FR 60, de puissance allant de 250 à 265 Wc par pas de 5 Wc, et Das Modul Mono Serie FR 60, de puissance allant de 275 à 300 Wc par pas de 5 Wc,
  - modules de la société Trina de dénomination TSM-PD05, de puissance allant de 255 à 270 Wc par pas de 5 Wc, et TSM-DD05A (II), de puissance allant de 270 à 290 Wc par pas de 5 Wc,
- l'introduction d'une mise en œuvre à 4 étriers selon les modules.

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 sens des NV65 modifiées*), 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 § 8.51*),
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Comme pour l'ensemble des procédés comportant des modules photovoltaïques verriers, la pose des modules n'est pas prévue dans les zones de toiture avec accumulation de neige au sens des NV 65 modifiées.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur la dilatation spécifique des éléments en polymère, et que, de ce fait, les consignes de mise en œuvre doivent être respectées afin de limiter une éventuelle dégradation des plaques polymères lors des mouvements de dilatation et de retrait.

Le Groupe Spécialisé souhaite préciser que le présent Avis Technique concerne uniquement le procédé GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 se déclinant en 2 kits possibles, ayant chacun un domaine d'emploi spécifique, et ayant pour dénominations complètes respectives, à l'exclusion de toute autre :

- "GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1" destiné aux 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,
- "GSE Intégration "In Roof System" V. A-1" destiné aux ardoises.

Le Groupe Spécialisé souhaite préciser que l'installateur se doit d'utiliser les éléments fournis par la société GSE INTEGRATION (cf. § 2 du DTED, notamment la visserie de marque Capinox de l'ensemble « Fixation » et les abergements supérieurs et latéraux) et se doit d'effectuer des autocontrôles :

- des prépercements préconisés dans la mise en œuvre du procédé,
- et de la présence sous chaque étrier d'une cale en bois (*sous étrier double*) ou en polypropylène (*sous étrier simple*).

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 bénéficiant des marques NF « Tuiles de terre cuite » ou NF « Tuiles en béton » suivantes : tuiles de terre cuite ou en béton à emboîtement et à glissement à relief fortement galbées, galbe minimum de 30 mm, tuiles canal et ardoises*).

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 360 Wc, muni(s) d'un cadre en profils 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 6 lignes.

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

Sa dénomination commerciale "GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1" se décline en 2 kits en fonction des éléments de couverture associés :

- "TS-1" destiné aux 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,
- "A-1" destiné aux ardoises.

Le présent Avis Technique concerne uniquement le procédé ayant l'une ou l'autre de ces dénominations complètes.

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France métropolitaine :
  - 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,
  - pour le kit TS-1, exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture (*couvertures tuiles conformes aux DTU 40.21, 40.22 et 40.24*) dont le galbe est supérieur ou égal à 30 mm,

    pour le kit A-1, exclusivement sur charpente bois (*chevrons bois et liteaux*) en remplacement de petits éléments de couverture (*couvertures ardoises conformes aux DTU 40.11 et 40.13*).

    Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU de la série 40.1 ou 40.2 concerné(s) *(notamment pour la pente, la longueur de rampant et la présence ou non d'un écran de sous-toiture).*

    Les tuiles associées doivent bénéficier des marques NF « Tuiles de terre cuite » ou NF « Tuiles en béton »,
  - au-dessus d'un écran de sous-toiture.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe maximum entre chevrons de 650 mm,
  - une épaisseur minimale des liteaux de 27 mm,
  - une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre les valeurs suivantes, selon les tuiles ou ardoises associées (*dans la limite du respect des pentes minimales imposées par les DTU de la série 40.1 ou 40.2 concerné(s)*) :

éléments de couverture associés	pente mini	pente maxi
tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief	30 % (17 °)	100 % (45 °)
tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal	29 % (16 °)	
tuiles canal	24 % (13,5 °)	
ardoises	25 % (14 °)	

- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "portrait",
  - uniquement dans des champs photovoltaïques comportant au maximum six lignes de modules parallèlement à l'égout,
  - en respectant la pose d'un seul champ photovoltaïque par pan de toiture,
  - uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire *(sans angle rentrant)*,
  - en toiture partielle. Un rang minimum d'éléments de couverture doit toujours être conservé au niveau du faîtage, des rives de toiture et à l'égout pour permettre un raccordement du champ photovoltaïque aux éléments de couverture,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques :
    - □ sous neige normale (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 1 800 Pa,
    - □ sous vent normal *(selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas les valeurs du tableau ci-dessous :

modules photovoltaïques	charge maximum sous vent normal (*selon NV 65 modifiées*) * en Pa
AUO/Viessmann	1 587
Bisol	1 648
Q CELLS	1 299
LONGi	1 700
SolarWorld	1 300
Soluxtec	1 619
SunPower	1 330
Trina	1 693
* : les valeurs ont été déterminées par les résultats des essais selon la norme NF EN 12179	

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

2. Éléments constitutifs

2.1 Généralités

Le procédé photovoltaïque « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 » *(*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 GSE INTEGRATION ou par les distributeurs liés au présent Avis Technique.

2.2 Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques peuvent provenir de neuf fabricants différents : AUO, Bisol, Hanwha-Q CELLS, LONGi, SolarWorld, Soluxtec, SunPower, Trina ou Viessmann.

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

- AUO SunPrimo PM060PW1 et AUO SunVivo PM060MX2 (*X=W ou B selon la couleur blanche ou noire respectivement du polymère arrière*) de puissance crête allant de 250 à 310 Wc par pas successif de 5 Wc,
- AUO SunForte PM096B00 de puissance crête de 325, 327, 330, 333 ou 335 Wc).

Pour les modules photovoltaïques Bisol (Figure 5), la dénomination commerciale est BMU, de puissance allant de 250 à 285 Wc par pas de 5 Wc, et BMO, de puissance allant de 280 à 305 Wc par pas de 5 Wc.

Pour les modules photovoltaïques fabriqués par la société Hanwha-Q CELLS (Q CELLS) (voir *Figure 6*), la dénomination commerciale est :

- Q.PEAK-G4.1 de puissance crête allant de 300 à 315 Wc par pas successifs de 5 Wc,
- Q.PEAK BLK-G4.1 de puissance crête allant de 295 à 310 Wc par pas successifs de 5 Wc.

Pour les modules photovoltaïques fabriqués par la société LONGi (voir *Figure 8*), la dénomination commerciale est LR6-60PB-xxxM de puissance crête xxx allant de 280 à 310 Wc par pas successifs de 5 Wc.

Pour les modules photovoltaïques SolarWorld *(*Figure 9 *et* Figure 10*)*, 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.

Pour les modules photovoltaïques Soluxtec (Figure 12), la dénomination commerciale est :

- Das Modul Multi Serie FR 60 de puissance crête allant de 250 à 265 Wc par pas successif de 5 Wc,
- Das Modul Mono Serie FR 60 de puissance crête allant de 275 à 300 Wc par pas successif de 5 Wc.

Pour les modules photovoltaïques SunPower *(*Figure 13*)*, la dénomination commerciale est "SPR-E20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" où xxx représente la puissance nominale des modules de valeur 327, 345, 350 ou 360 Wc.

Pour les modules photovoltaïques Trina *(*Figure 15*)*, la dénomination commerciale est :

- TSM-PD05, de puissance allant de 255 à 270 Wc par pas successifs de 5 Wc,
- TSM-DD05A (II), de puissance allant de 270 à 290 Wc par pas successifs de 5 Wc.

Pour les modules photovoltaïques Viessmann (Figure 16), 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 PM060PW1 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 310 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.

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

2.21 Film polymère

- Modules AUO et Viessmann :
  - Composition : à base d'un film fluoré, de PET (*polyéthylène téréphtalate*) et d'un film de polyéthylène,
  - Épaisseur : (0,32 ± 0,03) mm.
- Modules Bisol :
  - Composition : à base d'un film de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) et d'un primaire blanc, noir ou transparent,
  - Épaisseur : (0,310 ± 0,015) mm.
- Modules Q CELLS :
  - Composition : à base de PE (*Polyéthylène*) et PET,
  - Épaisseur : (0,216 ± 0,043) mm.
- Modules LONGi :
  - Composition : à base de PVDF (*Polyfluorure de vinylidène)* et PET,
  - Épaisseur : (0,390 ± 0,039) mm.
- Modules SolarWorld :
  - Composition : à base de deux films de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) avec traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante, blanc ou noir,
  - Épaisseur : (0,295 ± 0,015) mm.
- Modules Soluxtec :
  - Plusieurs compositions sont possibles, de couleur blanc ou noir : à base de films de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) avec traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante, à base de PET et d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate)* ou à base de multicouche polymère,
  - Épaisseurs : (0,295 ± 0,020) mm, (0,249 ± 0,025) mm ou (0,305 ± 0,030) mm.
- Modules SunPower :
  - Composition : à base PET (*Polyéthylène téréphtalate*) et/ou de Fluoropolymère et/ou EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*),
  - Épaisseur : (0,200 à 0,370 ± 0,042) mm.
- Modules Trina :
  - Composition : à base de PET (*Polyéthylène téréphtalate*), d'un film fluoré et de PVDF (*Polyfluorure de vinylidène)*,
  - Épaisseur : (0,300 ± 0,015) mm.

2.22 Cellules photovoltaïques

- Modules AUO SunPrimo PM060PW1, AUO SunVivo PM060MX2 et Viessmann Vitovolt 300 :

  Les cellules de silicium possèdent les caractéristiques suivantes :

Modules	AUO SunPrimo PM060PW1 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)	

  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 PM060PW1) ou 1,6 mm mini (SunVivo PM060MX2),
  - distance minimale au bord : 20 mm mini (SunPrimo PM060PW1) ou 13,75 mm mini (SunVivo PM060MX2).
- Modules AUO SunForte PM096B00 :

  Seul un type de cellules silicium peut être utilisé ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :
  - Technologie des cellules : monocristalline,
  - Dimensions : (125 ± 0,2) x (125 ± 0,2) mm.

  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 Bisol :

  Les cellules silicium possèdent les caractéristiques suivantes :
  - Technologie des cellules : polycristalline pour les modules BMU, monocristalline pour les modules BMO,
  - Dimensions : (156 ± 0,5) x (156 ± 0,5) mm pour les modules BMU, (156,75 ± 0,5) x (156,75 ± 0,5) mm pour les modules BMO.

  Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : 3 mm dans le sens de la largeur et 2,3 mm dans le sens de la longueur,
  - distance minimale aux bords du verre : 11 mm.
- Modules Q CELLS :

  Seul un type de cellules peut être utilisé par gamme de module ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :
  - technologie des cellules : monocristalline,
  - dimensions : (156,75 ± 0,5) x (156,75 ± 0,5) mm.

  Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 rangées de 10 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : 1,5 mm minimum,
  - distance minimale au bord du petit côté avec la boîte de connexion : 32 mm minimum,
  - distance minimale au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : 23,5 mm minimum,
  - distance minimale au bord des grands côtés : 16 mm minimum.
- Modules LONGi :

  Seul un type de cellules peut être utilisé par gamme de module ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :
  - technologie des cellules : monocristalline,
  - dimensions : (156,75 ± 0,25) x (156,75 ± 0,25) mm.

  Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 rangées de 10 cellules selon la configuration suivante :
  - distance minimale entre cellules : 2 mm minimum,
  - distance minimale au bord du petit côté avec la boîte de connexion : (15 ± 1) mm,
  - distance minimale au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : (20,25 ± 1) mm,

- distance minimale au bord des grands côtés : (15 ± 1) mm.

- Modules SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx poly :

  Seul un type de cellules peut être utilisé ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :

  - Technologie des cellules : polycristalline,
  - Dimensions : (156 $^{+0,3}_{-0,7}$) mm x (156 $^{+0,3}_{-0,7}$) mm.

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

  - 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 $^{+1}_{-0}$) mm.

- Modules SolarWorld Sunmodule Plus SW xxx mono yyy :

  Seul un type de cellules peut être utilisé ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :

  - Technologie des cellules : monocristalline,
  - Dimensions : (156,75 ± 0,25) x (156,75 ± 0,25) mm.

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

  - 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.

- Modules Soluxtec :

  Deux types de cellules provenant de plusieurs fournisseurs peuvent être utilisés ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :

  - Technologie des cellules : polycristalline pour les modules Das Modul Multi Serie FR 60, et monocristalline pour les modules Das Modul Mono Serie FR 60,
  - Dimensions : (156 ± 0,5) x (156 ± 0,5) mm.

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

  - distance minimale entre cellules : (2 ± 0,5) mm dans le sens de la largeur et (2,5 ± 0,5) mm dans le sens de la longueur,
  - distance minimale au bord du grand côté : (15 ± 1) mm,
  - distance minimale au bord du petit côté : (28 ± 1) mm côté boîte de connexion et (25 ± 1) mm côté opposé.

- Modules SunPower :

  Seul un type de cellules peut être utilisé ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :

  - Technologie des cellules : monocristalline,
  - Dimensions : (125 ± 0,2) x (125 ± 0,2) mm.

  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 Trina :

  Deux types de cellules provenant de plusieurs fournisseurs peuvent être utilisés ; ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :

  - Technologie des cellules : polycristalline pour les modules TSM-PD05, et monocristalline pour les modules TSM-DD05A (II),
  - Dimensions : (156,75 ± 0,25 x 156,75 ± 0,25) mm.

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

  - distance minimale entre cellules : (2,5 ± 1) mm dans le sens de la largeur et (3 ± 1) mm dans le sens de la longueur,
  - distance minimale au bord du grand côté : (7,5 ± 1) mm,
  - distance minimale au bord du petit côté : (10,5 ± 1) mm côté boîte de connexion et (7,5 ± 1) mm côté opposé.

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 Bisol :

  Résine à base d'EVA de (0,45 ± 0,05) mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

- Modules Q CELLS :

  Deux films d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de (0,5 ± 0,2) mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

- Modules LONGi :

  Résine à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de 0,40 ou 0,65 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

- 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.

- Modules Soluxtec :

  Résine à base d'EVA de 0,46 ou 0,5 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

- Modules SunPower :

  Résine à base d'EVA de 0,457 à 0,680 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

- Modules Trina :

  Résine à base d'EVA de 0,45 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 Bisol :
  - 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 : (1 642 ± 1,5 x 984 ± 1,5) mm.
- Modules Q CELLS :
  - Nature : verre imprimé à faible teneur en fer et trempé conforme à la norme EN 12150 avec couche antireflet,
  - Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
  - Dimensions : (1 663 $^{+2}_{0}$ x 993 $^{+2}_{0}$) mm.
- Modules LONGi :
  - Nature : verre imprimé à faible teneur en fer et trempé avec couche antireflet,
  - Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
  - Dimensions : (1 644 ± 1 x 985 ± 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.
- Modules Soluxtec :
  - 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 : (1 640 ± 1 x 980 ± 1) mm.
- Modules SunPower :
  - Nature : verre imprimé à faible teneur en fer trempé conforme à la norme EN 12150 avec couche antireflet,
  - Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm,
  - Dimensions : (1 552 ± 0,5 x 1 040 ± 0,5) mm.
- Modules Trina :
  - 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 : (1 643 ± 1 x 985 ± 1) mm.

2.25 Constituants électriques

2.251 Boîte de connexion

- Modules AUO et Viessmann :

  Une boîte de connexion du fabricant QC Solar, de dénomination commerciale QC0816431 est collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (110 x 67 x 17) 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 assurent la connexion des modules (voir *§ 2.252*).

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection : IP68,
- Tension de système maximum : 1 000 V ou 1 500 V DC entre polarités et avec la terre,
- Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 15 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
- Certificat TÜV n° R50353457 selon la norme IEC 62790:2014.

- Modules Bisol :

  Une boîte de connexion du fabricant TE Connectivity de dénomination commerciale Z-CLA4GBN3K, 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 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 : 13 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
  - Certificat TÜV n°R60124095 selon la norme IEC 62790:2014.

- Modules Q CELLS :

  Plusieurs boîtes de connexion sont possibles :

  - Boîte de connexion du fabricant Zhejiang Jiaming Tianheyuan Photovoltaics Technology de dénomination commerciale JM13D-1, collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout (114 x 76,3 x 18,1) 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 pour JM13D-1, entre polarités,
    - Courant assigné : 13 A,
    - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
    - Certificat TÜV Rheinland n° R50369732 selon la norme IEC 62790:2014.

  - Boîte de connexion du fabricant Zhejiang Renhe Photovoltaic Technology de dénomination commerciale GF20X, collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout (90 x 77 x 15,8) 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 : 1 500 V DC entre polarités,
    - Courant assigné : 13 A,
    - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
    - Certificat TÜV Rheinland n° R50348429 selon la norme IEC 62790:2014.

- Modules LONGi :

  Boîte de connexion du fabricant LONGi de dénomination commerciale PV-LR01A, collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes :(97 x 61 x 15,5) 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*) : IP68,
  - Tension assignée : 1 000 V DC entre polarités,
  - Courant assigné : 15 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
  - Certificat TÜV SÜD n° B 17 11 99333 017 selon la norme IEC 62790:2014.

- Modules SolarWorld :

  Boîte de connexion de dénomination commerciale Sunbox 12-A, 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.

- Modules Soluxtec :

  Plusieurs boîtes de connexion, collées avec du silicone en sous-face du module, sont possibles. Ces boîtes de connexion sont fournies 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).

  - Boîte de connexion de dénomination commerciale Solarlok Medot4GBN3K (*d'un fabricant référencé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*). Elle présente les dimensions hors-tout suivantes :(115 x 110 x 22,5) mm.

    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 : 13 A,
    - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
    - Certificat TÜV n°R60077789 selon la norme NF EN 50548:2011+A1.

  - Boîte de connexion de dénomination commerciale PV-RH1106D (*d'un fabricant référencé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*). Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (90 x 77 x 15) mm.

    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°PV50281599 selon la norme NF EN 50548:2011.

  - Boîte de connexion de dénomination commerciale PV-JM801D-1.2 ou PV-JM805A (*d'un fabricant référencé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*). Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : (152 x 144 x 25) et (117 x 98 x 20) mm.

    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 : 15 A ou 10 A,
    - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
    - Certificats TÜV n°R50277725 et n°R50280547 selon la norme NF EN 50548:2011.

- 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 permettent 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 : IP65,
    - 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 Rheinland n° R60124095 selon la norme IEC 62790:2014.

- Yukita :

  De marque Yukita et de type YJB-40, 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*) : 30 A (*15 A avec les diodes*),
  - □ Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
  - □ Certificat TÜV Rheinland n° R50381542 selon la norme IEC 62790:2014.

- Modules Trina :

  Boîte de connexion du fabricant Changzhou Trina Solar Energy de dénomination commerciale TS107, collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes :(102 x 82 x 18) 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*) : IP68,
  - Tension assignée : 1 000 V DC entre polarités,
  - Courant assigné : 15 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
  - Certificat TÜV n°R50333528 selon la norme IEC 62790:2014.

2.252 Câbles électriques

- Modules AUO et Viessmann :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1,20 m chacun dont la section est de 4 mm². 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 : 1 500 V,
  - Double isolation,
  - Certificat TÜV n° R50348871 selon la norme EN 50618:2014.

- Modules Bisol :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 0,95 m chacun dont la section est de 4 mm². 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 : 1 500 V,
  - Double isolation,
  - Certificat n°R50360723 du TÜV Rheinland selon la norme EN 50618:2014.

- Modules Q CELLS :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m dont la section est de 4 mm². 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 : 1 500 V,
  - Double isolation,
  - Certificats TÜV n° R50334928 et R50318681 selon la norme EN 50618:2014.

- Modules LONGi :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de (1 ± 0,1) m dont la section est de 4 mm². 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 SÜD n° B 17 12 99333 020 selon la norme EN 50618:2014.

- Modules SolarWorld :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m chacun dont la section est de 4 mm². 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.

- Modules Soluxtec :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 0,9 m chacun dont la section est de 4 mm². 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 + 85 °C,
  - Tension assignée : 1 000 V,
  - Double isolation,
  - Certificats n°R50155557 et n°R50205246 du TÜV Rheinland selon les spécifications 2Pfg/1169.07.

- Modules SunPower :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m chacun dont la section est de 4 mm². 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 : 1 500 V DC,
  - Double isolation,
  - Certificats TÜV Rheinland n° R50360723 et R50311889 selon la norme EN 50618:2014.

- Modules Trina :

  Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m chacun dont la section est de 4 mm². 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,
  - Certificats n°R50311889, R50358893, R50318681, R50348871 et R50325448 du TÜV Rheinland selon la norme EN 50618:2014.

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 :

  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 ont les caractéristiques suivantes :

  - Indice de protection (*connecté*) : IP 67,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V,
  - Courant assigné de 30 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificat TÜV Rheinland n° R60111354 selon la norme IEC 62852:2014.

- Modules Bisol :

  Connecteurs de la société Tyco Electronics Shanghai avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De types PV4-S1yx, 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 : 0,35 mΩ,
  - Certificat n°R50372137 selon la norme EN 62852:2015.
- Modules Q CELLS :

  Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs de la société Staübli Electrical Connectors avec système de verrouillage, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque MC4 et de type PV-KBT4 et PV-KST4, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

  - Indice de protection électrique IP 68,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V,
  - Intensité assignée de 39 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificat TÜV Rheinland n° R60127190 selon la norme IEC 62852:2014.
- Modules LONGi :

  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 MC4 et de type PV-KBT4 et PV-KST4, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
    - Indice de protection électrique IP 68,
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Tension assignée de 1 000 V,
    - Intensité assignée de 39 A,
    - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
    - Certificat TÜV Rheinland n° R60127190 selon la norme IEC 62852:2014.
  - Connecteurs de la société LONGi avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque et type PV-LR4, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
    - Indice de protection électrique IP 68,
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Tension assignée de 1 000 V (*minimum*),
    - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
    - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
    - Certificat TÜV SÜD n° B 17 12 99333 022 selon la norme IEC 62852:2014.
  - Connecteurs de la société Zhejiang Zhonghuan Sunter PV avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque et type PV-ZH202, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
    - Indice de protection électrique IP 68,
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Tension assignée de 1 000 V (*minimum*),
    - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
    - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
    - Certificat TÜV Rheinland n° R50313728 selon la norme IEC 62852:2014.
- 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.
- Modules Soluxtec :

  Connecteurs de la société Zhejiang Jiaming Tianheyuan PV Tech avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De types PV-JM601/PV-JM602, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

  - Indice de protection (connecté) : IP 67,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V,
  - Courant assigné de 30 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificat n°R50175587 selon la norme NF EN 50521:2008.
- Modules SunPower :

  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 ont les caractéristiques suivantes :
    - Indice de protection électrique IP 67,
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Tension assignée de 1 000 V (*minimum*),
    - Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A,
    - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
    - Certificat TÜV Rheinland n° R60111354 selon la norme IEC 62852:2014.
  - Connecteurs de la société TE Connectivity avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque et type PV4-S, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
    - Indice de protection électrique IP 67,
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Tension assignée de 1 000 V (*minimum*),
    - Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
    - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
    - Certificat TÜV Rheinland n° R60127190 selon la norme IEC 62852:2014.
- Modules Trina :

  Connecteurs de la société Changzhou Trina Solar Energy avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De type TS4, 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 1 000 V,
  - Courant assigné de 41 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : < 0,5 mΩ,
  - Certificat n°R50369705 selon la norme IEC 62852:2014.

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-6060 T66 ou 6063 T5 ou 6063 T6 ou 6063 T66 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, Figure 3 *et* Figure 16). 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 Bisol :

  Le cadre des modules (Figure 5) est composé de profils en aluminium EN AW-6060 T6 anodisé gris ou noir sur 12 µm minimum, de 35 mm d'épaisseur.

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

  - Ix = 2,36 cm^4,
  - Iy = 0,887 cm^4.

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

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

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

- Modules Q CELLS :

  Le cadre des modules (*Figure 7*) est composé de profils en aluminium EN AW-6063 T66 avec revêtement de 15 ou 20 µm d'épaisseur obtenu par anodisation pour la fixation au système de montage.

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

  - Profilé long
    - □ I_x = 2,02 cm^4,
    - □ I_y = 0,12 cm^4.
  - Profilé court
    - □ I_x = 1,42 cm^4,
    - □ I_y = 0,40 cm^4.

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

  Un joint silicone continu est déposé entre le cadre et le verre du module.

  Les profilés sont reliés entre eux par équerres crantées embouties.

- Modules LONGi :

  Le cadre des modules (*Figure 8*) est composé de profils en aluminium EN AW-6063 T5 avec revêtement de 12 µm d'épaisseur obtenu par anodisation pour la fixation au système de montage.

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

  - I_x = 3,47 cm^4,
  - I_y = 0,63 cm^4.

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

  Un joint silicone continu est déposé entre le cadre et le verre du module.

  Les profilés sont reliés entre eux par équerres crantées embouties.

- Modules SolarWorld :

  Le cadre des modules (Figure 11) 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.

- Modules Soluxtec :

  Le cadre des modules (Figure 12) est composé de profils en aluminium EN AW-6063 T6 anodisé gris ou noir 15 µm, de 35 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 :

  - I_x = 0,84 cm^4,
  - I_y = 8,10 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.

- Modules SunPower :

  Le cadre du module (Figure 14) 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. Des orifices à chaque angle du cadre, sont destinés à assurer le drainage de l'eau.

  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 = 0,464 cm^3.
  - Profilé transversal (petit côté)
    - □ Iy/v = 1,536 cm^3,
    - □ Iz/v = 0,158 cm^3.

- Modules Trina :

  Le cadre des modules (Figure 15) est composé de profils en aluminium EN AW-6063 ou 6063A, T5 ou T6 anodisé gris ou noir sur 15 µm, de 35 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 :

  - I_x = 2,67 cm^4,
  - I_y = 1,31 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.

2.3 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement du distributeur agréé par la société GSE INTEGRATION.

2.31 Plaque polypropylène

Ces plaques (Figure 17) sont destinées à assurer l'étanchéité du procédé. Elles sont en polypropylène (75 %) chargé en EPDM (10 %) et en silice (15 %), et d'un stabilisant UV (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*), d'épaisseur 3 mm. La matière (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) présente une densité de 1,02 ± 0,03 et un module d'élasticité de 1 550 ± 200 MPa. Le matériau présente aussi une contrainte à la rupture en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 de (22 ± 4) MPa, une élongation à la rupture en traction selon la norme NF EN ISO 527-2 de (6 ± 3) %, et une résistance au choc Charpy simple entaille selon la norme EN ISO 179-1/1eA de (4,1 ± 0,4) $kJ.m^{-2}$.

Différents formats de plaques sont possibles selon les dimensions des modules photovoltaïques (cf. § 8.531) :

- Format H1640 : de dimensions hors-tout (1 811 x 1 067 x 35) mm ou (1 811 x 1 058 x 35) mm, elles disposent d'une ouverture de (847 x 562) mm au centre.
- Format H1575 : de dimensions hors-tout (1 746 x 1 113 x 35) mm, elles disposent d'une ouverture de (782,5 x 652) mm au centre.

Ces plaques présentent des reliefs (*murs de 19 à 22 mm de haut*) destinés à canaliser l'eau de ruissellement vers le bas sur le pourtour de chaque module photovoltaïque, et à emboîter les plaques adjacentes. Chaque plaque dispose de 2 butées supérieures recevant la plaque supérieure, de 4 supports et guides photovoltaïques, de 6 points de fixation sur les lattes support, de 10 zones de fixation des étriers, de guides d'écoulement d'eau en partie supérieure, d'un passage de câble, et de 14 supports / rehausseurs du module photovoltaïque (*Figure 17b*).

2.32 Ensemble "Fixation"

Cet ensemble est destiné à assurer la fixation mécanique du procédé sur les lattes support. Il est constitué des éléments suivants :

- Étriers (*Figure 18*)

  Les étriers sont destinés à assurer la fixation mécanique des modules aux lattes support. Ils se déclinent en étriers simples pour les bords de champ photovoltaïque et étriers doubles pour la fixation entre deux modules adjacents, et sont de 3 types : H16 pour les modules Bisol, Q CELLS, SolarWorld, Soluxtec et Trina, H21 pour les modules AUO (sauf Sunforte), LONGi et Viessmann, et H27 pour les modules SunPower et AUO SunForte. Ils sont en inox 1.4307 d'épaisseur 1,5 mm. Ils permettent une prise en feuillure sur les cadres des modules photovoltaïques de 13 ou 16 mm maximum sur une largeur de 25 mm.

  Ils disposent d'un joint EPDM compact de dureté 70 ShA, prépercé et collé en sous-face sur chantier de dimensions (26 x 21 x 1,6) mm.

- Cales de bord de champ *(Figure 19*)

  Des cales de bord de champ à base de polypropylène (*identique aux plaques, cf. § 2.31*) sont destinées à servir d'appui sous les plaques polypropylène au droit des étriers simples. Elles ont des dimensions hors- tout de (50 x 21,8 x 19) mm ou (50 x 27,8 x 22,2) mm selon qu'elles soient positionnées à gauche ou à droite du champ photovoltaïque.

- Cales en bois

  Des cales 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 présentant une humidité < 20 %, de dimensions (l x L x h) = (18 x 50 x 19) mm, sont destinées à servir d'appui sous les étriers doubles du champ photovoltaïque.

- Visserie (*Figure 20*)

  Les plaques polypropylène et les étriers sont maintenus aux lattes support par l'intermédiaire de vis à bois 6,5 x 60 avec rondelle d'étanchéité en acier inox A2 + EPDM vulcanisé d'épaisseur 2 mm, diamètre 16 mm et de dureté 70 ShA, de marque Capinox de la société Etanco, à tête hexagonale en inox A2, à corps de vis en acier cémenté traité Supracoat 2C résistant à 15 cycles Kesternich, de résistance à l'arrachement Pk = 279 daN (*38 mm d'ancrage selon la norme NF P 30-314*) et Pk = 568 daN (*50 mm d'ancrage selon la norme NF P 30-310*).

2.33 Ensemble "Abergements"

Un jeu d'éléments d'abergements d'épaisseur 8/10e mm en aluminium EN AW-1050 H24 ou en aluminium EN AW-3005 H44 revêtu de 25 µm de laque polyester de teinte RAL 9005, est destiné à assurer la jonction entre le pourtour du champ photovoltaïque et les éléments de couverture. Il est composé des éléments suivants :

- Couloirs latéraux pour le kit TS-1 (*Figure 21*) :

  Ces couloirs sont destinés à amener l'eau de la périphérie du champ vers le bas de la toiture et à faire la jonction avec les éléments de couverture avoisinant. Ils sont de longueur 1,18 m. Ils sont de forme conique pour permettre leur emboitement dans le sens de la pente. Les couloirs droits et gauches sont livrés dans des cartons séparés.

