Avis Technique 21/18-64_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 21/18-64

Module photovoltaïque rigide en surimposition couverture grands éléments

Rigid photovoltaic module applied over large roofing elements

Kogysun i+

avec modules :

JAM60S01-XXX/PR de 285 à 305 Wc de JA SOLAR
JAM60S02-XXX/PR de 285 à 305 Wc de JA SOLAR
JAM60S03-XXX/PR de 300 à 310 Wc de JA SOLAR
JAP60S01-XXX/SC de 260 à 280 Wc de JA SOLAR
JAP60S03-XXX/SC de 275 à 285 Wc de JA SOLAR

Titulaire : DOME SOLAR
3 rue Marie Anderson
FR – 44400 REZÉ

Tél. : 02 40 67 92 92
E-mail : info@dome-solar.com
Internet : www.dome-solar.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 des Avis Techniques a examiné, le 7 février 2019, le procédé photovoltaïque "Kogysun i+", présenté par la société DOME SOLAR. 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 complète, sur charpente métallique, sur charpente bois, ou sur profils métalliques incorporés et ancrés dans le béton ou la maçonnerie.

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 260 Wc et 310 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, dont les références sont indiquées en page de garde,
- un système de montage incluant des panneaux sandwich permettant une mise en œuvre en toiture des modules posés centrés (cf. Figure 2a) ou non centrés (cf. Figure 2b), en mode "paysage".

1.2 Identification

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

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

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi identique à celui 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 61215:2005 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 et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V ou 1 500 V en courant continu en fonction de la nature des composants électriques (cf. § 2.15 du Dossier Technique), 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 61730:2007/A1:2012/A11:2014, jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC ou 1 500 V DC en fonction de la nature des composants électriques et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe II de sécurité électrique jusqu'à 1 000 V DC ou 1 500 V DC.

  A ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/CE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des 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 IP 67, 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 connecteurs de type SOLFIL de MECATRACTION pour la liaison des rails, de cosses faston avec rondelles bimétal ou de griffes Terragrif™ K2SZ pour la liaison des modules pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

Le tableau suivant recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215:2005 et NF EN 61730:2007/A1:2012/A11:2014.

JAM60S01-XXX/PR de JA SOLAR	285 à 305 Wc par pas de 5 Wc
JAM60S02-XXX/PR de JA SOLAR	285 à 305 Wc par pas de 5 Wc
JAM60S03-XXX/PR de JA SOLAR	300 à 310 Wc par pas de 5 Wc
JAP60S01-XXX/SC de JA SOLAR	260 à 280 Wc par pas de 5 Wc
JAP60S03-XXX/SC de JA SOLAR	270 à 290 Wc par pas de 5 Wc

2.222 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, au sens des NV65 modifiées, ou des zones G voire F au sens de l'Eurocode 1 P1-4, son annexe nationale et ses amendements, selon le mode de dimensionnement retenu, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - sous charge descendante appliquée aux modules photovoltaïques :
    - 1 800 Pa sous neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*), en respectant les limitations données dans les Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 ou Tableau 6 selon le mode de pose des modules,
    - 1 800 Pa sous neige caractéristique (*selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 (NF EN 1991-1-3) et son annexe nationale*), en respectant les limitations données dans les Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10 selon le mode de pose des modules,
  - sous charge ascendante appliquée aux modules photovoltaïques :
    - 1 600 Pa sous vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*), en respectant les limitations données dans les Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 ou Tableau 6 selon le mode de pose des modules,
    - 1 866 Pa sous vent caractéristique (*selon les règles Eurocode 1 Partie 1.4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale*), en respectant les limitations données dans les Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10 selon le mode de pose des modules,
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,

- que la toiture d'implantation présente un espacement entre pannes ne dépassant pas 2,30 m ou moins conformément aux indications portées dans les tableaux de charges en fonction des charges climatiques calculées selon les règles NV 65 modifiées (voir Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 et Tableau 6) ou selon les règles Eurocodes (voir Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10),
- d'une mise en œuvre du procédé respectant les dispositions suivantes :
  - le porte-à-faux des modules par rapport aux rails ne dépasse pas 0,5 m en partie courante de toiture au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones I ou H au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents; tandis qu'en rive ou angle de toiture au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones G et F au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents, chaque module doit être centré (*par conséquent il peut être nécessaire d'utiliser un 3ème rail avec une 3ème paire de serreurs supportant et maintenant les modules en bord de champ photovoltaïque, voir § 8.557*),
  - longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum. La longueur de rampant doit de plus être inférieure aux longueurs de rampant maximales définies dans les DTA des panneaux sandwich concernés.
- d'informer le charpentier que le procédé génère une surcharge due aux continuités d'appuis. Il est à noter que, du fait de la conception du procédé, les descentes de charges parallèlement à la toiture sont réparties uniformément sur toutes les pannes par l'intermédiaire des rehausses. Ces descentes de charges verticales et horizontales sont données par la société DOME SOLAR sur le devis remis au Maître d'Ouvrage ou sur la notice de pose.

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.

Complexité de toiture

Le traitement des éventuelles pénétrations de toiture (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) en stricte conformité avec le Document Technique d'Application des mêmes panneaux sandwich que ceux utilisés par le procédé, sous réserve d'une interruption du champ photovoltaïque et du respect d'un éloignement à la pénétration de 500 mm minimum (*espace libre du bord de la costière au bord du module photovoltaïque*), paraît pouvoir être envisagée favorablement.

Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique (*avec notamment l'utilisation d'un seul et même panneau sandwich sur tout le pan de toiture recevant le champ photovoltaïque*) permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Risques de condensation

De la même façon que pour les couvertures avec panneaux sandwich, des condensations ne sont à redouter qu'éventuellement au droit des pénétrations lorsque le bâtiment n'est pas chauffé (*température < 12 °C*). Par ailleurs, comme pour tous les autres systèmes de couverture en panneaux sandwich à parements métalliques, on ne peut exclure totalement les risques de condensation sur les fixations traversantes.

Isolation thermique et acoustique

Le procédé « Kogysun i+ » n'impacte pas fortement l'isolation thermique du panneau sandwich de sous-face considéré. Quoi qu'il en soit, il convient de tenir compte des déperditions dues aux points singuliers de l'ouvrage.

Le coefficient ponctuel du pont thermique correspondant à la fixation à l'aide d'une vis VBS + entretoise est pris forfaitairement égal à χ = 0,01 W/K.

Les éléments relatifs à l'isolation aux bruits d'impacts (*pluie, grêle*), à l'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits aériens extérieurs et à la réverbération des bruits intérieurs, ne sont pas disponibles. S'il existe une exigence applicable aux bâtiments à construire pour ce procédé, la justification doit être apportée au cas par cas.

Sécurité au feu

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

Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à l'utilisation d'un support continu constitué par les panneaux sandwich.

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 Kogysun i+ 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 Kogysun i+ 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 permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

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

2.24 Fabrication et contrôle

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

2.25 Mise en œuvre

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

Bien que le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture, il est nécessaire d'apporter une attention particulière au calepinage de chaque élément, notamment aux entraxes entre modules et aux entraxes entre rails selon le pas d'onde des éléments de sous-face utilisés et selon la longueur des modules. Effectivement le porte-à-faux des modules par rapport aux rails ne doit pas dépasser 0,5 m en partie courante de toiture au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones I ou H au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents; tandis qu'en rive ou angle de bâtiment au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones G et F au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents, chaque module doit avoir des débords inférieurs ou égaux à ceux d'un module centré (*par conséquent il peut être nécessaire d'utiliser un 3ème rail supportant les modules en bord de champ photovoltaïque, voir § 8.557*).

Par ailleurs, l'installateur doit mesurer le pas réel du panneau sandwich posé, transmettre cette mesure à la société DOME SOLAR qui refait le calcul des écarts entre modules, et qui renvoie les nouveaux écarts à l'installateur, afin que le calepinage s'accorde avec le vrai pas du panneau sandwich posé.

Pour ce faire, la fourniture d'un "rapport d'aide à la pose" (cf. § 8.1) aux installateurs par la société DOME SOLAR (*issu d'un logiciel de dimensionnement de la société DOME SOLAR, sur la base des données d'entrées fournies par l'installateur*) permet de s'assurer que l'ensemble des informations pertinentes leur sont communiquées et permettent d'aider la mise en œuvre du procédé sur chantier.

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.

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, que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé, et que les critères de largeurs d'appui minimales des pannes conformément aux préconisations du § 1.2 du Dossier Technique, sont réunis.

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, ou des zones G voire F au sens de l'Eurocode 1 P1-4, son annexe nationale et ses amendements, selon le mode de dimensionnement retenu, 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,
- en acier, conformément à la norme NF EN 1993-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne "Toiture en général" du Tableau 1 de la clause 7.2.1(1)B de la norme NF EN 1993-1-1/NA. De plus, en travaux neufs, les DPM doivent prescrire au lot charpente les tolérances fonctionnelles demandées au § 8.1 du Dossier Technique *(tolérances fonctionnelles de fabrication et de montage de classe 2 conformément à la norme NF EN 1090-2+A1*). Sur pannes existantes, la reconnaissance préalable de la charpente support (*voir plus haut*) doit tenir compte de ces tolérances de charpente. Conformément au Dossier Technique (§ 8.1), les pannes minces ne sont pas admises en cas d'installation sur toiture existante.

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 et les connecteurs 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 Contrôle à la livraison

Le système de traçabilité du titulaire permet de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés.

La notice de montage et un « rapport d'aide à la pose » spécifique au chantier déterminé par le logiciel de dimensionnement développé par la société DOME SOLAR doivent être fournis 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 commande.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations.

2.322 Conception vis-à-vis de la condensation

Des précautions devront être prises pour assurer la continuité des étanchéités et de l'isolation afin de limiter les risques de condensation superficielle.

2.323 Installation électrique

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

2.324 Mise en œuvre

Les installations doivent toujours être posées en toiture complète : même si les modules photovoltaïques ne sont pas positionnés sur toute la toiture, les panneaux sandwich du procédé sont eux, obligatoirement mis en place sur tout le pan de toiture.

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

Il est également nécessaire de noter que la mise en œuvre requiert un strict respect du "rapport d'aide à la pose" (*positionnement et entraxe de chaque pièce, densité de fixation, etc.*), fournis par la société DOME SOLAR,

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

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

2.325 Assistance technique

La société DOME SOLAR est tenue d'apporter leur 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 juillet 2021.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La version V1 prend en compte :

- la cession du procédé de la société KOGYS à la société DOME SOLAR, et de l'engagement, à compter du 20 décembre 2018, de la société DOME SOLAR :
  - d'être repreneur de la production du procédé sans changement de fournisseurs ni des procédures de contrôle qualité,
  - d'être repreneur de l'intégralité du stock de la société KOGYS concernant le procédé Kogysun i+ à compter du 4 janvier 2019,
- l'introduction de nouvelles références de panneaux sandwich en sous face :
  - JI ROOF 1000 IPN et VULCASTEEL ROOF JI de la société Joriside,
  - COVISO 4.40 / HI XT de la société Bacacier,
- l'introduction d'une alternative d'un dimensionnement aux Eurocodes pour les panneaux sandwich cités à la puce précédente.

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

La spécificité du procédé impose que les installations photovoltaïques soient posées en toiture complète : même si les modules photovoltaïques ne sont pas positionnés sur toute la toiture, les panneaux sandwich du procédé sont eux, obligatoirement mis en place sur tout le pan de toiture.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine, chaque mise en œuvre requiert :

- une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales au sens des NV65 modifiées, ou des zones G voire F au sens de l'Eurocode 1 P1-4, son annexe nationale et ses amendements, selon le mode de dimensionnement retenu, 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.

Comme pour l'ensemble des procédés comportant des modules photovoltaïques verriers, la pose des modules n'est pas prévue avec accumulation de neige compte tenu des connaissances actuelles.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que les panneaux sandwich du procédé constituent le plan d'étanchéité du procédé et qu'ils sont un élément constitutif de celui-ci. Leur livraison pouvant être assurée directement par le fabricant, il convient de s'assurer de la référence conforme (cf. § 2.21 du Dossier Technique) des panneaux sandwich livrés et de la validité en cours de leur DTA afin que le procédé soit couvert par le présent Avis Technique.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que les modules photovoltaïques du procédé sont un élément constitutif de celui-ci. Leur livraison pouvant être assurée directement par le fabricant, il convient de s'assurer de la référence conforme (cf. § 2.1 du Dossier Technique) des modules photovoltaïques livrés afin que le procédé soit couvert par le présent Avis Technique.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que, conformément au § 8.3 du Dossier Technique, les éventuelles lignes de vie doivent être assurées dans la charpente et non dans les panneaux sandwich.

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

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture complète, sur charpente métallique, sur charpente bois, ou sur profils métalliques incorporés et ancrés dans le béton ou la maçonnerie.

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 260 Wc et 310 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, dont les références sont indiquées en page de garde,
- un système de montage incluant des panneaux sandwich permettant une mise en œuvre en toiture des modules posés centrés (cf. Figure 2a) ou non centrés (cf. Figure 2b), en mode "paysage".

Sa dénomination commerciale est "Kogysun i+".

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 d'hygrométrie conforme aux DTA des panneaux sandwich concernés.
- Mise en œuvre :
  - sur des bâtiments ne dépassant pas 12 m de hauteur, ni 40 m de longueur de rampant de toiture, sans limitation de longueur de bâtiment,
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant,
  - autour d'éventuelles pénétrations de toiture (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) à condition que :
    - □ le champ photovoltaïque soit interrompu en respectant une distance des modules à la pénétration de 500 mm minimum (*espace libre du bord de la costière au bord du module photovoltaïque*),
    - □ les pénétrations soient traitées en stricte conformité avec le Document Technique d'Application des mêmes panneaux sandwich que ceux utilisés pour le procédé,
  - sur charpente dont les pannes métalliques disposent des caractéristiques minimales suivantes :
    - □ largeur de l'appui : 70 mm minimum dans le cas d'un bâtiment en zone de vent 3 site exposé ou zone de vent 4 (*dans le cas d'un dimensionnement selon les NV65 modifiées*) ou en régions de vent 1-II, 2-II, 3-IIIa et 4-IIIb (*dans le cas d'un dimensionnement selon les règles Eurocode*), 60 mm minimum dans les autres cas,
    - □ épaisseur de l'appui : entre 1,5 mm et 12 mm.
  - sur charpente dont les pannes bois disposent des caractéristiques minimales suivantes :
    - □ largeur de l'appui : 82 mm minimum dans le cas d'un bâtiment en zone de vent 3 site exposé ou zone de vent 4 (*dans le cas d'un dimensionnement selon les NV65 modifiées*) ou en régions de vent 1-II, 2-II, 3-IIIa et 4-IIIb (*dans le cas d'un dimensionnement selon les règles Eurocode*), 70 mm minimum dans les autres cas,
    - □ hauteur de l'appui : 80 mm minimum.
  - sur profils métalliques incorporés et ancrés dans le béton ou la maçonnerie disposant des caractéristiques minimales suivantes :
    - □ largeur de l'appui : 70 mm minimum,
    - □ épaisseur minimale de 2,5 mm.
  - les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU et documents concernés : notamment les Documents Techniques d'Application des panneaux sandwich considérés (*notamment pour la pente et la longueur de rampant*),
  - en toiture complète : même si les modules photovoltaïques ne sont pas positionnés sur toute la toiture, les panneaux sandwich du procédé sont eux, obligatoirement mis en place sur tout le pan de toiture *(voir le Tableau 2).*
- La toiture d'implantation doit présenter :
  - un entraxe entre pannes maximum de 2,30 m ou moins conformément aux indications portées dans les tableaux de charges en fonction des charges climatiques calculées soit selon les règles NV 65 modifiées (voir Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 et Tableau 6), soit selon les règles Eurocode (voir Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 ou Tableau 10),
  - une seule pente, imposée par la toiture (voir *le Tableau 2*) :
    - □ supérieure à la pente minimale du DTA du panneau sandwich concerné,
    - □ inférieure à 30 % (*environ 17* °) pour les rails série S,
    - □ inférieure à 50 % (*environ 27* °) pour les rails série M.

    Quoi qu'il en soit, la valeur de la pente minimale donnée ci-dessus doit être comparée à celle donnée dans les DTA des panneaux sandwich concernés. Il convient alors de retenir la valeur de pente minimale la plus grande.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode paysage,
  - avec une colonne de rail aluminium tous les 1,00 m maximum, sur 4 appuis minimum (*pour chaque colonne de rails assemblés sur toute la hauteur du champ photovoltaïque*), reprise par des points fixes tous les 8 m, et avec un porte-à-faux :
    - □ pour les rails série S :

      de 120 mm maximum pour des entraxes entre pannes inférieurs ou égaux à 1,10 m,

      dans les autres cas, de 200 mm maximum en sablière et de 390 mm maximum en faîtage par rapport à l'axe de la rehausse supérieure,
    - □ pour les rails série M : de 230 mm maximum en sablière et de 430 mm maximum en faîtage par rapport à l'axe de la rehausse supérieure,
  - sur des longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum. La longueur de rampant doit de plus être inférieure ou égale aux longueurs de rampant maximales définies dans les DTA des panneaux sandwich concernés,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques descendantes appliquées aux modules photovoltaïques :
    - □ sous neige normale (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 1 800 Pa, en respectant les limitations données dans les Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 ou Tableau 6 selon le mode de pose des modules,
    - □ sous neige caractéristique (*selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 (NF EN 1991-1-3) et son annexe nationale*), n'excédant pas 1 800 Pa, en respectant les limitations données dans les Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10 selon le mode de pose des modules,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques ascendantes appliquées aux modules photovoltaïques :
    - □ sous vent normal (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas : 1 600 Pa, en respectant les limitations données dans les Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 ou Tableau 6 selon le mode de pose des modules,
    - □ sous vent caractéristique (*selon les règles Eurocode 1 Partie 1.4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale*), n'excédant pas 1 866 Pa, en respectant les limitations données dans les Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10 selon le mode de pose des modules,
  - les principes de calcul n'étant pas les mêmes, il est impératif d'utiliser un unique mode de calcul lors du dimensionnement du procédé :
    - □ soit les règles NV 65 modifiées en utilisant les Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5 ou Tableau 6,
    - □ soit les règles Eurocode en utilisant les Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9 ou Tableau 10,
    - □ conformément aux prescriptions du 2ème tableau du § 2.21, selon le type de panneau sandwich retenu.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "Kogysun i+" *(*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 DOME SOLAR. Les modules photovoltaïques et les panneaux sandwich peuvent également être fournis directement par leurs fabricants.

2.1 Modules photovoltaïques

Cinq gammes de modules photovoltaïques différentes peuvent être utilisées avec le procédé. Ils sont fabriqués par la société JA SOLAR :

- les modules photovoltaïques de dénomination commerciale JAM60S01-XXX/PR (*Figure 3*) se déclinant en fonction de la puissance crête allant de 285 Wc à 305 Wc, par pas successifs de 5 Wc, sont caractérisés par des cellules monocristallines,
- les modules photovoltaïques de dénomination commerciale JAM60S02-XXX/PR (*Figure 4*) se déclinant en fonction de la puissance crête allant de 285 Wc à 305 Wc, par pas successifs de 5 Wc, sont caractérisés par un film polymère arrière noir,
- les modules photovoltaïques de dénomination commerciale JAM60S03-XXX/PR (*Figure 5*) se déclinant en fonction de la puissance crête allant de 300 Wc à 310 Wc, par pas successifs de 5 Wc, sont caractérisés par des demi-cellules monocristallines,
- les modules photovoltaïques de dénomination commerciale JAP60S01-XXX/SC (*Figure 6*) se déclinant en fonction de la puissance crête allant de 260 Wc à 280 Wc, par pas successifs de 5 Wc, sont caractérisés par des cellules polycristallines,
- les modules photovoltaïques de dénomination commerciale JAP60S03-XXX/SC (*Figure 7*) se déclinant en fonction de la puissance crête allant de 270 Wc à 290 Wc, par pas successifs de 5 Wc, sont caractérisés par des demi-cellules polycristallines.

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

2.11 Film polymère

- Tous les modules :
  - Composition : à base de PET (*polyéthylène téréphtalate*) entre une couche de PVDF (*poly-fluorure de vinylidène*) et un film fluoré, ou à base de PET entre une couche de PVDF et un film polymère "E film".
  - Épaisseur : (0,29 ± 0,03) mm ou (0,39 ± 0,04) mm.
- Modules JAM60S03/PR et JAP60S03/SC :
  - Autre épaisseur possible : (0,314 ± 0,03) mm.
- Modules JAM60S02/PR :
  - Couleur noire.

2.12 Cellules photovoltaïques

- Modules JAM60S01/PR et JAM60S02/PR :
  - Technologie des cellules : monocristalline PERC,
  - Dimensions : (156,75 ± 0,5) mm x (156,75 ± 0,5) mm.
- Modules JAM60S03/PR :
  - Technologie des cellules : demi-cellule monocristalline PERC,
  - Dimensions : (156,75 ± 0,5) mm x (78,38 ± 0,5) mm.
- Modules JAP60S01/SC :
  - Technologie des cellules : polycristalline,
  - Dimensions : (156,75 ± 0,5) mm x (156,75 ± 0,5) mm.
- Modules JAP60S03/SC :
  - Technologie des cellules : demi-cellule polycristalline,
  - Dimensions : (156,75 ± 0,5) mm x (78,38 ± 0,5) mm.

Au nombre de 60 cellules ou 120 demi-cellules, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules ou 20 demi-cellules selon la configuration suivante :

- Modules JAM60S01/PR, et JAM60S02/PR :
  - distance minimale entre cellules parallèlement au grand côté : (3 ± 0,5) mm,
  - distance minimale entre cellules parallèlement au petit côté : (2 ± 0,5) mm,
  - distance minimale par rapport au bord du petit côté vers la boîte de connexion : (29,25 ± 1) mm,
  - distance minimale par rapport au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : (29,25 ± 1) mm,
  - distance minimale par rapport au bord des grands côtés : (14,75 ± 1) mm.
- Modules JAM60S03/PR et JAP60S03/SC :
  - distance minimale entre cellules parallèlement au grand côté : (2 ± 0,5) mm,
  - distance minimale entre cellules parallèlement au petit côté : (2 ± 0,5) mm,
  - distance minimale par rapport au bord des petits côtés : (27,25 ± 1) mm,
  - distance minimale par rapport au bord des grands côtés : (18,00 ± 1) mm.

2.13 Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de 0,55 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.14 Vitrage

- 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 : (1 644 ± 1) x (985 ± 1) mm pour les modules JAM60S01/PR, JAM60S02/PR et JAP60S01/SC, ou (1 672 ± 1) x (985 ± 1) mm pour les modules JAM60S03/PR et JAP60S03/SC.

2.15 Constituants électriques

2.151 Boîte de connexion

- Modules JAM60S01/PR, JAM60S02/PR et JAP60S01/SC :

  Une boîte de connexion du fabricant JA SOLAR, de dénomination commerciale PVJB-JA-001 est collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors tout suivantes :(103 x 73 x 17) 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 réalisent la connexion des modules (voir § 2.152). Elle est remplie d'un mastic silicone.

  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 : 20 A,
  - Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
  - Certificat TÜV SÜD n° B.17.01.72092.197 selon la norme IEC 62790:2014.
- Modules JAM60S03/PR et JAP60S03/SC :

  Plusieurs boîtes de connexion sont possibles :
  - Trois boîtes de connexion du fabricant LEONI, de dénomination commerciale PsBo-X sont collées avec du silicone en sous-face du module. Elles présentent les dimensions hors tout suivantes : (64 x 54 x 20) mm.

    Ces boîtes de connexion sont fournies avec 1 diode bypass chacune (*qui protège chacune une série de 40 demi-cellules*) et permettent le raccordement aux câbles qui réalisent la connexion des modules (voir § 2.152). Elles sont remplies d'un mastic silicone.