- Abergements supérieurs pour le kit TS-1 (*Figure 22)* :
  - Angle supérieur gauche et droit :

    De dimensions (192 x 350) mm, ils sont destinés à faire la jonction entre l'abergement latéral et l'abergement haut central. Ils disposent de pinces de 21 mm latéralement et en partie haute.
  - Abergement haut :

    De dimensions (1 067 x 350) mm ou (1 058 x 350) mm ou (1 112 x 350) mm, il dispose de 2 ondes aux extrémités, dont l'une avec chambre de décompression. Ils disposent d'une pince de 28 mm en partie haute.

- Bande de mousse pour le kit TS-1 :

  Une bande de mousse de polyuréthane polyester à cellules ouvertes, imprégnée d'une résine acrylique, de section triangulaire (base x hauteur) de (40 x 60) mm, est destinée à assurer un complément d'étanchéité entre les tuiles et les couloirs et abergements supérieurs.

- Abergements latéraux et noquets pour le kit A-1 (Figure 23*)* :

  De longueur 1,18 m, les abergements latéraux disposent d'un pli sur la partie extérieure destiné à recevoir les noquets.

  Les noquets ont les dimensions d'une demi ardoise, avec un relevé de 41 mm. Un noquet d'angle supérieur est destiné à faire la jonction dans les coins supérieurs gauche et droit du champ photovoltaïque (*voir "Abergements supérieurs" ci-après*). À la demande de l'installateur, celui-ci peut réaliser lui-même les noquets et noquets d'angle selon les règles de l'art et en respectant la base de conception et les cotes présentées dans le présent Avis Technique.

- Abergements supérieurs pour le kit A-1 (Figure 24*)* :
  - Angle supérieur gauche et droit :

    De dimensions (188 x 370) mm, ils sont destinés à faire la jonction entre l'abergement latéral et l'abergement haut central. Ils disposent d'un pli central et d'une partie plane servant de noquet intégré pour se raccorder directement à l'élément de couverture adjacent.
  - Abergement haut :

    De dimensions (1 013 x 295) mm ou (1 004 x 295) mm, il dispose de 2 plis aux extrémités servant à la liaison avec la pièce de jonction haute ou aux angles supérieurs. Ils disposent d'une pince de 13 mm en partie haute.
  - Jonction haute (*coulisseau*) :

    De dimensions (60 x 363) mm, elle est destinée à faire la liaison entre 2 abergements hauts adjacents. Elle possède 2 plis de 17 mm adaptés à ceux des abergements haut pour former une liaison en « queue d'aronde », et une partie plane sur 100 mm à replier ou fixer pour le maintien en position.

- Agrafes crochets pour tous les kits (*Figure 25*) :

  En inox 1.4307, elles sont destinées à maintenir sur les lattes support (*à l'aide de clous*) les abergements hauts, les angles supérieurs et les couloirs latéraux.

3. Autres éléments

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un système 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 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.

3.2 Lattes de bois supplémentaires

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 lattes sous le champ photovoltaïque doivent être neuves et avoir une section (h x l) minimale de (27 x 100) mm.

3.3 Visserie

Pour la fixation des lattes sous le champ photovoltaïque : vis à bois 5 x L (L ≥ 97 mm) à tête fraisée en inox A2 de Pk minimum de 80 daN avec un ancrage minimum de 50 mm dans le chevron sous les contre-lattes.

3.4 Bande d'étanchéité 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 *§ 8.542, compte tenu des recouvrements de 200 mm sous les plaques polypropylène et 120 mm sur les tuiles et de la latte intermédiaire, une largeur minimale de bande de 480 mm est requise*).

3.5 Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de liaison équipotentielle des masses doivent présenter des sections adaptées à leur fonction (*interconnexion des cadres des modules ou liaison à la prise de terre du bâtiment*) et dans tous les cas des caractéristiques conformes aux guides UTE C 15-712.

Ces câbles doivent être connectés sur les cadres des modules à l'aide de cosses en cuivre étamé avec rondelle bimétal cuivre/aluminium, et interconnectés ensuite à la liaison des masses générale.

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 Bisol :

  Les modules sont conditionnés horizontalement, coins protégés par angles en plastique, par 25 pièces sur palettes filmées et cerclées. 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 Q CELLS :

  Les modules sont conditionnés verticalement par 32 avec intercalaires dans des cartons et sont livrés sur palette de dimensions (1 745 x 1 150 x 1 170) mm gerbable par lot de 2 (*transport*) ou 3 (*magasin*). Une liste de colisage avec indication des numéros de modules est disposée sur chaque unité d'emballage. Les caractéristiques individuelles des modules „flash-list" sont envoyées parallèlement à la livraison sous forme de documents électroniques. 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 LONGi :

  Les modules sont conditionnés verticalement par 26 ou 30 modules dans des cartons et sont livrés sur palette. 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 conforme à la norme NF EN 50380. 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.

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

- Modules Soluxtec :

  Les modules sont conditionnés horizontalement par 30 sur palettes gerbables (2 maximum) filmées, avec bordures en carton, de dimensions (1 700 x 1 040 x 1 280) mm. Ils sont séparés par des coins en plastique ABS. 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 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 Trina :

  Les modules sont conditionnés par 30 modules dans des cartons et sont livrés par palette de dimensions (1 700 x 1 120 x 1 165) 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 conforme à la norme NF EN 50380.

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

4.2 Plaques polypropylène

Les plaques polypropylène sont conditionnées par palette de 50 unités et sont stockées à la verticale. Un filmage opaque est réalisé autour de la palette. Les palettes sont étiquetées avec un code barre directement à l'usine de fabrication pour permettre un suivi qualité après la production. Ce numéro de suivi est ensuite reporté sur les bons de préparation des kits avant livraison.

Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri des intempéries.

4.3 Autres constituants du procédé

Les éléments de fixation et les abergements sont conditionnés en cartons de 30 à 250 unités selon leur nature. Les préparations de kits se font sur des palettes de (1 x 1,2 x 1,95) m. Comme pour les plaques polypropylène, les palettes sont étiquetées avec un code barre directement à l'usine de fabrication pour permettre un suivi qualité après la production. Ce numéro de suivi est ensuite reporté sur les bons de préparation des kits avant livraison.

Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri des intempéries.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques AUO et Viessmann		
-	**Modules SunPrimo PM060PW1, 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 Bisol	
Dimensions hors-tout (mm)	1 649 x 991 x 35
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 642 x 984
Surface hors-tout (m²)	1,63
Surface d'entrée (m²)	1,54
Masse (kg)	18,3
Masse spécifique (kg/m²)	11,2

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques		
-	**Modules Q CELLS**	**Modules LONGi**
Dimensions hors-tout (mm)	1 670 x 1 000 x 32	1 650 x 991 x 40
Dimensions du module sans cadre aluminium (mm)	1 663 x 993	1 644 x 985
Surface hors-tout (m²)	1,67	1,64
Surface d'entrée (m²)	1,46	1,46
Masse (kg)	18,5	18,2
Masse spécifique (kg/m²)	11,1	11,1

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques			
-	**Modules SolarWorld**	**Modules Soluxtec**	**Modules Trina**
Dimensions hors-tout (mm)	1 675 x 1 001 x 33	1 645 x 985 x 35	1 650 x 992 x 35
Dimensions du module sans cadre aluminium (mm)	1 670 x 996	1 640 x 980	1 643 x 985
Surface hors-tout (m²)	1,67	1,62	1,64
Surface d'entrée (m²)	1,46	1,46	1,46
Masse (kg)	18	18	18,6
Masse spécifique (kg/m²)	10,7	11,1	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

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	
Largeur du champ (mm)	NbX x (Kx – 66) + (NbX – 1) x 30 + (2 x 150)
Hauteur de champ (mm)	NbY x Ky + (NbY – 1) x Ky' + 350
Poids au m² de l'installation (kg/m²)	13,7

Avec :

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

Kx : la dimension de la plaque polypropylène dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

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

Ky : la dimension du module dans le sens vertical du champ photovoltaïque,

Ky' : la distance intermodule dans le sens vertical du champ photovoltaïque (voir Figure 34).

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.

Dans les tableaux suivants, les performances électriques actuelles 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 PM060PW1" 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 LONGi LR6-60PB-xxxM							
P_{mpp} (W)	280	285	290	395	300	305	310
U_{co} (V)	39,3	39,0	39,3	39,7	39,9	40,2	40,5
U_{mpp} (V)	32,0	31,4	31,7	32,0	32,3	32,7	33,1
I_{cc} (A)	9,34	9,83	9,87	9,92	9,96	9,99	10,02
I_{mpp} (A)	8,75	9,07	9,14	9,21	9,28	9,33	9,36
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,38						
αT (U_{co}) [%/K]	-0,286						
αT (I_{cc}) [%/K]	+0,057						
Courant inverse maximum (A)	20						

Modules " Bisol BMU "								
P_{mpp} (W)	250	255	260	265	270	275	280	285
U_{co} (V)	38,8	38,9	39,0	39,2	39,4	39,6	39,7	39,9
U_{mpp} (V)	30,1	30,2	30,2	30,5	30,5	30,7	30,8	31,0
I_{cc} (A)	8,70	8,85	9,00	9,10	9,25	9,35	9,50	9,60
I_{mpp} (A)	8,30	8,45	8,60	8,70	8,85	8,95	9,10	9,20
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,40							
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,31							
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,049							
Courant inverse maximum (A)	18							

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 " Bisol BMO "						
P_{mpp} (W)	280	285	290	295	300	305
U_{co} (V)	39,9	40,0	40,2	40,3	40,4	40,8
U_{mpp} (V)	31,1	31,3	31,5	31,6	31,6	31,8
I_{cc} (A)	9,35	9,50	9,60	9,75	9,90	9,95
I_{mpp} (A)	9,00	9,10	9,20	9,35	9,50	9,60
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,39					
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,30					
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,046					
Courant inverse maximum (A)	18					

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 Q CELLS Q.PEAK-G4.1 de 300 à 315 Wc Q.PEAK BLK-G4.1 de 295 à 310 Wc					
P_{mpp} (W)	295	300	305	310	315
U_{co} (V)	39,5	39,8	40,1	40,3	40,6
U_{mpp} (V)	32,2	32,4	32,6	32,8	33,0
I_{cc} (A)	9,70	9,77	9,84	9,91	9,98
I_{mpp} (A)	9,17	9,26	9,35	9,44	9,53
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,39				
αT (U_{co}) [%/K]	-0,28				
αT (I_{cc}) [%/K]	+0,04				
Courant inverse maximum (A)	20				

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		

Modules " Soluxtec Das Modul Multi Serie FR 60 "				
P_{mpp} (W)	250	255	260	265
U_{co} (V)	37,9	37,9	37,9	38,0
U_{mpp} (V)	30,4	30,6	30,8	31,0
I_{cc} (A)	8,75	8,84	8,91	8,98
I_{mpp} (A)	8,25	8,34	8,45	8,55
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,44			
αT (U_{co}) [%/K]	-0,335			
αT (I_{cc}) [%/K]	0,052			
Courant inverse maximum (A)	16			

Modules " Soluxtec Das Modul Mono Serie FR 60 "						
P_{mpp} (W)	275	280	285	290	295	300
U_{co} (V)	38,0	38,2	38,4	38,7	39,1	39,4
U_{mpp} (V)	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	32,1
I_{cc} (A)	9,06	9,14	9,25	9,52	9,76	9,9
I_{mpp} (A)	8,65	8,8	8,95	9,1	9,22	9,35
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,44					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,335					
αT (I_{cc}) [%/K]	0,052					
Courant inverse maximum (A)	16					

Module SunPower SPR-E20-327(-COM), SPR-X21-345(-COM), SPR-X21-350-BLK et SPR-X22-360				
P_{mpp} (W)	327	345	350	360
U_{co} (V)	64,9	68,2	68,2	69,5
U_{mpp} (V)	54,7	57,3	57,3	59,1
I_{cc} (A)	6,46	6,39	6,50	6,48
I_{mpp} (A)	5,98	6,02	6,11	6,09
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,35	-0,29		
αT (U_{co}) [%/K]	-0,27	-0,25		
αT (I_{cc}) [%/K]	+0,040	+0,045		
Courant inverse maximum (A)	15			

Modules " Trina TSM-PD05 "				
P_{mpp} (W)	255	260	265	270
U_{co} (V)	38,1	38,2	38,3	38,4
U_{mpp} (V)	30,5	30,6	30,8	30,9
I_{cc} (A)	8,88	9,00	9,10	9,18
I_{mpp} (A)	8,37	8,50	8,61	8,73
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41			
αT (U_{co}) [%/K]	-0,32			
αT (I_{cc}) [%/K]	0,05			
Courant inverse maximum (A)	15			

Modules " Trina TSM-DD05A (II) "					
P_{mpp} (W)	270	275	280	285	290
U_{co} (V)	38,4	38,7	39	39,3	39,5
U_{mpp} (V)	31,2	31,4	31,7	31,8	32,2
I_{cc} (A)	9,18	9,26	9,35	9,45	9,50
I_{mpp} (A)	8,66	8,76	8,84	8,97	9,01
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,39				
αT (U_{co}) [%/K]	-0,29				
αT (I_{cc}) [%/K]	0,05				
Courant inverse maximum (A)	15				

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 les sites de la société AU Optronics Corp., à Brno en République Tchèque et à Taichung à Taïwan, certifiés ISO 9001:2015.

  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 Bisol :

  La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre aluminium sont effectués sur le site de la société Bisol, à Prebold en Slovénie, certifié ISO 9001:2008.

  La fabrication est réalisée de façon semi-automatique.

  Lors de la fabrication des modules, la société Bisol 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 – 3 % à + 3 %.
  - Mesure par électroluminescence.
  - Classement par niveaux de puissance et de courant.
  - Inspection visuelle de chaque module fini lors de la phase de nettoyage et d'emballage.

- Modules Q CELLS :

  La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur le site de la société Hanwha-Q CELLS à Eumseong en Corée du Sud, certifié ISO 9001:2015.

  La fabrication est réalisée de façon automatique.

  Lors de la fabrication des modules, la société Hanwha-Q CELLS 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 5 W.
  - Double mesure par électroluminescence durant la fabrication et après la fabrication.
  - Inspection visuelle finale et par caméra.

- Modules LONGi :

  La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur les sites de la société LONGi à Quzhou (Zhejiang), Yinchuan et Taizhou (Jiangsu) en Chine, certifiés ISO 9001:2015.

  La fabrication est réalisée de façon semi-automatique.

  Lors de la fabrication des modules, la société LONGi 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 5 W.
  - Double mesure par électroluminescence durant la fabrication et après la fabrication.
  - Inspection visuelle finale.

- Modules SolarWorld :

  Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société SolarWorld. À 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.

- Soluxtec :

La fabrication semi-automatique des modules photovoltaïques s'effectue sur le site de Soluxtec à Bitburg en Allemagne, certifié ISO 9001:2008.

Les contrôles effectués au cours de la fabrication du module photovoltaïque portent sur les points suivants :

- Contrôle automatique à 100 % des cellules photovoltaïques.
- Test d'adhésion du soudage des cellules au moins deux fois par jour.
- Test de l'encapsulant par "gel content test" une fois tous les deux mois et à chaque changement de lot.
- Test électroluminescent à 100 %.
- Flash test de chaque module pour détermination de sa puissance crête ramenée sous conditions STC : les résultats sont enregistrés pour chaque numéro de série. La tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de 0 à 3 %.
- Inspection visuelle de chaque module fini lors de la phase de nettoyage et d'emballage.

- 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), et sur les sites au Mexique de la société SunPower à Mexicali ou Ensenada, 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.

- Trina :

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur le site de la société Trina Solar à Chonburi en Thaïlande, certifié ISO 9001:2008.

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

- Flash test de chaque module : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de 0 à + 5 Wc.
- Inspection visuelle de chaque module fini lors de la phase de nettoyage et d'emballage.

7.2 Plaques polypropylène

Le mélange de matière première est fourni par la société Fournier en France. Le certificat matière est systématiquement contrôlé. Les plaques sont fabriquées selon les plans de la société GSE INTEGRATION par injection à chaud sur les sites de Langeais et de Sablé-sur-Sarthe en France de la société Plastivaloire, certifiés ISO 9001:2008.

Lors de la fabrication, des contrôles visuels (*sur la base d'une défauthèque*), dimensionnels (*à l'aide de gabarits*), fonctionnels et de poids sont effectués toutes les 60 pièces.

7.3 Autres constituants du procédé

Les étriers et les abergements sont fabriqués selon les plans de la société GSE INTEGRATION sur le site de la société Sika Profili à Casier en Italie, certifié ISO 9001.

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués selon les préconisations définies dans le plan Qualité.

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.gseintegration.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 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 GSE INTEGRATION (cf. *§ 9*).

Pour la mise en place d'un champ photovoltaïque, les installateurs doivent disposer des compétences suivantes :

- qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques,
- pour la partie couverture : compétences en couverture pour la mise en œuvre en toiture,
- pour les connexions électriques : compétences électriques, habilitation BP pour la connexion des modules et habilitation BR pour le branchement aux onduleurs.

8.3 Sécurité des intervenants

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

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (*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 26*.

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

- Liaisons intermodules et module/onduleur

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

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

  Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le passage des câbles se fait en passant sous les plaques polypropylène. Les câbles doivent être maintenus sous les planches via un collier de serrage.

- 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 cadres des modules par l'intermédiaire de cosses en cuivre étamé avec rondelle bimétal cuivre/aluminium, et interconnectés ensuite à la liaison des masses générale.

  Les câbles doivent être maintenus aux chevrons ou aux liteaux par un système de collier de serrage. 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, ...

8.43 Cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs

Se référer à la Figure 27.

Dans le cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs, ceux-ci doivent être fixés aux lattes support au droit de la partie centrale du module. Les micro-onduleurs sont fixés par vis au travers des trous prévus à cet effet dans la plaque de fixation des micro-onduleurs.

Le micro-onduleur doit être positionné côté opposé aux modules afin de laisser une distance minimale de 36 mm entre l'arrière du module photovoltaïque et la partie supérieure du micro-onduleur. Le micro-onduleur est positionné en butée contre la planche support.

En cas de micro-onduleurs multi-modules, le câblage s'effectue à l'aide de rallonges suivant le même principe que décrit dans le § 8.42 tout en conservant chaque micro-onduleur fixé à une latte support au droit de la partie centrale d'un module.

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

La mise en œuvre doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture afin d'évacuer jusqu'à l'égout la condensation pouvant se créer sous les modules. Dans le cas d'une toiture neuve ou d'une toiture existante ne disposant pas d'écran de sous-toiture, cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre sur tout le pan de toiture accueillant le champ photovoltaïque (*par conséquent il débouche à l'égout*). La pose de cet écran doit se faire conformément aux dispositions définies dans le DTU 40.29. Les contrelattes doivent avoir une largeur d'appui ≥ 30 mm (cf. § 8.522).

8.52 Préparation de la toiture

8.521 Détuilage en cas de toiture existante et calepinage

Les éléments de couverture sont retirés sur la zone d'implantation du champ photovoltaïque, dont les dimensions indiquées dans le *§ 5*, + 200 mm sur les bords latéraux et + 320 mm en haut de champ pour les abergements hauts et latéraux.

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 (cf. § 8.541 et § 8.551).

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 40.1 ou 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 40.1 ou 40.2 concernés.

8.522 Pose du lattage sous le champ photovoltaïque

La planéité de la charpente doit être contrôlée et des calages sont à prévoir si un défaut de planitude entre 3 lattes support du champ photovoltaïque est supérieur à 1/200e de la portée (*cf. Figure 28)*.

Les lattes support du procédé et les liteaux ajoutés doivent être des lattes neuves et liteaux neufs répondant aux préconisations les concernant (*lattes non fournies, voir § 3.2*) avec une section (h x l) minimale de (27 x 100) mm et une épaisseur égale à l'épaisseur des liteaux supportant les éléments de couverture environnants. Les lattes support sont fixées à chaque point d'intersection avec la contrelatte à l'aide d'1 vis 5 x L (*non fournies, voir § 3.3*).

On pose le platelage conformément à la Figure 29 ou Figure 30 selon le format de plaque polypropylène à utiliser (cf. § 8.531). On pose les lattes de contrelatte à contrelatte sans porte-à-faux (voir *Figure 35*). La largeur d'appui des contrelattes doit être ≥ 30 mm. Dans le cas d'un liteau de couverture adjacent, fixer une cale en bois sur le côté de la contrelatte et fixer le liteau dessus. Les liteaux existant se trouvant à l'emplacement des lattes support doivent être retirés. On doit disposer deux lattes (*entraxe de 120 mm*) en bas de champ supportant l'extrémité inférieure du champ photovoltaïque (*la première sert de référence pour la disposition des autres lattes*). Ces deux lattes en bas de champ doivent avoir une épaisseur de 9 mm inférieure à l'épaisseur des autres lattes. Puis on dispose au-dessus des séries de lattes par ligne de modules photovoltaïques, en respectant les distances indiquées sur la figure. Pour la ligne de module du haut de champ, on termine par une latte supérieure afin de supporter les abergements supérieurs.

8.53 Pose du procédé – dispositions générales

8.531 Pose des plaques polypropylène

Se référer aux Figure 29, Figure 30 et *Figure 31*.

Les plaques sont posées ligne par ligne de la droite vers la gauche et du bas vers le haut. Elles s'emboîtent entre elles à l'aide des ondes droites et gauches. Les extrémités basses des plaques de bas de champ sont positionnées à 50 mm au-dessus du bas de la latte inférieure.

Le tableau suivant indique les plaques à utiliser en fonction des modules photovoltaïques :

plaques polypropylène	H1640		H1575
	(1 811 x 1 067) mm	(1 811 x 1 058) mm	1 746 x 1 113) mm
modules photovoltaïques	Q CELLS et SolarWorld	AUO (*sauf SunForte*), Bisol, LONGi, Soluxtec, Trina et Viessmann	AUO SunForte et SunPower

Dans le sens de la pente, le recouvrement est de 125 mm. Une graduation de 0 à 40 mm permet d'ajuster le recouvrement pour s'adapter à la hauteur des modules : sur les plaques H1640, pour les modules SolarWorld, la graduation 35 est à respecter ; pour les modules Q CELLS, la graduation 30 est à respecter ; pour les modules AUO (*sauf SunForte*) et Viessmann, la graduation 0 est à respecter ; pour les modules Soluxtec, la graduation 5 est à respecter et pour les modules Bisol, LONGi et Trina, la graduation 10 est à respecter ; pour les plaques H1575, pour les modules AUO SunForte et SunPower, la graduation 0 est à respecter.

Le procédé étant conçu afin de supporter la dilatation des plaques polymères, chacune disposant de 2 points fixes et de 10 points dilatant, il convient de suivre correctement les consignes de montage suivantes afin de limiter une éventuelle dégradation des plaques polymères lors des mouvements de dilatation et de retrait.

Au fur et à mesure, les plaques sont fixées sans préperçage au niveau de leurs 2 points fixes (*point de fixation de référence*) et elles sont prépercées d'un diamètre de 10 mm aux points de fixation dilatant et aux points de

fixation des étriers. Les vis utilisées sont les vis Capinox 6,5 x 60 fournies. Il est préconisé de faire attention à bien positionner la vis au centre du prépercement.

Les cales en bois sont positionnées au fur et à mesure de l'emboîtement latéral des plaques polypropylène au droit de la position des étriers doubles. Les cales de bord de champ sont positionnées à droite et à gauche du champ photovoltaïque au droit de la position des étriers simples. Elles sont prépercées (*diamètre 10 mm*) en même temps que la plaque polypropylène. Les cales sont positionnées en les appuyant sous les nervures des plaques polypropylène de sorte qu'elles ne glissent pas. L'installateur vérifie la présence de la cale au moment de la fixation de l'étrier (cf. § 8.532).

8.532 Pose des modules

Se référer à la *Figure 32*.

Les modules photovoltaïques sont posés sur les plaques polypropylène en butée sur les 2 butées supérieures. Les câbles doivent passer sous les plaques. La boîte de connexion est positionnée du coté bas.

Les modules sont fixés aux lattes support par l'intermédiaire de 6 étriers par module. Au préalable, sur chantier, le joint EDPM (*fourni, voir § 2.32*) est collée en sous-face des étriers. La vis Capinox 6,5 x 60 fournie se reprend dans les lattes support en les traversant.

La présence des cales sous chaque étrier (*en bois sous les étriers doubles ou en polypropylène sous les étriers simples*), doit être vérifiée par l'installateur.

Les étriers doubles ou simples sont utilisés selon que l'on se trouve entre deux modules ou en bordure de champ. Leur position est notée à l'aide d'un marqueur blanc au moment de la pose des cadres (*afin de retrouver la position des lattes de support*). Le cadre aluminium du module photovoltaïque est alors en appui sur les bossages extérieurs de la plaque polypropylène. La chaine de cotes est donnée *Figure 33*. Le positionnement relatif de la boîte de connexion des modules, des plaques polypropylène et des abergements haut est décrit *Figure 34*.

8.54 Dispositions spécifiques au kit TS-1 (tuiles à relief)

8.541 Calepinage

- Tuiles à emboîtement ou à glissement à relief (*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 120 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.

8.542 Pose du bas de champ

Se référer à la *Figure 35.*

Il convient de réaliser un lattage support de la bande d'étanchéité basse souple affleurant les surfaces d'écoulement des tuiles inférieures et dimensionné de telle sorte qu'une pente résiduelle minimale de 5 % (3 °) soit présente et que la distance entre la latte support et la tête de tuile soit de 10 mm maximum. La bande d'étanchéité est déroulée sur toute la largeur du champ photovoltaïque plus 200 mm à droite et à gauche de celui-ci. Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant.

La largeur de la bande d'étanchéité doit être telle que les tuiles sont recouvertes de 120 mm minimum et que la bande d'étanchéité soit recouverte par les plaques polypropylène sur une hauteur de 200 mm minimum. On réalise des plis de retour de 20 mm sur le bord supérieur de la bande et sur ses bords gauche et droit. La bande ne doit pas être percée. Elle est maintenue par des agrafes ou par la colle butyle éventuelle en sous-face. On termine par le marouflage de la bande sur les tuiles.

8.543 Pose des abergements supérieurs

Se référer à la *Figure 36*.

Un lattage support doit être réalisé pour soutenir la partie haute des abergements et pouvoir fixer les agrafes.

L'abergement est maintenu en partie haute par les agrafes crochets et arrivent sur les butées supérieures des plaques polypropylène. Les recouvrements des abergements haut sur les plaques polypropylène sont de 198 mm.

8.544 Pose des abergements latéraux

Se référer à la Figure 37.

Les couloirs latéraux se recouvrent entre eux de 150 mm. La zone de recouvrement doit être en dehors des emplacements des étriers. Les agrafes crochets sont utilisées pour fixer le bord extérieur aux planches à raison d'une agrafe au recouvrement et une agrafe au milieu de chaque abergement.

On place les angles sur les couloirs et sur les abergements centraux. Un joint butyle est placé au niveau du recouvrement.

8.545 Mise en place des éléments de couverture

La mousse triangulaire fournie est disposée sur les parties latérales et sur la partie haute des abergements (*Figure 38*). La mousse doit reposer à 30 mm minimum et 50 mm minimum de la pince des abergements supérieurs et des couloirs respectivement. Elle doit descendre jusqu'à la partie basse de la bande d'étanchéité basse en bas de champ.

Placer les éléments de couverture sur les abergements (*Figure 39*). Ils doivent être fixés mécaniquement aux liteaux. En haut de champ, les éléments de couverture recouvrent les abergements supérieurs au minimum de 150 mm. La longueur de recouvrement minimale des éléments de couverture sur le couloir latéral doit être de 90 mm.

8.55 Dispositions spécifiques au kit A-1 (ardoises)

8.551 Calepinage

Les coupes des éléments de couverture et l'utilisation d'éléments spéciaux doivent être réalisées en respectant les principes de mise en œuvre des DTU.

8.552 Pose du bas de champ

Se référer à la Figure 40.

Il convient de réaliser un lattage support de la bande d'étanchéité basse souple affleurant les surfaces d'écoulement des ardoises inférieures et dimensionné de telle sorte qu'une pente résiduelle minimale de 5 % (3 °) soit présente et que la distance entre la latte support et la tête d'ardoise soit de 10 mm maximum. La bande d'étanchéité est déroulée sur toute la largeur du champ photovoltaïque plus 200 mm à droite et à gauche de celui-ci. Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant.

La largeur de la bande d'étanchéité doit être telle que les ardoises sont recouvertes de 120 mm minimum et que la bande d'étanchéité soit recouverte par les plaques polypropylène sur une hauteur de 200 mm minimum. On réalise des plis de retour de 20 mm sur le bord supérieur de la bande et sur ses bords gauche et droit. La bande ne doit pas être percée. Elle est maintenue par des agrafes ou par la colle butyle éventuelle en sous-face.

La bande d'étanchéité doit ne doit pas s'arrêter à droite et à gauche sur la jonction entre deux éléments de couverture (*à plus d'un quart de largeur d'élément de couverture*).

8.553 Pose des abergements supérieurs

Se référer à la Figure 41.

Un lattage support doit être réalisé pour soutenir la partie haute des abergements et pouvoir fixer les agrafes.

L'abergement est maintenu en partie haute par les agrafes crochets et arrive sur les butées supérieures des plaques polypropylène. Les recouvrements des abergements haut sur les plaques polypropylène sont de 198 mm.

Une pièce vient faire la jonction des abergements haut à la façon d'un coulisseau plat. L'assemblage est frappé en partie haute afin de le verrouiller. La pièce de jonction est ensuite fixée à l'aide d'une pointe sur sa partie plane dans la latte support.

8.554 Pose des abergements latéraux

Se référer à la Figure 42.

Les couloirs latéraux se recouvrent entre eux de 150 mm. La zone de recouvrement doit être en dehors des emplacements des étriers. Les agrafes crochets sont utilisées pour fixer le bord extérieur aux planches à raison d'une agrafe au recouvrement et une agrafe au milieu de chaque abergement.

On place les angles sur les couloirs et sur les abergements centraux. Un joint butyle est placé au niveau du recouvrement. La liaison des pièces d'angle avec l'abergement supérieur est frappée pour verrouillage. La pièce d'angle est ensuite fixée à l'aide d'une pointe sur sa « partie noquet ».

8.555 Mise en place des éléments de couverture

Placer les éléments de couverture sur les abergements (*Figure 43*). Ils doivent être fixés mécaniquement aux liteaux. En haut de champ, les éléments de couverture recouvrent les abergements supérieurs au minimum de 120 mm. La longueur de recouvrement minimale des éléments de couverture sur le couloir latéral doit être de 90 mm.

On place les noquets conformément aux DTU 40.11 et 40.13. Ils s'insèrent sous la pliure du couloir latéral. Ils sont cloués aux liteaux de couverture. On réalise le remplissage latéral à l'aide des ardoises.

9. Formation

La société GSE INTEGRATION ou le distributeur dispense systématiquement aux installateurs et distributeurs du procédé une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender les procédés photovoltaïques en général ainsi que le montage de son procédé.

Cette formation peut être réalisée sur le site de Canteleu disposant d'une maquette ou sur un autre site (*chantier ou dépôt des installateurs*) lorsqu'un nombre suffisant de participant le justifie. Elle consiste en :

- une formation théorique portant sur les spécificités du procédé, notamment sur sa conception (*zones d'écoulement*, *points de fixations*, *dilatation*, *dimensionnement du lattage*,…),
- une formation pratique sur maquette ou par une démonstration sur chantier. Le formateur y présente l'ensemble des éléments du kit, leurs fonctions et procède à la mise en œuvre étape par étape du procédé.

Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

À l'issue de cette formation, la société GSE INTEGRATION délivre une attestation de formation nominative.

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

10. Distribution et assistance technique

Le procédé « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-1 » est distribué par les filiales de vente directe du Groupe Solution Energie. Le distributeur principal est SVH ENERGIE. Les noms et coordonnées des autres filiales ont été fournis au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part de la société GSE INTEGRATION ou du distributeur pour sa première installation photovoltaïque avec l'aide sur place d'un technicien maitrisant la mise en œuvre du procédé, pendant une journée. Il s'assure ainsi que la mise en œuvre est comprise et maitrisée en contrôlant chaque étape de l'installation.

La société GSE INTEGRATION ou le distributeur assure ensuite sur demande une assistance technique téléphonique pour tous renseignements complémentaires.

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

11. Utilisation, entretien et réparation

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.

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 habilités. 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 :

- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer au jet d'eau (haute pression et jets concentrés interdits).
- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des plaques polypropylène sous les modules. On peut utiliser une soufflette à air comprimé afin de faire sortir tout élément s'étant introduit sous les modules photovoltaïques. Ne pas utiliser de solvant pour nettoyer les plaques polypropylène.
- Vérification de l'étanchéité : vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau dans les abergements.
- Vérification du câblage et des connexions électriques.
- 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

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

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ photovoltaïque et l'onduleur.
- Dévisser les vis des étriers du module photovoltaïque endommagé et retirer la cale sous l'onde et le(s) module(s) à remplacer (*l'ensemble est mis au rebut*).
- Débrancher la liaison à la terre du module sans rompre la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque, et déconnecter les connecteurs électriques du module.
- Visser une vis Capinox à l'endroit de l'ancien perçage.
- Effectuer un nouveau prépercement de 10 mm décalé de 25 mm au-dessus de l'ancienne position en ayant préalablement placé une nouvelle cale en bois (*ou en polypropylène s'il s'agit du bord de champ*) sous l'onde (Figure 44).
- Positionner et connecter le nouveau module photovoltaïque et fixer les nouveaux ensembles (*étrier + joint EPDM + vis Capinox*).
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procède à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés AUO ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : 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, 170402336SHA-003 et 171202436SHA-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 61730:2007+A1+A2+A11 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, 170402336SHA-00[1/2] et 171202436SHA-00[1/2] et certificats n° SG ITS-7527M1, SG ITS-8460M1 et SG ITS-4726A1/M1)*.
- Les modules photovoltaïques cadrés Bisol BMU et BMO ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire ÖVE *(rapport d'essais n° 2.00.80245.1.0.0a et certificat n° 49368-004).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Bisol BMU et BMO ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007+A1+A2+A11 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire ÖVE *(rapports d'essais n° 2.00.80245.1.0b et c et certificat n° 49368-004).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Q CELLS ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le VDE *(rapports d'essais n° TRPVM-2017-40126-1, 40174-1 et 40343-1 et certificat n° 40030222).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Q CELLS ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007/A1:2012/A2:2013/A11:2014 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le VDE *(rapports d'essais n° TRPVM-2017-40126-1, 40174-1 et 40343-1 et certificat n° 40030222)*.
- Les modules photovoltaïques cadrés LONGi ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le TÜV SÜD *(rapports d'essais n° 70.406.15.135.10-04/-09A2 et certificat n° Z2 17 10 99333 013).*
- Les modules photovoltaïques cadrés LONGi ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007/A1:2012/A11:2014 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le TÜV SÜD *(rapports d'essais n° 70.406.15.135.10-04/-09A2 et certificat n° Z2 17 10 99333 013)*.
- 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).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Soluxtec Das Modul Multi et Mono Serie FR 60 ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV Rheinland *(rapports d'essais n° 21200068.004 et .007 et certificat n° PV60090190).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Soluxtec Das Modul Multi et Mono Serie FR 60 ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire TÜV Rheinland *(rapports d'essais n° 21200069.004 et .007 et certificat n° PV60090191).*
- Les modules photovoltaïques cadrés "SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D" et "SPR-E20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le TÜV Rheinland (*rapports d'essais n°s 21178642.006, .010, n° 21211760 et n° 21244418.001, .010 et .012 et certificats n° PV60075202 et n° PV60107326*).
- Les modules photovoltaïques cadrés "SPR-xxxE/NE-WHT/BLK-D" et "SPR-E20/X21/X22-xxx(-BLK/COM)" ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007+A1+A2+A11 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le TÜV Rheinland (*rapports d'essais n°s 21178664.006, .010 et n° 21244419.001, .010 et .012 et certificats n° PV60075203 et n° PV60107333*).
- Les modules photovoltaïques cadrés Trina TSM-PD05 et TSM-DD05A (II) ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV Rheinland *(rapports d'essais n° 15042191.094, .114 et .116 et certificat n° PV50270713).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Trina TSM-PD05 et TSM-DD05A (II) ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire TÜV Rheinland *(rapports d'essais n° 15042199.097, .117 et .119 et certificat n° PV50270736).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Vitovolt 300 ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire Intertek *(rapporst d'essais n° 170402336SHA-003 et 171202436SHA-003 et certificat n° SG ITS-11794A1/M2).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Vitovolt 300 ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007+A1+A2+A11 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° 170402336SHA-00[1/2] et 171202436SHA-00[1/2] et certificat n° SG ITS-11794A1/M2).*
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules AUO, Bisol, Q CELLS, LONGi, SolarWorld, Soluxtec, SunPower et Trina (*rapports d'essais n° CLC14-26052298, FaCeT 17-26070359, FaCeT 18-26073412 et FaCeT 18-26075061 et FaCeT 19-26078774/A*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé en pression et dépression statique par Certisolis (*rapports d'essais n° 20131024-002 et -005*).
- 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 16.014 C – V1*).
- Le procédé photovoltaïque a fait l'objet au CSTB d'un essai mixte de fatigue-étanchéité (*rapport d'essais n° MRF 15 26056677*).
- 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 13-26044709*).
- Les cadres polymères ont fait l'objet de tests de choc Charpy au CSTB selon la NF EN ISO 179-1/1eA, à l'état neuf et vieilli (*rapport n° BV15-910*).
- La justification aux zones sismiques est basée sur un rapport d'étude par SafeTech Ingénierie, suivant les Eurocodes 8-1, EN 1998-1 § 4.3.5, ayant comparé les sollicitations agissantes avec les capacités résistantes des vis de fixation du procédé.

C. Références

C.1 Données environnementales et sanitaires[1]

Le procédé « GSE Intégration "In Roof System" V. TS-1 et A-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.

C.2 Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis 2009.

Environ 2 000 000 m² ont été commercialisés en France à ce jour. À l'export, environ 500 000 m² ont été commercialisés dans 26 autres pays.

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

Tableau 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 pollué	**Industrielle ou urbaine**		**Marine**				**Spéciale**
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3 km)	Mixte	
Aluminium EN AW-6060 T66, 6060 T6, 6063(A) T5, 6063(A) T6, 6063 T66	anodisation 10 à 15 µm	cadres de module	•	•	□	•	□	□	□	□
Aluminium EN AW-1050 H24	-	abergements	•	•	□	•	□	□	□	□
Aluminium EN AW-3005 H44	25 µm polyester RAL 9005	abergements	•	•	□	•	•	□	□	□
Polypropylène + charges EPDM + silice	-	plaque	•	•	□	•	•	□	□	□
Inox A2 + acier cémenté	Supracoat 2C (sur partie acier)	vis Capinox	•	•	□	•	•	□	□	-
Inox 1.4307	-	étriers, agrafes	•	•	□	•	•	-	□	-

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

Sommaire des Figures

Figure 1 – Schéma éclaté du procédé 25
Figure 2 – Module photovoltaïque AUO SunPrimo PM060PW1, et son cadre 26
Figure 3 – Module photovoltaïque AUO SunVivo PM060MX2 et son cadre 27
Figure 4 – Module photovoltaïque AUO SunForte PM096B00 et son cadre 28
Figure 5 – Module photovoltaïque Bisol (face avant du module BMU représentée) et son cadre 29
Figure 6 – Schéma des modules Q CELLS 30
Figure 7 – Cadre des modules Q CELLS 30
Figure 8 – Schéma du module et cadre LONGi 31
Figure 9 – Module photovoltaïque SolarWorld poly 32
Figure 10 – Module photovoltaïque SolarWorld mono 33
Figure 11 – Cadre du module photovoltaïque SolarWorld 34
Figure 12 – Module photovoltaïque Soluxtec et son cadre 35
Figure 13 – Modules photovoltaïques SunPower 36
Figure 14 – Cadre des modules photovoltaïques SunPower 36
Figure 15 – Module photovoltaïque Trina et son cadre 37
Figure 16 – Module photovoltaïque Viessmann et son cadre 38
Figure 17 – Plaque polypropylène (exemple format H1640) 39
Figure 18 – Étriers 40
Figure 19 – Cales de bord de champ 40
Figure 20 – Vis à bois (voir texte § 2.32) 41
Figure 21 – Couloir latéral pour tuile à relief (exemple couloir gauche) 41
Figure 22 – Abergements supérieurs kit TS-1 42
Figure 23 – Abergements pour ardoises 43
Figure 24 – Abergements supérieurs kit A-1 44
Figure 25 – Agrafe-crochet (voir texte § 2.33) 45
Figure 26 – Principe de câblage 45
Figure 27 – Cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs 46
Figure 28 – Contrôle de la planitude 47
Figure 29 – Support et recouvrement des plaques polypropylène – plaques H1640 48
Figure 30 – Support et recouvrement des plaques polypropylène – plaque H1575 49
Figure 31 – Pose de plaques polypropylène 50
Figure 32 – Pose des modules 51
Figure 33 – Chaine de cotes de l'écrasement du joint EPDM sous les étriers 52
Figure 34 – Positionnement des modules verticalement et en haut de champ 54
Figure 35 – Mise en œuvre du bas de champ (cas des tuiles à relief) 56
Figure 36 – Pose des abergements supérieurs du kit TS-1 57
Figure 37 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs (cas des tuiles à relief) 58
Figure 38 – Pose de la mousse triangulaire (cas des tuiles à relief) 59
Figure 39 – Mise en place des éléments de couverture (cas des tuiles à relief) 59
Figure 40 – Mise en œuvre du bas de champ (cas des ardoises) 60
Figure 41 – Pose des abergements supérieurs du kit A-1 61
Figure 42 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs du kit A-1 62
Figure 43 – Mise en place des éléments de couverture (cas des ardoises) 63
Figure 44 – Remplacement de module (exemple en bord de champ) 64

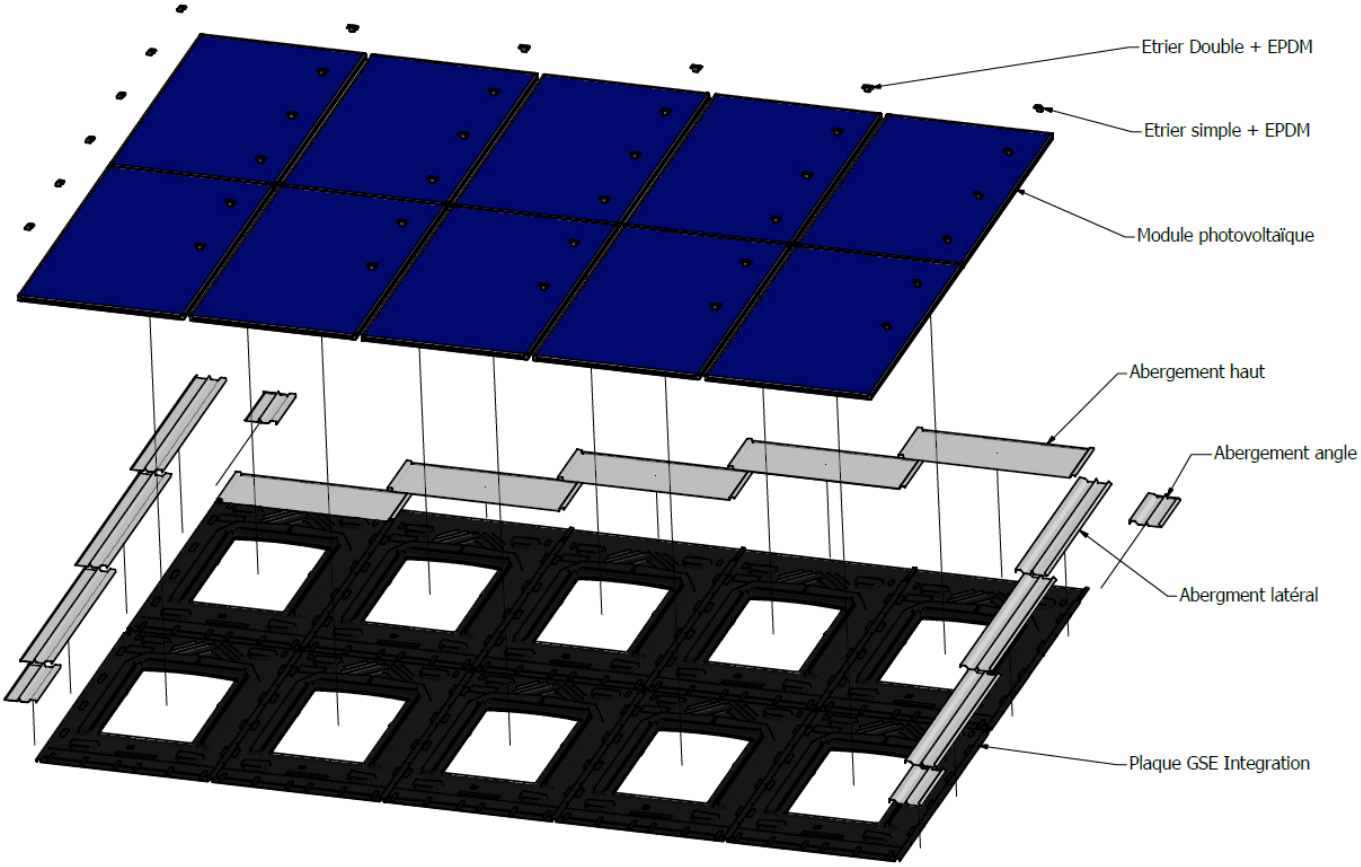


Figure 1 – Schéma éclaté du procédé

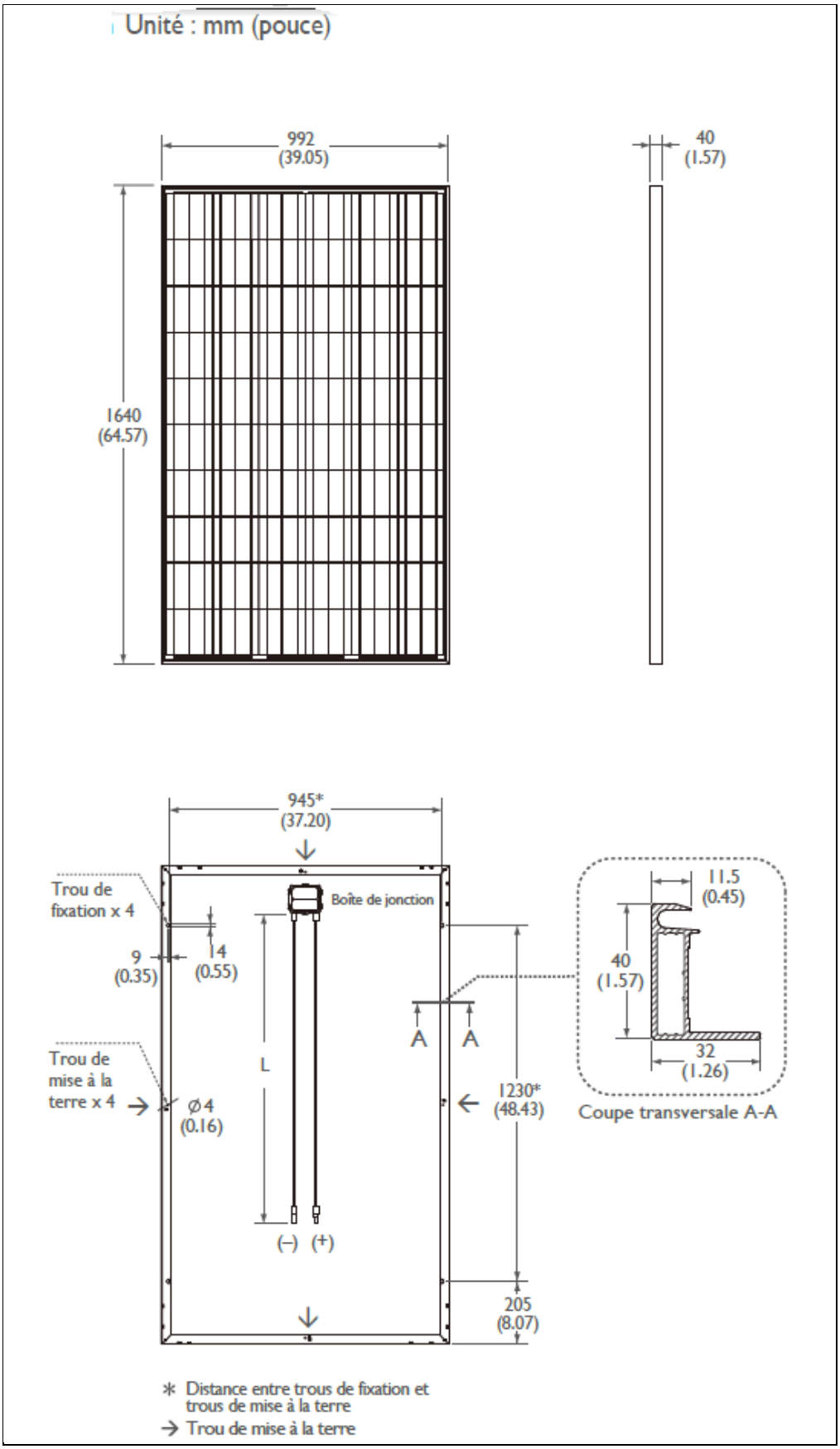


Figure 2 – Module photovoltaïque AUO SunPrimo PM060PW1, et son cadre

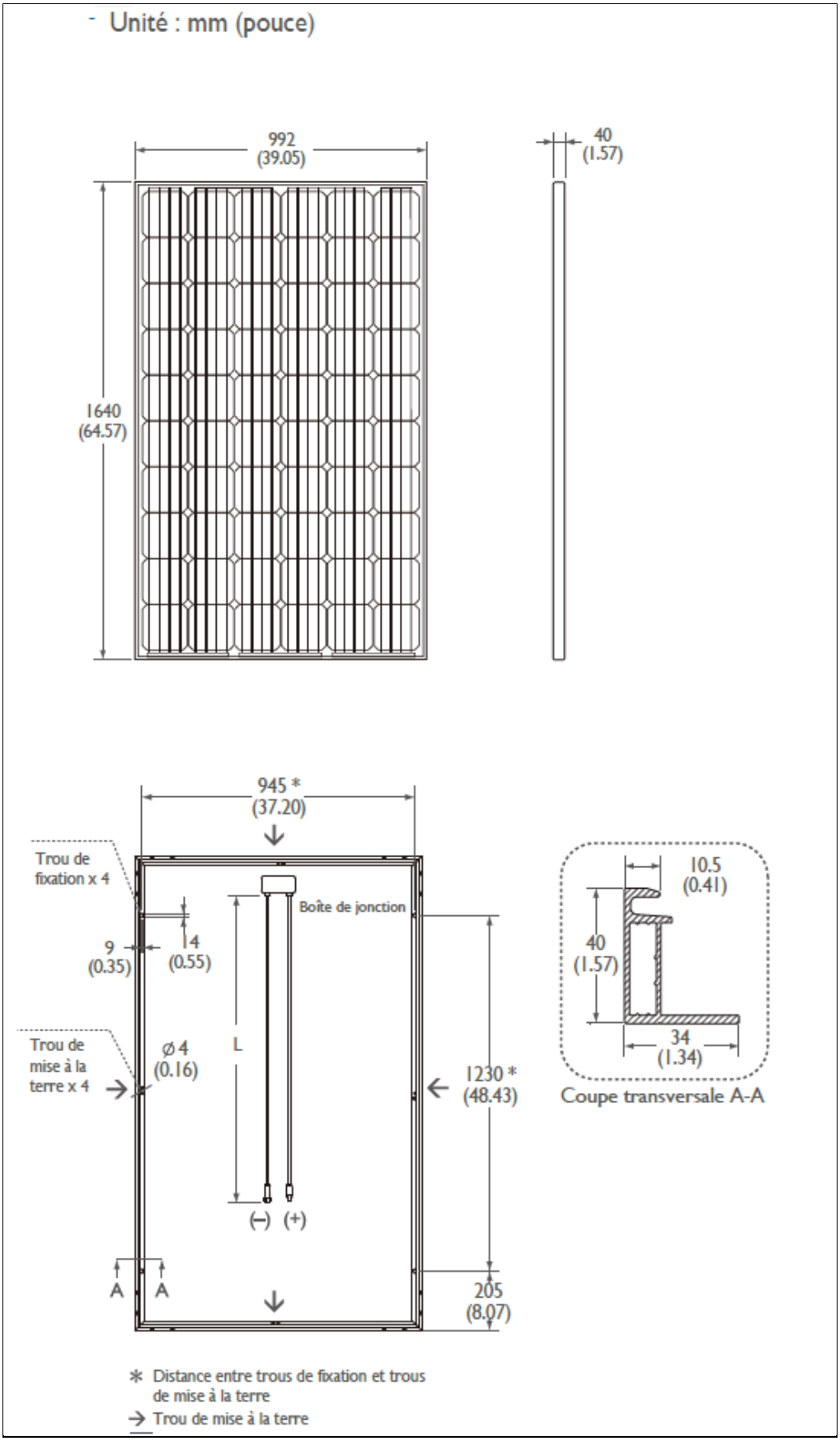


Figure 3 – Module photovoltaïque AUO SunVivo PM060MX2 et son cadre

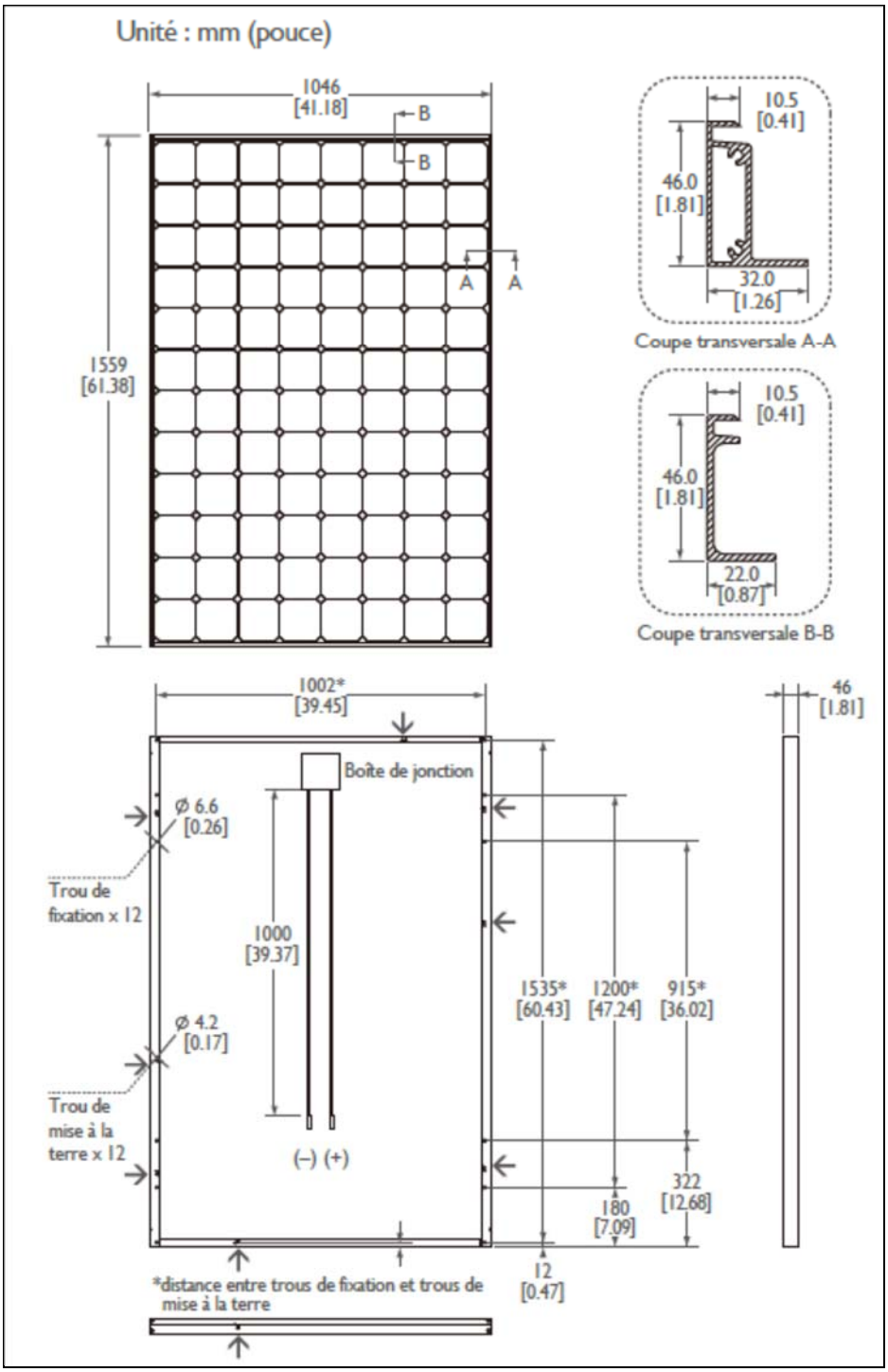
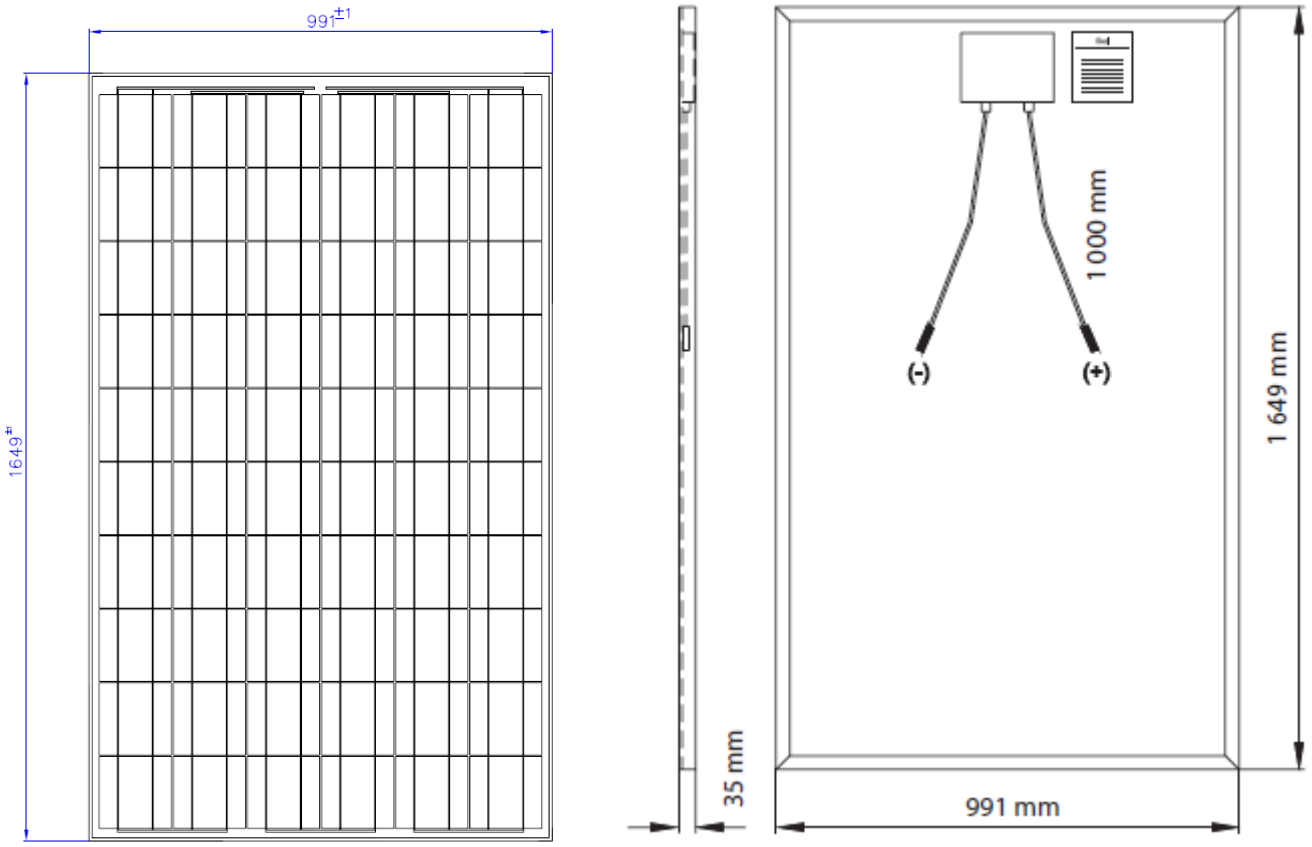