    Elles possèdent les caractéristiques suivantes :
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Indice de protection (connecté) : IP 68,
    - □ Tension assignée : 1 500 V DC entre polarités,
    - □ Courant assigné : 15 A,
    - □ Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
    - □ Certificat TÜV n° R50344959 selon la norme IEC 62790:2014.
  - Trois boîtes de connexion du fabricant RENHESOLAR, de dénomination commerciale FT20x sont collées avec du silicone en sous-face du module. Elles présentent les dimensions hors tout suivantes : (55 x 50 x 17) mm et (63 x 56 x 17) mm.

    Ces boîtes de connexion sont fournies avec 1 diode bypass chacune (*qui protège chacune une série de 40 demi-cellules*) et permettent le raccordement aux câbles qui réalisent la connexion des modules (voir § 2.152). Elles sont remplies d'un mastic silicone.

    Elles possèdent les caractéristiques suivantes :
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Indice de protection (connecté) : IP 67,
    - □ Tension assignée : 1 500 V DC entre polarités,
    - □ Courant assigné : 14 A,
    - □ Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
    - □ Certificat TÜV n° R50363463 selon la norme IEC 62790:2014.
  - Trois boîtes de connexion du fabricant JA SOLAR, de dénomination commerciale PVJB-JA-003 sont collées avec du silicone en sous-face du module. Elles présentent les dimensions hors tout suivantes : (96 x 37 x 18) mm et (89 x 37 x 18) mm.

    Ces boîtes de connexion sont fournies avec 1 diode bypass chacune (*qui protège chacune une série de 40 demi-cellules*) et permettent le raccordement aux câbles qui réalisent la connexion des modules (voir § 2.152). Elles sont remplies d'un mastic silicone.

    Elles possèdent les caractéristiques suivantes :
    - □ Classe II de sécurité électrique,
    - □ Indice de protection (connecté) : IP 68,
    - □ Tension assignée : 1 500 V DC entre polarités,
    - □ Courant assigné : 15 A,

- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
- Certificat TÜV SÜD n° B 17 12 72092 252 selon la norme IEC 62790:2014.

2.152 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1,00 m chacun pour les modules JAM60S01/PR, JAM60S02/PR et JAP60S01/SC, et de 300 et 400 mm pour les modules JAM60S03/PR et JAP60S03/SC, dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir *§ 2.153*).

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,
- Courant assigné de 55 A,
- Double isolation,
- Certificat TÜV SÜD n° B.17.04.72092.219 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)*.

2.153 Connecteurs électriques

Plusieurs connecteurs sont possibles :

- Connecteurs de la société QC SOLAR avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque QC4.10-xx, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
  - Indice de protection (connecté) : IP 67,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V pour xx=11, 12, 13, 21, 22, 23 ou 1 500 V pour xx=31, 32, 33, 41, 42, 43,
  - Courant assigné de 35 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificat TÜV n° R50215466 selon la norme EN 50521:2008/A1:2012.
- 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 + 90 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificat TÜV n° R60111354 selon la norme IEC 62852:2014.
- Connecteurs de la société Ningbo Free Trade Zhonghuan El. Tech. avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque PV-ZH202 ou PV-ZH202B, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
  - Indice de protection (connecté) : IP 67,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 000 V pour le PV-ZH202 ou 1 500 V pour le PV-ZH202B,
  - Courant assigné de 30 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificats TÜV n° R50313728 selon la norme EN 50521:2008/A1:2012 et n° R50350557 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.

2.16 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW-6005 T6 anodisé tel que les modules bénéficient de certificats du TÜV NORD n° 44 780 17 406749-177 de résistance à la corrosion par l'ammoniac selon la norme IEC 62716:2013 et n° 44 780 17 406749-178 de résistance à la corrosion au brouillard salin selon la norme IEC 61701:2011 sévérité 6.

Le cadre des modules présente des profilés de section identique sur tous les côtés. Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

- Iz = 1,10 cm^4,
- Iy = 2,16 cm^4.

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

Le cadre est percé en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses ainsi que des trous de drainage.

Les profilés sont reliés entre eux grâce à des équerres serties.

2.2 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société DOME SOLAR.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe sont systématiquement fournis par la société DOME SOLAR à l'exception des panneaux sandwich qui peuvent également être fournis directement par leurs fabricants.

La description des revêtements de chaque pièce, donnée dans les paragraphes ci-dessous, correspond aux revêtements standards. En fonction des atmosphères extérieures, ces revêtements peuvent être modifiés pour s'adapter aux conditions spécifiques des chantiers. Le Tableau 1 indique pour chaque pièce les revêtements disponibles.

2.21 Panneaux sandwich ("PS")

Les panneaux sandwich, situés sous les modules et les profilés du système de montage, assurent l'étanchéité du procédé. Ils sont, soit fournis par la société DOME SOLAR, soit fournis en direct par le fabricant.

Différents panneaux sandwich (voir DTA correspondant) de largeur utile 1 000 mm avec des entraxes entre nervures de 333 mm ou 250 mm, présentant des hauteurs de nervures comprises entre 35 et 45 mm, peuvent être envisagés (*avec néanmoins un seul type de panneau sandwich autorisé par installation*).

PANNEAU SANDWICH AVEC ÂME POLYURETHANE (PIR)					
Caractéristiques		**Fabricant**			
pas d'onde (en mm)	hauteur d'onde (en mm)	JORISIDE	KINGSPAN	ARCELOR-MITTAL Construction France	BACACIER
333	45	JI ROOF 1000 IPN	-	-	-
	39	-	-	ONDA THERM T	-
	35	-	KS 1000 RW	-	-
250	40	-	-	-	COVISO 4.40 / HI-XT
PANNEAU SANDWICH AVEC ÂME LAINE DE ROCHE					
Caractéristiques		**Fabricant**			
pas d'onde (en mm)	hauteur d'onde (en mm)	JORISIDE	TATA STEEL MONO-PANEL	ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE	
333	39	-	-	INDUSROOF PROMISTYL FEU T	
250	40	-	MONO-LAINE T	-	
	37	VULCA-STEEL ROOF JI	-	-	

L'épaisseur d'isolant est comprise entre 30 et 120 mm.

L'épaisseur du parement supérieur de ces panneaux sandwich suit les préconisations du fabricant.

Ces panneaux sandwich relèvent de la norme NF EN 14509. Seuls les panneaux sandwich indiqués dans le tableau précédent et bénéficiant d'un DTA en cours de validité sont admis dans le cadre du présent Avis Technique. Il convient donc de vérifier à chaque projet l'existence d'un DTA en cours de validité couvrant le panneau sandwich envisagé.

Compte tenu des DTA, le référentiel de calcul qui peut être pris en compte lors du dimensionnement du procédé (cf. § 1.2), est indiqué dans le tableau suivant en fonction des différents panneaux sandwich :

Procédé avec panneaux sandwich	Référentiel climatique	Tableaux des entraxes maximum à utiliser
JI ROOF 1000 IPN	Eurocode	7, 8, 9 et 10
VULCASTEEL ROOF JI	Eurocode	7, 8, 9 et 10
KS 1000 RW	Eurocode	7, 8, 9 et 10
	NV 65 modifiées	3, 4, 5 et 6
ONDATHERM T	Eurocode	7, 8, 9 et 10
	NV 65 modifiées	3, 4, 5 et 6
INDUSROOF PROMISTYL FEU T	Eurocode	7, 8, 9 et 10
	NV 65 modifiées	3, 4, 5 et 6
COVISO 4.40 / HIXT	Eurocode	7, 8, 9 et 10
MONOLAINE T	Eurocode	7, 8, 9 et 10
	NV 65 modifiées	3, 4, 5 et 6

2.22 Rehausses et cales

Les rehausses, en tôle d'acier de 2 mm d'épaisseur, de nuance S235JR et galvanisé à froid Z350, permettent la mise en place des profilés du système de montage des modules photovoltaïques. Les cales sont en aluminium EN AW-6060 T6.

Les rehausses sont de différentes natures, selon le rôle qu'elles jouent dans le système de montage.

- Rehausses inférieures (*"RHI2"*) - Figure 8

  La rehausse inférieure (131 x 103 x 67,5 mm) permet l'ancrage du système de montage aux pannes de la charpente. Elle possède, en partie inférieure, la forme de l'onde des éléments de sous-face munie de deux ailes pour permettre son appui et son support sur ceux-ci.

  Elle dispose de deux trous de diamètre 8 mm pour la fixation au travers du panneau sandwich dans la panne de la charpente par une ou deux vis VBS (voir § 2.27).

  Elle est munie de joints mousse (*non prépercés*) de 5 mm, collés en usine, sous la rehausse (*au niveau du sommet d'onde de l'élément de sous-face*) et sous les deux ailes au niveau des appuis sur l'élément de sous-face.

  De plus, pour les éléments de sous-face dont la base de l'onde a une largeur strictement inférieure à 65 mm, les rehausses inférieures sont fournies avec des joints mousse collés à l'intérieur des ailes latérales pour permettre de centrer la rehausse sur la nervure.

- Rehausses supérieures (*"RHS2"*) - Figure 9

  La rehausse supérieure (180 x 66 x 36,5 mm) permet de supporter les rails tout en permettant leur dilatation. Elle se positionne au-dessus de la rehausse inférieure, en venant coulisser sur celle-ci. Elle permet ainsi la libre dilatation du rail, fixé sur cette rehausse.

  Elle dispose également d'un ergot de 23 mm de profondeur qui vient en appui sur la rehausse inférieure lors de sa mise en œuvre. Cet ergot permet de diminuer la sollicitation des vis de fixation VBS en reportant une partie des charges descendantes sur les rehausses inférieures.

  Elle est munie d'un joint mousse de 3 mm sur sa partie supérieure au contact avec le rail.

- Rehausses de blocage (*"RHB2"*) - Figure 10

  La rehausse de blocage (108 x 30 x 28 mm) permet la mise en place d'un point fixe : elle est utilisée en lieu et place de la rehausse supérieure pour toutes les rehausses inférieures positionnées tout en bas du rampant de toiture.

  Elle permet également de mettre en place tout nouveau point fixe d'une colonne de rails dans la longueur du rampant de toiture concernée (*tous les 8 m*) obligeant ainsi la dilatation à s'effectuer vers le haut de la toiture. En forme de "Z", cette rehausse possède une partie plane venant reposer sur la rehausse inférieure et comprenant deux trous de diamètre de 8 mm pour le passage des vis de fixation et une aile supérieure pour recevoir les vis VOS fixant les rails.

  Elle est munie de joints mousse (*non prépercés*) de 5 mm sous l'aile de la rehausse de blocage au niveau de la rehausse inférieure, et sur l'aile supérieure au contact du rail.

- Rehausses de faîtage (*"RHF3"*) - Figure 11

  La rehausse de faîtage (123 x 56 x 32,5 mm) est uniquement utilisée au faîtage, en lieu et place de la rehausse inférieure, au droit de la panne haute de la couverture, afin de s'adapter à la présence de la plage de la faîtière venant se fixer à cette panne. Sa géométrie reprend la géométrie de la partie supérieure de la rehausse inférieure.

  Elle est munie de trois trous et d'un joint mousse (non prépercé) de 5 mm, collé en usine, sous la rehausse au contact avec la faîtière.

- Cale intercalaire d'onde (*"CIO"*) - Figure 20

  La cale intercalaire d'onde est utilisée entre l'élément de sous-face et la rehausse inférieure quand la hauteur de l'onde est inférieure à 45 mm. Selon la hauteur à combler, on utilise une cale de 4 mm d'épaisseur (*pour des nervures de 39 mm ou de 40 mm de haut*) ou une cale de 8 mm d'épaisseur (*pour des nervures de 35 ou 37 mm*).

  Cette cale est un plat en aluminium EN AW-6060 T6 de dimensions (130 x 25) mm avec trois trous pour le passage des vis VBS et VC. De plus, un joint mousse (*non prépercé*) de 5 mm est collé en usine sous la cale, au niveau de l'appui avec l'élément de sous-face. Un seul type de cale est fourni sur le chantier selon le type d'élément de sous-face utilisé.

- Entretoises

  Des entretoises en acier S235JR de diamètre extérieur de 10 mm et d'épaisseur 1 mm sont utilisées pour la fixation des rehausses inférieures sur les pannes : positionnées verticalement dans l'âme isolante du panneau sandwich, elles entourent la vis VBS jusqu'à la panne.

  La longueur en mm de l'entretoise se définit en fonction de la hauteur de l'onde du panneau sandwich et de l'épaisseur de son âme isolante : voir le tableau ci-dessous.

Épaisseur isolant (mm)	Hauteur de l'onde du panneau sandwich				
	35 mm	37 mm	39 mm	40 mm	45 mm
30	66		70		76
40	76		80		86
50	86		90		96
60	96		100		106
70	106		110		116
80	116		120		126
90	126		130		136
100	136		140		146
110	146		150		156
120	156		160		166

2.23 Joints

Tous les joints adhésifs sont en polyéthylène à cellules fermées (Figure 12).

- Joint "JOS"

  Il est positionné sous la partie centrale de la rehausse inférieure au niveau du sommet d'onde du panneau sandwich ou sous la cale intercalaire d'onde (CIO). Il est découpé aux dimensions (*L x l x ép.*) 130 x 25 x 5 mm.

- Joint "JRH"

  Il est positionné sous les deux ailes de la rehausse inférieure ou de la rehausse de faîtage au niveau des appuis sur le panneau sandwich. Il peut servir de cale de centrage en étant collé en usine de part et d'autre de la RHI dans le cas d'onde de panneau sandwich ayant une largeur d'embase inférieure à 65 mm (voir Figure 20). Il est découpé aux dimensions (L x l x ép.) 93 x 20 x 5 mm.

- Joint "JRB"

  Le premier est positionné sous l'aile de la rehausse de blocage au niveau de la rehausse inférieure, et le second sur l'aile supérieure au contact du rail. Il est découpé aux dimensions (*L x l x ép.*) 55 x 20 x 5 mm.

- Joint "JRS"

  Il est positionné sur la partie centrale de la rehausse supérieure sur toute la longueur de la pièce au niveau du contact du rail. Il est découpé aux dimensions (*L x l x ép.*) 180 x 75 x 3 mm.

2.24 Rail (rail série S « RSS » ou rail série M « RSM ») et insert (série S « ISS » et série M «ISM »)

Positionnés sur les rehausses et fixés à ces dernières par des vis VOS dans leur gorge centrale, les rails (*Figure 13*) constituent le support des modules photovoltaïques sur les éléments de sous-face. Ils sont en aluminium EN AW-6106 T6, de résistance élastique 20 daN/mm² et de longueur comprise entre 1,30 m et 4,075 m.

Il existe deux géométries de rails (*avec néanmoins un seul type de rail autorisé par installation*) dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Série S : (56 x 50) mm, Iy = 6,95 cm^4,
- Série M : (58 x 51,4) mm, Iy = 8,86 cm^4.

Lorsqu'il est nécessaire de rallonger la longueur de la section de rail, des inserts de rails sont utilisés ; il s'agit de tronçons de rails de 70 mm de longueur.

2.25 Éclisse (*série S « ESS »*, *série M « ESM »*)

En aluminium EN AW-6106 T6, les éclisses (*Figure 14*) permettent de relier deux rails entre eux. Elle est fixée au rail amont uniquement, au départ d'une nouvelle colonne de rail.

Selon le rail utilisé, elle possède les caractéristiques suivantes :

- Série S : (300 x 63 x 39,75) mm, Iy = 4,67 cm^4,
- Série M : (280 x 71,6 x 55,4) mm, Iy = 10,73 cm^4.

2.26 Serreurs

Les serreurs (Figure 15) sont les pièces de fixation des modules sur les rails. En aluminium EN AW-6060 T66, il en existe de deux géométries différentes, permettant une prise en feuillure des cadres sur 8 mm :

- les serreurs intermédiaires "SI" qui permettent de fixer deux modules adjacents,
- les serreurs d'extrémité "SE" qui ne viennent fixer qu'un seul module.

D'épaisseur 3 mm, ces pièces sont débitées en longueur de 65 mm et sont dotées d'un trou central de diamètre 9 mm pour la fixation aux rails. Les serreurs intermédiaires présentent une hauteur de 27 mm et une largeur de 37,1 mm. Les serreurs d'extrémité présentent une hauteur 35 mm et une largeur de 28 mm.

Chaque serreur est fourni avec une vis CHC, crantée sous tête, à six pans creux en acier inoxydable A2-70 de diamètre 8 mm et de longueur 40 ou 45 mm associée à un écrou prisonnier (de 2 types possibles dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques) qui est positionné dans la rainure des rails avec denture partielle en acier inoxydable A2-70, M8.

2.27 Visserie

- Visserie "VBS"

  Il s'agit de vis autoperceuses de la société ETANCO en acier cémenté zingué traité "SUPRACOAT 2C" (*15 cycles KESTERNICH selon NF EN 3231*) avec tête hexagonale 6 pans.

  Elles sont utilisées pour la fixation dans les pannes :

  - des rehausses inférieures,
  - des rehausses de blocage,
  - des rehausses de faîtage.

  Elles sont fournies avec des rondelles d'étanchéité bi-matière "RE" en acier inoxydable A2 et EPDM vulcanisé de diamètre extérieur 19 mm et de diamètre intérieur de 6,5 mm.

  Ces vis présentent les caractéristiques suivantes :

<table>
<tr><th rowspan="2">Épaisseur du panneau sandwich</th><th colspan="2">VBS – Bois</th><th colspan="2">VBS-6</th><th colspan="2">VBS-12</th></tr>
<tr><th>Dénomination commerciale</th><th>Longueur</th><th>Dénomination commerciale</th><th>Longueur</th><th>Dénomination commerciale</th><th>Longueur</th></tr>
<tr><td>30 mm</td><td rowspan="7">ZACROVIS Bois TH12/2C
Diamètre 6,5 mm</td><td>150 mm</td><td rowspan="12">ZACROVIS 6 TH12/2C
Diamètre 6,3 mm</td><td>125 mm</td><td rowspan="10">ZACROVIS 12 TH12/2C
Diamètre 6 mm</td><td>120 mm</td></tr>
<tr><td>40 mm</td><td>150 mm</td><td>125 mm</td><td>145 mm</td></tr>
<tr><td>50 mm</td><td>180 mm</td><td>160 mm</td><td>145 mm</td></tr>
<tr><td>60 mm</td><td>180 mm</td><td>160 mm</td><td>145 mm</td></tr>
<tr><td>70 mm</td><td>180 mm</td><td>160 mm</td><td>180 mm</td></tr>
<tr><td>80 mm</td><td>200 mm</td><td>160 mm</td><td>180 mm</td></tr>
<tr><td>90 mm</td><td>200 mm</td><td>200 mm</td><td>180 mm</td></tr>
<tr><td>100 mm</td><td rowspan="3">DRILLNOX Bois
Diamètre 6,5 mm</td><td>220 mm</td><td>200 mm</td><td>200 mm</td></tr>
<tr><td>110 mm</td><td>220 mm</td><td>200 mm</td><td>200 mm</td></tr>
<tr><td>120 mm</td><td>240 mm</td><td>200 mm</td><td>ZACROFAST 233G TH12
Diamètre 6,5 mm</td><td>250 mm</td></tr>
</table>

- Visserie "VOS"

  Ces vis sont utilisées pour la fixation des rails dans les rehausses ou pour la fixation de l'éclisse. Il s'agit de vis DRILLNOX 3 TH8 de diamètre 6,3 mm de la société ETANCO.

  Il s'agit de vis autoperceuses bimétal en acier inoxydable austénitique 1.4404 (*30 cycles KESTERNICH selon NF EN 3231*) avec tête à pointe forêt en acier cémenté, hexagonale 6 pans de 8 mm à collerette, et de longueur 25 mm.

- Visserie "VC"

  Ces vis sont utilisées pour la fixation des rehausses inférieures sur le parement supérieur du panneau sandwich. Il s'agit de vis ZACROVIS 2,5 TH12/2C de la société ETANCO.

  Il s'agit de vis autoperceuses en acier cémenté de diamètre 6,3 mm avec tête à pointe foret en acier cémenté, hexagonale 6 pans de 12 mm, et de longueur 45 mm.

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 Cavalier, vis de fixation et vis de couture courants

Les cavaliers complets avec visserie viennent en complément des rehausses pour la fixation des panneaux sandwich à la charpente.

Conformes au DTA du panneau sandwich concerné, ils sont systématiquement fournis avec une rondelle d'étanchéité et quantifiés pour la fixation en suivant les dispositions données par le DTA du panneau sandwich concerné en excluant les emplacements déjà occupés par les rehausses.

Les vis de couture doivent être conformes au DTA du panneau sandwich concerné.

3.2 Abergements aux extrémités de toiture

En fonction du type de bâtiment visé, il convient de choisir les tôles d'abergement à l'égout, aux rives et au faitage, adaptées conformément aux DTU 40.35, 40.36 et 40.37 et aux Documents Techniques d'Application compte tenu des panneaux sandwich du procédé.

3.3 Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de liaison équipotentielle des masses pour la liaison des modules et des rails devront être choisis et mis en œuvre conformément à la norme NF C 15-100 et aux guide UTE C15-712 en vigueur.

Les liaisons équipotentielles des masses s'effectuent par l'intermédiaire de câbles de 6 mm² avec cosses, rondelles bimétal et vis inox, ou bien par l'intermédiaire de griffes Terragrif™ K2SZ en inox 1.4310.

L'ensemble est relié à un câble principal de terre de 16 mm² par l'intermédiaire d'un bornier déporté de type SOLFIL de Mecatraction.

3.4 Câbles électriques

Il convient d'utiliser des câbles électriques pour relier les polarités du champ photovoltaïque à l'onduleur conformes aux spécifications de la norme NF C 15-100 et des guides UTE C15-712 en vigueur.

3.5 Colliers de fixation des câbles

Afin de ne pas faire circuler de câbles sur les panneaux sandwich, il est indispensable d'utiliser des colliers de fixation qui permettent de fixer les câbles et connecteurs (*de polarité ou de liaison équipotentielle*) aux rails.

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Modules photovoltaïques

Les modules sont conditionnés dans des cartons de 30 modules, stockés et livrés par palette. Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance : ils ont la même référence.

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

Sur chantier, ce matériel doit être stocké au sec, sous abri.

4.2 Autres constituants du procédé

Les petits composants du procédé (*visserie*, *serreurs*, *éclisses*, *rehausses*, *entretoises*, *etc.*) sont conditionnés soit dans des poches, soit dans des cartons. Sur chaque emballage, une étiquette indique la référence du produit ainsi que le nombre. Ces pièces et composants sont stockés chez la société DOME SOLAR dans un endroit sec et aéré à l'abri de la pluie.

Les panneaux sandwich, faisant partie de la fourniture du procédé, peuvent être livrés directement par le fabricant. Il convient de respecter les préconisations mentionnées par ce dernier (*transport dans des conditions qui préservent les produits de l'humidité*, *stockage sous abri ventilé*, *panneaux inclinés dans le sens des nervures*).

4.3 Préparation des chantiers

Un préparateur de commande dispose des nomenclatures de ces chantiers, sur lesquelles sont indiquées les références des pièces et leur quantité.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques		
-	**Modules JAM60S01/PR, JAM60S02/PR et JAP60S01/SC**	**Modules JAM60S03/PR et JAP60S03/SC**
Dimensions hors tout (mm)	1 650 x 991 x 35	1 678 x 991 x 35
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 644 x 985	1 672 x 985
Surface hors-tout (m²)	1,64	1,66
Surface d'entrée (m²)	1,46	1,46
Masse (kg)	18,2	18,5
Masse spécifique (kg/m²)	11,0	11,1

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

Les caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques sont données dans le "rapport d'aide à la pose" (cf. § 8.1).