Figure 4 – Module photovoltaïque AUO SunForte PM096B00 et son cadre



Vue en coupe du cadre

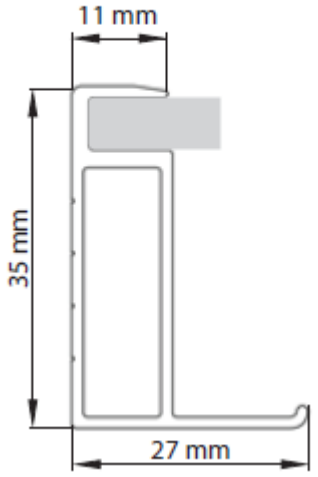


Figure 5 – Module photovoltaïque Bisol (face avant du module BMU représentée) et son cadre

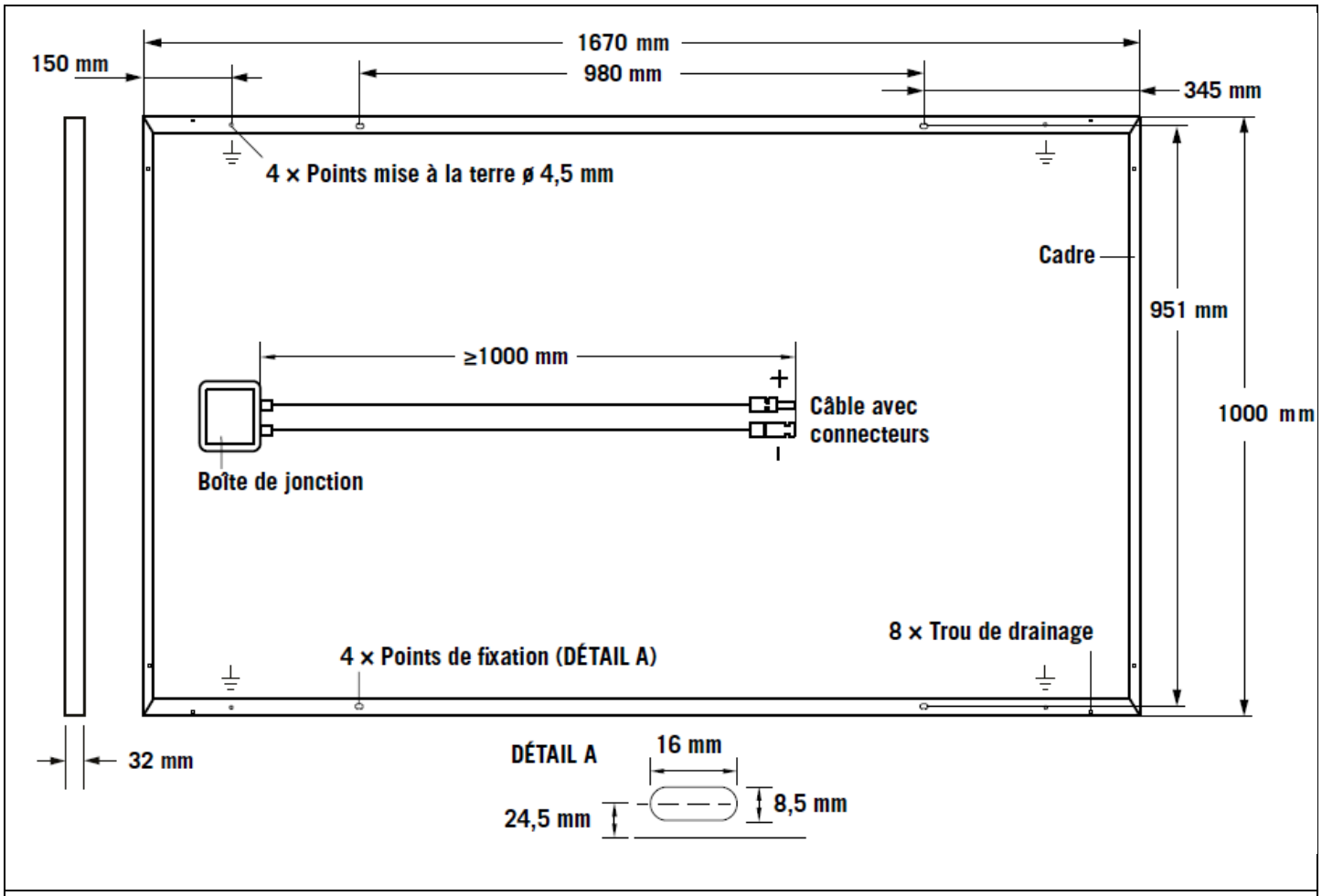


Figure 6 – Schéma des modules Q CELLS

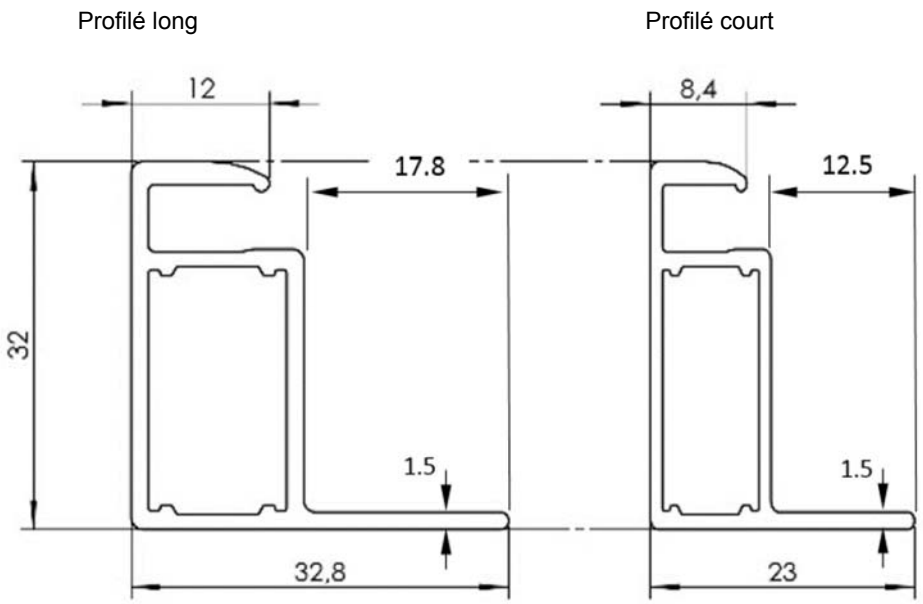


Figure 7 – Cadre des modules Q CELLS

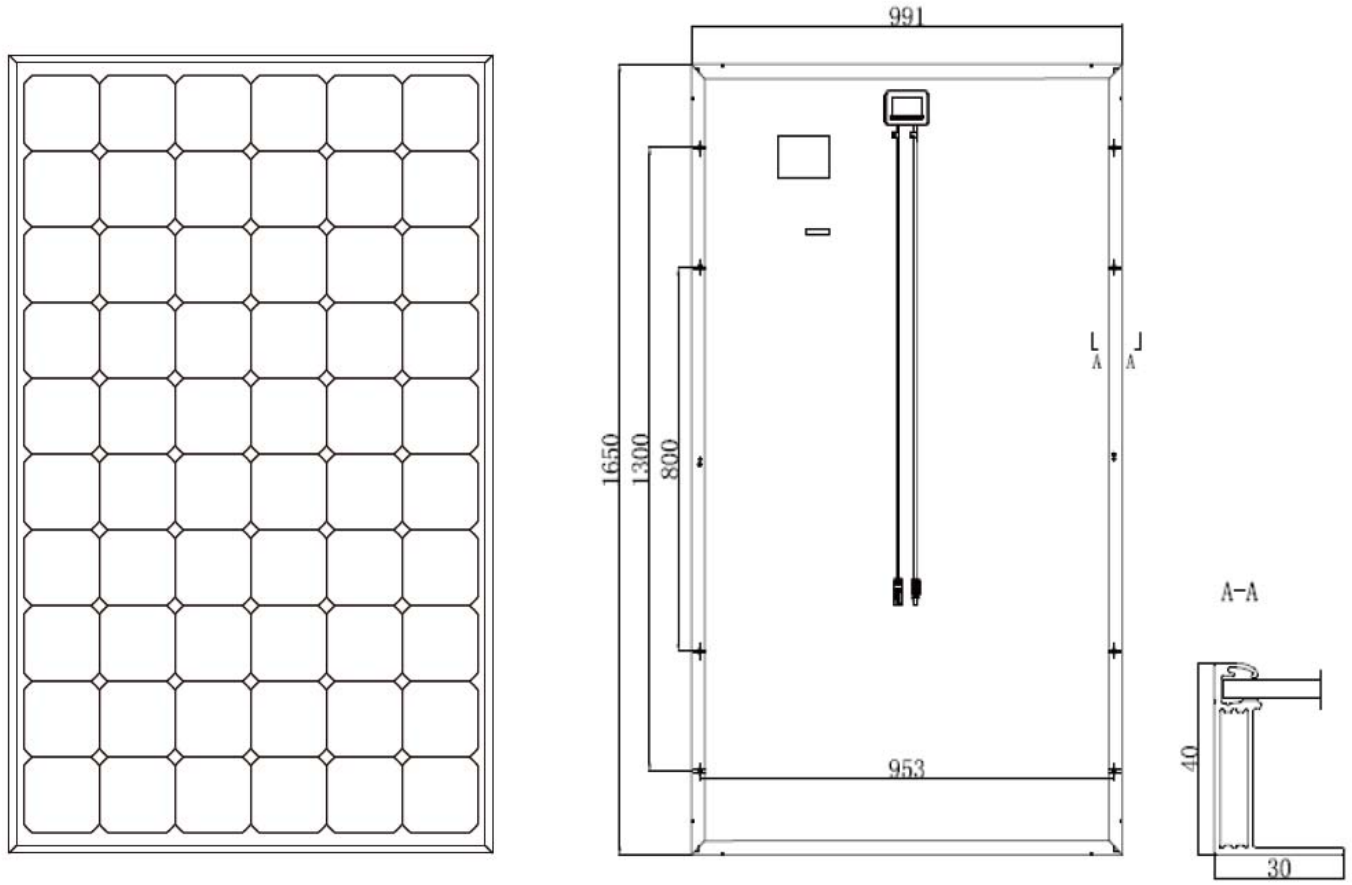


Figure 8 – Schéma du module et cadre LONGi

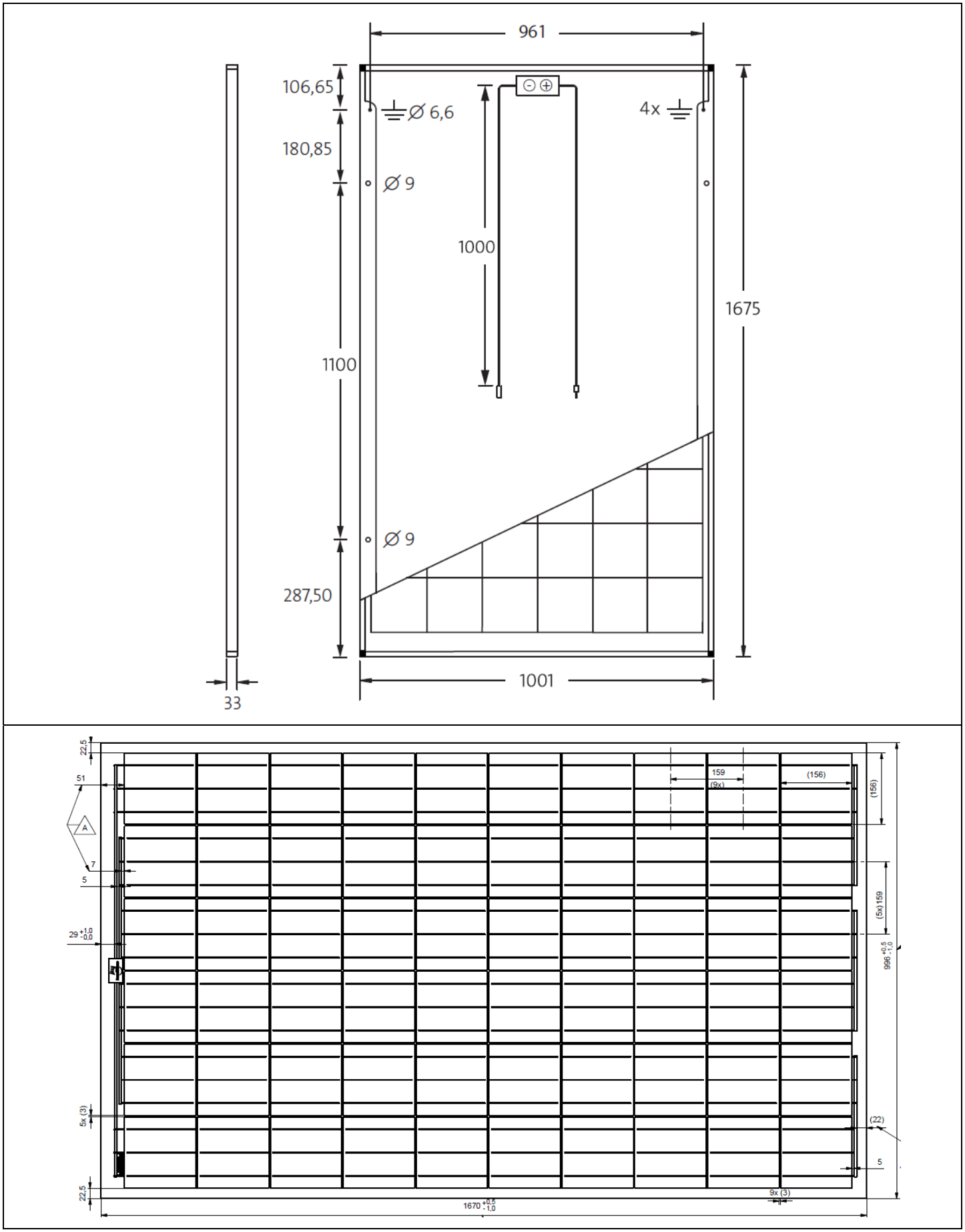


Figure 9 – Module photovoltaïque SolarWorld poly

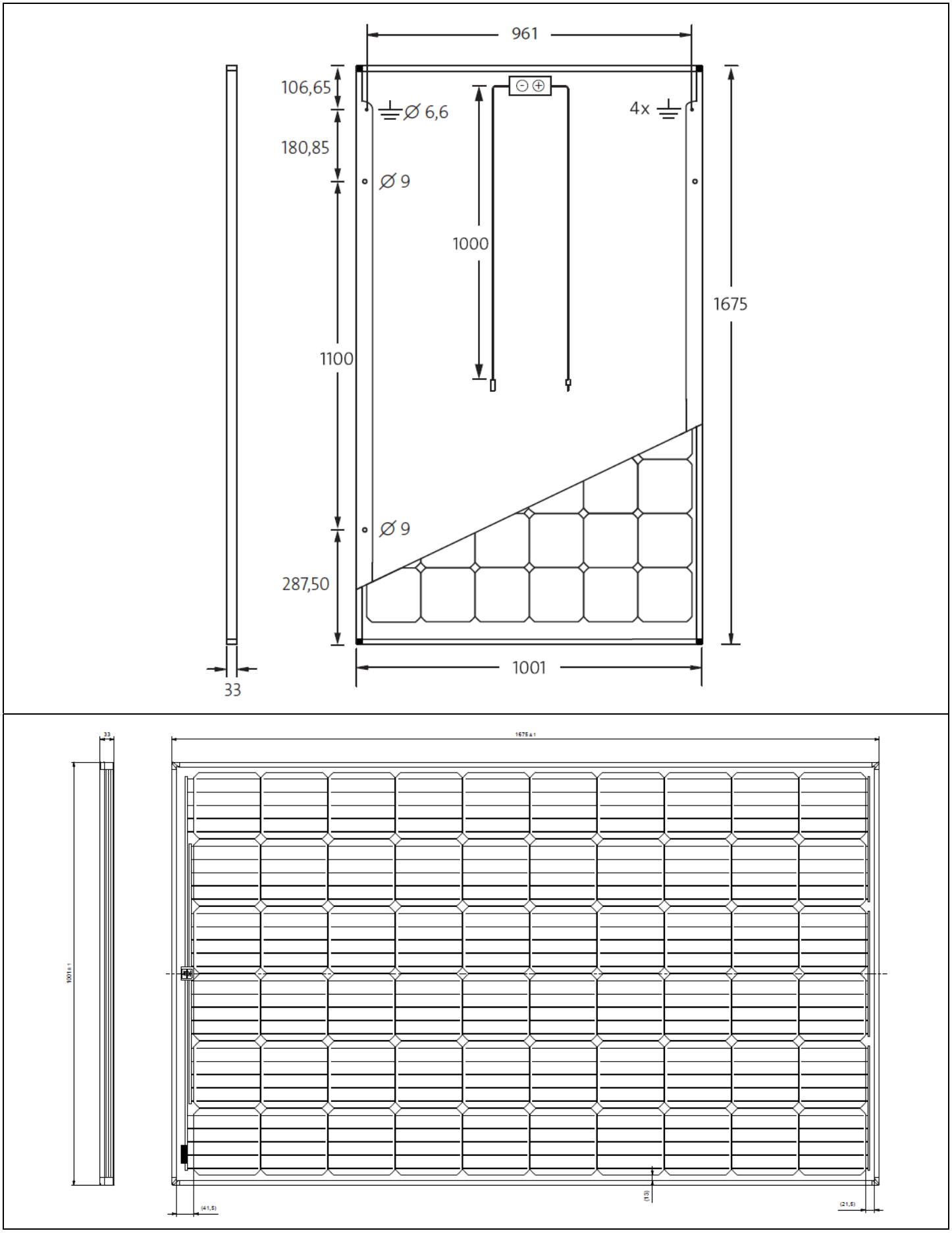


Figure 10 – Module photovoltaïque SolarWorld mono

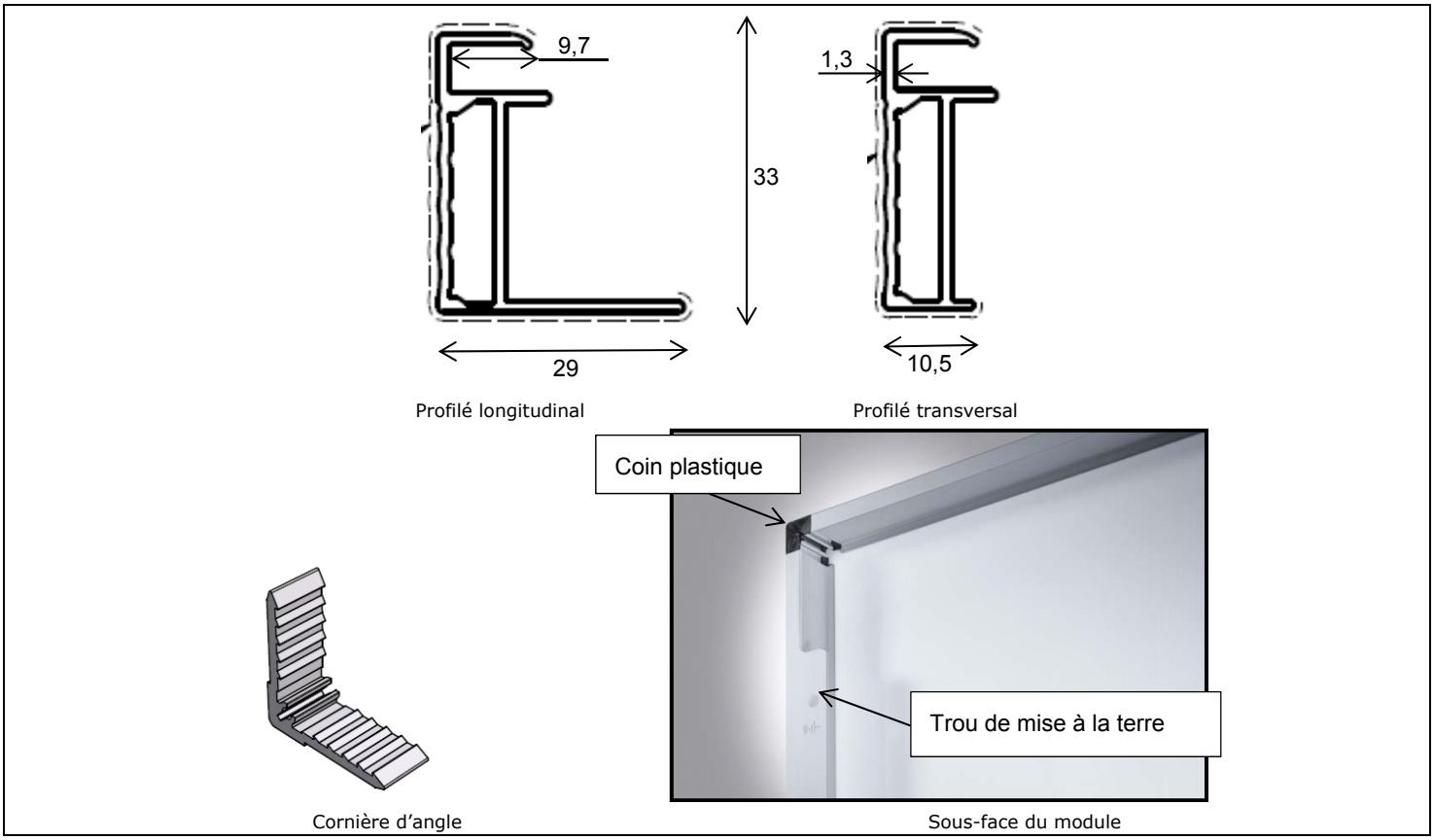


Figure 11 – Cadre du module photovoltaïque SolarWorld

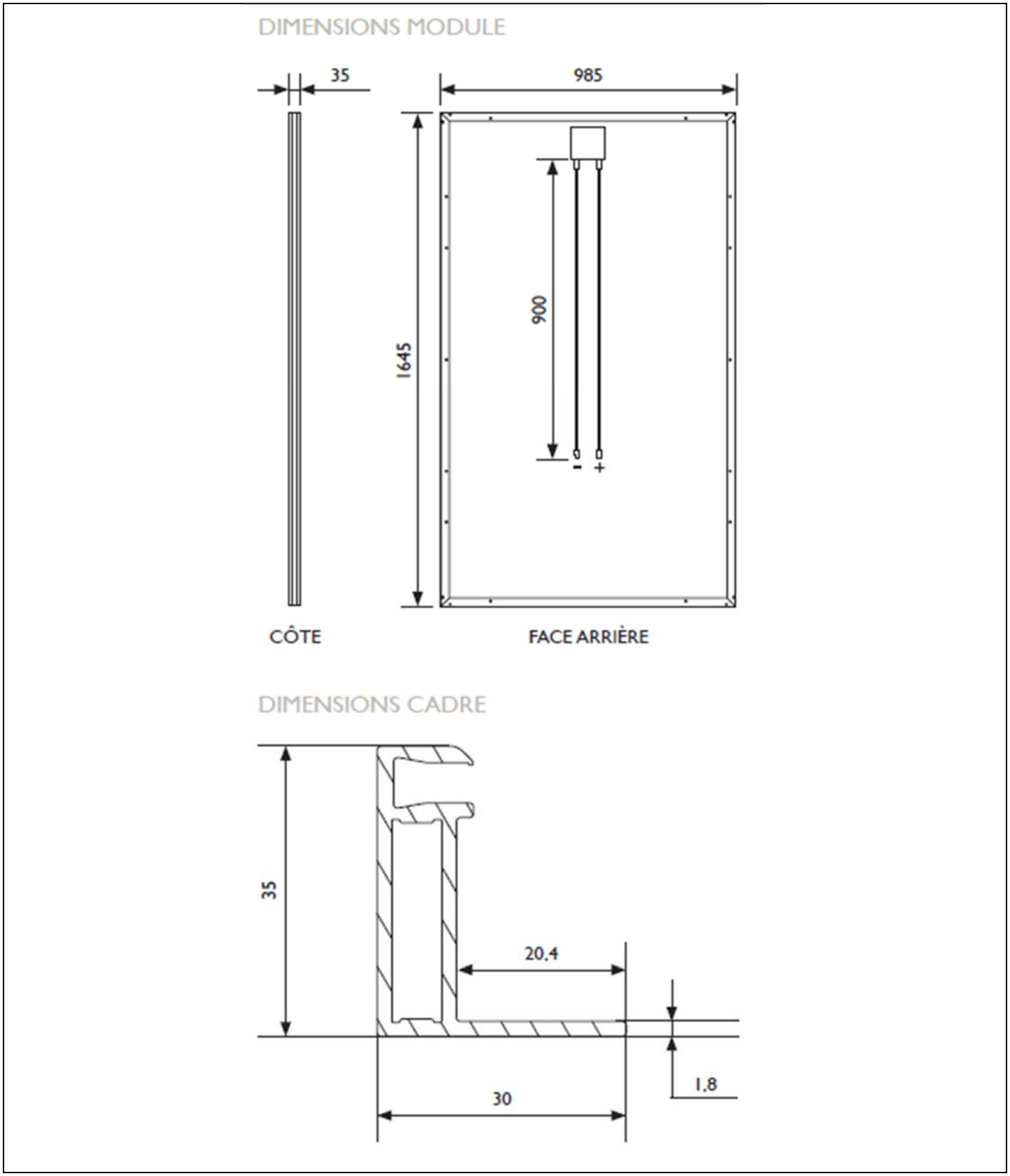


Figure 12 – Module photovoltaïque Soluxtec et son cadre

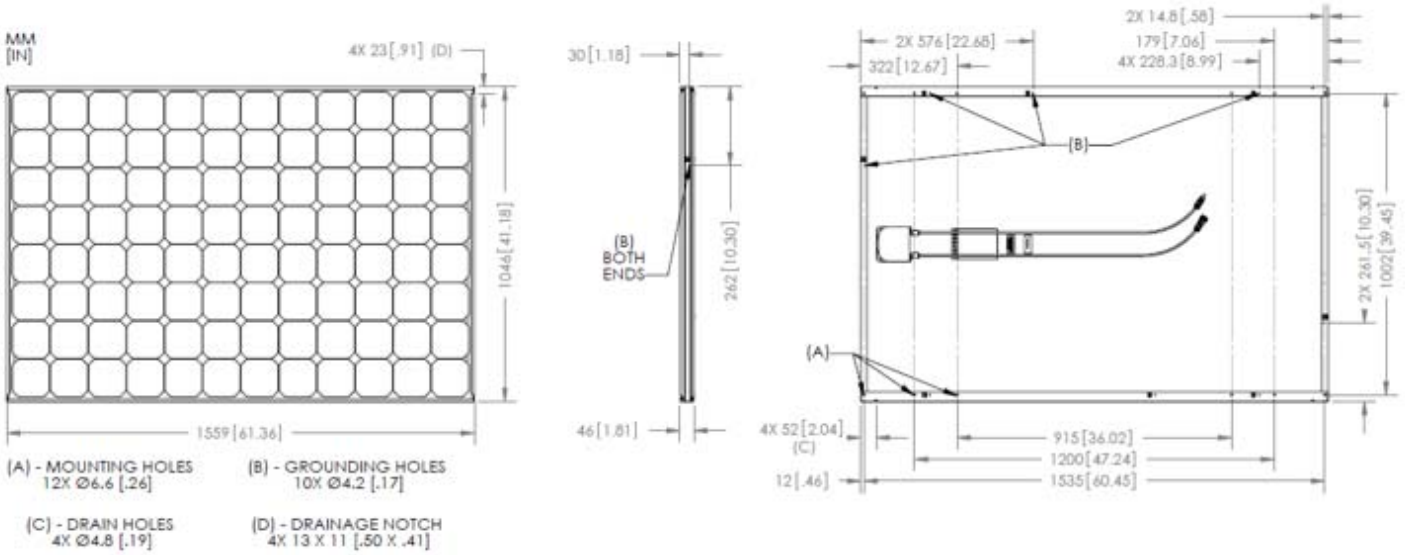
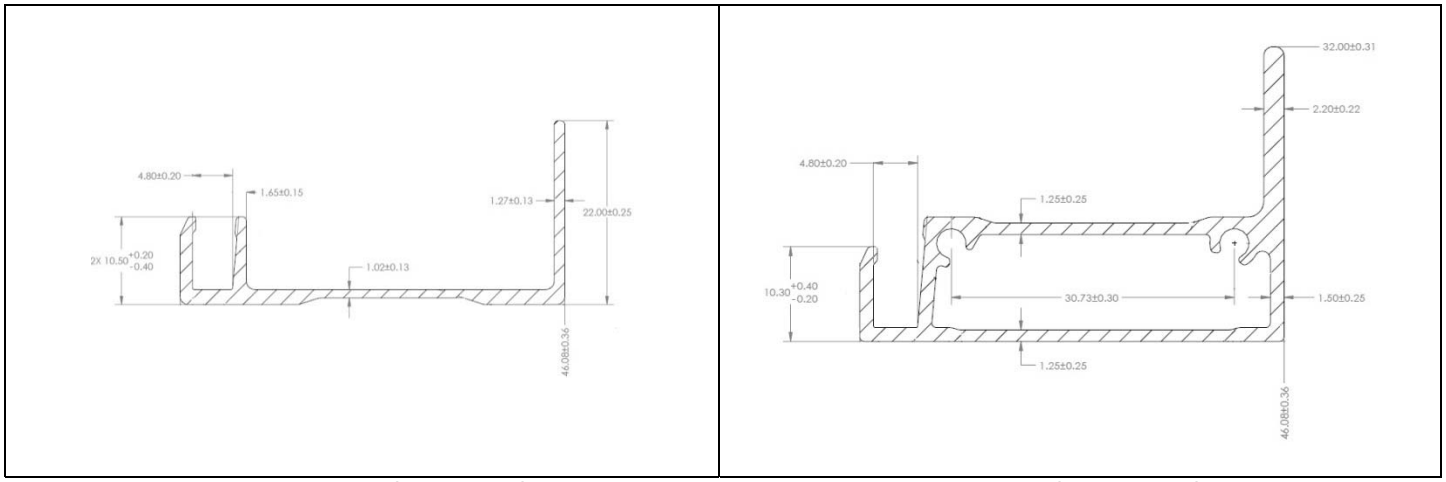


Figure 13 – Modules photovoltaïques SunPower



Profilé du petit côté *Profilé du grand côté*

Figure 14 – Cadre des modules photovoltaïques SunPower

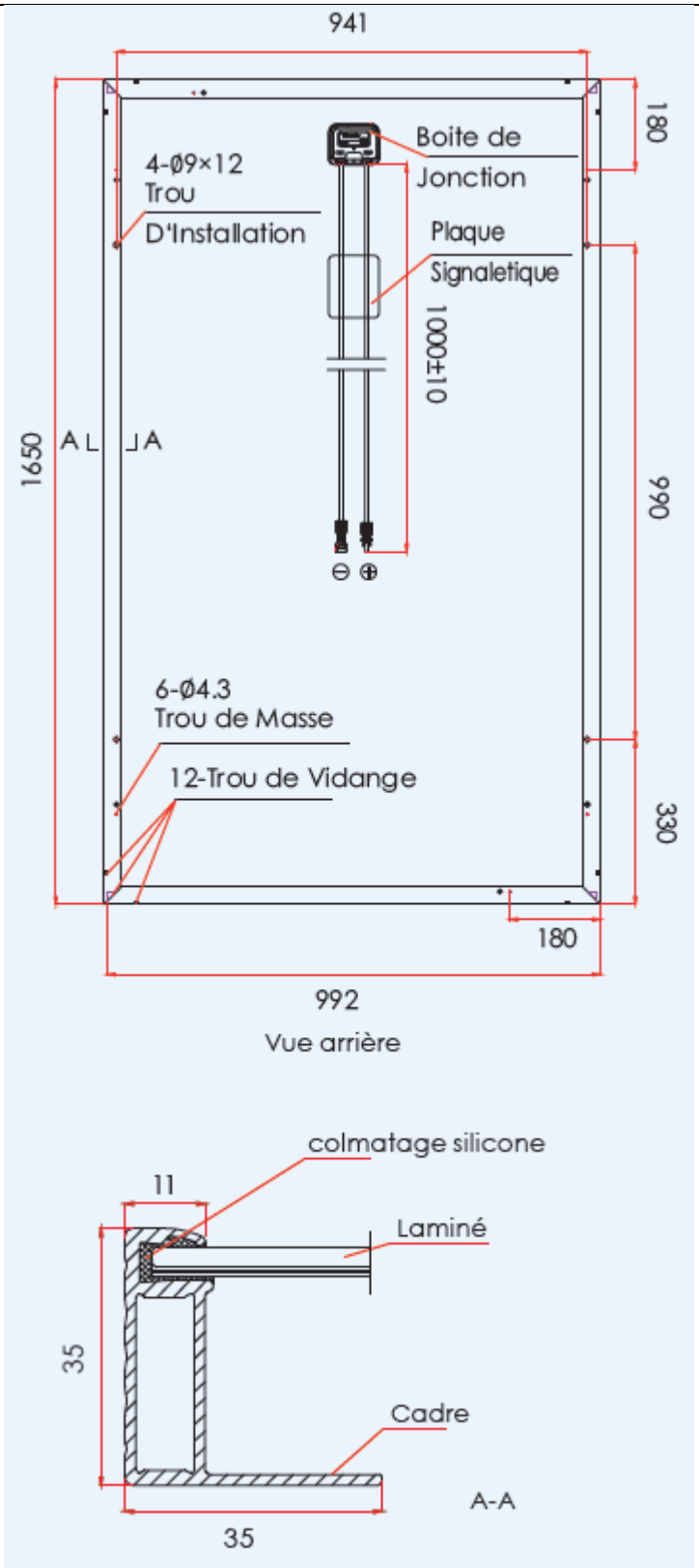
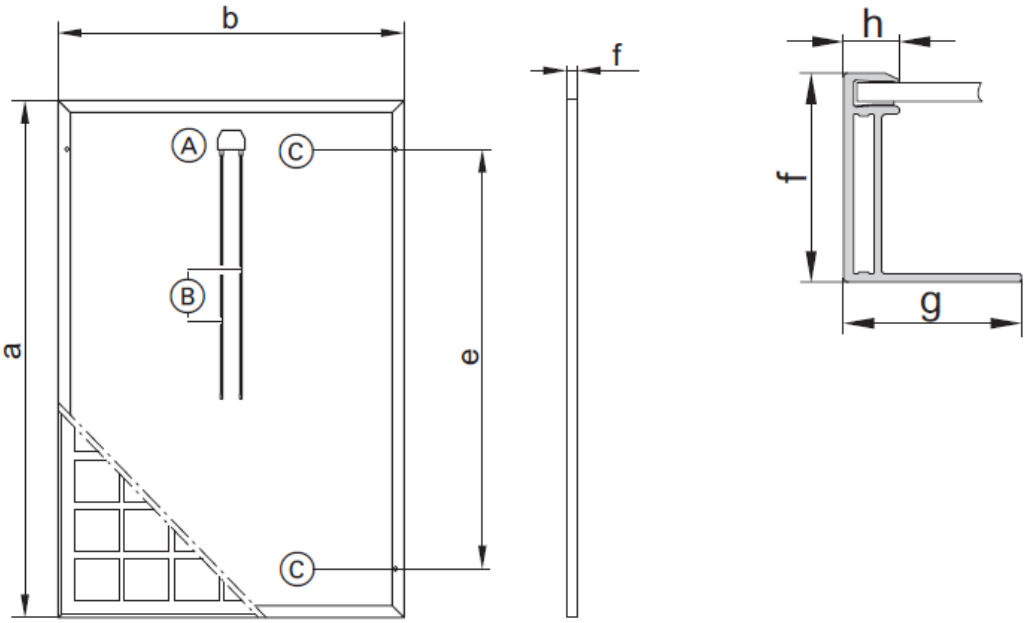


Figure 15 – Module photovoltaïque Trina et son cadre

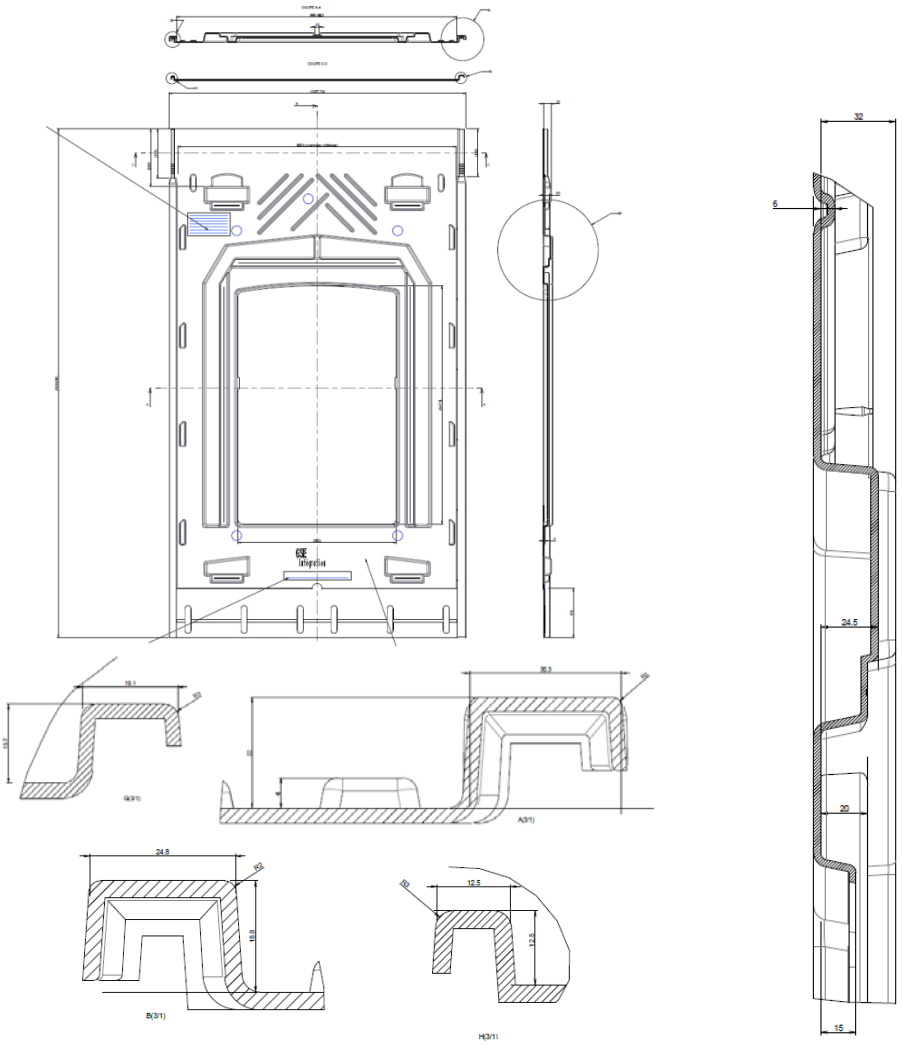


Ⓐ Boîtier de raccordement
Ⓑ Câbles de raccordement
Ⓒ 4 raccords pour la liaison équipotentielle (ø 5,2 mm)

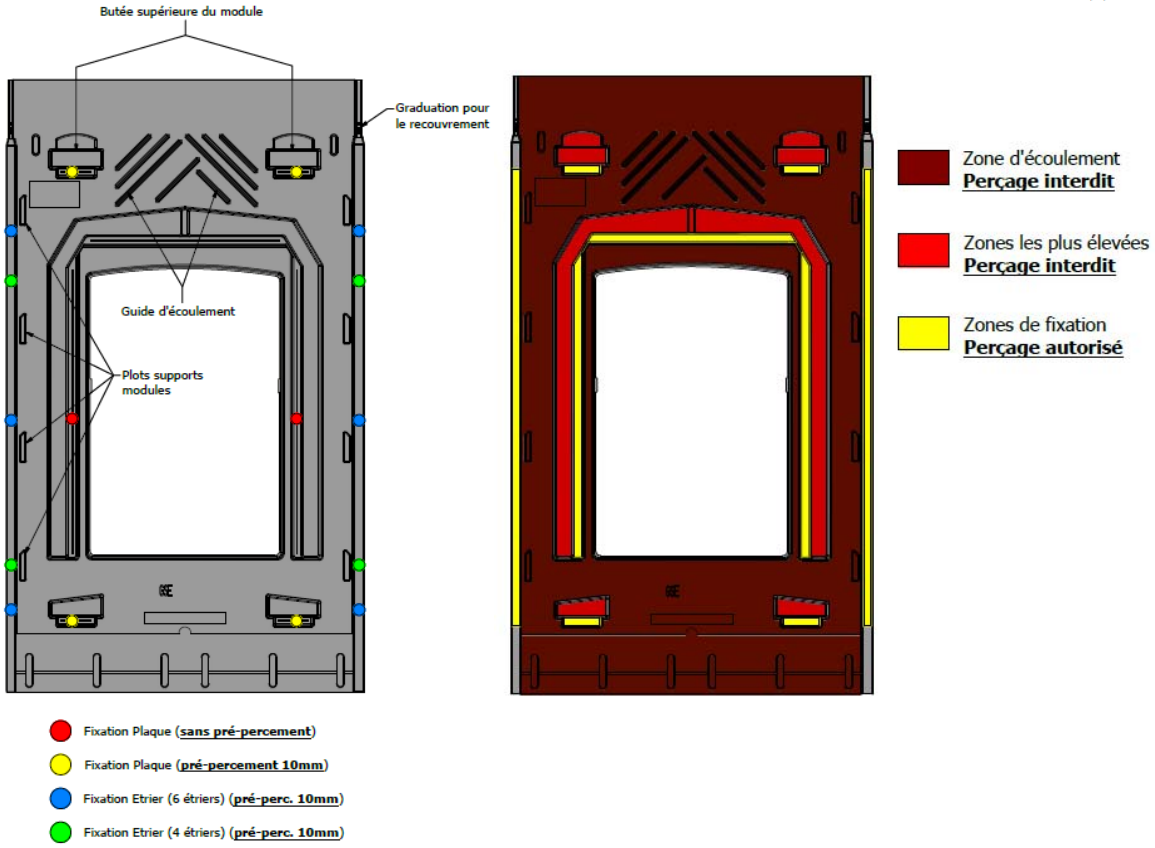
Tableau des dimensions

a	mm	1640
b	mm	992
e	mm	1230
f	mm	40
g	mm	32
h	mm	11,5

Figure 16 – Module photovoltaïque Viessmann et son cadre

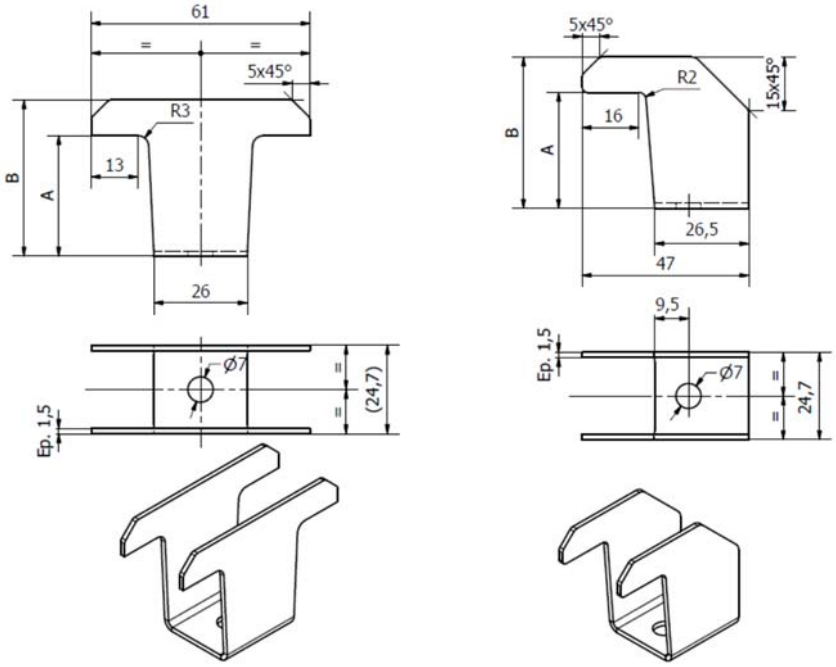


a. Vues et coupes de la plaque



b. Schéma de principe des fonctions des différentes structures géométriques de la plaque

Figure 17 – Plaque polypropylène (exemple format H1640)



Réf.	Côte A +/- 0,3	Côte B +/- 0,3
H16	18,6	28,6
H21	23,6	33,6
H27	29,6	39,6

étrier double

Réf.	Côte A +/- 0,3	Côte B +/- 0,3
H16	17,8	27,8
H21	22,8	32,8
H27	28,8	38,8

étrier simple

Figure 18 – Étriers

	A	B
CALE MINI	19	21.8
CALE MAXI	22.2	27.8

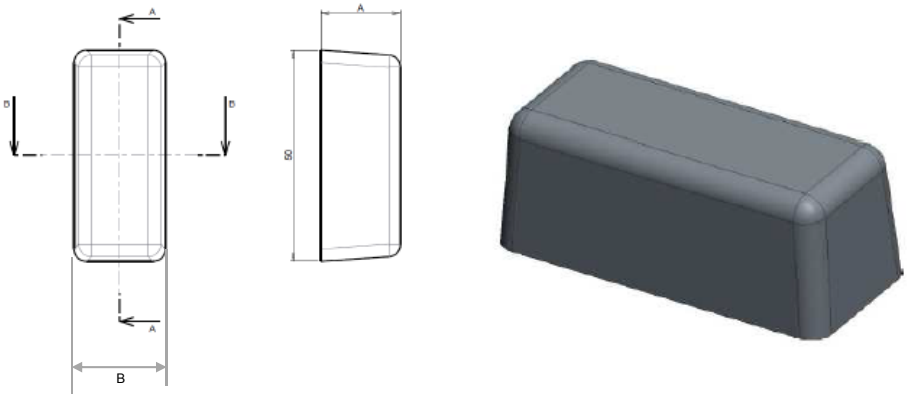
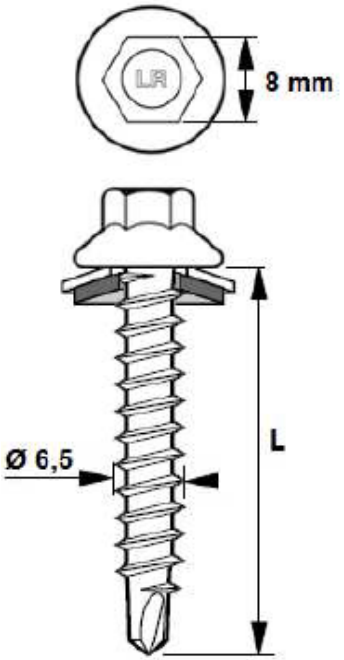


Figure 19 – Cales de bord de champ



L = 60 mm

Figure 20 – Vis à bois (voir texte § 2.32)

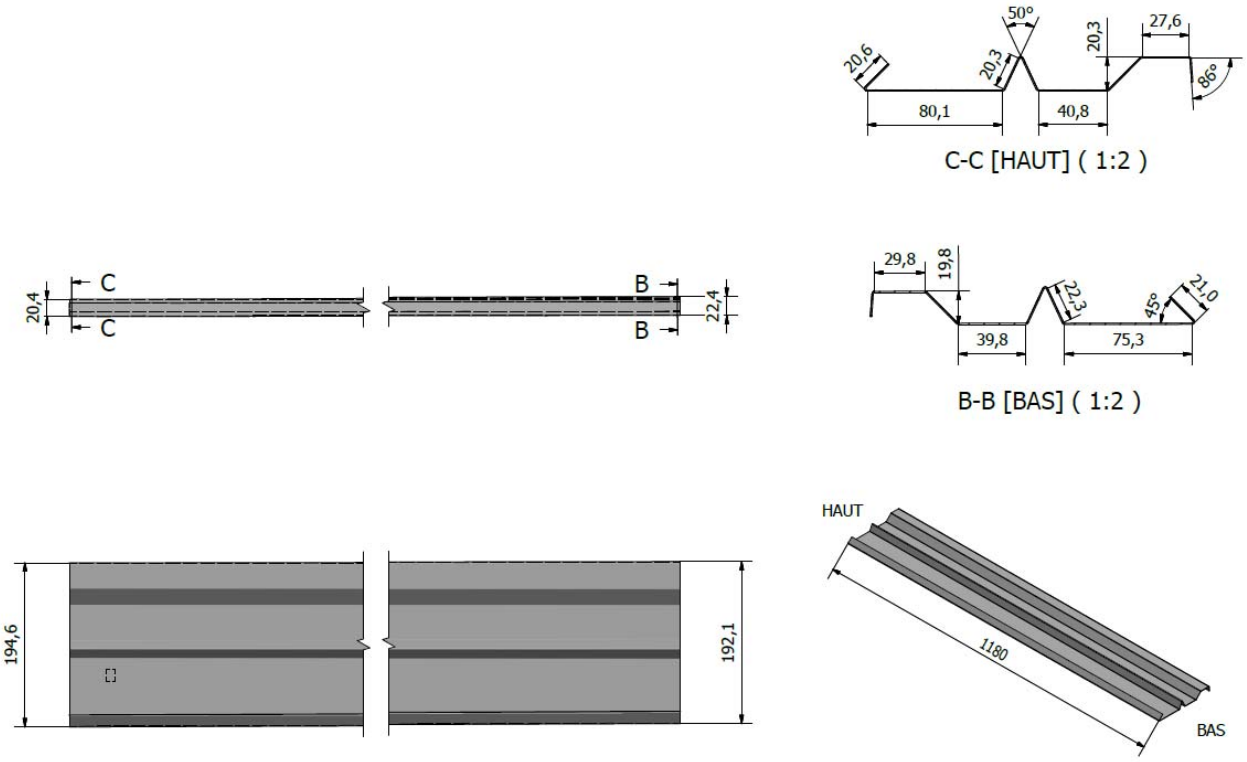
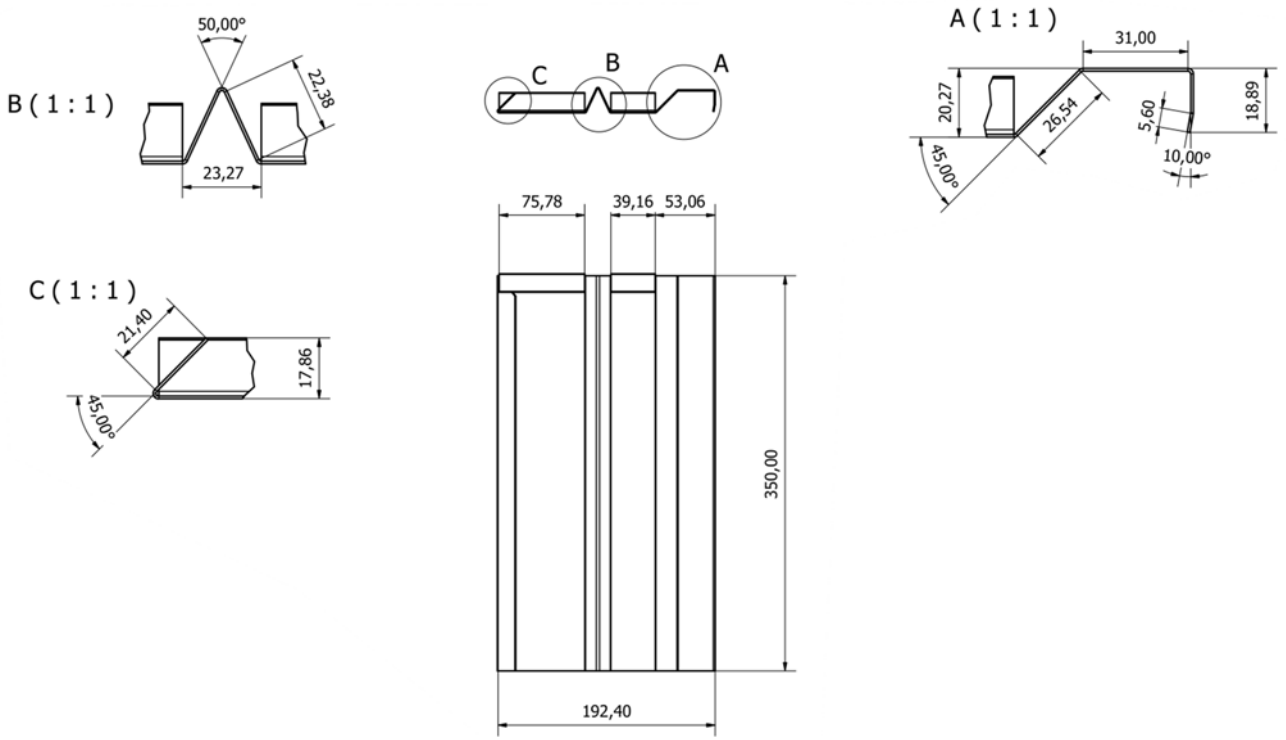
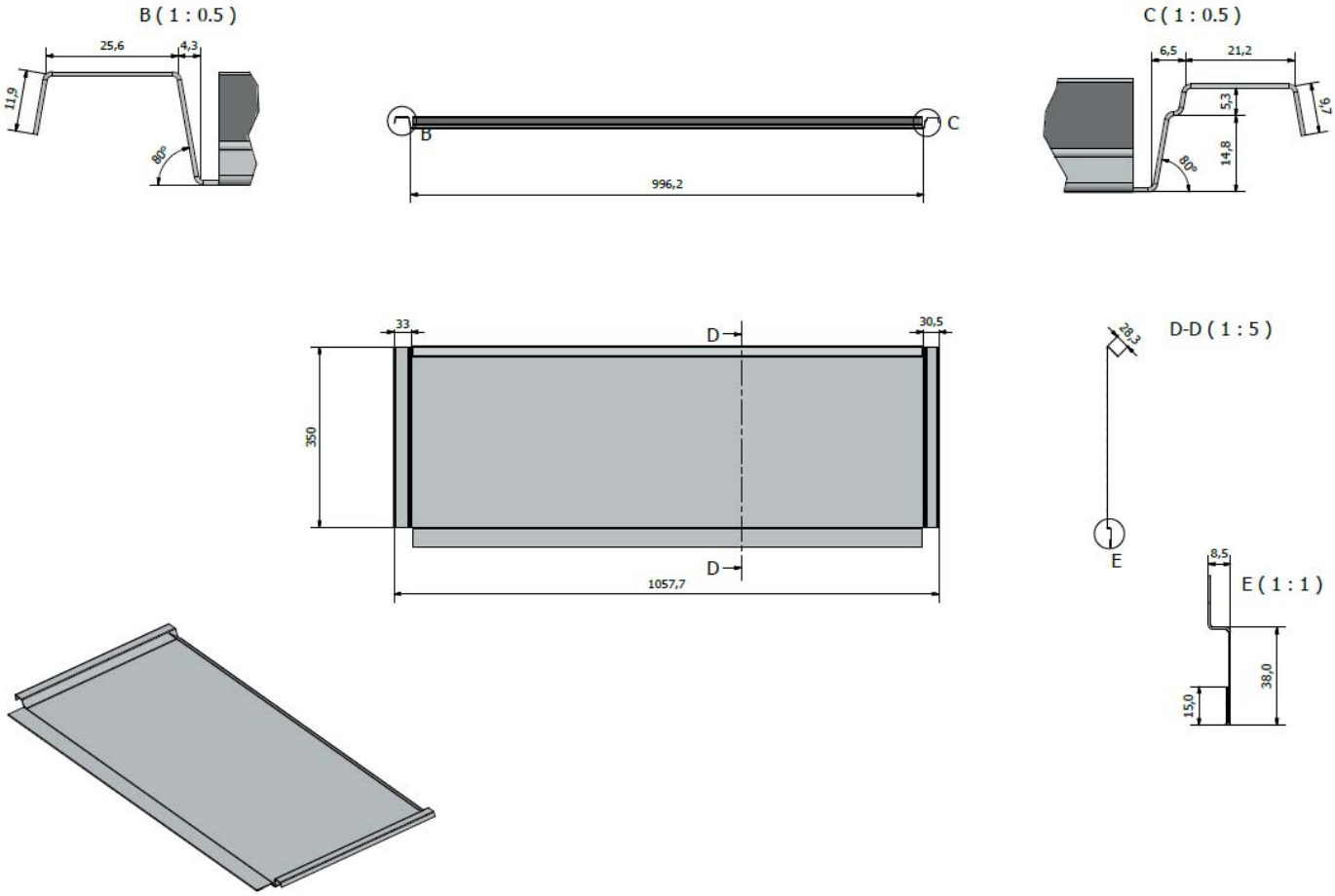


Figure 21 – Couloir latéral pour tuile à relief (exemple couloir gauche)

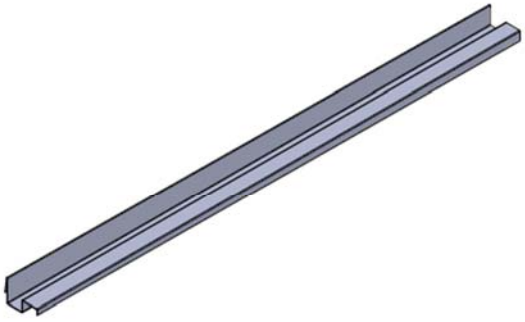


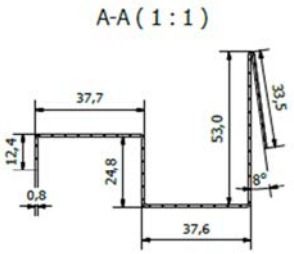
Angle supérieur (pour tuiles à relief)

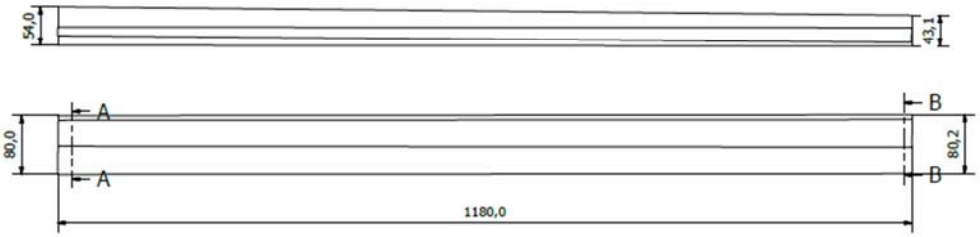


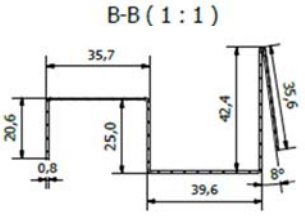
Abergement haut (exemple pour modules SolarWorld)