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215:2005.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730:2007/A1:2012/A11:2014, 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 61215:2005 et NF EN 61730:2007/A1:2012/A11:2014, vont de 260 Wc à 310 Wc par pas de 5 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 JAM60S01/PR et JAM60S02/PR					
P_{mpp} (W)	285	290	295	300	305
U_{co} (V)	39,25	39,46	39,64	39,85	40,05
U_{mpp} (V)	31,70	31,80	32,03	32,26	32,57
I_{cc} (A)	9,46	9,57	9,66	9,75	9,85
I_{mpp} (A)	8,99	9,12	9,21	9,30	9,37
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,39				
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,30				
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,060				
Courant inverse maximum (A)	20				

Modules JAM60S03/PR			
P_{mpp} (W)	300	305	310
U_{co} (V)	39,05	39,32	39,61
U_{mpp} (V)	32,23	32,50	32,78
I_{cc} (A)	9,90	9,97	10,03
I_{mpp} (A)	9,31	9,39	9,46
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,37		
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,289		
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,051		
Courant inverse maximum (A)	20		

Modules JAP60S01/SC					
P_{mpp} (W)	260	265	270	275	280
U_{co} (V)	37,7	38,0	38,2	38,4	38,7
U_{mpp} (V)	30,7	30,9	31,1	31,3	31,6
I_{cc} (A)	9,04	9,11	9,18	9,29	9,37
I_{mpp} (A)	8,47	8,57	8,67	8,77	8,86
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,41				
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,32				
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,058				
Courant inverse maximum (A)	20				

Modules JAP60S03/SC					
P_{mpp} (W)	270	275	280	285	290
U_{co} (V)	37,65	37,87	38,08	38,30	38,50
U_{mpp} (V)	31,33	31,54	31,81	32,02	32,23
I_{cc} (A)	9,24	9,33	9,43	9,53	9,62
I_{mpp} (A)	8,64	8,74	8,83	8,92	9,01
αT (P_{mpp}) [%/K]	- 0,38				
αT (U_{co}) [%/K]	- 0,30				
αT (I_{cc}) [%/K]	+ 0,054				
Courant inverse maximum (A)	20				

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

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre sont effectués sur les sites de la société VINA SOLAR au Vietnam certifié ISO 9001:2015, et de la société JA SOLAR en Chine à Shanghai certifié ISO 9001:2008 et IEC TS 62941 et à Hefei certifié ISO 9001:2015 et IEC TS 62941. Les deux usines JA SOLAR bénéficient d'un certificat de conformité du TÜV SÜD selon la spécification technique IEC TS 62941 (*n° Z2 17 04 72092 220 et n° Z2 17 08 79395 001*).

Lors de la fabrication des modules photovoltaïques, les contrôles portent sur les éléments suivants :

- contrôle visuel des cellules pour éliminer les cellules ayant des défauts de type rayures, cassures,
- inspection visuelle de l'interconnexion des cellules et des bandes de cellules,
- test d'électroluminescence effectué à deux reprises sur les lignes de production : une fois avant la lamination du module et une fois avant le conditionnement,
- flash test de chaque module en fin de fabrication pour déterminer ses caractéristiques électriques. La tolérance sur la puissance maximum de sortie est de 0 à + 4,99 W,

- test vérifiant la comptabilité et les perturbations électromagnétiques dans les câbles,
- prélèvements systématiques par ligne de fabrication pour contrôle des performances et des paramètres de fabrication au sein du laboratoire.

7.2 Panneaux sandwich

Les panneaux sandwich sont fabriqués par les sociétés KINGSPAN, ARCELORMITTAL CONSTRUCTION France, TATA STEEL/MONOPANEL, JORISIDE et BACACIER.

Ces dernières disposent, pour chaque livraison, d'un numéro de lot en rapport avec la bobine d'acier utilisée.

Les tolérances de fabrication sont identiques à celles portées dans la norme NF P 34-401.

Les panneaux sandwich ne sont pas forcément fournis par la société DOME SOLAR.

7.3 Rail, éclisse et serreurs

Les rails, les éclisses et les serreurs sont réceptionnés et contrôlés sur le site de la société DOME SOLAR à Rezé en France, certifié ISO 9001:2015.

7.4 Rehausses et entretoises

Les rehausses et entretoises sont réceptionnées et contrôlées sur le site de la société DOME SOLAR à Rezé en France, certifié ISO 9001:2015.. Les rehausses ont une tolérance sur la hauteur de ± 0,5 m. La Figure 16 donne des exemples de chaînes de cotes.

7.5 Contrôles à réception

Au sein des sociétés distribuant les composants du système, divers contrôles sont opérés à la réception de ceux-ci. Il s'agit d'abord de contrôles visuels et d'autre part, de contrôles dimensionnels qui sont effectués avec des outils spécifiques (*mètre, pied à coulisse, palmer…*). Ces contrôles sont menés sur un échantillonnage d'environ 5 % au hasard de la livraison.

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et un « rapport d'aide à la pose » spécifique au chantier déterminé par le logiciel de dimensionnement de la société DOME SOLAR.

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 et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

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

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

La société DOME SOLAR utilise le logiciel de dimensionnement qui, en fonction des données d'entrées concernant le bâtiment et sa charpente, les modules et les éléments de sous-face utilisés, permet de déterminer le positionnement des rehausses, des rails, des éclisses, des inserts, des modules et le nombre de fixations à mettre en place. Ce logiciel est utilisé par DOME SOLAR. Il permet de fournir ensuite aux installateurs un "rapport d'aide à la pose" avec l'ensemble des informations pertinentes pour le calepinage du procédé et sa mise en œuvre sur chantier.

Lors de la mise en œuvre, des autocontrôles doivent être appliqués pour respecter :

- au maximum le pas du panneau sandwich annoncé au début dans les données destinées au "rapport d'aide à la pose" (voir § 8.552),
- le positionnement des rehausses, des rails, de la visserie, des éléments de fixation, donné par le "rapport d'aide à la pose",
- le positionnement et la fixation des serreurs et leur serrage,
- le cas échéant, la vérification de l'épaisseur de la cale et de sa pose effective.

Dans le cas de pannes métalliques, les tolérances fonctionnelles de fabrication et de montage doivent être de classe 2 conformément à la norme NF EN 1090-2+A1. En cas d'installation sur toiture existante, les pannes minces, formées à froid, ne sont pas admises.

De plus, le charpentier doit être informé par le Maître d'Ouvrage ou le Maître d'œuvre que le procédé génère une surcharge due aux continuités d'appuis. Il est à noter que, du fait de la conception du procédé, les descentes de charges parallèlement et perpendiculairement à la toiture sont réparties uniformément sur toutes les pannes par l'intermédiaire des rehausses. Ces descentes de charges verticales et horizontales sont données par la société DOME SOLAR sur le devis remis au Maître d'Ouvrage ou sur la notice de pose.

8.2 Compétences des installateurs

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

Les compétences requises sont de trois types :

- Compétences en couverture : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques avec les habilitations électriques adéquates (*"BP" pour le raccordement des modules*) conformément à la norme UTE NF C18-510.
- Qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques

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, …*). Les éventuelles lignes de vie doivent être assurées dans la charpente et non dans les panneaux sandwich.

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, « guide Promotelec ».

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. *§.9*).

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 17.

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

- Liaison intermodules et module/onduleur

  La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose (*du bas vers le haut*) avant leur fixation : les câbles doivent être attachés en partie inférieure des rails par des colliers de fixation (*non fournis, cf. § 3.5*). Un autocontrôle de la connexion de chaque module doit être effectué par l'installateur à l'avancement.

  Si besoin, la liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (*pour le cheminement 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.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

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

  - les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire d'un câble de 6 mm² avec cosses faston, rondelles bimétal et vis inox, ou bien de griffes Terragrif™ K2SZ (Figure 17),
  - les masses métalliques de tous les rails :
    - par l'intermédiaire de borniers déportés SOLFIL de la société Mecatraction,
    - lors d'un éclissage, par l'intermédiaire de câbles 6 mm² avec cosses faston, rondelles bimétal et vis inox pour relier les deux rails entre eux.

  Cette colonne de rails aluminium sur lesquels sont reliés les modules photovoltaïques est elle-même reliée à un câble principal de terre de 16 mm² par l'intermédiaire d'un bornier déporté de type SOLFIL de Mecatraction.

  Ce dispositif s'applique uniquement sur une des deux colonnes de rail qui supportent une colonne de modules.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

  Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment ne doit jamais être réalisé au travers de la couverture. Ils peuvent éventuellement circuler derrière le bardage *(Figure 18*).

  L'ensemble des câbles doit ensuite être acheminé dans des goulottes 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…).* Les câbles de liaison équipotentielle des masses jaune-vert ne doivent pas être exposés au soleil.

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

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

Sur le devis estimatif, les descentes de charges verticales et horizontales sont indiquées au Maître d'Ouvrage.

Chaque mise en œuvre fait l'objet d'une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au sens des NV65 modifiées, ou des zones G voire F au sens de l'Eurocode 1 P1-4, son annexe nationale et ses amendements, selon le mode de dimensionnement retenu, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

Il est impératif de s'assurer que les toitures, ou partie de toiture, concernées par l'installation du procédé répondent aux DTU en vigueur.

Les règles de mise en œuvre décrites dans le présent dossier technique et la notice de pose doivent être respectées.

8.52 Longueur maximale des rampants de toiture

Le procédé peut être utilisé sur des longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum. Cette longueur maximale doit être de toute façon inférieure ou égale aux longueurs de rampant maximum définies dans les DTA des panneaux sandwich concernés.

8.53 Traitement des dilatations thermiques

La dilatation des rails est assurée par la rehausse supérieure qui coulisse sur la rehausse inférieure.

Un point fixe pour chaque colonne de rails est toujours positionné en bas du rampant de la toiture grâce à la rehausse de blocage. D'autres points fixes intermédiaires sont positionnés sur la longueur de rampant tous les 2 rails maximum (*soit environ tous les 8 m*). Les rehausses de blocage sont situées en bas de rail.

Les modules ne se trouvent jamais à cheval entre 2 rails au joint de dilatation (*cf. § 8.557*).

8.54 Préparation de la toiture

Dans le cas d'une pose sur un bâtiment existant couvert, il convient de déposer la couverture existante sur tout le pan de toiture recevant le champ photovoltaïque.

Les lots couverture et installation du système de montage doivent faire partie d'un même projet unique.

8.55 Pose en toiture

8.551 Dispositions pour les panneaux sandwich

Lors de la manutention, il est nécessaire de ne pas griffer ou choquer le revêtement sur la face extérieure des panneaux sandwich, pour éviter la mise à nu du métal ou entraîner des déformations des bords et des nervures rendant les profils inaptes à la bonne exécution des travaux.

Tous les dix mètres environ, vérifier l'alignement des panneaux suivant le versant et horizontalement et vérifier la distance pour ne pas s'écarter du plan de calepinage en fin de pose.

Dans le cas d'une découpe des panneaux sandwich sur le chantier, pour une petite adaptation à une géométrie non prévue de la toiture, seul l'emploi d'une grignoteuse ou scie égoïne électrique est autorisé (*ne jamais utiliser de disque à tronçonner*). De plus, il convient de respecter les dispositions suivantes :

- Faire la coupe au sol, non sur le toit,
- Protéger le revêtement (par bâchage) pour éviter toute dégradation des parties adjacentes,
- Éliminer les bavures,
- Protéger les tranches pendant le stockage et la manipulation,
- Prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter rayures ou marquage. Ces dégradations constitueraient des amorces de corrosion dans le temps.
- Respecter, impérativement, la mise en œuvre des panneaux sandwich telle que décrite dans leurs DTA respectifs.

8.552 Positionnement des panneaux sandwich

Les panneaux sandwich sont toujours utilisés du faîtage à l'égout, et sur tout le pan de toiture recevant le champ photovoltaïque.

La mise en œuvre des panneaux sandwich doit se faire conformément au Document Technique d'Application du panneau sandwich considéré : densité de fixation, compléments d'étanchéité, recouvrements entre panneaux, fixations de couture, traitement des points singuliers...

Toutes les dispositions de mise en œuvre des DTA concernés doivent être respectées.

Une tolérance de ± 2 mm sur le pas réel en largeur du panneau sandwich posé est acceptable, à condition que l'installateur ait préalablement contrôlé que le champ photovoltaïque peut être mis en place sur la toiture puisque cela induit une augmentation de l'écart entre les modules. L'installateur doit mesurer le pas réel du panneau sandwich posé, transmettre cette mesure à la société DOME SOLAR qui refait le calcul des écarts entre modules, et qui renvoie les nouveaux écarts à l'installateur, afin que le calepinage s'accorde avec le vrai pas du panneau sandwich posé. Le rapport d'aide à la pose (*issu du logiciel de dimensionnement de DOME SOLAR*) génère automatiquement les écarts appropriés entre les modules et les modalités de pose des steps porteurs.

8.553 Fixation des panneaux sandwich

Les panneaux sandwich doivent être fixés aux pannes de la toiture par l'intermédiaire des rehausses inférieures et des cavaliers traditionnels (Figure 19). Les rehausses inférieures servent non seulement à la fixation du panneau sandwich mais également à celle du rail, tandis que les cavaliers ne servent qu'à la fixation des panneaux sandwich. La pose de ces éléments doit se faire à l'avancement.

Ainsi, il convient de mettre en place en premier lieu les rehausses inférieures (Figure 20 et *Figure 21*), puis de compléter la fixation des panneaux sandwich à l'aide des cavaliers traditionnels et vis de couture (*non fournis, cf. §* 3.1) selon les règles du DTU 40.35. Les fixations sont placées en sommet de nervure. Les vis utilisées (*fournies, voir § 2.27*) sont appelées "VBS" *("VBS-6 ou 12" ou VBS-Bois selon l'épaisseur et la nature de la panne*).

Un perçage doit être réalisé à l'emplacement des vis VBS sur toute l'épaisseur du panneau sandwich jusqu'à la panne (*une perceuse à butée de profondeur doit être utilisée en la calant à 1 mm de moins que l'épaisseur totale, voir Figure 21*). L'isolant doit ensuite être débourré pour permettre la mise en place des entretoises, puis des VBS. De plus, une vis de couture VC est utilisée pour maintenir le parement supérieur du panneau sandwich avec la rehausse inférieure. Dans le cas d'une fixation simple vis VBS, la vis VC est placée dans le second trou de la rehausse. Dans le cas d'une fixation double vis VBS, la vis VC doit venir percer la rehausse en partie basse (Figure 25).

- <u>Principe des rehausses inférieures</u>

  Les rehausses inférieures (RHI2) permettent la mise en place :

  - soit, d'une rehausse supérieure (RHS2) qui coulisse sur la rehausse inférieure (*permettant ainsi la dilatation des rails*),
  - soit, d'une rehausse de blocage (RHB2) qui est fixée en même temps que la rehausse inférieure.

- <u>Fixation des rehausses inférieures</u>

  La fixation des rehausses inférieures (*avec ou sans rehausse de blocage*) est effectuée à travers le panneau sandwich, dans la panne de la charpente :

  - par une vis VBS-6 ou VBS-12 ou VBS-bois en partie courante au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones I ou H au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents,
  - par deux vis VBS-6 ou VBS-12 ou VBS-bois sur une largeur de 1,20 m en rive du bâtiment en cas de vent Zone 3 site exposé ou Zone 4 au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou en zone G en cas de région de vent 1-II, 2-II, 3-IIIa ou 4-IIIb au sens de l'Eurocode 1 P1-4, son annexe nationale et ses amendements et de dimensionnement selon ces documents (*voir "rapport d'aide à la pose" pour nature, longueur et nombre de vis*).

  Les vis VBS-Bois ont un ancrage de 50 mm minimum dans les pannes bois.

  La position de la première colonne de rehausses est au minimum à la 2ème onde du panneau sandwich par rapport au début du champ photovoltaïque.

- <u>Fixation des rehausses inférieures avec les rehausses de blocage</u>

  Les rehausses de blocage sont utilisées pour supporter tout le poids d'une colonne de rails (*et les efforts associés*) : elles servent donc de butée pour éviter le glissement de l'installation. En conséquence, elles sont nécessaires en bas de l'installation (*sur chaque colonne de rails*), et à chaque panne en amont d'un joint de dilatation tous les 8 m environ.

  Leur fixation est identique à la fixation des rehausses inférieures (Figure 22), c'est-à-dire que le nombre de vis, 1 ou 2 vis, dépend de la zone de toiture.

  Répartition des rehausses : elle est indiquée dans le "rapport d'aide à la pose" établi par le logiciel de dimensionnement.

  Répartition des rehausses pour diminuer le porte-à-faux du module final : sur le dernier step porteur, si le porte-à-faux du module est supérieur à 500 mm, une colonne de rails est rajoutée.

Au fur et à mesure de la pose du système, les limailles de perçage doivent être éliminées. Il faut procéder à un nettoyage complet avant la pose des rails (*nettoyage à la brosse nylon et à l'eau claire, sans détergent ou par soufflerie…*).

- Fixation des rehausses de faîtage

  Pour la panne de faîtage recouverte par la plage de la faîtière et ne permettant pas la mise en place de la rehausse inférieure, la rehausse de faîtage remplace la rehausse inférieure (Figure 23). La rehausse de faîtage n'est utilisée au faîtage qu'une seule fois par colonne de rails. Son mode de fixation est identique à celui de la rehausse inférieure. L'entretoise est placée sous la rehausse de faîtage de la même façon que pour la rehausse inférieure.

- Pose de la cale intercalaire d'onde

  Si la nervure de panneau sandwich a une hauteur d'onde inférieure à 45 mm, il est nécessaire de poser une cale intercalaire d'onde (CIO) disponible en 2 hauteurs suivant la hauteur à combler. Elle est placée sous la partie inférieure de la rehausse inférieure en alignant les deux trous qui vont permettre le passage des VBS.

8.554 Pose des rehausses supérieures

La rehausse supérieure vient coulisser sur la rehausse inférieure qui lui sert de support (Figure 24) : elle se met en place en glissant du haut vers le bas, jusqu'à l'ergot qui fait butée. La rehausse supérieure ainsi enclenchée autour de la rehausse inférieure vient supporter et empêcher le soulèvement du rail qui y est fixé. Ce système coulissant permet la dilatation du rail.

8.555 Pose des rails

Les rails sont posés au droit des nervures des panneaux sandwich et fixés sur les rehausses supérieures ou de blocage (Figure 25) avec une ou deux vis VOS. Le nombre de ces vis VOS est défini par le logiciel de dimensionnement et indiqué dans le "rapport d'aide à la pose" pour la configuration du chantier (*entraxe de panne, charges climatiques et situation sur la toiture*).

Le premier rail est posé et fixé en bas de pente avec un porte-à-faux maximum de 200 mm (série S) ou 230 mm (série M) par rapport à l'axe de la rehausse inférieure et au minimum à l'aplomb de l'extrémité basse de la rehausse inférieure. Toutefois, pour des entraxes de pannes inférieurs ou égaux à 1,10 m, un porte-à-faux de 120 mm maximum des rails série S est accepté.

Les entraxes entre rails sont dépendants du pas d'onde des éléments de sous-face et de la longueur des modules : des exemples de configurations sont fournis Figure 26. On appelle "step porteur" l'entraxe "standard" de deux rails qui permet de soutenir un module, cet espacement est d'environ 1 m. Le "step d'espacement" est situé entre deux "steps porteurs" : il est d'environ 667 mm pour les éléments de sous-face avec un pas d'onde de 333 mm et il est d'environ 750 mm pour les éléments de sous-face avec un pas d'onde de 250 mm. Le "step de séquence" est un step intermédiaire qui permet, quand arrive un décalage, de retrouver le "step porteur" et d'éviter que le porte-à-faux des modules ne dépasse 0,5 m.

En rive, les modules doivent toujours avoir des débords inférieurs ou égaux à ceux d'un module centré sur les rails : en conséquence, il est parfois nécessaire d'utiliser un troisième rail supportant les modules (voir Figure 27). Dans ce cas, le module est maintenu par 3 paires de serreurs.

8.556 Éclissage

Pour mettre en place un éclissage entre deux rails (Figure 28), il suffit de faire glisser l'éclisse dans les rainures extérieures des rails pour que la jonction se fasse au milieu de l'éclisse. Le rail supérieur est fixé à l'éclisse par une VOS au travers de la gorge centrale du rail. S'il est nécessaire de mettre en place un point fixe, c'est-à-dire tous les 8 m de rails (Figure 29), l'éclisse n'est fixée que sur le rail supérieur en laissant un joint de dilatation de 20 mm minimum entre les deux rails.

Au besoin, un insert (*ou deux*) de rail de 70 mm est ajouté au centre de l'éclisse pour ajuster la longueur de la section afin de respecter les porte-à-faux maximum de chaque élément (*c'est le logiciel de dimensionnement qui le détermine*).

Le dernier rail au faîtage doit être coupé au minimum à 90 mm après l'axe de la rehausse ou 30 mm après le dernier module si celui-ci est en porte-à-faux.

Au faîtage, le porte-à-faux du rail ne peut pas dépasser 390 mm pour la série S et 430 mm pour la série M. Toutefois, pour des entraxes de pannes inférieurs ou égaux à 1,10 m, un porte-à-faux de 120 mm maximum des rails série S est accepté.

Au niveau des joints de dilatation, les modules ne doivent pas chevaucher l'éclissage (cf. § 8.557).

8.557 Pose des modules

Les modules sont posés uniquement en mode paysage (Figure 30), avec leur plus grande longueur perpendiculaire à la ligne de pente de la toiture. Ils doivent être posés de droite à gauche et de bas en haut. Le premier module doit être posé centré sur les premiers rails, cet entraxe est d'environ 1 m : on appelle cela le premier "step porteur". Dans le sens du rampant, il doit être posé à 40 mm minimum de l'extrémité basse du rail.

Par la suite, selon leur longueur, les modules sont, soit toujours centrés, soit décalés par rapport aux rails au fur et à mesure de la pose (voir les Tableau 3 à Tableau 10). Le porte-à-faux des modules par rapport aux rails ne dépasse pas 0,5 m en partie courante de toiture au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones I ou H au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents.

En rive ou en angles de toiture au sens des NV65 modifiées dans le cas de dimensionnement selon ces Règles ou zones G et F au sens de l'EC1 P1-4 et ses amendements et annexes nationales dans le cas d'un dimensionnement selon ces documents, chaque module doit avoir des débords inférieurs ou égaux à ceux d'un module centré : en conséquence, le calepinage des rails doit être étudié et vérifié, au regard du logiciel de dimensionnement de la société DOME SOLAR. Dans le cas où l'on a un porte-à-faux en rive (*module « non centré »*), il est nécessaire d'utiliser 3 rails, tous munis de serreurs, en sous-face des modules.

Au niveau des joints de dilatation, les modules ne doivent pas chevaucher l'éclissage et doivent donc être maintenus par des serreurs d'extrémité de part et d'autre de l'éclissage de dilatation.

Selon leur positionnement dans le champ photovoltaïque, les modules sont fixés par des serreurs intermédiaires (*chaque serreur reprend deux modules*) ou par des serreurs d'extrémité (*chaque serreur ne reprend qu'un seul module en périphérie du champ ou au joint de dilatation*). Ainsi les serreurs d'extrémité sont utilisés en périphérie du champ ou au niveau des joints de dilatation du champ. Pour la fixation de ces serreurs, l'écrou prisonnier est inséré dans le rail en le tournant de 90°, puis le tout est serré par la vis V8 dans le serreur et l'écrou.

Le cadre du module doit être positionné contre la partie verticale du serreur sans laisser de jeu. Dans le sens de l'égout, l'écartement à respecter entre chaque colonne de modules est fonction de la longueur du module et du pas de l'élément de sous-face (*voir tableau ci-dessous*).

Fabricant	Module	Écarts moyens (*) entre les colonnes de modules (en mm)	
		Pas de l'élément de sous-face en 333 mm	Pas de l'élément de sous-face en 250 mm
JA SOLAR	JAM60S01/PR JAM60S02/PR JAP60S01/SC	17	17
	JAM60S03/PR JAP60S03/SC	5	22

8.56 Pose aux abords des extrémités de toiture.

Le faîtage, l'égout et les rives de toitures doivent être traités conformément aux dispositions du Document Technique d'Application du panneau sandwich considéré.

9. Formation

La société DOME SOLAR dispense dans ses locaux ou sur site une formation théorique et pratique (*sur maquette*) sur le procédé ainsi que sur le dimensionnement de ses éléments.

La formation est dispensée à chaque nouvel installateur par DOME SOLAR. La société DOME SOLAR tient à jour une liste d'entreprises agréées par ses soins.

10. Assistance technique

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part de la société DOME SOLAR pour sa première installation photovoltaïque.

La société DOME SOLAR assure ensuite l'assistance technique des installateurs par téléphone ou sur site selon la difficulté rencontrée.

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*).

Pour tout entretien ultérieur, accès, contrôle et réparation, l'utilisation de matériels adaptés (*par exemple nacelles*) est obligatoire. Ne négliger aucune mesure de sécurité.

11.2 Maintenance du champ photovoltaïque

DOME SOLAR recommande la mise en place d'un contrat de maintenance entre son client installateur et le client final. Une bonne maintenance du système permet d'assurer des performances optimales. Cette maintenance périodique (*au minimum annuelle*) consiste :

- Pour le procédé :
  - Contrôler le niveau de serrage des serreurs maintenant les modules,
  - Dégager les corps étrangers pouvant se trouver emprisonnés entre les modules ou se coller sur le panneau sandwich (*feuilles,...*)
  - Opérer un contrôle visuel qui consiste à détecter certaines anomalies telles que :
    - Une vis de fixation desserrée,
    - Un joint d'étanchéité déplacé,
    - Une partie détériorée,
    - Etc.
- Pour les modules :
  - Nettoyer la surface vitrée avec de l'eau et une éponge douce. En complément, un agent nettoyant doux et non corrosif peut être utilisé,
  - Opérer un contrôle visuel qui consiste à détecter certaines anomalies telles que :
    - Un verre cassé,
    - Une oxydation des circuits internes et des points de soudage aux cellules,
    - Un connecteur débranché,
    - Un vieillissement anormal des câbles électriques,
    - Etc.

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

- Étape 1 : déconnecter l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre ce dernier et le compteur de production.
- Étape 2 : déconnecter le générateur photovoltaïque en ouvrant l'interrupteur sectionneur DC placé entre les modules photovoltaïques et l'onduleur.
- Étape 3 : démonter les pièces d'attache SI ou SE du module concerné.
- Étape 4 : afin de maintenir en place les modules adjacents, insérer des serreurs SE sur les deux modules adjacents en haut et en bas.
- Étape 5 : soulever légèrement le module du côté de la mise à la terre. Dévisser le cordon de la mise à la terre se trouvant sur le module.
- Étape 6 : déconnecter le module.
- Étape 7 : retirer le module.
- Étape 8 : veiller à ne pas mettre les connecteurs débrochés en contact entre eux ou des pièces métalliques du système (*cadre de module, rail de fixation, panneau sandwich...*).
- Étape 9 : si le module n'est pas remplacé immédiatement, utiliser les serreurs d'extrémité SE pour refixer les modules adjacents haut et bas.
- Étape 10 : installer le nouveau module dans le sens inverse de la procédure du démontage tout en connectant les polarités et la liaison équipotentielle des masses.
- Étape 11 : vérifier le bon fonctionnement de la série de modules concernés (*mesurer sa plage de tension en circuit ouvert et vérifier son adéquation avec la plage d'entrée de l'onduleur*).
- Étape 12 : reconnecter le générateur photovoltaïque en fermant l'interrupteur sectionneur DC.
- Étape 13 : reconnecter l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés JAM60S01/PR et JAM60S02/PR ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 704061209505-24 et certificat n° Z2 17 08 72092 234).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAM60S01/PR et JAM60S02/PR 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 ou 1 500 V DC en fonction de la nature des composants électriques par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 704061209505-24 et certificat n° Z2 17 08 72092 234).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAM60S03/PR ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 70406104115-06 et certificat n° Z2 17 09 72092 241).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAM60S03/PR 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 ou 1 500 V DC en fonction de la nature des composants électriques par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 70406104115-06 et certificat n° Z2 17 09 72092 241).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAP60S01/SC ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 704061209506-24 et certificat n° Z2 17 08 72092 232).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAP60S01/SC 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 ou 1 500 V DC en fonction de la nature des composants électriques par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 704061209506-24 et certificat n° Z2 17 08 72092 232).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAP60S03/SC ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 704061209506-27 et certificat n° Z2 18 03 72092 260).*
- Les modules photovoltaïques cadrés JAP60S03/SC 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 ou 1 500 V DC en fonction de la nature des composants électriques par le laboratoire TÜV SÜD *(rapport d'essais n° 704061209506-27 et certificat n° Z2 18 03 72092 260).*
- Les serreurs d'extrémité et les serreurs intermédiaires ont été testés en résistance à l'arrachement (*traction*) et en traction latérale sur le serreur d'extrémité par le laboratoire ELTEC.
- Les rehausses inférieures assemblées aux rehausses supérieures ont été testées en résistance à la traction et à la compression par le laboratoire ELTEC.
- Des essais de résistance de l'ergot des rehausses supérieures ont été effectués par le laboratoire ELTEC pour déterminer sa limite élastique.
- Des essais de flexion/cisaillement ont été conduits sur une colonne de quatre rehausses inférieures dans les trois configurations suivantes : fixation à l'aide d'une vis VBS-6 sur des pannes Z de 2 mm d'épaisseur ou à l'aide d'une vis VBS-12 sur des pannes IPE de 8 mm d'épaisseur ou à l'aide d'une vis VBS-Bois sur des pannes bois.
- Des essais de cisaillement sur les vis VBS-6, VBS-12 et VBS-Bois ont été effectués par la société ETANCO.
- Des essais d'arrachement et de cisaillement de la vis VOS ont été effectués par la société ETANCO.
- Des essais de capacité en flexion d'un ensemble vis / entretoise / panneau sandwich polyuréthane ou laine de roche ont été réalisés par la société ETANCO.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent (*rapport d'essais n° FaCeT 17-260672338)*.
- Des essais de résistance à l'écrasement de nervure sous la rehausse de faîtage ont été effectués sous contrôle d'un huissier de justice.
- Des essais de durabilité de la liaison équipotentielle des masses à l'aide des griffes Terragrif™ K2SZ en association avec le procédé Kogysun i+ ont été effectués par le LCIE (*rapport n° 150501-713997 et 153578-716029*).

C. Références

C1. Données environnementales et sanitaires[1]

Le procédé Kogysun i+ ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

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.

C2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis octobre 2014.

Environ 210 000 m^2 ont été commercialisés en France à ce jour dont environ 30 % en version non centrée.

Tableaux et figures du Dossier Technique

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

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1- Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique 18

Tableau 2 – Illustration des configurations possibles du procédé (toiture complète) avec les pentes associées 19

Tableau 3- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série S avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture.....20

Tableau 4- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série S avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis.....21

Tableau 5- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série M avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture.....22

Tableau 6- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série M avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis.....23

Tableau 7- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série S avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture 24

Tableau 8- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série S avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis 25

Tableau 9- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série M avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture.....26

Tableau 10- Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série M avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis.....27

Tableau 11 –Poids du système (sans le poids du module ni des panneaux sandwich : consulter la documentation technique des fabricants).....28

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

			Atmosphères extérieures							
Matériau	**Composant**	**Revêtement de finition sur la face exposée**	**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*	
Revêtements standards										
Aluminium EN AW-6005 T6	Cadre des modules photovoltaïques	Anodisé tels que résistance à la corrosion par l'ammoniac selon la norme IEC 62716:2013 et résistance à la corrosion au brouillard salin selon la norme IEC 61701:2011 sévérité 6	●	●	□	●	●	□	□	□
voir DTA	Panneau sandwich	revêtement de catégorie IV	●	●	□	●	●	□	□	□
Acier S235JR	Rehausses	Z350	●	□	-	□	-	-	-	□
Aluminium EN AW- 6106 T6 ou 6060 T66 ou 6060 T6	Rail, éclisse, serreurs, cale	Brut	●	●	□	●	●	□	□	□
Revêtements optionnels										
Acier S235JR	Rehausses	Z350 + Peinture polyester ou polyuréthane 35 µm mini	●	●	□	●	●	□	□	□
Acier S235JR	Rehausses	Z350 + Peinture polyester ou polyuréthane 80 µm mini	●	●	□	●	●	□	□	□
Aluminium EN AW-6106 T6 ou 6060 T66	Rail, éclisse, serreurs	Peinture polyester ou polyuréthane 35 µm mini	●	●	□	●	●	□	□	□
Aluminium EN AW-6106 T6 ou 6060 T66	Rail, éclisse, serreurs	Peinture polyester ou polyuréthane 60 µm mini ou anodisation incolore 20 µm	●	●	□	●	●	□	□	□
Visserie et fixations										
Acier cémenté zingué	VBS	Supracoat 2C	●	●	□	●	●	□	□	□
Inox 1.4301	vis serreur	-	●	●	□	●	●	□	□	□
Inox 1.4404	VOS	-	●	●	□	●	●	□	□	□
Inox 1.4310	griffes K2SZ	-	●	●	□	●	-	-	-	-

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*

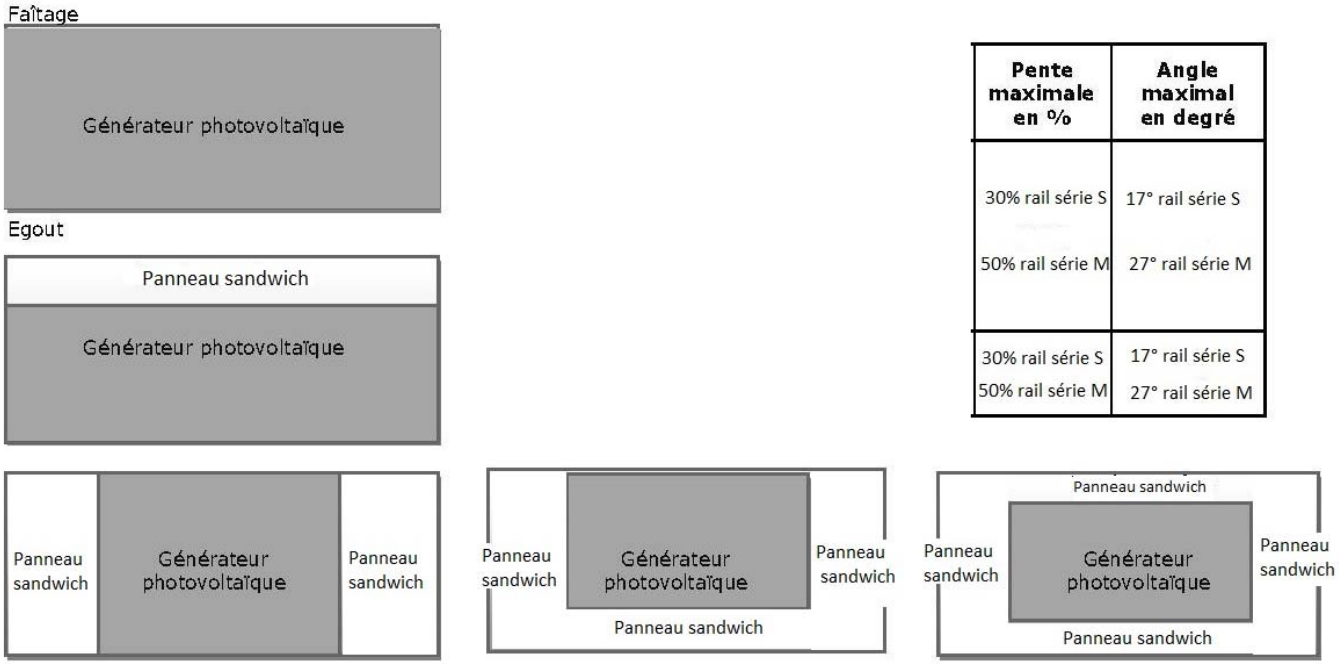
□ *: Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant*

- : Non adapté à l'exposition

** : à l'exception du front de mer*

Tableau 2 – Illustration des configurations possibles du procédé (toiture complète) avec les pentes associées

Procédé en toiture complète :



Pente maximale en %	Angle maximal en degré
30% rail série S 50% rail série M	17° rail série S 27° rail série M
30% rail série S 50% rail série M	17° rail série S 27° rail série M

Tableau 3 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série S avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture

kogysun

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE S

POSE CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

N V fév. 2009	Zones VENT	1	1	2	2	3	3 *	4 *	4 *
Régions NEIGE	**Altitude maxi en m**	**normal**	**exposé**	**normal**	**exposé**	**normal**	**exposé**	**normal**	**exposé**
A1 ou A2	362	2,00	1,90	1,90	1,70	1,70	1,60	1,60	1,10
B1	270								
A1 ou A2	524	1,90	1,90	1,90	1,70	1,70	1,60	1,60	1,10
B1 ou B2	470								
C1 ou C2	380								
A1 ou A2	637	1,80	1,80	1,80	1,70	1,70	1,60	1,60	1,10
B1 ou B2	601								
C1 ou C2	565								
D	422								
A1 ou A2	654	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,60	1,60	1,10
B1 ou B2	618								
C1 ou C2	582								
D	464								
A1 ou A2	774	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,10
B1 ou B2	738								
C1 ou C2	702								
D	606								
E	404								
A1 ou A2	900	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,10
B1 ou B2	872								
C1 ou C2	836								
D	740								
E	596								
A1 ou A2	900	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,10
B1 ou B2	900								
C1 ou C2	900								
D	834								
E	690								
A1 ou A2	900	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
B1 ou B2	900								
C1 ou C2	900								
D	900								
E	769								

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.
	* Pour les cas de Vent zone 3-exposé et zone 4, la pose des Modules en angle ne peut se faire qu'après vérification particulière que la pression du vent, calculée suivant les caractéristiques du projet, ne dépasse pas les 1600Pa.
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 daN/mm² — Rail = Iy/v = 2737 mm3 ; σ = 20 daN/mm²
Construction	Toitures 12,00 m de hauteur à la faîtière, avec pente maxi de 30%, Ce = 0,70, δ = 0,92 et Ci = 0 pour Modules.
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de plus de 1,10 m : Faîtage = 0,40 m ; Égout = 0,20 m
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,10 m et moins : Faîtage et Égout = 0,12 m
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.

INDICE HH — 19/06/2018

Tableau 4 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série S avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis

kogysun

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE S

POSE NON CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

N V fév. 2009	Zones VENT	1	1	2	2	3	3 *	4 *
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal
A1 ou A2	380	1,90	1,90	1,90	1,70	1,70	1,40	1,40
B1	290							
A1 ou A2	524	1,80	1,80	1,80	1,70	1,70	1,40	1,40
B1 ou B2	470							
C1 ou C2	380							
A1 ou A2	548	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,40	1,40
B1 ou B2	512							
C1 ou C2	440							
A1 ou A2	637	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,40	1,40
B1 ou B2	601							
C1 ou C2	565							
D	422							
A1 ou A2	738	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
B1 ou B2	702							
C1 ou C2	666							
D	570							
A1 ou A2	807	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	771							
C1 ou C2	735							
D	639							
E	488							
A1 ou A2	867	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
B1 ou B2	831							
C1 ou C2	795							
D	700							
E	555							

Champ PV

Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.

* Pour les cas de Vent zone 3-exposé et zone 4, la pose des Modules en angle ne peut se faire qu'après vérification particulière que la pression du vent, calculée suivant les caractéristiques du projet, ne dépasse pas les 1600Pa.

Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 daN/mm² | Rail = Iy/v = 2737 mm3 ; σ = 20 daN/mm²

Construction

Toitures 12,00 m de hauteur à la faîtière, avec pente maxi de 30%, Ce = 0,70, δ = 0,92 et Ci = 0 pour Modules.

Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm

Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de plus de 1,10 m : Faîtage = 0,40 m ; Égout = 0,20 m

Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,10 m et moins : Faîtage et Égout = 0,12 m

Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.

INDICE HH | 19/06/2018

Tableau 5 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série M avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture

kogysun Système

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE M

POSE CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

N V fév. 2009	Zones VENT	1	1	2	2	3	3 *	4 *	4 *
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
A1 ou A2	320	2,30	2,00	2,00	1,80	1,80	1,60	1,60	1,32
B1	230								
A1 ou A2	502	2,10	2,00	2,00	1,80	1,80	1,60	1,60	1,32
B1 ou B2	415								
C1 ou C2	308								
A1 ou A2	620	1,90	1,90	1,90	1,80	1,80	1,60	1,60	1,32
B1 ou B2	584								
C1 ou C2	548								
D	380								
A1 ou A2	459	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,60	1,60	1,32
B1 ou B2	723								
C1 ou C2	687								
D	592								
E	379								
A1 ou A2	855	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,32
B1 ou B2	819								
C1 ou C2	783								
D	688								
E	543								
A1 ou A2	900	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,32
B1 ou B2	900								
C1 ou C2	900								
D	804								
E	661								
A1 ou A2	900	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	900								
C1 ou C2	900								
D	864								
E	721								

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.
	* Pour les cas de Vent zone 3-exposé et zone 4, la pose des Modules en angle ne peut se faire qu'après vérification particulière que la pression du Vent, calculée suivant les caractéristiques du projet, ne dépasse pas les 1600Pa.
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 daN/mm² — Rail = Iy/v = 3251 mm3 ; σ = 20 daN/mm²
Construction	Toitures 12,00 m de hauteur à la faîtière, avec pente maxi de 50%, Ce = - 0,70, δ = 0,92, et Ci = 0 pour Modules.
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,32 m et plus : Faîtage = 0,43 m ; Égout = 0,23 m
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.

INDICE HH — 19/06/2018

Tableau 6 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles NV 65 modifiées pour la série M avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis

kogysun

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE M

POSE NON-CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

N V fév. 2009	Zones VENT	1	1	2	2	3	3 *	4 *
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal
A1 ou A2	320	2,10	2,00	2,00	1,80	1,80	1,40	1,40
B1	230							
A1 ou A2	526	1,90	1,90	1,90	1,80	1,80	1,40	1,40
B1 ou B2	476							
C1 ou C2	386							
A1 ou A2	613	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,40	1,40
B1 ou B2	577							
C1 ou C2	541							
D	362							
A1 ou A2	692	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,40	1,40
B1 ou B2	656							
C1 ou C2	620							
D	524							
E	200							
A1 ou A2	776	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
B1 ou B2	740							
C1 ou C2	704							
D	608							
E	410							
A1 ou A2	824	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	788							
C1 ou C2	752							
D	656							
E	512							

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.
	* Pour les cas de Vent zone 3-exposé et zone 4, la pose des Modules en angle ne peut se faire qu'après vérification particulière que la pression du vent, calculée suivant les caractéristiques du projet, ne dépasse pas les 1600Pa.
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 daN/mm² Rail = Iy/v = 3251 mm3 ; σ = 20 daN/mm²
Construction	Toitures 12,00 m de hauteur à la faîtière, avec pente maxi de 50%, Ce = 0,70, δ = 0,92 et Ci = 0 pour Modules.
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,32 m et plus : Faîtage = 0,43 m ; Égout = 0,23 m
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.
	INDICE HH 19/06/2018

Tableau 7 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série S avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture

kogysun Système

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE S

POSE CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

EC 1 - 3 et 4 et AN	Régions VENT	1	1	1	2	2	2	3	3	4
		Catégorie de terrain			Catégorie de terrain			Cat. de terrain		Cat. de terrain
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	II	IIIa	IIIb	II	IIIa	IIIb	IIIa	IIIb	IIIb
A1 ou A2	362	1,60	1,70	2,00	1,10	1,70	1,90	1,60	1,70	1,60
B1	270									
A1 ou A2	524	1,60	1,70	1,90	1,10	1,70	1,90	1,60	1,70	1,60
B1 ou B2	470									
C1 ou C2	380									
A1 ou A2	637	1,60	1,70	1,80	1,10	1,70	1,80	1,60	1,70	1,60
B1 ou B2	601									
C1 ou C2	565									
D	422									
A1 ou A2	654	1,60	1,70	1,70	1,10	1,70	1,70	1,60	1,70	1,60
B1 ou B2	618									
C1 ou C2	582									
D	464									
A1 ou A2	774	1,60	1,60	1,60	1,10	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
B1 ou B2	738									
C1 ou C2	702									
D	606									
E	404									
A1 ou A2	900	1,40	1,40	1,40	1,10	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
B1 ou B2	872									
C1 ou C2	836									
D	740									
E	596									
A1 ou A2	900	1,32	1,32	1,32	1,10	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	900									
C1 ou C2	900									
D	834									
E	690									
A1 ou A2	900	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
B1 ou B2	900									
C1 ou C2	900									
D	900									
E	769									

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.		
	La pose des modules photovoltaïque ne peut pas se faire dans les zones F dans le cas d'une toiture à un seul versant et toiture à deux versants avec angle de pente négatif.		
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 daN/mm²		Rail = Iy/v = 2737 mm3 ; σ = 20 daN/mm²
Construction	Bâtiment dont la hauteur au faîtage est au maximum de 12 m avec couverture de pente maxi 30 %, Cpnet pris égal à -2,38.		
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm		
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de plus de 1,10 m : Faîtage = 0,40 m ; Égout = 0,20 m		
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,10 m et moins : Faîtage et Égout = 0,12 m		
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.		

Dome Solar - 3 rue Marie Anderson 44400 Rezé - info@dome-solar.com - www.dome-solar.com IND. HHEC 29/03/2019

Tableau 8 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série S avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis

kogysun Système

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE S

POSE NON CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

EC 1 - 3 et 4 et AN	Régions VENT	1	1	1	2	2	3	3	4
		Catégorie de terrain			Cat. de terrain		Cat. de terrain		Cat. de terrain
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	II	IIIa	IIIb	IIIa	IIIb	IIIa	IIIb	IIIb
A1 ou A2	380	1,40	1,90	1,90	1,70	1,90	1,40	1,70	1,40
B1	290								
A1 ou A2	524	1,40	1,80	1,80	1,70	1,80	1,40	1,70	1,40
B1 ou B2	470								
C1 ou C2	380								
A1 ou A2	548	1,40	1,70	1,70	1,70	1,70	1,40	1,70	1,40
B1 ou B2	512								
C1 ou C2	440								
A1 ou A2	637	1,40	1,60	1,60	1,60	1,60	1,40	1,60	1,40
B1 ou B2	601								
C1 ou C2	565								
D	422								
A1 ou A2	738	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
B1 ou B2	702								
C1 ou C2	666								
D	570								
A1 ou A2	807	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	771								
C1 ou C2	735								
D	639								
E	488								
A1 ou A2	867	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
B1 ou B2	831								
C1 ou C2	795								
D	700								
E	555								

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.	
	La pose des modules photovoltaïque ne peut pas se faire dans les zones F dans le cas d'une toiture à un seul versant et toiture à deux versants avec angle de pente négatif.	
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; 6 = 25 daN/mm²	Rail = Iy/v = 2737 mm3 ; 6 = 20 daN/mm²
Construction	Bâtiment dont la hauteur au faîtage est au maximum de 12 m avec couverture de pente maxi 30 %, Cpnet pris égal à -2,38.	
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm	
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de plus de 1,10 m : Faîtage = 0,40 m ; Égout = 0,20 m	
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,10 m et moins : Faîtage et Égout = 0,12 m	
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.	