Figure 22 – Abergements supérieurs kit TS-1

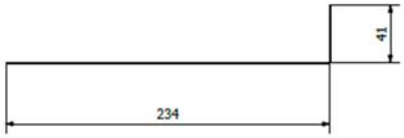


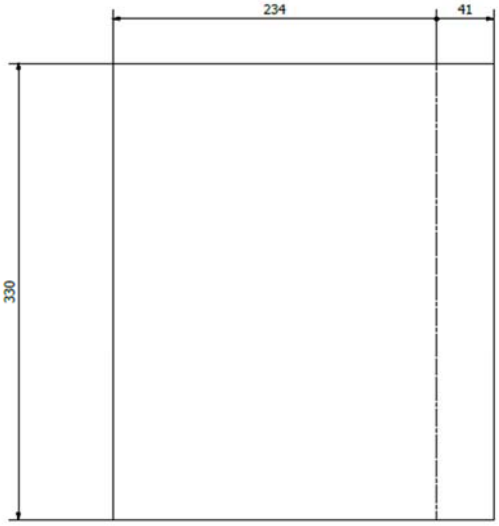


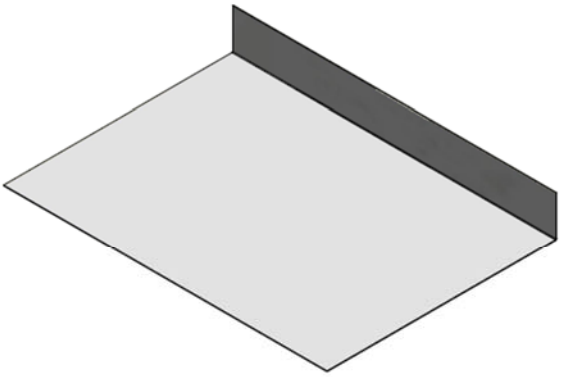




COULOIR



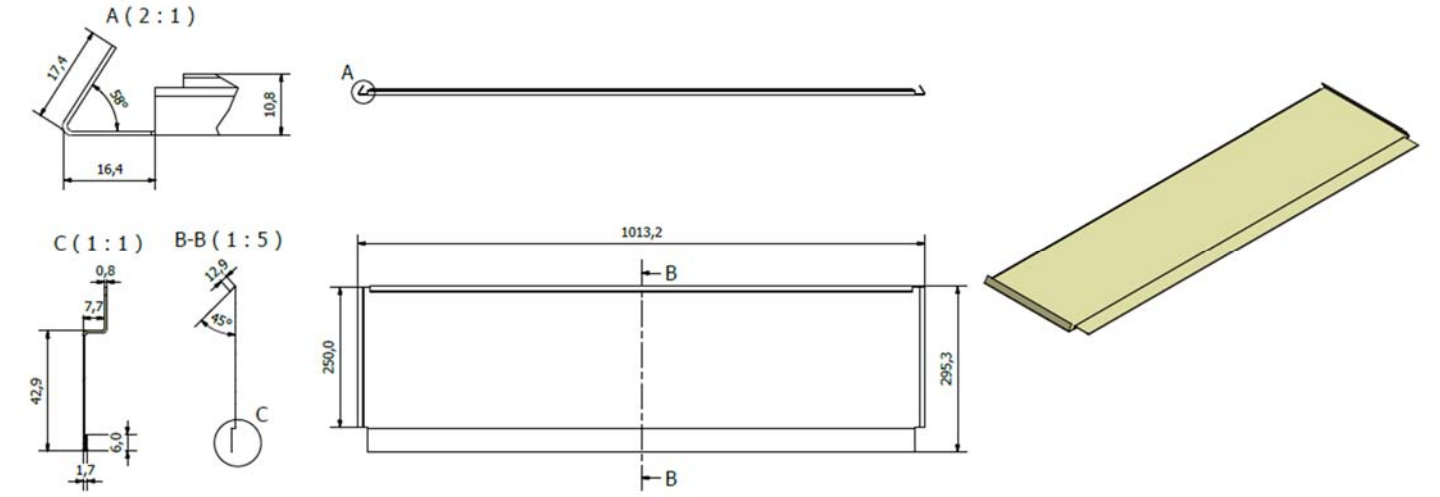




Mise à plat

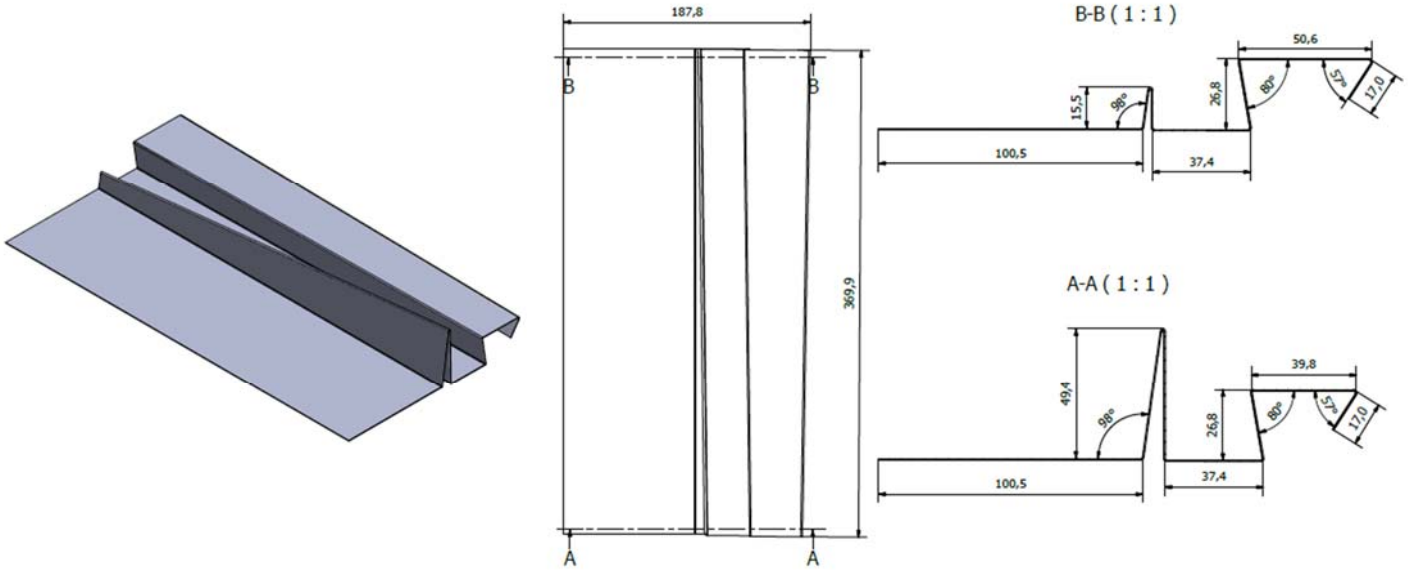
NOQUET

Figure 23 – Abergements pour ardoises



ABERGEMENT SUPERIEUR

COULISSEAU



ANGLE SUPERIEUR

Figure 24 – Abergements supérieurs kit A-1

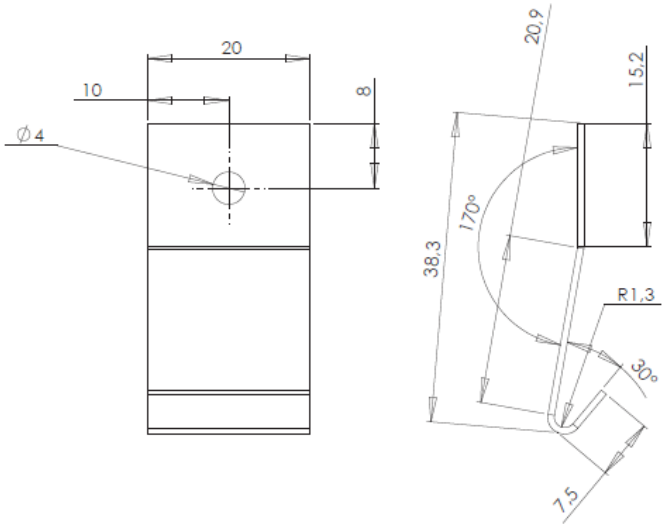


Figure 25 – Agrafe-crochet (voir texte § 2.33)

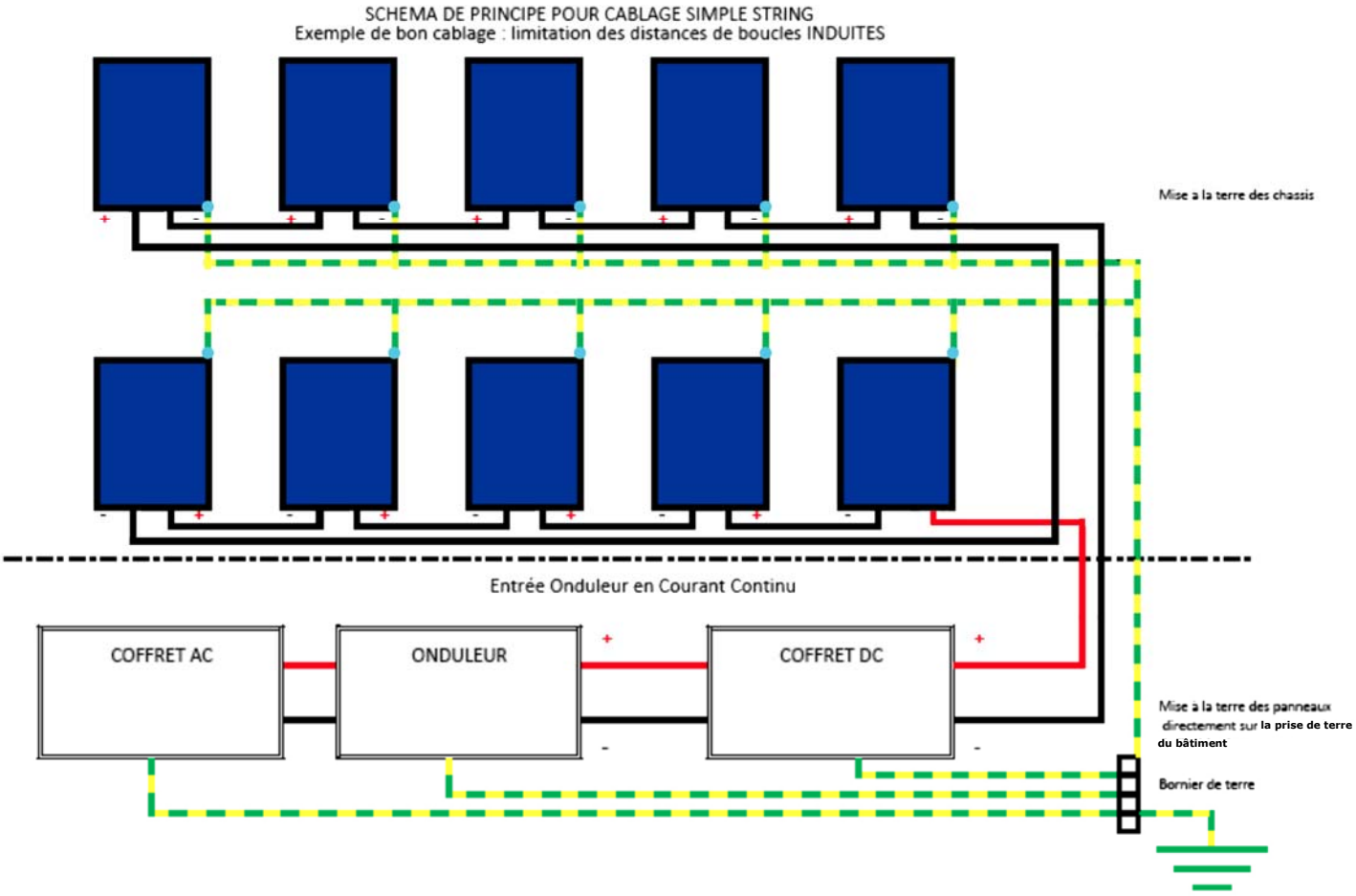
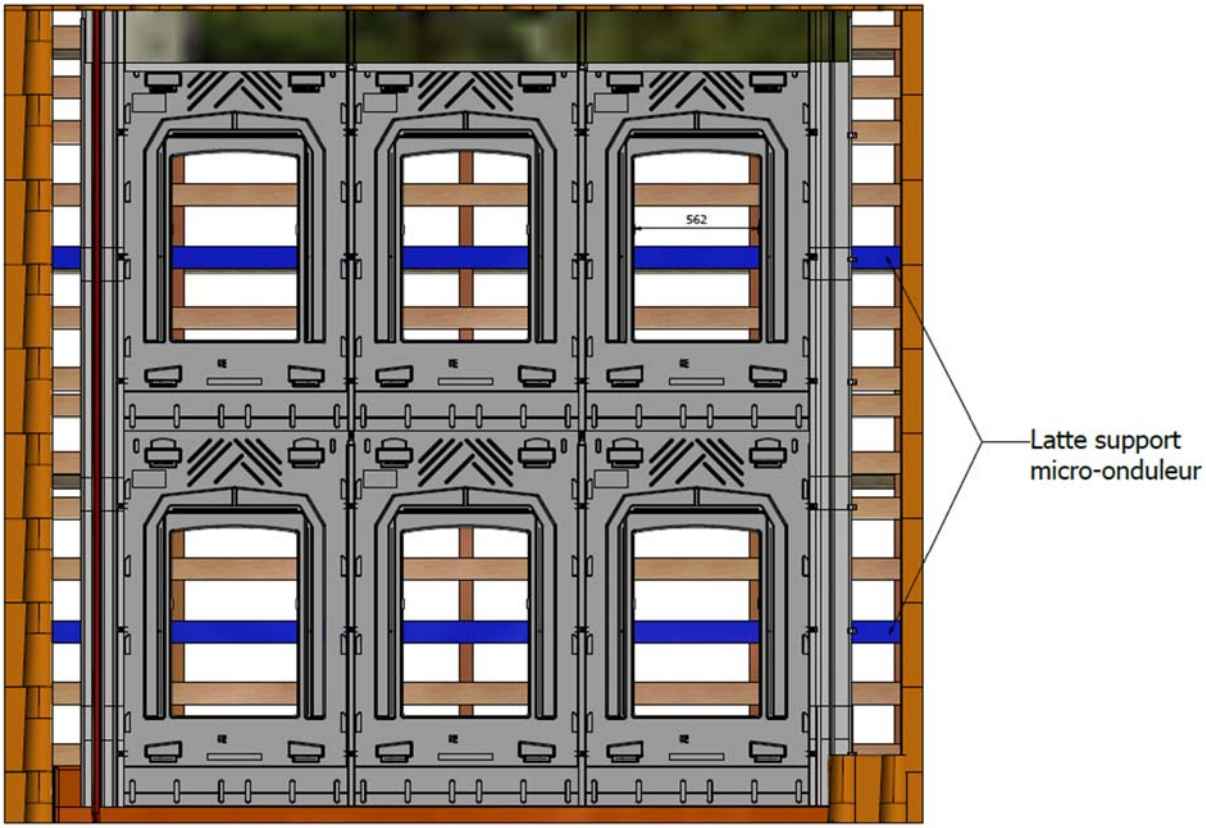
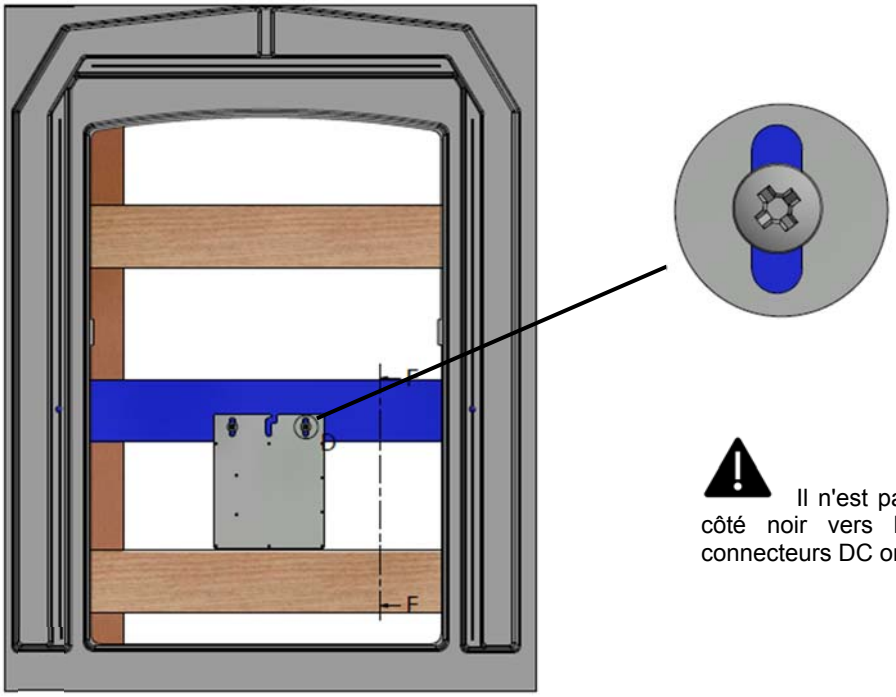


Figure 26 – Principe de câblage





Il n'est pas autorisé d'installer le micro-onduleur côté noir vers le haut ou verticalement, avec les connecteurs DC orientés vers le haut.

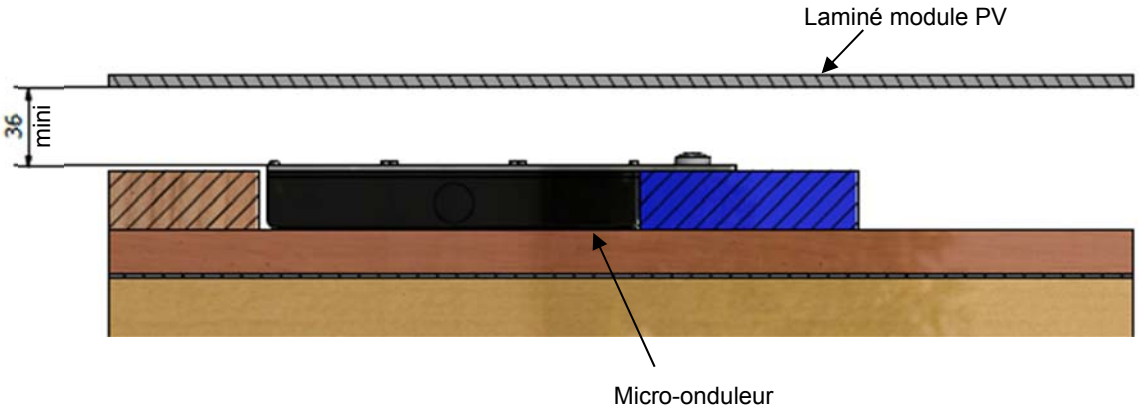
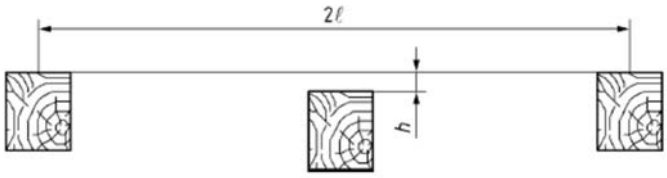


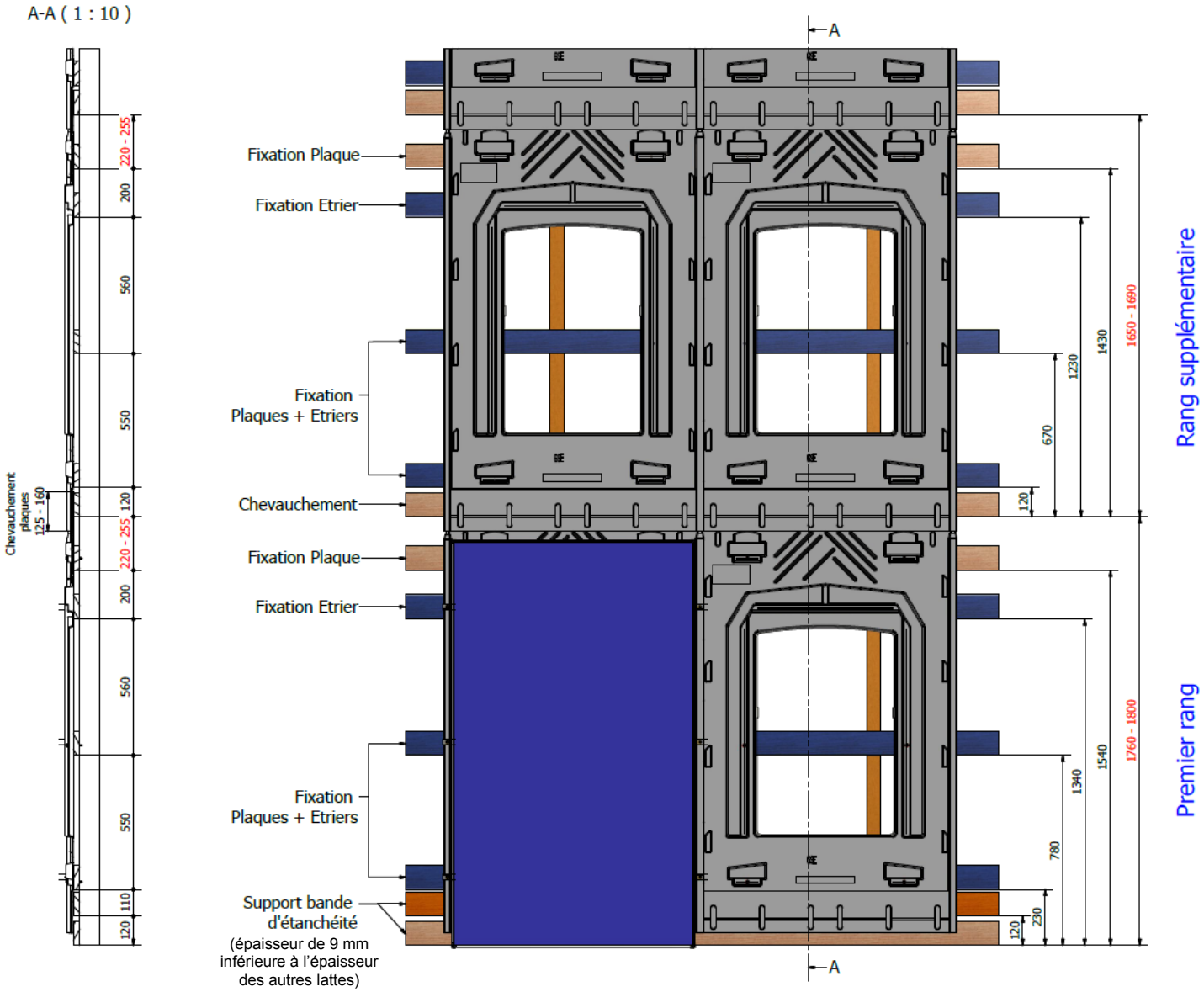
Figure 27 – Cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs



Détermination du défaut de planitude

***h* ≤ l / 200**

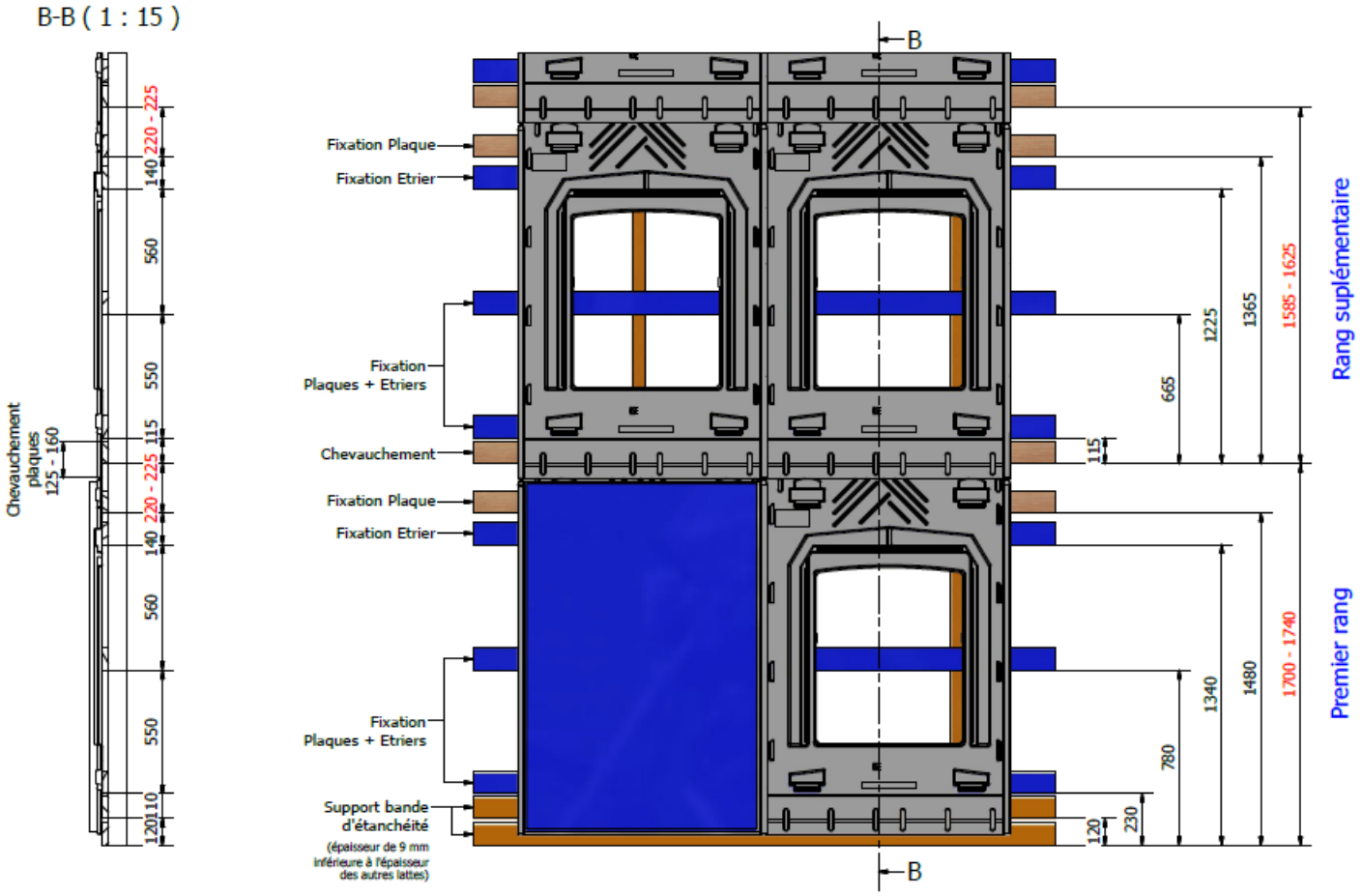
Figure 28 – Contrôle de la planitude



Module	Longueur de module (mm)	Côte premier rang (mm)	Côte rang suppl. (mm)	Chevauchement plaques (mm)	largeur des plaques (mm)
AUO Viessmann	1 640	1 760	1 650	160	1 058
Bisol	1 649	1 770	1 660	150	1 058
Q CELLS	1 670	1 790	1 680	130	1 067
LONGi	1 650	1 770	1 660	150	1 058
Soluxtec	1 645	1 765	1 655	155	1 058
Trina Solar	1 650	1 770	1 660	150	1 058
Solarworld	1 675	1 795	1 685	125	1 067

tolérance : ± 2 mm

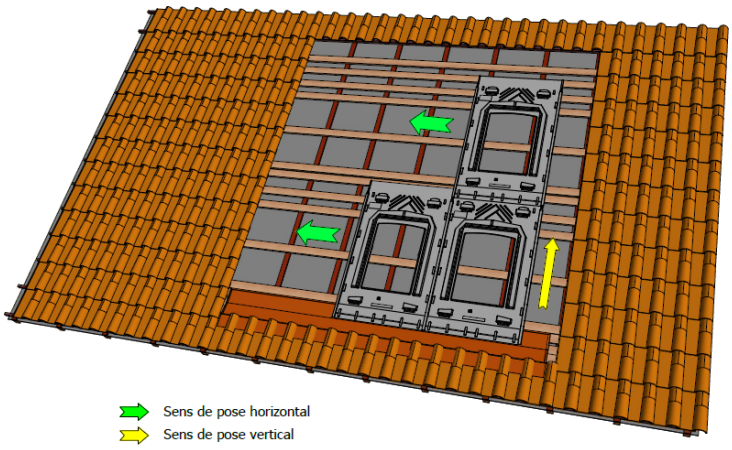
Figure 29 – Support et recouvrement des plaques polypropylène – plaques H1640

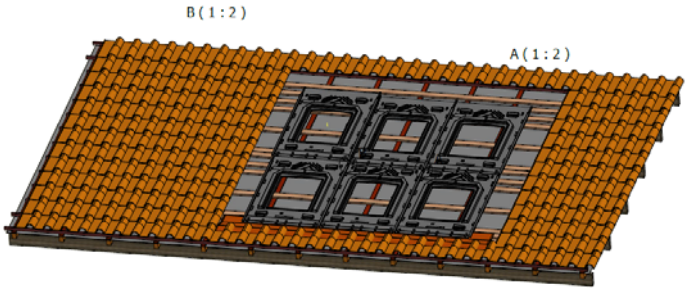


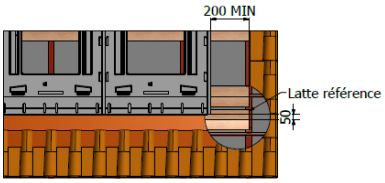
Module	Longueur de module (mm)	Côte premier rang (mm)	Côte rang suppl. (mm)	Chevauchement plaques (mm)
AUO Sunforte	1 559	1 700	1 585	160
SunPower	1 559	1 700	1 585	160

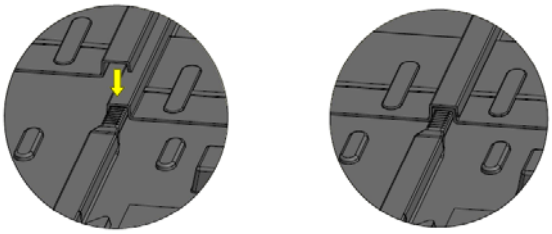
tolérance : ± 2 mm

Figure 30 – Support et recouvrement des plaques polypropylène – plaque H1575

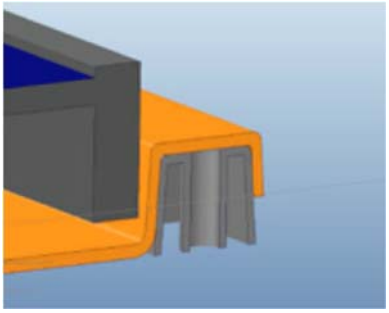


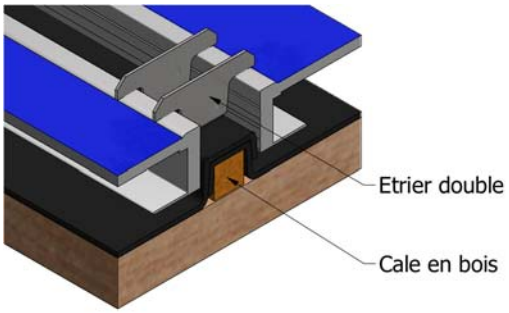




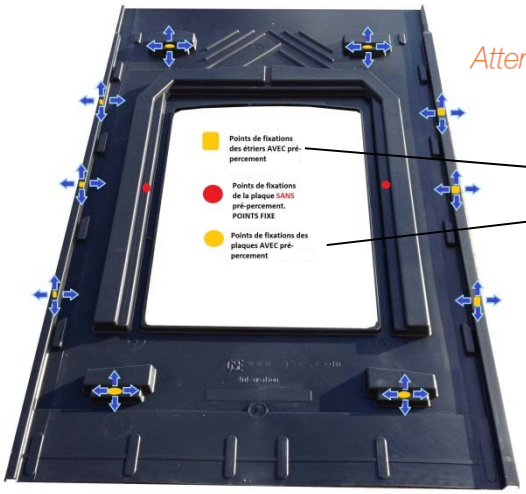


Emboitement des plaques et réglage du recouvrement

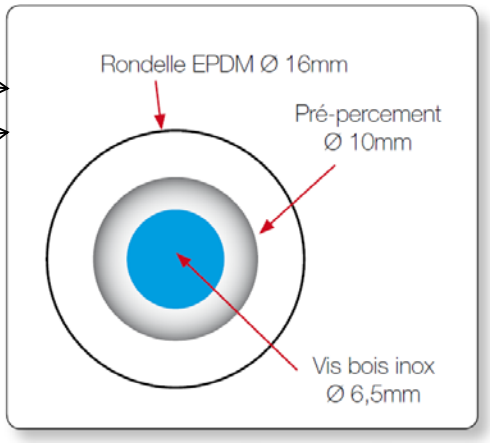




Mise en place des cales en polypropylène de bord de champ et des cales en bois sous étriers doubles



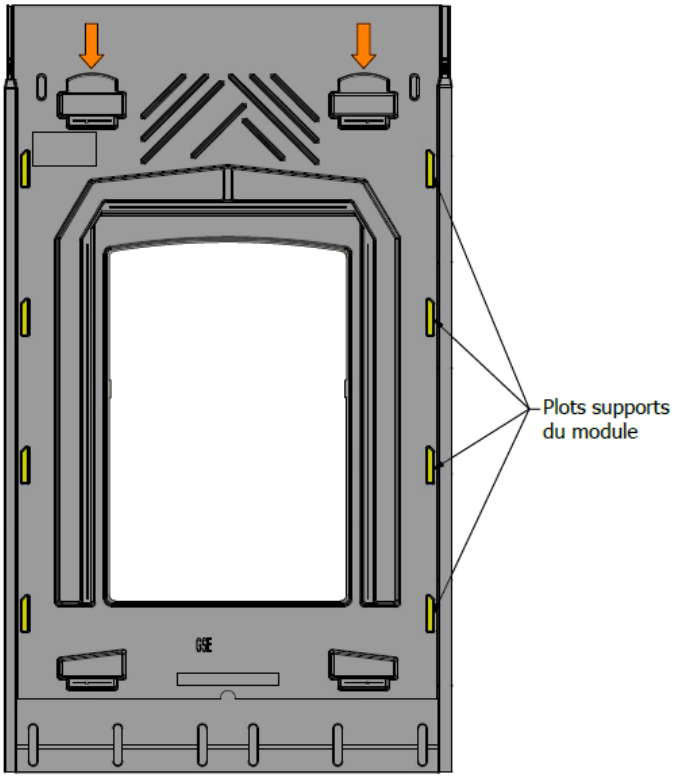
Attention à bien positionner la vis au centre du prépercement.