Dome Solar - 3 rue Marie Anderson 44400 Rezé - info@dome-solar.com - www.dome-solar.com INDICE HHEC 29/03/2019

Tableau 9 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série M avec modules posés "centrés" sur leurs appuis et ceci sur toute la toiture

kogysun Système

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE M

POSE CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z. La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

EC 1 - 3 et 4 et AN	Régions VENT	1	1	1	2	2	2	3	3	4
		Catégorie de terrain			Catégorie de terrain			Cat. de terrain		Cat. de terrain
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	II	IIIa	IIIb	II	IIIa	IIIb	IIIa	IIIb	IIIb
A1 ou A2	320	1,60	1,80	2,30	1,32	1,80	2,00	1,60	1,80	1,60
B1	230									
A1 ou A2	502	1,60	1,80	2,10	1,32	1,80	2,00	1,60	1,80	1,60
B1 ou B2	415									
C1 ou C2	308									
A1 ou A2	620	1,60	1,80	1,90	1,32	1,80	1,90	1,60	1,80	1,60
B1 ou B2	584									
C1 ou C2	548									
D	380									
A1 ou A2	459	1,60	1,80	1,80	1,32	1,80	1,80	1,60	1,80	1,60
B1 ou B2	723									
C1 ou C2	687									
D	592									
E	379									
A1 ou A2	855	1,60	1,60	1,60	1,32	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
B1 ou B2	819									
C1 ou C2	783									
D	688									
E	543									
A1 ou A2	900	1,40	1,40	1,40	1,32	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
B1 ou B2	900									
C1 ou C2	900									
D	804									
E	661									
A1 ou A2	900	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	900									
C1 ou C2	900									
D	864									
E	721									

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.	
	La pose des modules photovoltaïque ne peut pas se faire dans les zones F dans le cas d'une toiture à un seul versant et toiture à deux versants avec angle de pente négatif.	
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 daN/mm²	Rail = Iy/v = 3251 mm3 ; σ = 20 daN/mm²
Construction	Bâtiment dont la hauteur au faîtage est au maximum de 12 m avec couverture de pente maxi 30 %, Cpnet pris égal à -2,38.	
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm	
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,32 m et plus : Faîtage = 0,43 m ; Égout = 0,23 m	
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.	

Dome Solar - 3 rue Marie Anderson 44400 Rezé - info@dome-solar.com - www.dome-solar.com INDICE HHEC 29/03/2019

Tableau 10 - Entraxe maximal des pannes en fonction des charges climatiques selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 et Partie 1.4 pour la série M avec modules posés "non centrés" sur leurs appuis

kogysun Système

ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètre

RAIL SERIE M

POSE NON-CENTRÉE EN PAYSAGE

Il permet la répartition uniforme des charges Neige et Vent sur toutes les pannes aussi bien dans le sens Y que dans le sens Z.
La flèche maximale des pannes est le 1/200 de leur portée.

EC 1 - 3 et 4 et AN	Régions VENT	1	1	1	2	2	3	3	4
		Catégorie de terrain			Cat. de terrain		Cat. de terrain		Cat. de terrain
Régions NEIGE	Altitude maxi en m	II	IIIa	IIIb	IIIa	IIIb	IIIa	IIIb	IIIb
A1 ou A2	320	1,40	1,80	2,10	1,80	2,00	1,40	1,80	1,40
B1	230								
A1 ou A2	526	1,40	1,80	1,90	1,80	1,90	1,40	1,80	1,40
B1 ou B2	476								
C1 ou C2	386								
A1 ou A2	613	1,40	1,80	1,80	1,80	1,80	1,40	1,80	1,40
B1 ou B2	577								
C1 ou C2	541								
D	362								
A1 ou A2	692	1,40	1,60	1,60	1,60	1,60	1,40	1,60	1,40
B1 ou B2	656								
C1 ou C2	620								
D	524								
E	200								
A1 ou A2	776	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
B1 ou B2	740								
C1 ou C2	704								
D	608								
E	410								
A1 ou A2	824	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
B1 ou B2	788								
C1 ou C2	752								
D	656								
E	512								

Champ PV	Les Modules ne peuvent pas être positionnés dans les zones propices aux accumulations de Neige.
	La pose des modules photovoltaïque ne peut pas se faire dans les zones F dans le cas d'une toiture à un seul versant et toiture à deux versants avec angle de pente négatif.
	Cadre Module = Iy/v = 1028 mm3 ; σ = 25 Rail = Iy/v = 3251 mm3 ; σ = 20 daN/mm²
Construction	Bâtiment dont la hauteur au faîtage est au maximum de 12 m avec couverture de pente maxi 30 %, Cpnet pris égal à -2,38.
	Bacs de couverture : pas de 250 et 333 mm, et onde de 35 à 45 mm
	Porte-à-faux maxi du RAIL, sur pannes espacées de 1,32 m et plus : Faîtage = 0,43 m ; Égout = 0,23 m
	Les flèches admissibles sont au 1/200 pour les travées et au 1/100 pour les porte-à-faux.

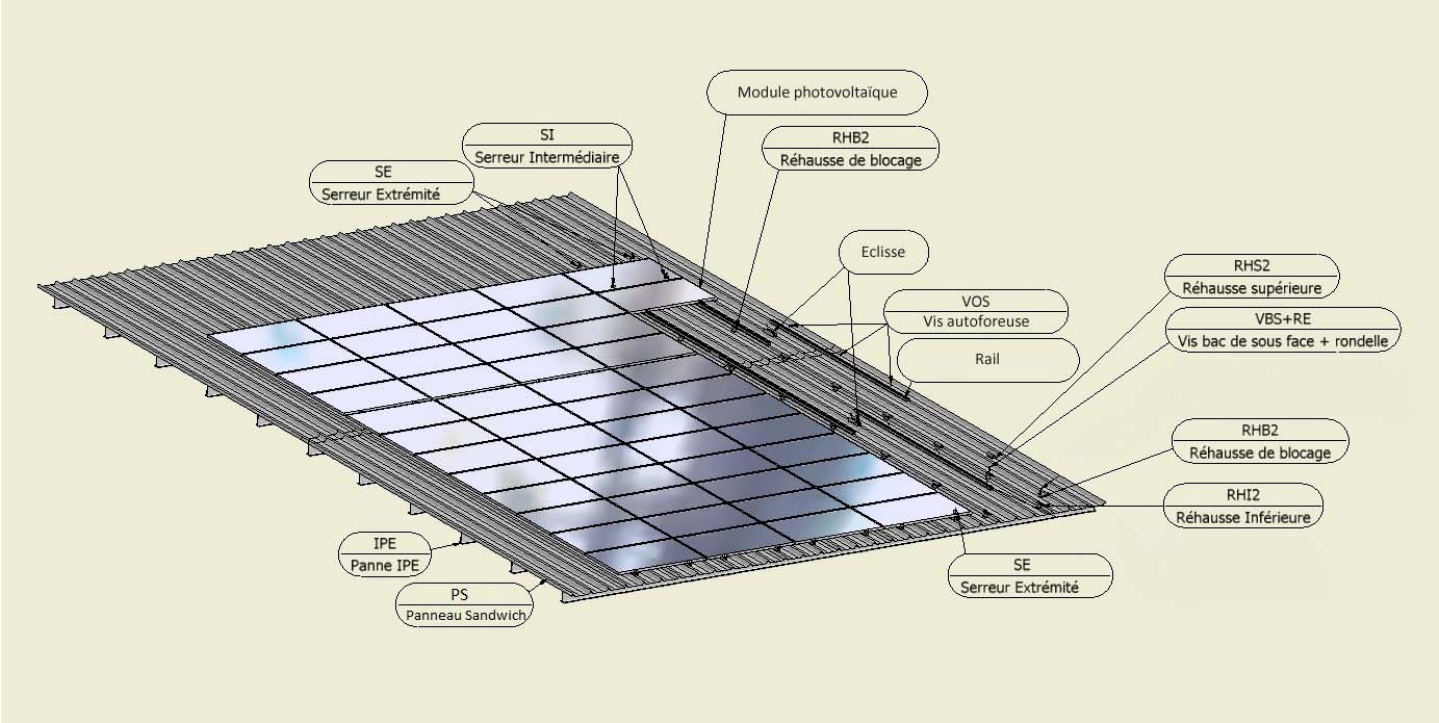
Dome Solar - 3 rue Marie Anderson 44400 Rezé - info@dome-solar.com - www.dome-solar.com | INDICE HHEC | 29/03/2019

Tableau 11 – Poids du système (sans le poids du module ni des panneaux sandwich : consulter la documentation technique des fabricants)

Éléments	Poids	unité
Ossature secondaire et éclisse	1,30	kg/m²
Rehausses inférieures, supérieures et de blocage	1,17	kg/m²
Fixations	0,15	kg/m²
TOTAL	**2,62 ***	**kg/m²**
* : pour écart moyen entre pannes de 1,60 m		

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 – Schémas éclaté et coupe générale du procédé 30
Figure 2 – Définition de pose des modules (a) "centrés" et (b) "non centrés" 31
Figure 3 – Modules photovoltaïques et cadre : JAM60S01-XXX/PR 31
Figure 4 – Modules photovoltaïques et cadre : JAM60S02-XXX/PR 32
Figure 5 – Modules photovoltaïques et cadre : JAM60S03-XXX/PR 32
Figure 6 – Modules photovoltaïques et cadre : JAP60S01-XXX/SC....33
Figure 7 – Modules photovoltaïques et cadre : JAP60S03-XXX/SC....33
Figure 8 – Rehausse inférieure (Brevet FR1005097) 34
Figure 9 – Rehausse supérieure (Brevet FR1005097) 34
Figure 10 – Rehausse de blocage 35
Figure 11 – Rehausse de faîtage....35
Figure 12 – Joints des rehausses 35
Figure 13 – Rails 36
Figure 14 – Éclisses 36
Figure 15 – Serreurs....37
Figure 16 – Illustration des tolérances dimensionnelles entre rehausse / nervure de panneau sandwich / cale intercalaire d'onde ...38
Figure 17 – Schéma de principe du câblage et de la liaison équipotentielle des masses 39
Figure 18 – Cheminement des câbles et exemple de passage des câbles à l'intérieur du bâtiment 40
Figure 19 – Principe de répartition des fixations des panneaux sandwich 41
Figure 20 - Mise en place de la cale 42
Figure 21 - Illustration de la fixation du perçage des panneaux sandwich et de la pose de l'entretoise 43
Figure 22 - Illustration de la fixation des panneaux sandwich à l'aide des rehausses inférieures avec la rehausse de blocage....44
Figure 23 – Illustration de l'utilisation de la rehausse de faîtage 44
Figure 24 – Illustration de l'utilisation de la rehausse supérieure sur la rehausse inférieure 45
Figure 25 - Fixation du rail sur la rehausse de blocage ou la rehausse supérieure 46
Figure 26 – Calepinage des rails....47
Figure 27 – Répartition des rehausses pour diminuer le porte-à-faux du module final 48
Figure 28 – Éclissage à la jonction de deux rails 49
Figure 29 – Éclissage au joint de dilatation 49
Figure 30 – Mise en place des modules avec les serreurs intermédiaires ou d'extrémité 50



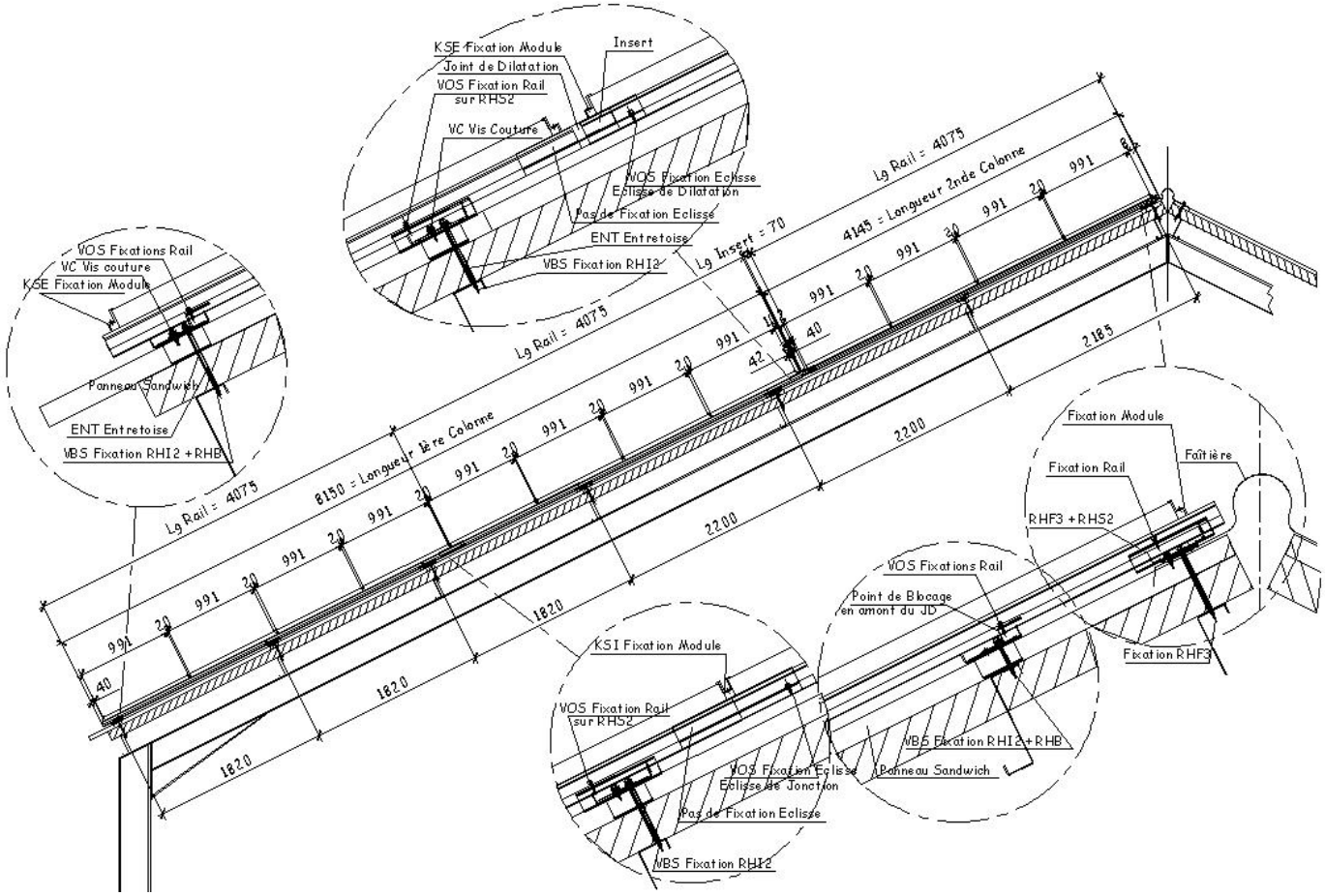


Figure 1 – Schémas éclaté et coupe générale du procédé

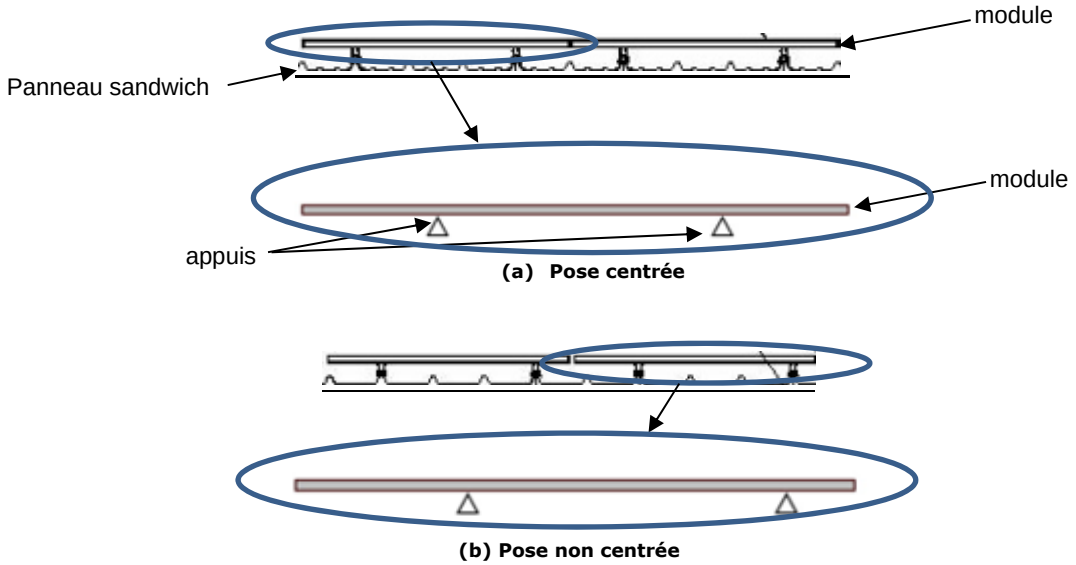


Figure 2 – Définition de pose des modules (a) "centrés" et (b) "non centrés"

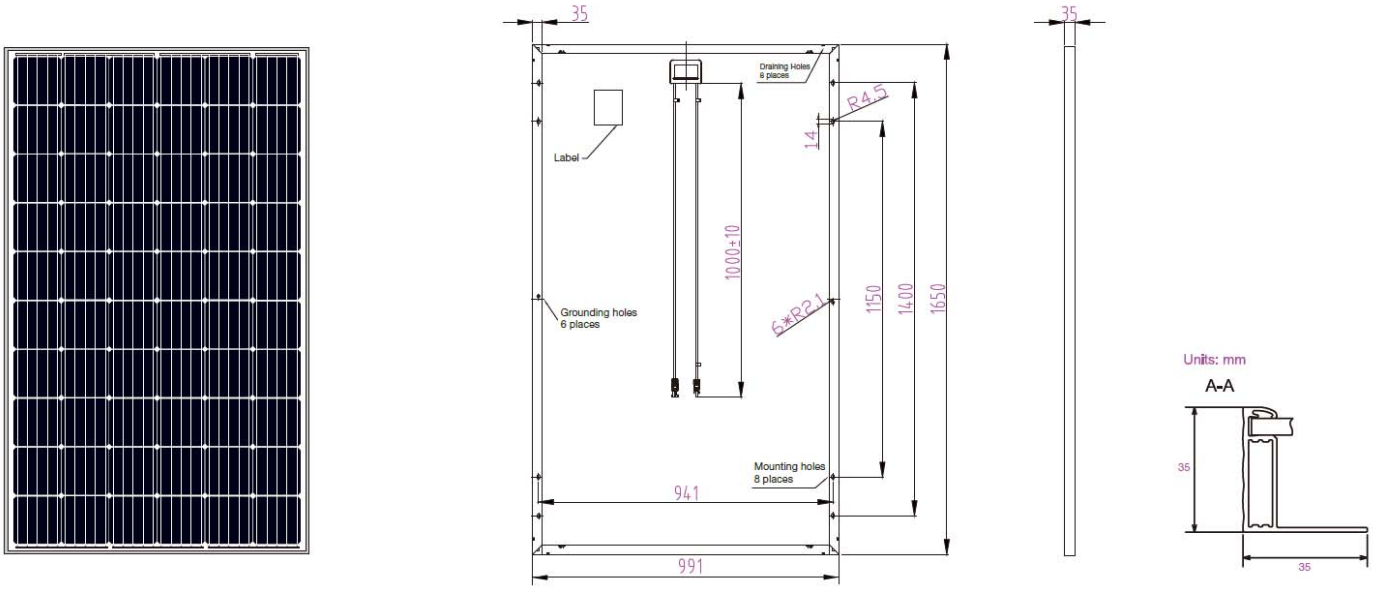


Figure 3 – Modules photovoltaïques et cadre : JAM60S01-XXX/PR

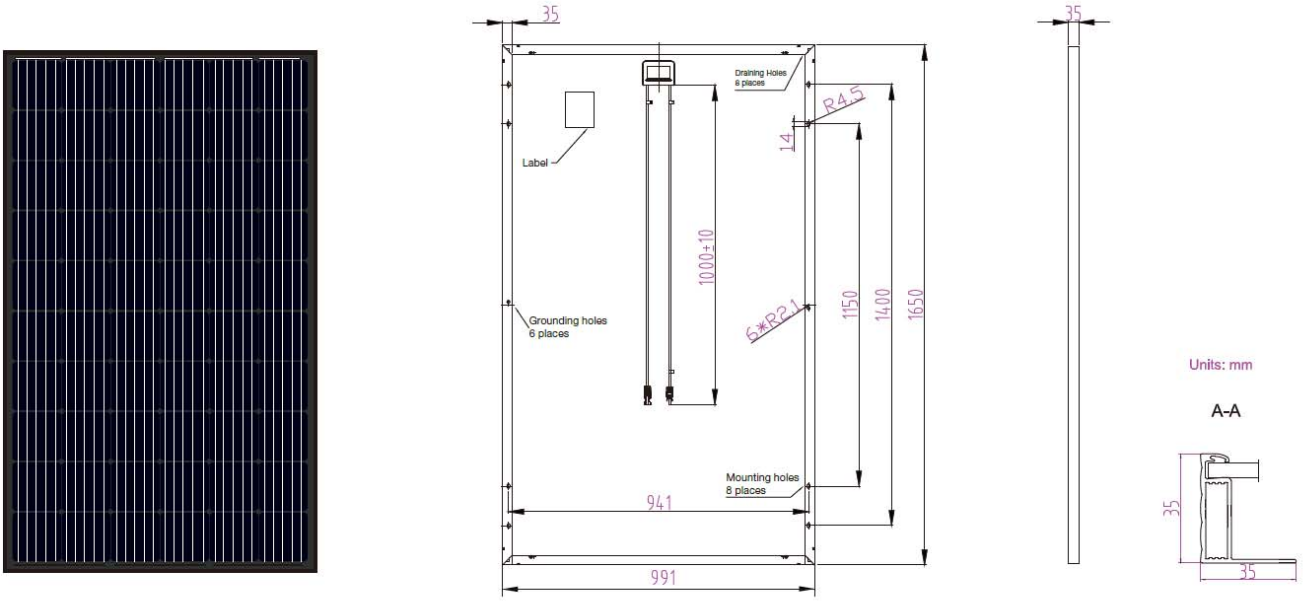


Figure 4 – Modules photovoltaïques et cadre : JAM60S02-XXX/PR

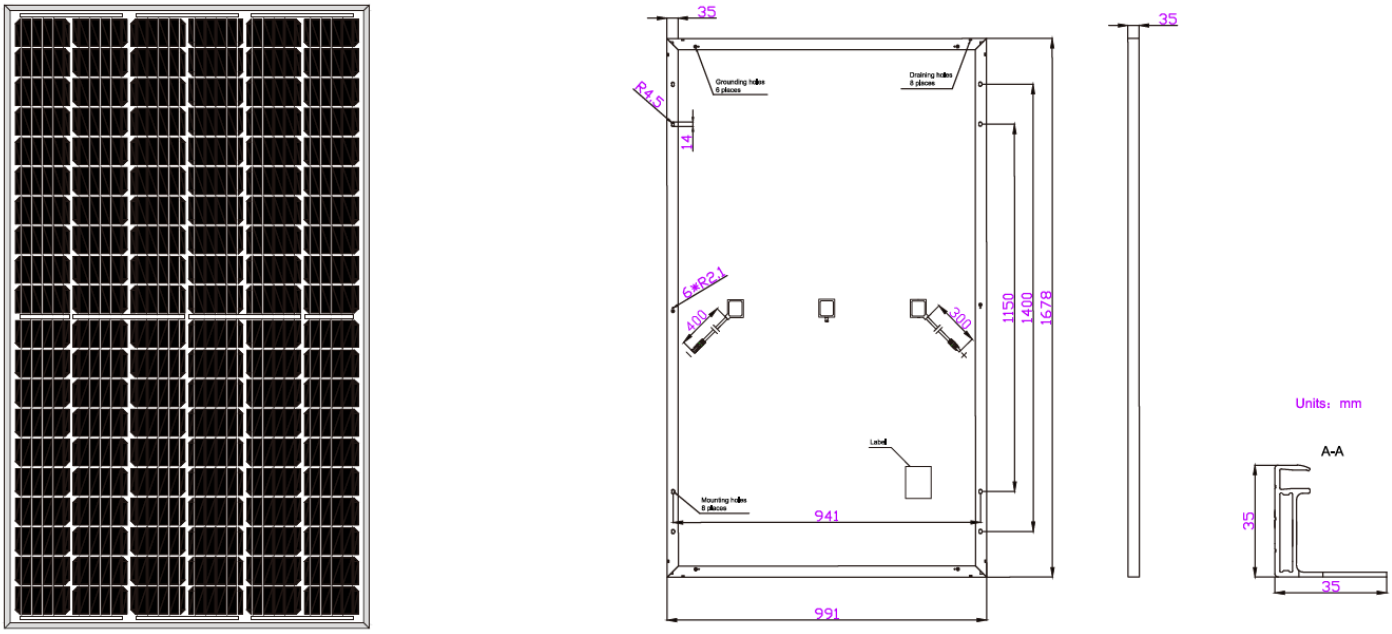


Figure 5 – Modules photovoltaïques et cadre : JAM60S03-XXX/PR

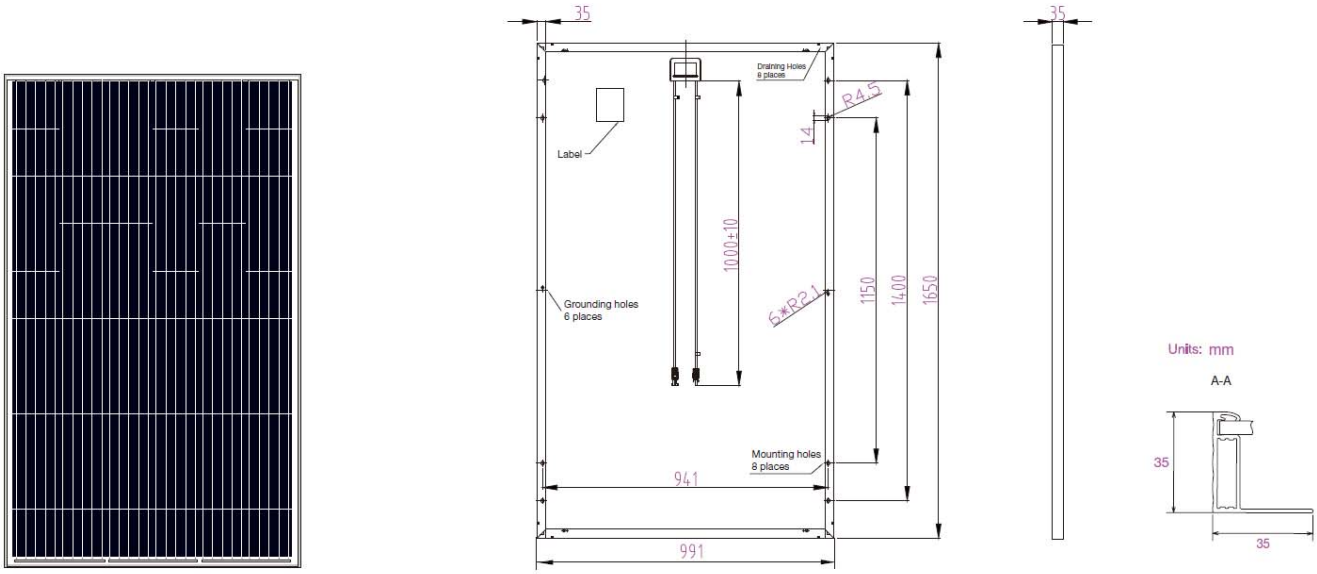


Figure 6 – Modules photovoltaïques et cadre : JAP60S01-XXX/SC

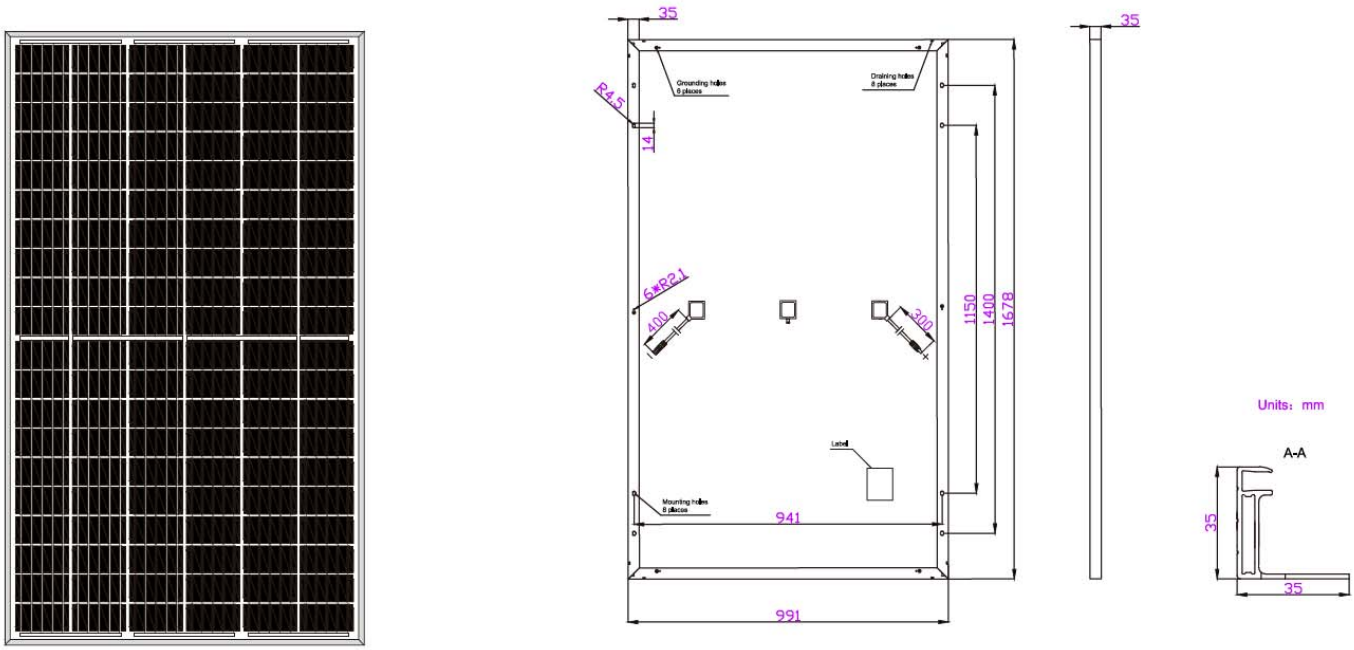


Figure 7 – Modules photovoltaïques et cadre : JAP60S03-XXX/SC

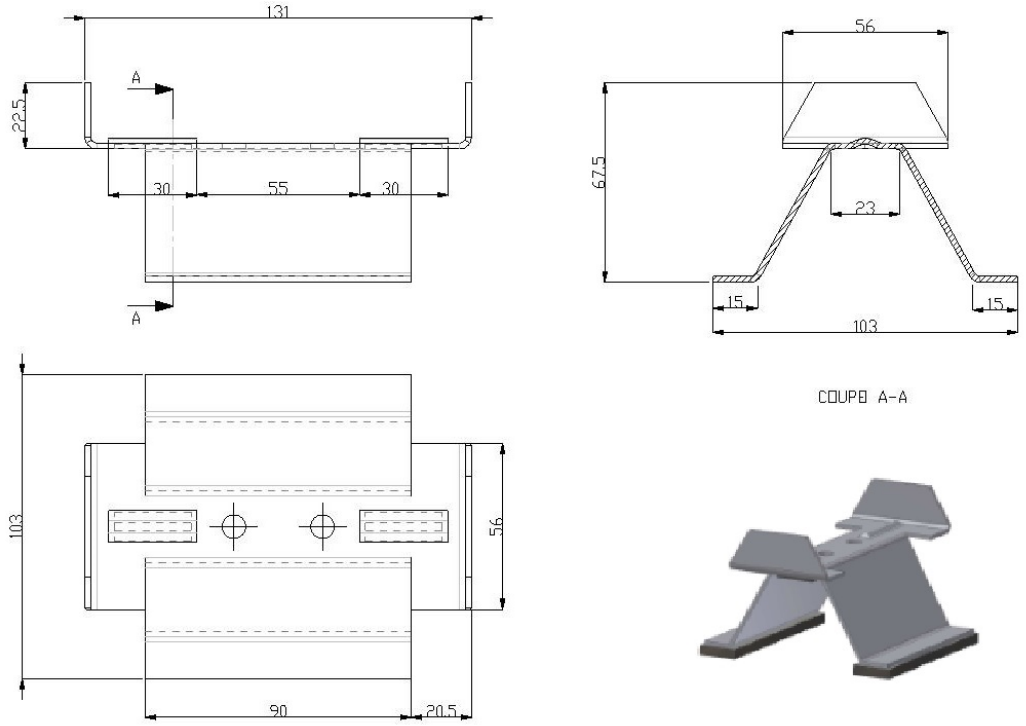


Figure 8 – Rehausse inférieure (Brevet FR1005097)

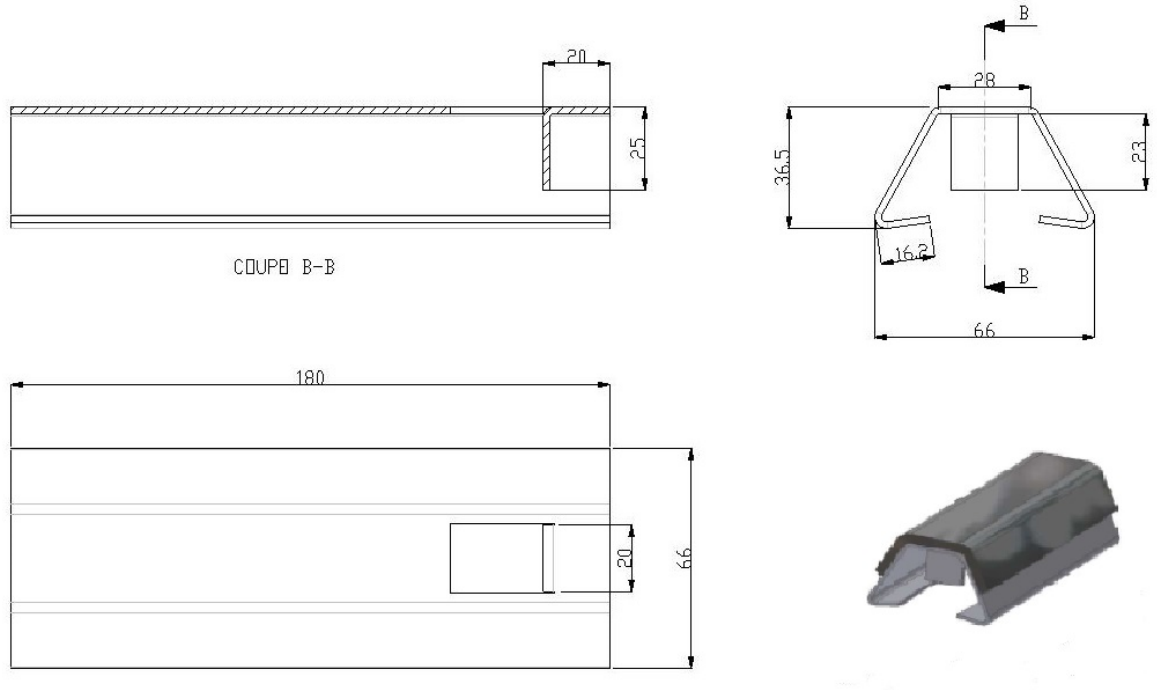


Figure 9 – Rehausse supérieure (Brevet FR1005097)

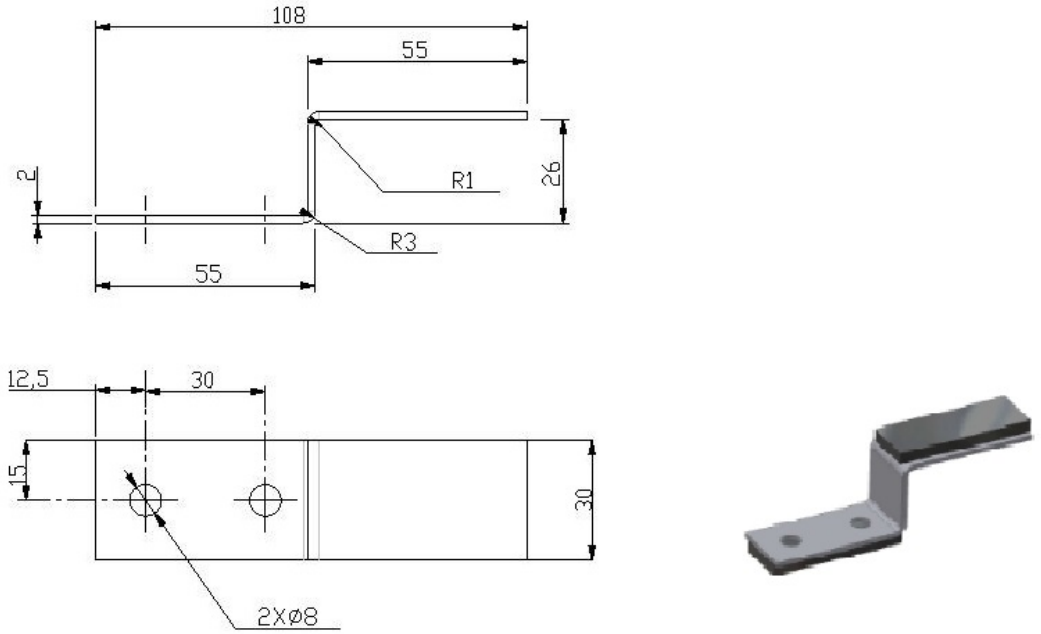


Figure 10 – Rehausse de blocage

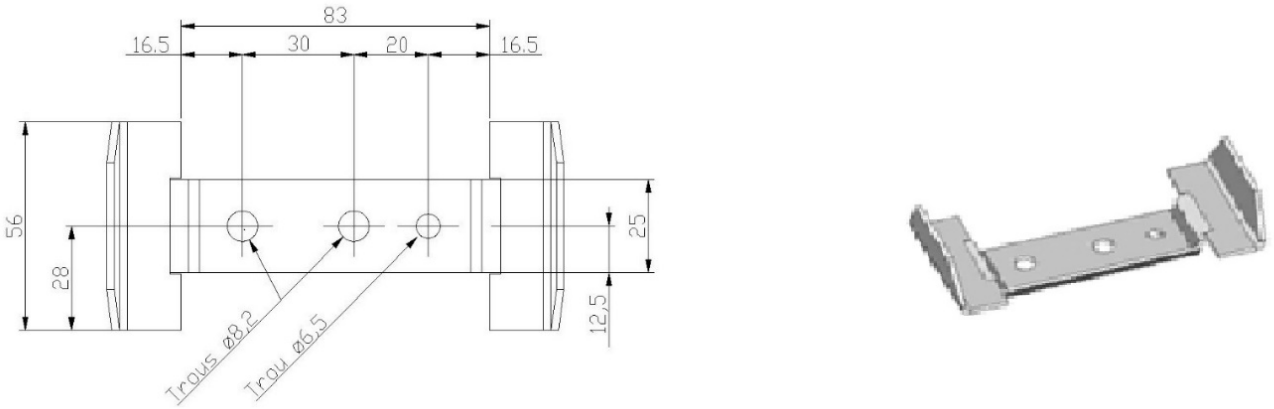


Figure 11 – Rehausse de faîtage

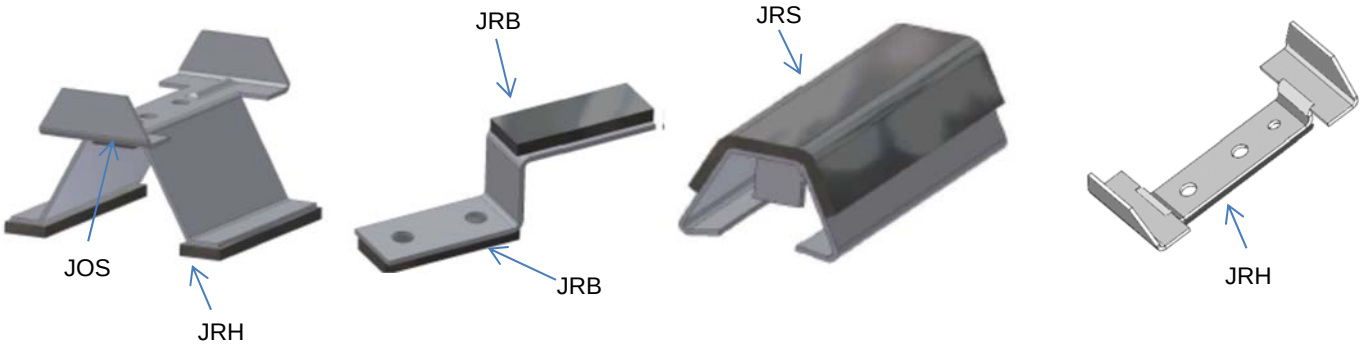


Figure 12 – Joints des rehausses

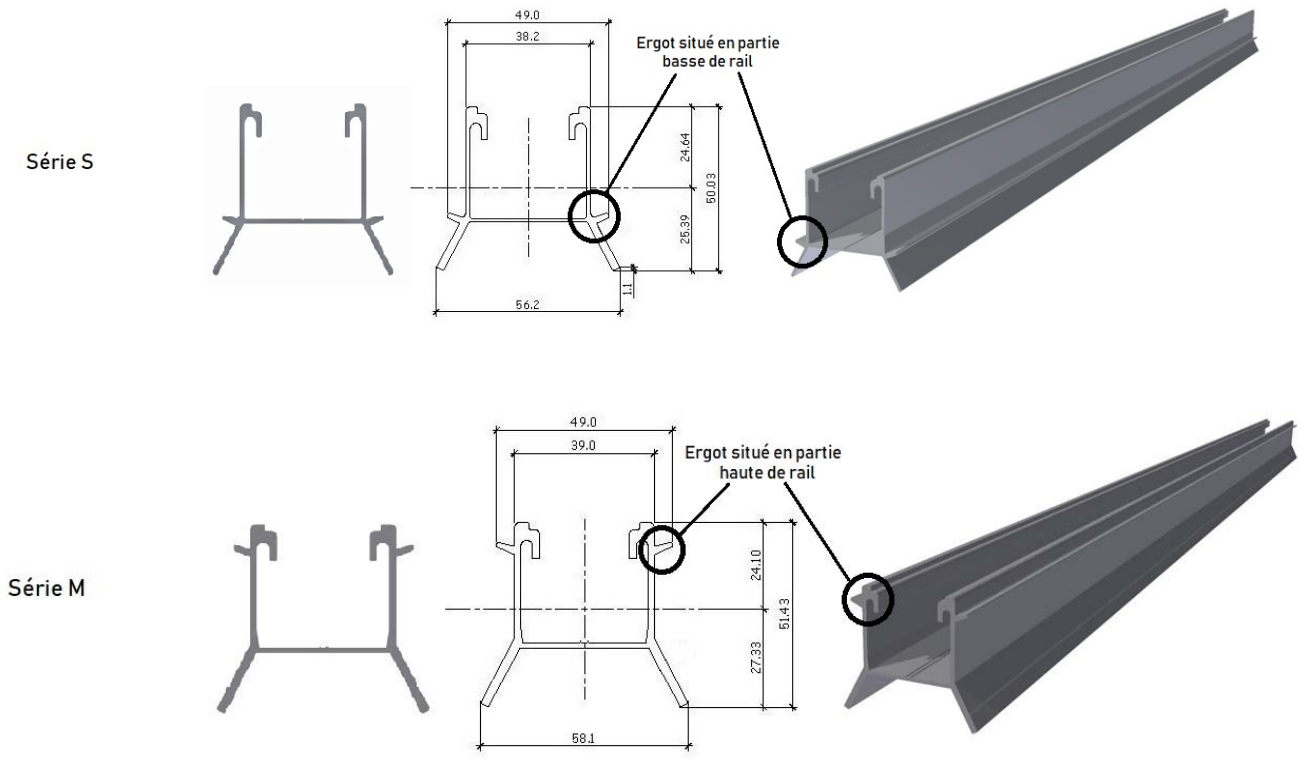


Figure 13 – Rails

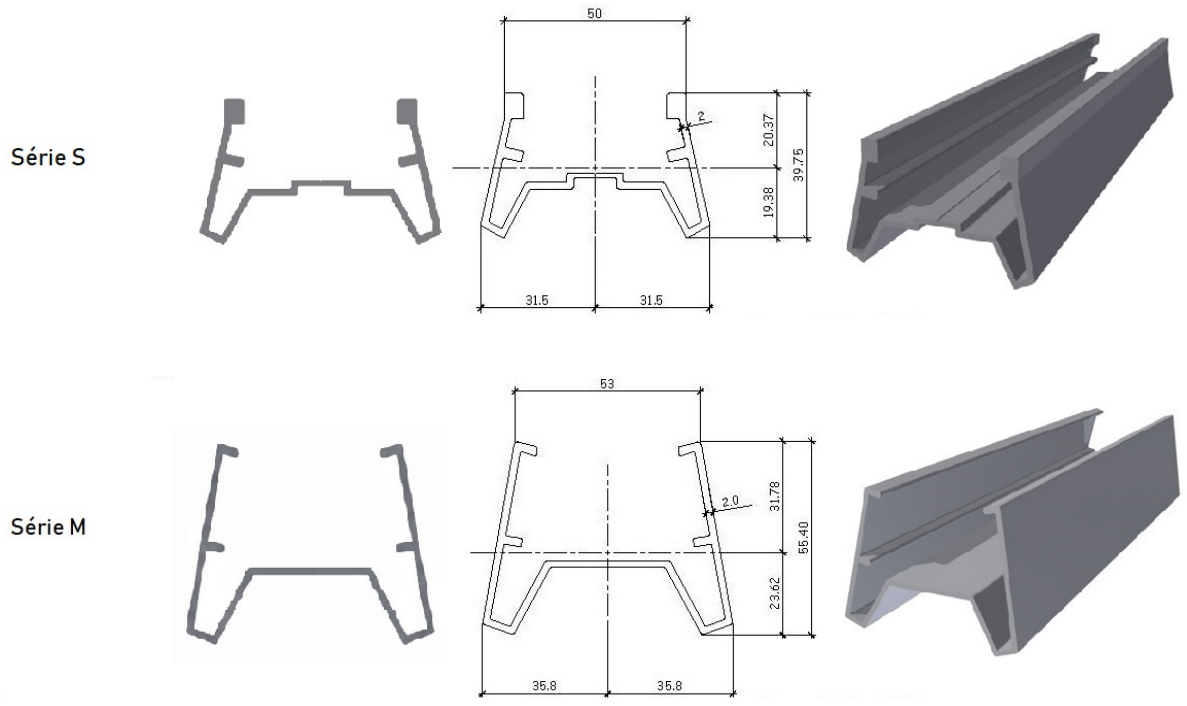
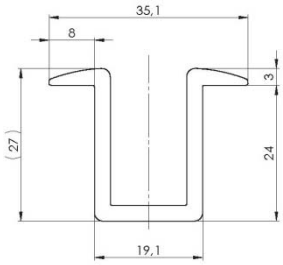
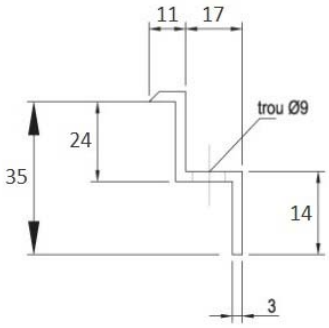
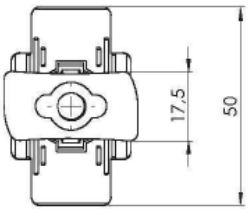
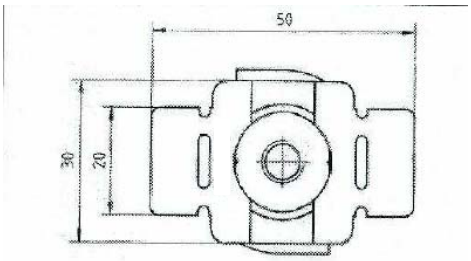
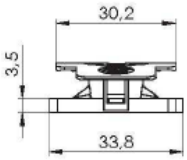


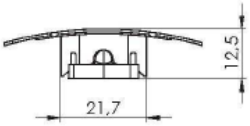
Figure 14 – Éclisses

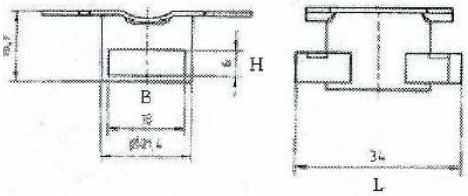
Désignation	Référence	Dessin
Kit-Serreur intermédiaire	SI	
Kit-Serreur d'extrémité	SE	