Fixation de la plaque au niveau des points fixes et points dilatant

Figure 31 – Pose de plaques polypropylène

Placez la 1ère ligne de panneaux sur les supports.
Le panneau se pose sur les 2 plots supérieurs afin d'être maintenu.



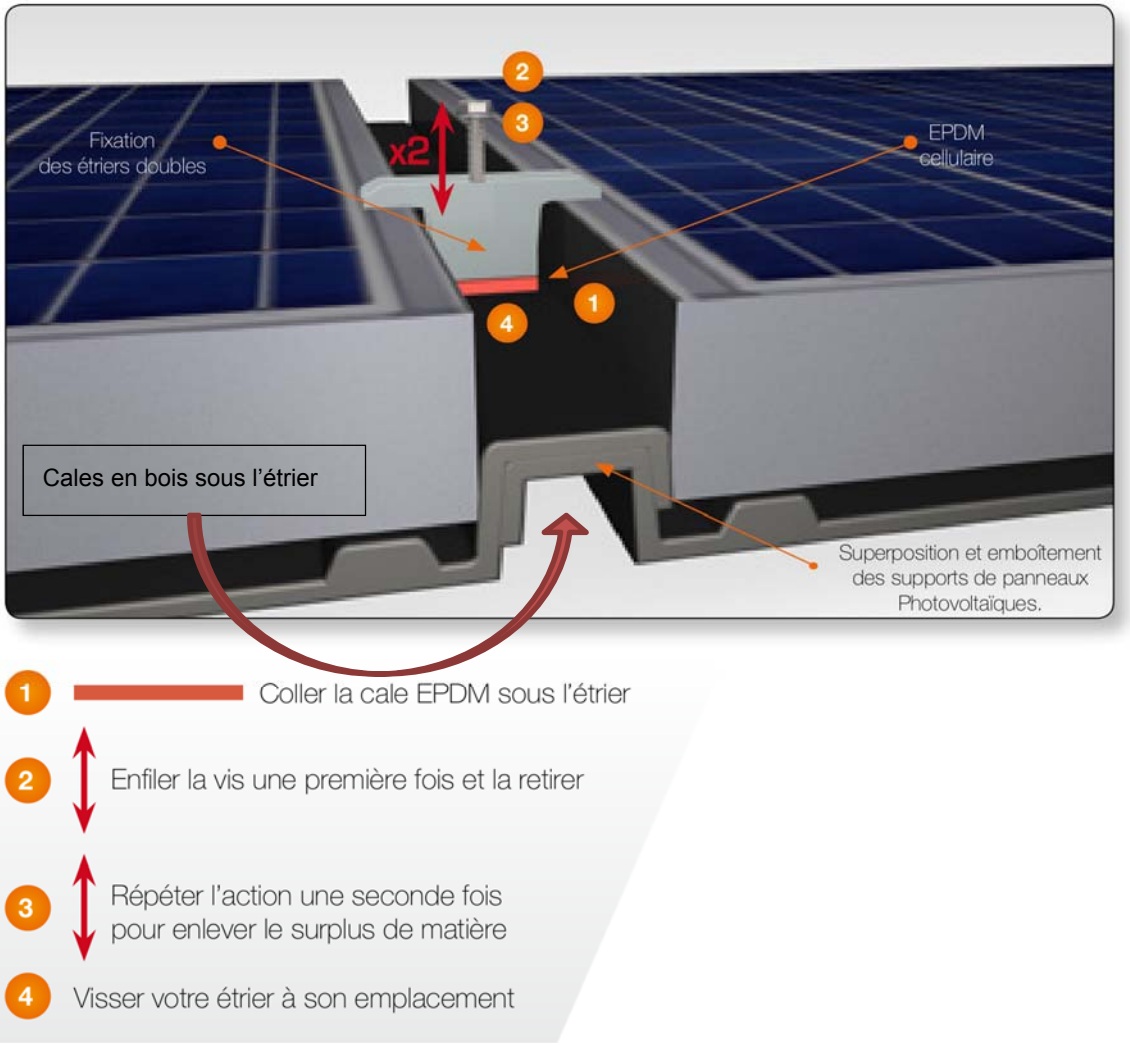
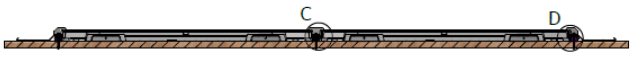
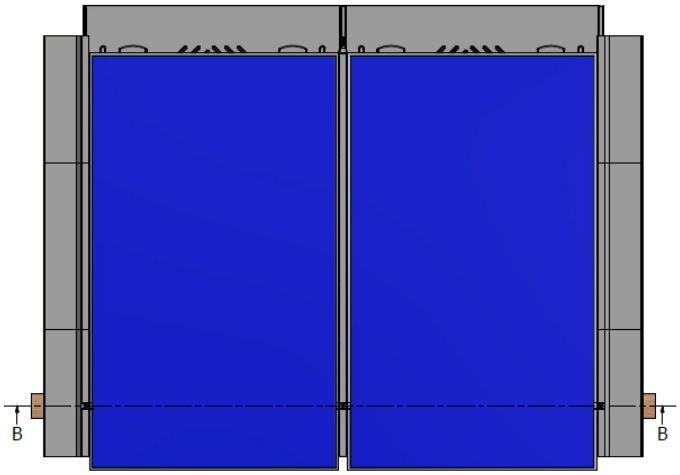


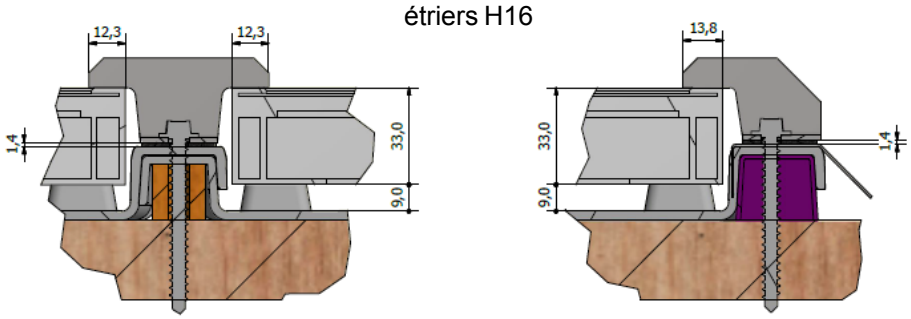
Figure 32 – Pose des modules



B-B (1 : 10)



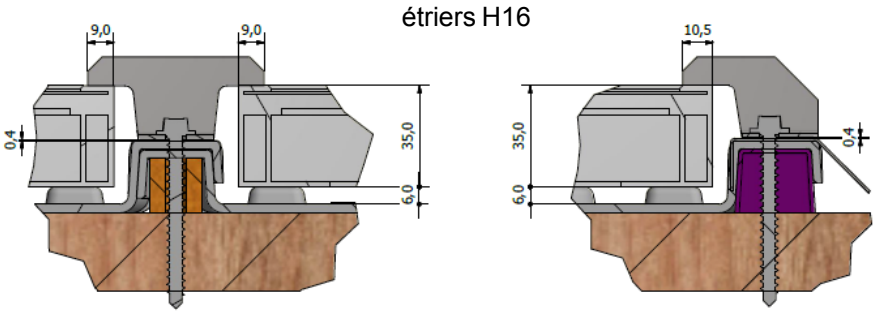
Côtes bridage module SOLARWORLD



C (1 : 1)

D (1 : 1)

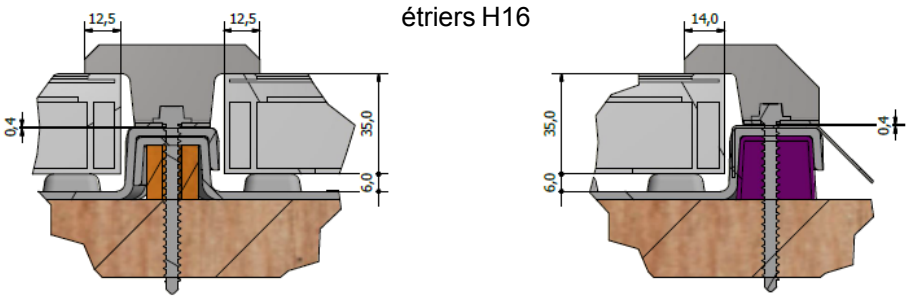
Côtes bridage module SOLUXTEC



C (1 : 1)

D (1 : 1)

Côtes bridage module TRINA Solar

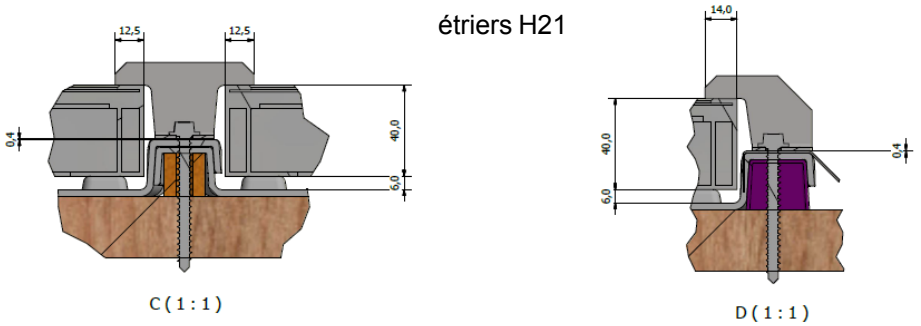


C (1 : 1)

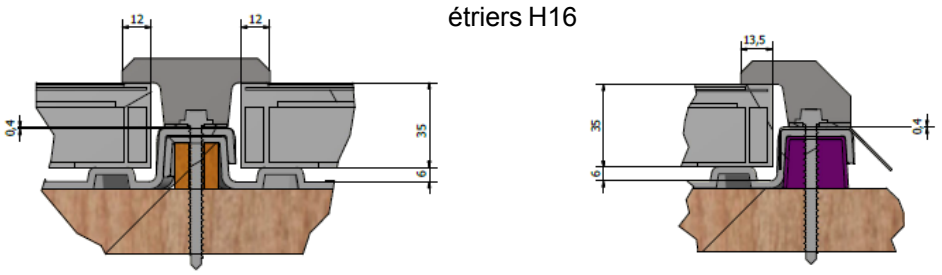
D (1 : 1)

Figure 33 – Chaine de cotes de l'écrasement du joint EPDM sous les étriers

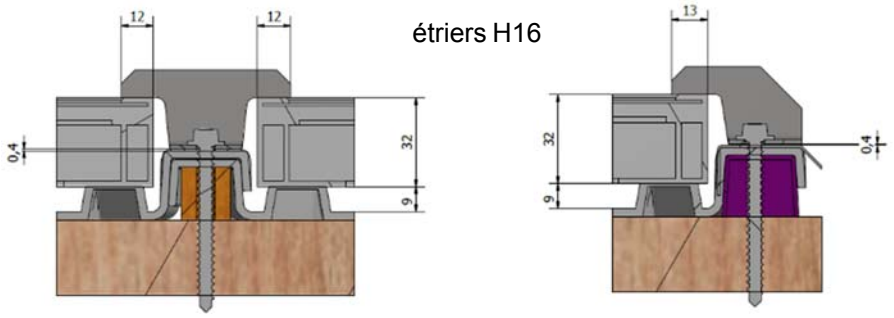
Cotes bridage module AUO SunVivo et SunPrimo, et Viessmann Vitovolt 300



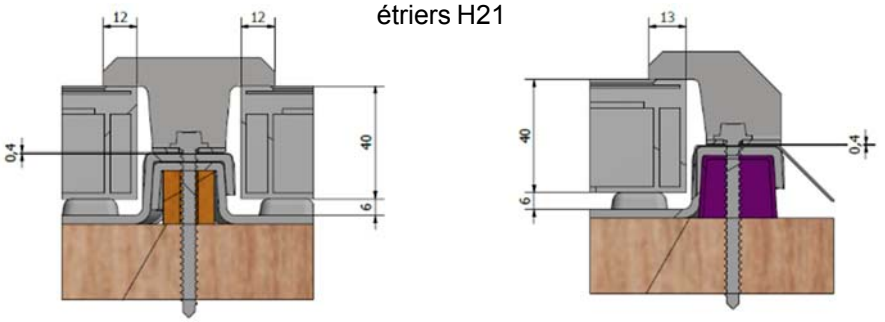
Cotes bridage module BISOL



Cotes bridage module Q CELLS



Cotes bridage module LONGI



Cotes bridage module SUNPOWER et AUO SunForte

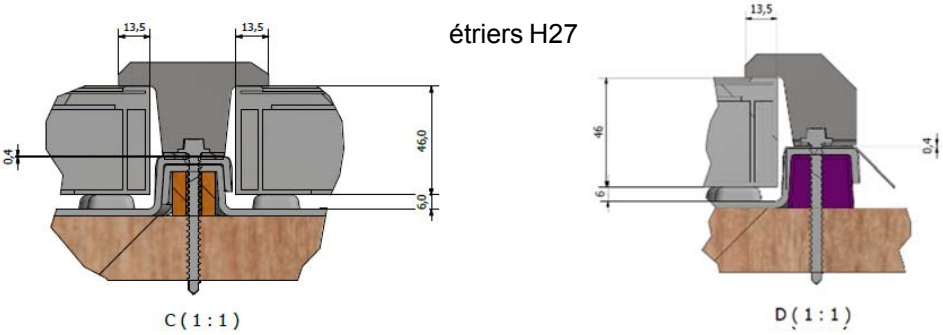
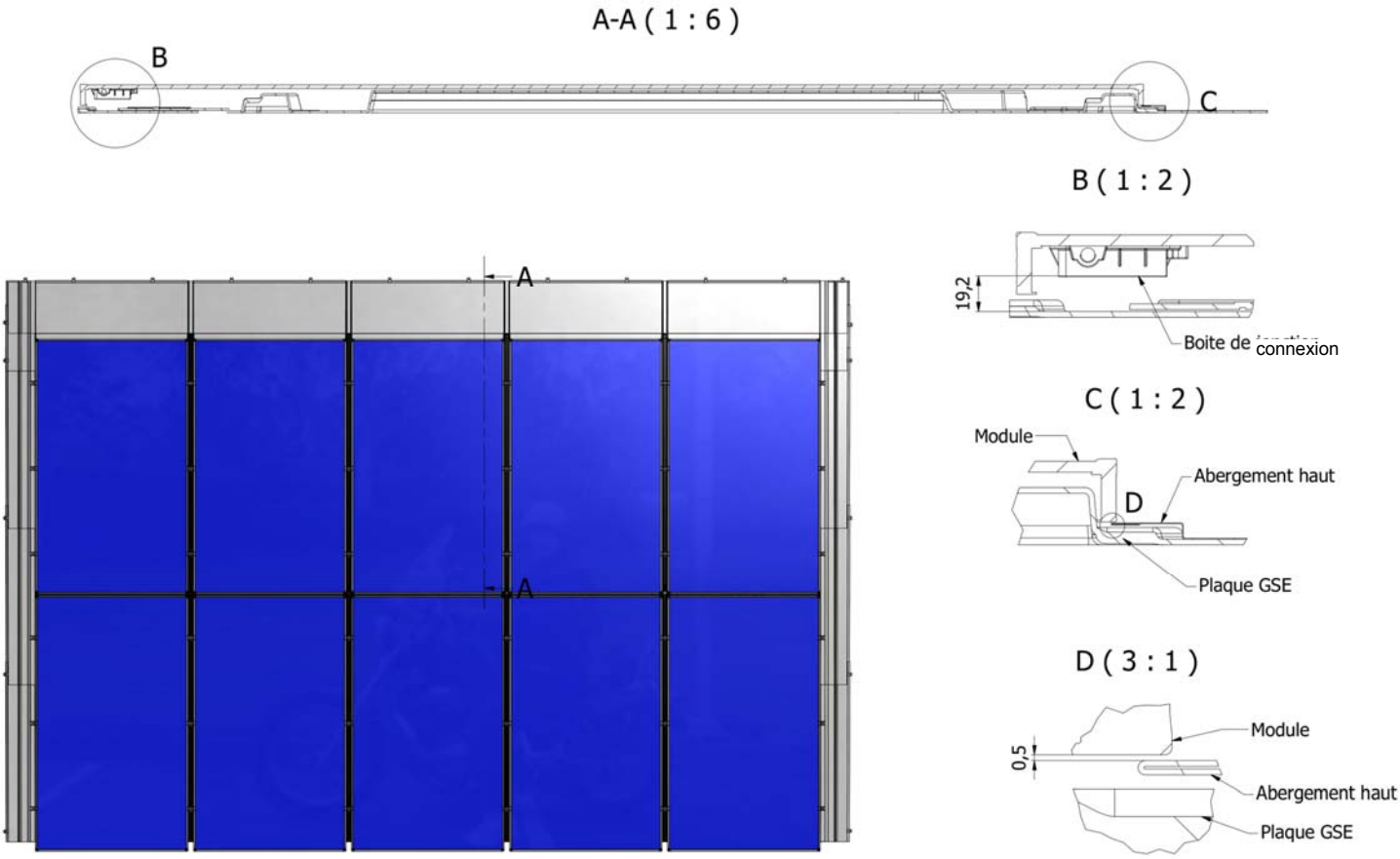


Figure 33 bis – Chaîne de cotes de l'écrasement du joint EPDM sous les étriers (suite)



Coupes de l'espace intermodule dans le sens de la pente :

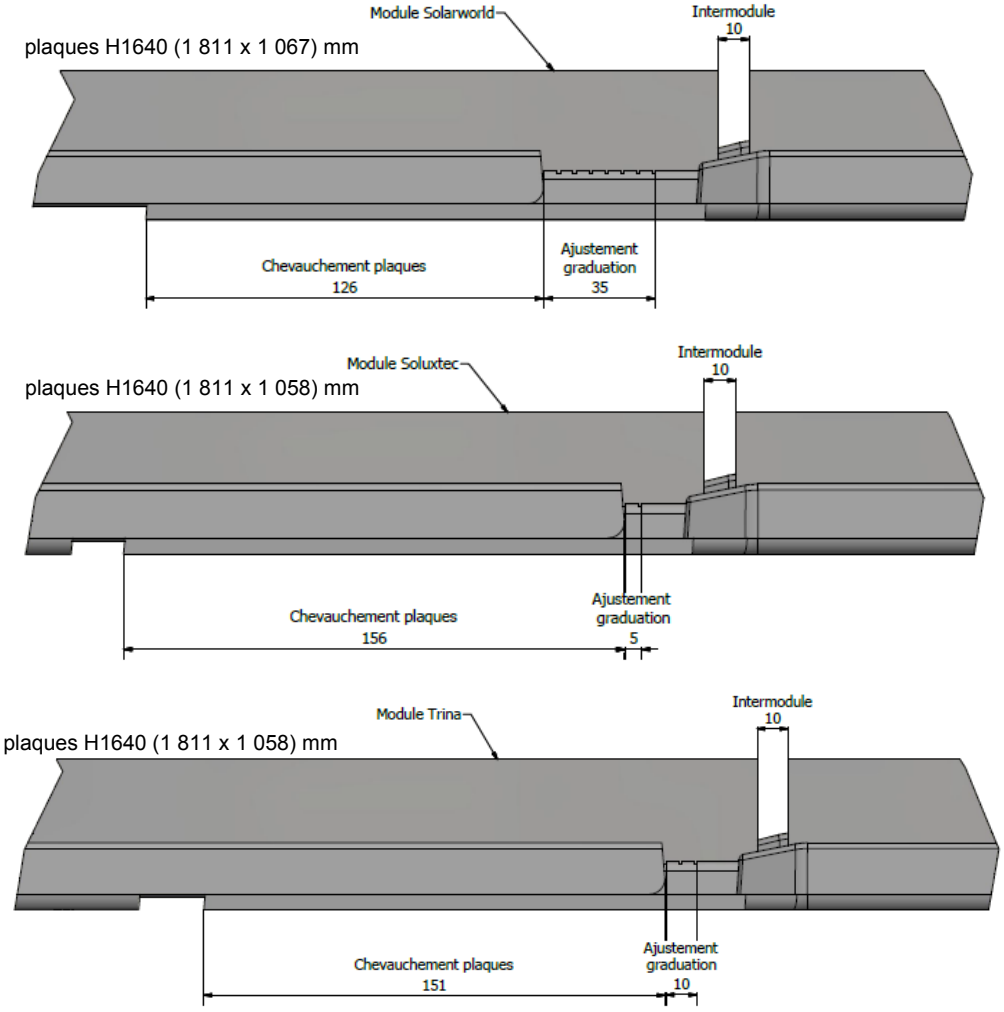


Figure 34 – Positionnement des modules verticalement et en haut de champ

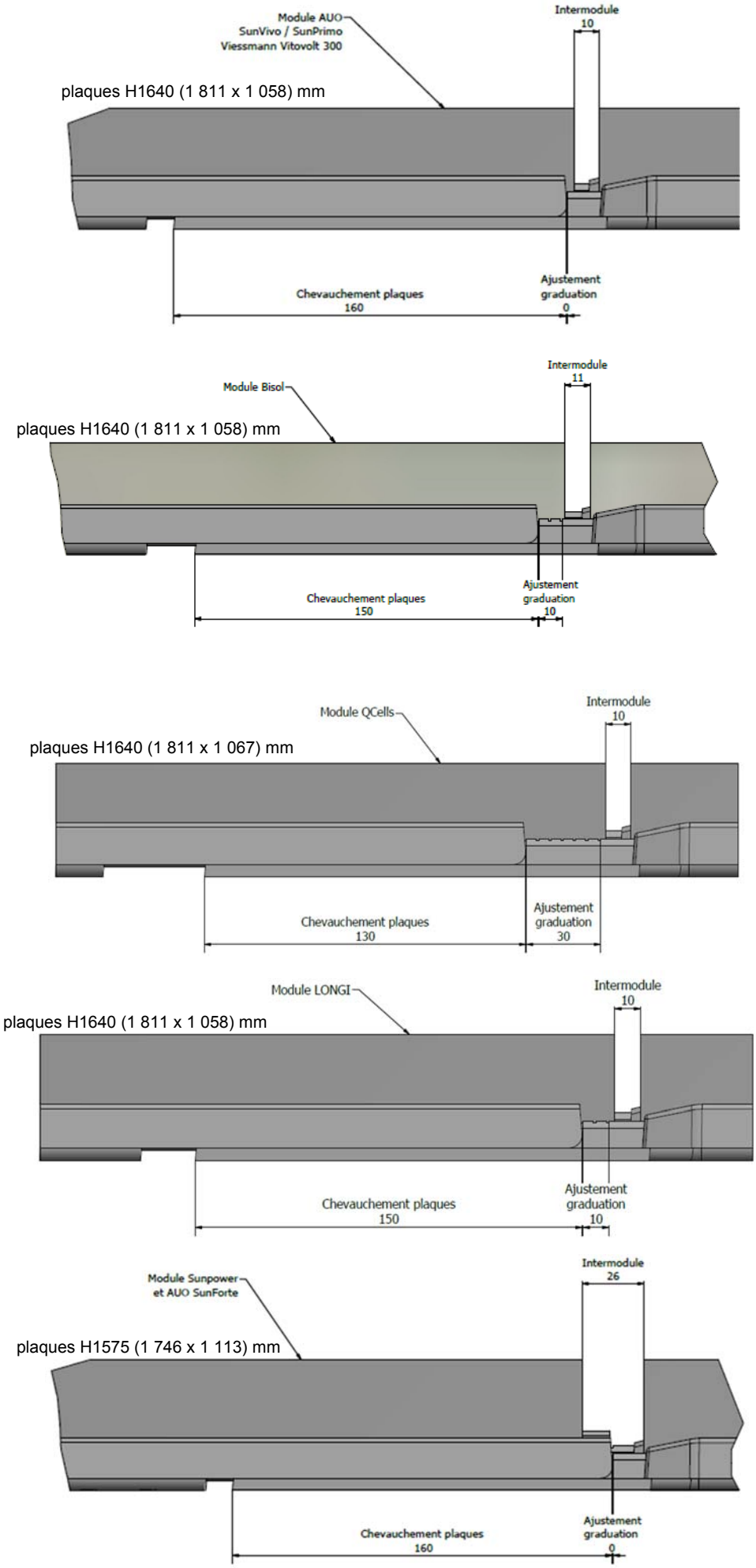


Figure 34 bis – Positionnement des modules verticalement et en haut de champ (suite)

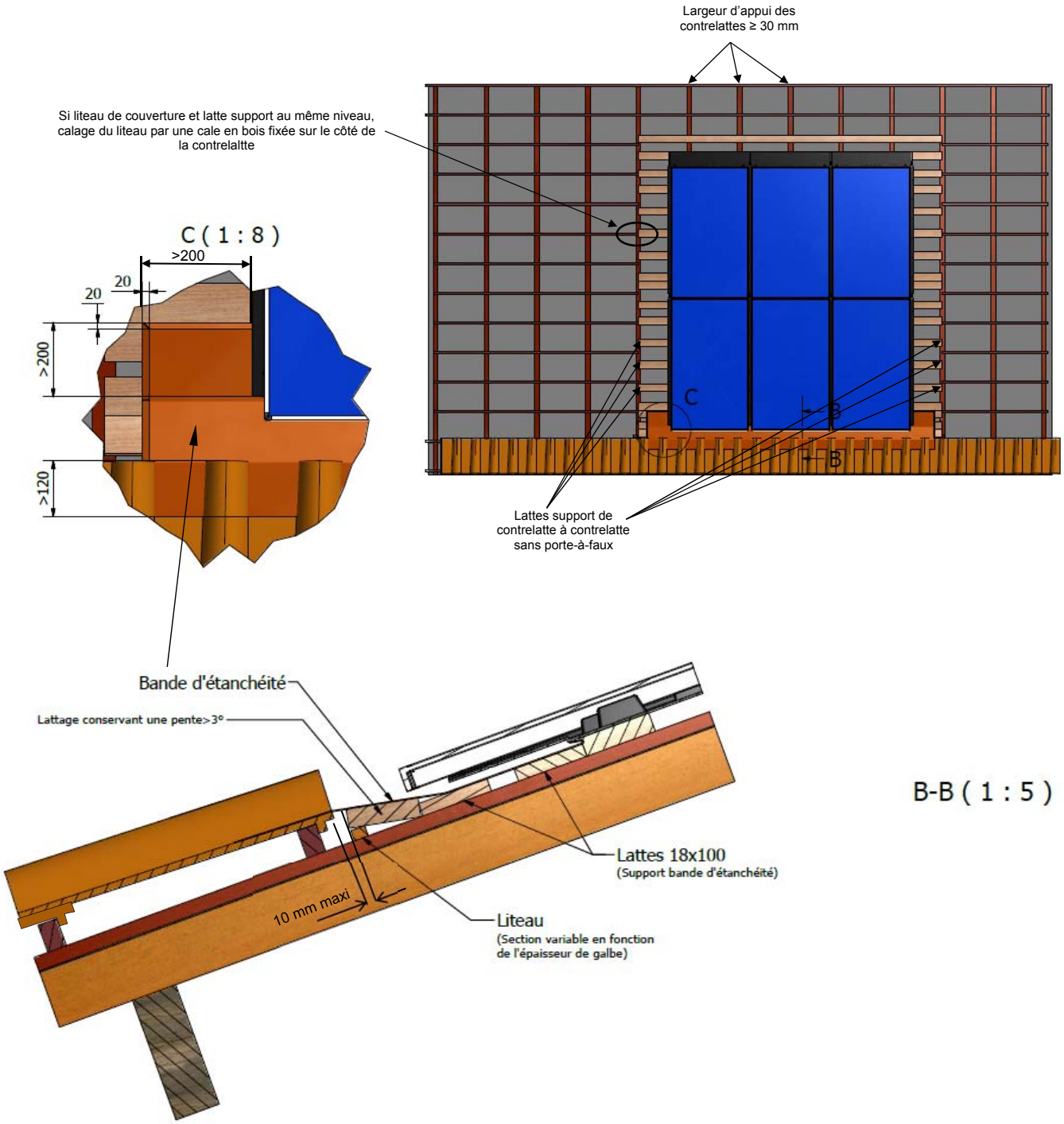


Figure 35 – Mise en œuvre du bas de champ (cas des tuiles à relief)

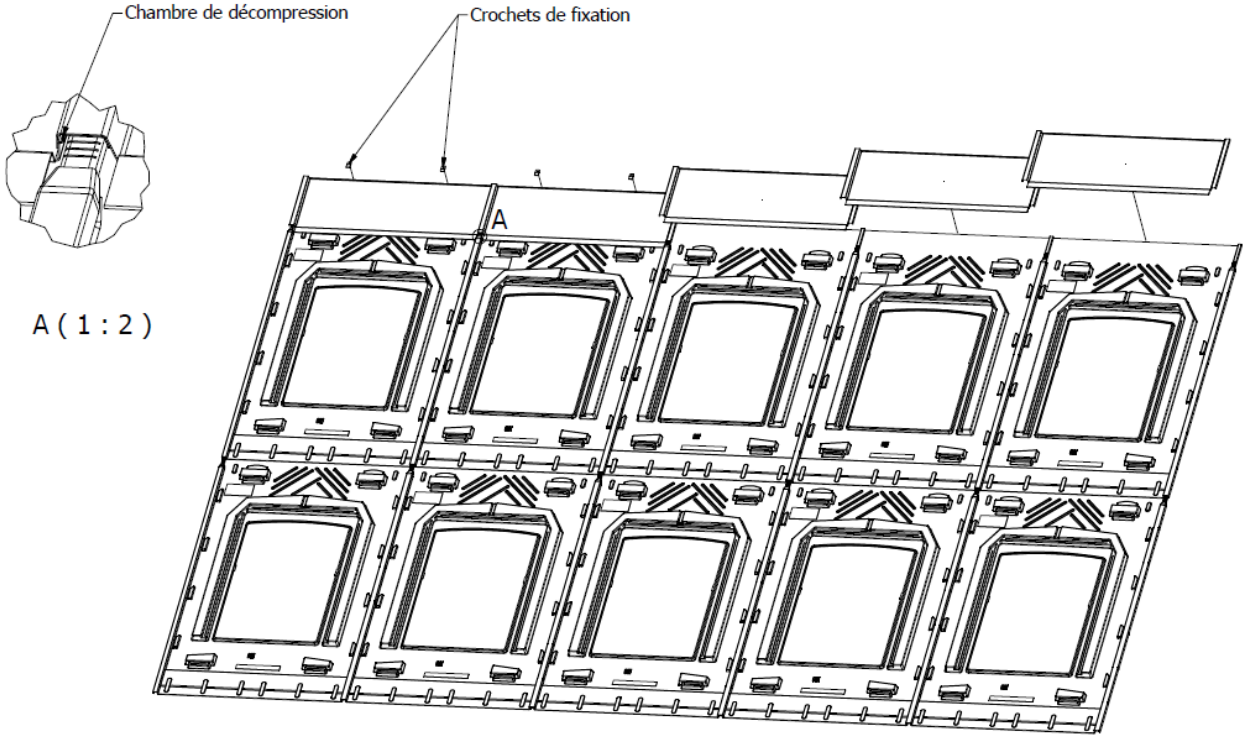


Figure 36 – Pose des abergements supérieurs du kit TS-1

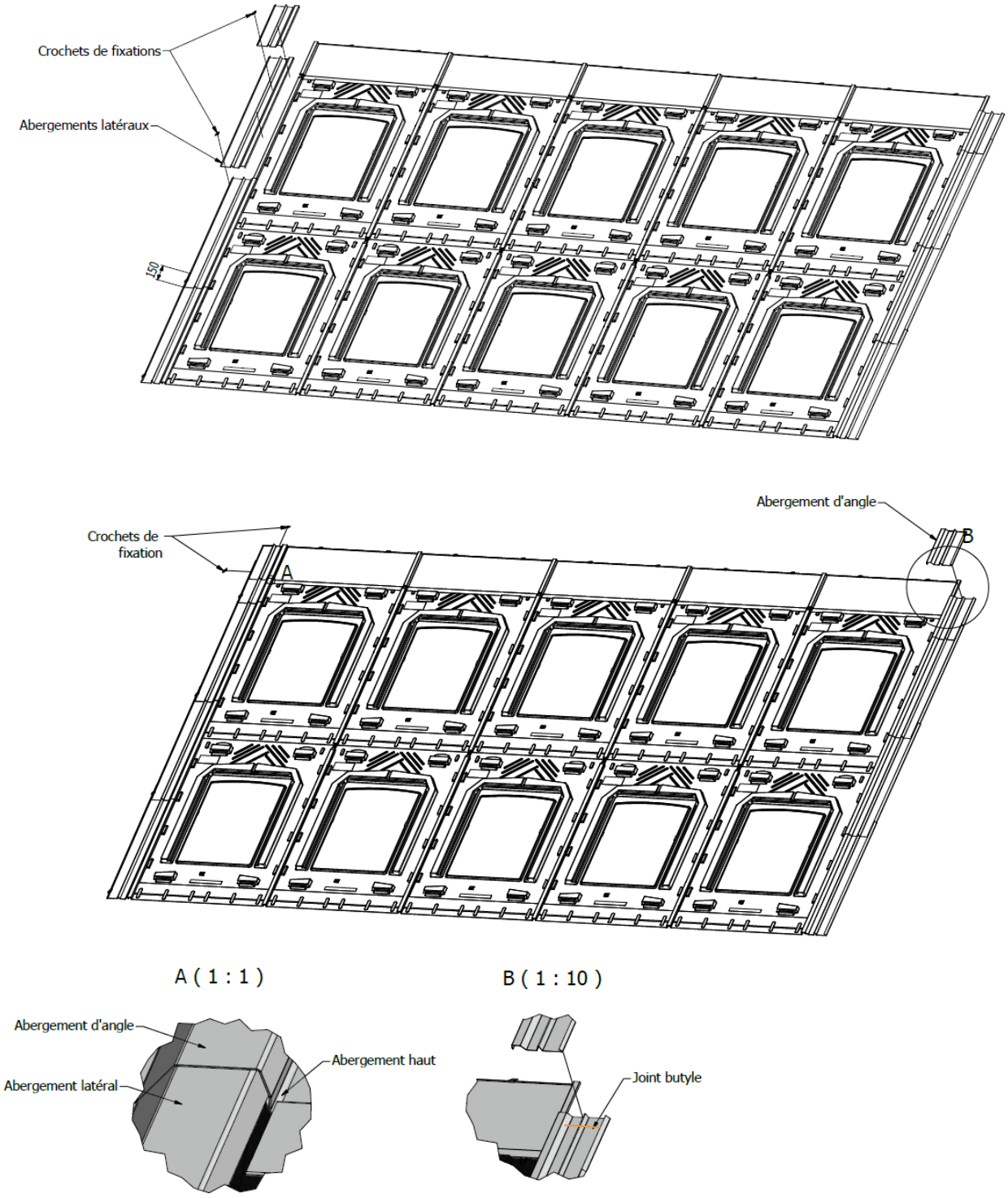


Figure 37 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs (cas des tuiles à relief)

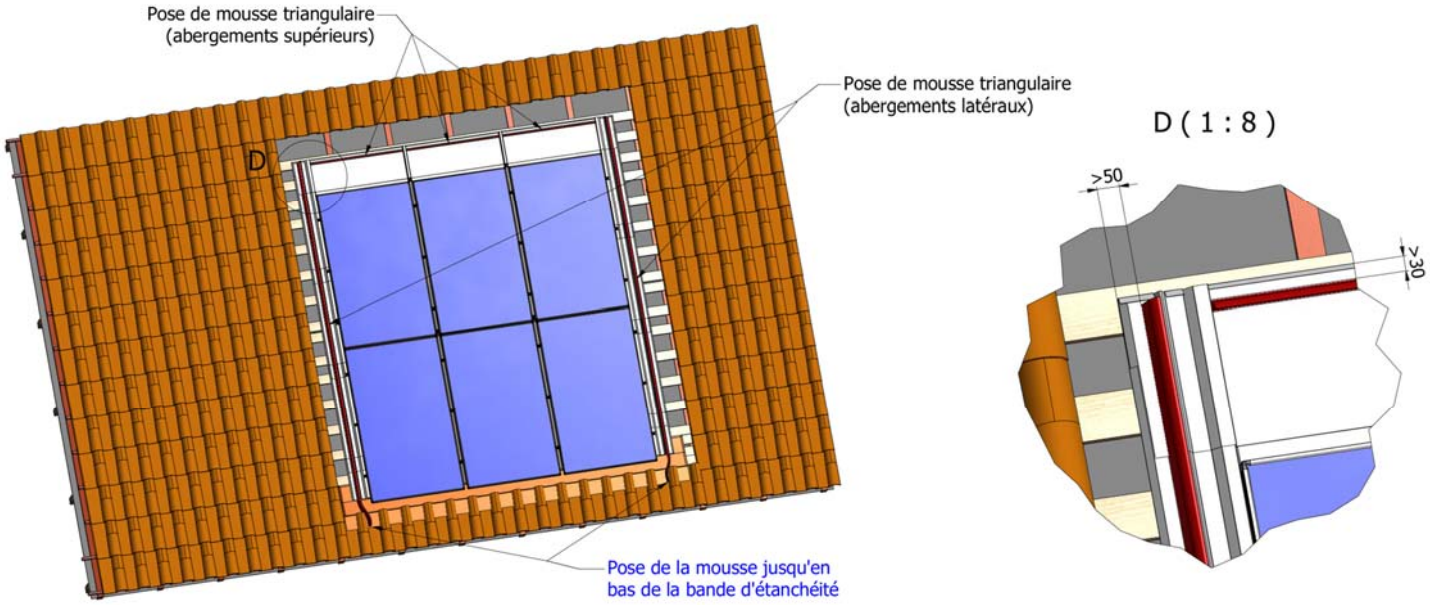


Figure 38 – Pose de la mousse triangulaire (cas des tuiles à relief)

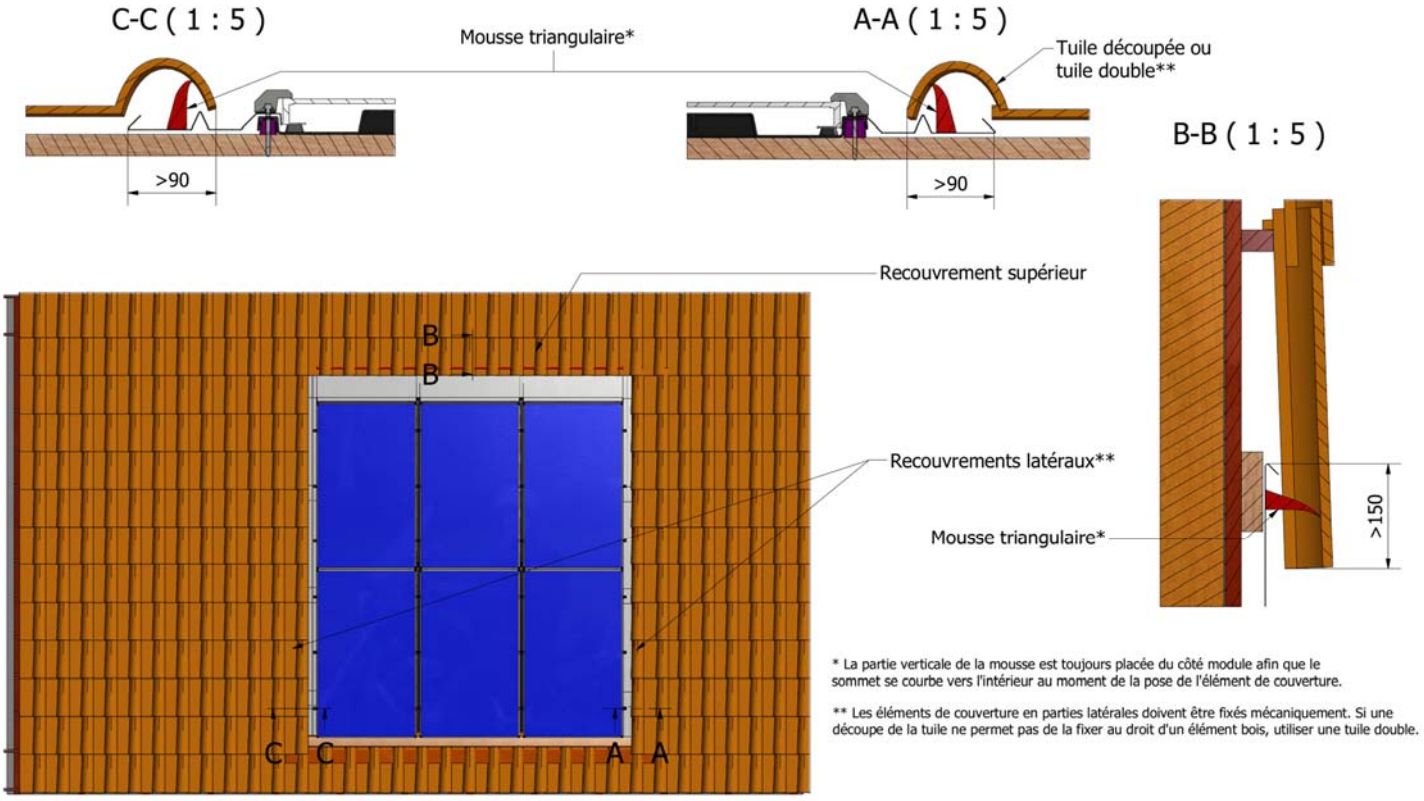


Figure 39 – Mise en place des éléments de couverture (cas des tuiles à relief)

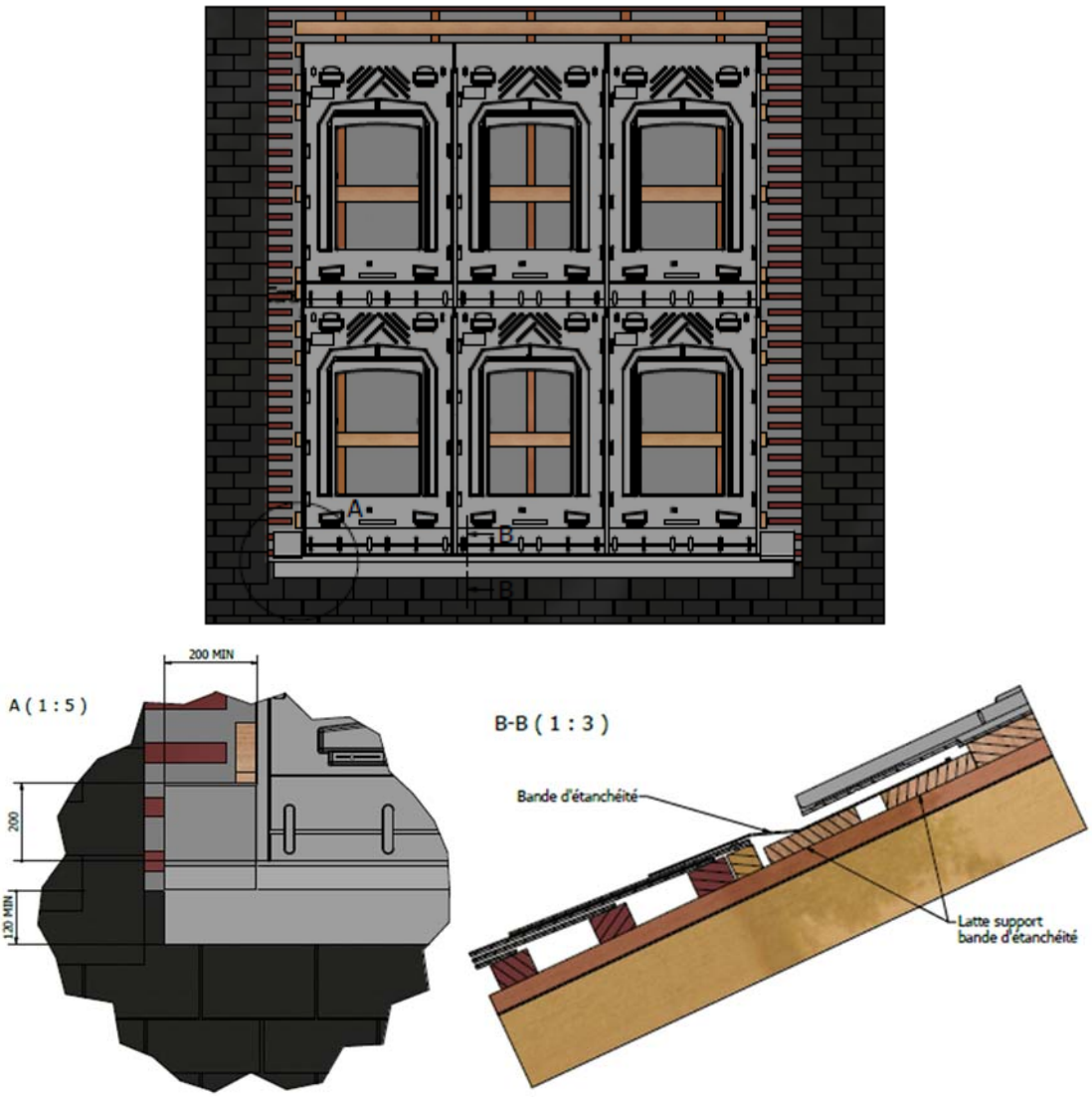


Figure 40 – Mise en œuvre du bas de champ (cas des ardoises)

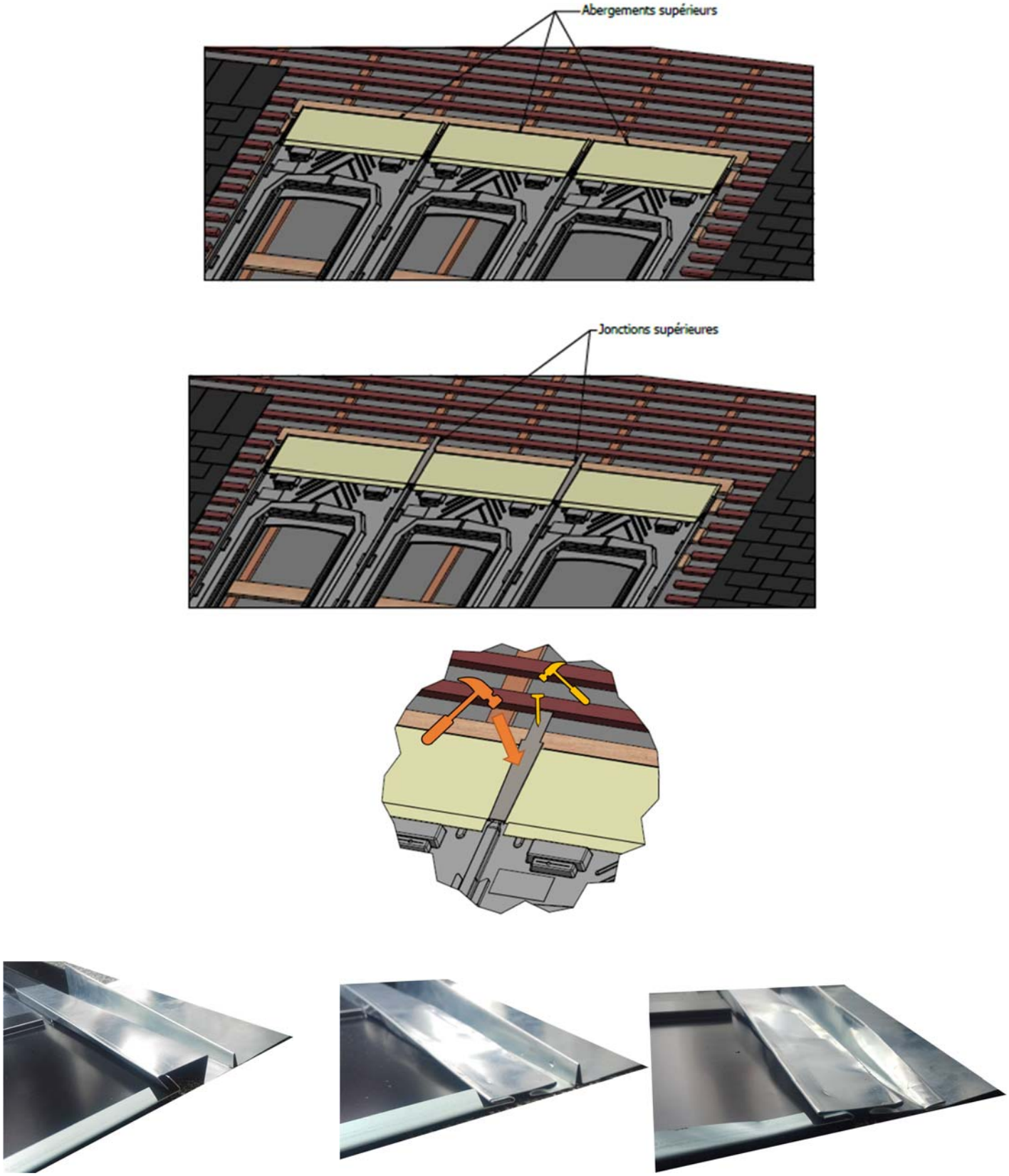


Figure 41 – Pose des abergements supérieurs du kit A-1

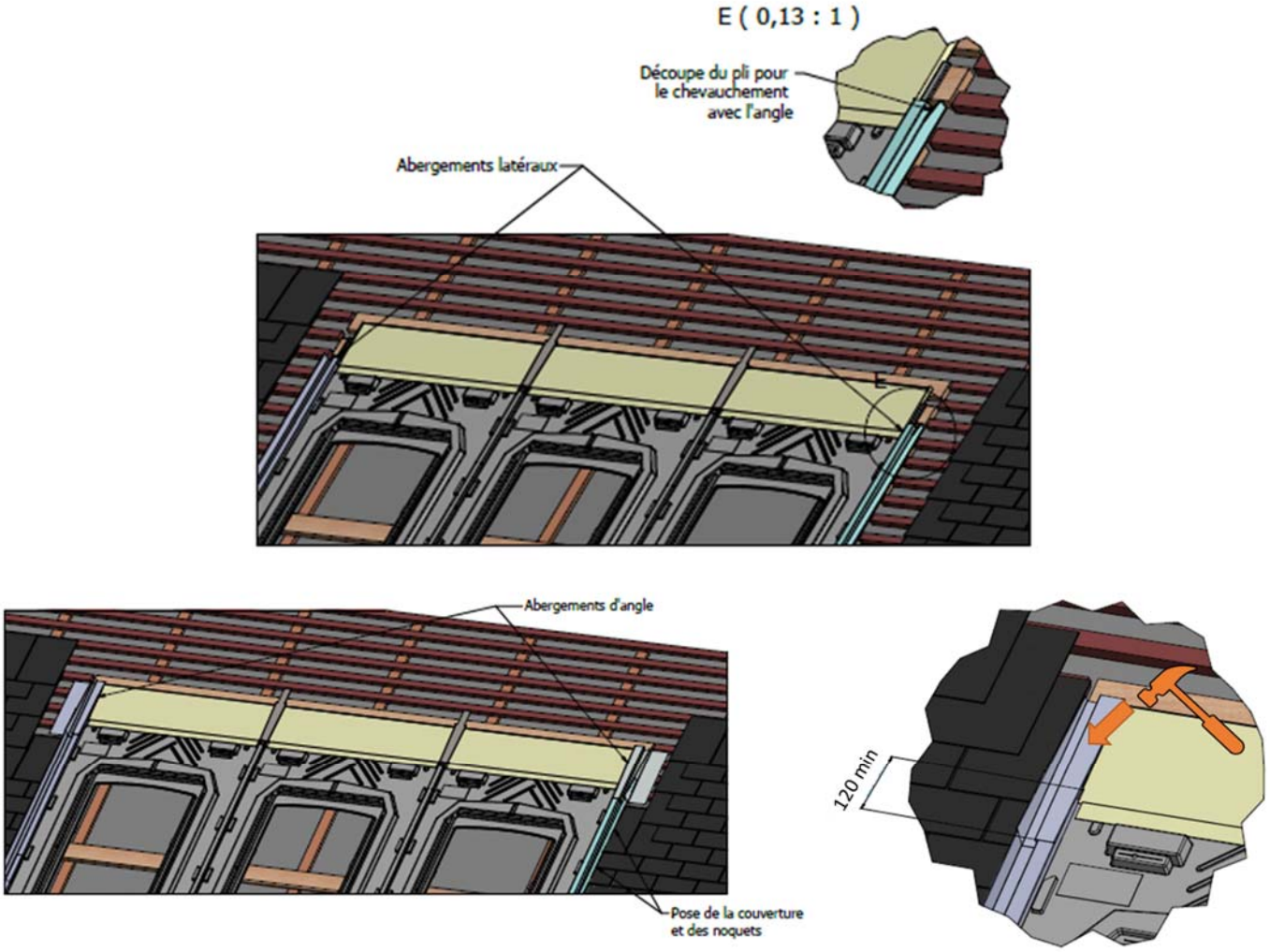


Figure 42 – Pose des abergements latéraux et d'angles supérieurs du kit A-1

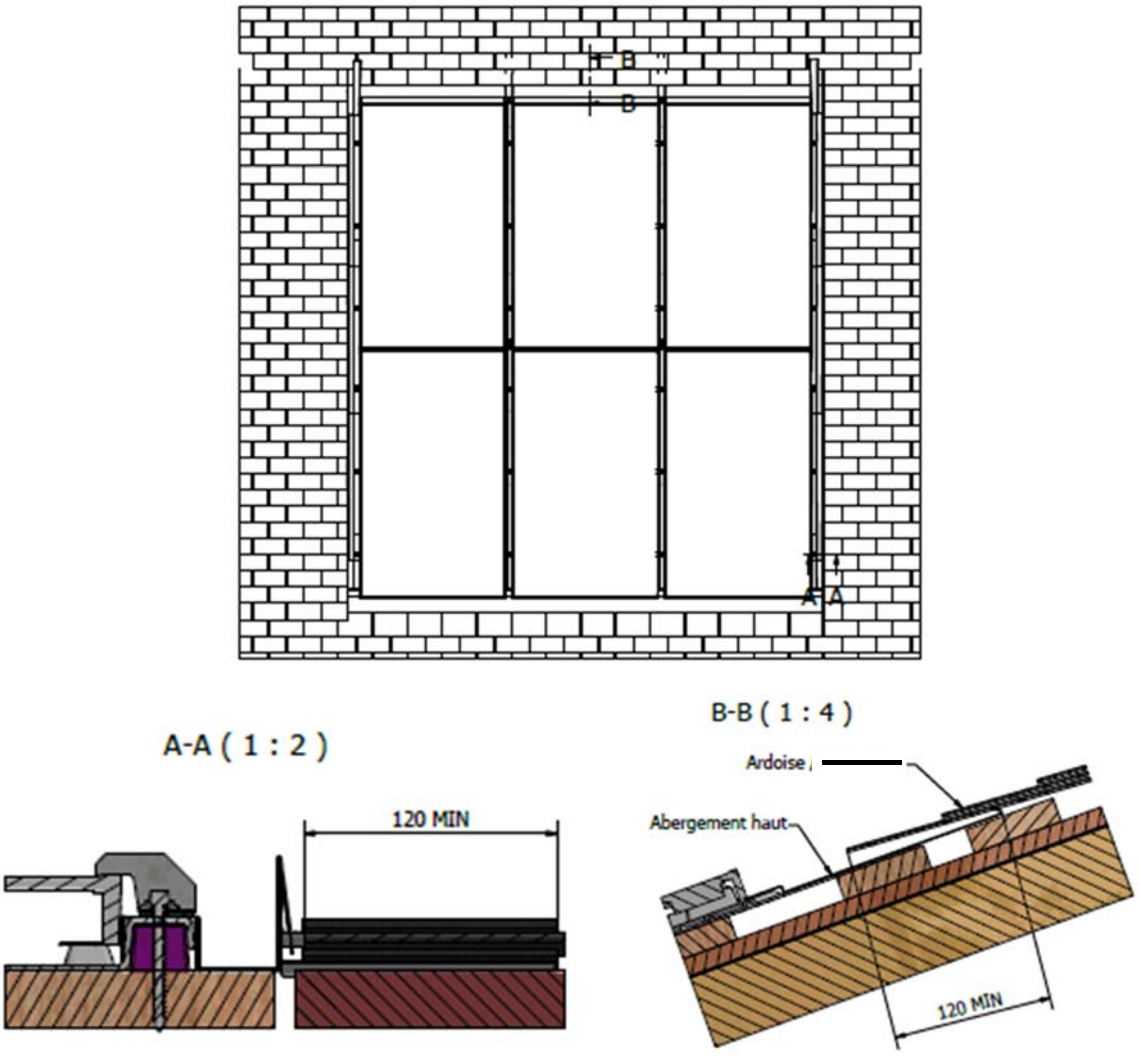
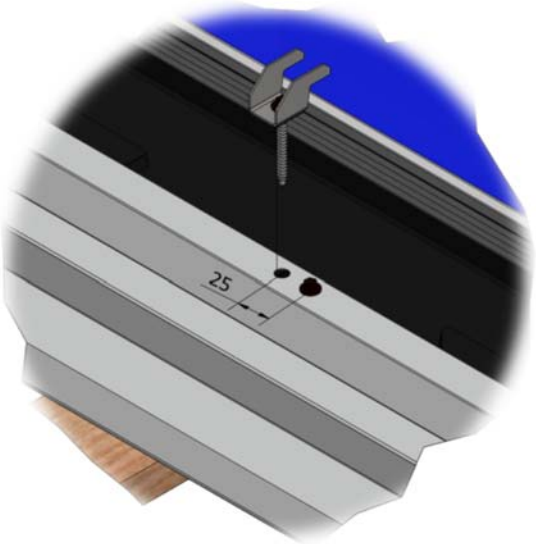


Figure 43 – Mise en place des éléments de couverture (cas des ardoises)

A : Dévisser l'ancien étrier, retirer le module et retirer la cale sous-jacente

B : Visser une vis CAPINOX à l'endroit de l'ancien perçage en ayant préalablement placé une nouvelle cale en bois (ou en polypropylène s'il s'agit du bord de champ) sous l'onde



C: Effectuer un nouveau pré-percement de 10mm décalé de 25 mm au-dessus de l'ancienne position

D : Placer le module et fixer les nouveaux ensembles (étrier + joint EPDM + vis CAPINOX).

Figure 44 – Remplacement de module (exemple en bord de champ)