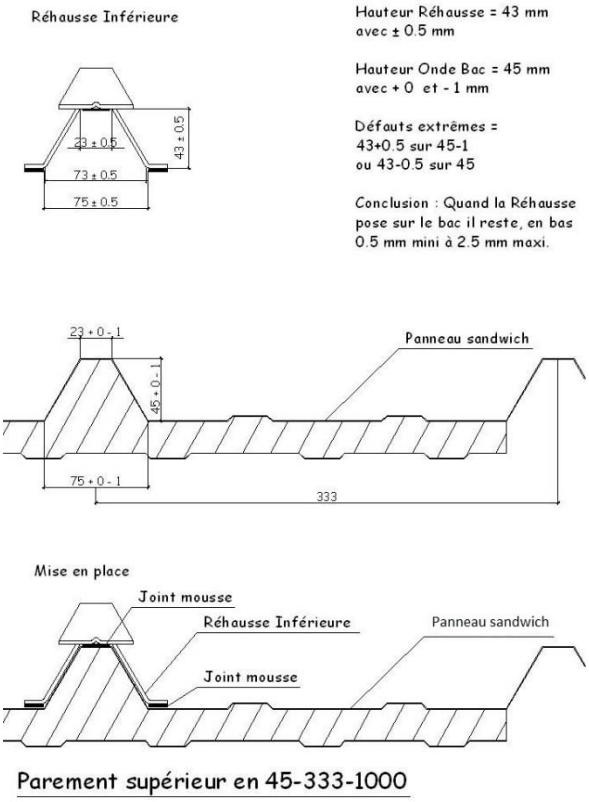




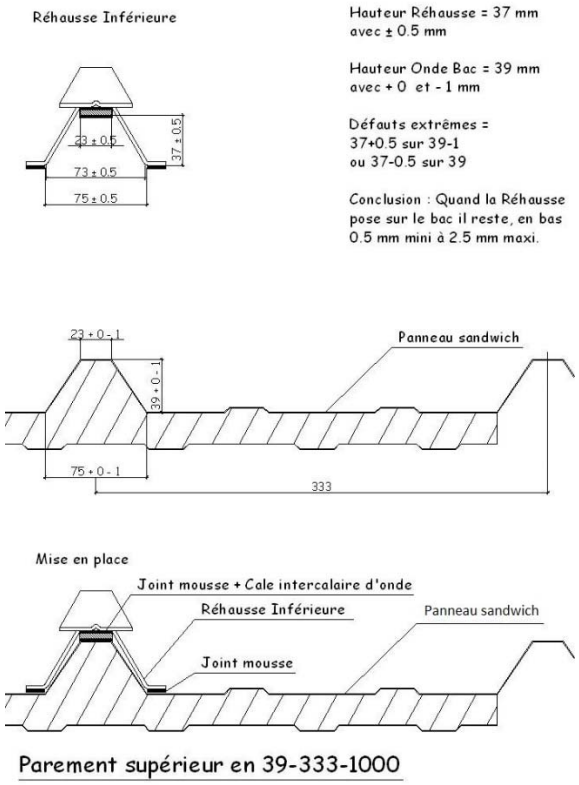


Écrous prisonniers

Figure 15 – Serreurs

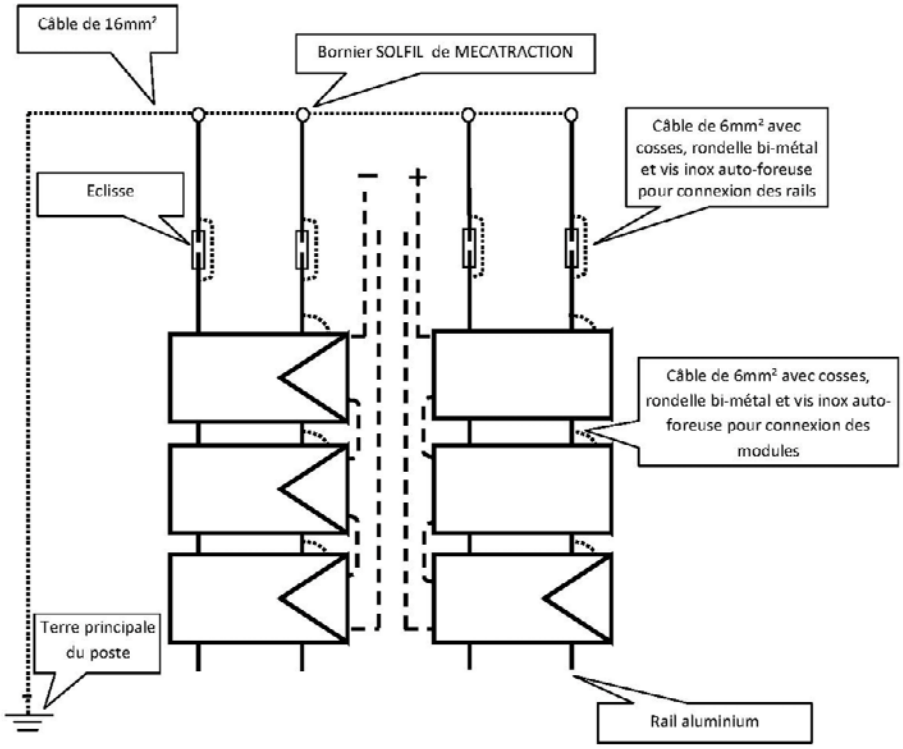


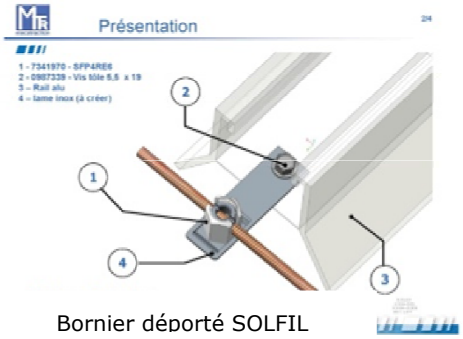
Exemple sans cale CIO



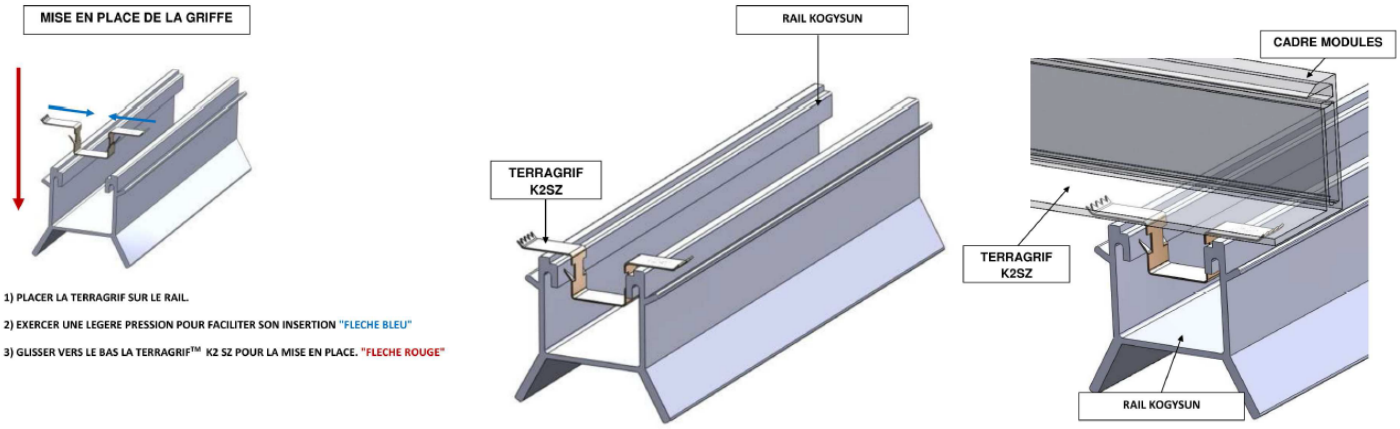
Exemple avec cale CIO

Figure 16 – Illustration des tolérances dimensionnelles entre rehausse / nervure de panneau sandwich / cale intercalaire d'onde (l'entretoise n'est pas représentée sur ces sections)





Bornier déporté SOLFIL



Cas de l'utilisation des griffes Terragrif™ K2SZ

Figure 17 – Schéma de principe du câblage et de la liaison équipotentielle des masses

Exemple de cheminement des câbles

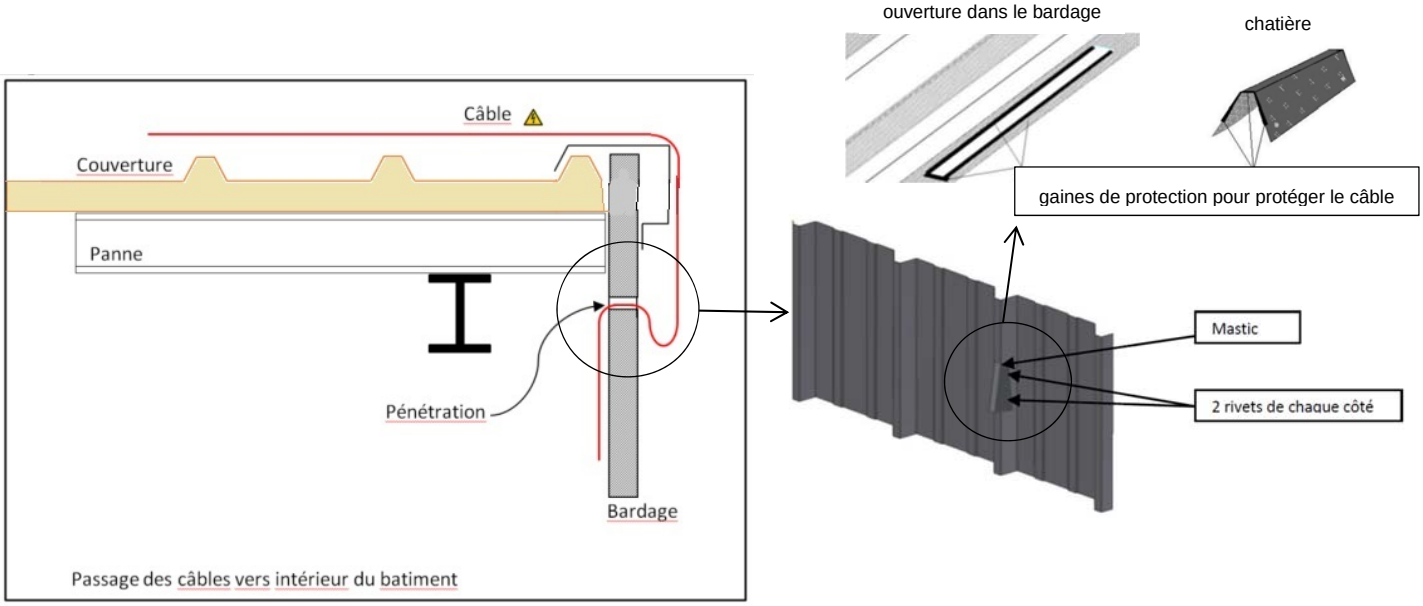
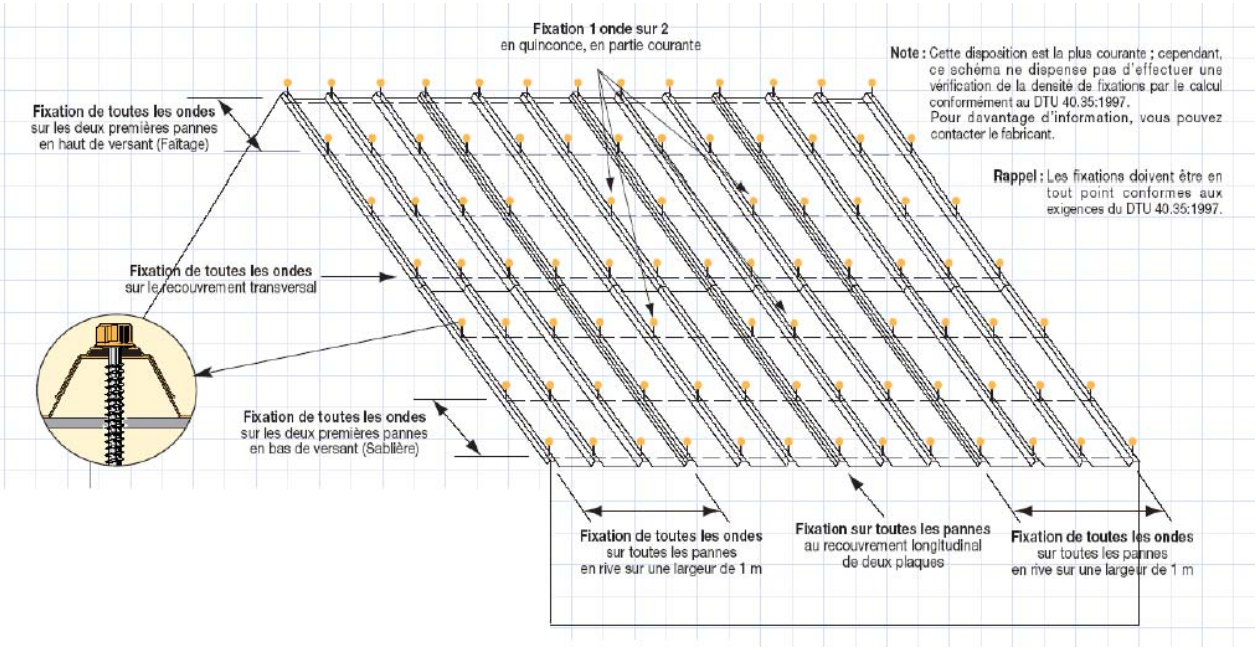
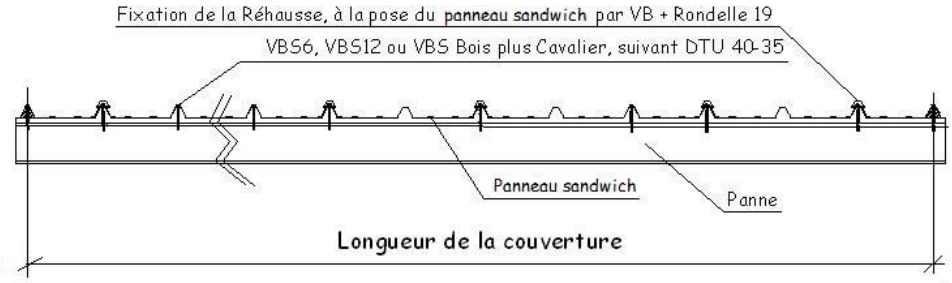


Figure 18 – Cheminement des câbles et exemple de passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

(Nota : les fixations ne sont pas représentées)



Fixations 1 onde sur 2



Fixations à toutes les ondes

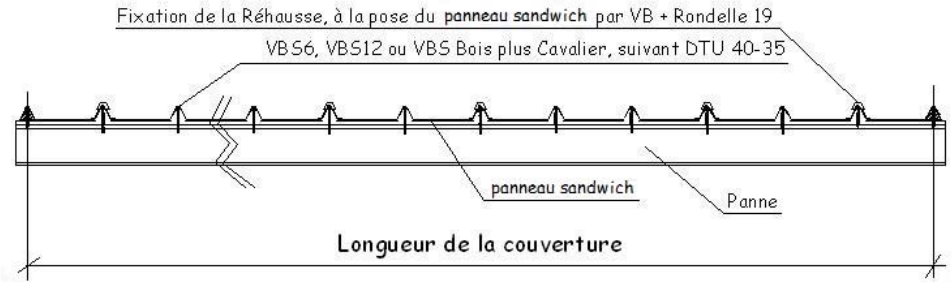


Figure 19 – Principe de répartition des fixations des panneaux sandwich

Si le panneau sandwich a une hauteur d'onde inférieure à 45 mm

Pose d'une cale intercalaire d'onde (CIO) de 4 mm (onde hauteur de 39 ou 40 mm) ou 8 mm (onde hauteur de 35 ou 37 mm).

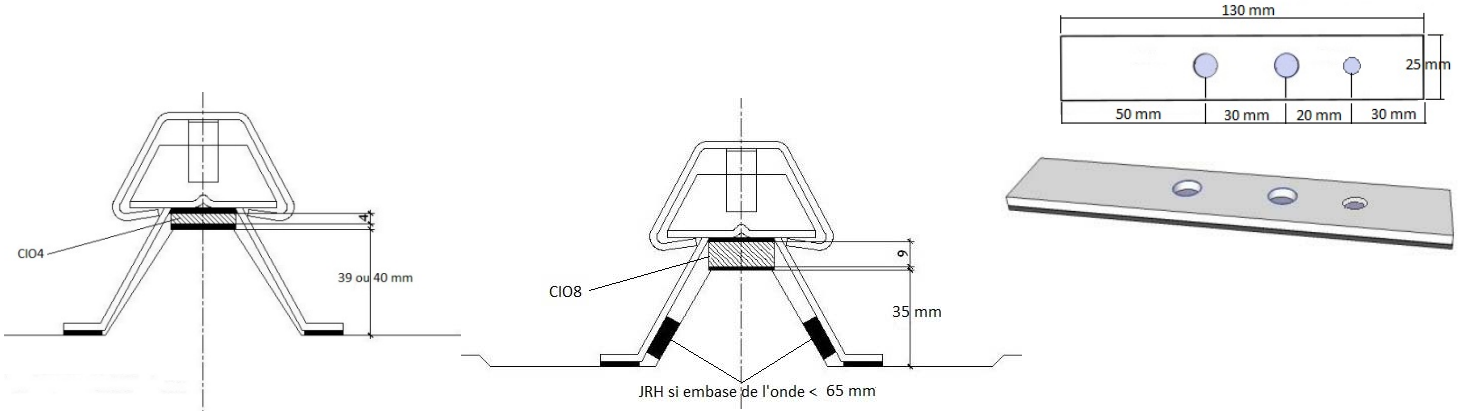


Figure 20 - Mise en place de la cale

(L'entretoise n'est pas représentée sur ces sections)

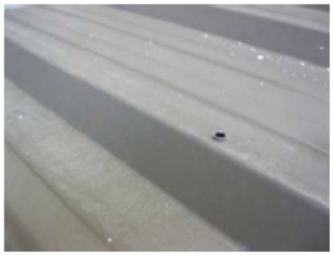
ETAPE 1 : Perçage du panneau sandwich

Utiliser un foret diamètre 10.5 mm, de longueur égale à l'épaisseur de l'isolant + hauteur de l'onde + 30mm.
Une perceuse à butée de profondeur doit être utilisée en la calant à 1 mm de moins que l'épaisseur totale.
Débourrer l'isolant

Eliminer l'isolant remonté à la surface et les copeaux de perçage pouvant se trouver sur la peau extérieure du panneau sandwich.

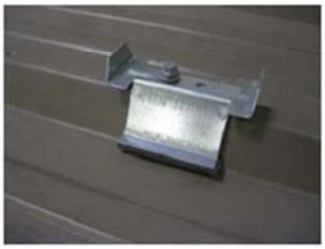
ETAPE 2 : Mise en place de l'entretoise

Insérer dans ce percement l'entretoise adaptée (cf tableau ci-après).
La laisser dépasser d'environ 1mm du sommet de l'onde.



ETAPE 3 : Mise en place de la réhausse inférieure ou de faîtage

Positionner la réhausse inférieure en introduisant la vis de fixation à la panne dans l'entretoise.
Visser la vis de fixation à la panne.



ETAPE 4 : Mise en place de la vis de couture

A l'emplacement du trou disponible sur la réhausse inférieure ou de faîtage, visser la vis de couture.

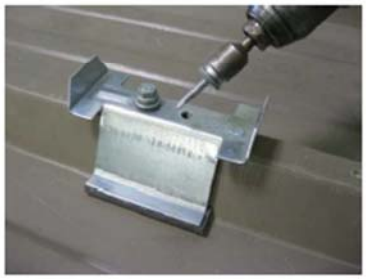
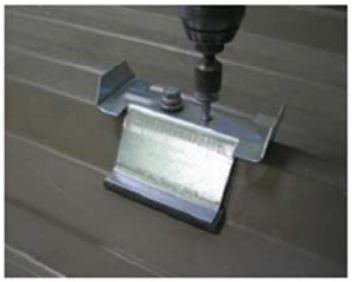



Figure 21 - Illustration de la fixation du perçage des panneaux sandwich et de la pose de l'entretoise
(Cas simple vis ; pour le cas double vis voir Figure 25)

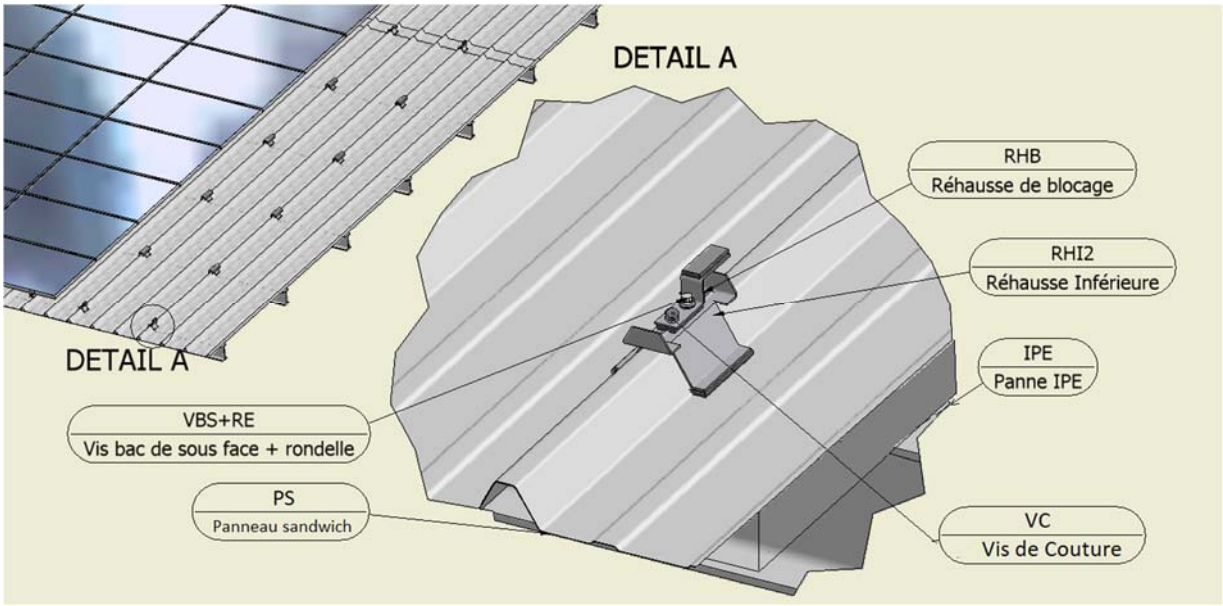


Figure 22 - Illustration de la fixation des panneaux sandwich à l'aide des rehausses inférieures avec la rehausse de blocage

Positionnement des rehausses de faîtage : une seule par colonne de rails

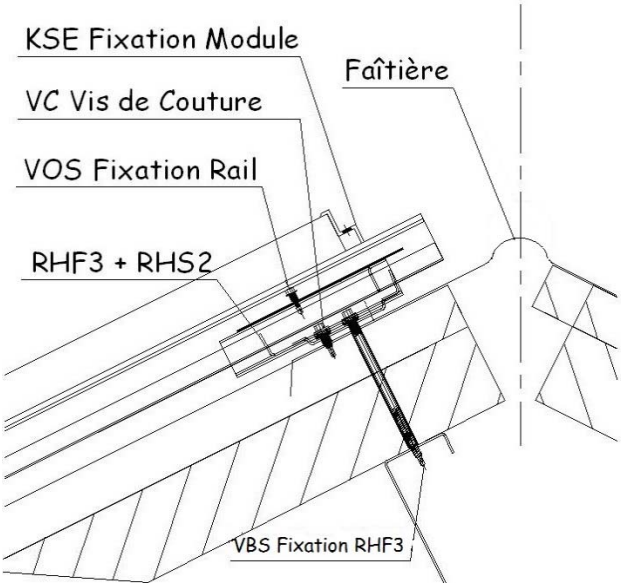


Figure 23 – Illustration de l'utilisation de la rehausse de faîtage

(L'entretoise n'est pas représentée sur ces sections)

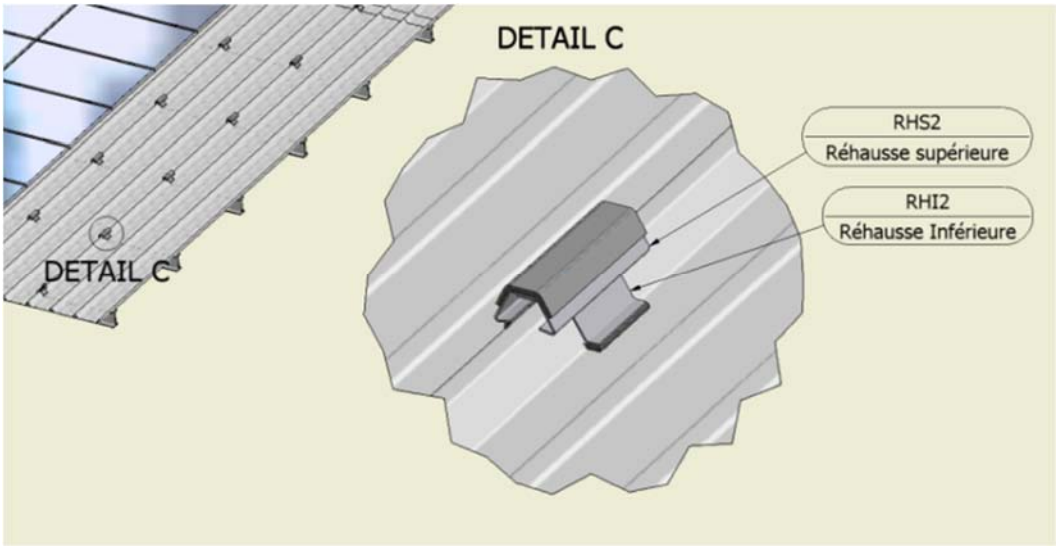
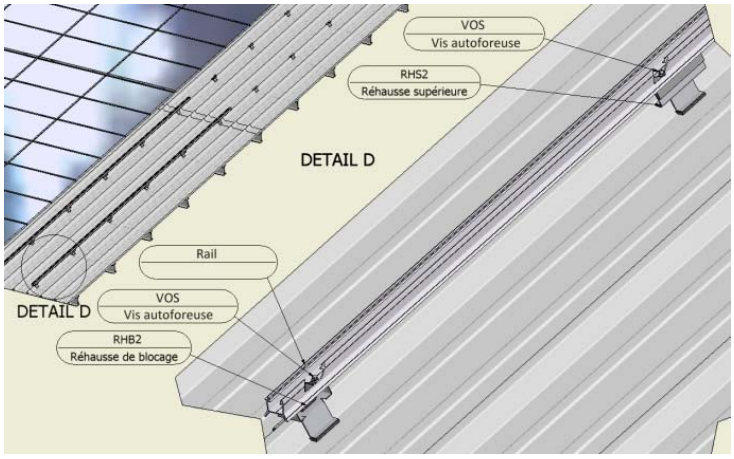
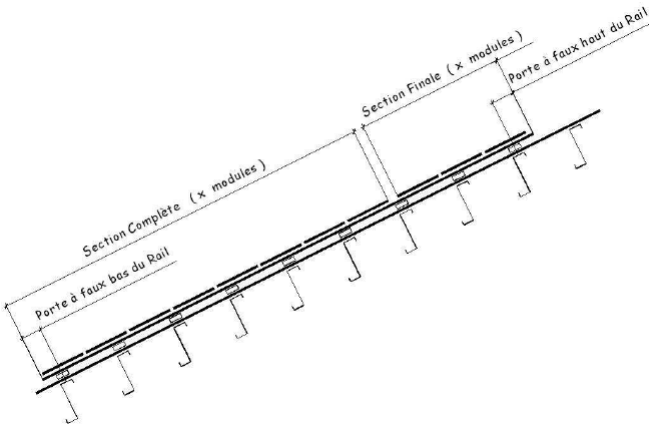
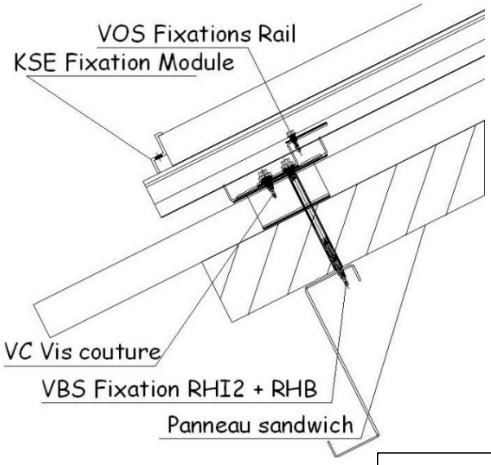
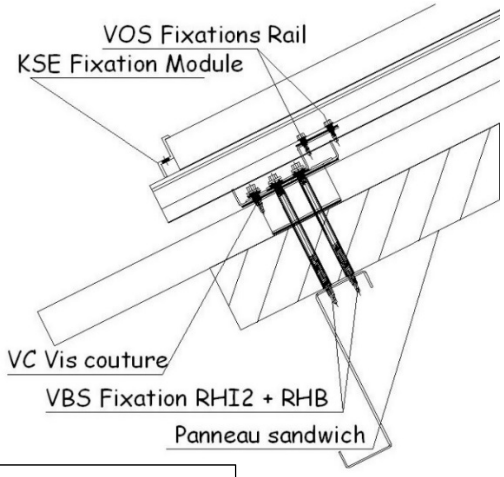


Figure 24 – Illustration de l'utilisation de la rehausse supérieure sur la rehausse inférieure

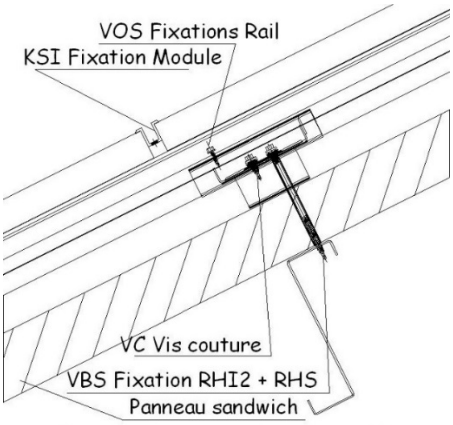




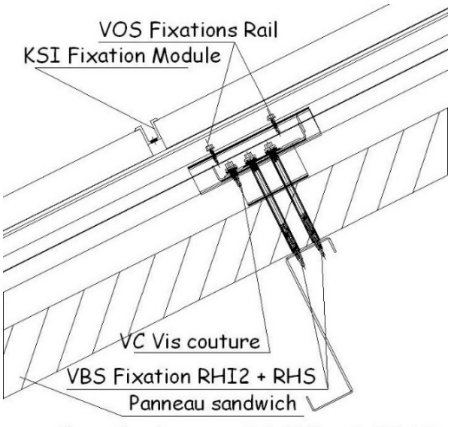




NB : largeur d'appui des pannes augmentée par rapport au cas de fixation à 1 vis (voir § 1.2 du Dossier Technique)



Cas de fixation avec 1 vis VBS et 1 vis VOS



Cas de fixation avec 2 vis VBS et 2 vis VOS

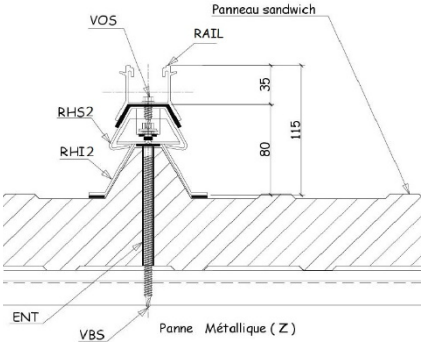
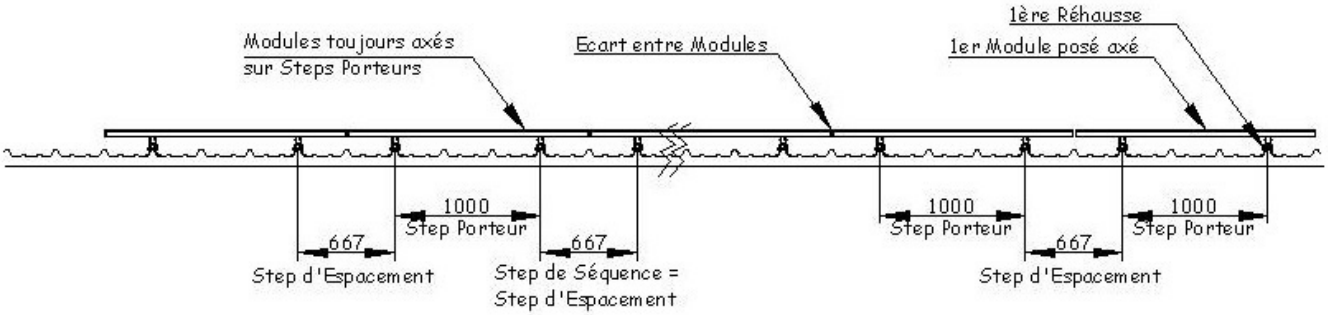


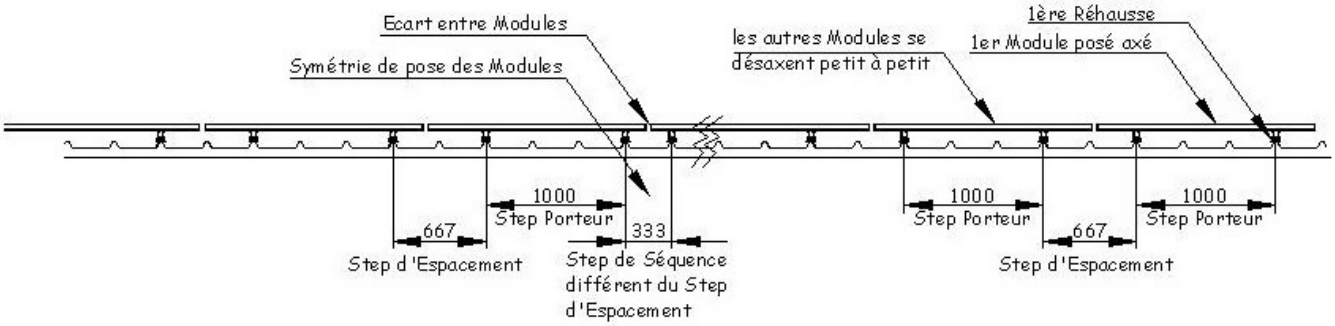
Figure 25 - Fixation du rail sur la rehausse de blocage ou la rehausse supérieure

(L'entretoise n'est pas partout représentée sur ces sections)

Panneau sandwich d'onde de 333 mm
Modules toujours centrés



Panneau sandwich d'onde de 333 mm
1er Module centré, les autres non centrés



Panneau sandwich pas d'onde de 250 mm
1er Module centré, les suivants non centrés

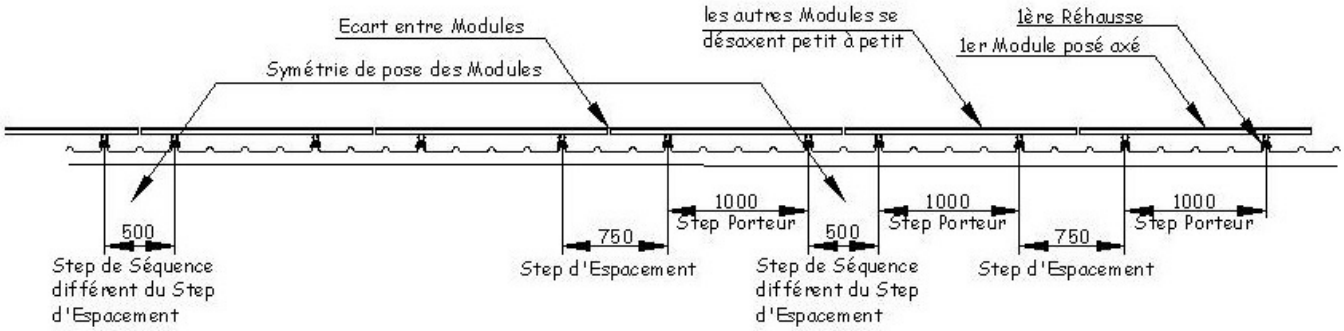
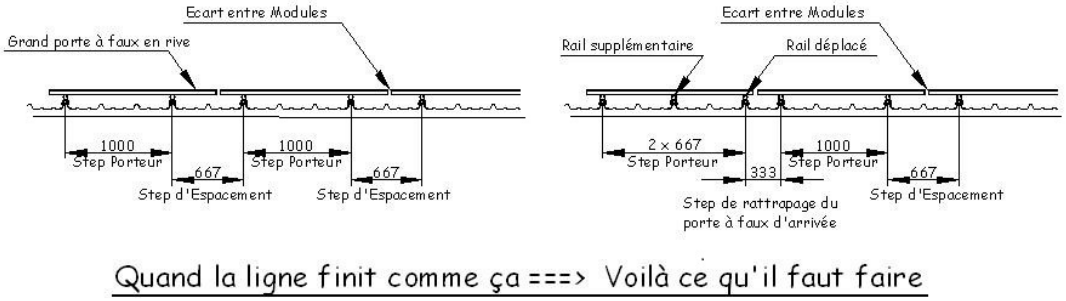
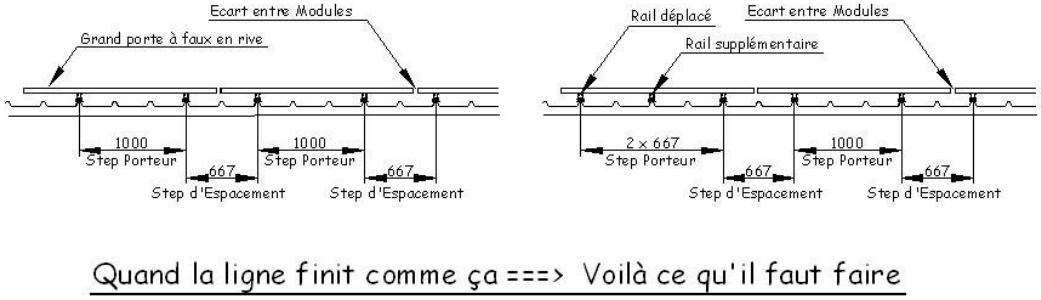


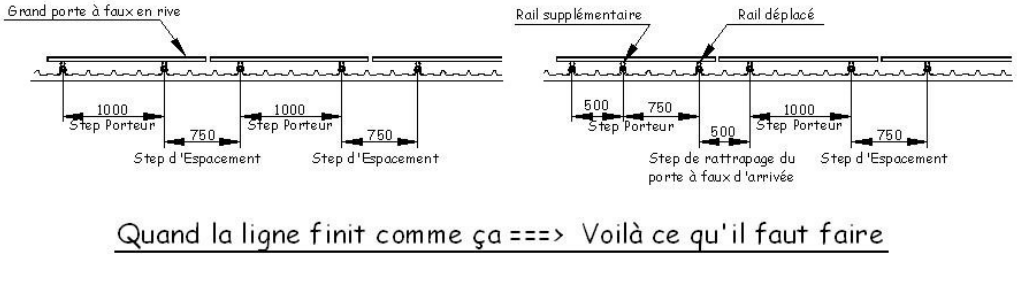
Figure 26 – Calepinage des rails

Panneaux sandwich en 333 :





Panneaux sandwich en 250 :



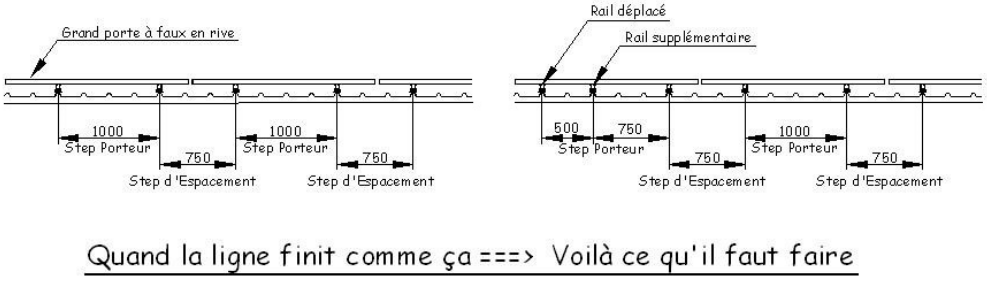
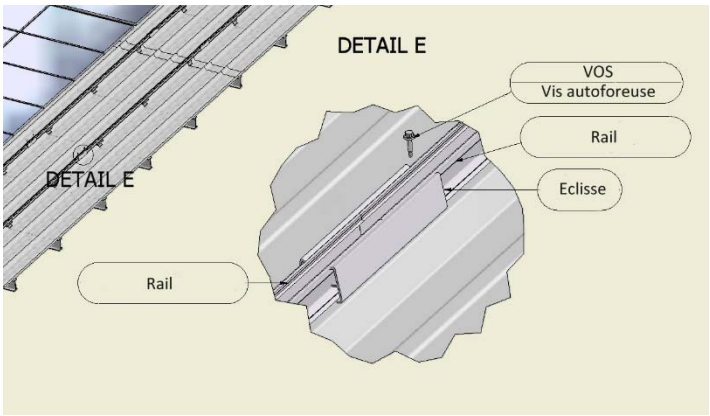


Figure 27 – Répartition des rehausses pour diminuer le porte-à-faux du module final



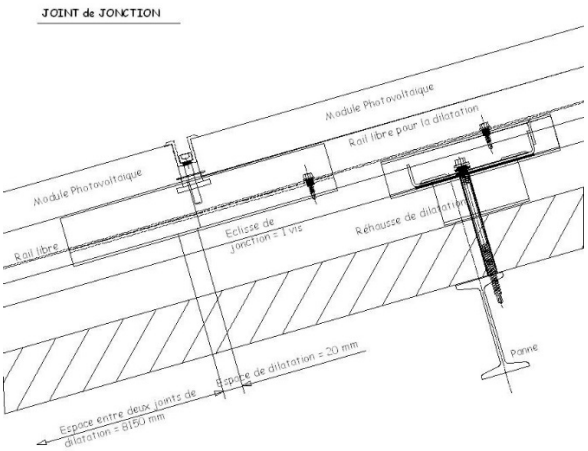
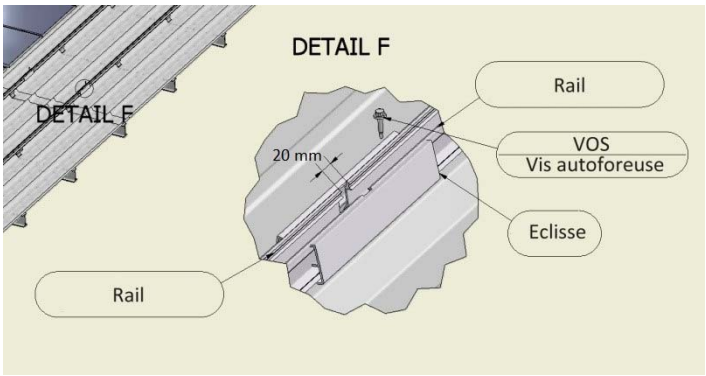


***Figure** 28 – Éclissage à la jonction de deux rails*



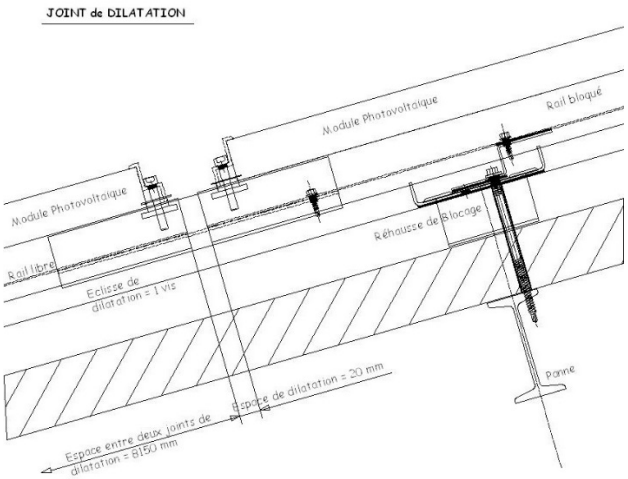
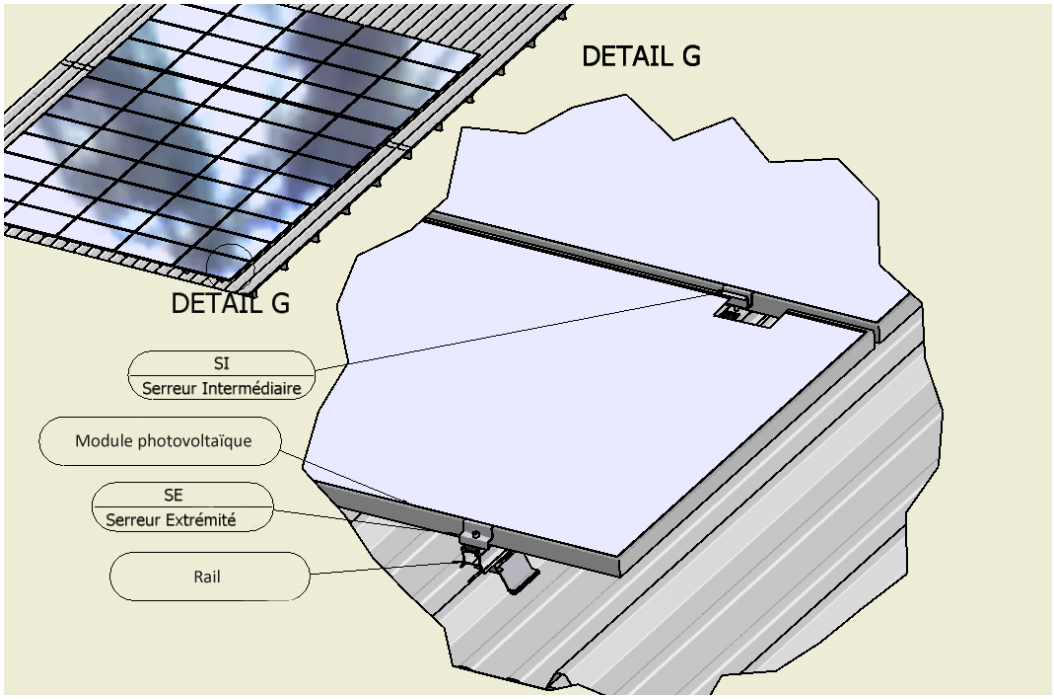
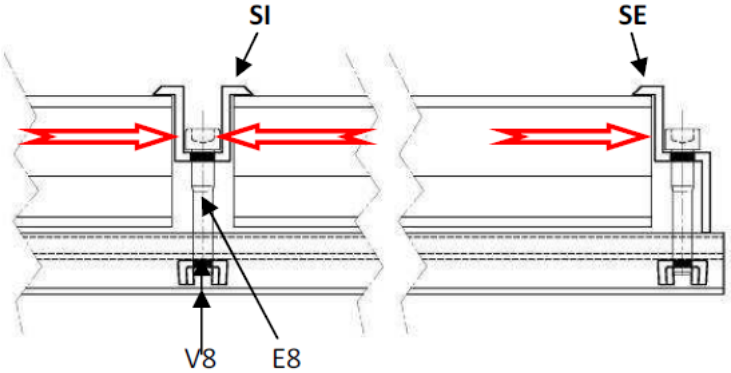


Figure 29 – Éclissage au joint de dilatation

(L'entretoise n'est pas représentée sur ces sections)





Début ou fin de champ PV

Milieu du champ PV entre modules

Au joint de dilatation

Figure 30 – Mise en place des modules avec les serreurs intermédiaires ou d'extrémité